発行年	号数	タイトル	著者	概要
1975年	No.19	軟弱地盤地帯のダクタイル管管路の挙動調査(その2)	静岡県 柿田川水道事務所長　漆畑　八三	昭和46年から施工してきた総延長21kmの駿豆水道送水管路が竣工し、昭和50年3月に無事本通水にはいった。この間、昭和46年の春に埋設された800mm、900mmのダクタイル管路の中、将来地盤の圧密沈下が予想される地点については、管路の沈下挙動を通水後に至るまで継続して計測・調査している。さらに、軟弱地盤における不等沈下をさけるためにＫＦ形継手を採用し、通水加圧時における管路の水平方向の動きをも計測している。本稿では、これら計測・調査の結果、ダクタイル管路はダクタイル管継手のもつ特性を生かし、地盤変動によく順応し、安全である。また、その他のテストによってもダクタイル管路は安全である、ことなどが確認されたと述べている。
		タイトンジョイント管使用にあたって	広島市水道局 施設部計画課長補佐　砂堀　正之	広島市では、昭和46年9月から口径200mm以下の管については、異形管をも含めて全面的にタイトンジョイント管に切替えた。その理由としては、優れた継手機能は経済的で、施工性のある継手であるためである。広島市がタイトンジョイント管に切替えて4年になるが、正常に施工されたものについては漏水がなく、その安全性については将来性は十分である。そして、今後も技術の進歩と時代の要請にマッチしたより経済的かつ安全性のある方向に積極的に研究してもらいたい、と筆者は結んでいる。
		香川の水	香川県 農林部開発水利課長補佐　佐戸　政直	水資源に乏しい香川県に、昭和50年6月から香川用水の本格的な通水が開始された。吉野川から導入された水は農業用水、都市用水に使用されるが、その水量は年間2億4,700万トンという多量のものである。香川県は全国2位のため池県であるが、この理由は降雨量が少なく、有力な河川を持たないため、普段から余分の水を貯えておかなければならないからである。本稿では、なぜ県外から多量の水を導入しなければならないのか、今後上水・工水・農水に必要とする水をいかにして確保しなければならないかを述べている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1975年	No.18	地震と管路について〈その3〉－耐震継手S形ダクタイル管－	日本鋳鉄管協会 技術専門委員会 委員長　宮岡　正 委員　宮本　宏 根本　行康 北条　貞宗 中島　鋭	本誌14号での〈その1〉では、地震と管路についての研究概要を紹介し、次いで16号の〈その2〉では振動実験の結果を中心に報告し考察した。今号では、新しく開発された「耐震継手S形ダクタイル管」についての紹介である。地震発生時におけるより安全な管路としては、各継手が鎖のように自由に伸縮・屈曲し、なおかつ大きな抜出し力に耐える機能が要求される。この要求に応える“鎖構造耐震管路”として開発された「耐震継手S形ダクタイル管」について詳述し、種々の機能試験結果を報告し考察を加え、あわせて施工要領について解説している。
		600mmタイトン形ダクタイル鋳鉄管の内挿工事	大阪市水道局 工務部管理課技術係長 細見　馨	大阪市工業用水道は、漏水が多く、かつ現場条件からして修理に困難を伴う個所での800mmφ送水管を改良するため、600mmタイトン形ダクタイル鋳鉄管を内挿する、いわゆるpipe in pipe工法による工事を進めている。同市では初めての施工であるが、1件の漏水もなく順調に一部工事を完了。本稿では、現場条件と施工概要について紹介し、管種の選定・継手構造・挿入方法などについての検討結果を解説している。また、本工法による施工期間の短縮、事業費の軽減などについても加筆している。
		内挿管工法（パイプインパイプ工法）	京都市水道局 技術部設計課　設計第2係長 花満　慶治	京都市水道局は、上稿の大阪市と同工法であるpipe in pipe工法による配水管布設工事を施工した。同市では、埋設物がふくそうしており新管布設がむずかしく、また大型車両の通行量が多く、開さく工法による施工が困難な個所での900mmφ配水管内に700mmタイトン形ダクタイル鋳鉄管を内挿施工した。本稿では、管種および継手構造、性能試験、布設方法、空隙処理などに関する検討結果を述べ、考察している。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1975年	No.18	恵那山トンネル内配管工亭	日本道路公団名古屋建設局 恵那山東工事事務所機械課長 山田　暉夫	恵那山トンネルは、高速自動車国道・中央自動車道の一環として、日本道路公団が工事を進めているもので、中央アルプス南端の恵那山を貫く8,500mの長大トンネルである。この工事は7年間の工期を費やし、49年10月に本線トンネルが貫通。現在、50年8月完成を目ざしてトンネル内の諸設備工事を急いでいる。本稿では、トンネル内での事故、特に火災発生時の万全な救出体制のための防災設備として、消火栓設備、水噴霧設備、給水栓など各機器の概要を紹介し、防災設備に用いる配水管の選定、試験結果、配水方式などに関する考察を報告し、また配管布設工事の概要を述べている。
		大阪市の下水道事業の現状	大阪市下水道局 建設部主幹 村山　仁	大阪市の下水道事業の現状を報告するとともに、下水道事業で鋳鉄管を使用した事例として、送気管および処理場間送泥管について紹介する。
		宮城県の広域水道事業	宮城県企業局 広域水道課長 根元　一男	県営水道用水供給事業の現況を報告するとともに、創設の経緯および創設時の問題点を紹介する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1974年	No.17	滋賀県の広域水道事業	滋賀県企業庁 工務第一課参事　増田　正直	滋賀県は、日本一のみずうみ琵琶湖を有し、その湖面積が県域の約1/6を占めているが、上水道の琵琶湖への依存度はきわめて低い。現在、上水道38施設のうち琵琶湖から取水しているのは9施設にすぎない。周知のように、滋賀県はもちろん近畿圏にとって長年の懸案であった琵琶湖総合開発が昭和47年に認められ、10年にわたって開発が実施されることになった。滋賀県は、この琵琶湖総合開発事業の一環として、同県の南部および中部の2地区において琵琶湖を水源とした県営広域水道事業に着手している。本稿は琵琶湖総合開発の事業内容を紹介し、2つの広域水道事業「南部上水道用水供給事業(工期47～53年度)」と「中部上水道用水供給事業(工期49～54年度)」の施設概要などについて概説している。
		伊豆半島沖地震による水道管路被害調査	日本鋳鉄管協会 技術専門委員会　委員　仁木　彬隆 北条　貞宗	去る5月9日、伊豆半島を中心に関東の大部分と東北地方などの広範囲にわたってマグニチュード6.8の地震が発生し、大きな被害をこうむったことはまだ耳新しい。本稿は地震発生1カ月後に行った現地調査の報告である。南伊豆町、下田市、河津町、松崎町、西伊豆町の上水道および簡易水道の施設の被害状況を調査し、とくに使用管種における管路被害を詳細に調査したレポートで、地震と管路について若干の考察も加えている。なお今回のレポートは、「地震と管路〈1〉：14号掲載」、「地震と管路〈2〉：16号」の研究発表、および「八丈島東方沖地震：14号」、「根室半島沖地震：15号」の被害調査レポートとあわせて、参考に供するところは大きい。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1974年	No.17	北九州市の下水圧送管	北九州市下水道局 設計課長　中島　幸雄	北九州市は昭和38年2月、門司・小倉・八幡・若松・戸畑の5市の対等合併によって生まれた100万都市である。合併により引継がれた下水道は旧5市間の大きな格差があった。そこで、全市的な規模のもとに統一し不均衡を是正し、普及上昇を図るべく整備事業を実施してきた。現在、「第3次5ヵ年計画」の4年目を迎え、50年度には普及率77%を目標に整備事業を進めており、さらに既成市街地100%普及を目ざし、第4次5ヵ年計画が開始される予定である。特色としては、海と山群が接近した東西に細長い地形などのため､他都市に比べ中継ポンプ場が多く現在15ヵ所が稼動中で4ヵ所が築造中である。本稿は、これら各中継ポンプ場系における圧送管を中心に、施設内容と施工内容を記述している。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1974年	No.16	U形ダクタイル鋳鉄管（φ2200mm）の並列推進工事の概要	埼玉県企業局 水道建設事務所 工事第一課長　藤田　恒二 保全課長　長尾　政秋	地下水源に依存してきた埼玉県の水道は、首都圏の発展に伴って人口が急増、水需要は著しく上昇し地下水位の低下と地盤沈下を来たした。そこで給水対策と地盤沈下防止のため、昭和36年度から東部第一工業用水道事業をはじめ中央第一水道など、生活用水と工業用水を河川表流水に求め活発に事業を進めている。本稿は、現在建設中である西部第一水道事業の日量50万㎥の導水管として計画されたものである。この導水管は、2200㎜φダクタイル鋳鉄管が採用され、泥水加圧式推進工法により2連に布設された。この並列推進工事における地質条件との問題、施工上の問題などについて種々考察されている。
		大阪市における水道鋳鉄管の更生ライニング	大阪市水道局 給水部配水課	近年、水道に対する市民意識が高揚し、赤水などへの要求はきびしくなった。この根本対策の新管布設替えは、交通量の増加や舗装率の上昇などで困難になってきた。そこで、鋳鉄管の特徴をいかして、埋設状態で付着物を除去するクリーニングおよびライニングが重視されるようになった。大阪市は、古くからクリーニングの実験を繰返し、ライニングについても精力的に取組んできた。これまで樹脂モルタルを採用して実績を上げると共に、エポキシ樹脂の実用化の研究を重ね、関連業者の協力を得て8時間程度の断水で施工できる工法を開発し、仮給水管も不要となった。ちなみに、昭和46年には施工業者一社で34㎞のライニングを施工している。なお、現在エポキシライニング更生を第二次配水管整備事業5ヵ年計画の重点内容とし、配水管網の質的向上をはかっている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1974年	No.16	地震と管路について＜その2＞	日本鋳鉄管協会 技術専門委員会 委員長　宮岡　正 委員　宮本　宏 根本　行康 北条　貞宗 古庄　健次	本誌14号で地震と管路についての研究概要と、その基本的な考え方を紹介したが、今回は、これまでの振動実験結果の一部についての報告である。実際の地震に近似した動きが再現できるよう考案した振動実験装置を用い、波長、振幅、土圧、供試管など条件を変えて実験し、地震時での管路挙動把握を研究課題としており、今回は管体発生歪、継手の伸縮量などについて考察している。これらの実験結果が実際地震にすべて合致するとは論じられないが、この種の実験研究が新しい試みであるだけに、これからの研究成果が期待される。また、今後の実験結果と現実との対比で検討を加えて、管路における地震の影響について解明し、新しい耐震用継手などの開発が期待される。
		根室地域広域農業開発事業農業用用水事業の概要	北海道開発局 釧路開発建設部 根室中部農業開発事業所　副長 川向　勲	わが国有数の酪農地帯である根室地域では、まだ広大な土地が低利用地のまま放置されており、いまこの地を徹底改善し、大規模な畜産基地創設の事業が進められている。この開発事業には、農業用用水の確保が重大であるが、用水計画では根室中部地区と中標津地区に分けて行なわれる。中部地区は、西別川の支流コトンナイ川より取水し、日量最大20,876㎥を各ブロックに配水して、それぞれ配水池を設ける。また、中標津地区は武佐川の支流クテクンベツ川を取水源として、日量2,000㎥が各区域の配水池に配水される。なお、管種選定にあたっては、管体強度の面から重要度の高い導水管、送水管にはメカニカル形ダクタイル鋳鉄管の3種管が採用された。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1973年	No.15	根室半島沖地震による管路の被害調査	日本鋳鉄管協会 技術専門委員会 委員　根本　行康 沼田　英男	昭和48年6月17日に北海道東部で発生し、根室、釧路では震度Ⅴを記録した根室半島沖地震について、地震発生直後に現地調査を行い、水道管路の被害状況を調査したので報告する。
		兵庫県における広域水道事業	兵庫県企業局 水道部水道課長 林　昌継	兵庫県における広域水道事業の概要を報告する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1973年	No.14	軟弱地盤地帯のダクタイル管管路の挙動調査	静岡県 柿田川市水道事務所長 漆畑　八三	現在、駿豆水道用水供給事業がおし進められているが、この事業の一つとして総延長22kmの送水管路に口径700～1000mmのダクタイル鋳鉄管が採用された。このダクタイル鋳鉄管が埋設される所は軟弱地盤であり、当然地盤沈下、不等沈下がおこることは間違いない。そこで基礎工法を取りいれ、直線管路にはK形継手を使用し、ベンド部などの不平均力の作用する所にはKF形継手を使った。そして継手の曲り、抜出しについては、いずれもK形継手の許容値以内であり、軟弱地盤にもダクタイル鋳鉄管が十分耐えることが実証された。本論は、管路の沈下挙動の調査データを発表したものであり、今後の設計、維持管理指針の一助ともなれば、という筆者の暖かい心使いでもある。
		地震と管路について〈その1〉	日本鋳鉄管協会 技術専門委員会 委員長　宮岡　正 委員　宮本　宏 根本　行康 北条　貞宗	年々都市社会は巨大化し、産業はますます発展し、そしてわれわれの生活は向上していく傾向にある。それに伴って上下水道、ガス、電力などの需要が多くなり、これらをささえるカゲの主役である管路はますます重要視されている。昔から日本は地震が非常に多く、「地震国日本」という異名を持っている。この地震や軟弱地盤などによって管路にどのような影響をもたらすのか……。今回はその第1回目として、実際に発生した地震と管路被害を調べるために数種の実験を行い、その多面的な研究結果を発表したものである。
		八丈島東方沖地震による水道管路被害調査報告	日本鋳鉄管協会 技術専門委員会 委員　北条　貞宗 加藤　宗隆	昭和47年12月4日に、八丈島を中心とした強い地震があり、当島では震度6という強震を記録した。この調査報告は、地震発生後2日目に島に渡り、2日間にわたってこの地震によって水道管がどのような影響を受けたかを調査したものである。その結果、継手の抜出しや管の挫屈した被害はほとんど見られなかった。また、八丈島は玄武岩およびその溶岩流で形成されているため、沖積層や軟弱地盤がほとんどなく、それだけ水道管が受けた被害が少なかったともいえる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1973年	No.14	導水管(口径2600mm)の管厚決定に至るまで	大阪府 水道部工務課長 江村　利雄	大阪府営水道は、昭和47年度から昭和50年度までの4ヵ年計画で第6次拡張事業を実施している。この事業の中で、昭和48年度夏期までに完成させなければならない導水管工事を目下施工中である。この工事は、磯島取水場から村野浄水場間4.5ｋｍに世界でも最大の2600㎜ダクタイル鋳鉄管を布設するものである。本論では、管路の選定から管厚決定に至るまでの経過を述べたものであり、2600㎜という超大口径管を布設するためには、いかに管に対する認識が重要であるかを再認識させる貴重な論文である。
		平城ニュータウンにおける配水管布設工事にタイトン継手を使用して	奈良市水道局 管理課改良工事係　係長 木村　誠二	平城ニュータウンは、奈良市、京都府木津町、精華町の一市二町にまたがっており、このニュータウンが完成すると計画人口7万5000人のベットタウンとなる。このニュータウンに配水するために口径75～250㎜の小口径管タイトン継手を使用した。その理由として、経済性、施工時間の短縮などである。本論では、施工業者の選定から通水までの、一貫した経過を述べており、工事が完成し、通水が完了した現在、当初タイトン継手に対して不安があったが、施工途中、施工完了時を振返ってみて、タイトン継手の持つ特長が十分に生かされたという結論に達している。
		タイトンジョイント管を使用しての一考察	長崎市水道局 施設部改良課　課長 楠本　鶴次	長崎市で初めてタイトンジョイント管を採用した施工が行われ、ここで得られた施工性などに対する所感を報告する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1973年	No.14	鹿児島県南薩摩地域の畑地かんがい事業の概要	九州農政局 南薩農業水利事務所 落合　信義	薩摩半島南端地区（南薩地区）の地域概要および土地利用現況を報告し、国営土地改良事業として実施した畑地かんがい事業において、その送水路にダクタイル鋳鉄管呼び径1500㎜などが使用したことなどを紹介する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1972年	No.13	タイトンジョイント管＜総集編＞	日本鋳鉄管協会 技術専門委員長　宮岡　正	過去8回、「鋳鉄管」の協会誌上でタイトン管について論じられてきた。その中、4編はメーカー側から形状や性能について論じられ、あとの4編はユーザー側から使用した結果についての感想や忠告であった。このように、メーカーとユーザーが卒直な意見を交換し合い改良なり、工夫なりが加えられて今日に至った。今回、ユーザーから寄せられた数々の建設的な意見に回答する意味をも含んで、今日のタイトン管の姿を紹介している。
		村山下貯水池～東村山浄水場間の導水管新設工事	東京都水道局 利根川水道建設　本部長 藤波　哲二	世界最大のダクタイル鋳鉄管2600㎜φを使用して、東京都では第3次利根川系水道拡張事業の一環として、村山下貯水池と東村山浄水場間に導水管を新設している。拡張事業の目的は、利根川系と多摩川系との相互連絡を強化して貯水池を弾力的に運用し、夏季の最大使用時にその需要に対処するためである。昭和47年夏季に一部通水し、利根川水系の異状渇水によって給水制限を余儀なくされたが、この拡張事業によって給水事情をある程度緩和することができ、時を得たものといえる。
		愛媛県今治地区工業用水道事業の概況	愛媛県工務局 工業用水課長　赤岡　弘	愛媛県今治地区は、タオル生産地として有名であり、全国生産高の60%を占めている。そのため染色用水の使用量が増加し、その大半は地下水に依存しているため過剰揚水となり、水質、水量ともに悪化し、さらに都市人口の増加、生活環境の合理化などによって水需要の噌加は著しい。そのため治水、工業用水、上水道の3者共同で玉川ダムを建設し、沈でん処理までを共同としている。工業用水道の布設管についてはさまざまな問題がおこって苦労したが、管種の決定については工費、耐久性、水密性、施工の難易度、工期などを考え合せてダクタイル鋳鉄管を採用した。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1972年	No.13	汚水圧送幹線に推進工法用ダクタイル鋳鉄管を使用した事例	守口市 下水道事業所工務係長 西井　清美	守口市の下水道計画は、市の中央部を北から南に縦断している西三荘用排水路を境にして2つの計画からなっている。すなわち、西部側は守口市独自の処理区域であり、東部側は大阪府が事業主体となっている。守口市が施工する個所一帯は市街地で、住宅商店、学校などが密集し、交通事情については道路幅が狭いうえに交通量が多く、また地下埋設物が錯綜しているため、開削工法では騒音や振動の問題、補償問題など、さまざまな問題がおこるため、守口市としては初めての推進工法用ダクタイル鋳鉄管を採用した。その結果、施工技術、経済性などまだ問題があるようだが、環境公害などを考えると、今後大いに取り上げて検討されるべき工法といえよう。
		長崎県三会原地区畑地かんがい事業の概要－送水管における管種の検討－	長崎県島原振興局 耕地課長 荒木　徳治	三会原地区は、島原市の北西に位置している扇状台地の畑地帯である。土壌は非固結火成岩を母材とし、堆積様式は風積であり、一般に腐植が多く砂壌土である。そのため、地下水は一般に低く、天水に依存しているため毎年干ばつを受けている。今回の事業は用水不足を解消するためである。市内中心部にある白土湖を源とする音無川の用水を揚水機により取水し、送水するものである。なお、三会原地区畑地かんがいを基幹事業とし、同時に農道の付帯事業を実施し、本地区の基盤整備を総合的に実施するものである。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1972年	No.12	異形管の内面防食対策	日本鋳鉄管協会 技術専門委員会 委員　長尾　正三	異形管内面はコールタール焼付け塗装が施されているが、錆瘤で閉塞されるような事態も発生してきている。この問題を解決するため、異形管類の内面防食の研究を行っており、セメントモルタルライニング、タールエポキシ塗装、粉体塗装について研究経過を報告する。
		中小口径ダクタイル管の推進工法	日本鋳鉄管協会 配管技術分科会 委員　稲垣　博巧 仁木　彬隆	本誌No.6で中小口径管の推進工法について報告したが、その後いくつかの改良が加えられたので、タイトン形内カラー継手推進管（TIC）、タイトン形外装推進管（TOM）および推進工法の概要を主に、その改良点と小口径推進管の実績を紹介する。
		汚泥圧送および汚水圧送にダクタイル鋳鉄管を使用した事例	吹田市 下水道部　計画課長代理 森島　治雄	昭和45～46年度事業として、汚水圧送管布設工事ならびに汚泥圧送管布設工事をダクタイル鋳鉄管を使用して施工したので、圧送計画の概要と工事（推進工事を含む）の概要を報告する。
		下水圧送管に700mmφダクタイルを使用して	小樽市 水道部給水課長(前下水道課長) 宮沢　造酒蔵	小樽市の下水道は分流式であるが、その遮水幹線の中の下水圧送管にA形ダクタイル管を使用したので、その遮水幹線圧送管（呼び径700㎜×約2,440m）の概要ならびに使用経過を報告する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1972年	No.12	タイトンジョイント管を使用して	帯広市 水道部工務課 建設係長　城地　明 田守　宏範	配水管材に関し、①配管コストおよび資材が安い、②継手の構造が簡単で漏水の因となる要素が少ない、③施工能率が良いの3点から、一部路線において試験的にタイトンジョイント形鋳鉄管を採用したので、その設計、施工、水圧試験について報告する。
		鋳鉄管と下水道	東京都下水道局 建設監 本郷　文男	東京都下水道の第3次下水道整備5ヵ年計画の概要と、東京都において大規模に汚水を圧送した事例について報告する。
		岐阜県の広域水道	岐阜県開発局 水道事業課　課長補佐 平工　典司	岐阜県では広域統合水道計画を県下全般にわたって盛り込んだ第2次総合開発計画を進めており、その計画概要および東濃上水道用水供給事業について紹介する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1971年	No.11	タイトンジョイント管の接合方法の解説	日本鋳鉄管協会 技術専門委員会 委員　山路　忠雄 酒井　健次	欧米では、タイトンジョイントを代表とするプッシュ・オン・ジョイントが継手形式の主流を占めている。一方、わが国においても、労働事情の変化、交通事情の悪化と共により安全な、より工事スピードの速い継手形式が強く要請されるところとなった。 タイトンジョイント管については、過去いく度となく本誌で紹介してきたが、今回はその接合方法について詳述している。特に、タイトン異形管の生産・供給態勢が確立されたのを機に、異形管との接合応用事例を掘り下げた形で解説している。
		地域冷房配管と鋳鉄管	大阪市都市再開発局 再開発部第2課　主査 保野　章夫 日本鋳鉄管協会 技術専門委員会 委員　大畑　明 古瀬　哲男	近年、人間性の回復が大きな社会問題として脚光をあびるようになり、その対策として地域冷暖房が検討され、実用化されつつある。 アジアではじめて開催された日本万国博会場で、鋳鉄管が地域冷房冷水の輸送管として採用せられ、十分なる成果をおさめた。冷水管路の温度上昇を調べ､抜山理論との比較をおこなうと共に､冷水管周囲の温度分布を求め、実用式の確立にこぎつけた。
		東名高速道路横断並列推進工事について	静岡県駿河工業用水道 事務所長　伊藤　昌司 技師　中野　義治	静岡県では、東駿河湾工業用水道として岳南地区への給水を行うために、現在富士市内において導水管、配水管の布設工事を実施中である。この管路には国鉄構内、国道横断等、数ヶ所で推進工事による配管が含まれ、これを実施した。今回、全国でも初めてであろう東名高速道路下を並列で横断した施工例（呼び径1500㎜、2200㎜×78.3m）について紹介する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1971年	No.11	汚泥送泥管にダクタイル管を使用した事例について	大阪市下水道局 第2建設課長　松永　一成 係長　山野　寿男	今回、全長約10㎞にわたる長距離の処理場間汚泥送泥管（呼び径350㎜×2条）にダクタイル管を使用したので、その設計、施工について報告する。
		中継ポンプ汚水圧送管にダクタイル鋳鉄管を使用した事例	広島市建設局 下水部下水計画課長 田崎　繁	広島市の公共下水道事業のうち、築造認可をうけている中継ポンプ場の数は6ヶ所あり、そのうち3ヶ所のポンプ場が運転を開始している。このなかで1ヶ所の圧送管を、呼び径700㎜ダクタイル鋳鉄管（モルタルライニング管）を使用して最近施工したので、その計画概要、ダクタイル鋳鉄管採用理由等について紹介する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1971年	No.10	高水圧管路にダクタイル管を使用することの安全性と実績	日本鋳鉄管協会 技術専門委員会 委員　本間　敬三 山路　忠雄	水道界70年代の最大課題の一つは広域水道であるといわれている今日、高圧送水はまれでなくなると思われる。すなわち、広域水道となれば管路は長距離となるだけでなく、山越え、谷越えで起伏も大となり、管内は相当な高圧になることが予想される。
		2600φダクタイル管の性能試験結果について	日本鋳鉄管協会 技術専門委員会 委員　本間　敬三 御園　一夫 田中　彬夫	一方、ダクタイル管は鋳鉄特有の耐食性を持ち、強靭性に富み、施工性に優れ、維持管理も容易なことから、理想的な水道管として絶対的な信頼を得てきた。このため、ダクタイル管の大口径化が強く要望され、2,400φまでの大口径ダクタイル管が実用化されている。さらに、今日では2,600φという世界最大のダクタイル管が実用化されるに至ったのである。
		東京都水道局における2200φダクタイル管の推進工事例	東京都水道局 東部建設事務所工事第一課長 松本　崇義	東京都では、第2次利根川系水道拡張事業の一環として、都内を東西、南北に貫通する配水幹線（東西幹線：呼び径2000㎜、南北幹線：呼び径2200㎜）の新設工事を施工中であり、数地点でダクタイル管の推進工事を実施した。この内、河川横断の施工例（呼び径2200㎜×54m）を紹介する。
		押込式分水栓（S形分水栓）について	日本鋳鉄管協会 技術専門委員会 委員　加藤　幸藏 稲垣　博巧 加藤　宗隆	従来、φ25以下の給水装置については、穿孔機を用いて配水管に穿孔・ねじ切りを行い、分水栓を直接ねじ込む方法がとられている。管材質のダクタイル化に伴う管厚の薄肉化により水密性に必要なねじ山数が確保し難い問題も起きてきている。この問題を解決するために研究開発されたのがスリップオン形式の押込式分水栓（S形分水栓）である。このS形分水栓を紹介し、性能試験結果を報告する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1971年	No.10	タイトンジョイント管について	福井市企業局 水道部上水課長 山崎　啓二	タイトンジョイント管の採用経緯について報告する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1970年	No.9	札幌市水道第3期拡張事業における送配水管について	札幌市水道局 拡張部長 岡本　成之	札幌市水道の沿革を紹介するともに、現在を工事を進めている第3期拡張事業の送・配水管の計画概要や施工事例（呼び径1800㎜トンネル内配管、呼び径1200㎜～2000㎜推進工法、電気防食）を報告する。
		実用化されたタイトンジョイント管	大阪市水道局 工務部長 鈴木　秀夫	実用化したタイトンジョイントの概要、離脱防止方法（ロックタイトンジョイント、タイトン用離脱防止金具）、異形管、許容差の問題、接合器具、安全性について報告する。
		ガス用メカニカル継手について	大阪瓦斯株式会社 導管管理部 中村　修一	ガス供給導管用ダクタイル鋳鉄管の接続方法として、新しい継手であるGM形継手を開発した。GM形継手は水道界で使われているメカニカル継手のもつ施工の迅速性と可とう性を有し、引抜阻止力がガス型鉛継手以上の性能を持つものであることを実験により確認したので、継手構造および継手性能試験結果を報告する。
		水道用遠心力ダクタイル鋳鉄管モルタルライニング(規格改正及び解説)	日本水道協会	今回、日本水道協会において、水道用遠心力ダクタイル鋳鉄管モルタルライニング（JWWA A 107）の規格改正が行われたので、改正の内容を紹介する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1970年	No.9	欧米の水道界における鋳鉄管－現地調査報告－	日本鋳鉄管協会 技術専門委員会 副委員長　宮岡　正 委員　長尾　正三	アメリカ、イギリス、フランス、ドイツ、ベルギー、オランダ、ノルウェー、スウェーデン、デンマークの各都市水道を訪問し、管路の現況について現地調査を行ったので報告する。
		U形ダクタイル鋳鉄管(φ1500mm)による推進工事について	静岡県駿河工業用水道 事務所長 瀬古　武彦	静岡県東駿河湾工業用水道事業岳南配水管路布設に当り、東海道本線下の横断が生じ、推進用ダクタイル管（呼び径1500×32m）を使用したので、その工事の状況を報告する。
		都心の漏水防止作業	東京都水道局 中央支所漏水防止課長 島崎　秀夫	東京都水道局の漏水防止作業の現況を報告する。
		万国博の水を引く	吹田市水道部 工務部長 吉田　繰太郎	万国博会場への給水の計画、施工の概要を報告する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1970年	No.9	配水管の事故に思う	東京都水道局 技監 松田　暢夫	東京都水道局での鋳鉄管での漏水事故の現況を報告する。
		不良土とたたかう	四日市市水道局 拡張課長 黒川　　薫	特殊土壌による腐食での漏水事故の現況を報告するとともに、ポリエチレンチューブ被覆などによる対策を紹介する。
		大阪府における工業用水道配管の誤接事故防止対策について	大阪府水道部 工業用水道課主幹 濱野　　守	大阪府工業用水道の配水管布設状況と誤接合防止対策について報告する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1970年	No.8	新しい通信ケーブル用鋳鉄管－ねじ継手方式ダクタイル鋳鉄管－	日本電信電話公社 前技術局調査部 門線路構造担当調査員 東京電気通信局 土木工事部調査役 姫野　梶彦 技術局調査部門線路構造担当 安延　信一	日本電信電話公社の地下管路は、通信ケーブルを収容するための施設で、公社が最初に地下管路を採用した明治29年から管路材料の主要材料として鋳鉄管が使用されている。今回、強度特性、導通特性などの向上を目的に材質、構造について各種の調査、実験を行った。その結果、各特性値を大幅にに向上させたねじ継手方式のダクタイル管を開発し、昭和44年11月から全面的に切り替えたので、これについて報告する。
		欧米水道雑感	神戸市水道局 技術部工務課長 村尾　正信	1969年9月にウィーンにおいて開催された第8回国際水道会議に出席し、あわせて欧米諸都市の水道事情を調査する水道協会が中心の調査団に参加したので、得られた情報ほ報告する。
		モルタルライニングの品質向上について	日本鋳鉄管協会 品質向上分科会 委員長　吉村　英夫 委員　　長尾　正三	鋳鉄管のモルタルライニングは、諸外国において数十年の実績があり、我が国においても昭和26年に実用化され、今日ではほとんどの鋳鉄管がモルタルライニングされるまでに普及している。このモルタルライニングの品質向上と製品の安定化を図るために実施した膨張セメント混和剤、合成樹脂エマルジョンおよびモルタル養生方法の研究結果を報告する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1970年	No.8	鋳鉄管とダクタイル鋳鉄管の耐蝕性に関する報告書	米国鋳鉄管研究協会 理事長 W.Harry Smith 久保田鉄工株式会社 長尾 正三訳	米国鋳鉄管研究協会は、約40年間に亘って地下埋設する鉄系金属管の腐食を種々の面より研究してきている。最近の研究の結果として、鋳鉄管とダクタイル鋳鉄管の腐食速度の比較、実使用の経験における腐食の影響、土壌の腐食性の評価方法、防食方法（ポリエチレンスリーブ）について報告する。
		タイトンジョイント管について	浜松市 水道部工務課長 佐々間 清	浜松市でのタイトンジョイント管の使用実績と使用上の留意点などを報告する。
		赤水対策についての考察 尼崎市における「赤い水」の実状とその処理	尼崎市水道局 水質管理所長 出口 富雄 配水課技術係長 中川 晏男 配水課技手 中森 英明 維持課 松田 利一	主要管路の水質測定が主目的であるが、それ以外に赤水に対する事前調査とその対策の検討、あるいは新たに布設された給水管の洗浄、廃水の試験にと広い範囲に使用されている水質自動モニターについて、その構造、原理、使用事例を報告する。また、尼崎市での赤水の実状とその処理を紹介する。
		農業用水合理化による水道水源開発	福岡市水道局 開発課長 原 茂恭	水源不足を解消するための緊急的措置として、農業用水を管路で灌漑配水することによる合理化で生み出された余剰水についての水道用水源の開発、および、非灌漑期の農業用水を貯水するダムの開発を行ったので、それらの計画内容や維持管理について報告する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1969年	No.7	欧米における鋳鉄管事情	日本鋳鉄管協会 技術専門委員会 副委員長　宮岡　正 委員　長尾　正三	欧米9ヵ国の水道局や鋳鉄管メーカーを訪問し、スリップオン継手、離脱防止継手、ポールジョイント等の継手や、工事方法についての知見を得たので紹介する。
		地下埋設ダクタイル管の支持角および側圧に関する室内実験結果について	日本鋳鉄管協会 技術専門委員会 委員　御園　一夫 委員　難波　強介	現行の日本水道協会規格におけるダクタイル管の管種選定表は、土被りによる土圧の管底支持角を0°として作成されている。しかし、その後の埋設実験では60°以上となっていることから、種々の埋設実験により、管底支持角および土圧分布の推定を行ったので報告する。
		神戸市における配水管再生工事について	神戸市水道局 技術部　配水課長 和泉　一加	赤水対策として、既設管内面をクリーニングした後、モルタルライニング法または乾式塗装法による再生を行ったので、その施工事例ならびに施工結果を紹介する。
		鉱害地における導水管の管種決定ならびに布設後の現況	北九州市水道局 建設部長 野田　誠	延長約22kmの導水管布設工事において、全長の約2/3が鉱害激甚地区を通過するため、種々の検討の結果、ダクタイル管についてはメカニカル型ジョイント改良型（特AⅡ形、呼び径1200mm）の採用を決定した。管種決定の考え方および布設後の現況について報告する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1969年	No.7	秋田火力発電所の復水器冷却用水路について	東北電力株式会社 取締役土木部長 吉田　栄延	東北電力では埋設冷却管にダクタイル管を用いており、現在工事中の秋田火力発電所の冷却管（呼び径2400㎜）について、選定理由および据付け工事の概要を紹介する。
		農業用水におけるダクタイル鋳鉄管の設計例について	内外エンジニアリング株式会社 調査課 杉森　勇	開拓パイロット事業など、近年著しく全国各地ですすめられている果樹園のかんがいのために必要な基幹送水管路の設計、とくにポンプ揚水による送配水管の考え方にしぼって、設計例（管種選定等）を紹介する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1969年	No.6	推進工法用ダクタイル管の開発	日本鋳鉄管協会 技術専門委員会 副委員長　宮岡　正 委員　宮本　宏 委員　根本　行康	推進工法用管のO-Ⅰ形（内カラー継手）、O-Ⅱ形（内カラー継手の離脱防止機構付き）、O-Ⅲ形（内カラー継手のロックリング形式離脱防止機構付き）、ＵＦ形、Ｕ形について、継手の構造と機能試験の結果を報告する。また、推力に対する抵抗およびグラウト孔の水密性についても報告する。
		中小口径ダクタイル管の推進工法	日本鋳鉄管協会 技術専門委員会 委員　菊井　薫 田尾　寿則	タイトン形内カラー継手管について、接合試験、水圧試験、曲げ試験、外圧試験、軸方向圧縮試験等の結果を報告する。また、実施例ならびに実施結果の一例を紹介する。
		鋳鉄管の外面防蝕対策としてのポリエチレンスリーブ法	日本鋳鉄管協会 技術専門委員会 委員　長尾　正三 大橋　義信 細田　慎一	アメリカ、イギリスでのポリエチレンスリーブ法の効果（屋外実験結果）と実用例を紹介するとともに、ポリエチレンスリーブ法の性能および施工方法に報告する。
		千葉県営水道第3次拡張事業の通水によせて	千葉県水道局 計画課長 近藤　清	第3次拡張計画の概要、必要性、緊急性を紹介するとともに、計画推進上の諸問題、建設実施上の諸問題（軟弱地盤での導水管布設において、UF形ダクタイル管を使用）を報告する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1968年	No.5	JWWA G 105106規格の改正及びJWWA A 107の規格制定の解説について	日本水道協会	JWWA G 105・106（水道用遠心力ダクタイル鋳鉄管、水道用ダクタイル鋳鉄異形管）の改正の主な内容は、直管および異形管の試験水圧の上昇、ボルト・ナットにメートルねじの採用とそれに伴うフランジ寸法の一部改正などである。また、JWWA A 107（水道用遠心力ダクタイル鋳鉄管モルタルライニング）の規格制定は、従来の規格が鋳鉄管を対象としたものであり、原管にダクタイル管を使用することが多くなってきたため、これに対する規格を制定したものである。
		ウォータハンマの実験と計算例	久保田鉄工株式会社 鉄管研究所 鉄管技術部係長　宮本　宏 鉄管技術部　　中島　鋭	ウォーターハンマの理論は種々発表されているが、実際的現象の裏付けは少ない。そこで、このウォータハンマについて、実験用ダクタイル管路を布設し、ポンプ系、自然流下系について基本的な実験を行ってきたので、実験結果を紹介するとともに、それに基づく計算事例をあげる。
		K形ダクタイル管用一体ゴム輪について	久保田鉄工株式会社 鉄管研究所 鉄管技術部係長　宮本　宏 鉄管技術部　　中島　鋭	現在ダクタイル管のK形継手においては、ゴム輪として「丸ゴム輪」「角ゴム輪」が別々になったタイプのものが用いられている。これに対して、継手の性能を損わずに施工性を向上させ、附属品の数を減らし、倉庫管理を容易にするために「丸角一体ゴム輪」を試作し、各種性能試験を行ったので、その試験結果を報告する。
		奈良県における広域水道について	奈良県水道局 工事第二課　課長補佐 土嶋　彌太郎	奈良県水道局における広域化の必要性、広域水道の概要、今後の課題点について紹介する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1968年	No.4	ダクタイル管の離脱防止継手について	久保田鉄工株式会社 鉄管研究所 鉄管技術部長　宮岡　正 鉄管技術部技術第二課 技術係長　宮本　宏 鉄管研究部係長　根本　行康 鉄管技術部技術第一課 山路　忠雄	KF形、UF形の離脱防止継手について、継手の概要、特性、配管施工法を紹介するとともに、継手性能の試験結果（水密性、抜け出し阻止性、曲げ剛性）および呼び径2000mmの45°水平曲管等で実施したUF形管埋設実験の結果を紹介する。
		高水圧に対するダクタイル管について	久保田鉄工株式会社 鉄管研究所 鉄管技術部技術第一課長 本間　敬三 鉄管技術部技術第一課 山路　忠雄 鉄管研究部係長 御園　一夫	JWWA G 105 付表-1の管種選定表には静水頭100mまでしか記載されていないが、これはダクタイル管はこれ以上の圧力のかかる所には使用できないとするものではない。実際、わが国においても、水撃圧を含む最高圧力約45kg/cm2というような条件でダクタイル管が使用された例もある。ダクタイル管を高水圧で使用する場合の管本体あるいは継手の安全性等といった問題について実験結果を中心に報告する。
		大阪府営工業用水道臨海線電蝕について	関西電蝕防止対策委員会 水道管小委員会	大阪府営工業用水道臨海線の管路のうち、最も電蝕を起す可能性の高い地域として、市電と完全に並行し、しかも変電所が並行部の中央にある所、及び南海電鉄本線と並行する部分との管路（呼び径1000mm、直管：メカニカルジョイント、異形管：特殊メカニカルジョイント（大阪府形））について、対地電位、対軌条電位、軌条にボンド時の対地電位などを測定し、電蝕の危険性を判断する資料としたので、これについて報告する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1967年	No.3	配管界のニューフェイス内面接手管	東京都水道局 利根川水道建設本部建設部長 松田　暢夫	東京都水道局技術陣の構想を久保田鉄工株式会社が取り上げ、内面接手管が開発された。この内面接手管の構造と、接合作業を主体とする基礎的試験の結果を報告する。また、呼び径1500㎜の配管施工例を紹介する。
		内面接手管内面接手(U形)ダクタイル管	久保田鉄工株式会社 取締役鋳鉄研究部長 河井　貞一 鉄管研究部技術課開発係長 宮本　宏	U形ダクタイル管の接手構造、性能等の概論、呼び径1000㎜、1600㎜、2000㎜において実施した機能試験および復旧試験の結果、トンネル内および狭開削溝内配管施工試験の結果について報告する。
		鋳鉄管接手用ゴムパッキン	久保田鉄工株式会社 鉄管研究部 研究課研究係長　長尾　正三 技術課開発係長　宮本　宏	ゴムパッキングを使用する接手は、接手部の可撓性、耐内圧性、耐外圧性能が優れており、過酷な使用条件においても十分その使命を完遂できる性能を持っているが、このような接手の性能は、ゴムパッキングの性能一つにかかっていることは言をまたない。その意味で、接手に使用されるゴムパッキングの特性と、それと関連して接手の性能について説明する。内容は、接手の種類とゴムパッキングの規格などの概要、ゴムの材質特性、メカニカル接手の挙動とゴムパッキングに関する力学的考察、使用後の機械的性質などの使用実績からなり、試験結果を中心に説明する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1967年	No.3	薄肉ダクタイル管の安全性について	久保田鉄工株式会社 鉄管研究部　技術課技術係長 本間　敬三	4種管よりもさらに薄い管厚の呼び径1350㎜ダクタイル管を地下6.5m下に埋め、水圧25kg/cm2を負荷した実験を行ったので、その実験結果（土圧分布、K値など）を紹介する。
		尼崎市の地盤沈下と配水管	尼崎市水道局 参事 山中　麟之介	尼崎市の地下水汲み上げによる地盤沈下の現状を紹介するとともに、地盤沈下地域に地盤沈下発生期に布設された工業用水管路の状況を報告する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1967年	No.2	ダクタイルタイトンジョイントについて	久保田鉄工株式会社 鉄管研究部次長 宮岡　正	ダクタイル・タイトンジョイント管の継手構造、ゴム輪、施工方法を紹介するとともに、性能試験結果を報告する。
		鋳鉄管のモルタルランニングについて	株式会社栗本鉄工所 鉄管技術部長 川崎　博治	遠心力モルタルライニングの基礎的性質（強度等）、通水による影響とシールコート、耐久性について、試験結果を主にして説明する。
		「100mmダクタイル管」朝熊山に登る	元伊勢市水道課長 (現夕張市水道課長) 徳永　充夫 伊勢市水道課管理係長 中村　宮雄	高圧の送水管にダクタイル管（呼び径100㎜、AⅡ形）を使用したので、その管種決定の経緯、管の仕様・構造、施工後の現況などについて報告する。
		ガスにおけるメカニカル管	東海瓦斯株式会社 都市瓦斯事業部次長 石川　清	東海瓦斯では、中圧本管の70%以上がメカニカル管であり、その構造や仕様について紹介する。また、掘り上げ管について、パッキンや管体の経時変化を調査したので、それらについて報告する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1967年	No.2	鋳鉄管の耐食性について	横浜市水道局 計画課	横浜市での鋳鉄管の使用状況を紹介するとともに、管内外面の腐食状況およびクリーニングの効果と閉塞の進行状況などについて、調査結果を報告する。
		初期の遠心力ダクタイル管を使用して	桂沢上水道組合 工務課長 巧 衛	桂沢上水道組合設立の経緯と、創設事業の導水管、送水管布設においてダクタイル管（呼び径700㎜）を使用したので、採用の経緯および布設工事とその後の状態を報告する。

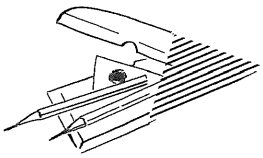
発行年	号数	タイトル	著者	概要
1966年	No.1	小口径ダクタイル管	久保田鉄工株式会社 取締役鉄管研究部長 河井　貞一	昨今多く用いられるようになってきた小口径ダクタイル管について、材質・強度、接手構造・性能、切管、穿孔および分岐、水道用分岐サドルの試験結果を中心に説明する。
		異形管の内面塗装について	株式会社栗本鉄工所 鉄管技術部長 川崎　博治	異形管内面塗装の現況として、コールタール焼付け塗装および瀝青系常温塗装、セメントライニング、タールエポキシ塗装、液状塗料を使用する塗装などのその他の塗装・ライニングについて、組成、製造方法、性能などを紹介する。
		東京都の水道用鋳鉄管の大口径化について	東京都水道局 利根川水道建設本部長 藤田　博愛	東京都水道局における大口径管採用の歴史や鋳鉄管の特性について報告する。
		大阪府営水道におけるダクタイル管の大口径化	大阪府水道部	大阪府水道部の事業概要と、第5次水道建設事業に伴う送水管設備での呼び径2000㎜を最大口径とする大口径管の管種選定について紹介する。なお、本管路では、大阪府で考案した「FN型離脱防止継手」を異形管も含めて全面的に採用し、継手部の離脱によって生じる事故を未然に防ぐこととした。
		大阪市におけるダクタイル管	水道産業新聞編集部	第8回拡張事業の内容と、そこでの管種決定の考え方ならびに大口径ダクタイル管の優秀性について紹介する。

ダクタイル鋳鉄管第19号

昭和50年10月

技術レポート

軟弱地盤地帯のダクタイル管管路の挙動調査(その2)



静岡県柿田川水道事務所長
漆畑八三

1．はじめに

昭和46年から施工してきた総延長21kmの駿豆水道送水管路が竣工し、昨年暮以来、機器の調整及び通水試験を行ない、50年３月に無事本通水に入った。この間、約３年間既に46年春に埋設された800φ及び900φダクタイル管路の内、特に軟弱と見られ、かつ盛土によって将来地盤の圧密沈下が予想される地点については、管路の沈下挙動を通水後に至るまで継続して計測・調査してきた。

更に、本管路では軟弱地盤における不等沈下を極力避けるために、設計上曲管部のアンカーブロックを全面的にやめてＫＦ形継手を採用しているので、この効果を調べるために通水加圧時における管路の水平方向の動きを計測したので、これも併せて紹介したい。

以下、これまでの計測・調査結果について、あらましを述べてみる。

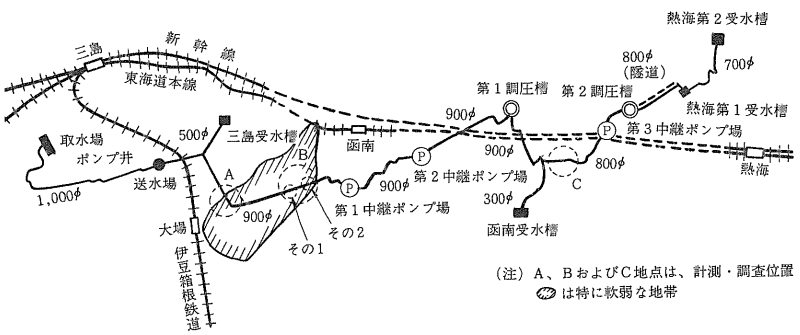
2．通水までの管路の挙動調査

(鉛直方向の動き)

(1) 調査位置

図－１に示す送水管路のＡ、ＢおよびＣ地点で通水時までの３年間にわたり管路の沈下挙動を計測してきた。なお、付近の地盤状況及び計測方法については、既報協会誌14号に紹介しているのでご参照願いたい。

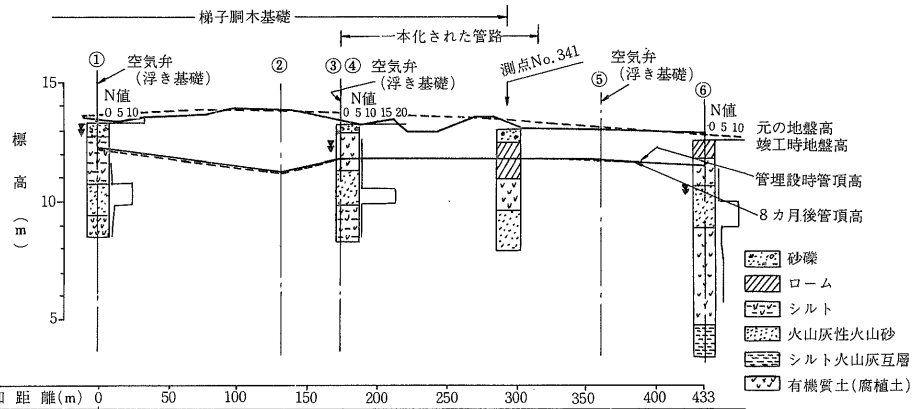
図－１　管路の概要



(2) 結　果

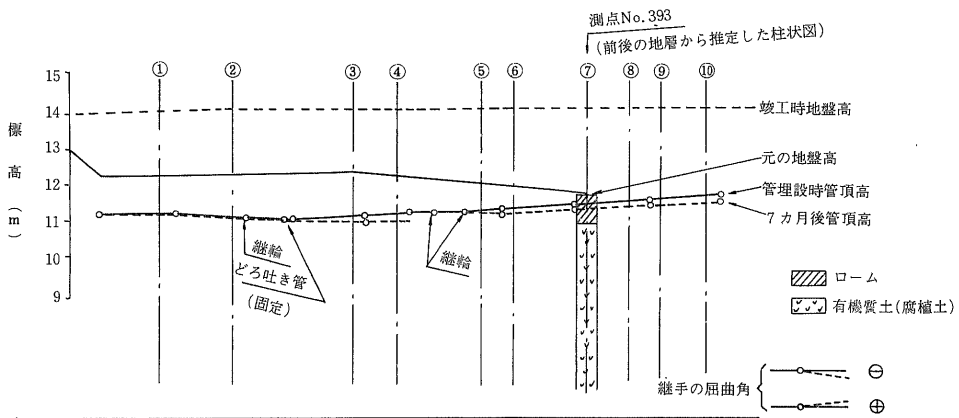
第1報では、管埋設後8～9カ月後までの計測結果を挙げたが、その後の調査結果も含めてまとめると図－2～図－5のようになる。

図－2　地層と管路の沈下状況（A地点：900φ）



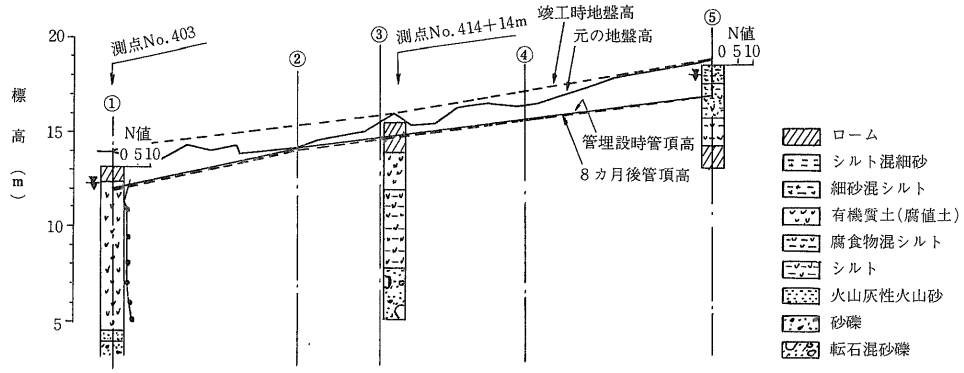
追加距離(m)	0	50	100	150	200	250	300	350	400	433
区間距離(m)		131		42		185		74		
地盤高(m)	13.710			13.711				13.250	12.794	
埋設時管頂高(m)	12.300		11.255	11.800	11.789			11.900	11.543	
沈下量(cm) 2.5カ月後	5.8		1.6	0	0.4			0	0.8	
沈下量(cm) 8カ月後	3.9		2.3	0.2	0			5.4	0.6	
沈下量(cm) 17カ月後	10.9		8.2	0	0			8.1	0.6	
沈下量(cm) 23カ月後								10.5	0.5	
沈下量(cm) 38カ月後	15.3			11.4				13.9	0.5	（通水3カ月後）

図－3　地層と管路の沈下状況（B地点・その1：900φ）



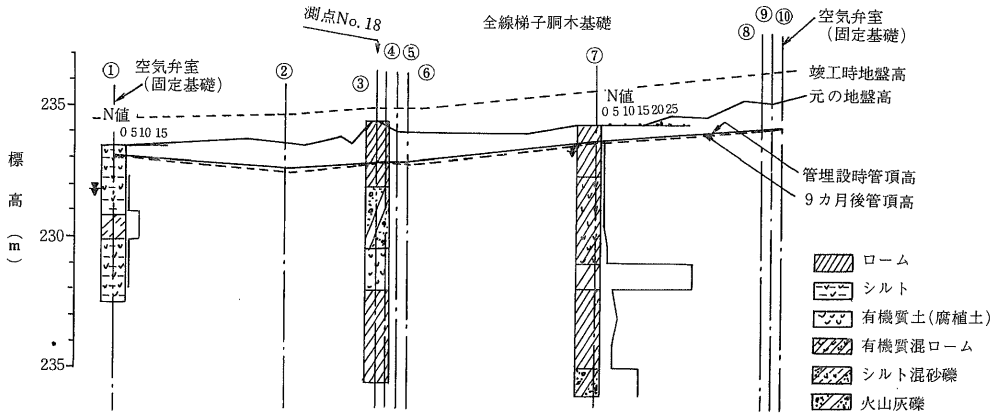
追加距離(m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45.3
区間距離(m)	6	10	3.8	7	2.7	6	3.6	2.4	3.8	
地盤高(m)	13.925	14.005	13.970	13.963	14.000	14.000	14.080	14.021	14.033	14.013
埋設時管頂高(m)	11.071	11.011	11.012	11.063	11.159	11.243	11.376	11.419	11.476	11.556
沈下量(cm) 7カ月後	0.3	2.0	7.7	13.0	9.4	10.2	9.6	13.1	15.6	18.6
沈下量(cm) 8カ月後	0.4	2.2	7.9	13.1	10.2	11.6	10.3	13.9	16.8	18.7
沈下量(cm) 16カ月後	0.5	2.0		12.9	10.0	11.4	9.1	14.1	16.7	17.0
沈下量(cm) 22カ月後	0	1.2		12.7	9.6	11.4	10.3	14.2	16.9	17.2
沈下量(cm) 31カ月後	0	1.3		12.5	9.9	8.0	10.0	14.0	16.9	17.1
沈下量(cm) 37カ月後	0	1.4		13.0	9.5	10.6	9.6	14.3	17.0	16.5 （通水3カ月後）
継手の屈曲角度 埋設時	−15′	+2′	/+2′	0°/+18′	+11′		−18′	−40′	+29′	
継手の屈曲角度 通水後	−25′	+12′	/+19′	−17′/−37′	+11′		+46′	−1°43′	+1°26′	

図－４　地層と管路の沈下状況（B地点・その２：900φ）



追加距離(m)	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	480	
区間距離(m)	148			66		116		150				
地盤高(m)	14.123			15.306	15.862		17.171			18.896		
埋設時管頂高(m)	12.033			14.196	14.693		15.722			16.979		
沈下量(cm) 2.5カ月後	1.5			0.2	1.2					0.7		
8カ月後	0.8			0	0.7		1.5			0.9		
17カ月後	1.8			0	0.5		1.2			0.7		
23カ月後	2.7			0	0.8		1.8			0.8		
32カ月後	2.6			0.3	1.5		1.6			0.7		
38カ月後	2.9			1.9	2.9		1.4			1.1		（通水３カ月後）

図－５　地層と管路の沈下状況（C地点：800φ）全線梯子胴木基礎



追加距離(m)	0	50	100	150	200	250	300	350	400	430	
区間距離(m)	111			60	6 6 6	121		108		6 6	
地盤高(m)	234.290			234.660	234.960		235.620		236.390		
埋設時管頂高(m)	233.100			232.600	232.903 232.905	232.892 232.908	233.684		234.286 234.267	234.280	
沈下量(cm) 2.5カ月後	0			2.3	3.3 3.9	4.0 3.6	3.3		2.0 2.2	0	
9カ月後	0.1			4.0	4.9 5.8	6.3 6.1	5.7		2.9 3.3	0.8	
18カ月後	0.9			5.9	6.8 7.2	7.8 7.9	6.5		3.0 3.3	0.7	
24.5カ月後	0			6.7	8.5 9.0	9.6 9.3	7.4		3.4 4.0	0.7	
33.5カ月後	1.6				10.4 11.2	11.7 11.7	8.2		3.2 3.9	1.1	（通水３カ月後）

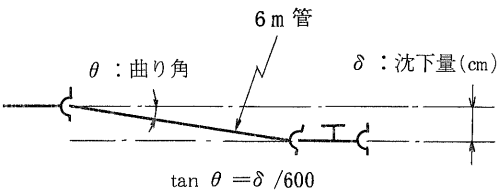
(3) 地盤沈下に対する管路の安全性について

図－2～図－5の結果から、沈下量と経過日数の関係をみると、全般的に埋戻後6カ月～1カ年までの間に沈下は急速に進み、3年間の総沈下量の50%以上の沈下量に達しており、その後は緩慢な沈下状態で2年後にはほぼ安定していることがわかる。なお、通水による沈下の増加は埋戻後に道路舗装のため盛土がなされ、継続的計測ができなかったA地点を除けば総じて1cm前後であるとみられる。

一方、沈下量及びその状況をみると、通水後までの3年間で最大17cmの沈下が計測されているが、管路の状況としては一応なめらかな沈下曲線をえがいている。そして継手の曲り及び動きについては、いずれもK形継手の許容値以内に十分入っており、管路としては安全といえる。即ち900φの場合、許容曲り角は1°50′であり、800φの場合2°10′である。

この場合、直管1本当りの沈下吸収量は図－6に示すように900φでは20cm、800φでは23cmとなる。

図－6　K形継手の許容曲り角



例えば900φの場合、B地点(その1)において37カ月経過して曲り角で 1°03′ の増加を示し、1°43′になっているのが最大である。また、計測された沈下量からみても、仮りに夫々の沈下量が直管1本だけで吸収されたとしても、いずれも20cmあるいは23cm以内であり、まだ継手に余裕を残していることになる。

3．通水加圧時における挙動調査

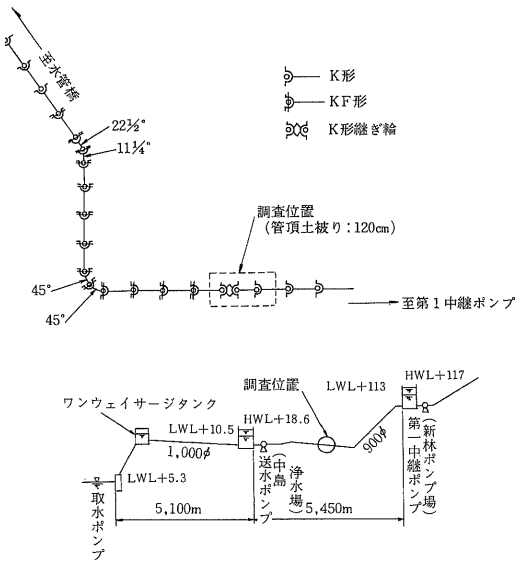
(水平方向の動き)

(1) 調査位置

本通水に入る前に図－7に示す位置で900φ管路の一部を開削し、定常運転時及び電源遮断によるウォーターハンマー発生時の管路及び継手部の動きを測定した。

なお、この地点は図－1のB地点(その1)の近くで地盤も軟弱で、かつ水位の高い所である。

図－7　調査位置



注1：不等沈下を防ぐため曲管部はコンクリート防護をやめてKF形継手を使用した。

注2：埋戻しに際しては、地盤反力効果が期待できるように曲管背面及び前後については全面砂置きかえを行なった。

(2) 測定方法

継手A、B、C 3カ所の管頂位置で、

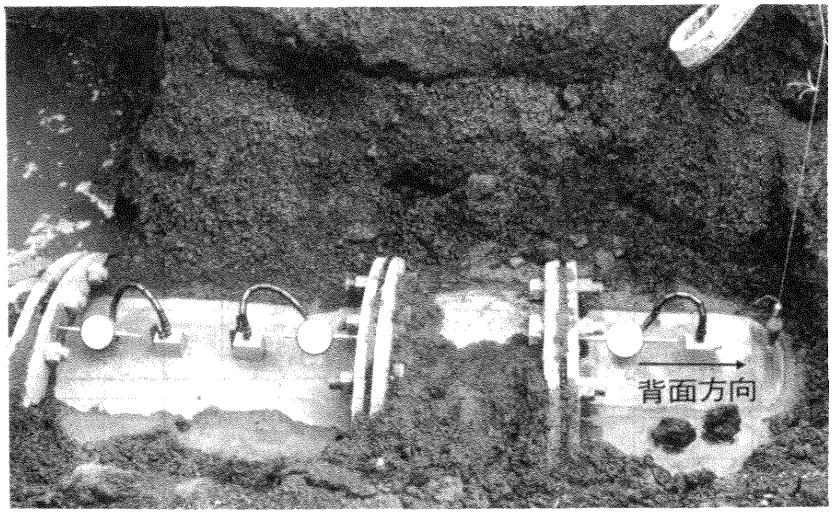
① 排水時の伸縮量
(定常圧から、排水によって管内圧0になるまでの動き)

② 充水加圧時の伸縮量
(管内圧0から定常圧に至るまでの昇圧過程の動き)

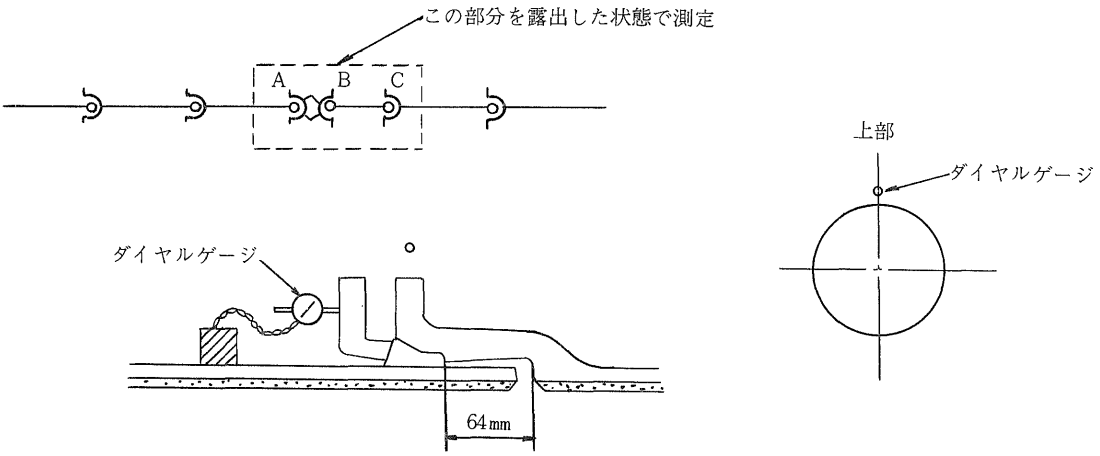
③ ウォーターハンマー時の伸縮量
(定常運転時にバルブの開度を段階的に変えて電源遮断を行ない、この時発生したウォーターハンマーによる動き)

を測定した。

尚、ウォーターハンマー時の圧力変動値については、自動記録されたオシログラフから読み取った。



図－８　測定方法



(3)　結　果

①　排水時の伸縮量

排水直前の管内圧力(静水圧)：10.8kg/㎠

排水完了後の各継手の移動量は次の通りであり、継手３カ所合計－14.6mm(もどり)を示した。

A ……－5.7mm

B ……－4.2mm

C ……－4.7mm

②　充水加圧時の伸縮量

加圧はポンプ出口のバルブ操作及び測定管路付近の排泥弁操作によって０から徐々に昇圧し、最高10.8kg/㎠まで圧力を上げ、各圧力時点での管路及び継手の動きを調べた。

最高圧10.8kg/㎠での各継手の移動量は次の通りであり、継手３カ所合計＋12.7mmの動きを示した。

A ……＋4.9mm

B ……＋3.5mm

C ……＋4.3mm

なお、加圧による管路の移動方向は、曲り部の背面方向であることが基準錘で確認された。

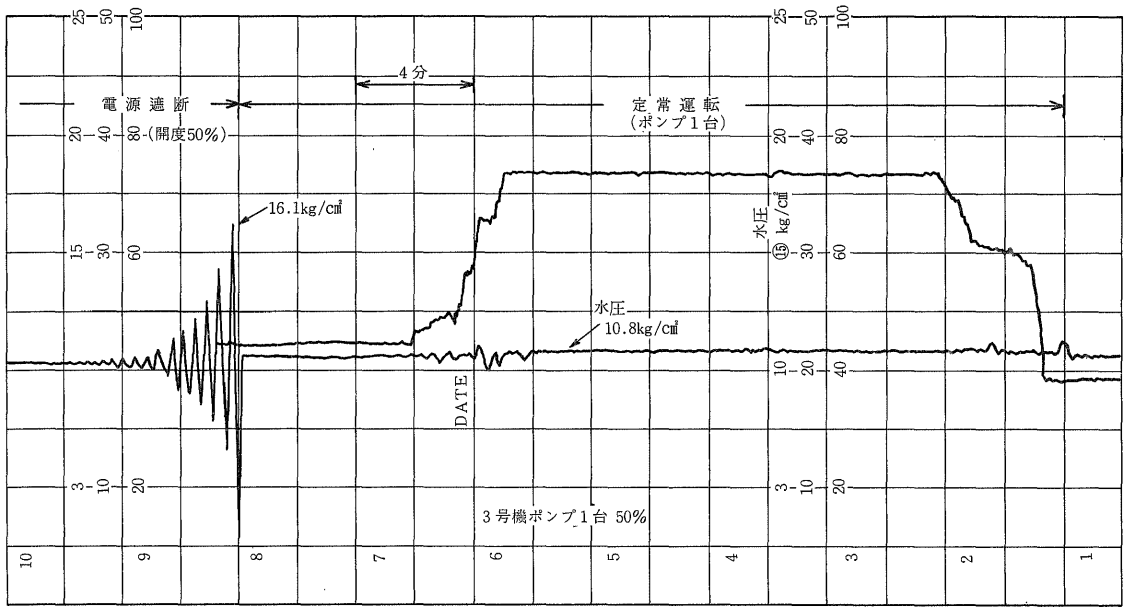
③　ウォーターハンマー時の伸縮量

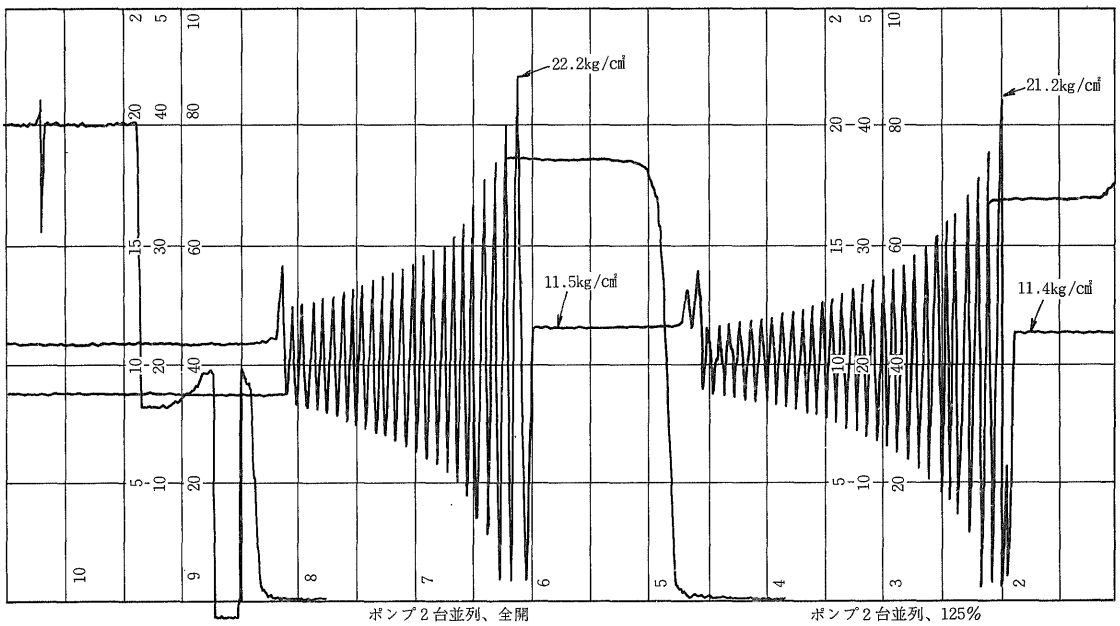
繰返し電源遮断を行ない、この時に発生したウォーターハンマーによる圧力上昇と継手の伸縮状況を調べた結果表のようになり、管路は圧力変動に従って弾性的挙動を示し、最高22.2kg/㎠の圧力上昇

に対しても継手は十分許容伸縮量内におさまって管路の安全性が確認された。

なお、参考までにウォーターハンマー時の圧力変動状況については図－９に示した。

図－９　管内圧力変動





繰返し電源遮断テストにおける継手の伸縮状況

ポンプ台数	バルブ開度 (%)	圧力変動 最低～最高 (kg/cm²)	継手Aの伸縮状況 最小～最大 (mm) ( )内は電源遮断前の継手Aの移動量
1（3号機）	50	5.0～16.1	4.2～ 5.7(4.9)
1（2号機）	50	4.7～16.5	4.5～ 5.7(5.2)
1（　〃　）	75	3.6～16.3	4.4～ 6.0(5.2)
1（　〃　）	100	3.0～16.0	4.5～ 6.1(5.3)
1（　〃　）	全開	1.8～15.8	4.5～ 6.1(5.4)
1（3号機）	全開	2.2～16.0	3.5～ 6.1(5.4)
2（並　列）	25	6.8～12.7	4.9～ 5.7(5.4)
2（　〃　）	25	2.8～17.2	4.5～ 6.1(5.4)
2（　〃　）	50	2.2～17.7	4.5～ 6.4(5.5)
2（　〃　）	75	1.5～19.6	4.5～ 6.8(5.6)
2（　〃　）	100	1.0～21.5	4.9～ 8.1(5.9)
2（　〃　）	100	1.0～21.5	6.1～ 9.3(6.5)
2（　〃　）	125	0.9～21.2	7.1～10.5(7.1)
2（　〃　）	全開	0.7～22.2	7.7～11.4(7.3)

注１：上表は遮断テストの順に挙げた。
注２：３カ所の継手の内、Aが最も多く動いた。
注３：移動量は排水時を０点として表示した。
注４：２台並列運転、開度75%以降、残留移動量が増えているのは圧力変動による継手の伸縮が十分に静定しない内(継手の移動が戻りつつある状態で)、次の遮断テストに移っているためである。

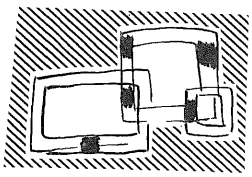
４．むすび

以上、軟弱地盤地帯に布設したダクタイル管路の沈下挙動を通水までの３年間にわたって計測・調査してきたが、管路はダクタイル管継手のもつ特性を生かし地盤変動によく順応し、かつ安全であることが確認された。

また、将来の緊急時の管路及び機器類の安全性を調べるために、全管路にわたって電源遮断テストを行なったが、ウォーターハンマーによる圧力上昇(900φ管路では最高圧22kg/cm²、800φ管路では最高圧26kg/cm²が確認)に対しても、管路は安全であることが確認された。

技術レポート

タイトンジョイント管使用にあたって



広島市水道局施設部計画課長補佐
砂　堀　正　之

1．はじめに

タイトンジョイント管については、すでに各都市より色々な面から紹介され、あらためて記述を要しないが、その優れた継手機能は経済的で、施工性のある継手として脚光を浴び、小口径管分野で広く普及されている。本市でも昭和46年９月から、口径 200㎜以下の管について、従来のメカニカル管からタイトン管に異形管を含めて、全面切替を行ない現在に至っている。

そこで本市における、タイトン管の経緯ならびに実態について述べてみる。

2．採用までの経緯

本市ではタイトン管が、その改良前、ハイタイトとして開発された時点（昭和38年～昭和41年）で、口径100～150㎜を約4,700m試験的に布設した。

しかしゴム輪が接合時にねじれこみ、漏水することがあった。また、あまりにも水密性に重点をおかれたためか、受口および挿口の公差がきびしく、接合に対する施工性が悪く不評であり、僅か数工事に留めた。

その後、昭和45年頃からタイトン管のメーカー側のＰＲならびに実地講習があり、その優れた性能を認めるとともに、本市でも独自のテストおよび技術研究を重ね、その安全性および経済性が確認されたので、昭和49年９月に使用に踏切った次第である。

余談であるが、タイトンに全面切替を行なったため、それ以後の材料の納期がメカニカル管で２～３カ月だったものが、切替により10日～１カ月に短縮され、その年度の事業消化が非常に楽になった。

タイトン管布設実績（昭和50年６月末現在）

口径＼年度	46年度	47年度	48年度	49年度	50年度	計
200㎜	2,964m	9,183m	17,895m	15,364m	630m	46,036m
150㎜	9,867m	31,038m	28,838m	25,871m	1,455m	97,069m
100㎜	13,347m	40,780m	39,977m	43,167m	937m	138,208m
75㎜	27m	181m	1,607m	654m		2,469m
計	26,205m	81,182m	88,317m	85,056m	3,022m	283,782m

3．水圧試験

タイトン管採用にあたり、後記離脱防止金具のテストを兼ねて水圧試験を行なった結果、水圧17.5kg/㎠、20kg/㎠、25kg/㎠で漏水はなく、水密性の信頼度は高かった。

4．離脱防止方法

本市における異形管部に働く離脱力の防止方法としては、水圧5kg/㎠以下の個所では防止金具のみを使用し、水圧5kg/㎠以上の個所には前記金具を使用するとともに、設計圧力に応じて計算された離脱力から金具の安全阻止力を引いた不足分について防護コンクリートを打設している。

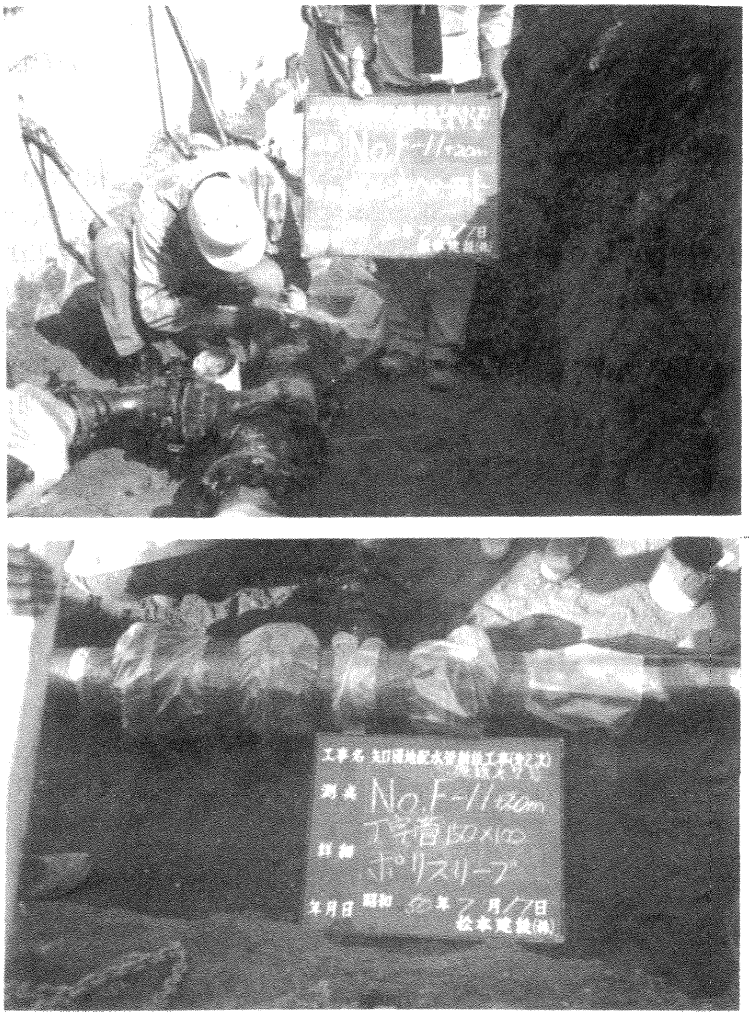
金具は建込みボールト形式で、その生命である押ネジ先端部の防錆を計るため、先端部にセメントペーストを塗り、その養生を兼ね、更に防錆を期するため継手部をポリエチレンスリーブで覆い安全を期している。

また最近では、タイトン継手の離脱防止金具について種々の工夫・考案がなされており、本市においても試験の結果、好成績を得たものについて、テスト的に採用する計画である。

タイトン継手自体の限界離脱水圧（拘束なし）

状　態	限界水圧(kg/㎠)	口　径
接合直後	1.0	100 mm
接合後5時間	3.5	100 mm
〃　14日	5.5	100 mm

セメントペースト・ポリスリーブの施工



セメントペースト・ポリスリーブの施工

5．施　工

タイトン管切替当初における現場からの施工に対する意見は色々あったが、その主なものは次のとおりであった。

(1)　地下埋設物の副輸個所での接合が困難である。

(2)　副輸個所で、しかも短時間で通水中の既設管に連絡する場合、仮据付け接合に時間がかかり、時間的な見通しが立ちにくい。

(3)　上記個所での異形管は、従来のメカニカル形にしてほしい。

(4)　200㎜での継手の分離が困難である。時間が経過するにしたがって困難の度合は大きくなる。

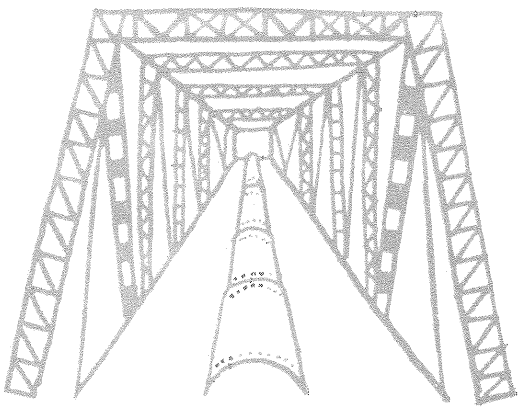
現時点では、接合(分離)器具などに改良工夫を加えられた優れた性能のものが開発され、加えて配管工が接合技術に馴れてきたのであまり問題点はなくなった。あえて指摘するならば、前記(1)について若干難点があるように思われる。

本市ではタイトン管への切替後４年の実績を持つが、正常に施工されたものには漏水したことはなく、その安全性については将来も確信が持てる。

6．あとがき

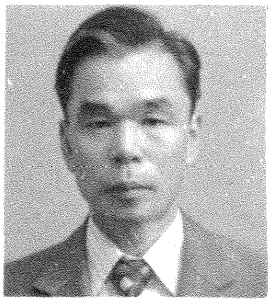
文献によると、米国では大口径管にもタイトン管が使用されており、使用方法も内挿管工法(パイプインパイプ工法)、トンネルやシールド内の配管など多様である。

今後とも技術の進歩と時代の要請にマッチした、より経済的かつ安全性のある方向に積極的に研究されることを期待したい。



寄稿

香川の水



香川県農林部開発水利課長補佐
佐戸政直

はじめに

待望の香川用水の本格的通水が本年６月11日から開始された。この吉野川から導入された水は、農業用水、都市用水に使用されるのであるが、その水量は、年間2億4,700万トンという多量のものであり、ため池県として全国的にも有名な香川県の全ため池、ダムの総貯水量1億3,500万トン余の約２倍に近いものである。これ程多量の水を県外から導入しなければならない香川県の水事情を改めて振返ってみる。

水資源に乏しい香川県

香川県は美しい山や海をもち、温暖で明るい瀬戸内式の気候にめぐまれている。この姿はその昔「万葉集」に

玉藻よし讃岐の国は、国がらか見れども飽かぬ

と歌われているのである。香川県は昔の讃岐一国をふくみ、四国の東北に三日月形に突出した半島で、その向こうには青畳のような瀬戸内海がひらけ、そこには大小100余の島々が散在している。

南には讃岐山脈の山々が展望され、徳島県に境している。南西の一隅がわずかに愛媛県に接しているのみで、その他はすべて内海に面している。面積は1,859km²で四国の約10分の１に過ぎないのである。

この小さな香川県に、実に２万個を超すため池が存在すると言われている。（兵庫県の５万個につぐ全国第２位のため池県である）

なぜ香川県にこれ程のため池が築造されたか、それは一口で言えば、年間の降雨量が、1,100㎜程度と少ない（全国の年間平均降雨量1,800㎜余り）うえに、有力な河川を持たないからである。つまり水資源の乏しい香川県では、普段から注意して少しでも余分の水があれば貯えておき、必要なときにこれを取り出して使うしか、方法がなかったのである。そして、その入れものとしてあらゆる場所にため池が築造されたのである。

「川には常に水が流れている」という常識から言うと、香川県の河川は、川というより川原といった方がふさわしい。普段はただ一面の川原で、ただ大雨のときの数日または数時間だけ、洪水が渦巻き流れ、やがてもとの川原にかえる。これは県土が狭いことも、もちろんであるが、その地形と地勢が大きな原因である。

香川県は東西に長く南北に狭く、県境の讃岐山脈から瀬戸内海までは、最長のところでも30kmに過ぎない。河川は、どの川もこの短い間を1,000m近い山から一挙に海に注ぐのである。このため河川はすべて流域の狭い勾配の急な天井川となり、洪水は一時に海に流出するわけで、雨が降っている間だけ流れ、後はもとの川原にもどるのである。

平安の昔、讃岐の国の国司は、時の朝廷に奉呈した文書に、「晴天５日を経れば水湿の潤なく霖雨（ながあめ）２日に及べば洪水の難あり」と記し、また、高松藩記にも「讃岐国は、南は連山、北は海に面し、地勢北下り故、川浅く水乏しく常水の川一つもこれなく…」と記されている。

これはまことに適切な表現といえる。ずいぶん古い昔から、人々は水に苦しめられてきたことがうかがえるのである。

その河川も年ごとに水が減少している。昔は深いふちであった所も、また、自然のプールとして子どもたちのこよなき遊び場であったところも、今では一面の川原に過ぎない。伏流水は枯れ、こんこんとわき出していた水

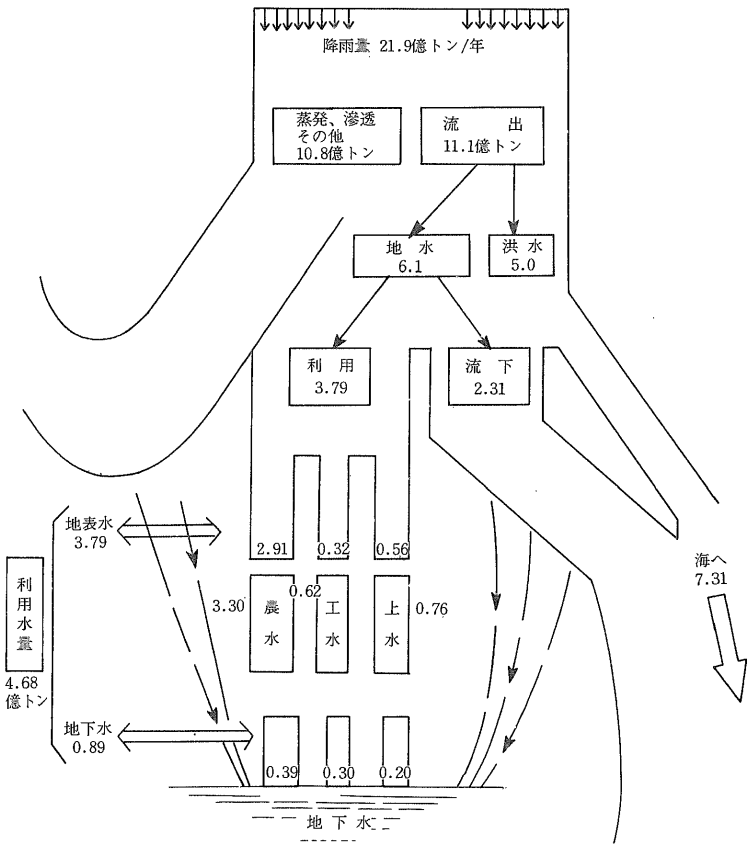
も干上り、うずめ（集水暗渠）は空しく腹を見せている。高松市も地下水の水位が急激に低下している。高松の旧市内では、以前は地上からひしゃくで水がくめたというが、今では夢のような話である。

こうした現象は、水の使いすぎがもたらしたなによりの証拠といえる。「どうにかやってきた」と思っているのは、長い間かかって地下に貯えてきた地下水という形の水資源を、寄ってたかって食いつぶしてきたに過ぎないのである。

戦前は、せいぜい20mとか30mの深さから揚水していた井戸が、いまでは100mの深さは普通で、深いものでは210m余もあり、すでに岩盤に到着しているものもある有様で、もうこれ以上は掘り下げようがないという声さえある。いったん食いつぶされた地下水は、容易に元にはかえらない。

一年間に使用される水量

現在、香川県内で使われている水量は、平年を基準にしてみると、農業・工業・上水道用水を合わせて、およそ年間4億7,000万トンになる。



このうち約7割に当る3億3,000万トンが農業用水に、残りの1億4,000万トンが都市用水の上水道と工業用水に使われている。

この4億7,000万トンという水量は、香川県土の上に降った1年間の雨量全体の21%余に当たり、また、その雨によって無数の河川に流れ出した水量の42%に相当する。

項　目	水　量（億トン）	割合(%)
農業用水	3.30	70.5
工業用水	0.62	13.2
上水道用水	0.76	16.3
計	4.68（うち地下水 0.89）	100.0

これと同じ試算を全国的に行なってみると、流出量のわずか15.2%が利用されているに過ぎない。香川県に比べて2.8分の1しか利用されていないことになる。いいかえると、香川県の場合は、いかに高度に水が利用されているかがわかる。

雨が降って、大小無数の川に流れ出してくる水のうち、その42%が利用されているというと、まだまだゆとりがあり、開発の余地があると言われそうであるが、ことはそう簡単ではないのである。

もともと河川流量の利用限度は、全流水量に対し30～40%が限度であろうというのが、一般の定説である。その意味からは、香川県の場合はもう限度にきているわけである。

どうして河川の水の半分も利用できないかというと、それは

① 河川流量のおよそ半分は洪水のとき一時に海に流れ出し、利用の対象になりにくい。

② とくに香川県の河川は、流域が狭く短小で、流水量が極めて少ない。

③ 平水の８割に近い水が、すでに農業用水として利用されており、これと競合するような新規の開発が極めてむつかしい。

④ 河川には常に最小限の維持用水を流しておかないと、雑用水はもとより地下水の補給源が絶たれることになる。

などが主な理由である。

いままでの話は、すべて平年のことで、異常渇水の年を基準としたものではない。渇水の年には、雨は年間で平年の60～70%しか降らないのである。

かんがい期だけを考えると、50%未満になり、しかも、農地にも、生活にも、大量の水が必要であるから、両方合わせて考えると大きな違いが出てくるわけである。

水需要の見とおし

水の需要想定は、産業構造の動向、生活水準の向上など、その見通しの立て方によってかなり相違する。

今、仮りに昭和60年度の水需要量を想定すると総量で6億5,700万トンとなり、このうち3億8,400万トンの現在供給水量を差引いた２億7,300万トンが不足(要開発)水量となる。

昭和60年度需要想定

区　分	昭和60年度 需要見込水量	現在水源の 供給水量	差引不足水量	付　　記
農業用水	3億7,680万トン	2億4,580万トン	1億3,100万トン	現在供給水量は1/8干ばつ年基準
工業用水	1億4,100万トン	6,200万トン	7,900万トン	
水道用水	1億3,920万トン	7,620万トン	6,300万トン	
計	6億5,700万トン	3億8,400万トン	2億7,300万トン	不足水量のうち香川用水からの補給量2.47億トン

(摘要)

(ア) 昭和60年度の需要想定は次によって算定した。

〔農業用水〕

	水稲	裏作	畑作	畜産用水
作物	27,430ha	16,000ha	12,000ha	
用水量	28,960万㌧	2,090万㌧	5,900万㌧	730万㌧

〔工業用水〕

出荷額	工場敷地面積	回収率
12,890億円	3,400ha	53.0%

〔水道用水〕

普及率	１人１日平均
97.0%	430ℓ(１人１日最大560ℓ)

本県の一河川流量のおよそ半分は洪水となって一時に海に流失している。ダムなどをつくってこれを調整しない限り、水利用の対象にはならない。現実に水源を開発するには、ダムサイトの貧困、流域の重複、既存水利権との競合、コスト高など難しい問題がある。

香川県内で最近に開発された水源は、前山

ダム、殿川ダムがあり、さらに、有望なダム地点についても調査が行なわれている。しかし、これから開発できる水量は、わずかに2千数百万トンといわれている。そうすると、残りの2億5,000万トン近い水量は、どうしても他県に依存するよりほかに道はないのである。

香川用水について

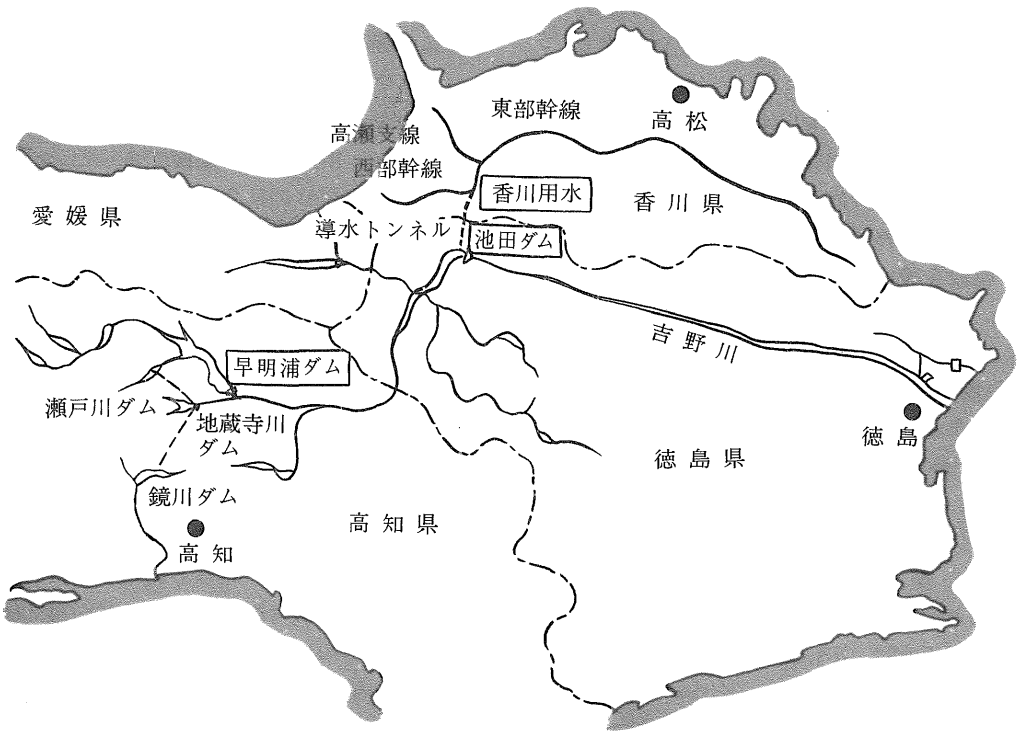
四国には、四国三郎といわれる吉野川が流れている。水量が豊富で、しかも、その大部分は未開発のまま残されている。この残された水資源を四国4県が共同して開発し、その一部を香川県に導入するのが香川用水である。

計画の概要

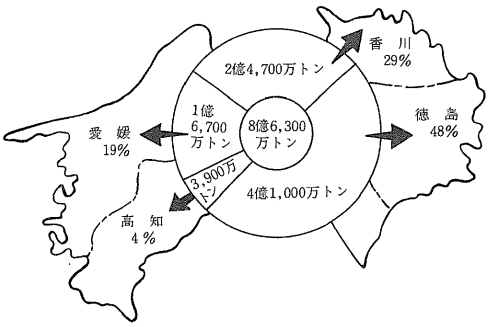
(1) 吉野川総合開発計画

吉野川総合開発計画は、その開発の中核として「早明浦ダム」を建設し、下流「池田ダム」等を合せ、四国4県の用水の確保、吉野川の洪水の防止ならびに発電を行なうものである。

吉野川総合開発計画（吉野川水系のすがた）



早明浦ダムによって新たに開発される水量は、年間8億6,300万トンで、その4県の配分量は下図のとおりである。



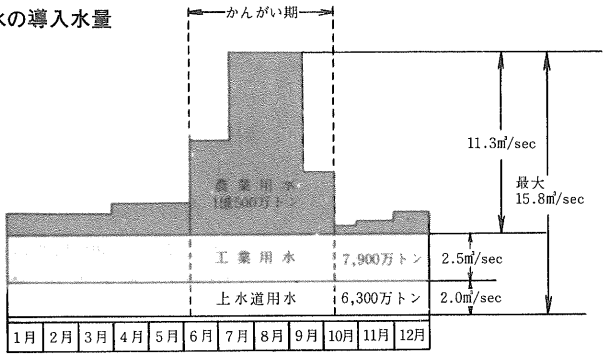
(2) 香川用水計画

① 「吉野川総合開発計画」にもとづき香川県が分水をうける年間2億4,700万トンの水を、池田ダムを取水口として本県内に導水し、農業・工業・上水道用水として利用する計画である。

② この導水のため、総延長106kmの水路（導水トンネル8km、東部幹線74km、西部幹線13km、高瀬支線11km）を建設する。

③ 導水の用途別水量および通水パターンは次図のとおりである。

香川用水の導入水量



(3) 香川用水計画の特長

① 他県に水源を求める計画にもかかわらず、極めて友好的かつ迅速に解決した。

② 1本の用水路を、共用区間は水資源開発公団が、農業専用区間は農林省が区分して平行施行した。

③ 幹線水路の開渠区間は、すべて防護施設を設けた。

④ 分水点には、すべて量水装置をおき、その重要度に応じ自動制御とした。

本県の農業用水

本県の農地は、水田32,300ha、畑13,000ha(樹園地8,900haを含む)である。このうち水田は、米の生産調整で昨年までは約28,000haの水稲作付であった。水田の裏作面積は5～6,000haで、麦、小麦、野菜、たばこ等が栽培されている。

これらの用水は、18,620（ため池台帳登録分）のため池、ダムで70%、河川水で16%、その他井戸水などで14%を賄っている。

しかし、用水量は平年の水稲栽培がどうにかできる程度であり、干ばつになると水田用水は不足するのである。そのため水田裏作はもとより、水源を持たない畑地には全然水を使用することはできない。したがって、昭和42、48年の夏期の渇水の時には畑作物のほとんどのものが手痛い干ばつ被害を被ったのである。もともと水資源にめぐまれない本県は記録によると、干ばつ被害は5、6年に一度の割合で繰り返されている。

県下各地に今も残る数々の祈雨行事や、雨ごい踊りは、自然の厳しさを承知し、しかも極限までの努力を尽して、なおかつ解決を見なかった「水」に対して、最後のものとして、神仏の加護を祈ったなごりである。

したがって、最近までの土地改良事業の中心は、①農業用水確保のためのため池の新設嵩上げと、用排水路の整備であった。

しかし、今日の社会経済の急速な発展は、必然的に農業用水はもとより都市用水の需要の増大をもたらした。今までは農業にほとんど専用されてきた水…それすらも不足していたのに加え、多量の水が新たに都市用水として必要になってきた。

この水問題を抜本的に解決するものとして、吉野川総合開発事業の一環としてさきに香川用水事業が計画され、昭和43年に着工したのである。幸い工事は順調に進捗し、本年6月11日から農業用水の通水も開始されたのである。しかし、通水対象面積は全受益面積30,000haの50%余の15,600haであり、今後残された幹線水路の早期完成が待たれるのである。全工事が完了すれば農業用水としては年間1億500万トンの水が吉野川から導入され、本県農業としては初めて水の制約をうけない営農が行なわれることになるのである。

残された工事は、国営の幹線水路のみならず付帯県営の支線水路、団体営の末端水路等の整備がある。

付帯県営工事のみでも、頭首工5カ所、揚水機工38カ所、用水路延長154km(パイプライン143kmを含む)の工事量があり、今後これらの工事を1日も早く完成して全受益地が香川用水の恩恵をうけ、そして新しい農業が始められることを期待しているのである。

ダクタイル鋳鉄管第18号

昭和50年5月

技術レポート

地震と管路について〈その3〉

―耐震継手S形ダクタイル管―

日本鋳鉄管協会技術専門委員会
委員長　宮岡　正
委員　宮本　宏
委員　根本行康
委員　北条貞宗
委員　中島　鋭

Ⅰ はじめに…… 5
Ⅱ 概　論 …… 6
1. 概　要…… 6
2. 継手構造…… 6
3. 特　徴…… 8
4. 配管設計のための基準性能…… 8
5. 配管設計例…… 10
6. 1,000φ～1,500φ S形継手図面…… 10
Ⅲ 1,000φ、1,500φ、2,100φ 機能試験 … 15
1. 接合試験…… 15
2. 抜出し試験…… 16
3. 曲げ強度試験…… 19
4. 曲げ水圧試験…… 21
5. 繰返し曲げ水圧試験…… 21
6. 長尺継ぎ輪の曲げ強度試験…… 22
Ⅳ 施工要領…… 24
1. 継手接合要領…… 24
2. 継ぎ輪の施工要領…… 26
3. 切管時の施工要領…… 27

Ⅰ　はじめに

本誌14号の〈その1〉において、地震と管路についての研究概要と基本的な考え方について述べた。すなわち、地震時の管路挙動の概要、地震時の管路挙動把握のための振動実験、地震時の管路挙動現地観測、耐震設計計算プログラム、耐震管路構想などの項目について概略説明を行った。続いて、本誌16号の〈その2〉においては振動実験結果を述べた。

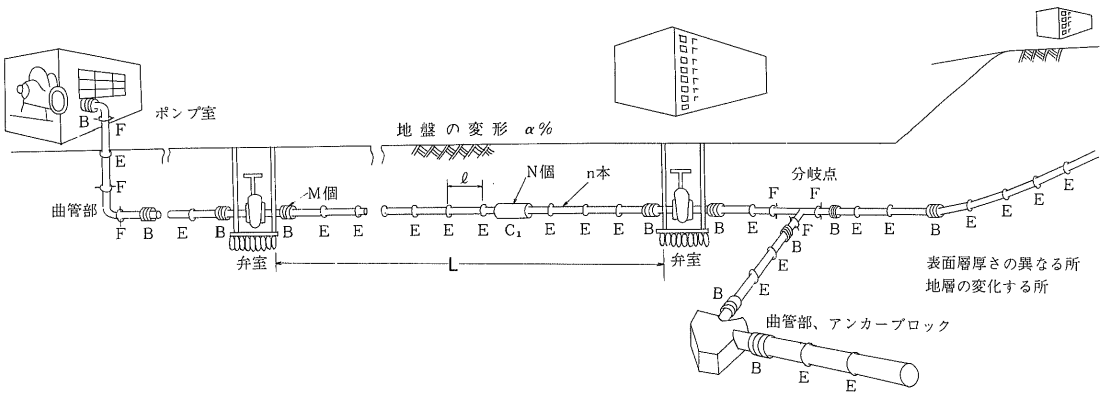
今回は、この度新しく開発した耐震継手S形ダクタイル管について述べる。

現在、ダクタイル管の継手はA形、K形、U形、T形といったメカニカル形式が使われている。これらの継手は、中程度の地震や大地震でも地盤の良い所では水密性を損わずに伸縮、屈曲が可能なことから、管および継手に大きな応力を生ずることなしに、それによる変動を吸収しうる。その意味で、これらの継手を使った管路は耐震管路といえる。いわば、柔構造耐震管路ともいうべきものである。

しかし、最近全国の大都市あるいは地震多発地方の都市から、大地震で地盤が悪い場合

や亀裂、液状化が起こる場合でも安全な管路を求める声が強くなってきた。これらの要望に応えるものとして、図－1に示すような鎖構造耐震管路という構想がある。(「南関東大震災対策調査報告書、昭和48年3月、厚生省」から)

図－1　鎖構造耐震管路



E：スライド形継手(軸方向伸縮余裕量±β%、抜出し阻止力≧管長×管単位長さ当り摩擦力×本数)

B：偏心伸縮自在ユニット(曲げ角度±θ°、偏心量±δm、伸縮量±amm、抜出し阻止力……Eに同じ)

C_1：特殊耐震継ぎ輪(軸方向伸縮余裕量±bmm、抜出し阻止力……Eに同じ)……要すれば用いる。

$$\text{使用個数}\quad N=\frac{\alpha L-n\beta\ell-Ma}{b}$$

F：離脱防止継手

この管路では、各継手は鎖のように自由に伸縮、屈曲し、かつ最終的には大きな抜出力に耐える機能が要求される。これに適した継手として、主に直線管路部に用いる耐震継手(S形)を開発した。

以下に、これらの概要、機能試験結果、施工要領を述べる。

Ⅱ　概　論

1．概　要

1）名　称

耐震継手形ダクタイル鋳鉄管

略称：S形……Seismal, Seismic(地震の)の頭文字

2）呼び径

1,000φ～2,600φ

3）管種および管厚

直　管　1種、2種、3種

異形管　長尺継ぎ輪、短尺継ぎ輪など

管厚は1種類

4）従来の管との互換性

A形、K形、U形、UF形管すべて可能

5）直管の有効長

1,000φ～1,500φ　6m

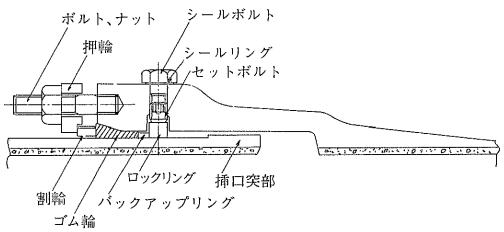
1,600φ～2,600φ　4m

2．継手構造

1）構　造

図－2に示す通りである。

図－2　S形継手の構造



この継手の機構を分類すると、次のようになる。

(1) 伸縮機構

受口底部と挿口先端、挿口突部とロックリングの間に間隙があるため、受口・挿口の入り込み、抜け出しが可能である。従って屈曲も可能である。

(2) 離脱阻止機構

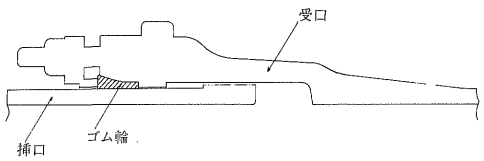
ロックリングと挿口突部の掛け合せにより、受口・挿口の離脱を防止する。この機構は、曲管部およびそのまわりに使われているUF形継手のそれとほぼ同じである。

(3) 水密機構

管軸方向の水密機構はK形のそれとほぼ同じである。ロックリングをセットするためのタップ穴の密封は、シールボルトとシールリングにより行う。

接合を完了した時点では、受口・挿口の挙動から図－3のような構造とみなすことができる。

図－3 性能上から見た継手構造



以上、直管、異形管とも共通であるが、特に長尺継ぎ輪、短尺継ぎ輪を図－4、図－5に示す。長尺継ぎ輪は伸縮量を多くとろうとする場合に用いるもので、短尺継ぎ輪はいわゆるせめ(結び配管)に用いるものである。

2) 継手部品の材料

(1) ゴム輪

SBR

JIS K 6353（水道用ゴム）の2種1号による。

スプリング硬度　丸部 55°

角部 70°

(2) 押輪

ダクタイル鋳鉄

JIS G 5502（球状黒鉛鋳鉄品）のFCD40またはFCD 45による。

(3) 割輪

ダクタイル鋳鉄（FCD 40またはFCD 45）またはこれと同等以上のもの。

(4) ボルト、ナット

ダクタイル鋳鉄（FCD 40またはFCD 45）またはこれと同等以上のもの。

(5) ロックリング

ダクタイル鋳鉄（FCD 40またはFCD 45）またはこれと同等以上のもの。

(6) セットボルトおよびシールボルト

ステンレス鋼（SUS 403－B）

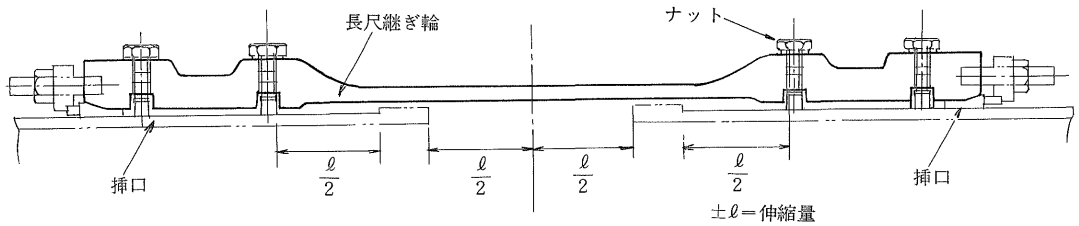
(7) バックアップリング

SBR（JIS K 6353による。硬度90°）

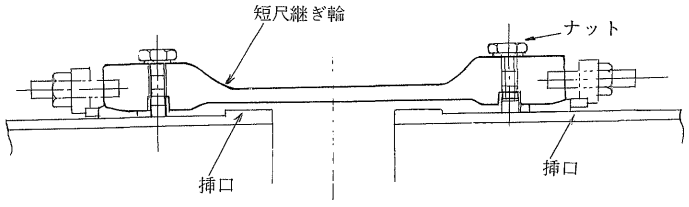
(8) シールリング

ウレタンゴム（JIS K 6353の2種1号甲による。硬度75°）

図－4 長尺継ぎ輪



図－5 短尺継ぎ輪



3）継手設計根拠

（記号は図面参照）

(1) 挿　口

挿口突部長さ：X

継手強度面を勘案し、呼び径により80～100mmとした。

挿口突部高さ：V

直管……$V=\frac{3.5}{1000}\times$（管呼び径）

（ラウンドナンバーに丸めた）

異形管…V＝6～10mm

挿口外径：D_2

K、U、UF形継手と同寸法

(2) 受　口

伸縮余裕：Y

伸縮余裕（a…管長の±1％※＝2％）と配管時曲げ余裕（b…許容曲げ角度を1,000φは1°50′、1,100φは1°40′、1,200φ以上は1°30′とした）から決定。

$Y\fallingdotseq\frac{a+b}{2}$（ラウンドナンバーに丸めた）

※例えば、非常に軟弱な地盤で加速度400galの地震を想定すると、管の伸縮は±0.5％と計算される。余裕係数2とすると±1％の伸縮余裕が必要となる。

受口長さ：P

$P\fallingdotseq A+G+M+X+2Y$

最終的に5、0のラウンドナンバーに修正した。

ボルトのピッチサークル：D_4

$D_7+2\times$（ボルト呼び径）

受口外径：D_5

直管……$D_4+2\times$（押輪のボルト穴径）

異形管…$D_8+2\times(I+J)$

(3) ゴム輪

U形継手用ゴム輪と全く同じ

(4) 押　輪

ボルト穴径：E

（ボルト呼び径）＋6mm

外径：D_5

D_4+2E

押輪厚さ：M

K形継手の押輪と同寸法

(5) ボルト

呼び径、本数

K形継手と同じ

(6) ロックリング

UF形継手用ロックリングと全く同じ

3．特　徴

1）配管設計面

1．耐震性が要求される管路に適用できる。

2．軟弱地盤その他大きな地盤変動が予想される場所での配管に適用できる。

3．その他大きな伸縮量が必要なところの配管に適用できる。

4．以上、いずれの場合も大屈曲形継手（B形）を併用することにより、耐震、耐地盤変動に対し、さらに高い性能がそなわることになる。

具体的なS形継手、B形継手の組合せは5項の「配管設計例」を参照。

2）施工面

1．曲げ配管が可能である。許容曲げ角度はK形継手とほぼ同じである。

2．雨中、湿気の多いところでの施工も可能である。

3．接合後直ちに埋戻しできる。

4．切管の必要が生じた場合、切管挿口に溝を加工し、ロックリングを溶接することにより、S形継手の挿口突部を成形することができる（また、溶接を避けるには設計時にUF形管で切管するように考える方法がある）。

3）継手性能面

1．高水圧に耐える。

2．大きな伸縮が可能である。

3．ある程度の屈曲が可能である。

4．大きな抜出力に耐える。

5．曲げの力に対してある程度まで耐える。

6．耐外圧性に富む。

7．振動、衝撃を吸収できる。

具体的な数字、データはⅢ項の「機能試験」を参照。

4．配管設計のための基準性能

前述したように、S形継手は免震的な考え

方(earthquake-free design)に基づいた継手である。すなわち、大地震でしかも地盤が悪い場合を想定して大きな伸縮余裕、曲げ余裕をとっているため、普通の場合、管体に無理な力がかかることなく、継手の動きで地盤の変動を吸収することができる。

以下に、耐震管路設計の時の参考に1,000φ～1,500φ S形継手の基準性能を示す。

1）伸縮余裕量

直管の継手	管長の±1％（すなわち±60mm）
長尺継ぎ輪	±550mm/1コ

〈参考〉

管長の±1％の伸縮量とした根拠は次の通りである。

地震時、継手に生ずる最大伸縮量は振動実験からも判明したように

$$e = \pm \varepsilon \ell$$

e：継手の最大伸縮量

ε：地盤の歪

ℓ：管長

で表わされる。

ここで、地盤の歪をどの程度にとるかが問題になる。地震時の地盤の挙動は非常に複雑で、学問的にもさまざまな説が唱えられているが、一例として、表面波による地盤の歪の計算式をあげると次のようである。

$$\varepsilon = \pm \frac{1}{2\pi} \times \frac{TA}{V}$$

ε：地震による地盤の歪

T：地震波の周期

V：地震波の伝播速度

A：地震の加速度

この式の妥当性は前述の振動実験でも確認されている。ここで、最大級の地震が非常に軟弱な地盤に起きた場合の計算をしてみる。

すなわち、T＝0.8sec、A＝400gal、V＝100m/secと仮定すると、$\varepsilon \fallingdotseq \pm 5 \times 10^{-3}$となる。

すなわち±0.5%の土の歪が生ずることになる。伸縮量に対する余裕係数を2とすると±1％となる。

2）曲げ余裕量

設計、施工時の許容屈曲角

1,000φ	1°50′
1,100φ	1°40′
1,200φ	1°30′
1,350φ	1°30′
1,500φ	1°30′

〈参考〉

地震時に曲がり得るS形継手の最大(限界)屈曲角は次の通りである。

1,000φ	7°
1,100φ	7°
1,200φ	7°
1,350φ	6°30′
1,500φ	5°50′

理論計算による地震時の継手の屈曲角は、以下に示すようになる。

$$\theta = \pm \frac{\ell A}{V^2}$$

θ：地震時の継手屈曲角

ℓ：管長

A：地震の加速度

V：地震波の伝播速度

最大級の地震が非常に軟弱な地盤に起きた場合の計算をしてみる。

すなわち、ℓ＝6m、A＝400gal、V＝100m/secと仮定すると、$\theta = \pm 8'25''$となる。

さらに、亀裂、液状化などにより地盤の変動がある地点に集中し、継手が設計時の伸縮余裕量、曲げ余裕量を越えようとする場合は抜出阻止性、曲げ剛性で耐えることになる。これらの基準性能を示すと次の通りである。

3）抜出阻止力

1,000φ	327ton以上
1,100φ	359ton以上
1,200φ	391ton以上
1,350φ	440ton以上
1,500φ	488ton以上

〈参考〉

振動実験の結果から、地震時に継手にかかる抜出力は次のようになる。

$$F = \varepsilon_p E A_o = \frac{f_o L}{4} = \frac{m \mu \pi D L}{4}$$

F：地震時に継手にかかる抜出力

ε_p：管に生ずる軸方向歪

E ：管材の弾性係数

A_o：管の鉄部断面積

$f_o = mf$（m：摩擦力を補正する係数、

f ：管単位長さ当たりの管と土との摩擦力）

μ ：単位面積当たりの摩擦力

D ：管外径

L ：地震波の波長

前期抜出阻止力はL＝100m、mμ＝1～2ton/㎡とし、かつ余裕係数を４～２とした時の抜出力に相当する。

この抜出力を受けた時のS形継手の各部応力は、降伏応力以内である。

4）曲げ剛性（抵抗曲げモーメント）

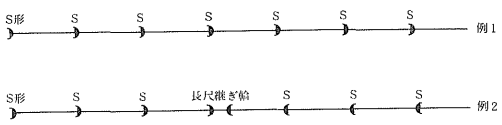
1,000ϕ	20 ton-m
1,100ϕ	26 ton-m
1,200ϕ	33 ton-m
1,350ϕ	46 ton-m
1,500ϕ	62 ton-m

〈参考〉

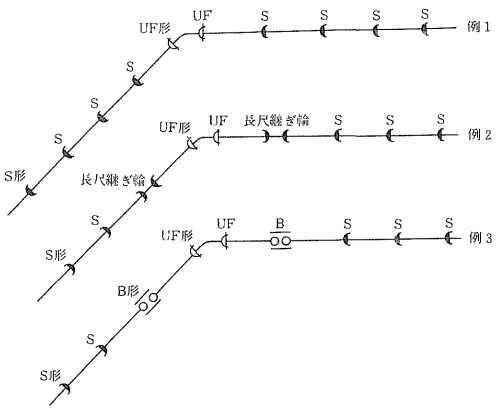
上記曲げモーメントが継手にかかった時、S形継手部の最大応力は降伏応力以内である。

5．配管設計例

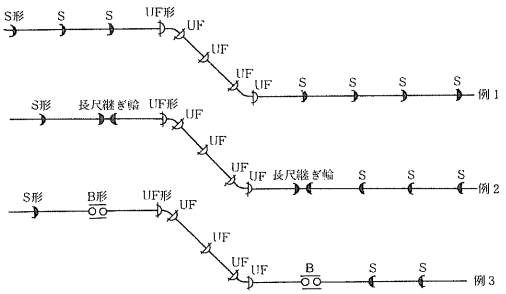
図－6　直線管路部



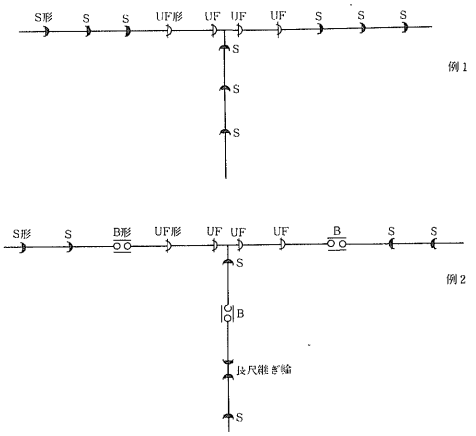
図－7　曲管（水平曲がり）部



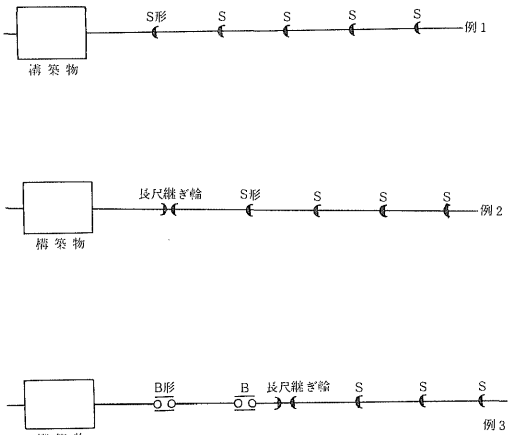
図－8　曲管（垂直曲がり）部



図－9　Ｔ字管部



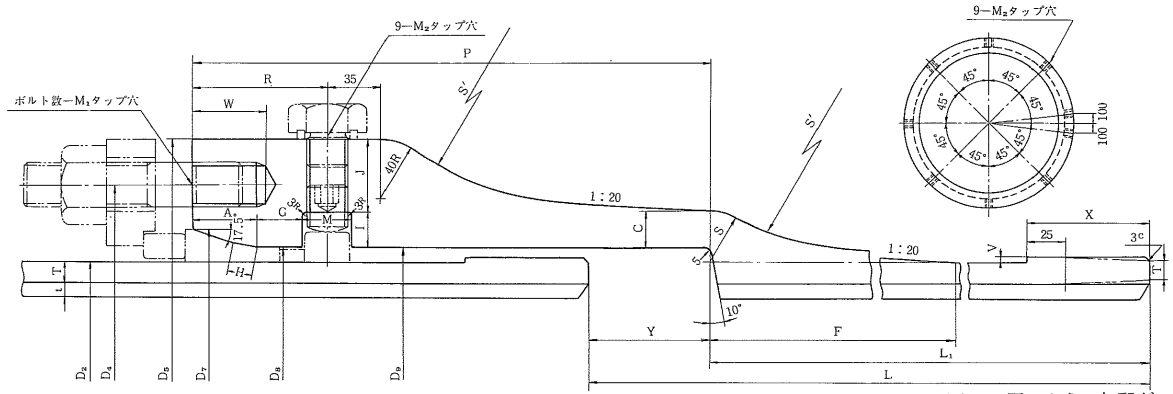
図－10　構築物出口



6．1,000ϕ～1,500ϕ S形継手図面

図11～17に示す。

図－11　1,000φ～1,500φ 遠心力ダクタイル鋳鉄管

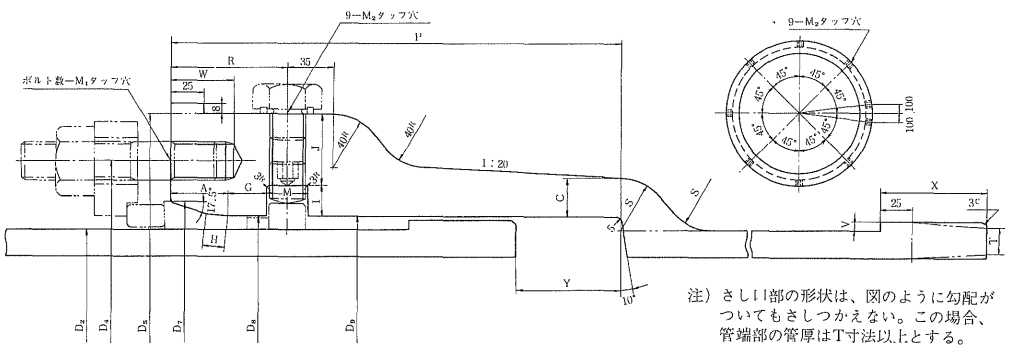


注）さし口部の形状は、図のように勾配がついてもさしつかえない。この場合、管端部の管厚はT寸法以上とする。

単位 mm

呼び径	管厚 T			ライニング厚	実外径	各部寸法																							ボルト数	有効長	重量 (kg)						呼び径
D	1種管	2種管	3種管	t	D_2	D_4	D_5	D_7	D_8・D_9	A	C	F	G	H	I	J	M	M_1	M_2	P	R	S	S′	V	W	X	Y	L_1		L	受口突部	さし口突部	総重量 1種管	総重量 2種管	総重量 3種管	総重量 ライニング	D
1000	16.5	14.5	13.0	10	1041	1143	1215	1083	1061	43	29	250	30	16	23	54	31	M30	M27	340	88.5	39	200	3.5	48	80	80	5920	20	6000	508	6.46	2760	2490	2290	445	1000
1100	18.0	15.5	14.0	〃	1144	1246	1318	1186	1164	〃	30	260	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	40	210	4.0	〃	〃	〃	〃	24	〃	567	8.14	3270	2900	2680	490	1100
1200	19.5	17.0	15.0	〃	1246	1348	1420	1288	1266	〃	31	270	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	41	220	4.5	〃	〃	〃	〃	28	〃	624	9.99	3810	3410	3090	534	1200
1350	21.5	18.5	16.5	12	1400	1502	1574	1442	1420	〃	33	285	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	350	〃	43	235	5.0	〃	90	〃	〃	〃	〃	733	14.1	4690	4150	3780	720	1350
1500	23.5	20.5	18.0	〃	1554	1656	1728	1596	1574	〃	35	300	〃	〃	25	52	36	〃	〃	360	91.0	45	250	5.5	〃	〃	〃	〃	〃	〃	847	17.2	5650	5050	4540	801	1500

図－12　1,000φ～1,500φ 異形管接合図

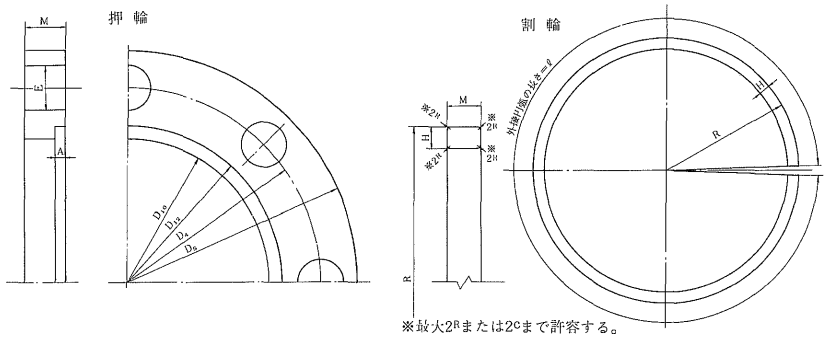


注）さし口部の形状は、図のように勾配がついてもさしつかえない。この場合、管端部の管厚はT寸法以上とする。

単位 mm

呼び径	実外径	各部寸法																				ボルト数	重量（kg）		呼び径
D	D_2	D_4	D_5	D_7	$D_8 \cdot D_9$	A	C	G	H	I	J	M	M_1	M_2	P	R	S	V	W	X	Y		受口部	さし口部	D
1000	1041	1143	1215	1083	1061	43	35	30	16	23	54	31	M30	M27	340	88.5	45	6	48	80	80	20	505	11.2	1000
1100	1144	1246	1326	1186	1164	〃	38	〃	〃	〃	58	〃	〃	〃	〃	〃	48	〃	〃	〃	〃	24	592	12.3	1100
1200	1246	1348	1432	1288	1266	〃	39	〃	〃	〃	60	〃	〃	〃	〃	〃	49	〃	〃	〃	〃	28	660	13.4	1200
1350	1400	1502	1594	1442	1420	〃	42	〃	〃	〃	64	〃	〃	〃	350	〃	52	〃	〃	90	〃	〃	802	16.9	1350
1500	1554	1656	1764	1596	1574	〃	45	〃	〃	25	70	36	〃	〃	360	91.0	55	〃	〃	〃	〃	〃	986	18.8	1500

図－13　1,000φ～1,500φ 押輪および割輪(付属品1)

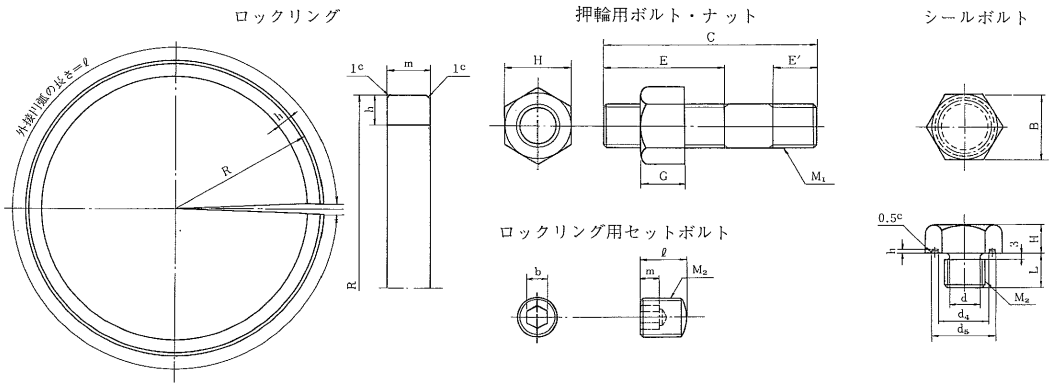


※最大2Rまたは2Cまで許容する。

単位 mm

適用される管の呼び径	押輪								割輪				重量（kg）		適用される管の呼び径
	D_4	D_5	D_{10}	D_{12}	A	E	M	ボルトの数	R	ℓ	H	M	押輪	割輪	
1000	1143	1215	1061	1081	6	36	30	20	539.5	3386	16	25	53.2	9.54	1000
1100	1246	1318	1164	1184	〃	〃	31	24	591.0	3710	〃	〃	59.5	10.5	1100
1200	1348	1420	1266	1286	〃	〃	32	28	642.0	4030	〃	〃	66.1	11.4	1200
1350	1502	1574	1420	1440	〃	〃	33	〃	719.0	4514	〃	〃	76.8	12.8	1350
1500	1656	1728	1574	1594	〃	〃	35	〃	796.0	4998	〃	〃	90.7	14.2	1500

図－14　1,000φ～1,500φ ロックリングおよびボルト・ナット（付属品2）

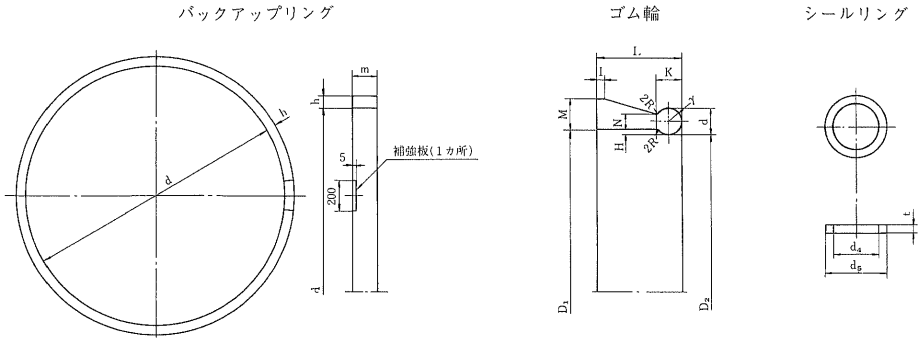


単位 mm

適用される管の呼び径	ロックリング				押輪用ボルト・ナット							シール ボルト									ロックリング用セットボルト					重量(kg)	適用される管の呼び径
	R	ℓ	h	m	ボルトの呼び M_1	C	E	E′	G	H	1セットのボルト数	ボルトの呼び M_2	H	B	L	d	d_4	d_5	h	1セットのボルト数	ボルトの呼び M_2	b	ℓ	m	1セットのボルト数	ロックリング	
1000	538	3333	20	30	M30	140	80	30	(24) 30	46	20	M27	19	46	20	23	29	39	2	9	M27	14	36	16	9	**14.0**	1000
1100	590	3657	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	24	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	**15.4**	1100
1200	641	3978	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	28	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	**16.8**	1200
1350	718	4461	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	**18.8**	1350
1500	796	4951	22	35	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	**26.9**	1500

注）押輪用ボルト・ナットの材質がSUS403の場合は、（　）内の寸法とする。

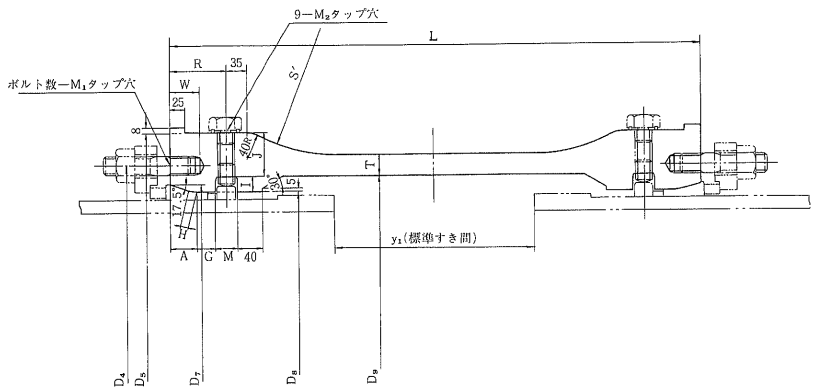
図－15　1,000φ～1,500φ ゴム輪(付属品 3)



単位 mm

適用される管の呼び径	バックアップリング			ゴム輪										シールリング			適用される管の呼び径
	d	h	m	D_1	D_2	d	H	I	K	L	M	N	r	d_4	d_5	t	
1000	1031	8	15	1018	1011	18	3.5	5	18	58	21	11	9	29	39	5	1000
1100	1134	〃	〃	1119	1112	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	1100
1200	1236	〃	〃	1220	1213	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	1200
1350	1390	〃	〃	1370	1363	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	1350
1500	1544	〃	〃	1520	1513	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	1500

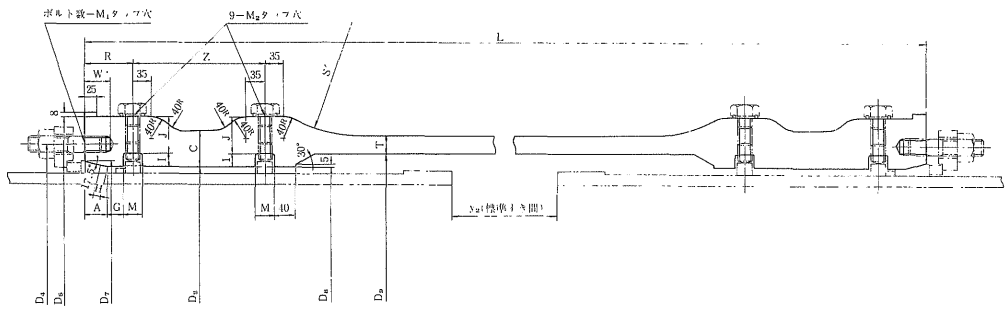
図－16　1,000φ～1,500φ 短尺継ぎ輪



単位 mm

呼び径	各部寸法																		ボルト数	重量	呼び径
D	D_4	D_5	D_7	D_8	D_9	A	G	H	I	J	L	M	M_1	M_2	R	S′	T	W	y_1		(kg)	D
1000	1143	1215	1083	1061	1107	43	30	16	23	54	800	31	M30	M27	88.5	200	29	48	300	20	**942**	1000
1100	1246	1326	1186	1164	1210	〃	〃	〃	〃	58	〃	〃	〃	〃	〃	210	30	〃	〃	24	**1080**	1100
1200	1348	1432	1288	1266	1312	〃	〃	〃	〃	60	〃	〃	〃	〃	〃	220	31	〃	〃	28	**1210**	1200
1350	1502	1594	1442	1420	1466	〃	〃	〃	〃	64	850	〃	〃	〃	〃	235	33	〃	310	〃	**1490**	1350
1500	1656	1764	1596	1574	1624	〃	〃	〃	25	70	〃	36	〃	〃	91.0	250	35	〃	320	〃	**1800**	1500

図－17　1,000φ～1,500φ 長尺継ぎ輪



単位 mm

呼び径	各部寸法																			ボルト数	重量 (kg)	呼び径
D	D_4	D_5	D_7	D_8	D_9	A	C	G	H	I	J	L	M	M_1	M_2	R	S′	T	W	y_2	Z			
1000	1143	1215	1083	1061	1107	43	54	30	16	23	54	2000	31	M30	M27	88.5	200	29	48	550	250	20	**2250**	1000
1100	1246	1326	1186	1164	1210	〃	58	〃	〃	〃	58	〃	〃	〃	〃	〃	210	30	〃	〃	〃	24	**2590**	1100
1200	1348	1432	1288	1266	1312	〃	60	〃	〃	〃	60	〃	〃	〃	〃	〃	220	31	〃	〃	〃	28	**2900**	1200
1350	1502	1594	1442	1420	1466	〃	64	〃	〃	〃	64	〃	〃	〃	〃	〃	235	33	〃	〃	〃	〃	**3430**	1350
1500	1656	1764	1596	1574	1624	〃	70	〃	〃	25	70	〃	36	〃	〃	91.0	250	35	〃	〃	〃	〃	**4130**	1500

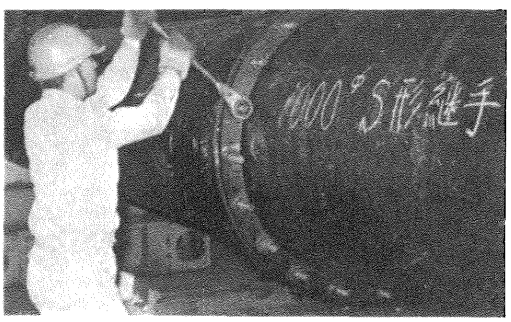
Ⅲ　1,000φ、1,500φ、2,100φ 機能試験

1．接合試験

1,000φ×6m、1,500φ×6m、2,100φ×4m S形ダクタイル管をそれぞれ２本用意し、実験室内で接合した。

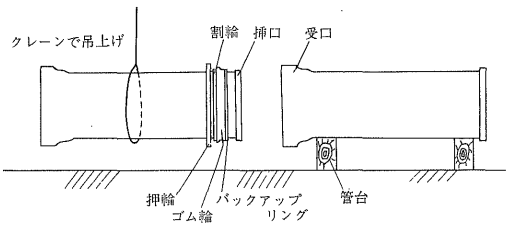
作業は受口にロックリングを入れ、挿口に押輪、割輪、ゴム輪、バックアップリングを預けた状態から接合要領に従い行った。

作業時間の測定結果は表－１に示す通りである。K形継手の接合作業に比べ、ロックリングの締付け(管の芯出し)、シールボルトの締付け作業が余分にある。



写真－１　接合状況

図－18　接合試験時の管のセット



表－１　接合時間測定結果

接合手順＼管呼び径	1,000φ	1,500φ	2,100φ
1.受口、挿口、ゴム輪に石鹸水塗布	5分	4分	4分
2.受口、挿口の挿入			5分
3.セットボルトの挿入およびロックリングの締付け(芯出し)	14分	19分	15分
4.シールボルトの締付け	3分	6分	5分
5.ボルトの挿入	4分		8分
6.バックアップリング、ゴム輪、割輪、押輪をセット	5分	9分	3分
7.ボルトの締付け※	19分	20分	19分
計	50分	58分	59分
作業員数	2名	3名	3名

※ラチェットレンチを用いて手で締付けた。

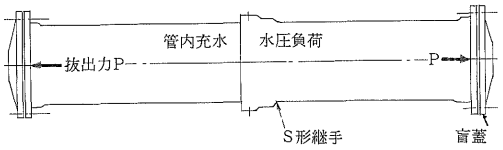
なお、比較のためにU形継手の接合時間(実験室内での接合)を示すと1,000φ…43分(2名)、1,600φ……35分(3名)、2,000φ……31分(3名)である。

2. 抜出し試験

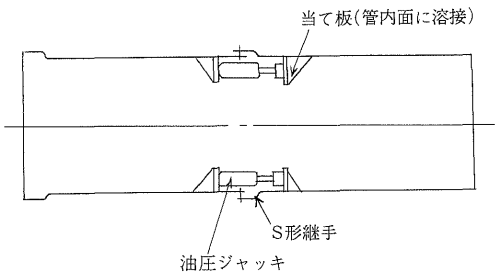
S形継手は、継手1カ所の伸縮余裕量を管長の±1%と相当大きくとってある。しかし、これ以上の伸縮が継手にかかろうとする場合は、ロックリングと挿口突部の掛け合せにより生ずる抜出し阻止力、あるいは受口底部と挿口端面の接触による圧縮力によって地震力に耐えることになる。

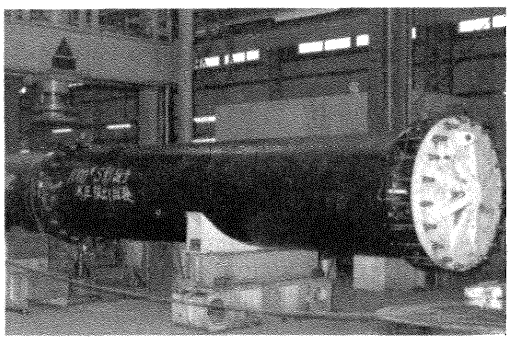
ここでは、抜出し力に対する性能を確認した。

図－19　水圧抜出し試験方法(1,000φ～1,500φ)

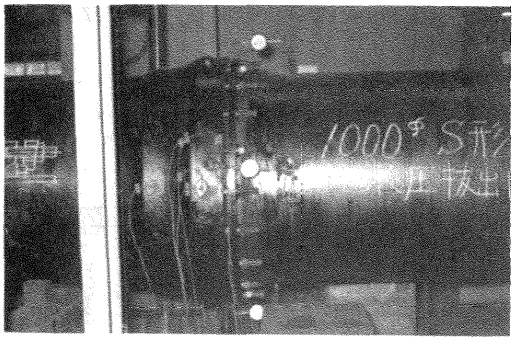


図－20　油圧ジャッキによる抜出し試験方法(2,100φ)





写真－2　1,000φ 水圧抜出し試験



写真－3　1,000φ 水圧抜出し試験(ストレンゲージ貼付、ダイヤルゲージ取付状況)

1) 抜出し試験・最終結果

1,000φ、1,500φは盲蓋の関係で水圧25kg/cm²、2,100φは油圧ジャッキの容量の関係で540 tonまで負荷した。結果を表－2に示す。

表－2　抜出し試験・最終結果

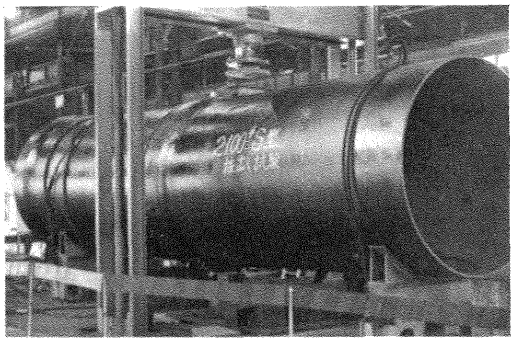
管呼び径 mm	負荷水圧 kg/cm² ※	負荷抜出力 Ton ※	継手部の状況	発生曲げ応力 kg/mm² ※※
1,000	25	213	漏洩その他異常なし	18.5
1,500	25	474	〃	12.8
2,100	(換算すると14.7)	540	〃	11.0

※　水圧p、抜出力P、管外径D_2の時

$$P = \frac{\pi}{4} D_2^2 \ p$$

※※挿口は1,000φ…2種管、1,500φ…1種管、2,100φ…3種管を用いた。
上記応力の発生カ所は1,000φ、1,500φ…受口溝、2,100φ…挿口であった。
ダクタイル鋳鉄の曲げ強度はJWWA G 105に規定する材質のもので54kg/mm²以上。

上記抜出力は、かりに埋設管の管表面と土の周面摩擦を1 ton/m²とした時、



写真－4　2,100φ 抜出し試験

1,000φ…抜出力213ton＝管路65m分の摩擦
1,500φ…抜出力474ton＝管路97m分の摩擦
2,100φ…抜出力540ton＝管路79m分の摩擦
に相当する。

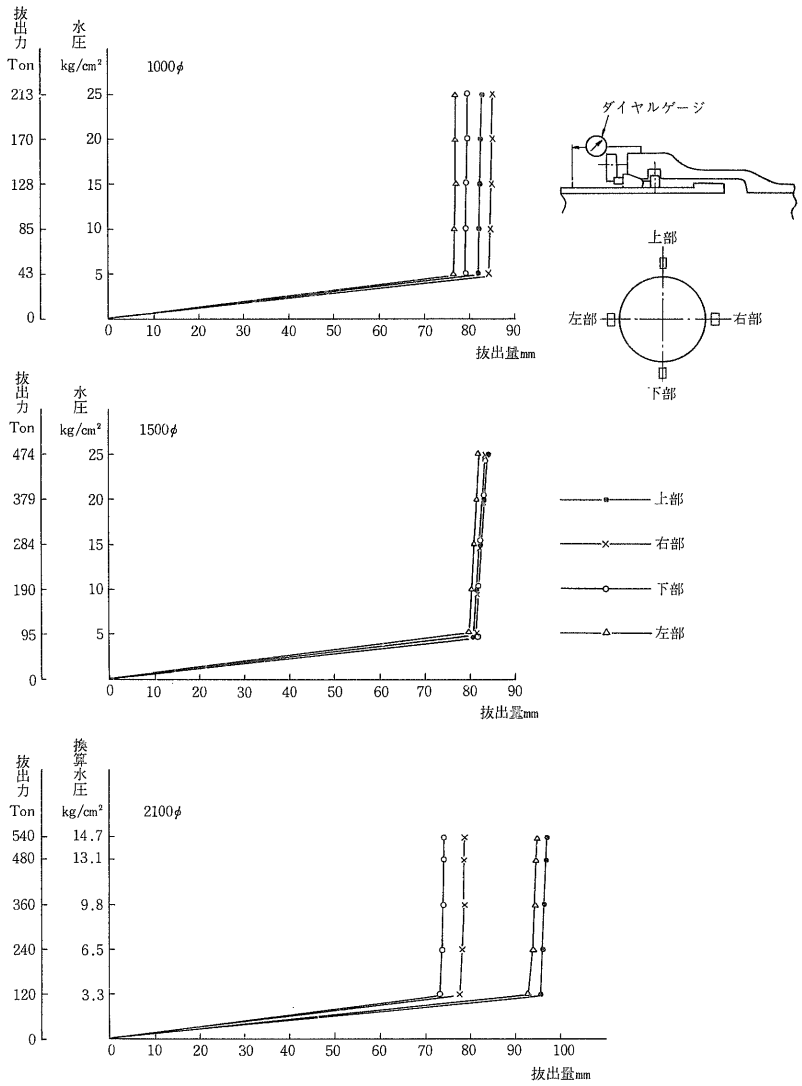
すなわち、地震時に管が管軸方向に動く時、上記管路長に相当する管を引張れるということになる。また表－2から、応力的にはまだ十分余裕があることがわかる。

2）抜出力―抜出量の関係

図－21に測定結果を示す。いずれも設計伸長量（地震時伸長量に曲げ配管時余裕を加えて約80mm）だけ抜け出したあと、抜出しが止まっている。

上部、下部、左部、右部の測定値に少しバラツキがあるのは試験開始の管の状態が完全に真直になっていなかったためである。またいずれの場合も、最初の測定と最終の測定を比べると1～2mm程度の抜出しが見られるが、これはロックリングと溝のガタ、あるいはロックリングの弾性変形によるものである（試験後、抜出力を0にすると上記の数mmの抜出しはもとに戻った）。

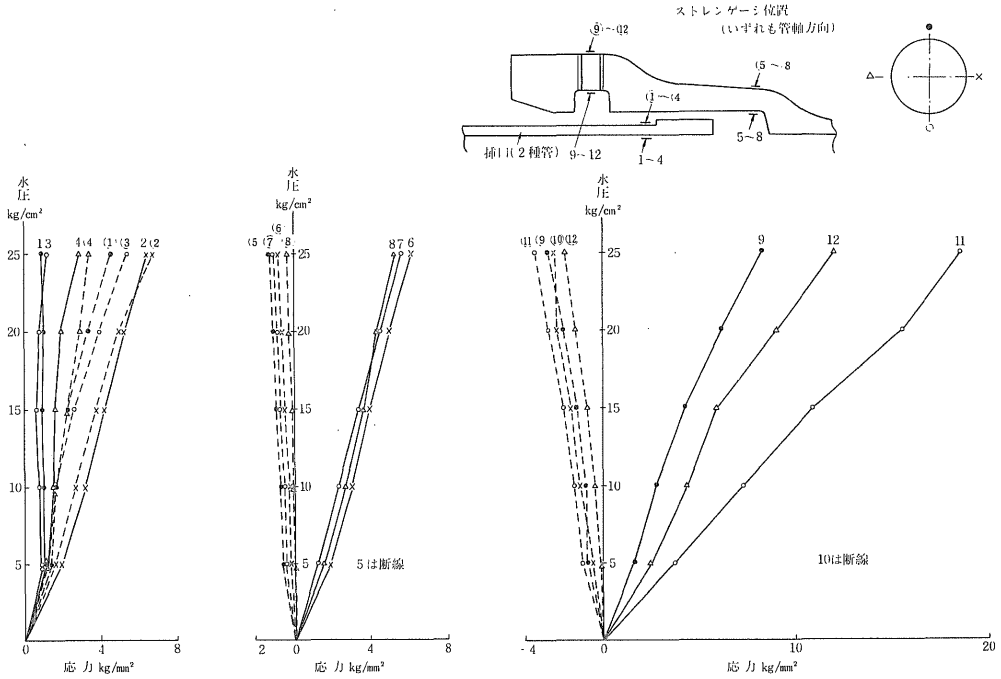
図－21　抜出力―抜出量の関係



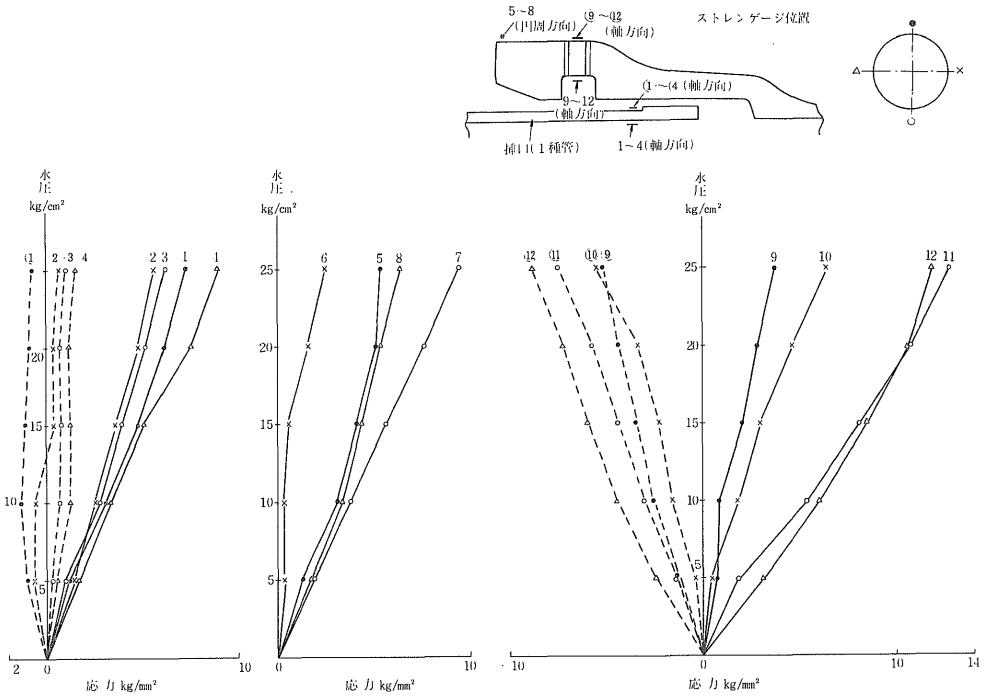
3）水圧（抜出力）—応力の関係

図—22、23、24に示す。いずれも測定応力　　のうち大きいものを抜粋して示した。

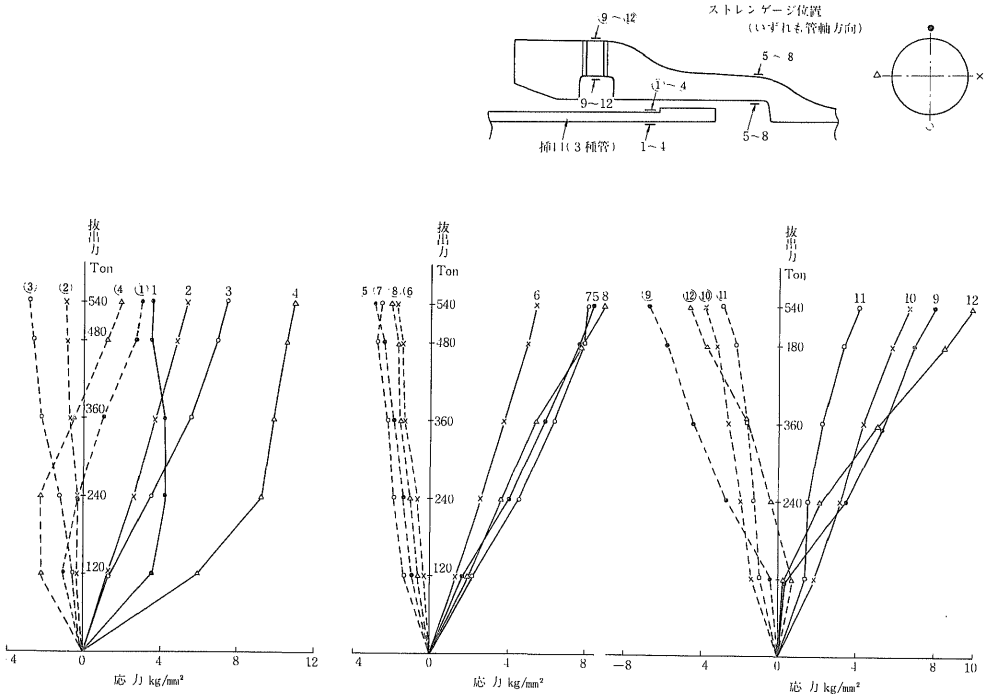
図—22　1,000φ　水圧—応力の関係



図—23　1,500φ　水圧—応力の関係



図－24　2,100φ　抜出力－応力の関係

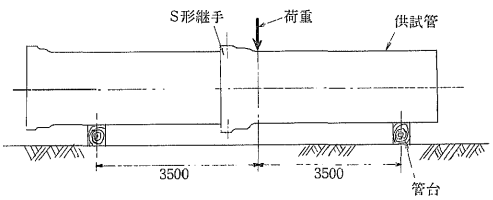


3．曲げ強度試験

地震時、管路直線部において継手に生ずる屈曲は理論計算上1°以下と小さい。

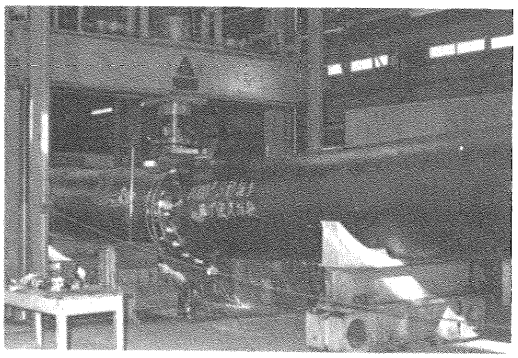
S形継手に曲げモーメントが加わった時、どの程度の屈曲が生じ、またどの程度の曲げモーメントに耐えられるかを確認するため、曲げ強度試験を行った。

図－25　曲げ強度試験方法



1）曲げ強度試験・最終結果

試験は発生応力が約25kg/mm²になるまで行った。



写真－5　曲げ強度試験

表－3　曲げ強度試験最終結果

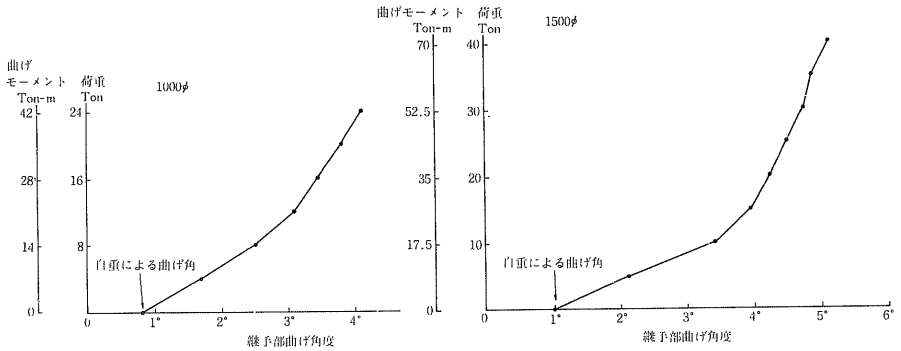
管呼び径 mm	荷　重 Ton	継手部曲げモーメント　Ton-m	継手部の曲げ角度	継手部の状況	発生曲げ応力 kg/mm²　※
1,000	24	42	4°06′	破壊その他異常なし	25.0
1,500	40	70	5°06′	〃	27.0

※上記応力の発生カ所は1,000φ、1,500φとも挿口であった。
挿口は1,000φ……2種管、1,500φ……1種管を用いた。
ダクタイル鋳鉄の曲げ強度はJWWA　G　105に規定する材質のもので54kg/mm²以上。

2）曲げモーメント―継手部曲げ角度の関係

図―26に示す。

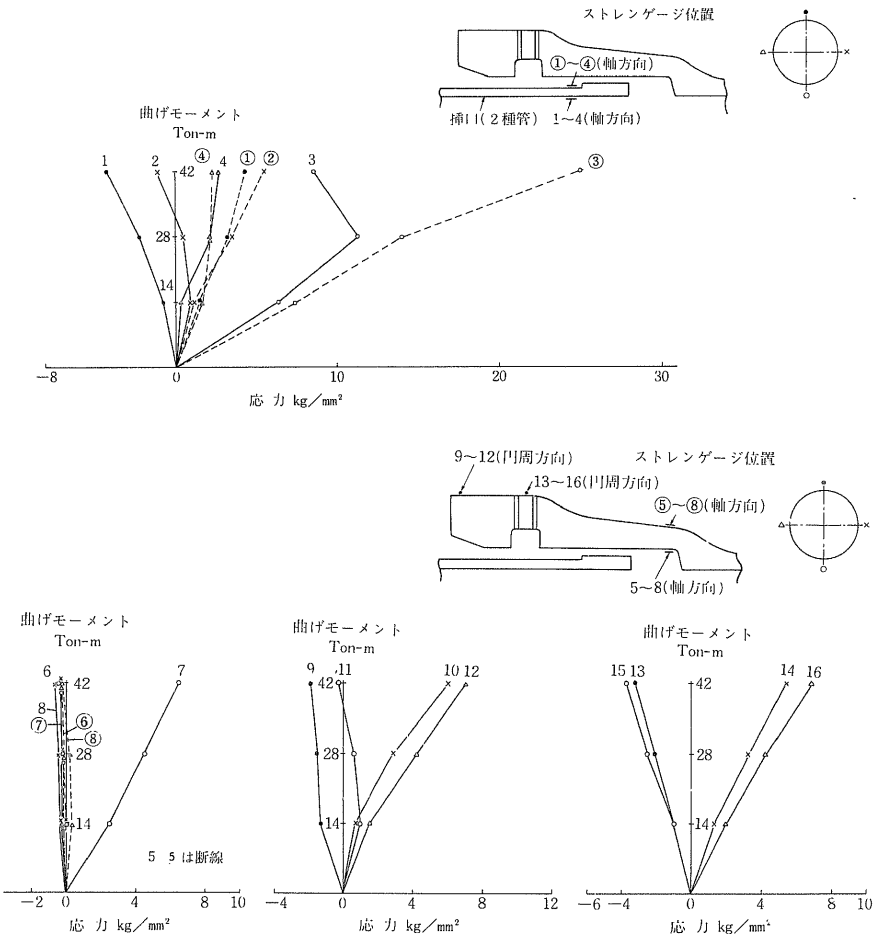
図―26　曲げモーメント―継手部曲げ角度の関係



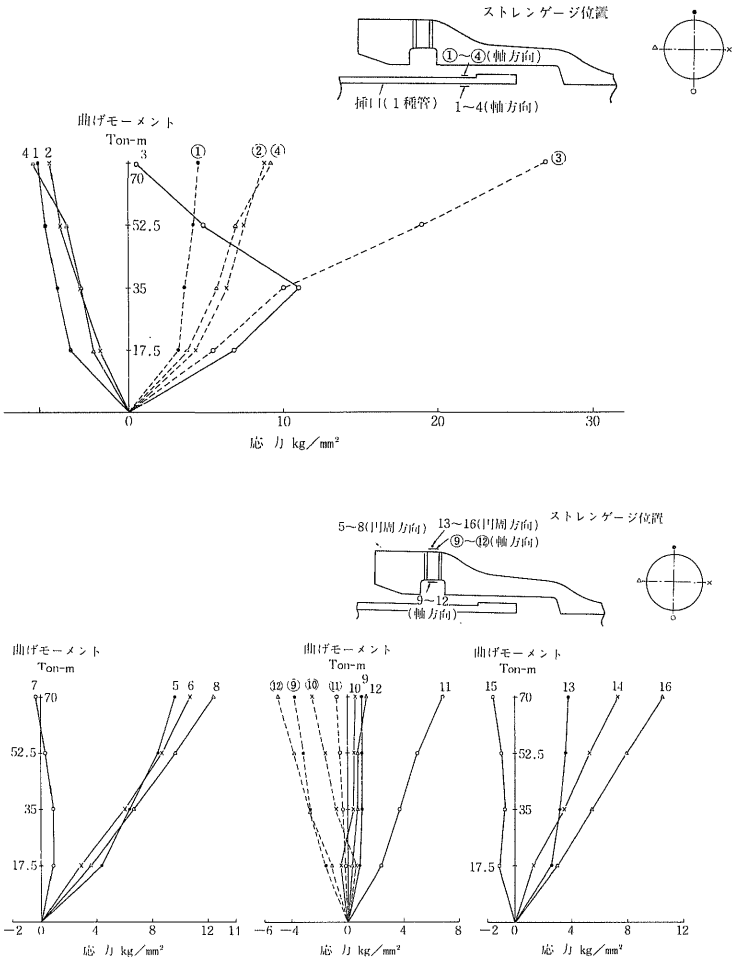
3）曲げモーメント―応力の関係

図―27～28に示す。図は測定応力のうち大　　きいものを抜粋して示した。

図―27　1,000φ　曲げモーメント―応力の関係



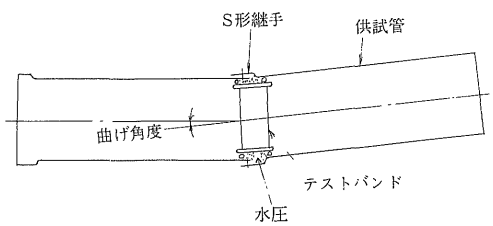
図－28　1,500φ　曲げモーメント－応力の関係



4．曲げ水圧試験

継手を真直な状態で正規の接合をしたあと曲げモーメントを加えて継手を屈曲させ、管内面からテストバンドをセットし水圧10kg/cm²を負荷した。その結果、漏洩など異常はなかった。

図－29　曲げ水圧試験方法



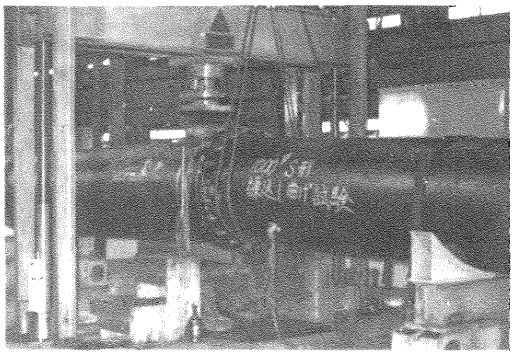
表－４　曲げ水圧試験結果

管呼び径 mm	継手曲げ角度	負荷水圧 kg/cm²	結　果
1,000	4°40′	10	漏洩その他異常なし
1,500	5°30′	10	〃
2,100	1°50′	10	〃

5．繰返し曲げ水圧試験

地震時、継手が繰返し伸縮あるいは屈曲することを想定して、継手を繰返し屈曲させ、そのあと屈曲した状態でテストバンドをセットし水圧10kg/cm²を負荷した。

その結果、漏洩などなかった。また継手を解体してゴム輪、バックアップリングを観察したが、異常はなかった。



写真－6　繰返し曲げ試験

表－5　繰返し曲げ水圧試験結果

管呼び径 mm	継手曲げ角度	繰返し回数（回）	負荷水圧 kg/cm²	結　果
1,000	±3°	30	10	漏洩その他異常なし
1,500	+3°30′	10	10	〃
2,100	±1°50′	10	10	〃

6．長尺継ぎ輪の曲げ強度試験

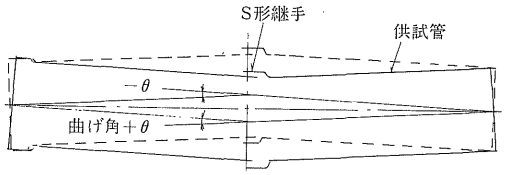
耐震管路の中で、特に大きな伸縮量を必要とする個所には長尺継ぎ輪を用いる。長尺継ぎ輪は、曲管部、T字管部の付近に使われることが多いと思われるが、この場合、地震により曲げモーメントが加わる可能性が大きい。従って、長尺継ぎ輪の性能としては曲げ剛性が要求される。

そこで、1,500φ長尺継ぎ輪を用いて曲げ強度試験を行った。

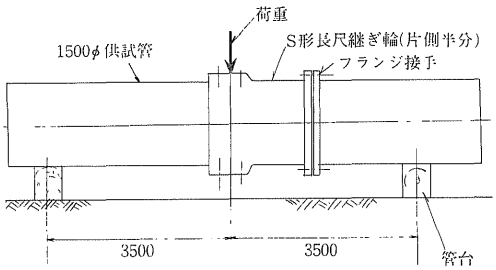
試験は圧縮試験機の能力の関係から荷重80 tonまで行った。結果は表－6の通り。

図－32に曲げモーメント—継手曲げ角度の関係を、図－33に曲げモーメント—応力の関係を示す。図－33については発生応力の大きいものを抜粋して示した。

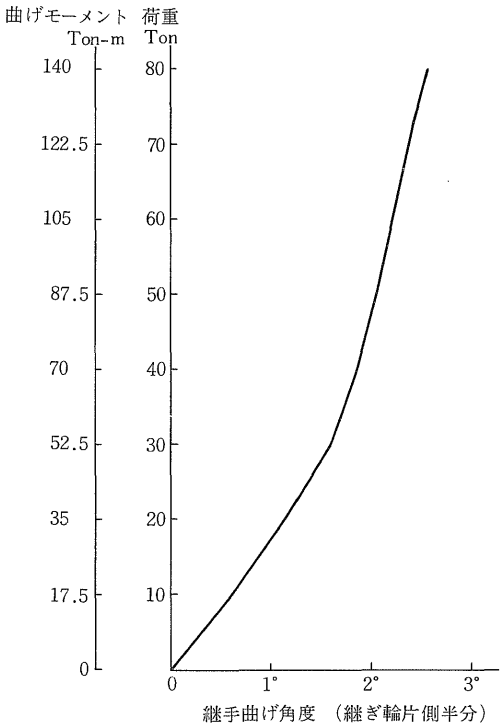
図－30　繰返し曲げ水圧試験



図－31　長尺継ぎ輪の曲げ強度試験方法



図－32　1,500φ長尺継ぎ輪の曲げモーメント—継手曲げ角度の関係



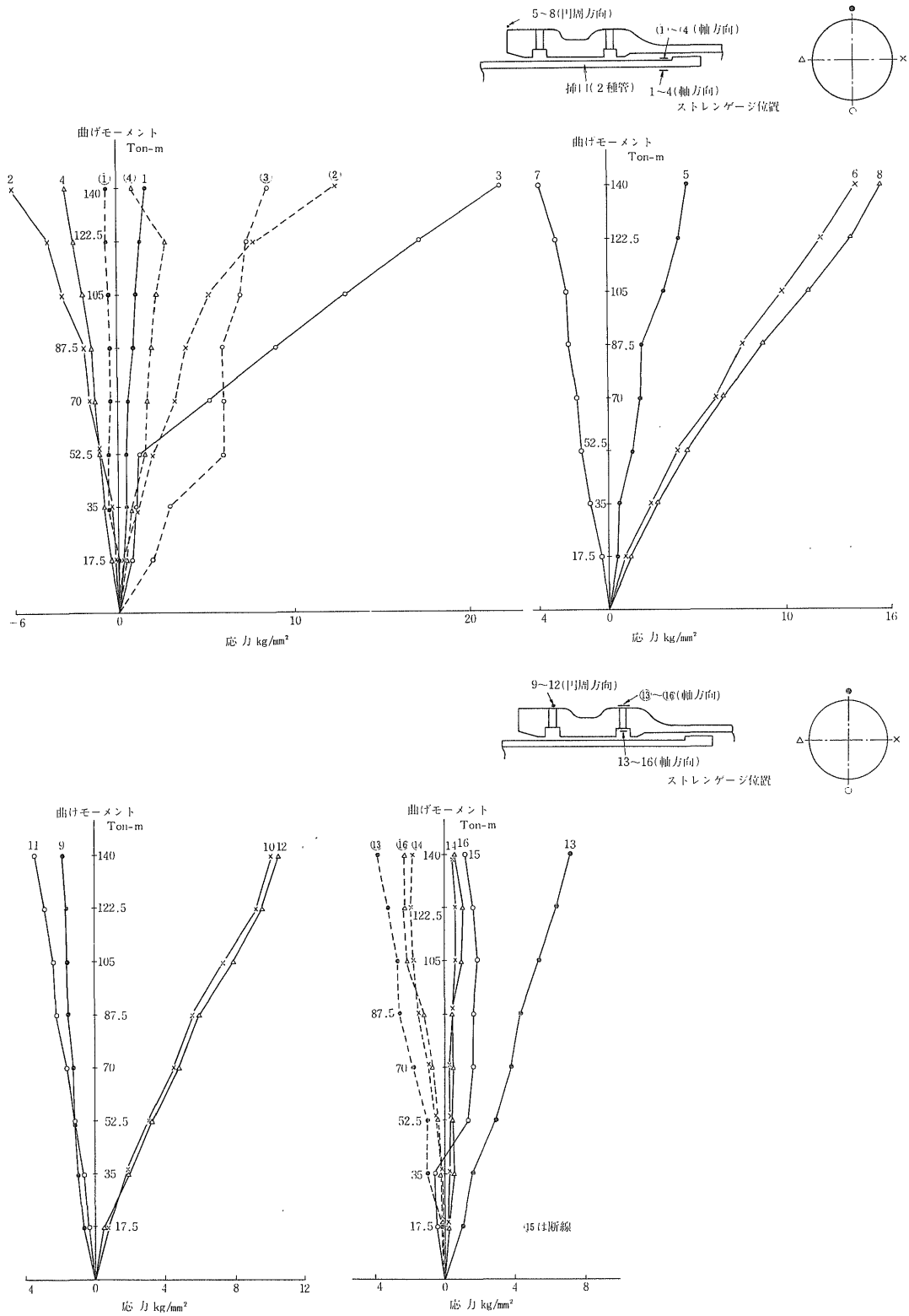
表－6　長尺継ぎ輪曲げ強度試験結果

管呼び径 mm	荷　重 Ton	継手部曲げモーメント　Ton-m	継手曲げ角（片側半分につき）	継手部の状況	発生曲げ応力 kg/mm² ※
1,500φ	80	140	2°32′	破壊その他異常なし	21.8

※上記応力の発生カ所は挿口（2種管）。

ダクタイル鋳鉄の曲げ強度はJWWA G 105に規定するもので54kg/mm²以上。

図－33　1,500φ 長尺継ぎ輪の曲げモーメント－応力の関係



Ⅳ　施工要領

1．継手接合要領

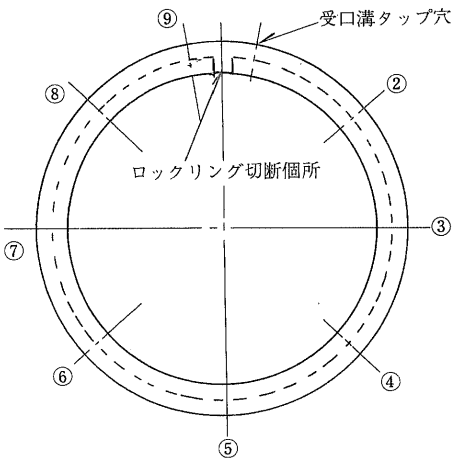
管の運搬、据付けなどはK形管の場合と同様であるが、特に会所掘り（ジョイント掘り、小穴）は人が管底に入れる程度に深く掘ることが肝要である。そうすることにより、ボルト、セットボルト、シールボルトの締付け作業が容易かつ確実に行えることになる。

1）受口、挿口の挿入

1．ロックリングを受口溝内に挿入する。

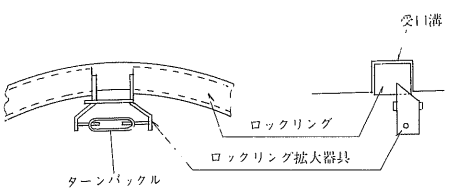
すなわち、ロックリング切断個所をコイル状に重ね合せ、受口溝内に預け入れる。その際、ロックリングの切断個所は受口溝部タップ穴の間隔が最も狭い所の中間になるよう注意する。

図－34　ロックリングを受口溝内に挿入



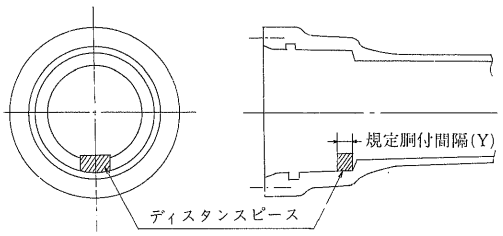
2．受口溝内のロックリングは、そのままでは自重により管頂側では垂れ下がるので、図－35に示すようなロックリング拡大器具を用いて、ロックリングが受口溝内に全周完全に納まるようにする。

図－35　ロックリングの拡大



3．受口内面奥の管底に規定胴付間隔（Y）に相当する幅のディスタンスピース（木製、金属製いずれでもよい）を置く。（これにより規定の胴付間隔を確保する）。

図－36　ディスタンスピースの挿入



規定胴付間隔（Y）は表－7の通りである。

表－7

管呼び径　mm	規定胴付間隙　Y mm
1,000	80
1,100	〃
1,200	〃
1,350	〃
1,500	〃
1,600	75
1,650	〃
1,800	〃
2,000	80
2,100	〃
2,200	〃
2,400	85
2,600	〃

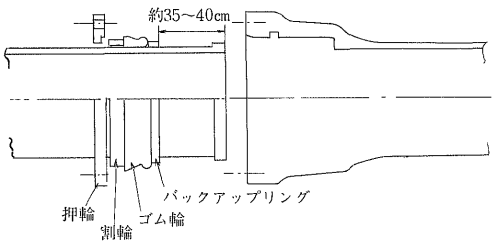
4．挿口外面の端面から約60cmの間および受口内面に付着している油、砂、わらくずその他の異物をきれいに取除く。

5．押輪および割輪をきれいに掃除して挿口に挿入する。

6．挿口外面および受口内面（ただし端面から受口溝までの間）に濃いドロドロの石鹸水を塗る。

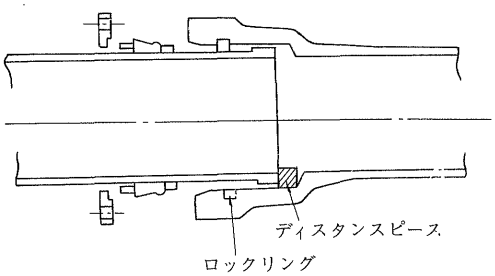
7．ゴム輪をきれいに清掃して、同じく濃いドロドロの石鹸水を塗り、挿口に預ける。続いて、バックアップリングをきれいに清掃して挿口に預ける。（バックアップリングについている補強板が挿口端面側になるように入れる。）

図－37　付属品を挿口に預け入れ



8.　受口(挿口)に挿口(受口)を挿口先端がディスタンスピースに当たるまで挿入する。この際、挿口先端がロックリングの部分を越える時、ロックリング拡大器具は自動的に管内に撤去され、さらに深く挿口を挿入すれば、ロックリングが挿口を抱く格好になる。

図－38　受口・挿口の挿入完了



2）管の芯出し（ロックリングの締付け）

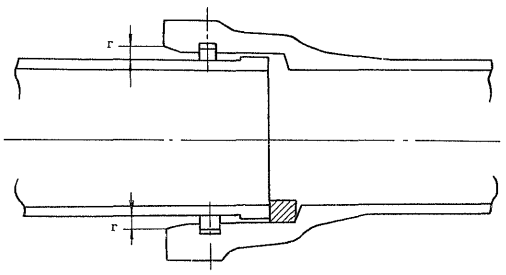
9.　セットボルトを挿入、ネジ出ししてロックリングを締付けると同時に受口・挿口の芯出しをする。その手順は下の通りである。

①　セットボルトの締付けは六角棒スパナ(JIS　B 4648に規定するもの)を用いる。

②　セットボルトの最初のおおまかな締付けは、ロックリングの切断個所の反対側から順次切断個所に向って挿口を抱き締めるように締付ける。

③　次いで、受口・挿口の隙間（図－39のr寸法）が全周ほぼ均等になるように（r寸法の最大、最小の差が2㎜以内になるように）セットボルトで調整する（すなわち芯出しする)。r寸法を測るのにスケールまたは特殊なゲージなどを用意するのがよい。ここで、もし芯出しが不十分な場合は、あとのバックアップリングの挿入、ゴム輪の挿入が困難になるので、芯出しは慎重かつできるだけ正確に行う。

図－39　受口、挿口の芯出し



④　最終的にもう一度全セットボルトを六角棒スパナにより手で力いっぱい締める(スパナの先に柄を継ぎ足したりしないこと)。また、ロックリングが挿口に全周抱きついていることを受口、挿口の隙間から肉眼で確認する。

10.　シールボルトを挿入、締付ける。

①　シールボルトにシールリングが入っていることを確認し、ごみなど付着していないかどうか調べる。

②　受口外面のセットボルト用タップ穴まわりをきれいに清掃し、ドロドロの濃い石鹸水を塗る。

③　シールボルトを挿入し、シールリングが1～1.5㎜圧縮されるまで締付ける(シールボルト頭はボルト呼び径と関係のない寸法のため、スパナ選択に注意)。

④　最後に9本のシールボルトが取り付けられていることを確認する。

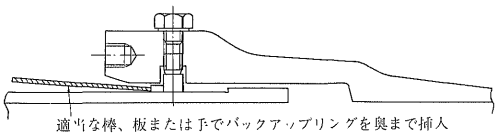
3）部品のセット、ゴム輪の締付け

11.　ボルトを受口タップ穴に穴の奥までネジ込む。

12.　次にバックアップリングだけを受口、挿口の隙間にロックリングに当たるまで手または適当な棒、板で挿入する。その際、バックアップリングの補強板の中心がロックリング切断個所の中心に合うようにする。万一、バックアップリングが全周ロックリングに当たるまで入らない場合は、芯出しが不十分なため

であるから、もう一度セットボルトの調整をやり直す。

図－40　バックアップリングの挿入



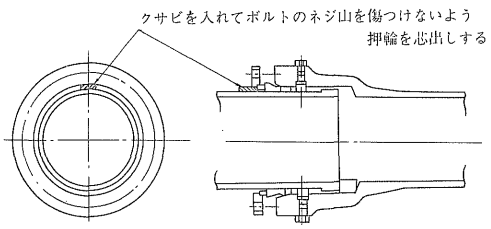
13. ゴム輪、割輪、押輪を所定の位置にセットする。

① その際、挿口、受口、ゴム輪の石鹸水が乾いているようであると、もう一度石鹸水を塗ってからゴム輪を受口、挿口の間に手で押込む。先端の尖がったタガネなどでゴムを叩いたり押してはならない。ゴムを傷つけないよう注意する。

② 割輪を押輪の切欠き部に全周入れる。

③ 押輪を、ボルトのネジ山を傷つけないようセットする。

図－41　押輪のセット



14. ボルトにナットを入れ、ラチェットレンチ、スパナなどで固く締めつける。この際、まず上下のナット、次に両横のナットという順序でいつでもほぼ対称の位置にあるナットを交互に締め、押輪の面と受口の端面との間隔がどこでも同じようにする。ボルト、ナットの締付けは小刻みに数回にわたってまんべんなく行うこと（K形継手の締付けと全く同じ要領）。

15. 全部のボルト、ナットが規定の締付けトルク（M30のボルトのとき20kgm）に達しているかどうかを改めて順次確認する。

16. 最後に管内面からディスタンスピース、ロックリング拡大器具を撤去する。

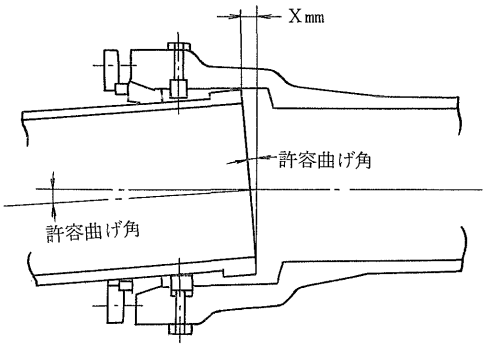
4）曲げ配管の場合

継手において管路を曲げる必要のある場合、許容される曲げ角度は表－8の通りである。

表－8

管呼び径 mm	許容曲げ角度	胴付間隔の差 X mm ※	管1本当りに許容される偏位	cm
1,000	1°50′	33	管長6m	19
1,100	1°40′	〃	〃	17
1,200	1°30′	〃	〃	15
1,350	〃	37	〃	〃
1,500	〃	41	〃	〃
1,600	〃	43	管長4m	10
1,650	〃	45	〃	〃
1,800	〃	48	〃	〃
2,000	〃	54	〃	〃
2,100	〃	57	〃	〃
2,200	〃	60	〃	〃
2,400	〃	64	〃	〃
2,600	〃	70	〃	〃

図－42　曲げ配管



この場合、ひとまず管を真直にセットし、各部品を正常な位置に挿入、ボルトをある程度まで締付けた後、継手を曲げ、最終的に規定のトルクまでボルト・ナットを締付ける。

2．継ぎ輪の施工要領

前項の「継手接合要領」は直管、異形管とも共通であるが、異形管のうち特に継ぎ輪の施工要領を述べる。

1）一方から順次配管していく場合

長尺継ぎ輪、短尺継ぎ輪のいずれでも、一方から順次配管していく場合は直管の接合とほとんど変わらない。留意点は次の通り。

① 長尺継ぎ輪の芯出しは両受口端面側のセットボルトを使う。

② 長尺継ぎ輪は曲げ接合しないこと。短尺継ぎ輪の許容曲げ角は片側受口について直管と同じ(表－8)、従って両受口で直管の2倍となる。

③ 長尺継ぎ輪の前後挿口には接合完了後ポリエチレンスリーブをかぶせるのがよい。

④ 継ぎ輪前後の両挿口端の間隔は

長尺継ぎ輪のとき……図面に表示してある標準すき間y_2

短尺継ぎ輪のとき……受口Y寸法×2

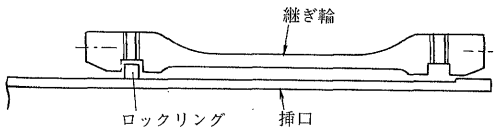
(ただし、後日前後の管の撤去を考えるときは図面に表示してある標準すき間y_1とする)

2) 結び配管(せめ)に使う場合

① 継ぎ輪の両受口のうち、片側受口分のロックリングは溝内に納め(すなわち、短尺継ぎ輪のとき1つのロックリング)、他方の受口のロックリングは脱しておく。

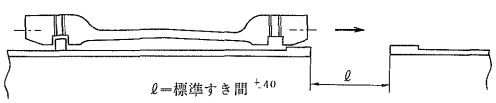
② 溝内に入れたロックリングはロックリング拡大器具で拡げ、挿口に継ぎ輪全体を預ける。

図－43 挿口に継ぎ輪を預入れ



③ もう一方の挿口を据付ける。その際、両挿口端の間隔を図－44の寸法にとる。

図－44 両挿口の間隔



④ 次に継ぎ輪を少しずらせる(図－44の矢印の方向)、そして両挿口の間でロックリングの入っていない方の受口溝にロックリングを入れ拡大器具で拡げ、さらに図－44の矢印の方向へ継ぎ輪をずらせる。そして、最終的に継ぎ輪を両挿口の中心にもってくる。

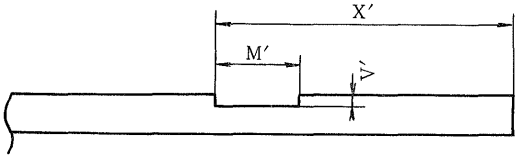
⑤ あとの接合は直管の場合と同じである。留意点は1)項の①、②、③の通りである。

3. 切管時の施工要領

① まず指定の切用管を切管する。できれば管厚の厚い1種管を切管する。3種管を切管するのは避けるべきである。切管の要領はK形、U形管と同じである。

② 切管の挿口に溝を切削する。溝の寸法、位置は図－45に示す通り。また、溝切機はKF、UF形管で使うものでよい。

図－45 切管時の挿口溝の寸法



X′M′はそれぞれ直管のX寸法プラス4㎜

M寸法プラス4㎜

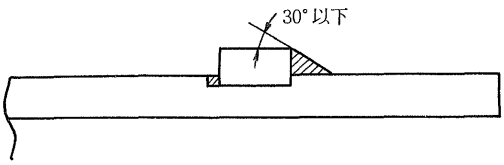
V′は 1000～1500ϕ $3^{+0.5}_{-0}$㎜

1600～2000ϕ $4^{+0.5}_{-0}$㎜

2100～2600ϕ $5^{+0.5}_{-0}$㎜

③ 次に切管用ロックリングを挿口溝に入れ溶接する。溶接棒は鉄－ニッケル系溶接棒を用い、溶接範囲は図－46の通りである。

図－46 切管時のロックリングの溶接



④ 以後の接合は1項の「接合要領」に同じ。

なお、前述したように配管設計時、曲管部、分岐部のUF形管で切管するよう配慮する方が作業は容易である。

以上

技術レポート

600mmタイトン形ダクタイル鋳鉄管の内挿工事

細　見　　馨
大阪市水道局工務部管理課技術係長

1．はじめに

本市の工業用水道では、現在、漏水の多い三国系800mm送水管を改良するため、600mmタイトン形ダクタイル鋳鉄管を内挿するという工事を実施中であるが、このたび計画のほぼ50%（新大阪駅以西部分）を完了して一部通水を開始した。

内挿管としては、従来は鋼管が主で、鋳鉄管を使用する工法は本市でも初めてのことであったが、比較的順調に、かつ1件の漏水もなく一部工事を完了することができたので、その概要について報告することとする。

2．三国系800mm送水管の概要

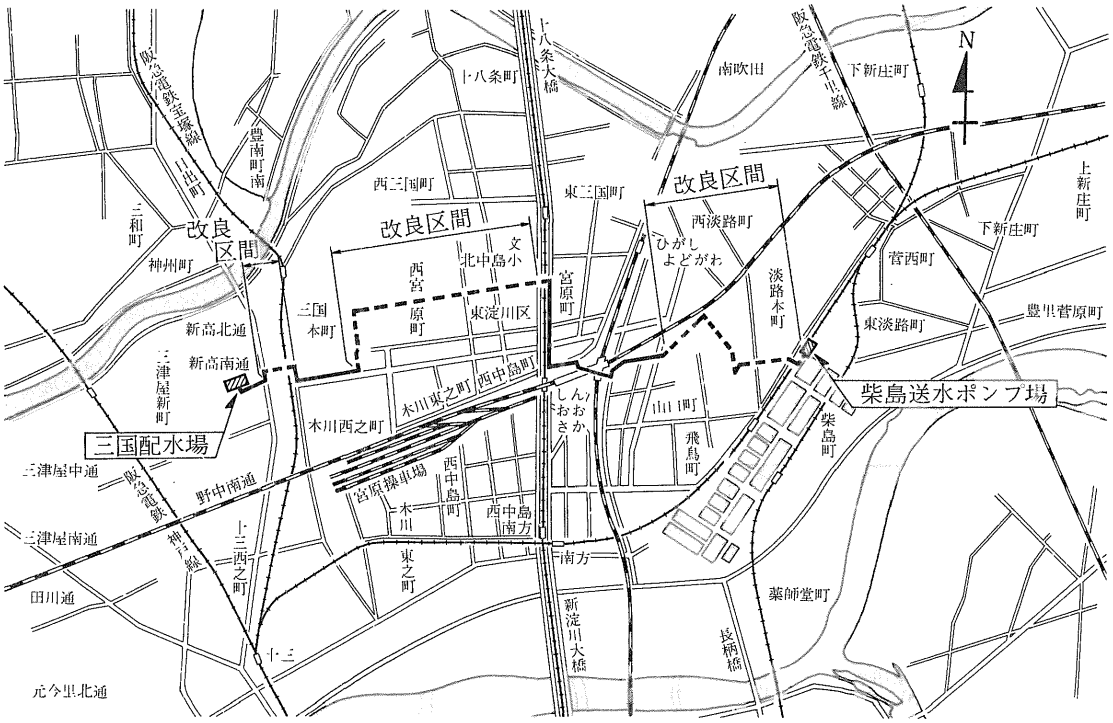
本送水管は、東淀川区浜町地先の上水道柴島浄水場より沈でん水の分水を受けて、淀川区新高1丁目地先にある工業用水道三国配水場へ、日量26,000㎥の送水を行うために布設したもので、工事は第2期工業用水道事業の一部として、昭和32年度に着手し、翌33年度に完了したものである。

布設延長は4,607mであるが、布設ルートは図－1のとおりで、建設当時は開発から全くとり残された地域で道らしき道もなく、従って重量交通もほとんどなかったので、事業費の低廉をはかるため、直線部分はすべて遠心力鉄筋コンクリート管（2～3kg／㎠圧力管）を布設した。

ところがその後、東海道新幹線の建設、ならびに新大阪駅周辺土地区画整理事業などで支障となり、一部をダクタイル鋳鉄管に布設替したので、建設当時3,510mあった遠心力鉄筋コンクリート管が現在では2,120mになっている。

本送水管布設地域は、上記のとおり建設当時は市街地からはずれ、交通量も極めて少ない地域であったが、新大阪駅を中心とする都市再開発により、近年その様相が一変し、交通量も飛躍的に増大してきた。このため、漏水事故の増加もさることながら、その修理がますます困難となり、正常な送水を阻害されるため、これが対策についてかねてより苦慮してきたところである。

図－1　工業用水道・三国系800mm送水管路線図



3．改良計画

前述のとおり、当該地域は区画整理の進捗に伴い、高層ビルがどんどん建設されつつあり、一方、地下埋設物も高層ビル化を予想して先行投資が進められており、従って、本送水管の維持管理がますます困難となることは必至のため、残っている遠心力鉄筋コンクリート管をすべて鉄管に布設替することとした。

なお、本送水管の改良については、上記区画整理事業に随伴し、布設ルートも変更して抜本的に改良することも計画したが、財政上などの問題もあって具体化が遅れていたものである。

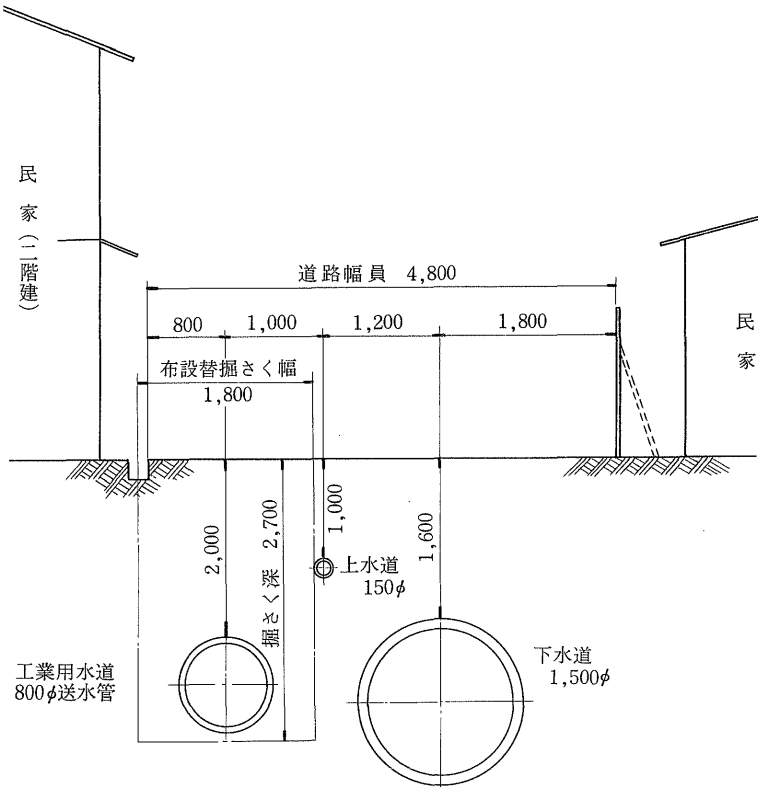
このたびの計画に当たっても種々困難な問題があったが、上記のような現況から急施を要し、また、ようやく起債の認可も得られることとなったので、昭和47～49年度の３カ年継続事業で改良することとした。

布設替方法としては、一般的には新管を布設できる適当な位置が別にあれば、工事費は別にして施工上最も望ましいわけであるが、本送水管の場合、上記のとおり区画整理が完了しつつある現時点での掘り返しは、市民感情からとうてい不可能であり、また既改良部分ならびに給水工場との関係から、別ルート布設は困難なので、現埋設位置で布設替を行うこととした。

なお工業用水道の施設は上水道のように管網を形成していないので、布設替に当たって長期間断水することはほとんどできないのであるが、本送水管の場合は、同一地域に給水している東淀川浄水場系設備と連絡しているため、夏の需要期を外せば断水も可能という見とおしが立ったので、現位置での布設替に踏み切ったものである。

しかしながら、現位置で布設替するとしても、建設当時田畠であったところが、現在は家屋が建ち並んでおり、場所によっては図－２のとおり、民家に非常に接近して埋設されているため、全区間を掘り返して布設替することは交通上の障害はもちろんのこと、民家の破損も予想されて事実上不可能である。このため、やむを得ず内挿工法により改良することとした。

図－2　送水管埋設断面図



なお内挿管の口径としては、可能な限り太いものをということから、今回は600㎜管を計画したが、それでも改良部分の送水能力は800㎜管にくらべ約½に減少するため、起債認可に当たっても問題となったところである。しかし、遠心力鉄筋コンクリート管ということから、現在の送水ポンプも低揚程（８m）になっており、従って、改良工事完了後は需要の動向を見つめつつ、ポンプ圧の上昇をはかることにより対処する計画である。

4．設計概要

1）管種選定

内挿工事の計画に当たっては、既設管の埋設状態をよく調査のうえ、口径・管種を決定すべきことは当然であるが、本送水管の場合は、水平あるいは上下に屈折している部分には鋳鉄管を使用し、その間を遠心力鉄筋コンクリート管でつなぐ配管となっているため、調査カ所が相当数にのぼるうえ、管土被りが２m～３mもあって調査といえども本工事に近い規模となり、従って、万一調査中に家屋に損傷を与えるようなことがあると、改良工事そのものができなくなるので、大変大胆ではあるが、しゅん功図により計画することとした。

管種については、既設の遠心力鉄筋コンクリート管の実内径が780㎜しかなく、内挿管口径を600㎜と決めた以上は、外径が一番小さく漏水の心配のないもの、すなわち鋼管と迷わずに選定して計画を始めた。ところが、一方で過去の漏水事故の原因をよく調査して見ると、古い事故については水衝圧に起因すると思われる管軸方向の破損が主であるが、近年のものは、むしろ円周方向の、いわゆるわれわれが太根切れと称する折損事故の多いことがわかった。

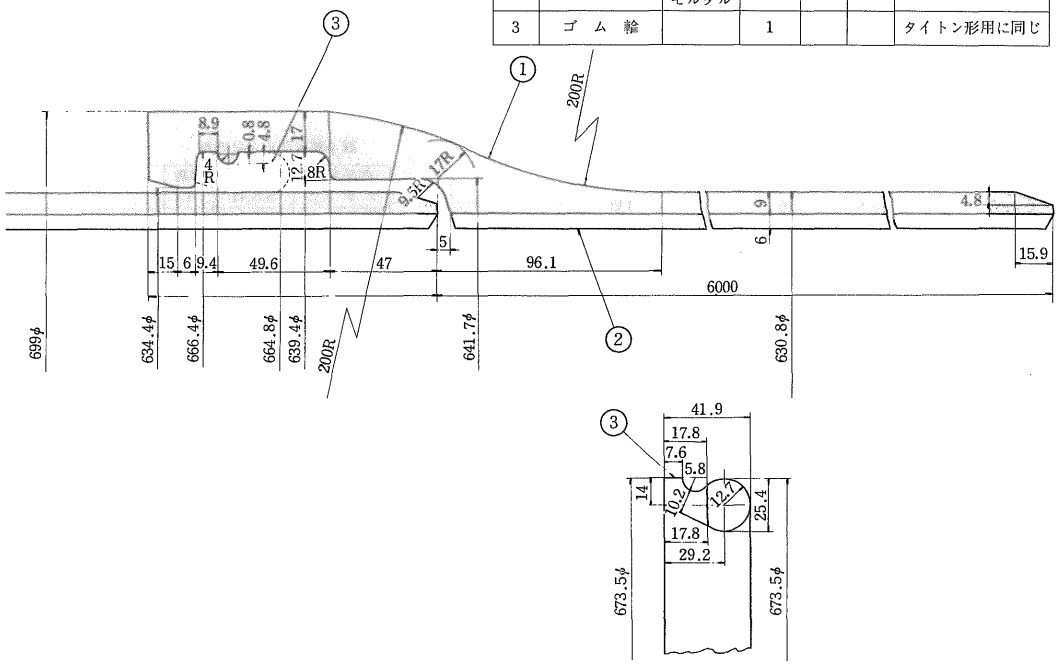
先に述べた既設管の調査を行わずに実施に踏切ったもう一つの理由に、遠心力鉄筋コンクリート管の継手構造（カラーコンポ継手）から、大きな屈折はできない、従ってほぼ真

直に布設されているはずだと判断したためであるが、万一、1カ所でも大きな屈折があると鋼管の内挿は不可能になることから、上記のような事故例より推測して、今まで進めてきた計画は危険ではないかという心配が生じてきた。そこで、外径が小さく、かつ、ある程度の屈折を吸収できる継手を持った管種の選定が必要となり、メーカーとも相談のうえ、タイトン形ダクタイル鋳鉄管を採用することとした。

なお、その構造は図－3のとおりで、継手部分の外径は699mmとなっている。

図－3　タイトン形ダクタイル鋳鉄管(呼び径600mm)

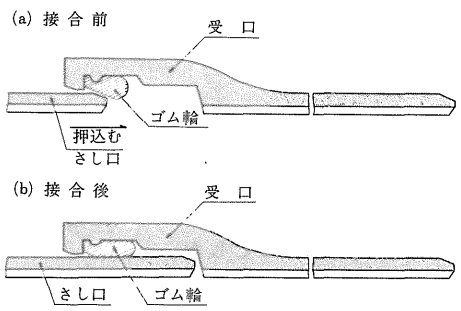
品番	部品名称	材質	1セットの個数	重量(kg)		備考
1	直管	FCD	1	807	$^{+\infty}_{-3\%}$	管長……6000L
2	内装	セメントモルタル	1	164		
3	ゴム輪		1			タイトン形用に同じ



2）タイトン管の継手構造

タイトン管は、最近では口径250mm以下の鋳鉄管の主流をなしていて、今さら説明するまでもないことであるが、本改良工事との関連について述べると、その構造は図－4のとおりであり、その特性としては、

図－4　タイトン管接合図



(1)　受口にゴム輪をおさめ、さし口を挿入するだけで接合できる構造のため、作業時間が大幅に短縮できる。

(2)　天候や湧水も、作業にはあまり大きな障害とならないので、工事の進捗がはかれる。

(3)　付属品としてはゴム輪だけのため、材料費が節減できる。

(4)　管路の屈折によって生ずる伸縮は、ジョイント部分で吸収可能であり、可撓性に富んでいる。

(5)　ゴム輪で完全にシールされるため、水

密性にすぐれている。

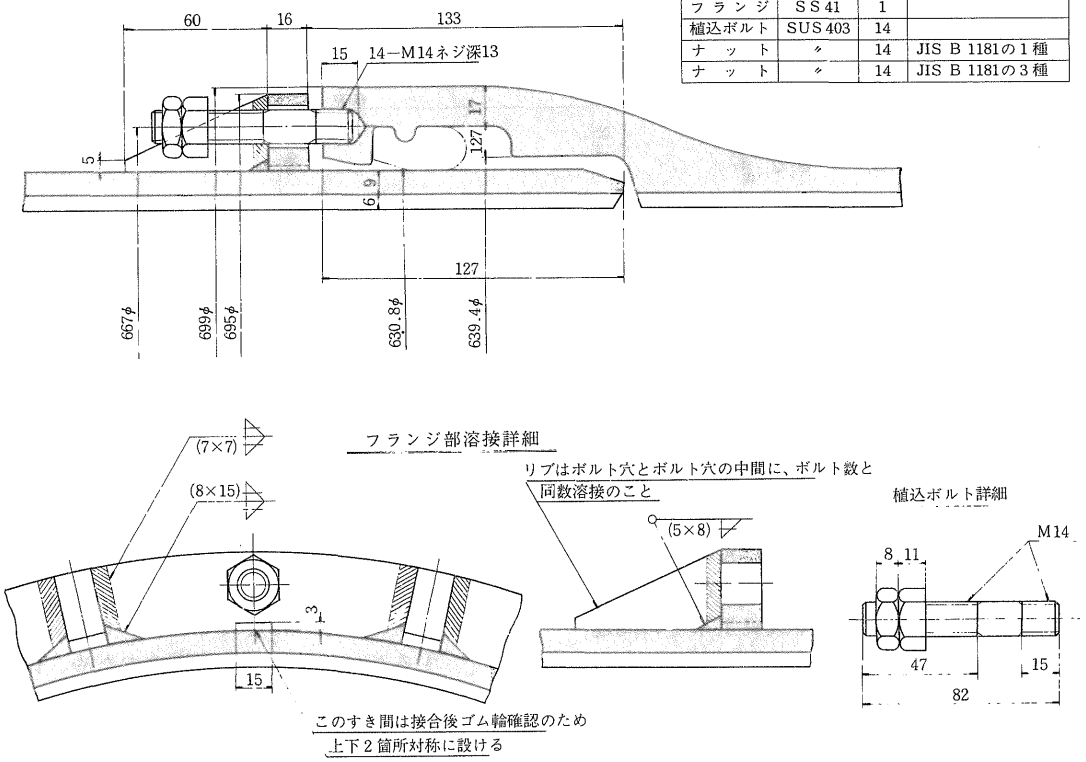
などをあげることができる。しかし本改良工事の場合、遠心力鉄筋コンクリート管（内径780mm）と内挿管（受口外径699mm）との間隙が非常に少ないので、相当無理をして挿入する場合、途中で継手が抜け出す恐れもあり、また一方、幸いにして既設管が真直に布設されておれば、挿入延長を可能な限り長くしたいという期待もあって、第1期工事では図—5のとおり、タイトン継手の特性を生かした離脱防止金具をとりつけることとした。

第2期以降の工事については、第1期工事の施行結果から、既設管の継手部分に一部段差があるうえ、管路の屈折もかなりはげしいことがわかったので、挿入管の全長にわたって簡単なすべり台（鋼板6mm）をとりつけ、挿入管のひっかかりをなくす方法に改善した。また、このすべり台と内挿管を緊結することによって、継手の抜け出しも防止できるので、第2期以降の管は、タイトン継手本来のPush-on方式のみの継手構造のものを使用することとした。

図—5　継手離脱防止金具

継手離脱防止金具明細　　1ヵ所当り

部品名称	材　質	個数	備　考
フランジ	SS41	1	
植込ボルト	SUS403	14	
ナット	〃	14	JIS B 1181の1種
ナット	〃	14	JIS B 1181の3種



3）挿入延長と挿入方法

挿入延長については、内挿管が6m1本のため、机上計算では、既設管路の継手曲げ角度が2°以内でないと挿入できないにもかかわらず、上記事故例から相当屈折していることを予想してかからざるを得ないので、設計時点では、既設埋設物や近接家屋等の関係も考慮のうえ、50m程度を1スパンとして押込口、到達口を設置することとした。

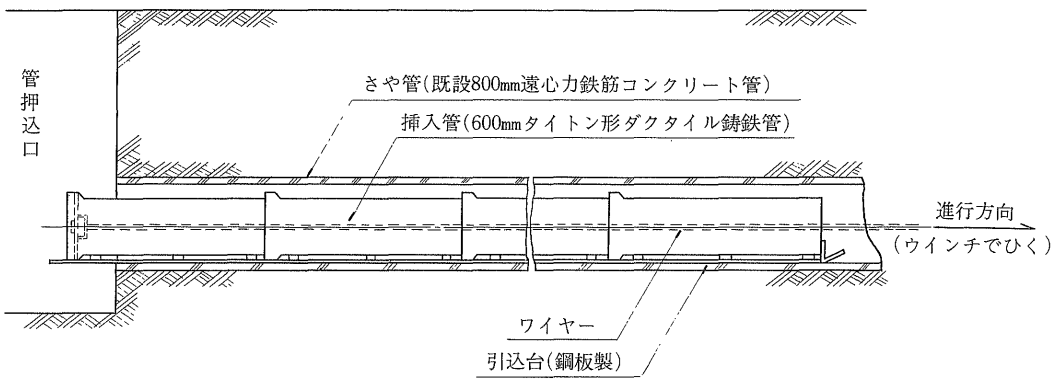
もちろん、実施に当たっては、既設管内を調査・測量のうえ、大きな屈折がなければ挿

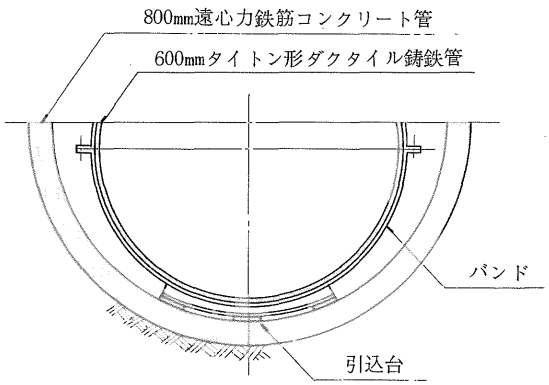
入延長を可能な限り延ばすことは先にも述べたとおりである。

挿入方法としては、油圧ジャッキなどで押し込む方法と、ウインチなどで引き込む方法とがあるが、本工事の場合、かりに1スパンを60mとすると内挿管の重量が9.7tとなり、挿入に要する力は7t程度（既設管と内挿管の摩擦係数を0.7として）のため、特に押し込む必要もないと判断して、挿入時間の短い引込方法を採用することにした。

なお、その引込要領は図－6のとおりである。

図－6　管引込み図





4）既設管内のてん充

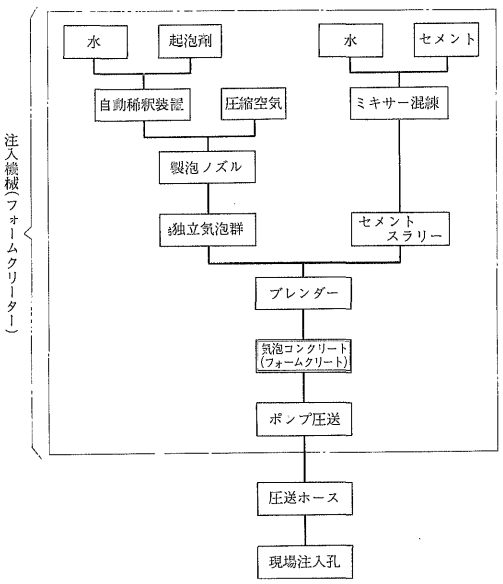
既設管と内挿管との空隙については、その間隔が極めて小さく、従って既設管が土圧その他の外圧に対して十分安全であれば、特にてん充する必要もないと考えられるが、前記のような事故例から折損の恐れもあり、また、他工事による破損も予測されて、道路かん没などの原因にもなりかねないので、内挿管の安全も配慮のうえ、完全にてん充することとした。

てん充材としては、なにぶん空隙が非常に狭いうえ、相当延長にわたってのてん充することになるので、種々検討の結果、流動性が高く、かつ、強度も期待できる発泡コンクリートを使用することとし、過去の実績なども調査のうえ、麻生フォームクリート株式会社に施工させることとした。なお、同社の発泡コンクリートは、米国のマールケミカル社と技

術提携して導入した、現場打設のプレフォーミング（事前発泡）方式の気泡コンクリートで、わが国では同社の独占施工となっている。

現場注入までの工程は、図－7のとおりセメントスラリーに多量の独立小気泡（径0.2mm程度）を混合させて、注入ポンプによって圧送するもので、流動性があり、コンシステンシーも良好で隅々までてん充できるため、昭和38年頃からトンネル工事の裏込注入材に主として使用されてきたが、最近では配管工事にも使用されるようになってきた。なお、その圧縮強度（σ_{28}）は、配合比を変えることによって15kg／cm²～140kg／cm²位まで可能であるが、本工事の場合は、前記のような考え方からそれほど大きな強度を必要としないので、表－1の配合によることとした。

図－7　注入工程



表－1　気泡コンクリート配合表

項　　目	数　　値
セ　メ　ン　ト	350kg
水	196ℓ
気　泡　液	1.48ℓ
空　気　量	66%
圧縮強度（σ_{28}）	15kg／cm²

5．施工概要

1）既設管の埋設状態

既設の鋳鉄管と遠心力鉄筋コンクリート管との接合部分に調査孔を設け、排水のうえ管内に入って入念な調査を行った。その結果は、予想していた以上の屈折で、極端なカ所では、継手部の曲げ角度が上下方向に4°近くに達しており、また、水平方向も1°程度で蛇行しているカ所が見られた。このため、当初の計画のほかに、上記のような極端な屈折カ所に押込口または到達口を追加することにした。従って、当初考えていた挿入延長を短くせざるを得ないところも出てきて、場所によっては、20m程度の短い挿入となった。

次期改良工事との関連から、既設管のこの屈折について考えてみるに、今回施行した部分は、先にも述べたとおり、建設当時、道らしき道もなかったので当時の水路にそってその肩に埋設されており、従って蛇行して布設せざるを得ず、また、基礎工を設けていないので、湧水などが原因して上下方向に屈折した配管となったのではないかと推測される。

2）タイトン管の引込み

引込み方法については、現場条件によって、ウインチまたはクンレー車を使用して引込み、既設管の屈折から挿入が困難なカ所については油圧ジャッキを併用して挿入した。

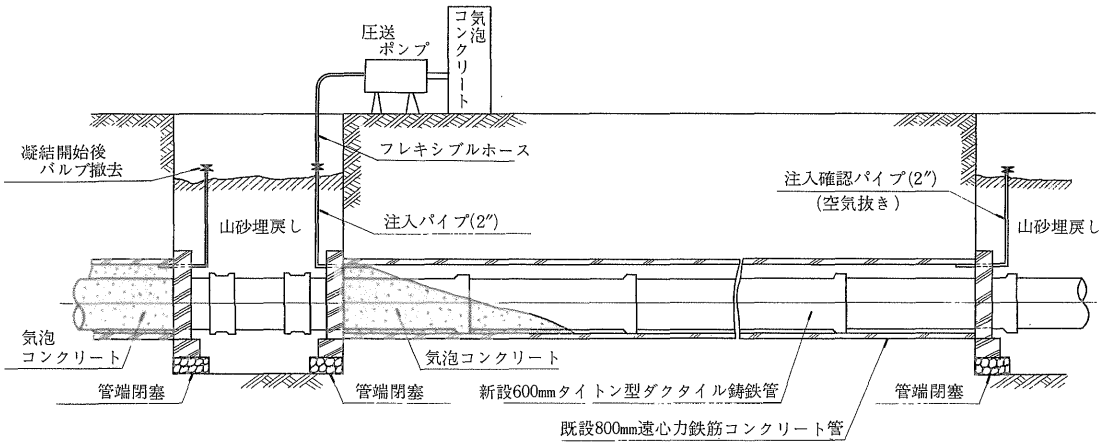
今回の実施結果から、既設管に極端な屈折がなければ100m程度なら引込みが十分可能であり、また、作業時間もタイトン管の特性から、覆工の撤去から管据付、引込み、連絡、そして覆工の復元まで1日で施行が可能と判断される。

従って、タイトン管の内挿工事は、既設管の調査から押込口および到達口の決定－設置までが主たる作業で、押込口および到達口の位置さえ適切であれば、工事は大半を終了したものといえる。

3）発泡コンクリートのてん充

てん充の要領は、図－8のとおり注入口（2インチ管）よりポンプ圧送（本工事の場合1.5～2.0kg／cm²）を行い、反対側に設けた空気抜き用パイプから噴出するのを確認したうえ、

図－8　注入施工図



バルブを閉じて完了するものである。作業時間は、材料の混合および機械類の据付けに相当時間を要するが、注入作業そのものは50ｍ（注入量9.5㎥）で約１時間であった。

なお、注入時に採取した供試体の試験結果は、材令28日でσc＝16～19kg／㎠であり、いずれも設計強度（15kg／㎠）を上回っていた。

６．あとがき

内挿管工事の概要は、以上のとおりであるが、本市では初めての試みにもかかわらず、管の接合、挿入を短時間に施工できて工期の短縮をはかれたことは、一応の成果があったと考えている。ただ、押込口や到達口の設置が、先に述べたような現場条件から困難を極め、そのうえ地下埋設物の反障移設もあって、その完了までに相当期間を要したのに、管の引込みがわずか１日で完了したということから、管の挿入延長を延ばすことができず、従って事業費の節減をはかれなかったことは非常に残念であった。

しかしながら、当初の計画どおり鋼管を採用していた場合には、挿入延長は一層短くなり、施工期間、事業費共に相当増加したものと考えられ、本工法を採用したことは得策であったと思っている。また、実施に当っては、心配していたとおり沿道市民との間にトラブルが発生したが、挿入工法を採用したことにより協力が得られ、被害も僅少にとどめることができたことも、工期の短縮をはかれる本工法を採用した成果と考えている。

以上は、このたび完了した新大阪駅以西部分についての報告であるが、現在、着工準備中の新大阪駅以東部分については、一部区画整理から外れた地域があって（延長約300m）、道路幅員が非常に狭い（2.5m～3m）うえ家屋が密集しているため、工事公害を最小限に止めるうえからも、今回の経験を生かして、極力挿入延長を長くしていきたいと考えている。また、本工法は、こういった市街地の掘り返しが難しい場所でこそ、その特性を有効に生かすことができるので、沿道市民の協力が得られるよう、また、その協力に答えられるよう、努力して参りたいと考えている次第である。

技術レポート

内挿管工法(パイプインパイプ工法)

花 満 慶 治

京都市水道局技術部設計課
設計第2係長

1. はじめに

京都市水道局においては、第8期拡張事業の一環として、西大路通の配水管布設工事を内挿管工法(パイプインパイプ工法)により施工した。

西大路通には、口径900㎜鉛継手の普通圧管(昭和27年竣工)が布設されていたが、最近の通行車両の大型化と交通量の増加により強度的に耐え得ない状況にあり、過去数回にわたり破裂事故を起こしていた。そこでこの既設管を利用して、可能な限り大きな口径の管を既設管内に挿入布設し、二重構造の配水管として再利用する目的で計画し内挿管工法(パイプインパイプ工法)により、西大路通の白梅町～下ノ下立売通間約770mの区間を施工したので、その概要について報告する。

2. 内挿管工法(パイプインパイプ工法)の採用理由

一般に水道管の布設は、開さく工法(オープンカット工法)により布設しているが、今回の西大路幹線布設工事は下記のような理由により、既設管を利用した内挿管工法(パイプインパイプ工法)により施工した。

採用理由

(1)西大路通は水道管(口径900㎜)、ガス管、電話ケーブル、都市下水路など歩車道ともに埋設物がふくそうしており、新しく水道管を布設するスペースがない。

(2)西大路通は金閣寺～竜安寺へ通ずる重要な観光幹線道路であり、観光バスなどの大型車両の通行量が多く、開さく工法による施工が困難である。

(3)開さく工法に比べ工期が短縮できる。

(4)既設管がサヤ管として利用できるので内挿管とともに二重構造となり、将来他企業の埋設工事による加害危険度が小さくなる。

(5)内挿管ではあるが、将来この水道管は幹線配水管となるので、新たに分岐することがない。

(6)施工に際しては、コンクリート舗装(床版厚25cm)を破砕し、なお工事完了後は竪抗を除いて全面復旧をしなくてすむ。

(7)新管を布設したあと既設管を撤去する必要がない。

などの理由による。

3．内挿管開発の経過

当市においても過去、河川、軌道などの横断などで内挿管とよくにた工法、つまり特厚遠心力鉄筋コンクリート管を圧入し、その中に鋼管もしくはメカニカル形ダクタイル管を布設した例はあるが、今回のように長延長にわたり限られたスペースの中に可能な限り大口径の水道管を布設する試みははじめてのことであった。この開発は昭和47年３月頃から下記事項について検討を加えた。

1．管種および継手の構造

管種については、鋼管とダクタイル鋳鉄管の二者について比較検討を行ったが、鋼管の場合、

(1)既設 900㎜のダ行偏寄の程度により可撓性の継手を相当数必要とし、その継手の構造如何によっては内挿管径が小さくなる。

(2)既設管の推定される偏寄から考えて短辺の鋼板を加工し、管内に据付けた後、ジャッキングにより正円とし管軸に縦、横断方向の溶接を必要とする。

(3)上記(2)に関連して現地管内の現場塗装を必要とする。

(4)上記(2)～(3)に関連して作業環境が著るしく低下し、これに伴い竪坑の増加を要する。

(5)全体的に工期がのびる。

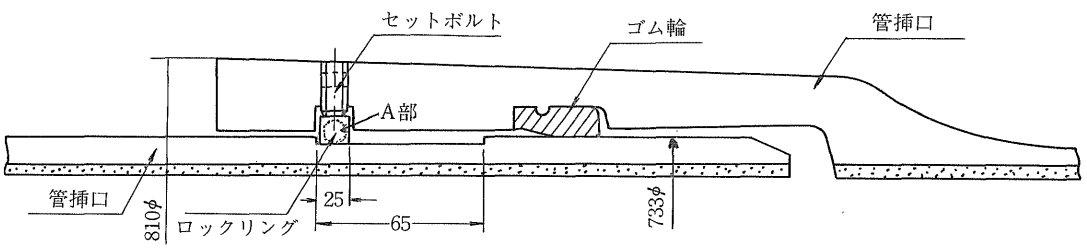
が考えられる。なおダクタイル鋳鉄管の場合、上記(1)～(5)は解決できるが、既存の継手構造(メカニカルジョイント、Ａ形、Ｋ形)ではツバが大きく、当初の目的である可能な限り大口径の内挿管を布設することは難しいため、

(1) 材質はダクタイル管とし、

(2) 継手部の外径はできるだけ小さくする。

こととし、検討を行い再三にわたる継手の性能試験や内挿布設方法の実験をくり返し構造を決定した。構造は図－１に示す通りであり、口径は 700㎜とした。

図－１　継手の構造



この継手の仕様および特色は次の通りである。

１）継手の仕様

(1)口径：700㎜ダクタイル鋳鉄管(６ｍ管)

(2)水密機構：タイトン形式

(3)形状寸法：継手部を除いてＪＷＷＡに準ずる。

２）継手の特色

(1)継手がタイトン形式なので水密性がよい。

(2)ロックリングを設け挿入に必要な力をロックリングを介して伝達させる。

(3)挿口の溝巾を大きくとり、曲げ余裕を持たせ既設管がダ行偏寄していてもそれに順応できる。

(4)ある程度(挿口の溝巾だけ)抜け出したらロックリングと挿口溝部がひっかかり抜出し機構が働く。

(5)継手がタイトン形式であるので、接合が簡単でしかも短時間でできる。

などの特長を有する継手である。

３）継手の性能試験

この継手の性能を確認するための性能試験

を行った。その結果を表－1に示した。

表－1　700φ管試験結果

接合試験	水圧抜出試験	曲げ試験	曲げ水圧試験
接合時間継手1カ所当り20分（作業員2名）	接合した管の両端に盲板をとりつけ、水圧15kg/cm²(換算抜出力63.3t)負荷したが異状なし	接合した継手部に曲げモーメント30t·mを作用させたが異状なし	継手を3°まで曲げて、水圧5kg/cm²を負荷したが異状なし

2．布設方法

一般に考えられる方法としては次の2通りが考えられる。

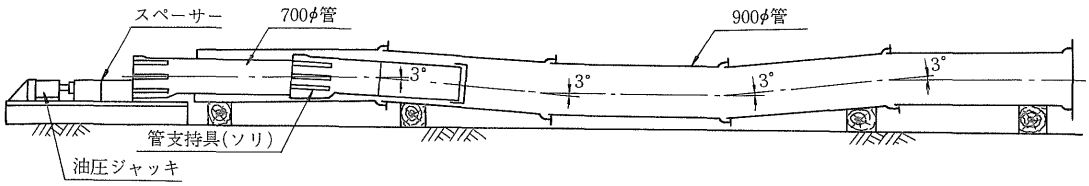
(1)管の外周にバンドを巻き、このバンドに数カ所ソリを取付けて管をジャッキで押すか、もしくはウインチで引張り込む方法。

(2)既設管内に水をある水位まで張り、内挿管を浮かしながらワイヤーで引張る方法。

(1)の方法については、実地のモデル配管（継手を最大3°曲げた状態）をつくり挿入テストを行ったが、引張り込む方法については、管を所定の位置で停止させることが困難であり、継手の構造上、ロックリングを最終的に挿口A部にセットすることが望ましいことなどから押込み方式が有利であると判断した。

(2)の管フロートによる方法については、成功の条件として既設管がほぼ水平で、しかも屈曲せずに布設されていることが必要であるが、今回の施工区間は縦断において約1/100の勾配があり実用的でないので採用にはいたらなかった。

図－2　モデル管路での配管試験



以上の検討の結果、挿入方法としてはソリを取付けて油圧ジャッキで挿入していく方法を採用した。管支持具(ソリ)の構造は図－5の通りである。

3．既設管との空隙部の処理

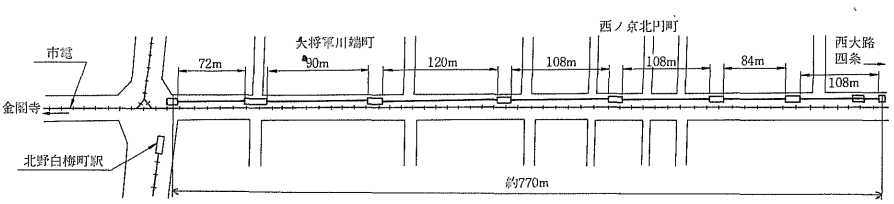
処理の方法としては、空隙のままでおく方法と何か塡充材(砂、エヤーモルタル)を注入する方法が考えられるが、現地は地下水が比較的高く、空隙のままであると、空隙部への浸水と内挿管の浮上りが考えられ、好しくないと考えられる。

第2案の塡充する方法については、塡充材として砂、アスファルト、モルタルなどが考えられるが、流動性のよい材料で、空隙部が塡充されやすいのはエヤーモルタルである。今回については、既設管と内挿管を一体として完全な二重構造とするためエヤーモルタルで塡充することにした。

3．施　工

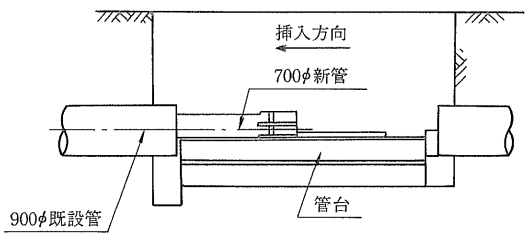
昭和49年3月頃から約4カ月にわたり、西大路幹線の内挿管工法（パイプインパイプ工法）により900㎜既設管内に700㎜新管を次の通り布設した。

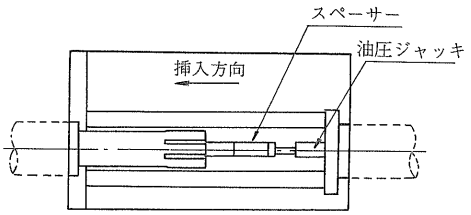
図－3　西大路幹線布設概要図



写真－1　西大路通

図－4　挿入竪坑レイアウト





布設工事は次の通り行った。

1）竪　坑

現地の状況から交通障害を軽減するため、できるだけ小さく間隔については長いのが望ましい。既設管からの分岐管の関係から竪坑間隔は約100m、竪坑の大きさは挿入管の長さから幅３m×長さ８m×深さ４mとした。

2）既設管内クリーニング

押込時の摩擦抵抗を少なくするとともに、エヤーモルタルを完全に填充するため錆コブ除去のクリーニングを行った。錆コブの最大高さは40mm程度であった(写真－２参照)。

3）エヤーモルタル填充用ボーリング

挿入前に路面から既設管へボーリング（66mmφ)を行い(間隔30m)、あらかじめエヤーモルタル填充のためのケーシングを建て込んでおいた。

4）内挿管の押込み

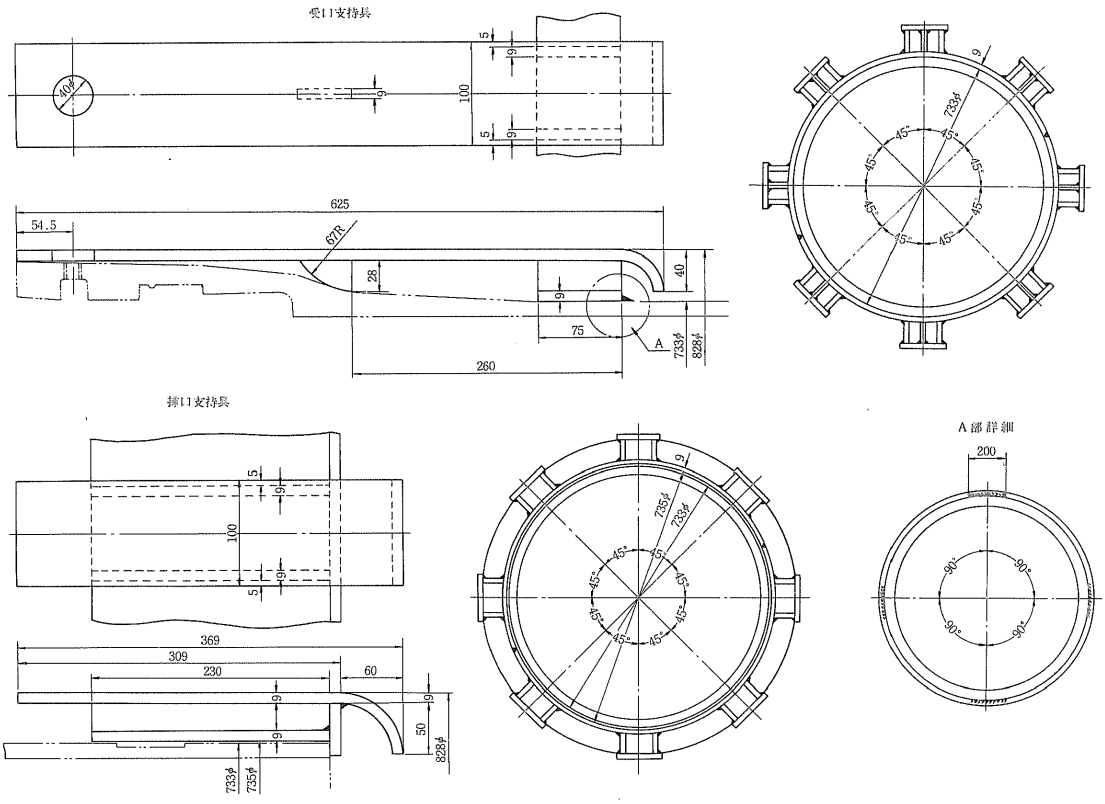
挿入管の受口外周にソリ(図－５)をあらかじめ溶接取付けし、ジョイントしながらジャッキで押込んだ。なおジョイント完了後、ゴム輪の状況を確認するため受口端からのゴム輪の深さを確認した。なお押込の際のバックは既設管を利用した。

5）エヤーモルタルの填充

両端竪坑の閉塞工完了後エヤーモルタルを填充した。

6）既設管および新管連絡工事の施工

図－5　管支持具構造図



2．布設工事に伴う事前調査と測定結果

1）新管挿入前の調査

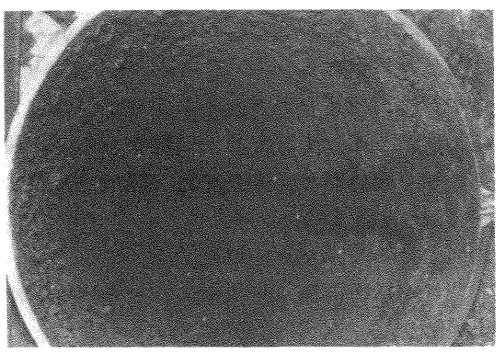
既設管(口径 900㎜)の錆コブ発生状況および継手部の曲りを調査、測定を行った。

その結果、錆コブは管内全面に発生しており、その状況は写真－2の通りであった。

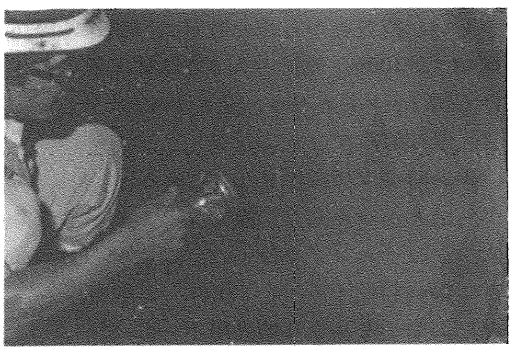
クリーニングが終わった時点で既設管の胴付間隔の測定を行うことによりダ行性の調査を行ったが、地盤が悪かったにもかかわらず既設管の継手の曲り角度は最大1°23′であり、挿入管の曲り許容角度3°に対し余裕もあり何ら問題がないことが判明した。

2）新管挿入測定

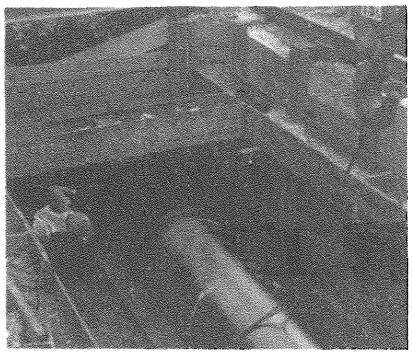
新管挿入にあたり次の項目について測定を行い、その結果は次の通りであった。



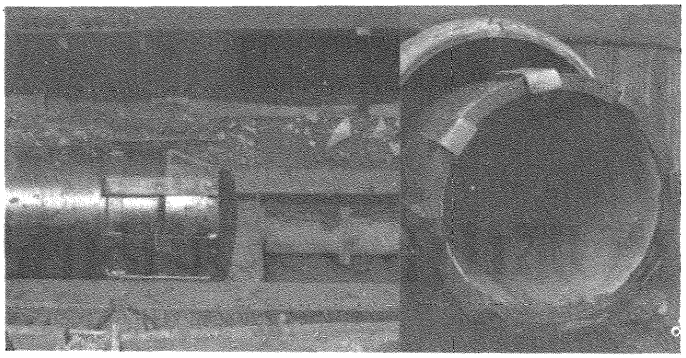
写真－2　錆コブの発生状態



写真－3　クリーニング後の状態



写真－4　管の接合作業



写真－5　管の挿入

(1) 管継手の接合時間

継手の接合に要した時間は継手1カ所当り8.6分～17分であり、作業性は非常に良かった。

(2) 管1本挿入に要する時間

15分～20分であり前項同様作業性は非常に良かった。

(3) 押込に要する推力

一般の圧入工法と異なり、先端抵抗はなく主として既設管内面の粗度および挿入管受口外周に装着したソリの形状によるものと考えられる。測定結果は摩擦係数0.51であった。最大推力は13.3ton(102m挿入時)であった。

(4) エヤーモルタル填充時の管の浮上りの状況

エヤーモルタル填充前後挿入管のジョイントの胴付間隔の比較をすると、1～6mmの抜出しが認められた。しかし、前記継手の構造上から考察しても何ら問題はない。なお、管挿入に発生したローリングは最大150mmであった。

5. おわりに

本工事は全体的にみて円滑に施工が完了したが、今後の問題点として次の事項について検討を要すると考えられる。

1．竪坑の間隔は施工の状況、特に推力からみて既設管の状況（主としてダ行の程度)によるが、500m～600mは十分可能と思われる。

2．従来河川、軌道などの横断布設の場合、サヤ管として最低800mm以上の遠心力鉄筋コンクリート管を圧入し、中へダクタイル管(A形)を布設しているが、将来、水平削孔を併用することにより、サヤ管径をさらに小さくでき経費の節減をはかることができる。

3．この継手構造の特長から、従来管基礎を必要とするような軟弱地盤に布設する場合、ほとんど基礎なしで布設が可能となるのではないか。また、地震に対しても有効な抜出し防止ロックリングにより相当大きな効果が期待できる。

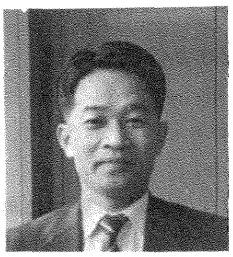
4．一般に本工法を採用できる条件として、相当長期にわたり、水道幹線を断水できることが必要であり、他水系などから仮配管、仮連絡などによる応援を必要とする。

以上の結果から、その作業性、可撓性、耐震性などから考察して、今後この種の管の利用度は大きいものと考えられる。

なお､本工法を検討するなかで久保田鉄工KKパイプ技術研究所の協力を得たので、ここに報告するとともに謝意を表するものである。

技術レポート

恵那山トンネル内配管工事



山田暉夫
日本道路公団名古屋建設局
恵那山東工事事務所機械課長

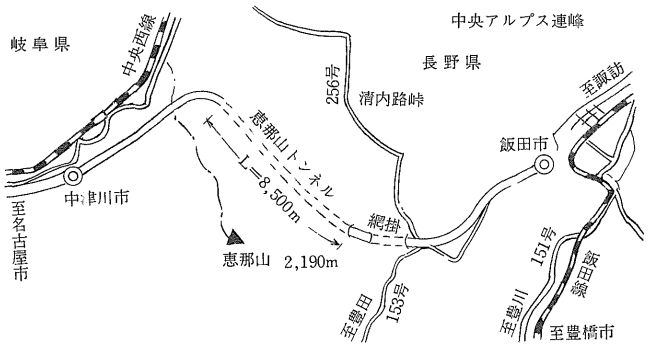
はじめに

恵那山トンネルとは、高速自動車国道中央自動車道西宮線（東京都杉並区から兵庫県西宮市まで）の一環として、日本道路公団が工事を進めているもので、長野・岐阜県境に聳える中央アルプスの南端、恵那山(標高2,190m）北東部の富士見台真下を北西～南東に貫き、木曽谷(岐阜県中津川市神坂)と伊那谷(長野県飯田市郊外阿智村）を最短距離で結ぶ、延長約8,500mの長大トンネルである。

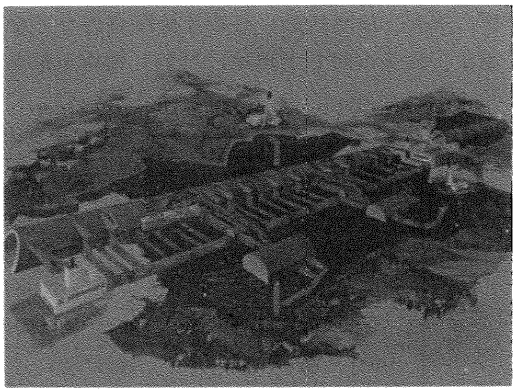
本工事は、昭和42年10月着工以来ぼう大な湧水と多くの断層にはばまれ、世界でも有数の難工事と各方面から注目されつつ、昭和49年10月に7年間の工期を費し本線トンネルが貫通した。

現在、工事の最盛期を越えた土木工事に代り、トンネル内装関係の諸設備工事が最盛期を迎えている。本トンネルの完成は、先に開通した小牧インターチェンジ～中津川インタチェンジに続き、昭和50年8月となっている。完成の暁には、飯田市～名古屋市が現在の国鉄利用4時間（急行列車）に比較し2時間と短縮され、伊那谷にとってはその恩恵は計り知れないものがあり、第二の夜明けと呼ばれている。

図－1　恵那山トンネル位置図



写真－1　完成近い東坑口



写真－2　恵那山トンネル透視図

工事概要

延　　長	約8,500m
設計速度	80km/h(対面交通時60km/h)
車道幅員	7.0m(対面2車線)将来4車線
路肩幅員	1.5m
縦断勾配	中津川方 1.64%
	飯田方　0.5%
待避所	9カ所
計画交通量	1,855台/時
	(対面時1,000台/時)
総工事費	約350億円

恵那山トンネルは、過去において、日本では経験したことのない長大な道路トンネルとなるため、日本道路公団では、トンネル内での事故防止と火災などが発生した場合に万全の救出体制を完備する目的をもって、諸設備に莫大な費用と最新の技術を投入している。

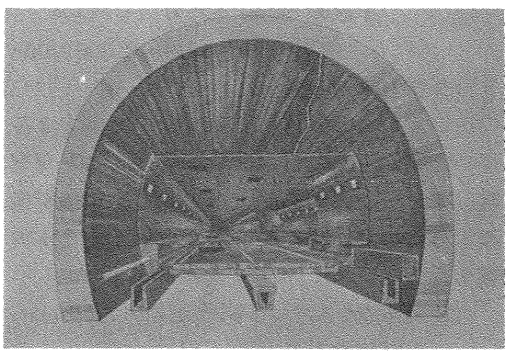
その諸設備のうち、本件のテーマに関する防災設備の概要とその配管工事について紹介するものである。

1．防災設備の概要

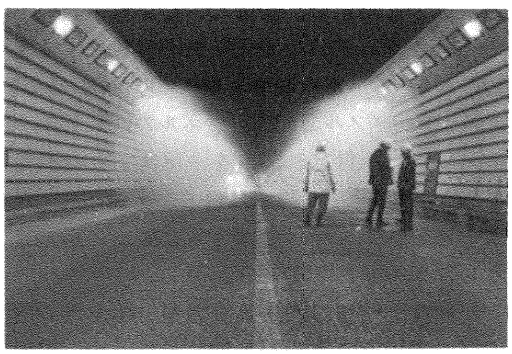
恵那山トンネルは長大トンネルであるばかりでなく、現在まで経験したことのない長い距離(飯田方の網掛トンネル区間を含め14km)の対面通行方式となる。過去の例から判断しても、正面衝突などの交通事故による火災発生の危険性を十分考慮しなければならない。

もし火災が発生した場合、トンネル内という環境の特殊性から想定して、人的、物的被害が大きく、またトンネル自体が被害を受けた場合、幹線道路として輸送面に与える影響は大きいものと思われる。

防災設備は火災が発生した場合、被害を最少限に抑圧し、第二次、第三次の火災を未然に防止することを目的として、初期消火活動のための自動消火設備（火災感知器、水噴霧設備)、手動消火設備（消火栓、消火器）なら



写真－3　トンネル内部完成予想図



写真－4　水噴霧状況

びに消火、救出活動に必要な排煙装置などを備え、火災に対して迅速に対処し被害を最少限に抑えるように配慮している。その主たる設備概要は下記のとおりである。

表－1　恵那山トンネル防災機器配置

設備名	取付位置	数量
自動火災感知器	12.5m間隔両側　地上 2.0m	1,800カ所
手動火災通報器	50m間隔片側および待避所	280カ所
消火栓	50m間隔片側　ホース30m付	210台
消火器	50m間隔片側　A、B、C 20型	420本
水噴霧	5m間隔にスプレーノズル　遠近投用　1組	4,300組
主水槽	恵那山トンネル　各 400t	4カ所
	網掛トンネル　各 200t	2カ所
消火ポンプ	460V×220kw×6,190ℓ/min×123m×250φ	5台

2．各機器の概要

1）消火栓設備

トンネル内側壁に50mピッチに設置し、消火活動に使用するもので、消火栓箱は下記の機器によって構成されている。

表－2　消火栓設備の構成

名称	規格	数量
前傾ホースリール	軸受ベアリング内蔵、ホースガイドローラー付	1式
ゴムホース	編上式ホース(JIS　K6331) 32A	30m
消火栓弁	ボール弁、90°回転開閉　40A　18kg/cm²	1コ
圧力調整用弁	玉形弁　40A	1コ
管槍並ノズル	頭部回転切換式、有効射程14m	1本
ポンプ起動スイッチ	ノンロック式押釦スイッチ	1コ
手動通報器	自治省令第9号発信器P型1級	1式
消火器	ABC粉末消火器　6.5kg	2本
電話ジャック		1コ

2）水噴霧設備

水噴霧設備は火災が発生した場合、火災の延焼拡大を防止し、前後にある車両乗員などを退避させると共に消火活動を容易にするための設備で、車道上高さ3,450mmの位置(側壁)にスプレーノズル2組をトンネルの延長方向5mピッチに取付け、50mを一区画とし自動弁により放水を行う。降水量は6mm/minとし、火災の延焼拡大についてはさらに50mの追加放水を行う方式としている。

作動はすべて自動火災感知器（トンネル内すべての場所でも感知可能）で行うが、現地において自動弁操作による手動放水も行える方式を採用している。

使用水量(ノズル1組当たり)　250ℓ/min

1区画(50m)当たり

250ℓ/min×10組＝2,500ℓ/min

3）ダクト冷却設備

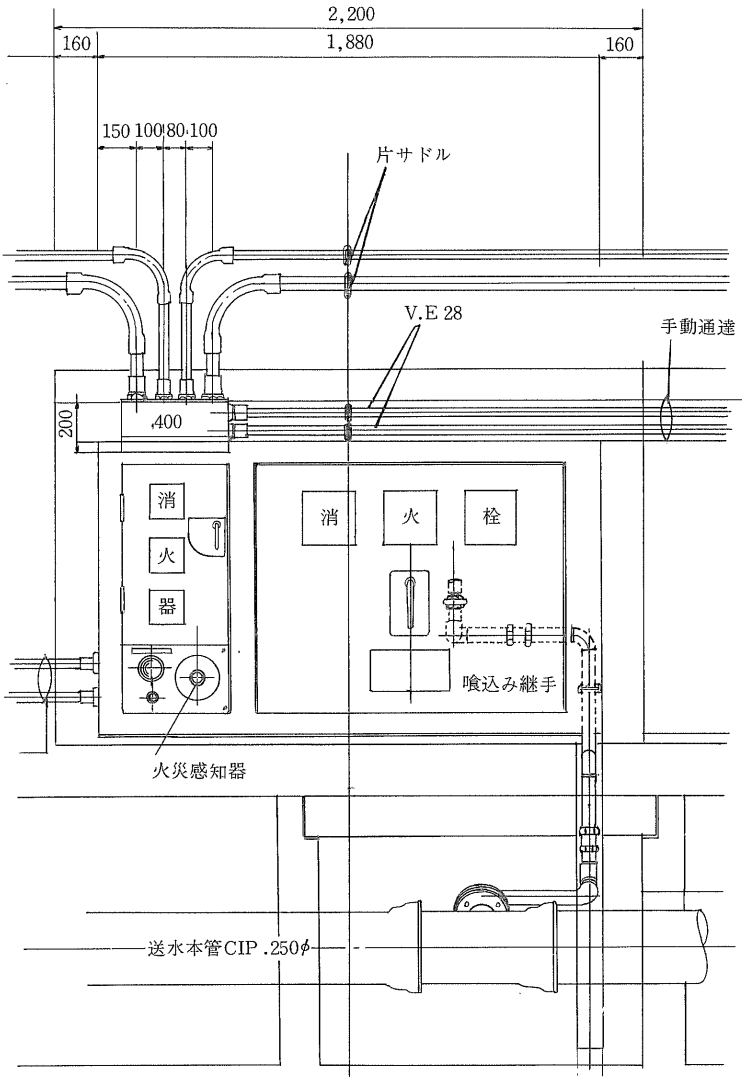
トンネル内火災時、天井板付近の温度は各種の実験から350℃～400℃に達することが判明している。この高温の熱風から排風機を保護するために、排風機側吸込ダクト内に水噴霧を行う。

使用水量(ノズル1組当たり)　70ℓ/min

1区画当たり

70ℓ/min×40組＝2,800ℓ/min

図－2　消火栓設備



高温の熱風は、水噴霧効果により100℃前後に冷却されるため正常な排煙活動が行われ、救出ならびに消火活動を可能としている。

4）給水栓設備

給水栓設備は、消防車などに給水をするもので、トンネル両坑口各2カ所ならびにトンネル内待避所（約700m毎）に双口型65A（ポンプ起動押釦併設）を設けている。

使用水量　400ℓ/min

3．必要水量

トンネル内で火災が発生した場合、その初期消火に必要な時間は約40分とし、2項で述べた各機器が全稼働するものとして、下記の必要水量をトンネル地下水槽に貯水している。

表－3　必要水量（1分間当たり）

設備名	必要水量	計
消火栓	130ℓ×3カ所分	390ℓ
水噴霧	250ℓ×10組×2区画	5,000ℓ
ダクト冷却	70ℓ×40組	2,800ℓ
給水栓	400ℓ×2カ所	800ℓ
合計		8,990ℓ

貯水槽容量

9,000ℓ/min×40min×1.1≒400t

4．配水設備

1）配水方式

恵那山トンネルの配水設備系統の概略は図－3のとおりである。

配水方式については、

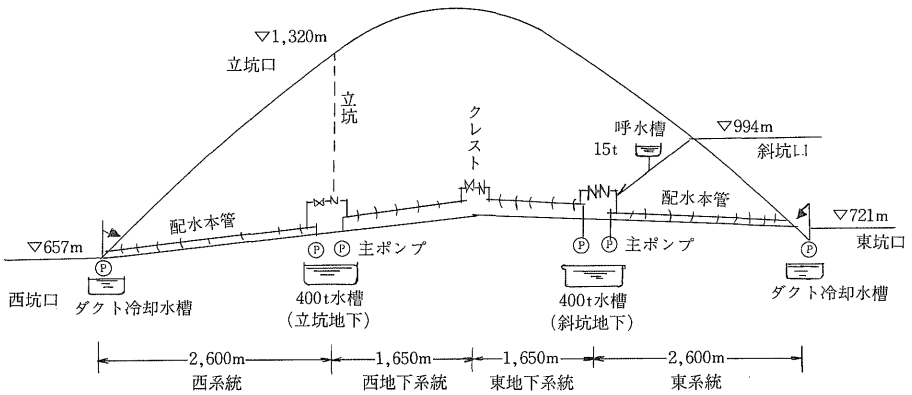
①立坑および斜坑内に高架水槽を設け、配水本管に配水する方式で、それぞれの配水系毎に高架水槽を配置する案。

②立坑、斜坑地下に加圧ポンプ、貯水槽を設けて配水する方式。

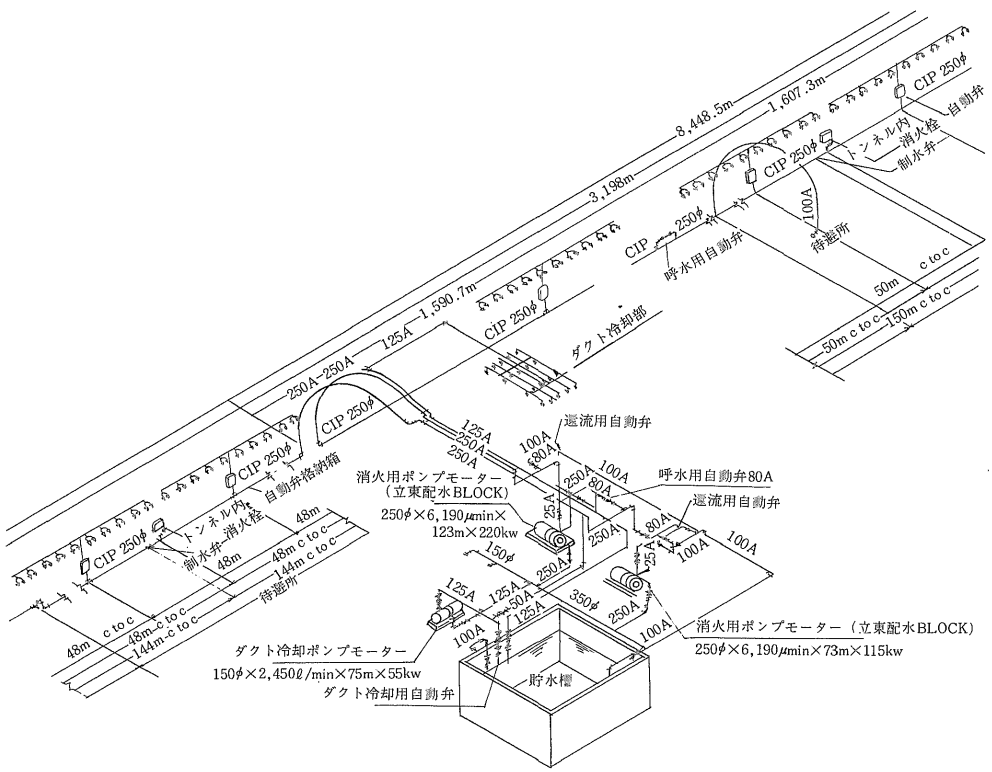
③トンネルクレスト部より西側は加圧ポンプ方式、東側は高架水槽方式。

などについて経済比較を行い、②案と決定した。

図－3　配水系統図



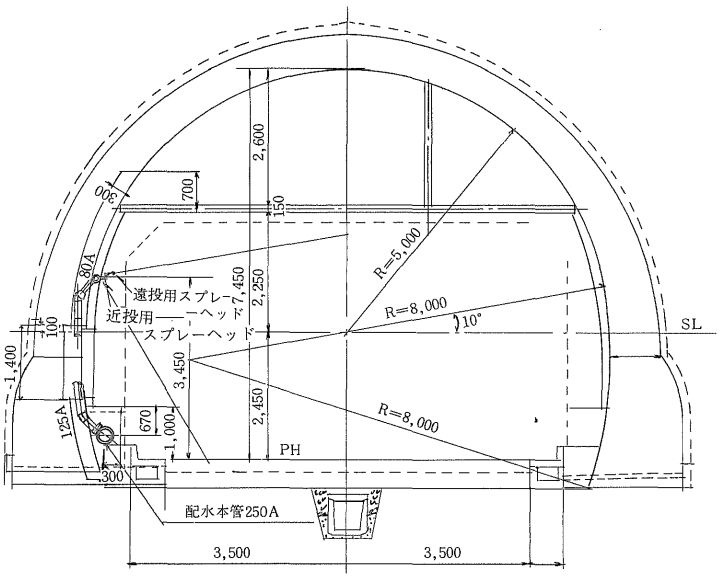
図－4　配水設備系統図（西地下系統）



本方式は斜坑途中にヘッドタンク（15t）を設け、全配水系統に平常は加圧を行い、火災発生時には該当する配水系の主ポンプを起動し加圧させる方式である。

平常時に水噴霧用自動弁を閉鎖の状態に保つためには、常時1kg/cm²以上の水圧が必要であり、またトンネルまでに配水管がポンプの位置より上部にあるため、ヘッドタンクを必要としている。

図－5　トンネル標準断面図



表－4　配水設備仕様一覧表（恵那山トンネル）

設備＼項目	型　式	仕　様	設置場所	設置数量
加圧・ポンプ	渦巻ポンプ（プロセスポンプ）	250φ×6,190ℓ/min×73m×115kw	西地下換気所ポンプ室	1台
		250φ×6,190ℓ/min×123m×220kw	〃	1台
		250φ×6,910ℓ/min×108m×220kw	東地下換気所ポンプ室	1台
		250φ×6,440ℓ/min×118m×200kw	〃	1台
配水本管	ダクタイル鋳鉄管	250mmモルタルライニング	トンネル監視員通路内	8,445.5m
制水弁	バタフライ弁	250φ×16K	〃	58個
バイパス弁	水圧・作動ピストン型	80A×16K	〃	2個
放水弁	水圧・作動ピストン型	80A×16K	〃	2個
ポンプ起動盤	屋内閉鎖自立型		各換気所ポンプ室	4面
電路		CVケーブル	ピットおよび管路	1式
主水槽		400ton	西坑口換気所内	1箇所
		400ton	西地下換気所立坑導坑内	1箇所
		400ton	東地下換気所斜坑導坑内	1箇所
		400ton	東地下換気所斜坑部坑内	1箇所
呼水槽		15ton	東地下換気所斜坑部	1箇所
	FRP	5ton	西坑口換気所屋上	1基
	FRP	5ton	東坑口換気所屋上	1基

2）防災設備に用いる配管

(1) 配水本管

防災設備の各機器に配水を行う重要な配管で、トンネル全延長にわたり布設している。本管には、故障またはメンテナンスを容易にするため150m間隔に制水弁を設けている。

管　　材　モルタルライニング、タイトン形ダクタイル鋳鉄管250mmφ 第1種（JWWA G 110、111　1970

接合方式　タイトン形ジョイント

常用圧力　12.5kg/cm²

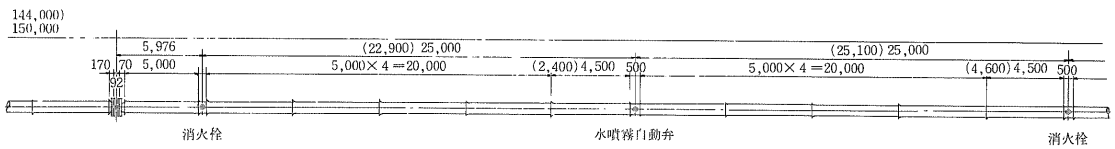
制 水 弁　150mピッチに設置

布設場所　車道右端監査廊内

固定方法　5m直管、両端コンクリート支持

布設延長　8,445.5m

図－6　配水本管組合せ図



(2) 配水本管の選定

トンネル内防災設備用配水管としては、水圧力、外傷、火熱などを考慮すれば石綿セメント管、ビニール管は不適当であるため、鋳鉄管と鋼管に限定される。

なお、両管種とも内面の経年変化防止のため、モルタルライニングおよびビニールライニングを施したものを採用することとし、鋳鉄管と鋼管の比較検討を耐久性、耐圧性、布設施工性、および経済性の観点から行った。

下記比較表によりモルタルライニングダクタイル鋳鉄管は、工費、耐食性、耐久性、耐火性、施工性、および耐圧力の点でビニールライニング鋼管に優っている。抗張力において若干鋼管に劣るが、本工事では配水本管はすべて監査廊下に埋設するため本質的短所とはならない。従って、鋼管に比較して鋳鉄管の優位性が認められたのでダクタイル鋳鉄管を採用することとした。

表－5　鋳鉄管と鋼管の比較

項目		ダクタイル鋳鉄管（モルタルライニング）	鋼管（ビニールライニング）
工費（円/m）継手としては ●鋳鉄管はタイトンジョイント ●鋼管はフランジとする。	管（円/m）	2,450	3,600
	継手(円/m)	280	720
	施工費(円/m)	780	1,900
	総工費(円/m)	3,510	6,220
抗張力（kg/cm²）		4,000	4,100
耐食性	管	水道水スプレーによる腐食量（90日間）0.0090g/cm²	同左 0.0360g/cm²
	ライニングの剝性	腐食量（360日）0.07mm	同左 0.130mm
耐久性		約40年	約25年
耐火性		強い	弱い
施工性		鋼管に優る	やや劣る
常用耐圧力（kg/cm²）		12.5	10

注）1．管径は200mmの場合とする。　2．昭和47年3月の比較である。

(3) 水噴霧配管材の選定

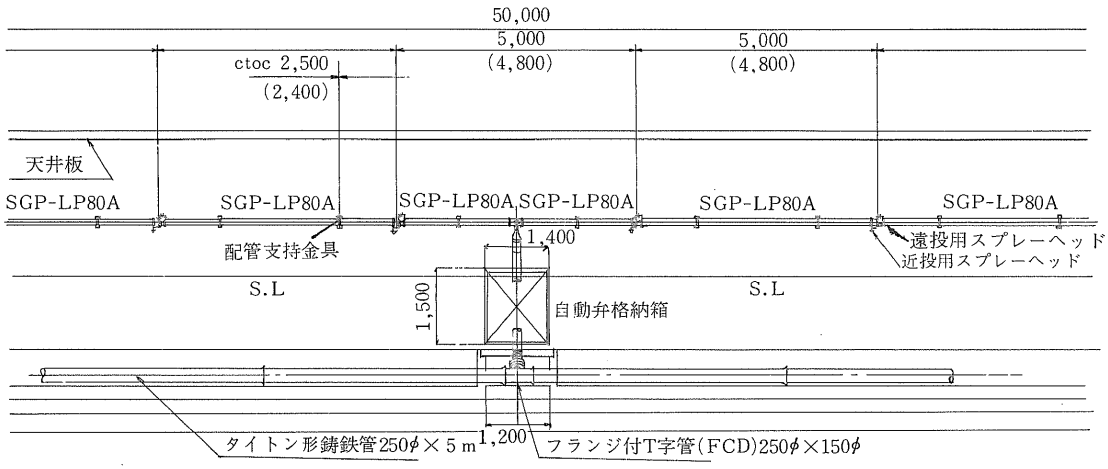
水噴霧配管材としては、250A、150A、125A、100A、80A、と多種にわたりトンネル内全域に布設している。管材料の選定については、過去、高速道路のサービスエリア（大津・牧の原）で亜硫酸ガスなどの影響による内外面腐食が布設後６～７年で報告されている。

道路が供用されると、工事、補修のため閉鎖することは非常にむずかしく、費用も多大となるため、本トンネルでは亜硫酸ガスなどによる鋼管の外面腐食ならびに水による内面腐食を防止するために、ＳＧＰ亜鉛メッキ鋼管に比較し若干割高となるが、内外面樹脂ライニング管を採用することとした。

外面　ポリエチレン

内面　タールエポキシ

図－７　水噴霧配管詳細図(正面図)

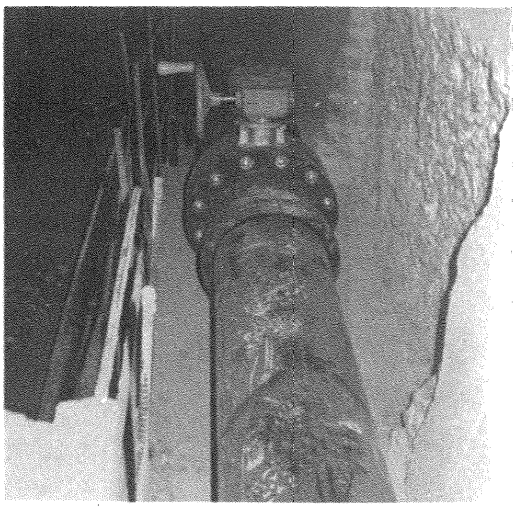


５．配管の布設工事

１）配水本管の布設

配水本管の布設工事は、接合方式がタイトン形ジョイント方式であるため作業は簡単で、25mピッチの消火栓、水噴霧用自動弁への立上り分岐であるフランジ付Ｔ字管の接合並びに切管など、複雑な作業を含めて１日約250mの施工実績をあげている。

写真－５　鋳鉄管布設状況



写真－６　制水弁取付状況

鋳鉄管布設作業（1パーティ）

配管工　2名
手　元　1名　} 直接の布設作業員

配管工　1名
手　元　2名　} 接合、切管、加工準備ならびに荷降し作業

使用器材

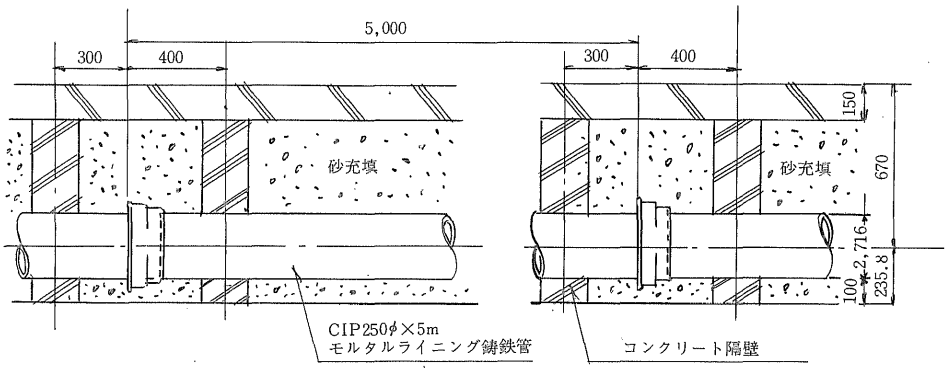
①6tトラック簡易クレーン3t付き　1台
②4tトラック簡易クレーン2t付き　1台
③1tチエンブロック　1台
④切断機　1台
⑤ワイヤロープ、接合材料　1式

2）配水本管の固定方法

トンネル用配水本管の固定方法については過去東名、中央高速道路においてはコンクリート充填方法を採用していたが、維持管理段階での地山の動きによる鋳鉄管の破損が発生し、この補修工事でその位置の探索と斫り作業に長期間を必要とし、その間防災設備が使用不能になるという苦い経験を得たので、本トンネルでは建設時に考慮することとし、工事費が若干高くなるが図－8のような布設方法を採用することとした。

この方法は、事故があれば直ちにその位置が発見され、上部コンクリート盤を破壊し補修が容易に行える長所がある。

図－8　配水本管布設図



写真－7　配水本管の破損状況

3）水圧試験

配水本管の布設が完了した区間については、制水弁取付け区画毎（150m）に水を満水し、10日間経過したのち漏水状況を調査のうえ、異常がない区間について水圧試験を実施している。

水圧試験の実施方法は、制水弁区画の５カ所分、延長750m毎にエアー抜きバルブおよびポンプ配管を接続し、17.5kg/㎠の水圧をかけこれを60分間経過後、圧力低下がないことを確認している。

4）凍結防止対策

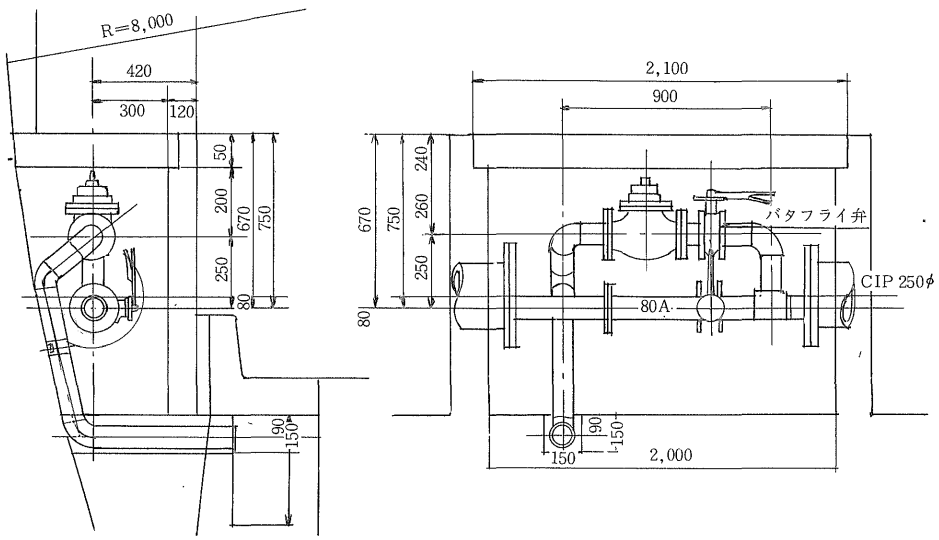
冬期間における恵那山トンネル両坑口の気温は、氷点下10℃を越えることがしばしばある。この凍結防止対策として、自動弁函にはパネルヒーター（AC 200V—100W）を取付け、断熱材で隔離し保温している。

消火栓などの配管は、テープヒーター（AC 200V－45W）を巻きグラスウール（厚さ20mm）で保温している。

配水本管については、砂埋めにするが凍結が予想されるので、配水本管末端に自動弁を設け冬期間放流することとした。なお火災発生時は、火災信号により放流用自動弁は直ちに閉じる方式としている。

水源はトンネルからの湧水（採水量はトンネル延長300m毎に毎分1.2㎥）を利用するために不足する心配はない。

図－９　放流用自動弁装置



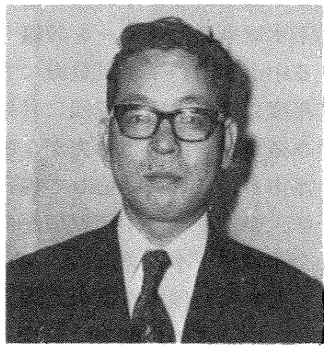
おわりに

本工事は、昭和48年末の発注で例のオイルショックによる諸物価高騰の時期に行われ、資材の手配と価格の面で折合いがつかず、大変な苦労をした思い出が残っている。

公共事業抑制の中で、当恵那山トンネル工事は順調な進捗を辿り、この８月には待望の供用開始となり、一般の方々に日本一の姿を披露することとなるが、利用者の方々に事故などが発生しないように安全運転を徹底していただくと共に、万一10年に１回といわれているような火災事故が発生した場合、直ちに防災設備の諸機器が十分に機能を発揮し、大事故を未然に防ぐことを工事に関係したひとりとして祈らずにはおられない。

寄　稿

大阪市の下水道事業の現状



大阪市下水道局建設部主幹
村上　仁

まえがき

昭和30年代より始まった高度成長政策は、都市に産業の集積と人口の集中をもたらし、その結果、生活環境の破壊をもたらし、大気汚染、水質汚濁の公害をもたらし、最近の石油危機に始まるゼロ成長に至るまで、全国民がＧＮＰに振り回された観がある。この間、公害の激化に伴い各種公害規制法が昭和45年に制定された。水質汚濁については、従来の水質二法（公共用水域の水質の保全に関する法律、工場廃水等の規制に関する法律）に代って、水質汚濁防止法が施行され、面目を一新することとなった。これに伴い、下水道法を改正され下水道の目的も変わった。

今までの法律では、下水道の目的を「下水道の整備を図り、もって都市の健全な発達および公衆衛生の向上に寄与すること」としているが、改正後は「下水道の整備を図り、もって都市の健全なる発達および公衆衛生の向上に寄与し、あわせて公共用水域の水質の保全に資すること」と変更され、水質汚濁防止という大目的にそって、下水道が整備されるようになった。大阪市においても、これにそって事業が執行されているが、以下にその概要を述べる。

1．大阪市における下水道の沿革

大阪市の下水道事業は、明治27年より始められたが、その直接の原因となったのが明治19年、同23年に流行したコレラである。これによって6,500人以上の市民が死亡している。経口伝染病であるコレラや、蚊を媒体とする伝染病は、公衆衛生を良くすることにより、その伝染を防ぎ、絶滅できるものである。これを契機として船場、島之内を中心とした旧市域において上下水道の整備が図られたのである。これは、国において下水道法（旧法）が制定せられた明治33年より先駆けること７年であり、当時における大阪市の先進性を示すものといえる。

大阪市は、八百八橋ともいわれるほど橋も多く、水運に恵まれた水郁として発展してきたが、その反面、一般に低湿の地が多く、排水問題では古くから苦しんできた。戦前までに、明治27年に創立した中央部下水道改良事業から、幾多の改良が重ねられ、昭和３年には、総合都市計画による下水道処理事業の計画決定をみた。そして、昭和16年に本市において始めての海老江、津守両下水処理場が完成し稼動した。これにより、本市中央部の約24ヘクタールが処理区域となった。また、市周辺部に対しては、昭和12年より第５期下水道事業を着手したが、不幸にして太平洋戦争に突入したため、何程の進捗もみずに中断のやむなきに至った。

戦後、市内周辺部は疎開および非戦災地区として、急激に発展してきたが、下水道が未整備のため排水状況が極度に悪く、ことに昭和25年のジェーン台風（床上浸水71,617戸、床下浸水38,549戸）、昭和27年７月の豪雨（床上浸水12,917戸、床下浸水108,240戸）、昭和32年６月の豪雨（床上浸水21,120戸、床下浸水69,377戸）の災害は大きな衝撃となり、財政窮乏の中から下水道事業を重点施策として推進し、極力水害の緩和を図った。

また、産業の復興と伸展に伴い、使用水量の増加と共に水質の悪化をもたらし、市内河川の汚濁が昭和30年代から急激に進み、一方、し尿の農村還元の急激な減退から、汲取りし尿の処分が大きな社会問題となり、これの解決策として下水処理事業を再開し、昭和32年度より中浜（東）、市岡の両下水処理場を大阪湾汚濁対策事業として建設に着手し、それぞれ昭和35年、36年に完成した。さらに、昭和35年に全体計画を改定し、そのうち昭和44年度に至るまでの10カ年計画を樹立して、市街地面積17.8km²の80％を処理区域にすべく事業の進捗を図った。この結果、昭和38年に中浜（西）、千島両下水処理場を、昭和39年に住吉下水処理場（現在、住之江下水処理場と改名）を、昭和41年に今福下水処理場を、そして昭和42年に放出、大野の両下水処理場を稼動せしめ、市街地の45％を処理区域とした。

しかしながら、この間における市勢の発展は著しく、周辺地区の開発、都市施設の高度化などによる豪雨禍、および河川水質規制に対処し、「浸水解消」、「河川浄化」、「水洗普及」などの早期解決を図るため、昭和43年度を初年度とする下水道５カ年計画を策定した。そして、昭和44年に此花下水処理場を、昭和45年に十八条下水処理場を、昭和46年度末には平野下水処理場を通水した。

水質汚濁法の制定と共に、下水道の整備は全国的に重要な課題となり、政府においても、昭和46年８月に総額２兆6,000億円にのぼる新下水道整備５カ年計画を樹立するに引続き、下水道事業センターを設置し、全国に散在する中小都市の下水道整備に力を入れ、昭和50年度には下水道事業団に昇格し、ますます下水道事業の推進に努力がなされる状況にある。本市も、これに呼応して現行の計画をさらに拡大充実させ、生活環境を向上させるため、全市域に下水道を広め、河川の汚濁を防止するため全処理場を高級処理施設とすると同時に、中心部の再開発に見合った既整備地域の増補幹線を布設する新下水道整備５カ年計画を昭和47年に立案し、現在その目標にそって努力がなされている。

2．新５カ年計画

昭和47年度から始まった本市の下水道整備新５カ年計画は、昭和51年度を目標年次とし

表－1　主要下水道事業概要表

事業名	年度	事業費	計画面積	累計整備排水面積 ( )内は処理面積	当時の 市域面積	備考
		千円	ha	ha	ha	
中央部下水道改良事業	明治27～34	1,032	1,247.0	1,247.0	1,527	市制施行 明治22年
第一回下水道改良事業	明治44～大正11	5,881	11,220.1	2,467.1	5,567	第一次拡張 明治30年
都市計画第一期下水道事業	大正11～13	4,081	251.9	2,718.7	5,567	
〃　第二期　〃	大正13～昭和2	4,089	421.9	3,140.6	5,567	
〃　第三期　〃	昭和3～12	16,245	2,048.6	5,189.2	18,167	第二次拡張 大正14年
〃　第四期　〃	昭和6～15	21,576	2,409.0	5,680.0 (2,409.0)	18,167	
〃　第五期　〃	昭和12～21	24,039	6,311.3	5,680.0 (3,050.0)	18,167	
公共下水道整備事業	昭和21～34	7,673,620	14,358.0	7,084.0 (3,050.0)	20,218	第三次拡張 昭和30年
下水道整備10カ年計画事業	昭和35～42	47,391,000	14,358.0	10,792.0 (7,971.0)	20,304	
下水道整備5カ年計画事業	昭和43～46	60,577,000	16,434.0	12,845.0 (12,192.0)	20,304	
下水道整備新5カ年計画事業	昭和47～51	150,000,000	17,800.0	17,800.0	20,606	

表－2　下水道事業普及状況表

区分＼年度	昭和21	普及率	昭和34	普及率	昭和42	普及率	昭和46	普及率	昭和50.2,1	普及率
陸地面積〔ha〕	16,045	100 %	17,800	100 %	17,800	100 %	17,800	100 %	17,800	100 %
排水面積〔ha〕	5,680	35.4	7,084	39.8	10,792	60.6	12,845	72.2	15,421	86.6
処理面積〔ha〕	3,050	19.0	3,050	17.2	7,971	44.8	12,192	68.5	15,373	86.4

て現在鋭意進捗中であるが、その概要を以下に示す。

新5カ年計画の重点施策を列挙すると、

(1)　全市域を処理区域とする

市周辺部は、ほとんどが下水道未整備地域であり、現在の排水は農業用水路にたよっているため、悪臭と汚濁がはなはだしいので、早急に下水道の整備を行う。

(2)　全処理場の高級化

全処理場の高級化を図り、市内河川の水質汚濁を解消し、国の水質環境基準の早期達成を図る。

(3)　水洗便所の普及促進

全市民に水洗便所を普及せしめる施策を実施する。

(4)　既整備地域の排水能力の増強

市中心部の都市再開発および路面舗装の普及により、汚水、雨水が増大しているため浸水の原因ともなっているので、排水能力の増強を図る。

以上の目標を掲げ、下水道事業を推進しているが、現時点では、当初において予想もできなかった石油危機による諸物価の異常なる高騰や一時的な物不足によって、計画に多少の狂いが生じてきている。すなわち、処理区域の拡大については、流域下水道建設の遅れもあって全市100％処理区域にできず、現在(昭和50年2月1日)処理区域86.4％、目標年次においては93％の普及率となる予想である。

処理場の高級化については、計画当初（昭

和47年）においては、計画処理能力2,960,000㎥/日のうち二次処理が行われているのが22%で、一次処理のものが49%、未処理が29%で全体的にみて一次処理が多い。これは、大阪市域の大部分が低湿地で、降雨時の浸水排除が第一目的として下水管渠の整備が進められてきたことにも一因があるが、処理場建設に膨大な費用を要するためでもあった。しかし、現在処理区域の拡大をめざすと同時に、処理程度を向上せしめる努力がなされており、昭和51年度末には、全処理場が二次処理施設を備える予定である。

また、既整備地域の施設の増強については、既設ポンプ場の排水能力の増強を図ると共に、増補幹線を施工している。この中でも、猫間川下水幹線を増補する天王寺～弁天幹線は、その規模においても卓越しており、内径6mのシールドを地下約30mの所に布設し、雨水排除を行うと共に、貯溜池的な性格を持った下水幹線として昭和48年より着工している。

表－3　処理場施設一覧表　（昭和48年度）

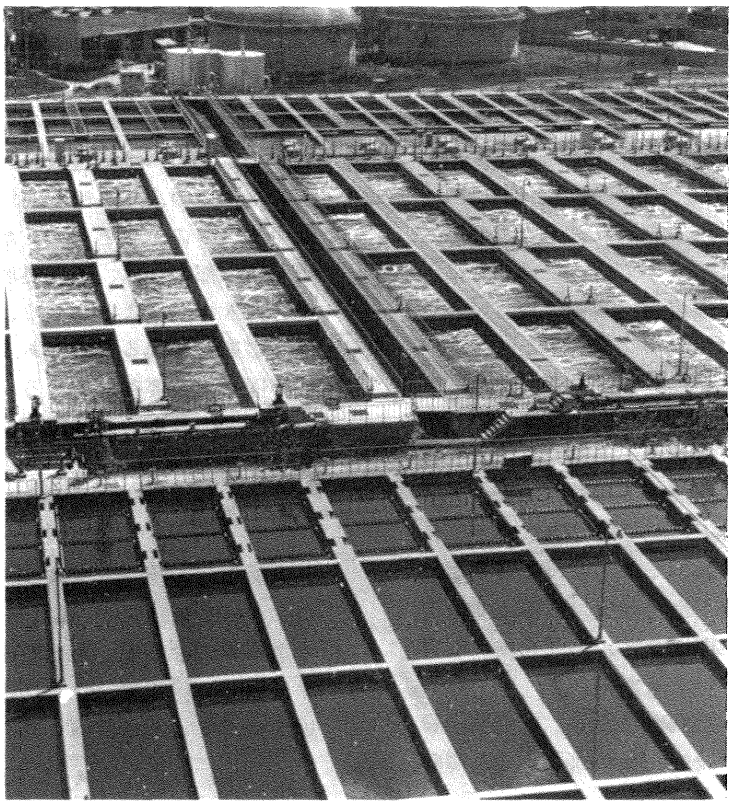
概要／処理場名		位置	敷地面積	計画処理区域	現在処理面積（計画）	現在処理能力（計画）	処理方法（計画）	通水年月
津守		西成区津守町西五丁目	93,800㎡（約28,370坪）	浪速区全部、東、西、南、西成区の大部、北、天王寺、阿倍野区の一部	1,914 ha（1,962）	363,000㎥/日（420,000）	活性汚泥法（〃）	昭和16年3月
海老江		福島区上島町1此花区高見町1丁目	61,000㎡（約18,450坪）	大淀、福島区の全部、北区の大部、此花の一部	1,215（1,215）	300,000（326,000）	活性汚泥法（〃）	昭和16年3月
中浜	東	城東区鴨野東6丁目	37,800㎡（約12,110坪）	城東、東成、生野区の一部	581（581）	53,000（53,000）	活性汚泥法（〃）	昭和35年5月
	西	城東区森町	41,400㎡（約12,520坪）	天王寺区の大部、東、城東、東成、生野、阿倍野、東住吉の一部、南	1,259（1,288）	186,000（280,000）	活性汚泥法（〃）	昭和38年8月
市岡		港区市岡2丁目	32,300㎡（約9,770坪）	港区の全部、西区の一部	803（815）	120,000（120,000）	沈でん法（活性汚泥法）	昭和36年4月
千島		大正区千島町	38,700㎡（約11,710坪）	大正区の全部	552（705）	79,000（125,000）	沈でん法（活性汚泥法）	昭和38年10月
住之江		住吉区南加賀屋町336	86,500㎡（約11,650坪）	住吉区の全部、東住吉区、西成区、阿倍野区の一部	1,887（2,211）	110,000（290,000）	活性汚泥法（〃）	昭和39年12月
今福		城東区今福南3・4丁目	38,500㎡（約26,170坪）	都島区、旭区の全部、城東区の一部	1,568（2,042）	244,000（320,000）	活性汚泥法（〃）	昭和41年6月
放出		城東区永田東1・2丁目	51,280㎡（約15,540坪）	城東区、東成区、生野区の一部、東大阪市の一部	539（540）	75,000（106,000）	活性汚泥法（〃）	昭和42年10月
大野		西淀川区大野2丁目	65,600㎡（約19,900坪）	西淀川区の全部、東淀川の一部	1,542（1,641）	280,000（320,000）	沈でん法（活性汚泥法）	昭和42年11月
此花		此花区酉島町9丁目	34,470㎡（約10,450坪）	此花区の大部	636（741）	168,000（168,000）	沈でん法（活性汚泥法）	昭和43年7月
十八条		東淀川区十八条町1丁目	34,600㎡（約10,435坪）	東淀川区の大部	1,105（1,254）	182,000（232,000）	沈でん法（活性汚泥法）	昭和45年3月
平野		東住吉区加美大芝町6丁目	89,378㎡（約27,100坪）	東住吉区の大部、生野区、東大阪市の一部	1,313（2,805）	144,000（200,000）	沈でん法（活性汚泥法）	昭和47年4月
計			705,328㎡（約214,175坪）		14,917（17,800）	2,353,000（2,960,000）		

3．下水道事業と鋳鉄管

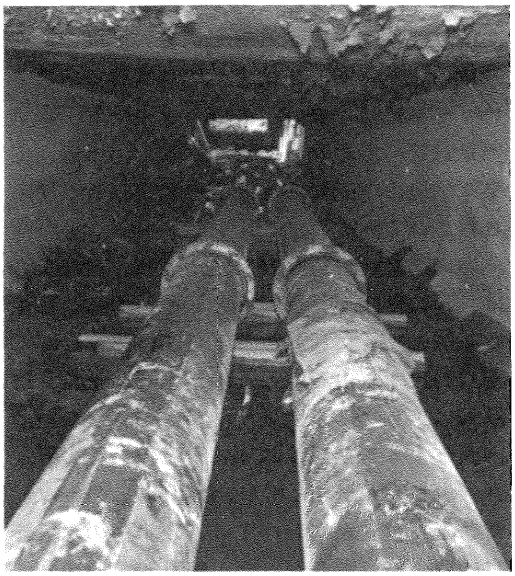
下水道事業で使用する管類は、古くより陶管あるいは遠心力鉄筋コンクリート管と相場が決まっており、大阪市においても、遠心力鉄筋コンクリート管を年間千数百トン、陶管を３千トン以上も使用している。用途は、内径300㎜と380㎜の下水本管に陶管を、そして内径300㎜から3,000㎜までの本管に遠心力鉄筋コンクリート管を使用している。また、取付管は内径150㎜あるいは200㎜の陶管を使用している。しかし最近では、口径の大きい下水幹線の布設は開削工法によると付近住民や家屋に迷惑をかける場合が多いので、推進工法やシールド工法が採用される所が多くなってきている。

しかし、下水道事業の飛躍的な発展に伴い、全国各地に下水処理場が建設されつつある。下水処理場では、あらゆる資材が使用されており、最近では、コンピューターの導入までなされている処理場もある。鋳鉄管においても例外でなく、下水処理場においては、配管系統の主だったものはすべて鋳鉄管であるといっても過言でない。主ポンプの配管、曝気用送気管、汚泥管、各槽排水管、上水道、工業用水道の主配管などはすべて鋳鉄管が使用されている。

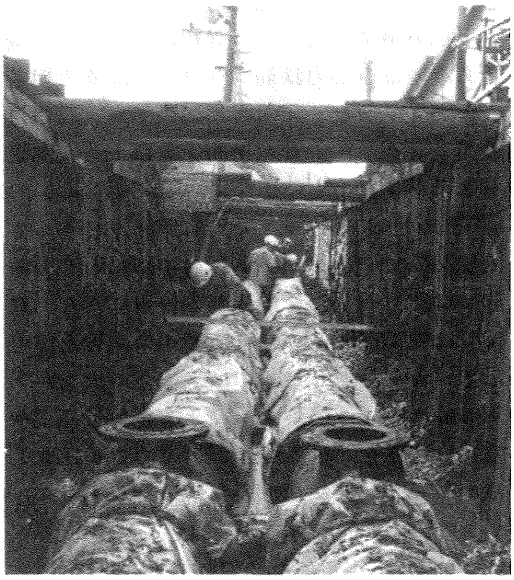
処理場施設で鋳鉄管の使用されている比率は、その発注がプラントとして、あるいは主要機械と同時に行われるため明確でないが、相当の比率を占るものと思われる。また、鋳鉄管にダクタイル鋳鉄が使用され、さらには内面ライニングがされるに及んで、管の耐久性、耐食性が一段と増し、利用範囲が拡った。特に下水処理場においては、曝気槽の送気管には良い材料がなかった。鋳鉄管を使用しても、鋼管を使用しても、断熱圧縮を受けた高温多湿の空気のため、管内面に錆が発生し、これが散気板の閉塞原因となっていた。これ



写真－１　高級処理施設で運転中の中浜(西)下水処理場



写真－2　送泥管の布設状況



写真－3　送泥管の布設状況

がライニング鋳鉄管ができることにより、管内面の錆の発生について心配がなくなり、散気板の目詰りも大幅に減少した。

下水は自然流下で集水されるため、下水処理場の水処理施設の設置場所は、地形によってある程度決まってくる。しかし、汚泥処理施設にはその必要性が少ないため、用地取得の難しい場合、これを水処理施設と切り離し、他の下水処理場に汚泥を送り、そこで処理されることが多くなってきている。本市では、今福→放出下水処理場(φ350mm 2連、延長約1.4km)、十八条→大野下水処理場(φ350mm 2連、延長約10km)で、前者の下水処理場より後者の下水処理場へ汚泥を送り処理している。その理由は、前者に必要な用地が確保できなかったからである。他都市においても、東京都では落合→小台下水処理場、森ケ崎→芝蒲下水処理場、名古屋市では名城→堀留下水処理場、熱田→山崎下水処理場、京都市では吉祥院→鳥羽下水処理場など、汚泥を他処理場に圧送し処理している所が多い。

一方、最近の下水処理場では、水処理施設よりも汚泥処理施設の比重が大きくなる傾向にある。今まで水処理によって発生した汚泥は、海洋投棄や汚泥乾燥床などで乾燥し処分されていたが、海洋汚染の防止や広大な用地が必要なことから、効率的に脱水できる機械脱水が普及し、さらには、汚泥処分地の確保の難しいことや、埋立処分地でのトラブルを解消するために焼却施設を設けるようになってきた。このように汚泥処理費の増大化に対処する一つの方策として、数多くの下水処理場を持つ都市では、汚泥処理施設を集約し規模を大きくすることにより、建設費や維持管理費の節減を図る方法がある。この場合、汚泥の圧送が必要条件となるが、耐食耐摩耗性などを考えると、鋳鉄管の使用が大勢を占めるであろう。

あとがき

大阪市における下水道事業の現状と、下水道における鋳鉄管の立場を述べたが、今後下水道事業の中でも、汚泥処理の分野はますます伸展していくが、これに伴って鋳鉄管の用途が拡がることを期待して擱筆する。

寄　稿

宮城県の広域水道事業

宮城県企業局広域水道課長
根元一男

1．はじめに

私達の郷土宮城県を美しく、豊かで、住みよい地域にし、未来に向けて発展する「新しいふるさと作り」を推進するため、本県では、昭和60年度を目標年次として長期総合計画を樹立した。その中で、県土の発展につながる基礎条件の整備の一環として、水資源の総合供給体制を確立することとし、県内に17のダムを建設し約40㎥/secの用水を開発する計画で、一部はすでに建設中である。

一方、上水道について述べれば、昭和48年度末現在の普及率は82.5%であるが、本総合計画ではこれを95%までに拡大させ、１人１日当り給水量は689ℓに達するものとして整備をすすめ、その水源は多目的ダムによって確保し、県内を７ブロックに分け広域水道計画を樹立し、県営または企業団方式による水道用水供給事業を推進する方針である。

その第１号として、昭和48年度に大崎広域水道事業を初の県営用水供給事業として実施し、３年目を迎え工事もいよいよ本格的になってきた次第である。東北地方としては初めてのことでもあり、本県に続き山形・福島両県でも、県営の用水供給事業を実施する予定とのことであり、誠に喜ばしいことと思う。

しかし、創設事業として水道用水供給事業を実施する場合、いろいろの問題点が考えられるので、本県の実施例について、創設の背景と概要を紹介し問題点をさぐってみたい。

2．県営水道用水供給事業創設に至る経緯

本県における広域水道の芽ばえは、昭和28年に供用開始した登米水道企業団である。この企業団は宮城県の北部、北上川沿いの地域で、当時登米町・佐沼町・石森町・宝江村（現在の登米町・迫町・中田町）の3町1村にまたがる広域水道として計画されたが、工事途中に種々の理由により、規模はそのままで構成町村が2町のみとなり、経営の初期の段階で非常に苦労したが、その後、余裕能力を活用し隣接町に分水することにより、経営の安定が得られ今日に至ったが、この度新しく、従来の分水町も含めて7町で用水供給事業を実施する企業団を組織し、49年度から事業を開始した。また、仙台市は第4次拡張で釜房ダムから20万㎥/日を取水し、そのうち3万㎥/日を隣接6市町に分水しており、石巻市および柴田町などにおいても隣接町に分水しているが、これも広義に解釈すれば、広域水道の一形態ともいえるわけである。

以上のように、水道の広域化については、その素地が培われていたものといえるかも知れないが、やはり県営の大崎広域水道事業が名実共にその嚆矢といえるのではないかと思う。

宮城県内の水道事業の長期計画としては、県内7ブロック案により指導を進めてきたことは前述の通りであるが、その中でも古川市を中心とする大崎地方は、早くから各市町村の水道課長を中心として「大崎地区水道連絡協議会」という組織があり、古川市が中心となって、将来の水需要の計画についても積極的に進めてきており、一方県衛生部でも調査費を計上し、各ブロックの広域水道の具体化を指導した。これらのことが急速に地元の気運を高める結果となり、47年の1月4日の御用初めの日に、大崎地域広域行政事務組合管理者の古川市長から知事に対し同地区内14市町の水需要8万㎥を確保するため、県が治水ダムとして工事中の漆沢ダムを多目的ダムに変更するよう陳情されたのが、そもそもの発端である。

これに対し、県でも早速関係部課の意見を調整した結果、基本的に地元の要望受入れに努力すると共に、かねてから県で計画中の大和町・大衡村の区域にまたがる大規模内陸工業団地に対する工業用水も併せて確保することにし、建設省に対し治水ダムを多目的ダムに変更するよう働きかけることになった。この結果、7月になって建設省でも原則的に了解し、上水9万㎥/日、工水6万㎥/日、計15万㎥/日の利水量を確保するため、ダムの高さを5m嵩上げし、貯水量も300万㎥増加して1800万㎥の貯水量とし、ダムの事業費も58億から62億に増加した。また、大崎の各市町長は協議会を開き相談した結果、企業団方式により広域水道事業を実施することで意見の一致をみたので、早急に準備を進めることにし、まず先進地を調査することになった。

先進地として岡山県の企業団、静岡県の県営水道を調査した結果、大崎広域水道事業は企業団で実施するにはあまりに大規模であり、財政力の小さい市町村では到底無理であるし、また技術的にも、経営能力など各種の難点が多いのでぜひ県営で実施するよう8月に再度知事に陳情された。県でも、この陳情をどうするかについて関係各部各課で検討を進めたが、初めての事業でもあり、財政負担、技術者の確保など非常に問題点が多く、なかなか結論は出なかった。

そのうちに各市町村議会においても、県営施工の決議をし、県議会に請願が提出された。議会でもいろいろと論議されたが、結局12月議会で継続審議となった。しかし、48年度から多目的ダムで実施することに建設省でも了解したことでもあり、水道事業としては47年度中に厚生大臣の事業認可を申請し、ダム負担金の国庫補助金を確保する必要があり、県としても早急に結論を出さざるを得ない状況となった。最終的には、知事の判断により県営化にふみ切った。

そこで、事務当局においても、早速県営で実施する場合の基本方針について検討し、これを各市町村長に示したうえ、全面賛成を得て実施することになったものである。その基

本方針の主なるものについて述べると、

1．給水料金は原価主義によるものとし、責任水量制を基本とすること。

2．供給地点は各市町村１カ所とすること。

3．用地取得、補償については受益市町村の協力態勢を確立すること。

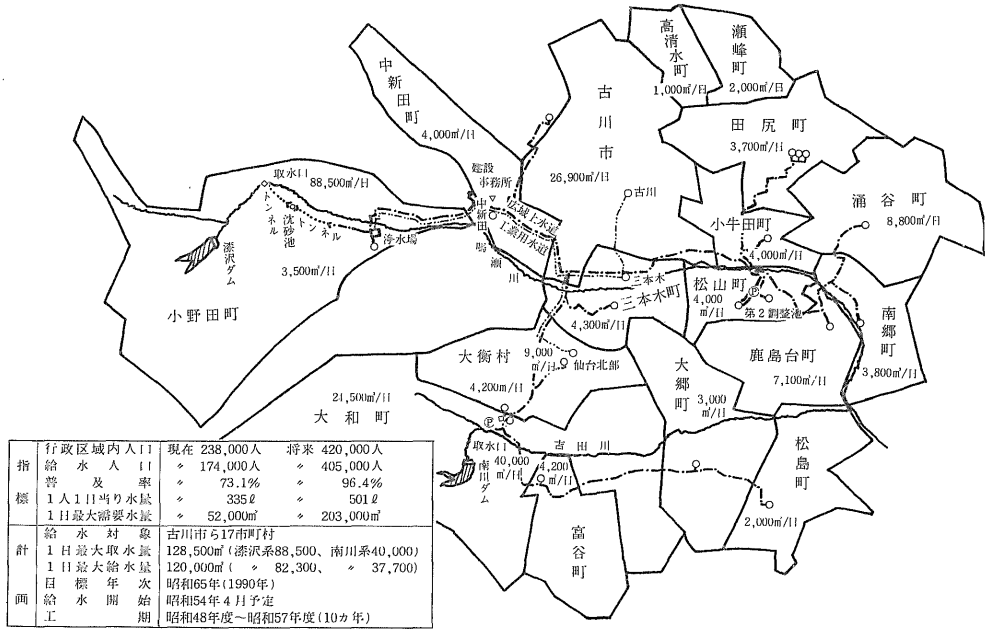
などであり、その他必要事項について取りまとめた。これを要するに市町村長の将来の水道用水の確保に対する熱意に知事がこたえる形で、県営事業費が実施されたということである。

3．大崎広域水道の概要（略図参照）

県営水道の地域は本県の中部に位置し、古川市を中心とする大崎地方13市町と大和町を中心とする黒川地方の一部２町村で、併せて15市町村を給水対象とし、水源は県で建設中の鳴瀬川水系漆沢ダムによって開発された15万㎥/日の都市用水のうち、88,500㎥/日を取水し供給するものである。昭和48年８月１日、厚生大臣の事業認可を得て事業開始したものであるが、49年度になって県が別途進めている北部中核都市（大和町・大衡村にまたがる地域で、将来人口７万人を想定している）構想が具体化し、これに必要な水道用水４万㎥/日を確保するため、大和町内の南川に県営のダムを昭和50年度から施工することになった。このため、厚生省の指導もあり、検討の結果大崎広域水道の拡張事業として、南川ダム水系の５町村も供給対象として加え実施することになったものである。従って、早くも２年目に大幅な変更を余儀なくされることになった。これを一覧表にまとめると、下表のとおりである。

項目	当初認可	変更認可	摘要
給水対象	古川市ら１市13町１村	岩出山、鳴子、宮崎の３町を外し、瀬峯、高清水、大郷、富谷松島の５町を加え古川市等１市15町１村	
１日最大取水量	88,500㎥	128,500㎥	
１日最大給水量	82,300㎥	120,000㎥	
竣工年月日	昭和55年３月末	昭和58年３月末	
総事業費	110億	未確定であるが250億以上	

大崎広域水道用水供給事業計画概要



指標	行政区域内人口	現在 238,000人	将来 420,000人
	給水人口	〃 174,000人	〃 405,000人
	普及率	〃 73.1%	〃 96.4%
	１人１日当り水量	〃 335ℓ	〃 501ℓ
	１日最大需要水量	〃 52,000㎥	〃 203,000㎥
計画	給水対象	古川市ら17市町村	
	１日最大取水量	128,500㎥（漆沢系88,500、南川系40,000）	
	１日最大給水量	120,000㎥（〃 82,300、〃 37,700）	
	目標年次	昭和65年（1990年）	
	給水開始	昭和54年４月予定	
	工期	昭和48年度～昭和57年度（10カ年）	

水源は２水系となり、鳴瀬川水系は県営漆沢ダムに、南川水系は同じく県営南川ダムにそれぞれ88,500㎥、40,000㎥のダム使用権を設定し、給水対象は17市町村となる。取水地点はダム直接取水でなく、漆沢水系は小野田町水芋地内の鳴瀬川右岸、南川水系は大和町八合田地内吉田川左岸に予定しており、浄水場は、漆沢水系については小野田町麓山地内、南川水系は大和町吉田字中峯地内を予定している。

なお、漆沢水系については工業用水60,000㎥/日も県営で実施するが、水系も区域も同じなので、工業用水課と協議し効率的運営をはかるため、取水・導水・浄水の各施設は共同施設とし、送配水管布設を共同施工する考え方で準備を進めている次第である。

また、南川水系については、昭和50年度に実施計画調査を進めることにしている。漆沢水系は、取水地点より浄水場まで約８kmあるが、自然流下で導水する予定で、導水施設は隧道と管路が半々である。浄水場の設備については、目下実施設計を進めているが、取水予定地点の水質が良好なので、浄水方法については最もオーソドックスな沈澱、急速ろ過で実施し、積雪地帯のため施設には屋根をかけることで計画している。送水管はφ1100～φ250mmで延長は100kmに及び、管種は鋼管と鋳鉄管を使用する予定である。また、送水管の延長が長く、供給町村も多いため河川横断カ所が多く、長大水管橋も10カ所以上となる見込である。計装設備については、浄水場で集中監視およびコントロールできるよう計画を進めている。南川水系については、漆沢水系と基本的には考え方が同じであるが、両水系が連絡されることにより、施設の相互援助など有効に活用されるので、これらの点を考慮し、各年度の工事内容についても十分検討しながら、進めていきたいと考えている。

以上、施設の概要を申し述べたが、何んといっても地域の総面積が1,158km²に及ぶ反面（大阪府の面積の63%に当る）、水量がわずか120万㎥/日で、しかも送水管の延長が長いため、㎥当りの建設費はかなり高い結果となる。

4．広域水道事業創設時の問題点

県営水道については、すでに多数の実例があり、それぞれ困難な問題を克服して現在に至っているわけであり、各県の特殊事情により、その困難性についても異なると思われるが、大崎広域水道創設よりわずか２年の経験であるが、留意すべきことについて申し述べてみたいと思う。

1）創設については十分な準備期間をとること

前述のように、大崎広域水道事業は当初企業団方式で準備を進めてきたが、知事の裁決により県営施工となったため、事業認可申請までわずか４カ月程度しかなかった。従って、十分に関係市町村長と意見をにつめて現地を調査する期間が得られなかったことが、その後基本計画の変更につながり、結果として事務的には非常な苦労を伴ったものである。次に主なる変更について述べる。

(1) 供給市町村の変更

当初、漆沢水系は15市町村でスタートしたわけであるが、その後３町が脱退し２町が新規に加入し、結局14市町村となった。これは企業団で計画された当時、将来の水利権のみを留保するため参加の意志表示をしていた町もあり、また県営となった段階で、計画外のブロックからの加入申込みがあり、県の立場で大局的見地から考慮せざるを得なかったこともあるが、ともかく供給市町村の変更は基本計画に影響するところが大きいので、準備期間を十分にとって検討することが必要である。

(2) 工業用水道事業との共同施工

48年度は、大崎広域水道準備室として衛生部に所属し、各種の準備を進めたことと、工業用水道事業は開発局の工業用水課で計画を進めていたが、工業団地計画のおくれもあり、一方水道は、ダム完成年度に合せ52年度から一部通水の予定で、早急に工事を進める必要があったため、工業用水事業より先行せざるを得なかった。49年度から新たに企業局が発足し、両事業も企業局内で広域水道課と工業用水課でそれぞれ担当することになり、本格

的に共同施工の検討を始めた。

しかし、49年度は予算の問題もあり、大崎広域水道事業は、工業用水と関係のない末端地域の水道単独分の送水管布設事業を主として施工し、50年度から共同施工を予定している取水、導水、浄水の実施設計などのとりまとめを実施した。これは両事業の年度がかみ合わず、計画の確定までかなりの時間を必要とし、しかも当初計画の大幅な変更となった。しかし、共同施工のメリットは十分にあるので止むを得ないと思う。

(3) 取水地点の変更

当初計画では、浄水場は小野田町館下地区の水田に予定し、浄水後は付近の高台に建設を予定した調整池までポンプ揚水し、自然流下方式により送水する計画であったが、残念ながら地権者から全面反対をうけたため、浄水場の位置を変更せざるを得なかった。従って、第2候補地として考えていた約1,000m上流の麓山地区の山林にこれを求め、地元町長の協力もあり、地権者の理解を得て65,000㎡の用地を確保することができた。このため、取水地点を当初は、浄水場付近の灌漑堰と共用することで計画したが、浄水場の位置変更に伴い、また工業用水と共同取水する計画が具体化しつつあったので、抜本的に計画変更し、8km上流の門沢発電所付近から取水することにした。

この地点は、ダム計画の利水量15万㎥/日の基準点でもあり、最もよいことは浄水場まで自然流下により導水可能なことである。8km上流に取水地点を求めることにより、導水施設費はかなりの増額となるが、ポンプ揚水の場合と比較すると十分採算がとれるので、変更することにしたものである。これも準備期間が十分にあれば、共同施工の問題と密接な関連はあるが、浄水場および取水地点についても、事前に検討可能であったと思う。

2) 地元関係者に対する十分なPRが必要である

(1) 農業用水との関連

水道用水の水利権を新たに獲得する場合、河川流量が十分でないと農業用水との関連で、いつも問題となることが多い。ダムに使用権を設定して水道用水を取水する場合、法的には下流水利権者の同意は必ずしも必要でないが、十分計画内容について説明し、理解を得ることが先決である。

大崎広域水道事業の場合、経過はいろいろあったが、ダムの基本計画にもとづき、ダムから6km下流の門沢発電所付近から取水することにしたが、この地区には小野田・宮崎両町にまたがる加美西部土地改良区があり、鳴瀬川沿いに数カ所の堰があって、合せて最大7㎥/sec程度の農業用水を取水している。またこの改良区では、圃場整備事業を実施中であるので、その幹線農道を送水管路敷として使用する予定で計画を立てたので、取水問題と合せ改良区に対し水道の計画を説明し理解を求めた。しかし、鳴瀬川の流況が従来あまりよくないこともあり、農民の水に対する関心が高く、水道がダムに貯水した水を使用し、従来の既得権はおかさないという説明をなかなか理解して貰えず、水道の取水堰を農業用の堰の上流に計画したこともあって、最初は全面反対をうけた。その後、関係部の協力をうけながら、半年間にわたり調査のうえ説得を続けた結果、最近に至りようやく理解が高まり、改良区の最上流の堰と共用で取水することに原則的に賛成を得ることができた。

これらの原因を考えてみると、一つには地元町から水道と農業用水との関連について、十分な説明があらかじめ改良区に対しなかったこと、二つにはダム計画を途中で変更したとき、土木部から農政部に対する連絡が不十分であったということが原因で、改良区が無視されたという感情があり、これが解決を長引かせたことはいなめない。貴重な経験として反省したいと思う。

(2) 料金について

水道経営の安定のためには、総括原価主義による安定した料金体系、料金水準を確保することにあることは申すまでもない。しかし、この問題は政治的配慮の名のもとに、原価に見合った料金改訂が最大の難関となっていることもよく知られていることである。

従って、大崎広域水道事業の場合も、これらのことも考慮し、前述のように基本条件として原価主義による責任水量制ということを十分供給対象市町村長に理解を願って事業を開始したわけである。しかし、責任水量制が料金体系の上でいかに表現するかということについては、基本計画の変更に伴い事業債の確定がおくれたこともあって、先進県の料金体系について十分検討して、最も合理的な案を示すことにしていたわけであるが、最近検討を進めてきた責任水量制と、料金体系についての一私案を大崎管内の市町村長会議で示したので、その内容について述べてみたい。

水道料金の算定については、経営開始後ある一定の料金算定期間を設定して、その間の総括原価費用を総有収水量で割って平均料金を出し、これをベースとして考えることになるが、創設事業の場合は当初の稼動率がどうしても低いために（大崎広域水道の場合は約30%）前半の赤字が大きくなり、その累積赤字は数十億円に達することになる。この資金不足の手当としては、現行法上は一般会計からの長期借入金で処理する以外に方法がない。しかし、一般会計としても財政負担に限度があり、特に今日のように財政硬直化が叫ばれる時代にはその解決策に苦慮することになる。従って、料金体系の中で、これらのことを十分考慮し、経営の安定を目ざす料金体系を考慮せざるを得ないわけである。そこで、大崎広域水道事業の場合、経営基盤の安定を考慮し、次のように考えた。

水道料金の原価要素は原水費、導水費、浄水費、送水費、総係費、減価償却費、支払利息、雑支出、事業報酬などとなるが、これを固定費と変動費に分け、固定費をさらに資本費と一般管理費に細分する。そして資本費（減価償却費＋支払利息＋事業報酬）については、目標年度における市町村の責任水量で配分し、一般管理費（総係費＋雑支出）は各市町村の毎年度の需要申込水量によって配分し、さらに変動費（原水費＋導水費＋浄水費＋送水費）については、各市町村の毎年の使用実績量によって配分する。さらに平均料金（料金水準）については、3～5カ年毎に物価に応じて改訂するということにすると、かなり安定した経営ができると思われる。また、固定費を細分しないで、原価要素を大まかに固定費と変動費に分けて徴収する方法もある。この方法については、すでに仙台市が、隣接市町に分水している分水料金の料金体系として採用している。この場合、供給をうける各市町村の現有設備能力と供給水量の年度別の延びの割合によっては、かなりの負担となる場合も考えられるので、どの辺でバランスをとるかが今後の課題であろう。

従って、料金体系については、以上の私案をもとにして今後検討を進めていきたいと思っているが、大規模水道用水事業については、国の強力な援助を期待したいので、下記諸点について、その実現を期していきたいと考えている。

1．広域水道事業に対する大幅な国庫補助率のアップ。
2．国において総括原価主義および個別原価主義にもとづく合理的な料金の設定基準の速かな算定を示すこと。
3．一時的に発生する経営資金の不足を企業債で調達する制度を設けること。
4．企業債償還による据置期間を現行の2倍程度に延長すること。

5．むすび

以上、宮城県大崎広域水道事業の経過、概要、留意点などについて申し述べたが、初めて県営水道を実施する場合は、技術者の確保ということもあるが、何んといっても経営直後の累積赤字をいかに乗り切るかが大きな問題となる。これは料金体系の問題とも関連するわけで、事前に関係市町村長と十分打合せて、基本的な約束と理解をうることが先決であり、また、準備期間を十分にとって計画すると共に、関係機関および関係者には事前に十分ＰＲして、事業計画について理解を得て実施することが大切であることを痛感している次第である。参考になれば幸いである。

ダクタイル鋳鉄管第17号

昭和49年10月

技術レポート

伊豆半島沖地震による水道管路被害調査

日本鋳鉄管協会技術専門委員会
委員　仁木彬隆
委員　北条貞宗

1．はじめに

昭和49年５月９日午前８時33分、伊豆半島を中心に関東の大部分と東北、中部地方の太平洋沿岸、さらに関西、北陸地方の一部までの広い範囲にわたって、マグニチュード6.8の地震があり、石廊崎で震度Ⅴを記録した。

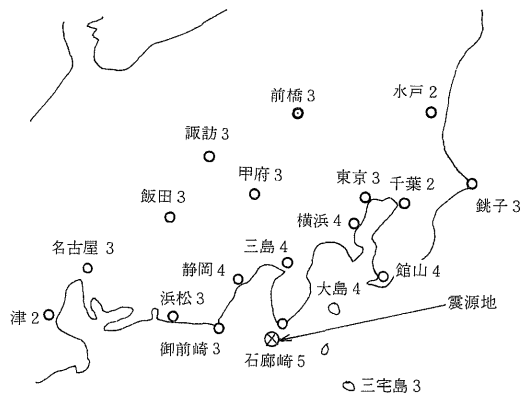
この地震は、震源地が伊豆半島南端の約25km沖で、深さが20kmと浅い直下型であったため、地震波が下から突き上げ局所的被害を大きくした。

そこで、地震発生１カ月後に南伊豆町隣接地区の水道管路等の被害状況について現地調査を行ったので、以下に報告する。

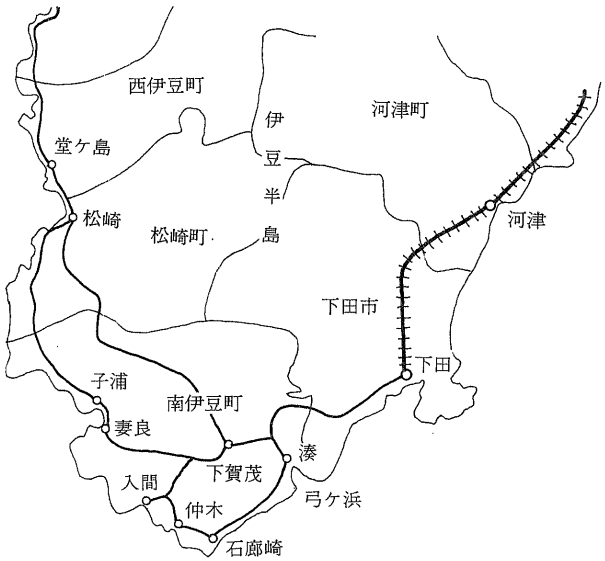
2．地震の概要

地震名	伊豆半島沖地震
震源地	石廊崎南南西沖約25km
深　さ	約20km
規　模	マグニチュード6.8
各地の震度	図－１参照
調査地区	図－２参照

図－１　各地の震度



図－2　調査市町位置



3．被害状況

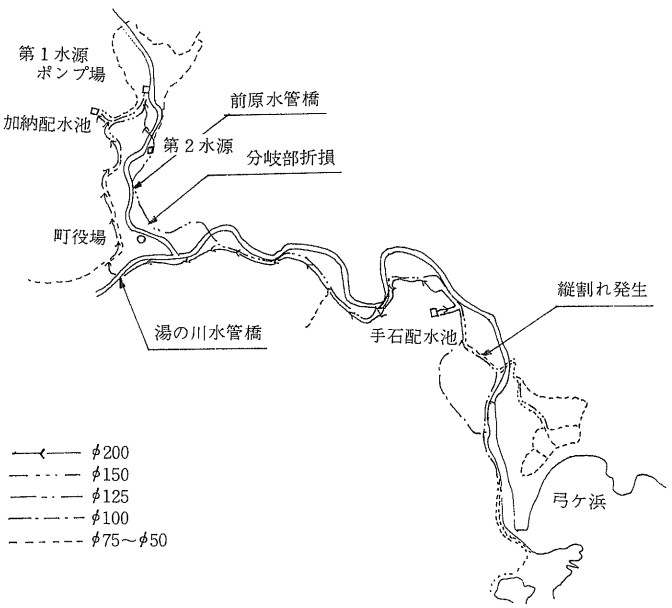
1）南伊豆町

ここは、水道事業として上水道1、簡易水道18、専用水道1を有し、その水源はすべて浅井戸である。

(1) 南伊豆町上水道

給水人口	5,090人(1,256戸)
1日最大給水量	5,208㎥
1人1日最大給水量	1,023ℓ
取水能力	5,500㎥/日
水源の種類	浅井戸(7井)
使用管種および口径	石綿管 50φ～200φ
配管図	図－3参照

図－3　南伊豆町上水道配管図



被害状況

被害の主なものは、石綿管の折損、縦割れおよび給水管分岐部の折損であった。また、水管橋の大半は、橋台がずれて管路に何らかの被害を与えていた。

特に、湯の川橋の水管橋は橋台が前方へ70㎜、上へ50㎜移動し、200φ鋼管が引きちぎられた。

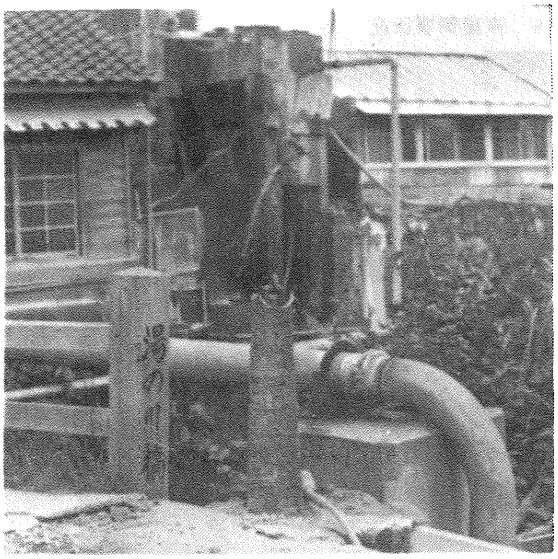
なお、250φ～400φダクタイル管が拡張工事で埋設されていたが、被害は見られなかった。

写真－1　100φ石綿管の縦割れ

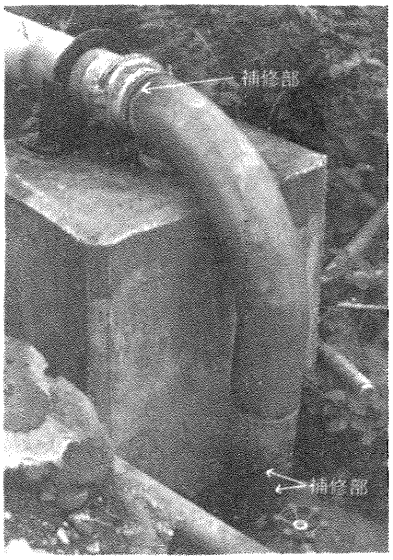
手石地区の田甫の中に盛土造成された農道に埋設されていた石綿管の管頂で、軸方向割れを起こした。この管は、昭和42年に布設された1種管であった。

また、農道の幅員は約3ｍ、盛土高さは約1ｍで、この道路面は波打っていたので地盤は軟弱と考えられる。

写真－2　湯の川橋200φ水管橋



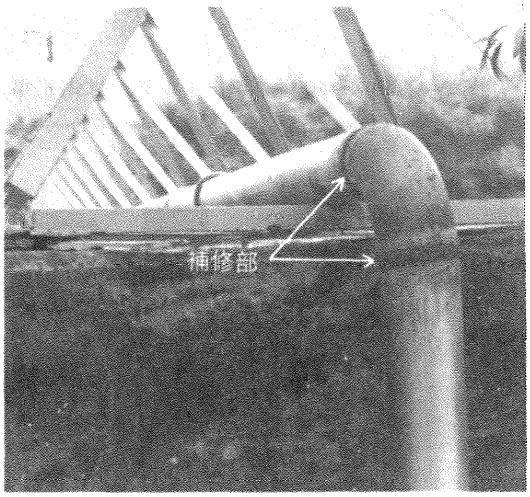
写真－3　湯の川橋水管橋橋台部



スパン約10m

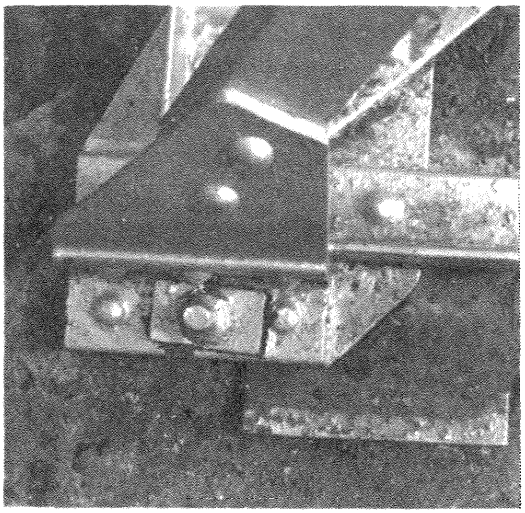
橋台の大きさ 1,000B×1,000L×3,000H。リングガーダーが橋台と共に70㎜前方へすべった痕跡が管に残っている。　溶接部の折損は補修されていた。

写真－4　前原水管橋



125φ鋼管がトラス橋に添架されている。
曲管部は補修されたものである。

写真－5　前原水管橋トラス橋支持部



トラス橋が軸方向に80㎜、軸直角方向に30㎜移動した。

(2)　仲木簡易水道

給水人口　339人
使用管種および口径　塩ビ管50φ、鋼管50φ～80φ

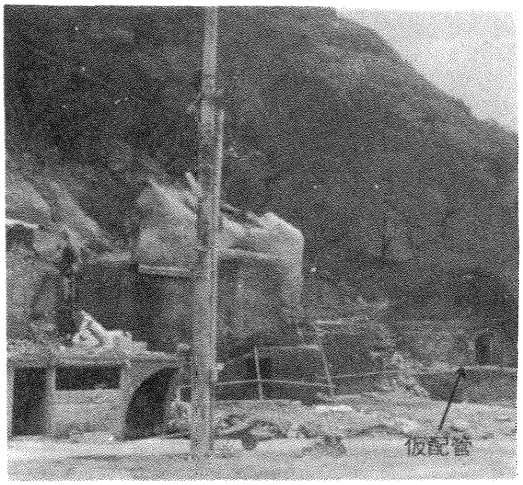
被害状況
土砂崩れによる家屋倒壊および火災により全面的に配水管の折損事故が発生した。鋼管は、ねじ継手のねじ部が引きちぎられたり、折れたりしていた。

塩ビ管の露出配管により仮復旧がなされていた。

写真－6　家屋倒壊状況

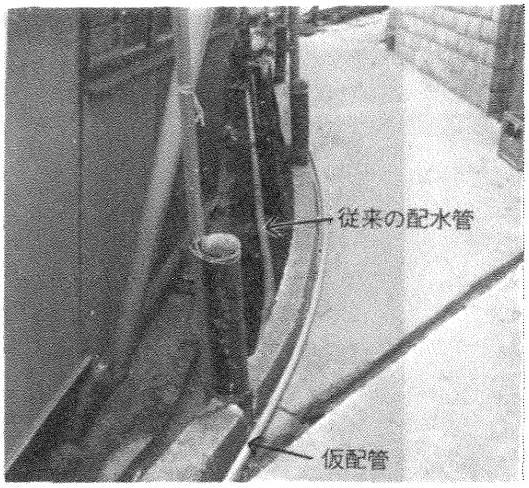
3階建ての鉄筋コンクリート建築の1階が圧壊された。

写真－7　仮配管状況



焼け跡に50φ塩ビ管で仮配管していた。

写真－8　仮配管状況



写真中央左側の管は50φ鋼管（従来の配水管）で、右側は仮配管された50φ塩ビ管である。

写真－9　バルブ破損

80φバルブのねじ継手部が折損していた。

写真－10　鋼管折損

80φ鋼管のねじ継手部が折損していた。

(3)　入間簡易水道

給水人口　　288人

使用管種および口径　鋼管100φ、塩ビ管

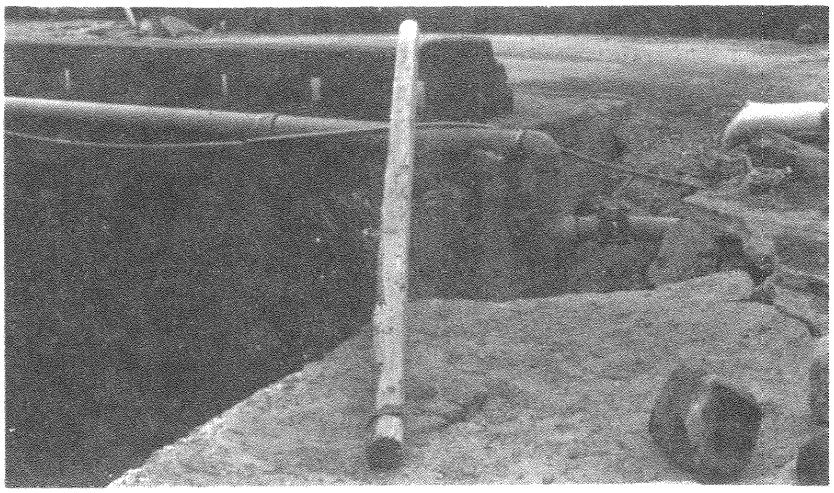
被害状況

家屋倒壊が最も多かった地区で、山の中腹に築造されているコンクリート製配水池も7cm程度水平にずれていた。

家屋倒壊が多かったのは、盛土された粗粒砂層上に建築されていた事と活断層上に当ったことによると思われる。

仮復旧は50φ塩ビ管で行われていた。

写真－11　添架橋



100φ鋼管による添架橋の立上り部のねじ継手が折損したので、ギボルトジョイントで復旧した。

(4) 妻良(めら)簡易水道

給水人口　　527人

管種および口径　石綿管50～75φ、鋼管25φ

被害状況

水道の被害としては、各家庭に給水するために石綿管に取付けていたサドル付分水栓と、鋼管との接続部が破損した事故がほとんどであった。

(5) 石廊崎簡易水道（給水人口443人）、**子浦簡易水道**（658人）

被害状況

いずれも土砂崩壊による配水管の折損事故が発生した。

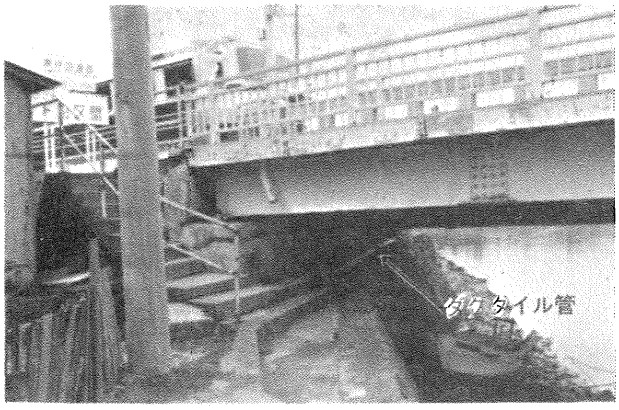
写真－12　石廊崎の土砂崩れ

石垣に沿って塩ビ管で仮配水していた。

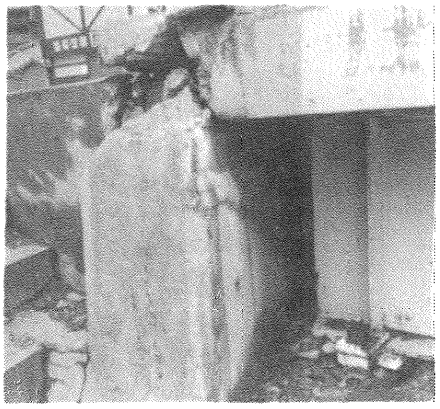
2）下田市

使用管種は、鋳鉄管・ダクタイル管・石綿管・塩ビ管・鋼管で、被害としては、75φ石綿管の折損、20φ塩ビ管の折損、これは特に分水栓、止水栓との接続部が多かった。また、65φ鋼管のねじ継手部の破損が合計50カ所程度発生していた。それ以外はなかった。

写真－13　下田橋(人形橋)



写真－14　下田橋破損部



橋台とスラブの接続部に段差ができていたが、橋台下部に配管された250φダクタイル管に異状はなかった。

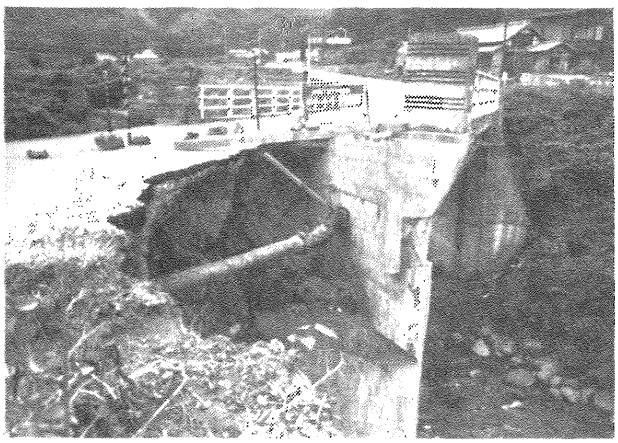
3）河津町

水道施設に被害はなかった。

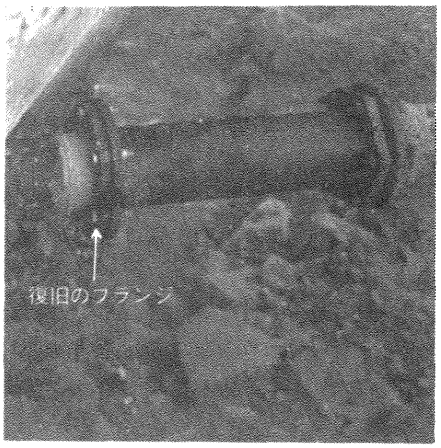
4）松崎町（給水人口　約10,000人）

使用管種は、鋳鉄管・石綿管・塩ビ管で、被害としては、嵯峨野橋に添架されていた150φ鋼管のねじ継手部からの漏水による土砂崩れが大きなもので、それ以外としては、石綿管に取付けられたサドル付分水栓と塩ビ管との接続部の折損事故が約15カ所発生した程度であった。

写真－15　嵯峨野橋



写真－16　嵯峨野橋送水管復旧状態



スパン　約21m

昭和44年に完成された150φ送水管路で、添架された鋼管のねじ継手部が破損し、漏水により土砂崩れとなった。　復旧はフランジ継手で行われた。

5）西伊豆町

使用管種は、鋳鉄管・鋼管・石綿管・塩ビ管で、被害としては、洋蘭センター前で 4^{B} 鋼管エルボのねじ継手のねじ部が引きちぎられた事故が１件あったのみである。

写真－17　洋蘭センター前

コンクリート舗装の下に土被り60cmで 4^{B} 鋼管が３条配管されており、地震により鋼管エルボのねじ部が１カ所引きちぎられた。

その真下に300φダクタイル管が布設されていたが異状なかった。

まとめ

今回の地震による被害の特徴として、仲木、入間両地区の水道施設が壊滅的な被害を受けたのに対し、少し離れた隣接地区はそれに比べて軽微であったといえる。伊豆半島は大部分が山であるが活断層がたまたま仲木、入間のような海辺の村落を横切っていたために、土砂崩れ、道路寸断、家屋倒壊、火災などによりこの地区の給・配水管に多大の被害を与えたものと考えられる。

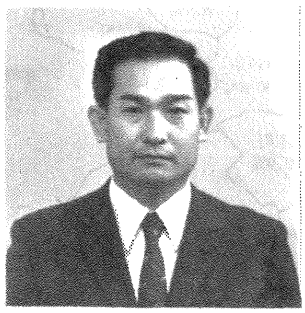
また、今回の調査で共通していた点は、従来から指摘されているように水管橋等の橋台が管路と異なった動きをし、管路に何らかの被害を与えていたことと、分水栓と給水管との接続部などに力が集中して漏水を起こしていたことがあげられる。

伸縮継手のない場合、鋼管にちぎれが見られるなどから、やはり力で耐えようとするのではなく、応力の掛らない形（earthquake free）で逃がすような配管の設計施工をすべきであろう。

なお、この調査に関して南伊豆町、下田市、松崎町、西伊豆町の方々に大変お世話になりましたことを、この紙面を借りて厚くお礼を申し上げます。

寄稿

滋賀県の広域水道事業



滋賀県企業庁工務第一課参事
増田正直

1．滋賀県水道の現状

昭和48年３月末における滋賀県総人口は、７市43町で933,000人で、県下の同期における水道の施設数と給水人口は、上水道38カ所642,000人、簡易水道213カ所173,000人、専用水道47カ所144,000人であった。

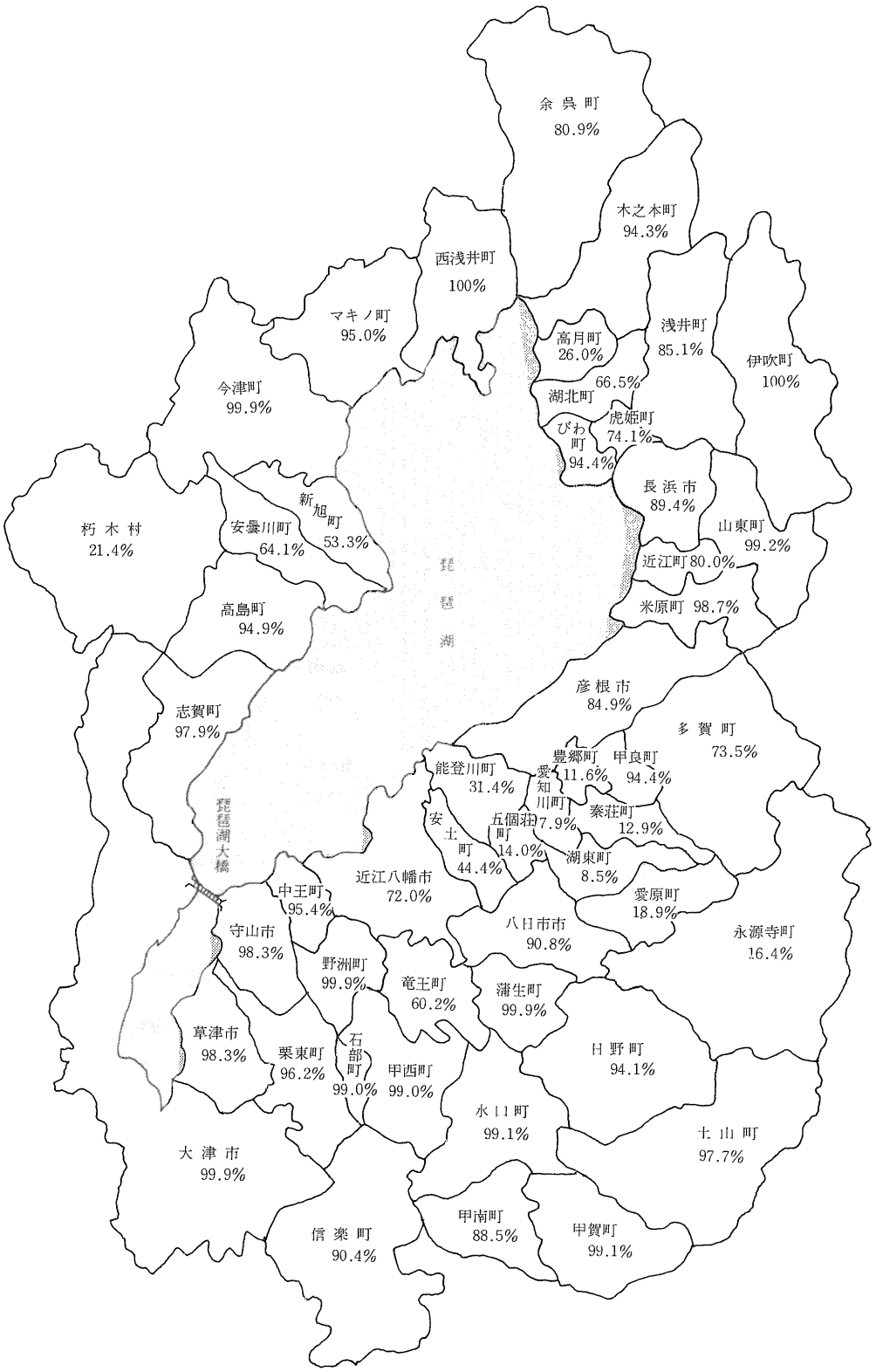
総人口に対する普及率は85％で平均して毎年２～３％の増加を示してきている。１人１日当り最大使用水量を上水道についてみれば、昭和43年には324ℓで昭和47年には419ℓと、かなり高い伸び率を示しているが、簡易水道では220ℓ程度で横ばいの状態である。

水源については、上水道38施設のうち琵琶湖から取水しているのは９施設にすぎず、琵琶湖という大きな水がめを持っている県としては琵琶湖への依存度が予想以上に低い状態となっている。

給水原価は、23円/㎥から80円/㎥まで広く分布しており、平均は38円/㎥となっている。

上水道における年間総給水量に対する家事用水の割合は55％、無効水量の割合は19％である（表および図―１参照）。

図－1　市町村別普及率


余呉町
80.9%
木之本町
94.3%
西浅井町
100%
マキノ町
95.0%
今津町
99.9%
高月町
26.0%
浅井町
85.1%
伊吹町
100%
湖北町
66.5%
虎姫町
74.1%
びわ町
94.4%
長浜市
89.4%
山東町
99.2%
近江町
80.0%
米原町
98.7%
新旭町
53.3%
安曇川町
64.1%
朽木村
21.4%
高島町
94.9%
琵琶湖
彦根市
84.9%
多賀町
73.5%
志賀町
97.9%
豊郷町
11.6%
甲良町
94.4%
能登川町
31.4%
愛知川町
7.9%
秦荘町
12.9%
五個荘町
14.0%
安土町
44.4%
湖東町
8.5%
琵琶湖大橋
近江八幡市
72.0%
中主町
95.4%
愛原町
18.9%
八日市市
90.8%
永源寺町
16.4%
守山市
98.3%
野洲町
99.9%
竜王町
60.2%
蒲生町
99.9%
草津市
98.3%
栗東町
96.2%
石部町
99.0%
甲西町
99.0%
日野町
94.1%
水口町
99.1%
土山町
97.7%
大津市
99.9%
甲南町
88.5%
甲賀町
99.1%
信楽町
90.4%

(1) 総括表

行政区域内人口	上水道			簡易水道				専用水道			合計			普及率(%)	飲料水供給施設			
	個所数	計画給水人口	現在給水人口		個所数	計画給水人口	現在給水人口	個所数	計画給水人口	現在給水人口	個所数	計画給水人口	現在給水人口			個所数	計画給水人口	現在給水人口
932,968	33	913,545	642,423	公害	191	158,810	120,963	47	79,100	14,156	293	1,165,662	792,912	85.0	公害	29	1,818	1,358
				その他	22	14,207	9,370								その他	3	230	210
				計	213	173,017	136,333								計	32	2,048	1,568

(注：水道用水供給事業　1カ所は含まず)

(2) 上水道

施設数	計画給水人口	給水区域内現在人口	現在給水人口	原水の区別	浄水施設の区別	平均給水原価	専従職員数	実績年間給水量	内訳 家庭用	営業用	工場用	その他の有収水量	有効無収水量	無効水量	現在施設公称能力	実績日最大給水量	実績1人1日給水量
カ所	人	人	人			円	人	千㎥	千㎥	千㎥	千㎥	千㎥	千㎥	千㎥	㎥/日	㎥/日	ℓ/日人
33	913,545	724,708	642,423	湖 6 伏 7 浅深 湖深 3 表 1 伏深 5 深 3 浅 3 浅愛 1	給急 4 緩 5 急 11 特 1 急特 0 無 12	38.21	465	71,662	39,215	3,731	9,206	4,382	1,473	13,655	281,173	368,54	404

(3) 簡易水道

施設数	計画給水人口	給水区域内	現在給水人口	原水の区別	浄水施設の区別	配水方式	メーター整備状況 親メーター	メーター整備状況 各戸メーター	年間総収入	専従職員数	技術管理者 有資格者数	技術管理者 専兼任の別	実績年間給水量	実績年間有収水量	給水状況	水質検査実施機関	経営の種別
カ所	人	人	人						千円	人	人		㎥	㎥			
213	173,017	145,096	136,333	湧水 17 表流水 81 伏流水 39 深井戸 41 浅井戸 27 その他 8	緩速 ろ過池 68 急速 ろ過池 22 その他11 なし 112	自 120 ポ 75 自ポ 18	有 118 無 95	有 152 1部有 1 無 60	176,282	81	32	専 5 推 161 無 39 不安 8	8,168,618	6,374,177	良 188 夜断 0 量不足21 質不良 4	保健所 188 衛研等 8 その他17	公 191 その他 22

(4) 専用水道

施設数	計画給水人口	現在給水人口	原水の区別	浄水施設の区別	施設能力	施設の専用兼用の別	給水状況	水質検査実施機関	専従職員数	技術管理者
カ所	人	人		カ所	㎥/日	カ所	カ所	カ所	人	カ所
47	79,100	14,156	湧水 0 表流水 3 伏流水 1 浅井戸 4 深井戸 29 その他 10	緩速ろ過池 3 急速ろ過池 23 な し 21 そ の 他 0	51,460	専用 29 分水 3 兼 4 浄兼 11	良 43 夜断 0 量不足 2 質不良 2	保健所 37 衛研等 3 その他 6	91	有 22 無 25 不安 0

2．琵琶湖総合開発と広域水道

滋賀県はもとより近畿圏にとって多年の懸案であった琵琶湖総合開発は、第68回国会において他の地域開発では前例のない新しい制度を内容とした「琵琶湖総合開発特別措置法」が制定され、これに基づく全体計画も昭和47年12月22日に内閣総理大臣によって決定され、昭和47年から10カ年にわたって実施されることになった。

琵琶湖総合開発は、下流阪神地域に40㎥/secの用水を供給する水資源開発だけではなく、1970年代の国民的な課題として強く要求される豊かな人間環境づくりを進めていくためにも、琵琶湖の恵まれた自然を守るという姿勢のもとに、その資源を正しく有効に活用することにより、琵琶湖および周辺地域の総合的な開発をはかり、滋賀県民福祉の向上と近畿圏の調和ある発展がもたらされるよう、琵琶湖の水質をはじめ美しい自然を守り、レクリェーションの場として利用するための保全、洪水被害をなくするための治水、琵琶湖の水をより有効に利用できるようにするための利水という三つの方面から対策がたてられ、事業の三本柱としてとりあげられている。

3．事業の内容

河　川

洪水被害を解消するため内水に影響をおよぼす河川、および既成市街地における都市河川の実態に応じ河川の統合、分離、天井川の河床切下げ、尻無川の改修等を行う。

河川改修　　40河川　　直轄野洲川

ダ　ム

洪水調節、各種用水の補給および琵琶湖保水機能を高めるため、主要河川に多目的ダムおよび治水ダムを建設する。

6ダム（青土、芹川、姉川、高時川、北川、宇曽川）

砂　防

琵琶湖流入河川の流域、とくに琵琶湖治水と関連する主要河川の上流の砂防事業および地すべり対策事業を重点的に実施する。

砂　　防　62河川

地すべり　2地区

下水道

琵琶湖の水質保全上重要な下水道を整備し、あわせて都市生活環境の向上を図るため湖南、中部、彦根、長浜、湖西、高島の各流域下水道およびこれに関連する公共下水道と大津については公共下水道を整備する。

また、終末処理場は、公共下水道に見合う施設を整備する。

（注）流域下水道＝2以上の市町村にわたる区域の下水道

公共下水道＝市町村単位の下水道

上水道

湖周辺の未設地域・既設地域をあわせて、琵琶湖を水源とする経済的合理的な広域用水施設を設置する。

6地区（大津、湖南、中部、彦根、長浜、高島）

33市町

工業用水道

工業の計画的な導入を進めるため、増大する工業用水需要に対処して水源を琵琶湖に依存する地区の工業用水道を布設する。

4地区（南部、中部、彦根一期拡張、彦根二期）

土地改良

琵琶湖に水源を依存する地域における将来の営農に適した農業生産基盤を整備するため、用水改良・排水改良およびほ場整備等の総合的な土地改良事業を実施する。

用水改良　25,807ha程度

排水改良　2,400ha程度

ほ場整備　20,000ha程度

造　林

琵琶湖流域水源山地の保水機能を高め、湖水位の安定と治水効果の増大をはかり、あわせて森林資源の培養による山村振興に寄与するため民有林における一般造林（拡大造林、再造林）、造林公社による拡大造林、造林区域内における幹線林道の整備を実施する。

再造林　1,200ha程度

拡大造林　27,500ha程度

林　　道　25路線

治　山

琵琶湖流入河川の流域とくに琵琶湖治水と関連する主要河川の上流の治山事業を重点的に実施する。

復旧・予防治山　11,000ha程度
防災林造成　360ha程度
保安林改良　3,000ha程度

湖岸緑地

琵琶湖の自然環境の破壊を防止し自然の保護、復元とあわせて国民の憩の場として利用の増進をはかるため、湖岸に都市公園および自然公園を整備し、緑地帯を創出する。

都市公園事業　139ha以内
自然公園事業　36ha以内
(注)都市公園＝都市計画法により指定された都市計画区域内において設置する公園もしくは緑地。
自然公園＝琵琶湖国定公園区域で都市公園を除く。

集団施設地区

琵琶湖の自然環境を保全するとともに、国民の憩の場として利用の増進をはかるため、湖周辺における観光レクリエーション利用の拠点として、国民休暇村形式の公共施設を整備する。

2カ所　安曇川　あやめ

周遊基地

湖面および陸上の観光レクリエーション利用の拠点として公共施設（集団施設地区よりも小規模なもの）を整備する。

5地区（大津、彦根、長命寺、南小松、今津）

文化観光施設

琵琶湖に関する資源の保護利用を図るため、琵琶湖資料館、水生植物園、水族館を新設整備する。

土地公有化

琵琶湖のすぐれた自然環境と風致を保全するため、水生植物生育地・湖辺天然林地・湖辺重要景観地の公有化を促進する。

16カ所　305ha

湖周道路

琵琶湖の自然環境の保護、湖岸修景帯の造成を主たる目的とし、あわせて治水利水のための管理道路の新設、または既設道路の改良整備を行う。

なお、国道161号線バイパスについては湖周道路の一環として建設を促進する。

新　設　43.6km　連絡道路　15.2km
改　良　69.6km　国道改良　52.9km

港　湾

将来の観光需要の増大に対処するため、水辺観光レクリエーション基地として港湾を整備する。

大津、彦根、南小松　外

水　産

琵琶湖における将来の水産振興を図るため、その対策事業を実施するとともに湖水位の低下と変動に対処して水産資源維持対策等を行う。

(水産)振興事業・資源維持
(漁港)漁港の修築　4港

し尿処理

琵琶湖の水質保全と生活環境の改善向上をはかるため、下水道の整備とあわせて県下全域にわたり、し尿処理施設を整備する。

12地区　50市町村

環境保全

湖水位の低下に伴う湖浜および水泳場の環境を保全するため、干陸露出する湖浜については清掃整地、腐食土の除去を、水泳場については湖底の浚渫、整地を行う。

公団事業

琵琶湖治水

琵琶湖の水位上昇に伴う湖辺の洪水による被害を防止するため、迎洪水位を低下させるとともに必要な箇所には湖岸堤を設置し、内水排除を行う。

水資源開発

淀川下流地域に対する水供給は、琵琶湖の自然保護と調和のとれた限度内とし、瀬田川浚渫、南湖浚渫等を行う。

なお、水資源開発に伴い被害を受けるもののうち、港湾、水道、工業用水、農業用水等については適切な機能維持対策措置を、また、水産業等に対しては、必要な補償措置を講ずる。

この琵琶湖総合開発事業の一環として、現在事業に着手されているのは、南部地区および中部地区であり、その概要は次の通りである。

4．滋賀県営広域水道の概要

1）滋賀県南部上水道用水供給事業

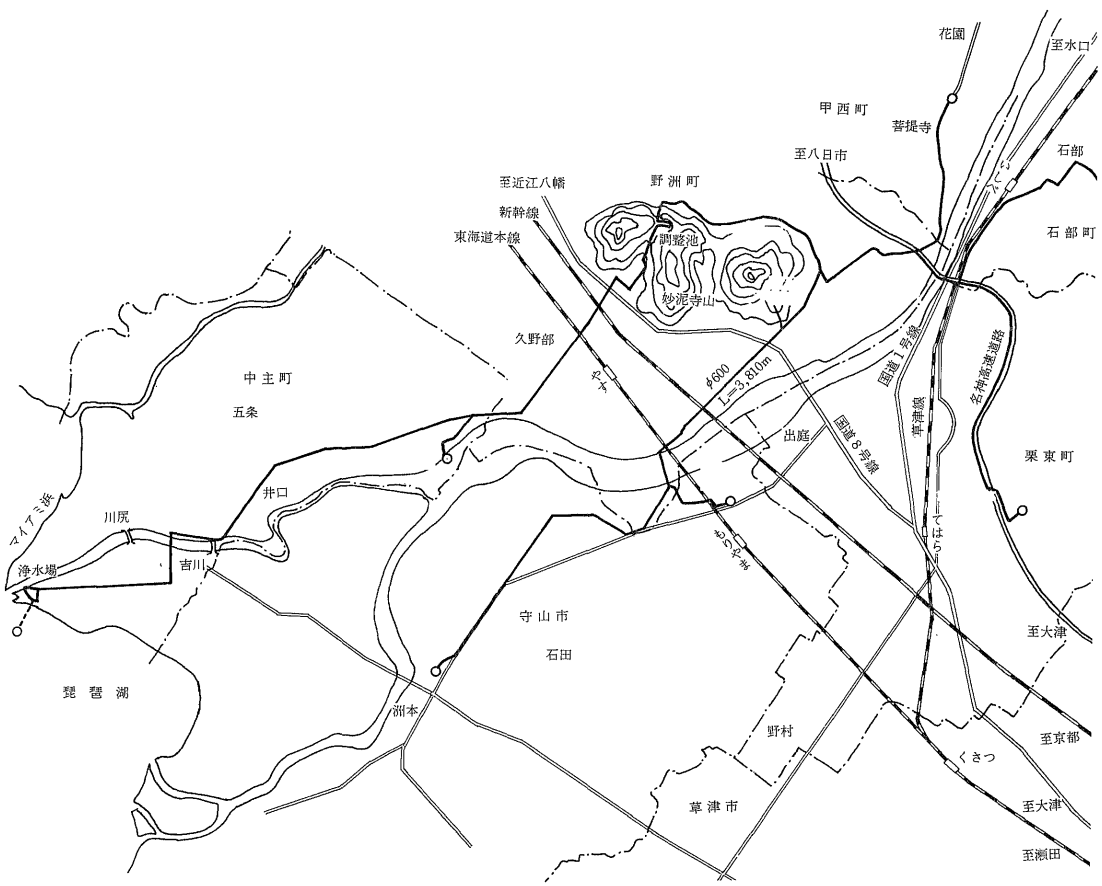
①　地域の概要

本計画対象地域は、本県の南部に位置し、野洲川下流に開けた平地である。本地域は本県産業の中核で、名神高速道路をはじめ、国鉄東海道本線、草津線、国道１号線、国道８号線など交通網は完備され、急速に都市化、工業化しつつあり、これにともなう大幅な人口の増加、産業の集中化により水需要が増加している。

これに対し、本地域の水道水源は、野洲川の伏流水や地下水を水源としており、それらの水源は降雨量によって取水可能量が左右されることが大きく、年々枯渇してきている。

本対象地域で現在琵琶湖から取水している水道事業はない。

図－２　南部用水供給事業計画概要図



② 給水対象市町および年度別給水量

単位：㎥/日

町名 / 昭和	栗東町	守山市	野洲町	中主町	石部町	甲西町	計
51	3,500	2,200	0	0	400	0	6,100
52	6,700	4,400	2,000	0	1,000	1,000	15,100
53	10,300	7,200	4,300	200	1,700	2,000	25,700
54	13,800	11,000	6,600	400	2,400	7,000	41,200
55	17,200	14,400	8,700	900	3,200	10,000	54,400
56	20,900	21,300	10,600	1,100	4,000	11,000	68,900
57	24,600	26,000	12,300	1,200	5,000	12,000	81,100

③ 最終年度における受給水計画

区分 / 年度	市町名	計画給水人口	給水原単位 平均	給水原単位 最大	計画給水量 平均	計画給水量 最大	自己水源	受給水量
		人	ℓ/人・日	ℓ/人・日	㎥/日	㎥/日	㎥/日	㎥/日
57	守山	60,000	450	550	27,000	33,000	7,000	26,000
	栗東	61,000	546	642	33,306	39,140	14,540	24,600
	中主	11,800	340	400	4,010	4,720	3,500	1,200
	野洲	40,800	350	500	14,300	20,500	8,200	12,300
	石部	12,000	466	587	5,592	7,044	2,044	5,000
	甲西	31,900	450	600	14,360	19,190	7,520	12,000
計		217,500			98,568	123,594	42,804	81,100

④ 水道施設の概要

水　源

琵琶湖より工水と共同で湖底取水管により2.2㎥/sec（うち上水1.04㎥/sec、工水1.16㎥/sec）を取水。

取水先端

内径4.3m、高1.2m、鋼板製

取水管

φ1,350mm　ℓ＝460m

導水ポンプ

上水・工水共同施設

幅（長辺13.0m、短辺5.0m）、長さ18.5m

有効水深3.0m　V＝256.5㎥　T＝約２分

ＲＣ造　１池

導水管

φ1,350mm　ℓ＝約50m

導水ポンプ

φ500mm　Q＝32,975㎥/min　H＝9.0m　90kw

５台（内予備１台）　上水・工水共同施設

脱臭処理池

幅20.0m　長さ30.0m　水深4.0m

V＝3,000㎥　T＝48分　RC造り　１池

急速かく拌池

3.5m×3.5m×4.5mH２連

有効容量90.65㎥　T＝1.2分　RC造り

緩速かく拌池

幅23.0m　長さ12.0m　深さ4.0m　２池

RC造り　有効容量1987㎥　T＝約35分

急速ろ過池

全自動開放型重力式　ろ過面積　27.3㎡

ろ過速度137m/日　24池　RC造り

塩素混和池

幅5.0m　長さ8.0m　深さ4.0m

V＝120.0㎥　T＝約2分　RC造り　1池

浄水池

幅20.0m　長さ25.0m　有効水深4.0m

V＝2,000㎥　RC造り　2池　T＝1.1時間

汚水池

幅10.0m　長さ15.0m　深さ4m

V＝600㎥　RC造り　1池

1次濃縮槽

V＝3,800㎥　1池　RC造り

V＝1,300㎥　1池　RC造り

脱水機

加圧脱水機　1式

送水ポンプ

φ1,000mm　ℓ＝12,040m

送水ポンプ

φ300mm　Q＝11,625㎥/min　H＝124.0m

370kw　6台(内予備1台)

調整池

トンネル式　ℓ＝200.0m　V＝11,250㎥

送水管

φ200mm

〃　ℓ＝26,800m

φ1,000mm

⑤　給水開始予定

昭和51年4月（1部給水）

⑥　工　期

昭和47年度から昭和53年度

2）滋賀県中部上水道用水供給事業

①　地域の概要

本計画対象地域は、本県の湖東中部に位置し、愛知川および日野川の流域に開けた平地であって、江州米の産地あるいは近江商人発祥の地として知られ、名神高速道路、国鉄東海道本線、私鉄近江鉄道ならびに国道8号線307号線など交通網は完備され、近江八幡市、八日市市、日野町など近年急速に都市化、工業化しつつあり、合せて周辺各町も住宅団地の造成が盛んに行われている。

本地域の飲料水、生活用水は古来地下水や伏流水に求めてきたが、近年産業の発展および生活環境の向上に伴い水需要の増大は著しく、このため地下水は枯渇して取水困難となっている。

この地域の特徴は、南部地区がすべての市町がすでに上水道施設をもち、その用水補給的性格が強いのに対し、中部地区では2市7町のうち上水道施設があるのは2市1町のみで、残る6町には簡水しかなく、また全く水道のない区域が多く残っており、既設水道についても、水量水質の不良地区が多い。

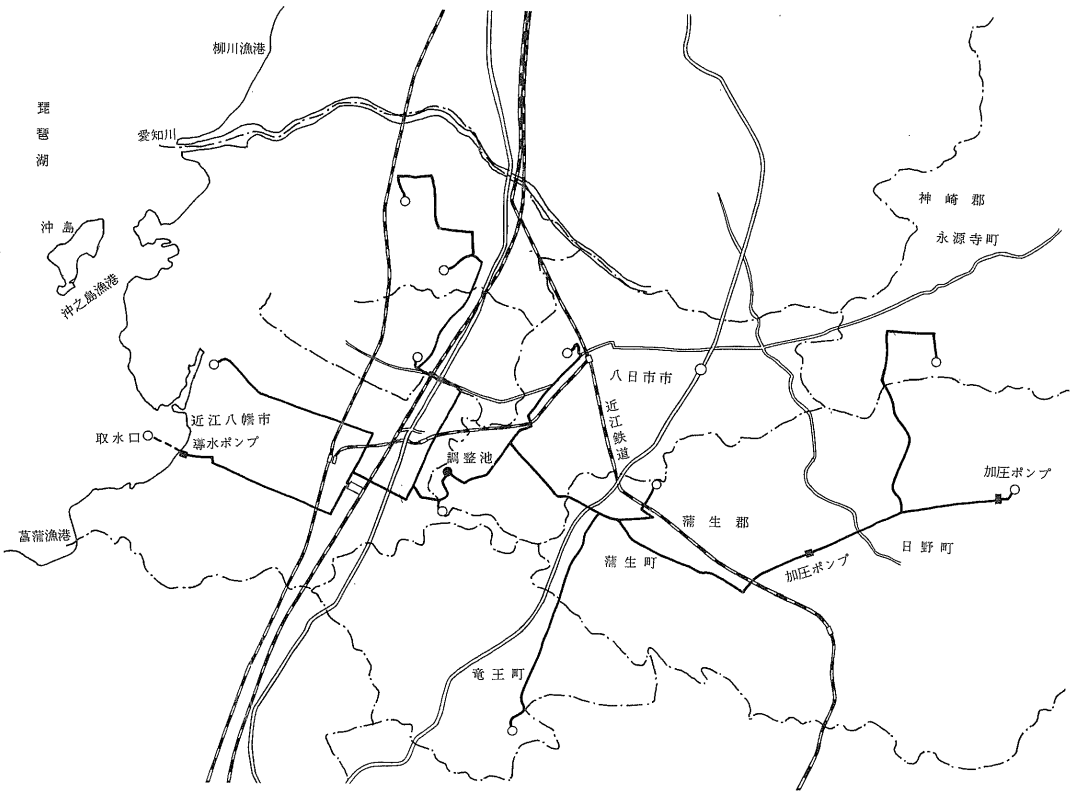
②　給水対象市町および年度別給水量

年度／市町名	S 52	53	54	55	56	57	58	59	60
近江八幡市	7,100	9,100	10,300	11,900	12,900	14,200	15,500	17,900	20,900
八日市市	0	0	0	500	2,000	3,500	5,500	7,500	10,000
安土町	1,400	1,700	2,100	2,400	2,800	3,200	3,700	4,300	4,800
日野町	2,900	4,600	5,500	7,100	8,000	8,800	9,600	11,800	14,300
蒲生町	1,300	1,900	2,500	3,300	4,100	5,000	5,800	6,900	7,600
竜王町	2,200	2,700	3,400	4,100	4,700	5,500	6,200	6,900	7,700
永源寺町	100	300	400	600	700	900	1,000	1,100	1,200
五個荘町	2,800	3,200	3,400	3,900	4,300	4,700	5,200	5,700	6,200
能登川町	6,400	6,700	7,000	7,300	8,300	8,700	9,300	9,800	10,000
合計	24,200	30,200	34,600	41,100	47,800	54,500	61,800	71,900	82,700

③　最終年度における受給水計画

区分 / 年度	市町名	計画給水人口	給水原単位 平均	給水原単位 最大	計画給水量 平均	計画給水量 最大	自己水源	受給水量
60	近江八幡	人 57,993	423	566	24,531	32,824	12,000	20,900 15,620
	八日市	46,500	391	540	18,196	25,110	15,110	10,000 7,250
	安土	12,600	336	439	4,234	5,531	722	4,800 3,700
	日野	24,849	420	575	10,436	14,288	0	14,300 10,450
	蒲生	14,736	423	558	6,200	8,200	600	7,600 5,750
	竜王	14,250	424	580	6,042	8,265	570	7,700 5,630
	永源寺	4,733	200	250	947	1,183	—	1,200 960
	五個荘	11,700	400	530	4,700	6,200	0	6,200 4,700
	能登川	20,000	400	500	8,000	10,000	0	10,000 8,000
計		207,361			83,286	111,601	29,002	82,700 62,060

図－3　中部上水道用水供給事業計画図



④ 水道施設の概要

	種別	概要	
取水施設	水源	琵琶湖表流水を工水と共同にて湖底に鋼管を布設し毎秒1,857㎥を取水する。	
	取水先端	鋼材製T・K式　内径1.50m×高644m	1基
	取水管	φ1,500塗覆装鋼管　　L＝1,800m	
	接合井	RC造　内径5.00m×H8.00m	1基
導水施設	導水ポンプ井	工水と共同施工RC造　Q＝108㎥	1基
	導水ポンプ	同上 φ500mm×27.87㎥/min×33m×270kw（予備1台）	5台
	導水管	同上 φ1,350mm　　L＝6,970m	
浄水施設	着分水池	RC造　297㎡　T＝4.80分間	1基
	急速攪拌池	RC造　36㎡　T＝1.16分間	2池
	フロック形成池	RC造　1,166㎡　T＝36分間	2池
	沈澱池	RC造　傾斜板式　池内滞溜時間　T＝65分間	2池
	急速沪過池	RC造　52.50㎡×120m/d	16池
	オゾン接触および塩素混和池	RC造　840㎡　T＝13分間	1池
	浄水池	RC造　1,760㎡　T≒60分間	2池
	汚泥排泥池	RC造　70㎡	1池
	高濁度時排泥池	RC造　504㎡	1池
	一次濃縮槽	RC造　470㎡	1池
	二次濃縮槽	RC造　133㎡	1池
	汚泥池	RC造　55㎡	1池
	遠心分離機	45kw	3台
	凍結融解装置	冷凍機、脱水機 他	1式
送水施設	送水ポンプ	φ350mm×15.0㎥/min×118m×470kw(予備1台を含む)	5台
	送水本管	φ1,100mm　　L＝4,450m	
	調整池	PC造　φ32.6m×(H)6.00m　Q＝5,000㎥	2基
	供給管	φ 200mm 〉　　L＝64,000m φ1,100mm	

⑤ 給水開始予定

昭和52年4月

⑥ 工期

昭和49年度～昭和54年度

寄稿

北九州市の下水圧送管

北九州市下水道局設計課長
中島幸雄

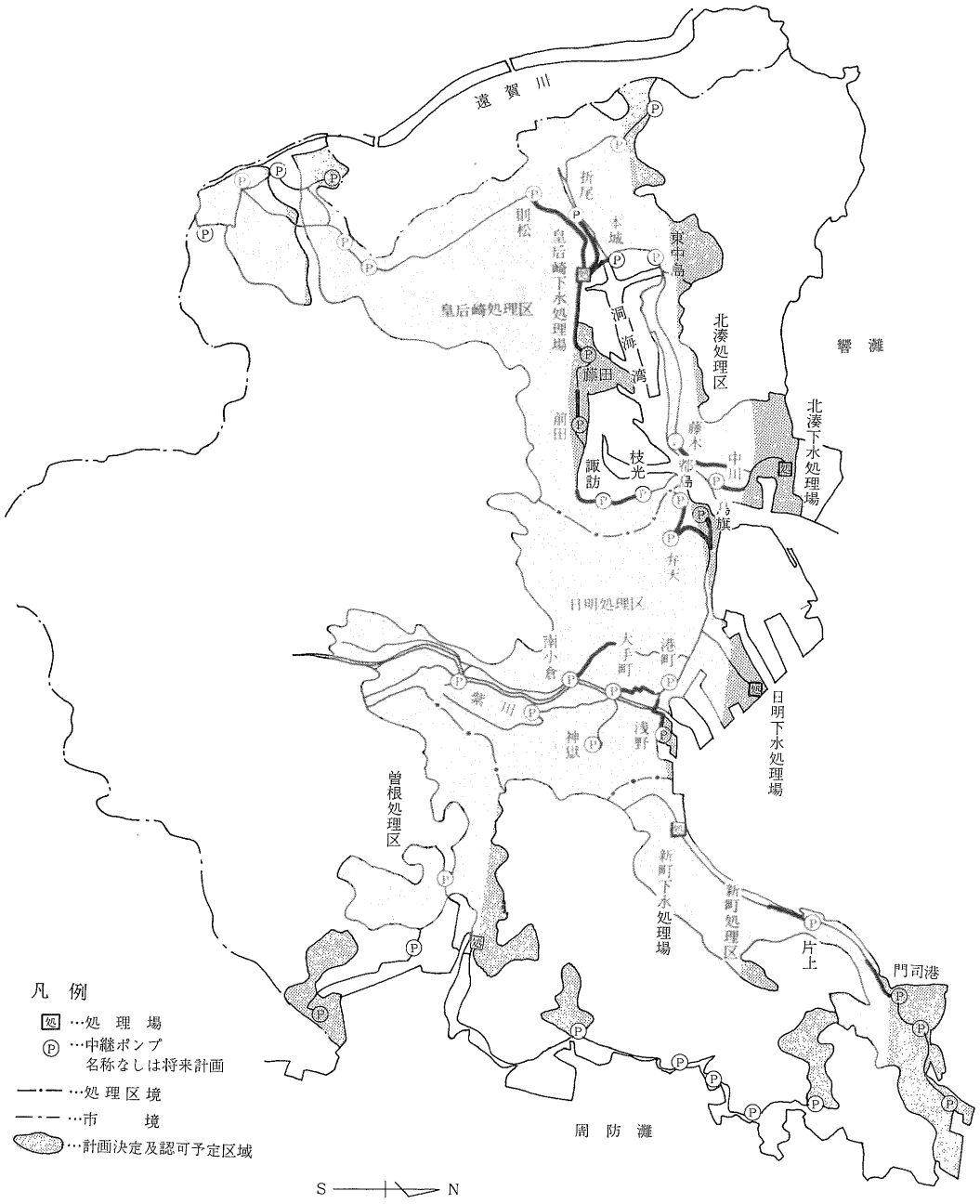
まえがき

本市は、昭和38年２月10日、門司、小倉、若松、八幡、戸畑の五市が世界の自治史にも前例をみない対等合併によって生まれ、同年４月１日全国で７番目の政令都市に指定された。

北九州市は、九州の最北端に位置し、東部は周防灘、北部は響灘に面し、西部は遠賀郡の農村地帯につづき、南部は筑豊、京築の田園地帯に連っている。

本市の広さは、東西32.5km南北33.5km、面積465.63k㎡であり、その大部分は、東北部の企救山塊と中央部から南部にのびる福智山系その他の山地で占められ、これらの山系は、最高900mと比較的低い山群の連続である。これらを源とする河川は、小倉区を南北に貫流する紫川の他は、１km前後の小河川が大部分である。その流域と河口で形成されている沖積平野の一部で農業が営まれ、北部の洞海湾周辺を中心とした臨海部で重工業が発達し、これに伴って、市街地は工業地帯と背後の山群に挟まれた形で、東西に帯状に形成されており、近時の都市発展につれて、八幡、小倉区の南部が住宅地となってきた。

図－1　施設概要図



1．下水道の沿革

北九州市の下水道は、古くは当市前身の一部である現・若松区が大正７年第１期、昭和２年第２期、昭和13年第３期の認可により277.8ha、29.9%整備に始まり、引続いて小倉区の紫川、砂津川、神嶽川に囲まれた地域の71.2haについて、大正14年第１期認可を受け、10カ年継続事業として行われた。

八幡区は、枝光、尾倉の排水路など14カ所について、昭和９年第１期認可を受けて始められた。また、戸畑区は昭和33年、市街地中心部318.5ha整備の６カ年計画認可、門司区の

昭和38年第１期６カ年計画の認可により始まった。

昭和38年、５市合併により引継がれた下水道は、旧５市の間で相当の格差があり、これらの下水道事業を全市的な規模のもとに統一して、下水道整備の不均衡を是正し、普及上昇を図るべく新しい事業として下水道整備５カ年計画が樹立された。

表－１　事業計画

事業名称	事業費	目標年度	排水面積	普及率
第１次５カ年(S38年～42年)	42億円	昭和42年度	1,241.2	市街地面積の15.4%
第２次５カ年(S42年～46年)	197 〃	46 〃	2,720.8	33.7 〃
第３次５カ年(S46年～50年)	520 〃	50 〃	6,200.0	77.0 〃

昭和42年度を初年度として、新事業計画は処理場建設を基本とし、日明、新町、皇后崎、北湊の４処理区を設定した。新町処理区については門司・小森江・大里・延命寺　日明処理区は小倉・板櫃・境川・小野・戸畑、皇后崎処理区は枝光・尾倉・黒崎・上津役・折尾・本城、北湊処理区は小石・若松・藤ノ木・二島の各排水区を計画し、行政区としての５区を全体的な事業計画として、下水処理を統一し機能させるものである。第２次５カ年計画は、昭和42年度より始められたが、46年度には、普及率は市街地面積比でやっと34%に達したに過ぎず、引きつづいて、46年度から第３次５カ年計画を策定し、４年目を迎え、50年度には普及面積6,200ha、普及率77%を目標に、緊急度、事業効果の高い地区から整備している。さらに、環境衛生改善の緊急性により、第４次５カ年計画の実施が要請され、既成市街地100%普及、新市街地の幹線整備を目標として50年度より開始される予定である。

表－２　下水道計画（処理区別）

処理区(処理場)	処理区域	運転開始年月	処理能力			昭和48年度末の整備率			計画決定済		下水道法による認可事業		所在地
			処理面積	人口	水量	管渠延長	排水面積	普及率	排水面積	排水人口	排水面積	排水人口	
新町	門司区 小倉区 の一部	S 47.4	ha (1,371.8) 289	人 (195,000) 58,000	㎥/日 (78,000) 23,200	82,500	289	24%	ha 1,371.8	127,000	ha 1,371.8	127,000	門司区 松原３丁目
日明	小倉区 戸畑区 八幡区 の一部	S 45.4	(4,441.5) 1,491	(417,000) 284,000	(166,800) 113,600	367,300	1,557	44%	4,441.5	362,000	4,441.5	362,000	小倉区 西港町
皇后崎	八幡区	S 38.4	(3,799.0) 1,480	(388,000) 246,000	(155,200) 98,400	325,400	1,485	61%	3,799.0	356,000	3,799.0	356,000	八幡区 夕原町
北湊	若松区	S 47.4	(1,014.1) 252	(134,000) 80,000	(53,600) 32,000	117,300	368	40%	1,014.1	83,000	1,014.1	83,000	若松区 安瀬町
合計			(10,626.4) 3,512	(1,134,000) 668,000	(453,600) 267,200	892,500	3,699	46%	10,626.4	928,000	10,626.4	928,000	

注：(　) 計画値

２．中継ポンプ場と下水圧送管

本市の地勢は、前述したように、海と山群が接近して東西に細長く、独特なものであり、他都市に比し中継ポンプ場が多いのは理解されると思う。

現在、22カ所の中継ポンプ場が公共下水道事業として認可をうけているが、15カ所が稼動中で４カ所が築造中である。これらの施設概要は表－３の通りであるが、その内容を詳細に報告する。

表－3　中継ポンプ場

処理区	ポンプ場名称	ポンプ場所在地	運転開始年月日	排水能力									
				雨水ポンプ					汚水ポンプ				
				口径	能力	揚程	馬力	台数	口径	能力	揚程	馬力	台数
新町処理区	門司港	門司区港町	S48.5	1,100㎜	150 ㎥/分	8.0m	420ps	1	300㎜	11.2㎥/分	15.0m	50kw	2
				800	75	8.0	160	1					
		門司区小森江	S49.4				210	1					
	片上	片上		—	—	—	—	—	400	18.6	8.1	45	3
日明処理区	浅野町	小倉区浅野町	S49.4	1,500	340	7.0	750	1	450	26.5	18.4	110	2
				1,000	140	7.3	350	2					
	神獄	〃 明和町	S51.4	1,100	180	—	—	2	450	31.0	—	—	5
			予定	1,500	322	—	—	4					
	城野	〃 篠崎町	計画中	1,300	212.9	—	—	3	400	21.1	—	—	
				800	91.4	—	—	3					
	北方雨水	〃 北方川久保	〃	1,200	177.1	—	—	5	—	—	—	—	—
	南小倉	〃 篠崎町	S48.4	—	—	—	—	—	300	11.0	25.0	75	2
	港町	〃 東港町	S46.4	1,500	315.0	8.5	900	1	500	35.0	15.0	125	3
				900	105.0	8.5	310	1					
	大手町	〃 大手町	S45.4	1,300	240.0	6.0	520	1	450	36.4	14.0	110	1
				1,500	320.0	5.8	620	1	700	71.5	14.0	240	2
				700	65.0	6.2	150	1					
	鳥旗	戸畑区鳥旗	S34.9	1,000	107.0	2.0	80	2	200	4.5	11.0	55	1
									200	8.7	17.5	75	1
	弁天	〃 弁天町	S39.3	1,350	220.0	3.1	260	1	300	11.5	16.6	60	3
				1,350	262.0	2.8	375	2					
	都島	〃 牧山	S41.3	700	68.6	4.7	115	1	300	11.0	7.5	22	3
				800	85.0	4.8	135	1					
皇后崎処理区	枝光	八幡区枝光町	S44.4	—	—	—	—	—	150	2.3	13.0	15	3
									200	4.5	13.0	26	1
	諏訪	〃 諏訪町	S44.4	—	—	—	—	—	300	9.4	23.5	60	4
	前田	〃 前田町	S41.4	—	—	—	—	—	400	20.3	16.0	80	3
									350	13.6	16.0	55	2
	藤田	〃 藤田殿町	S38.2	1,200	180.0	2.1	130	3	500	33.0	17.0	130	2
				800	90.0	2.4	70	2	400	21.0	17.0	80	1
	則松	〃 則松	S50.4	1,500	325.0	—	—	3	400	25.0	—	—	4
			予定	800	90.0	—	—	2					
	東中島	〃 本城	S51.4予定	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	折尾	〃 折尾	S50.4	1,000	121.0	—	—	1					
			予定	700	61.0	—	—	2	350	17.3	—	—	3
	本城	〃 洞北町	S50.4	500	29.0	—	—	2	400	21.0	—	—	4
			予定	700	58.0	—	—	1					
北湊処理区	中川通	若松区本町	S42.4	1,000	109.7	2.4	96	3	150	3.2	7.5	7.5	2
	藤ノ木	〃 古前町	S49.4	—	—	—	—	—	350	16.0	20.0	55	4

表－4　圧送管概要

処理区	ポンプ場名	施工時期	送水量	揚程	口径	延長	送水先	管種	摘要
		S年度	㎥/分	m	㎜	m			
新町処理区	門司港	46～47	37.5	15.0	800	2,087	片上ポンプ場	ダクタイル鋳鉄管K形2種およびU形推進用ダクタイル管	
	片上	48	45.0	8.1	800	454	新町処理場	ダクタイル鋳鉄管K形2種	
日明処理区	浅野町	48		12.7	600	2連 1,502	港町ポンプ場	ダクタイル鋳鉄管K形2種およびタールエポ塗装両フランジ鋼管	河川伏越し
	神獄	計画中	—	—	—	—	—		
	城野	〃	—	—	—	—	—		
	北方雨水	〃	—	—	—	—	—		紫川に放流
	南小倉	46～47		15.7	500	951	港町ポンプ場	ダクタイル鋳鉄管A形2種	
	港町	44～45	245.0	15.0	1,200	1,156	日明処理場	ダクタイル鋳鉄管K形2種合成鋼管およびタールエポ塗装鋼管	河川横断水管橋
	大手町	45～46		12.0	700	809	港町ポンプ場	ダクタイル鋳鉄管A形2種	
	鳥旗	44～45	8.7	13.0	350	1,080	日明処理場	〃	
	弁天	43～44	45.8	14.0	700	1,081	〃	〃	
	都島	44～45	22.0	10.0	600	357	弁天ポンプ場	〃	
皇后崎処理区	枝光	36～43	9.0	12.9	400	1,041	諏訪ポンプ場	ダクタイル鋳鉄管A形およびヒューム管A形3K管	
	諏訪	42～43	28.3	23.2	600	812	前田ポンプ場	ダクタイル鋳鉄管2種	
	前田	39～40	67.7	10.5	1,000	546	藤田ポンプ場	ヒューム管B形3K管	
	藤田	36～43	101.8	17.0	800 900	2,230 2,228	皇后崎処理場	φ800は、ヒューム管A形3K、2K、1K管 φ900は、ヒューム管A形1K管、ロックラパイプB形2K管、ヒューム管A形3K管	
	則松	47～50予定	70.6	27.0	900	3,200	〃	ダクタイル鋳鉄管K形3種および4種	
	東中島	50予定	23.7	15.2	600	—	本城ポンプ場	検討中	
	折尾	49施工中	34.7	25.0	500	2連 2,160	皇后崎処理場	ダクタイル鋳鉄管3種およびタールエポ塗装鋼管	河川横断水管橋
	本城	49施工中	41.8	18.0	600	2連 990	〃	〃	〃
北湊処理区	中川通	46	6.3	7.5	350	517	北湊処理場	ダクタイル鋳鉄管3種	
	藤ノ木	47～48	33.5	20.0	500	2連 1,081	〃	〃	

1）門司港中継ポンプ場系

門司排水区内にあり、西側は関門海峡に面し、背後は丘陵地に囲まれた市街地で、海岸に向ってゆるやかに傾斜している。当排水区の汚水は、日ノ出町幹線および錦町幹線により、東港町地先に設けられた当ポンプ場に収容し、門司港、新町、遮集幹線中途までポンプ加圧送水し、その後、自然流下により片上中継ポンプ場を経て、新町処理場まで流送される。

送水管の布設箇所は、国道199号線の歩道および車道であり、土被り1.2mおよび1.5mの開削施工で、ダクタイル鋳鉄管K形2種を使用した。地下埋設物、および国道横断箇所の交通量との関連で3カ所において、推進工法用ダクタイル鋳鉄管を採用した。鋳鉄管推進は、各文献で相当報告されているが、当箇所の施工内容は、概略、次の通りである。

(1)栄川横断(3.3×1.6ボックスカルバート)

土被り　4.5m

推進長　推進用ダクタイル鋳鉄管U形(内径800mm)

L＝4m/本×5本＝20m

推進口　6.0m(長)×2.8m(幅)×5.6m(深)

到達口　3.0m×2.0m×5.5m

支圧コンクリート　1.5m(幅)×1.7m(高)×0.6m(厚)

土質　礫交り砂質粘土

推進部N値　7～10

竪坑は、土溜として普通鋼矢板Ⅱ型7.5mを使用した。

(2)地下埋設物横断(ガス管250mm、150mm、水道管400mm、100mm、排水管700mm、900×900mm)

内容は(1)と同じであったが、土被りは3.5mと浅く推進した。

(3)清滝川横断(1.6×1.6ボックスカルバート)

他に錦川(内径1,800mm)、水道管(450mm)、ガス管(150mm)、電々ケーブル(3条～8条を4連)とあり、国道199号線の交差点内を横断した。

土被り　3.8m

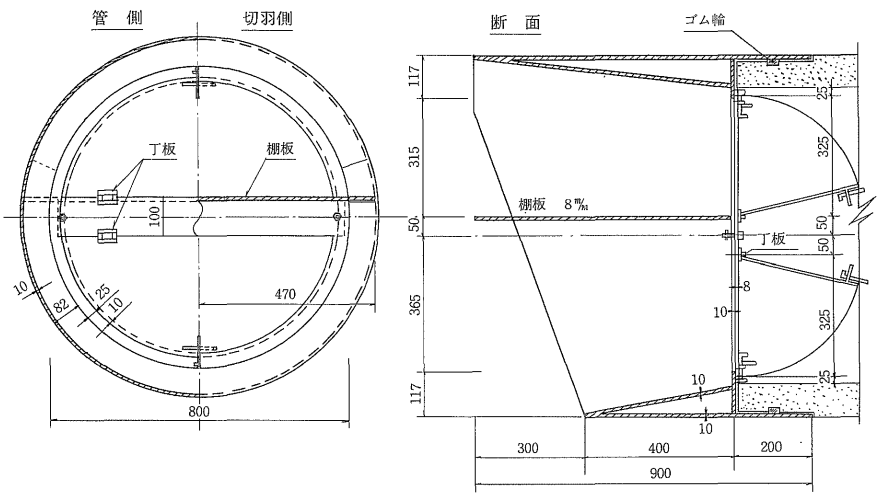
推進長　推進用ダクタイル鋳鉄管U形(内径800mm)

L＝4m/本×18本＝72m

他は(1)と同様である。

土質は、3カ所とも埋立地で、推進部は礫交り粘土であり、地下水位は地表より1.2m、海岸線から20m程度離れており、干潮時には2.5mとなり干満の影響が著しく、切羽崩壊対策として、推進管、先端の刃口金物はハッチ中棚を取付けて、切羽の地山の安定をはかり、鏡には鉄板、ゴムを取付けて水、土砂の流出を防ぐ目的で図－2の構造の刃口を製作し推進施工した。

図－2　刃口金物



なお、施工者は地場の経験３年程度の業者があたり、前記の20ｍ推進２カ所についての精度はきわめて良好であったが、後者の72ｍについては、変位が縦断的に若干あった。また、水平的には相当に生じた。

２）片上中継ポンプ場系

関門海峡に沿って南北に細長く、背後は海岸線に向い急傾斜している。小森江排水区の汚水と遮集幹線により、門司排水区から流下してきた汚水をポンプ加圧により門司港、新町、遮集幹線中途まで送水し、その後、自然流下により新町処理場まで導くものである。送水管は、国道199号線の歩道および車道に、土被り 1.2～1.5ｍの開削施工により布設された。

３）浅野町中継ポンプ場系

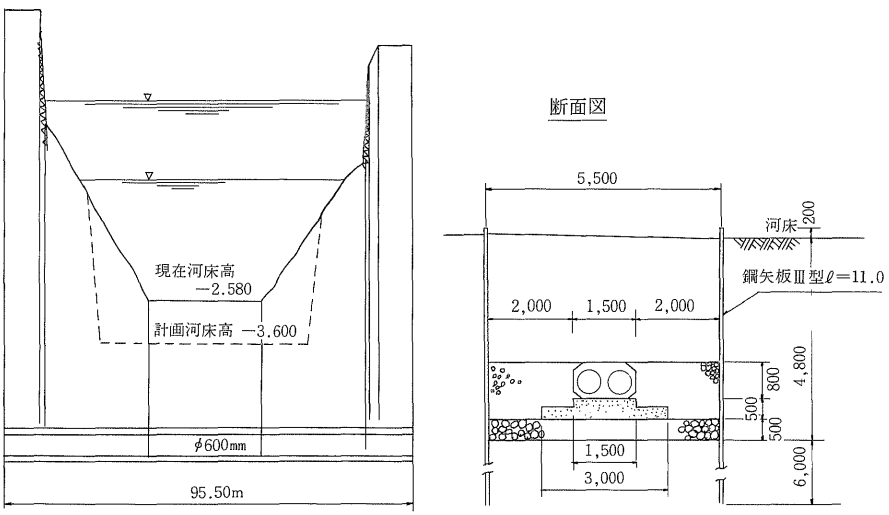
紫川、砂津川、神獄川に挟まれた平坦な商業地区を、浅香幹線および魚町幹線に合流式として、下水を収容して当ポンプ場に流下し、雨水は響灘に放流し、汚水は板櫃の旭町幹線までポンプ加圧送水し、その後、自然流下で勝山幹線を経て、港町中継ポンプ場へ流入するものである。

圧送管には、ダクタイル鋳鉄管Ｋ形２種を２条、199号線および紫川、右岸道路に開削布設した。魚町の西日本鉄道の横断は、電食防止などを配慮して、ヒューム管２条を25m推進し鞘管とした。内径は、土被りの関係で1,350㎜とした。紫川横断については、都市の美観上、その他により水管橋架設占用の許可が認められないため、勝山橋上流を伏越とし、計画河床下、土被り２ｍとして沈埋工法により施工した。図－３の通り、95.5ｍの河幅底に11m鋼矢板Ⅲ型を仮設桟橋より打込み、幅5.5ｍ、深さ 4.8mの水中掘削を行い、厚さ500㎜の栗石敷均をし、管枕鉄筋コンクリートブロックを据付け、その上に圧送管を布設した。

圧送管は鋼管（６ｍもの）とし、継手はフランジを採用、中心間隔700として２連、1.5×0.8mの寸法で、鉄筋コンクリート巻きして、管端500㎜を残して５ｍ防護した管を吊り込んで水中布設し、ボルト締めを行った。

管頂まで砕石埋戻してモルタルグラウトを施し、その後、河床まで埋土を行い完了となった。水中布設の際は河川流勢と潮流とが打ち消しあい、流速が零となる短時間内で作業せねばならず困難であった。また、河床掘削後は浮泥が落ち込み、処理が難しく手間取った。沈埋工としては、水中作業経験者でなければ困難である。

図－３　縦断面図



4）神獄中継ポンプ場系

小倉排水区の東部の足立山系より、急傾斜で平坦部に連なる地形をなしており、合流にて高坊幹線で取込み、雨水は神獄川へ放流し、汚水を大手町中継ポンプ場へ圧送する。圧送管は現在計画中で、路線、口径、延長管種などは決定していない。

5）城野中継ポンプ場系

国鉄日豊本線と紫川に挟まれた平坦地の、小倉排水区の一部下水を収容して、雨水は紫川へ放流し、汚水を大手町ポンプ場へ加圧送出する。圧送管については現在計画中で、それぞれ決定していない。

6）港町中継ポンプ場系

浅野町中継ポンプ場、および大手町中継ポンプ場より圧送された汚水と、金田幹線により収容された板櫃排水区の一部の汚水は、当ポンプ場より日明幹線まで圧送して、その後、自然流下により日明処理場まで流送される。当ポンプ場より、国道199号線までの一部172m分は道路幅（4m）が狭く、掘削断面が限定され、将来、民地側に高層建築が考えられ施工困難を予想された。そこで今回、将来計画の内径1,350㎜管と共に、1,200㎜管を並列布設したが、継手部作業間隔がとれないため、ダクタイル鋳鉄管U形2種をそれぞれ採用した。引続いて、562mは道路幅（6m）は十分で、交通量がほとんどない道路であり、管種比較を行った結果、施工時間を要するが、経済的な合成鋼管1種を採用して施工した。

199号線は、土被り1.2～1.5mにて開削工事として、ダクタイル鋳鉄管K形2種を使用した。中途、板櫃川横断があったが、水管橋（3スパン全長100m）は鋼管で、第1橋梁下流側を上越横断した。

7）南小倉中継ポンプ場系

板櫃排水区の国鉄日豊本線より西側の下水を瑞穂幹線を経て、雨水は紫川へ放流し、汚水は当ポンプ場で中継、加圧して清水幹線にて板櫃主要幹線へ圧送し、日明処理場へ流送する。圧送管は、内径500㎜ダクタイル鋳鉄管A形2種を條崎から戸畑線の車道に、土被り1.5mで開削布設した。

8）大手町中継ポンプ場系

小倉排水区の紫川右岸、および神獄川左岸の平坦地を合流により、三萩野幹線、貴船幹線に収容し、紫川左岸の当ポンプ場に送り込み、雨水は紫川に放流し、汚水を板櫃排水区の勝山幹線まで加圧送水する。圧送管には、内径1,200㎜ダクタイル鋳鉄管K形2種を土被り1.5mにて開削布設した。

9）都島中継ポンプ場系

戸畑排水区の天籟寺川、および鹿児島本線に囲まれた山手から急傾斜で平坦部に連なる区域を合流により下水を収容し、雨水は天籟寺川に放流し、汚水はポンプで加圧して内径600㎜ダクタイル鋳鉄管A形2種で八幡戸畑幹線道路まで送水し、自然流下で弁天中継ポンプまで導くものである。圧送管は、天籟寺川はトラス橋を設け、ダクタイル鋳鉄管を鋼製バンドで固定して横断したが、他は土被り1.2mで開削布設された。

10）弁天中継ポンプ場系

戸畑排水区の南から北流する天籟寺川の両岸一帯の住宅地、および背後の区画整理事業により、宅地化された丘陵地の汚水を取込んで天籟寺川右岸に布設された沖台幹線に流下させ、右岸、東側の汚水を収容しながら当ポンプ場に至り、雨水は天籟寺川へ放流し、残留汚水と、都島中継ポンプ場から圧送された汚水を幸町の戸畑幹線着水井まで加圧送水するものである。管は内径700㎜ダクタイル鋳鉄管A形2種を、八幡戸畑幹線道路の歩道を土被り1.2mで開削布設した。

11）鳥旗中継ポンプ場系

戸畑排水区の鹿児島本線より洞海湾側の旧市街地の下水を合流式にて、当ポンプ場に流下させ、雨水は洞海湾に排除し、汚水は幸町の戸畑幹線着水井まで圧送し、自然流下によ

り日明処理場まで導くものである。圧送管は、内径350㎜ダクタイル鋳鉄管A形２種を開削布設した。

12）枝光中継ポンプ場系

枝光排水区の一部で東側が高台で、西に向って斜面に市街地が形成され、鹿児島本線沿いが平坦地になっており、流下してきた汚水は、当ポンプ場で加圧送水して諏訪中継ポンプ場へ導いた。圧送管は、上流645mは内径400㎜ダクタイル鋳鉄管A形２種を使用し、下流側396mはヒューム管A形２種管を使用した。施工は、鋳鉄管について昭和45年度に施工し、産業道路的な八幡～戸畑幹線道路の横断の二カ所はヒューム管（推進用特圧管、内径900㎜）を推進し鞘管とし、他は開削施工とした。下流側ヒューム管は、昭和36年頃に道路改良、先行とし開削布設したが、土被りは歩道部は1.2m、車道部は1.5mであった。

13）諏訪中継ポンプ場系

枝光中継ポンプ場東側と同じ地形で、山手部の汚水の流入および枝光からの圧送汚水を当ポンプ場より中央町２丁目国道３号線まで圧送し、自然流下により前田中継ポンプ場まで導くものである。圧送管は、ほとんど歩道直下を土被り1.2mで開削布設され、内径600㎜ダクタイル鋳鉄管A形２種が使用された。

14）前田中継ポンプ場系

南に皿倉山權現山の山地をひかえ、北方に向って傾斜しており、鹿児島本線沿いの地域が平坦地となっている尾倉排水区の汚水を収容し、枝光諏訪ポンプ場から圧送された汚水とを、国道３号線に沿って桃園町まで加圧送水し、自然流下による藤田ポンプ場へ導くものである。圧送管は、内径1,000㎜のB形３Kヒューム管を土被り1.5mにて開削布設し、現在まで破損などの事故は全然生じていない。

15）藤田中継ポンプ場系

帆柱山、河頭山の山地を南にひかえ、北方に向ってゆるやかに傾斜している黒崎排水区の汚水と、東部の枝光、尾倉排水区より圧送された汚水を皇后崎処理場へ加圧送水するものである。

圧送管は、昭和34年頃に内径800㎜の３Kヒューム管を道路敷を離れて、工場敷地付近に土被り1.2mにて開削布設されたが、故障事故は生じていない。さらに、１条を昭和43年に内径900㎜管を、上流側からヒューム管A形３K管を75m、ロックラーB形２K管を809m、ヒューム管A形１K管666mを内径800㎜管に隣接して開削布設した。皇后崎処理場そばの割子川横断は、800㎜、900㎜とも伏越し施工であったが、現在まで損傷事故は全く起こっていない。ただ、ポンプ運転の断続稼動によって空気弁のボールにゴミが詰まり完全閉塞せず、路上溢れがたびたび起こり、改良の必要がある。

16）則松中継ポンプ場系

小嶺排水区および則松排水区の中央を南北に金山川が貫流し、両岸はかなりの勾配で丘陵地を形成している。丘陵住宅地からの汚水は、金山川に沿って布設された金山幹線に収容され、当ポンプ場から皇后崎処理場まで圧送される。ポンプ運転は昭和51年５月開始予定で現在施工中であり、圧送管は、下流側920mはダクタイル鋳鉄管K形２種ならびに３種管で施工済みであり、上流側2,160mについて、金山川横断は水管橋とするか伏越しとするか、また国道３号線縦走、鹿児島本線横断など、管種、施工法とも経済性、施工性および管理面から現在検討中である。

17）折尾中継ポンプ場系

国鉄折尾駅を中心に家屋が密集した旧市街地と、国道199号線北側に開拓された住宅団地からの汚水を国道直下に築造された折尾幹線に収容し、当ポンプ場に流下させ、一部合流の雨水を新掘川へ放流し、残溜汚水をポンプ加圧により皇后崎処理場に送水するものである。

圧送管は、内径500㎜ダクタイル鋳鉄管K形３種を２条、車道部に土被り1.2～1.5mにて開削布設中であり、掘川横断は水管橋（３スパ

ン×20m＝60m）として施工中である。当ポンプ場圧送直後の新掘川も同様、水管橋（スパン20m）として、２条設計中である。

18）本城中継ポンプ場系

二島排水区の畠田幹線、および本城排水区の碇地幹線の汚水を取込む東中島中継ポンプ場は、現在計画中であるが、それより圧送された汚水、および金手川流域を収容する本城幹線から流下した汚水は、本城中継ポンプ場で加圧され、掘川を横断して皇后崎処理場まで圧送される。

圧送管は、内径600㎜ダクタイル鋳鉄管K形３種を２条928m現在施工中で、掘川横断は河川両岸の地下埋設物の関係で、本城橋より洞海湾側となり、当箇所は河床より8mがヘドロ層の堆積があり、開削推進などの伏越しは工法的に困難であるので、上越で設計中である。

水管橋は、第１橋梁（本城橋）径間から２径間に限定され、構造上不可能である。したがって、現在ランガートラスとして検討中で、維持管理面を重視して鋳鉄管を２条並列載荷させる予定である。

19）中川中継ポンプ場系

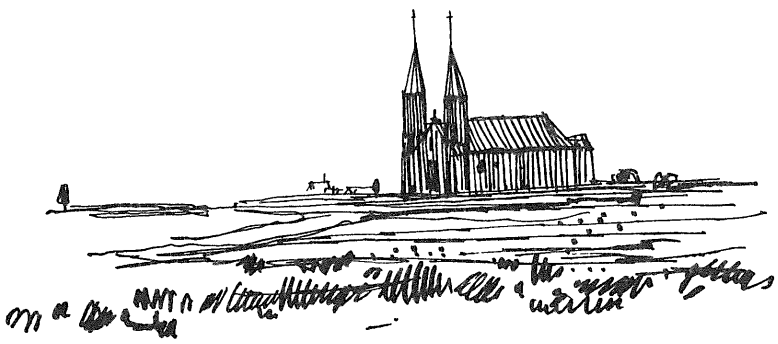
高塔山から海岸線に向ってゆるやかに傾斜し、それに新地幹線が設けられ、汚水を収容して若松港岸壁付近に設けられた当ポンプ場に流下し、ポンプ加圧して浜町２丁目若松区役所前の若松主要幹線まで送水され、北湊処理場へ自然流下により導かれるものである。圧送管は、内径350㎜ダクタイル鋳鉄管A形２種を517.3m車道下土被り1.2mの開削施工で布設された。

20）藤ノ木中継ポンプ場系

洞海湾の海岸線に向い、かなりの勾配で傾斜した地形に沿って流下する汚水は、国道199号線の藤ノ木主要幹線に上流側の東二島排水区の汚水とともに、古前町の国道横に築造される当ポンプ場に流入し、ポンプ加圧により若松排水区の白山１丁目付近まで送水し、自然流下により若松主要幹線を経て北湊処理場まで導かれるものである。汚水圧送管は、内径500㎜ダクタイル鋳鉄管A形２種を２条国道199号線の車道下、および一般道の車道に土被り1.2mにて開削布設した。なお、一般道部分は道路幅員（４m）が狭く、地下埋設物（ガス管、水道管）が多いので、公共下水道管（内径250～600㎜）については、同時施工で圧送管の上部に施設を行った。

あとがき

以上、当市の下水道圧送管についての概略を述べさせていただいたが、今回は中継ポンプ場と圧送管にとどまり不十分で申訳ないと思っている。なお、今後は施工性、経済性、維持管理などあらゆる面から圧送管種について検討、配慮し、決定採用していく予定である。



ダクタイル鋳鉄管第16号

昭和49年5月

技術レポート《1》

U形ダクタイル鋳鉄管（φ2200㎜）の並列推進工事の概要

埼玉県企業局水道建設事務所
工事第一課長　藤田恒二
保全課長　長尾政秋

1．はじめに

本県の水道は、これまで地下水源が容易に求められてきたため地下水源に依存してきたが、東京都を中心とした首都圏地域の発展にともない県人口もこれまでにない急激な増加を示し、生活用水、工業用水など県内の水需要は爆発的な上昇をたどってきた。その結果地下水位の低下、さらに地盤沈下という問題がおきてきた。

そこで、これらの地域の給水対策と地盤沈下防止のため、昭和36年度から草加市を中心に東部第一工業用水道事業を開始し、引続き昭和38年度より大宮市以南の浦和市、川口市など県中南部に給水するため中央第一水道ならびに工業用水道事業をおこし、一期拡張も含め昭和50年度目標に40万㎥/日の生活用水、25万㎥/日の工業用水を河川表流水にもとめ、すでに昭和43年度より給水を開始しているが、さらに県東部ならびに県西部にもこれら中央部に同じく、地下水の低下による不足が生じはじめ、昭和45年度より東部第一水道と、西部第一水道として二事業を同時に開始し、昭和55年度目標で東部第一が35万㎥/日、西部第一が50万㎥/日の計画にて、うち49年度より一部給水を目途に現在建設中である。

2. 管種ならびに工法の選定

本県の水源は、水資源開発公団で施工された下久保ダムをはじめ利根川水系のダム群の貯水池をたよりに江戸川より、あるいは利根大堰より武蔵水路をへて荒川に流域変更された水を取水し水源としている。

表題のダクタイル推進管工事は、西部第一水道50万㎥/日分とこれから増設する中央第一(二拡)の40万㎥/日分合せて、90万㎥/日の導水管として計画したものである。まず管の選定については、取水口より着水井まで延長約1,400mあり、その間に荒川左岸堤をはさんで大きく二分されるために、河川敷側は推進用コンクリート管を埋設し、堤内地については洪水時のジョイントからの漏水などの不安があるため、鋼管またはダクタイル鋳鉄管になってきたが、工事工程の関係で鋼管では製作納期および現場接合での関係でダクタイル鋳鉄管に決定した。

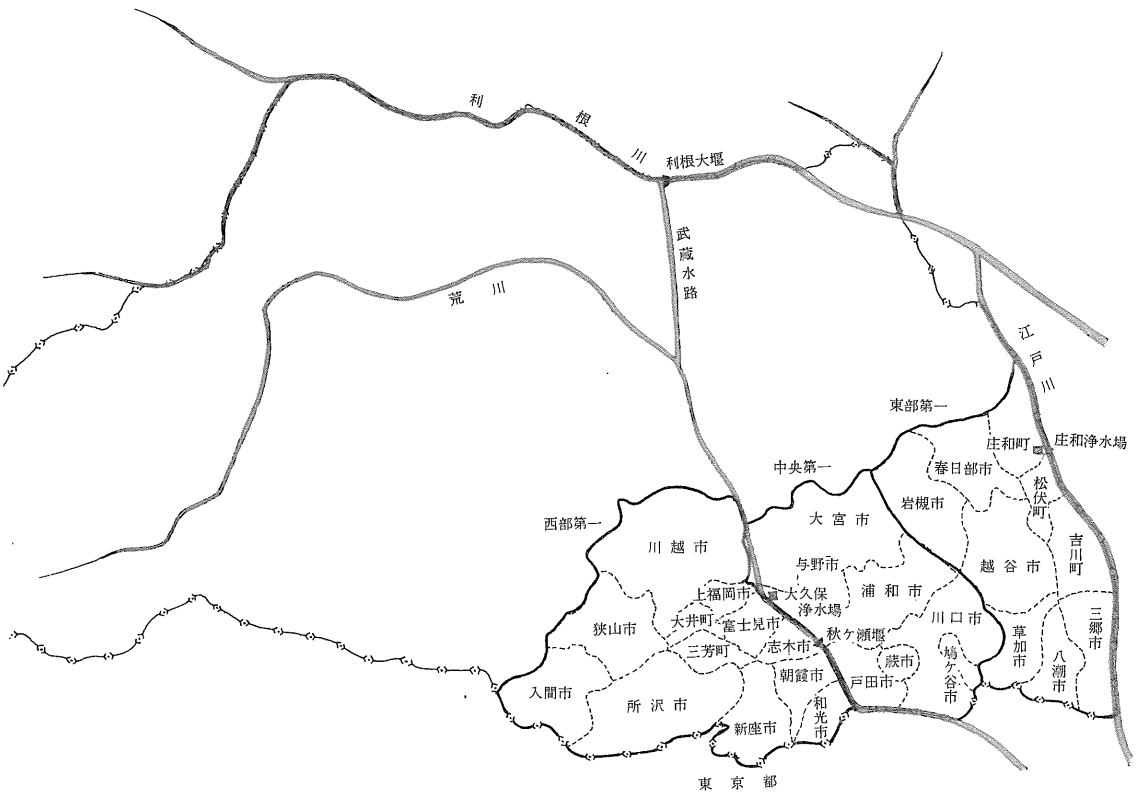
工法については、中央第一の創設工事のときには管径1,800mm２条を延長1,400m程、開削工法で布設したが、用地および借地などで難行したのと、施工上で予想以上に難行したために、今回は地盤改良による開削工法、あるいはシールド工法または普通推進工法と検討し、前記の用地問題も含め、工費はもとより、工期の点で泥水式推進工法を採用した。

3. 工事概要

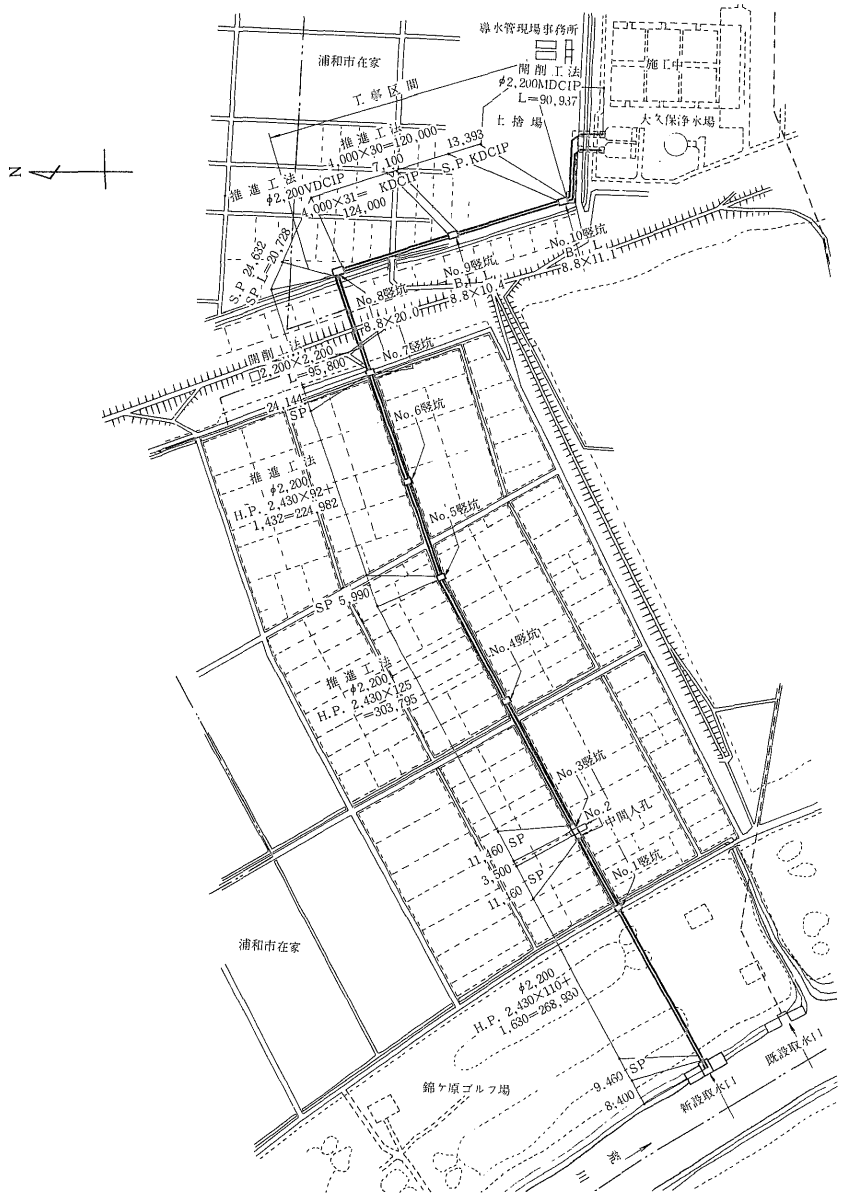
本工事は、埼玉県企業局が西部第一水道用水供給事業計画の一環として、取水口から荒川の原水を取り入れるため、２連に布設する内径2,200mmのダクタイル鋳鉄管内を自然流下で現在施工中の大久保浄水場へ導水する工事である。

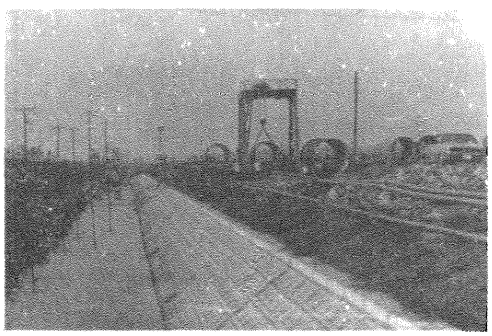
この導水管は、ダクタイル鋳鉄推進管を使用し、推進工法にてφ2,200mm×278.8m×２連を布設する。

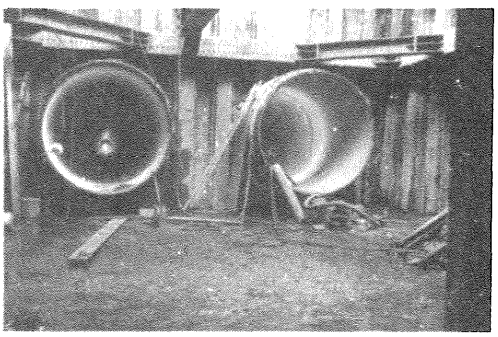
図－１　埼玉県事業別給水地域図



図－2　48西第205号導水管布設および送水管布設工事現場一般平面図







4. 土質と問題点

この付近一帯は、荒川流域内で河川によって流された土砂が堆積した沖積低地（荒川低地）に位置し、地質縦断図(図－３)に示すように、粘性土と砂の互層であり、施工区間の位置では、表土1.0～1.5m の下に約4.0～7.0 m のシルト層が一円に覆っている。シルト層の下部は、約5.0～10.0mの厚さでゆるい細中砂層となっている。この下には、また、シルト層と砂層が互層に堆積して、基盤としては深度約25～30m位の地点の洪積層であると考えられる。

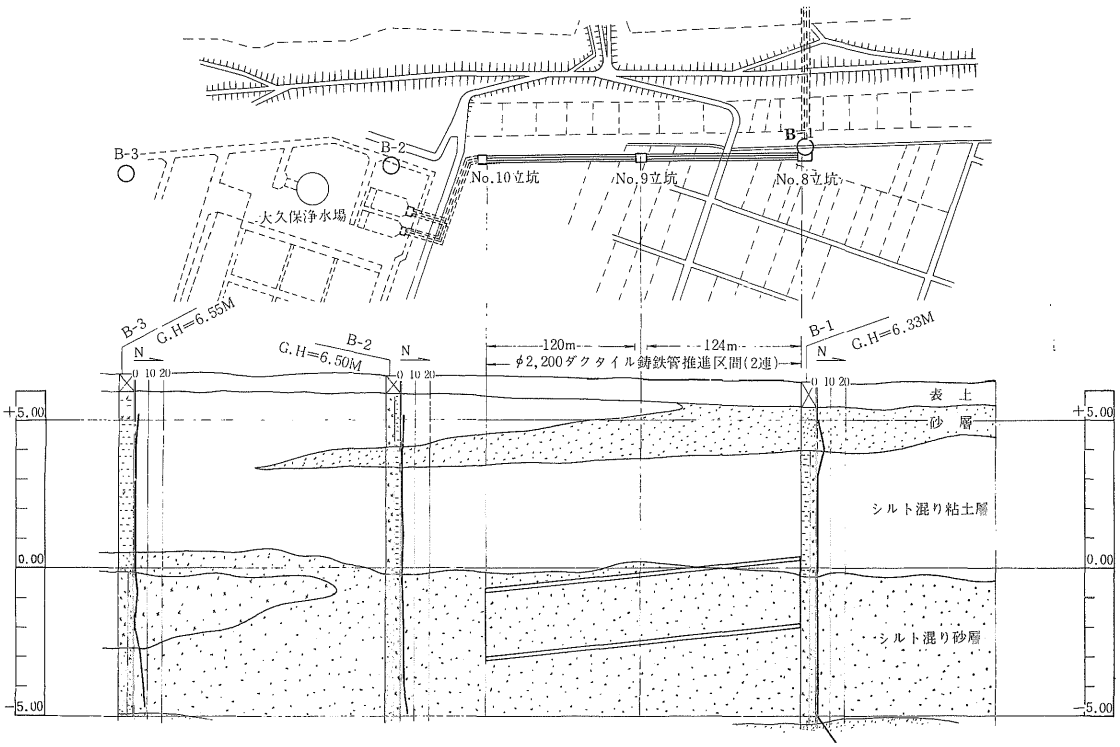
とくに、今回の管を布設する地点は、上部シルト層とゆるい砂層をはさんだサンドイッチ部で、N値０～５、含水比65%以上、飽和度95%以上と非常に鋭敏比が高く、また、地下水の高い地盤である。なお、砂層は粒径の均一な細中砂であり、透水係数1×10^{-3}cm/sec以上で透水性に富んだ地盤で自立性に乏しく、クイックサンド的に崩壊が起こりやすい地質である。

このような地質において、開削工法を行なうには、既設の導水管布設においてもみられたように地盤改良を行なわなければ施工には危険性を伴うことと、水田地帯のため、工期的には、秋の取り入れ後に工事を着工し、12月末までに完了させるという制約があり、またシールド工法で行なうと、設備と掘進に時間を要することなど、種々検討した結果、泥水加圧式推進工法にて管を布設することになった。

なお、この地質において推進工事を施工するには、大きな問題点があった。

第１に、環流泥水の安定性と泥水圧の調節によって、推進に伴う地山の崩壊をいかに防止するかである。ここにおいては、地下水圧が、シールド切羽で0.4kg/cm²であるので、６個の手動バルブと送水量の調節によって、泥水圧を常に0.45～0.55kg/cm²に保った。また、安定液の混合と泥水の沈澱処理については、場所的に恵まれた関係で、適切に処理することができた。

図－３　調査位置平面図および地層縦断図



第２に、並列推進でのダクタイル鋳鉄推進管の間隔である。先行管が、後行管の推進施工にどのような影響を与えるかである。ここにおいては、左右押管間隔を1.50mとして施工した。

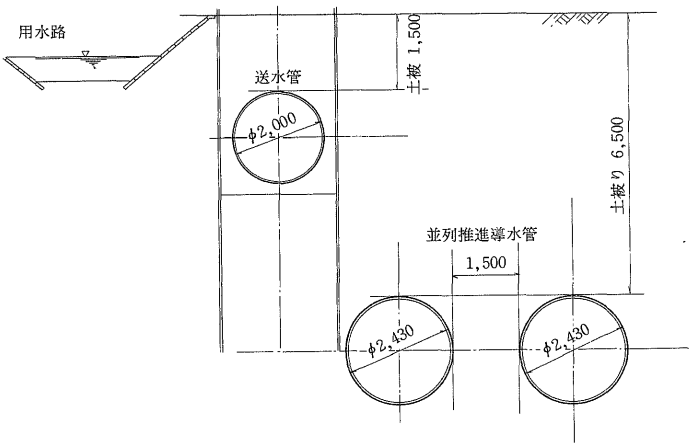
第３に、実質工期が10月末～12月末の３カ月であるので、推進工事期間を11月～12月の２カ月間とし、推進１スパンを15日の工程とした。

第４に、ダクタイル鋳鉄推進管の継手が、ボルトで剛結であるので、推進の蛇行修正が可能かどうか、かつ１スパン120mで約55cmのレベル差で施工しなければならない。

第５の問題点として、新設した護岸のある用水路に沿って、また、推進施工後、推進管の上部に送水管φ2,000mmを開削工法で布設するので、後日、地盤沈下、陥没などの被害を起こさないようにしなければならない。

以上のような種々の条件のもとに、入念に施工した。

図－４　並列推進施工断面図



5. 施　工

1）泥水加圧式推進工法とシールド機械

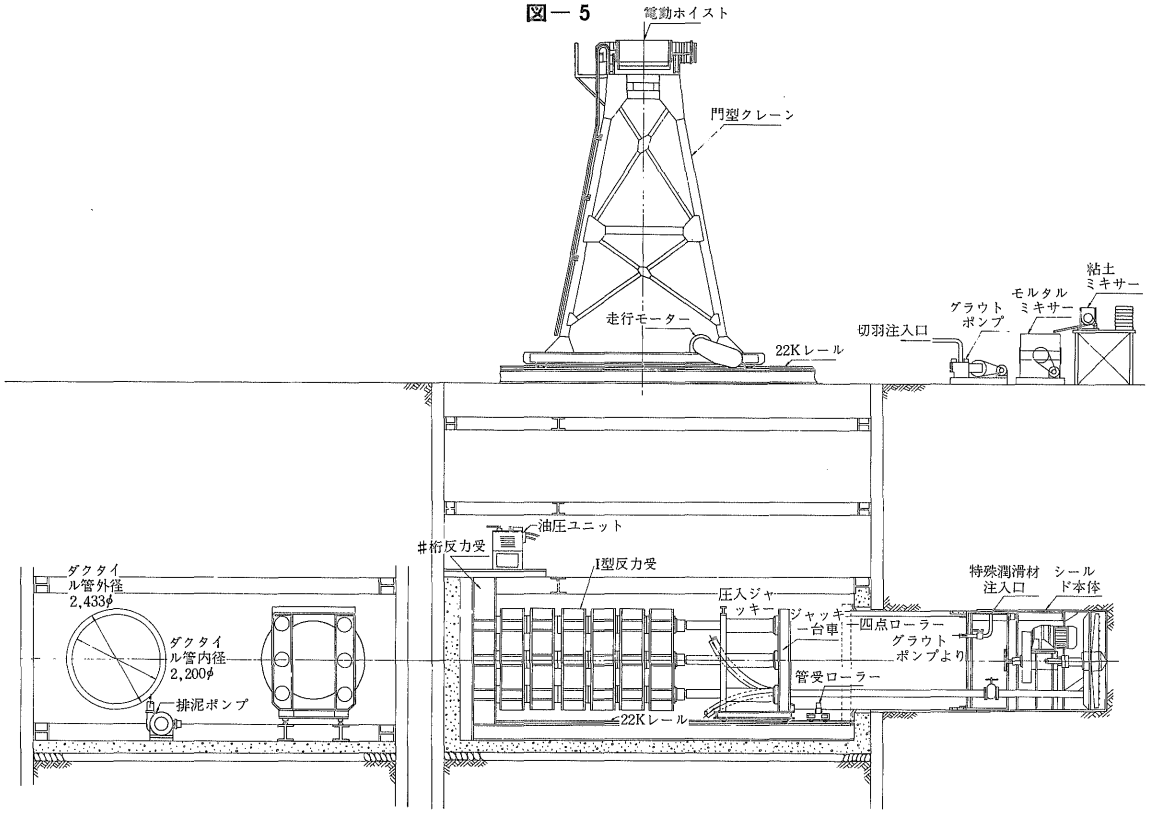
本工法は、メカニカルシールドを用いた泥水加圧環流式推進工法で、前面の掘削室に加圧した泥水を送り地山の地下水をこの加圧水で抑え、かつカッター板で切羽の地山を押えながらカッター板の回転によって、地山を切崩し、加圧泥水の環流によって、掘削した土砂をトンネル外に流体輸送するメカニカル機構である。

シールド掘削機は、隔壁で密閉した前方掘削室、中間機械室とテール部運転操作室に分かれている。掘削室は、カッター板と泥水による掘削土砂の環流装置が組込んであり、機械室には、外周にシールドジャッキを配置し、内部にはカッター回転機構および油圧装置などを装備し、テールには環流水の調節装置を有し、管に接合する特殊接続管を取付けている。シールドジャッキの反力をこの単管で受け、テールと自由に摺動しながら、止水を行ない、かつこれに取付けた注入孔から管の背面に減摩材を一定の圧力で連続的に注入する。

なお、発進竪孔内には管の圧入装置として、ジャッキ、台車および管受台車をレール上に据付けて管の末端をジャッキ台車の先端で受け、後方の固定反力受けに、ジャッキ台車に取付けてある圧入ジャッキを当て、油圧操作によってジャッキをストロークさせることにより管を前方に圧入する。ジャッキストロークが一杯になったら、ジャッキを引込め、このスペースに移動式の反力受けを入れて、順次管を地山に圧入させる工法である。

当現場では、細砂層の軟弱地盤であることを考慮して、シールド機械の次の点を工夫した。

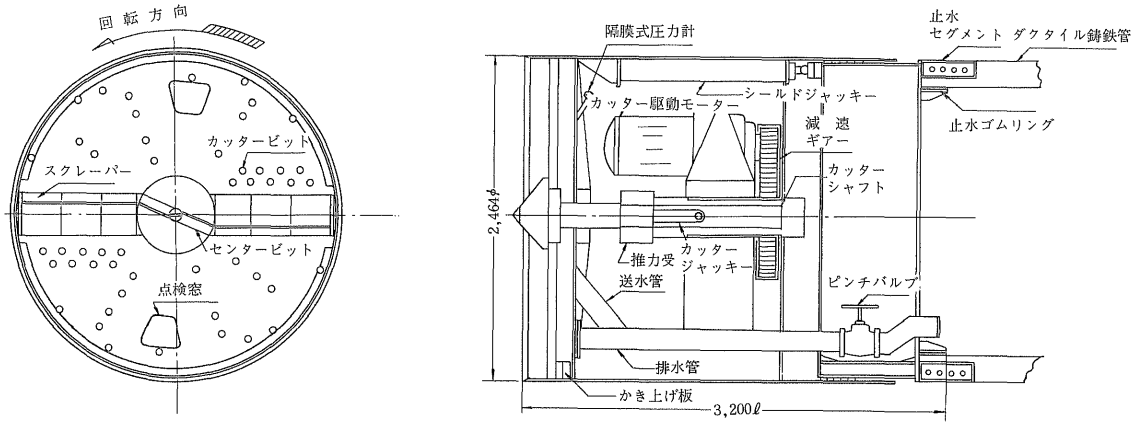
図－5



機　械　仕　様　表

名　　称		主　要　仕　様	出　力
シールド掘削機		OCMS－A型　2464φ×3200ℓ	
		カッター駆動電動機　15kw×6P＝2台	30kw
圧入設備	圧入ジャッキー	大阪J　200t×800St＝6～8本	
	ジャッキー台車	鋼製移動式	
	油圧ユニット	大阪J　10連	
	I型反力受	鋼製吊下げ横行式＝6組	
	井桁反力受	鋼製	
	移動管受ローラ	〃	
	四点支持ローラー	〃	
環流設備	送水ポンプ	630SDK　6吋　2.5㎥/min　H＝15m	22kw
	排泥ポンプ	古河スラリー　6吋　4.0㎥/min　H＝40m	37kw
	鉄管	送排水用　6吋	
注入設備	粘土ミキサー	カガノイ式	2.2kw
	モルタルミキサー	上下二槽式	3.7kw
	グラウトポンプ	MG－15h　2吋	11kw
	鉄管	注入用　2吋	
その他	門型クレーン	15t×5m	
	同上ホイスト	三菱　15t	
	レール	22K　門型及圧入用	

図－6　全体組立（2464φOCMS－Aシールド）



仕様表

形式	OCMS－A形	カッタージャッキー	10t×150st～2本　常圧225kg/cm²
シールド本体寸法	外径2,464φ×全長2,800ℓ	〃　推進速度	前 90cm/min　後 180 cm/min
掘進能力	2～3m/hr	全上用油圧ポンプ	可変吐出形 吐出量0～8ℓ/min　最高(連続)圧力246kg/cm²
カッターヘッド直径	2,366φ	〃　電動機	日立全閉外扇E種 3.7kw×6P
〃　回転数	3.7r.p.m	運転操作盤	カッター用(正逆)油圧ポンプ用押釦スイッチ
〃　トルク	常用 7.7t-m		全上用マグネットスイッチ電流計
〃　駆動電動機	サイクロモーター　EFM20－61－1/59　15kw×2台	油圧操作装置	手動4方切換弁、安全弁、圧力計
シールドジャッキー	50t×850st～8本　常圧 250kg/cm²	給油装置	電動式集中潤滑装置(グリース)
〃　推進速度	前 5.0cm/min　後 14.7cm/min	方向測定装置	気泡式傾斜計　スラントルール
電源	200V　3φ　50Hz	泥水圧測定装置	隔膜式圧力計

①　カッター板とカッタースリット

カッター板の摩耗防止のため、多数のビットを配置し、カッター刃を特殊合金で伸縮自在とした。また、軟弱地盤で流動性土砂と考えられるので、スリットゴムも地層によっていろいろと取替え可能な装置とした。

②　カッター回転とトルク

掘削土が細砂と考え、回転トルクは、

経験式　$T=D^3\times0.5$より

7.7t-m(15kw×2台)と設計したが、実績では75～80%であった。

③　シールド単管とダクタイル鋳鉄推進管の接合部の止水性

シールド本体と単管の止水パッキンには、グリスコットンを使用し、単管とダクタイル鋳鉄推進管の継手止水にはセグメントを塡込み、ゴムリングを二重に取付けて止水した。

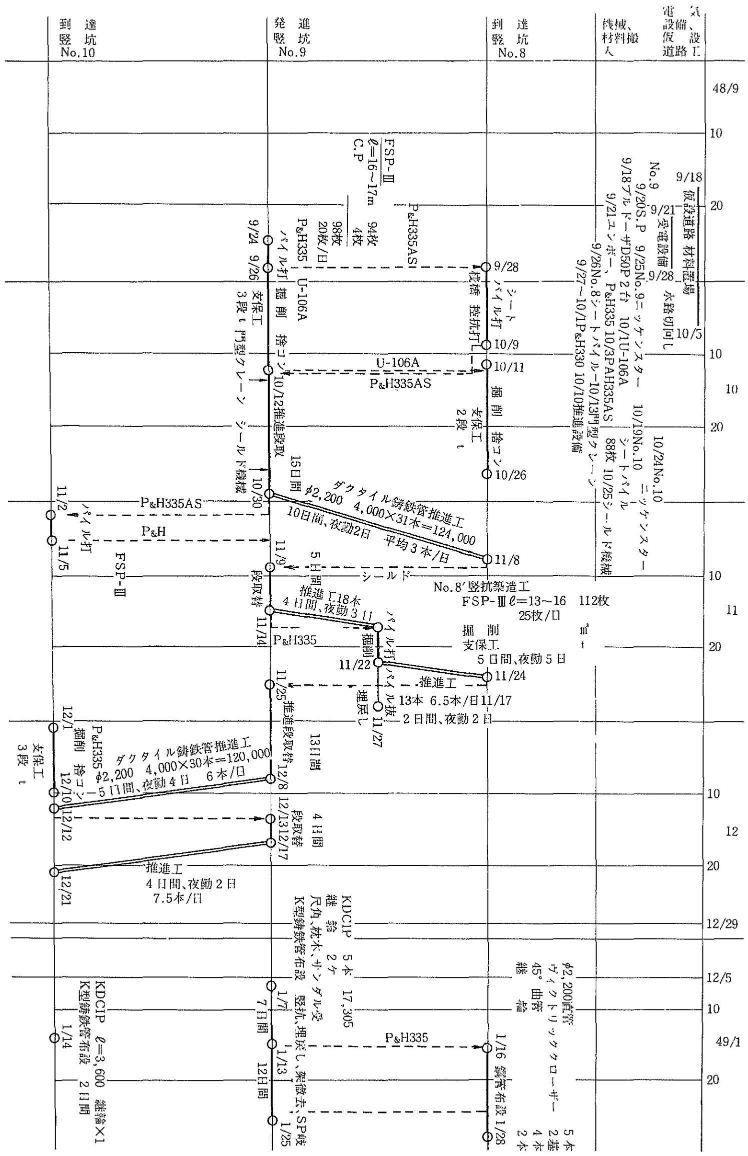
2）施工サイクルと施工実績

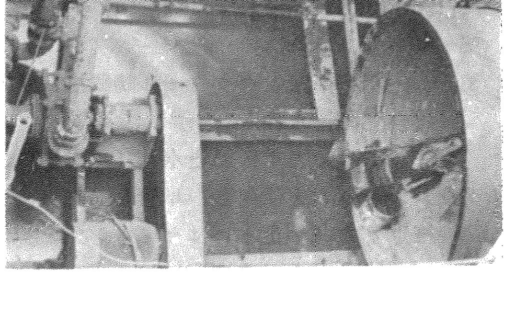
推進段取りを含め、推進期間は、実質2カ月間と限られていたので昼夜連続施工とした。実績表のごとく、機械のトラブルがあったにもかかわらず順調に予定どおり終了した。

作業員が慣れてくるにしたがい能率も上昇し、1スパン(30～31本)を約5～6日間で貫通した。また、掘進速度は平均25～28m/日、最大40m/日であった。ダクタイル鋳鉄推進管の接合では、外周フランジボルト合せ、および建込みに30分、管内のボルト締付けに約1～1.5時間必要であった。ダクタイル鋳鉄推進管1本の推進時間が3時間と比較すれば、接合に要する時間が大きなウエイトを占めている。

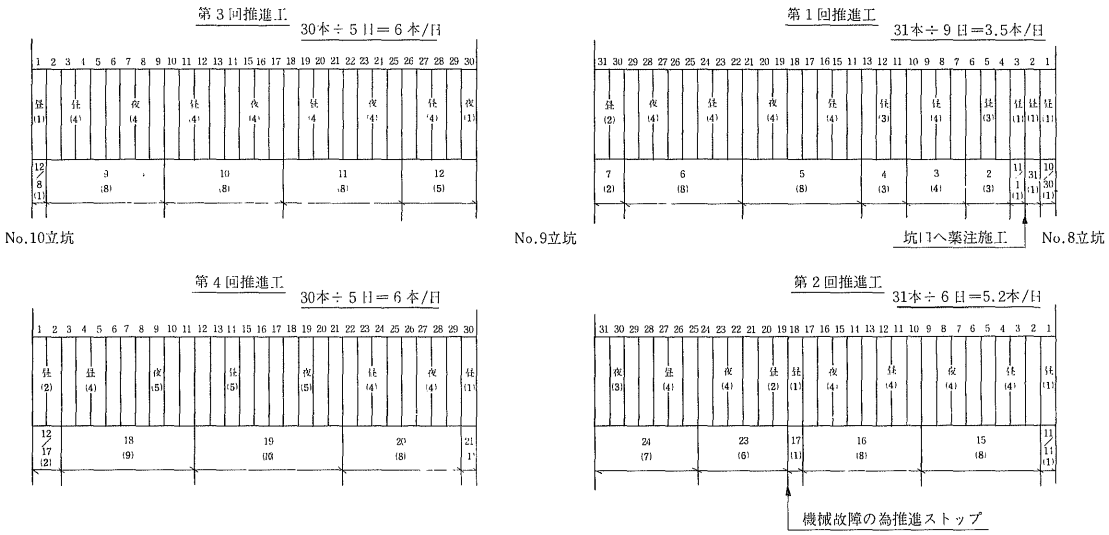
今後この継手部の時間の短縮が、また改良が大きな課題となると思う。

図－7 工程表

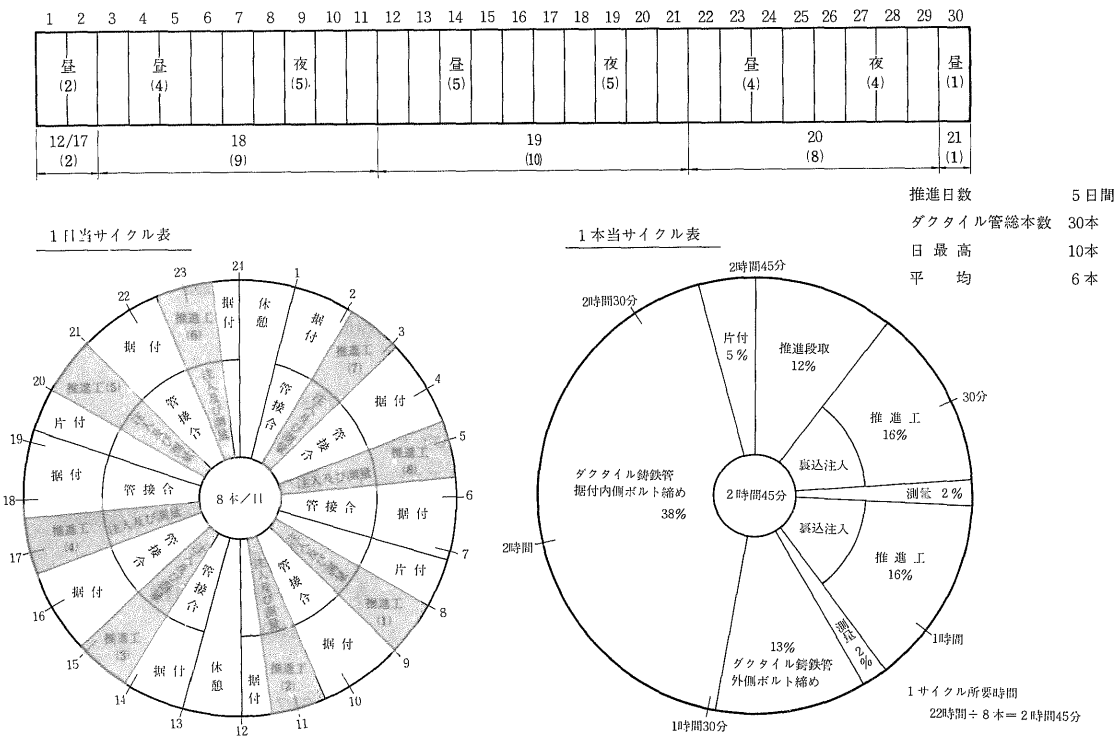

到達竪坑 No.10
発進竪坑 No.9
到達竪坑 No.8
機械、材料搬入
電気設備、仮設道路工
48/9
49/1
12/29
12/5
仮設道路 材料置場
受電設備
水路切回し
ダクタイル鋳鉄管推進工
φ2,200 4,000×31本=124,000
10日間、夜勤2日 平均3本/日
ダクタイル鋳鉄管推進工
φ2,200 4,000×30本=120,000
5日間、夜勤4日 6本/日
No.8′竪抗築造工
FSP-Ⅲ ℓ=13~16 112枚
25枚/日
推進段取替
段取替
推進工
4日間、夜勤2日
7.5本/日
KDCIP 5本 17,305
継輪 2ケ
尺角、枕木、サンダル受
K型鋳鉄管布設 竪抗、埋戻し、架徹去、SP岐
φ2,200直管 5本
ヴィクトリッククローザー 2基
45° 曲管 4本
継輪 2本
1/16 鋼管布設 1/28
KDCIP ℓ=3,600 継輪×1
K型鋳鉄管布設 2日間
FSP-Ⅲ
ℓ=16~17m 94枚
C.P 4枚
98枚
20枚/日
P&H335AS
U-106A
P&H335
シールド
支保工
3段 t
パイル打
掘削
捨コン
埋戻し
パイル抜



図－8　推進実績表



図－9　第4回目推進工サイクル表

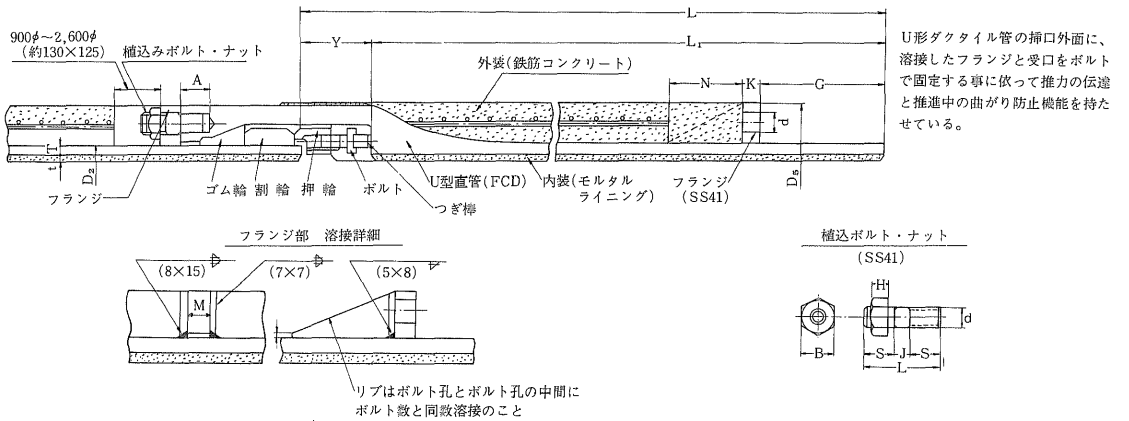


3）ダクタイル鋳鉄推進管

この推進工法に使用したダクタイル鋳鉄管は、図－10のごとく補強リブ付U－D形推進管（φ2,200mm×4,000mm）であり、先頭管4本は、竪孔内におけるK形管との取付けを考慮して、ぎし口長さを390mmとし、その部分の外装鉄筋コンクリート厚76.5mmの径差は、シールド機械後部にセグメントを取り付けることによって、管の外径を同じくすることができた。

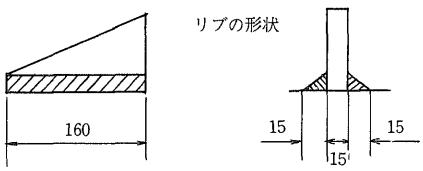
また、圧入力に対してジャッキ能力に不安があったので、土圧減少をはかるために減摩材の裏込め注入を推進中に連続して施工した。1スパン30本のダクタイル鋳鉄推進管の先頭から1～2本目、15～16本目、および27～28本目（約60mに1カ所）の3カ所にφ50mmの注入孔を設置した。この注入孔は、推進後の地山固定用モルタル注入孔にも使用した。

図－10　φ2,200U形ダクタイル管図



呼び径	管厚				ライニング厚	実外径	管長			フランジ						ボルト・ナット								重量（kg）						
D	T				t	D_2	Y	L_1	L	D_4	D_5	G	K	M	N	呼び d	A	B	H	J	L	S	数	鋳鉄管				フランジ	内装	外装
	1種管	2種管	3種管	4種管																				1種管	2種管	3種管	4種管			
φ2,200	33.5	29.0	25.5	23.0	15	2,280	115	3,885	4,000	2,368	2,433	195	32	32	160	M30	49	46	24	27	107	40	36	7,710	6,840	6,160	5,670	191	966	4,930

管の強度の点について、U形推進管の推進伝達は、フランジリブを介して行なわれるので、リブの溶接強度が問題となり、補強リブを下図のごとく取付けた。



リブ溶接部の許容推力は、

$F=n\cdot A\cdot\sigma$

ここで、n：継手部1個所当りのリブの枚数36枚

A：リブ1個所当りの断面積

$A=2\times15\times160=4,800mm^2$

σ：溶接部許容応力

$\sigma=10kg/mm^2$

$F=36\times4,800\times10$

$=1,730t$

管体の安全性については

$T=\sigma c\cdot A$

ここで、T：最大圧縮力

σc：ダクタイル管の圧縮強さ

$70kg/mm^2$

A：管の鉄部断面積

$180,517mm^2$

代入して、

$T=70\times180,517\times10^{-3}$

$=12,636t$

上記の値は、圧入力1,000～1,500tに対して小さく、強度的には問題はない。

4）並列推進工における圧入力と裏込め注入工

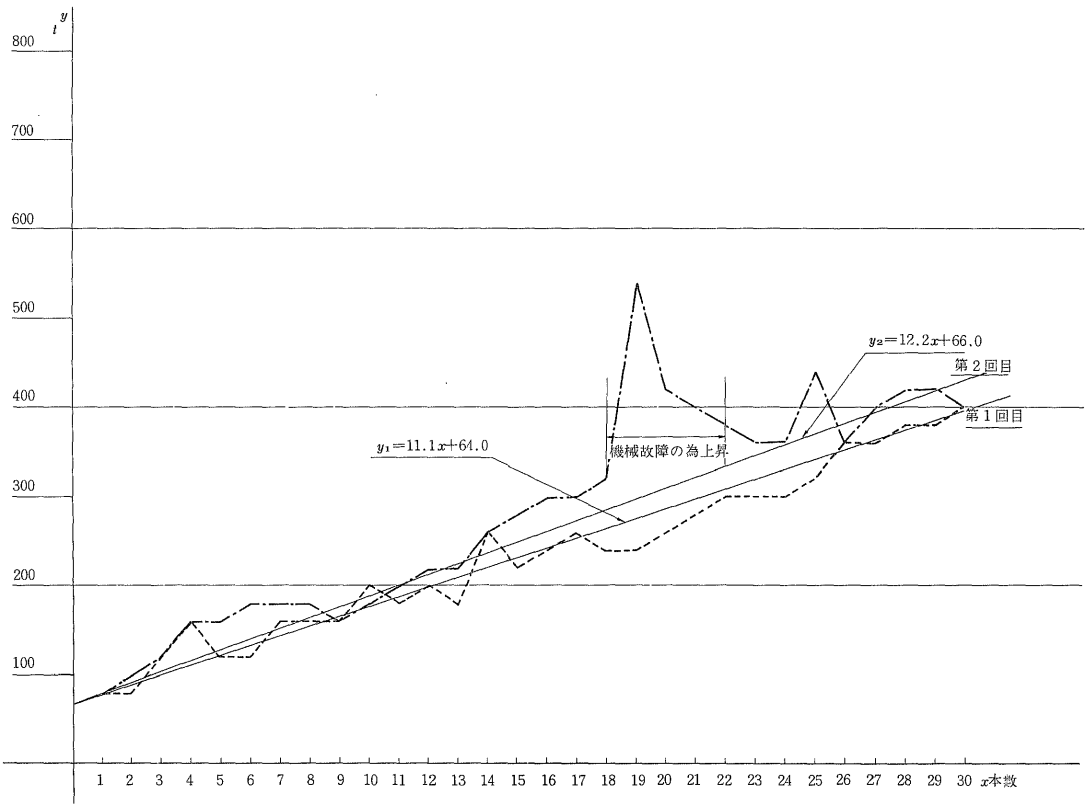
圧入力について、4スパン全部に対していえることは、計算値よりも少なかったことである。並列推進については、1回目と2回目では圧入力に変化が見られ、また、裏込め注入工の影響も大きいことがわかる。

次に、各スパンに対して比較検討する。

① 第1回推進工と第2回推進工

地層と裏込め注入工など推進条件は同じであるが、第1回目推進工において、地山が乱されていることが、図—11からもわかり、土圧変化のため、第2回目は約7.8％の圧入力の上昇が見られる。

図—11　第1回目・第2回目圧入力表



本数	第1回目		第2回目	
	測定値	直線式の値	測定値	直線式の値
5	120t	119.5t	160t	127t
10	200	175	180	188
15	220	230.5	280	249
20	260	286	420	310
25	320	341.5	440	371

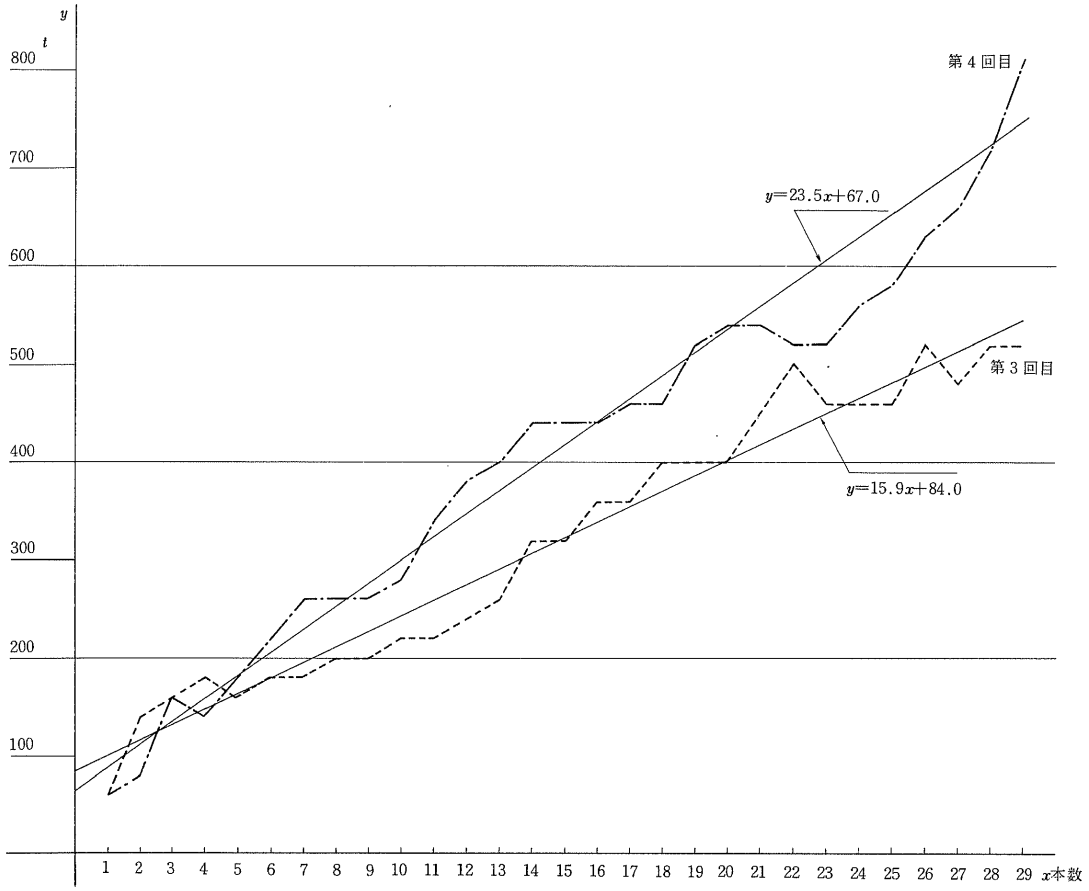
本数	平行推進による増加屯数	平行推進による増加率
5	7.5t	6.28%
10	13.0	7.43
15	18.5	8.03
20	24.0	8.39
25	29.5	8.65

平均増加率 7.8%

② 第3回推進と第4回推進工

地層と推進機械は同じであるが、第4回推進工では、減摩材の裏込め注入を施工しなかった。やはり、その影響は大きく、約27.3%の圧入力の上昇が見られる。並列推進による増加率が、7.8%あるので、裏込め効果減による。増加率は19.5%となる。

図—12　第３回目・第４回目圧入力表



本数	第３回目		第４回目	
	測定値	直線式の値	測定値	直線式の値
5	160t	163.5t	180t	184.5t
10	220	243.0	280	302.0
15	320	322.5	440	419.5
20	400	402.0	540	537.0
25	460	481.5	580	654.5

本　数	第３回目に対する第４回目増加屯数	平行推進による増　加　率	裏込潤滑効果減による増加率	総増加率
5	21.0t	6.28%	6.56%	12.84%
10	59.0	7.43	16.85	24.28
15	97.0	8.03	22.05	30.08
20	135.0	8.39	25.19	33.58
25	173.0	8.65	27.28	35.93
平均値		7.8 %	19.5 %	27.3 %

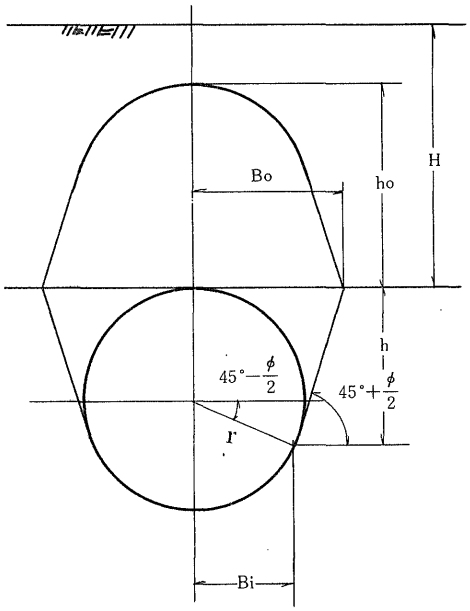
③　並列推進工における圧入力の計算

1．計算条件

(イ)　土被り高さ：6.5m
(ロ)　土の単位重量：1.6t/㎥
(ハ)　載荷重：０
(ニ)　土の内部摩擦角：30°
(ホ)　シールド機械自重：18.0t
(ヘ)　シールド機械外径：2.46m
(ト)　シールド機械長さ：3.15m

2．ゆるみ高さの計算

シールド機械掘削時の土圧は、掘削初期において、地表面までの土の重量がすべてシールド本体上部に作用するのではなく、アーチ作用により軽減される。しかるに、シールド機械に加わる土圧は、Terzaghiのゆるみ高さを求める公式を使用する。



$$Bi = r \cdot \cos\left(45° - \frac{\phi}{2}\right)$$

$= r \cdot \cos 30°$

$= 1.065\text{m}$

$$h = r\left\{1 + \sin\left(45° - \frac{\phi}{2}\right)\right\}$$

$= r\,(1 + \sin 30°)$

$= 1.845\text{m}$

$$Bo \fallingdotseq Bi + h \cdot \tan\left(45° - \frac{\phi}{2}\right)$$

$= 1{,}065 + 1{,}845 \cdot \tan 30°$

$= 2.13\text{m}$

$$ho = \frac{B_o}{K \cdot \tan\phi}\left\{1 - e^{-k\left(\frac{H}{B_o}\right)\tan\phi}\right\}$$

$$= \frac{2.13}{1 \times 0.577}(1 - 0.172)$$

$= 3.0\text{m}$

3．平均土圧の計算

鉛直土圧　$P_1 = r_t \cdot h_o$

r_t：土の単位体積重量

$= 1.6 \times 3.0$

$= 4.8\text{t/m}^2$

水平土圧　　主動土圧係数

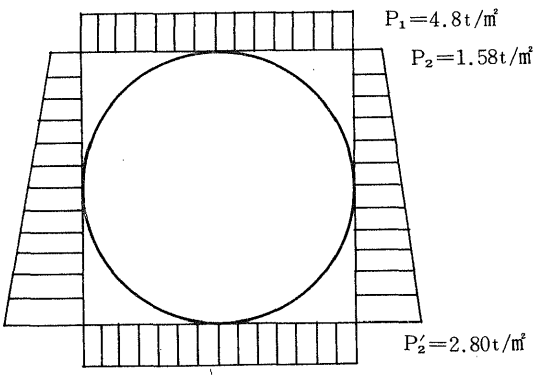
$$K_A = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi}$$

$= 0.33$

$P_2 = K_A \cdot r_t \cdot h_o$

$= 0.33 \times 1.6 \times 3.0$

土圧分布



$= 1.58\text{t/m}^2$

$P_2' = K_A \cdot r_t (h_o + D)$

$= 0.33 \times 1.6 (3.0 + 2.46)$

$= 2.88\text{t/m}^2$

$P_V = 4.8\text{t/m}^2$

$P_H = (1.58 + 2.88)/2$

$= 2.23\text{t/m}^2$

平均土圧　3.54t/m^2

4．圧入力の計算と摩擦係数の算出

いま、第4回目の推進工における最大圧入力約1,000tとシールド本体抵抗力80tの数値を用いて各摩擦係数を算出する。

(イ)　シールド本体スキンプレートと地山の摩擦力

$F_1 = \mu\{2(P_V + P_H) \cdot L \cdot D + G\}$

$= \mu\{2(4.8 + 2.23)3.15 \times 2.46 + 18.0\}$

$= 127 \cdot \mu$

μ：土とスキンプレートの摩擦係数

P_V：鉛直土圧　　t/m²

P_H：平均水平土圧　　t/m²

L　：シールド機械長　　m

D　：シールド機械直径　　m

G　：シールド機械自重　　t

(ロ)　シールド本体切羽貫入抵抗力

$F_2 = D \cdot \pi\ell\,(P_V \tan\phi + C)$

$= 2.46 \times 3.14 \times 0.2(4.8 \times 0.577 + 3.0)$

$= 8.91$

ℓ　：フード部貫入長　　m

D_1：シールド内径　　m

C　：土の粘着力　　t/m²

(ハ)　シールドスキンプレート押込抵抗力

$$F_3=\frac{\pi}{4}(D^2-D_i^2)\times P'_H$$
$$=3.14/4(2.46^2-2.38^2)\times 2.88$$
$$=0.88$$

P'_H：水平受働土圧　　t/㎡

(ニ) 切羽全面の閉塞抵抗力

$$F_4=P_H\times\frac{\pi}{4}D_i^2$$
$$=2.28\times 3.14\times 2.38^2/4$$
$$=10.14$$

(ホ) シールド機械抵抗力

$$F_s max=F_1+F_2+F_3+F_4$$
$$=127\mu+8.91+0.88+10.14$$
$$=127\mu+19.93$$
$$=80\,t$$

故にスキンプレート摩擦係数$\mu=0.47$

(ヘ) ダクタイル鋳鉄管の圧入抵抗

$$F_D=\pi\cdot D\cdot L\cdot P\cdot f$$
$$=3.14\times 2.43\times 114.3\times 3.54\times f$$
$$=3125.5\times f$$

D：ダクタイル鋳鉄管外径 m
L：推進延長 m
P：平均土圧
f：摩擦係数

(ト) 最大圧入力より摩擦係数の算出

$$Fmax=Fsmax+F_D$$
$$=80+3125.5\times f$$
$$=1{,}000t$$

故にダクタイル鋳鉄管と地山の摩擦係数 f=0.294

5．第1回から第4回推進工における圧入力と諸係数の比較

圧入と係数 / 推進	シールド本体押込力	最大圧入力	ゆるみ高	推進管と地山の摩擦係数
	t	t	m	
第1回	80	600	2.35	0.124
第2回	100	500	3.00	0.124
第3回	80	400	2.35	0.210
第4回	80	1,000	3.00	0.294

5）ダクタイル鋳鉄推進管の継手と蛇行性

継手は、φ30、SS41、L＝107の植込みボルト36本で緊結されているので、当初蛇行修正がむずかしいと予想していたが、大きな蛇行がない限り、修正が可能であった。これは、植込みボルトの締付けを90%位におさえて行なったことと、推進施工中は、常に1本当たり2回のレベル、センター測量を行ない、シールドジャッキによって調節したためと考えられる。4スパンとも設計勾配4.8%の上りおよび下り勾配で無事貫通した。

6．まとめ

今回施工した並列推進工事で考えられることは、

① 二回目に推進する時は、地山の状態が悪くなり、圧入力の増大、シールド電流、カッター圧の振幅ある変化がみられ、施工がむずかしかった。

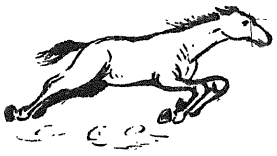
② 推進管のメガネ間隔であるが、今回は、1.50m(φ2,200管径の61%に当たる)で施工したが、竪坑の推進設備などで許される範囲、また地山によっては、1.00mまでは可能であると思う。

注) 堤外地のφ2,200×2,430ヒューム管の推進工事では、1.20mで施工したが結果は良好であった。

③ 推進距離が長くなれば、減摩材の裏込めのための注入孔が多く必要であるが、今回行なったような状態であれば200mの推進は可能であると思う。

④ 注入孔の止水については、今回施工したところは、自然流下であるため、止水方式は止ねじ式で施工した。

⑤ ダクタイル推進管は、ヒューム管に比較して、経済的には割高であるが、強度、止水性、施工性にも優れているので、地質条件、設計条件によっては、大いに採用してもよいと思う。



技術レポート《2》

大阪市における水道鋳鉄管の更生ライニング

大阪市水道局給水部配水課

はじめに

大阪市水道の導送配水管延長は、昭和47年度末で4,287kmであるが、口径300mm以下の配水小管は、3,596kmで84%を占めている。

このうち、旧管と呼ばれている1,541km(うち配水小管1,307km)は、昭和29年頃までに布設されたもので、内面がコールタール塗装されているだけで、現在、さびが沈積または結節して大きなかたまり（さびこぶ）になっている。

このような配水管網では、水圧の変動、流向の変化、水量の急変などによってにごり水発生の原因となり、断面縮少のために通水能力が減少し低水圧あるいは出水不良の原因ともなっている。

さびこぶの大きさは管径に関係なく小口径管になるほど影響が大きく、口径 300mm以下の配水小管の旧管の場合、流速係数のC値は30～50に低下している。

応急的な措置として、消火せんなどからの洗浄排水や水流方向の規制などが行なわれており、そのほか水のpH値を7.5～8.0に上昇させてさびこぶの成長を抑制することも一部では行なわれている。

根本的な対策としては新管により布設替えすることになるが、交通量の大幅増加や布設道路の舗装率の上昇などにより、大掛かりな

道路工事の施行は高価かつ困難になっている。市民意識の高揚により水道水質に対する要求度が厳しくなる一方で、布設替えなどの建設工事の実施がやりにくくなっているのが現状である。

最近の管工事により撤去された配水小管の旧管の調査結果を表－３に示す。

これら耐用年数のすぎた配水管も強度的には十分使用に耐えるものが多く、これが鋳鉄管の特徴ともなっており、配水管を埋設状態のままで管内のさびこぶその他の付着物を除去して、通水能力を回復させる配水管クリーニングの研究実験が古くから欧米諸都市で行なわれてきた。

表－１　大阪市導送配水管延長　　昭和47年度末

年　度	総延長（m）	増加延長（m）	年　度	総延長（m）	増加延長（m）
明治28年	324,478		昭和９年	2,073,339	91,391
29	324,735	257	10	2,131,180	57,841
30	331,518	6,783	11	2,182,126	50,946
31	336,478	4,960	12	2,206,546	24,420
32	337,195	717	13	2,222,870	16,324
33	344,558	7,363	14	2,235,205	12,335
34	466,473	121,915	15	2,270,919	35,714
35	467,822	1,349	昭和16年～昭和21年	2,323,250	52,331
36	468,007	185	昭和22年	2,329,135	5,885
37	469,751	1,744	23	2,309,745	(－)19,390
38	470,126	375	24	2,313,959	4,214
39	470,747	621	25	2,332,647	18,688
明治40年～大正元年	576,355	105,608	26	2,363,190	30,543
大正２年	589,979	13,624	27	2,403,818	40,628
3	598,338	8,359	28	2,456,304	52,486
4	601,094	2,756	29	2,516,002	59,698
5	611,877	10,783	30	2,646,786	130,784
6	624,586	12,709	31	2,733,640	86,854
7	630,390	5,804	32	2,817,394	83,754
8	636,659	6,269	33	2,917,224	99,830
9	646,514	9,855	34	3,012,843	95,619
10	704,177	57,663	35	3,102,244	89,401
11	754,809	50,632	36	3,188,837	86,593
12	783,093	28,284	37	3,269,672	80,835
13	837,256	54,163	38	3,339,054	69,382
14	1,280,474	443,218	39	3,412,861	73,807
昭和元年	1,318,710	38,236	40	3,564,838	151,977
2	1,474,827	156,117	41	3,725,302	160,464
3	1,544,884	70,057	42	3,875,762	150,460
4	1,602,753	57,869	43	3,983,398	107,636
5	1,688,955	86,202	44	4,086,432	103,034
6	1,824,610	135,655	45	4,126,950	40,518
7	1,918,239	93,629	46	4,203,605	76,655
8	1,981,948	63,709	47	4,287,062	83,457

表－2　大阪市導送配水管新旧管内訳表　昭和47年度末

	口径 (mm)	延長 (m)	内訳 (m) 新管 (ライニング管)	旧管 (無ライニング管)	石綿セメント管	旧管内訳 (m) インチ管	ミリ管	口径 (インチ)	口径 (mm)
幹線 346,168m内 配水管 258,986m 送水管 59,003 導水管 28,179 (8.10%)	2,200	24,003	24,003	——	——	——	——		2,200
	2,000	22,392	22,392	——	——	——	——		2,000
	1,500	87,388	75,693	11,695	——	——	11,695		1,500
	1,350	22,226	16,405	5,821	——	——	5,821		1,350
	1,200	18,871	18,871	——	——	——	——		1,200
	1,143	764	——	764	——	764	——	(45″)	1,143
	1,100	13,856	13,844	12	——	——	12		1,100
	1,067	11,197	——	11,197	——	11,197	——	(42″)	1,067
	1,000	25,180	19,814	5,366	——	——	5,366		1,000
	991	17,016	——	17,016	——	17,016	——	(39″)	991
	914	9,415	——	9,415	——	9,415	——	(36″)	914
	900	15,891	12,115	3,776	——	——	3,776		900
	889	40	——	40	——	40	——	(35″)	889
	838	4,051	——	4,051	——	4,051	——	(33″)	838
	800	47,211	44,632	2,579	——	——	2,579		800
	762	4,428	——	4,428	——	——	4,428	(30″)	762
	700	22,239	14,399	7,840	——	——	7,840		700
枝管 344,944m (8.00%)	686	11,219	——	11,219	——	11,219	——	(27″)	686
	660	4,786	——	4,786	——	4,786	——	(26″)	660
	610	4,652	——	4,652	——	4,652	——	(24″)	610
	600	50,156	32,967	17,189	——	——	17,189		600
	559	15,759	——	15,759	——	15,759	——	(22″)	559
	508	18,417	——	18,417	——	18,417	——	(20″)	508
	500	79,139	64,525	14,614	——	——	14,614		500
	457	10,738	——	10,738	——	10,738	——	(18″)	457
	450	6,947	632	6,315	——	——	6,315		450
	420	47	——	47	——	47	——	(16½″)	420
	406	27,458	——	27,458	——	27,458	——	(16″)	406
	400	110,850	97,015	13,835	——	——	13,835		400
	356	4,516	——	4,516	——	4,516	——	(14″)	356
	350	249	239	10	——	——	10		350
	318	11	——	11	——	11	——	(12½″)	318
配水小管 3,595,950m (83.90%)	300	441,094	344,833	95,330	931	21,719	73,611	(12″)	300
	250	28,176	5,812	22,364	——	7,370	14,994	(10″)	250
	229	11,258	——	11,258	——	11,258	——	(9″)	229
	200	499,634	435,651	58,300	5,683	18,753	39,547	(8″)	200
	150	1,285,175	964,029	303,520	17,626	140,333	163,187	(6″)	150
	125	310,984	56,572	251,881	2,531	140,336	111,545	(5″)	125
	100	928,999	417,004	478,390	33,605	229,876	248,514	(4″)	100
	89	88,936	2,951	85,985	——	85,985	——	(3½″)	29
	75	1,694	159	89	1,446	——	89		75
	計	4,287,062	2,684,557	1,540,683	61,822	795,716	744,967	計	
	(%) 比率	(%) 100.0	(%) 62.6	(%) 35.9	(%) 1.5	(%) 51.6	(%) 48.4	比率	

（注）1．旧管（インチ管）は昭和6年以前に布設されたもの。　φ300以下の旧管延長 1,307,117m
2．〃（ミリ管）は昭和7年～29年に布設されたもの。　〃　（全旧管比84.8%）
3．新管は昭和30年以降に布設されたもの。（PC、RC管を含む）
4．配水管ライニングされたものは新管とした。

表－3　旧管の調査結果

口径	行政区	布設年次	圧壊試験	引張試験	硬さ試験		サビこぶ最大高さ
					外面	内面	
4″	北	明治	13.9 kg/mm²	12.9 kg/mm²	114 HB	121 HB	40 mm
8″	福島	〃	12.6	17.8	165	159	24
5″	西	〃	12.4	12.4	193	185	33
6″	大正	〃	10.6	9.5	154	143	40
4″	浪速	〃	14.4	17.3	165	193	37
5″	此花	大正	11.4	22.7	171	148	20
4″	生野	〃	13.1	12.7	125	138	41
5″	西淀川	〃	10.6	11.7	軟い	92	5
6″	天王寺	〃	17.5	15.2	117	117	26
3½″	東淀川	〃	15.1	15.0	129	129	45
4″	大淀	〃	11.5	10.4	114	117	45
6″	住吉	〃	14.0	13.6	138	125	40
5″	東成	〃	14.2	14.4	134	125	30
5″	城東	〃	10.4	14.8	138	143	25
5″	東住吉	〃	13.8	14.6	138	138	55
6″	阿倍野	〃	14.0	14.3	125	117	35
4″	旭	〃	15.8	15.6	138	134	35
5″	都島	昭和2年	9.98	13.6	129	104	43

1．大阪市における配水管ライニングの沿革

管内のクリーニングの方法には、管内部で水圧あるいは空気圧または動力などによってさびをかき落す機械的な方法と、薬品によりさびを溶解させる化学的な方法がある。

大阪市では20年前からクリーニングについての実験をくり返し、配水小管の場合はスクレーパーを動力によってけん引してさびをかき落す方法が最もよい結果が得られている。

しかし、さびの除去だけでは2～3年でもとのようにさびが発生し、管内閉塞が避けられないので、埋設状態のままで内面に防食塗装をするライニングについて積極的に研究してきた。

従来、セメントモルタルをライニングする方法が一般的であったが、接着性が悪く耐久性に問題があったので、大阪市では昭和33年にアスファルト電着法が考案され、実験的に施工したが実施採用には至らなかった。

これらの方法は管内面が湿ったままで施工可能という利点があるが、塗装後の養生など水質面で安定状態にするのに時間がかかり耐久性の面とともに問題があった。

市民の水道水のにごりに対する関心度が高まったのにも対応し、昭和42年1月に局内に「赤水対策委員会」が設置され、配水管ライニングについて精力的に取り組んだ。

委員会は主として塗装材の調査を行ない、水質面、施工面、耐久性の上から樹脂モルタルを採用することとし、ポルトランドセメントと細砂を重量比1：1で混合しアクリル樹脂エマルジョンで練ったものを、すでに開発されていた西山式塗装器で塗装した。この方法は、温潤面に直接塗装ができ接着性がよく耐久性がよいとして、昭和42年から昭和45年まで約30km実施した。

しかし、この工法も8時間ないし10時間で全工程を完了することを目標とされたものであるが、通水後の水質でpH値が高いという問題があって、長時間の洗浄を必要とし仮給水管を省略することができなかった。

仮給水管は、工事中断水が長時間になる場合に露出配管されるもので、各戸給水管の接合替えに多大の費用と時間と労力を要し、交通障害や冬季凍結の原因となり、これが施工

の進捗のブレーキとなった。

樹脂モルタルの採用と並行して、エポキシ樹脂の性能の優秀性からその実用化のため研究を継続していた。

エポキシ樹脂塗料の塗装は水分を極端にきらうため、これまでの工法と異なり管内面を完全に乾燥する必要がある。

大阪市では、塗料メーカーと施工業者との積極的な協力のもとで研究開発をかさね、8時間程度の断水で施工が完了できるエポキシ樹脂ライニング工法を開発し、施工時間を短縮しわずらわしい仮給水管も不要となった。その結果、昭和46年度には、協力施工業者一社で34kmのライニングを施工することができた。

2．配水管ライニング用エポキシ樹脂

エポキシ樹脂とは、構成分子としてエポキシ基 $-CH-CH-$（$\backslash O /$）を有するものの総称で、一般的に単独で用いられることはなく、硬化剤を添加して熱硬化性物質に変化させた状態に用いられる。硬化したエポキシ樹脂は、非常に強じんで強力な接着力を持ち化学的活性が弱く耐薬品性にすぐれている。さらに、耐水性、電気絶縁性、耐磨耗性があり、その特性から極めて広範囲に利用されている。土木工事では、接着剤や防食コーティング剤に用いられ、水道管の内面コーティング剤としてタールエポキシ塗装や粉体塗装として使用されるようになっている。

埋設水道管のライニング用エポキシ樹脂として要求される性状は、

① 水質への影響として
- 水質的に安定し無害であること

② 施工性の上から
- 常温自然乾燥が可能なこと
- 硬化が速いこと
- 1コートの仕上りが厚膜型であること
- 耐久性がすぐれていること

などである。

硬化エポキシ樹脂は、添加硬化剤とその配合比率の変化によってその性状が種々変化するので、大阪市などの共同研究開発において

表－4　大阪市における配水管ライニング実績

項目／年度	口径 (mm)	延長 (m) クリーニングのみ	クリーニング及びライニング	計	工法
31	100～150	818	0	818	クリーニングのみ（1500mmについては常温コールタールエナメル塗装）
32	75～450	19,791	0	19,791	
33	100～1500	3,566	0	3,566	
34	1500	970	0	970	
35	200～610	3,320	0	3,320	
36	——	0	0	0	
37	89	0	253	253	アスファルト系塗料
38	89～125	0	1,342	1,342	
39	100	400	240	640	
40	100	0	824	824	
41	100	0	937	937	
42	100～125	0	2,172	2,172	樹脂モルタルライニング
43	89～125	0	5,495	5,495	
44	89～150	0	8,964	8,964	
45	89～150	0	12,611	12,611	
46	89～200	0	34,805	34,805	エポキシ樹脂ライニング
47	89～300	0	80,425	80,425	
合計	75～1500	28,865	148,068	176,933	

も、施工性および仕上り塗膜の物性を保ちつつ、まず水質面での安全性を得ることに重点がおかれ苦心したところである。

現在、ライニング塗料として大阪市が使用しているエポキシ樹脂塗料は三種類あり、その組成は表－5のとおりである。

三塗料とも主剤であるエポキシは、毒性の少ないシエル製品のエピコート828を用いており、常温速乾性を要求される硬化剤としても、ポリアミドや芳香族ポリアミンなどの高分子アミン系が用いられ、水質面での配慮がなされている。また、二液の配合比率も水質面から、硬化性最良の比率よりやや硬化剤が少ない点で標準配合値が定められた。

塗装片の水質試験の結果を表－6に示す。

表－5　配水管ライニング用のエポキシ塗料の組成　（重量百分率）

内容＼塗料		O	T	E
主剤A	エポキシ樹脂	80	60	79
	体質顔料	18.3	35	18.4
	たれ止め剤等	1.7	5	2.6
	計	100	100	100
硬化剤B	硬化促進剤	70	45	46
	体質顔料	30	55	54
	計	100	100	100
配合比率　A/B		3/2	4/1	3/2

表－6　塗装膜の水質試験結果

	O				T		E	
	対照水	10分間封入水	対照水	8時間封入水	対照水	24時間浸漬水	対照水	24時間浸漬水
水温	7.7	7.7			20.7	20.7	24.3	24.5
濁度	0	0	0	0	0	0	0	0
色度	2.5	4.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
臭気	塩素臭	塩素臭	塩素臭	塩素臭	塩素臭	塩素臭	塩素臭	塩素臭
味	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
pH値	6.6	6.6	6.5	6.5	6.95	6.95	6.95	6.95
総アルカリ度	23.5	23.5	22.5	23.5	18.5	18.5	20.0	18.0
総酸度	7.6	7.6	7.1	8.1	5.0	5.0	5.5	5.5
塩素イオン	13.4	13.2	13.1	14.9	14.0	14.0	13.9	14.5
亜硝酸性窒素	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
アンモニア性窒素	検出しない	検出しない	検出しない	検出しない	0.0	0.0	0.0	0.0
過マンガン酸カリウム消費量	2.03	2.50	2.35	2.50	1.2	1.2	2.6	2.6
総硬度	40.5	42.5	40.0	41.0	37.0	37.0	40.0	41.0
導電率	135.0	135.5	128.5	128.0	140	141	142	141
鉄					0.01	0.01	0.08	0.09
マンガン					0.005	0.005	0.011	0.012
銅					0.011	0.011	0.009	0.013
鉛					0.020	0.016	0.015	0.013
亜鉛					0.015	0.018	0.024	0.027
クロム					0.007	0.004	0.002	0.003
カドミウム					0.0004	0.0005	0.0000	0.0004
水銀							0.0	0.0
フェノール類					0.000	0.000	0.000	0.000
メチレンブルー活性物質					0.01	0.02	0.00	0.01
アミン類	検出しない	検出しない	検出しない	検出しない	検出しない	検出しない	検出しない	検出しない
遊離残留塩素	1.10	1.10	0.60	0.55	1.5	1.2	1.5	0.90
残留塩素	1.25	1.25	0.75	0.65	1.6	1.3	1.6	1.0
大腸菌群 50mℓ	「－」	「－」	「－」	「－」				
一般細菌	0	0	0	0				

一般のエポキシ樹脂塗装は、塗膜の性状が優れているとともに塗料自体も高価であるので、通常0.2mmから0.3mmの厚みに仕上げられるが、配水管ライニング用のものは、施工条件の悪い埋設管での塗装工事であるので、安全度を高めるために最小0.5mm以上、平均1mm程度の塗膜厚が得られるよう配合されている。

表－7　ライニング用エポキシ樹脂塗料塗膜試験成績　(JIS－K－5,400による測定)

試験項目	試験方法・条件	判　定
色　調	外観・色調	有光沢ピンク色
比　重	混合物　20℃	1.58
固型分	混合物　20	100％
粘　度	混合物　25℃	94ポイズ
硬化性	指触硬化　25℃	30分
	硬　化　25℃	2時間
接着強度	剪断接着強度	85kg/cm²
	はくり　強度	35kg/cm²
硬　度	鉛筆硬度	4H
耐屈曲性	5mmφ	合格
耐衝撃性	500g×50cm×½φ	合格
可撓性	エリクセンテスト 5mm	合格
耐磨耗性	1kg荷重　1000回転	1.51g
粘着性	50g/cm² 40℃×2hrs	合格
耐洗滌性	2500回	合格
耐電圧	直接上昇法	25000V/mm
体積固有抵抗		$1.67\times10^{6}\Omega$cm
耐塩素ガス	塩素蒸気 40℃　2ケ月	異常なし
透水度	3kg/cm²水圧	0.2gm
耐温水性	60℃ 水道水 6ケ月	異常なし
耐酸性	20℃ 10%Hcℓ 6ケ月	異常なし
耐アルカリ性	20℃ 10%NaOH 6ケ月	異常なし
耐塩水噴霧性	500hrs	異常なし
耐溶剤性	20℃ ベンゾール 6ケ月	異常なし
耐候性	ウェザオメーター 500hrs	異常なし

3. 配水管ライニングの施工法

二液性塗料では、主剤に硬化剤を混合した時点で硬化反応がはじまり流動性がなくなるので、両液を別々に送り出し塗装直前に混合使用する必要がある。両液の個別の圧送、塗装直前での正確な比率での完全な混合および管内面への均等な吹付けが、この塗装機の特質である。

これらの装置は、すべて車両の上に搭載されて、コンパクトにまとめられており、施工に機動性をもたせてある。

標準工程図を図－1に示す。

工事の順序に従ってその施工法を説明する。

①　掘さく工

本工法においては、管路を80m～100mごとに切断する必要があるが、その位置は、管路の交差部や分岐部、曲部などに主眼をおいて定める。掘さく標準寸法は縦1.5m、横1.0m、深さは管の下端より0.2mくらいとする。

掘さく部分は、堅固な土留工を施こし、すべり止めのある厚鋼板で覆工をしておく。

②　仮バルブの挿入

掘さくカ所の管切断部分に仮バルブを挿入する。仮バルブの径は、管径よりも小さくてよい。1回の断水でなるべくまとめて仮バルブを取つけ、ライニング工事施工区間以外は給水できるように配慮したものである。また、なるべく市民に迷惑のかからないよう夜間作業で実施し、取付け後は再び覆工をしておく。

仮バルブ挿入のために行なう断水を大断水といって、ライニング工事のための一区間の断水と区別しているが、ライニングを施工する配水管網の区域を設定する場合に、大断水区域と一致するように配慮すればよい。

③　クリーニング工

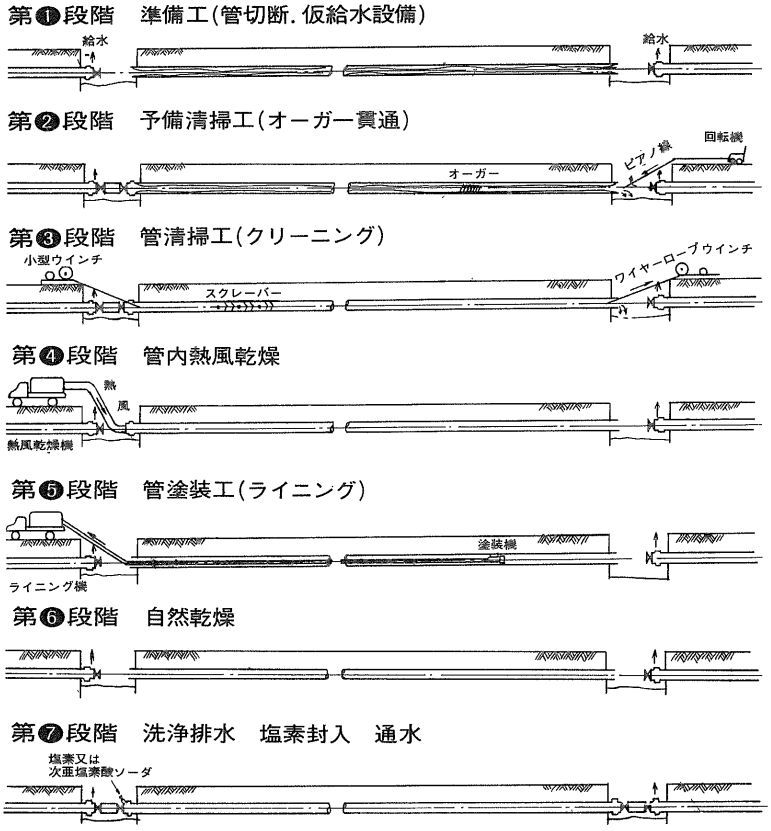
施工区間の片側の仮バルブをはずし、ピアノ線の先端につけたオーガーを高速度で回転させながら管内に送りこむ。さびこぶの一部は削られて流出し、ピアノ線は施工区間を貫通する。つぎに、ピアノ線を引き抜くが、この時にワイヤーロープを引き込む、このワイヤーロープにスクレーパーを取りつけて、ウインチにより引っぱり内面のさびこぶをかき取る。これを7～8回くりかえして完全にさび取りをし十分水洗する。さらに、ワイヤーブラシを回転またはけん引して、下地の仕上げを入念に行なう。

④　管内乾燥

クリーニング後の管内の低所には、水が滞留するので、スワッパーを数回とおして外部へ排出する。最後に乾いた綿布を通して内部

図－1　配水管ライニング標準工程図

掘削・クリーニング・ライニング・埋戻（仮復旧共）一貫施工



図－2　配水管ライニング工事工法説明図

作業内容＼作業時間	1	2	3	4	5	6	7	8	9	備考
断水および準備工	■									
管清掃工	■	■								
熱風乾燥		■	■							
管塗装工			■	■						標準塗膜厚：1.0mm
自然乾燥				■	■	■				
塗装検査						■				
洗浄排水						■				
塩素封入							■	■		封入時間：1時間以上 残留塩素：10PPM以上
排水および通水								■		

に水が残っていないかチェックする。

さらに、車両上に据えつけた熱風発生装置から、コルゲートパイプを通じて熱風を管内に吹きこむ。熱風の温度は170℃～200℃、風速は20～40m/secとする。20～30分程度で完全に乾燥し、適当に予熱されるので、エポキシ樹脂の接着効果と硬化反応が促進される。

⑤　塗装工

塗装装置は、車両上に据付けた二液性塗料を定比率で圧送するポンプと、これから出る2条のホースおよび圧さく空気用のホースを一括してセットしたホースを巻いたドラムからなり、ホースの先端には塗料吹付器が取りつけられる。

塗料タンクには、エポキシ基剤と硬化剤の二液が別々に入れられており、それぞれのポ

ンプによって一定の率で約120ｍの延長を持つホースをとおって先端の塗料吹付器に圧送される。

塗料吹付器は、あらかじめホースを管内に引き込んでその先端に取付ける。その構造は、圧さく空気で駆動するモーターの軸に、二液を十分混合して管内面に吹付ける放射孔を持つものである。

塗膜の厚さは約１㎜で、分水栓付近にも付くが開口部をふさぐようなことはない。ライニング中の配水管に接続されている給水管は、もどり水を防ぐために、止まりの悪い場合は、メーター部分などで切断されている。

⑥　塗膜養生（硬化）

硬化時間は気温により異なるが、夏で１時間、冬で２時間ぐらいである。本市の工事仕様は、原則として２時間以上自然乾燥するようにしている。

なお、つぎの工程の管洗浄前に完全乾燥の確認をするため、乾いた綿布などを管内に通してチェックをする。

⑦　洗浄排水、消毒、通水

塗膜の硬化確認後、素洗いをし、次亜塩素酸ソーダを用い、残留塩素10ppmを１時間封入する。消毒後は再び洗管して通水する。

通水後も管内の停滞時間が１時間以上になるおそれがある場合は、末端で少量放水を24時間以上続け、水質上の安全のため押しをしている。

⑧　その他

施工時間中は、施工区間約100ｍの間だけは約８時間断水する。このことは事前によくＰＲし、周知徹底をはかっているが、必要に応じて飲料水程度は給水できるよう、区間の両端に仮給水せんを設けポリエチレン容器も準備している。

埋戻しに先立ち、仮バルブを撤去し、あらかじめ準備しておいた坊主管を入れて継輪により連絡する。配水管網中にバルブを新設する必要がある場合は、仮バルブを本バルブとすることもできる。

あとがき

本工法は、埋設されたままの鋳鉄管の内面塗装であるので、仕上り品の検査が困難であり塗料ならびに施工機器の運転管理が極めて重要である。施工ミスに対しては、工区全体の再塗装をすることになるが、場合によっては、これでは完全を期しがたく新管による布設替えの必要が生ずることがある。

特に、つぎの三要因は、水質に影響を与えるおそれがあるので、その管理は十分に行なわなければならない。

①　二液配合比率
②　硬化養生時間
③　雰囲気温度

これら三要因には相互作用が認められる。したがって、下地仕上げ（クリーニング、乾燥）、塗装仕上げ（塗装・硬化）および施工温度の管理は極めて重要である。さらに、その後の洗浄排水、塩素封入などの作業にも徹底を期さねばならない。

施工の機動性から、安易な施工管理がなされることになると、本工法自体の存立が危くなることを常に留意しておかなければならない。

大阪市では、口径300㎜以下の配水小管のエポキシライニング更生を、昭和47年度を初年度とする第二次配水管整備事業５カ年計画の重点内容としており、配水管網の質的向上と量的拡充をはかっている。

このような見地から、ライニング工事施行にあたっては、直管部のライニングに止まらず、ライニングが不可能な異型管連続部分や腐食度の激しい部分の布設替え、制水弁や消化せんの新設あるいは取替えなども同時に施行し、配水管網の根本的改造をはかっている。

◇参考文献◇

① 大阪市水道局「新ライニング工法による水道管の更生」都市問題研究　昭和47年７月
（都市問題研究会）
② 西山利夫「大阪市における配水小管の再生塗装」水道協会雑誌　昭和47年８月
（日本水道協会）
③ 西山利夫「配水管」昭和48年４月25日
（大阪水道工業会）

技術レポート《3》

地震と管路について
〈その2〉

日本鋳鉄管協会技術専門委員会
委員長　宮岡　正
委員　宮本　宏
委員　根本行康
委員　北条貞宗
委員　古庄健次

1. はじめに

本誌14号において、地震と管路についての研究概要と基本的な考え方について述べた。すなわち、地震が発生した時の管路の被害状況調査、地震時の管路挙動把握のための振動実験、地震時の管路挙動現地観測、耐震設計計算プログラム、耐震管路構想ならびに耐震継手の開発などの項目について、概略説明を加えてきた。

これらの研究結果については、回を重ねて説明する予定であるが、今回はその内の振動実験について、今までの実験結果の中から一部を報告する。

2. 振動実験装置

(1) 概　要

地震時の管路挙動を調べる振動実験は、以前からいろいろ試みられているが、いずれも小規模地震クラスの振動実験、もしくはミニチュア試験であった。実際に、大地震を再現させるということは困難が伴い、不可能に近いのが実状である。

野外で、地盤を振動させる方法には、ダイ

ナマイト爆発や板叩き法などが考えられる。しかし、これらの方法によって得られる地盤の変位は小さく、地盤特性を知るには十分であるが、地盤に埋っている管路の挙動について調べようとする場合、非常に小さな地震の再現にしかならない。振動の減衰などからも、広がりをもつ管路の挙動実験には、この種の試験方法ではかなり困難であることが予想される。

一方、室内実験では、振動台に対象物を乗せ振動させる方法が考えられ、建物などのような単体構造物ならば十分であるが、管路のような二次元、三次元に広がりを持つ地中構造物に対しては適正でない。なぜならば、地震では、離れた2点間の地盤が相対運動するために、その2点間に埋設されている管路が引張り、圧縮、曲げ、捩りなどを受け問題となるのに、先の振動台による実験では、この2点間の相対変位が得られないという欠点がある。

今回考案した振動実験装置は、室内実験の振動台を2点間に相対変位を生じさせるよう工夫したものである。わかりやすくいえば、小さな振動台を多数並べた構造で、各振動台を往復運動させ、かつ位相をずらして運動させ、振動台同士に相対変位を与える。

こうすることにより、振動台に乗っている土砂は、往復運動と圧縮、膨張、剪断を受け、実際の地震の地盤の動きに近似した動きが再現できる。この人工地震地盤の中に管を入れ挙動を解明しようとするものである。この装置は機械的なものなので、各種条件下での再現実験ができるというのが大きな特長である。

(2) 諸　元

- 振動する地盤の大きさ
  - 幅　0.8m
  - 高さ　0.5m
  - 長さ　10m
- 振動条件
  - 波と進行方向　装置長手方向に正弦疎密波
  - 波長　0～100m
  - 設定加速度　0～400gal
  - 周期　0.4～1.2sec
  - 振幅　0～±76mm
  - 地盤の発生歪　0～$\pm 4500\times10^{-6}$
  - 土質　砂、粘土など任意
  - 土圧　0～0.4kg/cm²
  - 供試管　50φ～100φ×10m　材質は任意

3. 地震時の管路挙動把握のための振動実験

以上のような振動実験装置で、波長、周期、振幅、土圧、土質、供試管などの条件を種々に変え、地震時の管路挙動把握のため、次のような調査項目をあげ、研究している。

(a) 地震の大きさと管体発生応力、ならびに継手の変位などの関係
(b) 長尺管と短尺管の発生応力の違い
(c) 管路と土の摩擦の問題
(d) 土圧の影響
(e) フランジの影響
(f) 土質の影響
(g) 管路が拘束された場合の挙動
(h) 曲り、立上り、分岐部などの挙動
(i) 地震波の管路軸方向への影響と横方向への影響
(j) 複雑な地震波を与えた場合の挙動
(k) 液状化現象時の挙動　等々

これらの調査項目は、現在実験で求めつつあるが、今回はそのうちから、(a)～(d)についての結果を一部述べてみたい。

(1) 管体発生歪について

Ⅰ) 実験1：地震動が波長100mの疎密波と仮定した時の振動実験

管長、土圧、および加速度と管体発生歪との関係を求めるため、次の実験を行なった。

(イ) 実験方法

供試管　0.6t×50φ×2mと7m

振幅　　±76mm
土の発生歪　±4500×10^{-6}
土質　　山砂（表－1）
実験条件の組合せ（表－3）

表－1　実験に用いた砂の粒度分布

メッシュ	20	35	48	70	100	280	PAN
%	4.6	39.9	31.6	15.9	5.9	1.8	0.3

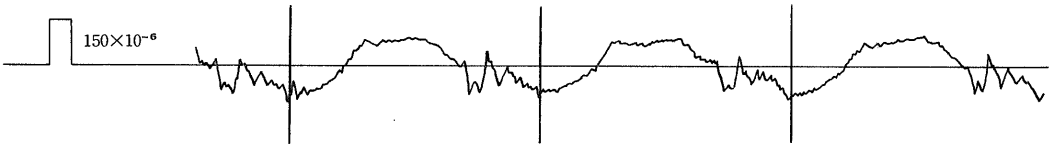
(ロ) 実験結果

管体歪、管体加速度、および土の歪の実測波形の一部を図－1～9に示す。

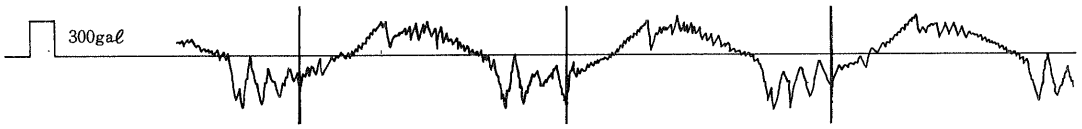
表－2　実験条件の組合せ

試験No.	管長 (m)	設定加速度 (gal)	設定土圧 (kg/cm²)
1	2	300	0.09
2			0.18
3		220	0.09
4			0.18
5	6.7	300	0.09
6			0.18
7		220	0.09
8			0.18

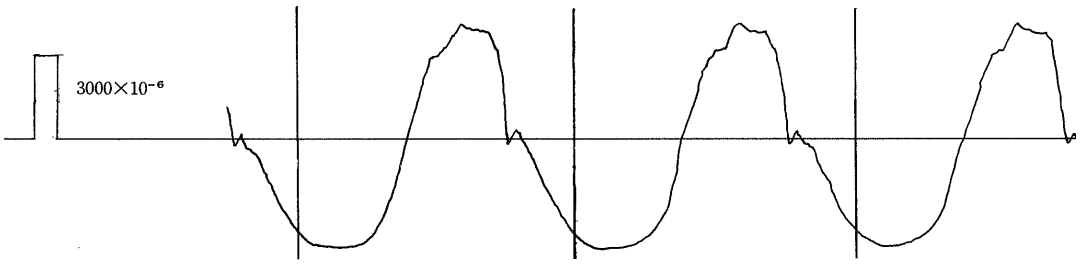
図－1　No.－1の管体歪



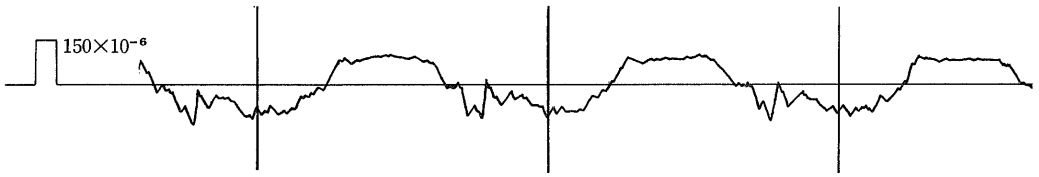
図－2　No.－1の管体加速度



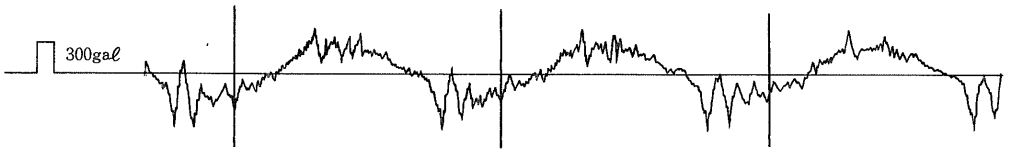
図－3　No.－1の土歪



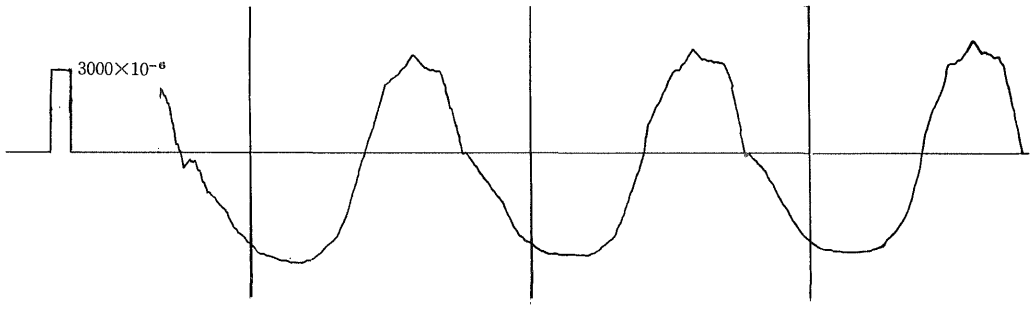
図－4　No.－2の管体歪



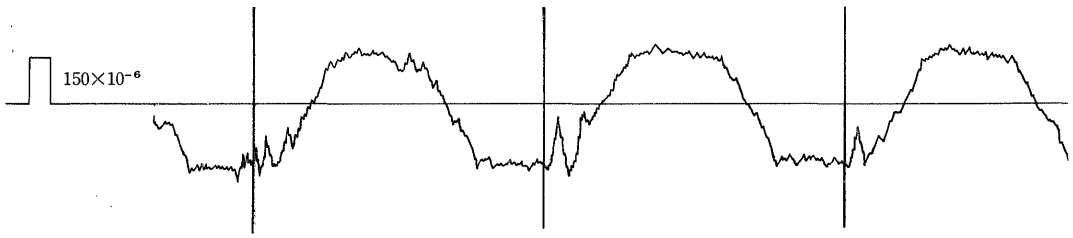
図－5　No.－2の管体加速度



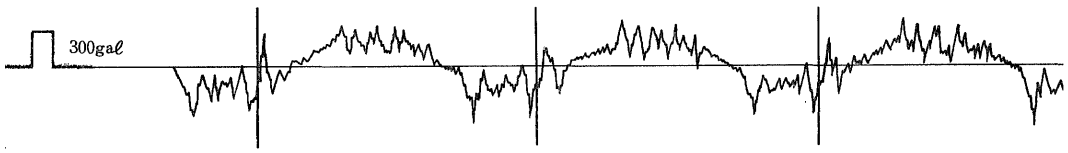
図－6　No.－2の土歪



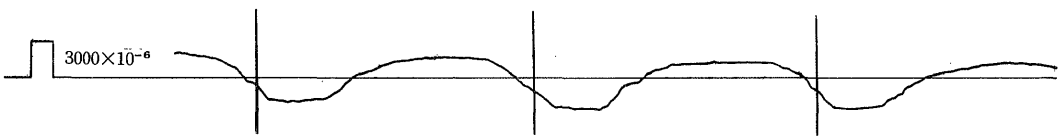
図－7　No.－6の管体歪



図－8　No.－6の管体加速度

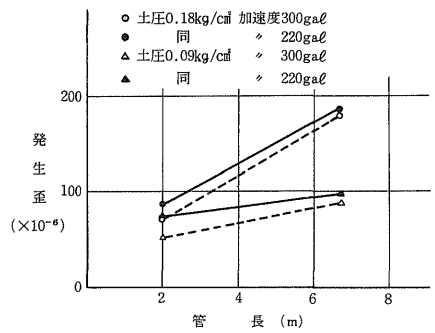


図－9　No.－6の土歪



管体歪について、管長ならびに土圧との関係を図－10に示す。

図－10　管長、土圧、加速度と発生歪



この結果、次のことがわかった。

(a) 管体加速度は、ほぼ設定加速度が得られた。

(b) 土歪は圧縮、引張りが交互にくり返された。

(c) 管体歪は図－10から、加速度の違いにあまり関係しないが、管長ならびに土圧にほぼ比例することがわかった。

さらに検討するため次の実験を行なった。

Ⅱ）実験2：同じく波長18mでの振動実験

発生歪の軸方向分布、管長が半波長を越え

る場合、土圧が大きい場合などの関係を求めるため次の条件で実験した。

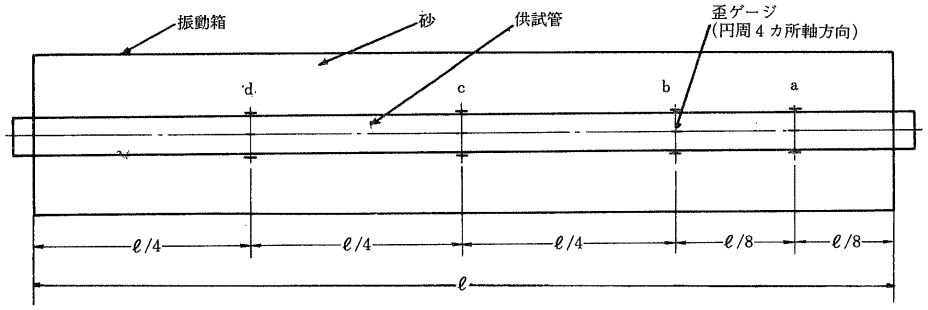
(イ) 実験方法

供試管　　0.6t×50ϕ×2m、3.9m、10m
半波長　　9 m
振幅　　± 5 mm
加速度　　20gal
周期　　1 sec
土の発生歪　　$\pm 1700\times10^{-6}$
土質　　実験1と同じ
実験条件の組合せ（表－3）
歪ゲージの位置（図－11）

表－3　実験条件の組合せ

試験 No.	管長 (m)	土圧 (kg/cm²)
1	2	0.18
2		0.27
3		0.36
4	3.9	0.18
5		0.27
6		0.36
7	10	0.18
8		0.27
9		0.36

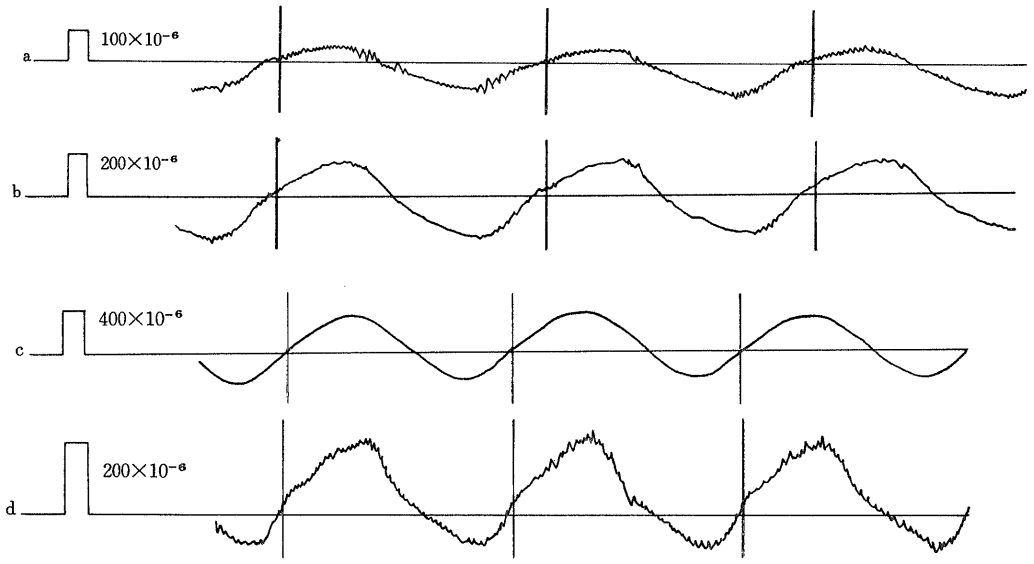
図－11　管体歪ゲージの位置



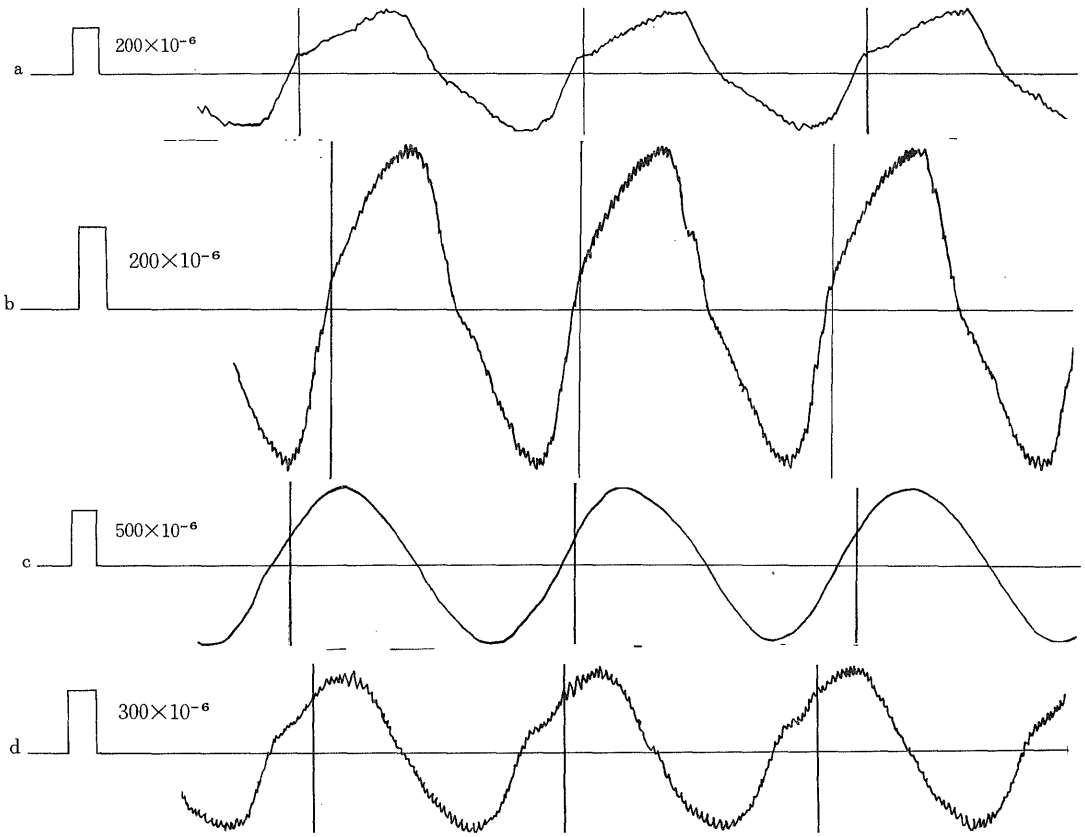
(ロ) 実験結果

管体歪の実測波形の一部を図－12、図－13に示す。

図－12　No.－6の各位置での管体歪

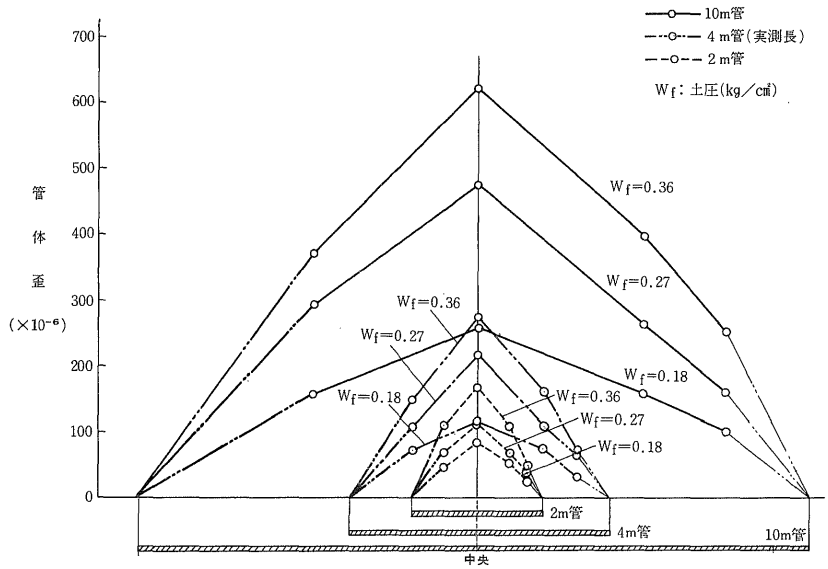


図－13 No.－9の各位置での管体歪



管長、土圧と各位置での最大歪との関係を示すと図－14になった。

図－14 最大歪の軸方向分布



これより次のようなことがわかった。

(a) 管長が長いほど、土圧が大きいほど、管体歪は大きくなることが再確認された。

(b) 管体歪の分布は、中央部が最大となる二等辺三角形であった。これは、管と土との摩擦力を考慮した時の理論形状に一致する。

(c) 管体歪の波形は、中央部できれいな正弦波を示しているが、中央部から離れるに従って波形のくずれがひどくなっている。さらに注意深く見ると、山形が横に削られたようになっており、小刻みに変化している。すなわち、土は管の中央付近を境いに、左右に辷っているといえよう。

Ⅲ）考　察

実験の結果、今回のように管体歪に比べて土歪が大きい場合、管と周囲の土は辷りを生じ、管体歪は管と土との摩擦力に支配されると思われる。

管長はℓ、管単位長さ当りの摩擦力はfo、管材の縦弾性係数はE、管の鉄部断面積はAo、波長はLとした時、軸方向最大管体歪はε_pは次式で示される。

(a) 管１本の長さが半波長より短い場合

$$\varepsilon_p=\frac{fo\ell}{2EAo} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

(b) 同じく半波長より長い場合

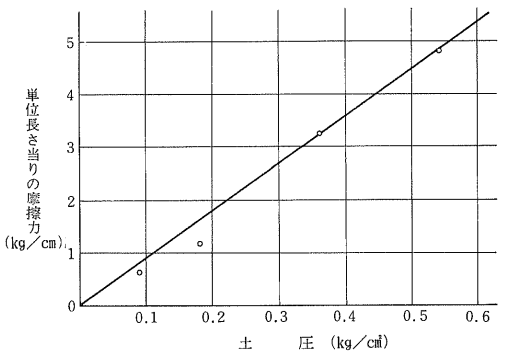
$$\varepsilon_p=\frac{foL}{4EAo} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

ただし　$fo=mf$

Lは伝播速度と卓越周期から求められるが、mfは土質、土圧、管径、管の表面状態などによって異なる値をとる。ここでfは管と土の摩擦力、mは地盤の動きと管の動きによって決定される摩擦力を補正する係数で、これらf、mは測定方法によって異なる。mの値については、実際の地震時に地盤が相対運動する中での埋設管の摩擦抵抗に対して、地盤に相対変位がない中で外力が作用して埋設管が辷る場合、あるいは地盤が相対変位する中で外力が作用して埋設管が辷る場合などの摩擦抵抗の比で表わされ、前者の場合、mは１より小さく、後者の場合、１前後の値と推定される。

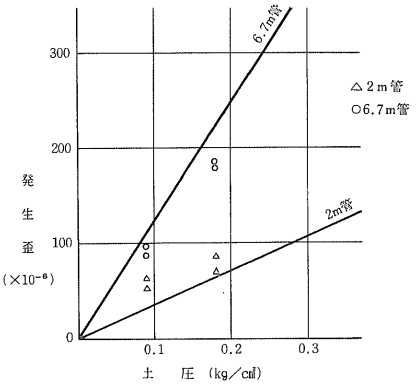
fを静的実験で求めると図－15のようであった。

図－15　砂の中での埋設管の摩擦力

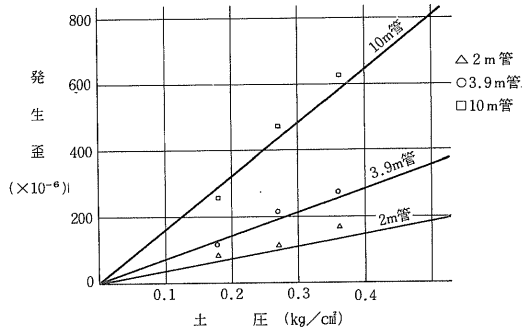


以上の数値を用いて計算した値と実測値を比較したのが図－16(実験－１)、図－17（実験－２）である。直線が計算値を、点が実測値を示しているが、両者はよく合致しているといえよう。なお、mの値は別の摩擦実験から0.8とした。

図－16　発生歪の計算値と実測値(実験１)



図－17　発生歪の計算値と実測値(実験２)



(2) 継手の伸縮量について

Ⅰ) 実験3：地震動が波長100mの疎密波と仮定した時の振動実験

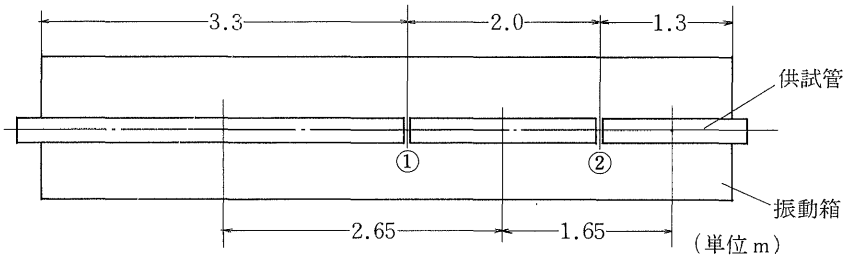
先の実験1と同時に、継手の伸縮量を計測した。

(イ) 実験方法

実験条件　すべて実験1と同じ。

管の配置（図－18）

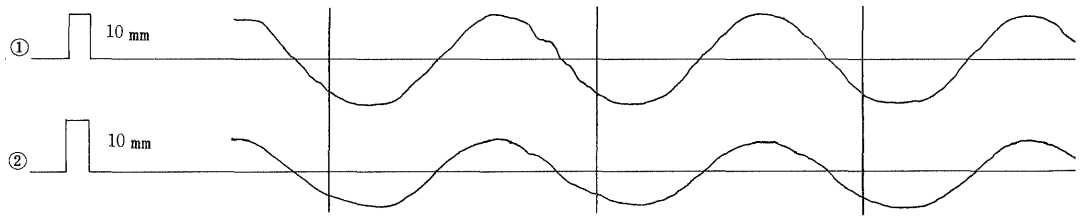
図－18　供試管の配置（実験3）



(ロ) 実験結果

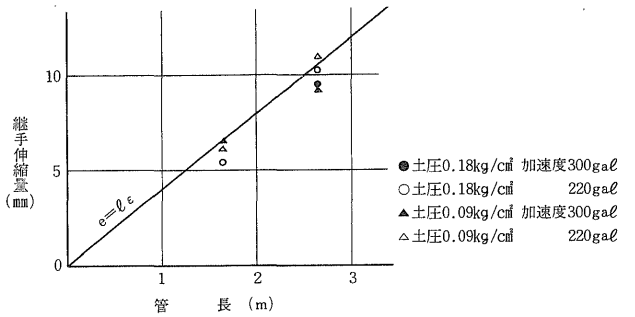
継手伸縮量の実測波形の一部を図－19に示す。

図－19　継手の伸縮量（実験3）



管長ならびに土圧との関係を図－20に示す。

図－20　管長、土圧、加速度と継手伸縮量(実験3)



この結果、次のことがわかった。

(a) 継手伸縮量の波形はきれいな正弦波を示した。

(b) 土圧、加速度にはあまり関係なく、管長に比例していた。

さらに長尺管の場合を検討するため、次の実験を行なった。

Ⅱ) 実験4：同じく波長18mでの振動実験

管が半波長に近い長さの場合の継手の伸縮量を求めるため、実験2と同時に、継手の伸縮量を計測した。

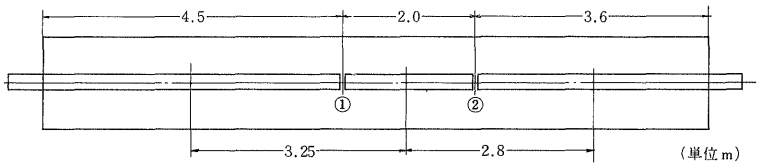
(イ) 実験方法

実験条件　実験2と同じ。

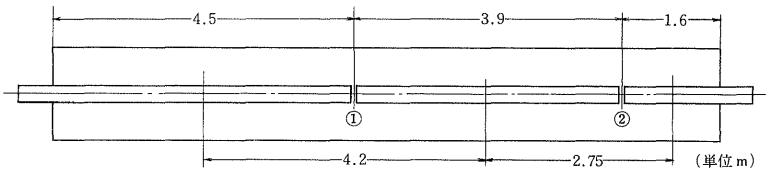
管の配置　2m管の場合（図－21）

3.9 m管の場合（図－22）

図－21　2m管の場合の供試管の配置（実験４－１）



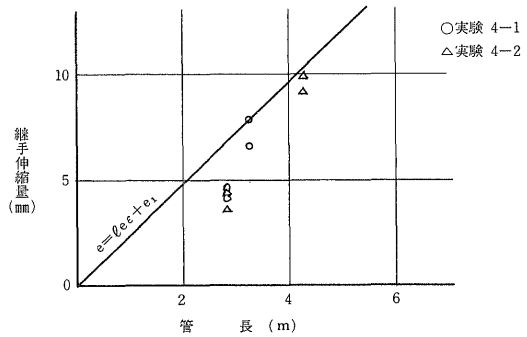
図－22 3.9m管の場合の供試管の配置（実験４－２）



(ロ) 実験結果

管長と継手伸縮量の関係を図－23に示す。

図－23　管長と継手伸縮量（実験４）



これから、実験３と同様に、管長が長くなれば継手伸縮量が増加することが確認された。

Ⅲ）考　察

実験の結果、直管の継手伸縮量はほぼ管長に比例することがわかった。継手部の伸縮は、土の歪が継手に集中したと見てよいので、波長に対し比較的短い管は、次式を満足すると推定される。

$$e=\ell(\varepsilon-\varepsilon_p) \cdots\cdots (3)$$

ただしeは継手の伸縮量、ℓは管長、εは土歪、ε_pは管体歪とする。

一般に管は剛性が大きく、管の歪は土歪に比べはるかに小さい。ε_pを無視して(3)式は次の通りとしてよい。

$$e=\varepsilon\ell \cdots\cdots (4)$$

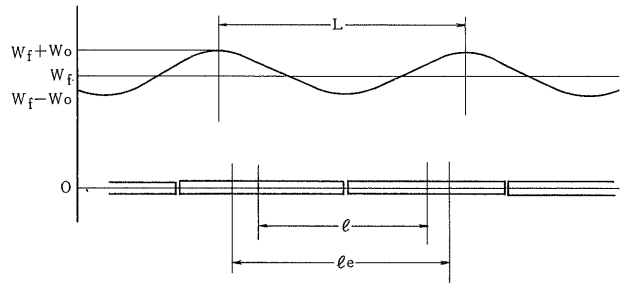
(4)式を用いて求めた値を図－20の実線で示したが、よく合致しているといえよう。この場合のℓは継手をはさむ管中心間距離、εは振動箱の平均歪とした。

長尺管については装置の関係上波長を18mと短くし、相対的に長尺になるようにして実験４を行なったが、(4)式を必ずしも満足せず、次のように補正する必要があることがわかった。

$$e=\varepsilon\ell_e \cdots\cdots (5)$$

ここにℓ_eは相当管長で管と土との相対的な不動点間距離に示す。管長が半波長に近い長尺管の場合、管の土に対する不動点が管の中央でなく、疎密波の密の部分、いい換えると土圧の高い部分（ここは表面摩擦力が大きい）に移動するものと考えられる。図－24は土圧の分布と相当管長ℓ_eが最大の時を示す説明図である。

図—24 土圧分布と相当管長



管単位長さℓの埋設管が土圧W_fで埋設された状態で、土圧の変化Woの地震を受けた時のℓeを理論的に求めると、(6)式のようになる。

$$\ell e=\frac{2\pi L\,\ell\cos 2\pi h+L^2\sin 2\pi h+L^2+2\pi^2\ell^2 i}{\pi L\cos 2\pi h+2\pi^2\ell i} \quad \cdots\cdots(6)$$

ただし $h=-\frac{1}{4}-\frac{\ell}{L}$

$$i=\frac{W_f}{Wo}$$

確認はされていないが、震度K とすると、$i=\frac{1}{K}$程度になると推定される。

今、i＝1と仮定し、さらに土の密から疎に移動による管の相対変位e_1を考慮して計算したのが、図—23の直線である。よく合致しているといえよう。

4. まとめ

今まで述べた4つの振動実験の結果から、次のようなことがいえよう。

(1) 管体発生歪について

(a) 管体発生歪は、地震の加速度、周期にはあまり関係なく、地盤の相対変位からくる土の歪量、管長、土との摩擦力などによって決まるといえる。

(b) 摩擦力は土圧にほぼ比例する。

(c) 最大発生歪の計算は、管が軸方向に辷るとした場合、次式で求められる。

① 地震動の半波長より短い管

$$\varepsilon_p=\frac{fo\ell}{2EAo}$$

② 地震動の半波長より長い管

$$\varepsilon_p=\frac{foL}{4EAo}$$

ただし fo＝mf

ε_pは管の軸方向歪、ℓは管長、Lは波長、fは管単位長さ当りの管との摩擦力、mは摩擦力を補正する係数、Eは管材の縦弾性係数、Aoは管の鉄部断面積とする。

(2) 継手の伸縮量について

(a) 継手の伸縮量は、管体歪と同じように地震の加速度、周期にはあまり関係なく、土歪、管長などによって決まるといえよう。

(b) 最大伸縮量の計算は次式で求められる。

① 地震動の半波長よりかなり短い管

$$e=\varepsilon\ell$$

② 地震動の半波長前後の長い管

$$e=\varepsilon\ell e$$

ただし、eは継手の最大伸縮量、εは土歪、ℓは管長、ℓeは相当管長

5. おわりに

以上、われわれの地震と管路に関する研究の一部である振動実験の概要と、その結果の一部を報告した。もちろん、これらの結果は室内実験装置の中でのことであり、実際の地震ですべてこうだとは論じえない。しかし、今までこの種の実験研究があまりなされなかった現状では、少しでも定性的、定量的に地震時の管路挙動を実験で把握し、現実との対比で検討を加えていくという方法が必要であろう。まだこの振動実験は緒についたばかりであり、調査したい項目はたくさんある。今後の実験結果は次の機会に紹介したい。

〈終〉

寄　稿
〈1〉

水道の未来像

厚生省環境衛生局水道課
課長補佐　林　　亨

まえがき

昨年10月30日に生活環境審議会から厚生大臣に対し、「水道の未来像とそのアプローチ方策に関する答申」が提出されたが、これは去る昭和46年10月に厚生大臣から同審議会に諮問された「水道の未来像とそのアプローチ方策について」に応えて行なわれたものである。

因みに、生活環境審議会は、厚生省設置法に基づいて厚生大臣の諮問機関として設けられているもので、厚生大臣の諮問に応じて、水道、廃棄物の処理施設、下水道の終末処理場、その他環境衛生に係る生活環境に関する重要事項を調査審議することをその所掌事務としている。

◇諮問の背景◇

わが国の水道事業は、社会・経済の発展に伴う要請を受け入れながら、整備が進められてきたが、特に昭和30年代以降において、それは飛躍的な進展を見せたといえよう。

すなわち、昭和30年度から昭和46年度までの16年間に、給水人口は約2.5倍、給水量は約3倍、事業数は約10倍に達している。なお、これを普及率についてみれば、昭和30年度末において32.2%であったものが、昭和46年度末においては82.7%となり、明治20年にわが国にいわゆる近代式水道が誕生して以来、昭和30年までのおよそ70年間にようやく30%台になったことに比べて、その後の16年間でその約2倍の53%（総人口の伸びを考えれば倍どころではない）を増やしたということは、いかにこの間の普及の進展が著しかったかがうなずける。

しかしながら、かかる高度な普及の進展と同時に、水道事業の実態と水道事業を囲繞する諸環境については、緊急に打開すべき幾多の問題を生ずるに至ったのである。

これらの諸問題とは概略次の4点に集約できよう。

(1)水資源の地域的な需給の均衡が破れ、それが年々規模と範囲を拡大しつつあり、全国的な問題となっている。

(2)水質汚濁の進行により、水道水源も大きな影響を受け、水道水質の安全性確保の面で極めて深刻な問題を生じていること。

(3)水源が手近かに、かつ安価には得られ難くなってきたことや、水道の建設費が資材費や労務賃金の高騰により上昇し、これに伴い給水原価も上昇し結果的に料金の高騰を招いていること。ならびに、料金の格差が事業体

の間で著しく大きく、かつそれがますます拡大する傾向にあること。

(4)水道事業が全国で約2万に細分化されており、その大半が零細な規模であること。それが水道の維持管理や財政面における弱体性となり問題化していること。

こうした問題を解決するためには、もはや従来からの個々の水道事業を中心とした考え方から脱却し、全国民を対象とする新しい水道政策が展開されなければならないという認識から、今後ますます複雑多様化するであろう社会諸環境に十分耐え得て、かつ国民の希求に十分応え得る水道の未来像の追求が要請されるに至ったものである。

◇答申の概要◇

以上のような背景を受けて、答申は今後の水道のあるべき姿と、それに至るための方策について次の4項目に分けて提言をまとめている。すなわち、

①水道の理念と未来像
②新しい理念に即応した広域水道圏の設定
③水道財政のあり方
④水道制度の整備

である。

以下、各項目毎にその概要を、水道の現状と対比させつつ述べてみたい。

(1)水道の理念と未来像

この項では、水道がいまや国民生活にとって必要不可欠な施設として整備されなければならないという基本的認識に立って、国および地方公共団体が、国民に等しく、均衡のとれた負担で、同質のサービスを提供できるよう、その生活に必要な水道水の確保供給につとめることを水道整備の新しい理念として据え、かつこれをナショナルミニマムとして確立すべきであるとしている。

これは、水道の普及率が低かったときは、水道は一部の人のものとして捉えられていたが、今日社会・経済の進展に伴って国民の生活水準も向上し、都市のみならず農山村漁村においても、都市におけると同じく衛生的に安全で、かつ利便性ある生活に対する希求が強くなり、その根幹的施設である水道の整備が一段と進められてきたことなどにより、布設条件が悪くて必要がありながらもまだその実現をみていないところなどを除いて、全国津々浦々に至るまでといってよいほど水道が国民にとって身近かなものになってきた証左である。

また、答申では水道の未来像としては抽象的な表現ながら、将来の豊かで快適であるべき国民生活を肯定し、それを支えるべき水道をもってその未来像としている。

なお水源問題については、長期的な洞察のもとに需給計画を策定し、水源確保のための万全の施策を樹立する必要のあることをうたい、さらに地域的に水源に限界がある場合、その地域の利用可能水量をもとに、逆に社会・経済規模を規制するための総合的な施策の検討も必要であると付言していることは、新しい情勢を考慮したものといえよう。

(2)新しい理念に即応した広域水道圏の設定

広域水道圏とは目新しい言葉であるが、現在の広域水道（市町村の境界を越えて水道水を供給するもの）がいずれかといえば水源を共同で開発することなどに端を発して成立したものが多い（例えば神奈川県営水道や千葉県営水道、水道用水供給事業では阪神水道企業団等）が、今後の広域水道は、現在水道が当面している諸問題を解決し、さらに今後の社会環境の変化にも十分対応できるものでなければならない。そのためには、長年市町村中心主義でやってきた市町村単位の水道事業を大規模化の方向で再編成し、十分な技術的・財政的基盤を有する経営体として行くことが必要であり、かつ最も有力な手段であるとしている。

これをどのようにして推進していくかであるが、そこで考えられたのが「広域水道圏」構想であり、これは事業の経営規模、地形、水系、地域の社会的・経済的一体性等を考慮してその規模・範囲を定め、全国をカバーする。その大きさはできる限り大きいことが望ましい（理想としては給水人口で50万程度を最低限と考えたい）が、場合によっては20～

30万程度であっても止むを得ないと考えており、当面1道府県数ブロックを目標と考えている。

当然のことながら、都道府県の行政区域を越えて設定することが望ましい場合は、何等それを拘束するものではない。また、大都市の水道は、それ自体は規模の点では十分広域水道といってもよい条件を備えてはいるが、周辺都市まで含めた施設の合理性や料金格差など、今後解決されなければならない問題点が多いので、十分検討しなければならないとしている。

なお、経営形態については、水源から給水せんに至るまでの一貫管理が理想であるとしつつも、当面、水道用水供給事業の果たす効用についても積極的な評価を与え、なお、今後の水道の整備に都道府県が積極的に調整などの役割を果たすよう期待をしている。

(3)水道財政のあり方

水道を国民生活にとって必要不可欠な施設として捉え、国民皆水道を実現せんとする立場から、従来（昭和42年度から、先行投資となったり建設費が割高となったりする水道水源の開発に対し、また、広域水道に対し予算補助の道が開かれている）にもまして水源開発や広域水道の建設に対し、また、既存水道の統合の際の料金格差解消、布設条件が採算的に非常に悪い地域に対する水道布設等に対しては、特段の配慮をもって適切な財政援助措置が必要であるとしている。

それと同時に、料金については国民福祉の観点から考えるべきだとしつつも、水道料金は給水サービスの対価として必要な時期に適正な水準に定められるべきであるとしている。

なお、近時水資源も有限だとする主張の台頭しつつあるところから、地域によって必要ならば、需要抑制型の料金体系の指向を認めてもよいとしている。

(4)水道制度の整備

現行水道法は、法制定後16年を経過しており、この間の社会・経済環境も大きく変化し水道も当時とは大きく変わった実情をふまえ、新しい水道理念を達成するためにも、改制上においても新しい水道制度を確立すべきであるとしている。

今後の法整備としては、広域水道圏の設定、長期的な需給計画の策定、水道水源の保護、適正な管理のための基準、さらには地域の必要に応じた雑用水供給など、種々な項目が盛り込まれるべきであるとし、水道水の安全性確保のための水質基準の見直しなども含め、大幅な再検討が必要であるとしている。

なお、新しい水道理念を達成するために、今後はより行政指導的に対処していかなければならない面が増加していることから、国および関係地方公共団体における水道行政機構の整備の必要を提言している。

おわりに

この答申をうけ、厚生省としては、関係行政機関をはじめ各水道事業者、団体などの協力を得て諸般の施策を進めていくこととなるが、近く厚生省設置法の改正をみれば、環境衛生局に水道環境部が設けられることとなるが、それを機に今後の水道行政をより強力に行なえることが期待できよう。

水道の広域化は、それが水道工学面からも、経営の安定合理化の面からもいいことであることは誰しも異論はなかろう。しかし、長年にわたり、市町村を中心に発展してきただけに、市町村の境界を超えるのに相当の努力が必要であろう。とくに規模は小さくとも、歴史のある水道ほど水道事業に従事する職員をはじめ住民においてもその水道事業に対する愛惜はしとしおであろう。

これを解決する方法は唯一住民の相互理解にかかっており、将来不安のない水道にするためにはどうすればよいかを、一人一人が理解することである。このためには、行政面での制度の整備を図るとともに、文字通り特段な財政面の配慮を行ない、さらにより一層のコミュニティー・リレイションズを図り、よりよい未来へ向っての着実なアプローチを行ないたいと考えている。

関係者におかれても、特段のご協力を賜らんことを切にお願いする次第である。

寄　稿
〈2〉

根室地域広域農業開発事業
農業用用水事業の概要

北海道開発局釧路開発建設部
根室中部農業開発事業所
副長　川向　勲

1．地域開発の基本方針

本地域は北海道の東端部に位置し、北西方の知床、阿寒の連山を高位部として東南方の海洋に向って緩波状形をなして漸次低く広がっている根室市、標津町、中標津町、別海町、浜中町の1市4町、総面積348,600haの国内有数の酪農地帯である。だが地域内をみるとまだ広大な土地が未利用地や低利用地として放置されている。今後、地域農業構造の徹底した改善が期待されている地域であり、国内では数少ない大規模農業開発の余地を残した本地域を開発して国土の高度利用を図ることは、新全国総合開発計画の大規模開発プロジェクトの一つである大規模畜産基地建設構想を具体化するものである。また、北海道第3期総合開発計画の代表的な開発目標としている。

本計画は牛乳および肉牛の安定的な供給を図るため、広大な土地の開発により、大規模で高能率な畜産経営体を早急に創設し、この経営体を中核として根室地域全域にわたり、畜産物の生産流通、処理加工に必要な基幹的諸施設を計画的かつ有機的に整備することにより、大規模畜産基地（新酪農村）の建設を図ろうとするものである。

2．地域の現況と計画

1）地域全体の指標

区分／項目	現況(昭和45年)	計画(昭和55年)
畜産農家	3,387戸	3,000戸
農用地面積	90,042ha	169,000ha
個別利用	88,142〃	155,000〃
普通畑	5,571〃	5,000〃
牧草地	62,001〃	141,000〃
採草放牧地	20,570〃	9,000〃
公共利用	1,900〃	14,000〃
牧草地	1,900〃	11,000〃
採草放牧地	———	3,000〃
家畜頭数		
乳牛	75,143頭	214,080頭
成牛	54,763〃	132,700〃
育成牛	20,380〃	81,380〃
肉牛		45,950〃
牛乳生産量(年)	210,000t	566,400t
枝肉生産量(年)	2,300〃	14,100〃

2）戸別経営の指標

（昭和47年度計画）

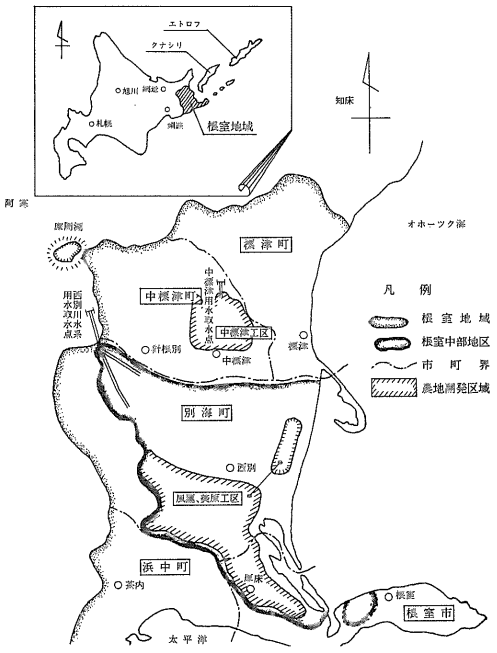
区分 / 項目	現況	計画			
	酪農	既在酪農	入植酪農	入植複合	入植肉牛
家族人員　（人）	5.4	5.0	5.0	5.0	5.0
労働人員　（人）	2.4	1.8	1.8	1.8	1.8
牧草畑　（ha）	30.0	45.0	50.0	53.0	60.0
主要家畜　（頭）	乳牛 27	乳牛 61	乳牛 68	乳牛 48	肉牛 213
	成牛 17	成牛 45	成牛 50	成牛 35	哺育牛 64
	育成牛 10	育成牛 16	育成牛 18	育成牛 13	育成牛 149
				肉牛 65	
				哺育牛 20	
				育成牛 45	
トラクター　（台）	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0
農業粗収益（千円）	3,173	10,730	11,922	13,705	17,600
農家所得（千円）	1,384	3,816	4,240	4,213	4,170

3．事業内容

（昭和48年３月）

工種	事業量	事業費	備考
Ⅰ　ネットワーク		百万円 22,947	
1.主要幹線道路	379.0km	14,755	
2.農業用用水	2水系	6,492	西別川、中標津水系
3.三相電気導入	3,000戸	1,700	
Ⅱ　基地管理機構		10,020	
1.基地管理機構		10,020	
Ⅲ　基盤整備事業		71,033	
1.基盤整備		42,013	
A広域農業開発事業		17,328	
イ．幹線道路	210.0km	6,670	
ロ．支線道路	70.0〃	1,162	
ハ．明渠排水	20.2〃	338	
ニ．暗渠排水	3,200ha	806	
ホ．農地造成	19,480〃	7,961	
ヘ．防風林	885〃	391	
Bその他開発事業	56,920〃	23,385	
C農地集団化	38,000〃	1,300	
2.経営基本施設設置		27,200	
A個別建売牧場	150戸	6,977	
B公営肉牛牧場	1式	1,924	
C既在農家構造改善	1式	18,299	
3.用地調達		1,820	
A用地取得	15,000ha	1,820	
合計		104,000	

図－１　根室中部地区位置図



4. 農業用用水事業の目的

根室地域広域農業総合開発計画（新酪農村計画）に基づく事業として位置づけられているもので、地域農業は飼養家畜頭数の増加に伴い排出される畜産廃棄物、とくに乳肉牛のフン尿量は飛躍的に増加し、その処理に多大の労力と経費を必要とする現状となった。

よって、本事業による農業用用水の確保によって、フン尿の草地への還元とあわせて草地かんがいを行ない、土地生産力の持続的増大と、フン尿処理の省力化による経営の合理化を図り、大規模で高能率な畜産経営群の創設に資するものである。

本地域の用水計画は、西別川水系（根室中部地区）と中標津（中標津地区）の２区域に分けて事業を行なう。

5. 西別川水系（根室中部地区）

本水系は、別海町および根室市にまたがる広大な地域で、既在農家もこの広大な地域に散在している状態である。

この地域は大きく分けて、別海、風蓮、根室の３地域に分けられ、諸施設の配置については下記の諸条件を考慮し計画をたてた。

① 水源は自然流下が可能であり、利害関係者の同意が得られ、かつ維持管理の節減施設の集中管理等を考慮して１カ所とする。

② 配水系統は各ブロック共に自然流下方式を優先せしめ、圧力送水は極力さける。

③ 配水ブロックを別海、風蓮、根室の３ブロックに分ける。

④ 各ブロックについては、配水区域および標高、配水管路の安全性などを考慮して複数以上の配水池を設ける。

⑤ 管路は受益農家の位置および維持管理を考慮し、主として既設道路および計画道路沿に配管を計画した。また、送水管からの直接給水はできる限りさけるよう配水管を計画した。

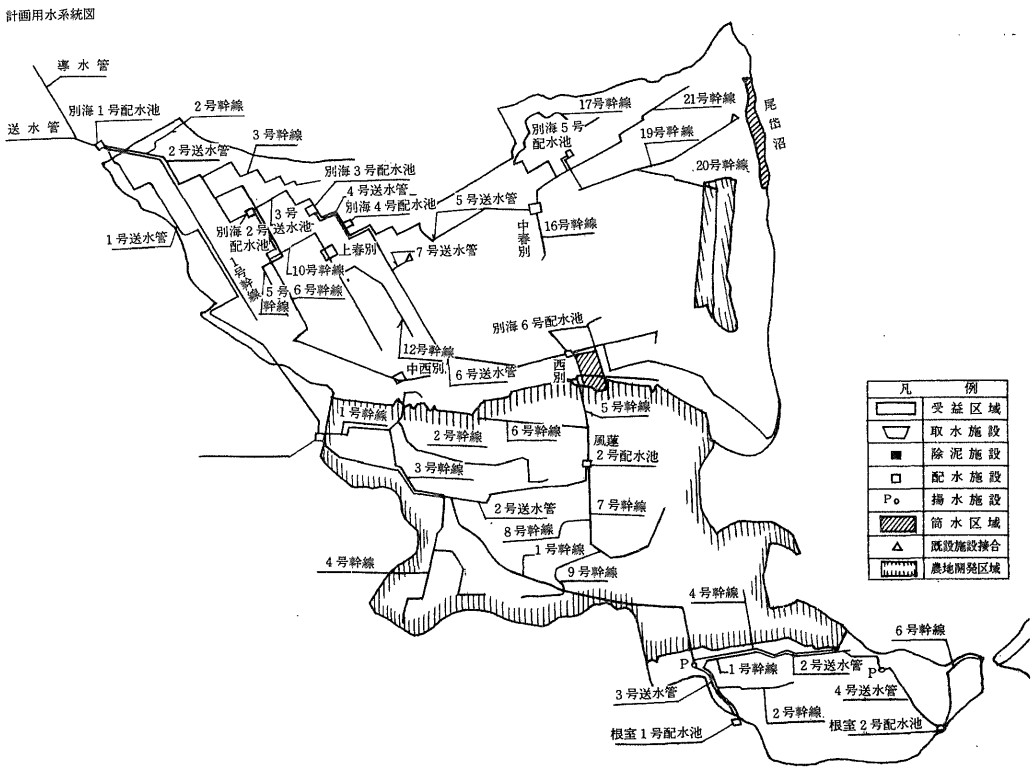
1）計画水量

(1) 計画１日最大使用量　20,876㎥/day

(2) 市町村別用途別計画１日最大使用量

市町名	用途	配水区域名	日最大使用水量	摘要
別海町	農業用	本別、上春別	5,606㎥/day	計画農用地面積　18,025ha
		美原、豊原、中春別	5,007	〃　16,100
		美原、西別	1,598	〃　5,137
		上風蓮、奥行	5,561	〃　17,882
		計	17,772	〃　57,144
	簡易水道	上春別	52	計画給水人口　283人
		中西別	24	〃　124
		中春別	112	〃　643
		別海	676	〃　4,000
		尾岱沼	450	〃　2,500
		計	1,314	〃　7,550
	計		19,086	
根室市	農業用	厚床	614	計画農用地面積　3,665ha
		和田、別当賀	650	〃　2,091
		計	1,790	〃　5,756
	計		1,790	
合計			20,876	
	農業用		19,562	計画農用地面積　62,900ha
	簡易水道		1,314	計画給水人口　7,550人

図－2　西別川水系



(3)　使用量の計算基礎

〈基礎諸元〉

1戸当り経営面積50haを想定

乳牛の飲用水：45ℓ/日頭

フン尿量：37.5ℓ/日頭

（放牧時50%、舎飼時100%）

年間フン尿量（1頭当り）

放牧時：37.5ℓ×0.5×154日＝2,888ℓ

舎飼時：37.5ℓ×1.0×211日＝7,913ℓ

計　10,801ℓ/年頭

〈飼養頭数〉

乳牛の飲用水：成換56.0頭

成牛50頭育成牛18頭を用水換算

乳牛フン尿用水：成換58.9頭

成牛50頭育成牛18頭をフン尿換算

〈計画用水量〉

営農用水

45ℓ/日頭×56.0頭＝2,520ℓ/日

肥培かんがい用水

29.6ℓ/日頭×58.9頭×6＝10,461ℓ/日

（稀釈倍数7倍）

計画日粗用水量

12,981×1.2＝15,577ℓ/日

単位面積当り粗用水量

単位面積当り日最大使用水量

15,577ℓ/日÷50ha＝311ℓ/日ha

2）工事概要

(1)　取水施設

取水カ所は標茶町字虹別で西別川支流コトンナイ川より取水をする。

形　式	堤　高	堤　長		取水位	取水量	渇水量
		固定部	可動部			
コンクリート直線型動式	m 2.10	m 12.10	m 1.90	E.L. m 200.10	㎥/s 0.2762	㎥/s 0.56

(2) 揚水機

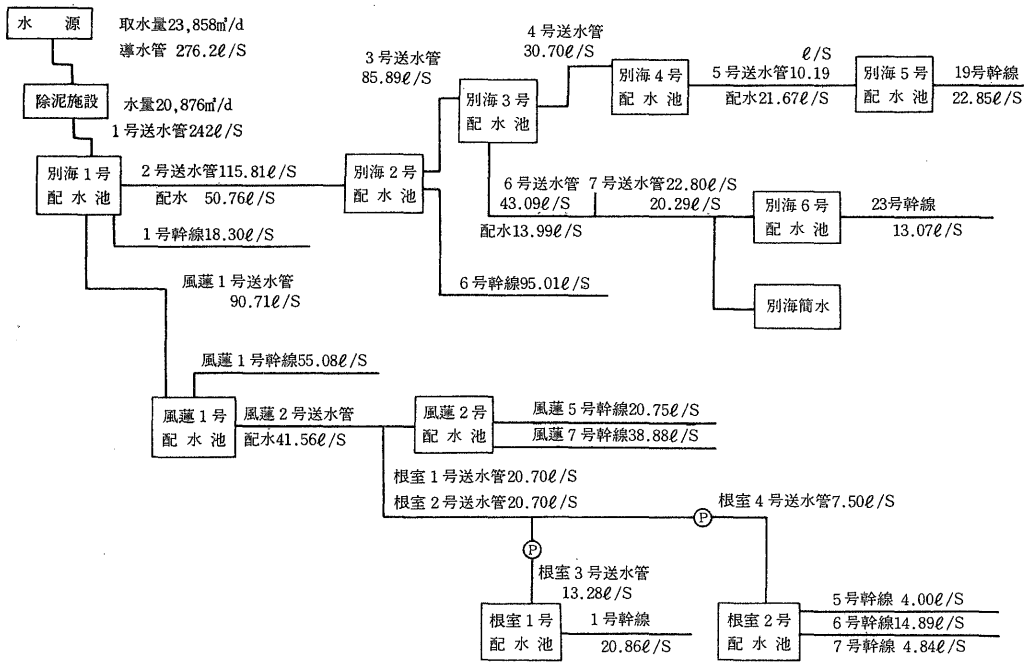
名称＼項目	かんがい面積	揚水量	揚程		揚水機			原動機		
			実揚程	全揚程	型式	口径	台数	型式	動力	台数
根室1号揚水施設	ha 3,665	㎥/s 0.0132	m 50.30	m 65	多段式タービン	㎜ φ80	本機1台（1台）	電動（発動機）	15kw (28)	1台（1台）
根室2号揚水施設	2,091	0.0075	63.80	85		φ65	本機1台（1台）	電動（発動機）	11 (28)	1台（1台）

注（　）は予備用である。

(3) 除泥施設

施設名＼項目	貯水量	最大通水量	数量	構造・規模	その他構造
防塵施設		㎥/s 0.2762	1式	防塵池 B=10m L=14m～2池 R.C 沈澱池 B=10m L=14m～2池 R.C	
除泥施設	437.6㎥	0.2416	1	貯水池 B=10m L=12m～2池 R.C	自動急速沪過機、上家電気設備、電源設備等

図－3　配水系統模式図



(4) 配水池

名称＼項目	かんがい面積	貯水量	日給水量			構造	流入管	流出管
			農業用	簡水	計			
	ha	㎥	㎥/日	㎥/日	㎥/日		mm	mm
別海1号	9,759	2,261	3,035	—	3,035	R.C	φ600	φ600、400、250
〃 2号	8,266	1,650	2,571	76	2,647	〃	350	500、400
〃 3号	9,901	1,738	3,079	—	3,079	〃	400	450、300
〃 4号	6,199	1,067	1,928	112	2,040	〃	300	350
〃 5号	2,163	562	673	450	1,123	〃	200	300
〃 6号	2,974	463	925	676	1,601	〃	200	200
風蓮1号	7,331	1,360	2,280	—	2,280	〃	350	350、 350
〃 2号	10,551	1,641	3,281	—	3,281	〃	300	300、300
根室1号	3,665	570	1,140	—	1,140	〃	150	200
〃 2号	2,091	383	650	—	650	〃	150	250、150、100
計	62,900	11,695	19,562	1,314	20,876			

(5) 管路

管路名＼項目	通水量	延長	管種	径
導水管	0.276㎥/s	4,463m	D.C.I.P	φ600～400mm
別海1号～7号 送水管	0.242～0.010	72,530	〃	600～200
風蓮1号～2号 〃	0.091～0.024	51,300	〃	400～300
根室1号～4号 〃	0.021～0.008	53,300	〃	250～150
別海1号～23号幹線配水管	95.01～1.24ℓ/s	222,870	A.P.およびV.P.	500～75
風蓮1号～9号 〃	55.08～1.24	100,000	〃	350～75
根室1号～8号 〃	20.86～1.24	76,850	〃	250～75
別海1号～77号支線配水管	4.29～1.24	83,600	〃	150～75
風蓮1号～36号 〃	6.05～1.24	74,360	〃	200～75
根室1号～21号 〃	4.24～1.24	34,450	〃	150～75
計		773,723		

3) 事業量、事業費

工程	単位	事業量	事業費	摘要
取水施設	式	1	16,926千円	
導水施設	m	4,463	105,155	防塵池、沈澱池を含む
除泥施設	式	1	149,061	
送水施設	m	177,130	1,221,579	
揚水施設	カ所	2	14,902	
配水池	〃	10	236,331	
幹線配水管	m	399,720	1,031,102	
支線配水管	〃	192,410	262,596	
給水分岐	式	1	7,898	
管理施設	〃	1	24,615	
塩素滅菌施設	〃	1	18,720	
テレメーター計装施設	〃	1	462,839	
諸経費	〃	1	1,014,978	
計			4,542,000	

6. 中標津地区

この地区の全体設計は現在取纏め中であり、概貌を記す。

計画対象農家数155戸、農用地面積5,600haに配水する農業用用水施設計画で、武佐川支流クテクンベツ川の標高295m付近を取水源とし、取水量2,000㎥/dayを導水管3,000mをもって除泥施設に導水し、除泥減菌後武佐、開陽、西開陽、俣落川左岸、俣落川上流の5区域に配水するが、俣落川上流区域を除き各配水区域に配水池を計画し、管路は導水管、送水管および高地部の第5幹線配水管の一部をダクタイル鋳鉄管とし、他の配水管は石綿セメント管を主体とした。

1）工事概要

(1) 取水施設

取水方式：砂防ダム形式のダムにより堰上げ取水井による取水

取 水 量：2,000㎥/day

(2) 除泥施設

沈澱池：2池構造 B＝5.00m L＝22.00m H＝3.00m

除泥池：緩速方式沪過速度4.03m/day 3池構造 B＝12.00m L＝18.00m

貯水池：B＝4.00m L＝9.10m H＝3.00m

(3) 配水池

名称＼項目	貯水量	構造	規模
	㎥		Bm LmHm
1号配水池	145	R.C	4.00×6.00×3.00
2号 〃	215	〃	4.00×9.00×3.00
3号 〃	167	〃	4.00×7.00×3.00
4号 〃	185	〃	4.00×8.00×3.00

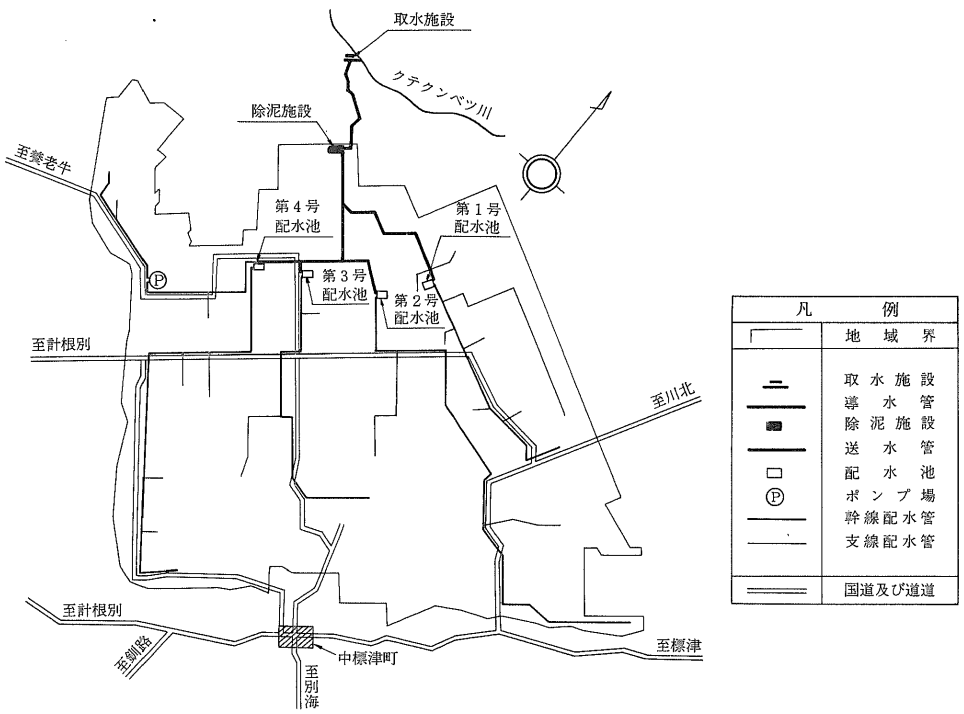
(4) 管 路

管路名＼項目	延長	摘要
導水管	3,000m	
送水管	13,270	減圧2カ所
配水管	78,650	減圧3カ所 加圧1カ所
計	94,920	

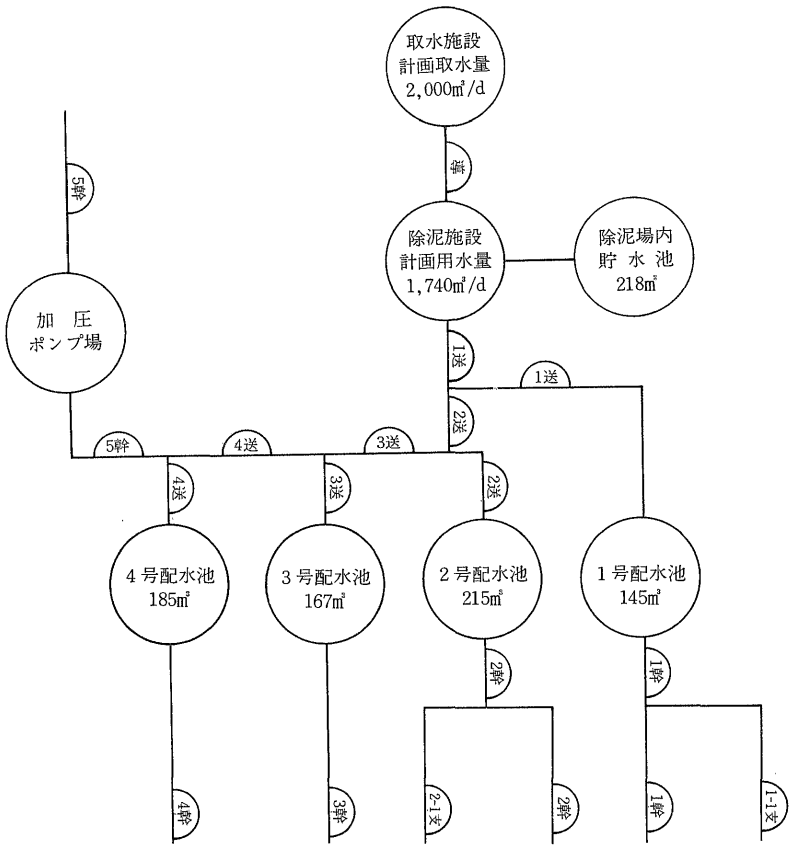
7. 工 期

昭和48年度～昭和55年度（8カ年）

図－4　中標津地区計画概要図



図－5　配水系統図



8．管種選定

管路の種別は導水管、送水管、幹線配水管、支線配水管、給水管に分かれ、その重要性を管理面からみれば記載順序となることはいうまでもない。

昭和48年６月17日根室半島沖地震でこの地方は震度Ⅴを記録し、管路は石綿管の折損が生じた（この地震被害調査報告はダクタイル鋳鉄管No.15に記載されている）。

また、当地域の既在配管施設の事故原因の多くは、重機の走行による埋設管の折損である。これらのごとく管体強度の面から重要度の高い導水管、送水管にメカニカル形ダクタイル鋳鉄管の３種管を採用した。

経済性からみると、管径500㎜でほぼ石綿管と同価格であり、管径が小さくなるに従って石綿管が安くなる。

モルタルライニング管については、鋳鉄管は鋳鉄特有の鋳肌と材質本来の耐食性から長期間の耐久性を維持されるが、長年月の間に管内面に錆コブが生成発達して徐々に管径を縮少し、あるいは赤水の原因となっていることは幾多の事例より明らかであるが、モルタルライニングを施こされており、外国においてはすでに40数年の実績をもち、その耐久性、密着性は良好であり、すぐれた内面防食性が実証されている。

また、モルタルライニングによる断面縮少については、普通鋳鉄管とモルタルライニング鋳鉄管の流速係数Ｃはそれぞれ$C=100$、$C=130$であり（農業土木学会設計基準）、等動水勾配を与えると流量比は$C=100:C=130$ (1：1.3) となり、また、ヘーゼン・ウイリアムス公式において摩損水頭比例係数は$C=100$を１とすれば$C=130=0.6155$となるので、以上の結果から比較し断面も経済性にもモルタルライニングにより断面縮少しても良い結果が出たので、これを採用した。

ダクタイル鋳鉄管第15号

昭和48年10月

技術レポート
《1》

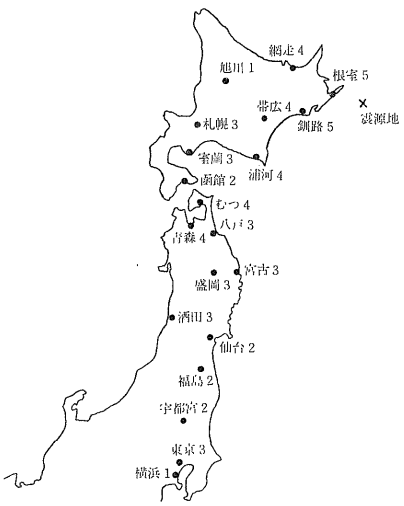
根室半島沖地震による管路の被害調査

日本鋳鉄管協会技術専門委員会
委員　根本行康
委員　沼田英男

昭和48年6月17日午後零時55分、北海道東部を中心に東北、関東地方にかけて広範囲な地震があり、根室、釧路では震度Vを記録した。

そこで、今回の地震によって水道管路がどのような被害を受けたかについて、地震発生直後に現地調査を行ない、被害状況を調査したので以下に報告する。

図－1　各地の震度



1．地震の概要

地震名	根室半島沖地震
震源地	根室南東沖約50km
深さ	約20km
規模	マグニチュード 7.7
各地の震度	図－1に示す。

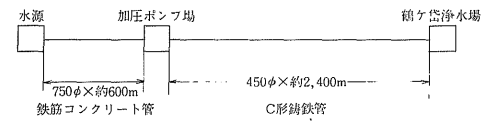
2．被害状況

1）釧路市

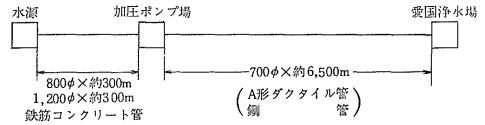
(1)　導水管

①　管路

鶴ケ岱浄水場系



愛国浄水場系



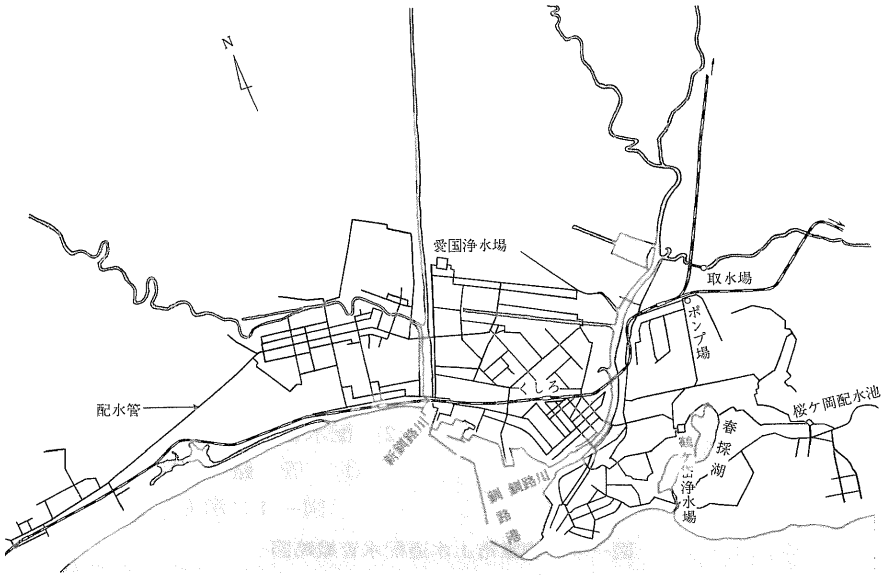
②　被害状況

なし

(2) 配水管

① 管　路

図－2　釧路市上水道配水管概略図



② 被害状況

配水本管には被害がなかったが、石綿管および古い印篭継手の鋳鉄管で地盤の悪い埋立地に埋設されていた配水支管が4カ所で被害を受けた。

それは、

- 100φ鋳鉄管印篭継手の抜け出し
- 5″φ鋳鉄管印篭継手の抜け出し
- 100φ鋳鉄管印篭継手の鉛のゆるみによる漏洩
- 75φ石綿管の折れ

であった。

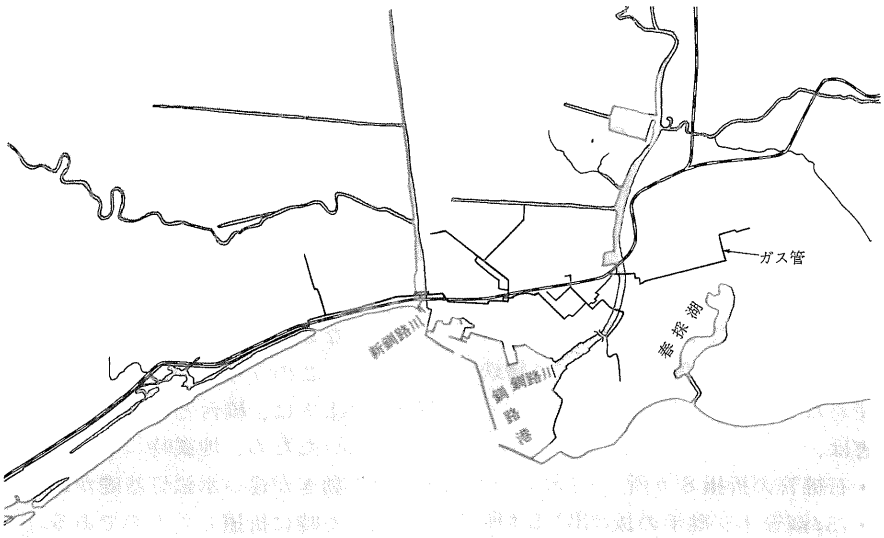
2）釧路ガス

(1) 中圧本管

① 管　路

図－3に示す。

図－3　釧路ガス：中圧本管配管図　150φ～250φA－Ⅱ形ダクタイル管(約5,000m)使用



② 被害状況

構造物、管路とも被害なし。

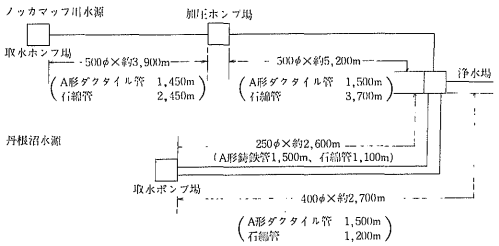
(2) 低圧本管 ．構造物、管路とも被害なし。

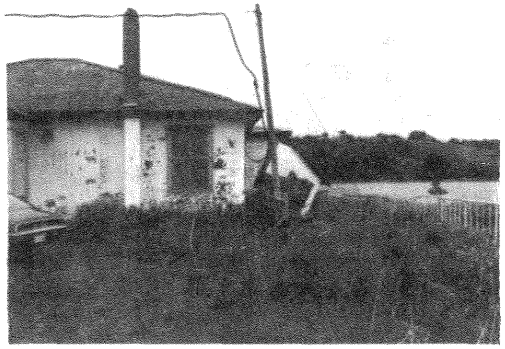
若草団地内に埋設されていた100φ鋼管のギボルト継手の漏洩があった。

3) 根室市

(1) 導水管

① 管　路





写真－1　取水ポンプ場の被害

② 被害状況

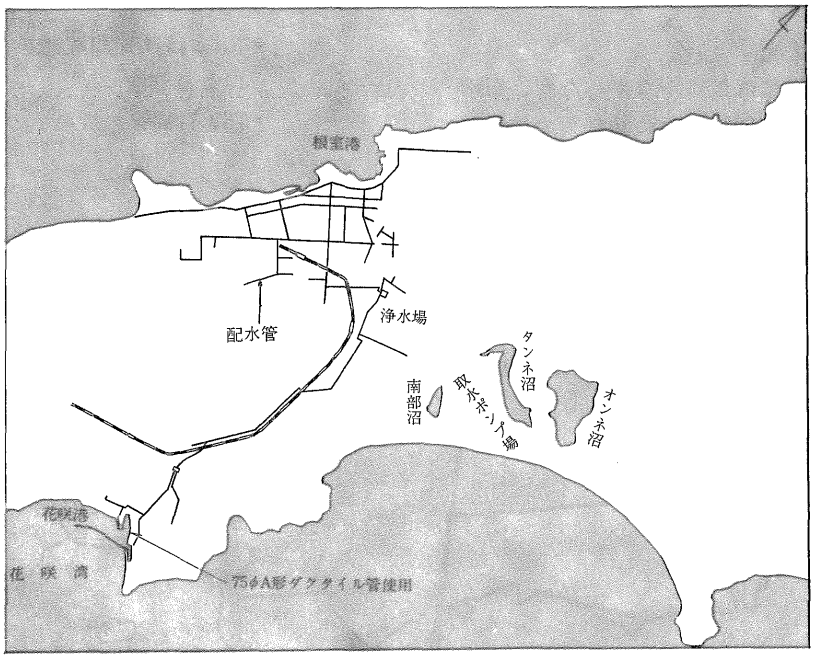
構造物では丹根沼水源系のレンガ造りの取水ポンプの建屋が半壊したが、管路には被害がなかった。

(2) 配水管

① 管　路

図－4に示す。

図－4　根室市上水道配水管概略図



② 被害状況

配水管は主として石綿管が使われ、道路、軌道横断、橋梁添架部分等には鋳鉄管が使われている。

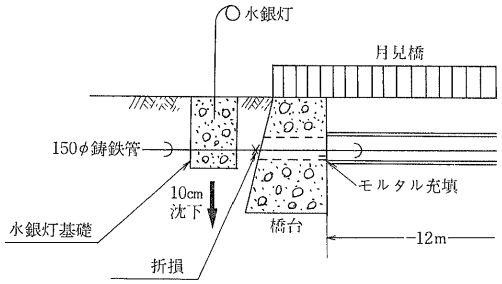
被害は、

- 石綿管の折損8カ所
- 75φ鋼管ネジ継手の抜け出し5カ所
- 150φ鋳鉄管の折損1カ所

などであった。

このうち、150φ鋳鉄管は図－5に示すように、橋台と水銀灯基礎に固定されていたため、地震時に橋台と水銀灯基礎の動きが違い水銀灯基礎が10cm程度沈下した時に折損したものである。

図－5　150φ鋳鉄管折損状況

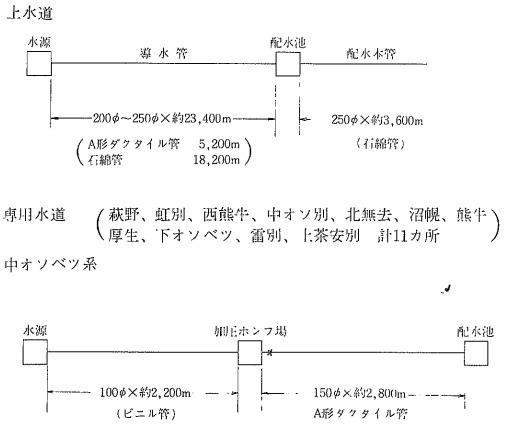


なお、今回の地震で最も被害の大きかった花咲港に船舶給水用として配管してある75φ×160mA形管管路は、埋設されている埠頭が破壊したため、40φポリエチレン管の地上配管で応急復旧した。詳細は不明であった。

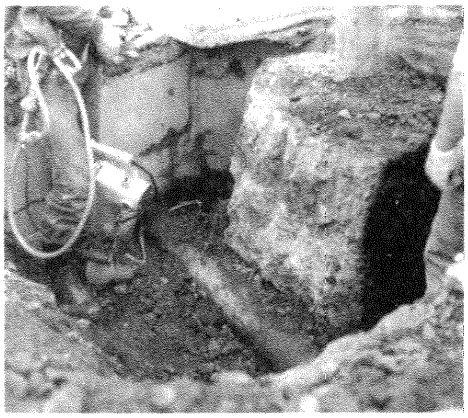
4）標茶町

(1)　導水管

①　管　路



写真－2　花咲港埠頭の被害状況
（75φA形ダクタイル管埋設場所）

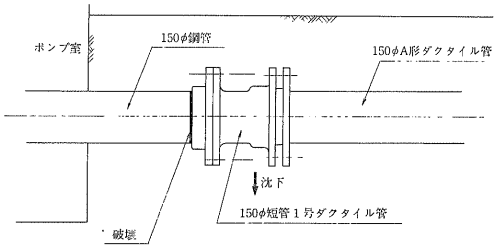


写真－3　150φ鋳鉄管折損状況

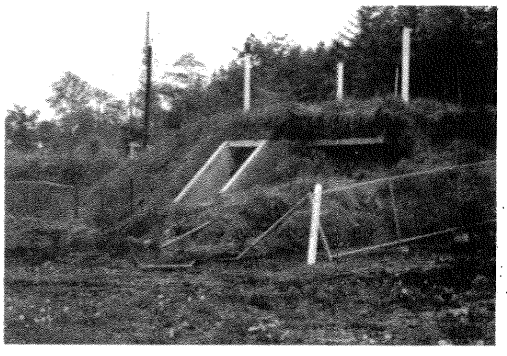
②　被害状況

上水道では構造物、管路とも被害がなかったが、11カ所の専用水道のうち中オソベツ系では加圧ポンプ場出口の150φ鋼管のネジ込フランジ継手が剪断破壊し、水が逆流して付近の土砂を押し流し、ポンプ場の1部が土砂で埋まった。

図－6　中オソベツ系150φ鋼管破壊状況



写真－4　ポンプ室の状況（150φ鋼管の破壊により噴出した水で土砂が流出）



(2)　配水管

萩野系の専用水道で、河川横断の100φ鋼管のネジ込フランジ継手が堤防部分で1カ所漏洩した。

5）厚岸町

(1)　管　路

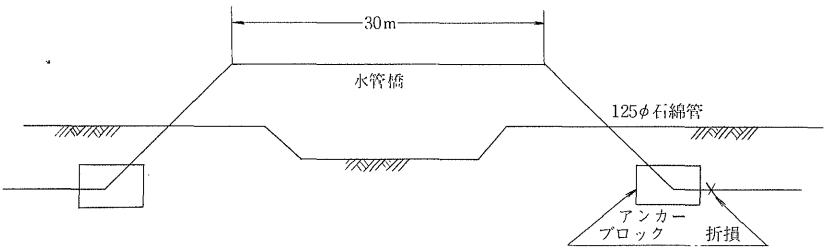
導水管、配水管とも石綿管で、配水管のうち海底配管部分のみ鋼管が使われている。

(2)　被害状況

導水管には被害が見られず、75φ石綿の配水管が1カ所折損したのみであった。

なお、尾幌簡易水道において125φ石綿管が水管橋立上り部分で折損していた。

図－7　125φ石綿管折損状況



6）浜中町

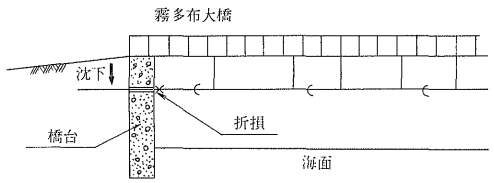
(1)　管　路

配水管は125φ石綿管が使われ、霧多布大橋添架部分にのみ125φA形鋳鉄管が使用されている。

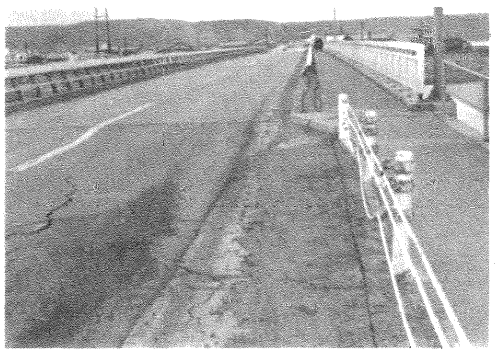
(2)　被害状況

霧多布大橋と道路とが不等沈下を起こしたため、霧多布大橋に添架してある125φ鋳鉄管が橋台部分で破壊された。

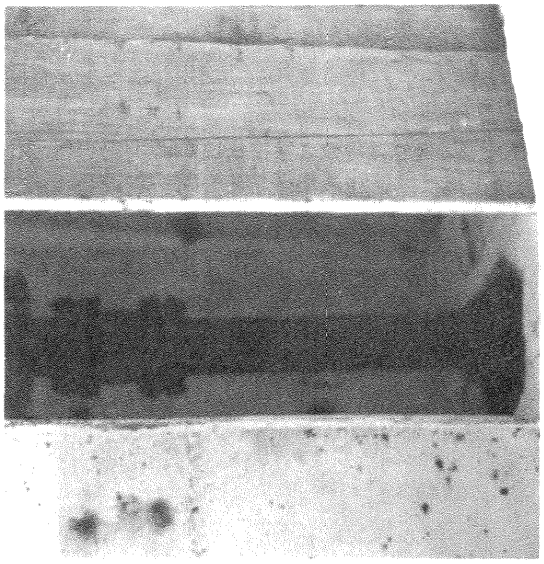
図－8　125φ鋳鉄管折損状況



写真－5　霧多布大橋の被害



写真－6　霧多布大橋に添架した125φ鋳鉄管復旧状況



3. まとめ

道東地方の釧路市、根室市を中心にして、水道施設の被害状況を調査したが、各地で地盤の陥没、道路の沈下が見られ、特に根室市では埠頭の陥没、国道の沈下、建物の破壊など地震のツメ跡を残していた。根室市などではかなりの被害ともいえるが、水道では、幸いにして壊滅的な被害を受けた所はなかった。

被害状況をまとめると下表のようになる。

被害個所	釧路市	釧路瓦斯	根室市
	上水道	ガス	上水道
構造物	なし	なし	取水ポンプ場建屋1カ所
導水管	なし	———	なし
配水管	4カ所	低圧本管　1カ所	14カ所
備考			花咲港船舶給水用管路は含まず

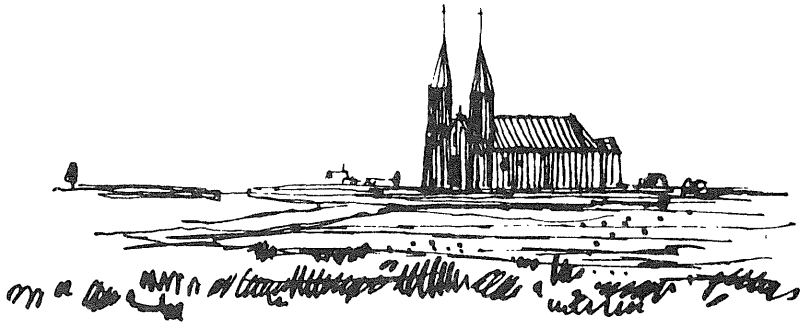
被害個所	標茶町	厚岸町	浜中町
	上水道、専用水道	上水道、簡易水道	上水道
構造物	なし	なし	なし
導水管	1カ所	なし	なし
配水管	1カ所	2カ所	1カ所
備考	上水道は被害なし 専用水道｛中オソベツ系 1 萩野系 1	上水道　1カ所 簡易水道　1カ所	

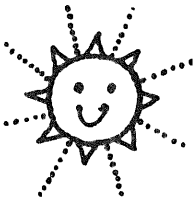
今回の被害の特徴は、橋、建物など構造物の壁を貫ぬいて配管されている管が構造物の出口で破壊している例が見られたことである。これは、構造物と管が埋設されている地盤とが地震時に違う動きをするため、不等沈下を生じ管が破壊されたものであり、このような場所ではフレキシブルな継手を使い、地盤の変位を吸収させる必要性があることを痛感した。

また、もう一つの特徴はA形、A－Ⅱ形メカニカル継手およびダクタイル管は被害が全くなかったことである。

これは、フレキシブルなメカニカル継手が地盤変動に良く順応していることを実証しており、強靱な材質のダクタイル管と相俟って地震に対して優れた特性を有していることを示している。

なお、この調査に関して、釧路市、根室市、標茶町、厚岸町、浜中町、釧路瓦斯(株)の方々に大変お世話になりましたことを、この紙面を借りて厚くお礼申し上げます。





技術レポート
《2》

タイトンジョイント管の施工をめぐって

―大阪市水道局との座談会―

◆出　席　者　◆

〈大阪市水道局〉
川畑　肇　東部工事事務所主査
加藤　博　〃　技術吏員
服部新吾　〃　技術吏員
松島　要　西部工事事務所技術吏員
稲田康彦　〃　技術吏員
大畑照和　南部工事事務所技術吏員
大西詔三　配水課技術吏員
〈久保田鉄工(株)〉
根本行康　鉄管研究部課長
高岡博義　武庫川製造所課長
栃木義和　鉄管営業部課長
〈(株)栗本鉄工所〉
加藤幸蔵　鉄管設計部課長
尾井敏男　業務部配管技術課長
奥谷達郎　鉄管営業部課長
〈日本鋳鉄管協会〉
西山利夫　顧問（司会）
鎌田俊郎　事務局次長

発言者記号：A―G　大阪市水道局
M―R　メーカー側

司会　本日はタイトンジョイント管の施工法に関する座談会を開きましたところ、皆様方には暑い中を多忙な時間をさいてお集りいただきましてありがとうございました。

タイトンジョイント管は、わが国では昭和42年頃より生産され、昭和45年から日本鋳鉄管協会規格として制定されてきましたが、去る7月10日の日本水道協会工務常設委員会で、JWWA規格として承認されることになりました。これはタイトンジョイント管の性能が水道界で認められ、本格的使用への基盤が整ってきたものと思われます。事実、今年度にはいってからのタイトンジョイント管の出荷量は、該当口径では50%に達したというようにきいております。

元来、タイトンジョイントはアメリカＵＳパイプ社の創案になるものでありますが、この形式の継手はいわゆるスリップオン形といわれ、差しこむだけでよいという最もシンプルな形ですから、施工性および経済性にすぐ

れており、米国では水道用管の９割以上がこの形で占められているようであります。

大阪市におかれましても、昭和45年よりタイトン直管を採用していただき、相当な実績を上げておられますし、また異形管についても今年から採用されるようになり、当協会としても、先般来、技術説明会などをたびたび実施させていただき、問題点の解明に努めて参ったつもりではございますが、本日はこれらの総まとめという意味で、現場第一線の責任者の方々に集っていただき、なまなましいご意見を承りたいと存じます。

また、メーカー側におかれましても、大阪市側や司会者の発言の中で、この席でお答えできるものは、遠慮なく所見を述べていただきたいと存じますから、よろしく願います。

◆タイトン直管は問題なし◆

司会　それではまず順序として、タイトン直管の問題からはいっていきたいと思います。大阪市では直管については、昭和45年以来、毎年数十㌔という施工実績をもっておられるわけですが、この経験を通じての所見があれば発言していただきたいと存じます。たとえば水密性の問題とか、もし漏水事故のようなものがあったとすれば、その原因と処理等について話して下さい。

B　これは笑い話になりますが、タイトンジョイント管布設工事で、通水直後大きい漏水があり、調べてみますとゴム輪をいれるのを忘れておりました。また、布設直後に下水工事があり、管が大きくずれたので、あわててタイグリップⅠ型で補強したことがあります。従って、正規の工事をして漏水したというようなことはきいておりません。

D　昭和42年頃でしたか、タイトン直管埋設試験を担当したとき、末端を止消火栓として切張りをはって水圧をかけてみましたら、継手が抜けてしまったことがあります。離脱防止金具の必要性を痛感しました。

また管継手の曲げ角度でありますが、布設後、埋戻し前に、３kg/㎠ぐらいの水圧をかけたままで、直管１本ごとに、管径幅だけ左右に屈曲させてみましたが、漏水はしませんでした。

司会　タイトンジョイントは、水密性にすぐれていることが特色とされておりますが、大阪市におかれても、正規な工事であるかぎり漏水等の事故はなかったということで、優秀性が立証されたことになりますね。しかし、離脱拘束力は比較的小さいので、他工事で掘り返された場合などは、十分離脱防止工を行なわなければなりません。

次に接合時に用いる滑材のことですが、現在大阪市ではどのようにしておられますか。

G　今までは滑剤について仕様書に明記していませんでした。従って、何を使ってもよかったことになりますが、これからはっきりと書くことにいたしております。

司会　それはちょっと無神経だったようですね。先日の技術説明会の時に聞いたんですが、市場で売っている洗剤のママレモンを使っているとか、これは泡が出て困るでしょう。

A　滑剤については名称を統一して指導してほしい。たとえばクボソープとか、鋳鉄管協会誌をみてもタイトンルーブやタイルーブといろいろある。また、販売網についても親切に教えてほしいと思います。

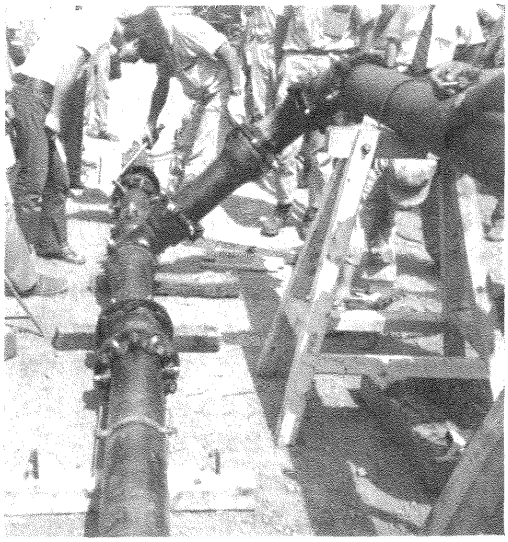
O　クボソープは石綿管用としてあったものです。現場でグリースを使ってもよいかといわれるが、タイルーブを使って下さいといっております。

P　正式にはタイトンルーブリカントを略してタイルーブと呼び、名称・仕様とも統一しております。従来はカリ石鹸を用いたものでしたが、白濁するということで、植物性高分子水溶液を配合した形のものに改良いたしました。

司会　メーカーは滑剤の名称・仕様・販売法を統一し、これをユーザーに十分ＰＲすることがたいせつですね。おひざ元の大阪市でも、このようでは淋しいかぎりです。

タイルーブについては中味は改良されましたが、名称は変えておりません。今後はこれを指定して使ってもらいたいと思います。

次に切管の問題ですが、差し口の面取りを



タイトンジョイント管技術説明会風景（大阪市）

しなければならないわけですが、これは相当めんどうなことだと思うんです。今までいろいろやってこられて、どのような方法がよかったかを教えてもらいたいと思います。

C　現在切断と研磨を別々にやっております。研磨はグラインダーでやっておりますが、電動式で問題はないようです。

司会　電動式グラインダーを持っていない工事業者は困りますが、持たせるように指導すべきでしょうね。夜間作業などで騒音の苦情を受けませんか。

C　家の少ない所へ行って切管し、研磨してから現場へ持ってくるようにしております。

司会　切管と面取りが同時にできるカッターもできているようですから、よく研究してみたらどうですか。

以上、直管について施工上の問題や漏水の問題について２、３お伺いしましたが、大体においてうまくいっておるようで、直管に関するかぎり問題点なしということになりますね。

◆タイトン異形管はこうして作られる◆

司会　大阪市では、本年度からタイトン異形管を採用していただくことになりましたが、直管の採用に比べてたいへんおくれております。私も当時大阪市に在職しておりまして、このかんの事情をよく承知しているわけでありますが、やはりショートボディのスリップオン形式ということで、使用性に若干の不安があったことや、従来のメカニカル継手が優秀であり、使用に慣れていたため、これに対する愛着があったことなどが原因であったと考えております。しかし、最近になってメカニカル異形管の品不足というようなハップニングが起こりまして、入手が比較的らくなタイトン異形管の採用にふみきることになったと理解しております。

そこでメーカー側から、このかんの事情、なぜメカ異形管が品不足になったか、入手しやすいというタイトン異形管はどうして作られるのか、またタイトン異形管を使えば今後の調達に支障がないかというような問題について、ユーザーの皆さん方にわかるようにご説明願いたいと思います。

O　メカの異形管が不足してきた理由は、いろいろ複雑な問題がからんでおりますが、まず原料面における価格の高騰があげられます。また、大部分が手作業でやるため人手がかかりますが、職人の確保が困難となってきております。小口径異形管は主として中小メーカーに依存しておりますが、公害規制がきびしくなったことや、景気のよい時は他へ品物が流れるということで、昨年末頃から３～４カ

月もかかるようになっております。

司会　中小メーカーに依存していた異形管の製造が間に合わないということになると、直管メーカーである大手筋に力を入れてもらわなければならないことになりますが、大手メーカーといえども職人不足は同じことだと思いますから、どうしてもオートメ化が必要となります。現在、両社ではタイトン異形管の製作について相当な技術革新が進んでいるときいておりますが、この実状についてお話し願いたいと思います。

N　久保田鉄工では、タイトン異形管は船橋工場で作っておりますが、製造法は従来の外型と中子を組合わせていた方法と異なり、あらかじめ発泡スチロールで管と同じ形のものを作っておき、これをさらさらの鋳物砂に充てんして、ここへ溶鉄を注入して発泡スチロールの型とおきかえる方法をとっております。当初はいろいろ問題はありましたが、逐次改善して現在は軌道にのっております。発泡スチロールの型は金型で作り、液を入れ発泡させて簡単に作ることができます。

Q　栗本鉄工所の異形管量産設備といたしましては、西ドイツのグラウエ社製高圧自動造型機設備でございまして、これは管の外径を作る割り型の上下枠を自動的に機械が砂込め造型し、こうしてできた鋳型に管内径部になる中子型をセットし、溶鉄を流しこめるよう型組みも機械が行ないます。完成した鋳型が次の注湯場所に送られ溶鉄が注ぎこまれます。

注湯ラインから冷却ラインを通り、次に機械が型のばらしと砂落しを自動的に行ないまして、製品がとり出されると、空枠はまたもとの造型機に戻し送られます。

このように丸いテーブルの上を循環して連続的に鋳造される仕組みでございまして、このプラントの頭脳として集中制御装置がついており、鋳枠の回る速さは1時間に40枠、1枠にタイトン異形管が4～5本鋳造されるという精度の高い量産機であります。

司会　私は鋳造のことは全く素人ですが、いま両氏の説明をきいていると、従来の手工業から脱皮したざん新なマスプロ方式が採用されたように理解できます。そこで、タイトン異形管の需要は今後飛躍的に増大すると思うんですが、果たして生産がついていけることになるのでしょうか。

O　タイトン管の普及率は、全国的にみて、昨年までは20%くらいでしたが、最近は急激に増えて50%くらいになっているかと思います。当社では、今までは月産200トンくらいの設備でしたが、受注ベースでは400トンくらいの要求があり、設備を拡充して、この需要に応ずるようにいたしております。

R　当社では、タイトン異形管は月産150トンくらいですが、異形管全体としては400トンくらいです。タイトン異形管はメカ形に比べて1個当たり7割くらいの重量になりますから、同じ重量でいえば3割の増産ができることになります。また、ほかにサブライセンスを受けている異形管メーカーが26社ほどあり、逐次製造を開始してくるものと思われますので、秋以降には需給は緩和していくものと考えられます。

司会　タイトンの異形管を使って下さいといっても、製品が間に合わなかったらたいへんなことになりますので、いっそうの努力をしていただきたいと思います。

◆タイトン異形管の問題点◆

司会　タイトン異形管の製造や販売のことについて、少し時間をとりすぎましたが、これから本日の重点テーマであるタイトン異形管の問題点についてお話し願いたいと思います。

大阪市では、今年にはいって初めて採用されましたが、現在盛んに使用なさっておりますので、この体験を通してきたんのないご意見を承りたいと思います。とくに大阪市は過密市街地で、地下埋設物も錯綜しており、湧水も多いということから、新しい形式の継手を使っていろいろ苦心をなさった体験もあろうかと存じます。これらについて各人少なくとも一点ずつご発言を願います。

F　タイトン規格では、継ぎ輪がL 300mmになっていますね。異形管差し口にボスがあるため、片方へ寄せなければならず、このため鉄

管を余分に切るなど使いにくいことがあります。L 200㎜のものも残しておいたらどうですか。

Q　200㎜のものは、メカ規格（JWWA 106）の中にありますから、それをお使い下さい。東京都のほうから300㎜のものがいるということで、T形規格にいれられましたが、200㎜のも作っております。

R　タイトンはひっぱりこむだけですから、すき間が大きくなるということで300㎜ができましたが、近頃200㎜のほうが使いやすいという意見も、よくきくようになりました。

E　新設工事など、から連絡の場合は問題がありません。しかし、断水をして連絡工事をするような場合、メカはゆうずうがききますが、タイトンでは修正の場合簡単に抜けないので、工事に思わぬ時間を食われることがあるということで、現場ではメカしか使ってくれません。タイトン異形管を簡単に抜き差しできるものにできませんか。

司会　今度メーカーで開発したTB接合金具は、抜くこともできるように作られておりますね。メカのように簡単に手で抜くというようには参りませんが、TB金具を使えばやれないことはないわけです。これも慣れの問題になってくると思いますが、時間を限られた連絡工事の場合にメカを併用したいという気持はよくわかります。

E　それから、短管的なものが欲しいと思います。曲管がショートになり、切りまわしの時などたくさんの切管がいるからです。

D　私も同意見です。短い切管を作るのに直管を切っていくとロスが多くなります。初めから短いものを作っておけば、現場での面取りもいらなくなり、効率的だと思います。切りまわしをするとき、メカの45°Sベンドでちょうどよい場合でもタイトンを使えば必ず切管がいります。現場では40～60㎝の切管がたくさん使われております。

司会　ごもっともな意見と思います。現場で頭だけを切りとった坊主管が倉庫へ返ってきて、山ほど積まれているのを私も在職中によく見かけて頭を痛めたことがありますが、メーカーさんのご意見は……。

O　そういう意見は以前にもありました。受口短管は異形管として作ればよいわけですが、単位重量あたりの単価が高くなりますし、結局、直管として製造して寸法切りをすることになりますので、現場で寸法に合わせて切ってもらうのがいちばんよいということになろうかと思います。

司会　実状はいまいわれたとおりだと思います。たしかに短管はたくさんいりますし、寸法的に公約数的なものがでてくれば特別製作しておくのもよいことだと考えられますが、経済性も十分検討しなければならないと思います。また、継ぎ輪を利用して坊主管を活用していくことも考えてほしいですね。切り残りの管を適当な長さに加工して、あらかじめ短管を作っておくのも一法かと思います。

B　接合したタイトン管を長期間おいてから抜かれたことがありますか。

Q　3ヵ月くらいのものをTB金具で抜いたことがあります。

B　かんたんに抜けますか。

Q　かんたんにはいきませんが、接合後いったん水圧をかけておいて、3ヵ月たってからTB金具で抜いてみました。接合直後よりも抵抗は大きいですが、そう時間はかかりませんでした。

D　滑剤はどうなっていましたか。

Q　滑剤は乾ききっておりました。また、ゴム輪の内面は荒れており、黒いものがこびりついたようになっておりました。滑剤を塗らずに水に濡らして接合したものと離脱抵抗力の比較をしてみましたが、大差はありませんでした。

D　仮配管などの場合、接合後2～3ヵ月で抜くことが多いが、離脱困難であります。ロープをかけて無理に引っぱると、隣りの継手が抜けたりすることがあります。

P　タイトン継手の離脱にはTB金具のように芯でとらえることが必要で、ロープで引っぱると片押しになって抜けにくい。説明会の席上で実演もしましたが、チェイントングをかけて、管を少し回すと抜けやすくなります。

ＴＢ金具で抜くとき、両方のターンバックルを同時に回すよりも、互い違いに回すほうがよく抜けます。

B　接合器具は改良してもよろしいか。現在、自動車のジャッキを利用してやっている業者があります。バンドを締め、チェインをつけてジャッキで引きこんでおりますが、レバーの動く方向が縦方向になり、パイプレンチを横方向に使うよりよほどらくになります。

P　油圧ジャッキを使って試作してみましたが、十何万円もかかりました。

司会　ＴＢ接合金具は、安いということを念頭において開発されたものの中で、一番よい製品だと思います。金をかけて油圧などを使ってやるようにすればよいものができないことはないが、現場では軽便ということがたいせつな要素であり、ＴＢ金具の使用に慣れてほしいと思います。

C　タイトン形で既設管のせん止めをする場合、受口付きの短管がいるので無駄掘りが多くなりますが、改良できませんか。

司会　現在では、メカの継ぎ輪とせんを用いればよいが、将来オールタイトンになった場合に困るということですね。

E　メカもときどきいりますね。

O　将来、全部タイトン化されたとしても、継ぎ輪だけはメカで残していくことになります。

司会　今までの全国各都市からでたタイトン異形管に対する苦情を集約して検討してみますと、カラーの使用によって解決できるものがたくさんあります。幸いタイトン規格ではメカ形のカラーが残っているので、これを大いに活用すべきだと考えます。

A　Ｔ形・メカを比較して検討してみましたが、両端継ぎ輪になるケースが非常に多かった。

F　継ぎ輪が非常にたくさんいりますね。継ぎ輪が足りなくなりませんか。

G　既設管との連絡には継ぎ輪が絶対必要です。既設管では面取りができない。

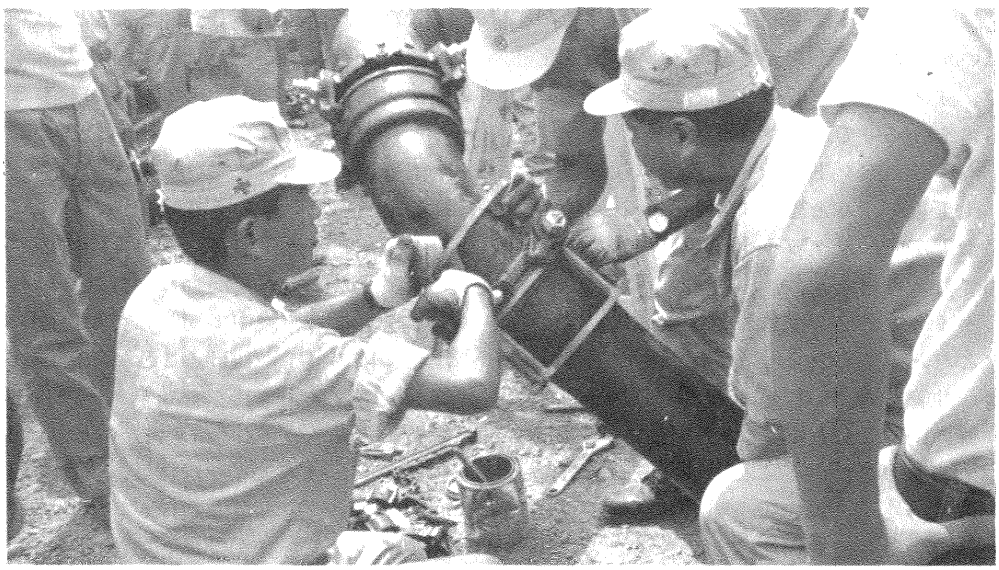
司会　協会でも方針は統一していますね。両カラーでいくというように……。

O　今まで各地の説明会で質問がでておりますが、両差しにして継ぎ輪で連絡するようにすすめております。

B　というようなことになりますと、受差しの丁字管などは両差しにしておいたほうが、継手や掘削の手間が省けることになりますね。

Q　既設管でも遠心力で作ったものはタイトンでいけます。

A　緊急時には相手にできませんね。



T.B.金具による接合作業風景（大阪市）

Q　メカを残せということになりますか。

司会　今までの意見のケースはよくありますが、一応特殊な場合にかぎられるわけで、大部分はタイトンでいけると思います。それでは今度は立場をかえて、タイトンでは全くだめだというような点がありましたら教えて下さい。

F　考えてみたんですがありません。

B　いっそ変心してオールタイトンにしたほうがよいのでは……。

F　水の中で使える滑剤を考えておかないと、管がうまくはいらないときに問題だと思います。現実に、面取りをちゃんとやっておけばはいらないことはありませんが。

Q　濡れた管に滑剤を塗ってもだめです。地上で乾いたものにつけて水の中でやっても15分はもちます。

B　維持の仕事になると現実に水があり、時間に制約されるからなかなかむずかしいです。結果的にメカ継ぎ輪ということになってしまいそうですね。

司会　継ぎ輪さえ十分用意しておけば、タイトンオンリィでいけることになると思いますが。

B　拝み合わせという継ぎ輪なしで連絡する名人芸はできない。

F　誰でもできる標準的な方法でやるべきだと思います。タイトンでは完全な試験掘りをして、寸法を確認しておくことが必要です。適当にやっていてはヘマをやります。

A　両差しのベンドができたら、末端連絡のとき土工量が減ると思いますが……。

O　大阪市ではソケット上向きということに決めておられますか。

B　タイトンやメカであれば上向きということにこだわっておりません。

司会　曲管を両差し形とすることは、先程の丁字管の両差し形ということと同じで、これはすべての異形管にいえることですが、継ぎ輪で両端をつなぐとき短管をいれる必要がないので、掘方や布設費の節減ができることになるわけです。しかし、規格というものは最大公約数的なもの、使用頻度を考えて標準的なものにしておく必要があります。特殊の場合に限定した案は困るわけですが、現実に異形管を両差しにすることが水道界の大勢として大きいメリットがあるということであれば、今後の問題として検討されるべきだと思います。

G　タイトン継手は施工上、直管と異形管と別々のような感じがしますね。直管はフォークで、異形管はＴＢ金具で接続するというように……。

司会　原則的には、直管も異形管もフォークでやるということから出発しておりますが、異形管用の、よりよいものとしてＴＢ金具が開発されたわけです。ところで、ＴＢ金具は現物にいきわたっておりますか。また、ほかによい知恵はありませんか。

B　ＴＢ金具も使っておりますが、先程いいましたジャッキを使ったものもやっております。ＴＢ金具にこだわる必要はありません。

Q　こだわる必要はありません。もっとよいものがあればどんどん開発して、こちらへも教えてもらいたいと思います。

B　異形管には全部離脱防止金具を取付けることになりますが、ＴＢ金具を改良して、まずタイグリップを所定の位置にセットしてから、これにターンバックルを掛けて引き込むようにすれば仕事がしやすくなると思います。

それから離脱防止金具の取付け場所ですが、現在異形管の両端と、その前後の継手ということになっておりますが、これを直管部にも全部付けたらよいと思いますが……。

司会　それはどういう意味で……。

B　将来、接近工事がたくさん出てきて掘返され、管が吊られた場合など抜ける恐れがあります。また、途中で切断してセン止めした場合、隣の継手が抜けることがあるからです。

司会　離脱防止金具を全継手につけることは経費の上からみてももったいないと思います。Ｂ君のいわれるような場合は、維持管理上の問題として、そういう条件が起こった場合、必ず離脱防止金具を付けて補強することですね。このために二つ輪り形の離脱防止金具も販売されております。離脱防止金具の取付け

方に問題はありませんか。

B　タイグリップⅡ型の場合でいえば、ボスがあって窮屈ですが、どうにか付くという程度です。

司会　防止金具をまず取付けて、これにＴＢ金具を掛けて引き込めば支障がなくなるわけですね。継手を曲げる必要がある場合には、締めつけボルトをゆるめなければならないかも知れませんが。

◆タイトン異形管に慣れよう◆

E　タイトン形に変わったら異形管は品ぎれになることはありませんか。

R　タイトンは機械生産するから量産ができ、納期も短縮できます。過渡期としては迷惑をおかけするかも知れませんが、メカをやめてでもタイトン異形管の生産に努めていきたいと思います。

Q　タイトン管を使ってのメリットといったものはございませんか。

A　直管は確かにらくです。異形管については、軽くて扱いやすいということのほか、特にメリットはきいておりません。いままで話しのあったように、メカに比べて悪い点のほうが目につきますが、しかしこれも、経験が浅いからだろうと思います。いったん接合したジョイントがひねれるかという疑問を持っていましたが、この間の説明会での実演で、できることがよくわかりました。

司会　タイトン管の出現には、大きい時代の流れがあり、手工業から機械的マスプロ生産へ移行しなければ、ぼう大な需要についていけないような時代になっております。当初はいろいろ問題はあろうかと思いますが、現実に入手しやすい品物であるタイトン異形管の使用に慣れ、これを使いこなすことによって事業の進捗をはかっていただきたいと思います。

O　全国的に、タイトン異形管も早くせーやという意見も出て参りまして、私どもも楽しみに待っております。

F　１年くらい使ってみればメリットもわかってくると思います。タイトン継手の接合は段取りさえよくすれば大丈夫で、たとえば異形管は岡継ぎをしておけば継ぎ輪２～３個でがっちり接合できます。そのうちにタイトンでなければようやらんというようになるでしょう。

A　250㎜以上のタイトン化の見通しは……。

M　技術的な問題にだけ限定して申上げますと、将来大きくなっていくことは間違いございませんが、時期はわかりません。ただ寸法公差がきびしいので加工工数が多くなります。特殊なケースですが600㎜までの経験があります。

A　大口径管になると接合がむずかしいでしょうね。

M　フォークではだめです。直管で相当大きいジャッキがいります。異形管では経験がありません。

司会　予定の時間もきましたので、これで終わります。どうも長時間貴重なご意見をありがとうございました。ユーザーの方に申し上げますが、当協会をユーザーとメーカーのパイプ役として、どしどし利用していただくようお願い申し上げます。

工事中

寄稿

兵庫県における広域水道事業

林 昌継
兵庫県企業局水道部水道課長

1．兵庫県の水需要と広域水道の必要性

兵庫県においては、近年人口の増加、生活水準の向上、産業経済の発展、加うるに内陸部では、中国縦貫自動車道の建設によりインターチェンジを中心とする大規模な宅地開発、工業団地の建設が行われ、急激な都市化が進んでおり、また県のマスタープランにおいても昭和40年には82%であった水道普及率を昭和55年には98%まで高め、1人1日当り最大使用量を520ℓまで高めるような施策が講じられているため、水需要の増大は極めて顕著である（表－1、図－1、2）。

従って水資源開発は、県勢振興の基本であり主要施策である。水源開発の方針としては、当面、河川の開発を強力に推進しなければならない。そして、水資源の容量条件に基づいた土地利用計画等、地域開発計画のチェックをするとともに、工業用水の需要に対しては回収水、下水処理水の再生利用によりその供給をはかり、生活用水については、域内の水需給のバランスのとれない地域が多いので、広域的な水源開発による広域導水と広域水道の推進をはかる方針である。すなわち兵庫県

の場合、図のように阪神、播磨で全県の水需要の94%を占めており、需要の地域が一部に集中している。加うるに瀬戸内海地帯は降雨量が少なく、また河川も中小河川が多く、水源開発は困難で効率が悪い。一方、西播地域と但馬地域の河川は、比較的水資源に恵まれ利用量も少ないために西部・北部からの導水が必要である。しかし阪神東部については、どうしてもびわ湖開発による導水に依存せざるを得ない現状である。また一方、兵庫県の水道施設数は662(47．3．31現在）で、うち上水道73、簡易水道475、専用水道114であり、小規模水道が多く地下水、伏流水等不安定な水源が大部分を占めている。

このような状況で広域的な水源開発に呼応して、不安定水源の解消、水使用の合理化、経済性その他の見地から、水需給の解決には広域水道の建設が必要かつ急務である。以下、現在実施中の県営広域水道事業の概要をのべる(図－３)。

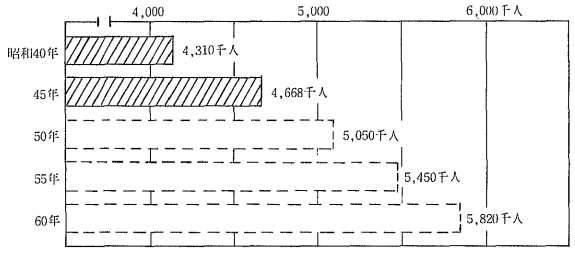
表－１　兵庫県の地域別生活用水(上水)、工業用水の需要量(取水ベース)

(単位：千m³)

地域名		昭和40年			昭和45年			昭和50年				昭和55年				昭和60年			
		上水使用水量	工業用水使用水量	計	上水使用水量	工業用水使用水量	計	上水需要水量	工業用水需要水量	計	要開発水量	上水需要水量	工業用水需要水量	計	要開発水量	上水需要水量	工業用水需要水量	計	要開発水量
阪神	阪神臨海	619	670	1,289	734	749	1,493	1,071	1,059	2,130	647	1,302	1,383	2,685	1,202	1,522	1,602	3,124	1,641
	阪神近郊	61	117	178	123	142	265	193	281	474	209	264	342	606	393	338	478	816	551
	計	680	787	1,467	857	891	1,748	1,264	1,340	2,604	856	1,566	1,725	3,291	1,595	1,860	2,080	3,940	2,192
播磨	東播	94	334	437	140	580	720	243	1,040	1,283	563	311	1,499	1,810	1,067	374	1,717	2,091	1,371
	中播	120	541	711	187	667	854	218	899	1,117	263	287	1,141	1,428	574	359	1,196	1,555	701
	西播	17	62	79	33	95	128	46	129	175	47	51	189	240	112	53	231	284	156
	計	231	941	1,227	360	1,342	1,702	507	2,068	2,575	873	649	2,829	3,478	1,776	786	3,144	3,930	2,228
但馬		30	9	39	62	29	91	60	56	116	35	60	82	142	61	60	128	188	107
丹波		8	16	24	12	30	42	23	47	70	28	28	67	95	53	31	84	115	73
淡路		14	19	33	24	22	46	43	45	88	42	58	62	120	74	76	119	195	149
県計		963	1,822	2,790	1,305	2,314	3,619	1,897	3,556	5,453	1,834	2,363	4,815	7,178	3,559	2,813	5,555	8,368	4,749

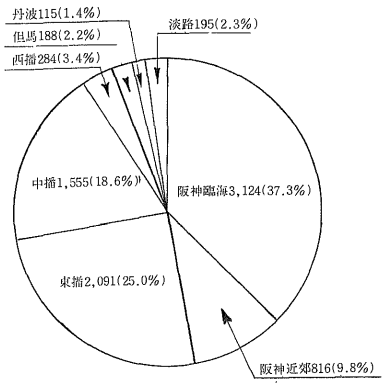
※要開発水量は昭和45年を基準とする

図－１　人口推移

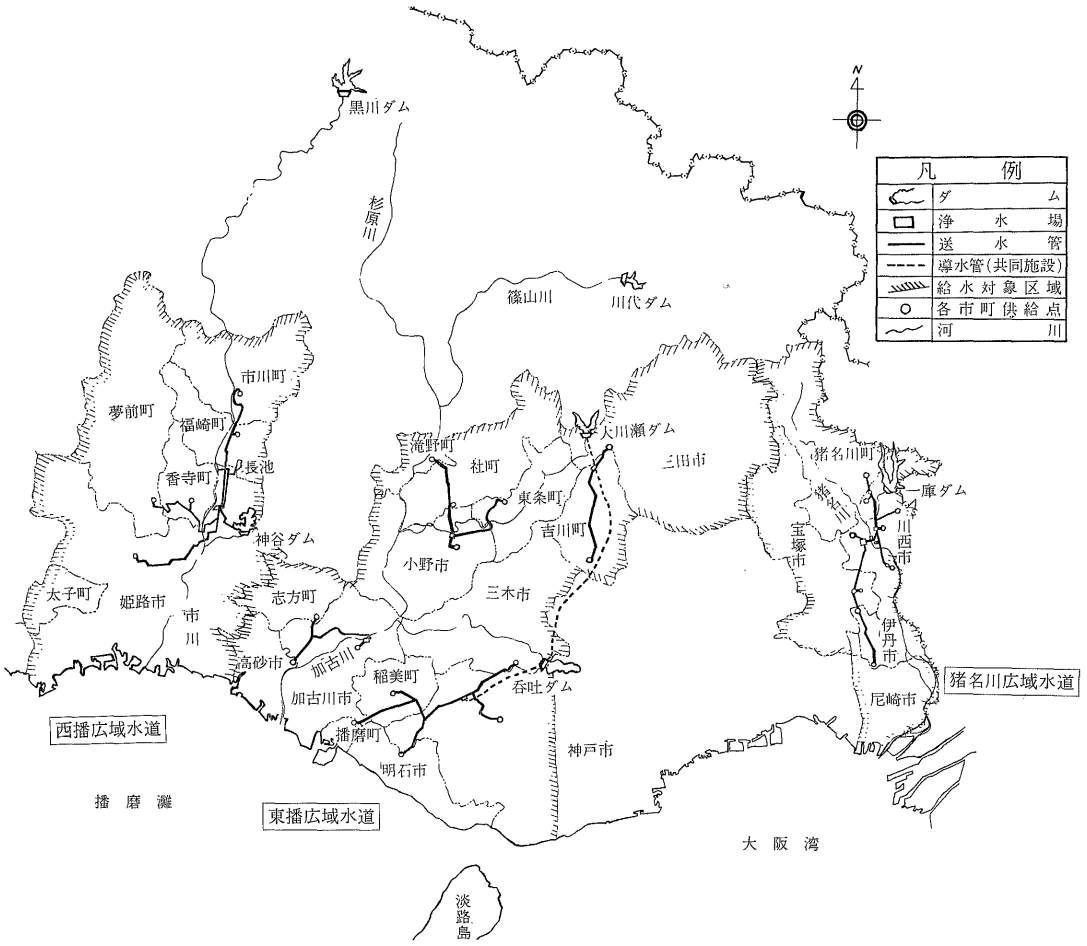


図－２　昭和60年の水需要の地域別割合

(単位：千m³/日)



図－3　兵庫県水道用水供給事業（広域水道）



2. 広域水道事業の概要

1）猪名川広域水道事業

本用水供給事業の対象となる市町は、大阪湾に望み本県の東南端に位置する尼崎市ならびにその北方に隣接する伊丹市、宝塚市、川西市および川辺郡猪名川町の４市１町であり、これらの都市は、それぞれ阪神間における工業、住宅、観光都市として発展を続けている。さらに近年、港湾、鉄道、道路等社会資本の整備充実による経済の高度成長に伴い、この地域は急激な都市化が進み、特に新鮮な空気と豊かな緑に恵まれた川西市、猪名川町においては大規模な宅地の開発、住宅の建設が行われており、これら諸要因による人口の増加は著しいものがあり、生活用水の驚異的な需要増大をもたらしている。

一方、猪名川町を除く４市の既設水道は、本地域を流れる武庫川、猪名川、あるいは地域外の淀川から取水する表流水、伏流水と阪神水道企業団より供給を受ける水道用水に水源を依存しているが、これらの河川に水利権の余裕がないことや、水質汚濁等の問題もあり、現在の給水量を維持することさえ困難な状態であって、各市とも新たな水源を開発確保することが焦眉の急務とされている。

このような状況から、建設省においても洪水調節とともに都市用水、不特定かんがい用水等を確保するための「一庫ダム建設事業」が策定され、水資源開発公団が43年度より工

事の実施に着手することとなった。

本水道用水供給事業は、この計画による都市用水の配分を受け、このような給水状況打開のため県が広域的にこれを経営しようとするものである。

① 水　源

水源種別：猪名川表流水および「一庫ダム」放流表流水

取 水 点：兵庫県川西市多田院

取 水 量：1.922㎥/s(「一庫ダム」による都市用水 2.5㎥/sのうち、他は川西市単独および大阪府分)

② 給水対象および給水量

市町名	1日最大給水量 (㎥/s)	1日平均給水量 (㎥/s)
猪名川町	11,200	7,840
川 西 市	39,900	27,930
宝 塚 市	22,700	15,890
伊 丹 市	46,800	32,760
尼 崎 市	43,500	30,450
計	164,100	114,870

③ 目標年次　昭和55年度

④ 施　設

取水施設、浄水施設、送水施設（送水管：φ250㎜～φ1,200㎜×延長約24,000m、送水隧道：R＝2.0m・4R馬蹄型・延長約4,000m調整池3カ所）

⑤ 建設費　約130億円

⑥ 工事期間　昭和46年度～昭和50年度

2）東播広域水道事業

本用水供給事業の対象となる市町は、本県のほぼ中央部を占める東播地域に位置する神戸、明石、加古川、三木、高砂、小野、三田の各市と美嚢郡吉川町、加東郡社町、滝野町、東条町、加古郡稲美町、播磨町、印南郡志方町の7市7町である。これらの市町のうち播磨灘に面する臨海部一帯は、播磨工業地帯の一部を形成し、飛躍的な発展途上にあり、さらに内陸部一帯は中国縦貫自動車道の建設により滝野、および吉川インターチェンジを中心として大規模な宅地の開発、工業団地の建設が行われており、生活用水の大幅な需要増大をもたらしている。

一方、各市町の既設水道は、本地域を流下する加古川、明石川、およびその支流から取水する表流水、伏流水と東播地下水盆の深層地下水に水源を依存しているが、河川には新たな水利権取得の余裕のないことや、水質汚濁の問題、さらには地下水の過剰汲上げによる水位の低下、塩水化等が生じており、現在の給水量を維持することさえ困難な状態にあり、各市町とも新たな水源開発が急務とされている。このようなことから農林省において、かんがい用水と都市用水を確保するための「東播用水農業水利事業」が策定され、53年度完成を目途に工事に着手することとなった。

本水道用水供給事業は、この計画による都市用水の配分を受け、このような状況に対処するため県が広域的に経営せんとするものである。なお、この事業は、供給地域が広大なのと取水地点の制約から、全事業を4ブロックに分け供給を計るものである。

① 水　源

水源種別：加古川、東条川表流水および東播用水事業（呑吐ダム、大川瀬ダム、川代ダム）放流表流水

取 水 量：3.366㎥/s(共同事業費分担率：農林省50.5%、県企業局49.5%)

② 給水対象および給水量

ブロック名	市　町　名	1日最大給水量(㎥/日)	1日平均給水量(㎥/日)
東播臨海部	神戸市・明石市・三木市 稲美町・播磨町	140,500	98,350
加古川下流部	加古川市・高砂市・志方町	60,900	42,630
東条川流域部	小野市・社町・滝野町・東条町	59,200	41,440
東播内陸部	三田市・吉川町	16,400	11,480
計		277,000	193,900

③ 目標年次　昭和55年度

④ 施　設

取水施設、浄水施設（４カ所）、送水施設

東播臨海部	φ300mm～φ900mm延長約24,000m
加古川下流部	φ300mm～φ700mm延長約13,300m
東条川流域部	φ400mm～φ700mm延長約19,100m
東播内陸部	φ300mm～φ400mm延長約12,200m
計	φ300mm～φ900mm延長約68,600m

⑤ 建設費　約296億円

⑥ 工事期間　昭和47年度～昭和53年度

3）西播広域水道事業

本用水供給事業の対象となる市町は、播磨平野の中央部を流下する市川の中、下流にひらけた都市であって姫路市、飾磨郡夢前町、神崎郡市川町、福崎町、香寺町、および揖保郡太子町の１市５町である。これらの市町のうち、播磨灘に面する臨海部一帯は、播磨工業地帯の中心部を形成し、飛躍的な発展途上にあり、さらに内陸部においては中国縦貫自動車道、播但有料道路の建設により、福崎インターチェンジを中心として大規模な宅地の開発、工業団地の建設計画が進められており、生活用水の需要は飛躍的に増大している。

現在、市川水系には、市川総合開発事業の生野ダムがあり、姫路市周辺に上、工水を供給しているが、急激な需要増のため、すでに満度に達している。また、中流部の地域はほとんど地下水、伏流水を水源としているため非常に不安定であり、現在の給水量を維持することさえ困難な状態であり、各市町とも新たな水源開発が急務とされている。従って、かねてから大規模な水源開発とともに広域的な供給態勢の確立が望まれていた。

このため本事業は姫路市豊富町、岩屋、細野地先にロックフィルダムを築造し、河道外貯水池として市川の豊水時に揚水貯溜し、これを主水源とし、さらに姫路市船津町の長池を同様に調整池として用い、また、市川水系黒川上流部に関西電力が建設中の黒川ダムを一部共同利用することにより水源を確保し、県が広域的に経営しようとするものである。

① 水　源

水源種別：市川表流水、黒川ダム放流表流水、および長池、神谷ダム貯溜水

取水点：兵庫県姫路市船津町仁色

取水量：神谷ダム2.2㎥/s、長池0.25㎥/s、黒川ダム0.35㎥/s、計2.8㎥/s

② 給水対象および給水量

市町名	１日最大給水量（㎥/日）	１日平均給水量（㎥/日）
姫路市	168,000	117,600
夢前町	4,400	3,080
市川町	14,900	10,430
福崎町	18,100	12,670
香寺町	4,500	3,150
太子町	14,100	9,870
計	224,000	156,800

③ 目標年次　昭和57年度

④ 施　設

取水施設、貯水施設（神谷ダム：有効貯水量15,900千㎥、長池：2,605千㎥）

浄水施設、送水施設（送水管φ400mm～φ1,500mm×延長約32,100m）

⑤ 建設費　約240億円

⑥ 工事期間　昭和48年度～昭和53年度

3. むすび

近年ダム開発は公共補償、生活再建、買収価額等の解決に多くの困難と長い期間がかかる現状である。前述の「一庫ダム」もその例にもれず、現在やっと一筆測量立入調査の地元了解を得た段階で、当初48年度末完成の予定が２～３年遅れることは確定的である。猪名川広域水道の水道施設の建設は、昭和46年より進行しているが、水源開発の遅れから猪名川流域市町の水不足は深刻になるであろう。また、東播広域水道の水源開発においても、当初の予定がかなり遅れるようである。

このような水源開発事業の遅延と、それに伴う大幅な補償費の増嵩は、緊急な需要に対する水道用水の早期通水と供給単価の面で各事業とも大きな問題を含んでいる。

鋳鉄管第14号

昭和48年5月

技術レポート《1》

軟弱地盤地帯のダクタイル管管路の挙動調査

静岡県柿田川水道事務所長
漆畑八三

1．はじめに

現在、駿豆水道用水供給事業を推進しつつあるが、この中で送水管路としては 700φ～1000φまで総延長22kmの間に、ダクタイル管を採用した。管路は軟弱な地盤に埋設されたが、今後の設計および維持管理指針資料を得るため、地盤沈下に対する管路の挙動を計測・調査することになった。

以下、事業の概要と現在までの計測・調査結果について、あらましを述べてみる。

2．駿豆水道用水供給事業の概要

事業概要は表－1の通りであり、狩野川水系の柿田川を水源として、日量10.5万トンを取水し、これをいったん三島受水槽(HWL＋80.0m)、函南受水槽(HWL＋310.0m)および熱海受水槽(HWL＋410.0m)まで、ポンプ圧送した後、自然流下によって熱海市、三島市、函南町に分水しようとするものである。

表－1　事業概要

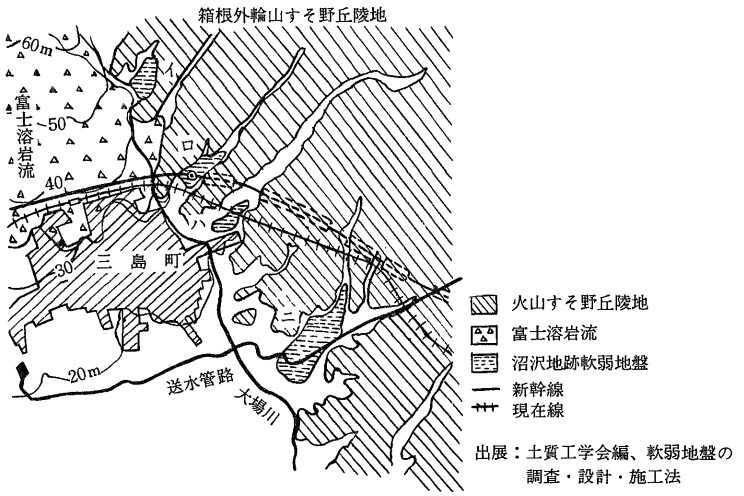
水　源	一級河川狩野川水系柿田川	
取水量	105,000m³/日	
給水量	100,000m³/日	
給水区域	熱海市	分水量60,000m³/日
	三島市	分水量30,000m³/日
	函南町	分水量10,000m³/日

3．送水管路埋設地帯の地盤について

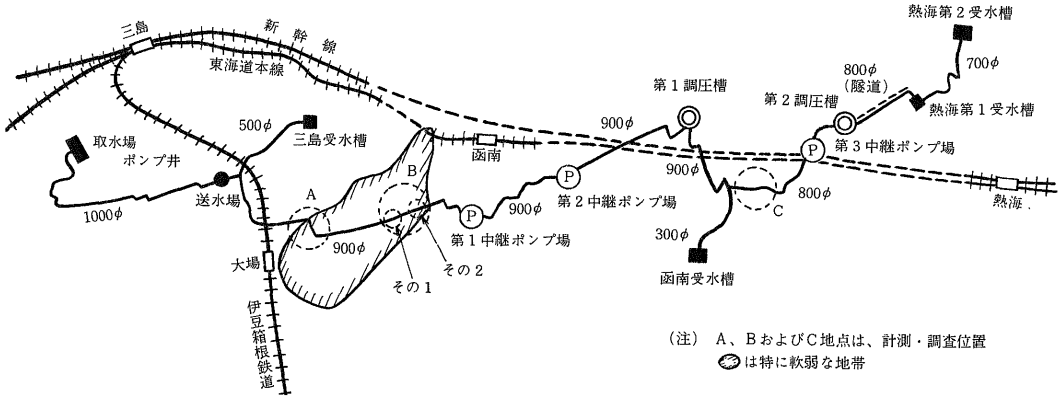
この地帯は、文献によれば図－1に示すように箱根外輪山西南部すそ野の三島付近において、火山斜面の放射谷が発達し、その下流末端出口部を富士の溶岩流と、それにつづく扇状地タイ積物でせき止められて、一時、湖沼を生じ、後に埋積されて軟弱地盤となった、いわゆる溶岩流によるセキ止め軟弱地盤地帯が存在する所である。

管路は、図－1のように埋設されており、途中でこの軟弱地盤地帯を通っている。この管路をもう少し拡大して示すと、図－2のとおりである。また管路中、C地点も土質調査の結果では、同様に軟弱地盤地帯に該当する所である。

図－1　三島付近、溶岩流によるセキ止軟弱地盤



図－2　管路の概要



4．管種選定に当たって

この地帯は、すでに述べたように豊富な水量に恵まれ、地下水位が高く、しかも洪積世火山である富士山のすそ野の斜面にできた放射谷がオボレ谷となって、代表的な軟弱地盤になった所である。軟弱地盤に管を埋設した場合、地盤沈下に伴って管路も沈下するが、この場合、管体に無理な力が働かずに、関節のごとく自由自在に沈下に順応することが管路としては最も望ましいと思われる。

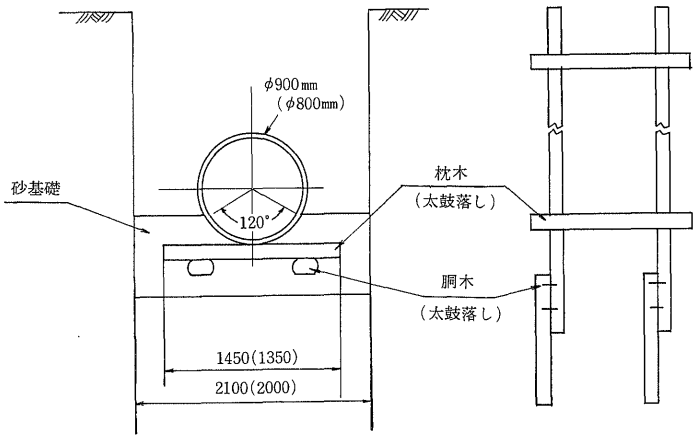
以上のことから、工事の施工スピードと相まって、将来の地盤沈下に対する管路の安全性を考慮し、ダクタイル管を採用した。

5．工法について

管路設計に当たって、軟弱地盤地帯では、不等沈下をできるだけ避けることが望ましい。このため、基本的には直線管路にはK形継手を用い、ベンド部など不平均力の作用する所ではKF形継手を採用して、不等沈下の原因となるコンクリートブロック防護を全面的に取り止めることにした。

一方、管路埋設に際しては、極めて地下水位が高いので管据付けを安定させる目的で、基礎は全面的に砂置き換え工法をとった。さらに、路線の一部には管路の不等沈下対策として図－3に示すような梯子胴木基礎を採用した。

図－3　梯子胴木基礎



注1．(　)内は800φの場合
注2．胴木は1本長3.6mを接続
注3．枕木は3mおきに1本
　　(または直管1本につき2本)

6．管路の挙動調査

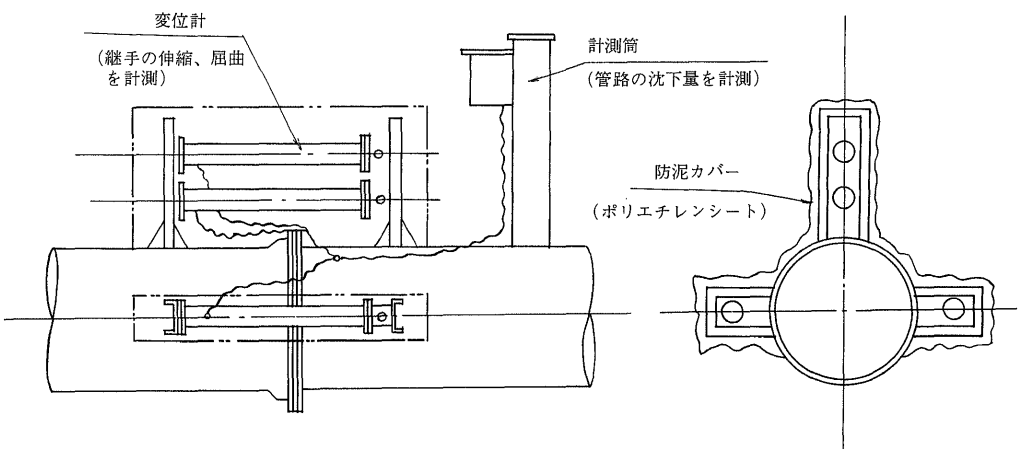
軟弱地盤地帯における埋設管路の沈下挙動については、従来、理論的には推定されているが、実際の管路に即した適当な事例研究はほとんどなかった。たまたま今回の管路は、わが国でも代表的な軟弱地盤地帯に埋設されることになり、工法としても、梯子胴木、浮き基礎、コンクリート防護の取り止めなど基礎に留意した。このような背景から、800φおよび900φ管路中、特に軟弱と見られ、かつ盛土によって将来地盤の圧密沈下が予想されるA、BおよびC地点について地盤の沈下量を推定すると共に、管路の挙動を計測・調査することになった。

以下、現在までの結果のあらましを紹介してみたい。

1）計測方法

管路の沈下量は、対象区間の要所要所に取付けた計測筒によって定期的に測量し、継手の伸縮ならびに屈曲度については、特に沈下量が大きいと推定されるB地点の一部を選んで、図－4に示すような形の変位計によって計測する方法をとった。

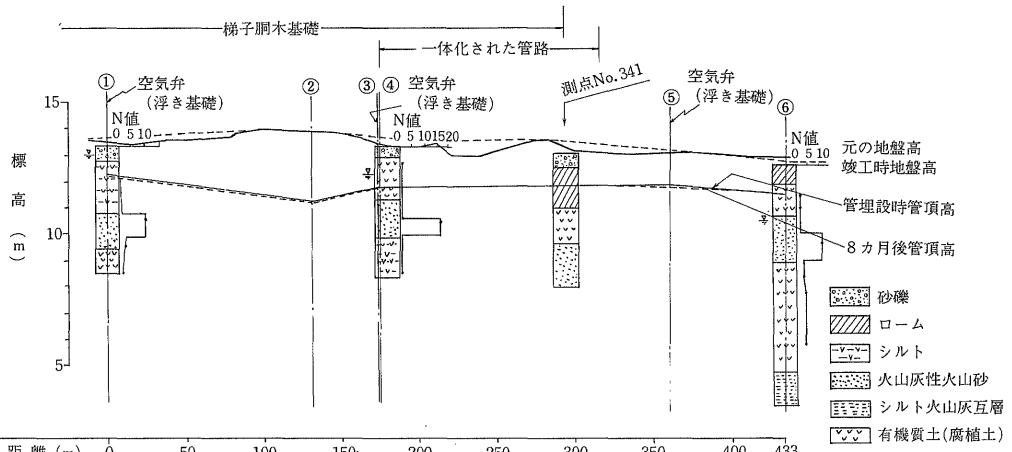
図－4　計測方法



2）結　果

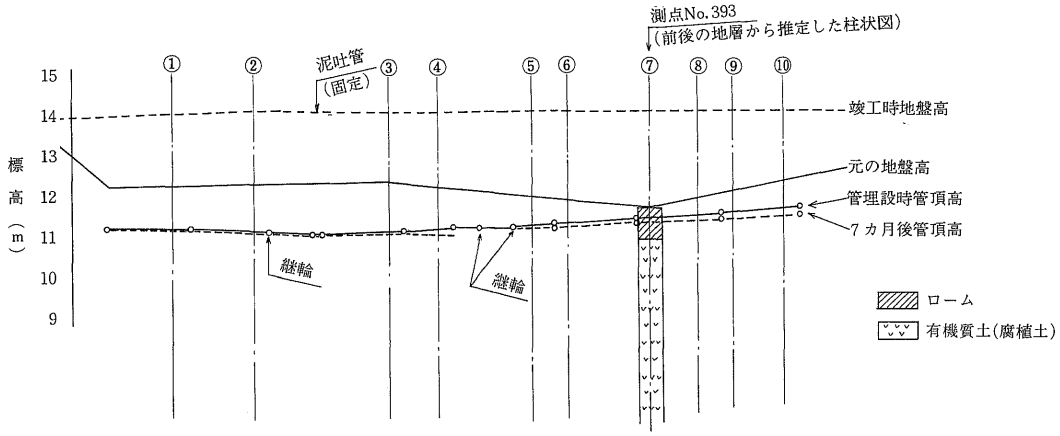
現在までの調査結果をまとめると、図－5～図－8のようになる（なお、測定時期にずれがあるのは、工事の都合上、いったん管を埋設してから部分的に再掘削して装置を取付けたためである）。

図－5　地層と管路の沈下状況（A地点：900φ）



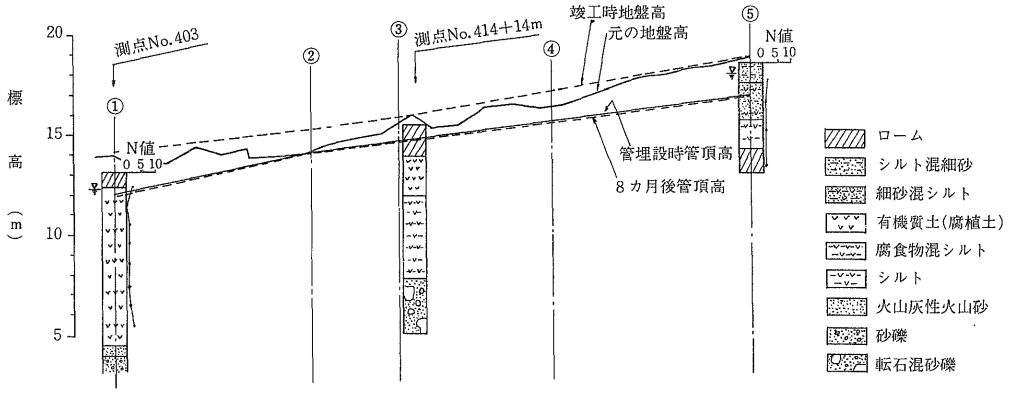
追加距離（m）	0	50	100	150	200	250	300	350	400	433
区間距離（m）	131			42	185			74		
地盤高（m）	13,710			13,711				13,250		12,794
埋設時管頂高（m）	12,300			11,267	11,800 / 11,803			11,900		11,543
沈下量（cm） 2.5カ月後	1.1			0.5	0 / 0			0		0
沈下量（cm） 8カ月後	3.9			2.3	1.0 / 0.2			6.2		0.6

図－6　地層と管路の沈下状況（B地点・その1：900φ）



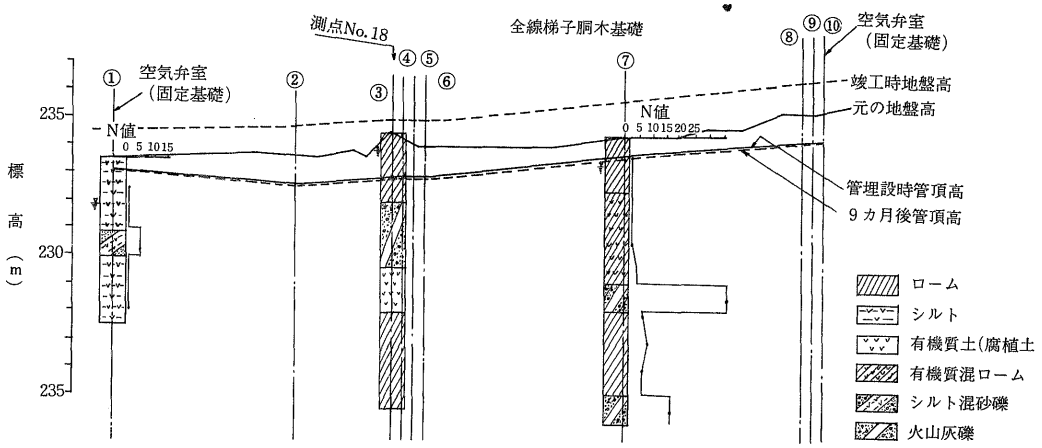
追加距離（m）	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45.3
区間距離（m）	6	10	3.8	7	2.7	6	3.6	2.4	3.8	
地盤高（m）	13,925	14,005	13,970	13,963	14,000	14,000	14,080	14,021	14,033	14,013
埋設時管頂高（m）	11,071	11,011	11,012	11,063	11,159	11,243	11,376	11,419	11,476	11,556
7カ月後沈下量（cm）	0.3	2.0	7.7	13.0	9.4	10.2	9.6	13.1	15.6	18.6
継手の屈曲角度 埋設時	−15′	+2′/+2′	0°/+18′		−18′		−40′		+29′	
継手の屈曲角度 7カ月後	−27′	+14′/+24′	−22′/		+20′		−1°26′		+35′	

図－7　地層と管路の沈下状況（B地点・その2：900φ）



追加距離（m）	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	480
区間距離（m）	148			66		116			150		
地盤高（m）	14.123			15.306	15.862			17.171			18.896
埋設時管頂高(m)	12.033			14.196	14.693			15.722			16.979
沈下量（cm） 2.5カ月後	1.5			0.2	1.2						0.7
沈下量（cm） 8カ月後	0.8			0	0.7			1.5			0.9

図－8　地層と管路の沈下状況（C地点：800φ）全線梯子胴木基礎



追加距離（m）	0	50	100	150	200	250	300	350	400	430
区間距離（m）	111			60	6 6 6	121			108	6 6
地盤高（m）	234.290		234.660	234.960			235.620		236.390	
埋設時管頂高(m)	233.100		232.600	232.903 232.905	232.892 232.908		233.684		234.286 234.267	234.280
沈下量（cm） 2.5カ月後	0		2.3	3.3 3.9	4.0 3.6		3.3		2.0 2.2	
沈下量（cm） 9カ月後	0.1		4.4	4.9 5.8	6.3 6.1		5.7		2.9 3.3	0.8

7. 計測結果に対する考察

1）管路の沈下状況について

表－2のごとく、一応目安として沈下量と圧密時間の推定を試みたが、実際の測定結果と比較してみるとかなりその値にずれがあり、実測値の方が小さいことがわかる。これは理論計算に当たって、圧密が一次元的に起こるものと仮定したためと思われる。

すなわち、一次元圧密とは、載荷面の下にある土が側方に押し出されることなく圧密沈下する場合である。一方、われわれが対象としたのは図－9に示すような形で管路の上に管軸方向に盛土がなされており、この場合の盛土荷重は、地盤に対して局部載荷の形になっている。そして圧密の際には、載荷面の下において任意の水平断面上の応力分布は一様

表－2　推定沈下量および圧密時間

※No.393およびNo.403はNo.414＋14mの調査結果からの推定値

位置	地点	A		B							C		
	測点No.	341		393 ※		403 ※		414＋14m			18		
土質		ローム	有機質土	ローム	有機質土	ローム	有機質土	ローム	有機質土	シルト	ローム（上層）	有機質土	ローム（下層）
土の単位体積重量γ		1,583	1,122	1,245	1,262	1,245	1,262	1,245	1,262	1,411	1,395	1,406	1,264
圧縮指数 Cc		0.27	2.82	0.235	1.35	0.235	1.35	0.235	1.35	0.545	0.25	0.37	0.31
間隙比 Eo		3,086	6,360	3,016	4,253	3,016	4,253	3,016	4,253	2,869	3,702	4,014	2,895
圧密係数 Cv (cm²/sec)		2.3×10^{-2}	2.9×10^{-3}	7.8×10^{-3}	1.7×10^{-3}	7.8×10^{-3}	1.7×10^{-3}	7.8×10^{-3}	1.7×10^{-3}	5.2×10^{-2}	1.1×10^{-2}	1.3×10^{-2}	1.3×10^{-2}
推定沈下量 (cm)	土質別	1.8	13.5	6.5	47.7	1.2	6.0	2.8	1.2	6.8	0.2	5.0	7.2
	計	15.3		54.2		7.2		10.8			12.4		
推定圧密時間(カ月) 但し、圧密度90%の場合		0.05	0.48	0.24	29.3	0.24	29.3	0.42	1.93	2.52	0.47	0.18	0.77

沈下量の計算式（テルツァギの式）

$$\delta = H\frac{Cc}{1+Eo}\log\left(1+\frac{\Delta P}{P}\right)$$

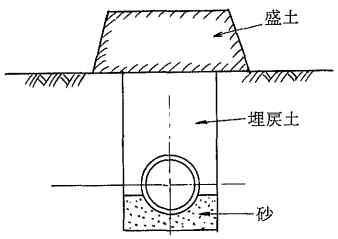
δ：軟弱層の圧密沈下量
H：軟弱層の厚さ
Eo：初期間隙比
Cc：圧縮指数
P：先行荷重
ΔP：増加荷重

圧密時間の計算式
（粘土層の場合に適用）

$$t = \frac{H^2\cdot T}{4Cv}$$（但し、両面排水の場合）

t：圧密度U(%)に達する経過時間
H：粘土の層厚
T：圧密度Uに対する時間係数
Cv：平均圧密係数

図－9　盛土の状況



でなく、圧密によって土が側方に押し出される、いわゆる三次元的な圧密になっているものと考えられる。実際に盛土後の状況をみても、管路上の道路の横の田畑には、土の逃げによる亀裂、盛り上りの様子がみられたことからも、この圧密が一次元的でないことが明らかである。

現実には、三次元圧密の解析はきわめて困難であり、普通はすべて一次元圧密理論で沈下量が推定されているようである。従って、推定した圧密沈下量および圧密時間は参考値として取扱われるべきと思われる。

2）管路の安全性について

図－5～図－8の結果からもわかるように、一部、B地点（その1）のように測定データが不足しているため、現時点では推測し難いものもあるが、その他の場所では現在までの結果から管路は、一応なめらかな沈下曲線をえがいている。そして継手の曲りおよび抜出しについては、いずれもK形継手の許容値以内に十分入っており、管路としては安全といえる（900φの場合、許容曲り角は1°50′であり、800φの場合、2°10′である）。

例えば、900φの場合、B地点（その1）において7カ月経過して曲り角で46′の増加を示し、1°26′になっているのが最大である。また800φの場合、C地点において、9カ月経過して最大曲り角は空気弁（固定基礎）の隣りの継手で17′となっている。

8．むすび

以上、軟弱地盤地帯にダクタイル管路を採用した機会に、管路の沈下挙動を調査してきた。管路としては、現在のところ安全といえるが、今後さらに計測を続け、できるだけ豊富なデータを集め、今後の設計および維持管理指針の一助ともなれば幸いと考える次第である。

技術レポート 《2》

地震と管路について 〈その1〉

日本鋳鉄管協会技術専門委員会
委員長　宮岡　正
委員　宮本　宏
委員　根本行康
委員　北条貞宗

1．あらまし

都市の巨大化、生活の高度化、産業規模の大型化等に伴い、上下水道、工業用水道、ガス、電力、電信電話などに使用される管路はますますその重要性を加えられながら、延長を増大しているが、最近になって地震、軟弱地盤等の地盤変動に対する管路の安全性がよく論議されるようになってきた。特に地震については、大きい災害をもたらせる場合もあり、政府各省（建設省、通産省、厚生省等）も積極的に調査、検討を行ない、耐震設計法あるいは技術基準等の確立の方向へ歩み出したといえる昨今である。

われわれも、この問題について無関心でいたわけではなく、過去から新潟地震、十勝沖地震など実際に発生した地震と管路被害等の調査を行なってきたが、併行して調査より一歩進めて地震時の管路挙動把握のための振動実験、電子計算機による管路挙動計算法の検討、地震時の地下埋設管路挙動の現地計測、超Ａ級地震に対応する耐震管路構想および耐震継手の開発などの多面的な研究を行なっている。

これらの研究は今後も継続して強力に推進していくものであるが、取りあえず今回は、現状の研究概要、われわれの基本的な考え方などについて述べ、以後、数次にわたって個々の実験結果などについて報告していくつもりである。

2．地震時の管路の挙動について

1）概　要

地震時の管路の挙動に触れる前に、地震時の地盤の動きをまず注目する必要がある。地下埋設された管路は、その地盤の動きに左右されるものであることは間違いがない。

この土の動きについては、ある限度内、すなわち土が破壊を生じない範囲と、断層亀裂、流砂現象等を生ずる極端な場合が考えられる。

前者の場合には２、３の研究論文が発表されている。この範囲での土の歪は地震の強さ（土に与えられる加速度）、その地盤の固有振動周期、その地盤での地震波の伝播速度などから算出することができるとされている。

例えば、加速度400 gal，地震波の伝播速度100 m/sec．軟弱地盤で固有振動周期0.8sec．とす

れば、この地震での土の歪は5×10^{-3}となる。今、かりにこの5×10^{-3}の土の歪を例にとって、このような条件下に管路が埋設されている場合を想定して考察してみる。5×10^{-3}、すなわち0.5%のなる土の歪は、100mで±50cm、1000mで±5mの土の伸縮を示しており、この伸縮が管路へ影響を及ぼすことになる。現在の地下埋設管路は大きく分けて剛構造形（鋳鉄管の印篭形ジョイント管路、鋼管の溶接形ジョイント管路、ヒューム管のモルタルコンポジョイント管路等）と柔構造形（ダクタイル管のメカニカルジョイント管路、P.Sコンクリート管のプッシュオンタイプジョイント管路等）があるが、剛構造形管路には、管およびジョイントに大きい応力発生をもたらせ柔構造管路には、主としてジョイントに相当分の変位をもたらせる。

今、土と管路が同一の動きをすると仮定すれば、±0.5%の歪は、計算上鋳鉄管印篭形管路では（ジョイントが動かないと仮定すれば）約50kg/mm²、鋼管溶接継手管路では約100kg/mm²、ヒューム管のコンポジョイント管路では（これもジョイントが動かないと仮定すれば）、約15kg/mm²の応力発生となり、鋳鉄管、ヒューム管は切損、鋼管は弾性限を超えた塑性域に入り、挫屈という現象を生ずることになる。現実には、土と管路がどこまでも同じ動きをするのではなく、ある点で土と管との摩擦限界でスリップをきたし、応力発生は、上記の数値より小さくなることが予想されるが、管路構成上、分岐、曲り、弁室、アンカー等、管路拘束は避け得ないことを考え合わせれば、かなりの応力発生をみておく必要がある。一方、柔構造管路では、±0.5%の歪はジョイントのところに集中する。例えば管長2mのものなら±10mm、4mなら±20mm、6mなら±30mmの変位をジョイントに生ずる。

柔構造管路のジョイントの余裕は、2m管で20mm、4m管で40mm、6m管で60mmが最低必要であり、継手部の曲りを考え合わせれば、その余裕をさらに見込む必要がある。以上は、土の歪を中心に論じてきたが、現実には土の歪が均一でなく、局部的な大小を示すということになる恐れがあり、こういう条件下では、剛構造管路では、局部的応力集中によるひきちぎれ、柔構造管路では局部的変位集中によるジョイント部の抜出しという事態が懸念される。

以上の数値例は5×10^{-3}という土の歪を前提として、論じてきたものであるが、同じ400galの加速度の地震でも地盤が良ければ、土の歪は小さくなる（固有振動周期0.3sec、伝播速度300m/sでおよそ0.6×10^{-3}即ち±0.06%）こと、また400gal級の地震がどの程度の確率で起きるのか、多発している通常の地震の加速度はずっと小さいことなどを考えれば、現実の管路は、耐震性能にそれぞれ甲乙があるが、直ちに耐震的でないと断定し難い。

ダクタイル管、K形継手、継手余裕

呼び径(mm)	ジョイントの余裕(mm)
500	64
1,000	72
1,500	72
2,000	105

しかしながら一方では、前にも記したが、断層亀裂、流砂現象を生ずるような場合など、土の動きを理論から数値的にとらえ得ないような場合もあり、また、条件によっては、大地震時の土の歪は10^{-2}のオーダーであるという説もあり、現状の管路の中には、ある程度耐震的なものはあるとしても、苛酷な条件に出会えば、どれ一つとして万全というものはないともいえる。

2）地震時の管路挙動把握の振動実験

われわれの行なっている地震時の管路挙動把握のための振動実験では、加速度、周期、振幅、波長等を種々変えて、装置中の土にインプットし、埋設されている管路の挙動を知ろうとするものである。およその調査項目は、

1．長尺管路と短尺管路の相違点
2．管路と土の摩擦の問題
3．管路中の構築物の影響
4．管体発生応力と継手の変位
5．地震波の管路軸方向への影響と、管路横方向への影響
6．土圧の影響

7．管路曲り部の状況調査
8．複雑な地震波を与えた場合の挙動
9．極端に軟弱な流砂現象的な条件を与えた時の挙動

等である。もちろんこれは装置の中の実験であるから、現実との対比が今後の大きい検討対象として残される。

3）耐震設計計算プログラム

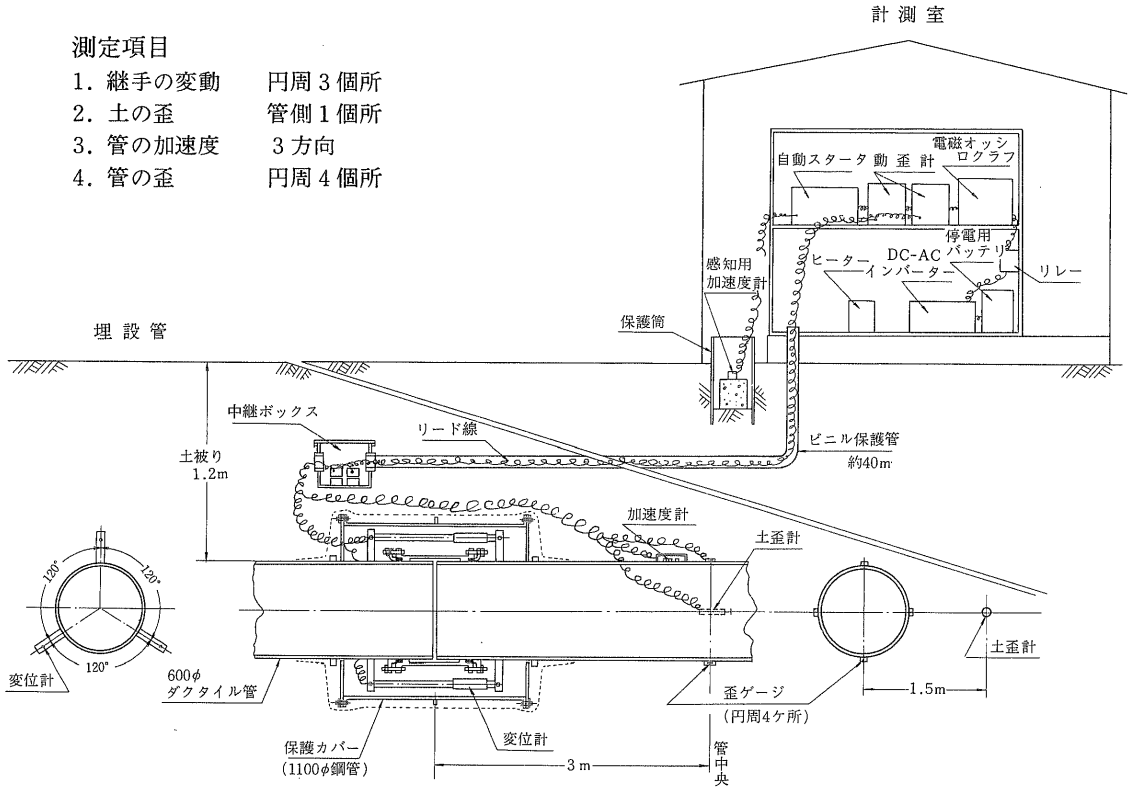
また、一方地震時の管路挙動の把握という点から、現在、有限要素法を利用した多質点系応答計算法の適用がある。従来、この方法は地震時の建築物等の安全性確認や、耐震設計に用いられたものであるが、沈埋函等への適用、さらに地下埋設管路への適用が可能だといわれている。他の利用目的もあって、われわれはこの電子計算機のプログラムを導入した。現在の地下埋設管路の地震時の挙動の把握および耐震管路設計の一助となすことができる。しかし、これとてもこのソフトウェアが、現実の地下埋設管路の挙動との対比という面で、今後の問題点が残されている。

4）地震時の管路挙動計測

地震時の構造物、特に地上構造物については、ある程度の地域、かつ量の観測装置が設けられていると聞いているが、地下埋設構造物については、この試みは、いまだほとんど行なわれていない。水道管路については、昨年地震時の挙動把握のための観測装置が、八戸市の発案で生きた地下埋設管に取付けられたのが、初めてでなかろうか。

地震時の管路の挙動の把握は、理論的にも、実際的にも非常にむずかしいが、今後の被害を未然に防ぎ得る、その地形、その条件に応じた耐震設計法を確立するためにも、今後このような観測装置が、各地に取付られるようになることを、切に望んでいる。

図－1　八戸の観測装置



3．耐震管路について

1）前期の管路

まず、鋳鉄管管路を歴史的に振りかえり、それが耐震的にどうかという角度から、考察を加えてみたい。鋳鉄管の歴史は古く、数百年前からのものであるが、今までの間を技術的に眺めて、2つの分野に分けることができる。このうち前期のものは、管材料がねずみ鋳鉄と呼ばれるもので、この間、材料の品質向上もはかられたが、最も安定した最終的なものは高級鋳鉄、すなわち今のJISの規格でいうFC 25に相当する品物であった。

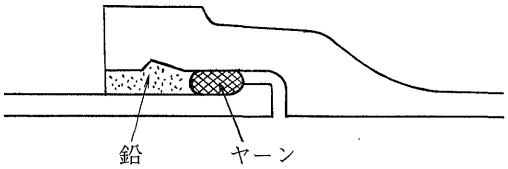
FC25の材質

引張強さ	25kg/mm²以上
伸　び	——（ほとんどなし）
衝撃値	0.4～0.6kg·m/cm²

この材料は、コンクリート系、セメント系の管に比べ強度も大で、金属材料の中では腐食に強いということで広く用いられた。

一方、この時期のジョイントは、主として印籠形であった。このジョイントは、約200年前、使用され始め全世界に広がった。わが国でも明治初期から使われ（初期の管はイギリスなどから輸入していた）その後、昭和30年頃まで生産された。

図－2　印籠形ジョイント構造と性能



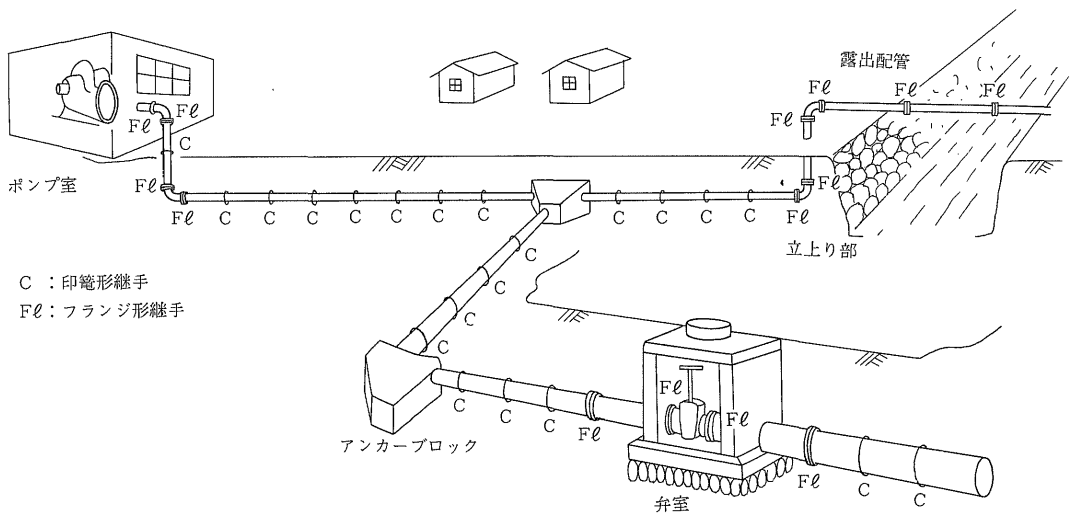
水　密	10kg/cm²
引　張	2～4mm
曲　げ	10～20′

600φの例

このジョイントは、受口と挿口の間にヤーン（唐麻）をつめ、これの膨潤で止水しようとするもので、受口、挿口を一体に保つべく、溶融鉛をヤーンの後部に流し込み、コーキングする構造である。わが国では小口径75mmから大口径1,800mm管まで使用された。

鋳鉄管歴史の前期の管路は、ねずみ鋳鉄の材質の管、印籠形ジョイント、ところどころに使用するフランジジョイントで代表される。

図－3　前期の管路の一側（剛構造管路）



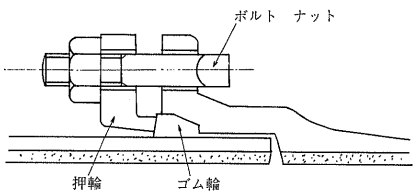
この管路は、管材料に伸び、靱性が少なく、継手も融通性の少ないもので、前にも述べたように、剛構造管路の一例とみなすことができる。サンフェルナンド地震、新潟地震、十勝沖地震など、国の内外を問わず、大地震が発生した時、鋳鉄管管路のうち最も多くの被害を受けているのがこの管路である。一つには長年月の埋設で老朽化していること、さらに管路構成上、地震に対する配慮がなされていない点に原因があったともみなすことができる。

2）現在の管路

鋳鉄管管路の現在は、昭和20年代からのものである。先に述べた前期の管路に生じた種々の問題が、次の段階への動機になったわけであるが、これまた世界的なものであった。

交通量の増大と重量化、地盤沈下地帯への配管の増大等により、まず印篭形ジョイントに無理を生じた。剛なジョイントであるが故に、引張、圧縮、曲げに対しその方向を問わず、ある程度の荷重までは耐え得るが、限度を越える荷重、あるいは変位を余儀なくされると、受口、挿口間の一体化が壊され漏洩を生ずる。またこのジョイントには、変位を吸収する能力がないために、例え荷重、変位が元に戻っても漏洩は止まらないなどである。そこで考え出されたのがゴムパッキングを用いて、これらの問題点を解決しようというジョイントである。

図－4 メカニカルジョイント構造と性能



水　密	30kg/cm²以上
伸　縮	±35mm
屈　曲	±2°30′

1500φの例

メカニカルジョイントもその1つであり、受口と挿口のすきまにゴムパッキングを挿入し、押輪を介してボルト・ナットで締付ける

この構造は、プランジャーポンプ、シリンダー・ピストンの例がよく用いられるように水密を損なわずに伸縮が可能で、かつ曲りにも十分耐え、従来の印篭形に代って全世界に広く用いられてきた。

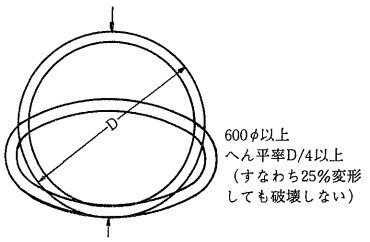
ところで、このジョイントが生れた当時は、まだ管の材料は高級鋳鉄であり、その意味からは、ジョイントは地盤変動に手足の関節のように自由に無理なく順応するものの、管体そのものはどちらかといえば脆い剛構造形であった。

しかし、これでも従来の印篭形、フランジ形のジョイント管路に比べ、管路として柔構造形に近づいたことから、交通量の増大と重量化、地盤沈下等に対してもよく耐え、水密性を含む管路性能を格段に飛躍せしめた。新潟地震、十勝沖地震においても経験したように、前期の管路では、管体、ジョイント共に事故が多いのに比べ、このメカニカルジョイント管路では、同条件下において事故が少なく、柔構造形管路の特性が明確であった。このメカニカルジョイント管路でも、管体がねずみ鋳鉄の場合、損壊もみられているが、ジョイント部においては、特殊な所（ベンド部、T字部、弁室付近等）を除いて健全であったことは、記憶に残っているところである。この継手の出現のあと、間を置くことなく、今度は管体そのものに画期的な発明が施された。

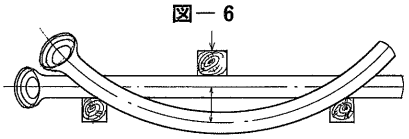
ダクタイル鋳鉄管の材質

引張強さ	40kg/mm²以上
伸　び	5％以上
衝撃値	5～10kg·m/cm²

図－5　ダクタイル管としての性能



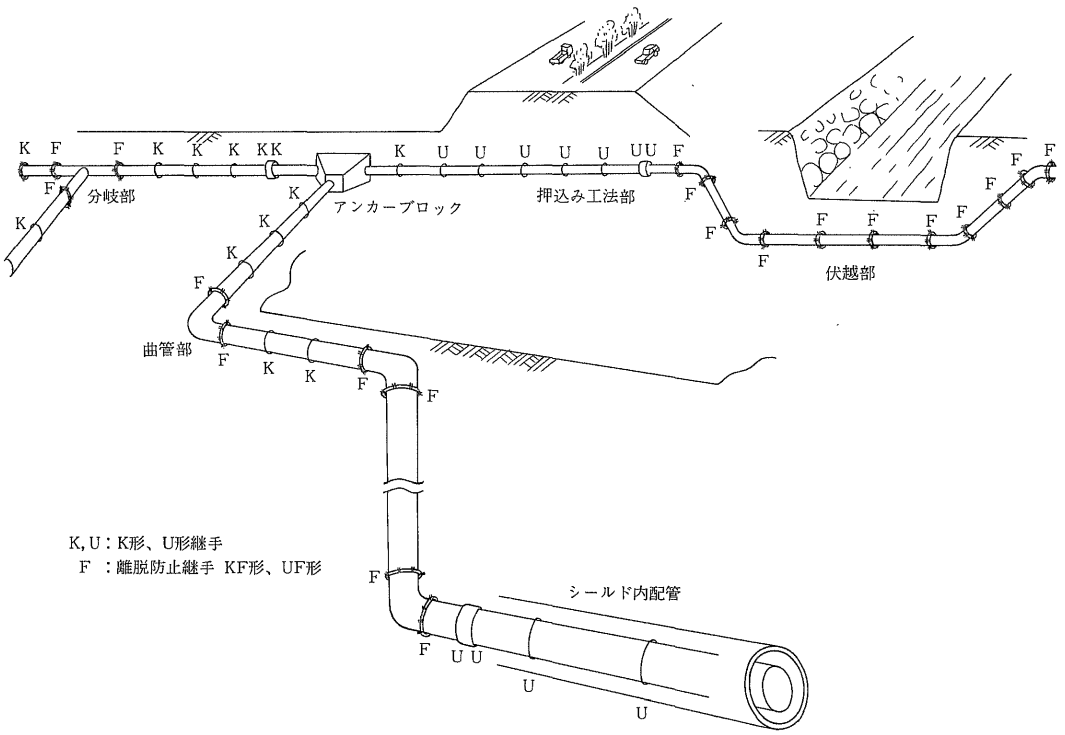
図－6



ダクタイル鋳鉄、ダクタイル管の出現である。

この結果、管体の破損の問題はほとんど解決したとみなすことができる。ジョイントもその後、K形、U形、タイトン形等管路直線部用のものが相次いで開発されて、その性能を向上せしめ、また管路曲線部分には、アンカーブロック等を用いなくてもよい抜出防止継手などの登場により、ここに管体、ジョイント共に柔構造形になった。

図－7　現在の鋳鉄管管路の一例（柔構造管路）



地震、軟弱地盤での沈下等、地盤変動に対して、管および継手に大きい応力を生ずることなく、その変位に順応する管路構成になったといえる。現在のこの管路は、継手の伸縮余裕の各口径で数値は異なるが、２の項でも述べたように、ある程度みこまれていることから、中程度の地震、大地震でも地盤のよいところでは、その真価を発揮して十分安全であると予想している。

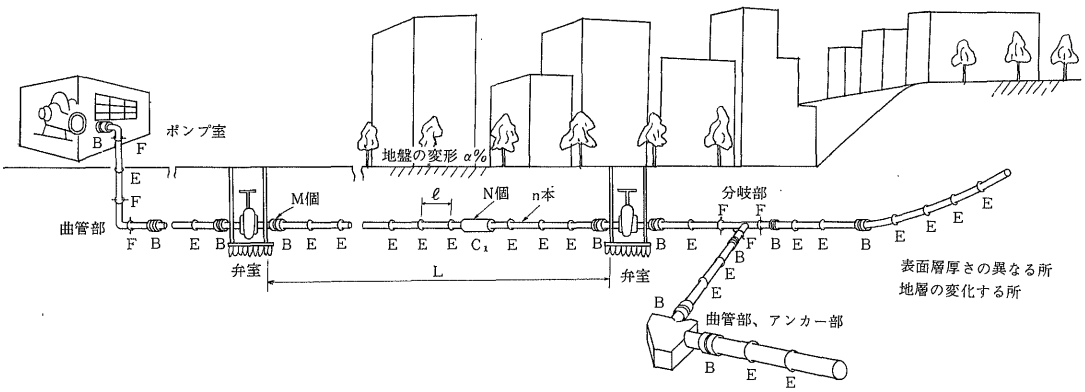
３）これからの耐震管路

最後に、これからの耐震管路について述べる。現在のダクタイル管、伸縮ジョイントで構成する管路は、前にも述べたように、ある程度まで耐震的である。しかし、大きい地震で地盤も悪く、断層、亀裂、流砂現象など、土の動きも予想し難いような場合、これで十分かどうか疑問が残る。また、現在の管路が一応耐震的であっても、消火用水、飲料水などの緊急用水だけは完全に確保したいという意図で、さらに耐震的に安全性の高いものを得たい。場合によっては、主要幹線だけでも適用したいという声が、最近強くなってきている。これらの声に応ずる耐震管路の構想として、われわれは鎖構造形管路とでもいうべきものを提案したい。

これは地震時、管路がちょうど地下に埋められている鎖のように、自由に伸縮、屈曲に順応し、かつ最終的には、ひっかかって抜け

出さないような機能を持つ構造である。現在の柔構造管路の特長を生かし、管路に発生する応力を最小限にとどめ、地震時の土の動きに順応していくと同時に、予想し得ない不均一な土の動きによる管の移動に対しても、管路のうちのいずれの継手も離脱しないものである。すでに原子力発電の地震時のエマージェンシーパイプ、すなわち緊急冷却用水耐震管路（ダクタイル管路）にもこの構想は取り入れられている。

図－8　耐震管路構想の一例(鎖構造管路)



E ：スライド形継手(軸方向伸縮余裕量±β%、抜出し阻止力≧管長×管単位長さ当り摩擦力×本数)
B ：偏芯伸縮自在ユニット(曲げ角度±θ°、偏芯量±δm、伸縮量±αmm、抜出し阻止力…Eに同じ)
C_1：特殊耐震継輪(軸方向伸縮余裕量±bmm、抜出し阻止力…Eに同じ)―要すれば用いる。

$$\text{使用個数}\quad N=\frac{\alpha L-n\beta l-Ma}{b}$$

F ：離脱防止継手

管路の支持条件の異なるところ（建物から出たところ、アンカー部、弁室等の取り合い部)、基盤層からの厚さの違うところ、地盤が異なり断層亀裂の生ずるおそれのあるところなどには、変位の吸収が可能な偏芯伸縮自在ユニット（離脱防止形で大屈曲、大スライドが可能なもの)、例えば1,500φで、屈曲可能角±15°、伸縮余裕±400mm(±40cm)扁芯可能量±1,000mm(＝±1m)を用い、管路直線部には、離脱防止形でかつ伸縮余裕の大きいスライド形ジョイント（土の動きに応じて伸縮余裕が±0.5%あるいは±1%あるもの)をあてがい、またさらに要すれば、これまたスライド余裕が大きく、かつ最終的に抜出さない特殊耐震継輪(管路50mあるは100m毎に設け伸縮余裕が±50mm、±1mあるもの）を組み入れるという構想である。このような管路にすることによって、おおむね土のいかなる動きにも応じた管路設計が可能になると考えられる。

4. おわりに

以上、われわれの地震と管路に関する研究の概要、基本的な考え方を述べてきた。われわれの研究の目標は、種々のソフトウエアーハードウエアーの研究を通じ、現在の管路の地震時の安全性確認計算、旧管路の耐震性能向上策、新設、耐震管路の設計と製作等である。大方のご指導とご鞭撻をお願いしたい。

なお、次号から個々の実験結果等について報告する予定である。

（つづく）

技術レポート《3》

八丈島東方沖地震による水道管路被害調査報告

日本鋳鉄管協会技術専門委員会
委員　北条貞宗
委員　加藤宗隆

1．はじめに

昭和47年12月4日午後7時16分、八丈島を中心に、関東、東海、中部、東北地方に強い地震があり、八丈島では震度Ⅵを記録した。

八丈島では9カ月前の2月29日午後6時23分に八丈島近海地震で震度Ⅴの強震を受けており、この時の管路の被害が主にヒューム管導水管の破壊であったため、耐震性を考慮し主要管路をダクタイル管に布設替えしたところであった。

今回の地震でこれらの管路を含め、水道管路にどのような被害を受けたかについて地震発生2日後の12月6日から2日間、現地調査した。

2．八丈島東方沖地震概況

（念のためにカッコ内に八丈島近海地震の概況を併記する）

(1)　発生日時　昭和47年12月4日午後7時16分（昭和47年2月29日午後6時23分）

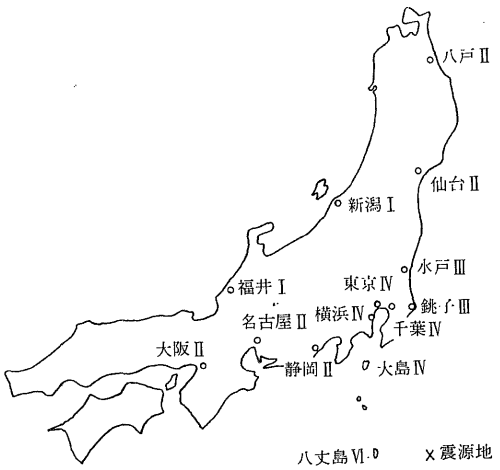
(2)　震源地　八丈島東方約140km（八丈島東方約180km）

(3)　深　度　約60km（約40km）

(4)　規　模　マグニチュード7.3（同7.2）

(5)　震　度　Ⅵ（Ⅴ）

図－1　各地の震度



3．水道管路の被害

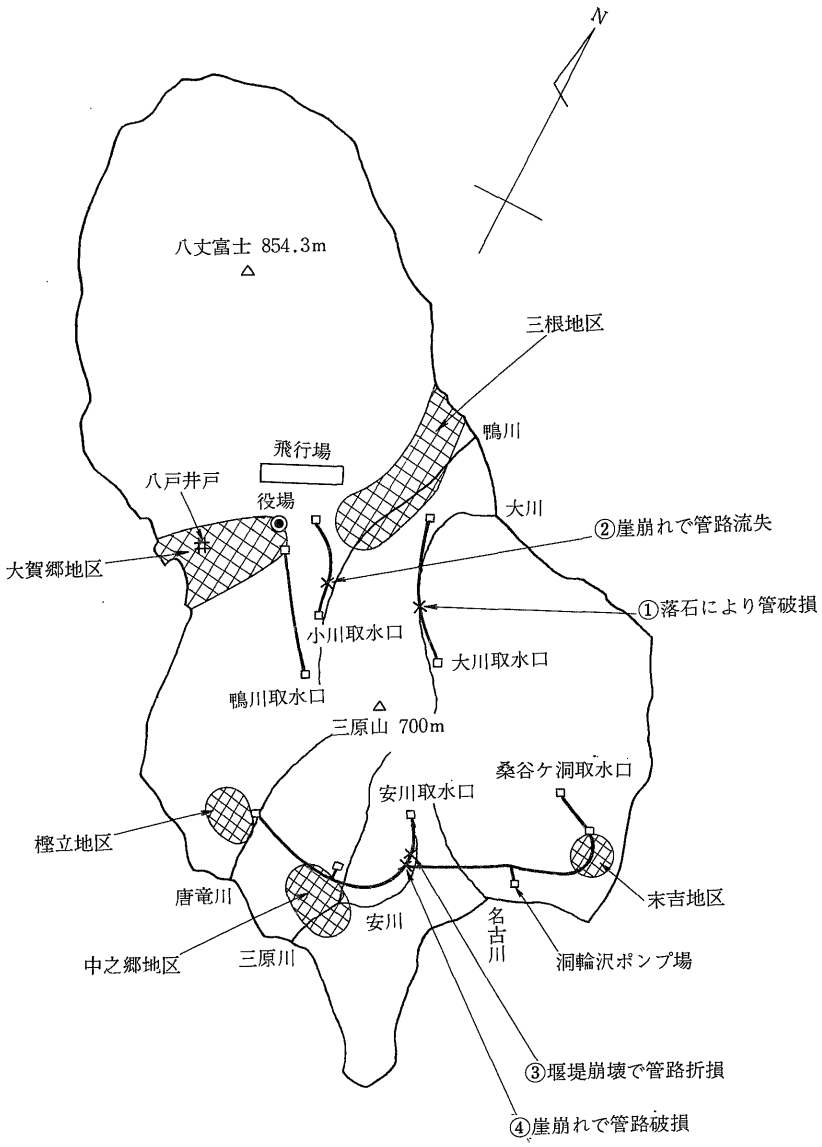
1）概　況

八丈島は伊豆七島中最南の火山島であり、東京の南方300kmの海上にある。標高700mの三原山と標高854mの八丈富士の2つの火山からなっている。人口は三根および大賀郷の平地に約80%が集中している。46年10月現在、世帯数3,520、人口10,807人、面積68km²である。

水道施設は、東京都衛生局の管轄下にある簡易水道事業に基づくもので、八丈町水道課の所管にあり、普及率は98%で、給水量は3500～3800㎥/日(夏期で5000㎥/日である)。水源は大半が三原山山腹よりの表流水、湧水である。主な水系は大川水系、小川水系、鴨川水系、安川水系などがある。

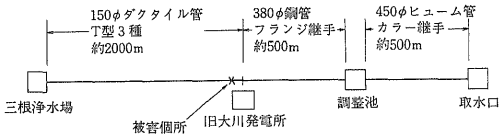
図－2に導水管路と地震による被害位置を示す。

図－2　導水管と被害位置



2）大川導水管路の被害

(1) 管　路



旧大川発電所～三根浄水場間に使用されていたヒューム管が前回の地震（昭和47年2月29日）でかなりの被害を受けたので、現在は150φタイトン型ダクタイル管に布設替えされている。また調整池～旧大川発電所間の380φフランジ継手鋼管は200φA型ダクタイル管に布設替工事中であった。

(2) 被害状況

旧大川発電所付近で露出配管してあった150φダクタイル管に、崖崩れによる岩石が当り、管体の一部が陥没破壊した。付近には径が1mもある岩石等が散在していたが、管に当った岩石は不明であった。

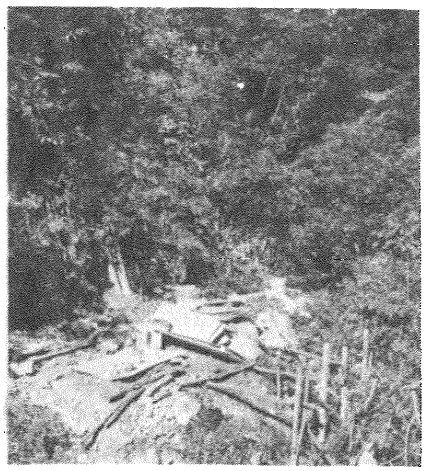
写真－1は被害現場であるが、崖崩れで岩石が落下した跡が見られる。管の被害場所は写真中央コンクリート固定台のすぐ横であった。写真－2は、管の被害状況で、管は窪み、亀裂を生じ、水が吹き出していた。

その他、大川導水管路に被害はなかった。

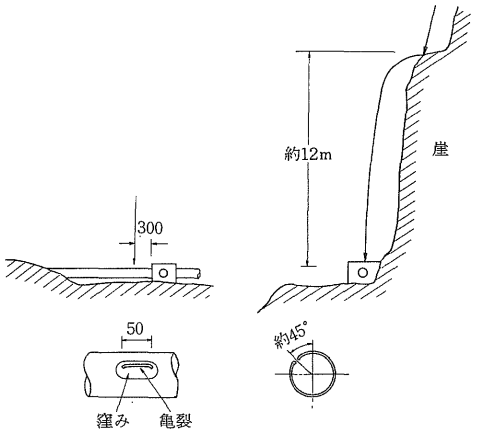
(3) 応急対策

破損部が小さいので取りあえず放置し、後日取り替える予定であった。

写真－1

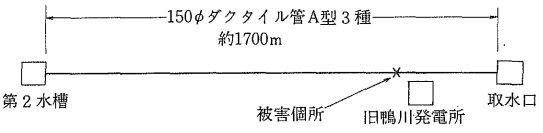


図－3　落石による被害状況図



3）小川導水管路

(1) 管　路



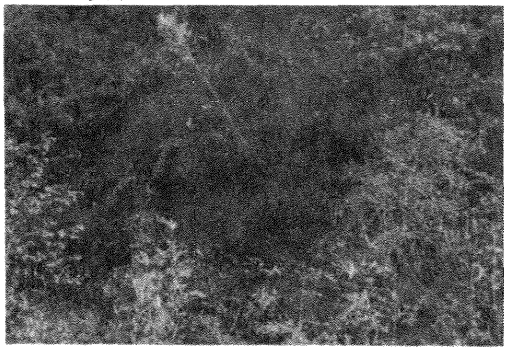
以前、100φC型鋳鉄管および100φヒューム管が使用されていたが、前回の地震で被害を受けたので、現在は150φA型ダクタイル管に布設替えされている。

(2) 被害状況

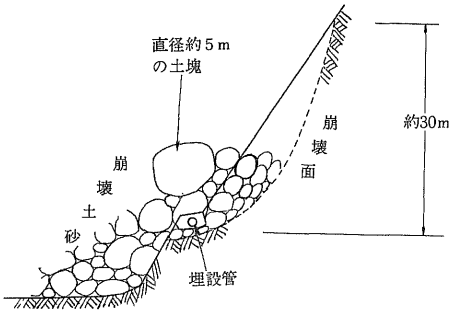
旧鴨川発電所付近で、傾斜面を横断していた150φA型ダクタイル管が幅約20m、高さ約40mの崖崩れのため土砂と共に流され導水できなくなった。

写真－2

写真－3



図－4　崖崩れによる被害状況図



写真－3は崖崩れ現場であるが、土塊の大きなものは径が5m程度のものがあった。写真－4は崩壊面に向って右側の場所で、写真右側の管が今回流された管路の一部、左の管は従来の100φFC管、前方に落下した大きな土塊が見られる。写真－5は、写真－4の右下のコンクリート台の部分で、管が動いたためかコンクリート台が割れていた。

その他、小川導水管路に被害はなかった。

写真－5

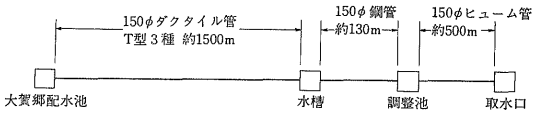
写真－4

(3) 応急対策

150φA型ダクタイル管を用いて、押し流された部分を迂回して接続されていた（写真－6）。

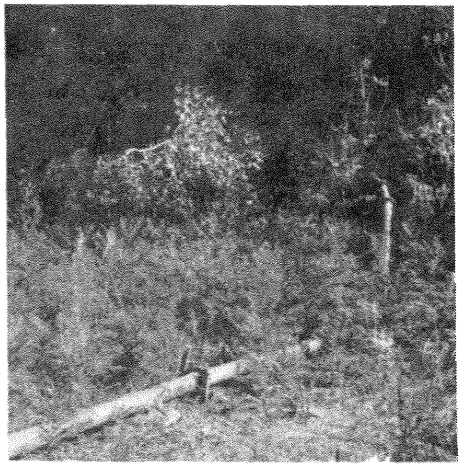
4）鴨川導水管路

(1) 管　路

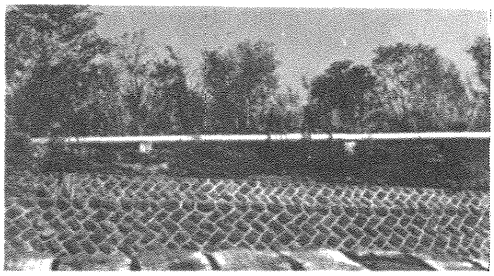


以前、250φヒューム管、380φ鋼管、150φ陶管が使用されていたが、前回の地震で鋼管に被害を受けたので、現在のように布設替えされている。

写真－6



写真－7



写真－8

(2) 被害状況

この管路には被害が見られなかった。しかし、布設替え前の380φ鋼管や陶管に被害が見られたが、詳細は不明である。写真－7では、380φ鋼管ペンストックとコンクリート支持台に約150㎜の移動が見られた。一方、テレスコピック型伸縮継手も約150㎜抜け出していた。写真－8は380φ鋼管受台が前回の地震で移動した状況。写真－9は崖崩れで陶管が流失した状況を示す。

5）安川導水管路

(1) 管　路

150φカラー継手ヒューム管および150φＴＳ継手塩ビ管が使われている。

(2) 被害状況

取水口から約1kmの所で、150φヒューム管路が3個所で破損しているのを確認した。

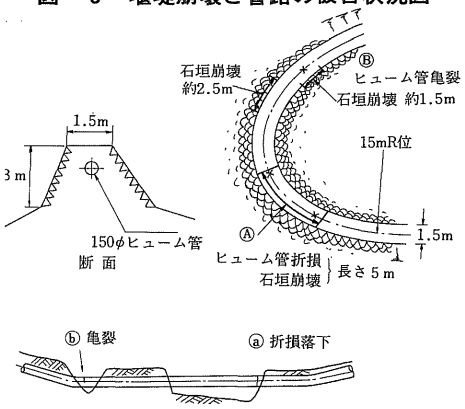
写真－10

写真－9

Ⓐ　堰堤崩壊で管路折損落下

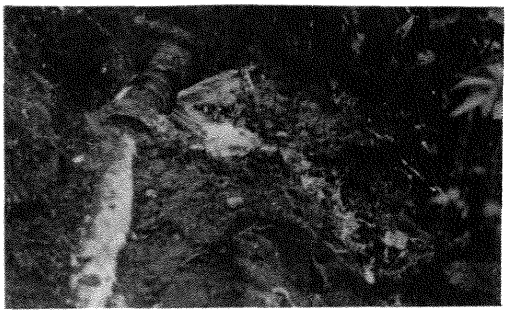
Ⓑ　堰堤崩壊で管に亀裂

図－5　堰堤崩壊と管路の被害状況図



写真－10は図のⒶ地点の状況で、ヒューム管路は無惨に破壊されていた。一応、塩ビ管で応急復旧されていた。写真－11は図のⒷ地

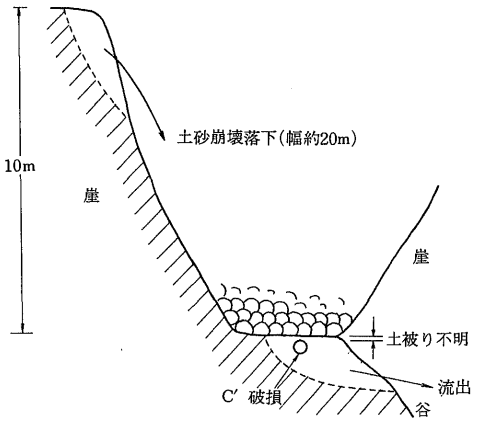
写真－11



点で、管の亀裂部から多量の水が噴き出した様子がうかがえた。ゴムシートを巻付け応急復旧されていた。

Ⓒ　崖崩れで管路破損し、出水で土砂崩れ発生（推定）。

図－6　崖崩れで管路破損した状況図



写真－12は崖崩れ現場であるが、倒れた立木を伐採してあった。安川導水管路の被害は上記ⒶⒷⒸの他にもあるといわれていたが、未調査である。

(3) 応急対策

Ⓐの場所は150φ塩ビ管で接続し、継目はコンクリート塩化ビニル接着剤で固めてあった。

Ⓑの部分は自動車タイヤで巻き付け番線で固定してあった。

Ⓒの場所は放置され、水は谷へ流れていた。この流出水は下流で取水することになっていた。

6）洞輪沢導水管路

(1) 管　路

勾配約45°の急斜面に150φ鋼管を配管し、高さ約200m上の受水槽にポンプアップ。この管路と交差して75φ塩ビ管が配管されている。

(2) 被害状況

75φ塩ビ管が崖崩れのため折損。また、ポンプが故障しているため送水不能となっていた。詳細は不明であった。

4. 所　感

地震発生後２日目に２日間、水道管の被害状況を調査したが、島のあちこちで崖崩れや、

写真－12

石垣が崩れ、地震の激しさがうかがわれた。

水道管路の被害は、前回の地震（２月29日）で被害を受けた所を新管に布設替えしたこともあって、前回に比べ数は少なかった。今回の地震での被害の特徴は、すべて地震によって起こされた二次災害によるものであったといえる。地盤の相互運動により継手が抜け出したり、管が挫屈したりという被害は見られなかったかわりに、崖崩れ、土砂流失、堰堤崩壊などにより管路が被害を受けたのがほとんどであった。このことは、八丈島全体が典型的な円錐形成層火山であり、強固な安山岩や、玄武岩およびその溶岩流で形成されているためであると思われる。沖積層や、軟弱地盤のほとんどない八丈島での地震は、一つの大きな基盤の上の地震であったといえよう。

配水管、給水管の被害は一応ない模様であったが、当時はまだ未調査でありはっきりしたことは分らなかった。

なお、現地調査ならびに管路の被害状況について、八丈町役場水道課の方々に大変お世話になりましたことを、この紙面を借りて深くお礼を申し上げます。

寄稿
《1》

導水管（口径2600mm）の管厚決定に至るまで

大阪府水道部工務課長
江村利雄

1．はじめに

大阪府水道部では新規水需要に対処するため、昭和47年度から第6次拡張事業に着手し、昭和50年度完成を目指して鋭意施工中である。

この事業のなかで、磯島取水場から村野浄水場までの4.5kmに亘る導水管工事は48年度夏期までに完成させる必要に迫られており、目下施工中であるが、この管径は世界でも最大級のφ2,600㎜ダクタイル鋳鉄管を使用しているので、管路の選定から管種管厚の決定に至るまでの概要について、ここにご紹介するものである。

2．管路の概況

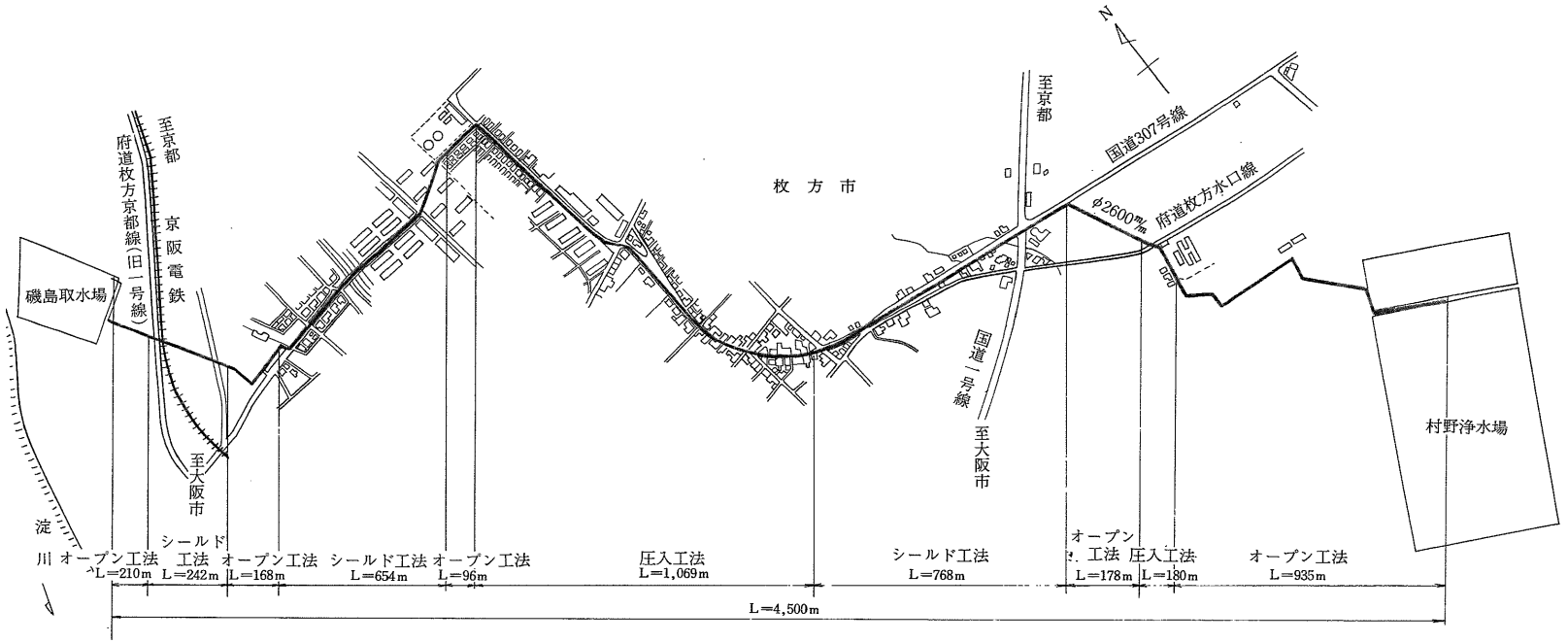
磯島取水場から村野浄水場に至る導水管ルートは、枚方市のほぼ中心部を南北に横断しており、両端部分が低く、中央部が高台になっていて、この部分には地上建物が密集している。地質の概要を取水場の方から順に見ていくと、取水場寄りは、淀川の影響をうけて細粒子の粘土質が薄い層として堆積されている。その下部にある砂層はやや粗粒で、N値は15前後であり、締った状態ではない。中間位置は淀川の影響からはなれ、粘土層が厚くなり、下部の砂礫層は薄くなっている。村野浄水場寄りになると薄い粘土層が地表面近くに見られ、その下に風化した砂礫層があり、締りは非常に密で、N値は40以上であるが地層の変化が著しく、段丘堆積層の特色をよく示している。

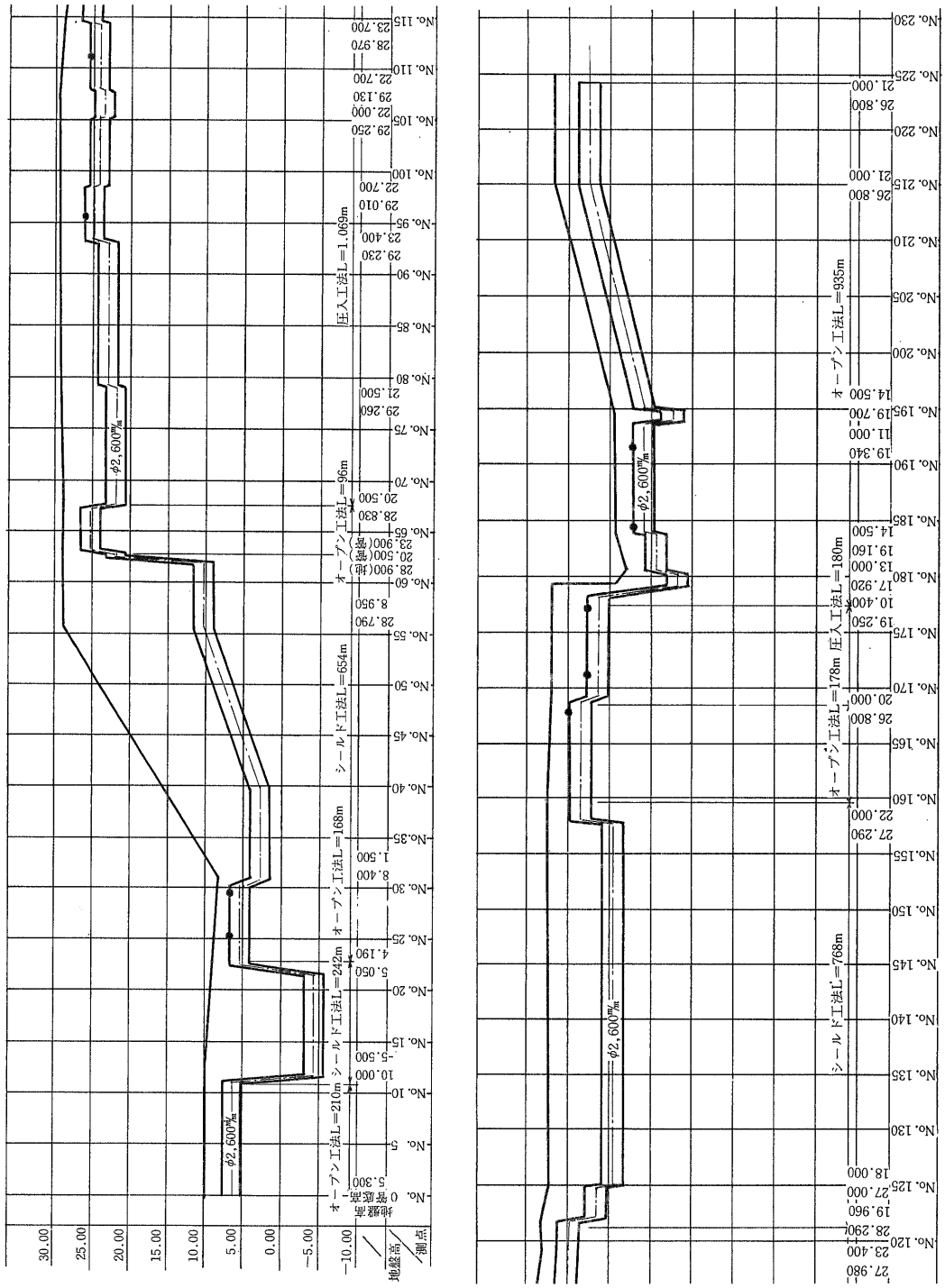
全体的にみて、地層としての連続性が乏しいので、シールド工事等の施工には良好な地層とはいえない。

3．工法について

管埋設の工法を決める場合、当然自然的な条件によって左右されるが、最近では社会的条件によって制約される場合の方が一段と大きくなっている。この地域においても、騒音、振動、交通障害その他、住民の生活環境をそこなうような、いわゆる建設公害を与えないように工法を検討し、むしろ自然条件を克服して社会的条件をも満足される様な工法を選定しなければならなかった。その結果、図－1、図－2のごとく開削工法、圧入工法、シールド工法を採用した。

図－1　平面図


N
至京都
国道307号線
府道枚方水口線
φ2600㎜
枚方市
至京都
府道枚方京都線(旧一号線)
京阪電鉄
磯島取水場
国道一号線
至大阪市
至大阪市
村野浄水場
淀川
シールド工法 L=210m
オープン工法 L=242m
シールド工法 L=168m
オープン工法 L=654m
シールド工法 L=96m
オープン工法
圧入工法 L=1,069m
シールド工法 L=768m
オープン工法
圧入工法 L=178m
圧入工法 L=180m
オープン工法 L=935m
L=4,500m


30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
−5.00
−10.00
地盤高
測点
No. 0
No. 5
No. 10
No. 15
No. 20
No. 25
No. 30
No. 35
No. 40
No. 45
No. 50
No. 55
No. 60
No. 65
No. 70
No. 75
No. 80
No. 85
No. 90
No. 95
No. 100
No. 105
No. 110
No. 115
No. 120
No. 125
No. 130
No. 135
No. 140
No. 145
No. 150
No. 155
No. 160
No. 165
No. 170
No. 175
No. 180
No. 185
No. 190
No. 195
No. 200
No. 205
No. 210
No. 215
No. 220
No. 225
No. 230
φ2,600㎜
オープン工法L=210m
シールド工法L=242m
オープン工法L=168m
シールド工法L=654m
オープン工法L=96m
圧入工法L=1,069m
オープン工法L=178m
圧入工法L=180m
オープン工法L=935m
シールド工法L=768m

図―2　縦断図

4．工法別管種の決定について

工法が決定されたあと、これらの工法に対し、どのような管種を採用するか検討して、使用原則を決めた。

以下表－1に比較検討を示す。

表－1

工　法	鋼　　管	ダクタイル鋳鉄管
開削部	1）曲管部は溶接接合のため、管の抜出しの心配がない。また曲管の角度を任意に製造しうる。 2）半自動溶接機を使用しても1口当り10時間前後を要する。また溶接作業は天候に左右される。	1）曲管部には抜出し防護を必要とする。また曲管の角度も限定される。 2）継手部は1口当り1.5時間程度であり、天候に左右されない。
開削部 使用原則	水平、垂直方向の曲りの多い箇所は鋼管を使用し、直線、平坦部はダクタイル鋳鉄管を使用する。	
シールド部	1）半自動溶接機を使用しても1口当りの溶接時間は10時間前後を要する。 2）溶接後、内面塗装を行わなければならないが、この際、管内排煙、管内面の除湿に充分なる配慮が必要となる。	1）1口当り継手時間は1.5時間と鋼管に比べてかなり早い。 2）排煙、除湿の心配がない。
シールド部 使用原則	シールド内配管には、雨期の施工も考え除湿の困難性、住宅が多いので排ガスによる公害の問題、工期の短縮等を考慮して、U形ダクタイル鋳鉄管を使用し、曲管部となるシールドの前後は鋼管を使用する。	
圧入部	工期は鋳鉄管に比べて長くかかる。	工期は鋼管より早く出来る。
圧入部 使用原則	押込坑の直前、到達坑の直後が直線配管の場合の圧入部はダクタイル鋳鉄管を使用し、押込坑直前、到達坑直後が曲がり、ひねり、立上り配管の場合の圧入部は鋼管を用いる。	

5. ダクタイル鋳鉄管管厚の決定

管厚の決定に先立ってウォータハンマの計算を行ない、十分なる対策を検討したので、その結果のみをまとめてみると次のとおりである。

① 何ら対策を講じなければポンプトリップ時、ほとんど全管路に亘って大きな負圧を生じ、水柱分離が起きることが予想される。

② ポンプから1,300mの地点にワンウエイサージタンクを設置すると、負圧はほとんどなくなり水柱分離を防ぐことができると思われる。

③ バルブの閉鎖による圧力上昇の最大値は、定常運転時の圧力(動水勾配)を超えないということになる。

以上により、ワンウエイサージタンクを設置することに決定した。

1）開削溝内配管の場合の管厚

(1) 管敷設条件

管厚設計にあたって、敷設条件を次の通りに設定した。

① 静水圧　6 kg/cm²

② 衝水圧

前述のウォータハンマの検討で、ポンプトリップ時の最高圧力は動水勾配線より高くはならないことがわかったが、何らかの誤操作あるいは安全を見込んで静水圧の75%に当たる4.5kg/cm²をとった。

③ 土被り深さ　5 m

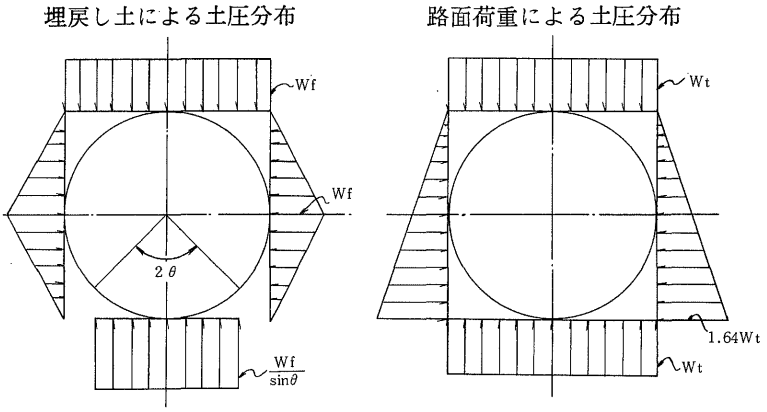
④ 溝　幅　4 m

⑤ 路面荷重　トラック－20Ton 2 台並行同時通過

(2) 土圧分布

土圧分布は、日本水道協会規格(JWWA)のダクタイル管管厚計算式中の土圧分布の考え方に基づいて図－3のように考えた。

図－3　土圧分布



Wf：埋戻し土による鉛直土圧　2θ：管底支持角(90°とした)　Wt：路面荷重による鉛直土圧

ここで埋戻し土による土圧分布の管底支持角については、特に慎重に検討した。

口径が2,600㎜という超大口径管であり、しかも土被りを5 mと深く設定したため、管の撓みにより相当大きな支持角の増大が期待できること。

各都市の大口径、超大口径管において、過去の実測結果では、ほぼ90°以上の支持角が実際に出ていること。

鋳鉄管メーカーの埋設実験においても、大口径、超大口径管の場合、同様の結果が出ていること。

これまで配管された各地の2,600㎜ダクタイル管についての埋戻し土による撓み実測による推定支持角は120°以上であったことなどから管底支持角90°を採用した。

(3) 管　厚

管厚は日本水道協会規格(JWWA)ダクタイル管管厚計算式に基づいて算出した。以下に、使用した計算式と結果のみを示す。

$$t=\frac{1.25Ps+Pd+\sqrt{(1.25Ps+Pd)^2+8.4(KfWf+KtWt)S}}{2S}D$$

t ：正味管厚　mm　　安全率：静水圧 2.5
Ps：静水圧　kg/cm²　　衝水圧　2
Pd：衝水圧　kg/cm²
Kf、Kt：土圧分布により定まる係数
Wf：埋戻し土による土圧　kg/cm²
Wt：トラック荷重による土圧　kg/cm²
S ：ダクタイル鋳鉄の最低引張強さ3,800kg/cm²
D ：管口径　mm

このうち、Wf、Wtについては次式により計算した。

$$Wf=\frac{\gamma}{2K\tan\phi}(1-e^{-2K\cdot\frac{H}{B}\tan\phi})\cdot B\cdots\text{ヤンセン公式}$$

γ ：土の単位体積重量　kg/cm²　$K=\frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}$
H ：土被り深さ　cm
B ：溝　幅　cm
ϕ ：土の摩擦角

$$Wt=1.5\alpha P\cdots\cdots\text{ブーシネスク公式}$$

1.5：衝撃係数
α ：口径、及び土被りにより定まる係数　cm^{-2}
P ：トラック１後輪重量　kg

土圧分布を図－３のように仮定すれば、Kf、Ktは表－２のようになる。

表－２　管底におけるKf、Ktの値

Kf	$2\theta=0°$	60°	90°	120°	180°
	0.433	0.223	0.160	0.122	0.096
Kt	0.011				

以上で正味管厚を計算し、これに腐蝕代２mm、鋳造公差10％を加えて次式により使用管厚を求めた。

$$T=1.1\times(t+2)$$

T：使用管厚　mm
t ：正味管厚　mm

使用管厚はこれで求まるが、さらに管断面の撓みの検討を行ない許容内にあるかどうかを検討した。許容変形量は、モルタルライニング管ではモルタルライニングの安全性から制限され管口径の３％以内におさまるようにした。以下に埋戻し土による土圧によって生ずる垂直撓みδv、自重による垂直撓み$\delta' v$の式を示す。

$$\delta v=k\frac{WfR^4}{EI}$$

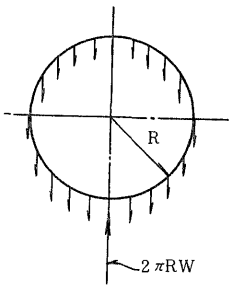
δv：土圧によって生ずる垂直撓み　cm
Wt：埋戻し土による土圧　kg/cm²
R ：管半径　cm
E ：ダクタイル鋳鉄の弾性係数　1.6×10^6kg/cm²
I ：慣性モーメント
k ：土圧分布によって定まる係数
図－３の土圧分布のとき　$2\theta=60°\cdots k=0.100$
$2\theta=90°\cdots k=0.084$

$$\delta'v=\frac{0.4674WR^4}{EI}$$

（ただし、図－４のように考えた場合）

$\delta' v$：自重による垂直撓み　cm
W：単位円周長当りの自重　kg/cm²

図－４



以上のδv、$\delta' v$を合計し、を管口径で除して管口径に対する割合いを求め３％以内にあるかどうかを検討した。

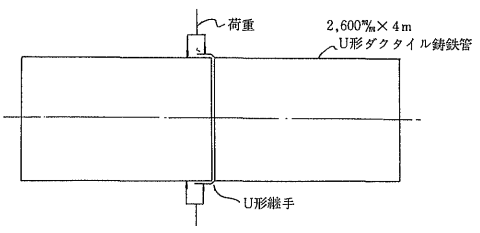
結果として管厚30mmとなり、これに決定した。

(4) 継手の安全性

昭和47年７月、久保田鉄工株式会社鉄管研究部において、Ｕ形継手の各種性能の確認試験を当水道部職員立会のもとで行なった。その試験の中で管厚に影響されると思われる耐外圧試験の結果を述べる。

図－５のように、受口、挿口に載荷し、受口、挿口で支承する荷重条件で、最終的に荷重92tonまで加えた。

図－５



因みに、2,600㍉×4m管1本にかかる埋戻し土、路面荷重による鉛直土圧の合計荷重を計算すると約82tonである。

この時の挿口部の変形量は42mmであったが、水圧10kg/㎠を負荷しても漏水などの異常は見られなかった。なお、受口～挿口間の隙間変化量は0.65mmであった。これは2,600㍉U形継手の丸ゴム部圧縮代(標準9mm)に比べて非常に小さいことになる。

(5) 支持角の実測結果

管厚決定条件として支持角を90°に仮定したが、実際にどの程度の支持角になっているか、現在施工中の2,600㍉、管厚30㍉のダクタイル管について埋戻し土による管の撓みを実測し、それから管底支持角を推定してみた。実測撓み、支持角は表－3の通りである。

表－3　φ2,600埋設管の支持角実測結果

管 No.	土被り深さ	垂直撓み	管底支持角
1	3m	8mm	180°又は180°以上
2		17	
3		11	
4		6	
5		11	
6		9	
7		15	
8		15	
9		21	
10		14	
11		11	
12		14	
13		15	
14		10	
15		7	
16		5	
17		12	
18		8	
19		15	
20		20	
21		20	
22		24	140°
23	1.8m	3	180°以上
24		3	
25		8	
26		8	
27		13	
28		16	130°
29		15	145°
30		10	180°以上
31		7	180°以上

なお、管底支持角は次の条件による計算から推定した。

① 土圧分布は図－3の通り
② 管厚30mm
③ セメントモルタルライニングの補強効果は見込まず
④ 土の単位体積重量1.8gr/㎤、土の摩擦角35°

計算結果の一部をあげると下記の通り。

土被り深さ3mのとき

管底支持角	垂直撓み
90°	32mm
120°	27mm
150°	23mm
180°	22mm

2）シールド内配管の場合の管厚

敷設条件を次のように設定した。

① 静水圧　6kg/㎠ ｝開削溝内配管の場
② 衝水圧　4.5kg/㎠ ｝合に同じ

土圧はセグメントで受け持たせると考えると、管にかかるのは内圧(静水圧＋衝水圧)のみとなる。

内圧のみから管厚を計算すると、次のようになった。すなわち、安全率、鋳造公差、腐蝕代等は日本水道協会規格のダクタイル管管厚計算式と同じ取り方にし、薄肉円筒の式を用いて求めた。

以下に計算式と結果を示す。

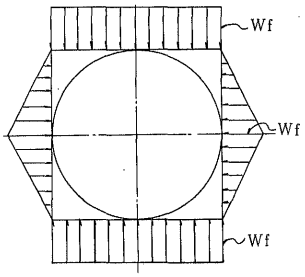
$$t=\frac{(2.5Ps+2Pd)D}{2S}$$

t ：正味管厚　mm
Ps：静水圧　kg/㎠
Pd：衝水圧　kg/㎠
S ：ダクタイル鋳鉄の最低引張強さ3,800kg/㎠
D ：口　径　mm
安全率：静水圧2.5、衝水圧2

上記の式で計算し、腐蝕代、鋳造公差を規定どおり加えて使用管厚を計算した結果は11.2mmであった。

また、一応念のため、セグメントの強度を期待せず、土圧が管に直接かかるとし、土圧分布を図－6のように考えて、前述のダクタイル管管厚計算式で計算すると24.7mmとなった。

図－6



Wf：鉛直土圧

しかし、鋳造可能な管厚は現在のところ25㎜であるのでこの点で制限されること。また25㎜の管厚の場合、自重による撓みは口径の0.5%で非常に小さく問題ないことからシールド内配管の場合のダクタイル管の管厚は25㎜に決定した。

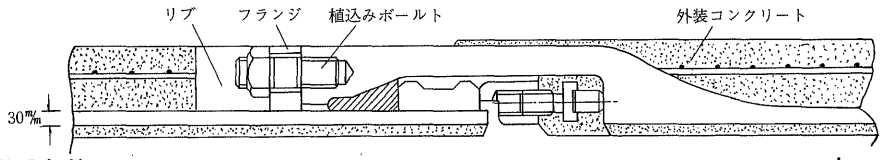
3）圧入用（セミシールド用）

ダクタイル鋳鉄管の強度検討

推進管の管厚を前述の開削溝内配管の場合の管厚と同じ30㎜を採用し、推進力に対する強度の検討を行なった。

推進管は図－7に示す構造のU－D形推進管を採用した。

図－7　U－D形推進管



(1) 管敷設条件

管敷設条件を次の通り設定した。

① 土被り深さ　6.5m

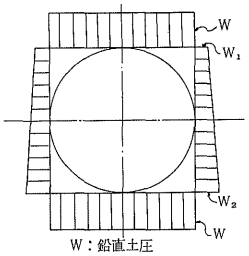
② 推進長　100m

③ 土　質　礫混り砂、N値30～50

(2) 推進力の推定

推進管に作用する土圧分布を図－8のように仮定した。

図－8



W：鉛直土圧
W₁ W₂：側土圧

セミシールド工法を採用することにしたので、先端抵抗は零と考えた。

以下に使用した計算式と結果を示す。

$$F=1.2\times\frac{1}{2}\pi D_o\,\mu\ell\left\{\omega+\frac{1}{2}(\omega_1+\omega_2)\right\}+\frac{\pi}{4}\omega g\mu\ell$$

1.2：蛇行による推進力の増加を20%見込む

μ：土とコンクリートの摩擦係数 0.5

ωg：管の単位長さ当りの重量　ton/m

$$\omega=\frac{\gamma B_1}{K\tan\phi}\left(1-\partial^{-K\tan\phi}\frac{H}{B_1}\right)$$…（土のアーチ作用を考慮したテルツアギ公式）

$$B_1=B_o+h_1\tan\left(45°-\frac{\phi}{2}\right)$$

$$B_o=\gamma_o\cos\left(45°-\frac{\phi}{2}\right)$$

$$h_1=\gamma_o\left\{1+\sin\left(45°-\frac{\phi}{2}\right)\right\}$$

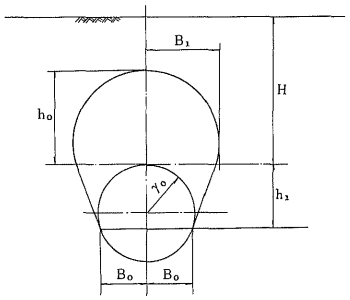
K：テルツアギ係数　K＝1とする

H：土被り　m

γ：土の単位体積重量　ton/m³

ϕ：土の内部摩擦角　$\phi=0.3N+27$

図－9



$$\omega_1=\frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}\gamma h_o$$

$$\omega_2=\frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}\gamma\,(h_o+D_o)$$

h_o：$\frac{\omega}{\gamma}$

D_o：管外径

以上により数値計算の結果、One span100mの場合、最大推進力は1,850tonと算出された。

(3) 管の安全性

管の厚みは前述のとおり30㎜とし、最大推進力による管の鉄部管軸方向の圧縮応力、リブの溶接部に発生する剪断応力に対し安全かどうかをたしかめた。

軸方向応力の算定は、

$$\sigma_A = \frac{F}{A}$$

σ_A：管体(鉄部)に発生する応力kg/㎠
A：管体(鉄部)の断面積　㎠

リブ溶接部の剪断応力の算定は、

$$\tau = \frac{F}{nA_1}$$

n：リブの枚数
A_1：リブの溶接部の面積　㎠

以上により数値計算を行なった結果、圧縮応力は約800kg/㎠、リブ溶接部の剪断応力は約600kg/㎠となり、いずれも十分安全であると判断した。

(4) 工事結果

One span 96mを推進したが、最大推進力は1,650tonであった。

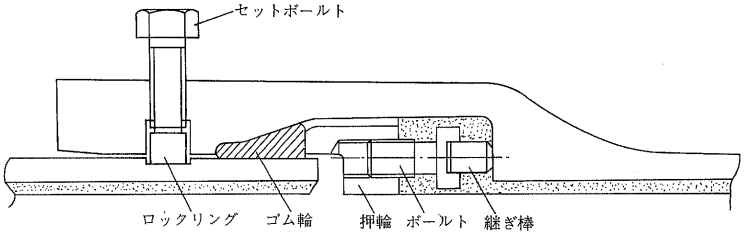
また、到達坑での管の位置のずれは目標より上へ110㎜、左へ110㎜であった。管の強度は十分であり、かつ十分正確な工事ができた。

6. 離脱防止継手(UF形)管の使用本数

曲管部分は不平均力による管の離脱を防止するために、UF形管を採用したので、参考までに結果のみを述べる。

UF継手はメーカの試験データによれば、管体が破壊するまで離脱しないというすぐれた性能の継手である。

図—10　UF形継手



離脱防止継手は、曲管の両側に多く使用した方が高内圧の使用に耐えることになる。UF形管の使用本数の計算は不平均力により生ずる曲げモーメントがUF継手の耐えうる曲げモーメントの$1/_{2.5}$以下、すなわち安全率2.5以上、管の最大移動量が2㎝以下におさまるという両方の条件を満足するようにした。計算式は弾性的基礎上に支えられた梁の曲げの式を使った。

計算結果は下表のようになり、その本数を採用した。

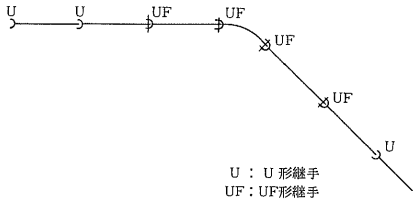
表—4　曲管の片側のUF形管使用本数(4m管)

内圧	3 kg/㎠	6 kg/㎠	12kg/㎠
5 5/8°	1	1	1
11 1/4°	1	1	2
22 1/2°	1	2	3
45°	1	2	5
90°	2	3	7

(ただし、土被り3mとして検討した。)

例えば、45°曲管で内圧が6 kg/㎠の場合は図—11のような配管になる。

図—11



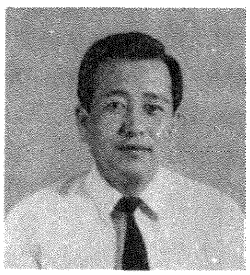
7. むすび

管厚計算で支持角のとり方如何が管厚に大きな影響を与えるものであり、逆に、施工時に埋戻しをおろそかにすると計算通りの支持角が得られないことになるので、計算根拠について、現場技術者が十分理解して施工に当たらなければならないことはいうまでもない。

当水道部では、2,600㎜という超大口径管の埋設に当たり、あらためて現場技術者の研修会を開き認識を再確認した上で実施に移ったものであり、現在、48年夏期までに完成すべく努力を重ねている次第である。

寄稿
《2》

平城ニュータウンにおける配水管布設工事にタイトン継手を使用して



奈良市水道局管理課改良工事係
係長　木村誠二

1．はじめに

平城ニュータウンは、本市と本市に隣接の京都府下、木津町および精華町の一市二町にまたがる総面積606.7ha、計画人口75,000人の団地で、日本住宅公団が土地区画整理事業として、5ヵ年計画で開発しているものである。

このうち奈良市側の348.7ha、計画人口43,000人の上水道供給を本市で受け持つことになり、46年4月から本格的に配水計画に取り組み、45年度造成地区(本市側の¼)の配水管布設工事を46年12月中旬から施工し、47年10月末日完了した。現在約1,000戸に給水を開始している。

当地区の配水管実施設計に当たり、本市では管種、継手等種々検討した結果、

小口径管(φ50)はビニール管
中口径管(φ75～250)はダクタイル鋳鉄管、タイトン継手
大口径管(φ300以上)はダクタイル鋳鉄管、A型継手

特殊道路(遊歩道)は塗覆装鋼管、溶接継手とすることに決定した。

当造成地にタイトン継手を使用することに踏切った理由としては、

1．経済的である。
2．施工能率で良好である。
3．使用区域設定がしやすい。
4．使用の結果が良好なる場合、他の民間造成地および市内配管にも使用できる。

などであるが、将来の維持管理面を考慮して、試験的に使用した。

今回発注の全工事を完成し、通水を開始した現時点において、今一度タイトン継手に関して、振返ってみたいと思う。

2．設計に当たって

本市として過去において、タイトン継手と同類のハイタイト継手を試験的に使用した経験もあるにはあったが、その工事に関係した関係者は今は退職しており、今回の設計に当たり、日本鋳鉄管協会および管メーカーの協力、ならびに近郊都市のタイトン継手使用状況などを調査し、工事計画および設計に取り組んだ。○市では、直管のみタイトン継手を使用し、異形管類はA型継手を使用しているが、本市としては異形管を含め、すべてについてタイトン継手を採用した。

3．施工業者の選定

本市として初めての試みであるタイトン継手工法を採用するため、比較的経験を積んでいると思われる大手業者に材料持ちで発注した。

造成工事の関係で三工区に分割し３業者に施工させた。

4．監督員の養成

本市の監督員は、タイトン継手についてはすべて未経験者ばかりであるため、日本鋳鉄管協会および各メーカーなどの協力により、再々の講習会、実施研修を積み、将来のことも考慮し、できるだけ多くの監督員の養成をはかった。また施工に当たっても、現場監督には２名ずつ順次交代させ、実務経験を積むよう指導した。

平城ニュータウン配水管完了状況表
（タイトン継手関係）

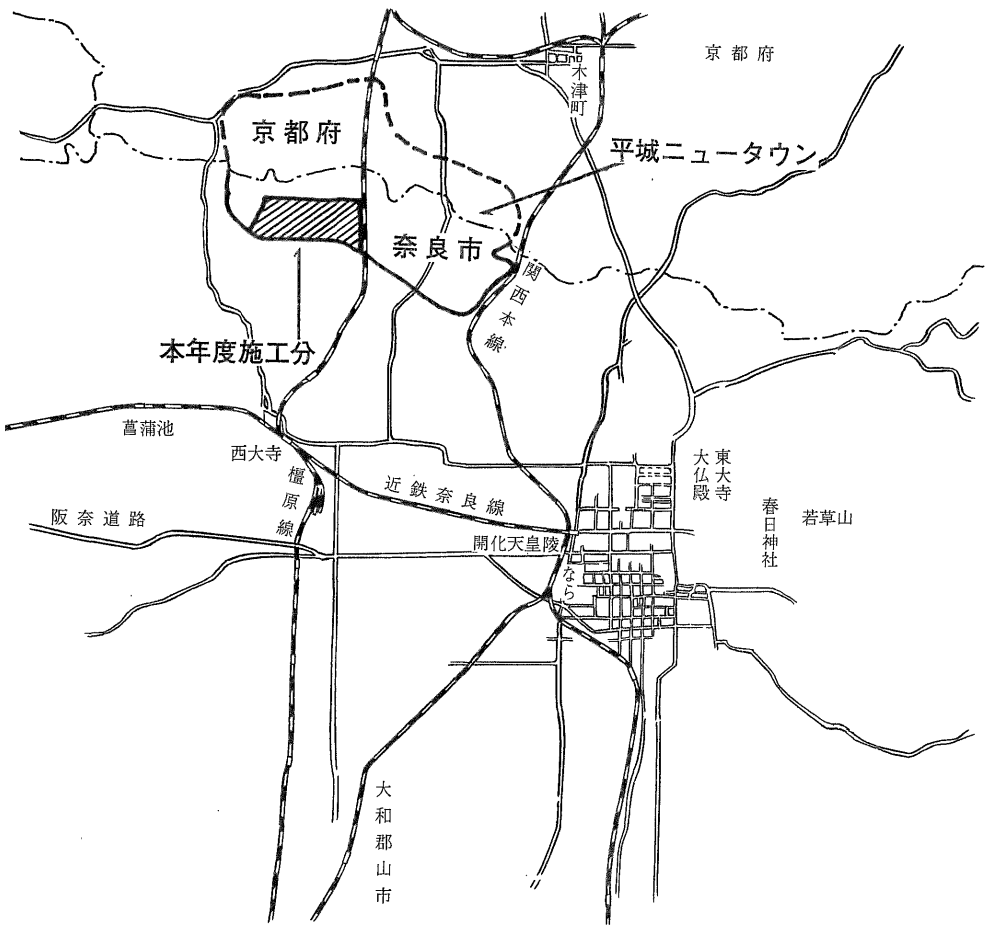
口径 / 工区	φ75	φ100	φ150	φ200	φ250	計
	m	m	m	m	m	m
第一工区	652	732	787	523	316	3,010
第二工区	678	1,048	919	280	—	2,925
第三工区	1,040	2,483	2,580	1,099	—	7,202
計	2,370	4,263	4,286	1,902	316	13,137

5．施工状況

施工に当たっては、使用器材および使用材料等を十分検討し、細心の注意をはらい施工にのぞんだ。

設計当初において、期待していた施工能率について特筆する程の成果はなかった。今回の最高進捗速度は、口径150㎜で125m/日であり、平均50m/日である。

当初の期待が大きかったため特に目立った。



しかしながら、これはあくまでもタイトン継手であるがための問題ではなく、昨年冬期の異状降雨による現場状況、使用掘さく機械能力、外部者地下埋設工事との出合などにも原因があったと考えられるが、特にタイトン継手であるため、その一因となっているものがあった。

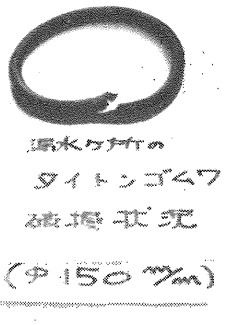
以下、その問題点についてのべてみたい。

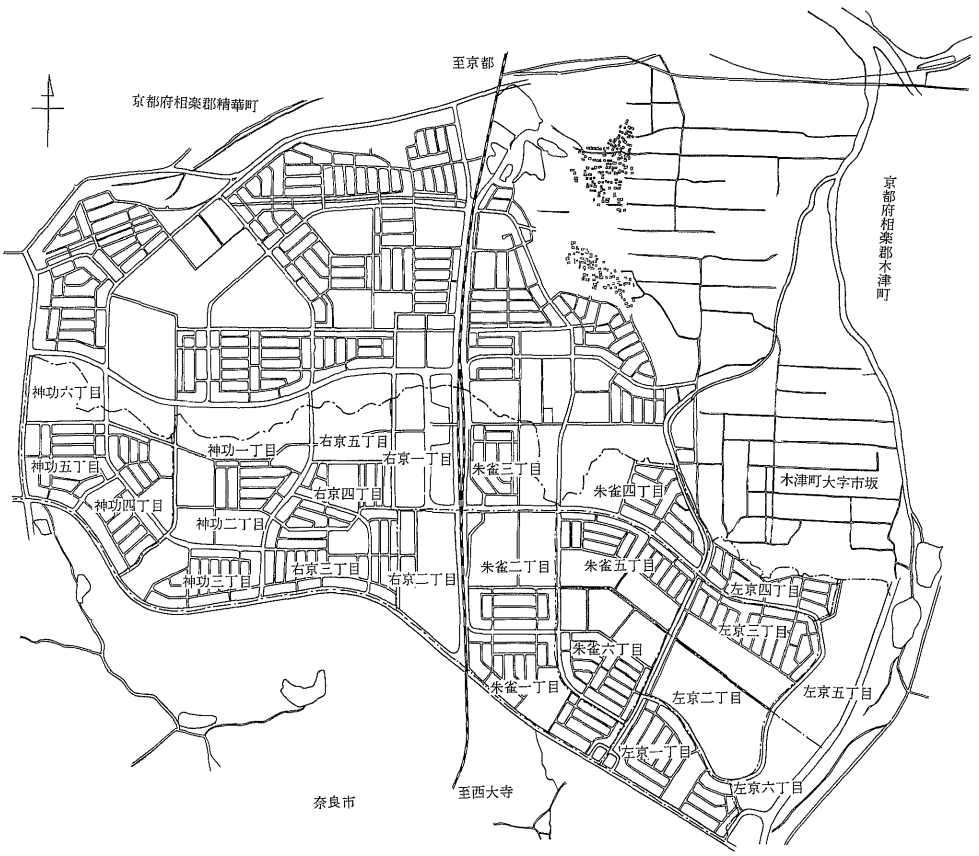
1）曲管、特に伏越のための
**　バーチカルベンドの継手施工難**

鋳鉄管No.13の「タイトンジョイント管（総集編）―現状と問題点―」でも配管例をあげ施工方法の解説がされているが、他の地下埋設管が輻輳している場合、芯出しが非常にやりにくく、また工具についてもホークのみにたよったため、他の地下埋設物が障害となり、施工に苦労し、施工時間が多く要した。

2）切管による時間ロス

切管は通常動力カッターにより簡単に施工できるが、タイトン継手の場合、切断面の面取を要するため、グラインダー等による面取の時間が予想以上にかかった。現場における規定通りの面取は熟練工でないと短時間内にできがたく、仕上げ状態が悪い場合、接合時にゴムに傷をつけ、漏水の原因となる。面取不良が原因と思われる漏水が通水テストによって発見された。





これらを解消するために考案され、市販されている面取兼用の切断機を使用したが、セットに要する時間、切断に要する時間など、動力カッターに比較し時間ロスが多いので配管工にきらわれ、あまり使用されなかったようである。

3）その他の時間ロス

造成地の特異な配管工法（造成の進捗に合せ配管するため一方向から順次配管できない）のため、連絡がどうしてもオガミ合せによらねばならないが、タイトン継手の場合オガミ合せが不可能なため、連絡カ所はすべてA型継輪を使用するので継輪使用カ所が増加し、継手時間を多く要した。

以上、いくつかの問題による時間ロスを列挙したが、まだタイトン継手に配管工がなじんでおらず、経験不足が大きな原因となっているようである。これらのすべては配管工の熟練により解決されていくものと考えられる。

また工具、工法についても今後研究されて、この方面からもこれらの問題が解決されると思われる。

次に、施工における問題点を２～３あげてみる。

1）受口内のゴミ（特に砂）の清掃に苦労した。ウエスなどで清掃したが溝に入った小さなゴミがなかなか除去できず、水およびぬれウエスなどいろいろ使用したがいくらかはのこり、清掃による時間が予想以上に要した。これは工事途中より、メーカー側の協力により、受口にビニールキャップをはめこみ納入していただいたので、この問題は解決した。しかし、湧水カ所で泥などが受口に入る場合の問題の解決がのこされている。

2）タイトン栓の接合に難点がある。これは材料自体が小さいので接合がしにくく、またその撤去には、滑剤が固まった時点では非常に撤去しにくい。今後改良の必要があると思われる。

3）抜出し防止金具については、一体型の金具を使用したが、接合時にフォークのチェーンが咬み込み施工しにくく、接合時に難点がある。経済的には問題があるが、二ツ割の抜出し防止金具を使用する方が、施工上は問題がなくなると思われる。

6．通水結果

当団地は、複雑な地形の山林原野を造成しているため、造成地の起伏が大きく、直送による送水は静水圧の差が大きいため、団地内の高所に配水池および配水塔を設置し、配水区域を低・高区に分け配水することにし静水圧の均衡をはかっているが、配水池ならびに配水塔の築造が遅れたため、直送により通水した。最大静水圧が９kg/cm²となるため、通水には特に気をくばったが、当初心配していたタイトン継手の水密性が十分立証された。特に曲管部は不安をいだいたが、曲管の前後に抜出し防止金具を使用したため、水圧による抜出し事故も発生しなく、防止金具の安全性も立証された。

7．おわりに

以上、平城ニュータウンの配水管布設工事による経験により、今後タイトン継手使用に際しては、

１．水中作業はA型継手を使用する。
２．切断カ所の面取検査を十分に行なう。
３．タイトン栓の使用は栓の改良ができるまで使用せず、メカ栓を使用する。
４．抜出し防止金具は、二ツ割を使用する。

などを考えている。

タイトン継手の利点は特にここではふれなかったが、経済的かつ施工面でも一般にいわれている利点は十分立証された。

最近の技術革新は目覚ましいものがあるので、現在本市で危惧している事項については、早晩解決されると思われるが、工具の改良と、継手カ所の漏水発生に当たっては漏水防止金具等を開発し、工法的に種々研究され、現在のA型継手以上に採用できる日の速やかにくることを期待して稿を置くことにする。

寄稿
《3》

タイトンジョイント管を使用しての一考察

長崎市水道局施設部改良課
課長　楠本鶴次

長崎市では、昭和44年度より市開発公社により団地造成が進められているが、市街地より北部に約3kmの地点に位置する女の都（めのと）と呼称する区域に今年度（47年度）完成を目標に着々と団地が形成されている。

この団地に給水するため、送配水管の布設工事を施行したのであるが、この区域の給水計画の対象としては、開発公社関係団地751戸、在来住宅が88戸、その他団地284戸およびショッピングセンター、ならびに公共施設として小学校1校、幼稚園、託児所が各々1カ所となっており、従来この区域は市街地より奥地に入りこんだ場所に造成された団地である関係で、これまで給水区域外であったためすべて完全独立した送配水施設が必要となり、新規計画をもって浦上浄水場内に送水するためのポンプ場を築造し、送水管200㎜で延長2,666mを布設し、標高190mの地点（団地北側の山上）に640㎥の配水槽を設け、団地内および団地周辺地帯に配水するよう計画されている。

この配水管に初めてタイトンジョイント管を採用して、200㎜管を812m、150㎜管を393m、100㎜管を4,372m使用したのであるが、この管種決定については、種々、係員の中で検討をかさね、また現在不足がちである配管工の技能の程度などの点も考慮して、タイトンジョイント管を当団地の工事にテストケースとして全面的に使用することを決定した。

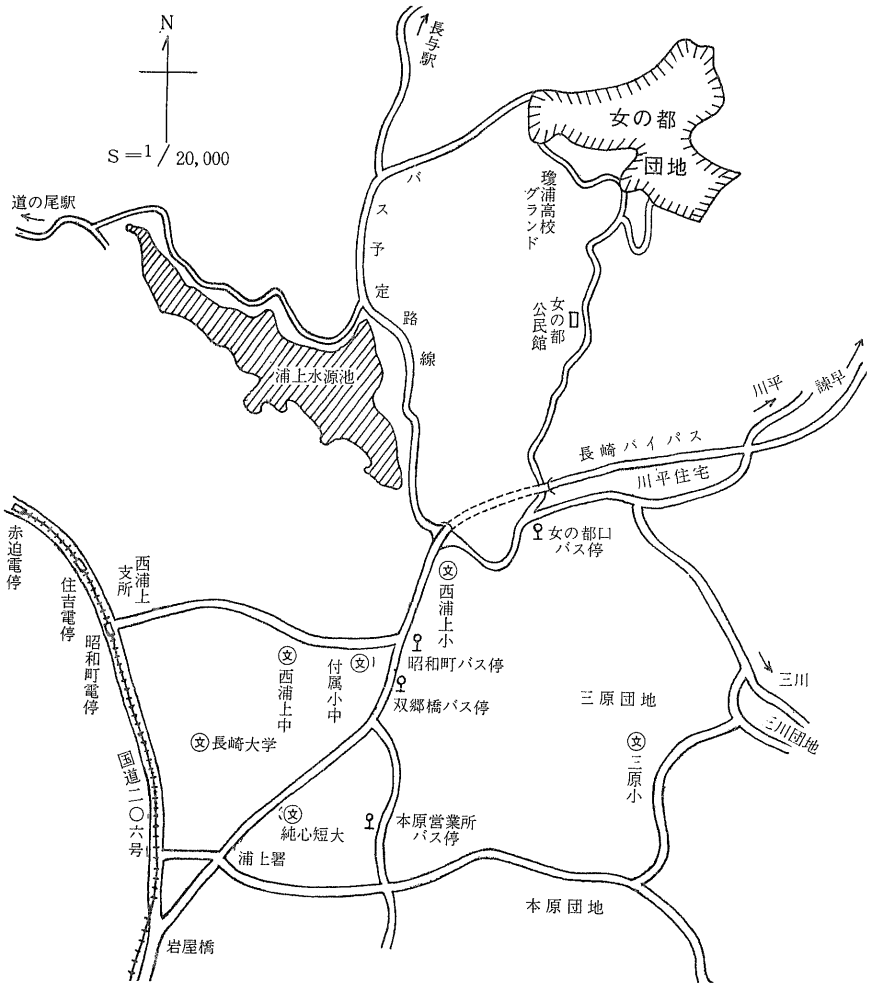
早速、設計書が作成され施工業者の決定がされ、いよいよ布設工事に着工する運びとなったので、メーカーより指導者の派遣を得て、1日現場で実技の指導をうけて実施に移したのである。

私が、これまでの永い経験からみて、印ろう継手施工の際苦労したこと、失敗したことなどを思いうかべて（あのメカニカル継手を初めて使用した頃）、施工の途中降雨に見舞われたり、地下水を十分に止めることができなかった時の鉛コーキングなどにおける苦労したことなどを考えてみたとき、ほんとに楽にできる継手ができて心配する必要もなくなり、現場監督の苦労も少なくなったものだと、今昔の技術の進歩の喜びは私1人ではなく、この経験を味わった者の実感ではないだろうか。今回使用に当たって、そのタイトンジョイン

ト管の継手施工が今までより以上に簡単であるので、むしろ頼りにならないような不安があって、万一離脱などしないだろうかあるいは漏水はしないだろうかと、とにかく大丈夫なのかという先入観が私の脳裏をかすめ、現場で監督員と心配したものである。

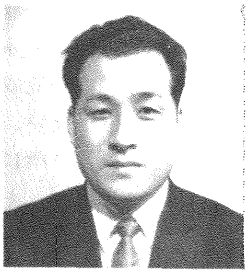
また、従来の継手と違って継手掘りの必要もなく、非常に経済的であることが判明したのであるが、管の布設時がちょうど団地造成中であって道路の形体もまったくなく、荒地同然の時期にあって施工したのであるから、自信の程もなく、完成通水の日を迎えたのである。工事施行から永い期間を経て、昭和47年12月にすべてが完成され、12月11日よりまず管の洗滌を行ない、続いて試験通水に入ったところ2、3カ所に漏水が認められたが、これは給水管とパッキンの不良などによるもので、タイトンジョイント管の継手からの漏水ではないことが確認され、結果的にはまず良好であったということがいえるのである。

以上の結果から考察して、その効果をあげるならば、第1に工期が短縮されること。第2に継手掘りが不要となること。第3にボルト等を使用しないで優れた技術を要しないこと。その他多くの利点が見出され、総体的には優秀であるということのみである。今後は工期の点においても、従来の工期のとり方とは大分変わって短縮されることになり、また、継手掘りの必要もなく、掘さく量も少なくなり、これに関連して残土、埋戻の砂、砂利の量および路面復旧面積も少くなって経済的効果が多大で、これからの工事施行に期待がもたれるものと考える次第である。



寄稿
《4》

鹿児島県南薩地域の畑地かんがい事業の概要



九州農政局南薩農業水利事業所
落合信義

1．地域の概要

九州の南端鹿児島県でもさらに南の薩摩半島の南端に広がる火山性台地は、薩摩半島の南＝「南薩地方」といわれている。気候は温暖で、年間降雨量は平均2,150㎜と多いにもかかわらず、半島であって奥地がないこと、火山灰性台地であることなどによって、大きな河川が発達しなかったために思うように水が得られず、表－1に示すように地域の耕地のほとんどが畑として利用されて今日に至っている。

表－1　関係市町耕地面積内訳
（単位：ha）

区　分	水田	畑	樹園地	計	備考
指宿市	310	1,820	100	2,230	
枕崎市	260	1,440	500	2,200	
山川町	60	1,190	20	1,270	
開聞町	170	820	60	1,050	
頴娃町	550	2,920	800	4,270	
知覧町	470	2,200	920	3,590	
計	1,820	10,390	2,400	14,610	
（比率%）	13	71	16	100	

昭和47年8月1日現在

台地は全般に火山灰におおわれ東部は未風化礫が多く、西部はコラ層[注1]におおわれた不良土壌地帯であり、夏から秋にかけて例年のごとく襲来する台風のため、古くより甘藷を中心とした営農が行なわれてきた。この甘藷は澱粉用原料として栽培されていたものであるが、近年、安価なコーンスターチの輸入で甘藷澱粉が押されぎみである。

一方、昭和30年代より始まったわが国の工業の高度成長は、都市側より多量の労働力を要求することとなり、上記のごとき低生産性農業地帯である本地域は、年率2～3％という人口流出を見るに至り、非常な過疎化現象を呈し、全国でも有数の過疎地帯である。

2．畑地かんがい事業の概要

1）事業の目的

本事業は、鹿児島県指宿市ほか1市4町の畑地6,442haに畑地かんがいを行なうことによって、地区の温暖な気象条件を生かした成長作物の導入など土地利用の改善を図り、圃場整備によって農作業の機械化を容易にし、労力の節減を図り、もって農業所得の増加を

めざすものである。

このうち、国営土地改良事業は、基幹かんがい施設の新設を行なうもので、末端事業、すなわちかんがい施設の末端配管、区画整理、農道、農地保全などの事業は、県営畑地帯総合土地改良事業として実施することとしている。

2）地域および現況

事業地区は、薩摩半島南端に位置し、南北12km、東西24kmの総耕地面積約1,500haの地帯で、このうちおおむね標高150m以下の畑地、6,442haの畑地かんがいを行なうものであって、関係農家数9,866戸、東端に温泉の町指宿市、西端には遠洋漁業の基地枕崎市、その中間に山川町、開聞町、頴娃町、知覧町の合計2市4町にまたがっている。

地区の地形・地質状況は「地域の概況」の項で述べたとおりであり、気象状況は表－3に示すように年間平均気温は17℃、雪はほとんど降らず、霜も2月から3月にかけて1カ月間位しか見られない温暖な地帯であって、暖地型の作物ならば何でも栽培できる気候にある。

表－2　受益面積内訳（現況）

	田	畑	原野	山林	樹園地	計	受益戸数
	ha	ha	ha	ha	ha	ha	戸
指宿市		856			8	864	1,930
山川町		983			—	983	1,256
開聞町		744			9	753	1,616
頴娃町		2,115			75	2,190	3,155
知覧町		1,040			68	1,108	1,075
枕崎市		504			40	544	834
計		6,242			200	6,442	9,866

表－3　地区気象状況

観測所名 観測期間	枕崎測候所 S.3年～S.43年	かんがい期	4月～8月	非かんがい期 9月～3月	計	備考
平均	気温	22℃		13.6℃	17.1℃	
降水量	平均	1,273.7mm		876.6mm	2,150.3mm	4月～10月　1,571.3mm
	基準年	898.6mm		859.9mm	1,758.5mm	〃　1,137.8mm 基準年　昭和33年
降水日数	平均	43.1日		43.4日	86.5日	5mm以下無降雨とする
	基準年	41.0日		50.0日	91.0日	〃　昭和33年
根雪	期間					
無霜	期間	3月17日～2月11日				
最多	風向	N		最大風速	42.5m/s	

3）土地利用計画

本地区内の土地利用の現況は、普通畑6,170ha、樹園地200haである。普通畑は夏作は甘藷が主体で72%、次いでたばこ8%、飼料および蔬菜がおのおの7%となっており、冬作は麦類が33%、なたね17%、蔬菜9%、飼料7%となっている。また、樹園地は⅓がぽんかんで残りは茶である。

畜産についてみると、肉牛は飛躍的な伸びを示しており、今後大いに期待されるところであるが、豚は価格変動が大きいため、また、乳牛は基盤が十分できていないためいずれもやや停滞気味である。

以上の現況に立って、将来畑地かんがい施設の完備と圃場整備の完了した後における土地利用および作付計画を次のとおりとした。

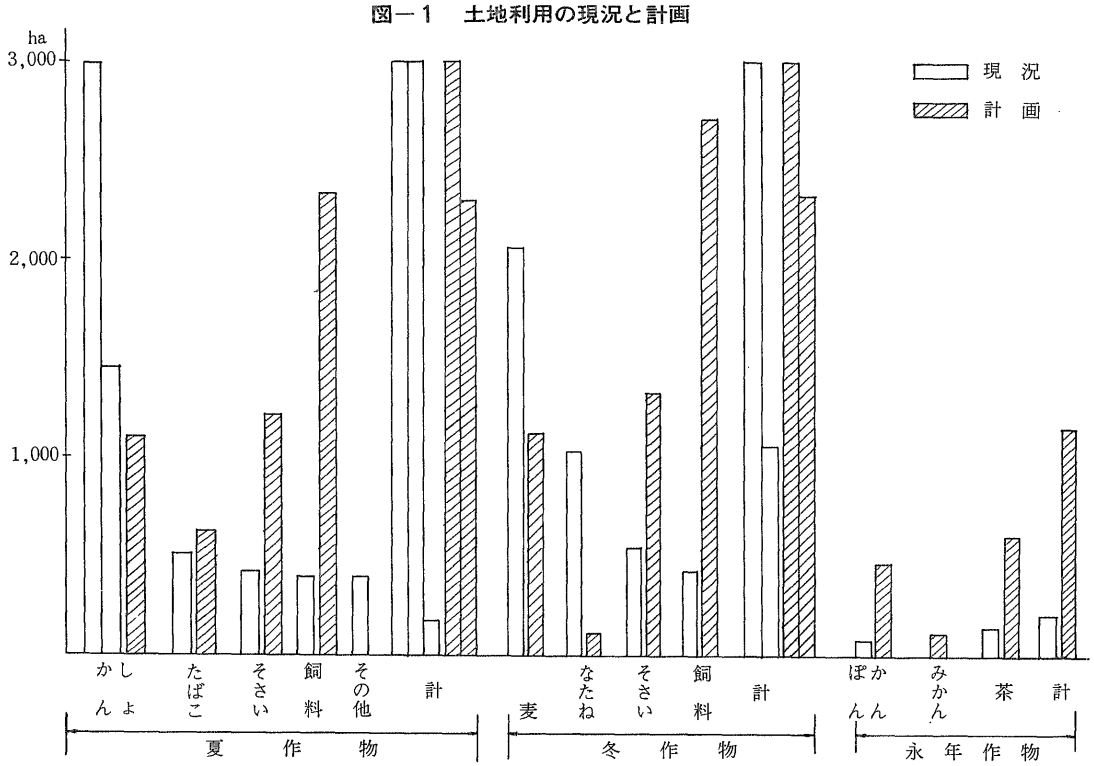
① 肉牛の伸びに合せて飼料作物の大幅増大を図る。

② かん水効果の大きいさといも、気象条件を考慮してのえんどう、促成すいかなどの蔬菜類を大幅に取り入れる。

③ たばこ、ぽんかん、みかん、茶をそれぞれ大幅に増加させる。

以上によってうめた土地利用計画を現況との対比で図示したのが図－1である。

図－1　土地利用の現況と計画



4）用水計画

(1)畑地かんがい諸元

①計画基準年　昭和33年

②かんがい方式　スプリンクラーによる散水かんがい

③かん水量およびかんがい期間

果樹、蔬菜、飼料

2～5mm/day　通年かんがい

甘藷　2～4mm/day　5月1日～8月31日

茶　2～4mm/day　通年かんがい

たばこ　2mm/day　4月1日～6月30日

④1回のかん水量（最大）

東・西団地　53mm（有効40mm）

南団地　33mm（有効25mm）

⑤1日のかんがい最大時間20時間

(2)水源計画

大河川の発達していない南薩地域では、大規模かんがい用水源と考えられるような河川はなく、わずかに指宿市の港川、開聞町の新川、頴娃町の集川、高取川、馬渡川、加治佐川が河川の形態をそなえている。これらも小流域であるため、本地区の計画用水量最大5.3㎥/sをまかなうだけの水量が得られない。しかるに、本地区のやや東寄り中央部に、水面積1,062ha、最大水深230m、総貯水量14億㎥という九州第一（日本では第30位）の池田湖がある。池田湖は、その大きさ、その水面標高(E.L.66m)の高ポテンシャルを有するにもかかわらず、流域面積が1,234ha(湖水面積を除く。)しかないこと、漏水が多いこと、火口湖で周囲に湖面より100m、あるいはそれ以上の山があり、取水するためには大工事をともなうことなどのためほとんど利用されていない。わずかに明治19年に開さくされた仙田用水等130haのかんがい用水、澱粉工場用水、指宿市上水道用水に使用されているに過ぎない。

池田湖の湖水位の変化を見ると、昭和28年以前の水位観測データはないが、仙田用水開さく以前は、水位がE.L.72m程度であったと推定されるが、最近では、最高68.5m(S 29.8)、最低63.4m (S 37.3)平均66.0m程度である。昭和32年から昭和41年の10カ年間の池田湖の水収支の概略を示すと表－4のとおりとなり、漏水量が多いため、池田湖は貯水池としての

表－4　池田湖の水収支

流　（収）　入		流　（支）　出		備　　考
湖面降雨量	22,330mm	蒸発量	10,390mm	昭和32年から昭和41年までの10年間
流域からの流入量	15,630mm	漏水量	20,550mm	昭和32年1月1日　E.L.65.70m
		取水量	7,030mm	昭和41年12月31日　E.L.65.62m 差－0.08
計	37,960mm	計	37,970mm	37,960－37,970＝－10mm ≒0.08m

利用価値はあるが、湖水そのものを水源とすることはできないので、池田湖に近い集川、高取川、馬渡川の三河川から、それぞれの河川利用量（現況におけるそれぞれの河川取水量）以上の水を池田湖に導水して利用することとした。

本地区の年平均必要水量は33,000,000㎥であり、池田湖の水収支計算をした結果、上記三河川からの流入量は最大10.5㎥/sにすれば、豊水年の水を貯留し、渇水年には水足分を放水して単年度ではなく長期間で水収支が成立するため、三河川からの流域変更による流入量の最大を10.5㎥/sとした。

以上に基いて池田湖利用計画を図－2のとおり定めた。すなわち、

①池田湖の利用最低水位はE.L.62mとする。

②三河川からの流域変更はE.L.66m以内において行ない、E.L.66mになった場合は流入させないこととする。

③池田湖への導水最大量は10.5㎥/sとする。

④三河川からの流入を取やめた場合における池田湖直接流域からの流入は1.0m以内であるので、計画高水位をE.L.67mとする。

(3) 畑地かんがい計画

畑地かんがい地域は、おおむね三団地に分かれているので、それぞれの団地ごとにわけてかんがい計画をたてる。

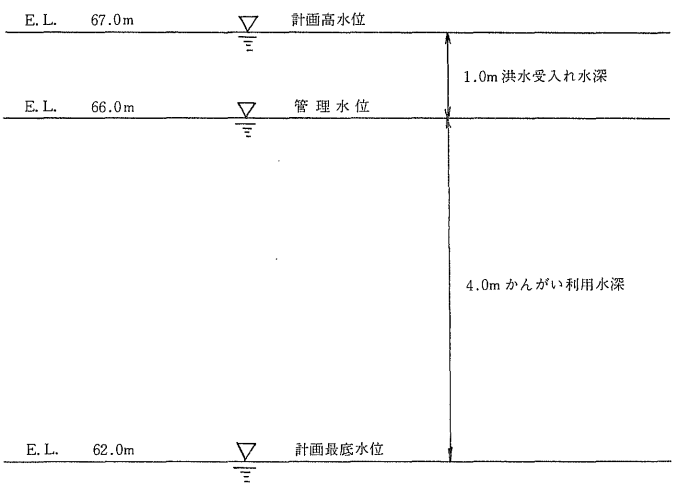
各団地とも池田湖からポンプ揚水し、調圧塔または第1ファームポンドからは自然流下させ各ファームポンドへ送水する。ファームポンドから末端は各ブロックごとに幹線水路へ流下させ、地区標高の関係で自然流下できない所は加圧ポンプを設ける。

各団地ごとの揚水量は表－5のとおりである。

表－5

団地名	かんがい面積	最大用水量	関係市町
	ha	㎥/s	
東部	864	0.738	指宿市
南部	1,736	1,440	山川町、開聞町
西部	3,842	3.125	頴娃町、知覧町、枕崎市
計	6,442	5,303	

図－2　池田湖利用計画



5）主要工事計画

国営土地改良事業として実施する主要工事概要は次のとおりである。

(1) 取水施設

馬渡川、高取川、集川から池田湖へ流域変更によって平常時の不用水および洪水量を取水するための頭首工で、河川規模が小さいため、その堤長も10m前後のごく小規模なものである。その概要は表－6のとおりである。

表－6　取水施設概要

名　称	形　式	流　域	堤　長	取　水　位		取水位	備　考
				最　大	平　均		
馬渡川頭首工	固定堰	12.54 km²	10.0 m	10.5 ㎥/s	0.57 ㎥/s	89.85	
高取川頭首工	〃	10.82	13.0	4.5	0.22	81.16	
集　川頭首工	〃	5.03	6.8	2.0	0.17	72.00	
計	—	28.39	—	—	—	—	

(2) 導水路

三河川に設ける頭首工より池田湖まで導水する水路で、最大通水量10.5㎥/sを流下させるに必要な断面としてr＝1.20mの標準馬蹄形のトンネルとした。本トンネルは、現在は活動していないが火山である大野岳の直下を通るものであり、地質、地下水など検討を要する問題もあり、当初大野岳をう回する案との比較を行なったが、いろいろな点で有利なトンネル案を採用し現在施工中であるが、時折湧水によって工事が中断されるが、まずまずの進捗である。

集川から池田湖までの3号隧道は、池田湖より地区内へ送水する送水路兼用とするため、圧力隧道とする。

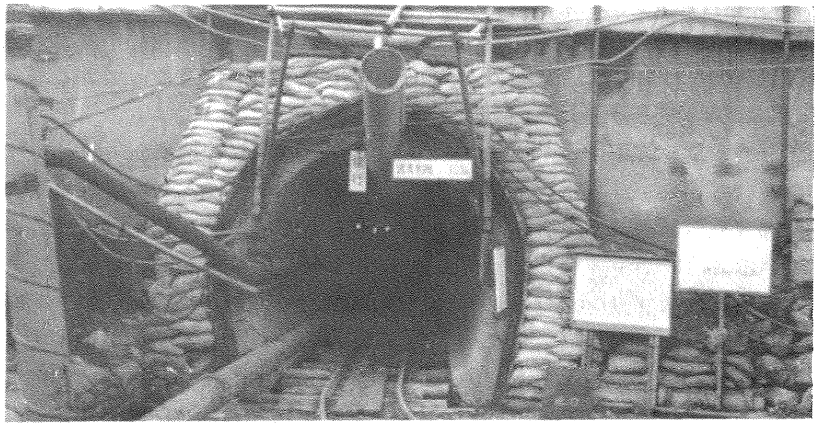
表－7　導水路諸元表

名　称	最大通水量	延　長	構　造	区　間
1 号 隧 道	10.5㎥/s	3,266m	r＝1.20m　標準馬蹄形	馬渡川～高取川
2 号 隧 道	〃	3,171	〃　〃	高取川～集　川
集川横断水路	〃	52	2.40×1.70　鉄筋コンクリート	
3 号 隧 道	〃	1,700	r＝1.20m　標準馬蹄形	集　川～池田湖
暗渠及開水路	〃	50	2.20×1.84　鉄筋コンクリート	
高取取水路	4.5	317	r＝0.95m　標準馬蹄形	

(3) 揚水施設

池田湖から地区へ揚水するためのポンプで、団地ごとに東・南・西の揚水機を設ける。ポンプは立軸斜流ポンプとし、これに対応するため、機場は二床式構造を採用する。

西部の機場については、一部導水路と送水路を兼用させるため、2段揚水とし、第1段で池田湖より集川に設ける貯水槽まで、第2段はこの貯水槽から地区内までとする。これは、河川からの導水量が所要水量より多い場合は、池田湖まで導水せず、集川の貯水池から直接地区内に送水し、余った水のみ池田湖へ導水する。また、所要水量が導水量より少ない場合にあっては、その不足水量のみを池田湖より補給することとする。これによって、第1機場の運転時間を大幅に少なくすることができ、維持管理費を少なくすることができる。



導水路出口(池田湖側)施工状況

表－8　揚水施設

名　称	揚水量	揚程		揚水機			原動機		備考
		実	全	形式	口径	台数	動力	台数	
	㎥/s	m	m		mm	台	kw	台	
東部揚水機場	0.738	46.0	48.5	立軸斜流	φ300 φ450	2 1	110 300	2 1	
南部揚水機場	1.440	43.0	44.5	〃	φ350 φ500	2 2	130 320	2 2	
西部第1揚水機場	3.125	10.0	12.0	〃	φ400 φ500	2 4	55 84	2 4	
西部第2揚水機場	3.125	108.0	110.5	〃	φ350 φ550	2 4	360 970	2 4	

(4) 用水路

揚水機より地区内へ送水する水路はすべて管路とし、管種は通水量、管内圧力、経済性を考慮して、ダクタイル鋳鉄管、鋼管、石綿管、鉄筋コンクリート管などを使用するが、大規模な配水組織に故障を生じると復旧などに多大の時間と経費を必要とするので、揚水機からファームポンドまでの送水路は原則として、ダクタイル鋳鉄管または鋼管を使用することとしている。本地区で現在までに施工中の管路は西部送水路で、φ1,500㎜のダクタイル鋳鉄管を使用している。

この用水路の総延長は102㎞にも達するが、その内訳は表－9のとおりである。

表－9　用水路

水路名	支配面積	最大通水量	延長	管径	備考
東部送水路	864 ha	0.738 ㎥/s	6,113 m	φ700～φ800	
南部　〃	1,736	1.440	6,830	φ600～φ1,000	
西部　〃	3,842	3.125	20,900	φ800～φ1,500	
小　計	6,442	—	33,843	—	
東部幹線水路	781	0.181～0.384	8,310	φ350～φ600	
南部　〃	1,701	0.116～0.338	16,222	φ350～φ600	
西部　〃	3,842	0.092～0.451	43,993	φ300～φ700	
小　計	6,324	—	68,525	—	
計	(6,442)	—	102,368	—	

(5) ファームポンドおよび加圧ポンプ

揚水機は24時間運転を行なうが、末端におけるかんがい時間は20時間と計画しているため、差の4時間分の水量を貯留するためにファームポンドを設ける。ファームポンドは、東部1カ所、南部3カ所、西部5カ所の計9カ所を予定している。

加圧ポンプは、末端のスプリンクラーにおいて所定の圧力が得られない場合に、ファームポンドからの流出箇所で、加圧するためのポンプで、16の幹線水路に設置する。

6) 事業費および事業期間

本事業における国営の事業費は、事業発足当時62億円でスタートしたが、その後の物価上昇によって昭和47年度は72.6億円となっている。

事業の実施は昭和45年度に着工し、昭和52年度完了の予定となっている。

7) 関連事業の概要

国営の畑地かんがい基幹事業に関連する事業としては、昭和47年度より、県営畑地帯総合土地改良事業として着工し、国営、県営両事業の早期効果発生のため、同時に工事が行なわれている。県営の畑地帯総合土地改良事業は、その事業名のとおり、畑地帯の総合整備を行なうために畑地かんがい、排水、区画整理、農道、客土、農地保全、農地造成などを一体的に行なうことができるものである。本地区においては、国営末端の畑地かんがい、農道を基幹的な事業とし、区画整理および農地保全を合せ行なう事業として実施することとしている。

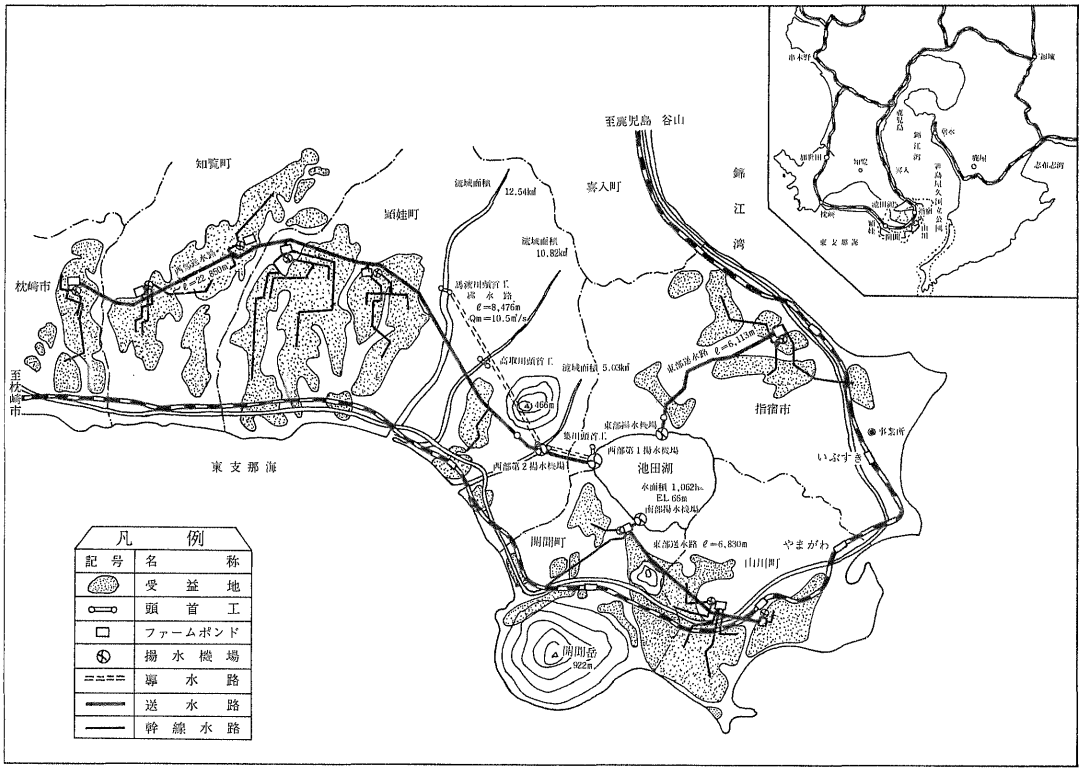
表－10　県営畑地帯総合土地改良事業の概要

	愛益面積		事業費	備　考
	ha		百万円	
畑地かんがい	6,442	用水路φ75～φ300、685,097m	2,672	
区画整理	5,316	30m×100mの区画造成	2,281	
農道	6,540	幹線 111,322m、支線 390,622m	1,688	
農地保全	7,351	排水路、集水路、承水路 202,231m	2,659	
計			9,300	

西部送水路(ダクタイル鋳鉄管φ1500)

西部送水路(ダクタイル鋳鉄管φ1500)漏水試験

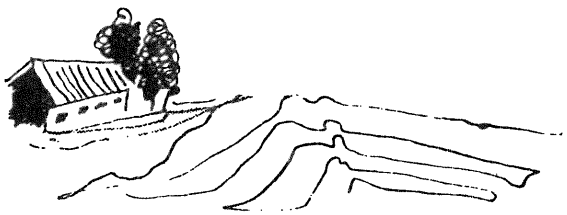
図－３　南薩地区一般計画書



3．むすび

南薩地区の国営畑地かんがい事業について、その概要をのべてきた。本事業も、国営事業が昭和45年に、県営事業は昭和47年度に着工したばかりで、始まったばかりといえる。本地区の事業が完了するのはさらに10年近い年月を必要とするものと思われる。その時になって、過疎化現象によって後継者さえいなくなっている本地域に、近代的な農業が営まれ、わが国の食糧供給の一大基地として、発展しているであろうことをねがって筆を置くこととする。

注1　薩摩半島の南部約140km²にわたって表土下約30cmに分布する火山灰、火山砂、火山礫が凝固した不透水性の非常に固い土壌層のことで、約1100年前開聞岳が爆発した時の噴出物といわれている。



鋳鉄管第13号

昭和47年10月

技術レポート

タイトンジョイント管〈総集編〉

―現状と問題点―

日本鋳鉄管協会技術専門委員長
宮岡　正

序

タイトンジョイント管については、本誌でも過去幾度か紹介されてきた。すなわち、

本誌No.1（41年８月）：小口径ダクタイル管
No.2（42年１月）：ダクタイル・タイトンジョイント管について
No.7（44年10月）：欧米における鋳鉄管事情
No.8（45年５月）：タイトンジョイント管について
No.9（45年10月）：実用化されたタイトンジョイント管
No.10（46年５月）：タイトンジョイント管について
No.11（46年10月）：タイトンジョイント管の接合方法の解説
No.12（47年５月）：タイトンジョイント管を採用して

などである。その中の４編は、メーカー側からタイトン管の形状寸法あるいは性能などについて論じたものであるが、他の４編は、都市で実際にお使いになった上での研究なり、感想なり、忠告なりであった。

今、読み直してみても、すべて核心をついた、極めて示唆に富んだ貴重なものばかりである。そして、これらのご意見を通じて、改良なり、工夫なりが加えられながら、ユーザーと共に歩んで今日に至った。

幸いにして、水道協会におかれても、タイトン管を水道協会規格JWWAにしようとの計画のもとに、専門委員会が設けられて、審議が進められている。

ここに、ユーザーから寄せられた数々の建設的なご意見にお答えする意味もかねて、タイトンジョイント管の今日の姿をご紹介する次第である。

ただし、紙数の関係で、寸法性能については以前から紹介してきたものと基本的には変わっていないので、本稿では省略させていただくことにした。

実　績

表－1タイトンジョイント管実績表

（昭和46年度）

直・異別 / 口径	直　管（延長m）	異形管（個数）	備　考
75mmφ	60,104		※異形管は全体の個数で表示
100	206,650		
150	242,434		
200	151,445		
250	51,625		
合　計	712,258	27,188	

都市名	直管延長 m					異形管個数
	75φ	100φ	150φ	200φ	250φ	
北海道支部						
小樽市	128	472	1,470	1,490	625	298
帯広市		1,660	515			9
北見市			2,190			40
旭川市					620	4
夕張市			435			
古平町		44				
様似町				20		4
砂川市	460	1,348				25
南茅部町			4,000			
東北支部						
山形市	12,312	5,744	3,100		155	6
宮古市	280		1,120	40		9
岩手県江刺市	1,184					
青森市		280				
山形県上山市		680				
釜石市				280		29
仙台市				520		50
酒田市	24	668	1,870			21
須賀川市	840	200	1,325			14
いわき市	852					
宮城県多賀城町						1
盛岡市	40					11
福島市				2,010		
岩手県平泉町		900			1,355	
寒河江市		440				
関東支部						
東京都		4,188	1,312	365	380	1,162
横浜市		1,908	4,110			346
日光市	800					
浦和市	108					3
沼田市	380		10	280		
埼玉県南	120					
栃木県南河内村	372	884	3,055	4,780	1,400	410
小平市	1,356	2,752	280	705		423
安中市	2,772	3,328	2,570			194
茨城県波崎町	1,004	2,032	1,510	1,630		20
川口市		10,564	4,340			198
天羽市		8		470	1,205	
栃木県壬生町		760				19
桐生市		1,672				43
横須賀市	692	612		80	2,075	219
三鷹市		1,032				36
調布市		868			785	
前橋市		1,660	3,020			274

都市名	直管延長 m					異形管個数
	75φ	100φ	150φ	200φ	250φ	
千葉県			570			22
小金井市	52	1,816	1,525			157
神奈川県寒川町				1,220		
高崎市				65		27
山梨県耕地課				455		
山梨県農水			2,310	1,280		19
銚子市	8		5	25	4,275	367
町田市		492				23
八潮町		468	375			
水戸市		16				
神奈川県箱根町			245			44
山梨県増穂町			165	760	325	36
千葉県袖ケ浦町		7,372	2,980	2,925	845	6
桐生市		560				
川越市			180	145		32
真鶴町	480					17
中部支部						
松本市	3,080	536	1,400		330	66
新潟市	8					
名張市	1,724	1,296	3,665	625		
諏訪市	344	248				19
小海市	24		160	280		110
福井市	560	31,420	7,490	2,525	2,340	99
浜松市	4,408	5,232	17,560	8,360		
清水市	16	208	355	3,195		330
長野県富士見町	280					9
各務原町	444	152	112			24
岐阜市	448	264	2,690			
愛知県清洲町	836	568	2,235	125	1,385	320
長野県御代田町	280					
島田市	1,704	8,636	4,415			360
尾張旭市	244	1,124	1,460	280		239
長野県	208	780	1,530			100
富山市	188	720	4,055	100		175
常滑市		608				
美濃市		324		325		22
美濃加茂市		2,360	1,290			
長野県八千穂村		152				3
四日市市		1,260	7,435	7,795	1,500	167
岐阜県御嵩町			625			41
長野県白馬村			15	2,750		363
鈴鹿市			240			
長野県松川村			4,925			96
三条市	20	260	1,310			48
蒲郡市		128		160		

都市名	直管延長 m					異形管個数
	75φ	100φ	150φ	200φ	250φ	
巻町		276	650	2,120		47
豊橋市				25		
新潟県和島村				500		
豊栄市	288	280	680	500	3,485	176
見附市			750	1,455	630	
津島市			1,250	2,270		
静岡県東泉町				600		
津市	80					
府中市	868	46		475		230
飯田市	244	224	405			47
長野県鼎町	196					
須坂市	360	480				26
高岡市	8	1,216	4,230	2,380		709
鳥羽市		240				
小諸市		24				
上田市		480				
長野市		488	100			13
大町市		588				
武生市		2,096	2,035	200		
春日井市			565			2
静岡県大仁町		600				
中野市			170			
愛知県佐屋町				230		
羽島市					1,205	37
静岡県函南町					185	18
半田市					830	35
岐阜県笠原町		2,376	1,500	190		
愛知県木曽川町		12				
熱海市			615			50
静岡県東伊豆町	4,900	1,060	820	1,700	325	646
関西支部						
高砂市		920				13
神戸市	40	828	700	460		145
大阪市	400	10,148	40,000	25,000		
大東市			400		175	2
泉南市			345			26
藤井寺市		172	765			
滋賀県愛知川市				1,565		
天理市				1,550		73
松原市			455	825		
長浜水道企業団	672					24
東大阪市	12	1,468	105	1,025		359
御所市	8	4	390	705	525	41
茨木市		1,316	685			80
大阪府田尻町			205			

都市名	直管延長 m					異形管個数
	75φ	100φ	150φ	200φ	250φ	
吹田市			405			
奈良市	4,892	4,028	3,555	1,530	525	1,350
和歌山県印南町			3,575			136
中国・四国支部						
鳴門市	1,124	668	125			57
岡山市	292		2,030	9,245	6,945	416
倉敷市	672	572	355	1,765		160
庄原市		4,268	725			39
広島市	120	34,696	40,555	18,125	565	7,963
米子市	92	1,464			735	50
徳島市		596	850	390		
岡山県邑久町	776	500	235	440		
五日市町		292				10
尾道市		20	2,625	910	235	
出雲市			225	1,975		
今治市				790		
呉市	16	1,012	2,060	1,365	425	384
高知市			800	605		92
川之江市	180					
津山市		484				8
倉吉市				1,360		49
笠岡市	12	1,084	10	7,130	1,425	400
出雲市			215		255	
岡山県企業局			575	2,250		13
下関市		212	530	800		86
九州支部						
武雄市	1,236					28
大分市		1,604	2,090			186
長崎市		3,856	385	795		230
鹿児島市		380	3,290	450		166
大村市		1,604		100	2,765	451
日向市		24	980		1,380	340
久留米市			110	45	1,150	130
諫早市			650	1,295	1,290	58
宮崎市				375		19
佐世保市					1,400	
人吉市		2,040				
長崎県西彼杵郡外海町		1,464				93
柳川市			1,060	400		31
北九州市				860		
那覇市		956	160	965		287
石垣市		700				18
その他	3,536	7,080	8,885	7,640	5,590	3,930
合計	60,104	206,650	242,434	151,445	51,625	27,188

施工現場からの声

前掲の通り、昨年度1年間だけでも、タイトンジョイント直管が712km、タイトンジョイント異形管が27,000個布設されたことになる。

そこで、最近ランダムに選んだ一部ユーザーにアンケートをお送りして、実際にお使いいただいた結果について調査したところ、次のようなご意見をいただいた。

まず、不便であった点として、

1．ショートボディー異形管について、重量感がなく何となく不安である。200φ、250φでは挿入にやや苦労した。橋梁添架には不便でないか……など。
2．また、地下埋設物が輻輳している場所での接合はむずかしいのではないか。さらにこんな場所での挿入器具には工夫を要する……など。
3．離脱防止措置はどうするか。
4．カラーの胴長が短かすぎる。
5．維持管理上、規格化が必要である。

などである。

ショートボディー異形管が軽すぎて、とまどったとのご意見は案外に多かったが、反対に扱いやすくてよいといわれる所も同じように多かった。

挿入しにくいことも、馴れるとあまり問題にならないとのご意見もあった。

また、継輪はたしかに短かすぎたので、JWWAの規格化に際しては、さらに100mm長くされるはずである。

輻輳した場所での配管、あるいは離脱防止については、後に述べる。

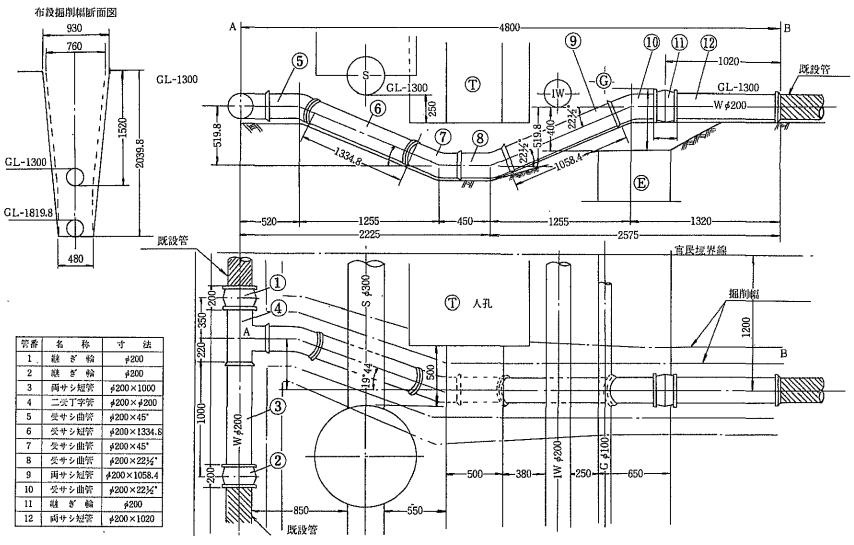
ところで、アンケートの中で、タイトンジョイント管が良かったとされた点については、次のようなものがある。

1．接合が容易で、時間的にはメカニカルジョイントの約1/10ですんだ。
2．掘削、埋戻し、接合費を合わせて約10%安くついた。
3．ショートボディー異形管は、軽くて扱いやすい。
4．1日の作業量は、メカニカルジョイント管に対して30%程度効率的であった。
5．10kg/cm²の水圧テストで漏洩が全くなく、安心である。

その他、継手1ヵ所当り5°の曲りが許容されること、あるいは直管、異形管ともにダクタイルになるので、取扱い上および将来も安心できるということであった。

地下埋設物が輻輳している場所での配管例

図－1　200φ実験配管図



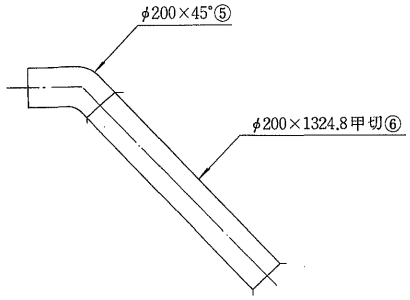
管番	名　称	寸　法
1	継ぎ輪	φ200
2	継ぎ輪	φ200
3	両サシ短管	φ200×1000
4	二受丁字管	φ200×φ200
5	受サシ曲管	φ200×45°
6	受サシ短管	φ200×1334.8
7	受サシ曲管	φ200×45°
8	受サシ曲管	φ200×22½°
9	両サシ短管	φ200×1058.4
10	受サシ曲管	φ200×22½°
11	継ぎ輪	φ200
12	両サシ短管	φ200×1020

図－1で、A点とB点の連絡工事を行なうものである。実験配管の手順を次に示す。方法1と方法2とでは別の要領を試みた。

1．方法1の接合手順

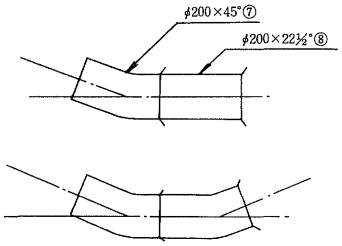
(1) ⑤、⑥管の陸継ぎ

フォークおよびワイヤロープを使用して陸上で接合した。



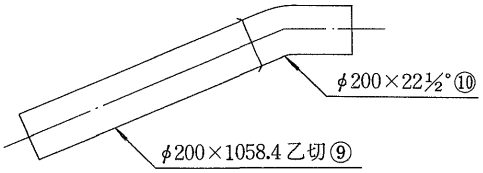
(2) ⑦、⑧管の陸継ぎ

フォークおよびサドルを使用して陸上で接合し、所定の角度にひねった。



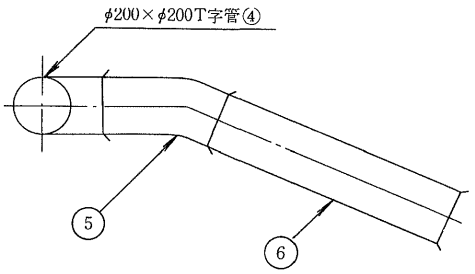
(3) ⑨、⑩管の陸継ぎ

フォークおよびワイヤロープを使用して陸上で接合した。



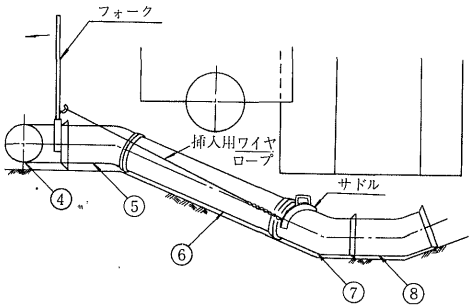
(4) ④、⑤管の接合

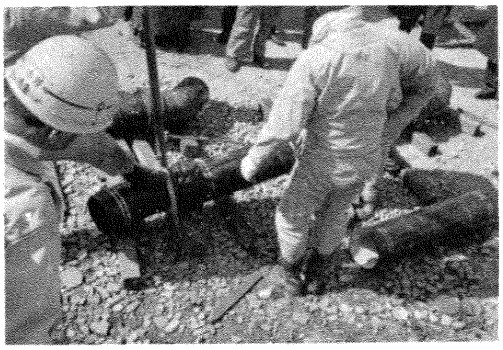
⑤、⑥一体管を吊込み、芯出しを行ない、④管にフォーク、⑤管にサドルをそれぞれセットし、⑤、⑥一体管を吊った状態で接合した。

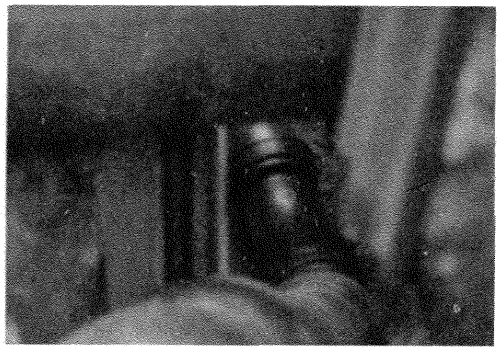


(5) ⑥、⑦管の接合

⑦、⑧一体管を吊込み、芯出しを行ない、④管にフォーク、⑦管の挿口にサドルをそれぞれセットし、⑦、⑧一体管を吊った状態で接合した。

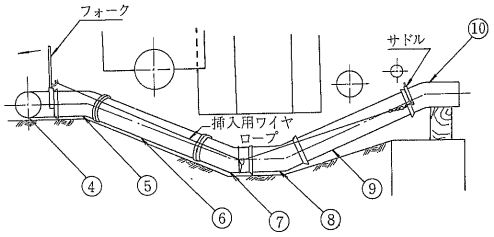


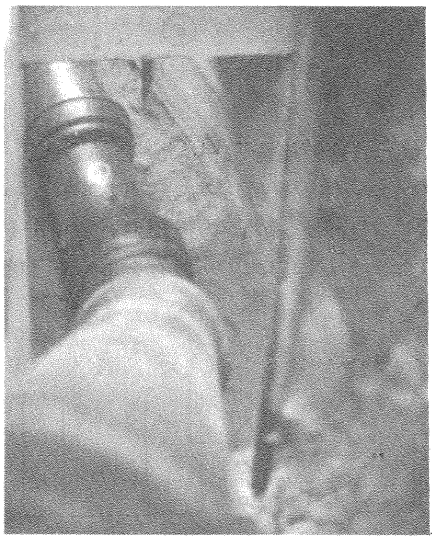




(6) ⑧、⑨管の接合

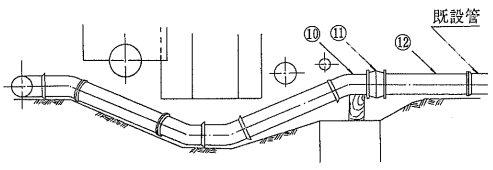
⑨、⑩一体管を吊込み、芯出しを行ない、④管にフォーク、⑩管の受口にサドルをそれぞれセットし、長いワイヤロープを掛け、⑦管に胴巻きしたワイヤの環の中を通し、管軸方向に力が働くようにして⑨、⑩一体管を吊った状態で、フォークを操作して接合した。





(7) ⑪継輪を用いて⑫管と既設管および⑩管との連絡

⑪継輪と⑫管を吊込み、まず⑫管と既設管との接合を行ない、ついで⑩管と⑫管の接合は⑪継輪を用いて行なった。

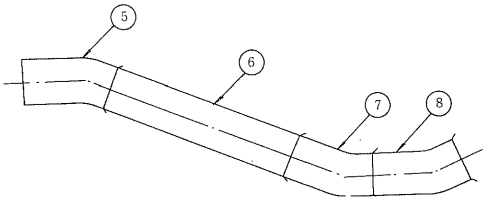


2．方法2の接合手順

本場合は、各継手部に離脱防止金具を取付けた。

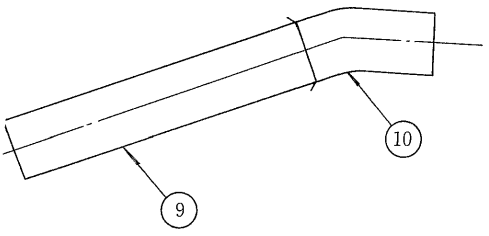
(1) ⑤、⑥、⑦、⑧管の陸継ぎ

フォーク、ワイヤロープ、サドルを使用して陸上で接合し、所定の角度にひねり調整してから、離脱防止金具を取付けた。（以下、金具取付けの説明は略す。）



(2) ⑨、⑩管の陸継ぎ

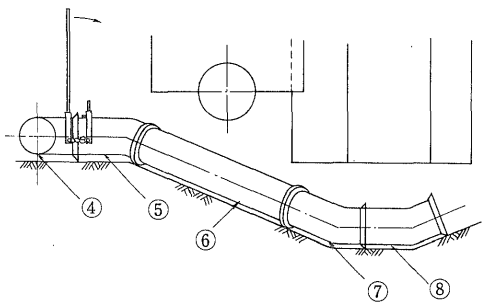
フォークおよびワイヤロープを使用して陸上で接合した。



(3) ④、⑤管の接合

⑤、⑥、⑦、⑧一体管を吊込み、芯出しを行ない、④管にフォーク、⑤管にサドルをセ

ットし、⑤～⑧一体管を吊った状態で接合した。



(4) ⑧、⑨管の接合

⑨、⑩一体管を吊込み、芯出しを行ない、④管にフォーク、⑩管の受口にサドルをそれぞれセットし、長いワイヤロープを掛け、⑦管に胴巻きしたワイヤーの環の中を通し、管軸方向に力が働くようにして⑨、⑩一体管を吊った状態で、直管の接合と同様にフォークを操作して接合した。接合図は方法1の(6)と同じ。

(5) ⑪継輪を用いて⑫管と既設管および⑩管との連絡

接合方法は方法1の(7)と同様に行なった。

このほかにも、まだいくつかの方法が考えられるが、とにかくこのように、構築物、埋設管が輻輳した場所においても、タイトン管およびタイトン異形管を使用して工事を行なうことができることがわかった。

また、先述の施工現場からの声の欄に、こうした場合の接合器具について工夫を要するとのご意見があったが、本実験ではフォークの代りに、例えば荷締機、レバーブロックなどを使ってみて、十分接合できることを確認した。

タイトンジョイント用滑剤〝タイトンルーブ〟

タイトンジョイント管の接合に際しては、挿口を受口に挿入しやすいように、挿口外面とゴム輪の内側に特殊な滑剤〝タイトンルーブ〟を塗布する。

タイトンルーブは動植物性油脂のカリ石鹸を主体としたもので、水質に悪影響を与える成分は含んでいない。また、水場での配管も可能なように、水中でもある時間、滑性が持続するよう調合されている。

その性能については、別に詳細な仕様が決められているが、主な項目を抜すいすると表－2の通りである。

表－2　タイトンルーブの性状

色度		ガードナー色度7以下
pH値		7.0～11.0
遊離アルカリ		ないこと
水分量		17%以下
水中滑性持続時間		10分以上
水質試験	臭い	異常がないこと
	味	〃
	濁度の増加	1度以下
ゴム輪に対する影響		異常を与えないこと
鉄管に対する影響		〃
塗膜に対する影響		〃

とくに、水質への影響については、上記の仕様試験のほかに各種の試験を行なっている。一例をあげると、次の通りである。すなわち100φ×2mタイトンジョイント管を2本接合する。

その際、所定の要領により継手部にはタイトンルーブを塗布する。両端に盲をし、管の一端から水道水を入れて満水し、他端からとった水について水質試験を行なった結果は表－3の通りで、ブランクテストの結果とほとんど変わらず、水質に対して悪影響を及ぼさないことが実証されている。

表－3　水質試験結果

項目	ブランクテスト	通水直後	通水1時間後
濁度	1.0	1.0	1.0
色度	3.0	3.0	3.0
臭気	異常なし	異常なし	異常なし
pH値	7.0	7.0	7.0
過マンガン酸カリ消費量(ppm)	2.37	3.16	4.27
残留塩素(ppm)	0.1	0.1	0.1

（S.47.6.29付公立衛生研究所試験成績）

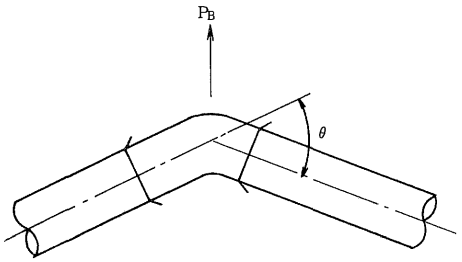
離脱防止方法

管路中の異形管部（曲管、丁字管部など）には、管内の水圧により不平均力が作用し、継手部を離脱させようとする傾向を生ずる。これを防ぐために、一般にコンクリート防護が施工されたり、離脱防止金具が使用されたりする。

ここに、コンクリート防護例、および数種の離脱防止金具を紹介する。

1．管に作用する不平均力

(1) 曲管に作用する不平均力



$$P_B = 2PA\sin\frac{\theta}{2}$$

ここで

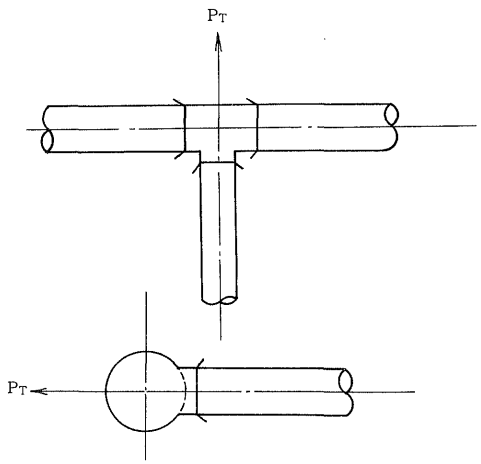
P_B: 曲管部に作用する水圧による不平均力

P ：管内水圧

A ：管の通水断面積

θ ：曲管曲り角

(2) 丁字管に作用する不平均力



丁字管には、枝管の面圧力の反力が不平均力として作用する。

$P_T = PA_T$

ここで

P_T: 丁字管に作用する水圧による不平均力

P ：管内水圧

A_T: 枝管の通水断面積

2．コンクリート防護例

日本水道協会の「水道施設基準解説」に準ずると、次のようになる。

(1) 設計条件

静水圧：4 kg/cm²

拘　束

①防護自重および埋め戻し土砂の重量のみを考慮した場合（図－2参照）

②防護自重および側面抵抗土圧のみを考慮した場合（図－3参照）

の両条件をともに満足する。

土の単位体積重量：1.8t/m³

土の内部摩擦角：25°

コンクリートの単位体積重量：2.3t/m³

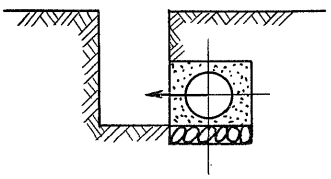
コンクリート防護と地盤の摩擦係数：0.5

鉄管の土被り：2.1m

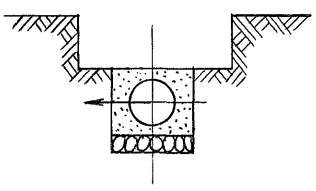
地耐力：15t/m²

防護コンクリートの許容引張り応力：4.0kg/cm²

図－2



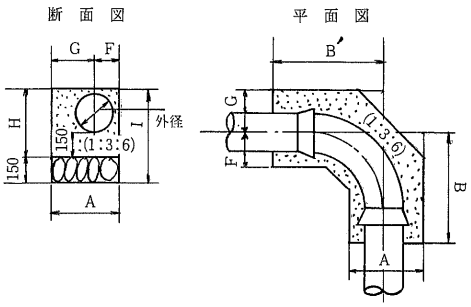
図－3



(2) コンクリート防護例

1．90°曲管

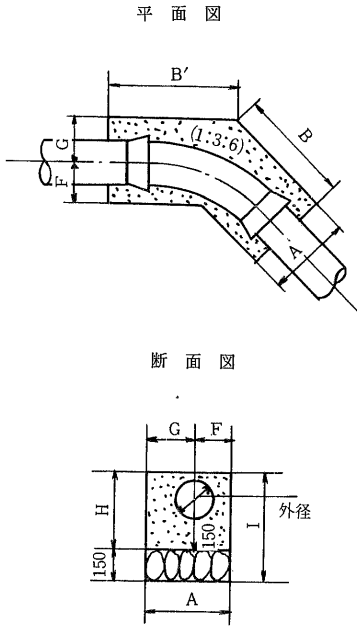
図－4



寸法(mm) / 管径(mm)	寸法 90°						
	A	B	B′	F	G	H	I
100	350	457	535	150	200	310	460
150	400	507	635	170	230	360	510
200	450	608	735	200	250	410	560
250	550	610	785	250	300	465	615

2．45°曲管

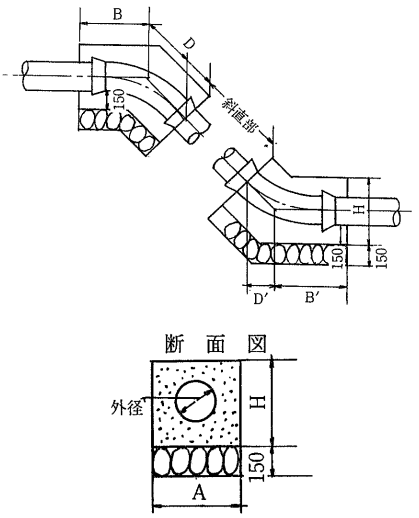
図－5



寸法(mm) / 管径(mm)	寸法 45°						
	A	B	B′	F	G	H	I
100	320	473	541	150	170	310	460
150	370	532	590	170	200	360	510
200	430	588	644	200	230	410	560
250	520	611	656	250	270	465	615

3．縦断屈曲45°曲管

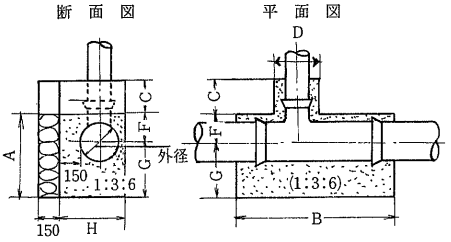
図－6　縦断面図



寸法(mm) / 管径(mm)	寸法 45°					
	A	B	B′	D	D′	H
100	400	481	620	245	156	400
150	450	538	666	271	183	450
200	500	591	719	298	212	500
250	550	608	725	283	200	550

4．二受丁字管

図－7



寸法(mm) / 管径(mm)	寸法						
	A	B	C	D	F	G	H
100× 75	300	1,010	250	175	100	200	310
100×100	〃	〃	255	200	〃	〃	〃
150× 75	350	1,090	260	175	120	230	360
150×100	〃	〃	265	200	〃	〃	〃
150×150	〃	〃	270	250	〃	〃	〃
200×100	450	1,060	275	200	150	300	410
200×150	〃	1,180	300	250	〃	〃	〃
200×200	〃	〃	〃	300	〃	〃	〃
250×100	500	1,130	265	200	180	320	465
250×150	〃	〃	270	250	〃	〃	〃
250×200	〃	1,250	280	300	〃	〃	〃
250×250	〃	〃	285	350	〃	〃	〃

3．離脱防止金具

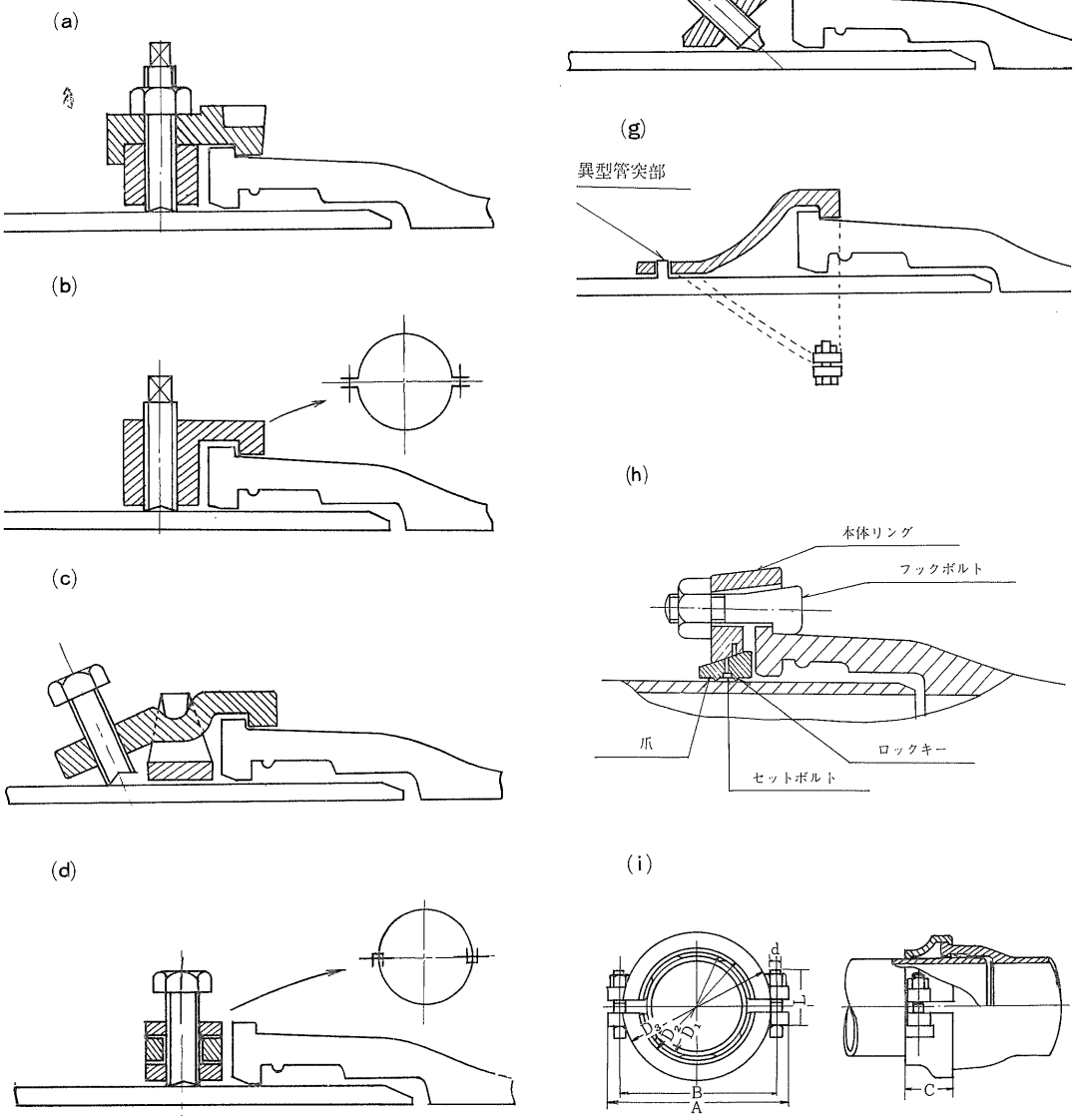
コンクリート防護が施工できない場合や、輻輳配管などで２～３本ずつ陸継ぎして、いくつかのブロックとして配管するような場合には、離脱防止金具が用いられている。

ここでは、離防金具の数例と使用例をあげる。

(1) 離脱防止金具

現在、下図に示すような数種のものが考えられており、一部市販されている。

図－８　離脱防止金具の数例



(2) 使用例

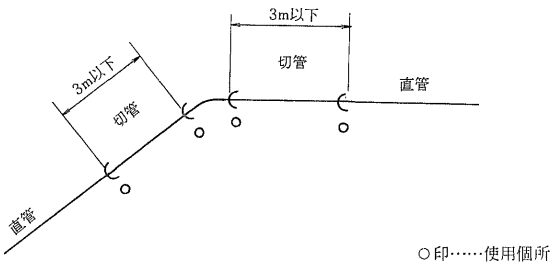
〈A市、タイトン異形管防護基準例〉

1.二受丁字管、曲管（90°、45°、22°½、11°¼）せんは、原則としてコンクリート防護を行なうこと。

2．埋設物などによりコンクリート防護の施工困難な個所、断水連絡工事などの即時通水を必要とする路線個所には離脱防止金具の取付を行なうこと。

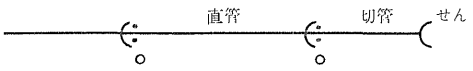
なお、曲管に接続する前後に3m以下の切管を使用する場合、またはせんで行止りとなる場合でせんを取付ける切管が直管1本以下の長さの場合は、切管の接合口、直管の接合口も離脱防止金具を取付ける。

曲管の場合



○印……使用個所

せんの場合



3．前項以外の場合で監督員が必要と認めた場合は、鋼材防護工または併用した防護工を行なうことがある。

〈B市．タイトン異形管防護基準例〉

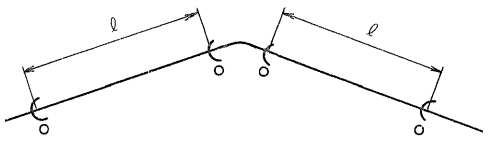
1．曲部

90°、45°、22°½、11°¼の曲管には両側各2ヵ所ずつ使用する。ただし、切管を使用した時は曲管の継手より

① 100φは ℓ＝4m（4mを含む）

② 150φ～250φは ℓ＝5m（5mを含む）

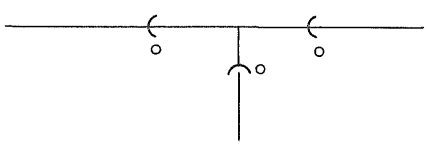
以内の継手にはすべて離脱防止金具を使用する。



○印……使用個所

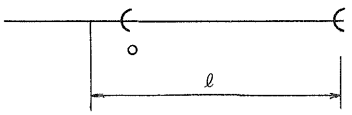
2．丁字部

丁字部は下図のように3ヵ所に使用する。



3．せん止め（消火せん止め、制水弁止めも準ずる）

ℓ＝6m以内にある継手には、すべて離脱防止金具を使用する。なお、せん止めの場合は杭などにより十分保護を行なうこと。



○印……使用個所

規　格

現在の規格は、日本鋳鉄管協会規格JCPA G 1003（75～250φタイトンジョイント形遠心力ダクタイル鋳鉄管）およびJCPA G 1004（同上ダクタイル鋳鉄異形管）によっている。

しかしながら、前述のようにタイトンジョイント管の認識もたかまり、急速に普及している情勢に鑑み、水道協会におかれても、これを水道協会規格JWWAとしてとりあげることになり、専門委員会が設けられ、とりあえず75～250φの直管および異形管を対象として、本年2月以降審議が重ねられている。

欧米でのタイトンジョイントの普及状況

やや旧聞に属するが、昭和44年2～3月に

実際に欧米の各地を歴訪して、つぶさに調査した結果は次の通りであった。

表－4　欧米都市の使用継手

（1969年2～3月現在）

国名	都市（協会）名	継手の種類
アメリカ	米国水道協会	全米の90%がPush-onタイプ（タイトン形など）である。
	シカゴ	99%までがPush-on。
	ニューヨーク	鉛コーキング
	ロスアンゼルス	タイトン形
イギリス	英国水道技術者協会	英国全体からみるとタイトン形が主流であり、メカニカル形は減っている。保守的なロンドン市でも近くタイトン形に切り替える筈である。
	ロンドン	1969年3月現在ではメカニカル形である。但し、来年度からタイトン形に切りかえる予定。
フランス	パリ	当市は特殊事情で、すべて地下トンネル内に配管する。狭いトンネル内ではフォークが使えず、従ってタイトン形でなくエキスプレス形を使っている。
ベルギー	ブリュッセル	タイトン形
スエーデン	ストックホルム	タイトン形
デンマーク	コペンハーゲン	タイトン形
ノルウェー	オスロ	従来は500φ以下はスクリュー形、600φ以上はメカニカル形であった。1969年度からタイトン形を採用の予定。

表－5　欧米メーカーの継手別生産状況

（1969年2～3月現在）

国名	会社名	生産継手の種類
アメリカ	U.S.パイプ社	タイトン形が90%。特に24″～36″φの大口径は100%タイトン形である。メカニカル形が10%。これはガス用及び特殊ユーザー向けに限る。
	アメリカン・カストアイアン・パイプ社	水道用（2″～54″φ）の殆んど全部がファスタイトである。
イギリス	スタントン社	タイトン形及びメカニカル形
フランス	ボンタムソン社	オートマティック形（一種のPush-on）及びエキスプレス形（一種のメカニカル形）。輸出用はすべてタイトン形である。
ドイツ	ラインスタール社	現在タイトン形（80～600φ）が70%であるが、これを100%にもって行きたい。メカニカル形（300～1200φ）およびスクリュー形（80～500φ）が30%。
	プデラス社	タイトン形 350φ以下では80～90%。 400～600φでは100%。 残りはスクリュー形。
	ハルベルグ社	殆んど100%がタイトン形

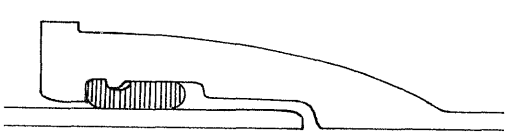
タイトン形ジョイント適用規格

アメリカ……ANSI　A21－51－1965
　　AWWA　C151－65
イギリス……BS 4772－CP 2010
フランス……NF　A 38－012
ドイツ……DIN　28600
国際規格……ISO/DIS・2531

〈参考〉

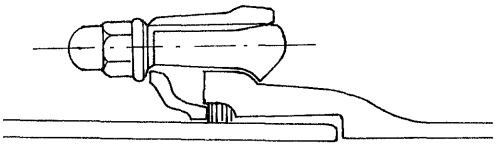
① Push-onジョイント

（その1）タイトンジョイント

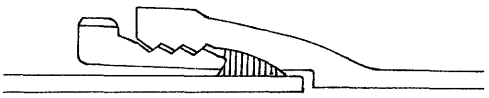


（その２）ファスタイトジョイント

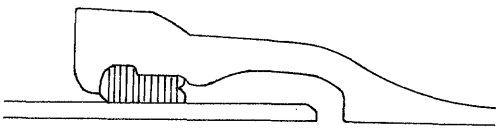
②エキスプレスジョイント



③スクリュージョイント



④オートマティックジョイント



要約すると、欧米では多くの国がタイトンジョイントを国家規格としてとり入れ、国際規格にもなっているものであり　アメリカでは、タイトンで代表されるプッシュ・オン・継手が水道用の95％以上を占め、口径も1350φと大口径にまで適用されている。

ドイツでは、タイトンがDIN（ドイツ国規格）となって80％を占めており、フランスでもタイトンに似たものが過半であり、スウェーデン、デンマーク、ノルウエー、イギリスでも、ここ数年来急速に一般化しつつあり、タイトンは国際的に信頼されている継手といえる。

量産体制

いつの場合でも、新製品に切り替る時には生産体制が需要に応じ得るかが問題となる。その上、もともとタイトンジョイントはアメリカのユー・エス・パイプ・アンド・ファウンドリー社の特許であるが、ライセンスの問題もからんで、生産体制がうまくいかないのではないかとの疑問を持たれる向きが多い。とくに異形管の場合にそうであるが、その点に関しては、すでに数社が新鋭の技術を駆使してマスプロに入っており、他の20余社も、本年５月22日付にて久保田鉄工よりサブライセンスを供与され（北海道地区２社、関東地区７社、中京地区２社、関西地区８社、九州地区３社）、それぞれ独自の方法で生産を開始している。なお、これ以外に新たに６社がサブライセンスを希望しており、久保田鉄工は現在ＵＳパイプの同意を得べく折衝中である。

以上のことから判断しても、従来供給面で問題の多かった異形管もタイトンに関しては需要に見合った生産体制はすでに十分とられていることがわかる。

なお、タイトン用のゴム輪はタイトン管の死命を制するものだけに厳重な試験が必要であり、現在サブライセンスを供与されたゴムメーカーはいまだないが、久保田鉄工の指導と検査のもとに４社が生産を開始しており、相当量の供給能力を持っている。これ以外に10社ほどのゴムメーカーが現在試作をしている模様である。

—完—

寄 稿
《1》

村山下貯水池～東村山浄水場間の導水管新設工事

本邦最大口径2,600mmU形ダクタイル鋳鉄管を使用

東京都水道局利根川水道建設
本部長　藤 波 哲 二

1．はじめに

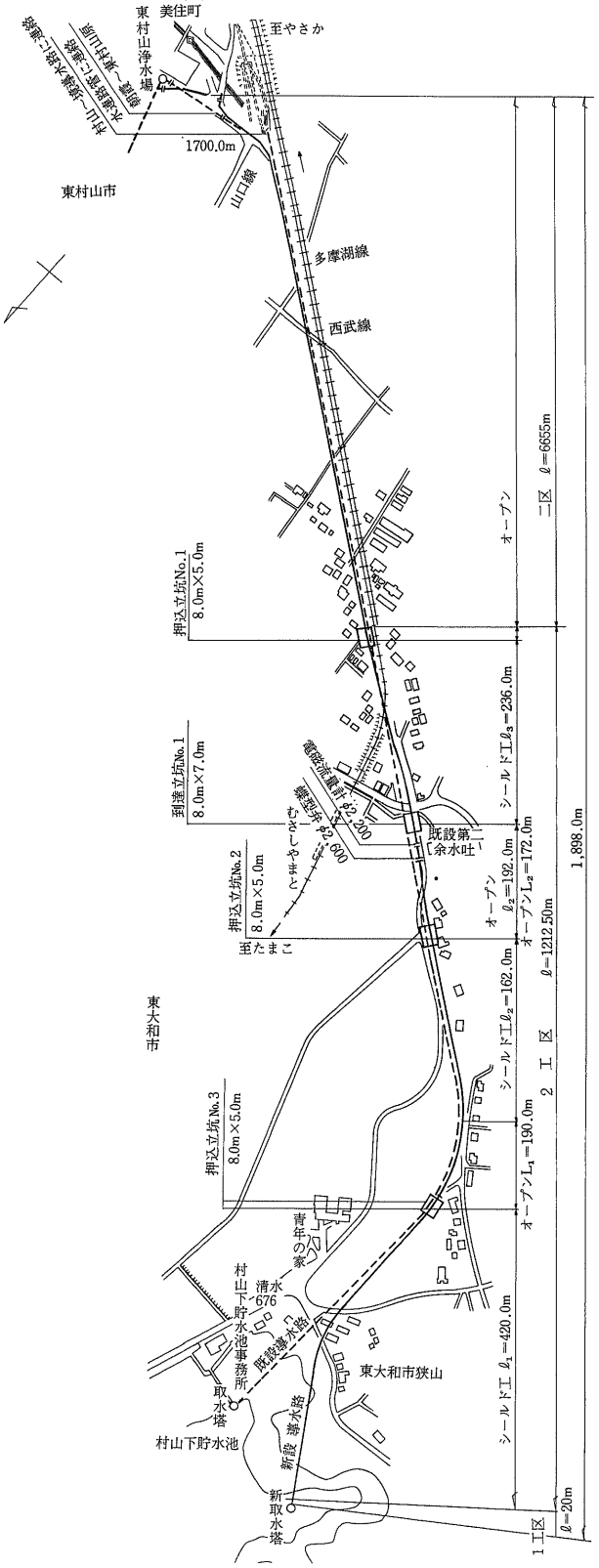
東京都では、第３次利根川系水道拡張事業の一環として、村山下貯水池に取水塔を１基増設し、さらに東村山浄水場まで導水管を新設する工事を、昭和47年夏季通水を目途に、昭和46年12月に着手し、昭和48年１月完成を目指して、目下鋭意施工中である。

この工事において、口径2,600mmU形ダクタイル鋳鉄管を使用したので、そのことを主として、ここに工事概要をご紹介したい。

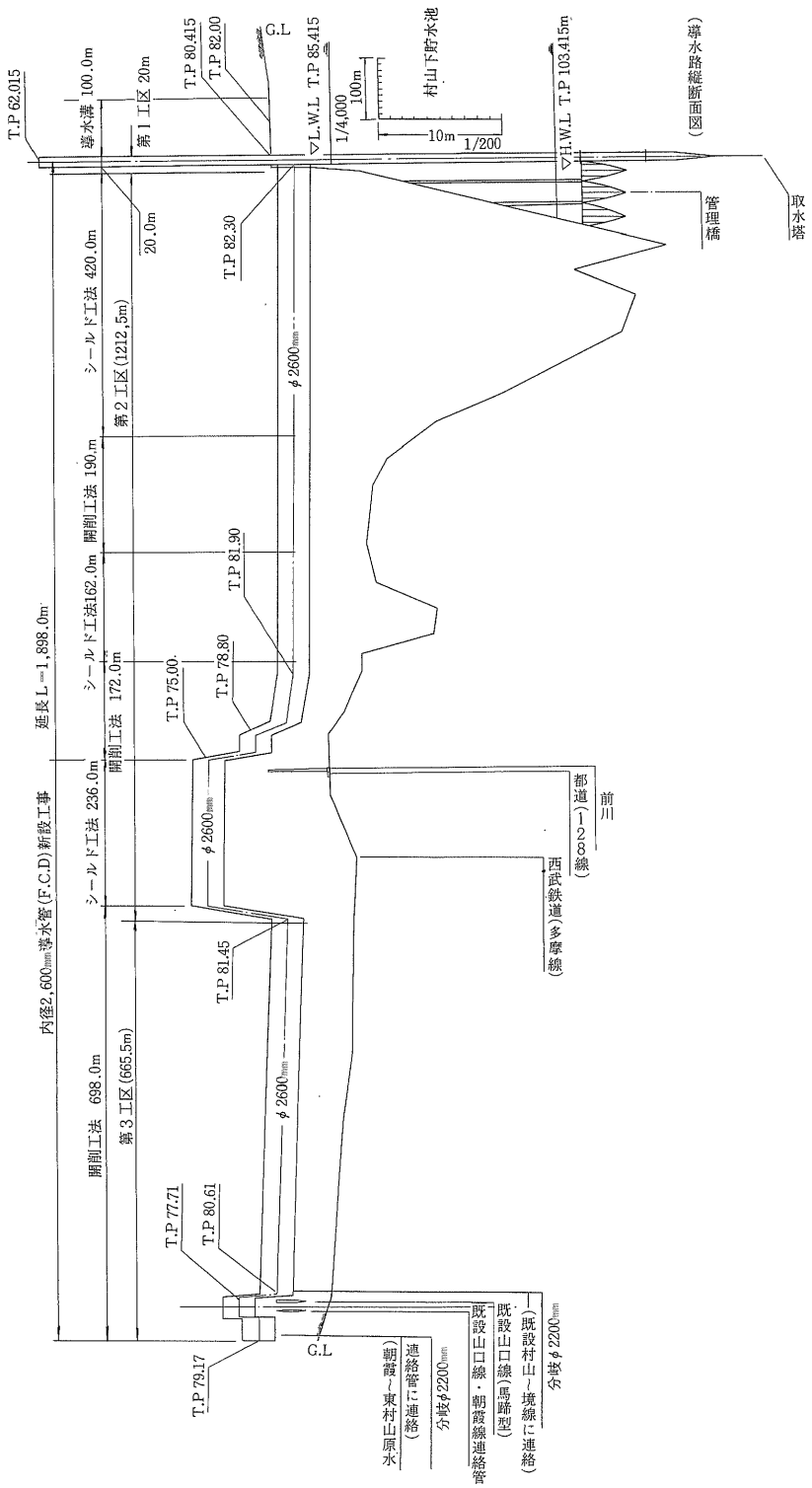
2．目　的

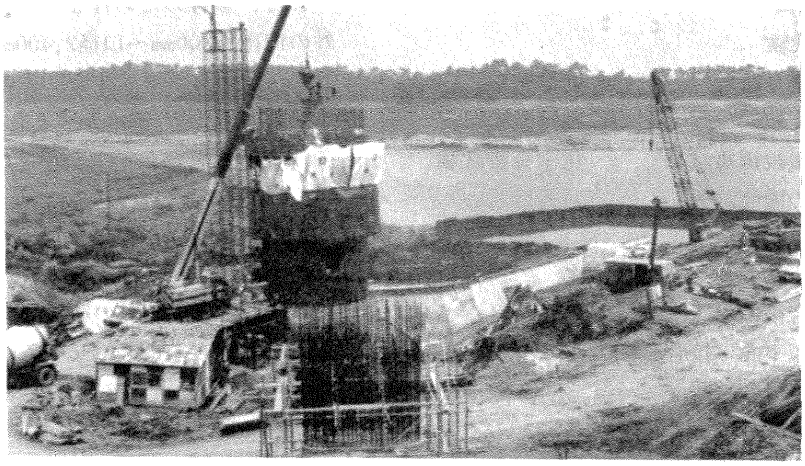
今回の取水および導水施設は、利根川系と多摩川系との相互連絡を強化して貯水池を弾力的に運用し、夏季の最大使用時にその需要に対処するために施工するもので、その内容は、取水塔を一基築造し、ここから口径2600mmの導水管を東村山浄水場の既設接合井まで延長約２kmにわたり新設して、最大毎秒19.8㎥（日量169万㎥）の原水を東村山浄水場に導水し、また一方、朝霞、東村山浄水場間の既設原水連絡管（口径2200mm）と連絡することにより、朝霞浄水場に最大11.6㎥（日量99万㎥）の原水を補給するものである。

図－1　平面図


美住町
東村山浄水場
至やさか
1700.0m
東村山市
山口線
多摩湖線
西武線
押込立坑No.1
8.0m×5.0m
到達立坑No.1
8.0m×7.0m
電磁流量計φ2,200
鋳型弁φ2,600
むさしやまと
既設第二
余水吐
押込立坑No.2
8.0m×5.0m
至たまこ
東大和市
押込立坑No.3
8.0m×5.0m
青年の家
清水
676
村山下貯水池事務所
既設導水路
取水塔
村山下貯水池
新設導水路
新取水塔
東大和市狭山
オープン
二区 ℓ=6655m
シールド工ℓ3=236.0m
オープンℓ2=192.0m
オープンL2=172.0m
ℓ=1212.50m
シールド工ℓ2=162.0m
2 工 区
オープンL1=190.0m
シールド工 ℓ1=420.0m
1,898.0m
ℓ=20m
1 工区

図－2 導水路縦断面図


T.P 62.015
導水溝 100.0m
第1工区 20m
T.P 80.415
T.P 82.00
G.L
▽L.W.L T.P 85.415
1/4,000
100m
村山下貯水池
10m
1/200
▽H.W.L T.P 103.415m
(導水路縦断面図)
管理橋
取水塔
20.0m
T.P 82.30
シールド工法 420.0m
第2工区(1212,5m)
φ2600mm
開削工法 190.m
T.P 81.90
シールド工法162.0m
T.P 78.80
T.P 75.00
開削工法 172.0m
延長L＝1,898.0m
内径2,600mm導水管(F.C.D)新設工事
シールド工法 236.0m
φ2600mm
前川
都道(一28線)
西武鉄道(多摩線)
T.P 81.45
開削工法 698.0m
第3工区(665.5m)
φ2600mm
T.P 77.71
T.P 80.61
T.P 79.17
G.L
分岐φ2200mm
(既設村山～境線に連絡)
既設山口線(馬蹄型)
既設山口線・朝霞線連絡管
分岐φ2200mm
(連絡管に連絡)
(朝霞～東村山原水)



写真－1　取水塔築造(手前の鉄筋は管理橋の橋脚)

3．工事概要

1）取水塔

(1) 取水塔

高さ 38.13m　　外径 9.0m

壁厚 1.0m　　1基

電動ゲート 2.0m×1.5m　　7門

(2) 基礎工

泥水工法による円形連続地中壁

外径 14.0m　　壁厚 1.0m

深さ 16.0m

(3) 導水溝

長さ 100m

2）管理橋

(1) 上部構造

パイプランガー型　　3スパン

全長 77.9m　　幅員 2.5m

(2) 下部構造

逆T字型橋台　　1基

小判型橋脚　　2基

3）導水管

(1) 口径 2,600mm U形(内面接手)ダクタイル鋳鉄管 1,898m

このうち、シールド(内径 3,300mm)内配管 818m

(2) 口径2,400mm U形ダクタイル鋳鉄管94.8m

(3) 電磁流量計口径 2,200mm　　1ヵ所

(4) 蝶型弁口径 2,600mm　　1ヵ所

(5) 空気弁　　6ヵ所

4）工事費

(1) 取水塔

工事費 183,270,000円

支給材料費　41,300,000円

請　負　費 141,970,000円

(2) 導水管

工事費 969,893,000円

支給材料費 481,330,000円

請　負　費 488,180,000円

委　託　費　　383,000円

(3) 全工事費

1,153,163,000円

なお、支給材料費とは、主として鉄管費であり、また取水塔の支給材料費は、取水塔取付管の鉄管費である。

4．口径2,600mm導水管にU形ダクタイル鋳鉄管を使用した理由

これまで、当局においては口径 2,400mmダクタイル鋳鉄管は実用化されているが、口径2,600mmという世界最大のダクタイル鋳鉄管を使用したのは、この導水管が最初である。

したがって、その安全性と経済性につき、前もって種々検討を行なっておいた。

1）安全性の技術的検討

試験は、昭和44年6月～8月にわたり、久保田鉄工株式会社武庫川製造所において、供試管の通称管厚T＝27.0mm、T＝32.5mmの2種類につき、①材質試験、②継手の機能試験、③埋設実験を当局職員立合のもとで行なった。

(1) 試験項目

①材質試験

(イ) 引張り試験　　(ロ) 衝撃試験

(ハ) 硬度試験　　(ニ) 扁平試験

(ホ) 顕微鏡組織試験　　(ヘ) 化学分折試験

② 継手の機能試験

(イ) 接合試験

(ロ) 接合部モルタル充塡試験

(ハ) 接合後の水圧試験

(ニ) 水圧下曲げ接合試験

(ホ) 曲げ接合試験

(ヘ) 曲げ接合後の水圧試験

(ト) 耐外圧試験

③埋設実験

(イ) 管体の応力度の測定

(ロ) 管の変形量の測定

(ハ) 管に作用する土圧の測定

なお、埋設実験の実験方法は、管厚32.5mm×管長3.2m、管厚27.0mm×管長4.0m、管厚22.0mm×管長4.0mの供試管３本を接続して地中に埋設し、さらに、盛土2.0m（最大土被り4.0m）を行ない、水圧を負荷して各種の測定を行なった。またさらに、盛土撤去後、20tonトラックを２台通過させて測定した。

(2) 試験結果の総括

上記試験項目により各種の試験、実験を行なって、技術的に種々検討を行なったが、ここでは、枚数の関係もあって詳細ははぶき、試験、実験の結果を総括して述べる。

①材質について

今回の口径2,600mmU形ダクタイル鋳鉄直管は、従来のサンドレジン鋳造法によらず、種々改良を重ね開発したウエットスプレー法により鋳造されたもので、材質的にも、寸法的にも著しく改善された製品であった。

例えば、材質面で最も重要である抗張力は、今回の試験では次のとおりである。

単位：kg/mm²

抗張力 ＼ 管厚	T＝27.0mm	T＝32.5mm
受口部３本の平均値	47.0	46.9
直部12本の平均値	45.2	46.9
最低値	44.4	44.4

また、参考のため行なった口径2,600mm以外の口径1,200mm～口径2,400mmのウエットスプレー鋳造ダクタイル管20本の引張り試験結果では、平均47.99kg/mm²と高い値であり、現在JWWAで規定している抗張力38kg/mm²を大幅に超えた。

②継手の機能について

継手の性能に関し、今回行なった口径2,600mmU形継手機能試験の結果では、挿口載荷—受口支承という最も厳しい条件にかかわらず、挿口部に51.5mmの変形を与えても15kg/cm²の水圧に耐えている。なお、この時の挿口～受口間の隙間変化量は1.5mmであり、口径2,600mmU形継手の丸ゴム部の圧縮代（標準で9.0mm、最低でも6.0mm）に比べ、はるかに小さい。

実際の埋設条件下では、挿口載荷—受口支承というような厳しい条件はほとんどなく、また今回の埋設実験結果でも、土被り2.5mの時の垂直撓みは、17mm～22mm程度にしかなっておらず、したがって、継手性能については問題なく安全であった。

③埋設による外的条件に対して

管の安全性を検討するうえで最も重要な事項は、種々の外力によって発生する最大応力であるが、今回の実験では全般的に土荷重による応力は比較的小さかった。この理由として、支持角の増大が考えられる。

すなわち、管頂までの埋戻土を砂に置き換えたとはいえ、砂利混りシルトの平底に管を直接おき、埋戻しは、ダンプトラックで落し込んだだけで搗固めは行なっていないにもかかわらず、支持角は土被2.5mの時点で

T＝32.5mmの場合　2Q＝90°

T＝27.0mm　〃　2Q＝120°

T＝22.0mm　〃　2Q＝180°

となり、少なくとも90°以上の支持角が得られた。

次に、土被り2.5m時に、内圧10kg/cm²を負荷した時の最大応力も、やはり土荷重による発生応力が小さかったことから比較的小さいものとなった。

以上のことから、32.5mmの管厚は、場合によっては安全すぎるほどであり、静水圧を7.5

kg/cm²として、支承状態を確実に90°円弧にして施工を注意して行なえば、抗張力38kg/cm²としても管厚27.0mmで安全であることが判明した。

以上、口径2,600mmU形ダクタイル鋳鉄管につき、安全性の技術的検討を行なった結果、管厚32.5mmの管はもちろんのこと、管厚27.0mmの管でも条件によっては十分安全であり、実用に際しても問題はないと考えられた。

そのほか、継手の施工性についても検討した。当初、大口径なので継手付属品も大きく、重量もかさむので作業性は悪くなると予想したが、U形管の特長である管内で作業が行なえることから、作業台を備えておけば、問題なく安全に施工できることが判明した。実験によると、接合に要する時間は、作業者3人で51～55分程度で、口径2,400mm管と大差はなかった。

また、接合部モルタル充填作業も口径2,400mm管と大差なく、所要時間は、作業員2人で52分程度であった。

以上、口径2,600mmU形ダクタイル鋳鉄直管につき、安全性の技術検討を述べたが、そのほか、異形管についても同じく検討を行なった結果、安全であることが判明した。

2）経済比較

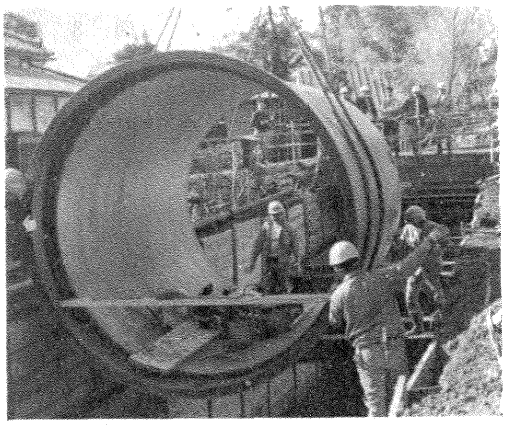
導水管の管種を決定するにさいし、口径2,600mmU形ダクタイル鋳鉄管と口径2,600mm鋼管との経済比較を行なった。

なお、以下の比較は、経済比較をみるために算出したもので、両者の差のある工種のみ、またはその差額を加算しただけのもので、全工事のメーターあたりの金額ではない。

(1) U形ダクタイル鋳鉄管(管厚27mm)

1,000mあたり

①管体費(付属品共)	164,625千円
②配管費	2,500千円
③接合費	1,538千円
④モルタル塡充費	1,637千円
⑤接合雑費	650千円
⑥水圧試験費	1,112千円



写真－2 口径2,600mmU形ダクタイル鋳鉄管布設

⑦運搬費の差額	2,200千円
計	174,262千円

(2) 鋼管(管厚26mm)

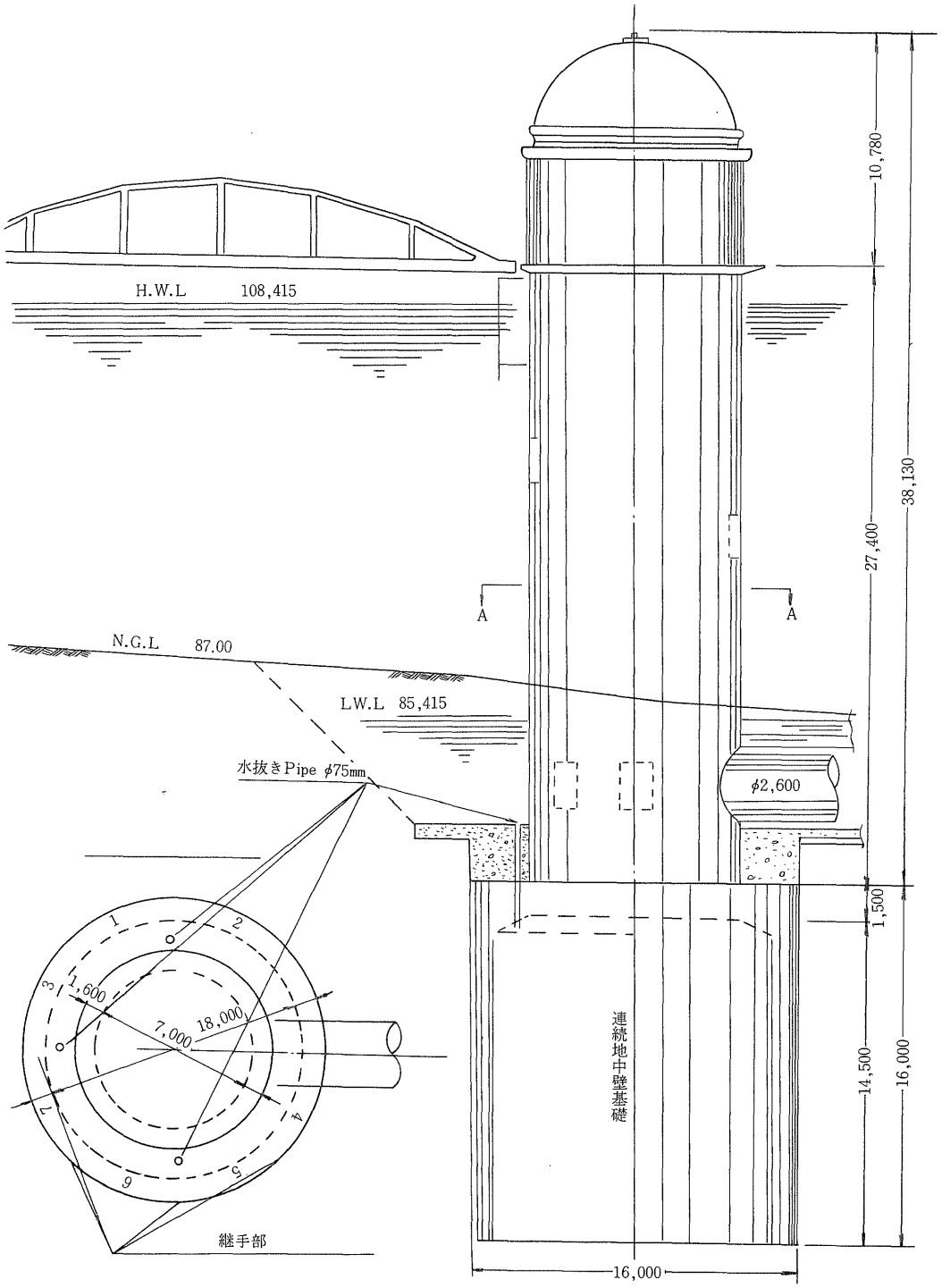
1,000mあたり

①直管(988m分)	136,838千円
②伸縮管(4ヵ所 12m分)	7,800千円
③配管費	4,450千円
④溶接費	18,631千円
⑤コールタール塗覆装工費	7,427千円
⑥切管工費	582千円
⑦電力設備費(工期5ヵ月)	
基本料金	115千円
設備費	1,900千円
⑧伸縮管室費(4室)	4,000千円
⑨土工費	7,201千円
計	188,944千円

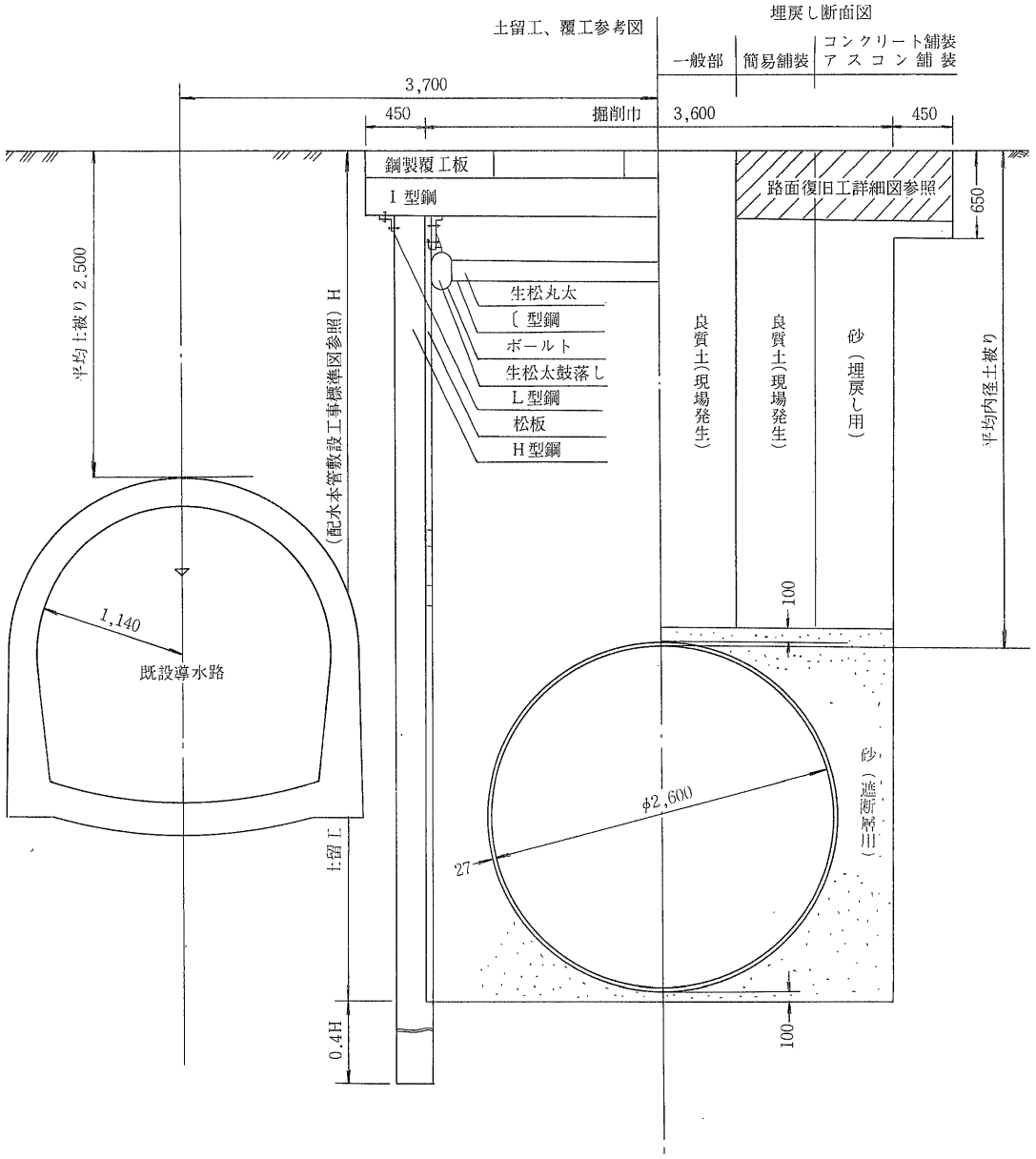
なお、⑨土工費は、鋼管の場合、U形ダクタイル鋳鉄管よりも掘削幅が50cm広く必要となり、それに伴う掘削、埋戻し、残土処理、道路復旧費を計上したものである。

以上の検討の結果、口径2,600mmU形ダクタイル管は、管厚27.0mmでも施工を確実に行なえば十分安全であり、経済性も鋼管より優れ、また施工性も高く、しかも掘削幅が少くてすむため、既設水路の保護も容易なことから、今回の導水管に採用することとなった。

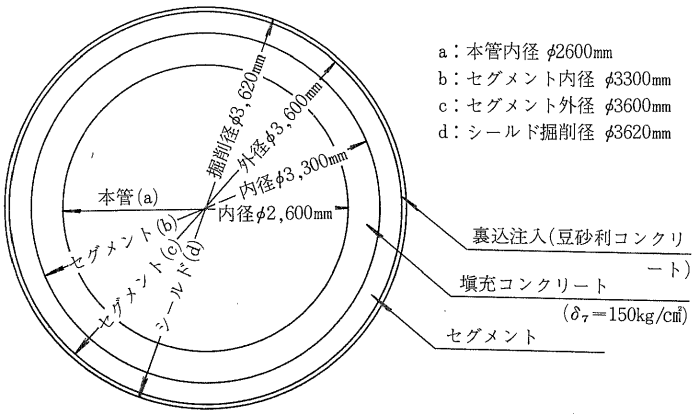
図— 3 村山下貯水池取水塔一般図



図－4　開削部掘削、埋戻し標準図



図－5　シールド標準断面図



5．設計上の留意点

実施設計は、下記の点に留意して行なった。

1）この導水施設は、昭和47年７月に、一部通水を目標としているので、工事を３工区に分割発注し、工期の短縮を計った。

2）取水塔および管理橋は、風致地区の景観に重点をおき、取水塔は、クラシックな既設のものと相似型とした。

3）取水塔の基礎構造は、今夏の水需要に対応するため施工期間の短縮化を計り、特殊工法としての泥水工法による円形連続地中壁工法を採用した。

4）取水塔ゲートの操作は、遠方操作方式を採用した。水量は、電磁流量計によって計測され、データは、貯水池事務所および東村山浄水場に電送されることにした。

5）導水管は、口径2,600mmU形ダクタイル鋳鉄管を採用し、その管厚は27.0mmとした。

6）導水管の布設は、布設位置の地形の起伏が著しいため、シールド工法と開削工法とを併用した。

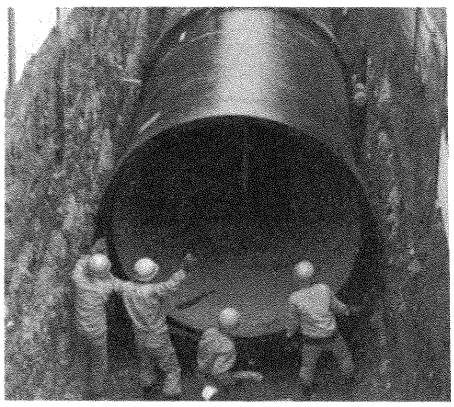
7）開削部は、既設導水路専用道路に管を布設するので、既設導水路（馬蹄型現場打無筋コンクリート、2,100mm×2,280mm）と極めて接近するために、山留杭は、アースオーガーにより削孔して立込み、既設導水路の保護と、騒音防止に努めることにした。なお、U形管は、掘削幅が狭くてすむので、既設導水路の保護に有利である。

8）既設導水路防護のため、開削部は、工事用重量車の荷重を分散するために、鋼製覆工板を敷板として使用することにした。

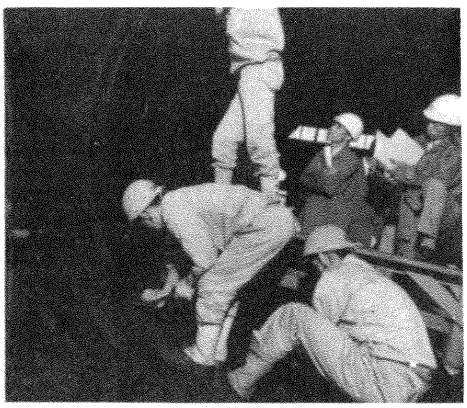
9）開削部の埋戻しは、管の支承角を広げるため、管上10cmまでを砂埋戻しとした。

6．施　工

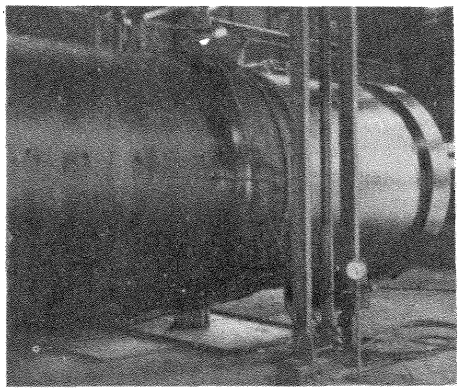
工事は、３工区ほとんど同時に、昭和46年12月に着手した。



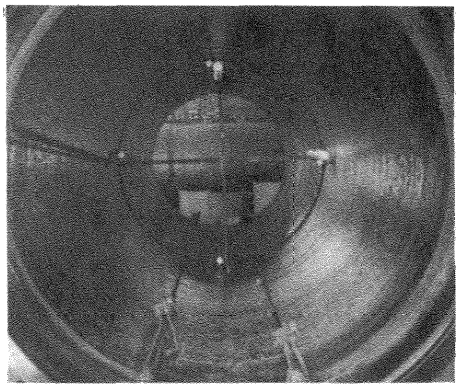
写真－3　管据付



写真－4　ボルト締付作業



写真－5　耐外圧試験の状況(挿口載荷・受口支承水圧15kg/cm²負荷)



写真－6　ジョイント部変形量測定

ここでは、取水塔の築造工については省略し、口径2,600mmU形ダクタイル鋳鉄管の施工性について述べる。

1）配　管

本邦最初の大口径鋳鉄管であり、1本当たりの管体重量が8ton以上もあるので、管の据付が容易でないと当初考えられたが、適当な重機を使用すれば、管長(4.0m)に比し、口径(2,600mm)が大なので、管の据付時に管の振れが少なく、かえって管の据付、配管が容易であった。

2）接　合

接合作業は、U形管なので管内部で施工するが、大口径なので上部の接合時に作業台を使用した。作業時間は、4人の作業員で40分程度であった。

3）接合口モルタル填充

モルタルは手練とし、モルタル養生期間は3日間とした。作業時間は、1口当たり2人の作業員で2時間30分程であった。

シールド部の2次覆工コンクリート（シールドセグメントと鋳鉄管間の填充コンクリート)、および開削部の防護コンクリートを施工した箇所の接合口モルタル填充は、コンクリートの硬化熱の発生後に行なった。

なお、接合口のモルタル填充において、天端よりのモルタルの落込みは見受けられなかった。

4）水圧試験

水圧試験は、5.0kg/cm²の水圧で行ない、5分後に4.8kg/cm²以上の水圧を保持できれば合格とした。

異形管部の接合口を除き、全工区で465口の水圧試験を行なったが、全接合口が1回の水圧試験で合格した。

作業時間は、1口当たり2人の作業員で2時間30分程であった。

7．おわりに

この工事は、第3次利根川系水道拡張事業の一環として、村山下貯水池に取水塔を1基増設し、さらに東村山浄水場まで導水管を新設する一連の工事であるが、この導水管に、口径2,600mmという世界最大のダクタイル鋳鉄管を使用した。

工事は、昭和47年夏季一部通水を目途に、昭和48年1月完成を目指して、昭和46年12月に着手した。工事は順調に進み、昭和47年6月末には、取水塔の一部を除き、導水管はほとんど布設を完了した。

今年の夏、6月24日より7月15日まで、利根川水系の異状渇水により、東京都は給水制限を余儀なくさせられた。この時、多摩川系の貯水池の有効貯水量は、満水時の89%であった。

この多摩川系の貯水池の水を、この導水施設を通じて7月4日より都内に送り、給水事情をある程度緩和することができたことは誠に時を得たものと深く信じ、喜びを感じている次第である。

寄稿
《2》

愛媛県今治地区 工業用水道事業の概況

愛媛県工務局工業用水課長
赤岡　弘

1．地域の概況

本地区は、愛媛県の東北部に位して、瀬戸内海ベルト地帯の中間にあり、水陸交通の要衝という天与の条件と蒼社川よりの良質の水が得られることにより、タオル製造を主体とした繊維工業が発達した。ことにタオル製品は、全国生産量の60％をしめるに至っている。また、本地区を含め、昭和39年に「新産業都市東予地区」の指定を受け、今後飛躍的な発展が期待されている。

2．事業の計画から完成までの経緯

日本経済の飛躍的な発展にともなって、当地区の地場産業であるタオル製造を主体とした繊維工業も急速な伸びを示し、染色用水などの使用量の増加が著しくなってきた。これら染色用水の大半は地下水に依存していたが、近年過剰揚水等に起因して年々その水質、水量ともに悪化をきたし、さらに都市人口の増加、生活環境の合理化等による水需要の増加などに対処するために水資源開発が要請されるに至った。

このような事情を反映して、昭和37年12月に今治市において、蒼社川水資源総合開発促進協議会の結成大会が開かれ、玉川ダム建設の早期着工を目標として出発した。

昭和39年４月には、玉川ダム調査事務所が今治市小泉に開所された。

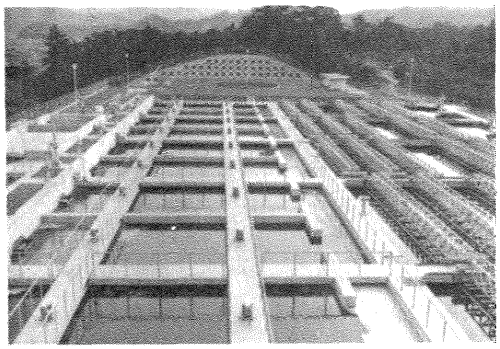
工業用水道事業は、昭和40年度に、通産省

において国庫補助事業として採択され、「今治地区工業用水道事業」が今治市によって着工されたが、その後、種々の事情で昭和42年度から県営に移管され、県公営企業局で実施する運びとなり、同年12月、今治地区工業用水道建設事務所を開設、建設に着手し昭和47年3月完成をみたものである。

3．施設の概要

3者共同(治水、工業用水、上水)で建設された玉川ダムは、堤高57.0m、堤長260.0m、9,100,000㎥の有効容量をもち、これより約4km下流の越智郡玉川町三反地地先に、堤高4.0m、堤長30.55m、の取水堰堤を築造し、工業用水60,000㎥/日、上水40,000㎥/日の合計100,000㎥/日を共同取水する。

取水した原水は、同三反地地先に築造のうち幅7.0m、内長35.0m、有効水深3.5mの沈砂池(2池)で沈砂処理したのち、内径1,200mmの導水管、延長6,100m(ダクタイル鋳鉄管5,358m、鋼管613m、PC管129m)でもって、自然流下方式により、今治市小泉地先の浄水場に導水する。



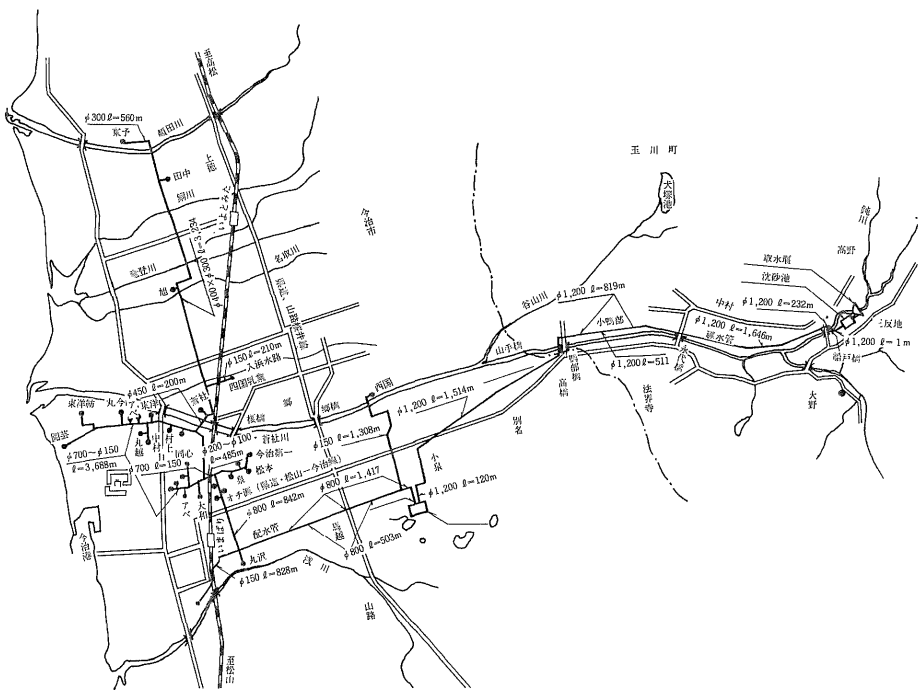
急速ろ過池

導水された原水は、ここで工業用水60,000㎥/日、上水40,000㎥/日に分水し沈澱池に流入する。

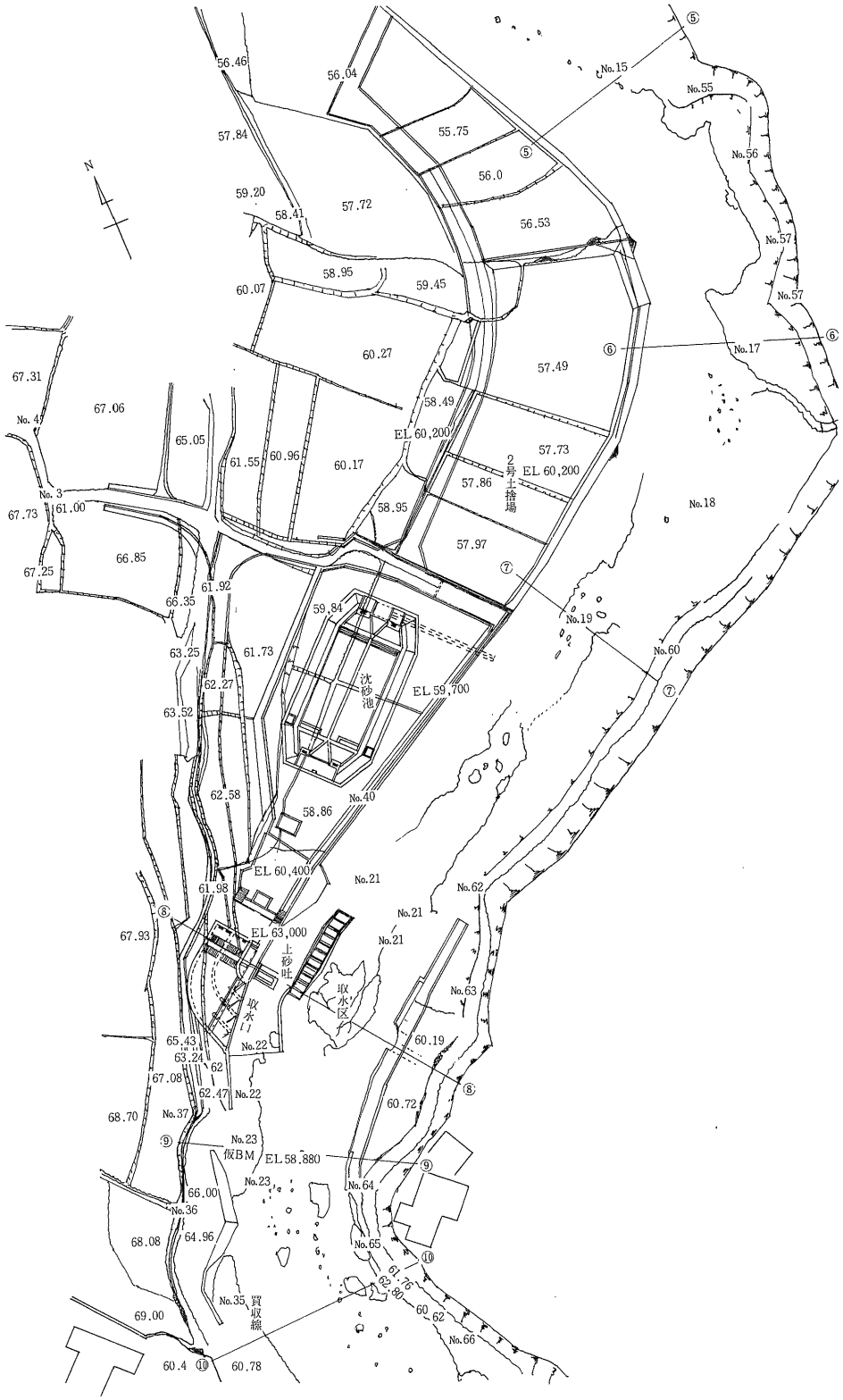
沈澱池の型式は、横流式傾斜板型の鉄筋コンクリート造りで、内幅10.7m、内長32.55m、4.83mの有効水深をもち、工業用水分は3池、上水分は2池である。

沈澱処理された工業用水は、同場内に築造された工業用水専用施設である配水池に貯留される。配水池は、鉄筋コンクリート造りとし、内幅25.7m、内長28.7m、有効水深3.0mであり、有効容量2,300㎥で、約1時間分の

図－1　今治地区工業用水道事業計画概要図



図－2 取水堰堤付近一般平面図



容量である。

一方、沈澱処理された上水は、上水専用施設である急速ろ過池に入る。

以上、沈澱処理までは共同（工業用水・上水）施設として築造（負担率＝工業用水60%、工水40%）し、管理についても、県が今治市より委託を受け管理している。

配水池より、内径800～100mm、総延長13,270mの配水管により、日量55,800㎥を市内およびその周辺の工場30社に給水する。

4．配水管の計画から通水まで

1）計　画

当工業用水の給水区域は、全般的に蒼社川のはん濫による砂礫堆積層であるため、地下水位も比較的高く管埋設に困難が予想された。また、当地区のような市街地の公道には、すでに埋設されている施設として、上水道のみならず下水道、ガス、電話ケーブル、組合営工業用水、私設工業用水などが埋設されており、これらについて種々調査を行なったが、道路の拡幅、市街地の形状の変化により、当初の記録に残っている資料では、なかなか判明できない状態にあったので、許される範囲の試掘により確認するより方法がなかった。この調査によると、予想される埋設物は、窮屈な道路の下に雑然と埋設されている。さりとて別に専用道路などとても考えられる地形ではなく、比較的埋設物の少ない道路を選び、それでも埋設に支障を来す施設は、可能なかぎり移設を依頼するなどの処置を講じることでルートを決定した。

管種の決定については、工費、耐久性、水密性、施工の難易度、工期など種々検討した結果、主としてダクタイル鋳鉄管を採用することとした。

管径の決定は、工場受水圧0.5kg/㎠以上とし、ヘーゼン・ウイリアムズ公式の流速係数（C）を110として算出した。

2）施　工

先述した通り、市街地の狭隘道路のほとんどはどこも既設の埋設物が占用している上に、給水対象工場の大部分は、市街地に点在し、迂回路もなく、従って請負契約後も、その位置の確認には調査時点より綿密な試掘を行なったが、これにも限度があり不安はあったが、施工に入った。

このような状態で施工せざるを得なかったのであるが、いざ施工に入ると、上水道・下水道などのような性質の公共事業でなく、一般住民に直接恩恵があたえられないということもあり、工業用水の施工による道路の開削、上水道の断水、また工事の水替えによる地下水位の低下、街路開削による営業補償問題などがあまりにも多く、ほとほと困りはてた。

このようなことがありながらも、工事は各種占用施設の間を縫うようにしながら進行し、昭和43年度5,712m、昭和44年度4,965m、昭和45年度には2,593mの合計13,270m、工事費にして282,000千円が完成し、昭和46年8月通水試験をするに至った。

3）通　水

通水試験に際しては、全延長を18区間に分け、30～100㎥/hの流量で、配水池より順次慎重に充水をし、各区間毎に漏水量の測定を行なった結果、全体としての漏水量は、20ℓ/minなる成績を収めた。

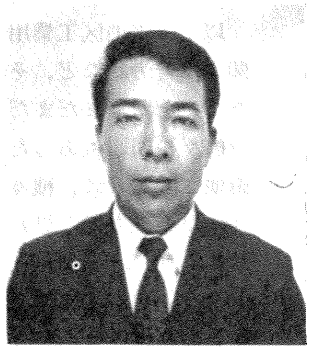
5．あとがき

以上、当地区工業用水道における配水管に関する苦労話など、その概略を述べさせていただいたが、まだまだこの紙面に書ききれない種々の問題もあった。今後、このような市街地への埋管は、種々の社会情勢により、困難になる一方だと思われるので、われわれはもとより、メーカー、施工業者各位が創意工夫し、よりよい方法で、良い施設を作り上げるようお願いいたしたい。

終わりに、この事業の完成に協力してくださった業界各位ならびに関係機関の皆様にお礼を申し上げます。

寄稿
《3》

汚水圧送幹線に推進工法用ダクタイル鋳鉄管を使用した事例



守口市下水道事業所工務係長
西井清美

1．概　要

本市の下水道計画は、市の中央部を北から南に縦断している西三荘用排水路を境にして、2つの計画からなる。すなわち、西部側は本市独自で処理する区域の下水道計画であり、また、東部側については、大阪府が事業主体である寝屋川北部流域下水道計画に包含されるそれである。

旧守口市内は、昭和27年から下水道事業に着手し、現在ではほぼ完備されたが、寝屋川北部流域下水道に包含される区域は、昭和46年から着手したもので、完備までには今後数年が必要である。また、従前湿田であった所が急激な都市化に伴って市街化されたが、この排水施設はおおむね在来水路などを随時改修し、市内の幹線水路に放流している現状である。

下水の排除方法についても、地勢は約 1/1000 程度の平坦湿潤地であり、自然排水は困難なため、すべての管渠は合流式にて幹線管渠により、ポンプ場ならびに下水終末処理場に導き、各排水路にポンプ排水するものであるが、とくに西三荘用排水路以東の流域下水道地域内の管渠は、すべて流域下水道幹線を経て、流域下水道のポンプ場ならびに下水終末処理場に導き、寝屋川にポンプ排水するものである。

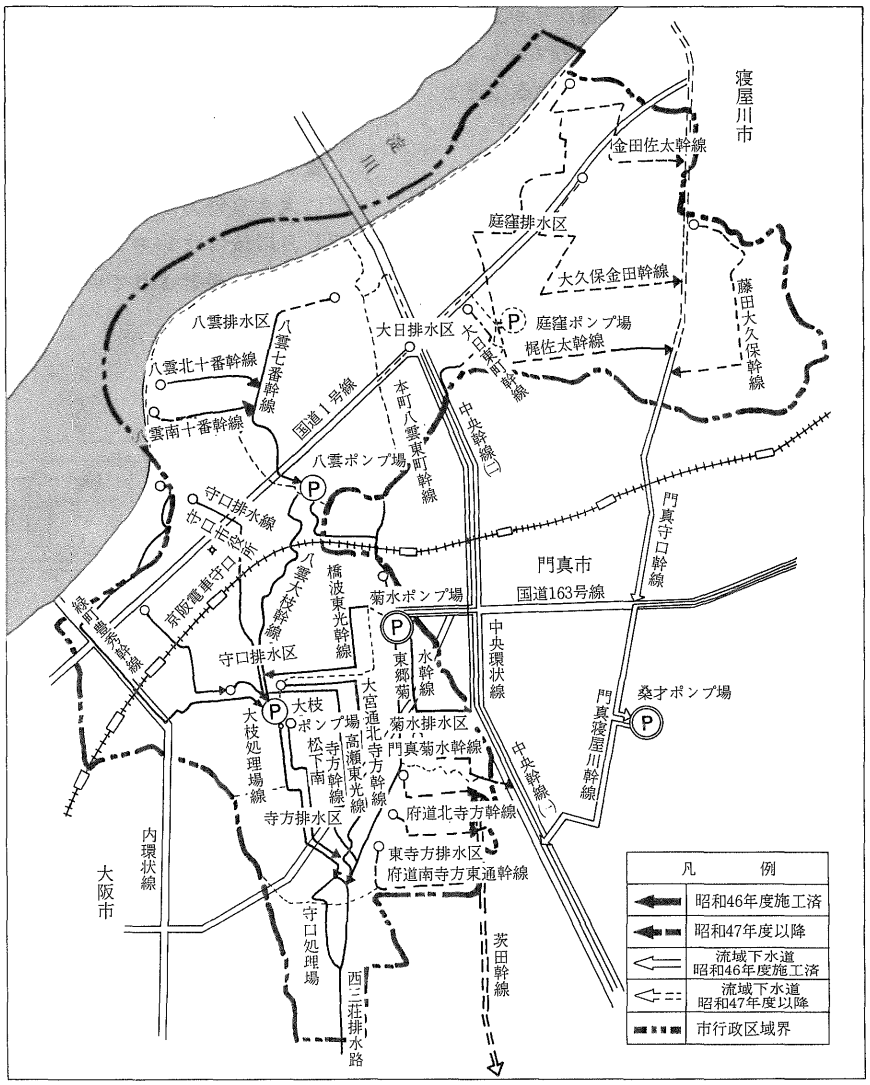
以上のとおり、守口、寺方、八雲の3排水

区を守口処理区、菊水、東寺方、大日、庭窪の4排水区を鴻池処理区と称した。

ここで、本工事に関係のある守口処理区について簡単に説明すると、この処理場は守口排水区の大部分の区域計画面積151.463haと寺方排水区計画面積109.039haの計260.502haを処理すべきものである。その位置は行政区域の南方に位置し、守口排水区の東南端にある調整池から遮集管により汚水のみ流入する。その後、守口排水区計画面積の残り131.4haと八雲排水区計画面積の全部183.288haの計314.688haの計画面積の汚水を大枝ポンプ場から処理場に圧送し、処理後、西三荘用排水路に放流するのである。

この汚水圧送幹線に、今回約900mにわたり、推進工法用ダクタイル鋳鉄管φ1,100mmを使用したのである。そこで、その工法等の検討について、以下簡単に述べる。

図－1　下水道計画図



予定排水面積　314.688ha
計画人口　60,000人/分
圧送距離　1,800m（管径φ1,100mm）

圧送ポンプ　φ600mm　2台　Q＝46m³/min
φ500mm　2台　Q＝30.7m³/min

2．工法の検討

施工個所一帯は、市街地で住宅、商店、学校などが密集し、交通事情については道路幅員が狭いうえ、交通量が多く、さらに上水道、下水道、ガス、電々ケーブルなどの地下埋設物が錯綜しているため、開削工法による管渠の建設は、工事中の騒音・振動による地元住民からの苦情、営業補償の問題、地盤沈下による家屋、地下埋設物の損傷に対する補償問題、さらには交通渋滞などが予想され極めて困難である。しかも管路には、地下埋設物の関係上、曲率半径の小さな90°曲がりが2ヵ所あり、シールド工法による施工もむずかしく、経済性も考慮して推進工法を採用することとした。

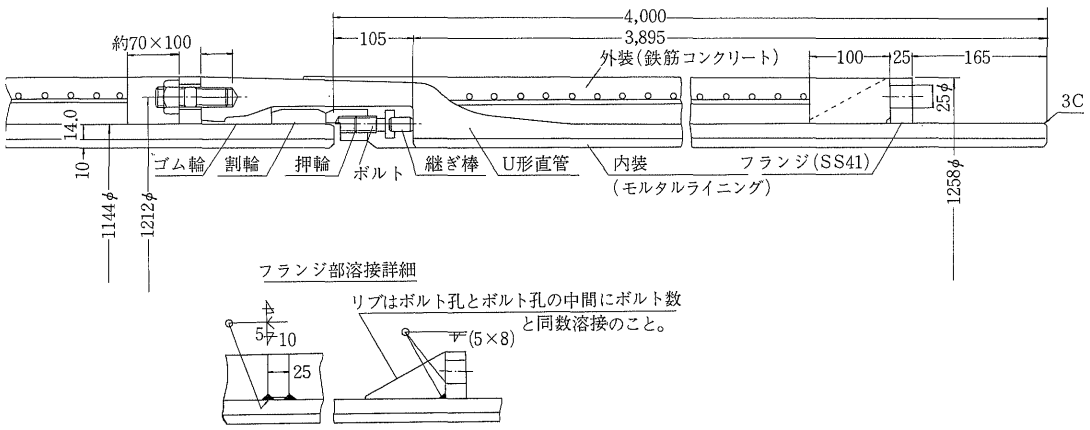
3．推進工法管の選定

内径4 kg/cm² で圧送するこの管路は、大枝ポンプ場から処理場に圧送する汚水圧送幹線であり、ポンプ運転を開始すると停止することができがたいので、管の品質、ジョイントなどの事故のおきないこと、しかも管路が推進工法によって埋設するため、埋設後の補修が不可能なことなどの理由で、安全性が高く施工性のよいダクタイル推進管を採用した。

ダクタイル鋳鉄管は、図－2のように内面継手U形管の外面に鉄筋コンクリートを巻き、受口突部と同一外径とすることによって推進時の摩擦抵抗力を軽減し、外面の損傷と腐食を防止している。また、挿口に溶接したフランジとリブの溶接面の剪断抵抗により推進力を伝達する構造となっており、さらにフランジと受口をボルトで固定化することによって、推進中の継手部の屈曲を防止している。

管が埋設されてから、地盤変動などで継手部に大きな外力が作用した場合はボルトが破断し、以後はフレキシブルなU形本来の継手となるよう設計されている。

図－2　ダクタイル推進管構造図



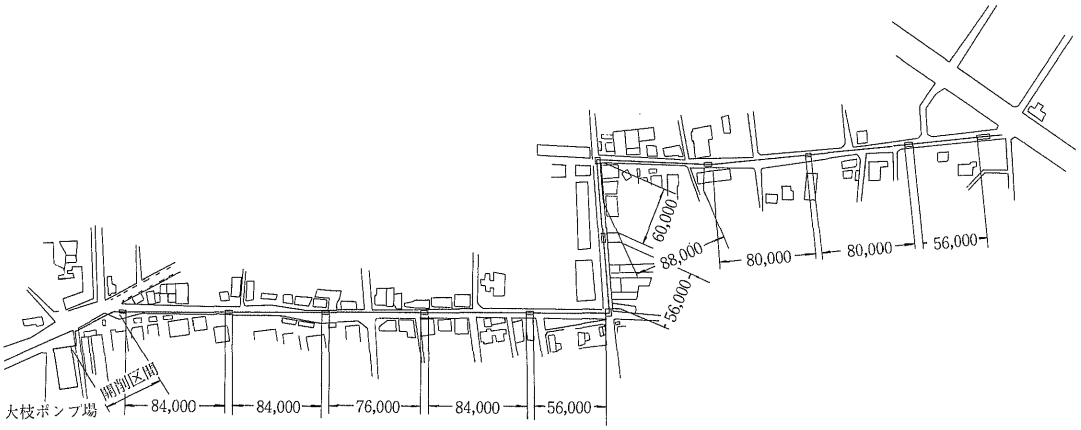
4．工事の概要

1）管　路

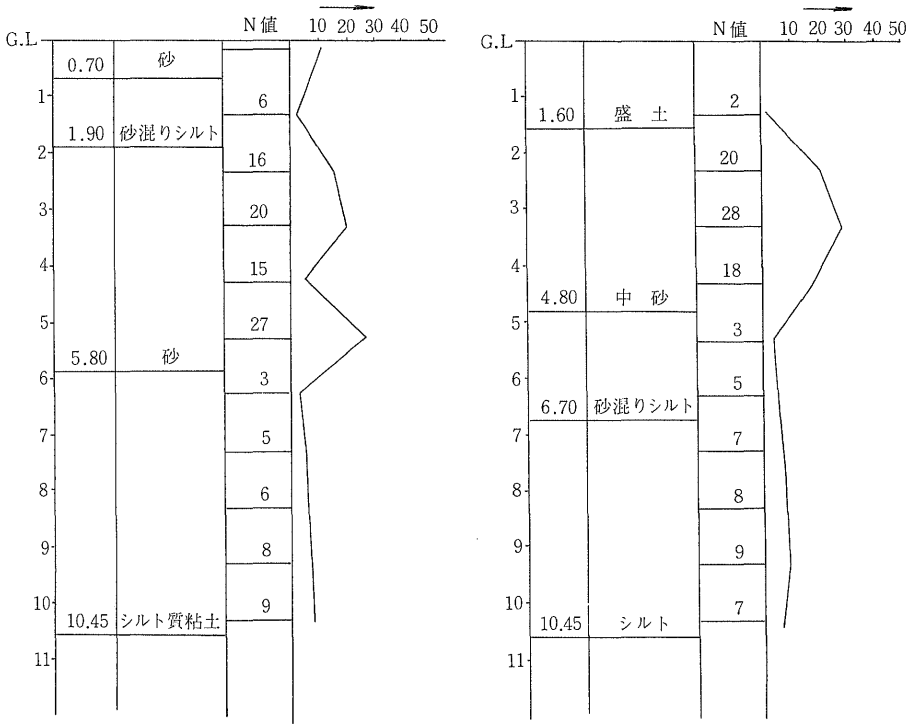
布設延長は約900 mであり、その間2地点で地質調査を行ない、土質と地下水の状況および既設地下埋設物の布設状況を調査し、推進管の土被りを4.5～6.0 mとした。

竪坑の位置は、長期間占用するので民家の出入口を避け、図－3の区間割とした。土質は図－4のように、上部は砂質、下部はシルト質で地下水はGL－3 mで管通過部は砂質土の範囲である。

図－3　管路平面図



図－4　柱状図



2）推進工

土質調査の結果、管通過部は地下水を含んだゆるい砂質土で切羽から土砂が管内に流入し、地盤の陥没、埋設物の損傷などが考えられたので、遮水を目的として管路全断面にアクリル・アマイド系の薬液注入を行なった。

一方、沿道の家屋防護のために、土の強度増加を目的とした水ガラス系の薬液注入を行なった。

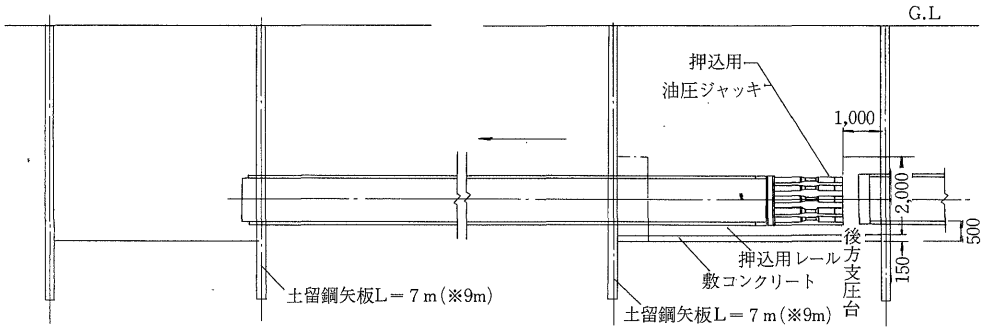
推進竪坑は図－5のごとく、両側へ推進が可能なように長さ7m、幅3mの大きさとし、床には厚さ50cmのコンクリートを打設し、そ

の上にH型鋼をのせ、これをガイドとして推進管がスライドするようにした。また、スペーサーの当たる推進管受口には押輪を入れ、これを保護し、ジャッキの推進力を推進管に均等に作用するように、ジャッキの円周に均等に配置した押装置を使用した。推進は、油圧ジャッキを操作して刃口を地中に食い込ませて崩壊した土砂を人力で台車にのせ、ウインチで管外に搬出する。

接合は、トラック・クレーンにて推進坑内に吊下した管を先行管の受口部に合わせて芯出しをしたのち、推進ジャッキにて挿入し、U形推進管の接合手順に従って接合する。

写真－1　ジョイント部分の
テストバンド試験

図－5　推進竪坑

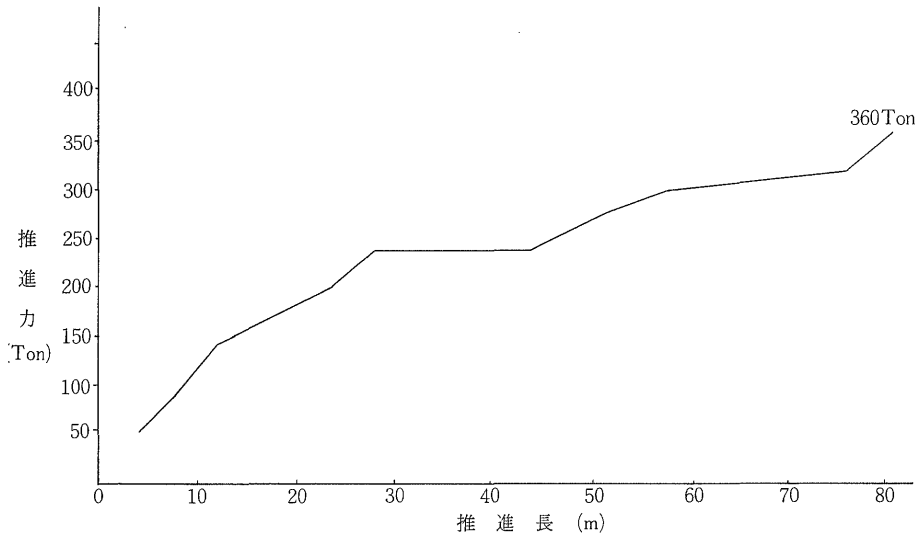


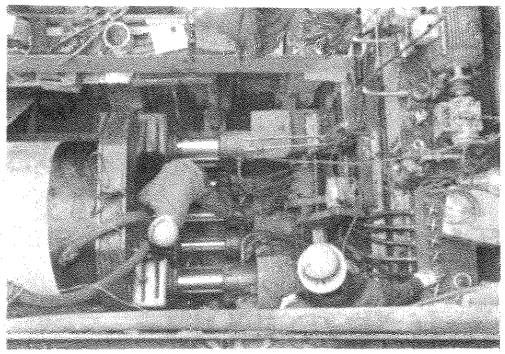
5．工事結果

1）推進力

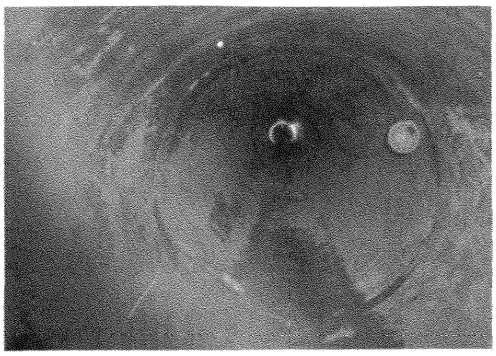
推進管が基準点を通過するごとに油圧ポンプの圧力計を読み、推進力を測定する。推進力は最大360tonで、推進管の許容推力660tonに比べ問題はなかった。

図－6　推進長と推進力





写真－2　竪抗および推進工

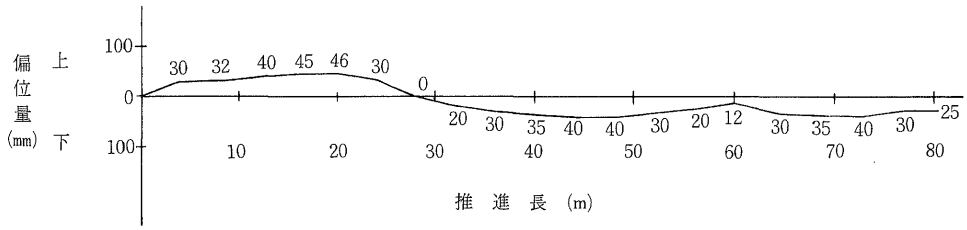


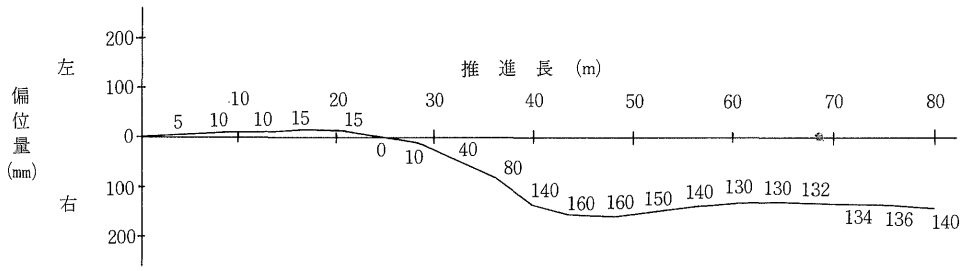
写真－3　貫通－推進工事完了

2）管路の偏位

推進が1本完了するごとに、レベル、トランシルトで計測した。その結果、到達点における管芯の狂いは垂直方向2.5cm、水平方向で14cm程度であり非常によかった。

図－7　管路偏位量





3）施　工

芯出し、接合は1ヵ所当り平均1時間30分、推進所要時間は1本当り平均9時間30分程度であった。

6．むすび

本市においてダクタイル鋳鉄管の推進工法を採用したのは、今回が初めてであるが、施工性においてはヒューム管と大差ないが、内圧に対する安全性においてははるかに優れており、圧送管路に適した管種といえると思う。

推進工法は管種にかかわらず、施工技術・経済性などまだ問題点が多いと思われるが、最近のように、市街地における開削工事が環境公害などの問題からして、ますます困難になりつつある現状なので、今後大いに取り上げて検討されるべき工法といえよう。

本稿で紹介した推進工法事例が他都市において推進工法を採用される場合のご参考になれば幸いである。

寄 稿
《4》

長崎県三会原地区 畑地かんがい事業の概要

—送水管における管種の検討—

長崎県島原振興局耕地課長
荒 木 徳 治

1．計画の概要

本地区は長崎県の南部、島原半島の東部に位する島原市の北西に位置し、標高48～264mに開けた扇状台地の畑地帯で、土壌は非固結火成岩を母材とし堆積様式は風積である。一般に腐植が多く砂壌土である。

地下水は一般に低く、地区内での用水確保は困難ですべて天水に依存しているため毎年干ばつを受けている。

従って、この用水不足を解消するため、市内中心部にある白土湖を源とする音無川（渇水量Q＝36,400㎥/day)の標高(＋)2.6m地点から17,600㎥/dayの用水を揚水機により取水し、送水する。

送水計画は、一段目を(＋)64mの地区内まで揚水し、2段目で(＋)240mまで揚水する二段揚水方式を採用した。

配水計画は(＋)240m以上は加圧ポンプを使用し、他は自然圧を利用する中間圧のスプリンクラーかんがいとした。

作付ローテーションは主幹作物のサトイモ、ショウガ、ニンジンを主軸にその他のそ菜を組み入れた。

なお、本畑地かんがいを基幹事業とし、同時に農道9線ℓ＝6,882mの付帯事業を実施し、本地区の基盤整備を総合的に実施する。

2．受益地積

長崎県島原市三会及有明町地内

	普通畑	樹園地	牧草地	水　田	計
現況	265ha	—	—	—	265ha
計画	261	—	—	—	261

3．土地状況

①地形概況…本地区は雲仙岳の北、舞岳(702m)山麓にひろがる緩傾斜地(平均傾斜度3°)である。

②土　壌…土壌は眉山の爆発による堆積物からなる火山灰土で腐植に富み、土壌は全般に厚いが壌質で透水性が大きい。軽しょうであるため表面流去水による流亡が甚だしい。

傾斜区分	畑						受益地標高		備考
	3°以下	3°～8°	8°～15°	15°～20°	20°以上	計	最高	最低	
面積(ha)	52	209	—	—	—	261	m 264	m 48	平均傾斜度 3°
比率(%)	20	80	—	—	—	100			

4．気　象

一般気象

期間		5月～10月	11月～4月	計	観測所名	日本専売公社島原出張所
平均気温		23.6 ℃	10.1 ℃	16.8 ℃	観測期間	S.26年～S.44年
降水量	平均	1,488.3 mm	675.9 mm	2,164.2 mm	根雪期間	0　日
	基準年	1,241.1	510.2	1,751.3	無霜期間	250日(3月5日～11月9日)
降水日数	平均	69	60	129	最多風向	N
	基準年	80	56	136	最大風速	31.5m/s

5．営農概況

①農業戸数(戸)

専業	第1種兼業	第2種兼業	計	経営規模別 30a未満	30～50	50～100	100～150	150～200	200～300	300～500	例外農家	計
152	164	96	412	63	54	162	102	25	4	1	1	412

②平均戸当り耕地面積(ha)

田	普通畑	樹園地	計
0.14	0.58	0.14	0.86

6．畑地かんがい計画諸元

①かんがい期間　7月1日～10月31日　4ヵ月間

②かんがい方式　移動式スプリンクラー(中間圧)散水かんがい

③かんがい時間および移動回数　1回のかんがい時間 3.5時間　1日5回移動

④計画日消費水量　5.4mm/day

⑤間　断　日　数　7日間断

⑥1回のほ場かんがい水量　44.5mm

⑦スプリンクラーの仕様

型式 TS－30N型、散布水量 46.40ℓ/min、散布直径 30.9m、散布面積 216㎡/ケ、作業圧力3.0kg/㎠、かんがい強度12.9mm/hr、1セット 5本立、スプリンク間隔 12m、散水支管間隔 18m

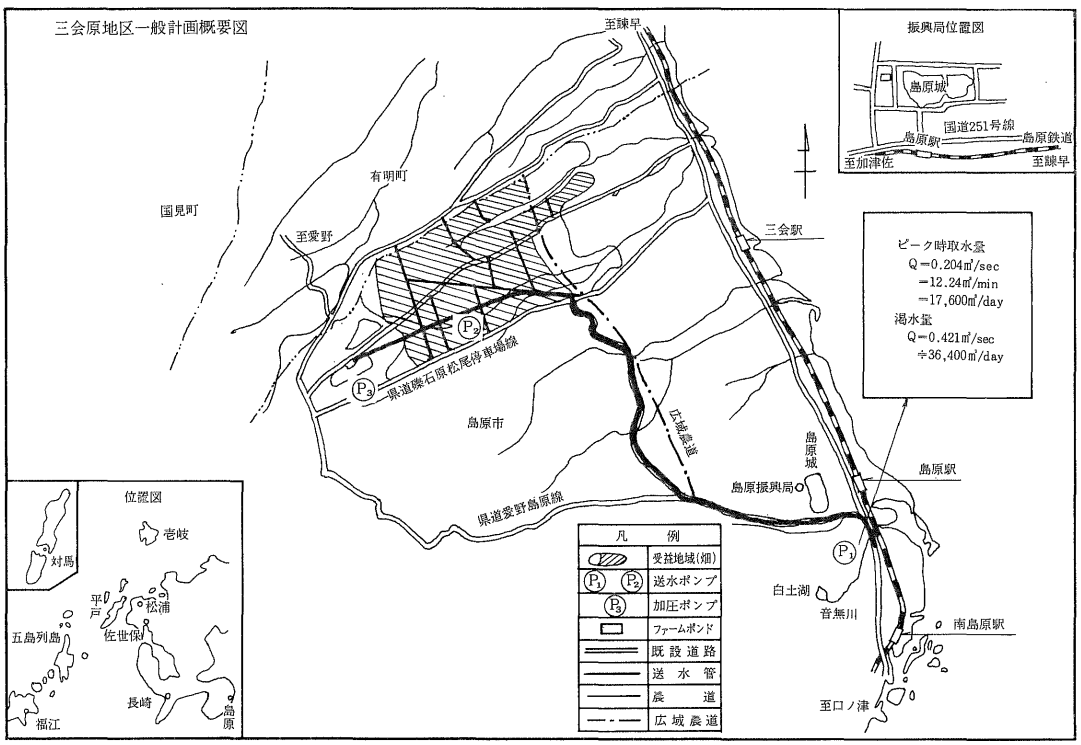
⑧配水組織

散水区	面積	標　高	配水方法	スプクラー 1個散布面積	スプリンクラー数 ①計算上	②実　施	②/①	1セット当り散布面積	セット数 ①計算上	②実　施	②/①	傾斜度
A	ha 61	m m 200～162	自然流下	㎡ 216	2,824	3,050	% 108	㎡ 37,800	16.1	20	% 124	3°
B	84	162～124	〃	〃	3,389	3,572	105	〃	22.2	23	104	3°
C	59	124～ 86	〃	〃	2,731	2,889	106	〃	15.6	18	115	4°
D	26	86～ 48	〃	〃	1,204	1,308	109	〃	6.9	9	130	3°
E	10	〃	〃	〃	463	476	103	〃	2.6	3	115	3°
P	21	264～200	加　圧	〃	972	990	102	〃	5.6	6	107	4°
計	261				11,583	12,015	104		69.0	79	114	3°

⑨送配水計画模式図

送水方法…水源より地区内の標高(＋)164.00m地点に設ける第1ファームポンドへ全水量(17,600㎥/day)をポンプ送水し、さらに標高(＋)240.00m地点に設ける第2ファームポンドへ標高124m以上の地域(P.A.B散水区)の用水量(11,200㎥/day)を、ポンプ送水する。

配水方法…標高(＋)200.00m以上の地域（P散水区)21haは、加圧配水し、(＋)200.00m未満の地域（A.B.C.D.E散水区)240haは自然流下配水する。



7．道路計画

本地区は縦断方向の道路は密度(150m/ha)的には整備されているが、隣接圃場に通じる横断方向の道路が整備されていないので、本計画では横断道路を新設改修する。すなわち、新設道路7線ℓ=4,394m(幅員5.0m)改修道路2線ℓ=2,488m(幅員6.0m～5.0m)を実施する。また、本地区の土壌状態よりみて路面構造は密粒度アスコンによる完全舗装とする。

8．主要工事の概要

①畑地かんがい

水源施設…取入河川ℓ=35m整備　取入水槽　1基

送水施設…ℓ=8,088m

第1送水管　ℓ=6,780m　ダクタイル鋳鉄管　φ500mm

第2送水管　ℓ=1,308m　ダクタイル鋳鉄管　φ350mm

ファームポンド3基　減圧槽3基

配水施設…5線　ℓ=10,963m　石綿管及塩ビ管　φ400～125mm

給水施設…6線　ℓ=53,022m　塩ビ管　φ150～50mm

ポンプ施設…ポンプ機　3棟　134㎡　ポンプ3基

②道　路　9路線　ℓ=6,882m　橋梁3　暗渠59

9．事業費

畑地かんがい　406,000千円(155千円/10a)

道　路　223,000千円

計　629,000千円(240千円/10a)

10．事業年度

着　工　昭和46年度

完了予定　昭和49年度

(47年6月現在)

11．送水管における管種の検討

6－⑨に示した送配水模式図のとおり、送水施設ℓ=8,088mには、鋼管とダクタイル鋳鉄管を比較検討した結果、後者を使用するように予定した。検討内容は次のとおりである。

1）送水管としてのダクタイル管と鋼管との比較

高圧でしかも斜面、あるいはサイホン状の配管路になっている、かんがい用送水管でのダクタイル管と鋼管について比較検討した。対象口径は本地区で採用する350～500mm程度の管とした。

(1) 内圧（水圧）および外圧（土圧）に対する強度

表－1　材料の強度

項　目	ダクタイル管	鋼　管
引張強さ kg/mm²	38以上	41以上
伸　び %	3以上	18以上
衝画値 kg-m/cm²	5～10	22～28(母材)

表中の数値は、規格値で、ダクタイル管の場合は実体から、鋼板の場合は鋼板から試験片を切りとって、規定寸法に加工したもので試験する。

表－2　管の破裂水圧　kg/cm²

口径	ダクタイル管								鋼管			
	1種		2種		3種		4種		1種		2種	
mm	水圧	管厚	水圧	管厚	水圧	管厚	水圧	管厚	水圧	管厚	水圧	管厚
350	163	7.5			141	6.5			141	6.0	117	5.0
500	144	9.5	129	8.5	122	8.0	114	7.5	98	6.0	82	5.0
800	128	13.5	114	12.0	105	11.0	95	10.0	73	7.1	65	6.4

※管厚の数値はmm単位で示す。

破裂水圧は材料強度を規格値とし（ダクタイルは38kg/mm²、鋼は41kg/mm²）次式を用いて計算した数値である。

$$P=\frac{2tS}{D}$$

ここでP：破裂水圧　t：管厚　S＝引張強さ　D：公称径

表－3　試験水圧

kg/cm²

口径 mm	ダクタイル管					鋼管	
	1種	2種	3種	4種	異形管	1種	2種
300以下	60		50		30		
350～600	50	45	40	40	25	15	12.5
700～800	40	40	35	35	20		

ダクタイル管の場合は1本毎に水圧試験を行なっている。
鋼管の場合は溶接部のレントゲン写真の代りに異形管だけについて行なっている。

(2) 引張り強さ

内外圧に対応するものとして、材料の引張り強さが考えられるが、両者とも、ほとんど同じといえる。

(3) 伸び

外圧がかかった場合、管に撓みができて、それを吸収する。これに対応するものとして、材料の伸びが考えられるが、両者共必要にして十分な弾力性をもっているといえる。

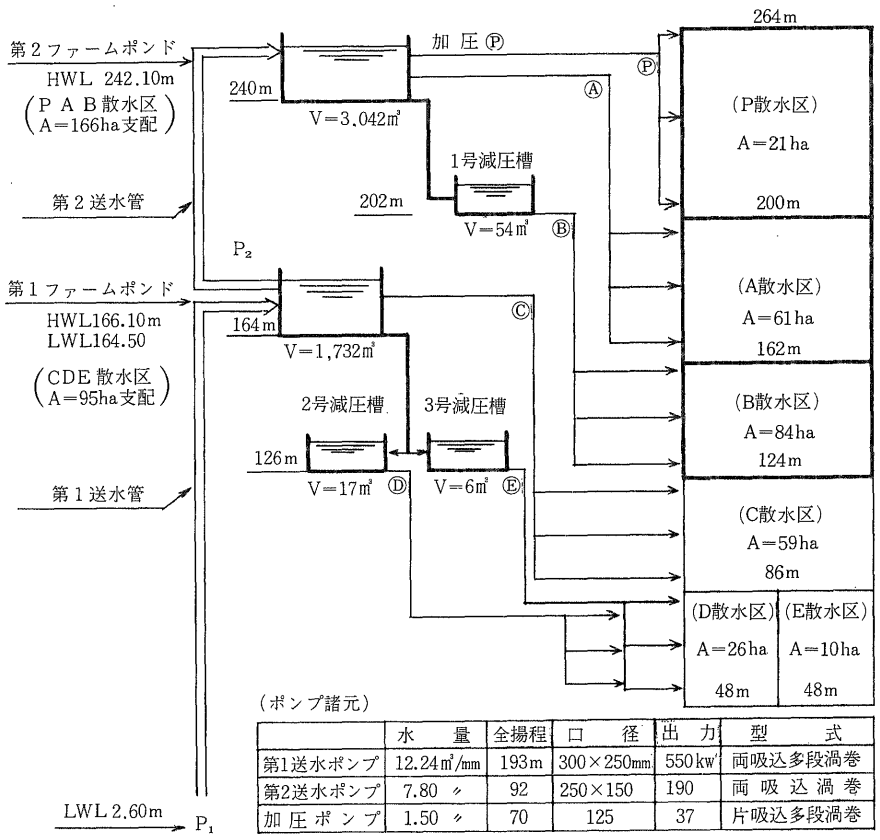
(4) 衝撃値

管が外力によって集中的な衝撃をうけたときに対応するものとして、衝撃値が考えられる。地上配管で落石などの衝撃を受ける場合は、その値が大きい程有利といえる。

(5) 継手の性能

ダクタイル管はメカニカル、鋼管は溶接継手となっており、それぞれの特長がある。

三会原地区一般計画概要図



（ポンプ諸元）

	水量	全揚程	口径	出力	型式
第1送水ポンプ	12.24m³/mm	193m	300×250mm	550kw	両吸込多段渦巻
第2送水ポンプ	7.80 〃	92	250×150	190	両吸込渦巻
加圧ポンプ	1.50 〃	70	125	37	片吸込多段渦巻

	ダクタイル管	鋼　管
水密性	正しい接合が行なわれている場合は管が破裂するまで大丈夫。	溶接が完全であれば水密性大。
可撓性	優れた可撓性がある。例えば500φ管の継手部は6°まで曲げても水密性に影響はない。	継手部の靱性の範囲内で、わずかに曲げることができる。
伸縮性	継手1ケ毎に伸縮性があるので、伸縮継手の必要はない。	伸縮継手が必要。

(6) 施工性

施工性の良否は、その継手の接合性と配管の難易で決まる。

	ダクタイル管	鋼　管
作業性	接合作業は極めて簡単で誰でもすぐ習熟することができる。また接合後直ちに埋戻しが可能。	溶接作業および塗装作業があるので、作業時間が長くまた高い熟練度が要求される。
雨天時	雨天、湧水でも接合が可能。	雨天および湧水の場合は特別の処理をしない限り溶接および塗装不可能。
斜面配管	斜面配管では30°位までは特別な処置はいらない。	斜面配管では内面での作業が非常に困難。
曲げ配管	継手部の許容可撓角の範囲内で簡単に曲げ配管ができる。	溶接部開先を斜めに切断することによって可能であるが、作業時間が長く立地条件では、できないこともある。
管防護	異形管部に離脱防止処理のない場合には、コンクリート防護が必要である。	一般には不必要。
基礎工事	一般には特に注意する必要はなく、埋戻しも簡単。	管が撓みやすいので要注意。

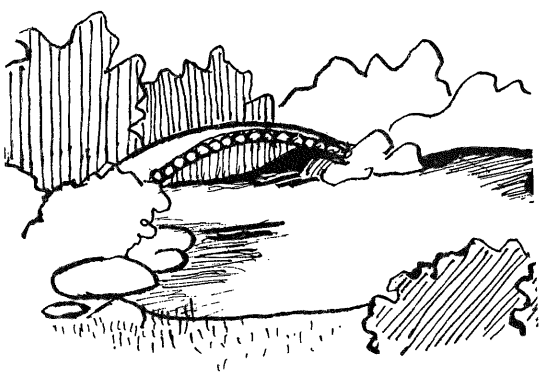
(7) 耐久性および維持管理

①材質と腐食：ダクタイル鋳鉄は、本質的に鋳鉄と同様の化学組成なので、耐食性も良く長い寿命が保証されている。鋳鉄は、組織中に存在する不活性な黒鉛が腐食されないので、それを中心として炭化物、酸化物などの不溶性の緻密な腐食生成物ができる。これが一種の保護被膜となり、ある程度腐食すると、それ以後は抑制されるのが特徴となっている。水質によっては、内面にサビコブができることもあるが、これは鉄バクテリヤの影響といわれており、内面に密着のよいセメントモルタルライニングをすることによって防止している。鋼管は組織的にはほとんど鉄部なので、腐食に対して不安定なので、内外面の塗覆装でカバーしている。

②内面の防食：かんがい用水は1年のうち、通水期間と断水期間とに分れているが、断水の場合、管路では一部分が真空になったり、また水蒸気で充満することがある。このような条件では、ダクタイル管内面のセメントモルタルは全く異常を示さないが、鋼管の塗装では、フクレやメクレの起るおそれがある。もしこのような事故が起きた場合、中口径では補修はまず不可能に近い。

12. まとめ

以上を総合してみるに、強度的な面からは両者とも、実用に際し、これといった欠点はないが、施工性、耐久性などから考えて、本地区における送水管は当市街地を通過する際地下水が多く、また地下水位も高いという特殊性を考慮して、ダクタイル鋳鉄管を採用することにした。



鋳鉄管第12号

昭和47年5月

技術レポート
〈1〉

異形管の内面防食対策

日本鋳鉄管協会技術専門委員会
委員　長尾正三

はじめに

近年、環境保全問題がやかましく叫ばれるようになり、水質汚濁防止法も施行される運びになってきているが、逆にいうならば、水質の汚濁はこれらの法律の強制力を楯にしないことには、もはや救いようのないところにまで達してしまっていることを示しているといえる。

このような水質汚濁の被害をまともに被っているのが上水道といっても過言ではない。

上水道用原水の汚濁にともなって、浄水処理薬品の添加量は加速度的に増加していき、それに応じて上水道水の水質も悪化し、今日のいわゆる赤水問題の最大の原因になっている。すなわち、戦前においては上水道の水質も良く、比較的その侵食性も穏かであったが、戦後、処理薬品としての硫酸バンド、滅菌剤としての塩素量の添加が飛躍的に増大し、それにつれてpHも低下し、従来の水質であれば十分であったであろうコールタール焼付け塗装の鋳鉄管内面が錆瘤で閉塞されるような事態も発生してきている。

このような事情を背景として、鋳鉄管内面の防食対策がとりあげられ、直管類については、今日ほとんど全部の製品がセメントモルタルライニングを施されており、内面錆瘤発生およびこれにともない発生する赤水の問題、流量係数の低下の問題はほぼ解決されている。しかし、異形管類については、一部の製品を除いては、これらの問題は解決されないでいる状態である。

そのため、鋳鉄管メーカーとして、各ユーザーの要望に応えるべく、異形管類の内面防食の研究を行なっているので、その経過を報告したい。

1. 従来の鋳鉄異形管類の塗装方法

鋳鉄管は使用され出して以来、数百年の歴史を有するが、その歴史において、1850年代以前は何ら防食塗装を施こされることなく、鋳肌のままの状態で使用されてきていた。これが1860年代に至って主に鉄管の内面に鉄バクテリアや、管材質自体の溶出に基づく錆瘤の発生による通水能力の低下が問題視され、

その対策として、英国でガス製造用に石炭を乾溜した後の副産物として得られるコールタールと、ペイントの主成分である重合油または亜麻仁油などの乾性油との混合塗料による加熱浸漬塗装が発明されて以来、約100年以上もの長年月にわたって、この塗装法が鋳鉄管塗装の主流として用いられてきた。このコールタール加熱塗装法は、コールタールの耐水性と乾性油の塗膜形成能とを併せ利用する性格をもち、通常の土壌条件による外面腐食や、非侵食性の内部通水に対しては、かなりの防食効果を発揮してきていた。

わが国においても、鋳鉄管の塗装法としては、明治以来、昭和20年代に至るまで、このコールタール加熱塗装法が、直管、異形管を問わず、ほとんど唯一の方法として用いられてきた。この方法を規定した規格としては、日本水道協会規格JWWA G104“水道用鋳鉄管塗装方法”があり、次のように規定されている。

すなわち、使用する塗料は表－1に示すような精製タールに亜麻仁油または乾性油を2％以上混入した浸漬用塗料を80℃に加熱し、この中に120～150℃に加熱した鋳鉄管を浸漬し、引き上げ、余分の塗料のタレ切りを十分にして自然放置し、冷却後乾燥硬化させるものである。

しかしながら、この方法では、加熱塗料浴槽に鉄管を浸漬して塗装するため、塗料浴の粘度が塗膜厚と直接関係し、またタレを発生させないという条件をも満足すすため、塗膜厚は0.03～0.05mm程度しか得られず、非侵食性の水ならばともかく、硬度の低い、また今日のように酸性の薬品を多量に添加されたような侵食性の水に対しては十分な対抗性を持たず、錆瘤の発生、赤水の発生などの現象を生ずることになる。

先般、日本水道協会において開催された赤水対策特別委員会の結論によると、コールタール加熱塗装は2年程度で赤水を発生する原因となる場合もあると指摘している。

以上のようなコールタール加熱塗装法の問題点について見ると、直管類については、日本においては昭和25年より内面の防食対策としてセメントモルタルライニングが実用化され出し、今日ではほぼ100％がその対策をとられてきたわけであるが、異形管類についてはセメントモルタルライニングの施工上の技術的問題点が当時未解決であったため、実用化は立ち遅れていた。（しかし、これについては後述するように、技術的には今日ではほぼ解決されており、一部では用いられている場合もある。）

そこで、このコールタール加熱塗装の欠点を少しでもカバーする方法として、常温瀝青質塗料の塗装方法が一部で採用されてきていた。この塗装法は、コールタール中の低沸点分を除いた真に耐水性の優れたコールタールピッチに、耐水性、耐薬品性に優れ、かつ金属に対する密着力が良好で、塗膜の機械的強度の優秀なエポキシ樹脂または塩化樹脂をブレンドした塗料を用い、エアレススプレーなどの最新の塗装技術を駆使して、平均0.1mmの比較的厚膜塗装を行なうものである。また

表－1　水道用鋳鉄管加熱塗装用コールタール（JIS K 2473）

項　　目	規　格　値	
比　　重（15／4℃）	1.10～1.20	コールタールに亜麻仁油または乾燥油を2％
エングラー粘度（50／20℃）	15以下	以上混入したものを浸漬用塗料として使用
水　　分（％）	1以下	
ベンゾール不溶分（％）	15以下	
0°～230℃ 溜 分（％）	5以上	
0°～300℃ 溜 分（％）	20以上	

表－2　鋳鉄管の各種塗装法の性能比較

		コールタール焼付け塗装	直管外面常温塗装	小口径異形管用内外面加熱浸漬塗装
乾燥塗膜厚 (mm)		0.03	0.1	0.05
塗膜硬度(スオードロッカー)		2～3	7～10	5～7
不揮発分の軟化点 (℃)		約60°	100°以上	約80°
粘着試験 (50℃、500gr)		粘着あり	粘着なし	略々粘着なし
曲げ試験 (10φ　180°)	20℃	異常なし	異常なし	異常なし
	5℃	クラック発生	異常なし	異常なし
3％食塩水中浸漬		1ヵ月にて小泡発生	6ヵ月異常なし	6ヵ月異常なし
0.1 N 苛性ソーダ溶液浸漬		6ヵ月異常なし	6ヵ月異常なし	6ヵ月異常なし
0.1 N 塩・酸浸漬		1ヵ月で小泡発生	6ヵ月異常なし	1ヵ月で小泡発生
水質試験 (JWWA G 104)	臭味濁度	合格	合格	合格
	$KMnO_4$ 消費量	5～7 ppm	1～2 ppm	1～2 ppm

これ以外に、コールタール加熱塗装法のコールタール塗料の耐久性をさらに改良するためコールタールピッチに塩化樹脂を加えた塗料浴槽中に加熱した鋳鉄管を浸漬塗装する方法が中小口径異形管類に適用されており、これら塗装法とコールタール加熱塗装の塗装性能を比較したものが表－2である。

この常温瀝青質塗装は、コールタール加熱塗装にくらべて3倍以上の防食能力を持っており、かなり長期間にわたってその性能を持続することが期待されるが、その塗装の厚みが平均0.1㎜であることから判断できるように、塗膜はピンホールのない完全無欠なものであるところまでは期待できず、従って数十年以上の長期に対しても錆の発生を完全に防止できるとはいえない。

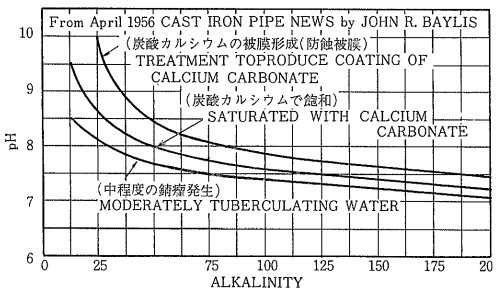
さらに見方を厳しくして、数十年にわたって確実に錆の発生を防止し、直管と同程度の内面防食性を確保するための究極的な対策としては、厚塗りコールタールエポキシ塗装、セメントモルタルライニング、粉体塗装の3種類の方法が現時点では最も効果的であり、実用性があると判断される。

2. セメントモルタルライニング

鋳鉄管内面の錆瘤防止のため、コールタール加熱塗装が1850年より行なわれはじめたことは前にも記したが、この塗装によって水と鉄管とが直接接触することが妨げられ錆瘤の生成が防がれると考えられ、事実何らの塗装もされていない鋳鉄管よりは遥かに好成績ではあったが、年月が経過すると、この塗装はその初期の効果を持続せず、侵食性の強い水が通される場合には塗装面のピンホールを通って水が浸透し、錆瘤が発生する事例が出てきた。

このような水の侵食性を示す指標としては一般にはカルシウムに対する飽和の程度を示すランゲリアー指数が用いられ、通水のpH、総硬度、蒸発残留物、アルカリ度、温度などによって決められるが、最も簡単な線図として図－1をあげる。

図－1　水質と錆瘤発生との関係線図



わが国においては、いわゆる軟水が多く、欧州におけるように硬度が高くないために、錆瘤が発生する可能性は、塩素などの添加量の増加とも相俟って、かなり強いと思われる。

今から約130年も以前に、フランスの化学アカデミーでは、この錆瘤発生防止対策としてはセメントモルタルライニングが最も確実であろうと推奨している。セメントはカルシウムを主体としているために、水分の存在下ではアルカリ性を呈し、鉄系金属を不働態化して防食する作用を持っており、他の有機物塗装におけるように、水と鉄とを絶縁さすことにより防食するいわば消極的な防食方法とは異なり、水の存在により積極的な防食作用を示す大きな特徴がある。

このようなセメントモルタルライニングによる水道管の防食は、1870年頃から鋳鉄管の内面に応用されたのが最初であり、この場合は½インチ厚のライニングが手塗りで施工され、約70年間使用されていた。

このライニングの管路で約40年間使用後に、流量係数を測定した結果から、この期間内にライニングの面の劣化はほとんど生じていないと推定されている[1]。このライニングに用いたセメントは天然セメントであり、内面の通水は非常に侵食性が強かったとされている。

1) Lining for Cast Iron Pipe. Jour. of New England Water Warks Assoc. Vol. L No.4

一方、鋳鉄管にセメントモルタルライニングが施された最初の例は、米国の南カロライナ州のチャールストン市のJ.E.Gibson 氏が1922年に用いたものである。この場合のセメントモルタルライニングは、鋳鉄管を縦に立てておき、その中にセメントモルタルを余分に投入し、その中をライニングの内径に等しい外径の弾丸形のプラグを引き上げて、モルタルを管壁に押しつける方法で施工された。この方法は後述する異形管類のセメントモルタルライニングの方法と本質的に同じである。この方法で施工されたセメントモルタルライニングは、今日の遠心力施工法のそれとくらべると、その密着性、透水性、肉厚の均一性といった面では遥かに劣っていると考えられるが、その方法で1922年に施工された16インチ口径の管路の流量係数の測定値の経時変化は表－3のごとくであり、10年以上経過してもほとんど変っておらず、ライニング面が劣化を受けていないことを示している[1]。

表－3 手込めセメントモルタルライニング管(16″φ)の流量係数の経年変化

試験実施の年	W.& H.公式の「C」
1922(設置時)	135
1923	128
1930	145
1933	139
平均	137

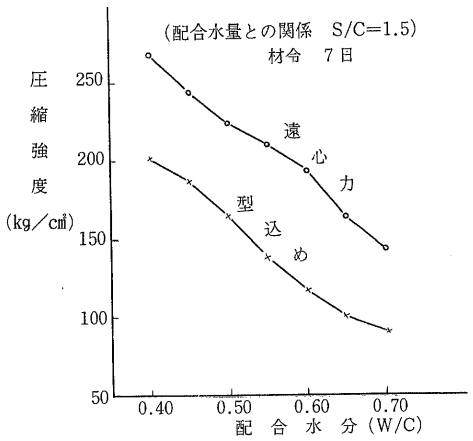
その後1922年より1929年にかけては、セメントモルタルライニングは多くのメーカーによってそれぞれ独自の方法で施工されていたが、1929年に今日の遠心力ライニング法とほぼ同一の施工方法を規定する米国標準ＡＳＡの暫定規格が制定され、1939年にASA A21.4－1939“鋳鉄直管および異形管類のセメントライニング規格”として制定され、その後、数次の改訂を経て、ANSI（アメリカ国家規格、従来のASAがANSIと改称）A21.4－1971“鋳鉄直管、ダクタイル鋳鉄直管および異形管類のセメントモルタルライニング規格”として今日に至っている。

この米国の規格においては、直管類のセメントモルタルライニングは遠心力法によって行なうことを規定しているが、異形管類の施工法としては特に規定しておらず、できるだけ直管のライニングと品質的に同等なものが得られるようにと抽象的に規定しているのみである。米国の各鋳鉄管メーカーのライニング施工の実情を調査した結果では、コテ塗り法、遠心力投射法＋コテ仕上げ法、セメントペーストの刷毛塗り法などが実施されていた。

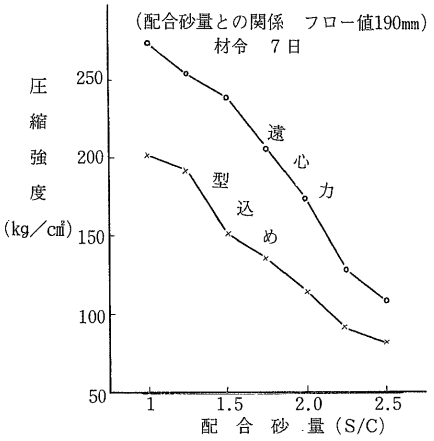
ひるがえって、わが国においては1950年（昭和25年）より、鋳鉄直管のセメントモルタルライニングが遠心力施工法によって実用化されるようになり、その後日を追うにしたがって、その普及の度を広めていったが、異形管類に対しては施工技術上の問題から、ごく一部の例を除いてはほとんど実用化されなかったのが実情である。

異形管類にセメントモルタルライニングを

図－２　遠心力の有無と圧縮強度の関係



図－３　遠心力の有無と圧縮強度の関係



施こすには、その方法として

①コテ塗りによる方法

②遠心力投射法

③セメントガンによる方法

の３種の方法が考えられる。

これらの方法は、直管類に対する遠心力施工法と比較すると、そのモルタルの品質は同一配合を用いると当然変わってくる。一方、ある程度の強度を目標とする時には、手塗りの場合でも配合を適当に設計することによって遠心力施工品と同等のものを得ることができる。

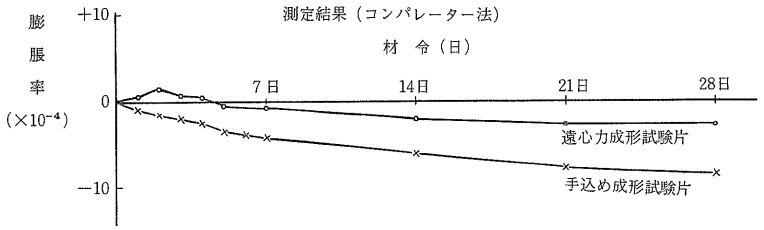
図－２、図－３に遠心力施工と型込め施工の場合のセメントモルタル製中空内筒の圧縮強度の測定例を示す。

また、鋳鉄管類にセメントモルタルライニングを施こす場合、品質的に最も大きなポイントの一つとしてセメントモルタルの収縮の問題がある。すなわち、セメントモルタルはその施工上、当然のこととして水を配合しなければならないが、セメントの水和に必要な水量以上の水分は硬化、乾燥の過程を通じて揮散し、セメントモルタルの収縮の原因となる。それ故に、できる限り少量の水を使用して、かつ遠心力施工をすることによって、セメントモルタルをライニングし、後のモルタルの収縮量を少なくし、鋳鉄管面との密着性を保持せしめる方策が直管類の場合はとられている。

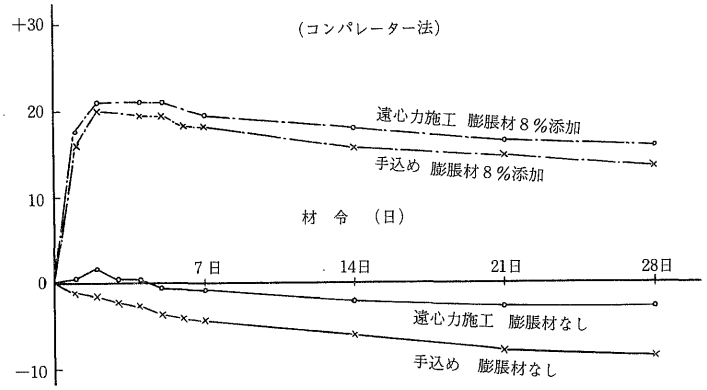
従来の異形管類に対しモルタルライニングを施工する場合は、できるだけモルタルの配合水量を低く管理する対策はとられていたけれども、遠心力を適用することができなかったために、遠心分離作用による水のしぼり出しが不可能であり、したがってライニング施工後、モルタルの収縮に基づくライニングと鋳鉄管面の肌離れ、剝離などのトラブルが発生し、実用上最大の支障となっていた。

図－４に、遠心力施工セメントモルタルと手込めのセメントモルタルの収縮特性の比較

図－４　遠心力施工および手込めセメントモルタルの寸法変化



図－5　膨脹材添加セメントモルタルの寸法変化測定結果



を示す。これからわかるように、遠心力施工によりモルタルはその硬化乾燥収縮を手込めの場合に比して、½以下に減少さすことができ、上記ライニングの欠点をかなりカバーすることができる。
手込めの場合も、セメントに膨脹混和剤を配合することにより硬化乾燥収縮をなくすることができる。

図－5に、膨脹混和剤を添加した場合のセメントモルタルの寸法変化を示す。カルシウムスルフォアルミネート系の膨脹剤を混入すると、遠心力施工によらなくても添加量が一定限以上になると、収縮をなくすることができるだけでなく、手込めの場合でも膨脹量が多くなり、品質的に優れたライニングが得られることを示している。

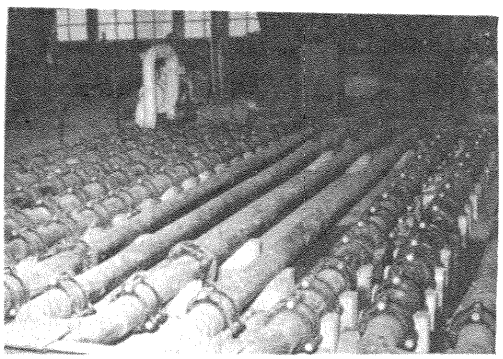
このようにして得られた手塗りのセメントモルタルライニングの耐久性については、先に述べたJ.E.Gibsonが施工した表－3の例で十分に示されるが、当社の研究部においては、写真－1に示す模型管路を用いて試験を行なった。

この試験においては、セメントモルタルライニングを施工する際の遠心力をG No.70、40、20、0と4段階に変えた100mmφ試験管の内部に流速4m/secで通水試験を行ない、ライニングの表面の減耗量を経時的に測定し、その耐久性の判断の資料としたが、5年後に調査した結果では、遠心力をかけない場合でも減耗量はほとんど変わらず、特にビニル系シールコートを施こしたものでは、完全な耐久性をすべての試験管が示していた。

一方、セメントモルタルライニング自体の耐久性についてみてみると、わが国においては、普及しはじめてからの期間は約20年であり、その間、機会あるごとに調査を行なった結果、セメントモルタルの防食効果はこの程度の期間は十分に保持され、セメント中性化は表面約1mm程度に限られており、鋳鉄とセメントの境界面はアルカリ性による不働態としての防食で、確実に発錆が防止されていることが確認されている。

またこの間、セメントモルタルライニングの表面に施こしたシールコートによるセメントモルタル中のカルシウム溶出阻止は非常に効果的に行なわれており、表面層の中性化もほとんど進行しておらず、セメントモルタルの表面にシールコートを施こすことが極めて有効であることを示している。

米国においては、セメントモルタルライニング管の40年近くに及ぶ耐久性の調査がなさ



写真－1　各種ライニングの通水試験装置

れており、その一例を表－4に示す。

この表から、40年弱経過後もセメントモルタルライニング鋳鉄管は、新設当時とほぼ変わらない流量係数を示し、内面防食を完全に果し、かつその表面の粗度もあまり変化していないことを間接的に示している。しかもそのセメントモルタルライニングの厚みは、多くは1/16インチ(1.5mm)の非常に薄いものであることは、ライニングの優秀さをよく示すものと見てよいと思われる。

これらの事実から、先述の米国標準規格ASA A21.4(ANSI A21.4—1971)では、セメントモルタルライニングの最低厚みを1/16インチ(1.5mm)としており、この厚みによって半永久的な防食が可能であると正式に認めている。

以上の諸事項によって、異形管類に手塗り施工することによって、品質的にも確実なセ

表—4 セメントモルタルライニング鋳鉄管の長期間の流量測定結果

Flow Tests of Cement-Lined Cast-Iron Pipe After Extended Periods of Service

測定場所 Location	口径 Size *in.*	シールコート有無 Seal Coated	ライニング厚 Nominal Minimum Lining Thickness *in.*	管路長 Length *ft*	布設年 Year Installed	試験時の材齢 Test Age *years*	C—値 C Value
Birmingham, Ala.	6	yes	1/16	473	1940	1 6 12 17	148 141 138 133
Catskill, N.Y.	16	no	1/8	30,825	1932	25	136
Champaign, Ill.	16	no	3/16	3,920	1928	13 22 28 36	137 139 145 130
Charleston, S.C.	5.78			300	1941	new 12	145 146
	12		1/8	500	1932	16 15 25	143 145 136
Chicago. Ill.	36	yes	1/8	7,200	1945	1 12	147 151
Concord, N.H.	12	no	1/16	500	1928	13 29 36	143 140 140
Danvers, Mass.	20	no	1/16	500	1926	31 38	135 133
Greenville, S.C.	30		1/8	87,400	1944	13 20	148 146
	30	yes	1/8	50,700	1939	19 25	148 146
Greenville, Tenn.	12	no	1/16	500	1928	13 29 36	134 137 146
Knoxville, Tenn.	10		1/16	500	1925	16 32 39	134 135 138
Manchester, N.H.	12	yes		500	1936	5 19 26	151 132 140
Safford, Ariz.	10	no	1/8		1941	16	144
Watertown, N.Y.	10	no	1/16	500	1927	14 28 37	151 132 125*

* The slime covering on the lining was removed by heavy chlorination.

メントモルタルライニングが得られることが基本的に確認された。そこで、実際上異形管類にセメントモルタルライニングを施工する方法について説明する。

(1)　ガン工法
（ガンニットまたはグナイト工法）

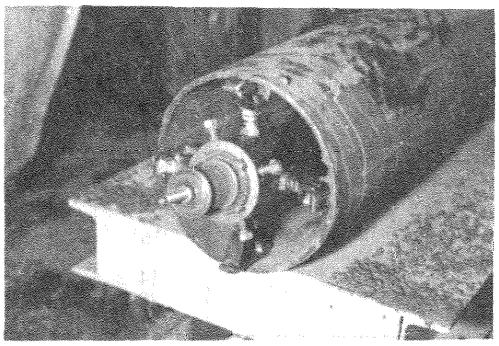
湿式法、乾式法があるが、作業環境上からいって今日では湿式法が採用されている。実用的には600㎜φ以上の口径にも可能であるが主に大口径管のライニングに採用する方法であり、圧縮空気でセメントモルタルを高速で鋳鉄管内面に吹きつけ、ほぼ所定の厚みに付着せしめた後、表面をコテで平滑に仕上げる。この場合、全面を均一の厚みに吹きつけることが比較的熟練を要するが、なれれば良好なライニングが得られる。

(2)　遠心力投射法

基本的には湿式ガンニット工法と同じ方法であるが、あらかじめ混練したセメントモルタルを圧送し、写真－２に示すように高速で回転する先端の投射ヘッドから遠心力で管壁に向かって投射する方法であるが、ヘッドの中心を管の中心と一致させてやれば比較的均一なライニング厚が得られ、表面の仕上げはコテで行なうか、仕上げ用コーンを用いることによって行なわれる。適用口径は100～800φであり、比較的能率よく施工が可能である。

(3)　コテ塗り工法

適当に配合した硬練りモルタルを人力によって鋳鉄管内面にコテで塗りつける方法であり、最も原始的ではあるが、入念に施工しさえすれば、品質的には良好なライニングが得られる。ただし、施工能率は前二者に比べるとかなり劣り、工場生産としては不向きで、現場施工または補修用と考えるべき方法である。



写真－２　セメントモルタル遠心力投射装置

以上のような施工法によって、異形管の内面にセメントモルタルをライニングでき、この時に用いるセメントモルタルとしては、直管の配合とは若干異なり、砂／セメント比は1：1～1：2、水とセメント比はやや硬練りになるように調整、膨脹剤添加量７～11％のごとく設計する。養生方法は、蒸気養生後シールコート養生または施工後数時間放置後シールコート養生を施こすことによって、肌離れ、亀裂などの欠陥の少ない製品を得ることが可能である。

このようなセメントモルタルライニングされた鋳鉄異形管は、ライニングについてのメーカースタンダードにより施工され、一部の都市においては使用されている。

3．タールエポキシ塗装

鉄系金属の長期間にわたる重防食用塗装として、最近タールエポキシ塗装が広く用いられるようになってきた。

このタールエポキシ塗装は、1959年頃より市場に紹介され始めた塗料であり、特殊に加工精製されたコールタールと常温硬化のエポキシ樹脂を配合したものであり、コールタールの耐水性、耐食性にエポキシ樹脂の耐薬品性、靱性等の機械的強度、密着性、耐熱性などの特徴を賦与したものであり、両者の特徴が相乗的に作用し合って、非常に優れた性能を持つ塗膜を形成するものである。

わが国においては、昭和35年頃より徐々に使用が開始され、東京都水道局、国鉄、道路公団などで仕様化され、また船舶のバラストタンク用の塗装としても広く用いられている。このような情勢にかんがみ、通産省工業技術院においては“コールタールエポキシ樹脂塗料”のJIS K 5664 規格制定のための専門委員会が、また日本水道協会においては“タールエポキシ系塗料塗装方法”のJWWA K115 規格制定のための専門委員会が設置され、検

討の段階である。

このタールエポキシ塗料は、塗料自体が優れていると共に塗料の性質に揺変性（チクソトロピィー）を持たすことができるために、一度に厚く塗装することが可能になり、0.3mm程度の塗膜を一度に塗ることが可能であり、塗装の信頼性は従来の塗装に比べてより高い結果となっている。

タールエポキシ塗料に用いられるコールタールとしては、コールタールピッチ、膨潤炭、コールタールなどがあるが、水道用としては水質に及ぼす影響を考慮に入れて、低沸点分の少ないピッチ系のものでエポキシ樹脂との相溶性のよいものが選ばれる場合が多い。

エポキシ樹脂としては、基材と硬化剤とよりなっているが、基材はビスフェノールAとエピクロルヒドリンの数分子の反応によって得られる中分子量の液状または粉末状の物質であり、これと硬化剤として用いられるポリアマイド、ポリアミン、アミンアダクトなどが反応して、高分子の樹脂を形成するものであり、その性質は硬化剤の種類によりかなり左右される。すなわち、アミン硬化のものは樹脂の硬化反応終結が早く、生成した樹脂は硬く、緻密であり、耐水、耐薬品性は非常に優れているが、可撓性が若干悪い傾向があり、また使用時にアミンによる衛生上の問題や可使時間が短いなどの欠点がある。

ポリアマイド硬化のものは、塗膜の可撓性が優れており、耐水性、密着力も良好であるが、硬化反応がやや遅い傾向がある。使用時の毒性、可使時間などは問題なく、作業性からいって優れたものである。アミンアダクトは中間的な性質の樹脂となる。

タールエポキシ塗料は、上述のコールタール、エポキシ樹脂に充填剤、溶剤を加えて調整されるが、その塗料としては

- A液　コールタール＋エポキシ樹脂基材＋充填剤＋溶剤
- B液　硬化剤（＋溶剤）

- A液　コールタール＋硬化剤＋充填剤＋溶剤
- B液　エポキシ樹脂基材（＋溶剤）

の２種の配合を行なったA液とB液とよりなり、使用前にA、B両液を一定比率に混合して塗装し、室温で硬化せしめる。

タールエポキシ塗料の性能は、使用する原料(コールタール、エポキシ樹脂、硬化剤)によっても大きく変化するが、さらにコールタールとエポキシ樹脂の配合比率によっても影響される。概括的にその傾向を示すと表－５

表－５　タールエポキシ塗料のコールタールとエポキシの比率がその性能に及ぼす影響

	Epoxy/Tar 10%　75/25　50/50　40/60　30/70　20/80　0/100
塗膜硬度	硬 ←
可撓性	良 ←
吸水性	→ 小
密着性	→ 良 ←
耐熱性	良 ←
耐水性	→ 良 ←
耐曝露性	→ 良

のごとくであり、耐水性はタール分の多い方が優れ、塗膜の機械的性能はエポキシ樹脂の多い方が優れる傾向がある。

前述のJIS規格の専門委員会では、エポキシ樹脂の硬化塗膜中での含有量によって１、２、３種に分け、それぞれ表－６のごとき性能を要求しており、樹脂含有率によって差が出るのは、耐アルカリ性、耐酸性、耐油性であり、耐水性、耐湿性、塗膜強度など水道用の防食塗料として必要な性能は差がないとして取り扱っている。

タールエポキシ塗料の耐久性については、使用開始より10年程度しか経過していないため、正確な資料は不明であるが、最も古くから使用されていた水力発電所のペンストック(水圧鉄管)の内面について、電力中央研究所が昭和38～42年の５年間の塗膜状況を調査した結果からほとんど異状を認めず、さらに長期間の使用が可能との結論を出している。また、昭和37年頃から普遍的な規模で用いられ出したペンストック内面のタールエポキシ塗装は、今日に至るまで定期点検などで調査した結果、局部的な欠陥を補修する必要があった以外は、全面的な発錆その他は認められて

表－6　JIS K 5664コールタールエポキシ樹脂塗料の性能規格案

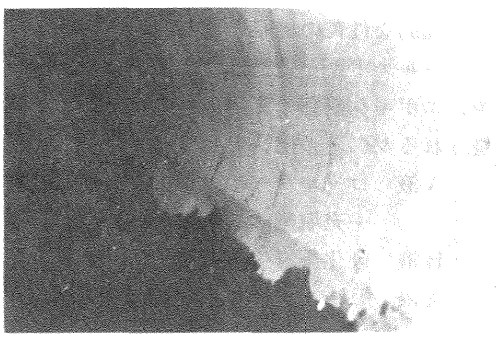
項目＼種類		1　種	2　種	3　種
容器の中での状態		主剤・硬化剤ともに硬い固まりがなくて均等になること。		
混合性		均等に混合すること。		
作業性		はけ塗り作業に支障がないこと。		
硬化時間		24時間以内		48時間以内
塗膜の状態		見本品にくらべて平らさは少なくなく、流れ・しわの程度が大きくなく、ふくれ・われを認めないこと。		
可使時間		3時間以上		5時間以上
塗膜厚0.1mm試験板での塗膜性能	耐屈曲性	直径10mmの屈曲に耐えること。		
	耐衝撃性	50cmの高さから落したおもりの衝撃で、われおよびはがれができないこと。		
	耐熱性	80℃で5時間加熱する試験に耐えること。		
	耐湿性	168時間の湿度に耐えること。		
	耐塩水噴霧性	120時間の塩水噴霧に耐えること。		
	耐アルカリ性	水酸化ナトリウム5％溶液に7日間浸しても異状がないこと。	水酸化ナトリウム5％溶液に5日間浸しても異状がないこと。	水酸化ナトリウム5％溶液に3日間浸しても異状がないこと。
	耐酸性	硫酸5％溶液に7日間浸しても異状がないこと。	硫酸5％溶液に5日間浸しても異状がないこと。	硫酸5％溶液に3日間浸しても異状がないこと。
	耐揮発油性	試験用3号揮発油に48時間浸しても異状がないこと。	――	
	耐油性	――	灯油に7日間浸しても異状がないこと。	――
加熱残分（%）		60以上（混合塗料中）		
硬化塗膜中でのエポキシ樹脂含有率（%）		30以上	20以上	12以上

おらず、流速3m/sec程度の流れに対しては良好な耐久性を持つことが示されている。

写真－3に3年3ヵ月間、海水を通水した後のタールエポキシ塗装ダクタイル鋳鉄管の内面状況を示すが、海水のように上水に比べてはるかに侵食性の強い流体に対しても、一部のわずかな発錆を除いては良好な状況にあることが示されている。

この防食性能に優れたタールエポキシ塗装の現在での問題点としては、水質に及ぼす影響があげられる。この点については、日本水道協会において衛生常設調査委員会が詳細な検討を行ない、その基準を現在作成中である。問題とされていたアミン類の毒性については、ほぼ問題なしとされ、現在はフェノール類、過マンガン酸カリ消費量、残留塩素の減少量、臭気などが検討項目とされているが、解決されつつある。

表－7に水質試験の結果の一例を示す。鋳鉄管異形管のタールエポキシ塗装にあっては、管路の大部分がセメントモルタルライニングの直管であり、一部のみに使用されるのが実情であるため、管路全体がタールエポキシ塗装の場合に比較すると、その影響は問題にならない程度と思われる。



写真－3　タールエポ塗装管の
3年3ヵ月後の状況（海水を通水）

表－7　タールエポキシ系塗料の水質試験結果の一例（試験片A）

（内径80mmφ相当の塗布面積／水量比で試験）

供試水	都市名 ＼ 試験項目 ＼ 水質基準	室温（℃）	水温（℃）	濁度	色度	pH値	$KMnO_4$消費量（ppm）	導電率（μv/cm）	残留塩素（ppm） 遊離	残留塩素（ppm） 全残	亜硝酸性窒素（ppm）	アンモニア性窒素（ppm）	フェノール類（ppm）	蒸発残留物（ppm）	アミン（定性）	臭気	臭気濃度	硬度（ppm）
	水質基準	—	—	2以下	5以下	5.8～8.6	10以下	—			不検出	不検出	0.005以下	500以下	—	異常でないこと	—	300以下
人工供試水 1回目	A市水道局	最高19.5	(17.0)	(0.0)	(0.0)	(7.0)	(0.61)	(75)		(0.80)	(0.000)	(0.00)	(0.000)		(−)	(塩素臭)		(30.0)
	試験開始 S.46.9.28	最低16.0	17.0	0.0	0.0	6.7	0.92	75		0.40	0.000	0.00	0.000		不	塩素臭		30.5
	B市水道局	最高18.0	(17.6)	(0)	(0)	(69)	(0.24)	(77)		(0.9)	(0)	(0)	(0)		(−)	(なし)		(30)
		最低17.3	17.6	0.1	1	6.9	0.71	75		0.3	0	0	0		不	なし		32
	C市水道局	19.9～21.0	(21.0)	(0.5)	1.0	(7.20)	(0.9)	(73)	(0.65)	(0.75)	(0)	(0.00)	(0.001)	(51)	(−)	(塩素臭)	(−)	(31.3)
	試験開始 S.46.9.29		20.9	0	1.0	7.25	1.1	72	0.30	0.40	0	0.03	0.007	47	不	微溶剤臭	4.0	31.6
人工供試水 2回目	A市水道局	最高19.7	(17.2)	(0.0)	(0.0)	(7.0)	(0.61)	(74)		(0.80)	(0.000)	(0.00)	(0.000)		(−)	(塩素臭)		(30.0)
	試験開始 S.46.9.29	最低16.2	17.2	0.0	0.0	6.7	0.92	75		0.50	0.000	0.00	0.000		不	塩素臭		30.0
	B市水道局	最高18.3	(19.1)	(0)	(0)	(7.1)	(0.16)	(72)		(0.7)	(0)	(0)	(0)		(−)	(なし)		(31)
		最低16.8	19.1	0.3	1	6.9	0.16	72		0.4	0	0	0		不	なし		31
	C市水道局																	
水道水 1回目	A市水道局	最高19.5	(16.7)	(0.0)	(0.0)	(6.5)	(1.54)	(132)		(0.80)	(0.000)	(0.00)	(0.000)		(−)	(塩素臭)		(38.5)
	試験開始 S.46.9.28	最低16.0	16.7	0.0	0.0	6.3	2.46	138		0.30	0.000	0.00	0.000		不	塩素臭		39.0
	B市水道局	最高18.0	(17.6)	(0.2)	(1)	6.8	(0.63)	(118)		(0.7)	(0)	(0)	(0)		(−)	(なし)		(44)
		最低17.3	17.6	0.3	1	6.9	1.66	122		0.2	0	0	0		不	なし		43
	C市水道局	19.9～21.0	(20.8)	(0)	(1.0)	(7.25)	(1.5)	(110)	(0.50)	(0.60)	(0)	(0)	(0.001)	(72)	(−)	(塩素臭)	(−)	(17.9)
	試験開始 S.46.9.29		20.9	0	1.0	7.25	2.7	110	0.25	0.30	0	0.03	0.006	72	不	微溶剤臭	1.3	18.2
水道水 2回目	A市水道局	最高19.7	(17.0)	(0.0)	(0.0)	(6.5)	(1.54)	(132)		(0.80)	(0.000)	(0.00)	(0.000)		(−)	(なし)		(38.5)
	試験開始 S.46.9.29	最低16.2	17.0	0.0	0.0	6.4	2.77	137		0.30	0.000	0.00	0.000		不	塩素臭		39.0
	B市水道局	最高18.3	(19.1)	(0.2)	(1)	(7.1)	(0.63)	(113)		(0.7)	(0)	(0)	(0)		(−)	(なし)		(38)
		最低16.8	19.1	0.3	1	6.9	0.70	111		0.3	0	0	0		不	なし		39
	C市水道局																	

注：（　）内は、空試験を示す。

現在、日本水道協会において審議中のタールエポキシ系塗料塗装方法による性能規格案を表－8に参考までに記すが、塗膜の機械的強度などについての要求水準は、コールタールエナメルを基準として定められているため非常にあまく、JIS原案に比べると水準自体にいくぶん問題があると思われる。

タールエポキシ塗料の塗膜厚は、従来の塗装に比べるとはるかに厚いことが特徴であり、このことがひいては耐食性能の信頼性が大なることの最大理由でもある。

JWWA K115の規格案では0.3㎜以上の膜厚を要求している。これだけの塗膜を得るための塗装方法としては、最も一般的には図－6に示すように、エアレススプレーにより塗料自体に100kg/㎠以上の圧力を加えて断熱膨張せしめ、噴霧する方法が採用され、一度に0.3㎜以上の乾燥塗膜を得る方法が行なわれるが、極小口径管でうまくスプレイできない場合や、現場に対する塗装などでは刷毛塗りが行なわれる。

特に刷毛塗りにおいては、従来のごとき小口径の鋳鉄異形管類では口径に比べて長さが長く、確実な塗装検査が行ない得なかったが、ショートボディー化したデザインのタイトン形異形管では、相対的に刷毛塗りおよび検査が容易になり、実用が可能となった。そのため、今後このタイプの小口径異形管については、このタイプの重防食塗装を客先の要求に応じて実用化されていくことになろう。

4．粉体塗装

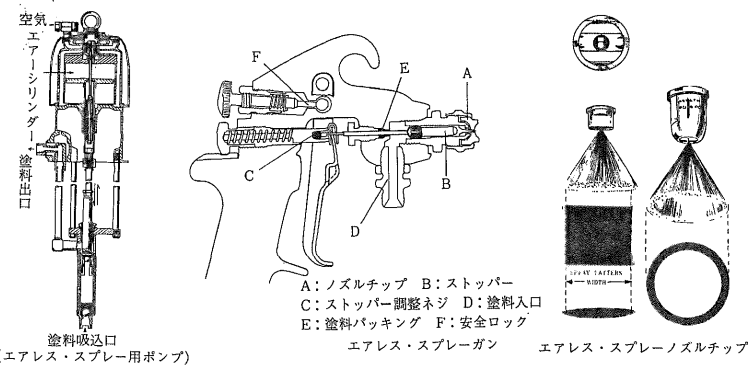
前述のタールエポキシ塗料は、重防食用塗料としての性能は画期的なものであるが、均一な塗膜厚を得るのに比較的熟練を要すること、塗装後乾燥硬化までに長時間を要すること、溶剤を含んでいるために、塗膜に溶剤が揮散する気孔がどうしても避けられないことなどの欠点がある。

粉体塗装は、溶剤を含まない固形樹脂を粉砕した塗料を鉄面に直接塗装した後、熱により溶融成膜せしめるものであるため、溶剤に起因する塗膜の多孔性、耐水性、耐薬品性の低下、溶剤残存による水質の影響、衛生上の問題点などが完全に解消し、加熱により硬化が完了するため、乾燥硬化のための保存期間

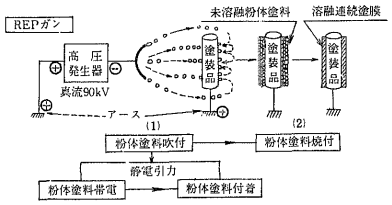
表－8　JWWA K 115タールエポキシ系塗料塗装方法による性能規格(案)

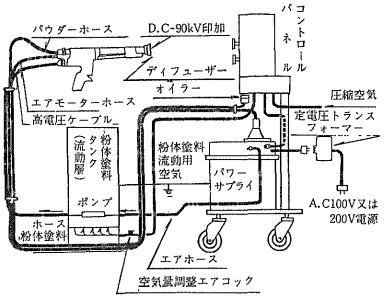
試験項目			規定
容器の中での状態			かき混ぜたとき、堅いかたまりがなくて一様になること
混合性			均等に混合すること
作業性			作業に支障がないこと
乾燥時間	塗膜の厚さ 0.3㎜	指触乾燥	7時間以内
		硬化乾燥	48時間以内
	塗膜の厚さ0.15㎜	指触乾燥	3時間以内
		硬化乾燥	24時間以内
塗膜の外観			はけ目、流れが著しくなく、割れを生じないこと
塗膜厚0.3㎜試験板での塗膜性能	曲げ試験 JIS G 3492	きれつ発生までのたわみ	38㎜以上
		38㎜たわんだときのはく離面積	はく離がないこと
	衝撃試験 JIS G 3492	直接衝撃によるはく離面積	3㎠以下
		間接衝撃によるはく離面積	はく離がないこと
	低温・高温繰り返し試験		きれつ、はく離がないこと
	密着性試験		はげないこと
	塩水噴霧試験 JIS Z 2371		さび、ふくれ、割れがないこと
溶解試験〔付属書による〕			

図－6　エアレススプレー装置



図－7　粉体塗装の原理および装置概略図





が不必要となり、静電粉体塗装を採用すれば、塗膜厚の均一性も熟練を必要としないで確保できる特徴がある。

静電粉体塗装は図－7に示すように、タンク中で流動化された粉体塗料はホースを通って静電塗装ガンに送られ、そのヘッドで直流高電圧を与えられた電界中で負に荷電されて噴射され、正にアースされた被塗物に静電引力によって吸引塗装されるものであり、被塗物の全面にわたって、静電平衡が達するまで塗料が付着するため、塗り残しの発生する可能性がなく、均一な塗膜が硬実に得られる。この場合、被塗物は予熱する場合としない場合があるが、前者の方が厚膜塗装が得られる。このようにして塗装された被塗物は後加熱を行ない、粉体塗料を溶融成膜せしめ硬化させ、塗装完了となる。

粉体塗装としては、この静電塗装法以外に流動浸漬法、フロックガンによる方法などがあるが、異形管類の内面防食についての利用は困難である。粉体塗装に使用する塗料としては、タールエポキシ、エポキシ樹脂、塩化ビニル樹脂、ポリエステル樹脂、アクリル樹脂、ポリエチレン樹脂などがあるが、長期間流水と接触して防食効果を保持するには、タールエポキシ、エポキシ樹脂、塩化ビニル樹脂が実験の結果最適であることがわかった。写真-1に示す管路で4年間通水した後のタールエポキシ、エポキシ樹脂、塩化ビニル樹脂の粉体塗装の内面状況をみると、いずれも異常は認められなかった。

タールエポキシ、エポキシ樹脂、塩化ビニル樹脂を詳細に比較した結果、いずれも実用可能であるが、塩化ビニル樹脂は密着性が劣るためプライマー処理が必要であり、工程的なデメリットとなるため、実用的には前二者が採用され、価格的にはタールエポキシ粉体塗装が最も優位にある。

これらのタールエポキシ、エポキシ樹脂は塗装後200℃の温度で加熱硬化さすため、エポキシ樹脂の完全硬化が可能となり、塗膜の物性、耐水性、耐薬品性は常温硬化のものに比べて優れ、揮発性成分、可溶性成分を含まないため、水質に及ぼす影響ははるかに優れている。表－9、10に塗膜性能、水質試験結果を示す。

表－9　各種粉体塗装の塗膜性能

	エポキシ樹脂	タールエポキシ	塩化ビニル	ポリエチレン
鉛筆硬度	2H～3H	H～4H	B～HB	6B～3B
ゴバン自試験（1㎜巾）	100／100	100／100	100／100	100／100
エリクセン試験（㎜）	6～7	7	8	7
屈曲試験（㎜φ）	6	6	2	3
耐衝撃試験（デュポン式½″×1kg×Xcm）	50	40	50	50
耐摩耗試験（テーバー式1000回）	50	100	60	10
連続耐熱温度（℃）	120	100	60	100
耐寒温度（℃）	−40	−30	−20	−60
耐炎性	自己消火性	自己消火性	自己消火性	燃え広がりが遅い
体積固有抵抗（ohm-cm）	10^{15}～10^{16}	10^{15}～10^{16}	10^{13}～10^{15}	10^{15}～10^{16}
耐アーク性（秒）	150～180	150～180	60～80	130～160
吸水率（24hr、%）	0.05～0.10	0.10	0.01～0.07	0.01
耐沸騰水試験（時間）	30	25	16	8
耐塩水噴霧試験（時間）	1500	800	800	500
耐酸性（50%硫酸）	優秀	優秀	優良	優秀
〃（38%塩酸）	優秀	優秀	優良	優秀
耐アルカリ性（25%カセイソーダ）	優秀	優秀	優秀	優秀
〃（28%アンモニア水）	優秀	優良	優良	優秀
耐溶剤性（アセトン）	優秀	優良	不可	不可
〃（アルコール）	優秀	優良	優良	優良
〃（ベンゼン）	優秀	優良	不可	不可
〃（トリクレン）	良好	良好	不可	不可
耐汚染試験	優良	良好	普通	普通

表－10　粉体塗装の水質試験結果　（75㎜φ管に24時間湛水）

	エポキシ樹脂	タールエポキシ	対照水
濁度	0.0	0.0	0.0
色度	0.3	0.3	0.3
pH	6.8	6.8	6.8
$KMnO_4$ 消費量（ppm）	1.7	1.9	1.2
導電率（$\mu\upsilon$/cm）	120	120	120
残留塩素（ppm）	0.50	0.50	0.70
亜硝酸性窒素（ppm）	0.0	0.0	0.0
アンモニア性窒素（ppm）	0.01	0.01	0.01
フェノール類（ppm）	0.004	0.004	0.003
蒸発残渣（ppm）	93	93	93
硬度（ppm）	21	21	21
アミン類（定性）	不検出	不検出	不検出
臭気	塩素臭	塩素臭	塩素臭

このエポキシ樹脂またはタールエポキシ粉体塗装は、加熱硬化する必要があるため鋳鉄管の熱容量の大なるものに適用することは不経済であり、そのため適用可能管種としては薄肉の小口径のタイトン形ダクタイル鋳鉄異形管があげられる。大量生産のためにはかなりの設備投資を必要とするが、生産性は良好であり、75㎜φ～250㎜φまでの小口径鋳鉄異形管全体に適用可能で、品質的にも均一で、防食性能も優れているため今後大いに期待できる防食方法であるということができる。

以上、異形管の防食方法として現在実用可能な方法を3種類について概略説明してきたが、これらの方法を特にユーザーから要望のある場合について段階的に採用していき、ユーザーのご指導ご協力を得て、その普及の範囲を広め、実用化していくために努力したいと思う。

技術レポート
〈2〉

中小口径ダクタイル管の推進工法

日本鋳鉄管協会配管技術分科会
委員　稲垣博巧
委員　仁木彬隆

1．まえがき

本誌No.6で中小口径管の推進工法について報告させていただいたが、その後2、3の改良が加えられ今日に至っている。今回は、その改良点と小口径推進管の実績について、紹介させていただくことにした。

まず、改良点を列挙すると

(1) 継手接合作業のスピード化

接合作業をより容易にするため、内カラーの形状、寸法を若干変更した。

(2) 推進精度の向上

500φ以下の管では、人が中に入れないので、推進管の方向修正は現段階では不可能に近い。そこで、本管を推進する前にボーリングロッドを所定の位置に試錐し、押込口から到達口まで貫通させ、このロッドを案内として本管を推進する工法を採用した。

(3) 土の搬出方法

推進中において先導管内に入ってくる土を管外に取り出す方法として、前回の報告では

① 真空吸上方式
② ジェット水流方式
③ オーガー方式

の実験結果について述べたのであるが、種々の実例を検討した結果、ジェット水流方式がもっとも汎用性ありと考えられたので、この方式に種々の改良を加えた工法を採用した。

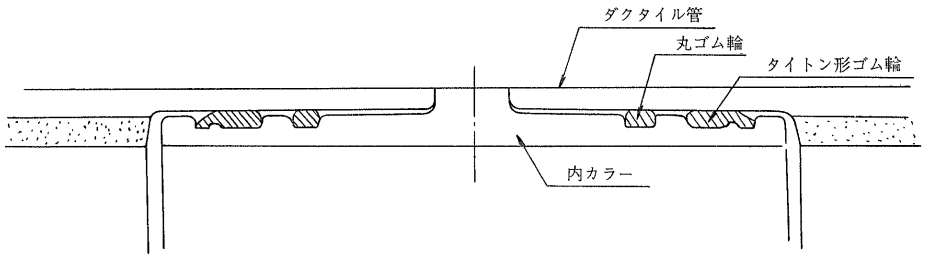
2．推進管

この工法に用いた推進管について述べる。

(1) タイトン形内カラー継手推進管(TIC)

図－1に示すように、管、内カラーおよびゴム輪からなっていて、接合後は外面に突起物のない、推進工法に適した構造となっている。(付図参照)

図－1　タイトン形内カラー継手管の構造



この継手を前回に報告したものと比較すると、タイトン形ゴム輪と丸ゴム輪の位置が入れかわっている。そうすることによって、受口がタイトンゴム輪の位置まで押込まれた状態で自動的に芯出しができるので、接合作業がより容易になった。

この継手の特長は、

① ゴム輪は、タイトン形ゴム輪と丸ゴム輪の２重シール形式となっているので、水密性は非常に優れている。

② 接合作業は、内カラーにゴム輪をセットし、油圧ジャッキを利用して管を押込むだけでできるので簡単迅速である。

③ ダクタイル管は圧縮強度が大きいのでさや管工法を採らなくても、直接推進できる。

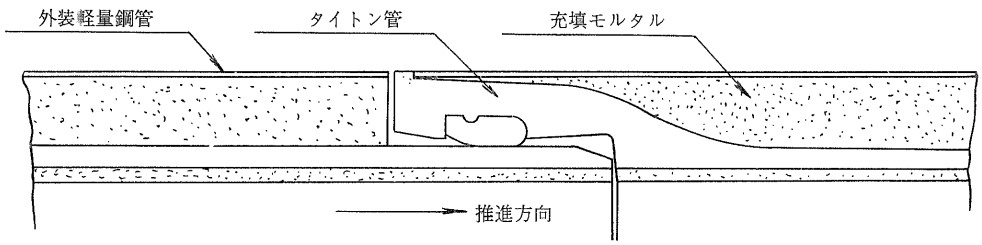
④ 継手性能は従来のメカニカル形と変わりなく、ある程度の可撓性があるので施工後の地盤沈下にも順応しやすい。

(2) タイトン形外装推進管(TOM)

図－２に示すように、従来のタイトン管(75～250φ)に、受口外径に相当する軽量鋼管(管厚0.5㎜程度)をかぶせ、その中へセメントモルタルを充填して推進用としたものである。

推力は、受口底部とサシ口端面が接触して伝達される。

図－２　タイトン形外装推進管(TOM)



3．工法の概要

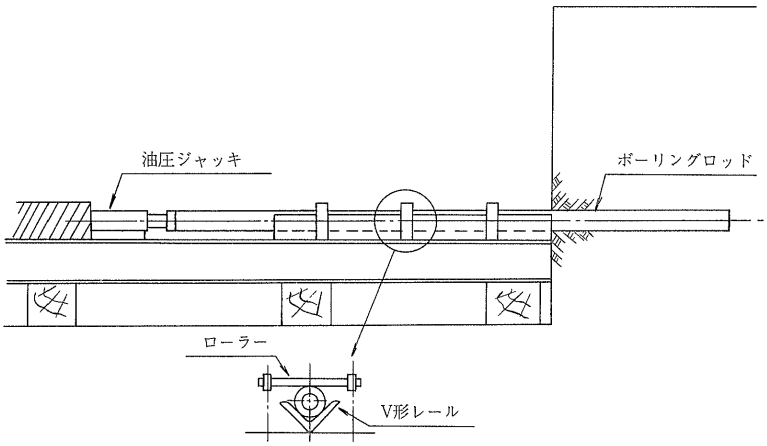
工事は、推進しようとする箇所に60～70φ㎜×1500ℓ㎜のボーリングロッドをねじ接合しながら押込口から到達口へ試錐し、それが所定の位置に達しているかどうかを確認すると同時に、その時の推力や状況から土質を推定し、本管を押す時の参考とした。その後、このロッドを案内として本管を推進した。この場合、本管はロッドに従って推進されるので、継手部に曲がり防止機構を必要としない。

(1) ロッドの試錐方法

① ミニ推進

図－３のように、ボーリングロッドが曲がらないようにV形レールの上にのせ、ローラーで抱え、小形の油圧ジャッキで圧入する。この方法は、圧力水や回転装置を使用しないので非常に簡単であるが、推進長15m位までしか使用できない。

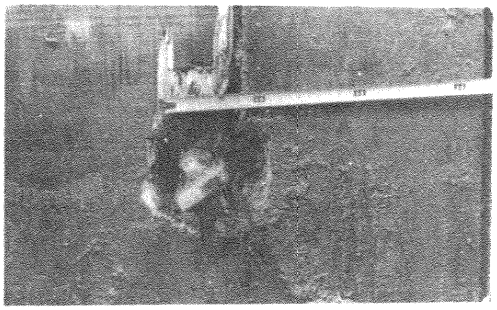
図－3　ミニ推進



② 水平ボーリング

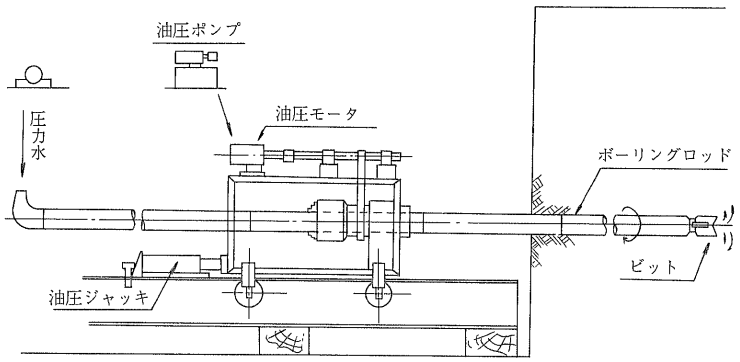
ロッドの直進性を増すために、図－4のように水平ボーリング装置を用い、ロッド先端のビットから圧力水を噴出し、油圧モーターで回転させながら押込む。

この方法は推進長20m位まで、実用上十分な精度が得られるが、ボーリングの際に水を使用するので、水が得られない場所では採用できない(地下水があればよい)。



写真－1　ロッド到達

図－4　水平ボーリング



③ さや管方式水平ボーリング

推進長が長くなると、ロッドのみでボーリングするとロッド自重、土質の変化などによって曲がりやすいので、それを防止するためロッド数m分を水平ボーリングした後、さや管をロッド先端のビット近くまで押込み再び数m水平ボーリングし、また、さや管を押込むという操作を繰返して到達口までボーリングする。

この工法による実験結果を簡単に説明する。

a. 実験条件

推進長　　30m

土　質　　砂

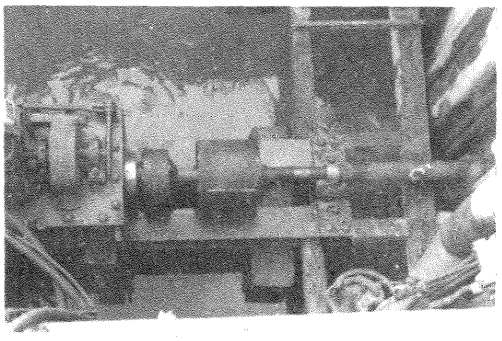
ボーリングロッド　60φ×1,500ℓmm

さや管　　89.1φ×10t×750ℓmm

b. 方法

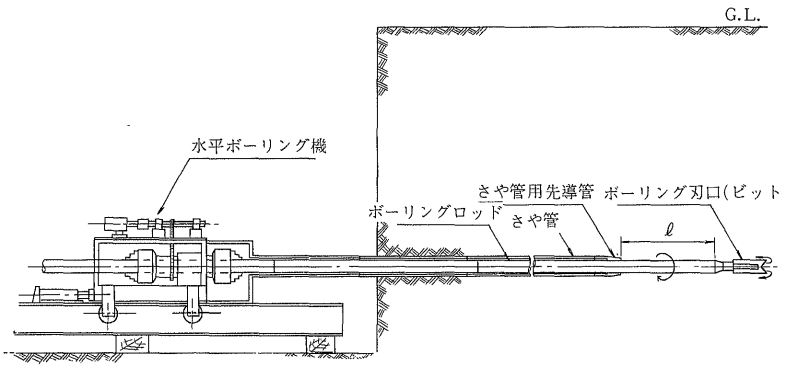
先ずロッド２本(３m)を水平ボーリングした後、さや管３本(2.25m)を図－５のように押込む。

以後、ロッド２本ボーリング後、さや管４本(３m)を押込むという操作を繰返した。従って図－５に示すロッド先端とさや管先端との距離ℓは最小0.75m、最大3.75mとなる。



写真－２　さや管方式水平ボーリング

図－５　さや管方式水平ボーリング



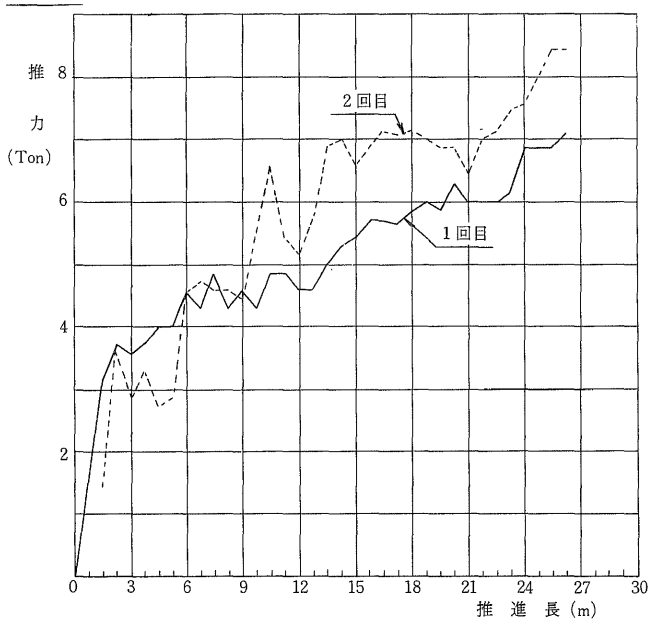
c. 結　果

このようにして30mボーリングした時のロッドの曲がりを表－１、さや管の推進荷重を図－６に示した。

表－１　ロッドの曲がり

	上　下	左　右
No. 1	下 7.5cm	左 18cm
No. 2	下 20cm	左 5cm

図－６　推進長－推力



(2) 本管の推進方法

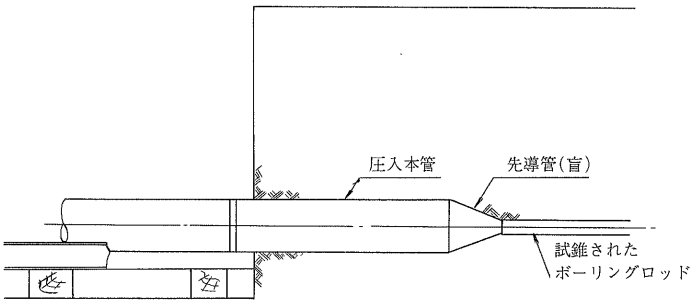
所定の位置に通したロッドを先導管と連結して本管押しを行なう。

① 円錐形の先導管での盲押し

推進長が、10～15m程度で土質が軟かい場合に用いる。

この工法では、管内に土が入らないので最も簡単な工法といえる。

図－7　盲押し方式

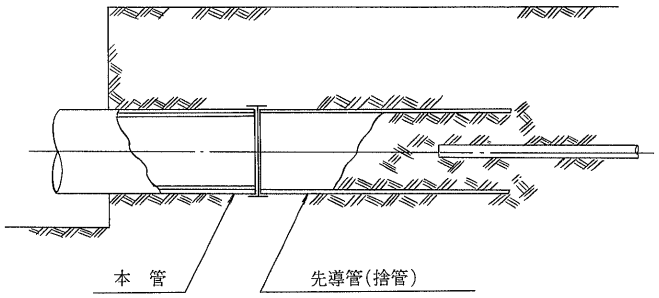


② 捨管方式

推進長が、20m前後の場合に用いる工法で、先導管(長さ2～4mの捨管)内に入ってきた土をその中に貯蔵し、到達口に先導管が出てきた時に適当にガス切断して先導管を切り捨てる。

この工法も土を取り出さないので比較的簡単といえる。

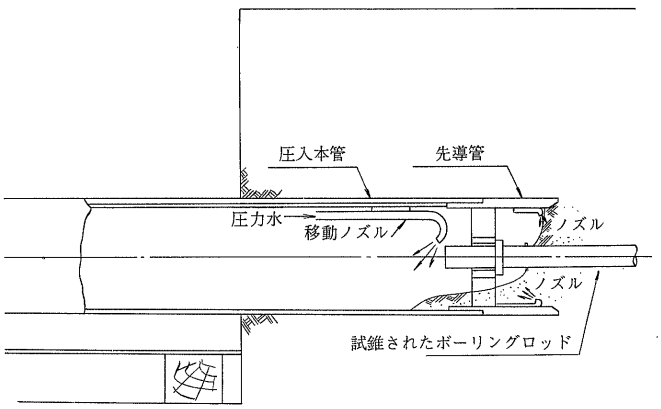
図－8　捨管方式

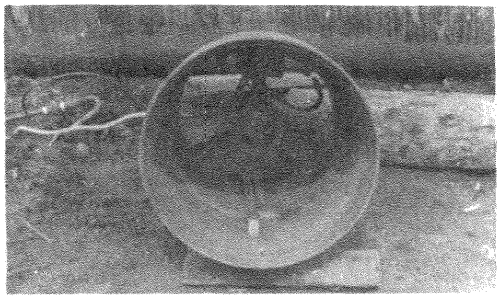


③ ジェット水流工法

推進長が30m前後の場合に用いる工法で、砂地盤には特に有効である。先導管内に入ってきた土砂を先端のノズルで崩し、移動ノズルで管外に流し出す。

図－9　ジェット水流工法



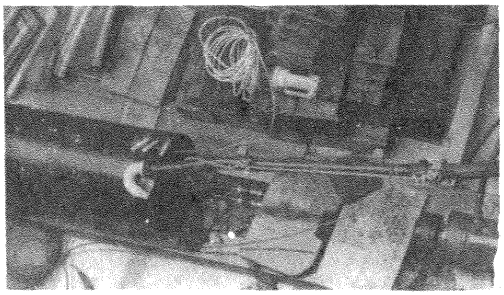


写真－3　先導管（正面）

写真－4　先導管（側面）

4．実施結果

前記のロッドの試錐方法と本管の推進方法を口径、推進長、土質などによって適当に組合わせて推進を行なった。



写真－5　移動ノズル

最近実施した数例を表－2に示す。

実施例の中から2、3例について概説する。

(1)　**実施例Aの場合**

①　**施工条件**

a. 口径　　250φTIC

b. 推進長　19.5m（4.5m×4本＋1.5m切管）

c. 工期　　昭和45．3．25～3．28

d. 土質　　砂混り粘土

e. 工法　　ミニ推進＋盲押し

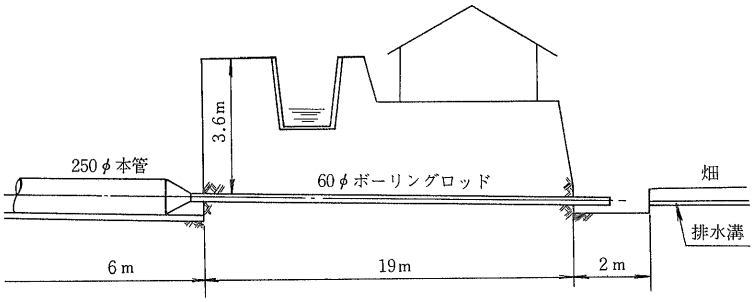
②　**施工状況**

図－10のように水路と庭をゆるい勾配をもって横断した。

表－2

実施例	工期	施工条件			工法		結果		備考
		口径×推進長	土被り	土質	先押し	本管	max 荷重	曲がり	
A	45／3	250φ×19 m	3 m	粘土	ミニ推進	盲押し	25ton	(下) 47cm (右) 10〃	河川横断
B	45／4	500φ×15.7〃	4 〃	砂と粘土	――――	ジェット水流	56 〃	(下) 4〃 (左) 1〃	〃
C	45／5	400φ×16.5〃	2.2〃	砂混粘土	ミニ推進	盲押し	78 〃	(上) 15〃 (右) 5〃	〃
D	45／6	400φ×16.5〃	2.2〃	粘土	〃	〃	64 〃	(下) 13〃 (左) 3〃	〃
E	45／6	400φ× 9 〃	2.2〃	砂	――――	ジェット水流	5 〃	(上下) 0 (左右) 0	〃
F	45／6	300φ×22 〃	3 〃	粘土	水平ボーリング	盲押し	30 〃	(上) 17〃 (右) 30〃	市電軌道横断
G	45／6	300φ×22 〃	3 〃	〃	〃	〃	10 〃	(下) 18〃 (左右) 0	〃
H	45／7	300φ× 9 〃	2.5〃	砂と粘土	ミニ推進	〃	21 〃	(下) 20〃 (右) 5〃	名鉄引込線軌道横断
I	45／6	400φ×21 〃	4.9〃	細砂	利根工事回転ボーリング	ジェット水流	42 〃	(上) 20〃 (左右) 0	市道横断
J	45／8	300φ×15 〃	2.7〃	砂と粘土	水平ボーリング	盲押し	30 〃	(下) 5〃 (右) 2〃	軌道横断
K	45／12	400φ×22 〃	2.4〃	シルト混り砂	〃	ジェット水流	82 〃	(下) 20〃 (左右) 0	水路横断
L	46／1	150φ×18 〃	1.7〃	砂	〃	捨管方式	54 〃	(上) 1.8〃 (右) 13〃	市道横断
M	46／11	300φ×60 〃	4 〃	砂	さや管方式水平ボーリング	〃	62 〃	(下) 35〃 (左) 25〃	水路横断

図－10　施工状況図



③ 結　果

a. 所要時間

項　　目	ミニ推進	本　　管
推　　進	3.5時間/全ロッド	1.5時間/1本
ジョイント	――	15分/1ヵ所

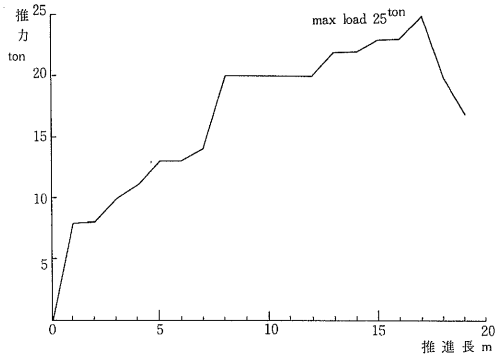
b. 曲がり

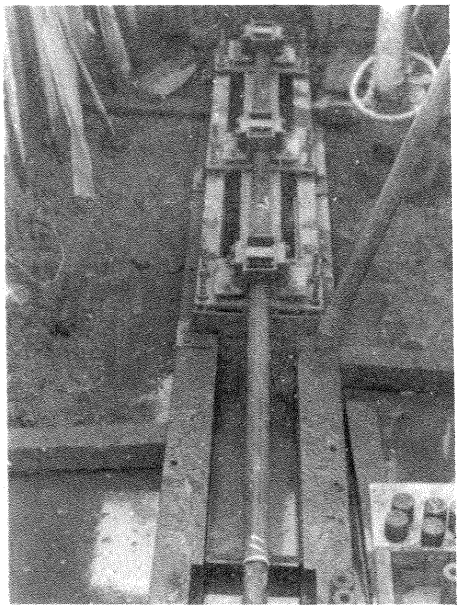
ミニ推進	本　　管
下に470mm 右に100mm	ミニ推進に同じ

c. 推　力

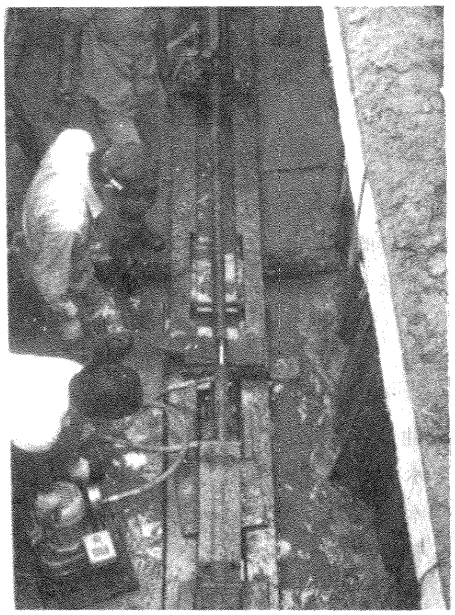
本管推進時における推力は、図－11の通りである。

図－11　推進長線図

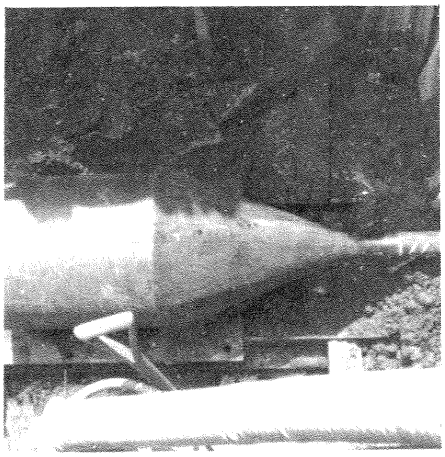




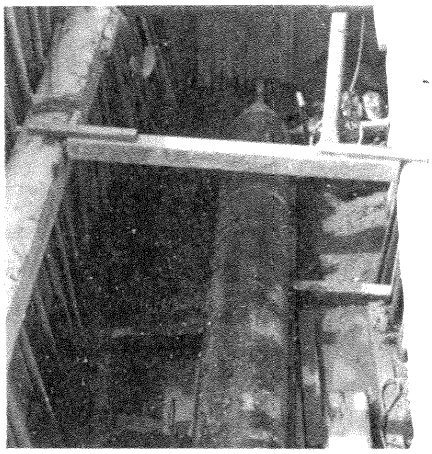
写真－6　ミニ推進状況（その1）



写真－7　ミニ推進状況（その2）



写真－8　盲押し状況（その1）



写真－9　盲押し状況（その2）

(2)　実施例Kの場合

①　施工条件

a. 口　径　400φTIC

b. 工　期　昭和45．12．2～12．8

c. 推進長　22m　5.5m×4本

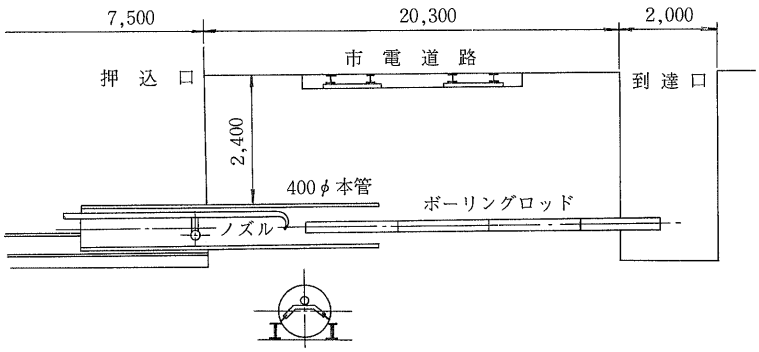
d. 土被り　2.4m

e. 土　質　シルト混り砂

f. 工　法　水平ボーリング＋ジェット水流

②　施工状況

図－12



③　結　果

a. 所要時間

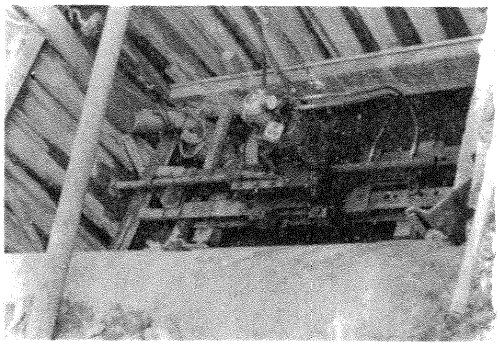
水平ボーリング	2.5時間/全ロッド
本　管　推　進	2時間/1本
洗　　管	2時間/1本
ジ　ョ　イ　ン　ト	20分/1ヵ所

b. 曲がり

水平ボーリング	下に350mm、左右0
本　　管	下に200mm、左右0

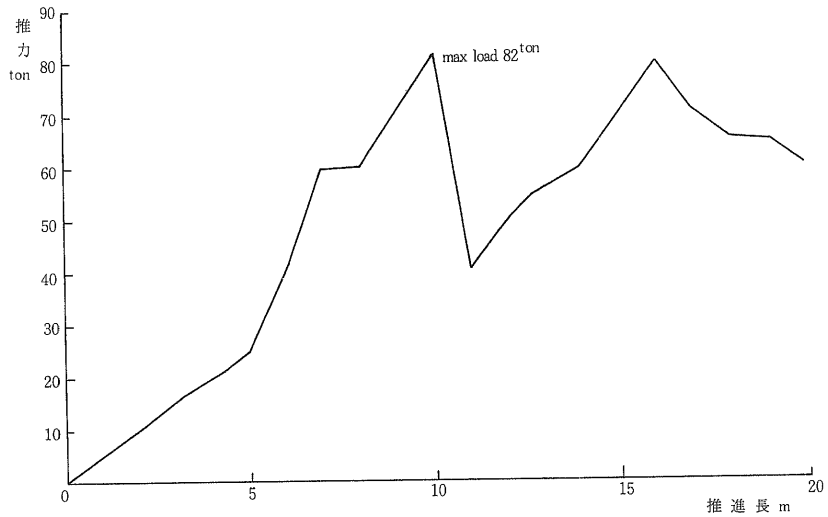
c. 推　力

本管推進時における推力は図－13の通りである。



写真－10　水平ボーリング

図－13　推進長線図



(3)　実施例Lの場合

①　施工条件

a. 口　径　150φ　TOM※

b. 工　期　昭和46. 1. 11～1. 12

c. 推進長　18m　2m×9本

d. 土被り　1.7m

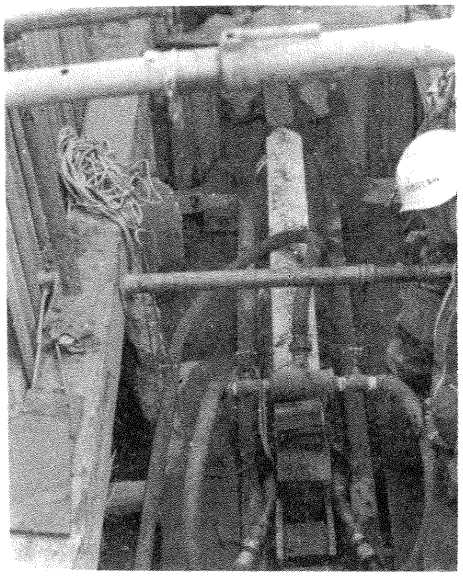
e. 土　質　砂

f. 工　法　水平ボーリング＋捨管

（施工状況参照）

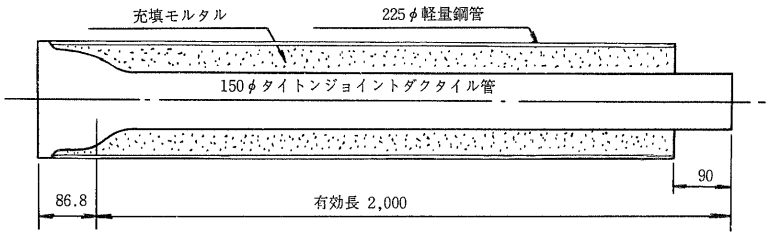
注：TOM

タイトンジョイントダクタイル管の外面に、軽量鋼管をかぶせ、ダクタイル管と軽量鋼管の隙間にモルタルを充填した推進用のタイトンジョイントダクタイル管でTyton Out side Mortarの略称。



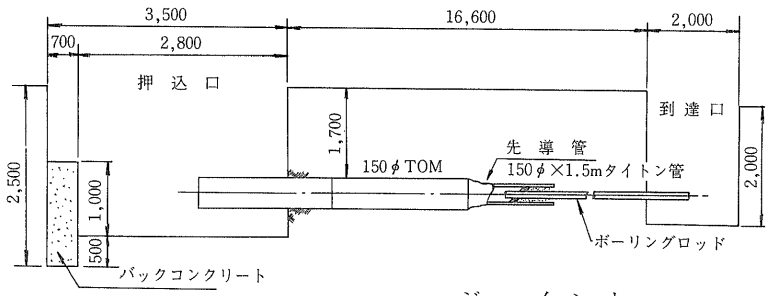
写真－11　推進状況

図－14　タイトン形外装推進管（TOM）



② 施工状況

図－15



③ 結 果

a. 所要時間　　1.7時間/全ロッド

水平ボーリング　35分/1本

本 管 推 進　5分/1ヵ所

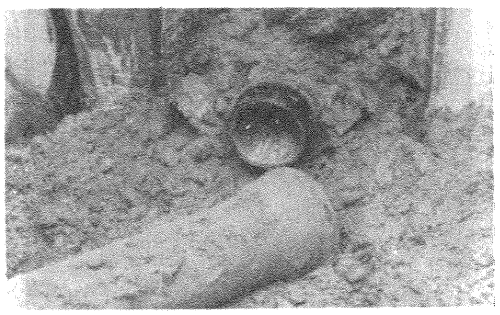
ジョイント

b. 曲がり

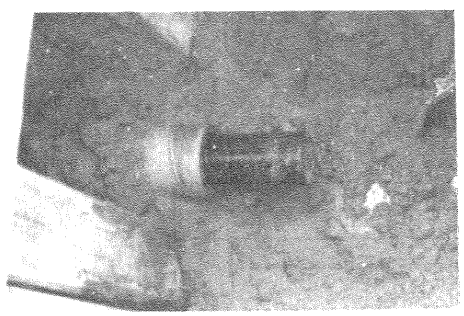
水平ボーリング　上に65mm　右に150mm

本　　管　上に18mm　右に130mm

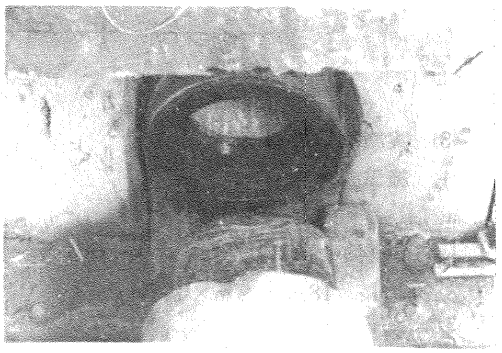
写真－12　捨管到達（捨管内に土がつまっている）



写真－13　捨管をとりはずした状態（手前が捨管）



写真－14　捨管をとりはずした状態（本管＝タイトン形外装推進管）



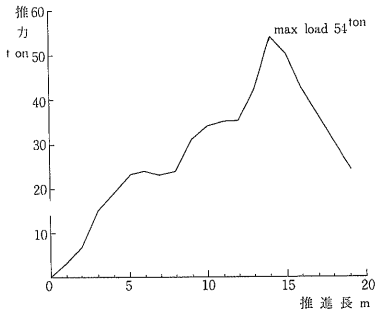
写真－15　継手接合

写真－16　推進状況

c. 推　力

本管推進時における推力は図－16の通りである。

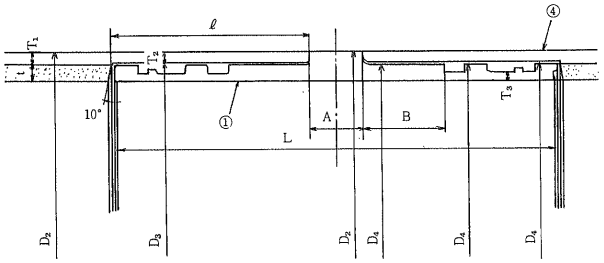
図－16　推進長線図

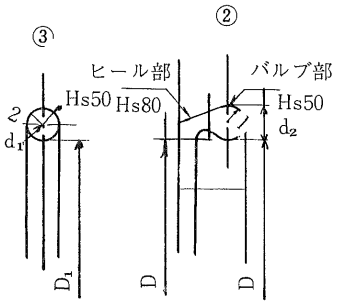


5. あとがき

今回は、小口径管の推進について報告させていただいたが、今後に残された問題も多くみなさま方のご教示を賜わり、さらにいっそうの改善に努めていく所存である。

付図

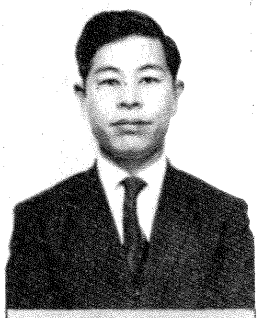




符号	名　称	材質	摘　要
4	鉄　管	FCD	
3	丸ゴム輪		
2	タイトン形ゴム輪		
1	内カラー	FCD	

呼び径	各部寸法											タイトン形ゴム輪		丸ゴム輪		管長	呼び径
	D_2	T_1	T_2	T_3	t	D_3	D_4	A	B	L	ℓ	D	d_1	D_1	d_2		
200	220.0	7.5	6.0	5.0	10.0	208.0	205.5	30	51.5	280	126	175	11	168	9.5	4500	200
250	271.6	〃	〃	〃	〃	259.6	257.1	〃	〃	〃	〃	222	〃	212	〃	〃	250
300	322.8	〃	6.5	5.5	11.0	309.8	306.8	35	53.0	290	129	267	〃	254	〃	5500	300
350	374.0	〃	〃	〃	〃	361.0	358.0	〃	〃	〃	〃	313	〃	298	〃	〃	350
400	425.6	8.5	7.0	6.0	11.5	411.6	408.6	〃	〃	295	132	358	12	340	10.0	〃	400
450	476.8	9.0	7.5	6.5	12.5	461.8	458.8	〃	54.0	300	135	402	13	382	10.5	〃	450
500	528.0	9.5	8.0	〃	〃	512.0	509.0	〃	〃	〃	〃	447	〃	425	〃	〃	500
600	630.8	11.0	9.0	7.5	13.5	612.8	609.8	〃	57.0	310	140	537	14	510	11.2	〃	600
700	733.0	12.0	10.0	8.5	14.5	713.0	709.0	〃	62.0	320	146	627	〃	595	〃	〃	700
800	836.0	13.5	11.0	9.0	15.0	814.0	810.0	〃	69.5	340	156	717	15	680	11.7	〃	800
900	939.0	15.0	12.0	10.0	16.0	915.0	911.0	〃	73.0	350	161	807	16	765	12.2	〃	900
1000	1041	16.5	13.0	11.0	16.5	1015	1011	〃	75.5	380	177	897	〃	850	12.5	〃	1000
1100	1144	18.0	14.0	12.0	17.5	1116	1112	36	78.5	390	182	987	17	937	〃	〃	1100
1200	1246	19.5	15.0	13.0	18.0	1216	1212	〃	〃	〃	〃	1077	〃	1021	〃	〃	1200
1350	1400	21.5	16.5	14.0	18.5	1367	1362	〃	77.5	〃	〃	1213	〃	1149	13.0	〃	1350
1500	1554	23.5	18.0	15.5	20.0	1518	1513	40	83.0	410	192	1348	18	1277	〃	〃	1500
1600	1650	25.0	19.0	16.5	20.5	1612	1607	〃	82.5	〃	〃	1432	〃	1357	〃	3850	1600
1650	1701	25.5	19.5	17.0	21.0	1662	1657	〃	〃	〃	〃	1477	〃	1400	〃	〃	1650
1800	1848	28.0	21.0	18.0	21.5	1806	1801	45	97.5	450	210	1606	19	1521	13.5	〃	1800
2000	2061	30.5	23.5	20.0	24.0	2014	2009	〃	100	460	215	1792	20	1698	〃	〃	2000
2100	2164	32.0	24.5	21.0	24.5	2115	2110	〃	〃	〃	〃	1883	〃	1784	〃	〃	2100
2200	2280	33.5	25.5	22.0	25.0	2229	2224	〃	〃	〃	〃	1986	〃	1881	〃	〃	2200

寄稿〈1〉



吹田市下水道部
計画課長代理
森島治雄

汚泥圧送および汚水圧送にダクタイル鋳鉄管を使用した事例

—吹田市下水道部—

1．まえがき

吹田市の公共下水道事業は昭和34年度より始められ、昭和46年度末予定で約9,887百万円の建設費を投入し約452haを完了し、その他に大阪府で施工した千里丘陵ニュータウンと万国博会場後地等を合わせ約1,558ha、全市の約43%が処理区域となっている。

本市の旧市街地は、川面排水区と川園排水区とに分かれ、川園排水区の汚水は川園ポンプ場より川面下水処理場に圧送される。

川面下水処理場は、敷地面積が小さいのと維持管理の面より考慮して、川面下水処理場で発生する汚泥は約2.2km西の南吹田下水処理場に圧送され統合処理される。

昭和45～46年度事業として、川園～川面間の汚水圧送管布設工事と川面～南吹田間の汚泥圧送管布設工事をダクタイル鋳鉄管を使用して施工した。

工事は4つの工区に分割された。

第1工区は汚泥圧送管と公共下水道と農業用水路の合併施工。

第2工区は汚泥圧送管、汚水圧送管、公共下水道および農業用水路の合併施工。

第3工区は汚水圧送管、公共下水道管および農業用水路の合併施工。

第4工区は汚水圧送管のみの工区である。

第1～3工区は工種が複雑であるから、第4工区を主として記述する。

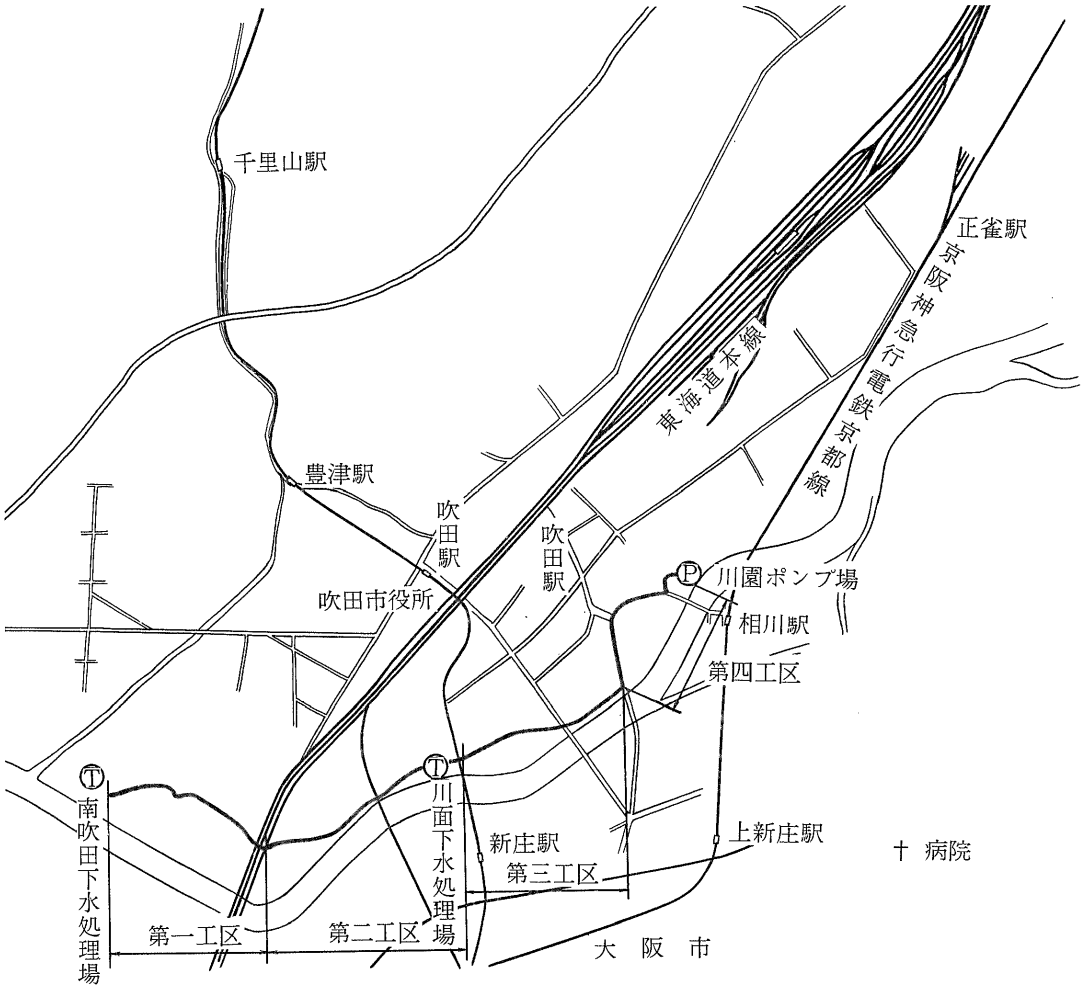
2．汚水圧送計画

〈川園ポンプ場概要〉

排水面積	153ha
計画人口	44,198人
工場排水量	8,640㎥/日
計画汚水量	26,275㎥/日
圧送距離	2,925m
圧送ポンプ	φ400mm　4台
	揚程18.3m　容量20㎥/分

汚水圧送管の布設ルートは、当初最短コースをとるように計画していたが、旧市街地で道路幅員が狭く、また公共下水道の幹線が入っているため、幹線に流入する支線の下方に布設しなければならず、土被が4mを越え民家に重大な影響を及ぼすと思われたので、市街地をできるだけ避け神崎川に沿った素掘開渠の農業用水路—排水路も兼ねている—を改

図－1　位置図



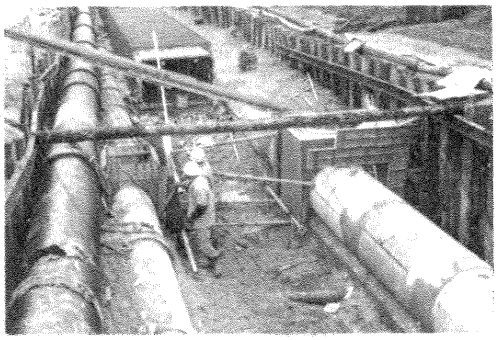
修し、鉄筋コンクリートの用水専用函渠とし、断面が縮少されたことにより生み出された用地に圧送管と公共下水道管を同時に施工した(写真－１)。

川園ポンプ場では、晴天時26,275㎥/日の汚水が川面下水処理場に圧送され、雨天時には晴天時汚水量の３倍を圧送し、残りは安威川に放流される。

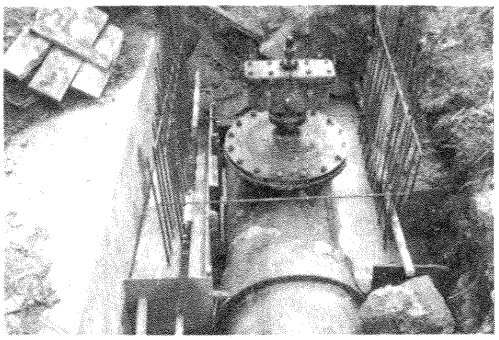
圧送管に口径800㎜(断面積0.5024㎡)を用いた場合の流速は約0.6m/秒となり、沈砂の堆積が予想されるが、雨天時に３倍の水量を圧送するので流速が〔(0.3042×３)÷0.5024≒1.8〕1.8m/秒を越え、十分洗管されるものと思う。

また、間歇運転を予想して凹凸部に双口排気弁を設け(写真－２)、なおポンプの初期運転を容易にするために、ポンプの運転停止中も常に管内に水がたまった状態にできるよう、管路の末端を計画高中最も高くし、ラッパ管より溢流するようにした(図－２)。

排気弁については、ゴミのため漏水の原因となるのではないかと思い、すでに汚水や汚泥の圧送を行なっている各都市を調査した結果、水道用の排気弁で十分目的をはたしているとのことであったので、本市も水道用排気弁を使用した。

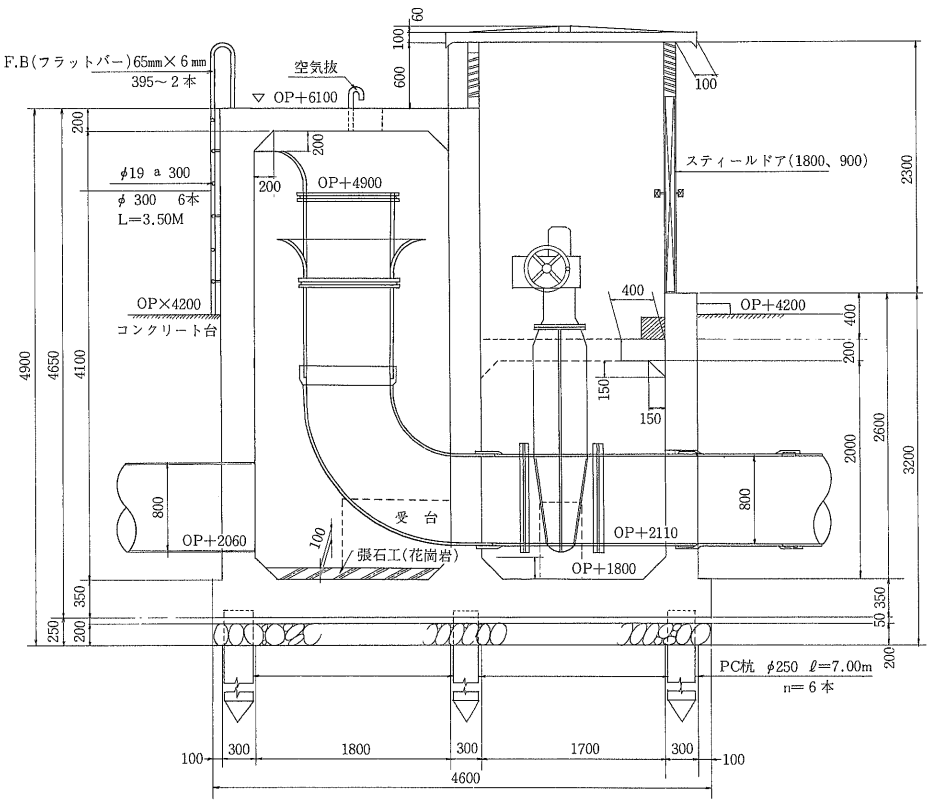


写真－1　左より汚水圧送管、公共下水道、農業用水路、公共下水道、圧送管のすぐ左側には神戸市の工業用水道管φ1,500mmが入っている。



写真－2　丁字管に盲蓋をつけ、それに双口排気弁をつけ人孔もかねている。

図－2　溢流管断面図



3. 汚泥圧送計画

〈川面下水処理場概要〉

計画面積	240ha
計画人口	70,196人
計画汚水量	36,648㎥/日 (0.424㎥/秒)
乾固形物量	9.57t/日
圧送距離	約2,158m
圧送ポンプ	φ150mm　2台
	揚程20m　容量2.5㎥/分

吹田市は地形上から大阪市、豊中市、茨木市(安威川流域下水道)のおのおのの処理場と千里丘陵ニュータウンの正雀下水処理場、さらに吹田市独自の川面、南吹田両下水処理場の6処理区に分割される。

川面下水処理場は規模も小さく、用地および維持管理の面より隣の南吹田下水処理場で統合処理する方が良策と思われる。

汚泥の乾燥固形物量は9,565t/日で、汚泥濃度を10,000ppmとすると0.01107㎥/秒となり汚泥を一時汚泥貯留槽に留め1日6時間で圧送するものとすれば、圧送量は、0.01107×24/6=0.04428㎥/秒となる。

流速を1.0m/秒とすると、圧送管の必要断面積は0.04428㎡であるから、φ250mm(断面積0.0491㎡)のダクタイル鋳鉄管を用いる。

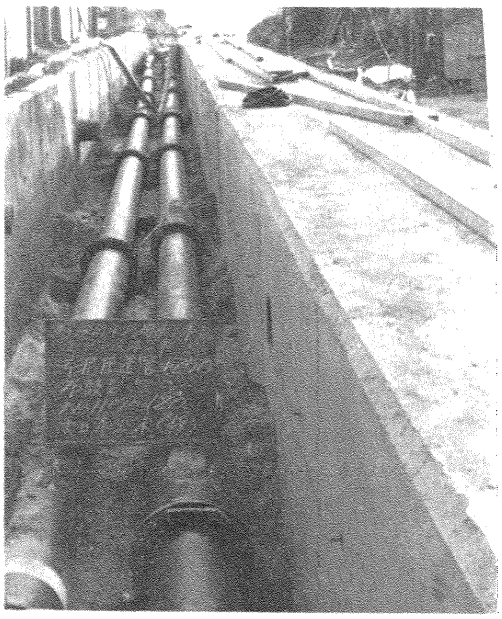
汚泥圧送の常として間歇運転となるので、管路が縦方向に屈曲している個所に単孔排気弁を設け、運転に当り2処理場間でバルブの開閉状態を知るための通信用ケーブルも同時に布設した(写真－3、4)。

汚泥管は破損等を考慮して二連布設した。

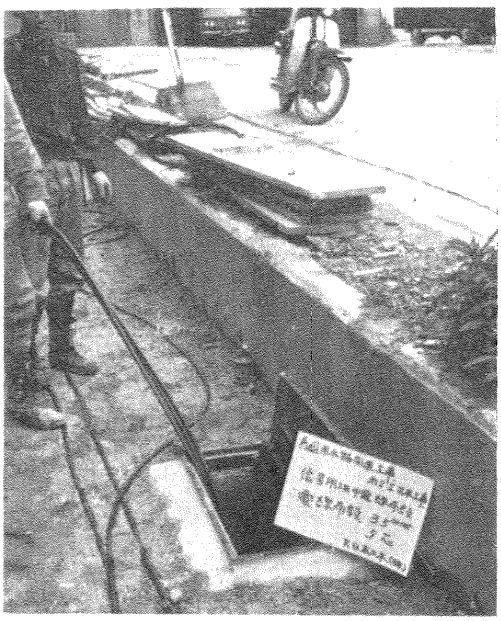
4. ダクタイル鋳鉄管使用の経緯

第4工区は、市街地を横断する個所で地下にガス、上水道、電話ケーブル、公共下水道管渠があり、これらの下部に布設しなければならず、さらに2ヵ所に病院があり、バスルートでもあるので、推進工法で施工せざるを得ない個所であった。

圧送管の推進工事ということで、ヒューム管では接合部の水密が完全でなく、PC管は表面がなめらかでないから推進工事には不向で、鋼管は溶接に要する時間が長くかかるため圧入時の管周圧力が上がり、ジャッキ圧が大きくなるのと工期が長くかかるので、ダクタイル鋳鉄管を用いた。



写真－3　汚泥圧送管と農業用水路



写真－4　汚泥圧送管の上部に布設された通信用ケーブル

また工事中できるだけ道路交通のさまたげとならぬよう押込口を小さくするため、管長を4.0mとした。

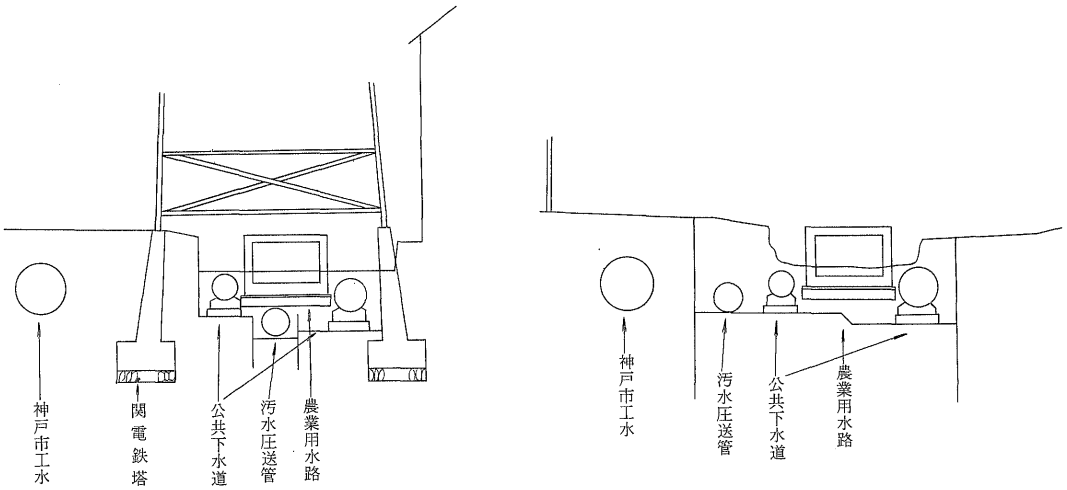
ただ延長約100mの個所は道路幅員が2m前後で道路が屈曲していて推進工法がとれないのと、曲管や切管が多くなるので鋼管による開掘工法をとった。

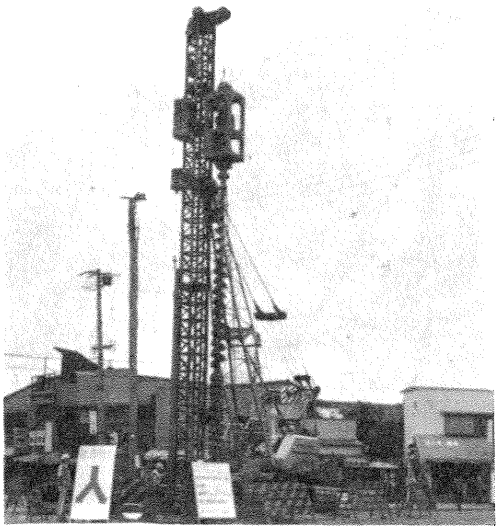
第3工区は、水路敷に布設するため鋼管の水中溶接には問題があるし、PC管では重量があり、地形的に搬入がむずかしく、内圧に対し継手の水密性に疑問がある。

また図－3に見るごとく、すぐ横に大口径の水道管と関西電力の送電鉄塔があり、掘削幅が十分にとれない個所があるので、管内から接合できるU形管を用いた。

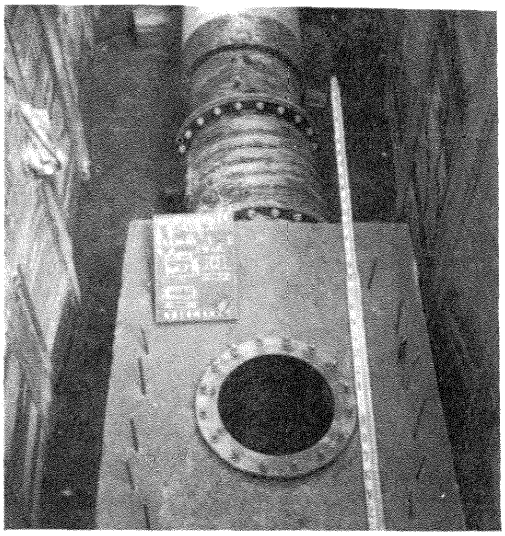
ライニングについては、工場排水中に有機酸が検出され既存の函渠のコンクリートが腐食されているので、管内にタールエポキシ塗料の3回塗りを施した。

図－3　横断図





写真－5　病院前で土留用H鋼建込のため穿孔中



写真－6　圧力人孔とゴム製の可撓管

5. 推進工事

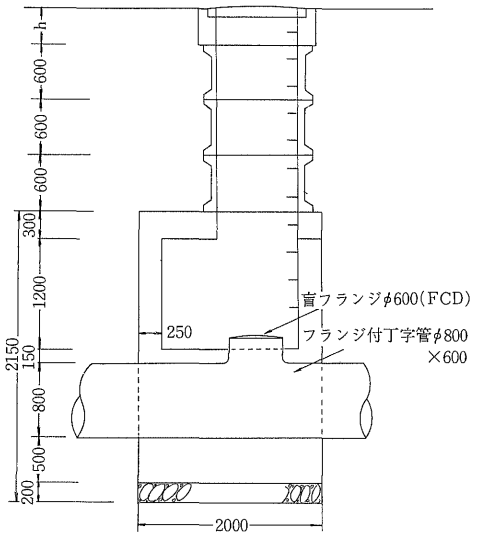
第４工区の汚水圧送管布設工事の沿道には２カ個所の病院があり、騒音および振動は厳禁で鋼矢板の打込みができないので、アースオーガーにより穿孔しH鋼を建込み、横矢板により押込口と到達口を掘削した(写真－５)。

押込口と到達口には、将来の維持管理のため丁字管を入れ人孔とし(図－４)、縦断に高低差のある個所は圧力人孔(図－５)を設け、不等沈下および推進誤差をゴム製の可撓管(写真－６)により吸収することにした。

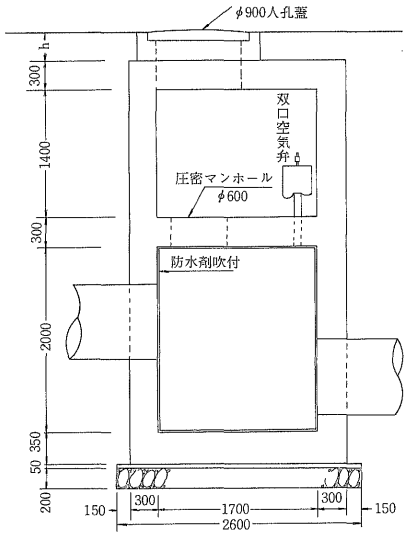
人孔をなるだけ少なくするため、推進延長をでき得るだけ長くしようとしたが、ボーリングの結果、一部砂礫層に入るので(写真－７、図－６)、下記計算により、最長押込延長を70mまでとした(図－７)。

計算値と実測値をグラフに示すと図－８のようになった。

図－４　丁字人孔



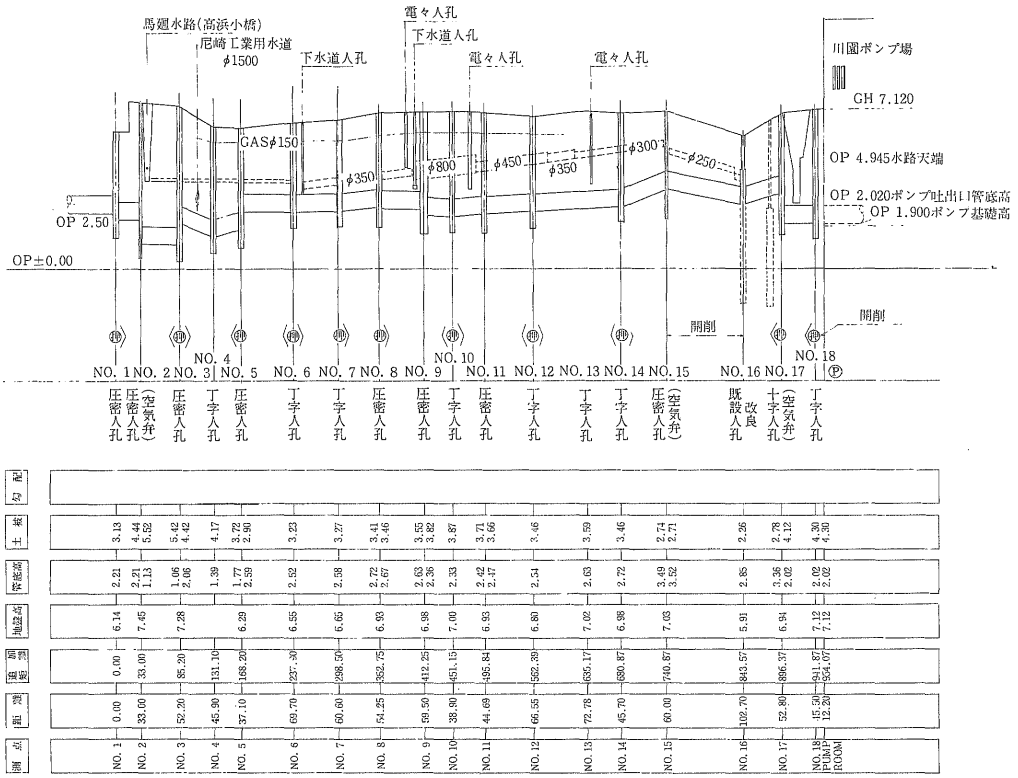
図－５　圧密人孔



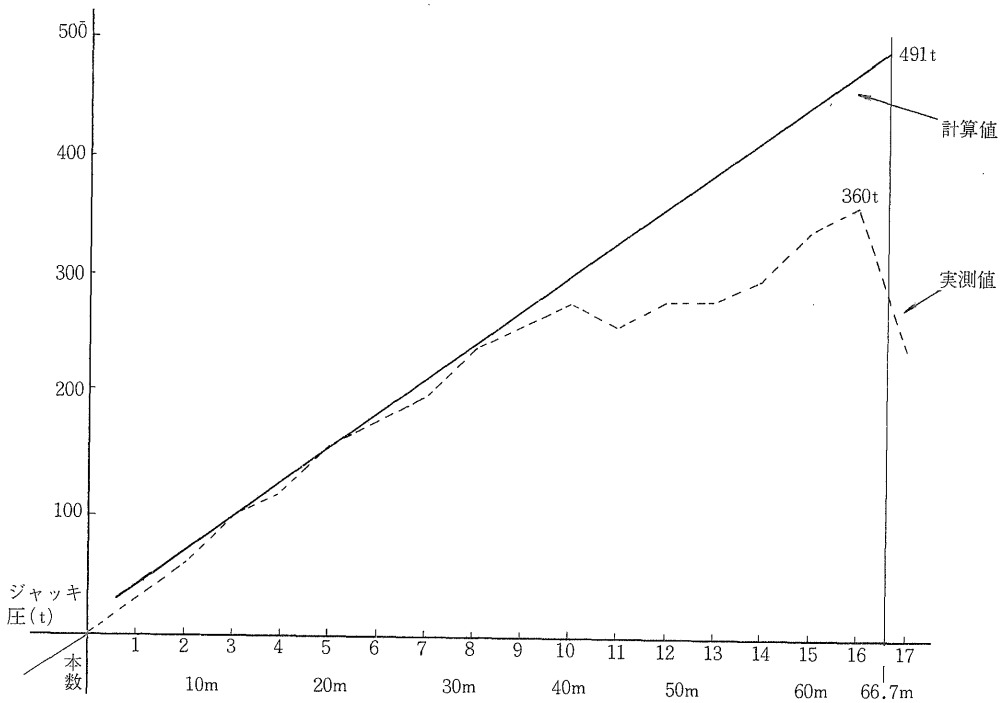
図－６　土質柱状断面図

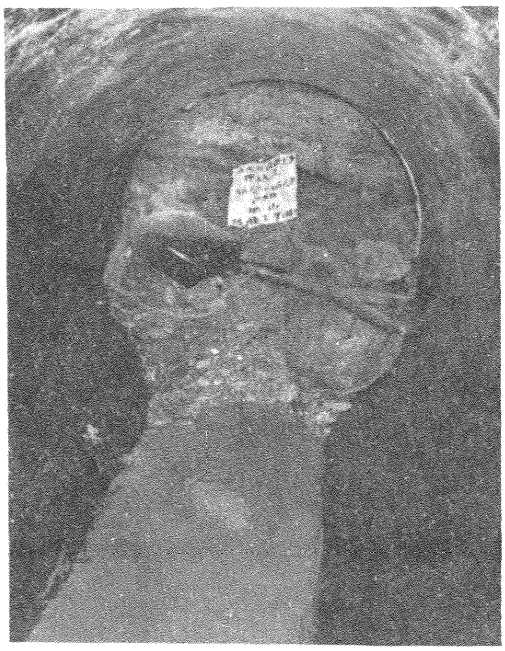
標尺 m	滞水面 m	層厚 m	試料番号	断面記号	土質名	色	観察	相対密度	硬度	標準貫入試験結果 深度 m	N値	打撃回数 0 5 10 15 20 25 30 35 40 45
1	35	1.35	1		シルト混り細砂	暗灰褐	含水：小 細礫若干混る			0.75	4	
2										1.50	6	
3										2.25	14	
	30	1.95	2		細砂	淡灰褐	含水：小 細礫混る			3.00	29	
4	20	0.90	3		礫混り粗砂	灰褐	含水：中 礫母混る。φmax25mm			3.75	38	
5	15	0.95	4		砂	淡灰褐	細礫若干混る。シルト若干混る。礫母多く混る。			4.50	13	
6	90	0.75	5		砂礫		礫径φmax25mm			5.25	10	
	75	0.85	6		粘土	暗青灰	腐蝕物混る			6.00	17	
										6.75	2	

図－7　汚水圧送管布設工事縦断図



図－8　推進力と推進長の関係





写真－7　タールエポキシコーティングされた圧入用鋳鉄管の切羽、下方に砂利層が見られる。

最大推進距離は

$$L=\frac{f-F_o}{R\cdot S}$$ で示される。

ここにf：推力に対する抵抗力（t）
均等に作用した場合 790t
蛇行した場合790×0.7＝553t

F_o：先端抵抗力（t）
中砂で4～7t、砂礫で10～20t
ここでは10tと仮定

R：管周抵抗力（t/m）
中砂で1～2.5t、砂礫で3～5t
ここでは2.5tと仮定

S：管周延長（m）
ここではϕ800で2,945m

上式により

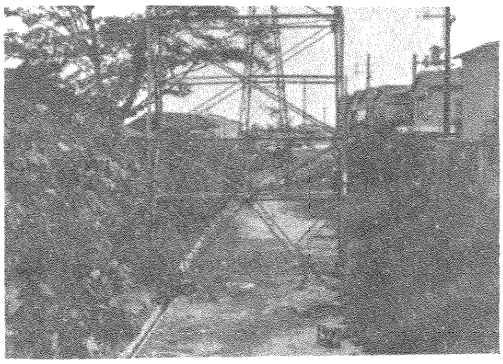
$$L=\frac{553-10}{2.5\times2,945}\fallingdotseq74m$$

故に最長推進延長を74mまでとする。

ジャッキ圧は$F=F_o+R\cdot S\cdot L$で求められる。

当工事区間の最長推進距離は66.7mであるので、その時のジャッキ圧は

$F=10+2.5\times2,945\times66.7\fallingdotseq491t$となる。



写真－8　竣工写真。難工事がしのばれる。鉄塔の前後に公共下水道、圧送管の人孔が見られる。

参　考

参考に第4工区の工費を示す（昭和45年度単価）

開掘個所　103.20m

ポンプ場内と押込口、到達口の管布設個所、

ダクタイル鋳鉄管	5,673,300円
（2種管モルタルライニング上にタールエポキシ3回塗り）	
ゴム製可撓管	5,526,000円
管布設工	961,832円
その他	297,221円
（土工・土留・水替等）	

推進個所　740.50m

ダクタイル鋳鉄管	30,476,000円
押込工	42,535,581円
鋼管個所　97.07m	
鋼管	2,243,140円
ゴム製可撓管	307,000円
管布設工	740,113円
その他	3,677,957円
人孔設置工	4,308,117円
薬液注入工	10,400,061円
雑工	1,424,111円
（矢板損料、補装仮復旧工等）	
経費等	21,429,567円
合計	130,000,000円

寄稿〈2〉

小樽市水道部給水課長
（前下水道課長）
宮沢造酒蔵

下水圧送管に700㎜φダクタイル管を使用して

―小樽市水道部―

小樽市の下水道は分流式であるが、その遮集幹線の中の下水圧送管にA形のダクタイル管を使用したので、その経過などを記してみたいと思う。

昭和37年に私が下水道課長を拝命した当時下水道終末処理場はまだ建設の途中であったが、消化槽は完成していたので、昭和39年度中には、これを利用して５万人分54kℓ/日のし尿処理を開始することにより、従来その大部分を海洋投棄に依存していた本市のし尿処理が、毎年冬になると時化のために続く運搬船の欠航でピンチに陥るのをカバーする計画になっていた。

この下水処理場へのし尿搬入については、用地をここに決定した時からの地元との約束で、バキュームカーを出入させないことになっており、そのために、処理場から約800m離れた所にあるし尿運搬船への中継用の貯留槽から管で圧送することになっていたので、まず、このための200㎜φ鋳鉄管を布設しなければならなかった。（余談であるが、同じようなし尿圧送管にヒューム管を使用して苦労をしておられる例を聞いていたので、ここにもモルタルライニングのA形ダクタイル管を使用した。）

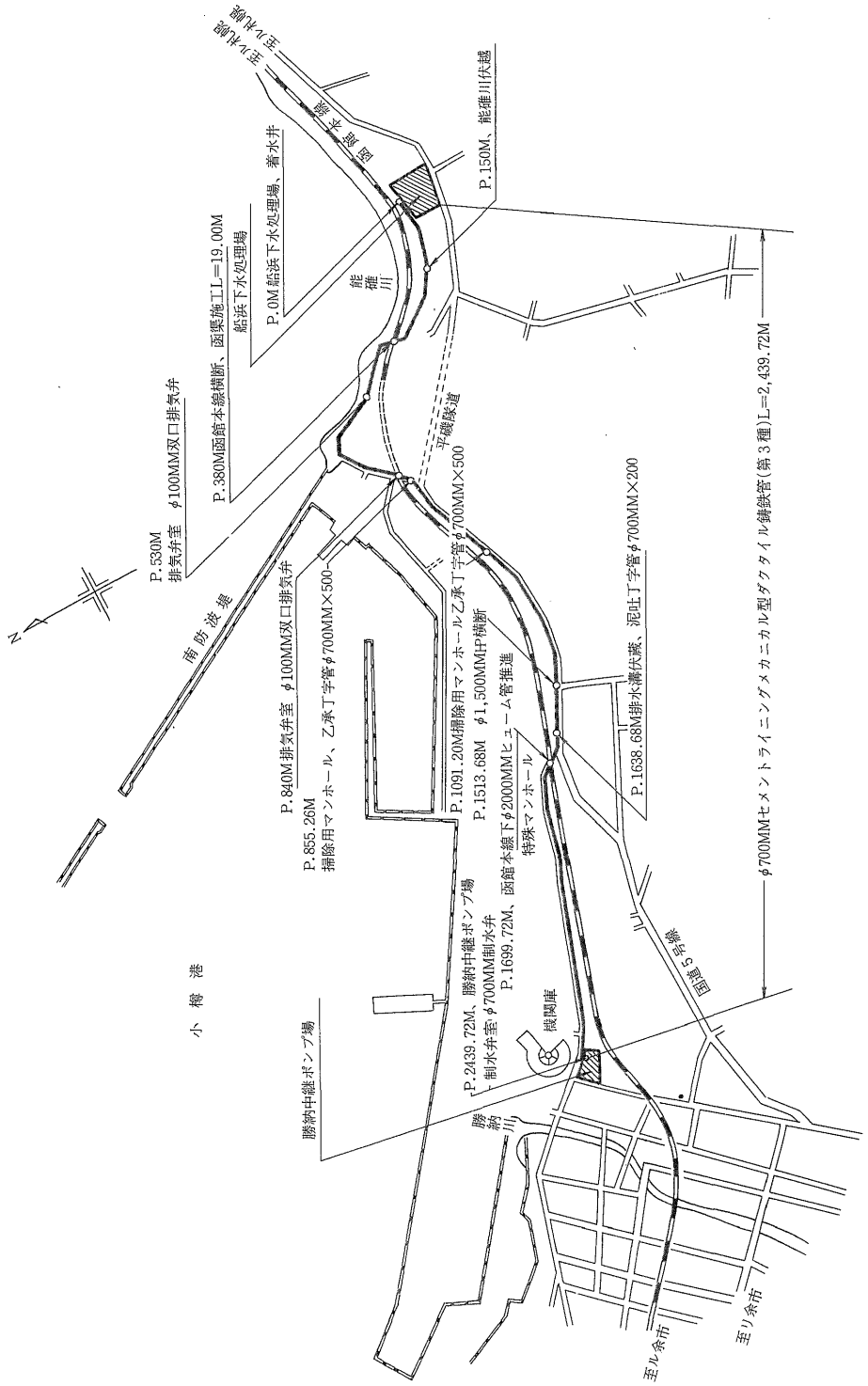
ところが、この管路となる部分の市道の幅が６mと狭い上に、ここにはすでに水道の配水管と電話のケーブルが入っており、さらに下水圧送管の予定管路でもあったので、何度も交通を遮断して工事もできないし、ちょうどその市道の中の橋梁の架替が行なわれることになったのを機会に、し尿圧送管と同時に下水圧送管も布設することにした。

この下水圧送管は、勝納中継ポンプ場と船浜下水処理場との間の2,440mを結ぶもので、縦断的には処理場の着水井がわずかに高く、途中はほぼ平坦であるが、中央部がやや高くなっている。平面的には、市街地の中を通過するので、国鉄函館本線と３回交差し、市内で最も交通量の多い国道５号線を２回横断するなど、屈曲がかなりある。

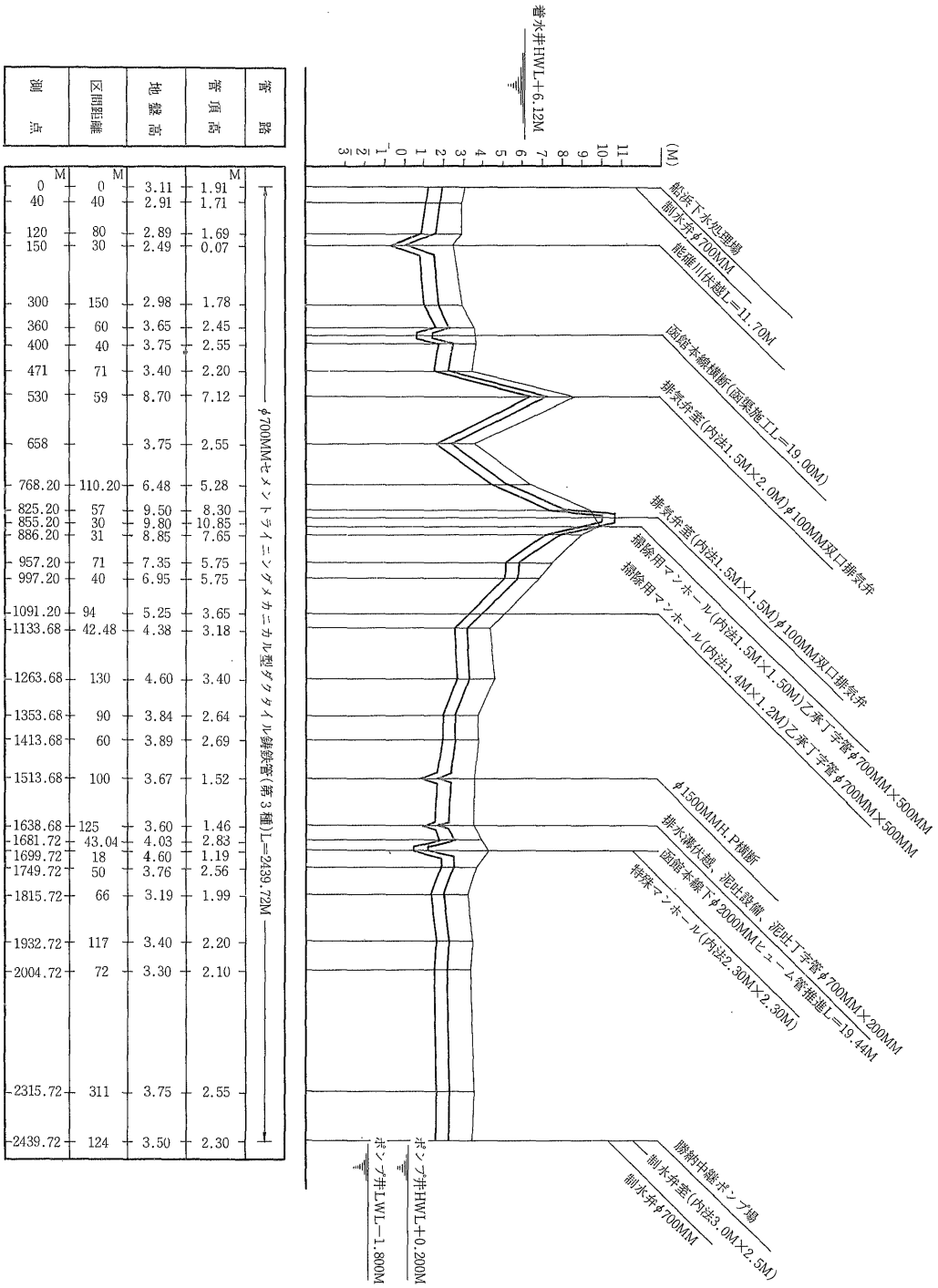
流量としては、18万人分、時間最大81,000㎥/日（0.94㎥/秒）の汚水を圧送する計画であるが、その時に夜間の最小流速が0.6m/秒以下に、また、昼間の最大流速が2.5m/秒以上に、それぞれならないようにとの観点から、口径を700㎜φとした。

流下するものが汚水なので、耐食性などを考えて管種としてはモルタルライニングのA形ダクタイル管を選定した。

図－1　遮集幹線圧送管平面図



図－2　遮集幹線圧送管縦断図



測点	区間距離	地盤高	管頂高	管路
M	M		M	
0	0	3.11	1.91	φ700MMセメントライニングメカニカル型ダクタイル鋳鉄管(第3種)L=2439.72M
40	40	2.91	1.71	
120	80	2.89	1.69	
150	30	2.49	0.07	
300	150	2.98	1.78	
360	60	3.65	2.45	
400	40	3.75	2.55	
471	71	3.40	2.20	
530	59	8.70	7.12	
658		3.75	2.55	
768.20	110.20	6.48	5.28	
825.20	57	9.50	8.30	
855.20	30	9.80	10.85	
886.20	31	8.85	7.65	
957.20	71	7.35	5.75	
997.20	40	6.95	5.75	
1091.20	94	5.25	3.65	
1133.68	42.48	4.38	3.18	
1263.68	130	4.60	3.40	
1353.68	90	3.84	2.64	
1413.68	60	3.89	2.69	
1513.68	100	3.67	1.52	
1638.68	125	3.60	1.46	
1681.72	43.04	4.03	2.83	
1699.72	18	4.60	1.19	
1749.72	50	3.76	2.56	
1815.72	66	3.19	1.99	
1932.72	117	3.40	2.20	
2004.72	72	3.30	2.10	
2315.72	311	3.75	2.55	
2439.72	124	3.50	2.30	

建設費だけの面からいえば、ヒューム管やＰＳヒューム管などもあったが、異形管も同質のものが得られ、継手の施工や保守が容易で可撓性もあるなどの理由で、メカ形のダクタイル管に魅力があったし、万一、破裂やゆるみなどの事故が発生しても、鋳鉄管ならば自分達の手で直ちに修理ができるという安心感もあったからである。

とはいっても、実は修理に際しての大口径ダクタイル管の切断には工具の点で少し懸念があったが、今となってはこのことは全く問題でなくなった。

圧送時の最大動水圧は約３kg/㎠で、土被りは1.2mが標準なので３種管とし、途中に100φ双孔排気弁２個所と200φ泥吐弁１個所を設けた。また、この圧送管の使用を始めても、当分の間は下水道管渠の普及などの関係で計画よりもかなり少ない汚水量しかないために、ポンプも最初は小さいものをつけることになっていたが、それでもなお断続運転になるので、中継ポンプ場には沈砂池があるにしても汚泥や沈砂が管内に沈滞して閉塞のもとにならないかと心配であった。そこで、管路の途中の２個所に蓋つきの丁字管をはさんで、万一の時に管内を点検するためのマンホールとした。

途中の鉄道横断や管路となる道路の改良などの関係で、圧送管の布設工事は昭和39年度から昭和42年度までに分割して実施したが、この頃から通行者の安全と交通の確保のために、工事現場の周囲を防護柵で囲ったり、幅の狭い道路では管を１本ずつ、掘さく土を縦方向においたトラック上に直取りをしながら布設することになった。

このようなことはわれわれには初めてのことであったが、しみじみとメカ形の鋳鉄管にしておいて良かったと思った。１工程毎に管路の両端にせんをしておいて、また、水道メーターを介して水道水を注入して水圧検査をした。

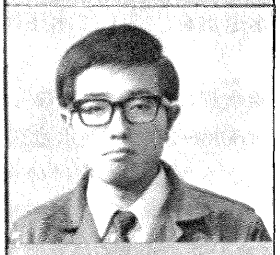
その後、私は給水課に移ることになったが、中継ポンプ場には60kw・300φ・揚水量10㎥/分・揚程20mの斜流ポンプ２台が据付けられ、昭和45年10月から待望の下水処理が開始されて、この下水圧送管もその役目を果たし始めたわけであるが、今のところ一度の事故もなく順調に経過している。

寄稿〈3〉

タイトンジョイント管を使用して

―帯広市水道部―

帯広市水道部工務課
建設係長
城地　明



帯広市水道部工務課
田守宏範

1．はじめに

近年、地下水の汚濁、渇水期における地下水位の低下および枯渇は、地域の工業化、河川の汚れが進むにつれてはなはだしくなり、それと同時に生活水準の高度化および下水道の普及は必然的に水需要の増加を促して、生活用水、一部産業用水は上水道への依存を高めている。

こうした状況の中で給水人口、給水量、普及率等水道諸量は、二次曲線あるいは指数曲線的増加を示すものさえあり、これらに付随する諸問題は広く水道経営に覆い被さるものである。そうした諸問題の中で、事業量急増の主因となる給水区域内未配管地区の人口増加、あるいは地下水の飲料不適などによる給水要請に対処する一方策として、配水管布設の事業量を増すことにより解決できるものもある。しかし、これも延長のみを重視偏重するのではなく、設計、施工、監督各業務の質を低下させることなく、路線の将来性、性格、維持管理などを十分に検討した上での対策であり、設計でなければならないことは論をまたない。

当市水道部が、配水管材に関して前述の諸点をふまえつつ、一部路線において試験的にタイトンジョイント形鋳鉄管（以下タイトン管という）を採用したのは、主として次の事項に着目したからである。

すなわち

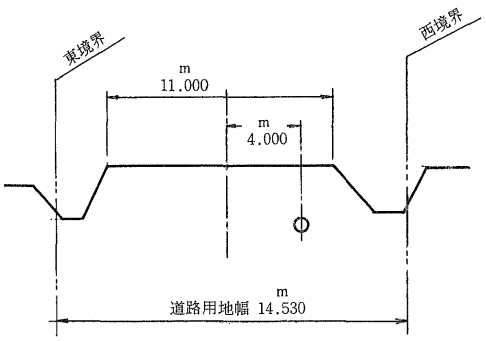
1．配管コストおよび資材が安い。
2．継手の構造が簡単で漏水の因となる要素が少ない。
3．施工能率が良い。

の三点であるが、以下この三点について、設計、施工および試験の各サイドから感じたことで文を進めたい。

なお、タイトン管を採用した路線の設計、施工条件は次の通り。

1．管　種　モルタルライニング　ダクタイル管第1種
2．管　径　φ100mm
3．延　長　1,660m

図－1



4．土　質　粘性土

5．地下水位　－1.2～1.5m

6．埋設位置〈図－1〉（この路線は将来帯広市の都市計画街路中級幹線となる）

7．付属構造物　河川横断1ヵ所

2．設　計

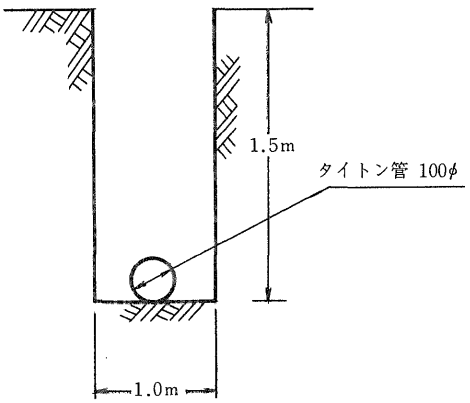
設計に際して考慮したことは布設歩掛である。タイトン管は、メカニカル形管に比べると資材そのものも安いが、継手の構造あるいは継手掘の少ないことなどで布設歩掛も当然低くなるべきであり、そうかといって一概に塩化ビニール管、石綿管並に落すこともできないからである。なぜならば、接合のタイプはソケット形であっても、管の重量が大きく異なるからである。

今回当市では、タイトン管の布設歩掛は、おおむね石綿管に準じた。しかし厳密には、まだ十分に検討を加えなければならず、この意味において、タイトン管布設の適正な歩掛は鋳鉄管側（重量側）から算出する取扱い歩掛と石綿管、塩化ビニール管側から算出する配管歩掛の接点になると考える。

3．施　工

施工は、設計断面（図－2）を機械で掘削し、人力で床を一様に均した後、地上でゴム輪をセットした管を逐次下して接合していく方法で進めた。配管側の1サイクルを管の清掃からゴム輪の挿入、吊込接合までとすると標準サイクルタイムは約7分で、土工側のサイクルタイムに比べてかなり早く配管側に余裕が生じるが、この余裕に上質の施工精度を期待する。

図－2



布設工程を順に追ってみると、まず管端の清掃だが、これは継手の構造上重要な作業であり、施工精度に占める割合は大きい。

夏場の工事であったことから、タールに砂、小石などが付着しやすいので、十分注意しこれを取除いた。また、ゴム輪ヒール部とかみ合う受口部にタール溜り(コブ)のあることがあるが、これも念のため取除いた。

ゴム輪の挿入には問題はない。管の接合も小径管であったため重量も少なく取扱いも楽であり、接合も難なく行なえる。メカニカル形管布設のサイクルタイムに比してタイトン管のそれは、ここで大きく縮まる。

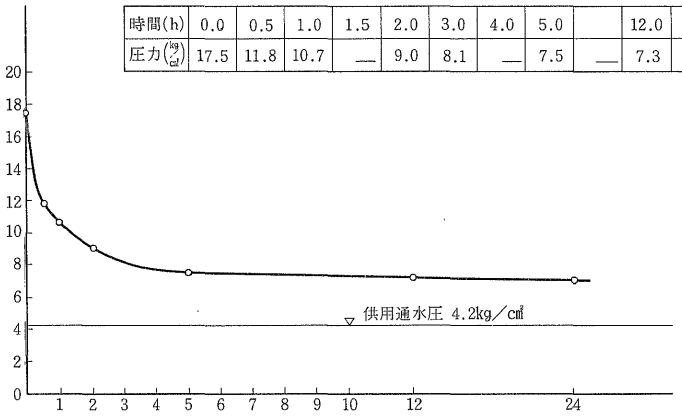
この行程で注意を要することは、ゴム輪のまくれであり、ジャッキ、ホークなどの小道具を使用している限りにおいて、この恐れは少ないが、掘削機のバケットなどによる衝撃的な挿入は、まくれの恐れが少なくなく避けるべきである。

4．水圧試験

全延長1,660m中起点より500m布設したところで、管の蛇行を防ぐために管体胴締め程度の埋戻し（継手部を除く）を行ない、水圧試験を実施した。水圧試験は、両端を仕切弁で閉鎖して試圧17.5kg/cm²を負荷した後、放置して圧力降下の様子をみたが、その結果は図

図－3　時間－圧力曲線

時間(h)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0		12.0		24.0
圧力(kg/cm²)	17.5	11.8	10.7	—	9.0	8.1	—	7.5	—	7.3	—	7.0



－3の通りである。

このグラフにおいて、初期圧力低下がはなはだしいのは、管末仕切弁が不完全であったためである。以後圧力降下が緩慢になり、24時間放置した後7.0kg/cm²以上の圧力を保っていた。この路線の使用に供した時の通水圧は、約4.2kg/cm²である。全延長についても同じ方法で試験を行なったが、24時間後の圧力は、ほぼ同程度の値を示し、十分使用に耐えることを証明した。

試験水圧は、各市ともまちまちのようである。水道規格仕切弁の試圧が350mm以下では、胴水圧で12.5kg/cm²、弁座で10kg/cm²なので、弁類と共に布設した通常管路において10kg/cm²以上の試験は無意味であると思われるが、今回は17.5kg/cm²を採用した。

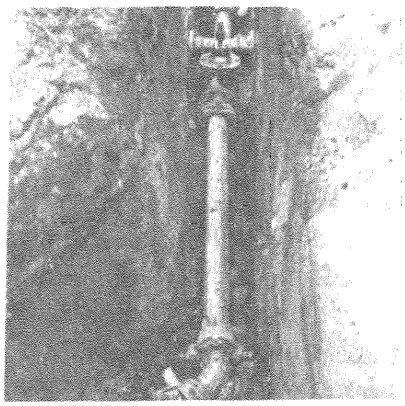
5．むすび

工事を終えてふり返ってみると、採用に当って期待していた事項は、ほぼ叶えられたようである。とりわけ工事費が同径のメカニカル形に比して、約10%程低くなることは労働賃金、資材費が年々上昇している折、それに伴う工事費の上昇率をやわらげるものであり、また施工能率の良さは、事業量の増加に対処する一つの対策を与えた。

タイトン形異形管については、発注と納期の時間的都合でやや不自由をしたが、需要を考えれば無理なく、メカニカル形との互換性に救われた。

今後、需要が伸びたならば、こういった問題は消えると思われるし、水道界の情勢として設計、施工を問わず、省力化・合理化・能率化が望まれている昨今、そう願いたいと思う次第である。

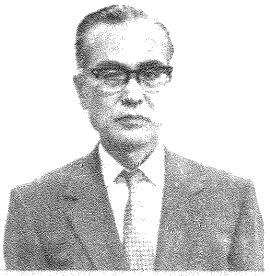
写真－1　水圧試験



写真－2　仕切弁取付部

寄稿〈4〉

鋳鉄管と下水道



東京都下水道局建設監
本郷文男

まえがき

最近、水質公害が大都市周辺にかぎらず、全国津々浦々で問題視されているが、これは、従来の国の政策が産業第一主義でこれに付随して発生する産業排水の処理に目をつぶり、また、都市の機能を近代化するために必要な社会資本の投入が、なおざりにされたためである。

国もようやく事態の深刻化に重い腰をあげ、水質公害対策の極め手として、総額２兆6000億円にのぼる第三次下水道整備５ヵ年計画(昭和46年度～50年度)を昭和46年８月に閣議決定した。

この計画では、市町村の公共下水道事業はもとより都道府県が事業主体となる流域下水道事業の投資額が第二次５ヵ年計画（昭和42年度～46年度）に比べて激増している。

従来、都市の生活環境改善向上を主目的としてきた下水道事業に対して、さらに、水質環境基準の達成という水質保全目的であたえられ、下水道事業の重要性が一段と重くなった。

公共下水道については、おおむね昭和60年度までに全市街地を整備することを目途とし、昭和45年度末における普及率約22.8%を昭和50年度末において約38%まで高めようとするものである。

また、流域下水道については、広域的に整備すべき地域について重点的に事業の推進を計るものとしている。

なお、現在施行中の12流域下水道については、ほぼ５ヵ年間に完成させようとするものである。

ちなみに、第二次下水道整備５ヵ年計画(昭和42年度～46年度）の事業費総額は9300億円である。

１．東京都の下水道

第三次下水道整備５ヵ年計画によると、東京都区部では総額約5,400億円をもって

(1) 荒川水域、東京城南水域、多摩川水域の暫定基準を達成する。

(2) このため５ヵ年間に12,300ヘクタールの下水道普及を図り、普及率を66%にする。(昭和45年度末43%)

また、流域下水道関係では総額500億円

をもって、野川幹線ほか６幹線と処理場５ヵ所の整備を図るものである。

現在、東京都において検討中の昭和47年度～49年度の中期計画では、事業量を大幅に増加して、昭和53年度完成を目途に下水道の整備促進を図ることとし、区部における普及率を昭和49年度末までに64%に引き上げるため、主要施設を精力的に建設するとともに、多摩川流域下水道関係では、野川、調布および北多摩１号幹線を昭和47年度末までにおおむね完成させ、おそくとも昭和50年度末までには主要施設の整備を終わらせ、昭和55年度末までには、流域下水道を完成させることを目標としている。

昭和47年度の下水道建設費は、区部で約930億円という大型になる見込である。

東京都における下水道計画は、① 河川の汚濁防止、② 低地帯の氾濫対策、③ 環境衛生の向上を３本の柱とし、今後１兆円を越す事業費をもって区部全域53,458ヘクタールに公共下水道を昭和53年度末までに整備し、完成の暁には管渠延長約1,000万m、ポンプ所73ヵ所、終末処理場９ヵ所により各種排水を完全に排除処理することとしている。

また、多摩川流域下水道については、26,070ヘクタールの地域を対象とする幹線約86km、ポンプ所３ヵ所、終末処理場４ヵ所を建設し、関係市町村の施工する公共下水道の整備と相まって、多摩川の浄化を図ることとしている。

なお、これと平行して、荒川右岸および八王子市、町田市にまたがる秋川渓谷ぞいにも、流域下水道を整備する考えである。

2. 下水管渠用の材料

管渠を構成すべき材料としては、製品豊富にして価格の低廉なもの、製作の簡便なもの、強度の大なるもの、表面の平滑なもの、耐久性、耐食性に富み、破損または摩滅の憂いのないもの、布設の容易なもの、清掃、維持補修の便利なものなどのいろいろな条件を具備していなければならない。

これに対応する材料として、陶管、遠心力鉄筋コンクリート管が主として用いられており、大口径のものとしては、鉄筋コンクリート渠が用いられる。

3. 下水道における圧力送水方式の採用

下水道は地表に降った雨水、家庭・工場から排出される汚水をできるだけ速やかに遠方に輸送するものであるから、水圧のない自然流下方式を原則としているが、いろいろの事情から汚水を圧送する場合が逐次増えてきている。

東京都において大規模に汚水を圧送した事例をあげると

(1)町屋ポンプ所(荒川区)～三河島処理場

延長　450m
水量　94,000㎥/日
管種　ヒューム管
管径　900mm

(2)砂町ポンプ所(江東区)～砂町処理場

延長　1,650m
水量　330,000㎥/日
管種　ダクタイル鋳鉄管
管径　2,000mm

(3)湯島ポンプ所(文京区)～三河島処理場

延長　5,500mのうち上流部2,700m
水量　230,000㎥/日
管種　ダクタイル鋳鉄管
管径　2,000mm

(4)銭瓶幹線、銭瓶ポンプ所(千代田区)～芝浦処理場

延長　6,800mのうち上流部 4,700m
水量　432,000㎥/日
管種　モルタルライニング鋼管
管径　1,800mm

などがある。

また、下水処理場で発生する汚泥を他の処理場へ圧送して、一ヵ所で処理することがしばしば行なわれる。東京都においても三河島処理場から砂町処理場、落合処理場から小台処理場へと、それぞれ10,000m、15,000mを内径350mmの鋳鉄管で送泥している。

以上の例でわかるように、いったんポンプ所に集めた汚水を次のポンプ所あるいは処理場へ圧送して、送水の途中では地元の下水を収容しない方法が、今後既設区域の汚水量増加に伴っての下水道改造計画の中で検討されるであろう。

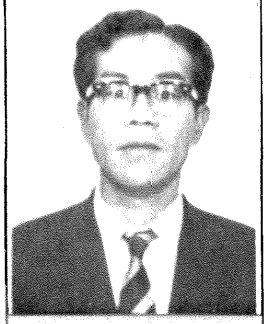
また、現在ほとんど下水道の普及されていない荒川以東地区では、いわゆるデルタ地帯で、地盤の起伏が少ないため、一つの処理系統を数個所のポンプ排水区域に分割し、いったんそれぞれのポンプ所に集水した後、汚水を次のポンプ所、さらに処理場まで圧送するという方法も検討されるであろう。

かかる部分に使用される圧送管類には、ダクタイル鋳鉄管、鋼管、ヒューム管、硬質塩ビ管、さらにはガラス繊維管などが考えられるが、下水道管である以上、その要求される性質は前述のとおりであるので、全体の総合的な評価の上で、いずれかが採用されることになるであろう。

なお、このほか下水道におけるダクタイル鋳鉄管の主要な使用個所としては、処理場、ポンプ所などがあげられる。区部の処理場9ヵ所の計画処理能力は、531万㎥/日であるが、昭和45年度末では272万㎥/日にすぎず、また、ポンプ所70ヵ所のうち稼動しているのは48ヵ所にすぎない。

前述のとおり昭和53年度末までには、下水道の100%達成を予定しているので、これから数年の間、処理場、ポンプ所工事は大規模なものとなることが予想され、必然的に上述のダクタイル鋳鉄管をはじめとした圧送管類の使用の伸びも考えられる。さらには、三次処理施設の建設もおそくとも昭和50年代早々には一部着手せざるをえない客観情勢にある。

寄稿〈5〉



岐阜県開発局
水道事業課課長補佐
平工典司

岐阜県の広域水道

1．はじめに

昭和40年ごろからここ数年のうちに、全国で実施もしくは計画されている広域水道は、実に半数以上の県にゆきわたり、実によくもまあこれだけ普及したものだと感心するものである。広域水道の看板をあげた厚生省すら、当初このような見通しはおそらくしなかったものと思われる。この点、厚生省当局の強い指導と水道関係者の熱心な努力の賜である。

しかしながら、現在の広域水道の地理的範囲、事業主体、とくに事業利態がこのままの状態でよいかという問題についてはいささか疑問を感じない訳ではない。この問題については、先般、生活環境審議会の中間答申が出されており、これらの問題について逐次解明されていくこととなろうが、従来の市町村水道から広域水道への転換期である現段階では、ある程度止むを得ないものであろう。これらの問題を解決していくためには、現行水道法の改正、さらに強い国の指導と財政援助を期するものである。

2．水道の現況

岐阜県における水道は、昭和46年３月末現在で上水道35施設、簡易水道422施設、専用水道103施設併せて560施設を数え、この給水人口は1,294千人で、県人口に対し74％の普及率を占めており、全国普及率の81％に対し各都道府県中第24位で、ほぼ中位を占めている。これらの水道は、最近の都市部およびその周辺における急激な人口増育等の発展、および生活文化の向上などによる給水量の増加に対して、給水区域の拡張あるいは増補改良を行ない、施設の整備拡充をはかっている。

3．将来計画

最近の都市部およびその周辺における人口の急激な増加、生活文化の向上および経済の伸長に伴う水の需要が大きな問題となっており、この増大する水需要に対していかに対処するか、すなわち水をどこに求めてどういう形態で運営したら最も適切であるかという問題が論議されており、とにかく水道は行政界を越えても経済的に成り立つ範囲内で、できるだけ大きな一つの水道としてまとまるべきであるという、いわゆる広域水道が推奨されるようになってきて、国においても積極的に認可などをとおして、しかるべき指導を行なうと共に37年度から新らたに水質源開発調査を設け、42年からは水道界待望の水道水質開

発等施設整備費をかちとり、この実現を期しつつ水道整備５ヵ年計画の達成を目論んでいる。

岐阜県においても、おそまきながらこれら水道界の動きに呼応して、38年ごろから関係市町村の協力を得て広域統合水道の部分的な策定を行なってきた。40年から第１次総合開発計画の策定が始められ、この広域統合水道計画をとり入れ、42年に成案を得たものであるが、46年からこの手直しである第２次総合開発計画が進められており、この広域統合水道計画を県下全般にわたって盛り込んだものである。すなわち、この広域統合水道計画とは、県下を木曽川水系の東濃、木曽川右岸および岐阜中流地域、長良川水系の岐阜市を中心とする西濃第１地域および揖斐川水系の大垣市を中心とする西濃第２地域の５ブロックに分け、それぞれの河川水に依存するものとし、その他の地域については必要に応じて逐次計画を広げていく予定である。

また、この５ブロックはそれぞれ木曽、長良および揖斐の三大水系の沿線にあり、東濃地域を除く４つのブロックは水需要の差こそあれ地形的にはほぼ連たんした地域であり、近い将来において統合すべきであると考えられる。ブロックごとの概要は図―１のとおりである。

(1) 東濃地域

この地域は、県下で最も水質水量に問題の多いところであり、本県では唯一の事業着工を見ている地域である。この地域は、水源を世紀の大事業といわれた愛知用水の牧尾ダムと木曽川の支流阿木川に現在建設省が計画中の阿木川ダムに求め、本地域の５市１町に浄水を供給しようとするもので、その概要は、

給水対象	５市１町
給水人口	33万人
給水量	16万㎥
目標年次	昭和60年
総事業費	160億円
工　期	昭和46年～50年

(2) 木曽川右岸地域

この地域は、東濃地域に引き続いて県下で２番目の県営水道を予定しており、比較的まとまりのある小規模な地域である。水源は現在水資源公団が計画している木曽川総合事業の岩屋ダムに依存することとし、昭和47年度から工事に一部着手の予定である。その概要は、

給水対象	１市２町３村
給水人口	９万人
給水量	４万㎥
目標年次	昭和60年
総事業費	33億円
工　期	昭和47年～50年

(3) 岐阜中流地域

この地域は、木曽川右岸地域と同様、水源を木曽川総合事業の岩屋ダムに依存し、各務ケ原市内の濃尾第１頭首工地点から取水をする予定である。現在、需要案調査・施設計画を実施しており、その概要は、

給水対象	２市４町
給水人口	36万人
給水量	15万㎥（うち本事業分10万㎥）
目標年次	昭和60年
総事業費	49億円

(4) 西濃第２地域

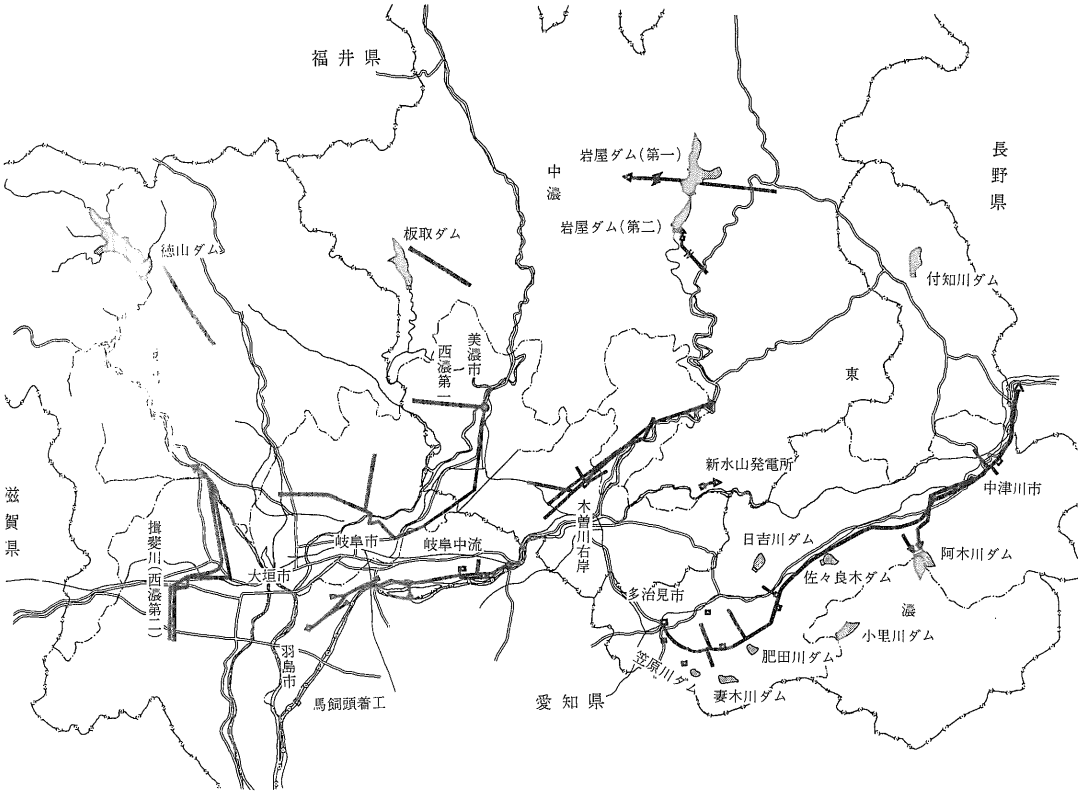
この地域は、建設省において計画されている徳山ダム（多目的）を水源とする広域水道で、現在は厚生、通産両省において上工水それぞれの需要量調査および施設４画調査を実施されており、本県でもこれに併せて調査計画を進めてその概要は、

給水対象	１市５郡
給水人口	36万人
給水量	15万㎥（うち本事業分12万㎥）
目標年次	昭和60年
総事業費	161億円

(5) 西濃第１地域

この地域は、県都岐阜市を擁する地域であり、規模の上では比較的大きく、現在水源には割合恵まれているので、この構想の実現には幾多の問題点がある将来の水需要に対処して、建設省が計画している長良川上流の多目的ダムに依存するよう水源の獲得を考えている。

図－1　岐阜県広域水道計画図



徳山ダム　提　高　154.0m
貯水量｛総量 600,000千㎥ 有効 250,000 〃｝
水　没　422戸
最大発電力　600,000kw

板取ダム　提　高　105.0m
貯水量｛総量 117,000千㎥ 有効 109,700 〃｝
水　没　312戸

佐々良木ダム　提　高　79.0m
貯水量｛総量 48,000千㎥ 有効 44,000 〃｝
水　没　80戸

小里川ダム　提　高　94.2m
貯水量｛総量 21,400千㎥ 有効 20,500 〃｝
水　没　138戸

岩屋ダム(第１)　提　高　128m
貯水量｛総量 173,500千㎥ 有効 150,000 〃｝
最大発電力　286,000kw

岩屋ダム(第２)　提　高　41.5m
貯水量｛総量 8,700千㎥ 有効 6,100 〃｝
水　没　31戸
最大発電力　66,000kw

阿木川ダム　提　高　100m
貯水量｛総量 48,000千㎥ 有効 44,000 〃｝
水　没　26戸

新丸山発電所　貯水量｛総量 41,740千㎥ 有効 17,330 〃｝
最大発電力　63,000kw

4．東濃上水道用水供給事業

岐阜県東濃地域（中津川市、恵那市、瑞浪市、土岐市、多治見市および笠原町５市１町）は、岐阜県の東南部にあって、国鉄中央本線に沿って古くから陶磁器製造をその主産業として発達してきたところであり、各市町それぞれに木曽川支流および土岐川とその支流などに水源を求めて、水道事業を経営してきた。

しかしながら、潜在的に地域内水源が乏しく、加えるに近時産業の発展と人口増加に伴って、上水道水源の開発は困難となり、特に土岐川は本地域の主要産業である陶磁器の原料製造工場から排出される陶廃土により高度に白濁し、さらに地域の都市化による家庭汚

水の流入は河水を異常に汚染して、各市水道の浄化機能に重大な支障を与え、遂に一昨年秋ごろより渇水期には断水等の給水不能の非常事態すら生ずるに至った。この事態に対処するため、各市町は昭和39年に東濃用水道建設期成同盟を結成し、広域水道建設を目指すこととなった。

岐阜県は、昭和38年以来東濃地域の将来利水について調査、検討を重ねてきたが、国鉄中央線の複線電化の完成、中央高速自動車道の建設と相伴って急速に発展しつつある特性等も考慮するとともに、地元住民の切実な要望に応じるよう、県営として東濃用水道建設を決定するに至った。当該計画の基本的条件である水源についても、地域の水源事情、事業規模等各般にわたって詳細検討したが、木曽川上流の牧尾ダムと木曽川支流阿木川で建設省が実施計画中の阿木川多目的ダムに水源を求め、取水口を木曽川筋の関西電力山口ダムとし、昭和60年を目標とし、給水人口約33万人に1日最大157,925㎥を岐阜県が初めて行なう県営上水道用水供給事業として、昭和46年度から総事業費約160億円で施工しようとするものである。

(1) 計画給水量

表－1　各市町村別1日最大給水量（単位㎥/日）

年　度	中津川市	恵那市	瑞浪市	土岐市	多治見市	笠原町	計
昭 50	—	—	7,000	9,760	24,250	—	(0.51) 41,010
51	15,000	8,535	15,840	22,900	35,520	6,096	(1.34) 103,891
55	24,500	11,305	19,200	32,800	38,400	6,958	(1.71) 133,163
60	30,000	14,175	22,500	39,400	44,000	7,850	(2.1) 157,925

注　(　)内は取水必要水量㎥/S。
上表中の昭和50年度給水量41,010㎥/Dは、下流3市の暫定給水分である。

表－2　各市町別昭和60年度目標計画

項　目	中津川市	恵那市	瑞浪市	土岐市	多治見市	笠原町	計
計画給水人口	60,000人	42,000	45,000	78,800	88,000	15,700	329,500
1日1人最大給水量	500ℓ	500	500	500	500	500	
計画供給水量	30,000㎥/D	14,175	22,500	39,400	44,000	7,850	157,925

恵那市は別に自己給水6,825㎥/Dがある。

(2) 水道施設の概要

本計画は、取水口を長野県西筑摩郡山口村地先木曽川にある関西電力山口ダムに設け、毎秒約2.1㎥を取水し、約13kmを導水して中津川浄水場を設け、一括浄水のうえ5市1町に送水するものである。送水は、主として自然圧で約50kmの幹線を布設し、途中水圧を調整するための減圧水槽を設けると共に必要に応じて再滅菌を行なう。幹線からの各市町受水地点は16ヵ所とし、うち15地地点に延約40kmの支管で給水する。5市1町のうち特に水源汚濁のはなはだしい瑞浪、土岐、多治見の下流部3市は、中津川浄水場からの本給水をうけるまでの間、取水施設を暫定的に瑞浪市土岐町市原頭首工(土岐町)に設け、毎秒0.51㎥を取水し沈砂滅菌のうえ、各市の現有浄水施設に送水する。

このため、本事業は下流部工事に昭和46年度から先行し、47年度にこれを完成させて、48年度には一部給水を開始、上流部工事は47年度から着手、50年度完了を予定し、51年から全部給水を行なう計画である。

表－3　水道施設一覧表

施設名	種別	数量
1．取水施設		
1）山口取水施設	計画取水位	EL 357,000m
	取水ゲート(電動)	2.5m×2.0m　2門
2）市原〃(暫定)	取水ポンプ	φ350×65kw×2台
	送水ポンプ	φ250×240kw×5台
2．導水施設		L≒13km
	導水トンネル	φ2000　L＝6,290m
	管路	φ1650　L＝6,295m
3．浄水施設		敷地面積　62,000㎡
	沈砂池	4.0m×25.0m×3.2m　2池
	薬品混和池	3.7m×10.5m×3.5m　1池
	フロック形成池	有効容量　5,368㎥　4池
	薬品沈澱池	14.9m×47.0m×4.0m　8池
	急速ろ過池	ろ過速度　120m/D　8池
	浄水池	25.0m×40.0m×3.7m　4池
	管理本館	地下1階、地上2階　1棟
4．送水施設		L≒90km
1）送水本管	送水トンネル	φ2000　L＝2,350m
	管路	φ1650～800　L＝47,680m
2）送水支管	管路	φ600～150　L＝39,870m
	増圧ポンプ設備	6ヵ所

表－4　事業実施工程計画表

事業区分	事業内容	施行年度
1．上流部事業 (山口取水点～瑞浪市土岐町まで)	1．取水施設　Q＝2.03㎥/s 2．導水施設　L＝12.6km 3．浄水施設　A＝62,000㎡ 4．送水施設　L＝46.6km	昭47～昭50 昭和51年4月 本給水開始予定
2．下流部事業 (瑞浪市市原取水点より下流)	1．取水施設(暫定)　Q＝0.51㎥/s 2．送水施設　L＝43.3km	昭46～昭47 昭和48年4月 一部給水開始予定

5．本事業の特性

水道施設のフローシートについては、ごく一般的なシステムを採用しているが、ただ導水管および送水管路については、与えられた自然条件を最高度に利用する自然流下方式を採用した。しかし、本地域が山間部に連なる帯状の都市形態をなしているため、標高の差が著るしく、極端に高圧(静水頭15kg/㎠)の所があり、一方では3ヵ所のトンネルを掘る必要があり、同時にまた3ヵ所の減圧槽を設けなければならないという極めて不利な施設形態となった。

このため、管種、管厚の決定については随分苦労したものである。まず管種としては、一般的に採用されているダクタイル鋳鉄管と鋼管を採用することとし、それぞれについて同一条件における管厚計算を行なったところ、ダクタイル鋳鉄管については2種管、鋼管については普通圧管で耐え得る結果を得た。ただこの計算式の中で、鋼管は外圧のみを計算対象とし基礎支持角90°としているのに対し、ダクタイル管は内外圧を加算し支持角を60°という、鋼管に比し苛酷な条件となっているので、ダクタイル管については支持角を60°と90°双方について行なったところ、同上の結論を得た。

この結論を基に資材費、労務費を含めた経済性、安全性および施行性等を勘案し、両者を併用することとし、これにより現在工事を進めているが、今後さらに両者について突込んだ検討をしていきたいと考えている。

鋳鉄管第11号

昭和46年10月

技術レポート
〈1〉

タイトンジョイント管の接合方法の解説

日本鋳鉄管協会技術専門委員会
委員　**山路忠雄**
委員　**酒井健次**

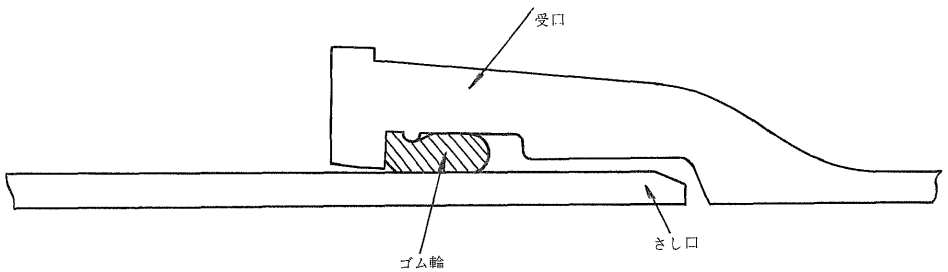
1．はじめに

タイトンジョイント管については、すでに本誌2号(昭和42年1月発行)において紹介され、その優れた継手性能と施工のスピードアップを可能にするという特長のため、各地で多数の使用実績がある。

当初、タイトン管は直管のみ生産され、異形管については、従来のメカニカル形異形管でさし口寸法を特にタイトン管用に厳しく規定したものを採用していたが、同一配管における継手形式を統一することによる工事上、維持管理上の利点から、タイトン形異形管の生産が強く要請され、その生産、供給態勢が確立された。

この機会に、従来基本的なものだけ簡単に紹介されていた接合方法を、多少応用例を入れて詳述する。

図－1　タイトンジョイントの構造



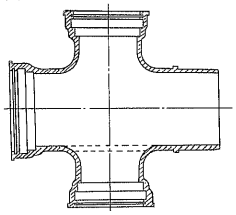
2．タイトン異形管について

1．規格：JCPA　G 1004に規定

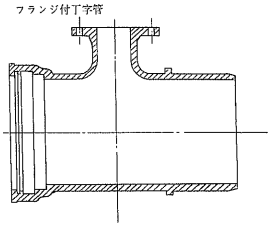
2．材質：ダクタイル鋳鉄

3．種類：

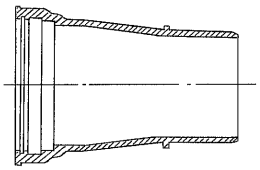
十字・丁字管



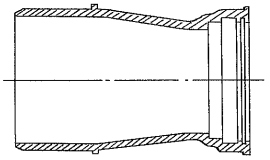
フランジ付丁字管



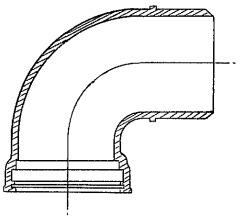
受さし片落管



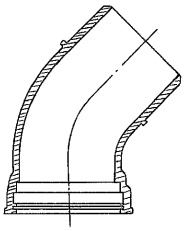
さし受片落管



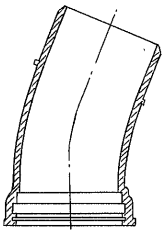
90°曲管



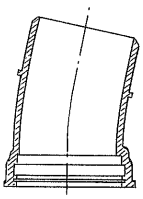
45°曲管



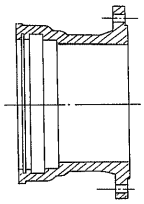
22½°曲管



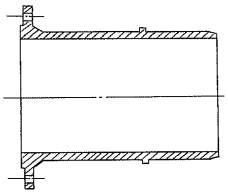
11¼°曲管



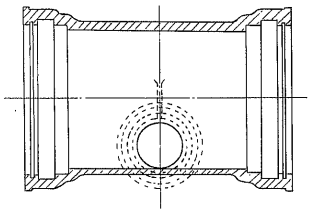
短管甲

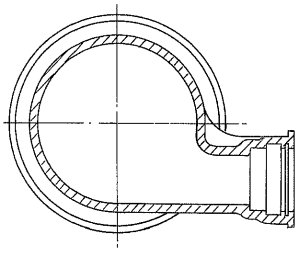


短管乙

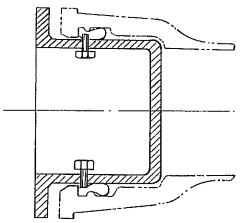


両受泥吐管





栓



注1．異型管のさし口には円周4個均等に18φ×10hのボスが鋳出してあり、接合が容易にできるように考慮してある。

2．継輪はメカニカル形継輪を使用する。

3．接合用器具類について

1）フォーク、サドル、ワイヤーロープ

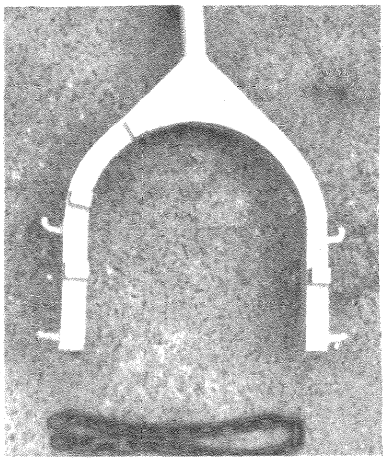
（末尾添付図参照）

原則として75φ～200φの直管と直管の接合、75φ～250φまでの直管と異形管および異形管と異形管の接合作業（挿入と分離）はフォークで行なう。また、フォークは異形管のボスを有効に利用できるように考慮されている。

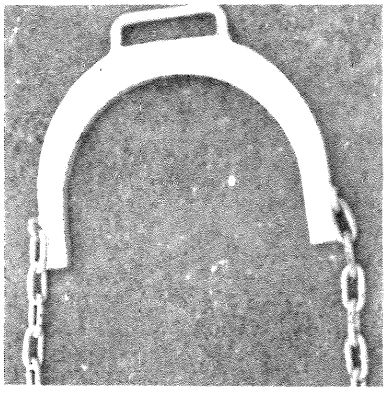
2）ジャッキまたはレバーブロック

250φの直管と直管の接合に用いるものであるが、管を吊った状態で接合する場合にはフォークでも接合できる。なお、ジャッキまたはレバーブロックは容量1トン以上のものが必要である。

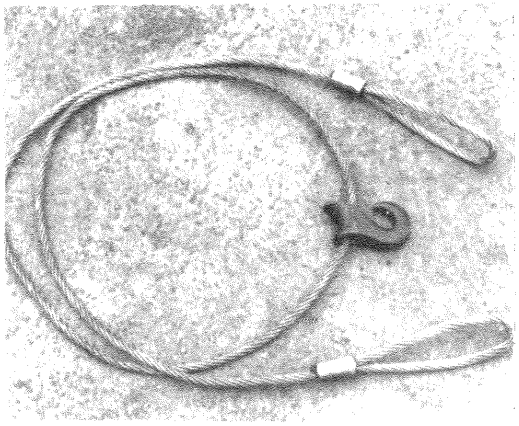
写真－1　フォークおよびフォーク用チェーン（写真は150φ以上のフォークを示し、100φ以下のものはチェーンはついていない）



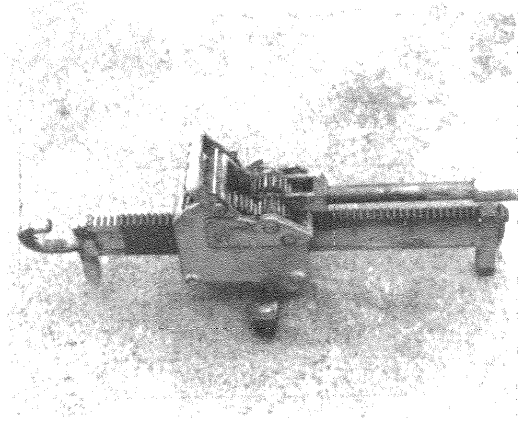
写真－2　サドル



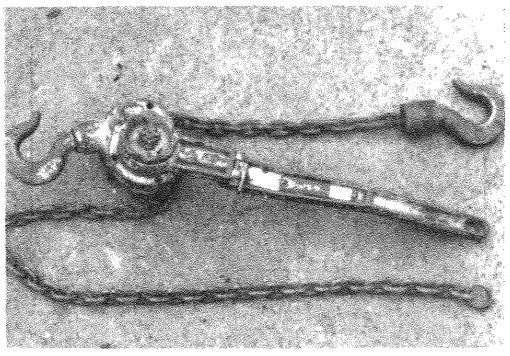
写真－3　ワイヤーロープ



写真－4　ジャッキ（容量1トン以上のものが必要）



写真－5　レバーブロック（容量1トン以上のものが必要）



4．タイトン管の接合方法について

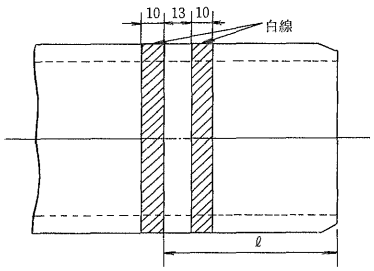
1）タイトン管の接合における共通手順

(1) 受口、さし口、ゴム輪の清掃

受口部ゴム当り面、さし口外面（図－2の白線部分まで）およびゴム輪は、土砂や小石などの付着物を布などできれいに拭き、汚れをとりのぞく。

付着物があると、挿入時の抵抗が大きくなって、挿入がしにくいばかりでなく漏水の原因になる。

図－2



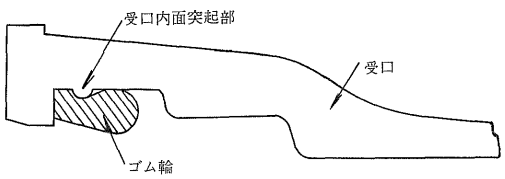
表－1　　単位 mm

呼び径	ℓ 寸法
75	78
100	82
150	88
200	95
250	98

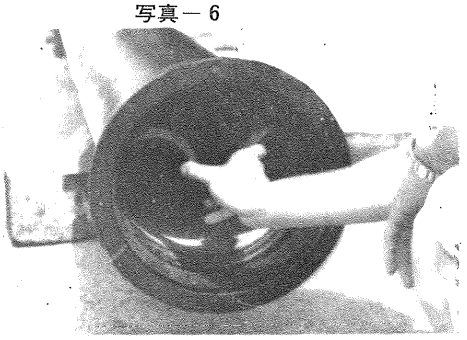
(2) ゴム輪の装着

きれいに清掃したゴム輪を、丸部（バルブ）が奥になるように受口にはめこむ。ゴム輪のみぞが受口内面の突起部に完全にはまりこむように正確にはめこみ、そして確認する（図－3、写真－6）

図－3



写真－6

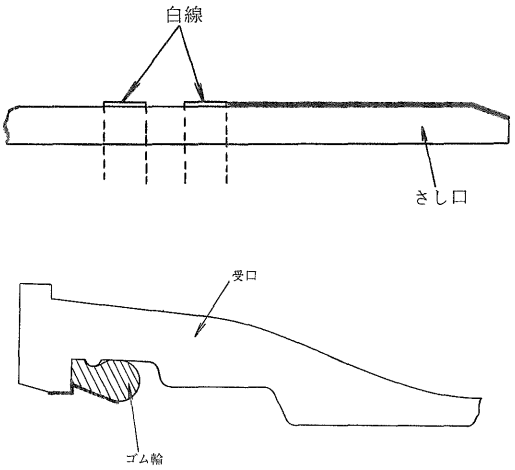


(3) 滑剤の塗布

さし口挿入時の抵抗を少なくするために、滑剤を図－4に示すごとく、さし口先端から白線までの部分およびゴム輪内面テーパー部分にむらなく塗布する。

なお、グリースなどの油類はゴム輪に悪影響を与えるので、専用の滑剤を使用すべきである。滑剤の必要量はおよそ表－2のとおりである。

図－4



表－2　滑剤2kg缶を使用して接合できるジョイント数(標準)

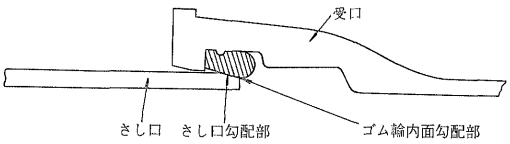
呼び径	ジョイント数
75	160カ所
100	120カ所
150	90カ所
200	65カ所
250	50カ所

(4) さし口のセット

さし口端面の勾配をつけた部分がゴム輪内側の勾配部に正常にあたるようにセットする(図－５)。このとき、注意深く行なえば５度以内の曲げ配管ができる。

なお、滑剤塗布後、さし口外面、ゴム輪内面に土砂、小石などの付着があれば、必ず除去してからセットする。

図－５　さし口のセット



これらの事項は、タイトン管の接合において常に注意を要する事項であるので、初めに述べておく。

2) 直管と直管の接合

原則として200φ以下はフォーク、250φはジャッキまたはレバーブロックを使用するが、管を吊り上げて挿入すれば250φもフォークで挿入できる。

これらの挿入方法について以下に述べる。

(1) フォークによる挿入方法

(a) フォークをさし口側に約20°～30°倒し、フォークのフックにワイヤーロープのサツマを引掛ける(写真７)。

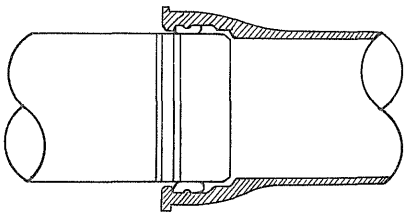
(b) ワイヤーロープをさし口に巻きつけ、ワイヤーロープのフックにサツマを引掛け、ワイヤーロープのたるみをなくする(写真－８)。

(c) フォークを手前に引張り挿入する。この際、フォークを急激に引張らず静かに引張る方が挿入が容易である（写真－９)。

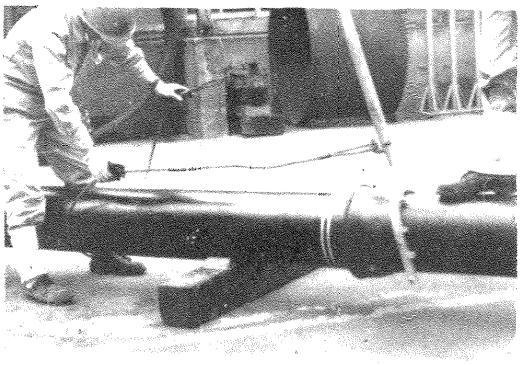
(2) 挿入状態の確認

さし口の２本の白線の内、管端に近い方の白線が受口にかくれ、次の白線が見えている時が正しい挿入ができた状態である。(図－６)

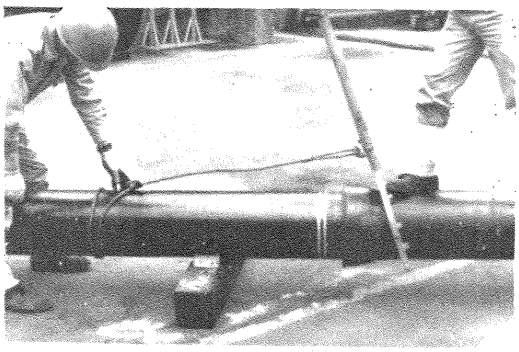
図－６　接合後の状態



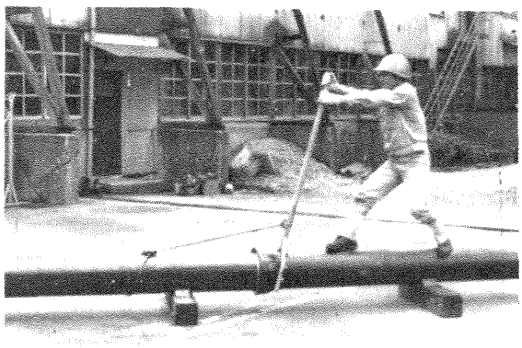
写真－７



写真－８

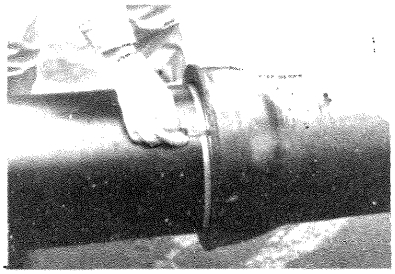


写真－９

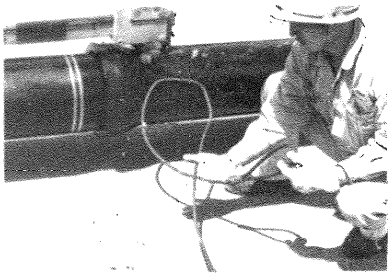


写真－10

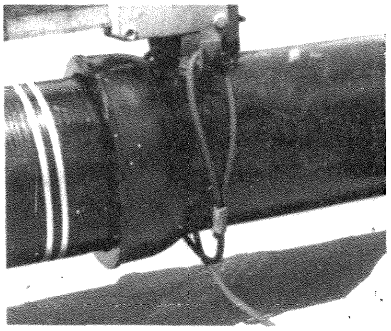
写真－11



写真－12



写真－13



(3) ゴム輪の確認

薄い鉄板を利用して、受口とさし口の隙間より確認する。円周４個所ほど挿入すると簡単に確認できる（写真－10、11）。

(4) ジャッキによる挿入

(a) 専用ジャッキを受口部にセットして、ワイヤーロープまたはチェーンをジャッキの本体に引掛けて受口に固定する（写真－12）。

(b) 手前のワイヤーまたはチェーンを引張ってジャッキを固定する（写真－13）。

(c) ジャッキのレバーを前後させると挿入できる（写真－14）。

さし口側のワイヤーロープの取付け方は、フォークを使用する場合と同じである。

(5) レバーブロックによる挿入

レバーブロックを受口部にセットし、接合用ワイヤーロープを２本使用して挿入する（写真－15）。

なお、１トン以上の索引力を持つレバーブロックを使用すること。

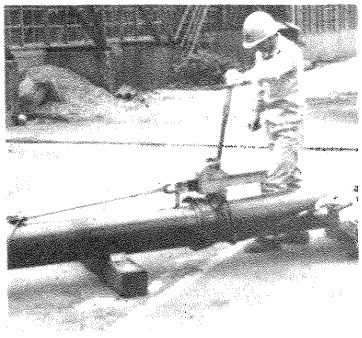
3）直管と異形管の接合

(1) 直管の受口に異形管さし口を挿入する場合

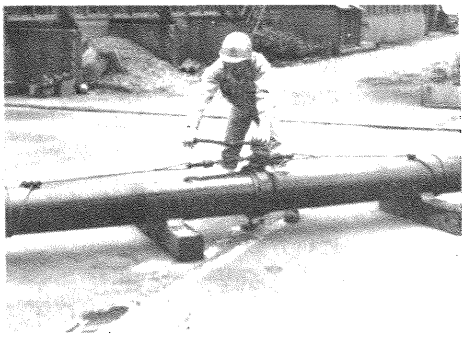
①　フォークによる挿入――①（フォークを受口側にセットして挿入する方法）

(a) 直管受口部にフォークをセットする。この際、口径接合条件などによってフォークの浮き上がり防止のため、写真

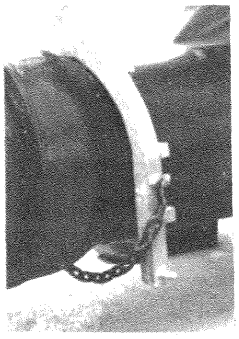
写真－14



写真－15



写真－16



—16のごときチェーンを巻く必要がある時はチェーンをセットする。この種のチェーン取付け用フックは150φ以上のフォークについているが、通常の接合条件下では250φのみ使用すれば十分である。

(b) 異形管さし口側の４個のボスのうち３個に完全に引掛けるようにサドルをセットし、フォークを写真—17のように倒して、サドルの２本のチェーンをフォークに引掛ける。

(c) フォークを異形管側に倒すと挿入できる(写真—18)。

② フォークによる挿入——②(フォークをさし口側にセットして挿入する方法)

(a) フォークに取付けてある突起のうち一番下側にある２つの突起が、異形管さし口側のボスに引掛かるようにする。(このようにして挿入時、フォークが浮き上がるのを防止する)(写真—19)。

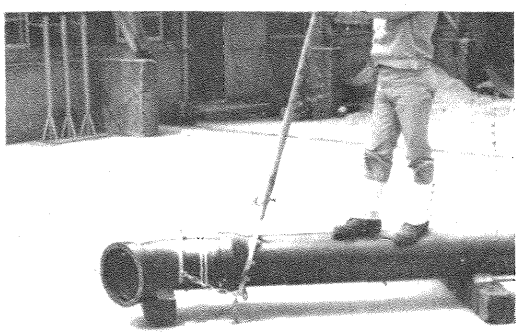
(b) 写真の方向にフォークを倒し、２本のチェーンをフォークのフックに引掛ける(写真—20)。

(c) フォークを直管側に倒すと挿入できる(写真—21)。

③ レバーブロックによる挿入

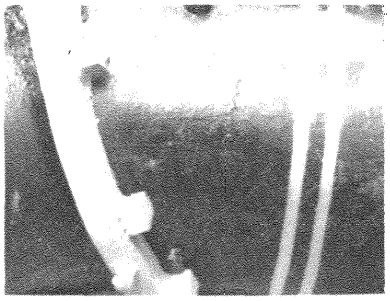
直管にレバーブロックを固定させ、ワイヤーロープを異形管に巻きつけて挿入する(写真—22)。

写真—17



写真—18

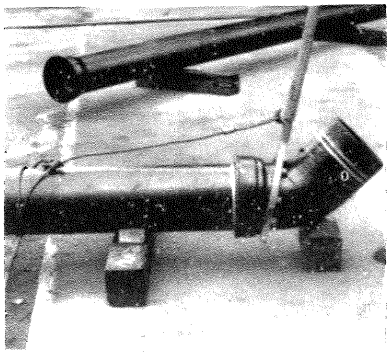
写真—19



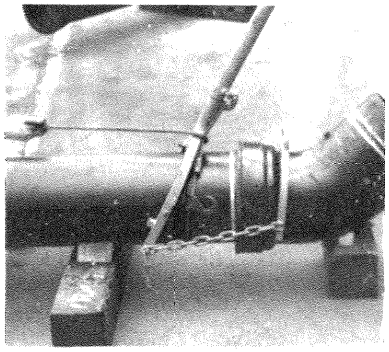
写真—20

写真—21

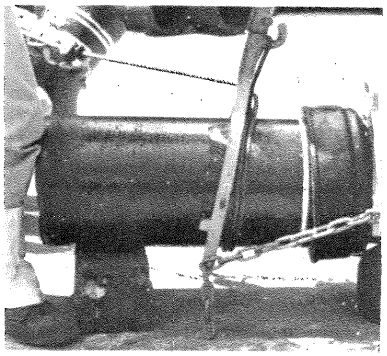
写真—22



写真－23



写真－24



写真－25

写真－26

(2) 直管のさし口に異形管受口を挿入する場合（2例）

① フォークを異形管受口側にセットする場合

ワイヤーロープを直管に巻きつけ挿入する(写真－23)。

② フォークを直管さし口側にセットする場合

さし口側にワイヤーロープを巻きつけ、ホークが滑らないようにし、サドルを使用して挿入する(写真－24)。

(3) 乙切管の挿入

ある程度長い乙切管の場合、直管と同様な接合方法がとれるが、極端に短い乙切管の場合の例を示す。

乙切管さし口側にワイヤーロープを滑らないように巻きつけ、サドルとフォークを使用して挿入できる(写真－25)。

4) 異形管と異形管の接合

配管条件によって、受口側にフォークをセットする場合とさし口側にフォークをセットする場合の2通りの方法があり、どちらの方法でも接合することができる。

(1) フォークを受口側にセットする場合

(写真－26、写真－27)

(2) フォークをさし口側にセットする場合

(写真－28、写真－29)

写真－27

5）ひねり配管方法

挿入完了後、異形管をヒネル(回転させる)必要がある場合は、次の方法で行なうことができる。

(1) フォークを用いてヒネル方法

異形管のボスにフォークの突起を引掛け、回転させるとヒネルことができる。フォークの突起のうち、上側の２個はヒネリを行なう時の便宣を考えて取付けられている（写真－30)。

(2) レバーブロックを用いてひねる方法

異形管にワイヤーロープを巻きつけ、レバーブロックでワイヤーロープを引張りながらヒネル。この際には、隣のパイプが浮きあがることがあるので、この防止対策が必要である(写真－31)。

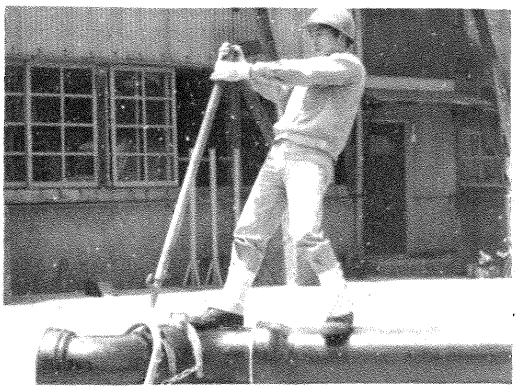
6）継手の分離

もし接合が不完全な場合、あるいはその他の理由によって分離が必要な時は、接合直後ならば次の手順で分離することができる。

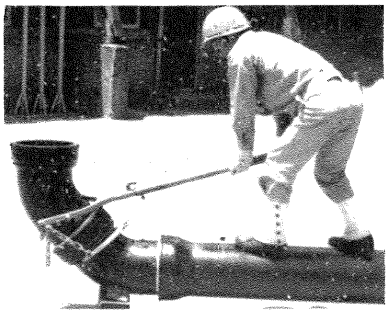
(1) フォークによる直管の分離

フォークをさし口側にセットし、ワイヤーロープをさし口側に２回巻きつける。この場合、ワイヤーの滑りをなくするために手で引張る方のワイヤーを殺すことが大切である。次に、フォークを受口側に倒すと分離できる(写真－32)。

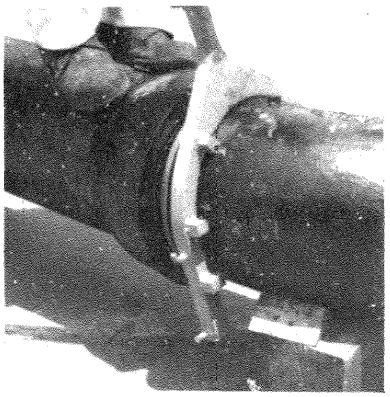
写真－28



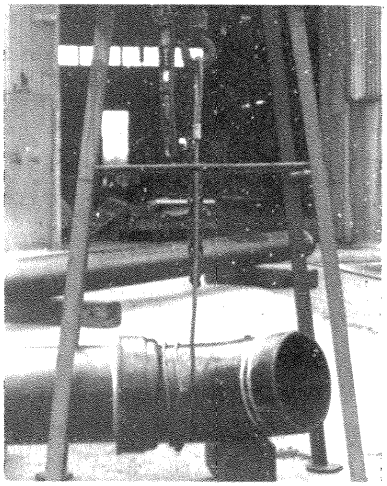
写真－29



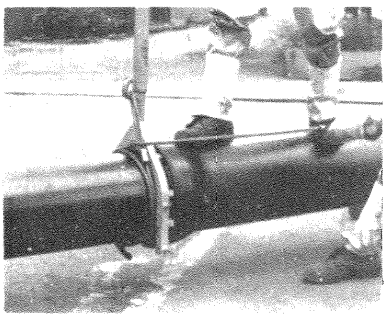
写真－30



写真－31



写真－32



(2) ジャッキによる直管の分離

ジャッキをさし口側に固定し、一端を受口端面に当て、ジャッキのレバーを前後に操作すると分離できる(写真－33)。

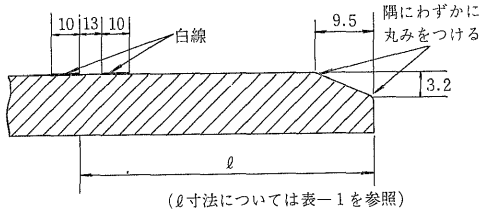
(3) フォークによる異形管の分離

受口端面と異形管のボスの間にサドルをはめ、サドルと受口端面との間にフォークをさし込み、直管と同様の方法で分離する（写真－34)。

7）切管または他形式との接合

切管した場合、または他形式の管でさし口に面取りをほどこしていない場合は、あらいヤスリがポータブルグラインダーで管端面に直管と同程度の勾配をつけることが必要である。なお、切管と面取りを同時加工できる機械も開発されている。また、ジョイントの良否を確認する必要があるため、白線をチョークなどで必ず入れる。

図－7



(ℓ寸法については表－1を参照)

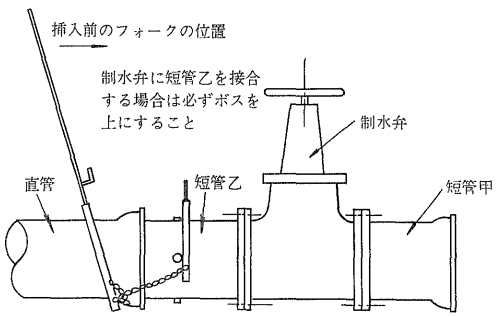
なお、メカニカル形異形管を使用する場合は、さし口にボスがないので、ボスのかわりに所定の位置に鋼製二ツ割バンドを取付けて、それにサドルを掛けることにより、タイトン形異形管と同様に接合することができる。

8）接合応用事例

(1) 制水弁まわりの接合

i）短管乙と直管との接合（図－8）

図－8

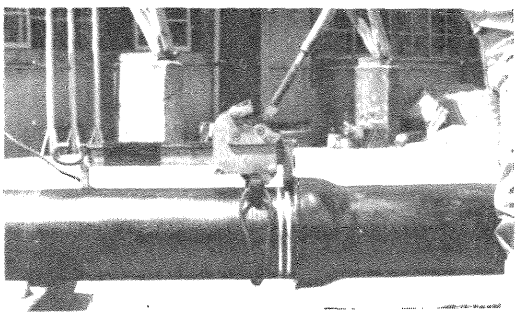


直管側の受口部にフォークを取付け、短管乙のボスにサドルをセットし、フォークを直管側に倒した状態にしてから、サドルのチェーンをフォークのチェーン引掛け金具に引掛けて、制水弁側にフォークを倒し挿入する(写真－35)。

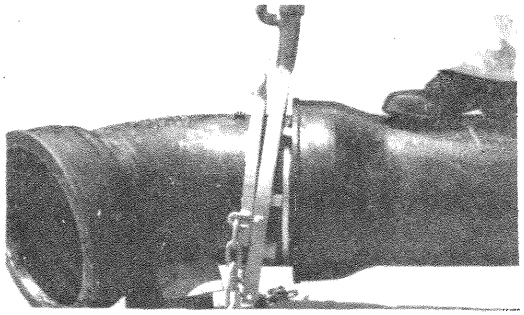
①なお、この事例はあらかじめ制水弁に短管甲、短管乙を接合した状態で挿入したものである（この場合、短管乙のボスの1つが制水弁を立てた時の状態で管頂にあること)、配管施工にあたっては、この方法が作業性がよい。

②制水弁は重量が比較的大きいので、チ

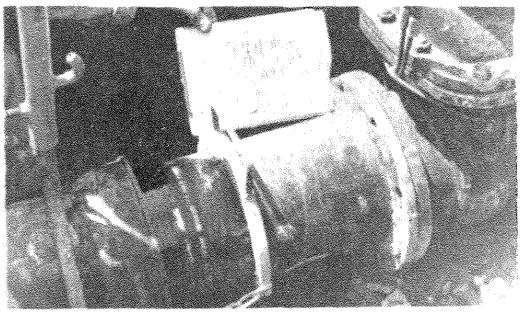
写真－33



写真－34



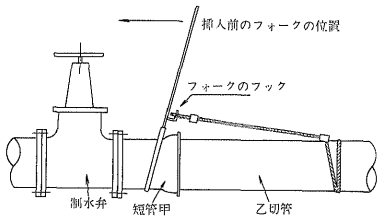
写真－35



ェーンブロックなどで吊った状態で挿入すれば接合しやすい。

ii）**短管甲と乙切管の接合**（図－９）

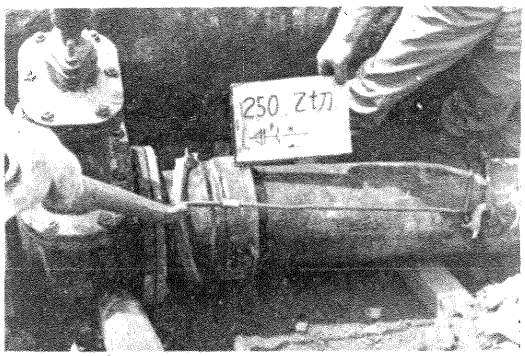
図－９



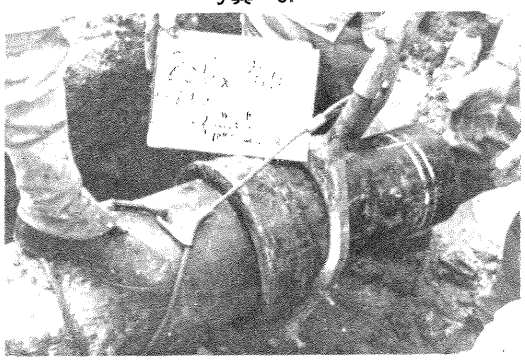
短管甲の受口部にフォークをセットし直管部にワイヤーロープを２回巻き、そのワイヤー先端をフォークのフックに引掛け、制水弁側に倒し挿入する。

なお、制水弁の高さの関係でフォークが当　、挿入困難の場合はフォークの位置を斜めにして挿入すればよい（写真－36)。

写真－36

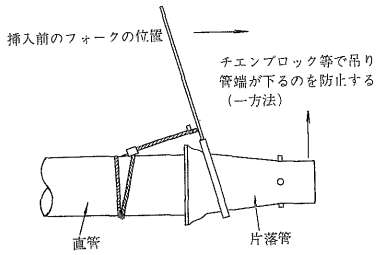


写真－37



(2) 直管挿口と片落管との接合（図－10）

図－10

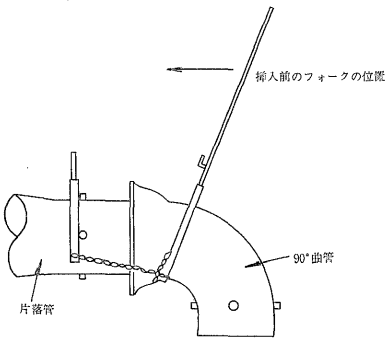


片落管の受口部にフォークをセットし、直管にワイヤーロープを巻き、そのワイヤーロープ先端をフォークのフックに引掛け片落管さし口側に倒し挿入する（写真－37)。

この場合、片落管さし口側が挿入時、さがりぎみとなる可能性があり、枕木などを敷いて防止しておく必要がある。また、チェーンブロックなどで吊って挿入するか、手で持ち上げながら挿入してもよい。

(3) 片落管挿口と曲管との接合（図－11）

図－11

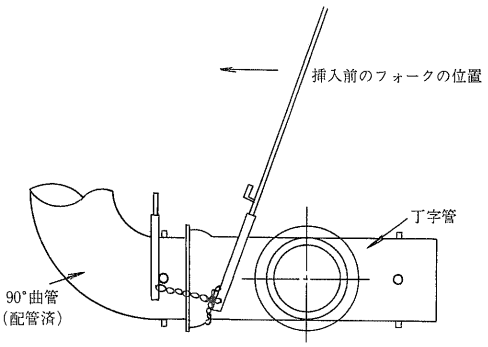


90°曲管受口部にフォークをセットし、片落管のボスにサドルをセットして、フォークを90°曲管側に倒した状態にしてから、サドルのチェーンをフォークのチェーン引掛け、金具に引掛けてフォークを片落管側に倒し挿入する。

曲りの横配管および斜横配管などは、片落管挿口のボスを利用して、前述の方法でヒネリ配管をすることができる(写真－38)。

(4) 曲管と二受丁字管との接合(図－12)

図－12



丁字管の受口部にフォークをセットし、90°曲管さし口のボスにサドルをセットしてフォークを丁字管側に倒した状態にしてから、サドルのチェーンをフォークのチェーン掛け金具に引掛けて、フォークを90°曲管側に倒し挿入する(写真－39)。

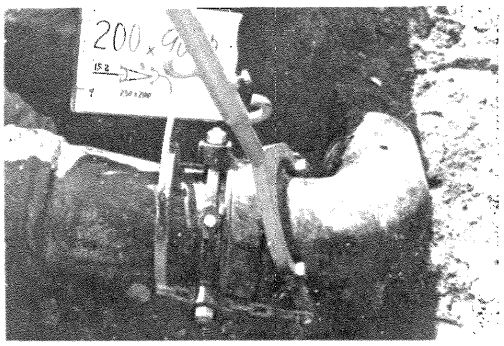
配管施工上、丁字管の枝管が上側にある時はフォークが受口に当り、挿入が困難であるので、フォークの移動位置より多少枝管をずらして挿入すれば容易にできる。挿入後、丁字管をヒネれば所定の位置となる。

(5) 栓の挿入(挿入方法の一例を示す)

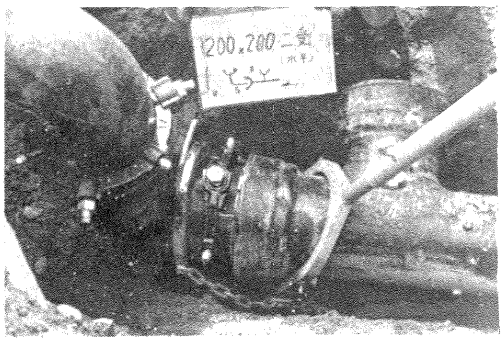
サドルを栓のフランジ面にセットし、栓の凹部に角材あるいは丸棒をあずけ、一端を肩にかけてサドルが滑り落ちるのを防ぎながら挿入する(写真－40)。

また、栓には抜出防止のためにボルトが設けてあるが、挿入開始前にボルトの先端を栓の外面と同じになるようにしておき、挿入完了後、ボルトを３回転ねじ込むことにより、ボルト先端が受口に掛り、栓が抜け出すのを防ぐことができる。なお、栓は陸で挿入する方が容易に挿入できる。

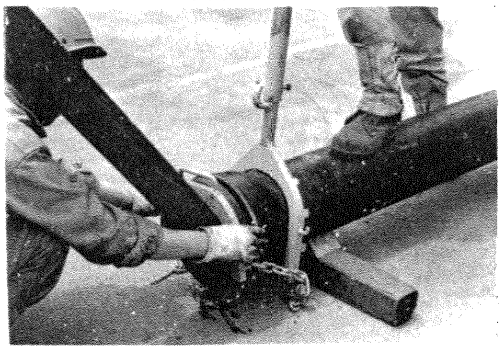
写真－38



写真－39



写真－40

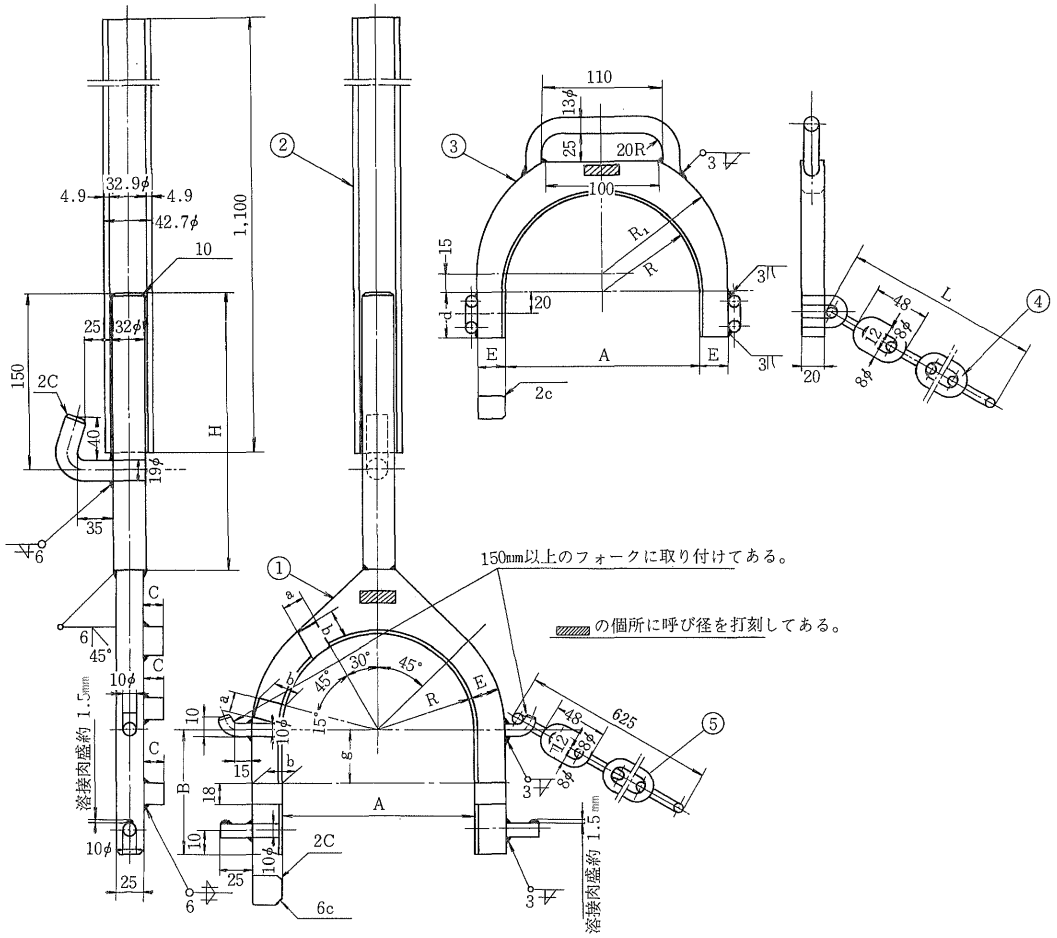


5．結　び

以上、基本的な接合方法を詳述し、問題と考えられる事例の接合方法を述べた。

本稿がタイトン管路を計画、布設される関係各位にいくらかでも参考となれば幸甚である。

付図－1

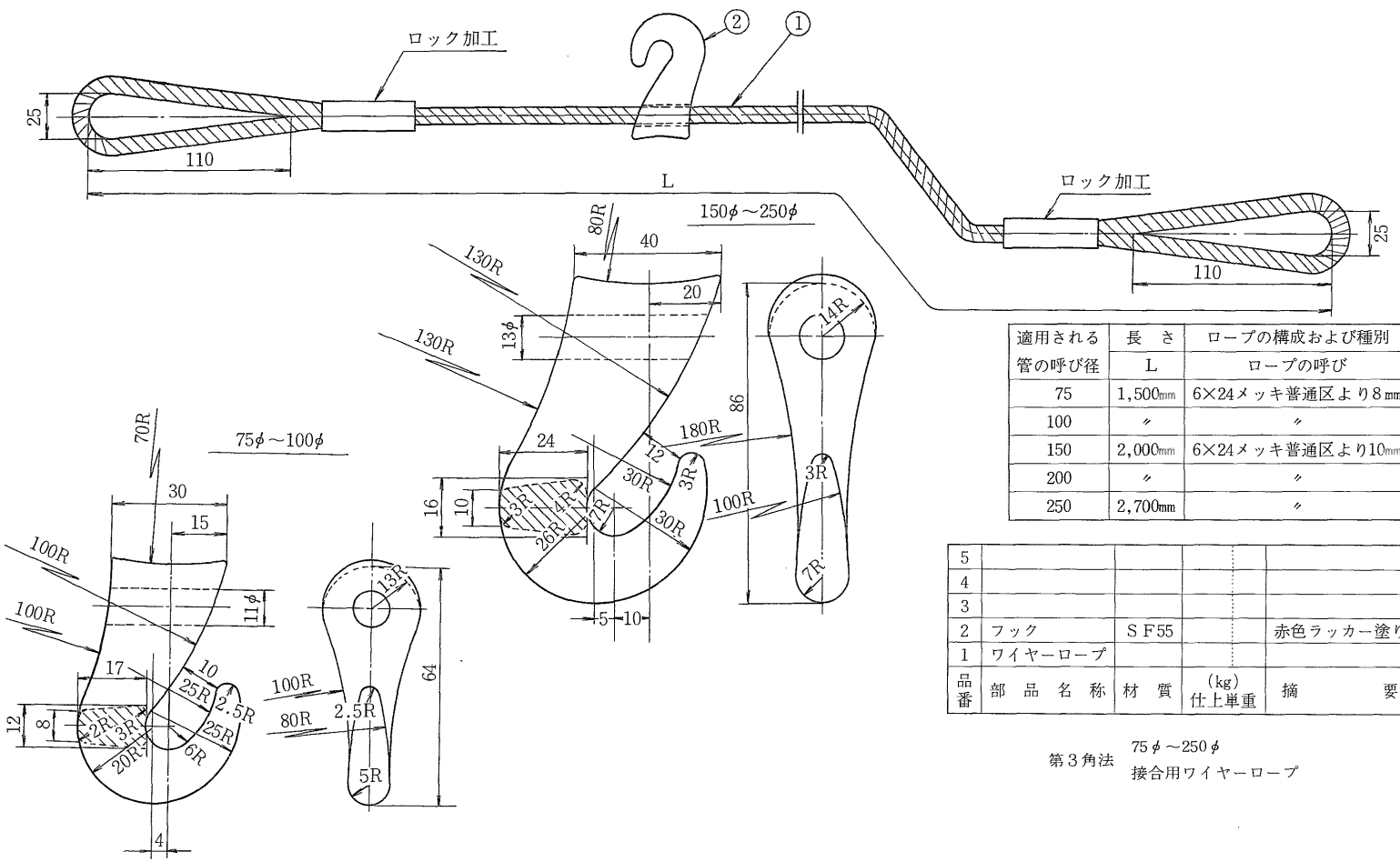


品番	部品名称	材質	(kg) 仕上単重	摘要
5	フォーク用チエーン	SBC 34		JISF2106－1958(規格品)
4	サドル用チエーン	SBC 34		JISF2106－1958(規格品)
3	サドル	SS 41		
2	ハンドル	STPG38		32Aスケジュール80(8種) JISG3454－1968(規格品)
1	フォーク	SS 41		

適用される管の呼び径	各部寸法 A	B	R	R_1	H	a	b	c	g	d	E	L	適用される管の呼び径
75	96	70	48	70	260	9	22	19	35	40	22	374	75
100	121	95	60.5	82.5	255	〃	〃	〃	38	〃	〃	〃	100
150	172	115	86	111	250	18	25	18	40	〃	25	410	150
200	223	140	111.5	136.5	245	〃	〃	〃	47	60	〃	485	200
250	275	153	137.5	162.5	235	〃	〃	〃	50	〃	〃	〃	250

第3角法　75φ～250φ
タイトンジョイント接合器具

付図－2



適用される管の呼び径	長さ L	ロープの構成および種別 ロープの呼び
75	1,500㎜	6×24メッキ普通区より8㎜
100	〃	〃
150	2,000㎜	6×24メッキ普通区より10㎜
200	〃	〃
250	2,700㎜	〃

品番	部品名称	材質	(kg) 仕上単重	摘要
5				
4				
3				
2	フック	SF55		赤色ラッカー塗り
1	ワイヤーロープ			

第3角法　75φ～250φ
接合用ワイヤーロープ

技術レポート
〈2〉

地域冷房配管と鋳鉄管

大阪市都市再開発局再開発部第２課
主査　**保野章夫**
日本鋳鉄管協会技術専門委員会
委員　**大畑　明**
委員　**古瀬哲男**

はじめに

アジアで初めて開催された日本万国博が成功のうちに閉会し、はや１年たったが、この成功の陰にはわが国最初の本格的大規模な地域冷房がうまく運営されたことが、大きな要因の一つにあげられると思う。

一方、近年人間性の回復が大きな社会問題としてとりあげられ、大気汚染の防止、都市災害の防止などの対策として、地域冷暖房が検討され、実用化されるようになってきている。

当時、われわれ万国博協会の設計ならびに工事担当者にとっては、毎日が時間との戦いであり、いかに早くかつ安全な施設を作るかが大きな課題であった。地域冷房計画においても、その採用が決定された時期がおそく、とくに冷水供給管の埋設は道路の早期整備の必要性から緊急を要した。

たまたま、私が万国博協会に出向する前に水道事業にたずさわっていた関係で、工事期間の短縮、地盤の悪さ、電食の問題、熱膨張の問題などを考えた場合、冷水供給管として鋳鉄管を採用するのはどうかと考え、さっそく日本鋳鉄管協会に相談し、調査を依頼したところ、とくに安全性において鋳鉄管が冷水供給管として、十分使用に耐え得るという返答をもらい、採用にふみきった。

万国博協会では、鋳鉄管を地域冷房冷水の輸送管として採用した機会に、鋳鉄管の埋設管路における熱的特性を調べるため、日本鋳鉄管協会の協力を得て、共同実験を行なうことになった。

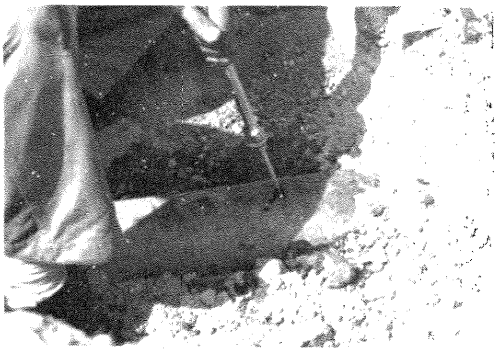
この技術検討の結果、冷水輸送管として鋳鉄管が十分使用に供されることが判明し、今後、鋳鉄管がより広い分野に利用されることは、水道事業および地域冷房事業に関係していた私にとっては幸甚に思う次第である。

昭和46年９月〈当時〉日本万国博覧会協会
地域冷房課副参事　保野章夫

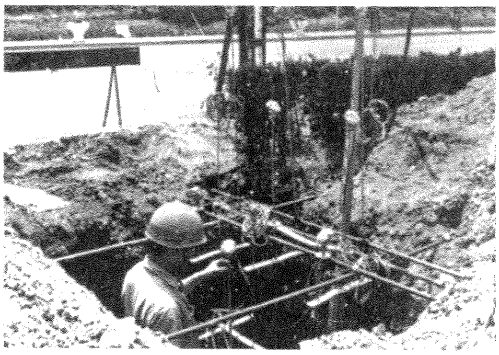
実験のあらまし

実験は、冷水南プラントの警備本部・中央診療所からの冷水還管(125φＦＣ管・外面裸、内面ポリエチレンライニング1.5㎜)を用いて行なった。

期間は２年に及び、第１次実験(昭和44年)は冷水管路の温度上昇を調べ、※抜山理論と



写真－1　測温抵抗体取付け



写真－2　測温抵抗体の取付け作業

の比較に重点をおいた。

第２次実験（昭和45年）では、冷水管管周囲の温度分布を求め、実用式の確立に専念した。

※温流体の地下輸送管より、特に温水輸送における温度降下に就て〈東北大名誉教授　抜山四郎〉

１．目　的

１）第１次実験

鋳鉄管を冷水輸送管として地中に埋設した場合での一定管路区間での熱損失による温度変化を調べた。

２）第２次実験

(1) 鋳鉄管周囲の温度分布を調べた。

(2) 土の熱伝導率を同じ場所にて調べた。

２．温度測定期間

１）第１次実験

昭和44年６月５日より同年９月20日まで

２）第２次実験

昭和45年８月19日より同年９月22日まで

３．測定器具

(1) 測温抵抗体（横河電機製）

(イ) 水温測定用RF－M　　２本

(ロ) 土およびベークライト測定用 RC－M　13本

(2) 卓上記録計（横河電機製）

TYPE 3043(LER－12A)　　１台

(3) 変換器（横河電機製）

０℃～20℃および20℃～40℃　１台

(4) 水銀接点ボックス　　１台

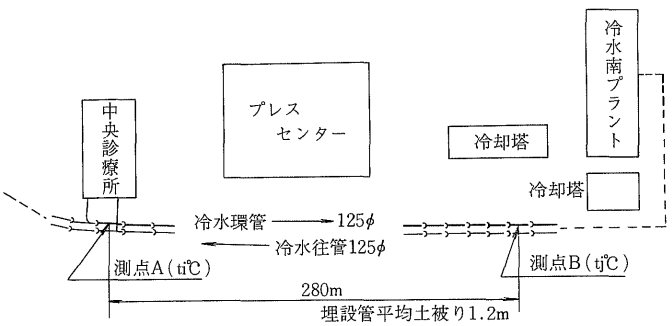
(5) ベークライト500㎜×800×10t　１枚

(6) 水銀温度計、その他　　１式

４．実験方法

１）第１次実験

図の中央診療所前から冷却塔までの間（管路長280m、平均土被り1.2m）で水温を測定した。供試管路は冷水還管で内面ポリエチレン1.5㎜厚さ、外面裸の125φ鋳鉄管、また、冷水還管より50cmはなれた所に内面セメント



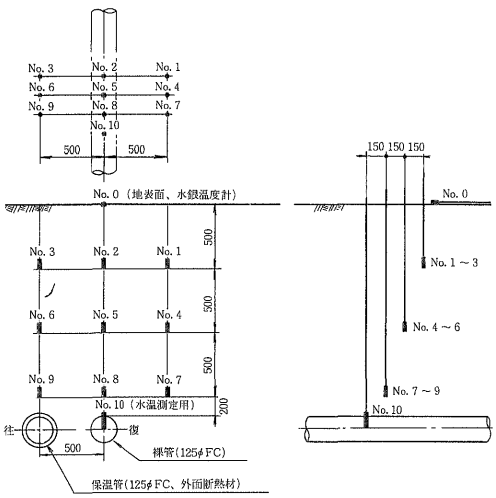
モルタル４mm厚さ、外面発泡スチロール50mm厚さに保温された往管が並列に配管されていた。なお、往管は実験の対象となっていない。

2）第２次実験

(1) 管周囲の温度分布

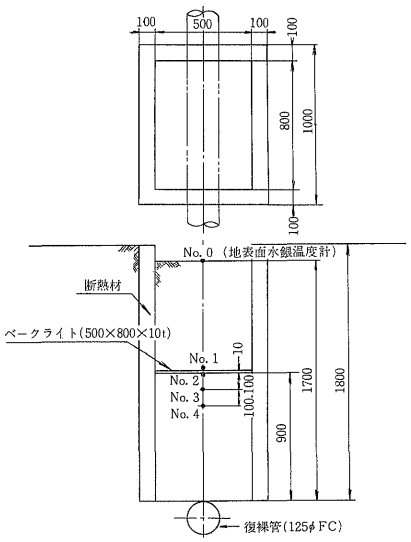
温度測定はNo.１～No.９までの土中温度とNo.０の地表面温度およびNo.10の水中温度の合計11カ所を測定した。

ただし、No.10の位置は第１次実験の測定Ｂの位置に同じ。



(2) 土の熱伝導率

下図のような断熱材で製作した箱の中にベークライトを入れ、ベークライトの表裏面２点、土中温度２点および土の表面温度１点、合計５点を測定した。



なお断熱材には発泡ウレタン（HR－351NP）を使用した。

5. 実験結果

1）第１次実験

測定結果

昭和44年 9月20日	中央診療所前水温 ti ℃	冷却塔前水温 tj ℃
午後２時	8.35	8.52
午後４時	7.95	8.05

備考：１．当日の冷凍機運転は午前９時より午後５時15分までであった。

２．流速＝1.81m/s、流量＝79.6㎥/hであった。

2）第２次実験

(1) 管周囲温度測定結果

昭和45年８月19日より９月22日までの測定結果を図１に示す。

(2) 土の熱伝導率算出のための温度測定結果

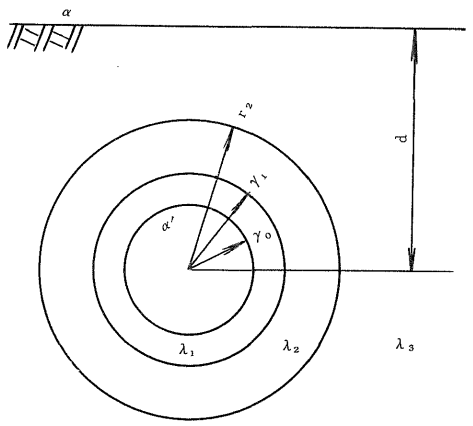
８月19日より８月31日までの測定結果を図２に示す。

なお万国博期間中の冷凍機の運転は午前８時から午後11時までであった。

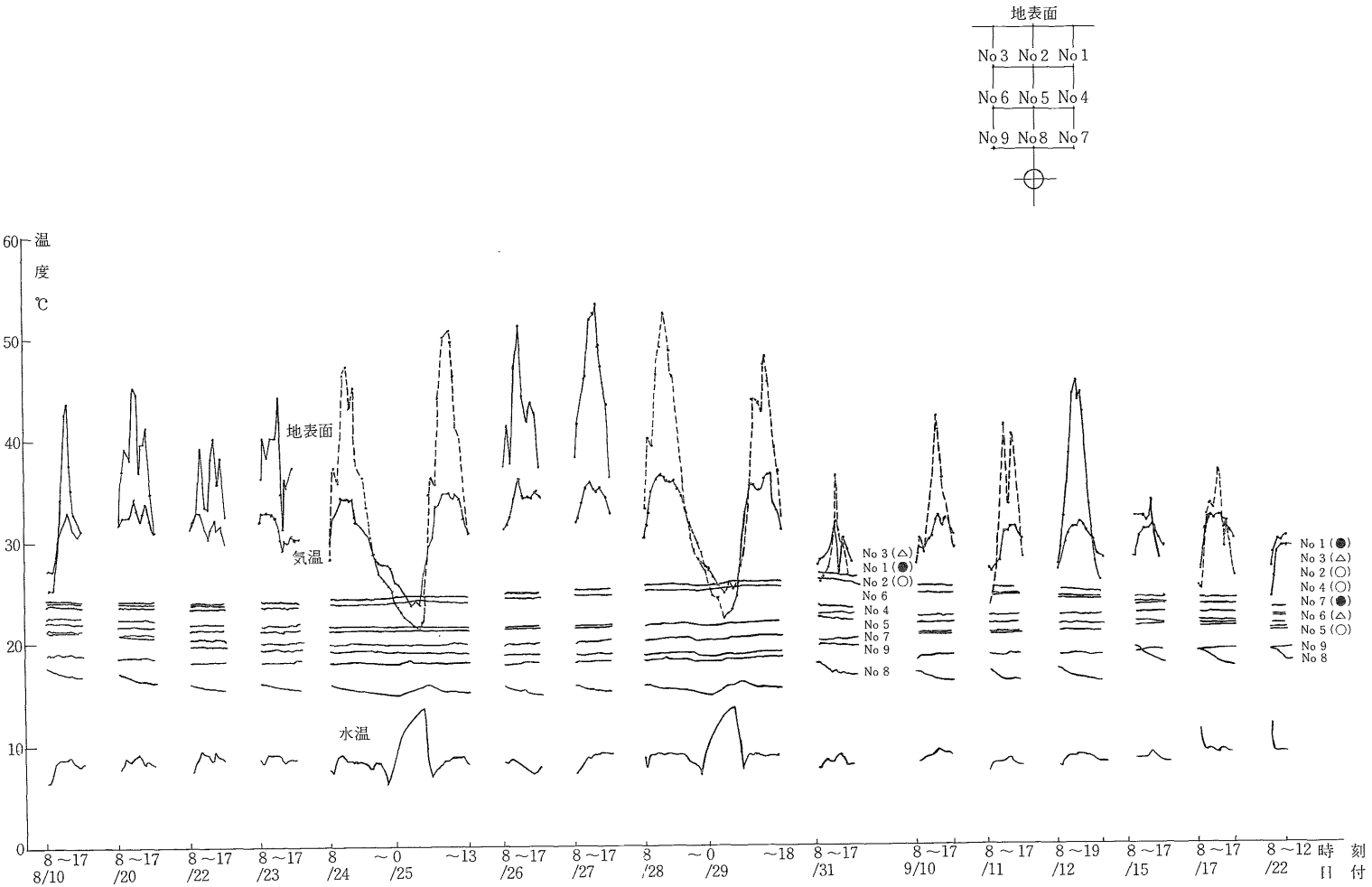
6. 実験データ解析

1）第１次実験

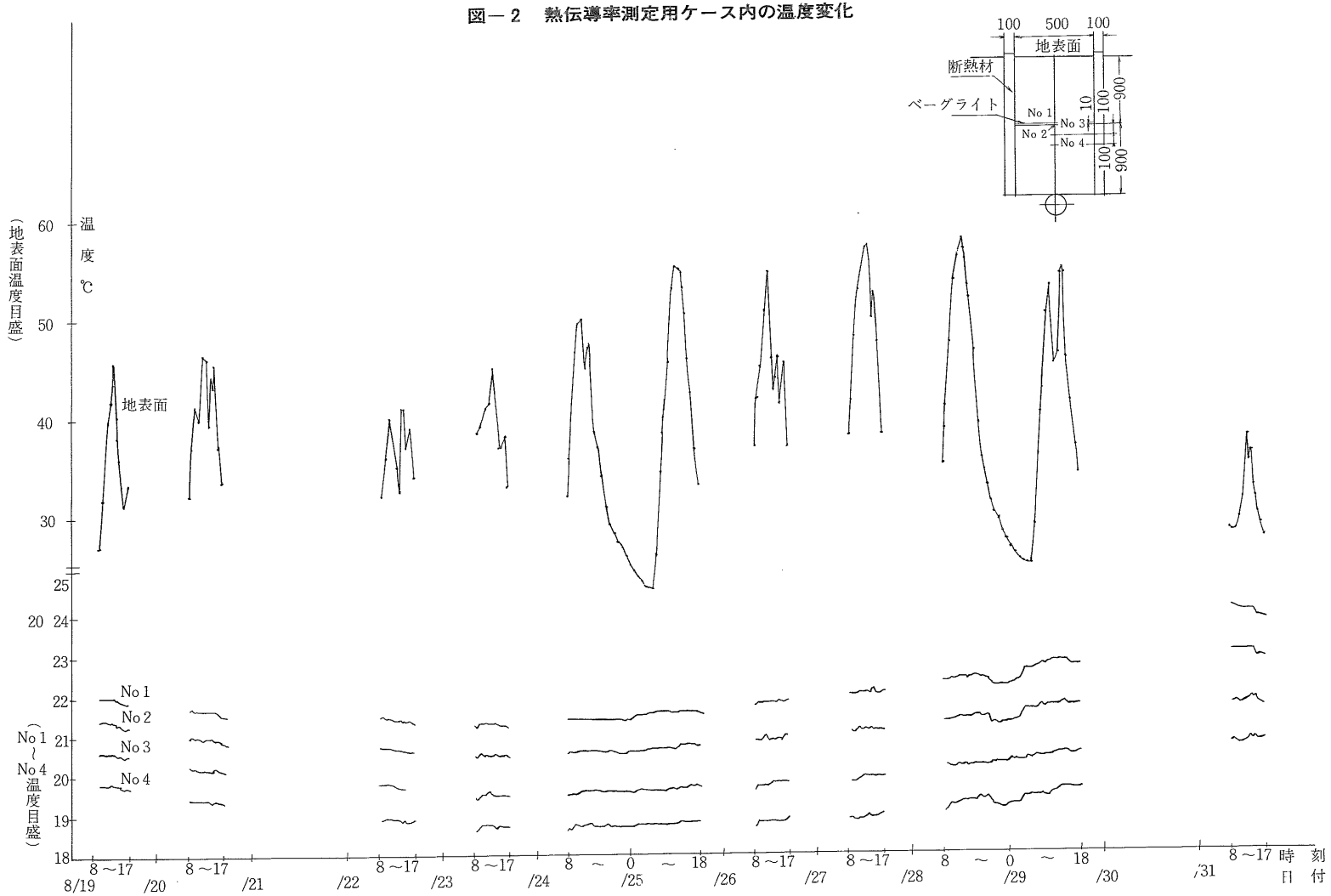
冷水輸送管の地中埋設時の熱吸収による水温の上昇については、抜山理論から次のように定義できる。



図－1　万博地域冷房管周囲温度分布線図(測定日45.8.19～9.22)



図－2　熱伝導率測定用ケース内の温度変化



$$(\theta g-\theta_2)=(\theta g-\theta_1)e-\frac{L}{RCW} \quad (1)'$$

θ_1：入口温度(ti℃)

θ_2：出口温度(tj℃)

θg：外気温(平均気温℃)

L：測定管路長(m)

R：管保温の熱抵抗(mh℃/Kcal)

C：水の比熱(Kcal/kg℃)

W：1時間当り流れる水の重量(kg/h)

$$R=\frac{1}{2\pi}\left\{\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{\lambda_1}+\frac{\varepsilon_2-\varepsilon_3}{\lambda_2}+\frac{\varepsilon_3}{\lambda_3}\right\} \quad (2)'$$

λ_1＝ポリエチレンの熱伝導率
(0.4Kcal/mh℃)

λ_2≒鋳鉄管の熱伝導率(31Kcal/mh℃)

λ_3＝土の熱伝導率(1.74Kcal/mh℃)

—第2次実験データより—

$$\varepsilon_1=\ell n\left[\frac{d}{r_0}\left\{1+\sqrt{1-\left(\frac{r_0}{d}\right)^2}\right\}\right]_1$$

$$\varepsilon_2=\ell n\left[\frac{d}{r_1}\left\{1+\sqrt{1-\left(\frac{r_1}{d}\right)^2}\right\}\right]_2 \quad (3)'$$

$$\varepsilon_3=\ell n\left[\frac{d}{r_2}\left\{1+\sqrt{1-\left(\frac{r_2}{d}\right)^2}\right\}\right]_3$$

d：埋設深さ(m)

(2)′式の熱抵抗Rは(3)′式に表わされる熱抵抗の他に、地表面の熱抵抗と管内面の表面抵抗が考えられる。考え方としてよく用いられている等価厚さを考えてみる。

(イ)地表面

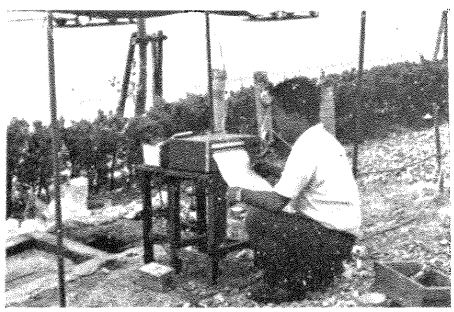
$$\triangle d=\frac{\lambda_3}{\alpha}=11.6mm$$

(α＝150Kcal/mh℃土の熱伝達率)

(ロ)管内面：

$$\triangle\gamma=\frac{\lambda_1}{\alpha'}=0.1mm$$

(α'＝3.557Kcal/㎡h℃水の平均熱伝達率)



写真－3　測定状況

△d、△γだけ大きくなったものとみなす。

(1)′、(2)′、(3)′に次の値を代入し、冷却塔前の水温を実測値と比較してみると表のようになる。

θ_1＝ti、θ_2＝tj、θg＝25.3 (9月20平均気温)

L＝280、R＝0.3434、C＝1、W＝79592

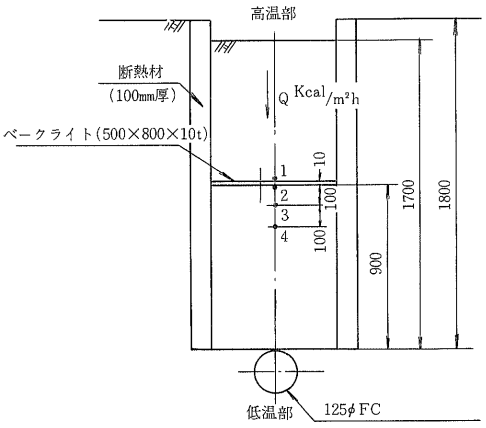
λ_1＝0.4、λ_2＝31、λ_3＝1.74

d＝1.3585

測定日	実測値		理論値
44. 9. 20	ti	tj	tj
午後2時	8.35	8.52	8.52
午後4時	7.95	8.05	8.12

2）第2次実験

(1) 土の熱伝導率算出式



図のような熱伝導率測定用BOXにおいて、地上の高温部と地中の低温部の間に単位時間、単位面積あたりQKcalの熱量が流れるものとすると、BOXのまわりが断熱されているため、ベークライトの1→2を通過する熱量も土の2→3、2→4を通過する熱量も同じであると仮定する。

(イ) ベークライト部を通過する熱量：

$$Q=\lambda_{12}\cdot\frac{t_1-t_2}{\ell_1} \quad (1)$$

(ロ) 土部(2→3)を通過する熱量
(土の熱伝導率 λ_3)

$$Q=\lambda_3\frac{t_2-t_3}{\ell_2} \quad (2)$$

(ハ) 土部(2→4)を通過する熱量
(土の熱伝導率 λ_4)

$$Q=\lambda_4\frac{t_2-t_4}{\ell_3} \qquad (3)$$

(1)、(2)より

$$\lambda_3=\lambda_{12}\cdot\frac{\ell_3}{\ell_1}\cdot\frac{t_1-t_2}{t_2-t_3} \qquad (4)$$

(1)、(3)より

$$\lambda_4=\lambda_{12}\cdot\frac{\ell_3}{\ell_1}\cdot\frac{t_1-t_2}{t_2-t_4} \qquad (5)$$

但し、

t_1、t_2、t_3、t_4…測定点1、2、3、4での温度

ℓ_1、ℓ_2、ℓ_3…測定点間(1、2)、(2、3)、(2、4)の距離

λ_{12}…ベークライトの熱伝導率

λ_3、λ_4…土部(2→3)、(2→4)での土の熱伝導率

ベークライトの熱伝導率については下記の実験式を用いた。

$$\lambda_{12}=0.193(1+0.00191\cdot t) \qquad (6)$$

(6)式のtについては

$$t=\frac{t_1+t_2}{2} \qquad (7)$$

とした。

(2) 土の熱伝導率の測定値

9/19～9/10の間に測定された熱伝導率の平均値は、

$\lambda_3=1.68$Kcal/mh℃

$\lambda_4=1.80$Kcal/mh℃

となっている。

ここで上記λ_3とλ_4の平均値をもって万国博会場での土の熱伝導率とする。

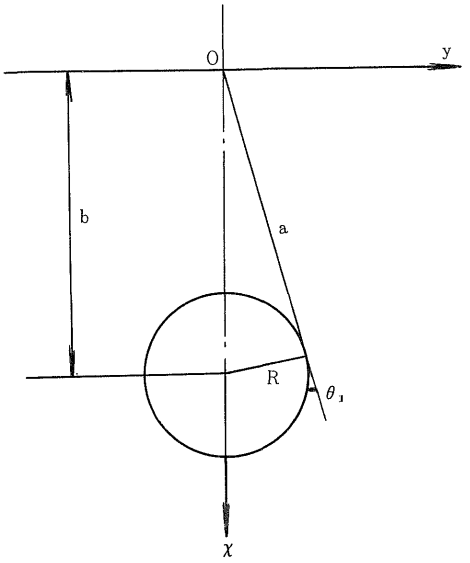
$\lambda=1.74$Kcal/mh℃

以後の解析にあたり土の熱伝導率には、この値を用いるものとする。

(3) 管周囲温度分布の実用式(定常時)の導入

(i) 地表面気温0℃、管外面温度θ_1℃の場合

地面上の気温を基準温度0℃にえらび、地表面からbmの深さに、温度θ_1、半径Rの埋設管を考えて、地表面においてNewtonの冷却法則が適用されるものと考え、地表面の熱伝達率をα Kcal/㎡h℃とし、$\alpha/\lambda=h$m^{-1}とすればhの逆数は表面の気体膜が土の熱伝導率がλ Kcal/㎡h℃であると仮定してみた場合の気体膜の仮想の厚さを示すことになり、求める温度分布をθで示せば、次の式展開が得られる。



二次元の熱伝導の基礎式

$$\frac{\partial\theta}{\partial t}=K\left(\frac{\partial^2\theta}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\theta}{\partial y^2}\right)$$

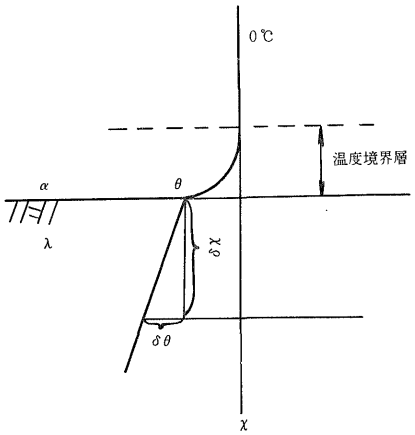
定常と考えると

$$\frac{\partial\theta}{\partial t}=0 \text{ より}$$

定常熱伝導の基礎式

$$\frac{\partial^2\theta}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\theta}{\partial y^2}=0$$

が成り立つ。

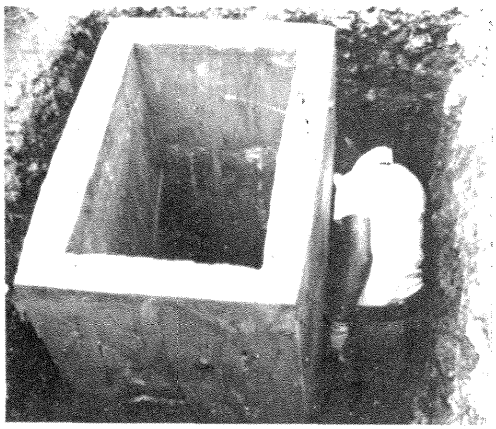


x＝0における温度をθとすると、単位表面積から単位時間に流れる熱量qは

$$q=\alpha(0-\theta) \qquad (8)$$

また、x＝0よりx＋∂xまで流れる熱量q′は

$$q'=-\lambda\frac{\partial\theta}{\partial x} \qquad (9)$$



写真－4　土の熱伝導率測定用BOX

題意より $q=q'$

$$\therefore \alpha(O-\theta)=-\lambda\frac{\partial\theta}{\partial x}$$

$\frac{\alpha}{\lambda}=h$ とおくと　$x=O$ において

$$-\frac{\partial\theta}{\partial x}+h\theta=O$$

以上より求める式は次の式を解くことにより得られる。

$$\left.\begin{aligned}&\frac{\partial^2\theta}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\theta}{\partial y^2}=O\\&(x-b)^2+y^2=R^2\text{において}\\&\quad\theta=\theta_1\\&x=O\text{において}\\&-\frac{\partial\theta}{\partial x}+h\theta=O\end{aligned}\right\}\quad(10)$$

(10)式の解は次のようになる。

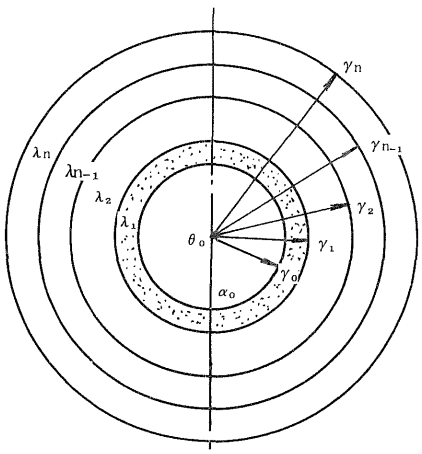
$$\theta=\frac{\theta_1}{\log\frac{b-a}{b+a}}\log\frac{(x-a)^2+y^2}{(x+a)^2+y^2}+\frac{2\theta_1}{\log\frac{b-a}{b+a}}\left[\frac{1}{h}\left\{\frac{x-a}{(x-a)^2+y^2}-\frac{x+a}{(x+a)^2+y^2}\right\}-\frac{1}{h^2}\left\{\frac{(x-a)^2-y^2}{\{(x-a)^2+y^2\}^2}-\frac{(x+a)^2-y^2}{\{(x+a)^2+y^2\}^2}\right\}+\frac{2}{h^2}\int_0^\infty e^{-h\varepsilon}\left\{\frac{(x+\xi-a)\{(x+\xi-a)^2-3y^2\}}{\{(x+\xi-a)^2+y^2\}^3}-\frac{(x+\xi+a)\{(x+\xi+a)^2-3y^2\}}{\{(x+\xi+a)^2+y^2\}^3}\right\}d\xi\right]\quad(11)$$

ただし、$a=\sqrt{b^2-R^2}$

(ii) 管外面温度θ_1の決定

埋設管の内部にθ_o℃の水がながれ隔壁がn層になっており、その外部温度がθ_1であったとする。

γ_o、γ_1、γ_2、γ_{n-1}、γ_n：半径
λ_1、λ_2、λ_{n-1}、λ_n：熱伝導率
α_o：水の熱伝達率



埋設管単位長さ、単位時間当りの熱通過量 qKcal/mhは

$$q=K(\theta_1-\theta_o)\cdot 2\pi\quad(12)$$

ここで隔壁がn層になっていて、熱伝導率λ_n、各半径γ_nを図のようにとると

$$\frac{1}{K}=\frac{1}{\alpha_o\gamma_o}+\sum_{m=1}^{n}\frac{\ell oge\rho_m}{\lambda_m}\quad(13)$$

ただし、

$\rho_1=\gamma_1/\gamma_o$、$\rho_2=\gamma_2/\gamma_1\cdots\cdots\rho_n=\gamma_n/\gamma_{n-1}$

次にこの埋設管からの熱の損失を考えると、埋設管表面においては、単位長さ当り、また地表面に対しては単位奥行当り、次式をもって与えられ、埋設管表面よりの熱損失は全部地表面を通して失われることは気体膜のあるなしに関係ないものと考える。

熱損失量をq'Kcal/mhとすると、

$$q'=-2\lambda\int_o^\infty\left(\frac{\partial\theta}{\partial x}\right)_{x=o}dy$$

(11)式より

$$q'=\frac{4\pi\lambda\theta_1}{\log\frac{b-a}{b+a}}\quad(14)$$

また、この熱損失は地表面の熱抵抗の有無に関係ないと考えられる。

題意より(12)、(14)にて、q＝q′となり、θ_1が次式(15)にて決定される。

$$\theta_1=\frac{K\,\ell\log\frac{b-a}{b+a}}{-2\lambda+K\,\ell\log\frac{b-a}{b+a}}\cdot\theta_0 \qquad (15)$$

ただし、Kは(13)式にて与えられる。

(iii) 深さによる地中温度変化（埋設管なしの場合）

太陽熱の影響により、地表面温度t℃がts（夏季）～to（冬季）の間で変化し、$t=\theta\cdot\cos(2\pi\tau/\tau_0)$で年平化するものとすれば、表面温度の最大振幅は

$$\theta=\frac{ts-to}{2}\text{である。}$$

ただし、τ＝表面温度が最高を記録してからの時間（日数）

τ_0＝周期（1年間＝365日）

均質な地層において、地表面から深さx mにおける地中温度の時間的変化は、

$$\theta x=\theta\cdot e^{-x\cdot\beta}\cos\left(2\pi\frac{\tau}{\tau_0}-x\beta\right) \qquad (16)$$

ただし、$\beta=\sqrt{\pi/C\tau_0}$（減衰係数）

C＝温度伝導率

深さx mにおける地中温度txは、地表面の平均温度を$(ts+to)/2$とすると

$$tx=\frac{ts-to}{2}e^{-x\cdot\beta}\cos\left(2\pi\frac{\tau}{\tau_0}-x\cdot\beta\right)+\frac{ts-to}{2} \qquad (17)$$

(4) 実用式の決定

(11)式よりのθ℃（埋設管による地中温度）

(15)式よりのθ_1℃（管内θ_0のときの管外面温度）

(17)式よりのtx℃（深さx mにおける地中温度）

から実際の地中温度は次のように決められる。

$$t=tx+\theta\begin{pmatrix}x\\y\end{pmatrix}$$

$$=\frac{ts-to}{2}e^{-x\cdot\beta}\cos\left(2\pi\frac{\tau}{\tau_0}-x\cdot\beta\right)+$$

$$+\frac{ts+to}{2}+\frac{\theta_1}{\ell\log\frac{b-a}{b+a}}\times\ell\log\frac{(x-a)^2+y^2}{(x+a)^2+y^2}$$

$$+\frac{2\theta_1}{\ell\log\frac{b-a}{b+a}}\times\left[\frac{1}{h}\left\{\frac{x-a}{(x-a)^2+y^2}-\frac{x+a}{(x+a)^2+y^2}\right\}-\frac{1}{h^2}\left\{\frac{(x-a)^2-y^2}{\{(x-a)^2+y^2\}^2}-\frac{(x+a)^2-y^2}{\{(x+a)^2+y^2\}^2}\right\}+\frac{2}{h^2}\int_0^\infty e^{-h\xi}\left\{\frac{(x+\xi-a)\{(x+\xi-a)^2-3y^2\}}{\{(x+\xi-a)^2+y^2\}^3}\right.\right.$$

表－1

	項　　目	記　号	値	備　　考
1	管構成層	M	2	鋳鉄管内面ポリエチレン
2	水熱伝達率	ALO	3357.0	送水条件よりの計算値
3	管径1	RO	0.0622	管中心よりポリ外面までの距離
4	管径2	R(1)	0.0637	管中心より鋳鉄管内面までの距離
5	管径3	R(2)	0.0715	管中心より鋳鉄管外面までの距離
6	ポリエチレン熱伝導率	RAM(1)	0.4	便覧より
7	鋳鉄管熱伝導率	RAM(2)	31.0	便覧より
8	土の熱伝導率	RAM 1	1.74	測定値
9	管内温度	THO	9.10	測定値
10	管土中深さ	B	1.7715	地表面より管中心までの深さ
11	夏季気温平均	THNATU	28.0	吹田市8月平均気温
12	冬季気温平均	THFUU	4.6	吹田市1月平均気温
13	減衰係数	XZ	0.404	$\beta=\sqrt{\frac{\pi}{\tau_0}\cdot\frac{C\gamma}{\lambda}}$より
14	測定日	DAY	24.0(日)	8月1日に年最高気温をつけたとする（統計的にみて）

単位　Kcal. m. h. ℃

備考　1．今回の計算で地表面の熱伝達率α Kcal/㎡ h℃は無限大と考えて行った。

2．平均気温の年間データが万博会場で得られなかったため、1969年4月～1970年3月の吹田市（会場近くの）のデータによった。

$$-\frac{(x+\xi+a)\{(x+\xi+a)^2-3y^2\}}{\{(x+\xi+a)^2+y^2\}^3}\Big\}\alpha\xi\Big] \quad (18)$$

ただし、$\theta_0'=\theta_0-t_x=b$　　(19)

このθ₀′を(15)のθ₀としてθ₁を計算する。

（$t_x=b$は(17)式において、$x=b$とおいた値である。）

(5) 電算機による計算

(i) 条　件

(18)式をプログラムに組み電算機(HiTAC8300)にて表1条件で計算を行なった。

(ii) 計算結果

各地点での計算結果を図3、図4に示す。

図の実測値は、ほぼ定常状態に達したとみられる。8月24日、午前8時、8月25日午前8時までの24時間、1時間間隔測定の平均値である。

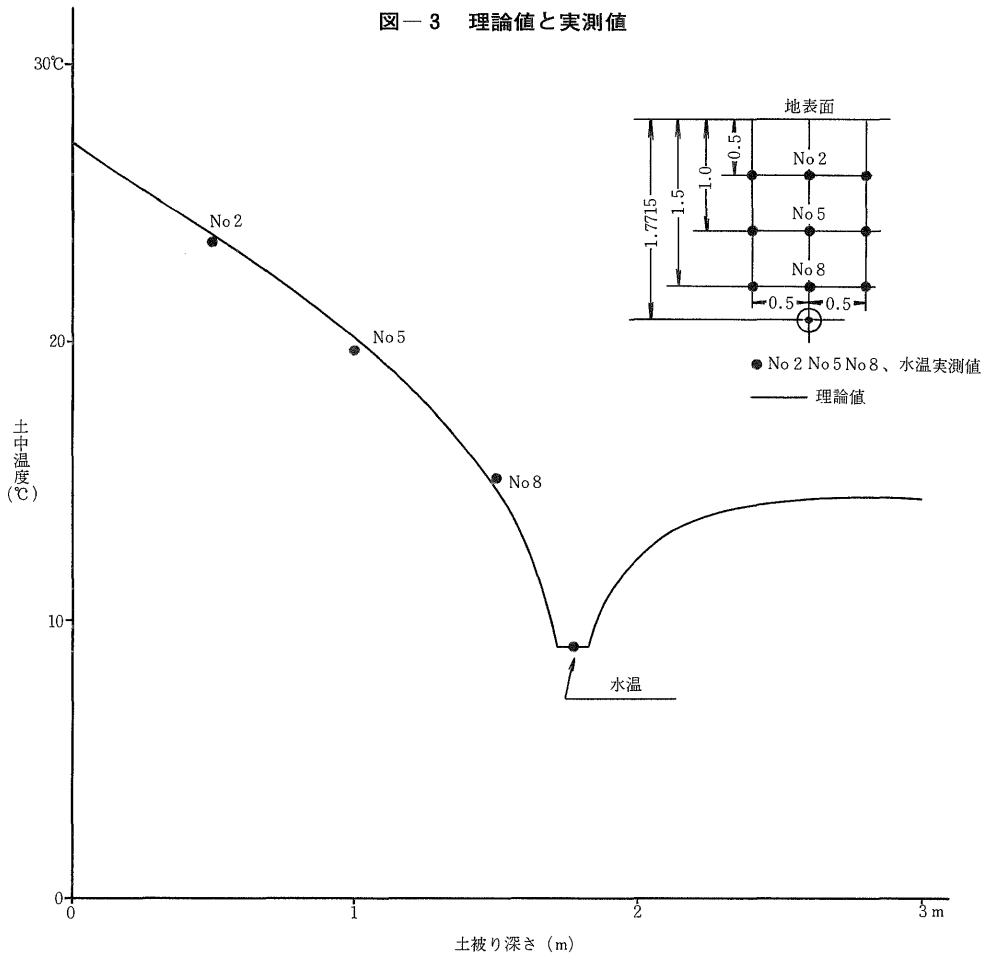
なお、年間で最高気温をつけるには過去10年間の記録によれば8月1日前後となるため、この日を基点にして8月24日の理論値を計算した。

7. 考　察

冷水輸送管として用いた鋳鉄管路の熱的特性を第1次、第2次の実験により調べた訳であるが、次のことがいえる。

①温流体の地下輸送管よりの熱損失について

図－3　理論値と実測値



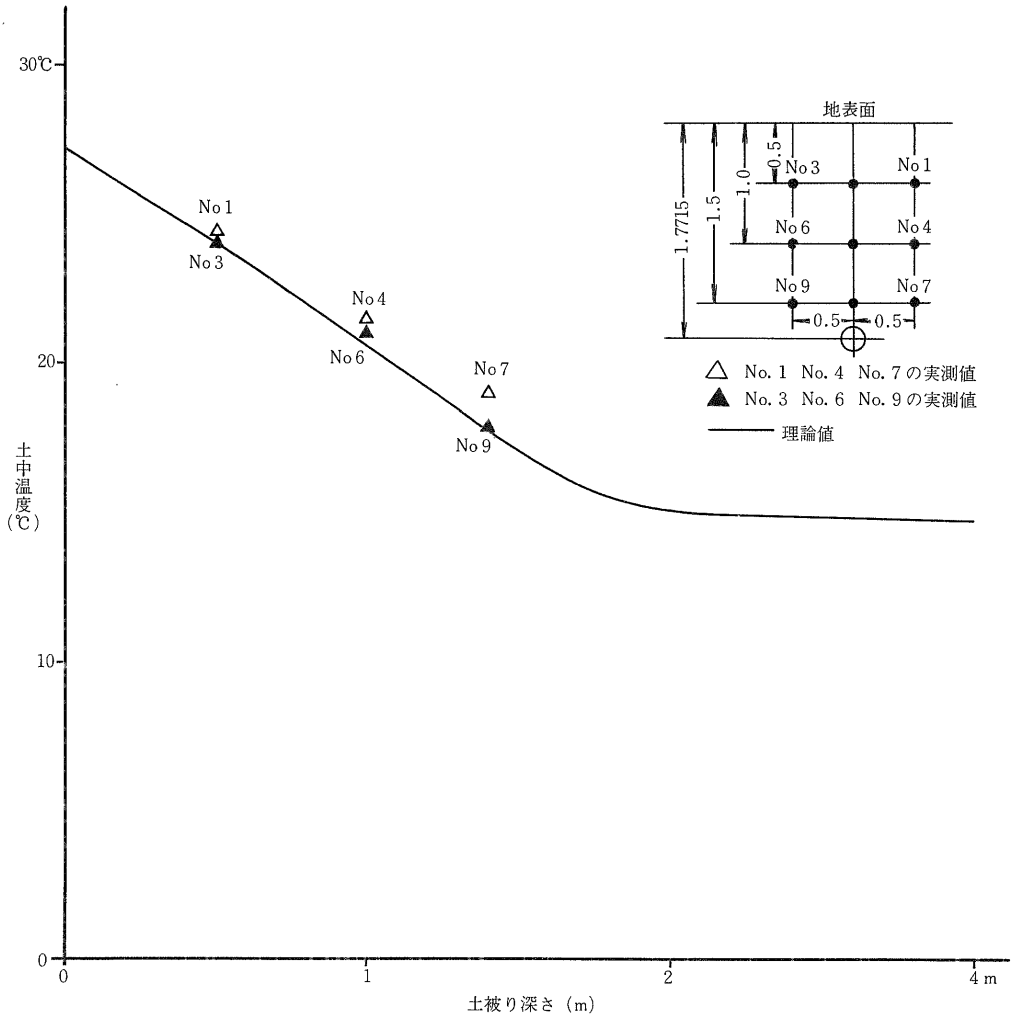
の抜山四郎博士の理論は昭和12年に、機械学会誌に発表されたものであるが、実験として、岩手県の花巻温泉における引湯にて行なっている。導管は勾配により内径50.7㎜、外径63.3㎜と内径38.0㎜、外径50.7㎜の２種類を使用しているが、導管の材質は木材(熱伝導率0.22Kcal/mh℃)であった。

この抜山理論を鋳鉄管路にて適用したのが第１次実験であるが、実測値と理論値がかなりよく一致しているといえる。ただ第２回目の午後４時の分では実測値の方が低く出ているのであるが、これは、鋳鉄の熱伝導率が木材のそれに比し、140倍程度あるため、管まわりの雰囲気が比較的早く、管内温度に近づき、熱の流れがゆるやかになるためと思われる。しかし、熱損失という観点からみると安全側にあるといえる。また、鋳鉄管管路にしても熱損失による温度変化はそう大きくはないということが実験値からいえる。

これらより、冷水配管の鋳鉄管管路にも抜山理論が十分適用できることが実験的にたしかめられた。

②冷水管の熱損失による熱が管周囲にどのように流れ、その結果まわりの土の温度がどのように変化するのかを調べたのが第２次

図－４理論値と実測値



実験である。

埋設管による地中温度分布については昭和12年野手悌士氏（当時南満州鉄道勤務）により発表されているが、条件設定が地表面温度が0℃（満州での気象条件と思われる）とし、太陽熱による土温の変化というものを、考慮に入れられていないために、第2次実験の結果にすぐ適用はできなかった。そこで、太陽熱を考慮に入れた場合の理論式を野手理論を基にして、導き出した結果、実測値とほぼ一致することが確認できた(図4、図5)。

図4をみると、管より20～30cmはなれたところ、温度勾配が他のところに比べかなり大きくなっている。これは土の熱伝導率自体があまり大きくないためであると思える。つまり、土そのものにも相当な保温効果があるといえる。

③土の熱伝導率はその性質、含水率などによって異なるが、一般に0.5～2.0Kcal/mh℃といわれている。今回実測値として、1.74Kcal/mh℃が得られたということは値としても妥当であると同時に、現地での伝導率測定方法自体も適した方法であったといえる。

これらの研究を今後さらに進め、埋設管路における熱的特性を究明していきたく思っている。

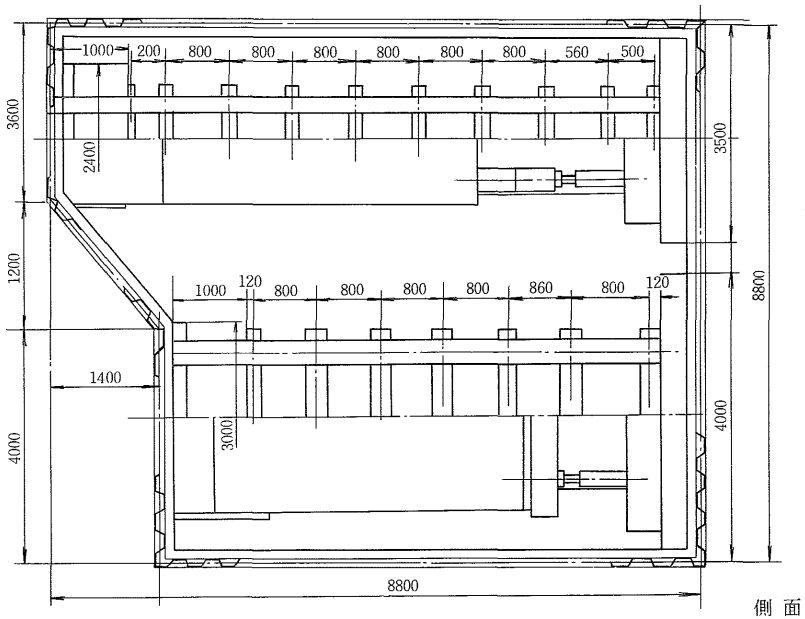
まとめ

第1次、第2次の実験より、鋳鉄管と熱の関係が相当くわしく確認できた。今後さらに種々な実験をかさね、多方面にわたる解析を進めていく方針であるが、現段階でいえることは、地域冷房管路における熱量輸送管として、鋳鉄管を使用することになんら問題がないということである。かりに熱伝導率にしても鋼の約½となっているため、断熱性に優れているといえる。

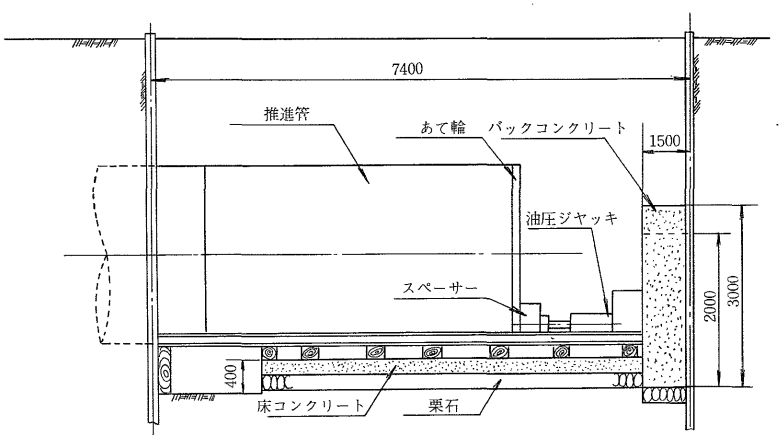
このことは地域冷房配管でも長い距離になってくると、熱的に無視できない因子となることが抜山理論からもいえる。

さらに雨天においても簡単にできる接合作業、熱膨張による伸縮、地盤の変動、振動などを吸収できるようになっているジョイント構造耐腐蝕性などを考え合わせると、鋳鉄管は地域冷房に適した熱輸送管ではないかと思う次第である。

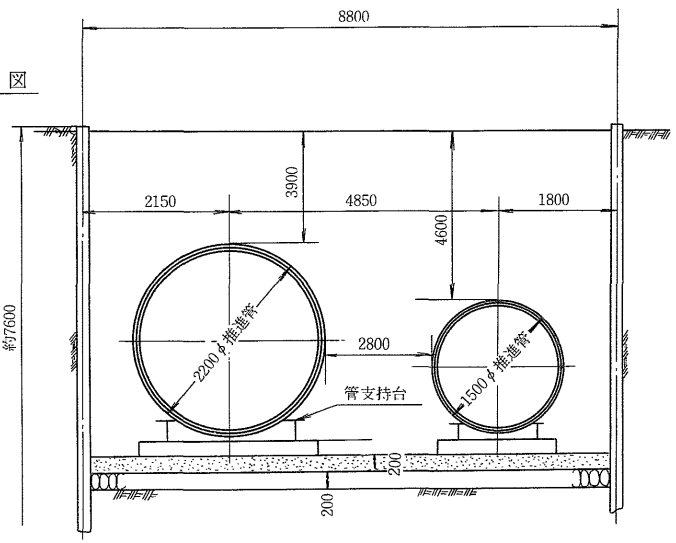
図－3　推進ロピット



平面図



側面図



断面図

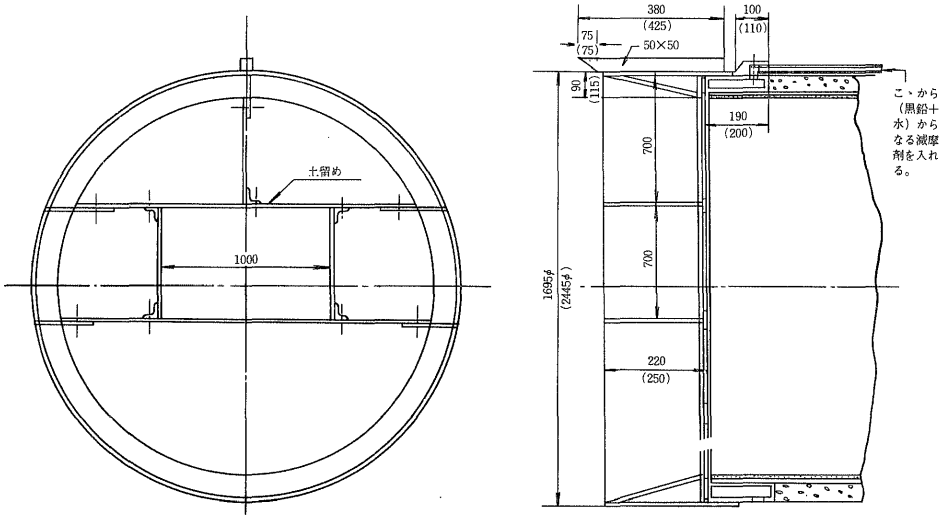
3—4. 推　進

推進口ピットの床コンクリートの上に厚さ24cmの枕木を敷き、この上に300×300H型鋼を乗せ、これをガイドとして推進管がスライドするようにした。一方、スペーサーの当る推進管受口には押輪を入れ、これを保護した。しかし、推力が増加することも予想されたので、ジャッキ推力が推進管に均等に作用するようにした元押装置も準備しておいたが、今回は使用しなかった。

推進は、切羽断面の下⅓を玉子型にピックで崩し、残り⅔は油圧ジャッキを操作し刃口を地中に食い込ませて崩落させ、人力で台車の上に乗せ、これをウインチで管外に引き出し、推進口上に設置したホイストで吊り外に搬出した。

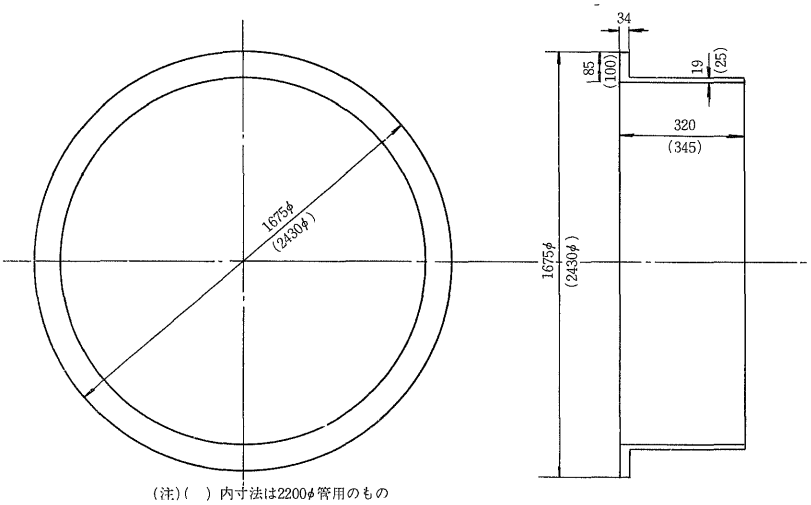
管と土との摩擦抵抗を減少させるための減摩剤の注入用として、また道路公団側より工事条件として指示された推進完了後のモルタル注入用として、刃口に注入口を取付けておいたが、実際の工事では減摩剤は使用の必要がなく、モルタル注入のみに使用した。

図—4　刃口構造図



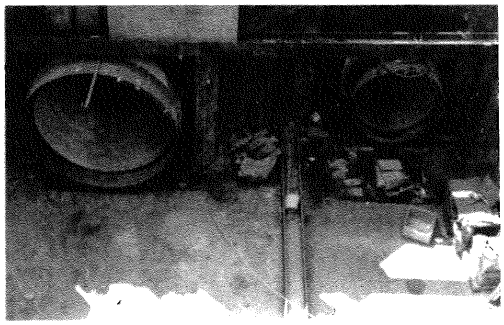
〔注〕今回の工事では土留は使用しなかった。
（　）内寸法は2200φ管用のもの

図—5　あて輪構造図

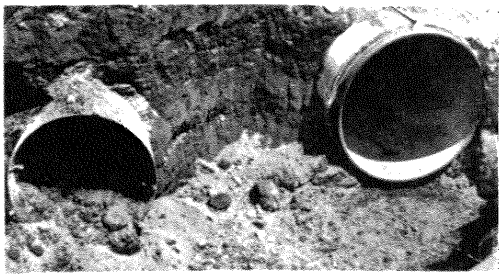


(注)（　）内寸法は2200φ管用のもの

写真－2　推進口での推進完了の状態



写真－3　到達口



Ⅲ．工事結果

1．推進力

推進管が基準点を通過するごとに油圧ポンプの圧力計の読みから推進力を測定した。推進力は1500φの場合最大で480トン、2200φの場合最大で710トンであった。

2．管路の偏位

管芯の狂いは到達点において1500φの場合、垂直方向10.6cm、水平方向4.7cm、2200φの場合、垂直方向1.7cm、水平方向8cmと非常に小さかった。

3．管の変形

管の変形は1500φの場合－3.0mm、＋2.3mm、2200φの場合－2.2mm、＋1.8mmと非常に小さく問題はなかった。

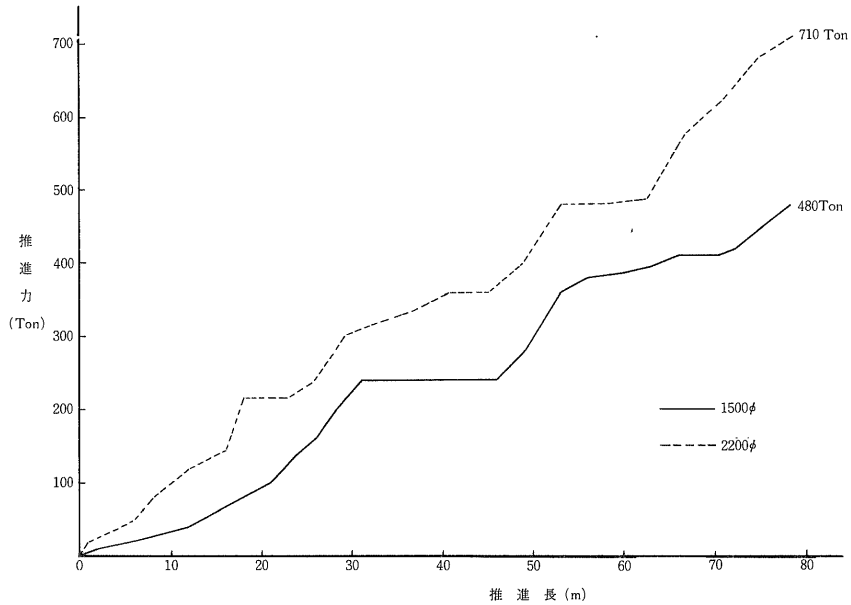
4．施工性

芯出し、接合は1カ所あたり

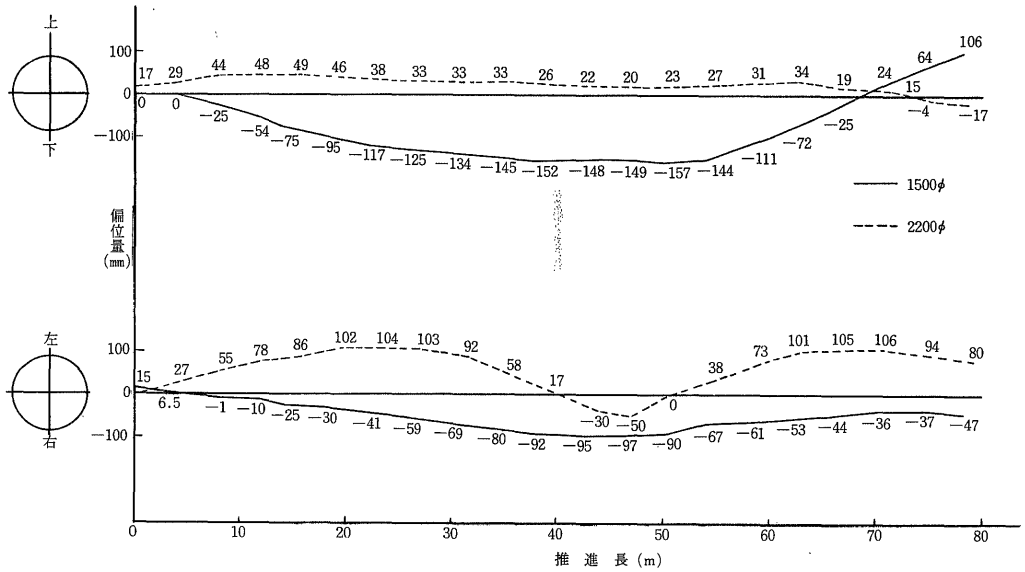
1500φの場合　平均　1時間35分

2200φの場合　平均　1時間50分

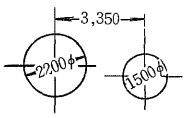
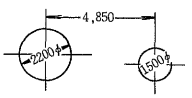
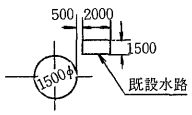
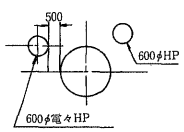
図－6　推進力と推進長の関係



図－7　推進長－管路偏位量



表－1　昭和45年度東駿河湾工業用水道岳南地区並列推進工事施工ケ所一覧表

施工場所	口径 (mm)	延長 (m)	管間隔 (mm)	推進力 (Ton)	摩擦抵抗力 (Ton/㎡)	土質	工期
富士市中桁 国鉄身延線横断	1500	16		110	1.304	粘土、礫まじり土砂	5日 3.2m/day
	2200	16		175	1.432	〃	6日 2.7m/day
富士市中桁 県道横断	1500	12		70	1.106	〃	5日 2.4m/day
	2200	12		110	1.200	〃	7日 1.7m/day
富士市中桁 市道横断	1500	12		80	1.265	礫まじり土砂	5日 2.4m/day
	2200	12		120	1.309	〃	5日 2.4m/day
富士市中桁 東名高速道路横断	1500	78.3		480	1.163	〃	27日 2.9m/day
	2200	78.7		710	1.181	〃	25日 3.2m/day
富士市片宿 国道139号線横断	1500	36		180	0.948	〃	9日 4.0m/day
	2200	20		130	0.851	〃	8日 2.5m/day

工期内に推進口ピット掘削を含まず推進のみ

推進所要時間は1本あたり

1500φの場合　平均　10時間25分

2200φの場合　平均　9時間25分

であった。

5．水圧試験

推進完了後テストバンドにより継手部に13 kg/cm²の水圧を負荷し5分間保持したが、漏水等の異常はなかった。

以上の結果から、推進力に対して管体・継手部とも充分な強度を有しており、また継手部は水圧テストにより水密性にも優れていることが確認された。

Ⅳ．むすび

今回はじめて東名高速道路下をダクタイル管の推進工法により無事横断した。当初、ダクタイル推進管による延長80mにもおよぼうとする推進施工は各方面より疑問視されていたが、ここに精度よく完了することができた。

この結果、ダクタイル管による推進工事においては、継手の接合が天候の如何にかかわらず非常に早く、安全確実に施工できるため推進工事が短期間で済み、かつ安全性の高いことが示された。

なお、最後に参考として、表1にこの地区で行なったダクタイル管による並列推進工事の結果を示すとともに、ダクタイル推進管を使用した結果、今後改良したほうが良いと思われる点を私見として記しておく。

①推進管受口部の外装コンクリートが薄いため施工中に剝離してしまうので、外装コンクリートは受口部の肩までとし、テーパ部は塗装のみとする。

②ナット締付け用コンクリートの窓を多少でも大きくし、ナットを締めやすくする。またナット締付け後はモルタルなどを充塡することが望ましい。

③推進延長の増大を図るため、中押用管の開発の必要性を痛感する。

〈注〉

中押用管については、メーカーサイドにおいて研究開発が進められており、実用化される日も近い。

寄　稿〈1〉

東名高速道路横断並列推進工事について

静岡県駿河工業用水道
事務所長　**伊藤昌司**

技師　**中野義治**

Ⅰ．はじめに

静岡県では、東駿河湾工業用水道として岳南地区に日量1,081,000㎥の給水を行なうため現在富士市内において導水管、配水管の敷設工事を実施中であるが、この管路には国鉄横断、国道横断等、数カ所で推進工事による配管が含まれ、これを実施した。

そこで今回、全国でも初めてであろう東名高速道路下を並列で横断した施工例について紹介することとする。

Ⅱ．推進工事

1．概　要

1−1．工事場所

富士市中桁地内　東名高速道路横断

1−2．口径および延長

1500φ×78.3m

2200φ×78.7m　　並列配管

1−3．推進期間

1500φ　昭和46年３月６日～４月２日

2200φ　昭和46年３月14日～４月８日

1−4．土　質

管通過部…中間に60cm程度の粘土層をはさんだ礫まじり土砂

2．推進管

管路は東名高速道路を45°ななめに横断しその前後は東名と平行になっているため、推進口、到達側において45°曲管が使用されている。したがって推進管もNo.１～No.３、No.18～No.20の計６本は離脱防止形式のUFタイプを、No.４～No.17の14本はUタイプを使用した。

3．工事状況

3—1．推進ロピット

推進管は1500φ、2200φが並列に推進でき、しかも45°曲管が接合できる最小幅8.8m、長さ8.8m、深さ6.3mとした。土留はシートパイルⅡ型7.6mのものを全面に打込み、300×300H鋼で2段に支保した。

バックコンクリートは1500φ用は幅3.5m×高さ2.0m×厚さ1.5m、2200φ用は幅4.0m×高さ3.0m×厚さ1.5mの鉄筋コンクリートとした。また床には厚さ20cmの栗石を敷き、その上に厚さ20cmのコンクリートを打設した。

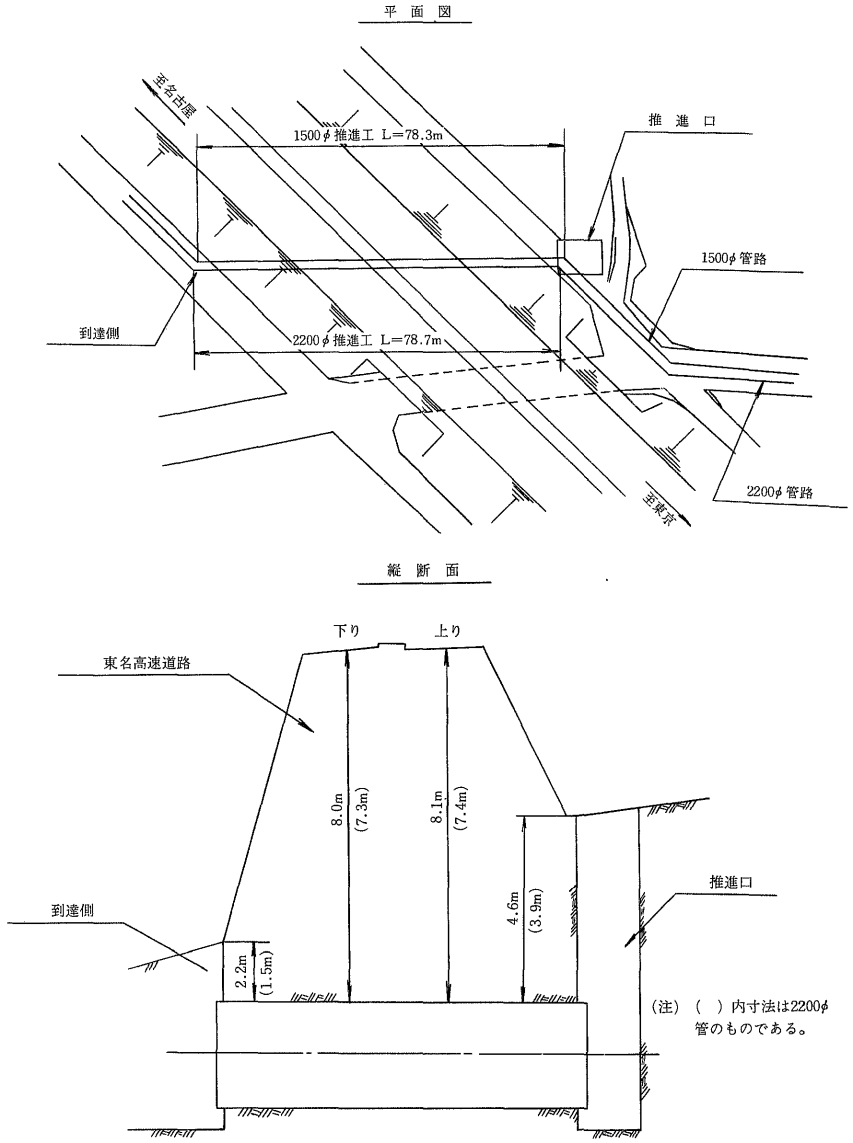
3—2．到達口

到達口は到達側の管敷設掘削時期とタイミングを合わせ、管敷設掘削工をもって到達口ピットとした。

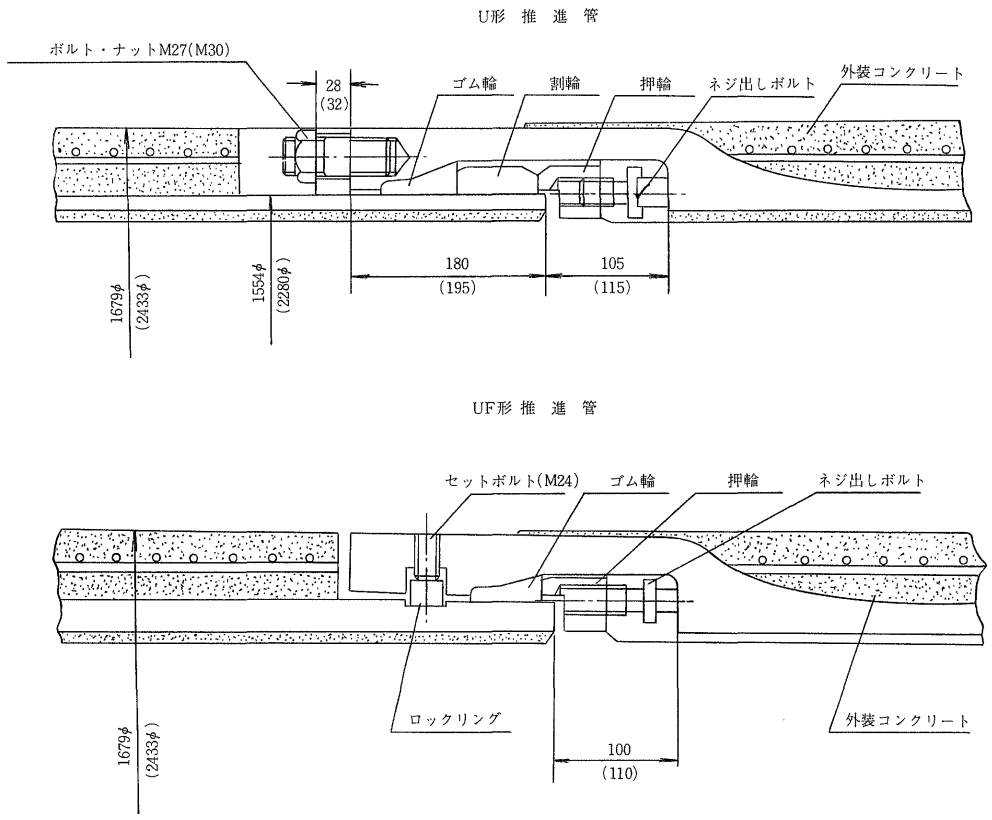
3—3．接　合

35トン・トラッククレーンにて推進口ピット内に吊下した管を、先行管の受口部に合わせて芯出しを行なったのち、推進ジャッキにて挿入し、ＵＦまたはＵ型推進管の接合手順に従って接合した。

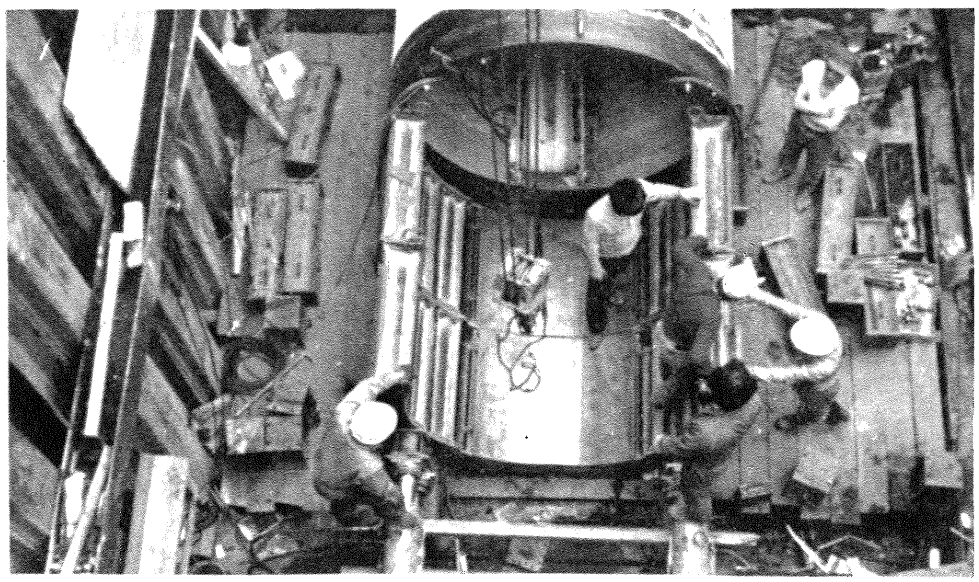
図—1　管　路



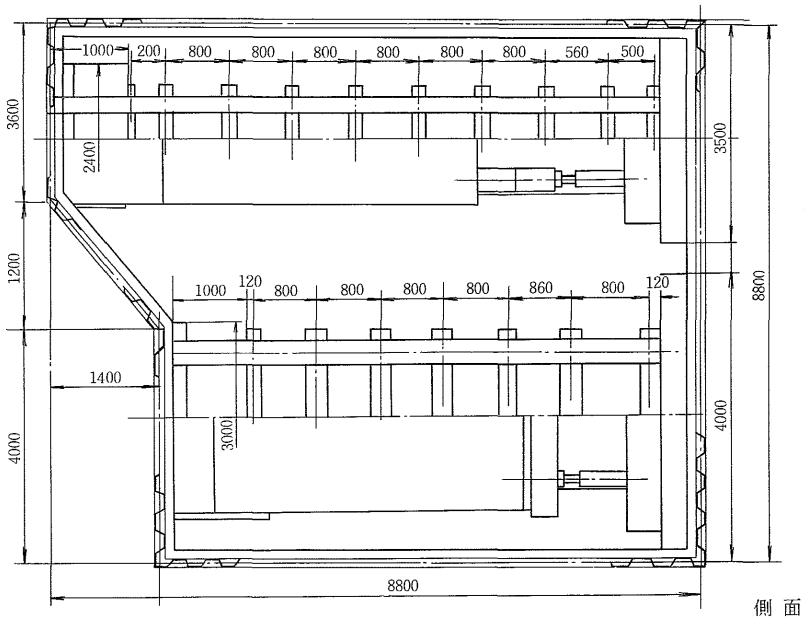
図－2　推進管の構造



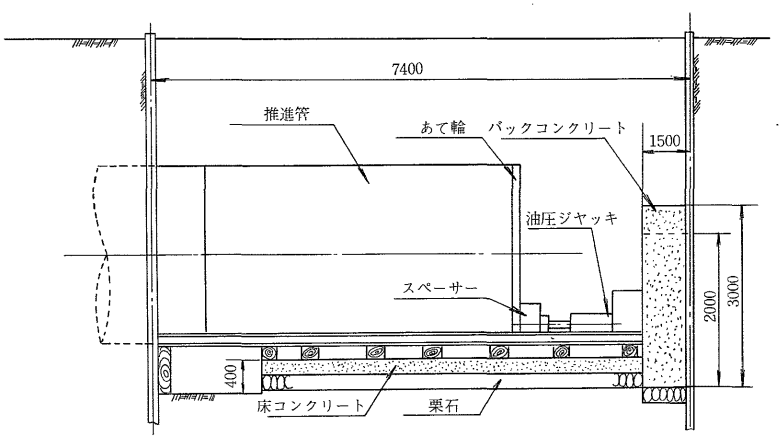
写真－1　推進：馬丁形ストラット使用



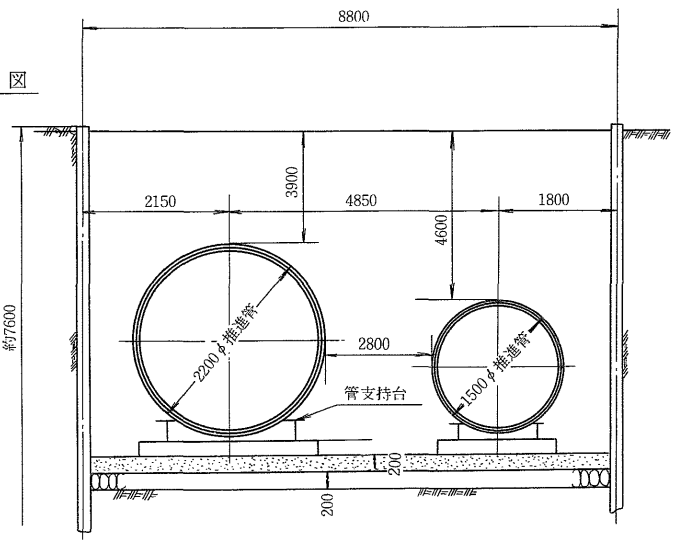
図－3　推進ロピット



平面図



側面図



断面図

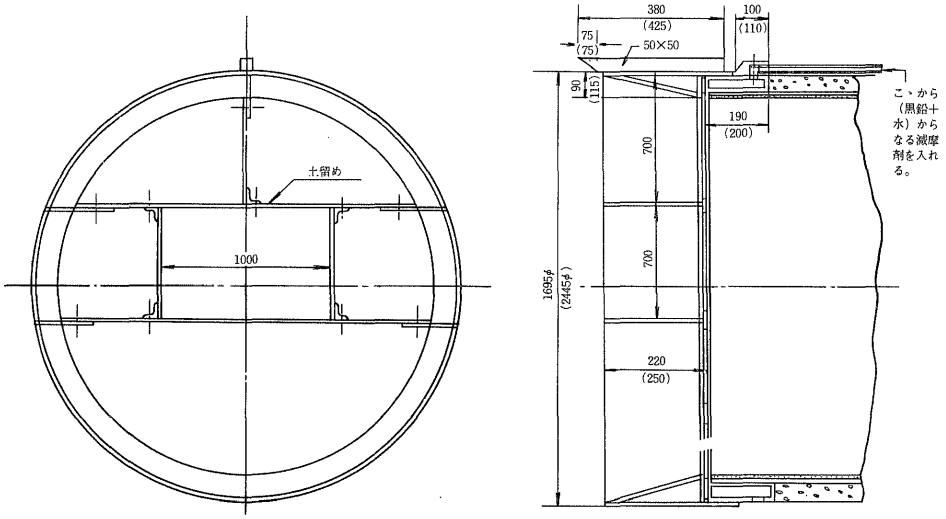
3—4. 推　進

推進口ピットの床コンクリートの上に厚さ24cmの枕木を敷き、この上に300×300H型鋼を乗せ、これをガイドとして推進管がスライドするようにした。一方、スペーサーの当る推進管受口には押輪を入れ、これを保護した。しかし、推力が増加することも予想されたので、ジャッキ推力が推進管に均等に作用するようにした元押装置も準備しておいたが、今回は使用しなかった。

推進は、切羽断面の下⅓を玉子型にピックで崩し、残り⅔は油圧ジャッキを操作し刃口を地中に食い込ませて崩落させ、人力で台車の上に乗せ、これをウインチで管外に引き出し、推進口上に設置したホイストで吊り外に搬出した。

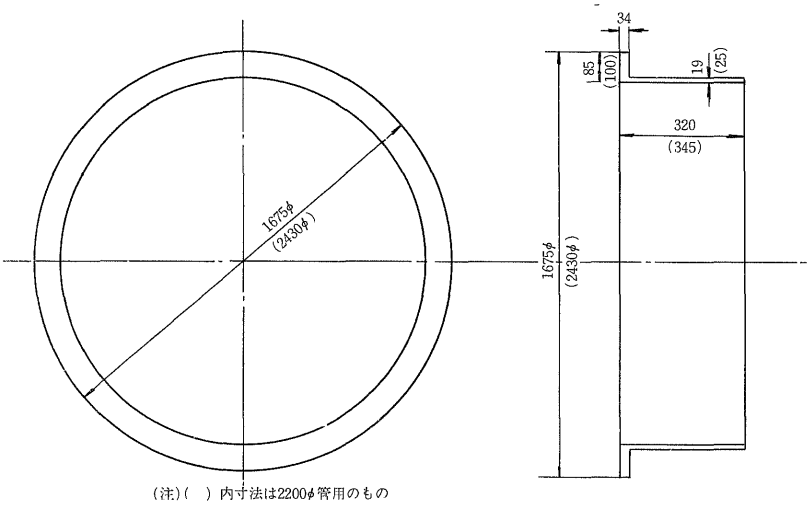
管と土との摩擦抵抗を減少させるための減摩剤の注入用として、また道路公団側より工事条件として指示された推進完了後のモルタル注入用として、刃口に注入口を取付けておいたが、実際の工事では減摩剤は使用の必要がなく、モルタル注入のみに使用した。

図—4　刃口構造図



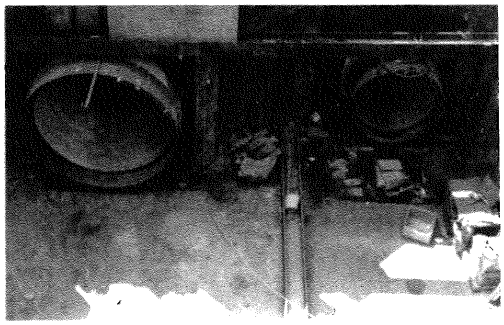
〔注〕今回の工事では土留は使用しなかった。
（　）内寸法は2200φ管用のもの

図—5　あて輪構造図

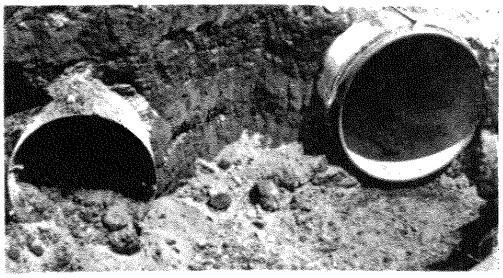


(注)（　）内寸法は2200φ管用のもの

写真－2　推進口での推進完了の状態



写真－3　到達口



Ⅲ．工事結果

1．推進力

推進管が基準点を通過するごとに油圧ポンプの圧力計の読みから推進力を測定した。推進力は1500φの場合最大で480トン、2200φの場合最大で710トンであった。

2．管路の偏位

管芯の狂いは到達点において1500φの場合、垂直方向10.6cm、水平方向4.7cm、2200φの場合、垂直方向1.7cm、水平方向8cmと非常に小さかった。

3．管の変形

管の変形は1500φの場合－3.0mm、＋2.3mm、2200φの場合－2.2mm、＋1.8mmと非常に小さく問題はなかった。

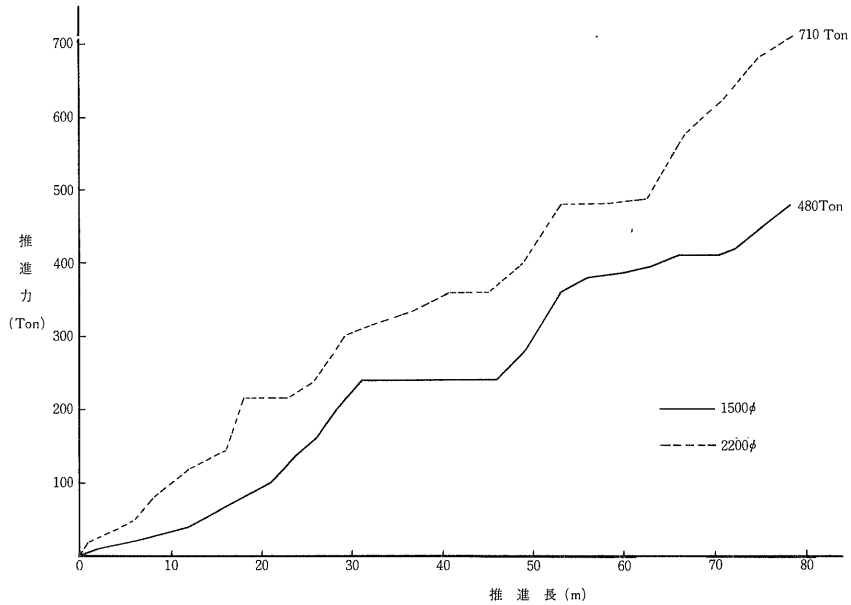
4．施工性

芯出し、接合は1カ所あたり

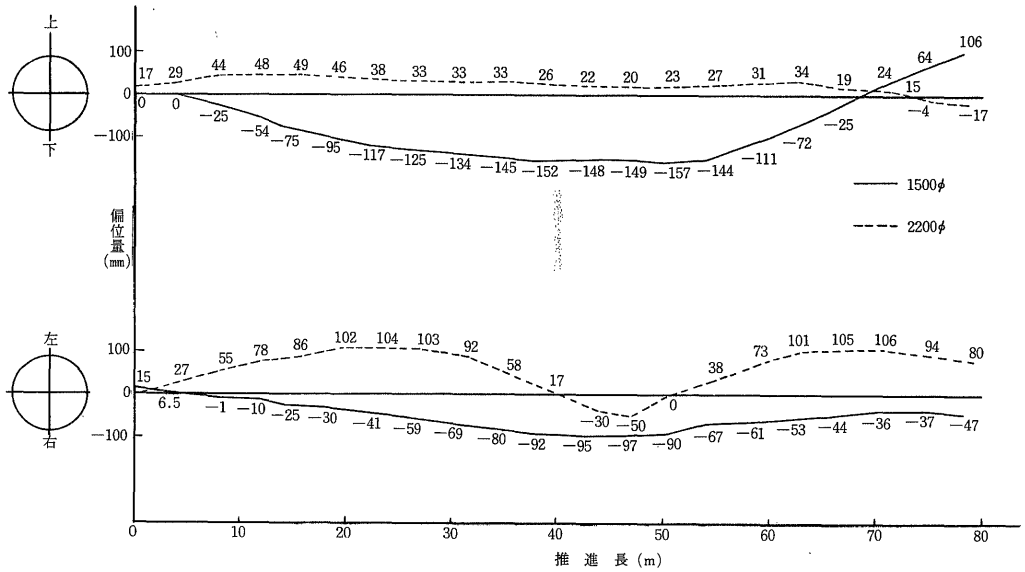
1500φの場合　平均　1時間35分

2200φの場合　平均　1時間50分

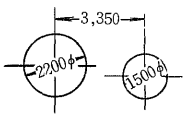
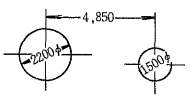
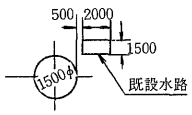
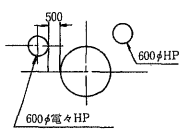
図－6　推進力と推進長の関係



図－7　推進長－管路偏位量



表－1　昭和45年度東駿河湾工業用水道岳南地区並列推進工事施工ケ所一覧表

施工場所	口径 (mm)	延長 (m)	管間隔 (mm)	推進力 (Ton)	摩擦抵抗力 (Ton/㎡)	土質	工期
富士市中桁 国鉄身延線横断	1500	16		110	1.304	粘土、礫まじり土砂	5日 3.2m/day
	2200	16		175	1.432	〃	6日 2.7m/day
富士市中桁 県道横断	1500	12		70	1.106	〃	5日 2.4m/day
	2200	12		110	1.200	〃	7日 1.7m/day
富士市中桁 市道横断	1500	12		80	1.265	礫まじり土砂	5日 2.4m/day
	2200	12		120	1.309	〃	5日 2.4m/day
富士市中桁 東名高速道路横断	1500	78.3		480	1.163	〃	27日 2.9m/day
	2200	78.7		710	1.181	〃	25日 3.2m/day
富士市片宿 国道139号線横断	1500	36		180	0.948	〃	9日 4.0m/day
	2200	20		130	0.851	〃	8日 2.5m/day

工期内に推進口ピット掘削を含まず推進のみ

推進所要時間は1本あたり

1500φの場合　平均　10時間25分

2200φの場合　平均　9時間25分

であった。

5．水圧試験

推進完了後テストバンドにより継手部に13 kg/cm²の水圧を負荷し5分間保持したが、漏水等の異常はなかった。

以上の結果から、推進力に対して管体・継手部とも充分な強度を有しており、また継手部は水圧テストにより水密性にも優れていることが確認された。

Ⅳ．むすび

今回はじめて東名高速道路下をダクタイル管の推進工法により無事横断した。当初、ダクタイル推進管による延長80mにもおよぼうとする推進施工は各方面より疑問視されていたが、ここに精度よく完了することができた。

この結果、ダクタイル管による推進工事においては、継手の接合が天候の如何にかかわらず非常に早く、安全確実に施工できるため推進工事が短期間で済み、かつ安全性の高いことが示された。

なお、最後に参考として、表1にこの地区で行なったダクタイル管による並列推進工事の結果を示すとともに、ダクタイル推進管を使用した結果、今後改良したほうが良いと思われる点を私見として記しておく。

①推進管受口部の外装コンクリートが薄いため施工中に剝離してしまうので、外装コンクリートは受口部の肩までとし、テーパ部は塗装のみとする。

②ナット締付け用コンクリートの窓を多少でも大きくし、ナットを締めやすくする。またナット締付け後はモルタルなどを充塡することが望ましい。

③推進延長の増大を図るため、中押用管の開発の必要性を痛感する。

〈注〉

中押用管については、メーカーサイドにおいて研究開発が進められており、実用化される日も近い。

寄　稿〈2〉

汚泥送泥管にダクタイル管を使用した事例について

大阪市下水道局
第2建設課長 **松永一成**
係長　**山野寿男**

1．まえがき

下水道工事の中で大半を占めるものは、管渠工事であり（大阪市における過去5カ年間の実績では、管渠工事費71.2%に対しポンプ場・処理場工事費は28.8%)、パイプにはもっぱら遠心力鉄筋コンクリート管(工事費で28.9%）と陶管(11.5%)が使用されている（残り59.6%は暗渠工事)。

鋳鉄管は下水処理場で発生した汚泥の輸送管、エアレーションタンクの送気管、処理場内における各種送泥管、汚泥ガスの輸送管、上水・工水用各種給水配管などに使用されているが、工事費・使用材料いずれの面から見ても、上水道・工業用水道に比べてわずかなものである。しかも上水道・工業用水道に比べて管径が小さく、工事単位も小規模なものが多い。

この点以下の小文は、圧倒的に多いと思われる本誌読者の上水道・工業用水道に従事される方々にとって、どの程度役立つか疑問であるが、送泥管についてのささやかな経験をご報告する。多少なりともご参考になれば幸甚である。

表－1　鋳鉄管の使用実績（昭和45年度）

	上水道		下水道	
	使用ﾄﾝ数	金額	使用ﾄﾝ数	金額
全国	t 400,000	百万円 28,800	t 6,000	百万円 432
大阪市	t 14,600	百万円 1,051	t 136	百万円 9.8

2．計　画

十八条下水処理場は、敷地面積が狭く浄水施設の設置のみでいっぱいとなるため、汚泥は隣接する大野下水処理場まで送泥し、ここで処理することとした。十八条下水処理場の計画概要は

所在地　　大阪市淀川区十八条町
計画面積　1,255ha　東淀川区のおよそ½
計画人口　373,000人
計画水量　122,000㎥/日　将来250,000㎥/日

であり、活性汚泥法により発生する汚泥量は乾固形物量で22t/日（将来45t/日）である。

各都市の既設送泥管としては次表のようなものがある。

本市の既設送泥管としては、今福下水処理場――放出下水処理場間約1.4kmのものがあり、設置後4年近くの間、たいした支障もなく運転されてきているが、10kmにわたるものははじめてであり、いろいろな問題点が考えられる。

（1）**濃度**　高濃度では損失水頭が大となり、したがって運転経費も高くなり、閉塞の危険も多い。一方、薄すぎると必要以上に多量の汚泥を送る結果、管径が大となり建設費が高くつく。

（2）**流速**　下水管渠では浮遊固形物の沈積防止のため、通常最低流速を60cm/秒程度としている。送泥管の場合、粒子径はさらに小さくなると考えられるから、より小さな流速で

もよいと思われるが、管径が大となり、不経済である。一方、流速を大にすれば管径は小さくてすむが、損失水頭が大となり、運転経費が高くつく。

（3）運転　連続運転が望ましいが、処理場の稼動当初は汚泥量も少なく、やむを得ず間歇運転を余儀なくされるものと考えられる。送泥中止がくり返されると沈積の機会も多く、閉塞を早めることにもなるので、送泥と次回送泥の間に洗浄水を送り管内を清掃することとした。

（4）排泥管と排気弁　上記のような問題点に注目して流速、管径を決定し、適当な運転方法をとったとしても、長期間にはやはりいくらかの汚泥の沈積は免かれないであろうし、何らかの原因で送泥管に支障をきたし、内部の排泥を必要とすることがあろう。このような要求のために、約550mおきに計18カ所の排泥会所を設け、排泥管は近接している下水管に接続することとした。この場合、排泥量をできるだけ少なくする（作業量を少なくする）ため、全延長を2つに区分できるよう、途中にストップバルブを設けることとした。また管路凸部には、単孔排気弁の設置を計画した（写真－1）。

表－2　各都市の既設送泥管

都市	処理場	管径	延長	備考
東京	落合～小台	φ350	10.6km	横軸片吸込ブレードレスポンプφ200 4台、含水率98%、揚程36m
	森ケ崎～芝浦（建設中）	φ350 2連	9.25km	含水率98.5%、揚程50m 計画送泥量12.36㎥/日
名古屋	名城～堀留	φ250	4.0km	山崎、天白各処理場で汚泥処理を行なう。他に短かい延長のものもある。
		φ200 と(φ300 φ400	4.0km	
	熱田～山崎	φ300	5.0km	
	熱田～天白	φ200	5.0km	
		(φ200 φ300	4.0km	
京都	吉祥院～鳥羽	φ250	2.0km	横軸ブレードレスポンプφ150 2台、揚程16m、送泥量710㎥/日

写真－1　空気弁用会所

以上のような問題点について種々検討した結果、流速は60cm/秒、管径はφ350mm2連、パイプはダクタイル鋳鉄管でセメントライニングを施こしたものを使用した。

3．設　計

損失水頭は以下の計算から43mとした。汚泥濃度は7,000mg/ℓ程度であるから清水として計算した。

（1）直管部分 9,501m、異形管直管相当長138mであるが、異形管の数は不確実なので全延長を10,000mとし、Hazer & Williams公式を適用した。

$$hf=1.3521C^{-1.85}\ V^{-1.85}\ R^{-1.17}L$$

ここにhf：管路摩擦損失水頭（m）

C：管内面租度係数

当初（新管時）　120

中間期　100

将来（古管時）　90

とする。

V：管内平均流速（m/秒）

0.52m/秒（Q＝3.0㎥/分）

0.6　〃　（Q＝3.5㎥/分）

0.69　〃　（Q＝4㎥/分）

R：径　深（m）

L：管延長（m）

計算の結果　hf_1 (m)

内面粗度 / 流量	当初 (C=120)	中間期 (C=100)	将来 (C=90)
3㎥/min.	7	13.4	20.9
3.5㎥/min.	9.5	18.8	28.2
4㎥/min.	11.9	23.8	35.8

（2）大野下水処理場内250φ送泥管部分：hf_2

直管部　32m

異形管直管相当長　32.7m

計.　64.7m

管内流速　1.02m/sec. (Q＝3㎥/min)

1.2　〃　(Q＝3.5㎥/min)

1.36　〃　(Q＝4㎥/min)

計算の結果　hf_2 (m)

内面粗度 / 流量	当初 (C=120)	中間期 (C=100)	将来 (C=90)
3㎥/min	0.2	0.5	0.7
3.5㎥/min	0.3	0.6	0.9
4㎥/min	0.4	0.8	1.2

（3）十八条下水処理場内350φ送泥管部分：hf_3

直管部　75m

異形管直管相当長　10m

計算の結果　hf_3 (m)

内面粗度 / 流量	当初 (C=120)	中間期 (C=100)	将来 (C=90)
3㎥/min	0.06	0.12	0.18
3.5㎥/min	0.08	0.16	0.24
4㎥/min	0.1	0.2	0.3

（4）ポンプまわり配管部分：hf_4

管径が数種に変わり、かつ配管が複雑であるので計算結果のみ記す。

なお計算式はParcy'sによる。

3㎥/min　hf_4＝4.7m　(2m)

3.5㎥/min　hf_4＝6.4m　(2.7m)

4㎥/min　hf_4＝8.4m　(3.6m)

(　)内の吸込管部分の損失

前記5および6から低抗曲線(図－1)を作り、ポンプ揚程を決定　H＝43m

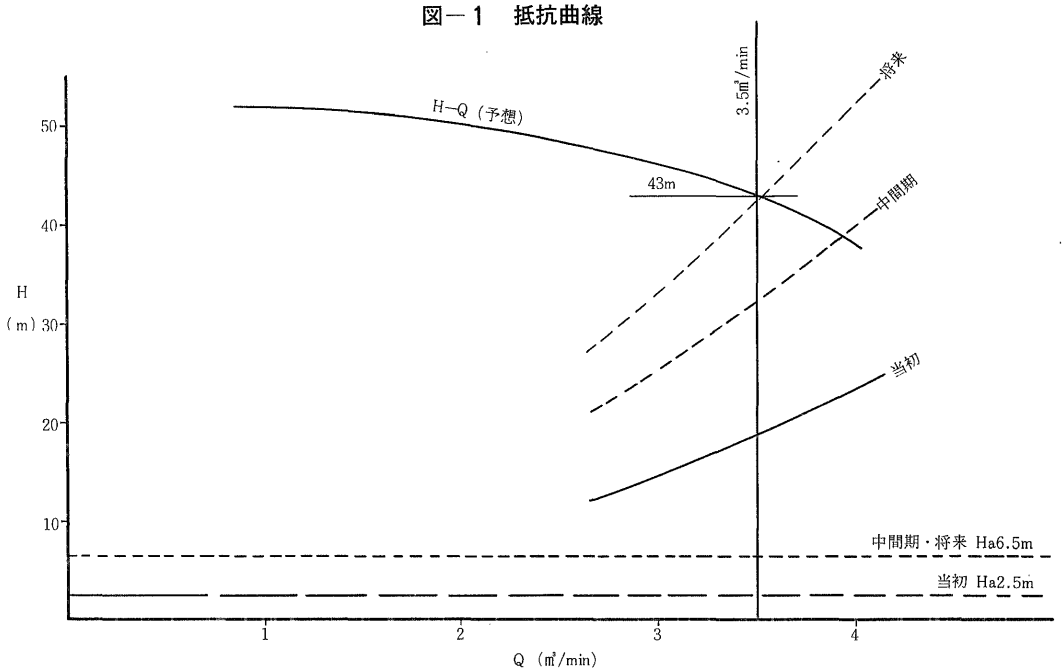
(5) 管路損失集計

経年 / 流量㎥/min / hfn	当初			次期計画時			将来計画時		
	3	3.5	4	3	3.5	4	3	3.5	4
hf_1	7	9.5	11.9	13.4	18.8	23.8	20.9	28.2	35.8
hf_2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.7	0.9	1.2
hf_3	0.06	0.08	0.1	0.12	0.16	0.2	0.18	0.24	0.3
hf_4	4.7	6.4	8.4	4.7	6.4	8.4	4.7	6.4	8.4
計	11.96	16.28	20.77	18.72	25.96	33.17	26.48	35.74	45.67

(6) 実揚程　Ha　(m)

経年		当初	中間期	将来計画時
吐出側	大野(処) 濃縮そう	OP+6,000 (混合分配タンク)	OP+6,000 (混合分配タンク)	OP+6,000 (混合分配タンク)
吸込側	十八条(処)	OP+3,500 (沈殿池汚泥そう)	OP+0.500 (機械室ポンプ井)	OP+0.500 (機械室ポンプ井)
Ha		2.5	6.5	6.5

図－1　抵抗曲線



（7）駆動用電動機出力

$$M\,(kw)=0.163\gamma QH\frac{1}{\eta_P\,\eta_D}\cdot\alpha$$

γ＝揚液比重　10.5t/m³
Q＝吐出量　3.5m³/min
H＝ポンプ揚程　43m
η_P＝ポンプ効率　40%
η_D＝伝導効率　95%
α＝余裕

$$M\,(kw)=0.163\times1.05\times3.5\times43\times\frac{1}{0.4\times0.95}\times1.11=75kw$$

以上の結果から送泥ポンプは

形式　75kw電動機駆動(Vベルト掛)
横型片吸込渦巻ポンプ
口径　φ150mm
吐出量　3.5m³/min
全揚程　43m
台数　2台

とした。

4．施　工

十八条下水処理場は、万国博会場へ通ずるメインストリート（御堂筋）に面しており、万博開催までに通水すべく計画したが、工期の短縮と工費節減を図り、大部分は水路敷を利用した。その他の部分も万博関連工事として行なわれた新大阪駅周辺土地区画整理事業の一環であるB－28号線舗装新設工事と同時施工で、主にその歩道部分に埋設した。

全延長を他工事との関連から18工区に分け、施工可能部分から順次施工した(図－2、表－3)。以下に主要部分の施工概要に記す。

送泥管の埋設方法は、大別すると次の3種類になる。

①道路内に直接埋設
②水路内に埋設
③下水道幹線（水路内に布設）暗渠上に直接埋設

以下、おのおのについての埋設方法を記す。

1）道路内に直接埋設

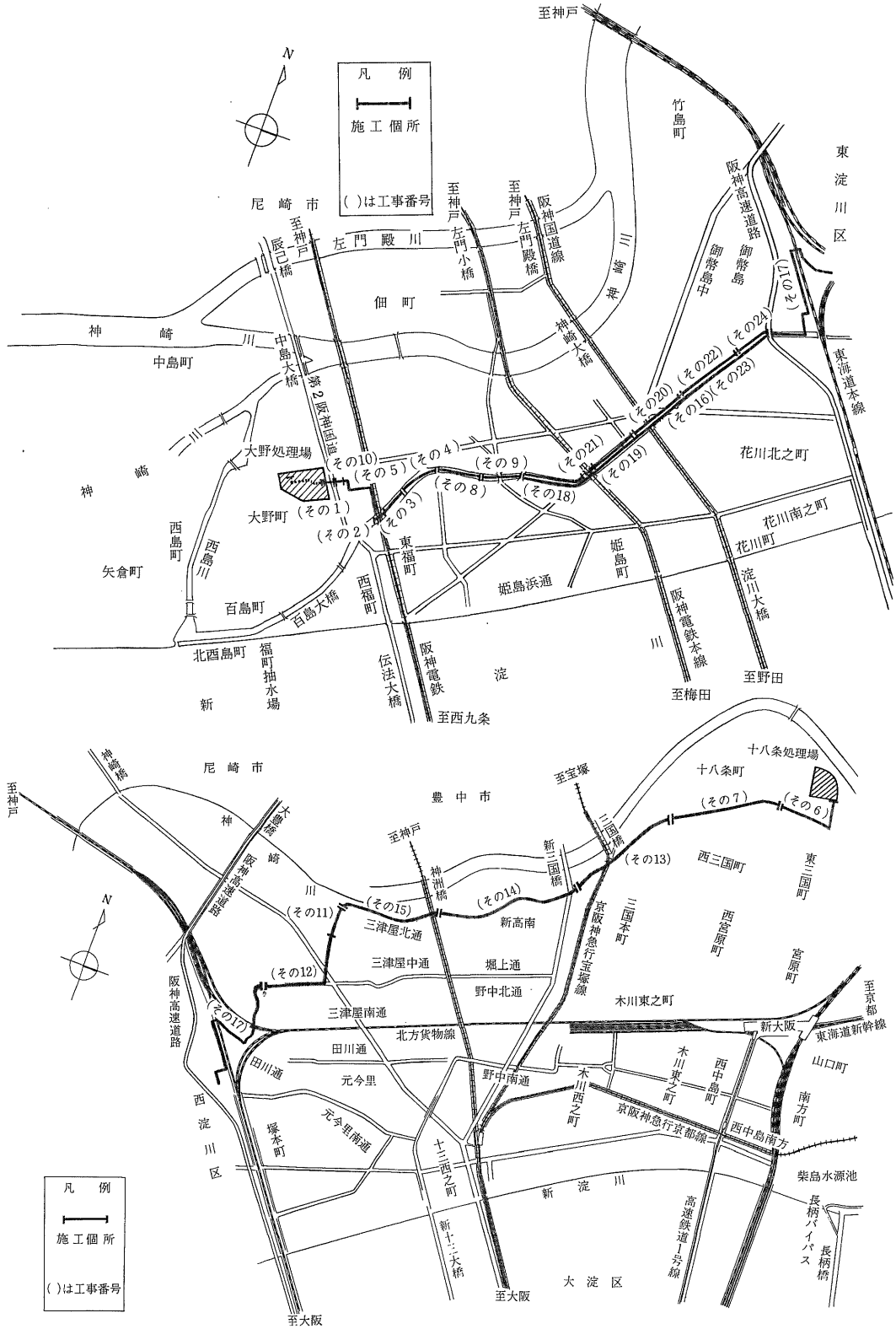
これは、一般に水道管を道路内に配管するのと全く同じ方法である。埋設の標準断面は図－3のとおりである。

2）水路内に埋設

埋設管の管底と水路の地盤条件により、配管方法として、次の4種類を適宜採用した。

1．地盤が比較的良好な個所は直接埋設とした。これは上記①の道路内に直接埋設する場合と全く同じ方法によった。

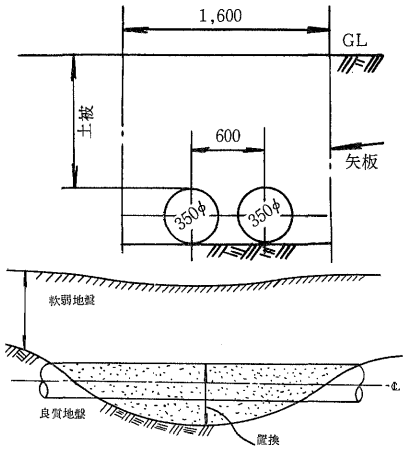
図－2 汚泥送泥管位置


凡 例
施工個所
( )は工事番号
至神戸
竹島町
東淀川区
尼崎市
至神戸
辰己橋
左門殿川
左門小橋
左門殿橋
阪神国道線
阪神高速道路
御幣島
御幣島中
神崎川
佃町
神崎大橋
中島町
中島大橋
第2阪神国道
東海道本線
大野処理場
大野町
花川北之町
花川南之町
花川町
西島町
西島川
矢倉町
東福町
姫島町
姫島浜通
百島町
百島大橋
西福町
北西島町
福町抽水場
伝法大橋
阪神電鉄
阪神電鉄本線
淀川大橋
淀川
至野田
至梅田
至西九条
(その1)
(その2)
(その3)
(その4)
(その5)
(その8)
(その9)
(その10)
(その16)
(その17)
(その18)
(その19)
(その20)
(その21)
(その22)
(その23)
(その24)
十八条処理場
十八条町
至宝塚
三国橋
新三国橋
神洲橋
(その6)
(その7)
(その11)
(その12)
(その13)
(その14)
(その15)
(その17)
西三国町
東三国町
三津屋北通
新高南
三津屋中通
堀上通
野中北通
三津屋南通
北方貨物線
京阪神急行宝塚線
三国本町
西宮原町
宮原町
木川東之町
新大阪
東海道新幹線
至京都
阪神高速道路
田川通
元今里
野中南通
木川西之町
木川東之町
西中島町
山口町
南方町
京阪神急行京都線
西中島南方
西淀川区
塚本町
元今里南通
十三西之町
新淀川
柴島水源池
長柄バイパス
長柄橋
高速鉄道1号線
新十三大橋
大淀区
至大阪
凡 例
施工個所
( )は工事番号

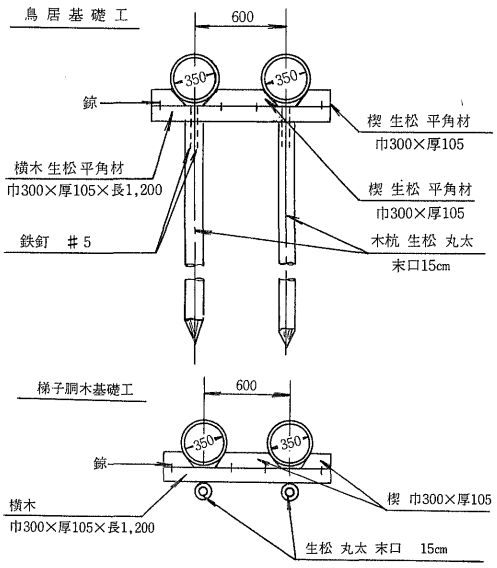
表－3　施工区間の延長と状態

NO.	延　長	摘　　要
その 6	664.1m	道路内に埋設、一部歩道内に埋設
7	613.1m	主として水路肩に埋設
13	824.9m	道路内と水路内に埋設、私鉄横断1カ所
14	981.1m	水路肩に埋設、府道横断1カ所
15	664.4m	水路内に埋設、私鉄横断1カ所、T薬品会社付近
11	288.0m	道路内に埋設
12	649.3m	水路内(¾)と道路内(¼)に埋設、府道横断1カ所
17	1524.1m	道路内(¾)と水路内(¼)に埋設、国鉄横断2カ所
16	1761.9m	1本水路肩に配管、1本下水道幹線上に埋設、国道、私鉄横断各1カ所
9	290.0m	下水道幹線上に埋設（下水道幹線は水路敷に布設）
8	276.0m	
4	265.6m	
3	157.8m	
2	30.0m	私鉄横断1カ所
5	335.3m	道路内に埋設
10	37.8m	道路内に埋設
1	137.2m	道路内に埋設、国道横断1カ所
大野処理場内	376.5m	処理場構内に埋設
計	9877.1m	

図－3　標準配管施工図



図－4　鳥居基礎と梯子胴木基礎



2．地盤が一部軟弱の場合は、山砂で土の置きかえを行なった。

3．地盤が軟弱だが比較的浅い位置に支持層がある場合は鳥居基礎工とした(図－4)。

4．地盤が軟弱なうえ、支持層が深い位置にしか見当らない場合は梯子胴木工とした。

施工に当たっては、基礎の長手方向の支持力の均一化を図ることと、水路内配管のため浮力による影響を上載土によって押さえられるよう配慮した（図－4、写真－2)。

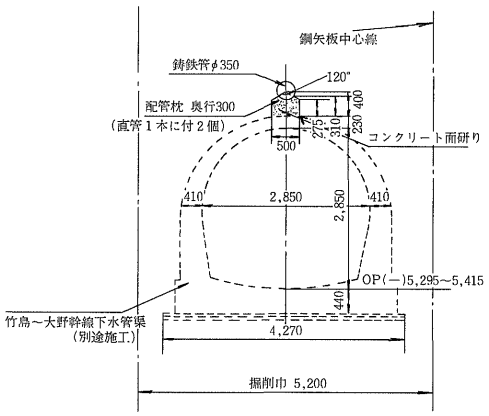
写真－2　梯子胴木

3）下水道幹線暗渠上に直接埋設

送泥管と同ルートに下水道幹線（水路内に布設）の計画があったため、一部の工区において暗渠上に直接埋設した(図－5)。

ただし、送泥管については万博開催までに1本は通水しなければならない事情があったため、幹線の進捗状況とにらみ合わせ幹線建

図－5　暗渠上標準配管図



設時期の遅い工区は、まず1本水路肩に埋設し、幹線完成後に他の1本を暗渠上に埋設した。

4）その他

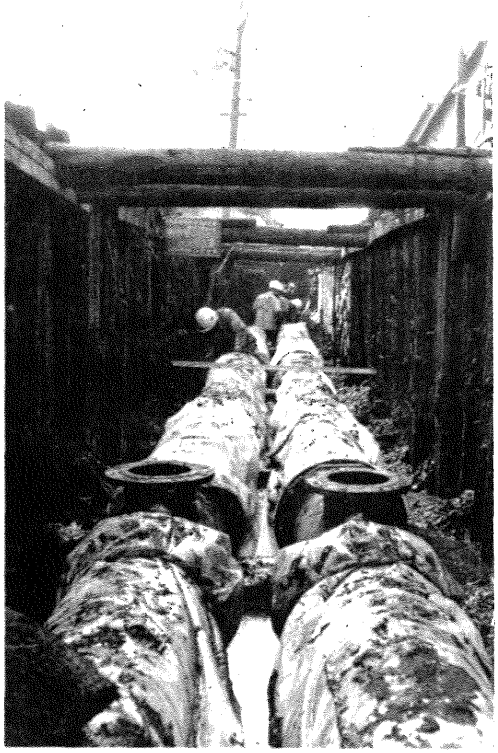
埋設方法に関しては上に簡単に述べたが、その他送泥管埋設に際して、種々の問題があったので以下に記述する。

（1）ダクタイル管の保護

施工区間（その15）はほぼ水路肩に埋設したが、水路に面してT薬品工場があり、その付近において、水質調査を行なったところ、pHが2.5～2.7と極端に低く、また土壌の北比抵も250～280Ω-cmと低いことが判明した。したがって、何らかの方法で鋳鉄管を保護する必要があり、この対策としてポリエチレンスリーブ法により管を保護した上で配管することにした。延長にして367mである（写真－3）。

（2）埋設管の識別

初期の配管は鋳鉄管をそのまま埋設したもので、そのため（その6）区間において、上水道管と間違えて接続するミスが起こった。



写真－3　ポリエチレンスリーブ

幸い送泥前であったためことなきを得たが、このため管の識別および他の地下埋設企業体にPRする必要を痛感した。

識別方法としては、幅5cmの赤色のビニールテープを3本管上端に貼布し（写真－4）、他の埋設企業体には、公文書によって周知方をお願いすることにした。ただ今日では、道路法施工令の改正により、埋設物の識別方法が徹底されるようになり、誤接の問題も避けられよう。

写真－4　識別のためのビニールテープ

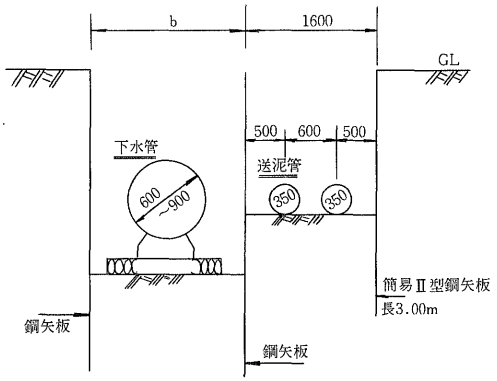
（3）水圧試験

管継手の漏水調査のために、管内を満水にした上、水圧5kg/cm²をかけ、時間－圧力曲線をとった。3～4時間経過後においても水圧が3.5kg/cm²前後以上であれば合格とした。3個所ほど不良個所があったが、いずれも継手ボルト部の締込み不足であった。ただ、水路内に埋設した区間で、一部水圧試験でもし不合格であった場合、ほとんど手直しのきかない所があり心配したが、幸い一回でパスした。後で聞いたところによると、施工業者の現場代人も、試験前夜は心配のあまりろくろく眠れなかったということであった。

（4）下水道管との合併施工

送泥管埋設ルート付近、とくに上流部は公共下水道管の布設していない地域が多く、そのため（その13・14）区間において、送泥管と下水道管の合併施工を行なった（図－6）。

図－6　下水管との合併施工



これは単に工事費の経済性を図ったばかりでなく、送泥管のドレイン先としてぜひ下水道管を必要としたからでもあった。

（5）全線の通水テスト

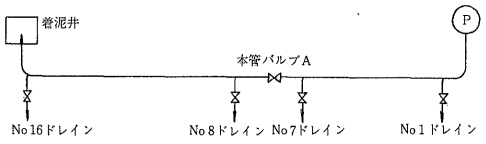
昭和45年2月16日、急ぎ完成を迫られた1本のみについて、全線の通水テストを行なった。テストの要領は、次のとおりである（図参照）。

①本管バルブAを閉じ、ドレインNo.1～No.7を開いてポンプPを始動する。

②ドレインを上流より適宜閉め、No.7にいたってしばらく締め切り運転を行なう。この時の水圧は約3kg/cm²である。

③続いてドレインをNo.7からNo.1の方向に逐一開閉していき、ドレインの効果を確認する。

④本管のバルブAを開き、No.8よりNo.16にわたって上記操作をくり返し、逐一ドレイン効果を確認する。



テストは上々の首尾で進行した。ドレインの他に、空気弁の所では勢いよく空気がぬけていることにより、水圧のかかっていることが確認できた。中には、空気弁のコックを閉めたままにしてあった所もあり、当初空気がぬけないのでどうしたものかと心配した。ほぼ10kmにわたる通水テストも終わりに近づき、いよいよ受入れの大野処理場構内の着泥地点で待ち受けるのみとなった。

一同、かたずをのんで待ち受けているが、いっこうに水が出てこない。到達予定時間をすでに過ぎてしまったのに、いぜんとして姿を見せる気配がない。陽もかげり一同心配がつのりつつある頃、ようやくチョロチョロと出始めた。やがてかたそうなのが出て、しばらくたつと勢いよく水が出始めたので安心した。

察するに、2年有余にわたる建設期間中にあちこちに滞積した泥のために、便秘症状を呈していたのであろうということであった。無事通水テストを完了した頃には、はや冬の太陽は沈んでいた。

5．あとがき

以上、下水汚泥送泥管について、計画、設計、施工の概略と問題点、とくに考慮を払った点について説明した。工場排水放流点付近におけるポリエチレンスリーブ保護法や、埋設管の識別法などについては、その成果は今後時間の経過を見るほかないが、当時これ以上の妙案もなく採用したものである。

また、単孔排気弁は水道用のもので、下水汚泥のような爽雑物の多い泥水の場合、異物によるボール作動不確実のため、泥水が路上に吹き出ることはないだろうかと心配したが、送泥開始後約1年半、こうした心配をよそに何の支障もなく運転されている。

最後に全工事費は、処理場内を除く全延長9.5kmに対し2億6400万円であった。

寄稿
〈3〉

中継ポンプ汚水圧送管にダクタイル鋳鉄管を使用した事例

広島市建設局下水部下水計画課長
田崎　繁

1．まえがき

広島市の公共下水道事業のうち、築造認可をうけている中継ポンプ場の数は6カ所あり、そのうち3カ所のポンプ場が運転を開始している。このなかで1カ所の圧送管を口径700mmモルタルライニング・ダクタイル鋳鉄管を使用して、最近施工したので、その内容について報告する。

2．計画の概要

この圧送管は、三篠排水区の汚水を横川ポンプ場に設置された汚水ポンプにより、延長約1,000mの川向いの下流にある江波排水区の既設下水道幹線へ圧送するものであり、設計の条件としては次のとおりである。

晴天時汚水量	0.1907㎥/毎秒
雨天時汚水量	0.5721㎥/毎秒
管径	内径　700mm
延長	1,036m
実揚程	8.35m
損失水頭	6.35m

なお、延長1,035mのうち橋梁添架部分が約96mある。

設計に当たっては、当市は合流式下水道を採用しているので、雨天時汚水量を送水するよう計画した。

汚水ポンプは、その性格上連続運転となり、年間の延運転時間は相当長時間となるので経済運転のため、常時ポンプを極力高効率で運転するよう、汚水量の変動によるポンプの総揚程の変化が少なくなるように、圧送管の最大変速を1.5m/毎秒程度とした、この場合の最少流速は0.35m/毎秒になる。一方、将来の汚水量の増大に対処でき得るよう、管径はできるだけ大きくした。

圧送管埋設予定の道路巾員は、6～15mであるが、6m道路には、水道管、ガス管や下水管も布設されている。一方、15m道路は河川堤防(県管理)で、道路中心より護岸寄りは占用許可とならないので、すでに民地寄りに埋設されている水道管、ガス管をさけて圧送管を布設しなければならない。

下水管も、この圧送管の完成後に布設する予定であるが、幸いにして下水管は枝線であり比較的に浅いので、圧送管の土被りは平均1.5m程度を基準として設計した。

また、この路線は当地区の幹線道路（巾員30m）を横断するが、この部分は電話ケーブル線、水道とガスの幹線が埋設されており、その土被りが1.2～2.4m程度となっいるので、圧送管はこれを伏越しすることにした。布設に当たっては、道路部分は開さく工法とし、全延長が砂質層であるので、簡易鋼天板の山留工を採用した。

なお、汚水圧送管には静水圧のほかに、ポンプの始動や停止時の水衝圧がかかるので、これに対して適当な処理を講じなければならない。とくに全台数運転時に停電した場合の水衝圧などを十分に検討し、この場合、管路

が異状内圧に対しても安全でなければならないことはいうまでもない。往時の圧送管の一例であるが、管種としてヒューム管(3.0kg/cm²圧力管)が使用されており、過去10年間に2～3回異状内圧による破損と思われる漏水事故が発生しており、その復旧に困惑した苦い経験がある。

横川ポンプ場汚水圧送管の布設については、水衝圧の減少をはかるよう、次のような配慮をした。

(1) ポンプ吐口側にサージタンクを設けて自由水面を与える。

(2) ポンプ吐出管に緩閉逆止弁を設け、水衝圧の軽減をはかる。

(3) 管路の延長が1,036mと長いので、管路の途中に排気管を設ける。

3．ダクタイル鋳鉄管を採用した理由

前述の条件において管種の選定をした。管種の選定に当たって考慮すべき点は、いうまでもなく強度、耐久性、継手の方法、価格、施工性、維持管理の難易などである。

一般に市販されているこれらの管種は、鋼管、鋳鉄管、ヒューム管、PC管、石綿管などであるが、ヒューム管、石綿管については、価格の点では他の製品より低廉であることは論を待たないが、強度と耐久性にやや欠けるところがあるので、今回は対象外とした。また、鋳鉄管は最近ダクタイル鋳鉄管が一般的に使用されているので、ダクタイル鋳鉄管を対象とし、鋼管、PC管の3種類について比較した。

1）強度について

ダクタイル鋳鉄管、鋼管ともに、強度については最高でなんら心配はなく、完全に合格である。PC管についても、上記条件の強度内圧に耐え得る製品は、工場製品として製作可能であり、支障はないと判断される。

2）耐久性について

鋳鉄管については、従来の実績から優れていることは容易に判断できるが、水理特性上、内面はモルタルライニングを行ない耐食性をより考慮する。

鋼管については、汚水管の実績が少なく、耐食性に対しては高性能の塗料の完全塗装が望まれ、とくに継手個所の現場塗装が懸念される。PC管についても、わが国の実績が乏しく、とくに汚水圧送管に使用した例はあまり聞かないが、管本体の耐久性については、コンクリートの強度も高く、相当信頼できるものと思われる。

3）継手について

ダクタイル鋳鉄管は、メカニカルジョイントを使用すれば、その強度、水密性や可撓性にも優れている。鋼管についても、周到な準備と高度の技能により溶接継手は十分信頼できるが、条件によっては伸縮継手などを使用しなければならない。PC管の継手の水密性、耐久性についても、継手の型式、ゴムリングの品質形状によっては信用してもよいが、この種の実績がほとんどないので、今後十分調査する必要がある。

4）価格について

3種類の工費について検討の結果、直管分についてはPC管が最も安く、ダクタイル鋳鉄管が最も高く、異形管については鋼管が最も安価であったが、全体工事費としてはPC管が最も低廉であって、鋳鉄管の約75%程度であり、経済的である。

5）施工性について

鋳鉄管、鋼管とも長さは1本当り6mであり、PC管は4mであり、重量は鋼管が一番軽く、PC管が最も重いが、口径が700mmと比較的小さく、掘さく深さも一部を除き大半が2.5m程度と比較的に浅いので、山留の関係もあるが、重要材料である管の長さや重量は、施工上3種類とも大差はない。継手については、鋳鉄管、鋼管がPC管より継手個所が少なく、有利である。

6）維持管理の難易について

維持管理の難易については、圧送管の耐用年数の長短や、破損事故の発生などによって決定されるが、とくに破損事故の場合は、その復旧期間中、当該地区の汚水の処理が不能となり、ことは重大である。この点については、鋳鉄管がとくに有利であり、万一破損した場合でも、その部分のみを直ちに補修することができるので心配はないが、PC管においては破損個所の部分補修は不能で、一本単

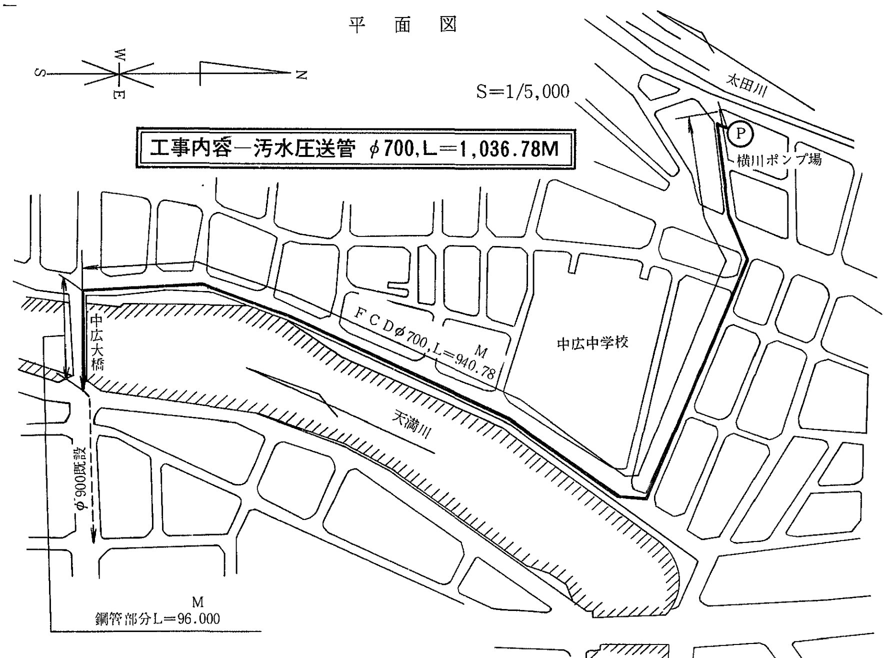
位の取り替えとなるので、他の場合より作業は困難となり、管の手持がない場合は補修期間が長期にわたる。

以上を総合して、道路部分には従来より実績のある無難なダクタイル鋳鉄管を、橋梁添加部分には軽量である鋼管を、横川ポンプ場の汚水圧送管として使用することに決定した。施工に当っては、計画どおりなんら問題点もなく、至極順調に進行した。

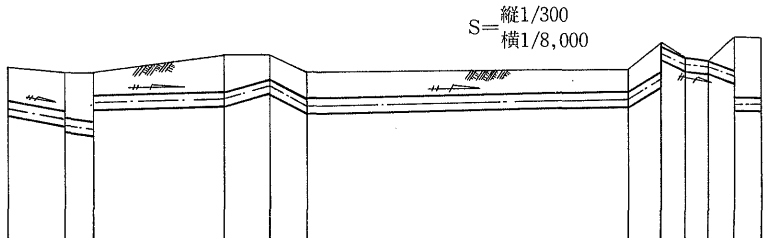
4．おわり

前述のように、鋳鉄管を汚水送水管として使用したが、鋳鉄管は主要条件にはとくに優れているが、価格の面においては高価で、この点は誠に不利であるが、汚水圧送管の主要性を考慮し、鋳鉄管の強度と耐久性ならびに継手部の確実性を重視して採用した次第であるが、ＰＣ管の価格は低廉であり、この魅力は大きく、今後十分検討いたしたい。

平　面　図



縦　断　面　図



DL(+) 5.00M

区間	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
管径 MM	θ 700									
勾配 ‰	−5.7	−2.9	+1.4	+10.6	−19.5	+0.87	+23.1	−12.5	−0.31	−13.5
距離 M	77.30	35.05	181.20	66.08	53.93	461.49	45.49	35.87	32.00	32.70

地盤高	14.10	13.90	13.90	14.91	14.86	13.95	14.18	15.60	14.61	14.62	15.92
土被	1.74	1.98 / 2.54	2.64 / 1.24	2.00	1.25	1.39	1.22	1.59 / 0.44	0.00	0.00	0.53 / 3.19
管底高	11.08	10.64 / 10.60	10.50 / 11.90	12.15	12.85	11.80	12.20	13.25 / 14.61	15.06	15.07	14.63 / 11.85
掘削深	3.50	3.71 / 3.78	3.88 / 2.38	3.21	2.49	2.63	2.46	2.83 / 1.39	0.00	0.00	1.77 / 4.55
追距	0.00	82.32	120.75	308.70	374.78	128.71	890.72	936.21	972.08	1004.08	1036.78

鋳鉄管第10号

昭和46年5月

特集／すすむ広域水道

技術レポート

高水圧管路にダクタイル管を使用することの安全性と実績

日本鋳鉄管協会技術専門委員会
＊委員　本間敬三
＊＊委員　山路忠雄

Ⅰ　緒言

従来、水道管はほとんど常用水圧７kg/cm²前後以下であり、常圧10kg/cm²を超える圧力で送水されることはまれであった。

そのため、各種水道用規格もほとんどが常用水圧10kg/cm²までの規定しか定めていない。ところが、水道界70年代の最大課題の一つは広域水道であるといわれている今日、高圧送水はまれでなくなると思われる。即ち、広域水道となれば管路は長距離となるだけでなく山越え、谷越えで起伏も大となり、管内は相当な高圧になることが予想されるのである。

ダクタイル管も水道協会規格では常圧10kg/cm²、最大圧力15.5kg/cm²までの使用しか規定していないが、それは常圧10kg/cm²以上は使えないということではなく、必要がなかったために規定されなかっただけである。事実、理論的、実験的に10kg/cm²以上の高圧に耐えることは容易に立証出来るし、実績も現在ではかなりの数にのぼっている。

以下に実績、実験データ、計算データ等を示し、ダクタイル管の高水圧管路に対する適性について述べ、大方の参考に供したい。

Ⅱ　実績

代表的な使用例を表－１に一覧表として示す。

表－１の如く、現在では高圧での使用実績は丘陵地の畑地かんがい用のものが主体となっている状況であるが、高圧に対する特別な対策は特にとられておらず、３種管も採用されており、ダクタイル管にとってはこの程度は特に高圧というほどでもないことを示している。

Ⅲ　内圧に対するダクタイル管の安全性

１．ダクタイル管の破裂水圧

ダクタイル管の破裂水圧を示すと表－２の如くであり、高水圧といえども一般に使用される内圧に比べると、きわめて大きい安全性を有しているといえる。

また、表－３に各種管の破裂内圧を計算値にて比較したが、一般に送配水管として使用される管種の中では、ダクタイル管がもっとも高い破裂強度をもっていることがわかる。

２．ダクタイル管の試験水圧

表－４に試験水圧を示すが、相当な高圧でもカバー出来る値であり、他の管種に比べてももっとも大きい値となっている。

表－1　高圧管路へのダクタイル管の使用例

事業体	最高使用静水圧(kg/cm²)	口径(mm)	延長(m)	管厚	継手形式	用途	高圧に対する安全対策
A　市	33.4	100	6090	特種(9.0mm)	A－Ⅱ形(K形)	上水道	特殊管厚使用 サージタンク装置
B　県	19.9	400～200	約8000	3種	K形、A形	畑地かんがい	曲管部にKF継手使用
〃	18.0	500	約 500	3種	K形	〃	〃
〃	20.0	300～150	約3000	3種	K形、A形	〃	〃
C　県	17.0	350～200	約5000	3種	K形、A形	〃	
D　県	13.0	400	約1000	3種	K形	〃	
E　社	14.0	300	約5000	1種	K形	原水送水	
F　市	14.0	700	約7000	1種他	K形	上水道	
〃	10.0	1200	約1000	2種他	K形	下水道	
G　県	12.0	1100	約2400	1種	K形	上水道	
H　県	17.6	300	1878	3種	K形	かんがい用	サージタンク装置
I企業団	12.0	1200	約2700	1種	B形（特殊メカニカル形）	上水道	
J企業団	12.0	700	約1400	3種	A形	〃	

表－2　ダクタイル管の破裂内圧

口径	1種管		2種管		3種管		4種管		異形管の管厚(参考)
(mm)	管厚(mm)	破裂水圧(kg/cm²)	管厚(mm)	破裂水圧(kg/cm²)	管厚(mm)	破裂水圧(kg/cm²)	管厚(mm)	破裂水圧(kg/cm²)	(mm)
75	7.5	658.7			6.0	506.7			8.5
100	〃	494.0			〃	380.0			8.5
150	〃	329.3			〃	253.3			9.0
200	〃	247.0			〃	190.0			11.0
250	〃	197.6			〃	152.0			12.0
300	〃	164.7			6.5	139.3			12.5
350	〃	141.1			〃	119.4			13.0
400	8.5	142.5	7.5	123.5	7.0	114.0			14.0
450	9.0	135.0	8.0	118.1	7.5	109.8			14.5
500	9.5	129.2	8.5	114.0	8.0	106.4			15.0
600	11.0	126.7	10.0	114.0	9.0	101.3	8.5	95.0	16.0
700	12.0	118.3	11.0	108.6	10.0	97.7	9.0	86.9	17.0
800	13.5	116.9	12.0	103.6	11.0	95.0	10.0	85.5	18.0
900	15.0	114.8	13.0	99.6	12.0	92.0	11.0	84.4	19.0
1000	16.5	114.0	14.5	100.3	13.0	89.7	12.0	82.8	20.0
1100	18.0	113.3	15.5	97.4	14.0	87.7	13.0	81.5	21.0
1200	19.5	112.1	17.0	98.2	15.0	86.1	13.5	77.9	22.0
1350	21.5	109.8	18.5	94.6	16.5	84.4	15.0	76.6	24.0
1500	23.5	108.4	20.5	92.2	18.0	83.1	16.5	76.0	26.0
1600	25.0	107.8	22.0	95.0	19.0	82.2	17.5	75.5	27.5
1650	25.5	106.9	22.5	94.4	19.5	81.5	18.0	75.5	28.0
1800	28.0	107.7	24.0	92.0	21.0	80.5	19.5	74.7	30.0
2000	30.5	105.3	26.5	91.6	23.5	81.3	21.0	72.6	32.0
2100	32.0	105.3	28.0	92.1	24.5	80.6	22.0	72.4	33.0
2200	33.5	105.4	29.0	91.2	25.5	80.1	23.0	72.0	34.0
2400	36.5	104.8	31.5	90.5	27.5	79.2	25.0	71.9	36.0

（注）次式より求めた計算値である。$P=\frac{2ts}{D}$〔但し、P：破裂内圧、t：上表の規定管厚から鋳造上の余裕10%（最低1mm）を差し引いた管厚、D：口径、S：ダクタイル管の引張強さ(3,800kg/cm²)〕

表－3　各種管破裂圧比較

管種＼口径(mm)		500		1000		1500		2000		計算に使用した引張強さ (kg/cm²)
		管厚 (mm)	破裂圧 (kg/cm²)	管厚 (mm)	破裂圧 (kg/cm²)	管厚 (mm)	破裂圧 (kg/cm²)	管厚 (mm)	破裂圧 (kg/cm²)	
ダクタイル管	2種	8.5	129	14.5	110	20.5	104	26.5	100	38
	3種	8.0	122	13.0	99	18.0	91	23.5	89	
	4種	—	—	12.0	90	16.5	84	21.0	80	
鋼管	特高	6.0	98	10.0	82	15.0	82	19.0	78	41
	普通	6.0	98	9.0	74	13.0	71	18.0	74	
PS管	*	55.0	44	75.0	30	102.0	27	135	27	2
石綿管	1種	48.0	38	—	—	—	—	—	—	2
	2種	35.0	28	—	—	—	—	—	—	
	3種	28.5	23	54.0	22	—	—	—	—	
	4種	22.0	18	42.0	17	—	—	—	—	
	5種	17.5	14	34.0	14	—	—	—	—	

（註）1．計算に使用した式 $P=\frac{2TS}{D}$（T：管厚　S：引張強さ　D：呼び径）

2．*〔コンクリート自体の引張強さ〕＋〔プリストレス〕＝200kg/cm² と仮定し、PS管々厚としては最大のものを採用した。

表－4　ダクタイル管の試験水圧 (kg/cm²)

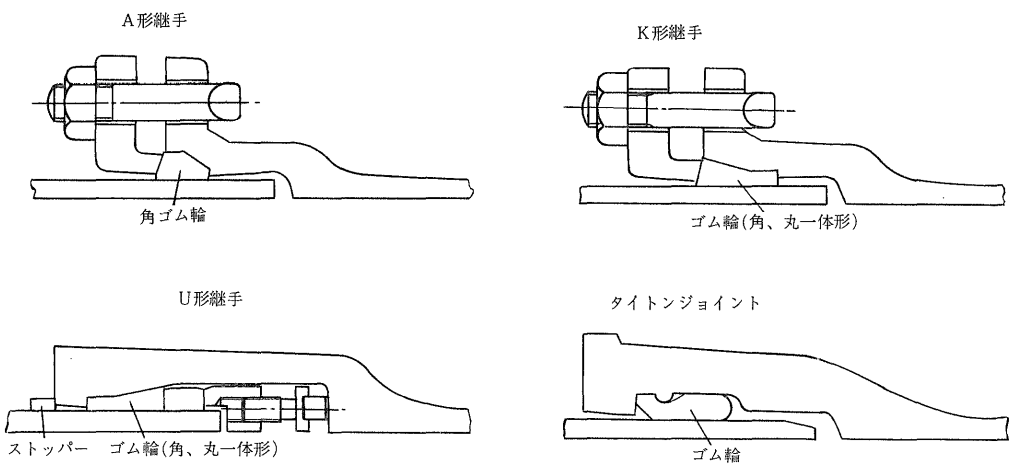
口径(mm)	直管				異形管
	1種管	2種管	3種管	4種管	
300以下	60	—	50	—	30
350～600	50	45	40	40	25
700～1000	40	40	35	35	20
1100～1500	30	30	30	30	15
1600以上	25	25	25	25	10

（注）同じ材質でありながら、直管と異形管の圧力が異なっているのは水圧試験方法上の制約によるものである。

Ⅳ 継手の安全性

ダクタイル管の代表的な継手は図－1の如きメカニカル形式（A形、K形、U形）、及びスリップオンタイプ（タイトンジョイント）である。これらはいずれも以下の試験結果に示す如く、高圧に対する適性を持つが、中でもK形及びU形継手は角ゴム輪と丸ゴム輪を併用（両者は一体に成形されている）するシール機構となっているため、高水圧に対して特に優れた水密性を発揮する。

図－1　ダクタイル管の代表的継手

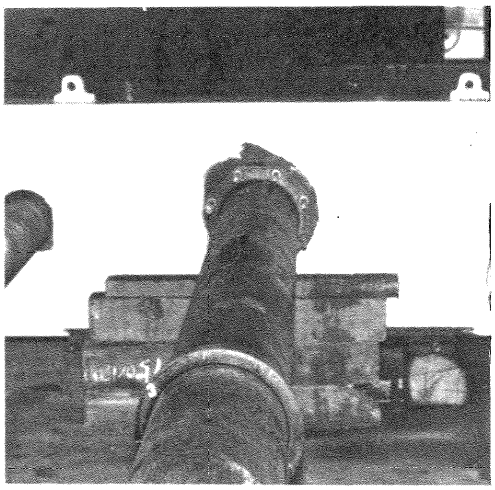


1．継手の水密性

各種継手の水密試験結果の一例を表－5に示す。さらに写真－1、写真－2に示す如く中央に継手部をおいて管体の水圧破裂試験を実施したところ、直管部が破裂し、ジョイント部は何の異常もなかった。

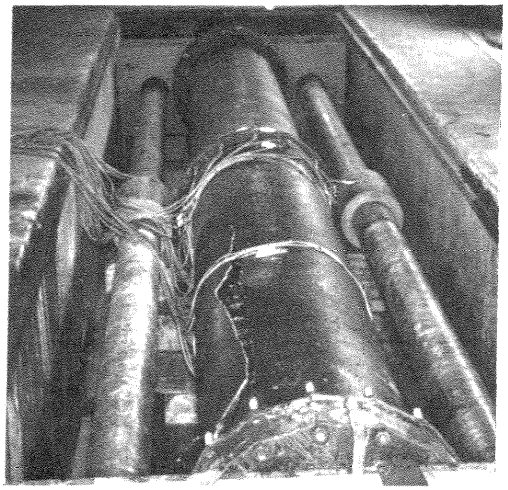
写真－1

250φタイトンジョイント管において、水圧200kg/cm²で管体が破裂したが、ジョイント部は異状なし。



写真－2

600φK形継手管において、水圧120kg/cm²で管体が破裂したが、継手部は異状なし。



表－5　ダクタイル管各種継手の水圧試験結果の一例

継手形式	口径(mm)	管厚(mm)	負荷水圧(kg/cm²)	継手部の状況	水圧負荷方法
A形	200	7.5	140	異常なし	管内全体に水圧負荷
	350	7.5	100	〃	〃
K形	250	7.5	50	〃	管内全体に水圧負荷
	600	9.0	120	〃	〃
	800	11.0	50	〃	〃
	1200	17.0	40	〃	〃
U形	1000	12.0	15	〃	テストバンド使用
	1600	17.5	15	〃	〃
	2000	21.0	15	〃	〃
タイトンジョイント	150	6.0	50	〃	管内全体に水圧負荷
	250	7.5	200	〃	〃

2．曲がった状態の継手の水密性

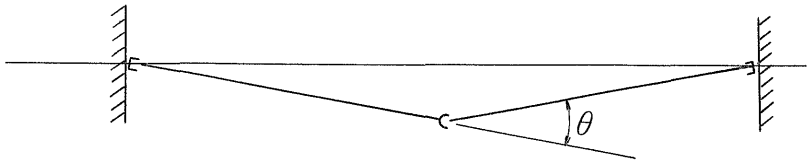
ある程度の曲げ配管が出来ること、また埋設後、地盤沈下等がおこった場合、それに順応して曲ることが望ましい。即ち、曲がった状態でも高い水密性を持つ必要がある。

表－6に各種の継手の水圧下の曲げ試験結果の一例を示す。

これは付図に示す如く、抜け出す寸前の限界角度まで曲げ水圧を負荷したものである。試験装置の関係で前項程の高圧は作用させていないが、かなりの高圧を負荷し、異常のないことが確認されている。

受口にゴム輪が固定される形式のものは理論的に考えて、曲げることによる水密性の低下は考えられないので当然といえる。

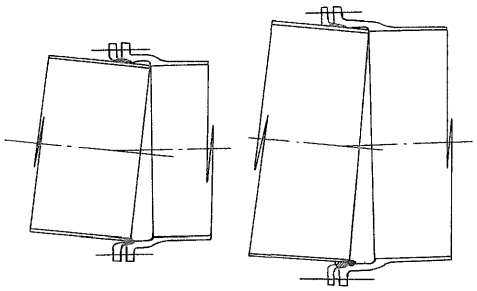
表－6　ダクタイル管各種継手の水圧下の曲げ試験結果の一例



継手形式	口径(mm)	負荷水圧(kg/cm²)	曲げ角度θ	継手部の状況
A　形	300	17.5	5°	異常なし
	600	17.5	6°25′	下図(A)*の如き状態になるも漏洩せず
K　形	800	30	5°10′	下図(B)**の如き状態になるも漏洩せず
	1200	25	2°52′	異常なし
	1600	20	3°24′	〃
U　形	1000	15	2°06′	〃
	1600	15	2°02′	〃
	2000	15	1°58′	〃
タイトンジョイント	150	25	10°	〃
	250	25	10°	〃

付　図

*(A)図　　**(B)図



V　高圧管路設計上の留意点

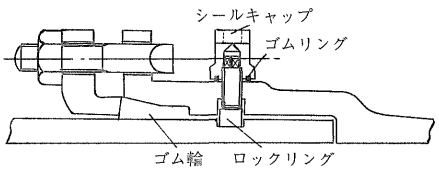
1．離脱防止対策

前項で述べた如く、ダクタイル管の継手は高い水密性を有しており、高水圧管路に使用しても十分な安全性が保証されるが、継手の機構上からいって抜け出し阻止力が小さいため、曲管部、そのほか内圧による不平均力が作用する個所には適切な離脱防止対策が必要となる。この離脱防止対策としては、従来コンクリートブロックによる防護が行なわれていたが、内圧が高くなってくると大きなコンクリートブロックを必要とするため、場所的な制約、その他から計算通りの防護コンクリートを打設し難い場合が多くなると予想される。そのような場合には、離脱防止継手を使用するとよい。

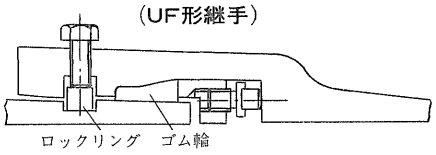
高水圧に対するダクタイル管の離脱防止継手としては図－2に示すＫＦ形（口径300φ～900φ）、及びＵＦ形（口径700φ～2,400φ）がある。

図－2　ダクタイル管の離脱防止継手

(KF形継手)



(UF形継手)



これらは受口か挿口が破壊するまで離脱することなく、きわめて高性能の離脱阻止性を有しており、通水後の管路の変位も少ない。ＫＦ形及びＵＦ形継手の性能試験結果の一例を表－７に示す。

表－7　ダクタイル管離脱防止継手の性能試験結果

形式	口径 (mm)	水圧引抜き試験結果				曲げ試験結果		
		負荷水圧 (kg/cm²)	換算抜出力 (Ton)	最大抜出量 (mm)	継手部の状況	曲げモーメント (Ton-m)	最大曲り角度	継手部の状況
KF形	300	90	72	2.10	異常なし	20.8	190′	異常なし
	800	40	220	1.75	〃	140	29.2′	〃
UF形	1000	25	230	1.15	〃	200	16.7′	〃
	2000	22	803	1.30	〃	＊144	2.0′	〃

（注）＊管の長さと試験機の容量の関係でこれ以上の曲げモーメントを加えられなかった。

図－3に口径2,000φでUF形継手を用いて配管した管路の埋設実験結果を示す。

これはコンクリートブロックはまったく使用せず配管し、水圧15kg/cm²（曲管部での不平均力360トン）まで負荷したが、管体、継手共にまったく異常は認められず、管路の最大変位はわずか23.4mm（曲管部）にすぎなかった。

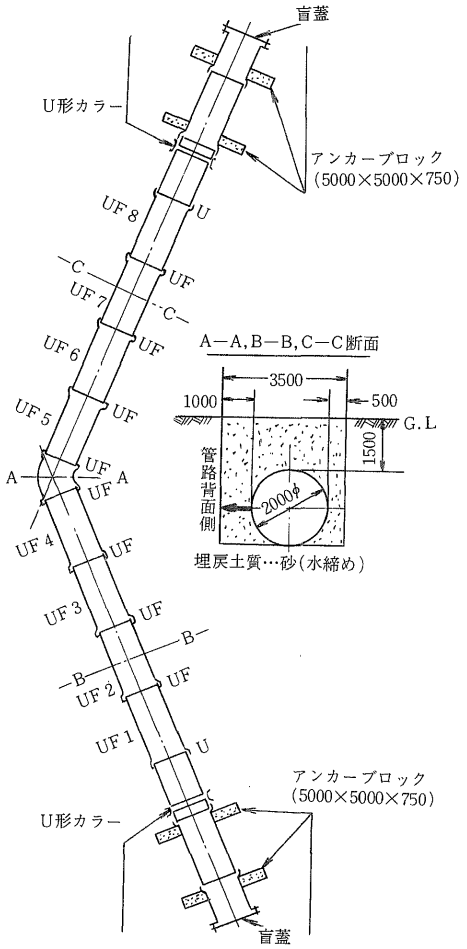
2．フランジ継手

管路にはバルブの接続、その他必らずフランジ継手を使用する個所がある。一般に使用されているフランジ継手は図－4（a）の如き平面座に板ゴムを圧縮する形式であるが、この種のものは 7.5kg/cm²程度以下の水圧に対しての使用はよいが、高圧になるとゴムパッキンが内圧により飛び出す可能性がある。

従って、高水圧に対するフランジ形式としては図－4（b）の如き溝付きフランジとするのがよく、強度面から考えてもJIS 10kg/cm²フランジ上の特殊フランジを設計すべきである。フランジ継手の水圧試験を実施した試験結果の一例を示せば表－9の通りである。

そのほか高圧管路においては、バルブ、その他付属品も高圧用として設計されたものを使用しなければならない。

図－3　2,000φUF形管の埋設実験



図－4　フランジ継手の形式

表－8　フランジ継手の水圧試験結果

フランジ形式	口径(mm)	負荷水圧(kg/cm²)	継手部の状況
平面フランジ	600	15	板ゴムパッキンが飛び出して漏洩
溝付フランジ	600	50	異常なし
	900	50	〃
	1500	25	〃
	2000	20	〃

Ⅵ 管種選定表

本稿では高水圧に焦点をしぼったので、外圧については言及しなかったが、外圧は高水圧といえども特に変わりはない。

内圧、外圧、同時に作用した場合、即ち普通の地下埋設管において、条件によってどのような管種を選定すればよいか、高水圧まで含めた日本鋳鉄管協会の標準の管種選定表を示せば表－9の通りである。

埋設条件：平底溝で、埋戻し土が管周囲に十分廻るように埋戻す。

輪荷重：20トントラック2台同時通過。衝撃に対して50％増し。

衝水圧：5.5kg/cm²

表中1.2.3.4の数字は、1種管、2種管、3種管、4種管を示す。※印の範囲については、1種管より厚い特殊管厚が必要である。そのほか表に示された以外の条件に対しては管厚計算式によって計算し、該当管種を選定する。

表－9　ダクタイル管管種選定表

土被りm / 静水圧kg/cm² / 呼び径	2.4						1.8						1.2					
	25	20	15	10	7.5	4.5	25	20	15	10	7.5	4.5	25	20	15	10	7.5	4.5
75～200φ	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
250φ	1	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3
300φ	1	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3
350φ	1	1	3	3	3	3	1	1	3	3	3	3	1	1	3	3	3	3
400φ	1	1	2	3	3	3	1	2	3	3	3	3	1	2	3	3	3	3
450φ	1	1	2	3	3	3	1	2	3	3	3	3	1	2	3	3	3	3
500φ	1	1	2	3	3	3	1	2	3	3	3	3	1	2	3	3	3	3
600φ	1	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	4	1	2	3	4	4	4
700φ	1	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	4	1	2	3	4	4	4
800φ	1	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	4	1	2	3	4	4	4
900φ	1	1	2	3	3	4	1	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	4
1000φ	1	1	2	3	3	4	1	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	4
1100φ	1	1	2	3	3	4	1	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	4
1200φ	1	1	2	3	3	4	1	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	4
1350φ	※	1	2	3	3	4	1	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	4
1500φ	※	1	2	3	3	4	1	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	4
1600φ	※	1	2	3	3	3	1	1	2	3	4	4	1	2	2	4	4	4
1650φ	※	1	2	3	3	3	1	1	2	3	4	4	1	2	2	4	4	4
1800φ	※	1	2	3	3	3	1	1	2	3	4	4	1	2	2	4	4	4
2000φ	※	1	2	3	3	3	1	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	4
2200φ	※	1	2	3	3	3	1	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	4
2400φ	※	1	2	3	3	3	1	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	4

Ⅶ まとめ

以上、高水圧に対するダクタイル管の安全性について述べてきたが、これを総括して記すとつぎのようである。

1.ダクタイル管は管体の強度、継手の水密性能ともに10kg/cm²以上の高水圧に対しても十分な安全性を有する。

2.ダクタイル管が高水圧管路に使用された実例もかなりあり、このことからも安全性が実証されている。

3.日本水道協会規格JWWA G 105では常用10kg/cm²までであるが、これはこれまで水道界においてはこれ以上の高圧で送水されることがまれであり、規格化の必要がなかったことによるものと思われる。

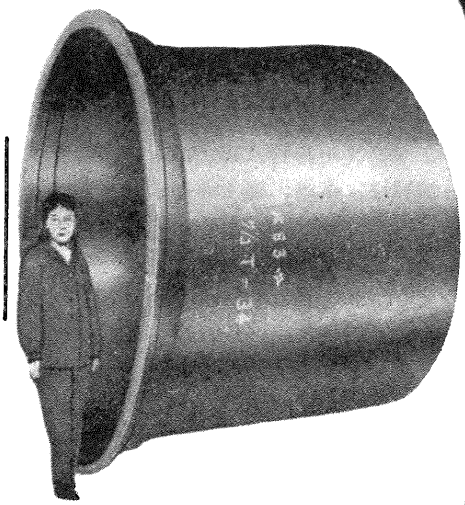
しかし、高圧送水がさかんになりつつある今日、これに対処するため日本鋳鉄管協会では常用25kg/cm²までを含めた管種選定表を作成した。

4.しかし、バルブ、その他管路付属品については使用水圧に適応したものを使用する必要があり、実用に際してはこの点特に注意を要する。

今後ますます多くなると思われる高圧送水管路においても、以上のようにダクタイル管は十分その要求に応え得るものと確信する。

＊久保田鉄工株式会社鉄管研究部課長
＊＊久保田鉄工株式会社鉄管研究部係長

強靱・耐蝕性を誇る
遠山の2200㎜大口径ダクタイル鋳鉄管



ダクタイル鋳鉄異型管
高級鋳鉄異型管
メカニカルジョイント異型管
—以上75㎜～2500㎜
石綿管用異型管及接手
バルブ、消火栓及鉄蓋

株式会社 遠山鐵工所

本社工場　埼玉県川口市飯塚町3～358
TEL 0482－51－2885(代)～7
工　場　宮町工場・錦町工場・機械工場

特集／すすむ広域水道

技術レポート〈2〉

2600φダクタイル管の性能試験結果について

日本鋳鉄管協会技術専門委員会
＊委員　本間敬三
＊＊委員　御園一夫
＊＊＊委員　田中彬夫

Ⅰ 緒言

近年、国民生活の向上と共に上水道の使用量はますます増大し、また工業の発展に伴い大量の工業用水が使用されるようになってきた。さらには、水資源の有効活用を計るため水道の広域化が計画され、大規模な広域水道が実現しつつある。

このような背景のもとに、上水道、工業用水道、農業用水道等に使用される導水管、送水管も年々大口径化の方向に向っている。

一方、ダクタイル管は鋳鉄特有の耐食性を持ち、強靱性に富み、施工性に優れ、かつまた維持管理も容易なことから、理想的な水道管として絶対的な信頼を得てきた。

このため、水道管の大口径化につれ、ダクタイル管の大口径化が強く要望され、これまでにも2,400φまでの大口径ダクタイル管が実用されてきている。さらに、今日では2,600φという世界最大のダクタイル管が実用されるに至った。

本論では、これの実用に先立って行なった2,600φダクタイル管の性能試験結果の概要を報告し、大口径管路設計のご参考に供したい。

Ⅱ 寸法設計

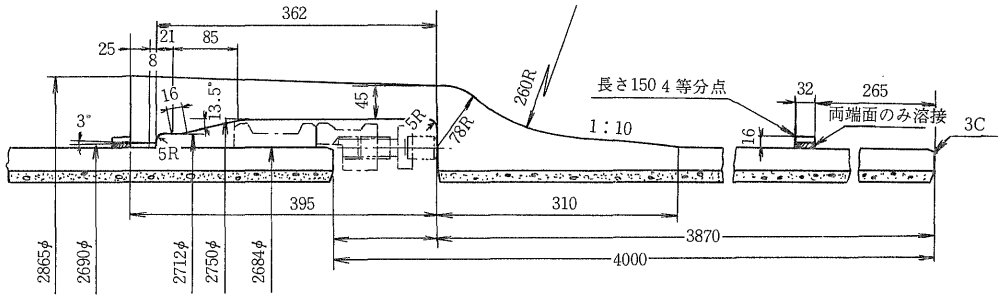
つぎの諸点に留意し、2,600φU形ダクタイル管の基本寸法を図－1のように定めた。

(1) 2,400φの場合よりもゴム輪の断面を大きくした。

(2) U形継手の特長の一つである可撓性を十分発揮させるため、継手の許容曲げ角度を1°30′(限界曲げ角度＝3°)とした。

(3) 大口径化による押輪、割輪の重量の増大を極力少なくするため、強度的に関係のない部分の断面積を小さくした。

図－1　2,600φU形ダクタイル直管



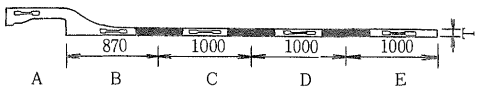
このU形継手の安全性を確認し、また管厚設計のための資料を得ることを目的とし、2,600φU形ダクタイル管を試作し、各種試験を行なった。

試作管の管厚はT＝32.5mm、T＝27mm、T＝22mmの3種類とした。また、有効長は4mとしたが、T＝32.5mmの場合は試作設備の関係上3.2mとした。

Ⅲ 材質試験結果

1．試験片採取位置

図－2



ヘン平試験用リング採取位置
引張、衝撃、硬度、顕微鏡組織　各試験用試料採取位置
但しT＝32.5mmは管長の関係でC.D.Eを800mmとした。

2．引張試験結果

試 験 片：JIS Z 2201　4号試験片
試験方法：JIS Z 2241（金属材料引張試験方法）による。

試験結果：

表－1　引張試験結果

管　厚 (mm)	試料採取位置	引張強さ (kg/mm²)	伸　び (%)
T＝27	A	47.0	10.8
	B	44.9	17.1
	C	45.0	17.8
	D	45.1	18.7
	E	45.2	17.7
T＝32.5	A	46.9	12.3
	B	45.4	17.3
	C	45.0	17.5
	D	45.0	17.6
	E	45.1	17.6

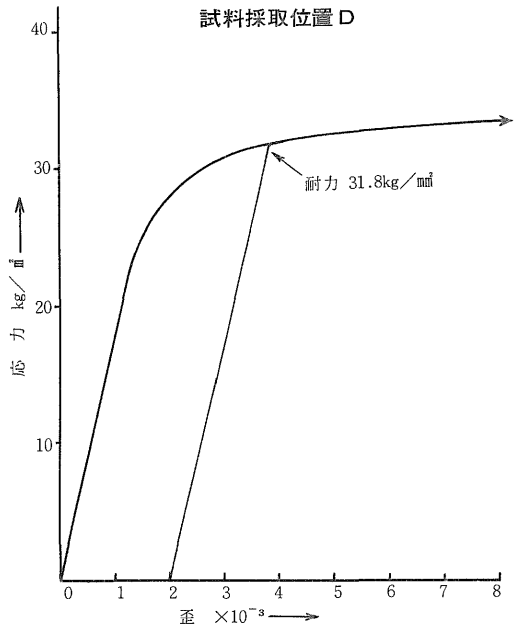
引張強さ、伸びは試験片3本ずつの平均値を示した。

表－2　弾性係数及び耐力測定結果

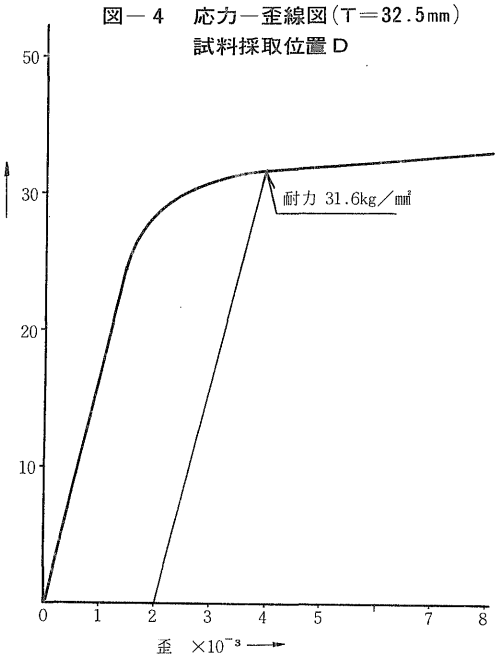
管　厚 (mm)	試料採取位置	弾性係数 (kg/mm²)	耐　力 (kg/mm²)
T＝27	A	1.76×10^4	32.0
	D	1.73×10^4	31.8
T＝32.5	A	1.72×10^4	31.6
	D	1.70×10^4	31.6

なお、応力－歪線図の一例を図－3、および図－4に示す。

図－3　応力－歪線図（T＝27mm）
試料採取位置D



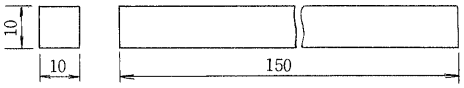
図－4　応力－歪線図（T＝32.5mm）
試料採取位置D



3．衝撃試験結果

試験片：

図－5　衝撃試験片



試験方法：JIS Z 2242（金属材料衝撃試験方法）による。

試験結果：

表－3　衝撃試験結果

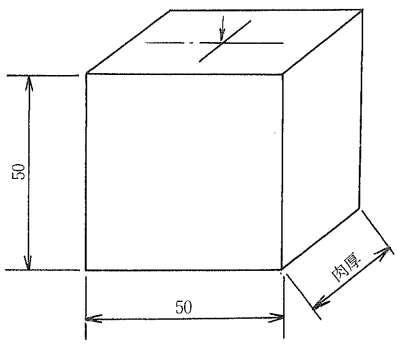
管　厚 (mm)	試料採取位置	吸収エネルギー (kg-m)
T＝27	A	8.5
	B	10.9
	C	11.1
	D	10.8
	E	10.7
T＝32.5	A	9.0
	B	10.8
	C	10.7
	D	11.0
	E	10.6

吸収エネルギーは試験片3本、打撃数各2回合計6コの測定値の平均値を示した。

4．かたさ試験結果

試 験 片：

図－6　かたさ試験片



試験方法：JIS Z 2243（ブリネルかたさ試験方法）による。

ただし、荷重3,000kg、30秒

試験結果：

表－4　かたさ試験結果

管　厚 (mm)	T＝27	T＝32.5
試料採取位置	ブリネルかたさ	ブリネルかたさ
A	174	170
B	159	159
C	159	156
D	159	156
E	156	159

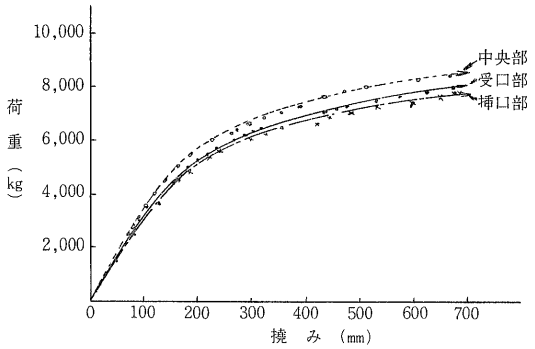
5．ヘン平試験結果

試 験 片：図－2に示した位置より幅500mmのリングを切り出した。

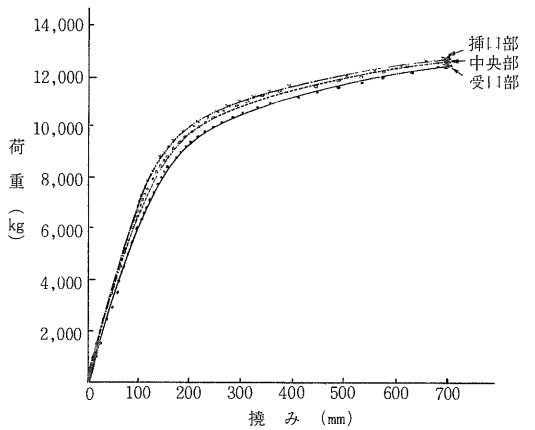
試験方法：ヘン平量が径の25％（650mm）になるまで、100トン圧縮試験機で荷重を加えた。

試験結果：試験結果を図－7及び図－8に示す。

図－7　T＝27mm荷重－撓み線図



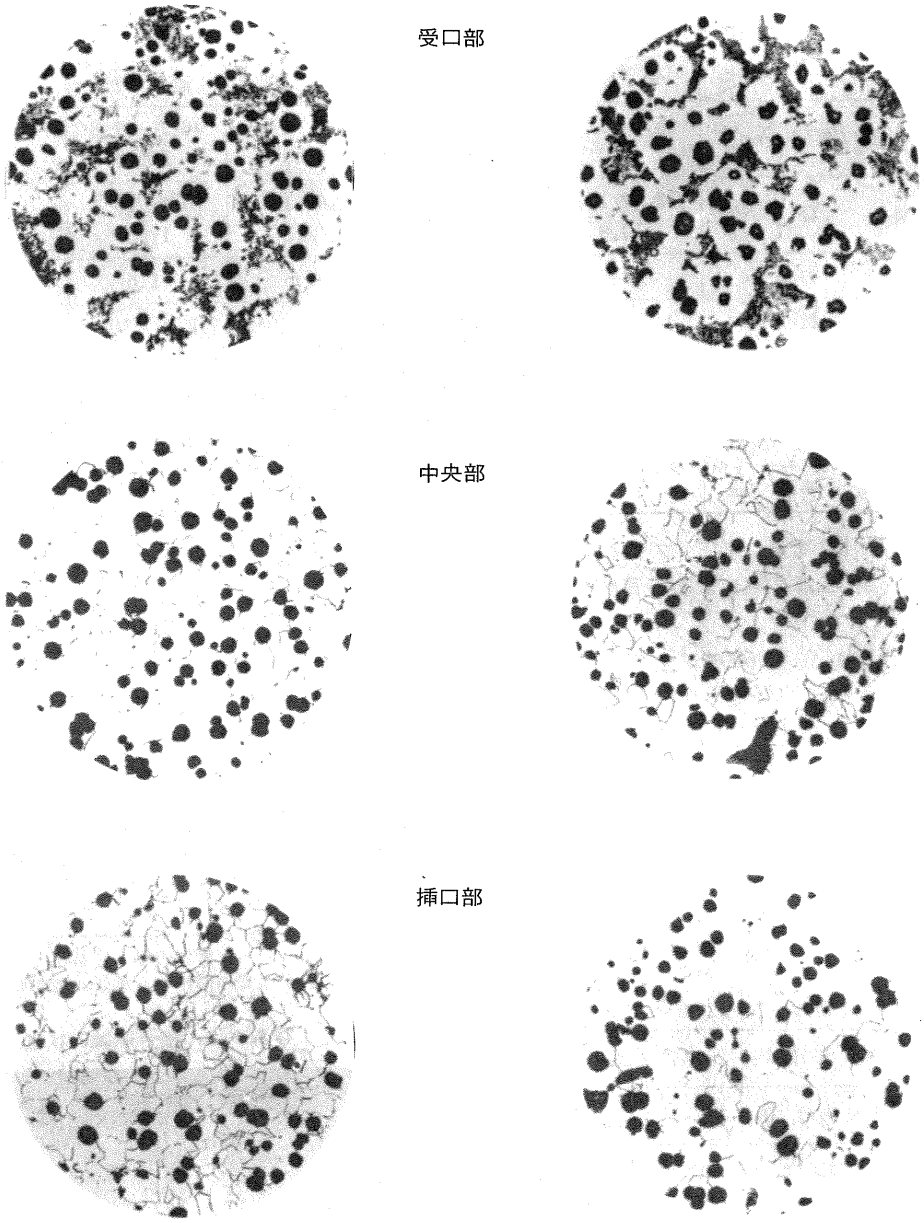
図－8　T＝32.5mm荷重－撓み線図



6．顕微鏡組織試験結果

供試管の受口部、中央部、挿口部の各位置より試料を採取し、これを検鏡、写真撮影を行なった。

写真－1　顕微鏡組織



7．化学分析試験結果

試験方法：JIS G 1201(鋼及び鋳鉄の分析法)による。

試験結果：

表－5　化学分析試験結果　(%)

管厚(mm)	C	Si	Mn	P	S	Mg
T＝27	3.36	2.72	0.33	0.041	0.007	0.050
T＝32.5	3.37	2.75	0.36	0.040	0.008	0.048

8．材質試験結果の総括

各種材質試験の結果をまとめるとつぎのようである。

項目＼供試管	T＝27mm		T＝32.5mm		規格値
	受口部	直部	受口部	直部	
引張の強さkg/mm²	46.5—47.2 47.0	44.8—45.6 45.2	46.7—47.3 46.9	46.7—47.3 46.9	>38
伸び %	10.0—12.4 10.8	15.6—19.0 17.8	12.0—12.6 12.5	16.6—18.4 17.5	> 3
耐力kg/mm²	32.0	31.8	31.6	31.6	—
弾性係数kg/mm²	1.76×10^4	1.73×10^4	1.72×10^4	1.70×10^4	—
アイゾット衝撃値 kg-m	7.4—10.6 8.5	9.8—11.4 10.9	7.2—9.5 9.0	9.4—11.8 10.8	—
ブリネルかたさ	174	158	170	157	<230
へん平撓み mm		>700		>700	>650

引張強さ、伸び、ブリネルかたさ、へん平撓みのいずれもJWWA G 105の値よりもはるかによく、管厚の相違による差は認められない。

以上の如く、2,600φダクタイル管は材質的にはきわめて良好であり、十分安全に実用し得ることが立証された。

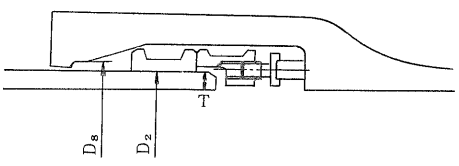
Ⅳ U形継手の機能試験結果

1．供試管の主要寸法

表—6　U形継手機能試験供試管主要寸法

(mm)

	供試管 No.1	供試管 No.2	規定寸法
平均挿口管厚 T	27.9	33.0	——
平均挿口外径 D_2	2684.75	2684.30	2684^{+2}_{-5}
平均受口内径 D_8	2715.11	2714.29	2712^{+4}_{-0}
受口—挿口隙間 $\frac{D_8-D_2}{2}$	15.18	15.00	14.0
丸ゴム部圧縮代	7.82	8.00	9.0



2．接合試験結果

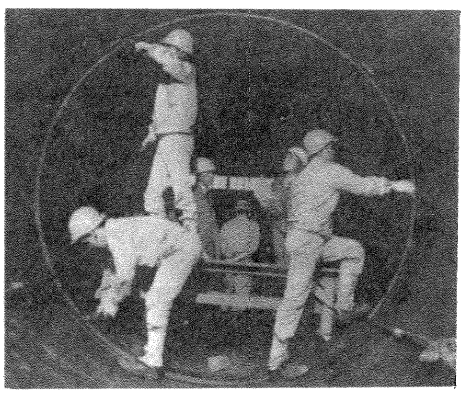
実験室内で、天井クレーンを使用して接合試験を行なった結果は次表の如くであった。

表—7　接合試験結果

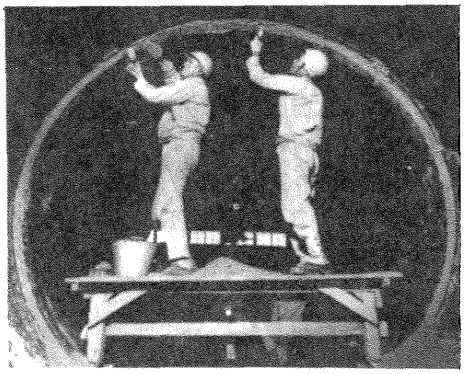
	第1回 供試管No.1	第2回 供試管No.2
作業者数	3人	3人
※所要時間	55分	50分53秒

※管の芯出しから、管台の挿入、抜出し防止装置の除去までの全作業の開始から終了までの時間。

写真—2　接合試験の状況



写真－3　モルタル充填試験の状況



3．接合部モルタル充填試験結果

作業開始から終了までの所要時間はつぎの通りであった。

表－8　接合部モルタル充填試験結果

	第1回 供試管No.1	第2回 供試管No.2
作業者数	2人	2人
所要時間	52分	51分

4．接合後の水圧試験結果

モルタル充填試験完了後、継手部に水圧を負荷した。

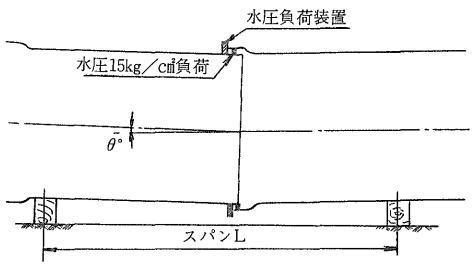
表－9　水圧試験結果

	第1回 供試管No.1	第2回 供試管No.2
負荷水圧(kg/cm²)	15	15
保持時間	5分間	5分間
漏洩の有無	無	無

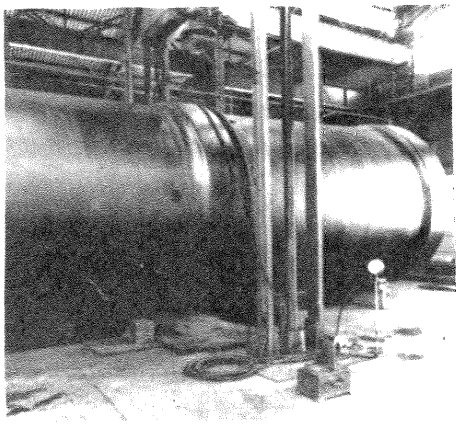
5．水圧下曲げ試験結果

モルタル充填後の管継手部に15kg/cm²の水圧を負荷した状態で、100トン圧縮試験機を用いて継手部を強制的に曲げ、漏洩の有無を調べた。

図－9　水圧下曲げ試験方法



写真－4　水圧下曲げ試験の状況（継手部を3°曲け、水圧を15kg／cm²負荷している状態



表－10　水圧下曲げ試験結果

	第1回 供試管No.1				第2回 供試管No.2			
スパンL (m)	6.5				5.6			
負荷水圧(kg/cm²)	15				15			
曲げ角度θ (度)	0°	1°	2°	3°	0°	1°	2°	3°
漏洩の有無	無	無	無	無	無	無	無	無

充填モルタル、割輪、押輪にも異常は認められなかった。なお、継手部を3°曲げた状態では、挿口端面と受口底部との間隔は最下点で272mmとなり、割輪が内側から見えたが、漏洩は生じなかった。

6．曲げ接合試験結果

実験室内で天井クレーンを使用し、1°30′曲げた状態で接合を行なった。

接合にはなんら支障はなく、作業開始から接合完了までの所要時間はつぎの通りであった。

表－11　曲げ接合試験結果

	第1回 供試管No.1	第2回 供試管No.2
曲げ角度	1°30′	1°30′
作業者数	3人	3人
所要時間	58分	51分

7．曲げ接合後の水圧試験結果

曲げ接合後、継手部に水圧を負荷した。

表－12　曲げ接合後の水圧試験結果

	第1回 供試管No.1	第2回 供試管No.2
負荷水圧(kg/cm²)	15	15
保　持　時　間	5分間	5分間
漏　洩　の　有　無	無	無

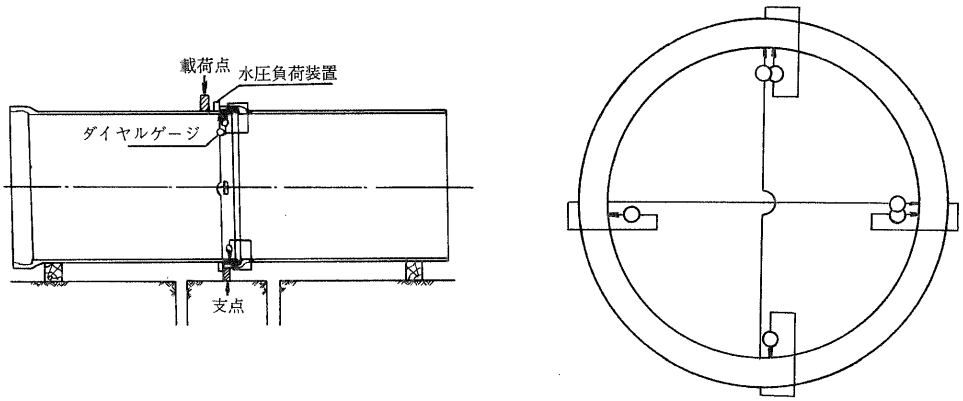
8．耐外圧試験結果

継手部に15kg/cm²の水圧を負荷した状態で受口部を支え、挿口部に100トン圧縮試験機で載荷し、荷重と継手部との変形量との関係を測定すると共に、継手部からの漏洩の有無を調べた。

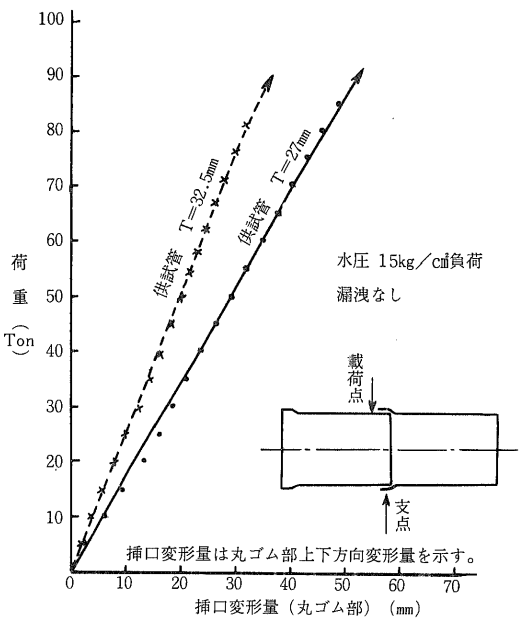
挿口部に載荷し、受口部で支承するという試験方法はもっとも極端な、しかももっともきびしい条件の試験方法である。

試験結果の一部を図－11及び図－12に示す。

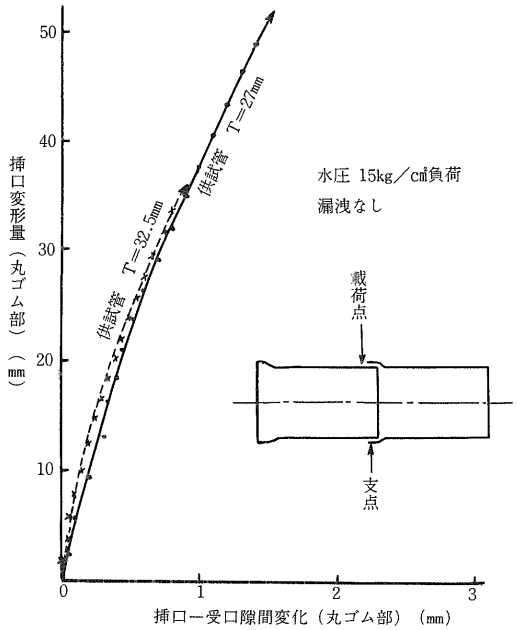
図－10　耐外圧試験方法



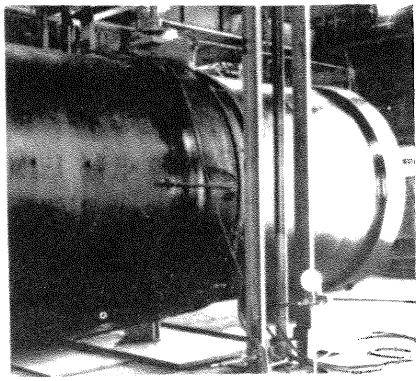
図－11　耐外圧試験結果
荷重と挿口変形量の関係



図－12　耐外圧試験結果
挿口変形量と挿口－受口隙間変化の関係



写真－5　耐外圧試験の状況



9．U形継手機能試験結果の総括

(1) 施工性について

口径が大きくなれば部品が大きくなり、作業性が悪くなると予想されたが、U形継手の特長である管内面で作業が行なえることから問題なく安全に接合できることがわかった。

接合に要する時間は作業者3人で51～55分程度であり、2,400φ 以下の場合（例2,000φ で作業者3人、40分程度）と比べてボルト締付けに要する時間(2,600φ のボルト数40本、2,000φ のボルト数30本)の差程度の相違しかなく、口径が大きくなっても大差ないといえる。

また、曲げた状態で接合することも可能であり、2,600φU形継手の許容曲げ角度1°30′(最大曲げ角度3°の½)曲げた状態で接合した結果、平行な状態での接合作業とほとんど変わらず、接合に要する時間も作業者3人で51～58分程度で、特に問題なく行なえることを確認した。

接合部モルタル充填作業も2,400φ以下の場合と同様に問題なく行なえることがわかった。所要時間は作業者2人で52分程度であり2,400φ 以下の場合（例2,000φ で作業者3人で40分）と比べて大差はない。

(2) 水密性能について

水圧15kg/cm²まで負荷するも漏洩、その他異常なく、実用上十分な水密性があることを確認した。また、曲げた場合については2,600φの最大曲げ角度3°曲げても水圧15kg/cm²で漏洩なく、十分な屈曲性があることがわかった。

(3) 耐圧性能について

載荷方法としては、従来の試験結果から継手にとってもっとも厳しい条件であることが確認されている挿口載荷－受口支承の方法で試験した。

最大荷重90トン負荷時における測定結果を下表に示す。

供試管 管厚 mm	最大荷重 (Ton)	水圧 (kg/cm²)	挿口変形量 (mm)	挿口－受口 隙間変化 (mm)	備　考
27.0	90	15	51.5	1.50	漏水なし
32.5	90	15	35.6	0.90	漏水なし

同一荷重に対する挿口変形量は管厚が厚くなれば当然小さくなる。試験結果によれば、荷重90トン時の変形量は管厚32.5mmの場合で35.6mm、管厚27.0mmの場合で51.5mmであり、その比率は1/1.445になっている。

一方、今回の場合管厚32.5mmの供試管の長さは3.2mで、管厚27.0mmの供試管の長さは4.0mである。従って、管の変形量が管厚の3乗及び管の長さに逆比例するものとすれば管厚の相違による変形量の比率は

$$\left(\frac{27.0}{32.5}\right)^3 \times \left(\frac{4.0}{3.2}\right) = \frac{1}{1.4}$$

となり、測定結果とほぼ一致するといえる。

また、同一挿口変形に対する挿口－受口隙間変化では管厚の影響はほとんど見られなかった。

以上の如く2,600φU形継手は十分安全、確実に実用し得ることが確認された。

V　埋設実験結果

1．供試管

表－13　埋設実験供試室

供試管 No.	1 ※	2	3
管　厚(mm)	32.5	27	22
管　長(m)	3.2	4.0	4.0

※下記条件により算出される計算管厚と腐食余裕代2mmおよび鋳造公差余裕代10%を加算した管厚

静　水　圧：Ps＝10.0kg/cm²
衝　水　圧：Pd＝ 5.5kg/cm²
土　被　り：H ＝ 2.4m
路面荷重：20Tonトラック×2台
支　持　角：2θ＝50°

2．実験方法

表－13の供試管３本を接続、地中に埋設し各種測定を行なった。

また同時に管内に水圧を負荷し、水圧に対する挙動も調べた。

さらに、トラック荷重の影響を検討するため、盛土撤去後20トントラックを２台同時に通過させた。

(1) 埋設方法

図－13のように埋設した。

すなわち、

掘削深さ：4.7m

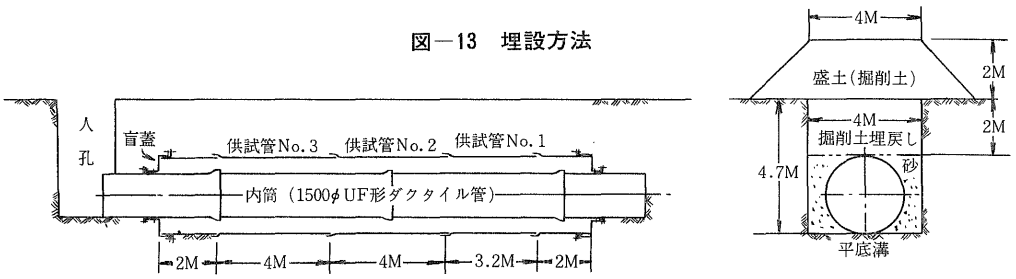
最大土被り：4.0m（盛土2.0mを含む）

管底の条件：平底溝（現地盤のまま）

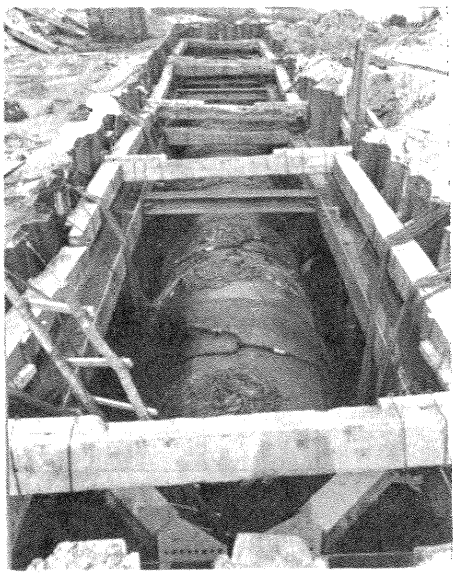
埋戻し方法：管頂までは川砂をダンプカーで落し込み、それ以後は掘削土をクラムシエルで埋戻した。また、条件を厳しくするため、管側のつきかためは行なわなかった。

なお、供試管の両端には端部の影響をできるだけ少なくするため、管厚27mmの切管を接続した。

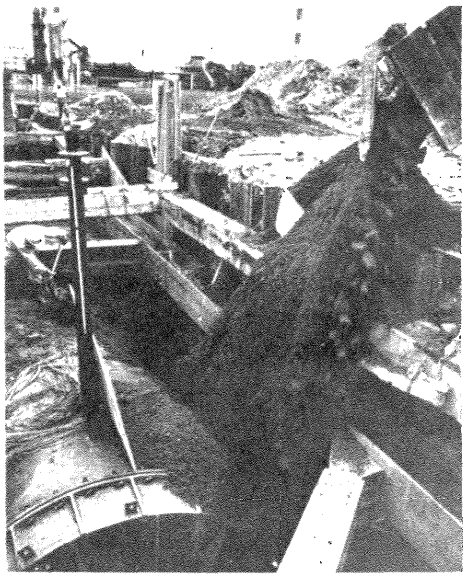
図－13　埋設方法



写真－６　供試管の配管状況



写真－７　埋戻しの状況（管頂までは砂をダンプトラックで落し込み人力でならした。）



(2) 負荷及び測定時点

埋戻し及び盛土の途中、0.5mずつ埋戻しあるいは盛土の終了した時点で各測定を行なった。同時に各段階毎に最高10kg/cm²までの内水圧を負荷し各測定を行なった。水圧は 2.5 kg/cm²毎に負荷した。

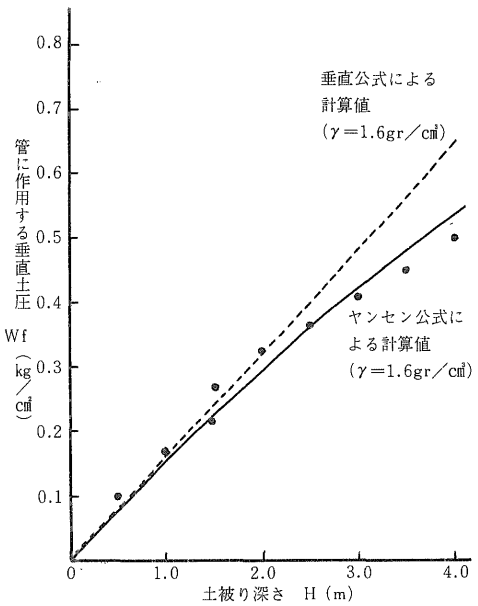
また、盛土による測定を終了した後、盛土を撤去し、土被り 2 m の状態で20トントラック2台を同時に管上を横断させ、トラックによる挙動を調べた。

3．土被り による管の応力及び変形

(1) 土被りにより管に作用する垂直土圧

測定結果及び垂直公式ならびにヤンセン公式による計算値を図－14に示す。ただし、計算は土の単位体積重量を1.6gr/cm³とした。

図－14　土被りと垂直土圧の関係



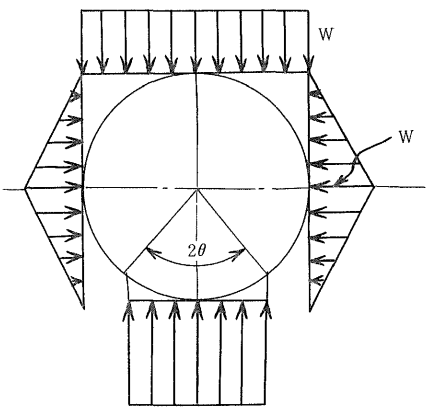
(2) 土被りと管底の応力との関係

土被りと管底に生じた応力との関係を図－16～図－18に示す。図には土圧分布を図－15の如く仮定した場合の計算値を併記した。

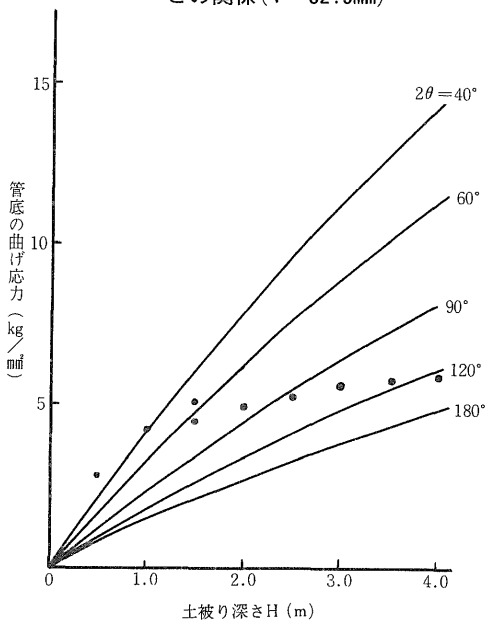
これによれば、管厚が薄いほど支持角が大きくなる傾向があるが、これは管頂まで埋戻した時点において管厚の厚いものが上下方向の径が小さくなる方向に変形するのに対し、管厚の薄いものでは、これの逆方向に変形する傾向があるためと思われる。このことは、次頁に示す撓みの関係からも明らかである。

また、土被りの増大につれて支持角が大きくなる傾向があるが、これは管に作用する荷重条件が改善されるためであろう。

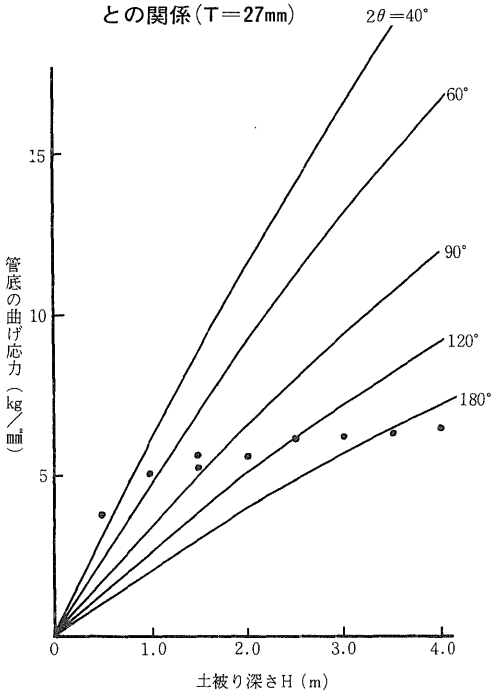
図－15　計算値算出上の仮定



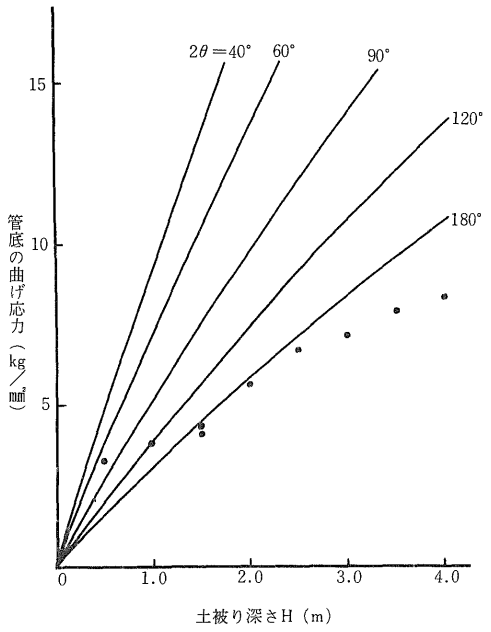
図－16　土被り深さと管底の応力との関係(T＝32.5mm)



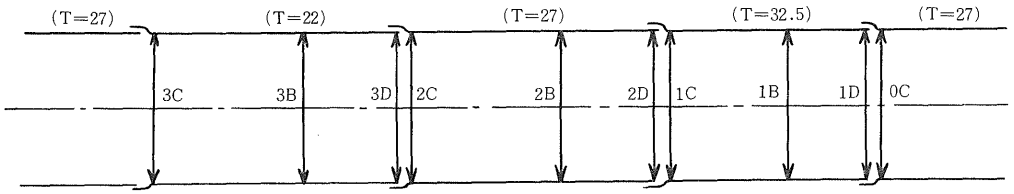
図－17　土被り深さと管底の応力との関係（T＝27mm）



図－18　土被り深さと管底の応力との関係（T＝22mm）



表－14　土被りと各位置における垂直撓みの関係

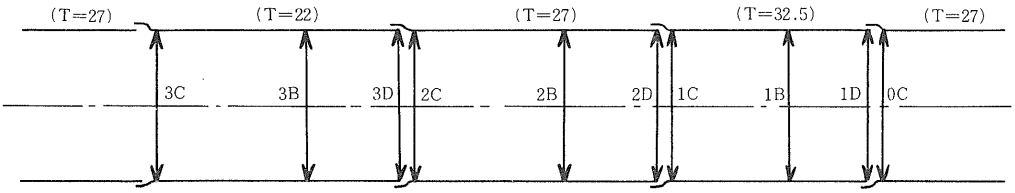


単位 mm

土被り(m) ＼ 位置	3C	3B	3D	2C	2B	2D	1C	1B	1D	0C
0.5	− 6.2	− 6.5	− 5.6	− 6.4	− 6.2	− 4.2	− 4.7	− 7.4	− 5.6	− 5.1
1.0	−10.8	−13.2	−13.8	−15.2	−13.6	− 9.7	−10.8	−10.8	−10.0	− 8.7
1.5	−12.8	−16.7	−18.9	−19.7	−17.5	−12.8	−14.7	−14.0	−12.6	−11.2
1.5(矢板抜き後)	−13.1	−17.0	−18.9	−20.1	−18.0	−13.6	−15.4	−14.7	−13.1	−11.6
2.0	−15.1	−19.5	−21.3	−22.6	−20.0	−14.9	−17.0	−16.1	−14.3	−12.6
2.5	−16.2	−21.0	−23.0	−24.8	−22.0	−16.7	−18.2	−17.2	−15.3	−13.7
3.0	−17.2	−22.0	−23.9	−26.0	−23.3	−17.5	−19.4	−18.1	−15.7	−13.9
3.5	−17.7	−22.9	−25.1	−27.5	−24.5	−18.5	−20.3	−18.9	−16.7	−14.0
4.0	−18.0	−23.0	−25.3	−27.7	−24.7	−18.6	−20.4	−19.1	−16.8	−14.2

－附号は直径の減少を示す。

表－15　土被りと各位置における水平撓みの関係



単位 mm

土被り(m) ＼ 位置	3C	3B	3D	2C	2B	2D	1C	1B	1D	0C
0.5	6.2	6.8	5.7	6.3	6.0	3.9	4.1	5.2	4.9	5.0
1.0	10.8	13.6	13.7	15.1	13.4	9.4	10.9	10.5	9.3	8.4
1.5	13.0	16.9	18.0	19.0	17.0	12.4	14.7	13.7	12.0	11.0
1.5(矢板抜き後)	13.2	17.2	17.7	19.8	17.9	13.0	15.4	14.3	12.5	11.4
2.0	15.2	19.6	21.1	22.4	19.9	14.5	17.0	15.9	13.7	12.0
2.5	16.4	21.1	23.3	24.6	22.0	16.3	18.2	17.0	14.7	13.5
3.0	17.3	22.0	23.7	25.7	23.0	17.1	19.3	17.9	15.4	13.8
3.5	17.8	23.0	24.8	27.3	24.5	18.1	20.2	18.8	16.2	14.0
4.0	18.0	23.2	25.0	27.5	24.7	18.2	20.3	19.0	16.3	14.7

(3) 土被りと管の変形量との関係

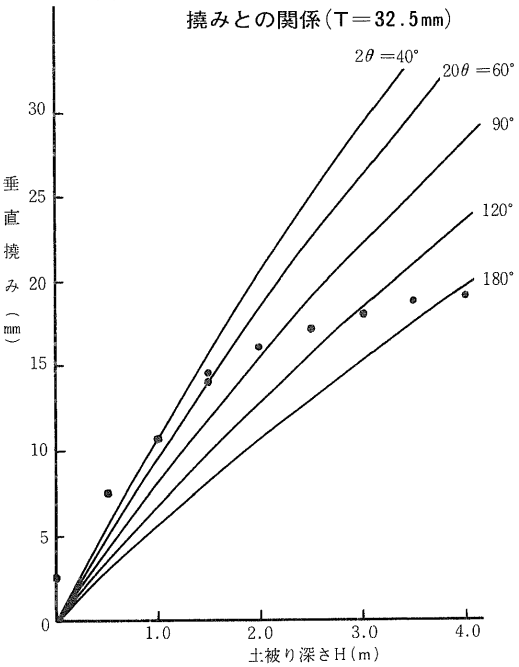
土被りと供試管の各位置における垂直撓みとの関係を表－14に、また水平撓みとの関係を表－15にそれぞれ示す。

これによれば、管直部と継手部の変形量の差はほとんど認められない。これは直部自体の変形量が小さかったと同時に、2,600φというような大口径の管になると全長にわたって略均等に変形するようになり、継手部と直部との剛性差による変形量の差が小さくなるためと思われる。

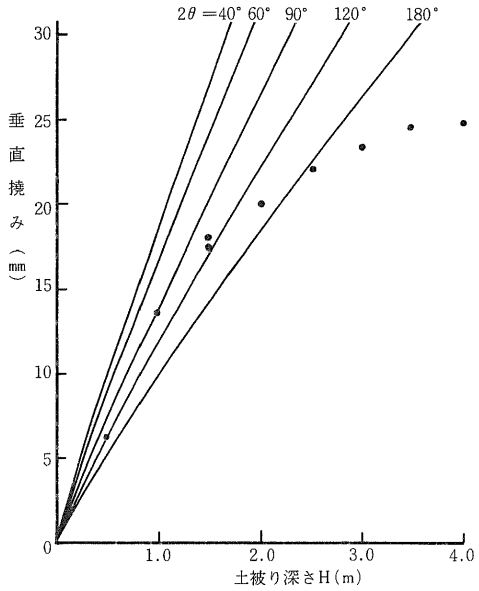
表－14から管中央部の垂直撓みをピックアップして図示すれば、図－19～図－21の如くになり、管底応力の場合と同様、土被りが深くなるほど、また管厚が薄いほど支持角が大きくなる傾向がみられる。

なお、図中の計算値は図－15の条件で算出したものである。

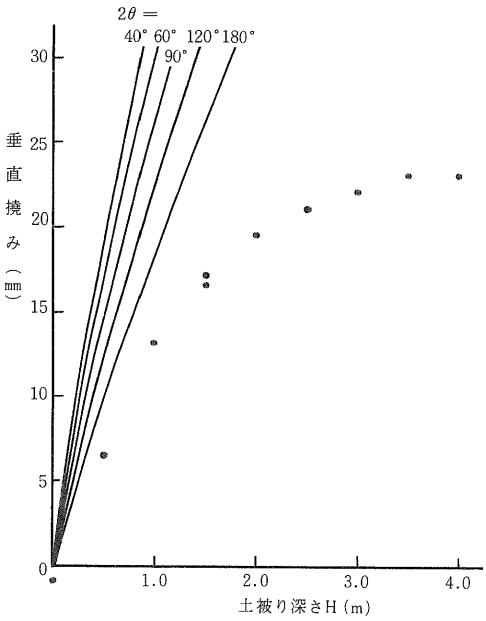
図－19　土被り深さと管中央部垂直撓みとの関係(T＝32.5mm)



図－20　土被り深さと管中央部垂直撓みとの関係（T＝27㎜）



図－21　土被り深さと管中央部垂直撓みとの関係（T＝22㎜）

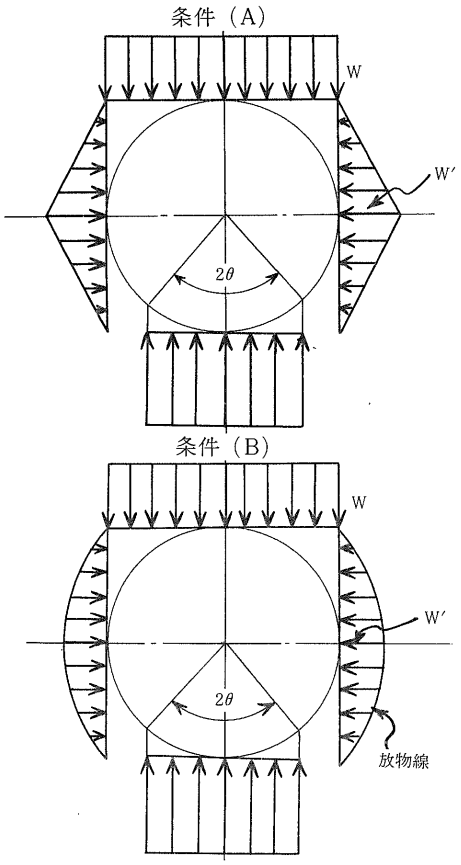


(4) 土被り2.5m時における支持角の推定

土被りにより管に作用する土圧の荷重条件を図－22（A）（B）の如く仮定し、各供試管の円周方向各点における計算応力と実測応力とを比較し、図－23～図－25に示す。

なお、垂直土圧は土の単位体積重量を 1.6 gr/cm³ としてヤンセン公式による計算値を用いた。

図－22　荷重条件の仮定



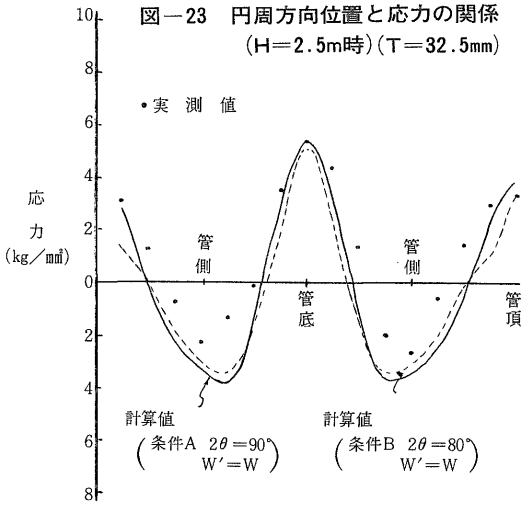
また、管中央部の垂直撓みについて計算値と実測値とを比較して示せば次表の如くである。

表－16　H＝2.5m時における実測撓みと計算撓みの比較

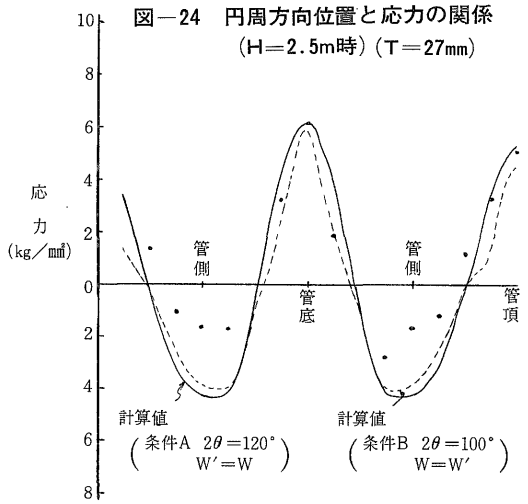
管厚（㎜）	垂直撓み（㎜）		
	実測値	計算値	
		条件（A）	条件（B）
32.5	－17.2	－18.9	－16.9
27	－22.0	－27.4	－25.0
22	－21.0	－42.0	－36.9

これらの図及び表より明らかな如く、図－23～図－25に示した計算値算出に用いた条件を仮定すれば十分である。

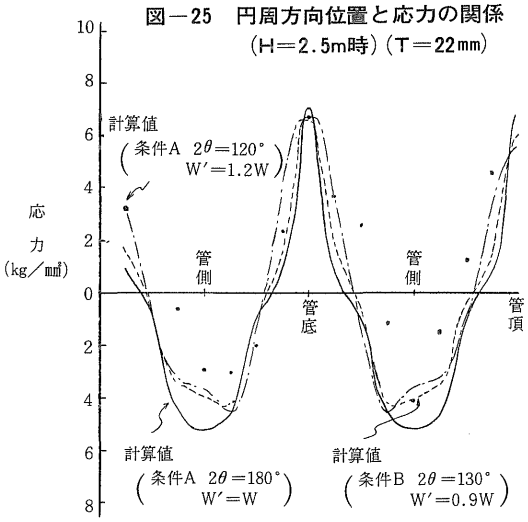
図－23　円周方向位置と応力の関係
(H＝2.5m時)(T＝32.5mm)



図－24　円周方向位置と応力の関係
(H＝2.5m時)(T＝27mm)



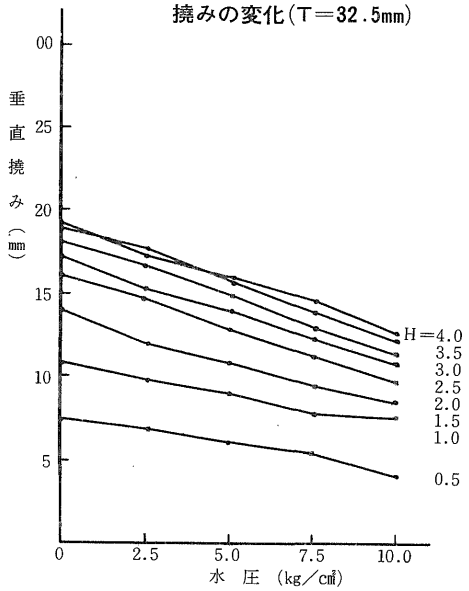
図－25　円周方向位置と応力の関係
(H＝2.5m時)(T＝22mm)



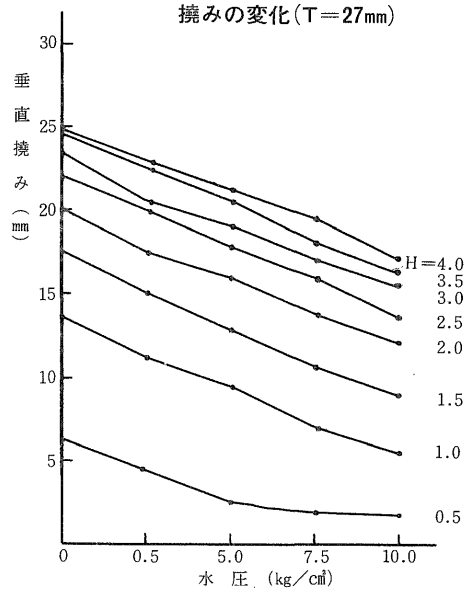
4．内圧負荷による応力及び撓みの変化

管厚の薄いものでは土被りが浅い時には曲げ応力の減少の傾向が幾分認められたが、一部を除いてこの傾向はあまり明瞭ではなかった。したがって、管厚設計の際、内圧による曲げ応力の復元を考慮するのは適当でないと考える。

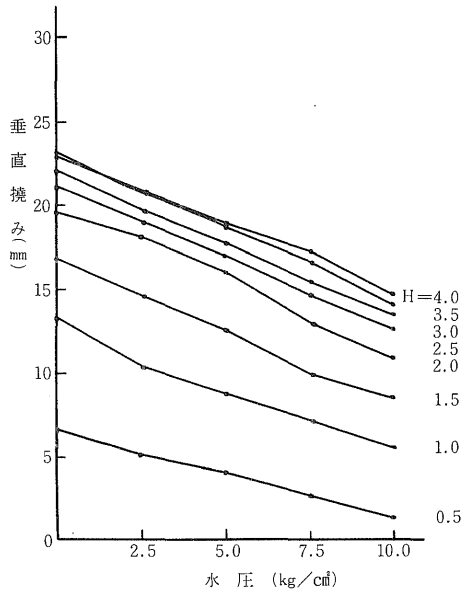
図－26　水圧による管中央部垂直撓みの変化(T＝32.5mm)



図－27　水圧による管中央部垂直撓みの変化(T＝27mm)



図－28　水圧による管中央部垂直撓みの変化（T＝22mm）



また、土被り、内圧と垂直撓みの関係は図－26～図－28に示すごとくであり、内圧負荷による撓みの復元傾向は明瞭である。管厚の相違による撓みの復元量にはほとんど差異は認められないが、これは内圧0時の初期撓み自体が小さく、従って復元量もまた小さかったためと思われる。

5．トラック通過による影響

土被り2mの時点で20トントラック2台を同時に管上を横断させた。

トラック通過の条件

2トラック間の輪間距離：1m

トラック走行速度：約10km/時

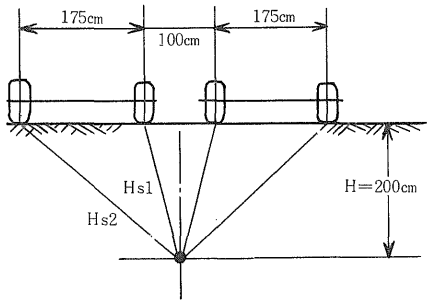
トラック重量：

トラック No.	1202	18
総重量（Ton）	20.59	19.65
後輪重量（Ton）	16.36	16.82

(1) トラック通過により管頂に作用する垂直土圧

表－17　トラック通過による垂直土圧

供試管 No.	1	2	3
最大垂直土圧（kg/cm²）	0.22	0.20	0.20



これに対しブーシネスク式による計算値は

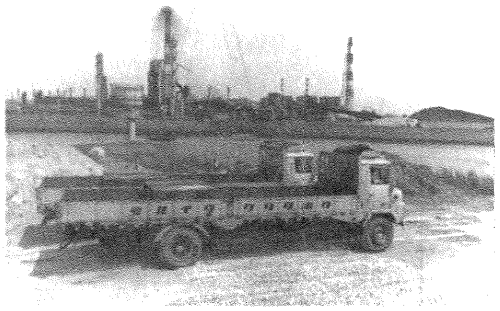
$$P = 2 \times \frac{3}{2\pi}\left(\frac{H^3}{Hs_1{}^5}+\frac{H^3}{Hs_2{}^5}\right) \times 8{,}000$$

$$= 0.189\,(kg/cm^2)$$

1.5倍の衝撃係数を見込めば

$$P = 0.284\,(kg/cm^2)$$

写真－8　トラック通過試験の状況（重錘1コの重量は6.25Ton。）



従って、トラックによる土圧は衝撃係数を1.5とし、ブーシネスクの式で計算すれば十分安全側となる。

(2) トラック通過により管体に発生する応力

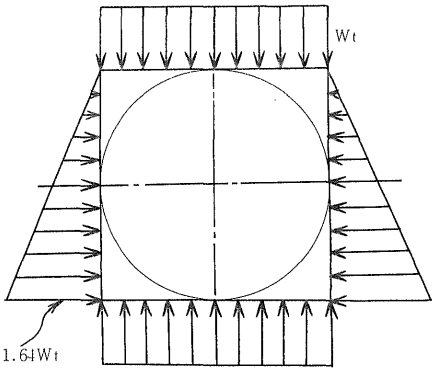
各供試管の管頂及び管底における応力の実測値を計算値と対比して次表に示す。

（kg/cm²）

供試管 No.		1	2	3
管頂の応力	実測値	0.52	0.42	0.65
	計算値	1.51	2.19	3.30
管底の応力	実測値	0.09	0.12	0
	計算値	0.22	0.32	0.48

ただし、計算値は荷重分布を図－29の如く仮定したものである。

図－29　トラックによる荷重分布の仮定



上表に明らかな如く、実測値には管厚の相違による差は認められず、また実測値は計算値の⅓～⅕であり、計算値に比しはるかに小さい。

(3) トラック通過による管の変形

垂直撓みの実測値及び応力の場合と同じ仮定条件による計算値とを比較し、次表に示す。実測値は計算値に比し、きわめて小さい。

表－18　トラック通過による管の変形

供試管	No.	1	2	3
垂直撓み	実測値	−1.1	−1.6	−1.6
(mm)	計算値	−3.9	−6.8	−12.5

6．埋設実験結果の総括

以上の実験結果を総括して記せばつぎの如くである。

(1)土被りによる土圧はヤンセン公式による計算とよく合う。

(2)応力、撓み共、土被りの浅い間は比較的大きいが、深くなるに従い増加率は極度に減少し、2m以上ではかなり好条件となっている。

(3)土被り 2.5mにおける支持角は、つぎの如くと推定される。

T＝32.5——2θ ＝90°

T＝27　——2θ ＝120°

T＝22　——2θ ＝180°

(4)内圧負荷によって撓みは復元するが、曲げ応力の復元はほとんど認められない。

(5)トラックによる土圧はブーシネスク式による計算値で十分カバーされる。

(6)トラックによる応力、撓みについては、管厚の相違による影響はほとんど認められない。

(7)トラックによる応力、撓みはかなり小さく、土被り2mの場合、実測値は計算値に対し、

応力で　⅓～⅕

撓みで　⅓～⅛

となっている。

(8)土被り 2.5m、水圧10kg/cm²、トラック20トン×2台(土被り2mでのデータ)の条件下における応力及び撓みは次表の如くになる。

表－19　土被り2.5m、水圧10kg/cm²、20トントラック×2台の条件下における応力及び撓み

		T＝32.5	T＝27	T＝22
応力 kg/mm	土被り 2.5m 水圧 10kg/cm²	9.2	9.4	9.4
	トラック20T×2台	0.1	0.1	0.0
	計	9.3	9.5	9.4
撓み mm	土被り 2.5m 水圧 10kg/cm²	10.8	13.4	12.6
	トラック20T×2台	1.1	1.6	1.6
	計	11.9	15.0	14.2

Ⅵ　結言

以上、2,600φダクタイル管の各種性能試験結果についてその概要を記した。

この試験結果を要約すればつぎの如くである。

(1)十分な強靱性を有し、引張強さ、伸び、ブリネルかたさ、ヘン平撓みのいずれも日本水道協会規格の水道用ダクタイル鋳鉄管（JWWA G 105）の規定値よりもはるかによい。

(2)U形継手は2,600φにおいてもその機能を十分に発揮し、口径が大きくなっただけ接合時間が長くなるとはいえ、本質的には2,400φ以下の場合となんら相違はなく、十分な継手性能を有する。

(3)埋設実験の結果によれば、平底溝、管側のつきかためなしというように埋設条件が悪かったにもかかわらず、管底の支持角は最悪の場合でも2θ＝90°となっており、埋設下における管の支持条件は一般に考えられているよりも、さらによいといえる。

＊久保田鉄工株式会社鉄管研究部課長
＊＊久保田鉄工株式会社パイプ鋳物研究所係長
＊＊＊久保田鉄工株式会社パイプ鋳物研究所係長

●寄　稿

東京都水道局における2200φダクタイル管の推進工事例

東京都水道局東部建設事務所工事第一課長
松本崇義

Ⅰ　はじめに

東京都では、第２次利根川系水道拡張事業の一環として、都内を東西、南北に貫通する配水幹線（東西幹線φ２,000㎜、南北幹線φ２,200㎜）の新設工事を施工中であり、そのうち数地点でダクタイルの推進工事を実施したがこのうち、河川横断の施工例を紹介することとする。

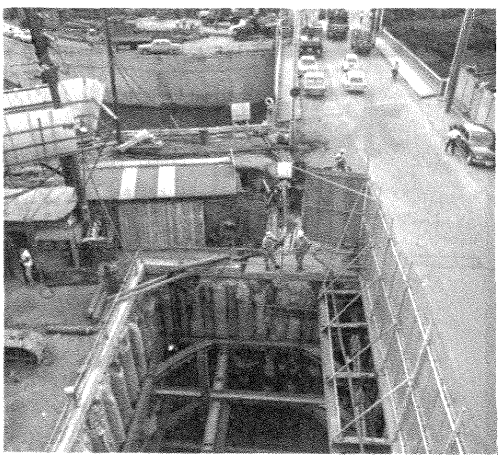
Ⅱ　推進工事の概要

１．推進工法用管

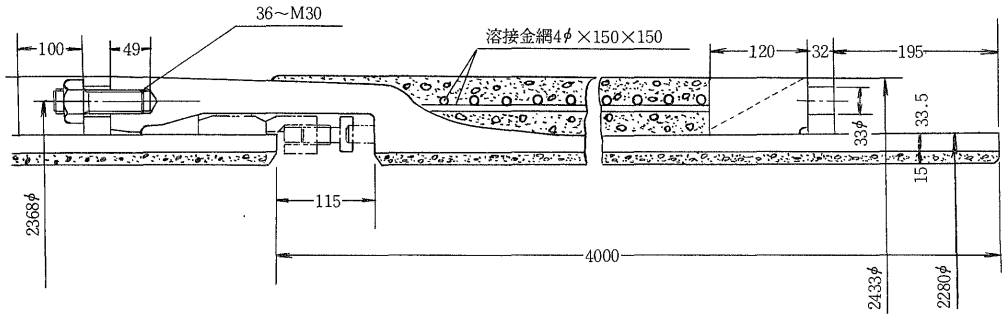
U形管の挿口外面に溶接したフランジと受口をボルトで固定することによって挿口側と受口側が一体化し、曲げ強さを持つと共に推力も伝達される構造になっている。

一方、管体部には鉄筋コンクリートを巻きたてて、受口部と管体部の外径を同一にしてある。

写真－１



図－１　推進工法管の構造



2．工事例

①工事場所

東京都板橋区加賀１～２丁目地先、石神井川横断

②口径及び推進延長

2,200φ×54m

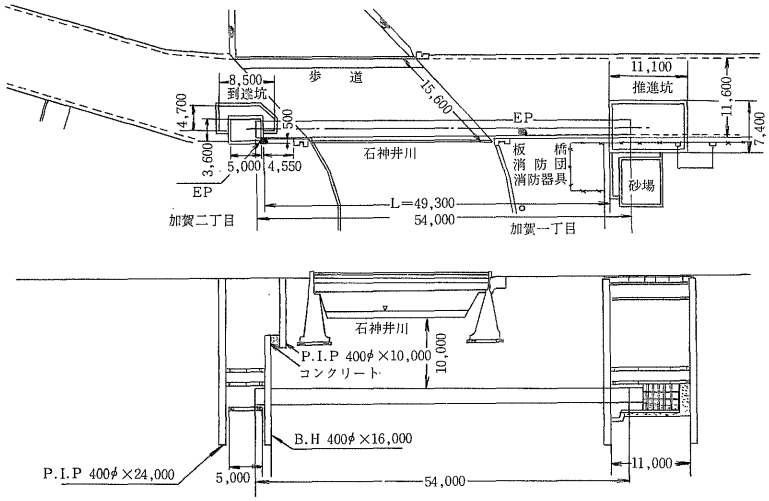
③推進期間

昭和45年８月25日～９月19日

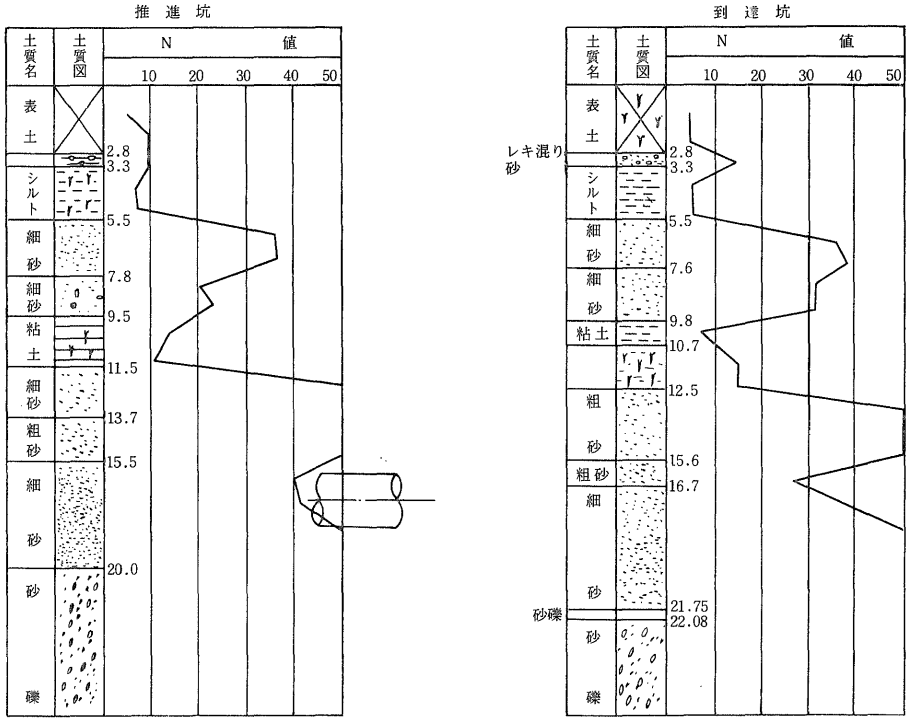
④土質

地表面から深さ 5.5m までの間は軟かいシルト層、その下には締まった砂層があり、深さ10m前後には軟かい粘土層、深さ12m以下は非常によく締まった砂層からなっている。

図－２　管路図



図－３　土質柱状図



3．工事状況

①推進坑

推進坑は幅7.4m、長さ11.1m、深さ19.6mで、推進完了後はバルブ室として使用することができるような大きさになっている。

土留は現場の状況から鋼矢板の打込みは不可能なので、PIP工法にて施工した。

PIPは450φ×24mの連続接点杭とし1.5m毎に250×250×11のH鋼を使用した鉄骨モルタル杭、ほかは22mmの鉄筋を使用した鉄筋モルタル杭とした。

モルタルは1：2.2の配合でこれにフライアッシュを加えたもので、アースオーガ機にて穿孔した後、グラウトポンプで注入した。支保工は300×300×12のH鋼で7段に支保した。推進反力台としてのバックコンクリートは厚さ2.9m、高さ3m、幅7mの鉄筋コンクリートとした。

②到達坑

到達坑は幅3.6m、長さ5m、深さ13.5mの大きさで、土留はPIPで行ない、300×300×12のH鋼で7段に支保した。

③推進設備

推進ジャッキ

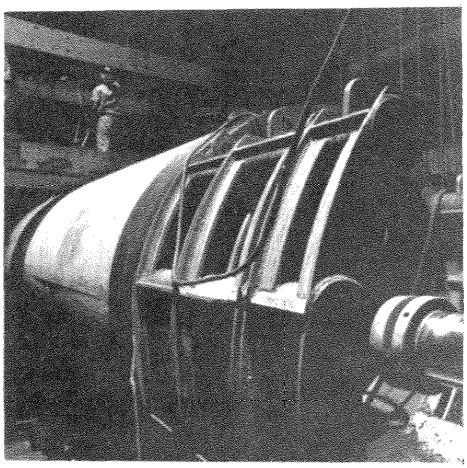
100t×500mmのジャッキを10台組込み管に均等に力が作用する様にした元押装置を使用した。

なお、推進長40m時点からさらに100t×500mmのジャッキを2台増設した。

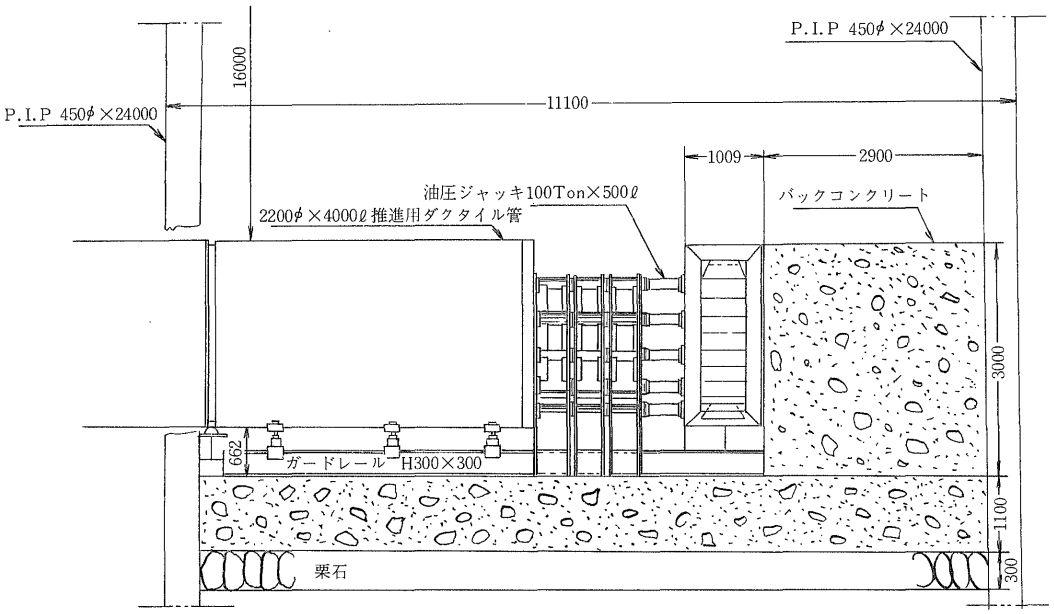
受台

芯出し兼用の移動式受台を使用した。

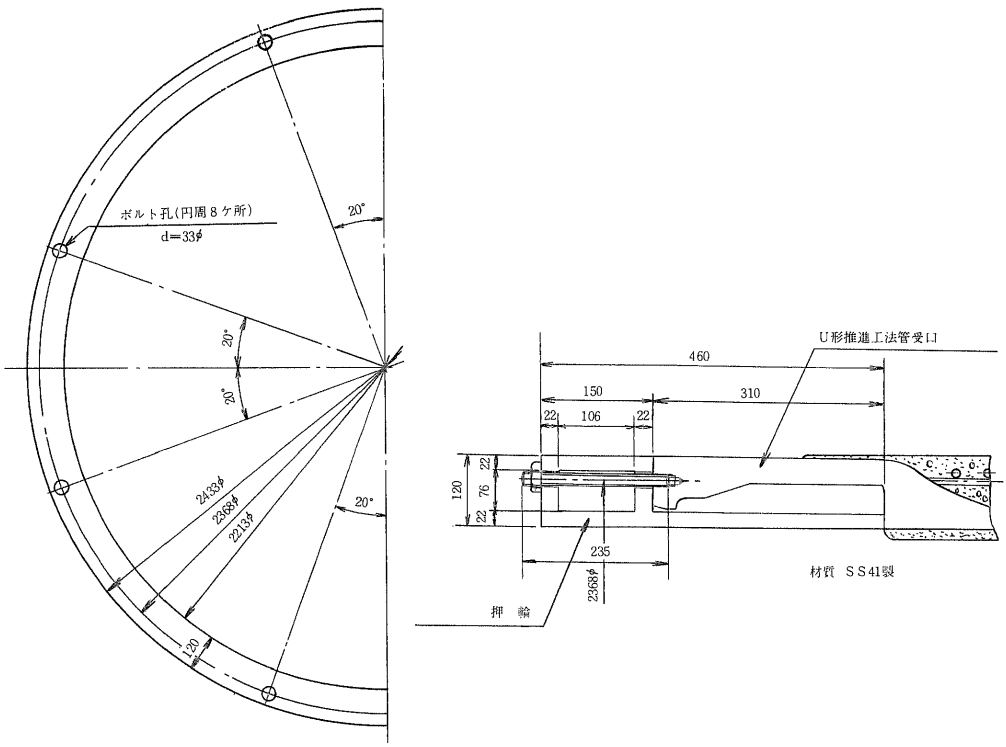
写真－2



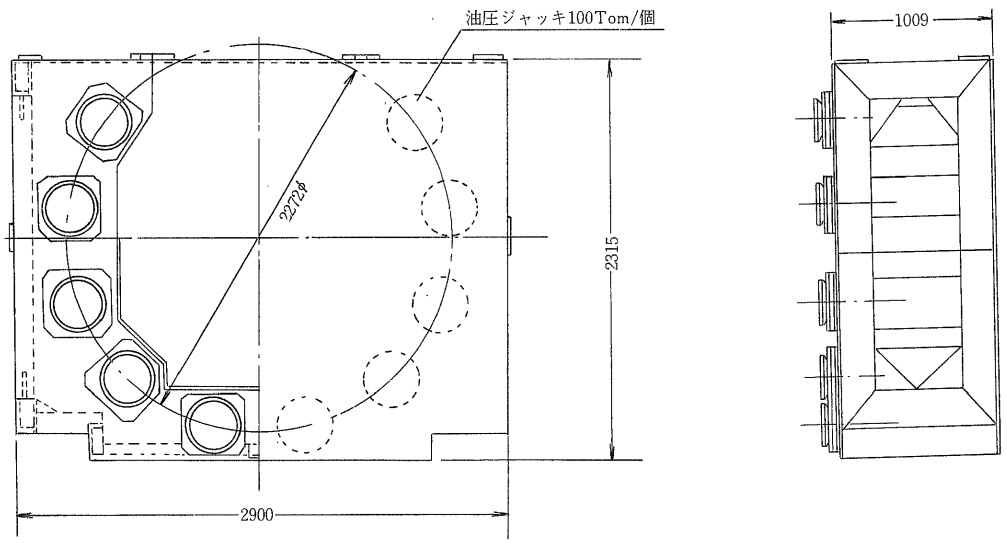
図－4　推進坑内レイアウト図



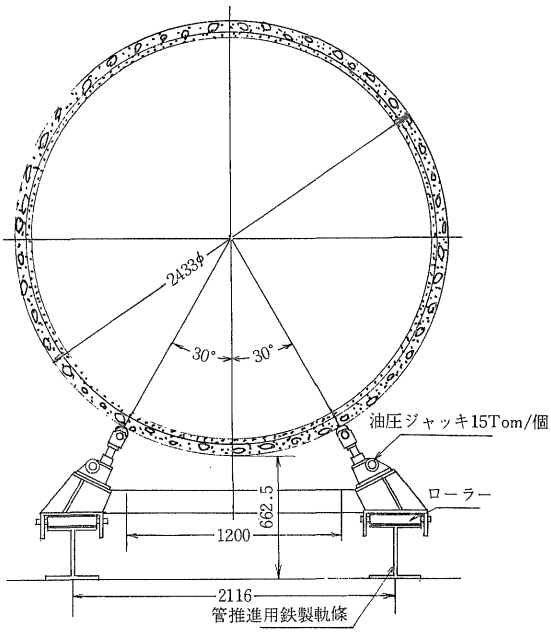
図－5　押輪構造図



図－6　元押装置



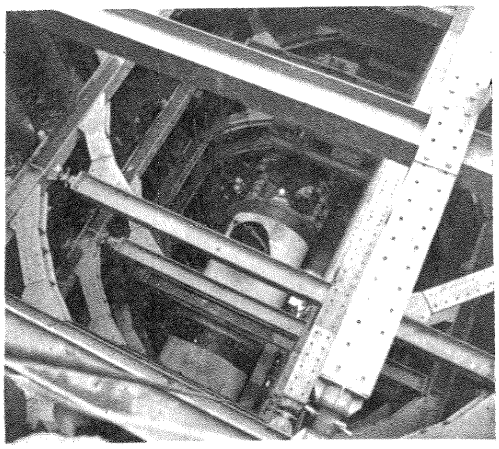
図－7　受台



④管の接合

35トンのトラッククレーンにて推進坑内に吊下した管を先行管の受口部に挿入し、受台の油圧ジャッキにて芯出しを行なった後、外側のスタッドボルトを締付け、管内ではU形継手の接合を行なった。

写真－3



⑤推進

外径が管と同一の先導管を管の挿口フランジに固定し、推進にあたっては元押装置の油圧ジャッキを操作して刃口を地中に喰い込ませながら崩壊した土砂を人力でベルトコンベアーにのせ管外に搬出、これをバケットで受けトラッククレーンにて推進坑外に搬出した。

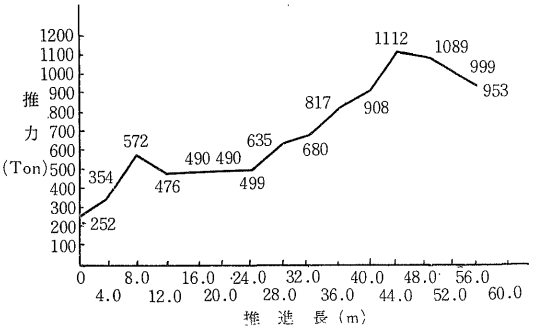
また推進時、管と土砂との摩擦抵抗を減らす目的で減摩剤を先導管内面から注入した。減摩剤としては下記の配合のものを使用した。

水100ℓ当り	ハイゲル：0.2%
ベントナイト：8%	石膏：0.2%
マッドオイル：2%	CMC：0.2%

a. 推進力

推進力は最高1,112トン、最終953トンであった。

図－8　推進長－推力の関係



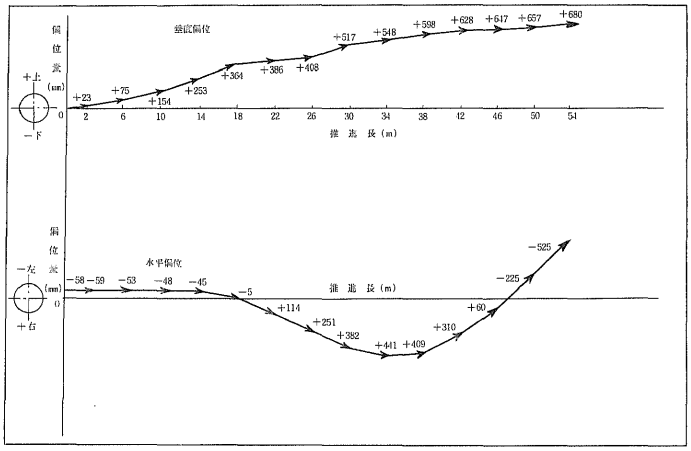
b. 管路の修正

管路の修正は先導管刃口部に取付けた油圧ジャッキを用いて刃口の角度を変える方法で行なったが、地山の土質がN値50と非常に密な礫まじりの砂層のため計画通りの修正ができず、到達点においては垂直方向68cm、水平方向52cmの管芯の狂いが生じた。

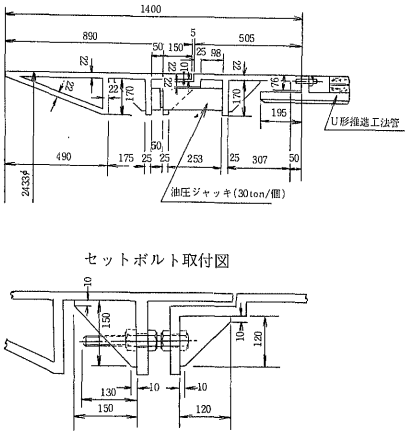
しかし、推進長－管路偏位量のグラフから判るように管路はかなり修正されており、修正の時期、修正量が適当であったならば到達点の精度は上がったのではないかと思われる。この結果から、このように修正されているという事は継手がフレキシブルなためであり、もし継手がリジッドであったならばこの様な修正はできず、また仮にこの様な修正がされたならば管の挫屈、折損という事故を引きおこしてしまっていたであろう事も想像に難くない。

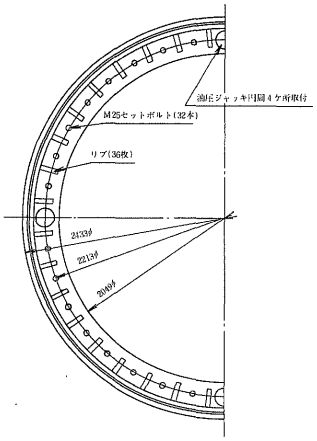
従って、継手の構造としてはリジットタイプよりフレキシブルタイプが望ましいと考えられる。

図－9　推進長－管路偏位量



図－10　先導管構造図





セットボルト取付図

c.施工性

芯出し、接合は１ヵ所当り平均２時間

１本当り推進所要時間は平均10時間であった。

d.水圧試験

推進完了後、テストバンドにより継手部に５kg/cm²の水圧を負荷し、５分間保持したが漏水等の異常はなかった。

Ⅲ むすび

以上の推進工事の結果から、推進力に対して管体、継手部とも十分な強度を有しておりまた継手部は水圧テストにより水密性も優れていることが確認された。

さらに、工事面においても継手の接合が漏水、湿度の如何にかかわらず非常に早く、安全確実に施工できるため、推進が短期間の施工で済み、安全性が高いことを示した。

なお、この施工によってダクタイル管推進工事における今後の留意点を記しておく。

1.垂直および水平の偏位量が大きい結果となったが、修正の時期、修正量を適当に行ない、偏位量の減少を計らなければならない。

2.移動式受台が故障しがちであったが、構造を再検討して改善する必要がある。

3.地質の硬い場合の推力の計画推定値を今後一層研究する必要がある。

今回の場合、減摩剤を使用したにもかかわらず、当初計画推力をはるかに越え、継手部フランジ構造の許容限度ぎりぎりまで上げなければならなかった。

●技術レポート

押込式分水栓（S形分水栓）について

日本鋳鉄管協会技術専門委員会
＊委員　加藤幸藏
＊＊委員　稲垣博巧
＊＊＊委員　加藤宗隆

Ⅰ　緒言

従来、25φ以下の給水装置については、穿孔機を用いて配水本管に穿孔・ねじ切りを行ない、分水栓を直接ねじ込む方式がとられている。

この方法では、水密性能が管に切られたねじ山形状の良否に大きく左右されるので、穿孔作業について高度の技術が要求される。また、最近の管材質のダクタイル化に伴う薄肉化の傾向にある管厚に対して、水密性能に必要なねじ山数が確保し難い問題も起きてきている。

この薄肉管に対して十分な水密性能を有する分水栓として研究開発されたのが、スリップオン形式の押込式分水栓（以下S形分水栓と称する）で、これを用いる場合、穿孔作業は配水管に従来の下孔をあけるだけの簡単な作業でよい。したがって、従来の穿孔作業に比較して能率がよく、また未熟練者でも良好な水密性能を有する分水が可能である。

ここに、このS形分水栓を紹介し、その2、3の性能について試験を行なった結果を報告する。

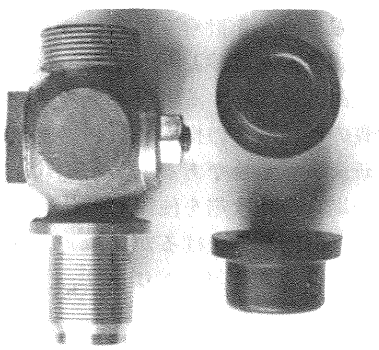
Ⅱ　S形分水栓について

S形分水栓は、従来の分水栓（甲形、乙形）のねじ込み部分が、写真－1に示すようにねじの代りに数条の溝になっており、これと専用のゴム輪（写真の左側）を使用することに特徴がある。

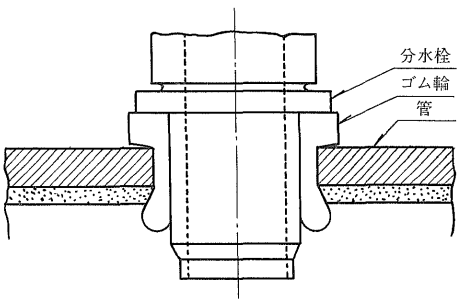
S形分水栓装着後の状態を図－1に示す。

S形分水栓は上述のように、管に接続する部分以外は従来の分水栓と全く違わないので押込部だけについて説明する。

写真－1



図－1　S形分水栓設置状態



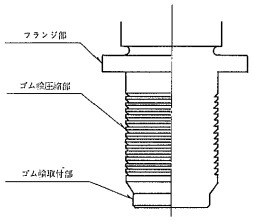
構造を要約すれば、管にあけられた平滑なきり孔にゴム輪、分水栓押込部を挿入したもので、水密性はゴム輪を圧縮することにより得られる。また取付方法がスリップオン形式のために抜け出しの問題があるが、この点に関しては、ゴム輪と分水栓押込部との摩擦によって阻止出来るようになっている。後述の試験結果で明らかなように、30kg/cm²以上の高水圧に対して十分の抜け出し阻止力があり、水密性能にも何ら異状が認められないことが実証されている。

栓押込部の形状は図－２に示すように、ゴム輪取付部、ゴム輪圧縮部、フランジ部（押込時にストッパーの役割りをする）とからなりゴム輪圧縮部分には水密性及び抜け出し阻止性を向上させるため、三角形状断面の溝を切っている。

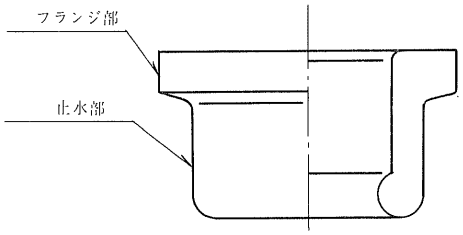
つぎにゴム輪の形状を図－３に示す。

ゴム輪はフランジ部及び止水部からなり、フランジ部は栓挿入時に管内にゴム輪が落ち込まないようにつけてある。また、止水部の先端の管内面に接触する部分は円形断面を有する厚肉部になっていて、分水性を挿入すれば外側に押広がるようになる。

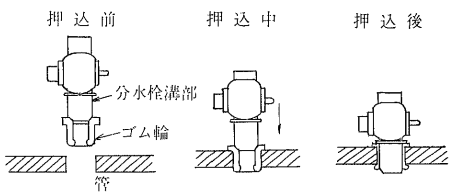
図－２　分水栓押込部



図－３　ゴム輪



図－４　分水栓押込み過程



1）S形分水装着方法

S形分水栓は、以下に述べる順序にしたがって装着する。

(1) 穿孔

管に穿孔機を取付け、下孔だけをあげる。（写真－２）

(2) 分水栓のセット

管の穿孔が終れば、栓のゴム輪取付け部にゴム輪を取付け、穿孔機のスピンドルにこの栓をセットする。（写真－３）

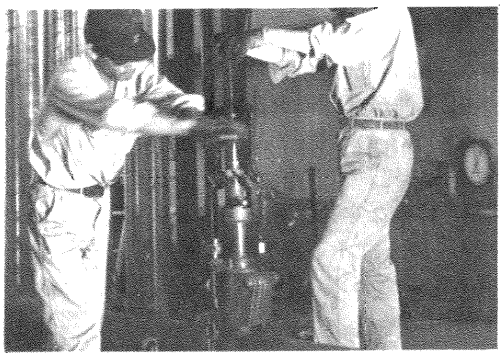
(3) 分水栓の挿入

分水栓をセットしたスピンドルを穿孔機に取付け、送りハンドルを回して分水栓を静かに下孔に押込む。（写真－４）

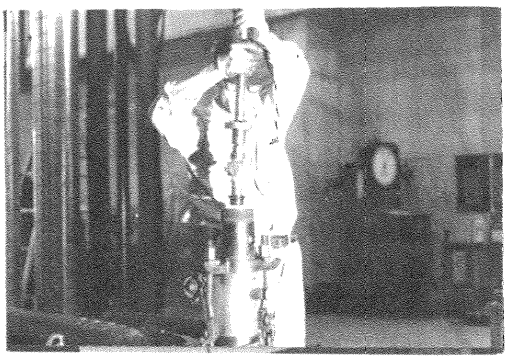
(4) 分水栓挿入後

分水栓の挿入が終れば穿孔機をはずし、従来と同様にして、分水栓と給水管との接合を行なう。（写真－５）

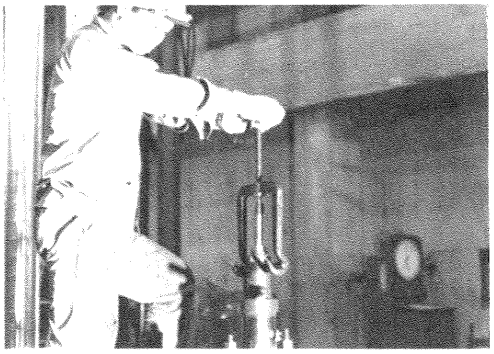
写真－２　穿孔



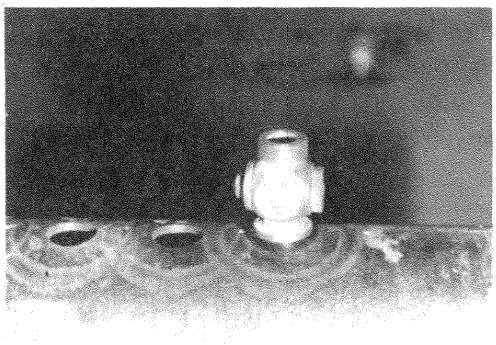
写真－３　栓のセット



写真－４　栓の押込み



写真－５　栓装着後



2) S形分水栓の特徴

(1) 簡単な作業でよい

作業が簡単であるから、未熟練者でも確実な分水が出来る。

従来からの分水栓では、管に切り込むねじ部の出来上りの良否(作業者の熟練度)が水密性に大きく影響されるが、この方式では誰でも個人差のない同じ性能を有する分水が出来る。

(2) 薄肉管でもサドルが不要である

ねじ切りを必要としないので管厚に関係がない。ダクタイルの薄肉管においてもサドルを用いないで分水することが出来る。

(3) 性能が非常に良好である

従来のものと比較して水密性がよく、特に耐震性に優れている。

(4) 特殊な穿孔機を使用しない

ムーラー式水道用不断水穿孔機は、ドリルにアタッチメントを取付けるだけで、そのまま使用出来る。

ただし、ドリルはつぎのものを用いる。

栓呼び径13φ……20φ用ドリル

〃　20φ……25φ　〃

〃　25φ……1¼″　〃

Ⅲ 性能試験結果とその考案

以下にこのS形分水栓の性能について各試験項目別に述べる。

(1) 性能試験項目

(Ⅰ)作業性試験

(Ⅱ)水密性能試験

(Ⅲ)押込み及び引抜き試験

(Ⅳ)水圧抜け出し試験

(Ⅴ)繰返し水圧抜け出し試験

(Ⅵ)長時間水圧抜け出し試験

(Ⅶ)振動試験

(2) 供試品

(Ⅰ)供試管

150φダクタイル３種管(管厚6.0mm)

内面モルタルライニング

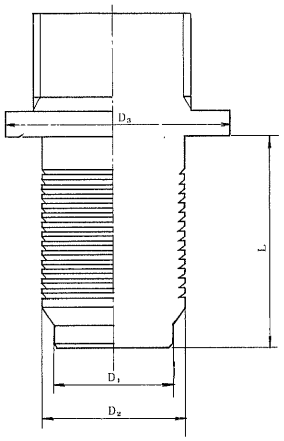
(Ⅱ)供試分水栓

図－５に供試分水栓形状寸法を示す。

(Ⅲ)供試ゴム輪

図－６に供試ゴム輪形状寸法を示す。

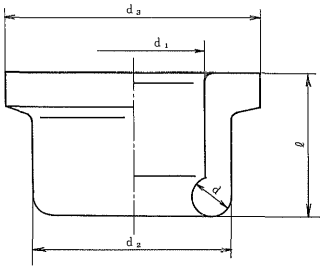
図－５　供試分水栓



各部寸法　(mm)

各部＼呼び径	13	20	25
D_1	17.10	22.45	27.50
D_2	22.15	27.60	32.45
D_3	37.0	43.0	47.0
L	45.1	45.1	45.0

図－6　供試ゴム輪



各部寸法　(mm)

各部＼呼び径	13	20	25
d	8.0	8.0	8.0
d_1	15.6	21.1	26.0
d_2	27.6	33.2	28.0
d_3	39.7	45.3	50.2
ℓ	29.4	29.5	29.4

(Ⅳ) 滑剤

分水栓を押込む際、全試験においてゴム輪内面に滑剤としてグリス状の石ケンを塗布した。

(3) 作業性試験

25φの分水栓について不断水の状態で、つぎの手順により作業性に関する試験を行ない、所要時間を測定した。

(Ⅰ) 管の穿孔

ムーラー式水道用不断水穿孔機を用いて供試管の穿孔を行なう。

(Ⅱ) 分水栓の装着

穿孔機のスピンドルに分水栓及びゴム輪をセットし、スピンドル送りハンドルを回して分水栓を静かに押込む。

水圧5kg/cm²負荷状態において、上記の試験を行なった結果を表－1に示す。

表－1　作業性能試験結果

（水圧5kg/cm²負荷、不断水穿孔）

試験項目	所要時間
管の穿孔	8～10分
分水栓の装着	1～2分
計	9～12分

(4) 水密性能試験

S形分水栓はタイトンジョイントと同じスリップオン形式である。これ故、負荷水圧によっては栓が抜け出すおそれがあり、水密性能を得るためには栓を固定する必要がある。そのため、アムスラー試験機で栓の上部を押えて固定し、水密性能試験を行なった。

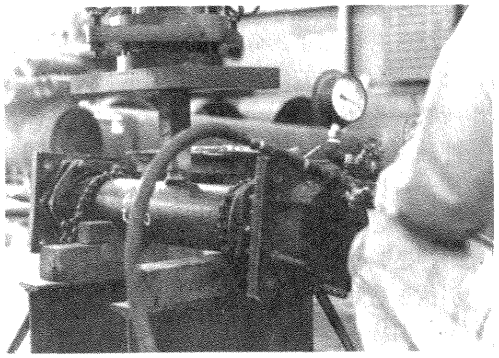
試験状況を写真－6に示す。

表－2に水密性能試験の結果を示す。

試験結果から、いずれの呼び径においても50kg/cm²の水圧負荷状態で漏水は見られなかった。この結果は、従来のねじ込み式の分水栓でシール剤を使用しない場合の耐水圧性とは比較にならず、またシール剤を使用した場合のそれよりも優れている。

ここで考えられるS形分水栓の大きな利点は、作業の熟練度に左右されずにこのような高圧に対する水密性能を有することである。

写真－6



表－2　水密性能試験結果(栓を固定した場合)

呼び径	13φ		20φ		25φ	
水圧(kg/cm²)＼回	1	2	1	2	1	2
5	漏水なし	漏水なし	漏水なし	漏水なし	漏水なし	漏水なし
10	〃	〃	〃	〃	〃	〃
15	〃	〃	〃	〃	〃	〃
20	〃	〃	〃	〃	〃	〃
25	〃	〃	〃	〃	〃	〃
30	〃	〃	〃	〃	〃	〃
35	〃	〃	〃	〃	〃	〃
40	〃	〃	〃	〃	〃	〃
45	〃	〃	〃	〃	〃	〃
50	〃	〃	〃	〃	〃	〃

(5) 押込み及び引抜き試験

押込み及び引抜き試験の概要を図－7、写真－7、8に示す。分水栓の押込み、引抜きにはリーレー式万能試験機（30トン、島津製作所製）を使用した。

押込み試験は、栓をセットした状態（図－8）から栓上部を試験機載荷面で静かに押した。このとき押込みスピードを一定に保ち、栓の押込みに要した最大荷重を測定した。

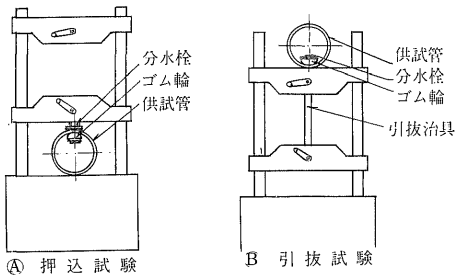
引抜き試験は押込みが終了した栓に図－7に示す引抜き治具を取り付け、スピードを一定に保持したままで栓を引抜き、栓の抜け出し量とそれに対応する引抜き荷重との関係を調べた。

抜け出し量の測定にはダイアルゲージを使用した。

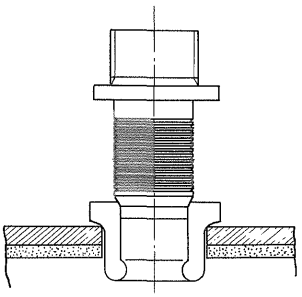
表－3に試験結果概要、図－9に試験結果を示す。

押込み試験の結果から、分水栓の最大押込み荷重は130～155kgである。ムーラー式水道用不断水穿孔機のスピンドル送りを利用して栓を押込めば、ハンドルを回すトルクは約26～31kg·cmである。ハンドルの半径を5cmとす

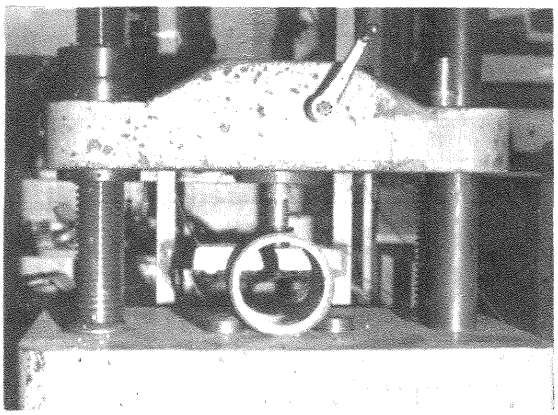
図－7　押込み及び引抜試験



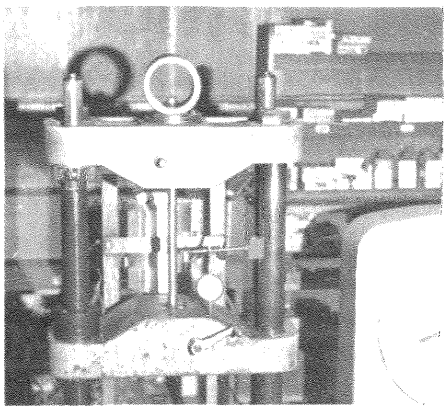
図－8　栓をセットした状態



写真－7



写真－8



表－3　押込み、引抜き試験(試験結果概略)

呼び径		13φ		20φ		25φ	
試験 ＼ 回		1	2	1	2	1	2
押込み試験最大荷重 (kg)		130	155	130	130	130	117.5
引抜き試験	5mm引抜き荷重(kg)	160	175	180	180	190	210
	10mm 〃 (kg)	320	312.5	295	220	355	380
	最大 〃 (kg)	332.5	315	297.5	282.5	355	382.5
	最大荷重時栓抜け出し量(mm)	11.0	11.4	10.5	9.5	10.0	12.5

れば、回転力は5.2～6.2kg程度であって栓を容易に挿入出来る。

また、引抜き試験において最大引抜き荷重は280～350kgの範囲にあって、押込み最大荷重の2倍以上を示している。この引抜き荷重を水圧に換算するとつぎのようになる。

呼び径13φ…換算水圧(平均)84.0kg/cm²
〃　20φ…　〃　(〃)48.5kg/cm²
〃　25φ…　〃　(〃)44.6kg/cm²

したがって、最大引抜き荷重から、S形分水栓は40kg/cm²以上の抜け出し阻止性があると考えられる。

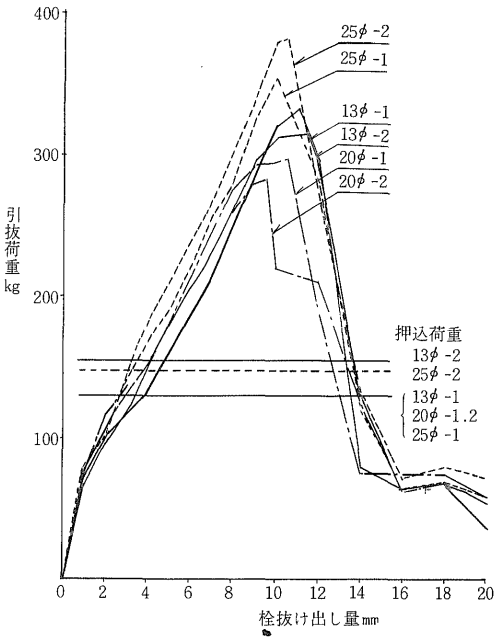
(6) 水圧抜け出し試験

管に装着した分水栓に水圧を負荷し、その抜け出し阻止性、及び栓が移動した場合の水密性を調べた。

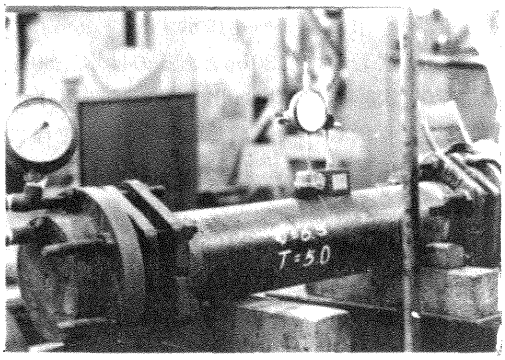
写真－9に水圧抜け出し試験状況を示す。栓の抜け出し量はダイアルゲージを用いて測定し、負荷水圧は2kg/cm²毎に30kg/cm²まで試験を行なった。また、各水圧は栓の抜け出し量が0.2mm/minになるまで保持した。

図－10～12に水圧抜け出し試験の結果を示す。いずれの呼び径においても漏水は見られなかった。

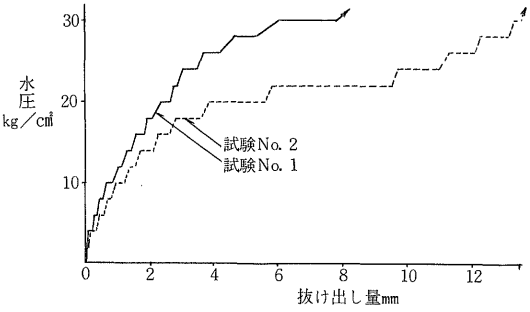
図－9　引抜荷重－栓抜け出し量



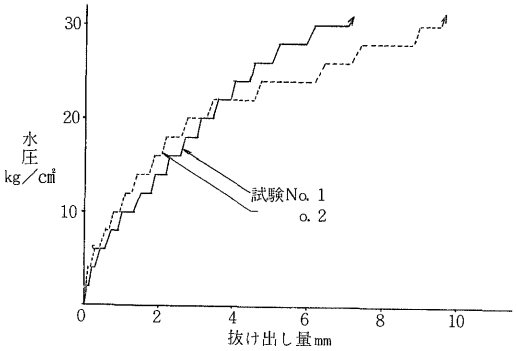
写真－9



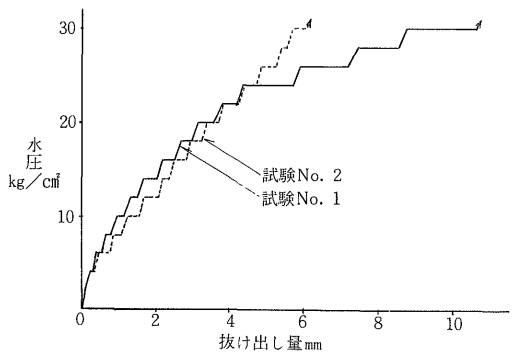
図－10　13φ 水圧－抜け出し量



図－11　20φ 水圧－抜け出し量



図－12　25φ 水圧－抜け出し量



引抜き試験の結果と対比させるために、栓の抜け出し量5㎜、10㎜における水圧を図－10～12から求め、表－4に示す。

表－4において、30upとあるのは水圧30kg/cm²負荷状態で栓の抜け出し量が10㎜以下であることを示し、換算荷重は負荷水圧を栓に作用する引抜き荷重に換算した値である。

表－3と表－4とを比較すれば、呼び径25φにおける5㎜抜け出し時点ではよく一致している。しかし、他の値については多少異なったものになっている。この差は荷重負荷、及び試験条件の差異によるものと考えられる。

これらとは別に、本試験結果からS形分水栓は、水圧30kg/cm²において漏水が見られなく抜け出しについても許容し得る範囲で停止することが確認された。

(7) 繰返し水圧抜け出し試験

実際の管路において水圧は常に変動している。また、ウォータハンマが作用する場合も考えられる。

そこで、(6)で行なった水圧抜け出し試験の装置を用いて水圧変動を起した場合の分水栓の抜け出し量を測定した。

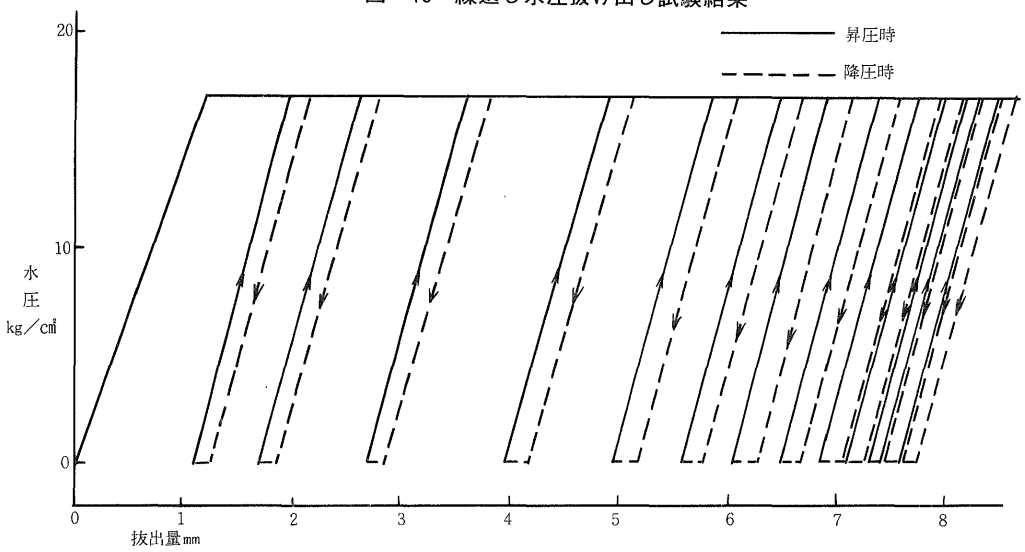
呼び径25φの供試分水栓について、水圧0kg/cm²、17.5kg/cm²の間で昇降圧の繰返しを行ない水圧変動の条件とした。試験はまず水圧17.5kg/cm²を負荷した状態を10分間保持し、その後水圧を0kg/cm²まで戻して5分間保持する。以後、これらを反復してその間における分水栓の挙動を測定した。

図－13に試験結果を示す。

表－4

呼び径		13φ		20φ		25φ	
栓抜出し量 ＼ 回		1	2	1	2	1	2
5㎜	水　圧(kg/cm²)	28	20	26	24	24	26
	換算荷重(kg)	108	77	155.5	143.5	198.5	215
10㎜	水　圧(kg/cm²)	30up	24	30up	30up	30	30up
	換算荷重(kg)	115.5up	92.5	180up	180up	248	248up

図－13　繰返し水圧抜け出し試験結果



実際の管路での水圧の変動は本試験の水圧差とは比較にならず、2～3kg/cm²程度と考えられる。この程度の水圧変動による栓の抜け出し量は微々たるもので、水圧抜け出し試験の結果(図—10～12)から、0.2～0.3mmである。また繰返しの傾向を見ると、初期において栓の抜け出し量は少し大きいが、この後順次小さくなっている傾向にあり、問題にならないと思われる。

つぎに、ウォータハンマの検討のため、つぎの管路を想定する。

管　種：200φ　3種管(T＝6mm)

管路長：500m

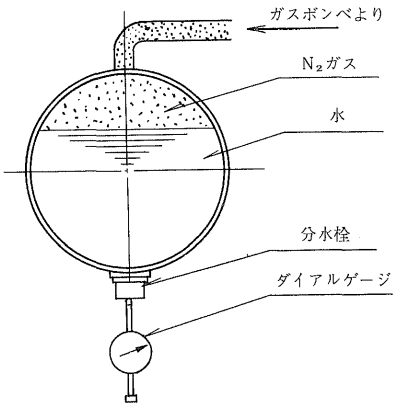
静水頭：40m

流　速：2m/sec

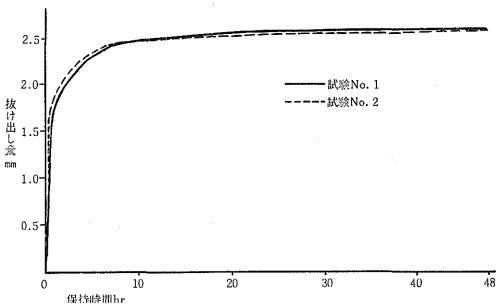
この管路において、制水弁を3秒間で全閉したと考えると、水撃作用によって管に発生する最大の水頭はAllieviの式から

$$Hmax=\zeta^2max\cdot Ho$$

図—14　一定水圧負荷方法



図—15　長時間水圧抜け出し試験



想定した管路条件から弁全閉時間3秒の場合

$$\zeta^2max=2.30$$

となる。

Ho240mとして最大水頭を求めると

$$Hmax=92.0m$$

となる。

この計算例と本試験の水圧を比較すると、負荷水圧17.5kg/cm²はかなり過酷な条件であることがわかる。また、計算例の最大水圧が作用する時間は計算によれば0.85秒となり、本試験の保持時間10分は非常に長い時間水圧を負荷していることになる。それ故、分水栓の抜け出し量は水撃作用が発生した時のそれよりかなり誇張された値であると考えられる。

(8) 長時間水圧抜け出し試験

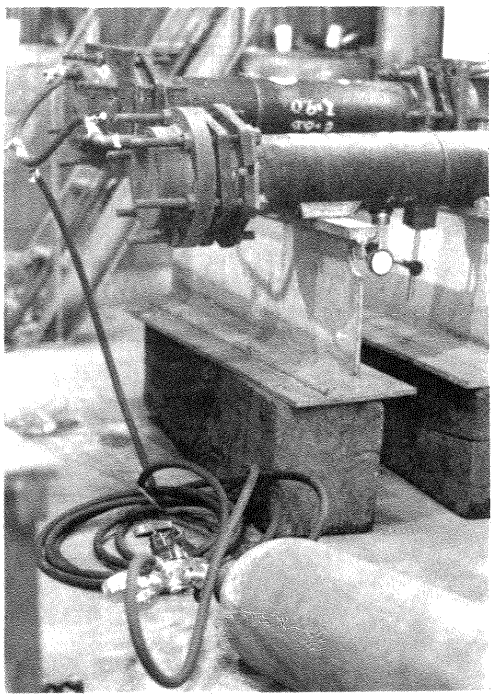
長時間一定水圧が負荷した場合の分水栓の挙動を調べた。

供試分水栓として呼び径25φを使用し、一定水圧10kg/cm²を図—14に示す方法で負荷した。

写真—10に試験状況を示す。

図—15に試験結果を示す。

写真—10



試験結果において、8時間経過後、分水栓の抜け出し量はほぼ定常状態に落ち着き、この時点から48時間経過時までの栓の抜け出し量の変化はわずかである。

この結果から、水圧10kg/cm²一定負荷状態では、栓の抜け出し量は時間経過と共にその増分量が小さくなり、一定の抜け出し量（本試験の場合約2.6mm)に漸近して抜け出しが止まると考えられる。

(9) 振動試験

S形分水栓の耐震性能を確認するため、図－16に示す振動伝達方法によって振動試験を行なった。

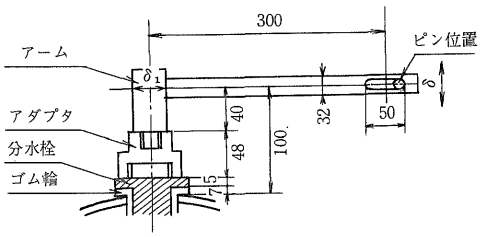
呼び径25φを供試分水栓として使用し、負荷水圧を7.5kg/cm²とした。

写真－11、12に振動試験状況を示す。

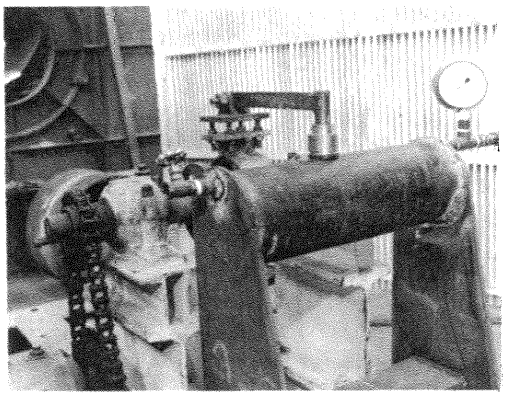
振幅は実測値で$\delta=7.3$mm、$\delta_1=2.45$mmであった。

振動数360回/分で24時間、全振動数520,000回以上振動を与えた結果、漏水、その他異状は認められず、良好な耐震性能を有していることが証明された。

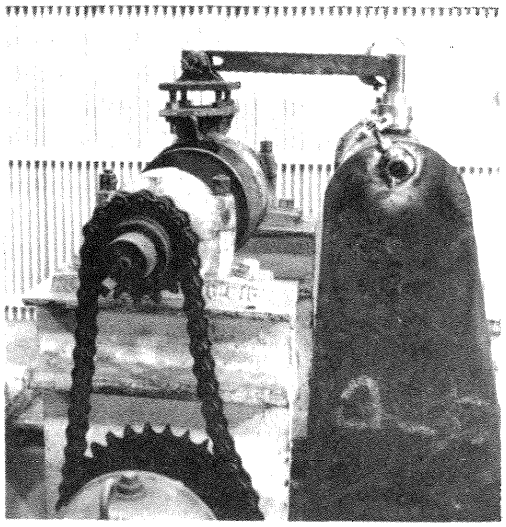
図－16　振動伝達方法



写真－11



写真－12



Ⅳ 結言

本論ではS形分水栓の紹介と、これの各種性能の一部について述べた。

性能試験の結果によると、分水栓を固定した状態で50kg/cm²以上の水密性能があり、栓の拘束がない場合でも水圧30kg/cm²の負荷状態で何ら異状が認められない。また、ウォータハンマによる影響も水圧を繰返して作用させた試験から、問題ないことが推察された。しかも、耐震性は非常に優れていることが振動試験で確認された。

S形分水栓に対する試験として以上のほかに、曲げ試験、衝撃試験を行なったが、いずれも実用上問題のないことが明らかにされている。

本論についてのご意見、あるいは本論以外の試験についてご助言をいただければ幸いである。

終りに、このS形分水栓の試作ならびに試験に際し、東京都、京都市の各水道局の方々よりご指導、ご協力を賜わったことを記してここに感謝の意を表したい。

＊株式会社栗本鉄工所金属材料技術部
＊＊株式会社栗本鉄工所金属材料技術部
＊＊＊株式会社栗本鉄工所金属材料技術部

寄　稿

タイトンジョイント管について

福井市企業局水道部上水課長
山崎啓二

かねてここ数年来より、タイトンジョイント型鋳鉄管について紙上をはじめとして、あるいはメーカーの諸賢より技術的専門事項についてたびたび非常に詳細に亘って説明をいただいた。

また一方、日本鋳鉄管協会を通じて２、３回に及び現地での実験指導を繰返し実施していただいた。お蔭で私達は回を重ねるに従い、同管種に対して深く興味を持つと共に、いよいよメカニカル継手に替って使用する時期も遠からず来るものと確信もし、期待をもってきた。

図らずも昨年５月より採用することになった次第である。同継手の技術専門的な事項については、今までに説明紹介があり、私が事さら語るところでもないので省略させていただく。ただ経過、事由について数点述べたいと思う。

１．人口20万人に略々達する中小都市であるが、ここ数年来よりご他聞にもれず周辺農地の市街化形成が急速に進展の傾向で、約1200ヘクタールが計画予定され、公営、民営の区画整理事業が着々施行されてきた。その結果、新しい団地道路に水道管の布設要望が強くなってきた。

われわれ水道事業者としても、この問題解決に鋭意腐心し、漸く財政面、即ち負担についての協定というか、方法が協議成立した。

従って、結果的に年間約35,000ｍあまりの水道管布設を計画することになったが、この工事量は従前に比較すると３倍以上にも及び並大低では消化出来ない。設計事務はもとよ

り施工業者の能力充実を図るほか省力、能率化がぜひ必要と判断した。

2．毎年物価、労務賃の上昇に伴い工事単価の高騰するのは必然でやむを得ないが、出来るだけ創意工夫によりその高騰を抑制することが私達の責務であり、努力を傾けてきた。ところが時あたかも原材料の鋳鉄管の建値が4月より大幅に値上げ改訂が発表された。従って本年度は例年にない大幅な工事費のアップとなり、事業計画即ち予算も策定済の時で、如何にして工事費の上昇率を少くするかを考えることになり、従来のメカニカル型管との重量差等による単価を考慮することになった。

3．タイトンジョイント型管の採用といっても全面的なものではない。ご存知の様に異形管については、現在規格が制定されているが、残念ながら生産供給が未だしの時期であって、異形管については従来のメカニカル型を使用するほかなく、従って幾分異形管との接続が問題事項となった。方法は異形管との接続直管のみはメカニカル型を使用することにより解決することになった。出来る限りタイトンジョイント型異形管の生産供給の1日も早くなることを要望している次第である。

4．上述の様にタイトンジョイント型管への移行を決定したが、懸念される事項として需要に応ずる製品が十分供給され工事が順調に進捗するかどうかが問題として残ってきた。早速メーカー側にご足労いただき、種々生産供給について協議した。幸いなることに大阪市が時を同じくして全面的に採用されるということであり、またその様なことからメーカー側にも生産について工程が十分に研究計画されているとの回答を得たので、われわれの使用量にはいささかも心配がないという結論を得た。

5．いよいよ具体的な準備が必要となった。まず最初に、現場職員技能員、次に施工業者技術員の技能講習の再開と技能習熟が必要となってきた。なに分にも今まで類似型の継手を扱っており習熟するのは早いだろうが、あくまでもタイトンジョイントの効用、長所短所を熟知した上で施工することが肝要であり、再度日本鋳鉄管協会の厚意により、一日一場に参集して講義及び実務演習を繰返して技能の習得に努力した。そのほか工具の調達等をも準備し、施工技術の万全を図った。

6．工事発注準備、即ち設計業務であるが、直接タイトンジョイント管使用とはかかわらないと思うが、なに分にも予算上からいうと前年度の約65%増の計上であり、もちろん単価上昇の要因、そのほか拡張事業等含みで配管工事のみの増加ではないが、企業である水道事業の現状、将来を考察して職員の増員を認められない現在、如何にしてこの事業量を消化すべきかと腐心しているが、業務の合理化を考えること以外にない。思い切って設計図、設計書作成要領の合理化というか単純化を考案することになった。一見笑止と思われるかも知れないが、数回にわたり検討を重ねて代価表、設計図について出来るだけ工事の本質を逸脱せず単純化、また一件工事の工事額の増加を図った。

以上、要約した経過をたどり工事の施行に移った。なに分にも当地は積雪、寒冷地であり、冬季は施工が困難なため12月末までに完成出来るよう準備するのが通例である。なかなか注文通りにはいかないが、大体予定通り完了出来たと考えている。工事施工中気付いた事項について述べると、次の事項を守ることが肝要であると思う。

①最初にゴム輪をソケット部に固定するときは固定溝部にコルタールなどの塗りだまりなどがついていないか、金物などで丁寧に廻し除く必要がある。さもないとゴム輪の固定が悪く、挿入するとき支障となりゴム輪のずれ、まくれが生ずる。ゴム輪の固定はパイプを布設予定地に運搬後、丘で固定する。

②パイプを掘削内の布設位置に吊下げが終ったら、まずソケット内部、ゴム輪の土砂類をきれいに拭き取り、滑材をゴム輪に刷毛で塗布し、挿入管の管端の土砂を完全に拭き取り、ソケット部に噛み合せる。

③次にパイプの位置であるが、前の動作と前後するが、出来るだけ屈曲なく、即ち水平にして直線に位置する。そしてフォーク、ジャッキで静かに接合する。口径150㎜位まではスコップなどのテコ応用で接合出来る。絶

対に掘削機などのバケット刃先で押込まないこと。この様なときはゆっくりとした動作が不可能であり、ゴム輪のまくれが生ずることがある。

④パイプの挿入動作が終ったら、ソケット部に廻して定規などでゴム輪の管端よりの位置を検査する必要がある。これは申すまでもなくゴム輪のまくれ点検である。

以上の動作により完全な接合が完了する。

⑤なお、ほかに切管をした場合には、携帯の小型グラインダーで管端の面取りが必要である。グラインダーの動力源としては、ガソリンエンジンの携帯発電機(1kw)が適当と思う。発電機はカッター用電源に、また水替用の小型水中モータポンプ等にも大いに活用出来る。

⑥タイトンジョイント接合は最初は少し技巧を要するが、慣れると非常に簡単であり、従って接合時間が非常に短縮出来、工事の進捗が迅速であると考える。

最後に、われわれ事業体において、新しいパイプ、あるいは器具等が考案生産されてもなかなか採用するまでにはかなりの年月を要している。もちろんそれだけの理由はある。即ち、耐久性の確認、漏水危険性の有無、互換性はどうか、といろいろあるが、一面において、研究努力が足りなく、積極性がないということが最大の原因かも知れない。

しかしながら、新製品の優秀性は十分納得出来ても応々にして価格が従来のものとはかなり高いので企業の採算性を無視出来ないということもある。他方メーカー側にしても、需要が増大しない限りコストを軽減出来ないということもあって、お互いに平行状態が継続して困難と思われる。

しかし、将来の水道技術水準を考察すると、事業体、企業者は常に車の両輪であるごとく今後とも新製品の開発、研究に積極的な姿勢で臨み、より良い水道施設の整備に邁進いたしたいと念願している。

フランジ型自由長管
(乱尺物)

上下水道用
工業用水用
ポンプ用
φ 75㎜～700㎜
L＝100㎜～3995㎜

F・Cメカニカルモルタルライニング鋳鉄直管
F・C及びダクタイルフランジ長管
F・C及びダクタイル異形管
製鉄用ローラー

九州鋳鉄管株式会社
福岡県直方市山部北明神町３９５
TEL (09492)２—0085

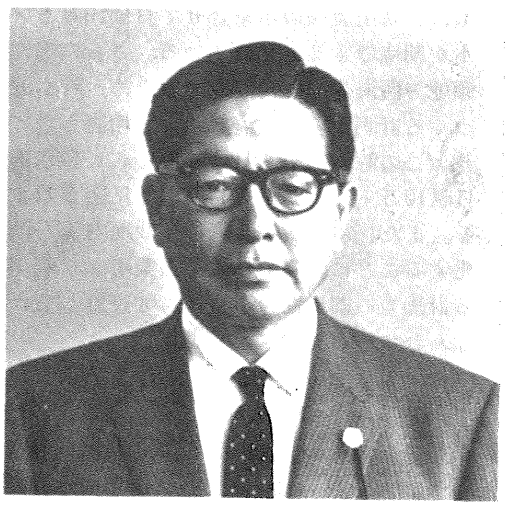
鋳鉄管第9号

昭和45年9月

沖縄の経済開発と水資源

沖縄・北方対策庁長官
山野幸吉

7月初旬に北方領土問題についての関係団体との打合会が札幌で行なわれることになり、私は久々にかつての任地である札幌市を訪れた。一夕関係者との懇談会の席上、さる高名な外交官出身の評論家Mさんが、「私は北海道には現在でも鮭鱒が産卵のためにのぼってくる川が沢山あるときいて、心から北海道の川を尊敬したい気持で一杯です。」といわれた。これがきっかけとなって、ひとしきり川の話に花が咲き、内地では河川汚濁が近年一層ひどくなったこと、安心して水が飲めなくなるのも遠い先の話ではない、などと心細い話の末に、一体現在のまま河川の管理権が建設大臣に専属しているのはおかしいではないか、北洋漁業の大宗である鮭鱒の資源保護の立場からも、北海道の河川は今後とも鮭鱒が産卵のため川に帰ってこれるように、絶対に公害汚濁から守らなくてはならない。それには河川の管理権は建設・農林両大臣の共管にすべきであるといった意見も出された。さらに、いや河川管理権だけでは河川の水質汚濁は防止できない。例えば河川の近辺に澱粉工場ができて、その廃液でも流されたら鮭鱒は永久に帰ってこなくなる。だから、特定河川の流域は、国定公園の特別保護地域のように、河川を汚濁するような工場の設置を認めないようにすべきであるという強硬意見もとび出したりしてなかなか賑やかであった。なにしろ、毎日毎日公害問題でかまびすしい昨今のこととてこの札幌の一夜の河川汚濁の議論も、何か身近に感じられて妙に私の記憶に生々しいのである。



しかし、これは水の豊富な、河川にめぐまれた北海道での話である。私は現在、北方領土問題と同時に、沖縄が昭和47年に祖国に帰ってくる、その沖縄の復帰対策を担当しており、むしろ昨今は沖縄の復帰準備に忙殺されている状態である。沖縄の復帰準備というと国政、県政及び市町村政にわたった極めて広範な準備事務が必要である。何しろ25年間、米国施政権の下で本土と全く隔絶されてきた沖縄である。旧沖縄県時代とは異なり、現在沖縄は米国民政府(その長は高等弁務官)の下に琉球政府（立法府、司法府、行政府からなる）がおかれ、国政（一種の独立国の実体をもっている）と県政を合わせ執行している。このような琉球政府の機能を本土の復帰に備えて国政は国が引き継ぎ、県政を中心として沖縄県を創り出さなければならない。また、沖縄を米国から返還してもらうためには、日米の間に返還協定の締結がなされねばならない。その内容には米軍基地の取り扱い、米国資産の引き継ぎ、外国企業の権益問題等、外交交渉上複雑な問題が包含される。

しかし、何といっても困難な問題は沖縄の本土復帰後、沖縄経済をどのようにして発展させるかという問題である。現在沖縄の県民総生産が約8億ドルとして、そのうち基地関連の経済寄与額が2億5000万ドルといわれており、これは総生産の約30%にあたる。なるほど一人当りの県民所得は本土の約6割にすぎないが、ここ数年来経済成長率は14.5%という高い成長率を維持してきたのである。沖縄が本土に復帰して、基地経済の規模が漸減してゆくものとすれば……沖縄には基地撤去という強い革新勢力のあることは衆知のところである……どのようにして、沖縄が単に現在の県民所得を維持するのみならず、本土の経済成長におくれないような経済成長を達成していくか、これは極めて予測困難な問題であるが、同時にこれを可能にするために本土・沖縄双方が衆知をあつめて取り組まなければならない重要課題である。最近、琉球政府は本土政府の指導と助言の下に1971年から80年にわたる長期経済計画を策定した。それによると、1980年における県民総生産は約31億ドルに及ぶものと予定されているが、その中核となるものは何といっても第2次産業の画期的な発展をはかることであるという。

いうまでもなく、産業振興の基礎条件は労働力、エネルギー、土地そして水である。これらの産業振興の基礎条件のうち沖縄の場合、最も深刻な条件は最後の水の問題であることはいうまでもない。

沖縄は人も知るごとく台風常襲地帯で、降雨量は年間2,000㎜を超える。しかし、降雨期が6月、8月に集中しているのみならず、そもそも沖縄本島の面積が1400km²にすぎず、縦に細長い島であり、従って河川といってもこれといった河川はない。北部にある流域面積最大の安波川でも43km²にすぎない。しかも全体として、サンゴ礁特有の保水性に乏しい地質からなっているといってよい。

現在、上水道はそのほとんどが米軍管理の水道公社によって供給されているが、昭和45年5月の通産省調査によると、昭和43年度の給水実績は日平均給水量で15万6000m³で、そのうち約3分の1の4万6000m³が米軍需要であり、11万m³が市町村需要(うち7万1000m³が水道公社より、自己水源は3万9000m³である)となっている。なお、昭和44年度の水道公社の給水実績は16万m³、そのうち米軍需要5万m³、市町村需要11万m³である。

工業用水についてはその正確な使用量は明らかではないが、おおむね、淡水補給量8万6000m³/日(上水道1万4000m³、自己水源7万2000m³)回収水1万8000m³/日 計淡水使用量10万4000m³/日、海水使用量28万3000m³/日、合計38万8000m³/日と推計される。

いずれにしてもこれら上水道及び工業用水の供給実績は、上水道においては那覇市において1戸当り消費量が1日250m³前後の低い水準にあり、工業用水道においては現在のところこれといった工場の進出がない状態での供給実績である。今後、沖縄経済の長期開発計画を想定した場合、沖縄の水資源開発が最も緊急不可欠の前提条件となることは衆目の一致するところであるといってよい。

このような沖縄の水問題のきびしい現実をふまえて、沖縄・北方対策庁は、今年度の沖縄援助費の中で、この水資源調査を沖縄復帰記念事業として全額国費で実施することにしており、北部東海岸の安波川を中心とした水資源調査が予定されている。現在米国側によって、福地川に福地ダムを建設中であり、これが完成すれば日量 12万5,000トンの給水が可能となる。また、安波川河口の安波部落上流 1.5キロの地点に高さ76mのダムを築造すれば、新川流域の水を合せて日量10万トンの水が期待できるとされている。さらに現在国頭地方西海岸の塩治湾をせきとめ、貯水池をつくる計画が琉球政府によって検討されており、この貯水池の容量は4,000㎥、供水能力日量10万トン、総工費45億円が見込まれている。また、本部半島北側の屋我地内海を淡水化することにより、これを工業用水に利用する計画も一部民間の手によって設計調査が行なわれている。

今や沖縄は水資源開発の調査、計画設計の花ざかりである。それもその筈である。琉球政府が策定した前期の沖縄長期経済開発計画(1970年7月)によると、1968年の水利用状

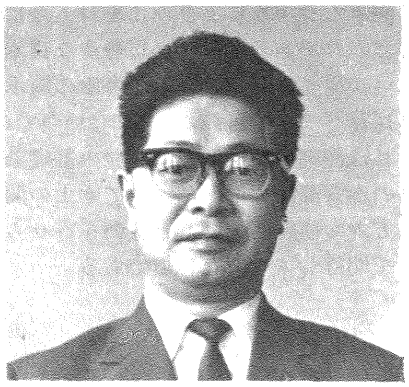
況は日量で生活用水17万5000トン、工業用水6万5000トン、計24万トンであり、これに農業用水7万トンを加え、31万トンが使用されている。これを71年から10カ年計画終了時の1980年には日量で生活用水40万7000トン、工業用水40万4000トン、計81万1000トンに農業用水20万トンを加えて合計 101万1000トンの水の需要が予想され、これにマッチした水資源開発を行う必要があるとされているのである。

沖縄の水資源開発の問題で留意すべき点は水のコストの問題である。沖縄の水資源が北部に集中していることもあって、飲用水にしろ工業用水にしろ、南部方面へ延々と導水管をひかなくてはならない。そのために生じる必然的なコスト高を最少限にするには、工場用地を現在のように中城湾(ナカグスク)及び金城(キン)湾周辺に限定せず、北部東海岸の大浦湾地区をもその対象とすべきであろう。それにしても、沖縄の用水の合理的な確保のためには、北部地帯を中心とする総合的な水資源開発のマスタープランを策定することが急務であり、これに併せて先導産業誘置のための具体的な土地利用乃至造成計画をつくる必要があり、これを遂行するための思い切った先行投資を行なうことが大切である。

沖縄といえば水の問題が私の頭からはなれない。冒頭の北海道の話ではないが、水に恵まれた地方は水の恩恵にうといし、水を汚ごしてはばからないけれど、水の乏しい沖縄では水が島全体の生活を左右するばかりか、水が百万県民の本土復帰後の夢とビジョンの支柱であるといっても過言ではない。飛行機の上からみれば沖縄本島は太平洋と東支那海の満々たる海水にとりかこまれ、今にも溢れんばかりである。この島に豊かな真水を与えたい。原子力発電と併せて海水の淡水化が企業採算ベースで可能になる日はいつであろうか。私は沖縄の長期的経済開発の基礎条件としての水資源開発問題について本土の関係者の方方から積極的な助言と援助を寄せられることを期待してやまないのである。

〈寄　稿〉

札幌市水道第３期拡張事業における送･配水管について



札幌市水道局拡張部長
岡本成之

1．序にかえて
—札幌市水道の沿革—

明治２年、北海道開拓の本府として、開拓使の設置とともに「札幌」が誕生してから、はやくも１世紀を迎え、いまや北海道の中心首都として、人口は 100万人をこえようとしている。北海道の歴史は札幌市の歴史であり「風雪100年、輝く未来」という、北海道創建100年のスローガンの言葉ほど、その歴史風土を端的に表現する言葉はない。

今でこそ、全国有数の基幹都市であり、特別市制施行を目捷にひかえる札幌市であるがしかし、その水道の歴史をひもといてみるとその文化の香り貴さに似ず、意外にその歴史の浅さに驚くのである。たしかに、昭和12年藻岩第１浄水場竣工によってはじまる札幌市の水道事業は、全国の主要都市に比べると、遅い方に属しよう。

だが、それには十分な理由があるのである。「サッポロ」という地名は、アイヌ語で「よく乾いて広いところ」の意と解されているが、石狩川の支流である豊平川がつくる扇状地は、北に向う典型的なファンで、川が石狩平野に流れ出るにつれて、ゆるやかに湿地に消えている。藻岩山・軍艦岬の扇頂から伏流した地下水は、札幌市中をうるおし、その清冽、豊富さは水道施設の必要性を感ぜしめなかったのである。

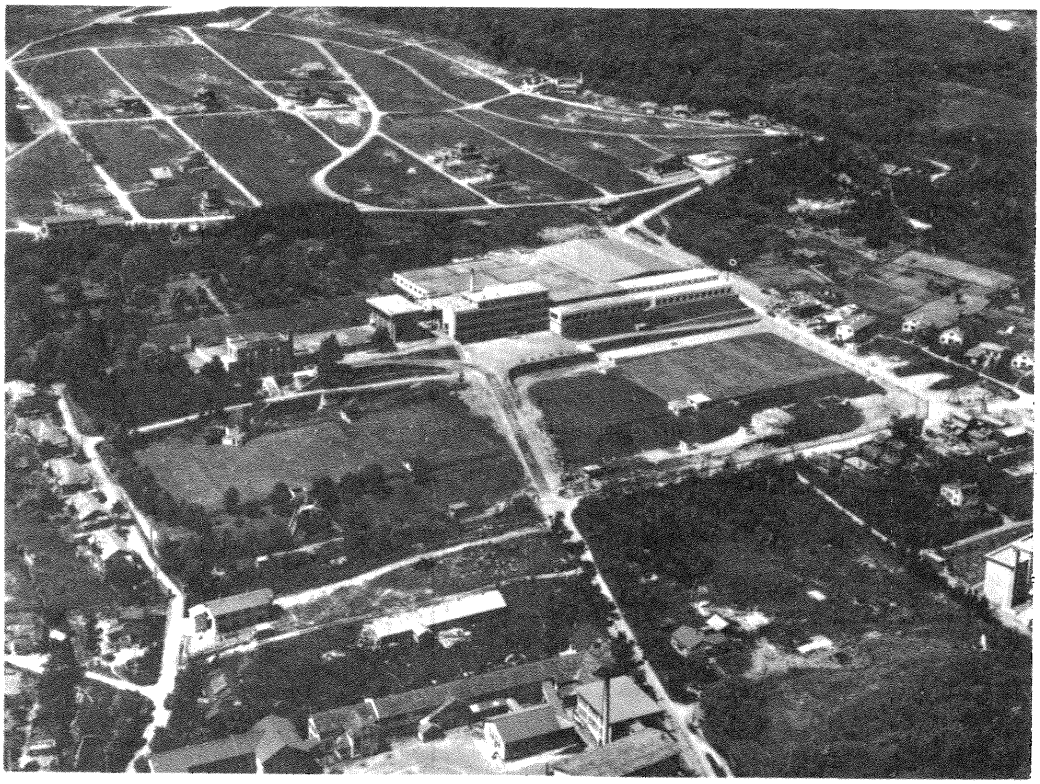
明治43年、上下水道調査費として 3,000円の予算を計上し、区議会内に臨時水道調査委員会を設置して調査を開始しているが、主眼は上水道布設よりも電業公営にあり、そのた

めに豊平川の水利権を獲得すべく、大正８年区議会の議決を経て、水利権の許可と事業認可について内務・通信両省に申請している。この出願は、大正11年、市政施行にともない改めて市議会にはかり、その議決を得て再度出願しているが、電気事業経営をめぐる問題は、大きな政治紛争にまで発展し、市街電車による交通事業の公営問題を併発、昭和２年には札幌市は札幌電気軌道株式会社を買収して、今日の札幌市交通事業の礎をひらくなどこの豊平川の水利権問題は、札幌市を近代都市へと押し進めた、大きな力の一つといい得るのである。

一方、上水道計画の方も、その間の市勢の発展に伴い、既定の計画では間に合わなくなり、大正14年に設計変更を行っている。かくするうちに、種々折衝奔走の結果、昭和６年に待望の水利権許可をようやく得たのであるが、市の自家用発電計画では、発電量を消化するには電車事業だけでは容易でなく、一つの難関にぶちあたり、逓信省でも認可をしぶったので、市会は紛糾をつづけたのである。

この行き詰りを打開するため、昭和８年に至って北海道長官が調停、斡旋の結果、札幌市は水利権を放棄し、発電事業を北海水力電気株式会社（現在の北海道電力）に譲り、その代りに低廉な料金で水道などの市営事業に電力を供給すること、水道用水（38カ所＝１日９万1300㎥）を無償で供給することなどを条件に話がつき、足をひっぱられ焦心苦慮を重ねた水道事業も、やっと陽の目をみることができることになったのであるが、水道の創設に際し、明治・大正・昭和の３代にわたる紛争の調停を北海道長官がその労をとって終焉に至ったことと、札幌市の将来水源として期待をあつめる、現在建設中の豊平峡ダムが、その建設決定に際し、北海道知事の周辺市町間の調停、斡旋を得た経緯を思いあわせると、奇しき因縁を思わざるを得ない。

かくして、紆余曲折を経て創設水道は昭和



写真－1　札幌市藻岩浄水場全景（左から藻岩第一浄水場、藻岩第二浄水場）

9年2月、布設認可を得るに引続き、同年3月、起債、国庫補助についての認可をも取得同年6月に藻岩第1浄水場等の施設建設に着手し、昭和12年4月、一部通水を開始、同年6月30日竣工、7月28日には盛大な竣工式を行い、この日が藻岩浄水場内に祀られる緩道神社の例大祭日として、水道を記念する日となっている。

創設水道は、給水人口を220万人、1人1日最大給水量163ℓ、1日最大給水量を3万5800㎥とし、この時布設した配水管延長は196kmに及んでいるが、なかでも、口径 1000 mmの普通鋳鉄管が採用されたことは、技術的にも特筆さるべきことである上、先覚技術者の英断的先行投資が、その後長く札幌市水道における配水のピンチを救っているのである。

このときの総工事費は334万 2000 円71銭というから、いかにも隔世の感にたえないが、さらに、清冽、豊富な地下水に親んだ市民は、容易に水道をひこうとせず、水道局員が各家庭をまわって勧誘したり、給水工事費を月賦で割り戻して無料にするなど（現在、当時の給水装置は貸付装置と呼ばれ、極めて老朽化しているため漏水が多く、給水上のガンになっている）水道普及のため、大いに努力したというエピ・ソードが残っているが、1年間に2万件をこえる新設申込が殺到する、近年の激しい給水需要をみるとき、まさに今昔の感深いものがある。ちなみに、このときの給水戸数は、わずかに1万8000戸、給水人口は9万2000人であったという。

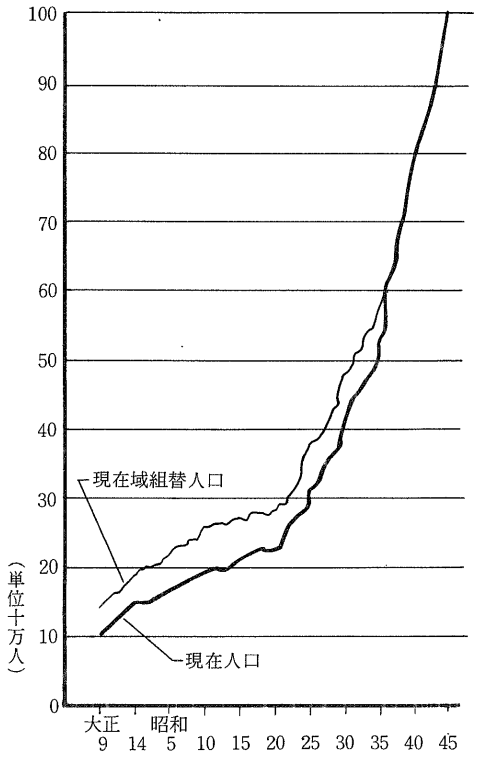
水道創設の昭和12年から第2次世界大戦の終った昭和20年の間は、市勢の発展よりも、水道にとっては、むしろ苦難の時代であったといえるであろう。労力、資材の不足は、拡張、改良を見送り、維持管理にもこと欠く有様であった。

それが、終戦後から、人口増加が急激になりはじめた。図－1、2、表－1にもみられるとおり、昭和20年、終戦の年から5年毎に、人口増加は約10万人のテンポで続き、それが、昭和35年からは20万人のテンポに変わり、いよいよ急速になってきている。現在では、99万人を超え（45年8月1日現在）10月の国勢調査では 100万人を超えることは確実とされるに至っている。人口では、川崎市、福岡市を抜いて、いまや全国第8位の大都市となったのである。

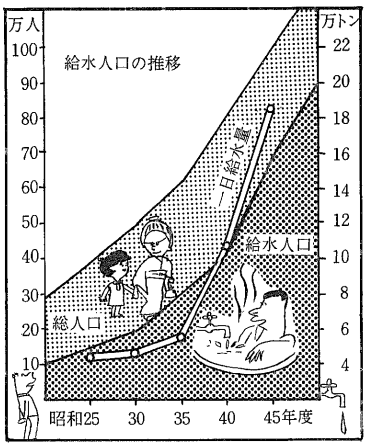
したがって、外周に伸張する市勢に伴い、未給水地帯を解消するため、拡張事業の第一陣として、昭和23年から昭和34年までの間、総工事費2億4800万円を投じて、118kmに及ぶ配水支管の拡張工事を行ったのである。この

写真－2　近代的な集中管理方式を採用した札幌市藻岩浄水場管理室

図－1　札幌市人口の推移



図－２　札幌市水道給水人口の推移



間、藻岩第１浄水場からの配水量も増加の一途をたどり、昭和27年夏には日最大５万4900㎥に達し、計画を５割も超過する事態となったので、水源および浄水施設の拡張のため、藻岩第２浄水場建設を中心とする、第１期拡張事業を開始することになるのである。

第１期拡張事業は、昭和45年における給水人口を32万7000人と推定、１人１日最大給水量を300ℓとして、１日最大給水量を９万8000㎥に拡張するもので、総工事費８億2500万円をもって、昭和29年着工、昭和33年８月に通水、昭和35年３月に竣工している。

この際特筆すべきことは、この事業の施行に際し、将来水源として、昭和29年豊平川左岸、北海道電力藻岩発電所放水路から、新たに1日７万2000㎥の水利権を取得したことで、在来の水利権と合わせて１日16万3000㎥の原水で、全体計画を昭和60年給水人口48万人、１日最大給水量14万4000㎥と策定していたのであるが、この計画は急激な変化を遂げる現実のため、次々と変更を余儀なくされていく

表－１　札幌市の人口推移

年　次	人　口	備　考
大正９年	139,346人	第１回国勢調査
昭和元年	197,828	
5年	223,024	第３回国勢調査
10年	257,605	第４回国勢調査
12年	264,602	水道創設 支那事変
15年	269,814	第５回国勢調査
20年	283,513	終　戦
25年	384,008	第７回国勢調査
30年	476,233	第８回国勢調査
35年	601,151	第９回国勢調査
40年	794,901	第10回国勢調査
45年	1,000,000？	第11回国勢調査

表－２　札幌市水道配水管口径別布設延長

管種・口径＼水道別		昭和43年度		昭和44年度		昭和45年度（予定）	
		藻　岩	全水道	藻　岩	全水道	藻　岩	全水道
＊	口径500～2000mm	28,713ｍ	28,713ｍ	32,753ｍ	32,753ｍ	41,373ｍ	41,373ｍ
鋳	口径350～450	7,194	7,194	8,107	8,107	8,107	8,107
鉄	口径200～300	99,146	107,533	103,150	114,679	113,479	129,436
管	口径 75～150	458,547	472,605	478,791	493,822	494,612	513,877
	小　計	593,600	616,045	622,801	649,361	657,571	693,493
＊＊その他	口径 75～300	98,594	181,647	100,052	184,387	102,782	193,855
VP.SP.	口径50	10,473	30,284	17,807	37,618	◎17,807	◎37,618
総　延　長		702,667	827,976	740,660	871,366	778,160	924,966

＊　ダクタイル鋳鉄管を含む。
＊＊石綿セメント管、塩化ビニル管、鋼管。
◎　予定が不明なので前年度と同じとした。実際はこれ以上になる。

表－3　昭和35年度以降配水管拡張工事調

（単位　延長m、工事費千円）

年度	区分	藻岩地区	定山渓地区	下野幌・大谷地等地区	手稲地区	計
昭和35	延長	17,165				17,165
	工事費	41,668				41,668
36	延長	46,099				46,099
	工事費	110,314				110,314
37	延長	27,658		536		28,194
	工事費	104,688		945		105,633
38	延長	25,964	725	860		27,549
	工事費	117,109	4,933	1,735		123,777
39	延長	29,251	513	467		30,231
	工事費	131,131	2,047	1,000		134,178
40	延長	31,475	924	1,440		33,839
	工事費	134,177	2,742	8,849		145,768
41	延長	45,658	574	8,287		54,519
	工事費	167,521	1,479	20,674		189,674
42	延長	40,789		2,970	10,835	54,594
	工事費	168,963		7,610	25,405	201,978
43	延長	45,573	378		12,549	58,500
	工事費	208,870	1,130		32,970	242,970
44（決見）	延長	25,200	1,903		3,931	31,034
	工事費	470,000	14,558		42,788	527,346
45（予）	延長	26,500		26,000	1,100	53,600
	工事費	700,000		128,000	6,687	834,687
計	延長	361,308	5,017	40,560	28,415	435,300
	工事費	2,354,441	26,889	168,813	107,850	2,657,993

表－4　年度別給水人口と配水管延長等調

区分／年度	給水人口(10月1日)(A)	配水管延長(B)	配水管1m当り給水人口(A/B)	給水人口1人当り配水管延長(B/A)
昭和34	245,154人	342,096m	0.71人	1.41m
35	261,056	359,261	0.73	1.38
36	297,258	416,885	0.71	1.40
37	328,146	448,451	0.73	1.37
38	358,449	479,224	0.78	1.29
39	381,497	517,705	0.78	1.28
40	413,819	553,331	0.75	1.34
41	455,850	680,100	0.67	1.49
42	517,198	733,673	0.71	1.42
43	589,526	827,976	0.71	1.40
44	632,542	871,366	0.73	1.38
45(予)	682,000	924,966	0.74	1.36

のである。

しかし、ますます急増する給水需要は、１拡竣工の翌年には１回最大給水量６万8000㎥、昭和35年には８万3000㎥と、たちまちにして施設能力に肉迫し、早々にして計画変更のやむなきに至ったのである。

幸い、水利権は既に取得してあったので、これを適度に利用することとし、昭和38年から第２期拡張事業に着手することになったのである。この計画は、計画目標年次を、さきに述べた全体計画よりも、さらに１年短い昭和44年とし、総人口81万2000人、給水区域内人口75万人、普及率67％、給水人口50万人、１日最大給水量15万5000㎥としたもので、昭和38年度から昭和40年度は、山鼻取水場建設を中心とする水源拡張事業(総工事費２億4300万円）を施行し、昭和40年８月には取水場を通水し、藻岩浄水場に水を送って急場をしのいでいる。

また、藻岩第２浄水場の拡張、薬注センタ配水池の新設を中心とする浄水場拡張事業は昭和39年度から昭和41年度にわたって、総工事費５億4000万円をもって施行され、昭和42年４月１日をもって竣工、通水を開始している。だが、この昭和42年の給水状況をみてみると、給水人口49万2400人、１日最大給水量15万 600㎥となっているのであるから、いかに水道施設の追いかけ投資が余儀なくされているかがわかるであろう。

これらの拡張事業の間、昭和35年以降も、表－３、４にみるとおり、配水管の拡張も併行して進められ、昭和35年から昭和45年までの間総工事費26億5800万円を投じて、435kmにわたる布設を行って、総延長は藻岩水道で779km、全体で925kmとなっている。

現在、給水人口は65万6000人で、創設当時の約７倍に達し、１日最大給水量も、今夏20万㎥を記録している。このような給水需要は第３期拡張事業完成までとうてい施設をもちこたえることができないので、緊急施設整備事業として、昭和43・44年の２ヵ年間に取水ポンプの増設をはじめ、傾斜板の設置などによる浄水能力の増強をはかる藻岩浄水場の臨時的改良や、深井戸地下水による水源補給の事業を行うほか、定山渓水道、手稲水道の拡張事業を昭和43～45年の間に、総工事費６億7000万円を投資して施行し、応急的にしのいでいる状態である。

２．豊平峡ダムと第３期拡張事業

人口の都市集中は、いまや全国的傾向であるが、札幌市における最近の人口増加は、他都市に類例を見ない程急激で、主として道内外からの人口流入による社会増が原因するとみられるが、年間４万ないし５万人の増加を続けている。

札幌市の中心部は、豊平川のつくる扇状地にあって、地下水の水質もよく、水量も豊富といわれたところであるが、人口の稠密化による地下水の汚染、枯渇は、給水需要にさらに拍車をかけ、新たに、長期的展望に立った将来計画の策定を促がすに至ったのである。

札幌市水道の水源として、豊平川はいいし

表－５　配水管布設延長と道路延長との比較（昭和44年度末）

区分		市道	国道	道道	計
配水管布設延長 km		739.3	30.5	31.4	801.2
市域内道路	延長km	1,792	122	191	2,105
	率 %	41.3	25.0	16.4	38.1
給水区域内道路	延長km	1,257	52	72	1,381
	率 %	58.8	58.7	43.6	58.0

（注）配水管布設延長 871.4kmの内道路の両側に布設されている70.3kmを除く。
（市道39.4km、国道12.4km、道道18.5km）

表－６　札幌市水道事業における計画規模

水道別＼項目	計画年度	計画 給水人口	計画 1日最大給水量
	年度	人	m³
藻岩水道	50	742,000	267,000
定山渓水道	55	5,300	6,000
下野幌水道	52	60,000	18,000
手稲水道	50	50,000	16,000
合計		857,300	307,000

れぬ恵みを札幌市民に与えてきたが、札幌市水道の将来計画を考えるとき、やはり第一番に「母なる豊平川」をおいて他になく、第3期拡張事業の根幹をなす豊平峡ダムは、必然のなりゆきともいい得る。

しかし、追かけ投資が産んだ超先行投資ダムと騒がれた豊平峡ダムも、勿然として出現したものではない。思い起こせば、この川の開発をはかろうとする最初の計画は、終戦直後の昭和23年にさかのぼるのである。

この北海道庁によって計画されたダムは、銚子口ダム計画といわれ、定山渓温泉のすぐ上流にある銚子口にダムをつくり、支笏湖を調整池に利用して、発電、舟筏による森林資源開発を狙ったものであるが、構想は雄大であったが経済性に乏しく、計画のみに終っている。

昭和27～29年に、北海道開発局の手によって調査の行われた豊平峡ダム計画は、現在のダム計画の前身ともみられるもので、地点は現在地点とほぼ同じ個所にアーチ・ダムを築造し、新規開田のための灌漑用水、発電、水道等の多目的ダムを目ざしたものであるが、農業開発への再検討、火主水従への転換期にあった電力側の電源開発方式への反省などから、折角、調査費までつきながら、実現には至らなかった。

昭和34年、札幌通産局および北海道電力から発表された定山渓上流部電源開発計画は、豊平川の支流、小樽内川の中空重力式のダムをつくり、これをトンネルで手稲山麓に導水し、発電、灌漑、工業用水および水道用水を確保する多目的ダムとするものであるが、北海道水利用連絡協議会などで検討の結果、豊平川の大幅な流域変更による影響や、さらに豊平川には洪水防御のためのダムが必要とされること、水道用水が不利であることなどから、豊平峡地点の方が有利であると結論されるに至った。

一方、北海道開発局では、昭和38～39年の両年にわたり、再び調査費をつけて豊平峡ダム計画を再検討し、ここに両計画は全く競合することになったのである。

しかし、昭和39年秋、関係市町であった札幌市、小樽市、手稲町（昭和42年3月札幌市に合併）の三者は、北海道知事の斡旋により、札幌市は手稲町の用水不足に対し、計画に含めた上水道用水の確保と供給を行うこと、札幌・小樽地区の工業用水については、十分に調査を行うとともに、大量需要に対しては、小樽内川ダムを建設して確保するが、それ以前については、札幌市水道用水の余裕分を一時流用することなどの覚書を交換して、豊平峡ダム建設に一本化したのである。

これによって、北海道開発局はいよいよ豊平峡ダム建設の臍を固め、昭和40～41年に実施設計、昭和42年に着工、昭和47年には完工の運びとなったわけで、おもえば、豊平川開発ダム計画として、銚子口ダム計画から数えて20年の歳月を要したのである。

豊平峡ダム計画は、北海道総合開発計画の一環として、豊平川水域の総合開発を目途とするもので、定山渓温泉上流約3km、支笏・洞爺国立公園特別指定地域の、いわゆる景勝の地豊平峡に、高さ102.5m、堤頂長305mの対物線アーチ・ダムを築造するもので、貯水面積は1.5km²、総貯水量4710万㎥、有効貯水量　3710万㎥の一大人造湖を形成するものである。

このダムによって、ダム地点における計画高水流量820㎥/secを680㎥/secカットして140㎥/secとし、下流雁木地点（札幌市外）の計画高水流量2650㎥/secを2100㎥/secに逓減させる洪水調節と、新たに豊平峡発電所および砥山発電所においては、それぞれ最大出力5万kwおよび1万kwのピーク発電を行い、年間14万MWHの電力量を発電するとともに、札幌市に対し、新たに1日最大52万8000㎥（うち定山渓水道に対し　8000㎥）の水道用水の供給を行う多目的ダムで、総工事費67億円で出発し、その後の物価変動、設計変更により、最近80億5000万円に改訂されている。

この豊平峡ダムが、とくに有名となったのは、その先行性もさることながら、仙台市の釜房ダムとともに、多目的ダムにおけるコスト・アロケーション問題のチャンピオン的存在となったためで、昭和40年、日本水道協会理事会の席上、札幌市は仙台市とともに、多

目的ダムのコスト・アロケーションにおいて水道部門がいかに不当な圧迫を受け、ケース・バイ・ケースの矛盾に泣いているかとして、身替り妥当支出法を骨子とする共同費用振分け方法の改訂、検討を迫ったのである。

その結果、関係省庁による「ダム・アロケーション問題協議会」が昭和40年11月に発足昭和42年には「分離費用残余身替り妥当投資法」による新要綱が決定されるに至っている。ちなみに、建設大臣が昭和42年12月告示した豊平峡ダム建設計画では、コスト・アロケーションによる建設工事費の負担割合は、洪水調節54.9%、水道40.9%、発電 4.2%となっている。なおこのコスト・アロケーションの問題は、昭和43年に至ってふたたび取り上げられ、日本水道協会ではダム・アロケーション問題研究会において、水道側の妥当投資額の考え方、維持管理費用の分担などを含めた問題を研究中である。

豊平峡ダムによって、新たに供給される水道用水52万㎥/d(藻岩水道分)を利用し、これに既得16万3000㎥/dを加えた68万3000㎥/dをもって、昭和70年における総人口 160万人、給水区域内人口155万人、給水人口140万人と推定、１人１日当り最大給水量454ℓとすれば１日最大63万5000㎥となる必要量に対応するということで、昭和70年を目標年次とする全体計画を策定し、これらの拡張を４期に分けて施行することとしたから、昭和42年から始まった第３期拡張事業は、その第１次分ということになる。(表－７)

第３期拡張事業は、そのうち目標年次を昭和50年として、とりあえず１日最大12万㎥を供給し得る白川浄水場を中心として、諸水道施設を新設しようとするもので、これとは別

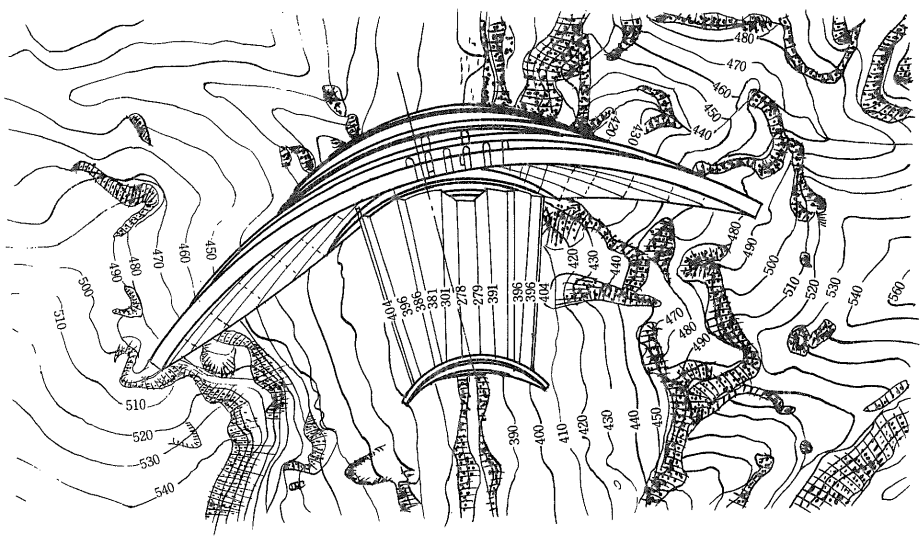
表－７　豊平峡ダムによる札幌市の水道計画

	第３期拡張計画	全体計画
計画目標年次	昭和50年	昭和70年
市域内人口	1,120,000人	1,600,000人
給水区域内人口	1,030,000人	1,550,000人
給水普及率	72.0%	90.3%
給水人口	742,000人	1,400,000人
１人１日最大給水量	360ℓ	454ℓ
１日最大給水量	267,000㎥	635,000㎥

計画施設能力

	第３期拡張計画	全体計画
藻岩浄水場(既設)	155,000㎥	155,000㎥
白川浄水場	120,000㎥	480,000㎥
計	275,000㎥	635,000㎥

図－３　豊平峡ダム平面図



途に、定山渓水道(昭和43～44年)、手稲水道(昭和44～45年)などの拡張事業も併行して施行している。

事業の完成は昭和46年度、（ただし、配水管は昭和50年度まで）ピークの渇水に間に合わせるため、昭和46年7月に通水を予定して、急ピッチで工事を進めている。

豊平峡ダムに貯水された水は、北海道電力の豊平峡発電所および砥山発電所をとおり発電した後、残流域の水とともに下流のみすまいにあるダムに入る。ここで、藻岩発電所行きの水と別れ、放流路から本流に入って柱状節理が美しい河道を流下、約800m下流の白川(しらいかわ)取水ダムに至る。

ここから約200mのトンネルをくぐり、右岸の白川地点に建設される浄水場は沈砂池をへて導水される。白川浄水場は、将来1日最大48万㎥を給水する大浄水場で、雄大な約5万坪の敷地の中にどっかと腰を据えている。この白川浄水場については、処理プロセスに十分新技術をとり入れ、プロセス管理にはDDC方式を採用するなど、努力を続けているが、詳細については後日を期したい。

浄水場を出た水は、浄水池にいったん貯水され、ここから送水管を通じて平岸配水池まで約11kmを送られる。平岸配水池を出た水は西岡配水調整池で藻岩浄水場配水池と同じ水位になり、ここから口径2,000㎜の白川配水幹線を通り市内に配水されるという、フローシートになっている。これに要する総工事費は、昭和50年まで続く配水管工事と豊平峡ダム建設分担金を含めて、総額115億円という巨額を要する計算となっている。

ところで、札幌市長期総合計画審議会は、昨年、昭和65年の推定人口を180万人と打ちだしたが、これは、現在もっている水道全体計画を大幅に上回るもので、このときの給水人口170万人、1人1日最大給水量475ℓと推定すれば、必要となる1日最大給水量は約81万㎥と推定され、昭和70年までもつといわれた豊平峡ダムも、神通力を失うことになってしまうのである。

そこで、この20年後に不足する水源を求めることを現在検討中ではあるが、これには先述した小樽内川ダムの開発によらねばならないと考えられ、急激に拡大する市勢は、水道の広域的運営、水源、水質の確保を含めて水道事業を大きくゆさぶっているのである。

3．拡張事業における送・配水管について

前置きが大分長くなってしまったが、この辺で主題である送・配水管へ話を戻すことにしよう。第3期拡張事業における送・配水管については、表－8および図－4に示すとおりであるが、これらの計画・設計・施工に際し、特に、技術的に興味ある2、3の話題について、以下に触れてみることにする。

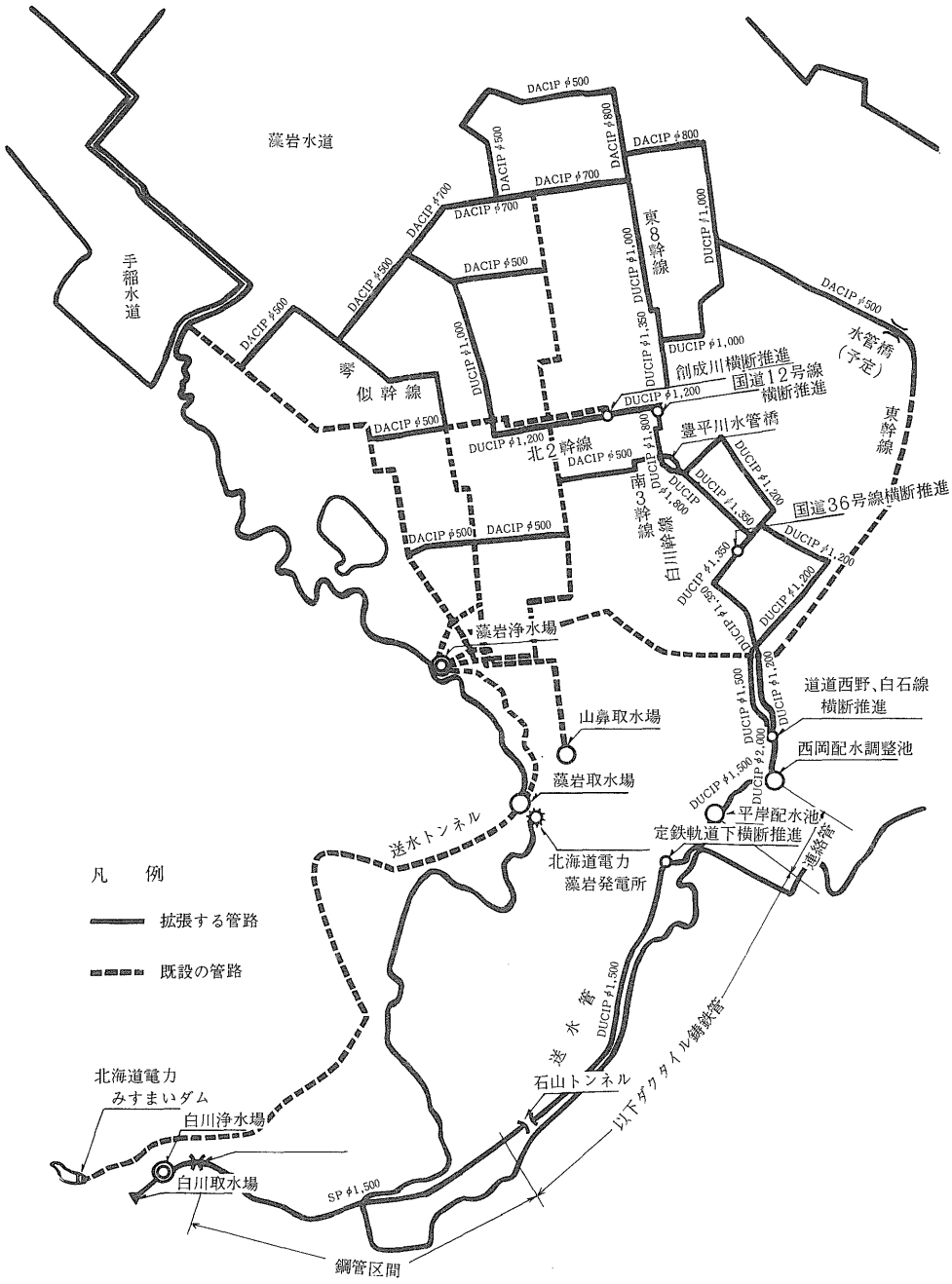
3．1　送・配水管の計画

水道のプロセスは、一名運搬のプロセスと考えられるほど水の配分について管と密接な関係を有するものである。水道管の配置は、水量、水圧の適正な配分、配水管理に重大な影響を及ぼすものであり、また、管種、管径の選択の如何によっては、経済上あるいは維持管理上、大いに問題となるところであろう。

札幌市水道においては、現在まで配水管としては鋳鉄管、石綿セメント管、塩化ビニル管などを使用し（表－2参照)、鋼管は、水管橋などの特殊なものを除けば、口径50㎜以下の小口径配水補助管に限られており、最近では、石綿セメント管は道路の交通量の急増とともに折損事故が相ついだため、全くといってよい位使用していない。

藻岩浄水場関係の3本の導水管のうち、藻岩取水場系の口径700㎜は創設当時の高級鋳鉄管、他のもう1本口径600㎜が鋼管で、これは第1期拡張で布設している。他の1本、山鼻取水場系は、口径900㎜のダクタイル鋳鉄管で、第2期拡張の際の布設だから、これが一番若い導水管といえる。以上のような現状から申しあげると、鋳鉄管がそのほとんどであり、管種の選定などについても、さほど問題はないはずであった。事実、市内の配水幹線では公道に布設すること、市街地の工事であるのでまきかえし、あるいは覆工などによる急速施工の可能なこと、などの点を検討

図－４　札幌市水道第３期拡張事業送・配水管路系統図



表－8　札幌市水道第3期拡張事業　送・配水管、管種・管径別延長

口径 mm		φ 500	φ 600	φ 800	φ1000	φ1200	φ1350
浄水場内配管	取入口～浄水場						
	浄水場～浄水池					② 346	② 11
	計					② 346	② 11
送水管（白川浄水場―平岸配水池）	浄水場内						
	豊平川伏越						
	白川～石山						
	石山トンネル						
	真駒内～平岸						
	配水池流入側		②A 242				
	小計		②A 242				
	合計		242				
連絡管	配水池流出側						
	平岸～西岡						
	配調池流入側						
	計						
配水幹線	白川幹線	②A 18				Ⓢ 178×2 水管橋 ② 111 467	② 3,216 ②押 50 3,266
	東8丁目幹線					② 1,440 ②押 62 1,502	② 2,976 ③ 226 3,202
	北2条幹線					② 1,440 ②押 62 1,502	
	琴似幹線	②A 3,002					
	第3幹線		②A 18	②A 971			
	南3条幹線	②A 500					
	東幹線	②A 820					
	昭47～50年予定	②A 5,800			② 6,700	② 5,000	② 900
	小計	②A 10,140	②A 18	②A 971	② 6,700	Ⓢ 356 ② 6,551 ②押 62	② 7,092 ③ 226 ②押 50
	合計	10,140	18	971	6,700	6,969	7,368

Ⓢは鋼管、②③④はU型およびUF型ダクタイル鋳鉄管（数字は○種管）
押は押込用U型およびUF型ダクタイル鋳鉄管
②AはA型ダクタイル鋳鉄管

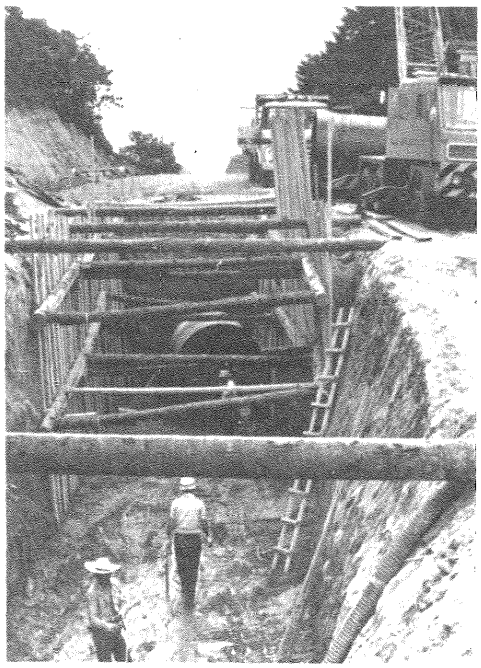
（45・8・1 現在）

φ1500	φ1650	φ1800	φ2000	合計 m	摘要
	② 40			② 40	取入口～沈砂池はトンネル－カルバート195m
② 78	② 67			② 502	
② 78	② 107			② 542	
② 81				② 81	
		④ 183		④ 183	伏越コルゲート部～169.6m 高区配水用φ500A ②～200m 同時施工
Ⓢ 4,633 ② 498 5,131				Ⓢ 4,633 ② 498 5,133	
① 34 ② 51 85		① 18 ② 107 ④ 120 245		① 52 ② 158 ④ 120 330	
① 1,400 ② 3,739 特押 12 5,151				① 1,400 ② 3,739 特押 12 5,151	特 押は定山渓鉄道押込み
② 244				② 486	φ600は圧力調整用でφ1500に併行
Ⓢ 4,633 ① 1,434 ② 4,613 特押 12		① 18 ② 107 ④ 303		Ⓢ 4,633 ① 1,452 ② 4,962 ④ 303 特押 12	DCIP 計6,729m SP 計4,633m
10,692		428		11,362	
② 64				② 64	
② 1,065				② 1,065	
② 94				② 94	配水管連絡路52m を含む
② 1,223				② 1,223	
② 1,055		② 888 ②押 24 912	② 720 ②押 50 770	Ⓢ 356 ② 5,990 ②A 18 ②押 124 6,488	②押は道路押込み×3カ所 昭和46年施工予定φ1350～1,850m を含む
				② 2,976 ③ 226 3,202	昭和46年施工予定φ1350～2,400m を含む
				② 1,440 ②押 62 1,502	②押は河川押込み
				②A 3,002	昭和46年施工予定φ500A～500mを含む
				②A 989	
				②A 500	
				②A 820	
				② 12,600 ②A 5,800 18,400	
② 1,055		② 888 ②押 24	② 720 ②押 50	Ⓢ 356 ② 23,006 ②A 11,129 ③ 226 ②押 186	
1,055		912	770	34,903	（単位：m）

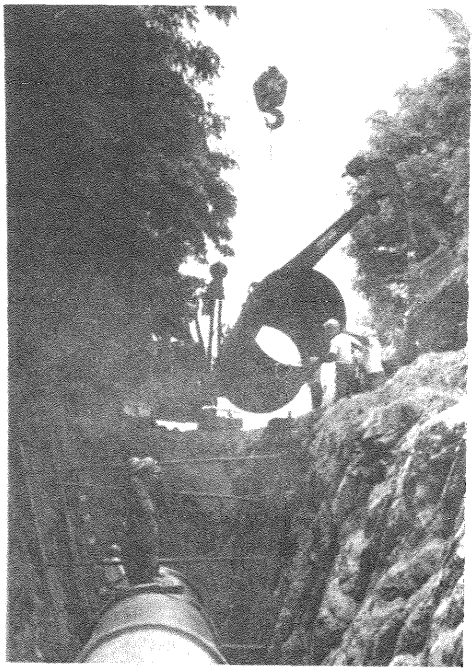
して、従来に比べかなり大口径化してきているので、接合の技術も身につけたいと考えて、一部には直営接合をおりまぜながら、セメント・ライニング・ダクタイル鋳鉄管の全面的採用となっている。接合形式としては口径900mm以下はA型のメカニカル・ジョイント、口径1000mm以上はU型およびUF型のメカニカル・ジョイントを採用している。

送水管は、白川浄水場から平岸配水池までの約11.3kmであるが、送水管計画に際しては、(1)自然流下とする、(2)送水量には高区への送水量を含める、(3)配水池水位は藻岩浄水場系と同一にする、(4)送・配水コントロールを行えるようにする、ことなどを基本に考えたが、これらの要件を満足させるような用地を自由に取得することは困難で、結局、藻岩系よりも約12m高い位置に配水池水位をおかねばならなくなった。平岸配水池は、全体計画として容量3万㎥の池を4池、合計12万㎥の能力をもつものとして計画され、2万坪に及ぶりんご園を切りはらってこれにあてることにした。このため、藻岩浄水場系と同一レベルにするための配水調整池を置くことにして、西岡に4,500坪の用地を取得したのである。

送水管ルートの選定にあたっては、浄水場、配水池、配水調整池の位置が確定後、(1)ルートはできるかぎり直線とする、(2)公道を主要路線とする、(3)公有地を次善とし、つぎに民有地通過を考える、(4)工事の難易を検討し、できるかぎり容易で、かつ急速施工の可能なこと、(5)付帯工事の少ないこと、(6)用地取得あるいは地上権設定が容易なこと、(7)補償物件、補償工事等の補償ができるだけ少ないこと、(8)管路布設後、将来にわたって問題となるような点のないこと、(9)維持管理の容易なこと、などを条件に検討、踏査を行ったが、郊外地のこととて公道も十分でなく、また土地の所有権、河川敷地、国有未開地の境界の不明確、慣行的不法使用の補償問題などの他、はじめにルートに予定していた真駒内森林公園地内通過の許可が北海道庁からなかなか得られず、遂に断念してルートを変更するなど二転三転するうち、ようやく確定的になったのは事業も既にスタートしていた昭和43年なかば過ぎであり、早速、全線にわたる測量、地質調査を行うとともに、用地担当専門職員により用地の取得、調整にあたらせたが、定山渓鉄道にかなり併行する上、意外と宅地造



写真－3　白川幹線　口径2,000mm布設



写真－4　白川幹線　1,500mm布設

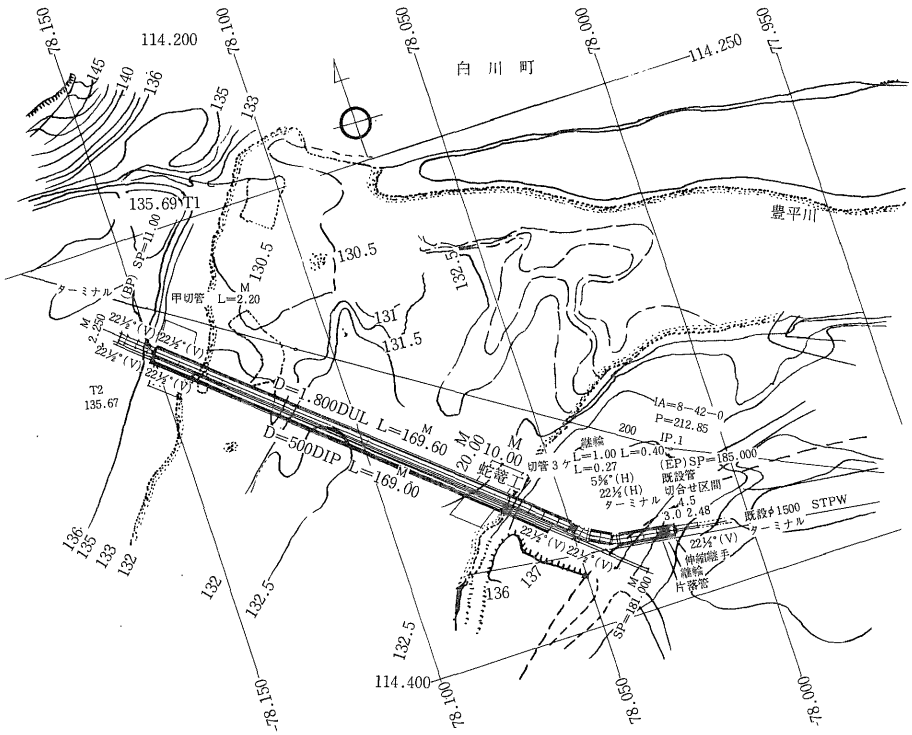
成が進行しており、帯状に用地を確保する苦しみを味わせられた次第である。

その後、一部定山渓鉄道敷の直下を行かねばならぬ個所も生じ、計画、設計に苦慮したが、昭和44年秋、突然、定山渓鉄道は全線を廃業し、急転直下、問題が片づくというエピソードも生まれたが、ここでは詳しく触れない。

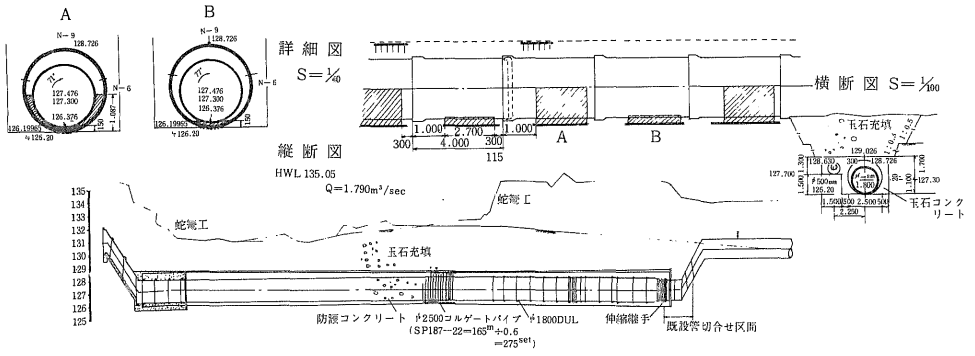
かくして、施工性、経済性、さらには維持管理の難易および耐久性などを考慮し、白川から石山までの用地を取得して管路を造成しながら布設し、比較的起伏に富み、時には岩盤を発破により粉砕しなければならない路線には鋼管を、石山から平岸まで、あるいはそれ以降のようにほとんどが公道上に布設し、急速施工を必要とするところにはモルタル・ライニング・ダクタイル鋳鉄管で、施工性のよいＵ型およびＵＦ型を採用することにした。

また、河川伏越、トンネル、道路等の押込横断等は、施工性の関係からＵ型およびＵＦ

図－５　札幌市水道第３期拡張事業送水施設豊平川伏越工事平面図



図－６　送水施設豊平川伏越工事詳細図および縦断図



型ダクタイル鋳鉄管を使用し、水管橋のような場合には鋼管を採用した。以下、その2、3例について解説することにする。

配水幹線のルートは、市街地でしかも中心部での工事も相当あることから、道路管理者、所轄の警察署のほか、競合する他事業者、地下鉄、下水道、道路、電話、電力、ガス、集中暖房などとの連絡調整が大変で、折しも、札幌市では冬季オリンピックを1972年冬にひかえ、いっせいに都市建設にピッチをあげているさなかでもあり、都市建設公害、交通規制、などの点からも、思いがけぬ問題の発生が多く、大いに勉強させられた。この点についてはいずれ機会をみて発表してみたいと思っている。

今思ってもはなはだ残念なことは、配水幹線網の計画・設計が十分なデータ、推測資料による配水コントロールを主眼とした理想的、最適管網計画までいけなかったことで、お座なりの形式的な管網計算によるチェックを2、3度繰返しただけで終っている。このことについては、もう少し突こんで研究する必要があるということで、遅ればせながら検討をはじめており、通水時までにはある程度のことを把握して、4拡、5拡へと役立たせるようにしたいと考えている。

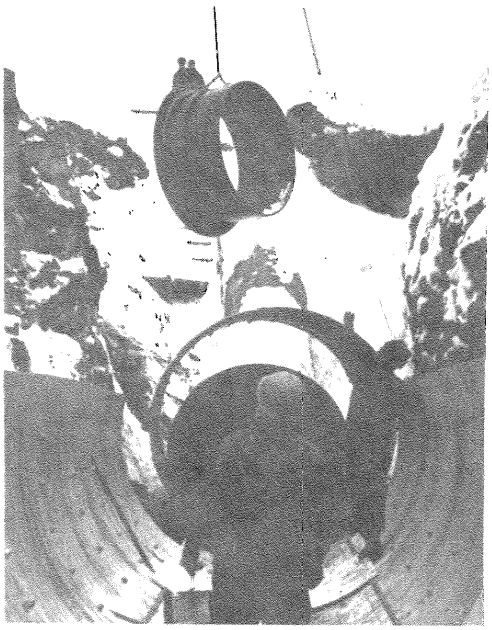
3．2　豊平川伏越工

送水管は、白川浄水場浄水池を出るとすぐ豊平川を伏越すことになるが、河川工事で、しかも冬期の渇水期に行わねばならないことなどを考えると、電気熔接による鋼管は不向きであり、また岩盤掘削はできるだけ少なくしたいこと、施工を早くしたいことなどを考えると、U型ダクタイル鋳鉄管が最適と考えられた。問題は河床下の防護であるが、図－5、6および写真－5にみるとおり、コルゲート・パイプ（口径2500mm、5セクション）を使用し、その中に送水管を入れ、まわりを玉石コンクリートで埋め、その上に河床と同じ玉石を敷きならした。同工事は、昭和44年から45年にかけて冬季施工を行ったが、順調に進捗し春までに完成した。この工法は、内面接手ならではの施工法と経済性をもち、その特徴をいかんなく発揮したものといえる。

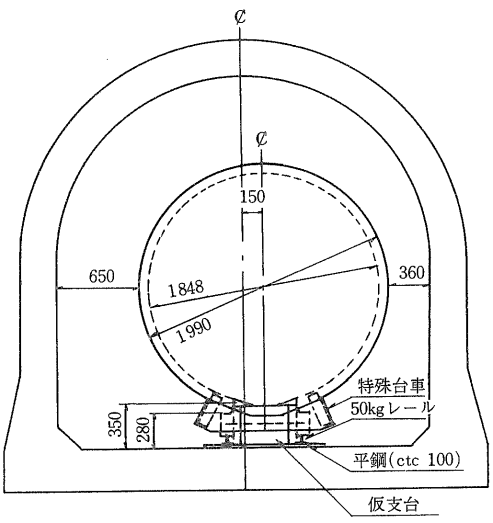
3．3　石山トンネル送水管布設工事

この工事は、送水管路が豊平川右岸の丘陵部をよぎり、国道ならびに真駒内川を横断するトンネルによらねば真駒内側に通過できないので施工されたものである。トンネルは3.0m×3.0mの上部半円、下部矩形の断面で、インバート部で35cm、アーチおよび側壁を30cm

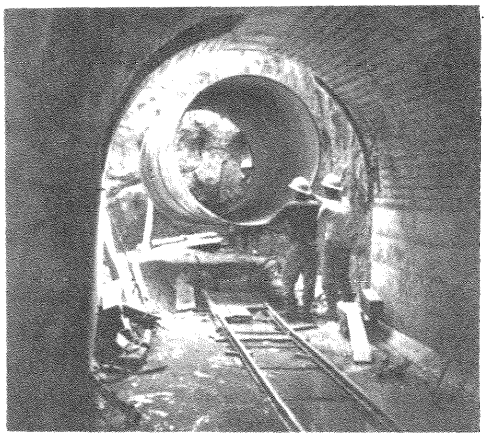
写真－5　送水施設（豊平川伏越工事）



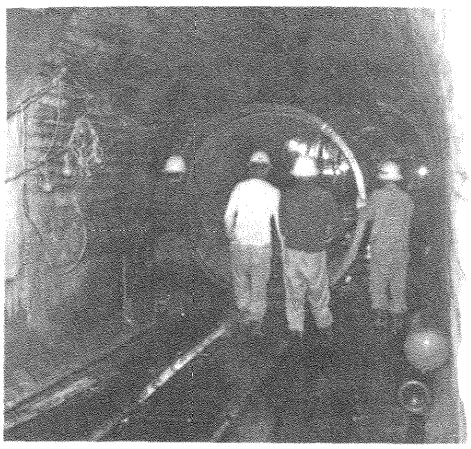
図－7　石山トンネル送水管工事
（トンネル内配管施工図　S＝1：40）



写真－6



写真－7



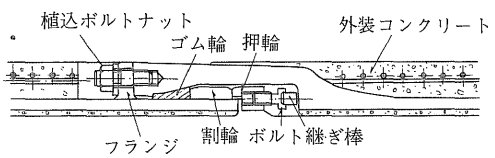
石山トンネル送水工事三景

写真－8

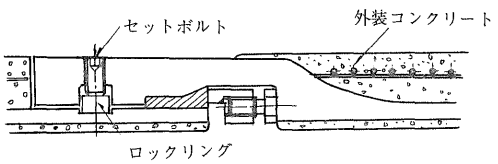
表－9　トンネル内口径1800mmU型ダクタイル管配管所要時間

作業内容	所要時間	作業人員	摘要
管吊り下し	(分) 6	(人) 5	20t吊りトラッククレーン車で台車へ積込むまで 作業人員のうち1名はクレーン運転手
トンネル内運搬	2	4	坑口より約100m
挿入および芯出し	22	3	仮支台設置、台車抜取りまで
接合	40	2	ゴム輪挿入から全ボルト・ネジ出しまで
台車運搬	2	1	
合計	72		

図－8　U形押込み工法管構造図



図－9　UF形押込み工法管構造図



表－10　札幌市水道第３期拡張事業　ダクタイル鋳鉄管推進工法実績

管　径	管　種	延　長	施　工　目　的	施　工　場　所	施工時期
口径1500	UF㊸押	12 m	定山渓鉄道横断	送水管慈恵学園前	昭43
口径1800	U②押	24 m	国道12号線横断	白川幹線・北２東６	昭44
口径2000	U②押	50 m	道道西野・白石線横断	白川幹線・西岡	昭45
口径1350	U②押	50 m	国道36号線横断	白川幹線・豊平	昭45
口径1200	U②押	62 m	創成川横断	北2条幹線・東1～西1	昭45

の鉄筋コンクリートで覆工している。トンネル延長は 132 m だが、両端に立坑をおろし人孔としているため実質的には 140.7 m ある。このトンネルに図－７にみるように口径1800 mm U型ダクタイル鋳鉄管(４種管)を布設するものであるが、片側を歩廊に利用するため、中心から15cmずらして配管するので、内面接手でなければ不可能な施工法である。この場合でも、配管後は内部に十分の余裕があり、さらに小口径の配水管あるいは他の物件の配管が可能であるから、将来、さらに利用を検討することができるという利点がある。

トンネル内配管の様子は、写真－６、７、８にみられるとおりであるが、20 t 吊りのトラッククレーン車で吊り下ろされた管は、トンネル内の15kgレールにのった特殊台車にのせられ、１%の下り勾配を利用して楽に人力で運搬した。表－９に配管初期における所要時間の平均を出しておいたが、作業は慣れるに従って早くなり、トンネル内 120 m の配管は実働わずかに６日間というスピードぶりであった。

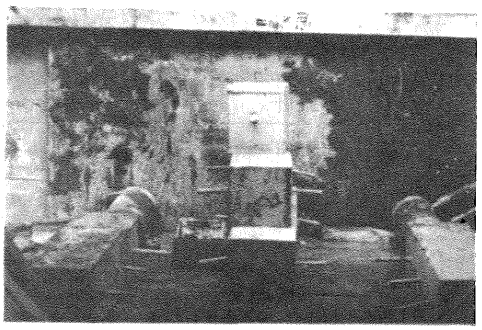
同工事は、本年２月下旬に着工し、トンネル内部捲立て完了６月末、配管完了７月中旬と極めて施工速度が早く、８月中旬には全工事が終了した。

３．４　ダクタイル鋳鉄管による推進工法

従来、軌道、河川、道路などで交通量が激しく、オープン・カット工法で配管できないときは、ヒューム管や鋼管などを鞘管で押込むか、シールド工法等によって管路を確保した後、本管を引込む工法をとっていたが、最近特殊管をそのまま押込むという工法が開発された。これには特殊鋼管によるものと、推進工法用ダクタイル鋳鉄管(図－８、９)によるものとがあり、札幌市では、昭和43年以降、これらの工法を試用してきたが、構造、施工性など技術的確信が得られると共に、すぐれた経済性を発揮しうるところから全面的に採用している。表－10は施工実績を示したものであるが、漸次、延長も長くなり、推進口径も最大 2000 mm でU型２種管を使用している。

第３期拡張事業において、最初に施工されたのは送水管が慈恵学園付近で定山渓鉄道の

写真－9　UF－D推進工事(管内土砂の運び出し)



写真－10　UF－D推進工事

軌道横断をするためのもので、この時の報告によれば、UF－D口径 1500 mmを僅かに3本、12mを推進する工事であったが、2台の油圧ジャッキを用いて押込み、最大推進力は約150tに達している。推進時には、抵抗力、管の変形、継手部の胴付変化、軸方向変位、管の残留応力等を測定したが、いずれも特記すべきこともなく、順調に工事を完了している。施工速度は、表－11に示すとおりで、工事すべてを完了するのに3日間を要している。

管の接合は、当然のことながら約1時間という短時間で終り、施工速度も早い上、推進力に対しては、管、継手とも十分な強度をもつことが立証され、外装コンクリートにもヒビ割れ、ずれ等の異常はないようで、その優秀性を確認している。

3．5　ダクタイル管の電食防止

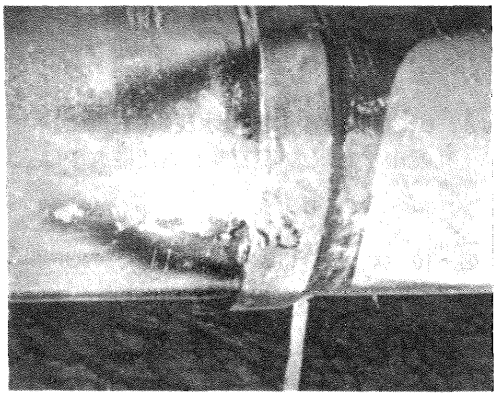
ダクタイル鋳鉄は、その物理的、機械的性質が鋼鉄に近似しているので、普通鋳鉄に比べ電食を受け易いとみられるが、実際は電気抵抗が比較的大きい（50～70$\mu\Omega/cm^3$、鋼は10～20$\mu\Omega/cm^3$）ので、電食を受けにくく、メカニカル・ジョイント管の場合はゴム輪を介して接合されているので、問題はないといわれている。

しかし、U型管を使用する場合は、図－8にみるとおり、割り輪、押輪、ボルト、継ぎ棒を介して電気的に一体化する可能性があり、またUF型管の場合はセットボルト、ロックリングを介して一体化する状態となっている。

第3期拡張における送水管は、どうしても定山渓鉄道（直流方式）と近接、並行しなければならない区間が生じてきたが、この区間は鋼管、ダクタイル鋳鉄管両種の施工区間にまたがっており、鋼管部分には、当然、電食防止工法をとらなければならないが、ダクタイル鋳鉄管部分はどうするかが問題となった。しかし、種々検討の結果、両者とも施工後定常的に電車軌道から漏洩する迷走電流の電位を測定し、危険な状態であれば外部電源方式排流法による電食防止を行えるよう、200mご

表－11　定山渓鉄道軌道横断口径1500mm UF-D 推進工事所要時間

作業項目	No.1管	No.2管	No.3管
つり下し、芯出し	—	30分	45分
接合	—	50分	1時間20分
推進－土砂排出	4時間	4時間30分	5時間
土砂排出のみ	3時間	5時間	4時間30分
合計	9時間	10時間50分	11時間35分



写真－11　電気防食のためのボンド

写真－12　電気防食測定用ターミナルボックス

とに測定用ターミナルをおき（図－11～13）、ダクタイル管にはボンドを設置してその準備とした。この方法は、多少の異論もあることであり、電気防食装置（未設置）の効果に期待するところ大であったが、幸か不幸か、定山渓鉄道の突然の電車廃業によって不必要になってしまい、今やその効力を測定すべくもなくなっている。予期せぬこととはいいながら、気負いこんだところを肩すかしにあったようなもので、苦笑を禁じ得ない。

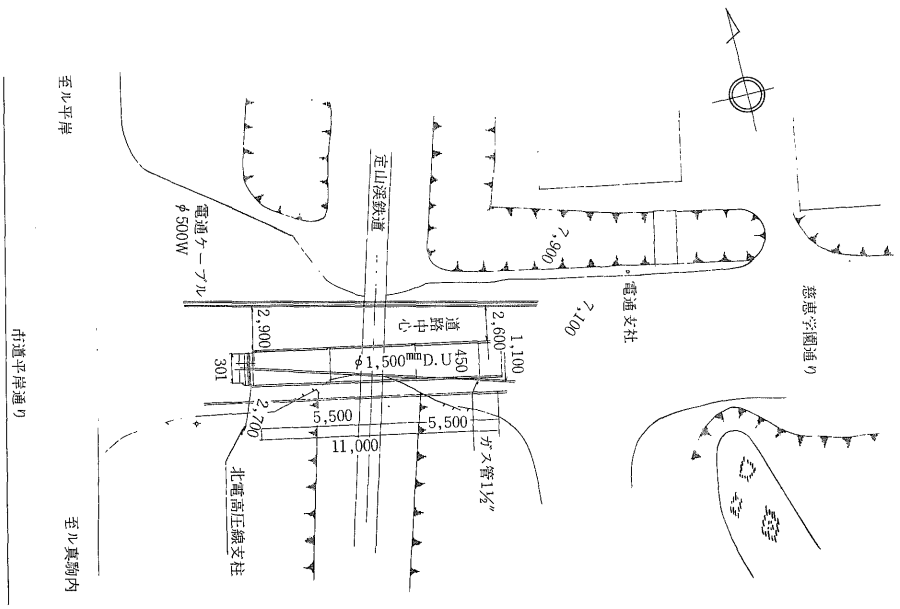
3．6　U型管接合部の水圧試験

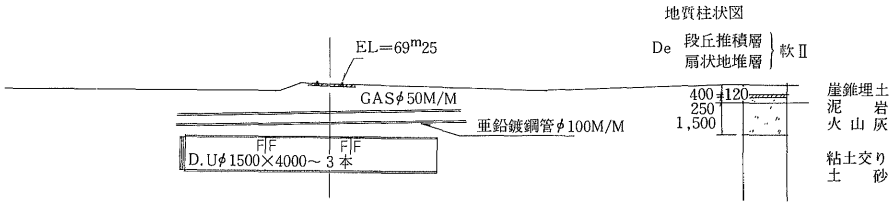
札幌市水道局の管工事共通仕様書では、U型管接合についてその水圧試験をつぎのように規定している。

「U形およびUF形ジョイント接合については、異形管部を除きすべて水圧試験を行うものとする。なお、水圧試験はボルト締付け後で、セメントモルタル塗布前に、全周にわたり行うものとし、この際の試験水圧は 7.5 kg/cm² とし、5分間保持の後に漏水の有無を判定し、異状のないことを確認するものとする」

管が大口径になれば、常識的には内部から水圧をかけて接合部のみの試験ができるわけであるが、普通メカニカル・ジョイントの場合

図－10　定山渓鉄道軌道横断口径1,500UF－D推進工事





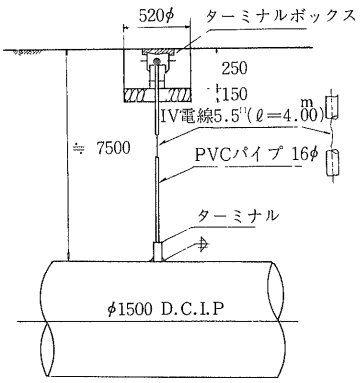
管底高	64.898	64.876	64.861	64.851
地盤高	68.94	69.05	69.25	69.49
測点	1026.9	1027.3	1027.7	1028.1

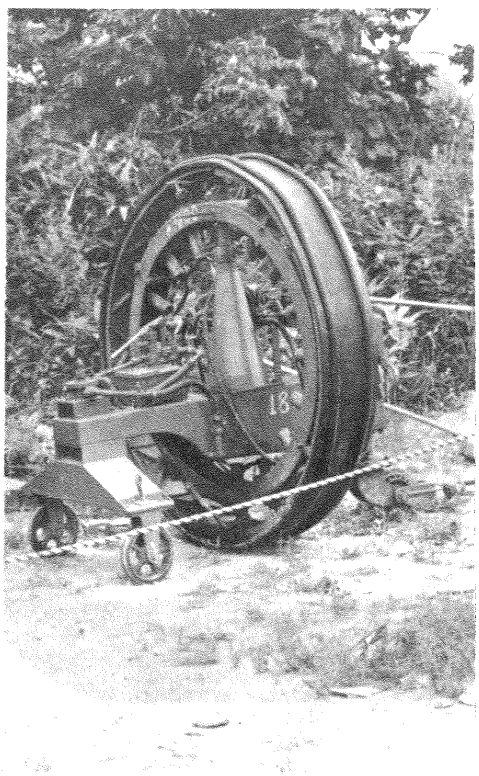
は実施している例をあまり聞かない。これがU型管の場合となると、構造上、内部から接合部に水圧をかけるとゴム輪はむしろはまり込む方向に移動するわけであるから、気分的にも楽なため、通常水圧試験を実施しているようである。

内面ジョイントの水密性については、われわれの経験したところでは、送水管、配水幹線とも、まだ実際に通水はしていないが、水圧試験によって十分に確かめられている。

ただ、モルタルライニング管を使用した場合、接合部にテスト・バンドによって水圧をかけること、ジョイント部だけでなく、モルタルライニング部にも水圧がかけられるため、ライニング部に水が浸透し、十分な試験水圧をかけることができないことがある。このような

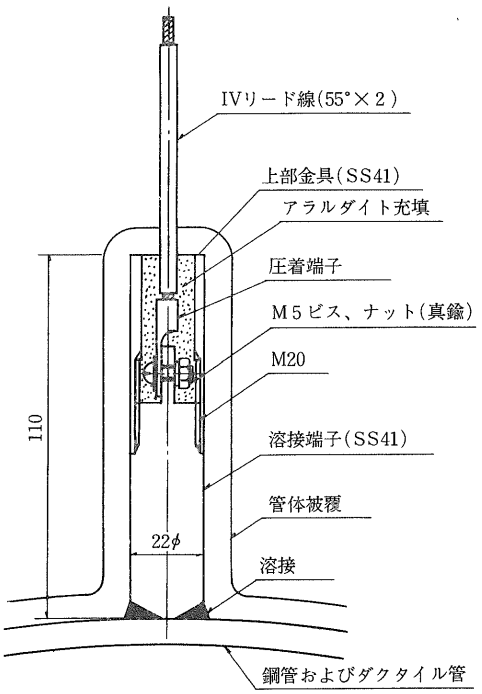
図－11　電気防食測定用Ⅱ型ターミナル設置標準図



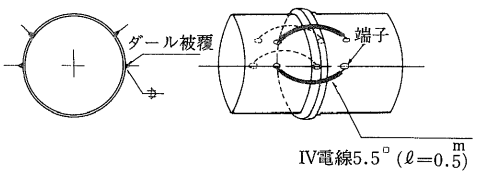


写真－13　水圧試験用テストバンド

図－12　電気防食測定用Ⅱ型ターミナル(中川防食)詳細図



図－13　電気防食のためのボンド設置標準図



ときは、はなはだ不本意ではあるが、5kg/cm²程度でやめることにしており、今後に残された問題であろう。

4．あとがき

第3期拡張事業における送・配水管について、とくに大口径鋳鉄管におけるU型ダクタイル管の技術上特長的な施工について述べたつもりであるが、前半のPRめいた札幌市水道の沿革と現況が長くなってしまい、十分意をつくすことのできぬうちに紙幅がつきてしまった。技術的にみて、水道施設のうちでは、その重要性にかかわらず、管関係の分野が遅れをとっていることは事実である。

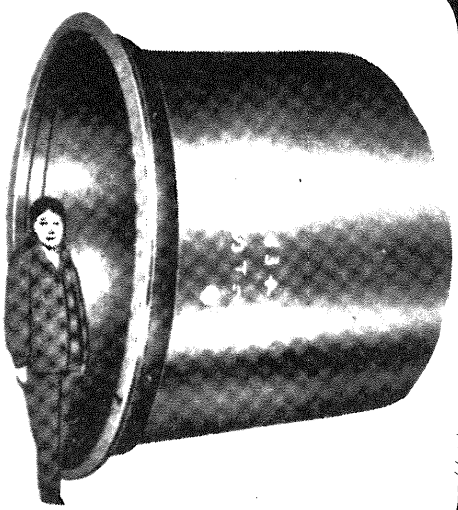
管であれば何でもよい時代、管に水を入れれば流れていってくれるだろうと単純に考えた時代は去った。配水コントロールの必要性はひしひしと身近なものになってきつつあるし、施工側からもよりよく、より早く、よりやすくの原則は、かなりきびしく追求されねばならないはずである。こういった点から、合理的配水計画、施工計画、施工要領、見積り、積算、仕様書などの問題にまで言及すべきであったと思うが、力不足でこの程度に終ってしまった。はなはだ残念ではあるが、再度精進することとして後日を期したい。

最後に、本稿を草するにあたり、札幌市水道局拡張部工事課の三宅工事第2係長をはじめ、石井、大野技師らの協力をいただいた。記して、感謝の意を表する。

＊　＊　＊

＊　＊　＊

強靱・耐蝕性を誇る
遠山の2200㎜大口径ダクタイル鋳鉄管



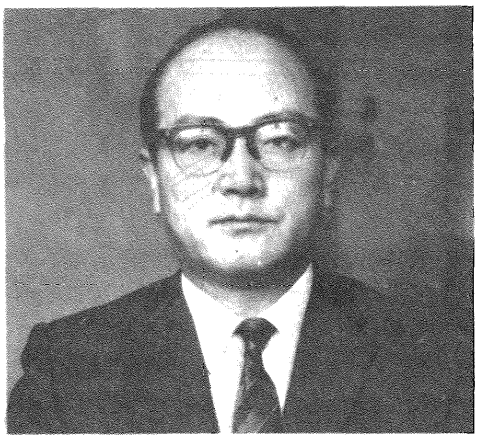
ダクタイル鋳鉄異型管
高級鋳鉄異型管
メカニカルジョイント異型管
—以上75㎜～2500㎜
石綿管用異型管及接手
バルブ、消火栓及鉄蓋

株式会社 遠山鐵工所

本社工場　埼玉県川口市飯塚町3～358
TEL 0482－51－2885(代)～7
工　場　宮町工場・錦町工場・機械工場

寄稿

実用化された タイトンジョイント管



大阪市水道局工務部長
鈴木秀夫

浄配水設備を含めて、水道施設全般にわたって最近における近代化のテンポはめざましいものがある。配水管としての鋳鉄管も、ダクタイル管が開発され、普遍化されてはや15年になろうとしている。強度的には、埋設条件から考えて理想に近い安全率をもっているといっても差しつかえなかろう。材質改善と同じ比率で取り組まれてきた課題に、継手構造の問題がある。ある限度内で偏角、偏位を許容するメカニカル継手も、現在では大小口径を含めて水道界における鉄管継手としては常道となってきた。このメカニカル継手の機能、安全率を失なわずに、さらに作業性を増す継手に着目し実験的に検討が加えられ、実用化の域に達したのがタイトンジョイントである。

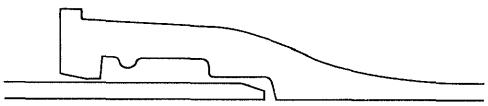
昭和39年、国際水道視察団の施設調査のスケジュールでロスアンゼルスの配水管の材料基地を見学した。East Valley Head Quarterと基地名が掲げてあり、South Pacific Railway の貨物線が直接構内に引き込まれている程の大規模な材料倉庫である。整然と積み上げられた数多い鉄管の継手が、小生の不勉強か見聞したことのない構造で、すべて1種類に統一されている。説明を求めると“Tyton Joint”と返ってきた。直感的には、大陸の堅固な地盤での布設工法では可能な継手であろうが、軟弱地盤では大いに疑問を持って帰国した。帰国後今日まで、以下記述するような検討を加え、メーカーの協力を得て性能調査の結果、安全性が確認できたので実用化にふみ切った次第である。

1．タイトンの概要

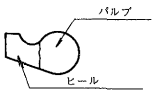
40数年前、アメリカでメカニカルジョイント（以下メカニカル）が発明され、大阪市においても昭和33年頃から使われだした。このメカニカルに対して、さらに施工性のよい簡単な継手としてタイトンが昭和30年頃アメリカで考案され、小口径を主に使用されていた。本市でも、このタイトンと同じスリップオンジョイントの一種として、ハイタイトジョイントが昭和37年に口径150㎜で約1,200m試験的に布設された。しかし、ハイタイトのゴム輪は同じ硬度の二つの丸ゴムを張り合せた形

をしていたため、接合時にゴム輪がまくれこみ、接合が不完全で通水試験時に漏水することがあった。タイトンのゴム輪は硬度の違う二つのゴム輪からなっており、硬度の高いヒール部でゴム輪が受口内面に固定し、挿入によるゴム輪のまくれを防いでいる。

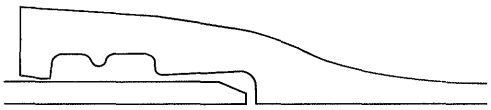
タイトンジョイント



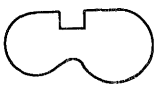
ゴム輪



ハイタイトジョイント



ゴム輪

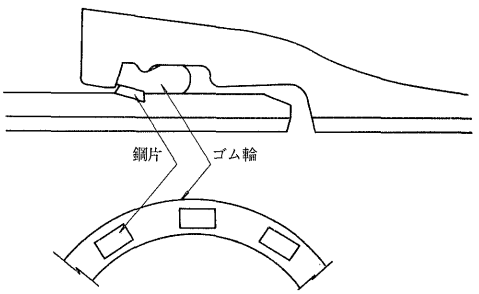


2．離脱防止方法

直線部分の継手には水圧による離脱はかからないが、ベンド、丁字、片落ち、栓止め等の異形管部には、口径、管の形状等により違うが、水圧による離脱力がかかる。水圧による力の他にも管の不等沈下等による力も考慮する必要がある。したがって、施工に当ってはこれらの力を阻止するような保護が必要となる。保護の方法としては、継手に何か特別な器具を取り付け、他の管と一体とさせるか、またはコンクリート等により異形管の移動を防ぐ方法がある。前者は、メカニカルA型では特殊押輪、K形ではリング状の突起をつけたN形、KF形およびUF形が使われ、後者は、施工時間の市街地の管路の輻輳状態等から、小口径では特に行なわれない方向にある。

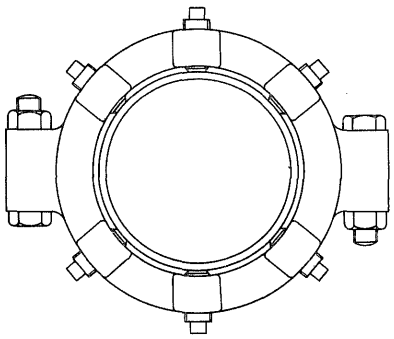
アメリカで行なわれているタイトンの離脱防止方法は、ロックタイトンと呼ばれ、図のように管体にくぼみをつくり、ゴム輪にとりつけた鋼片が挿入とともにかみこむようにしたものである。そころが、この方法では、一度接合すると取りはずしができないため、管を撤去する場合に継手を切り取る必要がある。さらに、挿口にくぼみをつけているため管体の強度が低下し、また、切管した時には挿口に加工が必要となる。

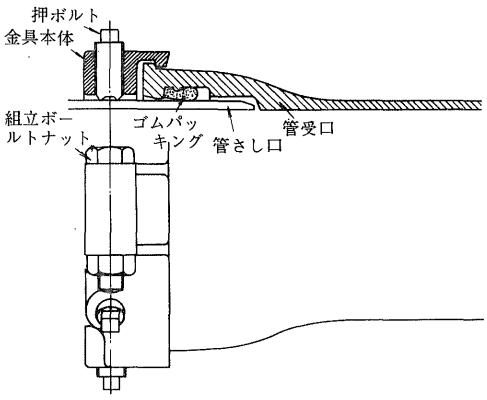
ロックタイトンジョイント



これらの欠点を補いうるものとして、メカニカルで使用している特殊押輪を改良したタイグリップなる離脱防止金具を採用することとした。そのため、管の受口の形状を変更し、受口端に幅10mm、高さ4mmの突起をつけ、この離脱防止金具がひっかかるようにした。この金具については、実験により性能的に問題のない確証を得た。

タイトン用離脱防止金具





3．異形管

アメリカで使われているタイトン用異形管は、受口がタイトン形で両受になったShort body異形管である。連絡工事等複雑な配管の場合に施工上問題があるため、本市では従来のメカニカル形異形管を使用する。ただし、挿口の許容差をきびしくし、挿口にテーパーをつけてある。異形管が両受では、Sベンドのような場合にベンド管の間に必ず坊主管をはさむ必要があるため、片受の方が望ましい。現在、日本で検討されているタイトン形異形管は、ダクタイル製の片受のShort body異形管である。将来は異形管もタイトン形にするのが望ましいと考えている。ただ、継ぎ輪だけはタイトン形にすると継ぎ輪本来の用をなさないため、メカニカル形にしなければならない。

4．許容差の問題

タイトンは管体によるゴム輪の圧縮により止水しているため、受口および挿口の許容差が他種管よりきびしくなっている。すなわち、挿口外径D_2の許容差が従来のダクタイル管は±2㎜であるのに対して、タイトンでは±1.5㎜になっている。ただし、口径200㎜と250㎜については、外周寸法の許容差が±4.75㎜(平均径では±1.5㎜)の範囲にあれば、外径の許容差は＋1.5㎜、－2.5㎜まで許されている。異形管についても直管と同様、外周寸法による許容差を定めている。

アメリカでは、この挿口外径の許容差±1.5㎜の範囲を挿口端面により180㎜とし、それ以外は許容差を±5㎜で、別にすべての断面で±1.5㎜の許容差をもつ切用管を用意している。ところが、別に切用管の直管を用意するのは不便であるので、本市では挿口外径の許容差±1.5㎜を全管長に適用し、切管をしても支障のないようにした。

他種管との接続の場合を考えてみると、タイトン受口と他種管の挿口の場合に、最大の挿口と最小の受口寸法の組み合わせになると、許容差の関係で接合が困難になる。口径150㎜に例をとると、タイトン受口の最小口径は170.8㎜で、他のダクタイル管の挿口の最大口径は171.0㎜となり、接合ができない。これは他の口径についても同様である。しかしながら、FC管の場合は、挿口の最大が170.5㎜であるから問題はない。すなわち、タイトン管とタイトン以外のダクタイル管の接合が困難な場合があるが、FC管との接合は問題ない。実際には、タイトン管と他種管とを混用して施工することはほとんどないことであるし、この場合にも継ぎ輪を使用すれば問題ない。

5．接合器具

接合器具はフォークと呼ばれる簡単なものである。これはロープを使いテコの原理を応用して接合するもので、慣れると非常に簡単であるが、最初は少し技巧を要する。ただ、フォークは口径によりサイズが違うため、口径ごとに用意する必要がある。さらに、異形管を接合する時に、異形管の重量が直管に比べて軽いため、他端がはね上がり接合しにくい。そのため、異形管との接合には、フォークとは別の器具が必要である。

フォークとは別に、接合器具としてはアメリカ製のジャッキ様のものもある。これは、1台あれば口径250㎜以下は全口径に使え、異形管の接合も支障ない。重量は8㎏ぐらいである。しかし、フォークに比べて値段が高い。

6．安全性

タイトンの安全性を確認するため、採用前に各種の試験をおこなった。試験はメカニカルと比較しておこない、継手の水圧試験ではメカニカルと差がないという結果を得た。ただ、継手を拘束しないで水圧をかけた場合はメカニカルに比べて弱く、水圧1㎏/㎠で抜け出したが、これは滑剤を塗布し接合後直ちに行なったものである。離脱防止金具を取り付けて同様の試験を行なった場合は、水圧12㎏/㎠、15㎏/㎠、18㎏/㎠を保持したため、離脱力のかかる継手にはこの金具をつければ実用上支障ない。さらに、露出配管する場合や市街地で蛇行して配管する必要のある場合等に不安があったため、現場で露出配管して水圧をかけてみた。口径は150㎜で延長は約

145mの直線路で、現場は比較的地盤の悪い所であった。接合後、3kg/cm²の水圧をかけたが、管に移動等の異常はなかった。さらに、水圧をかけたまま1ヵ所の継手を4°弱水平に曲げたが異常なかった。

7．実際の使用状況

大阪市では5月中旬頃より実際に使用し始め、現在まで約2,200mほど布設した。実際に布設を始めるまでは、職員と請負業者等の講習を行い、最初のうちは現場の巡回を行なったため、切替えによる混乱はなかった。しかし、現場からは次のような意見が出ている。

1）受口に砂がはいりこむことがあり、はいると取り除きにくい。ただし、これは事前に予測されたため、ゴム輪と受口内面に砂をつけて水圧試験をおこなったが、水圧13kg/cm²でわずかに漏水した。

2）継手の上に他の埋設物がくると、フォークでは接合しにくい。

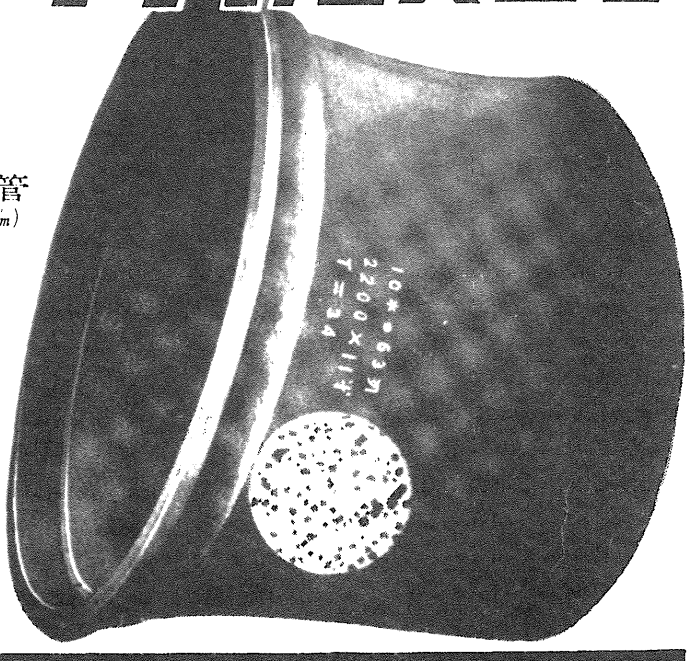
3）切管した時の面取りの場合、ヤスリでは時間がかかる。グラインダーを使用すれば容易であるが、夜間は騒音が大きいため使用に問題がある。

8．今後の方向

現在は口径75mm～250mmまで使用しているが、今後中口径300mm以上のタイトン化の問題がある。アメリカでは口径900mmぐらいまで使用しているもようである。しかし、大口径になると管の重量が大きくなるから、それに応じた接合器具、接合方法が必要となり、また水圧による離脱力も大きくなり、保護方法の検討が必要である。異形管も現在はメカニカル形のものを使用しているが、将来は異形管もタイトン形にするべく調査検討を進めている。

実施後日も浅いので、施工面において今後生ずるであろう問題点についても逐一改善し小口径継手として確立されたものにもっていきたいと考えている。

ホソノ-ダクタイル異型管
ヲ
上下水道用
工業用水用
ポンプ用
各種鋳鉄管
(φ75mm～2500mm)



株式会社 細野鐵工所
本社　埼玉県川口市飯塚町2の160
電話　川口(52)4231～5(代)
営業所　大阪市南区鰻谷仲之町4の8
電話　大阪 06－252局4473代～4

ガス用メカニカル継手について

大阪瓦斯株式会社導管管理部
中村修一

ガス供給導管用ダクタイル鋳鉄管の接続方法として、配管スピードの上昇、接合性能の向上、作業の軽減、個人差の出ない均一性能を目的とした新しい継手――GM継手――を開発した。GM継手は水道界で使われているメカニカル継手のもつ施工の迅速性と可撓性を有し、引抜阻止力がガス型鉛継手以上の性能を持つものであることを実験により確認した。

1. 緒　言

ガス供給導管用ダクタイル鋳鉄管の接続方法として、大阪瓦斯では、麻と鉛を主体としゴムを補助的に使用したガス型継手を採用している。しかしながら、ガス型継手は工事能力、配管工の不足、労務費の比率など各方面から眺めた場合、必ずしも現在の情勢下で十分満足できる工法であるとはいいがたく、より簡便な、信頼性の高い継手形式が望まれていた。

今回、ゴムをパッキン材料とし、上記の要求を満たす新しい継手形式“GM継手”を開発したので、ここにその概略を述べる。

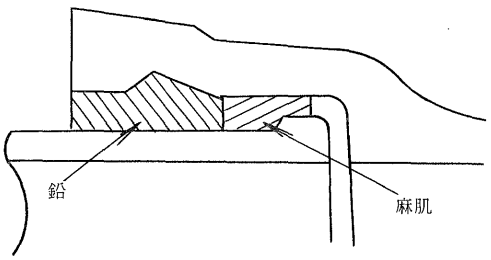
2. 鋳鉄管継手の経過

2.1. 鋳鉄管継手の変遷

大阪瓦斯において使用されてきた鋳鉄管の継手形式は、主として2つの形式に分類できる。一つは鉛と麻肌のみによりシールを行なう印籠型継手であり、他の一つは鉛と麻肌にゴムの弾性によるシール機能を付加したガス型継手である。

印籠型継手は、明治以来大阪瓦斯のみならず、わが国のガス、水道界において広範囲に用いられてきた継手である。

図－1　印籠型継手



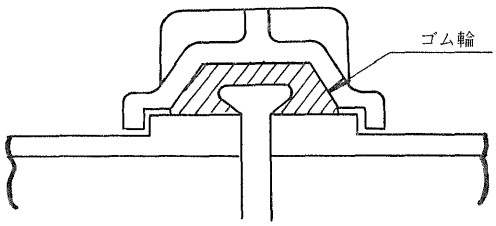
当時においては、ガス中の水蒸気圧は飽和に近く、したがって麻肌は常に湿っており、十分気密性を発揮でき、また車輌重量も小さく交通量も少なく、機械的にもほとんど問題がなく良好な継手と考えられていた。しかしながら、路面荷重および交通量の増大により継手部に振動、たわみが加わり、鉛が塑性変形し、シール機能が低下し、一方ガスの送出圧の上昇、脱湿によりガスが乾燥した結果麻肌を乾燥させ、そのシール性能を低下させ始めた。この事態に対処するため、昭和の初期にゴム弾性体を利用した継手が現われ、大阪瓦斯でもビクトリック継手が一時用いられた。しかしながらこの継手は、ゴムの性状が劣っていたこと、凝縮液の滞溜などにより気密性を維持できなかった。

これらの経験から、麻肌、鉛の外側にゴム輪を装着したガス型が使用されるようになり今日までつづいている。

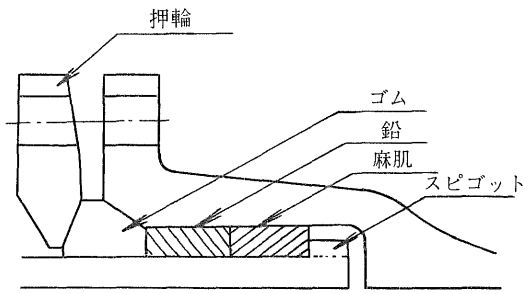
ガス型の継手性能は、麻肌と鉛では不十分な振動、継手の変位に原因する気密性の低下

をゴムが補い、一方麻肌と鉛はゴムに直接凝縮液が触れるのを防ぎ、また鉛、麻肌と管面との摩擦力およびスピゴットと押輪による機械的ロックにより、継手が軸方向に抜け出すことを防止しており、麻肌—鉛とゴムが互いに弱点を相補った効果ある形式といえる。

図—2　ビクトリック継手



図—3　ガス型継手

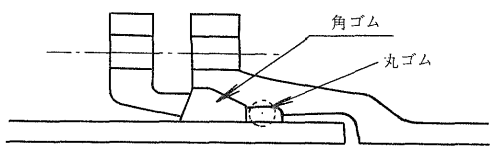


2.2. AⅡ型メカニカル継手の採用

ガス業界では、ガス成分の点でメカニカル継手が敬遠されてきたが、近年合成ゴムの著しい進歩、ブタンエアー供給の普及、製造ガス源の転換、供給ガスの脱水、鉛コーキング作業員の不足、労務費の上昇といった理由からメカニカル継手がクローズアップされ、多くのガス会社で急速に使用され始めた。

この際、一部ガス会社では水道のA型形式そのままでゴムのみ耐ガス性能を向上させて使用したが、また一方、他のガス会社では気密性の向上のため、角ゴムの前に丸ゴムを加えたAⅡ型(図—4)を採用した。

図—4　AⅡ型メカニカル継手



この形式は丸ゴムに耐ガス性のすぐれたものを使用し、ガス中の各種溶剤の進入を防ぎ、この部分で完全にシール効果を発揮させ、さらに後部の角ゴム輪でシール効果の万全を期するとともに、丸ゴムを所定の位置に押し込み保持するようにしたものである。

AⅡ型メカニカル継手は、気密性、施工性においては非常にすぐれたものと考えられ、相当多くのガス会社において採用されている。

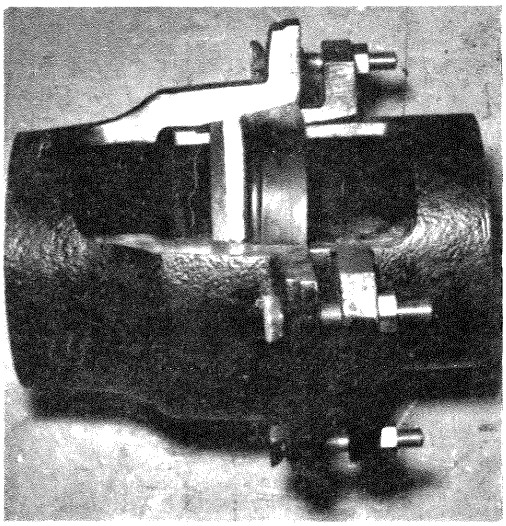
3. GM継手の仕様

3.1. 概　要

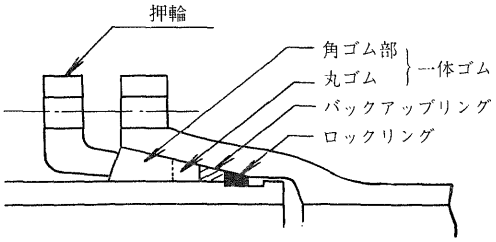
上述したAⅡ型などのメカニカル継手の施工の優位性をそのまま残し、一方継手の抜出し阻止力を向上させ、さらにゴムの圧縮率を管の寸法許容差にかかわらず、一定に保つ継手として図—5、写真—1に示すGM継手を開発した。すなわち、GM継手の受口は1：4.6の単一なテーパ面からなり、ロックリングと組み合ってゴムの圧縮量を一定にし、一方挿口には、管端部にロックリングはめ込み用の溝を加工し、ロックリングを介して抜出阻止力を発生させる。

気密性は丸ゴムならびに角ゴムによって保たれ、抜出力が加わったとき、ゴムがロックリングに直接接触し、損傷するのを防ぐとともに丸ゴムのコールドフローを防ぐためにバックアップリングを使用する。

写真—1　GM継手



図－5　GM継手形状

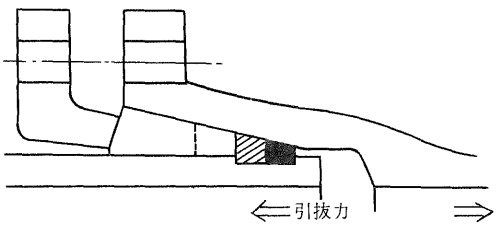


3.2. 特徴と性能

3.2.1. 引抜阻止力

GM継手に軸方向の力が加わった場合、その力がゴムの摩擦に打ちかてば10mmほどの溝幅余裕が抜け出し(図－6)、管に加わる応力を緩和させる。

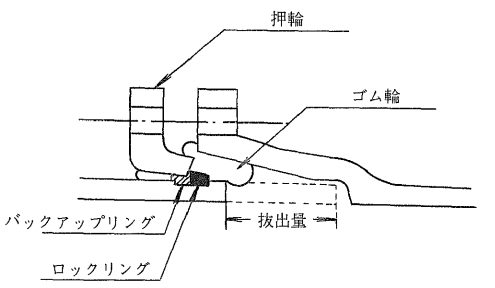
図－6　引抜力による継手の変化



この場合は管にも、パッキン材にもほとんど余分な力が加わることはない。

一般の外力では、この程度の管の移動（伸び）でほとんど力を吸収できると考えられるが、土砂崩れ、地盤沈下などの場合は、さらに大きい力と移動量が加わることもある。この場合、挿口はロックリング、シール材、押輪、ボルトを介して受口に力を伝え、大きな抜出阻止力を発生する。ゴム輪が致命的な損傷を受けない範囲での抜出阻止力は、AⅡ型などのメカニカル継手に比べ格段に大きく、またガス型継手に比べても相当大きい。

図－7　最終抜出状態



また、地震などで極めて大きい力を想定しても、図－7に示すような状態になり、60mmの移動量が得られ、かつボルトの強さ（1本当り約7 ton)までこの状態を維持し、スッポ抜けなどによる急激なガスの漏洩は防ぐことができる。

3.2.2. 可撓性

GM継手はパッキン部先端にロックリングがあり、後方に比較的硬くて体積の大きい角ゴムがある関係上、継手部の剛性が比較的大きい。

最終的に可能な撓み角は本質的にAⅡ型などのメカニカル継手に同じである。

一方、ガス型継手に比べると、継手剛性は低いが最終的に曲げモーメントはガス型よりも大きく、また曲げ可能角度ももちろん大きい。したがって、この面でもガス型よりすぐれているといえる。

3.2.3. 気密性

GM継手はゴムをパッキン材として使用している関係上、正常な場合はもちろん、振動曲げなどを与えても、ゴムが物理的、化学的に変化していない間は気密性が破れることはほとんど考えられない。したがって、気密性はゴムの物性変化のみに左右されると考えてよい。

一方、機械的な構造を考える場合、GM継手は前述のようにゴムの圧縮率を一定に保持できるほか、接合部は外力が加わり抜出した場合には（通常管路に加わる力は継手部を抜け出させる)、パッキン材が圧縮される方向に力が加わり、受口と挿口の相対移動によるパッキンスペースの変化を補償することができ、気密性の維持にきわめて都合がよい。

3.2.4. 作業性

GM継手は、受口の単一テーパ面と、挿口にはめられたロックリングにより芯出し作業が自らできる形であり、また分解についても押輪をはずして挿口を引き出すだけで簡単にできる。

一方、メカニカル継手接合作業で最も重要なゴム装着に関しても、受口のテーパと角丸ゴムの一体化により、シールに重要な丸ゴム部がねじれて装着されることがないという利

点もある。

3.2.5. その他

挿口側は抜出阻止力を与えるため、溝切りを行なう必要があり、従来の管製造法より1工程増加するが、受口は単純なテーパからなっているため、鋳造がより簡単となる。

4. GM継手の機械的性質

地中埋設管に加わる力は内圧、地盤の不等沈下、土砂崩壊による管の移動、車輌の荷重、振動、地震などが考えられる。このうち内圧による力は簡単に算出できるが、その他の管外から加わる力については、不確定要素が多く、これを求めることはほとんど不可能である。したがって、GM継手の性能についても、現在使用しているガス型継手に劣らない機械的性質を持たせることを目標として、つぎの点から検討を加えた。

① 軸方向抜出阻止力
② 曲げ可能角度と抵抗曲げモーメント
③ 振動に対する漏洩

これらの各項目につき、ガス型継手、AⅡ型メカニカル継手の値を比較しながら示す。

4.1. 軸方向抜出阻止力

4.1.1. 各継手の引抜強度

継手部を軸方向に水圧または外力で引張り、その力と継手部抜出量を測定した。

供試管は100～400φのダクタイル管を用い、各継手の接合材料は標準品を使用している。

図－8は、200φについて正常な継手性能を有する範囲での抜出量と抜出阻止力の関係を各継手について比較したものである。

図－9は、GM継手を受口と挿口が離れるまで引張った場合の抜出量と引抜荷重の関係である。図中(イ)は挿口溝部をスライドしている時、(ロ)はバックアップリング、ゴムが圧縮されている場合(図－6)、(ハ)はゴムの下にバックアップリング、ロックリングが侵入している場合、(ニ)はロックリングと押輪が接触している状態(図－7)を示している。

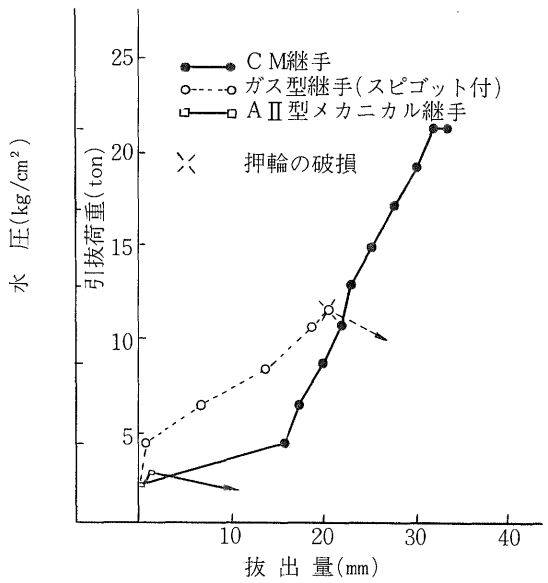
なお、各サイズの抜出阻止力を比較すれば図－10の通りである。

GM継手において、抜出阻止力を決めるのはバックアップリングおよびゴムであり、したがって抜出阻止力は、ほぼ管径に比例している(単位周長当り一定の耐力)。

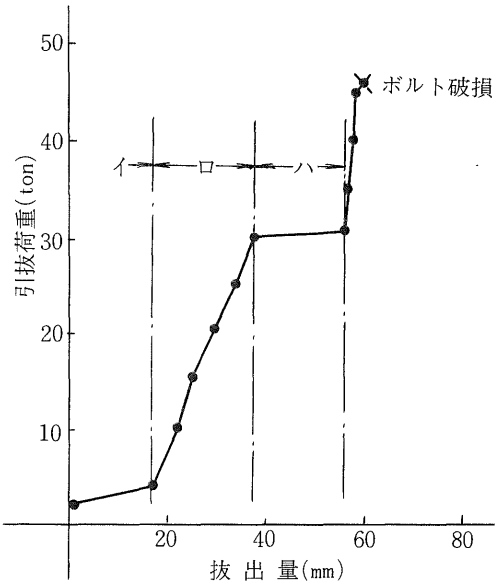
ガス型では押輪が最弱点であり、押輪の構造の異なる300φでは相当大きくなる。

AⅡ型メカニカル継手では、ゴムの管面への圧力と接触面積の積、すなわちボルト数と締付トルクに比例することが、この図からも大体うかがうことができる。

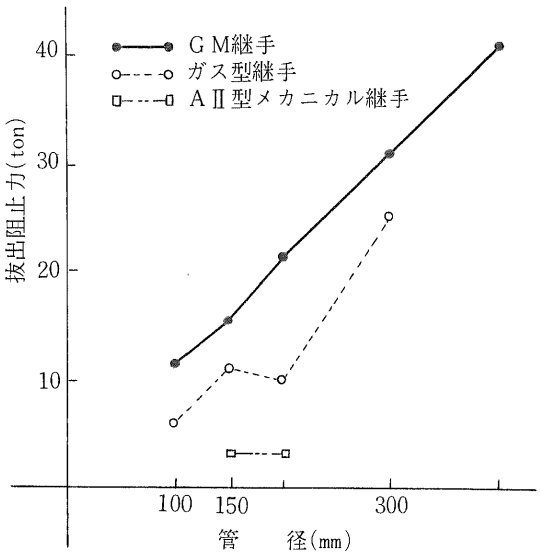
図－8　水圧による引抜試験(220φ)



図－9　外力による引抜試験(GM継手 200φ)



図－10　各継手の引抜阻止力管径別比較

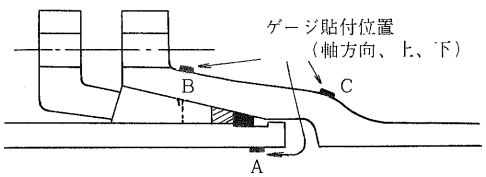


4.1.2. 引抜試験における発生歪量

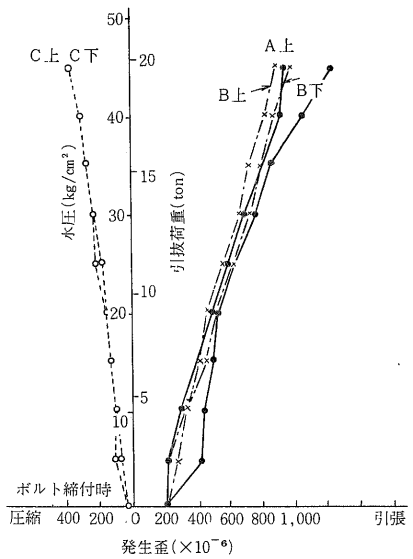
GM継手の異形管は、現在FCで製作することを考えている。FC管の場合、本体（受口、挿口）の破壊が問題となるので、受口、挿口の最も応力が生じる点に歪ゲージを貼付して測定した。その結果を図－12に示す。

図から発生歪量が荷重に比例して増大する様子がうかがえるが、FCの強さ20kg/mm²、縦弾性係数1.0×10⁴kg/mm²を考えた場合、本体強度は引抜力に対しては十分安全であるといえよう。

図－11　FC管歪ゲージ貼付位置



図－12　FC管水圧引抜試験時の発生歪
（200φ）



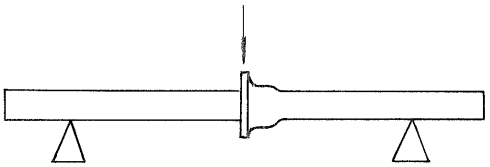
4.2. 曲げ特性

4.2.1. 各継手の単純曲げ特性

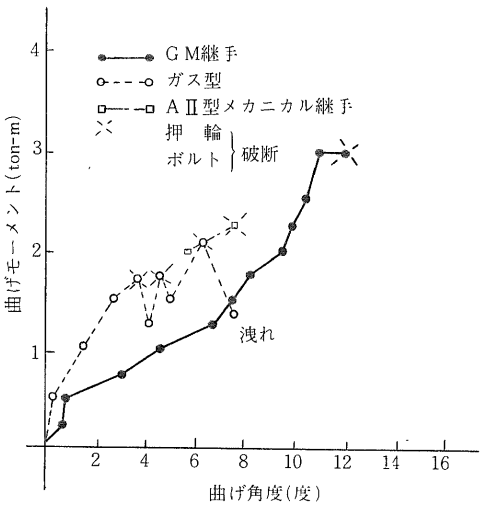
各継手について、図－13に示すような方法で曲げモーメントを与え、その曲げ角度と曲げモーメントの関係を測定した。

図－14は継手の一部が破損するか、または洩れが生じるまでの曲げ角度とモーメントの関係を示す。この図からGM継手は可撓性の大きい継手であることがわかる。

図－13　曲げ試験方法

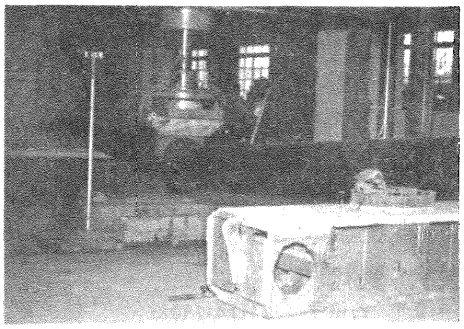


図－14　曲げ試験（200φ）



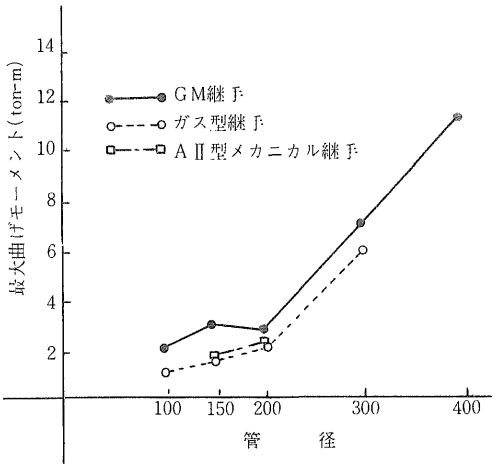
図－15は、最大曲げモーメントの管径別の比較を示し、また図－16は最大曲げ角度の管径による比較を示す。これらの値は、主に押輪ならびにボルトの強度に最も大きい影響を

写真－2　曲げ試験状況

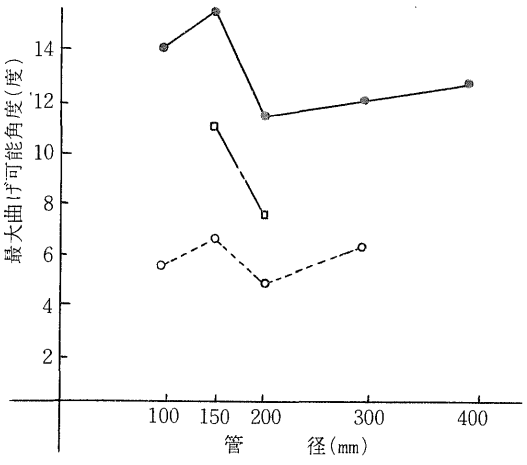


受ける。したがって、GM継手でFC押輪を使った100φ、200φについてはFCD押輪を使った。他のサイズに比較し小さい値となっている。

図－15　最大曲げモーメント管径別比較



図－16　最大曲げ角度管径別比較

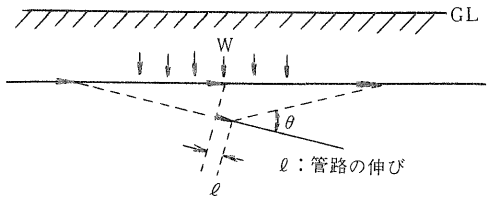


4.2.2. 拘束曲げ試験

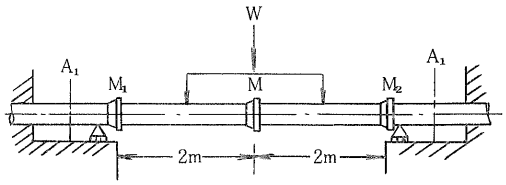
実際の管路において継手部が曲げられる場合には、隣接する管は土により拘束されているので単純な曲げではなく、継手部が抜出しながら曲ることになる(図－17)。

この状態を再現した試験が図－18、写真－3に示すものである。

図－17　埋設管に加わる曲げ



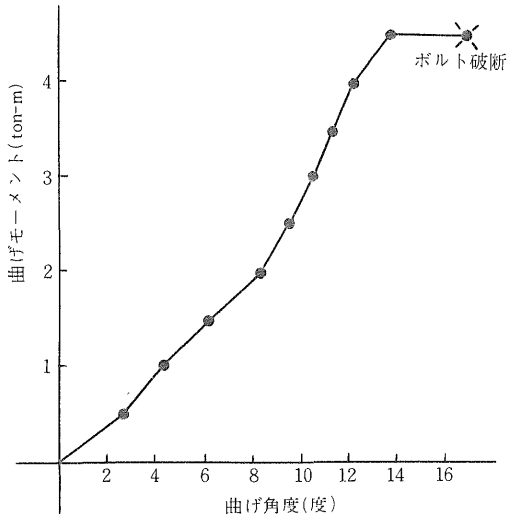
図－18　拘束曲げ試験方法(200φ)



写真－3　拘束曲げ試験状況(200φ)

この試験では、中央部継手の曲げ角度と曲げモーメントの関係(図－19)の他に、A_1 A_2 断面における軸方向応力を測定した。その結果、最終角度(曲げモーメント4 ton-mの時)においても、A_1 A_2の軸方向引張力は700kg程度であり、このような状態では軸方向にはほとんど拘束されていないと考えてよく、継手部M_1およびM_2の曲げモーメントという形で隣接管の影響を受けている。管の単位長が大きい実際の管路では、軸方向の拘束力が加わり、曲げモーメントはさらに大きくなると思われる。

図－19　拘束曲げ試験(200φ)



4.3. 気密性

継手部にくり返しの曲げ（振動）を加え、気密性を確認した。

弾性体であるゴムを使用している関係上、極めて大きい曲げ角度にも、また大振幅の振動に対しても気密性は十分保持される(表-1)。

5. 考　察

以上、GM継手の性能について述べたので、ここで多少その検討経過を述べる。検討は主として抜出阻止力の向上、曲げ角度、抵抗曲げモーメントの増大という面から実施した。

5.1. ロックリング

5.1.1. 機　能

①継手に抜出力が加わった場合の抜出阻止力を発生させるためのひっかかりとしての役割。

②ゴム輪の圧縮率を一定に保つスペーサーとしての役割。

③ゴムのコールドフローの阻止。

④受口と挿口にアンバランスの荷重が加わった場合の偏心防止。

⑤芯出しの際のスペーサー。

⑥押輪との間にゴムをサンドイッチにして応力を与え、気密性を与えること。

5.1.2. 要求される性質

①引抜力が加わった時、せん断されないこと。

②引抜力が加わった時、ねじれを生じ溝から外れないこと。

③長期間物性値に変化のないこと。

④迷送電流の影響を受けないよう絶縁効果があること。

⑤挿入時に塑性変形を起こさないこと。

5.1.3. 検討経過

具体的には鋼、ダクタイル鋳鉄のほかに、プラスチックスについても検討を加えた。

引抜力が働いた時のロックリングに加わる力は図－20に示す状態であり、挿口溝部によりせん断力を受ける。最大せん断力の生じるせん断面（点線）を求めるとつぎのようになる。

$$S = V/\cos\theta$$

$$F = f\sin\theta$$

$$\frac{d}{d\theta}\cdot\frac{F}{S} = 0 \qquad \theta = \frac{\pi}{4}$$

最大せん断力

表－1　気密試験結果

継手形式	試験 No.	サイズ	テスト圧力 kg/cm²	振巾（度）	振動数（回/分）	振動回数	結果
GM継手	1	200	5	5	1	10	異常なし
	2	200	5	5	1	10	〃
	3	100	3	2	360	1,800	〃
	4	100	3	2	360	10,800	〃
ガス型（ゴム輪付）	1	100	3	2	360	2,160	異常なし
	2	100	3（水）	2	360	2,160	〃

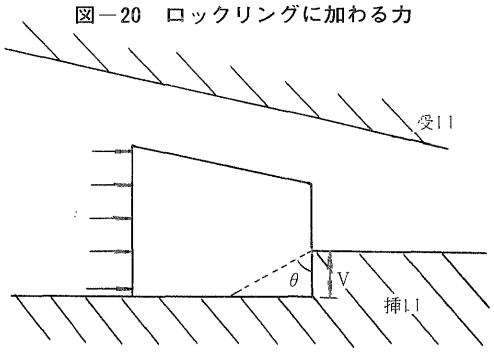
（水）は水圧で実施したことを示す

表－2　各種プラスチックス物性

種　　類	せん断強さ*1 kg/cm² (20℃) (ASTM D732)	縦弾性係数*2 (引張弾性率) (ASTM D638 kg/mm²)
硬質塩化ビニール	710	240～420
メタクリル樹脂	690	220
ポリカーボネート	690	250
ポリスチレン	490	290～430
ABS樹脂	470	160～260
ポリプロピレン	360	80～130

*1 三菱樹脂KKによる　　*2 工業材料69年10月号による

図－20　ロックリングに加わる力



$$\frac{f\cdot\frac{1}{\sqrt{2}}}{V\cdot\sqrt{2}}=\frac{f}{2V}=800\text{kg/cm}^2$$

f：管外周1cm当りの抜出力
320kg/cm(各サイズ共)

S：ロックリング1cm当りのせん断面積
cm²/cm

V：溝深さ　0.2cm

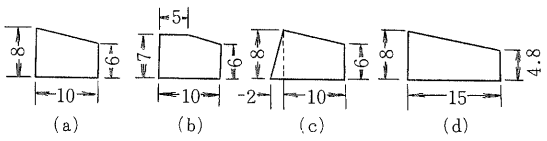
一般的なプラスチックスのせん断強さを表－2に示す。

プラスチックスはせん断強さの不足の他に引張弾性率が鉄鋼に比べ2ケタ小さく挿口溝に装着した際の密着力が弱く、接合時にはずれる可能性が大きいことも欠点である。

表－3にポリエチレンを使った場合の結果を示す。(ポリエチレンのせん断強さはポリプロピレンのそれとほぼ等しいと思われる)

ロックリングの形状ならびに寸法については、図－21に示すものについて検討を加えた。150φ以下の細いパイプについては(a)の形で問題ないが、200φ以上に関してはねじれることがあり、そのため(b)(c)(d)の形について実験を重ねた。いずれの形状も溝からのはずれは完全に防止できたが、(b)(c)はバックアップリングがロックリングを乗り越える欠点がある。

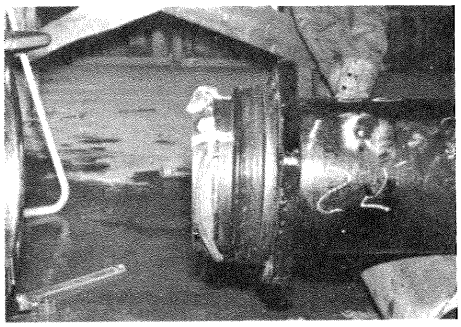
図－21　ロックリング形状(単位mm)



表－3　ロックリング材質形状による抜出阻止力の変化

呼び径	試験No.	ロックリング形状、材質	抜出阻止力 (ton)	試験終了後の状態
200	41	8 6 10 FCD	19.5	ロックリングにねじれが生じ溝からはずれる
〃	42	8 6 12 FCD	17.3	バックアップリングが、ロックリングに乗り上げる (写－4)
〃	40	7 6 10 FCD	19.5	同　上
〃	99	8 4.8 15 FCD	21.7以上	異常なし (写－5)
150	別1	ポリエチレン	7.8	ロックリングが溝部でせん断される
〃	別2	同　上	9.1	同　上
〃	16	7 5 10 FCD	16.9以上	異常なし

写真－4



写真－5

5.2. バックアップリング

5.2.1. 機　能

①ゴムがロックリングに当って損傷させることを防止すること。

②管のだ円や引抜力が加わった場合、ロックリングと受口の間に生じるすき間を、自身の変形によって埋め、ゴムのはみ出し（コールドフロー）を防ぐこと。

③ロックリングが使用できない個所（スリーブ連絡部の片側など）では、それ自身がスペーサーとなり、またゴムに応力を与え、かつコールドフローを防ぐこと。

④ゴムが直接ガス中の溶剤成分に接しないようにすること。

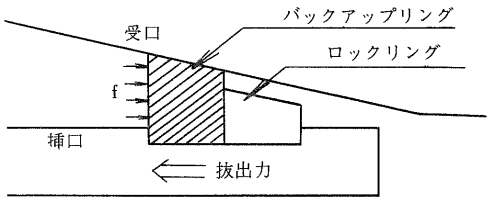
5.2.2. 要求される性質

要求される機能から断面形状が比較的自由に変形すること、ロックリングの切断部などに当って切断されないほどの引張強度をもつこと、ゴムに傷をつけないこと、長期間の物性値の変化が少ないことなどが要求される。

5.2.3. 検討経過

バックアップリングには、図－22に示すようにゴムから力が加わる。また、ロックリング切口でも写真－7に示すようにせん断的な力をうける。これらの力がバックアップリングに与える影響は、その材質、ロックリングの形状（エッジの有無）などにより大きく変化し、数値的な取り扱いは困難である。実験結果を表－4に示す。

図－22　バックアップリングに加わる力



表－4　バックアップリング材質による抜出阻止力の変化

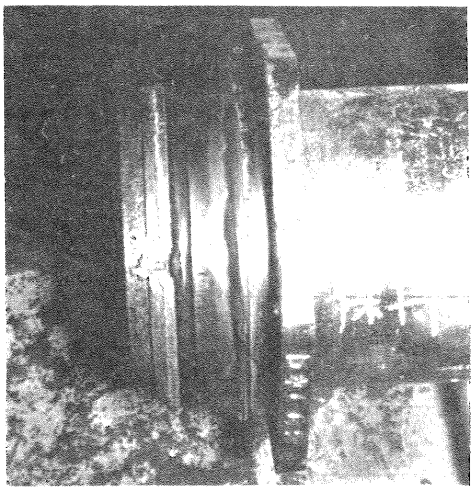
呼び径	試験No.	バックアップリング材質	ロックリング形状	抜出阻止力（ton）	結　果
200	1	グラファイト含侵アスベスト		15.2	BR（バックアップリング）がLR（ロックリング）でせん断（写－6）
〃	5	ゴムモールドアスベスト	同　上	17.3	BRがLR切目で切断寸前。LRが溝から外れる（写－7）
〃	48	ゴムモールドコットン		19.5	BRがLR上に回転してのり上げ（写－8）
〃	47	ナイロン編ひも	同　上	21.7以上	異常なし（写－9）
150	19	ゴムモールドアスベスト		16.9	BRがLR切目でせん断
〃	20	ゴムモールドジュート		15.6	同　上
〃	21	ゴムモールドジュート（ベンゾール24h浸漬）	同　上	13.0	全周にわたってBRがせん断
〃	97	ナイロン編ひも		16.9以上	異常なし

表－5　ゴムモールド品の溶剤によるせん断強さの低下　（単位kg/cm²）

種類　放置日数＊	0	3	6
ゴムモールドアスベスト	178	39	39
ゴムモールドジュート	130	53	45
ゴムモールドコットン	187	106	109

＊ベンゾール100% 蒸気中に放置

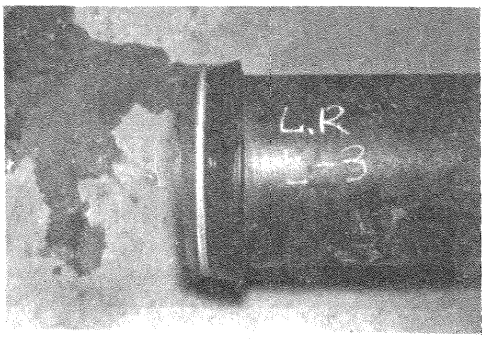
写真－6



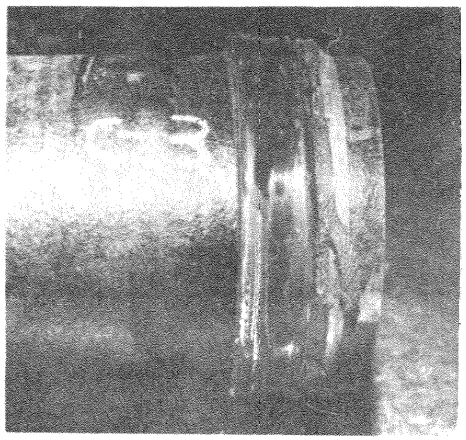
写真－7

写真－8

写真－9



写真－10



各種の実験結果から、バックアップリングの材質と抜出阻止力との関係について、つぎのようにいえる。

①グラファイト含浸アスベストのような引張強さが小さく、また非常に軟かいものはロックリングと受口の間にできるすき間から押出され、ゴムの保護に役立たない。

②ゴムモールドアスベスト、ゴムモールドジュートのような引張強さが比較的小さく、かつ硬いもの（断面形状が自由に変化しないもの）は、ロックリングのエッジでせん断される。また、ゴムモールド品は溶剤の吸収により、せん断強さが大幅に低下することも欠点である。

③ナイロン編ヒモのように引張強さが大きく、軟かいものが引抜力に対し最も好結果を得る。

5.3. ゴ　ム

5.3.1. 機　能

①気密性を保持すること。

②引抜力が加わった場合に発生する力に耐えること。

5.3.2. 要求される性質

①管表面の凹凸になじんで気密性に富むこと。

②埋設後、外力などによる接合部のすき間の変化、あるいは振動に追随してゴムが変形すること、すなわちゴム弾性のよいこと。

③長期間にわたって気密性を保持すること、すなわち応力緩和特性のよいこと。

④供給ガスの成分の影響による物性変化が小さいこと、すなわち耐溶剤性などが良好なこと。

⑤使用雰囲気での老化特性が良好なこと。

⑥押輪による締付け、引抜力が加わった時の大きな力に耐え得る機械的強度、すなわち引き裂き強度、引張強度が良好なこと。

5.3.3. 検討経過

ゴムは耐久性、耐溶剤性などに優れていることはもちろんであるが、機械的性質も重要である。ゴムの機械的性質（硬度、引張強さ、引き裂き強さ）が継手性能に与える影響を簡単に述べる。試験に使用したゴムは、表－6に示すものであり、その結果を表－7に示す。

表－7からみて、ゴムの機械的性質として最も大きい影響を与えるのは引き裂き強さであることが推定される。角ゴムの後方に硬質ゴムを付けた場合、ズックで補強した場合などについても試験を実施したが、よい結果は得られなかった。

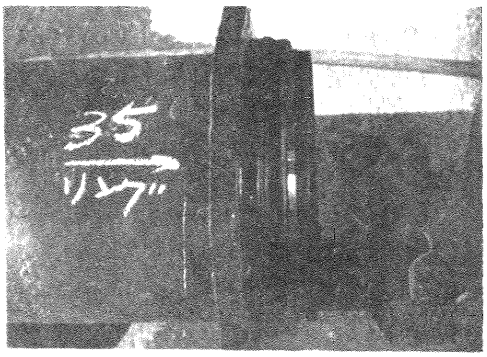
表－6　テスト用ゴムの物性

	引張強さ kg/cm²	伸び (%)	硬度 (Hs)	引裂強さ kg/cm
ゴム A 丸	136	245	75	23
角				
ゴム B 丸	149	440	60	30
角	120	480	69	29
ゴム C 丸	100	440	61	29
角	177	300	73	35

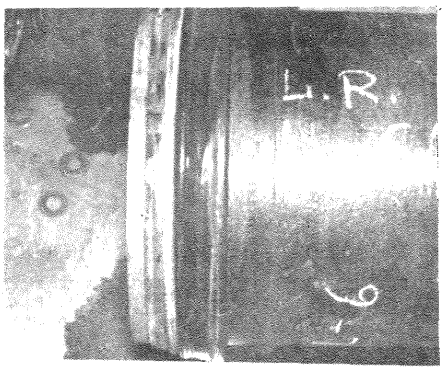
表－7　ゴムの機械的性質による抜出阻止力の変化

呼び径	試験 No.	使用ゴム	抜出阻止力 (ton)	結果
200	50	B	21.7以上	良好（角ゴムの押輪による傷は試験No.103の場合より大きい）
〃	103	C	21.7以上	良　好
300	61	A	30.9	ゴムが大きくせん断される（写－11）
〃	113	C	30.9以上	良　好（写－12）

写真－11



写真－12



5.4. 押　輪

5.4.1. 機　能

①ゴムを所定の位置に押し込み、ゴムに常に応力を与えること。

②引抜力が加わった場合の抜け止め。

5.4.2. 要求される性質

①引抜力が加わった時の機械的強度に耐えるものであること。とくに押輪全周に均一な力が加わるとは限らないので、多少変形して応力を緩和し得るものの方が有利である。

②ゴムに直接接触するので、ゴムを傷つけないこと。

5.4.3. 検討経過

継手性能に与える影響は大きいが、比較的拘束条件の少ない部品であり、機械的強度のみ考慮すればよいので省略する。

5.5. ボルト

5.5.1. 機　能

①押輪を介してゴムに必要な応力を長期的に与えること。

②抜出力が加わった場合の力に耐えること。

5.5.2. 要求される性質

①引抜力に耐える強度をもつこと。

②機械的強度の低下が少ないこと。すなわち、埋設管では腐食による強度低下が見込まれるので耐食性が良好なこと。

③耐力が大きく、かつ最終的には十分な伸びを有していること。

④ボルトを締め付ける際、焼付を起こさないこと。

5.5.3. 検討経過

GM継手において、ボルトが腐食するということは漏洩に結びつく危険があるので、耐食性にすぐれたものが必要であることはいうまでもないが、その他ボルトの伸び、破断強さが継手に与える影響も大きい。表－8に伸びが抜出阻止力に与える影響を示す。

すなわち、ボルトが伸びることにより、受口とロックリングのすき間が大きくなり、ゴム、バックアップリングが押し出されやすくなり、抜出阻止力が低下する。したがって、目標とする抜出阻止力では、ボルトの応力が耐力以内になるよう設計せねばならない。

6. 結　言

今回、鋳鉄管接合法としてガス配管用に適した形状――GM継手――（工業所有権出願中）を考案し、現在使用中のガス型継手をうわ廻る性能を得るため各部寸法、材質を変え、試験をくり返し、最終的には

①軸方向抜出阻止力が十分大きい。

②曲げ荷重に対し十分な可撓性をもち、かつ抵抗曲げモーメントも大きい。

③振動荷重に対する気密性にすぐれている。

など、現在使用中の各種継手よりすぐれた機械的性能をもつことを確認した。

この継手は、ゴムについても構造上耐ガス性、耐応力緩和の特性にもすぐれており、ガス導管用として、施工性、機械的性質、耐久性いずれも満足できるものである。

GM継手の採用により継手としての性能、信頼性が向上するとともに、ガス配管工の作業軽減、個人差のない接合、技能修得の容易さ、など利点が多い。また掘削作業の機械化、能率化とあわせて、接合時間の短縮が作業全体の能率化につながるものと考えられる。

表－8　ボルトの伸びによる抜出阻止力の変化

呼び径	試験 No.	ボルト材質サイズ	抜出阻止力 (ton)	ボルトの伸び (平均) mm	ボルト応力計算値 (kg/mm²)	結　果
200	50	FCD M20	21.7	—	15.3	異常なし
〃	51	SUS27 M14	17.3	5.3	26.2	ゴムが受口と挿口の間にはみ出す
〃	52	同　上	19.5	4.5	29.6	ゴムがBR、LRの上にのりあげる
〃	104	SUS50B M14	21.7	最大0.3	32.9	異常なし

■新規格紹介■

日本水道協会規格　JWWA　A　107－1970

水道用遠心力ダクタイル鋳鉄管モルタルライニング

～～～規格改正及び解説～～～

日本水道協会

今回、日本水道協会において、水道用遠心力ダクタイル鋳鉄管モルタルライニング(JWWA　A　107)の規格改正がおこなわれましたので、ここにご紹介いたします。

本規格の誌上掲載について、日本水道協会にいろいろとご協力いただきましたことを、厚くお礼申し上げます。(日本鋳鉄管協会)

1．適用範囲

この規格は、さび止めのためにJWWA　G　105(水道用遠心力ダクタイル鋳鉄管)(以下管という)に施すモルタルライニング(以下ライニングという)について規定する。

2．管

ライニングを施す管は、JWWA　G　105に規定する管で、内面は塗装しないものとする。

3．材料

ライニングに使用する材料は、水道の水質に悪影響を与えないものであって、原則として、つぎの各項による。

3.1 セメント

セメントは、JIS　R　5210(ポルトランドセメント)、JIS　R　5213(フライアッシュセメント)のA種またはB種を使用する。ただし、その他のセメントについて、注文者の承認を得た場合は、これを使用してもさしつかえない。

3.2 混和材

混和材は、カルシウム、サルフォ、アルミネートを主体とするものを適当量使用することができる。

3.3 細骨材

細骨材は、清浄・強硬・耐久的で、ごみ、どろ、有機物などの有害量を含んでいてはならない。

なお、粒度は表－1による。

表－1　粒　度

管の呼び径(mm)	各ふるいを通過する量(%)		
	ライニング厚さ½程度のふるい	0.3mmふるい	0.15mmふるい
250以下	95以上	50以下	
300～900		40以下	5以下
1000以上		30以下	

3.4 水

水は、油、酸、アルカリ、有機物などモルタルの品質に悪影響を及ぼす物質の有害量を含んでいてはならない。

4．モルタル

4.1 モルタル

モルタルは、セメント、細骨材および水またはこれに混和材を加えて十分に練りまぜて作ったもので、ライニングを行なうのに適当な範囲でできるだけ少量の水を用いたもので

なければならない。

4.2 配合比

セメントと細骨材との配合比は1：1.5～3.0(重量比とする)とする。

5. ライニング方法

5.1 管の内面

管の内面は、浮きさび、土砂、油脂などの付着物があってはならない。

5.2 ライニングの施工法

ライニングは、遠心力方法によって施工しなければならない。

5.3 受口内面

管の受口内面に付着したモルタルは、すべて除去しなければならない。

5.4 ライニングの施工場所

ライニングの施工は、直射日光、雨、霜などの極端な気象条件を避けるために、建物の内部で行なわなければならない。

5.5 養生

ライニングを施した管は、8.に規定する品質が得られるように、つぎのいずれかの養生を行なわなければならない。

5.5.1 蒸気養生の場合

(1)蒸気養生は、モルタルを練りまぜたときから2時間以上経過させてから行なうものとする。

(2)蒸気養生の温度は、徐々に上げ、その割合は1時間につき15℃以下とする。

(3)蒸気養生の温度および時間は、表－2による。

表－2　温度および時間

温　度　(℃)	時　間　(h)
35～55	3以上

(4)蒸気養生後は、室内温度の余熱を利用しながら徐々に温度を下げ、室外温度と同一になるまで取り出してはならない。

(5)蒸気養生が終った管は、適当な方法で散水し、少なくとも4日間は常に湿潤状態を保ったのち、7に規定するシールコートを施すものとする。

散水期間中の管は、むしろ・布などで覆い日光の直射、低温度などの影響を受けないように十分な保護をしなければならない。

(6)モルタルに混和材を使用した場合は、蒸気養生後、速やかに7.に規定するシールコートを施すものとする。

5.5.2 蒸気および熱湯浸せき養生の場合

(1)モルタルを練りまぜてから、蒸気養生を行なうまでの時間および蒸気養生の温度を上昇させる割合は、5.5.1の(1)および(2)による。

(2)蒸気養生の温度および時間は表－3による。

表－3　温度および時間

温　度　(℃)	時　間　(h)
45～75	5以上

(3)蒸気養生後は、ライニングが熱いうちに熱湯に浸せきする。その温度および時間は、表－4による。

表－4　温度および時間

温　度　(℃)	時　間　(min)
90以上	5以上

(4)熱湯浸せき養生を終ったライニングは、速やかに7.に規定するシールコートを施すものとする。

6. ライニングの厚さおよび管端部の許容差

ライニングの厚さおよび管端部の許容差は表－5による。

表－5　ライニングの厚さおよび管端部の許容差

単位 mm

管の呼び径	ライニングの厚さ(1)	管端部の許容差
250以下	4	＋2
300～600	6	－1
700～900	8	±2
1000～1200	10	±3
1350以上	12	±4

注（1）管端から50mm以内は、テーパがついてもさつかえない。

7. シールコート

7.1 シールコートは、乾燥後、水質に悪影響を与えないものでなければならない。

7.2 シールコートは、塩化ビニル系重合物、アクリル系重合物または注文者の指定した

ものでなければならない。

7.3 シールコートの塗装前には、ライニング面の土砂、ごみ、そのほかの付着物を除去し、かつ、表面を乾燥させる。

7.4 シールコートは、吹き付け、またははけ塗りにより均等に塗装し、塗装量は約 100 g/m² とする。

8. ライニングの品質

8.1 ライニングは、厚さおよび質が均一で吸水性が低く、有害なひび割れ、はがれなどの欠点があってはならない。

8.2 ライニングの仕上がり面は、なめらかでなければならない。

9. 試験方法

9.1 8.1のはがれの試験は、シールコートの乾燥後、小型のつちでライニング面を軽くたたいて行なう。

9.2 注文者が必要と認めた場合は、上記のほかの試験を行なうことができる。

10. 検査

10.1 検査は、厚さ、外観および9.1の検査について管1本ごとに行なう。

10.2 厚さ検査は、のぎす、ゲージまたはその他の計器を用いてはかり、6.の規定に適合すれば合格とする。

10.3 外観検査は、目視により行ない、5.3、7.4および8.の規定に適合すれば合格とする。

10.4 はがれの検査は、9.1の試験を行ない、異常がなければ合格とする。ただし、軽微なはがれなどで注文者の承認を得た場合は、補修することができる。

11. 表示

内面の見やすい場所に容易に消えない方法で、ライニングの施工年月日を明記しなければならない。

□解　説□

1. まえがき

この規格は、昭和42年3月28日に制定されたものであるが、その後、新しく開発された使用材料、進歩した製造技術などについて検討することとなり、水道用鋳鉄管類規格改正専門委員会において調査・研究の結果、規格改正案を作成し、工務常設調査委員会に諮って審議の上、昭和45年7月20日付の書面審議において規格改正を決定した。

主なる改正点は、つぎのとおりである。

1.セメントと細骨材との配合比を改めた。

2.混和材を新たに規定した。

3.モルタルライニングの養生方法を改めた。

4.シールコートから瀝青質系のものを削除した。

Ⅱ改正または追加した規格の各項について

3. 材料

ライニングに使用する材料については、従来は“とくに指定のない限り、つぎの各項による。”となっていたが、最近の規格表現方法を参考にして検討の結果、“原則として……”と改めた。

3.2 混和材

混和材については、本規格制定の際にも種種検討を行ない、良質のものはライニングに有効であることが判ったが、多種のため規定が困難であり、研究課題となっていた。

しかし、その後、研究を継続した結果、カルシウム、サルフォ、アルミネートを主体とする無機質の製品を混和材として使用した場合、セメントの欠点である収縮を防ぐ作用があり、これを使用することによってモルタルライニング面の亀裂・はく離など、品質上の欠点をかなり解消することが判明したので、今回、この種の混和材の使用を規定した。

なお、その使用量は、セメントに対して内割で7～12%が適量といわれている。

有機質の混和材についても、種々論議されたが、さらに検討を要するので、今後の研究課題とした。

4. モルタル

4.2 配合比

セメントと細骨材との配合比は、従来1：1.5～2.2と規定されていたが、とくに大口径管のようにライニングの厚さが厚いものには、配合比の大きい方がモルタルライニングの収

縮、セメントペーストの分離などの欠点を低減させるので、ライニングの品質に好ましい影響を及ぼす。

よって、今回その配合比を1：1.5～3.0と改めた。

5．ライニング方法

5.2 ライニングの施工方法

従来、本項に規定してあったライニングの品質的事項については、8.1へ掲げた。

5.5 養生

ライニングを施した管の養生には、従来、蒸気養生を行なう場合と蒸気養生を行なわない場合とについて規定してあったが、種々検討の結果、今回は蒸気養生の場合と蒸気養生後に熱湯浸せきを行なう場合について規定した。またシールコートは必ず施すこととした。

5.5.1 蒸気養生の場合ライニング後の養生のうち、従来規定してあった“蒸気養生を行なわない場合”については、現在ほとんどこの方法がとられていないので、これを削除し、ライニング後はすべての管について蒸気養生を行なって、初期強度の向上と品質の安定をはかることとした。

(6)混和材を配合したモルタルの場合について新たに規定した。この場合、混和材を配合しない場合の養生と同等、またはそれ以上の品質が得られるので、蒸気養生後は速やかにシールコートを施すこととした。

5.5.2 蒸気および熱湯浸せき養生の場合今回新たに追加規定した養生方法である。

これは、蒸気養生後、熱湯へ浸せきすることによってモルタルの水和に必要な水分の供給を行ない、その後、速かにシールコートを施すことによって、なお一層の品質向上効果が得られるものである。

なお、この場合の蒸気養生の温度と時間を表－3、また熱湯の温度と浸せき時間を表－4として掲げた。

6．ライニングの厚さおよび管端部の許容差

ライニングの厚さについては、従来、ライニング方法の中に規定されていたが、検討の結果、規格扱い上の便から、新たに項を設けた。

7．シールコート

シールコートについては、その組成を細かく規定せず、主成分の樹脂名のみを掲げることとした。また、アクリル系シールコートは、耐水性・耐候性などすぐれた性能を示すので、新たに規定した。

なお、従来、規定してあった瀝青質に合成樹脂を加えたシールコートは、従来の塩化ビニル系ならびに今回規定したアクリル系に比して、その性能が劣るので、これを削除した。

8．ライニングの品質

従来、5.2 のライニングの施工方法および7.シールコートの規定中に掲げてあったモルタルライニングの品質的事項を統括して新たに項を設けた。

9．試験方法

“密着試験”については、具体的に8.1に規定してある“はがれ”について行なうよう改めた。

なお、検査を実施する時期については、シールコートの乾燥後に行なうこととした。

JWWA A 107(水道用遠心力ダクタイル鋳鉄管モルタルライニング)規格改正比較表

ページ	現　行	ページ	改　正	備　考
1	**1.適用範囲**　この規格は、さび止めのために水道用遠心力ダクタイル鋳鉄管（以下管という）	1	**1.適用範囲**　この規格は、さび止めのためにJWWA G 105（水道用遠心力ダクタイル鋳鉄管）(以下管という)～	ーを追加した。
1	**3.材料**　～に悪影響を与えないものであって、とくに指定のない限り、つぎの各項による。	1	**3.材料**　～に悪影響を与えないものであって、原則として、つぎの各項による。 3.2 混和材　混和材は、カルシウム、サルフォアルミネートを主体とするものを適当量使用することができる。	～を改正した。 新たに規定した。 3.2 混和材の追加により繰り上げた。

	3.2 細骨材 なお、粒度の標準は、表－1による。 表－1		3.3 細骨材 なお、粒度は表－1による。 表－1 粒度	…を削除した。 －を追加した。
2	**4.モルタル** 4.1 モルタル　～および水を十分に練り～ 4.2 配合比　配合比の標準は、1：1.5～2.2(重量比)とする。	2	**4.モルタル** 4.1 モルタル　～および水またはこれに混和材を加えて十分に練り～ 4.2 配合比　配合比は、1：1.5～3.0(重量比)とする。	－を追加した。 …を削除し、～を改正した。
2	**5.ライニング方法** 5.1 管の内面　～油脂などの有害な付着物～ 5.2 ライニングの施工方法　ライニングは、**モルタルが管の内面によく密着するように**遠心力方法によって**行ない、厚さおよび質が均一で、吸水性が低く、ひび割れ、はがれなどの欠点が生じないように**施工しなければならない。	2	**5.ライニング方法** 5.1 管の内面　～油脂などの付着物～ 5.2 ライニングの施工方法　ライニングは、遠心力方法によって施工しなければならない。	…を削除した。 太文字の一部を8.ライニングの品質へ移行した。
2	5.5 養生 5.5.1 ライニングを施した管は、満足な結果が得られる方法で養生を行なわなければならない。	3	5.5 養生　ライニングを施した管は、8.に規定する品質が得られるようにつぎのいずれかの養生を行なわなければならない。	～を改正した。
2	5.5.2 蒸気養生**を行なう場合には、つぎの各項によるものとする。** (1)モルタルを練り混ぜたときから2時間以上経過するまでは、蒸気養生を行なってはならない。 (2)蒸気室の温度は～ (3)～の温度および時間の標準は、～ 表－2	3	5.5.1 蒸気養生**の場合** (1)蒸気養生はモルタルを練りまぜたときから2時間以上経過させてから行なうものとする。 (2)蒸気養生の温度は～ (3)～の温度および時間は、～ 表－2　温度および時間	太文字の表現方法を改めた。 ～を改正した。 …を削除した。 －を追加した。
3	(5)蒸気養生が終った管は、適当な方法で散水して、少なくとも4日間は常に湿潤状態を保ったのち、7.に規定するシールコートを施すことを原則とする。 (6)シールコートを施さない場合は、～とする。 (7)散水期間中の管は、むしろ、布などで覆い、日光の直射、低温度などの影響を受けないように、十分な保護をしなければならない。	3	(5)蒸気養生が終った管は、適当な方法で散水し、少なくとも4日間は常に湿潤状態を保ったのち、7.に規定するシールコートを施すものとする。散水期間中の管は、むしろ布などで覆って日光の直射、低温度などの影響を受けないように十分な保護をしなければならない。 (6)モルタルに混和材を使用した場合は蒸気養生後、速やかに7.に規定するシールコートを施すものとする。	従来、シールコートは原則として施していたが、今回、全製品に施すようにした。 よってシールコートを施さない場合の規定を削除した。 3.2 混和材の新たな規定により追加した。
3	5.5.3 蒸気養生を行なわない場合には、つぎの各項によるものとする。 (1) (2)　省　略 (3)	3 4	5.5.2 蒸気養生および熱湯浸せき養生の場合 (1)モルタルを練りまぜてから、蒸気養生を行なうまでの時間および蒸気養生の温度を上昇させる割合は5.5.1の(1)および(2)による。 (2)蒸気養生の温度および時間は、表－3による。 表－3　温度および時間 温度(℃)：45～75　時間(h)：5以上	今回、養生は蒸気養生または熱湯浸せき養生（新しく規定した養生）のいずれかを必らず行なうので、それ以外の規定は削除した。 その他は、新たに規定したもの

<table>
<tr><th>ページ</th><th>現　　行</th><th>ページ</th><th>改　　正</th><th>備　　考</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td>4</td><td>(3)蒸気養生後は、ライニングが熱いうちに熱湯に浸せきする。その温度および時間は表－4による。
表－4　温度および時間
<table><tr><th>温　度（℃）</th><th>時　間(min)</th></tr><tr><td>90以上</td><td>5以上</td></tr></table>(4)熱湯浸せき養生を終った管のライニングには、速やかに7.に規定するシールコートを施すものとする。</td><td>新たに規定したもの。</td></tr>
<tr><td>3</td><td>5.6 ライニングの厚さ　ライニングの厚さおよび許容差は、表－3による。
表－3
<table><tr><th>呼び径</th><th>ライニングの厚さ（1）</th><th>管端部の許容差</th></tr><tr><td>250以下</td><td>4</td><td>＋2</td></tr><tr><td>300～600</td><td>6</td><td>－1</td></tr><tr><td>700～900</td><td>8</td><td>±2</td></tr></table></td><td>4</td><td>6.ライニングの厚さおよび管端部の許容差　ライニングの厚さおよび管端部の許容差は、表－5による。
表－5　ライニングの厚さおよび管端部の許容差　単位mm
<table><tr><th>管の呼び径</th><th>ライニングの厚さ（1）</th><th>管端部の許容差</th></tr><tr><td>250以下</td><td>4</td><td>＋2</td></tr><tr><td>300～600</td><td>6</td><td>－1</td></tr><tr><td>700～900</td><td>8</td><td>±2</td></tr></table></td><td>－を追加した。
表－5のタイトルを新たに規定した。
呼び径の欄に管のを追加した。</td></tr>
<tr><td>4</td><td>7.シールコート
7.3 シールコートは、衛生上有害な影響を及ぼさないもので、乾燥後は水に溶けず、かつ、水に悪臭を与えず、寒暑によって異常を生じないものでなければならない。
7.2 シールコートは、塩化ビニル－塩化ビニリデン共重合物、塩化ビニル－酢酸ビニル共重合物、歴青質に合成樹脂を加えたものまたは注文者の指定したものを使用する。
7.5 シールコートは、常温で吹き付けまたははけ塗りにより均等に塗装し、塗装量の標準は100g/㎡とする。</td><td>4</td><td>7.シールコート
7.1 シールコートは、乾燥後、水質に悪影響を与えないものでなければならない。
7.2 シールコートは、塩化ビニル系重合物、アクリル系重合物または注文者の指定したものでなければならない。
7.4 シールコートは、吹き付けまたははけ塗りにより均等に塗装し、塗装量は約100g/㎡とする。</td><td>太文字の表現方法を改めた。
今回、歴青質系のシールコートを削除し、アクリル系を追加した。
…を削除した。</td></tr>
<tr><td>3</td><td>6.ライニングの仕上り
6.1 ライニングは、厚さが均一で有害なひび割れ、はがれなどの欠点があってはならない。</td><td>5</td><td>8.ライニングの品質
8.1 ライニングは、厚さおよび質が均一で吸水性が低く、有害なひび割れ、はがれなどの欠点があってはならない。</td><td>～を改正した。
－を追加した。</td></tr>
<tr><td>4</td><td>8.試験方法
8.1 密着試験　密着試験は、散水期間を終り、1日乾燥を行なったのちに、小形のつちでライニング面を軽くたたいて行なう。</td><td>5</td><td>9.試験方法
9.1 8.1 のはがれの試験は、シールコートの乾燥後、小形のつちでライニング面を軽くたたいて行なう。</td><td>～を改正した。</td></tr>
<tr><td>4</td><td>9.検査
9.1 検査は、外観、寸法および密着試験について、管1本ごとに行なう。
9.3 寸法検査は、のぎす、ゲージまたはその他の計器を用いて行ない5.6の～
9.4 密着試験は、8.1 の試験を行ない、はがれなどがなければ～</td><td>5</td><td>10.検査
10.1 検査は、厚さ、外観および9.1の検査について管1本ごとに行なう。
10.2 厚さ検査は、のぎす、ゲージまたはその他の計器を用いてはかり、6.の～
10.4 はがれの検査は、9.1の試験を行ない、異常がなければ～</td><td>～を改正した。
～を改正した。
～を改正した。
上記のほか、字句の一部を補足ならびに修正した。　以上</td></tr>
</table>

海外事情紹介

欧米の水道界における鋳鉄管

—現地調査報告—

日本鋳鉄管協会技術専門委員会
＊ 副委員長 宮岡 正
＊＊委 員 長尾正三

昨年の２月より３月迄の約２ヵ月間、欧米の水道、ガス、パイプ事情を調査し、その全般的な状況などについては既に“鋳鉄管”No. 7および“ガス協会誌”23巻３号に掲載したが、本号では欧米の代表的な都市の水道で、鋳鉄管がいかに使用され、いかなる評価を受けているかについて焦点を合せて記載し、諸賢のご参考に供したい。

なお各都市の水道局に対しては、訪問に先だって、予め詳細なる質問状を発送して、資料を準備してもらい、できるだけ実りのある調査ができる様にした。

われわれ両名の資格としては、特に日本水道協会の小林理事長から先方にご紹介をいただき、日水協の特別会員として訪問したため、調査面談者は下記にも示す様に大体において水道局の技師長クラスの責任者と、給・配水担当の専門技術者数名で応対、説明してくれたため権威のある確実な資料が得られると共に、当方としても日本水道協会の特別会員であって、特定の業界を代表するものではないという立場で、パイプ全般にわたって先方の自由な偏見のない意見を引き出す様、特に留意した。本稿では、そのうち鋳鉄管に関連するものに限って報告し、その他の管種については別の機会にゆずることにする。

◇ ◇ ◇

◇ ◇ ◇

調査対象および直接面談責任者名

アメリカ	シカゴ市水道局	
	Chief Water Engineer	
	Mr. R. O. Waller	
	ニューヨーク市水道局	
	Chief Engineer	
	Mr. A. Groopman	
	ロスアンゼルス市水道局	
	Senior Engineer	
	Mr. T. Mayeda	
	アメリカ水道協会	
	Assist Secretary	
	Mr. J. B. Ramsey	
イギリス	ロンドン市水道局	
	Assist Distribution Engr	
	Mr. A. L. Gregor	
	英国水道技術者協会	
	Secretary	
	Mr. W. O. Skeat	
フランス	パリ市水道局	
	Distribution Chief Engr	
	Mr. Legrand	
ドイツ	デュッセルドルフ市水道局	
	Betr. Director	
	Mr. Eisenhauer	
ベルギー	ブラッセル市水道公社	
	Le Vice President	
オランダ	アムステルダム市水道局	
	Director	

Mr. Cvander Veen
ノルウェー　オスロ市水道局
Chief Engineer
Mr. E. Hangnes
スウェーデン　ストックホルム市水道局
Director
Mr. S. Anderberg
デンマーク　コペーハーゲン市水道局
Chief Engineer
Mr. U. Fischer

〔記号説明〕
DCI…ダクタイル管　AP…石　綿　管
CIP…鋳　鉄　管　CP…コンクリート管
SP …鋼　　管　PP…プラスチック管

シカゴ市水道局(アメリカ)

人口：464万人
給水量：10億549万gal/日 (380万m³/日)
パイプ口径：4″～60″(但し現在新設は消火栓の関係で6″及び以下は使わない。)

ミシガン湖 ―トンネル(8～12FTφ)→ 浄水場 ―トンネル→
ポンプ場 ―→ 60～24″送水管 ―→ 24″～16″配水管 ―→

使用比率：

CIP(鋳鉄管)	3,925miles	95.57%
DCI(ダクタイル管)	87 〃	2.12%
SP (鋼管)	8 〃	0.21%
CP (コンクリート管)	86 〃	2.10%

鋳鉄管に対する評価：シカゴ最古の鋳鉄管は1852年に埋めたものであるが今なお完全に生きている。1965年以降は鋳鉄管は全部ダクタイル管を採用している。その設計寿命は 100年と考えている。その耐久性と確実さの故に全面的にダクタイル管を使用している。

石炭殻で埋立てた工業地帯は非常に腐食性が強いので、ポリエチレンスリーブを使ったが、施工も簡単だし、コストも全工事費に対してはほとんど無視し得る程に僅少なので、今後は全ダクタイル管に使用することに決めた。こうしておけば将来、迷走電流による腐食の防止にも役立つ。古い36″鋳鉄管の内面にサビコブが生じたこともあり、クリーニング、現地モルタルライニングを施工したらC値が70から130に上った。

仕様：DCI－ＡＳＡ(1965年以降鋳鉄管は使わない)
使用圧力：公称100PSI
継手：99%迄Push－onタイプ
抜止対策：DCI－抜止ジョイントを使う。
(または鋼杭あるいはコンクリート杭を打つ)
内面：セメントライニング
異形管のセメントライニングは研究中だが、まだコストが高い。
外面：普通の瀝青質コーティング
特殊防食法：1965年からポリエチレンスリーブ使用開始。
1968年からはDCI全管路に使うことを原則とした。
寿命計画：100年
寿命実績：1852年のものがいまだに完全である。
施工：湖底の砂(Lake Sand)に置換。水締めまたはタンピング (註)
80～90%は直営。土被５FT、垂直平底溝。
分岐・サドル：ねじ込み。最底４山。
サドル、シール剤は使わない。
(註) 重車道横断及び鉄道の下ではカルバート中に納める。

ニューヨーク市水道局(アメリカ)

給水量：12億5000万gal/日 (475万m³/日)
パイプ口径：8″～72″
使用比率：

CIP	5,800miles	
DCI	最近使用開始。これ迄はコストが高かった。やっと20″で他管種と同じ位になった。8″、12″はまだCIPより25%高い。	
SP	175miles	何れもトランクメインのみに使用
CP	20 〃 (但し５年前から使用始めた)	何れもトランクメインのみに使用

鋳鉄管に対する評価：鋳鉄管は腐食しない。但し腐食性土壌（灰、酸性）の時には、Bedから注意して埋戻にWashed Sandを使うので問題はない。こうしておけばポリエチレンスリーブなどの必要はない。

継手は鉛コーキング印籠形である。長い歴史を通じて漏洩もなく、信頼できる。ダクタイル管は従来コストが高かったのであまり使っていなかったが、最近大口径では安くなったので、将来これに切りかえたい。

仕様：ASA、Class 150鋳鉄管（DCIは使用しはじめたばかり）

使用圧力：100～150PSI

継手：鉛コーキング印籠継手。

抜止対策：コンクリートブロックは使わない。Retaining BeadまたはLug付Jointを使う。（註）

内面：セメントライニング

外面：コールタールコーティング

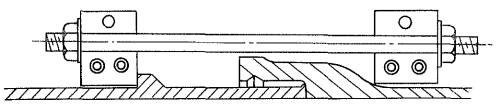
特殊防食法：腐食性土壌に対しはWashed Sandを使う。

寿命計画：80年。但し6″だけは60年(コブのため圧力が下る。今は8″以上しか使わない)。

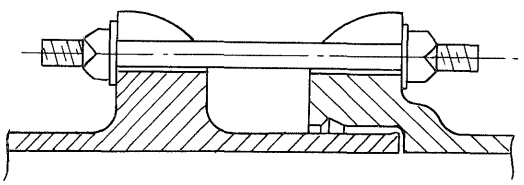
施工：土被4FTmin(凍結限界3FT)。メカニカルタンピング(または水締め)。補修は直営、他は下請に出す。

分岐・サドル：分水栓は2″以下（2″以上はMullerのWet Connectionシール剤は使わぬ）全部サドルを使う。

Retaining Bead & Harness



Cast Iron Lugs



ロスアンゼルス市水道局(アメリカ)

人口：290万人

給水量：4億9000万gal/日（186万m³/日）

パイプ口径：4″～72″

使用比率：CIP　79.9%
SP　13.2%
他　6.9%

鋳鉄管に対する評価：鋳鉄管は腐食の心配がない。もし腐食性土壌なら、Washed Sandに置き換えるのでOK、ポリエチレンスリーブなど必要ない。電食に対してはTyton-Jointだから心配ない。

ダクタイル管の機械的性質が優れていることはよく知っている。目下採用試験中である。

仕様：

	4～8″φ	12″φ	16～20″φ	24″φ	それ以上
ASAclass	22	23	24	25	適宜

使用圧力：250 psi クラスを200—150 psi で使用

継手：タイトン

防止対策：コンクリートブロック

内面：セメントライニング（エポキシは下水用に少量使った経験あり）

外面：瀝青質コーティング

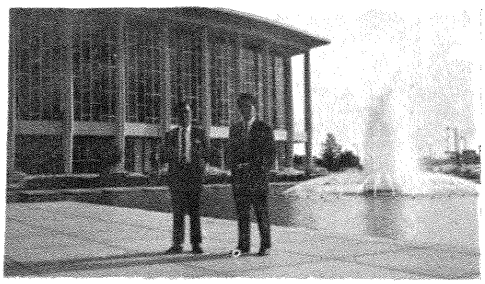
特殊防食法：腐食性地区では埋戻土をWashed Sandに置き換える。

寿命計画：50年

寿命実績：70年

施工：必ず水締めまたはメカニカルタンプする。腐食性土壌または岩の多い所では砂を置換。土被3～4FT、85～90%は直営。

分岐・サドル：ねじ込む。シール剤・サドルは使わない。



ロスアンゼルス市水道局前での宮岡部長(左)と長尾課長

米国水道協会（AWWA）

米国の水道において使用される配水管は鋳鉄管が多い。なかでも小口径管では未だ鋳鉄管が多いが、中口径管になるとダクタイル鋳鉄管が多くなって来ている。またシカゴ、フィラデルフィア等の市街地では小口径管もダクタイル鋳鉄管を使用している。

仕様：CIP、DCI、共にAWWA規格（ASA規格と同一）による。

使用圧力：max 350psi

継手：90%がPush-on型である。但し寸法公差はAWWAの規格には入れず、メーカーのスタンダードとしてある。

内面塗装：CIP、DCI共に米国では水道用管の内面は総てセメントモルタルライニング＋シールコートである。

外面塗装：通常は薄い瀝青質の塗装である。

特殊防食法：ポリエチレンスリーブ法は有効だ。1968年12月に米国規格協会の下にDraft Standardをつくる委員会が設けられた。

腐食性土壌では管の周囲の3～6″の土を砂または砂利に置き換える方法もあるが、ポリエチレン・スクープ法はこれをさらに確実にする。

分岐・サドル：DCI規格制定の際、管厚とねじ山数の関係で意見が一致せず紛糾したため、タッピングの事は一応切り離し肉厚の選定をユーザーにまかせる事になったいきさつがある。一般に米国ではムーラー式でねじを切っている。

米国鋳鉄管協会があるビル（正面）

ロンドン市水道局（イギリス）

給水量：3億8600万gal/日（175万m³/日）

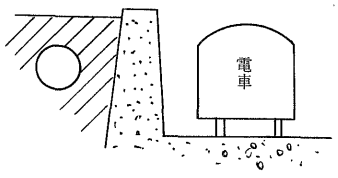
パイプ口径：4″～60″

使用比率：

4″	4,700miles
6″	750 〃
8″	130 〃
9″	190 〃
12″	430 〃
18″	120 〃
24″	150 〃
30″	180 〃
36″	130 〃
42″	80 〃
48″	50 〃
60″	20 〃（管種別比率は不明）

鋳鉄管に対する評価：鋳鉄管の寿命は実際に100年もっている。事実非常に特殊な場所以外では腐食しない。腐食性の地域（50年以内に腐食する場所）はわかっているので予め対策を立てる。43年前の42″印籠形鋳鉄管が下図のような配管で450m、スパンで500㎜沈下したがビクともせず立派なものだ。

ダクタイル管はコストが高いのでまだ使用していないが、近い将来コストが下ることを期待している。



仕様：BS 78及び1211、Class C及びD。

使用圧力：Class C及びD（布設後の試験水圧260及び347psi）

継手：STANTONのメカニカル形。但しやがてタイトンにする。
抜止対策：コンクリートブロック
内面：コールタール　ドブ漬（硬水だからセメントライニングの必要はない）
外面：コールタール
特殊防食法：特に必要なし
寿命計画：80年
寿命実績：実際には100年以上たってなお良好。
施工：平底溝、9″毎にタンプ。土被は12″φ以下で3FT、12～24″φで3.6FT、24″φ以上で4FT。本管は専門業者施工。
分岐・サドル：ねじ込み、max 1½″。
サドル、シール剤使わず。

英国水道技術者協会（イギリス）

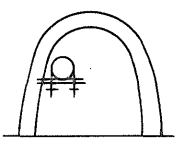
英国においては、パイプの主流は鋳鉄管であり、長年月にわたる優れた実績がある。近時は、交通が激しくなって来たので、強靱なダクタイル管の方が好まれ次第に普及している。将来さらに大口径へ伸びると思われるが、現在英国でなぜ24″までしか製造しないのか不思議だ。スタントン社に聞いてみてくれ。一般的な傾向は下の通りである。
仕様：CIPはBS　DCIはISO-Draftによる。
使用圧力：50—200psi
継手：Push-onが主流。メカニカルは減っている。
抜止対策：コンクリートブロック
内面：Hot dipコールタールが標準であり、セメントライニングは特に指定した時だけ。
外面：Hot dipコールタール
特殊防食法：ポリエチレンスリーブが次第に多くなっている。
寿命計画：
寿命実績：計画的な取替基準のようなものは特別になく、且つ必要ない。
施工：平底溝、3～4FTかぶり。
分岐・サドル：E. Pass & Co.（マンチェスター）に聞け。

☆　☆　☆
☆　☆　☆

パリ市水道局（フランス）

人口：260万人
給水量：79万6000m³/日（max91万9000m³）（飲用水道）
38万4000m³/日（max46万8000m³）（雑用水道）
使用比率：CIP　97.1%
SP　0.6〃
CP　2.1〃　計3,266km（飲用水道のみ）
PP, AP　0.2〃
鋳鉄管に対する評価：パリ水道は特殊構造であり、原則としてパイプはすべて地下道中に布設している。1250φ迄（フランスでは1250φ迄しか製造されていない）は全部ダクタイル管を使用する。10年前から鋳鉄管は一切ダクタイル管に切りかえた。

ダクタイル管（鋳鉄管を含め）を重要視する理由は本質的には腐食問題である。地下道中では湿気が多く腐食し易い材料は使えない。その点鋳鉄管は　るだけでトラブルがない。100年耐えているものがいくらもある。
鉛コーキング継手は不完全で漏洩があって問題だったが、Express（メカニカル継手の一種）になってからは全然問題ない。Automatic（Push-on継手の一種）は挿入器具が地下道中で使えないので駄目。
仕様：（10年前からDCIだけで、鋳鉄管は使わない）　ISO-Draft　K＝9
使用圧力：
継手：Express Joint
抜止対策：（地下道中に納め、すべて添架するので）不要。
内面：水中に$CaCO_3$が多く、、100年間1.5mmのスケールが沈積するので、不必要だが、念のためセメントライニングする。
外面：コールタールで十分。
特殊防食法：不要
寿命計画：
寿命実績：100年以上



施工：地下道建設会社が別にある。水道局はパイプを取りつけるだけ。
分岐・サドル：必ずサドルを使う。
管種の識別：ガス管と水道管との誤認を防ぐため、ガス管については低、中圧管の総てに埋設時に青色の塩化ビニルを被覆した幅40cmの金網（網目40mm）を管の頂部15cmの間隔を離して布設し、以後の識別の便ならしめている。なお十字路等の交互部で管路が複雑な場合には
　電力管……赤　　ガス管……青
　水道管……白
の如く、金網の色分けをして識別の便ならしめている。

デュッセルドルフ市水道局（ドイツ）※

仕様：DIN（即ちISO Draft K=10）
使用水圧：
継手：スクリュージョイント
抜止対策：
内面：セメントライニング
外面：コールタール
特殊防食法：
寿命計画：
寿命実績：
施工：砂で置換　メカニカルタイプ
※デュッセルドルフ市水道局のみは訪問迄に手紙によるアポイントメントが取れず、いわば飛び込みで調査に当ったため、十分な結果が得られなかった。

ブラッセル市水道公社（ベルギー）

最近布設した250φダクタイル管の例。
仕様：仏、ポンタム社規格（輸入品）
使用圧力：6 kg/cm²
継手：Slip-on
抜止対策：コンクリート
内面：セメントライニング
外面：コールタール
特殊防食法：今回は特に腐食性の土壌であったのでDCIを選んだ。すべてポリエチレンスリーブを使用した。
寿命計画：
寿命実績：100年以上のもの多々あり鋳鉄管は耐久性がある。
施工：普通は掘削土で埋戻すが、石炭殻は砂で置換。メカニカルタンプし、その土にpoor concreteを打つ。
土被1.3m、12tonトラック1台、工事は直営。
分岐・サドル：必ずサドルを使う。（鋳鉄製、鉛と皮でシール、ボルトは鋼）

アムステルダム市水道局（オランダ）

パイプ口径：max 1200φ
使用比率：

φ	導水管	送水管
CIP（2″～35″）	1,401.3km	106.9km
SP（400～1000）	1.3〃	0.9〃
AP（2″～8″）	53.7〃	——
PVC（75～400）	104.3〃	4.7〃
ポリエチ（32～160）	4.8〃	0.1〃
ボンナ（300～1200）	20.1〃	13.4〃
センタブ（500～1200）	1.9〃	0.4〃
アーケル（600～1000）	19.1〃	77.3〃

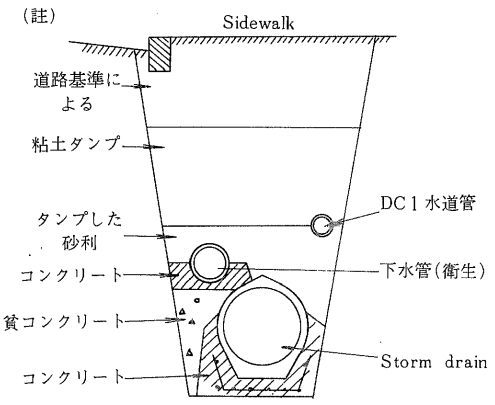
オスロ市水道局（ノルウェー）

人口：50万人
給水量：1億1300万m³/年（31万m³/日）
使用比率：1968年の布設実績

φ	DCI	SP
100	126m	0m
125	123〃	0〃
150	5496〃	0〃
200	6340〃	0〃
250	2048〃	0〃
300	3973〃	0〃
400	922〃	0〃
500	24〃	0〃
600	658〃	0〃
700	1403〃	1750〃
800	836〃	0〃
900	0〃	0〃
1000	0	0〃

鋳鉄管に対する評価：鋳鉄管は耐食性が強く100年以上も使っているものがある。1961年以来鋳鉄管は全面的にダクタイル管に切り替えている。
仕様：ISO-Draft K=10、（インチ制廃止）

使用水圧：3～12kg/cm²（山の上はHead 120 m）
継手：従来は500φ以下はスクリュージョイント、600φ以上はメカニカル。本年からタイトンにする予定。
抜止対策：コンクリート
内面：300φ以下はタップの関係でセメントライニングなし。400φ以上はセメントライニング。但し水が腐食性故、高炉セメントを使う。
外面：瀝青質コーティング
特殊防食性：本年度からは、融雪用塩による腐食を考慮して、市中心部に、また電食を防ぐために鉄道交叉部にポリエチレンスリーブを使う。
寿命計画：80年として設計
寿命実績：100年以上で異常のないものあり。
施工：土被1.85m、歩道下に下水管と一緒に埋める。直営。(註)
分岐・サドル：ゴムシール式ブラス製サドル使用。
事故例：大口径のスクリュージョイントで布設直後に緊付不十分で漏洩することあり。（ゴムの老化、クリープではない。）



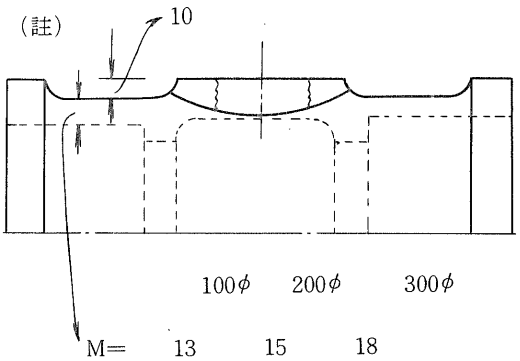
ストックホルム市水道局（スウェーデン）

パイプ口径：メイン400～1400φ、配水100～300φ、スプリンクラー100～200φ、消火栓100～200φ、サービス36～200φ
使用比率：1968年、12月末現在の総延長

CIP	1300km
DCI	54km
SP	216〃
CP	2〃
AP	2〃
PP	6〃

鋳鉄管に対する評価：鋳鉄管は耐食性に優れている。1859年に下町に埋めた6″、12″、19″の一部を1959年に地下鉄工事のため掘上げたが内外面ともほとんど異常ない。今なおOK。しかし交通事情を考慮して1966年以降は鋳鉄管はダクタイル管に切り替えた。ダクタイル管は鋼と同じ強度及び鋳鉄管と同じ耐食性を有している。
まだ3年の経験だが悪い点は1つもない。現在配水管はすべてダクタイル管を使用している。
仕様：DCI、ISO-Draft K＝9 (PONT. A. M)　鋳鉄管　SMS 405、406
継手：DCI—タイトン
抜止対策：コンクリート
内面塗装ライニング：セメントライニング
外面塗装・覆装：アスファルトコーティング
特殊防食法：しない
寿命計画：
寿命実績：1859年に埋めたものでも異常なし。
施工：土被1.7m(凍結1.5m) 掘削土または礫30cm毎にタンプ、700φ以上は業者、以下は直営施工。
分岐・サドル：座付の分岐用短管を使う。(註) 直接ねじ込はしない。

座付分岐用短管



コペンハーゲン市水道局（デンマーク）

人口：66万人

給水量：最大31万m^3/日

パイプ口径：max 1410

使用比率：1968年3月31日現在、浄水場から市中への導水管の総延長

CIP	73km
SP	3〃
コンクリート	19〃
AP	5〃
ボンナ	124〃
センタブ	2〃

鋳鉄管に対する評価：現在、配水管にはすべてダクタイル管を採用している。

仕様：DCI—ISO　Draft　K＝9

継手：最近タイトンを使用し始めた（従来は印籠形）

内面：コールタール

外面：コールタール

寿命計画：

寿命実績：100年前のCIPを掘上げたが問題なし。清掃して再使用。

分岐・サドル：ゴムシール式サドル

ま　と　め

以上はすべて主観をまじえず、調査情報をして語らしめたものであるが、ここで筆者流にまとめてみる。

まずダクタイル管と鋳鉄管の比率であるが、アメリカではどちらかというとダクタイル管よりも鋳鉄管の使用量がまだ多い。

これは主として生産コストの問題であり、特に口径が小さくなる程ダクタイル管の方が高くついているからである。

しかし最近は生産コストも次第に安くなっており、強度・耐久性には勿論、何の問題もないので、急速にダクタイル化の方向へ進んでいる。

規格面では、USAS（元のASA）があり、5種類の管厚が規定され、条件によって選択することになっている。

ところがヨーロッパでは事情が大分異なる。イギリスでは生産量の⅔がダクタイル管で、⅓が鋳鉄管である。ここでもダクタイル管の方が部分的に生産コストが稍高い。大陸に渡ってフランス、ドイツとなるとほとんど100％ダクタイル化しており、EEC諸国、スカンジナビヤ諸国の都市もほとんど全面的に鋳鉄管をダクタイル管に切り替えている。全ヨーロッパを通じて特筆すべきことは、長い実績と伝統をもった各国の寸法基準を一切なげ捨て、管外径・管厚などをISOドラフト一本にしぼっていることである。

これは誠に大英断というべきことであろう。なおISOドラフトの管厚は1種類で、JWWAの3種管によく似ている。次に継手形式であるが、アメリカではガス用にはメカニカルジョイントが使われているが、水道用にはほとんど見られず、小口径から大口径迄を通じて大部分がプッシュ・オン・ジョイント即ちタイトンあるいはファスタイトなどといったゴム一個の簡単な継手になっている。

AWWAの調べでは90％がプッシュ・オンであり、残り10％がフランジ、その他となっている。ヨーロッパでも水道用はほとんどタイトンジョイントを使っている。経済的で工事も速く、性能も極く好評である。

次に異形管について。日本でも今ショートボディー（即ち胴長の短い異形管）が話題にのぼっているが、USASにはショートとロング（従来品）が2本立てで規定されており、実際にはショートの方が多く使用されている。ISOではショートだけであり、しかも品種をできるだけ整理圧縮している。メーカーでは、これらをマスプロラインに乗せて流している。

なお最後に、本調査を準備するにあたって各国の水道当局者に紹介の労を採っていただいた日本水道協会理事長小林重一氏、事務局長西片武治氏、往復書簡の交換にご尽力下さった総務部庶務主任の三浦隆郎氏に紙面を借りて厚くお礼申し上げる。

＊　久保田鉄工株式会社
パイプ鋳物研究所部長

＊＊久保田鉄工株式会社
パイプ鋳物研究所課長

〈寄稿1〉

U形ダクタイル鋳鉄管（φ1500mm）による推進工事について

静岡県駿河工業用水道事務所長
瀬古武彦

Ⅰ．はじめに

都市の開発が盛んになり、日増しに道路網が整備され、交通量の飛躍的な増大をとげている今日、水道管、ガス管、電々公社ゲールなどの道路横断工事は、地下を推進する以外の方法はほとんど不可能の状態になりつつある。従来、推進工事といえばまずヒューム管などの鞘管を押し込み、その中に所定の管を引き込む方法がとられてきたが、鞘管と本管を二重に施工するので、工費、工期の点で経済性に不利なことは否定できなかった。この欠点を補うべく、本管を推進用に仕立て鞘管なしで、そのまま押込む工法が近時開発された。すなわち、鎧装鋼管、重装用鋼管であり、推進用ダクタイル鋳鉄管である。はからずも今回、静岡県東駿河湾工業用水道事業岳南配水管路布設に当り、東海道本線下の横断が生じ、久保田鉄工(株)が開発した推進用ダクタイル管を使用したので、その工事の状況を紙上にて報告し、新たに推進工事をされる方の何らかの参考になれば幸いである。なお、施工は機動建設工業(株)が行った。

Ⅱ．工事概要

1．工事名

東駿河湾工業用水道事業岳南配水管布設工事。

2．工事場所

富士市十兵衛地内。

3．管　路

管路図を図－1に示す。

4．推進期間

昭和44年3月6日～3月13日。

5．土　質

礫まじり砂、地下水なし。

6．施　工

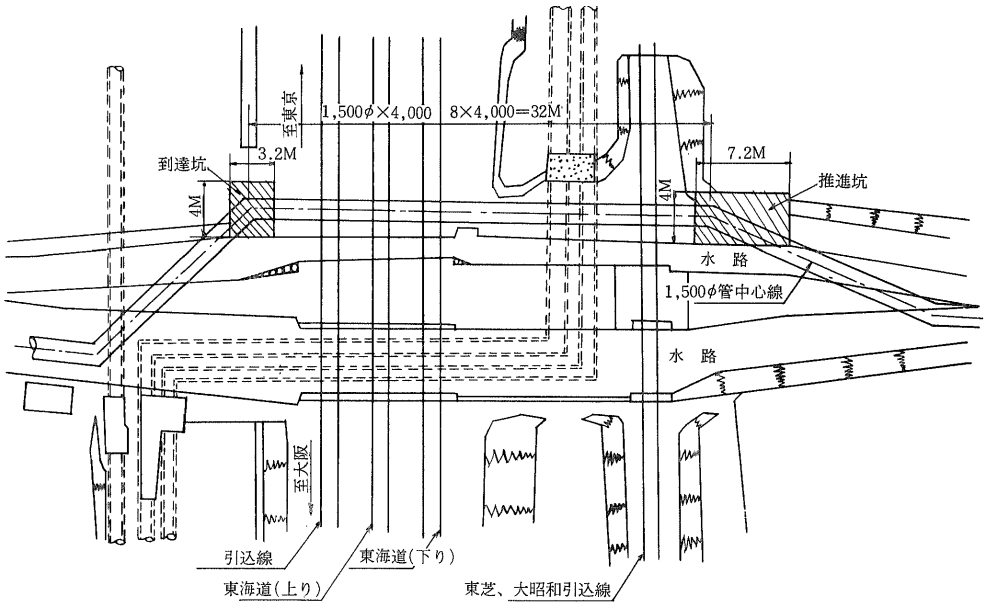
請負施工。

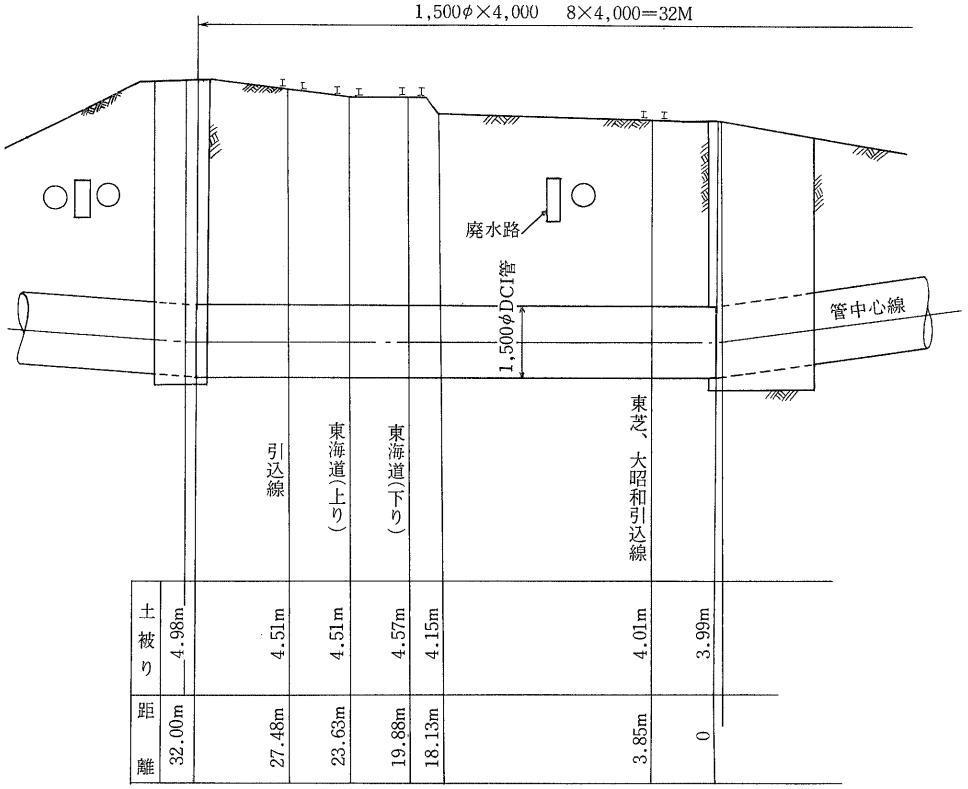
Ⅲ．推進工法管

1．構　造

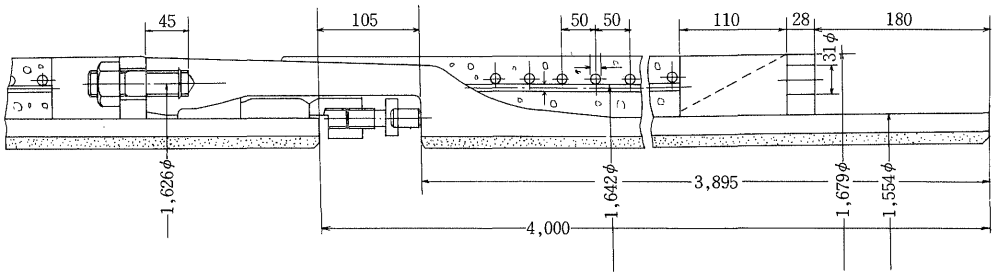
U形ダクタイル管の挿口に推力伝達及び曲がり防止用フランジを溶接し、そのフランジ受口にボルトで固定することにより挿口と受口を一体化させる。一方管体部にはコンクリートを巻き立て、受口部と管体の外径を均一にした形式のものである。図－2にその構造

図－1　推進工事管路平面図





図－2　推進用管構造図



を示した。

2．仕　様

本管　1500φmm×4m　U形ダクタイル管
（管厚18mm）

外装（コンクリート）

配合　セメント、砂、砂利＝1：2：3

スランプ　15cm

最大骨材　20mm

（鉄筋）

螺線筋　5.0φピッチ50mm

軸筋　5.0φ16本

3．製造方法

U形管に鉄筋篭を挿入、挿口にフランジ及びリブを溶接した後、二ツ割の型枠を被せコンクリートを投入、振動を与え、硬化させた後、型枠を取外す。

Ⅳ．施　工

1．薬液注入

今回の推進工事は図－1の管路図からわかるように、管路の横には小さな水路がある。万一推進時水路のアバットを沈下させた場合東海道本線に悪影響が出るという国鉄側の見解のため、薬液注入を行った。薬液注入範囲は図－3に示した。

薬　液

（品名）　日東ＳＳ

（物理的性質）

外観――白色粉末

密度――約0.56g/cm³

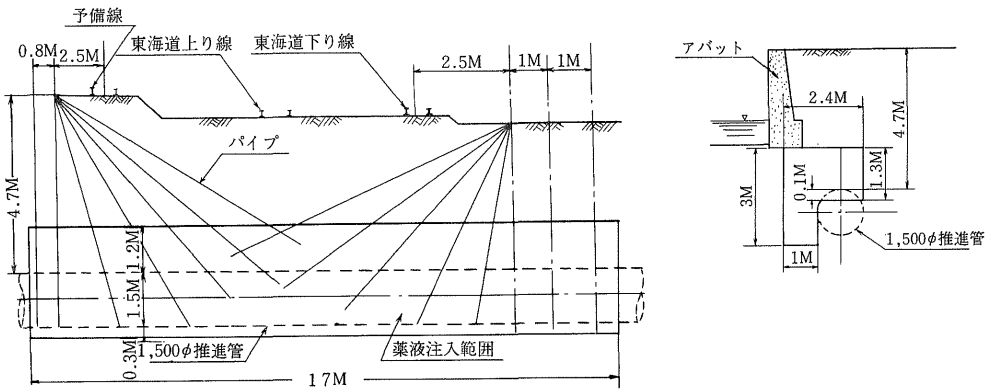
安定性――30℃以下で乾燥状態で貯蔵すれば長期間安定。

溶解性――水、エタノール、メタノールによくとけ、ガソリンなどにはとけない。

特色――粘性がケイ酸塩系統やクロムリグニン系統の薬液より小さいので微細な土粒子の間隔にも注入可能である。

●ゲル化時間の調節が数秒～数時間にわたっ

図－3　薬液注入範囲略図



て正確、かつ容易にできる。

●注入方式は二液式が採用され、注入される直前に混合されるから取扱いが容易である。

注入量Q

$Q = Wn\beta(1+\alpha) = 24,100\ell$

W：改良土量73.1㎥

n：間隙率40％

α：損失８％

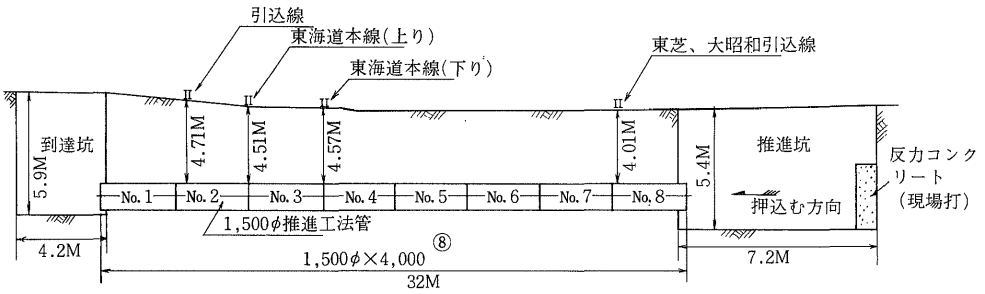
2．配　管

図－４に配管図を示す。

3．推進坑

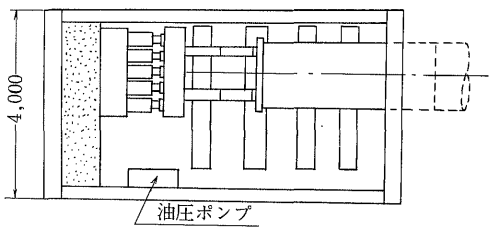
図－５に推進坑内レイアウトを示した。推進坑は長さ 7.2m 巾４m の広さに掘り、長さ８m の鋼矢板をその周囲に打込んだ。推進坑の底部には厚さ30cmの床コンクリートを打設した。床コンクリートの上に敷板を置き、管を支持する15cm×15cmの木材をその上に置いた。一方推進坑前面には管底から約40cm低い会所を作りここで管の接合作業を行った。

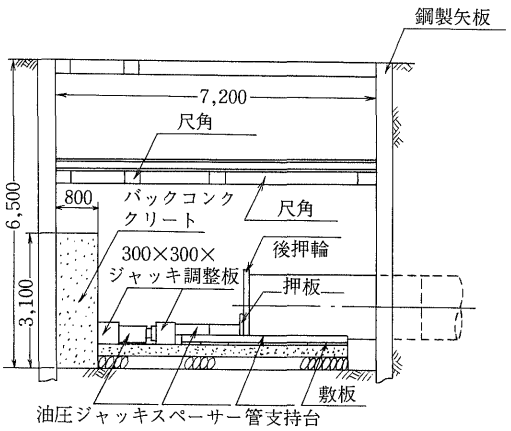
図－４　配管図

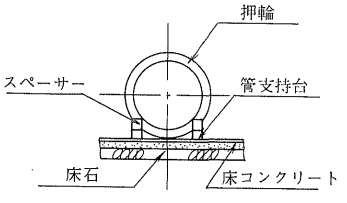


（注）管のNo.は推進順を示す。

図－５　推進坑内レイアウト概略図







4．推進設備

（推進用ジャッキ）

100ton×200mmストローク6台。

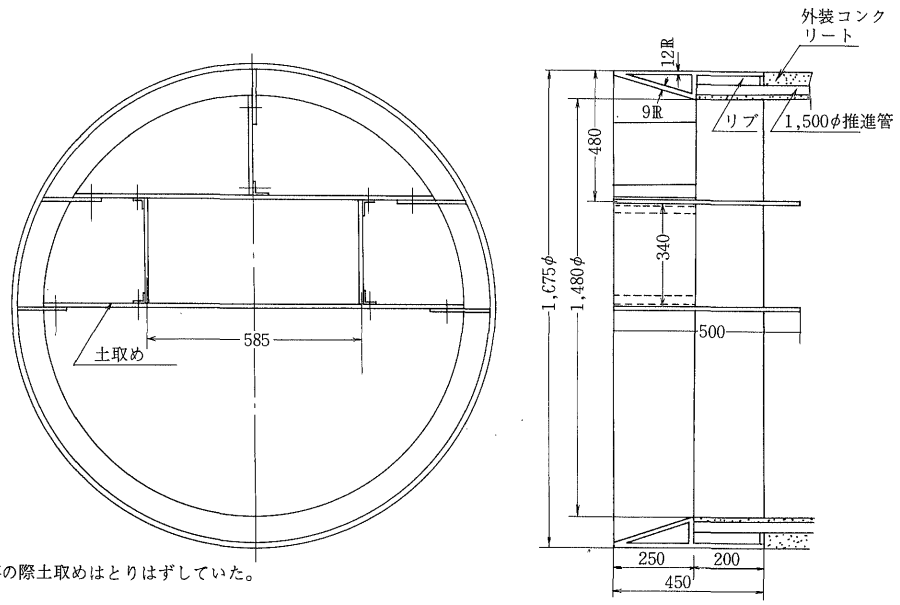
（油圧ポンプ）

原動機 3.7kw、吐出最大圧力 450kg/cm²、吐出量3ℓ/min、有効貯油量35ℓ。

（先導管及後押輪）

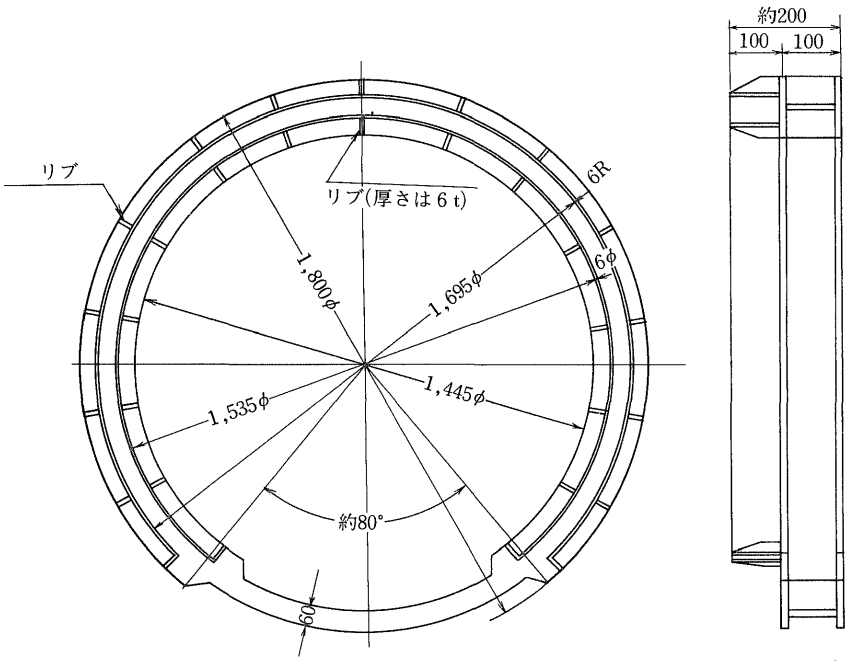
図－6、図－7に示す。

図－6　先導管構造図



注）本工事の際土取めはとりはずしていた。

図－7　後押輪



5. 推進方法

図－5に示した如く先導管を推進工法管の挿口に挿入し固定した。また管の受口側に後押輪を取りつけ調整板(鋼製)と調整板の間に油圧ジャッキを置き、後押輪のうしろに押板(木製)を置いた。押込みジャッキのストロークを補うため管の推進に従って調整板と後押輪の間に鋼製のスペーサーを挿入した。管の推進は油圧ジャッキを操作し、刃口を地中に食込ませながら、くずれ落ちた土砂を人力でトロッコにのせ管外に搬出する方法で行った。

6. 管の吊降し及び接合

推進工法管はレッカー車にて推進坑内に吊下した。吊下した管は先行管に管芯を合わせた後、先行管受口を挿入して外側のスタッドボールトを締付けて先行管に固定すると同時に管内ではU形継手の接合を行った。

V. 計測結果

推進工事にともない各種の計測を行ったので以下に報告する。

1. 推進力

前もって管に500mmピッチで印を記入しておき、この印が基準点を通過する毎に油圧ポンプの圧力計の読みから推進力を測定した。推進長と推進力の関係を図－8に示した。これからもわかるごとく推進長16m付近から急に推進力が増しているが、これは管が薬液注入範囲に入ったことを示している。また推進長21m～27.5mの間はピック（ブレーカーの小さなもの）を1台使用した。

2. 管の垂直及び水平変位量

管の垂直変位量はレベルで、水平変位量は中心線上に水糸を張り水糸と推進管センターの差から測定した。測定結果を図－9に示した。

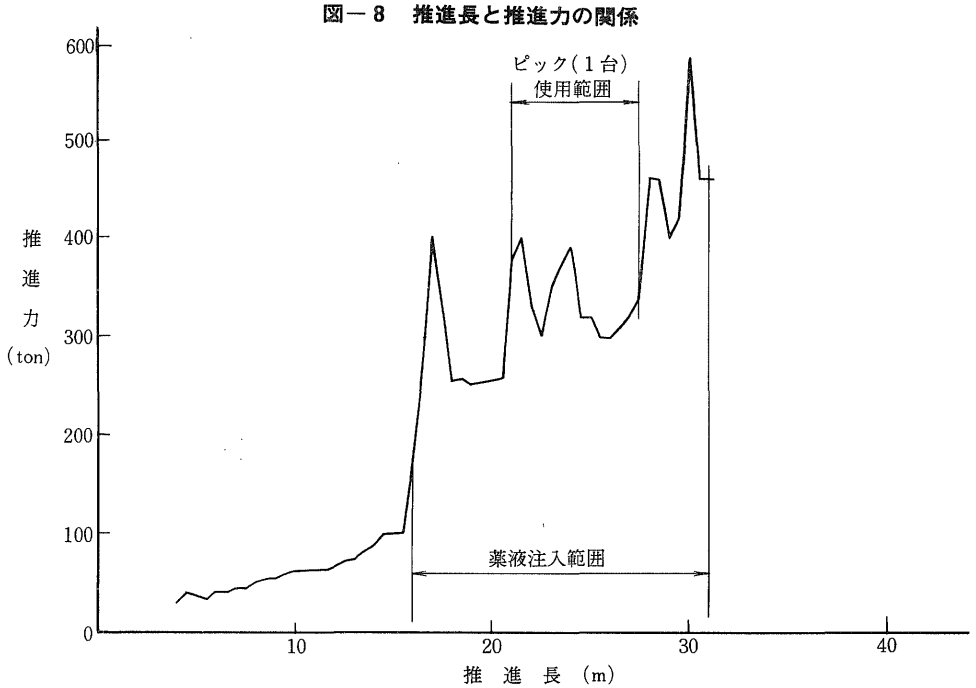
3. 管の変形

推進前及び推進完了後に管の内径を測定し、測定値の差から変形量を求めた。測定結果を表－1に示した。

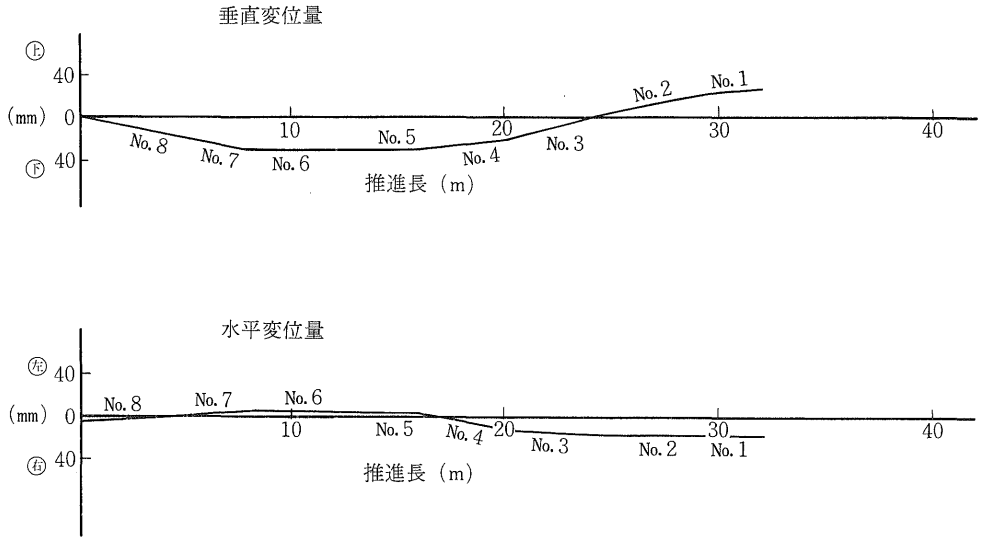
4. 継手部胴付間隔の変化量

推進前及び推進完了後に継手部の胴付間隔を測定し、その測定値の差から継手部胴付間隔の変化量を求めた。測定結果を表－2に示した。

図－8　推進長と推進力の関係



図－9　推進長と垂直、水平変位量



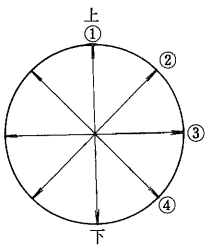
（注）水平変位量の測定は水系を張って測定したので誤差が大きいと思われる。
従って継手の変位量から水平変位量を推定した。

表－1　管の変形量　(mm)

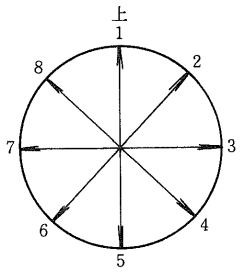
管	挿口部				中央部				受口部			
No.	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	−4.02	−0.62	2.85	−0.30	0.45	0.20	−0.78	−0.10	1.64	1.51	−2.05	−1.70
3	2.46	0.93	−2.73	−0.92	2.25	1.96	−2.22	0.90	3.46	−3.80	−4.24	0.41
4	−0.43	1.28	−1.30	−2.14	2.17	−1.50	−2.39	2.11	1.92	−4.50	−1.98	3.72
5	1.69	3.35	−1.40	−2.75	1.36	−2.15	−1.47	−0.38	0.79	0.52	−1.26	0.74
6	−2.29	2.08	1.63	−3.05	1.42	1.35	−1.43	−1.88	2.67	−1.39	−2.97	0.70
7	−2.05	−3.35	−0.05	3.38	0.94	−1.77	−1.18	1.53	1.73	−0.86	−2.24	0.49
8	−1.00	1.10	−1.23	−1.83	−0.05	−1.30	−1.31	−0.93	0.02	−2.55	−0.20	2.03

(−)は径が縮む方向の値を示す。
(+)は径が拡がる方向の値を示す。

測定位置



測定位置



表－2　継手部胴付間隔変位量　(mm)

測定位置 / ジョイント個所	1	2	3	4	5	6	7	8
No. 1 ～No. 2	−0.6	−0.4	−0.2	−0.3	−0.5	−1.2	−1.0	−1.2
No. 2 ～No. 3	0.1	−0.1	−0.4	−0.2	−0.2	0.1	0.1	0.1
No. 3 ～No. 4	0.1	0.1	−0.3	−0.4	−0.3	−0.1	0.1	0.3
No. 4 ～No. 5	0.2	0.1	−0.1	−0.1	−0.2	−0.4	0.1	0.1
No. 5 ～No. 6	0.3	0.00	0.1	−0.3	−0.4	-0.6	−0.2	−0.1
No. 6 ～No. 7	0.2	0.2	0.1	−0.1	−0.3	−0.5	−0.2	0.1
No. 7 ～No. 8	0.1	−0.4	0.1	−0.2	0.1	−0.4	0.5	0.6

(−) は胴付間隔が縮む方向の値を示す。
(+) は胴付間隔が拡がる方向の値を示す。

5. 推進時、管に発生した軸方向応力

推進順位が1、2、3、4、7本目の管に予めストレインゲージを貼付けて置き推進力160 ton及び420 ton時に発生応力を測定した。ストレインゲージ貼付位置は図（82ページ）の通りで、測定値は表－3に示した。

6. 管周方向発生応力

管周方向の発生応力は、推進完了後ストレインゲージより測定した。推進順位2、4、7の管で測定した。ストレインゲージ貼付位置は図（82ページ）の通りであった。測定結果は表－4に示した。

7. 施工工程について

工程の時間分析をしてみると表－5の如くであった。平均すれば芯出しに24分、接合に1時間18分、推進に9時間31分であった。この

表－3　各部発生応力

A部

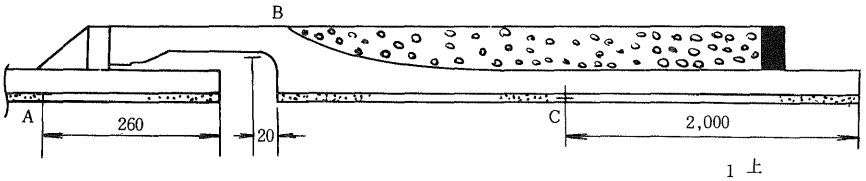
管 No.	測定位置	推進力 160ton 発生応力 (kg/mm²)	推進力 420ton 発生応力 (kg/mm²)
No. 2	1	−2.1	−5.3
	2	0.5	1.4
	3	0 0.6	0.6
	4	−0.1	−0.1
No. 4	1	−3.1	−0.2
	2	−1.9	−0.2
	3	−0.5	−0.6
	4	−0.1	−0.2

B部

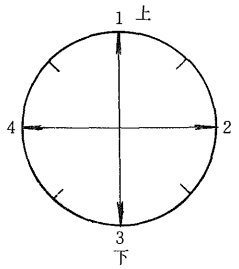
管 No.	測定位置	推進力 160ton 発生応力 (kg/mm²)	推進力 420ton 発生応力 (kg/mm²)
No. 1	1	1.9	3.5
	2	—	—
	3	−4.0	−2.4
	4	1.4	2.2
No. 3	1	3.5	0.5
	2	−0.1	0
	3	−0.1	−0.3
	4	1.1	−1.4
No. 7	1	—	−1.0
	2	—	—
	3	—	—
	4	—	−0.1

C部

管 No.	測定位置	推進力 160ton 発生応力 (kg/mm²)	推進力 420ton 発生応力 (kg/mm²)
No. 2	1	—	—
	2	−2.2	−1.0
	3	−1.3	−0.1
	4	0.1	−1.6
No. 4	1	−0.8	−0.8
	2	−1.4	—
	3	—	−0.5
	4	1.0	−1.1
No. 7	1	—	−3.8
	2	—	−1.8
	3	—	−0.8
	4	—	−0.5

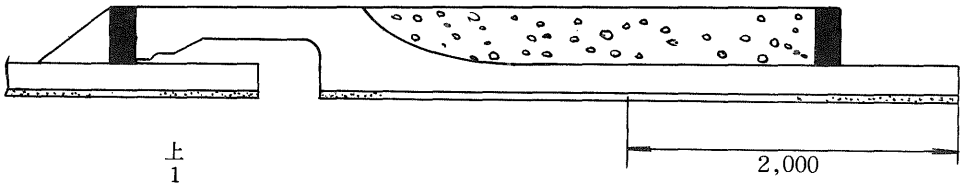


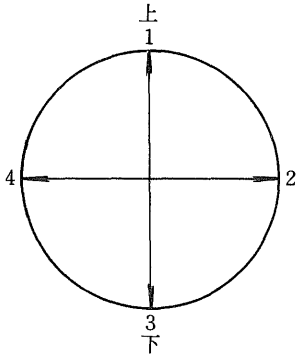
ストレインゲージ貼付位置	管 No.
A	2．4
B	1．3．7
C	2．4．7



表－4　円周方向発生応力　(kg/mm²)

管 No.	No.2				No.4				No.7			
測定位置	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
発生応力	−1.6	1.5	−0.3	0.6	−0.5	0.5	0.3	1.6	−0.5	1.3	−0.1	0.1





程度なら1日に2本推進するのは可能と思われる。

（注）管吊り降し時間が短いのは推進坑のすぐ近くに管を置いてあったためである。

●芯出し時間が前半と後半とで違うのは推進坑の片側がせまく、芯が合せにくかったのではじめのうちは時間がかかった。

●※No.6の管推進時に推進先の土砂がくずれて土砂出しに時間がかかった。

●作業時間は実働時間のみで休憩などの時間ははぶいた。

8. 継手の水密性について

継手は水圧12～13kg/cm²で5分間保持したが漏洩は認められず、水密性に優れていた。

9. 列車通過時の管体発生応力

推進完了後列車通過時の管体発生応力を測定したが、測定器の精度以下であったため測定できなかった。いずれにしても、ごくわずかな値であるため管体に及ぼす影響はないものと考えられる。なお管のローリングについては測定できなかった。

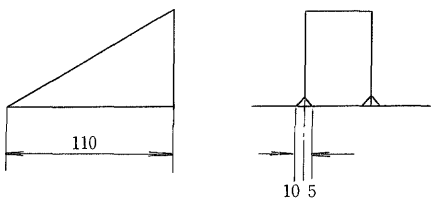
Ⅵ. まとめ

1. 推進力に対する管の強度について

表－5　作業分析表

管　No.	1	2	3	4	5	6	7	8
管吊り下し	時間 分	0.14	時間 分 0.05	時間 分 0.06	時間 分 0.10	時間 分 0.10	時間 分 0.05	時間 分 0.10
管芯出し		0.30	0.35	0.39	0.20	0.15	0.15	0.15
接合(　)は員数		(2人) 1.41	(2人) 1.15	(2人) 1.40	(2人) 1.19	(2人) 1.05	(2人) 1.05	(2人) 1.00
小　計		2.25	1.55	2.25	1.49	1.30	1.25	1.25
管推進	9.00	9.15	5.45	9.50	10.20	※14.17	8.00	9.40
合　計	9.00	11.40	7.40	12.15	12.09	15.47	9.25	10.05

推進長と推進力の関係は図－8に示した通りであり、最大は590tonであった。またU形推進工法管はリブのみで推進力を伝達する構造になっているため、リブの溶接強度が問題となるが、以下リブ部に推進力590tonが作用した場合の溶接部に発生する応力を求める。1500φ㎜U形推進工法管のリブの形状は下図の通りであり、またリブの枚数は28枚である。



リブ1ヵ所に作用する力Pは均一に力が作用すると考えれば、

$$P = \frac{590\,\text{ton}}{28\text{個所}} \fallingdotseq 21\,\text{ton}$$

またリブ1ヵ所の溶接断面積Aは3300㎟であり、従ってリブ1ヵ所に発生する応力σは、

$$\sigma = \frac{21\,(\text{ton})}{3{,}300\,(\text{mm}^2)} \fallingdotseq 6.4\,\text{kg/mm}^2$$

以上、計算結果より溶接1ヵ所に発生する応力は6.4kg/㎟であるが、溶接部許容応力は最低10kg/㎟は期待できると思われるので強度的には問題がないと考える。

2. 管の変形について

管中央部で径が拡がる方向に最大2.25　、縮む方向に最大2.39㎜変形している。また挿口受口は接合等の関係で管の変形は径が拡がる方向に最大3.72㎜、縮む方向に最大4.5㎜と中央部もライニングにクラックが入る限界(口径の3％)45㎜にくらべ非常に小さく問題はない。

3. 継手部の胴付変化について

継手部の胴付変化は最大抜け出量0.6㎜、最大入り込み量1.2㎜であり、継手部の水密性についても支障はない。

4. 管に発生した応力について

①軸方向発生応力について

推進力420tonの時の各部最大発生応力は挿口部で－5.3kg/㎟、受口部で3.5kg/㎟、管中央部で－3.8kg/㎟であり、ダクタイル管の許容応力と比較してごくわずかであり不安はない。

②円周方向発生応力について

円周方向の発生応力は引張で1.6kg/㎟、圧縮で－1.6kg/㎟であり、ダクタイル管の強さに比してごくわずかであり安全である。

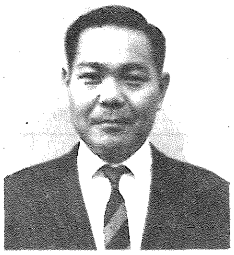
Ⅶ.結　び

今回ダクタイル鋳鉄管で推進工事を行い、期待通りの結果が得られた。要約すると次の通りである。

1. 管の接合時間は1ヵ所当り1時間18分でできき、施工性にすぐれている。
2. 管1本を押込むに要した時間は9時間31分であった。
3. 推進力に対し継手管体共十分な強度を有している。
4. 継手は水圧試験の結果、異状はなかった。

〈寄稿2〉

都心の漏水防止作業



東京都水道局中央支所漏水防止課長
島崎秀夫

1．はじめに

東京都水道局中央支所漏水防止課は、東京都の都心部にあたる、中央・千代田・港の各区と、新宿区の一部（旧四ツ谷区）を管理区域として漏水防止作業を担当している。

課の組織は事務係、技術係および京橋・九段各漏水防止出張所からなり総員 104名で、事務係を除く1係・2出張所によって管理区域を3分割し、それぞれ分担している。

管内の昭和44年度末配水管管理延長は、配水本管（東京都では口径400 mm 以上）約130 km 、配水小管（東京都では口径 350 mm 以下）約795 km 、合計約925 km で東京都全体の約 9.7%に相当する。）

この地域の配水管網は、明治の水道創設当時の古い時代のものから大正、昭和と逐次拡充され現在に至っている。地域内の大部分が以前より政治・経済の中心地区となっていたため極めて密度の高い管網が整備されているが、一方布設後長年月を経過している管網の一部には、接合部にゆるみを生じるものがあり漏水の原因となっている。またこの地域は、国道、都道など主要道路が縦横に走り交通量の増大、交通車輌の重量化、他企業地下工作物の輻輳、地盤沈下、道路工事の施工の影響など漏水の原因となる要素が極めて多く心配の種である。

この反面漏水防止作業は、道路舗装の高級化、交通騒音、工事騒音、地下埋設物等の障害、道路交通上からの作業の制約など、作業環境の悪化により漏水個所の探知ならびに修理作業の施行が著しく困難化している。また最近特に公害問題に対する住民意識が高まり、夜間修理作業の工事騒音に対し住民からの苦情の訴えが多くなっており、工事現場ではいろいろと苦心を重ねている。

2．漏水防止作業

東京都の最近の1日配水量、配水管管理延長ならびに漏水率は、表－1のとおりで、漏水率は低減しているが、漏水量は増加の傾向にあり、漏水防止作業の効率的施行と、漏水の予防的措置の強化が要求されている。

当局では、従来より漏水防止作業を機動作業と計画作業に分けて処理している。また作業の実施面では調査作業と修理作業とに区分できるが、調査作業はすべて直営で施行し、修理作業は配水本管の管部修理などを直営施工とするほかは、大部分を単価契約による請負で施工することにしている。

（1）機動作業

機動作業はおもに地上漏水、即ち地上に流出して発見された漏水を修理する作業で、住民その他からの通報を調査確認するほか、パ

表－1　年度別1日平均配水量
配水管管理延長・漏水率

年度別	1日平均配水量	配水管管理延長	漏水率
	㎥	km	%
36	2,524,000	6,658	22.0
37	2,491,000	6,860	21.0
38	2,649,000	7,080	20.3
39	2,860,000	7,346	19.2
40	3,167,000	7,725	18.7
41	3,308,000	8,140	17.9
42	3,567,000	8,618	17.6
43	3,764,000	9,157	17.5
44	4,041,100	9,579	17.3

トロール、他企業の行う工事立会等を強化することによって、早期発見につとめている。機動作業として扱う地上漏水には道路上における配水管の破裂・折損・接合部漏水、制水弁・消火栓等の漏水、漏水に伴う道路陥没などのほか、担当地域の特徴として、地上には吹き上げずに地下鉄等の構築内へ噴出する漏水、ビルの地下室へ浸水して被害を与える漏水等もあり、現象としていろいろの形がある。これらの場合、傷害個所がたやすく発見できて直ちに修理に着手できるものは比較的苦労も少ないが、音聴調査、断水確認、水質試験、試験掘等いろいろ手段を講じてもなお傷害個所が探知できずに日時を費やす時など担当者は全く気が気でなく困窮することがある。

昭和44年度に当漏水防止課が機動作業として処理した漏水修理の実施状況は、表－2のとおりである。

(2)計画作業

計画作業は、主として地下漏水、すなわち地下に滲透したり、下水管、河川等に流れ込んで地上にあらわれずにいる漏水について、漏水量の測定をすると共に積極的に漏水個所を探知し修理を行ない、修理後作業効果の測定を行なうなどの作業で、あらかじめ配管図によって作業区画を設定し計画的に実施するものである。

当局が従来実施して来た計画作業について昭和20年以前のものは記述を略するが、戦災による漏水防止対策が一応完了した後再開した昭和24年度以降の経過は、あらまし次の通りである。

①規則的漏水防止作業方式

この作業方式は、昭和24年度より昭和38年度まで実施したもので、作業の概要は次の通りである。

（イ）調査区画の設定　配水小管の延長で約10kmを標準にする。ただし昭和31年度以降作業上の都合により、2～3 km の分区に細分して施行している。

（ロ）配水管の状況と制水弁の機能調査を行ない断水を確認する。

（ハ）止水栓整備と位置確認

（ニ）漏水量の測定

（ホ）漏水個所の探知

（ヘ）修理作業

（ト）第2回目の漏水量測定を行ない防止作

表－2　機動作業係別漏水修理件数（昭和44年度）

係別 出張所別	区分	修理件数 配水本管	配水小管	給水管	計	従事人員	摘要
技術	直営	56	303	4	363	712	給水管の修理件数には営業課(所)の修繕係の処理分は含まない。
	請負	7	144	118	269	114	
京橋	直営	41	77	1	119	1,043	〃
	請負	13	227	414	654	226	
九段	直営	104	264	6	374	1,021	〃
	請負	215	294	128	637	153	
計		436	1,309	671	2,416	3,269	

業の成績について検討を行なう。

この様な規則的漏水防止作業方式は極めて多くの費用と厄介な作業を必要とし、かつ一区画の作業を完了させるに要する期間が数10日から数カ月にも及ぶ場合があり、全区域を一巡するには4～5年の期間を要した。

②簡易作業方式

当局では、昭和39年度より渇水による給水事情の悪化もあり、漏水防止作業の迅速化と能率向上を計るため、規則的漏水防止作業方式における作業区画内の止水栓整備と漏水量測定を省略し、漏水個所の探知と修理のみを行なう簡易作業方式を採用し現在に来ている。

簡易作業方式は、漏水多発地区の防止作業を重点的に行ない、かつ管理区域内の防止作業を平均して2カ年間で一巡する2年循環方式として計画し、修理件数と漏水防止量に主目標を置き実施した。この結果漏水率は表－1の通り減少傾向をたどり一応の作業効果をあげ得られた。しかしながら漏水量測定を省略した結果、漏水存在量の把握が完全に行なえず、特定の地域を除き年々循環年数が短縮すると共に発見修理件数が減少する傾向を生じてきている。

③夜間最少流量測定を併用した簡易作業方式

昭和45年度から従来の簡易作業方式に加えて区画内の夜間最少流量の測定を実施することにより漏水量を推定し、過去の作業実績と併せて検討し、重点的に防止作業を実施する区画の選別を行ない、作業の効率的施行を計画している。

昭和44年度に当漏水防止課で計画作業として処理した漏水修理件数および作業計画は表－3の通りである。

3．試験区画

当局では、経営成績と施設の管理状況の調査資料とするため従来から都内13ヵ所に試験区画を設定し、区画内配水量、各需用者使用水量、漏水量等を測定することにより有収率、漏水率、不明水量、その他について解析調査している。当課の担当する試験区画は、千代田区神田錦町一・二丁目(配水小管延長約4.6 km 、給水栓数523栓)にあり、昭和43年度の成績は漏水防止作業前の有収率60.7%、漏水率30.9%であったが、作業後2～3ヵ月間の平均調査結果は、それぞれ74.6%、18.7%と改善されている。しかし、漏水率は都内平均値を上回っており、成績としては必ずしも良好でない。なおこの試験区画は昭和44年度半ばでおおむね調査を終了したので、あらたに昭和45年度において中央区浜町一・二丁目の一部に区画(配水小管延長約 3.3 km 、給水栓数約450栓)を設定し、現在制水弁機能調査および止水栓整備等の準備作業を実施中である。

4．漏水原因の調査と漏水の事前防止策

当局では、各年度毎に漏水修理個所の原因を形態別に分類集計調査している。昭和44年度において全8支所の漏水防止課が処理した漏水修理個所についての集計結果は、表－4の通りである。配水管においては、本管、小管とも継手漏水、弁類漏水が大部分を占めており、次いで小管の場合は、亀裂・剝離、消

表－3　計画作業係別漏水修理件数(昭和44年度)

係別 出張所	配水小管延長(m)			計画件数(件)	修理件数(件)					従事人員(人)	
	計画延長	実施延長	進捗率		区別	小管	給水管	計	進捗率	総人員	1km当り平均
技術	288,000	267,100	% 93	2,500	直営	38	12	1,125	% 45	5,673	22
					請負	124	951			228	
京橋	179,000	217,367	121	2,600	直営	106	27	2,055	79	5,241	26
					請負	311	1,611			439	
九段	252,000	292,152	116	2,200	直営	56	49	2,158	98	5,755	21
					請負	274	1,779			350	
計	719,000	776,619	108	7,300		909	4,429	5,338	73	17,686	23

火栓の順となっている。また給水管では、亀裂、分水栓、接合不良、腐食の順で発生件数が多く、これらが全体の約85%を占めている。

当局では、この形態別発生原因を把握し常にその対策を検討しているが、現在実施している漏水の事前防止策としては、次のようなものがあげられる。

(1)管の継手を印ろう継手からメカニカルジョイントに変更した。

(2)配水管に強度の大きいダクタイル鋳鉄管を採用した。

(3)弁類のグラントパッキングを綿糸製からナイロン製に変更した。

(4)既設印ろう継手管に対する漏水防止金具の取付け。

(5)給水管布設工事における接合不良をなくするための作業確認の強化。

(6)道路上の止水栓を廃し、これに代り宅地内に丙止栓を設置する。

なお(4)の漏水防止金具の取付けは、単独にこの作業を行うことは費用がかさむので漏水修理の際や地下鉄、その他の道路工事等で管の接合部が露出した機会をとらえ適時取付作業を行うようにしている。

5．作業方法、機器等の改善

当課の担当地域の如き都心部の漏水防止作業は、最近特に作業環境の悪化から漏水個所の探知が極めて困難になりつつあり、また修理工事費の値上り等から漏水の有効防止量単位当りの経費は、年々増加する傾向にある。このため作業を効率的、経済的に施行するには、常に作業方法の改善、作業用機器の改良・開発が要求されている。当局では、現在本局の調査係、指導係が中心となり、次の通り漏水個所の新しい探知法や作業工法の開発など種々調査研究を進め実用化に努力している。

(1)亜酸化窒素による漏水探知法。

(2)鉛管、ビニル管、小口径鉄管に対する凍結断水工法。

(3)ボーリング工法の改良。

(4)漏水ならびに各種地下埋設物探知の多目的汎用探知器の開発。

表－4　配水本管・小管・給水管漏水修理個所形態別件数(昭和44年度)

配水本管		修理件数	割合(%)	配水小管		修理件数	割合(%)	給水管		修理件数	割合(%)
	継手	(418) 667	92.1		継手	(1,093) 2,960	38.6		亀裂	(1,317) 9,889	32.3
	弁類	(13) 45	6.2		弁類	(684) 2,661	34.7		分水栓	(2,472) 7,391	24.2
	亀裂・剝離	(1) 8	1.1		消火栓	(214) 654	8.5		接合不良	(274) 4,409	14.4
	腐食	(4) 4	0.6		亀裂・剝離	(183) 822	10.7		腐食	(147) 4,228	13.8
					石綿管	(7) 387	5.0		外傷	(359) 2,436	8.0
					腐食	(19) 100	1.3		止水栓	(267) 1,152	3.8
					鋼管	(14) 62	0.8		残存鉛管	(257) 864	2.8
					その他	(4) 30	0.4		止水栓以外の弁類	(15) 51	0.2
									鉛管以外の管類	(2) 143	0.5
	計	(436) 924	100		計	(2,218) 7,676	100		計	(5,100) 30,563	100

注1、給水管修理件数は営業課(所)関係修繕係の修理施工分は含まれない。

注2、修理件数の欄(　)内は、総数の中に含まれる中央支所漏水防止課で処理した件数を示す。

(5)各種条件下における漏水音の分析。

6．むすび

以上、中央支所漏水防止課の担当業務と当局各支所の共通した漏水防止作業の概要を紹介した。先に述べたが、東京都の配水管網は、明治、大正、昭和と逐次拡充された関係から、既に古くなった配水管網も存在し、加えて交通量の増加、交通車輌の重量化、大規模道路工事の施工、地盤沈下、その他近年の都市化現象が配水管、給水管の管理面に多大の影響を及ぼしつつある現実を見るとき、漏水防止作業の必然性と重要性を痛感するものである。

当局では、漏水防止作業を重点事業の一つにあげ重要視し、昭和44年度当初、各支所に漏水防止課を新設し作業体制を強化した。しかし漏水事故発生件数に加えて作業がますます困難化していることを考えるとき、さらに一段と充実した体制の整備を図りたいと思う。

漏水防止作業は、一般に消極策と思われやすく、かつ部外者にその苦労をあまり知られていない目立たない地味な仕事であるが、作業の特殊性から熟練した技術を必要とするほか、作業の成績は従事者の責任感と良心に負うところが大である。このため従事者がそれぞれ作業の重要性を認識し作業に前向きに対処する姿勢が特に重要であると思う。

〈寄稿3〉

万国博の水を引く

吹田市水道部工務部長
吉田繰太郎

驚異的な数々の快記録を打ち樹てた日本万国博は、ついにその華麗な幕を閉じたが、ここにその経緯を回顧してみた。突然、万国博協会の人の訪問を受けて初めて知り、初めて万国博給水の話がおこった。だが、後日聞くところによると、当初は万国博協会としては主唱者である大阪府と大阪市との三者で万博給水の計画について話しあっていたようで、当時の吹田市水道事業管理者であった現在の羽田助役が、会場は吹田市の給水区域内にあるのに吹田に何の話しあいもないのは、水道法からいってもおかしいと申し入れをされたということである。

もっとも当時の吹田市の給水人口は21万人、

1日最大給水量8万4000ton位であり、万国博は敷地面積約330ヘクタール(約100万坪)、総入場人員 5000万人、1日の給水量は10万torということで、残念ながらわが吹田市とはその規模において相当な違いがあり、万国博協会で当初吹田という考え方の全くなかったこともうなずけないことはないが、私達にも水道の技術者としてのプライドがあり、いかに中小都市の吹田とはいえ、自分の給水区域の会場を他市で給水されるということはたえられないことである。その後管理者より万国博の給水は吹田市で行なうとの話があり、協会と数回の協議を重ねた結果、次のような申し入れを受けた。

①場内配水管は博覧会終了後も、跡地利用も含めて吹田市において使用されるようになるので、実施設計は吹田市で引受けること。②吹田市との連絡及び工事監督のため、吹田市より技術者を若干名協会に出向させること。③工事用水については別途に吹田市において直接給水すること。④会期中はその前後共、会場内における上水道の維持管理は吹田市が当ること。⑤府営水道より受水のための送水管は吹田市の負担で布設すること。⑥万博の水道料金を安くすること。

これに対して吹田市としては、万国博には全面的に協力することをきめ、次のような回答をした。①については吹田市の水道部内に万国博水道対策課を設け、実施設計については吹田市で実施する。②については了承し、若干名の技術職員を出向させる。③については吹田市の山田地区の配水管より直接工事用水の給水をする。④については会場内の上水道施設は吹田市において維持管理する。⑤については会場周辺部の給水を考え500 mmまでの管については吹田市の負担とするが、それ以上の管が必要ならばその差額については万国博協会の負担とする。⑥料金問題については、吹田市給水条例との関連で安くはできない。

いよいよ万国博の給水を全面的に引受けることとなり、まず府営水道よりの導水管口径700 mm を布設することとなった私達は、当初ダクタイル鋳鉄管を使用する考え方であったが、一部では鋼管を使ったらどうかとの意見もあった。私達は大口径の鋼管をまだ使用したことがない、内面の腐蝕が早い、電蝕のおそれがあること等の理由をあげ反対したが、内部腐蝕はモルタルをライニングすればよい、電蝕は多かれ少なかれ鋳鉄管も被害を受ける等、加えて各メーカーも万国博用だということで売込みも激しく、両者を競合させてはどうかということになり、入札した結果鋼管が私達の常識では考えられないような非常に安い価格で落札し、設計者にとっては何だかプライドを傷つけられたような感じであった。

かくして、導水管の布設工事も無事に完成を見た頃、私は思いもかけなかった、当時カナダのモントリオールで開催されていた万国博の水道調査のため海外出張を命じられて単独でモントリオールへ行くべく準備をしていたところ、ちょうど日水協においてAWWAの総会と万国博を見る日水協の代表団を送る準備をしておられたので、早速その一員に加えてもらい昭和42年5月30日一行15名と共にアラスカのアンカレッジ経由でサンフランシスコ、ニューヨーク、アトランテックシティー、ワシントン、ボストンと回り、やっと目的地モントリオールに着いた。翌日すぐ万国博の事務局に水道担当官をたずね、会場内の水道施設の質問をしたところ、カナダでは設計者に版権があり、その承諾なしでは見せられないとのことで、たった一枚の見取図のような平面図をもらっただけで、今でもそのたった一枚の見取図のような図面を大切に保存している。モントリオール滞在の3日間、会場内の給水施設を必死の思いで見て歩いたが結局何の収穫もなかった。むしろ、アメリカ、カナダと約25日間、自然に得た見聞の方が将来きっと役立つ事と思われた。

いよいよ翌昭和43年1月、私をチーフに5人のメンバーで会場内の実施設計にかかった。その頃、会場内はすでに整地は大方終わっており、下水管もすでに布設工事にかかっているような状態であった。いざ設計に入ると資料不足で、協会側でも現地の平面図はあるけれど縦断図はないといった具合で、その都度協会と協議を重ねながら進めていき、現地にもできるだけ足を運び調査をしていくと、盛

土についても最高15m位から4m位まであることがわかったが、大体千里丘陵の土質は非常に良質の山砂で、しまりも割合よいということがわかったので、盛土部分の補強は特別に行わない、他の地下埋設物との調整は万国博協会でやってもらうという方針で進めていった。

会場内の配水管の総延長は約4万3000m、最大口径900㎜、最小口径150㎜、また消火栓については京大の堀内教授と当時協会におられた保野博士が万博用として特に設計されたものを使った。配水管の管種については、口径450㎜以上について、鋼管及びダクタイル鋳鉄管、口径400㎜以下については塩ビ管を使用、配水管の布設位置はできるだけ歩道上とする方針で設計を進め、どうにか万国博協会指定の期日に間に合せることができた。しかし、私達が設計を通じて折衝しながら万国博協会という組織に対して感じたことは、職員のほとんどが本省、大阪府、大阪市、それに大阪瓦斯、電々、関電等、まことに多種多様の寄合世帯のために、それぞれのセクト意識が非常に強く、ために種々の調整はなかなかまとまらない状態で、前述の地下埋設物等の調整は配水管の布設工事の完了直前まで協議される有様であった。私達の中小都市の組織の中では、とても考えられないことである。設計完了後、すぐ苦労を共にしたメンバー達は私を除いて全員協会との約束通り出向職員として協会に派遣された。もちろん、工事が完了すれば吹田に帰り維持管理に当ってもらうためである。そのためには布設の現場は吹田市で監督しておいた方がよいという考え方である。今にして思えば、私と共にやってくれたメンバーは本当によくやってくれたと感謝の気持でいっぱいである。

最後に、これで間に合うのかと思われた万博も、突貫に次ぐ突貫でやっと間に合ったと思ったのもつかの間、もうあと40日を残すのみとなり、何だか本当にあっけないような気持がする。現在、万博会場の維持管理は、会場のすぐ近くに北部出張所を設けて11名の職員でやっている。参考までに万博協会と吹田市との間に締結された上水道全般にわたる協定書を示すと、次の通りである。

財団法人日本万国博覧会協会（以下「甲」という）と吹田市水道部(以下「乙」という)とは日本万国博覧会の会場(以下「会場」という)内における水道の供給および使用ならびにこれに関連する事項に関し次のとおり協定する。

(水の供給)

第1条乙は博覧会に使用される水を甲に供給する

2.甲は乙が供給する水を会場内の受水槽で受水する

3.乙が甲に供給する水の水質は水道法第4条に規定する水質基準に適合したものとする

(供給施設)

第2条この協定において供給施設とは甲が会場内における水の使用者（以下「使用者」という)に対し給水を行なうため設置する次の各号に掲げるものをいう

①配水ポンプ場設備（受水槽を含む）

②配水管設備（博覧会の参加者が設置する給水装置を除く）

③水道メーター

2.前項の供給施設は甲の所有とする

(供給施設の設置)

第3条甲は会場建設計画に基づき乙と協議して供給施設の設計および工事を施行するものとする

(検査)

第4条乙は甲が施工する供給施設の工事用材料の検査およびしゅん工検査を行なうものとする

(計量)

第5条料金算定の基礎となる甲の使用水量は千里中央線の府営水道送水管から分岐した乙の 700 ㎜ 導水管の分岐点に設置する水道メーター(以下「親メーター」という)によって計量する。ただし、 700 ㎜ 導水管による送水に支障を生じたときは同導水管に交叉して連絡する千里2号線の 500 ㎜ 送水管から送水するものとしこの場合はその交叉点に設置する水道メーターをもって親メーターに代えて計算するものとする

(料金の支払)

第6条甲は前条の計量に基づき算定される

料金を乙に支払うものとする

(業務の委託)

第７条甲は次の各号に掲げる業務を乙に委託する

①供給施設の維持管理

②使用者の水道メーターの取付けおよび検針

③水質および圧力の検査

④博覧会の参加者が設置する給水装置の設計審査、材料検査、および工事完了検査

⑤博覧会の参加者が設置する給水装置の修繕

2.前項の業務のほか甲乙双方において必要と認める業務についてはこれを乙に委託することができる

(委託業務の費用)

第８条1.甲は前条第１項第1号から第4号までの業務および同条第２項の規定により乙に委託した業務に要した費用を乙に支払うものとする

2.前条第１項第５号の業務に要した費用は乙が当該参加者から直接徴収するものとする

(責務)

第９条乙は甲が使用者に対して行なう給水に関し、水道事業者としての責務を負うものとする

(補則)

第10条この協定に定めない事項およびこの協定事項の解釈に疑義を生じた場合甲乙誠意をもって協議しこれを定めるものとする

〈寄稿４〉

配水管の事故に思う

東京都水道局技監
松田暢夫

一昨日夜半発生した水道配水本管の破裂事故の修復作業に当っている支所から、「只今通水を完了しました。通水後の異常は目下のところ認められません」との連絡を受け、ホッとした気持で大きく息を吸い込みながら、なぜこんなにちょくちょく事故が発生するのかしら……、なんとか事故を未然に防ぐ方法はないものかしら……と、いろいろ考えをめぐらせてみた。

都市の道路という道路には殆んどすべて水道管が埋設されており、口径の差こそあれ、それぞれが、水道水の供給に大きな役割を果たしている。地下に埋設されており、われわれの目に触れた機会は滅多にないが、私達水

道マンにとって真に頼りがいのある奴であるが、反面、すこぶる手数のかかるやっかいな奴でもある。水道管の維持管理の仕事に経験のある者ならば誰でもこの感を強くしているに違いない。

東京都の場合を例にとれば、昭和44年度末における配水管管理延長は約 970万mで、本管延長（内径 400㎜以上）は約 108万m、小管延長（内径 350㎜以下）は 862万mとなっている。

これに対して同年度末の公道管理延長は約1,040万 mであり、数字の上からは、ほとんどすべての公道に水道管が埋設されていることになる。こんなに長大な配水管を管理しているのだから、その中には道楽者もおればケガ人もいるのは当然だといえるが、これは理屈であって事故の弁明としては通用しそうもない。

「このところしばらく水道管の事故もなく、無事平穏で本当に助かる」と喜ぶ気持のどこかに必ず「近く、どこかに大きな事故が起きるのでは……」といった不安が付きまとって離れない。統計的に確かめた訳ではないが、日曜、祭日などの休日に事故の起きることが多い。休日には使用量が減少して水圧が上昇するからだという理屈も一応うなずけるが、科学者らしくない妙に因縁的なものさえ感じさせられる。また、人事異動で責任者が交代した直後に起きる事故を「お祝い」とか「お迎え」とか呼んでいるが、こういったケースも極めて多い。要するに、配水管関連の事故はかなり数が多く、たまたまこういった時に起きた事故が特に印象に残るからではなかろうか。

水道管は、われわれの目につかない地中で種々の外的影響を受けて、安定状態が徐々に損われつつある。他工事による水道管の損傷事故は、工事に際しての事前調査の徹底、立合いの強化、施工方法の改善などによって防止することは可能であるが、地盤沈下や路面荷重の増大などによって徐々に管体に蓄積される内部応力の増大に起因する事故の未然防止は極めてむずかしい。

水道管破裂事故の実態は千差万別で一概には言えないが、地盤沈下などによる管路の不同沈下が原因と考えられる場合が一番多いようである。このような場合には、可撓性の極めて少ない印ろう継手の場合が最も大きな影響を受けることになる。不同沈下に伴う応力の増大はまず継手部に集中的に生じ、その影響が継手からの漏水となって現われることが多い。したがって、漏水状態のときにこれを発見して適当な手当を施すことが破裂事故防止の有力な手段となる。なおこの際、単に絞め直しやボルトの締め付けで漏水を止めることのみで満足せず、なぜ漏水が生じたかの原因を調査し、その原因なり影響なりをできるだけ取り除くよう心掛けることが肝要である。たとえば、管路の変位が継手の許容変位の限度近くになっていると判断された場合には、継手部を含めて管を切断除去して管路に蓄積されたストレスを完全に取り除いてやる必要があり、その場限りの手当では近い将来再び漏水を生じたり、突然破裂事故を起こしたりする危険がある。

漏水防止の作業は、単に管路から漏水として無駄に失なわれる水量を減少させて有収率の向上に寄与するにとどまらず、事故の未然防止に大いに役立っていることになる。漏水防止の仕事はまことに地味な仕事で、漏水発見の作業は人々の寝静まった深夜に行なわれるので、その苦労は一般には殆んど知られていないが、この人達の陰の努力によって、どれほど多くの大事故が未然に防止されたことか。これを思うと全く感謝の気持でいっぱいである。

漏水防止作業が事故防止の有力な一手段であることは疑う余地もないが、これは既に埋設されている配水管の維持管理に関連した消極的な策に過ぎないことも事実である。しからば、事故防止に対する積極策如何ということになるが、これには大きく分けて次の三つの対策が考えられる。すなわち、管体の強化、継手構造の改善、それに埋設管の安定工法の確立である。

第一の管体の強化については、ご承知の通り、普通鋳鉄管から高級鋳鉄管に、さらに、「割れない鋳鉄管」といわれるダクタイル鋳鉄

管へと革命的な強化が成し遂げられている。したがって、ダクタイル鋳鉄管を使用すれば今日私達が悩まされているようなタイプの破裂事故は全く皆無となるに違いない。管体が丈夫だから施工は粗雑でもよいということには勿論ならないが、施工面においても維持管理面においても、ダクタイル鋳鉄管を使用することの私達に与える安心感は測り知れないものがある。

私にはこんな経験がある。内径７００㎜配水本管と内径５００㎜配水本管とを相互連絡するため、７００㎜管を切断して連絡用の丁字管を挿入する断水工事を実施した。丁字管にはダクタイル製品を用いた。断水工事は極めて順調に進められ予定された時間内には通水できる見通しがたち、最後の充水作業の段階にはいって一応肩の荷を下ろして充水完了の連絡を待っていた。ところが、充水完了と同時に丁字管本体の頂部から約20ｍの長さにわたり数個所から糸のような水が吹き出し始めた。この思わぬ事態の発生に徹夜作業の眠けもいっぺんに吹き飛んでしまった。

予備の丁字管も用意してなかったので、通水するためには事故管を撤去してひとまず直管で仮連絡しておくより方法はない。それにしても予定された断水時間内にその工事を完了させることは全く不可能であるので、緊急事態の発生を理由に影響区域内の人々に断水時間の延長を早速ＰＲしなければならない。徹夜作業で疲れた技術家連中は穴の周りに茫然と立ちすくんで全くなす術を知らない有様であった。このとき、私の脳裡をかすめたのはダクタイル管の強じん性である。従来の鋳鉄管ならば、どんなに微細なクラックでも、これを承知で通水することは全く考えられないが、ダクタイル管ならばこの冒険は可能かもしれない。早速同僚を集めてこの冒険の可能性についての意見を求めた。その結果、ダクタイル管ならばこの程度のヘアークラックがあっても、水圧をかけることによってクラックが大きくなって破裂に至ることの心配はまずないと考えてよいと思われるから、一応念のためクラック部分にゴム板を当て、これを番線でしっかり巻いておけば大丈夫であろうとの結論に達した。全く初めての経験であり、他にもこのような事例のあったことも聞いていないので、多少の不安はあったが、このような応急措置をとって取りあえず通水してみることに意見がまとまった。結果は私達の想像した通り、新しい丁字管をメーカーに緊急手配して本復旧にかかるまでの間、完全に持ちこたえてくれた。

このような経験は、私達にダクタイル鋳鉄管のすばらしい強じん性を直接立証してくれたものとして今日でも強く印象に残っており、ダクタイル管を使用すれば、従来のような破裂事故は全く起らないとの確信を私達に強烈に植え付けた。その後、施工面においても、また維持管理面においても、「ダクタイル管だから大丈夫だ」との判断を下したケースは沢山あったが、いずれの場合も、実際面においてその判断の誤まっていなかったことを立証してくれてきている。

ここで、東京都の場合のダクタイル管の使用状況に少し触れてみるが、東京都では、本管（内径４００㎜以上）については昭和34年度の末頃から、内径２５０㎜以上の小管（内径３５０㎜以下）については昭和42年度から、さらに内径２００㎜以下の小管については昭和44年度下半期からそれぞれ全面的にダクタイル管を使用してきている。東京都の昭和44年度末における鋳鉄管の管理延長は約 849万ｍ、うち本管が約95万ｍ、小管が約 754万ｍである。さらにこれらのうち、本管において約52万ｍ、小管において約60万ｍにダクタイル管が使用されている。

したがって、鋳鉄管において、本管で約55パーセント、小管で約８パーセントがダクタイル化されていることになる。

大きな事故の対象となる鋳鉄管の本管についてはその半数強がダクタイル化されて破裂事故とは無縁となっているが、残りの45パーセントは破裂事故を生ずる可能性をもっており率的にはかなり改善されたことになるが、延長的には約43万メートルの本管が依然として事故の可能性を秘めていることになる。しかもこの数字は、ダクタイル管による布設替えが行なわれない限り減少しない数字であるか

ら、まだ当分の間は事故に悩まされ続けることを覚悟しなければならないことになる。

第二の継手構造の改善については、可撓性の極めて小さい印ろう継手から可撓性の大きなメカニカル継手に改善され、地盤沈下などによる外力の影響を継手部の変位で吸収発散させて、管体に生ずる応力を著しく減少させている。メカニカル継手を採用してからは、外荷重と管体の支持条件との関係から管体に生ずる異常応力に起因して破裂事故を生じたケースは稀にはあったが、管の不同沈下に起因する破裂事故は極端に減少している。

メカニカル継手自体も、水密性や可撓性を増大するため種々改造されてきているが、現在のメカニカル継手はその構造上、許容の変位角度が余り大きくないので、地質、その他の関係からかなり大きな不同沈下の発生が予測されるような場合には、さらに大きな変位が許容される特殊メカニカル継手を使用することが安全性の上から要求される。私は、このような特殊メカニカル継手の開発の必要性についてかねてから提唱しており、メーカーもこの問題について真剣に取り組んでくれているので、実用的な特殊メカニカル継手（実用的とは、可撓性、施工性、価格の点で一般に迎合されるものであることの意である）が近く開発され、事故の未然防止に大いに役立てることができるものと期待している。私達ユーザーの要望を率直に受け入れて真剣に取り組んでくれている鋳鉄管メーカーの前向きの態度に改めて感謝の意を表したい。

接合作業が比較的簡単であることもメカニカル継手の長所の一つであるが、それだけに作業が安易に行なわれる傾向があり、結果的にこの継手のもっている可撓性や水密性を十分生かすことができず、かえって事故の原因を作ってしまうことがあるから、接合作業を確実に行なうことも事故防止に直接つながる重要な要素である。

第三の埋設管の安定工法の確立については、今さらこれを問題として取り上げる必要もないが、要は地中に埋設された管路が将来にわたって安定状態を維持することのできるような工法を選択することである。東京都の水道は創設以来約75年を経過しているが、管の支持方法、防護方法も75年間の技術の進歩を物語るように、それが施工された年代によってかなり変化している。たとえば、軟弱地盤における管の支持方法などについても、現在では不適当と考えられるような方法がとられていることがある。少なくともそういった工法は当時としては適当な工法と考えられていたに相違ないと思われる。こういうと、古い時代に埋設された管路には危険が一杯であるように思われるかもしれないが、決してそういうわけではなく、特殊な外的条件が加えられた場合、現在の工法によって埋設された管路より危険率が多少高くなるというに過ぎない。

大口径管について私達が実施した埋設実験の結果から、普通の支持状態で土被りが 1.5 メートル以上あれば、路面荷重の増大に伴って埋設管の管体に生ずる応力の増大は、殆んど無視できる程度であることが知られている。したがって、支持状態や土被りの状態が普通の場合には、路面荷重の増大はそれ程危険側の要素とはならないが、支持状態が悪かったり、路面の削り取りなどにより土被りが極端に浅くなったり、または他工事の影響により支持状態が変化したりするような場合には、その変化度合によりある程度の危険の発生を考えなければならない。一方、古い管路には伸びの極めて少ない普通鋳鉄管が用いられているから、このように外的条件に変化が加えられた際には、できるだけダクタイル管による布設替えを積極的に実施することが事故防止につながることは論をまたない。

「鉄管」の範ちゅうに入るものとして鋳鉄管と鋼管とがあることはご承知の通りであるが、私はここで鋳鉄管と鋼管との比較を論じようとは思わないが、従来から水道管としては鋳鉄管が一般に広く採用されており、それにはそれなりの理由があったに違いない。東京都の場合、昭和44年度末における実績数字において、配水管の総延長中に占める鋳鉄管と鋼管の延長割合はそれぞれ、本管において87.8パーセントおよび12.2パーセント、小管において87.4パーセントおよび1.4パーセント（残り11.2パーセントは石綿セメント管）となっ

ている。

材料の持つ宿命的なものとして、破裂事故は殆んどすべて鋳鉄管において発生しており、鋼管には殆んど皆無に近いことも事実である。鋳鉄管本来の良さを失わせずにこの宿命を打ち破るものとしてダクタイル鋳鉄管が登場してきたが、大都市でこれが採用され始めてからまだ日も浅い関係で、現状では、鋳鉄管延長中に占めるダクタイル鋳鉄管の延長割合はまだ極めて小さい。したがって、私達は当分の間破裂事故と縁を切ることはできそうもないが、次の世代に水道管の維持管理にたずさわる人達が破裂事故と無縁となるよう、危険と目されている重要路線については積極的に管の取り替えを実施し、さらに新設管路については先に述べてきたような事故防止についての施策を積極的に取り入れて施工することが私達に課せられた重要課題であると思う…。

こんなことをあれこれと考えているうちに今日も退庁時間が迫ってきた。制服に身を固めて今朝早く出かけて行った路線パトロールの連中が日焼けした顔で元気に戻って来た。重要管路線を見回って、どんな微細な異変でもいち早く発見して事故を未然に防止しようというのがパトロール隊の目的である。夜間黙々と漏水の発見に努めている漏水防止の人達や、炎天下に異常の徴候を探し回っているパトロール隊の人達の知られない苦労を思うとき、「私達はこのようにして突発事故の未然防止に努力しているのだ。これで事故が起きれば仕方がないではないか」という気持にもなる。事故に対し世論は実に厳しく、事故を起こしたことの責任は免れないが、やるべきことはやっているのだという、自己満足を感ずるぐらいのことは許されてもよいような気がしてならない。

水道用高級鋳鉄異形管　JISG 5524
ダクタイル鋳鉄異形管　JWWAG 106

営業品目
量水器鉄筐，止水栓鉄筐，止水弁鉄筐，制水弁鉄筐，消火栓鉄筐
ダクタイル鋳鉄製各種鉄筐
制水弁，空気弁，地上・地下消火栓，逆止弁
高級鋳鉄異形管、ダクタイル鋳鉄異形管
制水弁開閉台，水位標示機，制水扉，その他浄配水池用機器類

日之出水道機器株式会社
取締役社長　浦上定司
本社　福岡市天神1丁目14番16号 不銀ビル3階　電話 福岡 代表(77)4431
営業所　東京・名古屋・大阪・広島・徳山・宮崎
工場　板付工場・京都八幡工場・埼玉川島工場

〈寄稿5〉

不良土とたたかう

四日市市水道局拡張課長
黒川　薫

水道の維持管理をするものにとって、夜中の電話ほどいやなものはない。

当直者では処理しきれないから連絡してくるのである。

鉄管破損の漏水事故では、いやでも多数の動員が必要である。

夜中の動員は、電話のある者、近くの者に集中する。何の因果と心中面白くないに違いないが、すぐ駈けつけてテキパキと処理してくれる。さすがは永年伝統のある水道マンである。

当市の水道で午後5時以降の事故、ならびに修繕の件数は調査により5時から7時までに多くが発生し、それ以後は殆んどないことが判った。そのため、午後8時までは待機者をおき、夜間は修繕当直者を1名しかおいていない。それで平常は十分である。

夜中の事故には現場の調査、応急処置、動員に1人で奮闘してくれる。

39年から40年にかけて、港地区で漏水事故が続発したことがある。

水道新設以来、30数年の使用に耐えてきた200㎜配水管で　港地区の埋立地へ市内から運河を越えて、港への重要道路のコンクリート舗装下に埋設された、たった1本の大切な管である。

年々増大する港への水需要に市内水圧の増強で応え、夜間には5～6kmの水圧を保つようになった頃である。

この管は工場や港湾施設、それに船舶給水に使用されて昼夜の別なく送水され、とくに夜間には周囲への遠慮もいらぬので、船舶給水用に全開しており、従って管の内面は大変きれいで濁りの苦情だけは聞かずに過ごして来た。

この管に孔があくのである。

それも夜中ときまっていた。

ひょっとしたら、船舶給水が一時閉栓した時のショックにトラックの振動が加わって腐蝕部分がぬけたのかも知れない。

漏水が始まると厚いコンクリート舗装がもちあげられる。目地から水が吹きだして広い道路を一ぱいに流れ出す。

近くの工場の守衛さんはびっくりして水道

局へ電話する傍ら、門に土俵をつんで浸水を防いだとのことである。

局員も最初は驚いたが、度重なると慣れたもので、バルブ操作で減圧し、交通制限やら防護柵をして朝を待つ。

断水宣伝も終え、人員も十分確保してから一斉に復旧が始まる。

まずコンクリート舗装の撤去である。

厚さ３０㎜もあるのをチスで孔をあけ、クサビを打込んで割って行く。

当時は削岩機もなかったので、石割りの専門家を集めて数交替の突貫作業で行なった。

掘削して露出した管は膨らんだボロボロの黒っぽいおよそ鉄管とは思えない形相で、とくに腐蝕した部分が穿孔しており、金鋸での管の切断はまるで土管を切るように柔かい。

とにかく土質が悪い。

迷走電流による電蝕でないことはその前からわかっていた。

この附近は大正時代の埋立地でヘドロ層が多く、それに海水の影響も受けているらしい。

久保田鉄工鉄管研究所の調査で腐蝕がヘドロ層のみで起り、砂状の土質では起らぬことから、電気化学的な腐蝕、微生物腐蝕の可能性のあることが報告された。

ヘドロ層と砂層の差異による局部電池作用から腐蝕が起ることも初めて知った。

幸い40年から水道料金値上げが実現して維持管理面にも予算の増額が行われたので、事故多発地帯の全線布設替を行なうことにした。この布設替方法は次の通りである。

1、メカニカル型鋳鉄管を使用する。

2、管据付時に同質塗料で再塗装する。

3、掘削土は捨て、埋戻しは砂で行なう。

メカニカル接手の絶縁性を利用して管路の電気的一体長大化を防ぎ、管体、押輪、ボールトとも十分な再塗装により損傷個所からの腐蝕防止をはかり、埋戻土を砂に入替えて管埋設土壌の差異による局部電池作用の発生を防ぐとともに微生物腐蝕を防止することにした。

この方針に多少の不安はあったが、既設管に健全部分も多い現状と、経済性から決定したものである。

管布設現場においては、直接管工事を行なう配管工に再塗装の意義について十分説明しておいたところ、非常に丁寧な施工が行われ、気にいるまで十分に塗装し、管布設も従来にまして慎重に行われ、職人気質をまざまざと見せつけられ、思わぬ収獲に喜んだ。

港地区の水需要は年々増大して行く。

これに応えるため、かねてから４００㎜配水管の布設が計画されていた。

これは運河底を伏越して港地区へ布設されるものであるが、この管路予定地の地層に問題がありそうなので、この調査を久保田鉄工鉄管研究所に依頼した。

その結果、やはり管路予定地は不良土であることが判り、管外面を再塗装して川砂で埋戻しするようアドバイスがあった。

その時調査にあたった長尾技師から、ポリエチレンチューブが防蝕性に優れていることを聞き、早速現地で実験をお願いし、短期間ではあるが文献と一致する優秀性を確認したので、４００㎜配水管の防蝕用として採用した。

４００㎜管の布設には、メカニカル型ダクタイル鋳鉄管を採用し、現地で管、押輪、ボールトを再塗装してポリエチレンチューブを覆せ、砂による埋戻しを行なった。

先に布設した２００㎜管に比べポリエチレンチューブを追加被覆したものであり、これで十分であると満足している。

鋳鉄管の布設は比較的安易に行われる場合が多いが、事故は滅多に発生しない。

あまり神経質になる必要もないが、同じ事故が続いて起る時は対策にも真剣になる。

港地区にはまだまだ支管が多数残っている。事故範囲が小さいので費用の関係から少しずつ布設替を続けているが、今のところ大した事故も起っていない。

現在、土質の悪いところへの管布設は現地で布設時に管体、押輪、ボールトの再塗装を行ない、埋戻しは砂で行ない、とくに悪いところにはポリエチレンチューブを被覆して防蝕対策を行なっている。

最近問題化しているボールト対策も、ボールトの再塗装、耐蝕ボールトの採用、またタ

イトン管の採用等により積極的に対策を講じている。

とにかく四日市市の公害は有名である。

主に亜硫酸ガスの等であるが、内容はいろいろあるらしい。

生の硫酸を海に流し続けて海上保安庁に摘発された会社がある。

また最近の新聞では硫酸ミストが多量に検出されたことが報ぜられている。

下水からは硫酸が流れ、空からは硫酸が降るところであるらしい。

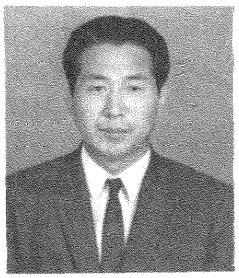
まだまだいろいろのものが指摘されてきており、空中も地中もじわじわと汚染が強まってきている。

水道管も少しずつむしばまれて行くのは事実であろう。

少しでも土地の悪そうなところでは用心した方がよいようである。

〈寄稿6〉

大阪府における工業用水道配水管の誤接事故防止対策について



大阪府水道部工業用水道課主幹
濱野　守

1．はじめに

「ガスコックをひねると、水が飛び出した」という話を水道の仕事にたずさわった当時、先輩から笑い話として聞いた記憶があるが、最近のように、多種多様の地下埋設物が錯そうする現在では、この種の誤接事故は笑い話どころではなく、多数の人命にかかわる大事故に発展する危険性を十分に含んでいる。

この種の事故防止については、水道関係者は常に注意されていることと思われるが、現在のところ目新しい対策はなく、さきに厚生省から通知のあった、「水道施設の工事監督の強化並びに施設管理及び水質管理の徹底について」を徹底して励行する以外に良策はないと思われる。大阪府においては、工業用水道事業者と、各家庭に給水する水道事業者が異なるため、事故防止のため特に相互の緊密な連絡が必要となっている。

2．大阪府工業用水道の配水管布設状況と対策

大阪府の工業用水道事業は、昭和34年度から堺臨海造成地に給水するため、第1次工業

用水道事業(給水能力1日当り5万5000㎥)に着手し、さらに、昭和37年度から堺泉北臨海造成地に給水するための第2次工業用水道事業(給水能力1日当り40万㎥)の建設に着手、昭和36年度及び昭和44年度末にそれぞれ工事を完成、給水しているが、いずれも水源は淀川の表流水で、給水区域に至るまでに7～8市を横断、約40kmの配水本管を布設している。しかし配水本管の口径が1,800㎜～800㎜と比較的大きく、また造成地内においては布設位置が他の埋設物と分離され、比較的明確化されているので誤接等の事故発生は少ないものと考えている。

つぎに昭和39年度から着手した地盤沈下対策の第3次工業用水道事業（給水能力1日当り40万㎥、給水区域豊中市外4市)、および昭和40年度から着手した第4次工業用水道事業(給水能力1日当り20万㎥、給水区域、東大阪市外7市）については、地下水の代替用として既存工場に工業用水を給水する関係で、市街地道路に小口径の配水管を布設することとなり、工業用配水管の判別標示について種々検討を行なった。

従来配水管の位置標示については、要所にコンクリート標示杭を建込み判別していたが地下埋設物の錯そうする道路下では不十分のため、埋設管に直接標示を行うこととし、管の塗装を黄色、または白色に変える。管にステンレス板を貼りつけるか、銅線をらせん状に巻く、管に目印になる様なものを鋳出する、等について鋳鉄管メーカーと検討を行なったが、いずれも製造工程、及び経済的な問題もあって実現せず、結局簡易な方法として、配水管の布設の際に、黄色のビニールテープ巾5cmを管の天端に縦方向に貼りつける方法に決定、口径300㎜以下の配水管についてこの方法を実施してきた。しかし実際に施工してみると、管の表面がぬれている様な場合には接着が不完全で埋戻し等の段階で脱落し易くまた夜間工事が多いこともあって、この標示を100％信頼することは危険と考えられ、従って管の確認については、図面による照合、現地立合いによる確認、接続後における残留塩素の測定、水質検査等による総合的な確認によって初めて安全であると考えられる。

大阪府における工業用水道は淀川の表流水を取水し、硫酸バンドによる薬品沈でん処理および浄水場内の施設に藻等が発生するのを防ぐため、1～2ppmの塩素を注入しているが、浄水場を出る段階では、遊離の残留塩素はほとんどなく結合残留塩素が0.1～0.2ppm残る程度であるため、上水道の水道法で定められた管末で遊離残留塩素が0.1ppm以上、結合残留塩素が0.4ppm以上に比べて少ないため、残留塩素の測定によって一応の区別ができるものと思われる。

この様な状況から、大阪府の工業用水としては府下の関係水道事業に工業用配水管路図の送付を行うとともに、必要に応じて現場立会い、ならびに残留塩素の測定、水質検査の励行等によって事故発生を防止されるようお願いしているが、今後もできるだけ緊密な連絡をとる必要があると思っている。

3．今後の問題点

地下埋設物は、生活水準の向上と産業の発展にともなってますます増加し、路面掘削工事にともなう誤接事故、ガス爆発、中毒事故等の危険性がますますふえる傾向にあり、これらの危険をなくするため、工業用水道事業者、上水道事業者、ガス事業者等が管の色別等を実施する必要があると思われる。なお色別等を実施する際には、樹脂系の塗装または袋状樹脂膜の密着等管の全周にわたって色別ができるものが最良であると思われるが、生産工程、ならびに経済的な面等困難な点が多多ある。しかし、事故防止のため各事業者、メーカーはともに真剣にこの問題を検討する必要があると思われる。

★　★　★　★　★
★　★　★　★　★

鋳鉄管第8号

昭和45年5月

◇特別寄稿◇

〈1〉

新しい通信ケーブル用鋳鉄管

——ねじ継手方式ダクタイル鋳鉄管——

日本電信電話公社
前技術局調査部門線路構造担当調査員
東京電気通信局土木工事部調査役　**姫野梶彦**
日本電信電話公社
技術局調査部門線路構造担当　**安延信一**

1．はしがき

日本電信電話公社の地下管路は、通信ケーブルを収容するための施設で、ケーブル布設作業などのため100～250m毎にマンホールが設置されている。管路は、多対ケーブルを収容する本線ルートでは公称内径75mm（実内径約80mm）の管が使用され、地下配線管路と呼ばれる配線用少対ケーブルを収容する管路では、内径50mmおよび25mm管が使用されている。

現在採用されている管種は、75mm管には塗覆装鋼管、硬質ビニル管、鋳鉄管の3種、50mmおよび25mm管には塗覆装鋼管、硬質ビニル管の2種がある。このほか少数ではあるが橋梁添架管路、専用橋等の露出管路あるいはコンクリートにより防護される管路では、防倉鋼管と呼ばれるタールエポキシ系塗料を焼付塗装した鋼管を使用している。

鋳鉄管は公社が最初に地下管路を採用した明治29年から管路材料の主要材料として使用されており、管体が電気の良導体で、外装被覆がないため大地との接触抵抗が小さいため、とくに通信ケーブルに対しては大きな問題である電磁誘導妨害に対するしゃへい効果が大きい長所がある。このため、鋳鉄管は通信ケーブルが電磁誘導妨害を受けやすい電鉄軌道の沿線、変電所周辺等の地下管路に主に使われてきた。また、その使用量は鉄道の交流電化区間の増加などにより、公社の75mm管総需要の約10%程度ではあるが、その総延長は年間約2,100kmに達しているから、その特性、価格などの問題の重要さは小さくない。

鋳鉄管が、その中に収容する通信ケーブルに対する電磁誘導しゃへい効果がほかの管類よりよいことは確認されてはいたが、スクリュー継手方式のねずみ鋳鉄管では、接続部の締付け力の差により、安定性がばらつくこと、あるいは最近の重車両交通の増大に伴い継手のゆるみ、折損などが生じやすいこと、価格についても鉄量が多いので塗覆装鋼管より高く、作業性が悪いなどの欠点を持っている。

これらの欠点の改善を図るため、鋳鉄管につ

いて抜本的に再検討することになり、強度特性、導通特性などの向上を目的に材質、構造について各種の調査、実験を行なった。その結果、各特性値は大幅に向上されたねじ継手方式のダクタイル管が開発され、昭和44年11月から全面的にこの鋳鉄管に切りかえられた。

以下、このねじ継手方式ダクタイル管の検討に当たり、問題となった諸点のうち、特色があると思われる2、3の点について、その要点を述べる。

2.通信ケーブル用鋳鉄管

公社の地下管路はその中に通信ケーブルを収容するため、その電気的特性はもちろんケーブルの機械的強度に対しても、十分に保護することのできる強度ならびに構造であることが要求される。要求される機能の主なものを列記すると次のようである。

(1)土圧、路面荷重、衝撃荷重、地震荷重などの作用に対して十分な強度、構造を有すること。

(2)各種の土壌中での腐食あるいは電食に対する腐食特性がよいこと。

(3)ケーブル布設時の張力を小さくし、かつケーブル外被への損傷を与えないよう、管内面は平滑であり、摩擦抵抗も小さいこと。

(4)継手部からの漏水は管の寿命を短くし、またマンホールの溜水の原因となり、保守上も好ましくないので、継手部は十分な気密性を有すること。

(5)公社地下管路は同一ルートに多条数布設されることが一般的であるから布設の作業性、とくに接続工法は簡略であること。

(6)通信ケーブルに対する電磁誘導妨害を少なくするため、電磁誘導しゃへい効果がよいこと。

このほかにも一般的条件として、①軽量で取扱いが容易であること。②価額が低廉であること。③入手が容易であること。④補修が容易であることなどは水道管、ガス管などと同様である。

ねじ継手方式のダクタイル管を開発し、これに全面的に切かえたのは、①ダクタイル鋳鉄を使用することが管体強度の向上を図り、問題の多い折損事故を防ぐことにより、日常の保守を合理化する、②素材強度を上げることにより管の肉厚を薄くし、これにより軽量化を図るとともに布設時などの作業性を向上する。③現場での曲げ加工を容易にする。④軽量化はコストダウンにつながる、など従来の鋳鉄管で指摘されていた大きな問題点がほとんど改善される見通しを得たからである。

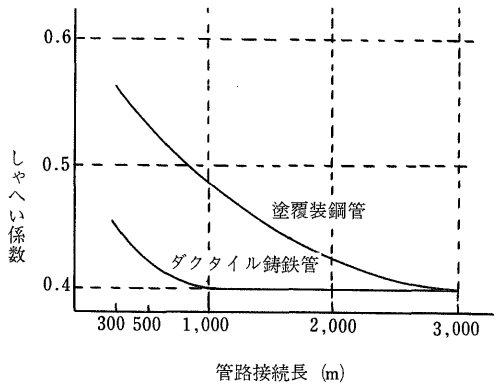
3.ねじ継手方式ダクタイル管

3-1 継手部

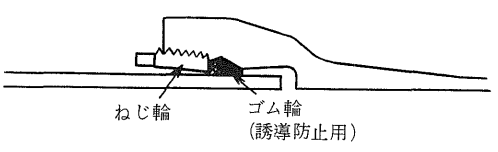
現在、公社における鋳鉄管の主な使用場所は通信ケーブルが電磁誘導妨害を受ける、あるいはその危険が予想される地域である。すなわち鋳鉄管はそれ自体が電気の良導体であり、大地との接地効果もよく、管に収容するケーブルに対する誘導しゃへい効果が大きいという長所を活用して使用している(図－1参照)。

誘導しゃへい効果のためには管路としての導通性がよいことが大きな要素になる。またその信頼性は、管路の継手の構造に大きく支配される。従来公社で使用していた鋳鉄管の継手形式はスクリュー継手と呼ばれるもので、導通性を上げるために、継手の気密性保持を目的に挿入

図－1　管路内プラスチックケーブルのしゃへい係数
(交流60Hz、大地比抵抗100Ω-m)



図－2　スクリュージョイント



するゴム輪（パッキング）の一部に黄銅片をはめ込んだものを使用し、これをねじ輪で締めつけることで気密性の確保ならびに導通性の性能の安定化を図っていた。しかしその信頼性は、ねじ輪の締めつけ力で大きく変動する欠点があった。（図－2参照）

これの改善策としてその構造、接続の作業性など管路として要求される諸条件を対象に検討した結果、ねじ継手方式によるダクタイル管が最も優れていることがわかった。その主な点は次のようなことである。

(1)導通性については締めつけトルクにより若干の差はあるが、平均27.85mΩ/100mで通信ケーブルに対する電磁誘導しゃへい効果からの期待値28mΩ/100m以下である。

(2)接続作業はねじ構造を公社用塗覆装鋼管と同一のJIS B－0203－管用テーパーねじと同一のものに統一したので、塗覆装鋼管と全く同一の感覚で処理され、工法上で両者の差はなくなり単純化が図れる。

(3)継手部の抜出し耐力は30トン前後で、スクリュー式継手の約40倍程度に向上したので、地震あるいは地盤の不等沈下などによる継手の脱出事故は大幅に減少することが期待できる。

しかし、反面ねじ継手方式には次のような問題点がある。

(1)継手部にねじ切りを施すので管肉の残肉厚さが少なくなり、管体の曲げ引張り強さは残肉厚さで決まるから、曲げ強さはねじ部の管の強さで決まり、同一材質のスクリュー継手管に比べ幾分低くなる。

(2)継手部の可撓性が少なくなるため、撓みを考慮した場合の総合耐力も同一材質のスクリュー継手管に比べ幾分低くなる。

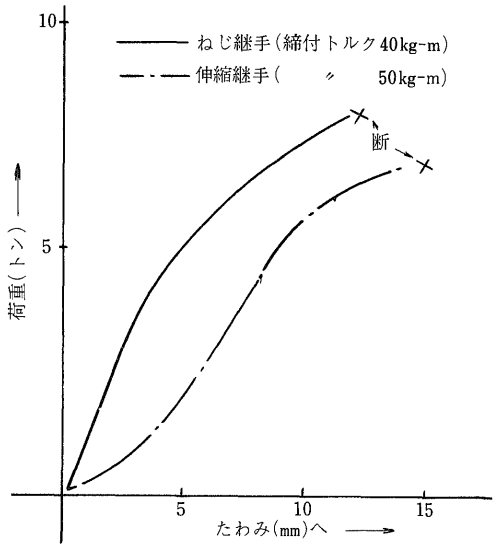
3-2 継手の可撓性と管の伸縮作用

スクリュー式、タイトン式などの継手は可撓性に富んでいるといえるが、ネジ継手方式では、接続部の剛性が高いため、前記継手形式のものに比較すると撓みにくいといえる。撓み量の測定結果では、同一材料によるスクリュー継手とねじ継手は、一点載荷試験ではねじ継手がスクリュー継手の約1/9、2点載荷試験では約1/4であった。(図－3参照)撓み量の少ないことは一般的には管路の直線性からみると好ましいことである。

しかし、可撓性が少ないことは温度変化時の管の伸縮、地震時の管体ひずみの吸収などに対する柔軟性が乏しいので、これに対する対策が必要になる。通信用地下管路は、一般的には土被1.2m以下に布設されるが、この程度の温度における最高、最低の温度差は約20℃と推定される。この場合、75㎜ダクタイル管に生じる温度応力は標準管厚5.2㎜として算出すると5.2トンに達する。また、マンホールの最大間隔250mを想定すると、その場合の管の伸縮量は5.5㎜(管とその周辺土砂の摩擦力は、多段積み管路の実態を安全側で想定し無視する）になる。

このほか管の伸縮対策に対して考えておかなければならない問題として地震力に対する検討がある。福井地震、新潟地震あるいは十勝沖地震などにおける公社地下管路の被害は通信ケーブルの断線を誘起し、問題となった。被害はデルタ地帯など沖積層の軟弱地盤および盛土区間などで多く発生し、主として継手部分ならびに伸縮継手の離脱あるいは折損事故である。現在、構造物の耐震設計として一般には、地震の発生頻度およびその規模を確率的に処理した震度期待値をそのよりどころとしている。地下管路は長さ方向にフレキシブルな構造物であり、並進

図－3　ねじ継手の荷重－たわみ曲線（2点載荷）



振動により管路とその周辺土砂間の摩擦力が張力として管路に反復して作用するものと考えられる。しかし、大きな地震になると管路と地盤は同一の動きをせずにすべりを生じると推察される。地盤別にそのすべりを生じるときの地震の加速度および最大ひずみを求めたものが表－1のとおりである。

表－1　各地盤の最大発生ひずみ

地盤(N値)	V(m/sec)	T(sec)	A(gal)	ε(10^{-6})
洪積層(20～60)	300	0.3	219	475
沖積層(5～20)	200	0.5	103	527
軟弱地盤(5以下)	100	0.8	46	588

V：地震の見掛けの速度　A：地震の加速度
T：地震波の周期　・　ε：ひずみ

このひずみが管路に加わったときの伸縮量は地盤条件、波長などにより異なるが、その量は約5cm程度に達する場合のあることが推定される。すなわち、従来のスクリュー式継手であれば4m毎にある管1本毎の接続点が伸縮に対し柔軟性があり、可撓性もあるから前述のような管路の伸縮作用を生じても、管本体あるいはマンホールなどの構造体に支障を与えることはまずなかったといえる。しかしねじ継手方式の場合は可撓性が少ないため、従来必要としなかった伸縮継手を管路の一部に取りつけ、温度差ならびに地震時の並進作用による伸縮を吸収することが必要である。

3-3 管　体

鋳鉄管の設計で最も大きな問題は管厚の決定である。鋳鉄管価格に与える影響度から見ても、その価格の中で占める素材費の率が高い割合を示しているから、管厚をどのようにするかを慎重にしなければならない。

公社地下管路の管厚の決定に当たって一般的に考慮する事項は次のようなものである。

(1)路面荷重、土圧荷重などの荷重条件に基づく構造上の機械的強度から規定される必要厚さ。

(2)土中の各種腐食要因に対応して、所要の期間十分にその目的を達するため必要となる腐食しろ。

(3)製造技術上から要求される最小厚さ。

上記事項のうち、(1)および(2)項についてその概要を述べる。

機械的強度から規定される管厚としては、想定される荷重条件に対し、①管の円周方向についての圧壊強さ、②管を土壌中に布設した場合の軸方向曲げモーメントに対する耐力、③マンホール取付部における不等沈下に対する曲げ強さ、についてそれぞれのすべてを満足することが必要である。これらの強度計算方法は、一般的な構造力学理論により算出しているので省略し、強度計算を行なうための基本条件である許容応力度に対する考え方について、その概要を次に述べる。

ダクタイル鋳鉄(FCD 40)の引張り強さはJIS規格により40kg/mm²と規定されており、降伏点応力度(σy)は28～29kg/mm²である。許容応力度(σa)は地下管路が路面荷重により反復作用を受けること、材質、管厚にばらつきがあること等の理由から、ダクタイル鋳鉄の破壊荷重値が設計荷重の2倍以上になるよう決めている。ダクタイル鋳鉄の破壊荷重値はその塑性断面係数(Zp)、降伏点応力度および管外径(D)と管厚(t)の比(D/t)により決まる。75mm管のD/tは約60程度であり、D/tの効果は無視できるので、

$$Pmax \propto Mmax = Zp \cdot \sigma y = f \cdot Ze \cdot \sigma y \quad \cdots\cdots(1)$$

ただしMmax：最大曲げモーメント
f　：形状係数　(Zp/Ze＝1.3)
Ze：弾性断面係数

また設計荷重(P)は、

$$P \propto M = Ze \cdot \sigma a \quad \cdots\cdots(2)$$

設計条件から

$$Pmax = 2 \cdot P \quad \cdots\cdots(3)$$

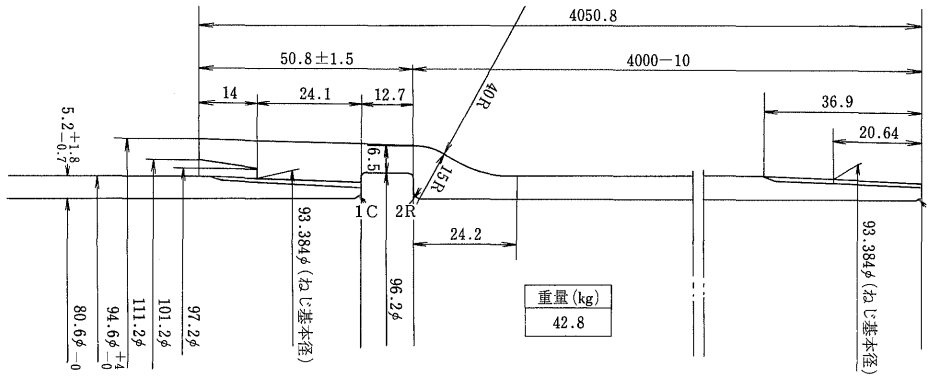
(1)、(2)、(3)式より

$$\sigma y / \sigma a = 1.54$$

したがって、許容応力度は降伏点応力度の1/1.54以下でよいといえる。しかし一般構造用材料に合せて$\sigma y/\sigma a$＝1.67をとり、許容応力度として17kg/mm²を採用した。

この許容応力度に基づいて、前記構造条件のもとにおける所要管厚を計算した結果は、最大必要管厚はマンホール取付部が不等沈下を生じたときに生じ、その所要厚さは約1.48mmである。

図－4　75㎜鋳鉄管構造図



注　1）ねじの形状はJIS　B0203管用テーパーねじ（25.4㎜につき11山）により基本径のみ相異する。

2）受口、挿口のねじ基本径位置は、軸方向の許容差を±3.46㎜とする。

すなわち強度上の必要管厚は約1.5㎜でよい。

つぎに地下管路の腐食に対する必要厚は、腐食に対する考え方、管の必要寿命、防食塗料による防食効果などの判断の方法により大きく異なる。

土壌中における管の腐食は種々の腐食因子の組合せにより決定され、その因子は土壌の種類により著しく異なる。腐食の度合を決定する主な因子としては、土壌の比抵抗、酸性度またはアルカリ度(pH)、通気性、湿分、温度、各種溶解塩、流出電流密度などがあげられる。また、管を布設する地表近い土壌はその層が不均一であり、雑多な層が入り乱れているので、腐食の状況は非常に複雑なものと考えられている。公社地下管路の場合はガス管、水道管の場合、とくに問題になる孔食性の腐食により全体的に管が腐食する平均的腐食が問題である。すなわち、その中に収容する通信ケーブルの機械的保護および電気的しゃへい効果を期待するものであるから、孔食による部分的断面欠損より全体的な断面減少が致命的欠陥となってくる。全体的断面減少は平均的腐食速度で判断されるが、この値は各種調査結果から0.05～0.1㎜/年程度と見られる。管路寿命については、その資産としての償却年数は明確に示されているが、実用上の寿命については明示されておらず、使えるまで使用するのが現実ではあるが、一応最低寿令30年として算定することにした。この場合必要な腐食しろは1.5～3.0㎜である。また、鋳鉄管の防食塗装として管外面には精製タール1号、内面にはタールエポキシ系塗料を焼付塗装を施しているが、この防食効果は各種促進試験の結果でほぼ15年は期待できることが判明している。これらのことから腐食しろを3.0㎜とすると、管の耐用寿命は45年～75年を期待できるといえる。

一方、鋳鉄管の製造技術は遠心力鋳造法の開発などメーカーの努力により非常に進歩し、4.5㎜程度の肉厚まで可能と見られているが、この値は構造強度上の必要厚さ1.5㎜に腐食しろ3.0㎜を想定した場合の厚さに相当する。この値に経済上より見た製品の管厚のバラツキを見込むこととし、管厚は$5.2^{-0.7}_{+1.8}$㎜とした。なお公差の＋側を規定しているのは、伸縮継手を使用する際、その内部に管体を挿入するため外径限度を押える必要があるためである。

なお、ねじ継手方式によるダクタイル管の構造図は図－4のとおりである。

4．あとがき

今回の新型式の鋳鉄管は、公社の必要性のため非常に短期間の間にその結論を出すことが要求されたが、各種の性能テストの結果はほぼ想定した値に近い。現状ではほぼ満足できるものと考えられている。末筆ながら、公社側の前述のような要請に基づいて、今回のねじ継手方式鋳鉄管の開発に積極的にご協力をたまわった久保田鉄工株式会社、株式会社栗本鉄工所の関係者の皆様方に厚くお礼申し上げる。

◇特別寄稿◇

〈2〉

欧米水道雑感

神戸市水道局　技術部工務課長

村尾正信

1969年9月1日から5日まで、ウィーンにおいて開催された第8回国際水道会議に出席し、あわせて欧米諸都市の水道事情を調査する目的で、水道協会が中心となって調査団が編成された。私も運よくその一員に加えてもらうことができた。このような事情もあったためか、ぜひ何かを書くようにと、大先輩の美安さんから依頼を受けた。

気のきいた面白い話を書くことは、私のごとき不粋な者にとっては、全く至難なことである。それではと欧米諸都市の水道の事情の一端なりとも書いてみようかと考えてみたが、これも大したことを報告することができそうにもない。ましてや鋳鉄管のこととなると、全く手も足もでない始末である。何故であろうかと考えてみた。結論は至極簡単であった。私が持ち帰った新しい情報があまりにも少なすぎることによるものである。持ち帰った新しい情報が少なかった理由は、①新しい情報を得るために必要とする基礎的情報量が少なかった、②当然のことではあるが、情報伝達のために使用された言葉が日本語ではなかったことなどによるものである。ここで基礎的情報というのは、水道工学や水道経営に関する広範な知識のほかに、提起された問題に関連する欧米諸都市における情報などのことである。

戦後、多くの水道事業関係者が欧米各都市の水道事情を調査研究するため海外に出張され、多くの成果をあげられており、そして、かなりの情報をいろいろな形で発表されているようである。しかし、これらの発表された情報は利用するのに極めて便利であるとは必ずしもいえないように思われる。いささか逆説的ないいかたかもしれないが、このようなことから、毎年あるいは毎回訪問する日本人の質問事項は大同小異のものとなり、ややもすれば表面的な事実の把握にとどまることになっているのではないかと思われる。たとえば、給水人口、給水量、有収率、水源、水源汚染、浄水方法、あるいは、使用管種といった具合である。今回の私の場合を反省してみても、結局はそのようなことになってしまった。尋ねる人はともかく、答える人は全く迷惑千万な事だと思っているに違いない。ここらあたりで、現象面の把握から脱却し、も

っとつっこんだ因果関係といったようなことまでも調査を始めるとよいのではないかと考えられる。このことは、終局的にはトータル・システムとしての把握を意味する。もちろん、各都市の水道事情を理解し、論議することは、時間的な制約もさることながら、水源、水質、国民性、歴史的背景、地理的条件、あるいは、地形的条件などの相違により、極めて困難なことであろうと思われる。これを可能にする唯一の方法は、情報の蓄積であろうと思われる。このためには、多くの人の情報が簡単に利用できるようにすることが必要である。

このように考えてくると、たとえその量が少なくても、私の持ち帰った情報を報告し、他の人に利用してもらえるようにすることが大切であるとわかった。ずい分まえおきが長くなってしまったが、以下、今回の旅行中に得たことについて、断片的であるが報告させていただくことにする。

各都市の水道局を訪問し、浄水場などの施設を見学した際に感ずることは、働いている人が少ないということであった。また、水道局の職員数についてみても、ほとんどの都市において前年より減っている。何故、職員数を減らすことができたのか、そのために行なわなければならなかったことは何か、などは調査もれである。

有収率についてみると、今回調査した都市のうち、パリ市を除いた他のすべての都市において80%以上であり、日本における大都市の有収率と比較すれば、全く驚異的とも思われる高さである。ここで問題となることは、有収率の計算方法、高い有収率が保持されるためにとられている手段方法、これに要する経費と料金収入に対する割合、配水管延長の単位長さ当たりの経費、水源開発の困難さと単位水量当たりの開発所要経費、このように高い有収率が保持されなければならない理由、などであろうと思われるが、これらも全部調査もれである。パリ市については、現在使用されている配水管は非常に古いものであり、管の接手には鉛や皮革など

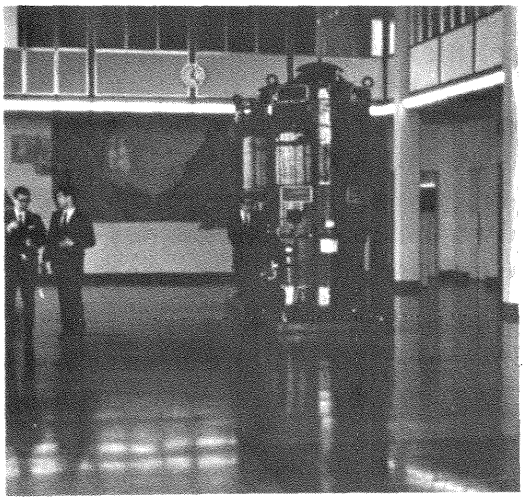
表－1

都市名	給水人口 P（人）	1日平均給水量 A（m^3）	1日最大給水量 M（m^3）	1人1日平均給水量 A/P（ℓ）	1人1日最大給水量 M/P（ℓ）
神戸市	1,183,000	448,593	579,826	379	490
ロンドン	6,132,000	1,764,513	2,264,363	277	360
ストックホルム	923,000	403,220	511,800	437	544
ハンブルグ	1,930,000	390,447	506,746	202	263
西ベルリン	1,950,000	430,000	803,000	220	412
パリ（飲用）	2,760,000	796,000	919,000	288	333
（雑用）		430,000	515,000	156	187
計	2,760,000	1,226,000	1,434,000	444	520
ウイーン	1,600,000	483,558	673,790	300	399
チューリッヒ	434,800	181,330	279,300	417	642
ローマ	2,681,673	1,187,000	1,424,000	443	531
フィラデルフィア	2,002,512	1,283,217	1,667,046	641	832
ボルチモア	1,500,000	946,325	1,362,708	631	908
シカゴ	4,703,000	3,877,245	6,307,635	824	1,341
ホノルル	511,000	335,756	454,615	657	890

（注）職員数（　）は前年を示す。*1 欧米の水道事業(1968年9月坪田健児)による。

の弾力性の少ない材料が用いられている。そのため、ポンプのウォーターハンマーや自動車の荷重などによっておこる震動が原因となり、接手より漏水しやすい。これらの接手を全部ゴム製の近代的なものにするには、管を全部やり直す必要があり、非常に莫大な費用を要することになる。このようなことから、漏水率を下げるために絶えず監視し、漏水個所の修理を続けているようである。管網の水圧や流量を集中管理し、常時監視することにより50～100ℓ/min程度の漏水の発見も可能にしており、また、配水管網の現況の正確な情報をもとに、適確な漏水防止作業の実施も可能にしている。このような漏水防止作業と水圧コントロールの結果、1962年に57.8%であった有収率も、1967年には78.9%と急上昇している。なお、パリの配水管は、パリのどの通りにもある共同溝のなかに布設されている。

pHコントロールについては、過去多くの人の調査報告のなかに必ずといってよいほどはいっていたものであり、その都度、日本においてもpHコントロールを行なうことが必要であると力説されていた。しかし、現在でもなお、日本においてpHコントロールを実施している都市はほとんど見当たらないようである。



チューリッヒ・レング浄水場

配水池全容量 C (㎥)	有収率 (%)	職員数 (人)	M/A	C/M×24 (時間)	1年間の検査日数	資料年次
164,580	73.7	(1,041) 1,060	1,293	6.8	6	1968
1,158,271		(5,812 *1) 5,167	1,283	12.3		1969
161,500	88.4	(460) 440	1,269	7.6		1968
189,570	95.9	(1,174) 1,163	1,298	9.0	1	1968
	96.1	(1,303) 1,278	1,867			1968
941,935	78.9		1,155	24.6	4	1967
181,651			1,198	8.5		職員数は
1,123,586		1,896	1,170	18.8		1968
1,185,000			1,319	44.6		1968
	82.1	(200) 196	1,540			1968
75,000	82.5	1,217	1,200	1.3	4	1968
4,240,000		1,557 *2	1,299	61.0	4(大　口) 2(その他)	1967
2,270,000	90.0		1,440	40.0		1968
	84.8	2,940	1,627			1968
286,000	89.9	(598) 601	1,354	15.1		1968

*2　10年前に比べ125人減っている。

最近とみに全国的な問題としてクローズアップされてきている「赤い水」については、配水管内面の経年変化や水源汚染による水質の変化の影響もさることながら、このような水処理上の問題として再考する必要があるように思われる。「赤い水」については、ハンブルグ市において保険会社にその苦情処理の一切をまかせていたのが特異であった。

水処理の問題としては、アメリカとヨーロッパを比較してみると、その考え方に多少の違いがあるように思われる。シカゴ市の飲料水の水質に対する考え方として、

第1条件……いかなる病原菌も存在しないこと
第2条件……味のよいこと
第3条件……清浄であること

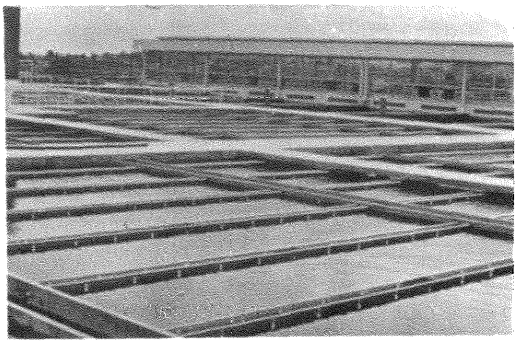
としている。これについては、おそらく万国共通のことであろうとは思われるが、ヨーロッパの各都市では「味のよいこと」がむしろ第一義的に考えられているのではないかとさえ思われた。このことは、アメリカにおいては薬品処理に重点をおいて水を処理しているのに対して、

パリ・オルリー浄水場本館と薬品塔(右)

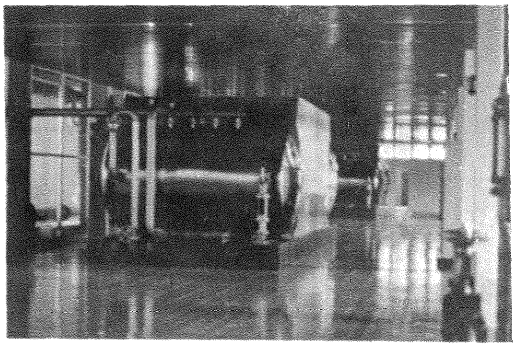
ヨーロッパではろ過技術を駆使して水をみがいているといった感じである。たとえば、ヨーロッパにおいて多く採用されている多段ろ過、あるいはオゾン滅菌の採用などである。これらの現状の調査結果を一括表(表－2)にまとめてみた。このようなヨーロッパのなかにあって、特に違った印象を受けたのはパリのオルリー浄水場である。このオルリー浄水場はパリにおける最新のもので、デグラモン社による急速ろ過を採用していた。訪問した昨年8月末には、ほぼ完成して試運転中であり機械の最終調整を行なっていた。能力は40万㎥/日で、将来60万㎥/日

表－2

	原水			浄水		
	pH	硬　度	アルカリ度	pH	硬　度	アルカリ度
ロ　ン　ド　ン	7.7～8.2	270～350		7.8～8.1	270～350	
ストックホルム	7.4～7.6			8.4～8.5	73～95	
ハ　ン　ブ　ル　グ				7.4～8.0		
西　ベ　ル　リ　ン						
パ　　リ	7.8～8		112～125	7.8		122～125
チ　ュ　ー　リ　ッ　ヒ	7.1～7.7	12.5～13.8		7.2～7.6	12.2～13.5	
ロ　　ー　　マ				——	——	——
フィラデルフィア	7.2～7.6	67～153	34～65	8.4	99～236	51～80
ボ　ル　チ　モ　ア				7.7～8.1	68～81	31～51
シ　　カ　　ゴ	8.4	130	107	7.9～8.2	130～140	98～102
ハ　　ワ　　イ	7.1～8.1	45～100	52～86	——	——	——



同浄水場沈でん池



同浄水場オゾン発生器

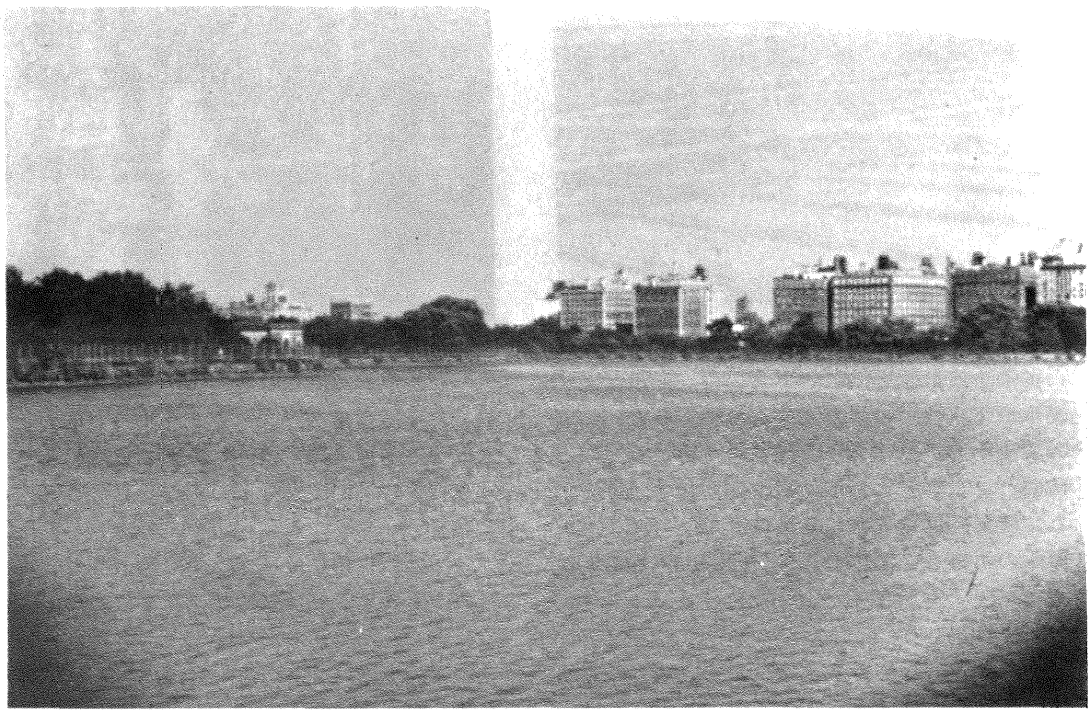
に拡張する計画とのことであった。原水は工場廃水や下水などにより汚染されているセーヌ河の表流水で、フェノール除去のために凝集剤の硫酸バン土とともに活性炭が使われている。また、凝集補助剤として活性珪酸が使われている。原水の水質は、濁度で10～1,000ppm（通常30～50ppm）、ＢＯＤで５～10ppm、フェノールで10～80ppmである。

水の処理に対する考え方、あるいはその方法は、本質的には原水の水質に深く関係していることはもちろんであるが、さらに、生産量、水道の歴史的背景、国民性などにも関係しているものと思われる。これらに関する詳細は調査もれである。ともあれ、味をよくする処理方法の追究は、水道人の本質的な義務であり、忘れてはならないことであるとつくづく考えさせられた。

今回の旅行中に見学した浄水場のうち、特に異色のものとしては、西ベルリンご自慢のものでリーマイステルフェン浄水場があった。

この浄水場は、西ベルリン市内にある広大な森林公園（Grundwald）のなかにあり、浄水施設は周囲の風致を乱さないよう地下に造られている。地上部分は浄水場の本館の一部としている

原　水	浄　水　方　法	滅菌方法	pHコントロール
河川表流水　85% 井　戸　15%	二段ろ過 （マイクロストレーナー・緩速ろ過 急速ろ過・緩速ろ過）	塩　素 クロラミン	
湖　水	二段ろ過（急速ろ過・緩速ろ過）	クロラミン	石灰注入・pH＝8.5
地下水　88.7% 人工かん養地下水 10.0% 湖　水　1.3%	エアレーション（鉄・マンガン） 二段ろ過（急速ろ過・緩速ろ過）	塩　素	石灰・苛性ソーダ pH＝7.4～8.0
地下水 人工かん養地下水	エアレーション（鉄・マンガン） 急速ろ過	塩　素 クロラミン	
地下水 河川表流水	三段ろ過（マイクロストレーナー・急速・緩速ろ過 粗ろ過・急速・緩速ろ過） 急速ろ過	オゾン	（石灰分の多い水質）
湖　水	二段ろ過（急速・緩速ろ過）	主として オゾン	
湧　水 地下水	————	塩　素	
河川表流水	急速ろ過	クロラミン （カルゴン使用）	石灰注入
河川表流水	急速ろ過	塩　素	石灰注入
湖　水	急速ろ過	クロラミン	石灰注入
地下水	————	塩　素	



セントラルパーク・開放式配水池

藁葺きの上家と、これよりすこし離れた所にある井戸の上屋だけであり、一見浄水場とはどうしても思えないものであった。能力は2万㎥/日で、鉄・マンガン除去のためにエアレーションを行ない、ついで急速ろ過により処理していた。

アメリカに行ってみて非常に奇異に感じたことは、ほとんどの都市に大きな開放式配水池があることであった。ニューヨーク市の有名なセントラル・パークのなかにも大きな開放式配水池がある。配水池の周囲には金網の柵を張りめぐらしてはあるが、開放されているため直接的に汚染に結びつくものであり、また、アメリカ

ボルチモア・開放式配水池

軍の日本や西ベルリンで要求している高い残留塩素のことを考え、この点について、衛生工学の権威者であるカリフォルニア大学のカウフマン教授にその見解をただしてみた。答は「開放式配水池は同じ建設費で容量を非常に大きくすることができる利点がある。理想的にはカバーしたほうがよいが、開放式配水池の利用で特にトラブルはおきていない」ということであった。これも結局は国民性の相違によるものと思われるが、現在の日本においては到底考えられないことである。ボルチモア市の開放式配水池では、滅菌と一部藻類発生の防止のため、塩素注入を行なっていた。

以上、まとまりのないことの羅列に終わってしまい、調査結果について報告するつもりが、こと志と違い、むしろ調査できなかったことを多く報告することになってしまった。また、調査した都市は欧米とも別表のように数少ないものであるにもかかわらず、大胆にも一般的な傾向であるがごときオーバーな表現をしているのも私の独断であり、この点お許しを頂きたい。

特　集〈1〉

モルタルライニングの品質向上について

日本鋳鉄管協会品質向上分科会
＊委員長　吉村英夫
＊＊委　員　長尾正三

目　次

まえがき……13
Ⅰ　膨張セメントによるモルタル品質の改良……14
1）膨張材について……14
2）膨張材によるセメントモルタルの膨張収縮測定……14
3）遠心力施工モルタルテストピースの寸法変化に及ぼす膨張セメントの効果……15
4）膨張セメントの強度測定……16
5）拘束状態で膨張セメントを打込んだ場合の剪断付着力の測定……17
6）膨張セメントを使用した遠心力ライニングにおける膨張材の分離傾向について……18
7）膨張セメントに関する基礎的調査の総括……19
Ⅱ　合成樹脂エマルジョン添加によるモルタル品質の改良……20
1）合成樹脂エマルジョン混和材とその効果……20
Ⅲ　混和材配合モルタルライニングの品質と養生条件について……21
1）鋳鉄管モルタルライニングに要求される品質とその改善の方策……21
2）膨張セメントにアクリル系エマルジョンを併用した場合の寸法変化および強度……21
3）膨張セメントにアクリル系エマルジョンを併用したモルタルライニング管の養生方法と強度試験結果……21
4）蒸気養生直後にシールコートした管の通水試験（耐久性）……24
5）膨張セメント、アクリル系エマルジョン配合モルタルライニング管の水質試験……25
6）膨張セメント、アクリル系エマルジョン併用効果の総括……25
Ⅳ　鋳鉄管のセメントモルタルライニングの養生方法の改善……25
1）概　説……25
2）蒸気養生および散水養生時における水分の挙動調査……26
3）新しい養生方法……26
4）熱湯浸漬養生によるモルタルの重量変化測定……26
5）モルタルの強度に及ぼす熱湯浸漬の影響……27
6）熱湯浸漬養生の初期強度に及ぼす蒸気養生温度の影響……28
7）熱湯浸漬がモルタルの寸法変化に及ぼす影響……28
8）実管による熱湯浸漬試験……29
9）新しい養生方法の有利性（総括）……29
Ⅴ　諸外国における鋳鉄管のセメントモルタルライニング養生方法の実情……30
まとめ……30

まえがき

鋳鉄管のモルタルライニングは、諸外国においてすでに数十年の実績があり、わが国においても昭和26年より実用化され、JIS A5314(1953)“水道用鋳鉄管モルタルライニング方法”およびJWWA A107(1967)“水道用遠心力ダクタイル鋳鉄管モルタルライニング”の規格に基づいて広く用いられるようになり、今日ではほとんどの鋳鉄管がモルタルライニングされるまでに普及している。

今や、モルタルライニングは経済的にも、性能的にも鋳鉄管の内面防食方法としてきわめて効果的であることに対して、何人も異論のないところであると思われる。しかし、モルタルの唯一の欠点として、硬化および乾燥時に収縮するという性質があるため、モルタルライニング管の製造過程において、あるいは大気中での保管の際に、ごくまれではあるが収縮のためにライニングに亀裂が発生したり、また鉄管とモルタルの間に肌離れを生ずる場合があった。

このモルタルライニングの欠点を防止し、モルタルライニング鋳鉄管の品質向上と製品の安定化を図ることが鋳鉄管メーカーに課せられた多年の懸案であったことはいうまでもない。

一方、最近の土木工学の進歩、化学工業の発展からセメントモルタルやコンクリートの改質を目的とした混和材料の開発研究はめざましいものがあり、それらの中のあるものは、鋳鉄管のモルタルライニングに非常に有効であることが確かめられてきた。

とくに**モルタルの収縮特性をなくし、逆に膨張性を発揮するセメント混和材や特定の合成樹脂エマルジョンがモルタルライニングの品質向**

上にきわめて効果があり、かつ十分に実用性のあることが明白となったので、これらを積極的に利用できるよう、現在日本水道協会規格の見直しを要請している。

さらに、鋳鉄管のモルタルライニングにおける**モルタルの養生方法については、現行の規格内容には自然養生、蒸気養生、散水養生が規定せられているが、モルタルの水和反応に必要な水分の逸散を防止するシールコート養生、あるいは揮散水分の補給を目的とする熱湯浸漬養生など、モルタル品質の安定向上と鋳鉄管メーカーにおける生産性向上、合理化のための新しい技術の開発が行なわれ**つつあり、本稿ではこれら鋳鉄管モルタルライニングの品質向上を目的とした新しい研究結果を報告する。

Ⅰ.膨張セメントによるモルタル品質の改良

1）膨張材について

膨張性セメントとしては、古くはフランスの“シマーン　エクスパシーフ”が代表的なものであり、カルシウムサルフォアルミネートクリンカーを10～25%ポルトランドセメントおよび高炉スラグに添加したものである。これについてはすでに1954年に小野田セメント社の田中、渡辺両氏が詳細な調査研究を発表されている。（セメント技術年報　田中太郎　渡辺喜香　No.8 1954　P.192～202）

その後わが国においては、このような製品は市販されるにいたらず、応用すべくもなかったが、ここ数年の間に膨張性セメントの名のもとに、国内セメントメーカーより市販されるようになり、一応利用の可能な段階に達した。

具体的な製品名をあげると

電気化学工業社製　デンカCSA

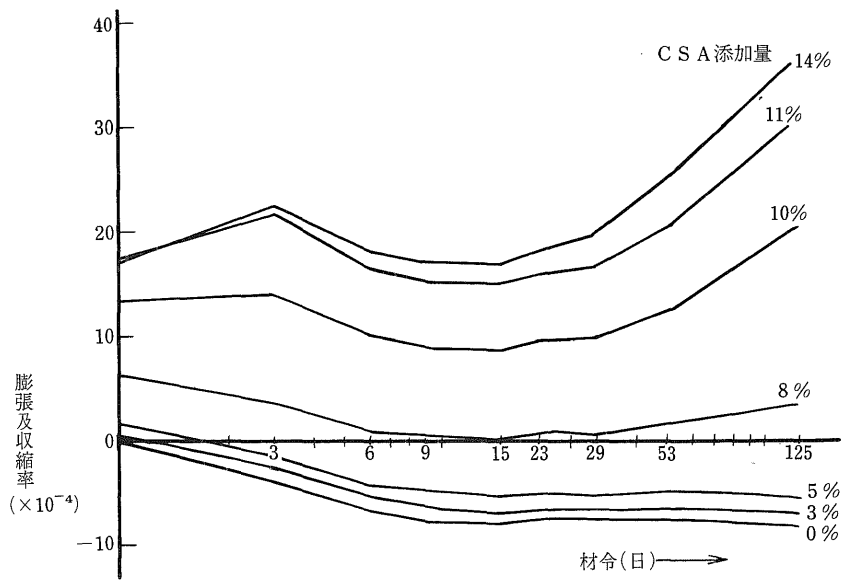
小野田セメント社製　ジプトン、その他ノンシュリンク、エンペコなどである。

デンカＣＳＡはCiment expansifと本質的に変らず、**Calcium Sulfo aluminateをセメントクリンカーに混合するものであり、添加量を加減することによってセメントモルタルを低収縮から膨張性までに変化させることができる。**ジプトンは不溶性無水石膏および石灰石粉をセメントに混合することによって、セメントモルタルの収縮を減少させるものであって、本質的には膨張性ではなく低収縮性セメントと称すべきものである。

2）膨張材によるセメントモルタルの膨張収縮測定

2－1、フライアッシュセメントに対して、デンカＣＳＡを配合した場合の膨張、収縮率を標準試験片に埋込んだストレインゲージによって測定した結果を図－1に示す。

図－1　手込めＣＬの膨張及び収縮率の測定結果（フライアッシュセメント）



モルタルはC/S＝1/2.0 W/C＝50%の配合でＣＳＡの添加量は0、3、５、８、10、11、14%（それぞれ内割）とし、型込後24時間湿潤状態に保ったのち脱型し、22℃の恒温室中に放置する気乾養生を行なった。

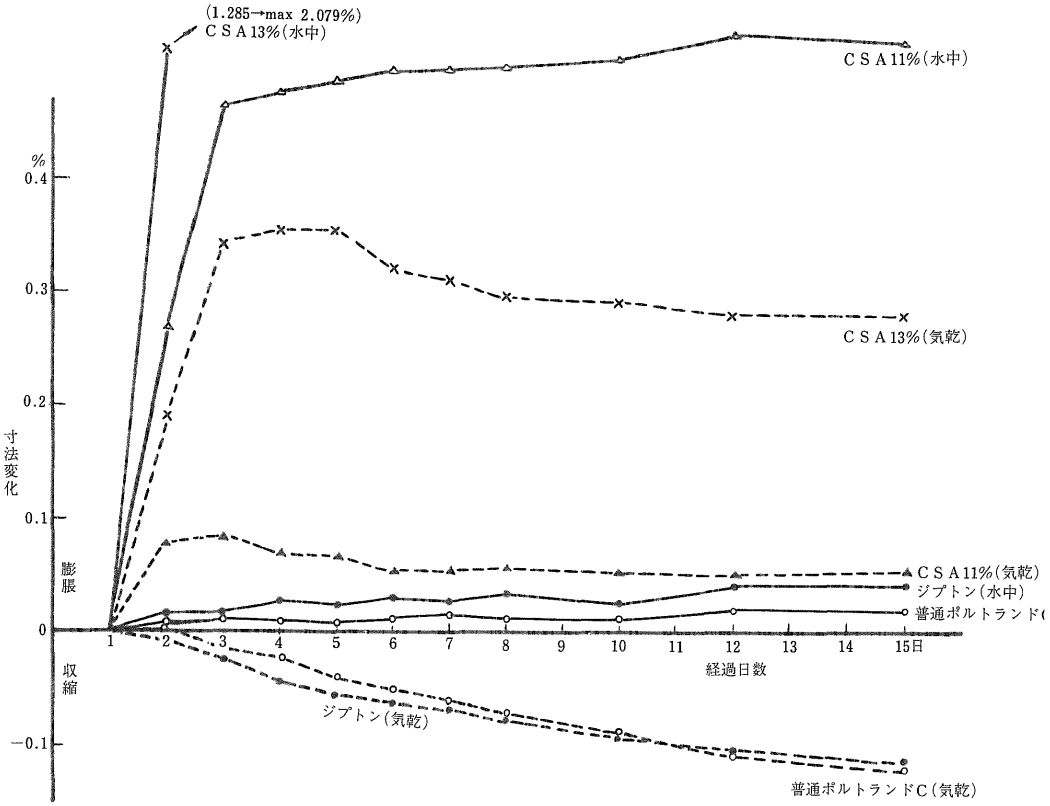
測定の結果、デンカＣＳＡを配合したモルタルで膨脹の効果が期待できるのは、ＣＳＡの配合が８%以上のもので、５%以下の配合率では膨脹特性を示すにいたらない。

2－2．デンカＣＳＡおよびジプトンの寸法変化測定（文献例）

名古屋工業大学木沢研究室“膨脹セメント”を用いたグラウトモルタルの性質に関する研究（その２）　昭和42．１．(未公刊資料)

モルタルは%s＝1：1、デンカＣＳＡの配合は11%、13%、ジプトンの配合は5.2%(いずれも内割）で、W/C比はフロー値250～260mmになるように選定した。試験は標準試験片を用い、型込め後24時間湿潤養生し、脱型後標準基長をとり20℃水中養生 20℃．ＲＨ50%気乾養生を行ない、材令毎の寸法変化を測定した。

図－２　ＣＳＡ、ジプトン添加セメントの寸法変化（名工大、木沢）



この結果から次のことがいえる

1．水中養生においてはいずれのモルタルも膨脹するが、ブレーンモルタルに比してジプトン配合のもので約２倍であるのに対し、ＣＳＡ配合のものは11%で約25倍の膨脹を示す。

2．気乾養生においては、普通ポルトランドセメントおよびジプトン添加のものは膨脹を認めないが、ＣＳＡ添加のものは膨脹を示している。

3）遠心力施工モルタルテストピースの寸法変化に及ぼす膨脹セメントの効果

上記実験結果から、デンカＣＳＡは手込めテストピースにおいてかなり膨脹効果のあることが実証された。これらの膨脹が水分との反応に基づくエトリンガイド（$3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3Ca$

$SO_4 \cdot 32H_2O$）の生成によるものと考えられ、膨脹のためには十分な水分の供給が必要となる。

遠心力施工モルタルライニングでは、遠心力によってモルタル中の水分がしぼり取られ、エトリンガイド生成のための水分の供給が十分でなくなり、膨脹効果が減殺されるのではないかということが懸念される。

このため、遠心力施工モルタルの寸法変化を測定して、効果を調査した。実験方法としては200mmφ×200mmℓ×10mmtのモルタルライニングを硬質塩化ビニル製型枠に遠心施工した。その際、膨脹収縮測定のためのストレインゲージをモルタルの肉厚中央に埋込んでおき、24時間湿潤養生の後、脱型しこの直後の長さを基長として寸法変化を測定した。

実験条件は%s＝1：2.0、W/C＝40%

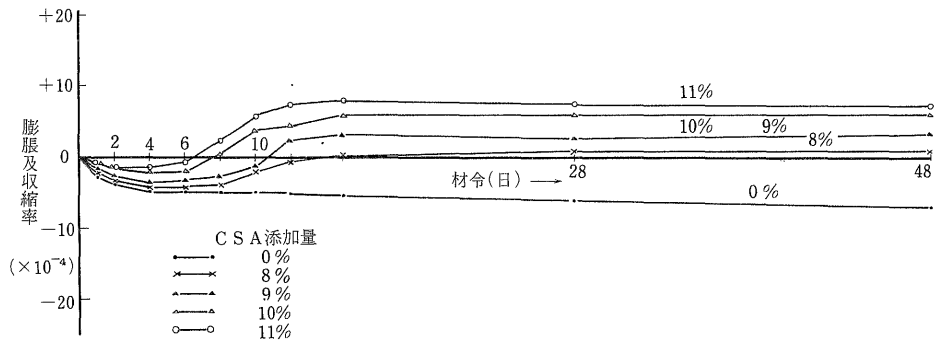
ＣＳＡ配合率　0、8、9、10、11%（内側）

遠心力G No.3にて1分間振付け後、G No.70にて3分間締固めた。（実際のライニング施工はG No.70より低速であり、本実験条件は成型モルタル中の水分に対して最も苛酷なものである）

養生は22℃、RH50%の恒温恒湿室中に脱型後放置し気乾養生した場合と4日間湿潤養生後、シールコートを施して放置した場合の2種について行なった。

気乾養生のみを行なった場合の結果は、図－3のとおりである。

図－3　遠心力施工テストピースに於ける膨張及び収縮率測定結果（気乾養生）



ＣＳＡを配合したモルタルの遠心施工の場合の寸法変化は、材令7日以内において若干の収縮を伴うが、その後はほとんど寸法的に安定しており、ＣＳＡを配合しなかったモルタルが収縮を続けるのに対して、ＣＳＡ8%配合のものでも膨脹を生じている。なお、湿潤養生、シールコートのものは材令の初期から明らかな膨脹を示していることはもちろんであり、これらのことから遠心力施工においても、ＣＳＡ配合モルタルの膨脹特性が十分に発揮されるものであることを示している。

4）膨脹セメントの強度測定

ＣＳＡを配合した場合、その添加量によって強度がいかに影響されるかを検討した。

モルタルの強度測定は、通常成型後直ちに脱型し、養生したテストピースについて測定するが、鋳鉄管のモルタルライニングのごとく、外側が鉄管によって拘束される場合には膨脹力がおさえられ、これがプレストレスとして作用することになり、無拘束の場合と異なった強度を示すことが考えられるので、一部の試料については拘束状態での強度も比較した。

使用セメント　フライアッシュセメント
　　ポルトランドセメント
　砂　小豆島珪砂
C/S＝1：2.0（Cの中に膨脹材を含む）
W/C＝50%
膨脹材配合率　デンカCSA 0、5、8、10、11、14%（内側）
養生条件　蒸気養生（35℃ 4時間）後気乾養生

結果を表－1、表－2に示す。

表－1　膨張セメントの強度測定結果
（蒸気養生＋気乾養生）**無拘束**

セメントの種類	CSA添加率	7日強度		14日強度		28日強度	
		抗折力	圧縮強度	抗折力	圧縮強度	抗折力	圧縮強度
ポルトランドセメント	0	64kg/cm²	267kg/cm²	72kg/cm²	292kg/cm²	74kg/cm²	356kg/cm²
〃	5	58	299	63	336	77	346
〃	8	67	251	69	291	82	360
〃	10	67	232	67	288	77	313
〃	11	52	190	55	206	65	300
〃	14	28	120	30	148	34	138
フライアッシュセメント	0	63	299	72	360	78	343
〃	5	59	287	73	303	77	327
〃	8	65	245	63	321	80	353
〃	10	67	198	72	261	79	288
〃	11	52	170	60	180	65	290
〃	14	29	140	31	116	38	135

表－2　膨張セメントの強度に及ぼす拘束の効果（28日強度）
（蒸気養生＋気乾養生）

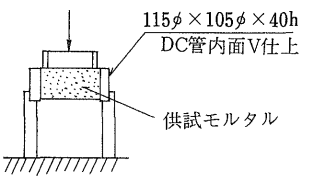
セメントの種類	CSAの添加量	無拘束		拘束		拘束／無拘束比	
		抗折力	圧縮強度	抗折力	圧縮強度	抗折力	圧縮強度
フライアッシュセメント	8％	76kg/cm²	340kg/cm²	79kg/cm²	383kg/cm²	1.04	1.12
〃	10％	74kg/cm²	313kg/cm²	78kg/cm²	471kg/cm²	1.05	1.50

上表から、ＣＳＡ添加によりモルタルの強度は若干影響を受けることがわかる。この影響はモルタルが拘束状態か否かによって、逆の効果が現われている。すなわち、自由状態の場合ＣＳＡ10％以上の添加で強度低下が認められるのに対し、拘束状態では添加量の多い場合、その膨張力がプレストレスとして導入されるため、強度の向上となって現われ、ことに圧縮強さにおいて、かなり顕著に強度が上昇している。

5）拘束状態で膨張セメントを打込んだ場合の剪断付着力の測定

図－４に示すごとく、100mmφダクタイル管の内面を仕上げ加工した円筒中に膨張セメントを打込み、所定の養生を行なった後、アムスラー試験機を用いてセメントを押出し、このときの荷重から剪断付着力を求め、間接的に膨張セメントの鉄管との密着性を判断した。

（図－４）　剪断付着力測定方法



養生条件
蒸気養生（35℃ 4時間）約７日間水中養生後気乾養生
試験材令　28日

表－3　剪断付着力測定結果

セメントモルタル		※	セメントモルタル		※
セメントの種類	CSAの添加量	強　度	セメントの種類	CSAの添加量	強　度
ポルトランドセメント	0%	20kg/cm²	フライアッシュセメント	0%	26kg/cm²
〃	8	22	〃	8	28
〃	10	28	〃	10	30
〃	11	27	〃	11	29

※3個の平均値

表－3の結果から、膨張セメントによって剪断付着力は増加している。また、膨張材の添加は10%程度で最大となり、それ以上添加しても効果は変わらないように思われる。

6）膨張セメントを使用した遠心力ライニングにおける膨張材の分離傾向について

CSA膨張材は、カルシウムサルフォアルミネートを主成分とするクリンカーであり、これをポルトランドセメントと混合した場合、遠心力ライニングの過程で膨張材とセメント分の分離が生ずる可能性がある。すなわち、CSAは$CaSO_4$ 2.93、C_5A_3 2.83、C_3A_5 2.90のごとき比重2.9程度の鉱物を主としているのに対し、ポルトランドセメントはC_4AF3.77、C_3S3.25 αC_2S3.27、βC_2S 3.28、C_3A3.04のごとく比重3.0以上の鉱物が主となっている。したがってこれらの混合物であるモルタルが強大な遠心力によって分離偏析を生じ、ライニングの内部で層間剝離や亀裂などの欠陥を発生しないかが問題となる。

そこで、実験室的に分離傾向を調査した。

使用セメント　　ポルトランドセメント
砂　　小豆島珪砂を水洗いし、100メシシュ篩を通過する微粉を除去したもの
C/S ＝ 1：2.0(CはCSAを含む)
W/C ＝ 60%
CSA添加量　　10%(内割)

遠心ライニング250mmφ×2mℓの鉄管を用い厚み15mmになるようモルタルを注入しG No.70（遠心分離作用として現場的に最も苛酷な条件）にて3分間回転した。

分析試料採取方法：ライニングを終わった管を直ちに中央部で切断し、コテを用いて厚み方向に3mmずつ計5層のモルタル試料を採取した。

これらの試料を分析結果を表－4に示す。

表－4　膨張セメントの遠心分離傾向測定結果

(250mmφ×2mℓ×15mmtライニングより層状に採取)%

成分 / 試料採取位置	酸可溶分（100%になる様換算）								
	SiO_2	$A\ell_2O_3$	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	Total
最内層 0～3mm	20.98	4.82	3.37	64.77	1.56	4.04	Trace	0.24	99.78
3～6mm	21.76	4.77	3.89	65.53	1.25	2.64	〃	0.12	99.96
6～9mm	20.87	5.25	3.62	65.50	1.25	3.37	〃	0.12	100.01
9～12mm	21.15	5.16	3.52	65.74	0.75	3.52	〃	0.12	99.96
最外層12～15mm	21.36	5.05	3.79	65.36	1.13	3.16	〃	0.12	99.97

表－5　現場施工セメントモルタルライニングの分離傾向測定結果
（セメント分に換算）

		酸不溶分	酸可溶分							Total
			SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	
フライアッシュセメント		16.4	18.7	3.7	2.9	54.4	1.7	1.8	0.1	0.5	100.2
90% 10% フライアッシュセメント＋CSA		14.9	16.7	4.7	2.7	54.0	1.6	4.9	0.1	0.4	100.0
1600mmφ＋4Mℓ	ペースト層	14.9	22.4	2.2	1.5	50.4	1.2	5.1	Trace	0.3	100.0
CSA 10%	2層目	14.9	22.5	2.0	1.6	53.8	1.1	3.9	〃	0.2	100.0
GNO 40	3層目	14.9	24.5	2.2	1.6	50.2	1.3	5.0	〃	0.3	100.0
ライニング厚 15mmt	最外層	14.9	23.7	2.1	1.9	50.8	1.9	4.1	〃	0.3	99.7
2200mmφ×4Mℓ	ペースト層	14.9	26.2	1.8	1.6	49.1	2.1	4.1	〃	0.2	100.0
CSA 10%	2層目	14.9	19.8	2.2	1.6	55.6	1.8	3.9	〃	0.2	100.0
GNO 23	3層目	14.9	17.9	2.0	2.5	55.0	2.4	4.9	〃	0.4	100.0
ライニング厚 17mmt	最外層	14.9	21.5	2.1	1.7	52.6	2.1	4.8	〃	0.3	100.0
1800mmφ×4Mℓ	ペースト層	16.4	21.1	4.9	3.3	49.6	1.3	2.9	〃	0.5	100.0
CSA 0%	2層目	16.4	22.8	4.4	4.1	49.6	0.8	1.6	〃	0.3	100.0
GNO 25	3層目	16.4	18.2	5.6	4.6	51.8	1.7	1.4	〃	0.3	100.0
ライニング厚 15mmt	最外層	16.4	19.2	4.7	4.7	52.4	0.9	1.4	〃	0.3	100.0
1100mmφ×6Mℓ	ペースト層	16.4	19.4	4.3	3.4	53.7	0.7	1.7	〃	0.4	100.0
CSA 0%	2層目	16.4	20.2	4.3	4.6	51.2	1.5	1.5	〃	0.3	100.0
GNO 40	3層目	16.4	21.9	4.5	4.5	49.9	0.9	1.6	〃	0.3	100.0
ライニング厚 10mmt	最外層	16.4	20.3	5.2	4.8	50.9	0.9	1.2	〃	0.3	100.0

この結果からみると、遠心分離作用によってCSAの分離はやや最内層、すなわちペースト部に多く分布している傾向は認められるが、比較的均一に分布しており、最内層を除いた各層間にはほとんど差違がない（CSAの偏在は、SO_3の含有率によって大略判定できる）。

このことは、現場で遠心ライニング管を試作した場合の調査結果（表－5）からも示され、CSAの分離はなく、品質上問題がないことを示している（CSAに添加しないプレーンモルタルにおいても、最内層はSO_3が濃縮されており、CSAを10%程度添加した場合の濃縮度とその増加率はたいして変わらず、問題にする必要はない）。

7）膨張セメントに関する基礎的調査の総括

(1) CSAを添加することによって、セメントモルタルは低収縮性から膨張性へと変化させることができる。その程度はCSAの添加量によって変化する。

(2) CSAを添加したセメントモルタルは、気乾養生においても膨張する傾向を示す。

(3) 膨張特性は手込め試験片に比べ、遠心力施工の場合の方が少ない傾向にある。

(4) CSAの添加量は8%以上で膨張を示し5%以下の添加量では収縮量は減少させる傾向にあっても膨張を示すにいたらない。

(5) CSAを添加したモルタルの強度は、無拘束状態では11%以上の添加でかえって低

下するが、拘束状態では膨張力がプレストレス導入の効果を示し強度を増進させる。

(6)　ＣＳＡを添加したモルタルを遠心力ライニングする際のセメント成分とＣＳＡの分離は通常の場合とほとんど変わらない。

以上のごとく、膨張セメントの添加はモルタルライニングの品質向上に顕著な効果を発揮することがわかる。

Ⅱ．合成樹脂エマルジョン添加によるモルタル品質の改良

1）合成樹脂エマルジョン混和材とその効果

セメントモルタルは、その強度発現のために水和反応が必要であり、そのためには養生が必要不可欠と考えられている。

しかし、養生の条件は千差万別であり、水中養生のごとく均一な水分補給が確保されるものはとにかくとして、**鋳鉄管のモルタルライニングのように、モルタルの接触する空間の広いものでは、蒸気養生、散水養生などを実施しても、確実に水分をライニング全表面に補給することは困難である。**

たとえば、ライニング管の底部または管の中央部が、常に温潤状態を保ち得たとしても、上部や両端面部の水分は不足がちとなって、十分な養生ができず、肌離れなどの欠陥を生じやすい傾向がある。

このような水分補給の不均一を解決する一つの方法として、モルタル中に保水性の優れた合成樹脂エマルジョンを添加することによって、親水性エマルジョン粒子に吸着される水分を水和反応に自ら利用するとともに、合成樹脂によって水分の蒸発を抑制することができれば、品質向上に有効であることが考えられる。

さらに、合成樹脂エマルジョンをセメントモルタルに添加することによって、セメントゲル中の空隙をエマルジョン粒子が充填することになり、樹脂による補強効果（砂粒とセメントとを接着）が期待できる。このような効果をねらって、近時セメントコンクリートなどに広く利用されるようになった合成樹脂エマルジョンとしては、次のものがある。

①合成ゴム系エマルジョン
②塩化ビニリデン系エマルジョン
③アクリル系エマルジョン
④酢酸ビニル系エマルジョン

このうち、酢酸ビニル系エマルジョンは耐水性が劣り、常に水と接触して使われる鋳鉄管モルタルライニングの場合には逆効果になることが知られているので、ここでは、①～③について比較検討した。

表－6　合成樹脂エマルジョン諸性質

	合成ゴム系	塩化ビニリデン系	アクリル系
組　　成	SBR系合成ゴム	VC-VD-Copoymer	アクリル系樹脂
固　型　分（%）	48±1.5	約　50	50±1
粘　度（cps，at25℃）	10～12	5～15	100±50
pH	10.5±0.5	4～7	7.5～8.5
比　　重	1.01	1.19～1.24	1.06～1.08
エマルジョン粒子径	0.19～0.2μ	0.1～0.2μ	0.2μ以下

＊VC－VP－Copolymer：塩化ビニル－塩化ビニリデン共重合物

注：CPS（センチポイズ）とは、流体の流動に対する抵抗(粘性)の度合を表わす単位。ポイズ(g/cm. sec)の1/100をいう。

その結果、合成樹脂エマルジョンを添加したモルタルの基礎的な効果としては、

(1)　セメントモルタルに合成樹脂エマルジョンを添加することによって、乾燥収縮量の低減が可能であり、モルタルの肌離れなど欠陥防止に効果がある。

(2)　合成樹脂エマルジョンの保水、補強効果

により強度、ことに曲げ強度が増加し、とくにその効果は湿潤養生におけるよりも、気乾養生において顕著である。

(3) これらの物理的（収縮量の低減）、機械的（強度の増加）特性の向上は合成樹脂エマルジョンの保水性、すなわち水分揮散速度の低減効果によるところが大きいと思われる。

(4) 合成樹脂エマルジョンの種類としては、アクリル系エマルジョンがすべての点でバランスが取れた改善効果を示しており、合成ゴム系、塩化ビニリデン系の効果はアクリル系に比べて劣っているようである。

以上のように合成樹脂エマルジョン、とくにアクリル系エマルジョン添加によって、セメントモルタルの品質は向上しうることが明らかとなった。

Ⅲ．混和材配合モルタルライニングの品質と養生条件について

1）鋳鉄管モルタルライニングに要求される品質とその改善方策

1.において主としてデンカＣＳＡの膨張効果を、2.で合成樹脂エマルジョン添加モルタルの収縮低減と保水効果について、基礎的な調査結果について述べた。

このように効果的なモルタルの混和材料を利用すれば、鋳鉄管のモルタルライニングが品質的に安定向上することが当然予想できる。

ここで、鋳鉄管のモルタルライニングについて、その目的と要求される性能について再検討してみたい。

モルタルライニングは、本来鋳鉄管の内面防錆を目的として実用化されたもので、鋳鉄管内面に薄いモルタル層を施して、鉄面の酸化腐食を抑えることが狙いである。この意味からいえば、モルタルライニング施工の際に材令の初期にある程度の強度をもち、鉄管の移動による外力に十分耐え、かつ硬化の過程で収縮による亀裂がなく、また鉄管とよく密着して剥れることがないものができれば、本来の目的が達せられる。したがって、先に述べた膨張セメントや合成樹脂エマルジョンの添加効果が発揮されるならば、その条件に合致したモルタルの養生方法を採用してよいと考えられる。

現在の規格にある養生条件は、モルタルライニング鋳鉄管が誕生した当時の散水ないし湿潤養生から蒸気養生に変わって、初期強度の向上が図られはしたが、モルタルの本質的な収縮特性が防止できないために、養生条件をできるだけ十分に時間をかけて行なうようにし、これらの欠点を補うことに主眼がおかれてきた。

ところが、モルタルの収縮亀裂や剝離現象を完全に防止できる混和材の発達や、水分の揮散を防止するシールコート養生などの新しい技術を組み合わせれば、鋳鉄管のモルタルライニングの品質を向上させるとともに、ライニングの生産形態をより合理化することができる。

以下、混和材の使用と養生方法の両面について、現行の規格養生方法と比較しつつ種々の性能、特性を調査した結果を述べる。

2）膨張セメントにアクリル系エマルジョンを併用した場合の寸法変化および強度

1.および2.の章において、膨張セメントおよび合成樹脂エマルジョンをそれぞれ単独に添加した場合の効果について述べたが、この両者を併用した場合の効果を寸法変化、および強度の点で基礎的に調査した結果、寸法変化については膨張セメントに数％のアクリル系エマルジョンを併用すると、膨張セメントの膨張効果をさらに助長し、蒸気養生後散水を行なわないで直ちにシールコートを施すのみで膨張性を示し、鋳鉄管にライニングした場合の収縮クラック、肌離れなどの欠陥を防止する効果をさらに確実にすることができる。

強度的には、膨張セメントにアクリル系エマルジョンを併用した場合、エマルジョンの添加量が少ない範囲では特別顕著な強度上昇は認められないが、気乾養生においてすら通常の長期間散水養生に匹敵する効果が得られている。

3）膨張セメントにアクリル系エマルジョンを併用したモルタルライニング管の養生方法と強度試験結果

前項の基礎調査の結果、膨張セメント、アクリルエマルジョン併用の結果、養生条件として蒸気養生後散水養生を行なわず、直ちにシールコートしても、従来の蒸気養生後４日間散水養

生したのちシールコートする養生の方法に比して、優れた結果の得られることが示された。そこで実際の鋳鉄管のセメントモルタルライニングに適用した場合、どうなるかについて調査した。

3－1．衝撃試験

100mmφダクタイル鋳鉄管に遠心ライニングした場合の重錘による落下衝撃試験を行なった。

結果は表－7に示すごとく膨張セメントの添加によって、蒸気養生直後にシールコートの養生によって、従来のプレーンモルタルに蒸気養生、散水養生、シールコートした場合に比してはるかに優れた密着性能が得られている。アクリルエマルジョンの添加による効果は、この場合付随的であり、膨張セメントの効果の方が大きいことがわかる。

表－7　膨張セメント、アクリル系エマルジョン配合モルタルライニング管衝撃試験（材令5日）

	CSA	アクリルエマルジョン	養生方法	衝撃落下回数（23kg－500mm） 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
プレーンモルタル	% 0	% 0	V.C＋4日散水＋シールコート	▨			□			□													
配合モルタル	8	0	〃	▨				□			□												
〃	8	0	V.C＋シールコート		▨														□		□		
〃	8	2	〃		▨												□		□				
〃	8	4	〃		▨													□		□			

▨ 衝撃によるヘアークラック発生回数
□ 〃　浮き、剝離発生回数

3－2．剪断付着力試験

付着面の条件を一定とするため155φ鋼管を用い、この内径にモルタルライニングを行ない、図－4の方法によって剪断付着力試験を行ない密着力を比較した。

結果は表－8に示すごとく、この場合もまた

表－8　混和材配合モルタルライニング管（鋼管）の密着力試験

	混和材添加 CSA	混和材添加 アクリル系エマルジョン	養生方法	蒸気養生直後 剝離荷重	蒸気養生直後 密着強度	材令5日 剝離荷重	材令5日 密着強度	材令28日 剝離荷重	材令28日 密着強度
	%	%		kg	kg/cm²	kg	kg/cm²	kg	kg/cm²
プレーンモルタル	0	0	V.C＋4日散水＋シールコート	670	13.8	680	14.0	820	16.8
配合モルタル	8	0	〃	775	15.9	857	17.6	980	20.1
〃	8	0	V.C＋シールコート	768	15.8	985	20.2	1050	21.5
〃	8	2	〃	780	16.0	865	17.8	974	20.0
〃	8	4	〃	685	14.1	865	17.8	985	20.2

衝撃試験の結果と同一の結論が得られ、膨脹セメントの効果によって蒸気養生直後シールコートすることによって、プレーンモルタルの従来の養生方法に比してはるかに性能が向上しており、アクリルエマルジョンはあまり明確な効果を示していない。

3－3．圧壊試験

ライニング管を切断し、静荷重による圧縮を行なって、クラックの発生および剝れを調査した。

試験は100φ、400φ、1350φについて行なったがその一例を400φについて図－5、図－6、および図－7に示した。

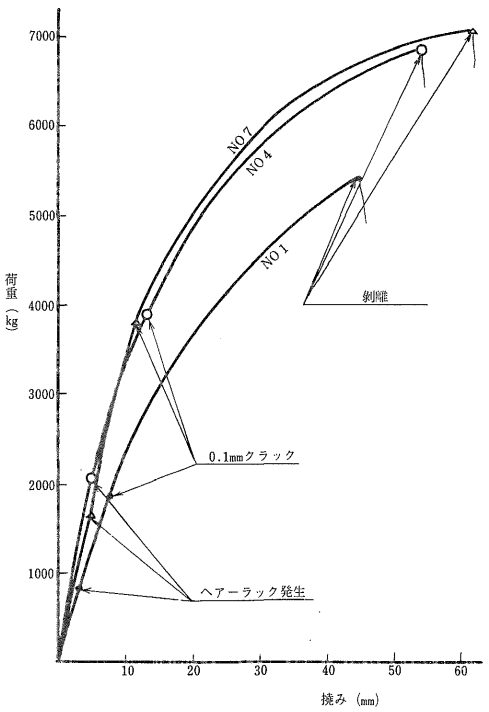
なお図の曲線は次のとおりである。

No.1：プレーンモルタル40℃×5hr V.C＋4日散水＋シールコート

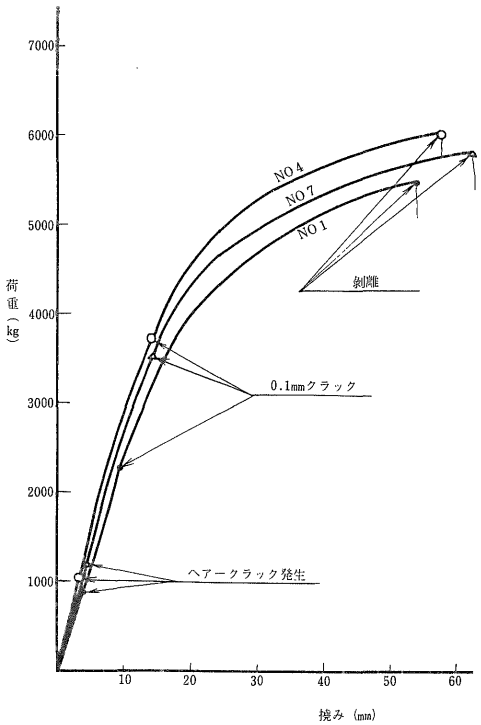
No.4：C.S.A（8％）40℃×5hr V.C＋シールコート

No.7：C.S.A（8％）アクリル系エマルジョン4％V.C＋シールコート

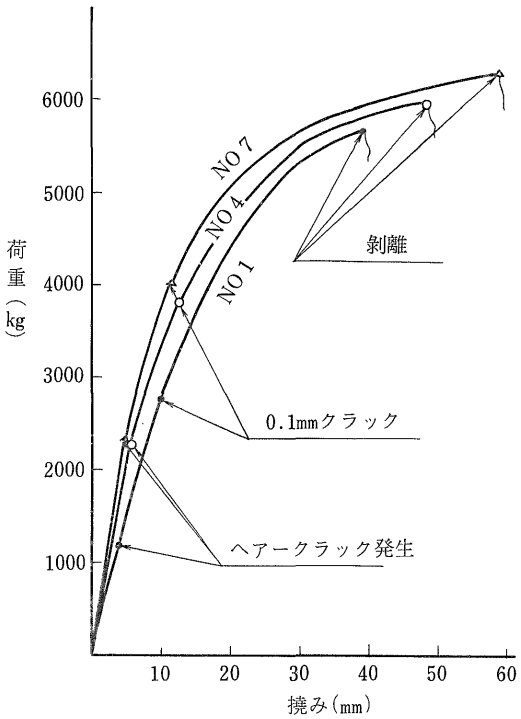
図－6　圧壊試験結果（材令5日）



図－5　圧壊試験結果（材令1日）



図－7　圧壊試験結果（材令28日）



以上の結果をみると、膨脹セメントを使い蒸気養生直後シールコートを施すことにより、初期の材令および長期の材令ともにプレーンモルタルの蒸気養生、散水4日、シールコートのものに比して優れた耐衝撃性、密着性、対クラック性を示している。

これらのことはライニング管の取扱い上からいえば、**蒸気養生後早い時期に運搬移動を行なっても、長期散水養生した管の取扱いの場合と同様で、ライニングの品質に及ぼす影響は全くないということができる。**

4）蒸気養生直後にシールコートした管の通水試験（耐久性）

以上の各種試験結果からわかるごとく、膨脹セメント、アクリル系エマルジョンを用いて、鋳鉄管のセメントモルタルライニングを行なうことにより、プレーンモルタルで規定されている4日間の散水養生を省略し、蒸気養生後即日シールコートを施して出荷しても、その機械的性能は十分に向上することが認められ、かつ長期経過後の密着性、その他実用強度がプレーンモルタルよりも優れていることが証明された。

そこで最後に、このような配合、養生条件のモルタルライニング管が実際長期間の通水に当たって、耐久性の面で従来のプレーンモルタルと、どのような差違を生ずるかを確認するため長期通水試験を行なった。

試験は100mmφ×300mmℓ×4 mmライニング厚のものを用い、4.5m/secの流速で工業用水を流し一定期間後のライニング面の調査を行なった。表－9にその結果を示す。

表－9　各種養生方法によるセメントモルタルライニング管の通水試験結果

（通水開始時の材令はすべて約1ヵ月）

モルタル		養生方法	試験開始年月	ライニング面の観察結果			
CSA	アクリルエマルジョン			6ヶ月	1ヶ年	2ヶ年	4ヶ年
0%	0%	V.C.＋7日間撒水	S40年4月	異状なし	同　左	表面僅かに軟　化	表面軟化（約0.5mm）
〃	〃	V.C.＋14日間撒水	〃	異状なし	同　左	表面僅かに軟　化	表面軟化（約0.5mm）
〃	〃	V.C.＋4日撒水＋シールコート	〃	異状なし	同　左	同　左	同　左
〃	〃	V.C.＋シールコート	〃	異状なし	同　左	同　左	同　左
8%	0%	V.C.＋7日間撒水	S42年6月	異状なし	同　左	表面僅かに軟　化	—
〃	〃	V.C.＋シールコート	〃	異状なし	同　左	同　左	—
〃	2%	V.C.＋シールコート	S43年4月	異状なし	同　左	—	—

表－9からプレーンモルタルでシールコートを施工しないものでは、2ヵ年程度の通水でライニング表面層のカルシウム分が溶出し表面が軟化する傾向にあり、散水養生期間の長短にはほとんど差がないといえる。これに対し、**シールコートを施したものは蒸気養生後の散水の有無にかかわらず、モルタルからのカルシウムの溶出が有効に阻止されており、セメントモルタルライニングの耐久性にきわめて優れた性能をもつことが示されている。**

このように、セメントモルタルの通水に対する耐久性について、プレーンモルタルまたは、膨脹セメント、アクリル系エマルジョン添加のいかんを問わず、その養生の程度、たとえば散水の日数などの影響よりも、モルタルライニング表面のシールコートによる耐久効果がはるかに大きいことがわかり、今後シールコートがすべての管の実施されるならば、モルタルそのものの配合による差を問題にする必要がないといえる。

5）膨張セメント、アクリル系エマルジョン配合モルタルライニング管の水質試験

JWWA G104に準じて混和材配合モルタルの水質への影響を調査した。

試験は100mmϕ×300mmℓ管で材令30日のものについて16時間水洗し、管中に2.0ppmの残留塩素を含んだ上水を24時間湛水し、その水を分析した。表－10には対照水およびシールコートをした場合の結果も併記した。

表－10　アクリル系エマルジョン添加セメントモルタルライニング管の水質試験結果

モルタル		シールコート	湛水の水質						
CSA	アクリルエマルジョン	有無	pH	$KMnO_4$ 消費量	Cl^-	SO_4^{--}	硬度	臭味	陰イオン活性剤
				ppm	ppm	ppm	ppm		ppm
0%	0%	ナシ	11.2	9.45	18.73	30.72	130	シブ味	0.14
8%	0%	ナシ	11.0	9.23	18.93	30.54	125	シブ味	0.15
〃	2%	ナシ	9.8	8.78	18.57	29.97	105	シブ味	0.34
〃	5%	ナシ	8.6	9.02	17.95	29.78	95	なし	0.28
〃	5%	あり	5.6	8.18	17.95	29.63	48.3	なし	0.18
対照水			5.6	4.89	17.85	29.58	47.3	なし	0.12

この結果からみて、**膨張セメントあるいはアクリル系エマルジョンを添加しても、水質には実質的な悪影響がほとんどないということができる。**

また、このようなモルタルライニングの場合にもシールコートを施すことによって、なお一層水質への影響を少なくすることができることが示されている。

6）膨張セメント、アクリル系エマルジョン併用効果の総括

以上、セメントモルタルの品質向上対策として、膨張セメントおよびアクリル系エマルジョンの併用効果について、各種の試験結果を述べた。

アクリル系エマルジョンは膨張セメントと併用したとき、その効果を助長することがわかったが、現行の散水養生方法と対比すると、強いてアクリル系エマルジョンを併用するまでもなく、膨張セメントの使用、および蒸気養生後できるだけ早期にシールコートを施したものでも実用的な各種性能、たとえば寸法変化、定着性および耐衝撃性に優れており、かつ通水による耐久性水質に及ぼす影響などあらゆる点で品質が安定向上し、実用的な支障のないことが明確となった。

Ⅳ．鋳鉄管のセメントモルタルライニングの養生方法の改善

1）概　説

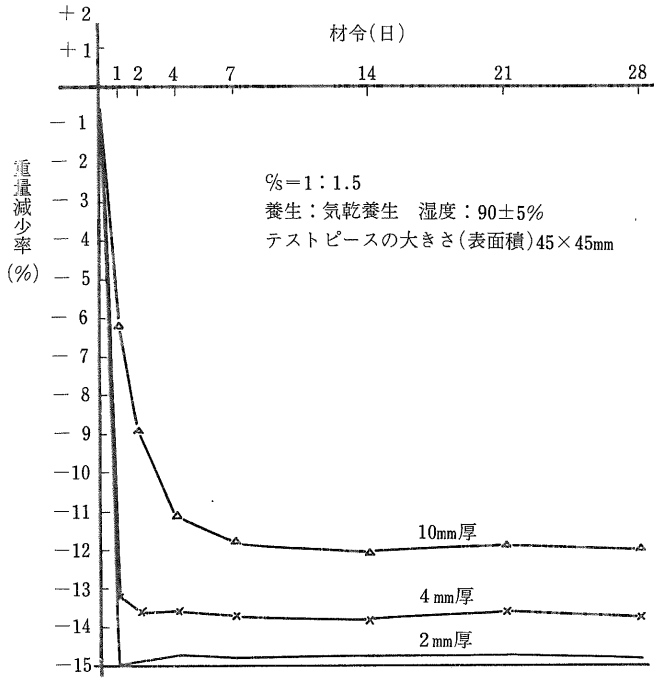
鋳鉄管のモルタルライニングの養生方法に関しては、JWWA　A 107の規定によれば、蒸気養生後４日間散水を行なってシールコートを施すことが原則とされている。しかし、蒸気養生中の水分の挙動および散水養生の効果を検討した結果、蒸気養生中にも水分の揮散があり、その後の散水養生によっては揮散した水分を積極的に補給する作用はなく、単にモルタル中の水分の揮散を多少とも防ぐのみであることが判明した。したがって、養生初期において熱湯に浸漬することによって、逆にモルタル中に水分を滲透供給し、その後シールコートを施して水和反応に必要な水分を十分に保有封緘すれば、効果の不均一、不十分な散水養生に比して、むしろ優れた養生効果を発揮できることが確認された。

以上、新しい養生方法に関する基礎的な調査と、この方法を行なった場合のライニング管の諸性質について説明する。

2）蒸気養生および散水養生時における水分の挙動調査

モルタルは一般に、混練打込み後、次第にその保有水分を蒸発によって失う。この水分の減少傾向は、打込み後24時間程度の初期において最も激しく、その後漸次低下していく。この状態を図示すると図－8のごとくである。

図－8　モルタルライニングの水分揮散速度



一方、蒸気養生は飽和蒸気で水分の揮散を抑制しつつ温度を高めて水和反応を促進し、強度の早期発現を図るものであるがこの場合の**水分の挙動をみると雰囲気が飽和に近い蒸気であるにかかわらず、蒸気温度とモルタル温度とが平衡状態で保持されている間に、モルタル中から水分が若干ではあるが蒸発揮散していくことが、実測結果によって確められている。**その程度は、大気中に放置される場合に比してかなり低いが、これを皆無にすることは不可能である。

また散水養生は、モルタル成型後の自然放置による水分揮散および蒸気養生中の水分揮散などによる減少水分を供給して、養生を十分に行なうことが目的であるが、現実に行なわれる散水養生では、後のデータが示すごとくモルタル中の水分増加の効果はほとんど期し難く、むしろ水分の揮散を多少とも防止するといった程度の効果しかない。

以上のように、モルタル施工後の水分揮散は現在の散水養生では補給することが現実的に期待できないので、積極的に水分の補給を行なう方法を検討した。

3）新しい養生方法

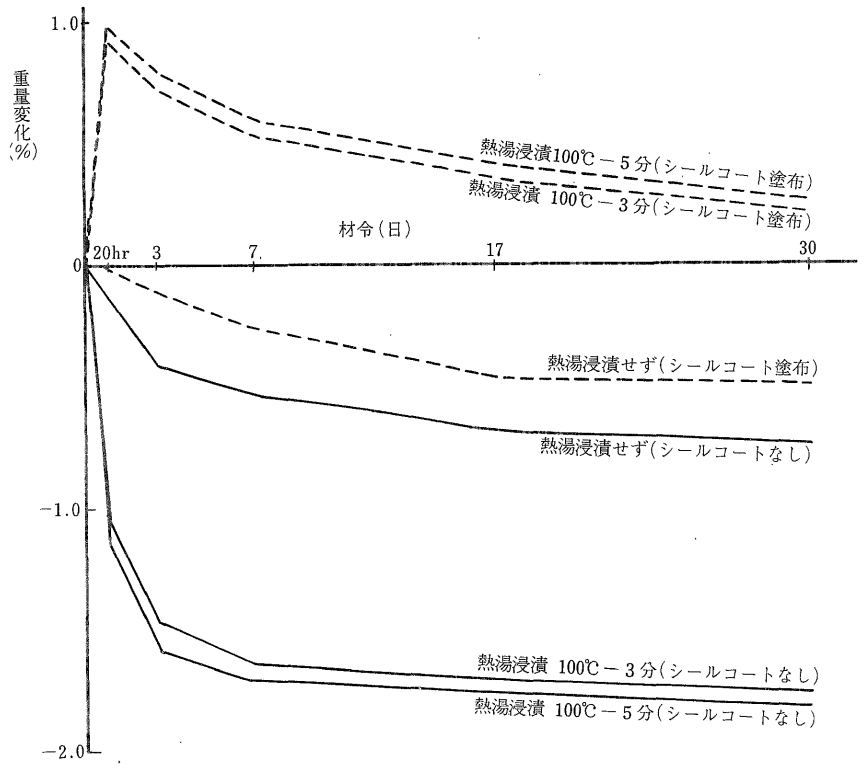
失われた水分補給の方法として、蒸気養生後のモルタルを水中に浸漬し、モルタル中の水分含有量を高め、そこでシールコートを塗布して水分をモルタル中に封緘し、養生する方法がある。

モルタル中に水分を滲透させる場合、水温が高いほど、その滲透速度が大きくなるので上述の方法を実施するに当っては、水温をできるだけ高く保持して、その中にモルタルを浸漬し数分間放置して引き上げ、表面の附着水の蒸発後ただちにシールコートを施し、その保有熱によってシールコートを乾燥成膜せしめるという方法をとった。すなわち、ここに述べる**新しい養生方法とは、蒸気養生後の未だ熱い状態のままこれを約90°Cの熱湯に短時間浸漬してモルタルに含水せしめ引上げた後、表面の乾燥を待ってシールコートを施してしまう**という方法で、われわれはこの方法を熱湯浸漬養生ということにする。

4）熱湯浸漬養生によるモルタルの重量変化測定

遠心力施工した75mmφモルタルライニング管（ライニング厚さ4mmで最も水分の蒸発しやすい条件）を用い、100mmℓに切断したものを100℃の熱湯に3分間および5分間浸漬し取出し後一部は約1分後にシールコート、残りはそのまま放置し、所定期間毎に重量を測定した。図－9にその結果を重量変化率で示した。

図－9　遠心力施工モルタルライニング管（75㎜φ×100㎜ℓ）の熱湯浸漬による重量変化及び経時重量変化測定結果



この結果からみると、**モルタルライニング管は、熱湯浸漬によってモルタル中に１％程度の水分が滲透する**が、この際シールコートを施さないならば、その保有熱によって水分の蒸発が促進されて、熱湯浸漬しない場合よりも、保有水分の面ではかえって悪い結果となることがわかる。

その点、熱湯浸漬直後にシールコートを施したものは、養生の初期および長期にわたって水分の含有量が高く保たれ、モルタルの養生効果に好影響を及ぼすことが明瞭である。

5）モルタルの強度に及ぼす熱湯浸漬の影響

以上のようにモルタルの水分補給に効果のある熱湯浸漬養生が、モルタルの強度にどのような影響を及ぼすかを検討した。

表－11は、標準試験片について行なった強度試験の結果を示す。

表－11　モルタル標準試験片の強度に及ぼす熱湯浸漬の影響（室温５℃）

条件		7日強度		14日強度		28日強度	
		曲げ	圧縮	曲げ	圧縮	曲げ	圧縮
熱湯浸漬せず	4日間撒水 蒸気養生 シールコート 35℃-5hr	kg/㎠ 72.5	kg/㎠ 287	kg/㎠ 73.7	kg/㎠ 305	kg/㎠ 81.9	kg/㎠ 335
材令10hrで	熱湯浸漬 蒸気養生 シールコート 35℃-5hr	72.6	277	73.2	290	77.5	305
材令15hrで	〃 （ 〃 ）	68.3	306	77.9	331	78.2	382
材令24hrで	〃 （ 〃 ）	76.8	317	75.0	336	80.7	373
材令96hrで	〃 （ 〃 ）	71.2	299	83.3	355	81.4	387

この結果から、熱湯浸漬によってモルタルの強度に悪影響のあるのはモルタルの混練成型時の温度が低温で、かつ熱湯浸漬を行なう時の材令が成型後10時間というような極く初期材令の場合のみであって、それ以上の材令の場合、熱湯浸漬による強度への影響は、蒸気養生後4日間散水シールコートを施したモルタルの強度とほとんど変らない。

材令が10時間以内で、かつ低温の場合強度が低く現われる理由としては、低温でのセメントの凝結反応が未だ十分でない状態で熱衝撃を受けるためと思われ、また100℃という高温がセメントの強度増進を阻害する傾向があると言われるにかかわらず、強度に対する影響を受けていない理由としては、浸漬時間が短く、強度への影響を及ぼすまでに到らず、逆に水分が十分滲透することによる養生効果が発揮されるためと思われる。

6）熱湯浸漬養生の初期強度に及ぼす蒸気養生温度の影響

種々の条件で蒸気養生を行ない、材令15～18時間後熱湯浸漬、シールコートを行なったモルタルの強度を4日間散水シールコートしたものの強度と比較した。

%s＝1.2　%c＝50%　標準試験片

表－12に圧縮強さに及ぼす熱湯浸漬の影響を示す。

表－12　標準試験片の圧縮強さに及ぼす熱湯浸漬の影響(kg/cm²)

条件	材令					
	24時間	3日	7日	14日	21日	28日
35℃－5hrの蒸気養生　4日間撒水　5日目シールコート	108	182	285	306	333	345
〃　材令15hrで熱湯浸漬シールコート	185	278	288	305	338	360
65℃－5hrの蒸気養生　〃	236	261	315	326	352	356
〃　(蒸気養生後急冷し)材令15hrで熱湯浸漬シールコート	286	288	290	320	398	432
65℃－10hrの蒸気養生　(蒸気養生後急冷し)材令17hrで熱湯浸漬シールコート	240	272	326	341	357	366
〃　(蒸気養生後急冷し)材令18hrで熱湯浸漬シールコート	248	270	298	332	344	364
〃　(蒸気養生後急冷し)材令19hrで熱湯浸漬シールコート	238	264	298	320	341	355
〃　(蒸気養生後急冷し)4日間撒水養生5日目シールコート	176	235	266	313	356	375

この結果から、熱湯浸漬によってモルタルの初期強度は上昇し、散水養生したモルタルに比しかなりの強度増進が認められる。材令28日の強度は散水養生したモルタルと同程度であるが初期強度が高いということは、管のライニング施工初期の取扱い運搬に対し熱湯浸漬がかなり有効であるということができる。

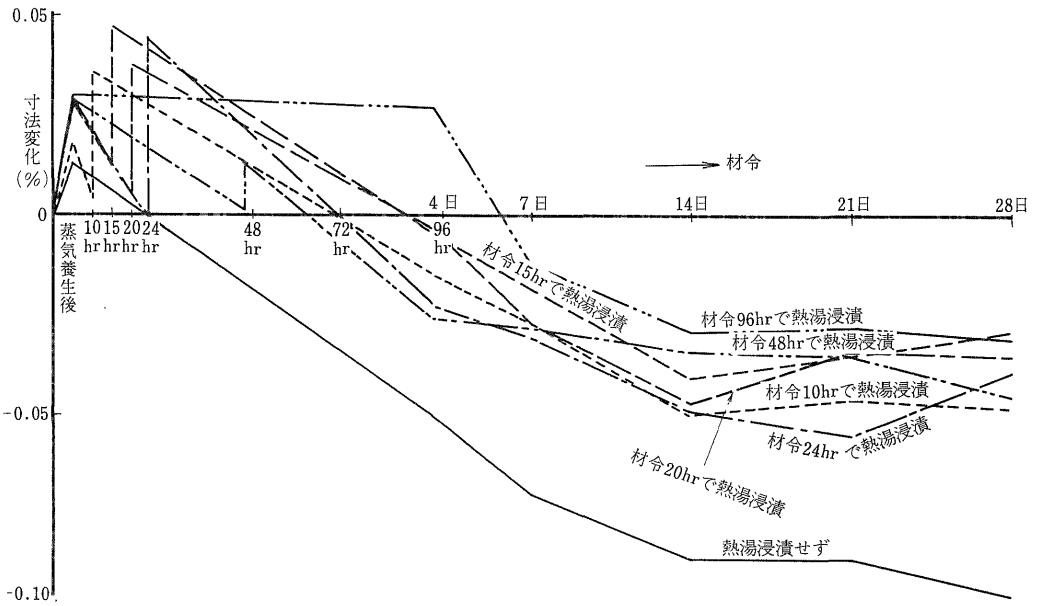
また、蒸気養生温度の影響としては35℃よりも65℃で行なったものが強度が高く、熱湯浸漬養生の場合には蒸気養生温度を高くすることがより効果的であることを示している。

7）熱湯浸漬がモルタルの寸法変化に及ぼす影響

鋳鉄管のモルタルライニングでは、モルタルと鉄管との密着性の問題が重要である。密着性はモルタルの強度にも関係はあるが、その寸法変化（膨脹収縮）が最も大きく影響する。

標準試験片について、モルタル打込み後5時間前養生し、脱型したものを基長とし、35℃×4時間蒸生養生、その後所定時間保持した後、100℃－10分間熱湯浸漬し、シールーコートをしたものについて寸法変化を測定した。その結果を図－10に示す。

図－10　モルタルの寸法変化に及ぼす熱湯浸漬の影響（フライアッシュセメントB種）



この結果から見ると、フライアッシュセメントについては、その収縮率は熱湯浸漬せず4日間散水養生後シールコートしたものに比べ、材令初期の膨張、長期材令における収縮のいずれの性能も改善されており、モルタルライニング管の場合の肌離れ、クラックなどの発生に対しては熱湯浸漬した場合がはるかに安全であることを示している。

なお、膨張セメントを配合したモルタルについても同様な試験を行なったが、膨張セメントによる膨張効果が大きいため熱湯浸漬の効果は顕著ではなく、いずれも膨張を示し、肌離れはほとんど発生しないことを示した。

8）実管による熱湯浸漬試験

以上各試験の結果、モルタルライニング管の養生をより確実にする方法として蒸気養生後、熱湯に浸漬し、直ちにシールコートすることによって、

(1)モルタルの水分含有量を高め、養生をより効果的に進行できること。

(2)散水養生における不均一な水分補給を改善し、均一な水分供給が行なわれること。

などを水分含有率、強度、寸法変化の測定によって確認した。そこで小口径管、中口径、大口径管のそれぞれについて実際の熱湯浸漬実験を行ない、肌離れ、クラックの発生調査および圧壊、衝撃試験を実施した。

その結果、モルタルの密着性、強度については4日間散水養生シールコートの材令5日のものと、熱湯浸漬直後シールコート材令1日のものとの間に品質の差がほとんどなく、また28日材令のものについても顕著な差が認められず、この方法が実管に応用されても十分その効果を発揮することがわかった。

9）新しい養生方法の有利性（総括）

モルタルライニングの養生を合理的に改善する方法として蒸気養生終了後、熱湯浸漬を行ない、シールコートする方法を開発し、その効果を、

①モルタルライニング中の水分変化

②モルタルの強度

③モルタルの寸法変化

④モルタルライニング管の実管試験

などの面から検討し、**モルタル材令10時間以後に熱湯浸漬するならば、すべての面で従来の散水養生方法よりも良好で、占質の安定が計られる**ことが確認された。

なおこの熱湯浸漬の方法は鉄管を加熱することにも直接つながり、その際の保有熱を利用して内面のシールコートおよび外面の塗装の加熱乾燥硬化を一挙に行なうことができ、**モルタルの品質向上のみならず内外面塗装の品質向上をも併わせ行なう利点があり**、非常に有効な方法である。

V．諸外国における鋳鉄管のセメントモルタルライニング養生方法の実情

鋳鉄管のセメントモルタルライニングの養方法として、日本の規格は蒸気養生と散水養生が規定せられているのに対し、参考までに諸外国で実際にどのような養生方法が採られているかを昭和44年に行なった海外調査から紹介するとつぎのごとくである。

米国

(1)United States Pipe & Foundry社
North Birmingham Plant

4″～10″φライニング施工後直ちに125～165°F（52～74℃）の熱風硬化65hr（受サシ両端キャップにてシール）その後熱時にシールコートを施し乾燥後直ちに出荷する。

2″～3″φライニング施工後一夜放置し、シールコートして乾燥後出荷する。

(2)United States Pipe & Foundry社
Bessemev Plant

10″～36″φライニング施工後約10秒間直火で内面の浮水を乾燥させシールコートし、その後一夜放置で出荷する。

(3)United States Pipe & F Foundry社
Burlington Plant

6″～24″φライニング施工後約10分後にシールコートし、一夜放置後出荷するか、または65°F（18.3℃）にて8hr放置後シールコート出荷。

(American Cast Iron Pipe Co

14″～54″φライニング施工後屋内（常温）で10～24hr放置後シールコートして出荷する。

2″～12″φライニング施工後約50℃で熱風乾燥し、熱時にシールコートを行なって乾燥後出荷

英国

Stanton & Stavely Ltd

4″～48″φライニング施工後160～170°F（71～77℃）にて7～8hr放置硬化後出荷する。

独逸

Rheinstahl Hiillenwerke AG

80～1200mmφライニング施工後室内（20℃冬期には蒸気加熱）で8hr放置後出荷する。

以上各社各工場によって養生の方法に差違があるが、いずれも極く短時間の養生期間で製品が出荷され、別段支障なく利用されている点は注目すべきである。

なおこれら海外の鋳鉄管モルタルライニングの養生方法には日本において例外なく実施されている蒸気養生すら画一的に採用せられてない点は彼等のモルタルライニングに対する要求条件がわれわれほど強度その他の面でシビヤーなものでなく、実用性のみを重視する合理性に基因しているためと考えられる。

まとめ

以上、鋳鉄管モルタルライニングの品質を改善する方法として膨脹材の使用と合成樹脂混和材料を配合したモルタルの特性を述べた。そしてさらに養生方法の改善として蒸気養生に熱湯浸漬を併用した場合のモルタルの品質向上について説明した。

これらのライニング方法は現在、水道協会規格JWWA A107(1967)の改正ということで委員会において審議中であり、近く規格化され、実用化されるものと思われる。ただし本報告のうちアクリル系エマルジョンの添加については現時点における合成樹脂製品の品質を厳密に規制することがむづかしく、またその種類も多いため規格としては今回正式に採り上げないことが決定しており、混和材料としては無機質のカルシウムサルフォアルミネートを主体とした製品のみについて規定されるのではないかと予想される。

＊株式会社栗本鉄工所技術部長
＊＊久保田鉄工株式会社パイプ研究所研究課長

特　集〈2〉

単鋳鉄管(＊＊)とダクタイル鋳鉄管の耐蝕性に関する報告書

米国鋳鉄管研究協会理事長
W.Harry Smith
久保田鉄工株式会社
長尾正三訳

1.緒　言

鋳鉄管研究協会は、約40年間にも亘って地下埋設する鉄系金属管の腐蝕を種々の面から研究してきている。最近の研究としては次のようなものがある。

1．理論的な面
(1)実験室的な小規模の実験
(2)腐蝕に関する文献の調査、検討

2．野外に於ける促進試験
(1)9ヵ所の非常に激しい腐蝕性の試験場における腐蝕速度の調査研究。
(2)各種の圧力配管材料の比較研究
(3)各種の防蝕方法の評価

3．応用研究
(1)地球化学と腐蝕との関連
(2)単鋳鉄管とダクタイル鋳鉄管の腐蝕に関連した、電気化学の研究
(3)地下構造物に及ぼす土壌の物理的作用、およびその効果
(4)米合衆国全体を通じての各種土壌環境下における単鋳鉄管およびダクタイル鋳鉄管の実績調査と耐蝕性評価のための現地調査。

以上の研究の結果、土壌腐蝕の分野においていくつかの確実な結論を得ることができた。それらの結論の一部をここで発表して、単鋳鉄またはダクタイル鋳鉄の管路を設計し、使用される方々の参考および指針としたい。

こゝで述べるのは、単鋳鉄とダクタイル鋳鉄の比較、腐蝕速度、使用の経験、土壌の調査技術ならびにその評価方法、および最後に防蝕方法である。最も効果的な防蝕のための計画は、環境の調査とその理由の如何を問わずその腐蝕環境下での防護方法との両者を含むことが示された。

米国の土壌の大部分は、単鋳鉄管およびダクタイル鋳鉄管に対しては、腐蝕性ではない土壌である。このことは、単鋳鉄とダクタイル鋳鉄

※**原報**　Cast Iron Pipe News, May-June, 1968, P16～29. A Report on Corrosion Resistance of Cast Iron and Ductile Cast Iron Pipe.
※※**単鋳鉄管**＝従来の高級鋳鉄管および普通鋳鉄管を指す。

との耐蝕性が似ていることからいって正当なことである。両者の化学組成は両者ともに3.5%の重量の炭素を含み、10%の容積を占める。

表－1　単鋳鉄管およびダクタイル鋳鉄管の代表的化学組成

元　素	含有率 %	
	単鋳鉄管	ダクタイル鋳鉄管
炭　素、C	3.40	3.40
シリコン、Si	1.50	2.40
硫　黄、S	0.08	0.01
マンガン、Mn	0.50	0.30
燐、P	0.60	0.05
マグネシウム、Mg	0.0	0.04

両材質ともに、腐蝕による侵蝕の進行を妨げる防壁となるのは、腐蝕生成物中の不溶性の黒鉛層である。この防蝕被膜の生成には金属組織中に黒鉛が存在することが不可欠の条件である。たとえば、鋼の腐蝕生成物は金属素地に対して、ほとんど密着力も持たず、強度も持っていない。非常に激しい腐蝕性の土壌中で、単鋳鉄管を試験した時、腐蝕が管厚を貫通していたのにかかわらず、その黒鉛化腐蝕生成物は、数百psiの圧力に耐えうることを示されている。ただし、この腐蝕生成物の強度試験は、必要上止むをえず、非常に激しい腐蝕性の土壌中に埋設した管について、行ったものであり、このような条件は非常に限定されたものである。通常の土壌に埋設した結果によると、単鋳鉄およびダクタイル鋳鉄の表面に密着性の良い、密度の高い保護皮膜ができることが示される。

2. 単鋳鉄とダクタイル鋳鉄の腐蝕速度の比較

鋳鉄管研究協会は、ダクタイル鋳鉄が世に紹介された僅か2年後の1950年に、単鋳鉄管とダクタイル鋳鉄管の腐蝕性の比較をするための研究を開始した。腐蝕性が強いとして知られている土壌中に単鋳鉄管とダクタイル鋳鉄管とを一諸に埋設して直接の比較試験を行った。

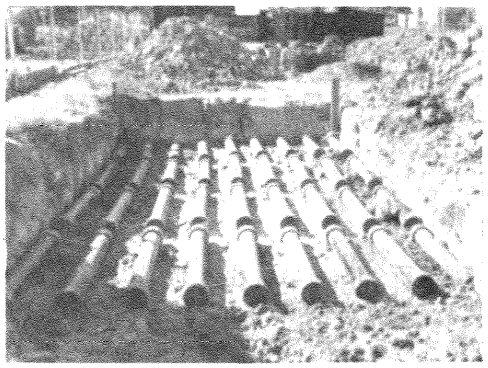
数百本もの試験管が14年間もの期間にわたって試験されたが、これはダクタイル鋳鉄管の土壌腐蝕性に関する最も広範囲な資料の一つを生み出した。

供試管は6″φ×5 ftℓ(150mmφ×1.5mℓ)で、端面はシールされ、外面は直接土壌と接触するよう裸である。管の組織としてはパーライト地、フェライト地の両者が試験に含まれていたが、ここで報告する結果は、UAS-Standard(旧ASA)ではフェライト組織を規定しているため、それについて述べる。

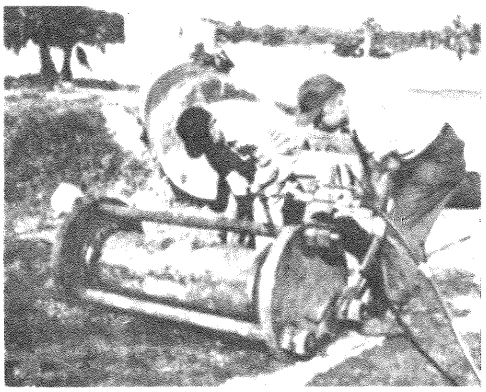
試験場所は腐蝕速度を加速させ、できるだけ早く資料を得る目的で、非常に激しい腐蝕性の場所を故意に選んだ、一つの場所は約400Ω-cmの比抵抗の石炭殻であり、他の一つは約200Ω-cmの比抵抗の西部アルカリ土壌であった。

2、3年間隔で試験管は堀り出され、調査された。まず腐蝕による強度低下を測定するため、水圧破壊試験を行った。その後サンドブラストにより腐蝕生成物を除去した後、重量減と孔蝕深さが測定された。

結果を表－2に示す。



腐蝕性土壌での埋設実験の1例



試験期間終了後、試験管に水圧試験を実施

腐蝕生成物の強度比較およびその特性の調査のため、6″φのダクタイル鋳鉄管と単鋳鉄管の

試験片が、比較的短時間に管厚全体の貫通腐蝕が生ずるように、激しい腐蝕性の環境下に埋設された。

表－2　6″φ鋳鉄管およびダクタイル鋳鉄管のCIPRAの腐蝕試験

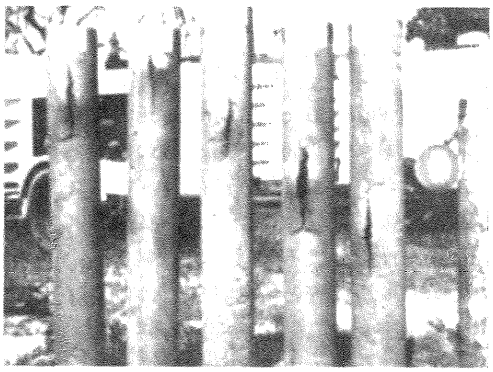
土壌	埋設期間 (年)	平均 重量減少量 mg/dm²/day		平均 最大孔蝕深さ mils/year		平均 水圧破壊圧の減少率 %	
		DCI	GCI	DCI	GCI	DCI	GCI
石炭殻	3.7	12.2	10.6	35	35	<10	20
	5.9	15.8	16.0	32	32	<10	30
	7.9	12.5	13.7	27	28	<10	31
	9.4	10.6	11.7	18	22	<10	27
	13.5	9.3	11.3	11	20	<15	40
アルカリ土壌	3.7	7.2	5.4	22	16	<10	10
	6.0	5.2	3.2	13	10	<10	10
	8.0	3.2	2.3	10	14	<10	24
	9.9	2.3	1.6	11	9	<15	42
	12.0	2.6	2.2	8	10	<15	41
	14.0	2.4	1.9	9	13	< 9	39

表－3　6″φ鋳鉄管の水圧破壊圧力

（加速黒鉛化にて管体の1個以上に貫通腐蝕を生じさせた供試管を水圧破壊）

ダクタイル鋳鉄管		鋳鉄管	
破壊水圧 PSI	パイプ本数	破壊水圧 PSI	パイプ本数
800	1	700	1
700	2	575	1
400	1	500	1
380	1	450	2
350	1	350	1
325	1	250	4
320	1	225	1
260	1	220	2
250	1	190	1
240	1	70	1
200	1	25	1
150	1	10	1
125	2	5	1
60	1	0	9
25	2		
0	1		
Average 286	19	185	27

腐蝕生成物の強度を測定するため、水圧破壊試験が行われた、鋳鉄管の平均破裂圧が平均185psiであるのに比して、ダクタイル鋳鉄管のそれは286psiであった。これらの試験のある場合には、化学分析を行うに十分な大きさの黒鉛化腐蝕生成物の塊りが、水圧破壊時に飛び出す



水圧破壊試験後、サンドブラストされたダクタイル鋳鉄管の試験片

ことがあった。これらの黒鉛化腐蝕生成物の分析をダクタイル鋳鉄管および鋳鉄管について行った結果を表－4に示す。

この鋳鉄管協会の試験結果をまとめると、

(1) ダクタイル鋳鉄管の土壌中での耐蝕性は、鋳鉄管のそれに等しいか、またはそれ以上である。

(2) ダクタイル鋳鉄管の腐蝕生成物は鋳鉄のそれと同じ性質であり、強度も管壁の密着性も、同じかそれ以上である。

表－4　黒鉛化腐蝕生成物の化学組成

化合物	含有率 %	
	鋳鉄管	ダクタイル鋳鉄管
酸化鉄、Fe_2O_3	40.27	47.49
シリカ、SiO_2	14.43	25.42
黒鉛、C	16.01	13.84
燐化鉄、Fe_3P	15.11	0.77
炭化鉄、Fe_3C	1.50	2.10
炭酸鉄、$FeCO_3$	0.87	2.09
硫化鉄、FeS	0.86	0.60
硫化マンガン、MnS	0.67	0.46
水和水、H_2O	11.12	8.64

Stanton & Stavely, Ltd. による試験

英国のStanton & Stavely社が、700～1300 Ω-cmの比抵抗の粘土中で、4″φのダクタイル鋳鉄管と単鋳鉄管の耐蝕性比較試験と行っている。

6、5年間埋設された時の最高孔蝕速度は、ダクタイル鋳鉄管が10mils/year、単鋳鉄管が16mils/yearであった。

National Bureau of Standardsの試験

米国の国家標準局は、6ヵ所の試験場所にて1958年から2″φ×1ft.ℓの管を用いてダクタイル鋳鉄管の腐蝕試験を開始した。1964年にMelvin Romanoffは、4、5年後の試験結果を報告し、ダクタイル鋳鉄管と単鋳鉄管とは同一の土壌中では同じ速度で腐蝕し、腐蝕形態、腐蝕生成物の特性は良く似ていると結論している。1967年7月の米国水道協会の会合の席上、Romanoffは7、8年後の結果を報告し、1964年の彼の報文と同じ結論を再度確認したと述べている。

これらの単鋳鉄管とダクタイル鋳鉄管の耐蝕性が類似しているという証拠からいって、ダクタイル鋳鉄管の長期にわたる性能を単鋳鉄管の実績から予想することは当を得たことである。

鋳鉄管は米国合衆国へは1816年の初頭に導入された。米国においては、100年以上にもわたって連続して使用し続けられている配水本管（またはガス本管）を持つ水道局またはガス会社は130以上もある。最近行われた米国内の最も大きな都市100市の配水本管の管種の調査結果では、90%以上が鋳鉄管であることが示された。

単鋳鉄管のこの優れた耐久性は特別な厚い塗装は行はないで得られたものであり、100年以上の実績を持つ古い鋳鉄本管は、内外面ともに何ら特別の塗装もせずに布設されたものである。ほゞ1860年以後は水道用に用いる鋳鉄管の大部分は、比較的薄い瀝青質の塗装が行われたが、これは外部の土壌に対する腐蝕防止というよりは、ある種の水に対する内面の錆を軽減さす目的であった。

この優秀な記録は前述の如く、初期の腐蝕の際に生ずる腐蝕生成物の性質によるところが大である。

3. その他の研究

英国鋳鉄研究協会British Cast Iron Research Associationは前述の米国家標準局のダクタイル鋳鉄管の耐蝕性試験に関する資料の再検討を統計的有意差検定の方法を含む最善の統計的方法を用い、コンピューターを駆使して実施した。その結果、国家標準局のロマノフのデーターは実際にはダクタイル鋳鉄管の耐蝕性が鋼管のそれよりも優れていると結論している。

鋼管と鋳鉄管、すなわちダクタイル鋳鉄管および単鋳鉄管との間には大きな差異があり、それ故土壌腐蝕試験の結果を基にして鋼管路と鋳鉄管路の寿命を比較するには、この差異が大きな影響をおよぼすことを認識しなければならない。実際の管路はかなりの長距離にわたって布設され、土壌組成、通気度、含水率の異なる種々の土壌を通過するため、短い試験片では生じなかったLong Line Current（長大電池電流）が生ずる。鋼管路は電気的に連続であるため、実際の管路ではこのようなLong Ling Currentの影響を受ける可能性があるのに対し、ダクタイル鋳鉄管および単鋳鉄管は18～20フィート毎にゴム輪の継手があるため、そのような電流の影響を受けることはない。これらのゴム輪の継手は完全に絶縁されているわけではないが、現場実験によるとLong Line Current に基づく低電位差には効果的に作用していることが証明されている。このようにLong Line Currentという因子のために、実際の使用状態においては、鋼管路の腐蝕速度の鋳鉄管路のそれに対する比は、短い試験片による腐蝕速度の比から示されるよりは、ずっと大きくなる可能性がある。

鋳鉄管の表面は鋼管の圧延された平滑な表面と比較すると粗いが、これは両者の土壌腐蝕試験結果を比較する場合に誤った結論に導く原因となる。新しい鋳鉄管の表面のサンドブラストするとその表面には孔蝕と見誤る小さな凹凸がある。このために鋳鉄管の孔蝕は鋼管と比較した場合、過大視される傾向がある。

4. 実使用の経験における腐蝕の影響
—ダクタイル鋳鉄管と単鋳鉄管の比較—

ダクタイル鋳鉄管と単鋳鉄管とは、実際の管

路としての性能に影響する多くの点で非常に似通っている。両者は同一の鋳型に鋳造され、本質的に同じ鋳肌を持ち、同じく薄い瀝青質の塗装がなされる。管一本当りの長さは同じであり、両者とも同じタイプのゴム継手が用いられている。このため両者とも、土壌のLong Line Currentに対して不連続になっている。

鋳鉄管とダクタイル鋳鉄管とで考慮する必要のある相違点は管厚である。同一の使用条件では、ダクタイル鋳鉄管は、その強度が大なるため、一般に管厚は薄くなっている。この管厚の相違が、管の寿命に対して如何なる影響があるのかという疑問が浮んでくる。一つの回答は表－2に示されている水圧破壊試験のデーターで示される。同じような孔蝕を受けた条件下において、ダクタイル鋳鉄管は14年後に元の強度の15%以下しか強度低下していないのに対して、鋳鉄管は約40%強度低下している。小口径管においては、管の曲げ強さに対する孔蝕の影響は、水圧破壊強度に対するよりも重要である。鋳鉄管の使用時の損傷が腐蝕に起因して起るような場合には、曲げ応力のために、腐蝕した個所を通って円周方向に折損する形で破壊が生ずる。E.F.Wagnerは同一の孔蝕条件での4″φダクタイル鋳鉄管と鋳鉄管の現物曲げ試験を行った。孔蝕は機械加工によってシュミレートされたが、位置はビーム・スパンの中央の引張り側に置かれた。

孔蝕としては二つのタイプが検討された。一つは円周方向のV－ノッチであり、他は1.5インチ直径の円形であり、孔蝕の深さは0.08～0.20インチの間で変化させている。この結果から、次のことが示された。

1. V－ノッチ型の孔蝕では、0.20インチ深さの孔蝕をもったダクタイル鋳鉄管は、孔蝕のない鋳鉄管よりも曲げ強さが大きく、同じ孔蝕を持った鋳鉄管の約2.5倍の曲げ強さを持っている。

2. 円形の孔蝕は鋳鉄管の曲げ強さを低下させる。しかし、1.5インチφで深さ0.20インチの孔蝕を持ったダクタイル鋳鉄管は、試験装置の最大撓みである15インチ撓んでも破壊しなかった。

上記のことは明かにダクタイル鋳鉄管の方が鋳鉄管よりも孔蝕によって強度に影響を受け難いことを示している。同一の使用条件では、ダクタイル鋳鉄管は管厚の厚い鋳鉄管よりも、ずっと強度の高い状態を続けうることを示している。

5. 土壌測定および評価方法

鋳鉄管およびダクタイル鋳鉄管に対し侵蝕的である土壌はあまり無い。1960年、アメリカ規格協会のA－21委員会は、合衆国の主な154の水道企業体について、鋳鉄管の受けている土中での腐蝕の程度を決定するための調査を行った。110の企業体から詳細な回答が寄せられたが、それによると、約83,000マイルにおよぶ管路が布設されたが、2%以下が激しい腐蝕性のある地区に布設されていたことが示された。

大部分の場合、このような腐蝕性の激しい地区は、salt marsh海潮沼地、cinder fill 石炭殻埋立地、peat bog泥炭沼地、または迷走電流の存在する地域であることが示されている。swamp muck有機物推積泥地、alkaline soil アルカリ土壌、garbage廃棄物、trash ゴミ、waste廃物等を含む埋立地等は腐蝕性である。このような地区は通常、容易に外観的に判別できる。

多くの場合、各地方では鋳鉄管の使用実績についての地域的な知識があり、これからダクタイル鋳鉄管の配管予定地域の土壌条件についての信頼できる指針が得られる。疑問のある地域においては施工前に土壌調査を行うことは土壌条件を決める上で有効である。

鋳鉄管研究協会は土壌調査法および結果の解釈についての指針を開発した。調査は、比抵抗、含水率、排水状態、pH、通気度、硫化物について行う。土壌調査結果の解釈は、これらの各種分析結果を組み合せて考慮することにより行なう。表－5に土壌評価表を示す。比抵抗が700Ω-cm以下の時は、比抵抗のみで土壌が腐蝕性であるとされることに注意されたい。また土壌に硫化物が存在し、酸化還元電位が負(－)であり、pHがほぼ中性の場合には、その土壌は同様に腐蝕性である。

各調査地点では正確な評価を行うためには、管路が布設されるとほぼ同じ深さまで堀ること

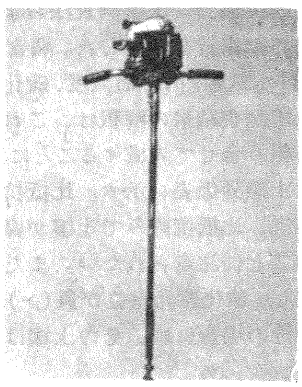
が必要である。これはその場所に穴を堀るか、または小さな径の土壌オーガーで、ボーリングすることにより行いうる。

評価表中の土壌比抵抗は単捍Single Probeと組み合せたVibrogroundを用いて、単捍の先端を管路の設計埋設深さまで挿入することによ

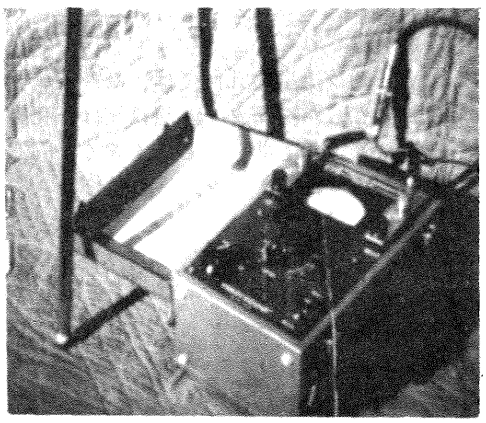
表— 5　土壌評価表
合計点が10点＝鋳鉄管に対し腐蝕性防蝕対策が必要

		点　数
比抵抗（Ω-cm） （管の埋設深さに於ける単棹による測定値又は水分飽和のMiller Soil Boxによる測定値）	＜ 700	10
	700-1000	8
	1000-1200	5
	1200-1500	2
	1500-2000	1
	＞ 2000	1
pH	0-2	5
	2-4	3
	4-6.5	0
	6.5-7.5	0*
	7.5-8.5	0
	＞ 8.5	3
酸化還元電位	＞ 100 mv	0
	50-100 mv	3.5
	0- 50 mv	4
	Negative（—）	5
硫化物	＋	3.5
	Trace	2
	Negative	0
水　分	排水悪し、連続的に湿潤	2
	排水可、全般的に湿潤	1
	排水良、全般的に乾燥	0

※硫化物が存在し、酸化還元電位が低いか、（—）の場合には、このpH範囲には3点を追加すること。



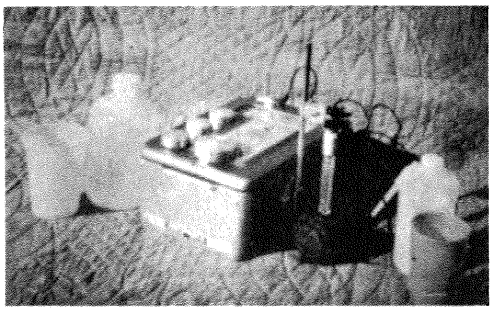
土壌オーガーは広範な土壌調査の手助けをする



比抵抗計と土壌杖（単棹）

より測定できる。もし、土壌がそれを代表する程度にまで湿っているかどうかについての疑問があれば、土壌を採取し、蒸溜水で飽和せしめ、可溶性の塩類を溶液中に抽出する。この結果得られた比抵抗は、その土壌が示す可能性のある最低値を示すことになる。この最低の比抵抗値は評価表中に入れて土壌評価を行う。

土壌の比抵抗は、土壌が電解質として作用する程度を示す尺度であり、局部腐蝕電地の生成や、直流の迷走電流の通過等と関連して土壌の腐蝕性を決める重要な手段となる。



ベックマン・メーターにより土壌のpH、酸化還元電位を測定

pHは土壌の酸性および塩基性の成分のバランスを示す。Beckmann model NポータブルpHメーターが、このために用いられ、各ボーリングの底から採取した土壌サンプルについて測定する。pHは次の三つの範囲でそれぞれ意味を持っていると思われる。

pH　0～4.0
　　6.5～7.5
　　8.5～14.0

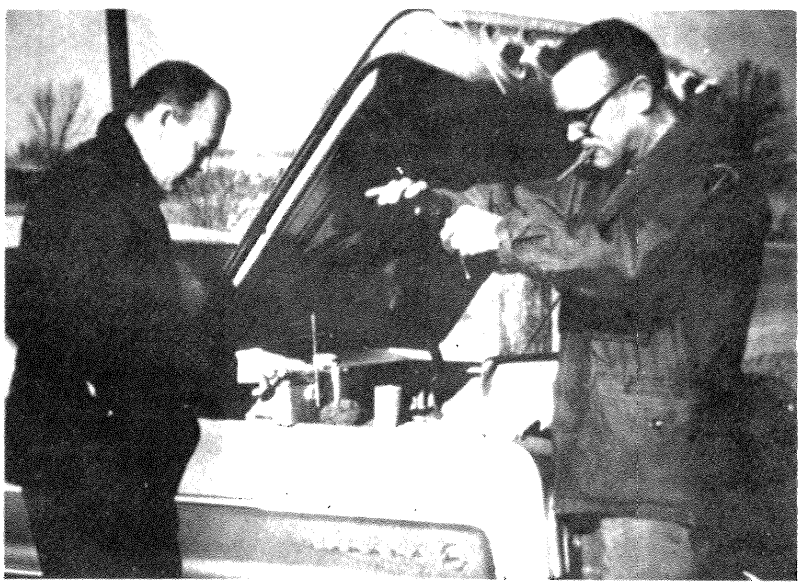
第一の範囲、すなわち酸性域では、土壌は水分が十分存在する時には、土壌は電解質としての作用を十分に果す。中性域は、もし他の条件が満足されるならば、微生物による硫酸塩の還元に好適な範囲である。高アルカリ域は、可溶性塩類が多く、低比抵抗の場合が一般的である。

Beckmannのメーターは酸化還元電位の測定にも用いる事ができる。この場合には白金と照合電極が用いられる。酸化還元電位は、普通の硫酸塩還元バクテリアは嫌気性条件下で生存するという理由から重要である。＋100mV以上の酸化還元電位は土壌の通気性の増大傾向を示し、硫酸塩還元者の生存の基盤が減少することを示している。酸化還元電位が＋100mVから0mVまで減少するにつれて、土壌中の酸素量が次第に、嫌気性の条件に近づき、硫酸塩還元バクテリアの生長に好適な条件が、増大する負(－)の酸化還元電位は、他の条件が適するならば硫酸塩還元バクテリアが生存しうる嫌気性条件であることを確実に示している。

硫化物の存在はsodium azid-iodine法による定性試験で決定できる。この反応において土壌中の硫化物はナトリウム・アジドと沃素との反応の触媒作用をなす。反応の結果の一つとして遊離の窒素が生成し、試験管中で、気泡または泡が発生する。反応式は次式の如くである。

$$2\,NaN_3 + I_2 \rightarrow 2\,NaI + 3\,N_2$$

このナトリウム・アジド－沃素法の結果は、報告の際三つの範囲に分けられる。すなわち、負(－)、痕跡、正(＋)である。これらの範囲は



ベックマン・メーターおよびSadium Azide-Iodine法により、pHおよび硫化物を測定

反応の程度をいっているものであり、反応なしから、テスト中の試料から激しくガスが発生するかまたは激しく泡立つものまであり、これは試料中の硫化物の量と関連しているのである。

土壌中の硫酸塩が硫酸塩還元バクテリアによって中性の嫌気性条件下で還元され、これらのバクテリアの新陳代謝の副産物として硫化物が生成され、このものは腐蝕電池の生成の基礎となる優れた電解質としての作用を営なむ。また一方では、このものは局部電池の活性を持続さす復極剤としての作用をも果す。嫌気性の硫酸塩還元バクテリアは50°F(10℃)以上の温度でpH 7.0の条件で最も良く生存する。温度がこれよりも低くなり、pHが7.0から離れるにつれてその活動性は低下する。水分を多く含有しているということが、総ての土壌腐蝕の場合非常に重要である。この点に関しては如何なる状態にあるかを知るための努力を惜んではならない。このため土壌評価表ではこれに相当した項目に点数が割り当てられている。

この標準は鋳鉄管およびダクタイル鋳鉄管の実際の経験と既知の土壌の特性とを組み合せて、それを基礎としたものである。ただし、この解析法および評価方法は鋳鉄管またはダクタイル鋳鉄管の腐蝕性と関連さすと、大事をとりすぎる程、慎重を期したものである。

6. 土壌調査の結果、腐蝕性であった場合の防蝕方法

土壌の腐蝕の可能性が分析によって決定できることになったので、今度は非常に腐蝕性が強いと予想される場所に布設される管に対する完全な防蝕方法を打ち出すことが必要となる。種々の防蝕方法について長期間にわたる研究を行ってきた。管厚を増すことは、これ以外により確実で、より安価な防蝕方法が可能である故、妥当であるとはいいえない。工場で施工する重防蝕塗覆装は価格の点および埋設溝中に搬入するまでに損傷を受け、その塗装の損傷部またはピンホールに腐蝕が集中するという欠点があるため、望ましいといい得ない。

ダクタイル鋳鉄管の陰極防蝕は設備費および操業費が高くつき、継続的な維持管理および技術サービスが必要であり、経済的でない。

非常に効果的でかつ経済的な防蝕方法は鉄管の布設時に、約8ミリ(0.2㎜)厚のポリエチレン製スリーブを覆せることによって行われうる。

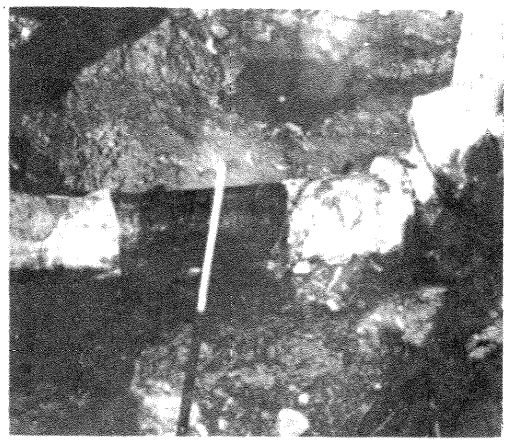
この方法については鋳鉄管研究協会は、石炭

管路の布設時にダブダブのポリエチレン・スリーブを管を覆せることにより、効果的な防蝕ができる。

殻や、海潮泥沼のような非常に腐蝕性の激しい場所で、15年以上試験を行い、優れた防蝕効果を示すことを確認した。

この方法は防蝕剤は管表面と確実に密着しなければならないという従来の概念とは完全に異なったものである。これとは反対に、ルーズなポリエチレンスリーブは、管の表面を地下水から完全にシールするものではなく、激しい腐蝕性の土壌中での試験では、地下水はルーズなポリエチレンスリーブと管表面の間に集まっていた。この事実にもかかわらず、孔蝕や、測定しうる程の重量減少は認められなかった。この方法の効果は、侵入してきた水が金属表面との初期の僅かな反応によって、溶解塩類および酸素を使い果してしまい、その後は停滞してしまうことによるものと考えられる。

8ミル厚のポリエチレンスリーブによって防蝕された実管路の、再三再四にわたる観察の結果はCIPRAの研究結果を確かめている。たとえば、カリフォルニア州のサンディエゴ市の極端に腐蝕性の強い地域に布設されている鋳鉄管は、ポリエチレン・スリーブを用いない場合には管厚全体の貫通腐蝕を生ずる程の期間を経過した後も、測定できるような孔蝕は何ら認められなかった。



サン・ディエゴ市における埋設鋳鉄管の検査、ポリエチレン・スリーブは孔蝕を完全に防止している。

ポリエチレン・スリーブはまた大部分の迷走電流に対しても効果的な電気絶縁性を備えていることがわかった。そのため、ダクタイル鋳鉄管が陰極防蝕を行った管路または他の構造物と交叉または隣接する場合に、用心のために使用されている。ポリエチレン・スリーブによる防蝕法の詳しい説明書は入手できる。

非常に激しい腐蝕性の土壌の防蝕のためにポリエチレン・スリーブを用いた施設は80以上もの記録が残っている。これによると、これらの施設においては如何なる孔蝕も、失敗も報告されていない。

7. まとめ

1. 広範囲な資料からダクタイル鋳鉄管の耐蝕性は、鉄鋳鉄管のそれと同等以上であることが示された。

2. ダクタイル鋳鉄管の腐蝕生成物は、鉄鋳鉄管のそれと性質は類似しており、より高い強度を持つ。

3. 同じ孔蝕が生じたとした場合、ダクタイル鋳鉄管は薄いけれども、鉄鋳鉄管よりも大きい強度を持つ。

4. 鉄鋳鉄管は、大部分の地域において長期間にわたる優れた使用実績を持ち、また大部分の土壌は鉄鋳鉄に対して非腐蝕性であることが知られている。

5. U S A Standard(旧ASA)に規定されている管厚のダクタイル鋳鉄管は大部分の土壌中で、長期間、保証付きで使用できる。

6. 経験に基づいた確実な土壌の鑑定方法が樹立され、これによって非常に激しい腐蝕性の土壌の定義付けとその位置の決定が可能となった。

7. 経験的にまたは土壌調査の結果、腐蝕性とわかった土壌については、ポリエチレン・スリーブ法は有効でかつ経済的な防蝕方法である。

参　考　文　献

1. **Soil Corrosion Test Report—Ductile Iron Pipe.** Cast Iron Pipe Research Association, Chicago (1964)

2. Whitchurch, D. R. and Collins, H. H. **The Resistance of Ductile Iron to Corrosion by Soils.** The

Institute of Gas Engineers (November 1966)

3. Romanoff, Melvin. **Underground Corrosion.** Circular 579. National Bureau of Standards, Washington, D.C. (1957)

4. Romanoff, Melvin. **Exterior Corrosion of Cast Iron Pipe.** J. American Water Works Association, 56, No. 9, 1129 (1964) September

5. **Evaluation of Literature on Buried Pipe Corrosion.** Illinois Institute of Technology Research Institute (February 1, 1967). Available from Cast Iron Pipe Research Association, Chicago

6. Fuller, A. G. **A Re-Examination of Data on the Corrosion Resistance of Steel and Cast Iron Pipe Obtained by the National Bureau of Standards.** British Cast Iron Research Assn., Birmingham, England IR 65 (1967) July

7. Smith, W. Harry. **Soil Evaluation in Relation to Cast Iron Pipe,** J. American Water Works Association, 60, No. 2, 221 (1968) February

8. Wagner, E. F. **Loose Plastic Film Wrap as Cast Iron Pipe Protection,** J. American Water Works Association, 56, No. 3, 361 (1964) March

9. **Protection of Cast Iron Pipe By Encasement in Polyethylene Tube,** Cast Iron Pipe Research Association, Chicago (1967) February

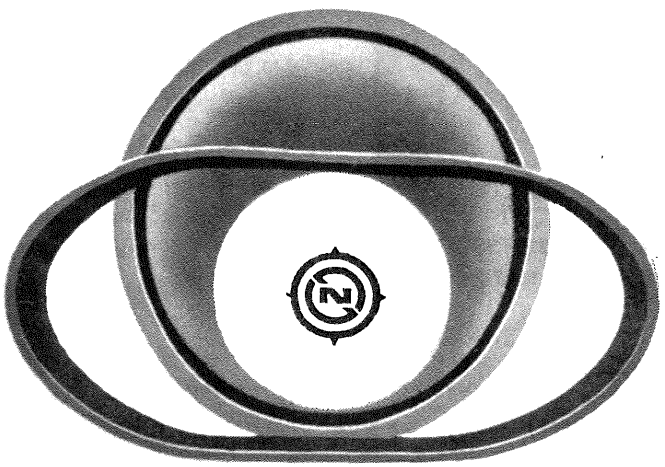
10. **Service Records of Existing Cast Iron Mains,** 4th Edition, Cast Iron Pipe Research Association, Chicago

11. **Survey of Kinds of Pipe In Water Service—100 Largest Cities,** Cast Iron Pipe Research Association, Chicago

12. **A Report on Observations of Corrosion Protection of Cast Iron Pipe By Loose Polyethylene Wrap,** San Diego, California (1966) January 26, Cast Iron Pipe Research Association

13. Sears, E. C. **Soil Corrosion Resistance of Ductile Iron Pipe,** NACE, Cleveland, Ohio, March 20, 1968

金型遠心力ダクタイル鋳鉄管



最新の設備・卓越した技術・厳正な品質管理により生産される優秀な製品

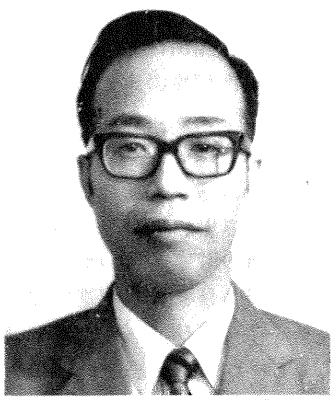
新日本パイプ株式会社

本社・工場 大阪府堺市石津西町14 TEL 堺 (0722) 41—0223(代)

◇事例研究〈1〉

タイトンジョイント管について

浜松市水道部工務課長
佐々間　清



現在のタイトン型ジョイント管が、その改良前、当時たわら形ジョイント（仮称）として、ようやくわが国にもその使用利点を認められつつあった頃、浜松にもメーカー側が出張して管接合後の耐水圧状況、とくに漏水、管体の離脱（抜け出し）の実験、説明があった。

「元来この型式は、わが国では新しく、作業は簡単であるが、漏水を生じたとき締め直す手段がないので、十分慎重に行なわねばならない」とされた。しかし、管接合にホークまたはジャッキを使用しても、操作はあまりにも簡単である。

その後、メーカーがこのジョイント型につける名称を一般に募集したが、「パーフェクト・ジョイント」「ワンタッチ・ジョイント」とかそのほかでもなかなか奇抜な名称がたくさんでたとか、そのほとんどが作業の軽便さを強調した意味の名称が多かったと聞く。結局、名称は「ハイタイト」と決定されて、浜松市も昭和37年6月以来、口径200㎜以下の鋳鉄管に、このジョイント型を採用し、現在のタイトン型に移行してきたわけである。その使用実績は別表のとおりであるが、布設費も10%は軽減できたと思う。

まず、このジョイント型の利点をあげれば、

①十分な緊密性を有し、高圧にも良く耐える。
②可撓性に富んでいて、多少の地盤変動にも耐える。
③ジョイント構造によるパッキングの耐老化性が優れている。
④付属品がゴムパッキン1個であるから、経済的で、しかも倉庫業務が簡単である。

⑤ボルト締めの必要がなく、かつ会所掘りが少なくて施工費も軽減される。

その他、温度変化による伸縮性などである。

当時すでに一般に普及した日水協規格メカニカル・ジョイント型に対しても、必ずしも「より完全」といえない点は、

①異形管の挿し口、切り管の面取りの手数、鋳肌を削り取った部分の腐蝕性。

②ジョイント離脱防止方法の困難。

（最近はメカニカル・ジョイント用の特殊押輪と同じようなものが考えられている）

③接手操作が簡単なため、配管工の注意力が喚起されず、漏水に対する不安感。

④接合のやり直し、管の抜き取り困難。

（接合後、相当日数を経過後）

⑤ジョイント個所の漏水の際に、ほとんどジョイント部分を切り取らねばならない。

（最近ではタイトン型用の漏水防止金具が開発されているので、ほとんど解決されている）

以上、慎重な施工が要求される所以である。

事実、ハイタイト型での漏水件数は各口径を通じて現在まで10件程度あったが、これも施工時接合の不完全によるもので、ゴム輪断面の形状と、施工時の不注意、無理な作業が失敗原因であったから、昭和42年パッキン断面たわら形のハイタイトが、ひょうたん形のタイトン型に形状材質も改良されるや直にこれに移行し、いよいよこの種ジョイント型の採用に自信を得たことはいうまでもない。その後トラブルはない。

なお、浜松市でジョイント型による使用管種の決定には、その長所を生かし短所を補う意味で、次のようにメカニカル・ジョイント型の併用を考え、実施している。

①異形管の前後には、原則的にメカニカル・ジョイントを使用する。

②タイトン型は口径200㎜以下のものにつき、埋設個所の状況によって使用する。

③管末は、メカニカル・ジョイント型セン止めとする。

④地下埋設物、構造物のふくそうした箇所には、タイトン型の使用をさける。

⑤移設を予想される管路にはタイトン型を使用しない。（ゴム輪の再使用不能のため）

以上、埋設作業の立地条件に応じてジョイント型を選択し、タイトン型の使用で布設費の経済性と施工の能率化をはかっている。

ちなみに、浜松市の昭和43年度布設配水管―口径200㎜以下―延長の約64%20,000mあまりはタイトン型鋳鉄管である。

わが国における「たわら形ジョイント」から10年、タイトン型の進出で感じたことは、耐久度の高い鋳鉄管に対して、この種ジョイント型も権威ある規格化が伴わないと、強力にして経済的なパイプラインの出現はあり得ないということである。今後、日本鋳鉄管協会の「規格化」に対する研究と積極的努力を期待するものである。

〈別表〉ハイタイト・タイトン形鋳鉄管使用状況（浜松市）

口径＼年度別	37年度	38年度	39年度	40年度	41年度	42年度	43年度	計
φ200 ℓ=5m	m 1,375	m 2,465	m 1,550	m 705	m 2,250	m ●5,480	m ●4,480 35	m 18,340
φ150 ℓ=5m	900	4,280	3,685	4,585	2,060	●3,120 20	●7,245	25,895
φ100 ℓ=4m	—	3,600	2,368	5,212	6,656	●4,844	●7,876 208	30,764
φ75 ℓ=4m	—	1,628	3,496	3,296	3,612	520	● 108 56	12,716
計	2,275	11,973	11,099	13,798	14,578	13,984	20,008	87,715

●印はタイトン型

◇ 事例研究〈2〉

赤水対策についての考察

Ⅰ．給水せんにおける水質常時監視のための水質自動モニターⅠ型

尼崎市水道局
水質管理所長　出口富雄
配水課技術係長　中川晏男
配水課技手　中森英明

Ⅱ．尼崎市における「赤い水」の実状とその処理

尼崎市水道局
維持課　松田利一

給水せんにおける水質常時監視のための水質自動モニターⅠ型

まえがき

最近の淀川の水質は、各種の産業廃水、都市下水等により悪化の傾向をたどり、水質関係者はその対策の一つとして、水質自動監視機器の導入に強い関心を寄せつつある。

当尼崎市においても昭和43年に濁度計・アルカリ度計・pH計・残留塩素計・遊離塩素計・O.R.—P計などの水質自動測定機を購入し、自動記録により　①淀川表流水の水質変化の観察・②浄水過程における薬品注入の効果の判定　③市内に送水する浄水水質の確認などの目的をもって、原水着水井・薬品混和池・沈澱池・ポンプ井にそれぞれ設置し、管理室で集中記録されるようにしている。

しかし、これだけで変化に富む淀川の水質汚濁に対応できるものではない。現在、淀川取水口においてさらに多くの情報（たとえばアンモ

ニヤ性窒素・ＡＢＳ・シアンなど）を集めることのできる一連の原水水質モニターの検討を急いでいる。

ところが一方においては、浄水場から送水される浄水が、家庭の給水せんで使用するまでの間に水質変化をみることが多い。たとえば赤い水の問題、あるいはアンモニヤ性窒素と亜硝酸性窒素との同時検出などがそれである。とくに当市においては、工業用水道の普及率が高い関係から、上水と工水との接合給水の事態についても、たえず注意をしなければならないのである。

これらの懸念を事前に察知し防止する対策の一方法として、主要水路においてその水質の24時間連続監視を行なう方法にせまられ、その試みとして考えたのが水質自動モニター１型である。このモニターの使用の目的は、もちろん主要管路の水質測定をすることが主要目的ではあるが、それ以外に赤水に対する事前調査とその対策の検討、あるいは新たに布設された給水管の洗浄、廃水の試験にと広い範囲に使用されている。

１．構造と原理

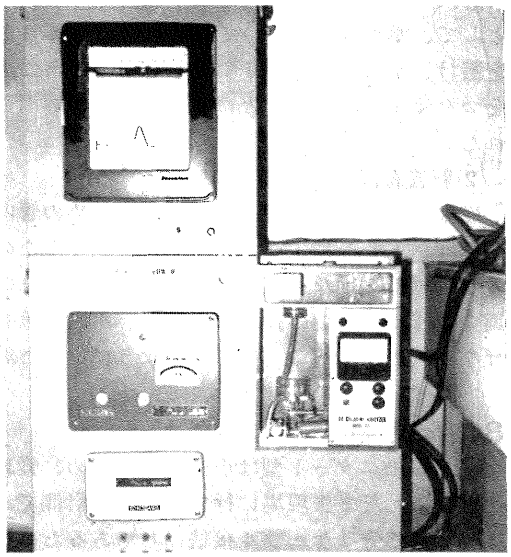
本モニターは、図－１のように検出部・増幅部・指示記録部の３つの部分で構成され、運搬・設置が容易にできるようブロック組立になっている。

各部分間の配線は、ケーブルを用いて簡単で誤りの起きないように、各種コネクターで接続するようにしている。検出部はアングル架台（400×300×200㎜）を製作し、電気伝導度とpH値を連続して測定するために流通形の検出器を取付けている。採水は給水せんより耐圧用ビニールチューブ（φ13）で行ない、測定液量の調整用に架台に調整弁を取り付けている。電気伝導度、pHのセンサーはトラブルが生じないように専用ケーブルで長さ５ｍとし、各増幅器入力端子に直接接続し、増幅部（800×400×700㎜）は前述の２増幅器と残留塩素検出器および各スイッチ類で構成している。

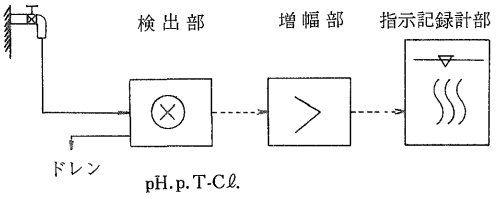
指示記録計（500×400×600㎜）は６打点式の記録計を用いた。

各検出器の測定原理・測定範囲は次のとおりである。

水質自動モニターＩ型



図－１　水質自動モニターの構造と原理



測定項目	測定原理	測定範囲
pH 計	ガラス電極法	4～10 pH 直線
電気伝導度計	交流２極法	0～500$\mu\upsilon$ 直線
残留塩素計	色度法	0～3ppm非直線

２　使用された事例

1)赤水調査

市議会の給水せんから、朝使用すると１時間ほど赤い水が出て困るとの調査依頼があった。早速、水質自動モニターを議会二階の湯沸場の給水せんに取付け、３日間連続調査した記録表の一部が図－２である。

その記録されたものと、赤い水の出る時間帯を比較してみると、夜半から残留塩素が低下し（0.2ppm）８時頃から徐々に残留塩素がふえてくる（0.8ppm）。すなわち、水が使用されないときは、管内の水の残留塩素がさびによって消費され、水を使い始めるとしばらく赤水が管外

に排出され、同時に残留塩素が上昇する。結果として、水が夜間において管内に停滞することを避け、水の流通をよくするため市本庁舎に管をつなぐ工事をすることによって赤水が解消された。

2)新管布設後の洗浄について

従来から新管を布設し、通水するための管内洗浄は、ドレンによって18時間程度放水したのち水質試験を行なってきたが、水質モニターの調査で4時間程度の排水によって、水質試験を行ない、通水することができるようになった。

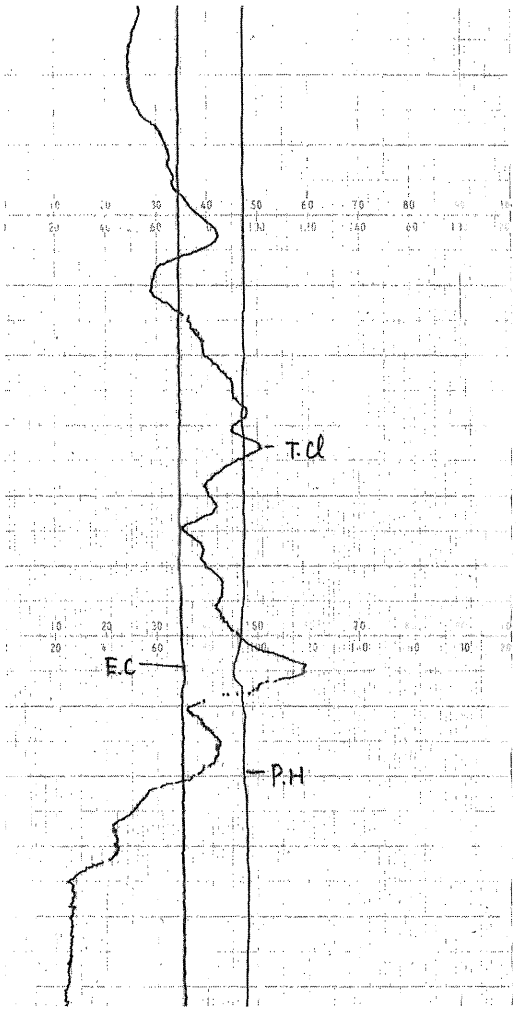
3.今後の問題

①水質モニター1型は小型であるため、軽自動車に積んだまま現場に行きそのまま計測できる。②各部分はケーブル接続にしてあるためブロック別に分け移動設置が簡単である。③ブロック方式であるので必要に応じて他のセンサーも増設可能であるという特徴をもっている。

しかし、現在内蔵しているセンサーは電気伝導度・pH計・残留塩素計であるため給水せん採水を目的とする場合、電気伝導度の変動は比較的少ないため、他のセンサーに変えてよいと考えている。

現在、これらの問題にさらに改正を加え市内の主要幹線水路、末端水路に10ヵ所程度取り付け、さらに水圧メーターを併用して、測定されたものを電送し、水質管理所で集中管理すべく計画中である。

図－2　水質自動モニター記録表の一部



尼崎市における「赤い水」の実状とその処理

まえがき

水道において「赤い水」が出るという問題については、最近発生してきたようなものではなく、従来から、ある程度の発生源はあったわけであるが、最近とくに問題とされ、範囲も全国的に広がりつつある。従来から配水管として、耐久性などのメリットから広く使用されている鋳鉄管は、セメントモルタルライニング実施以前のものについては、年数経過に伴って「さびこぶ」や「水あか」が発生し、逐次増加してゆく傾向がある。ここ数年来の赤い水の多発は、ちょうど布設管のさびこぶなどの状態が、赤い水という「形」に現われやすい程度まで付着した時期にきたためではないかと思われる。人体にたとえれば、血管にコレステロールが沈着するような年代になったといえよう。加えて、近年の原水の水質悪化に対処した浄水方法などが

これを助長しているといえる。

このようなことから、程度の差こそあれ、赤い水に悩まされない水道事業は少ないように思う。当市も例外にもれず赤い水に追いまわされ、悩まされているわけである。もちろん、事業をやっている以上、これを放置しておくわけにはいかず、一時しのぎのものも多いが当市なりの処理を行なっているので報告する。

1．赤い水の実情

1）配水管の状況

当市水道は、大正７年創設以来合併により市域拡大、人口増(約15倍)による需要増をまかなうべく数度の拡張工事を経て今日に至っている。したがって、配水管については、初期のものや、合併により取得したものなどに老朽管が多い。配水管の管種別内訳および布設後の経年数は、表－１・表－２のとおりである。

表－１

管種	延長
鋳鉄管	１７２km
鋳鉄管(ライニング管)	２２３
石綿管	６６
その他	８
計	４６９km

表－２

布設経過年数 / 管種	54年～28年	28年～16年	16年～11年	11年未満
鋳鉄管	105km	38	29	223km
石綿管	—	34	26	6
ビニル管	—	—	—	2
塗装鋼管	—	—	—	6km

全延長における管種別比率は、鋳鉄管が84%でほとんどを占めている。

また鋳鉄管のうち、モルタルライニングの有無では、約半数近くがライニングを施していないので、赤い水の発生源となっている。（当市では昭和34年後半からライニング管を採用している。）

また、これらの非ライニング管の口径別分類は、表－３のとおりであって、いわゆる小口径管が占める比率が大きい。小口径管は同年数を経過していても、中口径以上の管に比べて、さびこぶの影響が大きい傾向がある。

表－３

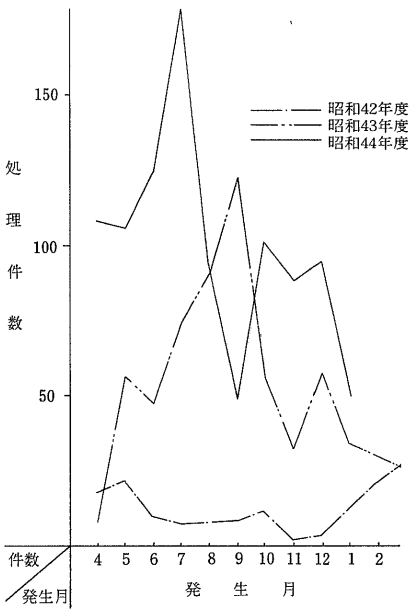
口径	75㎜	100	150	200～250	300～350	400～700
延長	18km	67	22	32	26	7
比率	50%		31		15	4

2）発生状況

赤い水が発生し、現地調査や排水作業その他の処理を行なったものの件数は、図－１のとおりである。

これによると、とくに共通した点はみられないが、年々増加の傾向を示していることは明らかである。また夏期において一度ピークがくる傾向もみられる。（原則として改良工事に直接起因するものは別件扱いとしている。）ただ、苦情等の通報のあったものが赤水発生のすべてではなく、短時間などで通報のない潜在的なものが相当数あると思われる。このことは通報があり、しばらくしてから現地調査を行なったときには、清浄に戻っているようなケースが相当数あることからも推測できる。

図－１　赤い水の処理件数



2 赤い水の処理

1）通報の処理

赤い水が発生した場合の通報は、市民から電話により水道局に入ってくる場合が最も多く、ほとんどが「苦情」という形である。局に入っ

た電話で「赤い水」その他、維持管理に関するものは、維持課に回ってくるシステムになっているが、赤い水だけでも「頭にきている」先方が内容がはっきりしないために所管課がわからずに、あっちこっちと電話を回されて「カッカ」としていることもあり、反応に苦心している。まず、赤い水の出ている大体の場所、出初めの時間、その程度、範囲などをできるだけ聞き出し、その付近でにごりの原因となるような修繕工事、改良工事等が行なわれていないかどうかを調べて、該当工事がある場合は、「こういう原因によって赤い水が出てご迷惑をかけていますが、しばらくご辛抱ください」　該当工事がない場合は、「原因となるような工事はやっておりませんので、ご迷惑をかけていますが、しばらく様子をみていただけませんか、それほど長くかからないと思います。おさまらない場合はもう一度電話をいただけませんか」といって、いずれも様子をみてもらっている。

前者の場合は、前もって予想でき、広報をしており、排水等の処理も工事関係者が行なうように連絡を行なっている。しかし通報者、すなわち苦情主のすべてが、「様子をみていただきたい」では、納得してもらえるとは限らない。このような場合や、その範囲が広い場合（同じ区域から何人もの市民が通報してくる）、洗濯物などを汚してしまった場合、それに二度目の通報である場合等では、少なくとも現地調査を必要とするので、処理伝票を発行する。記載内容は受付日時、場所、通報者、目標物、赤い水の範囲、その他参考事項である。

通報者にも「苦情マニア」とでもいうべき市民もときたまあり、納得がゆくまでの説明には相当の知識と、対応の経験を要する場合があり、通話時間もずい分長くなる場合がある。一般的には土着というか、古くからその土地にいる人よりも、新しく開けた住宅地などの住民からの通報が多いような傾向がみうけられる。これはもちろん、管網的な位置との関係もあろうが、前者にはある程度のあきらめのごときものがあるとすれば、後者には他都市等より移ってきた住民もあり、体験に基づく他都市との比較からきているものが多いと想像される。

また、当市の水道では市民サービスの一環として、「サービス課」を設置し、破裂修繕、開閉せん等は交信装置（ＵＨＦ電波）を取付けたサービスカーの採用（基地局１、移動局20）により「電話一本ベＯＫ」というPRをしており、赤い水も同様に考えられがちであるが、その性質上、即時解消はむずかしく、作業の時間的な制約もあってやりにくい場合が多い。

２）処理作業

処理作業は、すべて直営（維持課維持係）で行なっており、２班（それぞれ運転手１名、現業職員２名により構成）がもっぱらこれに当たっているが、多いときには他の班（弁せん維持関係２班）の応援を必要とすることがある。受付者からの伝票は、作業長を経由して作業班に渡たす。

処理伝票により、まず現地調査を行なうが、この結果、発生源が給水管の場合と、配水管に起因する場合が考えられる。

(1) 給水管に起因すると思われる場合

範囲が特定家庭のみの場合は、このケースが多く、現地または給水台帳より引込管種を調査する必要がある。鋼管の場合は、装置の所有者に布設替をすすめるが、工費等の点から困りながらもなかなか具体化しない場合が多い。

応急的には、量水器を取りはずして、その個所で排水を行なう通称「メーター排水」を行なっている。昨年の実績では、これが処理件数の約16%を占めており、１件当たり平均排水時間は1.5時間である。

市民からの通報がなく給水せんから放水し、その分の料金減免を訴えるケースがあるが、原則として減免措置を行なっていない。したがって市民にも、この意味の指導を行なっている。鋼管を使用している場合、給水装置の材質が「政令第４条の基準」に不適合とのことで「改善命令」を出すことも考えられるが、実状はそこまで至っていない。鋼管の場合は、たとえ２～３メートル（水路等を横断する個所だけ鋼管を使用している場合等）でも赤い水が出ている。ビニル管の場合でも、引込距離がある程度長い場合は周辺配水管に無関係で「止まり」にあたる末端の家屋で赤い水が発生することがある。

苦情の中には、受水槽以下の配管に起因しているものもある。従来、受水槽以下が給水装置

外であるため、規制の対象外とされているためや、鉄筋コンクリート建築物（当市では三階以上は受水槽式にするよう規定しているのでほとんどが該当する。）では、亜鉛メッキ鋼管の使用が慣例となっていたことなどが主な原因と考えられる。当市の施設でもこのようなケースで赤い水が出て困っている。

(2) 配水管に起因すると思われる場合

鋳鉄管の「さびこぶ」による場合と、石綿管等で管自体に起因すると思われない場合でも、管網的な止まり個所で出る場合が考えられる。いずれの場合も、一般的には「消火せん排水」を行なっている。昨年の実績では、これが処理件数の約36%を占めており、1件当たり平均排水時間は1.5時間である。消火せん排水で一応効果はあがるが、排水個所の水はけ状況や、ほとんどが夜間作業を要することなどから、徹底的な処置がとれず一時的効果に終わる場合も多い。効果をあげるには、区域一帯を残らず時間をかけて排水を行なう必要があることを痛感している。

さびこぶが赤い水という形で出る原因の一つが、水の動きにあることから継続的に水を動かすようにするため、小口径ドレン（分水せん建込み、仮配管）の設置により「たれ流し」にしている個所もある。（20～30個所）

また、季節的には非常に無駄と考えられがちであるが、春から夏にかけて、夏期の需要量増大に伴う集団発生を予測して「定期排水」を行なっている。これは毎年4月中旬より7月初旬にかけて、市内全域の危険区域を重点にして約150個所をピックアップして、消火せんまたはドレンにより排水を行なっている。排水はすべて夜間作業で、運転手、現業職員、技術職員各1名で班を編成し、土曜、日曜を除く毎日1班がこれに当たっている。

車両には消火せん用スタンド・ホース、バリケード、赤色点滅灯その他を準備している。時間は一応清浄となるまでとしているが、だいたい1個所当たり1～2時間で、一晩に4個所を標準としている。作業は赤い水が出るおそれがある旨の広報をした後、19時ごろから始め24時ごろまでには完了（同時に近接の数個所の消火せんを実施）するようにしている。なお、実施後「配水管洗滌日誌」を作成して後日の参考としている。

以上の排水すべてを合算すれば、月平均で1万トンぐらいと推定している。

工事に伴い赤い水が出ることが予想される場合は、断水と同様に広報にはとくに注意している。しかし、その範囲が予想外の個所に広がることがあったり、当然出ると予想される場所で出なかったりすることがあって困ることがある。このためメインパイプの工事等、赤い水が予想される工事を実施した場合、水圧その他の記録をとり後日の参考としている。広報の範囲を広い目に行なったが、これに反し異常のなかった場合にも苦情を聞く場合がある。昨年の例であるが、赤い水に備えて「ため水用のポリバケツを何個も買って水をとっておいたのに……」「店を休んだのに……」というケースもある。

3. 今後の問題点

赤い水は発生源である「さびこぶ」がなくならない限り、種々の条件によって「形」となって現われてくる。管網的な「止まり」個所では鋳鉄管はもちろんのこと、石綿管でも出る場合が多いが、最近のケースでは、管網的には止まりでないが制水弁の「タイコ落ち」により閉止状態となって止まりと同じ結果になることも考えられる。弁栓については、現業職員による「弁せん班」によりでき得る限りチェックしているが、完全を期しがたい。（現在市内弁せん数は約7000個である。）

本来、制水弁は開閉のために設置しているのであるが、現実の問題としては、あまりさわりたくない。分岐工事にしても、不断水式工法が開発されてからは、断水もいくらかは少なくてすむようになったものの、移設工事や工事中の破裂等、下水その他の建設工事の増加の影響をうけて弁操作の機会が多い。

消火せん排水の場合も、弁操作を併行して実施されているところもあると聞くが、当市ではなるべくさわらずにやっている。これは通常、一方通行の水流が逆に流れたり、流速の変化による赤水の発生が考えられるからである。同じように、水圧状況から水が「押し押し」になって滞流しているような個所にも出やすい。

また、布設年次によっては鋳鉄管の道路での埋設被りが少ないものがあったりするが、このような個所では、重車両の通行による振動で管壁のさびこぶが剝離して赤い水という形に現われるケースもある。この場合も折損等はなく、管の寿命は十分あると考えられる。

現在の処理の方法は、いかにして赤い水という「形」として現われないようにするかに重点を置いている。これでは発生源はそのままであるから、爆弾をかかえているようなもので、将来も同じことを繰り返すことは明らかである。抜本的には、布設替等によりライニング化することである。このうち、既設管の寿命を買って再生によるライニング方法は、口径や路線状況により異なるが、小口径管の場合は、分岐給水管の状況がはっきりしない場合が多いことや、ライニング後の分岐管よりのブロー、およびその後の処置にも問題が残ると思われる。

さらに「曲管部分」では埋設状態で実施できず、掘さくのうえ、取外してライニングを行なう必要があるなどのデメリットがある。

布設替との工費の比較については、実施例が少ないため一概にはいえないが、中口径以上になってくれば再生によるライニングのメリットが出てくるように考える。

しかし、現実には赤い水の発生源は小口径のものほど多く、結局は布設替によるライニング化ということになりそうである。布設替等の改良工事の実施状況は、表－4のとおりである。「赤い水、出水不良対策事業」として昭和43年度より3年計画で実施中のものである。

事業である限り、水の供給を使命としており、常に質、量において需要を満たさなければならないが、水道事業は10～15年の見通しをもって計画する必要があり、これによる設備投資の増大によって財政状態が悪化している。これは全国的に共通した現象であろう。もとより経営の合理化に努力をはらう必要があることはもちろんであり、また努力がなされているが、今や国の抜本的な財政措置こそ必要であろう。

表－4　(km)

年　度	41	42	43	44
延　長	19	13	32	29

給水管についても、装置の所有権が市民にあり、管理義務を有するとはいえ、わずかな費用では改造できない場合もあり、鋼管を使用している装置の改造に限って、市が工費の一割を負担して改造を促進する制度も一考の要がある。当市においても鋼管を使用している装置に限って、数年前まで「労力費」を市が負担して改造工事を行なう制度があったが、現在は廃止されている。

布設替するものについても、鋼管についてはビニルライニングのものを、配水管についても直管のライニング管はもとより、異形管のライニングについても、現在では問題が多くあるものの、検討のうえ採用の方向に向かうべきである。ここまでいっても、最終的には弁せん類に問題が残ると思われるが、一歩前進すると考える。

最後に、赤い水に対しての処理作業をまとめて列記すると、次のとおりである。

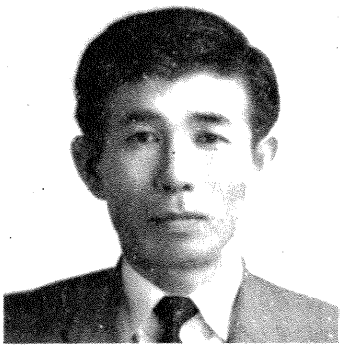
1．苦情が発生する度毎に、現地で応急処置としてドレーン、消火せん等から排水する。
2．赤い水が現地の使用量の不足から起こると考えられるものは、たえず水が流れ動くようにする建前から分水せん等により継続排水する。
3．以上二つを組み合わせ、なおかつ管径の大なるところは弁の操作により、一方通行にすべく一方の弁を閉じてゆき2～3回程度開きの状態にまでもっていく。
4．地区全体が老朽管で、赤水の発生をみる場合は、布設替にあたっては主管以外は現地の状態に合わせて、口径は「小さい目」という考え方で布設替し、水需要とのバランスを考慮している。
5．異形管についても、ライニングをして使用するように決裁措置中である。
6．45年度は44年度において調査した消火せん(2,200個)の水圧、流出量を参考にして、赤い水の発生源である配水管の状態や使用状態と赤い水の発生との関係を調査する予定である。

以上、当市の状況を報告させていただいたが、一つでも参考にしていただけることがあれば幸いである。

◇事例研究〈3〉

農業用水合理化による水道水源開発

福岡市水道局開発課長
原　茂恭



まえがき

福岡市の水道は、近郊における水源開発に行き詰り国内でも初めての試みとして、農業用水をパイプでかんがい配水することによって生みだした余剰水を上水道に利用した。工事はポンプ施設とパイプの布設で簡単であるが、農業という全く別の世界に水道マンがとび込み諸々の問題点に遭遇して、その都度問題を何とか解決して現在にいたっている。計画の段階で、これら諸問題をあらかじめ知っていれば事業実施がスムーズに行なわれるはずである。この私の拙い報文が、今後同じような計画をされる方の何らかの参考になれば幸いである。

1．福岡市水道の概要

福岡市は、西日本における政治、経済、文化の中心都市として位置づけられており、また東京、札幌とともに日本列島の管理中枢都市として、今後の発展が約束されている。人口は、現在83万人で1、2年内には指定都市として、国内10大都市の仲間入りをするはずである。しかし、水道の使用量は割合に低く、1人1日給水量350ℓ/日程度で、給水人口74万人、普及率90％、現有施設能力は26万㎥/日である。この施設能力26万㎥/日に達するまで9回にわたる拡張工事を行ない、現在なお第9拡の100,000万㎥/日、第11拡の18,000㎥/日の拡張工事を行なっている。さらに、昭和45年度から第12拡の65,000㎥/日の拡張工事に着工する予定である。

人口の都市集中化現象は、全国的に顕著であるが、福岡市においてもご多聞に漏れず毎年2万人程度は増加しており、市周辺の衛星町村における増加をも考慮に入れると、3～4万人に

も達する有様である。また、市民の生活程度のレベルアップによる単位給水量（1人1日給水量）の増加もあって、需要水量の年間増加量は2万㎥/日程度に達する。

一方、給水能力の方は過去の水源開発で、わずか26万㎥/日の確保に9回もの拡張工事を行なったことからもわかるように、市近郊には貧弱な水源しか存在しない。すなわち福岡市近郊は、そもそも隆起海岸であるから、地下岩盤が最も深いところでもわずか40mで着岩し、地下水の湧水量が極少で、一井当たり200～300㎥/日が限度である。しかも、全市的に鉄分の含有量が多くて質量ともに恵まれない。また地表水は河川水のみで、その河川も多々良川190km²、那珂川129km²、室見川83km²、御笠川74km²と集水面積は非常に小さく、その上いずれの川も灌漑用水の需要が大きく、河川水の余剰水は全くないといっても過言でない状態である。ただ40km南方には、北部九州随一の大河川たる筑後川（阪東太郎に続く筑後次郎）があるが、これとても集水面積はわずか2,860km²で、全国26位に位置する中河川である。しかも集水面積2,860km²に対して、水田の灌漑面積は583km²で、農業用水の負荷率は他の河川に比して著しく高い。また、流域は福岡、佐賀、熊本、大分と四県にまたがり利害関係者も多く、総合開発は遅々として進展しない。しかし本市の水道は、その筑後川を命の綱に頼んでいるのが現状である。

そもそも福岡市ほどの規模の都市では、一ヵ所当たり10万㎥/日単位の水源を開発するべきである。この基本方針にのっとり、昭和40年には85,000㎥/日の南畑ダム取水工事を完了し、昭和47年100,000㎥/日通水を目標に筑後川支流小石原川の江川ダム取水工事を目下施工中である。また、すでに水資源開発促進法による基本計画で水配分が決った筑後川本流から240,000㎥/日の取水を計画中で、本市は昭和50年通水を希望している。このような水資源開発の骨組に対して、自己流域開発は南畑ダムまでで、江川ダムおよび筑後川取水は、他流域からの導水で流域変更になるため、多大の地元関係者との利害が錯綜して、開発計画はどうしても遅れがちとなる。しかし需要は、伸びる一方なので、その間の不足水量を充足する水源開発として、市近郊の水源を小規模ではあっても、なんらかの開発をして需給のバランスを取らざるを得ない。ここに福岡市水道の大きな悩みがある。

2．開発の必要性と発想

前記の南畑ダムより85,000㎥/日の取水が昭和40年に可能となり、総施設能力は145,000㎥/日から一挙に230,000㎥/日に倍増したのであるが、需要の伸びは予想に反して激しく、同時に次期計画の江川ダム完成が2、3年遅れるので、江川通水までの継ぎ水源の早急な開発が必要になってきた。そこで、急きょ6名の水道専門家により、編成された近郊水源開発調査専門委員会を発足させ、市近郊の水資源開発を検討した結果、二つの結論を得た。

1．当面の水不足に対処するための、1年間で通水可能な水源開発としては、市近郊で渇水期に最も強い那珂川の河川自流開発をすべきである。ただし、取水は河川自流であるため、夏季渇水期に取水不能となる場合があるが、その時は制限給水も止むを得ない。

2．福岡市近郊の河川では、農業用水の使用水量が多く、河川自流の開発は不可能であるから、非灌漑期の水を貯水して利用するほかに方法はない。ただし、ダム貯水方式は工期の関係から1年後の通水は不可能である。

この結論に従って「1」の緊急対策として、那珂川の農業用水を管路で灌漑配水することによる合理化で生み出された余剰水30,000㎥/日について水道用水源の開発を行なった。「2」の貯水池式開発には配水管圧が低い東部に、集水面積がわずか1km²で貯水量1,600,000㎥の小規模ながらダムを築造することとした。集水面積が1km²では降雨によるダム流入による貯水が不能であるため、主に非灌漑期は4,800m離れた猪野川よりポンプ揚水で貯水し、これを主として灌漑期に利用する計画である。工事は用地買収・補償交渉を丸1年で片付け、土木工事は1年3ヵ月、総工期2年3ヵ月の超スピードで本年(45年)7月完成の目標で目下施工中である。

さて那珂川取水であるが、特殊な対策を講じないで河川自流をそのまま取水することは、二つの大きな問題があって不可能となった。その第1は、河川汚濁による公害問題が社会的にク

ローズアップされ、維持用水の確保が叫ばれている昨今の情勢から、河川管理者の水利権許可が不可能と考えられた。第２に、数年に１回のかんばつ年の夏季灌漑期には農業用水に不足をきたし、既得水利権者である農民の同意が得られない。したがって、那珂川本流からの河川自流取水は断念せざるを得なかったが、水道行政上から水源開発を中止することはできない。

ところが、那珂川の下流から２番目の老司井堰左岸農業用取水口は、平常18万㎥/日を取水しかんばつ時でも８万㎥/日の取水をしていた。この老司水路のかんがい区域は都市の発展により、宅地化が進み宅地の間に水田が点在している状態になっている。それにもかかわらず、農業用水路は昔と同様水量が減っていないことに気がつけば誰しも疑問を抱くことであった。

そこで具体的に調査したところ、元来340町歩の灌漑面積を有していたこの老司水路も、計画時点で94町歩に減少していることが明らかになった。すなわち、1/3弱の面積であるから、水量も1/3で不足を生じないはずであるのに、取水量は昔と同じで全く減少していない。その理由は、田面の標高から水路を満流させなければ家屋の中に点在する水田に水が入らないからだということが、農民側の主張によって判明した。さらに、取入れ量が豊富であったため水路は、すべて素掘水路で漏水も著しいものがあった。ここで、水圧を与え漏水を減少させれば、農業用に必要な水量はわずかでよいはずである。その観点から、管路により灌漑用水を水田に給水し、それによって生じた余剰水を水道に利用すればよいという着想が生れたのである。

３．計画の利害得失

本計画の利点として、水道側は水源開発に行き詰っているのに、さらに30,000㎥/日の水量が確保され、しかも工事はポンプ設備と管布設のみであるから、短期間で工事を完成して早期通水が可能であるとの２利点がある。農業側として、まず耕地行政上、素掘潅漑用水路のコンクリート化が不必要となる。また農民自体としても、第１に稲の徒長問題の解決、第２に番水制度に要する労力が不要になることとそれに要する経費の軽減という利点がある。徒長問題とは、農業用水路が住宅地を通っているため家庭排水が流入して、灌漑用水に含まれる窒素含有量があがるので稲が徒長し、収穫が減少して困っていたのである。ところが、水路がパイプになることによって汚水流入がなくなり、収穫が増加するのである。

番水制度とは、かんばつ時に水量が不足してくると、灌漑地区を２または３ブロックに分割し、今日はＡブロック、翌日はＢブロック、翌々日はＣブロック、その次の日はＡブロックと、２日ないし３日に１回灌水する制度である。番水が始まると、部落の「水番」を長として部落総出で水田に水を引き入れる計画を立て、水田に引き入れる「水口」(ミナクチ)の操作を行なうものである。

以上、農業側の利点から農民の賛意が得られ、さらには隣接する他の農業水利組合からも計画に組み入れてもらいたいとの申し出があった。これで、農業側に反対はないことが確認されたが、一部住民から地下水の低下による井戸水の涸渇と水路の流量が減少することにより、水質が悪くなり悪臭を放つようになるとの理由で、一部反対の声があったことは注意を要することである。水道側の問題点としては、灌漑用水を管路で配水するので、膨大な事業費を必要とする。また、灌漑はポンプ加圧方式になり、動力費をも水道で負担することを必要とするので、それらが水道料金にはね返って高くなるから、すべての場合に成り立たない。本市の場合、４ヵ所の農業水利組合から申し出があったが、残念ながら事業として経済的に成立したのは老司堰の一ヵ所だけであった。

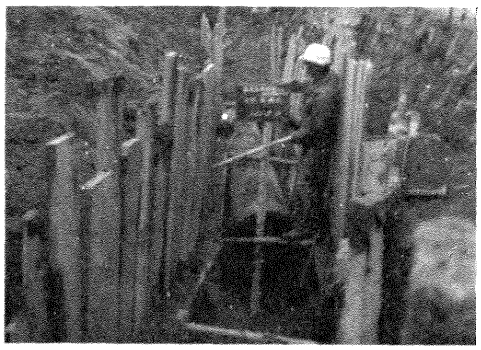
４．計画の内容

１）基本計画

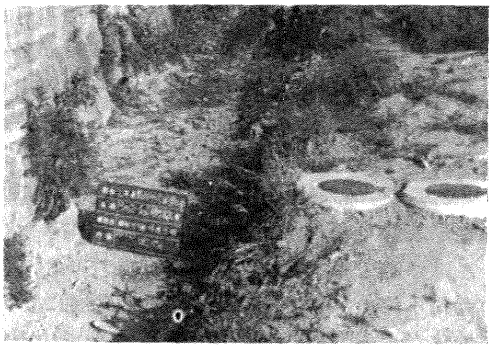
総計画取水量：渇水年昭和41年の渇水量80,000㎥/日から60,000㎥/日を水道および農業用水の取水量として残りの20,000㎥/日は水路維持用水として水路にそのまま流す。

農業用必要水量：Ｓ＝1/1000航空写真図化図面を使って現場調査をした結果の実存田面町歩と、市の農林事務所に実測を委託して得た減水深とから、農業用の必要水

写真－1　潅漑用幹線水路底にφ600メカニカル形内面モルタルライニング管を布設している作業現場。



写真－2　潅漑用水路支線における管埋設個所。写真右下に止水栓が2個あり、左側が局操作用で右が農民操作用である。



量を算出した。

2）工事概要

取水施設：福岡市内を貫流する那珂川の老司左岸水路取水地点より0.9km下流地点である大字下日佐日掛地内で、W.L＋12.0mで60,000㎥/日を取水し、沈砂地で沈砂処理ののち、φ600×2,500m、φ500×200m、φ400×400mのメカニカル型内面モルタルライニング・ダクタイル鋳鉄管を総延長3,100m布設し、150kw×2台、250kw×1台の計3台のポンプで5kg/㎠の水圧をかけて、本市、番托水源地に圧送した。農業用水は、その間必要量だけ順次抜いていった。なお、管布設工事は水路底に埋設するため、地下水の湧出を考えて接合作業の容易なメカニカル型鋳鉄管を採用した。

導水施設：番托水源地におけるW.L.＋6.32Mの30,000㎥/日の原水をφ600mm×2,200m内面モルタルライニング鋼管、φ600×2,000mメカニカル型モルタルライニング・ダクタイル鋳鉄管を布設し、150kwポンプ4台（うち1台予備）により8kg/㎠の水圧で高宮浄水場に圧送した。

浄水施設：既設139.000㎥/日の高宮浄水施設を改良増強して、169,000㎥/日にするため急速ろ過池2池を増設すると同時に、横流式沈澱池に傾斜板を入れて能力増を計る。

農業用配水管：φ350～φ100×12km石綿セメント管、φ75～φ40×5.9km硬質塩化ビニール管を水路底に布設する。

農業用給水装置：水の出口は、水圧によって水田底部を損傷しないように受水桝を設置し、水圧および水勢を殺した。また、水量の調整をするためバルブを2個据え付けて、出口側は農民の自由にまかせ、他の1つはストップバルブにし、水道局のバルブキーでしか開閉ができないものとして農民に操作を禁止した。これによって、無駄な余剰水を生じないように調整している。

3）工　期

計画および地元交渉期間：7ヵ月間（昭和42年4月～10月）

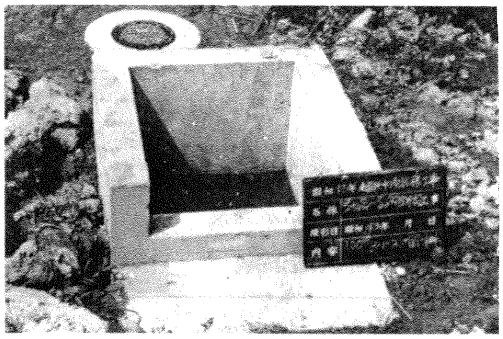
工事期間：7ヵ月間（昭和42年11月～昭和43年5月）農業用水路底にパイプを布設するので、非潅漑期に完了し、苗床用農業用水を5月下旬から通水可能にしなければならない。

5．維持管理

維持管理は、高宮浄水場長の管理下におき2年間を経過したが、現在までに大きなトラブルはいまだ起きてはいない。維持管理の原則は、

1．農業用水に必要な水量は、水道局において責任をもって水田に給水する。
2．農業用水給水に必要な施設、経費および維持管理は責任をもって水道局が負担する。
3．農業用水を合理化することにより生じた余剰水は、原則として水道局が利用してよいが、当面30,000㎥/日を限度とする。これを増加す

写真－3　水田に給水管から給水するところの受水槽



る時には、地元の了解を得るものとする。

4．水田の代掻に必要な農業用水は、旧農業用水路を通じて給水し、管路は使用しない。(理由：代掻は水量が多いので、従来から番水制度により、順次灌水していた。それでも、常時灌水量に比して約3倍になり、しかも既設農業用水路は、都市排水路として雨水および家庭排水の関係から残すので、これを利用することとした。

の4項目である。

ポンプ運転および配水量の制水弁操作は、すべて水道局職員が行なう。給水個所には、三角形バルブキーでしか操作できないストップバルブをつけ、その先に一般の止水せんを設置してある。止水せんは、水道の蛇口を扱うように、農民が自由に調節できるようにしており、手前のストップバルブは出口の水量を調節するため、水道局の職員が操作し農民に操作できないようにした。これにより、余分の水量が水田に流入しないように調整している。

維持管理の際重要なことは、地元民の窓口として何らかの組織が必要である。本市では那珂川農業用水調整委員会がある。農民の苦情は、すべて委員長と接渉することになっており非常に便利である。

6.考　察

この計画は前例もなく、種々の問題に直面するごとにその問題を解決したので、不要な労力と時間を費やした。注意しなければならないことは、

1．減水深は、農業用水の必要水量を算出する基礎数字であるから、計画に当たって綿密に調査する必要がある。

2．農業用水路は、都市下水の役目も兼ね備えているので、雨水を排水するための断面を必要とし、また家庭汚水を排水するため、水路の汚濁および悪臭問題が地元民の間から起こってくることを予想しなければならない。

3．農業用水路の水位が降下することにより、井戸水使用者からのクレームがつく可能性がある。本市の場合、大部分が水道用水利用者であったため問題は小さかった。

4．管布設竣工図は、とくに詳細に作製する必要がある。農業用配水管には飲料不適水が通っており、これと上水用配水管と間違って給水することがないようにするためである。

また、今後に残された問題として、

1．間欠潅水方式の採用がある。元来農民は、経験を基に農業を行なっており、理屈通りにはいかないものである。大学などの論文から、間欠栽培をした方が収穫が多くなることを説いても、我田引水の考えから賛成はしてもらえない。現実に目で見ない限り信用しないので、実験用水田を見せる以外に方法はないと思考される。これが実現すれば、水量はさらに倹約されるであろう。

2．農業行政とタイアップして作付転換策を行なうべきである。ただこの場合、都市近郊の農民は農作物を栽培することが目的でなく、土地価格の高騰を目的にしている人が多いので多少困難に考えられる。しかし、水田を畑地にすれば使用水量は激減するので、水道側としては大きな魅力である。

3．将来の代掻用水問題については、将来下水道が完備されると、水路は農業用の単一目的用水路になるので、代掻用水のためにのみ水路を残存させるのは能がない。当然、管路により代掻用水をも給水すべきであろう。

4．都市計画にタイアップして、積極的に計画に合致した住宅化促進政策を進めるとともに水田の宅地化に伴う余剰潅漑用水は、それを全面的に利用すべきであろう。

以上のような諸問題を抱えて、より合理的ならしめるための努力を現在続けている次第である。

鋳鉄管第7号

昭和44年10月

海外視察

欧米における鋳鉄管事情

日本鋳鉄管協会技術専門委員
＊副委員長　宮岡　正
＊＊委　員　長尾　正三

欧米における鋳鉄管事業を調査し，水道，ガス事業に少しでも裨益したいとの意図から，本年の2月18日より3月30日までの53日間ヨーロッパ，アメリカの9カ国の水道局，水道協会，ガス会社，研究機関，および主要な鋳鉄管メーカー7社を歴訪して，技術調査を行なった。この調査旅行における詳細な技術面については，いずれ日を改めて，専門雑誌などで発表し，ご参考に供する予定であるが，今回は，主に欧米における鋳鉄管に関する工法，技術，その他の情報を列挙し，ご参考に供したい。

1.　欧米における鋳鉄管事情

米国における鋳鉄管は，ここ1年間ダクタイル化の傾向が急速であり，とくに300㎜φ以上の中，大口径管ではその傾向が顕著で，約50%がまもなくダク化するといわれている。小口径管は，経済的な理由もあって，まだ鼠鋳鉄管が数量的には多いが，これも長い目でみればダク化は時代の趨勢だとのことである。とくにガス業界においては，全数ダクタイル鋳鉄管になっており，鼠鋳鉄管は現実には使用されていない。ダクタイル鋳鉄管の規格としては，
USAS. A21-51. United States of America Standard for Ductile Iron Pipe, Centrifugally Cast, in Metal Molds or Sand-Lined Molds, for Water or Other Liquids., USAS. A21-52 United States of America Standard for Ductile Iron Pipe, Centrifugally Cast, in Metal Molds or Sand-Lined Molds for Gas.
（注；従来のASAは1968年に呼称が変更になりUSASとなっている）が1965年に設定され，これに基づいて使用されている。

これらの規格では，口径としては一応3インチ（75㎜φ）から48インチまでしか規定されていないが，一部の鋳鉄管メーカーでは54インチ（1,350㎜φ）までの大口径管を製造している。なお，米国においては水道管の需要はほとんどが，中小口径管であり，大口径管の需要は少なく，かつ発注がスポット的であるため，あまり大口径管を製造しようとする意欲が湧かないとのことであった。また，米国における鋳鉄管メーカーは約9社あり，年間約200万トンの鋳鉄管を生産している。

ヨーロッパにおいては，英国とヨーロッパ大陸とでは若干事情が異なるため，それぞれ別々に説明する。

英国においてはここ2年の間にダクタイル化が進んでおり，約70%がダクタイル鋳鉄管である。口径は100㎜φから1,200㎜φまで現在製造しているが，近い将来には1,500㎜φまで持っていく予定とのことであった。英国は従来から

インチ制を採用していたが，本年より漸次メートル制に移行するとのことで，それの準備態勢をとっているが，これの一環としてダクタイル鋳鉄管の規格としては従来のインチ制のＢＳ規格からメートル制のＩＳＯ規格を採用し，他の欧州諸国とダクタイル鋳鉄管で協同歩調をとっている。

欧州大陸においては最も先進的であり，鋳鉄管はほとんどすべてダクタイル化しており，鼠鋳鉄管は貿易用などのごく一部の管のみしか製造されていない。欧州大陸において鋳鉄管メーカーはフランス，ドイツに大手メーカーが集中しており，これ以外の国は一部に小規模のメーカーがあり，そこから部分的に供給を受けているが，大部分は英，独，仏のメーカーから輸入しており，その際の共通の規格としては前述のISO Draft, Ductile Iron Pipes, Fittings and Accessories for Pressure Pipe-Lines が使用されている。この ISO Draft によると管の口径は80㎜から 1,000㎜ までが規定され，管厚は $t=K(0.5+0.001\cdot DN)$，t；管厚，ＤＮ；呼び径―なる式においてＫ＝９とおいた値をとるようになっている（ただし，200㎜ϕ以下の小口径管では，$t=5.8+0.003DN$で求めている）。さらに異型管の管厚について言及するならば，口径のいかんにかかわらずＴ字管についてはＫ＝14，その他の異型管類はＫ＝12として規定している。この規格は1967年12月31日より欧州において広く用いられ，各国の水道局もそれを承認している。

製造口径としては，この規格にて規定されていない40㎜ϕの極小口径管から 1,250㎜ϕの大口径管までが製造されている。ただしドイツ国内においてはDIN 28, 600, August 1968. Druckrohre und Formstücke aus Duktilem Gaßeisen für Gas-und Wasserleitungen で，Ｋ＝10で管厚を規定している。

2. 鋳鉄異型管類について

欧米においては，ショートボディー化，両受口化，機種の削減合理化を実施している。先述のISO Draftによると，ダクタイル異型管の種類としてはＲ-１の Flange Socket からＲ-21の All Flange tees までの21種に種類を限定しており，これにより高圧造型機とシェルモールド芯の組み合わせによる多量生産方式で高能率に異型管を生産している。米国においても，USA S. A21.10 United States of America Standard for Cast-Iron Fittings,2-in. Through 48-in., for Water and Other Liquids で，ショートボディー異型管が規定され，両受けショートボディー異型管の実生産が行なわれており，労賃の高い欧米における異型管生産の合理化方策として，われわれも見習うべき点が多いことを教えられた。

3. 鋳鉄管の継手について

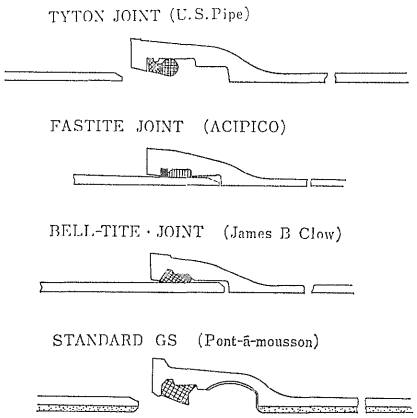
わが国においては鋳鉄管の継手は標準メカニカルジョイントやＫ型継手のごとき，メカニカル型が依然として多く用いられているが，欧米においては，タイトンジョイント形式のスリップオン継手が非常に広く用いられている。

すなわち，米国においては水道用の鋳鉄管のほぼ95％以上がスリップオン継手であり，口径として1350㎜ϕのような大口径管についても，このタイプの継手が用いられている。参考までに欧米諸国で用いられているこのタイプの継手の名称と形状を図-１に示す。

英国においては，まだメカ型継手が多く用いられているが，これも近い将来はスリップオン型に変わるとのことである。

フランスにおいては50％以上がスリップオンタイプの Standard GS 継手（旧称オートマチッ

図―1. 鋳鉄管の各種スリップオン継手



ク継手）であり，残りがメカ型のエクスプレス継手である。

ドイツにおいては80%前後がタイトン型であり，残りがスクリュージョイントおよびメカニカルジョイントである。とくにドイツではタイトンジョイントがDIN 286, 100, August 1968. Druckrohre aus Duktilen Guβeisen mit Schraubmuffen, Stopfbuschsennuffen und TYTONR-muffen fün Gas-und Wasserleitungen として国家規格に規定されている。

以上は，主に水道用鋳鉄管についてであるが，ガス用の場合はまだ大部分がメカニカル継手を用いており，ガス用ゴム輪としては鉛チップ，アーマーチップ，ズックチップ，硬質ゴムチップ付きのＳＢＲ製の角ゴム輪を使用している。

4.　抜出し防止継手

鋳鉄管の接手としては，メカ型，スリップオン型のいずれにしても，抜出し阻止力は期待できず，抜出し防止継手の開発が望まれるが，欧米各社においても，その利用の程度はともかくとして，種々のタイプのものが実用化されており，種々参考になる点が多いので，図-2 に列挙する。

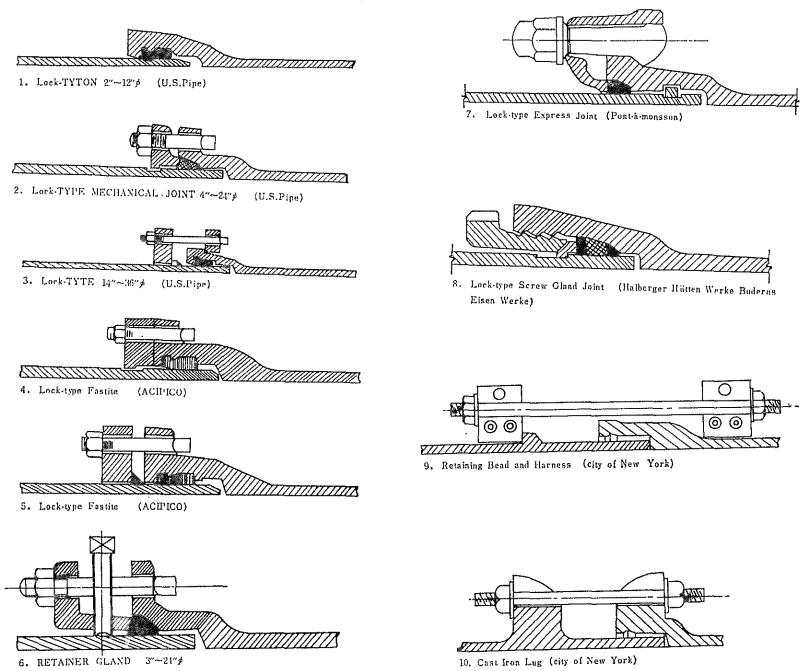
5.　欧米における鋳鉄管の新用途

欧米においては，フランジ管の生産はほとんどすべて遠心力鋳造された管の直部を用いて，フランジをねじ込んで生産されている。欧米においては直管の受口，挿口部は鋳放しで製造されているため，加工機械はほとんどこのネジ込みフランジ用と，次に述べるボールジョイント用であり，わが国の鋳鉄管工場の加工場とは非常に感覚が異なって受け取られた。

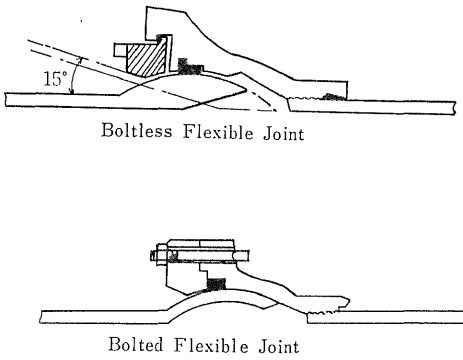
このネジ込みフランジ管と併行して，欧米で多く生産されているものに，河底および海底配管用のボールジョイント管がある。これは，図-3 に示すような形状の可撓性抜出し防止継手で，15° の曲げが可能であり，河川横断や海底布設に曳行沈設法，その他の方法で広く用いられており，施工性が容易なこと，および可撓性の優れているなどの特性により，鋳鉄管の独壇場として，ユニークな分野を持っている。

これ以外の特殊な鋳鉄管の用途分野としては，鋳鉄管が比較的簡単に管体の化学組成を調整できる特徴を利用して，ニッケル（Ni）やクロム（Cr）のような合金元素を添加し，ダクタイル管の硬度を調整し，耐摩耗性の配管材料として，スラリーや粉体，燐鉱石などの輸送用に

図—2.　欧米各国の抜出し防止継手



図—3.　ボールジョイントの構造



使用されている場合があった。

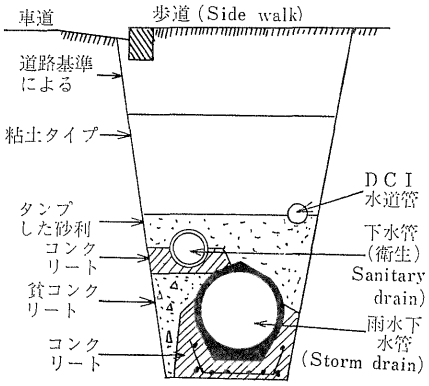
6.　欧米における鉄管の工事法

欧米における水道工事は，われわれが当初日本で想像していたのに反して，ほとんどの都市の水道局およびガス会社では直管で行なっており，土工から管の継手工事にいたるまで，大部分は自社内のクリューにより施工している。

彼らのいい方によると，自社内にそのような技能者をかかえておくことにより，技術の温存と，工事の確実性が確保できる点に最大のメリットがあり，そのメリットの方を経済性，その他のデメリットよりもとるとのことである。例えば，シカゴ市のチーフエンジニアーのウォーラー氏によると，水道局の現場配管工は父子二代，あるいはそれ以上の世代にわたって，配管工である場合が多く，そのため仕事に対する愛着，誇りは人一倍強く，それ以上に技能水準は高くなっていると自慢しており，このようなことは，他の新興都市ではとうてい足もとにも及ばないことだと述べていた。

鉄管の布設工事では，訪問した水道局，ガス会社のほぼ半数が，埋戻しには洗い砂などの良質の埋戻し土を使用しており，管布設時の埋戻し土の締め固めはほとんど大部分が機械的にタンピングしていた。一部では水締めを行なっている場合もあった。この締め固めは，管路の保全のためには非常に重要であるとして確実に実行されているようであり，われわれの目から見れば，慎重すぎるほど慎重に施工しているとの感じがした。

図—4.　オスロ市における水道工事図（すべて下水工事と併行して行なう）



特異な例としては，北欧のオスロ市の場合で，図-4 のごとく，水道管新設の場合は，すべて下水管〔Storm Drain（雨水排水管）と Sanitery Drain（家庭排水管）の2本を併設〕と同時に工事を行ない，上下水道の態勢がうまくとられていることに感心させられた。

水道管布設の場合の土覆りは，一般に1m程度が多いようであるが，北海道などの寒冷地の場合と関連した例をあげると，ニューヨーク；4フィート（凍結限界3ft.），シカゴ；5フィート，オスロ；1.85m，ストックホルム；1.7m（凍結限界1.5m），などである。

7.　鋳鉄管の耐久性

鋳鉄管の特徴の最も重要な一つは耐蝕性であるが，わが国よりも水道，ガスの歴史の古い欧米における実績，およびその評価を調査するのは非常に参考になることと思う。米国においては，ご承知のことと思うが，布設より100年以上経過し，今なお健全に管路としての使命を果たしている鋳鉄製の水道，ガス管を持つ都市あるいはガス会社などで，世紀クラブ（Century Club）を作っているが，このクラブの構成員は，現在では130団体以上になっている。米国では，ボルティモア市に1816年に布設された10インチガス用鋳鉄管が現在なお使用されている管路としては最も古く，水道管としては，フィラデルフィア市に1821年に布設されたものが最も古く，現在なお使用されている。

欧州においては，このような組織的な調査は行なわれていないが，各水道局，ガス会社など

は，それぞれ，自社内の最も古い管路が何年より使用されているかについての資料は持っており，それらによると，100年以上使用されている鋳鉄管路は枚挙にいとまがないほどであり，鋳鉄管の耐蝕性については全幅の信頼をおいている。このような実績に基づいて，管路としての鋳鉄管の計画寿命は非常に長く取っている場合が多く，例えば，シカゴ市では100年，シカゴのピープルスガス会社では90年，オスロ市，ニューヨーク市，ロンドン市などは80年としている。その他の水道局，ガス会社などでも寿命としては100年以上期待できるが，償却の目的のために，一応50年程度の線を引いているといったところが多いようである。

この鋳鉄管の耐久性に関連して，鼠鋳鉄管とダクタイル鋳鉄管の耐蝕性の比較について全世界で最も権威ある土壌腐蝕研究のメッカである米国商務省の国家標準局（National Bureau of Standard；NBS）のメルビン・ロマノフ氏およびシュバルツフェルガー氏らに面談して意見を拝聴した。ロマノフ氏の研究によると長年，土壌腐蝕試験を行なってきた結果，鼠鋳鉄管とダクタイル鋳鉄管の耐蝕性はほとんど変わりなく，また両者の腐蝕生成物の性質挙動も，全く同しであるとのことで各種の実験例をあげて，詳しく説明してくれた。また英国の国立鋳鉄研究協会（BICIRA）でも，Corrosion Group の部長であるドーソン氏も主に水中腐蝕の研究結果から同様の結論を述べてくれた。一方，ユーザー側の水道局，ガス会社も使用実績として，ダクタイル管の耐蝕性に信頼をおいている。

一方，水道管の内面塗装については，その内面の錆瘤発生が通水能力の減少をきたし，寿命を低下さす一つの原因にもなることであり，その内部を通す上水の水質とも関連して関心の的であった。われわれは欧米の水は硬水が多く，従ってわが国における軟水による錆瘤発生の危険よりもむしろ水垢などの付着傾向があり，従ってわが国におけるほどセメントモルタルライニングが広範囲に普及していないのではないかと想像していたのであるが，現実には米国およびフランスにおいては水道用の鋳鉄管のほとんど全部が通水が軟水であろうが，硬水であろうが，おかまいなしにセメントモルタルライニングされている。ドイツにおいては，これらの国よりも水の硬度が高いので従来はあまりセメントモルタルライニングされていなかったが，近年硬水に対しても好結果が得られるとの認識が高まり出し，次第にメーカーに対し，セメントモルタルライニングの要求が多くなり，北ドイツでは約半数がライニング管となっている。英国においてもドイツと同様で，次第にセメントモルタルライニングを施す比率が上昇していっているとのことである。

このように鋳鉄管の内面セメントモルタルライニングの性能に対する評価は高く，これの適用により通水能力の確保が図られ，ひいては鋳鉄管の耐久性のさらに一段の向上をめざしていることは興味のある点であった。

8. まとめ

欧米における水道，ガス事業における鋳鉄管事情を調査して，ダクタイル化の問題，規格の制定，統一化の問題，異型管についての問題，継手関係，工法関係，用途関係などを広く浅く，概述してきた。

これらのうち，特記すべきと思われる点は，日本よりもたちおくれていた欧米におけるダクタイル化の傾向が，予想以上に急速なテンポで進行していることであり，とくにヨーロッパにおいては，それぞれ各国が古い伝統や種々の事情があるにもかかわらず，従来の寸法基準を一切捨て去り，統一的に外径寸法を ISO Draft 一本にまとまっていることは，一つの驚異であった。異型管の管種を簡素化し，かつショートボディー化し，生産性の面で近代化に則した方向をとっていることも，また大いに見習うべき点と思われる。

また継手形式としては，施工面および経済性の面でメリットの多い，スリップオン形式が全盛で使用されていることについては，大いに考えさせられた。

＊久保田鉄工㈱パイプ研究所　パイプ技術部長
＊＊久保田鉄工㈱パイプ研究所　鉄管研究部課長

◀特　集▶

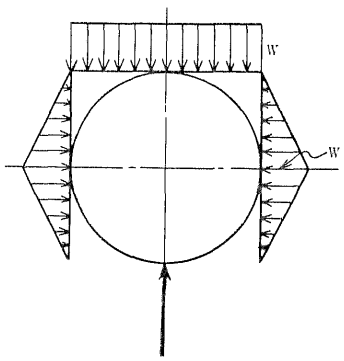
地下埋設ダクタイル管の支持角および側圧に関する室内実験結果について

日本鋳鉄管協会技術専門委員会
*委　員　御　園　一　夫
**委　員　難　波　強　介

Ⅰ．緒　言

現行の日本水道協会規格 JWWA-G-105 におけるダクタイル管の管種選定表は，土被りによる土圧分布を 図-1 のごとく仮定し，管底の支持角を0°(すなわち線支持)として作成されている。

図—1.　JWWA-G-105における土圧分布の仮定



これの根拠となったのは1,350φダクタイル管（管厚 T＝20mm）を用いての 埋設実験の結果である。

しかるに，その後行なわれた数多くの埋設実験の結果は，管底の支持角は0°とはならず，一般の地盤においては管側の埋戻土をつき固めなくても 60° 以上となり，地盤がやわらかい場合には支持角はさらに大きくなり180°にもなることを示している。また，逆に管底が剛性体のごとく固い場合であっても，支持角は 40° 以上となっている。

これらの事実から管底の支持角と管厚，あるいは埋戻し条件との間にはかなり深い関係があるものと思われる。とくに，現行JWWA-G105の管種選定表作成の 基礎と なった 1,350φ 管の埋設実験では，埋戻土が粘土質でゴロゴロしたものであったため土が管底に十分回らなかったこと，管厚が比較的厚かったことなどから比較的条件が悪く，支持角が0°になったものと思われる。

従って，サラサラした埋戻土を用いて埋戻す場合には，先にも示したごとく管の支持条件は改善されるものと思われ，JWWAの現行の管種選定表の条件は，一部の特異な条件範囲を除いて，一般的条件下ではかなり過大な安全を見込んでいるものと考えることができる。このことは，実際に使用されている管路における応力，撓みなどの実測結果からも実証される。また，ダクタイル管誕生以来10有余年にわたる実績によっても裏付けられる。

以上，支持角についての論議もさることながら，側圧の分布形状についても，JWWA-G-105では管中心線上に頂点のある二等辺三角形としているが，ASA-A21.50[1]では中心角100°の放物線としており，また東京都においても大口径鋼管の埋設実験の結果[2]に基づき，側圧の分布形状を中心角120°あるいは130°の放物線形としており，側圧についても再検討の必要があると思われる。

そこで，1,500φ以下のダクタイル管を対象として，管径，管厚，埋戻土の土質，工法などと管の支持角および側圧との関係について検討すべく一連の埋設実験を計画，合計27通りの組合せについて実験を行なったので，ここにその結果をまとめて報告する。

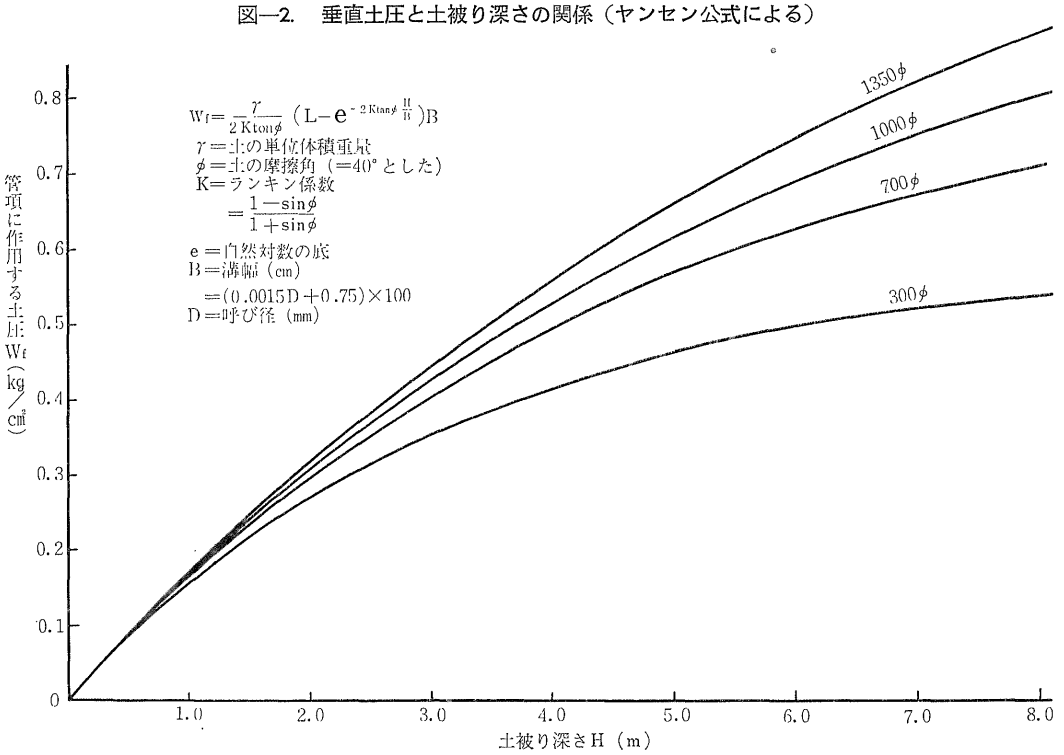
Ⅱ．実験方法

実験条件の組合せの関係から，実験回数がかなり多くなるので，すべての実験を実際の埋設条件下で行なうことは極めて困難である。

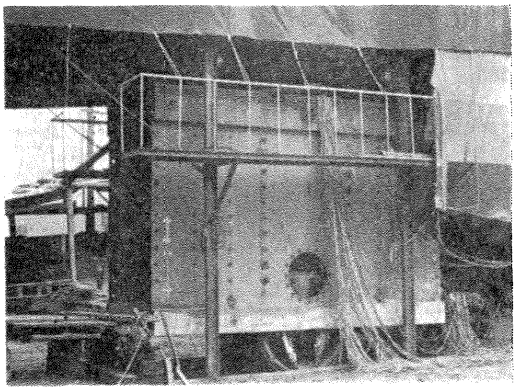
そこで，図-3および写真-1に示すごとき二重構造のピット内で実験を行なった。

実験の手順は，まず下部のピット内に管底の条件に相当する土（極端な場合は図示したようなコンクリート床）を埋込み，その上に供試管を置き，土砂を埋戻した後（1,350φの場合で土被り約1.5m），ピット上面を鉄板で覆い，油圧ジャッキを用いて外荷重を載荷した。このようにして，供試管に一定の垂直土圧を負荷せしめ，管体各部に発生する応力，変形量を測定した。外荷重は土被り約10mに相当する垂直土圧が発生するまで載荷した。（図-2参照）垂直土圧の大きさは，供試管の円周各点に取付けた土圧計により測定した。

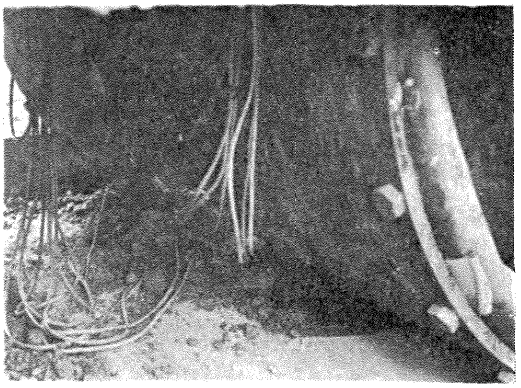
図—2.　垂直土圧と土被り深さの関係（ヤンセン公式による）



写真—1.　実験用ピットの概観



写真—2.　管底にコンクリート床を置いた状況



また，管体の応力，変形量の測定にはストレインゲージ，および内径マイクロメーターまたはダイアルゲージを使用した。

1.　実験装置

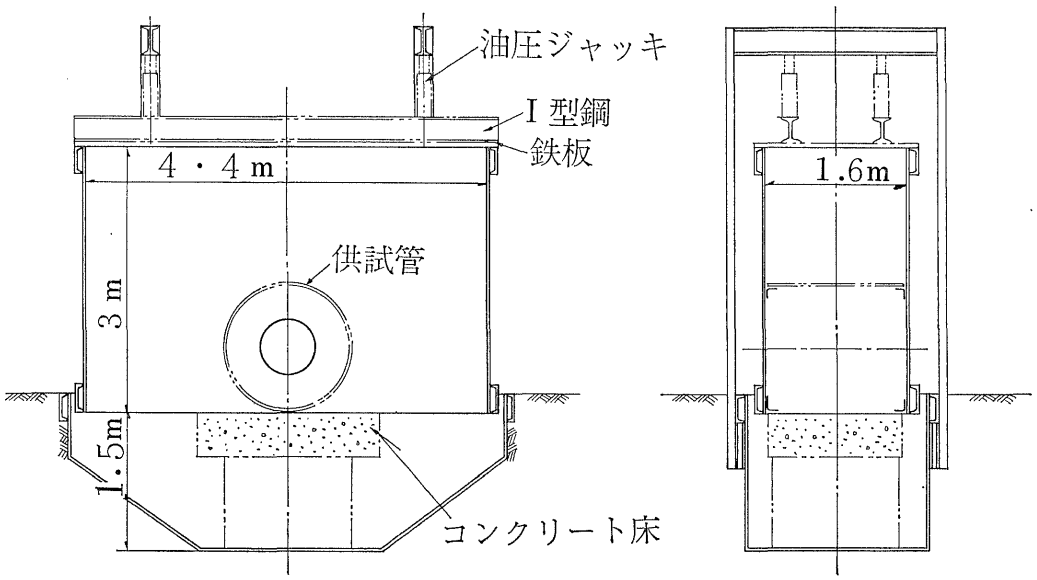
ピットの構造，寸法は実際の埋設管路の場合と同様の結果が得られるよう留意し，予備実験の結果に基づいて図-3のごとく決定した。

予備実験の結果によれば，供試管の管壁とピット側壁との間隔が1.5mあれば，管に作用する土圧はピット側壁の影響をほとんど受けない。

また，ピットの構造を二重にすることにより上部ピットが内部の埋戻土と一体となり，これらが外荷重により一緒に下がるので，ピット内に置かれている管には，実際に地中に埋設した場合とほとんど変わりない条件の土圧が作用することとなる。

なお，いくつかの実験においては，管に対する支持条件をきびしくすることを目的として，図-3，写真-2に示したごとく，管底にコンクリート床を置いた。

図—3.　ピットの形状および載荷方法の概要



写真—3.　吉野川産川砂の外観

写真—4.　金剛山産出の山粘土の外観

2.　供試管

呼び径：300φ，700φ，1,000φ，1,350φの4種類

管　厚：1種管厚と4種管相当の薄肉との2種類

長　さ：各1.5m

各供試管の主要実測寸法を表-1に示す。

3.　管底の条件

吉野川産川砂をかるくつき固めた場合，金剛山産出の山粘土をかるくつき固めた場合，コルクリート床の場合の3通り。

4.　埋戻しの条件

土質は，吉野川産川砂
　　金剛山産出の山粘土　の2種類。

工法は，つき固めなし，
　　つき固めあり，

の2通り。

つき固める場合は管頂までを3層に分けて各層毎に木蛸で1往復半ずつつき固めた。

実験に用いた川砂および，山粘土の外観および，土質試験の結果は，写真-3，写真-4および表-2，表-3に示したごとくである。

表—1.　供試管主要寸法および諸元

呼び径	300	700		1000	1350	
管　種	4種相当	1種	4種	4種	1種	4種
平均管厚 T（mm）	6.08	12.05	9.24	11.86	21.91	15.00
平均外径 D（mm）	321.4	730.3	730.1	1032.9	1394.4	1393.0
管　長 L（mm）	1,499	1,501	1,500	1498	1499	1502
中心半径 R（mm）	157.7	359.1	360.4	510.5	686.2	689.0
断面係数 Z（cm^3）	0.062	0.242	0.142	0.235	0.800	0.375
慣性モーメント I（cm^4）	0.019	0.146	0.066	0.139	0.877	0.281

（注）1.　平均管厚および平均外径は管両端においてそれぞれ8カ所ずつ測定した値の平均を示す。

2.　管厚のバラツキができるだけ少ないものを選んだため，外径は規定公差をはずれるものもある。

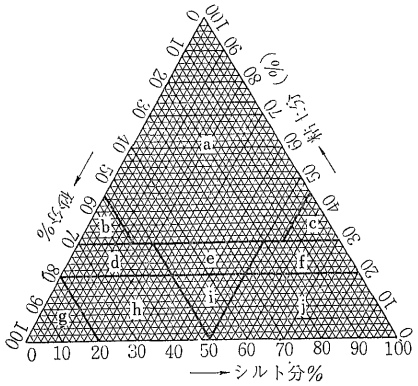
3.　中心半径は　$R=\frac{(D-T)}{2}$

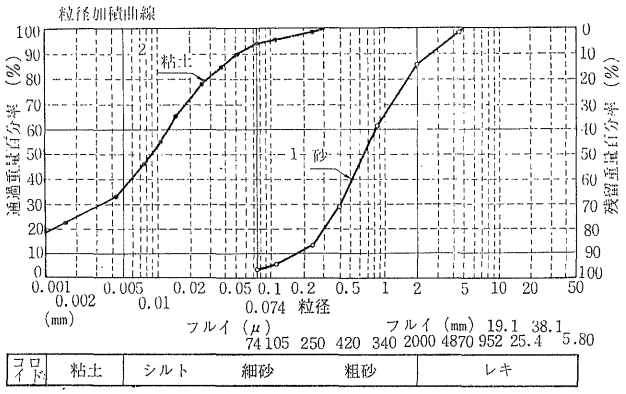
4.　断面係数および慣性モーメントはそれぞれ単位長さ（1cm）当たりの値を示す。

表—2.　埋設実験用砂および粘土土質試験結果

区　分	砂	粘　土
砂利分（%）	14	0
砂　分（%）	83	6
シルト分（%）	3	58
粘土分（%）	0	36
最大径（mm）	4.8	0.25
60%　径（mm）	0.81	0.013
10%　径（mm）	0.19	—
均等係数	4.26	—
0.075mm　通過量	3	94
0.42mm　通過量	29	100
4.8mm　残留量	1	—
三角座標による分類	レキ混り砂	シルト質粘土
AC法による分類	SW	CH
土の群指数	A-1-b(0)	A-7（20）
液性限界（%）		75.0
塑性限界（%）		28.9
塑性指数		46.1

表—3. 粒 度 試 験 結 果





三角座標による土の分類名

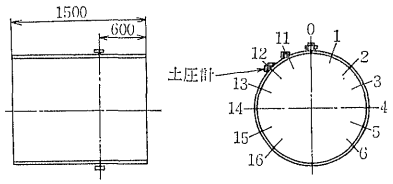
a	粘土	f	シルト質粘土ローム
b	砂質粘土	g	砂
c	シルト質粘土	h	砂質ローム
d	砂質粘土ローム	i	ローム
e	粘土質ローム	j	シルト質ローム

試料	レキ分 %	砂 %	シルト分 %	粘土分%	最大径 mm	60%径 mm	10%径 mm	均等係数	2000μフルイ通過率 %	420μフルイ通過率 %	74μフルイ通過率 %	三角座標による分類
砂	14	83	3	0	48	0.81	0.19	4.26	86	29	3	
粘土	0	6	58	36	0.25	0.013	—	—	100	100	94	C

5. 測定項目および測定方法

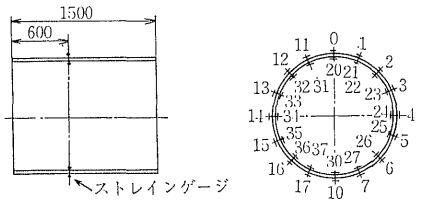
i) 管に作用する土圧

下図の各位置に土圧計を取付け，垂直方向および水平方向の土圧を測定した。



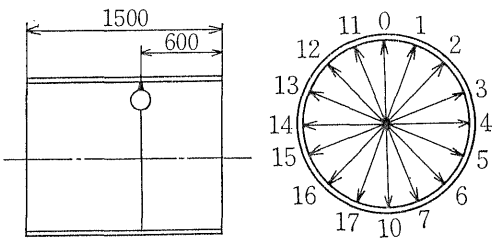
ii) 管各部の応力

下図の各位置にストレインゲージ（電気抵抗線歪計）を貼布し，管各部に生ずる歪みを計測，これを応力に換算した。



iii) 管の変形量

上下および左右の2方向はダイヤルゲージで測定した。その他，下図に示す各方向については内径マイクロメーターを使用して測定した。



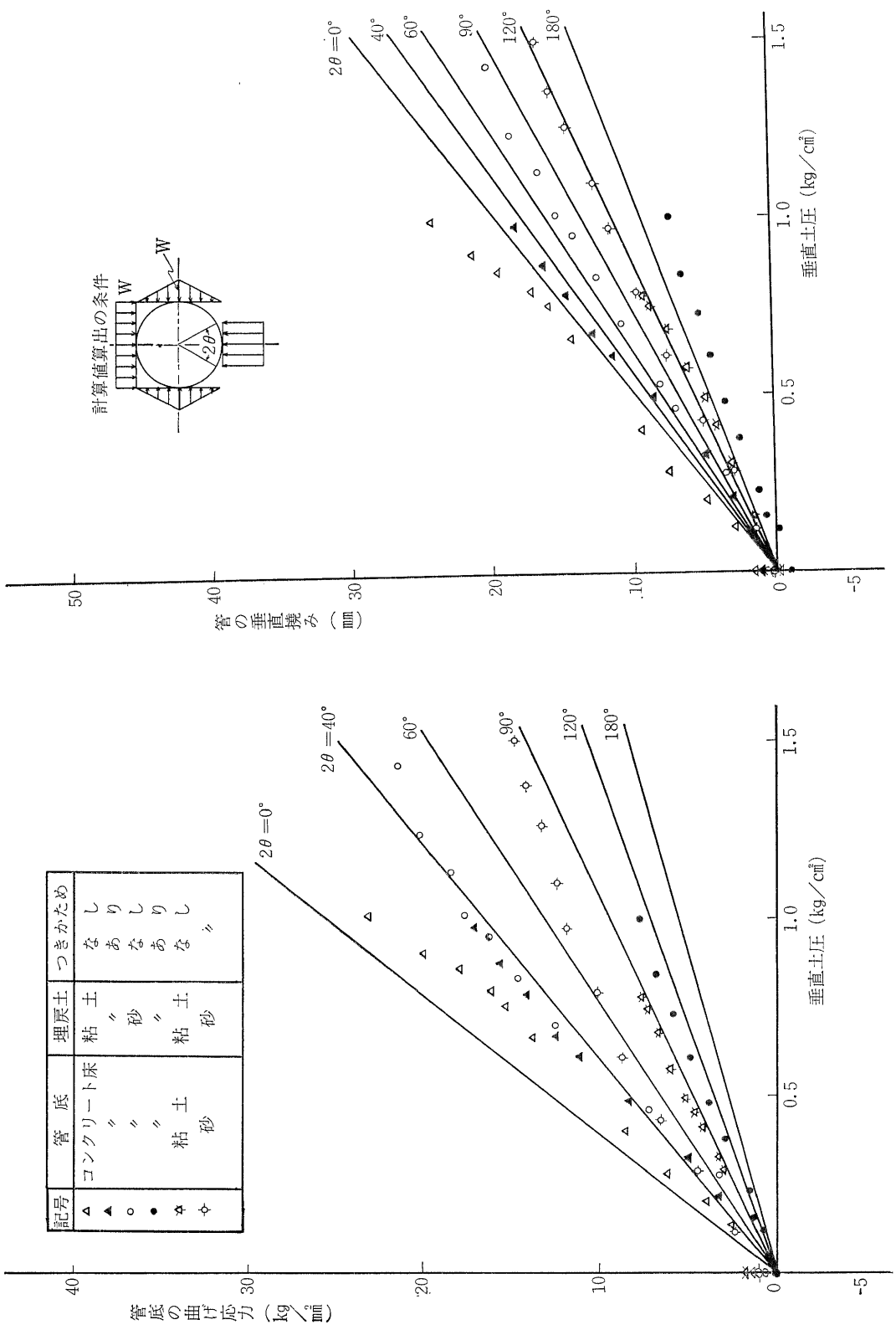
Ⅲ. 実験結果

一連の実験結果を総括して以下に記す。

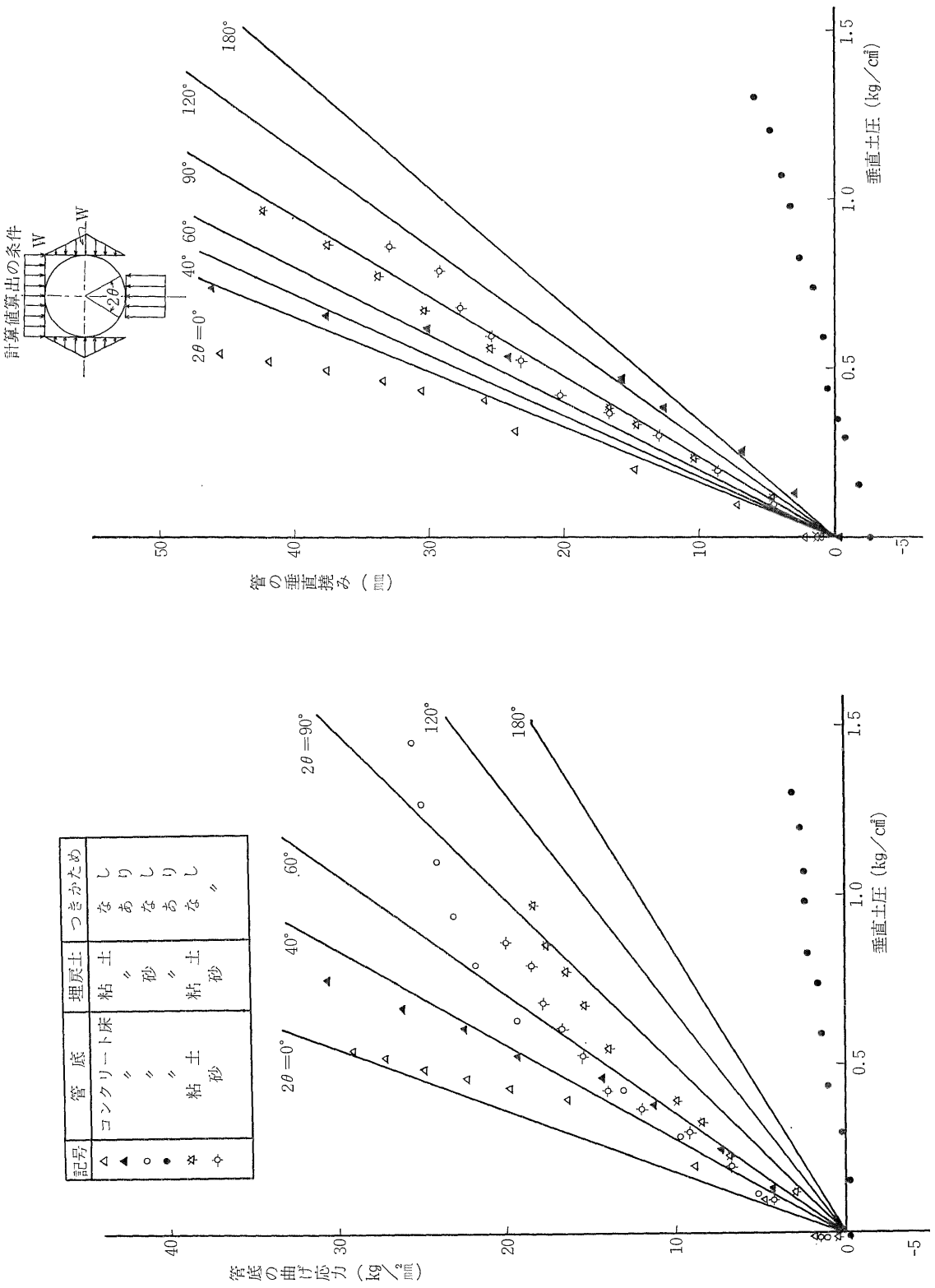
1. 実験結果と現行JWWA条件による計算値との比較

実験結果の一例を現行のJWWAの条件に準じて，土圧分布を図-5のごとく仮定した場合の計算値に対比すれば図-4のようになる。

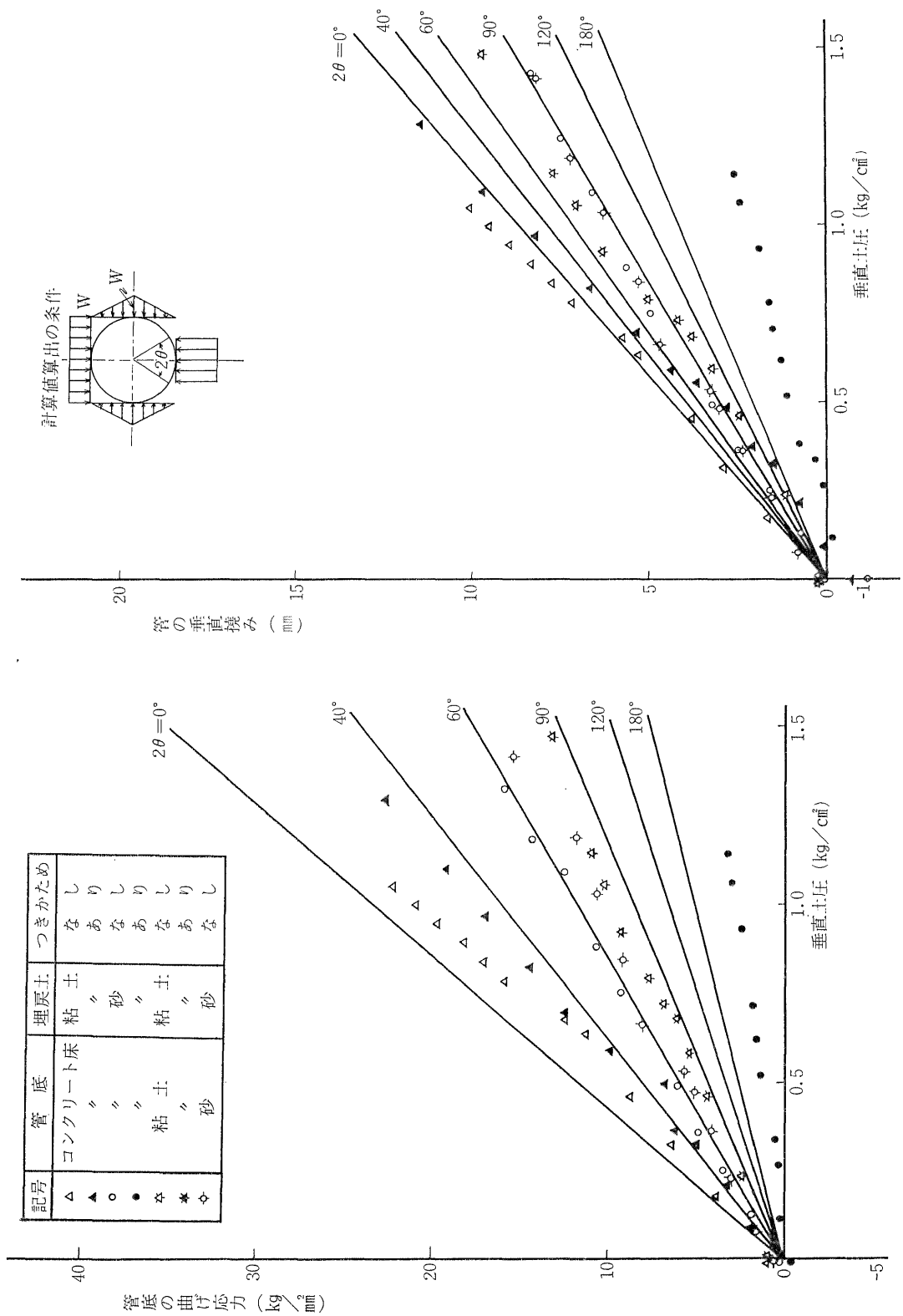
図—4—1．垂直土圧と管底の曲げ応力および撓みの関係（1,350φ　1種管）



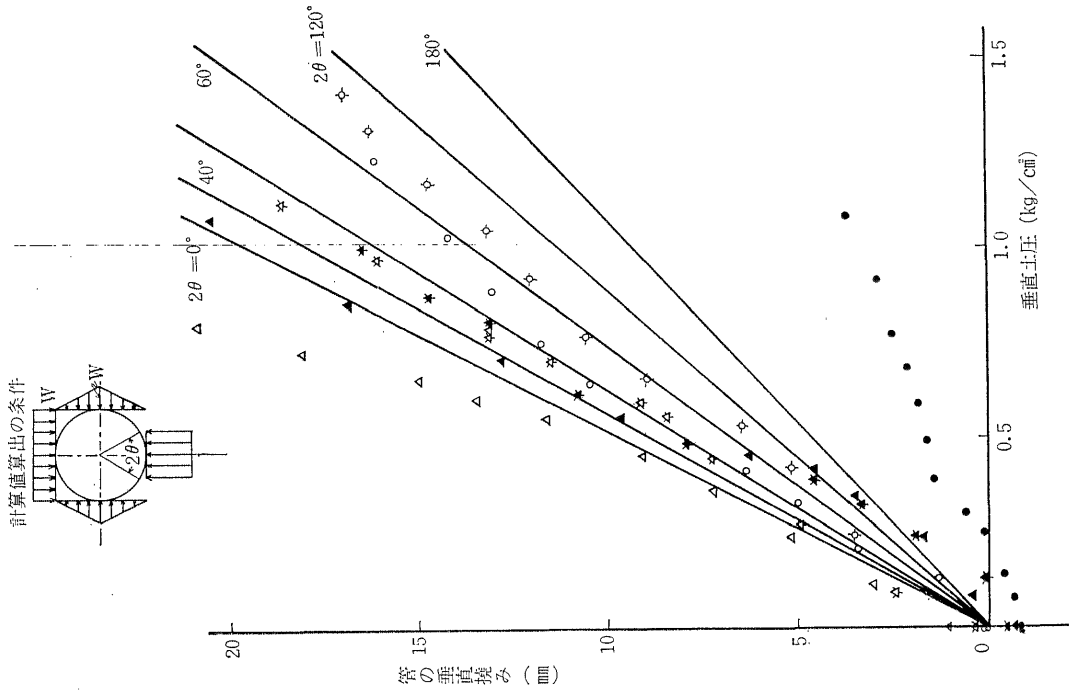
図—4—2．垂直土圧と管底の曲げ応力および撓みの関係（1,350φ　4種管）

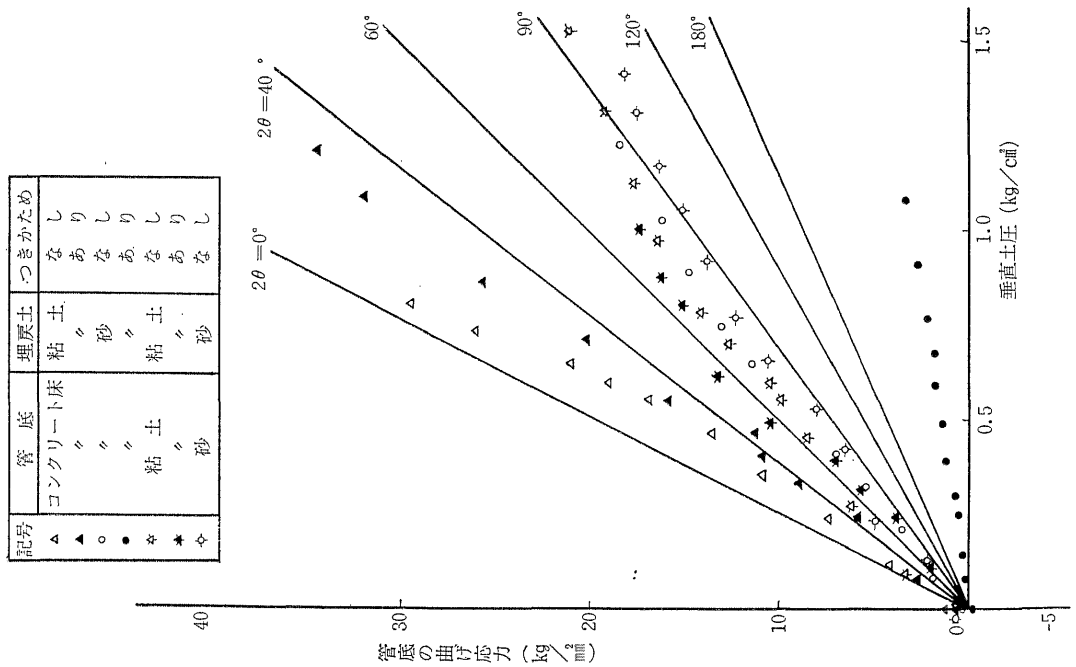


図―4―3．垂直土圧と管底の曲げ応力および撓みの関係（700φ　1種管）

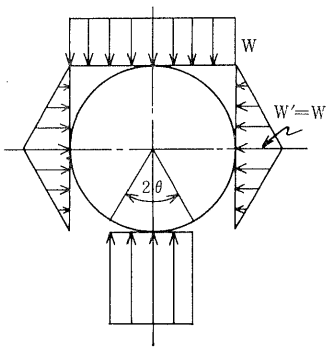


図―4―4．垂直土圧と管底の曲げ応力および撓みの関係（700φ　4種管）





図—5.　現行のＪＷＷＡに準じた荷重条件



これらの図から明らかなごとく，応力，挠みに対する影響は口径，管厚よりも埋戻条件の影響の方がはるかに大きく，管底が固く，しかもゴロゴロした粘土を埋戻し，管側のつき固めも行なわないというような極端な条件の場合に応力，挠みとも最も大きくなり，管底に生ずる応力は図-5において支持角を0°とした場合の計算値とほぼ合致する。管底の応力のみでなく，図-6および図-7に示すごとく円周方向各点のモーメントについても実測値と計算値とがよく合致する。

しかし，管の垂直挠みについては応力の場合ほど実測値と計算値とがよく合致しているとはいいきれないが，これは埋戻しの条件を極端にしたため，側土圧が図-5の仮定に比し，小さくなったことによるものと思われる。この傾向は1,350φにおいて，とくに顕著である。

このことは図-6のモーメント線図においても管側の実測モーメントが計算値よりもいくぶん大きめになっていることからも推察される。

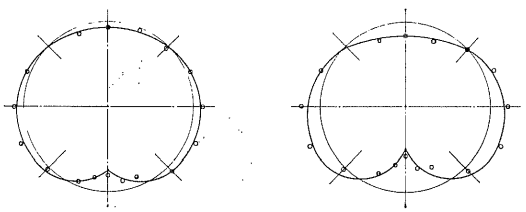
このように管底がコンクリート床のごとく極度に固く，しかもゴロゴロした粘土をそのまま埋戻すというようなことは現実の埋設条件としては極めて稀なことと思われるが，このような場合は荷重条件が最もきびしく，現行のＪＷＷＡの条件（支持角0°）と同等になるものと考えられる。しかし，管底が強固な場合であっても，埋戻土をサラサラした砂に置きかえるか，あるいは埋戻土が粘土であっても，これをつき固めるかすれば，荷重条件はかなり改善される。埋戻土を砂で置きかえ，さらにこれをつき固めることは極めて効果的であり，つき固めの程度いかんによっては応力，挠みとも支持角を180°とした場合の計算値よりもさらに小さくなっている。

また，管底が粘土あるいは砂のごとく，ごく一般的な条件の場合には応力，挠みともに支持角0°の場合の計算値よりかなり小さく，支持角60°あるいはそれ以上の場合の計算値に合致している。

このようなことから，現行のＪＷＷＡの荷重条件のごとく支持角が0°になるのは，ごく稀な埋設条件下においてであって，一般的な条件に埋設する場合は，支持角が0°になることはなく，応力，挠み計算上かなりの支持角を期待し得る。また，管底がコンクリート床であって，粘土を埋戻した場合を除いて垂直土圧の増加につれて荷重条件が改善される（支持角が大きくなる）傾向がうかがえる。

次に，これらの各項について検討を進める。

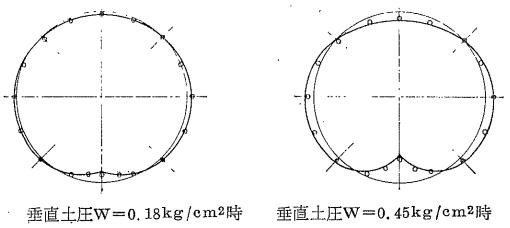
図—6.　1,350φ　1種管における
実測モーメントと計算モーメントの比較
実験条件　コンクリート床
粘土埋戻し
つき固めなし



垂直土圧W=0.2kg/cm²　　時垂直土圧W=0.4kg/cm²時

。：実測値
—：現行ＪＷＷＡ条件による計算値（2θ=0°）

図—7.　700φ　1種管における
実測モーメントと計算モーメントの比較
実験条件　コンクリート床
粘土埋戻し
つき固めなし



垂直土圧W=0.18kg/cm²時　　垂直土圧W=0.45kg/cm²時

。：実測値
—：現行ＪＷＷＡ条件による計算値（2θ=0°）

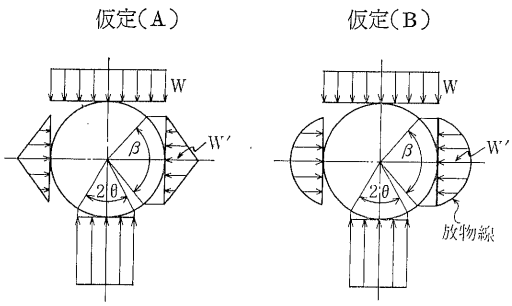
2. 各実験結果における荷重条件（土圧分布）の推定

（1）土圧分布推定の方法

管周各部に貼付したストレインゲージによって実測した各部の歪みおよび各供試管の諸元，歪み測定時の垂直土圧などより，管各部の曲げモーメント係数（次式における K_M）を求め，これと理論計算により求められる係数 K_{MO} とを比較し，各実験結果における荷重条件（土圧分布）を推定する。

理論計算上，下図のごとき2通りの土圧分布を仮定した。

図—8. 土圧分布の仮定



2θ：支持角
β：側土圧の分散角
W'：側土圧
（垂直土圧との比率で示す）

上図のごとき土圧分布の仮定のもとに，支持角2θ，および側土圧の分散角βを10°間隔に変え，さらに垂直土圧に対する側土圧の比率を0.1間隔に変え，それぞれの組合せの場合に管各部に生ずるべき曲げモーメントの係数 K_{MO} を求めた。

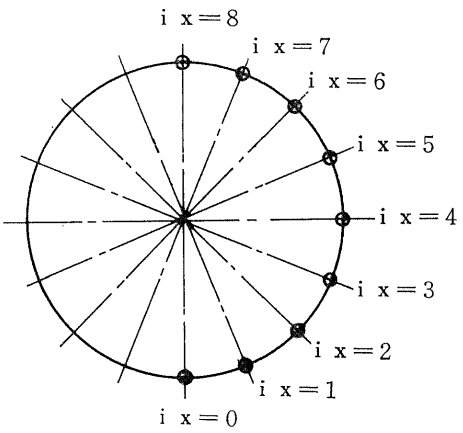
一方，実測結果より管各部の曲げモーメントが求められるから，次式の関係から実験上の曲げモーメント係数 K_M が求められる。

$$M = K_M \quad WR^2$$

ここで，実測より求めた係数 K_M に最もよく合致する計算上の係数 K_{MO} を与えるような土圧分布を定めることとした。

そのため，管各点における K_M と K_{MO} との偏差の平方和，すなわち，

$$\Delta = \sum_{iX=0}^{8} \left\{ K_M^{(iX)} - K_{MO}^{(iX)} \right\}^2$$



$K_M^{(1)} \sim K_M^{(7)}$ は左右両者の平均値

における⊿が最少になるときの支持角2θ，側土圧の分散角βおよび側土圧の大きさW'の組合せを求めた。これらの計算には大型電子計算機を使用した。

（2）実験結果より推定される土圧分布

上記の方法により，すべての実験結果について検討した結果は，いずれの場合においても側土圧の分布を放物線とした場合に計算値と実測値との偏差が最小となった。

そのときの支持角2θ，側土圧の分散角β，側土圧の大きさ（垂直土圧に対する比率 W'/W）およびその組合せ時における各点の曲げモーメント係数，挠み係数などの一例を示すと，表-4のごとくである。

表-4 には実測値より求めた曲げモーメント係数および挠み係数も併記したが，計算値とかなりよく合致しており，このような土圧分布の仮定が妥当であるものと考えられる。

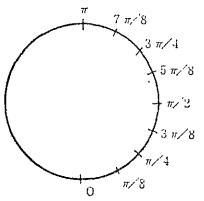
また，支持角および側土圧の大きさは，管底の条件，埋戻土の種類，つき固めの有無，管種などによって変化しているが，側圧の分散角βは，これらの要因にはほとんど関係なくほぼ一定であり，すべての場合において180°とみなしても実際上なんらの問題はない。このことは，表-4においても明らかである。

従って，以後側圧の分散角βは180°一定とみなし，支持角および側圧の大きさについて検討を進めることとする。

表—4—1．土圧分布の推定

1,350φ　1種管　管底：コンクリート床
埋戻土：粘土
つき固めなし

垂直土圧	支持角	側圧分散角	側圧比	曲げモーメント係数									撓み係数	
W(kg/cm²)	2θ(度)	β(度)	W′/W	0	π/8	π/4	3π/8	π/2	5π/8	3π/4	7π/8	π	K_V	K_H
0.13	実	測	値	0.314	0.144	−0.071	−0.186	−0.154	−0.065	—	0.092	0.084	−0.141	0.131
	30	180	0.8	0.310	0.105	−0.089	−0.147	−0.128	−0.074	0.009	0.097	0.138	−0.116	0.104
0.20	実	測	値	0.343	0.160	−0.063	−0.194	−0.189	−0.082	—	0.144	0.119	−0.153	0.142
	30	180	0.6	0.350	0.134	−0.087	−0.177	−0.172	−0.104	0.011	0.127	0.177	−0.143	0.132
0.28	実	測	値	0.384	0.166	−0.060	−0.212	−0.204	−0.100	—	0.135	0.155	−0.172	0.155
	30	180	0.5	0.370	0.149	−0.085	−0.191	−0.194	−0.118	0.012	0.142	0.197	−0.157	0.146
0.40	実	測	値	0.362	0.161	−0.037	−0.182	−0.199	−0.089	—	0.130	0.150	−0.150	0.137
	30	160	0.6	0.351	0.135	−0.087	−0.177	−0.173	−0.104	0.010	0.127	0.178	−0.144	0.132
0.66	実	測	値	0.353	0.144	−0.045	−0.176	−0.192	−0.085	—	0.125	0.145	−0.135	0.125
	30	180	0.6	0.350	0.134	−0.087	−0.177	−0.172	−0.104	0.011	0.127	0.177	−0.143	0.132
0.75	実	測	値	0.347	0.139	−0.045	−0.173	−0.194	−0.083	—	0.121	0.141	−0.132	0.123
	30	180	0.6	0.350	0.134	−0.087	−0.177	−0.172	−0.104	0.011	0.127	0.177	−0.143	0.118
0.85	実	測	値	0.360	0.140	−0.050	−0.181	−0.198	−0.088	—	0.128	0.148	−0.143	0.132
	30	180	0.6	0.350	0.134	−0.087	−0.177	−0.172	−0.104	0.011	0.127	0.177	−0.143	0.132
0.90	実	測	値	0.376	0.139	−0.051	−0.186	−0.204	−0.091	—	0.131	0.152	−0.148	0.136
	20	180	0.6	0.386	0.129	−0.091	−0.180	−0.174	−0.104	0.011	0.128	0.179	−0.147	0.134
1.00	実	測	値	0.392	0.133	−0.054	−0.187	−0.205	−0.092	—	0.133	0.154	−0.152	0.139
	20	180	0.6	0.386	0.129	−0.091	−0.180	−0.174	−0.104	0.011	0.128	0.179	−0.147	0.134



（注）1. 曲げモーメント係数は左図各位値における値を示す。
2. K_V, K_Hはそれぞれ垂直撓み，水平撓みの係数である。

表—4—2．土圧分布の推定

700φ　1種管　管底：コンクリート床
埋戻土：粘土
つき固めなし

垂直土圧	支持角	側圧分散角	側圧比	曲げモーメント係数									撓み係数	
W(kg/cm²)	2θ(度)	β(度)	W′/W	0	π/8	π/4	3π/8	π/2	5π/8	3π/4	7π/8	π	K_V	K_H
0.32	実	測	値	0.373	0.046	−0.090	−0.135	−0.134	−0.055	0.019	0.090	0.124	−0.123	0.097
	10	180	0.9	0.367	0.081	−0.097	−0.138	−0.109	−0.060	0.009	0.085	0.121	−0.108	0.093
0.45	実	測	値	0.357	0.049	−0.083	−0.128	−0.129	−0.055	0.013	0.086	0.120	−0.119	0.095
	10	180	0.9	0.367	0.081	−0.097	−0.138	−0.109	−0.060	0.009	0.085	0.121	−0.108	0.093
0.63	実	測	値	0.334	0.043	−0.083	−0.129	−0.133	−0.050	0.007	0.083	0.116	−0.118	0.098
	20	180	0.9	0.327	0.085	−0.094	−0.136	−0.108	−0.060	0.008	0.084	0.120	−0.105	0.092
0.68	実	測	値	0.342	0.039	−0.075	−0.127	−0.128	−0.054	0.013	0.094	0.124	−0.118	0.097
	20	180	0.9	0.327	0.085	−0.094	−0.136	−0.108	−0.060	0.008	0.084	0.120	−0.105	0.092
0.83	実	測	値	0.385	0.056	−0.085	−0.138	−0.143	−0.065	0.019	0.105	0.138	−0.130	0.108
	10	180	0.8	0.387	0.096	−0.096	−0.153	−0.131	−0.075	0.010	0.100	0.141	−0.108	0.107
0.94	実	測	値	0.393	0.052	−0.081	−0.138	−0.143	−0.061	0.018	0.107	0.141	−0.133	0.110
	10	180	0.8	0.387	0.096	−0.096	−0.153	−0.131	−0.075	0.010	0.100	0.141	−0.121	0.107
0.99	実	測	値	0.397	0.056	−0.080	−0.138	−0.142	−0.061	0.019	0.108	0.152	−0.135	0.111
	10	180	0.8	0.387	0.096	−0.096	−0.153	−0.131	−0.075	0.010	0.100	0.141	−0.121	0.107

表—4—3．土圧分布の推定

1,350φ　4種管　管底：砂
埋戻土：砂
つき固めなし

垂直土圧	支持角	側圧分散角	側圧比	曲げモーメント係数									撓み係数	
W(kg/cm²)	2θ(度)	β(度)	W′/W	0	π/8	π/4	3π/8	π/2	5π/8	3π/4	7π/8	π	K_V	K_H
0.10	実	測	値	0.329	0.117	−0.044	−0.095	−0.076	−0.013	0.047	0.082	0.101	−0.091	0.081
0.20	実	測	値	0.264	0.100	−0.034	−0.087	−0.089	−0.040	0.029	0.085	0.106	−0.087	0.078
	40	140	1.0	0.244	0.087	−0.086	−0.117	−0.086	−0.048	0.004	0.070	0.102	−0.088	0.076
0.30	実	測	値	0.242	0.100	−0.025	−0.083	−0.092	−0.043	0.026	0.088	0.118	−0.086	0.079
	50	180	0.9	0.226	0.105	−0.075	−0.122	−0.100	−0.058	0.005	0.078	0.112	−0.092	0.083
0.37	実	測	値	0.257	0.113	−0.015	−0.079	−0.095	−0.039	0.034	0.098	0.135	−0.090	0.083
	50	150	0.9	0.230	0.107	−0.076	−0.124	−0.102	−0.060	0.005	0.080	0.115	−0.094	0.085
0.42	実	測	値	0.263	0.113	−0.019	−0.085	−0.104	−0.048	0.031	0.102	0.139	−0.096	0.088
	50	130	0.9	0.236	0.111	−0.077	−0.128	−0.106	−0.064	0.003	0.083	0.122	−0.098	0.088
0.52	実	測	値	0.236	0.098	−0.020	−0.078	−0.092	−0.045	0.026	0.092	0.126	−0.089	0.081
	60	150	0.9	0.202	0.106	−0.068	−0.117	−0.098	−0.059	0.003	0.076	0.112	−0.089	0.081
0.60	実	測	値	0.222	0.091	−0.020	−0.074	−0.089	−0.046	0.023	0.089	0.120	−0.084	0.074
	60	180	0.9	0.199	0.104	−0.066	−0.115	−0.096	−0.057	0.004	0.075	0.108	−0.087	0.079
0.68	実	測	値	0.207	0.086	−0.020	−0.070	−0.086	−0.047	0.019	0.085	0.116	−0.081	0.073
	70	160	0.9	0.176	0.099	−0.056	−0.108	−0.093	−0.057	0.002	0.072	0.106	−0.082	0.075
0.79	実	測	値	0.185	0.077	−0.018	−0.063	−0.077	−0.044	0.015	0.077	0.106	−0.074	0.066
	80	180	0.9	0.154	0.090	−0.045	−0.099	−0.087	−0.055	0.000	0.067	0.100	−0.075	0.070
0.86	実	測	値	0.183	0.079	−0.020	−0.068	−0.082	−0.047	0.014	0.080	0.109	−0.076	0.068
	80	160	0.9	0.155	0.091	−0.045	−0.100	−0.088	−0.056	0.000	0.068	0.101	−0.076	0.070

表—4—4．土圧分布の推定

700φ　4種管　管底：砂
埋戻土：砂
つき固めなし

垂直土圧	支持角	側圧分散角	側圧比	曲げモーメント係数									撓み係数	
W(kg/cm²)	2θ(度)	β(度)	W′/W	0	π/8	π/4	3π/8	π/2	5π/8	3π/4	7π/8	π	K_V	K_H
0.13	実	測	値	0.188	0.037	−0.061	−0.067	−0.054	−0.027	0.010	0.052	0.074	−0.062	0.050
	50	130	1.2	0.180	0.069	−0.081	−0.085	−0.043	−0.021	−0.001	0.041	0.066	−0.059	0.048
0.24	実	測	値	0.224	0.067	−0.061	−0.095	−0.095	−0.060	0.006	0.071	0.111	−0.091	0.078
	50	130	1.2	0.218	0.097	−0.079	−0.113	−0.085	−0.050	0.002	0.069	0.103	−0.085	0.075
0.42	実	測	値	0.173	0.056	−0.048		−0.081	−0.052	0.004	0.060	0.095	−0.076	0.066
	70	140	1.0	0.162	0.087	−0.058	−0.097	−0.074	−0.045	−0.000	0.060	0.091	−0.071	0.064
0.53	実	測	値	0.165	0.056	−0.045	−0.081	−0.082	−0.064		0.049	0.070	−0.076	0.066
	70	180	1.0	0.155	0.084	−0.057	−0.093	−0.070	−0.041	0.001	0.056	0.084	−0.067	0.060
0.66	実	測	値	0.176	0.064	−0.049	−0.094	−0.093	−0.058	0.003	0.055	0.099	−0.084	0.073
	70	130	1.0	0.166	0.090	−0.059	−0.099	−0.077	−0.048	−0.001	0.063	0.095	−0.074	0.066
0.77	実	測	値	0.175	0.061	−0.048	−0.094	−0.094	−0.059	0.003	0.057	0.099	−0.085	0.073
	80	170	0.9	0.154	0.091	−0.045	−0.100	−0.088	−0.055	0.000	0.068	0.100	−0.075	0.070
0.92	実	測	値	0.164		−0.046	−0.088		−0.057	0.002	0.055	0.096	−0.081	0.069
	60	180	1.0	0.179	0.090	−0.067	−0.100	−0.075	−0.042	0.003	0.060	0.088	−0.073	0.065
1.05	実	測	値	0.158	0.057	−0.045	−0.084	−0.084	−0.055	0.001	0.053	0.091	−0.078	0.066
	80	130	1.0	0.145	0.082	−0.048	−0.091	−0.072	−0.046	−0.003	0.059	0.091	−0.068	0.061
1.17	実	測	値	0.152	0.070	−0.044	−0.087	−0.086	−0.055	0.000	0.054	0.092	−0.078	0.067
	80	130	1.0	0.145	0.082	−0.048	−0.091	−0.072	−0.046	−0.003	0.059	0.091	−0.068	0.061
1.31	実	測	値	0.147	0.059	−0.041	−0.086	−0.084	−0.054	0.000	0.054	0.091	−0.077	0.065
	90	120	1.0	0.133	0.077	−0.038	−0.086	−0.071	−0.048	−0.006	0.059	0.092	−0.065	0.060
1.41	実	測	値	0.141	0.058	−0.040	−0.083	−0.082	−0.052	0.000	0.052	0.088	−0.075	0.063
	90	120	1.0	0.133	0.077	−0.038	−0.086	−0.071	−0.048	−0.006	0.059	0.092	−0.065	0.060

表—4—5．土圧分布の推定

700φ　1種管　　管底：粘土
埋戻土：粘土
つき固めなし

垂直土圧	支持角	側圧分散角	側圧比	曲げモーメント係数									撓み係数	
W(kg/cm²)	2θ(度)	β(度)	W'/W	0	π/8	π/4	3π/8	π/2	5π/8	3π/4	7π/8	π	K_V	K_H
0.23	実	測	値	0.196	0.059	−0.039	−0.088	−0.170	−0.016	0.007	0.057	0.078	−0.067	0.061
	90	180	0.9	0.189	0.131	−0.033	−0.091	−0.083	−0.053	−0.001	0.064	0.096	−0.069	0.065
0.46	実	測	値	0.178	0.068	−0.038	−0.095	−0.140	−0.041	0.007	0.063	0.088	−0.075	0.070
	110	180	0.8	0.162	0.114	0.007	−0.089	−0.095	−0.065	−0.003	0.072	0.107	−0.073	0.070
0.59	実	測	値	0.171	0.071	−0.035	−0.092	−0.132	−0.045	0.008	0.064	0.092	−0.076	0.071
	120	140	0.8	0.149	0.103	0.004	−0.084	−0.093	−0.067	−0.006	0.072	0.109	−0.072	0.069
0.68	実	測	値	0.168	0.074	−0.036	−0.096	−0.135	−0.049	0.007	0.067	0.095	−0.079	0.074
	130	180	0.7	0.147	0.102	0.003	−0.089	−0.108	−0.077	−0.005	0.080	0.120	−0.079	0.077
0.79	実	測	値	0.184	0.089	−0.037	−0.107	−0.132	−0.056	0.012	0.080	0.108	−0.090	0.085
	120	170	0.7	0.164	0.114	0.006	−0.096	−0.112	−0.079	−0.004	0.083	0.123	−0.083	0.080
0.92	実	測	値	0.190	0.098	−0.039	−0.113	−0.135	−0.063	0.011	0.087	0.118	−0.096	0.089
	90	180	0.8	0.209	0.146	−0.032	−0.106	−0.104	−0.068	−0.000	0.079	0.115	−0.083	0.079
1.05	実	測	値	0.184	0.098	−0.037	−0.111	−0.131	−0.064	0.010	0.085	0.117	−0.094	0.087
	120	140	0.7	0.168	0.117	0.005	−0.099	−0.115	−0.081	−0.005	0.086	0.128	−0.085	0.082
1.14	実	測	値	0.181	0.098	−0.036	−0.111	−0.128	−0.066	0.012	0.085	0.117	−0.095	0.088
	120	140	0.7	0.168	0.117	0.005	−0.099	−0.115	−0.081	−0.005	0.086	0.128	−0.085	0.082
1.47	実	測	値	0.168	0.097	−0.032	−0.106	−0.125	−0.063	0.009	0.084	0.116	−0.093	0.086
	120	180	0.7	0.163	0.114	0.006	−0.096	−0.112	−0.079	−0.004	0.083	0.123	−0.082	0.080

（3）管の支持角と埋設条件との関係

各埋設条件における垂直土圧と管底の支持角との関係についてまとめたものの一例を図-9に示す。これらの図から，管の支持角に対しては管底の条件，埋戻土の種類，つき固めの有無などが大きく影響し，本実験の範囲においては，口径，管厚などはほとんど影響しないものと思われる。

管底の条件については，コンクリート床のごとく固い場合には支持角は最も小さく，砂，粘土と軟らかくなるに従って支持角は増大している。とくに管底が砂，粘土など一般的条件の場合には垂直土圧の増加につれて支持角も大きくなる傾向にある。これは垂直土圧の増加につれて管が多少沈下するものと思われ，コンクリート床の場合には管の沈下は起こらず，従って支持角の増加傾向も明瞭でない。

埋戻土の種類については当然ゴロゴロした粘土より，サラサラした砂の場合の方が支持角ははるかに大きくなっている。とくに，砂をつき固めることはきわめて効果的である。

いま，管の支持角は口径，管厚には関係しないものとして各埋設条件毎に期待し得る支持角の最低値を示すと表-5のごとくである。

表—5.　各埋設条件において期待し得る最低支持角

管底条件	埋戻土の種類	つめ固め	支持角の最低値（度）
コンクリート床	粘土	無	10
		有	20
	砂	無	30*
		有	100**
砂	砂	無	50***
粘土	粘土	無	90***

＜注＞

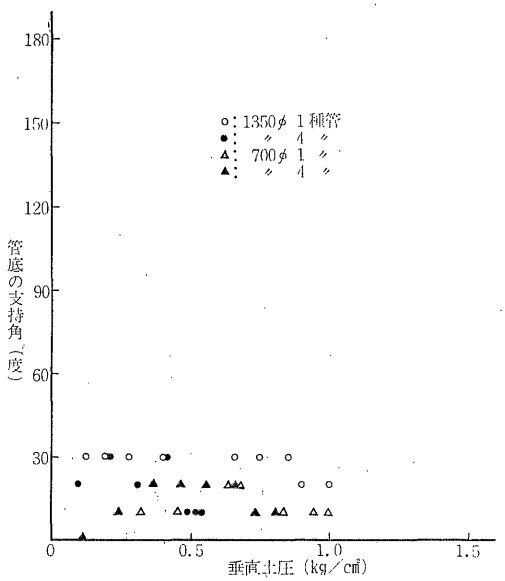
*最低30°から最高100°程度までかなりのバラツキがあり，丁寧な埋戻しを行なえばさらに大きな支持角を期待し得る。

**つき固めの程度によっては180°の支持角を期待し得る。

***垂直土圧の増加につれて支持角も大きくなる傾向にある。

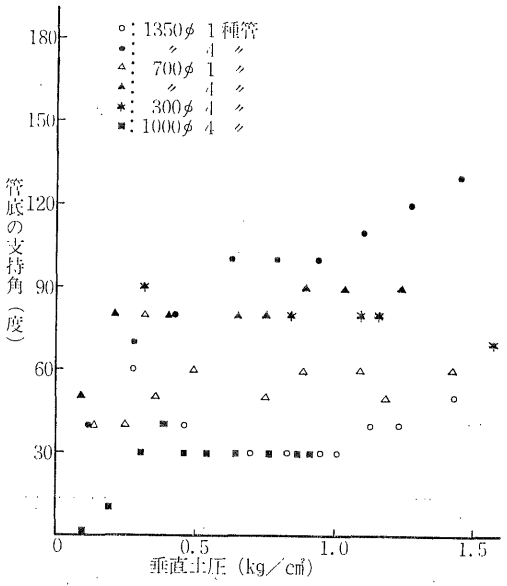
図—9—1．垂直土圧と管底の支持角との関係

管底：コンクリート床
埋戻土：粘土
つき固めなし



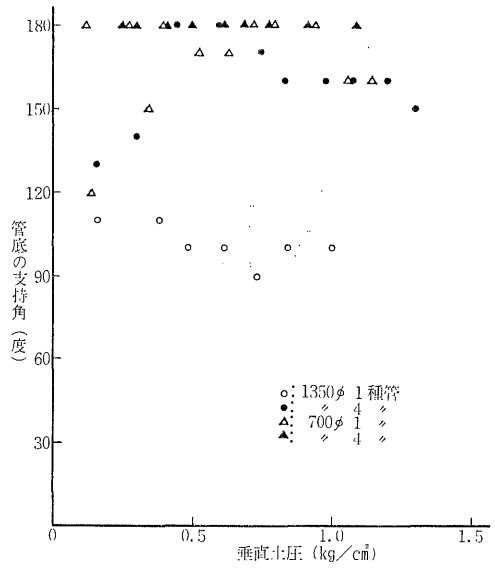
図—9—2．垂直土圧と管底の支持角との関係

管底：コンクリート床
埋戻土：砂
つき固めなし



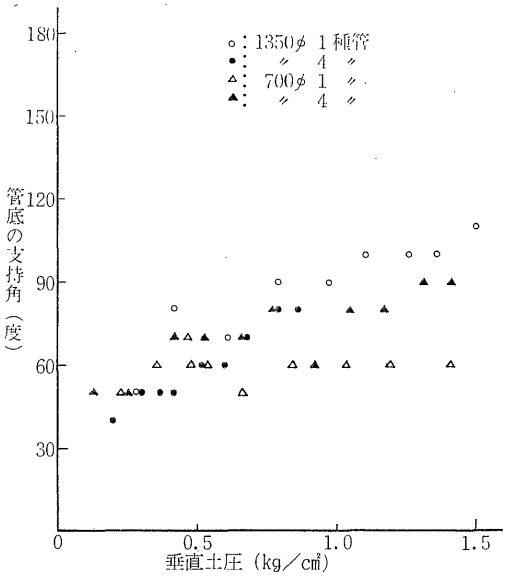
図—9—3．垂直土圧と管底の支持角との関係

管底：コンクリート床
埋戻土：砂
つき固めあり

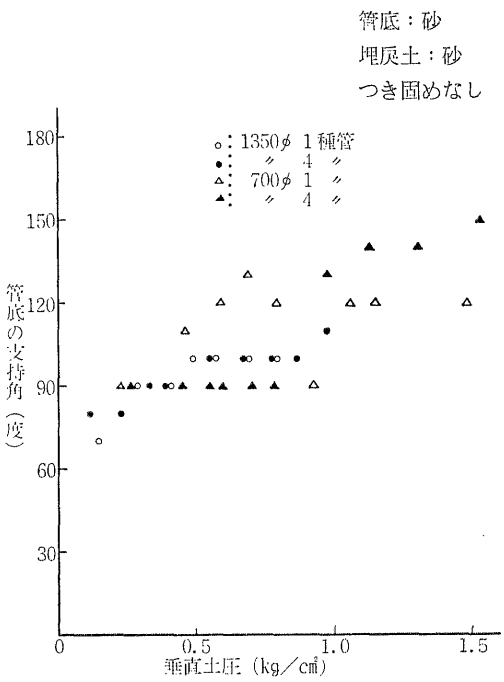


図—9—4．垂直土圧と管底の支持角との関係

管底：粘土
埋戻土：粘土
つき固めなし



図—9—5．垂直土圧と管底の支持角との関係



（4）側土圧の大きさと埋設条件との関係

埋設管の強度計算に際し，側土圧の大きさを定めるのに現在2通りの方法が実用されている。その一つは作用している垂直土圧との比率によって側圧の大きさを定めるものであり，他の一つは管の水平変形との関係において定めようとするものである。

本実験の結果を水平撓みと水平土圧との関係および垂直土圧と水平土圧との関係についてまとめ，その一例を図示すれば図-10および図-11のごとくになる。

これらの図から明らかなごとく，水平土圧と水平撓みとの関係は埋設条件，口径，管厚などによって変化し，水平土圧は撓みとの関係において一義的には定まらず，従って水平撓みとの関係から側土圧の大きさを定めることは必ずしも妥当であるとはいえない。

一方，垂直土圧と水平土圧との関係は比較的単純であり，本実験の範囲内においては口径，管厚および管底の条件にはほとんど関係なく，埋戻土の種類およびつき固めの有無によって定まり，実用的にも扱いやすいようである。

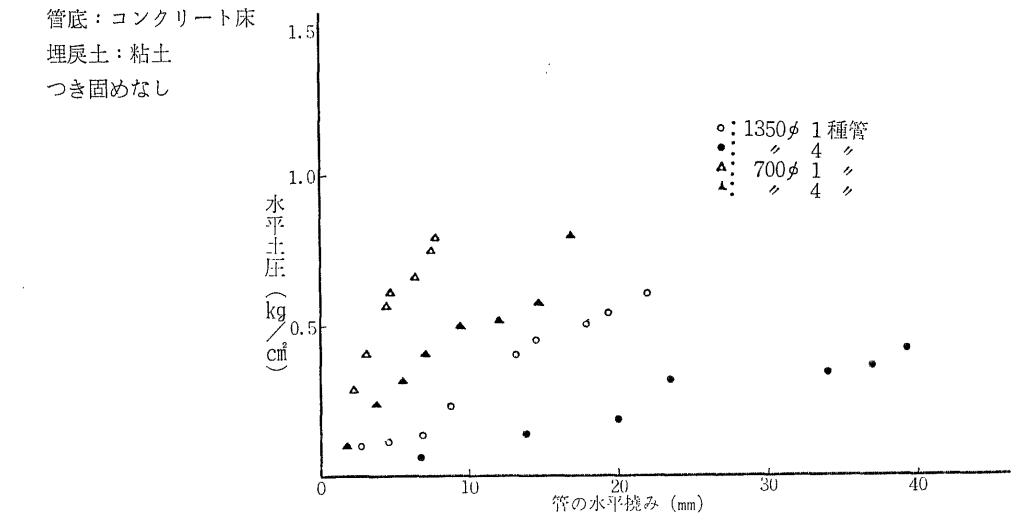
従って，側土圧の大きさは垂直土圧との比率によって表わすこととし，平均的な値を示すと次のごとくである。

表—6.　垂直土圧に対する側土圧の大きさ
（垂直土圧に対する比率）

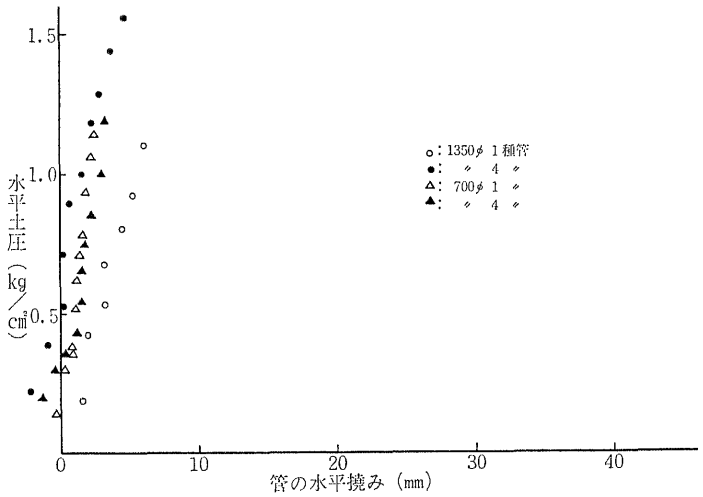
埋戻土の種類	つき固め	側土圧(W′/W)
粘　　土	無	0.8
	有	0.9
砂	無	0.9
	有	1.1

上表からも明らかなごとく，砂のようなサラサラした埋戻土を用いるか，または粘土状のゴロゴロした埋戻土の場合には，つき固めを行なうことにより垂直土圧の0.9倍程度の側土圧を見込み得る。

図—10—1．管の水平撓みと水平土圧の関係

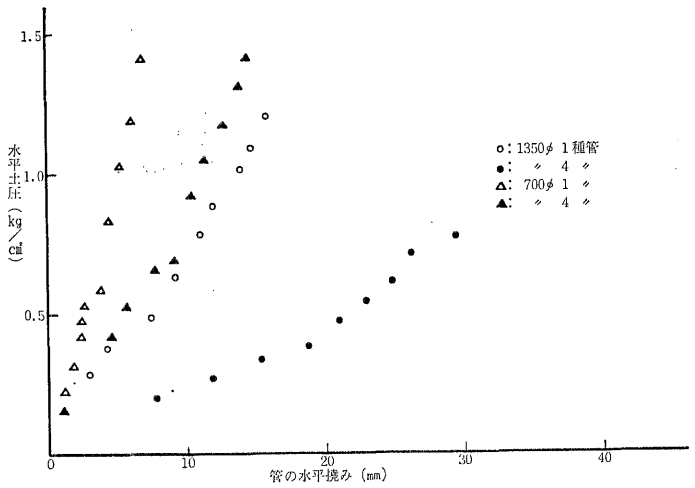


図—10—2．管の水平撓みと水平土圧の関係



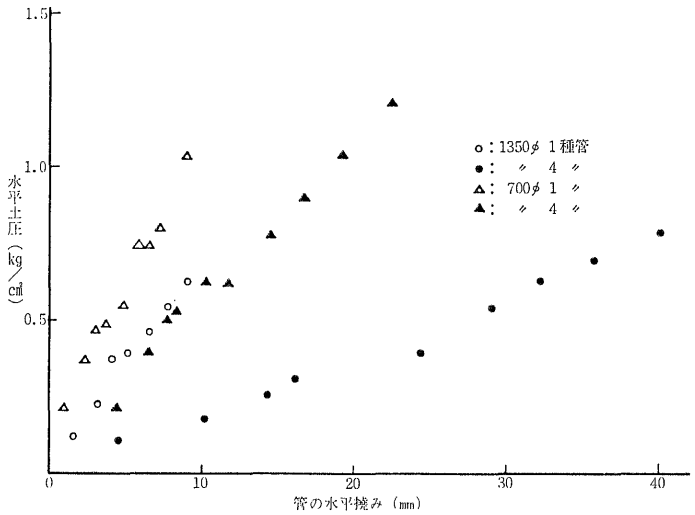
管底：コンクリート床
埋戻土：砂
つき固めあり

図—10—3．管の水平撓みと水平土圧の関係



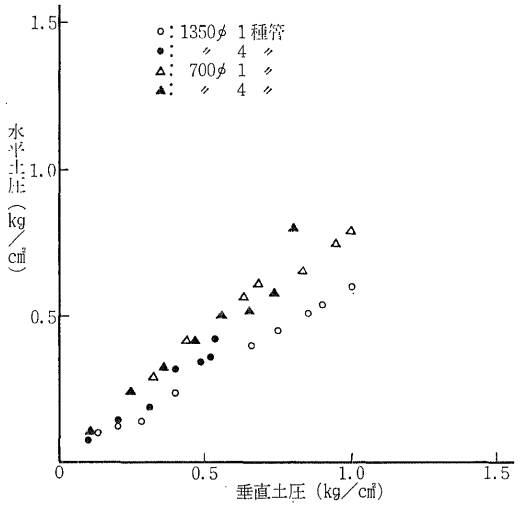
管底：砂
埋戻土：砂
つき固めなし

図—10—4．管の水平撓みと水平土圧の関係

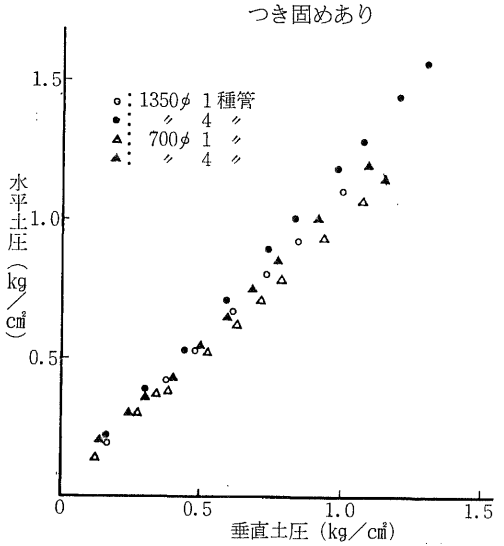


管底：粘土
埋戻土：粘土
つき固めなし

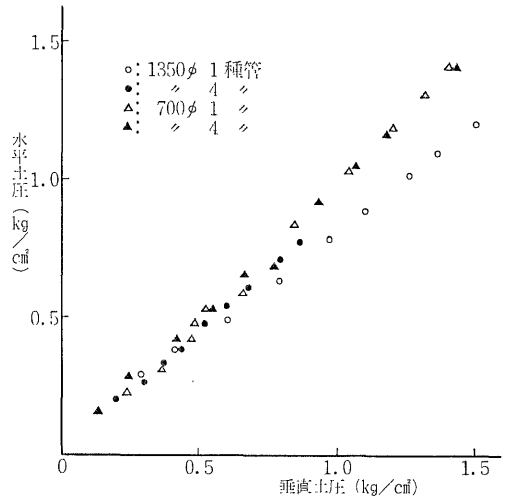
図—11—1．垂直土圧と水平土圧の関係
管底：コンクリート床
埋戻土：粘土
つき固めなし



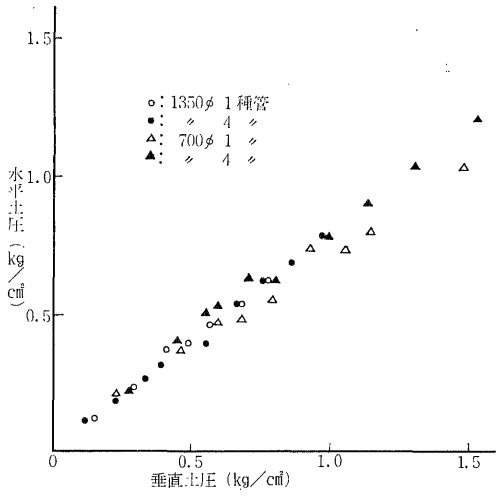
図—11—2．垂直土圧と水平土圧の関係
管底：コンクリート床
埋戻土：砂
つき固めあり



図—11—3．垂直土圧と水平土圧の関係
管底：砂
埋戻土：砂
つき固めなし



図—11—4．垂直土圧と水平土圧の関係
管底：粘土
埋戻土：粘土
つき固めなし



Ⅳ．総　括

1．従来の埋設実験結果[3]との比較

ダクタイル管の埋設実験は，昭和29年ダクタイル管が誕生して以来数十回にわたって行なわれており，また現実の管路においても何回か応力，変形量などの測定も行なわれてきている。

これらの実験あるいは実測の結果[3]を要約すれば，〔Ⅰ〕緒言において述べた当初の埋設実験結果は別として，次のごとく結論づけられる。すなわち，

(1)　側土圧分布の形状は放物線形と仮定する方が，応力，撓みについての計算値と実測値とがよく合致する。

(2)　支持角は土被り深さの増大につれて大きくなる傾向にある。

(3)　埋設条件と支持角の関係は次のごとくになる。

i）管底の土を故意につきかためて固くし支持角に対する条件をきびしくした場合

$2\theta=40°\sim50°$以上

ii）普通一般の地盤に埋設する場合

$2\theta=60°\sim90°$以上

iii) やわらかい地盤に埋設する場合

$2\theta=180°$

iiii) 管側をつき固め，あるいは水締めを行なう場合

$2\theta=120°\sim180°$

これに対して，本室内実験の結果は次のごとくなっており，上記埋設実験の結論と極めてよく合致している。

(1) 側土圧分布の形状は分散角180°の放物線形と仮定するのが妥当である。

(2) 埋設条件と支持角との関係は次のごとくである。

i）管底が強固な場合で砂で埋戻す場合

$2\theta=30°$以上

ii）管底，埋戻土とも砂の場合

$2\theta=50°$以上

ただし，この場合管底の砂はつき固めたため，かなり固くなっていた。

iii) 管底，埋戻土とも粘土の場合

$2\theta=90°$以上

ただし，管底の粘土はつき固め，埋戻しにはゴロゴロした粘土を用いたため条件はあまりよくない。

iiii) 管底が強固な場合で砂で埋戻し，つき固めを行なう場合

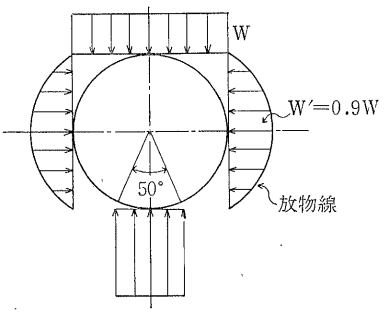
$2\theta=100°$以上

(3) 管底が砂，粘土の場合には垂直土圧の増大に伴い，支持角が増加する傾向にある。

従って，本室内実験の結果は，そのまま実際の管についても適用し得るものと考えられる。

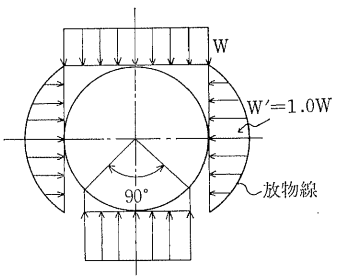
2. 一般的埋設条件における ダクタイル管の土圧分布

以上の実験の結果，1,500ϕ以下のダクタイル管においては，砂あるいは粘土など一般的地盤の場合には50°以上の支持角が期待できることが判明した。また，管底がコンクリート床のごとく強固な場合でも，埋戻土を砂に置き換え，丁寧な埋戻しを行なうことによって50°以上の支持角を得ることは容易である。また，側土圧については，その分布形状を放物線形と仮定するのが妥当であり，その大きさは垂直土圧の0.9倍とするのが適当である。ただし，埋戻土が粘土の場合には，側土圧の垂直土圧に対する比率は0.9倍より小さくなるが，これは支持角を50°と小さくとる（実験結果では管底，埋戻土とも粘土の場合には90°以上となっている）ことによって十分カバーされる。これらのことから，一般的埋設条件下におけるダクタイル管の土圧分布は，下のごとく仮定するのが妥当である。



ただし，管側のつき固めを行なうなど，工法上考慮するならば支持角，側土圧ともさらに大きくなり，荷重条件は一層よくなる。

砂質土で埋戻し，管側をつき固める場合は土圧分布を次のごとく仮定するのが妥当である。



参考文献

1) American Standard for the Thickness Design of Ductile-Iron Pipe-1965

2) 大口径鋼管の設計上の問題点とその合理的管厚算定法について(1)：藤田博愛—水道協会雑誌第318号

3) 実埋設条件下におけるダクタイル管の支持角および側圧について：久保田鉄工㈱-パイプ研究所-昭和43.11

4) 薄肉ダクタイル管の安全性について：本間敬三 鋳鉄管協会誌第3号

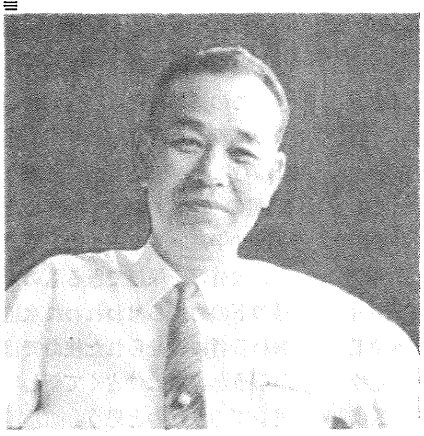
*久保田鉄工㈱ パイプ研究所パイプ技術部係長

**久保田鉄工㈱ パイプ研究所パイプ技術部

▶事例研究◀——①

神戸市における配水管再生工事について

神戸市水道局技術部配水課長
和　泉　一　加



Ⅰ．鋳鉄管の耐久性

「水道管」といえば「鋳鉄管」といわれるほど，鋳鉄管は送配水管として古くから広く用いられている。

神戸市においても，合併新市域の一部を除いて鋳鉄管を用いている。これは鋳鉄管が水道用の送配水管として，絶大な耐久性をもっているためである。当市で埋設経年の古い(30～60年)管の材質，および腐蝕の状態を調査した結果，次のようであった。（表-1）

この試験結果より，次のことが考察される。

1）水圧試験

水圧17.5kg/cm²で1分間保持したが，漏洩はなく，孔蝕などの欠陥のないことが明らかになった。

2）環片圧壊試験

調査管 No.1, 2, 3 いずれも平均14kg/mm²以上の値を示し，とくにNo.4は平均25.6kg/mm²という高い値を示した。また，その他の試供管については，腐蝕あるいは異物かみの影響を受けて，12kg/mm²前後のものがあったが，管が40～60年以前のものと考えられる。No.4がとくに強かったのは珪素の含有量が低いためであろう。

3）硬度試験

健全部における内外面の硬度は，一般に鋳鉄が示すブリネル硬度130～210の範囲に入っており，とくに異状なものは認められなかった。No.1 が高いのは燐の含有量が他の管より高いためであると考えられる。

4）化学分析

No.1 の管は燐の含有量が高い。これは一般に外国製の管は燐の含有量が高いので当然と考えられる。No.4 の管では他の資料管より珪素

が低いため，従って強度的にも優れていた。

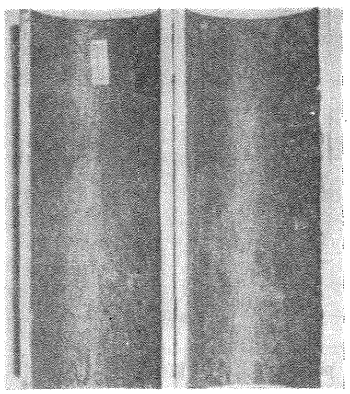
5）腐蝕状況

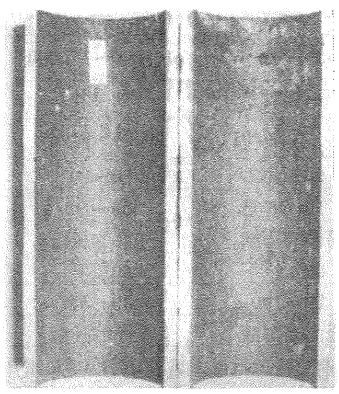
No. 1，3，4 の管は外面にコールタール塗装がほとんど完全に残っていて，腐蝕はきわめて薄く，表面層のみであった。これは初期に生じたごく薄い層の腐蝕生成物が結合剤の作用をなして，管を取り囲む砂を結合固着せしめ，セメントで固めたような一種の固い保護被膜を形成したためであり，この状態では今後腐蝕の進行はほとんど完全に阻止されるものと思われる。

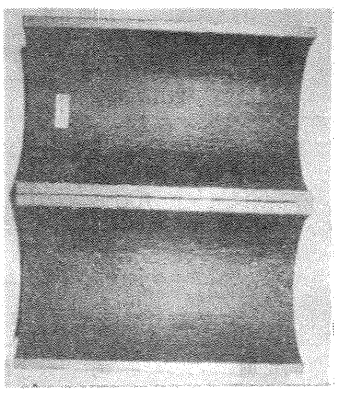
No. 2 の管は粘度質土壌と錆の結びついた層で覆われていたが，ワイヤーブラシで簡単に剥離した。一部にコールタール塗装が残っていた。この資料は外面に浅いが，かなり広い範囲にわたって，腐蝕が認められ，最も深いところで約 1.5㎜程度であった。これは埋設環境が他の場所とかわっているためと考えられる。

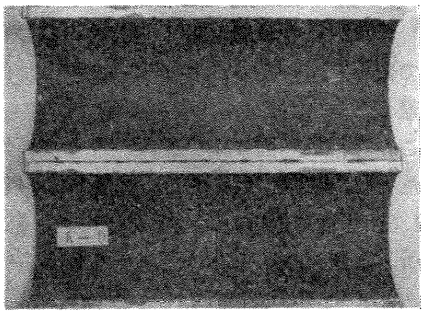
表—1. 埋設管調査表　　調査月日　35.11.15

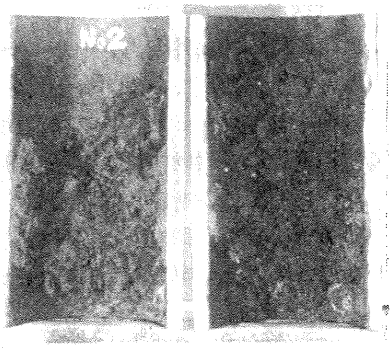
調査項目＼資料 No.		1	2	3	4
経過年数（年）		60	50	40	30
埋設状況	土じょう	砂	粘土	砂	砂
	土かぶり（m）	1.0	0.8	0.8	0.9
	地下水	なし	なし	なし	なし
水圧試験（17.5kg/cm²-1分間）		漏れなし	漏れなし	漏れなし	漏れなし
平均圧壊強さ（kg/mm²）		14.4	14.2	14.8	25.6
平均ブリネル硬度	外面	207	174	176	180
	内面	202	170	157	174
腐蝕状況	外面	コールタール塗装がほとんど全面に残っている	部分的にコールタール塗装が残っている	コールタール塗装が残っている	コールタール塗装が全面に認められる
	内面	約20㎜の厚みの錆こぶ全面に存在	約20㎜の厚みの錆こぶ全面に存在	約20㎜の厚みの錆こぶ全面に存在	約15㎜の厚みの錆こぶ全面に存在
最大孔蝕深さ（㎜）	外面	—	1.5	—	—
	内面	2	4	2	0.5
化学分析（%）	C	3.12	3.33	3.29	3.60
	Si	2.23	2.07	2.27	1.54
	Mn	0.60	0.45	0.34	0.60
	P	1.264	0.182	0.204	0.204
	S	0.128	0.106	0.099	0.066
備考		資料管は全部φ100である			











表—2. 埋 設 管 調 査 表　　調査月日 44.4.28

調査項目＼資料No.		1	2	3	4
管の口径（mm）		φ100	φ100	φ150	φ100
経過年数（年）		50	48	63	63
埋設状況	土じょう	砂	砂＋れき	砂＋れき	砂
	土かぶり(m)	0.72	0.40	1.50	1.00
	地下水	なし	なし	なし	あり
水圧試験（17.5kg/cm²-10分間）		漏れなし	漏れなし	漏れなし	漏れなし
平均圧壊強さ（kg/mm²）		12.8	13.7	11.0	14.7
平均ブリネル硬度	外面	148	159	165	154
	内面	134	154	159	138
平均引張り試験（kg/mm²）		15.2	16.6	14.6	19.8
最大孔蝕深さ(mm)	外面	2.25	3.79	4.10	2.31
	内面	5.54	5.82	4.37	5.04
化学分析（%）	C	3.65	3.75	3.41	3.38
	Si	1.67	1.26	3.21	2.32
	Mn	0.57	0.89	0.89	0.43
	P	0.344	0.427	1.384	1.456
	S	0.070	0.054	0.082	0.082
pH	土じょう	6.5	6.9	6.8	7.4
	地下水	—	—	—	7.1
比抵抗 Ω-cm		＞30,000	16,000～18,000	9,000	5,300～6,000 2,500(地下水)
酸化還元電位 mv		＋437	＋427	＋107	＋147
透水性 kg/cm²		0.01	0.01～0.02	0.02～0.04	0.35
腐蝕状況	外面 残存塗料	90～20%	90～20	90～20	90～20
	外面 腐蝕面積	10～30%	30～50	30～50	50～70
	外面 腐蝕状況	局部的孔蝕	局部的孔蝕	全面的孔蝕	局部的孔蝕
	内面 残存塗料	20%以下	20以下	20以下	20以下
	内面 腐蝕面積	70～100%	30～50	70～100	70～100
	内面 腐蝕状況	全面的孔蝕	全面的孔蝕	全面的孔蝕	局部的孔蝕
備考		酸化還元電位は水素電極基準の値(Eh)に、pH＝7とした換算値である			

内面はいずれも，錆こぶが付着し，ほとんど全面を覆っている。錆こぶの下部は，部分的に腐蝕されているものもあり，最も腐蝕のはげしかったのは No. 2 で 4 mm もあったが，No. 4 は一部にコールタール塗装が残っていて腐蝕はほとんど認められなかった。

以上の調査結果を参考として，比較的埋設条件が悪く経過年数の古い管を調査対象とし，新しく埋設環境調査を試験項目に取り入れた調査を行なった。表-2 はその調査結果を示す。

表-2 の試験結果より考察してみると，

1）強度的にみると，平均圧壊強度は 13.0 kg/mm², 引張り強度は17.0kg/mm²でやや低い値を示しているが，水圧強度は試験水圧 17.5kg/cm² で問題はない。ただし，No. 4 の管は 18kg/cm² で漏洩が認められた。その他は25.6kg/cm² の高水圧まで耐えるので，一般には今後も相当使用できるものと考えられる。

2）腐蝕は一般に外面より内面が激しく，内面に発生する錆こぶのために管の寿命が短縮される結果となっている。ただし，No. 3 の管については，内面以上に外面の方で激しい孔蝕を生じていた。

3）現地調査データによると，4 カ所とも土壌比抵抗が非常に高く，管の腐蝕は今後発生しにくいことを示している。

以上の結果を総合的に判断すると，とくに埋設環境の悪い場所以外では，100年以上の寿命があると考えられる。

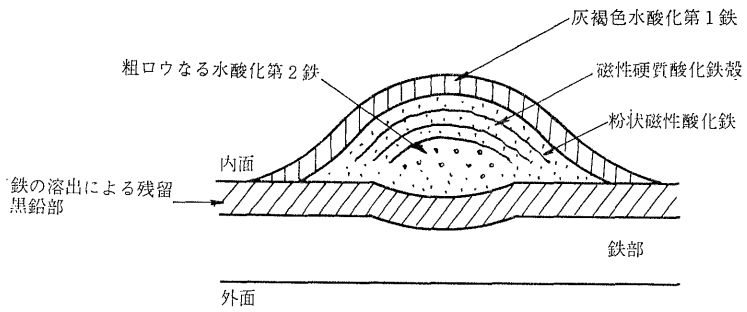
Ⅱ．錆こぶによる通水能力の低下

前述のように鋳鉄管の耐久性については異論がないが，昭和30年頃以降，内面モルタルライニング法が施工されるまでの管は，錆こぶ発生という二次的な原因のため，通水能力が低下し，管の寿命が十分ありながら布設替えを要する事態が生じる。

また，錆こぶは通水能力を低下させ，慢性的出水不良を起こさせるばかりでなく，管内を流れる水の速度や方向の変化によって，赤水を誘発させている。

錆こぶの生因については諸説があるが，主として水中に棲息する鉄バクテリヤの作用といわれている。そのバクテリヤの栄養源は水中に溶解している鉄分であるといわれており，鉄分の含有経路は鉄管内面の腐蝕による鉄の溶出が主体であると考えられる。

図—1.　錆こぶの内部構造



Ⅲ．神戸市における管の再生

当市においても，昭和37年頃より需要水量の増加に伴って，前述の錆こぶによる通水能力の低下に起因すると思われる「赤水」「出水不良」が広範囲に起こり，その対策に苦慮していた。

その対策として財源を起債に求め，昭和39年末「配水管整備増強工事」を起こし，主として中口径の管網整備を行ない，引き続き昭和43年来「第２期配水管整備増強工事」で，おもに中小口径管の取替え増径工事を施工中である。また，これに並行して再生による通水能力の回復につとめている。現在，施工対象としている管は，布設年次の新しい中口径管および道路事情により布設替え困難な小口径管であり，施工方法は中径管（φ300以上）は「モルタルライニング法」を，小径管（φ250以下）には「乾式塗装法」を採用している。

1）モルタルライニング

① 作業行程

このパイプライニング法は，いわゆる湿式法と称せられるもので，管内面をクリーニングし，水洗浄を行なった上，ポルトランドセメントと熱処理された均質な砂とを1：1.3の配分比でモルタルを作る。そのモルタルで4～6㎜厚に吹き付け塗覆するもので，施工方法および所要時間を表-3で示す。

表—3. モルタルライニング工法および作業時間　　(φ300—1区間100～150m)

作業工程	所要時間(hr)	作業内容
クリーニング工	5	1) ボーリングおよびスクレーパならびにゴム板にて錆こぶを落し水洗浄する。 2) 丸形ゴム板ならびにゴム板にて錆こぶを落し水洗浄する。 3) 丸形ゴム板ならびにゴム板にて水切を行なう。
モルタルライニング工	4	1) ミキサーにてモルタル混合し，注入ホースを管内にそう入。 2) ライニング施工（回転吹付け）。 3) 管端コテ仕上げ。
乾燥	24	自然乾燥および分水せんモルタル落し（空気圧による）
薬品処理	12	モルタルによるpH上昇をさけるため浄水に硫酸アルミニウムを混入し，管内に封入する。
放水	24	
pH測定		放水中および放水後に測定を反復する。普通3回ぐらいで8.5以下になる。
合計	69	

② セメントモルタルライニング管の性能調査結果

㋑ 外観

モルタルライニング表面は，上部に供給モルタル量の不足から凹みを生じている部分があり，また，全面に仕上げコテの跡と思われるシワが円周方向にみられた。しかし，鉄分はすべてモルタルライニングによってカバーされている。

㋺ 寸法

円周方向で9～11㎜ほどの偏肉があり，その偏肉は上部が薄く，下部が厚かった。しかし，モルタルライニングの薄いところでも発錆はなく，モルタルライニングの防錆効果は認められた。

㋩ 密着力

密着力は遠心力施工モルタルライニングよりも密着力は悪いと思われる。なお，セメントモルタルを除去したところ，腐蝕部表面はセメントペーストのような白色の被覆でおおわれており，赤錆は認められず，腐蝕は進行していないと思われる。このことからモルタルライニングが離れを生じても，防錆効果は期待できると思われる。

㋥ 肌離れの水中浸漬による吸水膨張に基づく癒着

継続調査中。

㋭ 吸水率

吸水率は，遠心投射モルタルライニングが吸水率が高く，水密性，耐摩耗性は劣ると思われるが，実際の使用の場合，いかなる効果を及ぼすかは不明である。

以上のごとく，遠心投射モルタルライニングは，現在の「水道用鋳鉄管モルタルライニング方法(JIS A 5314)」の規格を満足させるまでにはいたっていないが，流速係数はよくなっているし，使用上問題となる防錆効果についても良好である。とくに埋設された管を現地において，ライニングする悪条件においての施工である点を考えると，現段階においては最良のものと考えられる。

なお，当市において現在施工中のものは，作業技術の向上と施工口径に応じたライニング機（前年使用したライニング機は0.15HP，今回使

用したものは5HP）の使用で，さらによい結果が出るものと思っている。

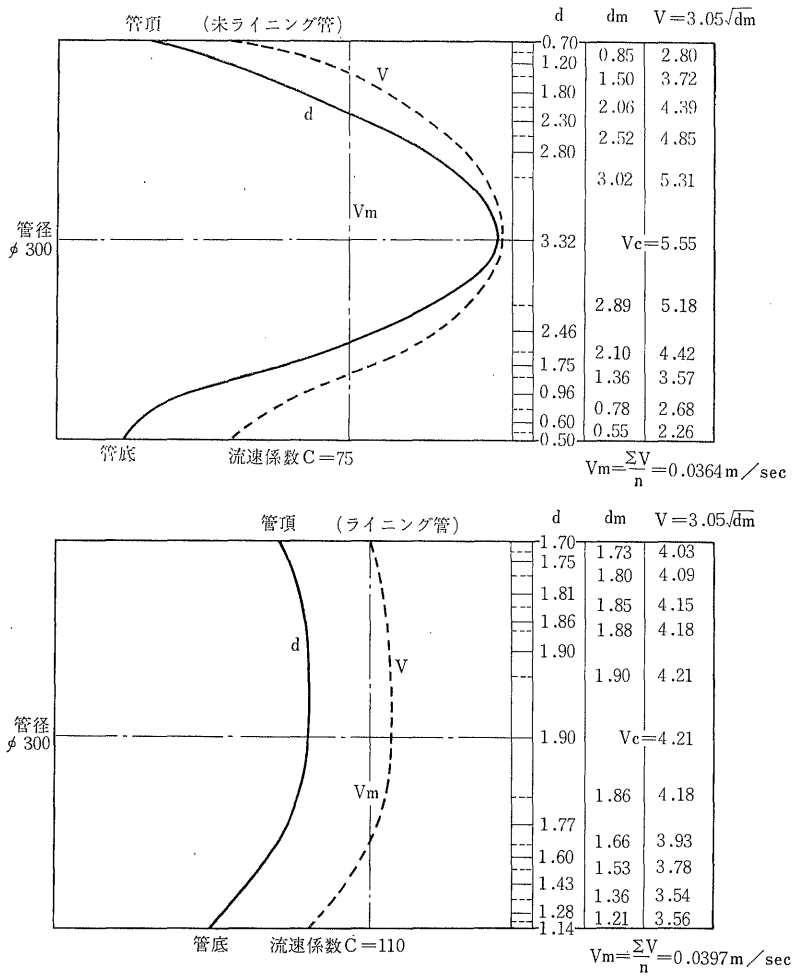
③　流速係数の測定

送配水管の再生工事の効果，ならびに復元を調べるためには，一般にヘーズン・ウィリアムス公式の流速係数のCの値を用いている。当市もモルタルライニング実施管路で1カ所，未ライニング管路で1カ所を任意に選び，ピトーメーターを用いて流速係数を調査した。

その結果ライニング部でC＝110，未ライニング部でC＝75の，それぞれの値を得た。

図-2は測定した流速分布図である。

図—2.　流　速　分　布　図



流速公式　$V=C\sqrt{2gd}$　$Vc=C_1\sqrt{2gd(S-1)}=0.87\sqrt{2\times9.8(1.628-1)d}=3.05\sqrt{d}$

$Q=Vc\times Ac\times Cd$　　$Cd=\frac{Vm}{Vc}$

Cd：管係数
C_1：ピトーメーターの係数0.87
d：たわみ
S：Uチューブたわみ測定用溶液の比重
（四塩化炭素を使用　比重は1.628）
V：管内流速m/sec
Vc：管中心の流速m/sec
Ac：管断面積
Q：流量m^3/sec
g：重力の加速度
Vm：平均流速

（注）流速係数Cの値はReとH&W公式の実験図による。

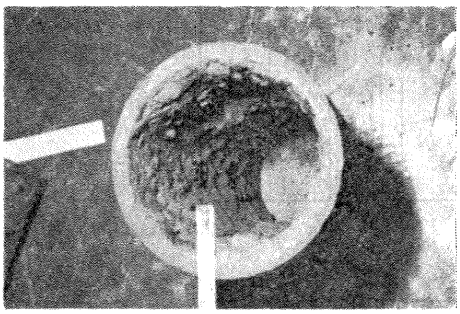
④　ライニング工費
と取替え工費の経費比較

パイプライニング工法は，都市交通の混雑をまねく場所，重舗装道路，鉄管の比較的耐久力のあると考えられる管路などの実施に効果的，かつ経済的であると考えられている。

今回当市で実施したライニング工費と鉄管取替えを行なった場合の経済比率の比較をみてみると，φ300㎜配水管2,180ｍ（内舗装1,218ｍ）で，取替え工費はライニング工費に比べ3.2倍となる。

以上のごとく，取替え工費に比べてライニング工法は経済的な効果が大と考えられるが，いずれにしても，モルタルライニングの性能安定いかんにかかると思われる。

クリーニング（塗装なし）
施工後2カ年



⑤　モルタルライニング法
採用上の問題点

この工法は，耐用年数がながく，ライニング法としては最もよいと思われているが，作業日数の関係で断水期間がながくなり，そのため仮配管の必要があること，および工作機器が大型なので，作業場所の選定が困難なことなどから，この工法を採用するときは立地条件を考慮する必要がある。

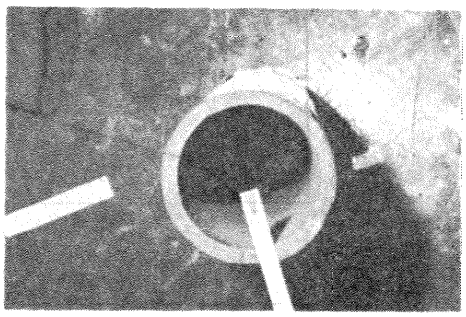
2）　乾式塗装法について

小口径老朽管の再生法としては，塗料による乾式塗装法を採用し実施している。これは管内面をクリーニングし，乾燥処理の上「特殊瀝青塗料」を吹付け塗装するもので，表-4は所要時間と作業内容を示す。

乾式ライニングについて施工後2カ年目にテストピースを掘り上げ，塗装状況の検査を行なったが，施工時に比べ錆こぶの発生はないが，塗料については痕跡が一部見うけられる程度であった。以上の点からみて，短期間の効果のみ期待しうるものと考えられる。

表-5はライニングに用いた塗料の溶出試験結果である。この試験には塗料を塗布乾燥した試験片（表面積約100㎠）を残留塩素2.0p.p.m.の水1ℓ中に浸漬20℃の恒温器に24時間放置して，各項目について試験を行なった。結果は，過マンガン酸カリ消費量の増加も少ないが，臭気が強く3回目でようやく微薬品臭になった。

クリーニングライニング（乾式塗装）
施工後2カ年



塗料は水中で被膜を作らず，いつまでも固まらないから十分乾燥させる必要があり，風乾の場合は少なくとも3時間は必要である。

水中に浸漬した塗装面はいくぶん可塑性が減少するようで，機械的衝撃で塗装が剥離しやすいようである。

Ⅳ．むすび

「赤水」「出水不良」対策は，錆こぶ発生の心配のない新しい管に取替えるのが正攻法であるが，布設年次の新しい管や商店街などで特殊舗装のある道路，交通量が多く掘さく困難な道路，または幹線道路の横断管路についてはクリーニングライニングによって，通水能力を復元せざるを得ないと思う。

また，取替えの必要がありながら予算の関係で施工できない場合にも，この方法の採用が得策と考えられる。

表—4.　乾式塗装法の作業方法および所要時間　　φ100～200㎜(区間120m)

作業工程	所要時間(hr)	作業内容
クリーニング工	2～3	1) スクレーパにて錆こぶをかき落す。 2) カッターにて強固な錆こぶをけずり落す。 3) ワイヤーブラシにて管内面の錆その他を清掃。 4) 水洗浄。
乾燥	1	1) 送風機にて営内面を乾燥。 2) 乾燥不十分な個所はバーナにて乾燥。
塗装(1回塗)	0.5	塗装剤注入用ホースを管体中にそう入しスプレーにて塗装する。
乾燥	3	送風機にて乾燥を行なう。
放水	1～2	1) 切断個所にて放水し、残留塩素の測定を行なう。 2) 残留塩素を確認のうえ管を接続し，最寄り消火栓で放水し，濁度・色度および残留塩素を確認する。
計	7.5～9.5	

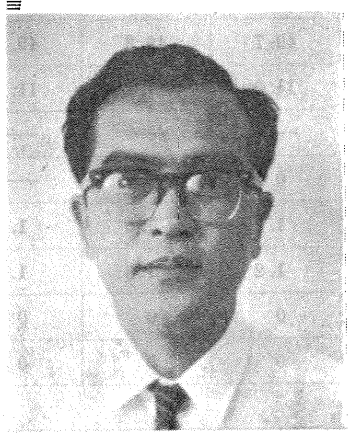
表—5.　水質試験成績表

種別	特殊瀝青塗料溶出試験					
	封入水	1回目	封入水	2回目	封入水	3回目
採水方法	——	——	——	——	——	——
採水月日	6.28	6.28	6.29	6.29	6.30	6.30
気温	——	——	——	——	——	——
水温	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
濁度	0	0	0	0.28	0	0.25
色度	7.0	12.0	3.5	8.0	4.0	9.0
臭気味	異常なし	薬品臭	異常なし	薬品臭	異常なし	微薬品臭
pH	6.1	6.0	6.2	6.3	6.3	6.3
硝酸性窒素	——	——	——	——	——	——
亜硝酸性窒素	0	0	0	0	0	0
アンモニア性窒素	0	0	0	0	0	0
過マンガン酸カリ消費量	3.24	3.68	3.41	4.36	3.13	3.13
硫酸イオン	——	——	——	——	——	——
塩素イオン	27.0	27.2	28.2	28.0	29.7	29.6
総硬度	56.3	57.1	49.6	49.7	49.3	49.7
アルカリ度	9.2	6.0	14.0	14.0	11.4	11.8
蒸発残留物	——	——	——	——	——	——
鉄	0.02	0.16	0.02	0.18	——	——
遊離残留塩素	1.2	0.6	1.5	1.2	1.5	1.2
結合残留塩素	1.2	0.6	1.5	1.2	1.5	1.2
一般細菌数	0	0	0	0	0	0
大腸菌群試験	0	0	0	0	0	0
備考						

▶事例研究◀——②

鉱害地における導水管の管種決定ならびに布設後の現況

北九州市水道局 建設部長
野田　誠



北九州市水道局では第1期上水道拡張事業に引き続き，第2期上水道拡張事業を昭和35年4月より7カ年継続事業で昭和42年3月に完成したが，その事業のうち，導水管布設工事で，福岡県鞍手郡宮田町（八木山貯水池）より北九州市八幡区引野(引野浄水場)間，延長約22,000mのうち，とくに鉱害激甚地区（図-1；A地区）といわれる遠賀川以北の管種決定と現況について述べてみたい。

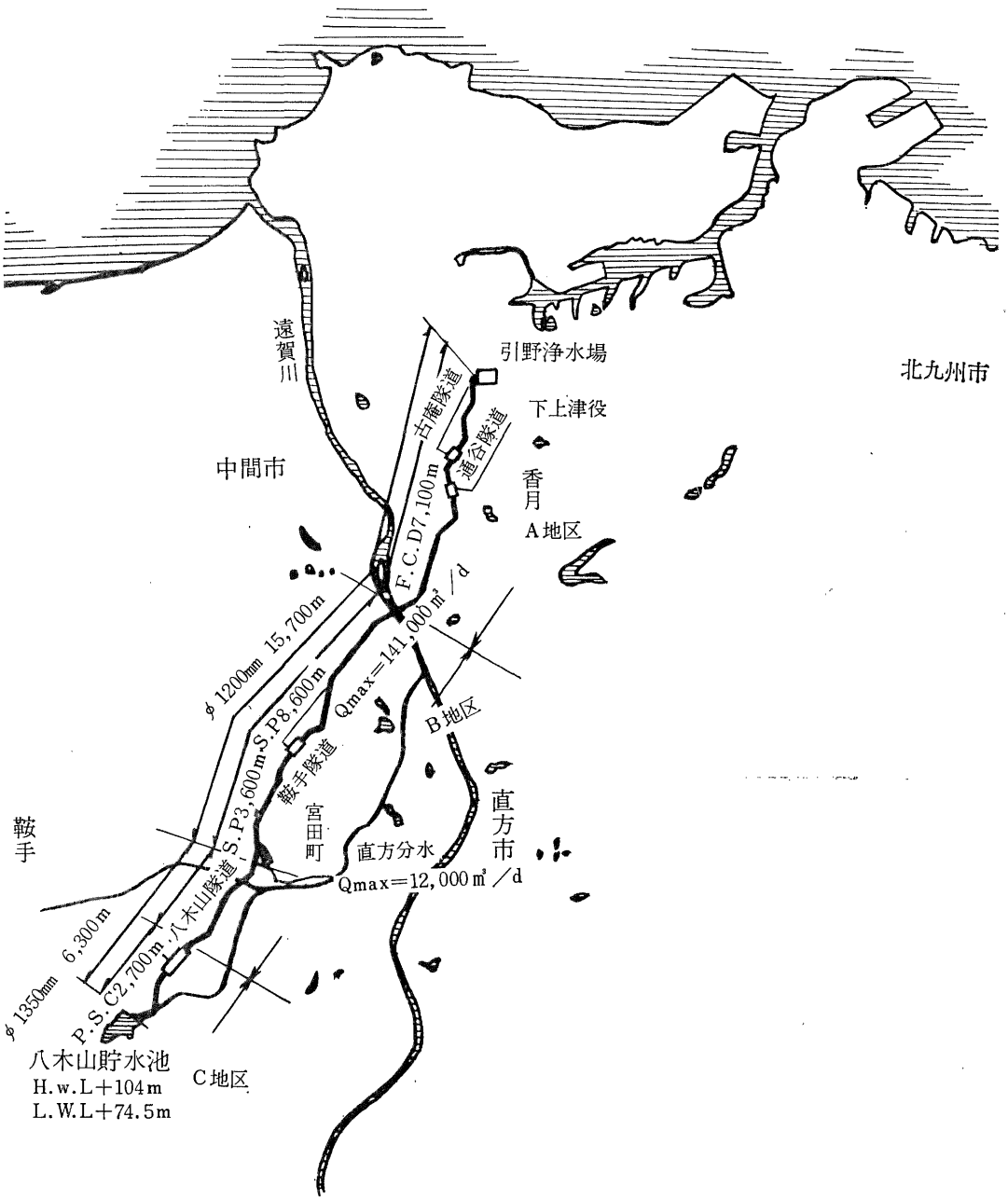
1）この路線の地理的な著しい特徴としては全延の約⅔ 15,000mが炭坑地域を通るのであるが，そのために石炭採掘による鉱害を当然免れないということがある（図-1；平面図参照)。

このために本地域における地質ならびに鉱害（地表の沈下，移動など）状況をあらかじめ予測し，それに対する管種および継手ならびに布設方法を考慮し，被害を最小限に防止しなければならない。しかも鉱害は広範囲，長期にわたるものであり，かつこの路線が水道局の重要路線であるということから，建設部長を委員長とする9名の委員において，管種検討を進めたものである。

2）鉱害による被害の科学的データはあまり多く記録されていないようであるが，たまたま近い某企業所有のφ1,200㎜送水路線の鉱害が知られているので，これについて述べてみたい。

本路線の延長約5.8㎞は，ほとんど全区域が鉱害地域であり，大正10年より昭和27年の32年間に最大5.05mの地盤沈下をきたし，それにともない地盤の傾斜，水平移動（圧縮または引張り）を生じ，これがため鉄管の引抜きおよび突込みによる鉛の脱出（鋼管ベル型）漏水，鋼

図—1. 北 九 州 水 道 施 設 略 図



管部のビクトリック継手の引裂き（80m間隔の設置），鋼管部のドレッサー継手の突込み（200m間隔の設置）などの被害が過去30年間に約250回に及ぶ事故を記録している。

その当時の最も新しい事故の例を記すと，昭和35年7月15日，鋼管φ1,200㎜において，某炭鉱の採掘の影響により（炭丈，深度不明），0.75㎜/mの圧縮を受け，ドレッサー継手内で，鋼管が互いに160～170㎜食込んだ事故があった。

これらの補修工事については，伸縮管のビクトリックジョイントならびにドレッサージョイントを全面的に，伸縮量の大きいテレスコピックジョイントに取り替えると同時に，各カ所に人孔を備え沈下などの状況を測定し，事故を未然に防ぐよう努めているとのことであった。

以上は鉱害による管路の被害の一例として，鋼管の鉱害例を述べたが，たまたま水道局が調査した当時，鉱害の資料などが最もよくそろっていて非常に参考になった。

この埋設鋼管は，大正年間に埋設されたものであり，その当時において，鉱害に対する対策または不等沈下を考慮した継手を検討されたかどうかよくわからないが，かりにこれが鋳鉄管であったとしても，同程度の事故を引き起こしているものと推察できる。

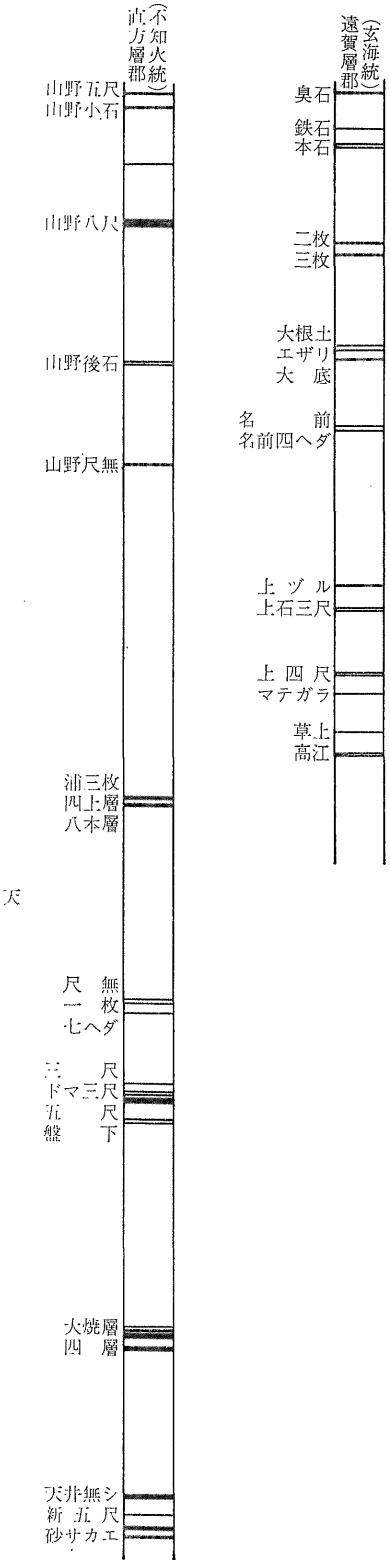
そこで，当水道局導水路の鉱害も布設後において同様の被害があるものとし，計画すべきところとなった。

3）本地域のうち，鞍手郡宮田町～鞍手郡室木間は，脇野亜層郡または花崗岩地帯であって，鉱害はほとんど生じない地域で一応管布設については問題がない。しかし，西北性の断層が数条あり，隧道築造に当たっては精密な調査を要するとのことであった。

4）その他の鞍手郡室木町～北九州市八幡区香月町地域は，玄海統（遠賀層郡），不知火統（直方層郡）に属し，炭層も各統共に10数層を有して（図-2；炭柱図参照），炭鉱もその当時は約10数社に及んでいた。

5）そこで，今後いかなる鉱害現象が生じるか，福岡通産局において調査したところ，石炭採掘による沈下量は，鞍手郡宮田町地域において最大2.63m，北九州市八幡区香月町ならびに

図—2.　炭　柱　図



下上津役地域において最大6.30mの沈下が予測されているとのことであった。

このような地盤沈下にともなって，地盤の傾斜，湾曲，引張りまたは圧縮(水平移動)などの作用が起こる。これがため導水管においては，引張り運動によって継手が弛緩して緊密性を失い，ひどい場合は管が互いに引き抜かれ，圧縮運動によっては継手が相互に滑動し，とくに強い圧縮力を受ける場合は，管に湾曲，裂開も生じ，最後には継手および管体が破裂する現象が生ずる。

かかる被害の程度も地質状況，石炭の採掘方法などにより異なるが，前記のごとく，本地域においては，石炭採掘を稼行している炭鉱，鉱区椎も二重，三重に重なっており，採掘方法も各社によって異なるので，次のようなことがいえる。

（1） 各社鉱区が複雑に境に残柱を残すことにより，引張りおよび圧縮の交互作用を受ける（図-3-(イ)参照)。

（2） 10数層の炭層の調和採掘が不可能なため乱層掘による引張りおよび圧縮の交互作用を受ける（図-3-(ニ)参照)。

（3） 断層間に挟まれた部分を採掘することにより，断層のない場合の土地運動と比較した場合，地上の引張り応力はほとんど2倍の値を生じる（図-3-(ロ)～(ハ)参照)。本地域は導水路線に対し直角の断層が多いようである。

（4） 基盤，断層含水層，四紀層などの脱水陥落によるとき，本地域の沖積層は軟弱な含水泥炭層があるところがあり，地下採掘のため脱水陥落現象が広範囲に及び，陥落現象が助長されるおそれが十分ある。故にこのような地点のところは，事前に精密な調査を行ない，その対策を講じなければならない。

（5） 以上のような多種多様な地質ならびに採掘条件下において，引張りまたは圧縮ならびに傾斜量を算出することは非常に困難であるが，一応本地域において，最も条件の悪い北九州市，八幡区下上津役付近における最終沈下量6.30mの地点の水平移動量，傾斜角を計算し，参考の一例としたい。最終沈下量6.30mは，短期間に沈下するものでなく，長期にわたり数層の炭層を採掘することにより最終，とくにこのような沈下量に達するもので，同地点においては，この期間内に引張りおよび圧縮がくり返されるものと考えられる。また，互いに打消される時期もあるので，最大沈下量の半分，すなわち，3.15mが短期間に沈下したものと仮定して，引張りまたは圧縮ならびに傾斜量を計算した。

なお，条件として，①地表より炭層までの垂直距離を200mと仮定。②炭層は水平なものと仮定し，引張りまたは圧縮量は，

$V'\max = 0.202ma/h = 0.202 \times 3150/200 \fallingdotseq 3.2$ mm/m

傾斜　$S\max = 0.788ma/h \cot\gamma \quad \gamma = 55°$

$= 0.788 \times 3150/200 \times 0.7$

$= 2482.2/140 = 17.7$mm/m

傾斜角　$\tan\theta = \frac{17.7}{1000} = 0.0177 \quad \theta \fallingdotseq 1°$となり，このような引張りおよび圧縮力，傾斜によって管の湾曲，裂開を生じないような滑動，挽角に富む継手を考慮しなければならない。次にこの条件を満足する継手について検討をしてみることにする。

符号	継手名称	引抜き突込余裕 (mm)	布設後における撓角 (度)	3.2m/mの水平移動に対し布設し得る延長 (m)	使用管
a	鉛継手	0	φ100　10kg/cm² 0°－7′で漏水	0	鋼管、鋳鉄
b	メカニカル継手	0	φ600　FCD7.5kg/cm² W＝17.9 3°－0′で漏水なし	0	鋳鉄
c	ドレッサー継手	140	—	43	鋼管
d	テレスコピック継手	160	—	50	鋼管
e	PSC用伸縮継手	9	—	3	コンクリート管

注：撓角試験データは久保田鉄工㈱パイプ研究所資料による。

以上の資料より，次のことがいえる。

ア．鉛継手は，前記調査資料の例にもあるように，挠角に対しては非常に危険で鉱害地域には使用できない。

イ．メカニカル継手も普通使用しているものは水平移動に対し，伸縮性が小さいので危険である。ただし，挠角性は連継で考えればそう危険ではない。

しかし，継手部を改良して水平移動を緩和できるならば，十分鉱害地に使用できうるものと思われる。また文献などによれば，鉱害のひどいところでは，伸縮性の大きい継手を短い間隔で設けた方がよいとされている。

ウ．c，d，eは，おのおの3.2㎜/mのmax水平移動に対しての配置を考慮すればよいのであるが，計算例の前文に記したように，水平移動（鉱害の影響）は各カ所により異なるもので，その値を推定し，継手を調整するのは本地域においては非常に困難であり，また継手部の数を鋳鉄管と同程度にすれば，経済性と維持性が問題となる。

6）以上の種々の問題を検討した中で，委員会の最終的結論は，水導水路線を（A地区）鉱害のひどいところ，（B地区）鉱害のそうでもないところ，（C地区）鉱害のないところの3地区に大別し（図-1；平面図参照），各地区別に維持管理上最も難点の少ない管種で，経済的検討を加え，下記の通りに決定した。

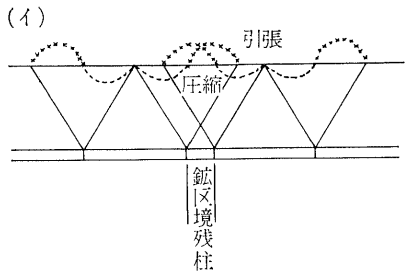
①A地区　ダクタイル鋳鉄管，メカニカル型ジョイント改良型（図-4参照）

②B地区　溶接鋼管（伸縮管200m間隔設置）

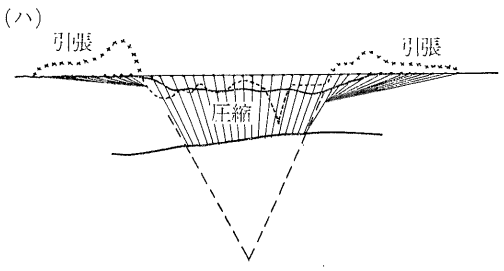
③C地区　PSシリンダー管

7）ダクタイル鋳鉄管，メカニカル型ジョイント改良型は，普通一般に使用されていたジョ

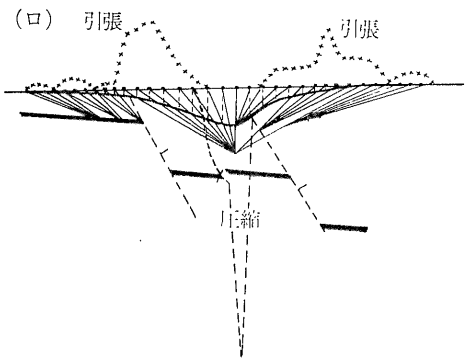
図—3. 採掘による地表面の影響図



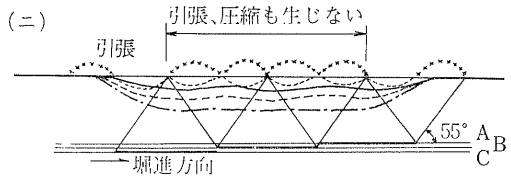
鉱区境附近の引張及圧縮（不完全なる残柱）

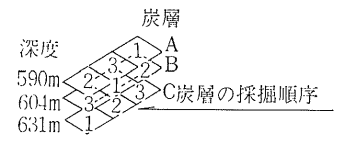


断層がない場合



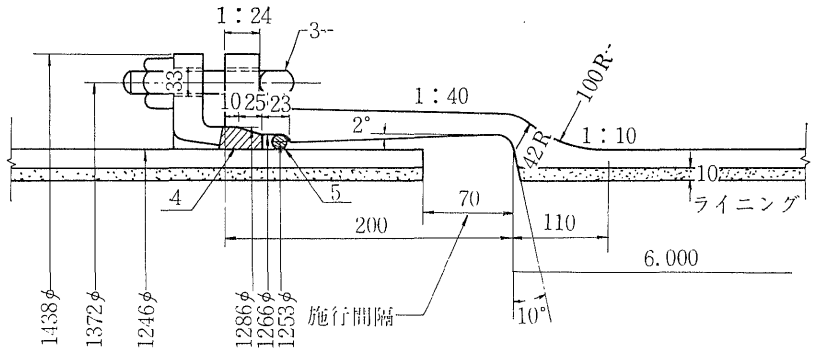
断層による影響





累層における調和採掘法の一例

図―4.　特AⅡ型（直管）メカニカルジョイント寸法図



イントを改良し，特AⅡ型と名称を付け設計に用いた。

改良のポイントは，受口のP寸法を200㎜としたこととOリング（ゴム輪）を使用したことである。この当時，大阪市の水道局において，2重ゴム輪を採用していたと記憶している。

以上が管種の決定までを概略述べたもので，次に特AⅡ型の布設時の状況と現況を述べてみたい。

（1）　施工時に，P寸法のスペースを1本毎に70㎜取ることにし，70㎜角の木片を使用した。据付け時には簡単に施工できるが，取除きの場合，タガネなどでハンマー打ちして取除いたが，手間と困難のため業者が手を抜き，最終の通水時において，末端の浄水場の流量調整弁に木片を噛み支障をきたした。山間部も同様の施工方法をとったが，木片を取除く際，管のズレる心配は現場実験の結果なかった。

（2）　他に布設時に注意したことは，本管制水弁の下流側の管については，その部分が直管の場合，3～5本程度，曲管がある場合は曲管部まで（アンカー打設）のスペース70㎜は取らないようにした。

これは，通水時において水圧による制水弁の移動の危険性を考慮したものである。

（3）　管基礎工については，鉱害による不等沈下を考慮し，できるだけ梯子胴木基礎とした。

（4）　人孔（監査孔）は標準を200～250ｍ間隔とし，その他に空気丁字カ所を人孔丁字兼用とした。なお河川横断，軌道横断部の前後には維持管理用として別途に設けた。

（5）　布設当時，鉱害によるいくつかの問題点，場所があったが，その一例を述べてみたい。場所は北九州市八幡区香月町岩崎の鉱害による陥落地の導水路線築造（築堤）工事で，ダンプトラックとブルドーザーの組合せで築堤を始めたのであるが，陥落池底で泥状となっているため，基礎部分の圧密と周辺部の盤膨れ現象を生じ，予定の大量を搬入しても築堤の天端高が，設計通りにならず追加で約2倍の土量を搬入して，ようやく設計高になり，この時の設計変更の理由に頭を痛めたことがあった。もちろん，管布設は築堤が自重によりまだ沈下する危険があるものとして，次年度に繰越して施工した。

8）工事中においては，他に種々の問題があったことと思うが，その当時の監督者の人事異動などにより調査不十分の点もあるかと思う。

ともあれ，工事も無事に完了し，昭和41年4月1日通水を開始し，今日まで一度の事故もなく導水できている。

以上，鉱害地域における導水管の管種決定と布設後の現況を簡単に述べたものである。

◇　◇　◇　◇　◇

▶事例研究◀——③

秋田火力発電所の復水器冷却用水路について

東北電力株式会社 取締役土木部長
吉　田　栄　延

1.　はじめに

東北電力では，従来より埋設冷却管としてダクタイル鋳鉄管を用いており，新潟・十勝沖地震など，幾多の経験をへて，構造上も工法上も十分安全であると考えている。

本報文は，現在工事中の秋田火力発電所の冷却管路について，その概要を紹介し，ご参考に供する次第である。

2.　発電所の概要

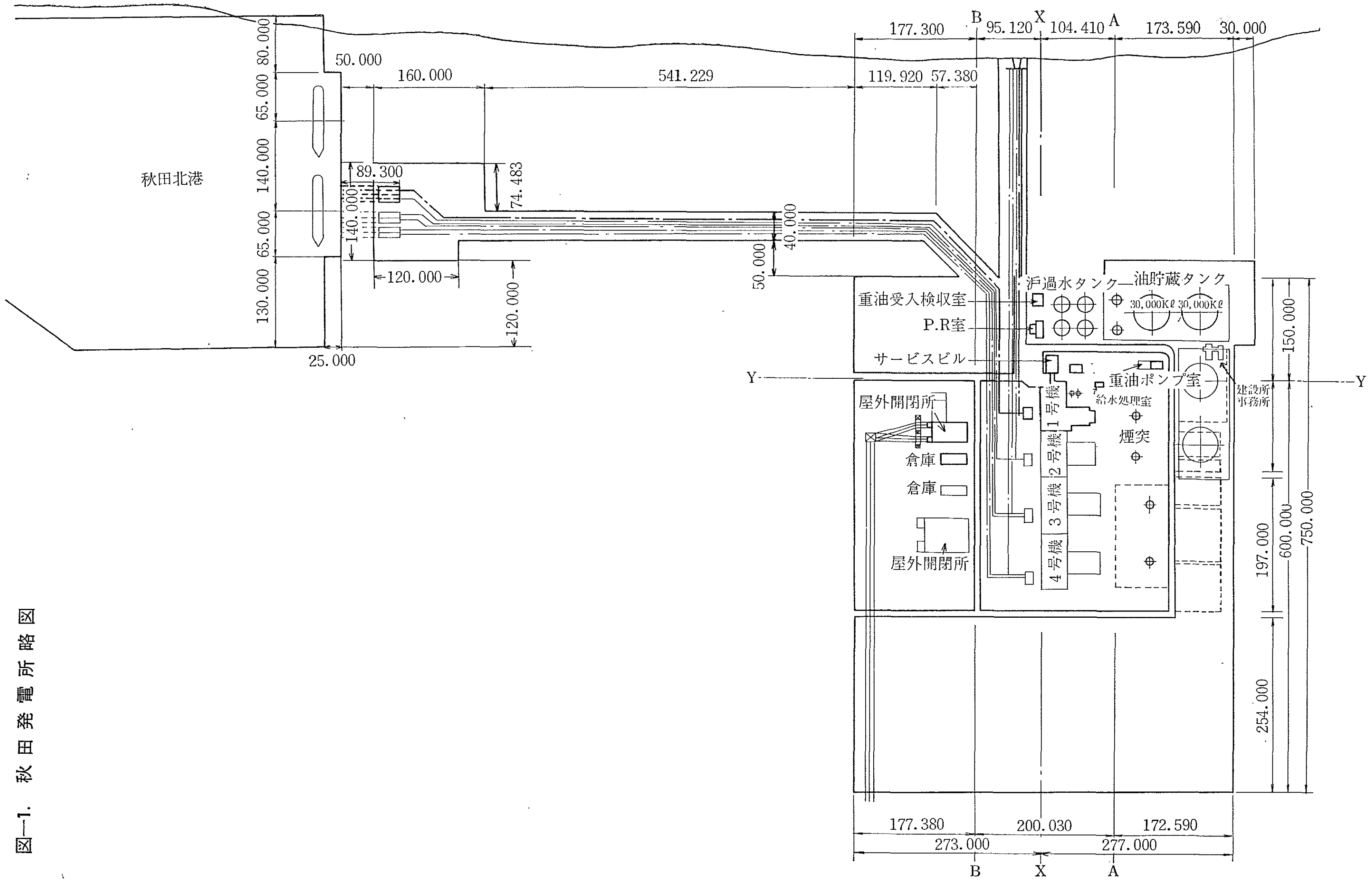
東北電力の設備出力は現在約340万ＫＷで，年率約10％弱の需要増加を示している。この情勢に鑑み，電力供給の万全を期するために，当社の北部電源基地として，秋田に最終規模約200万ＫＷを目途として，当面昭和45年度１号機，昭和47年度２号機をそれぞれ出力35万ＫＷで開発することとし，鋭意建設中である。

この計画の遂行により，東北北部地域はもとより，現在工事中の管内中央部の新仙台火力，南西部の新潟火力などと相俟って，東北全域に対するバランスのとれた火力供給力を配置でき，これにより供給信頼度の向上を期すと共に，ひいては東北全域の産業発展に大きな役割を果たすことが期待されている。

秋田火力発電所は，図−１に示したように内陸の発電所用地と，約１㎞離れた埠頭・取水口用地を，幅40ｍの冷却水路用地でむすんだ特殊な配置となっている。

冷却水路用地には，最終規模約60㎥/S，４～６条の冷却管のほか，送油管・取水口電気配線・点検道路などを設ける計画である。

冷却用水は，無圧水路により導水し，ポンプ

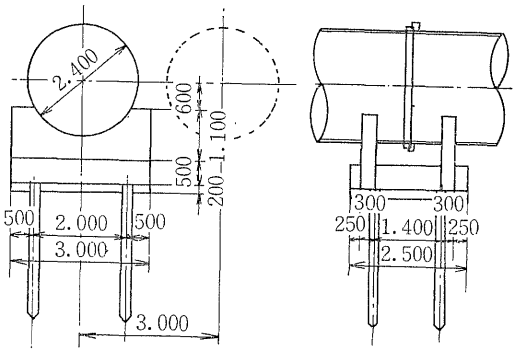

秋田北港
80.000
65.000
140.000
65.000
130.000
25.000
50.000
160.000
541.229
89.300
74.483
140.000
120.000
120.000
50.000
40.000
177.300
B
95.120
X
104.410
A
173.590
30.000
119.920
57.380
沪過水タンク
油貯蔵タンク
30,000Kℓ
30,000Kℓ
重油受入検収室
P.R室
サービスビル
重油ポンプ室
建設所事務所
給水処理室
Y
Y
屋外開閉所
1号機
2号機
3号機
4号機
煙突
倉庫
倉庫
屋外開閉所
150.000
197.000
600.000
750.000
254.000
177.380
200.030
172.590
273.000
277.000
B
X
A

図—1. 秋田発電所略図

室を本館入口に置く案と、ポンプ室を取水口に置き，圧力管路とする，いわゆるヘッドタイプがあるが，ユニットの建設ピッチとの関連において，増設工事の安全性と困難度，投資効率などを勘案すると，施工深さを浅くできる圧力管路をユニット毎に布設するのが有利と考えられた。

また，水路の保安上の問題および用地の有効利用の見地から管路は地上に出さず地下埋設管（内径2.4m）とした。

図—2.　埋設管支台寸法図



3.　ダクタイル鋳鉄管の採用

管の材質については，ダクタイル鋳鉄と軟鋼が考えられる。

ダクタイル鋳鉄管の技術については，全幅の信頼を寄せていることは，前述のとおりであるが，一方最近における実績を見聞すると，鋼管の技術信頼度もかなり上昇しており，両者に優劣をつけ難いので，土木工事費を含めて経済性を比較検討した。

当社のダクタイル鋳鉄管の支持方法は，図-2のような鉄筋コンクリート造り支台を継手部に設けることにより，漏水による洗掘事故に備えると共に，増設時の安全性をも確保する方法をとっている。

本地点においては，用地幅の制約があるので，鋼管の場合にも小支台を置いて配置間隔をつめることとした。これにより増設分の用地を確保でき，しかもオープン掘削工法によることができる。

故に本地点の特性を勘案すると，鋼管とした場合，土木工事費がダクタイル鋳鉄管に比し大差ないものとなり，しかも伸縮管（できればユニバーサルの）を設置する必要があるなど，その特質をほとんど失うため，ダクタイル鋳鉄管が総体的に有利と考えられるに至った。

秋田火力附近は，古来マグニチュード6から7程度の内陸地震が多発しており，至近距離に大地震が発生すれば，いかなる構造としても被害は免れないとは推測されるものの，新潟地震の時の復旧経験に徴し，短時日で簡易に補修可能なことも併せて考慮したものである。

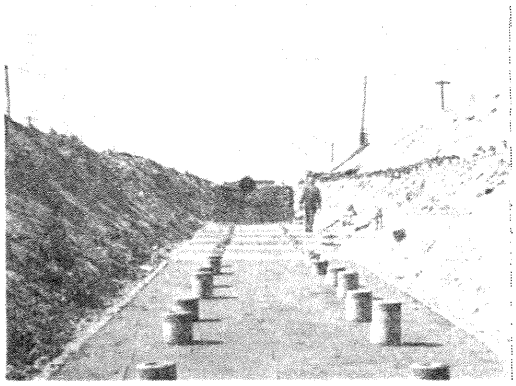
4.　ダクタイル鋳鉄管の据付け

亘長1.1kmの管路を片押しにて施行した。本地点は街路の埋設管などと異なり，有利な環境条件に恵まれたため，かなり能率の良い施工実績が得られている（写真1，2）。

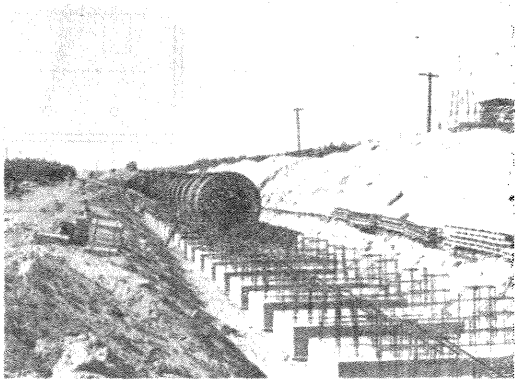
すなわち

a．直径2.4mの内面モルタルライニング管で

写真—1



写真—2



あるので，通常30トン吊以上の大型クレーン車により据付けることとなるが，仮設道路を管路沿いに管頂程度の標高に設けることによって，高差を少なくし，しかも足場が良いので，25トン吊クレーン車により据付けることができた。

b．上記工事用道路の海側の林道を活用し，道路を2本活用できたため，仮置などに便利であった。

c．レベルの決まった基礎があるので，木製キャンバーを10組ほど作り，管をのせた後水平に微調整を行なえば，すぐに芯出しを完了するため，据付け時間を短縮できた。

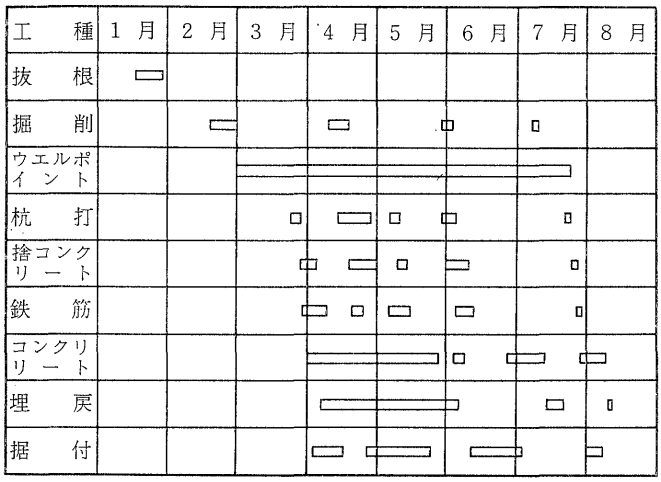
d．KF継手の施工速度が早かった。

e．管の搬入は据付け工程に合わせ，場合により数日間荷揚埠頭にストックし，必要分だけを順次現地へ搬入したため，小運搬は全く不要となり，経済的に仕上がっている。

f．ウエルポイントを5セット用意し，片方より連続設置し，各工種を順次施工できるに十分な延長を確保した。掘削は土砂の仮置場が近くに得られたので，スクレーパーにより十分先行して実施した。コンクリート支台の施工も管の据付けに支障ないよう実施した。すなわち，管の据付けがクリチカルパスとなるので，あらゆる状況を据付けに手待ちの出ぬように調整した。これが最経済な施工法となっている。月間約300mの速度で進んだので，でき上がった部分は順次埋戻し，ウエルポイントを打って替えして，据付け工程ができるだけ連続するようにした。

これらの好条件が重なり，1号水路の据付けは，月間最高84本，1日最高8本を記録した。

表—1. 実績工程表



表—2. 据付け実績

月	据付日数	据付本数	実働据付本数／日
4	20	84	4.2
5	23	83	3.6
6	21	65	3.1
7	2	11	5.5
8	7	23	3.3
計	73	266	3.7

5. おわりに

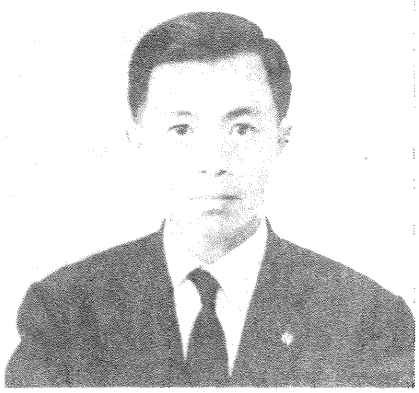
火力発電所は，大型化メリットの追求が厳しく，現在35万KW級が多く建設されているが，これも漸次60万KW級に移行し，昭和50年代には100万KWユニットも開発されることとなろう。これに応じて，冷却管径も漸次大きくなる傾向にある。この場合，ダクタイル鋳鉄管の製造範囲を超えるため，複数管路になると思われ，1管路の鋼管に比し，経済性では太刀打ちできないことが明らかである。これらの背景から，現在では，多くの電力会社が火力発電所の冷却管路として鋼管を採用し，あるいは鋼管の経験を重ねつつあるようである。

また，鋼管技術の最近の改良進歩は注目に値するところであり，今後の大型化の傾向の中において，ダクタイル鋳鉄管が，いくたの長所を内蔵しながら，さらに技術革新によって経済的に対応しうるよう開発されることを切望してやまない次第である。

▶事例研究◀——④

農業用水におけるダクタイル鋳鉄管の設計例について

内外エンジニアリング㈱調査課
杉森　勇



1.　はじめに

鋳鉄管協会から，農業用水における設計例について何か書くようにいわれたときには，どのような内容にするか，あまりにも広範囲にわたるため，実のところ困却したというのが実情である。その理由は，私どもが農業用水として設計に組み入れている鋳鉄管類は，ダクタイル鋳鉄管，あるいは石綿セメント管用鋳鉄管といったような，限られた範囲の種類のものであり，しかも畑地かんがい配管を主とした設計が多いため，圃場整備をも含めたすべての管路設計に共通したものとするには，あまりに抽象的になりすぎるきらいが強いと思ったからである。

そこで，本稿ではこれらの内容を広げずに，開拓パイロット事業など，最近著しく全国各地ですすめられている果樹園のかんがいのために必要な基幹送水管路の設計，とくにポンプ揚水による送配水管の考え方にしぼって，設計例を紹介することにしたいと思って，拙文ではあるが，筆をとった次第である。

2.　送配水管設置計画からみた樹園地かんがい事業の特徴

さて，わが国ですでに開墾されている果樹園や今から開墾しようとする樹園地について，配管計画の面からみると，設計に際して二つの非常に違った特徴に気づくことと思われる。

その一つは，果樹園形式の条件が気候（気温，雨量）に左右されるため，果樹栽培適地では特産地形成上まとまる必要があり，比較的急峻な山腹から山頂にかけて，栽培団地としてむりと思われる点があっても開かれているのが普通であり，日本特有の地形の起伏，うねりとい

ったものと渓谷を境としたような形で，県営事業はいうに及ばず，国営事業でも受益面積の中が，数ブロックの部落または集落単位の営農集団にわかれているのが普通である。

これらを私どもは営農集団ブロックと呼んでいるが，比較的面積の広いところでも，500ha前後，普通の場合では300haといった面積単位の営農集団となっているようである。

そうすると，用水量と管口径の関係をみるに，愛媛，和歌山といった比較的保水力の小さい土壌のところでも，1回の純かん水量は30㎜内外は保留できるから，日消費量5㎜としたとき，

500ha営農集団の基幹パイプ口径は→ϕ500㎜
注1）
V≒1.95m/s

300ha営農業団の基幹パイプ口径は→ϕ400㎜
V≒1.82m/s

単位用水量 $q=\frac{5\text{㎜}\times 10,000}{86.400\times 1,000}\times\frac{1}{0.80}\times\frac{1}{0.95}$
$=0.000762\text{㎥/sec/ha}$

ただし　0.80；かんがい効率　80%
0.95；配水効率　95%
5㎜；日消費水量
24時間かんがいの場合
Q500≒0.382㎥/s
Q300≒0.229㎥/s

といったように，昼間かんがいピーク時（15～18時間）の場合でも，そのほとんどがϕ700～ϕ200㎜の管径に該当している。いま，K社資料に基づいて作成したダクタイル第3種管の価格を100とした比較図からみると，ポンプ送水管では，上述の管口径の関係からダクタイル鋳鉄管が私達の計画上，非常に重要な位置を占めていることに気づかれると思われる。なぜならば，ϕ700～ϕ200㎜の範囲内でも他の管種の適用も考えられるが，下記に示すような理由で，あまり有利な使い方ではない。

ＳＰ（Steel Pipe 鋼管）；現場熔接作業など仮設工事割高のためϕ700㎜からはじめて比較の対称となることが多い。

ＳＧＰ（ガス管）；末端配管に使用するが，割高で，中口径には適さないことが多く，継手にも問題がある。

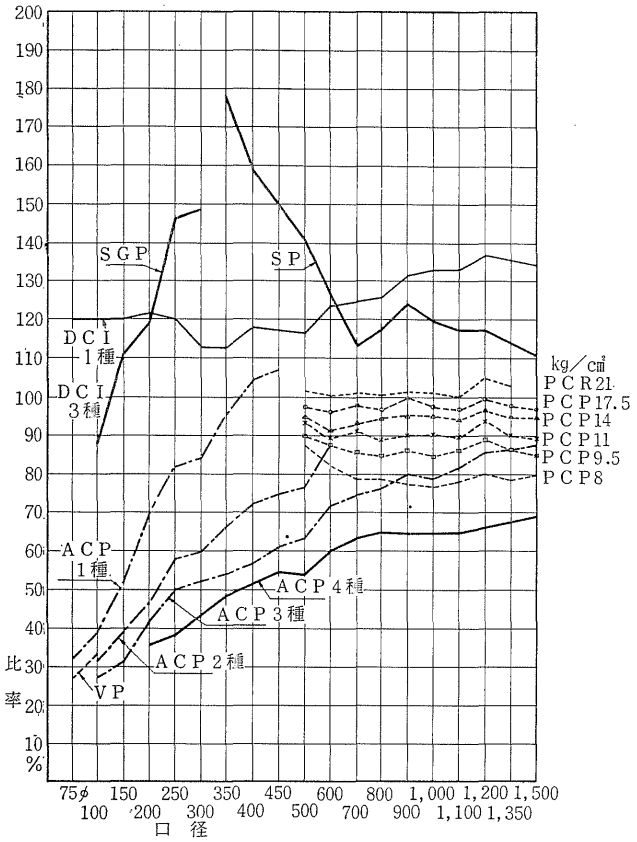
ＡＣＰ（石綿セメント管）；ＤＣＩ第3種に相当する管種としてはＡＣＰ第2種および第1種があって，価格的には問題はないが，ポンプ系送水管の過渡現象の中で負圧の発生時に問題が多いので，自然流下系に使用されることが多い。

ＰＣＰ（プレストレストコンクリート管）；ダクタイルよりも管の価格自体は低廉であるが，急傾斜地帯への運搬作業が非常に困難で，仮設費に多額の経費を要し，不適の場合が多い。

ＤＣＩＰ（ダクタイル鋳鉄管）；ダクタイル第1種～第2種でϕ700～ϕ500㎜の場合，鋼管との比較が必要である。

従って，樹園地かんがいのポンプ送水管に使用する管種は，ϕ200～ϕ700㎜のダクタイル鋳鉄第3種管の適用範囲をいかに上手に利用する

図—1.　農水用パイプ価格比較図

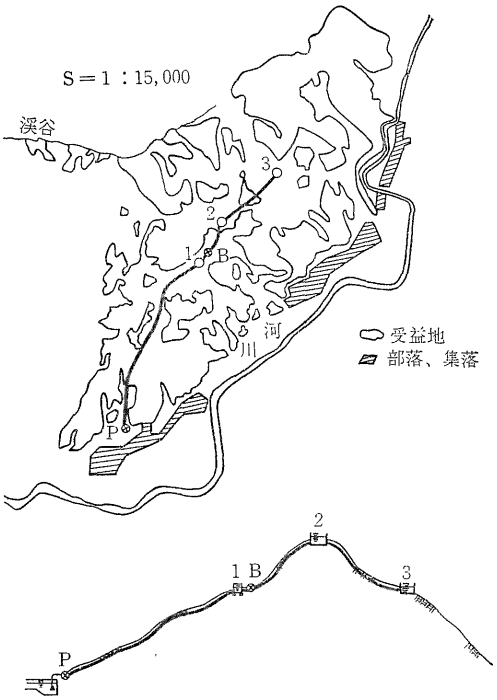


か，そのプランの巧拙が直接工事費に反映されるであろう。

このことは，次の特徴と関係してくるので，よく覚えておいていただきたい。

次に，第二の特徴としてあげられる点は，前述の受益集団ブロックの比高差の値が，100～300mを示すものが，そのほとんどを占めていることである。これは果樹園の傾斜利用度が5°～30°であるために，必然的に起こってくるものであるが，最近の開拓パイロット事業のような場合では，むしろこの比高差が200m以下となることの方が少ないようである（開拓パイロット区は樹園地新規造成という目的で傾斜の緩い山林はすでに果樹園として利用されていることが多いため）。しかも，これらの地形は第2図に示すように，丘陵台地をなしている緩傾斜地の先端には受益地が樹枝状形とか，離散状形に展開しているのが普通の形のようである。

図—2.　和歌山県における典型的な離散形樹園地例

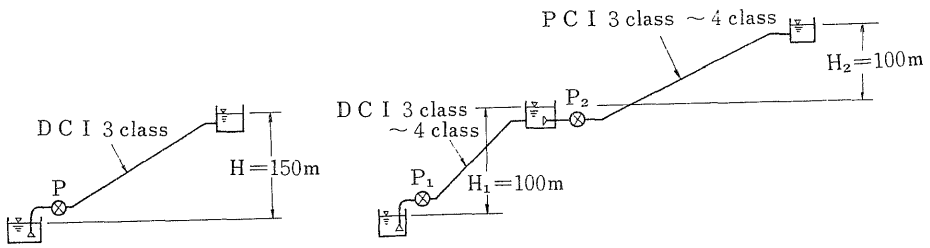


このような果樹園に送配水する場合は，送水効率のよい配水槽式，すなわち低地のポンプ場から最高台地までポンプで揚水し，その地点から散水地域に送水する方式を一般に採用しているが，この考え方にいろいろと異なった意見がわかれているので，迷っておられる方が多いようである。それは，このような送配水計画が配管の耐圧強度とポンプ運転設備費および運転経費とのかねあいや，保守面での操作の難易も考慮して，その立地条件にもっとも適合した方式を技術，経済両面から検討して，それぞれ独自のものを決定しているからである。

しかし，このような形が決定されるまでにはプランナーによって，いろいろと予備設計が行なわれるのが普通であるから，その基本的考え方を誤らずに計画をすすめることが非常に重要である。

まず，一般的には，ポンプの一段揚水の目安は片吸込，または両吸込多段ボリュートポンプの汎用性（4P）と，末端配管に使用する安価な合成化学パイプ（約95%までが硬質塩化ビニールパイプを使用している）の耐圧強度との関係から，揚程100mを標準として設計されているが，さらに高地へ揚水する必要を生じた場合，図-3（b）のような形で二段送水する形をとっている。そうすると，送水管の管種は静水頭100mに対する水衝圧を5.5kg/cm²とした場合，φ600㎜以上はダクタイル第4種管，φ500㎜以下はダクタイル第3種管の採用となって，ダ

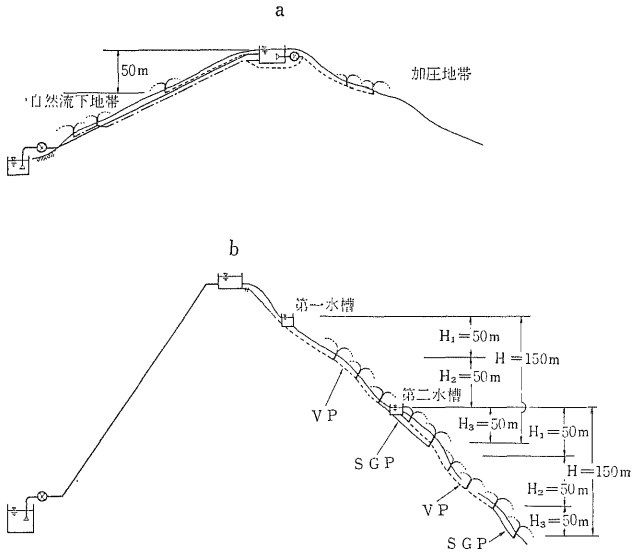
図—3.　ポンプ送水方式概要



クタイル管使用上にはなんら問題はない。

しかし，実際には末端配管の耐圧強度範囲内を100m として設計した場合に，重複配管がはなはだしく増え，結果的には経済的な配管設計となり得ないことが多いことから，図-4（b）のように鋼管（ＳＧＰ）の使用も組み合わせて，揚程150m を一段揚水のポンプステーションの目安にしている計画事例が多い。例えば，和歌山，静岡，愛媛などの果樹園の先進県では，実際に150m を目安にして設計をすすめているなどはこの例である。

図—4.　末端配管とポンプステーション位置の関係（スプリンクラノズル圧 4.2kg/cm² とした場合）



配管計画の面からだけでは，この場合でも管種選定表（表-1参照；鋳鉄管 No.4, P.84より引用抜粋）によれば，ダクタイル第3種管の適用で足りるので問題はないが，ポンプ設備をも考えたとき，必ずしも経済的な設計になっていないというのが実情ではないだろうか。なぜならば，2段送水のためにポンプ機場を1個所増設するたびに，表-2 に示すような多額の配電盤を最少限必要とするので，管

表—1.　高圧ダクタイル鋳鉄管管種選定表

布設状態　平底溝（2θ＝60°）
輪荷重　20tonトラック2台同時通過，衝撃に対して50%増
衝水圧　5.5kg/cm²

土被り(m) / 静水圧 kg/cm² / 管径	2.4				2.1				1.8				1.5				1.2			
	25	20	15	10	25	20	15	10	25	20	15	10	25	20	15	10	25	20	15	10
200	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
250	1	3	3	3	1	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3
300	1	3	3	3	1	3	3	3	1	3	3	3	1	3	3	3	1	3	3	3
350	1	1	3	3	1	2	3	3	1	2	3	3	1	2	3	3	1	2	3	3
400	1	1	2	3	1	2	3	3	1	2	3	3	1	2	3	3	1	2	3	3
450	1	1	2	3	1	2	3	3	1	2	3	3	1	2	3	3	1	2	3	3
500	1	1	2	3	1	2	3	3	1	2	3	3	1	2	3	3	1	2	3	3
600	1	1	2	3	1	2	2	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
700	1	1	2	3	1	2	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
800	1	1	2	3	1	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
900	1	1	2	3	1	1	2	3	1	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4
1,000	1	1	2	3	1	1	2	3	1	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4

（注）1．表中1．2．3．4．の数字は1種管、2種管、3種管及び4種管を示す。
（350φの2種管管厚は7.0mmとする。）
2．高圧部

表—2.　ポンプ設備に必要な配電盤等電気機器（高圧受電の場合）

番号	電気器具名	数量	配置場所			単価	金額	備考
			配電盤室	操作室	現場			
1	高圧引込盤	1面	○			千円 600～650	千円 600～650	
2	高圧受電盤	1面	○			900	900	
3	変圧器2次盤	1面	○			850	850	遮断器含み
4	高圧電動機盤	必要数	○			850	1,700	2台並列とする
5	受電機盤	1面			○	500	500	
6	低圧動力電灯盤	1面～2面	○			500	500	電灯、電動弁、真空ポンプ等低圧動力用
7	継電器盤	1面～2面	○			400	800	ワンマンコントロールリレー用
8	ベンチ型操作盤	1面		○		1,300	1,300	モーター1台当り300千円 受電盤一面当り 700千円
9	現場操作スタンド	1面			○	100	100	現場単独運転操作用
10	直流電源盤			○		1,700	1,700	遠隔制御のための直流電源
11	流量積算記録計			○		600	600	
	計						9,600	リレー配線を含めて 10,000千円が必要

種の選定にいろいろと配慮してみたところで，これらの設備費の方に大きく左右されてしまって，比較検討が無意味になってしまう場合が多いからである。

従って，各コンターに平均的な圧力を加えるように，水槽を小分けにしてポンプの動力を小さくするという考え方の設計がしばしば見受けられるが，これはポンププラントとしての合理化が検討されていない片手落ちの経済設計であるので，今後の計画には考えなおした方がベターである。私達の周囲には，案外とこのような管路計画の合理化の中で，基礎的な条件である重要な送水プラントの合理化をみすごしている場合が多いのは，大いに反省すべきであろう。

しからば，実際にポンプメーカーなどは揚程の目安をどのあたりにおいているかというと，多段ボリュートポンプの範囲[注2)]のうちで，比較的汎用機種とみられる低圧形の輪切り形多段ポンプや上下二つ割形多段ポンプの揚程200～250mと揚水量1 m³/min以下，3 m³/min～30 m³/minを区切りとして，吸込形式（片吸込と両吸込の区別）の経済性，台数選択などを加味して決定している。

さらに，少容量（ここでは約1m³/min，以下をいう）高揚程（800m揚程）のときには，特殊耐圧金属を使用した高圧形輪切り[注3)]形多段ポンプを計画することもある。しかし，このような特殊品には，いろいろと技術上の問題点も残されているので，一応揚水量は10 m³/minまで，揚程200～250mを一段揚水とした場合が，最も無難な計画であることが多いようである。

このときに水衝圧を管種選定表（表-1）と同じように5.5kg/cm²としたとき，静水圧20～25kg/cm²の条件下では，小口径管を除いてダクタイル第2種管または第1種管の適用となって，鋼管と対比せしめてダクタイルを採用した妙味が非常にうすれてしまう。また，比高差が200～250mでは，末端配管に重複配管が多くなって，割高な配管設計となるのではないか，さらにポンプが急停止した場合，ウォーターハンマーによる水圧上昇は，5.5kg/cm²の見込み水衝圧よりも大きく発生して，管種としてはダクタイル第1種管を採用する可能性の方が大きいのではないか，あるいは鋼管を一部共用としなければならないのではないかという疑問が生じてくる。

このように，樹園地の高揚程ポンプ送水では平地における送水方式と異なった特徴が存在するので，一般的な方法で計画をすすめることが不可能であったり，特別な配慮を必要とする。

これらの設計作業の手順で，どのような点に配慮しなければならないかについて迷われる方が多いと聞いているので，近畿の代表的な国営パイロット事業の設計事例を具体的にあげ，その適用方法を述べてみたいと思う。

3. 高揚程ポンプ送水配管の設計例

開拓パイロット事業の中で，最も代表的な高揚程送水計画の設計作業に従事した内容の中で，その設計諸元を具体的に示せば，表-3 の

表—3. 高揚程送水管路内圧

種別＼機場別	A	B	C	D	E	F
送水方式	二方向一段揚水	一段揚水	二方向一段揚水	二段揚水一段目	二段揚水押込二段目	二段揚水押込一段目
全揚程(m)	140	79	160	209	168	320
実揚程(m)	126	67	148	190	150	303
吐出量(m³/min)	7.14	3.84	14.16	10.26	5.34	7.44
管口径(mm)×延長(m)	φ350 ×678	φ300 ×1,190	φ400 ×1,182	φ350 ×780	φ300 ×1,850	φ350 ×1,300
水撃最高圧(m)	238	116	264	295	235	413
静水圧(kg/cm²)	12.6	6.7	14.8	19.0	15.0	30.3
水衝圧(kg/cm²)	11.2	4.9	11.6	10.5	8.5	11.3
水衝圧の割合(%)	70	47	67	42	40	29
	89	73	79	55	57	36
水撃計算図	第5～1図	第5～2図	第5～3図	第5～4図	第5～5図	第5～6図
適用管種	DCI 3種	DCI 3種	DCI 3種	DCI 3種	DCI 3種	DCI特厚 ℓ=300m DCI 3種 ℓ=1000m
管種選定表(第2表)による適用管種	DCI 2種	DCI 3種	DCI 1種	DCI 1種	DCI 2種	DCI特厚 DCI 1種

(註) 水衝圧の割合(%)の上段は静水圧に対する割合であり、下段は全揚程(動水圧)に対する割合である。

図-5-1. ポンプ出口の水撃過渡現象（Aタイプ）

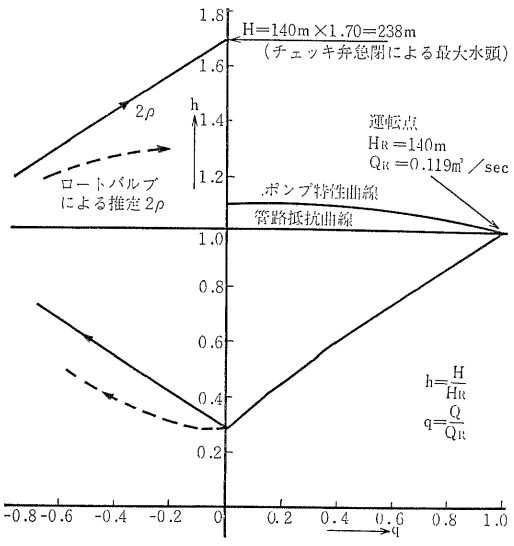


図-5-2. ポンプ出口の水撃過渡現象（Bタイプ）

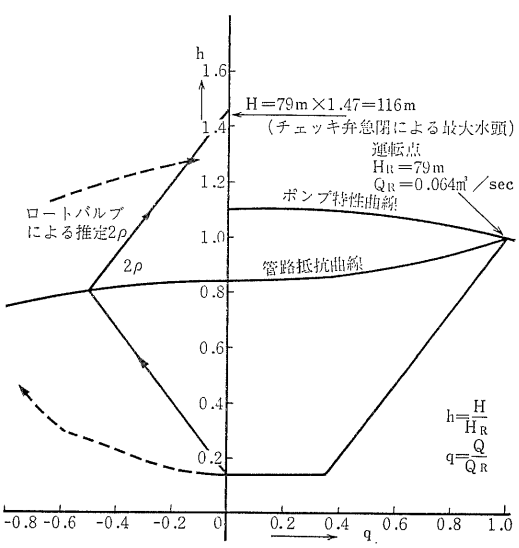


図-5-3. ポンプ出口の水撃過渡現象（Cタイプ）

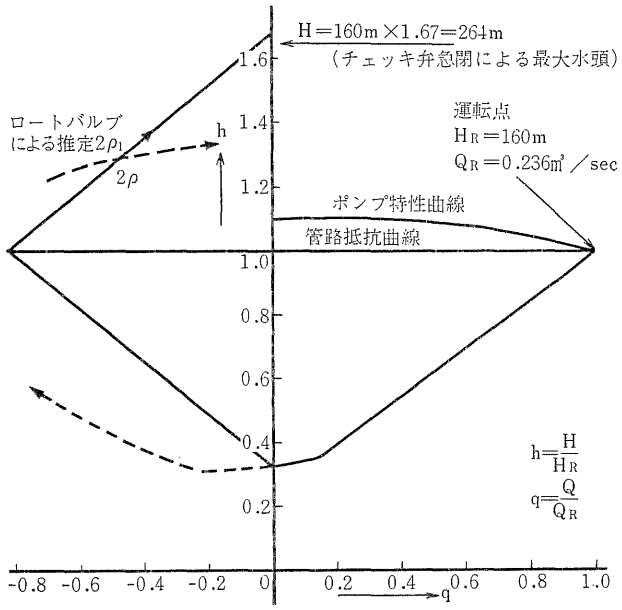


図-5-4. ポンプ吐出口の水撃過渡現象（Dタイプ）

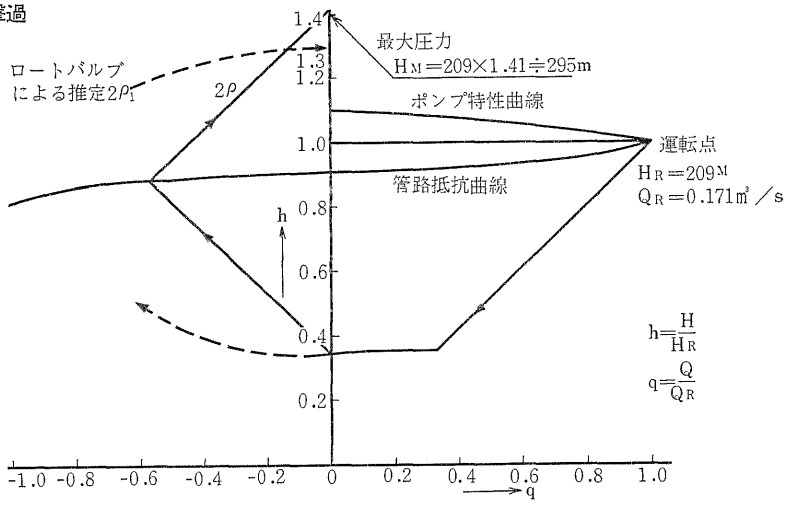


図-5-5. ポンプ吐出口の水撃過渡現象（Eタイプ）

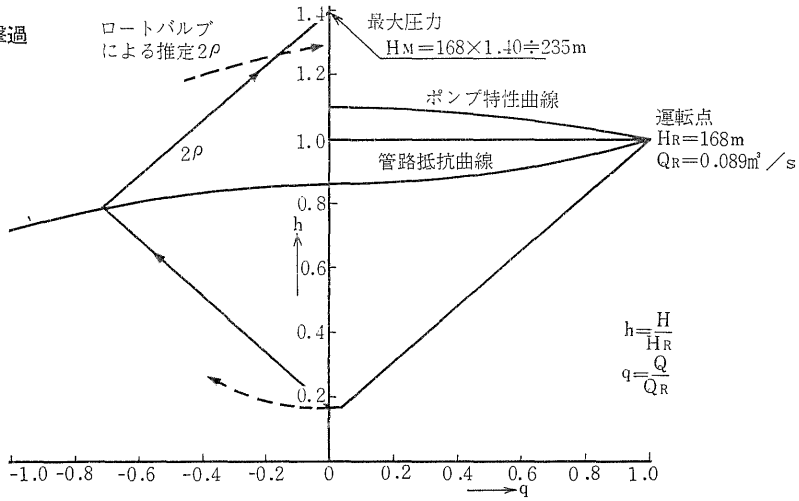
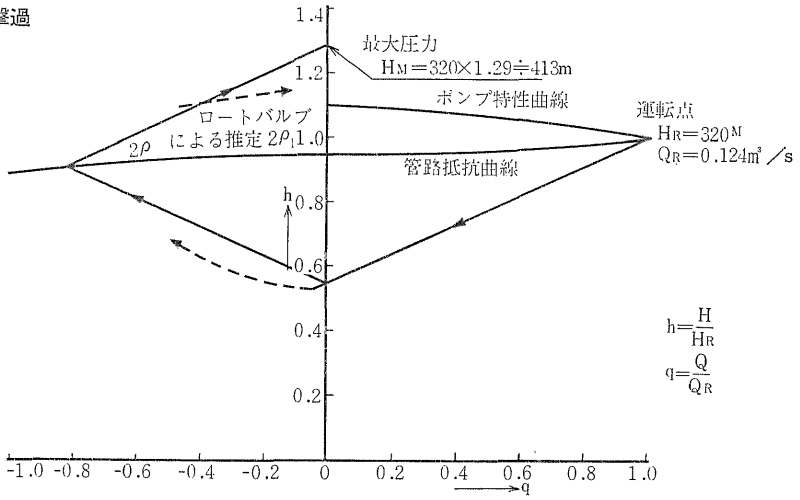


図-5-6. ポンプ吐出口の水撃過渡現象（Fタイプ）



とおりである。この設計諸元の中に算定されている最高圧力とは，K社のご好意によりコンピューターによって水撃計算をしたもので，図-5はその結果を示したものである。

前述の計算例の中で，表-3 の適用管種と，表-2 による管種選定との違いをみると，次の理由によって決定されていることがわかると思う。

（イ） 管種の選定計算

ダクタイル管種選定の基準式は支承角 60° とした場合に

$$t=\frac{(1.25Ps+Pd)+\sqrt{(1.25Ps+Pd)^2+8.4(0.223Wf+0.011Wt)S}}{2S}d$$

で管厚を計算するよう指示されているが，この中で埋設条件に大きな条件の違いが生じているので，これを現実の条件に適合させたものにしなければならない。すなわち，一般に，管厚は20tonトラック 2 台同時通過：衝撃 50%増，衝水圧5.5kg/cm²，埋設条件土被り 1.2m～2.4m という条件で計算されているが，急傾斜果樹園では，全くこのような条件があてはまる場合は少ないためである。それは，

(i) 急傾斜に配管する際，外荷重の中のトラック荷重はせいぜい 2 ton 車～4 ton 車の 1 台通過止りであって，30°～40°の基幹急傾部では 0 とみなしても差支えないといった状況が多いので，管底の応力を示す0.011Wtは考慮しなくても十分であるということである。

(ii) 埋設土被り厚さの最少値は 1.2m であって，これは公道下における土圧分布を考慮したものであり，2 ton車～4 ton車 1 台のみのトラック荷重であれば最少土被り厚さは0.70mでも問題はほとんど生じないと思考されることである。

(iii)さらに管路送水中の過渡現象の中で最も影響をもつ水撃圧の発生と外荷重の最悪条件が重なったときに起こる異常事態は，稀有に過ぎないということである。すなわち，外圧と内圧とが同時に起こることは非常に確率が少なくて，しかもこのような事態が発生した場合でも，良好な埋設が行なわれておれば，内部応力的には側圧が相殺する方向にあるので，過大な安全をとって不経済な設計をする必要がないということが指摘できよう。

(iv)また，トラック荷重が，14ton～20tonである主要道を管路が横断する場合であっても，管自体に直接外圧がかからぬようなコルゲート保護カバーあるいは暗渠蓋を設置するようにすれば，部分的な安価な保護工で破壊防止の目的を達することができる。

このような計算条件を配慮した場合に，管厚計算式は次のように修正される。

〔計算式〕

土被り厚さ；0.70m，路面荷重；0，支持角；60°

$$t=\frac{(1.25Ps+Pd)+\sqrt{(1.25Ps+Pd)+8.4\times0.223Wf\cdot S}}{2S}d$$

$$T=(t+2)+1\,mm$$

ただし　T；公称管厚(mm)
2mm＝腐食代，1mm＝鋳造公差
t；計算管厚(mm)
Wf；土被りによる土圧(kg/cm²)
ダクタイルハンドブック 図-76 による係数αを引用して計算する。
S；ダクタイル管抗張力＝3,800kg/cm²
d；管径（mm）

〔計算例〕

項目 / 種別	最高圧	t	T	最適管種（ポンプ出口）
	kg/cm²	mm	mm	
D	29.5	3.6	3.6+2+1=6.6≒6.5	ダクタイル第3種
E	23.5	2.6	2.6+2+1=5.6<6.5	〃
F	41.3	4.86	4.86+2+1=7.86	特厚管 8mm

注：土被り厚さが小さいため，土圧は垂直公式によっている。

（ロ） 配管上の問題点

i）水撃圧の緩和

上記の水撃圧は，スモレンスキー逆止弁を使用しての計算である。ダクタイル管種の選定上，外圧条件はおのずから埋設地の立地条件によって決まるので，内圧＝水撃最高圧が管厚決定の大きな左右要素となってくる。このような高揚程ポンプ系の過渡現象では，ポンプを小型化するため流速を早くとらなければならない傾向にあるのでますます水衝圧の増加からどうしても静水頭の50%は計上しなければならないことが多いようである。これらの水衝圧緩和のために，一般的な方法としては，フライホールによる慣性効果を利用することや緩閉チェッキ弁を使用することが主な方法であるが，高揚程になればなるほど効率との関係から高速回転になってフライホイルの GD^2 に期待するのはモーターの起動動力から制限され，フライホイル効果は薄いといえよう。このようなポンプ設計に際して，当社では最近売出されているロートバルブを使用して，水衝圧の緩和を30%以内に押えるように努め，極力ダクタイル第3種管を適用するようにしている。今，既設管の管厚のままで，水衝圧を静水圧の30%内に押えうるものと仮定し，埋設土被り深0.70mとして管口径による最大静水圧を逆算したものが表-4である。果樹園地への送水では，この最大静水圧を目安としてポンプステーションと配管の関係を検討すれば，合理的な管路計画と経済的なポンププラントの設計が可能といえよう。

表—4

管口径	管種	公称管厚	実管厚	最大静水圧
mm	種	mm	mm	kg/cm²
75	3	6.0	3.0	97
100	〃	〃	〃	72
150	〃	〃	〃	46
200	〃	〃	〃	33
250	〃	6.0	3.0	25
300	〃	6.5	3.5	24
350	〃	〃	〃	19
400	〃	7.0	4.0	〃
450	〃	7.5	4.5	〃
500	〃	8.0	5.0	〃
600	4	8.5	5.5	17
700	〃	9.0	6.0	15
800	〃	10.0	7.0	16
900	〃	11.0	8.0	〃
1000	〃	12.0	9.0	17

ii）末端配管との関連

基幹送水管の合理化によって経済的な設計が行なわれても，途中分水が不可能であれば重複配管による末端配管費が割高となって，もとのもくあみになってしまう恐れがある。これにも最近利用されだしたネルピック社のデスクバルブを適用すれば，送水ポンプの圧力の変動に関係なく常にパイプ耐圧強度内の一定水位を保持し，しかも下流所要流量に応じて配水をすることができるという特徴がある。このような新機材の開発とあわせて計画を検討すれば，よりいっそう合理的な管路計画が確立されよう。

4. まとめ

一般に農業用管路計画は，開水路に比べて割高であるといわれている。しかし，これらは管自体の価格とか，工事費が高いということもあるが，その計画を担当するものによってかなり幅があると思われる。

例えば，よく耳にすることであるが，低圧のパイプの使用と発注条件を困難にする場合があるが，材料を値切ったり，あるいは品質を落と

したりする方法でできるコストダウンはせいぜい10%がせきの山というところであろう。

これよりも既成品の中で多く使われる可能性のある製品，例えばＤＣＩ３種管のようなパイプを使用する方法，換言すれば同一規格のパイプにしぼって量産体制を作るとか，あるいは山頂，山腹への運搬方法を容易にする機械施工方法の開発といった流通体制の整備といったようなやり方によっては，50%近くもコストダウンすることは，決して不可能ではないと思考されることである。今後流体力学的な要素も含め，この技術開発がコストダウンにつながるといっても過言ではないであろう。

次に今後の配管は自動化を，まず前提に作業をすすめなければならないと思う。その際，あまりにも１ｍ当たりの施工費を節約せんがため，かえって不経済となったり，いつまでも自動化の障害となることがある。

これは圃場整備での事例であるが，地下水が高いために，ウエルポイント工法で完全埋戻しを心要とし，１ｍ当たりの施工費が高くつき，水中掘りをした結果，配管工事中に泥が入り，バルブ操作が思いのままに行かないとか，埋戻しが含水量多いままブル施工されたので，ジョイント毎に屈折して漏水し，手直しに多くの期間と経費を要したうえ，現在でもその危険性が残っているということ，さらに掘削後，地下水位の上昇に伴い側壁の崩壊によって土量が倍ほど増加し，その基礎が不安定になったことなどは，その最も典型的な例である。やはり，施工上必要なことは完全にし，むしろ計画面の合理化においてむだをなくした方が賢明だと思われる。

また，配管上大切なことは，安価で所要の耐圧強度に適することも大切であるが，一方，施工が容易で継手に信頼を有することも大切である。

従って，今後配管計画をする以上は，パイプの価格のみならず，布設条件，送水条件など総合的な視野にたった検討の上で，表-１に示すような，同一耐圧のパイプ比較によって適当な管種を選定することが大切であるという点を強調して筆をおきたいと思う。

注１）

ポンプ送水における経済的動水勾配が扉田博士によって発表されているが，この経済流速，口径等算出の基礎になった条件は，現在とではかなり仮定に矛盾を生じていて，とくに農業用水では水道のように終日運転ではないのでそのまま適合しえない場合が多く，この流速をもって設計をすると不経済といわれている。従って，仮定条件に新しい自動運転（遠隔操作）を加味した経済的動水勾配（流速）を算定しなおした値であるが，後日他誌上を借りて発表の予定である。

注２）

多段ボリュームポンプには，普通汎用性のものとして，次の機種にわけられる。

(イ)多段渦巻ポンプ(4P)…Q≒0.1m³/min～3m³/min
H≒20m～120m

(ロ)両吸込渦巻ポンプ……Q≒3m³/min～350m³/min
H≒8m～80m

(ハ)輪切り形多段ポンプ(低圧形)…Q≒0.1m³/min～1m³/min
H≒120m～250m

(ニ)　〃　(高圧形)…Q≒0.1m³/min～1m³/min
H≒200m～800m

(ホ)二つ割形多段ポンプ（低圧形)…Q≒3m³/min～30m³/min
H≒80m～220m

(ヘ)　〃　(高圧形)…Q≒1m³/min～5m³/min
H≒120m～1,000m

この形の中で低圧形，高圧形といっているのは低圧電力(≒37kw以下)，高圧電力（≒40kw以上）という意味をさすものではない。これはポンプ自体にかかる水圧に対する区別であってグランドパッキン構造，ポンプ本体の耐圧材料，メカニカルシール継手など水圧に対して耐圧強度に適合する合金を使用してポンプが製作されるので区分けされたものである。これ以上の高揚程には，バレル形多段ポンプというものもあるが，経済的な設計をするためには，低圧形の範囲でとどめた方が無難である。

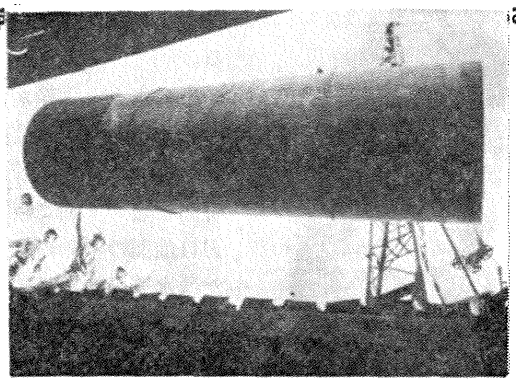
注３）参考文献

(イ)鋳鉄管No.１～No.４；日本鋳鉄管協会
(ロ)ポンプ（その設備計画，運転，保守）；日本機械学会水力学，水力機械部門委員会編
(ハ)ポンプと電動機；エバラ製作所，南俊悟著
(ニ)ダクタイル管ハンドブック（改訂版）；久保田鉄工株式会社
(ホ)農業土木学会誌
(ヘ)配管Vol.１～Vol.４；日本工業新聞社

鋳鉄管第6号

昭和44年3月

特集 1



推進工法用ダクタイル管の開発

日本鋳鉄管協会技術専門委員会
副委員長 宮岡　正*・委員 宮本　宏**・委員 根本行康***

軌道，河川，道路横断あるいは市街地など，開削して管路を布設できないところでは，従来はヒューム管などの鞘管を押し込んだ後本管を引き込む工法，また最近では特殊鋼管を直接押し込む工法がとられている。
一方，水道で広く使用されているダクタイル管は，継手部が突出していること，自由に屈曲することなどの理由から，いままでこれら推進工法には使用されていなかった。
しかし今回，このような点を解消し，直接押し込んで管路として使用でき，しかも施工性が優れているため工期も短縮できる――というダクタイル管が開発された。そして，水道管路の工法に外国でも例をみない新しい領域が加えられ，注目をあびている。

1. 管および継手の各種構造と機能試験

推進工法管に要求されることは，
(1) 水密性に優れている
(2) 管，継手とも推進力に対し十分な強度をもっている
(3) 管の外面に推進の障害となるような突起物がない
(4) 管，継手とも作用する曲げモーメントに対し十分耐えうる
(5) 施工性に優れている
(6) 従来の管との互換性がある
等であり，これらを基本として開発を進めた。

1-1 各種構造

構造-1　O-Ⅰ形（内カラー継手）

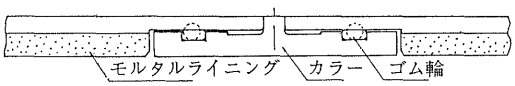


図-1　O-Ⅰ形構造図

内カラー継手であり，丸ゴム1個で水密性を保ち，推力は管端面からカラー凸部を通じ一方の管端面へ伝達される機構になっている。

構造-2　O-Ⅱ形（内カラー継手で離脱防止機構を附加したもの）

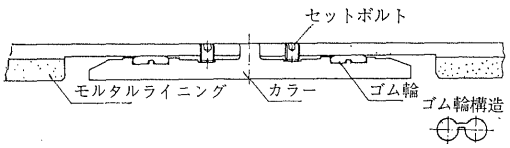


図-2　O-Ⅱ形構造図

内カラー継手で，水密機構は俵型のゴム輪を圧縮し，水密性を保つ形式であり，離脱防止機構は管外面からボルトをネジ込み，これをカラーの溝にはめ込む形式のものである。

また，万一漏洩した場合，内面から補修できるような機構になっている。

構造-3　O-Ⅲ形

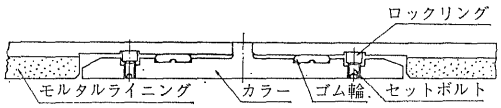


図-3　O-Ⅲ形構造図

O-Ⅱ形と同様であるが，離脱防止機構はUK，KF継手と同じようにロックリングを使用した形式のものである。

構造-4　UF形（Rigid Typeの内面継手）

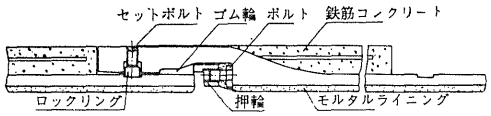


図-4　UF形構造図

UF形離脱防止継手管の管体部に鉄筋コンクリートを巻きたてて，受口部と管体部の外径を均一にした形式のものである。

一方，継手部はロックリングによって挿口側と受口側が強固に掛け合わされているため，大きな推力，曲げモーメントに耐えられるような構造になっている。

構造-5　U形（Flexible Type の内面継手）

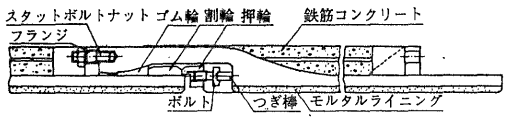


図-5　U形構造図

U形管の挿口外面に溶接したフランジと受口をボルトで固定することによって挿口側と受口側が一体化し，曲げ強さを持つとともに推力も伝達され，しかも，推進完了後に地盤変動等で継手部に大きな外力が加わると，ボルトが破断して Flexiblity を取り戻す構造になっている。

一方，管体部には鉄筋コンクリートを巻きたてて，受口部と管体部の外径を均一にした形式のものである。

1-2　機　能　試　験

1-2-1　水密性試験

各継手の水圧試験結果を表-1に示す。

表-1　水圧試験結果

継手形式	口 径 mm	負荷水圧 kg/cm²	継手の状況
O-Ⅰ	1100	15	異常なし
O-Ⅱ	1100	15	〃
O-Ⅲ	1000	15	〃
UF	1000	25	〃
UF	1500	25	〃
UF	2000	22*	〃
U	1000	25	〃
U	1500	25	〃
U	2000	20*	〃

（注）＊盲蓋の関係からこれ以上水圧を負荷できなかった。

1-2-2　曲げ剛性

(a)　試験方法

図-6のように接合した管を2点で支え，中央部に載荷して強制的に曲げ荷重を与え，継手部の抜け出し量および発生応力を測定した。

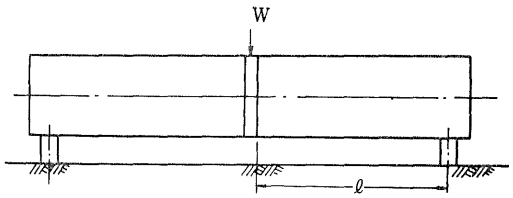


図-6-1　O形曲げ試験方法

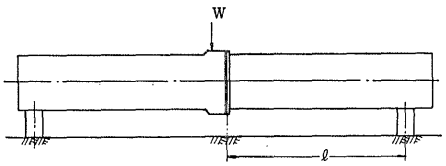


図-6-2　UF形，U形曲げ試験方法

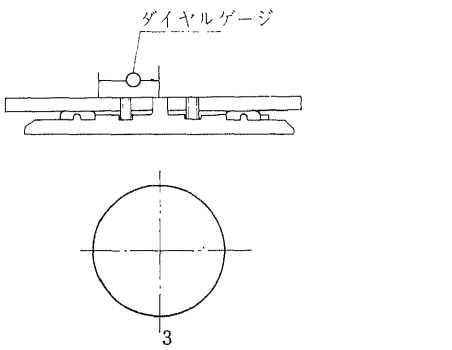
(b)　試験結果

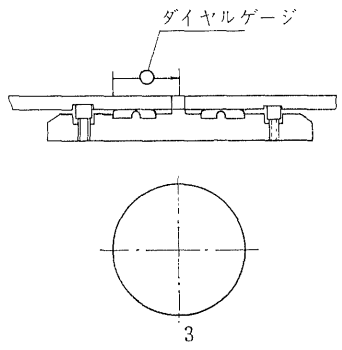
i)　曲げモーメントと抜出量

表-2，図-7に示す。

表-2　曲げモーメントと抜出量

継手形式	口径 mm	荷重 ton	曲げモーメント ton・m	継手部の状況	継手部最大曲がり角度
O-Ⅰ	1100	自重	—	継手部抜け出し	—
O-Ⅱ	1100	26	32.5	破壊その他異常なし	25.9′
O-Ⅲ	1000	90	157.5	〃	13.0′
UF	1000	80	200.0	〃	13.9′
UF	1500	80	120.0	〃	4.8′
UF	2000	80	144.0	〃	4.5′
U	1100	50	125.0	〃	13.6′
U	1500	90	200.0	〃	5.8′





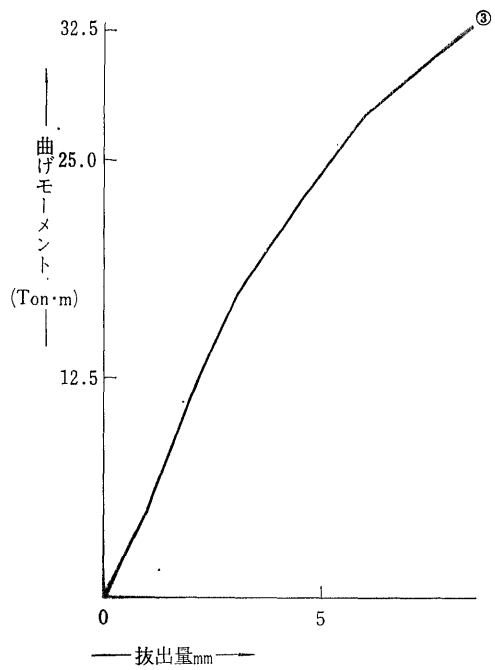


図-7-1　1100φ O-Ⅱ形 曲げモーメントと抜出量

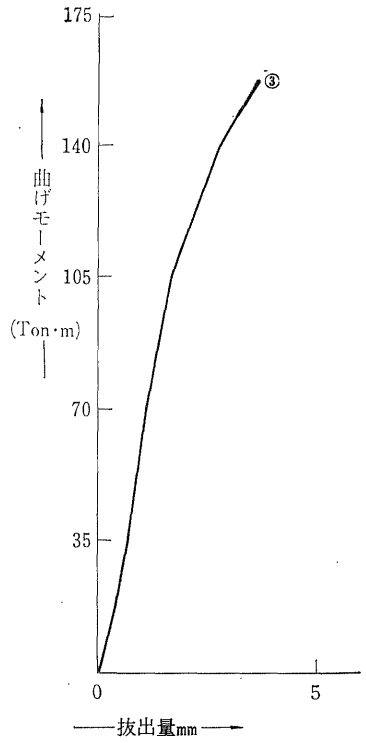


図-7-2　1000φ O-Ⅲ形 曲げモーメントと抜出量

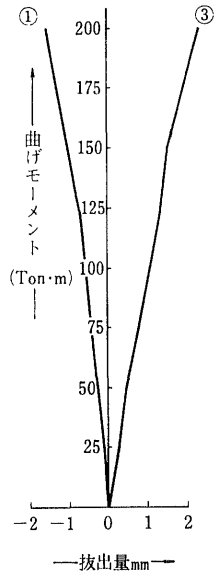


図-7-3　1000φ　UF形
曲げモーメントと抜出量

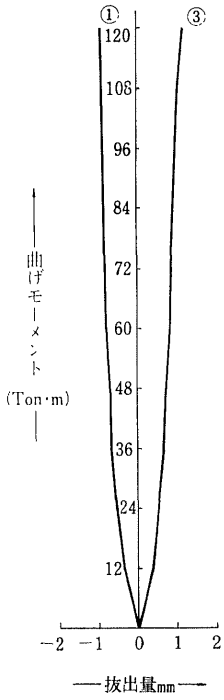


図-7-4　1500φ　UF形
曲げモーメントと抜出量

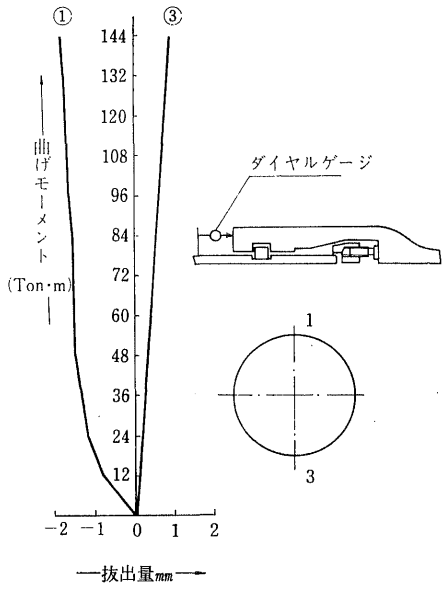


図-7-5　2000φ　UF形
曲げモーメントと抜出量

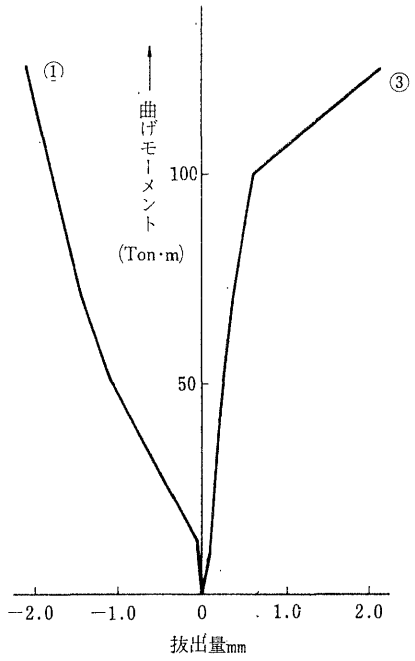


図-7-6　1100φ U形 曲げモーメントと抜出量

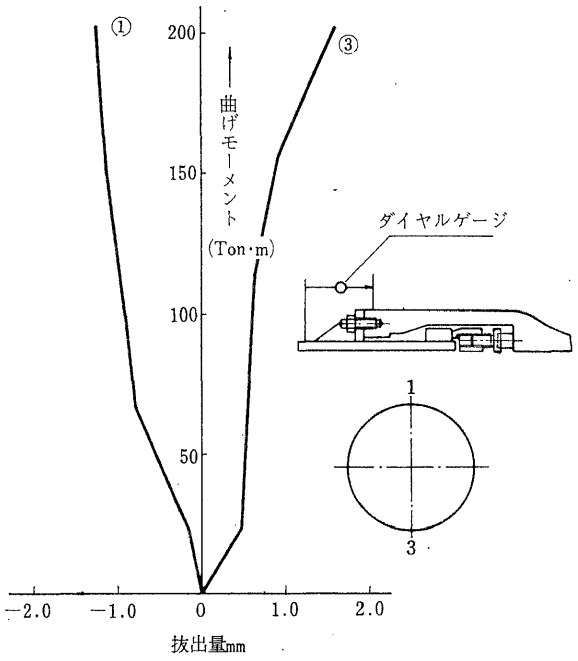


図-7-7　1500φ U形 曲げモーメントと抜出量

ii) 曲げモーメントと発生応力

各継手において約50カ所の測定を行なったが，そのうちの代表的なものを2，3あげると，表-3，図-8に示すとおりである。

表-3 曲げモーメントと最大発生応力

継手形式	口径 mm	曲げモーメント ton•m	最大発生応力 kg/mm²		ボルトの伸び %
			挿口部	受口溝部	
O-Ⅱ	1100	32.5	23.8	5.8*	—
O-Ⅲ	1000	157.5	9.0	47.5*	—
UF	1000	200.0	14.6	39.4	—
UF	1500	120.0	1.8	9.1	—
UF	2000	144.0	1.5	4.1	—
U	1100	125.0	8.9	9.4**	0.2***
U	1500	200.0	9.7	6.5**	1.25****

(注)　*内カラー溝部の応力
　　**リブの応力　} 詳細な位置はいずれも図-8の中に図示
　　***曲げモーメント　80ton•m　負荷時の値
　　****曲げモーメント　110ton•m　負荷時の値

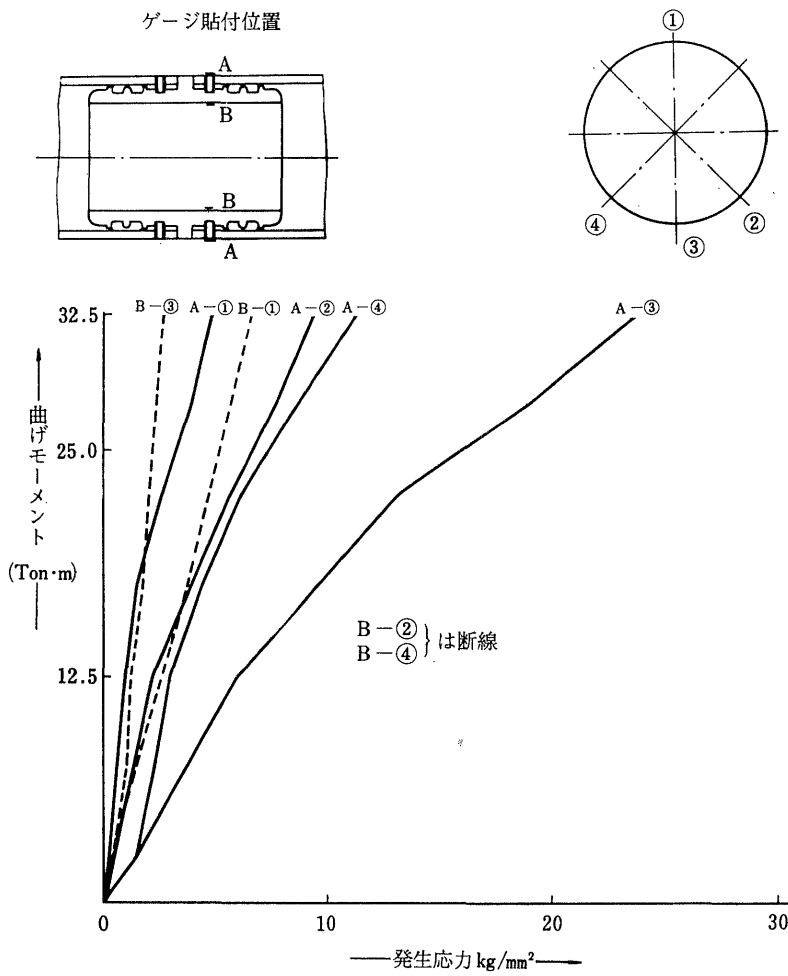


図-8-1 1100φ O-Ⅱ形 曲げモーメントと発生応力

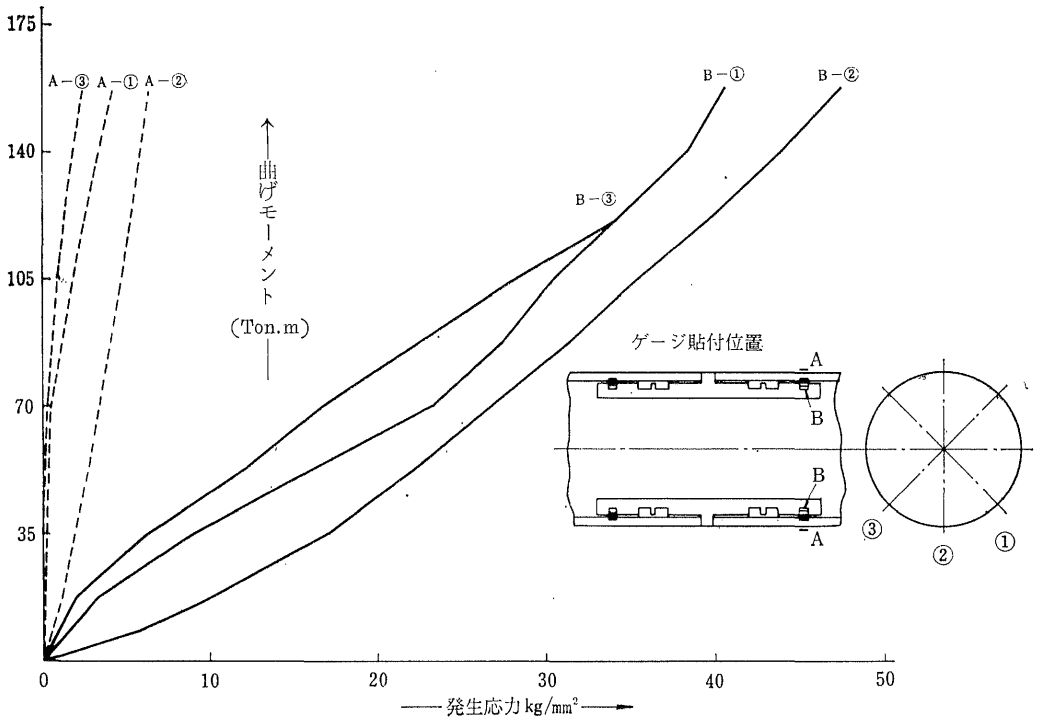


図-8-2　1000φ　O-Ⅲ形　曲げモーメントと発生応力

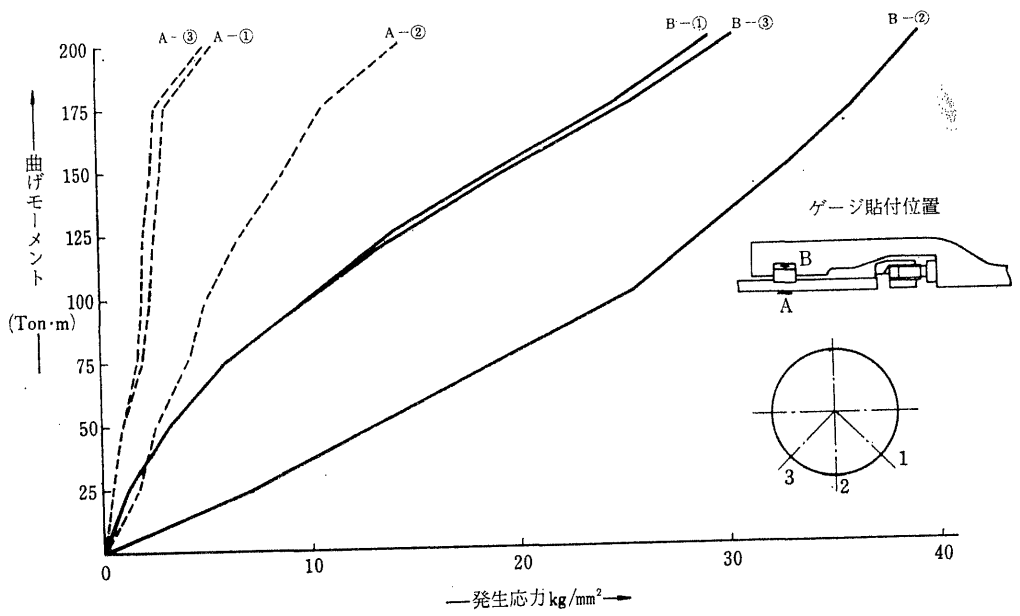


図-8-3　1000φ　UF形　曲げモーメントと発生応力

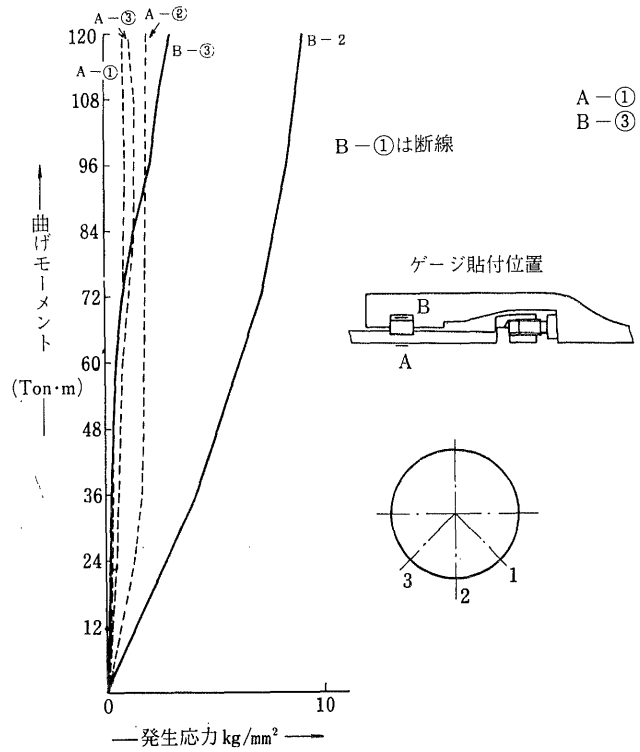


図-8-4　1500φ　U F形 曲げモーメントと発生応力

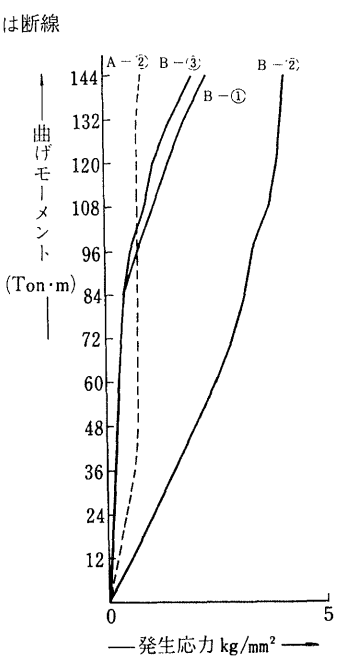


図-8-5　2000φ　U F形 曲げモーメントと発生応力

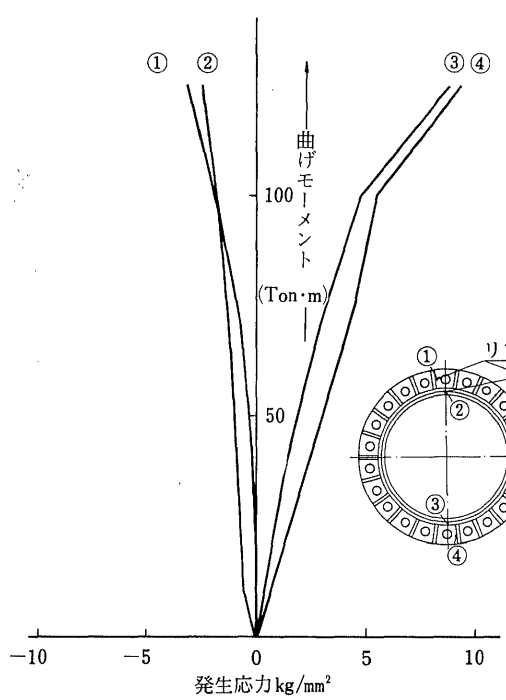


図-8-6　1100φ　U形 曲げモーメントと発生応力

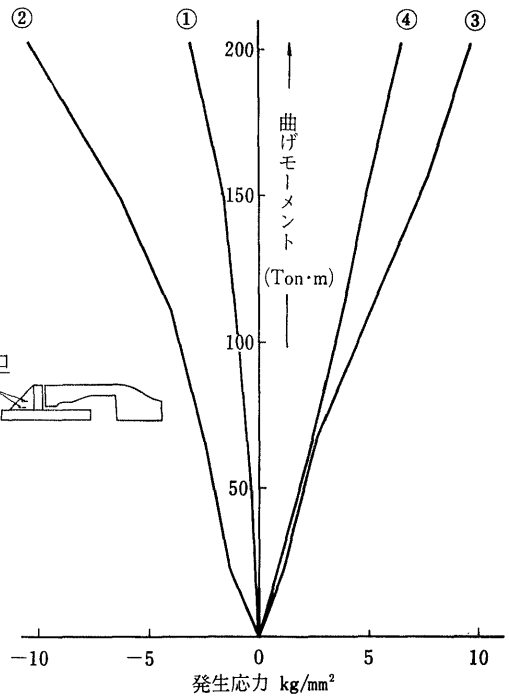


図-8-7　1500φ　U形 曲げモーメントと発生応力

1-3 考　　察

1-3-1　O-Ⅰ形

継手部に曲げ防止機構を持たせていない。

また，Oリングはネジレをおこさないよう注意する必要がある。

1-3-2　O-Ⅱ形

カラー挿入時，ゴム輪がセットボルト穴で傷つくため，曲がり防止機構は内面側あるいはゴム輪の外側に取りつける必要がある。

また，このTypeのゴム輪は挿入時も固定されているので，十分な水密性が得られる。

1-3-3　O-Ⅲ形

曲がり防止機構をロックリング形式にしたため，曲げ剛性は向上した。

1-3-4　UF形

継手部は十分な水密性，曲げ剛性を有しており，管体部と受口部の外径の違いはコンクリートを巻きたてることで解決できる。

ただし，この形式の特徴としては管路が剛となるため，あまり長距離向きでないことである。

1-3-5　U形

挿口に溶接したフランジと受口をボルトで固定することで，推進時に負荷される曲げモーメントに耐える。

しかも，埋設されてから地盤変動等で継手部に大きな外力が作用した場合はボルトが破断し，以後はフレキシブルなU形継手となる。

以下，主としてUF形，U形について検討した結果を述べる。

2. 推力に対する抵抗およびグラウト孔の水密性

2-1　UF形推進工法管の推力に対する抵抗

内圧を負荷して引張力を与え，継手部の抵抗を検討した。(方向は逆であるが，継手構造から判るように圧縮するよりはさらに厳しい試験条件となっている)

2-1-1　試験方法

図-9のように接合した管の両端に盲蓋を取りつけ，管内に水を充満させた後，水圧を負荷して抜き出し力を与え，継手部の抜け出し量お

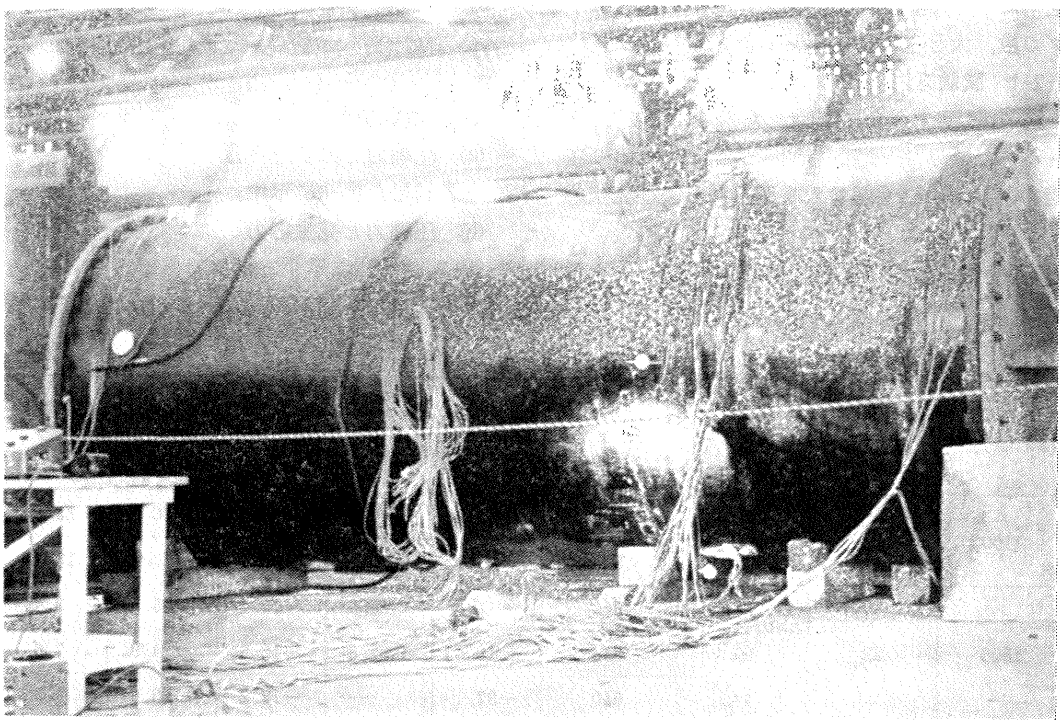


写真-2　抵抗試験の状況

よび発生応力を測定した。

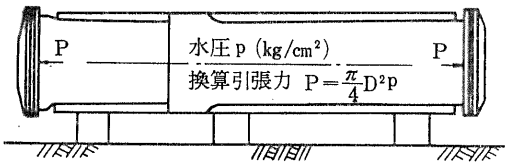


図-9 推力に対する抵抗力試験方法

2-1-2 試験結果

表-4に示すとおりである。

表-4 推力に対する抵抗力試験結果

口径 mm	負荷水圧 kg/cm²	換算引張力 ton	継手部最大抜け出し量 mm	継手部最大発生応力 kg/mm²	継手部の状況
1000	25	230	0.80	10.6	漏洩その他異常なし
1500	25	510	1.35	14.6	〃
2000	22	803	1.25	13.8	〃

以上のように大きな引張力に対して，継手部は変位，発生応力とも小さい。従って条件のよい圧縮力に対しては更に安全である。

2-2 U形推進工法管の推力に対する抵抗

フランジおよびリブによって推力を伝達する機構になっているため，推力に対する抵抗はリブの数，大きさによって変る。

2-2-1 試験方法

図-10に示すように接合した管を2本のステーバーで挟み，一端から油圧ジャッキにより圧縮力を与え，継手部の入り込み量および発生応力を測定した。

2-2-2 供試管のフランジおよびリブ

表-5に示すとおりである。

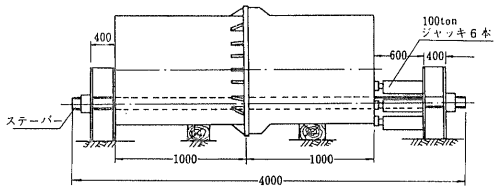


図-10 推力に対する抵抗力試験方法

表-5 供試管のフランジおよびリブ

口径 mm	フランジ厚mm	リブ厚 mm	リブの数個
1100	22	22	22
			14
1500	22	22	28
			21
			14

表-6 圧縮力と入り込み量

口径mm	フランジ厚mm	リブ 厚 mm	リブ 数 個	圧縮力* ton	入り込み量mm
1100	22	22	22	540	0.65
			14	540	0.65
1500	22	22	28	540	1.00
			21	540	0.35
			14	540	2.35

(注) 試験装置の関係から、これ以上圧縮力を加えられなかった。

2-2-3 試験結果

(a) 圧縮力と入り込み量

その結果を表-6に示す。

(b) 圧縮力と発生応力

表-7，図-11に示すとおりである。

以上の結果，圧縮力 540ton 負荷時における

表-7 圧縮力と最大発生応力

口径 mm	リブ 厚 mm	リブ 数 個	圧縮力 ton	最大発生応力 kg/mm² 挿口部 管体	挿口部 リブ	中央部	受口部 外面	受口部 内面
1100	22	22	540	−22.2	−26.0	−25.0	−30.0	12.0
		14	540	−24.0	−30.3	−26.4	−29.4	13.4
1500	22	28	540	−14.9	−15.0	−12.4	−25.5	8.4
		21	540	−18.6	−21.8	−13.3	−24.9	7.6
		14	540	−37.1	—	−12.2	−23.8	7.6

(注) (−)記号は圧縮応力を表わす。

挿口部の発生応力からわかるように，リブの数によって推力に対する抵抗が変っている。従って，推力に応じて（推進延長，土質等を考慮して）経済的な設計ができる利点が認められた。

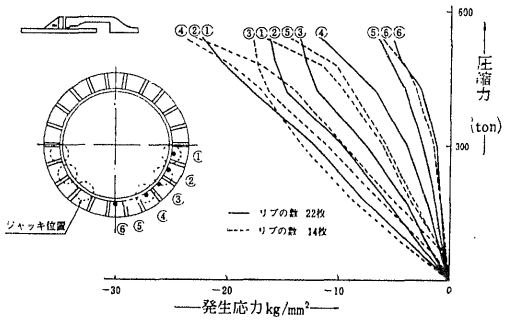


図-11-1　1100φ U形 圧縮力と挿口外面発生応力

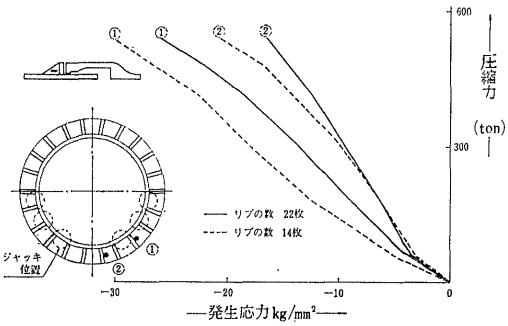


図-11-2　1100φ U形圧縮力とリブ発生応力

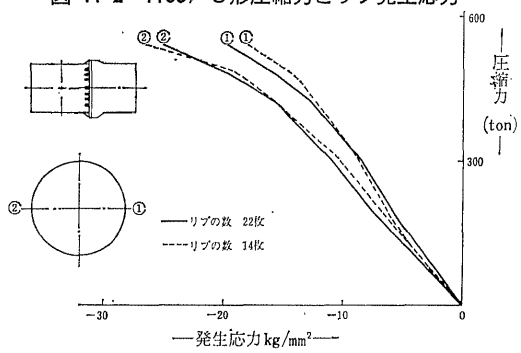


図-11-3　1100φ U形 圧縮力と挿口管中央部外面発生応力

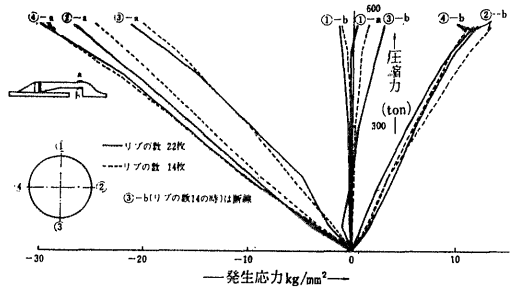


図-11-4　1100φ U形 圧縮力と受口内外面発生応力

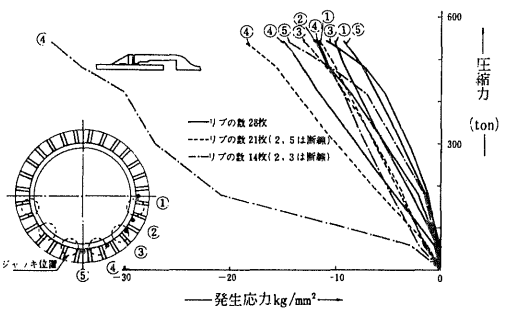


図-11-5　1500φ U形 圧縮力と挿口外面発生応力

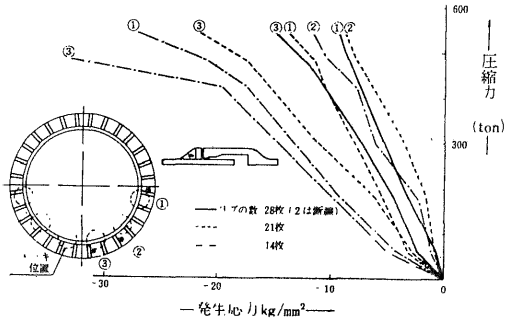


図-11-6　1500φ U形 圧縮力とリブ発生応力

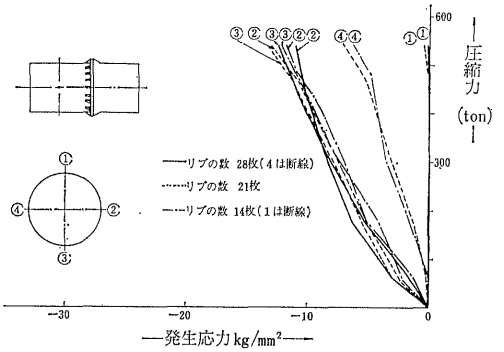


図-11-7　1500φ U形 圧縮力と挿口管中央部外面発生応力

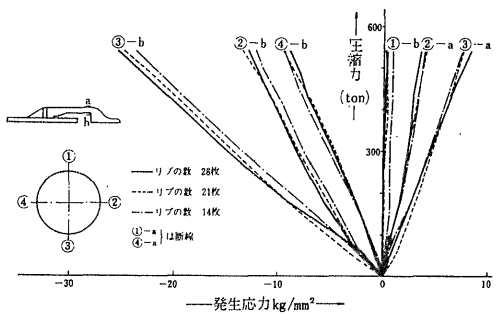


図-11-8　1500φ U形 圧縮力と受口内外面発生応力

2-3　グラウト孔の水密性

推進完了後，管内面からグラウトを行なう場合を想定し，管体に設けたグラウト孔にプラグを取りつけ，その効果を検討した。

2-3-1　試験方法

図-12に示すようにグラウト孔にプラグをし，管外面から20kg/cm²の水圧を負荷したまま集中荷重を加え，管の撓みとプラグからの漏洩の有無を調査した。

なおプラグの締め付けトルクは1000kg-cmとした。

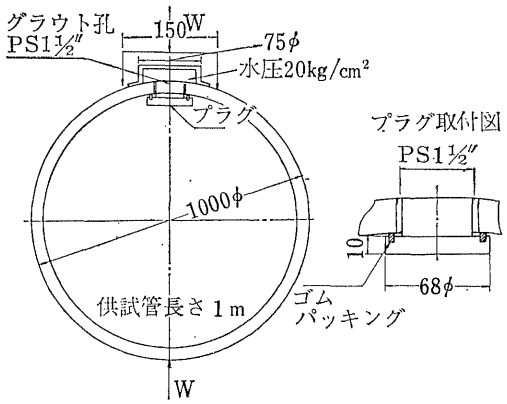


図-12　グラウト孔の水圧下における耐外圧試験方法

2-3-2　試験結果

図-13に示すように管が41.8mm，即ち口径の4％以上変形してもプラグからの漏洩はなく，この形式のプラグを使用すればグラウト孔は十分な水密性を有することが確認できた。

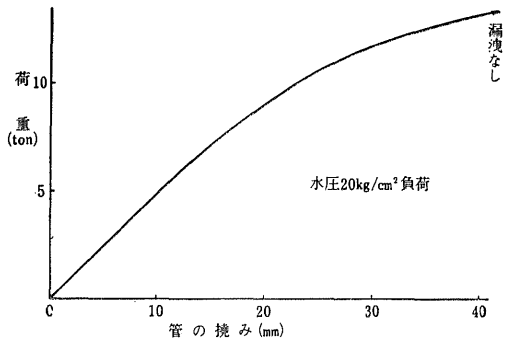


図-13　グラウト孔水圧下における耐外圧試験結果

3. 1350φ ＵＦ形推進工法管の実地試験

各種機能試験の結果，実用化の見通しがたったので，実際に推進工事を行ない，管の挙動，安全性を検討した。

3-1　実　験　概　要

3-1-1　実験場所

当社武庫川製造所丸島地区

3-1-2　管　　路

図-14に示すとおりである。

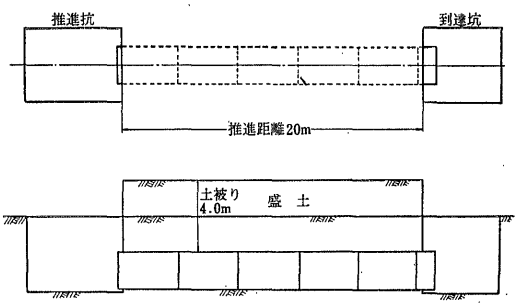


図-14　実　験　管　路

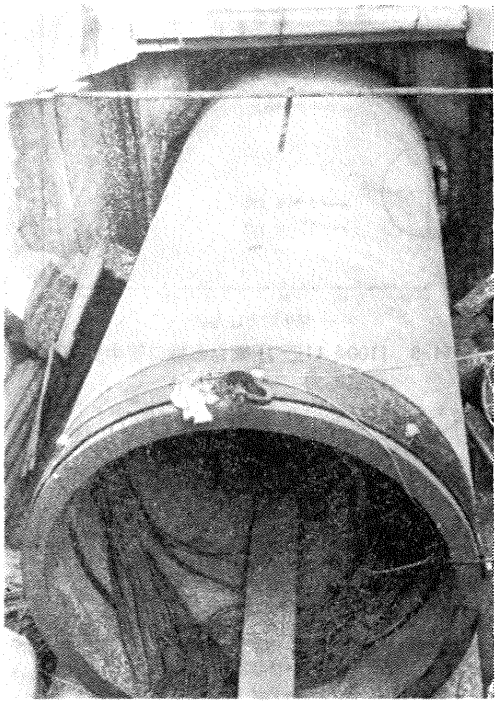


写真-3　実地試験における推進状況

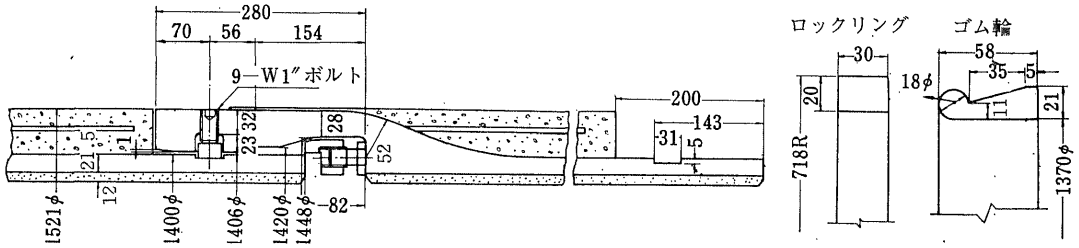


図-15 供 試 管 構 造 図（1350φ）

3-2 供　試　管

3-2-1 構　造

図-15に示すとおりである。

ＵＦ形ダクタイル管の管体部に鉄筋コンクリートを巻きたて，受口部と管体部の外径を均一にした形式のものである。

3-2-2 仕　様

本　管　1350φ×4ｍ　ＵＦ形ダクタイル管
（管厚21.5㎜）

外　装

コンクリート

配　合　セメント:砂:砂利＝1：2：3

スランプ　15cm

最大骨材　20㎜

鉄　筋

螺線筋　4.57φ　ピッチ 60㎜

縦　筋　4.5φ　円　周 16本

3-3 推　進　概　要

3-3-1 推 進 坑

図-16にレイアウトを示す。

推進坑背面には YSP Ⅳ型長さ8ｍ，両側面は YSP Ⅲ型長さ5.5ｍ，前面は YSP Ⅲ型長さ8ｍの鋼矢板を打ち込んだ。推進坑背面に厚さ50cm深さ3ｍ，巾3.5ｍのバックコンクリートを打設した。

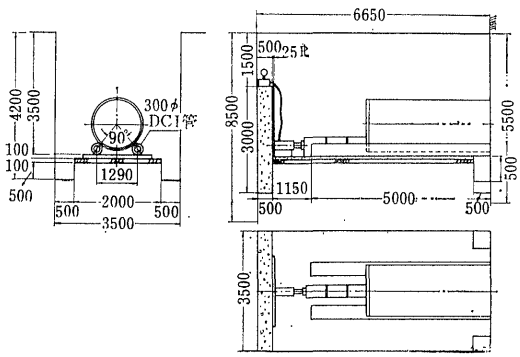


図-16 推進坑レイアウト

コンクリートの配合は１：２：４とし，バックコンクリートの中には縦 15φ ctc200，横9φ ctc 500の鉄筋を入れた。

また，推進坑底部には厚さ10cmの床コンクリートを打設した。

3-3-2 推進設備

(a) 推進ジャッキおよびポンプ

ジャッキ

100ton×300㎜ストローク，２台

ポンプ

２HP，吐出量　0.9ℓ/min

最高圧力　700kg/cm²

3-3-3 推進方法

推進坑内に推進時，管のガイドとなる300φダクタイル管を設置し床面に固定した後，先導管を取りつけた推進工法管を吊りおろし，ガイド管の上に乗せた。

そうした後，バックコンクリートと管の間にジャッキをセットし，電動ポンプを操作し，ジャッキを前に出し，先導管を地中にくい込ませくずれ落ちた土砂を人力で一輪車に乗せ管外へ搬出した。

なお，ジャッキのストロークを補うため，１ストローク毎に管とジャッキの間にスペーサーを入れていった。

3-4 実　験　結　果

3-4-1 推　力

前もって管に 250㎜ ピッチで印を記入しておき，この印が基準点を通過する毎に，油圧ポンプの圧力計の読みから推進力を測定した。

また，5ｍ，10ｍ，15ｍ 推進時に ジャッキ１ストローク当りの推進量，戻り量を測定した。

図-17に推進長さと推進力の関係を，表-8に推進量と戻り量の関係を示す。

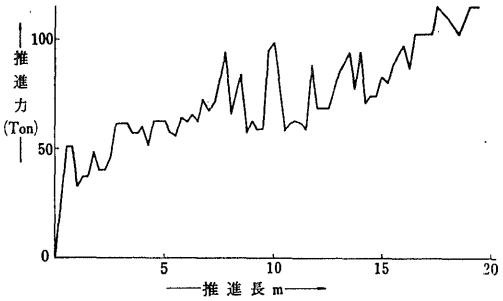


図-17　推進長と推進力（1350φ）

表-8　推進量と戻り量の関係

	推進量mm	戻り量mm	実推進量mm
5m 推進時	279	4	275
10m 推進時	272	4	268
15m 推進時	266	4	262

3-4-2　蛇　　行

推進完了後，トランシットおよびレベルで全管の測定を行なった。その結果，到達点において，計画線より－38mm，右19mmの偏位であった。

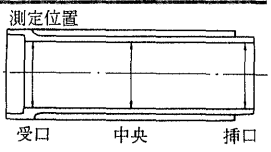
3-4-3　管の変形

推進前，推進完了後に管の内径を測定し，その測定値の差から変形量を求めた。その結果を表-9に示す。

表-9　管　の　変　形　　(mm)

測定位置 / 管	受口部		中央部		挿口部	
	上下	左右	上下	左右	上下	左右
No. 1	1.1	−0.3	−1.2	0.2	−1.2	1.8
No. 2	−0.8	0.5	−0.3	0.1	0.5	−0.3
No. 3	0.3	0.2	−0.1	0	0.2	−0.2
No. 4	0.7	−0.6	−0.8	0.1	0.2	0.7
No. 5	0.3	0.2	−0.3	0.4	−0.6	0

（注）（−）は径が小さくなる方向を示す
（+）は径が大きくなる方向を示す



3-4-4　継手部の胴付間隔の変化量

推進前管接合時および推進完了後，継手部の胴付間隔を測定し，その測定値の差から継手部の胴付間隔の変化量を求めた。

その結果を表-10に示す。

表-10　継手部胴付変化量

測定位置 / 継手部	管天 1	2	管右横 3	4	管地 5	6	管左横 7	8
No.1—No.2	−0.3	−0.8	−1.2	−0.7	0.2	1.0	1.0	0.8
No.2—No.3	−0.5	−0.4	−0.3	−0.3	−0.2	0	0	0
No.3—No.4	−1.5	−0.8	−0.6	0.2	0.4	0.7	−0.1	−1.1
No.4—No.5	0.4	0.1	0	−0.1	−0.3	0.2	0.1	−0.3

（注）（−）は胴付がせまくなる方向を示す
（+）は胴付が広くなる方向を示す

3-4-5　推進時管に発生した軸方向応力

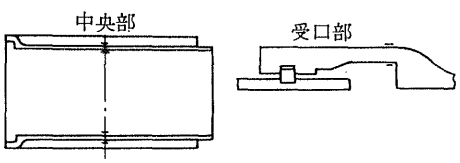
供試管にあらかじめストレーンゲージを貼りつけておき，推進時に発生応力を測定した。

測定点が250点にも及ぶので，そのうちの主な結果だけを表-11，図-18に示す。

表-11　推進時管に発生した応力

管No.	測定位置		推力86ton時の発生応力kg/mm²
No. 1	中央部	外面	− 1.40
		内面	− 0.90
	受口部	外面	0.70
		内面	− 2.05
No. 2	中央部	外面	− 1.40
		内面	− 1.25
	受口部	外面	3.55
		内面	− 4.40
No. 3	中央部	外面	− 0.96
		内面	− 0.48
	受口部	外面	0.10
		内面	− 0.96
No. 4	中央部	外面	− 1.54
		内面	− 1.76
	受口部	外面	0.48
		内面	− 2.64
No. 5	中央部	外面	− 2.70
		内面	− 2.70
	受口部	外面	− 2.25
		内面	1.85

（注）（−）は圧縮応力を示す。
ただし，測定位置は下図の通りである。



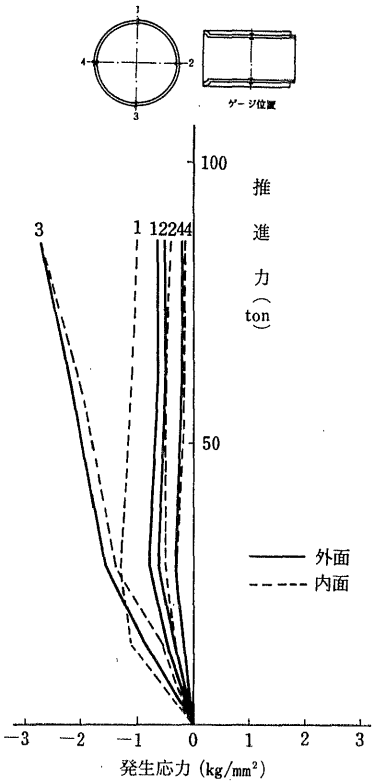


図-18-1　No.5管中央部発生応力

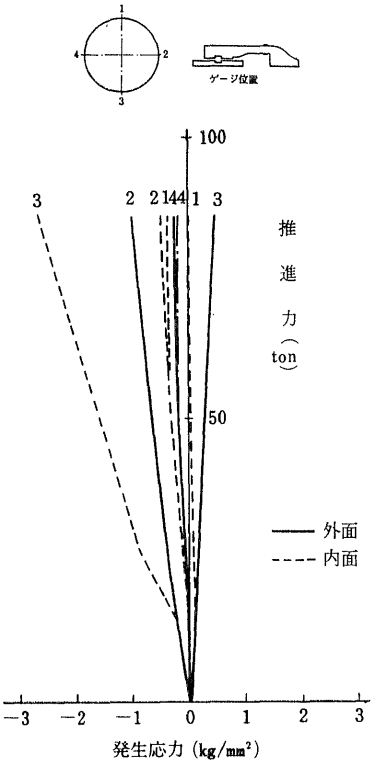


図-18-2　No.4管受口ジョイント部発生応力

3-4-6　管の接合時間

各管の接合に要した時間を表-12に示す。

表-12　管の接合時間

管　No.	接合所要時間	接合所要人数
No.1—No.2	65分	4 人
No.2—No.3	55分	4 人
No.3—No.4	50分	4 人
No.4—No.5	50分	4 人

3-5　考　　察

1350φ U.F形の実地試験の結果から，次の諸点があげられる。(U形も同様のことがいえる)

(i)　負荷された推力，曲げモーメントに対し，管，継手とも十分安全であった。

(ii)　管の接合に要した時間は1カ所当り50分程度と早かった。

(iii)　接合後直ちに推進できたため，切羽からの土砂の流入の危険性はなかった。

4. 実　　績

ダクタイル管を実際に使用して推進工事を行なった例を次にあげる。

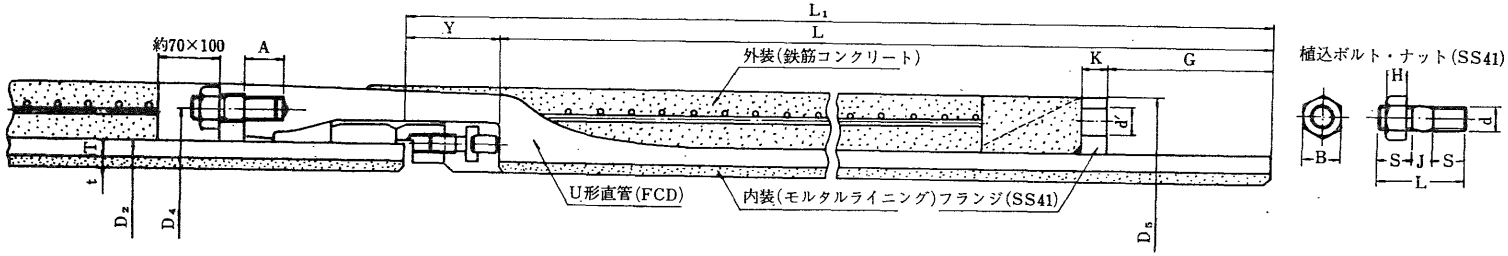
(1)　大阪府羽曳野市における道路横断
1350φ×16m　U F形推進工法管
昭和43年4月実施

(2)　大阪市城東区における市街地
1500φ×76m　U形推進工法管
昭和43年8月実施

(3)　札幌市澄川における軌道横断
1500φ×12m　U F形推進工法管
昭和43年10月実施

* 久保田鉄工㈱鉄管研究所　鉄管技術部長
** 久保田鉄工㈱鉄管研究所　鉄管技術部係長
*** 久保田鉄工㈱鉄管研究所　鉄管技術部係長

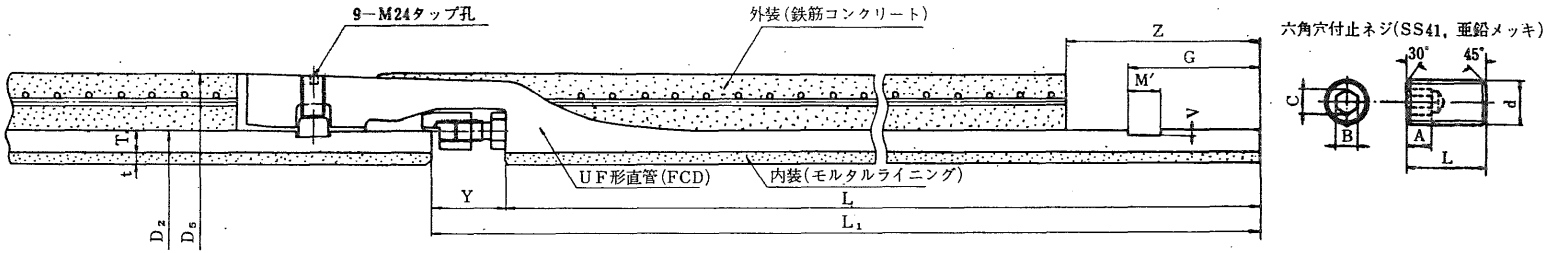
付図-1　900φ～2400φ　U形押込工法管構造図



単位 mm

呼び径	管厚 T				ライニング厚	実外径	管長			フランジ					ボルト・ナット							重量 (kg)							呼び径
D	1種管	2種管	3種管	4種管	t	D_2	Y	L	L_1	D_4	D_5	G	K	d′	呼び d	A	B	H	J	L	S	鋳鉄管 1種管	2種管	3種管	4種管	フランジ	内装	外装	D
900	15.0	13.0	12.0	11.0	8	939	105	3895 5895	4000 6000	1001	1043	160	19	23	M20	27	24	13	16	60	22	1440 2070	1280 1820	1200 1700	1120 1580	32.1	212 320	1440 2220	900
1000	16.5	14.5	13.0	12.0	10	1041	〃	3895 5895	4000 6000	1106	1151	165	25	25	M22	37	32	18	20	80	30	1750 2510	1580 2250	1440 2040	1360 1910	47.5	293 444	1670 2590	1000
1100	18.0	15.5	14.0	13.0	〃	1144	〃	3895 5895	4000 6000	1212	1258	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	2100 3010	1850 2640	1710 2420	1610 2270	53.0	322 488	1900 2940	1100
1200	19.5	17.0	15.0	13.5	〃	1246	〃	3895 5895	4000 6000	1314	1362	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	2460 3530	2190 3130	1980 2810	1820 2570	57.7	352 532	2100 3250	1200
1350	21.5	18.5	16.5	15.0	12	1400	〃	3895 5895	4000 6000	1470	1521	175	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	3040 4370	2690 3830	2450 3470	2270 3200	66.1	474 717	2440 3790	1350
1500	23.5	20.5	18.0	16.5	〃	1554	〃	3895 5895	4000 6000	1626	1679	180	28	30	M27	45	41	22	23	95	36	3680 5300	3290 4700	2960 4200	2760 3900	87.5	527 797	2790 4320	1500
1600	25.0	22.0	19.0	17.5	15	1650	115	3885	4000	1730	1786	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	4180	3760	3340	3130	100	696	3210	1600
1650	25.5	22.5	19.5	18.0	〃	1701	〃	〃	〃	1782	1839	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	4400	3970	3540	3320	104	718	3360	1650
1800	28.0	24.0	21.0	19.5	〃	1848	〃	〃	〃	1932	1990	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	5220	4600	4120	3890	115	781	3750	1800
2000	30.5	26.5	23.5	21.0	〃	2061	〃	〃	〃	2148	2209	185	32	33	M30	49	46	24	27	107	40	6350	5650	5120	4680	159	872	4330	2000
2100	32.0	28.0	24.5	22.0	〃	2164	〃	〃	〃	2252	2314	190	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	6990	6250	5610	5140	167	916	4600	2100
2200	33.5	29.0	25.5	23.0	〃	2280	〃	〃	〃	2368	2433	195	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	7700	6830	6150	5660	128	966	4930	2200
2400	36.5	31.5	27.5	25.0	〃	2458	〃	〃	〃	2550	2617	205	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	9040	7990	7160	6630	196	1040	5500	2400

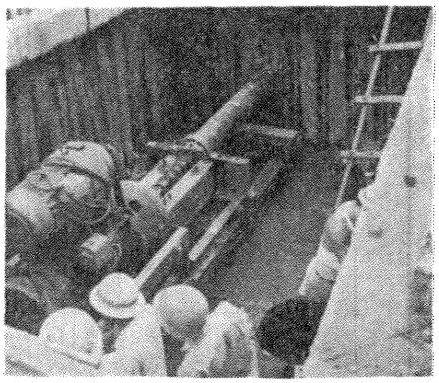
付図-2　900φ～2400φ　ＵＦ形押込工法管構造図



単位 mm

呼び径	管厚	ライニング厚	実外径	直管							有効長	六角穴付止ネジ						重量 (kg)			呼び径
D	T	t	D_2	D_5	G	M′	V	Y	Z	L	L_1	呼び d	A	B	C	L	数	鋳鉄管	内装	外装	D
900	17.0	8	939	1043	128	26	4	82	193	3918 5918	4000 6000	M24	14	12	14	35	9	1540 2200	212 321	1440 2220	900
1000	18.0	10	1041	1151	133	31	5	〃	198	3918 5918	4000 6000	〃	〃	〃	〃	40	〃	1920 2750	294 444	1680 2600	1000
1100	19.0	〃	1144	1258	〃	〃	〃	〃	〃	3918 5918	4000 6000	〃	〃	〃	〃	〃	〃	2230 3190	324 489	1910 2950	1100
1200	20.0	〃	1246	1362	〃	〃	〃	〃	〃	3918 5918	4000 6000	〃	〃	〃	〃	〃	〃	2550 3650	353 534	2110 3260	1200
1350	21.5	12	1400	1521	143	〃	〃	〃	208	3918 5918	4000 6000	〃	〃	〃	〃	45	〃	3100 4430	477 720	2450 3800	1350
1500	24.0	〃	1554	1679	148	36	6	〃	213	3918 5918	4000 6000	〃	〃	〃	〃	〃	〃	3810 5460	530 800	2800 4340	1500
1600	25.0	15	1650	1786	153	〃	〃	87	218	3913	4000	〃	〃	〃	〃	50	〃	4250	701	3230	1600
1650	25.5	〃	1701	1839	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	4480	724	3380	1650
1800	27.0	〃	1848	1990	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	55	〃	5150	787	3770	1800
2000	30.5	〃	2061	2209	158	41	7	〃	223	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	6440	878	4360	2000
2100	31.5	〃	2164	2314	161	〃	〃	〃	228	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	6990	293	4630	2100
2200	32.5	〃	2280	2433	165	〃	〃	〃	233	〃	〃	〃	〃	〃	〃	60	〃	7629	974	4960	2200
2400	34.5	〃	2458	2617	172	〃	〃	〃	243	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	8780	1050	5530	2400

特集2



中小口径ダクタイル管の推進工法

日本鋳鉄管協会
技術専門委員会委員　*菊井　薫・**田尾寿則

管路の布設に際して，交通の頻繁な道路や軌道下など，開削工事のできない場所では，管を直接圧入する推進工法が一般に行なわれている。この場合，使用する管としては①強大な推進荷重に耐えうる②推進時に真直に入る③地盤沈下や外力によって少々管が曲っても漏水しない④腐食に強いこと，などの条件が要求される。
新しく開発されたジョイント形式のダクタイル管は，これらの条件に十分適合し，使用に耐えうることが各種実験によって確認されている。
ここでは，その中小口径管を用いた実地試験結果を特集した。

室内実験として接合作業，水圧試験，曲げ試験，外圧試験，軸方向圧縮試験を行ない，屋外実験として各種の工法により250φ，500φを15m程実際に推進し，比較試験を行なった。

1. 室　内　実　験

1-1 供　　試　　管

管径は 250φ，500φ，600φ，700φ，1000φ を用い，継手はタイトン形内カラーで，タイトン形ゴム輪および丸ゴム輪による二重シール形式のものを用いた。構造は図-1, 2に示す。

1-2 試　験　項　目

1-2-1 接合作業の試験

接合作業の所要時間がどの程度でできるかを調べる。

1-2-2 水圧試験および曲げ試験

継手部が真直なときおよび曲った時の水密性能を調べる。

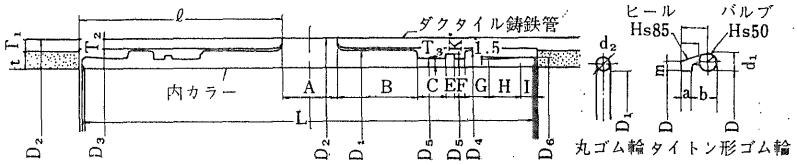
1-2-3 外圧試験

継手部に外圧が加ったときの耐圧性能を調べる。

1-2-4 軸方向圧縮試験

管が圧入されるとき，軸方向の力がかかる。そのときの管体およびライニング部の安全性を調べる。

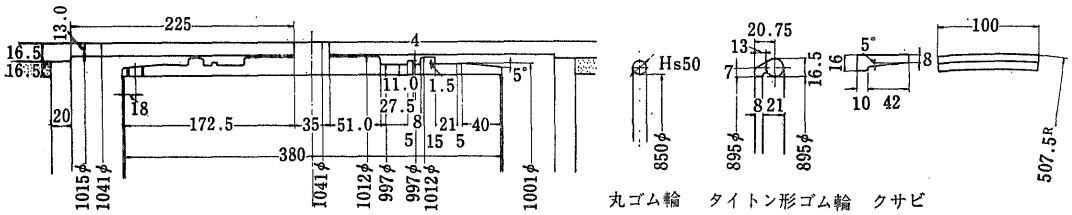
図-1　タイトン形内カラー継手（250φ，500φ，600φ）



単位：mm

呼び径	各部寸法																			タイトン形ゴム輪								丸ゴム輪	
	D_2	T_1	T_2	T_3	t	D_3	D_4	D_5	D_6	A	B	C	E	F	G	H	I	K	L	ℓ	D	d_1	r	a	b	c	e	m	D_1	d_2
250	271.6	7.5	6	5	10	259.6	258.1	246.6	249.6	30	52	19	5	6	15	23	5	3	280	126	175	11	5.5	6	15.5	11	16	5.5	212	10
500	528	9.5	8	6.5	12.5	512	510	497	500	35	53	22.5	〃	7	〃	25	〃	〃	300	150	447	13	6.5	7	17.5	12	18	6	425	11
600	630.8	11	9	7.5	13.5	612.8	610.8	596.8	599.8	〃	56.5	24	〃	〃	〃	〃	〃	3.5	310	155	537	14	7	〃	18.5	〃	18.5	6.5	510	12

図-2　タイトン形内カラー継手（1000φ）



1-3　試　験　方　法

1-3-1　接合作業の試験(250φ, 500φ, 1000φ)

接合は次の要領で行ない，作業時間を測定した。

(1)　管と内カラーの芯出しをする（支持台上で行なう）

(2)　ゴム輪をセットし，滑剤を塗布する。

(3)　カラーをヒッパラーで管に引張り込む。

(4)　次の管と内カラーの入った管との芯出しをする。

(5)　ゴム輪をセットし，滑剤を塗布する。

(6)　ヒッパラーを用いて一方の管を引張り込む。

1-3-2　水圧試験および曲げ試験

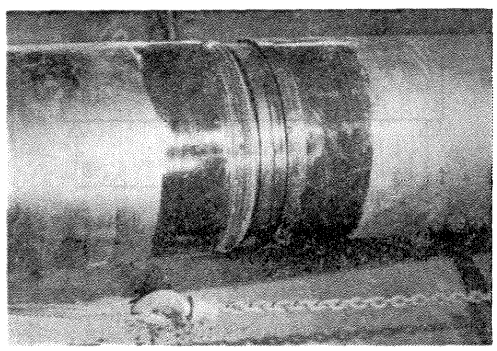
（250φ，500φ，600φ，1000φ）

接合が終った管は両端盲蓋をし，テンションバーで固定してから 20～30kg/cm² の水圧をかけ，漏水の有無を調べた。

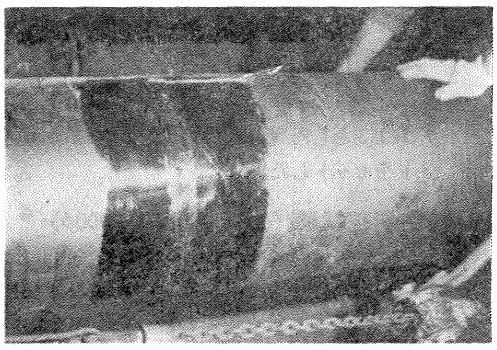
曲げ試験では，継手部を曲げた時の各部の応力，および水圧をかけた時の漏水の有無を調べた。

1000φ 管については，シール部が丸ゴム輪の場合，タイトン形ゴム輪の場合，および曲り防止（図-5）をとりつけた場合等についても試験を行なった。

写真-1　500φ 接　合　方　法



一方の管を引張り込む



接合完了時の状況

図-3 曲げ試験方法

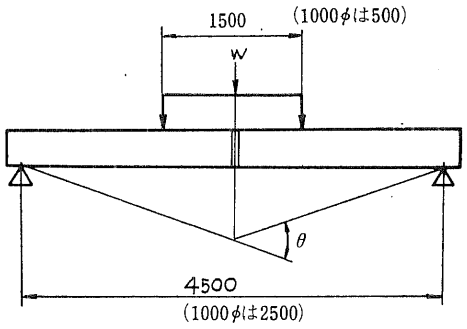
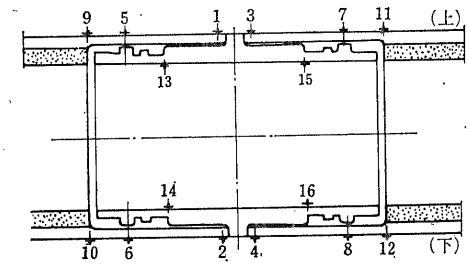


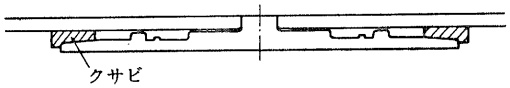
図-4 ストレンゲージ貼付箇所



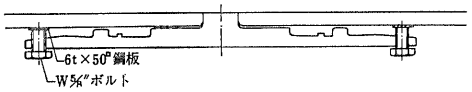
(注) 各箇所に円周および軸方向の2軸ゲージを貼付

図-5 曲り防止方法 (1000φ)

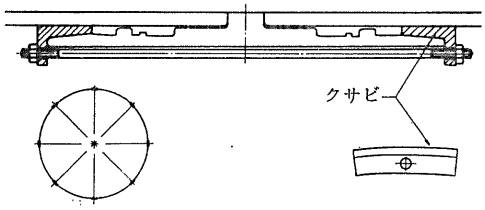
(1) クサビ式



(2) セットボルト式



(3) 押しボルト式



(注) (1)(2)(3)とも円周上8カ所にクサビまたはボルトをセットした。

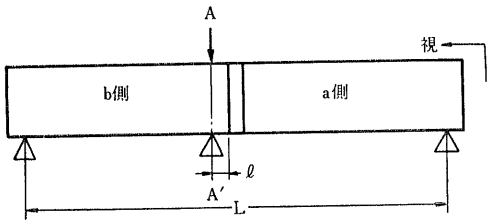
1-3-3 外圧試験 (600φ および 1000φ)

(1) 片側加圧および支持

加圧方法は図-6に示すように，継手部の片側だけに荷重をかけ，管の変形量，各隙間の変化および各部の応力を測定した。

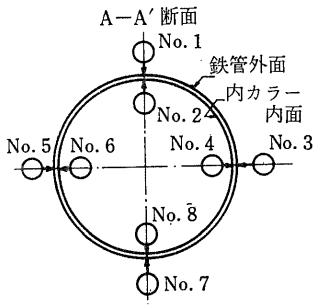
管の変形量および各隙間はダイヤルゲージで測定し，各部の応力はストレンゲージを用い，水圧曲げ試験と同様の箇所について測定した。

図-6 加圧方法 (片側加圧および支持)



(注) ℓ＝1000φ…65，600φ…68
L＝1000φ…2500，600φ…4500

図-7 隙間測定箇所 (水圧のある場合は外面だけ)



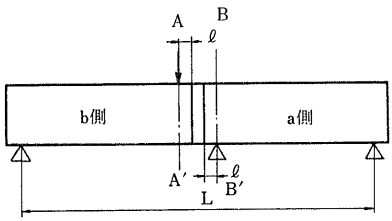
測定位置はタイトンゴム輪のシール部のところ。

(2) 片側加圧，反対側支持

加圧方法は図-8に示すように，継手部の上部片側に荷重を加え，反対側を支えて，(1)の試験よりはきびしい条件で行なった。

測定方法等については，(1)の試験と同じ。ただし，隙間測定はA－A′，B－B′断面について，タイトンゴム輪のシール部の位置を調べた。

図-8 加圧方法 (片側加圧，反対側支持)



(注) ℓおよびL寸法は図-6と同じ。

(3) 軸方向圧縮試験

700φ×3mの供試管を用い，図-9に示すような方法で軸方向に荷重を90tonまで加え，各荷重毎に各部の歪 (応力) を測定した。

図-9　軸方向圧縮試験方法

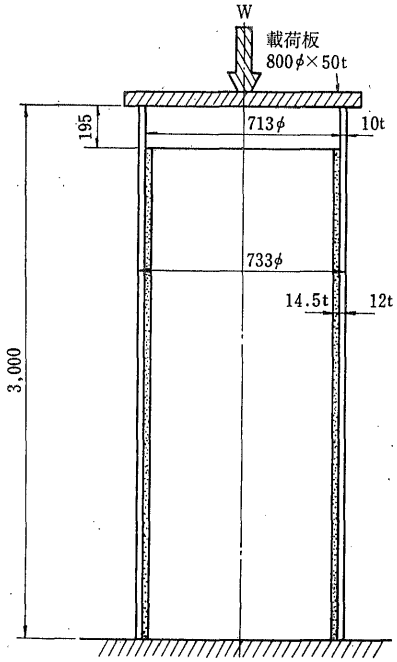
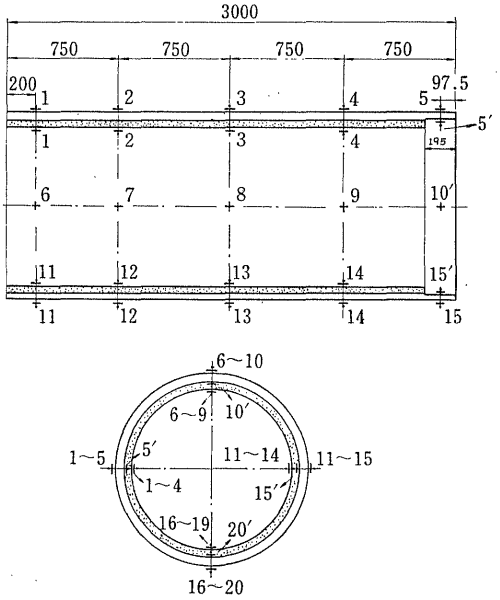


図-10　ストレンゲージ貼付箇所（軸方向圧縮試験）



1-4　試　験　結　果

1-4-1　接合作業の試験

表-1　接合作業試験結果

口　径 mm	250	500	1000
作業時間（分）	15	20	30

1-4-2　水圧試験

表-2　水圧試験結果

口径mm	シール方法	水圧 kg/cm²	保持時間(分)	摘要
250	タイトンゴム＋丸ゴム	20	30	漏水なし
500	〃	20	30	〃
600	〃	20	30	〃
1000	タイトンゴム	20	30	〃
1000	丸　ゴ　ム	20	30	〃

1-4-3　曲げ試験

表-3　曲　げ　試　験　結　果

口径 mm	シール方法	水圧 kg/cm²	曲げ角度とそのときの最大応力			摘要
			曲げ角度	ゲージNo.	応力 kg/mm²	
250	タイトンゴム＋丸ゴム	0	5°30′	1	23.5	—
250	〃	20	5°	3	28.5	6°曲げて漏水なし
500	〃	0	7°	1	27.0	—
500	〃	20	5°	3	10.2	6°曲げて漏水なし
600	〃	0	5°	1	24.6	—
600	〃	15	5°	1	15.2	6°曲げて漏水なし
1000	〃	7.5	—	—	—	〃

1-4-4　曲り防止をした場合の曲げ試験

表-4　曲り防止をした場合の曲げ試験結果

口径 mm	曲り防止方法	シール方法	最大曲げ角度	最大荷重 kg	最大曲げモーメント ton-m
1000	クサビ式	タイトンゴム	1°14′	2,250	1.125
1000	セットボルト式	〃	1°30′	6,000	3.00
1000	押しボルト式	〃	1°30′	8,700	4.35

1-4-5 外圧試験

表-5 600φ 片側加圧および支持 ↓↑

加圧部変形量	上下平均隙間変化	荷重	水圧	摘要
15mm	−3.6mm	7.5ton	0 kg/cm²	—
15	—	7	15	漏水なし

表-6 600φ片側加圧，反対側支持 ↓↑

加圧部変形量	上下平均隙間変化	荷重	水圧	摘要
15mm	−1.4	6.1ton	0 kg/cm²	—
20	—	13.4	15	漏水なし

（注）ただし，隙き間変化は＋が拡がり，－が狭くなることを示す。以下同じ。

表-7 1000φ 片側加圧および支持 ↓↑

シール方法	加圧部変形量	隙間変化	荷重	水圧	摘要
タイトンゴム	10mm	上 +1.7mm 下 −2.1	7,650kg	0	—
丸ゴム＋タイトンゴム	6.5	上 +1.1 下 −1.2	4,600	0	—
丸ゴム＋タイトンゴム	12	—	6,650	7.5kg/cm²	漏水なし

表-8 1000φ 片側加圧，反対側支持 ↓↑

シール方法	加圧部変形量	隙間変化	荷重	水圧	摘要
タイトンゴム	8mm	上 +1.7mm 下 −0.6	5,860kg	0	—
丸ゴム＋タイトンゴム	14	上 +4.5 下 −0.7	5,900	0	—
丸ゴム＋タイトンゴム	12	—	6,950	7.5	漏水なし

1-4-6 軸方向圧縮試験

表-9 700φ 90 ton まで加圧した場合

載荷法	鉄部応力	ライニング部歪
全面載荷	最大，上 8 kg/mm² 平均中央 2.5 〃	最大，下290×10⁻⁶ 平均中央180 〃

試験結果の一部を図-11～17のグラフに示す。

図-11 曲げ試験内カラー軸方向応力（水圧なし）

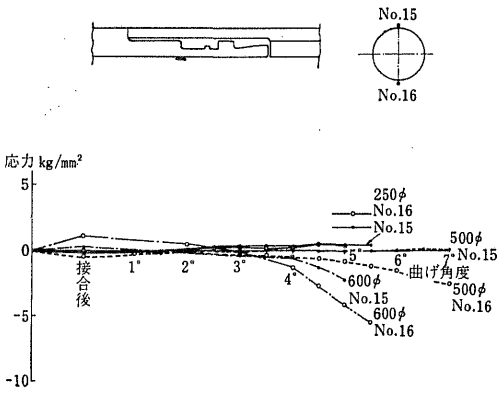


図-12 曲げ試験管体軸方向応力（水圧なし）

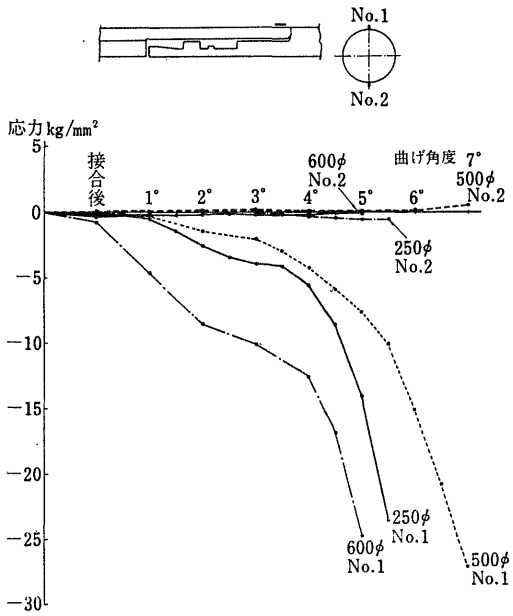


図-13　曲げ試験（水圧負荷）
管体軸方向応力

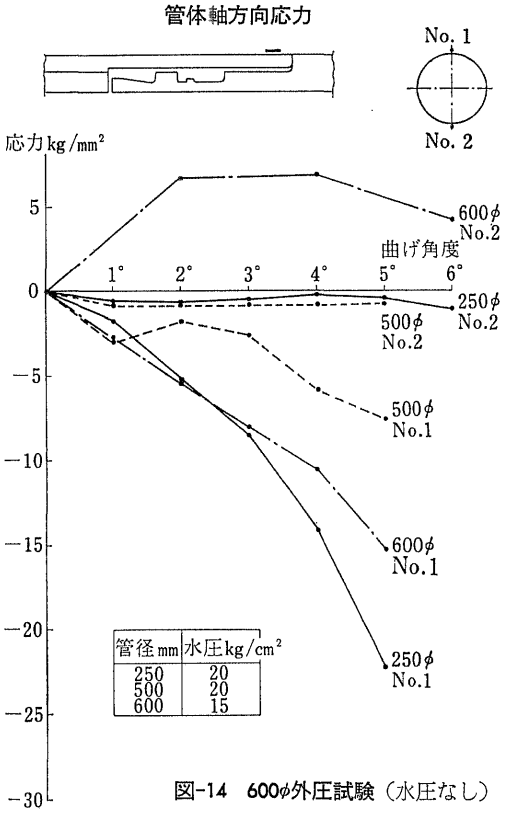
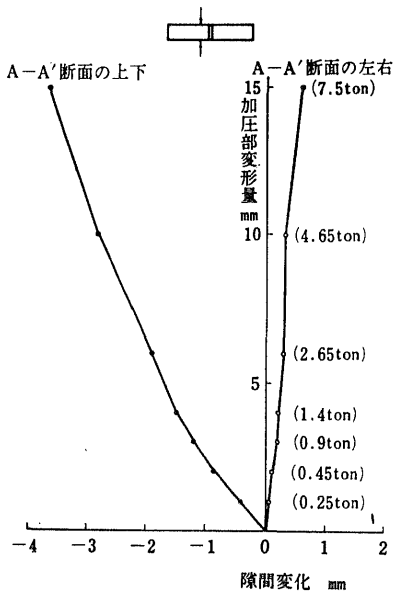
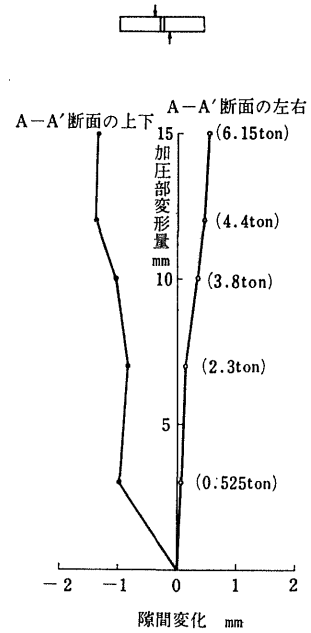


図-14　600φ外圧試験（水圧なし）
加圧部変形量—隙間変化図
（載荷荷重）



（注）◦（ ）内は載荷荷重を示す。
◦隙間変化の符号は＋→隙間大　−→隙間小を示す。

図-15　600φ 外圧試験（水圧なし）
加圧部変形量—隙間変化図（載荷荷重）



（注）◦（ ）内は載荷荷重を示す。
◦隙間変化の符号は＋→隙間大　−→隙間小を示す。

図-16　軸方向圧縮試験（700φ）
応力分布図（管外面軸方向）荷重 90ton

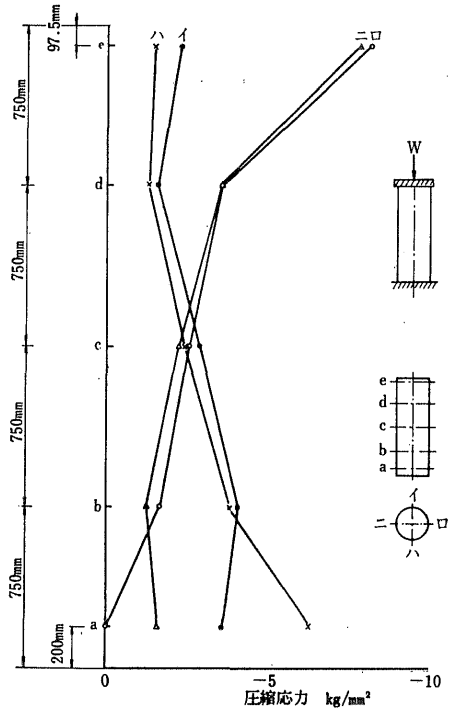
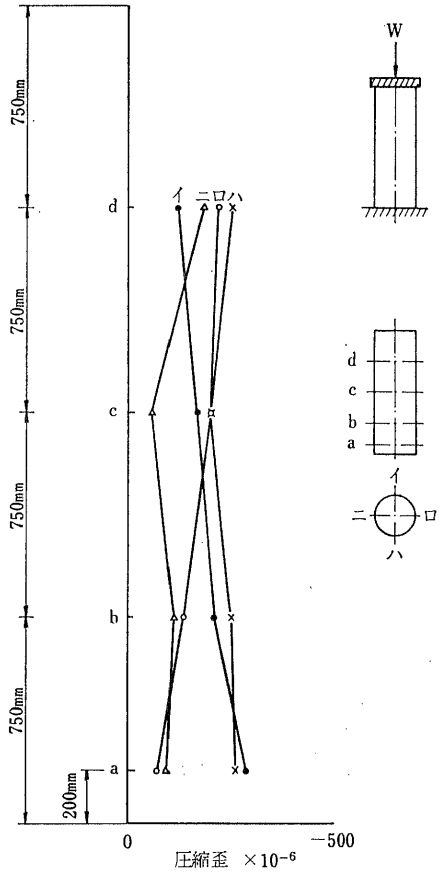


図-17　軸方向圧縮試験（700φ）歪分布図
（内面ライニング軸方向）荷重 90ton



1-5　室内実験結果の考察

1-5-1　水圧試験

水圧はいずれの口径も，20kg/cm²以上で30分間保持しても漏水しないことがわかった。

1000φ では丸ゴム輪，タイトン形ゴム輪のうち，いずれか一つだけでも 20kg/cm² までもつことが確認された。

したがって，実際には二つのゴム輪を使用するので，十分安全な耐圧機能をもっていることがわかる。

タイトン形ゴム輪だけでも十分であるのに，さらに丸ゴム輪を追加した理由は，

(1)　二重シールにすることによって，より安全を期する。

(2)　万一の事故の際，人の入れる場合は，丸ゴム輪を取りかえることができる。

等である。

1-5-2　曲げ試験

(1)　曲り防止のない場合は，継手部の曲りが小さい間は，応力も小さい。

これは，曲りの小さい間は鉄部同志の接触がなく，ある範囲まではゴム輪で吸収するからである。

その範囲をこえると鉄部同志の接触が生じ，応力が増加するようになる。

実験での最大曲げ角度における応力をみると，ダクタイル鋳鉄の曲げ破壊応力54kg/mm²の約半分で，まだかなり余裕がある。

設計上の曲げ角度は，鉄部が接触したときで計算し，次表のようになっている。

表-10　タイトン形内カラー継手の曲げ角度

呼び径	最大曲げ角度	呼び径	最大曲げ角度
200	3°30′	500	4°20′
250	3°30′	600	4°10′
300	4°30′	700	4°40′
350	4°30′	800	4°10′
400	4°20′	900	3°50′
450	4°20′		

実験では，より以上の曲げ角度まで行なっても十分安全なことがわかっているので，実際に使用する場合は，工事中の曲りはほとんどなく，以後の地盤沈下その他の原因で管が曲ったとしても，十分それに順応できるといえる。

(2)　曲り防止をつけるとすれば図-5のように三通りの方法が考えられ，これについての試験結果はP25に示されている。

抵抗曲げモーメントの最も高いのは，押しボルト式で

4.35ton-m である。

いま，実際にかかる曲げモーメントを 1000φ について計算すると，次のようになる。

推進荷重は，パイプパイルに使用されるマイヤホフの式から求める。

長さを 20m として

$$Q=40\cdot N\cdot A_P+\frac{1}{5}\cdot N\cdot A_S$$

ここで Q；推進荷重　ton

N；標準貫入値　5とする。

A_P；先端断面積　0.108m²

A_S；管周表面積　65.5m²

上式を簡単にして

$$Q = N\ (40A_P + \frac{1}{5}A_S)$$

$$= 5\ (40\times 0.108 + \frac{1}{5}\times 65.5)$$

$$= 87\ \text{ton}$$

偏心度を1cmと仮定すると，

曲げモーメントは，

$M = Q\cdot e = 87\times 0.01 = 0.87\text{ton-m}$

になる。

実験結果の値はいずれもこの値よりは大きい。

曲り防止器具で最も良いものは，押しボルト式（図-5の(3)）である。

推進時だけこれを取りつけ，推進後はこれを取りはずすようにすれば，推進時の曲り防止とそれ以後の可撓性も生かされる。

1-5-3　外圧試験

600φ，1000φについて，実際考えられる以上のきびしい試験を行なった結果，加圧部の変形量（撓み）は600φで15mm，1000φで12mmになっても水圧に耐えることが確認された。

いま，推進後管に生ずる撓みを計算すると，次のようになる。

まず，土圧はヤンセン公式から求めると

$$W = \frac{\gamma}{2K\tan\varphi}(1-e^{-2KH\frac{B}{B}\tan\varphi})B$$

ここで γ；単位重量 $1.8\times10^{-3}\text{kg/cm}^3$

φ；土の摩擦角 30°とする。

K；ランキン係数

$$\frac{1-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}=\frac{1-\sin30°}{1+\sin30°}=0.335$$

H；土被り 300cm

B；管外径 63.08cm

これらを代入すると，土圧は

$W = 0.248\text{kg/cm}^2$　になる。

つぎに，管の撓みは次式で求める。

$$\delta = 0.058\frac{WR^4}{E\cdot I}$$（支持角180°とする）

ここで E；ダクタイル鋳鉄の弾性係数

$1.6\times10^6\text{kg/cm}^2$

I；二次慣性モーメント $\frac{t^3}{12}$

t＝肉厚 0.9cm

これらを代入して撓みを計算すると，

600φの場合は，土被り 3m で

$\delta = 1.4\text{mm}$

1000φの場合は，同様な計算を土被り 4m で行なうと

$\delta = 5.5\text{mm}$

になる。

いずれも加圧試験での撓み（加圧部の変形量）よりはるかに小さく，漏水や破壊の恐れが全くないことがわかる。

1-5-4　軸方向圧縮試験

700φにつき 90ton まで圧縮試験を行なった結果では，鉄部，ライニングの応力，歪ともあまり大きなものは発生していない。

鉄部の圧縮破壊強度は38kg/mm²以上であり，鉄部の最大応力（端面近く）からみると，安全率は5程度であり，十分余裕がある。

計算では端面近くの鉄部は

$$\sigma = \frac{W}{A} = 3.94\text{kg/mm}^2$$

になり，実験値よりかなり小さく，いくらか偏心したものとみられる。

中央部では，鉄部とライニング部の複合したものになる。

$$\sigma = \frac{W}{A_F + \frac{1}{n}A_C} = 2.64\ \text{kg/mm}^2$$

ただし，A_F；鉄部断面積

n；鉄部，コンクリートの弾性係数比 $E_F/E_C = 5$ とする。

A_C；コンクリート部断面積

実験値もほぼこれに合致する。

いま，挫屈応力はテトマイヤー式から求めると，

$$\sigma_K = \sigma_D\left\{1-a\left(\frac{l}{r}\right)\right\}$$

ここで　σ_D；3100 kg/cm²

a；0.00368

l；長さ 3m

r；回転半径 $\sqrt{\frac{I}{A}} = 0.257\text{m}$

これらを代入して計算すると

$\sigma_K = 3060\text{kg/cm}^2 = 30.6\text{kg/mm}^2$

となる。この値は試験結果よりはるかに大きく，挫屈の心配はない。

2. 屋 外 実 験

2-1 実 験 方 法

250φ管および500φ管を用いて，工場敷地内で，土被り 1.8m，延長 15m の推進工事を各種工法を用いて行ない，その時の作業の難易，推進時の推力，および推進後の曲り等について測定した。

2-1-1 実験に用いた工法の形式と供試管

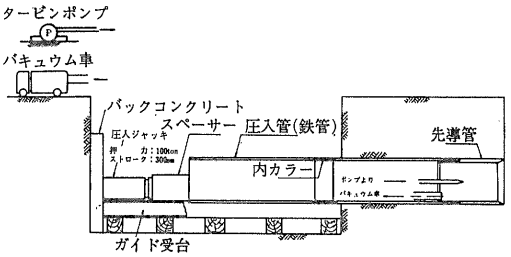
(1) 真空吸上式

供試管：500φ×5.9m～3本

工法の略図は図-18に示す。

管の先端に先導管を取りつけ，管を押し込んで先導管内に入ってきた土砂をジェット水流でくずし，バキュウムで引くようにした。

図-18 真空吸上式（500φ）



(2) 盲押し方式

供試管： 250φ×4m～4本

図-19 盲押し方式（250φ）

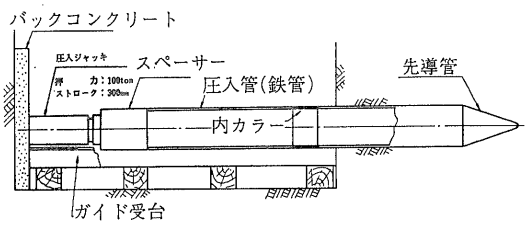
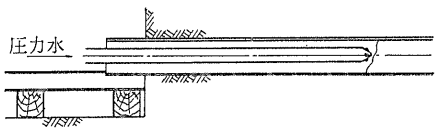


図-19 に示すように，先端のとがった先導管を取りつけて押し込んだ。

(3) ジェット水流方式

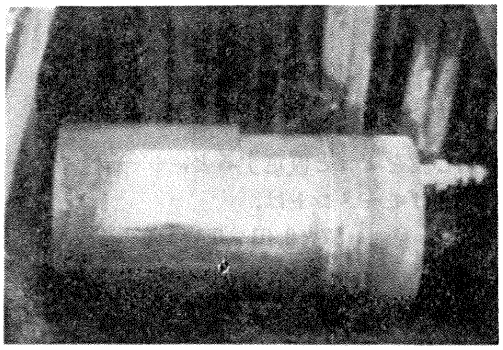
供試管；250φ×4m～4本

図-20 ジェット水流方式（250φ）



真空吸上式を簡略化したもので，管の先端は何もつけず直接に圧入し，管内に入った土砂を

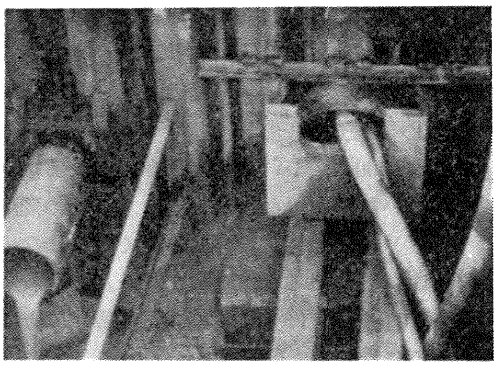
写真-2 押込状況（500φ）



先 導 管

500φ管を押し込んだところ↘(左)バキュウムホース

(右)ジェット水ホース↓



↗250φを押し込んだところ

ジェット水流でくずして流し出す。

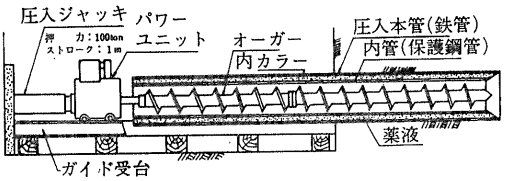
今回の試験は，管1本押し込んで，管内に入り込んだ土砂をとり出し，次の管を押し込んだ。

(4) オーガー方式（佐藤工業と共同）

供試管；250φ×4m～4本

工法の略図を図-21に示す。

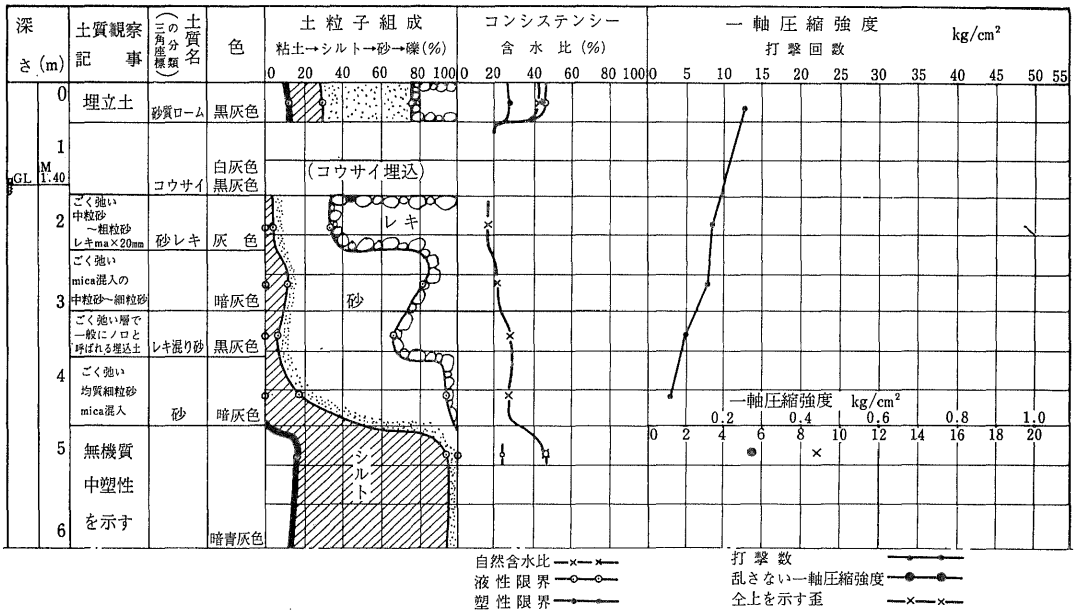
図-21 オーガー方式（250φ）



ガイド受台上に圧入本管，内管，オーガーおよびパワーユニットをセットし，これらを後部のジャッキで押込み，管内に入ってきた土砂をオーガーで管外に搬出した。

内管の目的は本管内面の防護と，オーガーの保持とを作用させるためのもので，本管と内管の隙間には薬液（スミソイルL：商品名）を注入した。

図-22　実験場土質試験成績表



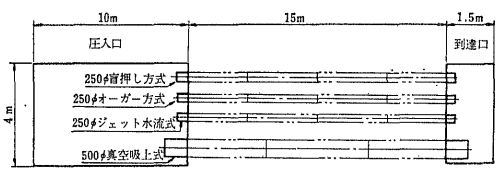
2-2　工事要領および条件

施工概要を図-23に示す。

250φ管は土被り 2.1m，500φ 管は土被り 1.8 m，土質は前半および後半の⅓は粘土まじりの細砂，中央⅓は粘土でその中に多少のレキがまぎっていた。

また埋立地のため木杭等の残りもあった。実験現地の土質データについては図-22に示す。

図-23　工事概要図



2-3　実　験　結　果

2-3-1　作業時間

表-11　各方式での推進時間

方　式	真空吸上式(500φ)	盲押し(250φ)	ジェット水流 (250φ)	オーガー (250φ)
1m当りの工数	32分	22分	30分	35分

(注) 接合時間および必要な準備等を含む。

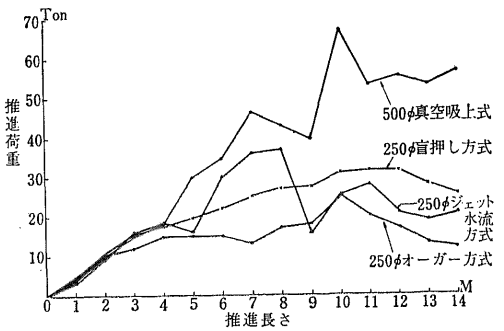
2-3-2　推進荷重

表-12　各方式での推進荷重

方　式	最大推進力　ton			
	1本目	2本目	3本目	4本目
真空吸上式(500φ)	46.3	67.1	56.7	—
盲　押　し(250φ)	17.5	26.8	31.4	28.0
ジェット水流(250φ)	18.4	36.9	27.9	21.0
オ　ー　ガ　ー(250φ)	15.1	17.1	25.1	13.1

なお推進荷重の詳細を図-24に示す。

図-24　推進長さ—推進荷重図



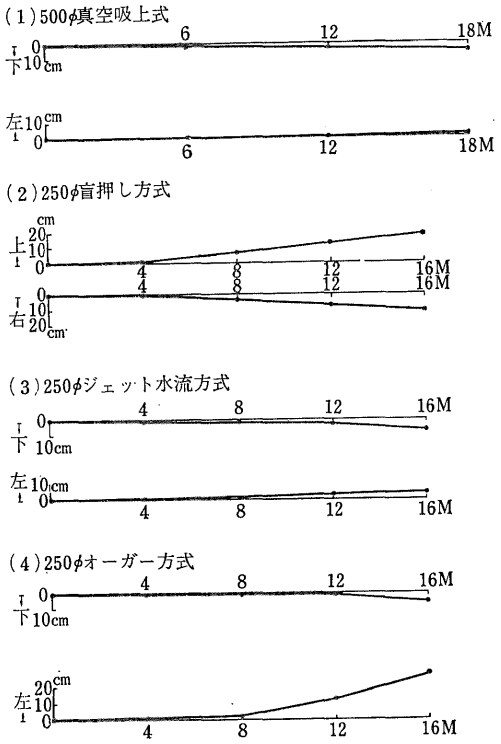
2-3-3　管の曲り

表-13　各方式での管の曲り状況　単位：mm

方　式	真空吸上式(500φ)	盲　押 (250φ)	ジェット水流 (250φ)	オーガー (250φ)
上下方向	下44.5	上 180.5	下　69	下　63
左右方向	左10.5	右 110.0	左　29	左 283

なお曲り状況の詳細を図-25に示す。

図-25　上下および左右方向曲り測定図



2-3-4　工事状況

工事の状況を写真-3～6にしめす。

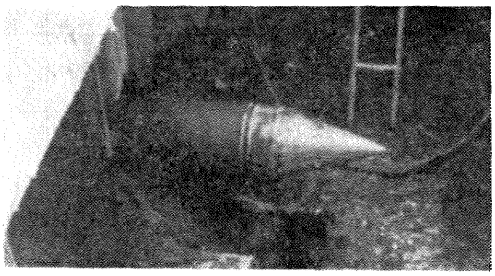


写真-3　盲押し先端の状況

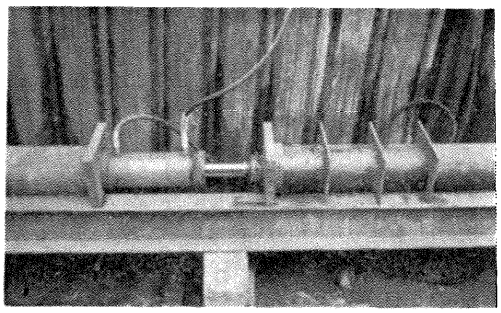


写真-4　250φ推進状況

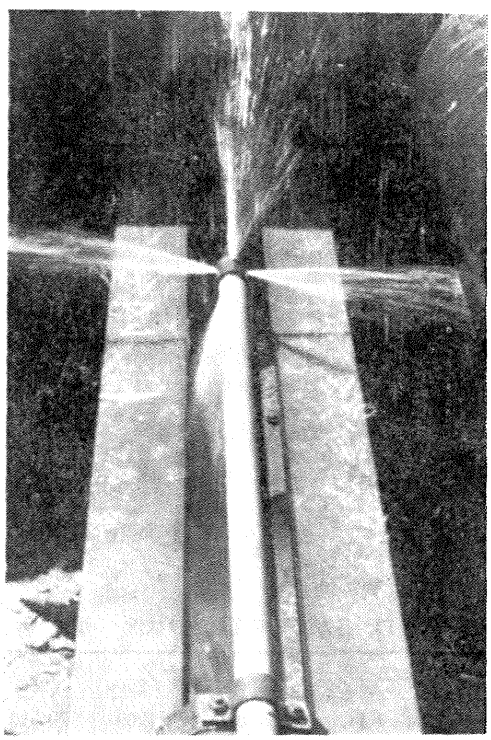


写真-5　ジェット水流の先端

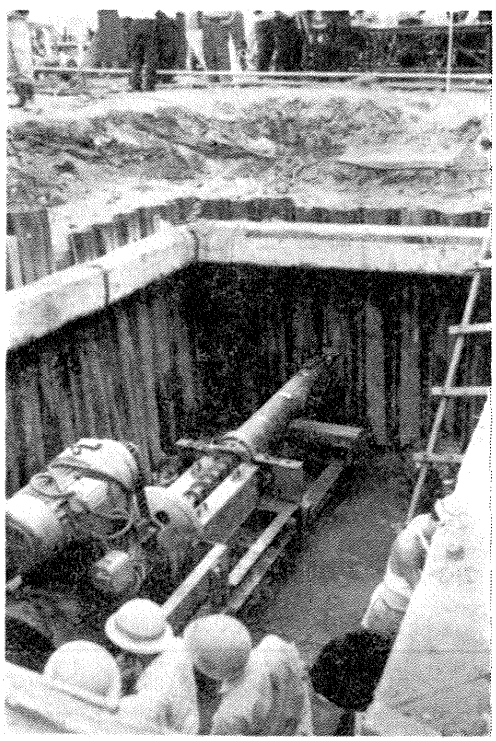


写真-6　オーガー式（250φ）

2-4　屋外実験結果の考察

2-4-1　管の推進荷重

管の推進荷重は図-24に示すように500φは250φの約2倍になっている。いま，マイヤホフの式から計算すると

500φ で　　60 ton
250φ　　38 〃

となり，実験結果の最大値とほぼ同じ値である。このマイヤホフの式はパイプパイルのような垂直杭の場合に適用されるものであるが，このような水平に推進されるものにも当てはまるようである。

この式を使って推進荷重Q，貫入長L，口径，N値の関係を線図で表わすと，図-26のようになる。

例題として

管径＝500，L＝20m，N値＝5

とすると，その推進荷重は点線のように求められ，40tonになる。

N値については，砂と粘土によって以下のように大別される。

表-14　砂と粘土におけるN値

土　質	種　類	N　値
砂	ゆ　る　い	4～10
	中位のかたさ	10～30
粘　土	ゆ　る　い	2～ 4
	中位のかたさ	4～ 8
	か　た　い	8～15

2-4-2　管路の曲り

図-26に示すように，250φオーガー式がやや大きく左にずれているが，これは途中の木杭に当ったためである。

その次に，盲押し方式が大きいが，真空吸上式，ジェット水流式のように，土砂を出しながら押す方式では曲りが少ない。上下のずれについては，盲押し方式の場合だけ上向きになっており，それ以外は何れも下向きになっている。ここの土質は水位1mという軟弱地盤であるので，2本目，3本目と押込んでいけば，管の自重が影響してくるので下り気味になるのではないかと考えられる。

図-26　推進荷重と貫入長，口径およびN値の関係図

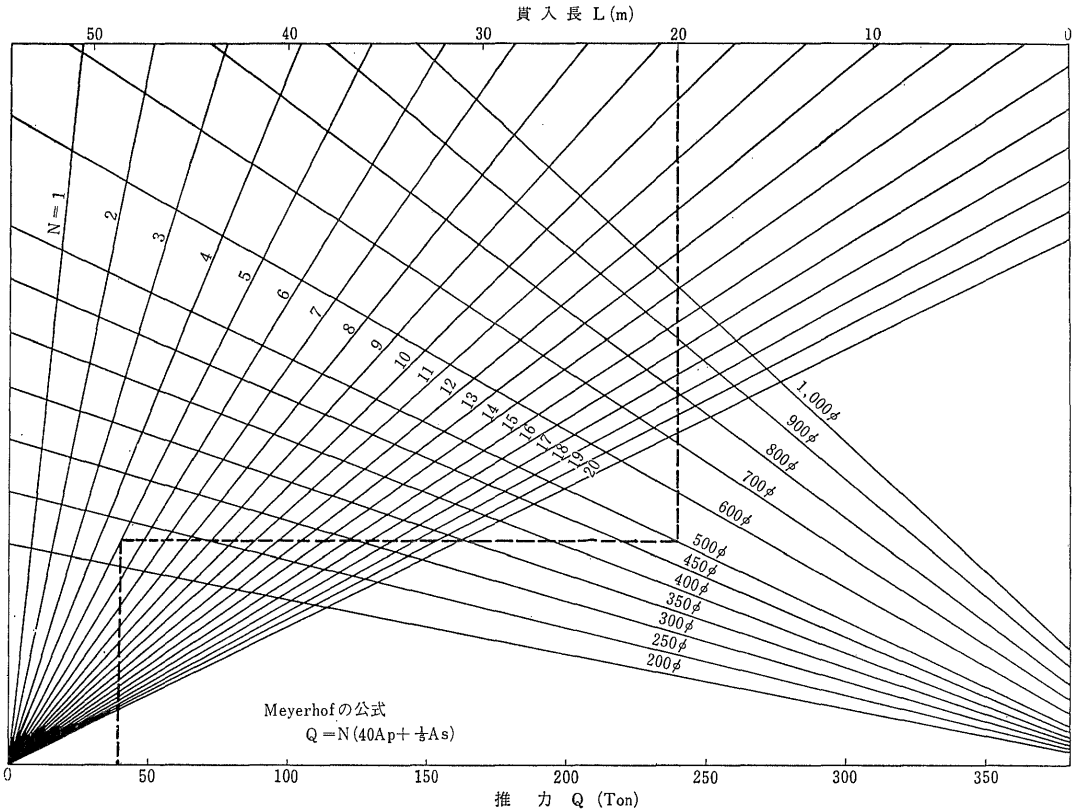


表-15 各種工法比較

工法	口径	長さ	作業性	土質	コストの優位性
真空吸上式	350φ以上	関係なし	2	砂，シルトに適する	3
盲押式	300φ以下	20 m以下	1	粘土質に適する	1
ジェット式	200φ以上	関係なし	4	砂，粘土に適する	2
オーガー式	200φ以上	30 m以下	3	砂，シルト，粘土に適する	4

2-4-3 各種の工法について比較

(1) 真空吸上式は動力機械を使用するので極めて能率的に行なえる。75φmm の真空パイプを使用するので，口径はやや大きなものに向いている。土質は粘土質より砂，シルト質が比較的吸いやすい。

コストはやや割り高である。

(2) 盲押し式は，管路が長いと曲りが問題となる。このような場所には不適当であり，またその延長に限度がある。口径が大きい場合は地盤表面の土の隆起が問題となるので，比較的小口径に向いている。工法としては最も簡単で，工事後の管のクリーニングも必要でない。しかがってコストは最も安い。

(3) ジェット水流式は長さ，口径に特に影響されないが，工事後のクリーニングが必要なことと取付作業等工程的にはやや複雑なようである。比較的コストは安い。

(4) オーガー工法は動力機械を駆使して行なうので，取りつけさえすれば極めて能率的であるが，取りつけが内挿鋼管の溶接，薬液注入等を行なうので，他工法より複雑である。

動力の関係であまり長いものには不適当である。コスト的には割り高である。

以上の工法の比較を表にすると表-15のようになる。

3. 結　　び

ダクタイル鋳鉄管を推進工法に使用するために，タイトン形内カラー継手を開発し，各種の実験を行ない，実用上十分使用に耐えることがわかった。

まず，室内実験によって作業性，水圧，曲げ，偏心加圧，軸方向圧縮の各試験を行ない，実際の推進工事中に起りうるあらゆる条件と比較検討し，必要な性能を十分備えていることを確認した。

また屋外実験によって，500φ，250φ のような，人が管内に入れない口径のものについて各種工法を行ない，比較検討した結果，施工条件によって夫々の工法を使いわけることができるようになったと考える。

推進荷重については，マイヤホフの式が比較的よく合致するので，これの簡単な読取線図を作成した。これによって口径，長さ，N値（標準貫入値）が判れば，その推進荷重が推測できる。

なお，今後ともこの種の配管工法の性能向上のためユーザ各位のご教示をえて，さらに一層の研究努力を重ねるつもりである。

4. 実　施　例

これまでに終えた工事は

(1) 大阪府水道部南部建設事務所
　　於　羽曳野市伊賀道路下
　　2000φ×4m～3本～12m

(2) 大阪府摂津市水道事業所
　　於　摂津市一津屋　国鉄新幹線高架下
　　大阪府中央環状道路下
　　600φ×5.9m～3本～18m

(3) 大阪府交野町水道事業所
　　於　交野町川下
　　400φ×5.9m～3本～18m

(4) 静岡県上水道企業局大井川事務所
　　於　静岡県榛原町国道150号線下
　　700φ×5.9m～4本～24m

(5) 東京都下水道局
　　於　足立区宮城町　飾浜幹線
　　800φ×5.9m～3本～18m

5本～30m

(6) 住友化学

於　千葉県市原市姉崎海岸5の1　工場内

1500φ×3.65m～5本～20m

(7) 滋賀県草津県事務所　土地改良課

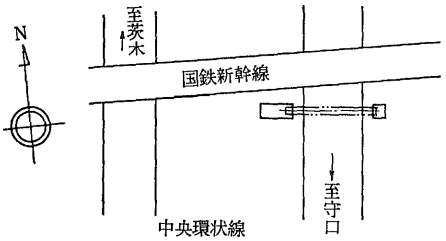
於　草津市内駒井沢新堂町　県道下

700φ×3.3m～3本～10m～2カ所

である。

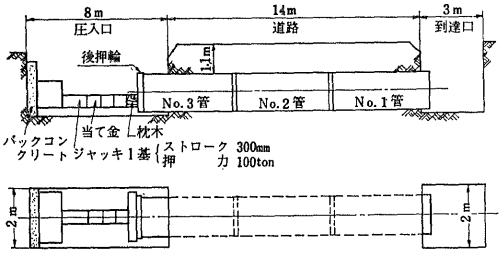
4-1 実施結果一例

4-1-1 場所大阪府摂津市一津屋1246の1番地



4-1-2 施工要領

施工概要は下図の通り

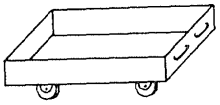


管の先端には先導管を取りつけ，後には後押輪を取りつけて枕木を当て，ジャッキで押し込んだ。

ピットが浅いため，地下水は全然なく，土質は粘土質シルトであった。

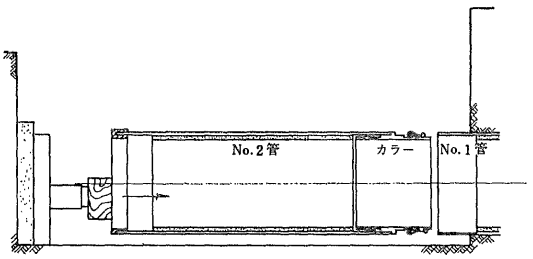
管内堀削土の搬出法は，管内に人がはいり，ロープのついた車に土砂を積んで外から引張って外に出し，そこからベルトコンベアーで搬出した。

土砂運搬車



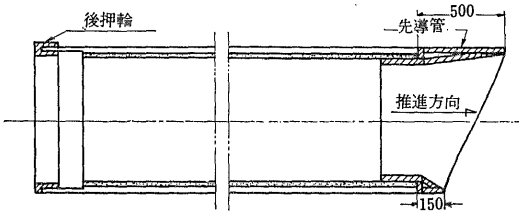
4-1-3 接合方法

現地での接合方法は，No. 1管を押し込んだ後に，工場でNo. 2管とカラーを接合して現地に運び，下図のようにジャッキで押し込んで接合した。



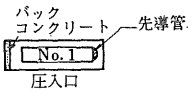
4-1-4 先導管および後押輪

先導管は下図のように管外径と先導管の外径を同一寸法とした。



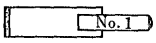
4-1-5 施工日程

1日目（6月5日）管長6m



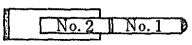
No.1管に先導管を取りつけて，ピット内に吊りおろし，ポンプ，ジャッキを設置した。

2日目（6月6日）4m（押し込み長さ）



午前11時から押し込み開始，午後6時までに4m押し込む。

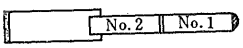
3日目（6月7日）7m



午前8時から押し始めて，午後3時にNo. 1管押し込み完了。

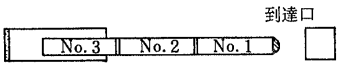
No.2管据えつけて接合し，1m押し込む。

4日目（6月8日）12m



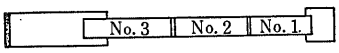
午前8時から押し始めて，午後7時にNo. 2管押し込み完了。

5日目（6月9日）13m



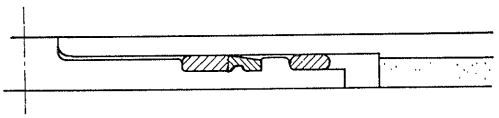
午前9時30分から No.3 管据えつけ。午前10時30分から接合（5分で終了）して No.3 管を1m押し込む。

6日目（6月10日）16m



午前8時から押し始めて，正午までに全管押し込み完了。

6月12日



継手部の隙き間にエポキシ樹脂の充填を行なった。樹脂は，エポダイト232DK（高分子化学工業㈱製）を使用した。

4-1-6　施工時間

各工程での所要時間は次の通りであった。

押込	10時間／1本
接合	5～10分
樹脂の充填	1.5～2時間

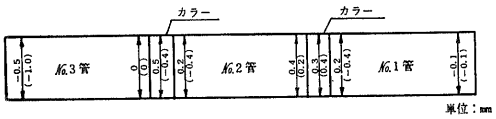
4-1-7　推進時の推力

推進時に推力を測定した結果を，次に示す。

	平均推力
1本目	16 ton
2本目	16 ton
3本目	18 ton

4-1-8　撓み測定結果

工場で各管の内径を測定し，それを0点として全管押し込み完了後の撓みを測定した結果を下図に示す。

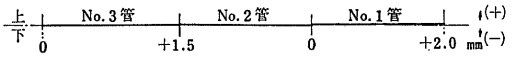


（　）無：上下方向撓み
（　）内：左右方向撓み

管内にダイヤルゲージを設置して，トラック通過による撓みを測定したが，最高で0.04mmとわずかであった。

4-1-9　曲り測定結果

全管押し込み完了後，曲りを測定した結果を下図に示す。



左右誤差はなく，ほぼ水平に押し込むことができた。

筆者は株式会社栗本鉄工所鉄管技術部開発技術課勤務

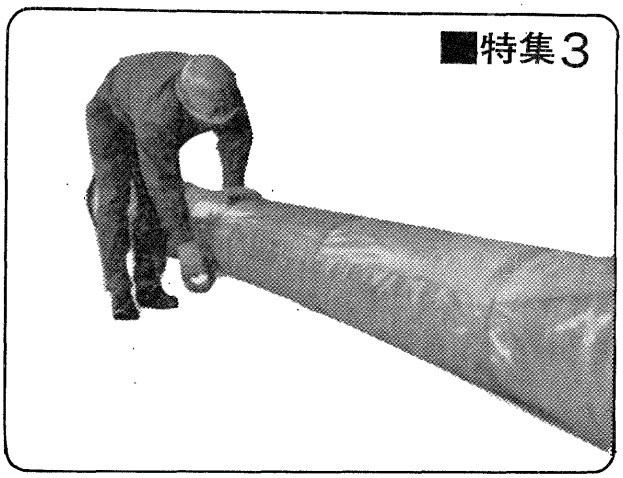
公共下水道　工業用水道
都市下水路　簡易水道
終末処理場　浄水場
ポンプ場　し尿処理
工場廃液処理　ごみ処理
上水道

基本計画　認可申請
実施設計　工事維持管理
建設省認可　下水道、上水道及び工業用水道部門 建設コンサルタント
一級建築士事務所

株式会社大阪上下水道設計事務所
代表取締役　松井春吉
本社　大阪市天王寺区国分町107　☎(779)1961～3
北陸出張所　☎富山(31)6713
岡山連絡事務所　☎岡山(72)0275

鋳鉄管の外面防蝕対策としてのポリエチレンスリーブ法

■特集3



日本鋳鉄管協会
技術専門委員会委員
*長尾正三
**大橋義信
***細田慎一

小　目　次

1. 鋳鉄管と防蝕……38
2. ポリエチレンスリーブ法の効果と実用例……39
2-1 野外実験結果……39
2-1-1 アメリカにおけるポリエチレンスリーブ法の野外実験……39
2-1-2 イギリスにおけるポリエチレンスリーブ法の野外実験……40
2-2 実験室における効果確認実験……42
2-2-1 久保田鉄工における実験……42
2-2-2 イギリスにおける実験……46
2-3 ポリエチレンスリーブ法の実用例……46
2-3-1 アメリカにおける実用例……46
2-3-2 イギリスにおける実用例……51
3. ポリエチレンスリーブ被覆の絶縁性能…52
4. ポリエチレンスリーブ……52
4-1 原料ポリエチレン樹脂……52
4-2 ポリエチレンの耐久性……53
5. 施工方法……55
5-1 直管の施工手順……56
5-2 異形管の施工手順……57
5-3 大口径管の施工状況……57
6. 結び……57

1. 鋳鉄管と防蝕

鋳鉄管の歴史は古く，何時どこで最初に作られたかはっきりしていないが，今日われわれが知る確かな情報は，1455年にドイツの Dillenberg の給水設備に この鋳鉄管が使用されたという事実である。

その後の鋳鉄管の歴史は，発展につぐ発展の道をたどり，今日欧米諸国において，水道，ガス，工業用水，あるいは農業用水の導水管路として，広く活発に使用されていることはいうまでもないが，日本においても，1885年横浜で使用されて以来今日まで，既に80年余の年月を経ており，水道事業，ガス事業の発展に大きな貢献をしていることは斯界の認めるところである。

そして，鋳鉄管のサービスライフも欧米では100年以上に及ぶ例が数多く，日本でも70年を越す例は少くない。しかしながら，非常に限られて数は少ないのであるが，ある種の土壌環境では，鋳鉄管といえども腐蝕作用を受け，管路のサービスライフが短縮される例があり，何等かの防触対策を取るべき場合が認められる。

近年アメリカではこの点に注目し，鋳鉄管に及ぼす土壌の腐蝕性に関する研究が行なわれ，管路の埋設される地域の土壌を分類し，その腐蝕性を明らかにする試みが行なわれている。

シカゴ市の Cast Iron Pipe Research Association の W. Harry Smith は水道協会誌「Jour. AWWA」(1968. 2. p.221～227) に「Soil Evaluation in Relation to Cast-Iron Pipe」と題する論文を発表し，その中で次の表-1のような土壌の腐蝕性評価基準を示している。

即ち，表-1においては，各項目の分析結果を該当項に入れてその点数を合計しその点数が10点以上になれば，その土壌は鋳鉄管に対し腐蝕性であり，その場合何等かの防蝕対策を取るべきだとしている。

一方日本でも，海岸の埋立地の粘土ないしヘドロ地帯，アスガラ混入土壌地帯，あるいは工業用廃水混入地帯等の腐蝕性の強いと思われる埋設条件が予想され，これを表-1に従って評価するときは，10点前後の点数となり，この Cast Iron Pipe Research Association の土壌の腐蝕性評価基準が適用できるものと思われる。

表-1　鋳鉄管に対する土壌の腐蝕性評価

土壌の比抵抗	＜700Ω-cm	10
	700～1000	8
	1000～1200	5
	1200～1500	2
	1500～2000	1
	＞2000	0
pH	0～2	5
	2～4	3
	4～6.5	0
	6.5～7.5	0*
	7.5～8.5	0
	＞8.5	3
Redox 電位	＞100mV	0
	50～100mV	3.5
	0～50mV	4
	(－)	5
水　分	排水悪く，常に湿潤	2
	排水かなり良，一般に湿っている	1
	排水良好，一般的に乾燥	0
硫化物	(＋)	3.5
	Trace	2
	Negative	0

(注)　硫化物が存在し，かつ低Redox電位を示す場合には3を足すこと。

さて，管路の埋設土壌が鋳鉄管に対し腐蝕性であり，防蝕対策を取るべきだということになれば，できるだけ信頼度の高い，確実な，しかも実際的で経済的な方法が望まれるが，従来こうした防蝕対策としてはコンクリート巻き，タールエポキシ塗装，瀝青質塗覆装，埋戻し土の入れ替え等が行なわれてきた。

しかし最近，これらの種々の防蝕対策の中で最も満足なものの一つとして，本題のポリエチレンスリーブ法が欧米において広く一般的に行なわれるようになってきた。即ち，このポリエチレンスリーブによる管路の防蝕方法は，1952年にアメリカにおいて実験が開始され，1958年に実用化，その後1964年にはアメリカ国内の28都市において実施され，以後急速な普及を示している。一方この方法はイギリスにも1961年に導入され，実験・実用化が進んでいる。

そこで，これについて技術的な説明を行なう。

2. ポリエチレンスリーブ法の効果と実用例

主として鋳鉄管の防蝕対策としてのポリエチレスリーブ法がいかなる効果をもっているかを説明する意味で，欧米の文献による資料および久保田鉄工において検討した資料を以下に示すことにする。

2-1　野外実験結果

2-1-1　アメリカにおけるポリエチレンスリーブ法の野外実験

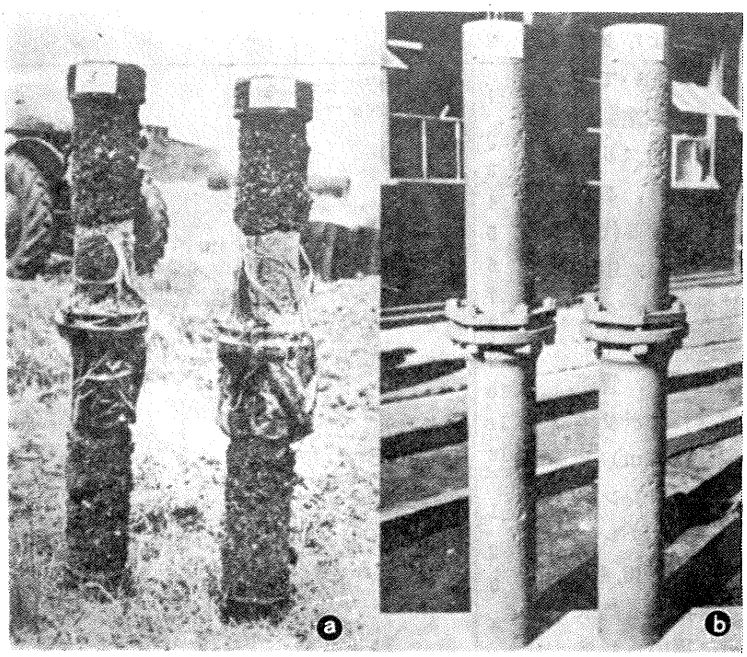
アメリカにおけるポリエチレンスリーブ法の実験は，Ernest F. Wagner の論文「Loose Plastic Film Wrap as Cast-Iron Pipe Protection」(Jour. AWWA, vol. 56, March 1964, p.361～368) においてその内容を知ることができる。

本実験は6″メカニカルジョイント管（長さ約6ft）でジョイント部をポリエチレンフィルムでルーズに巻きつけたものを，石炭ガラ（比抵抗400Ω-cm，排水良好，通気良好，天候によって乾湿が交互に試験片に加わる，硫酸塩還元バクテリアは不活発），tidal salt muck（砂，muck および有機物の分解物の混合物，常に水に飽和されており，比抵抗300～400Ω-cm，硫酸塩還元バクテリアは活発）の2種類の土壌中に埋設したものであり，その5年後，8年後の結果が写真-1，写真-2に示されるものである。

写真-1(a)は，6″メカニカルジョイント管が5年間石炭ガラ中に埋設された後取り出され，ポリエチレンフィルムは巻きつけられたまま，また保護されていない表面には石炭ガラがくっついたままの状況を示し，写真-1(b)は同じ試料の腐蝕生成物を除去するために，ショットブラスト処理した後の状況を示す。

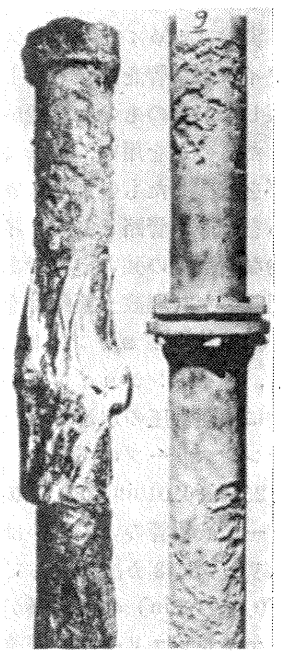
直接石炭ガラと接触していた金属表面の孔蝕深さを測定すると，あるものは100mil (2.5㎜) 以上もの深さを示したが，しかしポリエチレンフィルムによって保護されていた面には測定できるような孔蝕は認められなかったといわれる。

また写真-2は tidal salt muck 中に8年間埋



(a)はポリエチレンフィルムが巻きつけられたままの状態。
ポリエチレンフィルムの脹みは水の浸入を示す。
(b)はショットブラスト処理後の状況

写真-1　埋設5年後の6″管の状況



ポリエチレンフィルムの脹みは水の浸入を示す。

写真-2　埋設8年後の6″管の状況

設された6″メカニカルジョイント管を示す。保護部は何等異常はないのに，他は深い孔蝕がある。

これらの写真からわかるようにポリエチレンスリーブで防蝕された部分では，埋設地から掘り上げたままの状態で，いずれもポリエチレンスリーブの中に水がかなりの量で浸入しているのが認められるが，それにもかかわらずその部分の腐蝕状況は表面に黒色の薄い錆層が認められるのみで，何等の測定できるような孔蝕が無いことは，本方法の大きな特色ということができる。

2-1-2 イギリスにおけるポリエチレンスリーブ法の野外実験

イギリスにおけるポリエチレンスリーブ法の実験として総合的なものは，Stanton and Staveley, Limited の D.R. Whitchurch および Sevenoaks and Tonbridge Water Co. の J.G. Hayton により，論文「Loose Polythene Sleeving for the Protection of Buried Cast Iron Pipelines」(Stanton and Staveley, Ltd. Research Department Report IPC/68/5) に示されるものである。

実験は4″φ×12ftのネズミ鋳鉄管およびダクタイル鋳鉄管を試験片とし，これらにおいて塗装しない裸のものと，変成コールタール塗装をしたものとを用い，そしてポリエチレンスリーブを被覆したものとしないものとに分け，これらを一つの管路として，イギリスにおける代表的な腐蝕性の強い土壌である brown clay 中に埋設した（埋設土壌条件を表-2に示す）。

試験片のジョイントはメカニカルジョイント，タイトンジョイントの2形式をとり，管路内には通常圧の水をはった。使用されたポリエチレンスリーブの厚さは0.18㎜（0.007in）と0.25㎜（0.010in）のもので，ポリエチレンスリーブ被覆管のいくつかは，そのポリエチレンスリーブに3カ所に亘って長さ12.7～25.4㎜（0.5～1.0in）の人工傷がつけられた。またポリエチレンスリーブの固着のために用いられた粘着テープは，塩化ビニール（P.V.C.）製でサイズは巾51㎜，厚さ0.25㎜である。埋設後6年で掘り上げて調査した。

ポリエチレンスリーブが被覆された管は，掘り上げた時に総ての管の直部にはポリエチレンフィルムと鉄管肌の間に水が膜状になって存在しており，ジョイント部にはポリエチレンスリーブが鉄管肌と密着していないため，かなり多量の水が存在していた。この水のpHは，その場所で携帯pHメーターで計った結果では，5.7～6.9であった。

ポリエチレンスリーブの防蝕効果はポリエチ

表-2 埋設土壌条件

土壌の種類		含水量 %	pH	比抵抗 Ω-cm	塩化物 %	硫化物 %
brown clay	範囲	19.5 ～30.0	4.4 ～7.6	660 ～1408	0.02 ～0.06	0.001 ～0.058
	平均値	25.0	6.0	1042	0.030	0.021

表-3 裸管および変成コールタール塗装管による標準試験結果（ポリエチレンスリーブを被覆せず）

No.	材質	塗装	清掃後の腐蝕状況
1	ネズミ鋳鉄	なし	全面腐蝕，孔蝕深さ 1.4㎜
2	〃	〃	〃　〃　〃
1	ネズミ鋳鉄	変成コールタール	腐蝕なし
2	〃	〃	〃
3	〃	〃	〃
4	〃	〃	〃
5	〃	〃	〃
6	〃	〃	trace
7	〃	〃	全面孔蝕，孔蝕深さ1.27㎜
8	〃	〃	〃　〃　1.02
9	〃	〃	〃　〃　0.76
10	〃	〃	〃　〃　0.63
11	〃	〃	〃　〃　0.51
12	〃	〃	〃　〃　〃
1	ダクタイル鋳鉄	変成コールタール	腐蝕なし
2	〃	〃	〃
3	〃	〃	〃
4	〃	〃	ジョイント部に孔蝕1個，孔蝕深さ0.76㎜
5	〃	〃	少数の孔蝕，〃　0.38
6	〃	〃	線状の孔蝕，〃　1.02
7	〃	〃	孔蝕　〃（最大）　0.51

表-4　ポリエチレンスリーブを被覆した変成コールタール塗装管の試験結果

No.	材　質	ポリエチレンスリーブのフィルムの厚さ	ポリエチレンスリーブの人工傷	清掃後の腐蝕状況
1	ネズミ鋳鉄	0.25mm	なし	腐蝕なし
2	〃	〃	〃	〃
3	〃	〃	〃	〃
4	〃	〃	〃	ジョイント部に僅かな孔蝕，それ以外に腐蝕は認められず，最大孔蝕深さ0.305mm
5	〃	〃	〃	腐蝕なし
6	〃	〃	〃	〃
7	〃	〃	〃	〃
8	〃	〃	〃	〃
9	〃	0.18mm	〃	ジョイントから1ftのところに6個の孔蝕，それ以外に孔蝕は認められず，最大孔蝕深さ0.559mm
10	〃	〃	〃	腐蝕なし
11	〃	〃	〃	〃
12	〃	〃	〃	ジョイント部に少数の孔蝕，管体には腐蝕は認められず，最大孔蝕深さ0.635mm
13	〃	〃	〃	腐蝕なし
14	〃	〃	〃	管体に孔蝕1個，その他には腐蝕は認められず，孔蝕深さ0.635mm
15	〃	〃	〃	腐蝕なし
16	〃	〃	〃	〃
17	ダクタイル鋳鉄	〃	〃	〃
18	〃	〃	〃	〃
19	〃	〃	〃	〃
20	〃	〃	〃	〃
21	〃	〃	〃	少量の孔蝕，最大孔蝕深さ0.635mm
22	ネズミ鋳鉄	0.25mm	3個(裂傷)	腐蝕なし
23	〃	〃	〃	〃
24	〃	〃	〃	管体に孔蝕1個，その他には腐蝕は認められず，孔蝕深さ1.04mm
25	〃	〃	〃	腐蝕なし
26	〃	0.18mm	〃	〃
27	〃	〃	〃	挿端に2個の孔蝕—孔蝕深さ0.965mmと1.626mm 承側に1個の孔蝕—長さ25.4mm，孔蝕深さ1.016mm この他には腐蝕は認められず
28	〃	〃	〃	人工傷部分に孔蝕1個，孔蝕深さ0.787mm その他の人工傷付近にも少数の孔蝕，孔蝕深さ0.635mm
29	〃	〃	〃	腐蝕なし
30	〃	〃	〃	〃
31	〃	〃	〃	挿側付近に孔蝕1個，孔蝕深さ0.48mm その他には腐蝕は認められず
32	ダクタイル鋳鉄	〃	〃	腐蝕なし
33	〃	〃	〃	〃
34	〃	〃	〃	〃

レンフィルムの厚みが0.18mm（0.007in）と0.25mm（0.010in）とでは差は認められなかった。いずれのポリエチレンスリーブの被膜も取り扱い上および埋設後の機械的作用に抵抗力があるように思われた。しかしながら，小さな孔がいくつか生じているのが認められた。

管の腐蝕調査の結果は，表-3・表-4に示されているが，34本のポリエチレンスリーブ被覆管の内，25本は何等腐蝕は認められず，5本はジョイント部の局所的なものであり，他の4本も極く僅かの孔蝕である。

また，13本の人工傷（3ケ所/1本）をつけたポリエチレンスリーブ被覆管の内，12本はその人工傷の部分では何等の腐蝕も認められず，残りの1本の内の1カ所の人工傷のみが，その部分で腐蝕を生じていたのみである。

2-2　実験室における効果確認実験

2-2-1　久保田鉄工における実験

ポリエチレンスリーブ法で避けられない問題の一つとして，ポリエチレンスリーブを管路に被覆しても，鉄管肌とポリエチレンフィルムの間には水が浸入するということがあるが，この水の腐蝕作用がポリエチレンスリーブの存在によってどの程度防止されるかを確かめる目的で，次のような促進実験を行なった。

試験片にはショットブラスト処理したダクタイル管（75mmφ×450mmℓ）を用い，防蝕方法としてはフィルム厚0.2mmのポリエチレンスリーブを被覆したもの，およびタールエポキシ塗装（2回塗り，膜厚0.2mm）を用い，参考として何等防蝕しない裸管を同時に試験した。

試験方法は管が土中に埋設され，しかも腐蝕性の地下水が自由に管の埋設溝中を通過し，常に新しい腐蝕性の液が供給されるような条件を想定して，試験片を2号珪砂の中に埋設し，その上部からは常に腐蝕液が振掛けられるような状態にした（図-1実験装置参照）。即ち，腐蝕液は55ℓ/minの割合でポンプによって循環され，管の埋設されている珪砂層を通過して常に新しい液が試験片に接触するようになっている。腐蝕液としては，3％塩化第二鉄（$FeCl_3$）溶液を用いた。試験期間中の腐蝕液は，実測によるとpH1.6～2.5，比抵抗40Ω-cmであった。なお実験条件からも分るように，常に空気と十分接触している故，酸素を飽和した状態にあり，その意味でも腐蝕性はさらに強いと考えられる。またポリエチレンスリーブ被覆管のいくつかは，そのポリエチレンスリーブに20mmℓの人工傷をつけ，循環腐蝕液が鉄管肌とポリエチレンフィルムの間に浸入することができるようにした。

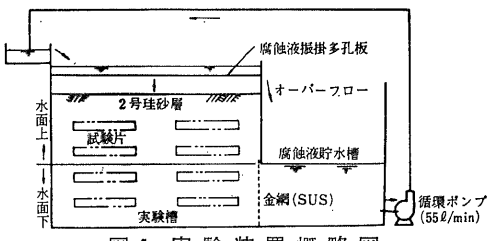


図-1　実験装置概略図

実験3カ月後の腐蝕状況調査結果は，表-5・図-2・図-3に示すとおりであり，試験片の腐蝕生成物除去後の外観状況は写真-3，写真4に示すとおりであった。

この結果，裸管は全体的に非常に激しく腐蝕されており，これに対し，ポリエチレンスリーブ被覆管は約$\frac{1}{100}$位の平均腐蝕速度を示しており，また裸管にくらべ，ポリエチレンスリーブ被覆管の孔蝕深さは非常に小さく，ポリエチレンスリーブ法の効果が大いに認められる。

一方，タールエポキシ塗装を行なったものは，特別に人為的に塗膜に欠陥部は作らなかったけれども，塗膜のピンホール部分より激しい孔蝕が生じており，全体的には塗膜で防蝕されても，局部的な欠陥に対してはその部分が選択的に腐蝕され，通常いわれている現象がそのまま生じていることが示される。

本実験結果から，ポリエチレンスリーブ被覆管の場合はポリエチレンフィルムに傷が付けられ，鉄管肌とポリエチレンフィルムの間に腐蝕液が浸入しているにもかかわらず腐蝕量は極く僅かであり，孔蝕深さも浅いことは，浸入した腐蝕液が封入状態にあり，循環せず，復極剤である酸素も速かに消費しつくされ，かつ通常の密着性塗装の場合には，局部陽極になるべき被覆の損傷部が，むしろこの場合，外部との接触によって酸素の供給が残りの浸入液と接触し

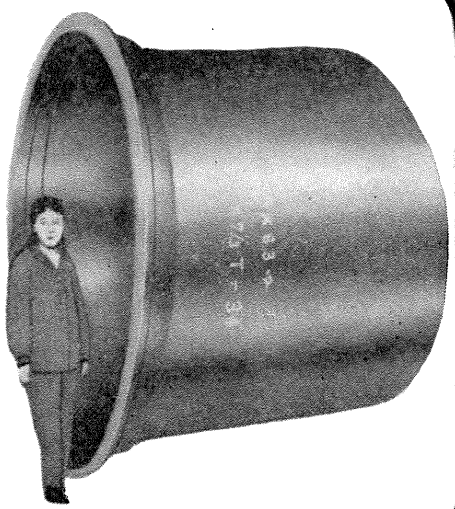
ている部分にくらべて相対的に多くなり，逆に陰極的となり，選択的な孔蝕が生じないことによると考えられ，従来の観念とはまったく異なった防蝕作用を発揮していることが示される。

表-5　ダクタイル管によるポリエチレンスリーブ法の効果確認実験結果*

試験片				重量減による平均腐蝕速度		孔蝕速度	孔蝕倍数	ポリエチレンスリーブ内浸入液のpH	ポリエチレンスリーブ内浸入液の量 cc
防蝕方法	実験槽での位置	人工傷の有無	No.	mdd	mm/yr	mm/yr			
ポリエチレンスリーブ	水面上	無	1	9.3	0.043	0.80	19	4.7	25
			2	3.3	0.015	0.44	29	?	trace
		有	3	9.3	0.043	0.20	5	5.1	9.5
			4	3.2	0.015	0.04	3	?	trace
	水面下	無	5	3.5	0.016	0.04	58	?	trace
			6	8.5	0.040	0.24	6	5.1	23
		有	7	11.8	0.061	0.08	1	4.9	102.5
			8	16.7	0.078	0.48	6	4.6	61.5
キシタールエポ塗装	水面上	—	9	4.7	0.021	3.48	166	—	—
			10	9.6	0.044	4.48	102	—	—
	水面下	—	11	3.4	0.016	3.16	198	—	—
			12	20.7	0.095	4.24	45	—	—
裸	水面上	—	13	687.9	3.175	9.40	13	—	—
			14	782.1	3.610	9.24	3	—	—
	水面下	—	15	842.7	3.890	7.84	2	—	—
			16	733.4	3.436	7.20	2	—	—

*実験3カ月後の腐蝕重量減および孔蝕深さからの換算値

強靱・耐蝕性を誇る
遠山の2200㎜大口径ダクタイル鋳鉄管



ダクタイル鋳鉄異型管
高級鋳鉄異型管
メカニカルジョイント異型管
—以上75㎜～2500㎜
石綿管用異型管及接手
バルブ、消火栓及鉄蓋

株式会社 遠山鐵工所

本社工場　埼玉県川口市飯塚町3～358
TEL　0482－51－2885(代)～7
工　場　宮町工場・錦町工場・機械工場

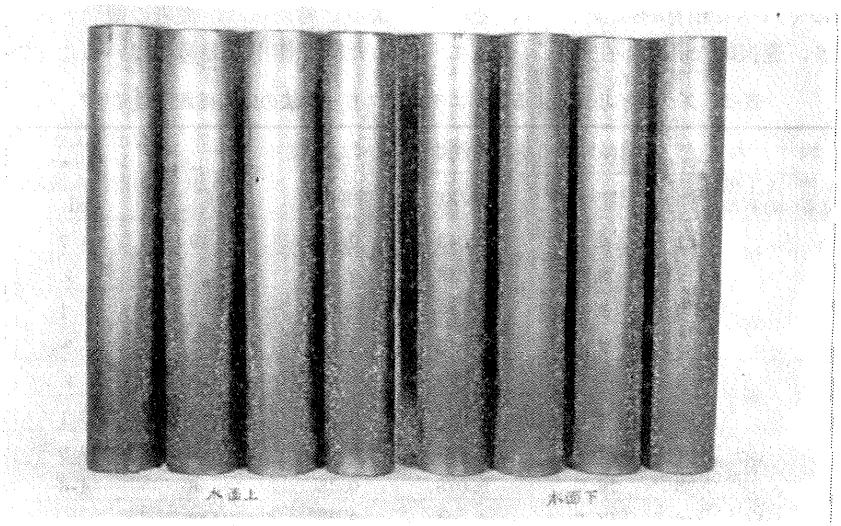


写真-3 試験片の外観状況（ポリエチレンスリーブ被覆管）

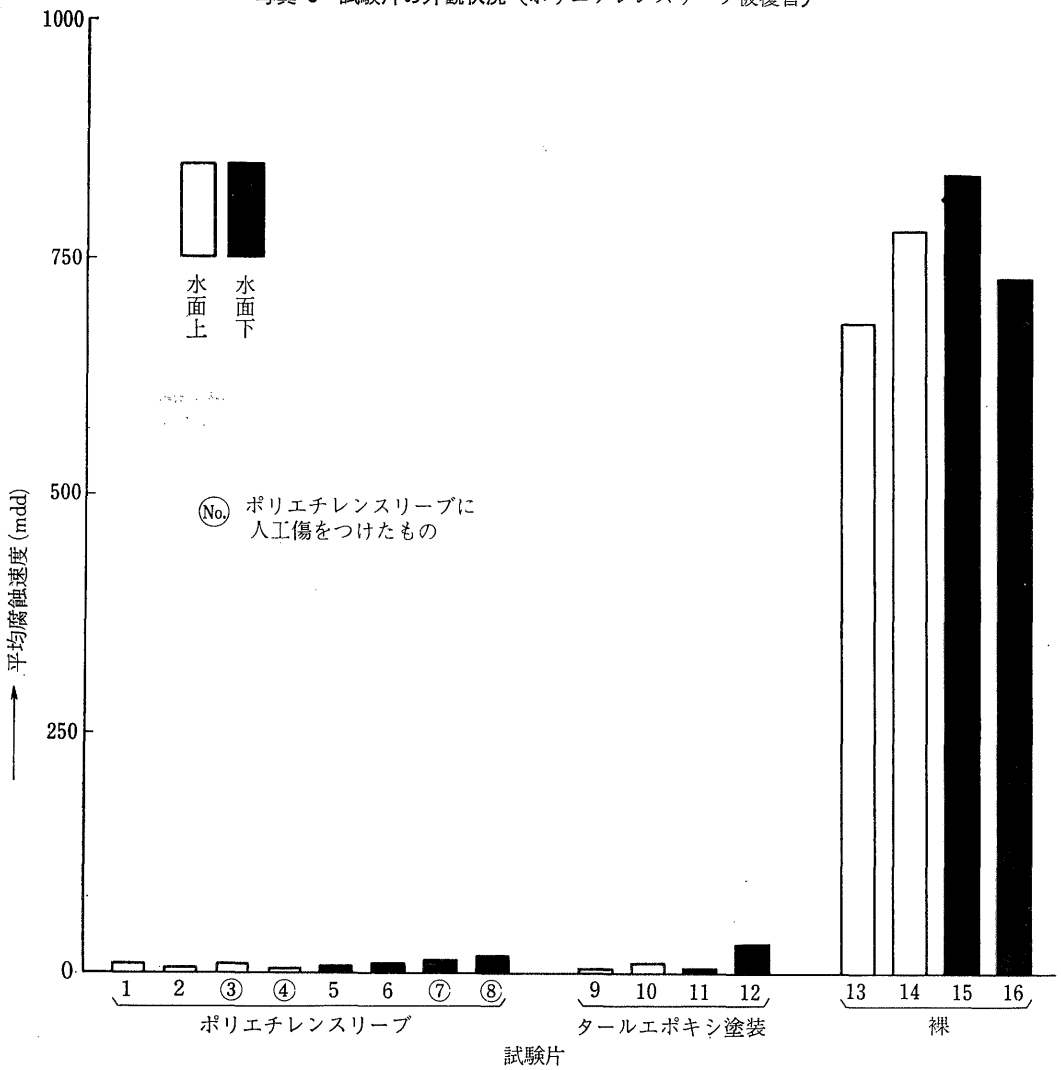


図-2 試 験 片 の 平 均 腐 蝕 速 度 (mdd)

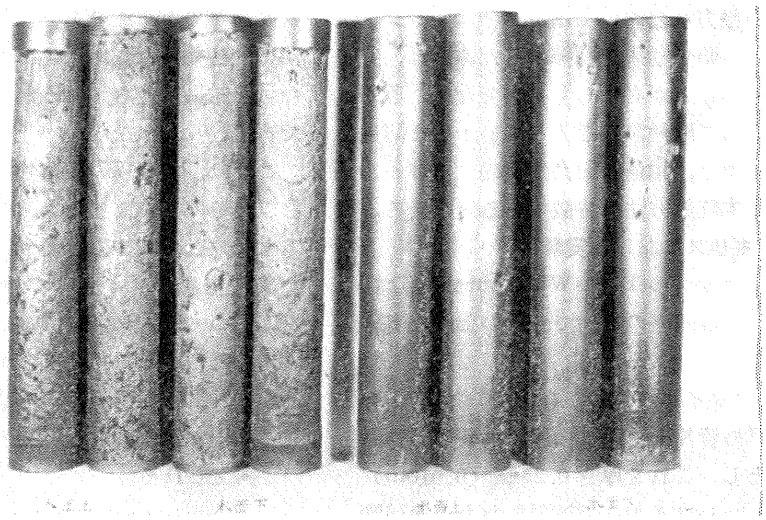


写真-4　試験片の外観状況（左側4本は裸管，右側4本はタールエポキシ塗装管）

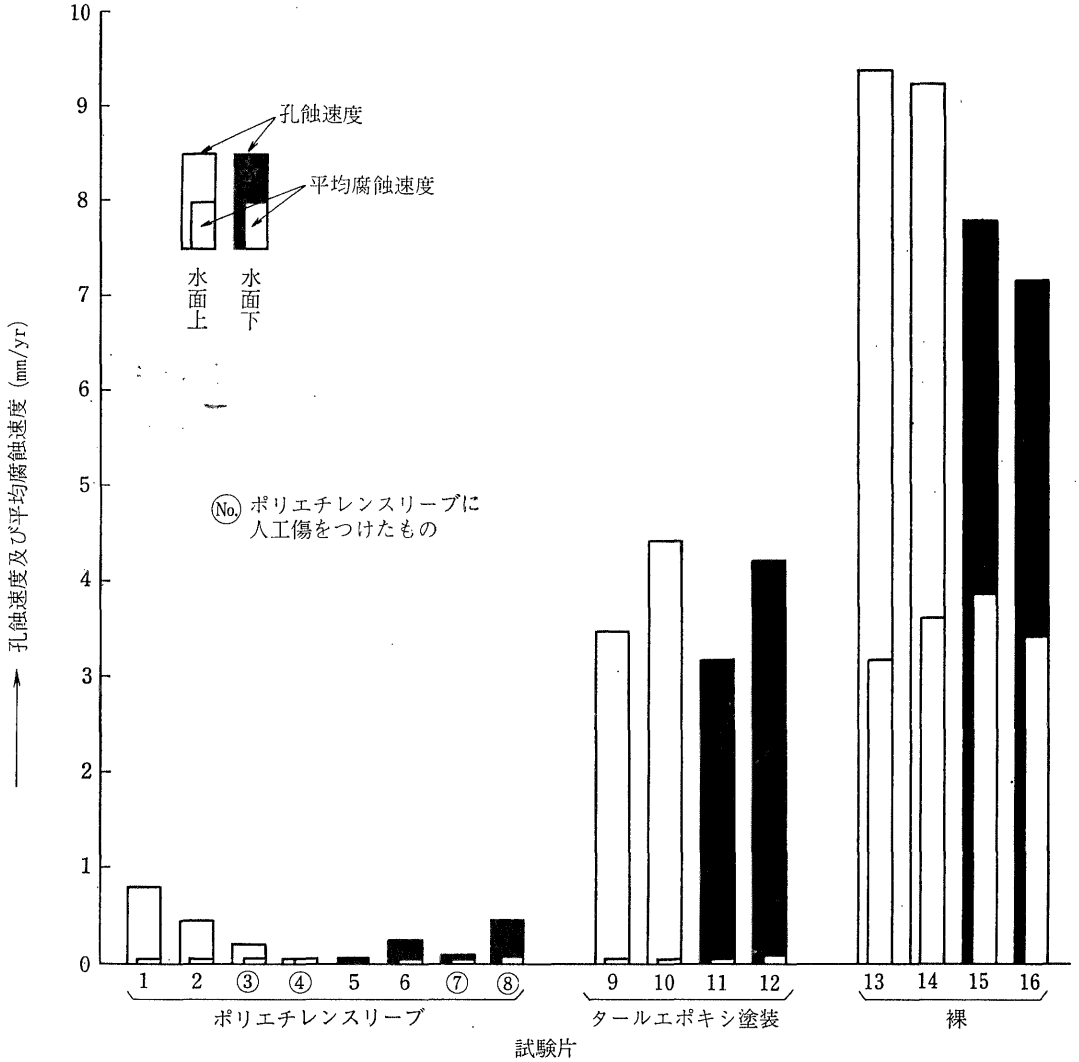


図-3　試験片の孔蝕速度および平均腐蝕速度（mm/yr）

即ち，本防蝕方法においては，ポリエチレンスリーブ被覆が防蝕効果を発揮するためには，完全無欠であることが必ずしも必要でなく，若干の損傷があって腐蝕液が浸入しても十分な防蝕効果が期待でき，損傷が致命的欠陥に結びつかないことが本防蝕方法の特徴であるといえる。

2-2-2 イギリスにおける実験

前述のイギリスの D. R. Whitchurch および J.G. Hayton は同様の目的で，次のような実験を行なった。

6″φのダクタイル鋳鉄管から作成した 60㎜×40㎜×管厚の管片を内面は樹脂で被覆し，外面を試験面とし，これを厚さ 0.25㎜ (0.010in) のポリエチレンフィルムで被覆したものを試験片とした。そしてこれをポリエチレンフィルムを被覆しないものと比較した。試験片のポリエチレンフィルム被覆の条件としては，

(1) 損傷を与えないもの，ただし，この際はポリエチレンフィルムをシールする前に，その中に腐蝕液を封入する。

(2) ポリエチレンフィルムに 20㎜ℓ の傷をつける

の2条件を用いた。

腐蝕液としては，食塩 (0.1N)＋芒硝 (0.01N) の混合溶液を用い，試験槽の中に試験片を浸漬し，腐蝕液はポンプによって 1cm/sec の速度で循環し，循環液は 25ℓ 入りの貯液槽で十分エアレーションが行なわれるようにしてある。6カ月後の実験結果を表-6に示す。

この結果からすると，ポリエチレンスリーブ法の防蝕効果は認められるが，久保田鉄工が行なった結果にくらべるとかなり効果は低いようである。

これは，本実験の試験片が腐蝕液中に浸漬されているのみであるため，ポリエチレンフィルムと管片との間の隙き間が土壌中埋設の場合のように密着せず，従って腐蝕液が浸入しやすく，かつまた入れ代りうる条件にあったものと考えられる。即ち，実際の地下埋設管路の場合は，これよりも遥かに条件は良く，ポリエチレンスリーブ被覆による防蝕効果が発揮できるものと考えられる。

2-3 ポリエチレンスリーブ法の実用例

2-3-1 アメリカにおける実用例

既にアメリカについては多くの都市でこのポリエチレンスリーブ法が応用されていることを述べたが，これらの実用例を列挙する。

(1) Donald A. Hoffman と F. Otto Waters の「Using Cast Iron Pipe in Highly Corrosive Enviroments」(Material Protection, 1966. 3. P21～22) によると，カリフォルニヤ州San Diego の水道局における鋳鉄管の腐蝕防蝕の問題について述べているが，その中で鋳鉄管の防蝕方法としてはポリエチレンスリーブ法が最も良い方法であり，1500Ω-cm 以下の比抵抗または pH6.5以下の酸性または250ppm以上の硫酸根を含有する土壌の場合にはポリエチレン

表-6 管片によるポリエチレンスリーブ法の防蝕効果確認実験

試験片	条件	重量減 mg/cm²	人工傷部の侵蝕深さ	ポリエチレンフィルムを被覆しない試験片に対する重量減 %
試験面に*人工傷をつけたもの	ポリエチレンフィルムを被覆せず	25.70	1.12㎜	100.0
	ポリエチレンフィルムを被覆人工傷をつけず	5.48	0.08	21.3
	ポリエチレンフィルムを被覆 20㎜ℓ の人工傷をつける	8.07	0.05	31.4
試験面に人工傷をつけないもの	ポエチレンフィルムを被覆せず	33.60		100.0
	ポリエチレンフィルムを被覆人工傷をつけず	4.92		14.6
	ポリエチレンフィルムを被覆 20㎜ℓ の人工傷をつける	10.75		32.0

*孔蝕深さを測定できるように測定用の孔をあける。

スリーブ法を用いるべきだといっている。

(2) Harold E. Wilson は「Performance of Construction Materials」(Material Protection, 1968.1. P24) において，最近の管体外面防蝕方法の進歩として，鋳鉄管のポリエチレンスリーブ法について言及している。

(3) 次に参考までに Cast Iron Pipe Reseach Association がまとめたアメリカ国内でのこのポリエチレンスリーブ法採用実績を別途に記載する (「Protection of Cast Iron Pipe by Encasement in Polyethylene Tube」—Cast Iron Pipe Research Association 〔1967.1〕)

RECORD OF SOME INSTALLATIONS OF LOOSE POLYETHYLENE TUBE FOR CORROSION PREVENTION

1958 – City of Philadelphia water Dept., Penna.
600 Ft., 12″ pipe-dump fill soil.

1959 – City of Philadelphia water Dept, Penna.
4200 Ft., 12″ pipe-dump fill soil.

1960 – Prudential Insurance Co., Los Angeles, Calif.
324 Ft., 6″ pipe-sewer line, corrosive soil but type of soil unknown.

1960 – New York State Thruway Authority
1300 Ft., 4″ Mechanical Joint pipe-cinder fill.

1960 – Dundalk Marine Terminal, Maryland port Authority, Baltimore, Md.
16,000 Ft. 4″,8″,12″ and 16″ pipe-filled tidal muck.

1960 – Houma, Louisiana
4″ gas line length unknown.

1960 – U.S. Naval Academy, Annapolis, Md.
Specifications prepared by Greene Associates of Baltimore, Md. Quantity and size of pipe unknown. Soil is saturated with brackish water.

1960 – City of Philadelphia Water Dept., Penna.
5000 Ft. of 24″ pipe in Food Distribution Center. Soil is generally dump fill.

1960 – City of New Orleans, La.
4000 Ft. 12″ and 800 Ft. 8″ Boltless Usiflex-swamp.

1961 – Sorrento Road Pipeline, San Diego, Calif.
5400 Ft. 16″ pipe-alkali clay
1670 Ft. 12″ ditto
430 Ft. 6″ ditto
18 Ft. 4″ ditto

1961 – Helx Irrigation District, Calif.
100 Ft. 6″ pipe-alkali clay soil

1961 – Thief River Falls, Minnesota
6000 Ft. 6″ pipe-peat soil

1961 – West Point Loma-Catalina Blvd., San Diego, Calif.
1310 Ft. 24″ pipe

1961 – Corpus Christi, Texas
7000 ft. 16″ pipe installed several years ago.
6000 ft. 16″ pipe installed 1961.

1961 – Eastwick Redevelopment Authority, Philadelphia, Pa.

This job will amount to an estimated 70 miles of piping of all sizes over a period of several years. Specification written by Albright and Friel require polyethylene wrap. To date two contracts have been let as follows:

#1 - 410 ft. 6″ pipe
860 ft. 8″ pipe
#2 - 3040 ft. 16″ pipe
730 ft. 12″ pipe
2380 ft. 8″ pipe
360 ft. 6″ pipe

1961 - Allegheny Utilities, Baltimore Marine Terminal, Baltimore, Md.
870 ft. 16″ pipe
1800 ft. 8″ pipe

1962 - Assumption Parish, La.
1850 ft. 6″ pipe
1680 ft. 2-1/4″ pipe

1962 - General Water works Corp., Wilmington, Delaware
13,000 ft. 16″ pipe

1962 - Fargo, N. D.
800 ft. 10″ pipe
1500 ft. 6″ pipe

1962 - Eastwick Redevelopment Authority, Philadelphia, Pa.
600 ft. 16″ pipe
1075 ft. 12″ pipe
2100 ft. 8″ pipe
360 ft. 6″ pipe

1962 - Aerojet General, Dade County, Florida
Footage and size not recorded

SINCE LATE 1962

City of San Diego, California
3400 ft. 16″
2800 ft. 12″ - Sorrento Road area - alkali clay soil
2000 ft. 16″ - DIP, Cl. 3&6, 1966

Monroeville, Pa., Water Authority
6″, 8″, 12″ - several hundred feet

Bexar Met. Water District, Texas
Small quantities small diameter pipe.

City of Philadelphia, Pa. - Eastwick Section - dump fill & river dredgings
1575 ft. 12″
4310 ft. 8″
920 ft. 6″

Long Island, N. Y., Water Corp., Spring 1965, Hempstead Incinerator Project. Garbage and refuse

disposal, high in sulphate reducing bacteria. Story in"U.S. Piper", June 1965.

2500 ft. 16″

Fargo, N. D.

1330 ft. 8″ June 1964
5745 ft. 8″ May 1965
910 ft. 6″ May 1965
– Some alkali soil

City of Cocoa, Fla. (U.S. Air Force Project) (C.E. – Gee & Jenson Co., West Palm Beach, Florida – July 1 963 – muck soil.)

7650 ft. 24″

U.S. Air Force, Cocoa Beach, Fla. (C.E. – Gee & Jenson Co., West Palm Beach, Florida – July 1963 – muck soil.)

1000 ft. 24″

Consumers Water Co., Coral Gables,Florida – Blue clay & muck at Virginia Key.

1000 ft. 12″

Dade County, Florida – Dodge Island Seaport Projects.

1250 ft. 20″
275 ft. 12″
400 ft. 10″
1265 ft. 8″
March 1964
Pipe subject to alternate periods of wetting and drying in salt water

2490 ft. 10″
7440 ft. 8″
170 ft. 6″
130 ft. 4″
January 1965
Pipe subject to alternate periods of wetting and drying in salt water.

City of Holly wood, Florida – C.E. – Reynolds, Smith & Hill, Jacksonville, Florida.

8970 ft. 12″ January 1965 – Soil muck and brackish water.

13000 ft. 16″
5550 ft. 12″
400 ft. 8″
5800 ft. 6″
700 ft. 4″
March 1965
Muck and mangrove fill soil.

Lincolnshire Country Club, Crete, Illinois – Peat Soil

600 ft. 6″

City of Santa Barbara, California – Mostly adobe soil with some rocks. Also some diatomaceous soil.

3000 ft. 14″
1132 ft. 12″
1698 ft. 10″
8470 ft. 8″
4100 ft. 6″

City of Santa Ana, California – Since 1961

6″ – 12″ Substantial quantities.

Listed below is a record of shipment of 8 mil polyethylene tube without details on installation dates or soil conditions, Pa.

City or Town	No. of Feet	Size of Pipe
La Fourche Parrish, La.	112,240 (21 Mi.)	8-10-12 In.
Alexandria, La.	52,800 (10 Mi.)	42 In.
New Orleans, La.	29,620	2-18 In.
Miami, Florida	30,560	6-24 In.
Fargo, N.D.	1,200	6 In.
Ft. Lauderdale, Florida	34,240	2-20 In.
Wichita, Kansas	1,920	12 In.
Minneapolis Minn.	6,660	8 In.
Birmingham, Ala.	29,560	6-24 In.
Denver, Colorado	3,000	6-08-12 In.
Tadanac, B.C. (Canada)	1,180	14-24 In.
Detroit, Michigan	2,300	2-06 In.
Corpus Christi, Texas	10,160	2-12 In.
Chicago, Illinois	13,710	6-36 In.
Shadyside, Ohio	6,560	8-12 In.
Wheeling, W. Va.	3,300	8-12 In.
Metaire, La.	1,140	6-12 In.
Oshkosh, Wisc.	1,120	6-12 In.
Osseo, Minn.	8,220	6-12 In.
Morris, Ill.	2,420	6-12 In.
Hollywood, Fla.	5,000	2-06 In.
Port Sulphur, La.	4,500	10 In.
Morgan City, La.	10,500	8-12 In.
Dallas, Texas	23,880	2-12 In.
Casper, Wyoming	1,616	2-06 In.
Mankato, Minn.	1,100	8-12 In.
Council Bluffs, Iowa	3,652	6-12 In.
Miami, Okla.	1,320	8-12 In.
Homestead, Fla.	4,020	6-12 In.
Kalamazoo, Michigan	2,600	2-24 In.
Rapid City, S.D.	6,180	6-12 In.
Texas City, Texas	1,760	2-06 In.
Provo, Utah	9,800	4-12 In.
Portland, Maine	6,500	8-12 In.
Lockport, La.	2,100	8-12 In.
Buras, La.	3,060	6-24 In.
Amelia, La.	5,760	6-08 In.
Aurora, Illinois	1,936	2-06 In.
Mt. Clemens, Michigan	1,500	8-12 In.
Thief River Falls, Minn.	2,160	6-10 In.
Converse, Texas	1,000	8-12 In.
San Antonio, Texas	3,000	6-24 In.
Portage, Michigan	3,200	24 In.
Wisconsin Rapids, Wisc.	8,980	4-12 In.
Austin, Texas	1,100	6 In.
Dallas/Ft. Worth, Texas	173,520	2-12 In.

2-3-2　イギリスにおける実用例

(1) 前述のSevenoaks and Tonbridge Water Co. の J.G. Hayton は Journal of the Institute of Water Engineers (1964. 10. P 465～474) に「The Use of Loose Polyethylene Sleeving as A Form of Protection to Spun Iron Water Mains against External Corrosion」と題し，ポリエチレンスリーブ法のイギリスの最初の応用例を発表している。

それは，Sevenoaks and Tonbridge Water Company の1963年の給水量拡張のための配管事業計画（図-4参照）においてである。

このポリエチレンスリーブ法が採用されたのは，図-4に示される Riverhill reservoir～Kilnwood reservoir間と，Kilnwood reservoir～Tonbridge 給水地区の総延長距離8,800ヤードの内約4,600ヤードにおいてであり，管路は図-4に示されるように12″, 15″, 18″サイズで，外面は通常の塗装がなされており，ネズミ鋳鉄管，ダクタイル鋳鉄管両者が含まれる。

ポリエチレンスリーブ法の採用には予め土壌比抵抗の測定を実施した上で行なった。

ポリエチレンスリーブの材質については，British Visqueen Ltd. の1,000 gange を使用した。

この管路は1963年以降ランダムの位置において調査がなされているが，1967年10月の検査ではポリエチンスリーブは良好な状態にあり，スリーブの中には水が浸入しているが，管の直部には何等腐蝕は認められず，ジョイントの部分のあるものに表面的な発錆が認められたのみであるとしている (Stanton and Stavely, Ltd. Research Department Report IPC/68/5)

(2) 「Water and Water Engineering」(1967. 2. P. 70) には「Bucks Board's New Main Protected by Polythene」という報文が掲載されており，総延長 16mile にわたって埋設された水道管（30″φ, 24″φ）にポリエチレンスリーブ法が適用されたと述べている。なお，この報文には更に次のような内容が記述されている。

「地下埋設管の防蝕にポリエチレンスリーブ法を使用するのは珍らしくない。ポリエチレンスリーブは化学的に不活性であるために，腐蝕

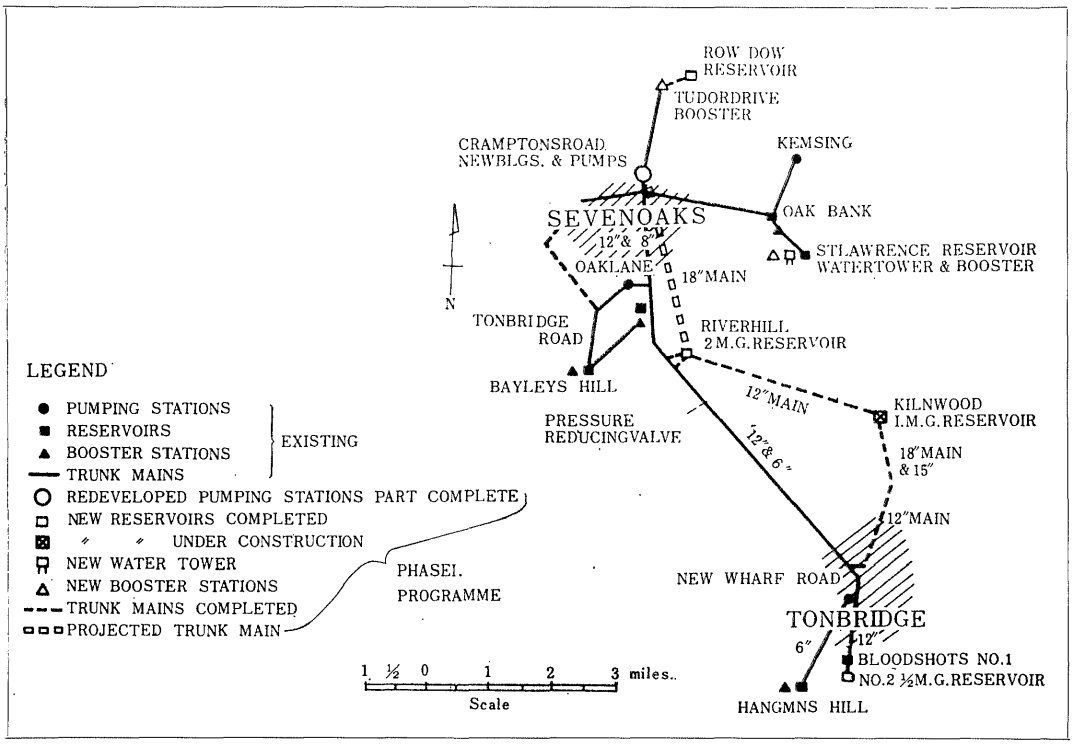


図-4　S.T.W.Co. の配管事業計画図

性土壌中に埋設される鋳鉄管の場合，しばしばこのポリエチレンスリーブ法が採用されてきている」

3. ポリエチレンスリーブ被覆の絶縁性能

ポリエチレンスリーブ法は，上述の如く，鉄管と埋設土壌との直接接触を防ぎ，かつ浸入水および空気の自由な移動を防止することによって防蝕効果を発揮しているのであるが，ポリエチレンスリーブの優れた絶縁性能からいって，当然このスリーブを鉄管に施すことによって鉄管の接地抵抗を大にし，いわゆる long line current による腐蝕や，または迷走電流による電蝕を防止することができる。

この点に関しての実験した結果を引用する。

(1) 実験室での未塗装管でポリエチレンスリーブ被覆した管の 10,000Ω-cm の抵抗をもつ湿潤砂中での試験では，これらの管の湿潤砂への抵抗は10,000,000Ωであることがわかった。この砂を塩水で飽和させ，1,100Ω-cmの抵抗とした。

4日後管の土壌に対する抵抗は 150,000～200,000Ωで落着いた。同様の試験を250Ω-cmの抵抗の土壌について行ない，1カ月後の土壌に対する抵抗は40,000Ωとなった。

また迷走電流があると知られている地域の実際の管路において，ポリエチレンスリーブ被覆の現場試験の結果，2年後においても地下迷走電流の Pick up および排出を最低限にするのに有効であることが証明された (Jour. AWWA, vol. 56, March 1964, P.364)

(2) 現地で埋設されたポリエチレンスリーブ被覆管の絶縁性能の変化測定結果 (Stanton and Staveley, Ltd. Research Department Report IPC/68/5. P.21～22)

管路の絶縁抵抗を間接的に測定するには，その管路に電流を流した場合に管路の対地電位を一定の価にするに必要な電流値を測定することによって，その大略の目安をつけることができる。

即ち，通常のコールタール塗装管路とポリエチレンスリーブ被覆管路とでは，その対地電位を−0.85V（対硫酸銅標準電極）以下に下げるには，前者の場合はその土壌に対する絶縁性能（接地抵抗）が低いため，多量の電流を要するに対して，後者においては接地抵抗が高いため小量の電流でよいことが常識的に考えられる。またこの接地抵抗が被覆の劣化その他の理由により経時的に低下していくならば，前述の所要電流は経時的に増大していくことになる。この点を実際の管路で測定した。

管路は前述の Sevenoaks and Tonbridge Water Company の管路で最初の測定は布設完了後まもなく行なわれた。管路の対地電位を−0.85Vにするのに必要な電流密度は次の如くであった。

ポリエチレンスリーブ被覆管路では……
0.0574mA/ft²

ポリエチレンスリーブ被覆をしない管路では
…2mA/ft²（推定値）

故にポリエチレンスリーブ被覆の効率は…
97.13%

同様の測定を管路を5年間使用後に行なった結果，この効率は95.71%であった。

この様にポリエチレンスリーブの絶縁性能は，通常のコールタール塗装管に比較して遥かにすぐれており，しかもこの性能が5年間の土壌によるしめ固め，輪荷重による外力，温度による伸縮等の作用によっても劣化せず，略々元の価を保持していることは，ポリエチレンスリーブのすぐれた化学的安定性のみならず，機械的な強度も上述のような外力によっては破損されないだけの十分な価を備えていることを示すものであって，この面でもポリエチレンスリーブ法の耐久性のすぐれていることが間接的にではあるが示される。

4. ポリエチレンスリーブ

4-1 原料ポリエチレン樹脂

最近の鋳鉄管の防蝕方法として，ポリエチレ

ンスリーブ法が欧米で非常に注目されており，またその効果が非常に期待できるものであることをここまで述べてきた。

それでは，このポリエチレンスリーブに用いられるポリエチレンスリーブとは一体どんなものであるか，そしてどのようなポリエチレンスリーブが使用上望ましいものであるか，本項ではこの問題を取り上げる。

戦後次々に登場した合成樹脂の内，ポリ塩化ビニール（PVC）とともに最も目覚しい発展をとげた樹脂の一つはポリエチレンである。

もともとポリエチレンはイギリス I.C.I. 社の Alkali Division の研究室において，Gibson, Fawcett 等によって1933年3月に発見されたものであり，当初通信ケーブルに試用され，第2次世界大戦勃発後は防禦兵器として威力を発揮したレーダーに高周波絶縁用として使用され，これを契機にその用途は急速に拡大され，今日では食品，化学薬品，衣料品，電気製品等の包装用として，また電線，ケーブル被覆，容器類等非常に広範囲に及んで応用されている。日本では1950年代になって生産が開始され，1966年には三井石油化学，住友化学，三菱油化，昭和油化，古河化学の5社でその生産能力が52,000トンといわれた。

ポリエチレンの原料はいうまでもなくエチレンである。一方，エチレンは湿性天然ガス，石油精製ガスなどのガスとか，ナフサ等を原料とし，これを接触分解し，その後エチレンを分離精製することになる。このエチレンを適当な触媒を使用して重合さすことによってポリエチレンが製造される。

ポリエチレンは，製造条件により高圧法ポリエチレン（軟質ポリエチレン），中低圧法ポリエチレン（硬質ポリエチレン）に大別されるが，いずれも熱可塑性樹脂であって，一般に比重が小さく（水より軽い），溶融時の粘度が小さくて加工しやすく，無味，無臭，無毒で，電気絶縁性がよく，防湿，耐水，耐寒性がすぐれ，耐薬品性が高い。

表-8にポリエチレンの性能を示す。

ポリエチレンスリーブとはかかるポリエチレンを加熱溶融し，押出し機で押し出して，中に空気を吹きこんで膨脹さす，いわゆるインフレーションチュービングによってエンドレスに成型された薄肉円筒状のポリエチレン製品である。防蝕用のポリエチレンスリーブとしての原料は軟質の高圧ポリエチレンが用いられる。

4-2　ポリエチレンの耐久性

このポリエチレンスリーブ法がどの程度の寿命を保つかどうかは，ポリエチレンの耐久性が最も重要な因子である。

ところが，ポリエチレンフィルムは1950年以後入手できるようになったものである故，長期にわたる寿命はまだ今後の問題である。

一般にはポリエチレンは，その分子構造から見て非常に安定であり，大部分の有機，無機の薬品に対しては影響を受けず，また微生物に対して不活性であるといわれており，その寿命は半永久的であるとされている。勿論，ポリエチレンはある種の炭化水素および特に紫外線によって劣化を受けることはよく知られている。しかしながら，地下使用条件においては，このような環境はいずれも認められない。これらのことを考慮して，地下埋設の防蝕ケーブル（電力用）等の被覆用にポリエチレンが現在多量に用いられている。

このポリエチレンの耐久性について，土壌中に埋設して劣化を測定した結果を示す。

(1) Salt Tidal Muck 中に4年間および8年間埋設した時のポリエチレンの劣化（Jour. AWWA, vol. 56, March 1964, P.364）

Salt Tidal Muck 中に8年間埋設されたポリエチレンフィルムは降伏点で9％，引裂き抵抗で25％減少しているが（図-5），未だ脆いというような状況では全然なく，伸びも300～400％を保っている。

これらの結果から，8年間の地中埋設においてもまだすぐれた状況にあることを示している。

若干強度は低下しているとはいえ，この程度の減少がどの程度重要かどうかはいいえない。即ち，一旦管の周囲に巻きつけ地下に埋設された場合には，大なる抗張力，および引裂き抵抗を必要とするような，機械的な応力の掛かる条

表-7　ポリエチレンの性能

性質	ASTM 試験法	ポリエチレン
成形圧		優秀
圧縮成形温度〔℃〕		135～149
〃　〃　圧力〔kg/cm²〕		14
射出成形温度〔℃〕		149～260
〃　〃　圧力〔kg/cm²〕		720～1,770
圧縮比		2.1～3.6
成形収縮率〔cm/cm〕		0.02～0.05
比重	D 792	0.92
比容積〔cm³/g〕	〃	1.06
屈折率〔N_D〕	D 542	1.51
引張強さ〔kg/cm²〕	D638, 651	94
伸び〔%〕	D638	200
引張りによる弾性率〔kg/cm²×10⁴〕	D638	0.13
圧縮強さ〔kg/cm²〕	D695	—
曲げ〃〔〃〕	D650, D790	—
衝撃値（ft. lb/ノッチ（in）½″+½″ 棒，アイゾット）	D256	＞16
ブリネルかたさ（2.5mm球　25kg荷重）	—	D45(ショアー)
ロックウエルかたさ	D785	R11
熱伝導率（〔10^{-4}cal/sec/cm²/℃/cm〕）	D325	8.0
比熱〔cal/℃/g〕	—	0.55
熱膨張率〔10^{-5}/℃〕	D696	16～18
耐熱温度〔℃(連続)〕	—	100
変形〃〔℃〕	D648	42（66 psi）
体積固有抵抗（湿度50%，温度25℃）（Ω・cm）	D257	＞10^{15}
耐電圧（短期間法）〔1/8inV/mil〕	D149	640
〃（段階上昇法）	〃	—
誘電率　60サイクル	D150	2.3
〃　10^3 〃	〃	〃
〃　10^6 〃	〃	〃
力率　60 〃	〃	＜0.0005
〃　10^3 〃	〃	＜0.005
〃　10^6 〃	〃	〃
アーク抵抗　sec	D495	135
吸水率（24hr 1/8in）〔%〕	D570	＜0.01
燃焼速度	D635	遅
日光の影響	—	僅か
弱酸の〃	D543	無
強酸の〃	〃	〃
弱アルカリの〃	〃	〃
強アルカリの〃	〃	〃
有機溶剤の〃	〃	50℃ 以下で無
埋込金具による影響	—	無
機械加工性	—	良
透明性	—	半透明～不透明
着色範囲	—	自由

（「化学便覧」日本学会編　P.1691）

件下には晒されないことを認識して置くべきである。

この材料が崩解し，分解する時がくるまでは保護包装として使用を続けていくことが期待される。この長さがどの程度であるかは予想し得る手段は無いが，8年後においても大きく劣化するような徴候はなかったことだけはいえる。

(2) **イギリスの brown clay 中での6年間の埋設した時のポリエチレンの劣化** (Stanton and Staveley, Ltd. Research Department Report IPC/68/5, P.11)

前述の D.R. Whitchurch と J.G. Hayton はその実験時のポリエチレンスリーブを6年後取り出して試験した結果，次の表-8のような価をえており，これらの価から特別ポリエチレンは劣化しているような徴候は認められないとしている。

(3) **イギリスの Sevenoaks and Tonbridge Water Company の4年間埋設後のポリエチレンの劣化** (ibid)

上述のイギリスにおける最初の実施例でのポリエチレンスリーブを3年および4年後に掘り出し，ポリエチレンの強度を測定した結果を表-9に示す。

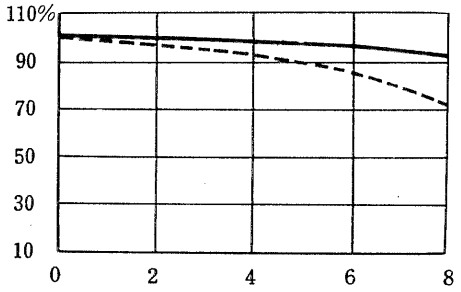


図-5　ポリエチレンフィルムの強度試験結果

表-8　ポリエチレンフィルムの強度試験結果

	機械方向	機械と直角の方向
引張り強さ	2016 psi	1833 psi
伸び	283%	613%

この場合もまた何ら特別なポリエチレンスリーブの劣化の傾向は認められない。

5. 施工方法

ポリエチレンスリーブ法を用いて鋳鉄管を防蝕する場合，その施工は埋設現場で配管時に行なう。施工方法はメカニカルジョイント形，タ

表-9　ポリエチレンフィルム（厚さ 0.25mm）の強度試験結果

		新しいポリエチレン	埋設年数 3年	埋設年数 4年
引張り強さ (lbs/sq·in)				
機械方向	範囲	2160～2420	1850～2030	2130～2310
	平均	2212	1954	2232
機械と直角の方向	範囲	2040～2400	1850～2030	1920～2250
	平均	2262	1954	2028
P.V.C 粘着テープ下の部分の引張り強さ	範囲	—	2260～2280	2190～2190
	平均	—	—	2190
	〃	—	2270	—
伸び (%)				
機械方向	範囲	474～ 640	375～ 570	460～ 485
	平均	541	490	473
機械と直角の方向	範囲	710～ 900	635～ 745	690～ 890
	平均	838	693	757
P.V.C 粘着テープ下の部分の引張り強さ	範囲	—	530～ 590	445～ 455
	平均	—	—	450
	〃	—	560	—

イトンジョイント形等，どのようなジョイント形式の場合でもほぼ同様であり，管体外面の塗装は通常の鋳鉄管の塗装そのままを用いる。

ポリエチレンスリーブ法で使用される主な材料は，ポリエチレンフィルムでできたスリーブ（チューブ）とプラスチック粘着テープである。

前者のポリエチレンスリーブはフィルム厚さが0.2㎜程度のものが一般に採用される。また，その内径は管の外径よりかなり大きい。一方，後者のプラスチック粘着テープは塩化ビニール製の巾50㎜，厚さ0.4㎜程度のものが使用に適している。

5-1 直管の施工手順

(1) 管をほぼ中央部にワイヤーまたはスリングを掛けて吊り，地面から約500㎜程度持ち上げる（図-6 Stage 1）

(2) 管の長さより約1m長く切ったポリエチレンスリーブを管の挿口（または承口）端から被せていく（図-6 Stage 2）

(3) ポリエチレンスリーブを挿口（または承口）端とワイヤーとの間にアコーデオンのようにまとめこむ（図-6 Stage 3）

(4) 管を溝の中に吊りおろす（(1)～(3)の作業はまず管を溝の中に吊りおろしてからおこなってもよい）

(5) 既設管の承口（または挿口）に挿口（または承口）管を挿入し，仮ジョイント（接合）を行なう（図-6 Stage 4）

(6) ワイヤー（またはスリング）を移動させて，管の承口（または挿口）部をクレーンで吊り上げる。地面から持ち上げる承口（または挿口）の高さは約100㎜とする。

(7) ポリエチレンスリーブを全長にわたって拡げる。ただし，管の両端には十分な長さのポリエチレンチューブを束ねておき，隣接管を約500㎜づつ被覆できるようにしておく。ポリエチレンスリーブには端から500㎜間隔でマークがつけられている故挿口（承口）をこれに合す（図-6 Stage 5）

(8) ルーズ（loose）なポリエチレンスリーブを管の外面にきっちりと巻きつけるため，余分のスリーブを管の上部にくるように重ね合せ，1m毎に粘着テープで止める。ポリエチレンスリーブは1m間隔でマークがつけられている故これに合わす。ただし，粘着テープの長さは必ずしも管を一周する必要はなく，300㎜ℓ程度でよい（図-6 Stage 6）

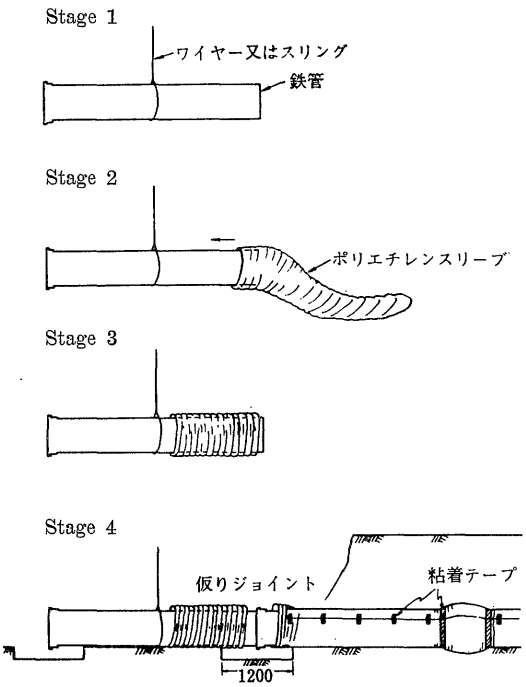


図-6 ポリエチレンスリーブ法施工手順一覧図

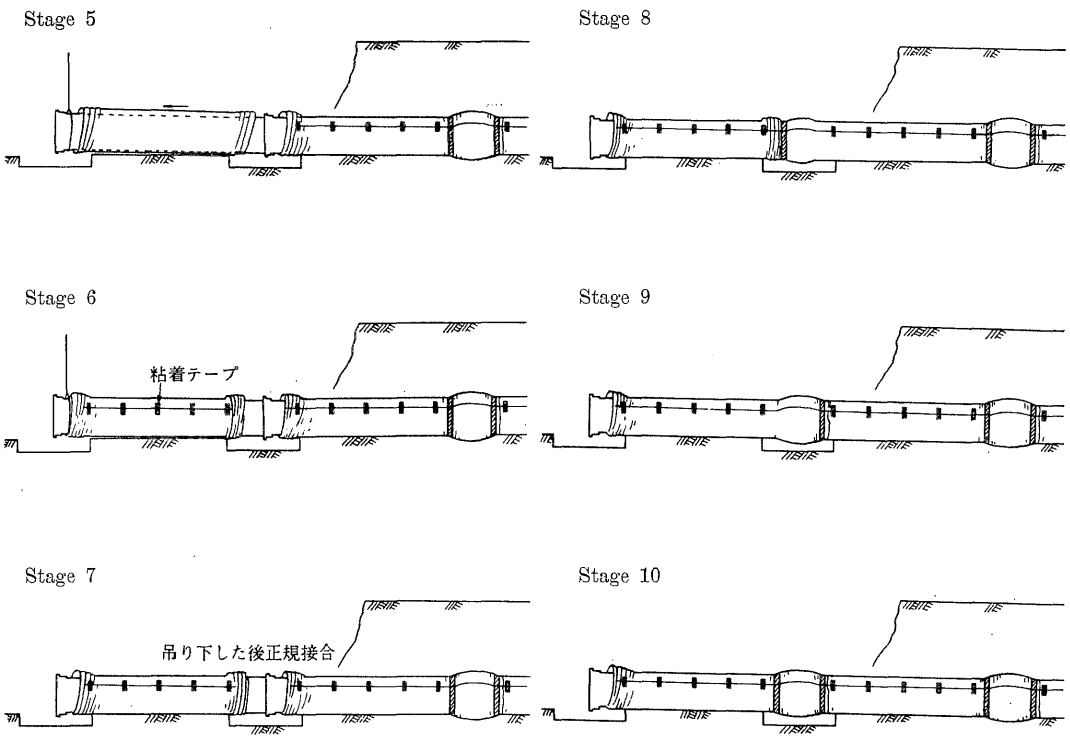
(9) 管の承口（または挿口）部をおろす

(10) ジョイント部のボルトを規定まで締めつける正規のジョイントを行なう（図-6 Stage 7）

(11) ジョイント部は隣接管の承口（または挿口）部に束ねてあったポリエチレンスリーブを引張り，挿口（または承口）側の管に被せ，スリーブの端面を粘着テープで固定する。

この時フランジのまわりにはポリエチレンスリーブを十分たわませる（もし，この時あまりきつく引張ると，土壌を埋め戻した時に土の圧力でポリエチレンスリーブが破れやすくなる）（図-6 Stage 8）。なおこのジョイント部の施工作業のために，管路の長軸方向で1200㎜ℓ程度の会所掘りを行なう必要がある。

(12) 次いで，挿口（または承口）部に束ねてあったポリエチレンスリーブを引張り，承口



（または挿口）側の管に被せ，スリーブの端面を粘着テープで固定する（図-6 Stage 9）

(13) 最後に挿口側も粘着テープで固定する（図-6 Stage 10）

以上の手順を繰り返して管にポリエチレンスリーブを被覆する。なお，フィルムの厚さが0.2㎜程のポリエチレンスリーブはかなり強い。しかしながら，埋め戻し中に大きな硬い物（例えば石）が落ちた場合には，ポリエチレンスリーブに傷がつく可能性があるから，このことを避けるため，カマスを管の上に置くか，最初の埋め戻し土に砂，ローム，その他石等の硬い物を含まぬ土を用い，その後かかる部分の埋め戻し土を使用するようにすれば安全である。

また，一旦施工された管路上はあまり歩かないようにするのが，ポリエチレンスリーブを傷めない意味で望ましく，どうしても必要な場合にはゴム長靴等を使用することを希望する。

5-2 異形管の施工手順

200㎜ϕ 以下の曲管については，直管部のポリエチレンスリーブをそのまま用いる。

200㎜ϕ以上については，管長+1m のものを切り取り，直管と同じ手順で施工する。

丁字，十字等の枝管については，ポリエチレンスリーブを切り開き，これを管に粘着テープを用いて漸次巻きつけていくことによって施工する。

5-3 大口径管の施工状況

次に，久保田鉄工で実験室的に行なった大口径管1600㎜ϕの施工状況を写真-5，また写真-6には大口径管1050㎜ϕ（42″ϕ）の外国におけるポリエチレンスリーブ現場施工状況を示す。

6. 結　　び

鋳鉄管の新しい防蝕法としてポリエチレンスリーブ法の技術的な説明をしてきたが，この方法の特徴として次の諸点があげられる。

(1) 本方法は従来の防蝕塗覆装が鉄管との密着性をその不可欠の要素としているのに反して，鉄管との密着性は必要ではなく，極めて簡単に施工できる特色をもつ。

(2) 本方法は鉄管埋設現場にて施工できるため，通常の塗装管のように輸送中，吊込み吊おろし作業中等の塗膜の損傷の可能性はまったくなく，従って防蝕被覆として信頼できるとともに，輸送中の不必要な手間をはぶくことができる。

(3) 通常の塗覆装管の場合には，塗膜に損傷が生ずると，その部分が選択的に腐蝕され，孔蝕を生ずる傾向があり，塗膜の欠陥が管路として致命的な欠陥に連らなったのに対して，本方法による場合は欠陥がたとえ生じたとしても，その部分が局部陽極となるよりはむしろ陰極となり（酸素供給の量的関係からいうと，欠陥部は直接外部土壌と接触し，外部よりの酸素の供給がたとえ僅かにしろ行なわれる可能性があるのに対し，損傷を受けていない部分は═当然多い少いの差こそあれ，水は浸入してきていると予想される。また水が浸入しなければ腐蝕は生じないから考慮する必要はない═鉄管との間の反応によって酸素を消費してしまい，後から補給されない故酸素は少なく，酸素濃淡電池の関係では損傷部が陰極，他の大部分の健全な部分は陽極となる）その部分はむしろ防蝕される傾向をもち，局部腐蝕の可能性はない。

(4) 本方法は，その効果を発揮するためにポリエチレンスリーブが埋設後も完全無欠である必要は必ずしもなく（勿論損傷は少ない程望ましいが），ポリエチレンスリーブと鉄管との間に水が浸入しても，その水が循環しないため，復極剤である酸素が反応の初期に消費しつくされ，極く僅かの腐蝕しか生ぜず，かつ(3)項で説明したように孔蝕傾向もないためすぐれた防蝕方法であるといえる。

(5) ポリエチレンスリーブのすぐれた絶縁性能のためと，土壌と鉄管が直接接触することが防止されるため，土壌条件の差異に基づく巨大電池 long line current の形成が防がれ，腐蝕が防止できる。

(6) ポリエチレンは微生物に対しても不活性であり，硫酸塩還元バクテリアの活動の激しい地域においてもその防蝕能を十分発揮する。

(7) 本方法は，ポリエチレンスリーブの価格

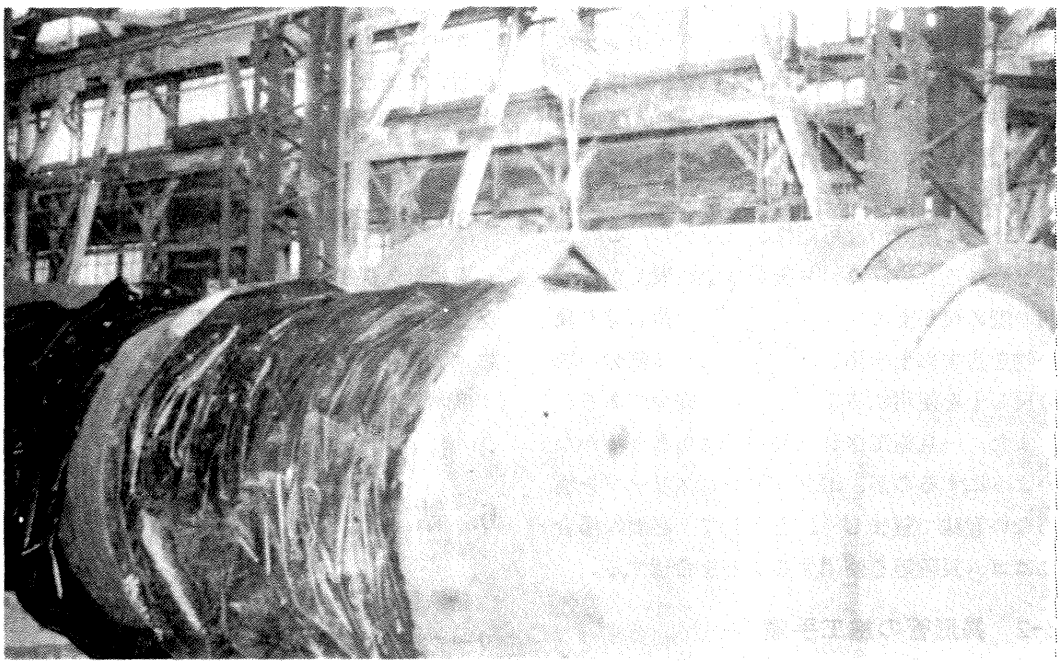


写真-5　ポリエチレンスリーブ施工状況（大口径管 1600㎜φ）

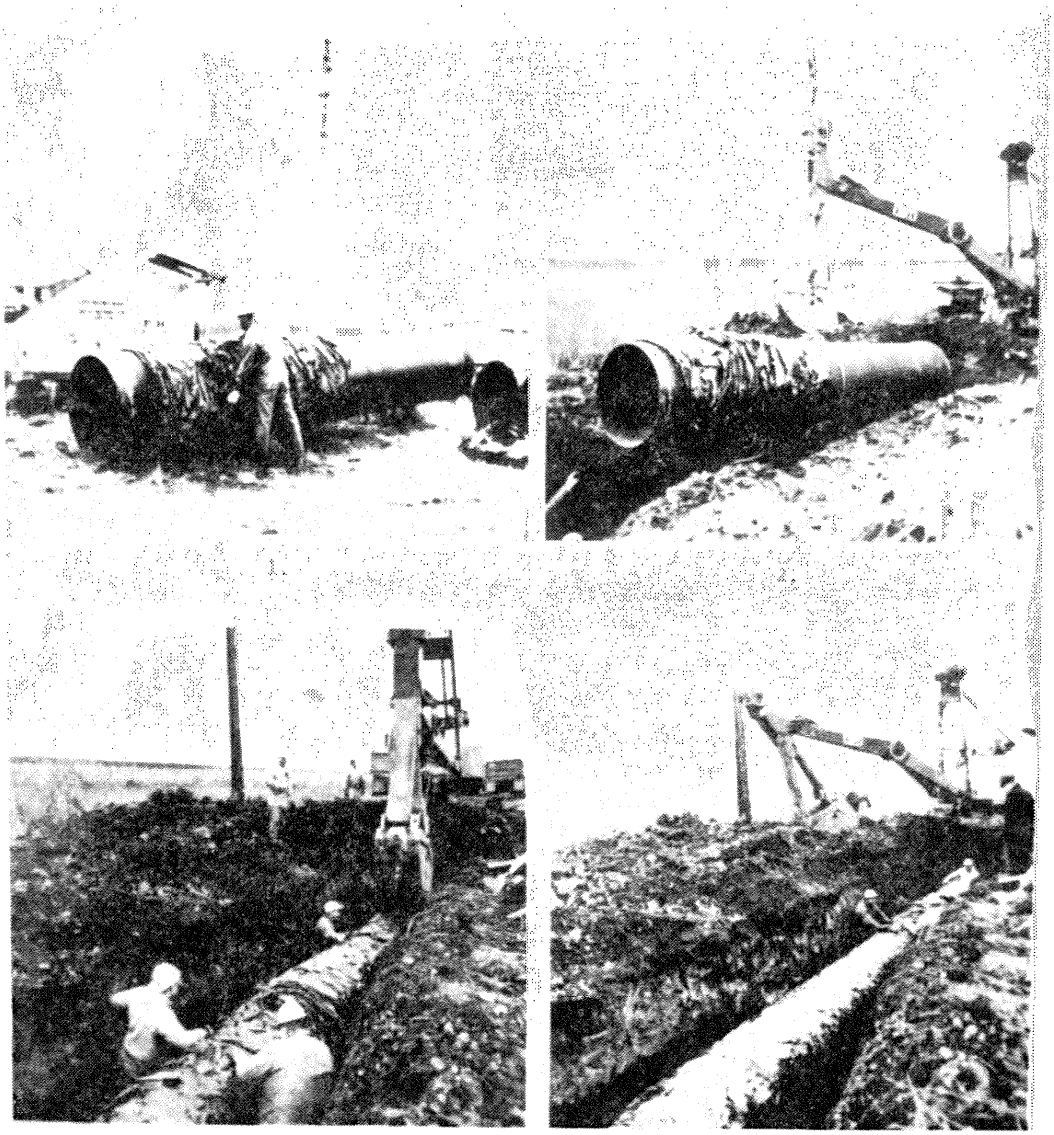


写真-6　ポリエチレンスリーブ現場施工状況〔大口径管 1050㎜φ（42″φ）〕

が安く，施工上も簡単で，通常の管路の布設作業に僅かの手間をかけるだけであるため，防蝕法としては非常に経済的である。

(8)　ポリエチレンは化学的に非常に不活性であるため，土壌中に埋設された場合は，その耐久力は半永久的と考えられ，従って本方法による防蝕効果も十分長期間期待できるといえる。

以上のように，ポリエチレンスリーブ法を用いることによって，非常に腐蝕性の強い環境下に布設される鋳鉄管の耐蝕性を向上させ，その有効寿命を大幅に延長することができる。

さらに，本方法は経済的には非常に安価であり，施工も簡単で，かつ確実に行なえるため，このような用途に適用して大いに効果を発揮し得るといえる。

なお最後に，このような防蝕法の適用を受ける必要のある管路は，わが国においては極くまれな例であり，大部分の管路は何等特別な防蝕手段をとらなくても，十分長期間その使用を果し得ることをつけくわえておく必要があると思う。

*久保田鉄工㈱鉄管研究所鉄管研究部課長
**久保田鉄工㈱鉄管研究所鉄管研究部
***久保田鉄工㈱鉄管研究所鉄管研究部

▶事例研究◀

千葉県営水道 第３次拡張事業の 通水によせて

千葉県水道局計画課長
近　藤　　清

戦後から現代にかけて，千葉県勢の発展は目ざましく，臨海，内陸部を問わず，急速なテンポで開発されてきた。そして現在，給水人口は100万人を突破しょうとしており，年々10万人～12万人といちじるしい増加をみせている。

このような現状に対処するため，千葉県としては画期的ともいえる大規模な第３次拡張事業に着手し，43年夏には一部通水した。

ここでは，それにまつわる諸問題を採り，ご参考に供したい。

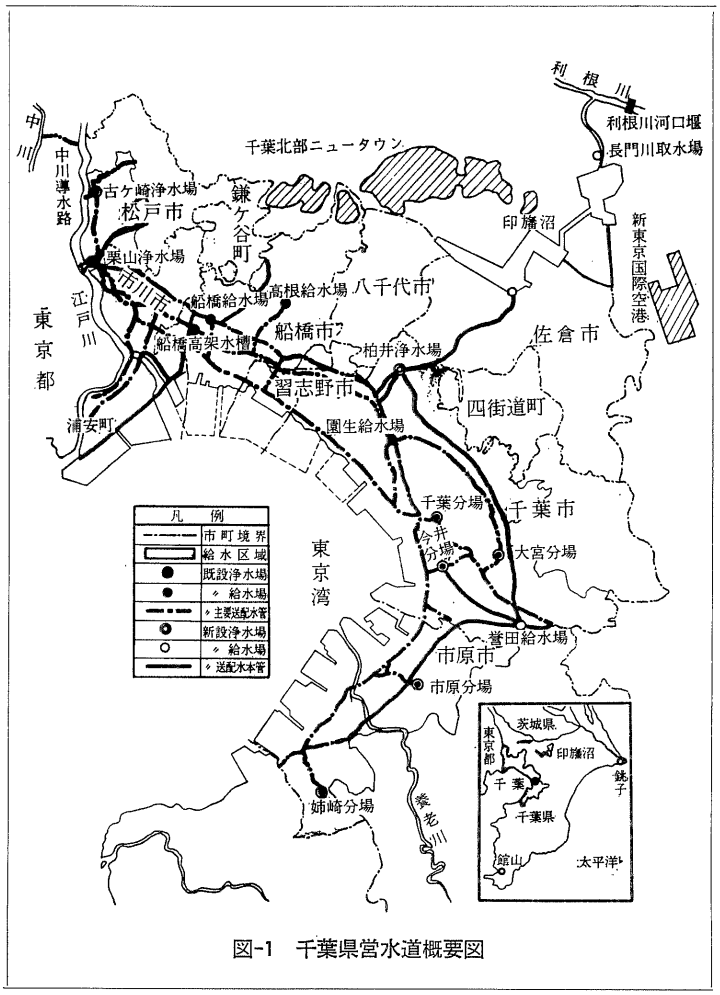


図-1　千葉県営水道概要図

1. 第3次拡張の必要性および緊急性

太古のローマ文化，エジプト文化あるいはメソポタミヤ文化のごとく，人類は水を求めて集まり，そこを生活の拠とし，やがては都市形態を造り，政治・経済・文化が発展してきたように，水と生活は切り離すことのできない一大因果関係を持ってきたことは歴史が物語っているところである。

わが国の近代上水道は，明治20年横浜市にその端を発し，千葉県においては，神奈川県に次ぎ広域水道として昭和9年に発足した。戦後，千葉県勢の発展は目ざましく，給水区域内は臨海，内陸を問わず，急速なテンポで開発され，給水人口は100万人を突破しようとしている。そして水需要は他都市に例をみないほど急激に伸び，毎年1日最大需要量は5～6万m³と急増の一途をたどりつつある。

このような現状に対処するため，千葉県では昭和31年度から第1次拡張，引きつづいて昭和37年度から第2次拡張を実施した。さらに昭和40年度には千葉県としては画期的ともいえる大規模な第3次拡張事業に着手し，清浄にして豊富な水を常時供給すべく不断の努力を重ね，昭和43年夏には一部通水までに持ち込むことができた。ここで少し現在までの経緯をふりかえってみよう。

給水能力37,500m³/日を目途に創設された千葉県営水道は，第1次拡張により日量139,000m³に増強し、昭和37年度に着手した第2次拡張事業は，昭和42年度を目標に給水人口694,500人，1日最大給水量271,000m³に倍増する計画であったが，昭和39年8月には給水人口は62万余人となり，1日最大需要量は20万m³を記録するに至った。

このような実績は，近年の急増する水需要のすう勢から推測すると，目標年次である昭和42年を待たず需要と能力のバランスが崩れることは必須であり，昭和35年長年の断水を解消した千葉県営水道もふたたび断減水の危機を招くこととなり，県民の保健衛生上はもとより，防火にも由々しき問題をひき起すこととなる。

そこで，これらの事態に即応するためには，第2次拡張の工期を短縮して完成させるとともに，第3次拡張を昭和40年度から着手し，昭和42年には一部効果を発揮できるよう急拠実施しなければならなくなった。

2. 計画の構想と計画規模

(1) 計画の構想

第3次拡張の原水は，利根川本川および印旛沼に求め，同沼を通じ佐倉市臼井田地先で取水し，千葉市北西部高台に建設する浄水場に導水して浄水したうえ給水を図ることが，あらゆる角度から熟考した末，もっとも得策であるという結論に達した。それは，この浄水場が給水区域のほぼ中央に位置し，主需要地に接近しているうえ，既設送水本管をはじめ給水場等の活用ができ，このことは建設費が割安ともなる。また，給水上からみても既設の江戸川水系と利根川水系により、主水源を二方面に持つこととなり，給水の効率性・安全性が一段と確保されることとなる。

このような構想のもとに，諸般の状勢等をも加味し，種々検討を重ねて基本計画を策定した。

(2) 計画規模の概要

上水道における計画目標年次は普通15～20年後とすることが理想的とされているが，現在における水利権の確保，あるいは膨大な建設資金がもたらす財政圧迫などを考慮すれば，目標年次はおのずから短期間にせざるを得ない。しかも，原水を利根川水系に求める以上，同水系の開発計画を考慮しなければならない。この「利根川水系における水資源開発基本計画」が昭和45年であることなどを勘案すれば，計画年次を昭和45年にすることがもっとも良策であると考えられる。

【基本計画】

計画目標年次	昭和45年度
計画給水人口	1,201,000人
計画1日最大給水量	541,000m³

拡張1日最大給水量　270,000 m³
(3.281 m³/秒)
総事業費　166億円
工事期間　昭和40年度から昭和45年度までの6カ年継続事業

しかしながら，現状における用地取得の困難性，あるいは計画拡張年次の短いことなどに鑑み，取水・導水・浄水等の施設用地については将来100万 m³/日 ぐらいまで拡張し得る程度の用地を確保することとした。

3. 審議会の審議過程および事業認可

以上のように，第3次拡張事業は，原水確保の問題をはじめ種々の難問を包含しているが，必要かつ緊急を要するものである。

そこで本事業の適正な実施について，まず「千葉県水道事業運営審議会」に審議願うこととし，昭和39年11月25日付けをもって次のとおり諮問した。

“千葉県上水道事業の適正な運営を図るため，次の事項について諮問する。

京葉工業地帯等の開発に伴う急激な人口増加と生活水準の向上によって給水事情の悪化が予想されるので，当面の対策として第3次拡張工事をすみやかに実施する必要があると考えられる。

これについて意見を求める。”

この諮問に対し，同日から慎重な審議が数度開催され，39年12月8日，次の要旨の意見をもつ答申がなされた。

水道の需給関係の窮迫している当面の対策としては，原水の見通しを考慮して施設の拡充を図り，断水を未然に防止することが急務である。この観点から第3次拡張事業計画は妥当であり，これをすみやかに実施することが必要である。

として，次の2・3の点について意見が述べられた。

第1の緊急性では，昭和43年夏季までの一部通水には工期等考慮し昭和40年度に着手すべきである。次には，水道用水の確保に万全をきし，本事業推進に支障を与えないようにするとともに水質保全について特別な対策を講ずべきと要望し，第3点としては，計画規模は現段階

表—1　千葉県営水道拡張事業概要

内容＼事業名	創設	第1次拡張	第2次拡張	第3次拡張
認可年月日	昭和9年3月31日	昭和30年11月10日 昭和34年8月24日 昭和35年12月28日	昭和37年3月26日	昭和39年12月28日
目標年度	昭和26年度	昭和40年度	昭和42年度	昭和45年度
計画給水区域内人口（人）	340,000	870,000	1,067,310	1,370,000
計画給水人口（人）	250,000	458,000	694,500	1,201,000
普及率（%）	73	52	65	87
計画1日最大給水量（m³）	37,500	139,000	271,000	541,000
計画1人1日最大給水量（ℓ）	150	270	390	450
事業費（千円）	3,500	2,767,000	6,031,000	16,600,000
水源	江戸川地下水	江戸川地下水	江戸川地下水	利根川印旛沼
事業期間	昭和8年度～昭和16年度	昭和31年度～昭和37年度	昭和37年度～昭和41年度	昭和40年度～昭和45年度
建設浄水場	古ケ崎浄水場 千葉浄水場	栗山浄水場 市原浄水場 大宮浄水場	栗山浄水場 姉崎浄水場	柏井浄水場

ではやむを得ないが，取水・浄水施設等については将来への先行を見込んだ本計画は適当であるとしている。さらに第4点では，巨額な事業費からくる財政の圧迫は避けがたいが，経営の合化理による諸経費の節減，建設資金は低利・長期債に求め，財政ならびに需要者の負担軽減を図るべくいっそう努力すべきであるとしている。

この答申に基づき，早速基本計画の変更に必要な諸議案を昭和39年12月定例県議会に提案，慎重な審議を経て議決を得たので，直ちに主務大臣である厚生大臣に申請，39年12月28日付けをもって認可され，ここに40年度から実施するはこびとなった。

4. 計画推進上の諸問題

このように緊急に実施に移行した第3次拡張事業は，原水確保の見通しをはじめ施設用地取得の困題性等難問が山積しているが，地域住民の福祉を考えれば，いっときも猶予することなく推進しなければならない。

そこで，原水の確保については，千葉県都市用水対策協議会（のちに千葉県水資源開発研究会とした）を設置し，全県をあげて努力するかたわら，まず，基幹をなす取水場，導水管路，浄水場および送水管路等の位置および規模を綿密に検討し，もっとも効率的かつ経済性を発揮できるよう実施計画を立案，これと並行してこれら施設用地をいかにして取得すべきかについて周到な計画をたて，実施にあたって疎漏のないよう最善の準備を進めていった。

(1) 水利権の確保ついて

千葉県は，北に日本一の流域を持つ阪東太郎利根川を擁しながらも，広い陸地内には河川らしき河川がないうえ，太平洋岸の天然ガスの湧出，南房地域の岩盤地帯等により，大量の水はどうしても利根川水系に依存しなければならない。本第3次拡張に必要な水量は毎秒 3.281 ㎥であるが，隣接する市町の不足量を合せ，毎秒 5.187 ㎥ を配分されるよう，昭和39年11月 9 日付けで建設大臣に申請した。その内訳は，利根川河口堰の建設に伴なって生み出される新規利水毎秒20 ㎥のうち 3.187 ㎥ と印旛沼開発事業によりあらたに生み出す努力目標水量毎秒 6 ㎥のうちの 2 ㎥であるが，両者とも建設途上にあることから，早急に水利権化することはきわめて困難であった。

そこで，やむなく印旛沼畔に建設する取水場に係る工作物の設置許可を先行することとし，数度にわたる陳情の結果設置許可が下付され，水利権についても明るい見通しがたった。

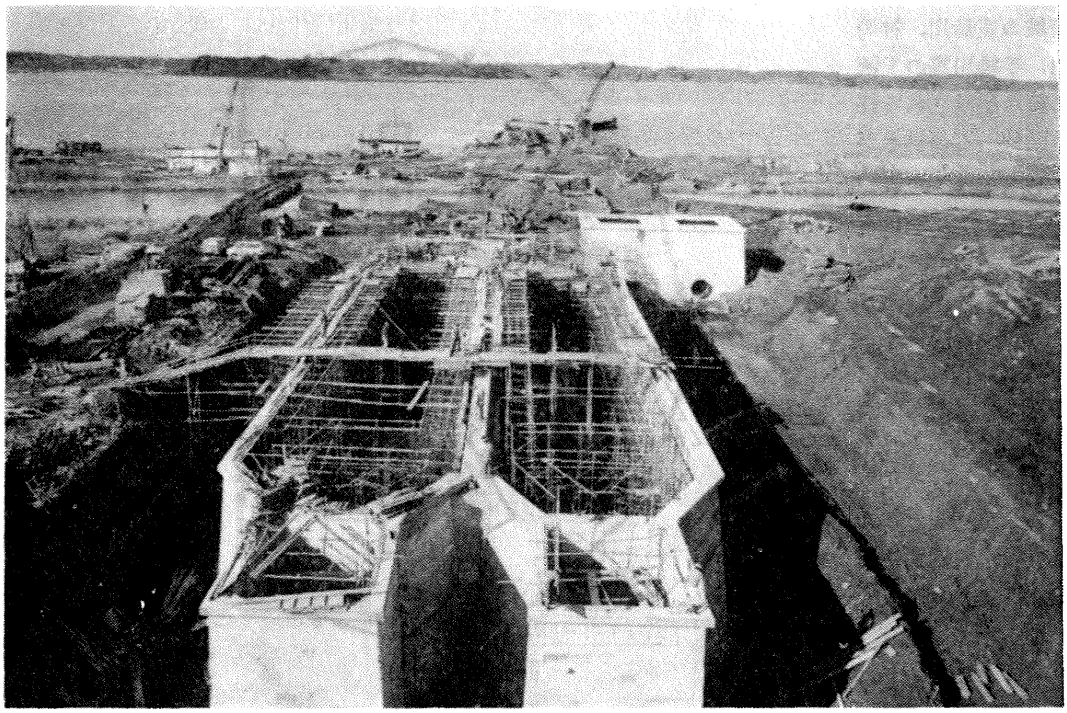
一方，利根川河口堰の建設は順調に進められ，去る42年には水配分がなされ，千葉県には毎秒3.84 ㎥の内示があり，県において調整した結果，上水分 3 ㎥（内訳，県水2.88 ㎥，銚子市 0.12 ㎥），上水分0.84 ㎥として許可されるよう申請申である。また印旛沼分についても完成後の沼の水位をみて検討してからということで保留されている。このような現状から，昭和43年夏季は印旛沼の既得水利のうち，未使用分を暫定的に取水させていただくこととした。さらに，このまま推移すれば，44年も暫定水利に頼らざるを得ず，印旛沼の開発事業もほぼ完成した現在，これら申請水量全量の早期許可について関係機関の格別な配意を願うものである。

(2) 用地取得について

水道施設の建設には用地の取得が先決問題である。とくに，現在開発途上にある地域においては，用地問題の解決は工事の大半が進捗したともいわれている。

本地域が京葉工業地帯の造成と東京都からの流入人口に伴ない都市計画，住宅団地の造成，工場群の建設等きわめて活発に開発されており，地価の暴騰となって大きな問題となった。とくに浄水場のように広大な面積を要しながらも事業の経済性と適地性を考慮する場合，その位置はおのずから小地域に限定される。さらに取水場，導水管路が給水区域外にあることも困難に拍車を加える結果となった。

本事業に必要な施設用地は約 50ha を要し，面積・筆数が膨大なうえ，前記の諸問題があり，しかも昭和43年夏季には一部通水という至上命令があって，工事期間等を考慮すればこれら用地の取得にあたっては，まったく言語に絶



写真—1　工事中の印旛沼取水場（前方は印旛沼）

するものがあった。工事の進捗は，いつに用地問題解決にかかっているといっても過言ではなかった。幸い，誠心誠意地主にあたった効あって，一人の土地収用法の適用もせずに解決したことは，ひとえに関係各位の協力の賜であって，ここに深く敬意を表するものである。

5. 建設実施上の諸問題

(1) 工事期間について

施設の建設については，主体工事である柏井浄水場および一部の導れ管布設布設工事が，用地買収の問題等により着工が遅れていたことと一方において需要状況が切迫していたこともあって，まず既設の栗山・古ケ崎浄水場内に配水池および配水ポンプを，また船橋・園生両給水場に配水池を増設するなど，既設施設を増強することからはじめたわけであるが，今回の拡張事業においては，総体的に工期が短く，とくに昭和43年夏期に通水しなければならないということが需要面から要求されており，着工の遅れは工事運営の合理化と昼夜兼行の作業によってとりもどさなければならないなど，苦しい工程のなかで工事は進められたのであるが，局関係者と工事を請負った各業者の協力によって，無事昭和43年7月25日に通火することができた次第である。

建設に関しては，工期の問題が最大の悩みであったが，その他各施設ごとにとくに問題となった点について以下に述べる。

(2) 取水施設について

① 地盤と水質

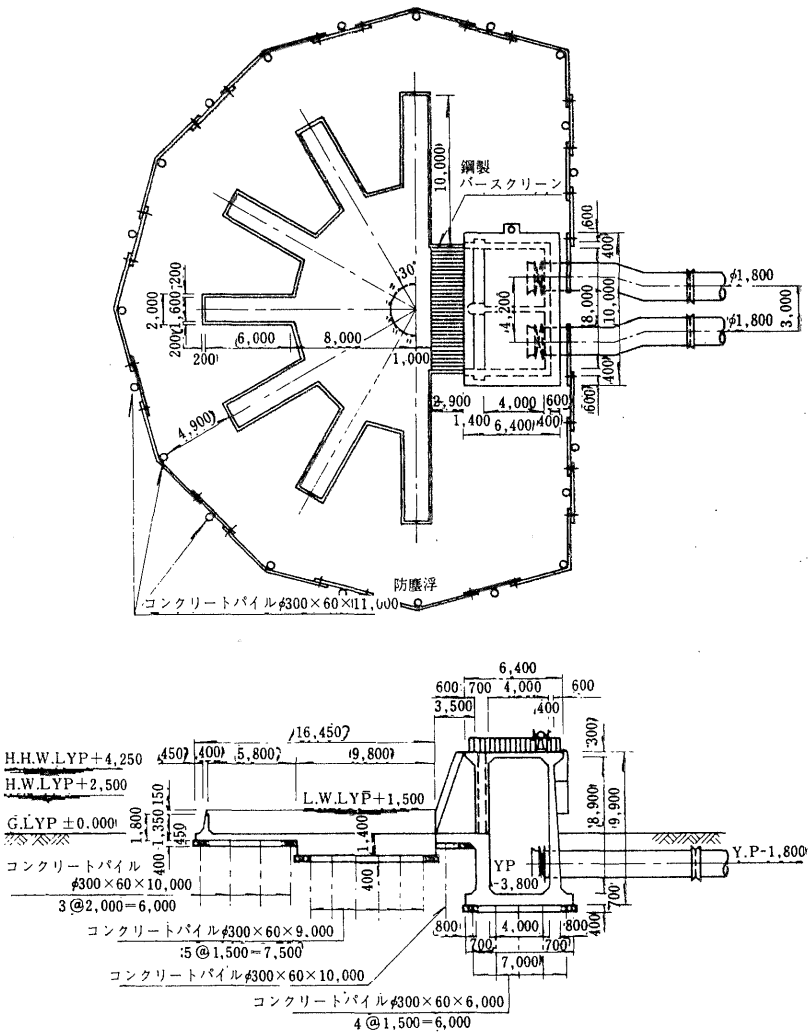
本拡張業において，水利権取得に難渋していることは前述のとおりであるが，水利権はともかく，取水地点は印旛沼に設置することが最良であるとの結論のもとに，沼周辺の取水適地の調査を行なったわけである。

印旛沼は流域面積 585km² を有する千葉県随一の水資源であり，手賀沼・霞ケ浦などと同じく洪積台地にできた開析台が，地盤の沈降によって溺れ谷となり，さらに河川等の堆積物で谷口をせきとめられてできた海跡湖である。

このため，ここを上水道の水源とし，取水施設を築造するについては，ところどころ深い堆泥層をもつ周辺の軟弱地盤の調査，あるいは沼

流域の鹿島川，神崎川，手繰川等の上流に続々建設される住宅団地からの排水が水質に及ぼす影響の調査など，綿密な配慮の必要があったがいずれも工期に迫られていたため短期間の調査結果に頼らざるを得ず，その点で不安がないでもなかった。

幸い，近くに川崎製鉄㈱工業用水取水機場，県工業用水取水場がすでに建設されていたため，それらのデーターを参考にすることができ，また地質も比較的良好な場所があったことは非常な幸運であった。さらに水質については，昭和41年7月1日より千葉県条例による水質基準が，また昭和43年8月19日には経済企画庁告示第8号による水質基準が印旛沼水域に施行され，水質の悪化を防止することとなった。



図—2　取水堰構造図

② 制限水位と沼の特殊性

印旛沼のもつ特殊性により，取水施設をつくるうえでいくつかの有形無形の制限をしいられたわけであるが，そのうちもっとも問題となった点は，制限水位の問題である。

印旛沼は水資源開発公団の手で干拓工事の進められており，完成後の沼は利根川下流の調整地池として調整水位がＹＰ＋1.50ｍからＹＰ＋2.50ｍの間に限定されることになっているため，この範囲内での取水しかできないわけで，水位がＹＰ＋1.50ｍ以下のときは農業用水等の関連により一滴の水も取水できず，取水口の構造もその線にそって制限されたのである。このため制限水位で最大量を取水できるような構造が必要であり．検討の結果図-2このような形をもつ取水堰を築造することとした。

また，印旛沼自体水深が浅く，そのうえ沼底は厚い堆泥層であるため，強風時の水面波により沼底の泥が捲きあげられ，濁度を増すとともに，多量の泥が取水施設に流入するので，深い泥溜をもって沈砂池を必要としたのである。なお，印旛沼に水質基準が施行されはしたが付近にはでん粉工場が多いこと，また国地排水が増加することにより，臭気あるいはＡＢＳの増大が予想されるため，これらの除去手段として活性炭の注入設備を取水場内に設置した。

(3) 導水管布設について

① 管　路

導水管は，取水場から浄水場まで約9.5kmにわたって口径φ1800mm管を布設したがこの路線の約半分は佐倉市都市計画街路（新設）と併設し，その他についても大部分が新規の買収用地であったため，交通に対する配慮に気を使わずにすんだのはなによりであった。しかし，一方において都市計画街路としての道路築造が工事全体の中で大きなウェイトを占めたため，別の障害が生じたことも事実である。

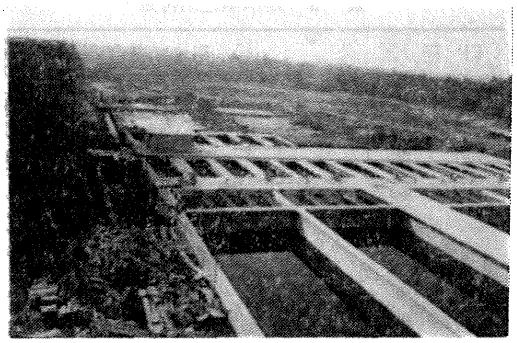
とりわけ，路線中に軟弱地盤個所が多かったが，局の一存で路線変更するわけにもいかずこれら軟弱地盤個所はサンドドレーン工法，あるいはサンドコンパクション等による地盤改良工事を施工したが，これらの押え盛上のための用地を追加買収するなど，多大な時間と費用を費やした。

② 管種の選定

このように路線中に多くの軟弱地盤個所があったため，管種の選定については苦慮したが，鋼管，ダクタイル管の比較検討を行なった結果それぞれの長所を生かして地盤の変化する個所は鋼管，その他の個所はダクタイル鋳鉄管を使いわけ，あわせて特殊な個所には当局としてははじめてＵＦ接手鋳鉄管を使用した。

③ 施工方法その他について

工事施工上の問題としては，これまでは土木工事請負人に施工させていた鋳鉄管の接合工事を，鋳鉄管メーカーに施工させ，鋳鉄管についても鋼管と同様，管の製作据え付けを一貫して鋳鉄管メーカーの請負工事としたことも，新しい試みであった。



写真―2　工事中の柏井浄土場

その他，導水管路については延長9.5kmの起伏の多い路線であり，取水ポンプでの揚程も55mと比較的高揚程であるため，停電時のウォーターハンマーによる障害防止のため3ヵ所にサージタンクを設置したが，これらはすべて建設費の安価なワンウェイサージタンクとした。

(4) 浄水施設について

① 施設内容

柏井浄水場は第3次拡張事業完成時において施設能力270,000㎥/日であるが，将来は同敷地内にさらに大規模な拡張を予定しており，建設規模の大きさに対応する管理体制と，設備面の充実が必要となってくるため，取水場と浄水場の間にテレメーターおよび取水ポンプのテレコントロール設備を設置し，管理の集中化に一歩踏みだしたところであるが，これは将来電子計算機の導入による管理体制をとることを考慮したものである。

その他，個々の設備についてはとりたてて新らしいものもないが，最近問題となっている「赤水対策」の一環として，前塩素注入を主体とした薬品処理を考え，水の有効利用を図るため，ろ過池洗浄排水を着水井に環元する方式の採用，ろ床に有孔ブロックを使用したことなど，最近一般的となってきた方式を採り入れた。

また，浄水場の変電設備について，従来屋外設置であったものを，浄水場の位置から考えて風台風が関東地方を襲った場合，塩害による停電の事故が考えられるため屋内設置としたなども，とくに留意した点である。

② 汚泥処理について

今回の浄水場建設にあたって，もっとも苦慮したところは，沈でん汚泥の処理問題である。第3次拡張における処理水量283,500㎥/日に対し，その発生汚泥量を試算すると，およそ次のようなものである。

すなわち，原水濁度平均30°バンド注入率40p.p.m.とすると，このときの発生汚泥量は乾燥状態として1日当り約11トン，仮に湿度55%の状態とすれば約24トンという非常に多量なものであり，乾燥して捨てるか，生汚泥のまま捨てるかの処理方法もさることながら，将来の拡張

分を考えると，その捨て場所の選定には頭をかかえることとなった。

この点については，柏井浄水場の立地条件から考えて，汚泥を水といっしょにポンプ圧送して東京湾に放棄する方法と，ある程度脱水処理した汚泥を，別に買収した用地内に堆積したうえで搬出する方法があり，結局諸般の情勢から後者の方法をとることとして現在設計中である。

(5)　配水系統の変更

本拡張事業では以上に述べてきたように問題と同時に，新しい浄水場建設に伴なう配水系統の変更が必要となった。これは，従来江戸川を水源とする古ケ崎，栗山の両浄水場を主力として，一部地下水による給水を行なってきた県営水道が，急激な需要の伸びに対して新しい浄水場を建設するところから当然起ってくる問題であるが，図-1にみるように東京に隣接する松戸，市川から市原市に至る東京湾沿いの細長い給水区域をもち，将来ますます発展するであろう地域的特性を考えれば，配水系統を江戸川系，利根川系にわけたうえで、将来の需要建に対しては利根川系の拡張を主体とし，江戸川系の区域を除々に圧縮していく方法をとらざるを得なかったのである。

このため、従来栗山浄水場から千葉市内にある園生給水場に送水していたφ 700㎜，およびφ1000㎜ の送水管を，逆に柏井浄水場から船橋市内への配水本管に初り替える必要が生じたが，この他にも，こうした個所はいくつかでてくるものと予想され，切迫した需要情況の中で既設管内に水を逆流させることのむづかしさもあって，その切替時期に問題がある。

しかしこの問題は老朽化した地下水源の廃止問題とともに，今後合理的運営の推進の一環として，配水系統の集中管理を行なううえで重要な問題であり，今後とも十分な検討のうえで徐徐に整備していくこととなっている。

6. 財政事情について

水道事業の経営は，公共性を発揮しつつ，かつ独立採算制を堅持することを基本原則としている。千葉県営水道における現行料金は，昭和39年1月に改定され，昭和42年度までの収支の均衡を図るよう設定されたが，第3次拡張の要因は含まれていないこともあって，43年度はついに赤字予算を編成しなければならない状態となった。

このような事態を抜本的に解決するため，42年9月から約1ヵ月にわたり第3次拡張推進上における財政事情について，あらゆる角度から克明な検討を加えてきた結果，昭和43年度から46年度までの4ヵ年間に実に31億余万円の赤字が予想され，積立金等を取り崩しても，なお24億余万円の資金不足が見込まれぬに至った。

このように発生が予想される赤字を事前に阻止する抜本的な対策を早速に講じなければならない。そこで，千葉県水道事業運営審議会に対

表—2　水道料金改正表（43年11月1日施行）

用途別＼区分		現行 金額	改定 金額
一般用	基本料金	基本水量10m³ 280円	据置
	超過料金	11m³以上 1m³につき 37円	11m³～20m³ 1m³につき 41円 21m³～100m³ 〃 46円 101m³以上 〃 50円
公衆浴場用	基本料金	基本水量100m³ 1,800円	据置
	超過料金	101m³以上 1m³につき 25円	101m³以上 1m³につき 27円
共用	基本料金	基本水量5m³ 130円	据置
	超過料金	6m³以上 1m³につき 27円	据置

表—3　給水申込納付金

口径区分	給水申込納付金の額
13㎜	8,000円
20	22,000
25	37,000
40	114,000
50	195,000
75	528,000
100	1,080,000
150	2,935,000
200	6,237,000

し，「上水道財政のあり方」にについて諮問したところ，料金の値上げは極力避けるべきであるが，受益者負担の原則と相まって，ある程度の値上げはやむを得ないという要旨の答申がなされた。

そして，この答申の趣旨に基づき，料金改定を主体とした改定案の作成にとりかかった。

そのなかで本回は，とくに旧使用者と新規需要者の負担をできるだけ公平にするよう配意して，著しく水需要を刺激する住宅団地あるいは口径25㎜以上の給水装置を設置する者からは給水申込納付金を徴することとした。

また，用地等の先行投資分については，一般会計で利子補給する。

さらに料金の改定にあたっては，少量使用者の負担軽減を図るべく基本料金を据え置き，超過料金を3段階にする，いわゆる逓増制を採用した。(表－2・3参照)

この案を43年9月定例県議会に提案したところ，質疑はこれらの関係議案に集中し，まさに水道県会の様相を呈したが，幸い原案どおり10月16日可決となり，ここに財政不安を解消することができた。

7. 将来への展望

給水区域内の将来は，現在進めてれている京葉臨海工業地帯をはじめ，地区内の開発はきわめて活発であって千葉地区，葛南地区にはそれぞれ100万人程度の広域都市が形成され，したがって水需要も激増の一途をたどることは心須である。

このように急増する水需要に対処するため，原水の確保，および建設資金の調達等，予想される難関を克服しても，第4次，第5次と施設を拡張して給水の万全を期する考えであり，目下第4次拡張を検討計画中である。

他方，事業運営上の改善策についても，需要者への不便を与えることなく経費が節減できるよう，さらにいっそう研さんをして料金へのはね返りを少なくしたい考えでいる。

また，全県下の開発状況をみるに，国の国土総合開発計画，首都圏整備計画あるいは県の総合開発計画などから考察すると，給水区域外においても東京湾の埋立造成による木更津地区の工業団地の造成，人口対策としての住宅施策に基づく千葉ニュータウン，新東京国際空港設置に伴なう北総地帯の開発，首都圏内における住宅団地群の建設あるいは内陸工業団地群の建設等，その開発が所期の目的を達する昭和60年ごろには県総人口は500万人を突破するものと推定され，したがって水需要の急増を招来することとなるので，関係機関と十分協調しながら，適宜適切な処置を講じ，県民がひとしく水の恩恵に浴し，地域社会の発展に寄与していきたいと考えるものである。

鋳鉄管第5号

昭和43年6月

特集 1

JWWA G 105・106〔水道用遠心力ダクタイル鋳鉄管 水道用ダクタイル鋳鉄異形管〕規格の改正および JWWA A 107〔水道用遠心力ダクタイル鋳鉄管モルタルライニング〕規格制定の解説について

日本水道協会

1. はじめに

水道用ダクタイル鋳鉄管の規格は，1961年に最小呼び径200㎜までを制定し，その後，小口径管の需要増加のため，1965年に呼び径75㎜，100㎜および150㎜の3種類を追加改正した。今回(1967年)の改正の主な内容は，直管および異形管の試験水圧の上昇，ボルト・ナットにメートルねじの採用とそれに伴うフランジ寸法の一部改正などである。

新たに制定した水道用遠心力ダクタイル鋳鉄管モルタルライニングの規格は，1958年に制定された JIS A 5314（水道用鋳鉄管モルタルライニング方法）が制定されて以来約10年を経過し，その製造技術も飛躍的に進歩してきたことと，ライニングを施工する原管は JIS G 5521（水道用立型鋳鉄直管），5522（水道用遠心力砂型鋳鉄管），5523（水道用遠心力金型鋳鉄管）およびJWWA G 102（水道用メカニカルジョイント鋳鉄直管）としていたが，その後ダクタイル鋳鉄管が開発されるとともに，これに対してモルタルライニングを施す場合が多くなってきたことから，慎重審議の結果，呼び径75㎜から1500㎜について制定したものである。

JIS 規格と大幅に変る点は，シールコートを施すことが原則となったことと，モルタルライニングに適した蒸気養生方法としたことである。

上記2規格の詳細については，それぞれの解説に明記されているので，ここではその重復を避けるため，要点のみ概説したい。

なお JWWA A 107 については，鋳鉄管協会誌第2号（昭和42年1月1日発行）の特集『鋳鉄管のモルタルライニングについて』に発表されているので，ここでは主に JWWA G 105・106 の改正について述べることにしたい。

2. JWWA G 105・106 規格の改正について

(1) 試験水圧の上昇

管の水圧試験は，管の鋳物としての欠陥の有無を調べるために行なわれるものであるが，従来，これが誤まって管の強度，即ち最高使用圧力であるかのように考えられ易く，とくに輸出の場合にはこの種の誤解から，わが国の優秀なダクタイル鋳鉄管の販路拡大に支障が感じられる実情にあったと言える。ダクタイル鋳鉄管は，従来の高級鋳鉄管に比して格段の機械的強度を有しており，決して現行の試験水圧が使用保証限度圧でないことは明白である。他面，欧米諸国におけるダクタイル鋳鉄管の試験水圧は，わが国の試験圧力より相当高いものを採用しているのが実状である。

近時，ダクタイル鋳鉄管の海外輸出も次第に増加しつつある現状を考えると，恰も JWWA 規格管が諸外国のものより劣ると見られ易いことは問題で，その管としての材質上の必要性如

何は別として，試験水圧は国際水準まで高めることが適当であると判断し，今回，規格を改正することとしたものである。

なお，同じ材質でありながら，直管と異形管の圧力が異なっている理由は，水圧試験方法上の制約から，諸外国での実体も調査して，直管（1種管）の½の圧力を採用することとした。

規格改正前後の試験水圧を表－1から表－4に示すとつぎのとおりである。なお，参考のため諸外国の試験水圧を表－5，表－6に掲げる。

表－1　改正前の直管の試験水圧

種　類	試験水圧 (kg/cm²)
1 種 管	25
2 種 管	18
3 種 管	12

表－2　改正前の異形管の試験水圧

呼び径 (mm)	試験水圧 (kg/cm²)
450 以下	20
500～900	15
1000 以上	12

表－3　改正後の直管の試験水圧

呼び径 (mm)	試験水圧 (kg/cm²)		
	1種管	2種管	3種管
300 以下	60	—	50
350～600	50	45	40
700～1000	40	40	35
1100 以上	30	30	30

表－4　改正後の異形管の試験水圧

呼び径 (mm)	試験水圧 (kg/cm²)
300 以下	30
350～600	25
700～1000	20
1100 以上	15

表－5　英国 STANTON & STAVELEY 社（1965年）のダクタイル鋳鉄管の試験水圧（参考）

呼び径 (in)	試験水圧 (16f/in²)	
	直　管	異形管
3～10	900	600
12～18	750	500
20～24	600	400

注　1 lbf/in²＝0.07 kg/cm²

表－6　仏国 PN A 38－012 規格（1962年）のダクタイル鋳鉄管の試験水圧（参考）

呼び径 (mm)	試験水圧 (bal)	
	直　管	異形管
60～250	60	30
300～600	50	25
700～1250	40	20

注　1 bal＝1.02 kg/cm²

表－7　ウイットねじからメートルねじへの切換対応表

ウイットねじ			メートルねじ					
			1（推奨）			2		
ねじの呼び	外径 (mm)	有効断面積 (mm²)	ねじの呼び	有効断面積 (mm)	有効断面積比	ねじの呼び	有効断面積 (mm)	有効断面積比
W 5/8	15.88	144	M16	152	1.05	—	—	—
W 3/4	19.05	213	M20	238	1.11	M18	186	0.87
W 7/8	22.23	295	M24	342	1.16	M22	295	1.00
W 1	25.40	387	M24	342	0.88	M27	448	1.16
W1 1/8	28.58	488	M30	546	1.12	M27	448	0.92
W1 1/4	31.75	620	M30	546	0.88	M33	677	1.09
W1 3/8	34.93	739	M36	797	1.08	M33	677	0.92

注　1）JWWA G 105・106 に関連するもののみ抜萃した。

注　2）メートルねじの有効断面積比とは，対応するメートルねじの有効断面積とウイットねじの有効断面積との比を示す。

(2) ボルト・ナットのねじにメートルねじの採用

(i) 採用までの経過

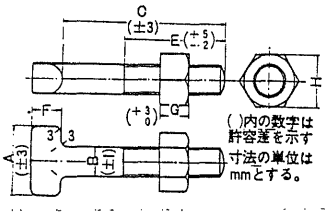
ＩＳＯ（国際標準化機構）がメートルねじを推奨規格としたため，日本では，1964年５月に通商産業大臣から日本工業標準調査会に対して，"わが国に於けるねじの基本に関する JIS およびこれに関連する JIS はいかにあるべきか" との諮問が出された結果，~~ユニファイ~~ねじを採用することとし，~~これを~~廃止し，メートルねじを広く普及させた方が，将来の国家的標準化に得策であるとの答申があり，ウイットねじは1968年３月限りで廃止して，メートルねじへの切換えのための対応表（表―７）が提示された。

そこで，従来メカニカルジョイント形のA形およびB形用のボルト・ナットのねじには，JIS　B 0206（ウイット並目ねじおよびユニファイ並目ねじ）のウイット並目ねじを使用していたが，これが廃止されることとなったので，この際，水道用ボルト・ナットのねじにも JIS B 0205（メートル並目ねじ）を採用すること

表―８　水道用ボルト・ナットのウイットねじからメートルねじの改正表

適用される管の呼び径 (mm)	改正前	改正後
	ウイットねじ	メートルねじ
75	W 5/8	M16
100～600	W 3/4	M20
700・800	W 1	M24
900～1200	W 1 1/8	M30
1350・1500	W 1 1/4	M30

表―９　改正後のボルト・ナットの形状，寸法表



単位mm

ボルトの呼び	適用される管の呼び径	各部寸法 A形 FC押輪 C	A形 FC押輪 E	A形 FCD押輪 C	A形 FCD押輪 E	B形 FC押輪 C	B形 FC押輪 E	A	B	F (最小)	G	H	Hの許容差	ボルトの呼び
M16	75	95	60	95	60	—	—	38	16	16	16	24	0 −1	M16
	100	100	70	100	70	—	—							
	150	100	70	100	70	—	—							
	200	110	75	100	70	—	—							
	250	110	75	100	70	—	—							
	300	110	75	100	70	—	—							
M20	350	110	75	110	75	—	—	60	20	20	20	30	0 −1.5	M20
	400	110	75	110	75	—	—							
	450	120	75	110	75	—	—							
	500	120	75	120	75	—	—							
	600	120	75	120	75	—	—							
M24	700	130	85	130	85	—	—	70	24	24	24	36	0 −2	M24
	800	130	85	130	85	—	—							
	900	140	90	130	90	—	—							
	1000	140	90	140	90	—	—							
M30	1100	150	90	140	90	—	—	70	30	30	30	46	0 −2	M30
	1200	150	90	140	90	150	90							
	1350	165	95	150	90	165	95							
	1500	165	95	155	95	165	95							

とした。

その際の切換えは，表—7の第一推奨品を使用した。ねじ切替えの明細を表—8に示す。

なお，呼び径700・800㎜用のボルトW1をM24，1350・1500㎜のW1¼をM30に切換えることは，有効断面積比で0.88となるが，全体のボルト強度からみれば問題がないので，表—8のとおりとした。

(ii) ボルト・ナット寸法の改正

ボルト・ナットのB（外径），F（Tヘッドの高さ）およびG（ナットの高さ）寸法は，B＝F＝Gとし，ナットの面間距離H寸法は，メートルねじに合せて改正した。改正された寸法を表—9に示す。

メートルねじのボルト採用により，管のE寸法（ボルト孔径）についても調査を行なったが，表—10のとおりであり，とくに問題はないが，公差などについても配慮するとメートルねじによるボルトに対応した孔径にする方が，より望ましいと考えられるので，E寸法（直管，異形管，押輪）については，次回に改正を図りたい考えである。

表—10　ボルト孔径の余裕

単位㎜

適用される管の呼び径	ボルト孔径	ウイットねじボルト			メートルねじボルト		
		呼び	外径	余裕	呼び	外径	余裕
75	19	W⅝	16.0	3.0	M16	16.0	3.0
100～600	22	W¾	19.0	3.0	M20	20.0	2.0
700・800	28	W1	25.5	2.5	M24	24.0	4.0
900～1200	33	W1⅛	28.6	4.4	M30	30.0	3.0
1350・1500	36	W1¼	31.8	4.2	M30	30.0	6.0

注　余裕とは（ボルト孔径—ボルト外径）を示す。

(iii)試験荷重の改正

ウイット並目ねじボルトの試験荷重は，有効断面積当りにして，ほぼ28kg/㎟の発生応力であり，メートル並目ねじボルトの場合も，この値に基づき試験荷重を改正した。改正前後の試験荷重と発生応力を表—11と表—12に示す。

(3)　フランジ寸法改正

規格では，フランジ用ボルト・ナットのサイズの規定はしていないが，実際には材質SS41のウイット並目ねじボルト・ナットを使用しているのが実状であり，前述のようにウイット並目ねじは廃止となるので，現行のボルト孔径もメートルねじボルトに合せて表—13の如く変更することとした。

JIS　B 2210～17（鉄・鋼管フランジの基本寸法）解説の付録「管フランジの応力計算式」によって，改正前と改正後のボルトに発生する応力を算出すると表—14のとおりであり問題はない。

ただし，内圧　P＝13kg/cm²　とし，パッキング係数　e＝2.0　して求めたものである。

また，フランジのボルト孔径を変更したので，これに伴い突部重量を改正した。

表—11　改正前の試験荷重と発生応力の関係

ボルトの呼び	試験荷重 (kg)	有効断面積 (㎟)	発生応力 (kg/㎟)
W⅝	4000	144	27.8
W¾	5900	213	27.7
W1	10700	387	27.7
W1⅛	13400	488	27.5
W1¼	17300	620	27.9

表—12　改正後の試験荷重と発生応力の関係

ボルトの呼び	試験荷重 (kg)	有効断面積 (㎟)	発生応力 (kg/㎟)
M16	4200	152	27.6
M20	6600	238	27.7
M24	9500	342	27.8
M30	15200	546	27.8

表—13　フランジのボルト孔径とボルトとの余裕

単位㎜

呼び径	改正前			改正後		
	ボルト呼び	ボルト孔径	余裕	ボルト呼び	ボルト孔径	余裕
75～200	W⅝	18.0	2.1	M16	19	3.0
250・300	W¾	21.0	1.9	M20	23	3.0
350・400	W⅞	24.0	1.8	M24	27	3.0
450～600	W1	28.0	2.6	M24	27	3.0
700・800	W1⅛	31.0	2.4	M30	33	3.0
900～1200	W1¼	34.0	2.2	M30	33	3.0
1350・1500	W1⅜	38.0	3.1	M36	39	3.0

表—14 フランジのボルト発生応力

呼び径 (mm)	ボルトの数	改正前 ボルト呼び	改正前 発生応力 (kg/mm²)	改正後 ボルト呼び	改正後 発生応力 (kg/mm²)
75	4	W5/8	4.18	M16	3.98
100	4		5.90		5.62
150	6		6.70		6.38
200	8		7.42		7.06
250	8	W3/4	7.01	M20	6.31
300	10		7.50		6.75
350	10	W7/8	6.95	M24	6.00
400	12		7.24		6.24
450	12	W1	6.85	M24	7.78
500	12		8.21		9.33
600	16		8.31		9.43
700	16	W1 1/8	8.65	M30	7.73
800	20		8.85		7.90
900	20	W1 1/4	8.62	M30	9.80
1000	24		8.72		9.95
1100	24		10.40		11.80
1200	28		10.40		11.80
1350	28	W1 3/8	11.00	M36	10.20
1500	32		11.80		10.90

(4) その他の改正箇所

(i) 字　句

JIS 用語の改正により，外来語以外は，ひらがな文字または漢字によることとなったので，呼ビ径は呼び径に，また，焼ナマシは焼なましというように用語の改正を実施した。

(ii) モルタルライニング規格

直管のモルタルライニングはJWWA A 107が制定されたので，従来の JIS A 5314 に替えて，これを全面的に採用した。

(iii) ボルト・ナット材料の追加

ボルト・ナットの材料は，JIS G 5502（球状黒鉛鋳鉄品）のFCD40またはFCD45あるいは JIS G 5702（黒心可鍛鋳鉄品）の FCMB 35の3種類であったが，新たに，JIS G 5704（パーライト可鍛鋳鉄品）の FCMP 40 を追加した。

(iv) ゴム輪試験方法

ゴム輪の試験方法に「水質に与える悪影響」として日本水道協会制定の水道用ゴム衛生試験方法によることになっていたが，JIS K 6353（水道用ゴム）の中にこの試験方法を規定したので JIS K 6353 に準ずることとした。

3. JWWA A 107 規格の制定について

水道用遠心力ダクタイル鋳鉄管モルタルライニング規格制定までの経過は，前述のとおりであり，詳細は省略するが（鋳鉄管協会誌第2号参照），JIS A 5314 との差異につき，列記するとつぎのとおりである。

(1) 材　料

(i) JIS R 5213（フライアッシセメント）のA種およびB種を採用し，JIS R 5212（シリカセメント）を削除した。

(ii) 砂の名称を細骨材とし，その粒度を規定した。

(2) モルタル

セメントと細骨材の配合比の標準は1：1，5～2.0（重量比）であったが，これを1：1，5～2.2（重量比）とした。

水道、工業用水用、各種鋳鉄管内外面の防蝕に
スパイラル鋼管、サイフォン、鋼板セル、コルゲートパイプ、鋼矢板の防蝕に。
エトーNO.2300
川上塗料株式會社
本社：尼崎市塚口420番地 Tel(481)6325代 東京・大阪・名古屋・福岡・広島・浜松・高松・金沢

(3) 養　　生

蒸気養生については，JIS A 5314 では JIS A 5303（遠心力鉄筋コンクリート管）に準じて行なっていたが，ここでは種々検討の結果，これを35～55℃で3時間以上と規定した。

(4) シールコート

JIS A 5314 では規定がなく，目下研究中であるむねの解説があるが，今回の JWWA では，シールコートを施すことを原則とした。

塗装の時期は，蒸気養生を行なったものは，4日間の散水，蒸気養生を行なわないものは11日間の散水によって，それぞれ湿潤状態を保ったのちに行なうこととした。シールコートを施す目的はつぎの点が上げられる。

(i) モルタルの水和に必要な水分をモルタルライニング中に封緘して，以後のモルタルの水和反応を助成する。

(ii) モルタルライニング鋳鉄管を使用した場合，通水初期に於ける pH の異常上昇を防止する。

(iii) モルタルライニングからのカルシウムの溶出を防止し，とくに長期に亘ってモルタルライニングの耐久性の向上を計る。

使用する塗料はつぎの3種類を規定した。

(1) 塩化ビニル—塩化ビニリデン共重合物

(2) 塩化ビニル—酢酸ビニル共重合物

(3) 歴青質に合成樹脂を加えたもの

4. むすび

JWWA G 105・106規格の改正と JWWA A 107 規格の制定の内容について概説したが，JWWA G 105・106 の試験水圧上昇については，一部メーカでは，既に実施しているが，全国的な完全実施は7月1日からの見込である。また，メートルねじは生産体制準備などの都合で若干の混用期間が必要であり，メートルねじボルト・ナットの実生産は6月初旬頃から開始される模様である。

なお，JWWA A 107 の適用範囲は，遠心力ダクタイル鋳鉄管としているが，実際には，はじめにも触れたように，各種の JIS 鋳鉄管類，すなわち JIS G 5521，JIS G 5522，JIS G 5523および JWWA G 102 にも実施することとしている。　　以　上

主要製品

●水道用各種器械●各種鋳鉄管●消火栓●鉱山機械●建設機械●荷役機械●その他鋳鉄●鋳鋼●砲金●特殊鋳鋼製品

株式会社東北鉄工所

代表取締役　高橋勘治郎

本社・工場　青森県八戸市小中野町大町一丁目
電話八戸(2)0171～4番

製鋼工場　青森県八戸市小中野町北四丁目
電話八戸(2)1441・5965番

特集 2

ウォータハンマの実験と計算例

久保田鉄工株式会社　鉄管研究所
鉄管技術部係長　宮　本　宏
鉄管技術部　中　島　鋭

1. 緒　言

定常状態で流れている管路において，ポンプが急停止したり，バルブが急開閉する場合には流速の急変により管路内部に急激な圧力変化が生ずる。これがウォータハンマ(水撃)である。

この衝撃圧により，時には送水設備が破壊されることもあり，ポンプ，バルブの決定，管種管厚の選定，路線の設定など送水設備の設計にあたっては，ウォータハンマを十分検討する必要がある。

しかるに，ウォータハンマの理論は種々発表されているが，実際的現象の裏付けは少ない。

そこで，このウォータハンマについて，実験用ダクタイル管路を布設し，ポンプ系，自然流下系について基本的な実験を行なってきた。

以下，簡単に実験結果を紹介し，それに基づく計算事例をあげる。

2. ポンプ系ウォータハンマの実験

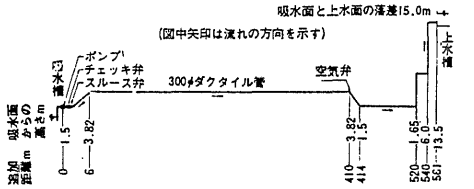
(1) 実験装置

① 管　路

管種：300φダクタイル管(管厚7.5㎜)
延長：561m
実揚程：15m
縦断図を図—1に示す。

② ポンプ

形式：250φ両吸込ボリユートポンプ



図—1 実験管路縦断図

基準揚程：20.3m
基準流量：7.57m³/min
回転数：1730rpm
効率：82%

③ モーター

形式：籠形誘導電動機
出力：37KW
極数：4P
GD²：2kgm²

④ バルブ

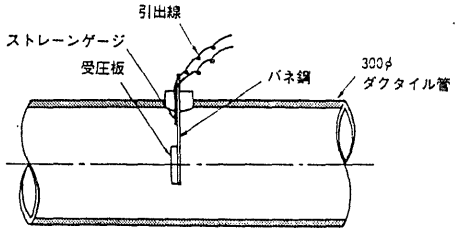
250φ普通チェッキ弁（スウイング式）
250φ手動スルース弁

⑤ はずみ車

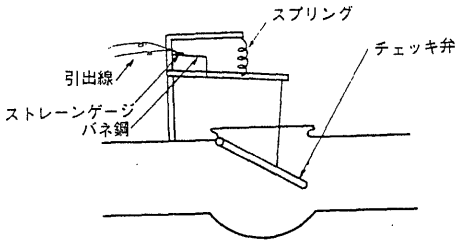
GD²：26.4kgm²

⑥ 測定計器

測定項目	測定計器
ポンプ出口における圧力	圧力変換器
ポンプ出口における流量	ストレーンゲージ(図-2)
ポンプ軸回転数	発電式瞬時回転計
ポンプ軸トルク	抵抗線式トルク変換器
チェッキ弁の開閉状況	ストレーンゲージ(図-3)



図—2 流量測定装置



図—3 チェッキ弁の開閉状況測定装置

以上いずれもダイナミックストレーンメータを通じ，電磁オシログラフに記録した。

(2) **実験項目**

(i) 電源遮断後，弁全開時の過渡現象
(ii) 弁閉鎖時期と圧力上昇の関係
(iii) ポンプ，モーターの慣性効果の影響

の3項目について行なった。

即ち，はずみ車を取付けない時，取付けた時のそれぞれについて

(i) 電源遮断後，水が逆流してもチェッキ弁，フート弁を全開のままに保っておく場合（以下弁全開と呼ぶ）
(ii) 電源遮断後，チェッキ弁を自然に閉鎖させる場合（以下自然閉鎖と呼ぶ）
(iii) 電源遮断してから所定時間経過後，チェッキ弁を人工的に急閉鎖する場合（以下人工閉鎖と呼ぶ）

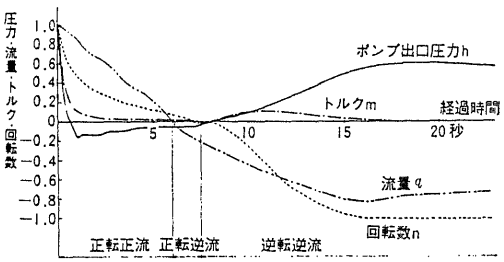
以上3つの場合の管内圧力，流量等の過渡現象を実測した。

(3) **実験結果**

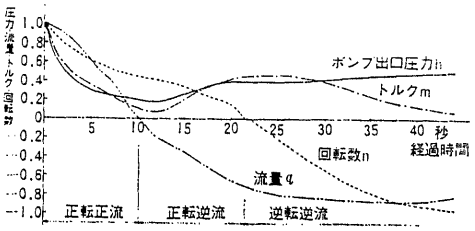
① 弁全開の場合

(イ)はずみ車がない時，および(ロ)はずみ車を取付けた時の実測過渡現象を図—4，図—5に示す。

この図は，ポンプ出口圧力，流量，ポンプ軸トルク，ポンプ軸回転数が電源遮断後時間と共に変る状況をそれぞれの定常運転時の状態を1として無次元表示したものである。



図—4 弁全開の場合の実測過渡現象
（はずみ車なし）



図—5 弁全開の場合の実測過渡現象
（はずみ車取付け）

定常運転時の状態は

ポンプ出口圧力：18.6m
流量：7.57m³/min
ポンプ軸トルク：17.6kgm
ポンプ軸回転数：1730rpm

である。

2つの過渡現象をみると

ポンプ出口圧力の変化は (イ)はずみ車がない時，(ロ)はずみ車を取付けた時とも，電源遮断後一旦降下して，その後再び上昇している。しかし，(イ)の場合は電源遮断直後負圧になっているが，(ロ)の場合はそれほど降下せず，またその後の圧力上昇も(イ)の場合ほど大きくない。

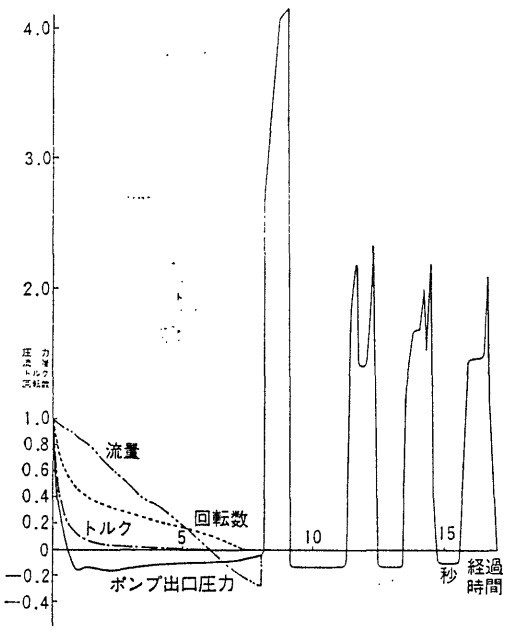
流量の減少の度合は，(イ)に比べて (ロ)の方がゆるやかである。この実験で流量が零になる時期は

(イ)の場合：電源遮断してから 6秒後
(ロ)の場合：電源遮断してから 10.2秒後

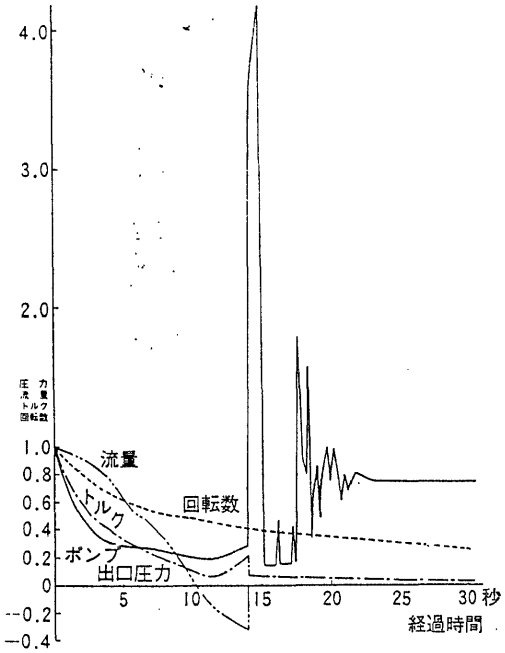
であった。

軸トルクの変化は(イ)(ロ)いずれの場合も電源遮断後一旦減少し，その後再び大きくなっている。

(ロ)の場合は，(イ)に比較して電源遮断後の減少



図—6　チェッキ弁自然閉鎖の場合
（はずみ車なし）



図—7　チェッキ弁自然閉鎖の場合
（はずみ車取付け）

度合は小さく，その後の増大は大きい。
回転数の低下の度合は，(イ)に比べて(ロ)の方がゆるやかである。
回転数が零になるのは
(イ)の場合：電源遮断してから　7.5秒後
(ロ)の場合：電源遮断してから　21.5秒後
であった。

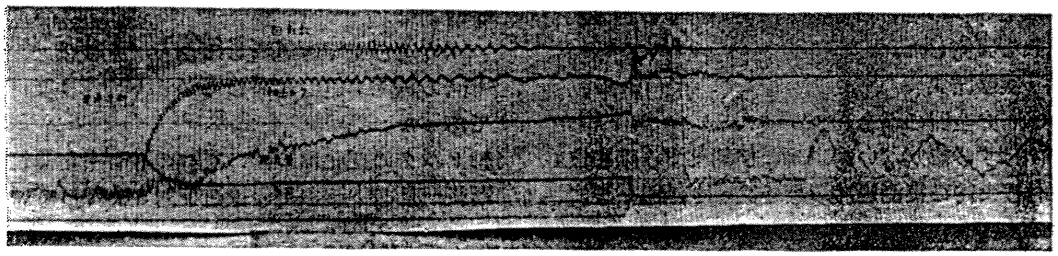
② 自然閉鎖の場合

(イ)はずみ車がない時，および(ロ)はずみ車を取付けた時の過渡現象を図—6，図—7に示す。
(イ)の場合，チェッキ弁が閉鎖しはじめたのは電源遮断してから4.8秒後であるが，閉鎖が完了したのは電源遮断してのち8.1秒後である。
即ち，流量零の時から2.1秒遅れて閉鎖を完了した。この時の圧力上昇は定常状態の約4.2倍であった。

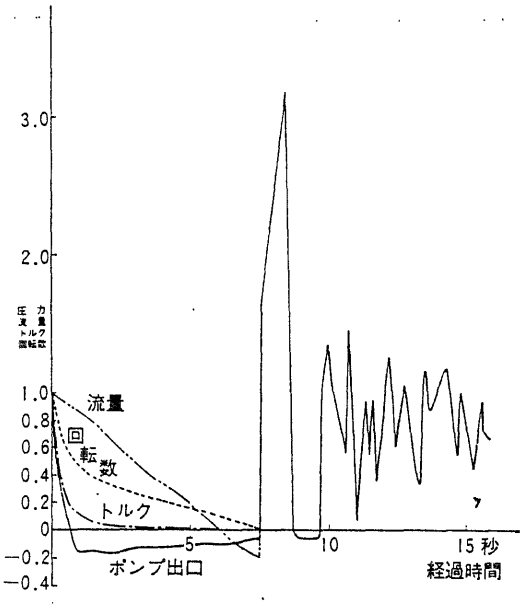
また過渡現象図から，チェッキ弁が閉鎖しはじめても管内の圧力はその影響を受けず，閉鎖完了時に急激な圧力上昇が生ずることがわかる。

(ロ)の場合，チェッキ弁は電源遮断してから5.1秒後に閉鎖しはじめ，14.0秒後に閉鎖完了した。即ち，流量が零になってから3.8秒後に弁は完全閉鎖し，圧力は定常の時の約4.2倍に上昇している。また，この時ポンプ軸はまだ正転しており，正転逆流域での弁閉鎖ということになる。

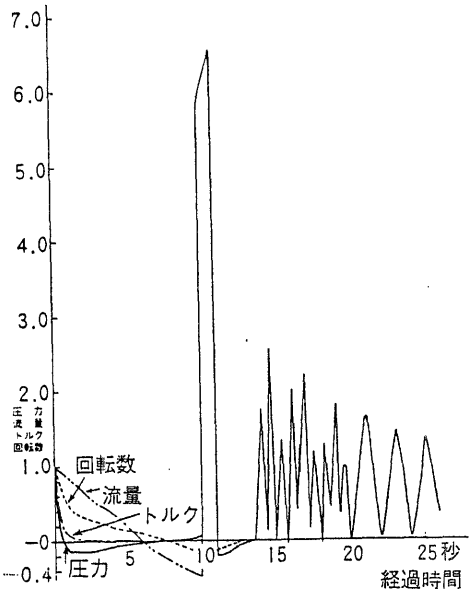
ここで興味のあることは，一般にはずみ車をつけ，慣性効果（GD²）を大きくすると，自然閉鎖の場合では圧力上昇は小さくなると考えられているが，この実験では，はずみ車の有無にかかわらず同程度の圧力上昇を示し



人工閉鎖時の過渡現象オシログラフ



図—8　電源遮断してから7.5秒後にチェッキ弁を閉鎖した場合（はずみ車なし）



図—9　電源遮断してから9.9秒後にチェッキ弁を閉鎖した場合（はずみ車なし）

ている。これは，はずみ車をつけた場合，流量零から弁が完全閉鎖するまでの時間が，はずみ車がない場合より遅れているためである。チェッキ弁は水の逆流により閉鎖するのであるが，はずみ車をつけた場合，水の逆流して行く加速度が小さいため，チェッキ弁の閉鎖が遅れるものと思われる。

もし，はずみ車をつけない場合，つけた場合とも流量零から弁が完全閉鎖するまでの時間が同じであれば，後者の場合には圧力上昇は小さくなるといえる。

③　人工閉鎖の場合

弁閉鎖時期と圧力上昇の関係を摑むために，次の条件で実験した。

(イ)　はずみ車がない場合

チェッキ弁を自然閉鎖させた時電源遮断後8.1秒で完全閉鎖したので，その前後，即ち電源遮断してから7.5秒後，9.3秒後，9.9秒後にチェッキ弁を人工的に急閉鎖した。

(ロ)　はずみ車をつけた場合

チェッキ弁を自然閉鎖させた時，電源遮断後14.0秒で完全に閉鎖した。そこで，その前後の所定時期即ち電源遮断してから13.2秒後，14.8秒後，15.6秒後にチェッキ弁を急閉鎖した。

図—8，図—9にはずみ車がない場合の7.5秒閉鎖，9.9秒閉鎖時の過渡現象を示す。

なお，過渡現象のオシログラフの1つを写真に示す。

(4)　**理論値と実験値の比較**

ポンプ系水撃計算方法として

(i)　微分方程式による法

(ii)　逐次加算法

(iii)　図式計算法

が主に用いられている。

ここでは，図式計算法（Parmakian の理論）により理論値を計算し，実測値と比較する。

①　h—q（圧力—流量）曲線，m—q（軸トルク—流量）曲線の作図

計算に先立ち，実験に使ったポンプの h—q，m—q 曲線を作成した。

(イ)　h—q 曲線

a.　正転正流領域

実験に使ったポンプの特性曲線から，相似法則を用いて各回転数における h—q 曲線を作図した。

なお，定常運転点時の圧力（ポンプ揚程）$H=20.3$m，流量 $Q=7.57$m³/min，回転数 $N=1730$rpm をそれぞれ $h=1$，$q=1$，$n=1$ として無次元にて作図した。

b. 正転逆流，逆転逆流領域

金野教授（徳島大）の理論により作図

(ロ) m—q 曲線

a. 正転正流領域

(イ)—a と同様に，各回転数における m—q 曲線を作図した。

定常運転点の軸トルク M＝17.6kgm，流量 Q＝7.57m³/min，回転数 N＝1730rpm をそれぞれ m＝1，q＝1，n＝1 として無次元で作図した。

b. 正転逆流，逆転逆流領域

(イ)—b に同じ

(ハ) 管路抵抗曲線

各流量における管路損失水頭は，定常運転時のそれを実測し，これから流量の2乗に比例するとして求めた。

逆流時の抵抗損失は，正流時のそれを流量零において点対称した。

② 弁全開(はずみ車なし)の場合の過渡現象

上述の h—q，m—q 曲線を用いて過渡現象を図式計算した。

・管内流速 V_R

$V_R=\frac{Q_R}{A}=1.69\text{m/sec}$

Q_R：流量 7.57m³/min＝0.126m³/sec

A：管断面積0.0745m²

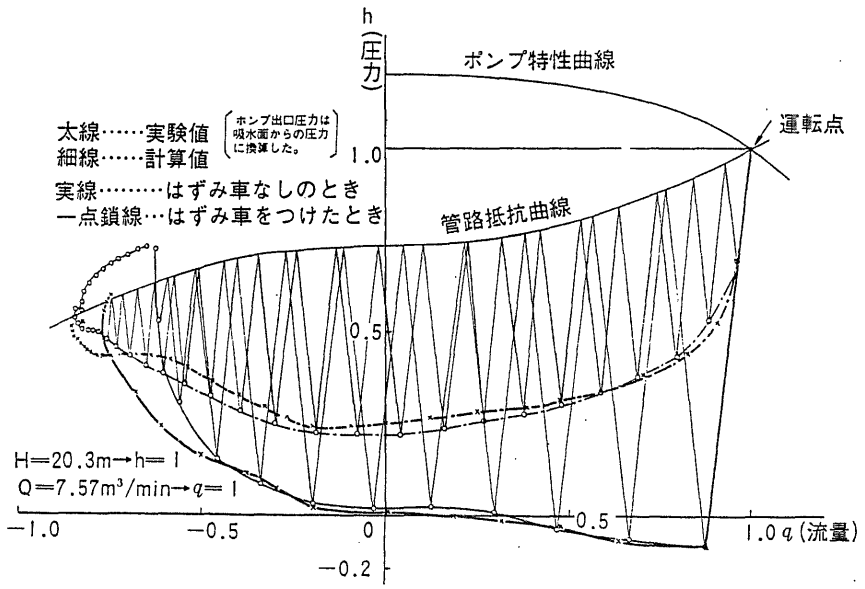
・時間間隔の単位 (interval)$\frac{2L}{a}$

表—1 弁全開時の計算過程（はずみ車なし）

時間間隔の単位	経過時間	回転数の減少	回転数	流量	圧力	トルク
2L/a	t	δn	n	q	h	m
0	0	0	1	1	1	1
1/8	0.13	0.194	0.806	0.95^5	0.56	0.66
1/4	0.26	0.128	0.678	0.92^5	0.30	0.44
3/8	0.39	0.085	0.593	0.91	0.12	0.29
1/2	0.53	0.056	0.537	0.89^5	0.01	0.19
5/8	0.66	0.037	0.500	0.88^5	−0.06	0.10
3/4	0.79	0.019	0.481	0.88^5	−0.08	0.02
7/8	0.92	0.004	0.477	0.88	−0.08	0
1	1.05	0	0.477	0.88	−0.08	0
1 1/8	1.18	0	0.477	0.81	0.01	0.14
1 1/4	1.31	0.027	0.450	0.75^5	0	0.12
1 3/8	1.44	0.023	0.427	0.72	−0.01	0.11
1 1/2	1.58	0.021	0.406	0.69^5	−0.02	0.08
1 5/8	1.71	0.016	0.390	0.68	−0.04	0.06
1 3/4	1.84	0.012	0.378	0.67^5	−0.05	0.05
1 7/8	1.97	0.010	0.368	0.66^5	−0.06	0.03
2	2.10	0.006	0.362	0.66^5	-0.06^5	0.01
2 1/8	2.23	0.002	0.360	0.61	−0.02	0.07
2 1/4	2.36	0.014	0.346	0.56^5	0	0.07
2 3/8	2.49	0.014	0.332	0.53	0.01	0.07
2 1/2	2.63	0.014	0.318	0.51	0.01^5	0.07
2 5/8	2.76	0.014	0.304	0.49^5	0.01	0.06^5
2 3/4	2.89	0.013	0.291	0.48	0	0.05
2 7/8	3.02	0.010	0.281	0.47^5	−0.01	0.04
3	3.15	0.008	0.273	0.47	−0.02	0.03^5
3 1/8	3.28	0.007	0.266	0.42^5	0.01	0.05
3 1/4	3.41	0.010	0.256	0.39	0.02	0.05^5

interval は管路長，圧力波の伝播速度から計算で求められる。しかし，圧力波の伝播速度は種々の要因により決まるので，理論的に求めようとする時ある程度の幅が出てくる。

従って，ここでは以後の計算の正確を期す



図—10 弁全開の場合の過渡現象 計算値と実験値の比較

ため，実測結果から $\frac{2L}{a}$ を求める。

即ち，弁閉鎖時の圧力の山と山，谷と谷の周期から

$\frac{2L}{a}=1.05\text{sec}$

L：管路延長m

a：圧力波の伝播速度m/sec

・圧力波の伝播速度a

$a=\frac{2L}{1.05}=1069\text{m/sec}$

・管路定数ρ

$\rho=\frac{aV_R}{2gH_R}=4.55$

H_R：定常運転時のポンプ揚程 20.3m

g：重力加速度 9.8m/sec²

・減衰定数K

$K=91200\frac{H_RQ_R}{IN_R^2\eta}=1.48\frac{1}{\text{sec}}$

I：回転部分の慣性モーメント

モーターのGD²は2.0kgm²である。またポンプ，羽根車内の水のGD²をモーターの20%とすると

$I=\frac{GD^2(\text{motor})}{4g\times0.8}=0.064\text{kgm sec}^2$

N_R：定常運転時のポンプ軸回転数 1730rpm

η：ポンプ効率 0.82

・過渡現象中の微小時間 δt 秒間における回転数の変化 δn

$\delta n=Km\delta t=0.194m$

m：過渡現象中の軸トルク（無次元表示）

$\delta t=\frac{1}{8}\times\frac{2L}{a}$にとる。

以上の数値を用いて図式計算した結果の一部を表—1に示す。また理論値と実測値をh—q平面上にプロットしたのが，図—10(実線)である。

③ 弁全開（はずみ車取付け）の場合の過渡現象

時間間隔の単位，圧力波の伝播速度，管路定数は，はずみ車がない場合と同じである。

・減衰定数K′

$K'=91200\frac{H_RQ_R}{I'N_R^2\eta}=0.1285\frac{1}{\text{sec}}$

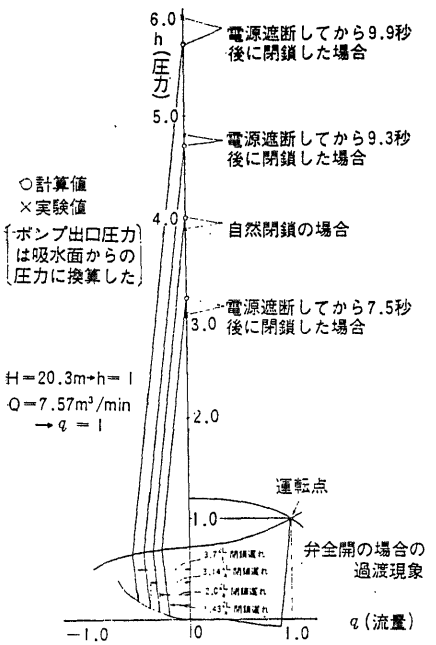
I′：回転部分の慣性モーメント

$I'=I+\frac{GD^2(\text{flywheel})}{4g}$

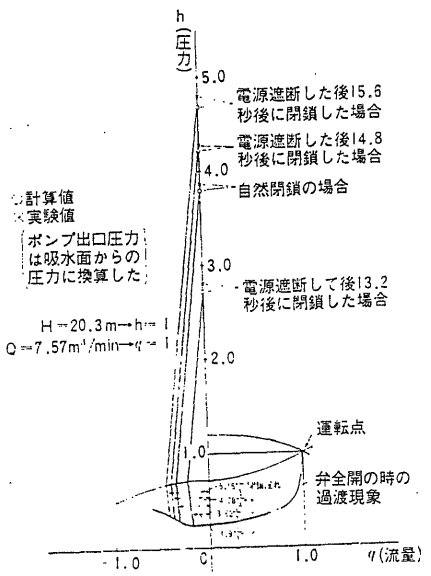
$=0.737\text{kgmsec}^2$

・過渡現象中の微小時間 $\delta t'$ 秒間における回転数の変化 $\delta n'$

$\delta n'=K'm\delta t=0.0675m$



図—11 チェッキ弁を閉鎖した場合の圧力上昇（はずみ車なし） 計算値と実験値の比較



図—12 チェッキ弁を閉鎖した場合の圧力上昇（はずみ車取付け） 計算値と実験値の比較

m：過渡現象中の軸トルク（無次元表示）

$\delta t = \frac{1}{2} \times \frac{2L}{a}$にとる。

以上の数値を用いて図式計算した結果と実測値を図—10（一点鎖線）に示す。

図—10を見ると，はずみ車をつけない場合つけた場合とも，理論値と実測値はよく一致している。

ただ，逆流域で少しずれがあるのは，図式計算に用いた逆流域のポンプ特性曲線，管路抵抗曲線が一応の仮定に基づいて作図されたものだからであろう。

また図より，はずみ車をつけた場合は，圧力降下は小さくなり，顕著な慣性効果が見られる。

④　自然閉鎖，人工閉鎖の場合の圧力上昇

図—11，図—12にはずみ車がない場合，はずみ車をつけた場合にチェッキ弁を自然にあるいは人工的に閉鎖させた時に生ずる最高圧力の理論値（図式計算による）を示す。また実測最高圧力も併記した。当然のことであるが，閉鎖時期が遅れるほど圧力上昇は大きくなっている。図より，いずれの場合も理論値と実測値は概ね合致している。

また，はずみ車をつけた場合には，つけない場合に比べて同程度の閉鎖遅れが生じた場合でも，圧力上昇は相当小さい。

(5)　考　　察

以上，弁全開時の過渡現象，弁閉鎖時期と圧力上昇の関係，慣性効果の影響等について，現象の実測，理論との合致性を検討した。

その結果をまとめると，以下のようになる。

①　慣性効果（GD^2）を大きくした場合，圧力降下の減少という点では顕著な効果がある。

②　普通チェッキ弁（スウイング形）を自然に閉鎖させた場合，理論的には流量零で閉鎖するはずである。しかし実験から，弁が閉じ始めるのは流量零の数秒前であるが，完全閉鎖するのはある程度逆流してからであることがわかった。従って，圧力上昇も流量零で閉じる時よりも大きくなった。

③　自然閉鎖の場合，理論的には慣性効果が大きいほど圧力上昇は小さくなるが，この実験により，弁の作動状況如何によっては必ずしもそうはいえないことがわかる。

④　人工閉鎖は弁の閉鎖時期と圧力上昇の関係を調べるために行なったが，弁閉鎖が遅れるほど圧力上昇は大きくなった。これにより，何らかの原因で弁の閉鎖が遅れれば相当大きな圧力上昇をきたすことがわかった。

⑤　弁全開時の過渡現象，弁閉鎖時の圧力上昇は図式計算による理論値と実測値とよく合致する。

管路の中間各点の過渡現象は実測しなかったが，ポンプ出口において理論値とよく合っていることから，管路中間各点においても理論値と十分合致するものと思われる。

従って，布設管路の水撃については，図式計算法による計算で十分予知でき，最高圧力水柱分離の発生の有無等もほぼ正確に推察できる。

3　自然流下系ウオータハンマの実験

(1)　実　験　装　置

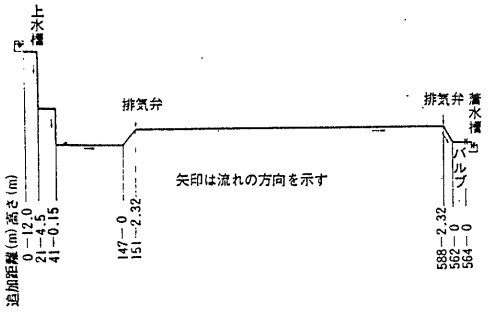
①　管　　路

管　種：300φダクタイル管

延　長：564m

実落差：13.5m

縦断図は図—13に示す通り。



図—13　実験管路縦断図

②　弁

300φ手動バタフライ弁（緩開閉の実験に使用）。

300φ普通チェッキ弁。

（急開閉の実験に使用。チェッキ弁は普通このような使い方はしないが，高速で開閉するために用いた。）

③ 測定計器

測定項目	測定計器
弁直前の圧力	圧力変換器
弁直前の流量	ストレーンゲージ
弁の開閉状況	ストレーンゲージ

いずれも電磁オシログラフに記録した。

(2) 実験項目

管路末端（出口）に於て弁を緩閉鎖，緩開放，急閉鎖，急開放する場合について行なった。

ここで緩閉鎖，緩開放とは，弁作動時間をT(sec)，管路長さをL(m)圧力波の伝播速度をa(m/sec)とすると

$$T>\frac{2L}{a}$$

の範囲を言う。

また，急閉鎖，急開放とは $T<\frac{2L}{a}$ の範囲を言う。

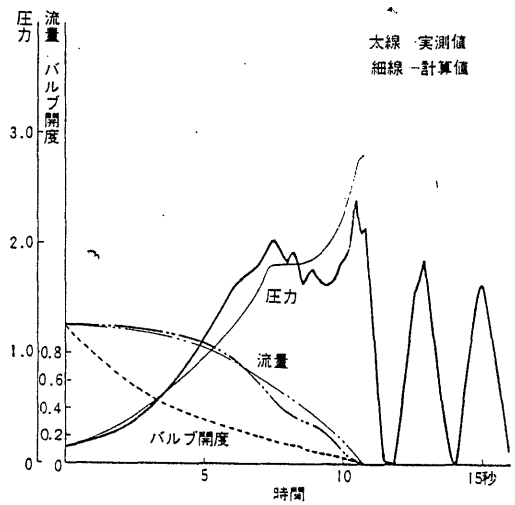
(3) 実験結果

① 弁を緩閉鎖，緩開放する場合

本実験管路では圧力波の管路往復時間$\frac{2L}{a}$は約1秒となることから，弁の緩開閉時間は1秒以上ということになる。実験では3～12秒でバタフライ弁を作動した。

弁直前の管内圧力，流量，弁開度の過渡現象の実測結果を図—14～図—17に太線で示す。また理論計算値を細線で併記した。

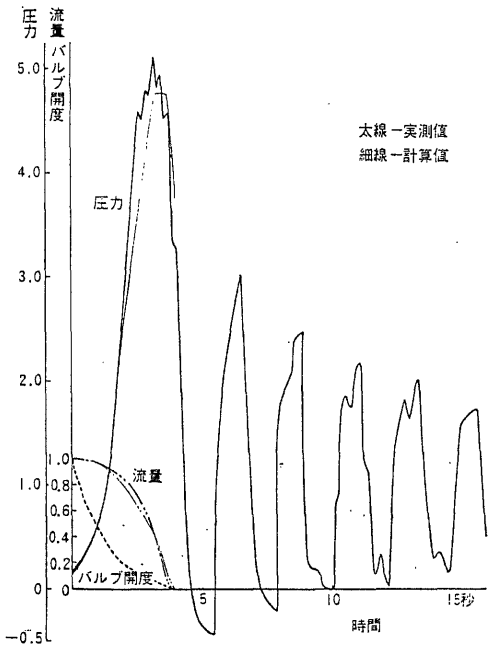
図—14……10.7秒間で閉鎖した時



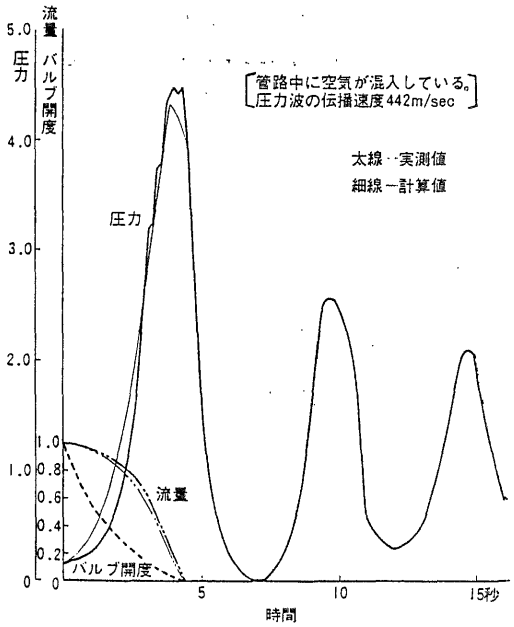
図—14　10.7 秒 緩 閉 鎖

図—15……4秒間で閉鎖した時

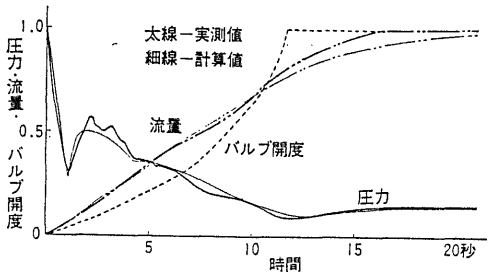
図—16……4.4秒間で閉鎖した時（但し管路中にわずかに空気が混入している場合）



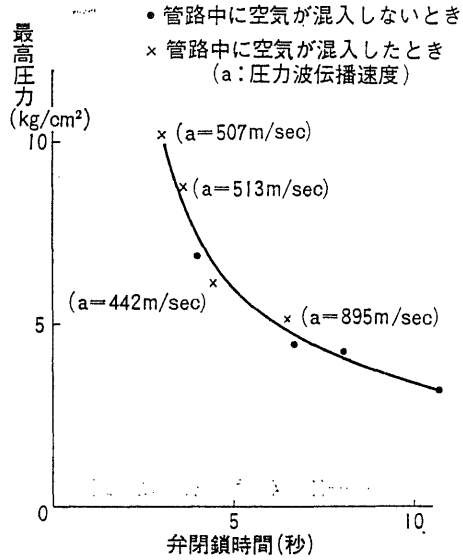
図—15　4 秒 緩 閉 鎖



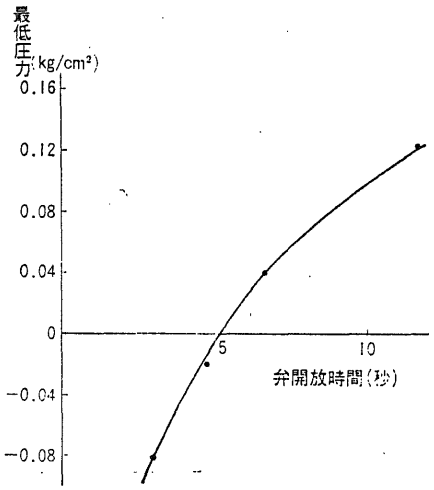
図—16　4.4 秒 緩 閉 鎖



図—17　11.7 秒 緩 開 放



図—18　緩閉鎖時の最高圧力（実測値）



図—19　緩開放時の最低圧力（実測値）

図—17……11.7秒間で開放した時

なお，これらの図は

圧　　力……実落差13.5mを1

流　　量……定常状態8m³/min（流速1.79m/sec）を1

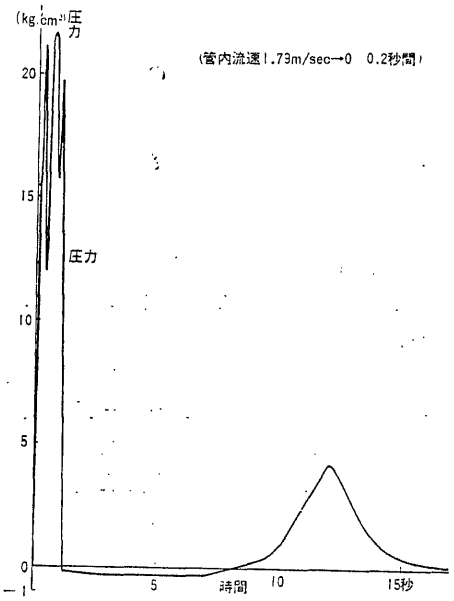
バルブ開度……初期状態を1

として無次元表示した。

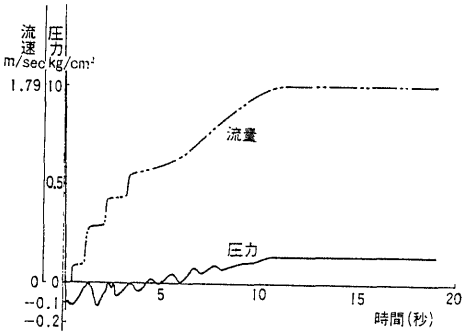
また図—18に緩閉鎖の場合の弁閉鎖時間と最高圧力の関係，図—19に緩開放の場合の弁開放時間と最低圧力の関係の実測結果を挙げる。

② 弁を急閉鎖，急開放する場合

チェッキ弁を利用し，1秒以内で開閉した。実験結果を図—20（急閉鎖）図—21（急開



図—20　0.2 秒 急 閉 鎖



図—21　0.4 秒 急 開 放

放）に示す。

図中，圧力は kg/cm²，流速は m/sec で表示してある。この場合も定常状態での流速は 1.79m/sec である。

(4) 理論値と実験値の比較

緩閉鎖，緩開放については Parmakian の図式解法により，急閉鎖，急開放については Joukowsky の式により過渡現象あるいは最高圧，最低圧を計算し，実測値と比較する。

① 緩閉鎖，緩開放する場合

• 時間間隔の単位 $\frac{2L}{a}$

実験結果から

$\frac{2L}{a}=1.055$ sec

L：管路長さ m

a：圧力波の伝播速度 m/sec

• 圧力波の伝播速度 a

$$a=\frac{2L}{1.055}=\frac{2\times564}{1.055}=1069 \text{ m/sec}$$

• 管路定数 ρ

$$\rho=\frac{aV_R}{2gH_R}=\frac{1069\times1.79}{2\times9.8\times13.5}=7.25$$

V_R：定常状態の流速 m/sec

H_R：実落差 m

（緩閉鎖の実験で，管路中に空気が混入している場合は圧力波，伝播速度は上の値とは異なる。従って時間間隔の単位，管路定数も異ってくる。）

これらの数値と実測の弁有効開度比から，図式計算により過渡現象を求めた。この結果を図—14～図—17の実測過渡現象図の中に細線で示した。

なお，図式計算過程の一例を図—22（緩閉鎖），図—23（緩開放）に示す。

② 急閉鎖の場合

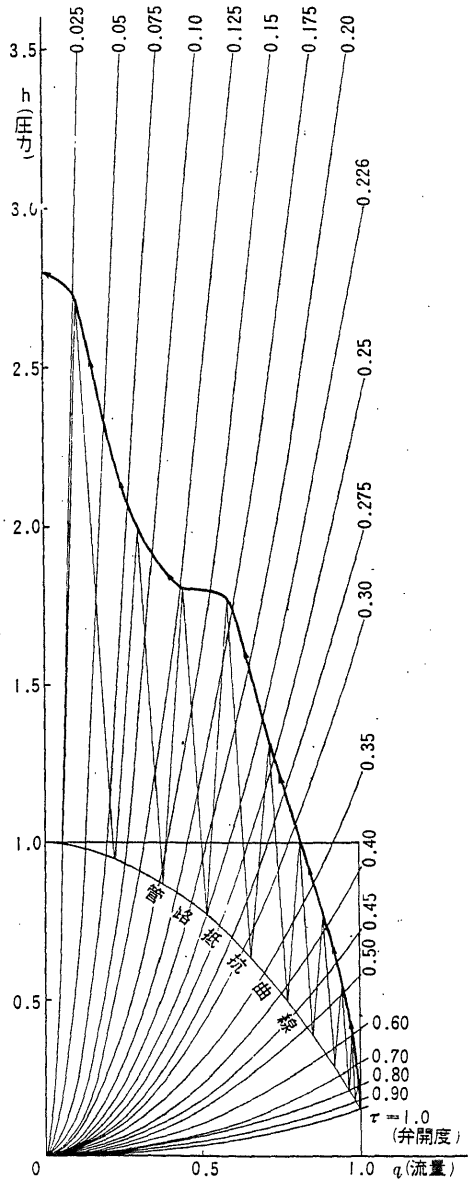
Joukowsky の式により

$$\Delta H=-\frac{a}{g}\Delta V$$

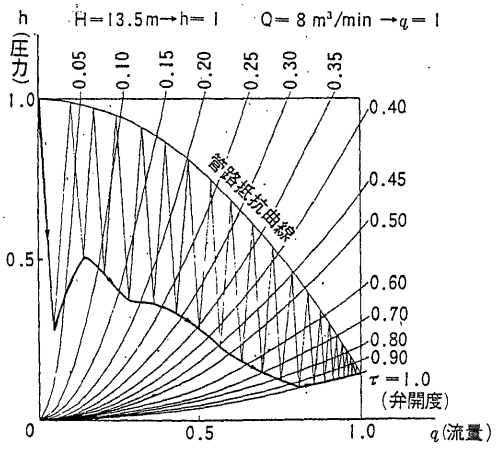
ΔH：初期状態からの水頭変化 m

ΔV：初期状態からの流速変化 m/sec

a：圧力波の伝播速度 m/sec



図—22　緩閉鎖時の図式計算（10.7秒閉鎖）
H＝13.5m⟶h＝1
Q＝8m³/min⟶q＝1



図—23　緩開放時の図式計算（11.7秒開放）

g：重力加速度 m/sec²

実験の条件を当てはめると

$$\Delta H = -\frac{1069}{9.8} \times (0 - 1.79)$$

$$= 195m$$

$$= 19.5 \text{ kg/cm}^2$$

即ち，理論的には初期圧力から19.5kg/cm²の圧力上昇が生ずることになる。

一方実測値は図—20から

最高圧力　21.7 kg/cm²

初期圧力　0.25 kg/cm²

これから圧力上昇分は

$\Delta H = 21.7 - 0.25 = 21.45$ kg/cm²

従って理論値と実測値は約1割程度の違いはあるが，ほぼ合致していると言える。

次に，図—20の圧力過渡現象をみると弁を閉鎖した瞬間圧力上昇があり，その後負圧が続き，12秒経過時再び圧力上昇が生じている。

理論的には，圧力上昇の間隔は $2 \times \frac{2L}{a}$ (2.11秒) おきであるが，このような状態が生じたのは弁の位置で弁閉鎖時の圧力上昇の後，水柱分離が生じたものではないかと思われる。

③　急開放の場合

理論的には Joukowsky の式から−19.5 kg/cm² の圧力降下があるはずである。

この実験の場合，初期圧力は 1.35kg/cm² であるから，最低圧力は

$H_{min} = 1.35 - 19.5 = -18.15$ kg/cm²

となる。しかし，理論上 −1kg/cm² になると水の蒸気圧となり，管内はそれ以上負圧にはなり得ない。

一方，実測値は図—21から最低圧力は −0.14kg/cm² にとどまっている。

これは実測結果をみてもわかるように，弁の開放時間は 0.4 秒と急開放の範囲に入っているが，流速の変化は弁の動きについて行けず，流量が 0→1.79 m/sec になるのに約11秒かかっている。従って流量の変化から見れば，急開放の範囲に入っていないことになり，そのため圧力降下もあまり小さくならなかったものである。

(5)　考　　察

①　弁を緩閉鎖，緩開放，急閉鎖した場合の圧力，流量の過渡現象は，Parmakian の図式解法，Joukowsky の式による理論値とほぼ合致する。従って，これらの解法で自然流下系管路の水撃現象を十分推測できることが判った。

弁を急開放した場合の実験では，流量の変化が弁の動きに追従していかないため，圧力降下は理論値ほど大きくはならなかった。

②　緩閉鎖の場合，最高圧が弁閉鎖完了以前に生じたことが度々あった。勿論，最高圧力がいつ生じるかは弁閉鎖特性により異なるが，図式計算により大体推定できる。従って，二段閉鎖等，最適な弁閉鎖方法が見出せる。

③　緩閉鎖の実験において管路中に空気がわずかに混入している場合についても行なった。

空気混入により，当然圧力波の伝播速度は小さくなってくる。本実験において生じた最も遅い伝播速度は 442m/sec であった。この圧力波伝播速度から，微小な気泡が水中に一様に分布して含まれているとの仮定のもとの理論式により，空気混入量を求めると0.08%ということになる。

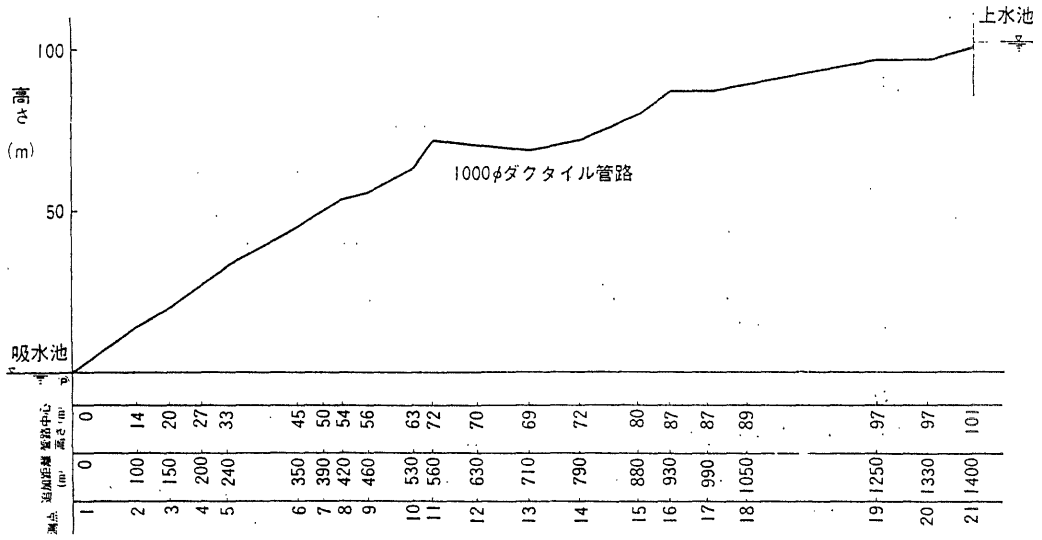
この程度の極く少量の空気が含まれていても，圧力波の伝播速度は著しく小さくなることになる。

一方，この場合の最高圧力は空気が混入していない場合と変らなかった。従って一般の管路においても空気の混入量が微小の場合は，空気無しとしての水撃計算で，最高圧力はほぼ正確に計算されるものと思われる。

④　弁の閉鎖速度を速くするほど圧力上昇は大きくなり，この実験では緩閉鎖の場合最大実落差の 7.5 倍，急閉鎖の場合16倍の圧力上昇が生じた。

また，弁の開放速度を速くするほど圧力降下は大きくなり，この実験では負圧になった場合もあった。

従って，実際の自然流下系管路において弁の開閉の仕方如何によっては異常な圧力上昇や管内の真空が生じることになる。



図—24　1000φ ダ ク タ イ ル 管 路 縦 断

水撃計算，およびこれをもとにした送水管路検討例を以下に述べる。

4. 事 例 計 算

事例計算—1（ポンプ系）

(1) 条　　件

(i)　管　路

管路縦断は図—24の通り。

管　種：1000φダクタイル管

延　長：1400m

実揚程：102m

(ii)　送水量

69,000 Ton/day（ボリュートポンプ 2台使用）

(iii)　管布設条件

土被り深さ：1m

路面荷重：20Tonトラック2台並行同時通過

(2) 水 撃 計 算

①　ポンプ容量

・流量 Q_R

$Q_R=69{,}000\text{m}^3/\text{day}=48\text{m}^3/\text{min}$

$=0.8\text{m}^3/\text{sec}$

従って，ポンプ1台当りの基準流量は

$24\text{m}^3/\text{min}$

・流速 V_R

$$V_R=\frac{Q_R}{A}=\frac{0.8}{0.785}=1.02\text{m/sec}$$

A：管断面積 m^2

・管路抵抗損失 Hf

Hazen-Williams の式から動水勾配は

$$I=10.666C_H^{-1.85}\ D^{-4.87}\ Q^{1.85}$$
$$=10.666\times130^{-1.85}\times1^{-4.87}\times0.8^{1.85}$$
$$=0.883\times10^{-3}$$

I：動水勾配

C_H：Hazen-Williams の流速係数 130 とする

D：管径 m

Q：流量 m^3/sec

抵抗損失水頭は

$$H_f=I\times L=0.883\times10^{-3}\times1400$$
$$=1.3\text{m}\rightarrow2\text{m}$$

・ポンプ基準揚程 H_R

$H_R=H_S+H_f=102+2=104\text{m}$

H_S：実揚程m

②　モーターの出力　P

$$P=C\frac{0.163\gamma Q_R H_R}{\eta_P\eta_t}$$
$$=1.1\times\frac{0.163\times1\times24\times104}{0.8\times1}=560\,\text{KW}$$

C：余裕度

γ：揚液の単位体積重量 kg/ℓ

Q_R：ポンプ基準流量 m^3/min

H_R：ポンプ基準揚程 m

η_P：ポンプ効率　80%とする

η_t：伝動効率　軸継手とすると1

③　水撃図式計算

・圧力波の伝播速度 a

$$a=\frac{1425}{\sqrt{1+\frac{k}{E}\times\frac{D}{T}}}=\frac{1425}{\sqrt{1+\frac{2.07\times10^{8}}{1.7\times10^{10}}\times\frac{1}{0.013}}}=1025\text{m/sec}$$

k：水の体積弾性率
$2.07\times10^{8}\text{kg/m}^2$(15°C)

E：管材料の弾性係数　ダクタイル鋳鉄の場合$1.7\times10^{10}\text{kg/m}^2$

D：管径 m

T：管厚　3種管と仮定すると
13mm=0.013m

・時間間隔の単位 $\frac{2L}{a}$

$$\frac{2L}{a}=\frac{2\times1400}{1025}=2.73\text{ sec}$$

L：管路延長 m

・管路定数 ρ

$$\rho=\frac{aV_R}{2gH_R}=\frac{1025\times1.02}{2\times9.8\times104}=0.51$$

・減衰定数 K

モーターの形式――巻線形

モーターの極数――6P－1200rpm　とする。

出力は560kwであることから，モーターの$GD^2=350\text{kgm}^2$とする。

またポンプ，羽根車内の水のGD^2をモーターの20%とすると。

$$I=\frac{GD^2}{4g\times0.8}=\frac{350}{4\times9.8\times0.8}=11.2\ \text{kgm sec}^2$$

減衰定数Kは

$$K=91200\times\frac{H_RQ_R}{IN_R^2\eta_P}=91200\times\frac{104\times0.8}{11.2\times2\times1170^2\times0.8}=0.35\frac{1}{\text{sec}}$$

以上の数値を用いて図式計算すると，図―25のようになる。

図―25では，逆流時も弁が閉じないとした時のポンプ出口での過渡現象を実線で，管路全長を10分割した各点の過渡現象を一点鎖線で示した。

これから最低圧力勾配線を求めると図―26の細い実線の如くなる。

図―26から，測点5の地点から上水池までの間は管内は負圧になる。その値は測点11，16の地点でそれぞれ－28m，－27mにも達し当然水柱分離が起ることが予想される。

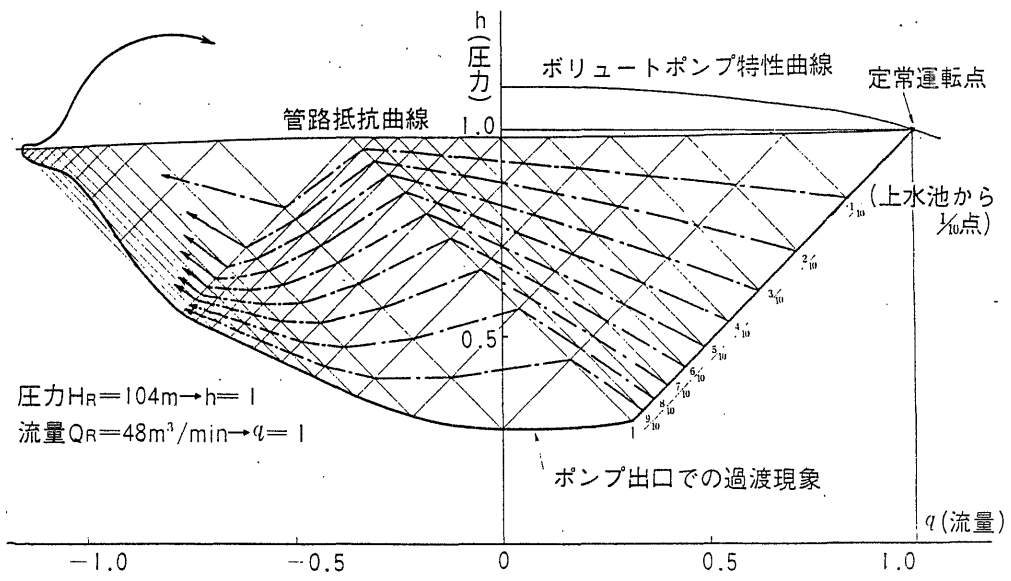
この水柱分離を防止するのに

(i)　モーターにはずみ車を取付けてGD^2を大きくしてやる。

(ii)　負圧発生カ所にサージタンクを設置する。

(iii)　エアチャンバを設ける。

などの方法がある。



図―25　図　式　計　算　(弁全開時)

はずみ車の取付けによる圧力降下の防止については，前述の実験からも十分効果があるといえるが，モーターに取付け可能なはずみ車の大きさは当然制限されてくる。

ここでは，ワンウエイサージタンクを設置するとして検討した。

ワンウエイサージタンクを設置した場合の水撃過渡現象の計算も図式計算法で行なった。（ただし手計算では非常に繁雑になるため，電子計算機にて計算）計算結果の一部を表—2に示す。図—26に①ワンウエイサージタンクを1カ所（測点11の地点）設置した場合，②ワンウエイサージタンクを2カ所（測点11および16の地点）設置した場合の最低圧力勾

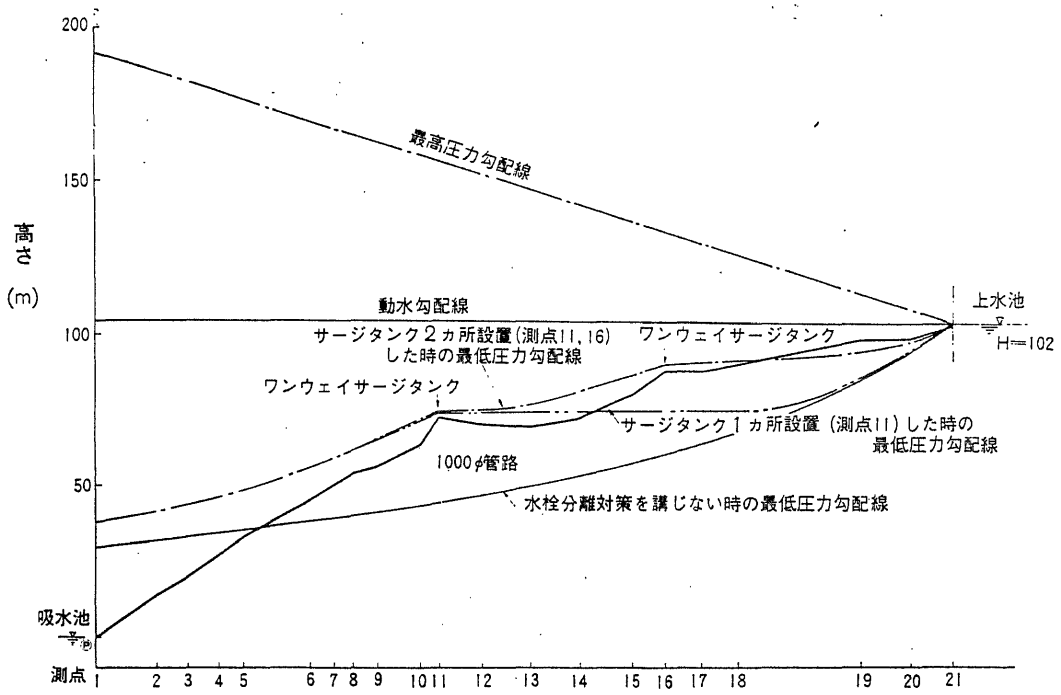
表—2　ワンウェイサージタンク2カ所設置の場合の過渡現象（電子計算機により計算）

```
PUMP          1
KANRO         3
SURGE TANK    2
HR          104.000
QR            0.800
KI            0.350  K
1  2L/A          1.092 ROW      0.510 Q      1.000 HREG      0.008
2  2L/A          0.728 ROW      0.510 Q      1.000 HREG      0.005
3  2L/A          0.910 ROW      0.510 Q      1.000 HREG      0.007
SURGE TANK
1－2 ONE WAY    S = 1.0000     HS = 0.7220     HRS = 0.0001
2－3 ONE WAY    S = 1.0000     HS = 0.9150     HRS = 0.0001
```

インタバル	回転数 N	トルク M	流量 Q	ポンプ出口に於ける 時間(秒) T1	流量 Q1	圧力 H1	サージタンク(測点11)の位置に於ける 時間(秒) T2	流量 Q2	圧力 H2	サージタンク(測点16)の位置に於ける 時間(秒) T3	流量 Q3	圧力 H3
0	1.000	1.000	1.000	0.0	1.000	1.000	0.546	1.000	0.992	0.910	1.000	0.987
	0.936	0.856	0.891	0.182	0.891	0.889	0.728	0.892	0.882	1.092	0.929	0.915
	DQ1 0.0		DQ2	0.073 DQ								
	H1 0.722		H2	0.915 H								
	0.882	0.744	0.801	0.364	0.801	0.797	0.910	0.802	0.790	1.274	0.929	0.915
	DQ1 0.0		DQ2	0.251 DQ								
	H1 0.722		H2	0.915 H								
	0.834	0.653	0.725	0.546	0.725	0.719	1.092	0.735	0.722	1.456	0.929	0.914
	DQ1 0.017		DQ2	0.384 DQ								
	H1 0.722		H2	0.914 H								
	0.793	0.578	0.660	0.728	0.660	0.653	1.274	0.735	0.722	1.638	0.928	0.914
	DQ1 0.145		DQ2	0.383 DQ								
	H1 0.722		H2	0.914 H								
	0.756	0.516	0.605	0.910	0.605	0.597	1.456	0.663	0.722	1.820	0.928	0.913
	DQ1 0.183		DQ2	0.453 DQ								
	H1 0.722		H2	0.913 H								
	0.723	0.464	0.557	1.092	0.557	0.548	1.638	0.486	0.722	2.002	0.790	0.913
	DQ1 0.101		DQ2	0.491 DQ								
	H1 0.721		H2	0.912 H								
1	0.694	0.421	0.517	1.274	0.517	0.506	1.820	0.355	0.721	2.184	0.788	0.912
	DQ1 0.050		DQ2	0.621 DQ								
			H2	0.912 H								
				1.456	0.482	0.468	2.002	0.355	0.721	2.366	0.787	0.911
											0.785	0.910
15	−1.196	−0.058	−0.582									
	DQ1 0.0		DQ2	0.0 DQ								
	H1 0.719		H2	0.858 H								
	−1.192	−0.045	−0.592	16.744	−0.592	0.924	17.290					
	DQ1 0.0		DQ2	0.0 DQ								
	H1 0.719		H2	0.858 H								
	−1.189	−0.034	−0.600	16.926	−0.600	0.922	17.472	−0.603	0.929	17.0		
	DQ1 0.0		DQ2	0.0 DQ								
	H1 0.719		H2	0.858 H								
	−1.187	−0.026	−0.606	17.108	−0.606	0.921	17.654	−0.608	0.926	18.018	−0.625	
	DQ1 0.0		DQ2	0.0 DQ								
	H1 0.719		H2	0.858 H								
	−1.185	−0.018	−0.612	17.290	−0.612	0.920	17.836	−0.614	0.925	18.200	−0.633	0.948
	DQ1 0.0		DQ2	0.0 DQ								
	H1 0.719		H2	0.858 H								
	−1.184	−0.008	−0.621	17.472	−0.621	0.922	18.018	−0.621	0.925	18.382	−0.649	0.955
	DQ1 0.0		DQ2	0.0 DQ								
	H1 0.719		H2	0.858 H								

```
SURGE TANK
1ONE WAY    TOTAL-Q   0.362043      DH  0.362043 (0.362043)
2ONE WAY    TOTAL-Q   5.945225      DH  5.945225 (5.945225)
```

(注)　H_R：基準揚程(m)　Q_R：基準流量(m^3/sec)　K_I：減衰定数(1/sec)　2L/A：時間間隔の単位(sec)
ROW：管路定数　Q：初期流量(無次元)　HREG：管路抵抗損失(無次元)　S：サージタンク断面積(m^2)
HS：サージタンク水面高さ(無次元)　　HRS：サージタンクと管路との間の損失水頭(無次元)
DQ：サージタンクから流出する流量(無次元)

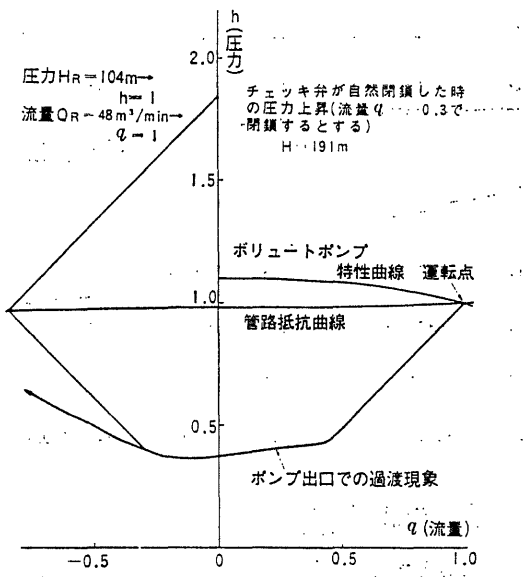


図—26　最高圧力勾配線，最低圧力勾配線

配線を，それぞれ二点鎖線，一点鎖線で示す。

①の場合，測点11附近の負圧は防げるが，測点15から上水池までの負圧はまだ残る。

②の場合，最大負圧は測点19の地点で－4 mとなり，この程度の負圧では水柱分離の危険性はないといえる。



図—27　ワンウエイサージタンクを2個設置した場合のポンプ出口での過渡現象およびチェッキ弁自然閉鎖時の圧力上昇

従って，この管路の場合，測点11，16の地点2ヵ所にワンウエイサージタンクを設けるべきである。このサージタンクの大きさは，安全を見込んで測点11の部分で3 m³，測点16の部分で30m³と算出された。

サージタンクを2ヵ所設けた場合のポンプ出口における過渡現象をh－q平面上に描くと，図—27のようになる。

この場合，チェッキ弁が自然閉鎖（前述の実験結果のように，例えば定常状態の流速の30%の逆流速度になった時，弁が閉鎖すると仮定）した時の最大圧力は191mとなる。

(3) 管厚計算

① 管厚計算

JWWAG105ダクタイル管々厚計算式に準ずる。

$$t=\frac{1.25Ps+Pd+\sqrt{(1.25Ps+Pd)^2+8.4\times(KfWf+KtWt)S}}{2S}D$$

t：正味管厚 mm

Ps：静水圧　2項水撃計算から
10.4kg/cm²
Pd：衝水圧　水撃計算から管内最高圧は19.1kg/cm²。従って，
Pd＝19.1−10.4＝8.7kg/cm²
Wf：土被りによる土圧
$Wf=\gamma H=1.8\times10^{-3}\times100$
$=0.18kg/cm^2$
（γ：土の単位体積重量 kg/cm³，
H：土被り深さcm）
Wt：路面荷重による土圧
$Wt=1.5\alpha P=1.5\times4.48\times10^{-5}$
$\times8000=0.536kg/cm^2$
（α：口径，土被りにより定まる係数 1/cm²
P：トラック1後輪重量kg）
Kf, Kt：土圧分布により定まる係数
Kf の値
管底支持角 60° とすると
管頂において　0.132
管底において　0.223
Kt の値
管頂において　0.076
管底において　0.011
S：ダクタイル鋳鉄の最低引張強さ
3800kg/cm²
D：管径　1000mm

以上の数値を用いて管頂，管底について計算し，大きい方の値をとる。ここでは管頂の方が大きくなり，

t＝9.5mm

公称管厚は正味管厚に腐蝕代 2 mm，鋳造余裕代10%と見込んで

T＝1.1(9.5＋2)＝12.7mm

従って，3種管（公称管厚 13.0mm）を用いれば充分安全である。

なお，測点5においては図—26の最高圧力勾配線，動水勾配線から，

Ps＝7kg/cm²
Pd＝7.3kg/cm²

であるから，上と同じように管厚計算すると，

t＝8.4mm
T＝11.4mm

従って，測点5から上水池までの間は，4種管（公称管厚11.8 mm）でよいことになる。

② 撓み計算

3種管，4種管を用いたときの管直部の撓みを計算する。

埋戻土による撓み δv cm

$$\delta v=k\frac{WfR^4}{EI}$$

k：管底支持角により定まる係数
60°のとき0.100
Wf：土被りによる土圧　kg/cm²
R：管半径　cm
E：ダクタイル鋳鉄の弾性係数
kg/cm²
I：慣性モーメント　cm⁴

路面荷重による撓み δv′　cm

$$\delta v'=0.03\frac{WtR^4}{EI}$$

Wt：路面荷重による土圧　kg/cm²

合計撓み量　δ

$$\delta=\delta v+\delta v'$$

数値計算した結果は表—3の通りである。

表—3

管　種	合計撓み量	$\frac{\text{合計撓み量}}{\text{口径}}\times100$
3種管	9.3mm	0.93%
4種管	12.3mm	1.23%

セメントモルタルライニングにクラックが入る限界は，口径の約3%以上の撓みが生じた時であるから，この場合ライニングの損傷を懸念する必要はないと思われる。

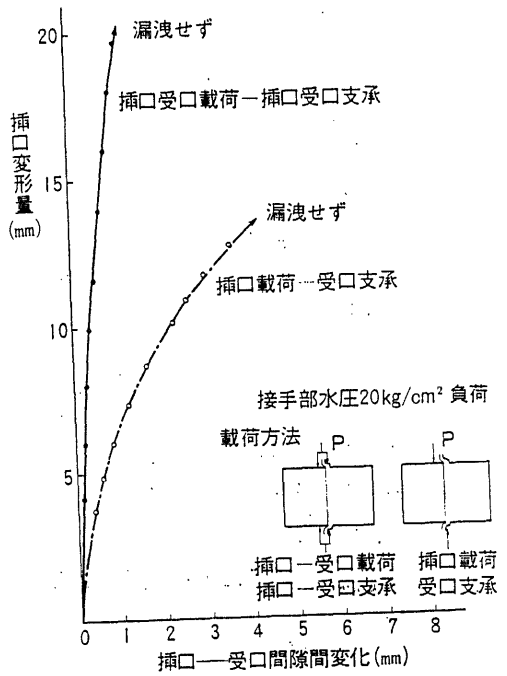
③ 接手の安全性

管に変形が生じた場合，接手部においては挿口，受口の剛性差により，両者間の隙間は少し広げられるような傾向にある。

この時の接手の性能を調べるために行なった1000φ K形接手の耐外圧試験の結果を図—28に示す。

普通の条件では，図中実線で示すように，挿口変形量12.3㎜の時，挿口—受口隙間変化は0.5㎜程度である。また，最も苛酷な条件でも，図中一点鎖線で示すように隙間変化は3.3㎜程度である。

一方，K形接手の丸ゴム輪の圧縮代は規定の場合8㎜であることから考えると，なお十



図ー28　1000φK形接手耐外圧試験結果

分なゴム輪圧縮代が残されており，水密性は損われないと思われる。

上記検討から，この管路においては，管厚は吸水池から240mの地点までは3種管，240m地点から上水池の間は4種管，接手はK形接手が奨められる。

事例計算ー2（自然流下系）

(1) 条　　件

管路縦断は図ー29の通り。

管　　種　1200φ ダクタイル管

延　　長　2050m

実 落 差　73m

流　　量　2.7 m³/sec

弁の開閉　管路末端にて20秒間で行なう。（弁開度は直線的に変るものとする…図ー30）

(2) 水 撃 計 算

• 管内流速 V_R

$$V_R=\frac{Q_R}{A}=\frac{2.7}{1.13}=2.4\text{m/sec}$$

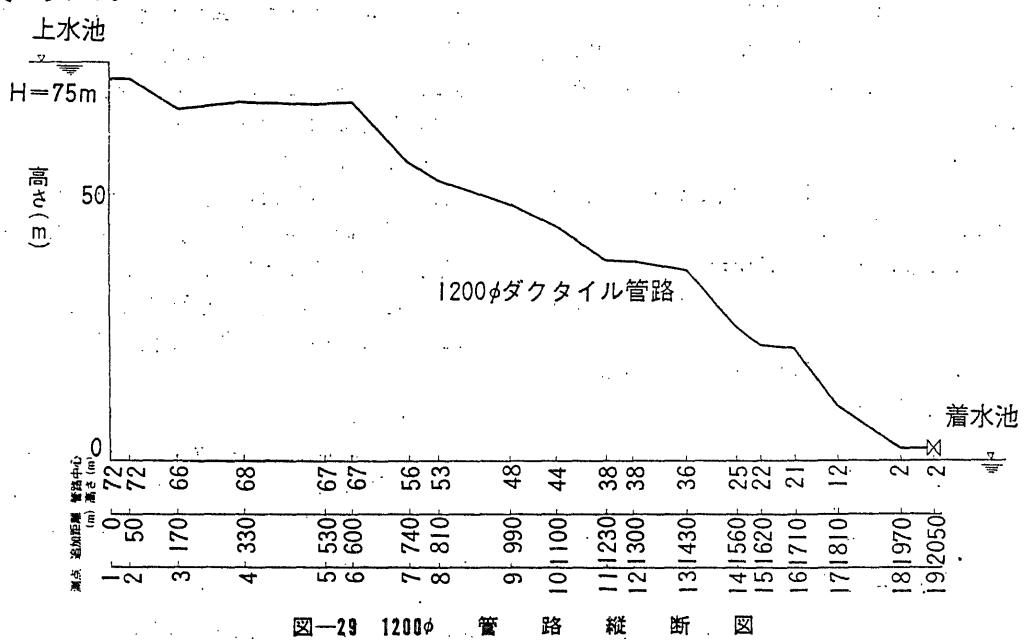
• 管路摩擦損失 H_f

Hazen-Williams の式から

$$I=10.666\ C_H^{-1.85}\ D^{-4.87}\ Q^{1.85}$$
$$=10.666\times130^{-1.85}\times1.2^{-4.87}\times2.7^{1.85}$$
$$=3.41\times10^{-3}$$
$$H_f=I\times L=3.41\times10^{-3}\times2050=7.0m$$

• 圧力波の伝播速度 a

$$a=\frac{1425}{\sqrt{1+\frac{k}{E}\frac{D}{T}}}=\frac{1425}{\sqrt{1+\frac{2.07\times10^8}{1.7\times10^{10}}\times\frac{1.2}{0.015}}}$$
$$=1015\text{m/sec}$$



図ー29　1200φ　管　路　縦　断　図

• 時間間隔の単位 $\frac{2L}{a}$

$$\frac{2L}{a}=\frac{2\times2050}{1015}=4.04\text{sec}$$

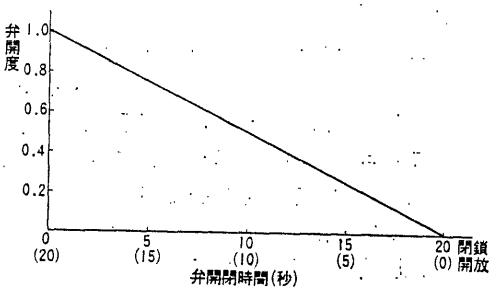
• 管路定数 ρ

$$\rho=\frac{aV_R}{2gH_R}=\frac{1015\times2.4}{2\times9.8\times73}=1.705$$

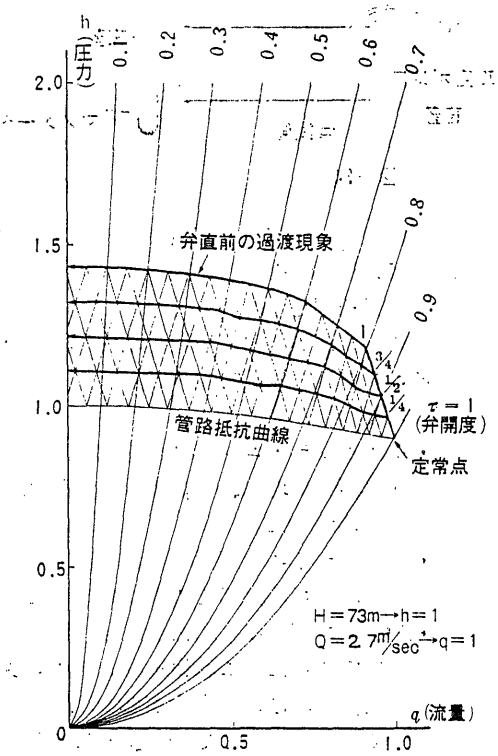
以上の数値を用いて20秒間で弁を閉じる場合及び20秒間で弁を開く場合の圧力，流量の過渡現象を図式計算すると，図—31，図—32のようになる。

また，これから最高圧力勾配線，最低圧力勾配線を求めると図—33のようになる。

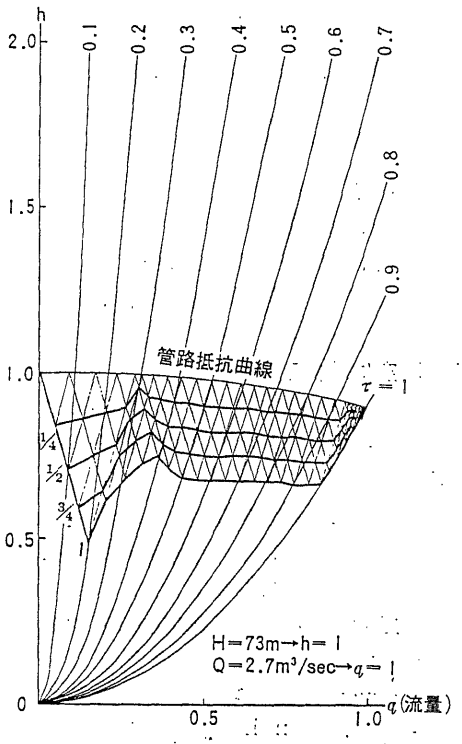
即ち，管内最高水頭は弁直前に於て 104.5 m，最高真空は測点6の位置で－6 mとなる。



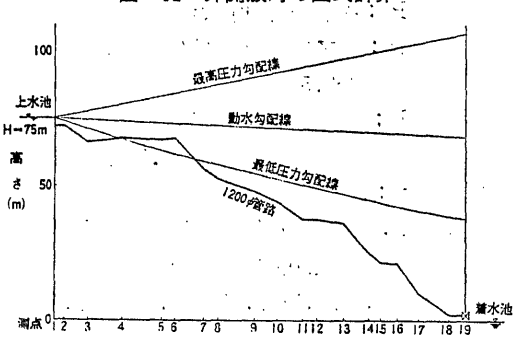
図—30　弁開度—時間の関係



図—31　弁閉鎖時の図式計算



図—32　弁開放時の図式計算



図—33　最高圧力勾配線，最低圧力勾配線

(3) 管厚計算

① 条　　件

静水圧　　6.6kg/cm²
水撃による圧力上昇分　3.85kg/cm²
（水撃計算から）

土被り　　1.5m

路面荷重　　20 Tonトラック2台並行同時通過

② 計　　算

前項同様 JWWA G 105 ダクタイル管々厚計算式に準ずる。正味管厚は

$$t=\frac{1.25P_s+P_d\sqrt{(1.25P_s+P_d)^2+8.4(K_fW_f+K_tW_t)S}}{2S}D$$

$$=\frac{1.25\times6.6+3.85+\sqrt{(1.25\times6.6+3.85)^2+8.4\,(0.223\times0.27+0.011\times0.342)\times3800}}{2\times3800}$$

$\times1200=9.3$mm

従って公称管厚は

$T=1.1(t+2)$

$=1.1\times(9.3+2)=12.4$mm

これより4種管（公称管厚13.5mm）を用いれば十分安全である。

(4) **真空に対する管の安全性**

測点6の位置で－6mの負圧が生じるので，ダクタイル管の真空に対する安全性を検討する。

① 挫屈に対する安全性

管内が真空になった場合，外圧による管の挫屈が問題になる。

1200φ 4種管の挫屈圧を計算すると以下うになる。

Bryan の式から

$$P_k=\frac{1}{12}\cdot\frac{m^2E}{m^2-1}(n^2-1)\left(\frac{t}{R}\right)^3$$

P_k：挫屈圧力 kg/cm²

m：ポアソン数　ダクタイル鋳鉄の場合3.5

E：管材料の弾性係数　ダクタイル鋳鉄の場合 1.7×10^6kg/cm²

n：凹みの数　2とする

t：管厚　4種管の公称管厚から鋳造余裕代10%を差引いて

$t=13.5-1.35=12.15$mm$=1.215$cm

R：管半径 60cm

数値計算すると

$P_k=3.85$kg/cm²

即ち，3.85kg/cm² の外圧が加わったときに挫屈を起こすことになる。

一方，本条件の場合，外圧として土被りによる土圧（0.27kg/cm²），路面荷重による土圧（0.342kg/cm²）が働く。内圧は水撃計算による最大負圧 －0.6kg/cm² をとれば，都合 1.212kg/cm² の外圧が働くことになる。

従って挫屈に対して

$$S=\frac{3.85}{1.212}\fallingdotseq3.2$$

の安全率を有することになる。

② 真空時のセメントモルタルライニングの安全性

真空現象がセメントモルタルライニングに及ぼす影響については，次のような真空試験結果があるので参考にあげる。

セメントモルタルライニング管真空試験

(イ) 供試管

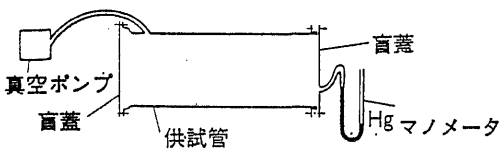
1200φ×6mセメントモルタルライニングダクタイル管

管厚　17mm　ライニング厚　12mm

ライニングの密着程度が特に悪い（一部肌離れがある）ものを使用

(ロ) 試験方法

試験装置は図—34の通り。



図—34

真空ポンプにより管内を －570mmHg（－7.75m水柱）にした後，ライニングの発生歪を測定した。

また試験終了後，盲蓋を取り外してライニング面の状況を調べた。

(ハ) 試験結果

- モルタルライニングには真空により肌離れ面積の増加、その他の異常は認められなかった。
- 真空がライニング面に与える影響は健全部，密着不良部で差異はなかった。
- ライニング面に生じた最大歪は 33×10^{-6} であった。これはセメントモルタル表面層の亀裂発生歪が 200×10^{-6} 程度であるのに対して十分安全である。
- セメントモルタルはある程度空気を浸

透させるため，ライニング内外面の圧力は平衡しやすい。

この試験から，セメントモルタルライニングは管内の真空による損傷を受けることはないと言える。

③ 真空時の接手の密封性

接手の真空性能についての試験結果の一例をあげる

300φK形接手の真空性能試験

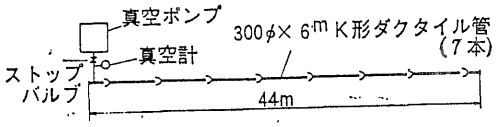
(イ) 供試管

300φ×6m K形ダクタイル管

(ロ) 試験方法

図—35のように供試管を配管，接合した。

真空ポンプにより管内圧を−630mmHg (−8.57m水柱)にし，その後ポンプを停止し，40時間放置し，真空度の変化の有無を調べた。



図—35

また −630mmHg に保持したまま接手部を繰り返し屈曲させた。

(ハ) 試験結果

−630mmHgで40時間放置したが，真空度は全く変らなかった。また接手を曲げた場合も真空度は変らず異常はなかった。

この試験から，管内が真空になっても接手は十分な密封性能を有すると言える。

〔参考文献〕

金　野　　仁	「うず巻ポンプ系のウォータハンマとその対策に関する研究」　昭和33年10月
金　野　　仁	「うず巻ポンプの水撃作用」 日本機械学会論文集113号
John Parmakian	Waterhammer Analysis
Louis Bergeron	Water Hammer in Hydraulics and Wave Surges in Electricity
星　光　浩	「ポンプ系の水撃現象とその対策」ポンプ工学 Vol. 1〜Vol. 3
松村益至	「ポンプ工学の基礎」　機械設計　第8巻〜第10巻
本間　仁 石原藤次郎	「応用水理学」　中巻（I）

特集 3

K形ダクタイル管用 一体ゴム輪について

久保田鉄工株式会社　鉄管研究所
鉄管技術部係長　宮　本　宏
鉄管技術部　中　島　鋭

1. 緒　言

現在ダクタイル管のK形接手においては，ゴム輪として「丸ゴム輪」「角ゴム輪」が別々になったタイプのものが用いられている。

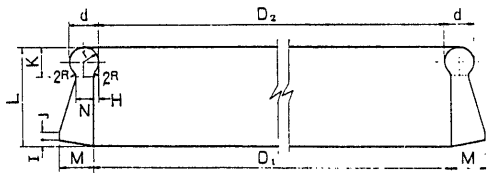
これに対して，接手の性能を損わずに施工性を向上させ，附属品の数を減らし，倉庫管理を容易にするために「丸角一体ゴム輪」を試作，各種性能試験を行なった。

丸角一体ゴム輪とは，現在の丸ゴム輪，角ゴム輪をほぼそのまま一体にしたものであるが，その接着はゴム加硫後の接着ではなく，丸ゴム部の材料と角ゴム部の材料を未加硫の状態で貼り合せた後，成型用モールド中に納めて加硫する。即ち，加硫接着ということになり，接着強度は十分高い値が確保されている。

以下，一体ゴム輪の材質，一体ゴム輪を使用しての接手性能の試験結果を述べる。

2. 一体ゴム輪の形状，寸法

K形接手用一体ゴム輪の形状，寸法を図—1 表—1 に示す。



図—1　一　体　ゴ　ム　輪

3. 一体ゴム輪の各部材質と試験結果

従来の丸ゴム，角ゴム別々のものとくらべ，角ゴム輪に先端の硬質チップがないだけで，それぞれの硬度，材質は同じである。

即ち，丸ゴム部材質：JIS-K 6353—1960 水道用ゴムにおいて規定されている2種1号乙2による。

表—1　一体ゴム輪の寸法

単位mm

適用される管の呼び径	各部寸法										
	D_1	D_2	d	H	I	J	K	L	M	N	r
75	91	87	10	2.0	3	3	10	44	17	6	5.0
100	116	112	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
150	165	161	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
200	216	212	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
250	266	262	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
300	316	310	14	3.0	4	4	14	49	〃	8	7.0
350	366	360	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
400	416	410	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
450	468	462	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
500	518	512	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
600	620	614	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
700	718	712	17	〃	〃	〃	17	61	21	11	8.5
800	818	812	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
900	918	912	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
1000	1018	1011	18	3.5	〃	5	18	62	〃	〃	9.0
1100	1119	1112	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
1200	1220	1213	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
1350	1370	1363	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
1500	1520	1513	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
1600	1620	1613	20	〃	5	〃	20	80	25	13	10.0
1650	1670	1663	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
1800	1820	1813	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
2000	2020	2013	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
2100	2120	2113	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
2200	2230	2223	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
2400	2410	2403	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃

表—2　丸ゴム部の材質試験結果

	70kg/cm² 荷重時の伸び %	引張強さ kg/cm²	伸び %	永久伸び %	スプリング硬さ Hs	老化による変化率		
						引張強さの低下率 %	伸びの低下率 %	スプリング硬さの変化 Hs
規格値	250～350	180以上	400以上	10以下	50～60	20以下	30以下	+7 −0
700φ	260	215	500	5	55	6	8	+2
1350φ	280	205	520	5	55	5	10	+1

表—3　角ゴム部の材質試験結果

	70kg/cm² 荷重時の伸び %	引張強さ kg/cm²	伸び %	永久伸び %	スプリング硬さ Hs	老化による変化率		
						引張強さの低下率 %	伸びの低下率 %	スプリング硬さの変化 Hs
規格値	110～190	180以上	300以上	10以下	65～75	20以下	20以下	+7 +0
700φ	150	255	380	3	67	3	10	+3
1350φ	160	240	400	3	68	2	11	+3

（注）丸ゴム部，角ゴム部共各3個の試験の平均値である。

表—4　接合試験供試管寸法　（単位mm）

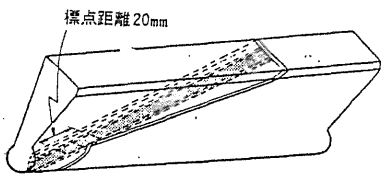
口径	D_2	D_7	D_8	丸ゴム挿入部受口挿口隙き間		
				$\frac{D_8-D_2}{2}$	規定の場合の隙き間	備考
100	117.8	151.9	130.3	6.2⁵	6	ほぼ規定
200	220.0	254.5	232.5	6.2⁵	6	〃
300	324.3	356.9	338.8	7.2⁵	8	公差内ほぼ最小
400	426.1	460.0	441.9	7.9	8	ほぼ規定
500	529.8	562.1	544.0	7.1	8	公差内ほぼ最小
700	732.4	775.6	753.5	10.5⁵	10	ほぼ規定
900	939.6	981.3	960.4	10.4	10	〃
1350	1399.0	1443.0	1422.8	11.9	10	規定よりやや大

角ゴム部材質：同上2種1号甲による。

表-2，表-3に試作した一体ゴム輪の現物より試験片を加工して JIS-K6353 に基づいて試験した結果の一例を示す。

丸ゴム部と角ゴム部の接着強度については，現物の一体ゴム輪から規格に合致した試験片を切り出すことができないため，図—2のような位置から幅10mm×厚さ3mm×平行部長さ20mmの試験片を切り出し，引張り強さおよび伸びを測定した。

試験片3個について行なった結果，すべてチャック部で破断し，正確なデータは得られなかったが，チャック部破断時引張り強さ150kg/cm² 伸び380%であったので，それ以上の値が期待できる。

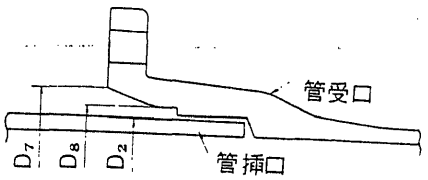


図—2　丸ゴム部，角ゴム部接着強度試験片採取位置

4. 接合試験

図—3，表—4に示す供試管について，一体ゴム輪，丸角別々のゴム輪を用いて，接手を真直にした状態，および各口径に対する許容曲げ角度まで曲げた状態で接合試験を行なった。

接合は受口，挿口，ゴム輪に石鹸水を塗布し



図—3

受口に挿口を預けた状態から行ない，ボルトは規定締付けトルクまで締めつけた。

各口径について，接合に要した時間（ゴム輪の受口内への挿入からボルトの規定トルクまでの締めつけに要した時間）を 表-5 に示す。

表—5から一体ゴム輪，丸角別ゴム輪とも接

表—5　接　合　所　要　時　間

口径	接手が真直な状態		接手が曲がった状態　（　）内曲がり角度		
	一体ゴム輪	丸角別々のゴム輪	一体ゴム輪	丸角別々のゴム輪	(註)許容曲げ角
100	3 分	3 分	3 分　(5°30′)	3 分30秒(5°30′)	5°00′
200	5 分	4 分30秒	5 分30秒(5°)	6 分　(5°20′)	〃
300	5 分	5 分	6 分　(3°30′)	6 分　(3°10′)	3°20′
400	7 分	7 分30秒	6 分　(4°)	8 分　(4°10′)	4°10′
500	9 分	8 分	10分　(3°30′)	9 分　(3°30′)	3°20′
700	12分30秒	13分	12分　(2°20′)	14分　(2°40′)	2°30′
900	13分	17分	15分　(2°20′)	14分30秒(2°10′)	2°00′
1350	21分	25分	24分　(1°20′)	22分　(1°20′)	1°20′

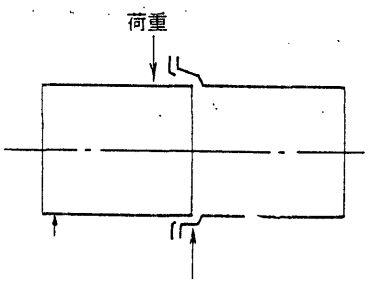
註　作業員は2名

合所要時間はほとんど変らないといえる。またゴム輪の挿入作業性も変らなかった。

接合完了時の押輪と，受口端面との隙き間，および受口スタフィンボックスについた丸ゴム部の接触痕跡（接手を解体した後，受口内面に塗布した石鹸水にしるされた痕跡を観察）から一体ゴム輪，丸角別ゴム輪とも，ゴム輪の納まり具合は変らなかった。

5. 耐外圧試験

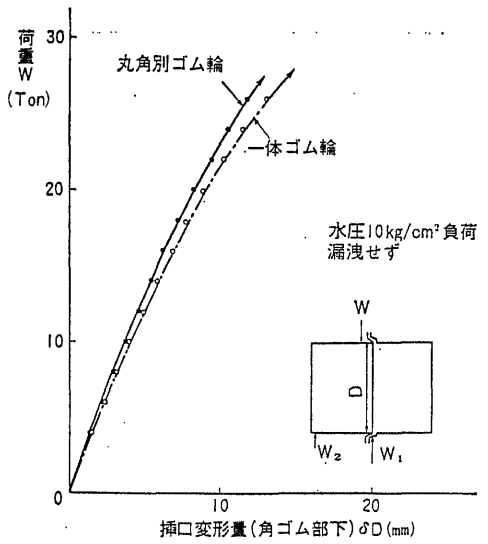
地下に埋設された管に，土被りによる土圧，路面荷重による土圧等の外圧が作用して管が変



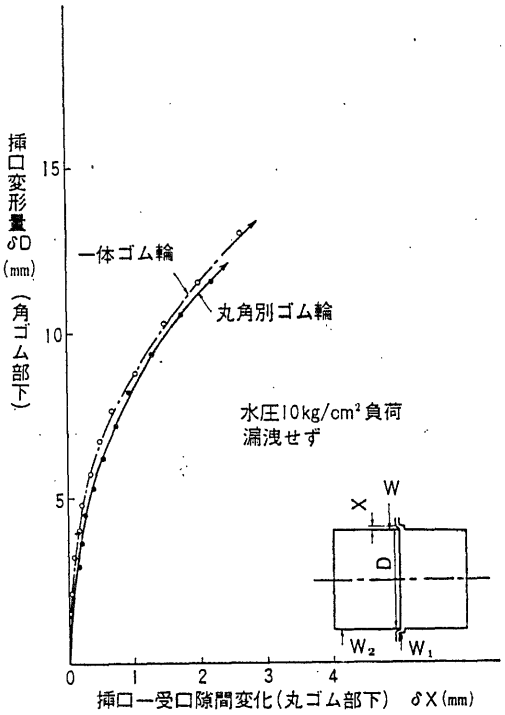
図—4　耐外圧試験載荷方法

形してくると，接手部においては受口，挿口の剛性が異なるため，僅かながら受口と挿口の隙き間が広げられようとする傾向にある。

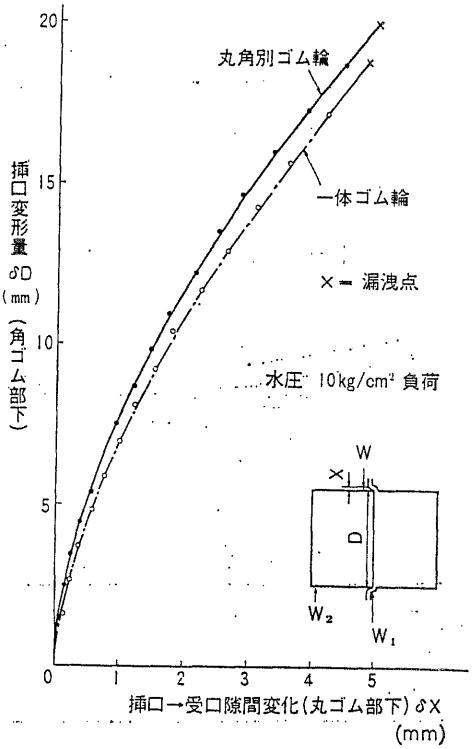
そこで700φ，1350φについて一体ゴム輪，丸角別ゴム輪を用いて実験室的に耐外圧試験を行



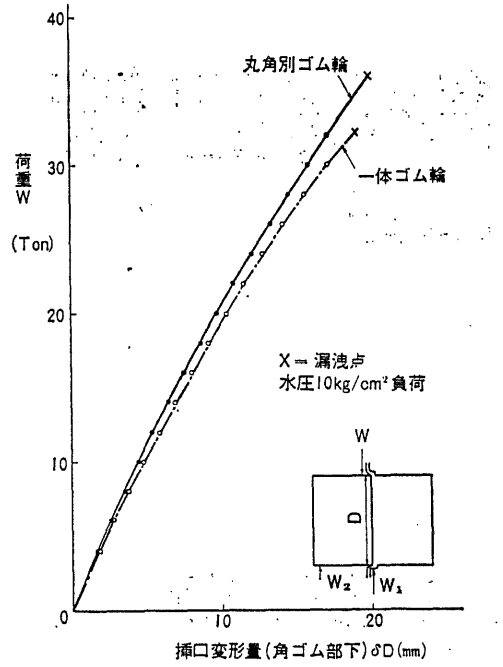
図—5　700φ耐圧試験結果・荷重—挿口変形量の関係



図—6　700φ耐圧試験結果・挿口変形量—挿口隙間変化の関係



図—8　1350φ耐圧試験結果・挿口変形量—挿口受口隙間変化の関係



図—7　1350φ耐圧試験結果・荷重—挿口変形量の関係

ない，両者の耐外圧性能を比較した。

なお，載荷方法は図—4のように接手に芯違いに集中荷重を載荷した。

試験結果を図—5～図—8に示す。

供試管は700φでは丸ゴム挿入部の受口挿口隙き間がほぼ規定，1350φでは規定より約2㎜大きいものを使用した。

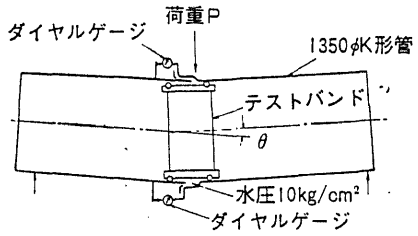
試験結果から一体ゴム輪および丸角別ゴム輪の耐外圧性能は大差無いといえる。

6. 曲げ水圧試験

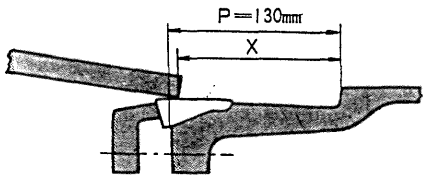
1350φについて丸角別ゴム輪，一体ゴム輪を用いて正規に接合した後，テストバンドにより水圧 10kg/cm² を負荷しておき，接手部を曲げていって、曲げ性能を比較した。

その結果、いずれの場合も図—10のように挿口端が受口からほとんど抜け出す手前まで曲げたが，漏洩はしなかった。

なお，丸角別ゴム輪の場合，試験後テストバンドをはずしてみると，挿口が抜け出した部分



図—9　曲げ水圧試験



図—10

表—6　曲げ水圧試験結果

ゴム輪	下側挿口抜出量 xmm	曲げ角度 θ	水圧 kg/cm²	漏洩
一体ゴム輪	124	5°05′	10	無
丸角別ゴム輪	125	〃	〃	〃

では丸ゴム輪が所定の位置から浮いて管内に垂れていた。

7. 結　　言

以上の各種試験から次のことがいえる。

1. 接合時のゴム輪の締めつけ作業の難易度は一体ゴム輪も，丸角別ゴム輪も変らない。むしろ，一体ゴム輪は挿入作業が一工程はぶけるだけ楽である。
2. その他の各種性能も一体ゴム輪，丸角別ゴム輪とも同等である。
3. 極端に接手が曲がった場合，一体ゴム輪の方が丸角別ゴム輪より優れている。

三ツ輪の鋳鉄異型管

● 瓦斯水道用高級鋳鉄異型管
● 各種押輪
● 瓦斯発生用設備機材
● ガバナー
● 各種バルブ

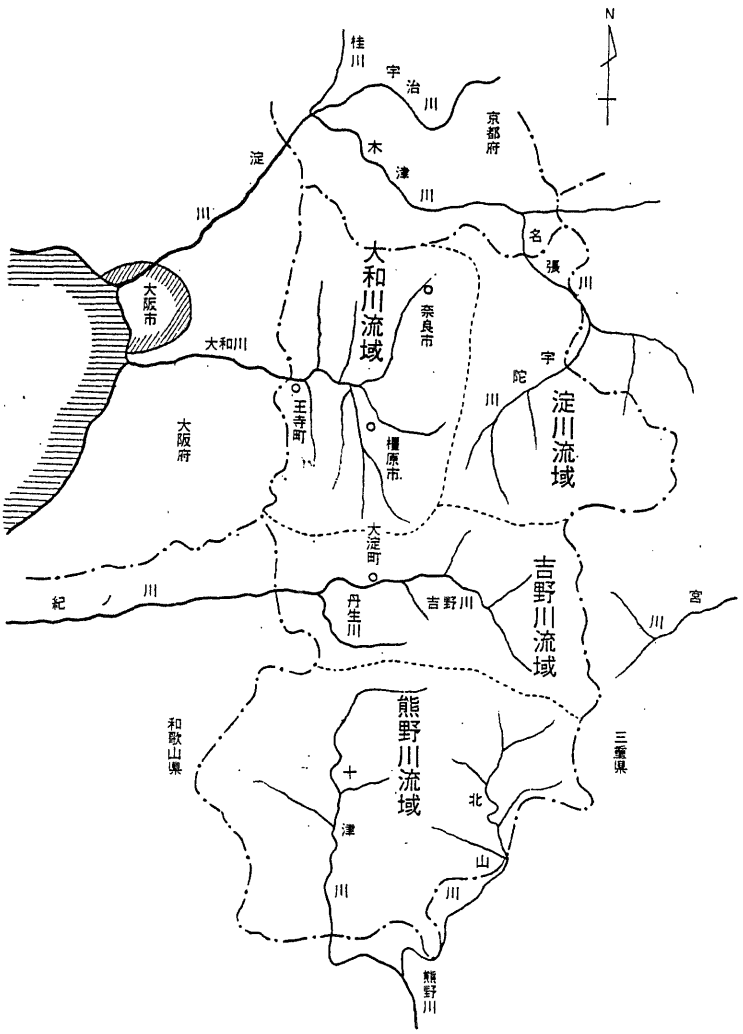
株式会社 三ツ輪機械製作所

本社　名古屋市熱田区池内町7－2　TEL 881—7151～4
工場　小牧市大字三ッ淵字宮東1902　TEL (0568)77—3572

事例研究

奈良県における広域水道について

奈良県水道局工事第二課
課長補佐　土　嶋　彌太郎



図—1　奈良県河川流域図

1. はじめに

奈良県の広域水道は社会的にも経済的にもその中枢を占める大和平野地域の24市町村を対象に供給する点と，調査開始後わずか3カ年で実施に踏み切った点，あるはい水源が2系統に分れている関係から，両水系の持つポテンシャルを有効に利用して，自然流下方式を採用した点，さらにまた，歴史的背景にたった分水計画等他事業に見られない特色をもっている。そういったことから，一般的な広域水道論を述べるのではなく，事例研究として奈良県営水道が社会的，地理的条件等から必然的に成り立ってきた経緯や，事業概要，今後の課題点を中心にご紹介申し上げたい。

2. 広域化の必要性

(1) 地理的条件による水事情

① 概 況

奈良県の地勢は，県面積の約⅔を占める南部の山岳地帯と，流域面積がわずか 1000 ㎢ の大和川流域の大和平野に二分される。

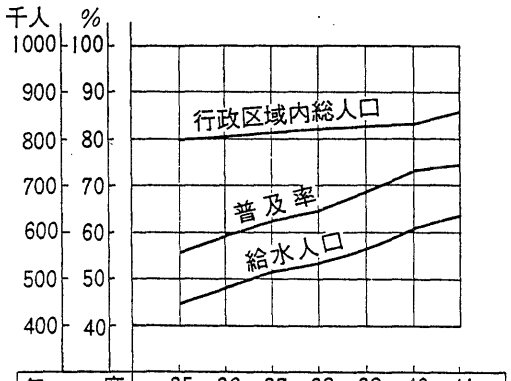
「水」についても全く同じことで，南部山岳地帯は年間4000㎜をこえる全国屈指の多雨地帯で，大森林を背後に尽きることなく豊富に流れている。一方，大和平野は年間1400㎜内外と少なく，このため古くから大小13,000個のため池により農耕を支えてきた。しかも人口は全県の77%にもおよんでいる。

このように同じ県でありながら，二つの相反した状況を呈しているところに奈良県の特性があり，水の宿命を背負った姿ともいえる。

② 市町村水道事業の現況

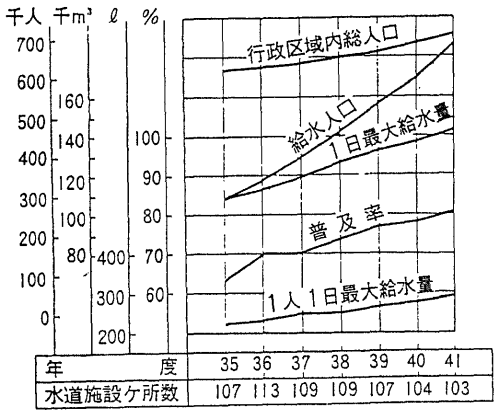
水道需要は生活環境の向上，住宅ならびに工場等の進出により図一2のとおり，その普及率は全国第9位（昭和41年度）をしめし年々増加の傾向にある。特に，大和平野は図一3のとおり上水道施設数18カ所，簡易水道85カ所の多きを数え，普及率においては全国平均をはるかに上回り，その需要も急テンポに伸びている現状である。

その水源は，一応安定した地下水に依存しているのは奈良市のみで，他は大部分深層地下水に依存している（ちなみに奈良市を除いた大和平野の水源比率は表流水が約15%で，



年度	35	36	37	38	39	40	41
水道施設ケ所	185	195	192	192	191	193	197

図一2 県内水道施設の推移



年度	35	36	37	38	39	40	41
水道施設ケ所数	107	113	109	109	107	104	103

図一3 大和平野地域水道施設の推移

残りは地下水である）。

これ等の地下水は良質とはいえない。特に，鉄およびマンガンが異常に多く，その他色度，温度，蒸発残留物も多いため，ほとんどの市町村は気曝を行ない，急速ろ過を実施している現状である。

水量的には盆地中央低位部の大和郡山市附近は，1井当たり1日2000トンから2500トン程度を期待できるが，大部分の市町村は1井当り 600 トンから1500トン程度である。しかも1年で揚水量が半減することも珍らしくなく，その大部分は3～10年で更新を迫られ，市町村の水道当局は相互干渉を無視して新設井の増設に追われている現況である。

特に昭和39年の夏期は，異常な干魃といわれたが，東京都の水ききん以上に天理市，橿原市等5市町村において1日2～5時間の時間給水を余儀なくされ，さらに最近にいたって2～3市町村が，給水人口の異常な膨張という原因はあるが，節断水が年中行事化しつつある状態である。

(2) 社会的条件による必然性

① 水中心の戦後の総合開発策定

上述のとおり，地勢上の特性＝宿命から，大和平野の水不足を何とか解消する道は，南部山岳地帯の豊かな水を分水する以外にないとして元禄時代から何度も計画された。

すなわち，流域変更である。しかしながら，その都度和歌山県の水利権が障害となって実現できなかった。

ところが，戦後日本の経済復興計画とあわせ，昭和22年河川総合開発の一つとして「十津川・紀の川」を政府はとり上げ，農林省，建設省，通産省等による総合調査の結果，昭和26年に基本計画の決定を見たのである。

この「十津川・紀の川総合開発事業」は，大和平野および紀伊平野の水田約 20,000 haの農業用水補給水源池として，吉野川上流に「津風呂ダム」および「大迫ダム」を築造し，大和平野へは約5㎞のトンネルで毎秒最大11トン（うち1トンは上水道）を導水して，延長約50㎞の幹線水路で配水する。

一方，紀伊平野の補給用水として南流している十津川に「猿谷ダム」を築造貯水し，流域変更して吉野川支流丹生川に落してこれを補う。ダムと地形より生ずる落差を利用して発電も行なうという多目的総合開発で，わが国としては二つの県にまたがる水の総合開発はきわめて画期的なものであり，一部を除いてすでに完成している。

また，包蔵水力「100万キロワット」といわれている熊野川水系には，吉野熊野特定地域開発の一環として「池原ダム」「風屋ダム」「二津野ダム」等と，それぞれの発電所が完成し，偉容を誇っている。

② 奈良県総合開発計画の策定と，近畿圏整備計画

こうした一連の水開発――いいかえると後進地域であった奥吉野の経済開発が一応完成まであと一息となった奈良県は，さらに今度は人口も多く，経済的，社会的にも重要な大和平野を中心とした県全体の総合開発計画を昭和50年を目標に，昭和38年に打ち出され，これとあい前後して近畿圏整備計画も策定計画された。

すなわち，奈良県は海を持たない内陸県という特性のほかに，特に大和平野は

㋑ 商工都大阪に隣接し，直接に間接に大きく変貌しつつあるということ。これは通勤圏でも1時間内にあるということ。

㋺ 阪神と中京経済圏を結ぶ名阪国道の完成により，この地帯を東西に横断し，沿線はじめ平野全域にわたり，工業開発，住宅開発が著しく促進されているということである。

主要経済指標は，総人口で昭和35年の78万1000人が昭和50年には101万3000人に，工業出荷額では580億円が2503億円とされている。このことは，大和平野地域が分散を受け持つ立場を要請される必至の情勢にあるということで，すでにその現象が住宅開発や工業開発に著しく現われ，開発のテンポは計画をはるかに上回っている。

以上のことから，奈良県の大和平野は好むと好まざるにかかわらず，近畿圏の大都市対策の一役を担いつつあるわけである。

③ 広域化への要請と水源計画

さきに述べたように，大和平野の現況から県勢の発展と近畿圏整備計画に対応するためには「土地」と「水」の合理的な利用がその基礎となるのは論を待たないが，大和平野の水開発は

㋑ 地下水の開発

㋺ 大和川の開発

㋩ 紀の川（吉野川）水系からの分水

㋥ 淀川水系からの分水

が考えられる。㋑については，上述のとおり過剰揚水の様相を呈し，諸種の調査でも今後の開発は望むべくもないとされている。㋺は流域狭小による水量不足で大規模な開発は望まれないことから，㋩㋥のとおり流域変更に求めざるをえず，大和平野の宿命はこの点にあるといえる。水源県でありながら，あるいは上流県でありながら自由に水が利用できない。これが大和平野の近代的な発展を阻害させた大きな原因となっている。

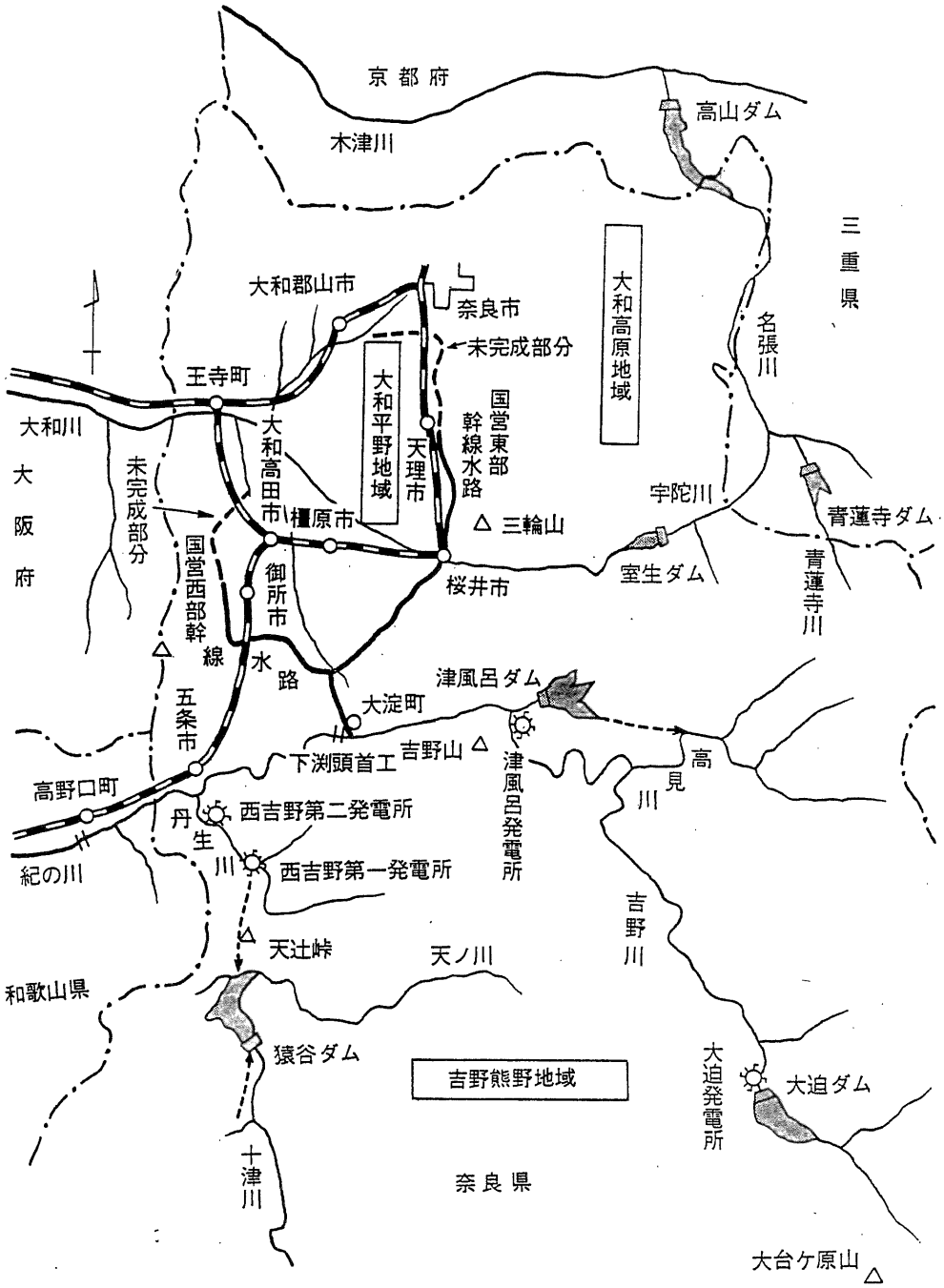
●「十津川・紀の川総合開発事業と木津川上流総合開発事業」

しかしながら，われわれはただ漫然と手をこまねていたのではない。後述のとおり，積極的な努力を払ってきた結果，十津川・紀の川総合開発事業による大和平野への分水のうち，上水道用水毎秒1トンについて，昭和44年に完成される見通しをえたのと，木津川上流河川総合開発事業の一環として建設される室生ダムから，毎秒1.6トンを大和平野に分水するということが政府において認められた。

このダムからの1.6トンと，吉野川からの

分水1.0トンをあわせて2.6トンで，奈良市を除く6市11町7村に供給する広域水道計画の水源にしようというのが，そもそも広域化の発端である（奈良市については現在の実情から給水することについて目下検討中である）。

吉野川分水については，県民挙げての300年の悲願がこめられており，室生ダムからの分水も，高山ダムによる名勝月ケ瀬梅林の水没という犠牲や，多額の県費も投じた調査等，たゆまない努力を払ってきたものである。



図—4　十津川・紀の川総合開発事業並びに木津川上流総合開発事業概要図

●「広域化の要請」

上記水源の見通しが得られた昭和39年夏期は，異常な干魃のために水道事業としては最悪な節断水を招いた。その実情から，抜本的な対策を望む声が世論となって高まってきた。

すなわち，

㈠　開発のテンポが早く，現有施設では供給に追いつけず，新規水源の獲得も困難である。

㈡　水質改善のため表流水や浄水での供給を求めている。

等々から，県は昭和39年７月に県営広域水道として実施する方針を打ち出した。

3．広域水道の概要

(1)　基本計画の策定

①　予備調査と基本調査

時を同じくして，総務部企画課において専門の係を設置，対象予定市町村水道事業の現況調査や意見聴取，将来人口および需要量の推定等の予備調査を開始，あわせて関係各省に説明陳情を繰返えした。続いて40年度に入り，国土総合開発事業調整費をえて基礎調査を実施した。すなわち，

㈠　需要量調査

㈡　水質調査

㈢　基礎調査……種々の比較案について検討し基本計画を決定

㈣　経営方式調査……他事業例等と本事業の現状から経営方式を検討

㈤　関連事業調査

以上の調査を進めるに当って問題となるのは，

第１は経営主体の問題である。この問題はすでに39年７月に意志決定を見たのであるが，なお若干の考察を試みた結果，水利権の取得には高度の政治性を要することと，社会開発的な要素や，事業資金の確保等のことがら，県営方式として実施することを確認した。

第２の問題は用水供給が，末端給水を採用するかということである。一般的な長所短所については省略するが，末端給水を実施する場合，㈠既設水道の統合配置と財産評価，㈡料金問題の処遇と職員の待遇，給与問題等を解決するには相当の時間を要すること等が最も大きな理由として，用水供給方式を採用した。

第３の問題は，原水供給か浄水供給かの問題である。原水供給は水道法には浄水を供給するよう規定されているため原則として考えられないが，市町村の中には現施設を有効に利用するため，原水供給を望む声もあったので，浄水供給までの一過程として臨時的に原水供給するものと考え，これについて浄水供給方式と比較した。その結果市町村の浄水施設の切りかえ時に，無用の投資となつたりして良策とはいえない。

さらにまた，技術者不足による重点的配置，小規模経営の不利な点のカバー等から浄水方式とした。

次に技術的な問題として考えられるのは，

㈠　送水方式

㈡　施工区界

㈢　受水地点

の問題である。㈠については，本事業の水源が２系統に分かれているため，水位，位置，給水区域の地形から，水圧を基準とした方式，すなわち高水位を有する宇陀川系統の水源については平野外周部の市町村に，低水位の吉野川水系については平野中央部に給水する案と，各浄水場との距離で「ブロック」別に決定する管路延長を基準とする案について，それぞれ検討し，さらに先行投資を防ぐ意味で，送水管工事を需要に応じて，第１期，第２期に分割した場合の経済比較を行なった。

以上の案について，計画日最大給水量案と，計画時間最大給水量案についても，それぞれ比較を行なったが，その結果計画日最大給水量案で水圧を基準とし，しかも一括に施工する方法が工事費も割安となり，維持管理費も優れた結果となった。

施工区界については，市町村配水池（塔）への接続までとし，分水地点は１水系１市町村１カ所とした。なお，分水地点については市町村と協議の上決定したが，当初は数カ所での受水を強く希望する市町村もあって難航したが，広域化をより促進するためや，行政単位別給水の不合理さを解消するため，地理的条件，地域開発計画を加味して量も合理的と思われるブロックに分割し，給水する方法

を（末端給水事業のブロック別給水――一部事務組合）を強く提唱したが，各水道事業の歴史的背景や，配水系統の関連性等々のために止むをえず上記の1水系1市町村1カ所としたが，この点は将来の課題の一つである。

• 基本調査（認可設計）

以上の方針によって市町村側と協議を続けながら諸調査を実施したが，予備調査を開始してから僅かで2カ年で認可設計（一部をコンサルタントに委託）に取り組んだため，職場はさながら火事場の様相を呈した。お蔭で41年12月厚生大臣の認可をえ，ここに広域水道の一歩を踏み出したのである。

(2) 県営水道用水供給事業の概要

① 給水対象

大和平野地域23市町村と榛原町(6市11町7村)

（内訳）大和高田市，橿原市，大和郡山市，天理市，桜井市，御所市，生駒町，三郷町，斑鳩町，田原本町，高取町，新庄町，当麻町，香芝町，王寺町，広陵町，平群村，安堵村，川西村，三宅村，明日香村，上牧村，河合村

② 給水量

1日最大給水量　206,700m³/日

1日平均給水量　149,338m³/日

③ 計画目標年度

昭和55年度

④ 計画の概要

イ）施設概要（表―1の通り）

ロ）事業予定総額　約100億円

ハ）事業期間　昭和42年度～昭和47年度の予定

ニ）給水開始予定　昭和45年より一部給水予定

ホ）料金　未定

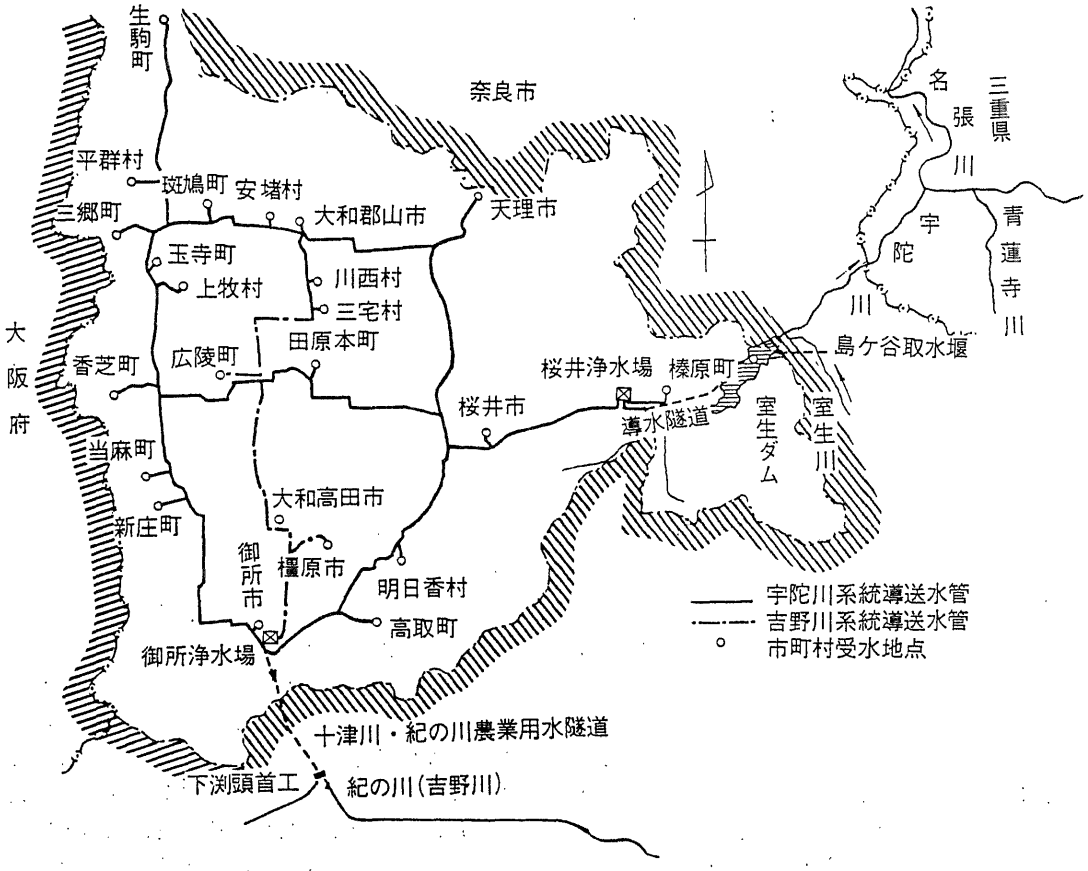
4. 今後の課題点

以上のような計画の中で，昨年4月水道局が発足したが，今後に残された問題も極めて多い。

• その第1は大住宅団地の関連において，昭和45年の給水が必至とされていることである。大和平野は前述のとおり昭和35年の国勢調査に対して，昭和40年は10%以上の伸び（市町村によっては20%前後）を示しており，その後も文字どおり破竹の勢いで増加しつつある現況から，このままでは水不足はもとより美しい自然の風景と豊富な文化財は，無秩序な開発によって無残にも破壊されかねない。県の使命として，日本の故郷，大和平野の歴史的風土と風致は，開

表―1　奈良県営水道施設概要

	宇陀川系統	吉野川系統	計
取水量	1.6m³/秒＝138,240m³/日	1.0m³/秒＝86,400m³/日	2.6m³/秒 224,600m³/日
1日最大供給量	127,200m³/日	79,500m³/日	206,700m³/日
水源	室生ダム(水資源開発公団施工)	十津川，紀の川，総合開発事業による大和平野分水	
取水施設	取水塔（水資源開発公団施工）	分水井（国営大和平野導水幹線水路東西分岐点で取水）	
導水施設	導水隧道約6km（水資源開発公団施工） 導水管約1.7km　φ1000mm	導水管　約1.8km　φ1200mm	約 3.5km
浄水施設	桜井浄水場：敷地面積　約53,000m² 標高　約210m 着水井（マイクロストレーナー） 急速混和池，薬品沈澱池，急速ろ過池，塩素混和池，浄水池，洗浄水槽，汚水池 薬注・滅菌・計装設備，管理本館	御所浄水場：敷地面積　約 54,000m² 標高　約 110 m 以下左に同じ	約 107,000m²
送水施設	送水管　φ1200mm～φ150mm L＝約96km	送水管　φ1350mm～200mm L＝約33km	



図―5　奈良県水道用水供給事業計画平面図

発がいかに大切であろうと絶対守り抜かねばならない。そのような意味において秩序的な大住宅団地や，工業団地の建設を望んでいたが，水手当の問題から県は事業主体に対し県営水道計画に併行して入居を開始するよう強く要請し，したがって日本住宅公団等では，昭和45年の給水開始にあわせ事業を進めているのが実情で，このためにもよほど順調に工事を進めなければならない。

ここで問題になるのは水源工事との関係，事業資金の確保，工事施工の円滑化等であるが，まず水源工事については，十津川・紀の川総合開発事業に関連するものとして，水利権の問題は昨年2月和歌山県との間でようやく協議が整い，農林省との「アロケーション」も成立したが，水源施設である農林省施工の大迫ダムや下渕頭首工が計画どおり昭和44年中に完成しなければならない。また，室生ダムから大和平野の分水については昭和41年7月に閣議決定は見たものの，水資源開発公団による着工も，実施方針すら決っていないということである。幸い，建設省のご努力と三重県のご理解によって，明るい見通しがえられつつあるが，ダム施工の補償問題とともに急速な解決を要請されるが，当初の予定から1～2年の遅れは避けられない。

次に事業資金の確保については，短年で多額の資金を要するので，自治省なり，厚生省，大蔵省にはあらかじめ協力方を要請していた。すなわち，室生ダムおよび導水隧道等分水に伴う工事費や，広域にわたる施設費，さらに万国博をひかえての諸般の工事増が予想されるので，これらの点から水道広域化補助金の獲得に，知事を先頭として猛運動を行ない，本年度はわずかながら獲得できたが，これを足場として，さらにより多くの補助金の獲得に一段と努力する必要があろう。一方広域化処理に対する起債の

優先的充当，充当率の引上げなどの財政的措置を国が講じることによって，奈良県のように新規で，しかも初めての公営企業を実施するために生じる資金繰りを，極力容易かつ可能にすることができるので，この点についての努力も必要であろう。また，24市町村の多きに給水するため，いわゆる行政水道的な性格，すなわち，水源不足，水質不良等真に水道の布設を切望していながら自力では水道が布設されない地域（不採算地域）へも，豊富で清浄な水を供給するという趣旨から，若干高額料金とならざるを得ない。この点も残された問題といえよう。

さらに事業施工の円滑化については，市町村の協力体制の整備が問題となってくる。当面の問題としては交通量の激化に伴う水道管専用道路用地の確保等に対する側面的協力や，今後の広域化をどのように進めるにせよ，県営水道を中心に施設の整備合理化を図るべきであろう。具体的には広域水道としての理想像をできるだけ進めるべく，ブロック別給水方式を提唱したが，実際問題として相当むずかしく，止むなく上述のようなかたち（市町村ごとの受水方式）となったが，特に二つ以上の行政区域にまたがる大住宅団地における不合理さ等の解消のためにも，県営水道と末端給水業務を担当している市町村水道事業を含めた水道施設の合理的なあり方を，さらに十分検討するとともに，県営水道の給水に併行して末端受入れ体制の整備に万全を期さなければならない。この他に料金体系の問題も加えて市町村ともども十分検討を進めたい課題である。

• 技術的な問題点としては，本事業は両水源の持つポテンシャルをできるだけ有効に利用して，自然流下方式で送水するため，宇陀川系統の送水管の一部で 18kg/cm² の静水圧が生じるところもあるので，事故対策や将来の維持管理を考慮して十分な検討対策を講じる必要がある。その対策としては，管種，管厚，曲管部に対する保護の検討は勿論のこと

㋑　自働閉塞弁の設置

㋺　特に高圧部に対しては可能な限り減圧水槽を設置する。

㋩　宇陀川系統桜井浄水場を可能な限り低くし，静水頭を小さくする

など目下鋭意検討中である。

㋑の自働閉塞弁については，機能としてはできるだけ電源を使わずに確実なものであるべきで，方法としては流量作動方式か，差圧作動方式が考えられ，43年度に計器専門メーカーに委託実験する予定である。

㋺については宇陀川系統中央送水管の一部の高水圧部の減圧について，最も経済的で効果的な方法を検討した結果，王寺町附近で減圧水槽を設置することが望ましいとの結論に達し，今後宇陀川系統送水管網の再検討に併せて，十分な研究を進める予定である。

• その他，より広い意味の広域化の推進という点で，現段階では極めてむずかしいが，将来水源としての紀の川水系の結びつきや，近畿全体としての水の有効利用という点も，長期の目から留意する必要があると思うが，国においても河川流況の特性を有効利用する意味の，地域と地域，水系と水系を相互補完的に結ぶ多目的水路の建設や，20年先，30年先を見越した水源に対する超先行開発，すなわち都市用水の水源確保は国が実施すべきで，そのために利子等は利水者の負担とならないようにありたいと望むものである。

5. おわりに

昨年4月奈良県水道局が発足し，漸く一年を経たが奥田知事の夢として，県政のビジョンとして，きれいな空気と歴史的な豊かな文化財をまもりながら，豊富な水道を持ち，下水道も完備して，豊かな文化生活を営むということを是非実現するために，今後一層の努力が必要であるが，先進諸県，諸都市，識者のご指導，ご助言をお願いする次第である。

鋳鉄管第4号

昭和42年12月

特集 1

ダクタイル管の離脱防止継手について

久保田鉄工株式会社鉄管研究所
鉄管技術部長　宮岡正
鉄管技術部技術第二課技術係長　宮本宏
鉄管研究部係長　根本行康
鉄管技術部技術第一課　山路忠雄

小目次

1. 緒言 ……14
(1) 概要 ……14
(2) 呼び径，名称 ……15
(3) 継手構造 ……15
(4) 管種 ……15
(5) 従来の管との互換性 ……16
2. 特性 ……16
(1) 設計面 ……16
(2) 施工面 ……16
(3) 継手性能面 ……16
(4) 管性能面 ……16
(5) 維持管理面 ……16
3. 配管施工法 ……16
(1) 配管方式 ……16
(2) 接合要領 ……18
(3) 接合所要時間 ……20
(4) 解体要領 ……20
(5) 切管の現地溝切り ……21
4. 継手性能 ……21
(1) 水密性 ……21
(2) 抜け出し阻止性 ……22
(3) 曲げ剛性 ……27
5. 埋設状態における水圧負荷時の挙動 ……33
(2000φ水平45°曲管を含むUF形継手管埋設実験)

1. 緒言

(1) 概要

従来，鋳鉄管の継手としては施工性，水密性，屈曲性，耐外圧性等の優れたメカニカル形式のものが非常に多く使用されている。

ところが，メカニカル形式の継手はその構造上，抜け出し阻止力が小さいため，曲管部等抜け出し力の作用する場所にはアンカーブロック等の防護が施されてきた。しかしながら最近の様に管が大口径化，高圧化してくるに伴い防護コンクリートは巨大なものが必要となり，また軟弱地盤地帯や，管が輻輳して埋設されている所等では防護コンクリートが打設し難いという問題が生じてきた。

そこでこの様な不便を一掃するため，従来の離脱防止継手の考え方を一段と飛躍せしめて，管と管とを直接強固に掛け合わせる形式で管が破壊するまで耐える強靱な離脱防止継手を開発した。

今回開発された離脱防止継手は，次の如き要求される条件を十分満足している。

① 水圧によって曲管部に作用する不平均力に対し十分な強度を有している。
② 不平均力に対し変位が少ない。
③ 水密性に優れている。
④ 接合が簡単，容易で，更に伏越し，障害物等長さ調整の関係から必要になれば現地での切管を離脱防止継手に使用できる。

⑤ 従来の管と互換性がある。

(2) 呼び径、名称

300φ～900φ KF形ダクタイル管（K形をFixしたもの……KF）

1000φ～2400φ UF形ダクタイル管（U形をFixしたもの……UF）

(3) 継手構造

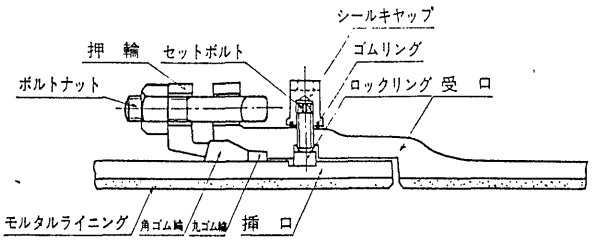
挿口外面及び受口内面に設けた溝内にロックリング（ダクタイル鋳鉄製円環）が装着され，受口側管と挿口側管とが強固に一体化される構造になっている。ロックリングはセットボルトによって挿口溝に完全に密着され，受口か，挿口が破壊するまで離脱することなく，極めて高性能の離脱阻止性を有する。（図1－1，1－2）

(4) 管　種

① 直　管

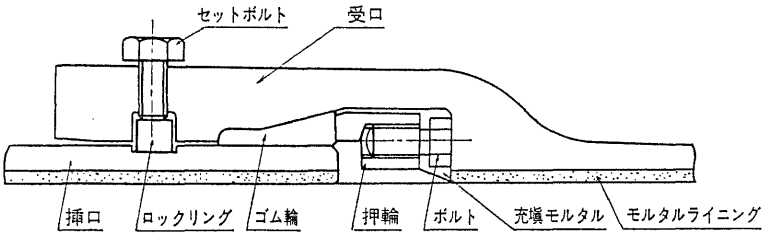
使用条件に応じて表-1，表-2に示す種類の形式がある。

図1－1 KF形継手構造図



水密機構はK形と同じ，シールキャップはセットボルト部の水密性を保つためのもの。

図1－2 UF形継手構造図



水密機構はU形と同じ。

② 異形管

受挿　KF形　1形式

KF曲管は90°，45°，22½°，11¼°，5⅝°の5種類。

両受UF形，受挿UF形の2形式。

UF曲管は45°，22½°，11¼°，5⅝°の4種類。

(5) 従来の管との互換性

表－1 KF形直管の種類及び管厚

形　式	受口形状	挿口形状	管　厚
KF	KF	KF	特種*
KF-P	KF	A.K.C	1種，2種 3種，特種**
A-KF	A	KF	特種*
K-KF	K		
C-KF	C		

（注）* （3種管厚＋溝深さ）を標準とする。
** 必要に応じて任意に管厚を選ぶことができる。

管長……6 mの1種類

表－2 UF形直管の種類及び管厚

形　式	受口形状	挿口形状	管　厚
UF	UF	UF	特種*
UF-P	UF	A.K.C.U	1種，2種 3種，特種**
A-UF	A	UF	特種*
K-UF	K		
C-UF	C		
U-UF	U		

（注）* （3種管厚＋溝深さ）を標準とする。
** 必要に応じて任意に管厚を選ぶことができる。

管長……1000φ～1500φ
4 mと6 mの2種類

1600φ～2400φ
4 mの1種類

A形，C形，K形，U形すべて可能。

2. 特　　性

(1) 設 計 面

① 曲管部に用いれば防護コンクリートが軽減（条件によっては全廃）できる。

② 条件によっては特殊な用途（露出配管，水管橋，ＵＦ継手管では外面をコンクリート覆工して推進工法管または牽引工法管等）に利用できる。

(2) 施 工 面

① 接合に特殊技能不要，K形，U形と同程度で施工が早い。

② 雨中，湿気の多い所でも接合に問題なし。

③ 接合後，直ちに埋戻しできる。

④ 抜出阻止機能上肝要なロックリングの掛合せの確認が容易で，確実な作業が可能。

⑤ 曲げ接合は不可能なるも，ヒネリ接合は可能。

⑥ 誤まって接合してしまったような場合でも，損傷を与えることなく，直ちに解体可能。

⑦ 切管の必要を生じた場合でも専用のポータブル溝切機を使用すれば，現地での溝切りで挿口加工ができる。

(3) 継手性能面

① 高水圧に耐える。

② 抜き出し力に対し，管が破壊するまで耐え，しかも変位が少ない。

③ 曲げの力に対しても，管が破壊するまで耐え，しかも変位が少ない。

④ 耐外圧性に富む。

(4) 管性能面（ダクタイル鋳鉄管）

① 内圧に強い。

② 外荷重に強い。

③ 耐蝕性に富む。

(5) 維持管理面

① 防護コンクリートを軽減（または全廃）することによって，管路の異形管部と直管部の不等沈下の懸念が少なくなる。

② 数本接合すればそれだけを一つの梁とみなして処理し得る。

3. 配管施工法

(1) 配 管 方 式

管路の曲り部に離脱防止継手ダクタイル管を用いて配管しようとする場合には，内圧，曲りの角度，地盤等の諸条件に応じて，曲管と表-1，表-2に示すような直管とを適数個組合せて用いる。

また，推進工法，牽引工法，水管橋，屋外配管などの管路の直線部に利用する場合は，直管だけを組合せる。

一般の地下埋設管路の直線区間は温度変化による管路の伸縮，地盤の動きに伴う管路の変位，路面荷重による衝撃，振動等を無理なく吸収できる伸縮性，可撓性に富んだA，K，U形継手が望ましく，離脱防止継手は抜き出し力または曲げの力が作用する所で変位量を僅少に抑えたい部分にのみ限って適数個合理的に用いるべきである。

ＫＦ継手管，ＵＦ継手管を管路曲部に使用する場合の配管の検討例を図―２にあげる。

水道、工業用水用、各種鋳鉄管内外面の防蝕に
スパイラル鋼管、サイフォン、鋼板セル、コルゲートパイプ、鋼矢板の防蝕に。
エトーンNO.2300
川上塗料株式會社
本社：尼崎市塚口420番地 Tel(481)6325代 東京・大阪・名古屋・福岡・広島・浜松・高松・金沢

図２　離脱防止継手を曲管部に使用する場合の配管検討図

図２－１　水平45°　ＫＦ形700ϕ
土被り　2 m　　内圧15.5 kg/cm²（不平均力46 Ton）

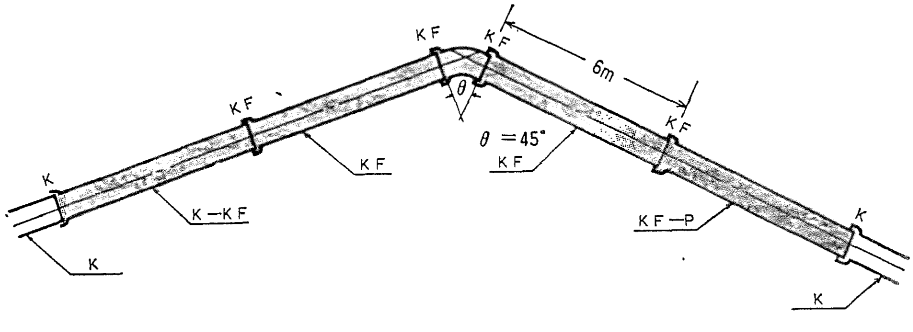


図２－２　水平45°　ＵＦ形1800ϕ
土被り　1.5 m　　内圧12.5 kg/cm²（不平均力 244 Ton）

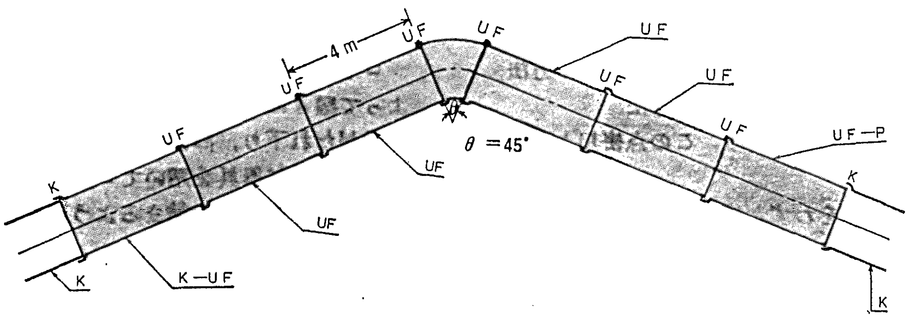


図２－３　垂直45°　ＫＦ形900ϕ
土被り　2 m　　内圧15.5 kg/cm²（不平均力76 Ton）

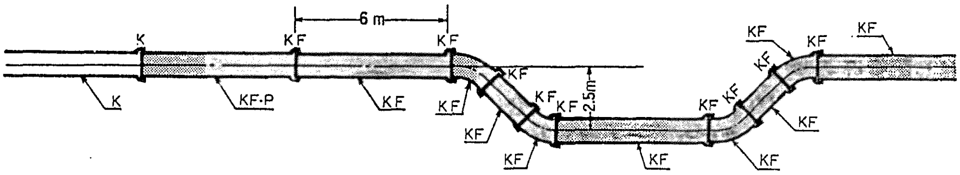
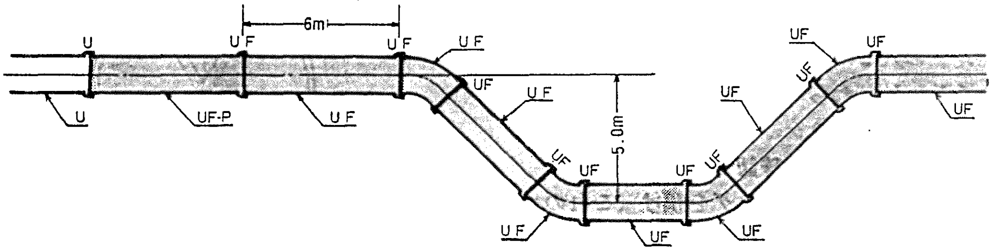


図２－４　垂直45°　ＵＦ形1500ϕ
土被り　2 m　　内圧 8 kg/cm²（不平均力 108 Ton）



配管の方式としては

① 既に接合されている管の受口に挿口を挿入しては一本づつ接合していく方式

② 既に接合されている管の挿口に受口を挿入しては一本づつ接合していく方式

③ 前以って挿口（受口）を受口（挿口）に挿入し，ロックリングを入れ，セットボルトを締めるだけの作業を続け，しかる後ゴムパッキング挿入，押輪挿入，ボルトの締付け等の継手施工を順次行なう方式

いずれも可能である。また，現場の状況からヒネリ配管を行ないたい場合は，自由にヒネッて接合できる。

しかしながら，この継手は機能の面（抜き出し力，曲げの力に対して高強度且つ僅少変位）から構造上の制約をしてある関係で，当然の背反現象ではあるが，

① 真直に接合しておいてから曲げる方法

② 曲げた状態で接合する方法

はいずれも不可能であり，この点使用上の注意を要する。

管路の方向をわずかに修正する場合は，離脱防止継手部ではなく，伸縮，屈曲可能なA，K，U形継手部で吸収するのも一方法であり，管路の方向を大きく修正する場合は，然るべき曲管を併用するのが望ましい。

また，起重機の容量，現場の状況によっては従来のA，K，U形継手では不可能に近かった陸継ぎ，キセル継ぎが可能で，曲管部布設等の施工を便ならしめることもできる。

伏越し配管等の垂直方向施工に際しては22½°程度の縦断勾配なら特別な足場なく接合容易であり，更に45°程度になっても簡単な足場を作れば問題はない。

(2) 接合要領

① 管の清掃

挿口外面（挿口溝及び挿口の端面から約20㎝程度）及び受口内面（受口溝内及びセットボルトの入るネジ孔は念入りに）に付着している油，砂，わらくず，その他の異物をウエス，ワイヤーブラシ，ヘラ等で取り除く。

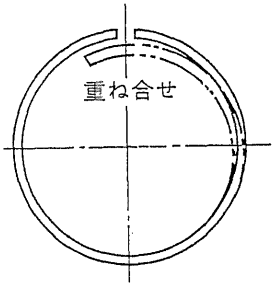
② ロックリングの確認―1

挿口溝内にロックリングを預け（これの外面全周に帯鋼をかけ，荷造用鋼帯絞り器で帯鋼を締め上げ）リング内面全周を完全に挿口溝内に圧着せしめた状態で，ロックリング切断面（切れ目）の間隔を測定し，解体。

③ ロックリングの預入れ，拡大

ロックリング切断面をコイル状に重ね合せ受口溝内に預入れる。（ロックリングの切断個所はネジ孔の間隔の最も狭い所の中間になる様に注意すること）

図3 ロックリング



ロックリングを受口に預け入れると自重によって図4に示す如くロックリングの上側の一部がたれ下り，挿口の挿入ができないので図5のような器具を用いてロックリングが受口溝内に全周完全に納まるようにする。

図4―1 KF形受口にロックリング預け入れ

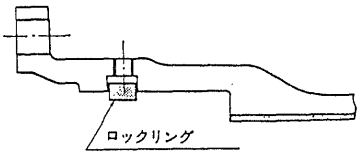


図4―2 UF形受口にロックリング預け入れ

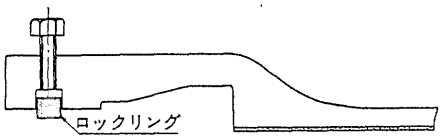


図5―1 KF形継手用ロックリング拡大器具

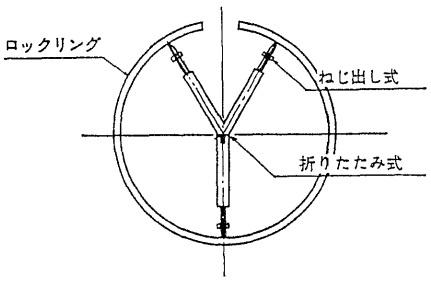
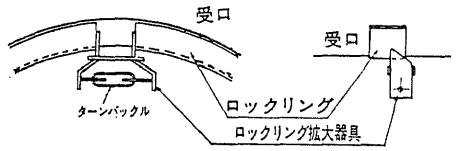


図5－2　UF形継手用ロックリング拡大器具



④　管の芯出し，挿入とロックリング締付け

管の芯出しを行ない，挿口を受口に，あるいは受口を挿口に挿入する。

この時に挿口先端がロックリングの部分を越える時，ロックリング拡大器具は自動的に管内面に撤去され，更に深く挿口を挿入すればロックリングが挿口溝内に自動的に落ち，挿口を抱く形になる。

ロックリングが挿口溝に完全に納まっていることを確認した後セットボルトを締付ける。

セットボルトを締付ける順序は，ロックリングの切断個所と反対側から順次切断個所に向って挿口を抱き締めるように締付ける。

その際に受口と挿口の隙間（図6のｒの部分）を全周ほぼ均等にする様にセットボルトで調整する。

図6－1　KF形継手ロックリングの締付け

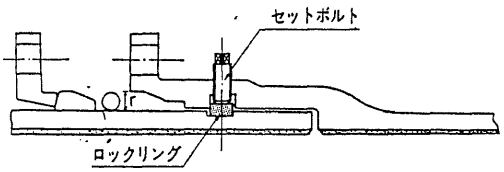
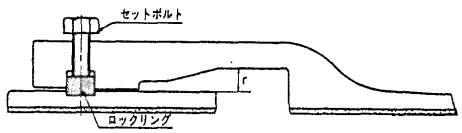


図6－2　UF形継手ロックリングの締付け



⑤　ロックリングの確認－2

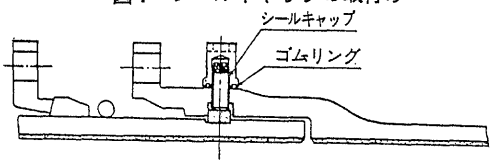
セットボルトを完全に締付けた状態で，外面から受口と挿口の隙間から覗いて，ロックリング切断面の間隔を測定する。②項で測定したものと同じか，または小さい数値が得られれば，ロックリングは完全に挿口溝に掛合わされているとみてよい。

KF継手

⑥　シールキャップの取付け

セットボルトの頭にゴムリング付シールキャップをかぶせ締付ける。

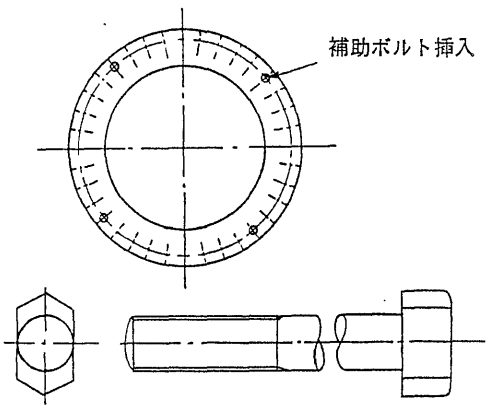
図7　シールキャップの取付け



⑦　ゴム輪の挿入

濃い石鹸水を塗布して滑りを良くした角ゴムと丸ゴムを同時に受口に向け，手で押し込む。続いて接合用補助ボルトを4本対称の位置に挿し込み，締付けて，角ゴム，丸ゴムをほぼ所定の位置に挿入する。しかる後，補助ボルトを取りはずす。

図8　接合用補助ボルト及び挿入位置

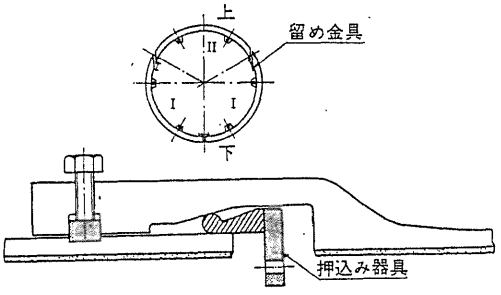


UF継手

⑧　ゴム輪の挿入

濃い石鹸水を塗布して滑りを良くしたゴム輪（丸角一体ゴム輪）を管の内面から挿口に預け，ゴム輪押込み器具を下から順次組立てる。

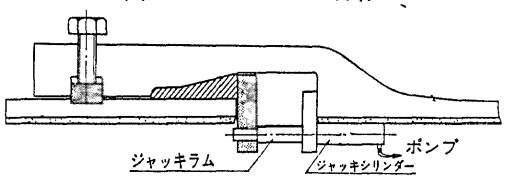
図9　ゴム輪押込み器具の組立て，挿入



続いて押込み器具に油圧ジャッキ(1000φ～

1500φは6個，1600φ以上は8個）を取り付け操作し押込み器具と挿口端面が当るまで押して，ゴム輪を受口と挿口の間の所定の位置に預け入れる。しかる後，押込み器具を取りはずす。

図10 油圧ジャッキの操作



⑨ ゴム輪の締付け

ＫＦはＫ形用押輪，ＵＦはＵ形用押輪を用い，それぞれのボルトを均等に締め上げ，規準の締付けトルクに達せしめる。

表—3 ＫＦ形，ＵＦ形ゴム輪締付け規準トルク

継手形式	呼び径mm	ゴム輪締付けボルト太さ	規準締付けトルク kg-m
KF 形	300～600	W¾	10
〃	700，800	W1	14
〃	900	W1⅛	17
UF 形	1000～1500	W⅞	12
〃	1600～2400	W1	14

(3) 接合所要時間

以上接合に要する時間は下表に示す。

表—4 ＫＦ形，ＵＦ形接合試験結果

継手形式	呼び径mm	接合所要人数（人）	接合所要時間（分）
KF 形	300	2	20
〃	800	2	25
UF 形	1000	3	20
〃	1500	3	35
〃	2000	3	50

注1 ただし，地上で水平に接合した場合で，ロックリングの確認から芯出し，挿入を経て最終的にゴム輪締付け完了まで。

注2 この後，UF 継手では，内面継手U形管と同じように受口底部と押輪との間にセメントモルタルの充填を行なう必要がある。

(4) 解体要領

万一誤まって接合した場合とか，比較的短期間の使用で配管変更の要を生じ，継手部を解体したいといった場合には，次の手順によって損傷を与えることなく取りはずすことができる。

① 押輪の取はずし

ＫＦ継手の場合はゴム輪締付用全ボルトをはずし押輪を接合部から遠ざける。

ＵＦ継手の場合は，充填モルタルをタガネまたはエアーハンマー等で粉砕除去した後，ゴム輪締付用ボルトを回転させて押輪の中にねじ込み，組立と丁度反対の手順で一つづつピースにして押輪を取り除く。

② ゴム輪の取はずし

ドライバー等の先端の尖ったものを用い，これでゴム輪を局部的に取出し，この部分を引張ってゴム輪全体を抜き取る。

③ セットボルトの取はずし

ＫＦ継手の場合はシールキャップを脱した後，ＵＦ継手の場合は直ちに，全セットボルトをねじ出し，取はずす。

④ 清　　掃

セットボルト孔から噴流状に水を注ぎ，受口溝，挿口溝の部分を清掃する。

⑤ ロックリング切断面の拡大

受口と挿口の隙間からロックリングの切断面（切れ目）に薄く強靱な楔を打ち込み，ロックリングを拡げる。

⑥ ロックリングの挿口溝からの浮き上らせ

受口と挿口の隙間から，ロックリングが挿口溝から浮き上っている部分から順次，円周適当な個所に薄い楔を打ち込みロックリング全体を挿口溝から浮き上らせる。

⑦ 薄鋼板の挿入

ロックリングを全周挿口溝から浮き上らせた後，念の為に受口と挿口の隙間から円周適当な個所に，薄い鋼板をロックリングと挿口の間に挿入し，ロックリングの挿口溝への落ち込みを防ぐ。

⑧ 管の引抜き

挿口または受口側の管を引き抜く。

以上，解体に要する時間は，現場の状況等によっても異ると思われるが，試験室内で接合した継手を取はずした例では，次のような結果であった。

600φ	2人	30分程度
1000φ	3人	30分程度
1500φ	3人	35分程度
2000φ	3人	45分程度

しかしながら，水圧も高く，強固に受口と

挿口がロックリングを介し，掛合わされ，長期にわたって埋設されていたというような場合には，上述のような方法では継手の解体が困難となる場合も予想される。こうした場合には，挿口側をガス切断して取りはずし，受口側を損傷せずに残した方が，曲管でない限り，挿口側は後述のように現地溝切りが可能で再生（短くなるが）ができるので有利である。

(5) 切管の現地溝切り

現地で切管の必要を生じた場合は，新しく開発したポータブルの溝切機が本離脱防止継手の挿口溝加工に使用できる。

① 溝切機仕様

(イ) 切削寸法

表—5 KF形，UF形離脱防止継手挿口溝の巾及び深さ

口径 (mm)	基準寸法 (mm)	
	溝巾	溝深さ
300～ 450	17	3
500～ 600	22	4
700～ 900	27	4
1000～1350	31	5
1500～1800	36	6
2000～2400	41	7

(ロ) 原動機

富士重工製　ガソリン機関
常用　6HP 1600 r.p.m
最大　8HP 1800 r.p.m

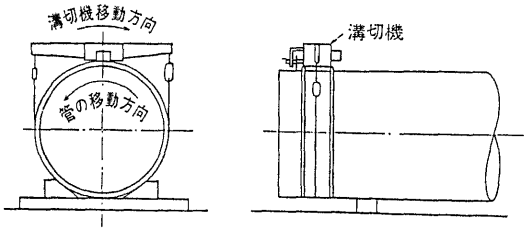
(ハ) フライスカッター

外径150φ×軸径25φ×歯数32枚
歯巾は溝巾に合わせる。
刃の材質　硬質合金チップ（ダイヤチタニットGZ）
回転数　160 r.p.m
切削速度　75.2 m/min
送り速度（標準）　45 mm/min

② 溝切り方法

図11に示すような方法で管をセットし，溝切機がある程度進んだ後，管を溝切機と反対の方向に回転させながら一周切削する。切削部のケガキと切削中の軌道調整に注意すれば問題はない。

図11 溝切り方法図



実験例

表—6—1 800φKF形継手挿口溝現地加工結果（単位mm）

位置*	溝巾 $27^{+1.5}_{0}$	溝深さ $4^{+1.0}_{0}$	外観
1	27.2	4.2	実用上問題無
2	27.3	4.3	〃
3	27.0	4.7	〃
4	26.9	4.6	〃
5	27.1	4.9	〃
6	27.3	4.5	〃
7	27.3	4.3	〃
8	27.4	4.3	〃

切削時間60分　　* 円周8等分点位置

表—6—2 1,800φUF形継手挿口溝現地加工結果（単位mm）

位置	溝巾 $36^{+1.0}_{0.5}$	溝深さ $6^{+1.5}_{0}$	外観
1	36.4	6.2	実用上問題無
2	36.7	6.3	〃
3	36.7	6.8	〃
4	36.6	6.6	〃
5	36.8	6.5	〃
6	36.4	6.6	〃
7	36.4	6.8	〃
8	36.5	6.7	〃

切削時間125分

4. 継手性能

(1) 水密性

鋳鉄管継手の中で最高の水密性を有している。水密機構はK形継手，U形継手と同じであるがロックリング，セットボルトを介して受口側と挿口側がK形，U形に比べ，はるかに強靱に一体化されており，従って受口，挿口の間の変位（曲り，抜け出し，芯違いその他の変位）は殆どなく，ゴムパッキングの入る隙間は接合した時の状態がほぼそのまま保たれる。

実験例　継手部水圧試験

表—7　KF形，UF形離脱防止継手水圧試験結果

継手形式	呼び径mm	負荷水圧* kg/cm²	備　考
KF	300	90	漏洩その他異常なし
〃	600	50	〃
〃	900	50	〃
UF	1000	30	〃
〃	1500	25	〃
〃	2000	22	〃

* 盲蓋の強度及び盲蓋ゴムパッキング部の水密性の関係から本表の数値が各口径に対する最大負荷水圧となった。

(2)　抜け出し阻止性

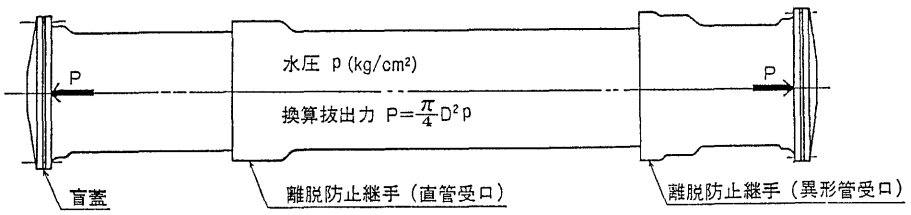
鋳鉄管継手の中で最高の抜け出し阻止性を有する。ボルトあるいは押輪等に頼るのではなくロックリングを介して受口と挿口が掛合わされ一体化されるので，抜出力に対して変位量が小さく，強靱で，管が破壊するまで耐える。

実験例　水圧による継手部抜き出し試験

①　試験方法

下の図に示すように，接合した管の両端に盲蓋（高圧なる為，特殊盲蓋使用）を取付け，管内に水を充満させた後，水圧を負荷して抜出力を与え，離脱防止継手部の抜出量及び発生応力を測定した。

図12　水圧による継手部抜き出し試験方法



②　試験結果

(イ)　負荷水圧（抜出力）と抜出量

表—8及び図13，図14のように継手部の変位が極めて小さい。

表—8　負荷水圧（抜出力）と離脱防止継手部抜出量

継手形式	呼び径 mm	継手部	負荷水圧* kg/cm²	換算抜出力 Ton	継手部の状況	継手部最大抜出量** mm
KF	300	異形管受口	90	72	漏洩その他異状なし	2.10 (1.4)
〃	600	直管受口	50	155	〃	2.80 (1.7)
〃	800	異形管受口	40	220	〃	1.75 (1.0)
UF	1000	直管受口	25	230	〃	2.20 (1.4)
		異形管受口			〃	1.15 (0.4)
〃	1500	直管受口	25	510	〃	1.55 (0.2)
		異形管受口			〃	0.85 (0.2)
〃	2000	直管受口	22	803	〃	1.30 (0.1)
		異形管受口			〃	1.30 (0.1)

* 盲蓋の強度，盲蓋ゴムパッキングの状況などから，これ以上の水圧負荷を断念。

** （ ）内数字は最大抜出量のうち，溝巾とロックリング巾の寸法差（ガタ）によって生じた抜出量。

図13　KF形離脱防止継手に於ける
負荷水圧（抜出力）と抜出量

図13—1　300φKF形（異形管受口）

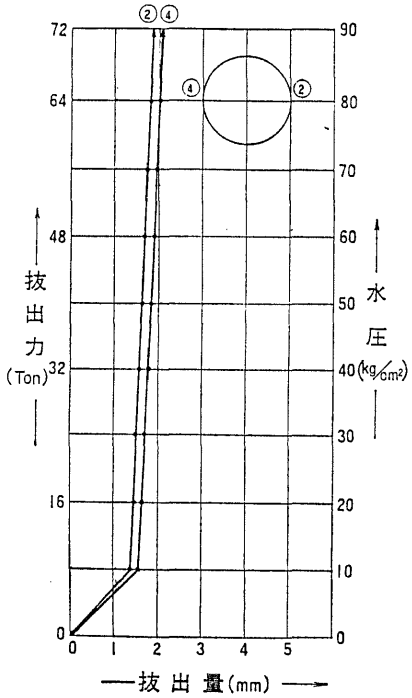


図13—2　600φKF形（直管受口）

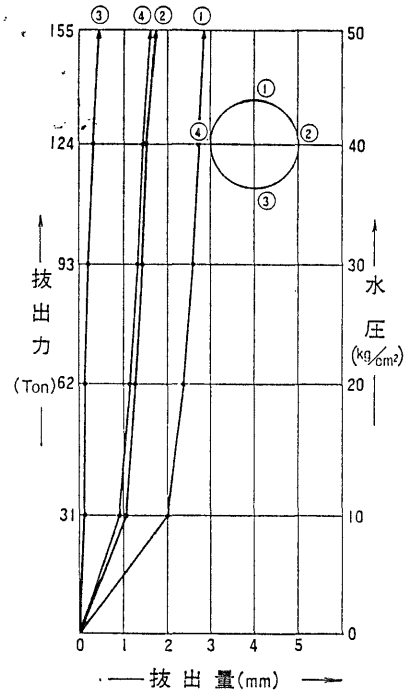


図13—3　800φKF形（異形管受口）

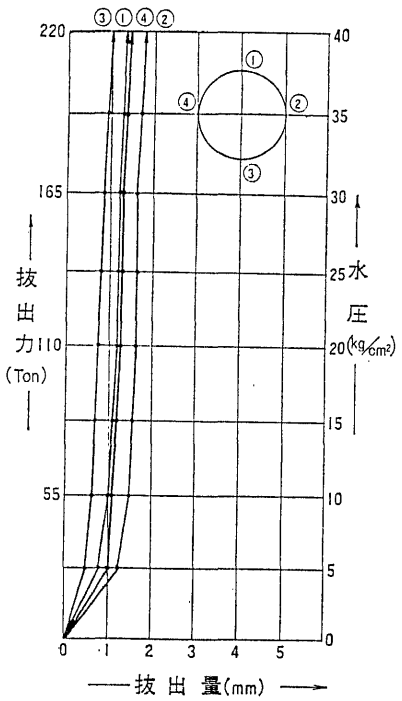


図14　UF形離脱防止継手に於ける
負荷水圧（抜出力）と抜出量

図14—1　1000φUF形（直管受口）

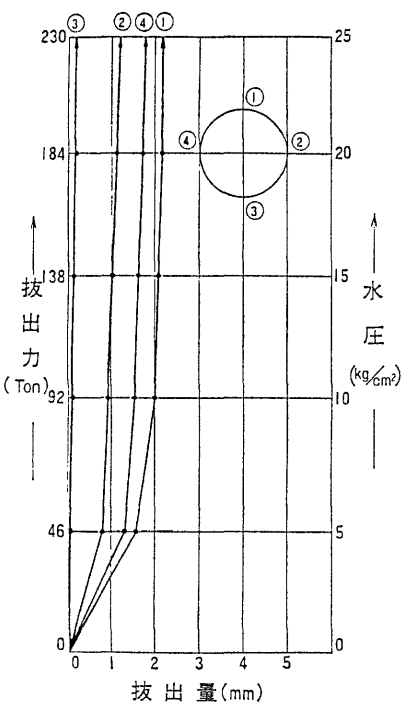


図14—2 1500φUF形（直管受口）

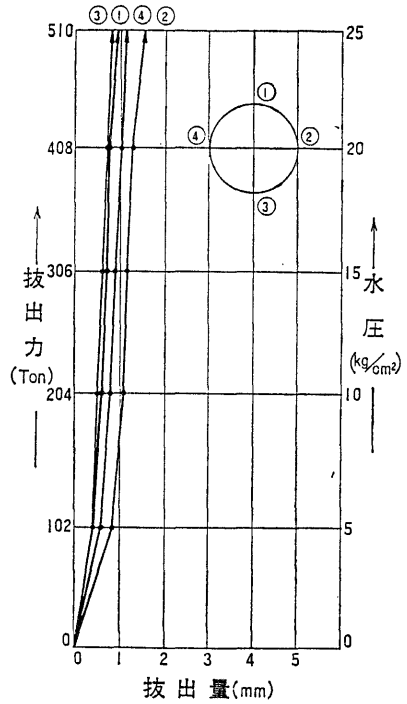
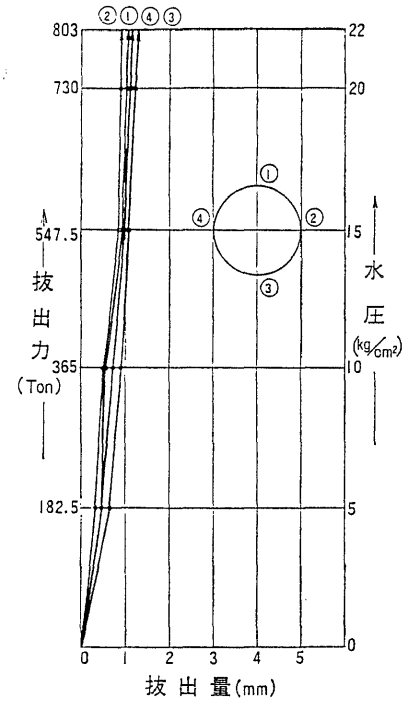


図14—3 2000φUF形（直管受口）



(ロ) 負荷水圧（抜出力）と継手部の発生応力

各継手部に於いて約50個所の測定を行なったが，そのうち代表的なものを2～3あげる。

表—9，及び図15，図16に示すように継手溝部（ロックリングの掛合される部分）の発生応力は小さく十分強靱である。

表—9 負荷水圧（抜出力）と離脱防止継手溝部の発生応力

継手形式	呼び径 mm	継手部	負荷水圧 kg/cm²	換算抜出力 Ton	継手溝部での最大曲げ応力 kg/mm²
KF	300	異形管受口	90	72	11.0
	600	直管受口	50	155	11.0
	800	異形管受口	40	220	13.5
UF	1000	直管受口	25	230	10.6
		異形管受口			4.5
	1500	直管受口	25	510	14.6
		異形管受口			5.8
	2000	直管受口	22	803	13.8
		異形管受口			5.5

ダクタイル鋳鉄の曲げ強さ　54 kg/mm² 以上

図15　ＫＦ形離脱防止継手に於ける負荷水圧（抜出力）と継手溝部の発生応力

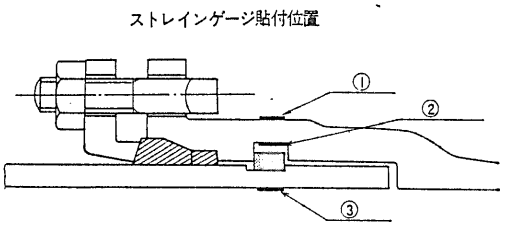


図15—2　600φＫＦ形（直管受口）

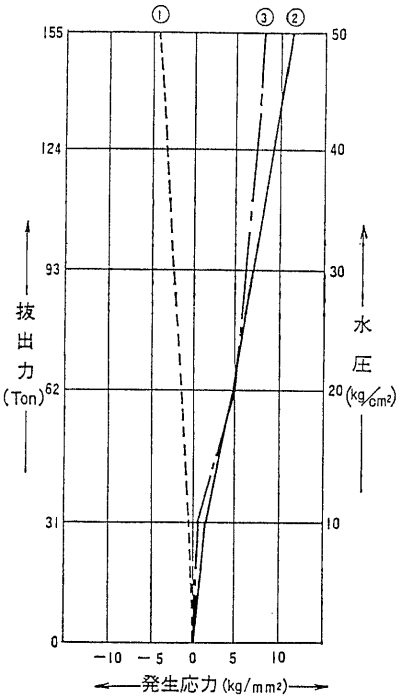


図15—1　300φＫＦ形（異形管受口）

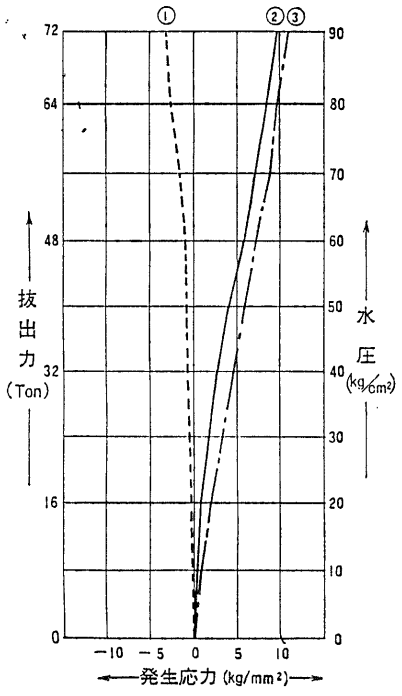


図15—3　800φＫＦ形（異形管受口）

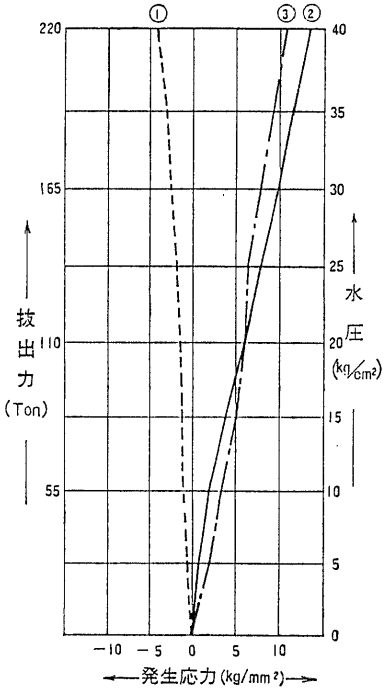


図16　UF形離脱防止継手に於ける負荷水圧（抜出力）と継手溝部の発生応力

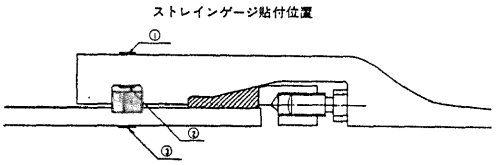


図16—1　1000φUF形（直管受口）

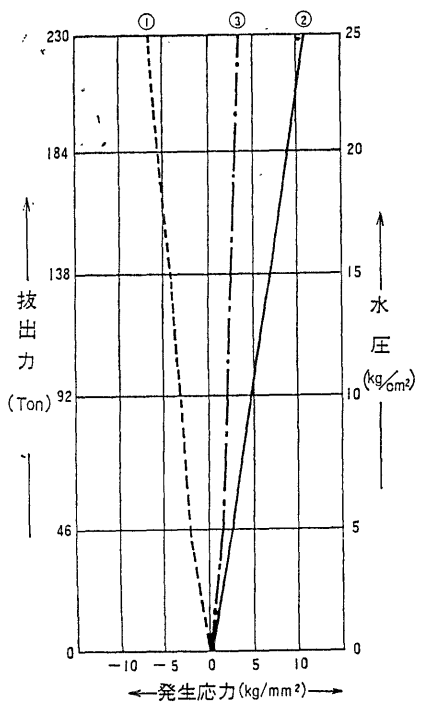


図16—2　1500φUF形（直管受口）

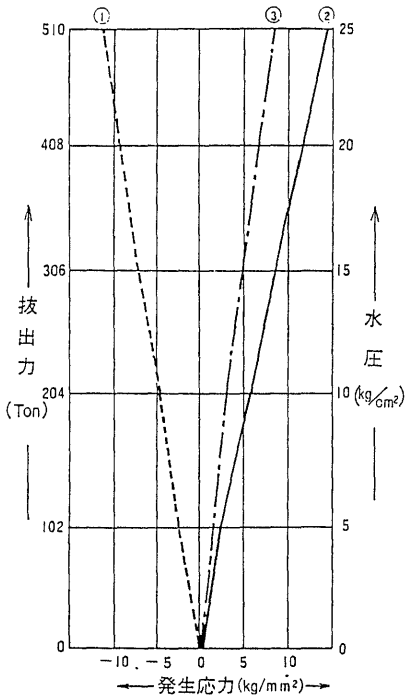
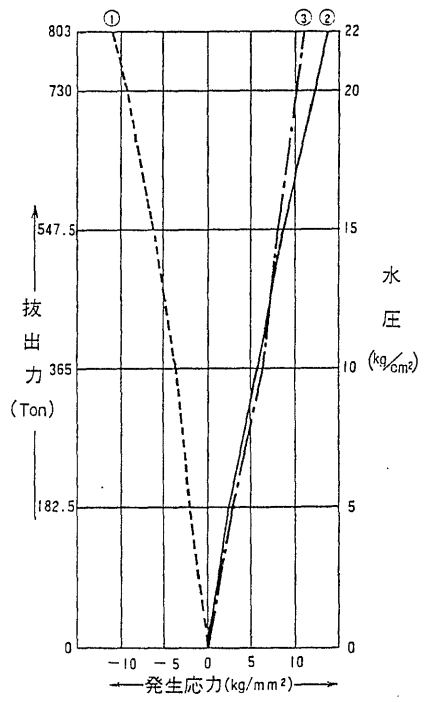


図16—3　2000φUF形（直管受口）



(3) 曲げ剛性

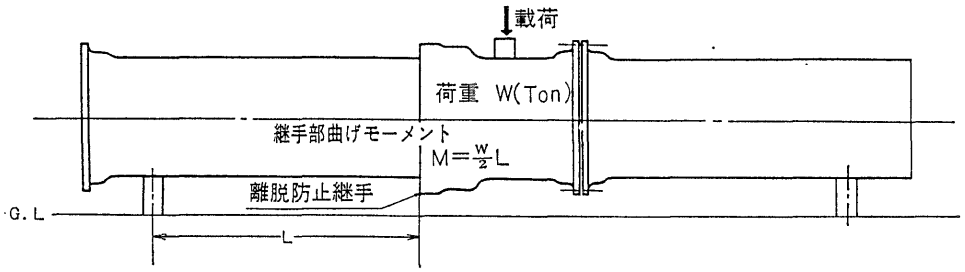
鋳鉄管継手の中で最高の曲げ剛性を有する。ボルト，あるいは押輪等に頼るのではなく，ロックリングを介して受口と挿口が掛合わされ一体化されるので，曲げの力に対して変位量が小さく，強靱で管が破壊するまで耐える。

実験例　継手部曲げ試験

① 試験方法

下の図のように接合した管を2点で支え，中央部に載荷して，強制的に曲げ荷重を与え離脱防止継手部の曲り角度，及び発生応力を測定した。

図17 継手部曲げ試験方法



② 試験結果

(イ) 載荷重（曲げモーメント）と曲り角度

表—10，図17，図18のように継手部の変位は極めて小さい。

表—10 載荷重（曲げモーメント）と離脱防止継手部曲り角度

継手形式	呼び径 mm	継手部	荷重 Ton	曲げモーメント Ton-m	継手部の状況	継手部最大曲り角度
KF	300	異形管受口	16	20.8	破壊その他異常なし	190.0′
	600	直管受口	32	80	〃	33.6′
	800	異形管受口	56	140	〃	29.2′
UF	1000	直管受口	80	200	〃	19.0′
		異形管受口			〃	16.7′
	1500	直管受口	80	120	〃	4.8′
		異形管受口			〃	2.5′
	2000	直管受口	96	144	〃	4.5′
		異形管受口			〃	2.0′

図18 ＫＦ形離脱防止継手に於ける載荷重（曲げモーメント）と曲り角度

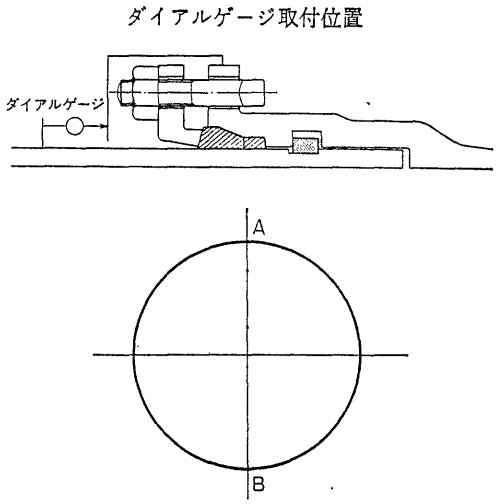
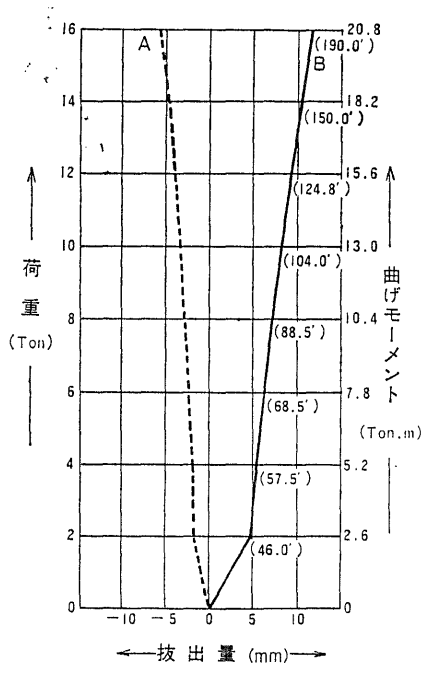
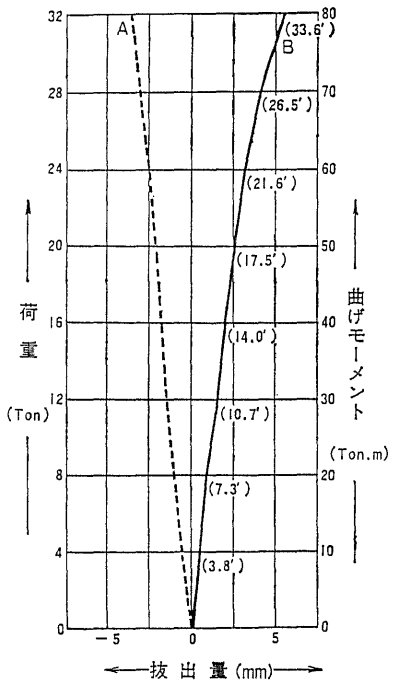


図18—1 300φＫＦ形（異形管受口）



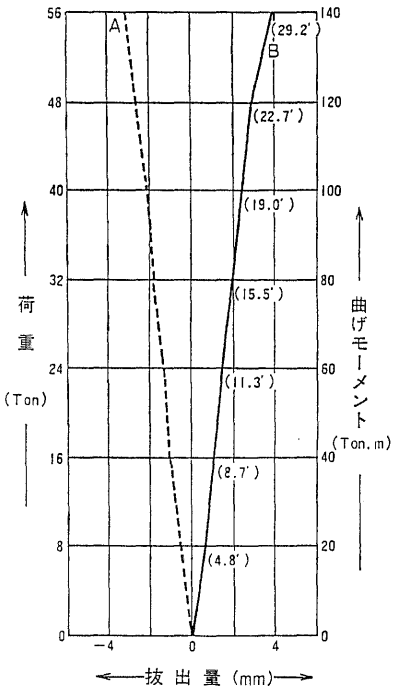
注（ ）内数字……曲り角度

図18—2 600φKF形（直管受口）



注（ ）内数字……曲り角度

図18—3 800φＫＦ形（異形管受口）



注（ ）内数字……曲り角度

図19　UF形離脱防止継手に於ける載荷重（曲げモーメント）と曲り角度

ダイアルゲージ取付位置

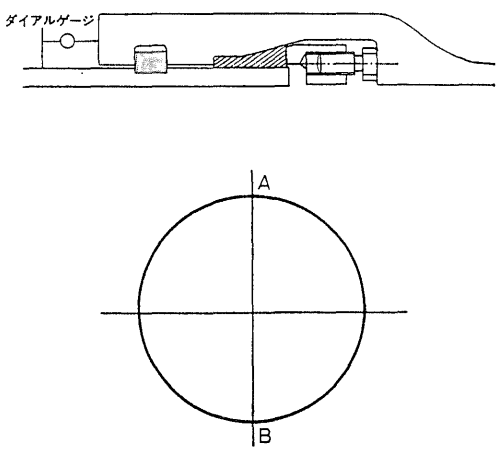
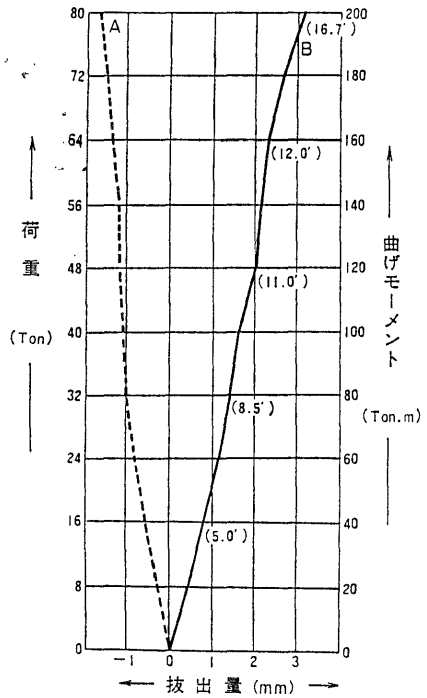
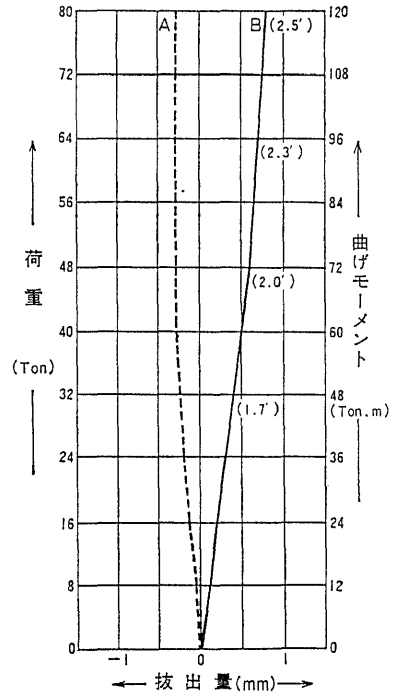


図19—1　1000φUF形（異形管受口）



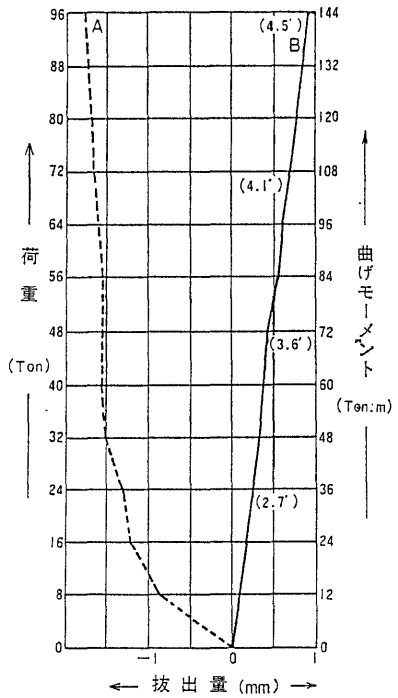
注（　）内数字……曲り角度

図19—2　1500φUF形（異形管受口）



注（　）内数字……曲り角度

図19—3　2000φUF形（直管受口）



注（　）内数字……曲り角度

(ロ) 載荷重（曲げモーメント）と継手部の発生応力

各継手部に於いて約50個所の測定を行なったが，そのうちの代表的なものを2～3あげる。

表—11，図20，図21に示すように継手溝部（ロックリングの掛合される部分）の発生応力は，荷重（曲げモーメント）に対して小さい。

表—11 載荷重（曲げモーメント）と離脱防止継手溝部の発生応力

継手形式	呼び径 mm	継手部	荷重 Ton	曲げモーメント Ton・m	継手溝部での最大曲げ応力 kg/mm²
KF	300	異形管受口	16	20.8	24.0
	600	直管受口	32	80	28.5
	800	異形管受口	56	140	29.8
UF	1,000	直管受口	80	200	39.4
		異形管受口			15.0
	1,500	直管受口	80	120	9.1
		異形管受口			3.8
	2,000	直管受口	96	144	4.1
		異形管受口			1.7

ダクタイル鋳鉄の曲げ強さ54kg/mm²以上

図20 KF形離脱防止継手に於ける載荷重（曲げモーメント）と継手溝部の発生応力

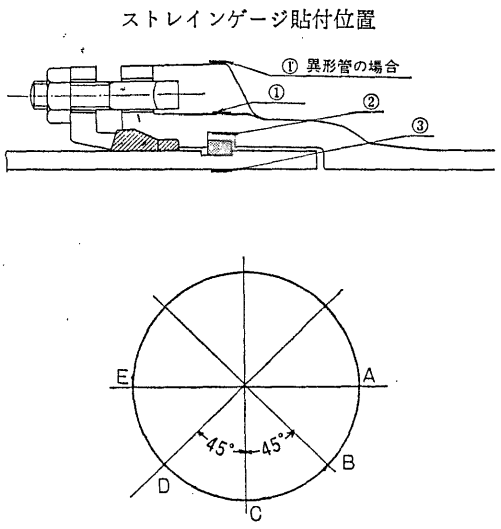


図20—1 300φKF形（異形管受口）

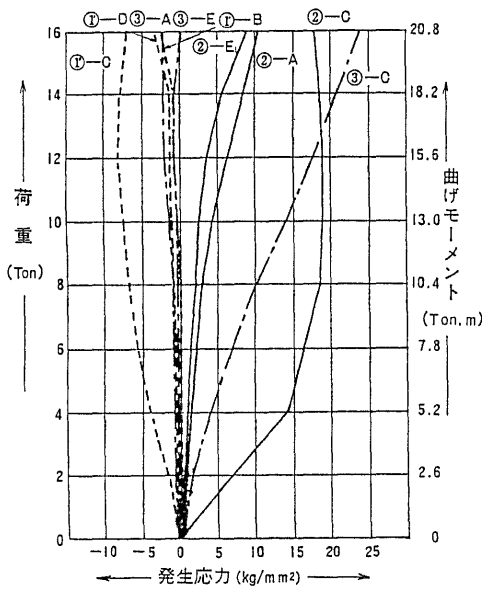


図20—2　600φKF形（直管受口）

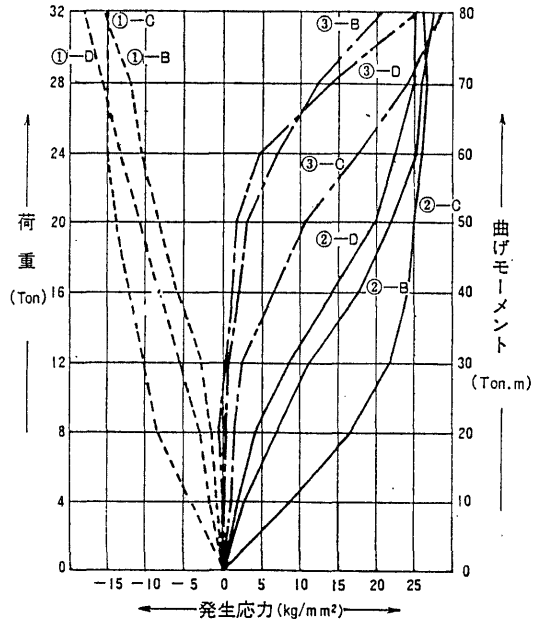


図20—3　800φKF形（異形管受口）

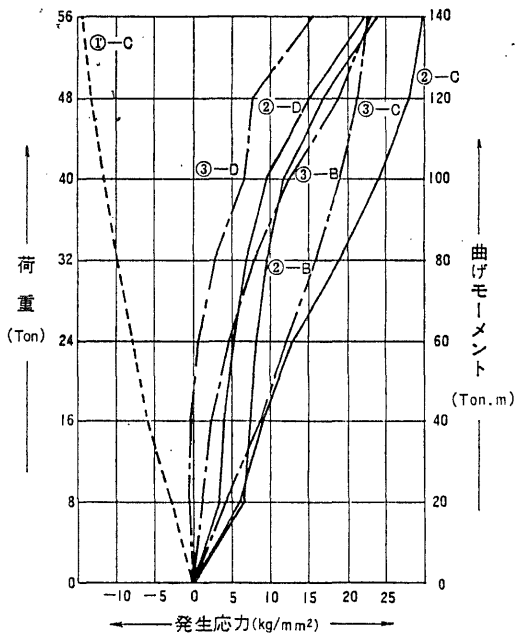


図21　UF形離脱防止継手に於ける載荷重（曲げモーメント）と継手溝部の発生応力

ストレインゲージ貼付位置

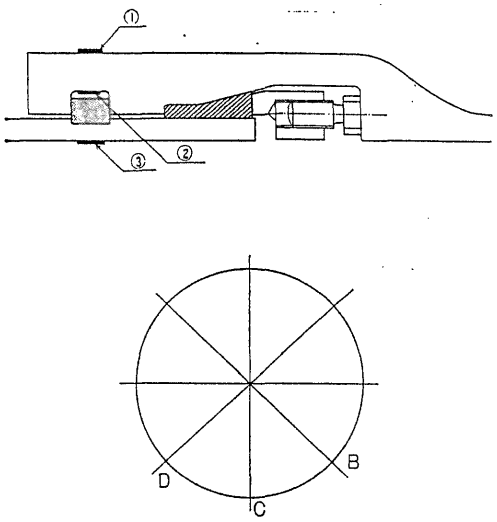


図21—1　1000φUF形（異形管受口）

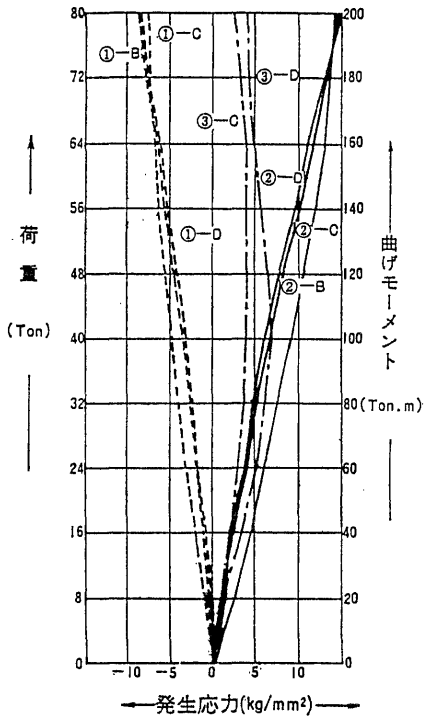


図21—2　1500φUF形（異形管受口）

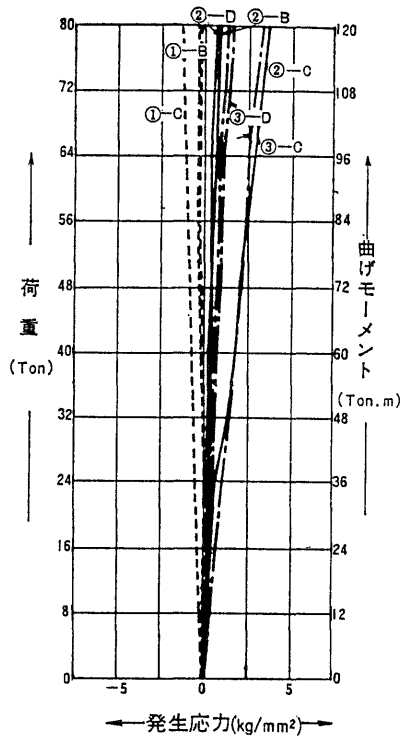
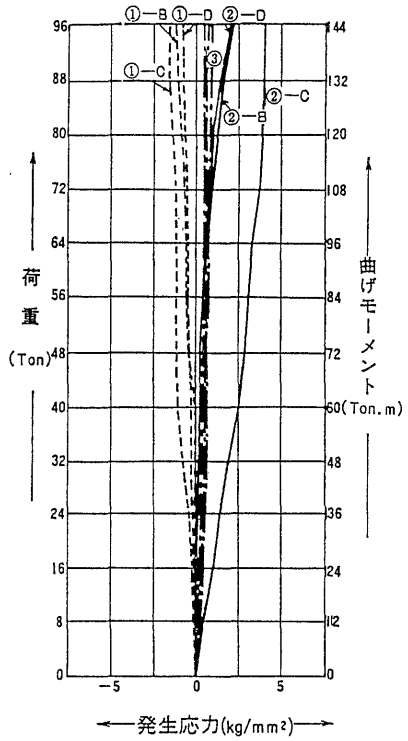


図21—3　2000φUF形（直管受口）



水道用 高級鋳鉄異形管　JISG 5524
ダクタイル鋳鉄異形管　JWWAG 106

営業品目

量水器鉄筐，止水栓鉄筐，止水弁鉄筐，制水弁鉄筐，消火栓鉄筐
ダクタイル鋳鉄製各種鉄筐
制水弁，空気弁，地上・地下消火栓，逆止弁
高級鋳鉄異形管、ダクタイル鋳鉄異形管
制水弁開閉台，水位標示機，制水扉，その他浄配水池用機器類

日之出水道機器株式会社

取締役社長　浦上定司

本　社　福岡市天神1丁目14番16号 不動産ビル3階　電話 福岡 代表(77)4431
営業所　東京・名古屋・大阪・広島・徳山・宮崎
工　場　板付工場・京都八幡工場・埼玉川島工場

5. 埋設状態に於ける水圧負荷時の挙動

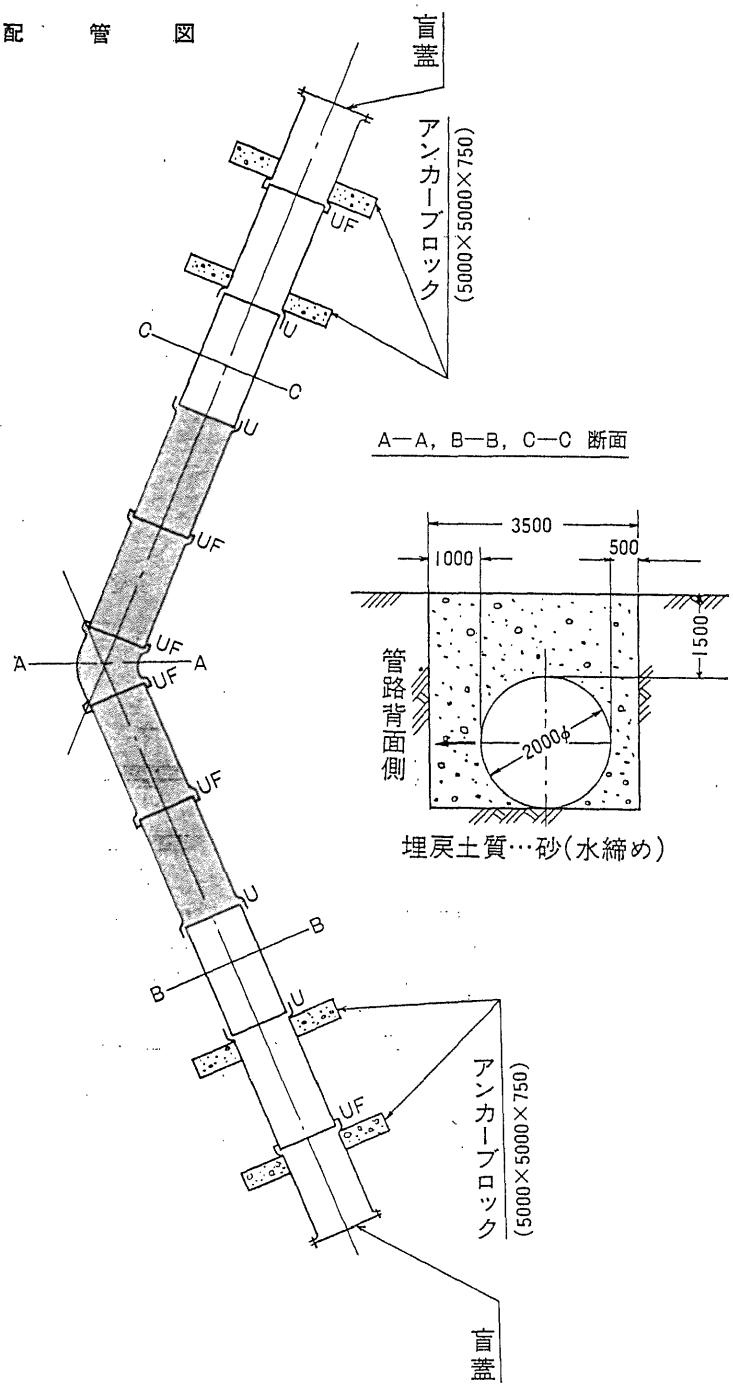
実験例１

2000φＵＦ形継手管（水平45°曲管に片側２本づつＵＦ形直管を接合，曲管部防護コンクリート無し）埋設実験。

① 実験方法

図22のように配管し，埋設下で水圧を２，４，６，８，10，12kg/cm² と負荷し，曲管部に不平均力を発生せしめ管路の変位（移動量），継手に発生する応力を測定した。

図22 配　管　図

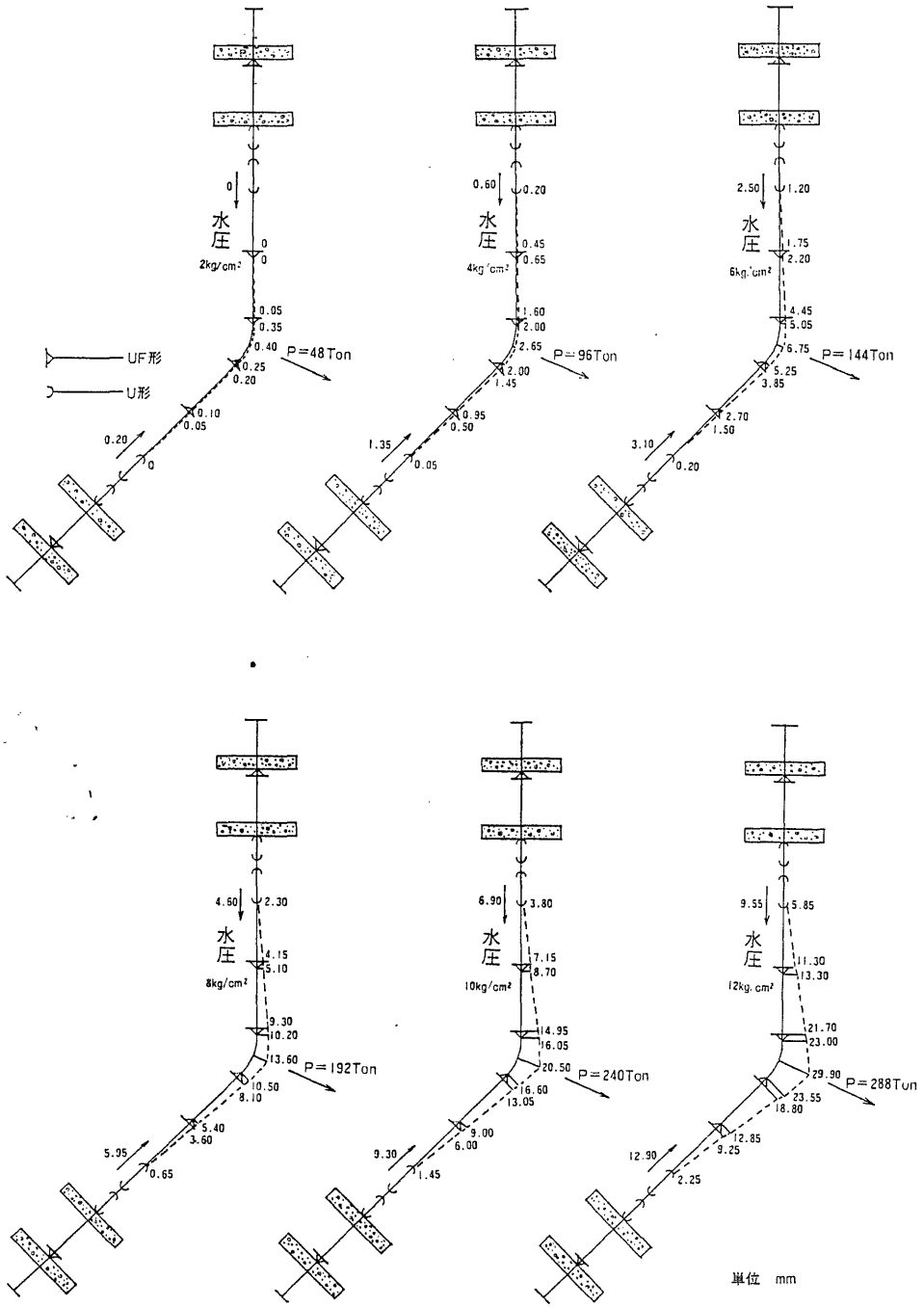


② 実験結果

(イ) 水圧（不平均力）と管路の変位（移動量）

図23に示す。継手が剛なるため局部的に大きな変位を生ずることなく，一種の長大曲管としての挙動が伺える。変位は小さい。

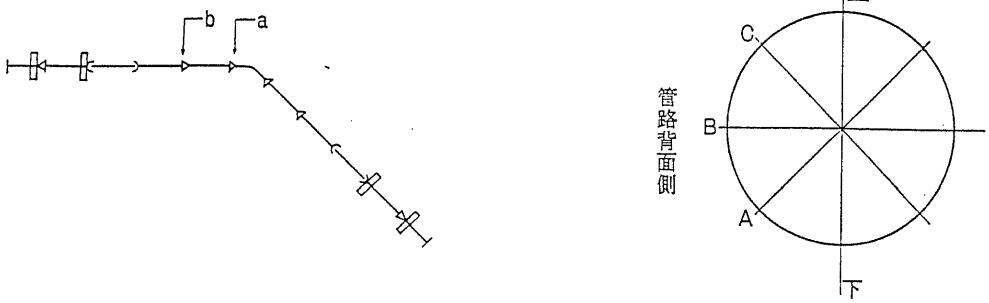
図23 水圧と管路の変位（移動量）



(ロ) 水圧（不平均力）と継手部の発生応力

ゲージ数400点に及んだが，そのうちで代表的なもの2～3点を図24に示す。発生応力は小さい。

図24　水圧（不平均力）と離脱防止継手溝部の発生応力



ストレインゲージ貼付位置

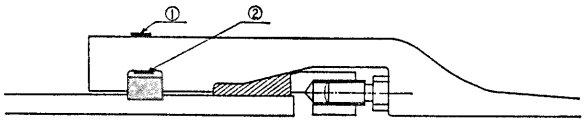


図24—1　異形管（a）受口の発生応力

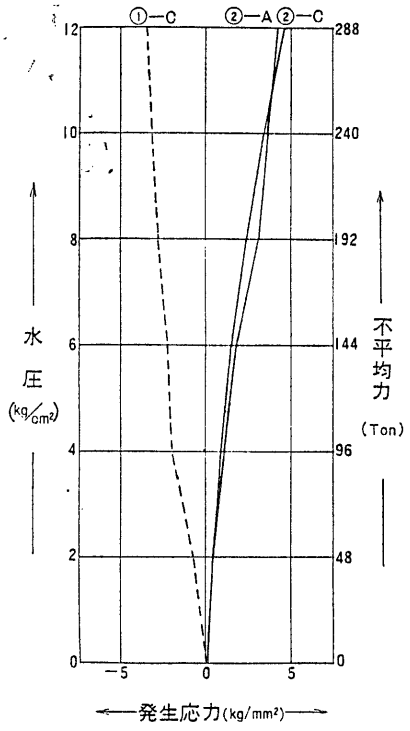
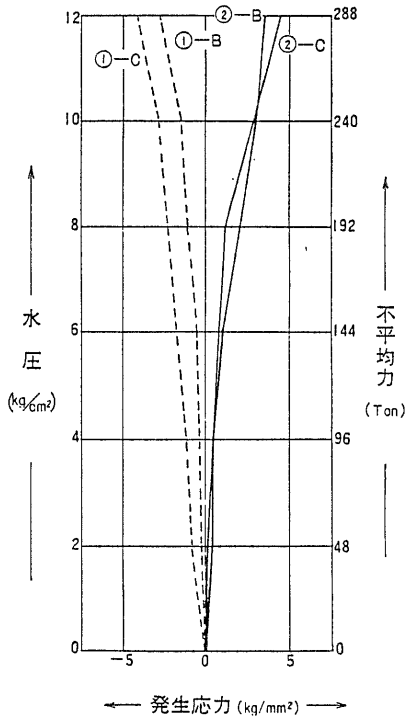


図24—2　直管（b）受口の発生応力



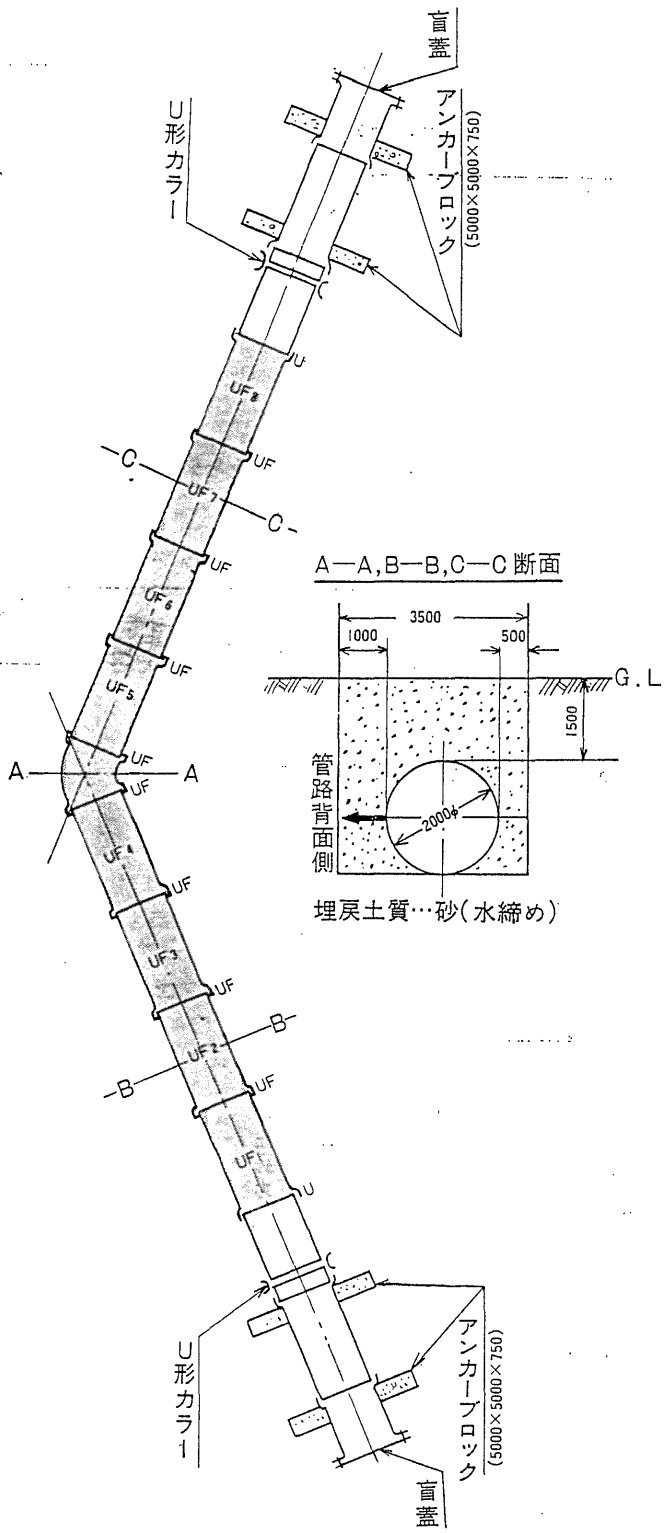
実験例2

2000φＵＦ形継手管（水平45°曲管に片側4本づつＵＦ形直管を接合，曲管部防護コンクリート無し）埋設実験。

①　実験方法

図25のように配管し，埋設下で水圧を3，6，9，12，15 kg/cm² と負荷し，曲管部に不平均力を発生せしめ，管路の変位（移動量），管に作用する土圧，継手に発生する応力を測定した。

図25　配　　管　　図

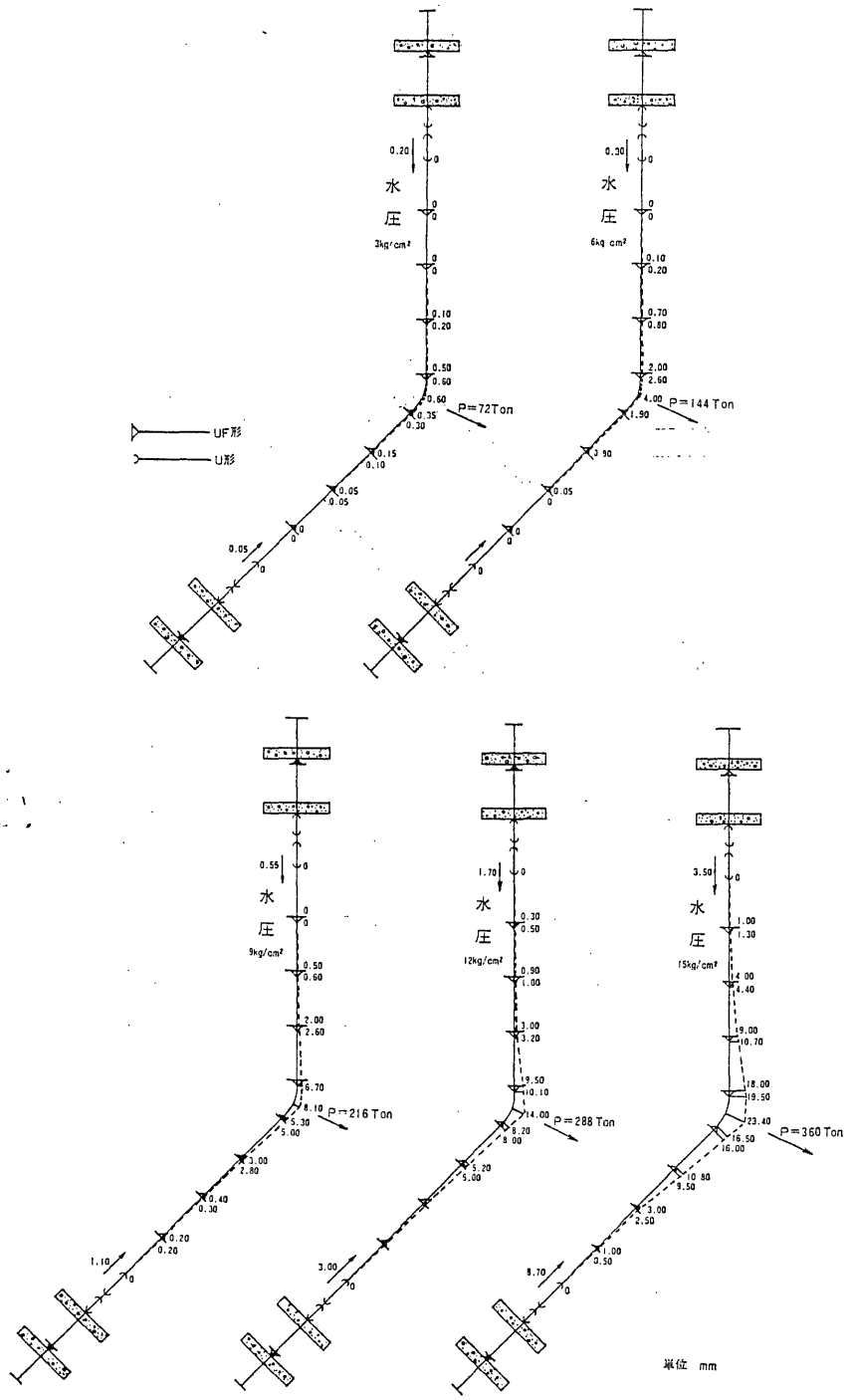


② 実験結果

(イ) 水圧(不平均力)と管路の変位(移動量)

図26に示す。継手の変位が小さいため，巨大な不平均力に対して，防護コンクリートを用いていないのにもかかわらず管路の変位は小さい。

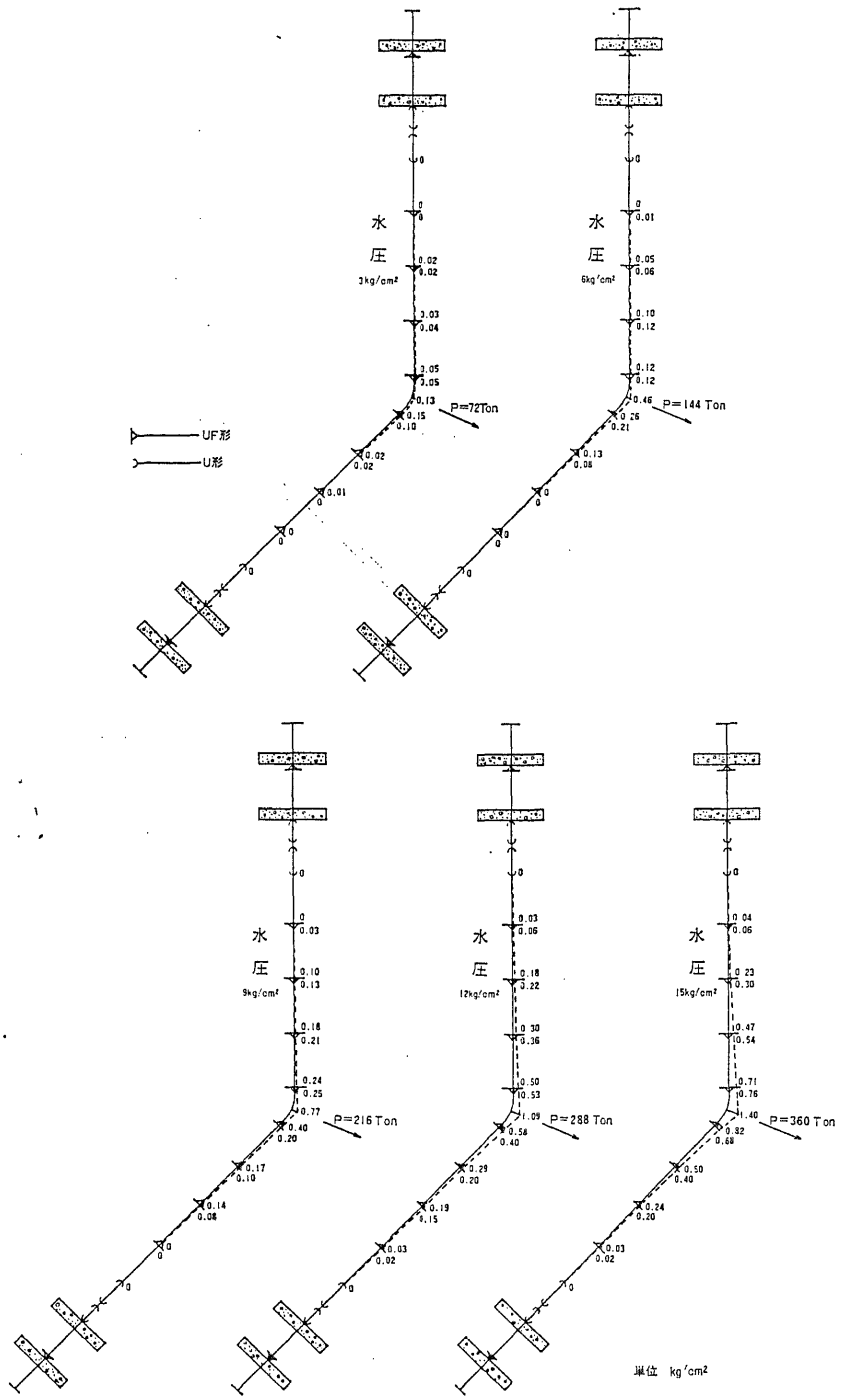
図26　水圧と管路の変位（移動量）



(ロ) 水圧（不平均力）と管路背面の発生土圧

図27に示す。継手の変位が小さいので局部的に大きな受働土圧を受けることなく，不平均力が大きくなるに従って広い範囲にわたって支えられているのがうかがえる。

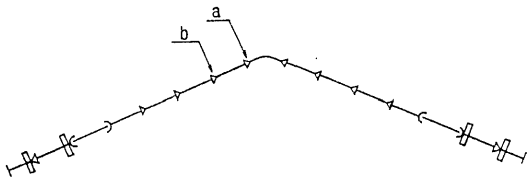
図27 水圧と発生土圧

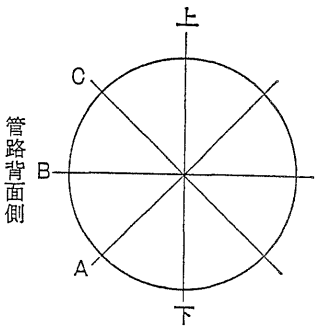


(ハ) 水圧（不平均力）と継手部の発生応力

ゲージ数はおよそ1,000点に及んだが，そのうち代表的なもの2～3点を図28に示す。継手溝部（ロックリングの掛合されている部分）の発生応力は小さく，大きな不平均力に対して十分安全である。

図28　水圧（不平均力）と離脱防止継手溝部の発生応力





ストレインゲージ貼付位置

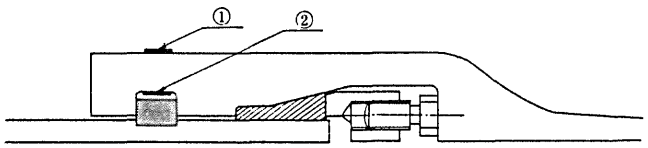


図28—1　異形管（a）受口の発生応力

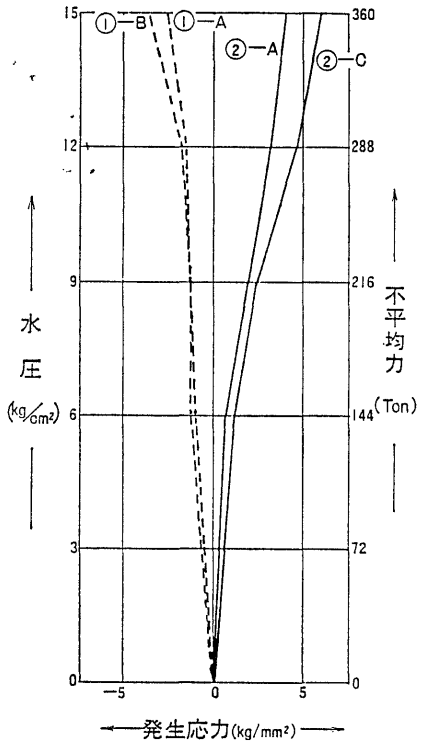
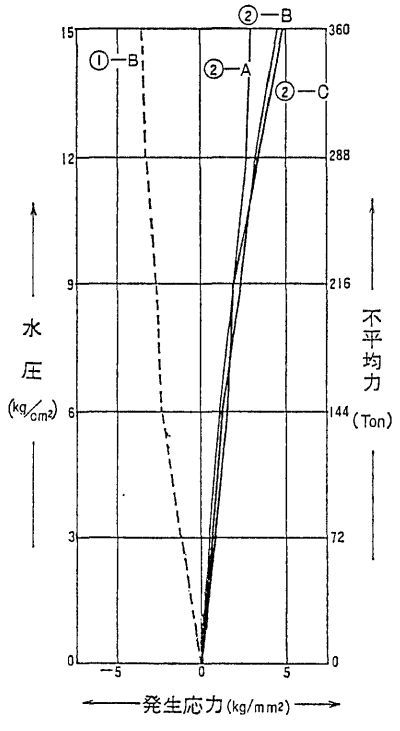


図28—2　直管（b）受口の発生応力



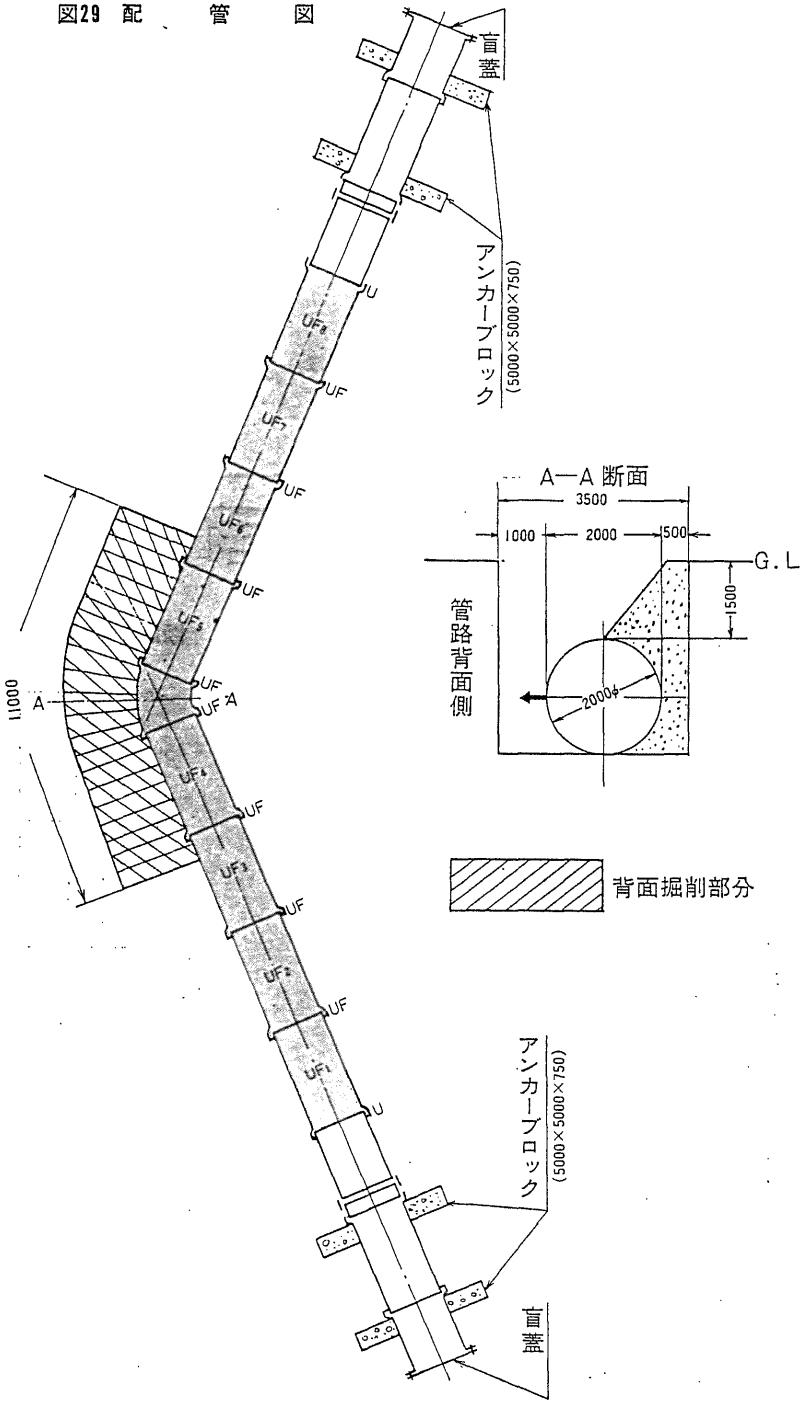
実験例3

2000φＵＦ形継手管（水平45°曲管に片側４本づつＵＦ形直管を接合，曲管部防護コンクリートなし。曲管とその両側の直管部を背面掘削）埋設実験。

① 実験方法

図29のように配管，曲管部の背面掘削を行ない，曲管附近露出の状態で水圧を２，４，６，８，10，12 kg/cm² と負荷し，曲管部に不平均力を発生せしめ管路の変位(移動量)，管に作用

図29 配　管　図



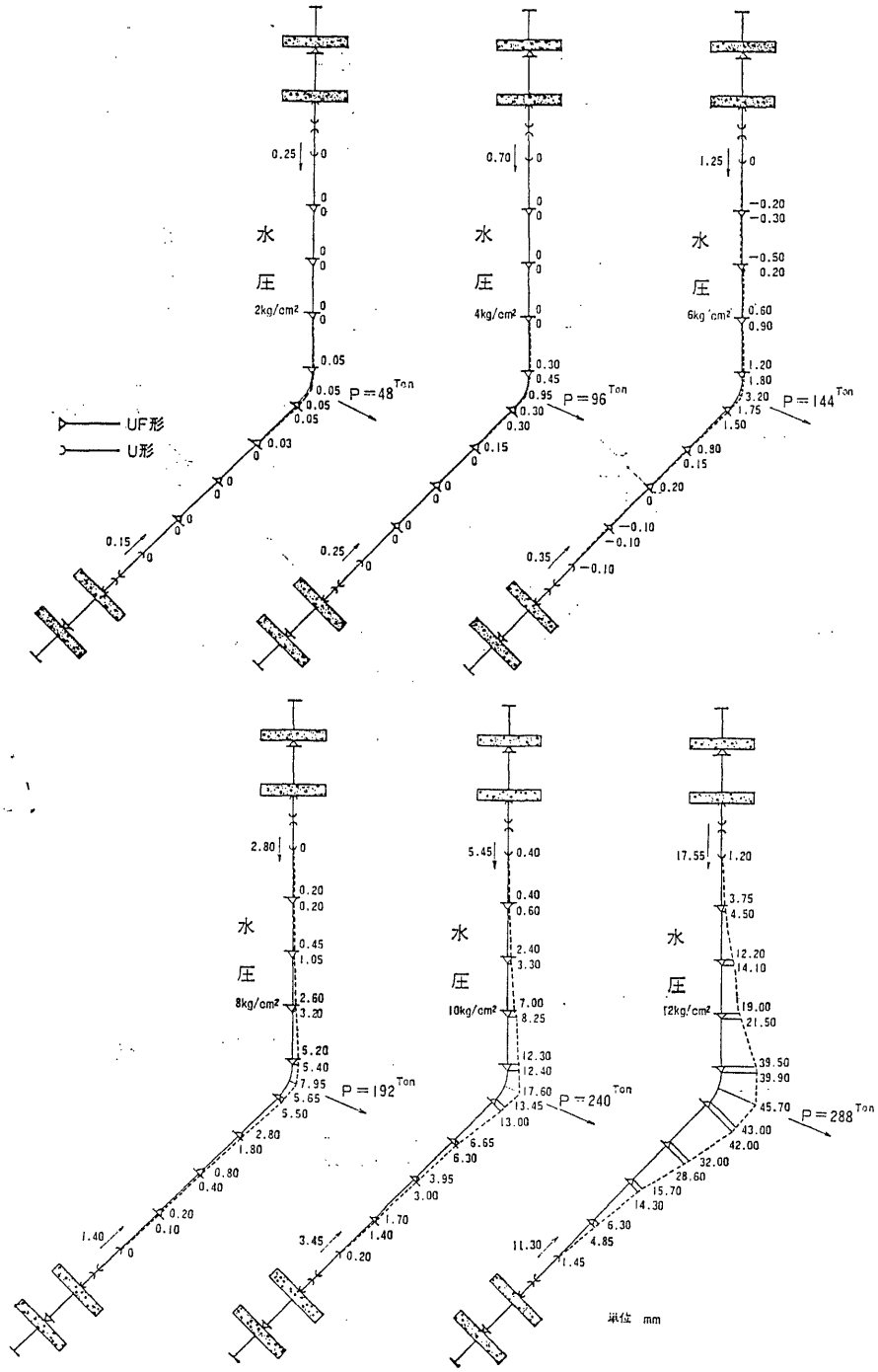
する土圧，継手に発生する応力を測定した。

② 実験結果

(イ) 水圧（不平均力）と管路の変位（移動量）

図30に示す。水圧は8 kg/cm²(不平均力192 Ton) 程度までは，継手が剛なるため，主として埋設されている部分の軸方向抵抗力で耐え，背面掘削の影響はあらわれてい

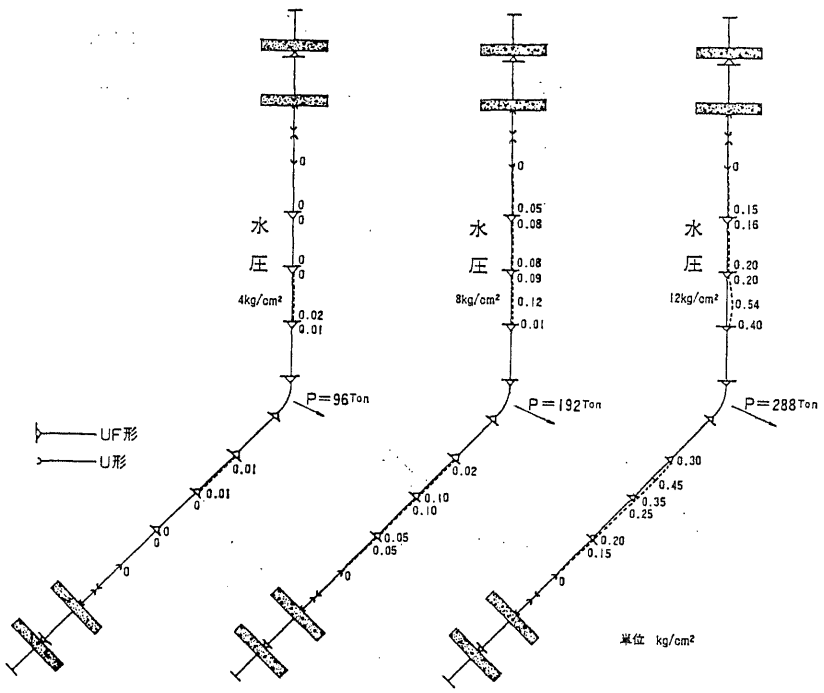
図30 背面掘削 水圧と管路の変位（移動量）



ない。　　図31に示す。

(ロ) 水圧（不平均力）と管路背面発生土圧

図31 背面掘削 水圧と発生土圧

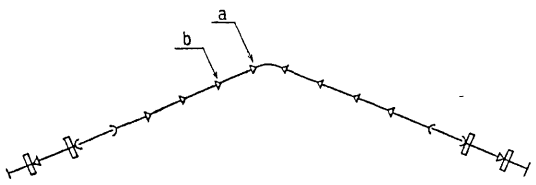


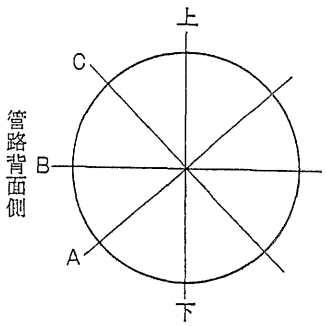
水道用鋳鉄異型管、押輪鉄蓋、特殊継手類一式
製 造 販 売
《水道用鋳鉄異型管工業会々員》
K 大阪鋳工所
大阪府河内市大字桜橋通り45　TEL06(大阪)722−1801

(ハ) 水圧（不平均力）と継手部の発生応力

ゲージ数はおよそ1,000点に及んだが，そのうち代表的なもの2～3点を32図に示す。継手溝部の発力応生は小さく十分安全である。

図32　水圧（不平均力）と離脱防止継手溝部の発生応力





ストレインゲージ貼付位置

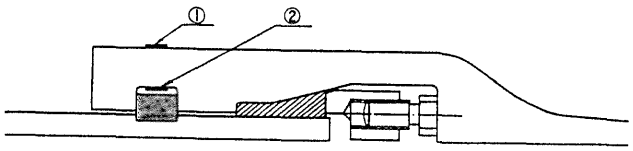


図32—1　異形管（a）受口の発生応力

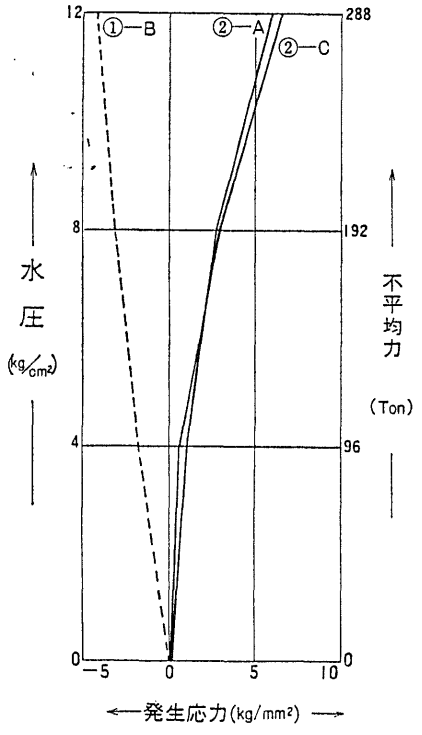
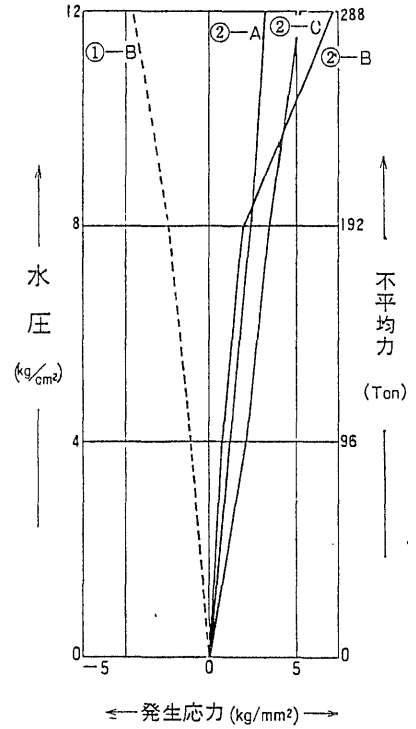
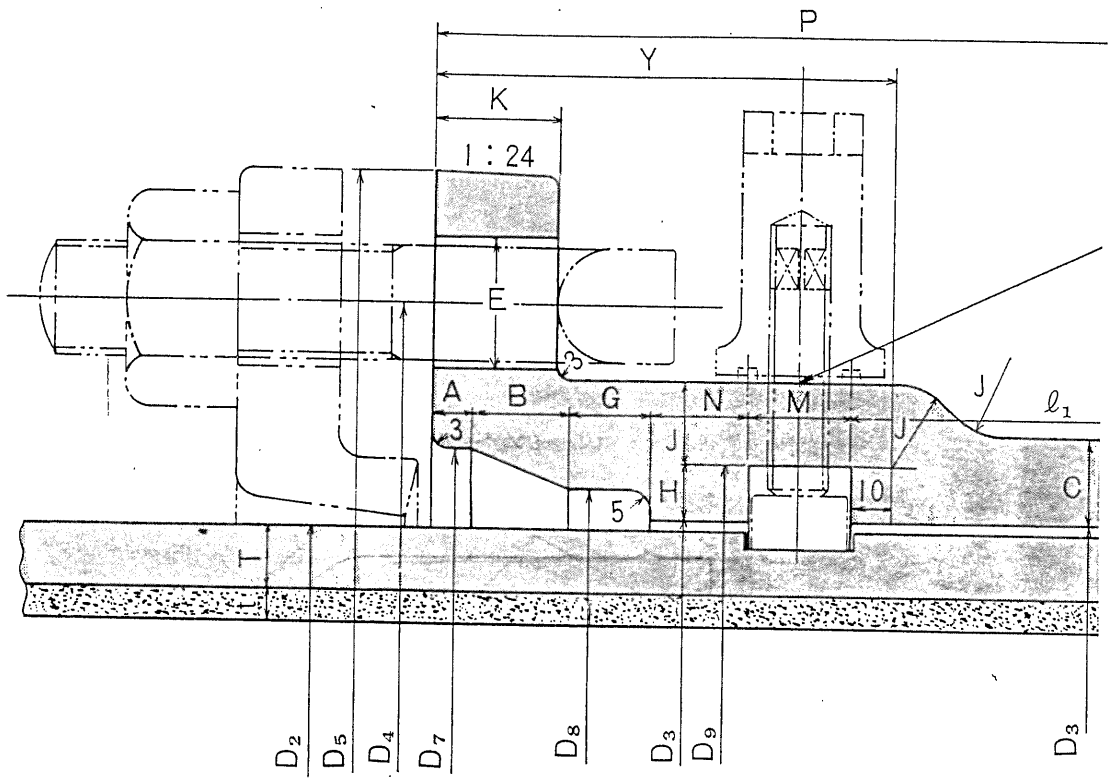


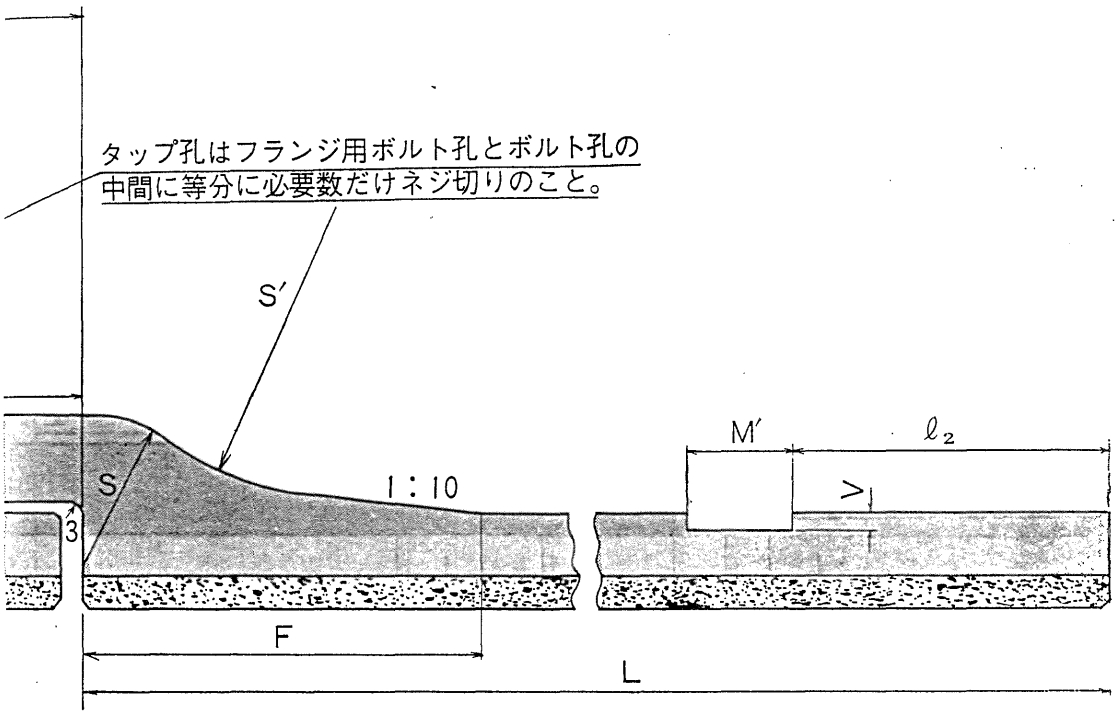
図32—2　直管（b）受口の発生応力



300φ～900φ 直 管



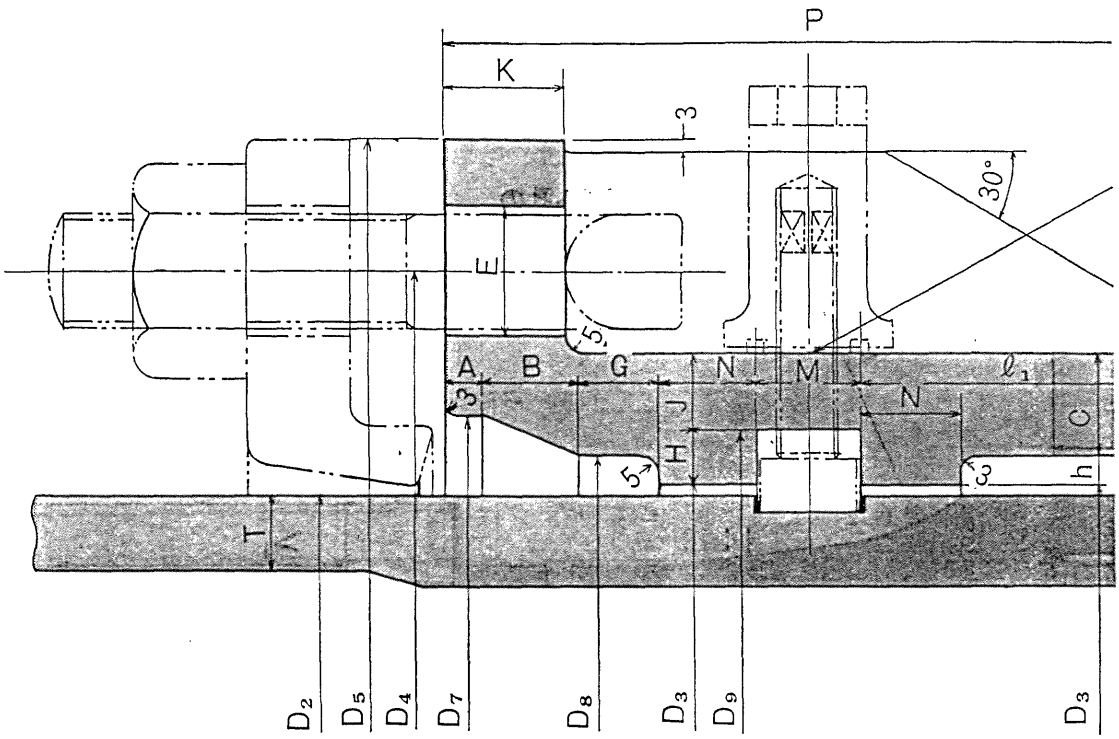
呼び径	管厚		実外径	各部寸																
D	T	t	D_2	D_3	D_4	D_5	D_7	D_8	D_9	A	B	C	G	E	F	H	J	K	M
300	9.5	6	322.8	326.8	399	443	354.8	338.8	350.8	8	19	14	19	22	80	12	11	23	16
350	〃	〃	374.0	378.0	458	502	406.0	390.0	402.0	〃	〃	〃	〃	〃	85	〃	14	24	〃
400	10.0	〃	425.6	429.6	512	556	457.6	441.6	453.6	〃	〃	15	〃	〃	〃	〃	15	25	〃
450	10.5	〃	476.8	480.8	567	611	508.8	492.8	504.8	〃	〃	16	〃	〃	〃	〃	16	26	〃
500	12.0	〃	528.0	532.0	618	662	560.0	544.0	558.0	〃	〃	17	〃	〃	90	13	〃	27	21
600	13.0	〃	630.8	634.8	725	769	662.8	646.8	660.8	〃	〃	18	〃	〃	〃	〃	18	28	〃
700	14.0	8	733.0	738.0	839	895	773.0	753.0	766.0	10	25	19	20	28	〃	14	20	29	26
800	15.0	〃	836.0	841.0	942	998	876.0	856.0	869.0	〃	〃	21	〃	〃	〃	〃	〃	30	〃
900	16.0	〃	939.0	944.0	1052	1118	979.0	959.0	972.0	〃	〃	22	〃	33	100	〃	21	31	〃



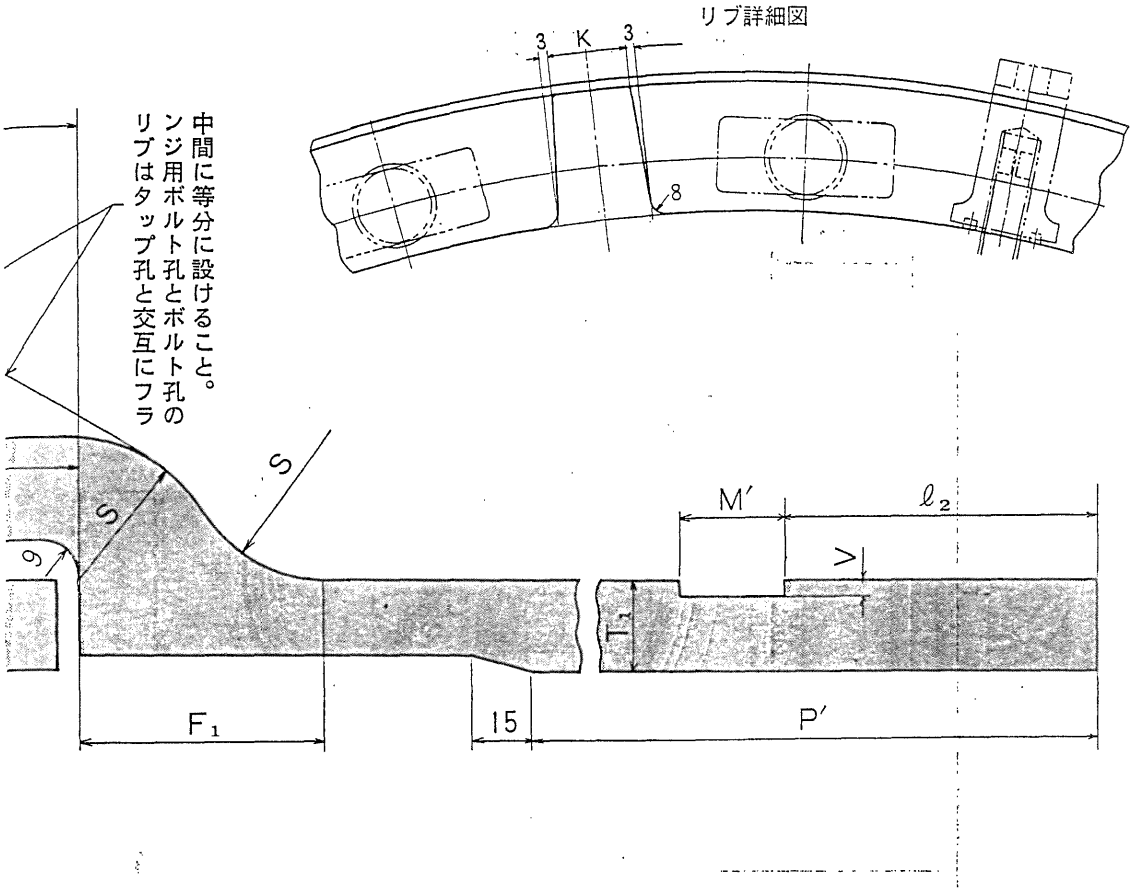
単位mm

法													有効長	重量 (kg)						呼び径
M′	N	P	S	S′	V	Y	ℓ_1	ℓ_2	ボルト数	タップ孔 呼び径	タップ孔 数		L	受口凸部	挿口凹部	直部1m ライニング	直部1m 鋳鉄管	総重量 ライニング	総重量 鋳鉄管	D
17	15	130	26	55	3	87	53	50	8	W½	4		6000	26.6	-0.366	13.47	66.86	80.8	427	300
〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	10	〃	5		〃	34.3	-0.425	15.79	77.78	94.7	501	350
〃	〃	〃	28	60	〃	〃	〃	〃	12	〃	6		〃	40.8	-0.484	18.08	93.35	108	600	400
〃	〃	〃	30	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃		〃	48.1	-0.543	20.35	109.98	122	707	450
22	20	150	32	65	4	97	63	60	14	W⅝	7		〃	60.0	-1.04	22.53	139.09	135	894	500
〃	〃	〃	〃	70	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃		〃	76.6	-1.24	27.09	180.40	163	1160	600
27	25	190	34	75	〃	116	84	80	16	〃	8		〃	114	-1.77	42.04	226.11	252	1470	700
〃	〃	〃	36	80	〃	〃	〃	〃	20	〃	10		〃	133	-2.02	48.13	276.62	289	1790	800
〃	〃	〃	38	85	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃		〃	144	-2.27	54.23	331.73	325	2130	900

300φ～900φ 異形管接合図



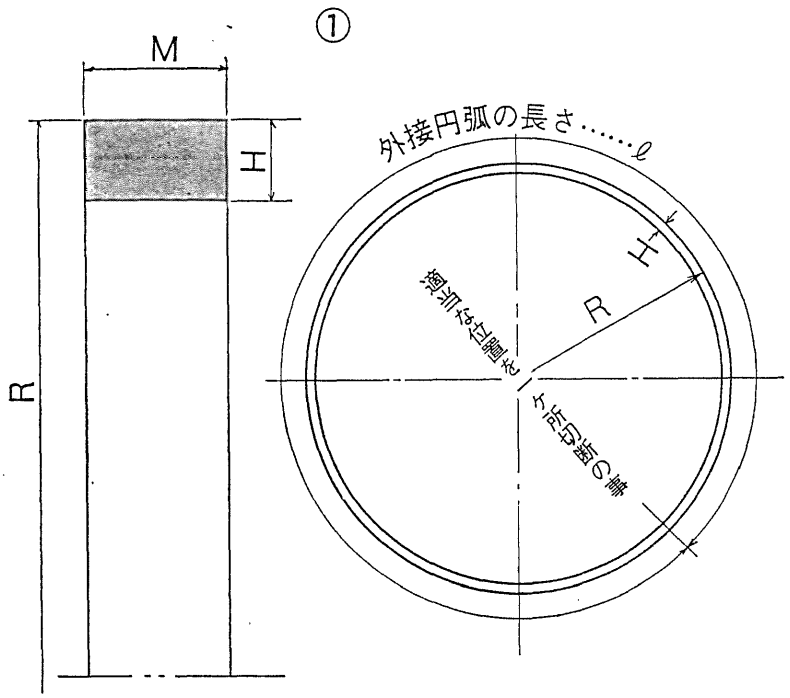
呼び径	管　厚		実外径	各　部												
D	T	T_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_7	D_8	D_9	A	B	C	G	E	H	F_1
300	12.5	15.5	322.8	326.8	399	443	354.8	338.8	350.8	8	19	16	19	22	12	41.6
350	13.0	16.0	374.0	378.0	458	502	406.0	390.0	402.0	〃	〃	19	〃	〃	〃	46.8
400	14.0	17.0	425.6	429.6	512	556	457.6	441.6	453.6	〃	〃	20	〃	〃	〃	48.5
450	14.5	17.5	476.8	480.8	567	611	508.8	492.8	504.8	〃	〃	21	〃	〃	〃	50.2
500	15.0	19.0	528.0	532.0	618	662	560.0	544.0	558.0	〃	〃	22	〃	〃	13	52.0
600	16.0	20.0	630.8	634.8	725	769	662.8	646.8	660.8	〃	〃	23	〃	〃	〃	53.7
700	17.0	21.0	733.0	738.0	839	895	773.0	753.0	766.0	10	25	25	20	28	14	59.8
800	18.0	22.0	836.0	841.0	942	998	876.0	856.0	869.0	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
900	19.0	23.0	939.0	944.0	1052	1118	979.0	959.0	972.0	〃	〃	26	〃	33	〃	61.5



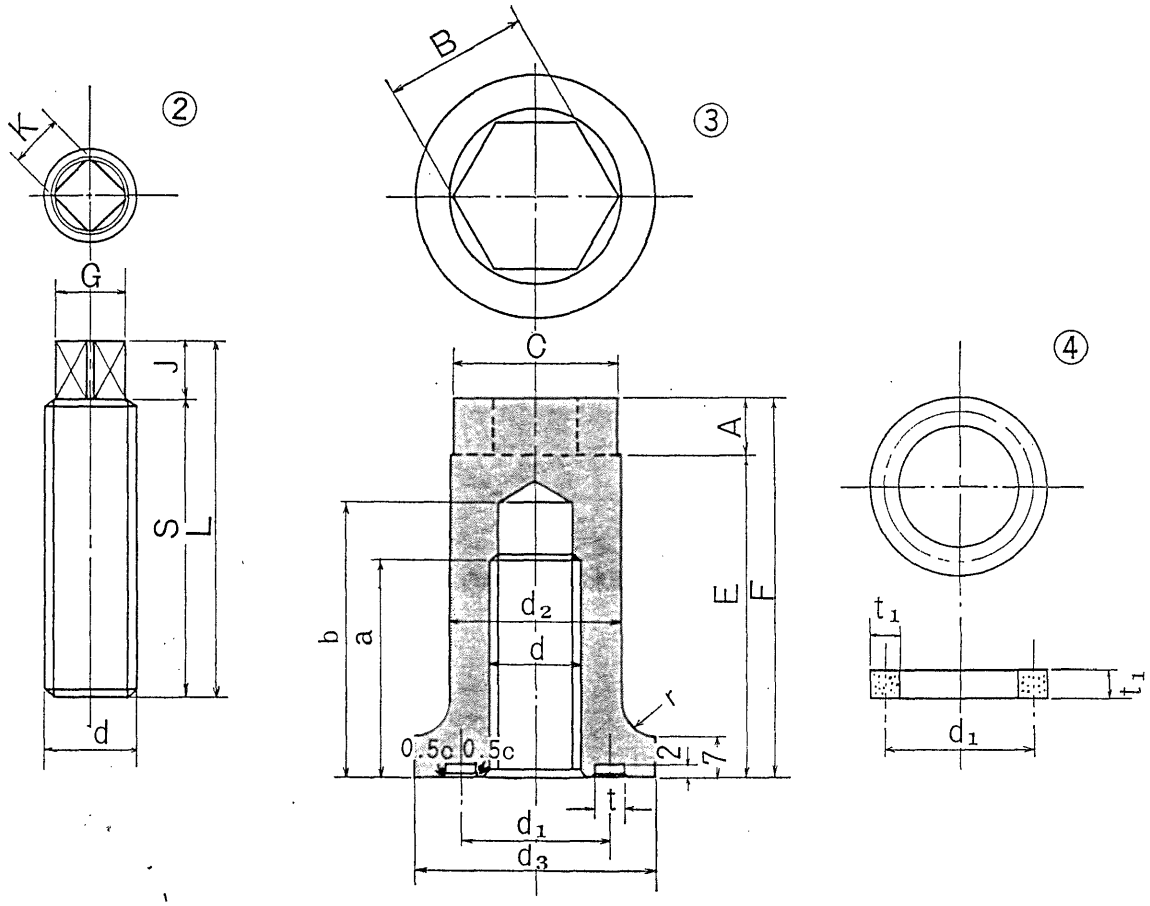
単位mm

寸法														重量 (kg)			呼び径
J	K	M	M′	N	P&P′	S	V	ℓ_1	ℓ_2	h	ボルト数	タップ孔 呼び径	タップ孔 数	受口凸部	挿口凸部	直部1m	D
10	23	16	17	15	130	24.0	3	53	50	6	8	W½	4	29.4	2.37	87.126	300
13	24	〃	〃	〃	〃	27.0	〃	〃	〃	〃	10	〃	5	39.4	2.77	105.416	350
14	25	〃	〃	〃	〃	28.0	〃	〃	〃	〃	12	〃	6	46.9	3.17	129.438	400
15	26	〃	〃	〃	〃	29.0	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	54.8	3.58	150.574	450
〃	27	21	22	20	150	30.0	4	63	60	〃	14	W⅝	7	69.5	5.96	172.848	500
16	28	〃	〃	〃	〃	31.0	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	85.7	7.18	220.959	600
18	29	26	27	25	190	34.5	〃	84	80	7	16	〃	8	134	10.6	273.413	700
〃	30	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	20	〃	10	153	12.1	330.737	800
19	31	〃	〃	〃	〃	35.5	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	183	13.7	392.643	900

300φ～900φ KF形用付属品



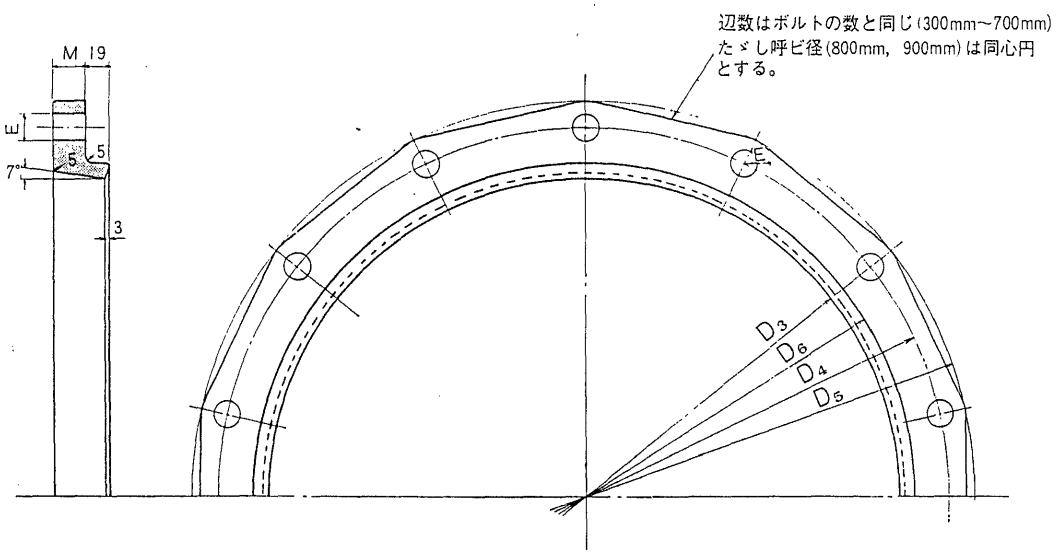
適用される管の呼び径	ロックリング				押ネジ							シ			
	H	M	R	ℓ	呼び径 d	G	J	K	S	L	1組の必要数	呼び径 d	A	B	C
300	12	15	167.4	1052	W½	9	8	7	43	51	4	W½	8	21	24.2
350	〃	〃	193.0	1213	〃	〃	〃	〃	〃	〃	5	〃	〃	〃	〃
400	〃	〃	218.8	1375	〃	〃	〃	〃	〃	〃	6	〃	〃	〃	〃
450	〃	〃	244.4	1536	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
500	13	20	270.0	1696	W⅝	12	10	9	52	62	7	W⅝	10	26	30.0
600	〃	〃	321.4	2019	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
700	14	25	373.0	2344	〃	〃	〃	〃	〃	〃	8	〃	〃	〃	〃
800	〃	〃	424.5	2667	〃	〃	〃	〃	〃	〃	10	〃	〃	〃	〃
900	〃	〃	476.0	2991	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃



単位mm

ル			キ		ャ		ッ		プ		ゴムリング			1組の重量(kg)			適用される管の呼び径
E	F	a	b	d_1	d_2	d_3	r	t	1組の必要数	d_1	t_1	1組の必要数	ロックリング	押ネジ	シールキャップ	
50	58	35	43	22	26	36	5	4	4	22	4	4	1.31	0.152	0.824	300
〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	5	〃	〃	5	1.51	0.190	1.030	350
〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	6	〃	〃	6	1.72	0.228	1.236	400
〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	1.93	〃	〃	450
56	66	38	48	26	30	42	6	5	7	26	5	7	3.08	0.518	2.135	500
〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	3.68	〃	〃	600
〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	8	〃	〃	8	5.76	0.592	2.440	700
〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	10	〃	〃	10	6.57	0.740	3.050	800
〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	7.37	〃	〃	900

300φ～900φ KF形用押輪

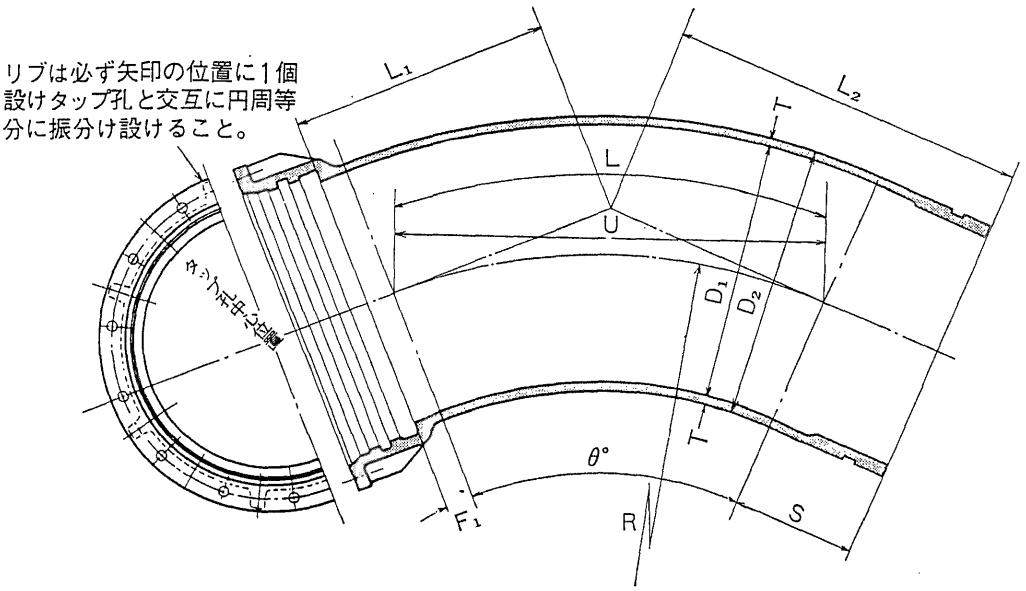


注 押輪については薄形を除き水道協会規格のA形用と同じである。

単位mm

呼び径	各部寸法									重量 (kg)			呼び径
D	D_3	D_4	D_5	D_6	E	M 薄形 FCD	M JWWA FCD	M JWWA FC	ボルトの数	薄形 FCD	JWWA FCD	JWWA FC	D
300	326.8	399	443	350.8	22	——	23	28	8	——	9.80	11.6	300
350	378.0	458	502	402.0	〃	——	24	29	10	——	13.1	15.5	350
400	429.6	512	556	453.6	〃	——	25	30	12	——	16.0	18.9	400
450	480.8	567	611	504.8	〃	——	26	31	〃	——	18.9	22.2	450
500	532.0	618	662	556.0	〃	24	27	32	14	19.6	22.0	25.3	500
600	634.8	725	769	658.8	〃	〃	28	33	〃	23.7	27.5	31.4	600
700	738.0	839	895	768.0	28	25	29	34	16	32.2	39.1	45.2	700
800	841.0	942	998	871.0	〃	〃	30	36	20	41.4	48.6	57.5	800
900	944.0	1052	1118	974.0	33	26	31	38	〃	52.6	61.4	74.3	900

300φ～900φ×θ° 受サシ曲管



θ°＝90°　　単位mm

呼び径 D	管厚 T	実外径 D₂	実内径 D₁	90° 曲管寸法 R	U	L	S	F₁	L₁	L₂	重量 (kg)
300	12.5	322.8	297.8	550	777.8	863.9	270	41.6	591.6	820	134
350	13.0	374.0	348.0	〃	〃	〃	〃	46.8	596.8	〃	167
400	14.0	425.6	397.6	600	848.5	942.4	〃	48.5	648.5	870	213
450	14.5	476.8	447.8	〃	〃	〃	〃	50.2	650.2	〃	249
500	15.0	528.0	498.0	700	989.9	1099.5	290	52.0	752.0	990	325
600	16.0	630.8	598.8	800	1131.3	1256.6	340	53.7	853.7	1140	458
700	17.0	733.0	699.0	900	1272.7	1413.7	370	59.8	959.8	1270	649
800	18.0	836.0	800.0	1000	1414.2	1570.8	〃	〃	1059.8	1370	827
900	19.0	939.0	901.0	1100	1555.6	1727.8	〃	61.5	1161.5	1470	1040

$\theta°=45°$　　単位mm

呼び径	管 厚	実外径	実内径	45° 曲 管 寸 法							重 量 (kg)
D	T	D_2	D_1	R	U	L	S	F_1	L_1	L_2	
300	12.5	322.8	297.8	700	535.8	549.7	220	41.6	331.5	509.9	102
350	13.0	374.0	348.0	800	612.3	628.3	〃	46.8	378.2	551.4	137
400	14.0	425.6	397.6	900	688.8	706.8	〃	48.5	421.3	592.8	176
450	14.5	476.8	447.8	1000	765.4	785.4	〃	50.2	464.4	634.2	217
500	15.0	528.0	498.0	1100	841.9	863.9	240	52.0	507.6	695.6	275
600	16.0	630.8	598.8	1300	995.0	1021.0	〃	53.7	592.2	778.5	383
700	17.0	733.0	699.0	1500	1148.1	1178.1	270	59.8	681.1	891.3	557
800	18.0	836.0	800.0	1700	1301.1	1335.1	〃	〃	764.0	974.2	716
900	19.0	939.0	901.0	1900	1454.2	1492.2	〃	61.5	848.5	1057.0	913

$\theta°=22\frac{1}{2}°$　　単位mm

呼び径	管 厚	実外径	実内径	22½° 曲 管 寸 法							重 量 (kg)
D	T	D_2	D_1	R	U	L	S	F_1	L_1	L_2	
300	12.5	322.8	297.8	1400	546.3	549.7	170	41.6	320.1	448.5	98.1
350	13.0	374.0	348.0	1600	624.3	628.3	〃	46.8	365.1	488.3	131
400	14.0	425.6	397.6	1800	702.3	706.8	220	48.5	406.5	578.0	176
450	14.5	476.8	447.8	2000	780.4	785.4	〃	50.2	448.0	617.8	217
500	15.0	528.0	498.0	2200	858.4	863.9	240	52.0	489.6	677.6	275
600	16.0	630.8	598.8	2600	1014.5	1021.0	〃	53.7	570.9	757.2	383
700	17.0	733.0	699.0	3000	1170.5	1178.1	270	59.8	656.5	866.7	557
800	18.0	836.0	800.0	3400	1326.6	1335.1	〃	〃	736.1	946.3	716
900	19.0	939.0	901.0	3800	1482.7	1492.2	〃	61.5	817.4	1025.9	913

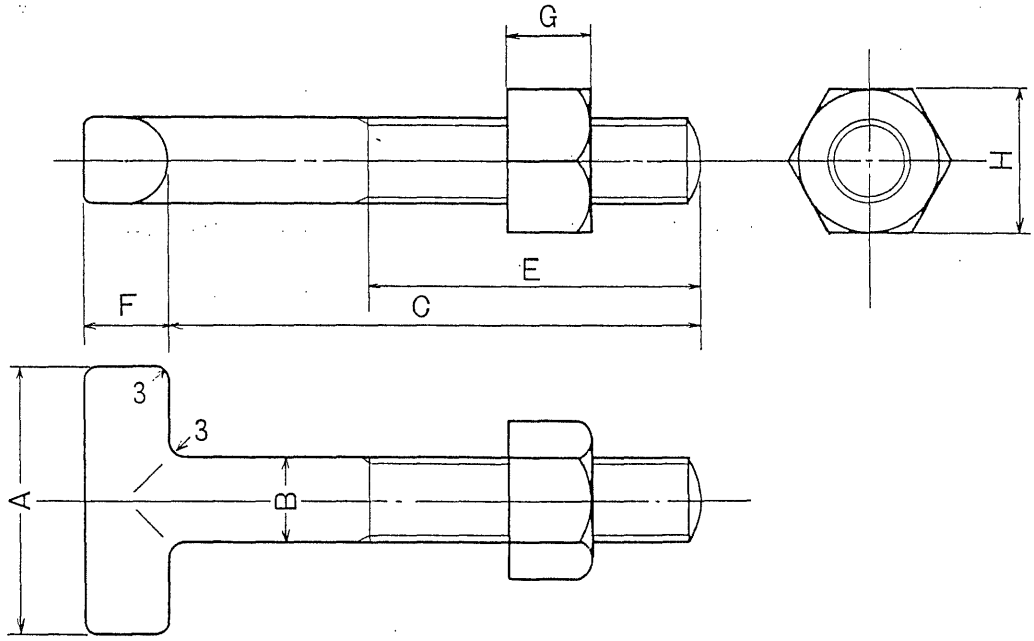
$\theta° = 11\frac{1}{4}°$　　単位mm

呼び径	管厚	実外径	実内径	11¼° 曲管寸法							重量
D	T	D_2	D_1	R	U	L	S	F_1	L_1	L_2	(kg)
300	12.5	322.8	297.8	4000	784.1	785.4	170	41.6	435.6	564.0	119
350	13.0	374.0	348.0	5000	980.2	981.7	〃	46.8	539.3	662.5	169
400	14.0	425.6	397.6	〃	〃	〃	220	48.5	541.0	712.5	212
450	14.5	476.8	447.8	〃	〃	〃	〃	50.2	542.7	〃	247
500	15.0	528.0	498.0	6000	1176.2	1178.1	240	52.0	642.9	830.9	330
600	16.0	630.8	598.8	〃	〃	〃	〃	53.7	644.6	〃	418
700	17.0	733.0	699.0	〃	〃	〃	270	59.8	650.7	860.9	557
800	18.0	836.0	800.0	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	664
900	19.0	939.0	901.0	〃	〃	〃	〃	61.5	652.4	〃	789

$\theta° = 5\frac{5}{8}°$　　単位mm

呼び径	管厚	実外径	実内径	5⅝° 曲管寸法							重量
D	T	D_2	D_1	R	U	L	S	F_1	L_1	L_2	(kg)
300	12.5	322.8	297.8	10000	981.4	981.7	170	41.6	532.9	661.3	136
350	13.0	374.0	348.0	〃	〃	〃	〃	46.8	538.1	〃	169
400	14.0	425.6	397.6	〃	〃	〃	220	48.5	539.8	711.3	212
450	14.5	476.8	447.8	〃	〃	〃	〃	50.2	541.5	〃	247
500	15.0	528.0	498.0	12000	1177.6	1178.1	240	52.0	641.5	829.5	330
600	16.0	630.8	598.8	〃	〃	〃	〃	53.7	643.2	〃	418
700	17.0	733.0	699.0	〃	〃	〃	270	59.8	649.3	859.5	557
800	18.0	836.0	800.0	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	664
900	19.0	939.0	901.0	〃	〃	〃	〃	61.5	651.0	〃	789

300φ～900φ KF形用ボルト，ナット

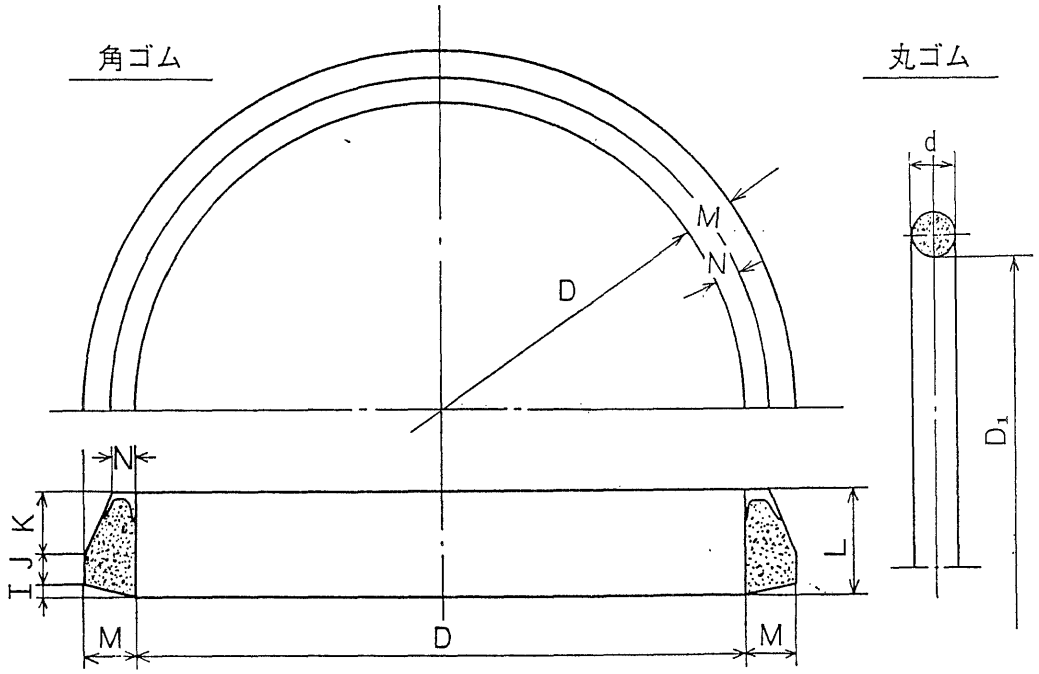


注　ボルト，ナットについては水道協会規格のA形用と同じである。

単位mm

適用される管の呼び径	ボルトの呼び径	各部寸法											適用される管の呼び径
		薄形 FCD 押輪		JWWA FCD 押輪		JWWA FC 押輪		A	B	F	G	H	
		C	E	C	E	C	E						
300	W¾	—	—	100	70	110	75	60	19	19	19	32	300
350	〃	—	—	110	75	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	350
400	〃	—	—	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	400
450	〃	—	—	〃	〃	120	〃	〃	〃	〃	〃	〃	450
500	〃	120	75	120	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	500
600	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	600
700	W 1	130	85	130	85	130	85	70	25.5	25	25	41	700
800	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	800
900	W1⅛	〃	90	〃	90	140	90	〃	28.6	30	28	46	900

300φ～900φ ＫＦ形用ゴム輪

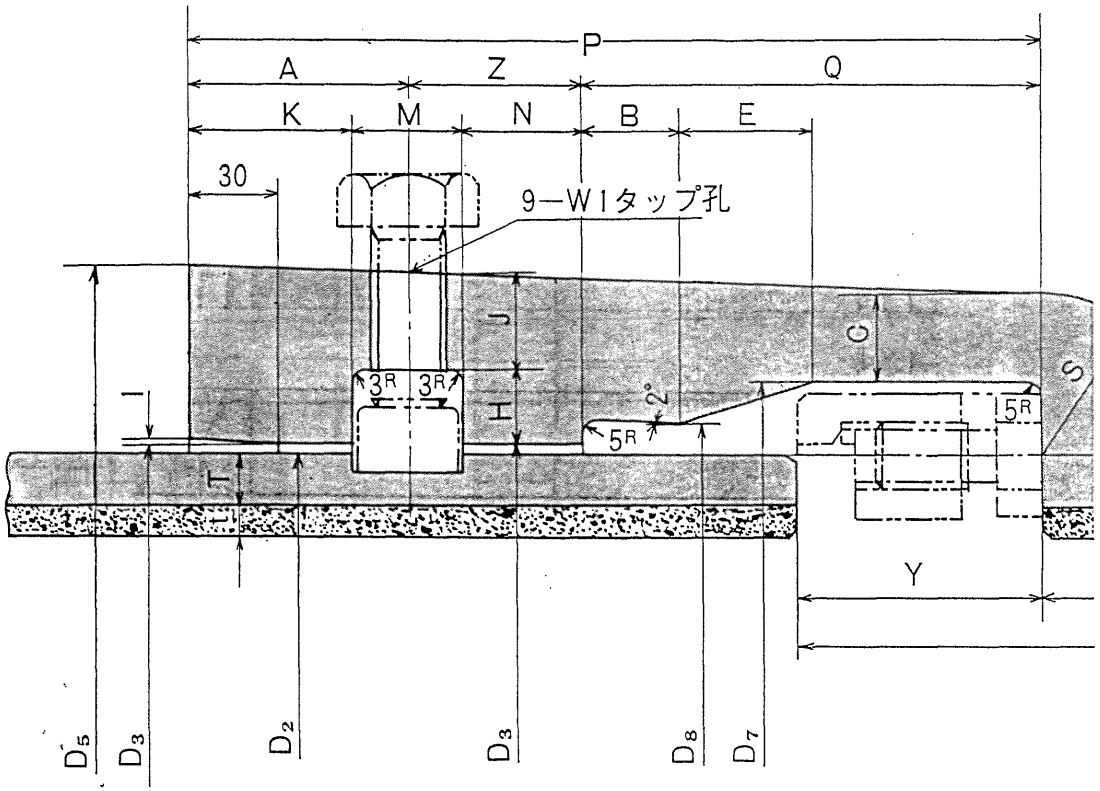


注 ＫＦ形用ゴム輪はＫ形用と同じである。

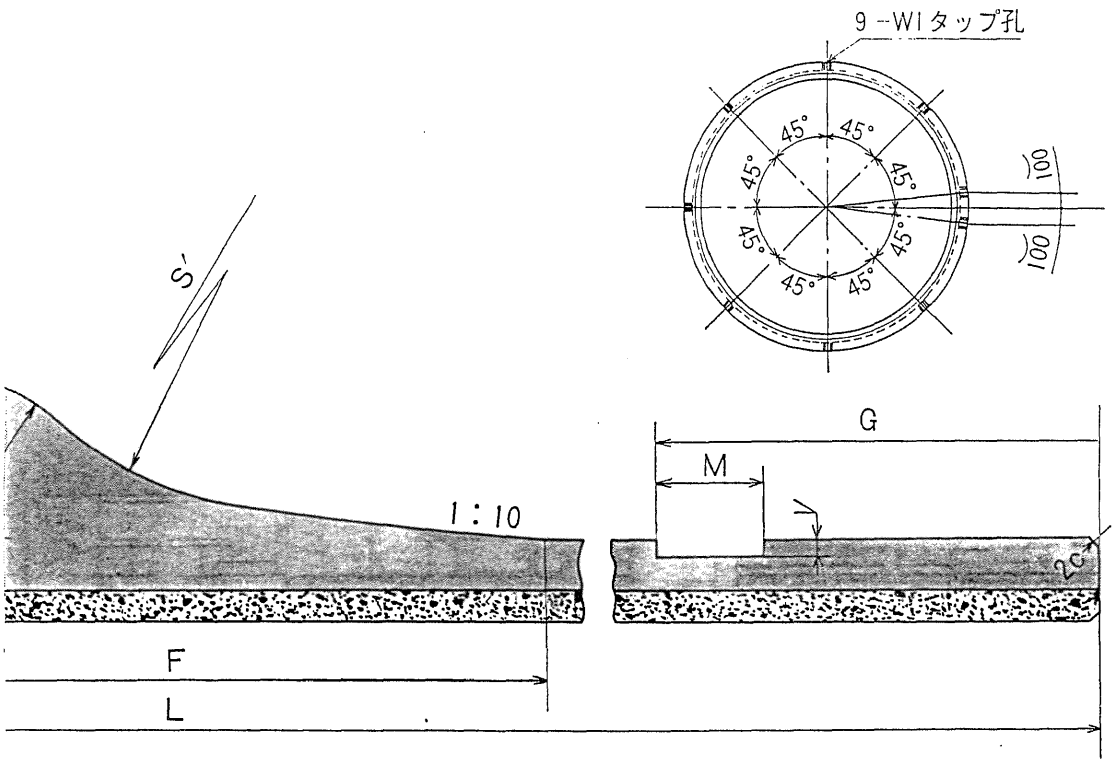
単位㎜

適用される管の呼び径	各部寸法									適用される管の呼び径
	D	D_1	I	J	K	L	M	N	d	
300	316	310	4	10	19	33	16	8	14	300
350	366	355	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	350
400	416	405	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	400
450	468	455	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	450
500	518	500	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	500
600	620	600	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	600
700	718	700	〃	12	25	41	20	11	17	700
800	818	800	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	800
900	918	900	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	900

1000φ～1500φ 直 管



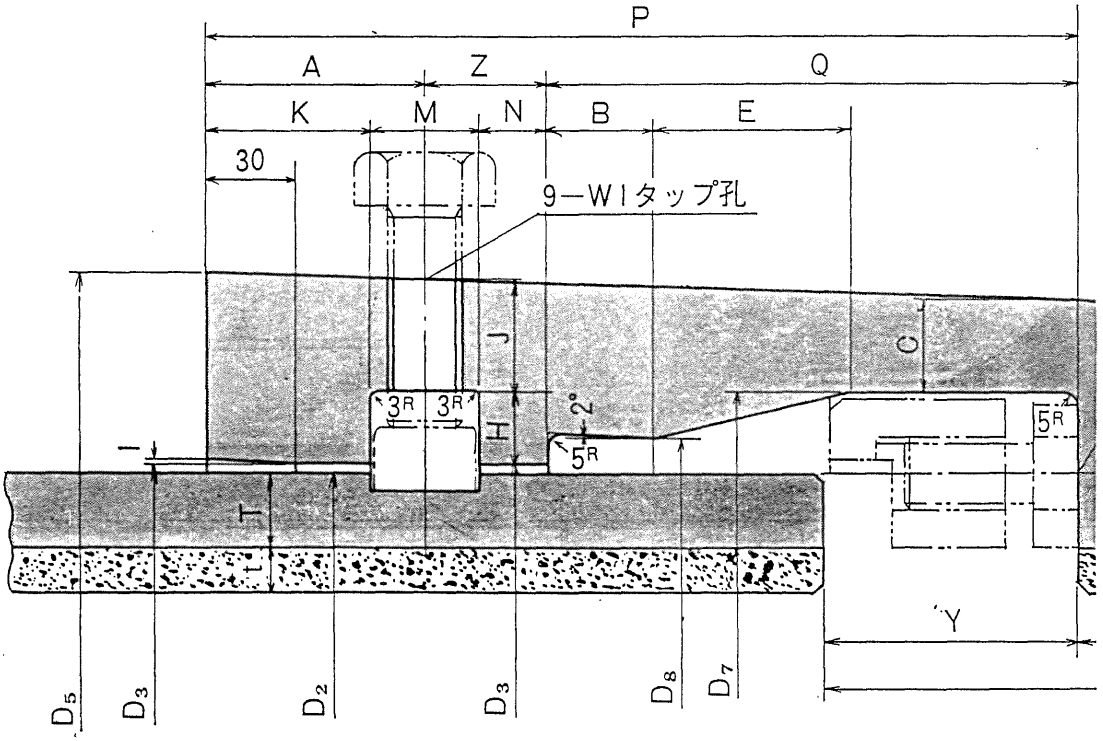
呼び径	管厚		実外径	各部寸												
D	T	t	D_2	D_3	D_5	D_7	D_8	A	B	C	E	F	P	H	J	K
1000	18.0	10	1041	1047	1151	1089	1061	70	32	23	45	150	270	23	27	55
1100	19.0	〃	1144	1150	1258	1192	1164	〃	〃	25	〃	160	〃	〃	29	〃
1200	20.0	〃	1246	1252	1362	1294	1266	〃	〃	26	〃	170	〃	〃	30	〃
1350	21.5	12	1400	1406	1521	1448	1420	〃	〃	28	〃	185	280	〃	32	〃
1500	24.0	〃	1554	1560	1679	1602	1574	73	〃	30	〃	200	285	25	〃	〃



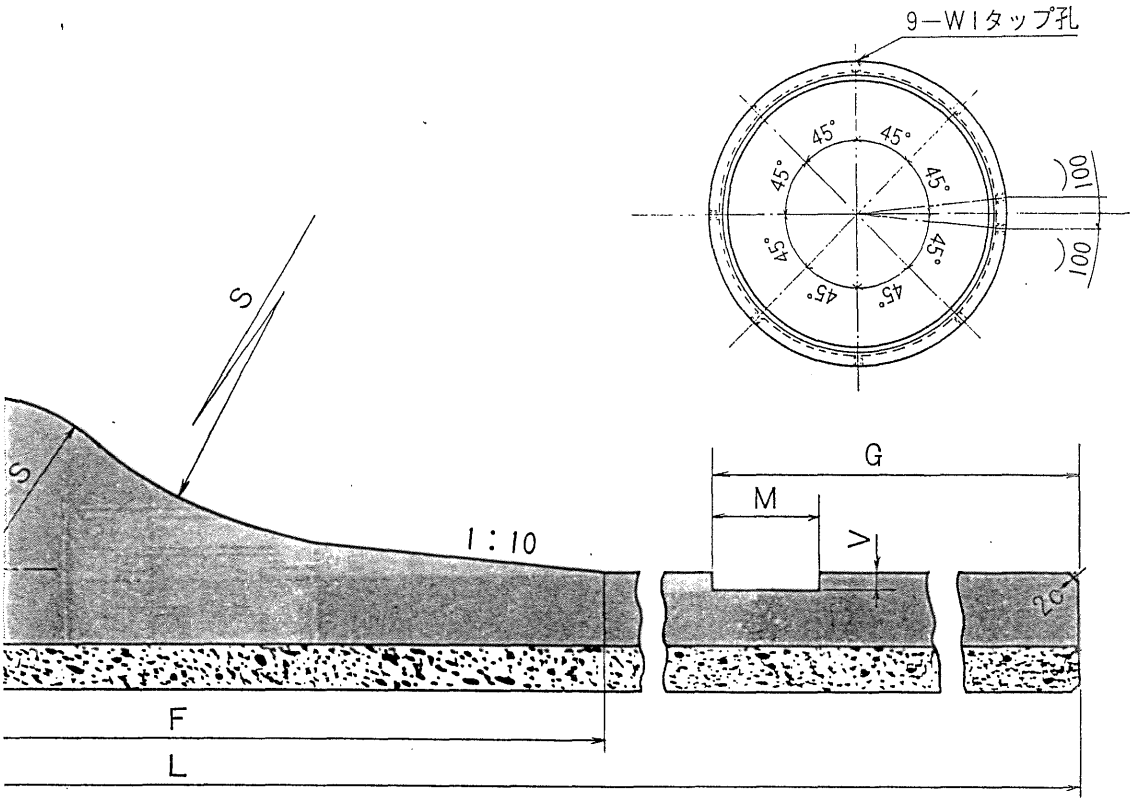
単位mm

法										重量 (kg)						呼び径
M	N	Q	S	S′	Y	Z	G	V	L	受口凸部	挿口凹部	直部 1m		総重量		D
												ライニング	鋳鉄管	ライニング	鋳鉄管	
31	30	154	47	100	82	46	133	5	4000	302	−3.65	75.02	413.6	294	1920	1000
									6000					444	2750	
〃	〃	〃	49	110	〃	〃	〃	〃	4000	352	−4.02	82.64	480.1	324	2230	1100
									6000					489	3190	
〃	〃	〃	50	120	〃	〃	〃	〃	4000	396	−4.38	90.18	550.8	353	2550	1200
									6000					534	3650	
〃	40	〃	52	135	〃	56	143	〃	4000	493	−4.92	121.69	665.7	477	3100	1350
									6000					720	4430	
36	〃	〃	54	150	〃	58	148	6	4000	584	−7.58	135.17	824.8	530	3810	1500
									6000					800	5460	

1600φ～2400φ 直管



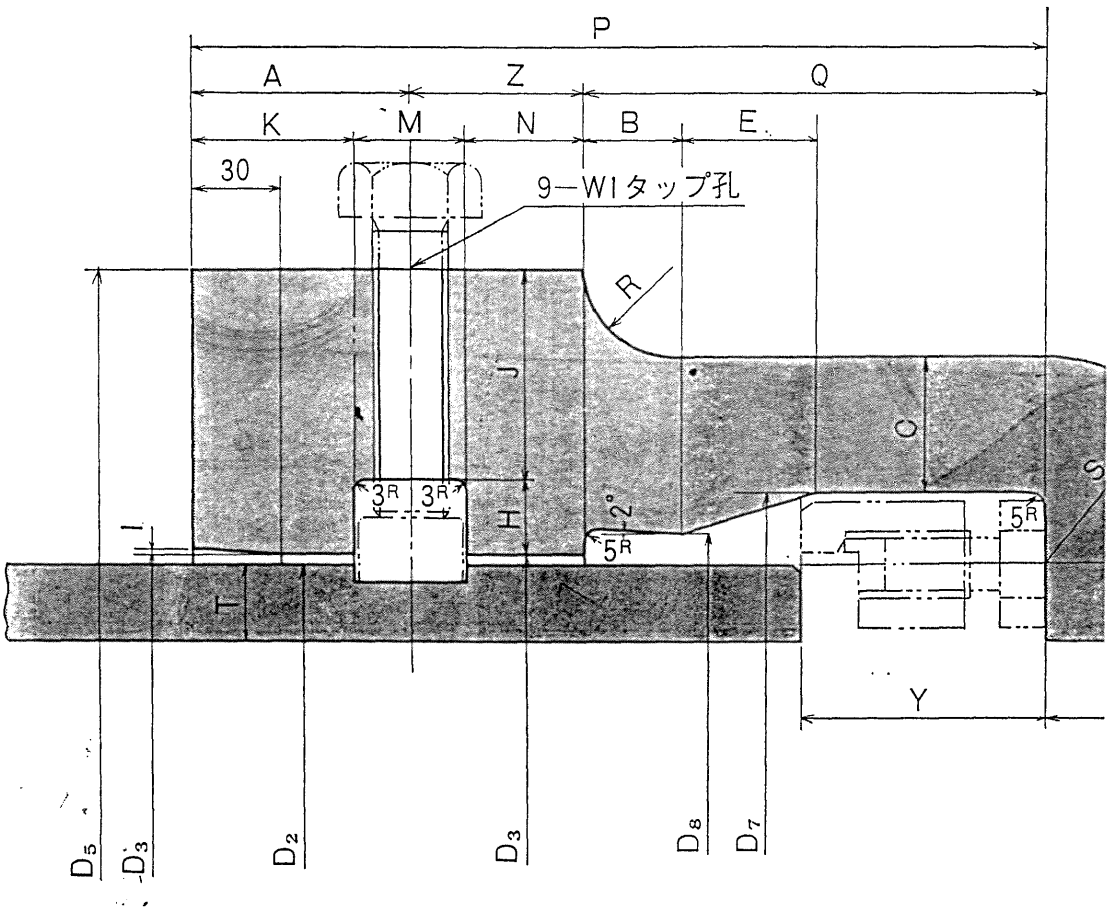
呼び径	管厚		実外径	各部寸												
D	T	t	D_2	D_3	D_5	D_7	D_8	A	B	C	E	F	P	H	J	K
1600	25.0	15	1650	1656	1786	1706	1674	73	36	31	67	210	295	25	38	55
1650	25.5	〃	1701	1707	1839	1757	1725	〃	〃	32	〃	215	〃	〃	39	〃
1800	27.0	〃	1848	1854	1990	1904	1872	〃	〃	34	〃	230	〃	〃	41	〃
2000	30.5	17	2061	2067	2209	2117	2085	75	〃	37	〃	250	300	27	42	〃
2100	31.5	〃	2164	2170	2314	2220	2188	77	〃	38	〃	260	305	〃	43	57
2200	32.5	〃	2280	2286	2433	2336	2304	78	〃	39	〃	270	310	〃	44	58
2400	34.5	〃	2458	2464	2617	2514	2482	81	〃	42	〃	290	320	〃	47	61



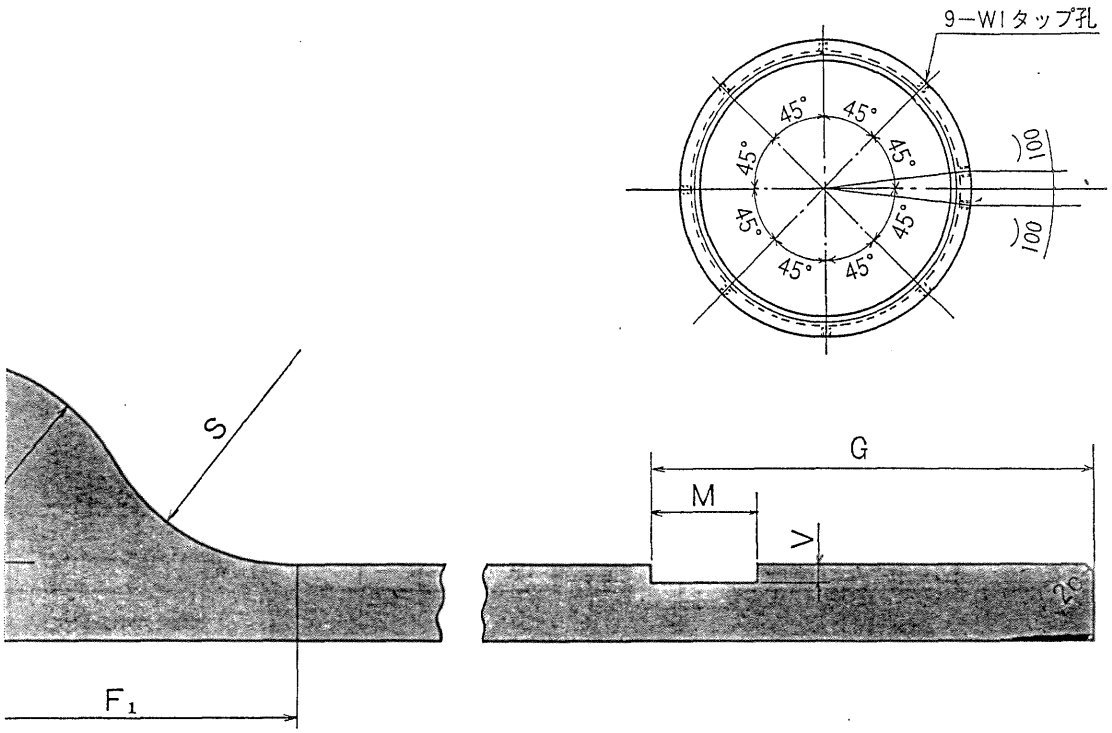
単位mm

法										重量 (kg)						呼び径
M	N	Q	S	S′	Y	Z	G	V	L	受口凸部	挿口凹部	直部 1m		総重量		D
												ライニング	鋳鉄管	ライニング	鋳鉄管	
36	24	180	59	160	87	42	153	6	4000	689	−8.05	179.26	912.5	701	4250	1600
〃	〃	〃	60	165	〃	〃	〃	〃	〃	728	−8.30	184.91	959.7	724	4480	1650
〃	〃	〃	62	180	〃	〃	〃	〃	〃	834	−9.02	201.20	1104.4	787	5150	1800
41	〃	〃	65	200	〃	45	158	7	〃	1008	−13.3	254.16	1391.1	995	6440	2000
〃	27	〃	66	210	〃	48	161	〃	〃	1104	−14.0	267.12	1508.9	1050	6990	2100
〃	31	〃	67	220	〃	52	165	〃	〃	1217	−14.8	281.73	1640.7	1100	7620	2200
〃	38	〃	70	240	〃	59	172	〃	〃	1446	−15.9	304.04	1878.1	1190	8780	2400

1000φ～1500φ 異形管接合図



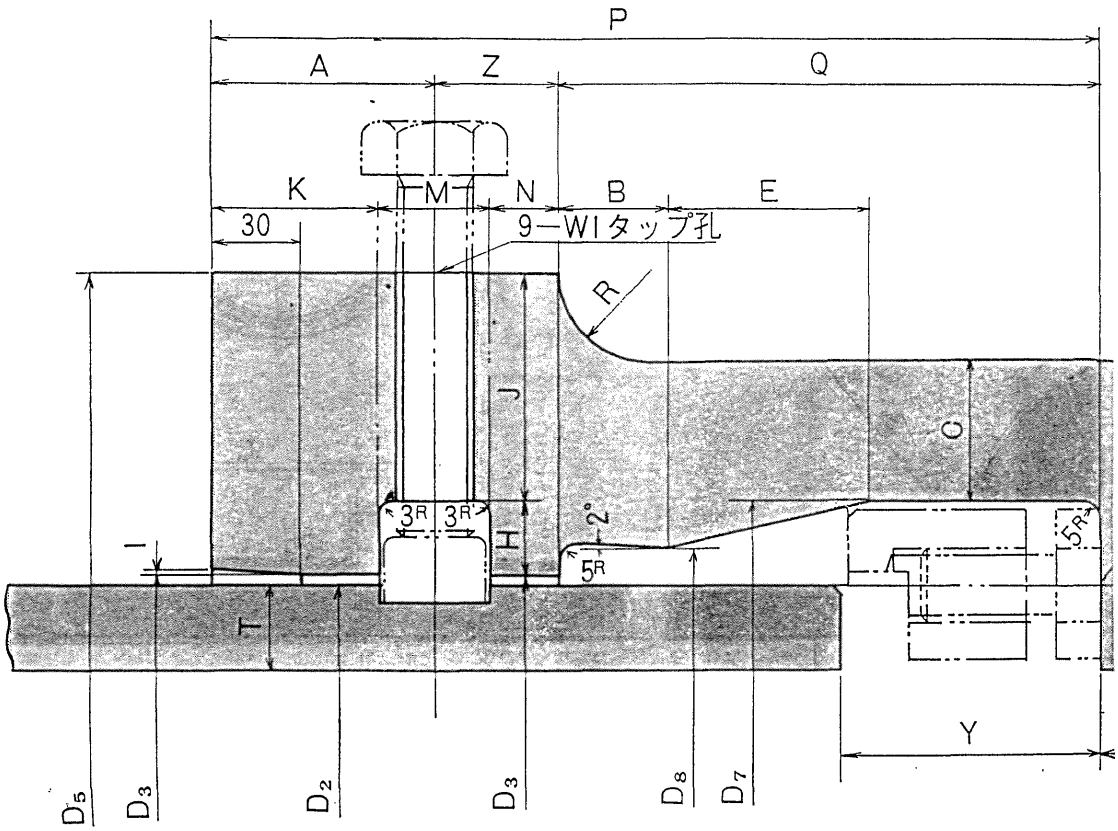
呼び径	管 厚	実外径	各 部										
D	T	D_2	D_3	D_5	D_7	D_8	A	B	C	E	F_1	P	H
1000	20.0	1041	1047	1201	1089	1061	70	32	35	45	102	270	23
1100	21.0	1144	1150	1312	1192	1164	〃	〃	38	〃	107	〃	〃
1200	22.0	1246	1252	1418	1294	1266	〃	〃	39	〃	109	〃	〃
1350	24.0	1400	1406	1580	1448	1420	〃	〃	42	〃	114	280	〃
1500	26.0	1554	1560	1750	1602	1574	73	〃	45	〃	120	285	25



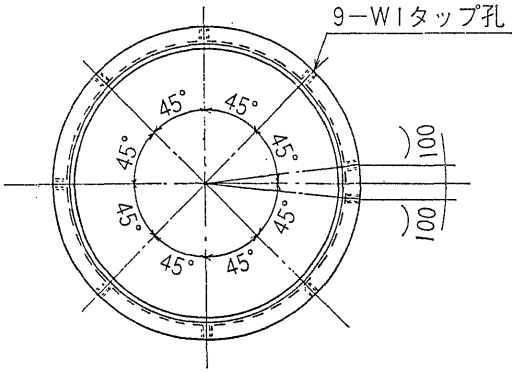
単位mm

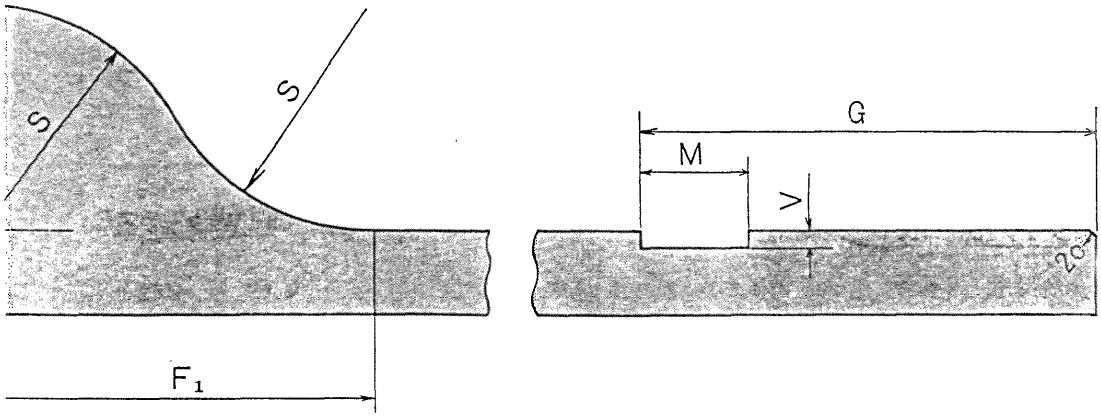
寸法											重量 (kg)			呼び径
J	K	M	N	Q	R	S	Y	Z	G	V	受口凸部	挿口凹部	直部1m	D
54	55	31	30	154	21	59	82	46	133	5	437	−3.65	458.683	1000
58	〃	〃	〃	〃	22	62	〃	〃	〃	〃	507	−4.02	529.732	1100
60	〃	〃	〃	〃	23	63	〃	〃	〃	〃	571	−4.38	604.869	1200
64	〃	〃	40	〃	24	66	〃	56	143	〃	710	−4.92	741.800	1350
70	〃	36	〃	〃	29	69	〃	58	148	6	868	−7.58	892.388	1500

1600φ～2400φ　異形管接合図



呼び径	管厚	実外径	各部										
D	T	D_2	D_3	D_5	D_7	D_8	A	B	C	E	F_1	P	H
1600	27.5	1650	1656	1858	1706	1674	73	36	47	67	130	295	25
1650	28.0	1701	1707	1913	1757	1725	〃	〃	48	〃	132	〃	〃
1800	30.0	1848	1854	2068	1904	1872	〃	〃	51	〃	137	〃	〃
2000	32.0	2061	2067	2289	2117	2085	75	〃	56	〃	145	300	27
2100	33.0	2164	2170	2396	2220	2188	77	〃	57	〃	147	305	〃
2200	34.0	2280	2286	2516	2336	2304	78	〃	59	〃	151	310	〃
2400	36.0	2458	2464	2706	2514	2482	81	〃	63	〃	158	320	〃

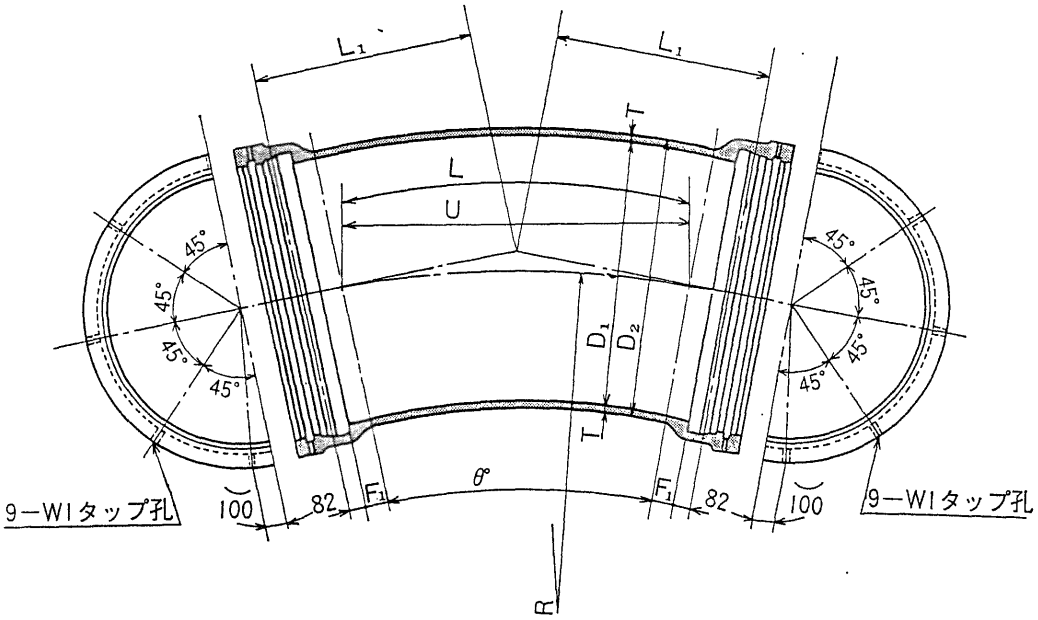




単位mm

寸法											重量 (kg)			呼び径
J	K	M	N	Q	R	S	Y	Z	G	V	受口凸部	挿口凹部	直部1m	D
76	55	36	24	180	29	75	87	42	153	6	991	− 8.05	1002.246	1600
78	〃	〃	〃	〃	30	76	〃	〃	〃	〃	1043	− 8.30	1052.231	1650
82	〃	〃	〃	〃	31	79	〃	〃	〃	〃	1192	− 9.02	1225.101	1800
84	〃	41	〃	〃	30	84	〃	45	158	7	1443	−13.3	1458.441	2000
86	57	〃	27	〃	31	85	〃	48	161	〃	1571	−14.0	1579.626	2100
88	58	〃	31	〃	〃	87	〃	52	165	〃	1732	−14.8	1715.322	2200
94	61	〃	38	〃	33	91	〃	59	172	〃	2058	−15.9	1958.545	2400

1000φ～1500φ×θ° 両受曲管



θ°＝45°　　単位㎜

呼び径	管　厚	実外径	実内径	各　部　寸　法					重　量 (kg)	呼び径
D	T	D_2	D_1	R	U	L	F_1	L_1		D
1000	20.0	1041	1001	2100	1607.3	1649.3	102	1053.8	1720	1000
1100	21.0	1144	1102	2300	1760.3	1806.4	107	1141.7	2080	1100
1200	22.0	1246	1202	〃	〃	〃	109	1143.7	2370	1200
1350	24.0	1400	1352	〃	〃	〃	114	1148.7	2930	1350
1500	26.0	1554	1502	〃	〃	〃	120	1154.7	3560	1500

$\theta°=22\frac{1}{2}°$　　単位mm

呼び径	管厚	実外径	実内径	各部寸法					重量 (kg)	呼び径
D	T	D_2	D_1	R	U	L	F_1	L_1		D
1000	20.0	1041	1001	4200	1638.8	1649.3	102	1019.4	1720	1000
1100	21.0	1144	1102	4500	1755.8	1767.1	107	1084.1	2060	1100
1200	22.0	1246	1202	〃	〃	〃	109	1086.1	2340	1200
1350	24.0	1400	1352	〃	〃	〃	114	1091.1	2900	1350
1500	26.0	1554	1502	〃	〃	〃	120	1097.1	3530	1500

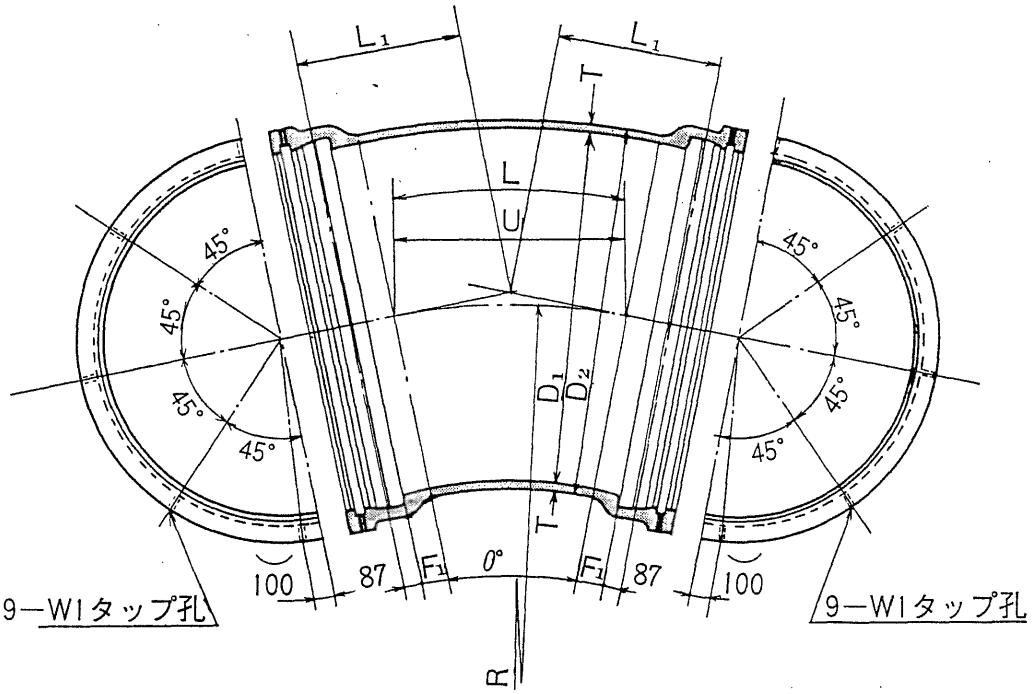
$\theta°=11\frac{1}{4}°$　　単位mm

呼び径	管厚	実外径	実内径	各部寸法					重量 (kg)	呼び径
D	T	D_2	D_1	R	U	L	F_1	L_1		D
1000	20.0	1041	1001	6000	1176.2	1178.1	102	774.9	1510	1000
1100	21.0	1144	1102	〃	〃	〃	107	779.9	1750	1100
1200	22.0	1246	1202	〃	〃	〃	109	781.9	1990	1200
1350	24.0	1400	1352	〃	〃	〃	114	786.9	2460	1350
1500	26.0	1554	1502	〃	〃	〃	120	792.9	3000	1500

$\theta°=5\frac{5}{8}°$　　単位mm

呼び径	管厚	実外径	実内径	各部寸法					重量 (kg)	呼び径
D	T	D_2	D_1	R	U	L	F_1	L_1		D
1000	20.0	1041	1001	12000	1177.6	1178.1	102	773.5	1510	1000
1100	21.0	1144	1102	〃	〃	〃	107	778.5	1750	1100
1200	22.0	1246	1202	〃	〃	〃	109	780.5	1990	1200
1350	24.0	1400	1352	〃	〃	〃	114	785.5	2460	1350
1500	26.0	1554	1502	〃	〃	〃	120	791.5	3000	1500

1600φ～2400φ×θ° 両受曲管



θ°＝45°　　単位mm

呼び径	管厚	実外径	実内径	各部寸法					重量 (kg)	呼び径
D	T	D_2	D_1	R	U	L	F_1	L_1		D
1600	27.5	1650	1595	1500	1148.1	1178.1	130	838.3	3420	1600
1650	28.0	1701	1645	〃	〃	〃	132	840.3	3600	1650
1800	30.0	1848	1788	〃	〃	〃	137	845.3	4160	1800
2000	32.0	2061	1997	〃	〃	〃	145	853.3	5030	2000
2100	33.0	2164	2098	1700	1301.1	1335.1	147	938.2	5720	2100
2200	34.0	2280	2212	〃	〃	〃	151	942.2	6270	2200
2400	36.0	2458	2386	〃	〃	〃	158	949.2	7350	2400

$\theta°=22\frac{1}{2}°$　　単位mm

呼び径	管厚	実外径	実内径	各部寸法					重量 (kg)	呼び径
D	T	D_2	D_1	R	U	L	F_1	L_1		D
1600	27.5	1650	1595	3000	1170.5	1178.1	130	813.7	3420	1600
1650	28.0	1701	1645	〃	〃	〃	132	815.7	3600	1650
1800	30.0	1848	1788	〃	〃	〃	137	820.7	4160	1800
2000	32.0	2061	1997	〃	〃	〃	145	828.7	5030	2000
2100	33.0	2164	2098	3400	1326.6	1335.1	147	910.3	5720	2100
2200	34.0	2280	2212	〃	〃	〃	151	914.3	6270	2200
2400	36.0	2458	2386	〃	〃	〃	158	921.3	7350	2400

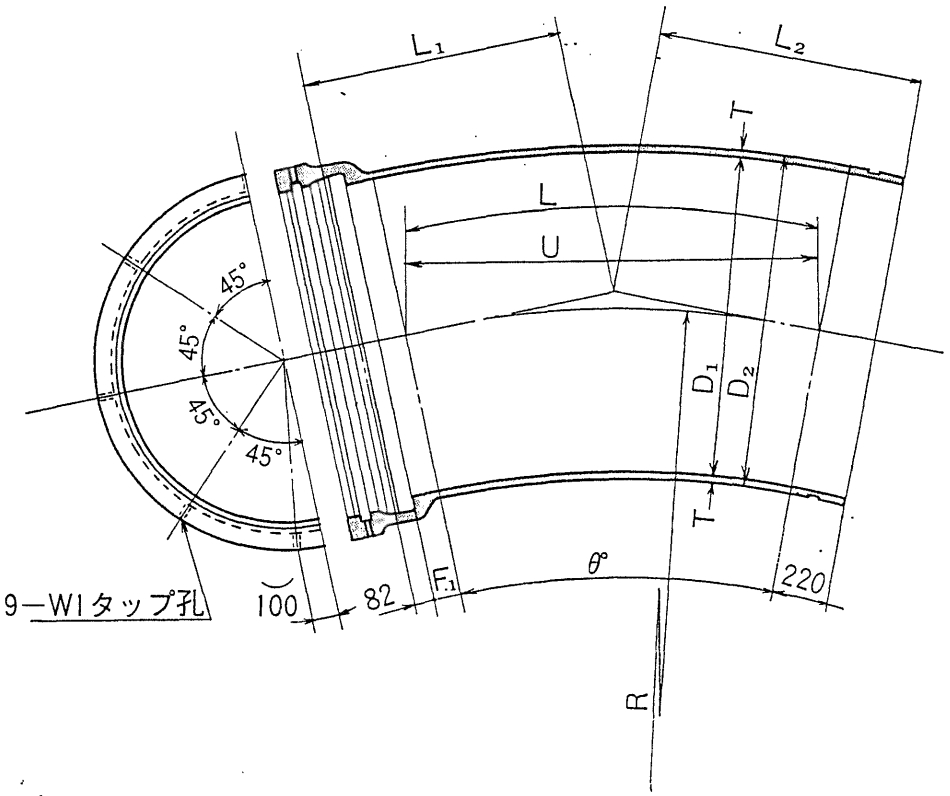
$\theta°=11\frac{1}{4}°$　　単位mm

呼び径	管厚	実外径	実内径	各部寸法					重量 (kg)	呼び径
D	T	D_2	D_1	R	U	L	F_1	L_1		D
1600	27.5	1650	1595	6000	1176.2	1178.1	130	807.9	3420	1600
1650	28.0	1701	1645	〃	〃	〃	132	809.9	3600	1650
1800	30.0	1848	1788	〃	〃	〃	137	814.9	4160	1800
2000	32.0	2061	1997	〃	〃	〃	145	822.9	5030	2000
2100	33.0	2164	2098	〃	〃	〃	147	824.9	5470	2100
2200	34.0	2280	2212	〃	〃	〃	151	828.9	6000	2200
2400	36.0	2458	2386	〃	〃	〃	158	835.9	7040	2400

$\theta°=5\frac{5}{8}°$　　単位mm

呼び径	管厚	実外径	実内径	各部寸法					重量 (kg)	呼び径
D	T	D_2	D_1	R	U	L	F_1	L_1		D
1600	27.5	1650	1595	12000	1177.6	1178.1	130	806.5	3420	1600
1650	28.0	1701	1645	〃	〃	〃	132	808.5	3600	1650
1800	30.0	1848	1788	〃	〃	〃	137	813.5	4160	1800
2000	32.0	2061	1997	〃	〃	〃	145	821.5	5030	2000
2100	33.0	2164	2098	〃	〃	〃	147	823.5	5470	2100
2200	34.0	2280	2212	〃	〃	〃	151	827.5	6000	2200
2400	36.0	2458	2386	〃	〃	〃	158	834.5	7040	2400

1000φ～1500φ×θ° 受サシ曲管



θ°＝45°　　単位mm

呼び径	管厚	実外径	実内径	各部寸法						重量 (kg)	呼び径
D	T	D_2	D_1	R	U	L	F_1	L_1	L_2		D
1000	20.0	1041	1001	2100	1607.3	1649.3	102	1053.8	1089.8	1340	1000
1100	21.0	1144	1102	2300	1760.3	1806.4	107	1141.7	1172.7	1630	1100
1200	22.0	1246	1202	〃	〃	〃	109	1143.7	〃	1860	1200
1350	24.0	1400	1352	〃	〃	〃	114	1148.7	〃	2290	1350
1500	26.0	1554	1502	〃	〃	〃	120	1154.7	〃	2780	1500

$\theta° = 22\frac{1}{2}°$　　単位mm

呼び径	管厚	実外径	実内径	各部寸法						重量 (kg)	呼び径
D	T	D_2	D_1	R	U	L	F_1	L_1	L_2		D
1000	20.0	1041	1001	4200	1638.8	1649.3	102	1019.4	1055.4	1340	1000
1100	21.0	1144	1102	4500	1755.8	1767.1	107	1084.1	1115.1	1610	1100
1200	22.0	1246	1202	〃	〃	〃	109	1086.1	〃	1830	1200
1350	24.0	1400	1352	〃	〃	〃	114	1091.1	〃	2260	1350
1500	26.0	1554	1502	〃	〃	〃	120	1097.1	〃	2740	1500

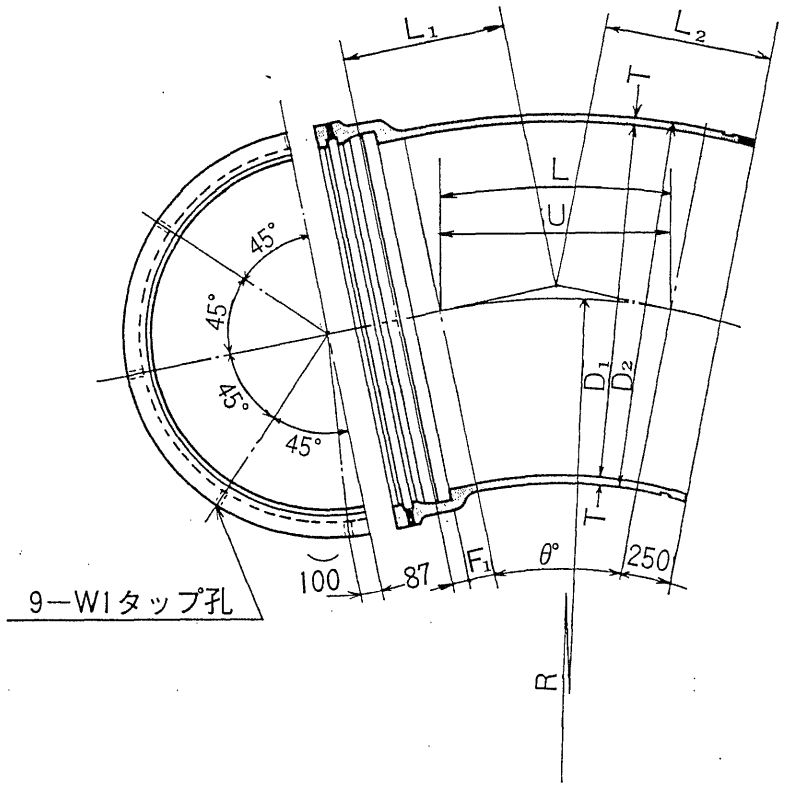
$\theta° = 11\frac{1}{4}°$　　単位mm

呼び径	管厚	実外径	実内径	各部寸法						重量 (kg)	呼び径
D	T	D_2	D_1	R	U	L	F_1	L_1	L_2		D
1000	20.0	1041	1001	6000	1176.2	1178.1	102	774.9	810.9	1120	1000
1100	21.0	1144	1102	〃	〃	〃	107	779.9	〃	1300	1100
1200	22.0	1246	1202	〃	〃	〃	109	781.9	〃	1480	1200
1350	24.0	1400	1352	〃	〃	〃	114	786.9	〃	1830	1350
1500	26.0	1554	1502	〃	〃	〃	120	792.9	〃	2220	1500

$\theta° = 5\frac{5}{8}°$　　単位mm

呼び径	管厚	実外径	実内径	各部寸法						重量 (kg)	呼び径
D	T	D_2	D_1	R	U	L	F_1	L_1	L_2		D
1000	20.0	1041	1001	12000	1177.6	1178.1	102	773.5	809.5	1120	1000
1100	21.0	1144	1102	〃	〃	〃	107	778.5	〃	1300	1100
1200	22.0	1246	1202	〃	〃	〃	109	780.5	〃	1480	1200
1350	24.0	1400	1352	〃	〃	〃	114	785.5	〃	1830	1350
1500	26.0	1554	1502	〃	〃	〃	120	791.5	〃	2220	1500

1600φ～2400φ×θ° 受サシ曲管



θ°＝45°　　単位mm

呼び径	管 厚	実外径	実内径	各 部 寸 法						重 量 (kg)	呼び径
D	T	D_2	D_1	R	U	L	F_1	L_1	L_2		D
1600	27.5	1650	1595	1500	1148.1	1178.1	130	838.3	871.3	2540	1600
1650	28.0	1701	1645	〃	〃	〃	132	840.3	〃	2680	1650
1800	30.0	1848	1788	〃	〃	〃	137	845.3	〃	3100	1800
2000	32.0	2061	1997	〃	〃	〃	145	853.3	〃	3720	2000
2100	33.0	2164	2098	1700	1301.1	1335.1	147	938.2	954.2	4290	2100
2200	34.0	2280	2212	〃	〃	〃	151	942.2	〃	4700	2200
2400	36.0	2458	2386	〃	〃	〃	158	949.2	〃	5460	2400

$\theta° = 22\frac{1}{2}°$　　単位mm

呼び径	管厚	実外径	実内径	各部寸法						重量 (kg)	呼び径
D	T	D_2	D_1	R	U	L	F_1	L_1	L_2		D
1600	27.5	1650	1595	3000	1170.5	1178.1	130	813.7	846.7	2540	1600
1650	28.0	1701	1645	〃	〃	〃	132	815.7	〃	2680	1650
1800	30.0	1848	1788	〃	〃	〃	137	820.7	〃	3100	1800
2000	32.0	2061	1997	〃	〃	〃	145	828.7	〃	3720	2000
2100	33.0	2164	2098	3400	1326.6	1335.1	147	910.3	926.3	4290	2100
2200	34.0	2280	2212	〃	〃	〃	151	914.3	〃	4700	2200
2400	36.0	2458	2386	〃	〃	〃	158	921.3	〃	5460	2400

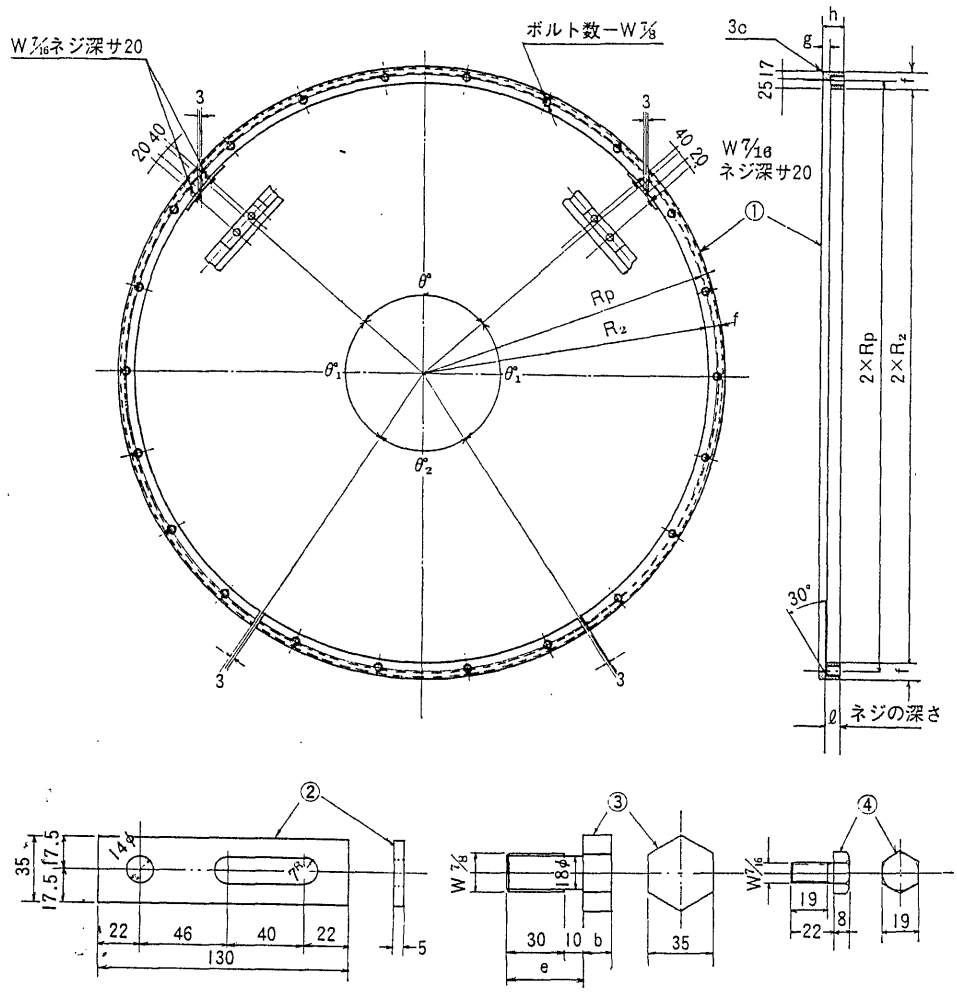
$\theta° = 11\frac{1}{4}°$　　単位mm

呼び径	管厚	実外径	実内径	各部寸法						重量 (kg)	呼び径
D	T	D_2	D_1	R	U	L	F_1	L_1	L_2		D
1600	27.5	1650	1595	6000	1176.2	1178.1	130	807.9	840.9	2540	1600
1650	28.0	1701	1645	〃	〃	〃	132	809.9	〃	2680	1650
1800	30.0	1848	1788	〃	〃	〃	137	814.9	〃	3100	1800
2000	32.0	2061	1997	〃	〃	〃	145	822.9	〃	3720	2000
2100	33.0	2164	2098	〃	〃	〃	147	824.9	〃	4050	2100
2200	34.0	2280	2212	〃	〃	〃	151	828.9	〃	4430	2200
2400	36.0	2458	2386	〃	〃	〃	158	835.9	〃	5150	2400

$\theta° = 5\frac{5}{8}°$　　単位mm

呼び径	管厚	実外径	実内径	各部寸法						重量 (kg)	呼び径
D	T	D_2	D_1	R	U	L	F_1	L_1	L_2		D
1600	27.5	1650	1595	12000	1177.6	1178.1	130	806.5	839.5	2540	1600
1650	28.0	1701	1645	〃	〃	〃	132	808.5	〃	2680	1650
1800	30.0	1848	1788	〃	〃	〃	137	813.5	〃	3100	1800
2000	32.0	2061	1997	〃	〃	〃	145	821.5	〃	3720	2000
2100	33.0	2164	2098	〃	〃	〃	147	823.5	〃	4050	2100
2200	34.0	2280	2212	〃	〃	〃	151	827.5	〃	4430	2200
2400	36.0	2458	2386	〃	〃	〃	158	834.5	〃	5150	2400

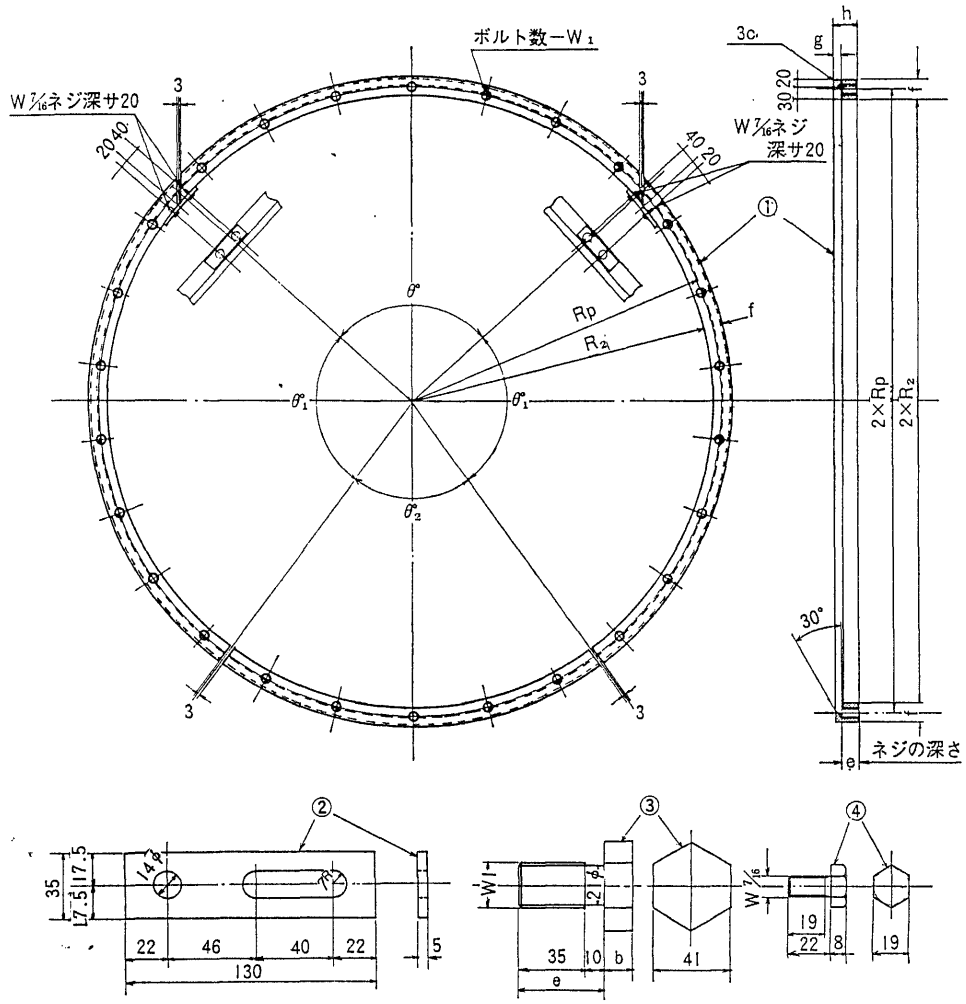
1000φ～1500φ ＵＦ形用付属品



単位mm

適用される管の呼び径	押輪									押輪用ボルト			重量 (kg)	
	R_2	e	f	g	h	θ°	$\theta°_1$	$\theta°_2$	R_P	b	e	数	押輪（1組）	押輪用ボルト（1組）
1000	501.5	40	42	20	55	90	96	78	522.5	15	40	16	41.1	3.232
1100	553.0	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	574.0	〃	〃	20	45.0	4.040
1200	604.0	〃	〃	〃	〃	98	98	66	625.0	〃	〃	22	48.9	4.444
1350	681.0	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	702.0	〃	〃	〃	55.2	4.444
1500	758.0	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	779.0	〃	〃	〃	61.4	4.444

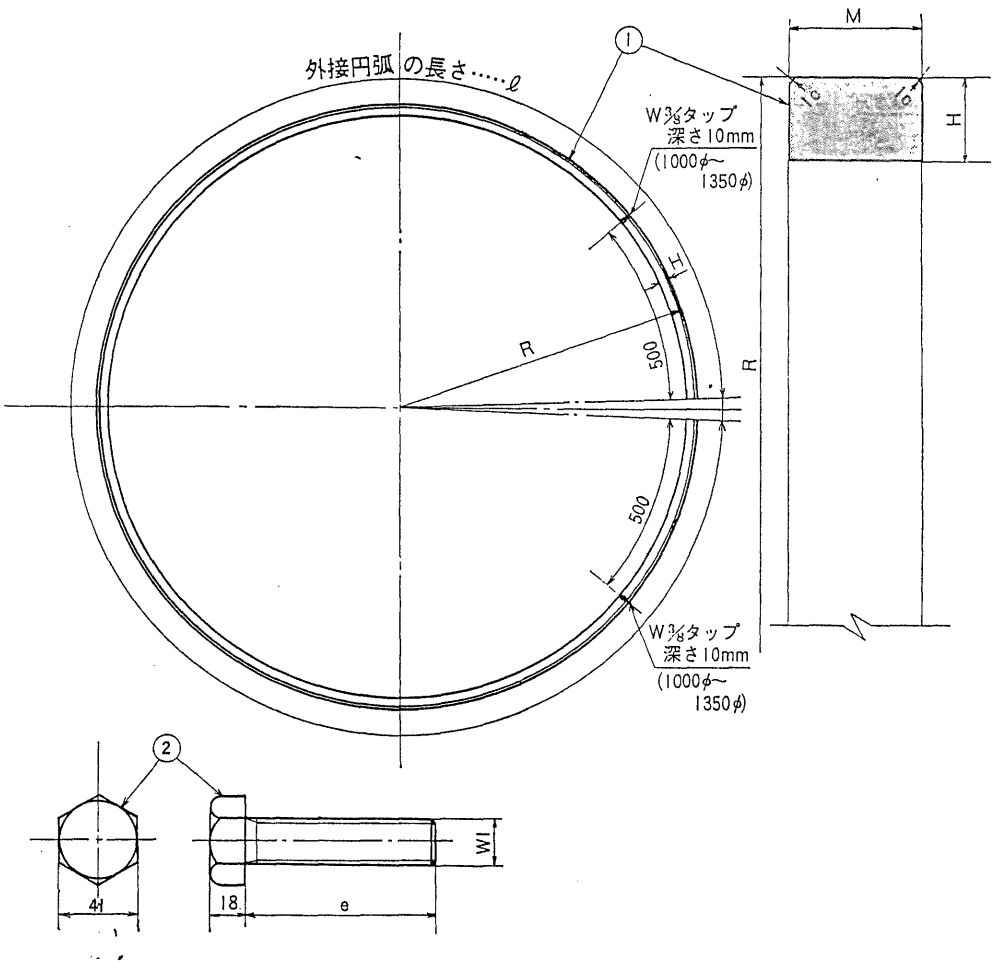
1600φ～2400φ ＵＦ形用付属品



単位mm

適用される管の呼び径	押輪									押輪用ボルト			重量 (kg)	
	R_2	e	f	g	h	θ°	θ°₁	θ°₂	R_P	b	e	数	押輪（1組）	押輪用ボルト（1組）
1600	802.0	45	50	20	60	96	96	72	825.0	15	45	26	85.9	7.488
1650	827.5	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	850.5	〃	〃	〃	88.6	7.488
1800	901.0	〃	〃	〃	〃	90	102	66	924.0	〃	〃	28	96.3	8.064
2000	1007.5	〃	〃	〃	〃	96	96	72	1030.5	〃	〃	30	107	8.640
2100	1059.0	〃	〃	〃	〃	90	102	66	1082.0	〃	〃	32	113	9.216
2200	1117.0	〃	〃	〃	〃	96	96	72	1140.0	〃	〃	34	119	9.792
2400	1206.0	〃	〃	〃	〃	90	102	66	1231.0	〃	〃	38	128	10.944

1000φ～1500φ　ＵＦ形用付属品



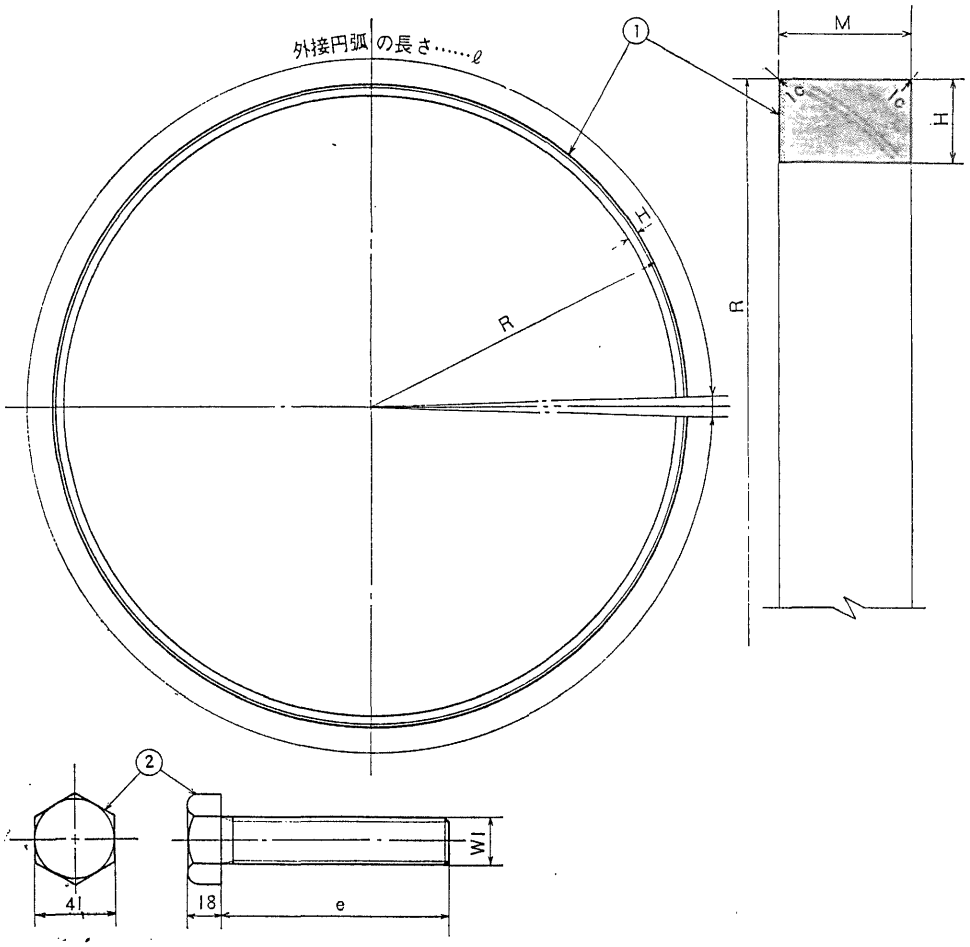
単位mm

適用される管の呼び径	ロックリング用ボルト		
	e		数
	直　管	異形管	
1000～1500	60	100	9

単位mm

適用される管の呼び径	ロックリング				重量 (kg)
	H	M	R	ℓ	
1000	20	30	538	3333	14.0
1100	〃	〃	590	3657	15.4
1200	〃	〃	641	3978	16.8
1350	〃	〃	718	4461	18.8
1500	22	35	796	4951	26.9

1600φ～2400φ ＵＦ形用付属品



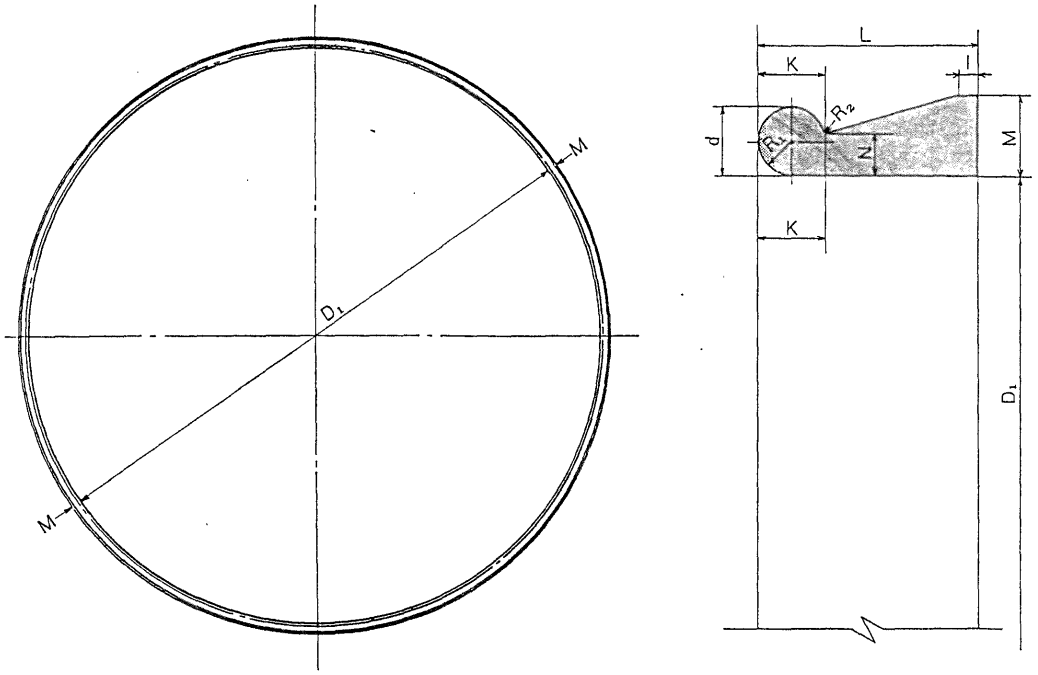
単位㎜

適用される管の呼び径	ロックリング用ボルト		
	e		数
	直　管	異形管	
1600～2400	75	120	9

単位㎜

適用される管の呼び径	ロックリング				重　量 (kg)
	H	M	R	ℓ	
1600	22	35	844	5253	28.5
1650	〃	〃	870	5413	29.4
1800	〃	〃	943	5875	31.9
2000	24	40	1051	6550	44.4
2100	〃	〃	1102	6874	46.6
2200	〃	〃	1160	7238	49.1
2400	〃	〃	1249	7797	53.0

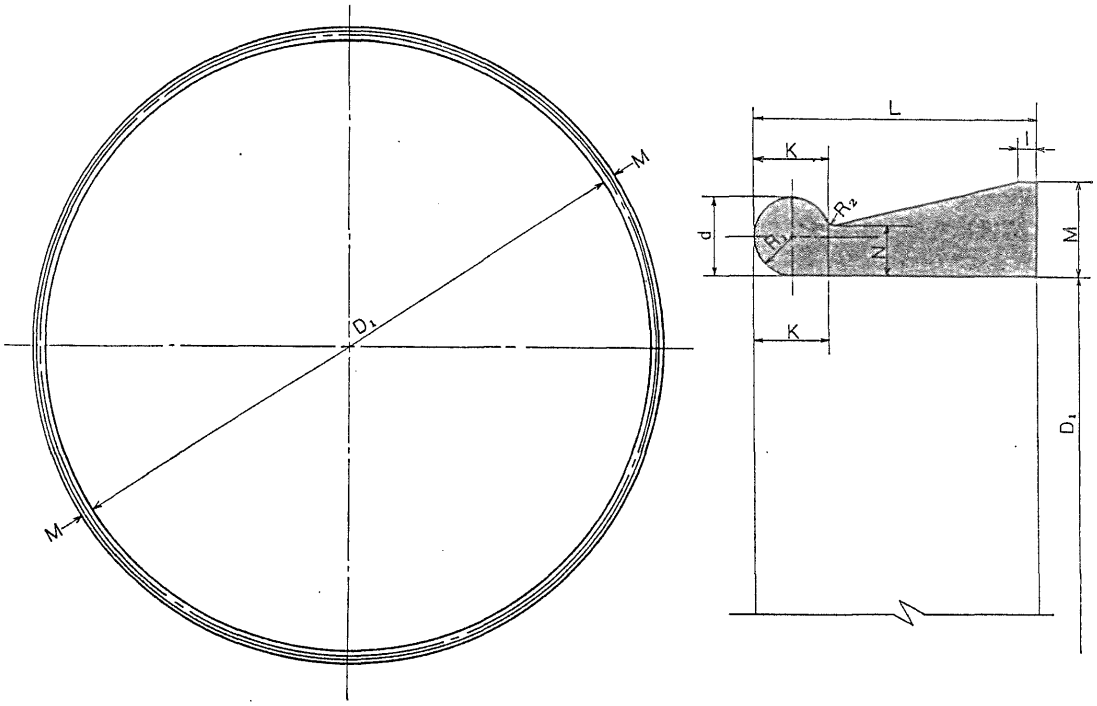
1000φ～1500φ ＵＦ形，Ｕ形用ゴム輪



単位㎜

適用される管の呼び径	ゴム輪									適用される管の呼び径
	D	I	K	L	M	N	R_1	R_2	d	
1000	1018	5	18	58	21	11	9	2	18	1000
1100	1119	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	1100
1200	1220	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	1200
1350	1370	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	1350
1500	1520	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	1500

1600φ～2400φ ＵＦ形，Ｕ形用ゴム輪



単位㎜

適用される管の呼び径	ゴム輪									適用される管の呼び径
	D	I	K	L	M	N	R_1	R_2	d	
1600	1620	5	20	75	25	13	10	2	20	1600
1650	1670	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	1650
1800	1820	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	1800
2000	2020	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	2000
2100	2120	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	2100
2200	2230	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	2200
2400	2410	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	2400

特集 2

高水圧に対するダクタイル管について

久保田鉄工株式会社鉄管研究所
鉄管技術部技術第一課長　本間敬三
鉄管技術部技術第一課　山路忠雄
鉄管研究部係長　御園一夫

小目次

1. 緒言 ……78
2. 管体の安全性 ……78
(1) 内圧に対するダクタイル管の安全性……78
(2) 外圧に対するダクタイル管の安全性……80
(3) 高水圧に使用するダクタイル管の管厚……84
3. 継手の安全性 ……86
(1) メカニカルジョイントの水密性……86
(2) 外圧に対するメカニカルジョイントの安全性……87
(3) 曲げに対するメカニカルジョイントの安全性……90
4. 埋設管の高圧負荷試験の例……91
(1) 600φ大阪府形2種管の埋設下水圧負荷試験結果……91
(2) 1350φK形4種管及び薄肉管の埋設下水圧負荷試験結果……92
(3) American Cast Iron Pipe Co. での埋設管高圧負荷試験結果……92
5. むすび ……92

1. 緒言

JWWA G105 付表-1の管種選定表には静水頭100 mまでしか記載されていないが，これはダクタイル管はこれ以上の圧力のかかる所には使用できないとするものではない。米国連邦規格 WW-P-421a あるいは米国水道協会規格 AWWA H3-65等では，強度的にダクタイル管よりも劣る高級鋳鉄管についてさえも常用圧力350lb/in²（24.6kg/cm²）まで規定されており，またフランスではダクタイル管が常用圧力35kg/cm²以上の所にも実用されている。

わが国に於ても常用圧力約33kg/cm²，水撃圧を含む最高圧力約 45kg/cm² というような条件でダクタイル管が使用された例もある。

本文ではダクタイル管を高水圧に使用する場合の管本体あるいは継手の安全性等といった問題について実験結果を中心として概説したいと思う。

2. 管体の安全性

普通，水道用として地下に埋設されて使用される管には，静水圧あるいは水撃圧による内圧と同時に土被り，あるいはトラック等の路面荷重による外圧とが作用する。

従って管には内圧に対する安全性と同時に，外圧に対する安全性が要求される。

(1) 内圧に対するダクタイル管の安全性

内圧に対するダクタイル管の安全性を実証するため JWWA G105 付表-1の条件の中で最も高い内圧 15.5kg/cm²（即ち静水圧 10kg/cm²，衝水圧 5.5kg/cm²）が作用した時に管に生ずる応力を求めてみる。

一般に内圧によりダクタイル管に生ずる応力

は次式の如き薄肉円筒の式により求められる。

$$\sigma_t = \frac{pD}{2t}$$

ここに p：内圧
D：管径
t：管厚

一方，JWWA G105，あるいは日本鋳鉄管協会規格，またはメーカー標準として定められているダクタイル管の管厚は表-1の如くであるから，内圧15.5kg/cm²の管の応力は表-2の如くなる。ただし，応力の計算には表-1の管厚から鋳造上の余裕(管厚の10%最底1㎜)及び腐食に対する余裕（2㎜）を差引いた計算管厚を用いた。

表-2から明らかな如く，15.5kg/cm²の内圧によって管体に生ずる応力はダクタイル管の引張強さ3,800kg/cm²に比べて遙かに小さく，内圧に対してかなりの余裕があることが判る。

表—1　ダクタイル管の管厚　(㎜)

管種／管径	1種管	2種管	3種管	4種管
75	7.5		6.0	
100	7.5		6.0	
150	7.5		6.0	
200	7.5		6.0	
250	7.5		6.0	
300	7.5		6.5	
350	7.5		6.5	
400	8.5	7.5	7.0	
450	9.0	8.0	7.5	
500	9.5	8.5	8.0	
600	11.0	10.0	9.0	8.5
700	12.0	11.0	10.0	9.2
800	13.5	12.0	11.0	10.2
900	15.0	13.0	12.0	10.8
1000	16.5	14.5	13.0	11.8
1100	18.0	15.5	14.0	12.8
1200	19.5	17.0	15.0	13.5
1350	21.5	18.5	16.5	15.0
1500	23.5	20.5	18.0	16.5
1600	25.0	22.0	19.0	17.2
1650	25.5	22.5	19.5	17.8
1800	28.0	24.0	21.0	19.2
2000	30.5	26.5	23.5	21.0
2200	33.5	29.0	25.5	23.0

表—2　内圧15.5kg/cm²時の管の応力　(kg/cm²)

管種／管径	1種管	2種管	3種管	4種管
75	129		194	
100	172		208	
150	258		387	
200	344		517	
250	431		645	
300	517		664	
350	603		775	
400	564	689	775	
450	581	698	775	
500	596	705	775	
600	581	664	775	845
700	610	678	775	875
800	608	697	775	861
900	601	712	784	894
1000	596	698	791	891
1100	596	705	797	888
1200	592	694	802	912
1350	598	707	805	902
1500	602	700	813	894
1600	599	689	816	912
1650	606	695	814	907
1800	596	705	821	906
2000	603	705	803	912
2200	600	702	808	902

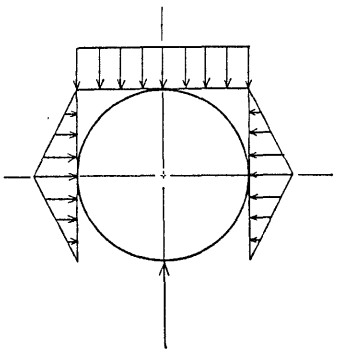
(注)　ダクタイル管の引張強さはS＝3,800kg/cm²

(2)　外圧に対するダクタイル管の安全性

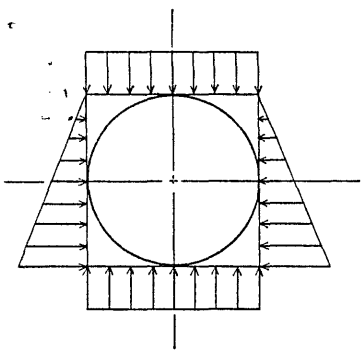
JWWA G105 の管種選定表の作成に当っては土被りあるいはトラック荷重等の外圧により管に作用する土圧分布を図-1の如く仮定している。これの根拠となった実験では初期のこととてかなり厚肉の管を用いて実験していた。しかしその後2種あるいは3種管のように薄いものも規格化され，現在ではむしろ3種管が標準のようになっている。

図—1　JWWA G105 に於ける土圧分布の仮定

(a)　土被りによる土圧分布



(b)　トラック荷重による土圧分布

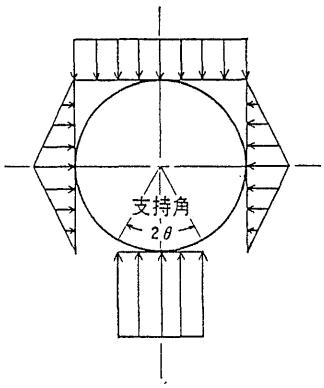


こうした管を用いてその後行なわれた数多くの埋設実験の結果，あるいはアメリカに於ける実験結果等によれば，トラック荷重による土圧分布は問題ないとしても，土被りによる土圧分布についてはかなりの異論がでてきている。即ち，これらの実験結果によれば，土被りによる土圧分布に於て管底の支持角 2θ（図-2参照）は0°とはならず，一般の地盤に埋設する場合には管側の埋戻土を搗き固めなくても 60° 以上になっている。地盤がやわらかい場合には支持角は更に大きくなり，180°にもなる。また，逆に管底が剛性体の如く固い場合であっても，支持角は 40° 以上となっている。

また，アメリカの American Cast Iron Pipe Co. に於ける 36″（900φ）ダクタイル管の埋設実験結果では，溝底を固く搗固めた平底溝に埋設した場合に支持角は38°～54°になったと報じられている。

これらの場合，アメリカの場合は明らかでないが，その他では埋戻土として砂あるいは山土等，比較的さらさらした土が用いられている。一つには，そのために土が管底によく廻り，比較的大きい支持角になったものと思われる。一方，初期の実験（支持角0°に相当した実験は一度だけであるが）に於ては，土質は粘土質でごろごろしたものであったため土が管底によく廻らず，しかも中口径で管厚が厚く変形しにくいものであったため支持角が0°になったものと考えられる。なお，この時管側の埋戻土を搗固めた場合は支持角は 60° 以上となった。

図—2　土被りによる土圧分布と支持角



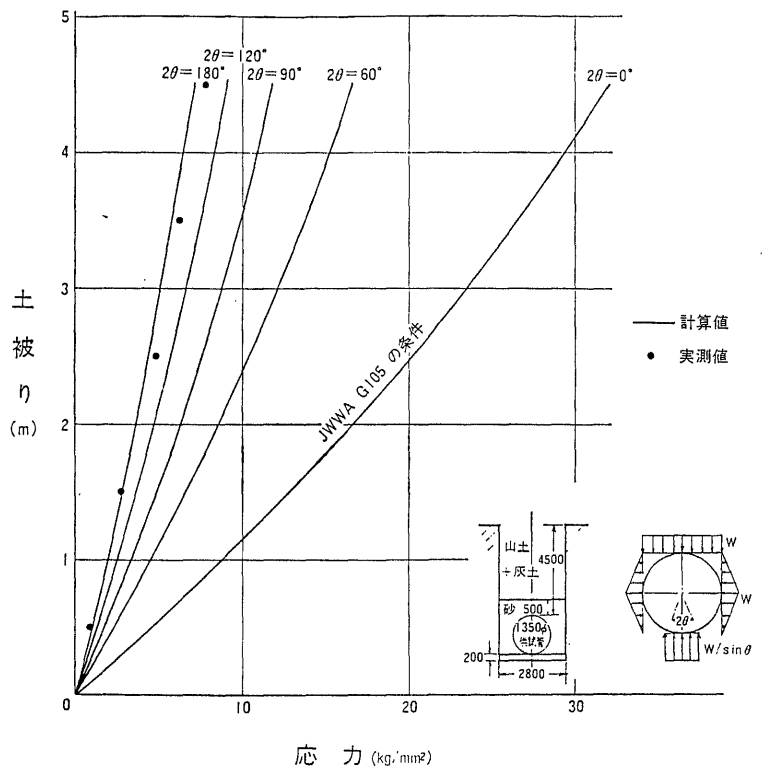
実際に管が配管される場合は，ことに道路下等では管周の埋め戻しには砂が使用されるか，砂が使用されない場合には搗固めが実施されるのが普通である。

従って特例を除いて殆んどの場合，支持角は40°あるいは60°以上期待できるものと考えられる。表-3，及び図-3～図-7にいくつかの埋設実験結果の例を示す。

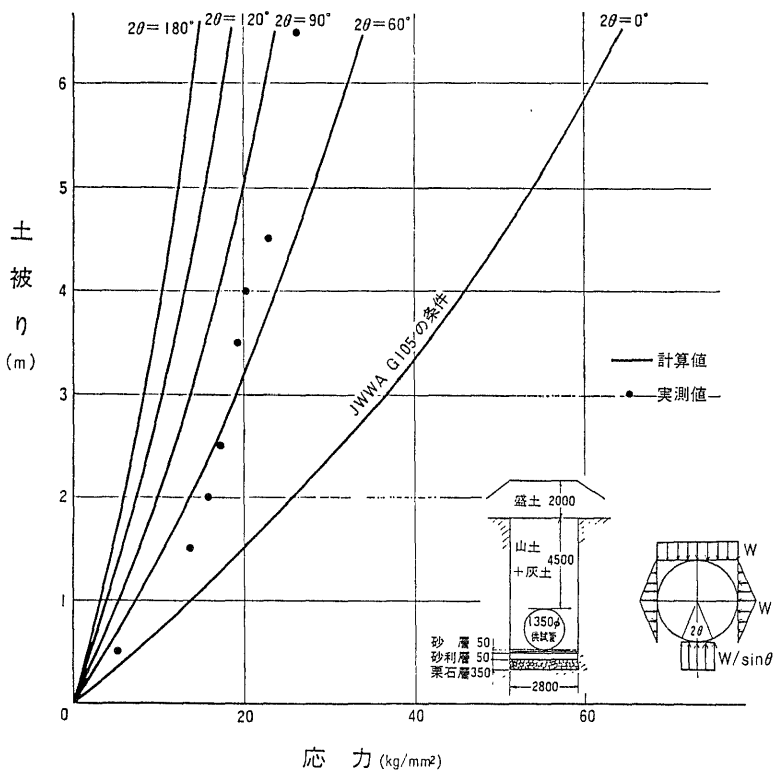
表—3　埋　設　実　験　結　果　の　例

実験 No.		1	2	3	4	5
供試管	管径	1350φ	1350φ	1650φ	1650φ	1200φ
	管厚 (mm)	15	12	22.5	22.5	16.8
	モルタルライニング厚 (mm)	0	0	12	12	0
埋設条件	掘削溝巾 (m)	2.8	2.8	3	4.35	4m×5m×深さ1.8mのコンクリート製ピット内。管底に剛性体（鉄板）を敷き搗固めた。
	溝底の状態	20cmの厚さに砂を敷いたが雨の為，軟弱となった。	栗石，砂等を搗固め，固くした	20cmの厚さに砂を敷いた。	20cmの厚さに砂を敷いた	
	最大土被り深さ (m)	4.5	6.5 (内2mは盛土)	3.2	3.2	管頂上1mまで砂で埋めた後，重錘を載荷。
	埋戻土	管頂50cmまで砂，他は山土＋灰土	山土＋灰土	管頂上15cmまで砂，他は掘削土砂	管頂上1.5mまで砂，他は掘削土砂	
	埋戻土の搗固め	なし	なし	なし 土被り15cmで水締め	なし 土被り1.5mで水締め	なし
実験結果		図-3。溝底がやわらかいということは普通にあり得ることと思われるが，この場合むしろ管底に砂がよく回り支持角は180°程度になった。	図-4。溝底が固い場合であっても，土被りの増加に伴い支持角も増大し，土被り2mでは支持角は60°弱となり，土被り6.5mでは約90°となった。	図-5。土被り2.1mの時，矢板を抜いた所，支持角は180°から120°程度に減少したが，これは矢板除去に伴う側土圧，土の摩擦力の低下等に起因するものと思われる。	図-5。土被り1.5mまでは支持角は90°程度であったが，水締めを行なった後120°程度になった。	図-6。管底に剛性体を置くという苛酷な条件にもかかわらず，支持角は40°～60°となった。

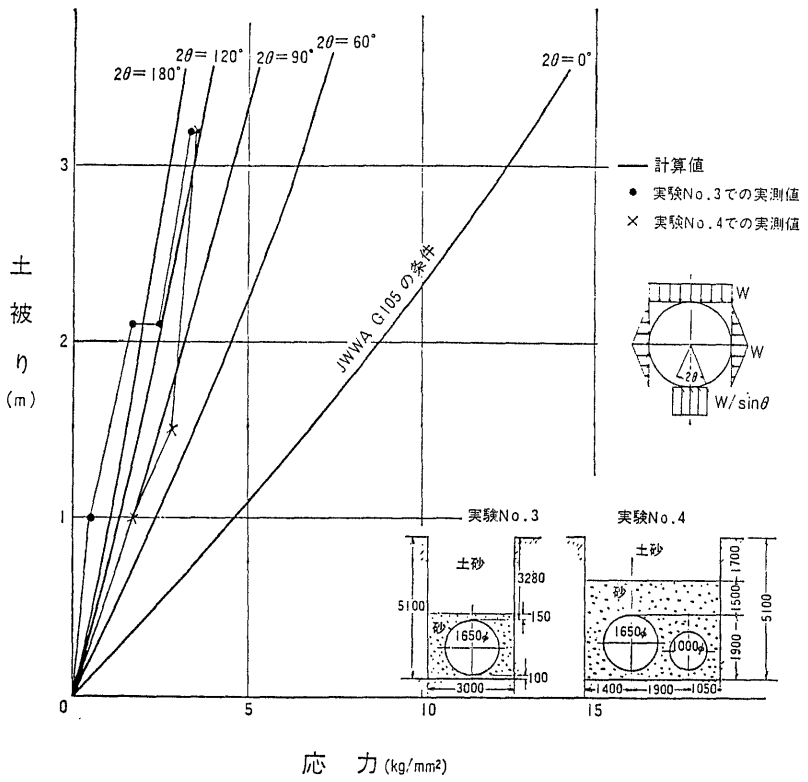
図—3 実験 No. 1 1350φ(管厚15mm) ダクタイル管埋設実験に於ける土被り深さと発生応力の関係



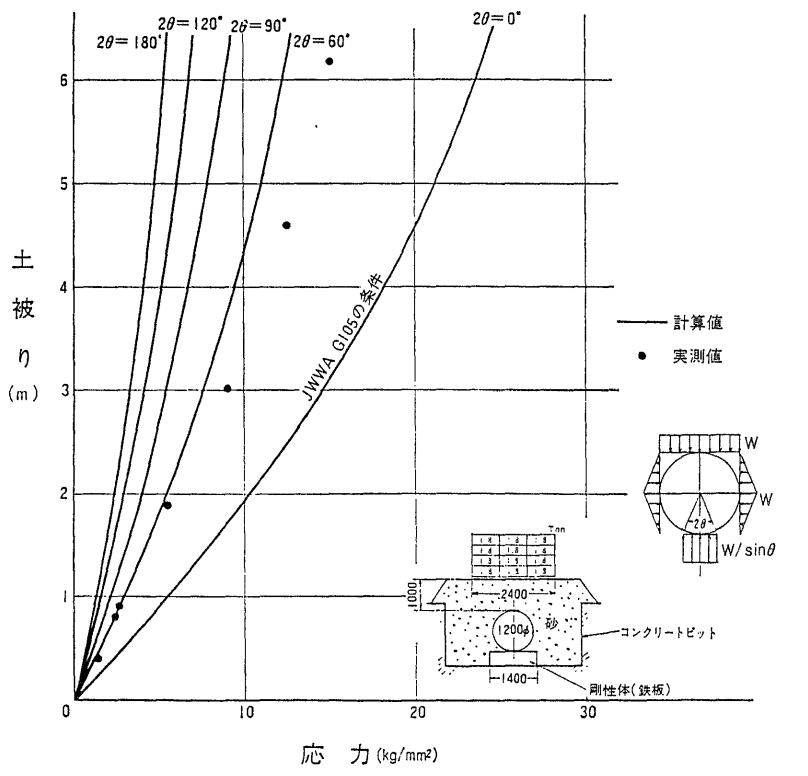
図—4 実験 No. 2 1350φ(管厚12mm) ダクタイル管埋設実験における土被り深さと発生応力の関係



図—5　実験 No. 3 No. 4 1650φ（管厚22.5mm）ダクタイル管に於ける土被り深さと発生応力の関係



図—6　実験 No. 5 1200φ（管厚16.8mm）ダクタイル管埋設実験に於ける土被り深さと発生応力の関係



(3) 高水圧に使用するダクタイル管の管厚

以上から地下埋設するダクタイル管の支持角は比較的さらさらした埋戻土を使用すれば，一般の地盤の場合には60°以上が期待でき，また溝底が強固な場合であっても40°以上は期待できる。

やむなく粘土質のようなごろごろした土を埋戻土として使うとしても，管底に土が十分廻るように配慮して埋戻すか，管側の埋戻土を搗固めれば支持角は40°あるいは60°以上期待でき

表—4　管種選定表A（支持角$2\theta=60°$）

布設状態　平底溝

輪荷重　20ton トラック2台同時通過，衝撃に対して50%増

衝水圧　5.5kg/cm²

土被り(m) / 静水圧kg/cm² / 管径	2.4				2.1				1.8				1.5				1.2			
	25	20	15	10	25	20	15	10	25	20	15	10	25	20	15	10	25	20	15	10
200	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
250	1	3	3	3	1	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3
300	1	3	3	3	1	3	3	3	1	3	3	3	1	3	3	3	1	3	3	3
350	1	1	3	3	1	2	3	3	1	2	3	3	1	2	3	3	1	2	3	3
400	1	1	2	3	1	2	3	3	1	2	3	3	1	2	3	3	1	2	3	3
450	1	1	2	3	1	2	3	3	1	2	3	3	1	2	3	3	1	2	3	3
500	1	1	2	3	1	2	3	3	1	2	3	3	1	2	3	3	1	2	3	3
600	1	1	2	3	1	2	2	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
700	1	1	2	3	1	2	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
800	1	1	2	3	1	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
900	1	1	2	3	1	1	2	3	1	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4
1000	1	1	2	3	1	1	2	3	1	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4
1100	1	1	2	3	1	1	2	3	1	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4
1200	1	1	2	3	1	1	2	3	1	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4
1350		1	2	3	1	1	2	3	1	1	2	3	1	2	2	4	1	2	3	4
1500		1	2	2	1	1	2	3	1	1	2	3	1	2	2	4	1	2	3	4
1600		1	2	2	1	1	2	3	1	1	2	3	1	2	2	3	1	2	2	4
1650		1	2	2	1	1	2	3	1	1	2	3	1	2	2	3	1	2	2	4
1800		1	2	2	1	1	2	3	1	1	2	3	1	1	2	3	1	2	2	4
2000		1	2	2		1	2	3	1	1	2	3	1	2	2	3	1	2	3	4
2200		1	2	2		1	2	3	1	1	2	3	1	2	2	3	1	2	3	4

(注)　表中1，2，3，4の数字は1種管，2種管，3種管及び4種管を示す。
(350φの2種管々厚は7.0㎜とする)

る。前述の如く上記のような場合が一般的であるとみてよい。

従って今，管の支持角を60°あるいは40°とし，安全率をJWWA G105の条件と同じく

静水圧に対して　2.5

衝水圧に対して　2.0

土被り及びトラック荷重に対して　2.0

として静水圧とそれに対する適応管種とを示せば表-4及び表-5の如くなる。

表-4及び表-5は規格管厚の適用範囲を示した

表—5　管種選定表B（支持角$2\theta=40°$）

布設状態　平底溝（溝底が固い場合）

輪荷重　20tonトラック2台同時通過，衝撃に対して50%増

衝水圧　5.5kg/cm²

土被り(m) / 静水圧kg/cm² / 管径	2.4			2.1			1.8				1.5				1.2			
	20	15	10	20	15	10	25	20	15	10	25	20	15	10	25	20	15	10
200	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
250	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	1	3	3	3	1	3	3	3
300	1	3	3	1	3	3	1	3	3	3	1	3	3	3	1	3	3	3
350	1	2	3	1	2	3	1	1	2	3	1	2	3	3	1	2	3	3
400	1	2	3	1	2	3	1	1	2	3	1	2	3	3	1	2	3	3
450	1	2	3	1	2	3	1	1	2	3	1	1	3	3	1	2	3	3
500	1	2	3	1	2	3	1	1	2	3	1	1	3	3	1	2	3	3
600	1	2	2	1	2	3	1	1	2	3	1	1	2	4	1	2	3	4
700	1	2	2	1	2	3		1	2	3	1	1	2	3	1	2	3	4
800	1	1	2	1	2	3		1	2	3	1	1	2	3	1	2	3	4
900	1	1	2	1	2	3		1	2	3	1	1	2	3	1	1	3	4
1000	1	1	2	1	2	2		1	2	3	1	1	2	3	1	1	3	4
1100	1	1	2	1	2	2		1	2	3	1	1	2	3	1	1	2	4
1200	1	1	2	1	2	2		1	2	3	1	1	2	3	1	1	2	3
1350	1	1	2	1	1	2		1	2	3	1	1	2	3	1	1	2	3
1500	1	1	2	1	1	2		1	2	2	1	1	2	3	1	1	2	4
1600	1	1	2	1	2	2		1	2	2	1	1	2	3	1	1	2	3
1650	1	1	2	1	2	2		1	2	2	1	1	2	3	1	1	2	3
1800	1	1	2	1	1	2		1	2	2	1	1	2	3	1	1	2	3
2000	1	1	2	1	1	2		1	2	2		1	2	3	1	1	2	3
2200	1	1	2	1	1	2		1	2	2		1	2	3	1	1	2	3

（註）　表中1，2，3，4の数字は1種管，2種管，3種管及び4種管を示す。
（350φの2種管々厚は7.0㎜とする。）

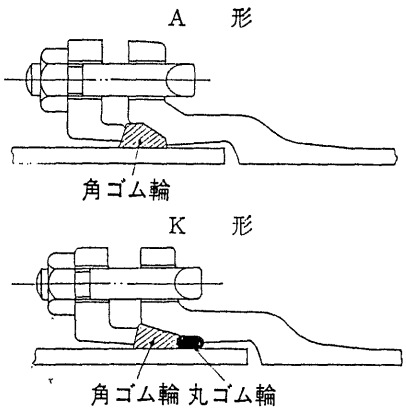
ものであるが，ダクタイル管は使用条件に応じて任意の厚さのものを製造することができるから，管厚を厚くすれば更に高い内圧に対しても使用可能となる。

また，実験結果によれば内圧負荷によって，外圧によって生じていた応力は減少する傾向にあるから，内圧が大きくなる程安全性は比較的には増加するものと思われる。

3. 継手の安全性

ダクタイル管の継手には種々の形式のものがあるが，現在主として用いられているものは図-7に示す如きA形，K形等のメカニカルジョイントである。

図—7　メカニカルジョイントの構造



これらメカニカルジョイントの主な特長として

① 緊密性が良い。
② 伸縮性がある。
③ 可撓性が優れる。
④ 施工性が良い。

等があげられる。特に，K形継手は角ゴム輪と丸ゴム輪とを併用するため一段と優れた緊密性が得られ，比較的口径の大きい管で高水圧に対してはこれの使用が奨められる。

（1） メカニカルジョイントの水密性

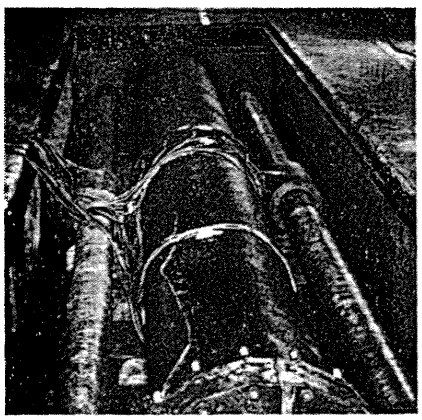
メカニカルジョイントの優れた水密性を示すいくつかの試験結果の例を表-6に示す。

これは過去に於て，違った時に，違った目的で行なった実験の中からピック・アップしたものである。

その他に，例えば鋳鉄管製造工場に於て日常行なわれている管体水圧破壊試験ではメカニカルジョイント形式の盲蓋を使用しているが，管が破れても盲蓋からは漏れていない。

更に，写真-1の例では，中央でメカニカルジョイントした600φダクタイル管に水圧を加え，120kg/cm²で管体を破裂せしめたが，ジョイント

写真—1　管体が破裂するまで水圧を負荷するも継手部は異状なし



表—6　メカニカルジョイントの水圧試験結果の例

管　径	管　種	管厚 (mm)	継手形式	負荷水圧 (kg/cm²)	継手部の状況
200	1　種　管	7.5	A　形	140	漏洩その他異状なし
250	1　種　管	7.5	K　形	50	〃
350	1　種　管	7.5	A　形	100	〃
600	3　種　管	9.0	K　形	80	〃
800	3　種　管	11.0	K　形	50	〃
1100	3　種　管	14.0	A　形	20	〃
1200	2　種　管	17.0	K　形	40	〃

は漏洩なく，ボルト，押輪にも異常がなかった。

（2） 外圧に対するメカニカルジョイントの安全性

地中に埋設されたダクタイル管には土被りあるいはトラック荷重等による外圧が作用し，これによって管には撓みを生ずるが，二，三の口径のものについて支持角が60°及び40°の場合の管直部の垂直撓みを計算により求めれば図-8～図-10の如くである。ただし，撓みの計算には表-1の管厚から鋳造上の余裕（管厚の10%，最低1㎜）を差引いたものを用いた。

継手部に於ては受口の形状による剛性のため継手部の変形は管直部の変形よりかなり小さくなるものと思われる。一例として1500φ，1350φ 700φ埋設管での実測結果を示せば表-7の如くである。

しかるに，A形継手及びK形継手の耐圧試験結果の二，三の例を示せば図-11及び図-12の如くであって，実用的な土被りの範囲内に於ては管の変形に基ずく継手部の受口一挿口間の隙間変化は極く小さく，継手の水密性が損われることはない。

例えば1000φ K形3種管を溝底の強固な平底溝内に埋戻土を搗固めず，土被り2.4 mの深さに埋設するような場合に於ても，管直部の垂直撓みは13㎜，継手部の変形はこれより小さく，直部変形の約½としても計算上の受口一挿口間の隙間増加量は0.21㎜ということになる。

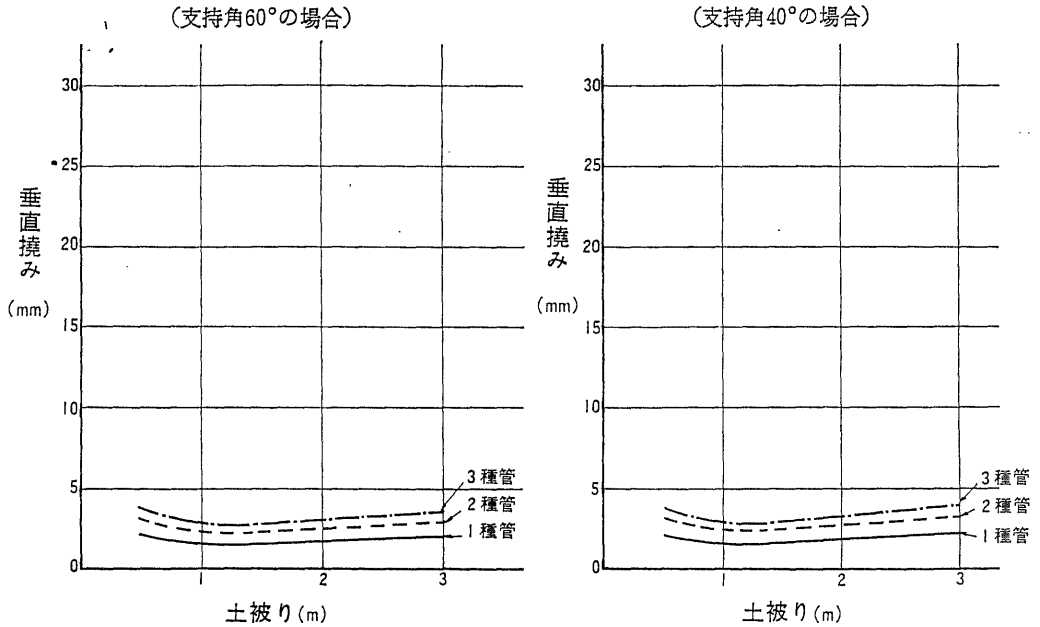
図-13によれば，隙間増加量が1.4㎜に至るも15kg/cm²で漏洩していない所からみれば，0.21㎜ではまだまだ漏洩の危険はないといえる。

しかも実験室内で行なう耐圧試験は，受口及び挿口に集中荷重を作用させているものであり実際の埋設管に作用する荷重条件より厳しいものであるから，実際管路に於ては安全性は更に高いものと思われる。

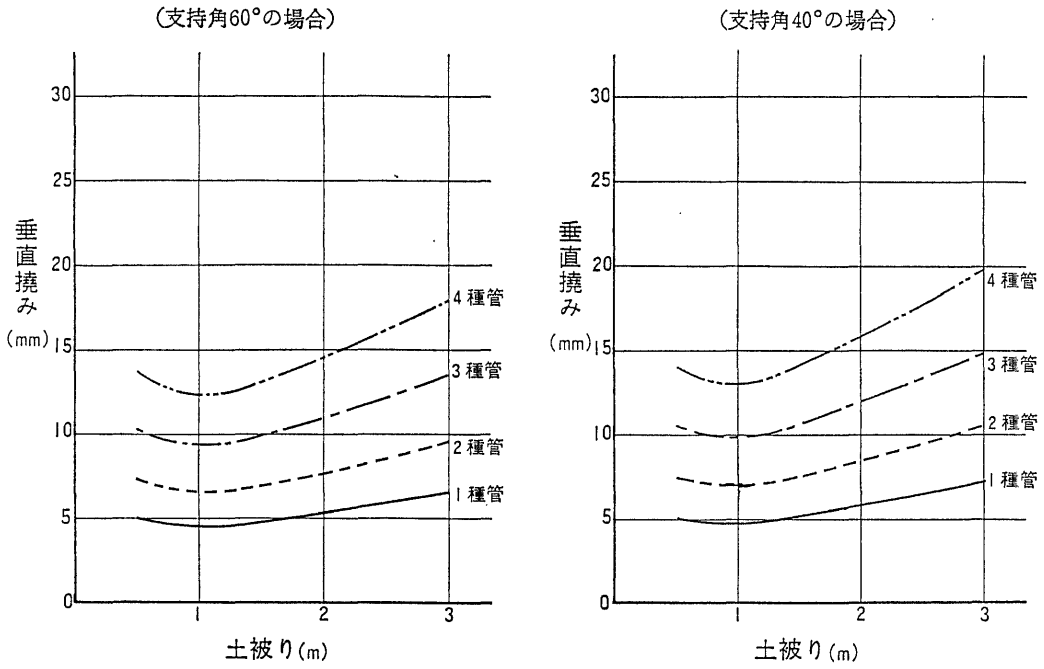
表—7　埋設管の垂直撓み実測結果（土被り2 m）

径　管	1500φ			1000φ			700φ		
管　厚（㎜）	T＝19（3種よりやや厚い）			T＝13.5（3種相当）			T＝13（1種よりやや厚い）		
撓　み（㎜）	直　部	ジョイント部	直部/ジョイント部	直　部	ジョイント部	直部/ジョイント部	直　部	ジョイント部	直部/ジョイント部
	7.05	1.95	3.61	9.58	2.48	3.86	2.10	1.07	1.96

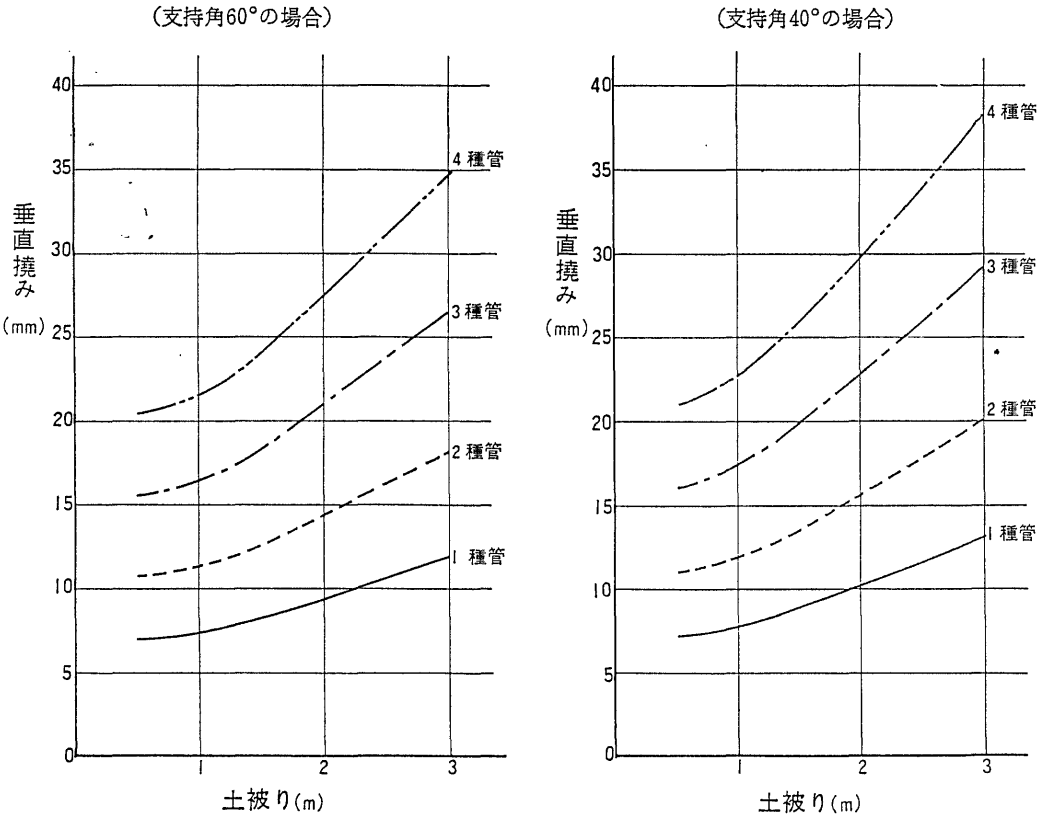
図—8　500φダクタイル管の土被りと直部垂直撓みの関係



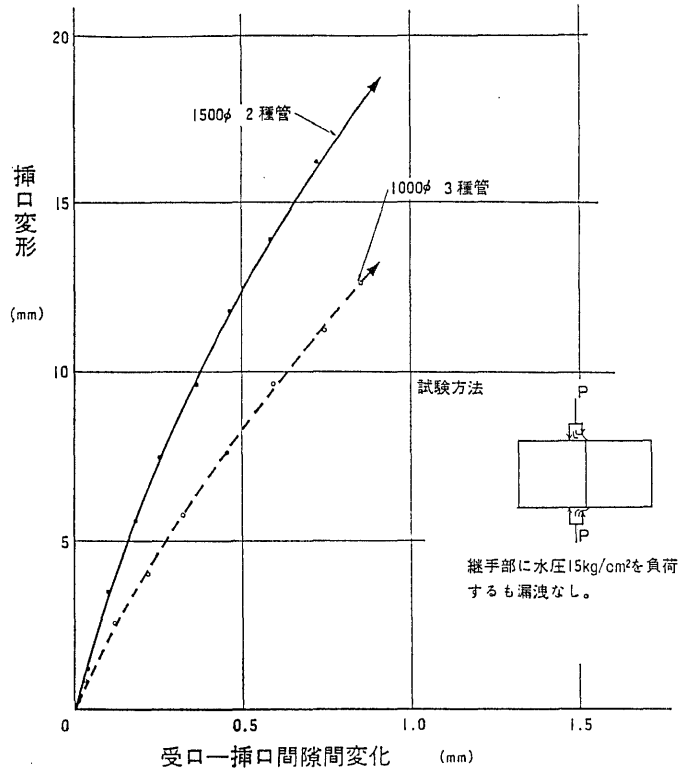
図—9　1000φダクタイル管の土被りと直部垂直撓みの関係



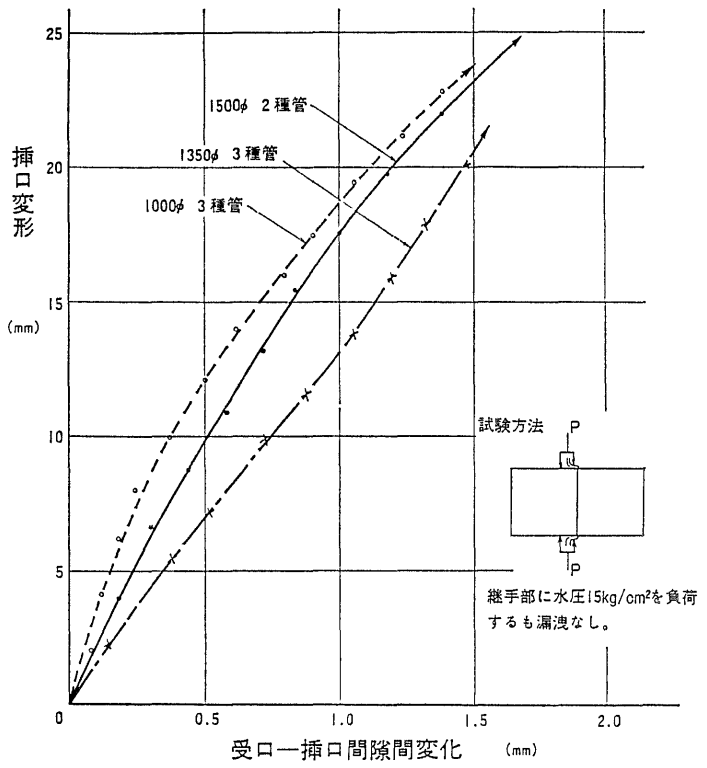
図—10　1500φダクタイル管の土被りと直部垂直撓みの関係



図—11
A形継手の耐外圧試験結果



図—12
K形継手の耐外圧試験結果



また，口径が小さくなれば外圧による管の垂直撓みはより小さくなるから，安全性は更に増すこととなる。

（3） 曲げに対するメカニカルジョイントの安全性

メカニカルジョイントは可撓性に富んでおり管布設時に継手部で少しづつ曲げながら曲げ配管を行なうことが可能であり，あるいは布設後に於ける地盤沈下等によく順応するという特性を有している。

これに対し，管が継手部で曲がった時，水密性が低下することがあってはならないが，メカニカルジョイントはこの条件をもよく満足するものである。

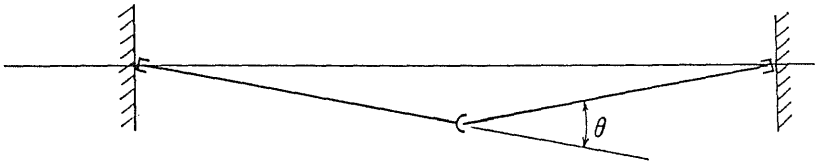
以下に水圧曲げ試験結果について数例を示す。

① 水圧曲げ試験結果

水圧曲げ試験結果の例を表－8に示す。

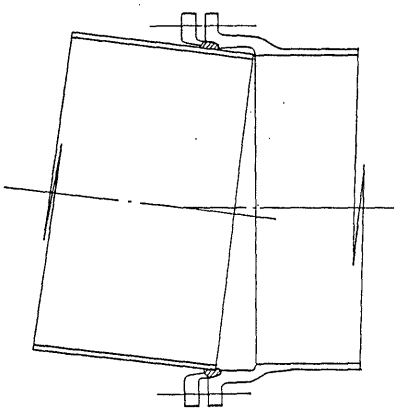
これらの例から，メカニカルジョイントに於ては継手部が曲がって，もし挿口の端面がゴム輪にかかる所まで出てきたとしても十分な

表－8　メカニカルジョイントの水圧曲げ試験結果の例

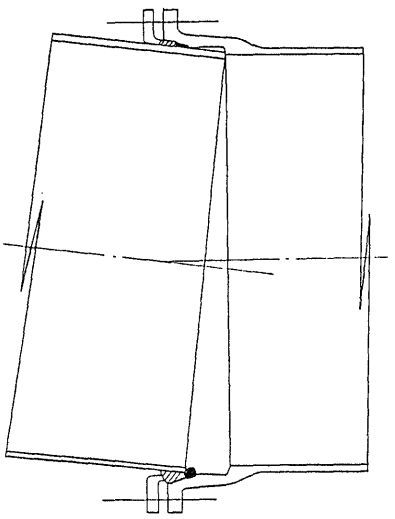


管径	継手形式	負荷水圧 (kg/cm²)	曲げ角度 (θ°)	継手部の状況
300	A　形	17.5	5°	漏洩その他異状なし
450	A　形	17.5	3°30′	〃
600	A　形	17.5	6°25′	下図(A)*の如き状態になるも漏洩せず
800	K　形	30	5°10′	下図(B)**の如き状態になるも漏洩せず
1200	K　形	25	2°52′	漏洩その他異状なし

*(A)図



**(B)図



水密性が保たれるといえる。

② 700φK形管での水圧曲げ試験結果

表—9　700φK形管水圧曲げ試験結果

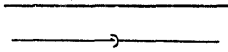
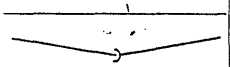
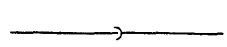
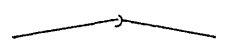
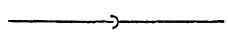
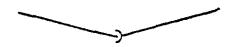
試験No.	曲げ角度	締付けボルト数	締付けトルク (kg—cm)	負荷水圧 (kg/cm²)	ジョイント部の状況
1	3°	16	1400	50	異状なし
2	3°	16	(*1) 上部7本0 下部9本 1400	50	〃
3	3°	(*2) 4 (上下左右のみ)	1400	50	〃

(*1) 一旦1400kg-cmのトルクで締付けた後，0に緩めた。
(*2) 一旦正常な状態に接合した後，上下左右のボルトを残し，他は抜き去った。
(*3) 700φの許容曲げ角度は2°30′

この結果から，K形継手にあっては一旦正常な状態に接合されれば，その後何本かのボルトが緩んだとしても十分な水密性が保たれるといえる。

③ 1350φA形管での繰返し曲げ試験結果

表—10　1350φA形管繰返し曲げ試験結果

状態	曲げ角度	負荷水圧 (kg/cm²)	継手部の状況
	0°	14	異状なし
	2°30′	14	〃
	0°	14	〃
	2°30′	14	〃
	0°	14	〃
	3°10′	14	〃

この結果からメカニカルジョイントは繰返し曲げに対しても十分な水密性を有しているといえる。

以上の試験結果からも明らかな如く，メカニカルジョイントは高圧が負荷されている状態で曲げられても漏洩することなく十分安全であるといえる。

試験的には表-8の(A)図あるいは(B)図の如く挿口の端面がゴム輪にかかる所まで曲げても漏洩しないことが確認されたが，管布設時に於ては後の地盤沈下等による地盤変動に伴なう曲がりを考慮して，表-11の許容曲げ角度以内に納めるのが好ましい。

表—11　メカニカルジョイント（A形，K形）の許容曲げ角度（漏洩なく曲り得る限界の½）

管径 mm	鉄管1本当り許容される偏位 cm 4m管	6m管	曲げ角度
75	35		5°00′
100	〃		〃
150	〃		〃
200	〃		〃
250	28		4°00′
300	23	35	3°20′
350	34	50	4°50′
400	29	43	4°10′
450	27	40	3°50′
500	23	35	3°20′
600	19	29	2°50′
700	17	26	2°30′
800	15	22	2°10′
900	14	21	2°00′
1000	13	19	1°50′
1100	11	17	1°40′
1200	10	15	1°30′
1350	9	14	1°20′
1500	8	12	1°10′
1600～2400	10	15	1°30′

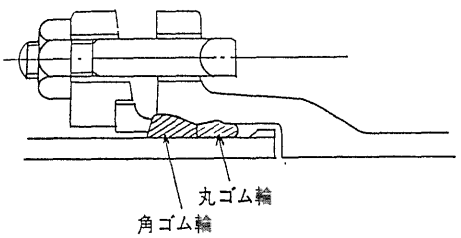
4. 埋設管の高圧負荷試験の例

(1) 600φ大阪府形2種管の埋設下水圧負荷試験結果

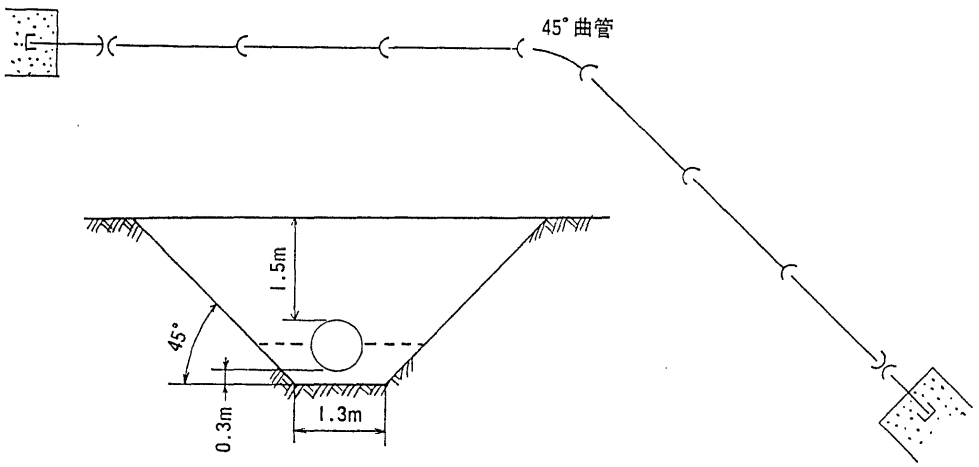
① 供試管

600φ2種管（管厚10.0mm，モルタルライニング厚6mm）

継手形式は府形であるが，左図の如く鉛は使用せず丸ゴム及び角ゴムのみにて接合した。



② 埋設条件



実験場所は大阪府枚岡ポンプ所
地盤は軟弱
埋戻しは管芯まで山土で，それ以上は掘削土で行なう。
管側は搗固めず。

③ 実験結果

水圧を28kg/cm²まで負荷したが，管体，継手とも異状はなかった。

(2) 1350φK形4種管及び薄肉管(管厚12mm)の埋設下水圧負荷試験結果

表-3に記した No. 1 の実験では土被り4.5mで水圧 25kg/cm² を負荷し， No. 2 の実験では管厚12mmという薄肉管を使用して土被り 6.5 mで25kg/cm²の水圧を負荷したが，いずれの場合も管体及び継手とも異状なかった。

これらの実験に於て，管に発生する全応力は水圧負荷によって減少しないが，土被りによって発生した管体の応力は水圧負荷によって減少し，また同時に管体の撓みも減少することが確認された。

また，薄肉管であっても高圧に対して十分安全に使用し得ることも確められた。

(3) American Cast Iron Pipe Co. での埋設管高圧負荷試験結果

① 口　　径　36″(900φ)
② 管 材 質　ダクタイル
③ 管　　厚　0.45″(11.4mm)
　　0.46″(11.7mm)
　　0.47″(11.9mm)
④ 継手形式　タイトンジョイント（ゴム輪1ケだけの継手）
⑤ 埋設条件　管に生ずる応力が大きくなるように平底溝の底を固く搗固めた。埋戻土は搗固めず。
⑥ 実験結果　土被り 8ft(2.4m) で水圧を625 Psi (43.8kg/cm²) 負荷したが管体，継手とも異状なし。
　　埋戻土による応力は水圧負荷により減少した。

5. むすび

以上，種々の実験結果を中心として高水圧に

表—12　フランスでのダクタイル管の実用例

	管路長 (m)	管径	継手形式	圧力 (kg/cm²) 常用	圧力 (kg/cm²) 試験
Durence-Ventoux (水道)	7450	10″ (250φ)	Express *	26～36	40
Moyenne Corniche (〃)	1080	12″ (300φ)	〃	25	37
Bellefontaine (〃)	1600	4″ (100φ)	〃	30	50
La Haute Loue (〃)	2520	12″ (300φ)	〃	37	43
So. Agen (〃)	9160	8″ (200φ)	〃	28	56
〃	5800	10″ (250φ)	〃	35	70
Barouk (Beyrouth-Lebanon) (〃)	1240	16″ (400φ)	〃	35	60

* Express joint とはメカニカルジョイントの一形式であり，A形と類似のものである。

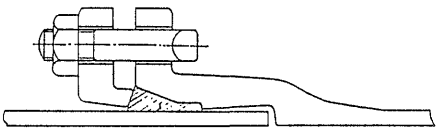
対するダクタイル管の安全性について記し，JWWA G105 の管種選定表の範囲よりも更に高い水圧にも十分安全に実用できることを述べてきたが，最後にフランスに於けるダクタイル管の高水圧に対する実用例（表-12）を紹介して本文の結びとしたい。

フランスでは Express joint が使用されているが，これはメカニカルジョイントの一形式であり，A形と類似のものである。

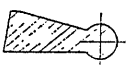
この例からも明らかな如く，A形であってもかなりの高圧にまで実用し得るわけであるが，口径の比較的大きい管ではK形の使用が奨められる。なお，K形に於ては図—13の如く，角ゴム輪と丸ゴム輪とを一体とし，附属品の数を減らして単純化を計るよう準備中である。

なお，ダクタイル管を高水圧に使用する場合には，曲管の防護などの問題もあるが，これについては本号の“ダクタイル管の離脱防止継手について”の特集記事を参照されたい。また，フランジ形異形管の場合，現在規格品として製造されているダクタイル異形管のフランジは，静水圧10kg/cm²までに対するものであるから，実用に際しては使用条件に応じて特殊品を使用する必要がある。

図—13　角ゴム輪と丸ゴム輪とを一体としたK形継手



丸角一体ゴム輪



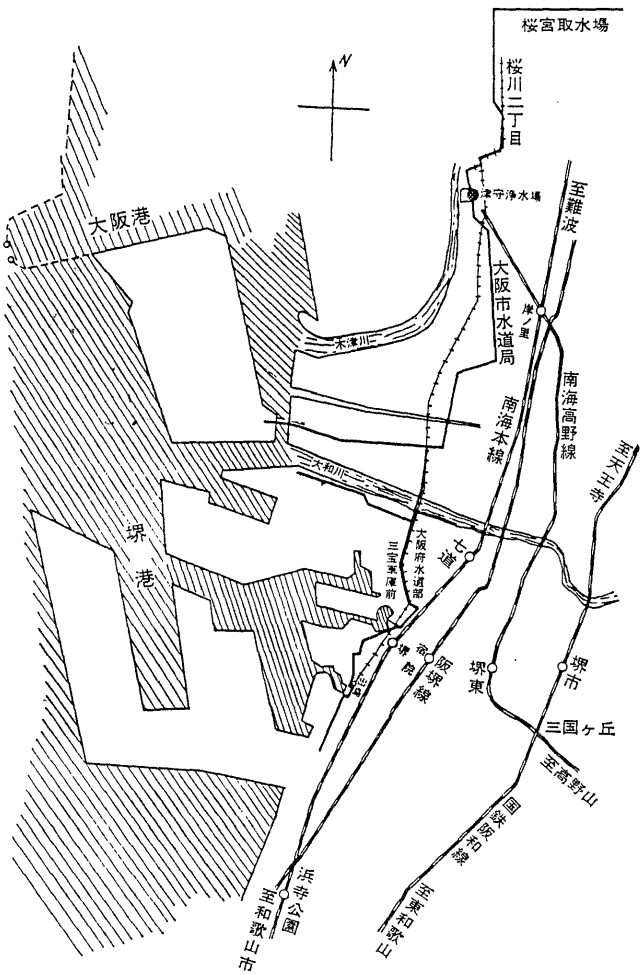
水道メーター
製作・修覆
創業大正四年
大阪機工株式會社
本社 計器部営業課　大阪市大淀区豊崎西通1－18　(371)2135・2527 直通電話 (371)7634・8634
工場　兵庫県伊丹市北村字野間37　伊丹(72)5121
東京支店　東京都千代田区丸の内2　丸ビル462号室 (216)2061～5
名古屋営業所　名古屋市中区丸ノ内2－17番11号　名古屋(211)4411～3
福岡営業所　福岡市冷泉町5－34(新博多ビル) 福岡(28)2678

事例研究

大阪府営工業用水道臨海線電蝕について

関西電蝕防止対策委員会
水道管小委員会

図—1　大阪府営工業用水道臨海線概要図



大阪府営工業用水道臨海線は大阪市桜宮取水場より南下し，堺市臨海工業地帯へ工業用水を供給するものである。

しかるにこの管路は，図—1に示す如くその一部に於て大阪市交通局の市電及び南海電鉄本線と平行する部分があり，かつ地下水位も高いため，土壌の導電度が高く電蝕の可能性が考えられる。

そこで今回は，この管路のうち最も電蝕を起す可能性の高い地域として図—2の如く，市電と完全に平行し，しかも変電所が平行部の中央部にある所，及び南海電鉄本線と平行する部分との管路について対地電位，対軌条電位，軌条にボンド時の対地電位などを測定し電蝕の危険性を判断する資料とした。

1．管路の状況

測定の対称とした管路は1000㎜φ ダクタイル鋳鉄管であり，直管部の継手はすべて第3図に示すゴムを使用するメカニカル継手を採用し，異形管部のみは鉛，及びゴムを使用する特殊メカニカル継手（大阪府形）及びフランジ継手（図—4,5参照）を採用している。

また管の内面はすべてセメントモルタルライニングを行なっている。

測定地点は三宝変電所を両側にはさんで非常に電気的影響を受け易いと思われる Manhole No. 5. 6. 及び南海電鉄と併行する地点の Manhole No. 9，更にこれらにくらべると比較的影響の少いと考えられる Manhole No. 1・No. 7 の5地点を選定した。

各 Manhole と電車軌条との位置関係及び地下湧水の水位とは図—6～8に示す通りである。

即ち，いずれの Manhole も鉄管の下半分はほとんど地下水の水位以下にある，また Manhole 5. 6. 7. は市電軌条とほぼ4 m離れた位置にあり，かつ管路は軌条と完全に平行している。

Manhole No. 1 は市電レールと約10 m，Manhole No. 9 は南海電鉄と約15 m離れた位置にある。

2．測定日　1963年10月14日
　　a・m 8.00～p・m 6.30

3．測定者

大阪府水道部工業用水課	佐藤技師
大阪府水道部工務課電機係	三木技師
〃	坂口技師
	他　2　名
久保田鉄工㈱鉄管研究部	長尾係員
〃	岩松係員
〃	林　係員

4．測定項目

(1)　鉄管の対地電位
　対照電極としては，硫酸銅標準電極を用い，Manhole 中の湧水中に浸漬して測定した。

(2)　鉄管と軌条とをボンドした時の鉄管の対地電位及びボンド電流

(3)　鉄管と軌条との電位差

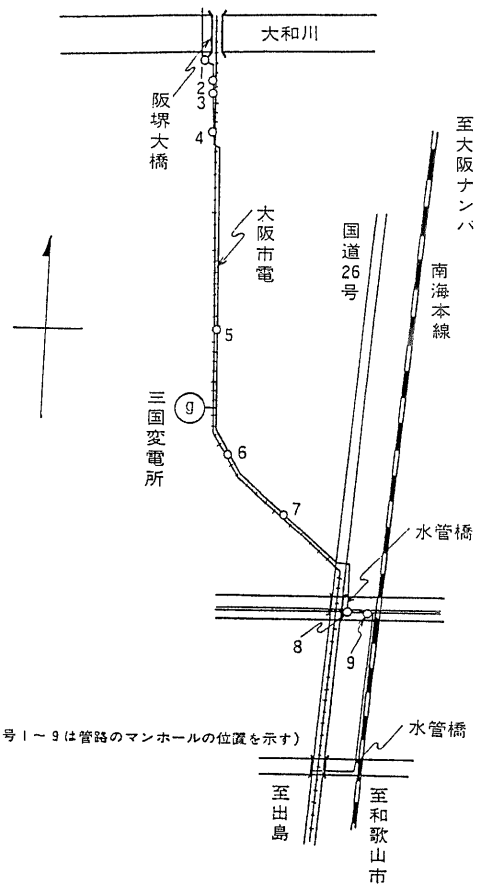
5．測定方法

(1)　測定器具
　(a)　対地電位　2号地電圧計
　(b)　対軌条電位　〃
　(c)　ボンド電流　3号地電流計

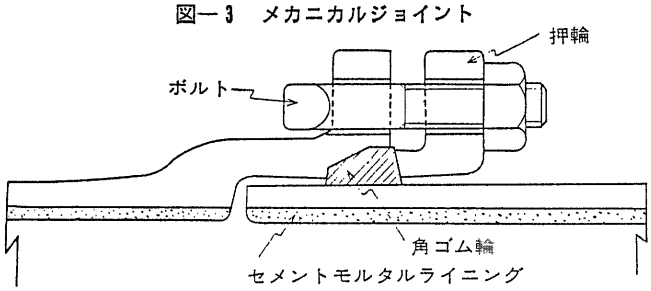
(2)　鉄管と軌条とのボンド

6．鉄管とレールとを22 mm²のキャ

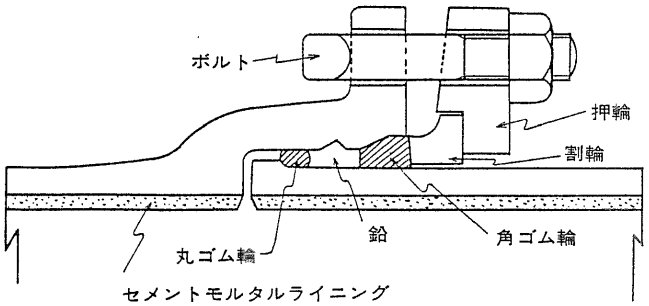
図—2　大阪府工業用水1000mmφ管堺附近管路図



図—3　メカニカルジョイント



図—4　特殊メカニカルジョイント(大阪府形)



ップタイアコードで接続した。

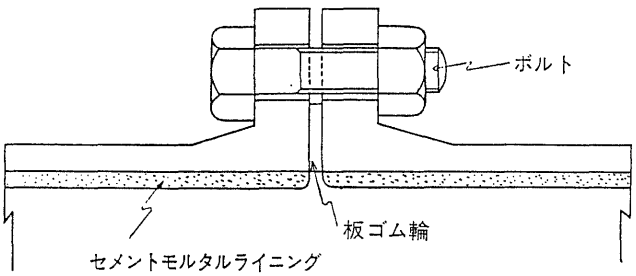
7．測定時刻

各地点共に，朝夕のラッシュ時及び昼間の閑散時を選んで測定を行なった。

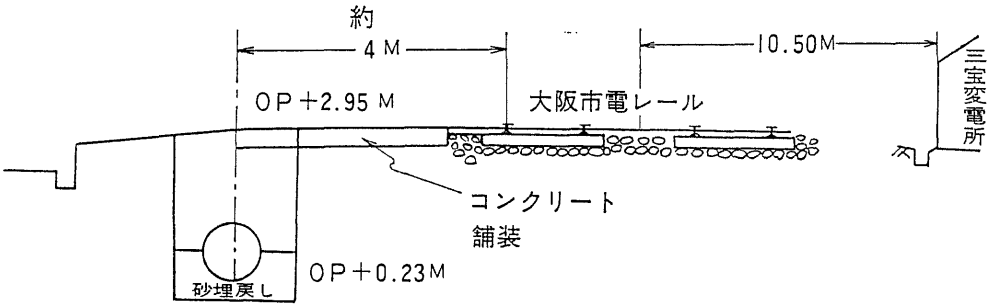
8．測定結果

図—9～19に測定結果を示す。

図—5 フ ラ ン ジ 接 手



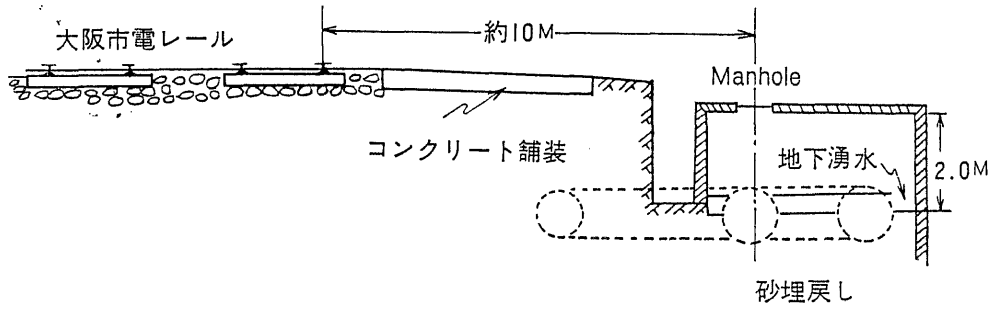
図—6 Manhole No. 5. 6. 7. 附近の状況



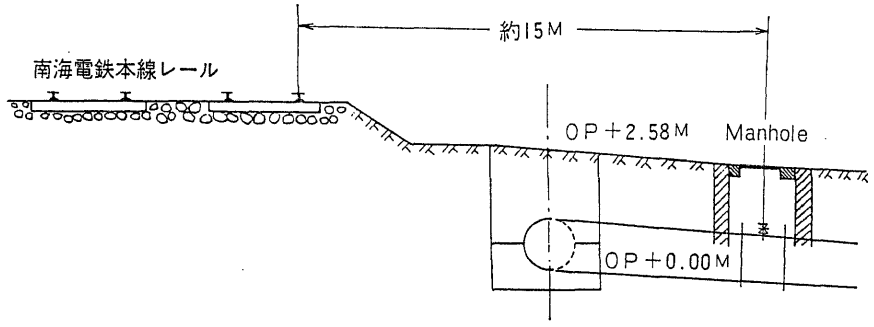
地下湧水　№5 M.H　湧水なし，ただし土壌湿潤
　　№6 M.H　湧水管頂まであり
　　№7 M.H　湧水あり管頂より 200㎜ のみ冠水せず。

注　Manhole №5．6 の中間に於てレールより約 10m離れた位置に三宝変電所がある。

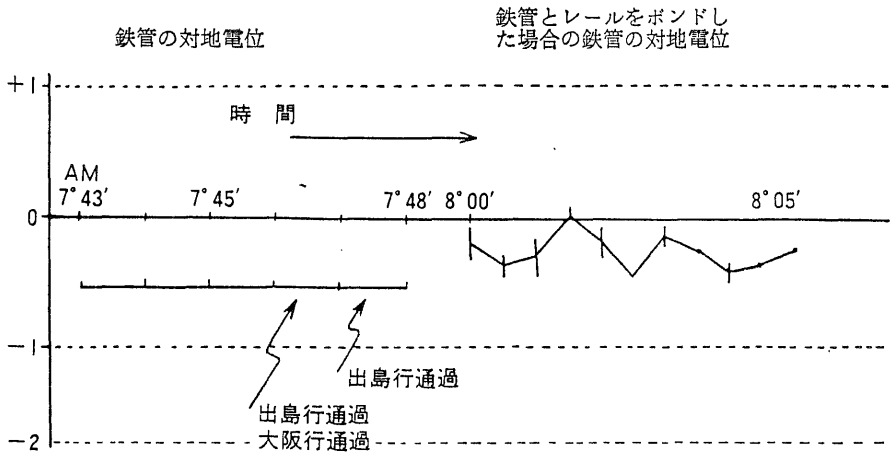
図—7 Manhole No. 1 附近の状況



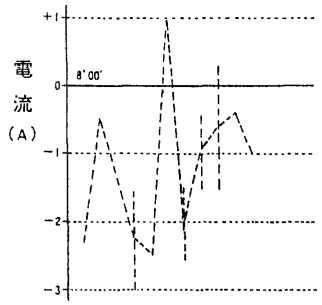
図—8 Manhole No. 9 附近の状況



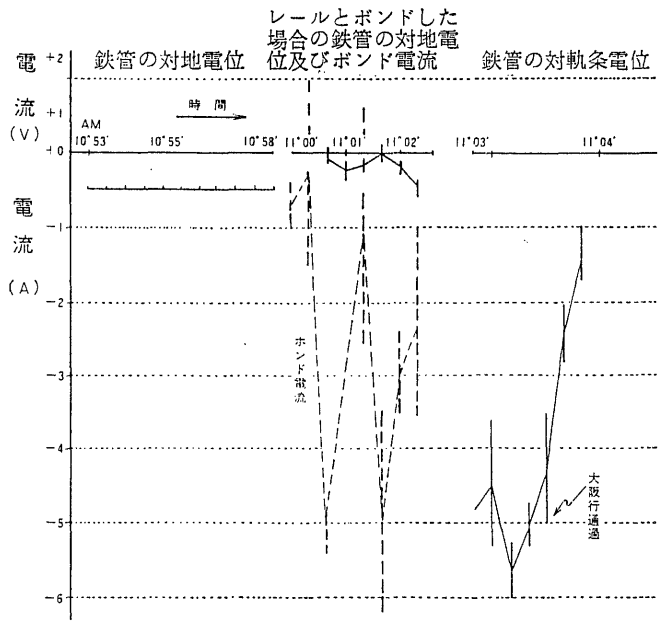
図—9　No. 5 の マ ン ホ ー ル



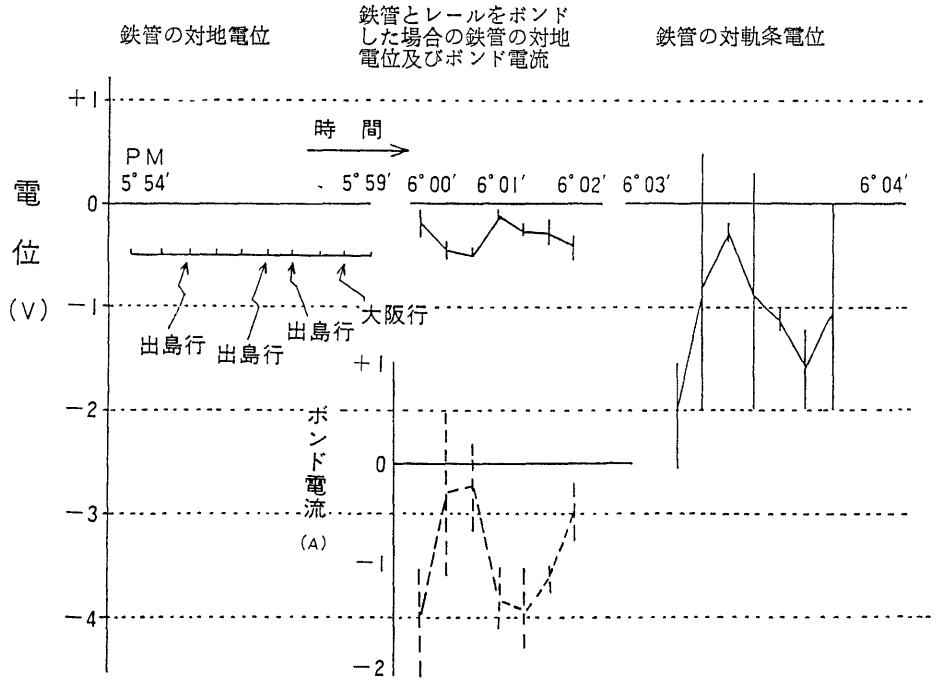
鉄管とレールをボンドした場合のボンド電流



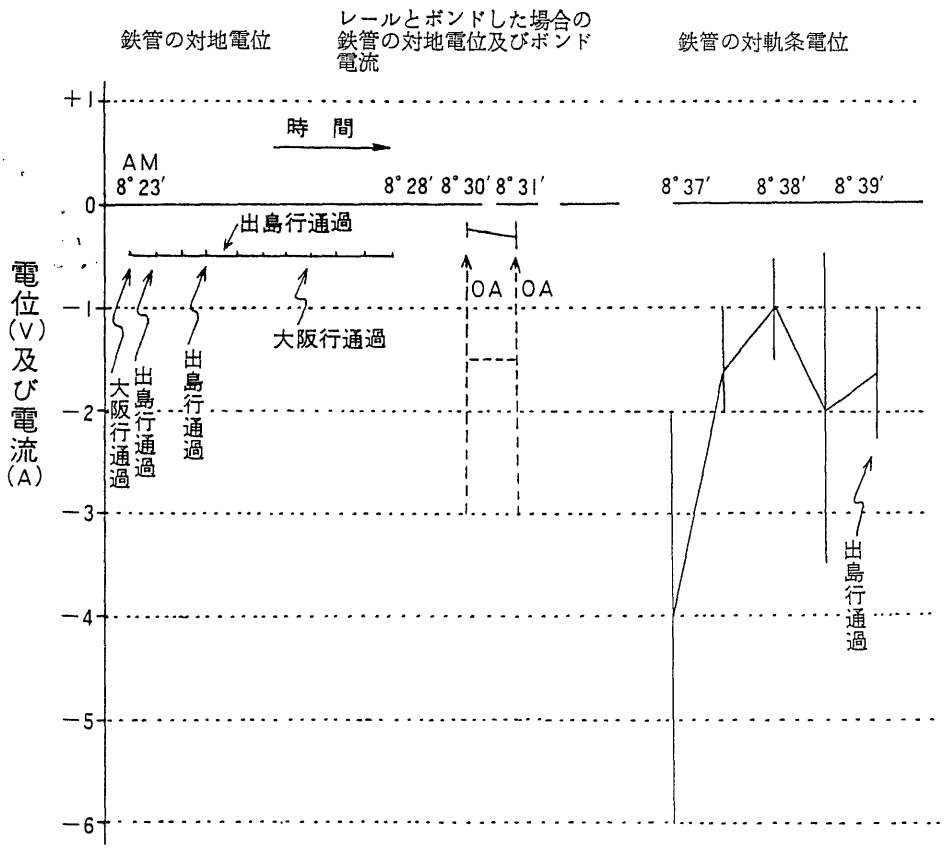
図—10　No. 5 の マ ン ホ ー ル



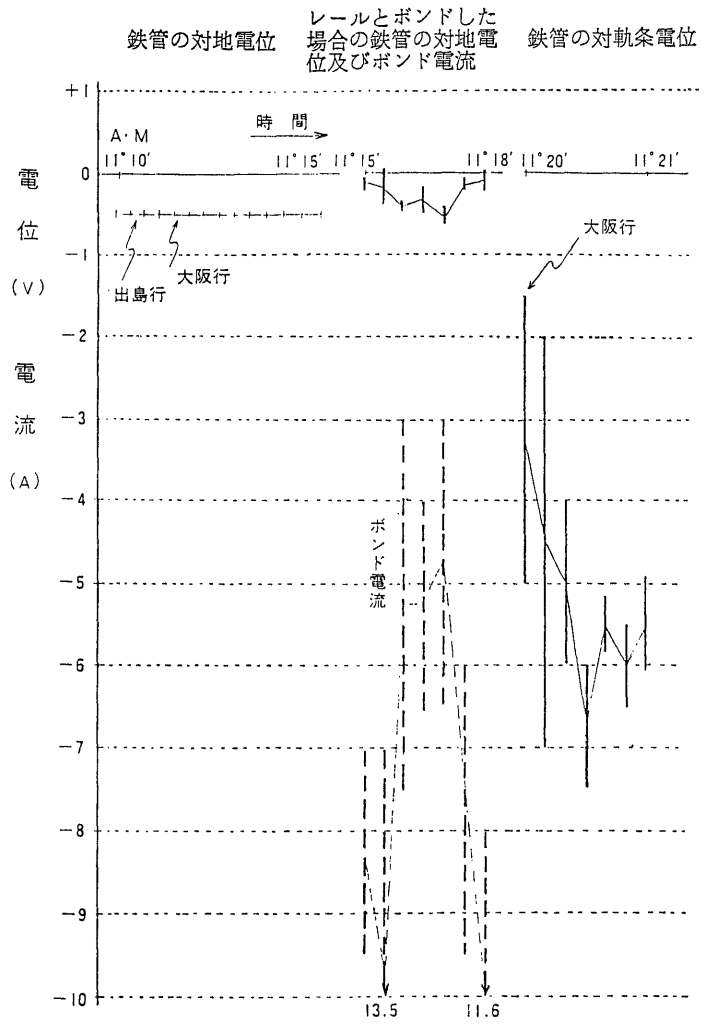
図—11 No. 5 のマンホール



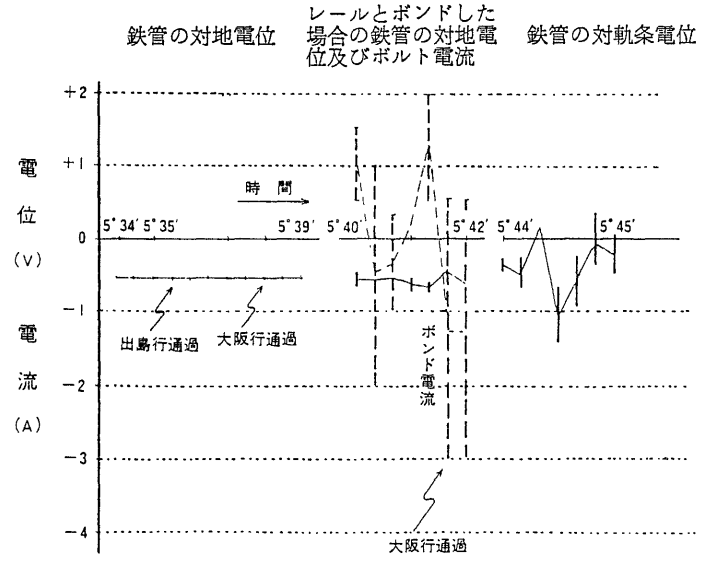
図—12 No. 6 のマンホール



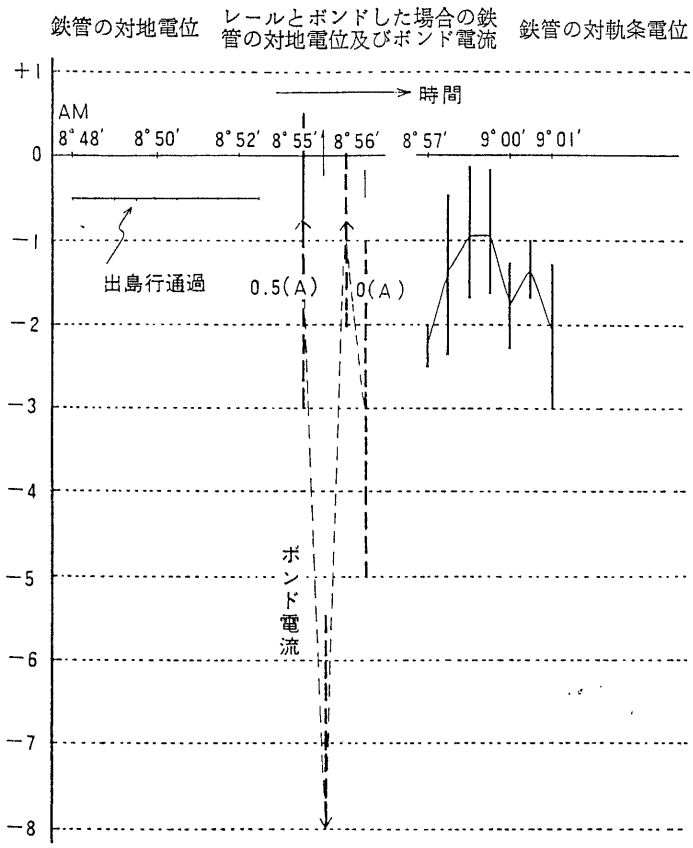
図—13
No. 6 のマンホール



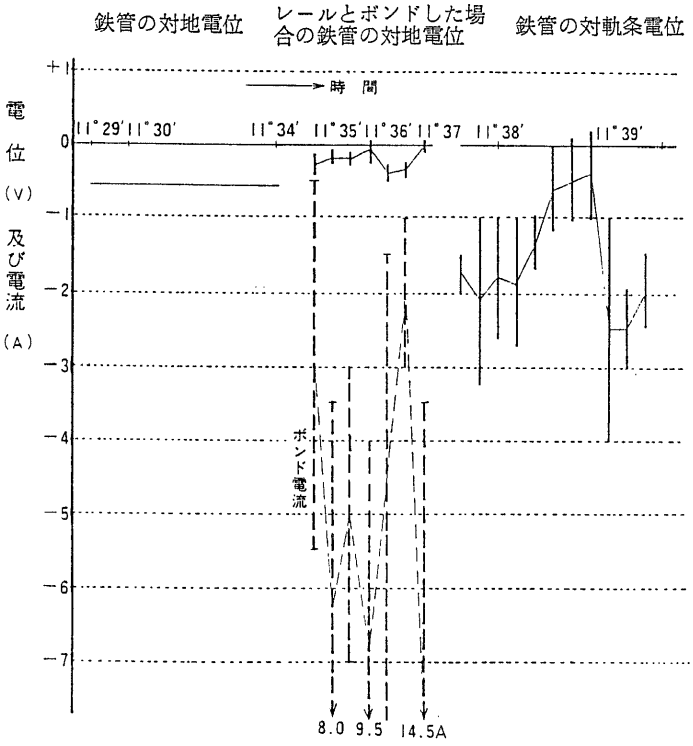
図—14
No. 6 のマンホール



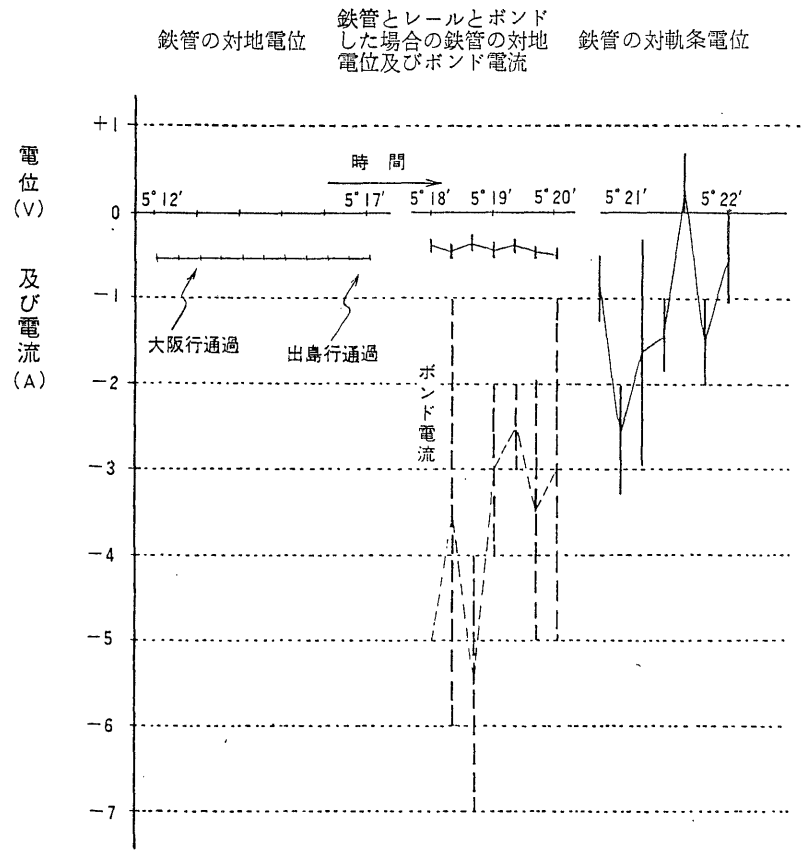
図—15
No. 7 のマンホール



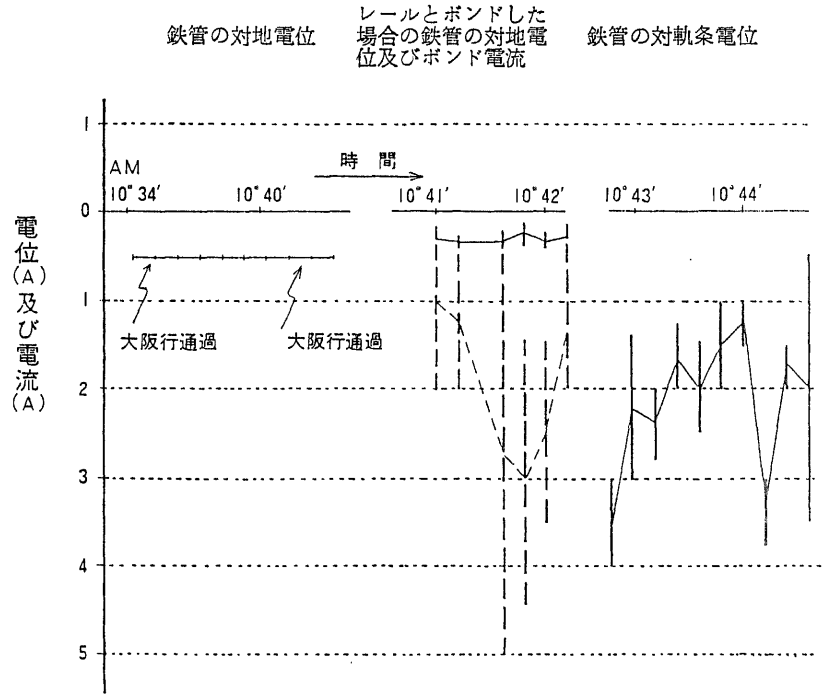
図—16
No. 7 のマンホール



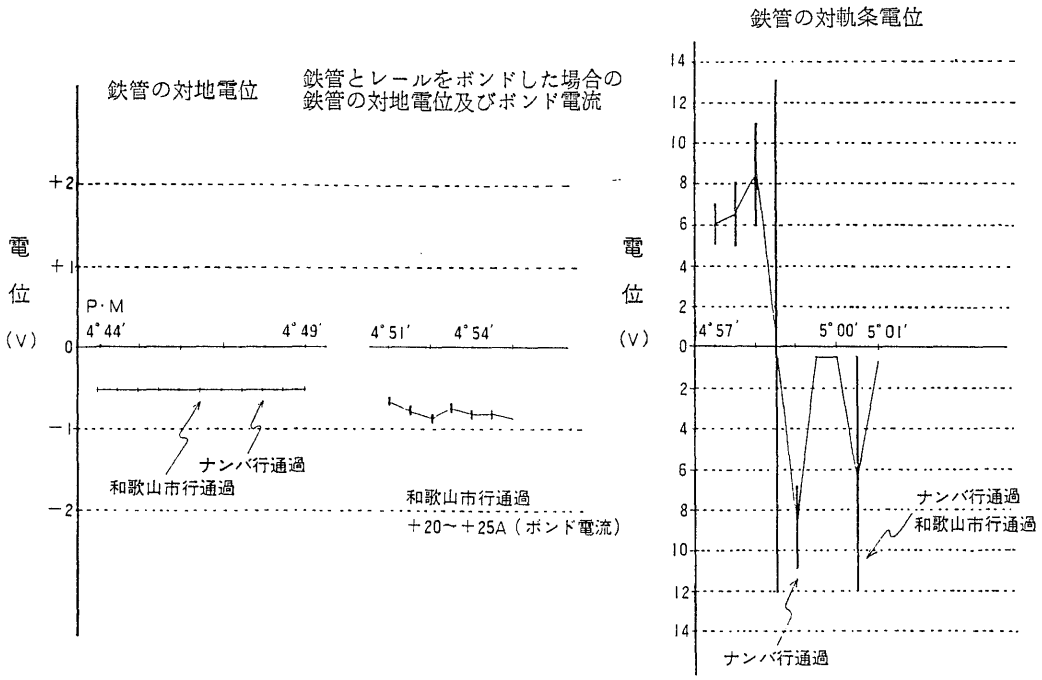
図—17
No. 1 のマンホール



図—18
No. 1 のマンホール



図—19 No. 9 のマンホール



考　　察

1) 大阪府営工業用水道堺臨海線管路のうち，最も電蝕の可能性の高いと思われる地域について電気的測定を行なった結果，次の事がわかった。

a) 測定地点 No. 1.5.6.7.9. の各点の自然状態に於ける対地電位は −500〜−580mV（対硫酸銅標準電極）であり，ほぼ鉄鋼材料の自然電位を示している。

b) 各地点での管路の自然状態に於ける対地電位は全然変動を示さず。一定の値で安定している。

c) 各地点に於て変電所の稼動状況の差が対地電位に如何なる影響を与えるかを見るために朝夕のラッシュ時と昼間の閑散時とについて，対地電位を測定したが，管路の自然状態での対地電位には変化はない。

d) 変電所のすぐ近くと変電所から若干離れた地点との管路の自然状態での対地電位は特別目立った差異はない。

e) 以上 a)〜d) 項からこの管路は電車軌条と平行して走っているにもかかわらず，そのレールからの迷走電流の影響を受ける事はなく，この調査で含まれる範囲では電蝕の危険性はほぼないものといい得る。これは，この管路を構成している鋳鉄管が絶縁継手であるメカニカルジョイントで接続されており，一個の完全な Long Line を形成していない事が原因と思われる。

f) 管路と軌条とをボンドすると，流れる電流に応じて管路の対地電位は変動するが，これは軌条の対地電位がほぼそのまま鉄管の対地電位に現われてきたものと考えられる。

2) 以上の結果からほぼこの管路では特別な電蝕被害が起る可能性は現調査段階ではないと考えられるが，この点を確認するために管路の残りの部分を測定する事が望ましいと考える。

鋳鉄管協会誌第3号

昭和42年5月

特集 1

配管界のニューフェイス

内面接手管

東京都水道局利根川水道建設本部建設部長
工学博士　松田暢夫

1. まえがき

配管界の2大勢力として鋳鉄管と鋼管とが挙げられることは周知の事実で，それぞれその王者の地位を確保するために真剣な努力が続けられている。いい換えれば，材質，接手機構，耐腐蝕性等に関する研究，改良が今日まで王者の地位を確保し得た最大の要因であったことは疑う余地もない。

鋳鉄管は，その材質において，昭和の初期までは銑鉄のみで鋳造されていたが，その後，銑鉄に10～20%の鋼を混入することによってより強度の高い，いわゆる高級鋳鉄管が開発され，一段の飛躍をとげた。さらに昭和30年にダクタイル鋳鉄管を開発するにおよび，鋳鉄管の性格を根本的に変えてしまった。接手においては，従来の鉛，麻を用いる印籠接手からゴム輪と押輪を用いるメカニカル接手に改良され，接手効果の確実性と施工の容易性を著しく増してきている。

従来の鋳鉄管の接手は，いずれも外面から施工するものであるので，配管の際，掘削溝に接手施工に可能な巾をもたせる必要があった。したがって，トンネル内配管のごとく管外面に余裕を持つことが経済的に不得策な場合の配管は専ら内面溶接の可能な鋼管によっていた。トンネル内の配管に鋼管を用いることに根本的な不利は認められないが，溶接という高度技術を要しないこと，施工が簡単で施工速度が大であることなどの点から，内面から施工できるメカニカル接手が開発されれば極めて有効ではないかといったことが，内面接手管誕生のきっかけとなった。

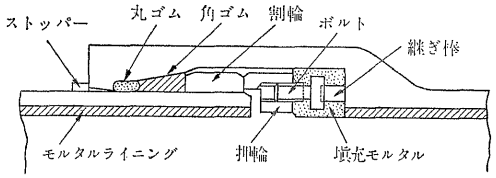
東京都水道局技術陣の描いたこのような構想を，久保田鉄工株式会社の技術陣が率直に取り上げられ，幾多の技術的困難を克服して，今日の内面接手管（略称U形管）の開発に成功されたことは，鋳鉄管界にとっても極めて喜ばしいことであると同時に，水道事業に携わるわれわれとしても大いに歓迎するものである。

ここに，U形管の構造，接合作業の概要について紹介するとともに，東京都水道局においてU形管の採用を決定するために実施した諸試験の内容と結果，ならびにU形管の実際使用上から得られた諸問題について述べ，諸賢のご参考に供したいと思う。

2. 内面接手管の構造と接合作業

U形管の接手構造は図—1に示すごとく，ストッパーがついた無頭端と受口とからなっている。接合部品は丸ゴム，角ゴム，割輪，押輪，ボルト，継ぎ棒からなっている。丸ゴム，角ゴムの寸法および受口のゴム輪挿入部の寸法は従来のK形に準じたものとなっている。ゴム輪の圧縮は割輪を介して押輪にセットしたボルトのネジ出しによって行ない，接合作業はすべて管

図—1　内面接手管の接手構造



内面から行なえるようになっている。

接合作業は，まず芯出しを行なったのち挿口を受口の先端がストッパーに当るまで十分に受口に挿入し，ゴム輪挿入部に丸ゴム，角ゴムの順にゴム輪を挿入し，次に割輪（三つ割り），押輪の順に挿入し，押輪のボルトの一部（3本に1本の割合程度）をスパナーまたはラチェットレンチで逆回輪させて35～44㎜程度押輪を押込む。次に，まだネジ出していないボルトの頭部に継ぎ棒を取りつけたのち，このボルトをネジ出し，さきに継ぎ棒なしでネジ出したボルトに遊びができたらこれらのボルトの頭に継ぎ棒を取付け，押輪のすべてのネジを平均にネジ出しして，すべてのボルトが所定のトルクに達したらネジ出しを中止して接合作業を終了する。

なお，丸ゴムと角ゴムとを別々にしておくとセットの際丸ゴムがねじれてセットされるおそれがあるので，現在では両者が一つになっているゴム輪が使用されている。

接合作業完了後テストバンドを用いて水密性を確認したのち，押輪と受口の間の空隙を適当な充塡材料（モルタル，エポキシ系樹脂等）で充塡して，接合部の管内面を平滑に仕上げる。充塡材は施工性が良く，管内流水に十分抵抗し摩損のおそれがなく，かつ接合部修復の際を考慮して剝脱容易なものであることが要求される。

3．内面接手管の基礎的試験

久保田鉄工株式会社において開発研究を進めてきたダクタイル鋳鉄製内面接手管について，一応機構上の成案がまとまり，内径2,000㎜の供試管を製作し，これについて各種の基礎的社内試験を実施し，製品として製作することの確信が得られたので，昭和40年7月東京都水道局に対して正式の採用願いが提出された。この願い出に対して当局は，独自の立場において技術的検討を行なうとともに，その判断の資料となると考えた諸試験を実施した。試験は昭和40年9月から11月の間に数回にわたって既定の項目について慎重に行なわれた。試験は製作者側の手によって行なわれ，当局試験員がこれに立合って試験方法ならびに試験結果の確認を行なった。

当局立会試験の内容は次のごとくである。

（1） 内径2,000mmダクタイル鋳鉄製内面接手管について

a） 接合試験(接合作業の難易，所要人員，所要時間等に関する試験)

b） 水圧試験（接合の完全性に関する試験）

c） 接合部モルタル充塡試験（作業の難易，所要人員，所要時間等に関する試験）

d） 曲げ試験（接合後における許容曲げ角度の試験と水密性の試験）

e） 接合部充塡モルタルの除去試験（修復時における充塡モルタル除去作業の難易，所要人員，所要時間等に関する試験）

f） 修復後の接合試験（接合部を曲げたままで再接合を行なう場合の施工性試験ならびに水圧試験）

g） トンネル内における配管作業試験（管の搬入から芯出し，接合までの施工性の試験ならびに水圧試験）

h） 極端に狭い開削溝内での配管作業試験（管の吊り下しから芯出し，接合までの施工性試験ならびに水圧試験）

i） 狭い開削溝内での配管後の埋戻し作業試験（埋戻し土砂の搗き固めならびに水締め効果の試験）

（2） 内径1,000mmおよび内径1,600mmダクタイル鋳鉄製内面接手管について

管内面からの接合作業が可能と考えられる内径1,000㎜以上の内面接手管について，その作業性，水密性を確認するために，内径1,000㎜および内径1,600㎜の内面接手管を試作し，これらについて下記の諸試験を実施した。

a） 接合試験

b） 水圧試験

c） 接合部モルタル充塡試験

d） 曲げ試験

e） 接合部充塡モルタル除去試験

f）　接合部解体試験
g）　曲げ状態における再接合試験

4．試験結果のまとめ

上述の諸試験において，各試験項目について極めて満足すべき結果が得られた。各試験の結果の詳細については紙面の関係から省略させていただくが，試験の結果から総括的に次のごとき結論が得られた。

（1）　接手の機能について

U形管の接合作業は簡単で，その作業性は従来の特殊メカニカル接手（A—Ⅱ形）と同程度であり，水密性，屈曲性等もA—Ⅱ形の形能をそのまま保有しているものと考えられる。

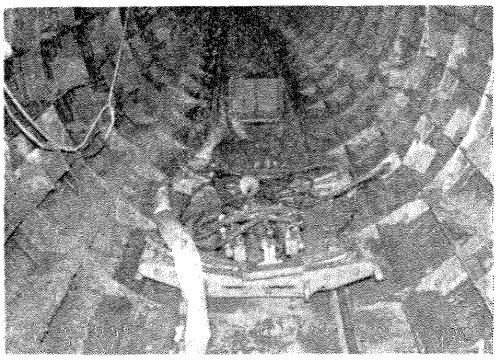
（2）　内面接手の適用管径について

管内面から接合作業を施工するという作業の特殊性から，内面接手管の適用範囲には自づから限度があるが，常識的最小口径として 1,000㎜管について試験した結果，内径1,000㎜管でも内面から十分作業ができることが確認された。また，内径1,000㎜および内径2,000㎜の管に対する試験結果から製作，性能および作業性のいずれについても問題はなく，結論的に，内面接手管は内径1,000㎜～2,200㎜の範囲において使用可能であるといえる。

（3）　使用場所について

内面接手管の使用場所としては，まず，トンネル，鞘管内等の配管に適している。トンネル内では管とセグメントとの間の塡充材に必らずしもコンクリートを使用する必要はなく，砂その他の材料でも十分であると考えられる。

つぎに，開削部に使用する場合には配管のための掘削巾を大巾に狭くできるので工事費を著しく低減することができる。この場合，溝壁と管との隙間が小さくなるので埋戻しが完全に行われないという心配があるが，試験の結果，砂埋めで水締めをすれば管底まで完全に塡充できることが確認された。したがって，掘削巾を極端に狭くすることが要求される開削部に使用して極めて効果的である。



写真—1　管運搬用レールと台車

トンネル，鞘管，狭い掘削溝内で配管する際今回の試験において使用した芯出し運搬兼用の特殊台車（油圧式）を使用すれば，作業の能率化をはかることがきる。（写真—1参照）

（4）　接合作業について

内面接手管の接合作業は難かしい作業ではないが，通水後における接合部の修復工事は普通の外面接手管の場合より面倒であるのでそれだけ熟練した配管工による作業が要求される。また，接合作業終了後における水圧テストには内面接手用のテストバンドを用意して十分慎重に行なわれなければならない

（5）　管厚について

内面接手直管の管厚は，開削部に使用するものについては埋戻し効果が十分期待できるので従来の管の管厚と同一でよいが，トンネル内の配管に使用するものについては敷設条件にマッチした計算式からその管厚を決定することが経済的に望ましい。

（6）　従来の管との互換性について

現在東京都水道局が決定している「水道用遠心力ダクタイル（内面接手）管購入仕様書」に明示された形状寸法のものを使用すれば，従来の管との互換性についてはA形，A—Ⅱ形，B形，C形のダクタイル鋳鉄管および鋼管（メカニカル接手用に挿口加工したもの）の各種管ともすべて接続可能である。

（7）　接手部に事故のあった場合の対策として

従来のA—Ⅱ形では接手部からの漏水は今日まで皆無であり，メカニカル接手の優秀性を如実に物語っているが，これと同等の性能をもつことが確認された内面接手管についても漏水事故は殆んど考えられないが，万一漏水を生じた場合には，従来の接手のように漏水個所を外側から修復することができないので，断水排水し

て内側から修理する以外に方法がない。この場合，接手部塡充材の除去，ゴム輪の取り換え，再接合等の作業は比較的容易にできるので問題はない。また，接合部に多少の屈折が生じていても接合作業は完全に行ない得る。

なお，内面接手管の接手部漏水を外側から押える特殊漏水防止金物としてU形管外面補修リングが研究されている。

東京都水道局が内面接手管の採用決定に際して実施した諸試験から，上述のごとき試験結果が得られ，十分使用できるものであることが確認されたので，昭和41年3月，内径1,000㎜～2,000㎜の採用を決定するとともに，「水道用遠心力ダクタイル鋳鉄（内面接手）直管購入仕様書」，「水道用ダクタイル鋳鉄（内面接手）異形管購入仕様書」および「水道用ダクタイル鋳鉄内面接手用付属品（割押輪，割輪，中輪，ボルト，ゴム輪等）購入仕様書」を作成した。

5．内面接手管による配管施工例

東京都水道局は第一次利根川系拡張事業の一環として杉並区和田堀給水所から中央区東銀座に至る配水幹線（第2青山線，内径1,500㎜および1,600㎜）の一部，港区赤坂氷川町から千代田区永田町2丁目間のシールド工法によるトンネル内配管に内径1,500㎜の内面接手管を使用したので，その工事の内容と，工事を通じて体得した施工上の諸問題について簡単に触れてみることとする。

（1） 配管工事のあらまし

この工事は図―2に示すごとく，路線のほぼ中央に地下到達点を有する全延長880.04mのトンネル（シールド工法，シールド内径2,100㎜）を掘削し，その内部に内径1,500㎜の内面接手管を布設したものである。工事は鹿島建設株式会社が請負い，内面接手管の配管作業は久保田鉄工株式会社鉄管工事部が下請けして行なった。

No.1隧道には曲率半径30m，50m，120mおよび150mの4つの平面曲線があり直線部のごく少ない路線で，縦断勾配は33%および27.8%であった。No.2隧道はNo.1隧道よりかなり線形がよく，押込竪坑付近に曲率半径60m，中央付近に曲率半径120mの平面曲線があり，縦断勾配は19%であった。

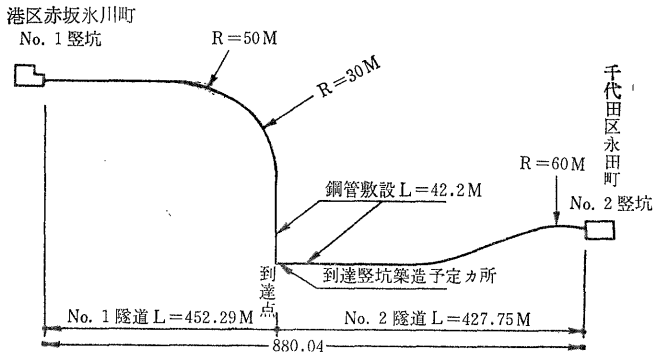
（2） 内面接手管を採用した理由

設計の当初においては，図―2の到達点に到達竪坑を築造し，配管はすべて鋼管による予定であったが，到達竪坑予定点付近の沿道住民の猛反対に遭い，竪坑の築造を断念せざるを得なくなった。そのためNo.1隧道とNo.2隧道とを到達点において地中連絡する工法に変更した。その結果として全長880mの隧道が1本となり配管として鋼管を使用した場合の溶接時および塗装時に生ずる煙の排除が極めて困難となり，発煙が人体に与える影響が極めて大きいと考えたので，到達点の90度曲部の前後42.2mおよび両竪坑付近の若干距離を除いて，施工速度が大で発煙などの心配のない内面接手管を使用することとした。

（3） 配 管 方 向

両隧道の到達点に90°の鋼曲管を置き，これを基点として両側の押込竪坑に向って配管を行なった。基点曲管より各隧道20m区間および両竪坑部分に鋼管（内径1,500㎜，内面モルタルライニング）を用いたので，内面接手管の布設延長は814.94mであった。

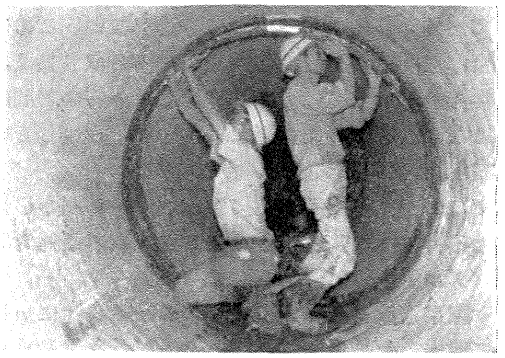
図―2 内面接手（U形）管敷設工事平面図



（4） 隧道内の管運搬用レール布設と管運搬

管運搬用のレールをいかに計画通りに布設するかは配管能率に直接影響する重要問題である。この隧道のセグメント内径は2,100㎜で，U形管の外径の最大は1,662㎜であるので，管とセグメントとのクリアランスは平均219㎜と

写真—2　管運搬作業



写真—3　押輪挿入作業

なる。これに対して，隧道の底部にベースコンクリートを打設し，その上に枕木（高33㎜）とレール（9㎏レール，高67㎜）を布設し，管運搬用の台車に管を積載してこのレールの上を走らせる場合のセグメント底辺部より管下端部までの高さは最小限290㎜となる。したがって，平均クリアランス219㎜のトンネル内での管運搬作業はかなり窮屈なものとなった。

隧道内の配管速度は管運搬作業の遅速に支配され，施工の当初においては運搬作業の不慣れ，レール布設の問題等により管運搬に予想外手間取り，竪坑内吊下しから配管現場までの運搬に3～4時間を要した。その原因として，レール固定の不十分による台車の脱線，隧道内に配管したコンクリートプレーサー用の送気管（外径30㎜）の支障，台車の配管用ジャッキ（ジャッキのストローク，上50㎜，左右60㎜）がセグメントの縦リブにぶつかり，管運搬作業の不慣れ等が挙げられた。これらの運搬上の障害を積極的に除去することと作業に慣れることによって所要時間をかなり短縮することができた。配管工事においては管運搬作業の遅速が作業能率上の重要ポイントとなり，これは，運搬用のレールをいかに計画通りに布設するかにかかってくる。

（5）配　管　作　業

当初は，台車ジャッキの故障（上下移動の不能）等によって芯出しに時間がかかり，1口の接合作業に40分～60分を要したが，作業に慣れるに従い漸次所要時間を短縮することができるようになった。押輪のボルトのネジ出しを行なうとセットした管が抜け出してくるので，この抜け出し防止のためセグメント間に角材を配し，ジャッキで管を十分固定してから接合部品のセットおよびボルトアップを開始するようにした。

（6）充填コンクリートの型枠

本工事では管とセグメントの空隙をコンクリートで充填する方式を採用したが，この際充填コンクリートの型枠に木製型枠を使用すると，型枠の製作，取外しに意外に多くの時間（実験的に木製型枠を製作して取付けた場合，取付けに6～8時間，取外しに1時間を要した）を要するので，本現場では型枠として砂袋を使用し好成績を収めた。

（7）水　圧　テ　ス　ト

当現場では，久保田鉄工株式会社で製作したテストバンドを使用して水圧試験を行なった。管が真円でない場合，しばしば漏水を生じてテスト不能となったので，テストバンドと管体との間に応急的にゴム板を挿入して接触面からの漏水を防止した。

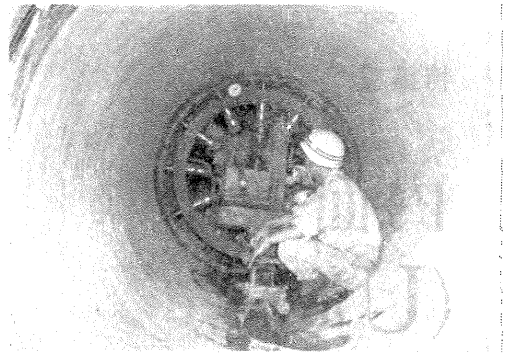
水圧テストは，初圧を7㎏/㎠として5分間キープし，その結果によって接合作業の完不完を判定したが，すべて6㎏/㎠以上の水圧を保持し，内面接手の完全性を実証することができた。なお，コンクリート充填前の配管作業個所近くでは，水圧テストによって管が抜け出すことがあるから，場所的にある程度の距離をとる必要がある。

6．内面接手管使用上の諸問題

（1）接手の補修について

内面接手管をトンネル内の配管として使用した場合，通水後接手部に万一漏水が生じた場

写真―4　隧道内管固定及び抜け出し防止



写真―5　水 圧 テ ス ト

合，その修復作業は一旦断水排水して管内部から行なう以外に方法はないが，開削部分に使用した場合にはトンネル内の配管の場合と同様内面からの修復作業は勿論可能であるとしても，漏水を外面から簡単に防止する方法も考えておく必要がある。外面から修復する場合には，内面の接手機構に手を触れることは勿論できないから，外面から漏水を止める方法をとらなければならない。この目的のため，U形管用外面補修リングが考案されている。これは補修用押輪（六つ割り）と固定リング（二つ割り）とからなり，特殊の形をもったゴム輪を押輪で挿口管の管壁に締め付けると同時に，押輪と固定リングとを管軸方向のボルトで緊結して，受口部からの漏水の流出を防止するものである。この外面補修リングを用いれば，開削施工部の内面接手からの漏水を比較的簡単に防止することができ，漏水処理に対する不安を大巾に解消できる。

（2） 管の抜け出し防止について

管の抜け出しに対する抵抗の小さいことは，メカニカルジョイントの共通の弱点である。この弱点を除去するため，内面接手管について離脱防止形接手（略称ＵＦ形接手）が考案され，その試作品について目下各種の基礎試験を実施しており，これが製品化されるのも近いものと考えられる。これは挿口部と受口部とにそれぞれ切り欠きを設け，その間にダクタイル鋳鉄製の弾性リングをはめ込んで，挿口管の受口管からの抜け出しを機械的に防止しようとするものである。この接手を曲管およびその前後の数本の直管に設けることにより，機械的に曲管の抜け出し力に抵抗させ，曲管部の防護を極端に省略させることをねらいとしている。ただしこの接手は，メカニカルジョイントの特徴の一つである接手部の可撓性を著しく阻害するので，その使用場所については十分考慮しなければならないものと考える。

7. おわりに

以上，最近開発された内面接手管について，その機構，東京都水道局がこれを正式採用に至るまでの経過と，採用試験を通じて確認された技術上の諸点，ならびにこれを実際に使用して得られた施工経験からの諸問題などについて述べてきたが，結論的に，内面接手管は従来のメカニカル接手Ａ―Ⅱ型と性能的には殆んど同一であり，安心して使用できるものであるということができる。ただし，内面接手管の接合作業は狭い管内で行なわれることと，新製品であるため配管工がその接合作業に熟練していないことから，直ちにこれをあらゆる場合に適用することは早計と思われる。施工性の面からは従来の外面接手管の方が当然優れているので，内面接手管の真の良さは，外面接手管の使用が不可能または困難な場所に使用して初めて十分に発揮されるものと考えられる。

正直なところ，この程度の浅い経験では内面接手管の優秀性を諸賢に喧伝する資格はないものと考えるが，この内面接手管について当初から多大の関心を寄せるとともに，その研究開発に微力をかしてきた１人として，これが実用段階に入り，極めて良好な施工実績を挙げ得たことは喜ばしい限りで，この内面接手管がすくすくと育って，水道界に大いに寄与することを心から祈るものである。

特集 2

内面接手 (U形) ダクタイル管

久保田鉄工株式会社
取締役鉄管研究部長　河井貞一
鉄管研究部技術課開発係長　宮本宏

小目次

第1編　概論
1. 緒言……23
(1) 特徴……23
(2) 呼び径……23
(3) 管厚……23
(4) 従来の管との互換性……23
(5) 直管の有効長……23
2. 接手構造……23
3. 特性……24
(1) 設計面……24
(2) 施工面……24
(3) 接手性能面……24
(4) 管性能面……24
(5) 維持管理面……24
(6) 経済面……24
4. 配管施工法……24
(1) 配管の方式……24
(2) 管の運搬……25
(3) 芯出し，挿入……25
(4) 接合……25
(5) モルタル充塡……26
(6) 運搬，芯出し兼用特殊台車……27
5. 接手性能……28
(1) 水密性……28
(2) 屈曲性……28
(3) 伸縮性……28
(4) 耐外圧性……29
(5) 耐久性……29

第2編　1000φ，1600φ，2000φ機能試験および復旧試験
1. 機能試験……37
(1) 接合試験……37
(2) 接合後の水圧試験……37
(3) セメントモルタル充塡試験……39
(4) 曲げ試験……39
(5) 曲げ水圧試験……40
(6) 総括……40
2. 復旧試験……40
(1) セメントモルタル除去試験……40
(2) 接合部の解体試験……40
(3) 接合材除去後の再接合試験……41
(4) 再接合性能確認の水圧試験……41
(5) 総括……41

第3編　トンネル内および狭開削溝内配管施工試験
1. トンネル内配管施工試験……42
(1) 供試管……42
(2) トンネル……42
(3) 配管……43
(4) 総括……47
2. 極端に狭い開削溝内配管施工試験……48
(1) 供試管……48
(2) 開削溝……48
(3) 配管……50
(4) 砂による埋戻し，水締め……53
(5) 水圧試験……53
(6) 総括……53

第１編　概　　論

1. 緒　　言

(1) 特　　徴

世界でも恐らく初めてであろう内面接手形ダクタイル鋳鉄管は，次のような大きい利点をもっている。

① 掘削溝巾を大巾に低減できる。したがって狭い路地のようなところにも迂回あるいはシールド工法を考えずに，大口径の管が布設できる。

② 狭いトンネル内においても，運搬，芯出兼用特殊台車の誕生と相まって，トンネルの屈曲，芯違いに応じた配管が，容易，迅速かつ確実に行なえる。

(2) 呼　び　径

1000φ～2400φ

(3) 管　　厚

直　管；１種，２種，３種，特種（３種より約１割肉薄）

異形管；１種類

(4) 従来の管との互換性

Ａ形，Ｂ形，Ｃ形，Ｋ形すべて可能

(5) 直管の有効長

1000φ～1500φ　４ｍと６ｍの２種類

1600φ～2400φ　４ｍ１種類

2. 接手構造

管の内面から接手施工が行なえるようにしたもので，水密機構は従来のＫ型（Ａ－Ⅱ型）と同じものである。

ゴム輪を所定の位置に入れるために，割輪，押輪，ボルト，および継ぎ棒を必要とするもので，接手施工完了後の性能上からは図１－２のの如きものとみなしてよい。

以上，直管，曲管共通であるが，継ぎ輪も中輪を挿入することによって両受構造となり，基本的に全く同じものとなる。

なお，ゴム輪はＫ形接手に使用されている丸ゴム輪，角ゴム輪を一体にした形のゴム輪を用いることにより，

① 施工性，屈曲性，伸縮性が向上する。

② 倉庫業務が容易になる。

③ 価格的に変らない。

等の利点があることから，一体にした形のゴム輪とする。

(註) 各 部 材 料

(ｉ) 割輪，押輪，ボルト，継ぎ棒……ダクタイル鋳鉄製

(ii) ゴム輪……JIS K 6353 2種1号，硬度丸ゴム部55°，角ゴム部70。

(iii) ストッパー……12×25×100平鋼を溶接。

図１－１　接　手　構　造　図

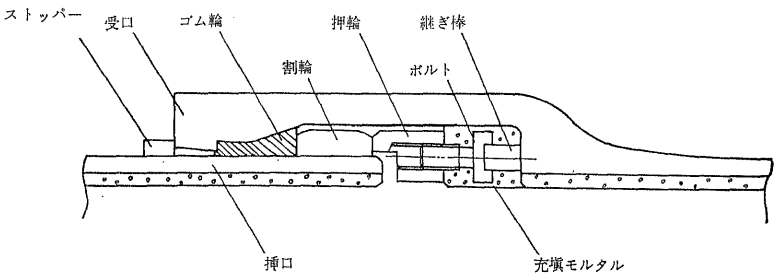
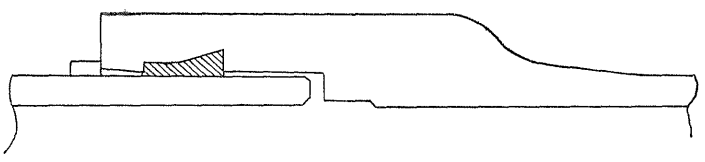


図１－２　性能上から見た接手機構



3．特　　性

（1） 設　計　面

① 狭いトンネル内管路に設計できる。
② 極端に狭い，例えば路地のような所に，開削による配管の設計ができる。
③ 一般の開削溝用管としては勿論，会所掘りの不可能な所にも設計できる。

（2） 施　工　面

① トンネル内配管，狭開削溝配管において接合時間は，従来のA形，K形管と同程度で速い。
② 曲げたままで接合，また接合後接手を曲げることができる。特にトンネル内配管において，トンネルの屈曲，芯のくるいに順応した配管が容易に行なえる。
③ 特殊な基礎を必要とせず，会所掘りも不要。
④ 雨中，湿気の多い所でも問題なし。
⑤ 接合後直ちに埋戻しできる。特に急ぐ場合は仮接合で，かつ水圧検査前に埋戻しできる。
⑥ 作業環境は，トンネル内，狭開削溝内を問わず，安全かつ衛生的。
⑦ 特殊技能を要さない。
⑧ 接手施工の状況が一目で見渡せるので，均一に作業できる。

（3） 接手性能面（K形接手と同性能）

① 高圧に耐える。
② 耐外圧性に富む。
③ 条件に応じて屈曲し，地盤に順応できる。
④ 振動，衝撃を吸収できる。
⑤ 伸縮自在で特別な伸縮接手を要さない。
⑥ 耐蝕性に富み，トンネル内配管の場合，セグメントその他覆工に期待しなくてよい。

（4） 管性能面（ダクタイル鋳鉄管）

① 内圧に強い。
② 外荷重に強い。
③ 耐蝕性に富む。

（5） 維持管理面

① 接手施工の確認が内面からできるので，容易かつ完全に行なえる。
② 土被り，その他外圧負荷条件下の検査ができ，万一悪ければ，掘削せずに締付可能。
③ 万一，事故が発生した場合でも，開削することなく，管の内面から，元通りに補修できる。
④ また万一，不幸にして事故を生じ，上と反対に，開削して管の外面から漏洩を止めたい場合のために，外面からの復旧押輪もできている。

（6） 経　済　面

① 接手の施工が容易，かつ迅速に行なえるので経済的。
② 特に開削溝内に用いる場合は，掘削巾を大巾に減少できる。（例 2000φで約1 m）

4．配管施工法

（1） 配管の方式

① 既に接合されている管の受口に挿口を挿入しては，一本づつ接合して行く方式
② 既に接合されている管の挿口に受口を挿入しては，一本づつ接合して行く方式
③ 前もって挿口（受口）を受口（挿口）に挿入するだけの作業を続け，しかる後，「接手施工を順次行なう方式（但し埋戻し前のことであって，埋戻しを急ぐ場合には，仮締めまで施工しておく必要がある）

いずれも可能である。また，管路を曲げて布設したい場合は，

④ 真直に接合しておいてから曲げる方法
⑤ 曲げた状態で接合する方法

のいずれも採用できる。曲げ配管時の曲率半径

表1—1　直管による曲げ配管時の曲率半径

管の呼び径 (mm)	管　長 (m)	※—(1) 最小曲率半径 (m)	※—(2) 許容曲率半径 (m)
1000	4	63	125
	6	94	188
1100	4	69	138
	6	103	207
1200	4	76	153
	6	115	229
1350	4	76	153
	6	115	229
1500	4	76	153
	6	115	229
1600	4	98	196
1650	4	106	213
1800	4	114	230
2000	4	114	230
2100	4	114	230
2200	4	114	230
2400	4	114	230

※—(1)　接手構造の上から限界
※—(2)　安全率2

は，管の呼び径に対してそれぞれ表１－１のようになる。これより更に小さい曲率半径にしたい場合は，切管による短管を使用するか，または異形管の使用が必要である。

（２） 管の運搬

① 一般開削溝内布設の場合

従来の方式と同じ。

② 極端に狭い開削溝で，かつモビールクレーン等入れない場合

溝底に仮設軌道を設置し，台車によって運搬。（台車を人力で押すか，ウインチで引張る）

③ トンネル内布設の場合

運搬，芯出し兼用特殊台車(後述)による。（人力，ウインチ，またはバッテリーカーによる）11¼°程度のレール曲りでは問題なく運搬できる。

管運搬時には，管の中にゴム輪，割輪，押輪ボルト，継ぎ棒などの接合材料の他に，石鹸水およびスパナ，トルクレンチなど工具類も入れておけば，接合の時に楽である。

（３） 芯出し，挿入

① 開削工法の場合

従来の方式と同じ。クレーンまたはチェーンブロックを用い，ワイヤーロープで管を吊り，芯出し，挿入を行なう。

② トンネル内布設の場合

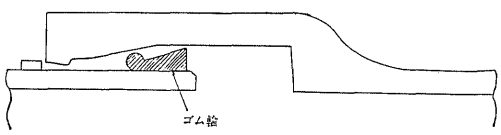
運搬，芯出し兼用特殊台車(後述)による。管を４本の油圧ジャッキで支え，これを遠隔操作するもので，管先端を上下，左右，斜めと任意の位置に合わせることができる。微動調節も可能でモビールクレーン，チェーンブロックよりも短時間で芯出し挿入ができる。

（４） 接　　合

① 挿口（受口）挿入前に挿口外面，受口内面およびゴム輪にドロドロの濃い石鹸水を塗布しておく。

② 挿入後，ゴム輪を挿口に預け，指先で軽く入るところまで押し入れる。

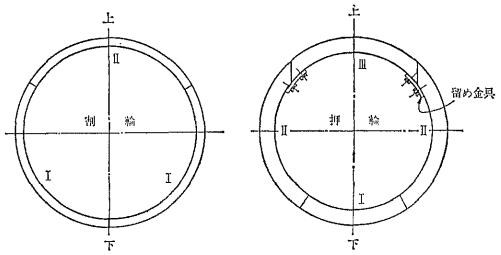
図１－３　ゴム輪の挿入



③ 割輪（３つ割り）を下から順次挿入する。

まず下に２個のⅠを置き，次いでⅡを管軸方向にすべらせ，Ⅰの上に載せて組合わせる。割輪３ピースを受口に挿入した際，ピースとピースの間に大きい隙間がある場合は，ディスタンスピース（割輪と同断面，同材質，厚さ６㎜）をピースⅠ－Ⅰの間に挿入する。

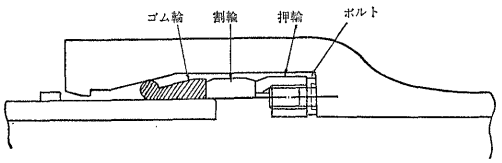
図１－４　割輪の挿入



④ ボルトをネジ込んである押輪（４つ割り）を下から順次挿入し，Ⅲが下に落ちないように留め金具で固定する。

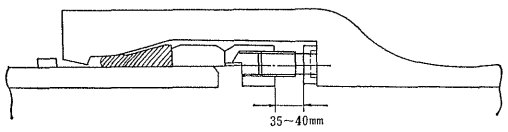
押輪を挿入した直後では，ゴム輪，割輪，押輪の位置関係は下のようになる。

図１－５　ゴム輪，割輪，押輪の位置関係



⑤ 押輪のボルトの一部（３本に１本程度の割合）をスパナまたはラチエットレンチで逆回転させて，35～40㎜程度押輪からネジ出し，ゴム輪を奥に押す。

図１－６　押輪のボルトネジ出し



⑥ まだネジ出していないボルトの頭部のⅢに継ぎ棒を挿入取付ける。

⑦ 継ぎ棒を取付けたボルトを少しネジ出して初めのボルトを一旦ネジ込み，この頭部に継

ぎ棒を取付ける。〔全ボルトの継ぎ足し完了〕

⑧　ネジ出し間隔が上下左右均等になるように注意しながら全ボルトをネジ出し，押輪と受口の底部の間隔が規定の長さになれば締付完了。（図1－7，表1－2）但し，規定の長さまで締付けにくい場合は1,000φ～1,500φ12 kg m，1,600φ～2,400φ14kg mのトルクに達したとき，締付完了となる。

図1－7　接合完了の状態

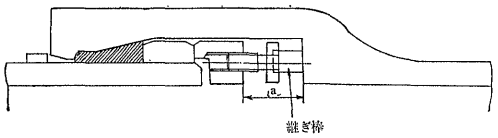


表1—2　締付完了時の押輪と受口底部の間隔

呼　び　径	締付完了時のa
1,000φ ～ 1,500φ	60mm
1,600φ ～ 2,400φ	70mm

以上の接合に要する時間は，K形接手と変らない。

例　2000φで3人，40分程度

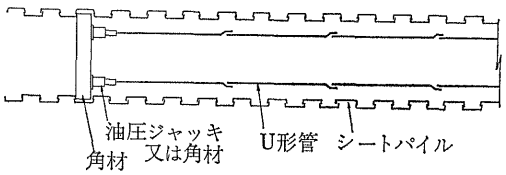
留め金具は，接合作業中の上部押輪の脱落を防ぐものである。接合が完了すれば，ゴム締付の反力，さらに押輪と受口底部との間の充塡モルタル（後述）のアーチ作用によって上部押輪の脱落の危険性はなくなるので，その時点で取り除いても差支えない。しかしそのまま留め金具をつけたままでもよい。念のため亜鉛引きとしてある。

この接手は，K形接手とゴム輪の方向が逆になっている。ゴム輪が所定の位置に押し込まれるにつれて，その摩擦により，挿口側管あるいは受口側管が抜け出そうとする。従って，ゴム輪を挿入する前に，受口内面，挿口外面およびゴム輪に濃い石鹸水を塗布して，これを緩和してやる。

受口，挿口の少々の抜出しについては，何ら懸念する必要はなく，むしろ管路としての地盤への順応という点では胴付間隔をあける必要があるくらいである。しかし，接合による抜出量が10mmを越すような場合は，将来の曲げ抜出しのことを考えて，より多くの抜出余裕量を残すべきであり，従って接合時抜出防止措置をとるのが望ましい。その方法として，以下のようなものが挙げられる。

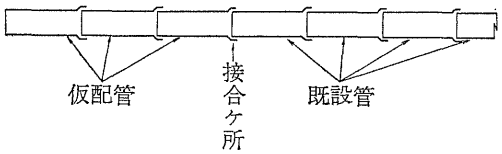
（i）　開削溝でシートパイルあるいは矢板を用いる場合，トンネル内でセグメントを使用する場合，角材を渡し管端を止める方法。

図1－8　接合時抜出防止方法①



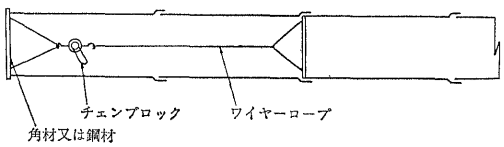
（ii）　接合しようとする管の先に数本仮配管して，その管の重量で抜出しを阻止する方法。

図1－9　接合時抜出防止方法②



(iii)　チェンブロック，ワイヤーを使って接合する管の両端を固定する方法。

図1—10　接合時抜出防止方法③

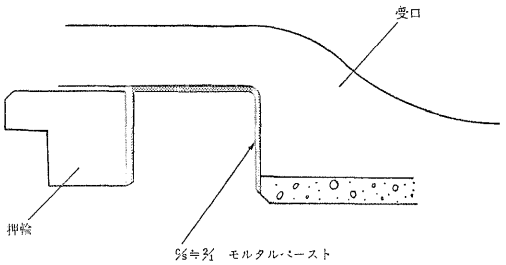


(iv)　U形管用運搬芯出し兼用特殊台車を使用する場合，台車にブレーキをかけ，抜出しを阻止する方法。

（5）　モルタル充塡

①　押輪と受口底部の間，全面にC/S≧¾ W/C ≒0.35～0.4 のセメントモルタルを，手また

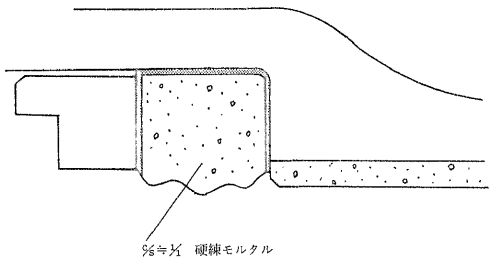
図1—11　モルタル充塡①



は刷毛で円周の適当な範囲（モルタルペーストが乾ききってしまわない範囲)を塗布する。

② 次いで C/S≒¼ W/C≒0.2 のモルタル（手で握り締めて形がやっと保たれる程度の硬練りモルタル）を団子状にしてこの隙間に手で押し込む。

図1—12 モルタル充塡②

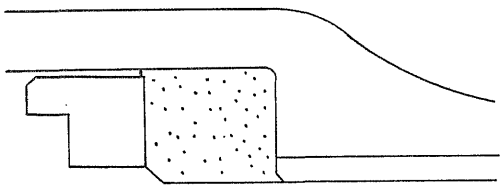


③ ハンマーでモルタル面をたたき，十分に搗き固めする。

④ 搗き固めが完了すれば，その表面をコテで仕上げる。

⑤ 以上の作業を全周に及ぼす。

図1—13 モルタル充塡③

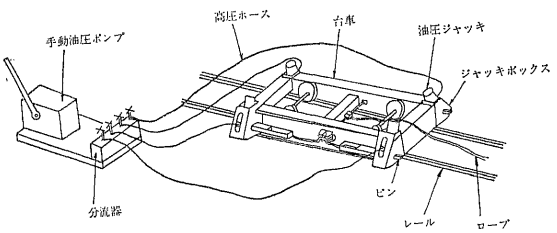


ハンマーでたたいて搗き固めることによってボルト，継ぎ棒の裏側にも十分モルタルが詰って行くことが確認されている。

充塡時間　例　2000φ　3人　40〜60分

(6) 運搬，芯出し兼用特殊台車

図1—14 特殊台車



台車は，トンネル内等の狭い場所での管の運搬作業，芯出し作業を同時に容易に行ない得るようにしたものである。

機構は大きく分けて，運搬機構，芯出し機構ジャッキ位置低下機構，および台車移動防止機構の4つとなっている。

① 運搬機構

軌条が水平の場合，2人の作業員で管を載せて運搬できるように設計した4車輪式である。

軌条が上り勾配になっている時はウインチまたはトンネル内ではバッテリーカーで牽引する。

② 芯出し機構

台車の4隅には4本の油圧ジャッキを管の中心方向に向けて取付けてある。

ジャッキは高圧ホースで分流器，手動油圧ポンプに連結されている。

4本のジャッキに支えられた管は変形を起すことなく1人の遠隔手動操作によって簡単に上下，左，右，斜の方向と自由自在に位置を移動する。

台車上の管をジャキ操作によって上下の方向左右の方向，斜の方向と曲げることも可能である。

即ち，立体的な芯出しが可能で，微動調節もでき，クレーン，チェーンブロック等による芯出し作業より簡単，かつ確実な作業が行なえる。

③ ジャッキ位置低下機構

挿口を受口に挿入して行く配管方式の場合，終って受口部を台車が通る時にジャッキの油圧による上昇分と，さらにジャッキそのものの位置が下げられるようになっている。

台車を抜き取るためのロープを引けば，ジャッキはジャッキボックスの中に落ち込む。そのままロープを引けば台車は容易に受口部をすり抜けて出てくる。

④ 移動防止機構

さきにも述べたように，挿口（受口）を受口（挿口）に挿入しては一本づつ接合する方式を採る場合，少々管が抜け出そうとする。

ジャッキ頭部には，厚いゴムを取付けてあり，管との摩擦で，管とジャッキとの間の滑りを阻止して抜け出しが防げるようになっている。

また，台車そのものの後がえりを防ぐため，台車車輪とレールとの間には歯止め形ブレーキを取付けるようになっている。(2000φ管の接合実験結果では，この機構で全然抜け出さないことが確認されている)

5. 接手性能

K形接手とほぼ同じと考えてよい。

(1) 水密性

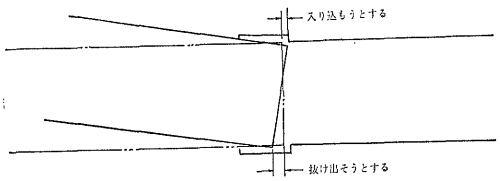
水密性を保つ丸ゴム部の断面径，丸ゴム部の入る受口と挿口の隙間は，K形と全く同じである。正規に接合されたものでは高圧に耐える。

実験；2000φ 18kg/cm² 異常なし

(2) 屈曲性

接手が曲がれば，一般には，挿口先端の一方は入り込もうとし，他方は抜け出そうとする。

図1—15 屈曲時の動き



本形式の場合，入り込む方は挿口外面のストッパーで制約され，抜け出そうとする方向だけになる。

挿口が抜け出し，その先端が角ゴム部と割輪の接触部に至った時（図のAまで）を最大屈曲角，それに至るまでの半分（即ち安全率2）とした場合を仮に許容屈曲角とすれば，管の呼び径に応じてそれぞれ次のようになる。

試験室的には表1—3の最大屈曲角よりさらに大きい屈曲角を与え，角ゴムの一部が見える状態（図のBまで）にして水密性を確認したが何の異常も認められなかった。

実験；2000φ 18kg/cm² 2°30′ 異常なし

ゴム輪，割輪，押輪，ボルトなどは受口で保たれているので，この程度の屈曲角では，応力的にも，変形あるいは変位の上でも問題はない。

押輪と受口底部との間にモルタル充填直後（1時間以内）曲げ試験を行なったが，モルタルの剝離，落下，亀裂などの異常は全く見られなかった。

これらのことから接手は，施工が完了すれば図1—2の状態，即ち受口と挿口の隙き間にゴムがあるだけのもの，と単純化して考えても差しつかえないように思われる。

図1—16 胴付間隔

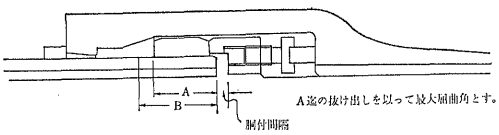


表1—3 最大屈曲角及び許容屈曲角

管の呼び径 (mm)	最大屈曲角	許容屈曲角
1000	3°40′	1°50′
1100	3°20′	1°40′
1200	3°	1°30′
1350	3°	1°30′
1500	3°	1°30′
1600	2°20′	1°10′
1650	2°10′	1°05′
1800	2°	1°
2000	2°	1°
2100	2°	1°
2200	2°	1°
2400	2°	1°

(3) 伸縮性

伸縮に対する余裕がある。A形あるいはK形と同じように伸縮しても，接手性能は変らない。

(2)の屈曲性で述べたのと同じ考え方で限界お

水道、工業用水用、各種鋳鉄管内外面の防蝕に
スパイラル鋼管、サイフォン、鋼板セル、コルゲートパイプ、鋼矢板の防蝕に。
エトーNO.2300
川上塗料株式會社
本社：尼崎市塚口420番地 Tel(481)6325代 東京・大阪・名古屋・福岡・広島・浜松・高松・金沢

よび許容の受口底部と挿口端面との間隔（図1—17のℓ）を管の呼び径に応じで挙げれば表1—4のようになる。

従って，温度変化の伸縮を懸念する必要はない。(2)の屈曲性と相俟って，地盤によく順応することができる。

また，接手施工時の抜け出しをほど気にする必要もない。

図1—17　伸　　縮

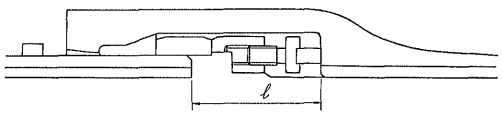


表1—4　受口底部と挿口端面との限界間隔及び許容間隔

管の呼び径 (mm)	限界 ℓ (mm)	許容 ℓ (mm)
1000	172	138
1100	〃	〃
1200	〃	〃
1350	182	141
1500	187	145
1600	182	148
1650	〃	〃
1800	〃	〃
2000	187	151
2100	192	153
2200	197	155
2400	207	158

(4)　耐外圧性

受口の大きさは異るが，K形接手と同程度と考えてよいと思われる。

受口と挿口の一体化については，変形量が小さい範囲の時は，ゴム輪，変形量が大きくなると受口の喉部（D_3寸法の所），さらに割輪によって得られる。（K形にはこの割輪の効果はない）

従って受口と挿口の隙間はある限度以上開かない構造になっており，正規に接合された接手なら苛酷な外条件に耐える。

(5)　耐久性

ゴムは従来のK形接手のものと同じ材質であり，性能を害わず，長期の使用に耐える。

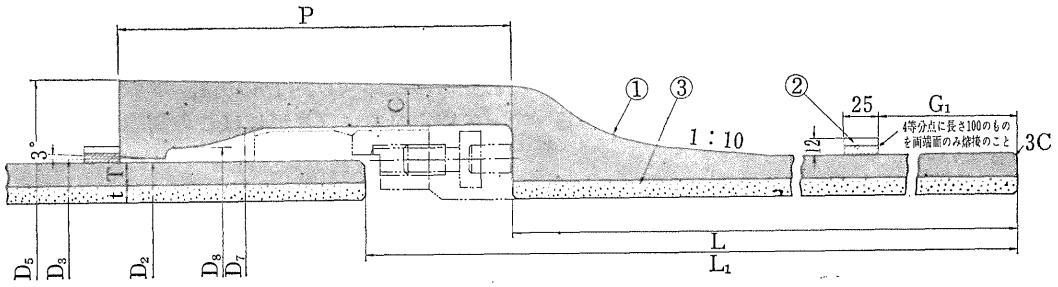
他の接手材料（割輪，押輪，ボルト，継ぎ棒中輪）は，管体と同材質のダクタイル鋳鉄製で耐蝕性に富むが，水に直接触れる割輪，押輪，中輪は，さらにタールエポキシ系の高級塗料で塗装され，またボルト，継ぎ棒は充塡モルタルに埋め込まれるので，十分な耐久性を示すものと思われる。

一方，管の内面は，直管についてはモルタルライニング，異形管についてはジンクリッチ系塗料およびタールエポキシ塗料などの高級塗料で塗装する。

さらに管厚決定に際しては，腐蝕余裕を見込んであり，安全側にある。

水道用鋳鉄異型管、押輪鉄蓋、特殊継手類一式
製造販売
《水道用鋳鉄異型管工業会々員》
Ⓚ 大阪鋳工所
大阪府河内市大字桜橋通り45　TEL06(大阪)722—1801

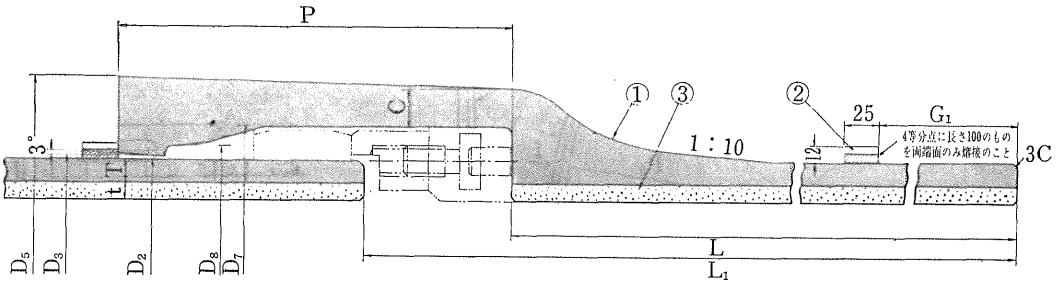
1000φ～1500φ直管



呼び径	管厚				ライニング厚	実外径	各部寸法					有効長	呼び径
D	T				t	D_2	D_3	D_5	D_7	D_8	L	L_1	D
	1種管	2種管	3種管	特種管									
1000	16.5	14.5	13.0	12.0	10	1041	1047	1151	1089	1061	3895 5895	4000 6000	1000
1100	18.0	15.5	14.0	13.0	〃	1144	1150	1258	1192	1164	3895 5895	4000 6000	1100
1200	19.5	17.0	15.0	13.5	〃	1246	1252	1362	1294	1266	3895 5895	4000 6000	1800
1350	21.5	18.5	16.5	15.0	12	1400	1406	1521	1448	1420	3895 5895	4000 6000	1350
1500	23.5	20.5	18.0	16.5	〃	1554	1560	1679	1602	1574	3895 5893	4000 6000	1500

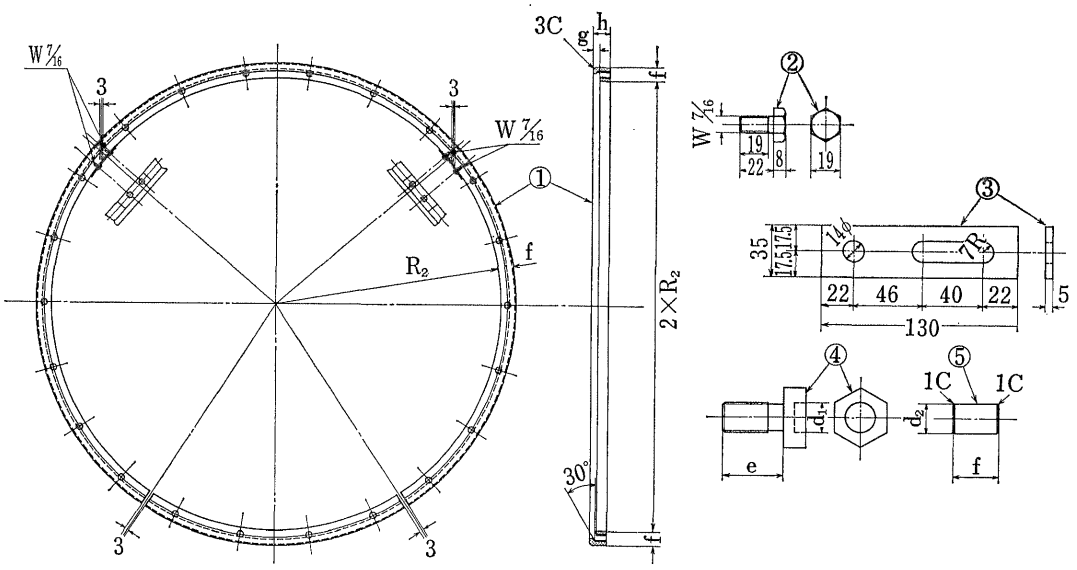
呼び径	重量 (kg)				
D	総重量				
	1種管	2種管	3種管	特種管	ライニング1種
1000	1760 2520	1580 2250	1450 2050	1360 1910	293 444
1100	2100 3010	1860 2640	1710 2420	1610 2270	322 488
1200	2460 3530	2190 3130	1980 2810	1820 2570	352 532
1350	3050 4380	2690 3840	2450 3470	2270 3200	474 717
1500	3690 5300	3890 4700	2960 4200	2760 3900	527 797

1600φ～2400φ直管



呼び径	管厚				ライニング厚	実外径	各部寸法								有効長	呼び径
D	T				t	D_2	D_3	D_5	D_7	D_8	C	G	P	L	L_1	D
	1種管	2種管	3種管	特種管												
1600	25.0	22.0	19.0	17.5	15	1650	1656	1786	1706	1674	31	180	295	3885	4000	1600
1650	25.5	22.5	19.5	18.0	〃	1701	1707	1839	1757	1725	32	〃	〃	〃	〃	1650
1800	28.0	24.0	21.0	19.5	〃	1848	1854	1990	1904	1872	34	〃	〃	〃	〃	1800
2000	30.5	26.5	23.5	21.0	15 17	2061	2067	2209	2117	2085	37	185	300	〃	〃	2000
2100	32.0	28.0	24.5	22.0	15 17	2164	2170	2314	2220	2188	38	190	305	〃	〃	2100
2200	33.5	29.0	25.5	23.0	15 17	2280	2286	2433	2336	2304	39	195	310	〃	〃	2200
2400	36.5	31.5	27.5	25.0	15 17	2458	2464	2617	2514	2482	42	205	320	〃	〃	2400

呼び径	重量 (kg)				
D	総重量				
	1種管	2種管	3種管	特種管	ライニング1種
1600	4190	3770	3350	3130	696
1650	4410	3970	3540	3320	718
1800	5230	4600	4130	3890	781
2000	6360	5660	5130	4690	872 987
2100	6996	6260	5610	5150	916 1040
2200	7710	6840	6160	5670	966 1090
2400	9050	8000	7160	6640	1040 1190



1000φ～1500φ U形用押輪付属品

適用される管の呼び径	押輪				押輪用ボルト				継ぎ棒		重量 (kg)		
	R_2	f	g	h	呼び径	e	d_1	数	f	d_2	押輪(1組)	押輪用ボルト(1組)	継ぎ棒(1組)
1000	501.5	42	20	55	w7/8	40	20.3	16	30	20	41.1	2.896	1.072
1100	553.0	〃	〃	〃	〃	〃	〃	20	〃	〃	45.0	3.620	1.340
1200	604.0	〃	〃	〃	〃	〃	〃	22	〃	〃	48.9	3.982	1.474
1350	681.0	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	55.2	〃	〃
1500	758.0	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	61.4	〃	〃

1600φ～2400φ U形用押輪付属品

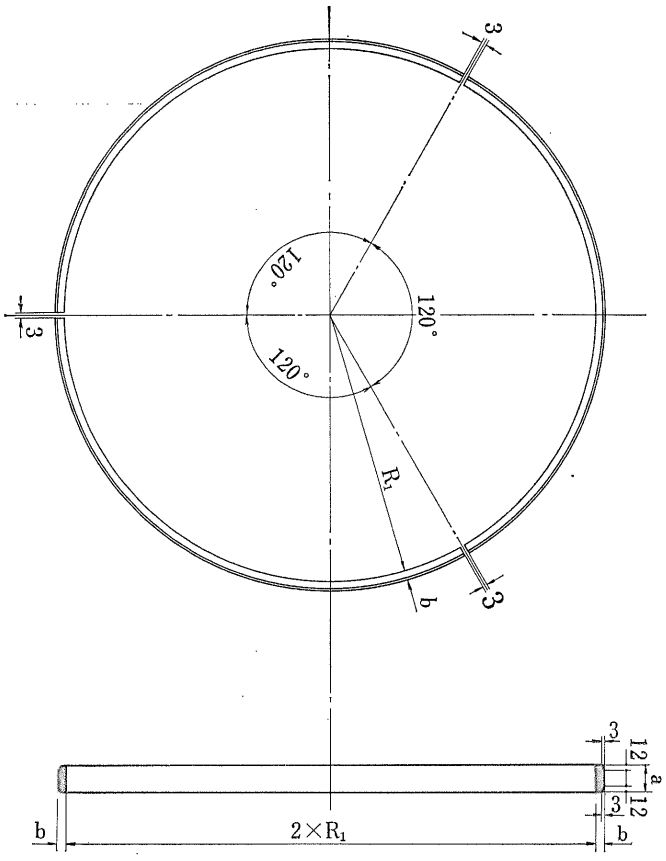
適用される管の呼び径	押輪				押輪用ボルト				継ぎ棒		重量 (kg)		
	R_2	f	g	h	呼び径	e	d_1	数	f	d_2	押輪(1組)	押輪用ボルト(1組)	継ぎ棒(1組)
1600	802.0	50	20	60	w1	45	25.3	26	35	25	85.9	6.760	3.172
1650	827.5	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	88.6	〃	〃
1800	901.0	〃	〃	〃	〃	〃	〃	28	〃	〃	96.3	7.280	3.416
2000	1007.5	〃	〃	〃	〃	〃	〃	30	〃	〃	107	7.800	3.660
2100	1059.0	〃	〃	〃	〃	〃	〃	32	〃	〃	113	8.320	3.904
2200	1117.0	〃	〃	〃	〃	〃	〃	34	〃	〃	119	8.840	4.148
2400	1206.0	〃	〃	〃	〃	〃	〃	38	〃	〃	128	9.880	4.636

1000φ～1500φU形用割輪

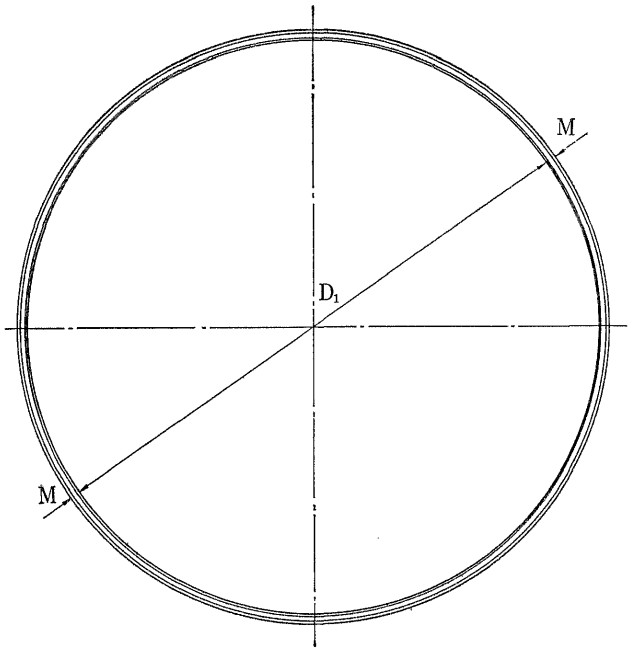
適用される	割	輪		重量(kg)
管の呼び径	R_1	a	b	単重(1組)
1000	522.5	60	21	29.3
1100	574.0	〃	〃	32.1
1200	625.0	〃	〃	34.9
1350	702.0	70	〃	45.9
1500	779.0	75	〃	54.6

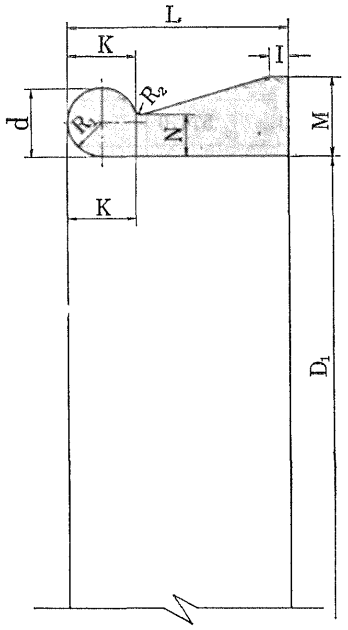
1600φ～2400φU形用割輪

適用される	割	輪		重量(kg)
管の呼び径	R_1	a	b	単重(1組)
1600	827.0	55	25	50.5
1650	852.5	〃	〃	52.0
1800	926.0	〃	〃	56.4
2000	1032.5	60	〃	68.7
2100	1084.0	65	〃	78.3
2200	1142.0	70	〃	88.9
2400	1231.0	80	〃	199.8



1000φ～1500φゴム輪



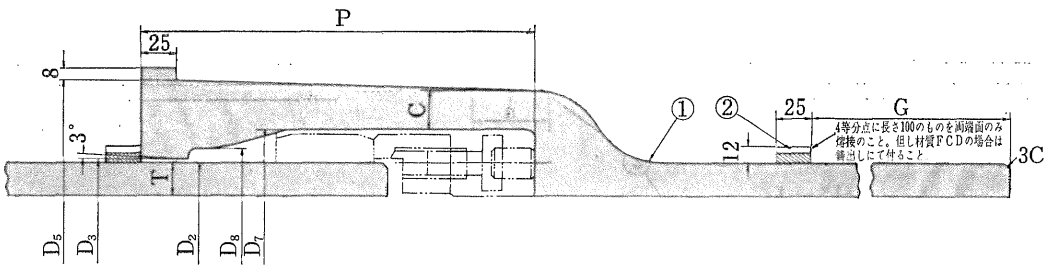


適用される管の呼び径	ゴム輪								
	D_1	I	K	L	M	N	R_1	R_2	d
1000	1018	5	18	58	21	11	9	2	18
1100	1119	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
1200	1220	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
1350	1370	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
1500	1520	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃

1600φ～2400φゴム輪

適用される管の呼び径	ゴム輪								
	D_1	I	K	L	M	N	R_1	R_2	d
1600	1620	5	20	75	25	13	10	2	20
1650	1670	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
1800	1820	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
2000	2020	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
2100	2120	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
2200	2230	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
2400	2410	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃

1000φ～1500φ異形管接合図

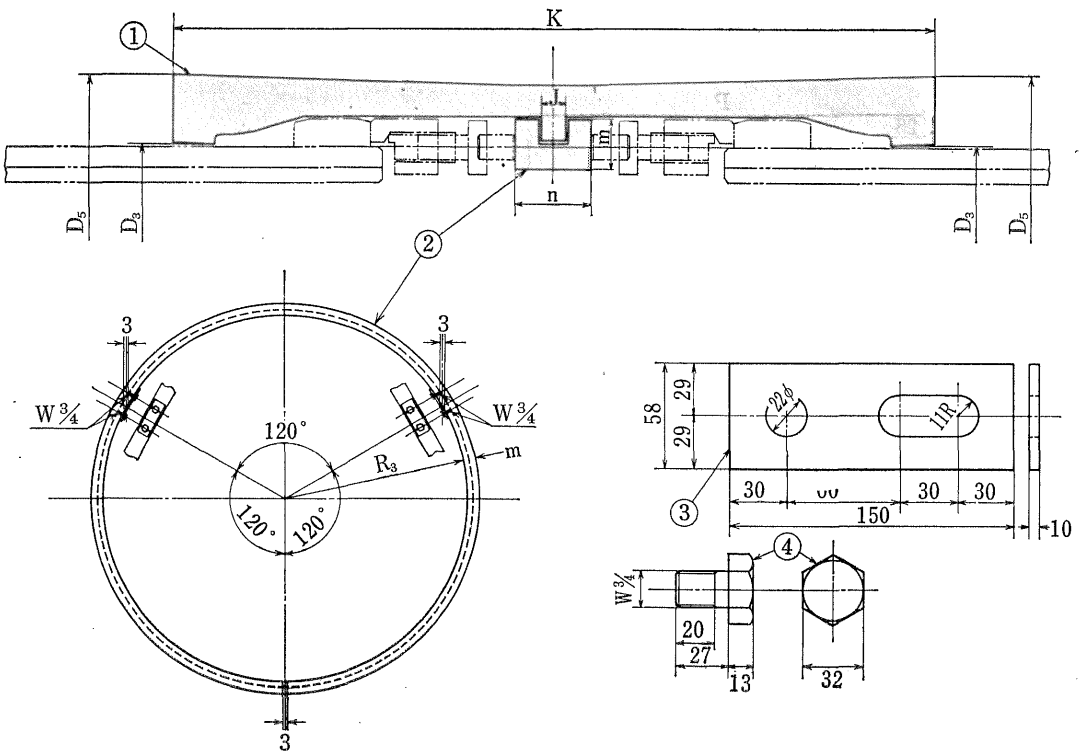


呼び径	管厚	実外径	各部寸法						
D	T	D_2	D_3	D_5	D_7	D_8	C	G	P
1000	20.0	1041	1047	1151	1089	1061	23	165	270
1100	21.0	1144	1150	1258	1192	1164	25	〃	〃
1200	22.0	1246	1252	1362	1294	1266	26	〃	〃
1350	24.0	1400	1406	1521	1448	1420	28	175	280
1500	26.0	1554	1560	1679	1602	1574	30	180	285

1600φ～2400φ異形管接合図

呼び径	管厚	実外径	各部寸法						
D	T	D_2	D_3	D_5	D_7	D_8	C	G	P
1600	27.5	1650	1656	1786	1706	1674	31	180	295
1650	28.0	1701	1707	1839	1757	1725	32	〃	〃
1800	30.0	1848	1854	1990	1904	1872	34	〃	〃
2000	32.0	2061	2067	2209	2117	2085	37	185	300
2100	33.0	2164	2170	2314	2220	2188	38	190	305
2200	34.0	2280	2286	2433	2336	2304	39	195	310
2400	36.0	2458	2464	2617	2514	2482	42	205	320

1000φ～1500φ継輪



呼び径	継輪				中輪			重量 (kg)	
D	D_3	D_5	K	J	R_3	m	n	継輪	中輪
1000	1047	1151	600	20	503.5	40	60	474	45.9
1100	1150	1258	〃	〃	555.0	〃	〃	552	50.4
1200	1252	1362	〃	〃	606.0	〃	〃	617	54.9
1350	1476	1521	620	〃	683.0	〃	〃	755	61.7
1500	1560	1679	630	〃	760.0	〃	〃	893	68.5

1600φ～2400φ継輪

呼び径	継輪				中輪			重量 (kg)	
D	D_3	D_5	K	J	R_3	m	n	継輪	中輪
1600	1656	1786	650	20	811.0	40	60	1040	73.0
1650	1707	1839	〃	〃	836.5	〃	〃	1100	75.2
1800	1854	1990	〃	〃	910.0	〃	〃	1250	81.7
2000	2067	2209	660	〃	1016.5	〃	〃	1500	91.1
2100	2170	2314	670	〃	1068.0	〃	〃	1630	95.6
2200	2286	2433	680	〃	1126.0	〃	〃	1780	101
2400	2464	2617	700	〃	1215.0	〃	〃	2080	109

第 2 編　1000φ,1600φ,2000φ機能試験および復旧試験

1. 機能試験

供試管の主要寸法は表２－１の通りである。

表2—1　丸ゴム部挿入部の平均寸法(単位㎜)

呼び径	挿口外径寸法※	受口内径寸法※	平均隙間※※
1,000	1043.0(1041)	1060.7(1061)	8.9 (10)
1,600	1647.0(1650)	1676.6(1674)	14.8 (12)
2,000	2064.0(2061)	2087.0(2085)	11.5 (12)

(註) 1. ※円周上８カ所測定の平均値
2. ※※{(受口内径寸法)—(挿口径寸法)}/2
3. (　) 内は基準寸法

(1) 接合試験

台車による運搬，芯出しを行ない，しかるのち接合手順に従って接合した。接合は簡単で作業時間は表２－２の通りであった。

接合時の抜出し防止措置としては，1,000φでは図２－１のようにステーバーにより，1,600φでは図２－２のようにチェーンブロックにより固定する方法をとった。また2,000φでは，台車の移動防止機構のみにより，他の措置は講じなかった。

図2—1　接合時の抜出防止方法（1000φ）

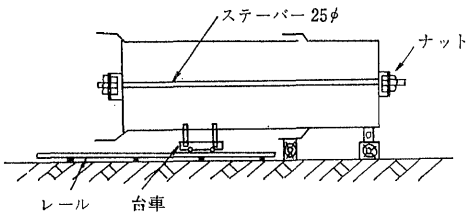


図2—2　接合時の抜出防止方法（1600φ）

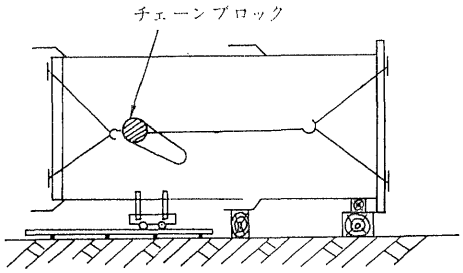


写真2—1　1000φ 接合状況

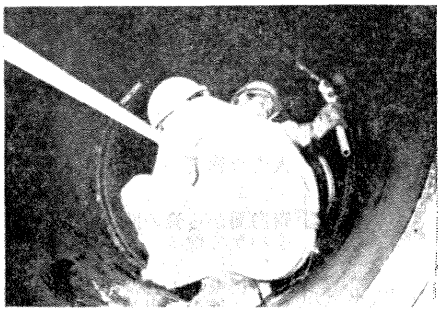
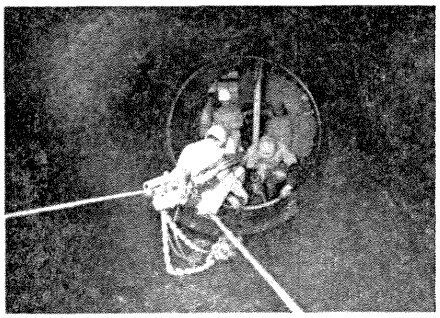


写真2—2　1600φ 接合状況



(2) 接合後の水圧試験

接合試験完了後，管内面にテストバントを取付け，1000φ，1600φ，2000φともに，15 kg/cm² の水圧試験を行なった。

漏洩その他の異常は全く認められなかった。

写真2—3　水圧試験

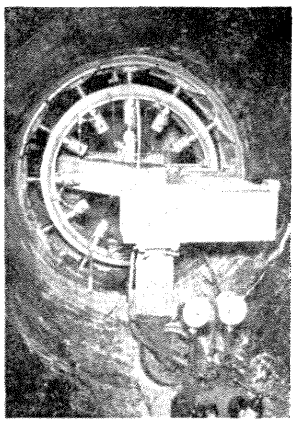
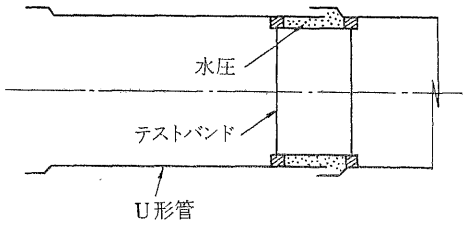


表2—2 接合手順及び作業時間

項目	内容	1,000φ		1,600φ		2,000φ	
		作業者	所要時間	作業者	所要時間	作業者	所要時間
接合材，工具等の管内への搬入	ゴム輪，割輪，押輪，継ぎ棒，スパナ，石鹸水など管に入れる	A，B	布設条件により異なるので時間測定せず	A，B	布設条件により異なるので時間測定せず	A，B	布設条件により異なるので時間測定せず
管の吊込	管をワイヤーロープで吊り，台車の上にのせる	A，B		A，B		A，B	
油圧ポンプの搬入	分流器付手動油圧ポンプを管内に預ける	A，B		A，B		A，B	
管の運搬	人力で管を押しレール上を運搬する	A，B		A，B		A，B	
石鹸水の塗布	管内面から管の挿口，受口に石鹸水をハケで塗る	A	0分30秒	A	0分30秒	A	0分30秒
管の芯出し	台車にセットした油圧ジャッキを操作して管の芯出しを行なう	A，B	3分30秒	A，B	5分	A，B	4分10秒
管の挿入	芯出し完了後，再び管を押し挿口を受口に挿入する	A，B		B，C		B，C	
ゴム輪の挿入	ゴム輪を管内面から挿入する	A，B	1分	A，B，C	1分	A，B，C	2分
管の抜出しの防止	管が抜け出さないよう抜出防止器具を取付ける。2,000φについては，台車とレールの間に歯止を入れ，歯止他端をレールに固定	A，B	3分	A，B，C	3分30秒	C	
割輪の挿入	割輪（3つ割り）を下から順次挿入する	A，B	4分	A，B，C	3分	A，B，C	4分30秒
押輪の挿入	押輪（4つ割り）を下から順次挿入する	A，B		A，B，C		A，B，C	
留め金具固定	上部の押輪を留め金具で固定する	A，B		A，B，C		A，B，C	
ボルトのネジ出し	一部のボルトを逆回転させて，押輪からネジ出し割輪，押輪を奥に押す	A，B	31分	A，B	22分	A，B，C	19分50秒
継ぎ棒の取付け	ボルトを適当な長さにネジ出した後，まだネジ出していない残りのボルトの頭部の皿に継ぎ棒を取付ける	A，B		A，B		A，B，C	
全ボルトのネジ出し	全ボルトに継ぎ棒を取付けボルトを締付ける	A，B		A，B		A，B，C	
抜出防止器具の除去	抜出防止器具を除去する2,000φについては台車とレールの間の歯止めをはずす。	A，B	布設条件により異なるので時間測定せず	A，B，C	布設条件により異なるので時間測定せず	C	布設条件により異なるので時間測定せず
管の支持	接合していない他端を管台で支持する	A		A		A	
台車の抜取り	油圧ジャッキを下げ台車を抜取る	A		A		A	
油圧ポンプの撤去	管内に置いてある油圧ポンプを台車にのせて取去る	A，B		A，B		A，B	
レールの取り去り	管1本分のレールを取りはずし台車にのせて取去る	A，B		A，B		A，B	
計		2名	43分	3名	35分	3名	31分

図2—3 水圧試験



(3) セメントモルタル充塡試験

受口底部と押輪の間にセメントモルタルを充塡して作業性を検討した。

作業手順

① C/S≒2/1　W/C≒0.35～0.4の軟練モルタルを塗布（接着面のペーストとする）

② C/S≒1/1　W/C≒0.2程度の硬練モルタルを充塡する。

③ モルタル搗き固める。

④ 表面をコテで仕上げる。

試験結果を表２—３に示す。施工性は良好であった。

図2—4 セメントモルタルの充塡

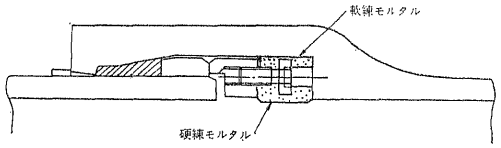
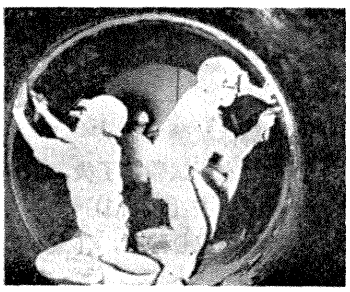


表2—3 セメントモルタル充塡試験結果

呼び径	所要時間(全周)	作業員数
1000	30分	2名（充塡作業1名　補助1名）
1600	31分	3名（充塡作業2名　補助1名）
2000	46分	3名（充塡作業2名　補助1名）

写真2—4 セメントモルタル充塡作業（1600φ）

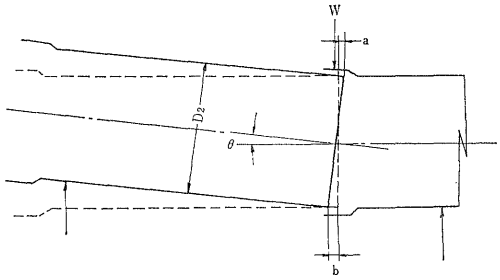


(4) 曲げ試験

モルタル充塡直後に，接合部に載荷して強制的に管を2°曲げ，充塡モルタル，割輪，押輪の状況を検討した

1,000φ，1,600φ，2,000φともに充塡モルタルには剝離，亀裂などの異常は全然認められなかった。また，割輪，押輪にも異常は全然認められなかった。

図2—5 曲げ試験



a：上部入込み量
b：下部抜出し量
D_2：管外径
θ：曲げ角度$\left(=\tan^{-1}\frac{a+b}{D_2}\right)$

表2—4 曲げ試験結果

呼び径	a	b	D_2	θ
1000	6mm	32mm	1041mm	2°06′
1600	3	55	1650	2°02′
2000	4	67	2061	1°58′

写真2—5 曲げ試験

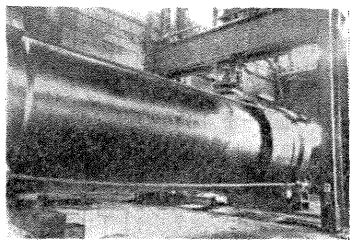
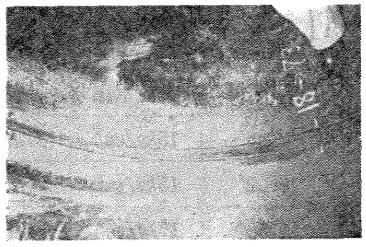


写真2—6 曲げ試験後の管内面（1600φ）



参考に，2,000φについて管を曲げた場合のゴム輪圧縮力変化の測定結果を挙げる。

図２－６の様に割輪にストレインゲージを貼布して接合，管を曲げた場合の歪の変化をみたものであるが，殆んど値は変らない。

図2—6　割輪の歪変化の測定方法

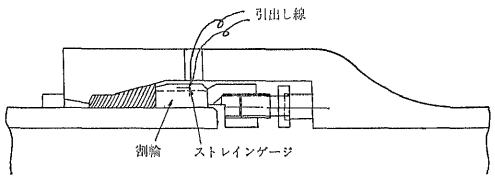


表2—5　割輪における歪の変化　歪×10^6

位置 / 曲げ角度	上	横	下
1°	30	35	35
1°30′	30	30	40
2°	40	30	30

ゴム，割輪，押輪，ボルト，継ぎ棒は受口内で突張り合い，即ち受口で支持され受口化したものと考えてよく，従って，これ等の結果にみる如く2°程度の屈曲角では接合材に大きい影響を与えないものと推察される。

（５）　曲げ水圧試験

曲げ試験で2°屈曲させたままの管接手内面にテストバンドを取付け，15kg/cm²の水圧試験を行なった。

漏洩その他の異常は全く認められなかった。試験結果を表２－６に示す。

図2—7　曲げ水圧試験

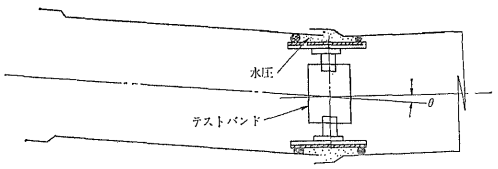


表2—6　曲げ水圧試験結果

呼び径	曲げ角度	負荷水圧	備　考
1000	2°06′	15kg/cm²	異常なし
1600	2°02′	15kg/cm²	異常なし
2000	1°58′	15kg/cm²	異常なし

（６）　総　　括

以上の実験の結果から次のように考えられる。

① 1000φから2400φ管まで，施工は簡単で，従来のK形接手と人数，所要時間は変らないとみてよい。

② 性能も水密性，屈曲性など問題なく，K形接手の性能をそのまま保有しているとみてよい。

③ 以上のことで水道用管として十分な機能を有するとみてよい。

2．復旧試験

万一，接手部に漏水があった場合の，内面からの補修復旧方法を実験検討した。

（１）　セメントモルタル除去試験

セメントモルタルを充填してのち，約20時間経過後，タガネ，ハンマーを用いて手作業でモルタルを除去した。

試験結果は表２－７に示す通りであった。またボルト，継ぎ棒の裏側までもモルタルが十分充填されていることが確認された。

表2—7　モルタル除去試験結果

呼び径	所要時間	作業員
1000	55分	1名
1600	40分	2名
2000	58分	2名

写真2—7　モルタル除去（2000φ）

（２）　接合部の解体試験

１項(5)2°の曲げ水圧試験完了後，そのままの状態からモルタル除去〔２項(1)〕ののち，押輪割輪，ゴム輪を順次取り除き，作業の難易を検討した。

① ボルトのネジ込み，継ぎ棒の除去

押輪にボルトを10㎜程度ネジ込み，継ぎ棒を取り除いたが簡単。

② 押輪，割輪の除去

押輪の留め金具をはずし，挿入したのと逆の順序で，まず全部の押輪を取り除き，次いで割輪を取り除いたが，容易であった。

③ ゴム輪の除去

受口と挿口の隙き間が最も大きいところに1カ所図2—8のようなゴム取出し具を，ゴムと挿口外面との間に打ち込み，約90°回転させてゴムをひっかけ，手の届くところまで引き出した。

引き出された部分を摑み，手で引張って全体を取り出した。

図2—8 ゴム取出し具

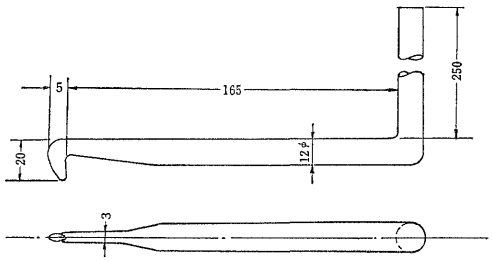


図2—9 取出し方法

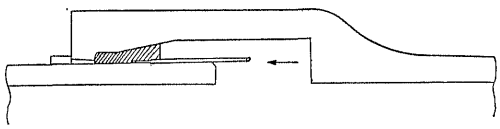


図2—10 取出し具挿入後90°回転しゴム輪取出し

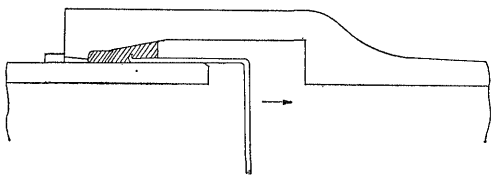


表2—8 解体試験結果

呼び径	所要時間	作業員
1000	32分	2名
1600	39分	3名
2000	25分	3名

(3) 接合材除去後の再接合試験

接合部を解体した後，再接合した。再接合時の管は図2—11，表2—9のように曲がり，かつ芯違いになっており，管を曲げて接合する場合の最悪条件になっていた。

図2—11 曲げ接合時の状態

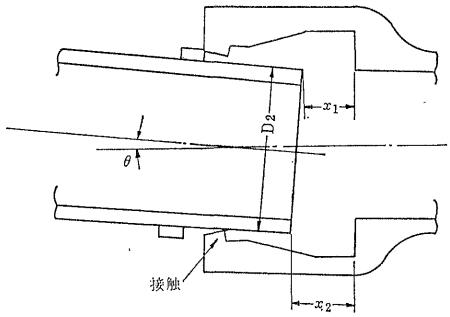


表2—9 接合時の曲がりの程度

呼び径	x_1	x_2	D_2	θ
1000	105	148	1041	2°20′
1600	115	180	1650	2°16′
2000	115	187	2061	2°

表2—10 再接合試験結果

呼び径	所要時間	作業員
1000	53分	2名
1600	42分	3名
2000	39分	3名

(4) 再接合性能確認の水圧試験

再接合後，管内面にテストバンドを取付け，1,000φ，1,600φ，2,000φともに15kg/cm_2の水圧試験を行なった。

漏洩その他の異常は全く認められなかった。

(5) 総　括

以上の結果から次のように考えられる。

① 万一，接手部に漏洩があった場合，内面からのボルトの再締付けが可能であり，さらにゴム輪を取り換える場合でも，接手屈曲の如き酷しい条件下で復旧は可能である。

② また，復旧後の性能も信頼できる。

第3編　トンネル内および狭開削溝内配管施工試験

1．トンネル内配管施工試験

内面接手管が，狭いトンネル内部での配管用として適用できるかどうかを検討したものである。

呼び径2,000φ（受口外径約2,200φ）の直管，11¼°曲管を内径2,700φの屈曲した（仮想）トンネル内に運搬，配管施工し，（仮想）立坑部で2,000φ乙切管，継ぎ輪を工事の最終段階を想定して接合した。

（1）供試管

直管	2,000φ×4m	4本
曲管	2,000φ×11¼°	1本
継ぎ輪	2,000φ	1本
乙切管	2,000φ×1.5m	1本

（2）トンネル

トンネルは鉄筋で内径が2,700φになるような籠を作り，これに金網を覆せたもので，外側から配管の様子がよく見えるようなものにした。

トンネルは前後続いているものとし，途中に管吊込部としての空間，（仮想）立坑部を作った。

また，トンネルの一部は曲率半径1.35mの11¼°屈曲トンネルとした。

トンネル下部には巾800mmのコンクリート通路（床）を作り，この上にゲージ600mm長さ4m単位の6キロ軌条を載せた。

写真3—1

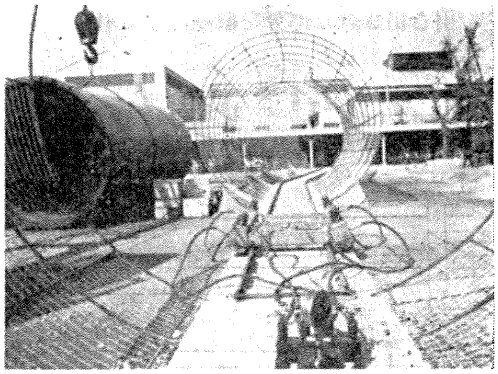
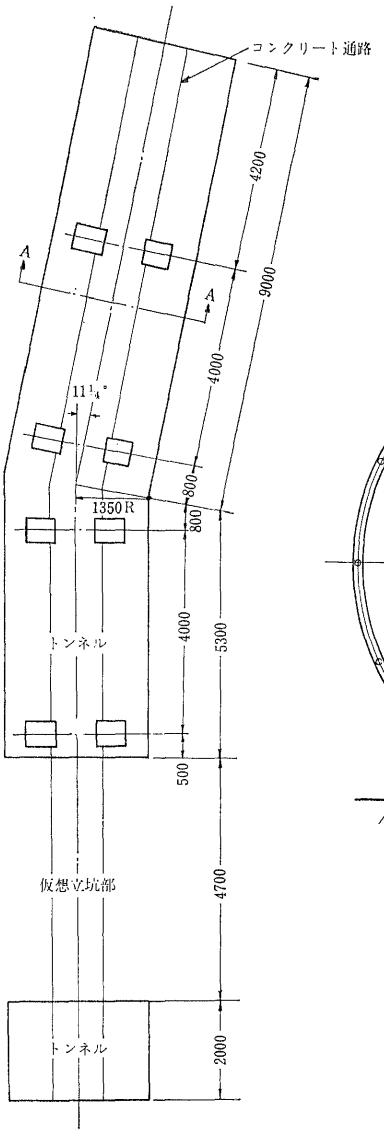
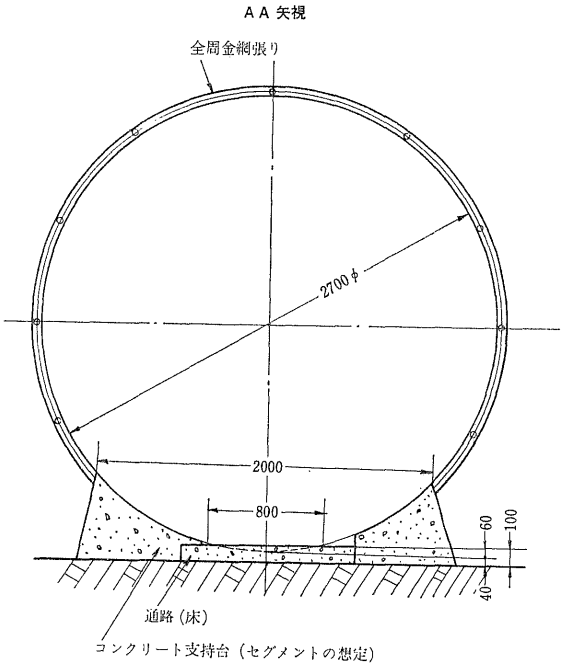


表3—1　配管手順

場所	順	配管方法	備考
トンネル内作業	1	立坑部から直管①を台車でトンネル内に搬入，設置	既に接合されている管の受口に挿口を挿入しては一本づつ接合して行く形式
	2	直管②を搬入	
	3	台車による芯出し，①へ挿入	
	4	①と②の接合	
	5	11¼°曲管③を台車で搬入	前もって挿口を受口に挿入するだけの作業を続け，しかる後，接手施工を順次行なう形式
	6	芯出しの後②へ挿入（接合せず，管台で受け，台車を抜く）	
	7	直管④の搬入	
	8	芯出しの後③へ挿入	
	9	②と③の接合	
	10	③と④の接合	
	11	直管⑤の設置	
地上作業	12	乙切管⑥に継ぎ輪⑦挿入	
立坑部作業	13	⑦を挿入した⑥をクレーンで④と⑤の間に吊下し④に挿入	
	14	⑥を設置	
	15	クレーンで⑦を⑤に挿入	
	16	⑤⑥と⑦を同時に接合	
	17	④と⑥の接合	

図3—1　トンネル構造および配置





(3) 配　　管

① 配管の方式（図3－2参照）

② トンネル内に於ける管の運搬

運搬，芯出し兼用特殊台車の上に管を載せて運搬した。（写真3—3，4，5参照）

写真3—2

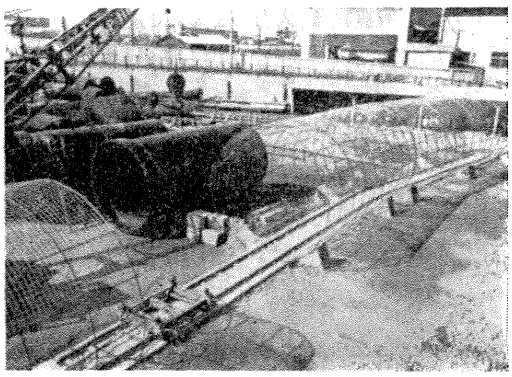


写真3—3　運搬芯出し兼用特殊台車

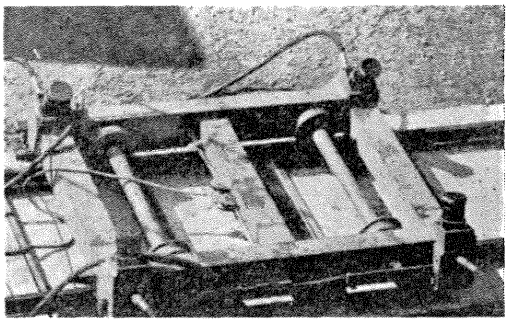
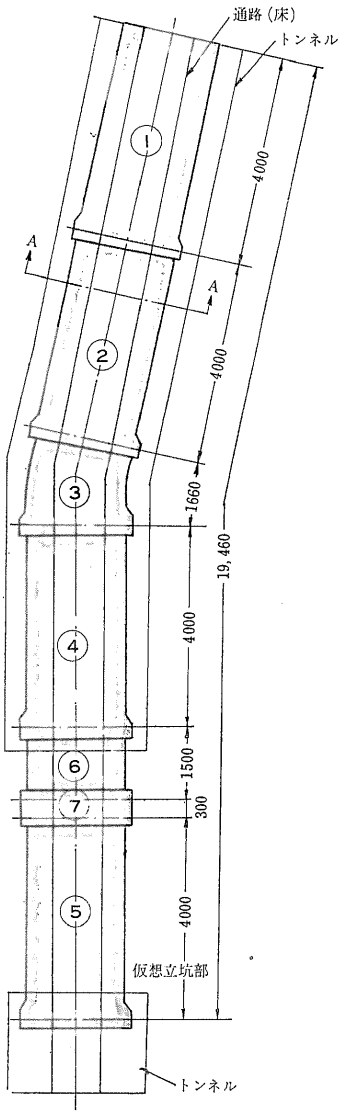


図3—2 配管の方式



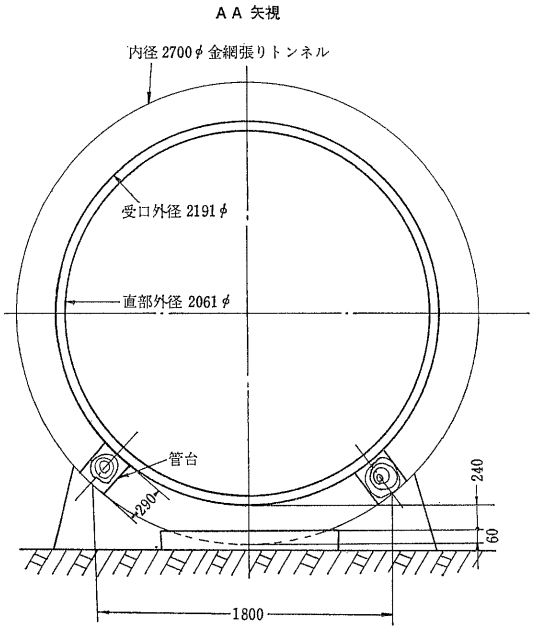


写真3—4 立坑部から管を台車上に吊下ろし

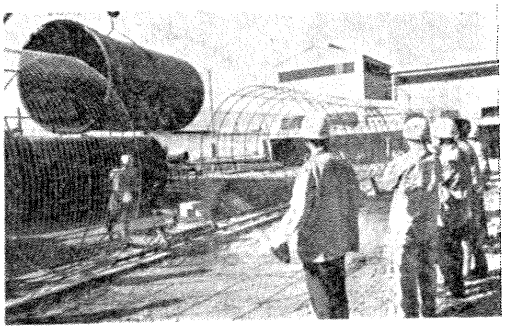
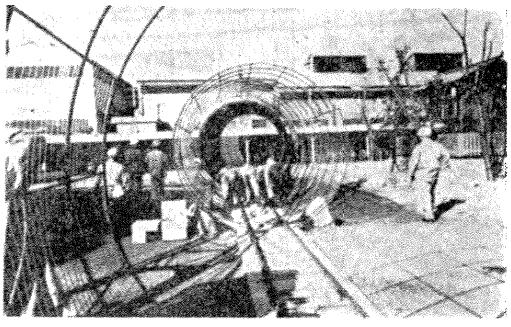


写真3—5 人力（3人）で運搬



③　トンネル内に於ける管の芯出し，挿入
　運搬，芯出し兼用特殊台車で芯出し，挿入を行なった。(写真 3—6,7 参照)
④　トンネル内に於ける接合
　(写真 3—8, 9, 10参照)
⑤　立坑部内に於ける乙切管，継ぎ輪の運搬，芯出し(写真 3—11参照)
　クレーンによって施工
⑥　立坑部内に於ける乙切管，継ぎ輪の接合
　同じく内側から，接合手順に従って接合

写真3—6　管芯のくるい

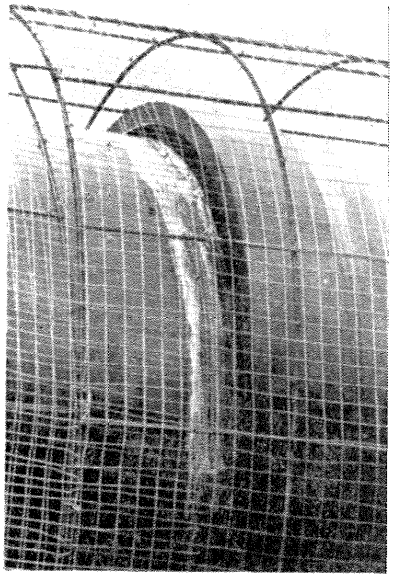


写真3—7　合図に応じて手動ポンプを操作して芯出し

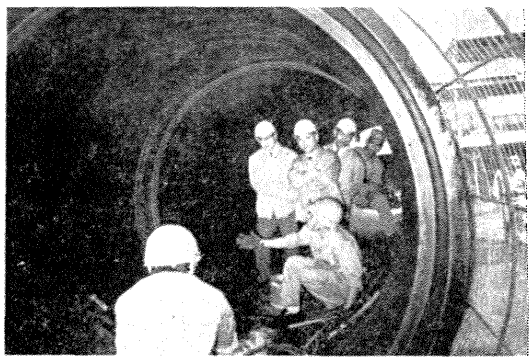


写真3—8　芯出し挿入された管

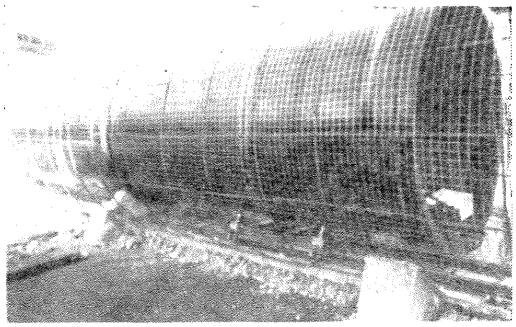


写真3—9　内面では接合手順に従って施工

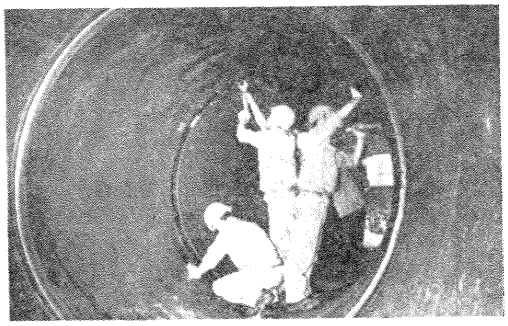


写真3-10　管台で管を支え台車の抜取り

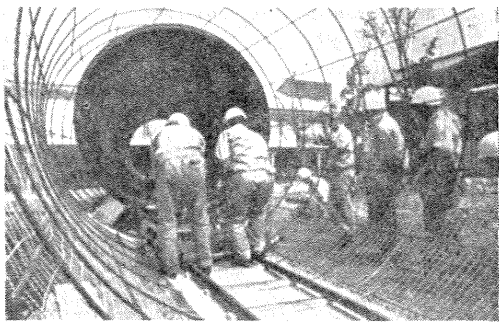


写真3-11　乙切管，継ぎ輪の運搬，芯出し

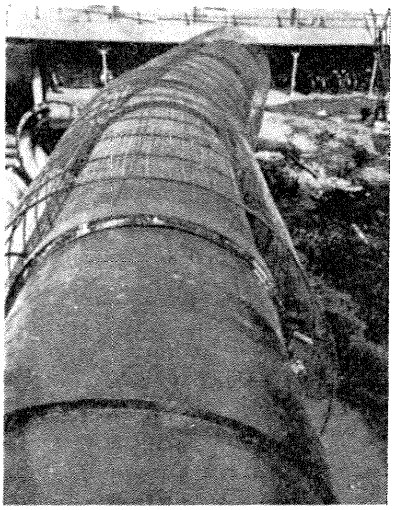
⑦時間測定結果

表3—2　トンネル内における配管作業時間測定結果

順	作業	開始	終了	所要時間（分）（ ）内は併行作業	作業者	備考
1	直管①の吊込み運搬	午後 2:36	午後 2:42	6	A，B，C	吊込みは ㊟2人
	直管①の設置	2:42	2:51	9	A，B，C	
	台車抜取り	2:51	2:52	1	A	
	レール除去	2:52	2:55	3	A，B	
2	台車のセット（立坑部）	2:55	2:56	1	A，B	レール，油圧ポンプを台車から降ろしジャッキを揚げる
	直管②の吊込み器具類預け入れ運搬	2:56	3:00	4	A，B，C	油圧ポンプ，歯止め，管台を管に預ける
3	直管②石齢水塗布芯出し挿入	3:00	3:09	9	A，B	
	台車固定（歯止めブレーキ取付）	3:09	3:14	5	A	
4	直管②ゴム輪挿入	3:12	3:14	(2)	B，C	管の支持は管台による
	直管②割輪，押輪挿入	3:14	3:18	4	A，B，C	
	直管②一部ボルトネジ出し，継ぎ棒挿入全ボルトネジ出し	3:18	3:39	21	A，B，C	
	直管②の支持	3:45	3:49	4	A，B，C	
	台車抜取り	3:49	3:56	7	A	
	レール除去	3:56	3:59	3	A，B	
5	台車のセット 曲管③の吊込み器具類預け入れ運搬	午後 11:02	午後 11:07	5	A，B，C	
6	曲管③石齢水塗布，芯出し挿入	11:07	11:17	10	A，B	
	曲管③の支持	11:17	11:18	1	A，B，C	
	台車抜取り	11:18	11:20	2	A	
	レール除去	11:20	11:23	3	A，B	
7	台車のセット	11:23	11:24	1	A，B	
	直管④の吊込み器具類預け入れ運搬	11:24 11:36	11:29 11:37	6	A，B，C	
8	直管④石齢水塗布，芯出し挿入	11:37	11:44	7	A，B	
	台車固定	11:44	11:48	4	A	
9	曲管③ゴム輪挿入	11:46	11:48	(2)	B，C	
	曲管③割輪，押輪挿入	11:48	11:56	8	A，B，C	
	曲管③一部ボルトネジ出し継ぎ棒挿入，全ボルトネジ出し	11:56	午後 12:18	22	A，B，C	
10	直管④ゴム輪挿入	1:26	1:28	2	A，B	
	直管④割輪，押輪挿入	1:28	1:32	4	A，B，C	
	直管④一部ボルトネジ出し継ぎ棒挿入，全ボルトネジ出し	1:32	1:53	21	A，B，C	
	直管④の支持	1:56	1:57	1	A，B，C	
	台車抜取り	1:57	2:00	3	A	
	レール除去	2:00	2:04	4	A，B	
11	直管⑤の吊込み設置	2:04	2:13	9	A，B，C	

順	作業	開始	終了	所要時間(分) ( )内は併行作業	作業者	備考
12	乙切管⑥に継輪⑦挿入	2:13	2:25	12	A, B, C	
13	⑥⑦の吊込み	2:31	2:40	9	A, B, C	
	直管④に乙切管⑥を挿入	2:40	2:44	4		
14	乙切管⑥の設置	2:44	2:47	3	A, B	
15	継輪⑦を直管⑤に挿入	2:47	2:50	3	A, B, C	
16	継輪⑦に中輪挿入	午後 2:50	午後 2:55	5	A, B, C	
	継輪⑦にゴム輪挿入	2:55	2:59	4	A, B, C	
	継輪⑦に割輪，押輪挿入	2:59	3:17	18	A, B, C	
	継輪⑦一部ボルトネジ出し，継ぎ棒挿入，全ボルトネジ出し	3:30	4:15	45	A, B, C	
17	乙切管⑥ゴム輪挿入	3:17	3:19	2	A, B	
	乙切管⑥割輪，押輪挿入	3:19	3:24	5	A, B, C	
	乙切管⑥一部ボルトネジ出し，継ぎ棒挿入，全ボルトネジ出し	4:15	4:38	23	A, B, C	

写真3-12　トンネル内配管全景



(4)　総　　括

立坑部を含む屈曲トンネルという想定のもとに，直管 11¼° 曲管，乙切管，継ぎ輪などを，配管方式も変えて施工した結果，次のようなことがいえる。

① 運搬，芯出し兼用特殊台車は，管を上，下左，右，斜の位置に自由に動かせるばかりでなく，管を曲げることも容易で，トンネル内配管では至って便利である。モビールクレーンによる芯出し挿入より速く行なえる。

② 管は，曲げたままでも接合できる。

③ 接合には特殊技能を必要としない。

④ 接合時間は，従来のK形と変らない程度で短い。

⑤ 一本づつ挿入，接合して行く工法は勿論，セグメントと管の隙き間に覆工する前なら，前もって受口（挿口）に挿口（受口）を挿入する作業を続け，しかる後，順次接合して行く工法をとることも可能である。

⑥ 直管，曲管，継ぎ輪，また，そのどの組合せにおいても作業は容易である。

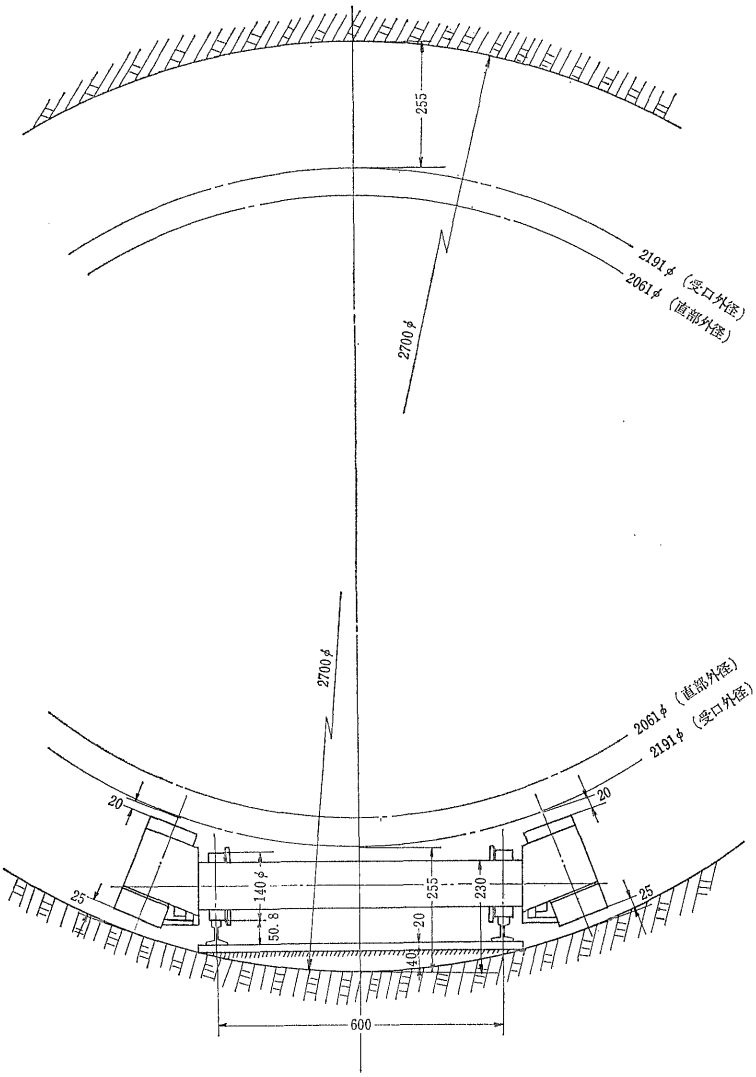
⑦ 接手施工の状況が一目で見渡せるので均一確実な作業ができる。(1カ所，水圧15kg/cm^2の試験，問題なし)

⑧ 作業環境は安全，かつ衛生的である。

⑨ 従って，トンネル内配管において，トンネルの屈曲，芯の違いに応じた施工が容易，迅速かつ確実に行なえる。

今回の実験では，高さ 290 ㎜の一定の管台を用いて配管したが，トンネルの条件によってはこの高さはさらに低くすることもできる。次頁の図 3-3 に，2700φ 内径のトンネル内での理想的な場合をあげる。

図3—3　2700φ内径のトンネル内での配管



2．極端に狭い開削溝内配管施工試験

内面接手管が，極端に狭い開削溝内における配管用として適用できるかどうか検討したものである。

呼び径2000φ（受口外径2,200φ）の直管，11¼°曲管を，モビールクレーンが入れないほど狭いという想定のもとに，深さ3 m，巾2.5 mの屈曲した平底溝の中で軸方向に搬入，しかる後接合した。

また，溝壁と管の隙き間が小さいので，埋戻し土が十分管底にまわるかどうか，砂による埋戻し，水締めを行なって検討した。

（1）供　試　管

直管；2,000φ×4 m　　2本

曲管；2,000φ×11¼°　　1本

直管の一本は直部に，砂の締まり具合を観察するための孔（150×200程度）を，あらかじめあけておき，これに簡単な蓋を取り付けたものを使用した。

(2) 開 削 溝

開削場所は尼崎の海岸の埋立地（埋立高さ5 m，埋立後約2年経過）で湧水はなかったが，軟かく，シートパイル打込みの際，パイリングマシンが連続打設できない（ハンマーを落しても反発しない）ほどであった。

溝の巾はシートパイルの内巾で2.5 mとし，途中に曲率半径約11 mの 11¼° 曲り部（同じ溝巾）を設けた。

深さは3 mとし圧密沈下中の軟かい埋立土が溝底であるようにした。

会所掘りはしなかった。溝は平底溝とし，両側の溝壁上部には尺角のハラオコシを取付け，キリバリで土留めした。

溝底には，梯子式枕木に取付けた軌条（10キロレール使用）を管搬入方向に並べた。

溝の一端には管吊下し部を設けた。

写真3-13 2.5 m 巾の開削溝と溝底に並べた軌条

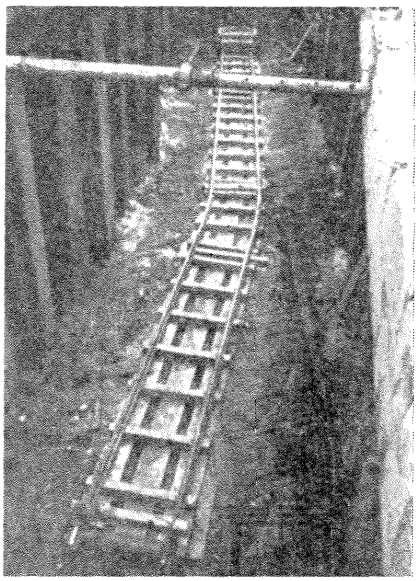
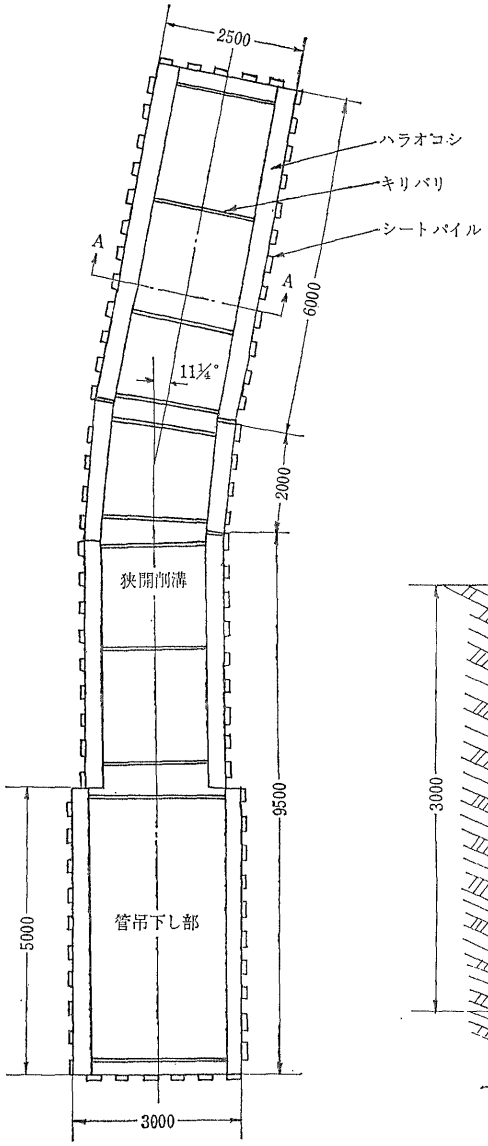
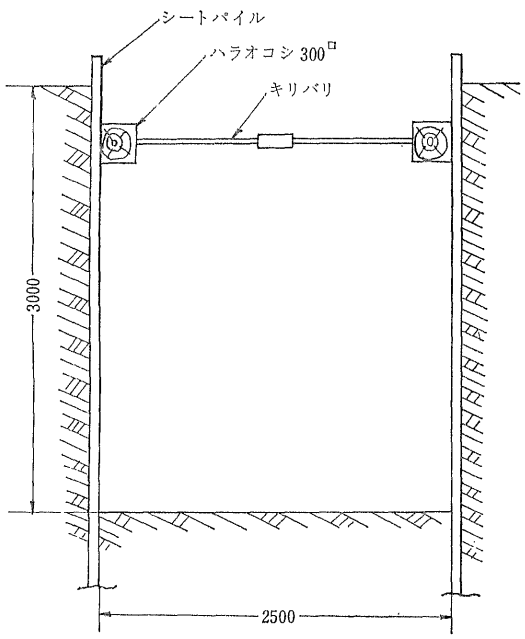


図3—4 開 削 溝



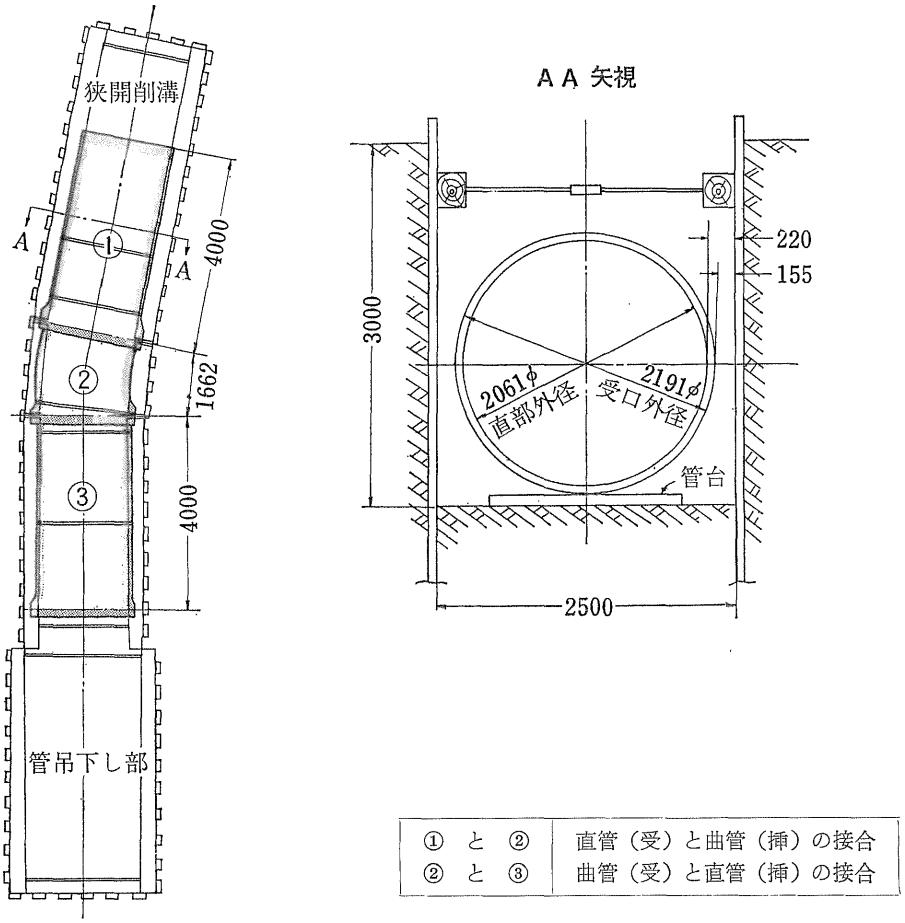
AA 断面



（3）配　　管

① 配管の方式

図3—5　狭開削溝内における配管



① と ②	直管（受）と曲管（挿）の接合
② と ③	曲管（受）と直管（挿）の接合

表3—3　狭開削溝内における作業順序と配管方法

場　所	順	配　管　方　法	備　考
狭開削溝内作業		直管①をクレーンで吊り，溝の吊下し部に搬入	既に接合されている管の受口に挿口を挿入しては一本づつ接合して行く形式
	1	台車で運搬。直管①の据付	
	2	11¼° 曲管②の吊込み，運搬	
	3	チエーン・ブロックによる芯出し，挿入	
	4	①と②の接合	
	5	直管③の吊込み，運搬	
	6	芯出しの後③へ挿入	
	7	②と③の接合	

（注）既に接合されている管の受口に挿口を挿入しては一本づつ配管して行く形式をとったので，接合時ゴムの移動に伴って挿口側管が少々抜出そうとする。

少々の抜出しは懸念するに及ばないが，実験としては念のため抜出防止器具を用いた。

前もって挿口を受口に挿入するだけの作業を続け，しかる後接手施工を順次行なう形式では抜出防止の必要がない。

② 狭中開削溝中における管の運搬

溝の一端の管吊下し部にモビールクレーンで管を入れ，台車（トンネル内用の台車でなく，運搬だけのための台車）の上に載せて運搬，所定の位置にくると管をチェーンブロックで吊り，台車，レールを撤去。

③ 狭開削溝内における管の芯出し，挿入

チェーンブロックによって行なった。芯出し挿入後，受口部に厚さ20～30㎜の板を２枚ほど管台としてあてがった。

④ 狭開削溝内における管の接合

写真3-14
モビールクレーンによる溝吊下し部への搬入

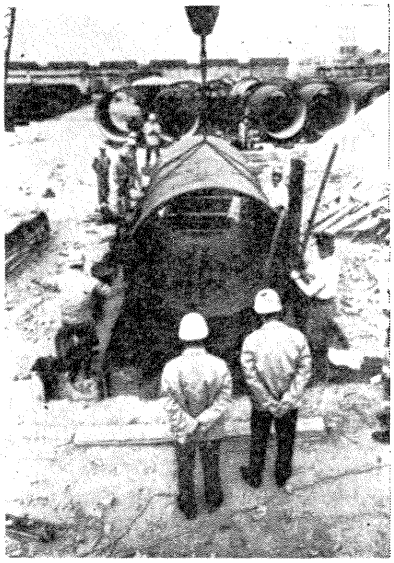


写真3-15
ウインチによって台車を引張り，管を溝の中で運搬

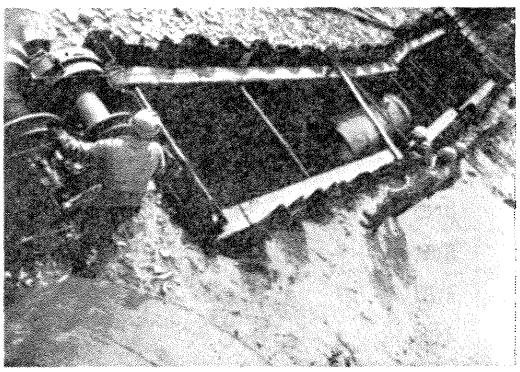


写真3-16
チエンブロックで管を吊り上げ

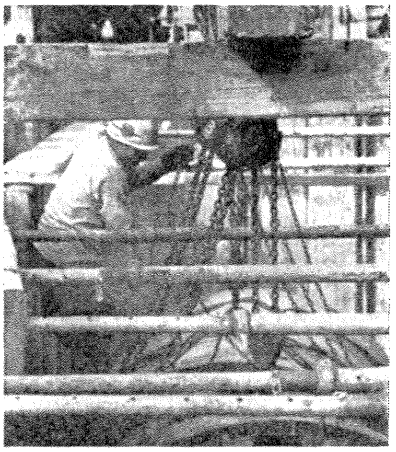


写真3-17　台車，レールを撤去

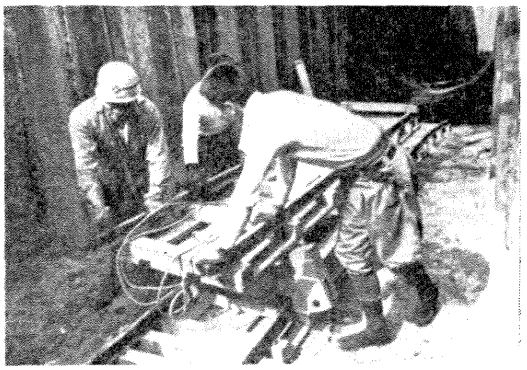
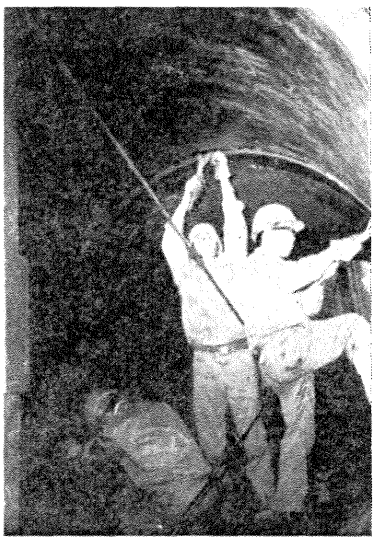


写真3-18
内側から接合手順に従って施工

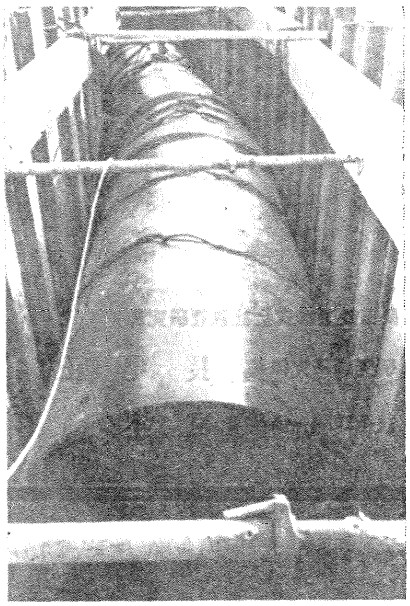


⑤　時間測定結果

表3—4　狭開削溝内における配管作業時間測定結果

順	作業	開始	終了	所要時間(分)　(　)内は併行作業	作業者	備考
1	直管①の吊込み	午後 1:05	午後 1:09	4		接合作業以外は銭高組4人で作業
	直管①の運搬	1:09	1:14	5		
	直管①チェーンブロックで吊上げおよび台車抜取り	1:14	1:29	15		
	レール除去	1:29	1:34	5		
	直管①の据付	1:34	1:47	13		
2	曲管②の吊込み	1:47	1:50	3		
	曲管②の運搬	1:50	1:54	4		
	曲管②チェーンブロックで吊上げおよび台車抜取り	1:54	2:09	15		
	レール除去	2:09	2:15	6		
3	曲管②石鹸水塗布，芯出し，挿入	2:15	2:26	11		
	曲管②の据付	2:26	2:29	3		
4	曲管②ゴム輪挿入	2:29	2:31	2	A，B	
	抜出防止器具取付	2:31	2:38	7	A，B，C	
	曲管②割輪，押輪の挿入	2:38	2:43	5	A，B，C	
	曲管②一部ボルトネジ出し，継ぎ棒挿入，全ボルトネジ出し	2:43	3:09	26	A，B，C	
	抜出防止器具除去	3:25	3:26	1	A，B，C	
5	直管③の吊込み	2:38	2:42	(4)		
	直管③の運搬	2:44	2:45	(1)		
	直管③チェーンブロック吊上げ及び台車抜取り	2:45	3:06	(21)		
	台車吊上げ	3:06	3:08	(2)		
	レール除去	3:08	3:14	6		
6	直管③石鹸水塗布，芯出し，挿入	3:26	3:34	8		
	直管③の据付	3:34	3:40	6		
7	直管③ゴム輪挿入	3:40	3:46	6	A	
	抜出防止器具取付	3:40	3:46	(6)	B，C	
	直管③割輪，押輪挿入	3:46	3:51	5	A，B，C	
	直管③一部ボルトネジ出し，継ぎ棒挿入，全ボルトネジ出し	3:57	4:24	27	A，B，C	
	抜出防止器具除去	4:24	4:26	2	A，B，C	

写真3-19 狭開削溝内配管全景



(4) 砂による埋戻し，水締め

配管後，砂による埋戻し，水締めを行なった。

これは，溝底から管頂までを3層に分け，まず溝底から管頂までの⅓程度まで砂を入れ，水締めを行ない，つづいて⅔程度まで埋戻し，水締めし，最後に管頂まで埋戻してさらに水締めというように繰返した。

管③について，蓋をしてあった孔から，肉眼及び触手観察してみたが，砂は管底までまわりかつ十分締っているのが認められた。

写真3-20
埋　戻　し

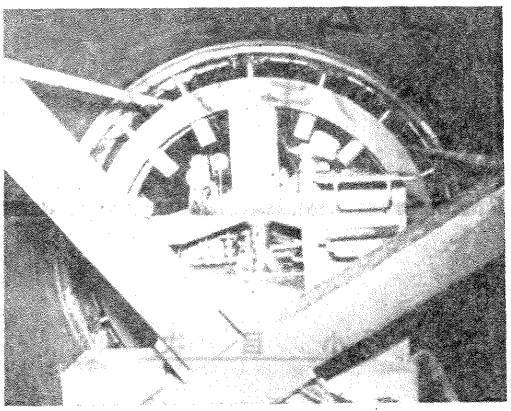
写真3-21
窓をあけて砂のまわり具合，締まり具合を観察

(5) 水圧試験

直管①と曲管②との間にテストバンドを取付け，15kg/cm² の水圧試験を行なった。

漏洩その他の異常は全く認められなかった。

写真3-22 新形式テストバンドによる水圧試験



(6) 総　　括

11¼° の曲り部を含む極端に狭い開削溝内に直管，曲管を溝中で運搬，接合し，埋戻しを行なった結果，次のようなことがいえる。

① 接合は曲げたままでも可能で簡単，特殊技能を要さない。管の内側で作業するので安全である。

② 特殊な基礎を必要とせず，会所掘りもいらない。

③ 運搬，挿入さえできれば，溝巾に関係なく作業ができる。溝巾に近い管が施工できる。

④ 接手施工の状況が一目で分かるので均一，確実な作業ができる。(接手の水密性は問題なし)

⑤ 埋戻し土も水締めによって管底に十分まわり，かつ硬く締まるので管および路面に対する影響はない。溝壁と管との隙き間の小さいことを懸念しなくてよい。

⑥ 従って，路地のような極端に狭い開削溝内配管用として用いられるばかりでなく，一般の開削工事に際しても溝巾を低減できるので経済的に有利である。

特集 3

鋳鉄管接手用ゴムパッキング

久保田鉄工株式会社鉄管研究部
研究課研究係長　長尾正三
技術課開発係長　宮本宏

小　目　次

第1編　概　要……54
1. 緒　言……54
2. 鋳鉄管接手の種類……55
3. 接手用ゴムパッキングの特徴……57
4. ゴムパッキングの規格……58
第2編　ゴムの材質特性……61
1. ゴム弾性体の老化現象……61
2. ゴム材質の応力緩和……62
3. ゴム材質の永久変形……63
4. ゴム材質の応力—歪み特性……66
5. 応力下におけるゴムの材質変化……67
第3編　メカニカル接手の挙動とゴムパッキングに関する力学的考察
1. 緒　言……69
2. 地下埋設管の接手の挙動に対応せしめた実験室的試験……69
3. 経時変化，不等沈下に対するゴムパッキングの安全性……74
第4編　使用実績……79

第1編　概　要

1. 緒　言

上下水道，工業用水道，都市ガス等の流体を輸送する管路として，古くから使用されている鋳鉄管の接手は次のような経過をたどって変遷して来ている。

最も古い鋳鉄管の接手としては，板状鉛パッキングを使用するフランジ接手が用いられていた。これは，構造が簡単であり，施工法も簡単であるために長期に亘って使用されてきた。

1785年英国の Thomas Simpson が印籠接手を発明し，これが地中埋設管の場合には，地面の変動に対して，より良く順応する能力があるということから，急速に使用される様になり，フランジ接手は，地上あるいは屋内配管または特殊な場所のみにしか使用されない状況になっている。

しかしながら近年，産業の発展と共に交通量の増大，路面荷重の増大，劣悪埋設条件下での管路の布設等の条件の苛酷化によって，これらの印籠接手では完全にその使命を果し得ない可能性が出てきた。

特にガス産業においては漏洩の問題は深刻であり，さらに良い気密性能を持つ接手形式が要求され，開発されてきた。

その最も確実な方法は，気密材料としてゴムを使用することであり，鋳鉄管の接手としてゴムを使用するようになったのも，ガス管路が最初であるといわれている。

ドイツにおいては1858年 Lahr で，1864年 Hanau で，それぞれゴムが使用され，1910年においては，欧州で今日一般に広く使用されているクサビ形の断面のゴムパッキングを用いたスクリュージョイント管が Stuttgart で布設されている。

フランスにおいては1870年にゴムリングを使用した管路が布設され始め，1906年までに13㎞の延長のゴムパッキングによるガス高圧導管路が運転されており，イタリーにおいては1929年までに0.4～1㎏/㎠のガス管路がゴムパッキングを使用した接手で布設されている。

英国においては1863年に始めてゴムリングを使用した管路を布設している。

一方，米国においては1870年エリザベスにてゴム接手が使用され始め，1925年に現在わが国のJWWA規格でA形接手と称しているメカニカルジョイントが開発市販され，最初は主に都市ガスの高圧化，ドライ化に対して接手の気密性能を向上さすために研究されたものであり，アメリカ・ガス協会の研究所および大手ガス会社の研究所で徹底的な研究，試験が実施され，その結果一般に用いられるようになった。その後は，ガス管路のみでなく，水道用にも用いられるようになり，現在に到っている。

また，興味深い例としては，わが国と良く似た事情にあると思われる地震国メキシコにおいては，1909年までに900～1200㎜φ口径のゴム接手の水道管路が20㎞に亘って布設され，たびたび地震の経験によってこのゴム接手の鋳鉄管路が可撓性その他において非常に優れた性能を発揮したので，その後1934年にはさらに大口径の同一接手の鋳鉄管路をさらに20㎞布設している。

ひるがえってわが国の状況を見ると，昭和の初期においては東京接手と称するゴム接手が用いられたことがあったが，その後はわが国におけるゴム資源の貧弱さもあってか，戦争を間にはさんで殆んどゴム接手は発展しなかったが，戦後の昭和25年以降，メカニカルジョイントが市販されてから急速に使用され出し，水道用，ガス用として広く用いられ，JWWA G 105 1961年では，A形，B形（メカニカルジョイント）が規格化されており，これ以外にもスクリュージョイント，K形接手（A-Ⅱ形接手）タイトンジョイント等ゴム接手が一般に信頼して用いられるようになっている。

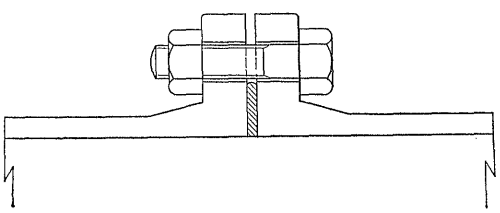
このように，ゴムパッキングを使用する接手は，接手部の可撓性，耐内圧，耐外圧性能等が優れており，苛酷な使用条件においても十分その使命を完遂できる性能を持っているが，このような接手の性能は，ゴムパッキングの性能一つにかかっていることは言をまたない。その意味で，接手に使用されるゴムパッキングの特性と，それと関連して接手の性能について簡単に説明し，参考に供したいと思う。

2. 鋳鉄管接手の種類

（1） フランジ接手

鋳鉄管，鋼管を問わず，もっとも一般的に用いられている接手であり，フランジ面にゴム板を入れて，フランジ部をボルトで締め付けることにより水密性を発揮せしめるものであるが，接手部がフランジにより拘束されるため，可撓性は無い。

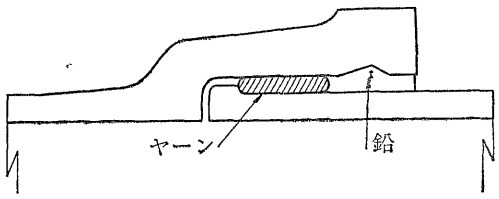
図―1　フランジ接手



（2） 印籠接手

フランジ接手に次いで最も古くから用いられている接手形式であり，本来は，先端にはヤー

図—2　印　籠　接　手

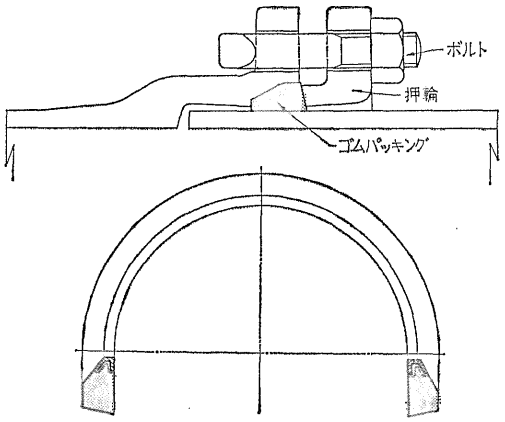


ンを打ち込み，背後に鉛を流し込んでコーキングを行なうものである。

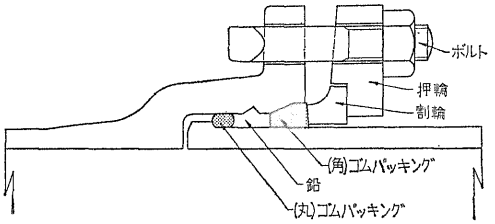
（3）　メカニカルジョイントまたはA形接手

図—3のごとく，鉄管の受口部に設けられたスタフィングボックス中に，角ゴム輪を納め，その背後から押輪をボルトで締め付けることによって，ゴム輪に面圧を発生させ，気密を保持させる形式の接手であり，気密性能が高く，可撓性，伸縮性にも富んでおり，現在用いられている管は，ほとんどがこの形式の接手を採用している。

図—3　メカニカルジョイント（A形接手）およびメカニカルジョイント用ゴムパッキング



図—4　メカニカルジョイント（B形接手）



（4）　特殊メカニカルジョイント又はB形接手

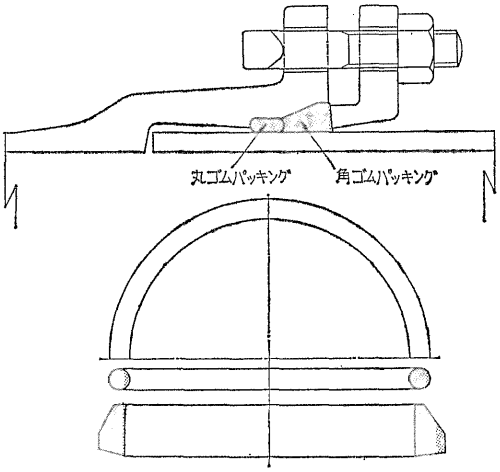
前述のA形接手とC形接手とを折衷した形状のものであり，構造を図—4に示す。

（5）　K形接手，またはA—Ⅱ形接手

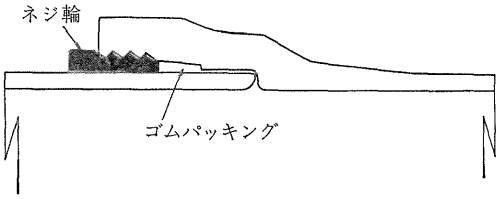
前述のA，B，C形接手は75～1,500㎜φの口径について規格が制定されているが，これ以上の大口径管についてはK形接手が用いられている。（一部1500φ以下でも使用）

図—5に示すごとく，丸ゴム輪と角ゴム輪を併用し，丸ゴム輪は標準圧縮量としては丸ゴム輪の線径の30～40%を用い，角ゴム輪と押輪を用いることによって静的に，鉄管の受口部のスタフィングボックス中に挿入し，さらにボルトで強く締め付けることによって生ずる丸ゴム輪角ゴム輪の面圧を利用すると同時に，先端の丸ゴム輪の圧縮によって生ずる復元力をもその気密性に寄与させる大きな因子として取り入れており，接手部の位置変動（受口，挿口間の隙き間の変動）に対しても，十分その気密性を失わせないようにしている。またいうまでもないが，可撓性，伸縮性はメカニカル接手と同等の性能を持っている。

図—5　K形接手およびK形接手用丸角ゴムパッキング



図—6　スクリュージョイント



(6) スクリュー接手

本質的にはA形接手とは同一の原理で水密性を保持させるものであるが，ゴムパッキングを押しつけて面圧を発生さす作用は，A形接手では，押輪を締め付けるボルトによっているが，スクリュージョイントにおいては，押輪自体がネジになっており，これをネジ込むことによって面圧を発生さす機構となっており，接手の部品の数が少なく，それだけ保管，管理の面では有利になっている。

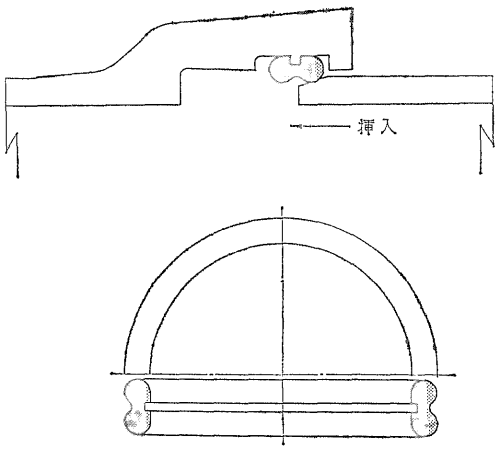
この形式の接手はわが国においては電通信線保護用のケーブル管（75㎜φ）に使用されているのみであるが，欧州においては40～600㎜φの鋳鉄管の接手として古くから広く実用されている。

(7) スリップ・オン・ジョイント

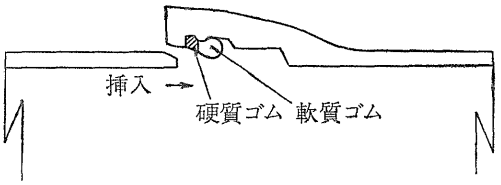
ハイタイトジョイント，タイトンジョイントなどの名称で呼ばれるジョイントであり，とくに小口径管に多く用いられているものである。

図—7～8に示すごとく，鉄管の受口部に保持せしめたゴム輪を，適当な圧縮代を持たせて押しつぶすように，挿口を挿入して，このゴム輪の圧縮代に見合う復元力を利用して水密性を保持させる接手形式であり，近年欧米において，これに良く似た形式のものが広く用いられる傾向にあり，米国においては鋳鉄管の75%がこのタイプのジョイント（例えばタイトンジョイント）であるといわれている。この接手は施工が簡単であり，費用も安価ですみ，性能的にも気密性，可撓性，伸縮性共に優れている。

図—7　ハイタイト・ジョイントおよびハイタイトジョイント用ゴムパッキング



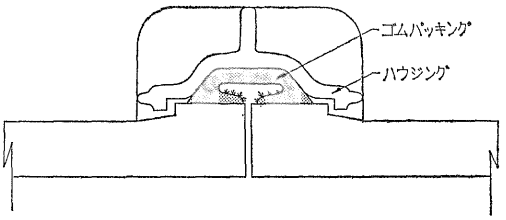
図—8　タイトンジョイント



(8) セルフシール形接手

ビクトリック・ジョイントを代表とするself-sealing Joint は，図—9に示すごとく，管内部に作用する圧力によってゴムパッキングが接触面に圧着される方式である。

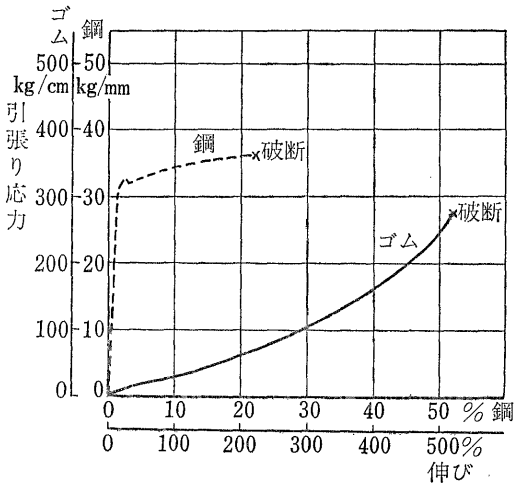
図—9 ビクトリック・ジョイント



3. 接手用ゴムパッキングの特徴

ゴムは，その弾性的な性質として，始め外力を加えられた時は小さな力で大きく変形し，しかも自由自在な変形をなし得るが，ある点以後になると僅かな変形をさせるにも大きな応力を要し，さらに力を加えるならばついに切断するに至る。この場合，破断時の力と最初の変形を起

図—10　金属材料とゴム弾性体の応力—歪曲線の差異



こすに必要な力との割合は非常に大きく。結局最終的には非常に大きな力にも耐え得る能力を持っている。また，このような外力が取り去られた時にはほぼ原形に復元する能力を備えており，これらの性質をゴムパッキングは最大限に利用しているのである。

しかしながら，ゴムは弾性体とはいっても完全な弾性体ではなく，若干の可塑性を持っており，履歴現象(※)を示し，応力緩和，永久変形等の現象を起こす。(※ 履歴現象＝ゴムが真の弾性体でなく，若干可塑的な性質をも併せ持っているため，伸張をくりかえすと可逆的な伸縮を示さず，若干のズレを生ずる。この現象を履歴現象という。)

このような性質は，ゴムの弾性を極度に利用されているゴムパッキングにおいては，非常に重要な性質であり，特に細心の注意を払って検討がなされ，管理されている。

また，ゴム弾性体の特徴の一つとして老化現象が挙げられる。これは日光，紫外線，酸素，オゾン，熱等の作用によってゴム自身の材質が変化し，弾性的性質を失っていくものであるが，鉄管と共に地中に埋設され，半永久的にその使命を果すことが必要条件であるゴムパッキングにおいては，この老化現象をできるだけ避けるように配合決定がなされなければならない。

また，水道用ゴムパッキングとしては，水道水に溶出して水質に悪影響を及ぼす成分を含まないことが要求され，また，ガス用ゴムパッキングとしてはガス成分およびガスに含まれる溶剤分によって影響を受け，その性能が不十分にならないよう注意することが必要である。

4. ゴムパッキングの規格

(1) 日本規格

わが国では，水道用ゴムパッキングは JIS K 6353—1966水道用ゴムとして規定されており，その種類は次のごとくであり，規格値は表—1～2に示す通りである。

1種1号：フランジ面に用いる板状ゴム
1種2号：空気弁，消火栓および給水栓などの弁に用いる板状ゴム
2種1号：鋳鉄管，メカニカルジョイント鋳鉄管に用いるゴム輪
〃　甲：ボルト締付用のゴム（メカニカル，ジョイント用の角ゴム輪）
〃　乙1：ソケット部打込み用のもの（B

表—1　水道用ゴムの日本工業規格の化学試験 JIS K 6353 1966

試験項目		品質
遊離いおう分析試験	遊離いおう	0.5%以下
溶解試験	濁度	1度以下
	色度	5度以下
	KM_nO_4 消費量	5ppm以下
	残留塩素の減量	1.5ppm以下

表—2　水道用ゴムの日本工業規格 JIS K 6353 1966

種別		引張試験			永久伸び (%)	スプリングカタサ JIS°	老化試験			圧縮永久ヒズミ率 (%)
		70 kg/cm² 荷重時の伸び(%)	引張強さ (kg/cm²)	伸び (%)			引張強さの低下率 (%)	伸びの低下率 (%)	スプリング硬さの変化	
1種1号		—	60以上	—	15以下	55～65	25以下	—	—	—
1種1号		—	60以上	—	15以下	70～80	25以下	—	—	—
2種1号(1)	甲	110～190	180以上	300以上	10以下	65～75	20以下	20以下	+7 −0	30以下
	乙1	150～250	180以上	400以上	10以下	55～65	20以下	30以下	+7 −0	30以下
	乙2	250～350				50～60				
2種2号(2)	甲	—	180以上	400以上	10以下	50～55	20以下	30以下	+7 −0	30以下
	乙	—				45～55				
2種3号(3)	甲	—	150以上	350以上	10以下	55～65	20以下	30以下	+7 −0	30以下
	乙	—	90以上	400以上	15以下	45～60	25以下	30以下	+7 −0	
3種		—	100以上	300以上	15以下	60～70	ゴム面に粘着，キレツのないこと			—

形接手用の丸ゴム輪）
2種1号乙2：ソケット部打込み用のもの（大口径用，B形接手またはK形接手用の丸ゴム輪）
2種2号：石綿セメント管接手に用いるゴム輪
〃　甲：ボルト締め付け用
〃　乙：ボルト締めしないもの
2種3号：その他の管接手に用いるゴム輪
3　種：空気弁に用いるゴム輪

外国における水道用ゴムパッキングについての規定の代表的なものとして，米国および英国の例を参考までに挙げる。

（2）英国規格

英国規格 BS 2494-1955（1961年改訂）Rubber Joint Rings for Gas Mains, Water Mains and Sewers では，水道用およびガス用のゴム材質として，硬度によって，45°から85°までの6種類を規定しており，それぞれの規格値は表—3に示すごとくである。

（3）米国規格

米国規格 ASA A21-11-1964（AWWA C 111-64）

American Standard for Rubber Gasket Joint for Cast-Iron Pressure Pipe and Fittings において規格試験としてメカニカルジョイント用のゴムおよびスリップ・オン形のジョイント用ゴムの規格としては，表—4の如く規定されており，材質としては，加硫天然ゴムまたは加硫合成ゴムと規定されている。

（4）独逸規格

独逸規格としては DIN 28501（Oct. 1961）Schraubmuffen-Verbindung（スクリュー接手）及び DIN 28502（Apr 1962）Stopfbuchsenmuffen-Verbindung（メカニカル接手）があり，この規格ではゴム硬度についてのみしか規定されていないが，メーカー規格として表—5の如き規定を設けている。

以上諸国の接手用ゴムパッキングの規格についての概説を行なったが，これらのうちで眼目となっているのは，ゴムの機械的強度と弾性（圧縮永久歪み）および耐老化性である。次にこれらの諸性質について説明する。

表—3　水道用（ガス用を含む）ゴム英国規格（BS 2494-1955）

級	老化前				老化後		ベンゾール膨潤（vol）
	引張り強さ（最小値）	破断時の伸び（最小値）	硬さ	圧縮永久歪（最大値）	引張り強さ（変化率）	破断時の伸び（老化率）	
	kg/cm²	%	°BS	%	老化前の%	老化前の%	%
A	211	500	45±5	12	80	80	425
B	193	500	55±5	12	80	80	325
C	176	300	60±5	15	80	80	275
D	158	275	70±5	15	80	80	230
E	105	150	80±5	20	75	75	200
F	84	130	85±5	20	75	75	175

スギナカ Ⓢ 鋳鉄異型管
水道用鋳鉄異型管
ダクタイル異型管、鉄蓋
排水用鋳鉄管
マンホール、鉄蓋類
株式会社 杉中鋳造所
大阪市西成区津守町東3丁目21番地　電話㈹大阪（561）2761番

表—4　接手用ゴムパッキング米国規格 ASA A 21-11-1964

項目	メカニカル接手用ゴム	スリップオン形接手用ゴム	
		本体部分	硬質部分
硬さ Durometer "A" at 70F	75±5	40～70	78～90
引張り強さ（最小値）	1,500psi	2,000psi	1,200psi
破断時の伸び（最小値）	150%	300%	125%
※老化試験（最小値）	60%	60%	60%

※老化試験：引張り強さ，破断時の伸びの両者について老化前の数値に対する値

表—5　ゴム輪に対する独逸の規格

		メカニカル接手用ゴム軟質部及びタイトン接手用ゴム軟質部	スクリュー接手用ゴム軟質部	メカニカル接手／スクリュー接手／タイトン接手 用ゴム硬質部
硬度（Shore A）		55±5	50±5	85±5
引張り強さ（最小値）		170kg/cm²	170kg/cm²	100kg/cm²
破断時の伸び（最小値）		560%	560%	160%
※圧縮試験	圧縮量	40%	40%	20%
	圧縮永久歪（最大値）	7.5%	7.5%	25%
※老化試験	硬さの増加（最大値）	6%	6%	6%
	引張り強さの減少（最大値）	128kg/cm²	128kg/cm²	75kg/cm²
	破断時の伸びの減少（最大値）	448%	448%	104%

※DIN 53517 による。　※※DIN 53508 70°C×168時間

中川の 電気防蝕　調査　設計　施工　管理
性能のすぐれた、新しいアルミニウム合金流電陽極ＡＬＡＰ
地中・海中鉄鋼施設
鋼杭埋設管
船舶関係
港湾関係
の防蝕・防錆の御相談は
無機質高濃度亜鉛塗料
ザップコード
（ニッペジンキー＃1000）
無機質アルミメッキ塗料
エルコート
（資料進呈）
中川防蝕工業株式会社
本社・東京都千代田区神田鍛治町２の１　㊒（252）３１７１（代表）
出張所・大阪　名古屋　福岡　札幌　広島　仙台　新潟

第２編　ゴムの材質特性

1. ゴム弾性体の老化現象

ゴム弾性体は自然に放置すると，老化してゴム弾性を徐々に失うことは古くから知られており，この作用を大別すると，

① 紫外線による変老化
② 酸素による老化
③ オゾンによる老化
④ 熱による老化

の４種が挙げられる。

酸素による老化は，ゴム分子中の不飽和二重結合の部分に酸素が付加し，さらにゴム分子の切断を行なうことによって起こると考えられている。

紫外線，および熱による老化は，いずれも酸素の存在が大きく影響しており，酸素が存在しない時はほとんど老化は生じないといわれている。この意味で，酸素のあまり関与しない，地中埋または水中においては，通常の意味における老化はかなり緩慢なものと考えることできる。

オゾンによる老化は酸素老化とよく似ているが，この場合は表面変化とは異り，ゴム質深部までおよぶ老化現象であり，オゾン亀裂（Ozone Cracking）と称されるものである。

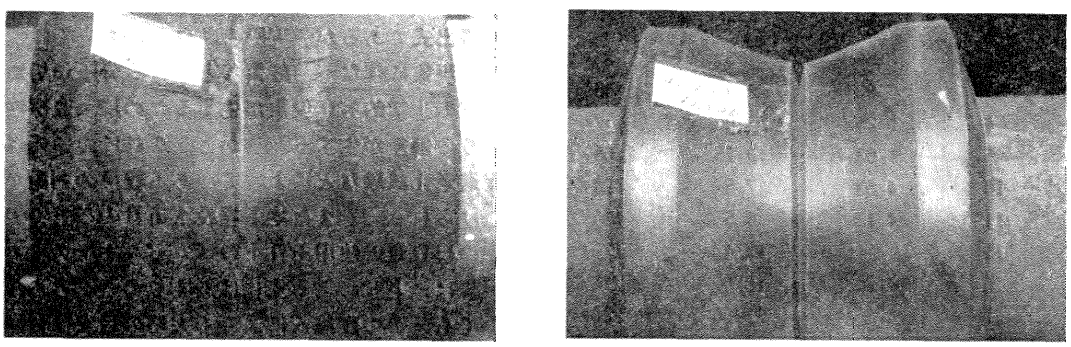
これらの老化現象を防ぐため，ゴムを配合する場合にいわゆる老化防止剤が用いられている。近年，化学の発達が目覚しく，老化の機構も解明されてき，それに応じて適正な老化防止剤も開発され，酸化防止剤，亀裂防止剤，熱老化防止剤，機械的疲労防止剤等々が利用可能となっており，これを適正に配合することによって，耐老化性は昔日と比べて格段の進歩が見られている。（老化防止剤としては，アミン類，フェノール類，ワックス類などが用いられている）。

このような老化防止剤を配合することによって，如何に有効に老化が防止できるかの例を図―11に示す。従来使用されていた老化防止剤を配合した900㎜φ A形接手用ゴムパッキングを，50㎜φ の丸棒に巻き付けて歪みを与えた状態で屋外に曝露すると，３日目から亀裂が生じ始め，１週間では完全に亀裂が発達し，深さ約１㎜程度にもなるが，有効なる老化防止剤を配合した同一の口径のゴムパッキングは，２カ年経過後も全然亀裂の発生は認められない程度にまで改善されている。

しかしながら，ゴム自体としては太陽光線，紫外線，熱，酸素，オゾン等に対してはできるだけ避けるようにして使用することが，ゴムの本来の性能を持続さすのに最も有効な対策であることは言をまたない。従って，ゴムパッキングを使用する以前の貯蔵の状態においては，直射日光を避け，温度の上らないような場所に極端な歪みを与えないように保存することが大切である。そして一旦管路に使用され地下に埋設されてしまったならば，ゴムの老化に影響を及ぼす因子が殆んど入ってこないため，老化現象は殆んど無視できると思われる。

このようなゴムパッキングの老化現象を推定

図―11　屋外曝露試験における老化防止剤の効果　（２カ年曝露）
左；老化防止剤有効ならず　右；有効なる老化防止剤配分



するための促進試験法としては，JIS K 6301-1962や ASTM D 572-53, D 573-53 等に，加熱空気老化試験および加圧酸素加熱老化試験が規定されている。これらの試験結果が現実の自然老化と如何なる関係にあるかが関心の対象となるが，その一例を Maassen, Youmans の論文から抜萃して表―6，7，8に示す。

また加熱老化試験において，加熱温度と，老化速度との関係が，その試験の促進効果を示すものと考えられるが，これについては一定した関連性は決まってはいないが，一般には温度が5～10°C 上昇する毎に老化速度は2倍になるといわれている。またこれらの老化速度は，ゴムの種々の性質によってもそれぞれ変化しており，厳密な意味での決定は行ない得ないが，ある程度の判断の基準を示しているものといえる。

表―6　引張り強さから見た各種老化試験の相関関係

自然老化	70°C酸素[1]加圧力	70°C 空気加熱老化	126.7℃空気[2]加圧加熱老化
年	日	日	分
1	0.17	0.5	5
2	0.41	1.25	13
3	0.75	1.75	18
4	1.13	2.50	25
5	1.5	3.50	32
14	6.0	21.00	97
15			105
18			143
21			273

1)　Biere Davis 法 300 lb/in² O^2 圧力
2)　空気圧力 80 lb/in²

表―7　伸びの変化から見た各種老化試験の相関関係

自然老化	70°C酸素加圧加熱老化	70°C 空気加熱老化	126.7℃空気加圧加熱老化
年	日	日	分
1	0.25	0.75	17
2	0.50	1.5	23
3	0.92	2.3	38
4	1.25	3.0	52
5	1.63	3.75	68
10	4.63	7.5	120
11	4.13	8.5	130
15		12.4	170
20		18.0	212
21		21.00	220

表―8　モジュラス(※)の変化から見た各種老化試験の相関関係

自然老化	70°C酸素加圧加熱老化	70°C 空気加熱老化	126.7℃空気加熱加圧老化
年	日	日	分
1	0.4	1.2	14
2	0.75	2.4	25
3	1.25	4.1	45
3.5	1.55	4.8	110
4.0	1.80	5.5	
4.5	2.30	6.4	
5.0		7.5	
5.5		10.0	
6.0		14.0	
6.5		21.0	

※モジュラス＝弾性率を示し，特にゴムの場合は伸びの大きさによって弾性率が異なるために夫々の伸びの価における応力の大きさで弾性率を示し，100%モジュラス，200%モジュラスなどと稱す。

2．ゴム材質の応力緩和

ゴム弾性体を利用して気密効果を発揮し，それを維持して行くためには，圧縮応力，またある場合には引張り応力が長期間経過後もある程度以上保持されていることが必要とされている。この応力の経時変化が応力緩和特性と称され，ゴムを使用する接手の気密性能の上では，もっとも重要な性質とされている。

一般にゴム弾性体は，常温においては粘性理論が適用され得，この理論から次の応力緩和の方程式が導き出されている。

$$a_2 = a - b \log t$$

a_2: t 時間後の応力

a, b: 常数

t: 経過時間

またこの関係式は経験的にも成立することが確められている。この式は純粋な粘性理論よりの導出式であるが，実際の条件下においては，老化現象に伴なう，酸素などによる分子鎖切断などの化学的劣化現象が生ずるために，直線性よりの偏差が生ずる。しかし，これについては促進老化試験などによって，ある程度の判断がつけられるし，また地下埋設水道管のごとく劣化の起り難い使用条件下のゴムパッキングにおいては，老化による変化はあまり大きく考えなくても，この理論式によって大略の目安は付け

得られると考えられる。

この応力緩和の測定は，後に述べる永久変形の測定に比して技術的に困難なため，あまり多くの資料が得られないきらいはあるが，若干の文献例および筆者の行なった実験結果を示す。

引張り応力緩和について渡辺健三氏は50°Cにて50%伸びの条件で合成ゴム（ＳＢＲ）および天然ゴム（ＮＲ）について試験を行ない，次式の如き結果を得ている。

SBR の応力低下率 $\sigma/\sigma_0=0.956-0.023\log t$

NR の　〃　$\sigma/\sigma_0=0.960-0.025\log t$

但しσ：t 時間後の引張り応力

σ_0：最初の　〃

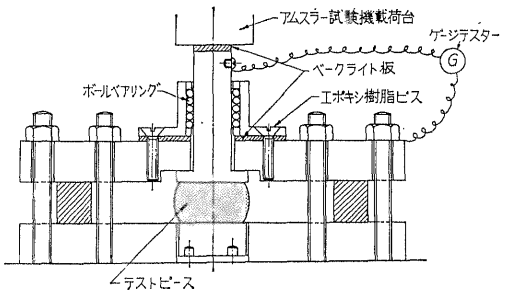
t：経過時間

一方，接手のゴムパッキングの場合より関係が深い圧縮応力に関する応力緩和については，S.A Eller が組織的な研究を行ない，図—12のような装置にて図—13の如き結果を得ている。

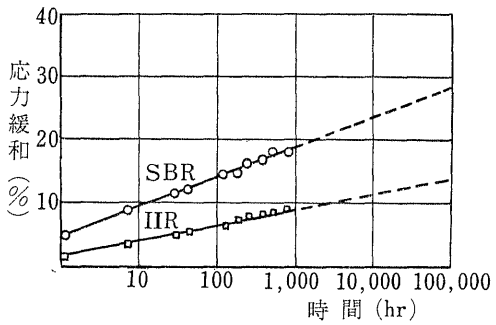
この図から 100,000 時間後の応力緩和率を外挿して求めて見ると，ＳＢＲで28%，ＮＲで15%程度であり，11年後においても元の応力の72～85%の応力を保持していることを示している。

また J.R. Beatty などは 70°Cにて促進老化を併用した圧縮応力緩和を図—14の装置にて測定し，図—15のような結果を得ている。彼らは NBR, NR については圧縮量を20～60%の範囲で変えた場合，応力緩和率にはあまり大きな差は無いとしている。またこの場合温度が比較的高い関係もあって応力緩和に酸素による老化の影響がＮＲの場合には明瞭に現われてきており，直線から明らかにずれてきているのが認められる。

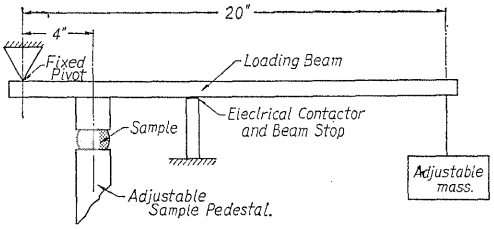
図—12　ゴムの圧縮応力緩和測定装置



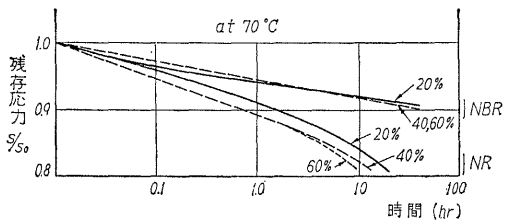
図—13　20%圧縮による応力緩和（at25°C）



図—14　Beatty, Juve による圧縮応力緩和測定装置



図—15　各種圧縮量による応力緩和

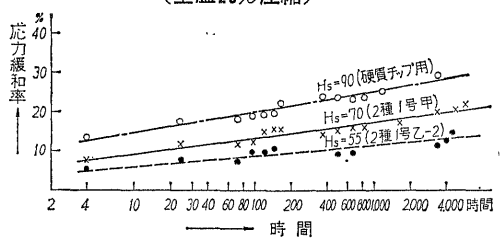


筆者は前述の S.A. Eller による圧縮応力緩和測定装置を用い，ASTM D 1390-56T の規定に準じて応力緩和を測定した。なお測定は室温にて，25%圧縮について行ない，供試ゴムはメカニカルジョイント用角ゴム（２種１号甲），Ｋ形ジョイント用丸ゴム（２種１号2—2）メカニカルジョイント用硬質チップ材質の三者を用いた。

図—16に示す如く測定値には若干バラツキが認められるが，S.A. Eller の値と大体似たような傾向が認められる。

Ｋ形接手などに使用する丸ゴム輪は，直径方向に一定量圧縮することによって，その復元力を利用して気密性を発揮させるのであるが，この際の復元力の経時変化を見るために，常温における長期間でのゴムに直径方向への圧縮（50

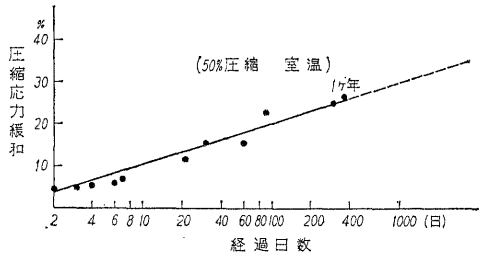
図—16　水道用ゴムの圧縮緩和率
（室温25%圧縮）



水道用ゴムの圧縮緩和率（室温 25% 圧縮）

%)を与えた場合の応力緩和の測定を行なった。結果を図—17に示す。試験片はK形ジョイント用の現物の丸ゴム輪（1,650㎜φ用）から 20㎜φ×20㎜h のものを切り取って使用した。測定方法は前述の S.A. Eller による方法に準じた。

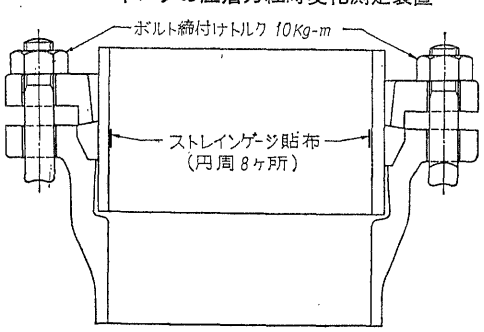
図—17　1,650mmφ K形接手用丸ゴム輪
圧縮応力緩和測定結果



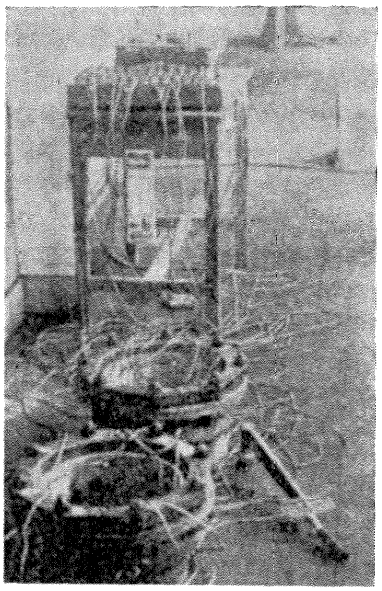
図—17から分るように，50%のような比較的大きな圧縮量を与えた場合でも，常温における応力緩和は10カ月後においても低い価を示し，この場合，酸素らに基く老化現象がほとんどないと仮定するならば，前述の Eyring らの理論から直線を外挿すると，30年程度経過した後も応力緩和は40%前後で，もとの60%程度の応力は保持し得るものと見なし得る。

実際にメカニカルジョイントにゴムパッキングを使用して押輪をボルトで締め付けた場合，それによって発生する圧着力が気密性を保持する上に直接関連を持ってくるのであるが，この圧着力の経時変化が前述の圧縮応力緩和と密接な関連を持つことはいうまでもない。この実際使用条件における圧着力の変化を図—18，19のような方法で測定した。結果は図—20のごとく初期において大きく圧着力が低下するが，3～4日でほぼ一定値に近ずき，その後は極く徐々に変化するだけである。なおこの際，気温の変化に伴ない，パッキングの体積膨脹，収縮

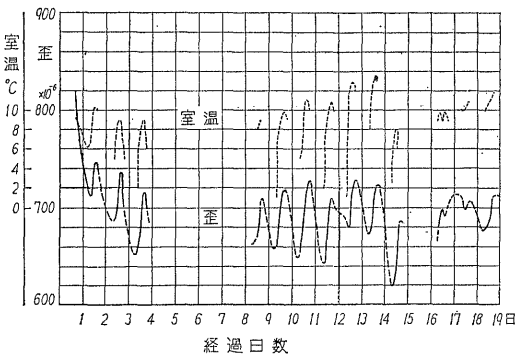
図—18　メカニカルジョイントのゴムパッキングの圧着力経時変化測定装置



図—19　メカニカルジョイントゴムパッキングの圧着力の変化測定装置



図—20　300mmφメカニカルジョイントゴムパッキング圧着力経時変化



に基づいて，圧着力自体も変化していることは興味ある点である。

これと同じ実験を1,200㎜φのA形（メカニカル）ジョイント，K形ジョイントについても行ない，ほぼ同様な結果を得ており，長期においては，初期の締め付け力（ゴムパッキングの面圧と直接関連する）の70%程度の価が保持されるものと推定される。

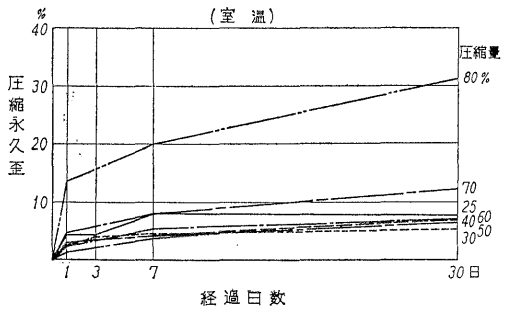
3. ゴム材質の永久変形

ゴムに一定の変形を与えて放置した場合，時間と共にその歪みの復元量は少なくなり，残留歪みが生ずる。この残留歪み，または永久変形は，前述の応力緩和特性と密接な関係を持ち，ゴムパッキングの性能を示す一つの指標となり得る特性であり，測定が比較的簡単に行ない得る故，JIS K 6301-1962 にも，圧縮永久歪み，および永久伸び測定法として採用されており，水道用ゴムの JIS 規格の中にも具体的に数値が規定されている。

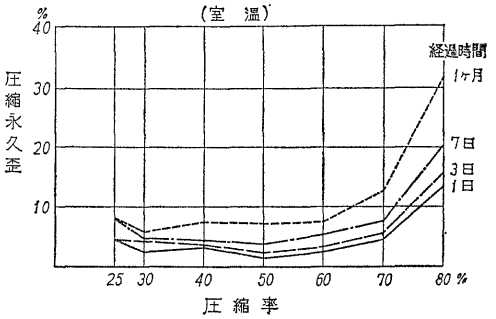
特に圧縮永久歪みは気密性を発揮さすためのゴムッパキングにとっては重要な特性であり，長時間に亘っての気密の保持能力と直接的な関連を持つと考えられ，いわゆる復元力のいま一つの表示であるともいえるが，これに関する実験データーを示す。

K形ジョイントに使用する丸ゴム輪（1,650㎜φ）より20㎜φ×20㎜hの試験片を切り取り，種々の圧縮量を与えた場合の，圧縮永久歪みを測定した。測定方法は JIS K 1301-1962 の規定に準じたが，試験片の圧縮方向は，実際の使用条件に近い直径方向を採用し，温度は室温に

図—21　K形接手用丸ゴム輪圧縮永久歪と経過日数との関係



図—22　K形接手用丸ゴム輪圧縮量と圧縮永久歪との関係

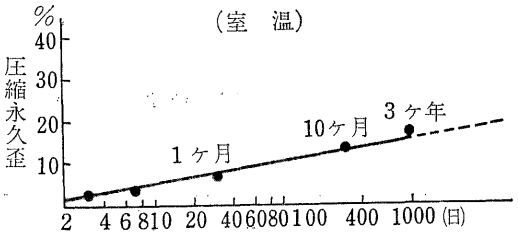


おけるものについての結果を図—21，22に示す。

圧縮量と圧縮永久歪みとの関係は，圧縮量が小なる間では比較的大きな圧縮永久歪みを示し30～50%程度の圧縮量の時に最も低い圧縮永久歪みの値を示す。一方70%以上の圧縮量になると急激に圧縮永久歪みが増大する。これは前述の圧縮応力緩和の場合と同様，ゴム分子間の二次結合があまりに大きな歪みのために破壊されることが原因と思われる。

圧縮永久歪みの場合も試験の初期において急速に歪みが増加するが，その後長期になると歪みの増加する割合はゆるやかになっている。さらに長期間にわたる室温での50%圧縮における圧縮永久歪みの測定結果を図—23に示す。

図—23　K形接手用丸ゴム輪圧縮永久歪みと経過時間との関係



また今一つの永久変形を示す指標の一つとして，永久伸びがあるが，これは破断時の伸びの半分の伸びをゴムに与えた状態で10分間保持した後，もとに戻し，その時の残留伸びが，10%を越えないことを規定している。

このように水道用ゴムパッキングについてはその気密性能と密接な関連を持つ永久変形については，圧縮および引張りの両面から規定してその性能に対する信頼性をできるだけ高めるよ

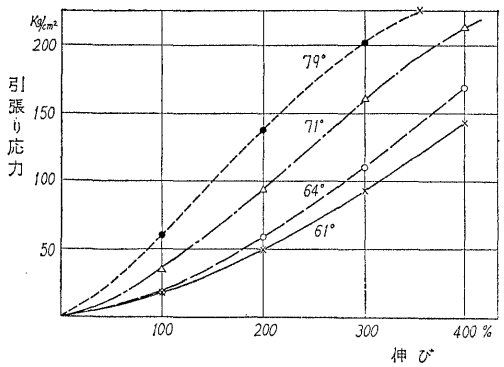
うにしている。

4．ゴム材質の応力—歪み特性

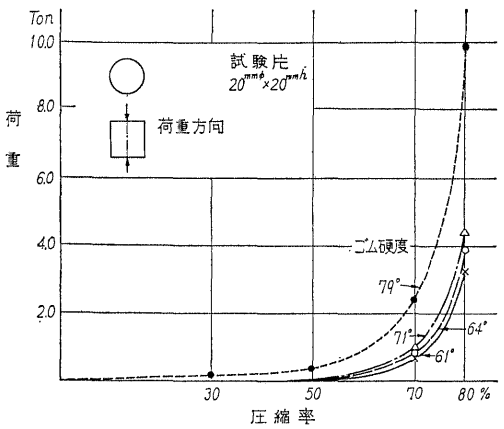
ゴム材質は，その特徴として応力—歪み特性が金属材料の場合とは異なり，初期の変形に要する応力は比較的少なく，次いである程度以上の変形に達すると急激にその応力は大になる傾向のあることを述べた（図—10）が，引張りおよび圧縮の場合の応力—歪み曲線をゴム硬度をパラメーターとして実測した結果を図—24，25，26に示す。

この例における圧縮応力の試験では，上下の載荷面以外は自由側面になっており，ゴムは圧縮に従って自由に逃げられる状態である。しかし，鋳鉄管の接手に使用される場合のゴムの状態は，メカニカル接手，K形接手等を見ると，総

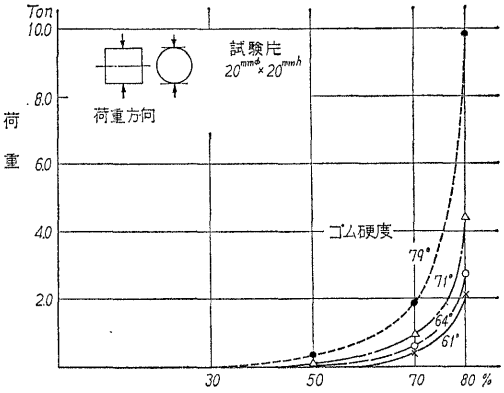
図—24　ゴムの硬度と引張応力—歪曲線の関係



図—25　ゴムの硬度と圧縮荷重—歪曲線の関係

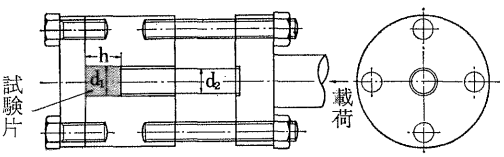


図—26　ゴムの硬度と圧縮荷重—歪曲線の関係



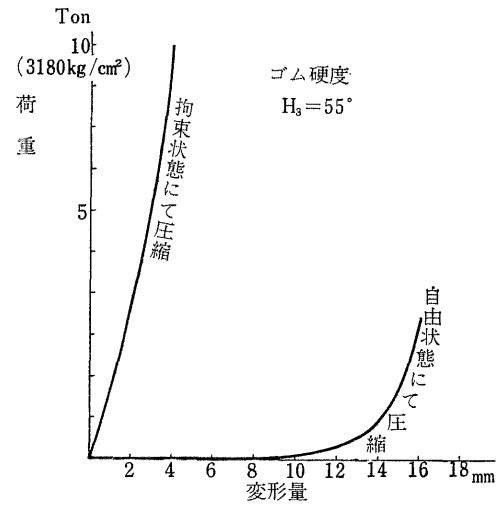
てスタフイングボックス内にゴムパッキングは収納されており，ゴムは外部から応力を加えられた場合でも，自由に逃げられない状況になっている。このような状態にある場合のゴムの外力に対する挙動を調査した。

図—27　拘束状態でのゴム輪圧縮試験器具



スタフィングボックス径：d_1＝21.0mm
ゴムテストピース径 ＝ 載荷ラム径：d_2＝20.0mm
h＝テストピースの高さ20mm

図—28　ゴムに圧縮応力を加えた時の変形に対する拘束，自由状態の挙動の差異



図—27のような装置を用いてゴムの自由に変形し得る余裕を制限して荷重を加え，荷重—変形の関係を調査した結果を図—28に示す。図から分るように拘束状態においてはゴムの変形する余裕が無いために，非常に大きな力がゴムに加えられても，この際の変形は比較的少なく，且つ，例えば10トンの荷重が加わった時でも，その変形量は僅か4㎜程度であり，この時のゴムに加わる応力は3,000kg/cm²もの大きさになるが，このような極端な応力が加わった状態においても，ゴム材質自体にはほとんど目立つ程の影響は認められず，1カ月その状態で保持後取り出して調査した状態では，ほぼ元の形状に復元した。(20㎜φ×20㎜hのテストピースが21㎜φ×16㎜h に荷重により変形していたことになるが，荷重を取り外すと 20㎜φ×20㎜h に復元する。但し，載荷ラムとスタフィングボックスの隙き間に逃げ込んだ一部のゴムは切断されている)　すなわち，極端な変形を許容しないような状態で荷重を加えられた場合には，ゴム材質は想像以上によく耐え得ることを示しており，メカニカルジョイント（A形，K形等）の場合において，ゴム輪が押輪，ボルトによって締め付けられる応力が60～120kg/cm²程度であることから考えて，このような形式のゴムパッキングは十分安全圏で使用されていると考えることができる。

5．応力下におけるゴムの材質変化

接手用ゴムパッキングの如く，応力のかけられた状態で長年月保持される場合には，前述の如く応力緩和および永久変形等の現象が起こり反撥力ないしは復元力が経時的に変化して行くが，他方応力によってこの材質自体には現実に如何なる変化が生じたかは，興味ある問題である。

この点を確認するために実験を行なった結果を記す。

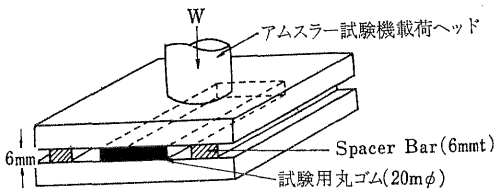
まず最初に通常のメカニカル接手に使用される状態において，そのゴムに加えられる外力をボルトの締め付けトルクによって調整し，200㎜φ のメカニカルジョイントにおいて全然応力のかからない状態のものから8kg-m，10kg-m（標準締付力）12kg-m，14kg-mのそれぞれの締付力を変えてジョイントしたものを供試片とし，それぞれの接手部を70°C の加熱空気老化試験機（Gear Oven）中および70°C の温湯中

表—9　締付けとゴム材質との関係

項目 / 規格値		硬さ	引張強さ	伸び	永久伸び	70kg/cm² 荷重時の伸び	老化後 硬さ	老化後 引張強さ	老化後 伸び
		JIS°	kg/cm²	%	%	%	JIS°	kg/cm²	%
		65～75	180以上	300以上	10以下	110-190			
標準		68	261	450	3.0	150	68	261	450
70°C Gear Oven 中にて1カ月老化	blank	81	263	480	3.2	160	81	250	450
	8kg-m	87	231	390	3.0	130	67	239	390
	10kg-m	68	262	430	3.0	150	68	268	440
	12kg-m	68	258	420	3.0	150	68	246	420
	14kg-m	70	273	500	3.0	160	70	258	460
70°C 温湯中に1カ月浸漬	blank	78	243	370	3.8	150	78	259	410
	10kg-m	68	278	440	3.8	160	69	251	420
	12kg-m	68	255	380	3.0	150	68	250	420
	14kg-m	67	266	400	3.5	150	68	257	380

（註）標準：試験を行なわない標準試料
blank：ジョイントセットをせずに1カ月間促進老化させた試料
10kg-m，12kg-m，14kg-m：締付トルク 8kg-m はリレー不調の為 90°C 以上になった。

図—29　丸ゴム圧着装置(70%圧縮)



表—10　70%圧縮—24時間保持後丸ゴムの機械的強度

	硬さ JIS°	引張強さ kg/cm²	伸び %	70 kg/cm² 荷重時の伸び %	圧縮永久歪（70%圧縮に対する歪残存量）
末処理	55	237	480	230	—
70%圧縮	55	238	470	220	18.5%

に浸漬して促進老化せしめ，1カ月間放置後，ゴムパッキングを取り出して，その供試パッキングより JIS K6301 の方法に従って1試験片を切り出し，ゴムの材質の変化を測定した結果を表—9に示す。

このメカニカル接手の場合，スタフィングボックス中で自由なゴムの逃げ場が無く，拘束された状態でゴムに応力が加わっているのであるが，一方自由に逃げのある状態で応力が加えられた時に，材質が如何に変化するかを実験した。この問題を検討するために，20mmφ×60mmh の丸ゴムを70%圧縮した場合の材質におよぼす影響を調べた。試験方法は図—29に示す如き圧縮永久歪測定装置にて，丸ゴムを約70%の圧縮量を与えるようにして締め付け，1カ月放置後，丸ゴムの径を測定し，丸ゴムより JIS 3号試験片を切り出して引張り試験を行なった。その結果を表—10に示す。

表からわかるように，ゴム材質は70%というような，極端に大きな圧縮量を与えられた場合においても，その組織は破壊されることなく，かつ弾性的性質をも完全に保持しており，強度的な劣化も実際上殆んど認められず，またその復元力も優れている。

鋳鉄異形管
60年の経験と信用を誇る
TK
営業品目
高級鋳鉄管用
メカニカル・ジョイント型管用
特殊管・短尺直管
石綿セメント管用
ジョイント・サドル金物類
日本水道協会契約工場
株式会社 熊城鋳造所
本社　大阪市西成区千本通5丁目23番地 / 八尾・工場　大阪府八尾市南木ノ本660番地　TEL八尾(2)代表0581

第3編　メカニカル接手の挙動とゴムパツキングに関する力学的考察

1. 緒　　言

地下の管路に，不等沈下などの苛酷な条件が与えられた場合，メカニカル形接手のゴム輪はどのようになるか，圧縮弾性を保持できるかとの疑問を解明するため，1,350φ（T＝21.5㎜）A形遠心力ダクタイル管（大きい管の方が条件は苛酷側であると考えられる）を用いて，不等沈下を想定した厳しい条件で試験した。

2. 地下埋設管の接手の挙動に対応せしめた実験室的試験

管路に加えられる外的条件としては，下の如きものが挙げられる。

外圧［土被りによる荷重／路面荷重］

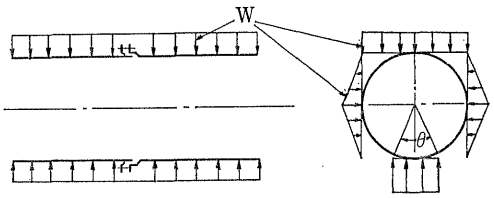
内圧［静水圧／水撃圧］

（1） 試 験 方 法

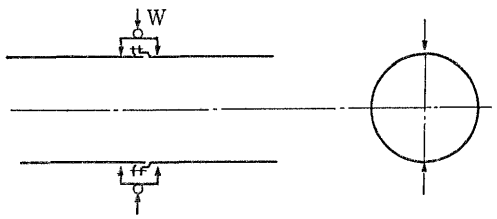
① 通常の場合，接手部分は図—30のように受口側，挿口側とも，同じような内外圧を受けて，ある程度変形している。

この状態の試験方法としては受挿口支承—受挿口載荷と称し図—31のような厳しい点載荷法をとっている。

図—30 荷重の状態①

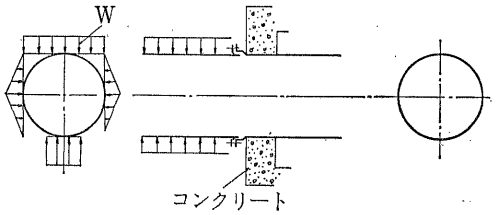


図—31 受挿口支承—受挿口載荷試験方法



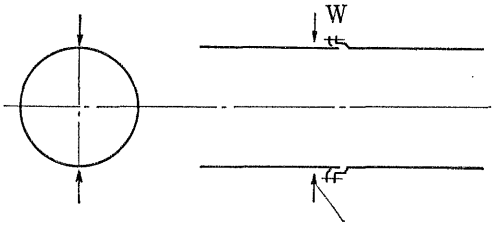
② また，管の布設方法によっては図—32のように挿口側だけ外荷重を受けて，図—32の状態より厳しい場合もある。

図—32 荷重の状態②



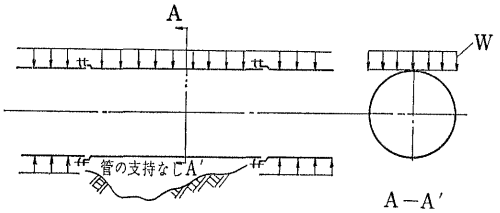
この状態の試験方法としては，挿口支承—挿口載荷と称し，図—33のような厳しい載荷法をとっている。

図—33 挿口支承—挿口載荷試験方法



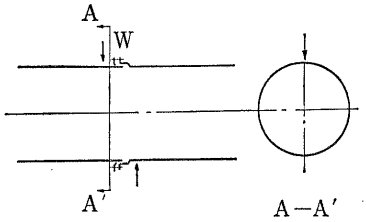
③ さらに管の布設場所によっては，不等沈下等によって最悪の負荷条件になる場合も考えられる。（図—34）

図—34 荷重の状態③

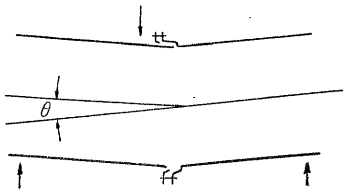


万一，このような状態も生ずると考え，実験には実際の場合よりさらに厳しい受口支承—挿口載荷（芯違い載荷）法をとっている。（図—35）

図—35　芯違い載荷試験方法



図—36　1点載荷曲げ試験方法



④　また，管路の曲り，即ち接手が曲る場合も地盤によっては生ずる。

これを想定し，1点載荷による曲げ試験法をとっている。（図—36）

⑤　さらに地盤変動に伴う接手部の伸縮がある。しかし，この点についてはA形接手の構造からも分るように，受口と挿口がシリンダーとピストンの関係にあり，単純な伸縮による水密性，角ゴムに与える影響は小さく，むしろ伸びと縮みが同時に生ずる曲げ性能試験に吸収，集約できる。

⑥　内圧については，直管部の接手の角ゴムに与える影響は小さく，また曲管部においても一般に防護されるので，接手部の動きは殆どなく，従って影響されない。

以上の事項を集約すれば，不等沈下時の状況の想定として接手を曲げた図—36上に，さらに受口支承—挿口載荷（図—35）するという方法で試験すれば十分苛酷側であると考え，この試験方法を主にした。

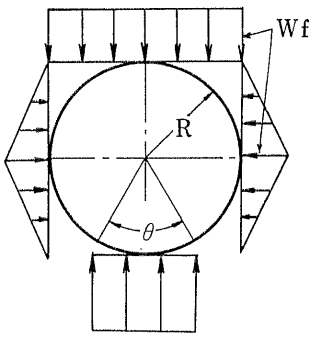
（2）　接手部分に加わる荷重と変形の関係

前項でも触れたように，地下における接手の挙動は，埋設場所，方法などによって変り，複雑である。また接手の挙動は接手部そのものに加わる外部荷重の大きさに左右されるのは勿論であるが，管体直部の挙動，主として変形に影響される方が大きいことが，多数の埋設管測定から分っている。

試験機によって載荷する実験では，曲げ試験にせよ，芯違い試験にせよ，点載荷，点支承形式であり，埋設下の状態と甚だ異るから，われわれとしては各種の埋設実験，各都市での埋設管路の測定などの結果から土被り，路面荷重によって生ずる管体直部の変形量を推定計算し，次にそれを基に接手部の変形量を推定し，これを基準にして考える方が，荷重そのものを問題にするより，一層信頼性が高いと考えている。

①　土被りによる管中央部の変形量（1350φ　T＝21.5㎜）

図—37　荷重分布



埋設管の発生応力，変形の値から図—37の如き荷重（土圧）の分布が設定される。

変形量は次式で表わされる。

$$\delta_t = K_\theta \frac{W_t R^4}{EI}$$

W_t：ヤンセン公式による土圧　E：弾性係数
I：断面の慣性モーメント　R：管の半径
K_θ：管底の支持角によって定める係数

管底支持角は，通常の場合60°，軟弱地盤の場合は180°程度にもなることがある。

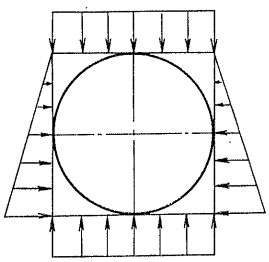
表—11　土被りに対する変形量

土被り（m）	土　圧*（kg/cm²）	変　形　量　（㎜）		
		θ＝60°	θ＝120°	θ＝180°
2	0.316	5.0	3.5	2.9
3	0.447	7.1	5.0	4.1
4	0.559	8.9	6.2	5.2
5	0.611	9.7	6.8	5.6

* 溝巾を2.8 mとした。

②　路面荷重による管中央部の変形量（1350φ　T＝21.5㎜）

図—38　荷重分布



トラック荷重によって発生する応力，変形の値から図—38のような荷重（土圧）分布が設定される。

変形量は次式で表わされる。

$$\delta_t = K_t \frac{W_t R^4}{EI}$$

$K_t = 0.03$

W_t は土被りと路面荷重の大きさから求められる。いま20ton トラック２台同時通過とすると，δ_t は各土被りに対して次表のようになる。

表—12　路面荷重に対する変形量

土被り (m)	土圧 (kg/cm²)	変形量 (mm)
2	0.24	1.2
3	0.15	0.7
4	0.096	0.5
5	0.072	0.3

③　接手部の変形量

接手部は管中央部より断面が大きいので変形量は少ない。いま接手部の変形量が直部変形量の⅔とすると，土被り，路面荷重（20ton トラック２台）による変形量は表—13のようになる。

④　試験時の荷重

従って図—30〜図—34の如き地下の状態を想定する場合は，図—31（受挿口支承—受挿口載荷方法）にて表—13に相当する変形量を与えるような荷重を図—33，図—35の場合に与えてやればよいと思われ，この考え方で試験した。

表—13　土被り，路面荷重による変形量

土被り (m)	土被りと路面荷重による変形量(mm)		
	θ=60°	θ=120°	θ=180°
2	4.1	3.1	2.7
3	5.2	3.8	3.2
4	6.3	4.5	3.8
5	6.7	4.7	3.9

（３）　試験の結果（接手部分の変形とゴムパッキングの変形の関係）

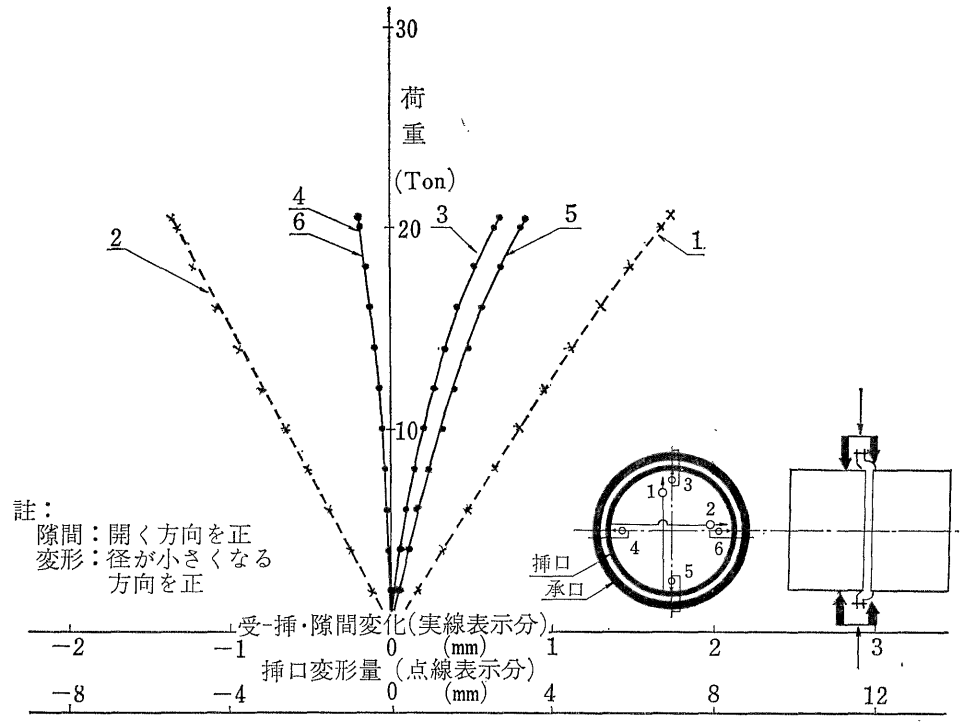
接手部分に外荷重が加わると受口と挿口の隙き間の変化が生じ，この隙き間に入っているゴムパッキングはそれに応じて変形（圧縮，伸長）する。試験の結果を図—39〜図—44に示す。

(イ)　受挿口支承—受挿口載荷

締付トルク20kg.m

受—挿・隙間；最大

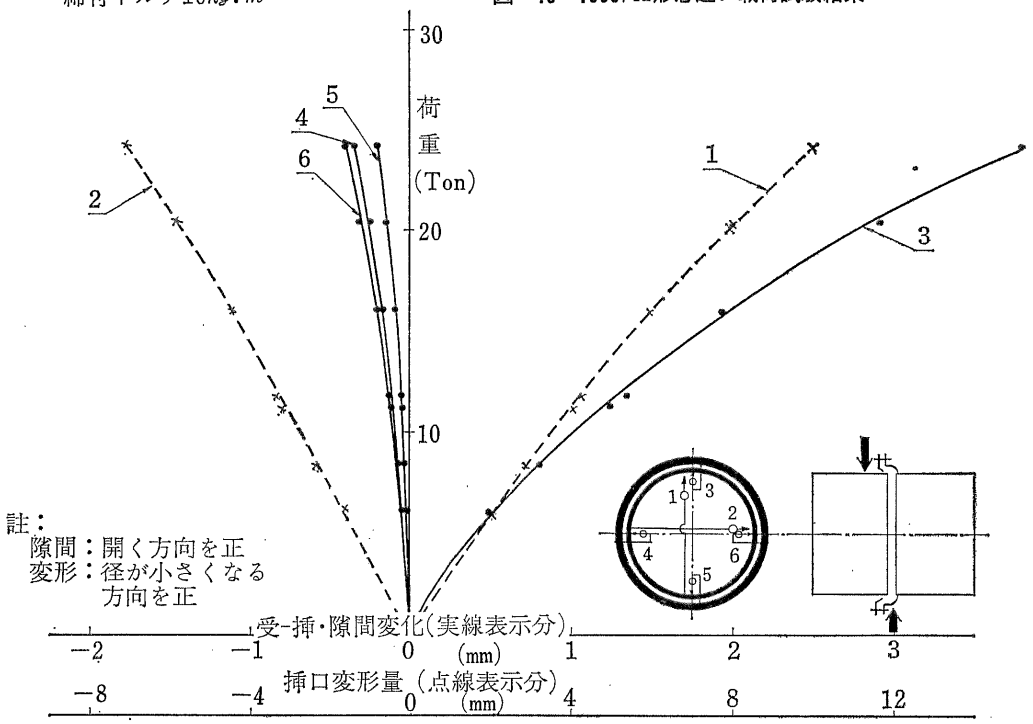
図—39　1350φA形受挿口支承—受挿口載荷試験結果



(ロ) 受口支承—挿口載荷（芯違い載荷）

締付トルク10kg.m

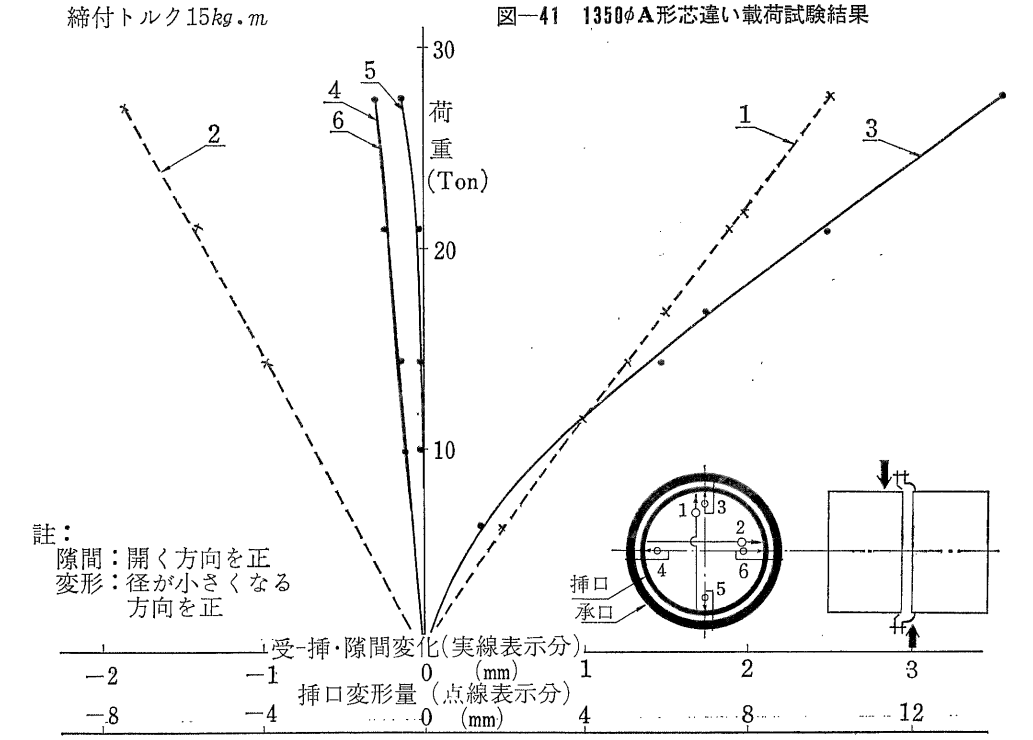
図—40　1350φA形芯違い載荷試験結果



(ハ) 受口支承—挿口載荷（芯違い載荷）

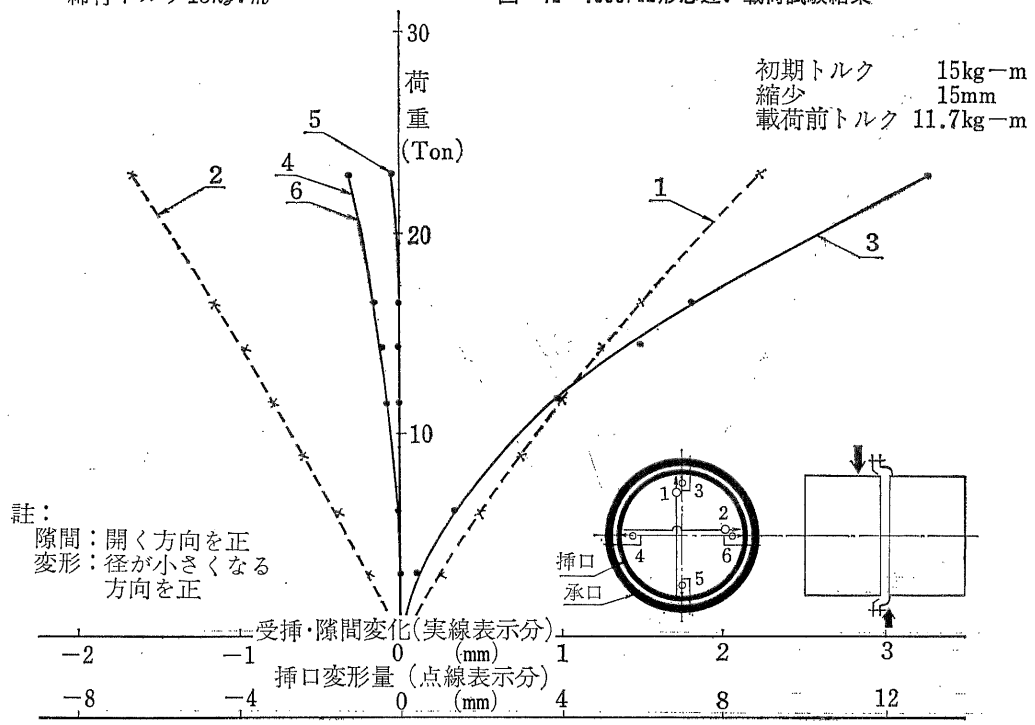
締付トルク15kg.m

図—41　1350φA形芯違い載荷試験結果



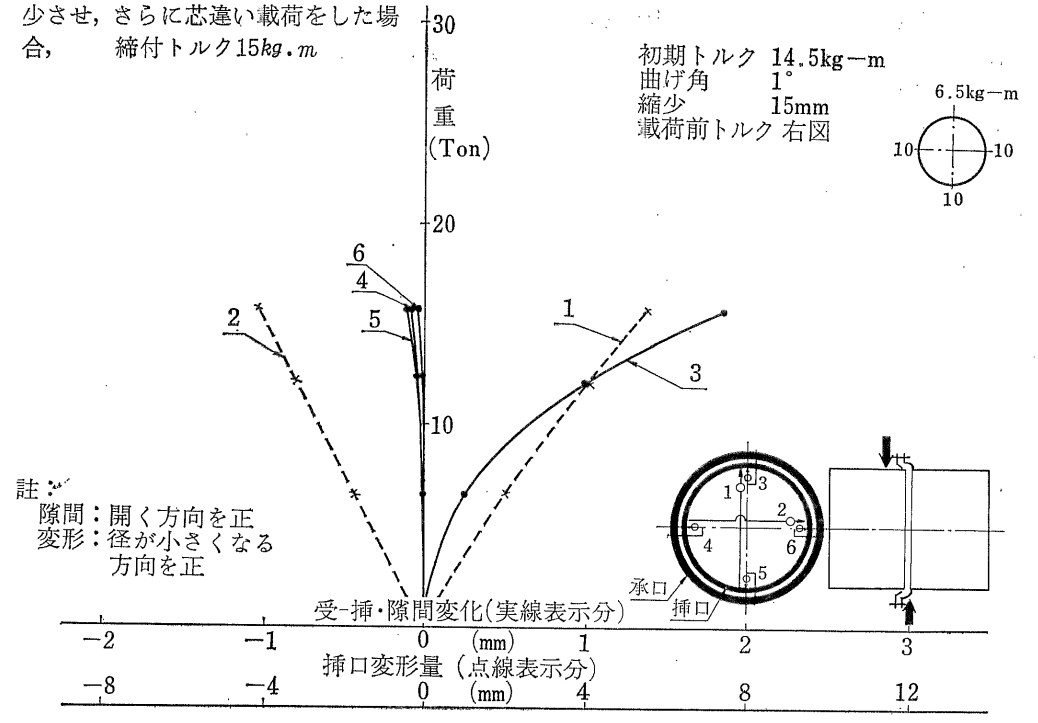
(ニ)　芯違い載荷と受挿間胴付間隔縮少の組合せ，
締付トルク15kg．m

図—42　1350φA形芯違い載荷試験結果



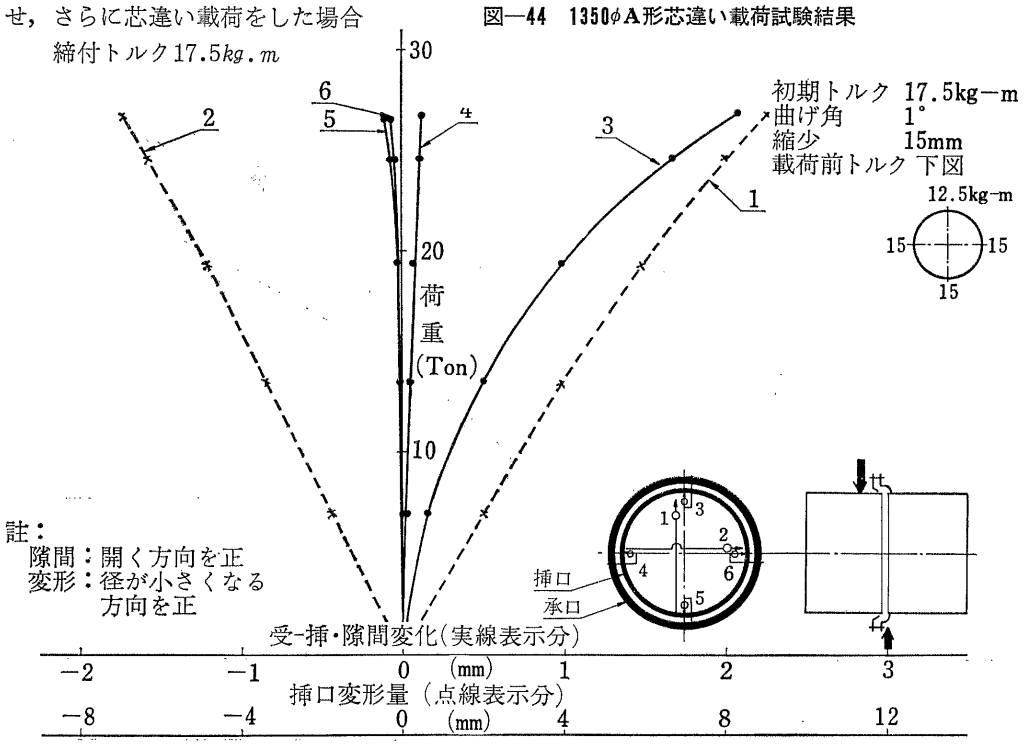
(ホ)　継手を曲げた上に受挿間胴付間隔を縮少させ，さらに芯違い載荷をした場合，　締付トルク15kg．m

図—43　1350φA形芯違い載荷試験結果



(ハ) 接手を曲げた上に受挿間胴付間隔を縮少させ，さらに芯違い載荷をした場合

図—44　1350φA形芯違い載荷試験結果



この実験からは次のようなことがわかる。

① 試験条件（載荷—支承方法）によって，ゴムが圧縮されたり，伸長されたりする場所が違ってくる。

受挿口載荷—受挿口支承の条件では

場　所	隙き間変化	ゴムの変形
上　部	開　く	伸　長
側　部	狭くなる	圧　縮
下　部	開　く	伸　長

芯違い載荷（最悪条件）では

場　所	隙き間変化	ゴムの変形
上　部	開　く	伸　長
側　部	狭くなる	圧　縮
下　部	〃	〃

② 荷重（変形）を大きくするにつれ，隙き間変化は大きくなり，ゴムの圧縮および伸長量は大きくなるが，実用的範囲での最悪の場合（例えば地盤の不等沈下）でもゴムの圧縮変形増加量は高々0.3㎜，率に換算すれば1.5％程度に過ぎない。

3. 経時変化，不等沈下に対するゴムパッキングの安全性

(1) ゴムパッキングの耐圧縮性

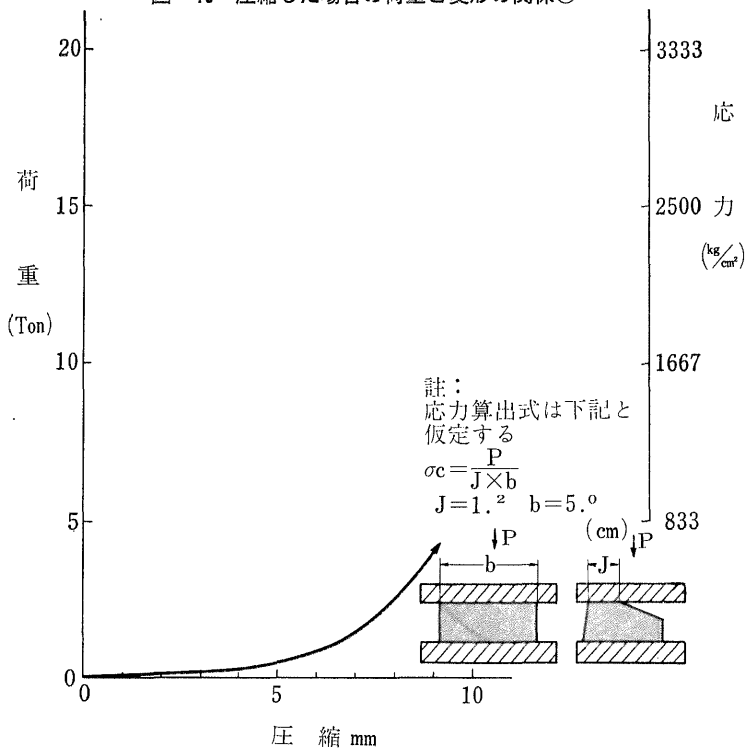
1350φ用角ゴムの切片（長さ40及び50㎜）を載荷条件を変えて圧縮した場合の荷重（応力）と変形の関係を図—45，図—46，図—47に示す。

この実験ではゴムに45％圧縮（20㎜×0.45＝9㎜）を与えたものであるが，次のようなことが判明した。

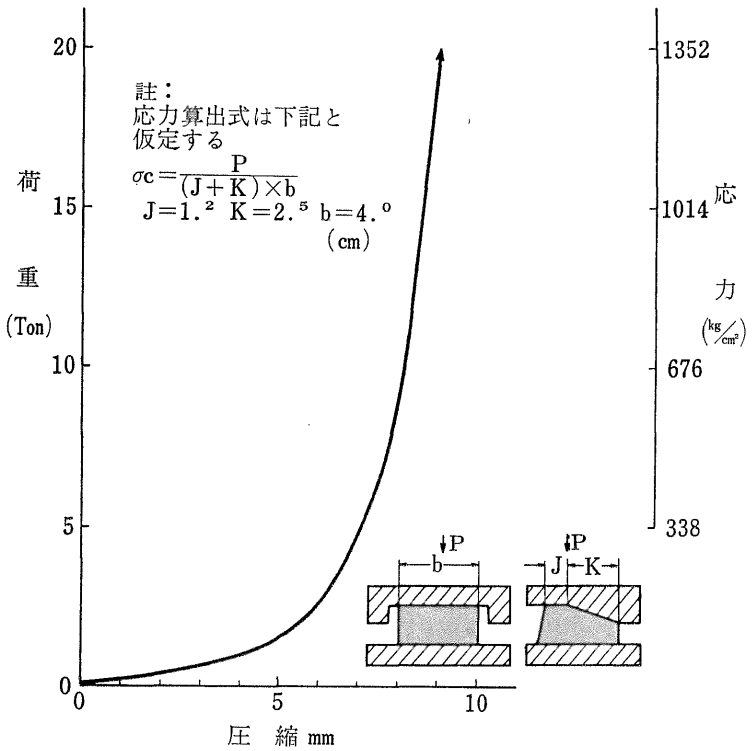
① 荷重と圧縮量の関係は載荷条件によって異るが，傾向としてはよく似た曲線になる。即ち，荷重増加に対して変形増加の割合の小さい曲線となる。

② 変形量は初めの寸法の45％まで，応力は1000kg/cm²に至るまで実験したが，この範囲でゴムの破壊は認められない。

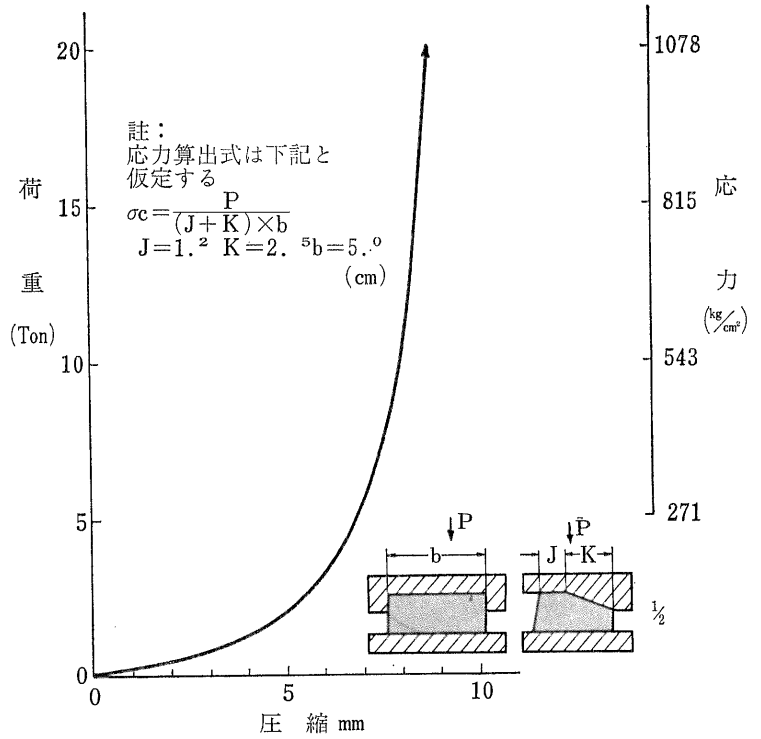
図—45　圧縮した場合の荷重と変形の関係①



図—46　圧縮した場合の荷重と変形の関係②



図—47　圧縮した場合の荷重と変形の関係③

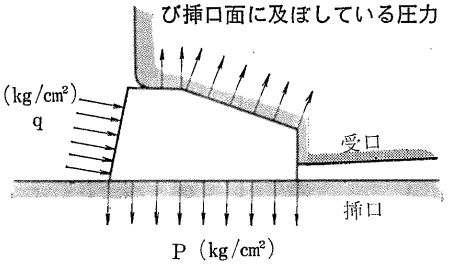


(2) 接合時ゴムパッキングに加えられる圧力，およびゴムパッキングが挿口面におよぼしている圧力

接合時のボルト締め付けによってゴムパッキングの背面に加えられる力を背面面積当りの圧力に換算すると表—14のようになる。

規定の締付トルクによって概略70～80 kg/cm² の圧縮応力が与えられる。

図—48　ゴムパッキングに加えられる圧力および挿口面に及ぼしている圧力

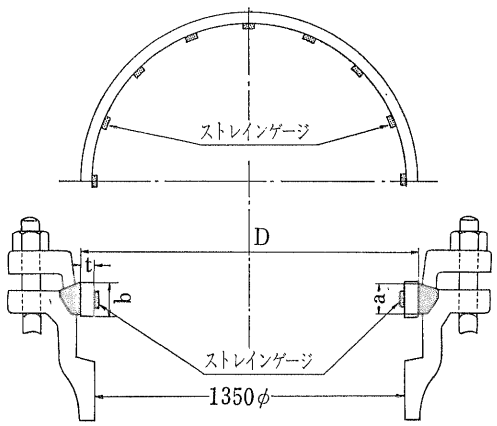


表—14　ボルト締付トルクとゴム背面面積当りの圧力との関係

呼び径 mm	ボルト径 in	ボルト締付トルク kg・cm	ボルトに作用する荷重 kg	ボルト本数	ゴム背面に加えられる圧力 q kg/cm²
700	1	1400	2200	16	72.5
800	〃	〃	〃	20	79.5
900	1⅛	1700	2370	〃	76.5
1000	〃	〃	〃	〃	69.2
1100	〃	〃	〃	24	76.0
1200	〃	〃	〃	28	81.5
1350	1¼	2000	2510	〃	77.0
1500	〃	〃	〃	〃	69.2

ゴムパッキングと挿口との面圧を図—49のように，短い巾の環片に発生する歪から求めた。

図—49　ゴムパッキングと挿口との面圧測定法



註　受，挿間の隙間はほぼ標準

表—15　環片に発生した円周方向の歪

締付トルク kg.m / ケージ No.	5	10	15	20
1	−205	−420	−750	−980
2	−135	−350	−720	−1210
3	−190	−415	−745	−995
4	−170	−370	−660	−890
5	−140	−340	−560	−730
6	−180	−410	−810	−1120
7	−175	−395	−775	−1425
8	−210	−430	−810	−1060
9	−235	−500	−840	−1080
10	−215	−395	−670	−1050
11	−285	−375	−685	−1065
12	−220	−490	−780	−940
13	−180	−465	−880	−1220
14	−130	−320	−830	−1480
15	−185	−410	−835	−1100
16	−200	−460	−880	−1260
平　均	−185	−409	−764	−1100
面圧 kg/cm²	10.8	23.7	44.5	64.0

（註）　発生歪の単位は10^{-6}
挿口楕円矯正の効果を除いている。

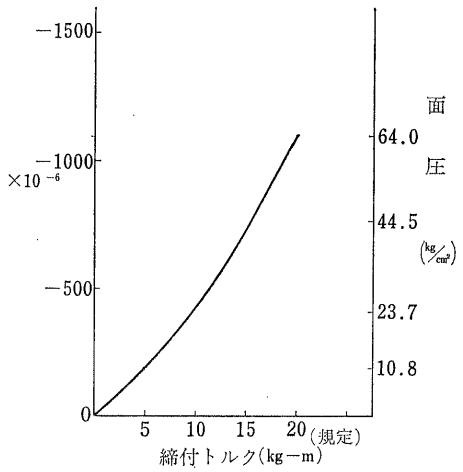
その結果を表—15および図—50に示す。

面圧換算は下の式のように均等外圧が加えられたものと考えた。

$$P=\frac{2tbE\varepsilon}{aD}$$

t：管厚（cm）
b：巾（cm）
a：ゴムパッキング巾（cm）
D：外径（cm）
E：弾性係数（1.6×10^6 kg/cm²）
ε：発生歪

図—50　1350φA形接手における角ゴムと挿口面との面圧

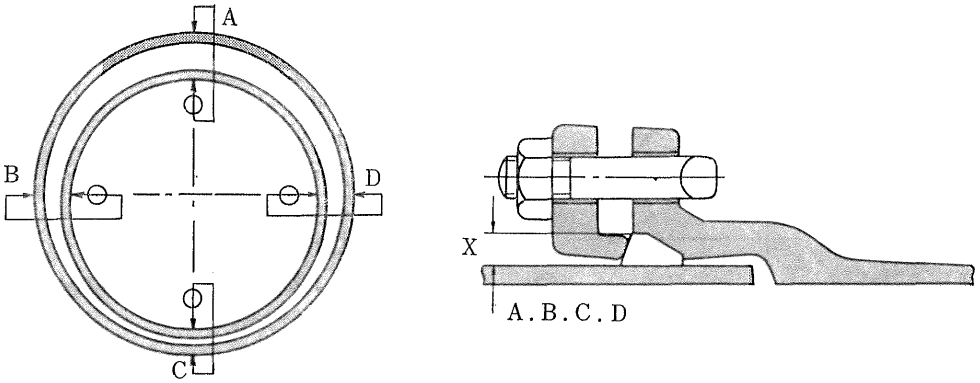


① ゴムと挿口の面圧は，規定トルクの場合では，65kg/cm²でゴム背面に与えられる圧縮応力よりやや小さかった。即ち，この実験の範囲から考えると，ゴム背面に加えられる力は楔効果的には増大していない。

② 受口と挿口の隙き間は，対称4点で測定したが，この結果で0.5〜1.5mm程度の隙き間増加が認められた。本実験は面圧を測定する目的で故意に挿口側をゴムパッキングの巾に近い短いものを用いたためであって，実際の管では，挿口が長く，図—51，表—16にみられるように，この隙き間変化は殆ど認められない。

③ 角ゴムは65kg/cm²程度の圧縮応力を受けると図—46のような考え方で5mm程度の変形を受ける筈であるが，実際には，図—51，図—39〜図—44のように，接合後，不等沈下のよ

図—51　接合時の挿—受隙き間測定法



表—16　接合時の挿—受隙き間（X）の変化　　単位（mm）

測定場所＼測定条件		楕円矯正	楕円矯正機除去後	ボルト締付トルク 600kg-cm	ボルト締付トルク 1200kg-cm	ボルト締付トルク 2000kg-cm	接合後13時間経過後	接合後37時間経過後
A	上部	28.30	31.15	28.00	26.90	26.30	26.30	26.30
B	側部	24.90	23.20	24.45	24.80	24.70	24.70	24.70
C	下部	23.00	23.90	24.20	24.45	24.75	24.70	24.95
D	側部	24.80	23.20	24.20	24.70	25.00	25.00	25.05
平均		25.30	25.40	25.20	25.20	25.20	25.00	25.30

（註）受口と挿口の隙き間が接合前に均等でなくても，締付トルクを順次均等に上げて行くならば，ある程度，自動的に芯出しされる。

うな苛酷な条件を想定してみても，圧縮変形量は非常に小さく，従ってメカニカル接手の角ゴムが適切に用いられていることが認められる。

（3）　経過時間とゴムパッキングの応力緩和との関係についての考察

以上のように接合された時には，角ゴムはシールする方向に，ボルトによって背面に与えられる圧縮応力よりやや小さいか，高々同程度の圧縮応力を受け，またその方向には例え不等沈下の場合を含めて考えても，10%に満たない程度のわずかな圧縮変形しか受けない状態で用いられている。

この管路が埋戻しされ，あるいは不等沈下を受けるなど，外的条件を受けながら時間が経過するにつれ，ゴムは Creep および Relaxation を生ずることが予想される。

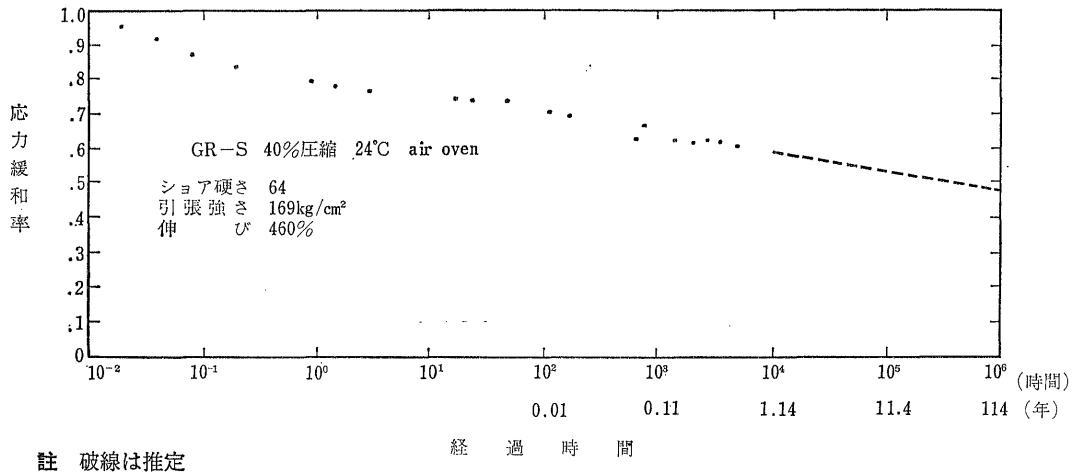
ボルトが細くて伸びやすいとか，ゴムの入る隙き間が継続的に小さくなって行くような場合には，ゴムは主として Creep の影響を受けるが，メカニカル接手の場合，ボルトは十分に太く（700～1500φの範囲では締付によってボルトは最高 7 kg/mm² 程度の平均引張応力しか生じない）埋戻し後では，例え不等沈下があっても一時的なものであり，ゴムの入る Stuffing Box の容積は継続的には変化しないと考えられるから Creep よりむしろ Relaxation の影響が大きいものと思われる。

この Relaxation について完全な実験は行なわれていないが，メカニカル接手の角ゴムと同材質のゴムを40%圧縮して air oven 中で応力緩和を時間経過とともに測定した前述の J. R. Beatty, A. E. Juve の実験が参考になる。それを図—52に示す。

点で標示してあるのが実験データーであり，破線は実験データーを直線的に延長したものである。

図—52　の条件とメカニカル接手の角ゴムの

図—52 J. R. Beatty, A. E. Juve による経過時間と応力緩和の試験結果
（出典：1950 Rubber Chmistry & Technology）



註　破線は推定

表—17　図—52の条件とメカニカル接毛の角ゴムの用いられている条件との比較

	図—52の場合	メカニカル接手の場合
(A) 圧縮応力	不明（本試験機では35kg/cm²迄可能）	60～80kg/cm²
(B) 圧縮変形	40%	高々　10%
(C) 温　度	24℃	深度2mでの年間最高温度　22°C
(D) 場　所	空　気　中	地中
(E) 酸素量	21%	極少

用いられている条件とを比較すると，表—17のようになる。

メカニカル接手のゴム材質は GR-S であるが，J. R. Beatty の実験データーを延長してみても数十年経過して未だ50%程度の応力を保有している。ましてメカニカル形に用いられている条件では，例え不等沈下などを受けても，この実験の範囲に入らないほどの小さい圧縮変形であり，酸素量も格段少なく，従って酸化されにくく，また温度も適当なので，図—52に示す応力緩和よりはるかに低い値を示し，数十年を経ても十分その機能を果すものと考えられる。

第 4 編　使　用　実　績

外国においては，接手にゴムパッキングが使用され出して以来，かなり長年月が経過しており，多くの実績を持っているが，これらについては，いずれも十分その性能を発揮し，ゴムパッキングの老化，その他のゴムの欠陥が原因となって，漏洩事故が生じたことは一件も無いといわれている。

例えば，前述の米国において，最初にゴム接手を使用した管路がニュージャージー州の Elizabeth に1870年に布設されたが，この管路は60年後，さらに大口径管路と布設変えする目的で取り出されたが，完全な状態にあったと報告されている。

フランスにおいても，イギリス，イタリアにおいても，初期のゴムを使用した管路は好結果であったことが記録されている。

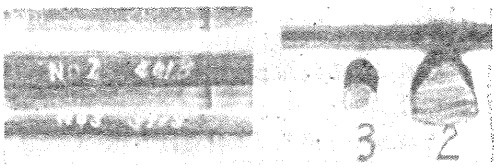
1920年代から現在のメカニカルジョイントが一般に広く使用されるようになっているが，いずれも完全にその性能を発揮している。

一方，わが国においては，ゴム接手が大量に使用され出したのは主に戦後になってからであり，まだあまり長期間の実績は多くないが，二三の実例を挙げる。

① 某都市にて戦前に使用したB形接手に類似した1,350㎜φ防震接手に使用されていたゴムパッキングを，27年経過後に取り出して試験した結果を表—18に示す。このゴムパッキングは図—53に示すごとく，表面には老化によるクラックの発生，硬度上昇などは認められず，強度的にも優れた性能を保持しており，JIS K6353に規定される2種1号2-2の規定をはるか上廻る性能である。

しかし他方，このものは写真からもわかるように幾分激しい永久変形が認められるが，これはゴム配合が炭酸カルシウムを補強剤としているのが原因であり，今日のごとくカーボンブラック，または表面処理炭酸カルシウムを用いた良好な配合では，このように大きな永久変形はないと考えられる。このことは先ほどの圧縮永久歪みの測定結果からも推察できる。

図—53 27年間既使用ゴムパッキングの外面状況（左）および断面状況（右）
（η：角ゴム輪，η：丸ゴム輪）



② 昭和18年，中部地方の某ガス会社で布設された400㎜φガス形接手管（B形接手と類似の構造を持つ）が，16年後の昭和34年に布設変更のため掘り上げられた。この接手に使用されていた角ゴム輪の試験結果は表—19の如くである。そして戦時中のゴム資源の払底時に

表—18 27年間既使用水道用ゴムパッキングの機械的性質
（耐震接手用ゴムパッキング）

項目	試料 No.		No. 1	No. 2	No. 3
老化前	硬さ	JIS°	55	58	56
	引張り強さ	kg/cm²	228	241	215
	破断時の伸び	%	580	600	530
	永久伸び	%	7.5	10.0	5.4
	70kg/cm² 荷重時の伸び	%	310	300	290
	モジュラス kg/cm²	50%	7.1	8.9	13
		100%	15	18	20
		150%	22	25	28
		200%	32	37	37
	比重		1.21	1.21	1.21
老化後（70°C 96hr）	硬さ	JIS°	58	59	58
	引張り強さ	kg/cm²	245	228	197
	破断時の伸び	%	580	558	530

表—19 16年間使用ガス形接手角ゴム輪の機械的性質

引張り試験			永久伸び	硬さ	老化試験		
70kg/cm²荷重時の伸び	引張り張さ	破断時の伸び			引張り強さの低下率	伸びの低下率	硬さの変化
222%	230kg/cm²	428%	27.0%	60°	−34%	−31.1%	+1

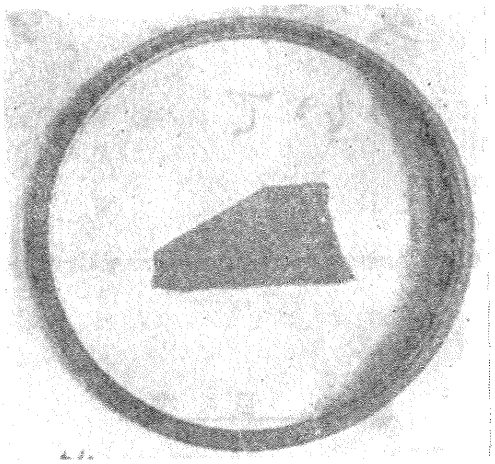
あり，しかも表—19からも分るように，永久伸び値が非常に大きいこと，および老化による伸びの変化率の大きいことからも推定できるように，材料としてはあまり良質の配合とは考えられないにもかかわらず，土中に埋設されたことによって，抗張力，伸び共に，良好な値を保持しており，殆んど当初の値に比較して低下しているとは思われず，土中埋設される鉄管の接手に使用されるゴムパッキングの性能は信頼度の高いことを示している。

③　昭和８年および11年，関西地方の某ガス会社において150㎜φの印籠形管の先端のヤーンの位置に丸ゴム輪を使用した管が一部使用され，昭和37年に布設変更のため，堀り上げて試験を行なった。

この場合，ゴムは直接都市ガスと接触しており，ガス中の溶剤成分等により，劣化を受けていると思われるが，その試験成績は表—20の如くであり，まだ良好な性能を示している。

④　某県において，昭和33年海岸埋立地に埋設した300㎜φメカニカルジョイント管が布設変えのために５年後に堀上げたので，その機会にゴムパッキングの性能試験を行なった。このゴムパッキングの比較的使用期間が短いせいもあるが，図—54に示すごとく，ほとんど永久変形は認められず，良好な外観を示し，またゴム材質も表—21に示すごとく優れた性能を示しており，地下に埋設された場合メカニカルジョイントなどの水道用ゴムパッキングは優秀な耐久力を持っており，十分その性能を信頼して良いことを示している。

図—54　５年間既使用のメカニカルジョイント・ゴムパッキングの状況



（中央は，断面状況）

表—20　29年間および26年間使用ガス用丸ゴム輪の機械的性質

	引張り試験			永久伸び	硬さ	老化試験		
	70kg/cm²荷重時の伸び	引張り強さ	破断時の伸び			引張り張さの低下率	伸びの低下率	硬さの変化
29年間使用品	330%	136kg/cm²	450%	5.0%	40°	0	0	0
26年間使用品	370%	150kg/cm²	410%	4.5%	56°	−50%	+7%	+1

表—21　５年間既使用メカニカルジョイント・ゴムパッキングの機械的性質

	引張り試験			永久伸び	スプリング硬さ	老化試験			圧縮永久歪%
	70kg/cm²荷重時の伸び%	引張り強さ kg/cm²	伸び %	%	JIS°	引張り強さの低下率%	伸びの低下率%	スプリング硬さの変化	
1	115	260	315	4.3	72				
2	115	238	300	4.3					
3	115	244	327			−7	−16	0	−
平均*	120	255	320	4.3	72	−7	−16	0	−

* 平均値は JIS K 631-1962の数値の括め方によった。

特集 4

薄肉ダクタイル管の安全性について

久保田鉄工株式会社　鉄管研究部
技術課技術係長　本間敬三

小　目　次

1. 緒　　言 ……82
2. 実験方法 ……82
3. 実験結果 ……84
4. 考　　察 ……88
(1) 安全性……88
(2) 土被り深さと支持角の関係……89
(3) 水圧による復元……93
5. 薄肉管の安全性 ……99
6. 結　　言 …… 100

1. 緒　　言

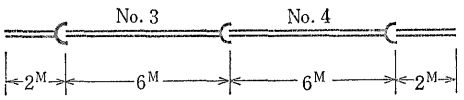
ダクタイル管の管厚は，現在1種管から4種管まで4種類のものがある。ダクタイル管が使用され始めた初期には，1種管あるいは2種管が標準的なものとして考えられていたが，現在では3種管が標準的なものとなり，4種管も相当広く採用され，さらに薄いものをという気運も芽生えてきた。それは初期には鋳物という観念から，どうしても厚目のものが採用されたのが，経験を積むに従い，薄くても十分であるということが体得されてきたためと考えられる。

このような気運にあるとき，ここに4種管よりもさらに薄い管厚の1,350φダクタイル管を地下6.5m下に埋め，水圧 25kg/cm² を負荷した実験を紹介し，皆さまのご参考に供したい。

2. 実験方法

(1) 供試管

1,350φ×6m 遠心力ダクタイル管　2本



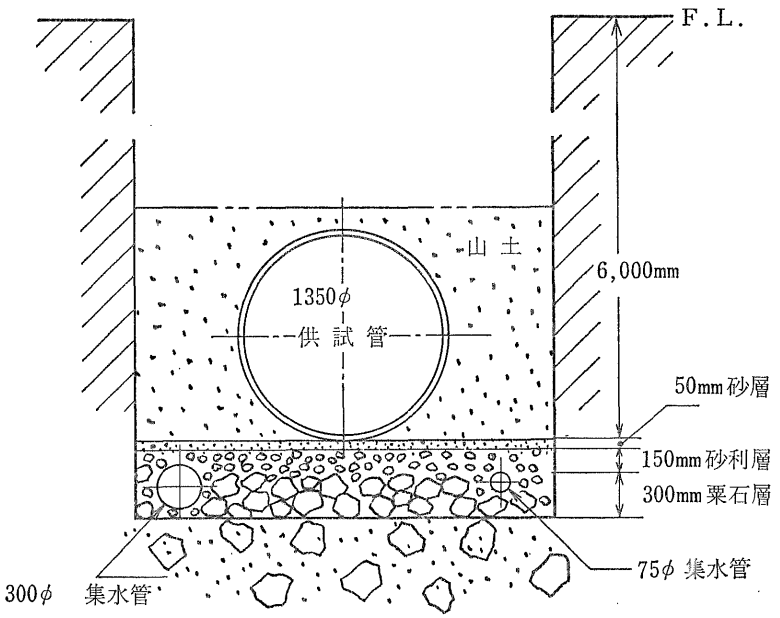
（管厚：12mm
ジョイント形式：K形）

(2) 埋設条件

掘削溝巾……2.8m
掘削溝長……20m
土被り……4.5m＋2m(盛土)
管側の搗き固め…No. 3　搗き固めず
　　No. 4　搗き固め
基　　礎……溝底が固い程，管と溝底との接触が線接触に近くなるため，条件が悪

くなる。今の場合，できるだけ悪条件とするため，右図のように，栗石，砂利，砂で固い層を形成した。

また雨あるいは地下水によって，溝底が軟弱化するのを防ぐため集水管を布設し，溝底に水が溜らないようにした。



(3) 負　　荷

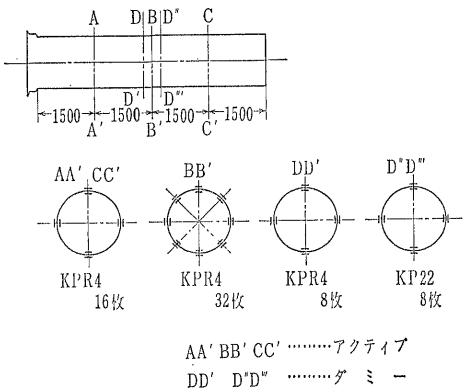
土被り 0, 0.5, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 6.5m

各段階にて水圧を0, 5, 10, 15, 20, 25kg/cm^2

負荷

(4) 測定および装置

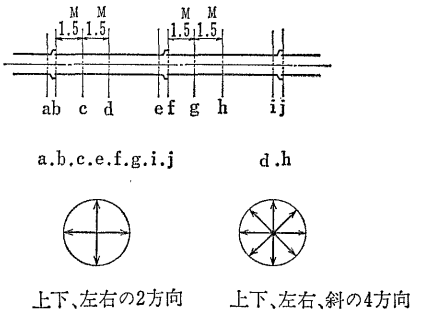
(イ) 発生歪：ストレインゲージによる。貼付位置は下の通り。



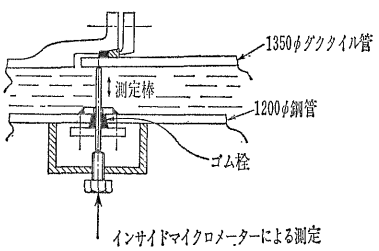
(ロ) 管の変形

測定はインサイドマイクロメーターによる。

測定点は下の通り。



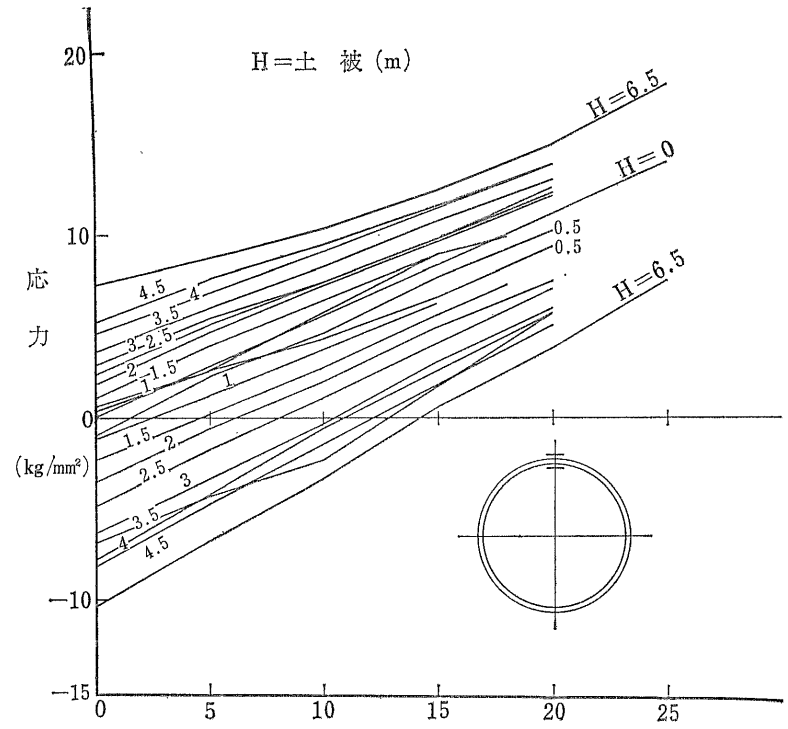
測定は下の如く測定棒のスライドをビスで固定し，ビスの頭間で管変形をみた。



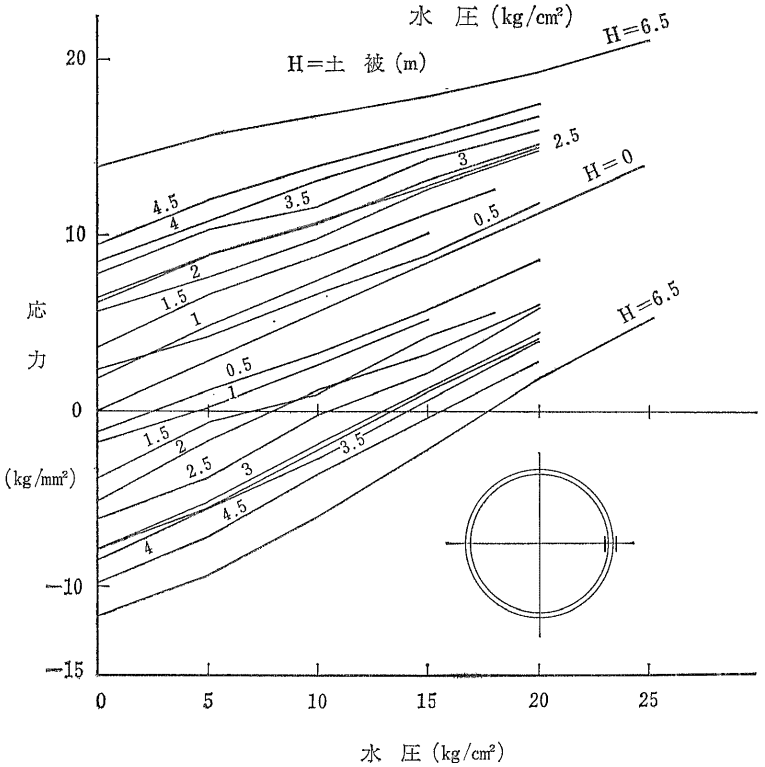
3. 実験結果

最大応力，最大変形，発生点が問題であるが今の場合，それは管側を搗き固めていないNo.3供試管中央部である。

図—1　土被り—内圧—応力線図（上部）

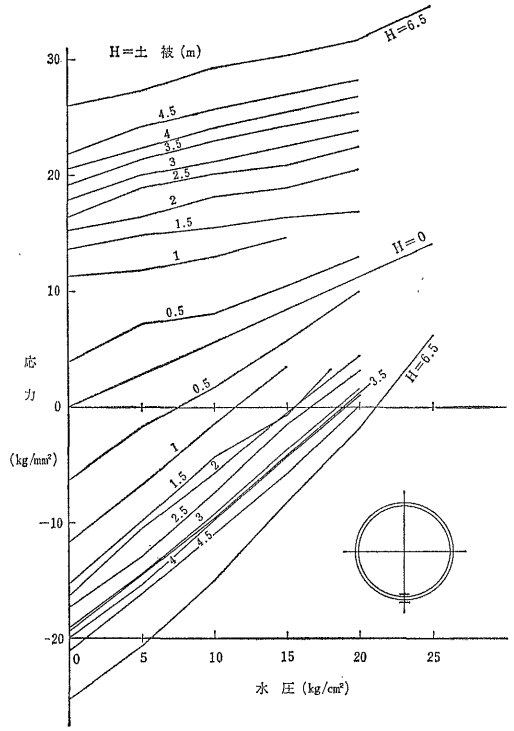


図—2　土被り—内圧—応力線図（右側部）

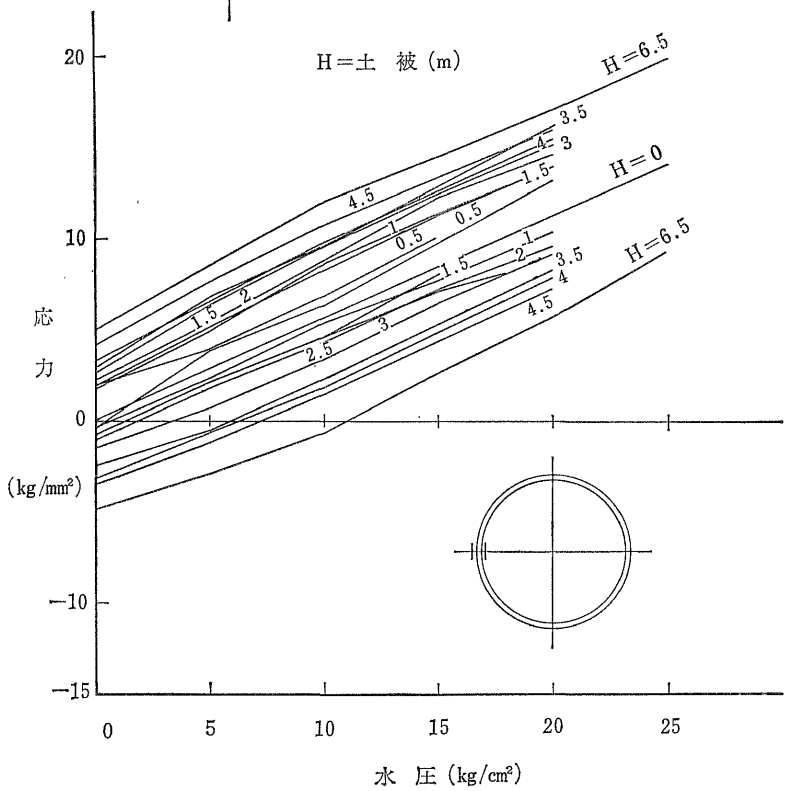


本稿ではこの点にしぼって考察する。No.3供試管中央部円周上各点における土被り—水圧—応力の関係を図—1～図—8に，土被り—水圧—垂直撓みの関係を図—9に示す。

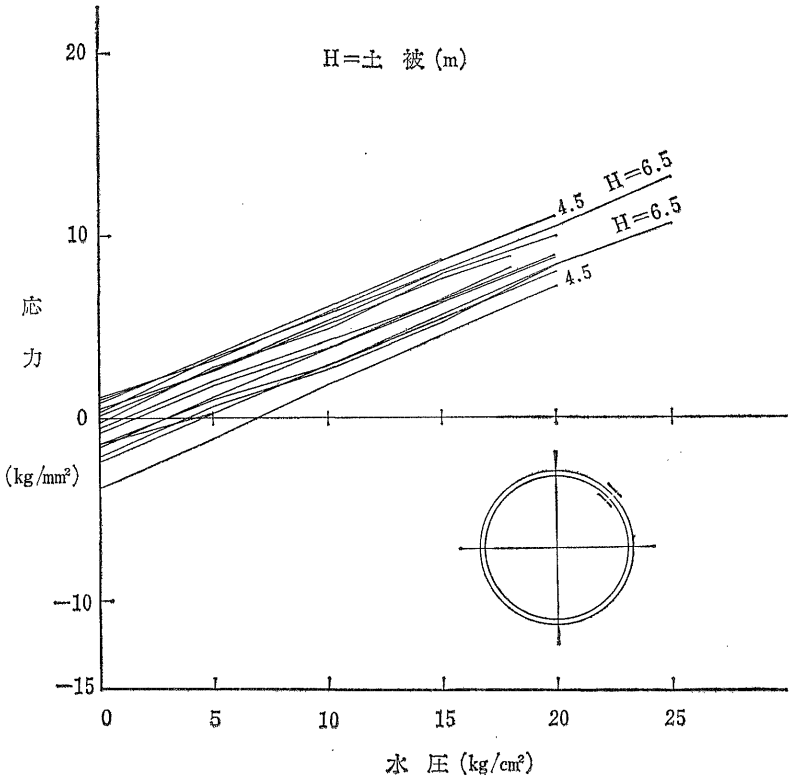
図—3　土被り—内圧—応力線図（下部）



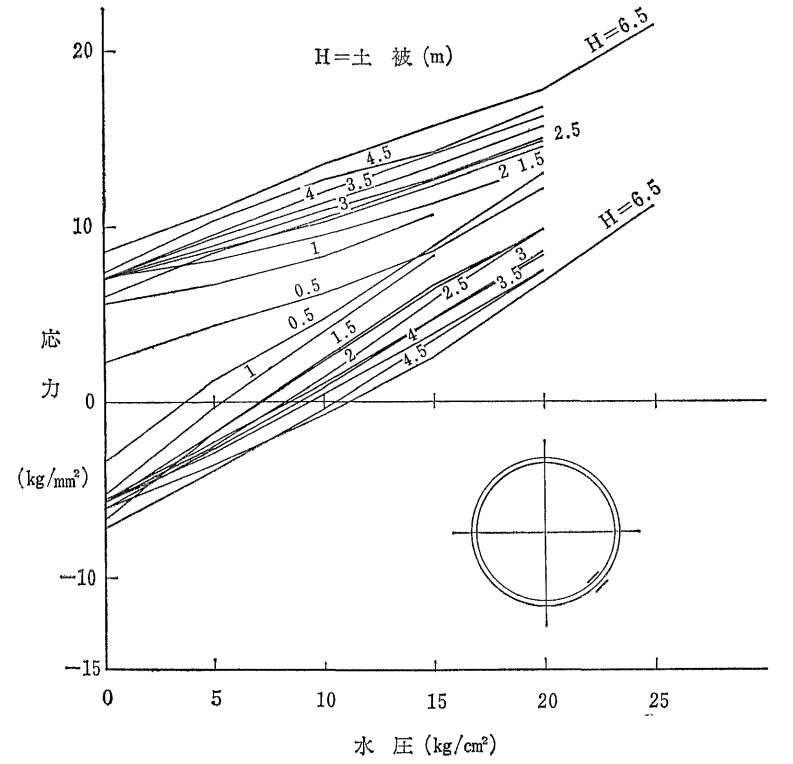
図—4　土被り—内圧—応力線図（左側部）



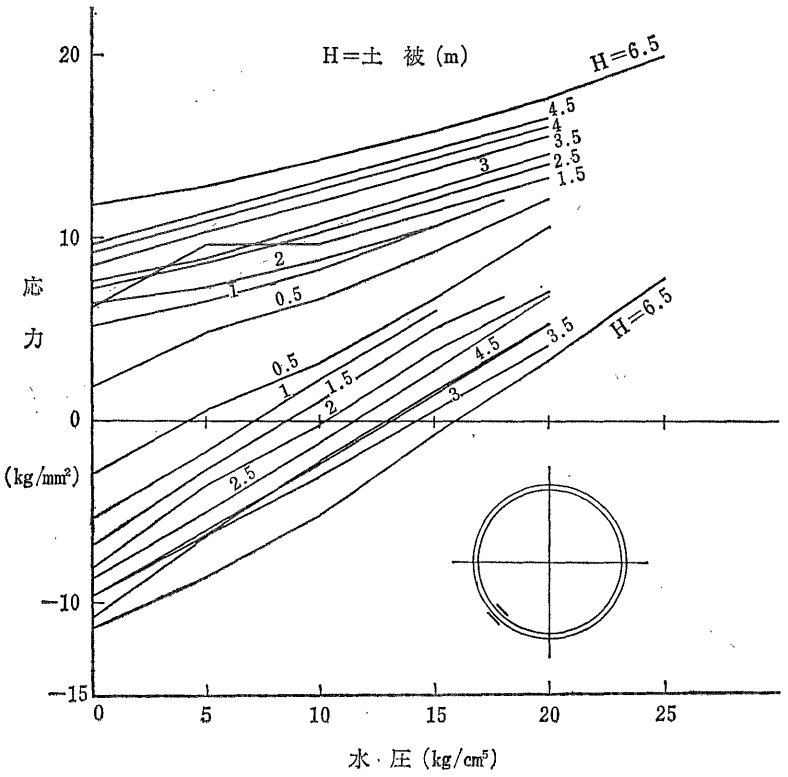
図—5　土被り—内圧—応力線図（右斜上部）



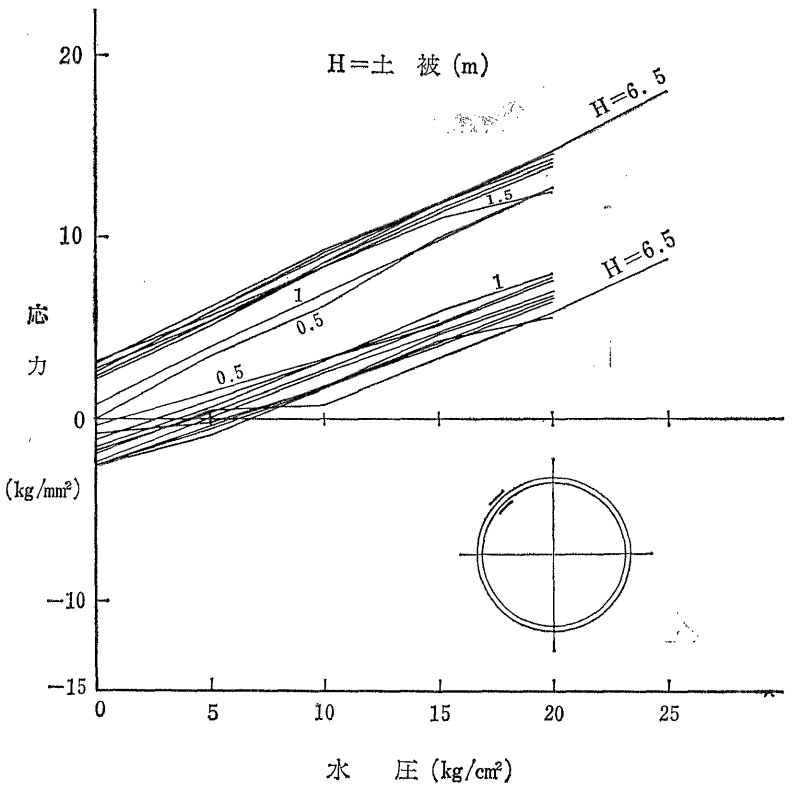
図—6　土被り—内圧—応力線図（右斜下部）



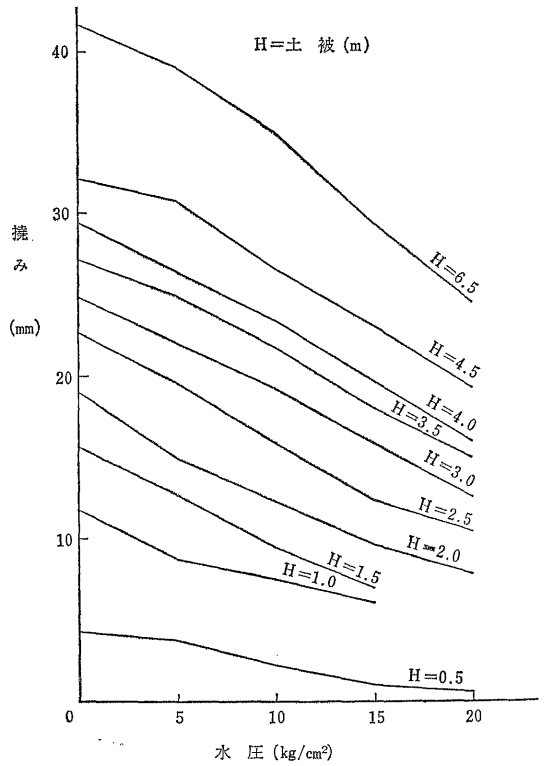
図—7　土被り—内圧
—応力線図
（左斜下部）



図—8　土被り—内圧
—応力線図
（左斜上部）



図—9　土被り—内圧—撓み線図



4. 考　　察

(1) 安 全 性

表—1に各土被り，各水圧における管体中央部の垂直撓みを，表—2に各土被り，各水圧における管体中央部下部内外面応力（最大応力）を示す。

最終的に土被り6.5m，水圧25kg/cm^2 まで負

表—1　各土被り，各水圧における管体中央部垂直撓み　　(単位mm)

内圧kg/cm^2 / 土被りm	0	5	10	15	20
0	0	—	—	—	—
0.5	4.40	3.77	2.15	1.00	0.55
1	10.85	8.80	7.55	6.05	—
1.5	15.70	12.80	9.50	6.95	—
2	19.05	14.90	12.30	9.60	7.85
2.5	22.65	19.55	15.85	12.25	10.40
3	24.80	—	19.15	—	12.45
3.5	27.20	24.90	21.75	17.95	14.95
4	29.35	—	23.40	—	15.95
4.5	32.10	30.65	26.50	23.00	19.25
6.5	41.65	38.95	34.95	29.25	24.45

表—2　各土被り，各水圧における管体中央部下部内外面応力　（単位mm）

内圧kg/cm² ＼ 土被りm ＼ 位置	0		5		10		15		20		25	
	内面	外面	内面	外面	内面	外面	内面	外面	内面	外面	内面	外面
0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.5	3.9	− 6.4	7.2	− 1.7	8.1	1.7	10.5	5.7	13.0	10.0	—	—
1	11.3	−11.8	11.9	− 6.7	13.0	− 1.4	14.7	3.5	—	—	—	—
1.5	13.6	−15.3	14.9	− 9.9	15.5	− 4.3	16.3	0.7	—	—	—	—
2	15.2	−16.4	16.3	−10.4	18.2	− 5.7	18.9	− 0.5	20.5	4.4	—	—
2.5	16.4	−17.3	18.9	−12.9	20.1	− 7.3	20.9	− 1.5	22.5	3.2	—	—
3	17.9	−20.0	20.0	−15.3	21.2	− 9.6	—	—	23.8	1.1	—	—
3.5	19.1	−19.1	21.4	−14.4	23.0	− 9.2	24.3	− 3.6	25.5	1.7	—	—
4	20.5	−19.4	—	—	24.1	− 9.5	—	—	26.8	1.3	—	—
4.5	21.8	−21.1	24.2	−16.1	25.7	−10.9	27.0	− 5.6	28.2	0.1	—	—
6.5	26.0	−25.3	27.3	−20.7	29.3	−15.0	30.4	− 8.2	31.6	− 1.8	34.6	6.3

（註）発生応力は発生した全歪から算出したもので，土被りによって発生する応力と内圧によって発生する応力が加算されている。

荷したが，管には亀裂その他何等異常はなかった。

因みに JWWA G105 のダクタイル管管厚計算式の考え方に従って，最終負荷，即ち，土被り6.5m，水圧25kg/cm² 下での応力を計算すると以下の通りである。

土被りによる曲げ応力

$$\sigma_b=\frac{M}{Z}=\frac{0.433w_tR^2}{\frac{t^2}{6}}=0.65w_t\left(\frac{d}{t}\right)^2$$

$w_t=\gamma H$　　$\gamma=1.6gr/cc$ とすると

$=1.6\times10^{-3}\times650=1.04kg/cm^2$

$\therefore\quad \sigma_b=85.7kg/mm^2$

水圧による引張応力

$$\sigma_t=\frac{pd}{2t}=1407kg/cm^2\fallingdotseq14.1kg/mm^2$$

合成応力

$0.7\sigma_b+\sigma_t=74.1kg/mm^2$

ダクタイル管の抗張力は，規格上38kg/mm² 以上，実際上40kg/mm² を若干上まわる程度であるから，この条件下では破壊することになる。ところが実際には何の異常もなかった。それではその原因は何か。表—1および表—2から概括的に考えられることは，

(a)　撓み，応力共に土被り深さに比例して増加しない

(b)　水圧負荷によって撓みが減少しているの2点である。

以下，これについて論ずる。

（2）　土被り深さと支持角の関係

①　実測応力からの考察

各土被り深さにおいて，管中央部に発生した円周方向の応力を示すと表—3の如くである。表—3において負符号は圧縮応力を，無符号は引張応力を表わす。なお，平均応力の符号は内面を基準にしてつけたもので特に意味はない。表から明らかな如く，応力は土被り深さに対し直線的に増加していない。また下部とその他のところの増加割合も一定ではない。これらは土圧が土被り深さに対し，直線的に増加しないだけでなく，その他の影響もあることを示唆するものと推察される。

影響しているものは何であるかを明確に把握するために，実測した応力を

$$M=KwR^2 \quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

M：曲げモーメント

w：土圧

R：管半径

なる曲げモーメント式に代入し，係数Kに変換する。曲げモーメントと応力σの関係は

$$M=\sigma Z \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

$$Z=\frac{bt^2}{6}$$

単位巾として考えれば　$Z=\frac{t^2}{6}$

Z：断面係数

t：管　厚

であるから，これを(1)式に代入すると，

$$\frac{\sigma t^2}{6}=KwR^2$$

$$\therefore\ K=\frac{\sigma t^2}{6wR^2}$$

いま，t＝1.2cm　R＝67.5cm　であるから，

$$K=5.26\times10^{-5}\frac{\sigma}{w}\quad\cdots\cdots(3)$$

従来の実験で，土圧はヤンセン公式（本式によれば土被りが深くなるに従い，土圧の増加割合は小さくなる）によく従うことが確認されているので，土圧をヤンセン公式によって計算し，実測応力からKを求めると表—4の如くになる。

表—3　土被りのみによる応力　（単位kg/mm²）

土被り m		上	右　横	下	左　横	斜右上	斜右下	斜左下	斜左上
0.5	外　面	− 0.6	2.3	− 6.4	− 0.4	− 1.1	2.3	1.9	− 0.4
	内　面	− 1.0	− 1.2	3.9	0.1	0.2	− 3.5	− 2.9	− 0.0
	平　均	− 0.2	− 1.8	5.2	0.3	0.7	− 2.9	− 2.4	0.2
1	外　面	− 1.2	1.9	−11.8	2.0	− 1.7	5.6	5.1	− 1.1
	内　面	0.4	− 1.8	11.3	0.6	1.0	− 5.3	− 5.4	2.2
	平　均	0.8	− 1.9	11.6	− 0.7	1.4	− 5.5	− 5.3	1.7
1.5	外　面	− 2.2	3.0	−14.1	1.3	− 1.9	6.1	5.9	− 1.8
	内　面	0.7	− 3.4	12.8	− 0.8	0.7	− 6.7	− 6.8	2.7
	平　均	1.5	− 3.2	13.5	− 1.1	1.3	− 6.4	− 6.4	2.3
2	外　面	− 3.5	5.7	−16.4	2.0	− 2.2	7.0	7.2	− 1.5
	内　面	1.9	− 5.1	15.1	− 1.0	1.2	− 5.7	− 8.1	3.0
	平　均	2.7	− 5.4	15.8	− 1.5	1.7	− 6.4	− 7.7	2.3
2.5	外　面	− 4.8	6.4	−17.3	2.2	− 2.0	7.1	7.6	− 1.7
	内　面	2.3	− 6.2	16.4	− 1.5	0.9	− 5.6	− 8.7	2.8
	平　均	3.6	− 6.3	16.9	− 1.9	1.5	− 6.4	− 8.2	2.3
3	外　面	− 6.9	6.5	−20.0	2.7	− 3.9	5.9	6.1	− 2.6
	内　面	2.9	− 7.9	17.9	− 3.1	− 1.5	− 7.1	− 9.3	0.8
	平　均	4.9	− 7.2	19.0	− 2.9	1.2	− 6.5	− 7.7	1.7
3.5	外　面	− 6.3	7.8	−19.1	2.9	− 2.4	7.1	8.5	− 2.6
	内　面	3.6	− 7.9	19.1	− 2.5	0.5	− 5.5	− 9.7	2.4
	平　均	5.0	− 7.9	19.1	− 2.7	1.5	− 6.3	− 9.1	2.5
4	外　面	− 7.0	8.5	−19.5	3.3	− 2.4	7.1	9.2	− 2.4
	内　面	4.6	− 8.5	20.4	− 3.1	0.8	− 5.5	− 9.7	2.6
	平　均	5.8	− 8.5	20.0	− 3.2	1.6	− 6.3	− 9.5	2.5
4.5	外　面	− 8.1	9.5	−21.1	4.2	− 1.4	7.4	9.7	− 2.6
	内　面	5.2	− 9.8	21.8	− 3.5	0.3	− 5.6	−10.7	2.4
	平　均	6.7	− 9.7	21.5	− 3.9	0.9	− 6.5	−10.2	2.5
4.5 +2	外　面	−10.4	13.9	−25.3	5.0	− 2.1	8.6	11.7	− 1.9
	内　面	7.3	−11.7	26.0	− 4.9	0.1	− 6.2	−11.4	2.2
	平　均	8.9	−12.8	25.7	− 5.0	1.1	− 7.4	−11.6	2.1

表—4　実測応力から求めたKの値

位置 / 土被り深さm	上	右　横	下	左　横	右斜上	右斜下	左斜上	左斜下
0.5		−0.123	0.356		0.048	−0.198	−0.164	0.014
1	0.028	−0.067	0.407	−0.025	0.049	−0.193	−0.186	0.060
1.5	0.036	−0.077	0.326	−0.027	0.031	−0.154	−0.154	0.056
2	0.050	−0.101	0.295	−0.028	0.032	−0.119	−0.144	0.043
2.5	0.056	−0.097	0.261	−0.029	0.023	−0.099	−0.126	0.036
3	0.065	−0.095	0.251	−0.038	0.016	−0.086	−0.102	0.022
3.5	0.059	−0.093	0.224	−0.032	0.018	−0.074	−0.107	0.029
4	0.061	−0.090	0.211	−0.034	0.017	−0.066	−0.100	0.026
4.5	0.065	−0.094	0.208	−0.038	0.009	−0.063	−0.098	0.024
6.5	0.067	−0.096	0.193	−0.037	0.008	−0.055	−0.087	0.016

なお，ヤンセン公式を示せば次式の如くである。

$$w=\frac{\gamma}{2K\tan\varphi}\left(1-e^{-2K\tan\varphi\frac{H}{B}}\right)B \quad\cdots\cdots(4)$$

γ：±の単位重量　1.6gr/cc と仮定

$$K=\frac{1-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}$$

φ：±の摩擦角　40° と仮定

H：土被り深さ

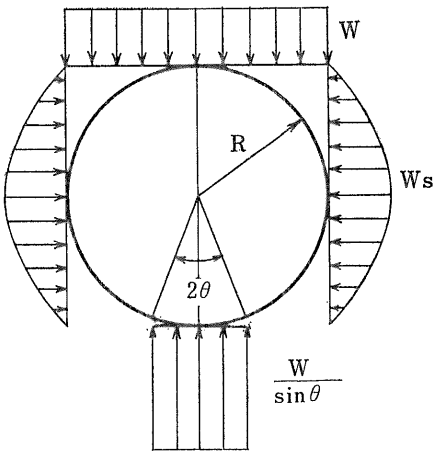
B：溝巾　2.8m

一方地下に埋設された管には図—10のような荷重が作用すると考えてよいと思う。即ち，管底においては管が最初設置された時には殆んど線支持に近いのであるから，全面支持とは考えられず，ある角度2θの支持となっている。

管頂においては，±はその上部にのせられるのであるから，殆んど等分布に管径全体に作用するものと考えてよい。最後に管側においては，側土圧は恐らく管の変形によって惹起されるものであろうから，抛物線的分布をすると，表—4において下部のKが大きく減少していることに着目すれば，図—10において2θか Ws を増加させればよいことがわかる。

そこで，各土被りにおいて，下部のKの値を一定にしておき，支持角2θを変え，それ

図—10　地下埋設管に作用する荷重の仮定



に対応する側土圧 Ws を求め，その支持角・側土圧を用いて，上・横・斜上・斜下等のKを求めると，表—5に示す如くである。

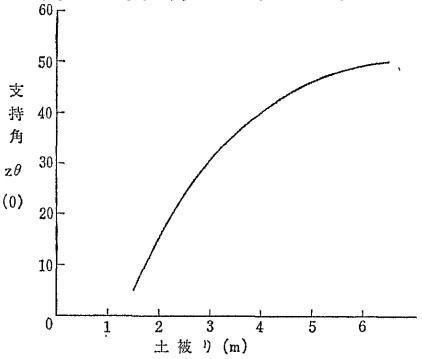
表—5の中で上・横・斜が表—7に合致するものを選ぶと，表—5の摘要欄に○印を付したものである。○印が行の間にあるのは，両者の中間辺りが近いことを意味する。

○印のところを注目してみると，土被りが増加するに従い，支持角は増大しているが，側土圧は土被り深さに殆んど関係なく，ほぼ1.1w であることが判る。即ち，Kの変化は支持角が増加するためであると結論することができる。

表—5　管体各部のK値

土被り m	支持角 Deg	側土圧 Ws	K 下	K 斜下	K 横	K 斜上	K 上	摘要
0.5	0°	1.17w	0.356	−0.101	−0.051	0.006	0.068	○
	10°	0.95w	0.356	−0.097	−0.097	0.008	0.110	
	20°	0.75w	0.356	−0.093	−0.138	0.010	0.150	
1.0	0°	0.91w	0.407	−0.098	−0.108	0.009	0.119	
	10°	0.70w	0.407	−0.094	−0.153	0.011	0.161	
1.5	0°	1.32w	0.326	−0.102	−0.018	0.005	0.038	○
	10°	1.11w	0.326	−0.098	−0.064	0.007	0.080	
	20°	0.90w	0.326	−0.094	−0.105	0.009	0.120	
	30°	0.72w	0.326	−0.086	−0.144	0.011	0.155	
2.0	10°	1.26w	0.295	−0.100	−0.030	0.005	0.049	○
	20°	1.06w	0.295	−0.096	−0.071	0.007	0.089	
	30°	0.88w	0.295	−0.088	−0.110	0.009	0.124	
	40°	0.71w	0.295	−0.081	−0.145	0.009	0.154	
2.5	20°	1.23w	0.261	−0.097	−0.033	0.006	0.055	○
	30°	1.05w	0.261	−0.090	−0.072	0.007	0.090	
	40°	0.88w	0.261	−0.083	−0.107	0.007	0.120	
3.0	20°	1.28w	0.251	−0.098	−0.022	0.005	0.045	○
	30°	1.10w	0.251	−0.090	−0.061	0.007	0.080	
	40°	0.93w	0.251	−0.083	−0.097	0.007	0.110	
	50°	0.77w	0.251	−0.074	−0.129	0.006	0.136	
	60°	0.64w	0.251	−0.063	−0.154	0.007	0.160	
3.5	30°	1.24w	0.224	−0.091	−0.031	0.006	0.053	○
	40°	1.07w	0.224	−0.085	−0.067	0.005	0.083	
	50°	0.91w	0.224	−0.075	−0.099	0.005	0.109	
	60°	0.77w	0.224	−0.065	−0.124	0.005	0.133	
4.0	30°	1.30w	0.211	−0.092	−0.016	0.005	0.040	○
	40°	1.13w	0.211	−0.085	−0.052	0.005	0.070	
	50°	0.97w	0.211	−0.076	−0.084	0.004	0.096	
	60°	0.84w	0.211	−0.065	−0.109	0.005	0.120	
4.5	30°	1.32w	0.208	−0.092	−0.013	0.005	0.037	○
	40°	1.15w	0.208	−0.085	−0.043	0.005	0.067	
	50°	0.99w	0.208	−0.076	−0.081	0.004	0.093	
	60°	0.85w	0.208	−0.066	−0.106	0.004	0.117	
6.5	30°		0.193	−0.093	−0.003	0.004	0.022	○
	40°	1.22w	0.193	−0.086	−0.032	0.004	0.052	
	50°	1.07w	0.193	−0.077	−0.064	0.003	0.075	
	60°	0.93w	0.193	−0.066	−0.089	0.004	0.102	

図—11　支持角と土被り深さの関係



支持角と土被り深さとの関係をグラフに示すと図—11の如くである。

②　計算撓みと実測撓みの比較

①項において，土被りと支持角の関係が求まり，且つ側土圧の頂点は 1.1w で表わされることが判明した。この条件を使用し，撓み計算式

$$\delta = k\frac{wR^4}{EI} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(5)$$

E：弾性係数

I：慣性モーメント

における k の値を理論的に求め，(5) 式の δ に実測撓みを代入して求めた k と比較すると表—6の如くである。

表から明らかなように，①項で応力から求めた関係から理論的に導いたものと，実測値から逆算したものとよく合致しており，①項での推論は正しいものと解釈される。

ただ土被りが 0.5m のところにおいては合致していないが，それは 0.5m という浅いところでは負荷が安定しないためであろうと考えられる。これは撓みのみならず，応力でも同様な傾向が出ている。

以上論じてきたことを総括すれば，応力，撓みが土被り深さに比例して増加しないのはダクタイル管が靱性に富むため，かりに強固な溝底の溝に布設しても，土圧が土被り深さに比例して増加しないことと，土被りが深くなるにつれ，管底と土との接触面積の増大，即ち支持角の増大をきたすためにあるということができる。

表—6　k　の　値

土被り m	支持角 2θ Deg	k	
		計算値	実測値
0.5	0	0.079	0.064
1	0	0.079	0.081
1.5	5	0.079	0.080
2	15	0.077	0.075
2.5	24	0.074	0.074
3	30	0.072	0.069
3.5	36	0.070	0.068
4	40	0.069	0.065
4.5	43	0.067	0.065
6.5	50	0.064	0.066

(3)　水圧による復元

表—1に示した如く，水圧負荷によって管の垂直撓みは著しく減少した。しかし応力は表—2に示した如く減少が見られない。

いま，内圧によって発生する応力を　$\sigma t = \frac{PD}{2t}$ なる式から求め，その値を表—2に示した実測応力値から除き，残を外圧によって発生した曲げ引張応力と考えるとすると，それは表—7に示すようになる。

こうしてみると，外圧によって発生していた応力は水圧負荷により明らかに減少している。即ち，復元の方向に向っている。復元の程度を表にしてみると，表—8の如くである。

表から明らかな如く，土被り深さの如何にかかわらず，水圧を負荷すれば，外圧によって生じていた曲げ応力は減少している。このことが計算上破壊に至る条件下によく耐えさせた原因の一つであると考えられる。

しかし，表—8によると，内圧負荷による応力復元の程度は，土被り深さの如何にかかわらず，ほぼ同じである。

このことは，土被りが深くなるに従い，復元に対する抵抗が土被り深さに相当する以上に増すか，あるいは何か他の状態変化があることを示唆していると思われる。以下少しその点について考えてみる。

表—7　各内圧時における土被りによって発生している曲げ引張り応力　（単位kg/mm²）

内圧kg/cm² ＼ 土被りm	0	5	10	15	20
0	0	—	—	—	—
0.5	3.9	4.4	2.5	2.1	1.7
1	11.3	9.1	7.4	6.3	—
1.5	13.6	12.1	9.9	7.9	—
2	15.2	13.5	12.6	10.5	9.2
2.5	16.4	16.1	14.5	12.5	11.2
3	17.9	17.2	15.6	—	12.5
3.5	19.1	18.6	17.4	15.9	14.2
4	20.5	—	18.5	—	15.5
4.5	21.8	21.4	20.1	18.6	16.9
6.5	26.0	24.5	23.7	22.0	20.3

表—8　内圧負荷により復元する応力　（単位kg/mm²）

内圧kg/cm² ＼ 土被りm	0	5	10	15	20	25
0	—	—	—	—	—	—
0.5	0	−0.5	1.4	1.8	2.2	—
1	0	2.2	3.9	5.0	—	—
1.5	0	1.5	3.7	5.7	—	—
2	0	1.7	2.6	4.7	6.0	—
2.5	0	0.3	1.9	3.9	5.2	—
3	0	0.7	2.3	—	5.4	—
3.5	0	0.5	1.7	3.2	4.9	—
4	0	—	2.0	—	5.0	—
4.5	0	0.4	1.7	3.2	4.9	—
6.5	0	1.5	2.3	4.0	5.7	11.5

① 水圧による撓み復元時の荷重増加について

管を地下に埋設し，土圧によってδだけ垂直径が減少したとする。その時水平径は近似的にδだけ増加するから，水平径と垂直径の差は2δになる。そこにPなる水圧が作用すると，2δPなる力が管を真円に復そうとする方向に働く。水圧が0の時，管は土圧と平衡状態にあるので2δPが作用すれば，必ずその方向に変形する。即ち，復元することになる。しかし，復元すれば2δPが小さくなり，管自体の復元しようとする力も小さくなるので，ある所で平衡状態に達する。その時の関係式は

W'：復元に抵抗する上部からの荷重

W_P：管が受け持つ荷重

δ'：水圧を負荷し，釣合った時の管の撓み

とすると，

$$W' = W_P + 2\delta' p \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (6)$$

W′ が管径全体に等分布に働くものとすれば，

$$W' = 2w'R$$

$$W_P = 2w_P R$$

$$\therefore \quad w'R = w_P R + \delta' p \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(7)$$

と置くことができる。

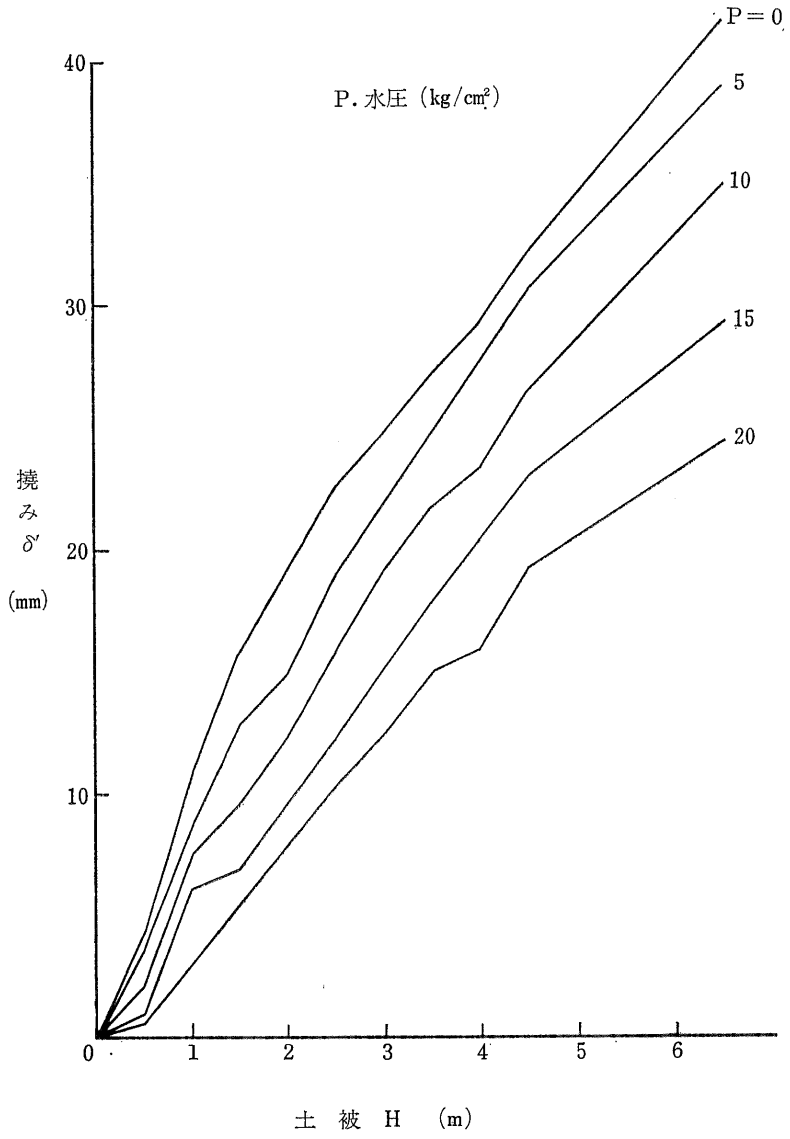
一方，表—1と表—7から表—9のような関係があることがわかる。

即ち，土被り深さ，内圧の大きさが違っても撓みが同じであれば土被りによる曲げ応力（水圧による応力は含まれていない）は等しくなっている。

表—9　内圧負荷時の撓みと土被りによる曲げ応力

土被り(m)	内圧 (kg/cm²)	撓み (mm)	応力(kg/mm²)
1.5	5	12.80	12.1
2	10	12.30	12.6
2.5	15	12.25	12.5
3	20	12.45	12.5
1.5	0	15.70	13.6
2.5	10	15.85	14.5

図—12　土被り—水圧—撓み線図



このことは

$$\delta_1=k_1\frac{w_1R^4}{EI}\qquad \delta_2=k_2\frac{w_2R^4}{EI}$$

なる両式において $\delta_1=\delta_2$ であるならば，

$k_1w_1=k_2w_2$ は勿論のこと，$k_1=k_2$，$w_1=w_2$ であると考えてよいことを意味する。

故に

$$w'=w_P+\frac{\delta'}{R}P \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(8)$$

において δ' が等しければ，w' の如何にかかわらず w_P は等しいと考えてよい。

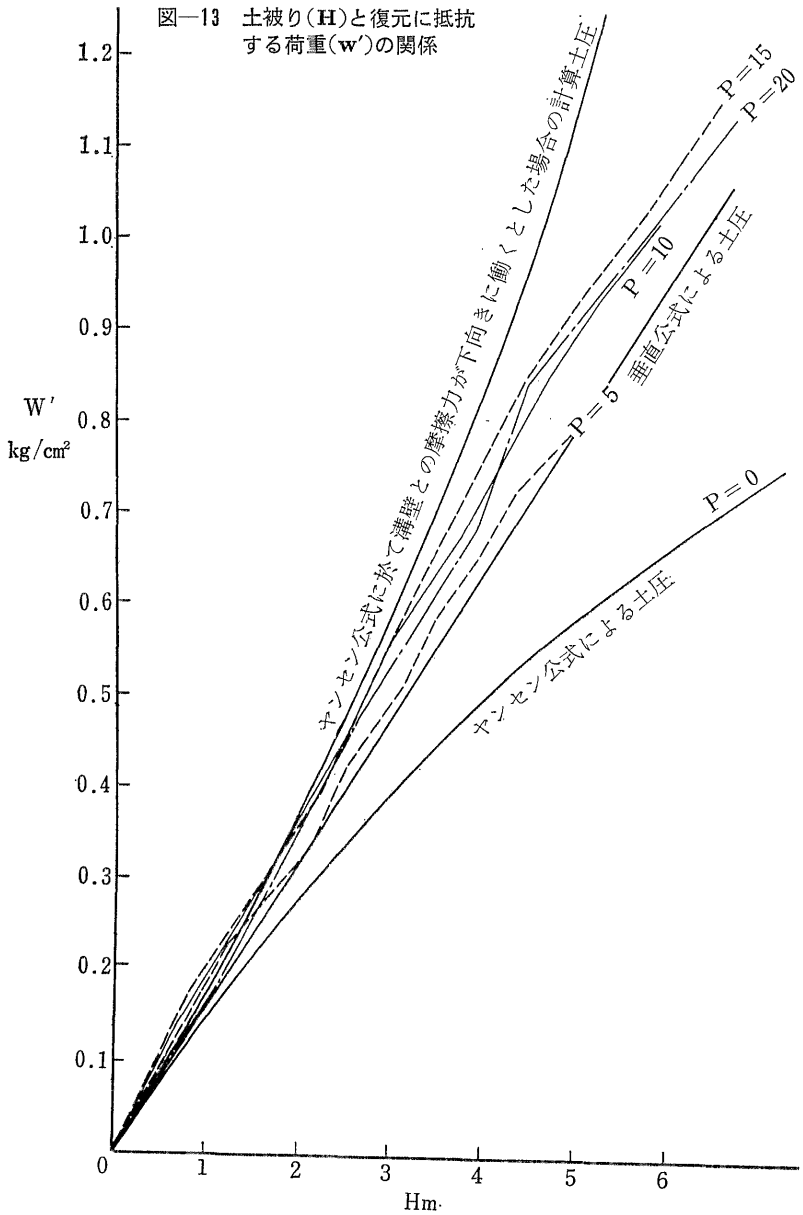
$$(\because\ \delta'=k'\frac{w_PR^4}{EI})$$

さらに，w_P は $P=0$ の時，δ' なる撓みを生ずる時の土圧であると解釈することができる。

いま，実測撓みから δ' と土被りとの関係をグラフに表わすと図—12の如くである。この図において横軸に平行な線と交わる点の w_P は等しいと考えてよい。

この関係を利用して(8)式から w' を求めると表—10の如くである。

図—13　土被り(H)と復元に抵抗する荷重(w')の関係



表—10　w′　の　値

H※(m)	δ′ (cm)	w_P(kg/cm²)	P=0(kg/cm²)	P=5	P=10	P=15	P=20
0							
0.5	0.44	0.077	0.077	0.1096	0.1422	0.1747	0.2075
1	1.085	0.150	0.150	0.2305	0.311	0.392	0.472
1.5	1.57	0.218	0.218	0.334	0.450	0.566	0.682
2	1.905	0.282	0.282	0.423	0.564	0.705	0.846
2.5	2.27	0.341	0.341	0.509	0.677	0.846	1.013
3	2.48	0.398	0.398	0.582	0.766	0.949	1.134
3.5	2.72	0.449	0.449	0.650	0.851	1.052	1.253
4	2.94	0.500	0.500	0.722	0.935	1.153	1.370
4.5	3.21	0.545	0.545	0.783	1.020	1.259	1.495

※ H：$\varphi=0$ なる時 δ' に対応する土被り(m)

これを土被りとの関係においてグラフに示すと図—13の如くである。図から明らかなように復元する時に抵抗する荷重は，通常作用する荷重より大きいことが判る。それも土被りが深くなる程，その差は大きくなっている。また，Pが大きい程大きくなることも示しているが，この場合 P＝10kg/cm² 以上になると殆んど増加しておらず，この近辺に限界点があるようにも考えられる。

なお図—13に，参考として垂直公式，ヤンセン公式およびヤンセン公式において溝壁との摩擦力が下向きに働く（復元ということは上に押し上げることであるから）とした場合の計算式で計算した土圧を書き込んでおいた。

以上のように，管が水圧より復元しようとする時は，それを阻止しようとする荷重は，水圧が0の時作用している荷重より大きくなる。それも土被りが深い程大きい。土被りが深くなって，即ち変形が大きくなっても，復元する応力が大きくならないのは，ここに一つの原因があるものと考えられる。

② 復元に伴う支持角の減少について

（i） 撓みを基準にして，

今までの解析から

$$w'R=w_PR+\delta'p \quad \cdots\cdots(9)$$

$$\delta'=k'\frac{w_PR^4}{EI} \quad \cdots\cdots(10)$$

と置ける。

一方 $$\delta=k\frac{wR^4}{EI} \quad \cdots\cdots(11)$$

w：通常の土圧(水圧 0)

δ：水圧0の時の撓み

(10)式と(11)式から

$$w_P=\frac{\delta'}{\delta}\cdot\frac{k}{k'}w \quad \cdots\cdots(12)$$

(12)式を(9)式に代入すると

$$w'R=\frac{\delta'}{\delta}\cdot\frac{k}{k'}wR+\delta'_P \quad \cdots(13)$$

これを変形して

$$\frac{k}{k'}=\frac{(w'R-\delta'p)\delta}{\delta'wR} \quad \cdots\cdots(14)$$

今までに w′，w，δ'，δ は皆求まっているので，それから k/k′ を求めると，表—11の如くである。

表—11を見ると水圧が増加するのに従い，k/k′ の値が小さくなっている。即ち，k′>k の傾向が大きくなっている。これは即ち支持角の減少を意味する。（勿論 w が w_P になることにより側圧も減少している）

（ii） 応力を基準として

水圧を負荷した時の曲げモーメントは

$$M=K'w_PR^2 \quad \cdots\cdots(15)$$

$w_P=w'-\frac{\delta'}{R}P$ であるから

$$=K'(w'-\frac{\delta'}{R}P)R^2 \quad \cdots\cdots(16)$$

表—11　k/k′　の　値

水圧/kg/cm² ＼ 土被り m	0	5	10	15	20
0.5	1.000	1.083	1.900	5.030	7.140
1.0	1.000	0.985	0.793	0.842	—
1.5	1.000	0.931	1.042	1.295	—
2.0	1.000	0.961	1.000	1.068	1.033
2.5	1.000	0.945	0.957	1.051	0.906
3.0	1.000	—	0.913	—	0.659
3.5	1.000	0.988	0.884	0.894	0.708
4.0	1.000	—	0.951	—	0.873
4.5	1.000	0.992	0.950	0.900	0.852
6.5	1.000	1.008	0.975	1.018	0.939

表—12　K′　の　値

水圧kg/cm² ＼ 土被り m	0	5	10	15	20
0.5	0.356	0.344	0.185	0.126	0.130
1.0	0.407	0.399	0.469	0.455	—
1.5	0.326	0.385	0.379	0.325	—
2.0	0.295	0.335	0.362	0.363	0.403
2.5	0.261	0.305	0.340	0.352	0.416
3.0	0.251	—	0.293	—	0.396
3.5	0.224	0.242	0.288	0.314	0.426
4.0	0.211	—	0.257	—	0.343
4.5	0.208	0.217	0.248	0.279	0.317
6.5	0.193	0.185	0.218	0.231	0.275

一方，$M=\sigma Z=\sigma\frac{t^2}{6}$

であるから

$$\sigma\frac{t^2}{6}=K'\left(w'-\frac{\delta'}{R}P\right)R^2$$

$$\therefore\quad K'=\frac{\sigma t^2}{6R^2\left(w'-\frac{\delta'}{R}P\right)} \qquad \cdots\cdots(17)$$

求めた K′ を表に示すと，表—12の如くである。

①項で撓みについて推論したことは応力についても同様に成立する。即ち，

$$M_1=K_1w_1R^2,\quad M_2=K_2w_2R^2$$

において，

$$M_1=M_2$$

であるならば，

$$K_1w_1=K_2w_2,\quad K_1=K_2,\quad w_1=w_2$$

であると考えてよい。

従って，表において圧力が上昇する程，Kの値が増加していることは，支持角の減少を

意味する。

このことも復元による応力減少が少ない一つの原因であろうと考えられる。

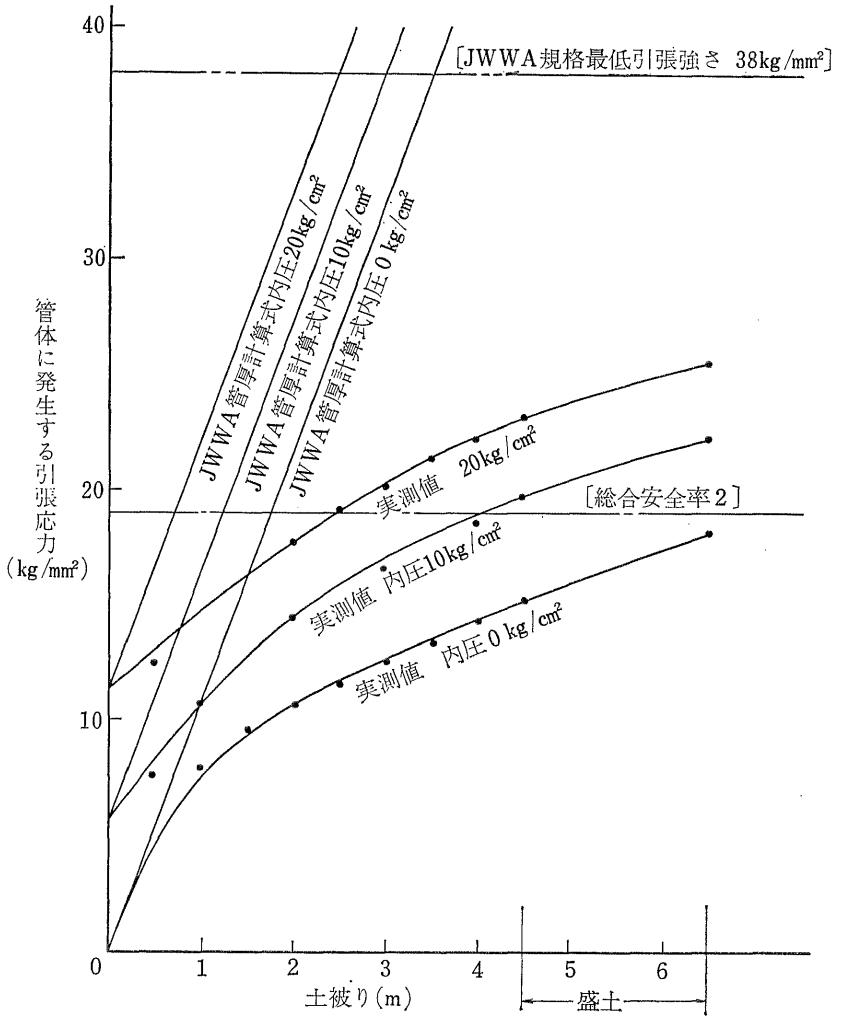
以上，水圧による復元に関して論じてきたことを総括すると，水圧負荷による復元は確かに見られ，それが管の発生応力を小さくしていることは明らかであるが，復元に抵抗しようとする荷重は内圧が0の時作用している荷重より大きくなること，および復元することにより，変形が増すことによって増加していた支持角が減少することによって，内圧，外圧が合成されれば，内圧，外圧それぞれ単独の場合より小さくなることはない，ということになる。

5. 薄肉管の安全性

前掲表—7に示した曲げ応力に0.7を乗じて引張応力に換算し，水圧による引張応力と加算すると表—13の如くなる。

これをJWWA G105 ダクタイル管管厚計算式での計算結果と対比し，グラフに書いてみると，図—14の如くであり，計算値に比べ実測応力は極めて小さく，計算で得られる管厚はむしろ厚過ぎるともいえそうである。

図—14　1350φ 遠心力ダクタイル管（管厚12.0mm） JWWA 規格管厚計算式による計算応力と実測応力値



表—13　土圧と水圧による引張応力　（単位kg/mm²）

内圧kg/cm² / 土被m	0	5	10	15	20
0	—	—	—	—	—
0.5	2.73	5.88	7.35	9.90	12.50
1	7.91	9.17	10.78	12.81	—
1.5	9.52	11.27	12.53	13.93	—
2	10.64	12.25	14.42	15.75	17.74
2.5	11.58	14.07	15.75	17.15	19.14
3	12.53	14.80	16.52	—	20.05
3.5	13.34	15.82	17.78	19.53	21.24
4	14.35	—	18.55	—	22.15
4.5	15.26	17.78	19.67	21.42	23.13
6.5	18.20	19.95	22.19	23.80	25.51

供試管（1,350φ管厚12mm）は，4種呼称管厚から，鋳造公差10%と腐蝕代2mmを差引いた4種実管厚にほぼ相当する。図—14を見ると，この管厚で水圧 20kg/m² 土被り2.5m以下の範囲内で使用し得ることがわかる。

JWWA G105 ダクタイル管管種選定表の範囲は，土被り2.4m水圧 15.5kg/cm² までである。本実験結果からすれば，その範囲ならばすべて4種管でよいという結果になる。

6. 結　　言

以上，実験結果から，ダクタイル管は外荷重の増加に従い支持角が増すこと，水圧負荷により外荷重によって生じていた曲げ応力が減少することの二つの現象により，薄肉管でも強度的に極めて高い安全性を有していることが明らかとなった。

また，その現象を定性的にではあるが，ある程度理論的に解明することもできた。今後の問題としては，更に実験を追加し，これを定量的に把握し，薄肉管だけでなく，厚肉管にも適用し，新しい考えに立脚した管種選定基準を設定する方向に進むことが必要と考えられる。

事例研究

尼崎市の地盤沈下と配水管

尼崎市水道局 参事
山 中 麟 之 介

1. まえがき

尼崎市は阪神地区の大阪市に隣接し，北に伊丹市，西に西宮市にかこまれ，南は大阪湾にのぞみ，水陸交通共に至便のために早くより工業が発展し，現在人口52万余，年間生産額4,500億円（昭和40年）を超え，阪神工業地帯の主要地位を占め，一大工業都市となり，現在もなお発展を続けている。このように発展の裏には，工場に欠くことのできない工業用水を安価に，比較的豊富な地下水に依存し得る好条件に恵まれた事によるが，反面そのために昭和の初めごろより，地盤沈下の現象があらわれ，各所に種々の被害を起こした。以下地盤沈下の主たる原因である工業用水汲上量と沈下量との関係の概要を述べ，その後この地盤沈下中に布設された配水管，主として工業用水道の配水管が如何なる状態になってきたかについて考えて見たい。

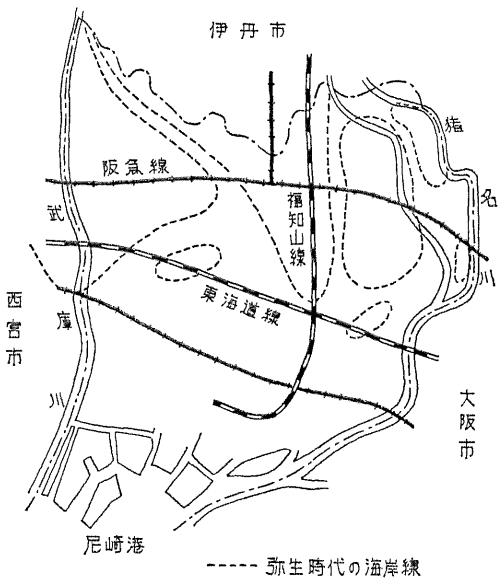
2. 地盤構成と地下水

尼崎市の地盤は西の武庫川，東の猪名川に挟まれた「デルタ」地帯で，北は伊丹の洪積台地が接しており，往時これらの河川の流出土砂により造成された冲積平野と考えられる。このことは各河川の往時からの変遷および現在の流勢地形，地層および地下水の分布より想定できる。尼崎市史によると縄文時代，弥生時代，奈良時代と遂次造陸されたことが記るされている。義経が船出した大物の浜は現在阪神大物駅のすぐ南東で，最近まで大物川があったが，これも埋立てられて，いにしえのおもかげはなくなりつつある。

地質構成と地盤沈下分布は密接な関連性があり，沈下等曲線により明瞭に堆積年代を表わし年代の新しい程沈下は激しい。なお南部に向って次第に軟泥層となり，近世造陸部分に特に圧密沈下が大である。

また，北部造成は武庫川上流より東南部に向

図—1 尼崎市の弥生時代の地形

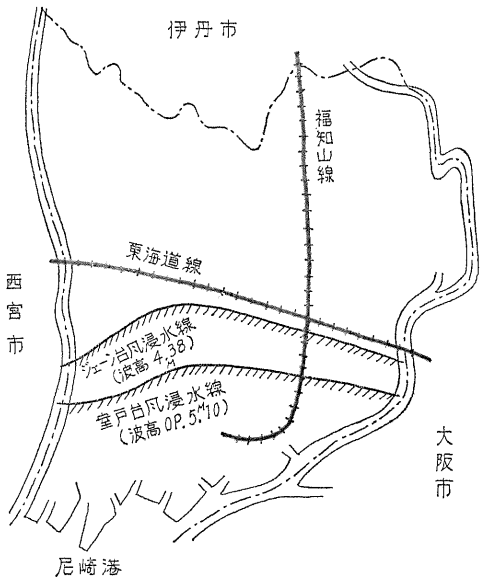


って粗粒砂礫層が広範囲に亘って堆積しておりこの河の粗粒砂礫と一致することにより判断すると，成因は武庫川によるものと考えられる。

なお，伊丹洪積層に連らなる市北西部より中部にかけて，下位段丘層のあることが認められこれは30m～100m 深度のもので，阪急線付近にて第4層帯水層につらなる。これが一般に冲積層の基盤となっていて，この段丘層が諸所に露出しており，漸次深くなっているので，冲積層の厚さが増加し，沈下も冲積層の厚さに比例している。

工場分布地帯における地下水層の分布は 200 mまで6層あり，比較的連続性の豊かな砂礫層であり，帯水層相互の間にはかなり緻密な粘土層が挟まれており，不透水層になっている。第5，第6帯水層は第4帯水層に比較して堆積物としての固結度が高く，地質的に第1帯水層はいわゆる冲積層に相当し，第2ないし第4帯水層上部の播磨層，第5，第6帯水層は洪積層下部の明石層に相当するものではないかと考えられる。尼崎市の採水層は殆んど第4層までの冲積層より汲み上げられていた。地下水の状況は武庫川，猪名川の伏没水および伊丹台地の浸透水で函養され，武庫川は主として浅層部に補給され，猪名川，神崎川は臨海部の深層地下水の一部の補給源と推定される。大正初期には地下水は自噴する程度まで豊富であったが，支那事変以降は工場の生産が急激にのびるに従い，地下水の汲上量もまた激増し，沈下もまた甚しくなったが，昭和18年をピークとして減少した。終戦と共に一時工場の生産の停止によって汲上量も激減して，沈下も一時停止状況になり，再び工場の復興にともない汲上量も増加して沈下もまた甚しくなってきた。この状態を昭和9年9月の室戸台風と16年後のジェーン台風の被害を比較してみると，前者は波高O.P.+5.10m，後者は波高O.P.+4.38mに対して，市内の被害区域は夫々⅕，½となり，如何に地盤沈下がはげしく続いているかを物語るものである。

図—2　室戸台風とジェーン台風における浸水線の比較



台風による多大の水害を受け，その後も依然として沈下が続き，巨額な工費をかけた防潮堤もまた海に沈むこととなるので，多くの学者で構成する調査団による研究調査の結果から，地下水の過剰汲み上げによる地下水圧の低下，粘土層の圧密沈下が主な原因と考えられることとなり，市を防護するO.P.+7.00m，延長15km，総工費33億円の防潮堤が建設された。しかし，地盤沈下対策の恒久策とはならず，遂に地下水代替用として工業用水道が昭和31年に計画され工事も着手された。

3. 地下水の汲み上げ状況

地下水の汲上量全量の実態は当初はなかなか調査の困難なもので，アンケート等により調べたところでは井戸数約200本に対して約200,000 m^3/d で，全市的にはさほど大きい汲上量ではないといわれている。それにも拘わらず，沈下が起こるのは地域的に過剰に揚水されるためであると判断され，法的に汲上量が報告を義務づけられてきて汲上量もわかり，年々の沈下量が明瞭化するに及んで，この過剰汲み上げの状態が一層確然と立証されてきた。即ち，地域的沈下量と揚水工場の揚水量の状態まで判るように

表—1　地下水汲上層調査対称井戸内訳

ストレーナーの位置	井戸本数	採水帯水層
20～ 50m	58本	第1，第2層
50～ 80m	22	第3及第4層の一部
100～120m	13	第4層
140～220m	7	第5層
合　　計	100本	

なってきた。

なお，地下水の汲上層の調査では対称井戸100本の内訳は表—1の通りである。

4. 地下水規制

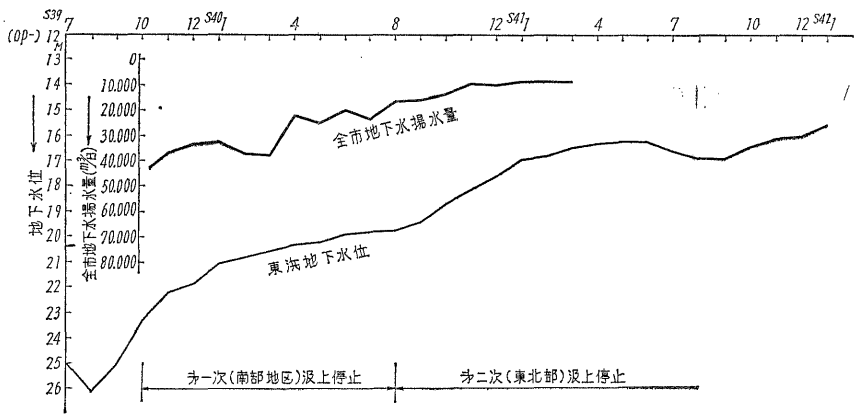
工業用水法は昭和32年に公布され，尼崎市は昭和32年に南部工場地帯の沈下の激しい区域に適用を受けた。市域全域の適用を受けたのは昭和35年の11月である。これは既設井戸に対する制限的なものではなく，既得権の尊重の精神であったので，新設井戸に対しては制限が加えられていたが，この状態では沈下防止の効果は余り期待できなかった。昭和38年に同法の一部改正により，尼崎市は同年10月の改正の適用を受けて，第一次として南部地区阪神本線以南について汲み上げができなくなり，全面的に工業用水に依存した。（転換については1カ年の猶予がある）次いで第二次規制として，尼崎池田線（市の中心部を南北に貫通する主要路線）以東の区域も昭和39年8月より汲み上げができなくなった。これらの規制により地下水位は上昇し沈下量もまた激減してきた。その状態は図—3の通りである。

なお，この測定場所は市域の一隅であるので全市の状態を代表するものとは考えられないがこの図—3からも判るように，規制後は比較的順調に地下水位は上昇している。汲上規制の強化されるまでは毎年夏期沈下量が甚しく，その原因として考えられることは，工業用水道が夏期は温度上昇するので，大きく地下水に依存したものと考えられる。なおもう一つの原因として，市域全体の地下水の大きな補給源と考えられる武庫川が渇水することが原因と考えられていたが，規制後の結果を考察すると渇水することは差程影響するとは考えられないことが判る。即ち，渇水でも地下水が余り変化しないものとすれば汲上量が原因している。これは工業用水が夏期温度が最高 28°C 位まで上昇するので，地下水の恒温水により冷却等の処理をしたものと考えられ，現在は各工場にてそれぞれ冷却設備等完備されてきて逐次この問題も解決されつつあるものと考えられる。

5. 工業用水道計画

地盤沈下が地下水の過剰汲み上げによる地下水圧低下，粘土層の圧密沈下であると考えられるに至り，地下水の代替水としての工業用水道計画が昭和31年に樹立された。水道はどこも同じように水源取得が一番問題点となっている。そこで取り敢えず一時でも早く沈下を抑止することが急務であるので，渇水を承知の上で武庫川を水源として60,000m^3/d の第一期工事が昭和31，32年の両年度にわたり施行された。この計画は南部の工場地帯約30社を対象とするものである。以上のように，第一期工事は水源的にいささか不安定性があるので，引続き昭和34年

図—3　地下水位と全市揚水量の関係



より4カ計画の 200,000m^3/d の計画が淀川を水源として始められた。この計画は工事途中水需要増加のため計画を変更して 314,000m^3/d に変更され，給水区域は主として市の東南部地区の約80社を対象に考えられた。引続き昭和38年より4カ年計画で西部の未給水区域に対して約30社を対象として 100,000m^3/d の計画を矢つぎ早に計画施行された。これで計画水量 474,000m^3/d の配水能力をもつことになり，一応地下水の代替水をまかなうことできると共に，将来の需要増に対処することができるようになった。また未規制区域の地下水の代替ができ，第三期工事が竣工通水すれば，全市的に更に沈下は減少するものと考えられる。

6. 地下水汲上量と工業用水，地盤沈下の関係

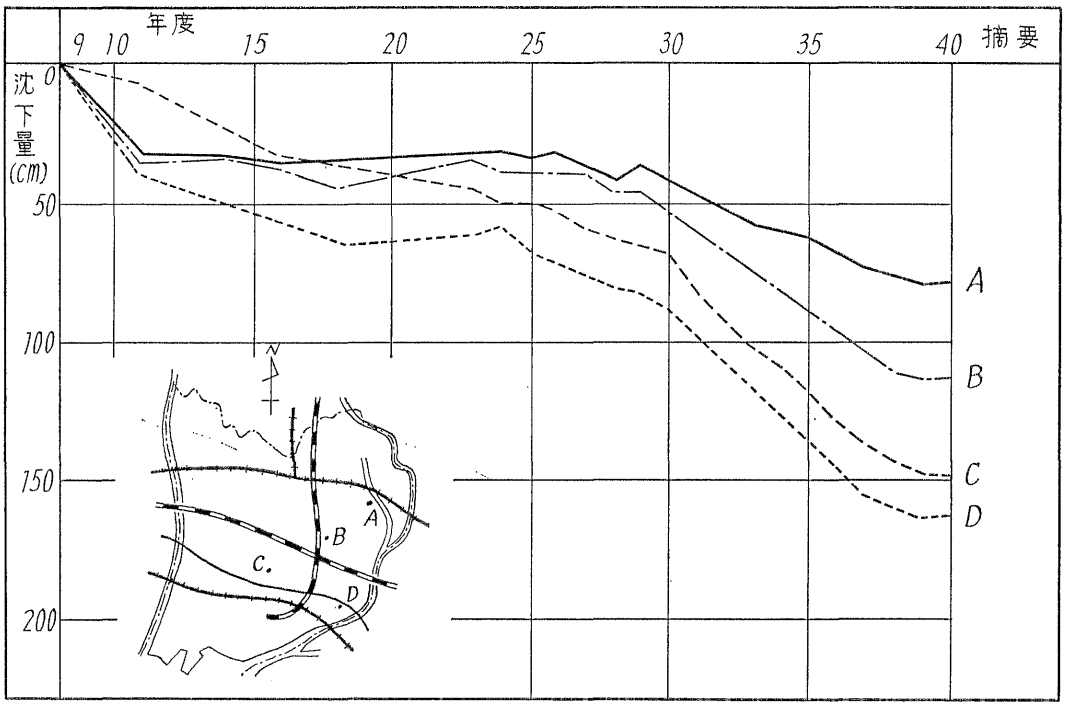
第一期の60,000mm^3/d の計画に対して，南部地区の地下水の汲上量は最大 75,000m^3/d，平均 45,000m^3/d で給水開始当初より35年頃までは可なり地盤沈下抑止に効果はあがったが，そのため工場の需要量に供給能力が追いつけず，昭和37年第二期工事の一部通水まではまた地下水の汲み上げが激しくなった。

昭和37年以降は年々工業用水道の通水量の増加に伴い，38年，39年，40年と沈下量は減少の一途をたどり，40年度の測定では殆んど沈下は停止したような状態にまでなってきた。これらを図示すれば図—4の通りである。

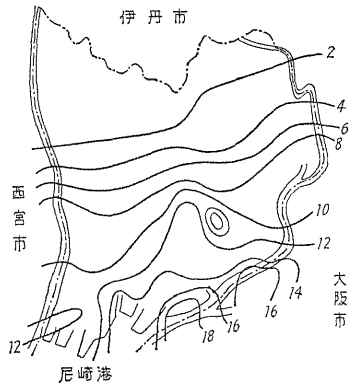
以上のように沈下防止には期待以上の効果を挙げることができたと考えられる。なお，一部地区では依然として地下水を汲み上げ中であるが，昭和42年夏に通水を予定されている第三期拡張工事の通水により，地下水転換が行なわれ，更に沈下は減少するものと考えられる。一部区域の測定結果では汲み上げ停止による地盤の隆起の結果があらわれている。これは全地域的に考えたとき，どこまで復元するか興味ある問題である。

また，地下水は広域的に関係するので，尼崎

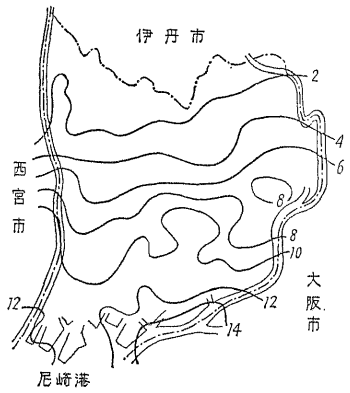
図—4　地盤沈下経年変化図



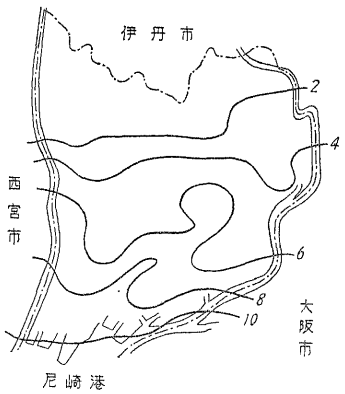
図—4—1　昭和36年11月測定年間沈下量



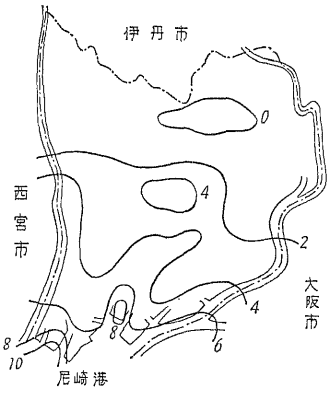
図—4—2　昭和37年測定年間沈下量



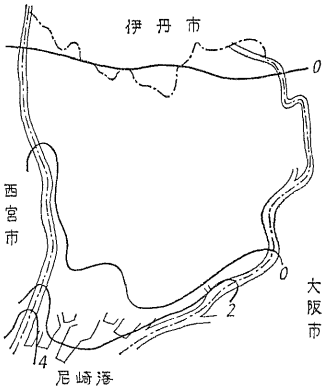
図—4—3　昭和38年測定年間沈下量



図—4—4　昭和39年測定年間沈下量



図—4—5　昭和40年測定年間沈下量



市の小区域だけで沈下対策を考えるべきでないという考え方がその後強くなり，広域的地盤沈下防止対策として，尼崎の周辺の大阪市，伊丹市，西宮市もそれぞれ相協調して工業用水道の整備に邁進している。これらが完成した暁には完全に沈下はなくなり，50万市民の生命，財産の恐威から完全に脱却することができ，多年のなやみもここに終息をつげることも目捷にせまってきた。これは地元各工場の絶大なる協力によるところが非常に大きく，感謝すると共に市当局としても，転換後の工業用水道の整備に一層の努力を払うべきである。

7. 工業用水等の配水管の布設状況

上水道配水管については，400数10㎞に及んでいるが，従来の鉛ジョイント方式のものと現在のメカニカルジョイント方式のものとが入り混っているのでいましばらくおくとして，工業用水道が布設された当時の昭和31年頃，即ち沈下がなお盛んに続いていた頃より，現在殆んど停止の状態に至る約10年間の50㎝程度沈下したメカニカルジョイントの成績を振返ってみる。

現在工業用水道の布設状況は径100㎜～1,350㎜まで約43㎞あるが，36㎞余の84%は鋳鉄管で，16%はその他の管種である。鋳鉄管の全部はメカニカルジョイントで，材質は一部ＦＣを含んでいるほかは全部ＦＣＤである。

メカニカルジョイントの特長は，従来の管では期待することのできなかった可撓性の非常にすぐれた点である。軟弱地盤といわれる所にこそ，この種の継手の管を選ぶべきである。

地盤の沈下に伴い水道管も沈下しているが，大きな地盤の沈下に対して地域的には沈下差は大きく，極部的には地盤沈下による不等沈下は起っていないものと考えられる。但し，長尺の基礎杭とか，深井戸のケーシング等と関連した配管においては相体的な不等の沈下はまぬがれない。このため一般的に布設された水道管にお

いては，これによる事故は聞かない。また，事故に至らなくとも地下漏水においてもまた然りで，これを立証するものは，その有収率が99%以上もあることでも判る。但し，FCの小口径管において折損したことがあるが，これは沈下であるかどうかは疑問である。たぶん埋め戻し時に天秤状に埋め戻されたものが後になって大きく力のかかる状態になって折損したものと考えている。

軟弱地盤の管布設に対しては，基礎工法を施した後管を設置するのが原則で，従来からこの工法が採用されているが，撓み性ジョィントができて以来，ある程度の沈下は許すという考え方にかわりつつある。それではどんな所でも基礎工法なしかといえばやはり限度がある。メカニカルジョイントといえども口径に応じ漏水しない許容限界がある。一般的に道路等に布設する場合は，殆んど無基礎で施工している。但し，特殊な個所においては，この許容限界を越すことが考えられるので，やはり基礎工法を採用すべきである。コンクリートの巻立は管肉を節減することには大いに役立つが，基礎工法として考えるときは余り経済的な工法とはいえない。

現在も管布設の途中にバルブ等のフランジ部か挿入されるが，このフランジ継手は一種の剛結的な継手であって，管軸の僅かな変位に対して，大きなモーメントが生じている筈である。筆者も過去においてこれらの苦い経験を得てきたので，特に注意しておきたい。このモーメントを生ぜしめないように，実際工法上においてこの撓み性継手を十分活用することが，沈下に対しても，また耐震的にも，絶対必要な処置だと考えている。鋼管の布設において，途中にエキスパンションジョィントを入れたが，フランジ継手部の近くにこの事を考えなかったため，大きな事故の生じたことも聞いている。管布設技術者は漏水に対する注意は一般的によく注意を払われているが，管の一部に大きな応力の発生することに対する注意をとかく忘れ勝ちである。最近のようにメカニカルジョイント管であれば，沈下や耐震的にも安全であるという考え方がある反面，一部フランジ継手部に対して手当することを忘れ勝ちなことは誠になげかわしい。

尼崎の地盤沈下地帯においても，このような考え方で管を布設しているので，前述のように特に大きな事故はない。但し，水管橋で一般橋梁の橋台部等に架設布設されている場合は，管の支持強度が異なるために，尼崎市でも不等沈下を起こしている。こんな部分は特に注意すると共に，別な対策を考えるべきである。当市でも抜け出しが生じ，一部取合せ部分を布設替した経験がある。また伸縮管が外れそうになったこともある。これらはすべて尼崎の地盤沈下に起因するものではなく，施工に起因するものでどこでも起こり得ることである。これは管の支持強度に差のあることを考えなかったことと，埋め戻しに伴うその後の沈下によるものである。これは浄水場内における引出等の連絡管がよく事故を起す場合と同じ原因である。管の支持強度と異なる点の布設には特に注意が肝要である。筆者は導水管において，この管支持強度の差のある個所での事故で，苦い経験を得たことがある。

以上メカニカルジョィントの優利な点を活用すべきことを述べたが，これに反して不利な点はどうか。これは従来鉛ジョイントに比較すれば異形管が抜け出し易いことである。鉛ジョイントであればかなりの抜け出し力に抵抗し得られたものであるが，メカニカルジョイントでは抵抗力は期待できない。最近この点について改良案ができ，一部の事業体で既に採用されてはいるが，まだ完全に抵抗性をもったものができていることは聞かない。こういった点を除けばメカニカルジョイントは誠に理想的なジョイントと考えられる。一段と研究開発されることを望んでやまない。

以上尼崎の地盤沈下と，この地帯に布設された配水管がメカニカルジョイントを使用して如何なる状態であったかを述べたが，何かの参考になれば筆者の最も幸甚とするところである。

〔参考文献〕

1. 尼崎市史
2. パンフレット：尼崎の地盤沈下と工業用水道
3. 工業用水第58号：尼崎の地盤沈下と工業用水道　筆者

鋳鉄管協会誌第2号

昭和42年1月

■特集．1

ダクタイル・タイトン

小　目　次

1．緒　言……18
2．管の構造……18
(1) 継手構造……18
(2) 継手部寸法公差……18
(3) 管体の規格……19
(4) 異形管……19
3．ゴ　ム　輪……19
(1) 機能と構造……19
(2) 物理特性……20
4．施工方法……21
(1) 接合要領……21
(2) 配管上の注意点……22
5．性能試験の数例……23
(1) 水圧試験……23
(2) 水圧曲げ試験……23
(3) 耐外圧試験……23
6．結　論……24
付　図　タイトンジョイントダクタイル管

1．緒　　言

技術は進歩する。一たん地下にもぐれば，数十年間人目にもつかず黙々と働きつづける鋳鉄管，こんな恒久材においても変革は進みつつある。

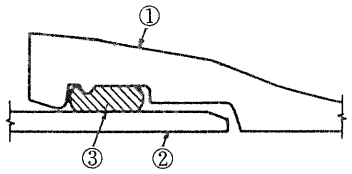
パイプの生命を支えるいくつかの重大な機能—その最も大事なものの一つは継手であろう。そして今日鋳鉄管の継手といえばなんといってもチャンピオンはメカニカルジョイントである。工事ははやく，水密性は問題ない。頭初一部で心配されたゴムの変質も全くの杞憂であったことが実証された。

そうなれば，水密性を損なわずに，さらに材料費を安く，さらに工事を速くと求めるのは理の当然。小管分野で，これに応えるものがタイトンジョイントであり，今や全世界に広く普及しつつある。この継手は経済的であるばかりでなく，重交通による振動，地盤の動きによる曲り，温度変化にともなう伸縮を無理なく吸収する特長をもった，優れた継手として推奨できるものである。

2．管の構造

(1) 継手の構造

図—1　タイトンジョイント構造図



① 受　口

管の一端には，受口がついており，その内側には，ゴムパッキングの溝に嵌合するように全周に突起が鋳出されている。

② 挿　口

管の他端は坊主端になっており，受口内に挿入し易いように，端面には勾配をもっている。

③ ゴム輪

(2) 継手部の寸法公差

受口と挿口の組合わせがどんな場合でも挿入できるようにし，かつ十分な緊密性を保たせるために，タイトンジョイントの各部寸法には印

ジョイントについて

久保田鉄工株式会社
鉄管研究部次長
宮岡　正

ろう継手，あるいはメカニカル継手よりもさらに厳しい公差が要求される。詳細は付図の中に併記してあるが，ここに主要部だけの寸法公差を示すと表—1の通りである。

(3) 管体の規格

タイトンジョイント管は，受口及び挿口の寸法が特殊であるが，その他の管体各部寸法，あるいは製造方法，品質，塗装，モルタルライニングなどは，すべてJWWA G105-1965 水道用遠心力ダクタイル鋳鉄管に適合するものである。

(4) 異形管

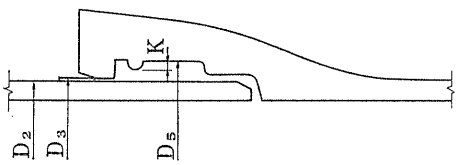
異形管類は下記規格のA型（メカニカル型）ジョイント品を使用する。

JWWA G106-1965 水道用ダクタイル鋳鉄異形管

JWWA G103-1959 水道用メカニカルジョイント鋳鉄異形管

ただし挿口端には勾配をつける。

図—2 継手部の主要寸法記号



表—1 継手主要部の寸法公差

呼び径 mm	寸法公差 mm			
	D_2	D_3	D_5	K
75	±1.5	±1.0	±1.0	+0 −0.8
100	〃	〃	〃	〃
150	〃	〃	〃	〃
200	〃	±1.3	±1.3	〃
250	〃	〃	〃	〃

＊125φは省略

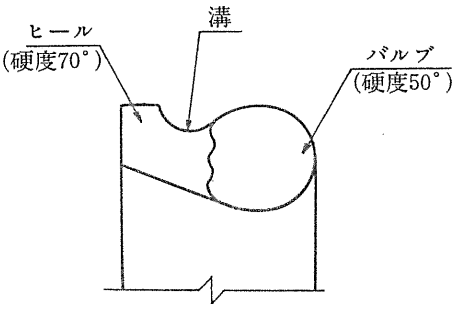
3. ゴ　ム　輪

(1) ゴム輪の機能と構造

タイトンジョイントの水密機構は，ゴム輪によって保たれる。従ってまず第一に，接合の時にゴム輪がねじれ，ころがり，ひきずり，蛇行なしに正常な位置に保持されておらねばならない。即ち形状上に工夫が必要である。第二には長年変らない優れた特性が必要である。後者については次項で述べるとして，前者即ち容易に接合でき，かつゴム輪がねじれ，ころがりなどを起さないように，受口内側に接するゴム輪外側には溝を設け，これが受口の突起と嵌合するような形状になっている。（図—3）そしてこの部分（ヒール）のゴム硬度を硬めの70°としこれを突起にひっかけて，挿口が挿入される時にゴム輪が引きずられようとする力に耐えさせるわけである。

次に，水を止めるのは丸部（バルブ）であるので，ここは高弾性とするためやわらかめの50°

図—3 ゴム輪の構造図



とし，接合された状態ではバルブの断面直径が約30%前後圧縮されることになる。ヒールとバルブは初めから一体ものとして成形加硫するので，完全に融合して剝離することはない。

ゴム輪の内側は，ヒールからバルブにかけてすりばち状の勾配がついており，面取りされた管挿口がなめらかにすべり込むような形状となっている。

(2) ゴム輪の物理特性

ゴム輪は，できるだけ老化しにくく，永久変形を生じにくいもので，そして長年月弾性を失なわないものでなければならない。その意味で特に加圧酸素加熱老化試験，圧縮歪試験，吸水試験などを課して，表—2の通りの厳しい特性を要求している。

上述のように，厳しい諸種の特性試験を行なうのは，あくまで使用条件に適した，最良品質のゴム材質を選ぼうとすることが目的であるわけだが，それでは例えば加圧酸素加熱老化試験の結果から直ちにゴム輪の寿命を算出することができるかというと，残念ながら現在の科学をもってしても，なお困難とされている。それは実際の使用条件が余りにも多くのファクターが錯そうしていて簡単でないということである。

表—2　ゴム輪の物理特性

特性			バルブ	ヒール
引張強さ（同一配合による試片）		kg/cm²	210以上	85以上
〃　（本体）		〃	200以上	—
伸び		%	450以上	275以上
カタサ		JIS Hs	50±5	70±5
加圧酸素加熱老化試験に於ける	引張強さの変化率	%	40以下	—
	伸びの変化率	%	40以下	—
	カタサの変化	JIS Hs	+5，−0	+5，−0
圧縮永久ヒズミ		%	20以下	—
吸水率		%	10以下	20以下

（註1）バルブ……NR（天然ゴム）
ヒール……SBR（スチレン・ブタジエン・ゴム）

（註2）①加圧酸素加熱老化試験（JIS K 6301）
円筒上金属容器中に試片を入れ，21.0±0.7kg/cm²の高圧酸素を封じ，これを加熱媒質中で70°C±1°Cに加熱し，96時間保持して促進老化せしめた後，取出して試験し老化前の値と比較する。

②圧縮永久ヒズミ試験（JIS K 6301）
直径28.7mm±0.57mm，厚さ12.7mm±0.13mmの円柱形試片を，クロム鍍金後研磨仕上げした2枚の鋼製圧縮板の間にはさみ，試片の両側に鋼製のスペーサーバーを置いて上下の板を締めつけて試片に圧縮を与える。（図—4参照）
この場合，試験片に与える初期歪は30%，即ちスペーサーバーの高さは8.9 mmとする。このようにクランプしたまま，70°C±1°Cの恒温槽中に22時間保持した後取出し，クランプから取外して試片の厚さを測って次式により計算する。

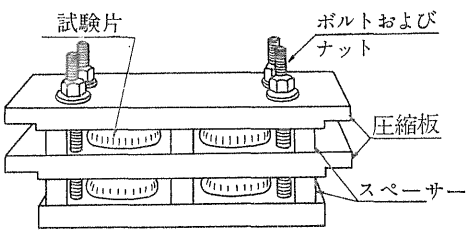
$$圧縮永久ヒズミ\ C=\frac{T_0-T_1}{T_0-T_2}\times 100(\%)$$

ただし，T_0……試片の最初の厚さ。
T_1……クランプから取外した後の試片の厚さ。
T_2……スペーサーバーの高さ，

③吸水率試験（ASTM D 471-59TA）
25×50×2mmの試片（重量W_1）を試験管中の蒸溜水に浸し，100°C±1°Cで1週間保持した後の試片重量（W_2）を測り，次式で計算する。

$$吸水率\ A=\frac{W_2-W_1}{W_1}\times 100(\%)$$

図—4　圧縮永久ヒズミ試験に於ける圧縮方法



ただ明らかなことは，一般にゴム弾性体の老化現象は，酸素，オゾン，紫外線，および熱が原因であるとされている。酸素はゴム分子中の不飽和二重結合の部分にくい入り，ゴム分子を切断する。紫外線及び熱による老化も，酸素の存在が大きく影響している。

かく考えるならば，酸素，あるいは光，熱のあまり関与しない水道管，特に地下に埋設された管のゴム輪では，老化は極めて緩慢なものとなる筈である。

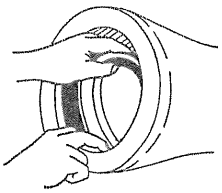
その証拠に，カンボジヤ王国のプノンペン市で水道工事を行なった際，約50年前に布設した管のゴムパッキングを取出して試験の結果，多少変形はしていたが良好な弾性を保持していた例がある。外国では100年来そのまま使用している事例もあり，メカニカルジョイントが1920年以来使用されているが，ゴムの事故は一件も聞かないと報ぜられている。わが国でもゴムジョイントが本格的に使用されはじめて約20年近くなるが，ゴムパッキングが使用に耐えなくなるような兆候はまったくない。特に最近，化学の発達のおかげで，老化の機構も解明されてきて，それに応じて老化防止剤も開発され，これらを配合したゴムの耐老化性は昔と比べ遙かに進歩したといわれる。従って厳選されたタイトンジョイントのゴム輪の寿命について危惧する必要はないと思われる。ただ老化の原因が前述の通りであるので，ゴム輪は，使用するまでは直射日光を避け，温度の上らない暗い場所に，例えばボール箱に入れたまま，あまり変形させないで保存するよう留意すべきであろう。

4. 施工方法

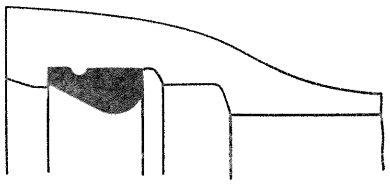
(1) 接合要領

① きれいに掃除した受口内の所定の位置にゴム輪をはめ込む。

図—5　ゴム輪の挿入



図—6　受口にゴム輪が納まった状態



② 挿口を清掃して，端から8～10cmの間の外面に滑剤を塗る。ついでゴム輪の内面にも軽く滑剤を塗る。（普通の油例えばグリースなどはゴムに悪影響するので使用しないこと。"クボソープ"など指定のものがある）。

③ 挿口端の勾配部をゴム輪内面の勾配部にあづける。ある程度曲げてセットすることも可能である。

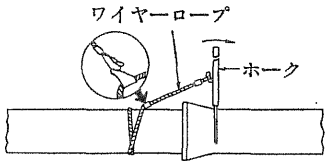
④ 75～200mm管ではホーク（図—7）を，250mm管ではジャッキ（図—8）を夫々使って挿口を受口の奥まで挿入する。

⑤ 挿口には2条の白線がつけてあり，最初

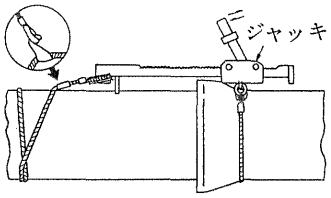
各種パイプ切断機・不断水特殊穿孔機・一般水道機材
不断水穿孔工事・水道土木工事設計施行
飯能機工株式会社
本　　社　大阪市福島区上福島中2の1　TEL（458）代9171～3
四国出張所　高松市丸の内4番地の5　TEL（21）5184

の条が受口内にかくれ，次の条だけが見えておれば，正しく接合された状態を示す。

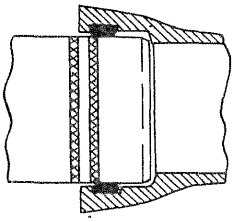
図—7　ホークを用いた挿入(75～200φ)



図—8　ジャッキを用いた挿入(250φ)

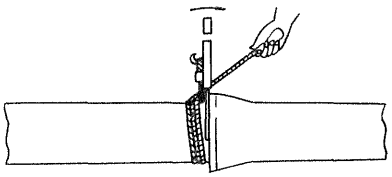


図—9　挿口の2条の線

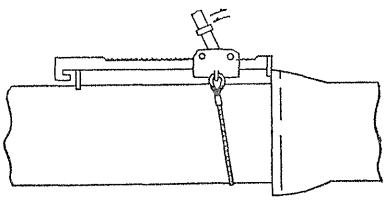


⑥　接合し直す時，あるいは配管替えなどでジョイントを分離する必要があれば，図—10，11のようにして可能である。

図—10　ホークによる分離(75～200φ)



図—11　ジャッキによる分離(250φ)



(2)　配管上の注意点

①　坂道に布設する場合は，受口を高い方に向けて低い方から配管するのが便利である。

②　曲管，帽その他必要な場所には，抜け出しを防止するため，適当な防護が必要である。

③　挿口端は勾配のため薄くなっているので，衝撃は避けるべきである。

④　切管方法はリード式あるいは四ツ刃式手動パイプカッターによるか，またはガス切断による。

⑤　切管した場合，または他の形式の管で挿口の面取りがしてない場合には，粗いヤスリまたはポータブル・グラインダーなどでテーパー（管軸に約30°）をつける。あるいは切口にテーパーをもった特殊な沓を取付けて挿入し，接合後に沓を管の内面側へ取出す方法もある。

⑥　ホークあるいはジャッキは，需要家の方で常備されてもよいし，必要であれば貸与できるようパイプメーカーに用意がある。

⑦　不幸にして万一漏水することがあってもジョイントを分解しないでそのまま外部から補修する器具も準備されている。

水道用鋳鉄異型管、押輪鉄蓋、特殊継手類一式
製造販売
《水道用鋳鉄異型管工業会々員》
Ⓚ 大阪鋳工所
大阪府河内市大字桜橋通り45　TEL06(大阪)722—1801

5. 性能試験の数例

供試管：150φ；受口内径が許容寸法内で最大挿口外径が許容寸法内で最小に近いものを組合せた。

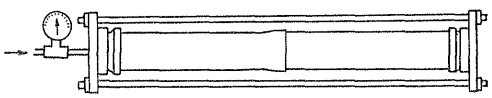
(mm)

	標準	供試管
受口内径 D_5	190.3±1.0	191.3
挿口外径 D_2	169.0±1.5	167.5
ゴム輪の厚さ	15.2	15.2
ゴム輪の圧縮代	4.6	3.3

(1) ジョイント水圧試験の一例

試験方法：2本の管を所定の方法で接合した後，両端にメカニカルジョイント形帽を施して水圧を加へた。水圧は一定時間保持した後に次の段階へ高めた。

図—12　ジョイントの水圧試験方法



試験結果：

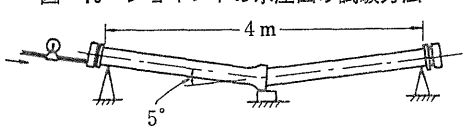
表—3　ジョイント水圧試験結果

水圧 kg/cm²	1	2	3	4	5	7.5	10	15	20	25
結果	漏洩なし	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃

(2) ジョイント水圧曲げ試験の一例

試験方法(1)：2本の管を所定の方法で接合した後，両端にメカニカルジョイント形帽を施して両端で支えた。中央のジョイントは最初から5°（撓み87㎜）曲げておき，水圧を一定時間毎に上昇せしめた。

図—13　ジョイントの水圧曲げ試験方法



試験結果(1)：

表—4　ジョイント水圧曲げ試験結果(1)

水圧 kg/cm²	1	2	3	4	5	7.5	10	15	20	25
曲げ角(度)	5	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
結果	漏洩なし	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃

試験方法(2)：図—13で，はじめに管を真直ぐに接合し，一定水圧に保ちながら曲げ角を 1°（撓み17㎜），2°（35㎜），3°(52㎜)，4°(70㎜)，5°(87㎜）と順次増大せしめた。

試験結果(2)：

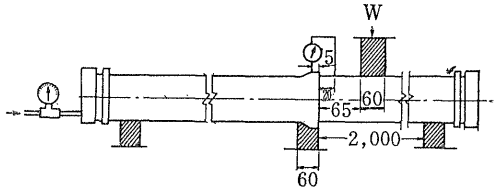
表—5　ジョイント水圧曲げ試験結果（2）

曲げ角 (度)	水圧 (kg/cm²) 1	2	3	4	5	7.5	10	15	20	25
0	漏洩なし	漏洩なし	漏洩なし	漏洩なし	漏洩なし	漏洩なし	漏洩なし	漏洩なし	漏洩なし	漏洩なし
1	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
2	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
3	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
4	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
5	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃

(3) ジョイント耐外圧試験の一例

試験方法：所定の方法で接合した管の両端にメカニカルジョイント形帽を施し，両端および受口の下側で支え，挿口上に（即ちゴムパッキングに対して偏心的に）試験機で荷重を加へたまま水圧を負荷した。

図—14　ジョイント耐外圧試験



試験結果：

表—6　ジョイント耐外圧試験結果

水　圧	ゴムパッキングの圧縮偏位		
kg/cm²	1　mm	2　mm	2.6mm※
0	漏洩なし	漏洩なし	漏洩なし
1	〃	〃	〃
2	〃	〃	〃
3	〃	〃	〃
4	〃	〃	〃
5	〃	〃	〃
7.5	〃	〃	〃
10	〃	〃	〃
15	〃	〃	〃
20	〃	〃	〃
25	〃	〃	〃

※接合部下部で挿口外面と受口のど部内面とが接触した。

6. 結　　論

管およびゴム輪の構造，接合要領，水密性能ゴム輪の材質などについて上述してきたが，結論として次の事が導かれる。

1. タイトンジョイントは材料費が安くつく。
その理由は，付属品がゴム輪1個だけであり，A形，C形より安くつき，倉庫管理費（場所，人員）も節約できることである。

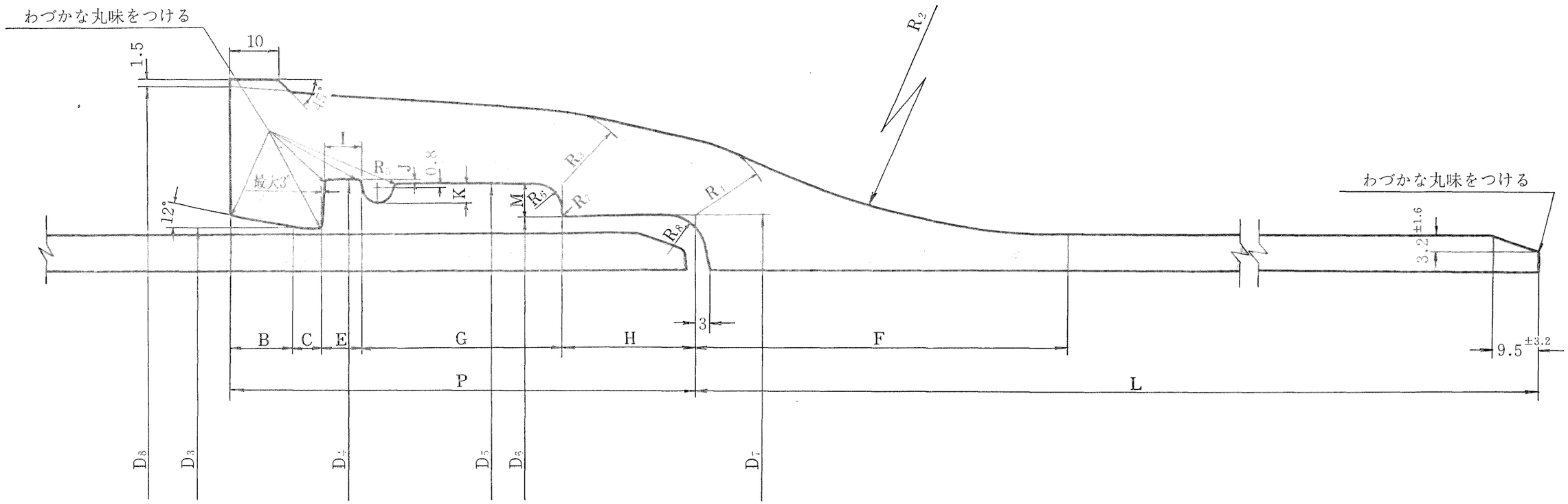
2. 工事が迅速でかつ経済的である。
ホーク（200φ以下）またはジャッキ（250φ）を使って，ゴム輪のはずれ，ねじれなしに迅速に，確実に接合できる。鉛コーキングやボルト締めの手間がはぶける。大きな会所堀りも要らない。

3. タイトンジョツトは優れた性能と耐久性を持っている。
25kg/cm²の高圧にも耐える水密性，5°までも管路を曲げられる可撓性，温度変化や地盤の動きを吸収できる伸縮性，さらには継手ごとに迷走電流を絶って電食の危険を防ぐ絶縁性など，優れた特性を持っている。
またゴム輪は厳しい仕様のもとで製作され経験的にも長年の寿命があるので，管と共に耐久性についての心配はない。

4. 最近の都市の交通事情，地盤の関係，あるいは地震などを考慮し，特に折損を避けるため，小口径のダクタイル管が完成された。これにタイトンジョイントを適用することによって，さらにその真価は高められたものと期待される。

中川の 電気防蝕
調査　設計
施工　管理
性能のすぐれた、新しいアルミニウム合金流電陽極ALAP
地中・海中鉄鋼施設
鋼　杭　埋　設　管
船　舶　関　係
港　湾　関　係
の防蝕・防錆の御相談は
無機質高濃度亜鉛塗料
ザップコード
(ニッペジンキー#1000)
無機質アルミメッキ塗料
エルコート
(資料進呈)
中川防蝕工業株式会社
本　社・東京都千代田区神田鍛冶町2の1　(252)3171(代表)
出張所・大阪　名古屋　福岡　札幌　広島　仙台　新潟

付　図　　タイトンジョイントダクタイル管



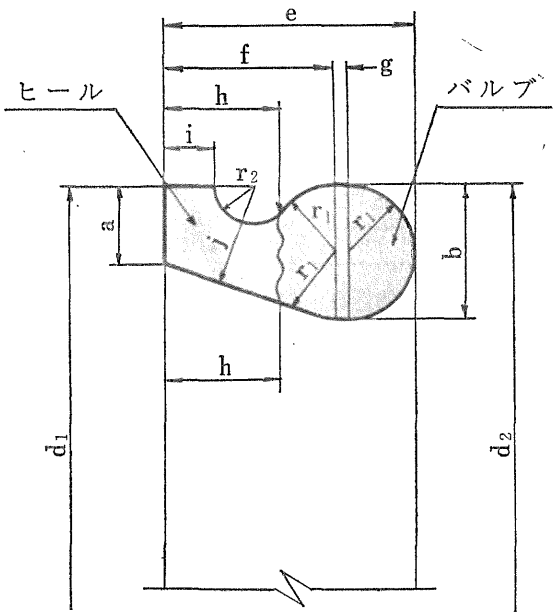
（単　位　㎜）

呼び径	管厚 T 1種	管厚 T 3種	実外径 D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	B	C	E	F	G	H	I	J	K	M	P	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	有効長	重量 (kg) 受口突部	重量 (kg) 総重量 1種	重量 (kg) 総重量 3種	呼び径
75	7.5	6.0	93.0	$95.8^{\pm1.0}$	—	$109.8^{\pm1.0}$	—	100.1	$136.0^{-2.5}$	7.5	4	4.8	67	28.2	32	4.6	0.5	2.8	5.8	76.5	150	11.0	11.0	2.0	4	1.0	5.0	4000^{-15}	3.59	61.2	50.5	75
100	7.5	6.0	118.0	$120.8^{\pm1.0}$	139.8^{Min}	$139.3^{\pm1.0}$	$124.1^{\pm2.3}$	125.4	$170.0^{-2.5}$	8.5	4	6.9	70	27.9	33	$6.4^{+0.0}_{-0.5}$	1.3^{Max} 0.0^{Min}	$3.2^{+0.0}_{-0.8}$	7.6	80.3	150	12.0	12.0	2.4	4	1.5	6.5	4000^{-15}	5.38	79.8	65.8	100
125	7.5	6.0	143.0	$145.8^{\pm1.0}$	164.8^{Min}	$164.3^{\pm1.0}$	$149.1^{\pm2.3}$	150.6	$197.0^{-2.5}$	10.0	6	6.9	72	27.9	35	$6.4^{+0.0}_{-0.5}$	1.3^{Max} 0.0^{Min}	$3.2^{+0.0}_{-0.8}$	7.6	85.8	150	13.0	13.0	2.4	4	1.5	6.5	4000^{-15}	7.26	98.6	81.1	125
150	7.5	6.0	169.0	$171.8^{\pm1.0}$	190.8^{Min}	$190.3^{\pm1.0}$	$175.1^{\pm2.3}$	176.9	$224.0^{-2.5}$	10.0	6	6.9	73	27.9	36	$6.4^{+0.0}_{-0.5}$	1.3^{Max} 0.0^{Min}	$3.2^{+0.0}_{-0.8}$	7.6	86.8	150	13.5	13.5	2.4	4	1.5	6.5	5000^{-15}	8.77	145	119	150
200	7.5	6.0	220.0	$223.0^{\pm1.3}$	243.9^{Min}	$243.6^{\pm1.3}$	$226.9^{\pm2.5}$	228.1	$279.0^{-2.5}$	11.0	6	8.1	75	37.6	31	$7.6^{+0.0}_{-0.5}$	1.3^{Max} 0.0^{Min}	$4.0^{+0.0}_{-0.8}$	8.4	93.7	150	14.0	14.0	3.2	5	1.5	8.0	5000^{-15}	12.5	191	157	200
250	7.5	6.0	271.6	$274.6^{\pm1.3}$	295.5^{Min}	$295.2^{\pm1.3}$	$278.5^{\pm2.5}$	279.7	$332.0^{-2.5}$	13.0	6	8.1	76	41.2	28	$7.6^{+0.0}_{-0.5}$	1.3^{Max} 0.0^{Min}	$4.0^{+0.0}_{-0.8}$	8.4	96.3	150	14.5	14.5	3.2	5	1.5	8.0	5000^{-15}	15.9	238	195	250

（註）(1)　挿口外径の許容差は±1.5㎜である。
ただし，この許容差のおよぶ範囲は挿口端面から 180 ㎜以内とする。

(2)　200φでは円周長から計算した挿口外径が218.5㎜以上あれば，単軸直径は217.5㎜まで許容される。
250φでは円周長から計算した挿口外径が 270.1 ㎜以上あれば，単軸直径は 269.1 ㎜まで許容される。

(3)　受口各部厚さの許容差は75φ～200φで－1.3㎜，250φで－1.5㎜である。



ゴ　ム　輪

（単　位　㎜）

呼び径	ゴム輪寸法											
	d_1	d_2	a	b	e	f	g	h	i	j	r_1	r_2
75	$112.1^{+1.5}_{-1.3}$	$112.1^{\pm1.3}$	$6.4^{\pm0.3}$	$12.8^{\pm0.3}$	$21.6^{\pm0.8}$	15.2	—	$10.2^{\pm1.3}$	$3.8^{\pm0.3}$	—	6.4	2.8
100	$141.9^{\pm1.5}$	$141.9^{\pm1.5}$	$7.9^{\pm0.3}$	$15.2^{\pm0.3}$	$25.4^{\pm0.8}$	17.8	—	$12.7^{\pm2.5}$	$5.1^{\pm0.3}$	5.8^{Min}	7.6	$3.7^{\pm0.5}$
125	$167.1^{\pm1.5}$	$167.1^{\pm1.5}$	$7.9^{\pm0.3}$	$15.2^{\pm0.3}$	$25.4^{\pm0.8}$	17.8	—	$12.7^{\pm2.5}$	$5.1^{\pm0.3}$	5.8^{Min}	7.6	$3.7^{\pm0.3}$
150	$193.4^{\pm2.0}$	$193.4^{\pm2.0}$	$7.9^{\pm0.3}$	$15.2^{\pm0.3}$	$25.4^{\pm0.8}$	17.8	—	$12.7^{\pm2.5}$	$5.1^{\pm0.3}$	5.8^{Min}	7.6	$3.7^{\pm0.5}$
200	$247.9^{\pm2.5}$	$247.9^{\pm2.5}$	$10.4^{\pm0.3}$	$18.0^{\pm0.3}$	$30.7^{\pm0.8}$	21.7	—	$15.2^{\pm2.5}$	$6.4^{\pm0.3}$	7.4^{Min}	9.0	$4.9^{\pm0.5}$
250	$300.0^{\pm3.0}$	$300.0^{\pm3.0}$	$10.4^{\pm0.3}$	$18.0^{\pm0.3}$	$33.0^{\pm0.8}$	22.4	1.6	$15.2^{\pm2.5}$	$6.4^{\pm0.3}$	7.4^{Min}	9.0	$5.1^{\pm0.5}$

鋳鉄異形管
60年の経験と
信用を誇る

TK

営業品目

高級鋳鉄管用
メカニカル・ジョイント型管用
特殊管・短尺直管
石綿セメント管用
ジョイント・サドル金物類

日本水道協会契約工場

株式会社 熊城鋳造所

本社　大阪市西成区千本通5丁目23番地 / 八尾・工場　大阪府八尾市南木ノ本660番地　TEL八尾(2)代表0581

■特集．2

鋳鉄管のモルタル

小　目　次

1．概　説……26
2．モルタルライニングの施工……26
3．遠心力モルタルライニングの基礎的性質…28
4．モルタルライニング管の強さ……31
5．ライニングの通水による影響とシールコート……31
6．モルタルライニング管の耐久性……35
7．結　言……37

1．概　説

今日，鋳鉄管のほとんどが，その内面にモルタルライニングを施した，いわゆるモルタルライニング管であることは周知の通りである。元来鋳鉄管は耐食性に優れ，極めて長年月の耐久性を持つことは，従来の実験室的な，多くの防食試験結果を議論するまでもなく，厳然たる事実であり，内外の幾多の過去の実績が証明している通りである。この意味から裸管あるいは従来のコールタール塗装管でも，水道管としての本来の使命を果すのに十分な耐用性があるということができる。

しかしながら水質にもよるが，往々にして長期間の間に管の内面に錆コブが生成し，徐々に流過口径を減少し，ときには赤水に悩まされることがある。このような事実は合理的な管路の設計を阻み，且つ水質にも悪影響を与えることになる。この対策として実施されたのがモルタルライニングであり，この方法が米国で始めて行なわれたのが1922年といわれている。

今日米国のライニング規格 ASA—A21，4—1964が制定されるまで，その品質を改良するために幾多の研究が行なわれ，製造法も遠心力法が開発されて以来，格段の進歩がなされてきた。わが国でも戦前よりその実用化の努力がなされてきたが，1958年 JISA 5314 "水道用鋳鉄管のモルタルライニング方法" が制定されるに及び急速に普及されるに至った。その間，鋳鉄管の材質も従来の高級鋳鉄管からダクタイル鋳鉄管に移行し，日本水道協会規格 JWWA G 105 "水道用遠心力ダクタイル鋳鉄管" が制定せられ，管体強度においても大きな飛躍を遂げたが内面ライニングも前記 JIS 規格を準用し，名実共に強くて錆ない鉄管として，更めて斯界の注目を集めているといって過言ではないであろう。

一方モルタルライニング管が普及するにつれて，水質への影響，ライニング表面の変化あるいはライニングの強さ等について，種々検討されてきている。

実際の事例を中心に，本稿では主として直管を対象に遠心力モルタルライニングについての概要を述べ，あわせて若干の疑問点について述べて見たい。

なお，現在日本水道協会においてモルタルライニング規格の改定案について審議中であるが本稿では差支えない範囲で改定草案に準拠して述べることとした。

2．モルタルライニングの施工

鋳鉄直管の製造は両フランヂ管等の特殊なも

ライニングについて

株式会社 栗本鉄工所
鉄管技術部長
川崎博治

のを除き，殆んど遠心力鋳造法によって製造されている。ダクタイル管は鋳造後，焼鈍炉で数時間熱処理されてダクタイル特有の強靱な材質となり，その後の工程で清掃，機械加工が施され，その間数次の検査過程を経てダクタイル原管となる。次いで一部の塗装管を除き大部分の管はライニング工場に送られてモルタルライニングが施されて製品となる。

現在では口径75㎜管から2,400㎜管の超大口径管までライニングが可能であり，ガス管等特殊用途を除き，殆んどがライニング管であるといっても過言ではない。以下ライニングの施工法について概略を述べて見たいと思う。

(1) 原管の準備

直管のモルタルライニングは専ら遠心力法によって管を回転させて行なわれるので，原管の製造に当っては真円度に十分な注意が払われねばならず，また管軸方向の曲りも最少限度に管理されねばならない。

施工に当って管は極めて高速に回転されるので，実際には更に管の外面にタイヤを装着して施工するのが普通である。概してセメントモルタルは鉄面には密着が良く，特に遠心力管特有の内面鋳肌は密着性を助長するのに好都合であるので特に内面を平滑に研磨する必要はない。勿論熱処理による酸化スチール等の浮鋳は十分除去する必要があり，その他油脂，土，砂等の附着物は入念に清掃されねばならない。

(2) モルタルの材料

セメント……セメントは特に指定のない限りJIS R 5210ポルトランドセメント，またはJIS R 5213フライアッシュセメントA種，あるいはB種を使用する。

細骨材……細骨材は清浄，強硬，耐久的でどみ，どろ，有機不純物等の有害量を含まないもので，粘度はモルタル規定厚さの½程度のふるいを95%以上通過するもので且つ微粒の少ないものでなければならない。

水……水は油，酸，アルカリ，有機物などモルタルの品質に影響を及ぼす物質の有害量を含まないこと。

モルタル……モルタルは上記材料を十分に練り混ぜて作るが，作業性を害しない程度で，できるだけ少量の水を使用する。セメント，砂の配合の標準は1：1.5～2.2（重量比）とする。

(3) ライニングと蒸気養生

ライニングは遠心力法によって行ない，厚さ及び質が均一でひびわれ，はがれ等の欠点が生じないように作業基準に従い十分注意して行なう。

ライニングを施した管は蒸気養生を行なうが，温度の上昇は徐々に行ない，養生温度は35°～55℃，養生時間は3時間以上とする。養生後は室外温度まで除々に温度を下げねばならない。

(4) 散水養生とシールコート

蒸気養生後，口径250㎜以下の管は7日間，300～600㎜の管は10日間，700㎜以上の管は14日間散水して湿潤状態を保つことを原則と

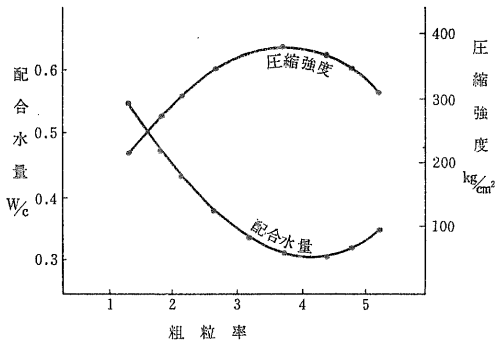
する。但しシールコートを施工する場合は散水養生日数は大巾に短縮できる。（シールコートについては後章において詳述する。）

以上モルタルライニングの施工の大要について述べたが，実際は管種は勿論気象条件等も考慮し，作業基準に従って施工するが，かなりの熟練を要する。またライニング後の取扱いには特に撓み，衝撃等をできるだけ与えないよう細心の注意と工夫が必要である。表—1にライニングの規定厚さを示す。

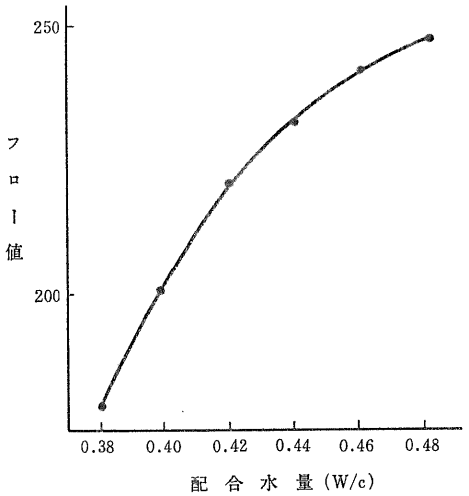
表—1　ライニング厚さの規定

呼び径 (mm)	ライニング厚さ (mm)	関連規格
250以下	4	JIS A 5314
300～ 600	6	
700～ 900	8	
1,000～1,200	10	JWWA G 105
1,350～1,500	12	
1,600～1,800	15	日本鋳鉄管協会規格
2,000～2,200	17	

図—1　モルタルの配合水量(W/C),砂の粒度と圧縮強度の関係
（フロー値を190としセメント：砂＝1：2の場合）



図—2　配合水量とフロー値の関係



3. 遠心力ライニングの基礎的性質

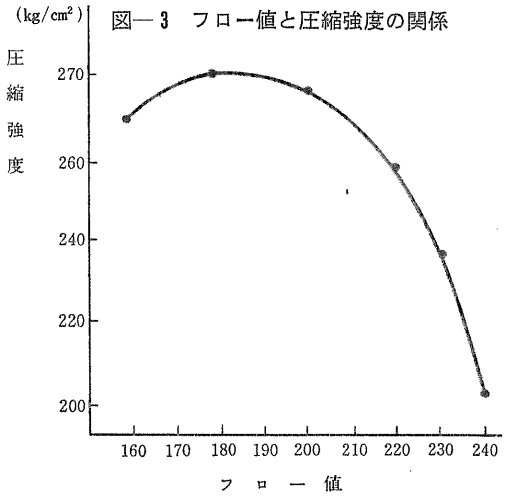
品質の良いモルタルライニング管はライニングができるだけ均質で適当な強度を有し，かつ鉄管の内面に良く密着して，剝離，亀裂のないものでなければならない。このためにはまずモルタルの配合と強度の関係が明らかにされねばならない。次に実験結果を図によって説明する。図—1はモルタルの配合水量，砂の粒度と圧縮強度の関係を示すもので，配合水量の少ない方が一般に圧縮強度が大きく，砂の粒度は粗粒率で3～4位が適当な事を示す。

図—2は配合水量とフロー値，図—3はフロー値と圧縮強度の関係を示す。図—2から配合水量が増せばフロー値は高くなり，図—3から最高の圧縮強度はフロー値のある範囲内にあることを示している。一般に管種にもよるが作業性の点も考慮してフロー値200前後が，結果が良いようである。

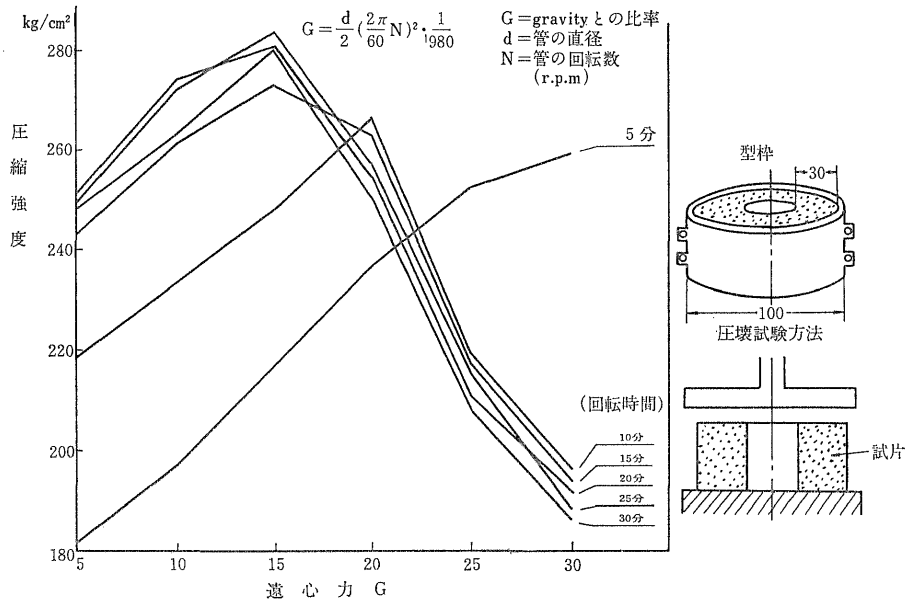
図—4は遠心力と回転時間と圧縮強度の関係を示す。

図に示したように円筒型枠の内面に，遠心力回転時間等を変えてライニングを行ない，養生後脱型して圧縮強度を測定した。この結果から遠心力ライニングには配合によって差異はある

図—3　フロー値と圧縮強度の関係



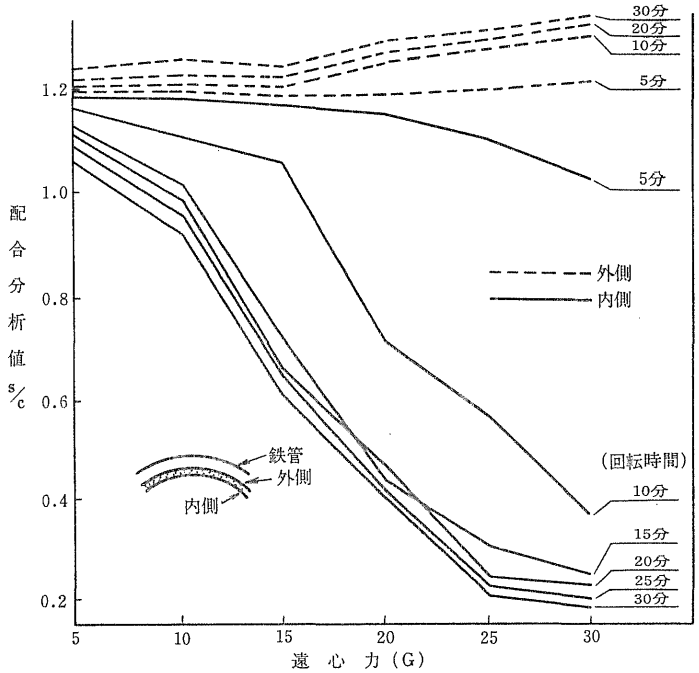
図—4　遠心力と回転時間と圧縮強度の関係　（配合1：1.2：0.4）



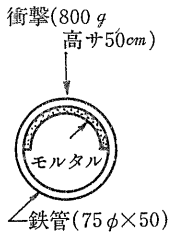
が，一般にモルタルの強度が最大になるような適当な遠心力，回転時間を見出すことができる。このような現象の原因は，遠心力のためにセメントと砂が分離する傾向にあるためと思う。図—5は遠心ライニングを行なったモルタル層の配合分析の結果を示したものである。

図—5から，遠心力が高くなる程内面層にセメントが多くなり，外側の鉄管肌に近い部分に砂が分離し集中する傾向がある。勿論フロー値の程度にもよるが均質なライニングを得るためには高度な遠心力が必要なことを示す。

図—5　遠心力回転時間とモルタル部の配合分析値との関係
（配合1：1.2：0.40）

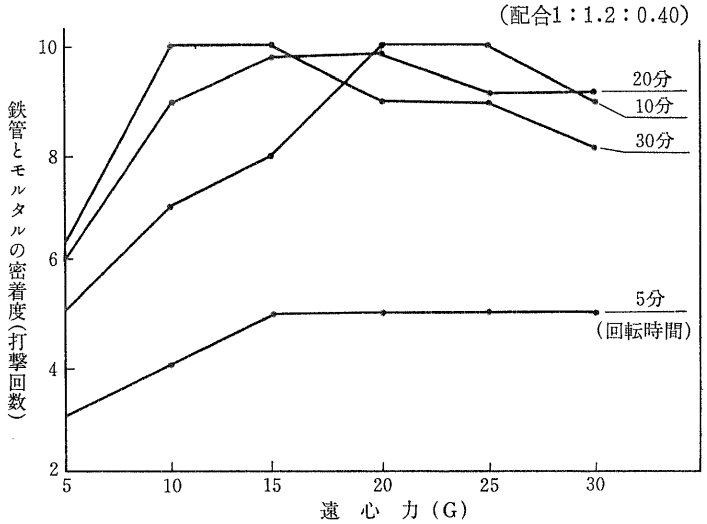


図—6は，遠心力回転時間と鉄管モルタルの密着度の関係を示す。実験は口径75㎜の鋳鉄管の内面にライニングしたものを，図のように下半分を切り取り，養生したものを試験片とし，重さ800ｇの重錘を50㎝の高さから落下させて衝撃を与え，剝落するまでの回数をテストしたものである。この結果によると10分間以上の回転では，遠心力による密着度の差異はそれ程大きくはないが，前述と同様高遠心力では僅かではあるが密着に多少影響するようである。

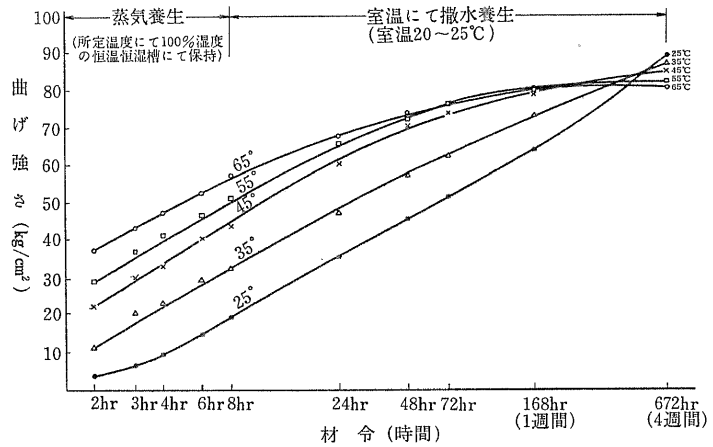


モルタルライニング管はライ

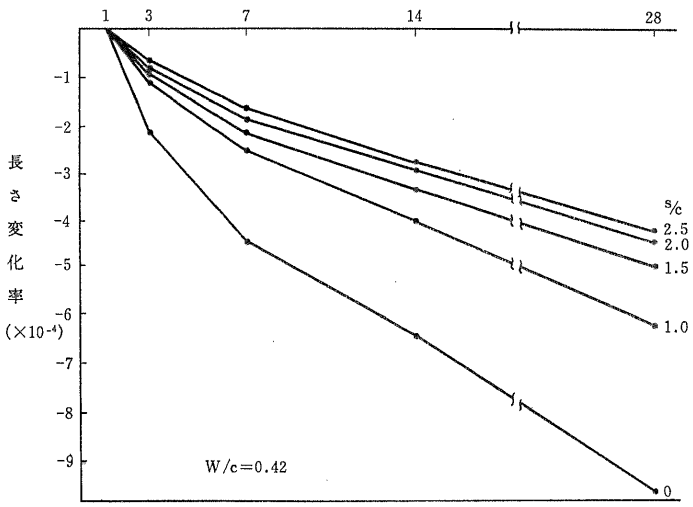
図—6　遠心力回転時間と鉄管モルタルの密着度の関係
（配合1：1.2：0.40）



図—7　蒸気養生温度と曲げ強さとの関係



図—8　砂配合比と収縮の関係　（W/C=0.42—定）



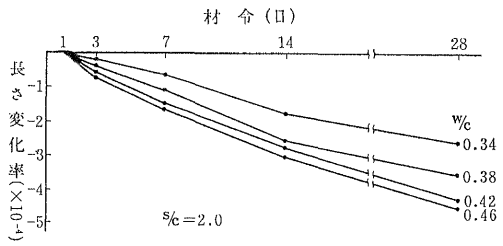
ニング施工後，管を移動することが多いので初期強度が大きいことが望まれ，このため最も効果のある蒸気養生が一般に行なわれる。この場合養生温度と時間が問題になる。実験の一例を図—7に示す。

蒸気養生の際適正な温度，時間を決定することは種々の観点から見た場合異なった結論が導き出され，非常に難かしい問題である。ライニング初期の取扱いの可能性，及び標準養生の材令28日の強度，あるいは冬期におけるめくれ，ヘアークラックの発生影響や凍結の害をうけない最低限の強度の確保など，いろいろな立場や種々の実験，文献などから，総合的にみて養生温度35～55℃で養生時間3時間以上が合理的であると考えられる。

モルタルライニングでさらに重要なのは，鉄管とモルタルの密着，ヘアークラックの発生に影響を及ぼす養生過程の収縮の問題である。この収縮についてセメント，水比を一定にした場合と，セメント，砂比を一定した場合について砂及び配合水の影響をみるとそれぞれ図—8及び図—9のようになる。

即ち，砂の配合の多い程，また配合水量が少ない程収縮は小さくなる。なお砂の配合のないセメントのみの時はモルタルの場合の2倍以上の収縮となる。

図—9　配合水比と収縮の関係
(S/C=2.0一定)



4. モルタルライニング管の強さ

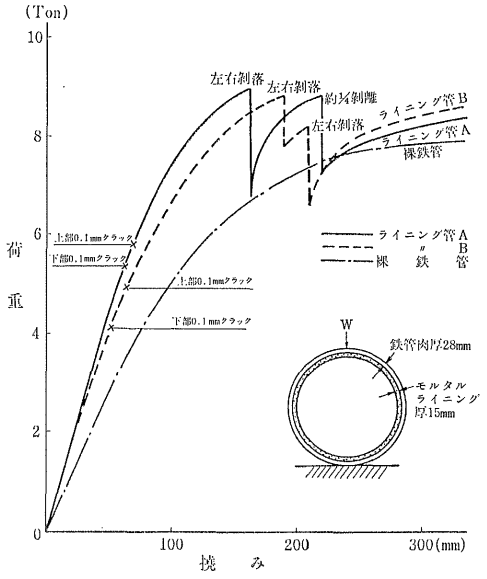
ライニング鋳鉄管の本来の目的とする防食効果を長期に持続するためには，いつまでもライニングが健全でなければならない。しかし，埋設管は常に土圧ならびに車輛による路面活荷重等により外圧撓みを受けて変形するものと考えられる。この点ダクタイル鋳鉄管は管圧の決定に当って内圧は勿論のこと，外圧荷重に対しても非常に苛酷な条件下で設計されているので，その外圧性能は十分な安全性を持ち，信頼するに足るものである。しかし，内面のライニングはモルタルの本質上抗張力に乏しく，そのために衝撃，撓み等に対する安全性にある程度の限界があることはやむを得ないことである。

図—10は，最も撓みが大きいであろうと思われる口径2,200㎜ダクタイル管のへん平試験結果の一例で，モルタルの外荷重によるクラックの発生状態，及び剝離状態を示す。参考のために同じ肉厚の裸鉄管の荷重—撓み曲線を併記した。

この例では，0.1㎜程度のヘアークラックが鉄管撓み約60㎜前後から現われ，撓み約150㎜以上でモルタルの一部が剝離している。以前，東京都で行なわれた口径2,200㎜管の現地埋設実験では，土被り約2.5mで管体の垂直方向撓みの実測値が8～9㎜であり，またトラック衝撃荷重による実測撓みも数㎜以下の極めて僅かであることからしても，ライニング管が地下埋設の状態で外部荷重によってクラックを生ずることは考えられず，極めて安全であるということができる。

しかし，管の運搬時あるいは埋設時の取扱い方等により過大な荷重，または衝撃が加われればクラックが発生し，場合によって肌離れが生ずる事もあり得るが，一般にライニングが剝離することは少なく，軽微なものはそのままでも十分実用性があるものと思う。

図—10　2,200φダクタイル管へん平試験



なお，この点に関して，密着性，衝撃性等について後に述べることにする。

またダクタイル管厚計算式では普通ライニングの補強効果は考慮していないが，理論的にもまた多くの実験結果からも，かなりの補強効果を期待することができ，規定厚さのモルタルライニングを施した場合，管の応力は10～20%減少し，撓みも20～30%減少する。

図—10でライニング管と裸管との撓み曲線の差異からもこれを見ることができる。

5. ライニングの通水による影響とシールコート

モルタルライニング管は通水後，水質あるいは流速等にもよるが，ライニング表面に多少の軟化層が見られ，且つ通水当初のある期間，水質にかなりのPHの上昇が認められ，従って水の硬度も高くなる現象がある。

PHの上昇については，従来敷設後通水して3～4カ月位経過すれば減少してPH9位となり以後暫次減少してくるのが普通であり，またライニング管が敷設替え等のため掘上げられた場合，往々にしてライニング表面に茶褐色の変化

表—2　ライニング表面茶褐色の保護膜分析結果

ig. loss	insol+Sio	AlO_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Mn_3O_4	Total
19.7 %	17.5 %	3.2 %	118 %	3.2 %	0.3 %	0 %	50.7 %	106.7 %

表—3　一年間通水によるライニング表面の変化

PH / 経過月	6.8	6	5	4
1ケ月	モルタル表面のレイタンスのむらが一杯になった。	モルタル表面のむらがなくなる。	モルタル表面のむらがなくなり色がやや変ってきた感じ。	極く薄い茶褐色の色がつき始めた。
3ケ月	表面ペースト部のCaOの溶出が進行した感じ。	表面CaOの溶出が進行した感じ。	はっきりとモルタルの表面に均一に茶褐色がみられる。	茶褐色が更に一層はっきりとしてきて落着いてきた感じ。
6ケ月	CaOの溶出が限界にきて落着いてきた感じ。	やや着色がかっているがCaOの溶出は落着いた感じ。	着色度合は殆んど前回と同様である。	着色がやや増した感じである。
9ケ月	薄く茶色がかってきた感じ。	着色度合はやや増した感じ。	着色度合の変化は感じられない。	着色度合は落着いてきた感じ。
12ケ月	10ケ月（着色がやや増した感じ）と変らず。	9カ月と変らず	6カ月～9カ月と変らず。	6カ月～9カ月と変らず。

層を見ることがある。これらの現象について現在までの実例あるいは文献等によれば，その原因はライニングのモルタル中に存在する未反応のカルシウムが通水によって水中に溶出し，その結果水のPHが上昇し，また表面が軟化する傾向を示すものと考えられている。

また一方においては，水中に含まれるマグネシウム，鉄，マンガン等のイオンがライニング表面に沈着して茶褐色の被膜を形成し，これが一種の保護膜となってカルシウムの溶出は次第に少なくなり，遂には平衡状態に達するものと考えられる。普通Layerと呼ばれるこの軟化層についてJournal of American Water Works Association. Nov 1958. Journal of American Concrete Institute. Feb 1958等の文献によれば，通水後20～30年を経たものでもその厚さは2㎜程度と報告されている事からしても上述の考え方に大きな間違いはないものと思う。

昨年わが国のある都市で採取したLayerの分析結果を表—2に示す。

表—2に見られるようにマンガンが特に沈着し易いようで，黒褐色はこのためと思う。

Layerの沈着状況を実験室で確めるために，1カ年観察した結果の要約を表—3に示す。この実験では水道水のPHを6.8，6.0，5.0，4.0になるよう塩素水で調節してPHの影響もテストした。試験管は100φ×100㎜の切管にライニングを行ない，40℃5時間の蒸気養生を行なった後，80日間放置したものを使用し，通水は毎日8時間で1年間継続して行なった。

このテストの結果からPH6.8の標準水道水でも茶褐色の着色膜が見られたが，一般に通水のPHが低い程色も濃く厚くなる傾向がある。また6～9カ月以後ではモルタル表面の変化の進行は殆んど認められず，次第に安定した状態になってきたものと推定できる。本実験でのモルタル厚みの変化を測定した結果を参考のため表—4に示す。

上記のようにモルタル表面の軟化現象もさほど心配はないと考えられるが，この現象の過程におけるカルシウムの溶出はPHの異状な上昇をきたし，特に遊離炭酸の多い水質にあっては問題もあるので，この対策として米国では早く

表—4　一年後のモルタルの厚みの変化

モルタル厚㎜ / PH	通水前	通水後	変化厚
6.8	3.75	3.57	0.18
6.0	4.15	3.95	0.20
5.0	3.82	3.58	0.24
4.0	3.63	3.24	0.39

から研究され，ライニング表面に適当なシールコートを施工することにより通水当初よりPHの上昇を防止し，あわせてライニング表面の保護を兼ねることがわかり，今日広く実用されている。

図—11は，水のPH測定によりシールコートがカルシウム等の溶出を阻止する効果を確かめるために行なった実験結果の一例である。試験方法は2本の口径150㎜管を採り，1本は散水養生を施し，他の1本にはシールコートを施行して300㎜の長さに切断したものを供試管とした。

これに水を湛水し，一昼夜静置後PHを測定し，水は毎日入れ替えて行なったものである。

この結果からシールコートを施したものは，当初からPHの変化は殆んど見られない。

図—12は米国における実験結果の一例で，シールコートを施したライニング管と，施してないものについて，数年間にわたる長期湛水試験における溶解固形分の変化を示したものである。

上述のようにシールコートはモルタル中のカルシウム等の溶出を防ぐ効果も大きく，さらに重要なことはモルタルの硬化に必要な水分の蒸発揮撒を抑制し，養生を助成する効果があることである。

図—13，図—14はシールコートの養生効果をモルタルの曲げ強度，圧縮強度について行なったものの一例である。

上記実験結果，あるいはその他の実験から，一般にシールコート養生は，完全な水中養生に比較すると幾分強度は劣るが，空中放置に比較すればかなり良好な成績を示すものと考えられる。従ってシールコート塗装管は従来の管置場での散水養生と同様な養生効果が期待できるわけである。

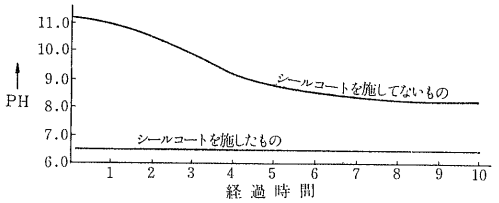
シールコートがその本来の目的を果すためには，

(1) 温潤状態のライニング面に密着性の良い事
(2) 湿気の透過ができるだけ少ない事
(3) 石灰その他可溶成分の透過が少ない事
(4) 水質に悪影響を与えない事
(5) 通水によって塗膜が劣化したり剝離しない事

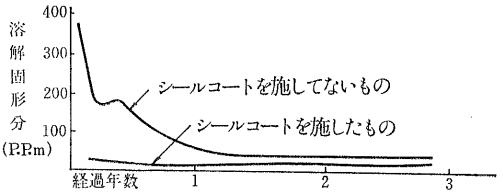
等の要求が満足されねばならないが，現在のところ表—5に示す塗料が適当であるとの結論を得ている。

アスファルト系の瀝青質シールコートは米国でも広く使用され，わが国でも従来使用されているが，更に塩化ビニール・塩化ビニデン共重合物，塩化ビニール・酢酸ビニール共重合物等の樹脂系塗料も性能的に優れていることが確認

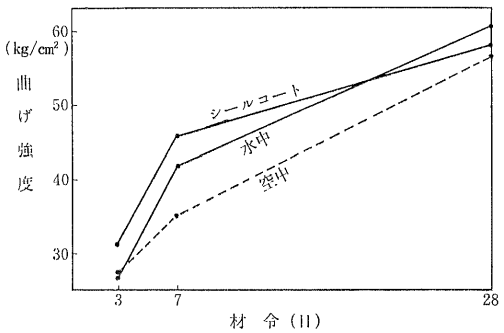
図—11 長期湛水試験に於ける pH の変化



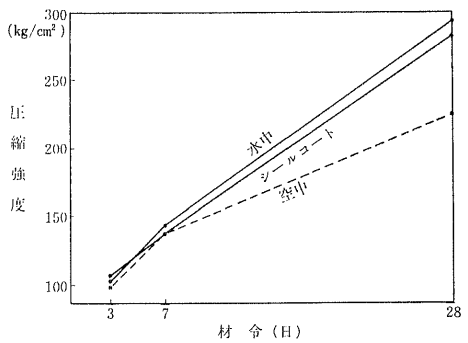
図—12 長期湛水試験に於ける溶解固形分の変化
(Jour AWWA. 47 Dec. 1955)



図—13 シールコートの養生効果（曲げ強度）



図—14 シールコートの養生効果（圧縮強度）



註）日本道路会議資料　板倉，菅原 S.28.11.

されているので，これらも今後使用されるものと思う。

シールコートの水質に与える影響も，水質試験の結果過マンガン酸カリ消費量がわずかに増加しているが上水道の水質基準内に入っており何ら問題はない。表—6に水質試験結果の一例を示す。

わが国ではシールコートについては未だ規格化されていないが，以前から一部の地区で実用されてかなりの実績もあり，種々解明されてき

表—5　シールコート用塗料の組成と諸性質

	Greggs' Seal Coat	US. Pipe Cure Seal	瀝青質系シールコート	塩ビ，塩化ビニリデン共重合物乳液	塩ビ，酢ビ共重合物溶液
通称	——	——	シールコート	サランラテックス	カネビラック シンエッラック
主成分	アスファルト	アスファルト	アスファルト	塩ビ，塩化ビニリデン共重合物	塩ビ，酢ビ共重合物
補助成分	?	?	合成樹脂重合油	可塑剤	——
溶剤	石油溶剤	石油溶剤	トルオール	水	トルオール，酢ブチ
灰分	0	0	0	0	0
粘度 Fordcap #4	68秒	72秒	60秒	20秒	150秒
固形分	53%	58%	～50%	～50%	～30%
乾燥時間	140分	60分	30分	20分	15分
耐エフロレッセンス	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし

表—6　各種シールコート水質試験　　(大阪市立衛生研究所)

試料	項目	濁度 ppm	臭味	PH	NH_3-N	NO_2-N	NO_3-N	Cl^- ppm	SO_4^-	KM_nO_4 消費量 ppm	Fe ppm	蒸発残留物 ppm	硬度 ppm	残留塩素 ppm
瀝青質	対照水	0	異常なし	6.7	僅微	検出せず	微量	18.0	微量	1.26	0.26	100	28.0	1.8
	浸漬水	0		6.8	僅微		微量	19.0	微量	2.05	0.30	100	28.0	0.6
塩化ビニール	対照水	0	異常なし	6.8	僅微	検出せず	微量	20.0	微量	1.74	0.24	125	30.0	1.4
塩化ビニリデン共重合物	浸漬水	0		6.8	僅微		微量	22.0	微量	2.69	0.24	125	30.0	1.2
塩化ビニール酢酸ビニール共重合物	対照水	0	異常なし	6.8	僅微	検出せず	微量	20.0	微量	1.74	0.24	125	30.0	1.4
	浸漬水	0		6.8	僅微		微量	20.0	微量	3.00	0.24	125	30.0	1.2

表—7　へん平試験結果

試片 No.	1	2	3	4	5	6	7	8
密着	良	良	良	不良	不良	不良	不良	不良
0.1㎜クラック発生時の撓み (㎜)	5	5	4	5	4	5	6	5
ライニングが剝落したときの撓み (㎜)	55	52	50	45	50	50	54	48

(註) 1. 管種　500φ×700㎜ DCI
2. 配合　C：S：W＝1：2：0.40
3. 養生　ビニールカバー28日間以後1週間屋外放置

ている。現在，規格専門委員会でも審議されており，近く規格化されるものと思う。

6. モルタルイラニング管の耐久性

モルタルライニングの目的は，腐食性の水から管内面を隔離し，長期にわたって防食を全うするにある。日本ではライニングを実施して以来10数年しか経過しておらず，それ以上の実績はないが，先輩格である米国では長期の実績があり，米国水道協会誌 Journal of AWWA. Jun 1965に詳細な説明がある。それによれば30年以上使用したモルタルライニング管の流量係数を実測し，C＝130～150程度の値を得ており，新しい管路の値が大体上記と同じ値を示すことから判断しても，ライニング面が磨耗して荒れて行くというような現象が起っていないことを現実に証明している。

しかしながら，往々にしてモルタルライニング管に対して，幾つかの疑点が寄せられることがあるので，これについて若干述べて見たい。

最も懸念されるのはライニングの一部に肌離れ，ヘアークラック等があった場合，通水中に水の勢によって剝落するのではないかという点あるいは何等かの原因で管内が真空現象となった時，欠陥部分が大きくなったり，剝離しないかということである。

一般に鋳鉄管の内面鋳肌は比較的粗面であるため，セメントモルタルとの密着に優れており，且つ強い遠心力で成型するので，肌離れの発生は非常に少ない。たとえ発生したとしても，その程度は軽度なものが大部分である。即ち，一般的には鋳鉄管内面とモルタルとの密着力はモルタル自身の収縮力より勝つていて，適正な養生さえ施されていれば，長期間放置しても肌離れの発生は非常に少なく，また肌離れ，亀裂が発生したとしても，セメントモルタルは圧縮強度が強く，ライニングの厚みもかなり厚いのでアーチ効果が大きく作用し，ライニングが剝離する危険性は全然ないものと考えらる。またこの点については実管の調査でも確認されている。

表－8　衝撃試験結果

密着状況	良	半円周はがれ	全面はがれ
クラック発生時の回数	1	1	1
全面はがれ（浮き）になった時の回数	3	2	—
ライニング剝離時の回数	68	57	35

（註）1．管種　500φ×700㎜ DCI
2．配合　C：S：W＝1：2：0.40
3．養生　ビニールカバー28日間以後1週間屋外放置
4．半円周はがれのものは，はがれ部分を上にして行なった。

今一つの真空現象による剝離も実験室的に確かめた結果，その可能性のない事が明らかになっている。

参考のために2，3の実験結果についてその概略を説明する。

密着不良管のへん平実験…500φ×700㎜のダクタイル管8本の供試管の内，5本についてその内面に剝離剤を全面に塗布した後，ライニングを施工して密着不良管とし，他の3本の健全なモルタルライニング管と，偏平試験を行なって比較した。その結果を表－7に示す。

この実験の結果からは密着不良管と健全な管との差異は殆んど認められない。別の実験で，口径2,200㎜管についても密着不良部の大きさを変え，健全なライニング管と比較したが，いづれも差異は認められない。また密着不良部のあるライニング管の実験では，健全部と密着不良部とは一体になって剝落している。これらの実験からモルタルライニング自体のアーチ効果がかなり大きく，従って密着の良，不良はへん平には問題ないと考えられる。

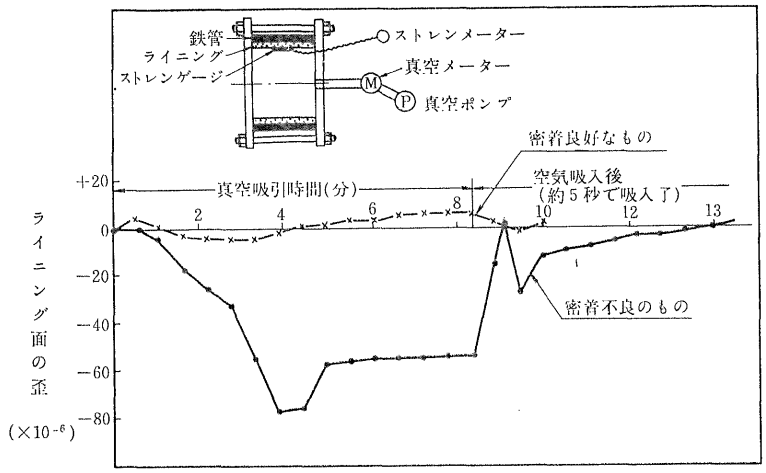
衝撃試験…500φ×700㎜のダクタイル管の供試管の内，一本を半円周のハガレ，他の1本を全周ハガレとなるよう剝離剤を塗布した後ライニングを行ない，健全なライニング管との衝撃比較試験を行なった。その結果を表－8に示す。衝撃は鉄管外面の中央に約30㎏の重錘を約1.5mの高さから落下して行なった。

この実験の結果から，ライニングが剝落するまでの数回は当然なことであるが密着の良いものが多いが，全面ハガレのものでも半分以上の35回の衝撃によって剝落している。しかし，密着の良，不良による差異は明らかであり，ライ

ニング管の取扱いには衝撃はできるだけ避けなければならない。

水圧繰返し試験…約230㎜×350㎜のライニング肌離れ部のある口径400㎜不良管の両端を盲蓋し，毎日5 kg/cm²の水圧で8時間，1 kg/cm²の水圧で16時間加圧し，これを3カ月間繰返した後水を抜き乾燥させて，テストハンマーで検査を行なったが，肌離れ部の拡大は見られなかった。

図—15　300φ×150㎜ライニング管の真空吸引によるライニング面の歪



真空吸引試験…300φ×150㎜の供試管2本の内，1本は健全なライニング管，他の1本は全周密着不良管とし，ともに両端を盲蓋して真空吸引し，水銀柱2㎜程度まで吸引して，ライニング表面の歪を歪計により測定した。なお，実験はモルタル部の通気性を考慮し，エポキシ樹脂を塗布した。歪値測定結果を図—15に示す。

本実験では密着不良のライニング面に生ずる歪は最高で-80×10^{-6}程度である。歪が圧縮方向で現われているのは，ライニング内面が円弧状であるためであり，モルタルが圧縮に対して極めて大きな抵抗力があることから，この値は極めて微々たるもので問題とするに足らない。大口径管のライニング密着不良の実管による別の吸引試験で，たまたま僅かの引張歪が検出されたが，ライニング表面層の亀裂発生歪が200×10^{-6}程度以上であることから，十分安全であることを確認しており，負圧による影響は殆んど無視できるものと思う。

次の問題点として，クラック，肌離れ等があった場合に，その部分から水が浸入あるいは浸透して鉄部を腐食しないかの懸念がある。一般にライニング管を置場等で放置すれば，ライニング表面に微細な亀甲状のヘアークラックを生ずることが多いが，この原因は3章のライニングの基礎的性質で述べたように，遠心力により主として内面側に分離したセメントペースト層の収縮量が外側のモルタル部の収縮量より大きいために生ずるもので，ある程度止むを得ないものと考えられる。しかし，このヘアークラックの深さはペースト部のみに止まり，モルタル部に貫通することは殆んど考えられず，実際上問題とはならない。懸念されるのは管の運搬等で生じた，いわゆるクラックがあった場合である

水道、工業用水用、各種鋳鉄管内外面の防蝕に
スパイラル鋼管、サイフォン、鋼板セル、コルゲートパイプ、鋼矢板の防蝕に。
エトーンNO.2300
川上塗料株式會社
本社：尼崎市塚口420番地 Tel(481)6325㈹ 東京・大阪・名古屋・福岡・広島・浜松・高松・金沢

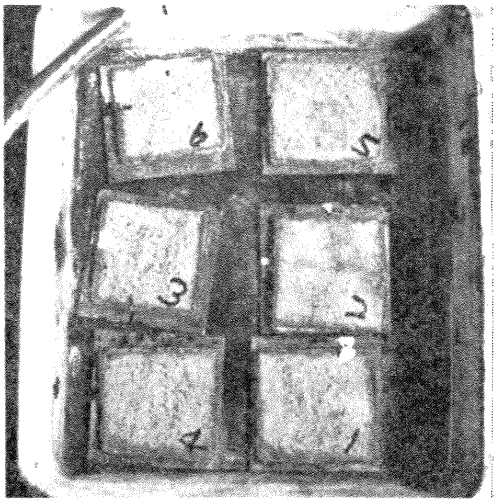


写真 1

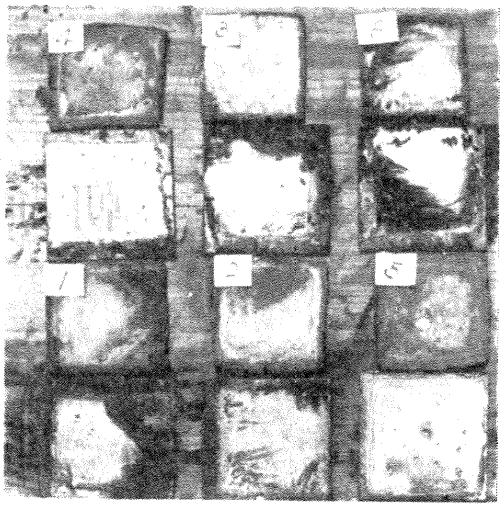


写真 2

が，実際上防食効果は何ら損なわれるものでないことも明らかである。これはセメントモルタル中のカルシウムの溶出により隙間から侵入した水がアルカリ化されるためであり，長期間のうちにはモルタル中の未反応セメント粒子の新たな水和反応による癒着現象により，割れ目は小さくなり，僅かなクラックは塞さがれる傾向がある。同じような理由により，肌離れ部においても腐食の心配はないといえる。

ライニングの肌離れ部について実験室的に行なった試験の結果を写真に示す。写真1は研磨した鋼板の上にモルタル片を乗せ，流水中に浸漬している状況を示す。写真2は流水3カ月後試験片を取り出し，モルタル片を取り除き（写真上部）鋼板面の変化を示したもので（写真下部），モルタル周辺部の水に直接ふれていた部分は赤錆が出ているが，モルタルの接していた水の流通しなかった部分は錆の発生が無いことを示す。

また，ライニングが水の流速によって磨耗を受けるのではないかとの心配もあるが，普通水道水で考え得る相当速い流速に対しても，十分安全であることが認められている。

通水によるライニング面の浸食も5章で詳細に述べた通りであり，今後シールコート塗装が普及すれば通水当初から問題がなくなる。

近時，発電所冷却水等に海水を使用することが多いが，モルタルライニング管は海水に対しても優れた防食効果を発揮することが知られており，また海生物の附着も他の防食塗料に比して，むしろ少なく，若し附着してもライニングに食い込んで損傷を受けたりすることは少ない。

以上述べたように，モルタルライニングは普通考えられる以上に強く，且つ防食性能も大きいので，モルタルライニング管の耐久性について何等心配される点はないと考える。

7. 結　　言

鋳鉄管のモルタルライニングについて概要を説明したが，特に耐食性について優れており，長期の耐久性に関しても十分信頼できるものでダクタイル管の特色とあわせて地下埋設管のライニングとして今日最も適したものと考えられる。ただ，セメントモルタルの性質上，モルタルの配合，遠心力施工，養生法，取扱運搬等作業管理には十分注意を払わねばならない。近時合成樹脂工業の発展に伴い樹脂系ライニングの開発も盛んであるが，一般にセメントモルタルに比して余りに高価であり，また工業化技術に対しても一部のものを除き未だ研究段階にあるものといっても過言ではない。従って当面モルタルライニングに寄せる期待も大きなものがあると思われ，品質改良に不断の努力がなされねばならないと考えている。

末筆ながら，斯界の発展のためにご使用者各位のご批判とご教示をお願いして本稿を終る。

事例研究・その1

「100 m/m ダクタイル管」朝熊山に登る

元伊勢市水道課長（現名張市水道課長）
徳永充夫

伊勢市水道課管理係長
中村宮雄

1. 朝熊山について

地元以外の人達はほとんど「アサクマヤマ」と読むが，正しい呼称は「アサマヤマ」と読む。それではこの朝熊山は，どこに存在し，またどんな山なのか，一寸紹介しておきたい。昭和41年の日本水道協会全国総会の第3回の日程に，この山を含めて「伊勢志摩」の視察コースが計画されていたし，「週間読売」9月30日号の92頁に，「全国ドライブ観光地百選」第7位，伊勢志摩スカイライン真珠の海の展望コースという題目の下，「伊勢から鳥羽へ」の見出しで，つぎの通り紹介されているので，この一文を引用して見たいと思う。

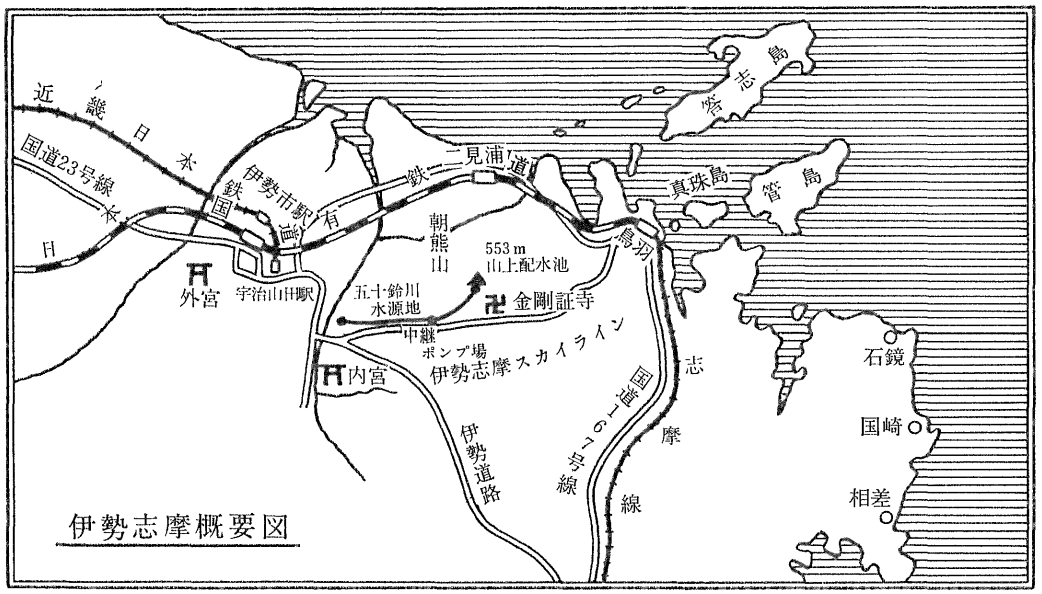
『「海の公園」プラス「山の魅力」伊勢市駅のすぐ前外宮，ここから桜並木の御幸道路を5 km行くと内宮に到着する。内宮が宇治に遷宮されたのは，153歳（古事記による）の長寿を保った垂仁天皇のころとか。そういうせんさくは学者にまかせるとして，ここでは杉並木を見たい。うつそうたる緑の森は，伊勢湾台風で痛めつけられ，ところどころすき間ができてしまったがまだまだ一見の価値がある。

車をちよっとバックして，内宮の入口近くから「伊勢志摩スカイライン」へはいる。伊勢志摩国立公園最高の山といってもわずか555 mだが，おわんを伏せたような朝熊山にナワをかけるように，オール・カーブの快適なスカイラインがつづいている。

左手に伊勢湾，はるか知多半島をながめながら登ると，あっという間に山頂につく。早稲田大学の武基雄教授設計のユニークなレストハウスで一服，ここの庭から鳥羽湾のすばらしい展望が楽しめる。見渡すかぎり青と緑。広告は一つもない。山も自然のまま残されている。地ハダもほとんど見えない。こんな簡単なことが，いかに貴重なものか，この展望台に立つとよくわかる。

めちゃくちゃに開発されないように，スカイラインを経営する三重県観光開発会社がおもなところを買い占めたという。目に見えないファインプレーといえようか。

秋から冬にかけては南アルプス，1月から2月はじめには富士山も見えるという。パノラミックな展望は，全国の観光地のなかでも有数である。スカイラインは，できてからやっと2年だが，この功績の第一は「海の公園」に「山の魅力」を加えたことだ。戦前，朝熊山にはケーブルカーがあり，年間50万人も入山したというが，昭和16年に撤去されてからというものは，観光コースから山がはずれていた。いまはマイ



カー族（普通乗用車500円）はもちろんだが，定期バスも，どんどん走っている。伊勢志摩を訪れたのなら，一度はスカイラインを通ってみることをお勧めしたい。』

以上のように紹介されているが，この文から受ける印象は，単なる遊覧の山という感じを深くするが「戦前朝熊山にはケーブルカーがあり」云々とあるように，既にこの山は開発されていたのである。この山のもつ意義は，内宮を守る僧兵達の屯所として，約1,000年前に開山された金剛証寺にあるようである。この古刹は国宝にも指定せられ，数多くの重要文化資財等も擁し，最近行なわれた経塚発掘により，貴重な史資料等を有し，近々立派な展示館も完成するはこびとなっている。また真珠発明の王として世界に知られた御木本幸吉翁の墓地も，この金剛証寺奥の院の境内にあり，一つの霊山として，地元住人達は近親者に不幸があると，葬式が済んだ翌日親類一同打ち揃い，必ずこの寺に参詣して霊を弔うのが慣わしである。この事を俗に岳参りというが，このように信仰に併せて，観光の意義を兼ね備えたのがこの朝熊山である。

2. 水道施設の必要性

以上のように，近代センスにマッチした，内宮一朝熊山一鳥羽を結ぶ巾6.5m，延長16.4kmのスカイラインが誕生するのとあわせて，朝熊山山上開発が計画される結果となった。現在の山上施設は前に述べたように，レストハウスと金剛証寺があるが，将来宿泊施設，保養施設，展望台，公園と，水を必要とする施設が計画され，とりあえず500t/日の水を供給することになった。

ここで問題の中心となったことは，その事業主体を伊勢市にするか，また三重県観光開発会社に担当せしめるか，あるいはまた三重県にするか，相当論議を重ねた結果，将来の開発に備えるため，一会社の独占施設にゆだねることの不当性から，伊勢市が当ることに決められた。ここで一番大きくクローズアップされた問題はその建設財源と維持管理費の負担区分である。

元々この山の開発は，一会社の企業のためのみでなく，地元伊勢市，鳥羽市，金剛証寺等の観光開発に寄与するところ大であり，ひいてはこのことが水道建設の財源構成に微妙な反影をきたすことは当然であり，次の基本方針で進めることに妥結した。

①事業主体は伊勢市とする。
②財源は直接受益者に負担せしめる。
③この水道布設により，上水道には何等の負担をかけない。

④維持管理費も受益者が負担する。

⑤維持管理の掌には，伊勢市水道課が当る。

以上のような原則で着工することに正式決定を見たのが昭和39年3月，スカイラインの開通予定が同年の10月であり，この間7カ月を与えられて仕事に取組んだのである。

次に大きな問題となったことは水源である。この朝熊山は，伊勢皇太神宮の上流山岳に当りこの区域は神宮宮域に接続するので，神宮境内保護の意味から，五十鈴川上流である同山の中腹渓谷からの取水は不可とされ，さらには建設経済面その他の条件からみても，伊勢市の五十鈴水源から送水することが最も適当であるとの結論を得，昭和38年に創設した五十鈴水源から山頂555mの高さまで，延長6,090mにわたり揚水することに決定した。

3. 送水管種決定の経緯

前述のように，相当な高揚程であり（当時では全国で最高），そのステップを決定づけるのは一に管種選定如何にかかるということになる訳であるが，つぎの条件を考えた上から管種を決定した。

①揚水段階を2段にする。（揚水電力費の経済化，維持管理の簡素化等の理由から）

②抗圧力30kg/cm^2

③ジョイント施行の確実性と軽便性

④プラマイの水槌現象対抗力

⑤酸性土壌のため外面腐蝕に対する配慮

等の理由から，

(イ)　AⅡ型ジョイントの肉厚9㎜

(ロ)　内径100㎜

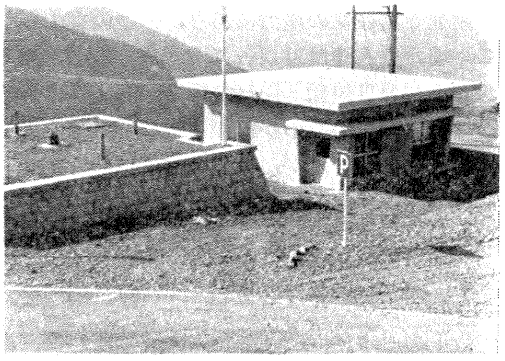
のダクタイル管ということに決定したのであるが，直管と同様異形管も特製のものが必要であり，さらには水槌現象マイナスの対抗性から弁体の肉厚まで，同様の特製のものが必要となった。しかし当時小口径200㎜以下のD.C.P，しかも肉厚9㎜という様な管は製作していなかったけれども，直管，曲管については，久保田鉄工株式会社の格別の協力を得，さらに弁類については，Mバルブ工業株式会社技術陣挙げての協力を得た。ポンプ機械類についてはT.K.S.B商事，電気施設についてはS電気工業の献身的な協力と技術提供を受けて，極めて短時日にスカイライン開通の前日，即ち昭和39年10月14日には無事送水することができ，水源地L.W.L 4m，配水池H.W.L.555m，その実揚程551mの高揚程送水という快挙を達成することができた次第である。

4. 施設の概要

ここで朝熊山上水道施設についての概要を説明すると次のとおりである。伊勢市上水道五十鈴川水源地は，伊勢皇大神宮（内宮）の下流1.5kmの地点にあり，五十鈴川の浄水を日量6,000m^3取水する計画で，昭和39年度に完成したものである。この水源地（LWL4.0m）より総揚程334m，揚水量0.348m^3/min（500m^3/day），37kwの第1段ポンプにて標高差286m，管路延長3,080m（うちφ100㎜AⅡ形遠心力ダクタイル管1,277m，φ100㎜AⅡ形遠心力高級鋳鉄管1,803m）の地点に設けられた中継貯水池（HWL290m，有効貯水量1000m^3）まで揚水

スカイラインより五十鈴川水源を望む

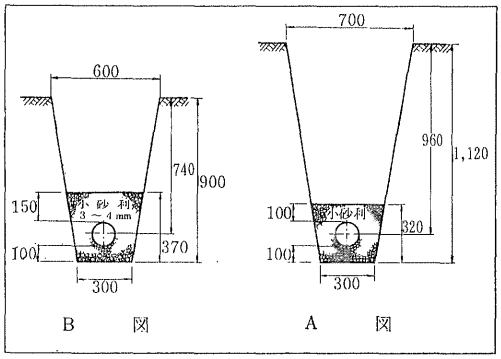
中継ポンプ場よりサージタンクを望む



し，更に総揚程314m，揚水量0.348m³/min，33 kw の第2段ポンプで，中継ポンプ場より標高差265m管路延長3,010m（うちAⅡ形遠心力ダクタイル管1,727 m，AⅡ形遠心力高級鋳鉄管1,283m，いづれもφ100 ㎜）の朝熊山上配水池（HWL555m，有効貯水量250m³）に揚水するものである。

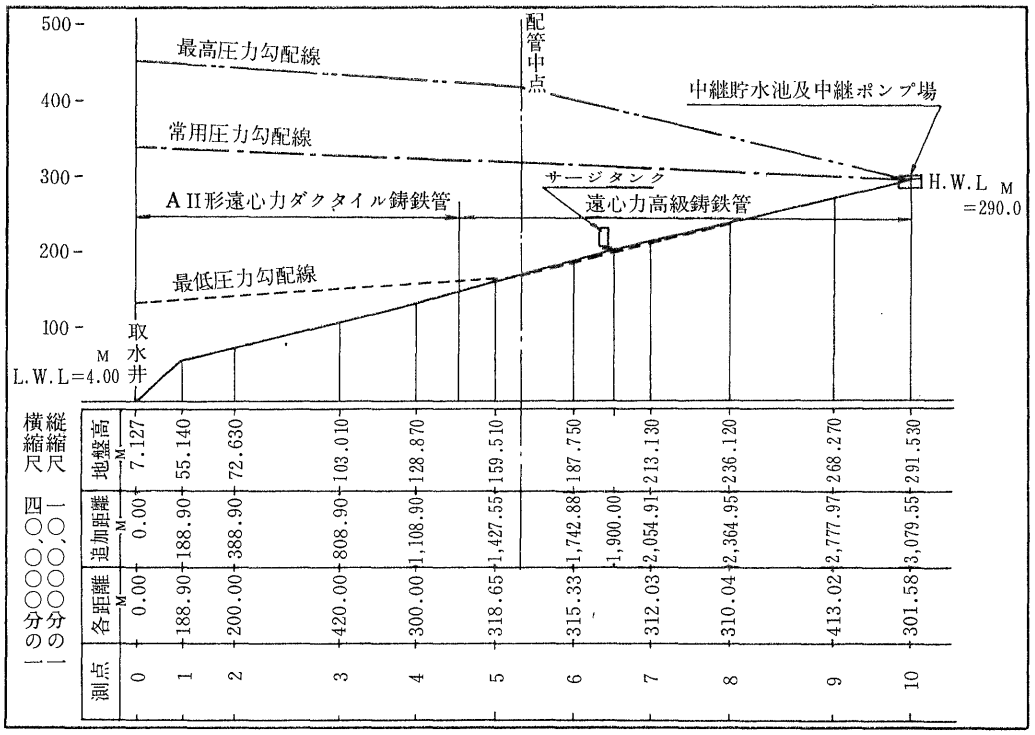
この朝熊山系の地質は大半先新生代の火成岩類で形成されており，総延長6,090m のうち，2,120 m は蛇紋岩，カンラン岩，それに一部角閃岩が露出している。そして堀さく容易なこれらの風化土層とみなされる部分は，延長約700m に過ぎず，布設工事は岩石や岩盤とのたたかいに終始した。今スカイラインをドライブしてい

図—1　標準掘削断面図

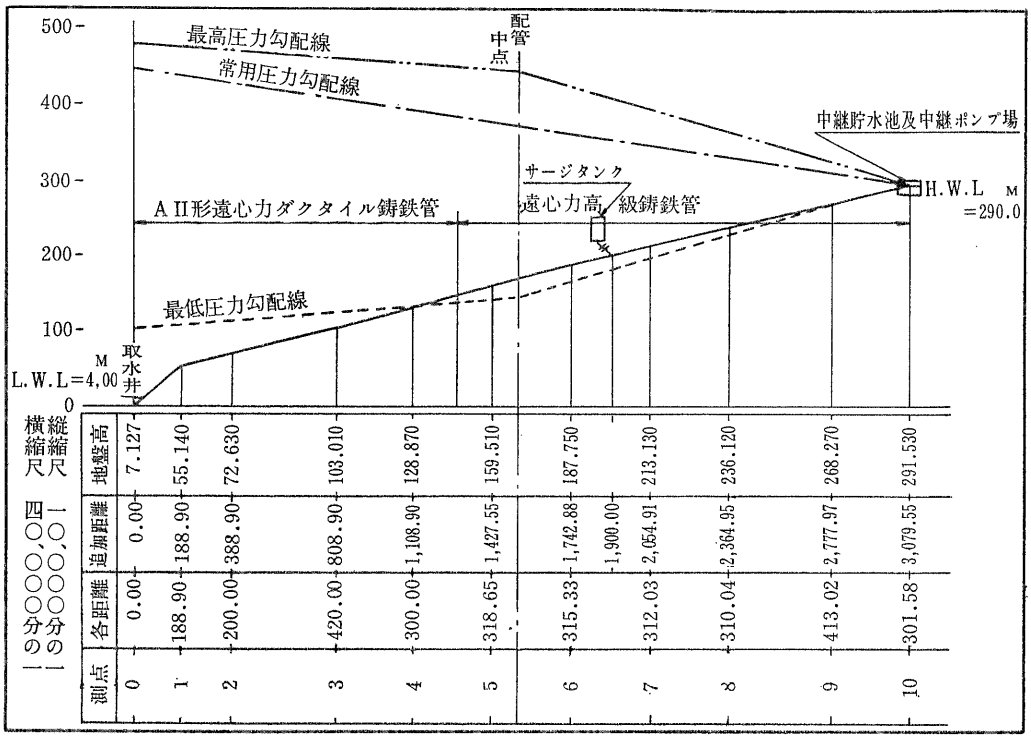


送水管布設状況

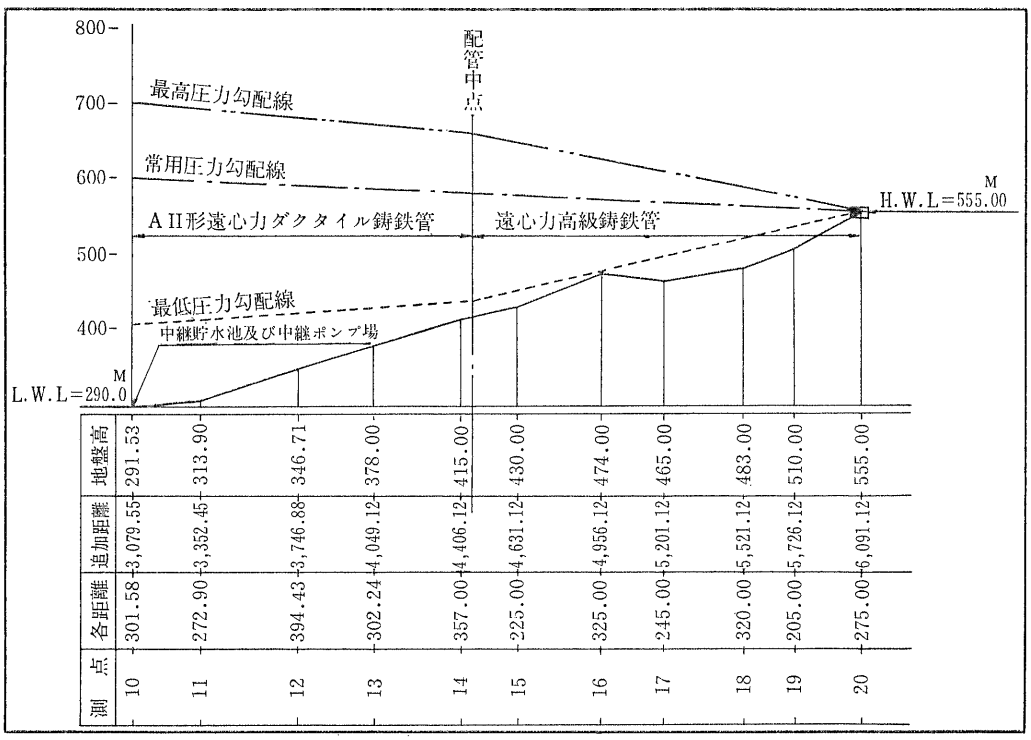
図—2　第1段ポンプ



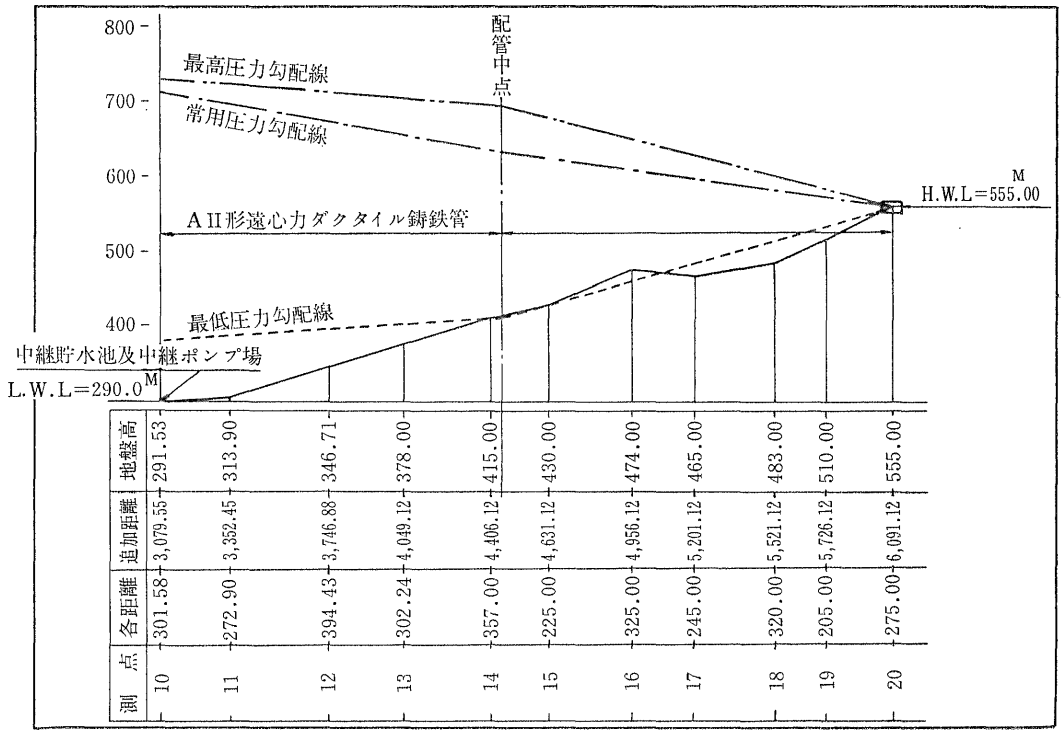
図—3　第1段ポンプ（将来）



図—4　中継ポンプ



図—5　中継ポンプ（将来）



ても，そこここで当時の苦斗がしのばれてならない。

布設断面図は図—1，送水管路縦断図は図—2図—3，図—4，図—5のとおりである。また五十鈴川水源地より2,200 mの地点にワンウエイ・サージタンク（One-Way Surge Tank）がある。これはポンプ急停止時の水撃作用により送水管路に生ずる異常圧力上昇を軽減するためであり，計算によれば2,150 m の地点で負圧約10 m，管内の水が気化するいわゆる水柱分離を発生する状態となり，これの防止のために設置したものである。なおポンプ停止後，送水管内の水は約4秒経過すると逆流に転じるので，この逆流に基づく水圧上昇を防ぐために，スモレンスキー型チェッキバルブを施設した。施設能力は送水管路1,000 m^3/day，機械施設500 m^3/dayであるが，現在1日約6時間ポンプ運転，120 m^3程度送水している。機械施設は，すべて自動化し，無人運転を通常としているが，五十鈴川水源地での遠隔操作はすべて可能である。機械設備，電気設備等についても，いろいろ苦心談もあるのだが，これはまたなんらかの機会に報告でき得ればと思っている。

5. 管の仕様

今回は鋳鉄管協会よりの依頼もあり，特異なケースとしてのダクタイル管，ならびに高級鋳鉄管の使用実績報告でもあるので，ここで製作にあたっての管の仕様について説明することにする。

伊勢市上水道朝熊山送水管製作仕様書

1．呼び径100φ×4.0m AII形遠心力ダクタイル鋳鉄管

1—1適用範囲　この仕様書は水道に使用する呼び径100φ×4.0m AII形遠心力ダクタイル鋳鉄直管（以下管という）について規定する。

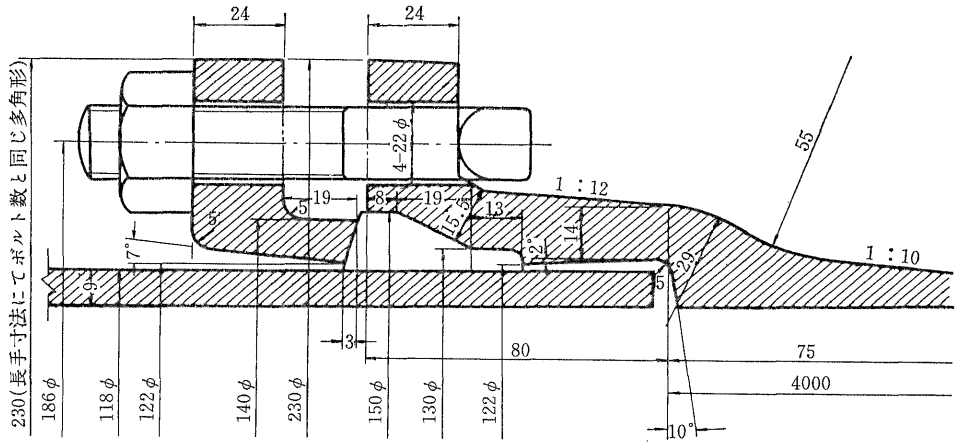
1—2種類　管はJWSAG 105—1961（水道用遠心力ダクタイル鋳鉄管）の1種管に準ずる。但し試験水圧は30kg/cm^2とする。

1—3製造方法　JWSAG 105の3項に準ずる。

1—4品質　JWSAG 105の4項に準ずる。

1—5形状，寸法，重量ならびにその許容差

図—6　呼び径100φAII形遠心力鋳鉄管形状寸法図



1—5—1 管の形状，寸法は図—6による。

1—5—2 管厚の許容差は−1.0㎜とし＋はサシ口寸法に影響のないかぎり制限しない。

1—5—3 管の有効長の許容差は−15㎜とし＋は制限しない。但し1−6に規定する試験片を採取したものにかぎりさしつかえない。

1—5—4 管の重量の許容差は−4.0％とし，＋は制限しない。

1—6試験　JWSAG 105の6項に準ずる。但し，ヘン平試験の管状試験片は長さ150㎜とし，呼び径の1/10に達するまで，ヘン平にする。

1—7検査　JWSAG 105の7項に準ずる。

1—8表示

1—8—1 JWSAG 105の8項に準じて，下記の文字を打刻する。

D，水，製造所の略号，製造年

1—8—2 検査の結果，不合格となった管は水の記号を削り落す。

1—8—3 高級鋳鉄管と区別するため，フランヂの外側全周に深さ1.5㎜の段を鋳込み，管外面の軸方向に一条の白線を引くものとする。

1—8—4 切管用管には受口端より約500㎜の所で円周方向にペンキで一条の白線を捲く。

1—9塗装　JWSAG 105の9項に準ずる。

2．呼び径100φAII形ダクタイル鋳鉄異形管

2—1適用範囲　この仕様書は水道に使用する呼び径100φAII形ダクタイル鋳鉄異形管（以下異形管という）について規定する。

2—2種類　管は呼び径100φ×4.0m AII形遠心力ダクタイル鋳鉄直管に対するもので，1種類とする。但し試験水圧は30kg/cm²とする。

2—3製造方法　JWSAG 106—1991（水道用ダクタイル鋳鉄異形管）の3項に準ずる。

2—4品質　JWSAS 106の4項による。

2—5形状，寸法，重量ならびにその許容差

2—5—1 管の形状，寸法は図—7による。

2—5—2 管厚の許容差は−2.5㎜とし，＋はサシ口寸法に影響のない限り制限しない。

2—5—3 管の有効長の許容差は−15㎜，＋30㎜とする。

2—5—4 管の重量の許容差は−8％とし，＋は制限しない。

2—6試験　JWSAG 106の6項に準ずる。

2—7検査　JWSAG 106の7項に準ずる。

2—8表示　JWSAG 106の8項に準ずる。

2—9塗装　JWSAG 106の9項に準ずる。

3．呼び径100φ×4.0m AII形遠心力高級鋳鉄直管

3—1適用範囲　この仕様書は水道に使用する呼び径100φ×4.0m遠心力高級鋳鉄直管（以下管という）について規定する。

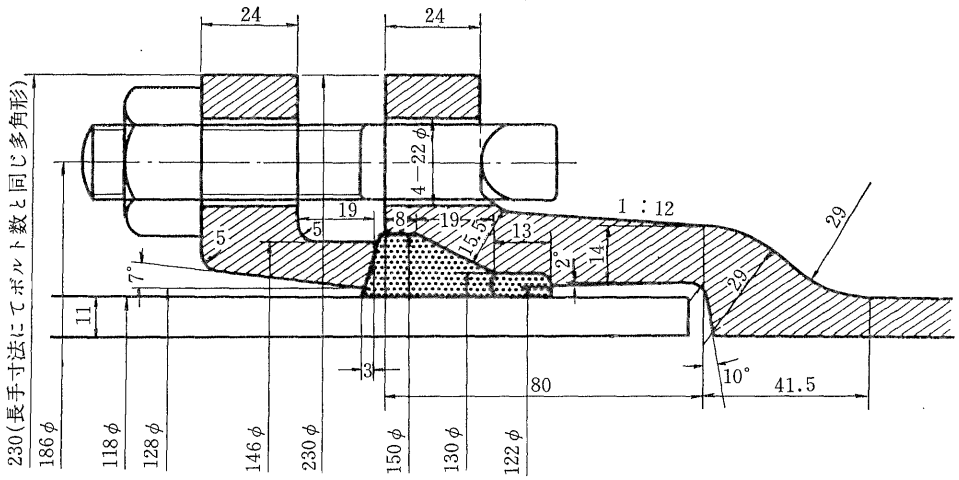
3—2種類　管はJWSAG 102—1959（水道用メカニカルジョイント鋳鉄管）の2項の3種〔遠心力金型鋳鉄管 JISG 5523—1954（水道用遠心力金型鋳鉄管）〕に準ずる。但し試験水圧は25kg/cm²とする。

3—3製造方法　JISG 5523の3項に準ずる。

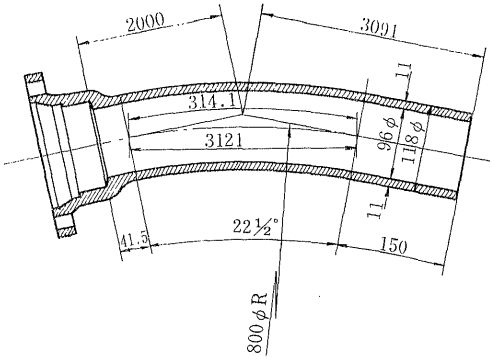
3—4品質　JISG 5523の4項に準ずる。

3—5形状，寸法，重量ならびにその許容差

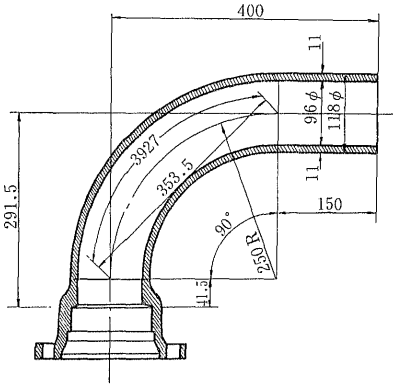
図―7　呼び径100φA II形 異形管形状寸法図



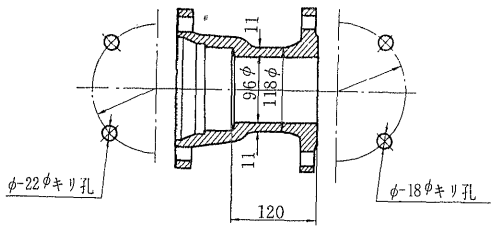
図―7―1　受サシ曲管



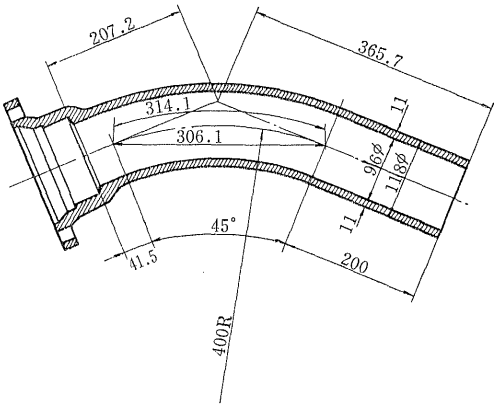
図―7―2　受サシ曲管



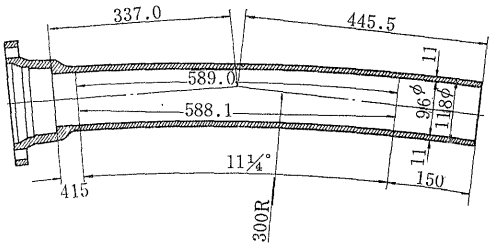
図―7―3　短　管　甲



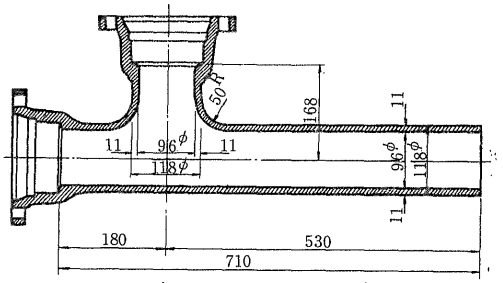
図―7―4　受サシ曲管



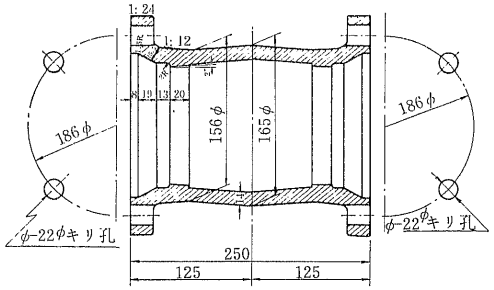
図―7―5　受サシ曲管



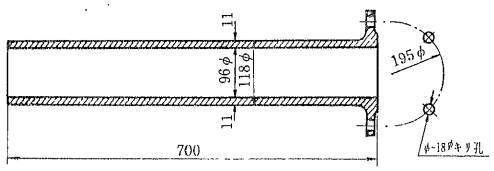
図―7―6　二受丁字管



図—7—7　接　　輪



図—7—8　短　管　乙



3—5—1 管の形状，寸法は図—6による。

3—5—2 管厚の許容差は−1.0㎜とし，＋はサシ口寸法に影響のないかぎり制限しない。

3—5—3 管の有効長の許容差は−15㎜とし，＋は制限しない。但し3—6に規定する試験片を採取したものにかぎり，さしつかえない。

3—5—4 管の重量の許容差は−4.0％とし，＋は制限しない。

3—6試験　JISG 5523の6項に準ずる。

3—7検査　JISG 5523の7項に準ずる。

3—8表示

3—8—1 JISG 5523の8項に準じて，下記の文字を打刻する。

水，製造所の略号，製造年

3—8—2 検査の結果不合格となった管は，水の記号を削り落す。

3—9塗装　JISG 5523の9項による。

4．呼び径100φＡⅡ形高級鋳鉄異形管

4—1適用範囲　この仕様書は水道に使用する呼び径100φＡⅡ形高級鋳鉄異形管（以下管という）について規定する。

4—2種類　管は呼び径100φ×4.0m ＡⅡ形遠心力高級鋳鉄直管に対するもので，1種類とする。但し試験水圧は25kg/cm²とする。

4—3製造方法　JISG 5524—1954（水道用鋳鉄異形管）の3項に準ずる。

4—4品質　JISG 5524の4項に準ずる。

4—5形状，寸法，重量ならびにその許容差

4—5—1 管の形状，寸法は図—7による。

4—5—2 管厚の許容差は−2.25㎜とし，＋はサシ口寸法に影響のないかぎり制限しない。

4—5—3 管の有効長の許容差は−15㎜，＋30㎜とする。

4—5—4 管の重量の許容差は−8％とし，＋は制限しない。

4—6試験　JISG 5524の6項に準ずる。

4—7検査　JISG 5524の7項に準ずる。

4—8表示　JISG 5524の8項に準ずる。

4—9塗装　JISG 5524の9項に準ずる。

5．呼び径100φＡⅡ形用押輪

5—1適用範囲　この仕様書は呼び径100φＡⅡ形に用いる押輪（以下押輪という）に適用する。

5—2押輪の材質は JISG 5501（ネズミ鋳鉄品）FC 20とする。

5—3押輪の形状，寸法は図—6，図—7による。

5—4押輪の寸法の許容差は表—1による

表—1　押輪の寸法許容差　　単位：㎜

D_3		D_5	D_6	E	M
+3.0 −0	±1.5	＋制限しない −2.0	±2.0	+1.5 −0.5	＋制限しない −2.5

5—5その他の仕様はJWSAG105，106の付属書1（水道用ダクタイル鋳鉄管用押輪）による。

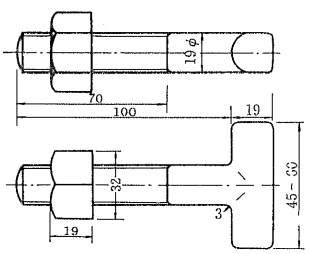
6．呼び径100φＡⅡ形用ボルトおよびナット

6—1適用範囲　この仕様書は呼び径100φＡⅡ形に用いるボルトおよびナット（以下ボルトおよびナットという）に適用する。

6—2ボルトおよびナットの材質は JISG 5502（球状黒鉛鋳鉄品）FCD 40，または FCD 45 と同等以上の品質のものとする。

6—3ボルトおよびナットの形状寸法は図—8による。

図—8 ボルト・ナットの形状寸法図



6—4その他の仕様については，JWSAG 105，106の付属書2（水道

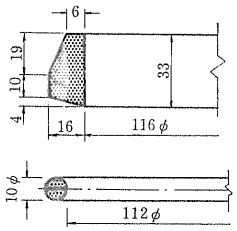
用ダクタイル鋳鉄管用ボルトおよびナット）による。

7．呼び径100φＡⅡ形用ゴム輪

7—1適用範囲　この仕様書は水道に使用する呼び径100φＡⅡ形用ゴム輪（以下角ゴム輪，丸ゴム輪という）に適用する。

7—2材質および加工方法 JISK 6353（水道用ゴム）3の項による。

図—9 ゴム輪形状寸法



7—3形状，寸法および許容差

7—3—1 ゴム輪の形状寸法は図—9による。

7—3—2 ゴム輪の寸法の許容差は表—2による。

表—2　ゴム輪の寸法許容差

角ゴム輪				丸ゴム輪	
D(%)	M(㎜)	N(㎜)	L(㎜)	D_1(%)	d(㎜)
$^{+0}_{-1.0}$	±0.3	±0.3	±0.5	$^{+0}_{-1.0}$	±0.25

7—4品質

7—4—1 角ゴム輪の品質は7—5の試験を行なった場合，JISK 6353の5項の2種1号甲に適合するものでなければならない。

7—4—2 丸ゴム輪の品質は 7—5 の試験を行なった場合，JISK6353の5項の2種1号Z—2の規定に適合するものでなければならない。また任意の位置で長さ20㎜に切断し，直径方向に直径の70%に相当する圧縮を与えたまま，25℃で168時間保持した後の圧縮永久歪（圧縮量に対する残留歪の割合）が7%以下でなければならない。

7—5試験　JISK 6353の6項による。

7—6検査　7—4およびJISK 6353の7項による。但し試験片は500個，またはその端数を1組として，各組から無作為に供試品をとる。1組の個数は発注者において増減することができる。

7—7表示

7—7—1 角ゴム輪はJISK 6353の8項による。但し浮き出しする水の記号，製造業者名，またはその略号，製造年，呼び径およびＡⅡの記号は，巾約4㎜，高さ0.5㎜とする。

7—7—2 丸ゴム輪はJISK 6353の8項による。但し水の記号，製造業者名，またはその略号，製造年，呼び径，およびＡⅡの記号は捺印するものとする。

6．現況その他

前述のとおり，昭和39年10月14日通水以来実動運転3,500時間，その間事故らしきものを起こさず，現在に至っているが，これは施工業者関係メーカーのすぐれた技術と相互協力，加えて技術開発のパイオニア精神の賜ものと思う。さらに本施設の実施に当っての関係官庁係官のご理解，ご指導も一大要素であった。また設計施工あるいは維持管理に当っている職員の蔭の力も大きな要因と，ひそかに自負している。

いたづらに紙面のみ費やしたが，今後何らかのご参考になるならばと思い，報文を記述した次第である。

通運事業・貨物自動車運送事業
港湾運送事業・重量品運搬据付
荷造梱包業・貿易業
三菱通運株式会社
大阪市福島区西梅田町17番地
TEL 458—5555　TELEX 524—2927

事例研究・その2

ガスにおけるメカニカル管

東海瓦斯株式会社
都市瓦斯事業部次長
石　川　清

1. まえがき

東海瓦斯株式会社がガス導管として，久保田鉄工株式会社で開発されたガス用メカニカル管を採用したのは，昭和31年1月である。これはわが国のガス業界で最初の試みであり，久保田鉄工株式会社としてもガス用としては第1号であった。それ以来，各方面より注目を浴び，研究会なども行なわれ，現在では多くの都市ガス会社で採用されている。当社でも埋設後10年を経過し，ガス用としては最大の問題となったゴムパッキングのその後の状態を調査した。また本年4月，10月と2回に分けて埋設する中圧導管3,500 mの計画があり，これについてもメカニカル管を採用することに決定したが，この機会に再び既設管の調査，その他の事項について考えてみることにした。

2. 当社の概要

メカニカル管の採用の背景である当社の概要を説明すると，当社は昭和25年12月，焼津港周辺に産出する天然ガスにより，焼津瓦斯株式会社と称し，都市ガスの供給を行なうことを目的として設立されたものである。昭和26年4月焼津市にガスの供給を開始した。更に昭和30年，隣接藤枝市及び島田市への供給を計画し，塩津工場を建設，4,000立方米のガスホルダー，発生炉ガス発生装置等の建設をして，同年8月従来の新屋工場に代ってガスの製造供給を開始した。昭和31年3月名称を東海瓦斯株式会社と改め，同年1月藤枝市への導管埋設工事に着工した。この時メカニカル管の採用となったわけである。そして8月藤枝市への供給を開始した。

その後，需用家は順調に増加し，昭和41年9月には需用家9,500戸，年間650万立方米(5,000キロカロリー)の都市ガスの販売をみるに至った。一方天然ガスの湧出量漸減のために，昭和34年オニアゲギー式油ガス製造装置を建設し，同年9月運転を開始した。これにより，原料に原油を使用することによって，低廉，良質なガスを豊富に供給することができるようになった。更に，昭和39年10月ナフサを原料とするオニアゲギー製造設備を増設した。

また昭和34年5月関係会社としてプロパン，ブタン等の液化石油ガスの販売を目的として新光石油瓦斯株式会社を設立した。同社はその後急速な発展を遂げ，昭和38年1月には両社合併し，昭和41年9月にはこの部門では，直売需用家21,000戸，特約店150店，自動車用液化ガスの販売も加わり年間3,000tの販売をしている。

a) 資本金及び営業種目

資本金　　2億1千5百万円

営業種目　i) 都市ガス製造及び供給
　　ii) 都市ガス用器具の製作及び販売
　　iii) 都市ガス工事に関する請負

iv) ガス副産物の販売
v) 液化石油ガスの販売
vi) 液化石油ガス用器具の製作及び販売
vii) 液化石油ガス工事に関する請負
viii) 石油製品（ガソリン，灯油，軽油，重油）の販売及びこれに付帯する事業

b) 供給ガスの性状

製造装置の変遷と共にガスの成分も変化し，特に昭和34年10月に原油を原料とするオニアゲギー装置が完成，石炭から石油系に転換した時がガス成分に大きな変化を与えた。

表—1 30～34.9ガス成分

CO_2	5.0
CmHn	3.0
O_2	trace
CO	19.0
H_2	10.0
CH_4	21.0
N_2	42.0
計	100.0
比　重	0.828
熱　量	3,600 Kcal

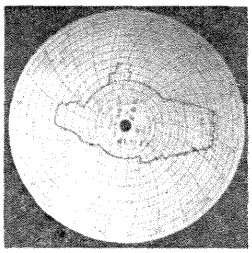
表—2 34.9以後ガス成分

CO_2	4.4
CmHn	4.6
O_2	4.4
CO	15.4
H_2	41.2
CH_4	8.5
N_2	21.5
計	100.0
比　重	0.619
熱　量	5,000 Kcal

c) 供給圧力

当社の場合，中圧といっても 1kg/cm² 以下であり，工場送出圧の記録用紙の示す通り最高でも 0.8kg/cm² にセットされている。

図—1 工場送出圧記録用紙



d) 導管延長

昭和40年末に於ける導管延長は表—3に示すとおりである。

中圧本管ではメカニカル管の占有率73.9%であり，本年度の工事を完了すれば78.9%と更に上昇する。鋳鉄管の他の管種としては，ガス型水道型が使用されている。

3. メカニカル管

昭和40年末までに採用したメカニカル管の管径別延長および仕様は表—4，表—5，図—2に示すとおりである。

ゴムパッキングの構造は次頁の図に示すものであり，(A) は耐ガス性ゴム層（チップ），(B) は高度の弾性を有するゴムの部分（本体），(C) は (A) (B) の接合を強固にするための耐ガス性中間層，(D) (E) は夫々ゴム輪の先端および

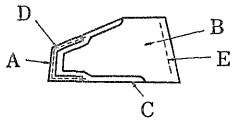
表—3 導　管　延　長

区分			全延長	メカニカル形使用延長	メカニカル形占有率
本管	中圧	鋳鉄管	15,000m	13,300m	73.9%
		鋼管	3,000		
	低圧	鋳鉄管	20,900	3,000	14.9%
		鋼管及石綿管	9,200		
	小計		48,100	16,300	33.9%
支管		鋼管	97,800		
供給管		鋼管	19,500		
合計			165,400	16,300	9.9%

表—4 管径別延長表（40年末現在）　単位・m

種別 / 口径	中圧		低圧		計		合計
	焼津	藤枝	焼津	藤枝	焼津	藤枝	
200φ	497	—	—	—	497	—	497
150	235	5,721	—	296	235	6,017	6,252
125	494	—	—	—	494	—	494
100	2,126	3,240	—	2,747	2,126	5,987	8,113
75	79	865	—	—	79	865	944
計	3,431	9,826	—	3,043	3,431	12,869	16,300
合計	13,257		3,043		16,300		16,300

背部補強のための真鍮金網層（昭和32年以前は綿布であった。）および綿布層を示す。

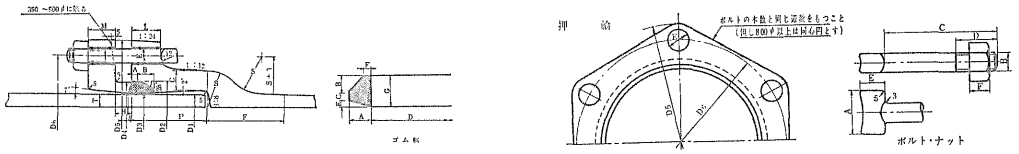


4. メカニカル管の再検討

（1）パッキング材質調査

a）供試ゴムパッキング；試料は昭和31～32年に埋設され，昭和36～40年に掘り上げられた。経歴は表―6に示す通りである。

図―2　仕　様　寸　法



表―5　仕　様　寸　法

公称内径	管厚	実外径	各部の寸法															
	T	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	A	B	C	E	F	P	H	L	M	S
75	7.5	93.0 ±1.5	125.0 +1.5 −1.0	97.0 +2.5 −1.0	121.0 ±1.0	195.0 −4.0	159.0 ±1.5	8	19	14	20 +1.5 −0	75	65	19	23 −2.5	21 −2.5	28
100	7.5	118.0 ±1.5	150.0 +1.5 −1.0	122.0 +2.5 −1.0	146.0 ±1.0	224.0 −4.0	186.0 ±1.5	〃	〃	15	22 +1.5 −0	〃	〃	〃	24 −2.5	22 −2.5	29
150	8.0	169.0 ±1.5	201.0 +1.5 −1.0	173.0 +2.5 −1.0	197.0 ±1.0	279.0 −4.0	241.0 ±1.5	〃	〃	16	〃 〃	〃	〃	〃	25 −2.5	23 −2.5	30
200	8.8	220.0 ±1.5	252.0 +1.5 −1.0	224.0 +2.5 −1.0	248.0 ±1.0	330.0 −4.0	292.0 ±1.5	〃	〃	17	〃 〃	80	〃	〃	26 −2.5	24 −2.5	31

公称内径	ボルト数	ボルト及ナット（ナットはJISに依る）								ゴム輪							重量					有効長
	ボルト辺数	呼称	A ±3	B ±0.3	C ±3	D −2 +側限ナシ	E −0 +側限ナシ	F	山数/吋	D +0% −1%	A ±0.3	B	C	E	F ±0.3	G ±0.5	押輪	(一本)ボルトナット	承口	直部 1m	総重	
75	4	5/8″×90	33	5/8″	90	30	20	16	11	91.0	16	19	10	3	6	32	2.53	0.275	5.93	17.1	57	3,000
100	4	3/4″×90	44	3/4″	〃	35	21	19	10	116.0	〃	〃	〃	〃	〃	33	3.07	0.415	7.68	18.7	83	4,000
150	6	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	165.0	〃	〃	〃	4	〃	〃	5.33	0.415	10.45	29.1	156	5,000
200	〃	3/4″×95	〃	〃	95	〃	〃	〃	〃	216.0	〃	〃	〃	〃	〃	〃	6.48	0.425	14.89	42.0	225	〃

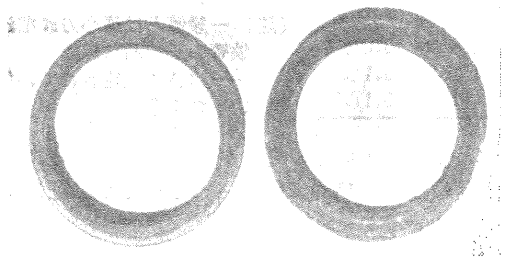
表―6　供試ゴムパッキング経歴一覧表

No.	口径	埋設年月	撤去年月	使用期間	埋設場所	使用条件
1	100φ	S31年3月	S36年9月22日	5年6月	藤枝市勝草橋	伸縮接手の近くで相当伸縮作用を受けている。
2	100φ	S31年3月	S40年9月27日	9年6月	藤枝市青木川架管	伸縮作用なし
3	100φ	S32年11月	S36年9月8日	3年10月	焼津市大村5号ガバナー	伸縮作用はないと考える。
4	150φ	S31年1月	S38年1月28日	7年	藤枝市新幹線架橋下	伸縮作用なし

表―7　供試パッキングの外観検査

No.	使用期間	形状の変化	表面の状況
1	5年6月	パイプが伸縮するためパッキングの内径側の先端と背部に於てゴムが引裂れている。	パッキングの先端の引き裂かれた部分はチップがズックから剝離したものである。
2	9年6月	パッキング先端の突出部及び背部の押輪当り面に変形残存	パッキングの外周側表面にはタールが，内周側には細砂及びタールが附着
3	3年10月	同　上	外周側チップと本体の間の境に僅かなクラックが認められる。
4	7年	同　上	同　上

図—3　No.2ゴムパッキング



b)　外観検査；外観の状況を表—7に示す。

c)　重量測定結果

供試ゴムパッキングがどの程度ガス中の熔剤成分を吸収して膨潤していたかを調べるために供試パッキングを一定の長さに切断したものの重量を測定し，次にその中に含有される溶剤成分を揮散させる意味で，70°Cの老化試験機中に1週間放置し，その後重量測定を行ない，前後の重量差を膨潤度と仮定してその程度を判断した。結果を表—8に示すが，この数字から考えるとガス中の溶剤成分によるゴムパッキングの膨潤は殆んど考える必要はない程度である。（この数字はゴムパッキングを撤去後試験までにNo.2以外は長期間が経過しており，かなり揮発してしまっている事が考えられる。）

d)　材質試験；材質試験は供試パッキングよりJIS1号試験片を本体部分から切り出して引張り試験を行なった。なお参考までに本体部およびチップ部の硬度を供試パッキングに直接硬度計を当てて測定した。

e)　考　　察

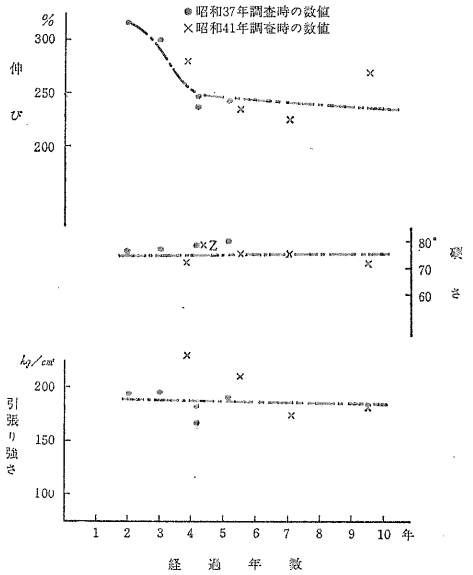
今回の調査結果と昭和37年度の調査結果を併せて検討する。

硬度，引張り強さ，伸び等の経時変化を一覧図にしたものが図—4である。引張り強さについては若干のバラツキがあり，時間の変化により一概にどの様に変化しているかはいい得ないが，傾向としてはほぼ一定の値を示しており，時間の経過と共に弱化する可能性はないということができる。

伸びは約4年経過したもので大きく低下しているが，その後はいくらかのバラツキはあるが，あまり低下せず，9年6カ月後のものでも270％程度の伸びを保持している。

硬度においては殆んど経時変化は認められない。

図—4　ゴムパッキングの経時変化



表—8　供試パッキングの重量変化

No.	溶剤揮散前重量	溶剤揮散後重量	重量減	重量減少率(＝膨潤度)
1	7.9175 (g)	7.9156 (g)	0.0019 (g)	0.024(%)
2	7.0917	7.0886	0.0031	0.044
3	6.6818	6.6796	0.0022	0.033
4	6.9711	6.9692	0.0019	0.028

表—9　供試パッキングの機械的強度

No.	使用期間	チップ	本体			
		硬度	硬度	引張り強さ	伸び	70kg/cm²荷重時の伸び
1	5年6月	85°	75°	210kg/cm²	236%	80%
2	9年6月	83°	72°	182kg/cm²	270%	100%
3	3年10月	80°	72°	232kg/cm²	280%	100%
4	7年	82°	75°	173kg/cm²	225%	90%

（註）引張り試験片は各供試パッキングより4枚づつ取って試験をした価の平均値を示す。

表—10 化　学　分　析　値

	T.C.	Si	Mn	P	S
管　体	3.52	1.62	0.48	0.108	0.078
一般値	3.2～3.6	1.4～2.0	0.4～0.6	0.4以下	0.1以下
JIS規格	—	—	—	0.4以下	0.1以下

（註）一般値とは遠心力砂型鋳鉄管の一般的な組成
——は特に規定されていないものを示す

以上の結果を総合し，パッキングの材質的な強度試験の結果から判断して，ゴムパッキングがガス中の溶剤成分によって強度的に著るしく劣化させられるというような懸念は実際的には殆んどないと思われるが，今回の供試パッキングNo. 1 におけるように，機械的な外部の力が反復的にかかるような部分においては，鉄管の肌がかなり荒いことも原因して，ゴムパッキングが引き裂かれる傾向があり，特にこの際に使用されていたような布製ズックが中間に挿入されているものでは，ズックの部分が離型的に作用し，その部分を境にしてチップ部分が剝離寸前の状態になっている場合が認められる。

このことから考えて，管の伸縮作用がかかるような部分については，現状の角パッキングだけのメカニカル接手では，パッキングの機械的な損傷によるトラブルが発生する可能性があるわけで，伸縮をまずジョイント部に加わらないように吸収する工夫が必要であろう。また，形状的にも無理なく均一な復元力の期待できる丸ゴムパッキングを併用したA—Ⅱ型接手の採用が考えられる。

このパッキングについて，更に信頼度を高めるものとして東邦ガス（株）にて北部高圧線で8年間使用されたゴムッパッキングの調査結果がある。その結論を上げさせていただくと，

i) 8年間使用されたゴムパッキングは，現在でもゴムの規格以上の強度を持ち，ガスの溶剤分によってゴムパッキング全体が劣化するようなこともなく，ゴムの性能は信頼し得るものであると思われる。

ii) ゴムパッキングはセットされた状態で集中的な応力のかかる部分に若干クラックが認められたが，これはズックの所での剝離に基づくものが大部分であり，現状の金鋼で補強したものではこのようなことは起らないと思われる。

iii) 寸法的にはまだ復元力も十分保持されて，ゴムパッキングのシール効果についても問題はない。

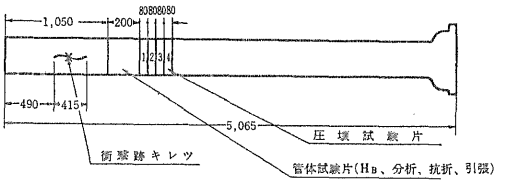
とある。以上の通りゴムパッキングにつき十分の信頼性が長期的に保持されることが立証されている。

（2）鋳鉄管材質調査

昭和31年メカニカル管埋設後，鉄管部よりのガス漏れ事故は一度も発生していない。パッキング部についても勿論一件も発生していないが本年3月に埋設の際，埋戻し土砂に岩石が含まれ，鉄管部に直衝を与え，管軸方向に415㎜のひび割れを作る事故があり，この鉄管に対する材質調査を徹底的に行なってみた。

a) 試料採取；図—5の通り試料を採った。

図—5 試料採取図



b) 化学分析値；表—10の通りである。

c) 圧壊試験；表—11の通りである。

表—11 圧壊試験結果

試料No.	管の長さ b ㎜	管厚 t ㎜	圧壊荷重 W kg	圧壊強さ f kg/㎟
1	80	8.6	1,800	27.2
2	〃	8.1	1,640	28.0
3	〃	8.2	1,580	26.3
4	〃	8.6	1,440	21.8
平均				25.8
JIS		8—1		20

規定片肉比1：1.3（7㎜～9.1㎜の範囲）で供試管は異状ない。

d) 管体強度；管体引張試験の結果は表—12の通りである。

管体よりの引張，抗折試験に関しては規定はないが，一般値として20～25kg/㎟程度である。また抗折力は抗張力の約2倍弱であり，支障はない。顕微鏡組織（84倍）も黒鉛はA型の均等分布を示している。

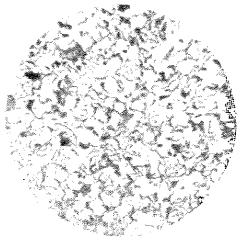
表—12　管体抗折試験結果（1）

項目 / 試料 No.	径 mmφ	破断荷重 kg	抗張力 kg/mm²
1	7.04	1,060	27.3
2	7.05	1,050	26.9
3	6.95	1,020	〃
4	6.98	1,010	26.4
平均			26.9

表—13　管体抗折試験結果（2）

項目 / 試料 No.	径 mmφ	破断荷重 kg	抗張力 kg/mm²
1	6.99	60	44.7
2	7.00	〃	44.6
3	7.02	〃	44.2
4	6.97	〃	45.2
平均			44.7

84倍顕微鏡組織



以上の通り偶然の事故が精密検査の試料に採り上げる結果となったわけであるが，逆に鉄管仕様の裏付けとなったわけで，鋳鉄管材質についても一層の信頼を深めたわけである。

（3）地震について

昭和39年6月16日午後1時突発した，マグニチュード7.7の新潟地震によって，ガス，水道共に機能の多くが停止したことは，今回の検討においても考えないわけにはいかなかった。「新潟地震と都市ガス」日本瓦斯協会誌に報じられているが，地震に対して故障しにくい管種の優劣を，いま急につけることはできないけれども，一般に鋼管，ダクタイル管などは，鋳鉄管，セメント，石綿管などに比べて，被害は少なかったと報じている。

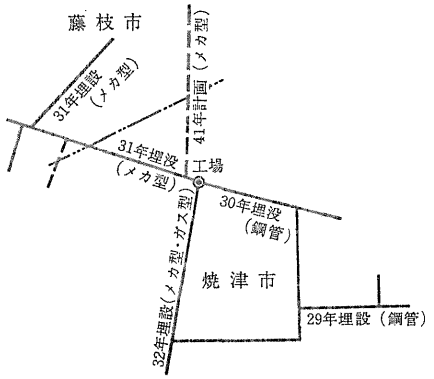
一方不幸にも災害を受けた場合，最も重要なことは，迅速に容易に修復できるものということである。その点，高度な技術，面倒な塗覆装を要さず，迅速な修復が可能であるものといえば，メカニカル管に優るものはない。大地震の発生は何時あるか分からないが，そのために相当な建設費をかけて，絶対的ではないができるだけ被害の少ないとされているものを選ぶよりも，むしろ修復の容易な，平時の管理にも経済的なメカニカル管を採用することにした。しかし，橋梁部分，伏越部分，交叉点等は地震の教訓を活かして，予防できることはできるだけ採用することにした。

5. 結　び

今回の検討において，ゴムパッキングは十分の信頼性が長期的に保持されることが立証された。さらに昭和32年よりパッキングはチップ部の補強用綿布を真鍮金網にし，本体もNBR系と改良し，供試パッキングより耐久性が上昇した。

管径決定には10～15年の需用想定を基にして求めたが，図—6のように昭和31年埋設されたものを補強する目的で，今回の新設が行なわれるものである。そして10～15年先の将来にも増設の問題を考えることになるであろう。

図—6　中圧路線（略図）



路線の復線化，環状化することにより，一本の路線の絶対性をとことんまで追求しなくても最悪の場合に備えることができる。

一方，ジョイント締めの技術を持った職人はますます少なくなっていく傾向にある。特に地方の中小会社では，好むと好まざるによらず，高度な熟練を必要としない，経済的なメカニカル管の使用が必要となってくるであろう。

以上のようなことから，メカニカル管は当社においては最も適合したものであると判断したものである。しかし，道路事情はどんどん変化していくであろうし，ガス需用も正直にいって10年先はどうなるのか分からない。今後においても，現在埋設されたものがどのようになっているか，変化する外部事情に対し，最適かどうか，ということを常に考えていきたい。

事例研究・その3

鋳鉄管の耐食性について

横浜市水道局計画課

1. はじめに

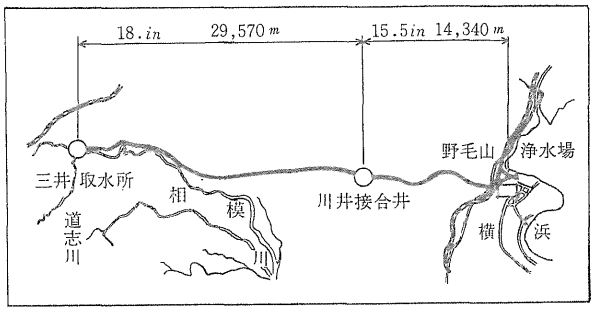
横浜市水道はわが国最初の近代式水道として明治18年（1885年）に起工され，同20年には計画給水人口70,000人，1日最大配水量5,740m^3の規模をもって市民への給水を開始した。

この創設水道は相模川と道志川の合流点に取水口を設け，ポンプにより揚水し，市内高台に設けられた野毛山浄水場に至るまでの44kmの遠距離を，自然流下により導水し，これより市内一円に給水したものであり，総工事費は107万4千円であった。

鋳鉄管を始めとする工事用材料は，すべて外国製品（ベルギー製）の輸入によったものであり，内径18in管（延長29,570mm），内径15.5in管（延長14,370m）を始めとして，8in管，4in管を含めて12,000トンに達し，その費用は総工事費の約5割を占めたのである。

それ以来，横浜市水道は市勢の発展に伴う水需要に対処するため6回の拡張工事を重ね，現在第7回拡張工事を実施中であるが，鋳鉄管の布設延長は1,387kmに達し，管路（口径75mm以上）総延長の約8割を占めている現状である。

図—1　創設水道概要図



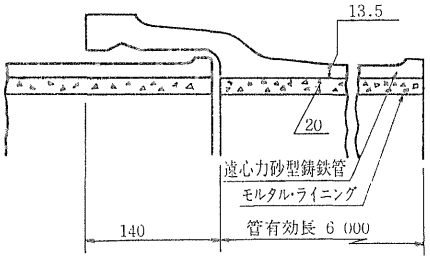
2. 使用鋳鉄管の変遷

横浜市における創設時の鋳鉄管は，すべて外国製品であり，明治31年（1898年）に着工した第1回拡張工事においても，大部分はベルギー製の鋳鉄管を使用したのであるが，明治34年に初めて国産品の採用に踏み切り，重量163トンの内径22in国産異形管を購入，使用した。以後，第2回拡張工事（明治43年）からは内径36in導水管をはじめとして，すべて国産鋳鉄管を使用したのである。

その後，大正15年（1926年）からmm呼称管を昭和10年（1935年）から高級鋳鉄管を，また昭和34年からメカニカル形モルタルライニング・ダクタイル管を採用しはじめた。

なお，昭和26年には現在の防食用モルタルライニングのはしりともいうべき遠心力モルタルライニング鋳鉄管を開発，使用した。これは管内面の防錆を恒久的にするとともに，ライ

図—2　990 mm ライニング鋳鉄管



ニングによる補強によって鋳鉄管の管厚を内圧に耐え得る最小の厚さにして，鉄材の使用量を節約することを目的としたものである。

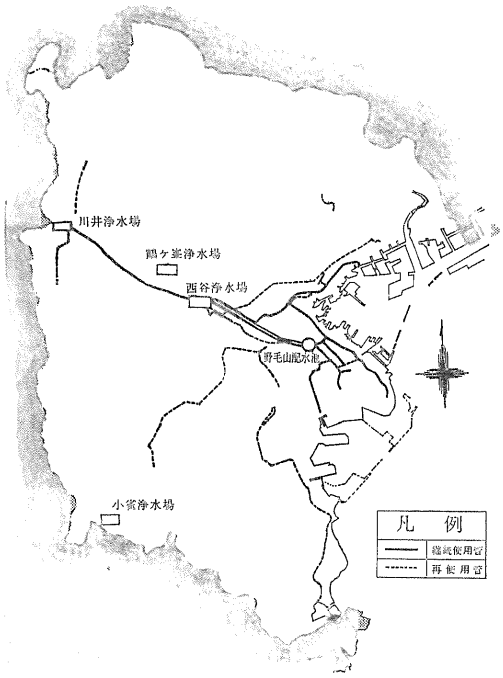
3. 鋳鉄管の使用状況

前述のごとく，本市においては80年近い歴史を持つ鋳鉄管が今なおその機能を果たしているのであるが，創設工事以来布設されてきた管のうち，導水管として使用されたものの一部は以後漸次行なわれた拡張工事の度に撤去され，市内配水管として転用されてきているが，特に戦中戦後にかけて施行した第4回拡張工事においては，鉄鋼不足から撤去管を大幅に再使用して市内配水の需要に対処しなければならなかった。

この再使用に際しては，管の内外面とも，モータークリーナー及びカッターを用いて錆瘤その他の附着物を掻き取り，更にワイヤーブラシで入念に清掃した後，ピタス・ビチュマティックソリューションのバス内に浸漬し，空気乾燥せしめ，塗装膜厚0.3~0.4㎜とした。

図―3に第2回拡張工事（1910年~1915年）までに布設されたもの，及び後に撤去・再使用されている鋳鉄管の布設状況を示す。創設工事第1回拡張及び第2回拡張工事の際に購入され現在まで使用されている管の延長は，それぞれ27,100m，26,700m，51,800mであり，合計すると105,600mの鋳鉄管が50年以上の使用に耐えていることになる。しかし，これらの鋳鉄管が十分に働いているかどうかは疑問であり，腐食による流速係数の低下，赤水の発生，強度の低下等の問題が生じてくる。

図―3　横浜市における使用年数50年以上の鋳鉄管布設状況



表―1　土壌分析表

区分	見掛比重	含水率 %	間隙率 %	電気抵抗 Ωcm	PH値	全硫黄 mg/100g	酸価 KOH mg数	灼熱減量 %	水溶性塩類 mg/100gr 全固形分	CaO	MgO	SO_3	Cl	有機物 $KMnO_4$ 消費量
表土（黒色土壌）	1.23	60.64	46.75	1.800	6.8	0.087	0.44	31.65	36.4	2.5	1.3		1.4	11.9
地表下 1.5m（赤色ローム）	1.23	55.45	51.19	1.800	6.7	0.037	0.38	17.73	38.4	2.2	1.1		1.2	4.2

写真1.　内径36in導水管内面

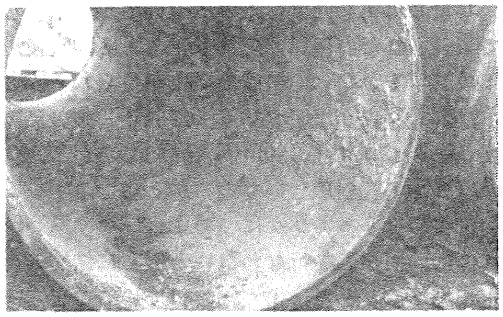


写真2.　内径36in導水管外面

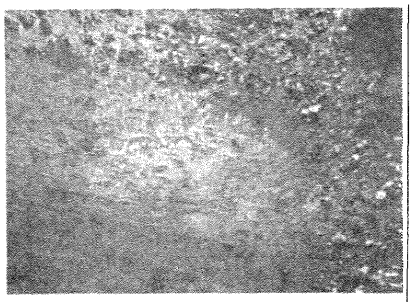


写真3．　内径1,100 mm 鋼管内面

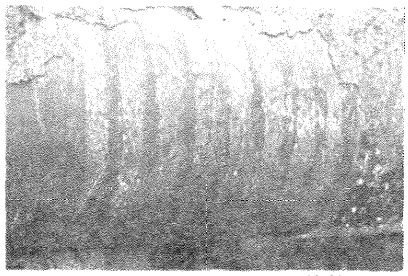


写真4．　内径1,100 mm 鋼管外面

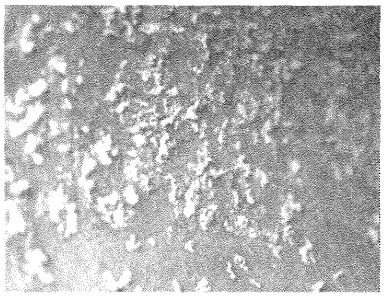


写真5．　内径24 in 配水管内面

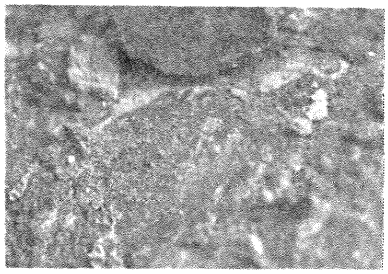


写真6．　内径24 in 配水管外面

写真7．　内径22 in 配水管

写真8．　内径18 in 配水管内面

写真1，2は第2回拡張工事の際に相模原台地に埋設され，昭和28年に撤去，再使用した時の内径36in導水管の内外面を示す。埋設箇所の土壌は，表層 60～100㎝ は黒色土であり，埋設深さでは赤色ロームであった。地下水位は埋設深度以下であった。管の対地電位は硫酸銅電極を用いて 0.1 ボルトであった。土壌の分析結果は表-1の通りであり，通気性良好で，塩類も少なく，酸価も低く，電気抵抗が高く，腐食性の少ない土壌であった。水分が多かったのは調査前日まで降雨が続いていたためである。腐蝕状況は概して良好な状態を保っていた。なお，参考のため同じ場所で同時に撤去した内径 1,100 ㎜鋼管についての状況を写真3，4に，その内外面の状況を示す。なお，管内面の頂部に錆瘤が多く発生していたのは，水圧が低下した際に混入した気泡や水中の溶存酸素の影響ではないかと考えられる。また，強度については試験水圧14㎏/㎠の耐圧試験に全数合格して，再使用に支障のないことが確認された。

写真9．　20in英国製制水弁

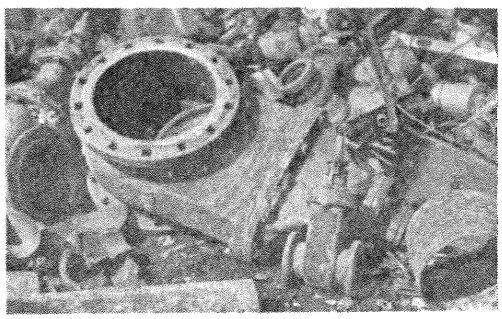


写真5，6は同じく第2回拡張工事において市内に布設された経過年数約55年になる内径24 in配水本管の内外面を示す。常時海水の影響をうけることが考えられる埋立地に埋設された管の外面は，写真のようなかなり腐食をうける。

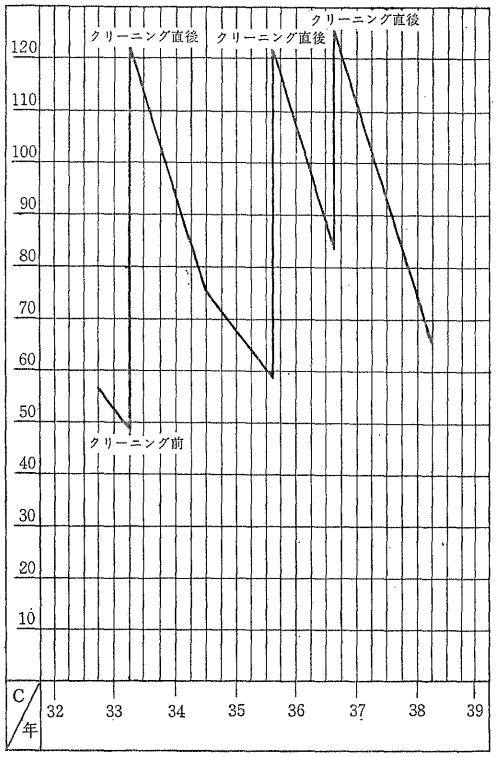
写真7は第1回拡張工事に導水管として布設されたものを昭和21年に市内配水本管として撤去再使用したものであり，昭和38年にはクリーニングを行なった管であるが，偶々本年10月に路面の過大荷重により破損したものである。使用年数は約60年で，再使用後21年を経たものである。布設個所は比較的内陸部であって，外面腐食はわずかしか見受けられなかった。

写真8は第2回拡張工事において水管橋として架設された内径18in配水本管であるが，使用年数51年でかなりの錆瘤の発生が見られる。

なお，写真9は明治39年（1906年）製の英国ブレークボロー社の20in制水弁であるが，四角のボールト孔が珍しいものである。

管路のクリーニングについては，クリーニング後に内面塗装を行なわないと直ちに錆瘤の発生が起こることは，よく知られていることであ

図―4　クリーニングの効果と閉塞の進行



るが，図-4に内径18in鋳鉄管についてのクリーニングの効果と，その後の管の閉塞の状態を示す。この管は創設水道の導水管として布設されていたものを，昭和17年に撤去し，市内配水管として再布設したものであるが，閉塞がはげしく配水能力が低下したためクリーニングを行なったものである。流速係数はヘーゼン・ウィリアムス公式によって算定し，流量の測定はピトーメーター，損失水頭は圧力計により測定した。測定した管路の延長は1,936mである。

図から判断できるようにクリーニングする前には流速係数が49であったものが，クリーニングによって123に上昇した。しかしクリーニングの後，1年3カ月経過すると流速係数は75に2年3ケ月後には59にまで下ってしまった。この傾向はクリーニングを行なう度に繰り返されていて，管内面に錆瘤が急速に発達していることが推測される。

表-2に原水取入口及び浄水場ろ過池における水質試験成績を掲げる。

4. 結　び

表-2　水質試験成績表

項　目	単位	取水口	浄水場
水温	°C	14.5	15.9
濁度	PPm	1.0	透明
色度	〃	1.0	2.0
PH	——	7.4	6.9
総アルカリ度	PPm	32	27
酸度	〃	2	6
遊離炭酸	〃	1.76	5.28
溶存酸素	〃	10.20	10.28
酸素飽和百分率	%	101.2	102.7
塩素イオン	PPm	1.84	1.70
硫酸イオン	〃	5.27	16.17
硝酸性窒素	〃	0.18	0.36
亜硝酸性窒素	〃	0.001	0
アンモニア性窒素	〃	0.06	0.04
アルブミノイド窒素	〃	0.06	0
過マンガン酸カリ消費量	〃	1.82	1.26
総硬度	〃	33	40
蒸発残留物	〃	69.0	59.0
鉄	〃	0.04	0.05
ケイ酸（重量法）	〃	22.23	24.44
カルシウム	〃	9.61	10.01
マグネシウム	〃	2.19	3.64
燐酸	〃	0.049	0.049
電気伝導度	$\mu\Omega/cm$	66	74
一般細菌数	ケ/cc	23	4
大腸菌群試験	MPN	330	23

以上，横浜市における創設工事からの鋳鉄管の使用の経過を概観し，二，三の腐食に関する事例を述べたのであるが，管体の腐食に影響を与えるものとして，管内を流れる水の性質，流速，埋設土壌の性質等が考えられる。いずれにしても鉄管の宿命として多かれ少なかれ腐食をうけざるを得ないのである。

管内面については，現在ではモルタルライニング管を使用することにより不安は少なくなったと思われるが，埋設土壌の性質によっては管外面の防食対策を考慮しなければならない。

横浜市の場合は，歴史の古さから使用年数の長い鋳鉄管が相当量布設されていて，それらには錆瘤等による機能の低下がみられが，大部分はクリーニングにより更に長年月の使用に充分耐え得るものと考えられている。従って，今後優れたクリーニング方法，特にクリーニング後の内面塗装法の改善，開発が切望される。

事例研究・その 4

初期の遠心力ダクタイル管を使用して

桂沢上水道組合工務課長
巧　　衛

1. はじめに

現在わが国において，パイプといえば即ダクタイル管を指し，かつての高級鋳鉄管に完全にとって代ったといい得るであろう。

最近は，大口径管にまでも鋼管の領域に入りこみ，ダクタイル管は中小口径から大口径まで使用され，その発展は益々華々しさを加えている。考えてみるに，ダクタイル鋳鉄の優秀さから今日の姿は当然といい得るかも知れない。

しかしどんな場合でもそうであるように，ダクタイル鋳鉄をパイプに用い今日の隆盛に導くまでには，メーカー，担当者の方々の大変な苦労と努力があった訳で，昭和32年初めて遠心力ダクタイル管を採用したわれわれにとっても，感慨にたえないものがある。

ここで当時を振り返ってみたり，その後の状況等について述べてみたいと思う。

2. 桂沢上水道組合について

桂沢上水道組合は，水道法にいう所の水道用水供給事業者であって，昭和30年12月北海道知事により地方自治法に基づく一部事務組合の設立認可を受け，昭和31年より事業を開始した。組合構成は，岩見沢市，三笠市及び美唄市の三市からなっている。

当組合が上述の三市によって設立された経緯は次の通りである。

即ち岩見沢市，美唄市は泥炭地帯で地下水は使用することができず，三笠市はで山水隘地帯源に乏しく，さりとてその地域を流れている幾春別川，石狩川には水利権の余裕もなく，飲料水でさえも窮屈な状況であった。

そのため交通の要衝で，且つ農産物の集散地である岩見沢市の発展は常に阻害され続けており，三笠市においても，炭鉱の街として公衆衛生上問題のある所であり，各市所とも真剣に上水道の建設に腐心していた。

たまたま昭和26年，石狩川水域で，もっとも開発条件のよい美唄原野の開発と，水道用水の確保，洪水調節および電源開発を目的として，幾春別川総合開発計画が樹立された。

そこで岩見沢市を初め，各市はこの計画に参加し，多年の念願であった水道建設の夢が実現することとなった。

この開発計画の主な内容は次の通りである。芦別川上流に高さ22.8mの芦別取水ダムを築造これに貯溜された水を自然流下式隧道で幾春別川に放流，この間落差を利用して熊追発電所(5,000kw)を設ける。幾春別川桂沢にダムを築造（高さ 63.6m，有効貯水量 81,800$\times 10^3 m^3$）このダムに農業，水道用水を溜め，又下流に桂沢発電所(15,000kw)を設ける。勿論洪水調整もこのダムにおいて行なう。

上水道は，発電後の放流水をポンプ揚水して使用するか，それ共ダムより直接取水するかということで随分問題があったが，経済上の比較つまり導水管の建設費とポンプ揚水の資本還元との比較よりダム直接取水と決めた。

しかしながら，この桂沢ダムと各市との距離

は12㎞～18㎞もあり，各市が単独に水道を布設する事は不経済極わまりないので，この際共同でできる部分は統合して，共同建設共同運営を行なおうという気運が盛り上がり，種々の経過をたどって，事業施行体として，桂沢上水道組合が設立されたのである。

当時の組合上水道計画は次の通りである。

組合加入市　岩見沢，三笠，美唄
3市給水人口合計　131,200人
日最大給水量　40,000m^3
計画目標年次　昭和45年

現在の給水人口は，計画数に近づき，日最大給水量も計画の40,000m^3を超える状況なので取り敢えずダムよりの取水権をふやして現在の倍以上とし，現有施設の増強によって当座をしのぎ，早晩実施を要する拡張のための計画段階に入りつつある。

3. 施設の概要

(1)水　源；桂沢ダム
(2)取水設備；共同取水塔より取水，共同鉄管路(φ3,000㎜)を経て水道導水管(φ700㎜)に分岐
(3)導水管；遠心力ダクタイル管(φ700㎜)延長約4,000m
(4)浄水場；高速凝集沈澱装置＝2池
16.5×16.5m角
急速沪過池＝8,000m^3/日 6池
(沪速120m/日) 1池予備
浄水槽＝1池(500m^3)
(5)送水管；遠心力ダクタイル管(φ700㎜)延長約6,400m アスファルトジュート巻電気溶接鋼管(φ600㎜)延長 4,700m
(6)分水個所；幾春別，唐松，三笠，大里
各分水点には流量計を設備，記録積算を行ない，毎月分水量を調定する。

4. ダクタイル管採用の経緯

昭和31年9月，水道組合が発足してはじめての工事として，導水管の入札を行なった。入札内容は導水管延長約4,000mの管布設工事で材工共とし，且つ管種はアスファルトジュート巻電気溶接鋼管とした。予定価格を8,000万としたが，開札結果最低でさえも1億円をはるかに上廻り，歩み寄りは不可能の状況であった。設計額，予定価格を決める時は，勿論当時の相場を調査し，適当価格をとったが，入札公告後1週間位で屯当り12万円から20万円を超える状況で，当時の造船ブームのあおりを受けたものであった。その当時，われわれは既にダクタイル管の予備知識を得ており，ダクタイル鋳鉄が鋼に比較し，強度において，伸率において同等の能力を持ち，しかも化学的な組成よりその耐蝕性は鋼をはるかに凌ぎ，しかもメカニカルジョイントの出現が溶接継手に比べ有利であると認識していた。しかし，新製品であり，方々のデーターを蒐集し，検討を重ねた結果，他所の実験結果からもその優秀性は一応首肯できるが，今少し様子を見ようということで導水管の設計対象より見送ったものである。

しかし，鋼管による入札が不調で，しかも工事を遂行しようとするならば，鋼管と同等の性能を有するダクタイル管を再び真剣に取り上げなければならない羽目となってしまった。早速

スギナカ Ⓢ 鋳鉄異型管
水道用鋳鉄異型管
ダクタイル異型管、鉄蓋
排水用鋳鉄管
マンホール、鉄蓋瓶
株式会社 杉中鋳造所
大阪市西成区津守町東3丁目21番地　電話㈹大阪(561)2761番

久保田鉄工㈱と交渉に入り，ここに隔年成績をまたず一挙にダクタイル管の採用に踏みきったのである。しかも当時立吹のダクタイル管しかなかったのを一歩すすめて，遠心力鋳造のダクタイル管を採用したのである。

5. ダクタイル管が完納されるまで

導水管用管のメドがついたので，工事は材料支給とし，9月5日配管工事の入札を行ない，三井建設㈱に落札した。その後管の購入について，久保田鉄工㈱と具体的に交渉を重ね，下記の仕様により購入契約を締結した。即ち，

(1) 納期は昭和32年5月31日とす。
(2) 規格はJISG5522(1954)水道用遠心力砂型鋳鉄管に準ずる。
(3) 直管は良質の鋳鉄に若干の鋼を配合し，鋳造の際適量のマグネシウムを添加して，その組成が均一な球状黒鉛鋳鉄で加工し易いものでなければならない。
(4) 焼鈍温度は約750°Cで適当時間しなければならない。
(5) 管の内外周は，実用的同心円であって，その両端は管軸に対して直角でなければならない。
(6) 管の化学成分の中，下記成分は次の値以下とする。
　P：0.2％　S：0.015％
(7) 管は20kg/cm²の水圧を加えて相当時間保たしめ，槌でたたいてもこれに耐え，漏水の欠点があってはならない。
(8) 受口，中央，サシ口の顕微鏡検査結果において，その組織が一様な球状黒鉛鋳鉄でなければならない。
(9) 管の形状，寸法及び許容差については，水道用メカニカルジョイント形鋳鉄管標準仕様書（昭和31年10月鋳鉄管協会）による。
(10) 抗張力は36kg/cm²以上，伸び率5％以上でなければならない。

ここにおいて，久保田鉄工においては，従来の立吹のダクタイル鋳造技術と，FC管の遠心力鋳造技術を改善し，わが国においてはじめてダクタイル管の遠心力鋳造が開始されることとなった。

しかも，たしか口径700㎜の遠心力鋳造は，世界でもはじめてであったと思う。契約は昭和31年11月に行なわれ，直ちに当時工務課長であった辻本文吾氏が工場に赴き，新設備の計画とか，納入の細目について打合せ，あと現地としては，管の到着を待つのみであった。ところがその後さっぱり管の入荷がなく，種々調査した所，肝心の工場の設備が遅れていることが判明した。丁度昭和32年，33年頃は，産業界の設備投資ブーム時代で，遠心鋳造設備もその影響で思うにまかせぬ状況であった。当組合としては，昭和32年の年内通水という至上命令があって，川村組合長をはじめ，三浦副組合長等の心労は，管入荷遅延のため一通りのものではなかった。これ等悪条件の中，組合と久保田鉄工との間に繰り返しやりとりが交わされたが，今にして振り返るとき，会社の担当の方々の苦労も如何ばかりであったかと偲ばれる所である。

とに角遅れはしたが，関係者の努力によって鋳造設備も整い，ここに遠心力ダクタイル管の製造が開始された。しかし，ローマは一朝にして成らず，苦心して作られた管は，なかなか仕様書に適合するものが少なく，工場関係者，組合において，焦慮の色が一層深まって行った。時日はどんどん経過し7月になんなんとして来たが，久保田鉄工技術者の旺盛な責任感と卓抜な技術によって，とにかく実用に差支えない製品ができるようになった。

この間の水道協会，神戸市水道局の全面的な援助も忘れることができない。生産も軌道に乗り，量産体制も整ったので，導水管分に引き続き送水管用口径700㎜，延長6,400mも契約し，11月中旬に全数完納された。

昭和40年，たまたま最近のダクタイル管を購入使用する機会を得たが，約8年位の間の，撓みない研究改良がうかがわれた。当時購入仕様書も，実用上差支えない程度に緩和したりしたが，現在の製品は当時の仕様よりはるかにシビヤな条件に適合し，その強度は勿論のこと，伸び率においても目を見はらせるものがあった。

当時のダクタイル管の試験成績を調べると，製品は仕様ギリギリのものから極端な高い強度を出すものなど，チラバリが多かったが，現在のものはその点も改善され，安心して使えるよ

うになったことも特筆されるべき事であろう。

6. 管布設工事とその後の状態

導送水管路は地勢が山に囲まれた所で，起伏が激しく，難所が多かった。そのため工事は困難を極めた。特に導水管路は岩盤地帯が多く，コンプレッサーを据付け，発破堀削を行なったものである。コンプレッサー5台を使用したが間に合わず，ピオニオ5台とバックホー3台で，バケツの爪の損傷を覚悟で堀削を強行した。特に人家附近の発破施工は難儀を極め工事の進捗も思うまかせなかった。一方送水管路は，畑地，水田等を通過し，秋から冬にかけての降雨時は，堀削あとが一夜にしてたちまち泥海と化し，管1本きまるのに一週間を要した所がある程であった。とに角管路延長が10,000m以上もあり，管の入荷が軌道に乗ったのは9月以降だったので，繰り返し工程のやり直しを続けたが年内通水には確信を持つことができなかった。

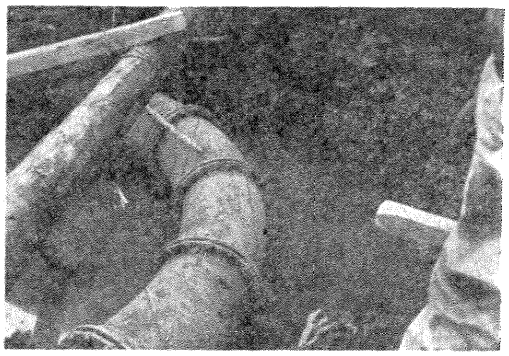
なんとなく暗憺とした気持で，ただその日その日ベストをつくすの一語につきる状態が続いた。加えて例年のことであるが，北海道の建設業界は冬が近ずくと慌わただしくなり，各工事とも最後の仕上げ，突貫工事となるため人夫が払底するのが例である。丁度その年は，特に土木工事の多かった時で，あらかじめ春先に確保した労務者は着工遅延のため次々と移動し，且つ最悪の9，10月に労務者を確保することは大変むずかしいことであった。

土木工事請負の三井建設㈱の苦労は想像を絶するものであった。管は入り始めるとどんどん入荷する。工期は迫る。そんな訳で工事現場を20カ所位に分け，昼夜兼行工事を実施したものである。特に前述の岩盤は，頁岩，砂岩で割れめが入っているため発破の効率も悪く，どんなに急いでも能率は急上昇する訳でなく，岩盤の堀削総量1万数千 m^3 を僅か3月程で掘上げ得たのは，3台のバックホーの威力によるものである。

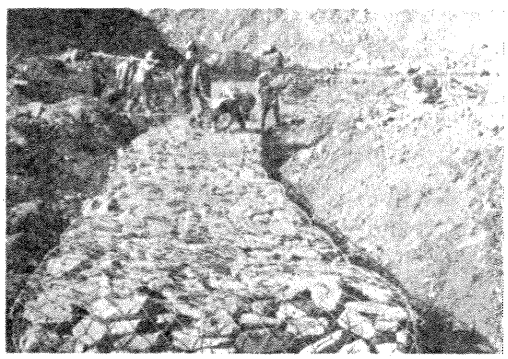
工事は更にPS桁架橋2カ所，コンクリート橋による水道橋2カ所，鋼管橋1カ所，伏越延長100m，鉄道横斯2カ所等附帯工事も相当量あり，三井建設札幌支店の総力を傾注したもの

岩盤堀削の状況

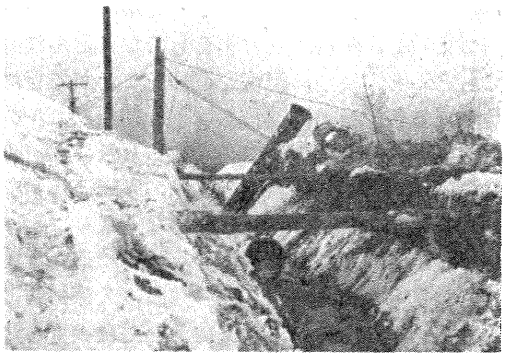
市街地における90°ベンド



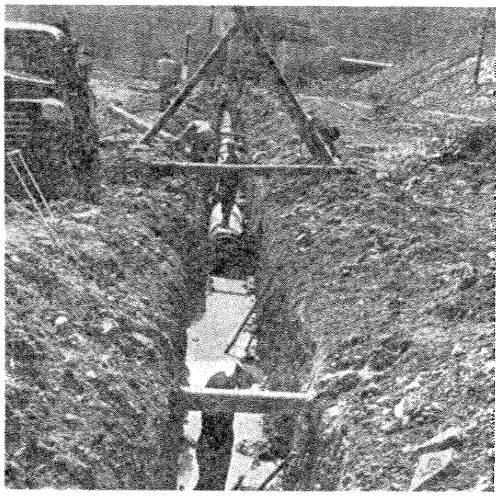
伏　起　工



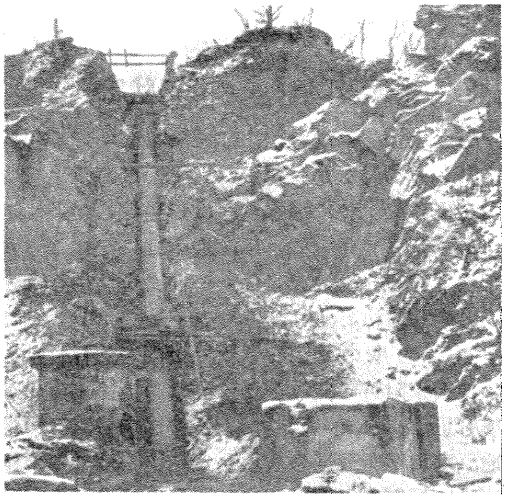
配管は雪中でも続けられる



ダム下の配管状況



崖の個所の配管



となった。

設計の際最も留意したことは，メカニカルジョイント使用のため曲管部の防護であった。静水圧8kg/cm²でベンド90度の所が2個所もあり，しかもそれが市街地の真中にあったため22½°曲管を4カ使用，曲管全部をマッシィブなコンクリートで完全に防護した。

防護の考え方は，ベンドによる推力はコンクリートを経て土壁に支持されるものとし，土質によって必要支持面積を与え，又堀削土壁とコンクリート面との間隙は，ソイルセメントコンクリートにて充塡完璧を期した。又管路の偏曲点において偏倚角の小さな個所，あるいは偏倚角は大きいが，スペースの広い場所では曲管を用いないでカーブセッチングによって配管を行なった。困難苛酷な状況下での工事の中で，メカニカルジョイントの採用は大きな救いであった。というのは，北海道において大口径管布設の経験を有する配管工は皆無で，当初は専ら本州からきた配管工に頼よっていたが，工期が切端つまって，配管工と称するものならどんな者でもどんどん使い，配管を進めることができたからである。当初は監督も慎重を期し，トルクレンチにより締めつけ力を点検したり，片締めのないよう絶えず注意を行ない，正規に作業を進めたが，途中からその余裕がなくなり，とにかく管がつながればよいという所まで追いこまれてしまった。工事は，三井建設，久保田鉄工，組合のわけ隔てなく，現場においては一丸となって悪戦苦斗を重ね，12月28日全路線の配管を完了，年内通水ができた。

前から繰り返し述べてきた如く，それは全く夢にも思わなかったことであり，それだけに感激も一入深いものがあった。最初の試験通水により発見された漏水は僅か2カ所で，しかもその一つは，全く漫画であるが，押輪を反対に挿入のしたもであり，今一つは，ボルトの締め忘れであった。押輪の反対挿入個所は，断面1cm角位の割輪をゴム輪と押輪の間に挿入して漏水を止めることができた。前述の如く配管工事は中途から工事監督を綿密に行ない得ぬ状態に追いこまれたが，それでも特にボルトの片締めだけは繰り返えし注意した。しかしそれでも片締めによる押輪の破損がかなり生じた。

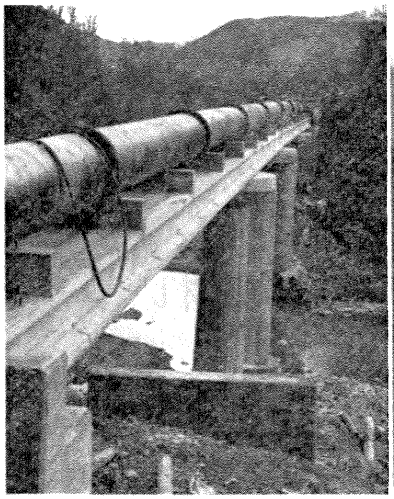
最近必要があってその当時布設の管を掘出した時，やはり押輪の割れたのが1カ所発見されたが，漏水の形跡は全くなかった。

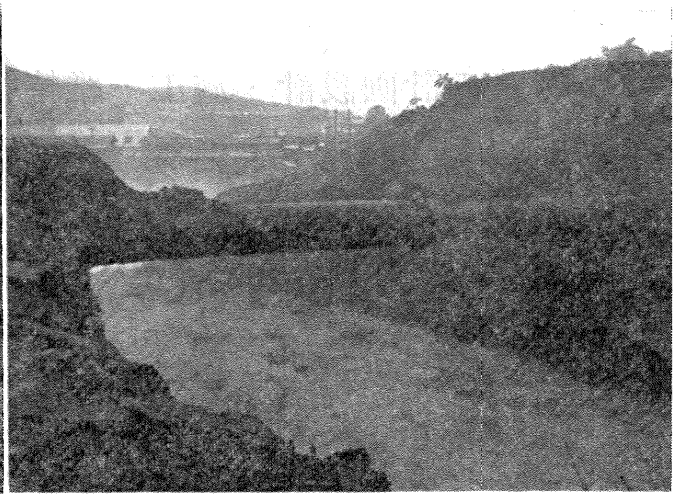
現在も配管工事の際にしばしば感ずるのは，メカニカルジョイント締めつけをみて，直ちに経験の有無が判断できるということである。

管を現場に搬入するために，小型トラクターを用いたが，管路は山谷の起伏の多い所であったため，非常に有効であったと思う。どんな所でも楽々と運搬でき，現場小運搬の手間が著しく軽減された。

又管は実用に供し得たが，それでも現在と比較し歪みが大きかったので，技術指導を兼ね久保田鉄工の工場より係員が2名常駐し，寸法の

PC桁による水道橋　　S41. 8. 集中豪雨にて道路決壊，管宙吊となるもよく持ちこたえる





再確認その他種々協力を頂き，円滑な配管ができた。近頃時折り，災害復旧の工事等のため既設管を切断することがあるが，切管用でない管が，パスによって寸法を調べると真円に近く，且つ切管に使用し得るものが殆んどなので，工事が非常にうまく行っている。真円は水圧によって匡正されるとしても，外径寸法が皆適合し得るのは，どういう理由かよくわからないが，とにかくよいことだと思っている。それから管の錆こぶの附着状態が隣接して布設された管同志でも極端に違うので，これは鋳肌の状態に左右されているのではないだろうか。

又メカニカルジョイントのゴム輪は布設10年後の今日，殆んどその変質が感じられず相当な弾力を保持している。布設個所によりボルトが意外に腐蝕しているのがあった。

組合上水道が建設されてより現在まで，災害その他で3回被害を蒙っているが，管自体による欠陥は殆んど皆無である。

7. むすび

当時ダクタイル管の評価が確立されていない時，しかも未だ立吹管しか鋳造されていない時，遠心力ダクタイル管を採用したことは，経済的な要求からとはいえ，確かに冒険であったと思う。今日ダクタイル管はその地位を確保し，ゆるがぬものとなったが，改めてわれわれの判断に誤りがなかった事と，それ以上にダクタイル管をここまで育てあげられた関係者の努力に対し深く敬意を表するものである。

ガス・水道・異型管・各種高級鋳鉄
水道用鋳鉄異型管工業会々員
大和鋳造株式会社
本社工場　大阪市東住吉区加美春日町17番地　TEL大阪(791)0488－代表
八尾工場　八尾市竹渕397－1番地　TEL　大阪(709)2538
東京営業所　東京都千代田区神田紺屋町46 風月堂ビル　TEL東京(252)4111－代表

鋳鉄管協会誌第1号

昭和41年8月

特　集　<1>

小口径ダクタイル管

河　井　貞　一
（久保田鉄工株式会社
取締役鉄管研究部長）

小口径ダクタイル管目次

Ⅰ 材　質・強　度……21
1. 化　学　組　成……21
2. 顕　微　鏡　組　織……21
3. 機　械　的　性　質……21
4. 管体の衝撃強さ……21
5. 管体扁平強さ……22
6. 管体曲げ強さ……22
7. 破　裂　内　圧……23
Ⅱ 接　　手……24
1. 接手形式（A型，C型，タイトン型，G及びガス型，K型，スクリュー型）……24
2. 接　手　の　性　能……24
3. 接　手　の　特　徴……29
4. 接　手　の　施　工……30
Ⅲ 切　　管……31
1. パイプカッターによる切断……31
2. ガスによる切断……31
Ⅳ 穿孔及び分岐……32
1. 穿　　孔　　性……32
2. 分岐性能（曲げ，水密性，ねじ部強度，耐震性）……33
3. 穿孔の問題点に対する一提案……41
4. 漏洩防止材の効果……42
Ⅴ ダクタイル鋳鉄製水道用分岐サドル……44
1. 分岐サドルの形状，寸法……45
2. 設計上の特徴……46
3. サドルの締付トルク……46
4. 水　　密　　性……46
5. 引　張　り　強　さ……46
6. 耐　　震　　性……46
7. 施　　工……47

鋼のような強靱性と鋳鉄特有の耐蝕性を兼備したダクタイル管は，従来，中・大口径水道用管の代表として用いられてきたが，その特性が広く認められた結果昨今では小口径管（75φ～250φ）も水道・瓦斯・通信などの各分野で多く用いられるようになってきた。本稿では小口径ダクタイル管の特性・施工などについて紹介する。

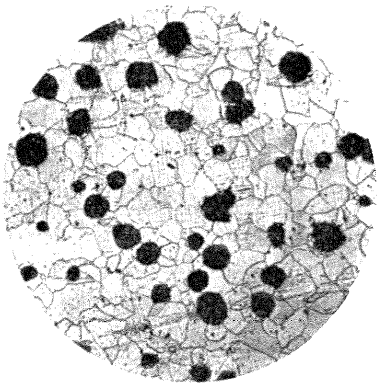
I 材 質・強 度

1. 化学組成

表—1 ダクタイル鋳鉄の化学組成 (%)

C	Si	Mn	P	S	Mg
3.4～3.8	1.7～2.2	0.4以下	0.1 以下	0.015 以下	0.03以上

2. 顕微鏡組織



3. 機械的性質

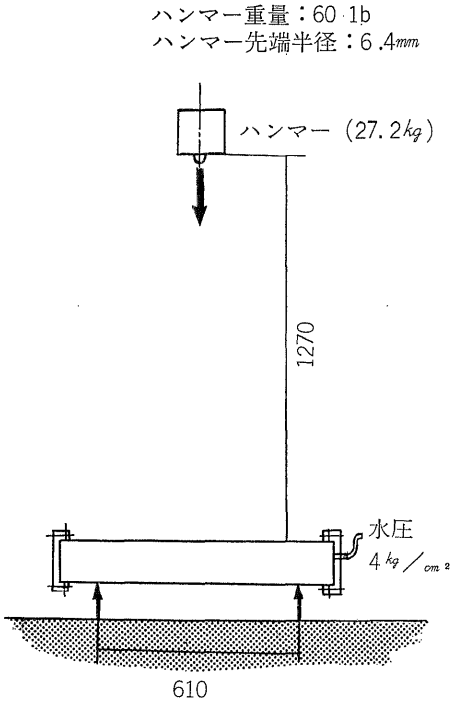
表—2 機 械 的 性 質

引張強さ	38kg/mm²以上 (JWWA G 105)
伸び	3%以上 (JWWA G 105)
弾性係数	15,000～17,000kg/mm²
ブリネル硬さ HB	230以下 (JWWA G 105)
衝撃値(アイゾット)	6kg-m/cm²以上
ポアソン比	0.28～0.29
電気抵抗	50～70μΩ/cm³
熱膨脹係数	1.0×10⁻⁵/℃ (20～100℃)
熱伝導度	0.0845～0.075cal/m²cm℃sec
比重	7.15 (JWWA G 105)

4. 管体の衝撃強さ

口径200φの管につき，図—1に示す如く4kg/cm²の水圧を加えた管を横たえ，真上から尖頭を有する重さ60lb (27.2kg) のハンマーを繰り返し落下させた。最初の6 in (153 mm) の高さから，順次2 inづつ高めていき，クラックの発生を観察しながら，50 in (1270mm) の高さに達してもクラックを生じない場合は，その高さで何回も繰り返し落下させた。

図—1 200φ管落下衝撃試験



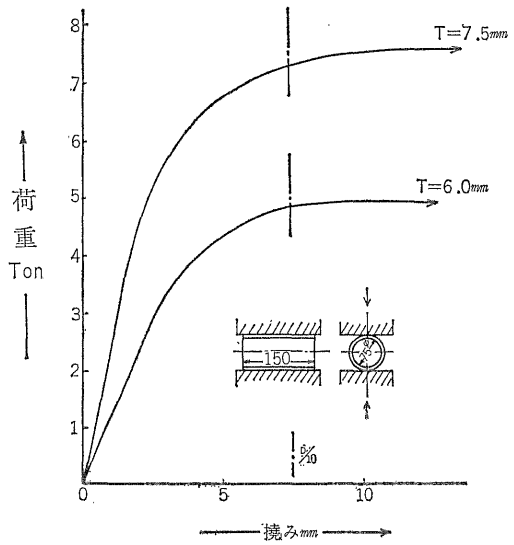
表—3 落下衝撃試験結果

	高級鋳鉄管	ダクタイル管
管厚	11.5 mm	9 mm
ハンマー落下高さ	30 in (760mm) でクラック発生	60lbのハンマーを50inの高さから40回繰返し落下させたが，管が凹んだだけでクラック発生せず。

5. 管体扁平強さ

扁平試験時の曲げ強さは65 kg/mm²以上であり変形量も呼び径の10%以上に達しても破壊しない。

図—2　75φ 扁平試験



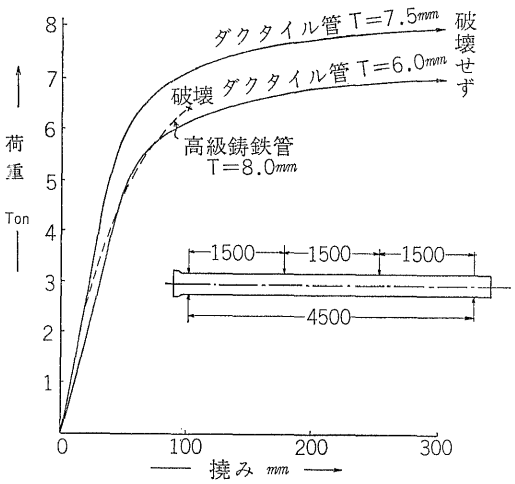
表—4　扁平試験結果

呼び径 (mm)	管厚 (mm)	環片巾 (mm)	圧壊荷重 (kg)	撓み (mm)
100	6.0	150	4,870	37
	7.5	〃	6,650	22
	9.0	〃	10,100	16
150	6.0	〃	3,200	42
	7.5	〃	4,760	38
	9.0	〃	7,090	30
200	6.0	〃	2,510	51
	7.5	〃	4,050	49
	9.0	〃	4,890	43
250	6.0	〃	1,890	95
	7.5	〃	2,840	65
	9.0	〃	3,340	54

6. 管体曲げ強さ

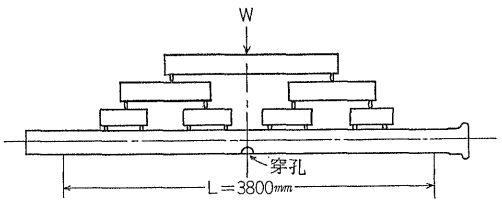
小口径管は折損が問題になるが，ダクタイル管はジョイントで曲ること，管体そのものも変形が可能で地盤に順応できることなどから，地下埋設管としては最適のものと考えられる。

図—3　150φ曲げ試験



図—4 の如く，スパン 3.8 m で支え，上から8点荷重を載荷した。

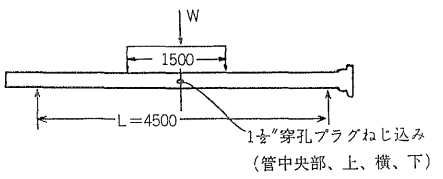
図—4　8点等荷重載荷方式



表—5 に見る如く，ダクタイル管は管厚が薄いにも拘わらず，穿孔しないものでは、高級鋳鉄管の 1.5 倍以上の荷重に達するも破断するまでには至らず，又穿孔によって高級鋳鉄管の荷重は約半減しており，ダクタイル管に於ても穿孔の影響は受けているが，穿孔したものでも高級鋳鉄管の穿孔しないものと同程度の荷重には耐え得ている。

一般に供給管は管頂から取り出されるのが普通であるが，試みに 150 φ 管を用いて穿孔位置を管頂，管側，管底と夫々変えてその影響を調査した。

図—5　試験方法



表—5　8点載荷曲げ試験結果

呼び径 (mm)	管厚 (mm)	材質	穿孔してないもの			穿孔したもの（孔，下向）			
			荷重 kg	応力 kg/mm²	撓み mm	孔の大きさ in	荷重 kg	応力 kg/mm²	撓み mm
100	10.5	FC	6,500	39.4	148.0	1	2,800	24.0	40.3
	10.5	FC	7,000	40.3	132.0	1	3,000	26.8	43.0
	9.5	FCD	＞9,500	＞48.7	＞300.0	1	6,800	68.2	115.0
150	11.0	FC	13,100	33.6	86.0	1½	6,250	23.5	29.5
	11.0	FC	12,300	31.2	88.0	1½	6,100	21.8	30.5
	9.5	FCD	＞24,500	＞59.6	＞316.5	1½	13,100	58.6	63.0
200	12.0	FC	21,000	29.5	66.0	2	10,000	19.1	22.5
	12.0	FC	24,400	31.0	86.5	2	10,300	19.8	23.0
	9.5	FCD	＞36,500	＞48.3	＞148.0	2	23,100	51.6	48.0

表—6　150φの穿孔位置別曲げ試験結果

管種	孔の位置	外径 (mm)	中央部管厚 (mm)	最大荷重 (Ton)	最大応力 (kg/mm²)	最大撓み (mm)	摘要
ダクタイル管	孔無し	169.1	9.6	＞11.73	＞48.3	＞405	破壊せず
	上	168.2	9.4	＞10.75	＞55.9	＞406	管破壊せず，孔の変形によりプラグ破壊
	横	169.9	9.0	＞10.80	＞46.6	＞413	管破壊せず，プラグの変形も僅か
	下	168.4	9.1	9.30	51.2	123	孔の位置で破壊
高級鋳鉄管	孔無し	169.5	10.1	7.40	29.1	114	中央から500 mm離れた所で破壊
	上	170.3	10.5	7.60	35.1	120	中央から120 mm離れた所で破壊
	横	169.3	10.4	7.50	28.9	110	中央から左に500 mm右に650 mmの2個所で破壊
	下	170.3	11.3	3.48	15.1	36	孔の位置で破壊

（註）孔を穿つたものについては，最大応力は孔の部分を除去した断面係数を用い算出した。

孔の位置が上及び横の場合は，ダクタイル管高級鋳鉄管とも，全く穿孔による強度低下は認められず，孔のないものと何ら変らない傾向を示している。これに対し孔下の場合は，荷重，撓み量とも著しい減少がみられるが，その場合でもダクタイル管は孔無しの高級鋳鉄管にくらべ，荷重，撓み共に劣らない性能を示している。

7. 破裂内圧

実用範囲の内圧で管が破裂することは考えられない。ダクタイル鋳鉄の引張強さを38 kg/mm²として，鋳造余裕を減じた管厚で，破裂内圧を算出すると表—7のようになる。

表—7　引張強さを38 kg/mm² とした場合の破裂内圧

呼び径 (mm) ＼ 管厚 (mm)	6.0	7.5	9.0
75	505	655	810
100	380	490	605
150	250	325	405
200	190	245	300
250	150	195	240

Ⅱ 接　　手

1. 接手形式

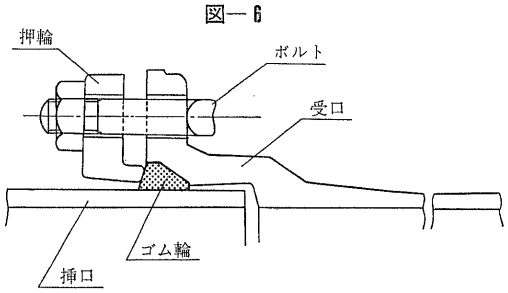
管の用途に応じた各種の接手がある。

表—8　管の用途別接手形式

用　　途	接手の形式
水道用管	A（メカニカル）型 C（印　　籠）型 タイトン型
ガス輸送用管	G及びガス型 K型（A—Ⅱ型）
電信，電話ケーブル保護用管	スクリュー型

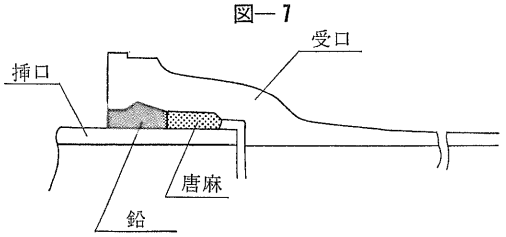
(1) **A　型**

図—6



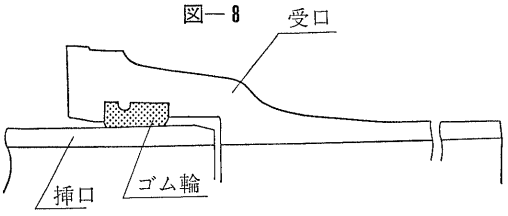
(2) **C　型**

図—7



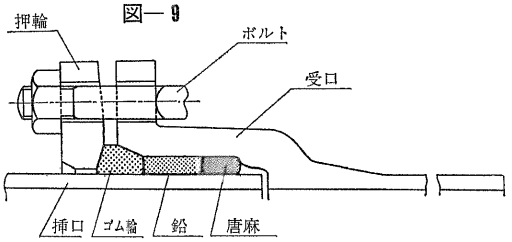
(3) **タイトン型**

図—8



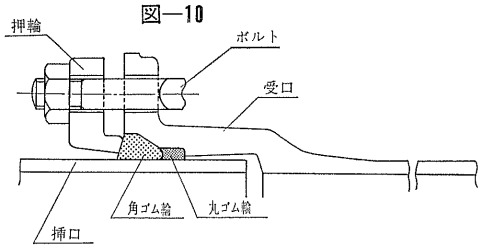
(4) **G及びガス型**

図—9



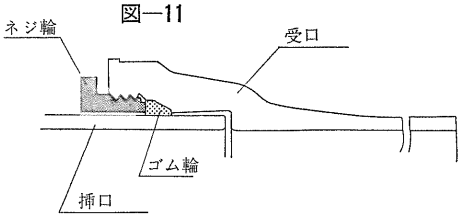
(5) **K型（A—Ⅱ型）**

図—10



(6) **スクリュー型**

図—11



2. 接手の性能

代表的な接手4種類について表—9に述べる。

表—9 接手の性能試験結果

性能	A型	タイトン型	G及びガス型	K型(A—Ⅱ型)
水密性 気密性	**試験方法** 2本の管を接合し，両端に盲蓋を取付けて管内に内圧を加えた。 供試管　300φダクタイル管 **試験結果** i　気密性 気圧 kg/cm² / 保持時間(分) / 漏洩の有無 1 / 10 / なし 5 / 10 / なし 10 / 10 / なし 15 / 10 / なし ii　水密性 水圧 kg/cm² / 保持時間(分) / 漏洩の有無 5 / 30 / なし 10 / 30 / なし 20 / 30 / なし 30 / 30 / なし (一例) Pont—A—Mousson社（フランス）の報告によれば 4″～20″（100～500㎜）の水道管は 400～525lb/in²(28.1～36.9kg/cm²)で使用されている。 WW—P—421a（米国連邦規格）では350class（24.6kg/cm²）に指定して実用している。	**試験方法** A型管と同じ 供試管　150φダクタイル管 **試験結果** i　水密性 水圧 kg/cm² / 保持時間(分) / 漏洩の有無 5 / 10 / なし 10 / 10 / なし 20 / 10 / なし 25 / 10 / なし	**試験方法** A型管と同じ 供試管　200φダクタイル管 **試験結果** i　気密性 気圧 kg/cm² / 保持時間(分) / 漏洩の有無 1 / 5 / なし 5 / 5 / なし 10 / 5 / なし 15 / 5 / なし	**試験方法** A型管と同じ 供試管　200φダクタイル管 **試験結果** i　気密性 気圧 kg/cm² / 保持時間(分) / 漏洩の有無 5 / 30 / なし 10 / 30 / なし 15 / 30 / なし 20 / 30 / なし (一例) テスト圧7 kg/cm²の高圧ガスに対して，200φで2,400M或いは6,000M，300φで2,300Mその他のラインが実用されているが，漏洩その他の異常はない。 ii　水密性 水圧 kg/cm² / 保持時間(分) / 漏洩の有無 10 / 30 / なし 15 / 30 / なし 20 / 30 / なし 25 / 30 / なし 30 / 3,600 / なし (一例)　山上に水を押し揚げる常用圧33kg/cm²の配管で，100φK型等が実用されている。

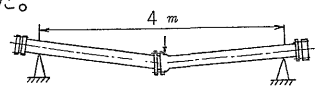
性能

屈曲性

A型

試験方法

管を真直に接合し，両端に盲蓋を取付けた後，接合部に荷重を加え曲げた状態で内圧を加えた。



曲げ試験

供試管　100φ×4,000ℓ管

試験結果

i　気密性

曲げ角度	気圧 kg/cm²	保持時間(分)	漏洩の有無
0°	6.5	5	なし
1°30′	6.5	5	なし
0°→1°30′ 10回繰返し後	6.5	5	なし
2°50′	6.5	5	なし
0°→2°50′ 10回繰返し後	6.5	5	なし
4°20′	6.5	5	なし
5°00′	6.5	5	なし

ii　水密性

曲げ角度	水圧 kg/cm²	漏洩の有無
3°34′	17.5	なし
7°34′	17.5	〃

註　7°34′で押輪と鉄管が接触した。

配管に際して許容される曲げ角度，5°

タイトン型

試験方法

A型管と同じ

供試管　150φ×5,000ℓ管

試験結果

i　水密性

曲げ角度	水圧 kg/cm²	漏洩の有無
5°	5	なし
5°	10	〃
5°	15	〃
5°	20	〃
5°	25	〃

曲げ角度，A型と同じく5°

G及びガス型

試験方法

A型管と同じ

供試管　200φ×5,000ℓ管

試験結果

i　気密性

曲げ角度	気圧 kg/cm²	保持時間(分)	漏洩の有無
1°	5	10	なし
2°	5	10	〃
3°	5	10	〃
0°→3° 10回繰返し後	1	2	〃
	3	2	〃
	5	15	〃

K型(A—Ⅱ型)

試験方法

A型管と同じ

供試管　200φ×5,000ℓ管

試験結果

i　気密性

曲げ角度	気圧 kg/cm²	保持時間(分)	漏洩の有無
0°	20	5	なし
1°	20	5	〃
2°	20	5	〃
3°	20	5	〃
4°40′	10	5	〃
0°→4°40′ 6回繰返し後	10	5	〃

ii　水密性

曲げ角度	水圧 kg/cm²	漏洩の有無
1°	30	なし
5°	30	〃
10°	30	〃

曲げ角度，A型と同じく5°

性能

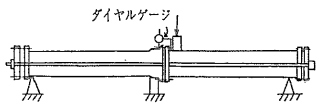
耐圧性

A型

試験方法

管を接合し，両端に盲蓋を取付け，両端及び接合部受口の3個所で支え，接合部の挿口上部に試験機で荷重を加え軸心を強制的にずらした。

試験機



供試管　100φダクタイル管

試験結果

荷重 TON	ゴムパッキング圧縮変形量 (mm)	水圧 kg/cm²	漏洩の有無
2.7	1.75	17.5	なし

荷重除去後ゴムパッキングは完全に復元した。

タイトン型

試験方法

A型管と同じ

供試管　150φ遠心力管

試験結果

ゴムパッキングの圧縮変形量(mm)	水圧 kg/cm²	漏洩の有無
1.0	25	なし
2.0	25	〃
2.6※	25	〃

※　載荷部下側で挿口外面と受口喉部とが接触した。

G及びガス型

鉛によって一体化はA型，K型，タイトン型より一層強固

K型（A—Ⅱ型）

試験方法

A型管と同じ

供試管　200φダクタイル管

試験結果

i　水密性

荷重 (TON)	ゴムパッキングの圧縮変形量 (mm)	水圧 kg/cm²	漏洩の有無
2	1.43	30	なし
4	2.16	30	〃
6	2.95	30	〃
8	3.44	30	〃
9	3.75	30	〃
0→9TON 4回繰返し後	3.95	30	〃

ii　気密性

荷重 (TON)	ゴムパッキングの圧縮変形量(mm)	気圧 kg/cm²	保持時間 (分)	漏洩の有無
1	0.25	0	—	—
3	0.56	0	—	—
5	1.10	0	—	—
	1.14	5	5	なし
	1.14	10	5	〃
	1.15	15	5	〃
	1.15	18	15	〃
	1.16	20	5	〃

性能

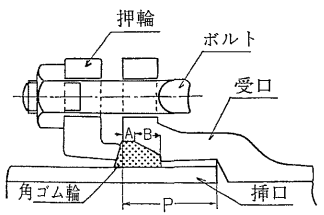
伸縮性 抜出阻止性

A型

鋳鉄の熱膨脹係数は1×10^{-5}/℃であるので各温度変化に対する鋳鉄管の伸長は下表の通りである。

管の温度変化による伸び(mm)

温度変化＼管長	4 m	5 m	6 m
10℃	0.4	0.5	0.6
20°	0.8	1.0	1.2
30°	1.2	1.5	1.8
40°	1.6	2.0	2.4
50°	2.0	2.5	3.0

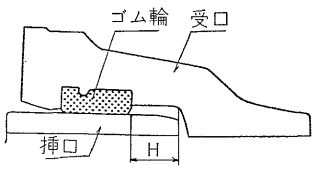


呼び径 (mm)	抜出余裕 P−(A+B)(mm)
75〜250	38

A型ジョイントではこれらを充分に吸収し得るだけの伸縮性を有しており，特別な伸縮管は必要としない。

タイトン型

A型と同じ



呼び径 (mm)	抜出余裕 H (mm)
80	31.8
100	33.0
150	35.6
200	31.0
250	27.5

A型と同じ

G及びガス型

試験方法

管を真直に接合し，両端に盲蓋を取付け管内に水圧を加え接合部の抜出阻止性を調べた。

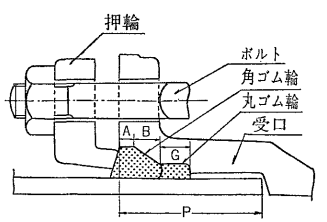
供試管　150φ遠心力管

試験結果

水圧 kg/cm²	接合部の抜出量(mm)	漏洩の有無
10	0	なし
11	0	〃
12	0.2	〃
13	0.2	〃
14	0.3	〃
15	0.3	〃
16	0.7	〃
17	1.0	〃
18	2.0	〃
19	3.5	〃

K型(A—Ⅱ型)

A型と同じ



呼び径 (mm)	抜出余裕 P−(A+B+G) (mm)
75〜250	40

A型と同じ

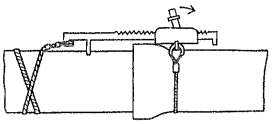
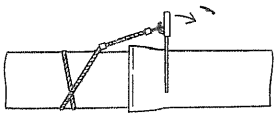
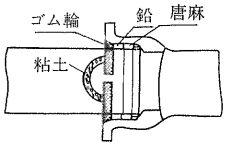
3. 接手の特徴

表—10 接 手 の 特 徴

	特　　徴
A型	i. 充分な緊密性を有し，高圧にも良く耐える。 ii. 可撓性に富んでいて，多少の地盤変動にも良く耐える。 iii. 温度変化による伸縮が自由である。 iv. 施工が容易で，湿った所でも接合出来る。 v. その構造上，パッキングは殆んど完全にスタフィングボックスに入り露出する部分が少なく，従って酸素との接触が少ないので老化にも強い。 vi. ガス用には，ガス中の諸成分に耐えるような特殊な合成ゴムパッキングが用意されている。
タイトン型	A型継手の優れた特徴と同じく i. 緊密性 ii. 可撓性 iii. 伸縮性 iv. ジョイント構造によるパッキングの耐老化性が優れている外に，更に次の様な特徴がある。 v. 付属品がゴムパッキング1個であるから経済的でしかも倉庫業務が簡単になる。 vi. ボルト締めの必要がなく，且つ会所掘りが少なくて良い。
G及びガス型	i. 鉛の耐久力とゴムの気密力を兼備している。 ii. 内圧による抜出力にもある程度良く耐えることが出来安全である。 iii. ゴム輪にガスが直接接する事が少ないので，ゴムの材質を特に高級化する必要がない。 この反面 iv. 施工作業がやや面倒である。 v. 継手の剛性のため可撓性に乏しい。 vi. 水場では作業出来ない。
K型(A—II型)	A型継手に更に改良を加えボルト締付トルクの接手性能に与える影響を緩和させ，一方気密性（水密性）を向上させたもので，A型の特徴を有しながら更に安全性に優れたものである。 ガス用には，ガス中の諸成分に耐えるような特殊な合成ゴムのO—リング及びパッキングが用意されている。

4. 接手の施工

表—11 接手の施工法

	施行法
A型	i. 挿口端から200㎜の間，外面及び受口内面に付着している油，砂その他の異物を除去する。 ii. 次にこの部分に濃い石鹸水を塗る。 iii. 挿口に押輪を挿入する。 iv. パッキングに石鹸水を塗り挿口に挿入する。 v. 挿口を受口に挿入する。 vi. パッキングを受口内の所定の位置に片寄らない様に押し入れる。 vii. 押輪をセットし，ボルトを入れナットをラチエットレンチ又はスパナで固く締付ける。 この際まず下のナットを締め，次に上，次に横の片方，最後に残った片方と言う順序で交互に締め，押輪面と受口端面との間隙がどこでも同じになる様にする。 viii. 適当な締付トルクは次の通りである。 口径(㎜) / ボルト寸法(in) / トルク(kg・m) 75 / 5/8 / 6 100～250 / 3/4 / 10
タイトン型	i. 受口内面及び挿口外面をきれいに掃除し，異物を除去する。 ii. ゴムパッキングをきれいに掃除し，大きな丸味を持ったバルブ部を先にして受口の所定の位置に慎重にはめ込む。 iii. 挿口外面及びゴムパッキング内面に滑剤を塗布する。 iv. 挿口端がゴムパッキングを通り越し（ゴムパッキングはそれによって圧縮され緊密性が得られる）受口の底に当る迄充分な力で押込む。 その方法は 75φ～200φ管では，ホーク 250φ管では，ジャッキを使用する。 ホークを用いた挿入(75～200φ)  ジャッキを用いた挿入(250φ) 
G及びガス型	i. 受口内面及び挿口外面を清掃し，異物を除去する。 ii. 挿口を受口に挿入し，隙間を均等に保ち，撚じった唐麻（ヤーン）を間に挿入する。 iii. 管が抜け出さないように注意しながら挿入した唐麻を円周にわたって均一に強くコーキングしてまわる。（ii. 及び iii. の作業は一度に行わず，適数回にわけて段々と行ない唐麻が十分締められるように注意する。） iv. 唐麻が所定の位置まで打ち込まれたら，受口と挿口の間に粘土，ゴム輪等で鉛注入用の堰を作る。（ゴム輪はG及びガス型の角ゴムが使用できる。） v. この中に溶けた鉛を注ぎ込む。 vi. 湯口をタガネで切り取ってからコーキング用タガネで円周上にわたって強くコーキングする。（この時コーキング用タガネは適数個用意し，薄いものから段々厚いものに変えて行く。） vii. 鉛のコーキングが終れば，A型と同じようにゴムを押輪を介してボルトで締めつける。 
K型(A—II型)	i. 挿口端から200㎝の間，外面及び受口内面並びにボルト孔等に付着している油，砂，わらくず，その他の異物を除去する。 ii. 次にこの部分に濃い石鹸水を塗る。 iii. 挿口に押輪を挿入する。 iv. 角ゴム，丸ゴム共にきれいに清掃し石鹸水を塗り，角ゴム，丸ゴムの順に挿口に挿入する。 v. 挿口を受口に挿入する。 vi. 挿口外面と受口内面との隙間を上下左右できるだけ均等に保ち，然る後角ゴムと丸ゴムを同時に受口に向け，手で押し込む。 vii. 接合用補助ボルト4本を対称の位置に挿し込み締付け角ゴム，丸ゴムをほぼ所定の位置に挿入する。 viii. 接合用補助ボルトを取外し，正規の締付用のボルトを全部の孔に差し込む。 ix. スパナ又はラチエットレンチで，先ず上下のナット，次に両横のナットという順序でいつでも略対称の位置にあるナットを少しづつ締付ける。 x. 全部のナットが規定のトルクに達しているかどうかを更めて順次確認する。 xi. 規定の締付トルクは，A型と同じ。

Ⅲ 切　　管

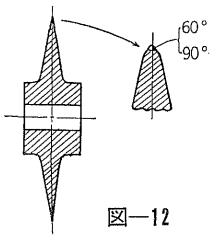
高級鋳鉄管では，タガネかパイプカッターにより容易に切管できる。ダクタイル管では，地上ではタガネでも切断不可能ではないが，埋設管となるとパイプカッターによるか，酸素アセチレン（酸素プロパン）ガスによって溶断するのが簡単である。

1. パイプカッターによる切断

一般によく用いられる手動，4刃式パイプカッターに於ける使用する刃の種類，切断要領，切断時間などを詳述する。

(1)使用する刃の種類

（ｉ） 刃先角 60°
（ii） 刃先角 90°
（材質 SKS-2）



図—12

(2)切断要領及び注意事項

要領は高級鋳鉄管の場合に同じであるがただ次の点に注意を要す。

（ｉ） 刃先角度は 90° よりも 60° のものの方が切り易い。

（ii） 刃先が管厚の60～70%喰い込んだ時「バリッ」と切断音を発するが，更に余分に喰い込ませておくことが必要である。

（iii） 2ケ所を切断し，その中間を取除くには，大ハンマーで2～5回打てば落ちる。モルタルライニング管の場合には，ハンマーの衝撃によって端面から最大20㎜程度までのライニングにクラック又は剝落が生ずる事もある。（此の点は高級鋳鉄管の場合も大差ない）

(3)切断所要時間（セットの時間は除く）

表—13

口　径 ㎜	所　要　時　間（分）	
	90° 刃先	60° 刃先
75	5～10	3～7
100	5～10	3～7
150	10～15	5～10
200	15～25	8～15

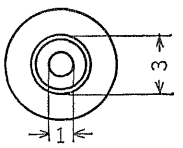
(2) ガスによる切断

(1)使用ガスの種類

（ｉ） 酸素—アセチレン
（ii） 酸素—プロパン

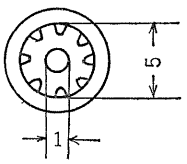
(2)切断器

（ｉ） JIS B 6802
（ガス切断器）
2号切断器
火口番号 1



図—13

（ii） プロパン用
火口番号 1



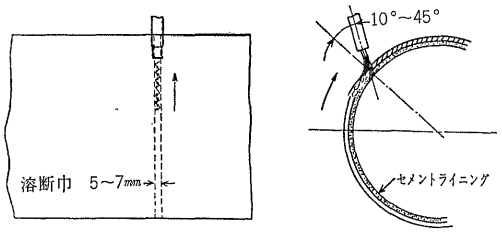
図—14

表—12 ダクタイル管切管試験一例

使用工具	管　径	管　厚	1カ所 切断所要時間	備　考
タガネ	100φ	9 ㎜	2′30″	
	〃	〃	2′35″	
大型ノコ	150φ	10	20′	両側から2名で作業，歯の大きさ9ケ／1 in
	〃	〃	19′35″	
手動，四刃式パイプカッター	〃	10	10′	丸歯　4ケ
電動式パイプカッター	〃	11	5′50″ (slow)	バイト　2ケ　取付
	〃	11	3′20″ (high)	

(3)切断要領

図—15 切 断 要 領 図



火口距離　10～20mm
火口傾斜角　10～45°
ガス圧　酸素　5～10 kg/cm²
アセチレン 0.2～0.3 〃
プロパン 0.4～1.0 〃

注意事項

（i） 酸素圧は鋼切断の場合（2～4 kg/cm²）よりも高圧に保つこと。

（ii） 火口を切断線に対して左右に僅かにウエイブさせること。

(4)切断手順

（i） 埋設管にあっては管の下側に切断器の火口がまわり得るだけの溝を掘る。

（ii） 先づ切断しようとする個所の円周上に，予めチョークで印を付け，この線に沿って切り進む。

（iii） 溝の中の溜水は，管下面から10cmの所まで排水する必要がある。

（iv） 管中の水が充分に排水されていない場合，モルタルライニングを施してない管にあっては，開口部から順次管中の水が流れ出る為，管の上側から切り進むのがよい。モルタルライニング管にあっては，鉄部は切断されてもライニングが残って溶滓が吹きとばされないので，下から切り進み，溶滓はすでに切り終った下の方へ流してやる。

此の場合，衝撃を与えない限り，ライニングは殻をなしたまま保たれるので，水は流出しない。

（v） 上記要項で2ケ所を切断する。1ケ所の溶断巾は5～7 mmになるので，その間の切管（短管）は軽くハンマーで叩いて取り除くことができる。

(5)切断所要時間（セメントライニング管）

表—14

管口径（mm）	切断所要時間（分）
75～150	5～10
200～250	8～15

Ⅳ 穿孔及び分岐

1. 穿孔性

ダクタイル管は材料そのものが靱性に富むため，穿孔時高級鋳鉄管の如く粉末状切粉にならず，流断型に近い連続状切粉になる。

分水栓用穿孔に於ては，切削速度が遅く，送りも不均一になりがちなためか，穿孔者にとってはダクタイル管の方が一見，大きな力を必要とするように感じられる。同一管厚で比較すれば，高級鋳鉄管の方が穿孔しやすいと考えられるが，実際は作業者如何にかかわらず，1ケの穿孔を行なうに要する時間はダクタイル管の方が短かい試験結果になった。

これはダクタイル管の管厚が高級鋳鉄管のそれに比べ，薄いからに外ならないが，実用管として考えた時，ダクタイル管が高級鋳鉄管より穿孔しにくいという事はないといえる。

表—15 水道用管穿孔試験結果

呼び径（mm）	穿孔者	孔の呼称（mm）	管の材質	管厚（mm）	穿孔時間（分）
75	A	20	FC	7.4	7.5
			FCD	7.6	8
100	B	25	FC	7.3	5.5
			FCD	7.6	6
150	C	25	FC	8.2	7
			FCD	7.8	7
200	D	25	FC	8.9	8
			FCD	7.6	7
250	E	25	FC	9.4	8.5
			FCD	7.7	7

表—16　瓦斯用管穿孔試験結果

呼び径 (mm)	穿孔者	孔の呼称	管の材質	管厚 (mm)	穿孔時間 分
100	a	1″	FC	10.6	6.5
			FCD	8.1	3
150	b	1½″	FC	11.1	12.5
			FCD	9.1	10.5
200	c	2″	FC	11.8	16.5
			FCD	9.5	13.5

（註）管材質　FC ……高級鋳鉄管
FCD……ダクタイル管
タップ材質　SKS 2

ダクタイル管は，高級鋳鉄管には見られないねばさがあり，切削加工性が良好で，ねじ山の欠けもなく，加工面は滑らか且つ美麗で，良好な緊密性が得られる。

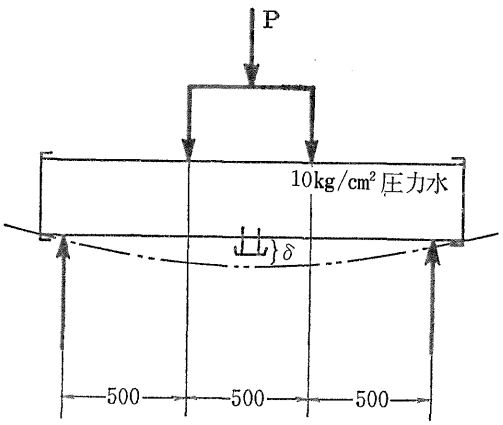
タップの材質としては，管が高級鋳鉄の場合は炭素工具鋼（SK2）で十分耐久性があるが，ダクタイル鋳鉄の場合は合金工具鋼（SKS 2）が適当だと考えられる。また，敢えて高価な高速(鋼度SKH 2)は用いる必要はないと思われる。

2. 分岐性能

(1)分岐栓取付管の水圧下曲げ性能

呼び径75,100,150㎜の管に対しては各管に1ケづつの分岐栓を取付け 10kg/cm² の水圧を負荷，栓を下側にして管の抗折試験を行い，漏洩の状況，切断状況などを検討した。

図—16　水圧下抗折試験方法



P：荷重（kg）
δ：管中央部の撓み（㎜）

表—17　タップの耐久性試験結果

管呼び径 mm	管材質	平均管厚 mm	タップの材質	平均穿孔時間	穿孔個数	タップ異常の有無
200	FCD	8.1	SKS 2	5′30″	40	異常なし
		8.0	SK 2	5′10″	9	刃先破損
		8.0	〃	5′30″	1	〃
		7.8	〃	4′50″	20	〃
		8.2	SKH 2	5′35″	40	異常なし
		8.0	〃	5′07″	40	〃
	FC	8.6	SK 2	4′41″	40	異常なし
		8.6	〃	4′10″	40	〃

表—18　SKS 2 の規格成分

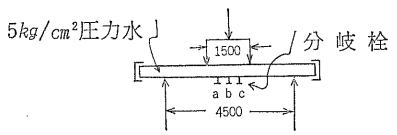
成分 / 規格	C	Si	Mn	P	S	Cr	W	V
JISG 4404	1.00～1.10	0.35以下	0.80以下	0.03以下	0.03以下	0.50～1.00	1.00～1.50	0.25以下

表—19 水圧下抗折試験結果

呼び径 mm	分岐栓の大きさ mm	管の材質	管の厚さ mm	負荷水圧 kg/cm²	漏洩時の		破断時の	
					荷重kg	管中央部の撓みmm	荷重kg	管中央部の撓みmm
75	20	FC	7.5	10	3200	6	3200	6
		〃	7.6	〃	3000	4	3000	4
		FCD	6.9	〃	4550	10	6400	25
		〃	6.6	〃	5800	18	6700	35
		〃	6.0	〃	4900	12	6200	25
		〃	6.2	〃	5200	15	6100	30
		〃	5.0	〃	3700	12	4500	20
		〃	4.7	〃	3300	5	4200	12
100	25	FC	7.6	10	4000	10	4000	10
		〃	7.6	〃	4200	8	4200	8
		FCD	7.0	〃	4550	11	9700	25
		〃	7.0	〃	5800	12	10200	35
		〃	5.6	〃	4900	11	7600	20
		〃	5.9	〃	5200	11	8200	20
		〃	5.0	〃	3700	11	7800	20
		〃	4.8	〃	3300	5	7100	19
150	25	FC	8.1	10	8950	6	8950	6
		〃	7.6	〃	7100	6	7100	6
		FCD	7.0	〃	14200	7	19600	20
		〃	7.3	〃	14300	8	20600	15
		〃	6.3	〃	9200	7	14200	20
		〃	6.4	〃	11400	8	14700	25
		〃	4.7	〃	9200	6	11900	10
		〃	4.9	〃	9000	8	13700	15

呼び径200mmの管に対しては各管に30cm間隔で3ケの分岐栓を1000/kg・cmのトルクでねじ込み，この部分を下側にして5kg/cm²の水圧下で管の抗折試験をした。結果は表—20の通りである。

図—17 抗折試験



表—20 抗折試験結果

呼び径 mm	材質	管厚 mm	漏洩防止材	初期漏洩			破壊		
				位置	荷重kg	撓みmm	位置	荷重kg	撓みmm
200	FCD	5.3	麻ペンキ	b	4,600	26	a	8,500	90
	〃	6.3	麻	c	7,000	33	c	10,500	110
	〃	6.4	〃	a	7,600	36	b	10,500	110
	〃	6.5	麻ペンキ	a	8,200	42	c	10,500	85
	〃	7.2	麻	a	10,200	55	—	——	—
	〃	7.6	麻ペンキ	b	10,300	58	—	——	—
	FC	8.2	麻	c	5,150	30	c	5,150	30
	〃	8.6	麻ペンキ	b	5,800	26	b	5,800	26

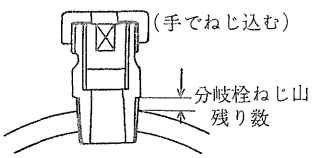
(2)分岐部の水密性

表—21　分岐栓取付管水圧試験結果

呼び径 mm	管厚 mm	ねじ山の形状	残タップねじり山数	分水栓ねじ残り山数	漏洩水圧 kg/cm² 漏洩防止材なし 分岐栓締付トルク kg・cm 300	600	900	漏洩防止材麻 分岐栓締付トルク kg・cm 300	600	900
200	6.4	A′	1	0	0	0	1	5	5	—
	6.3	〃	1	0	0	0	1	9	10	—
	6.3	〃	3	1	0	1	3	14	30以上	30以上
	6.3	A	6	2	0.5	1.5	3	26以上	30以上	30以上
	6.3	〃	6.5	2	1	1.5	4	26以上	30以上	30以上
	6.4	〃	7.5	2.5	0.5	1.5	2	15	30以上	30以上
	6.5	B	8	3	0.5	1.5	1.5	26以上	30以上	30以上
	6.3	〃	10	5	0.5	1	1	15	17	20
	6.5	〃	11	5	0.5	1	1	19	30以上	30以上
	6.3	C	16	8	0.5	1	1	26以上	30以上	30以上
	6.4	〃	16	8	0	0	0	20	24	25
	6.2	〃	16.5	8	0	0	0	4	15	25

（註）(1)　供試管材質 FCD
(2)　分岐栓ねじ山残り数
(3)　水圧 1kg/cm² 毎に5分間保持。
(4)　ねじ山の形状を優，良，可，の3段階に分けそれぞれをA, B, Cとした。A′は，ねじ山形状はA(優)であるが大きすぎて分岐栓が根本まで入り十分締められないもの。

図—18　分岐栓ねじ山残り数



分岐栓ねじ部には漏洩防止材を用いる。

分岐栓のねじ込みの際の締付トルクは大きくするほど水密性は向上する。

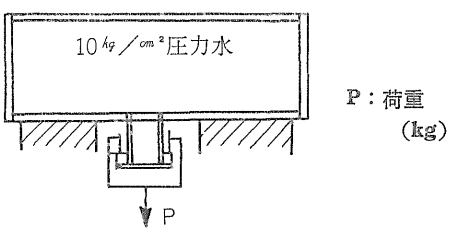
水密性はねじ山の形状に左右され，きれいなねじ山が形成されているほど水密性はよい。

但し，きれいなねじであっても孔が大きすぎ分岐栓が十分締まらないようなものは，却って性能が低下する（例A′）等が判明した。

(3)管ねじ部の強度

各管に1ケづつの分岐栓を取り付け，10kg/cm² の水圧負荷のままで分岐栓を引張り，漏洩の状況，切断の状況などを検討した。

図—19　試験方法



表—22　10kg/cm² 水圧下分岐栓引張試験結果

呼び径 mm	分岐栓の大きさ mm	管の材質	管の厚さ mm	負荷水圧 kg/cm²	漏洩時の		破断時の	
					荷重kg	状況	荷重kg	状況
75	20	FC	7.8	10	2900	ネジ部から漏洩	2900	分岐栓切断
		〃	7.3	〃	2100	〃	2100	〃
		FCD	7.0	〃	3200	分岐栓切断	3200	〃
		〃	7.0	〃	3500	ネジ部から漏洩	3550	〃
		〃	6.0	〃	2200	〃	3600	〃
		〃	6.1	〃	3800	分岐栓切断	3800	〃
		〃	5.0	〃	1800	ネジ部から洩漏	3200	〃
		〃	4.9	〃	800	〃	3300	管，分岐栓ネジ部のぶれ
100	25	FC	7.8	〃	3300	分岐栓切断	3300	分岐栓切断
		〃	8.0	〃	1500	ネジ部から漏洩	3100	〃
		FCD	7.0	〃	3100	〃	4600	〃
		〃	7.0	〃	2400	〃	4200	〃
		〃	6.0	〃	4000	分岐栓切断	4000	〃
		〃	6.0	〃	4000	ネジ部から漏洩	4200	〃
		〃	5.0	〃	2200	〃	3800	〃
		〃	4.9	〃	2500	〃	3900	〃
150	25	FC	8.3	〃	1900	分岐栓切断	1900	〃
		〃	8.0	〃	3900	ネジ部から漏洩	4600	〃
		FCD	7.0	〃	2900	〃	5600	〃
		〃	7.0	〃	4650	分岐栓切断	4650	〃
		〃	6.4	〃	4250	ネジ部から漏洩	5100	〃
		〃	6.3	〃	3400	〃	4200	〃
		〃	5.4	〃	1600	〃	4800	〃
		〃	4.9	〃	1000	〃	4000	管，分岐栓ネジ部のぶれ

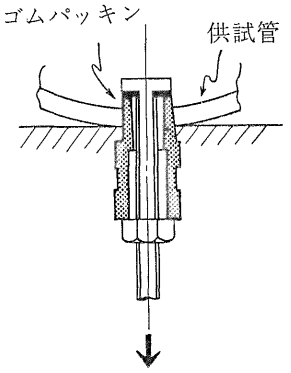
上の実験では，分岐栓を引張ったため，分岐栓そのものが切断，それによって漏洩したものが多い。管が分岐栓より強い事は確認されたが管材質，管厚の影響が明確でない。

そこで分岐栓ねじ込み部の押出し試験を行なった。

管内には 5kg/cm² の水圧を負荷しておいた。漏洩防止材としては麻を用い，分岐栓は 900 kg・cm で締付けた。

漏洩はいずれも，最大荷重時に生じた。

図—20　分岐栓押出し試験方法

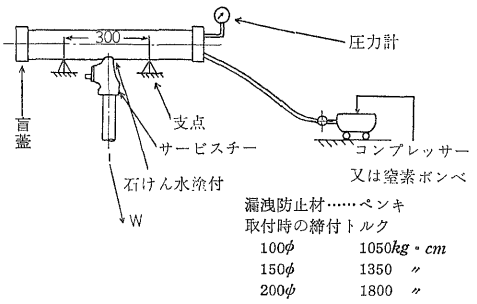


表—23　分岐栓押出し試験結果

呼び径 (mm)	管材質	管厚 mm	ねじ山形状	最大荷重 kg	最大荷重時の状況
200	FCD	5.5	B	3850	分岐栓抜出し
	〃	〃	〃	4000	〃
	〃	6.4	C	5250	〃
	〃	6.5	〃	4850	〃
	〃	7.0	〃	5900	〃
	〃	7.6	〃	5850	〃
	FC	7.0	〃	3200	管破壊
	〃	9.9	B	4850	〃
300	FCD	5.4	C	3950	分岐栓抜出し
	〃	5.7	B	3950	〃
	〃	6.4	C	4100	〃
	〃	〃	B	4650	〃
	〃	7.1	C	5900	〃
	〃	7.6	〃	5750	〃
	FC	10.0	〃	4050	管破壊
	〃	10.6	〃	4400	〃

一方ガス管に対しては，次のような気密下の試験を行なった。図の如く，サービスチーを取付けた1mの短管の両端を盲蓋で塞ぎ，管体には圧力 0.5kg/cm² のエアー又は窒素ガスを封入しサービスチーの他端には鋼製の引張棒を取付けて，アムスラー万能試験機にセットし，サービスチーを引張った。サービスチーのねじ込部には石けん水を塗布し，これによって，漏洩を判定した。

図—21　サービスチー引張試験方法

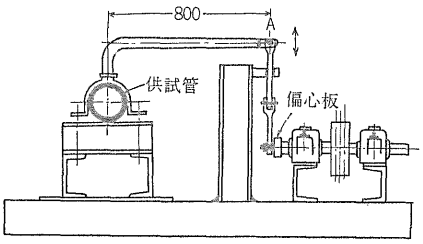


表—24　サービスチー引張試験結果

呼び径 (mm)	管材質	穿孔径	管厚 mm	漏洩時の荷重kg	最大荷重 kg	摘要
100φ	FC	1″	10.1	6,000	6,250	管体破壊
	FCD		8.5	5,800	7,800	チー破断
			9.0	7,840	8,050	〃
150φ	FC	1½″	10.8	6,700	6,780	管体破壊
	FCD		8.9	6,580	10,700	チー抜出
			9.4	7,580	10,230	チー破断
200φ	FC	2″	11.5	5,200	7,180	管体破壊
	FCD		9.0	7,800	11,280	チー抜出
			9.2	9,900	13,210	〃

強度の面では，高級鋳鉄管が全て穿孔部から管体が破壊しているのに対し，ダクタイル管では，管体が破壊する現象は全くなく，1″程度の小径のものでは，サービスチーの方が破断し管体の損傷は見られない。サービスチーが1½″～2″と次第に大きくなるに従い，チー断面は強くなりねじ山がつぶれて抜出す様になる。しかしいづれの場合も高級鋳鉄管の値を上廻っている。

図—22



(4)分岐部の耐震性

各管に1ケづつの分岐栓を取付け 10kg/cm² の水圧負荷のもとで分岐栓に対して図—22の如く振動を与え，漏洩状況その他を検討した。

振動数　860回/分
振　巾　A部で20mm
分岐栓締付トルク　900～1000kg・cm
漏洩防止材　麻とペンキ併用

表—25　分岐栓水圧下振動試験結果—1

呼び径 (mm)	分岐栓の大きさ (mm)	管の材質	管厚 (mm)	有効ねじ山数	負荷水圧 (kg/cm²)	漏洩までの振動回数	摘要
75	20	FC	7.8	3.3	10	39,600	
		〃	8.0	3.5	〃	31,800	
		FCD	7.2	3.0	〃	101,500	
		〃	7.1	2.9	〃	85,200	
		〃	6.4	2.5	〃	38,700	
		〃	6.2	2.4	〃	42,200	
		〃	5.1	1.8	〃	9,450	
		〃	4.7	1.6	〃	22,400	
100	25	FC	7.4	2.3	〃	72,300	
		〃	7.4	2.3	〃	394,000	
		FCD	6.8	2.0	〃	620,000以上	
		〃	6.7	2.0	〃	620,000以上	
		〃	6.1	1.7	〃	176,300	
		〃	5.9	1.6	〃	620,000以上	
		〃	5.2	1.3	〃	115,200	
		〃	5.0	1.2	〃	66,200	
150	25	FC	7.4	2.6	〃	97,100	
		〃	8.3	2.9	〃	182,300以上	分岐栓折損
		FCD	7.0	2.4	〃	620,000以上	
		〃	7.0	2.4	〃	620,000以上	
		〃	6.1	2.0	〃	547,000以上	分岐栓折損
		〃	6.0	2.0	〃	239,000以上	〃
		〃	5.1	1.6	〃	147,000	
		〃	4.7	1.4	〃	9,450	

いずれの供試管も試験前に 35kg/cm² の水圧を負荷したが，漏洩は認められなかった。

表—26 分岐栓振動試験結果—2

呼び径 (mm)	分岐栓の大きさ (mm)	管の材質	管厚 (mm)	負荷水圧 (kg/cm²)	管のねじ山形状	漏洩迄の振動回数	備考
200	25	FCD	5.5	5	A	516,000以上	ねじ山形状 A′は，ねじ山はA級であるが大きすぎて分岐栓が根本まで入り，十分締められないもの。
			5.6	〃	B	55,900	
			6.3	〃	A′	270,900	
			6.5	〃	A′	442,900	
			7.4	〃	B	516,000以上	
			7.6	〃	A′	197,800	
		FC	8.7	〃	C	94,600	
			9.0	〃	B	516,000以上	
300	25	FCD	5.6	〃	A	516,000以上	
			5.7	〃	B	〃	
			6.3	〃	B	〃	
			6.6	〃	A	〃	
			7.6	〃	A′	276,060	
			7.7	〃	B	189,200	
		FC	10.5	〃	B	451,500	
			10.6	〃	B	516,000以上	

表—27 実験結果

試験 No.	管厚(mm)	管の材質	漏洩までの回数
1	7.0	FCD	319,920
2	7.1	〃	620,000以上
3	7.5	〃	506,540
4	7.6	〃	522,880
5	7.6	〃	598,560
6	7.9	〃	620,000以上
7	8.1	〃	0 ※
8	8.3	〃	540,080
9	8.4	〃	620,000以上
10	8.4	〃	620,000以上
11	8.6	〃	620,000以上
12	8.7	〃	21,500
13	10.0	FC	460,960
14	10.1	〃	620,000以上
15	10.3	〃	0 ※

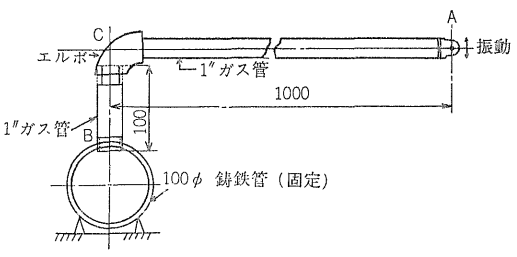
註 ※振動開始前に漏洩を起した。いづれもねじ面が粗いか，山に欠けが認められた。
1．一度漏洩を起したものは振動停止後も漏れは止まらない。
2．漏洩個所に一定の傾向はない。

かなりバラツキは見られるが，管のねじ山形状が良好で，且つ分岐栓が十分締付けられたものほど優れる傾向が伺える。

更にガスに対しては下のような試験を行なった。即ち管内には圧力 0.5kg/cm² の窒素ガスを満しねじ部周囲は水槽に浸し，発生する気泡により漏洩を判定した。

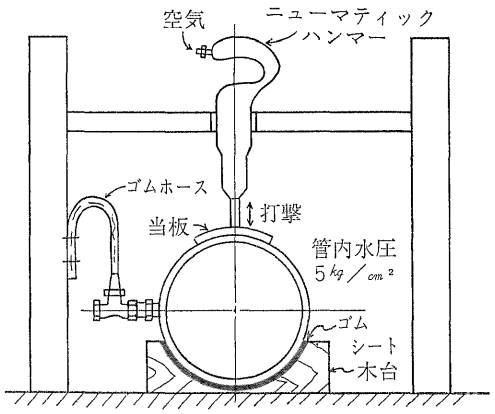
Aに於ける振巾＝10mm
振動数＝860回/分
ねじの締付トルク　1050kg・cm
漏洩防止材　ペンキ

図—23 分岐管取付方法



管に路面荷重その他からの衝撃が加わると，分岐栓がゆるみ漏洩するのではないかとの危惧に対し，ニューマティックハンマーを用い衝撃試験を行なった。漏洩防止材としては麻を用い，900kg・cmのトルクで分岐栓を取付けた。管内には常時 5kg/cm² の水圧を負荷しておいた。

図—24　管衝撃試験方法



ニューマティックハンマー
- 空気圧　6kg/cm²
- 打撃数　2800回/分
- チップの径　19mm
- ストローク　25mm

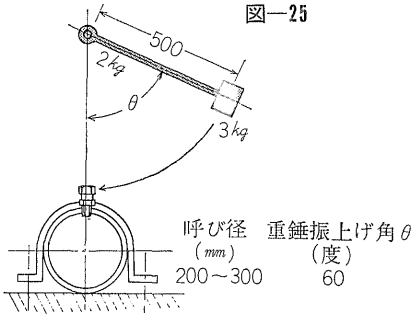
表—28　管衝撃試験結果

呼び径 (mm)	管材質	管厚 (mm)	管のねじ山形状	漏洩迄の衝撃回数
200	FCD	5.6	B	1,680,000以上
		7.2	A	〃
300	FCD	5.7	B	〃
		7.5	B	〃

衝撃による漏洩はみられなかった。

分岐栓ねじ部に麻を巻いて 900kg・cm のトルクで管に取付け，管内に 5kg/cm² の水圧を負荷して衝撃試験を行なった。

図—25

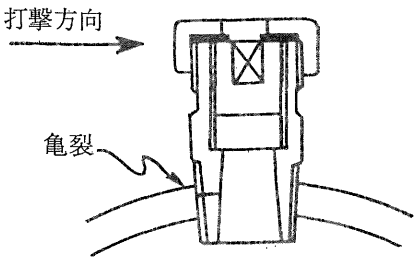


表—29　分岐栓衝撃試験結果

呼び径 (mm)	管材質	管厚 (mm)	ねじ山の形状	漏洩に至る迄の衝撃回数
200	FC	8.4	C	268
		9.8	B	434
	FCD	5.2	B	480
		5.5	A	400
		6.5	A	500以上
		6.7	B	〃
		7.1	B	477
		7.3	C	246
300	FC	10.0	B	113
		10.1	C	9
	FCD	5.5	C	200
		5.6	C	170
		6.4	A	500以上
		6.4	A	〃
		7.3	A	〃
		7.5	B	307

漏洩した場合はいずれの場合にも図のように分岐栓ねじ部にヘアークラックを生じこの部分から漏洩した。

図—26　分岐栓に生ずる亀裂場所



表—30　ねじ山形状と漏洩迄の衝撃回数

ねじ山形状	資料数	漏洩迄の平均衝撃回数
A	5	500 以上
B	6	385
C	5	179

3. 穿孔の問題点に対する一提案

既に述べたように分岐性能は管のねじ山形状の影響によるところが大きいことが判明した。そこできれいなねじ山形状を作るには，如何にすればよいか，基礎的な検討を行なった。

(1) ねじ山形状と切り込み深さ

タップの切り込み深さを種々変えて，それぞれどのようなねじ山形状になるか一連の実験で検討した。

タップの切り込み深さによってねじ山の形状が異り，A級のねじ山にするには，この場合タップのねじ山残り数を4～7山にすればよい。

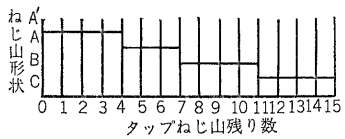
表—31　タツプねじ山残り数とねじ山形状

タップねじ山残り数	穿　孔　数	ねじ山形状
0 ～ 4	10	A′
4 ～ 7	10	A
7 ～ 11	10	B
11 ～ 17	10	C

(2) ねじ山形状と管材質，管厚

タップの残り山数を6.5山にして管厚，管材質の影響を調べた結果，管材質，管厚の如何にかかわらず，タップのねじ山残り数を6.5山にするとA級のねじが形成されることが判明した。

図—27　山形状ねじとタップねじ山残り数の範囲



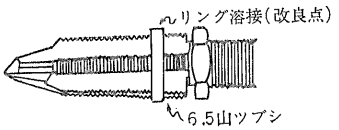
表—32　ねじ山形状と管材質，管厚

呼び径(㎜)	管材質	管厚(㎜)	タップねじ山残り数	ねじ山形状
200	FCD	3.0	6.5	A
		4.2	〃	〃
		5.0	〃	〃
		6.3	〃	〃
		7.5	〃	〃
	F C	7.1	〃	〃
		7.6	〃	〃
		8.0	〃	〃

(3) 改良1型タップによる穿孔

タップの残り山数がねじ山形状ひいては分岐性能と密接な関係があることが判明した。そこでタップのねじ山残り数が常に6.5山になるようにタップを改良し，穿孔してみた。使用タップの改良点は下の通り。

図—28　改良型のタップ



改良1型のタップで穿孔すれば，リング熔接位置でタップが回転せず，穿孔者は容易にわかる。管厚，管材質，穿孔者にかかわらず，常に完全な形状のねじができた。

表—33　改良1型（タップの根本にリングを熔接し，6.5 山をつぶしたもの）による穿孔結果

呼び径(㎜)	管材質	管　厚(㎜)	タップねじ山残り数	分岐栓ねじ山残り数	ねじ山形状
200	FCD	3.7	6.5	2~2.5	A
		4.2	〃	〃	〃
		7.1	〃	〃	〃
		7.6	〃	〃	〃
	F C	7.8	〃	〃	〃
		8.2	〃	〃	〃

(4) タップ頭の巾を変えた場合の穿孔

タップのドリル頭の巾を現状のものより 0.6 1.2，1.6㎜小さいものを試作し，これを用いて穿孔してみた。

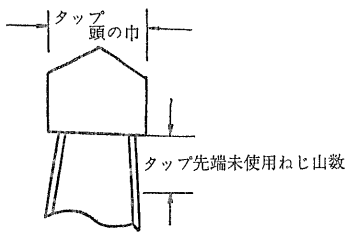
表—34　タップ頭の巾を変えた場合の穿孔結果

タップ頭の巾 ㎜	完全ねじ山の確保できるタップねじ山最大残り量	分岐栓ねじ山残り数	タップ先端未使用ねじ山数
30.8	6.5	2	4
30.2	8.0	5	3
29.6	10.0	6	2
29.2	11.0	6	1

(註) 供試管200㎜，現状の25㎜タップ頭の巾は30.8㎜

ドリル頭の巾を小さくすれば，完全ねじ山が確保できるタップねじ山の最大残り量は大きくなり，反対にタップ先端の未使用ねじ山数は少なくなる。改良2型（タップ頭の巾29.6㎜のもの）で穿孔した。

図—29 タップ頭の巾，タップ先端未使用ねじ山数



表—35 改良2型（タップ頭の巾を29.6mmにしたもの）による穿孔結果

呼び径(mm)	タップ残り山数	分水栓ねじ山残り数	管厚(mm)	ねじ山の形状
75	9	5.5～6	5.9	A
	8.5	5 ～5.5	6.0	〃
100	9.5	5.5～6	5.8	〃
	10	〃	6.2	〃
150	9	〃	5.9	〃
	9.5	〃	6.1	〃
200	9.5	〃	6.8	〃
	9.5	〃	6.2	〃
300	9	〃	8.6	〃
	10	〃	7.3	〃

タップは長ければ長いほど刃先或は根本ねじ部の破損の危険性が大になると考えられるが，例えばタップ頭の巾29.6mmのものにすれば，タップの不要ねじ山数約10山即ち20mm程度短縮可能であり，強度上好都合且つ経済的にも有利になると思われた。

タップの形状，寸法に一寸改良を加えれば，穿孔者の熟練度，管厚，管材質などにかかわりなく常に一定のきれいな管ねじ山形状を作ることができると考えられる。

4. 漏洩防止材の効果

粗雑な穿孔により，白ペンキでは振動開始前気密の保てないものを供試管（100φダクタイル管）とし振動実験を行なった。

なお，分岐管の大きさは前実験同様1″である。試験方法及び条件は前実験と同様

- 締付トルク　10.50kg—cm
- 内　　圧　0.5kg/cm²（窒素ガス）
- 振動数　860回/分
- 振　　巾　10mm

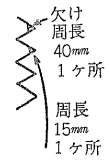
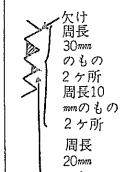
にした。

表—37のように漏洩防止剤の効果は顕著に認められる。

表—36 使用した漏洩防止剤

漏洩防止剤名称	性　　状	メーカー
ジョイントール	ペースト状膠着性	東京スリーボンド
パイプタイト	〃　不乾性	〃
タイトシール	〃　〃	Radiaton Specialty Co.（米）
テープシール	テープ	日本バルカー工業
スリーロンデー	ペースト状二液硬化性	東京スリーボンド
ロックタイト	液状，一液硬化性 （空気を遮断すると硬化する。）	American Sealant Co.（米）

表—37 試　験　結　果

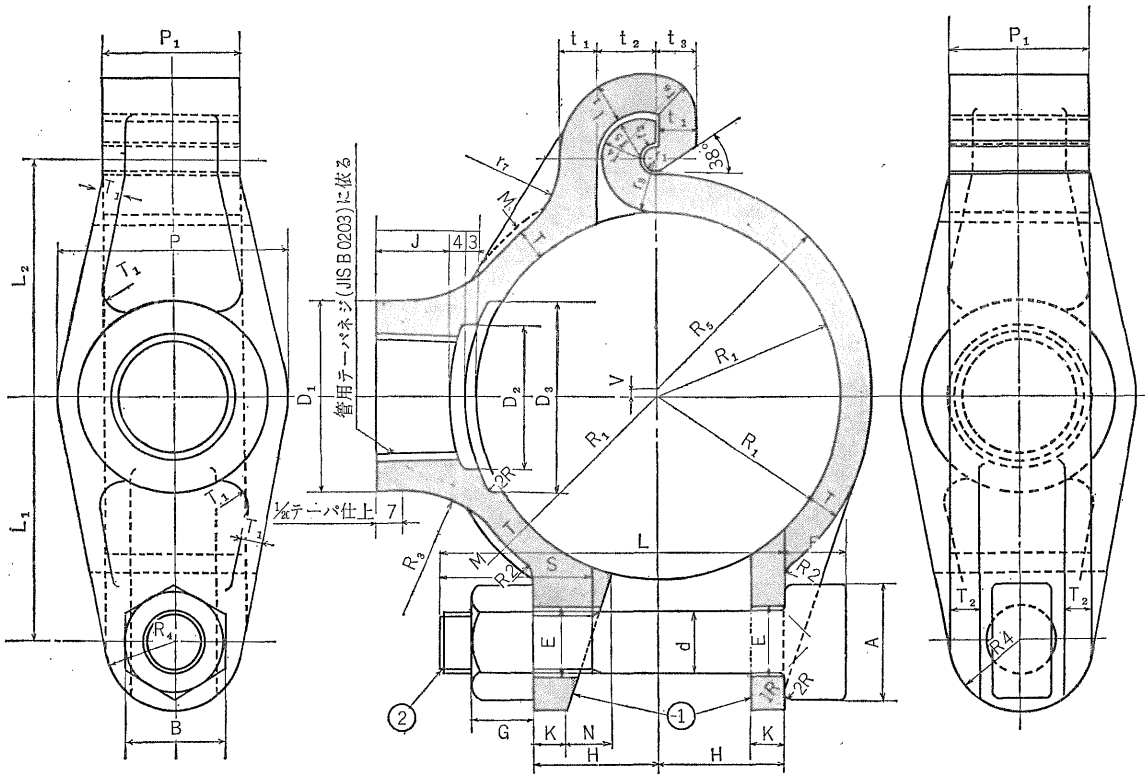
鉄管材質		FC	FCD	FCD	FCD	FCD	FCD
穿孔部管厚（mm）		10・50	6・90	7・90	7・90	8・15	8・25
漏洩までの振動時間（分）	白ペンキ	0	0	0	0	0	0
	ジョインタール	＞720	＞720	＞720	＞720	0	＞720
	パイプタイト	＞720	＞720	＞720	＞720	3	＞720
	タイトシール	465	85	＞720	＞720	0	＞720
	テープシール	＞720	＞720	0	0	0	＞720
	スリーロンヂー	＞720	＞720	＞720	＞720	＞720	＞720
	ロックタイト	＞720	＞720	＞720	＞720	＞720	＞720
備考（ねじ山の外観）				全体的にねじ山表面は粗い。	ねじ山表面は粗い。		

(註)(1) ＞記号は漏洩しなかった事を示す。
(2) 上表の各防止剤の試験を行なって，最後に再度白ペンキで行なったがいづれも振動開始前に漏洩を起こした。
(3) 鉄管と供給管の組合せは，各防止剤について同一とした。
(4) スリーロンヂー，ロックタイトは，硬化性であるので締付後約1日間放置し，完全硬化してから振動を加えた。
(5) テープシールの施工には，やや熟練を要し，安定した成績が得られなかった。例えばねじ山が鋭過ぎるとか，表面が粗い場合には切れ易い。

V　ダクタイル鋳鉄製水道用分岐サドル

呼び径 75φ～250φ のダクタイル鋳鉄1種管の公称管厚は 7.5㎜ であり，製造上起こり得る最小管厚（6.5㎜）になった場合でも，管に直接分岐栓を取り付けて分岐性能を害うことはない。しかし，ダクタイル鋳鉄3種管は公称6㎜，従って最小管厚は5㎜で，こういった管に分岐栓を取り付けたい場合は，直接ではやや有効ねじ山の不足が危惧される。このような時には，ダ

図—30 分岐サドルの形状



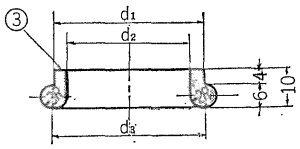
表—38 分岐サドルの各部寸法表

適用される管の呼び径	管用ネジの呼び（最大）	サドル													
		R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	D_1	D_2	D_3	E	H	J	K	L_1	L_2
75	PT 1	48	5	32	18	56	50	38	50	18	33	19	9	64	62
100	PT1¼	61	6	40	21	69	60	48	60	21	40	22	9	81	77
150	〃	86	7	30	22	94	〃	〃	〃	〃	53	〃	10	102	103
200	〃	112	8	24	23	131	〃	〃	〃	〃	68	〃	11	126	132
250	〃	138	9	20	24	149	〃	〃	〃	〃	82	〃	12	159	160
300	〃	163	10	18	25	174	〃	〃	〃	〃	95	〃	13	177	188
350	〃	189	11	16	26	201	〃	〃	〃	〃	110	〃	14	202	216

クタイル鋳鉄製の分岐サドルを用いるのが最適である。

1. 分岐サドルの形状，寸法

次の通りである。



表—39　分岐サドルのゴムリング寸法表

適用される管の呼び径	ゴムリング		
	d_1	d_2	d_3
75	39	33	40
100～350	49	42	50

表—40　分岐サドルのボルト・ナット寸法表

適用される管の呼び径	ボルト・ナット							
	呼ビ	d	A	F	G	L	S	数
75	W5/8	16	30	16	16	90	40	1
100	W3/4	19	40	19	19	110	50	〃
150	〃	〃	〃	〃	〃	130	〃	〃
200	〃	〃	〃	〃	〃	160	〃	〃
250	〃	〃	〃	〃	〃	190	〃	〃
300	〃	〃	〃	〃	〃	220	〃	〃
350	〃	〃	〃	〃	〃	250	〃	〃

表—41　分岐サドル各部材質

3	ゴムリング	SBR
2	ボルト・ナット	FCD
1	サドル	FCD

ル																	適用される管の呼び径
M	N	P	T	T_1	T_2	t_1	t_2	t_3	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7	V	
2	16	60	8	6	7	10	15	11	3.5	4	14	10	11.5	10	22	2	75
2	15	70	8	6	8	11	17	12	4.0	5	16	11	13.0	11	22	3	100
3	21	72	8	7	9	12	18	13	4.0	5	17	12	14.0	12	22	4	150
3	28	74	9	7	10	14	21	15	5.0	6	20	14	16.0	14	23	5	200
4	35	78	10	8	11	15	23	16	6.0	7	22	15	17.0	15	23	5	250
5	40	80	11	9	12	17	26	18	7.0	8	25	17	19.0	17	27	6	300
6	45	82	12	10	13	18	28	19	8.0	9	27	18	20.0	18	27	6	350

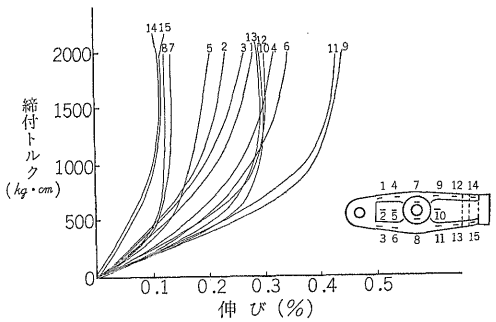
（注）　管用ネジの最大呼び径は上記通りとし，注文主の指示にて管用ネジを穿孔するものとする。

2. 設計上の特徴

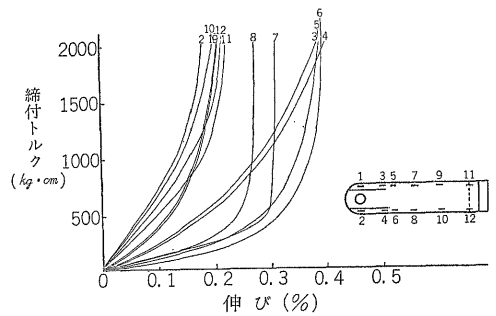
ダクタイル鋳鉄製なので軽くて丈夫な上，更に延性を利用したダクタイル鋳鉄ならではの設計をしており，取り付けの場合でも一旦サドルが管外周に密着してしまうと，それ以上いくらサドルを強く締め付けても，サドルの歪は増えず，従って割れないという今までにない合理的なものになっている。

サドル材料（ダクタイル鋳鉄）の伸びは3％以上なので安全。

図—31

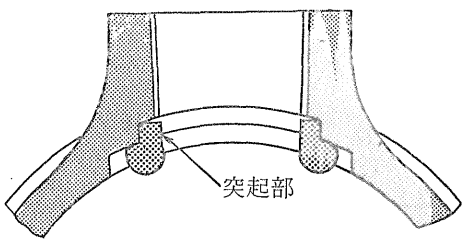


図—32



又，サドルと管との間は突起付き丸ゴムで水密性を保つようになっている。この突起はサドルに装着しやすいように設計したもので，サドルの溝に簡単に嵌合挿入され，脱落，移動なく確実な作業が出来る。

図—33



3. サドルの締付トルク

表—42　分岐サドルの締付トルク

サドルの大きさ (mm)	締付トルク kg・cm
75	600
100～250	1,200

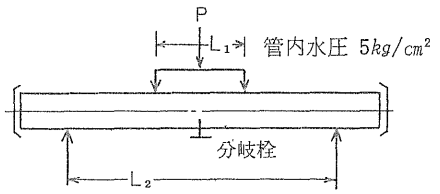
4. 水　密　性

サドルと管との間の水密性は丸ゴムで保つので良好である。水圧だけなら，標準締付トルクの数分の1の締付けで35kg/cm² の高圧に耐え，漏洩しない。

又，管が曲げられるような場合でも，かなり大きい撓みに至るまで漏洩せず，サドルの破損はない。

分岐栓位置を下側にした厳しい条件での試験を行なった。

図—34　サドルの水密性試験方法



表—43　分岐サドルの水密性試験結果

呼び径 (mm)	スパン L_1(m)	スパン L_2(m)	初期漏洩 荷重(kg)	初期漏洩 撓み(mm)
100	1	3	5,150	130
150	1	4	6,500	72
200	1	4	11,000	43.5
250	1	4	13,000	31.5

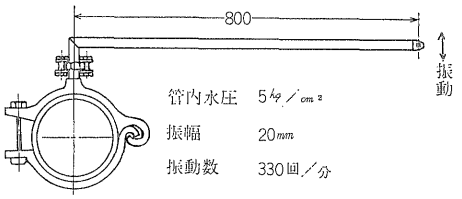
5. 引張り強さ

分岐栓を介してサドルが引張られるといったような場合でも，分岐栓がちぎれるまで（20φ分岐栓で2～4 Ton 25φ分岐栓で3～5 Ton）サドルの破損，漏洩はない。

6. 耐　震　性

分岐栓を通じての振動を与えてもサドルのゆるみ，漏洩はない。

図—35



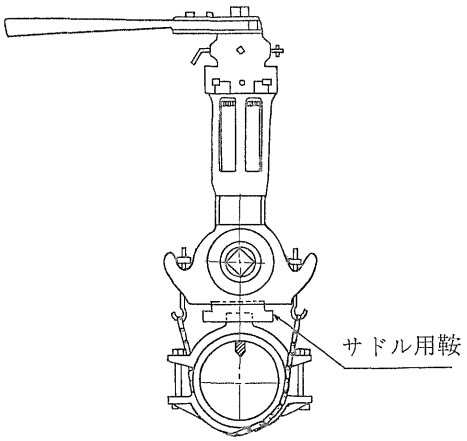
表—44　サドル振動試験結果

呼び径 (mm)	分水栓締付トルク (kg・cm)	ボルト締付トルク (kg・cm)	振動回数	漏洩の有無
75	1,000	600	158,400	なし
100	〃	1,000	〃	〃
150	〃	〃	〃	〃
200	〃	〃	〃	〃
250	〃	〃	〃	〃

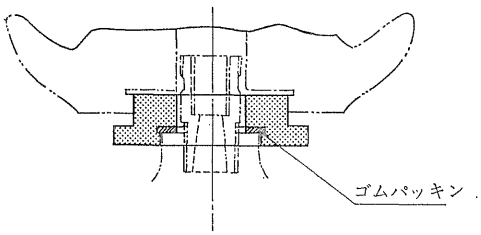
7. 施　　工

図—36のような簡単なサドル用鞍を用いることで，分岐栓の甲型，乙型を問わず，現在の穿孔機がそのまま不断水で使用できる。

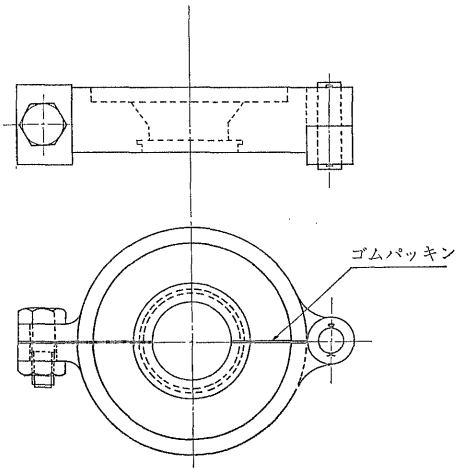
図—36　サドル用鞍



図—37　甲分岐栓用サドル用鞍



図—38　乙分岐栓用サドル用鞍



特　集　<2>

異形管の内面塗装について

川　崎　博　治
(㈱栗本鉄工所　鉄管技術部長)

概　説

鋳鉄管は水道用の送配水管として，過去長年月に亘って使用されており，その絶大なる耐久性はすでに衆知の事実である。これに加えて強靱なダクタイルへの材質転換，メカニカルジョイントの採用と，これらの改良はますますその信頼性を高めつつある。特に耐久性の優秀さは，鋳鉄本来の組成とその鋳肌が耐食性に強いためであり，事実最も単純なコールタール塗装管がいまだに内外で実用に供せられているのも，これを裏書きしているものと思う。しかしながらコールタール塗装管では，水質によっては過去往々にして，長年月の間に内面に錆瘤が生成発達し，徐々に流過口径を減少する事態がある。錆瘤の生因については諸説があるが，主として水中に棲息する鉄バクテリヤが水中に溶存する第一鉄化合物を酸化して，不溶性の水酸化第二鉄として体表面に蓄積し，錆瘤の生成を促進するものと考えられている。従ってこの防止対策として内面をコールタールより更に効果ある防食材料によって被覆し，鉄バクテリヤの影響を避けることが望ましい。この点に着目して直管についてはセメントモルタルを内張りしたライニング管が米国で早くから行なわれ，すでに100年間程度の実績を持っている。わが国でも，この方法が取り入れられて既に15年以上の実績を重ね，今日では大部分がモルタルライニング管である事は御承知の通りである。

この直管のモルタルライニングは専ら遠心力法で行なわれるため品質的にも安定しており，また作業性，経済面でも有利であるため最も普及している。一方異形管はその形状の故に遠心力法の如き機械的作業はまず不可能で，一般に塗装，ライニングは手作業によらねばならない点に根本的な問題点があるように思う。今日異形管に適用されている塗装法としては，外国も含めて殆んどがコールタールまたは類似の瀝青系塗料が使用されている現状であるが，一部限られた地区で主として大口径管にセメントライニング管が実用に供せられている。また，最近では合成樹脂系塗料，特にタール・エポキシ塗料が大きくクローズアップされ，実用の段階に入ってきているが，これらについてその実情を説明し，大方の御参考に供すると共に，今後の異形管内面塗装についての進むべき方向について考えてみたい。

1.
コールタール焼付け塗装及び瀝青系常温塗装

従来鋳鉄管塗装として長い間コールタールが使用され，今日では JIS.K2473（加工タール）の精製タールに亜麻仁油または乾性油を２％以上混合したものを使用している。コールタールの性状を表―１に示す。

表―1. コールタール鋳鉄管塗装規格

試験項目	塗装規格
比重 (15/4°C)	1.10～1.20
エングラー粘度 (50/20°C)	15 以下
水分 (%)	1 以下
ベンゾール不溶解分 (%)	15 以下
0°～230°C 分溜分 (%)	5 以上
0°～300°C 分溜分 (%)	20 以上

塗装方法は，管全体を 120°C～150°C に加熱し，約 80°C に加熱したタール浴中に浸漬するもので，塗装作業が比較的簡単で経済的であり且つ，鋳鉄の品質的要素も加わって，かなりの防錆効果をあげている。

しかしながら概説にも述べたように，錆瘤生成の懸念もあり，必ずしも防錆効果が十分とはいわれない。この原因としては，あまりに塗膜が薄く普通 0.04㎜ 前後であるところに問題があり，如何に優秀な塗料でも，これでは長期間その性能を十分に発揮する事は困難かと考えられるので，何等かの改良が加えられた方がより良い事は当然である。

通常，塗料と稱せられるものは多種類あるが防錆効果と経済的見地からコールタール，アスファルト等瀝青質系の塗料は捨て難い価値をもっている。

従って，これをベースにした合成樹脂系塗料は今までに種々開発研究されてきたが，その殆んどは瀝青質に樹脂，溶剤および充塡剤を配合したもので，コールタールより良質の塗膜が得られ，作業性に於いても常温塗装が可能で，且つ，乾燥性が良いという長所がある。反面経済的にはコールタールより数倍高価になる事は止むを得ない。普通これらの塗装には，ホットスプレーまたはエアレス・スプレーが適当であり粘稠な塗料も十分塗装可能で，従来の浸漬法またはエアースプレーに比較して，非常に進歩した塗装法である。

この塗装法による異形管も従来かなり実績があり，特に浸漬の困難な大口径異形管に適用されている。ただ塗装法の性質上，あまり小口径の内面には適用し難く，この場合は手塗りによらざるを得ない。この種のコールタールまたはアスファルトをベースとした瀝青常温塗料はそれに添加した油脂，合成樹脂，顔料等の種類性質，配合量等により，今日多くの市販品が出ているが，適当なものを撰択すれば，従来のコールタール焼付け塗装に優る防錆効果が期待できる。

2.
セメントライニング

セメントライニングが鋳鉄管の防錆に大きな効果がある事は始めにも述べた通りであり，JIS. A5514「水道用鋳鉄管モルタルライニング方法」あるいは，近く制定予定の「水道用ダクタイル鋳鉄管モルタルライニング方法」においては，いづれも遠心力直管の内面ライニング法を規定していることは御承知の通りである。

この事はセメントの性状が遠心力をもってライニングするに適しており，且つ，モルタルと鋳鉄の鋳肌との密着性が良いという特性を高度に利用したもので，セメントの防錆効果の確実性と経済的実用性の点から，直管のライニングとしては今日最も優れたものといっても過言ではないと思う。

もっとも，ライニングの施工に当っては，モルタルの配合，ライニング施工技術，養生法，管の取扱い方等に多くの技術と経験を要し，実際施工に当っては一本一本に細心の注意が払われねばならない。

このように，直管に適用されているセメントライニングが異形管にも採用できたらと，誰でも容易に考えることである。従って相当以前から研究が行なわれ，現在限られた地区ではある

が実用に供せられている。

異形管にライニングする場合，直管と本質的に相違するのは遠心力法が適用できない事であり，これが異形管のセメントライニングの進歩を阻んでいる大きな理由であると思う。異形管のライニング法として現在実施されているのはモルタルガン等による吹付け法，または手塗りで，いづれも人手と高度の熟練を要する作業である。実験によれば，手塗りの場合，モルタルの密着力，圧縮強度等は遠心力法に比較して，いづれも低い値が出ているし，その施工には直管の場合と違った高度の技術を必要とする。手塗り法の場合のモルタルの配合は，われわれの経験によれば，遠心力法の場合と比べて水の配合を少なくした硬練りモルタルが成績が良いようである。ライニングの前に，特に管内面を研磨する必要はないが，密着に有害と思われるスケール，油脂等の付着物は除かねばならない。施工はヘラ，コテ等で塗り付け，またはガンで吹付けるが，いづれも密着性をよくし，且つ均一な塗厚を得るためにはかなりの技術を要する。

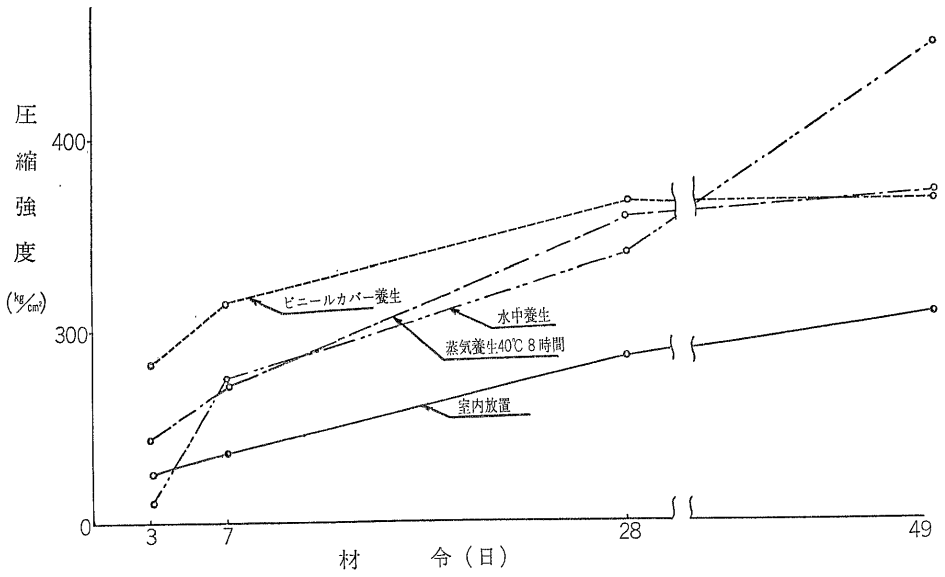
密着性を良くするためにセメントペーストを下塗りしたり，最近では合成樹脂を主体とした適当な接着剤を使用する事もある。養生法として水中養生，蒸気養生，撒水ビニールカバー養生法等がある。水中養生の場合，水温5°C 以上に保ち約7日間位，蒸気養生では 40°C 前後で4〜5時間位が適当と思われ，この程度で大約50〜70%の強度が期待できる。異形管の場合は一般に水中養生法がとられている。

勿論，この状態ではまだ強度が十分ではないから，更に数日間，撒水またはビニールカバー等により湿潤状態を維持し，養生を完全にする必要がある。

参考のために養生法と強度についての実験例を図—1に示す。

養生が終っても，ライニング管はその取扱いを慎重に行ない，特に低温，乾燥，荷重，衝撃等には注意を要する。セメントライニング管に通水された場合，普通，通水当初はセメント分の未反応の CaO が溶出し，水中の PH 値が高くなるが，漸次 PH 値が下がってくる。また，

図—1　セメントモルタルの養生別と強度の関係（夏期の実験結果による）



この作用により表面が僅か浸食された様相を示すが，これは一時的な現象であり，しかも表面のみに限られたものである。外国文献からもあるいは今までの実例からも，この現象は進行して行くものではない事がわかっている。ただ飲料水規定の PH 5.8～8.6 の程度では上述の如く心配はないが，常時酸性側に片寄った水質の場合には浸食しやすい場合があるので，このような懸念のある時は，ライニング表面にシールコートを施工した方がより安全である。また，シールコートの別の効果としてライニング部からの水分の蒸発を抑制するので，養生の効果もあわせて期待する事ができる。故に異形管のライニングの如き手塗法によるものについては，特にシールコートを施した方がライニング強度を高める上にも有効であろうと思う。

シールコートには瀝青系をベースとするものと，合成樹脂系のものとがあるが，いづれも同様な効果を示す。シールコート効果の一例を図—2に示す。

以上異形管に対するモルタルライニングの概略について説明したが，

1) 基本的には人手作業であるため，個人差が生じやすく，品質の安定性に問題がある。
2) 接着性に於いて遠心力法に若干劣る。
3) 量産がしにくい。
4) 小口径異形管には適用し難い。

等の問題点がある。

このような理由で，錆瘤防止と耐久性において，鋳鉄管には最も適合したライニングではあるが，異形管全般に適用されるためにはまだ研究の余地があり，また生産設備的にも充分といえないのが現状である。

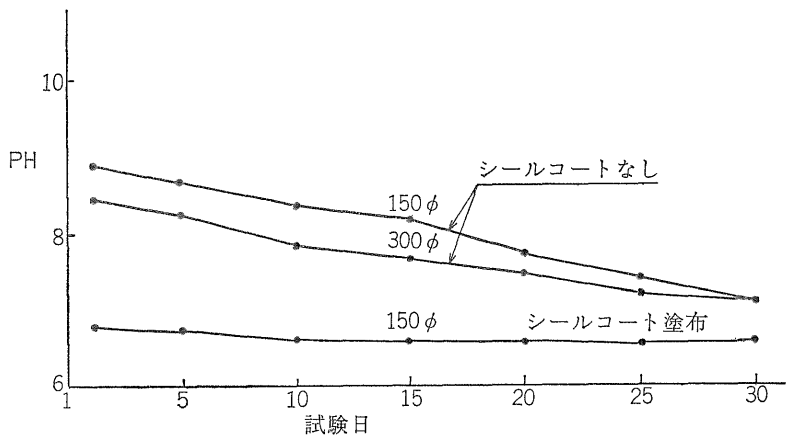
3.

タールエポキシ塗装

タールエポキシ塗装は米国に於いて1950年タールとエポキシ樹脂が完全に相溶し，注目すべき塗膜が形成されることが知られ，1954年頃から本格的な開発研究が始められた。わが国では1958年に市販され始め，次第に電力関係，船舶関係に採用され，1962年頃からその性能の優秀さが認められて，現在では防食塗料として広く各方面に使用されている。

この塗料は特殊瀝青タールにエポキシ樹脂を配合したもので，瀝青質の耐水性，耐食性に加えて，エポキシ樹脂の密着性，強靱性，耐薬品性をあわせもった防食塗料という事ができる。そして一般の塗料のように溶剤の蒸発によって乾燥，縮合して塗膜を形成するものでなく，化学反応型であり，A成分とB成分の2液混合使用の塗料である。一般にA成分，B成分をそれぞれ基材，硬化剤と称する。表—2に大略の組成割合の一例を示す。

図—2　シールコートの効果



表—2　タールエポキシの組成（一例）

基　材（20部容器）：硬化剤（1部容量）

エポキシ樹脂	30%重量	アミン	70%重量
コールタール	25% 〃	溶　剤	30% 〃
溶　　剤	20% 〃		
充　塡　剤	25% 〃		

基材と硬化剤の割合は重量比で25：1程度のものから1：1に及ぶものまであるが，普通10：1位のものが多いようである。エポキシ樹脂の硬化剤には多くの種類があるが，タールエポキシ塗料の場合は常温硬化型が殆んどであり，この点異形管塗装の場合には便利であると思う硬化剤にアミンを使用した場合を例にとると，未端にある二つのエポキシ基 $(-CH-CH_2)$ は次のように反応して三次元構造を示すものといわれている。

$$2R-CH(O)CH_2+R'NH_2\rightarrow R'N\begin{matrix}CH_2-CH(OH)-R\\CH_2-CH(OH)-R\end{matrix}$$

次にタールエポキシ塗料を異形管に適用する場合について述べてみたい。

いずれの塗料でも金属の下地処理はその密着性に大きな影響を及ぼすとされている。異形管塗装の場合も同様でスケール，ゴミ，油，その他の異物は可及的に取除かねばならない。しかし鋳物特有の耐食性黒皮鋳肌までグラインダー等で除去すべきかどうか大きな疑問がある。普通密着性を計数的に測定する適切な試験法はないが，碁盤目試験法によって実験したわれわれの結果では，黒皮あるいは研磨面共に100/100の値を示し，その差はあらわれていないし，日常黒皮面でもかなり強固に密着している事実は経験するところである。ただ研磨面の方が常識的により優れているだろうという事は想像できるが，鋳物の黒皮が優れた耐食被膜であることも事実であり，塗装に支障をきたす程度の凹凸は除去するにしても，黒皮をとり，できるだけ平滑にするのが，綜合的な防食的見地からみて果して正しいかどうかは問題がある。筆者の考えでは，特別な凸部は研磨するとしても平面的な黒皮はなるべく温存し，塗膜と黒皮の二重防食的な考え方をしたほうが，鋳鉄の場合，効果のある方法ではないかと考える。

タールエポキシ塗料の場合，プライマー塗布の必要は無く，直ちに刷毛塗りまたはスプレー塗装を行なう。小口径管の如くスプレー塗装の困難なもの以外はスプレー塗装の方が効果的であり，昨今では殆んどエアレススプレーが使用されている。1回塗りの塗膜厚は普通0.15～0.20㎜位であり，この程度でも鋳鉄管の防食塗膜としてコールタール塗装等と比べると格段に性能は向上しているが，更に塗り重ねる事により，なお防食性能の信頼性は向上する。

この場合，一層目の塗膜がある程度硬化乾燥してから塗り重さねる必要があるので，塗装の完成にはある日数を要する事になり，本塗装法の面倒な一つの点とも考えられる。硬化時間は気温によって大きく左右されるが，表—3に指触乾燥時間と環境温度の傾向の1例を示す。

完全硬化には夏期で7日位，冬期で15日以上は必要である。勿論，管を予熱して塗装するか塗装後適当な加熱方法を採用すれば，硬化は当然促進され作業工程は短縮される。

以上異形管のタールエポキシ塗装について概略を述べたが，

1）塗料が2液性であって混合後は可使時間が限定される。
2）コールタールのような浸漬塗装は不経済であり，スプレー塗装または手塗りによらなければならない。
3）乾燥硬化時間が比較的長く，特に冬期に於いて低温の時は適当な加熱装置を要する。
4）その他塗料の調合，取扱い用具の洗滌等，作業上注意を要すべき点が多い。
5）従来のコールタールあるいはセメントモルタルに比較して，極めて高価である。

等の問題がある。特に価格が高価である事がこ

表—3　指触乾燥時間と環境温度

環境温度 °C	5～10	15～20	25～30	35～40	45～50
指触乾燥時間	24時間	16時間	7時間	1時間	40分

の塗料の普及を阻んでいる大きな理由のようである。

しかしながら，先に述べた溶剤型瀝青塗料に対し，この塗料は重合型の塗料であり，一度に厚塗りができ，塗膜性能も数段優るものであり異形管内面塗料として推奨できるものと思う。また，タールエポキシ塗料は塗料成分中にアミンまたはポリアマイドを硬化剤としたエポキシ樹脂を含むために，水質に如何なる影響を及ぼすかの問題があるが，エポキシ樹脂は硬化反応が完了すればアミンまたはアマイドは樹脂中に反応固定されて不溶性となり，何等水質に対して悪影響はないと見做し得，上水道用に使用しても差しつかえないといえる。

上記2液型エポキシ塗料に対し，1液型と称するエポキシ塗料も開発されている。塗料の調合が必要で無く，可使時間もかなり長時日のものがあるようであるが，塗膜の防食性能の点でいま一歩の所があり，今後の研究課題といえよう。（液性エポキシは必ずしも加熱事後処理を必要としない）

4.
その他の塗装ライニング

近時一般金属工業に利用されている塗装，ライニング法には数多くあり，それぞれ目的とする塗料，ライニング材の特性を生かして使用されている。これらの中で鋳鉄管に現在あるいは将来にわたって関係ありと思われる塗装，ライニング法について若干整理的な意味も含めてふれてみたいと思う。

液状塗料を使用する塗装

1）コールタール，ペイント，あるいは塩化ビニール系塗料の如き溶剤タイプ樹脂塗料等の液状塗料を使用する最も一般的な塗装法であって，一般に溶剤の揮発乾燥によって塗膜が形成されるタイプである。塗料の種類によって浸漬塗装，手塗り，スプレー塗装法等のほか，特殊な塗装法等も行なわれている。

2）エポキシ塗料，ポリエステル塗料等の合成樹脂塗料に代表される，主として無溶剤型塗料による塗装法で，前記溶剤型に比して，密着性，耐磨耗性，耐化学性等に優れ，特に膜厚を出す事ができるので，遠心力塗装法も可能であり，異形管にはスプレーまたは手塗法で施工できるものである。

固型塗料を使用するライニング

3）ブローンアスファルト，コールタールエナメル等，主として固型瀝青塗料を使用する塗装法で，特にコールタールエナメルは鋼管塗装に普及している。この塗料は加熱溶融し，塗装後冷却硬化し，極厚の塗膜が得られる特色がある。鋳鉄管に対しては，下地鋳肌の調整に難点があり，特に異形管の塗装は鋼管の場合と同様，手塗り作業に熟練を要し，かつ密着性にも問題があるように思われる。密着性を補強する観点からラス張りの方法も考えられるが，ラスを異形管の曲率に合わせて均等に内張りする事に難点があり，また経済的にもかなり高価につくであろう。しかし将来鋳鉄管の鋳肌に適合したプライマーの開発がされればあるいは利用価値が出てくるのではなかろうか。

粉末状合成樹脂を使用するライニング

4）ポリエチレン等熱可塑性樹脂粉末を直管の内面に遠心力を利用して附着させ，適当に予熱または加熱して溶着させる方法がある。塗装法の性質上，異形管への適用には何か特別の回転方法を考える必要があろう。

5）樹脂の融点以上に加熱した金属を，気流で浮遊させた樹脂粉末の中に浸漬して溶着させるいわゆる流動浸漬法がある。浸漬装置に工夫を要するが，比較的複雑な形状のものにも適用できる特色があり，経済性は別として小口径異形管には興味ある一方法であろう。

6）樹脂粉末を適当な液中に分散させた懸濁液を金属表面に被覆し，乾燥工程後，樹脂の融点以上に加熱焼成して被膜を形成する，いわゆるデスパージョン法である。前項同様複雑な形状のものにも適用できる特色がある。

モルタル状樹脂材料を使用するライニング

7）セメントモルタルも広い意味においてはこのライニング法に含まれると思われるが，近時タールエポキシ樹脂を結合材ないし母材とし，これに作業能率を高める助材として無機

質充塡材を加えて，数耗以上の塗厚を可能とした，モルタル状のライニング材が開発されている。普通下塗りプライマーを必要とするが，直ちに上塗りも可能であり，ヘラまたはコテによって施工できる。問題点もあろうがセメントモルタルの如き養生を必要とせず，手作業可能な中大口径異形管には将来興味ある方法であろう。

その他のライニング

8) 合成樹脂のパイプ，シート，フィルム等を管の内面に接着させる方法，ゴムライニング法，ガラスクロス等を併用する積層ライニング法等種々考えられるが，主として水道用を対象とした鋳鉄異形管に対しては関係が浅いと思われるので，ここでは省略する事としたい。

5.

ま　と　め

異形管の内面塗装，ライニングのあらましについて簡単に述べてきたが，ここで一応概略まとめてみたいと思う。

現在製造されている異形管の内面塗装は，その大部分がコールタール焼付け塗装であり，過去長年月の実績から十分実用性があるのであるが，水質によっては錆瘤の問題もあり，更に良質な塗装が要求されるのも時代の要請といえよう。この点で今日，コールタール焼付け塗装に代るものとして，中大口径管の一部に実用されているのは，大別して，

(1) セメントモルタルライニング
(2) 溶剤型瀝青塗料による塗装
(3) タールエポキシ塗装

等であり，それぞれ塗装材の種類により程度の差はあるが，いづれも錆瘤防止に相当の効果を上げているものと思う。これらの塗装法のいづれが最も経済的で効果的であるかは，それぞれ異形管の口径によって適，不適があり，塗装材の性格，施工法，経済性等にも若干問題があるので，現状ではいづれか一つにしぼって考えることは困難かと思う。また，今直ちに異形管全体に，このような塗装法を採用するには，解決すべきいくつかの課題があると考える。

まず第一は，現在の塗装ライニング方法の作業工程をどのように能率よく管理するかということであり，これは直ちに塗装の品質とコストに関係するもので，鉄管メーカーとしては考えるべき問題である。

第二は，防食性能を悪くしないで今より作業工程が簡単な塗料，ライニング材の開発である。例えば，現在のタールエポキシ塗料の2液性が1液性となり，更に硬化乾燥を速くして作業工程の短縮を期待するものである。

第三は，上水道以外の特別な用途に使用される異形管の防食対策として，耐化学性，密着性耐磨耗性等の優れた塗料，ライニング材および施工法の開発である。最近，高分子化学の急速な発達がみられ，いろいろな合成樹脂系塗装材が考えられるが，鋳鉄の鋳肌，作業方法および経済性，あるいは長期の耐久性等を考える時，これが適用は相当研究を要する問題であり，一方現在他の管種に使用されている塗装ライニングをそのまま鋳鉄管にも適用したらという考え方も，鋳鉄管の特性を考えるならば，果して妥当かどうか疑問とするところである。ただ化学工場や工場排水等，特別な流体や水質に使用するものについては，勿論それ相応の完全な塗装ライニングが必要なことはいうまでもない。この場合コスト高はあってもこれに対する完璧な塗装ライニング法を確立しておく事はわれわれの使命であると考える。

以上甚だ雑駁ではあるが，異形管内面塗装について，主として現状を中心に，あわせて今後の考え方の一端を述べ，その輪郭を紹介した。

結論的に異形管という特異な形状の故に，塗料界の進歩にかかわらず，未だ決定的な内面塗装を打ち出し得ないのが現状であるが，われわれ鉄管メーカーとしては信頼できる鋳鉄管を供給するために，塗料メーカーの協力を得て，一歩一歩実績を充分に検討しながら押し進めたいと思っている。

末筆ながら，斯界の発展のために，需要家各位の御協力と御教示をお願いして本稿を終る。

事例研究・その1

東京都の水道用鋳鉄管の大口径化について

東京都水道局利根川水道建設本部長
藤田博愛

1. まえがき

木樋，石管より始まった江戸の水道管（当時でも66㎞もあったという）は，350年経た今日では実に内径2,700㎜というマンモス管を使用するまでに発達したが，なかんづく鋳鉄管は東京の近代水道施設が設備された当初（明治31年1898年）でも，すでに内径1,100㎜を最大に，延長770㎞にも及んだ。爾来，水道管は東京の発展と共に水需要の増大に伴い，水理的にも経済的にも有利な大口径化を要求し，特に戦後の人口異常集中化は，これを飛躍的に促進した。しかし，鋳鉄管としての最大口径は，鋳造技術素材強度の関係から従来1500㎜程度におさえられ，それ以上の管は専ら鋼管が使用されていたが，その後開発された遠心力鋳造技術と，特に材質的に革命をきたした「ダクタイル鋳鉄」の発明は，急激に大口径化への足がかりをつくり今や内径2400㎜まで使用される段階となり更に口径の増大化を期待できる現状である。

現在，東京の送配水管延長は約7,500㎞あるが，そのうち1,600㎜以上の鋳鉄管は50㎞にも達し，その超大口径化の一端を示している。ここに東京水道史の一編をひもどき，鋳鉄管の経過と現状と将来について述べてみる。

2. 鋳鉄管の歴史

鋳鉄管の歴史をふりかえると，水道用として使用した史実では，ルイ14世王朝時代（1664年）パリのベルサィユ宮殿を中心に布設され，今日もなお機能を果しているという300年の歴史を有しており，その他欧米には，200〜100年前の鋳鉄管が多くみられる。

わが国では，横浜市（明治23年）が最初に使用し，76年の歴史を有しているが，東京は2年おくれて明治25年より布設を開始している。当時は殆んどが外国品で，主にベルギー，スコットランドより輸入された。しかし，まもなく国内製造も開始し，需要に対処できるようになった。

大正3年には，上水協議会が“吋普通鋳鉄管”としての仕様書標準を決定し，大正14年にはメートル法制定と関東大震災の経験を加味し，“メートル普通鋳鉄管”規格に改められた。この規格によれば，引張強度21.5㎏/㎟，許容強度2.5㎏/㎟としていた。その後昭和3年には「JES80」と制定されていたが，その頃ドイツフランスにおいて高級鋳鉄の研究が行なわれ，わが国でも昭和6年頃より高級鋳鉄管が実用化され，昭和8年には規格化し，9年には「JES

272」とし制定された。この規格では，材質強度が従来のものに比し2倍となり，引張強度25 kg/mm²，許容強度 4kg/mm² となった。このように材質の向上によって鋳鉄管は飛躍したのであるが，昭和17年には鋳造法に遠心力が導入され“遠心力高級鋳鉄管”が「JES828」として制定された。この管は強度的には大差はないが，管厚の偏肉をなくし，規格管厚を小にし，管長を大にすることができた。戦後，昭和24年“遠心力金型鋳鉄管”が，27年には“砂型遠心力鋳鉄管（小口径）”が規格化し，29年にそれぞれJISに制定された。34年にはメカニカル継手が規格化され，施工法の改善をうながした。

戦後アメリカで発明されたダクタイル鋳鉄は早速わが国で水道管に応用開発され，29年に世界に先がけて水道用ダクタイル鋳鉄管の誕生を見，36年に遠心力ダクタイル鋳鉄管として 200～1500㎜まで規格化され，今日に至っている。更に40年には同種の 150～75㎜管が規格化された。この規格によれば，引張強度38kg/mm²，伸び3％であるが，実際には，SS 41 に匹敵する内容を有している。また使用条件により3種類の管厚があり，継手も4種類があり，これらを合理的に使用することができる。

3. 最大管径の変遷

東京における最大管径の歩みは，前述の如く創設水道を施工した明治25年に内径 1,100 ㎜の普通鋳鉄管より始まるが，当時淀橋浄水場を源とする芝線，本郷線に使用された。その後，大正に入り東京第一水道拡張事業の認可を受け大正7年より工事を始めた境浄水場より和田堀給水所に至る境・和田堀線はコンクリート巻モルタル塗鋼鉄管（内径1909㎜）で，わが国最初の試みで当時でも外国に2，3の例しかない稀有の工法であった。また和田堀給水所より市内への配水管も 1,500 ㎜鋳鉄管を使用することとなった。大正年間には第一次世界大戦による物価高騰，関東大震災等があって，拡張事業はあまり進展しなかった。

昭和に入り，第一水道拡張事業の継続工事で昭和8年に完成した山口貯水池引出管は，隧道内面より厚さ 8 ㎜の鋼板を電弧熔接により張りセメントグラウトをするというわが国最初の画期的工法による内径2800㎜管が出現したが，本来の水道管とは異なる。昭和12年に完成した玉川上水路より淀橋浄水場に至る原水導水路にはコンクリート巻鋼管2100㎜1条を布設した。

この頃より第2水道拡張事業の計画が実り，小河内貯水池を源とする給水計画が実施に移されるが，東村山浄水場より市内に至る配水本管は内径2400㎜鋼管を計画し，昭和13年には一部電弧熔接による鋼管が埋設された。一方，昭和11年より金町浄水場を根源とする応急拡張が計画され，コンクリート巻鋼鉄管による内径1800～1600㎜配水本管の布設が実施された。この系統では中川を水道専用橋により横断し，荒川放水路を 1,500 ㎜で伏越するという水道史上先例のない難工事を戦時中に行なった。

当時計画されていた第3水道拡張事業においては2,000～2,300㎜級の配水本管を考慮していたが，実現には至らなかった。

戦後，まず戦災の復興に重点をおき，相つぐ水害や，資金難のため新規工事は頓座をきたしたが，拡張事業として江戸川系を最初に，多摩川系を第2に，相模川系を第3に順序をたて工事の再開を計った。

江戸川系については前述の荒川放水路伏越横断を1500㎜竪型高級鋳鉄管で施工し，東京都中央部の給水を増強した。

その後昭和25年より神奈川県からの分水協定による長沢浄水場を根源とする相模川系工事が最盛期に入り，この系統は内径 1,800 ㎜で内外面モルタルライニング鋼管を主体とするもので各種の実験を行ない，特にわが国におけるモルタルライニングの仕様基準を示すものとなった従来，大口径管は鋼管を使用する常識があったが，この時代に始めて立型による 1,800 ㎜高級鋳鉄管が誕生し，使用場所をきめて採用することとなった。しかし通水後，鋳巣による破裂事故が相つぎ，やはり大口径鋳鉄管への不信感は拭いきれないものがあった。

第二水道系については，東村山浄水場より都内および境浄水場への送水管は鋼管を使用することとなったが，内径 2,400 ㎜および 1,600 ㎜という大口径管を使用するに当たり，従来の算定式では不満足であり，ここに実物大実験を行ない，各種の新しい理論を生み，将来の大口径

化の基礎をつくった。この時代には丁度欧米からコールタールエナメル塗装技術が導入され，従来のアスファルト塗装からの転換期を作った。

この頃から人口の東京への異常集中化は激しくなり，水需給関係は完全にバランスを欠き，小河内ダムの完成をみても満年渇水の呈を示しいよいよ東京サバクの異名を与えられるようになった。

昭和29年にはダクタイル管の誕生をみ，水道界はぞくぞく高級鋳鉄管をダクタイル管におきかえることとなった。

東京でも昭和31年より各種調査を行なったが黒鉛の球状化，鋳巣，焼鈍歪等に問題点もあり採用には時期尚早と判断したが，その後33年再試験の結果問題点も少なくなって，実用に供し得ると判断し，35年にφ1,000～φ1,500㎜まで36年にはφ900～φ400㎜まで採用することとなった。

一方，第二水道系送水管（境浄水場―和田堀給水所）は内径1,600㎜で検討中のところ，各種施工，工期等の条件より，丁度使用し始めたダクタイル管を採用することとなった。かくして超大口径ダクタイル管実用への第一歩を踏みだし，施工後の変位，実測等を行ない，管厚算定式の根拠をつくることがきた。

この実績にもとづき，金町浄水場を増強する中川，江戸川系緊急拡張工事には場内の一部に1,800㎜ダクタイル管を使用した。

かくして，東京都では昭和38年には内径1,800㎜までのダクタイル管の実績を得たわけであるが，いよいよ東京都待望の利根川系拡張の設計に入り，特に朝霞浄水場―東村山浄水場間の原水導水連絡管工事の緊急性は，東京オリンピックを間近に控え，突貫態勢を必要とした。そこで管種選定委員会を設け，各管種を検討した結果，全路線17.6㎞のうち上流半分を鋼管に，下流半分をダクタイル管により施工することとなり，特にダクタイル管については世界初の2,200㎜管であるので，慎重かつ十分に各種試験を行なった結果，十分満足する値を得ることができたので，ここに本格的な採用に踏みきった。

この実績にもとづいて，更に東村山浄水場や朝霞浄水場の一部には内径2,400㎜ダクタイル管を使用し，その確実性，安全性，経済性を立証することができた。

しかし，東京の水道は2,400㎜程度の口径では満足できず，朝霞浄水場―上井草給水所間の給水管や上井草給水所―和田堀給水所の配水本管の一部には，内径2,700㎜鋼管を使用することとなった。また，将来の配水管網を考慮して東西，南北に東京を十字に切る大動脈を計画し各水源系浄水場を連絡する幹線には2,200～2,000㎜級のダクタイル管を使用し，鋼管と歩調をあわせ，大いに貢献している。

このように，東京の水道管は明治の創設時代以来76年経た今日，“第三の鉄”といわれるダクタイル鋳鉄の出現により口径の増大化の傾向にある。

一方配水本管施工も市街地においては，近年シールド工法を使用する傾向にあり，内套管は鋼管を対象とされていたが，東京ではダクタイル管の継手に改良を加え，内面継手法を考案し工期の短縮と安全性を計ることにより，現在工業用水道管として2,200㎜ダクタイル管を使用しており，この傾向は今後も増大するであろう。

4. 鋳鉄管の特性

前述の如く，鋳鉄管の変遷をふりかえってみると，近年は水需要の増大に伴い，水理的にも経済的にも有利な超大口径管が要求されるようになってきたが，鋳鉄管としての最大口径は鋳造技術，母材強度の関係から，従来1,500㎜程度が限界と考えられ，それ以上の超大口径管は専ら鋼管が使用されていた。

一方従来鋳鉄管の分野であった小口径管も昭和20年頃から石綿セメント管の開発により，価格の点で大いにそのシェヤを減じ始めてきた。特に地方都市水道や工業用水道にはこの傾向が顕著となった。従って鋳鉄管メーカーとしては超大口径管は鋼管に，小口径管は石綿セメント管や塩化ビニール管等に侵食されて，鋳鉄管業界の生きる道としては超大口径鋳鉄管の製造へのりだす必要を生じてきた。そこで鋳造技術，材質の改善により1,600～1,800㎜と製造実績を延ばしてきたが，母材強度，重量，施工性の点などに問題もあり，また相つぐ破裂事故等により，鋳鉄管の大口径化には，発注側としてちゅうちょせざるを得なかった。

ダクタイル管の開発は，材質的に鋼に近い状態に達したので，強度の増加により重量を軽減することが可能となり，また鋳鉄の特性である高度な耐摩耗性，耐食性も保持している。一方都市交通の発達は，車輛荷重を激増したが，その強靱性は従来の高級鋳鉄の耐衝撃値を15倍にもあげ，実用的に破裂の危険がないという理想的な状態に達した。更にはセメントライニングは管の剛性を高め，外圧による変形も防止できたとえライニングが割れたとしても，十分その扁平に耐えうる。またその継手はメカニカル型の採用によって，施工性は著しく優れ，鉛カシメの頃に比べ，格段の相違を示し，継手そのものの可撓性，伸縮性，耐電食性は有利で，価格的にも低廉である。その反面，水圧による抜け出し，サシ口変形や，押輪の片締めによる漏水ゴム輪の老化，管体歪による切管の不都合，鋳巣，引けによる破裂の危惧，異形管の偏肉，錆こぶの発生等，まだ多くの問題は完全に去っていないが，逐一研究が進められ，解決へ近づきつつある。即ち，抜け出しに対しては大阪府のFN型等があるが，東京の大口径管では屈曲部とその前後直管についてケース毎に特別の考慮を払っている。またサシ口変形に対してはA型継手を改良した二重ゴム輪方式（K形継手）は漏水の懸念を解消したともいえる。鋳造上の問題は，品質管理の適正化により除去できるし，錆こぶはセメントライニングや合成樹脂塗料の発達で問題もなくなってきた。

かくして鋳鉄管に対する従来の不信感は一掃され，超大口径管の製造に対する曙光を見出すに至ったばかりでなく，施工性，工期，経済性において，鋼管と共に重要な役割を果すようになった。

施工性については，土木技術の発達によりウエルポイントや薬液注入等によりドライワークで継手も容易となりトルクレンチによって均一に締付けることができ，従来鋼管の継手熔接，現場塗装の繁雑性に比し短期間で完了するし，特に市街地での塗装による有害な煙はタールマスチックの開発により鋼管でも解決されてはきたが，工期的な点ではやはりダクタイル管の方が有利である。更に工期の短縮化は経済性のみならず，市街地では道路復旧を早め，一般交通への支障を軽減し，公共性にも富む。

しかし継手漏水への懸念はまだ完全とはいいがたく，鋼管の熔接に於けるが如き確実性を有するためには，今後とも尚一層の努力が望まれる。

今後の傾向としては，超大口径管のみならず前述のシールド内套管として発展が期待でき，更に研究の余地が残されるものと考える。

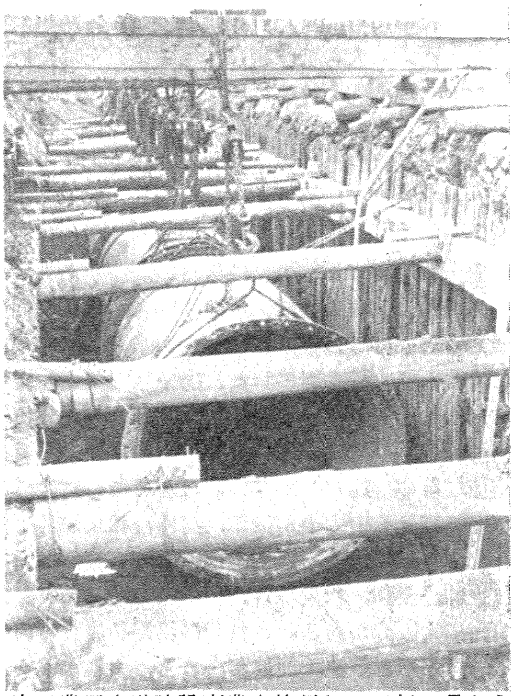
5. おわりに

以上のように東京の水道管は超大口径化してきたが，ダクタイル鋳鉄の出現は従来鋼管の分野にあった大口径管の中にも進出し，その特性を十分活用して，現在では2,400㎜までの使用実績を上げ，信頼度においても鋼管と同一レベルに達し，今後とも鋼管と共に，水道界にますます重要な役割を占めるものと思われ，更にその経済性と施工性より将来口径3,000㎜程度までは発展する可能性があるものと期待している。

輸出入・国内販売
三井物産株式會社
本　店　東京都港区西新橋1丁目2番9号　電話（大代表）(211) 0311-3311
大阪支店　大阪市北区中之島3丁目5番地ノ2　電話（大代表）大阪（441)8881
分　室　大阪市北区中之島4丁目14番地　電話（代表）大阪（443）5651

大阪府営水道における ダクタイル管の大口径化

大阪府水道部



1. 大阪府水道事業

大阪府水道部は水道事業および工業用水道の二事業を行なっている。水道事業は用水供給事業として現在府下24市８町の市町営水道に対して用水を供給しており，40年度から府営第５次水道建設事業を施行中である。

工業用水道事業は産業基盤整備事業として昭和37年度から堺市ほか３市の給水区域に対し送水を開始し，さらに臨海工業地域に必要とする工業用水道の確保をはかるため37年度から第２次工業用水道建設事業を施行し，41年３月から一部通水を開始している。また一方臨海工業造成地域に必要とする工業用水の不足分については大阪臨海工業用水道組合からも送水されており，同事業は35年度から施行，39年度から同造成地の通水が始められた。

このほか地盤沈下対策として39年度から第３次工業用水道事業を施行し，北摂地区（４市１町）の工業用水の確保をはかることとしているが，引続き昭和40年度から東大阪地区（８市）および堺市の工業用水の確保をはかるべく第４

次工業用水道事業を施行中である。

2. 水道用水供給事業の背景

大阪府では昭和15年に大阪周辺都市の要望にこたえて，当時河内および和泉平野に位置する6市48カ町村を対象として，総事業費900万円で府営用水供給事業に着手したが，第2次世界大戦の激化にともなう資材不足のため，淀川左岸の守口市内鳥飼大橋のたもとに取水施設を完成しただけで，昭和19年に中絶のやむなきに至った。

大阪府が水道用水供給事業を行なうに至った理由は，①発足当時は戦時中のことでもあり，府下全域にわたる水道水源の不足は軍需生産の増強のためにも，また府民の保健衛生，防火対策のうえにも大きな障害となってきたため，府としてもこの問題解決に重大な関心をもたざるを得なかった。②事業の内容が膨大であったことから，市町村の一部事務組合方式をとるよりも，むしろ実現性のうえで，政治力，経済力をもった府で行なう方が得策であった。③水利権の配分および事業費の負担区分の問題があり，各市町村の財政負担能力に差があった。④共同事業の対象市町の数が多く，かつ水の必要時期および需要水量を異にした。⑤給水対象として将来大阪市を除いて，ほとんど府の全域（淀川以南）と考えていた。⑥都市水道の水源として適切なものは淀川しかない，などであった。

大阪府はその大半が摂津，河内，和泉の各平野を合わせた大阪平野で，三方が北摂連山および生駒，金剛，和泉の各山脈によって囲まれ，前面に大阪湾がある。これらの平野を流れる河川のほとんどが流域面積が小さく，山地が浅くかつ急峻なため，雨水が一時的に大阪湾に流出してしまう。したがって年平均流量に比して渇水時の流量は著しく僅少である。このため琵琶湖に源を発し，これらの山脈を貫流して流れる淀川が唯一の水源となるのである。府内二大河川の一つである大和川でさえ，前記理由に加えて，江戸時代（1704年）に柏原地区から北上して淀川に合流していたものを東大阪の治水対策事業として，粘土層を掘ってつけ加えた人工河川ということで，夏期には表流水はもちろん伏流水も枯渇する状態である。

府下の水道水源は河川水と地下水であるが，地下水についても旧大和川筋の低湿地帯にあたる東大阪地区にさえ，水質は悪くかつ豊富な水量を期待しえない状態で，その他の地区についても同様だ。したがって水源を淀川に求めている大阪市および枚方市を除く他の市町村の水源は，増大する都市水道の需要をまかなうには，水量，水質ともに不十分で，その対策として淀川より遠距離にある市町村では，府営水道により水の確保を得ようとしたのである。

3. 庭窪浄水系の水道施設

戦時中に中絶した府の用水供給事業は，戦後の疎開者，戦災者，海外引揚者などによって急激に人口の増加をきたした東大阪および堺地区に対して，緊急欠くことのできない最少限度の沈でん水を供給することにし，第1次建設事業として昭和23年度から3カ年計画で再開し，取水地点に浄水場を設置し，延長32㎞の送水管を布設した。

続いて第2次建設事業として25年度から8カ年計画で浄水場に急速ろ過設備を設置，延長71㎞の送水管を布設した。これは戦後間もなく泉州地方で紡績事業が盛んになり，人口増加による水道需要が高まってきたため，地元市町からの強い要望にこたえるとともに，第1次事業の受水市町の需要増加にも対処して浄水を供給するものであった。

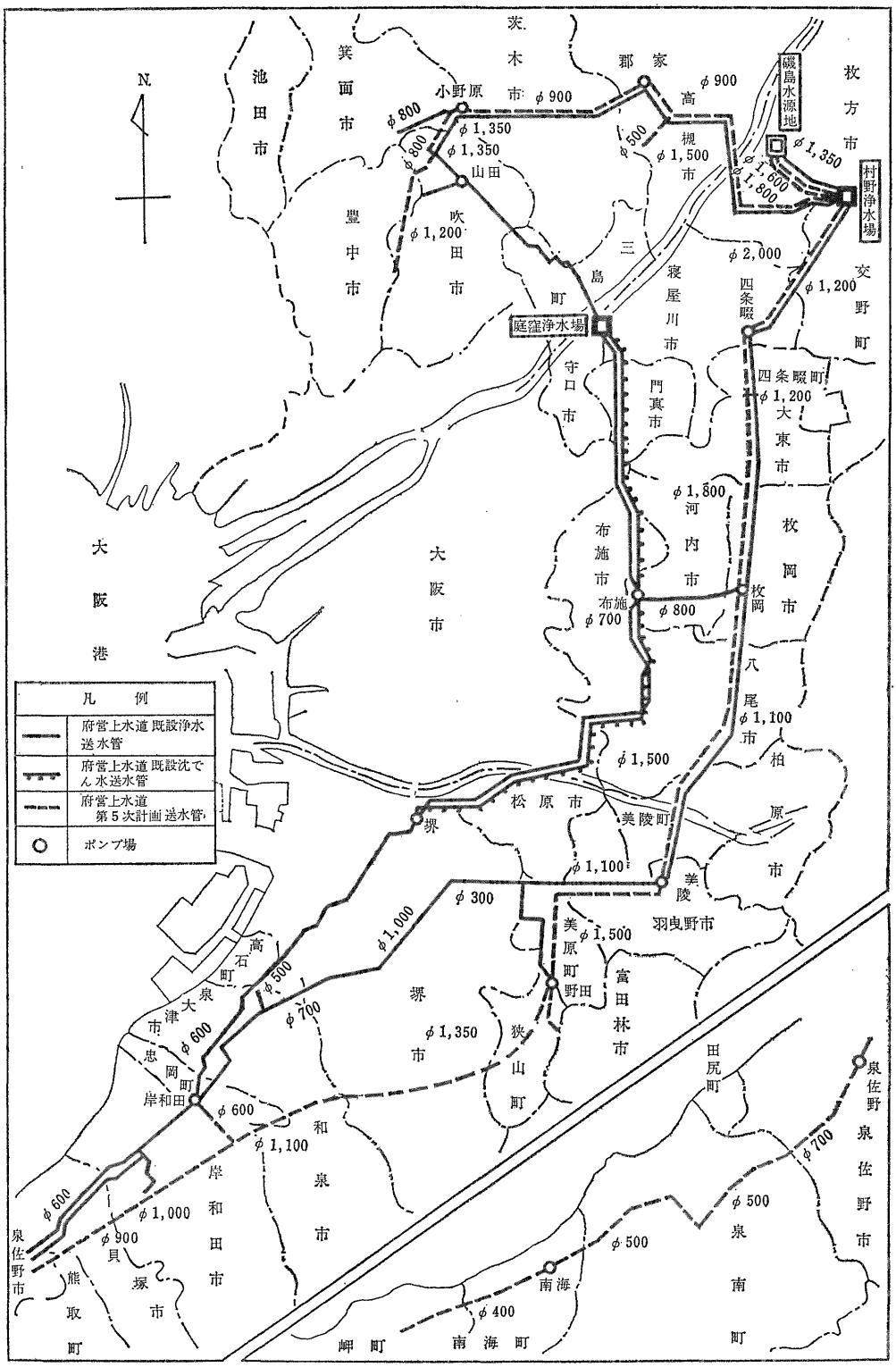
さらに第3次建設事業として，北摂地区における住宅建設および工場誘致の進展にともなう水需要に対処するため，32年度から3カ年計画で着手，延長24㎞の送水管を布設した。

以上の第1次～第3次までの事業を通じて庭窪浄水場を中心とする府を南北に貫く送水施設が完成，22市3町の水道事業に対し，日量20万3,000トン（沈でん水6万トン，浄水14万3,000トン）の送水が可能になった。

4. 村野浄水系の水道施設

大阪府下の未来図は10大放射3環状線の道路計画を中心に都市計画が進展し，従前大阪市が大きな核となって周辺部へ無秩序にひろがりを示していた市街地が，中央環状線沿いに業務センターの計画的配置が可能になった。中小企業

図―1　大阪府営水道布設概要平面図



団地，住宅団地の計画的誘致と相まって大阪市の副都心として，ある程度独自の機能をもって発展することが予想されている。

このため大阪府水道部では，大阪経済の発展によってますます進展するこれらの都市計画，団地計画に平行して，その水道需要に対処すべく抜本的な対策を講ずる必要が生じてきたことと，淀川の水質汚染状況も考慮して新たに上流の淀川左岸の枚方市磯島地区で取水し，同市村野に浄水場を設置し，日量約94万7,000トンの浄水を送水する計画をたてた。

同計画は2期に分けて前期分を第4次水道建設事業として，35年度から6カ年計画，総事業費130億円で，日量33万トンの水を第3次事業までの受水市町に富田林市ほか1市5町を加えた24市8町の水道事業に送水するものである。この事業は送水管延長104.5㎞で受水市町において，年々増加する水需要に対処して完成部分から38年夏期には東大阪地区に対して施設能力日量6万トンの通水を行ない，39年夏期にはさらに北摂および堺地区を加えて施設能力日量20万トンの通水を行ない，その成果を発揮した。

後期分の第5次建設事業は，40年度から7カ年計画で，総事業費285億円を投じて日量61万7,000トンの水を第4次事業までの受水市町を含めて24市12町の水道事業に送水する計画である。

5. 将来計画の概要

昭和40年度夏期の府営水道の1日最大送水量は49万690トンでその日の受水市町の総配水量は，89万3,600トンであり，府営への依存率は約55%を占めたことになる。しかし今後の需要水量に対しては受水市町の水源開発に多くを期待しえないので，昭和50年の給水計画は，府営への依存率を73%とみている。

すなわち昭和50年の受水市町の給水予定人口を485万6,000人，総給水量を日量199万トンとみて，受水市町の自己水日量54万トンを差引いた府営水道の受持分145万トンについては，各受水市町における1日最大配水量の総和に対する府営水道の送水実績および浄水池を設置することなどにより，施設能力を日量115万トンとした。したがって115万トンから第4次事業までの給水能力が5万3,000トンを差引き，第5次分の1日計画水量を61万7,000トンとしたもの。

浄水池の設置は受水市町も含めた送水の効率化をはかるため行なわれるもので，計画では千里台地，阿武山山麓，生駒山麓，羽曳野台地及び信太山台地などの高所に浄水池を設け，送水余力のある夜間に水を貯留し，昼間のピーク時の使用をカバーしようとするものである。また市町の境界線沿いの水圧の低い所にループ線状に浄水池から配水幹線を布設し，数市町がブロックごとにこれを共同管理し，それから自由に分水を行なうことができるようにする。つまり従来府営水道から受水した水は，受水市町でさらにポンプ・アップしなければ，家庭へ配水できなかったものが，村野浄水系については，末端の家庭の水圧まで保障することができることになる。

6. 現有送水管設備

以上，大阪府営水道の概要を紹介してきたが本題の送水管設備について取上げてみることにしよう。結論からいえば大阪府の場合，管種はすべて鋳鉄管中心である。

大阪府営水道の基本計画では，送水管は第1幹線～第6幹線に分けられている。すなわち

第1幹線＝庭窪浄水場より布施市，堺市，などを経由して泉佐野に至る間

第2幹線＝庭窪浄水場より高槻市および豊中市に至る間

第3幹線＝村野浄水場より枚岡市，羽曳野市泉大津市などを経由して泉佐野市に至る間

第4幹線＝村野浄水場より高槻市，茨木市等を経由して箕面市に至る間

第5幹線＝村野浄水場より枚岡市，美陵町，貝塚市などを経由して岬町に至る間

第6幹線＝村野浄水場より茨木市，箕面市を経由して豊中市に至る間

と区分されている。

その内容は次の通りである。

①庭窪浄水場系送水管設備

(イ)沈でん水送水管

庭窪浄水場から堺市に至る延長31.85㎞

(ロ)浄水送水管

○第1幹線（南部送水管）

ダクタイル管を庭窪浄水場から泉佐野

表—1　送　水　管　内　訳

口径種別＼区分		沈でん水送水管	浄水南部送水管	浄水北部送水管	計
1,100㎜	鋳鉄管	463m	—m	—m	463m
1,000	〃	—	1,540	—	1,540
900	〃	10,347	14,030	—	24,377
800	〃	—	12,783	1,114	13,897
700	〃	4,728	3,821	8,371	16,470
600	〃	12,673	16,612	805	30,090
500	〃	—	1,413	11,745	13,158
400	〃	1,667	2,217	1,099	4,983
350	〃	967	—	—	967
300	〃	1,040	13,206	964	15,210
250	〃	414	1,845	—	2,259
200	〃	—	3,816	—	3,816
合計		31,849	71,283	24,098	127,230

表—2　送　水　管　内　訳

口径種別＼区分		浄水南部送水管	浄水北部送水管	計
1,200㎜	鋳鉄管	19,213m	—m	19,213m
1,100	〃	22,363	—	22,363
1,000	〃	2,564	—	2,564
900	〃	—	23,485	23,485
800	〃	4,622	3,596	8,218
700	〃	8,395	—	8,395
600	〃	4,919	—	4,919
500	〃	12,835	1,793	14,628
300	〃	694	—	694
合計		75,605	28,874	104,479

に至る間および分岐支線を含む延長71.28㎞

○第2幹線（北部送水管）

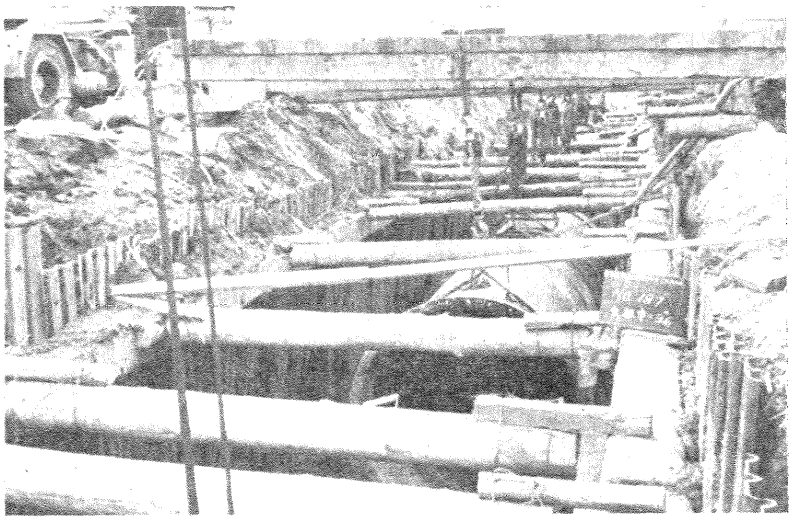
ダクタイル管を庭窪浄水場から豊中市に至る間および茨木市を経て高槻市に至る間に延長24.1㎞

以上の口径種別内訳は表—1の通りである。

②村野浄水場系送水管設備の内訳は表—2の通り。

7. 第5次水道建設事業にともなう送水管設備

府営水道第5次建設事業はさきにもふれたように40年度から7カ年計画で着手しているもので，事業費285億円を投じて日量61万7,000ト



第5幹線口径2,000㎜布設現場

ンの設備を完成させる。水源は枚方市磯島地先の淀川左岸の表流水を取水する。取水および浄化設備は，第4次事業ですでに第5次事業の取水可能な取水設備が築造されているので，沈砂池，ポンプ設備の増設を行ない，ここから村野浄水場に原水を送水する。村野浄水場では着水井，混和沈でん池，急速ろ過池，塩素混和池，塩素滅菌装置などを設置して浄水とし，浄水池に貯溜してポンプ圧送する。また中間ポンプ場として新しく四条畷，野田，泉佐野，南海の四カ所を設置するとともに，浄水の送水方法については，千里台地，阿武山山麓，生駒山麓，羽曳野台地，信太山台地などの高所に浄水池を設けて，各対象地域の時間当り最大給水量の確保をはかる。

送水管設備は，村野浄水場から北部送水のため箕面市を経て豊中市に至る送水管(第6幹線)と，南部送水のため枚岡市，美陵町，貝塚市などを経由して岬町に至る送水管（第5幹線）を分岐する。布設する管は口径2,000㎜から500㎜までの送水管の総延長は119.5㎞で，また浄水池からの送水支管は口径1,200㎜から450㎜までで，総延長は43.4㎞。

この第5次建設事業では従来使用されなかった口径2,000㎜という大口径管が採用されることになった。2,000㎜以外にも1,800㎜，1,650㎜，1,500㎜，1,350㎜と大口径管が使用されることになり，管種の選定が慎重に行なわれた。

8. 管種の選定

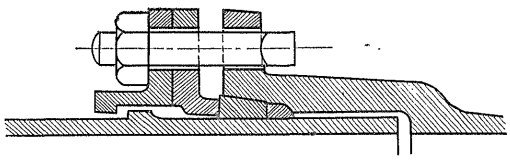
これらの大口径管として候補にあげられるものは①ダクタイル管，②鋼管，③PC管の3種類だ。これらのうちから最も適したものを採用するということで，大阪府では種々の角度から比較検討を進めた。

まずPC管は内外圧に対する強度面での信頼性があり，経済性でも有利だが，切管が困難なこと，ベンドに鋼管など他製品を使用しなければならないこと，ジョイントにまだ問題が残されていることなどで，まず除外された。

結局，鋳鉄管か鋼管かということで比較検討が行なわれた。鋼管は品質的に最も安定しており，現場での溶接管理が十分に行なわれれば継目なしの管路が施工でき漏水などの心配がない。鋳鉄管もダクタイル管の開発により，すでに東京都の2,200㎜管でも実績を残しており，継手面で十分な信頼性さえあれば鋼管とほとんど変らない品質形状を示す。したがって管種の選定は①施工性，②経済性，③工期の各面で検討されることになった。

まず施工性についてであるが，その前に今回の送水管布設地（外環状線約30㎞）についてみると，淀川―大和川間は平坦地が多く半面地盤が軟弱で悪い。大和川以南はやや起伏は多いが地盤は良い。というものの総体的に田圃など平坦地に布設する代りに，地盤が軟弱な所が多いということがいえる。とくに淀川―大和川間は冬でも水につかっているという悪い地盤条件である。したがって工事に際して鋼管の場合には現場溶接ということでウェルポイントなどによるドライワークが必要とされてくる。それに対して鋳鉄管は継手接合であるため少々水がつかっていても差支えない。また鋼管の現場溶接には温度と湿度の高いことが条件を悪くする。こ

図—2　FN型離脱防止継手



のほか，管路の曲がり部分が全体の15%程度もあることが鋼管には不利である。

次に経済性については，入札価格でトン当りで鋼管の方が鋳鉄管にくらべて約2倍高く，メートル当りで30%～40%高くつく。施工費についても湿地帯が多いため水かえを頻繁にしなければならず，ウエルポイントの時間と経費が多くかかること，そのために強固な矢板を打込む必要があるなどで，溶接のための時間が長くかかることから，純土木部門での経費も継手による鋳鉄管よりどうしても高くなる。

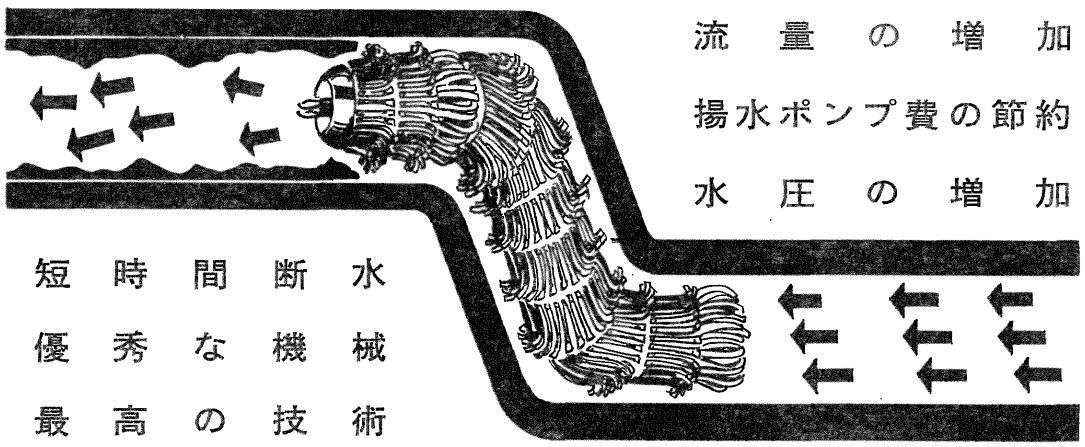
工期では，現場溶接するために水かえを絶えずしなければならないこと，また高温，多湿は内面塗装に支障を及ぼすことから天候などの悪い日は時間待ちしなければならないため工事期間が長引く。さらにそのために機材も現場に長くとめておかなければならない。

以上の観点から，実績を持ちかつ材質も安定しており，管自体の価格，土木費が鋼管にくらべて経済的，工期も短かくてすむダクタイル管が正式に採用されることになった。但し水管橋河川敷，線路下など特殊区域には溶接の強味を発揮する鋼管を採用した。

使用するダクタイル管は水圧6～8 kg/cm²，土被り1.5 mということで，遠心力砂型ダクタイル管の2種管とし，ジョイントは600 mm以上をすべてK型とした。また管内面のセメントモルタルライニングの養生保護のためアスファルト系のシールコートを施し，異形管もモルタルライニングしている。このほか地盤沈下などによる継手部の離脱防止のために大阪府で考案した「FN型離脱防止継手」＝図—2参照＝を異形管も含めて全面的に採用し，継手部の離脱によって生ずる事故を未然に防ぐこととした。

結論としてこれら2,000 mmという大口径管に鋳鉄管を採用したということは，ダクタイル化による強度の向上と，ジョイントの改良による単純化と確実化が大きく作用しているといえる。

NSK パイプクリーニング



日本水管更生株式会社

本　　社　東京都港区芝5の33の7号（徳栄ビル内）　電話（451）4870
大阪事務所　大阪市西区南堀江通2の55（万商ビル）　電話（541）2235

事例研究・その3

大阪市における ダクタイル管

＜取材＞ 水道産業新聞編集部

大阪市での配管事例（鋳鉄管，ダクタイル管）についてのべる前に，同市における第8回拡張事業の概要をのべる必要があろう。というのも8回拡張においては，いままで採用したことのない，2,000㎜，2,200㎜という大口径の導送水管が使用されるからだ。この管種決定の最終的な結論は出ていないが，従来の配管実績からみて，ダクタイル管採用というケースが相当でてくるものと思われ，この場合大阪市水道史に特記すべき配管事例になるからでもある。用地買収の関係で本格的な工事はこれからといったところだが，すでに一部ではダクタイル管が採用され，布設ずみという結果がでており，大阪市においては口径1,650㎜以上のダクタイル管採用は初めてのケースであり，これは特殊な配管事例として水道史に残るものである。したがって配管結果については今後の問題となるが，この大口径ダクタイル管採用というケースを中心に，大阪市における配管事例，それに関連する事柄についてまとめてみよう。

1. 第8回拡張事業の内容

第7回拡張事業計画当時の予想では，この工事が完成すれば，昭和41年頃までは十分水需要に応じ得る見込みだった。ところが，事業開始以来の給水量増加の様相は予想以上の経済成長と，それに伴なう産業の飛躍的な伸張などを反映して，年々計画給水量を大きく上廻る給水実績を示すに至った。このような急迫した給水事情に対処するため，早急に次期拡張事業に着手することが必要となり，そこで昭和46年における計画給水人口365万人，計画1日最大給水量218万2,000m^3を目標として1日給水能力72万m^3の増加をはかる第8回拡張事業を計画し，昭和36年11月29日市会の議決を得，同年12月19日厚生大臣の認可を得，昭和37年度から工期7カ年の予定で工事を開始する事になったわけである。

計画要項

目標年次	昭和46年
総人口	370万1,800人
給水普及率	98.5%
給水人口	365万人
1日最大給水量	218万2,000m^3
1日1人最大給水量	597ℓ
施設能力	218万2,000m^3
事業費総額	345億円

2. 導送水管，配水管延長

(イ)導水管　楠葉取水場から豊野浄水場に至る口

径2,200㎜管１条延長約14.2㎞

(ロ)送水管　庭窪浄水場から大淀配水場に至る口径1,500㎜管１条延長約10.5㎞および豊野浄水場から城東配水場に至る口径2,000㎜管１条延長約10.8㎞

(ハ)配水管

大淀配水場から発する配水幹線２条

浪速幹線　口径1,350㎜～1,000㎜延長約8.3㎞

大正幹線　口径1,350㎜～700㎜延長約11.0㎞

城東配水場から発する配水幹線２条

船場幹線　口径1,500㎜～800㎜延長約14.4㎞

長堀幹線　口径1,500㎜～1,200㎜延長約11.6㎞

柴島浄水場から発する配水幹線２条

三国幹線　口径1,100㎜～700㎜延長約6.4㎞

豊里幹線　口径800㎜～700㎜延長約2.6㎞

その他配水管（市内各所に布設）

口径1,000㎜～300㎜延長約294.0㎞

このように，８回水道拡張事業では導水管約14.2㎞，送水管約21.3㎞，配水管約348㎞が布設される計画になっている。第８回拡張のうち現在まで（38年度末）には導送配水管設備としては，約25億9,000万円を投資して

1. 大淀送水管　7,942m（φ1,500㎜）
2. 浪速幹線　1,523m（φ1,100㎜）
3. 大正幹線　3,789m（φ1,350㎜～800㎜）
4. 長堀幹線　1,029m（φ1,200㎜）
5. その他　11,543m（φ800㎜～400㎜）

が布設されているが，口径2,000㎜ならびに2,200㎜導送水管は布設されていない。その後前記の通り１部にダクタイル管が使用されているが，本格的な工事はこれからといったところである。

3. 慎重な管種決定

つぎに大阪市における配水管の使用実績をみてみると，水管橋，特殊横断カ所以外は原則的にダクタイル管を使用してきているようだ。これは耐食性に優れ，しかも継手はJWWA，A，B型またはC型を使用して確実に施行できること，さらにダクタイル管は施行性に優れ，湧水などによる障害が極めて少ない，などの利点によるものと思われる。しかし，送水管に関しては，６回拡張，７回拡張，８回拡張の一部での使用状況は，巽第１送水管（６拡）＝寝屋川以北鋼管（52%），同以南ダクタイル管（48%）同第２送水管（７拡）＝寝屋川以北鋼管（43%）同以南ダクタイル管(57%)，大淀送水管(８拡)＝原則としてダクタイル管（鋼管14%，ダクタイル管86%）その他配水幹線＝主としてダクタイル管となっており，鋼管も相当使用されている。

これらは，いずれも口径1,800㎜までの管であり，口径2,000㎜以上の管は大阪市水道創設以来使用されたことがない。ところが，８拡では導送水管に口径2,000㎜および2,200㎜が使用される。

口径2,200㎜（導水管）は延長約14.2㎞，口径2,000㎜(送水管）は延長約10.8㎞という計画，つまり導水管は楠葉取水場（枚方市楠葉）から交野町を経て，豊野浄水場（寝屋川市太秦）に至るもので，送水管は豊野浄水場から門真市を経て城東配水場（大阪市城東区）に至り，約40mの高低差があるため自然流下による送水を行なうというものである。この導送水管の管種決定はさらに検討されることになる（１部ではダクタイル管が採用され，すでに布設を完了）が用地買収がすみ次第順次布設されて行く予定である。

この際，問題になるのは管種選定であり，大阪市の場合，従来の使用実績からみてダクタイル管も採用が考えられるが，種々の条件を検討した上でないと，最終的な結論は出せないという考え方のようだ。とはいっても，あらゆる種類の管をどれもこれも，一路線に使用するのも良策とはいえないし，どの管にも特長があると同時にその反面欠点があるわけで，管種決定にあたっては多くの長所をもつ管で，しかもより少ない短所のものを最終的に選ぶという結論におちつくように思われる。

一般に土木構造物というものは大地に定着しその施設は何ものかを流動さす機能をもっているわけで（ちょうど道路や橋が大地に定着して車が走り，また空港に飛行機が発着するように），水道管は水を流すために大地に定着することになろう。この原則によって管種選定にあたっては，一つは大地との密着性について，今一つは流れる水に対する安全性について，この両面から技術的に検討を加えられよう。外的な大地との密着度については，土質の分析，地盤の支持力，耐久力，または大地に右往，左往している驚くばかりの迷走電流の把握等が必要であり，地盤が軟弱で不等沈下の恐れのあるところは，それに対応できる管を，また地盤が不連続な力所では管路にも不連続点をもうけることが大切であり，さらに迷走電流や化学的現象による腐食，応力差電池腐食，温度差電池腐食について検討されよう。次に内的な水の流れについては，静水圧に水撃圧を含めた内圧に対し，管体は勿論，異形管防護や特に現物継手の確実性が検討されよう。

要は現地に立脚して選定されるべきであろうが，一般の布設場所において管種を選定する決定的な要素は見あたらないようなので，先のような結論が考えられるわけである。

ダクタイル管は鋳鉄から発達し，鋼管は鋼材から出発し，PC管はコンクリート管から発展したように，その源が違うことにより夫々材質はいうまでもなく，その製造，接手，塗装方法にも相違がある。また施工面でもそれぞれ異なる点が多く，したがって管種決定は重要で困難性のある仕事として，各都市の悩みの種でもある。このため，大阪市でも管種決定に関しては度々会議を重ねているという。8拡分の全パイプの管種決定は当分先になるだろう。導送水管総延長約25㎞のうち，どの程度ダクタイル管が採用されるかは今後の問題だが，導送水管に相当採用されるという推定のもとに，その理由について以下述べてみたい。（2,000㎜以上の管）

4. 大口径ダクタイル管の優秀さ

まず，大口径管としての必須条件だが，

① 管体は十分な強度を有し得ること。
② 耐久性を有すること。
③ 継手については施工性が良く，水密性を有すること，また，地盤のある程度の移動，不等沈下などにより支障をきたさないような構造，すなわち可撓性を有すること，さらに曲管部の継手は離脱に対する拘束性を有すること。
④ 附属物の設置が可能なこと。
⑤ 破裂，漏水などが起った場合，修理が簡単なこと，という技術的な要件のほかに，布設費，維持管理費が安価であることが望ましいのだが，市民生活，産業の基盤としての重要性から，十分な安全性を考えた上での経済性が要求される。

ダクタイル管の場合，東京都の口径2,200㎜の実験（水道協会誌第356号）により，ダクタイル管は十分な強度を有し，品質的にも安定した優秀な管種であることが立証されている。

すなわち

① 引張強さは41²～47³㎏/㎟であった。
② 伸びは8.4～15.4％であった。
③ 曲げ応力は 65.8～71.6㎏/㎟ であった。
④ 扁平量は600㎜で異常なかった。
⑤ 黒鉛球状化率は80％以上であった。
⑥ 水圧 22㎏/㎠ で異常なかった。
⑦ モルタルライニングの剝離に対する安全率は3近くあった。

その他，諸種の機械的性質は少なくともJWWA-G-105の規定以上であり，化学分析的にも安定した品質を示したからである。また埋設実験の結果は，搗固めなし，平底溝のシビアな埋設条件の場合でも，50度程度の支持角度を有しJWWA管厚計算式にくらべ一般に有利になっていることが確かめられた。したがって管厚の算定に当ってはJWWA式の1点支持とは考えられず，支持角の分布を許した計算が可能である。

防食法については従来の口径1,500㎜以下の場合と同様，内面はモルタルライニング，外面はコールタール塗装を行なっているので問題はない。

管継手は従来のメカニカル継手を改良したK型を採用すればよく，これは二重ゴム型のもので，実験結果より優秀性が確認されている。す

なわち

① 耐外圧性能において，従来のA型，B型と比較して優れている。

② 曲げ性能が大きい。

③ 接合性は従来の形と変りがない。

④ 埋設実験より実荷重に対する安全性が確認された。

以上によりK型継手形式は，その接合性において若干の真円度を矯正する能力を有し，靱性に富むダクタイル管の，特に大口径管に最適であるといえよう。

施工性については，管重量が大きく，径が大きいので掘さくなどの土工量が大きくなり運搬道路の整備などを要するが，従来の方法と殆んど変りなく，著しい困難はないものと思われる。

以上，一般的なダクタイル管の特性を述べてきたが，維持管理，経済性についての考え方は次のようである。

イ）維持管理

維持管理で問題になるのは管の不測の事故，すなわち管の破裂，継手部よりの漏水があった場合である。大事故は絶対にさけなければならないが，継手のゆるみ，漏水はしばしば起こる可能性があり，これに対する対策も考えておく必要がある。

まず漏水問題だが，少量の漏水においてはダクタイル管は押輪のボルトナットを締め直すという単純な作業で止水できるという利点をもっている。

一方，破裂の場合は損傷した管を徹去して，新しいパイプと取替えることになるが，この場合，断水時間が最も少なくて済むダクタイル管が優れているようだ。

また、小口径管分岐に対しては，ダクタイル管の場合，現在行なっている工事方法で十分分岐することができると考えられ，この点も心配はない。

このようなことから，布設された管の維持管理にはダクタイル管が最適だと考えられる。

ロ）経済性

管布設の経済比較は管を布設しようとしている場所の条件により経済性が異なり，一般的には比較できない。というのも，既設道路下に布設する場合は工事施工延長および施工時間が規制されるので，管布設に伴なう土工事に工事期間が左右される場合があるからだ。

何れにしても種々の条件によって異なってくるので，結論的なものはだせないようだ。

5. ま　と　め

以上，ダクタイル管の優れた点を中心にのべてきたが，大阪市の場合

① 水管橋，伏越部，道路横断部などは鋼管，一般部分はダクタイル管。

② 軟弱地盤は鋼管，良質地盤はダクタイル管という考え方で管種決定が進められていくものと思われる。

一般的にも ①工期が早い ②施工が簡単確実 ③製品的に信頼できる，などの理由からダクタイル管が採用されるケースが多いが，大阪市の場合もこの線が考えられる。

しかもダクタイル管は近年大口径管の研究も進んでおり，管強度，埋設時の荷重状態についても明らかにされようとしていることと，10余年の実績から，大阪市における経験が他の管種にくらべ最も豊富であり，施工の確実性も期待できるだけに，第8回拡張事業においてもダクタイル管の採用は確実，ただこれがどの程度の数量になるか，注目されるところである。この場合，配水幹線のダクタイル管採用は問題なく2,000㎜，2,200㎜という大口径ダクタイル管が大阪市において大巾に採用された場合，その実績が，今後のダクタイル管の需要増に大きく貢献するものと思われ，最終的な管種決定が待たれよう。

いずれにせよ，鋳鉄管は上水道とともに発展して来ているだけに，ユーザーからの信頼度も高く，この点大きな強みとなっている。こういったことから，大阪市水道局で大巾に採用されているのも納得がいく。

☆　☆　☆　☆