発行年	号数	タイトル	著者	概要
1985年	No.39	奈良県営水道中央幹線送水ずい道の計画と施工について	奈良県水道局 業務課長 葛木　弘	奈良県営水道は、昭和41年12月に事業を開始し、以降大和平野各市町村に給水してきたが、当初計画に比べて給水量の伸びは予想外に大きかった。そこで、第1拡事業を進めてきたが、水道整備計画の策定により、第1拡を打ち切って第2拡事業へと発展させ、70年度を目標に1日最大給水量50万㎥の広域水道施設の建設を進めている。本論では、送水管の動脈ともいうべき中央幹線送水ずい道は、呼び径1800㎜ダクタイル鋳鉄管を内張管とした圧力ずい道であり、施工については地山が比較的安定し、順調に完成させることができた、と結んでいる。
		呼び径400mm管によるパイプインパイプ工法について	名古屋市水道局 配水部南配水事務所 所長　高島　昇 工事係長　海老名　勲	市の南西部を東西に結んでいる東海橋幹線は、昭和29年に敷設されたが、交通量の増大などで配水管の改良が必要となった。しかし、開削工事が困難なためパイプ・イン・パイプ工法で実施することにしたが、現地は市の耐震強化区域である所から、PⅡ形ダクタイル鋳鉄管を採用した。本論では、交通の渋滞や住民の苦情がなく、工期、工費が軽減できたことなど、工法の長所が十分に発揮できた、と述べている。
		吉野川北岸農業水利事業幹線水路末端区間におけるパイプライン工事	中国四国農政局 吉野川北岸農業水利事業所 工事第2課長　武田　明寅 東部支所長　竹本　茂 工事係長　金光　譲二	本事業は、池田ダムに取水口を設け、吉野川北岸地域5郡12町にわたる農地面積7,030haに農業用水を安定供給するとともに、阿讃山麓に220haの農地開発を行うものである。本論では、広域農道下の埋設管としてダクタイル鋳鉄管を採用したが、管路の安全性、経済性、施工性の面から適切であったと述べ、本事業が完成、通水し、合理的かつ有効に活用することによって生産性に優れ、活気あふれる農業が展開されることを願うものであると結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1985年	No.39	ダクタイル管によるパイプインパイプ工法における曲管部管内ドッキング工法	日本ダクタイル鉄管協会 技術委員 中島　鋭 仁木　彬隆 桜井　祥己 豊福　理夫	実用化されているダクタイル管によるパイプ・イン・パイプ工法は、既設管路中に曲管があった場合、その部分に立坑を設けて施工していたが、本論で紹介する管内ドッキング工法は、既設曲管部に立坑を設けることなく施工ができ、パイプ・イン・パイプ工法の特徴である施工性をさらに向上させることができる。詳細については、本文と図面を参照していただければ十分にご理解いただけるが、この工法はパイプ・イン・パイプ工法の補助工法であり、この工法を適用することによりパイプ・イン・パイプ工法の長所をさらに向上させることができる、と結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1985年	No.38	中口径(呼び径500mm)T形ダクタイル管の布設について	姫路市水道局 建設課　建設係長 樫本　建治	姫路市では、5年前から塩田の荒地を利用した区画整理事業を実施している。この結果近い将来、東南部地域の水圧低下が予想されるため、昭和57年度からこれに対応するずい道配水池と送配水管の布設工事を進めている。この布設工事では、呼び径500㎜のT形管および合成樹脂被覆ボルト・ナットを採用したが、工事ルートが国鉄新幹線および山陽本線と併走しており、電食の心配や工場廃液などによる土壌の酸性化、粘土質の土壌であることが心配された。しかし、調査の結果、迷走電流による影響はきわめて少なく、土壌についても心配はなかった。本論では、Ｔ形管は直線管路であればあるほどその施工性が発揮でき、費用も低減できる。また、電食や自然腐食についてはポリエチレンスリーブを使用し、T頭ボルト．ナットを使用しないので、より安全であった。と述べ、今後とも現地の状況によりT形管を採用していきたいと結んでいる。
		呑吐ダム堤体内監査廊でのダクタイル鋳鉄管工事について	近畿農政局 東播用水農業水利事業所 呑吐支所長　黒澤　純 試験係長　　水坪　秀紀	呑吐ダムは、兵庫県東播地域の農業用水の確保と、13市町へ1日最大27万7，000㎥の水道用水を供給する目的で計画されたダムである。この工事の一環として、ダム堤体内に農業用水を横断させなければならず、ダムの構造上および管理上から、露出配管工法が採用された。管種については、強度、水密性を持ち、耐久性に富み、経済的であるなど、総合的に検討した結果、ダクタイル鋳鉄管が採用された。本論では特に、急傾斜面部の配管作業は、簡易軌条による巻き降し法で危険度も少なく安全に作業でき、ダクタイル鋳鉄管の採用によってトンネル内の換気も心配なく、無事故で工事を終えることができたと結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1985年	No.38	万之瀬川導水共同施設建設事業呼び径1000mm管路工事について	鹿児島開発事業団 導水事業部　建設課長 大村　耕一	鹿児島市の水需要に応えるためと、鹿児島県臨海第2期工業用水道事業の水供給を目的として施行されている。取水源である万之瀬川から1日最大7万5,000㎥を取水して、鹿児島市平川町までの21kmを導水するのであるが、本管路の大部分を県道や市道、町道に布設しなければならない。全体に道路幅員が狭く、掘削幅を極力狭くしなければならない、車両や地元住民に迷惑をかけないよう工期短縮をはからなければならない、などの理由から、施工スピードが速く、施工性に優れ、会所掘りの不要なU形ダクタイル管が採用された。現在のところ、大した問題もなく計画通り順調に進んでいるが、設計や施工法が適切であったためでもあり、また、地域住民の協力も大きな要因である、と結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1984年	No.37	第5次水力調査と水圧鉄管について	通商産業省資源エネルギー庁 公益事業部　水力課技術班長 佐藤　文三	通商産業省では水力開発を促進することを目的として、昭和55年度から60年度までの6ヵ年計画第5次包蔵水力調査を行われており、昭和57年9月に概略調査の結果を中間報告として発表された。それでは未開発水力は中小水力が中心となることから、「中小水力用の新しい水圧鉄管材料」の検討を行い、昭和58年9月にダクタイル鋳鉄管など9種類の管が水圧鉄管材料として技術基準に規定した。今回のレポートでは、新規水圧鉄管材料であるダクタイル管の材料および埋設管計算方法などを報告する。
		ダクタイル鋳鉄管(φ1650)による曲線推進工事ついて	札幌市水道局 拡張部 施設次長　平賀　岑吾 工事課工事2係長　阿部　一晴 工事課工事2係　引木　優	白川浄水場と清田配水池間を結ぶ延長20kmの白川第2送水管の建設において、呼び径1650mmのダクタイル鋳鉄管による曲線半径458m、弧長72mの曲線推進工事を実施しました。その工事の概要（セミシールド刃口推進、U形推進工法用ダクタイル管、推進延長134m）と施工の結果を報告する。
		仙台市における青葉山ずい道配水池内呼び径700mmダクタイル鋳鉄管布設工事について	仙台市水道局 建設部 建設第1課長　大竹　正男 建設第1係主査　川島　銀造	長期的な安定給水を確保するために、宮城県営仙南・仙塩広域水道用水供給事業から受水する計画を基本に、第5次拡張事業を施工している。この事業の一環である青葉山ずい道配水池は、送水施設と配水池を兼用させた延長3,343m、半径2.5m標準馬蹄形のものである。今回は、この青葉山ずい道配水池の概要と、配水池を2池構造として使用するため配水池内に側管として布設された呼び径700mmの鋳鉄管の施工について報告する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1984年	No.37	名古屋市のパイプインパイプ(PIP)工事について	名古屋市水道局 配水部　東配水事務所 所長　加藤　豊 工事係長　横山　敏夫 技師　久住　隆弘	名古屋市は，明治43年に水道工事に着手し、大正3年に工事が完了して給水を開始した。この創設期に布設された通称”中部幹線”（呼び径36インチ≒900㎜、約70年経過）に対して、パイプ・イン・パイプ工法（PIP工法）を採用して工事を施工し、再生することができた。今回、本工事の調査・計画および施工の概要について報告する。なお、使用した管はPⅡ形ダクタイル管で、PIP工法で施工した区間は延長178mと337mの2スパンである。
		新幹線高架橋下におけるS形ダクタイル管の布設について	京都市水道局 技術部工務課　設計係長 藤田　聖修	著しく宅地化の進む市南西部地区の水需要に対応して安定給水をはかるために、新山科浄水場からの水を送る幹線配水管の布設工事を行った。この工事は、東海道新幹線高架橋下の側道という特殊な条件のもとで、呼び径800㎜のS形ダクタイル管を布設したものである。今回、このS形管布設工事の概要を報告し、併せて管路耐震化ら関する若干の考案を述べる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1984年	No.36	中小口径機械推進ダクモール工法の採用について	札幌市水道局 拡張部　副参事　平賀　岑吾 東部配水事務所 所長　行方　彰 配水工事係長　小野寺　康文 技術職員　本多　裕孝	交通障害、騒音や地下埋設物の輻輳などによって、開削工法による上水道管の布設はむつかしくなっている。札幌市においても、中小口径管の非開削工法は国道・河川・鉄道の横断のみにさや管工法を採用していたが、経済性・工期・推進距離の面で採用するに至っていなかった。しかしこれらの問題点を克服すべく、T形推進管によるダクモール工法が開発された。本論では、この工法が満足いく成果を収めた工事経過を述べているが、中小口径水道管の計画、施工に参考になればと結んでいる。
		“隣県から友愛の水”、上島の上水道事業について	上島上水道企業団 技術幹　中野　隆治	広島県境に近い瀬戸内海に浮かぶ上島諸島は大小の島々からなっている。この地方の年間降雨量は約1000㎜程度であり、慢性的な水不足に悩まされている。昭和57年9月に広島県と愛媛県との間で「分水に関する基本協定」が調印され、上島4島からなる3カ町村へ“友愛の水”が送られることになり、58年2月上島上水道企業団が設立され、60年度に一部給水開始、64年度に全域給水へ向けてスタートすることになった。本論では、その事業概要について述べているが、他府県からの分水という全国でもめずらしいケースであり、水不足に悩む他の多くの島民の方々に、勇気と希望を与える一助となればと結んでいる。
		大井処理場放流幹線におけるシールド内ダクタイル管並列配管について	大阪府南部流域下水道事務所 工務課長　長谷川　清 工事係長　林　茂三	大井処理場放流幹線は、放流先が遠隔地の西除川に求められたため、処理場から約9kmにわたって計画された放流管きょである。この路線のうち、部分的に他の幹線と並列している所が数箇所あるため、施工をどうすべきか、その工法はどうするかを検討した。本論では、シールド工法により管きょをつくり、その中にダクタイル管の布設と他の幹線を同時に施工する方式を採用したが、継手接合が簡単で、継手には可とう性があり、曲管を使用することにより曲線配管が容易に施工できたと述べている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1984年	No.36	県営かんがい排水事業愛西地区の管工事について	滋賀県彦根県事務所 主査　山本　清和	彦根市の西部の農村地帯約14.5k㎡に農業用水を供給するかんがい事業である。この地域には、従来より河川水、地下水を利用してかんがいをしてきたが、琵琶湖総合開発事業によって将来湖水位が下がり、作物にかんがいされる送水量も増加することが予想される。これらに対応するため、水源を琵琶湖に求め、各農地へ配水する計画である。管工事は地震時の振動特性などを考えて地中やや深く配管する方を選択したが、経済性を考えて浅く配管すべきか、今後の課題であると結んでいる。
		都市ガス中圧用ダクタイル鋳鉄管継手(GM－II継手)について	大阪ガス株式会社 供給管理部導管技術センター	昭和44年に低圧用として新しいメカニカル継手GM継手を開発した。その後、耐震性をさらに向上させるために、昭和52年に改良型GM－Ⅱ継手を開発した。このGM－Ⅱ継手は、昭和53年から中圧Ｂ鋳鉄管ラインで導入され、56年4月には低圧へ適用拡大された。本論では、GM－Ⅱ継手の特徴や性能、耐震性について紹介している。それによると、GM－Ⅱ継手の導入によって、鋳鉄管路としての性能、信頼性が向上したことはもとよりガス配管工の作業軽減、個人差のない接合、技能習得の容易さなど数多くの利点を得、掘削作業の機械化、能率化と合わせての接合時間短縮による作業の効率化がはかれたと述べている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1983年	No.35	鋳鉄管路の耐震工法	東京都水道局 利根川水道建設本部 設計第1課長 多田　純治	日本は地震国といわれている。地震のたびに水道施設が被害を受けてきた。特にその中でも管路の被害が多い。最近では水道、電力、ガスなどの基幹都市供給施設をライフラインと称している。その中でも、水道は文字通り生命の維持に不可欠のものである。いかなる場合にもライフラインとして給水を確保し、そのためには日頃から水道施設を地震に強くしていくことが使命でもある。本論では、鋳鉄管路の耐震工法について述べており、過去の被災の教訓をよく学び、隣接分野も含めて耐震工学の成果を十分に吸収し、総合的な補強対策を進めていくことが大切であると結んでいる。
		呼び径2000mmUS形ダクタイル管のシールド内布設について	京都市水道局 技術部工務課主幹 明里　晃	京都市では洛西ニュータウンの建設をはじめ、洛西方面の給水需要に対応し、南・伏見区の給水事情の改善をはかるため、新山科浄水場からの配水幹線の布設が必要となった。完成している内径2700mmのシールド工法による1次覆工内に呼び径2000mmUS形ダクタイル管を使用し、延長2,300mにわたってシールド内配管を行った。本論では、ある限られた作業スペースで、しかも片側一方からの長距離配管の作業条件にもかかわらず工事は順調で、無事完成したその経過を述べている。
		既設導水路(馬蹄形暗きょ)の耐震化対策としての内部配管工法について	東京都水道局 多摩建設事務所　工事第1課長 吉野　良英	通称第一村山導水路と呼ばれ、東村山浄水場内にある着水井から境浄水場へ原水を送る暗きょ式の水路がある。この導水路に呼び径2000mmのダクタイル鋳鉄管(U形継手)を搬入配管した。本論では、築造後60年間も都民の水を潤してきた導水路に配管することによって、経年化した水道施設の耐震化に有効な工法について述べている。しかし、将来水道施設の整備．改良工事が進むにつれ、このような工法が多く採用されると思われるため、今後の問題点として4点を上げ、対応策を検討し、安全で速やかな施工ができるよう工法の研究開発を期待したいと結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1983年	No.35	熊本市における呼び径1350mm配水幹線工事ついて	熊本市水道局 技術部建設課長　桃井　竹治	熊本市では、現在第4次拡張事業を施行中である。市南部地区の軟弱地盤帯に呼び径が1350㎜の配水幹線の布設工事をしたが、この工事にダクタイル管など数種の管種、継手を採用した。本論では、工事の一部を残してすべて完了した。幹線工事では当局はじまって以来の大口径管の布設であり、ダクタイル管はS形、UF形、U形など数種の継手を採用したが、今後さらに西部地区の有明粘土層に代表される軟弱地盤分布域での幹線配管計画もあり、今回の経験を十分に生かしたいとしている。
		簡易水道事業におけるK形ダクタイル鉄管の使用について	愛知県旭町 水道課　課長　成瀬　賢治	旭町は5,000人弱の人口を持つ、愛知県の北端、矢作川の上流に位置する小さな町である。この町にも、生活環境の改善、合理化が叫ばれ、町議会において水道をつくることが決議され、昭和54年から簡易水道事業に着手した。本論では、その概要と管種選定などについ て述べているが、K形管の採用は今回がはじめてであり、今後経年変化の状況などを注意して見守って維持管理にあたりたいとしている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1983年	No.34	幹線改良工事における内管挿入工法について	大阪市水道局 工務部工務課第2設計係長 川畑　肇 給水部東部工事事務所工事係長 加藤　博	大阪市では、過去に配水管整備事業として配水管の新設および経年管に起因する出水不良、低水圧、赤水発生などの原因となっている呼び径300㎜以下の旧管改良を重点的に行ってきた。この事業によって出水不良、低水圧は解消し、赤水発生は大幅に減少した。しかし、今後も引続いて配水管整備事業を行う必要があるため、昭和57年度から5カ年計画で実施している。本論では、配水管整備事業のうち幹線改良の内管挿入工法について述べている。昭和58年4月現在、いずれのケースについてもいまだ完工していないが、経年管対策を考える時内管挿入工法は施工環境、経済性、耐震性、工期などの面で有利な工法である、と結んでいる。
		1口径落しパイプインパイプ工法用ダクタイル管	日本ダクタイル鉄管協会 技術委員 山路　忠雄 中島　鋭 稲垣　博巧 桜井　祥己 田尾　寿則	多くの水道事業体で配水管整備事業の名のもとで経年管の整備が行われている。経年管の更新、更生方法には新管への布設替え、パイプ・イン・パイプ工法その他、いろいろなものが実用化されている。本論では、ダクタイル管によるパイプ・イン・パイプ工法について、その工法および経年管の口径に対して1口径だけ小さいサイズの管を挿入できる新管継手を紹介している。
		岡山県英田郡作東町簡易水道事業の概要	作東町 水道課長 香山　透逸 株式会社日本都市工学設計 赤木　道夫 北野　正直	普及率90%以上となっている水道界において、残り10%に満たない水道未普及地の多くは、離島や山村といった辺地、僻地であり、地理的、自然的条件も悪く、財政基盤も劣弱であり、簡易水道の普及には行財政面から特別の配慮を要する地区である。岡山県英田郡作東町の簡易水道事業を国庫補助事業として計画した例を本論で紹介している。全国に点在する小規模簡易水道施設を今後どのような形で統廃合するか、各費用をいかに安くするか、国庫補助制度の改訂を願っているとしている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1983年	No.34	統計的手法による管路診断法	久保田鉄工株式会社 鉄管研究部 中島　鋭 桜井　祥己	質的充実時代を迎えた水道事業の中でも、安定給水をはかることが大きな課題となっている。これは、水道施設全般を対象とすべきであるが、管路施設についていえば「経年管の整備事業」が大きなウェイトを占めることになる。この事業にあたっては、経年管の現状機能を正しく評価し、適切な対策を採ることが水道事業の効率化につながると考えられる。 本論では、管路診断法の概要と統計的手法による管路診断法を紹介している。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1982年	No.33	札幌市における口径1800mm長距離推進工事について	札幌市水道局 工事課長　平賀　岑吾 工事第2係長　西條　肇昌	近年の都市化への隆盛はめざましく、地下埋設物の輻輳化、住宅過密による建設公害、交通公害などで大口径管の埋設は困難となっている。このような状況下で、開削工法よりも安価で安定した工法の推進工法が広く採用されるようになってきた。札幌市水道局が昭和54年に行った推進工事の経験と実績を踏まえて、今回白川第2送水管ルートで長距離推進工事386mを行った。本論は、その概要報告であるが、今回の施工は口径1800mmと大きく、作業性がよかったこと、硬く締った火山灰の土層で切羽の安定性が非常に良好であったこと、湧水量も少なかったことなどから推力も予想より少なくて済み、無事終了したと述べ、また土質の条件によっては400m程度の長距離は推進可能な範囲であるとも述べている。
		加古川西部農業水利事業杉原川揚水機場建設工事吐出管路でのダクタイル管据付工事について	近畿農政局 加古川西部農業水利事業所 工事課長　段本　幸男 工事係長　中野　芳樹	加西市を中心とした洪積台地は、瀬戸内気候に属し、年間降水量も全国平均の約80%と少なく、かんがいに足る河川を持っていない。このため、水源の大部分はため池に依存している不安定な水源状況にある。そこで、これらの地域の不安定水利状況を解消するとともに、畑地かんがい用水など新たに発生する水需要に対応していくために安定水源の確保と水路などの施設整備をはかろうとするものである。本論では、口径1350mmK形ダクタイル管を45°～39°の急斜面配管に使用したが、他の管種に比べて施工時間が早く、安全で点検も容易にでき、ダクタイル管の利点が十分に発揮できたと述べている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1982年	No.33	1982年浦河沖地震による水道管路被害調査	日本ダクタイル鉄管協会 北海道支部長　黒地　政美 技術委員長　長尾　正三 委員　沼田　英男 仁木　彬隆 岩本　利行	昭和57年3月21日、北海道日高地方を中心に北海道、東北地方に強い地震が発生し浦河町では烈震を記録した。今回の地震は直下型で地震動がかなり大きかったようである。本論は、現地にて第1次、第2次にわたって管路被害調査を行った結果について述べており、特に浦河町、三石町、静内町を重点的に調査し、この3町以外では管路の被害はほとんどなかったようである。浦河町の被害が大きかったのは、地震動が大きかったことと、基盤傾斜の大きい、表層の厚い軟弱な地盤帯であったために管路の被害が多く発生した。しかし、3町ともダクタイル管の被害は軽微で、十分にその機能を果しており、地震に対してダクタイル管は被害を受けにくい管種であると結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1982年	No.32	U形ダクタイル管による推進工	茨城県鹿島開発局 鹿島開発課替地整備係　技師 上原　正男	鹿島臨海工業地帯開発事業の一環として、開発区域内の土地提供者に代替地として造成している団地である。この地区の一部が水郷筑波国定公園区域に指定されており、また造成地と水田との高低差があり自然林の破壊を最小限にして施工するため普通推進工法を採用することにし、U形ダクタイル鋳鉄管4種口径1500㎜を採用した。本論では、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すべきであり、今後の推進管の主力になるだろうと述べている。
		静岡県における水道の現況と課題	静岡県 衛生部環境衛生課　主査 竹本　和彦	静岡県は5大河川を有しており、比較的水資源に恵まれていた。そのため水道普及は昭和30年代以降にみられるが、熱海市や掛川市などは近代水道として70年余の歴史を持っている。また、水道施設の地震対策については全国的にみて高いレベルの対策を展開している。本論では、静岡県の現況（用水供給・上水道・簡易水道・水質管理・地震対策など）を説明し、将来については、未普及地域の解消、小規模簡易水道の上水道への統合、広域的な水道整備の推進さらに維持管理の広域化をはかるため、水道維持管理センターを県内の随所に設置したい旨などを述べている。
		南淡町の水道	南淡町 水道課副課長 江本　政弘	南淡町は淡路島の最南端に位置している。この南淡町は慢性化した時間給水を2,3年に1回繰返している。淡路の中では南淡砂漠といわれ、この汚名を返上するために昭和54年度より3ヵ年計画で配水管整備事業を実施した。この事業に使用された管種はダクタイル鋳鉄管口径75～450㎜、総延長70㎞である。その結果、1日平均給水量が5,700㎥だったのが、3.400㎥となり、水源確保と水圧低下を解消し、安定給水ができ、配水管整備がいかに重要であるかを痛感した、と述べている。一方、離島である沼島は地下水を水源としていたが、3年前から塩素イオン濃度が上昇し、飲料水として適さなくなった。このため、海底送水管を布設することにし、水圧外圧に耐え、耐久性のあるダクタイル鋳鉄管を採用、昭和56年5月1日より送水を開始した。住民の多年の念願であった水不足が解消され、将来とも安定給水ができると結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1982年	No.32	離脱防止タイプS形ダクタイル管について	久保田鉄工株式会社 鉄管エンジニアリング部 中島　鋭 井上　静夫 荒川　範行	昭和49年に開発されて以来、全国各地で耐震管路や軟弱地盤での配管にS形ダクタイル管が広く利用されている。しかし、S形ダクタイル管は直線管路のみに適用され、曲管部やＴ字管部などにはＫＦ形やＵＦ形などの他種管が用いられてきた。ところが、曲管、T字管など異形管部全てがS形1本にならないかとの声が大きくなってきたため、実験などを行った結果、簡単な付属品を付加することにより離脱防止タイプとしての使用が可能となった。本論では、その構造・特長・性能などについて説明している。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1981年	No.31	大口径管における1口径落しのパイプインパイプ工法	東京都水道局 給水部 配水課長　田中　守男 設計第2係長　冨沢　和雄	道路交通事情の悪化、地下埋設物の輻輳化などによって、水道管の埋設環境がますます悪化し、道路の全面掘削は困難となってきている。東京都では、このような状況を考慮して1口径落しのパイプインパイプ工法を芝線の国電代々木駅前通りで行った。この工法では、口径1100㎜の既股管に口径1000㎜の新管を、330mもの長スパンを一気に挿入したものである。この結果、交通の渋滞、住民とのトラブルなどがなく、工期および工費が軽減でき、本工法の長所が十分に生かされた、としている。なお、この工法はどの管路にも採用できるとは限らないが、施工条件の適合した個所に採用すれば、その有利性を発揮できると述べている。
		ダクタイル鉄管口径2400mmK形2種管埋設後の挙動	宮城県企業局 建設第2課長 菅原　正昭 仙南･仙塩広域水道建設事務所 所長 柏葉　一郎	昭和52年度から仙台都市圏を中心とした仙塩地域およびその南部地域の関係19市町に用水を供給する事業に着手し、昭和67年度完成、16ヵ年の工期で実施中である。 本論では、昭和54年度に布設完了した高区送水管の一部の口径2400㎜K形ダクタイル2種管の延長3kmにわたって管の撓みや管体発生歪などを埋戻し後定期的に測定し、管底支持 角度の推定および経日変化などの追跡調査を行い、管厚計算をする際の基礎とした、とし ている。そして結論として、管体発生歪の分布状態は、計算式と合っているが、かなり安全な式であることがわかったとしている。
		金沢城兼六園と辰巳用水について	石川県企業局 次長 向川　昭一	北陸の古都金沢市は、加賀百万石の首府として全国的にも有名である。この金沢には、350年ほど前に築造され、現代も変らぬ機能を発揮している「辰巳用水」という重要な水利施設がある。本論では、この辰巳用水の由来、特徴や用水をめぐるエピソードなどを図面や写真を折り込んで説明されており、大変興味深いものがある。また「6. おわりに」の項では、兼六園をつくった理由と、辰巳用水との関連について筆者が私見として述べているのを読んでみると、推理小説のナゾ解きをしているようで大変面白く、筆者に今後より一層の分析を期待したい。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1981年	No.31	T形ダクタイル管の性能と施工について	久保田鉄工株式会社 鉄管研究部長　長尾　正三 渡辺　勇一 成田　輝隆	T形ダクタイル管は、今日まで小口径管用の継手として水道用その他に広く普及してきた。一方海外市場からの強いニーズにより、呼び径2000㎜までT形管の大口径化をはかった結果、昭和52年以降は急速に生産量が増え、中近東をはじめとする国々へ輸出されている。T形ダクタイル管は、プッシュオン形式の継手であるため、経済性や使用条件などから国内でも主として農業用水パイプラインにおいて中大口径が使用されている。今後は農業用水をはじめとするパイプラインに対して採用されるケースが多くなるものと考えられるため、本論ではその特徴、性能、施工について述べ、管種選定における参考資料になれば、とむすんでいる。
		ダクタイル管の湖底配管工事例について	カネボウエンジニアリング株式会社 施設部	わが国最大の湖であり、近畿地方最大の水源でもある琵琶湖は、流域開発が進み、その水質・水源を確保することが問題となってきたため、基準水位を下げて開発をはかる計画が進められている。このため取水施設の機能低下をきたし、取水管を沖合まで延長する必要が生じたため、S形ダクタイル管を湖底配管として採用した。その理由としては、施工性が よく、水中接合が容易、船舶の陣害にならない、耐腐性がよく、耐久性があることなどが上げられている。本論では、これらの条件が満たされ、全作業が予定通り順調に完工した。今後増加すると思われる湖底配管および海底配管などの参考資料になれば幸いであるとしている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1981年	No.30	耐震管(SⅡ形)を利用した応急給水計画について	名古屋市水道局 配水課長　栗田　資夫	昭和53年12月、国において大規模地震対策特別措置法が施行され、一定の方針が示されてからは地震防災対策強化地域に指定された市町村はいうに及ばず、それらの近隣の市町村においても地震防災計画を策定し、これに対応してきた。名古屋市においてもその予定であり、水道局としても策定中であるが、本論では耐震管(SⅡ形) を利用した応急給水対策について述べている。本論は、耐震管といえども条件によっては被害がまったくないとはいえない。しかし抜出しの点ではかなりの信頼性が期待できる。この耐震管を重点的に使用して応急給水の拠点を確保し、次いで応急給水に必要な路線の早急な復旧を可能にしようとするものであるとし、今後も研究し、いい方策があれば採用したいとしている。
		人工島ポートアイランドと水道施設	神戸市水道局 技術部配水課長　中山　仁志	神戸は、海と緑豊かな自然環境に恵まれた市域持つ国際港湾都市である。しかし、背後に六甲山系が迫る狭い既成市街地に全人口の85%が居住している地理的、社会的条件を持っており、これを克服して都市の発展を図るには海を埋立てて新しい都市をつくる必要性が あった。そこで昭和41年より15年の歳月と5,300億円の巨費を投じて、世界でもはじめてといわれる海上文化都市が誕生した。それが人工島ポートアイランドである。本論は、ポートアイランドの建設概要と、その給水について水道局がどう考え、施工したかを述べ ている。給水については、現在は上水道のみであるが、島内の配水管は地盤沈下対策、塩害対策など、地盤特性を考慮に入れ、不同沈下の恐れのある区間にはダクタイル鋳鉄管S形を使用し、海水による塩害対策としてはポリエチレンスリーブにより管を保護している。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1981年	No.30	山岳ずい道内口径1650mm送水管布設について	広島市水道局 拡張部設計課長　砂掘　正之	広島市は、昭和56年3月に第6期拡張事業が完成したが、本論ではその概要とその一環として施工した高陽系送水施設のうち、山岳ずい道内に布設した口径1650㎜送水管について概要を述べている 。この山岳ずい道は総延長5.788mで、管種については安全性を考慮して2種K形ダクタイル鋳鉄管を採用した。この工事はトラブルもなく工期内に完成することができたが、技術開発が急速な進捗を遂げている中で、本稿が水道界に多少なりとも参考になれば幸いであると筆者は結んでいる。
		ダクタイル鋳鉄管による運河横断工事	坂出市 建設経済部都市計画課	坂出市では、下水道計画のうち中央汚水幹線工事の一環として昭和55年度に総延長501.85mを実施したが、運河の下を推進する170.2mの区間は強度面、水密性、継手の可とう性に優れているダクタイル鋳鉄管を採用した。この推進工事に採用したのはセミシールド工法であるが、海底の崩落事故もなく、無事に管路を通すことができ、ダクタイル推進管の持つ特長が大いに生かされ、良好な結果を得たと述べている。
		下水道用ダクタイル鋳鉄管について	日本ダクタイル鉄管協会 技術委員長　長尾　正三 技術委員　大橋　義信	下水道用ダクタイル鋳鉄管としては圧送管、送気管、スカム移送管、処理水管、上水管などに使用されており、最近ではシールド内配管、推進管、自然流下汚水管としても使用されはじめている。このように、ダクタイル鋳鉄管が下水道用として採用されているのは、耐久性、耐食性を有し、継手部の水密性がよく、内外圧に対して強度を有し、可とう性があり、経済性、施工性に優れ、施工が安全で維持管理がしやすいなどの理由によるものであるが、今後とも改良に努力し、普及することを希望すると本論では述べている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1980年	No.29	6拡を抑えた札幌市配水管の現況について	札幌市水道局 拡張部長　富田　一成 東部配水事務所長　近藤　弘	昭和29年の第1期拡張事業から54年度完了の第5期拡張事業にかけては水利権の確保、取水、浄水、配水施設の新増設などを施工し、急増する給水需要に対応してきた。今後もますます需要増となるため、昭和55年度から第6期拡張事業に着手しなければならないが本論では第5拡までの変遷を述べ、第6拡については新水源の開発と管網の充実であるとしている。しかし、維持管理の時代に移行しつつある現在、札幌市はまだ拡張事業を継続しなければならず、また配水管などの布設に関する課題としては、耐震的な構造、水質保持のための材質、耐食性などを十分配慮しなければならない、としている。
		ダクタイル鋳鉄管による長距離推進工事	東京都水道局 西部建設事務所工事第1課長 栗山　公伸	近年、都市機能を阻害する水道管布設の開削工法は次第に敬遠されつつある。そのため、経済的にも優位な推進工法が採用されてきているが、本論ではダクタイル鋳鉄管による長距離推進工事の施工結果を述べている。それによると、総延長4.5kmのうち1kmが推進部、地質は関東ローム層であったが、推進工事の容易性が確信でき、管の許容抵抗力より見てより以上の長スパン推進が可能であることが立証できたとしている。しかし住民問題、地中埋設物などの関係から、今後は曲線施工、地中ドッキングなどの新技術の開発が必要ではないかと述べている。
		ダクタイル管によるパイプインパイプエ事報告	京都市水道局 技術部建設課長 南　八百一	維持管理の時代に入ったといわれる水道界では新管の布設替えや老朽管の更生工事が盛んである。京都市では、ダクタイル管によるパイプインパイプエ事を行ったが、この工法を採用した経緯は地下の輻輳化によって新しく布設するスペースがなく、また住民感情などの問題で開削工法が困難であったことである。反面、路面復旧などが不要で工事費が安く、工期が短縮でき、管が2重構造となって強くなる、などの採用理由が上げられている。本論では、2つのパイプインパイプエ事はいずれもスムーズに実施でき、道路事情の悪化や社会情勢の変化に伴う地域住民意識の複雑化などを考えると、この工法には満足すべきものが大いにあったとしている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1980年	No.29	ポリエチレンスリーブの施工について	日本ダクタイル鉄管協会 技術委員 岩松　潤吉 西崎　耕造	地下埋設用ダクタイル管を防食するためのポリエチレンスリーブ法が広く普及している。このポリエチレンスリーブ法は、スリーブと管が密著しておらず、非密着性の防食方法であることが大きな特長である。この方法は、布設現場で簡単にできるため防食被膜の破損が少なく、埋設前の補修も粘着テープなどを用いれば容易である。本論では、この方法の特長、留意点およびより効果的な施工手順について解説されている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1980年	No.28	酸性水に対応した導水管路布設について	青森市 水道部工務課 主幹　白取　有三 主査　川越　武機	地下水、河川の伏流水を水源としている青森市は、昭和60年には水不足になることが調査で明らかになっている。そのため、水源を酸性の強い堤川や駒込川に求めるしかなく、この水を有効に利用し、水質を克服することが計画を成功させる重要なポイントであった。幸いにも、堤川の水は水質基準以下で、中和処理をすれば飲料水として十分に利用できることがわかった。しかし、取水口から浄水場までの導水設備の防食対策が問題であったが、種々の実験を行った結果、エポキシ粉体塗装したダクタイル管がもっとも耐久性に優れていることが確認され、採用することになった。本論では、学識経験者の意見を聞いたり、現地試験を行った上で決断したもので、現在の技術で可能な限りの対策を立てて行ったと述べている。
		下水処理水の循環再利用モデル事業にT形ダクタイル鋳鉄管採用	福岡市下水道局 建設部施設課長 大坪　潔	福岡管区気象台の観測史上はじめてという異常渇水に見舞われた福岡市。市民は昭和53年5月20日から約10カ月に及ぶ給水制限を体験した。福岡市は全市をあげて水源開発を進めるとともに、節水型都市づくりを進めている。たとえば、新築する時は節水便器を設置する、大型建築物を建てる時は雑用水再利用の設置と計画書を提出する、などの義務付けである。本論では、広域的処理水循環利用事業の処理方式、送配水管の管網整備へのアプローチを紹介している。
		米子市の下水汚泥圧送管について	米子市 下水道部工務課工務第1係長 足立　修三	急激な人口の都市集中と産業の発展によって河川、湖沼などの水質が年々悪化して社会問 題となった。そのため米子市は、昭和45年度から内浜処理区の本格的な建設工事に着手し、49年10月に一部供用開始した。また、昭和48年2月には青木処理区、50年には皆生処理区の工事に着手し、55年度中に供用開始の予定である。本論は、下水汚泥圧送管に耐摩耗性、腐食性に優れたT形ダクタイル管を採用したが、完成後の圧力試験も好結果であったと述べている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1980年	No.28	耐震型緊急用貯水槽について	久保田鉄工株式会社 鉄管エンジニアリング部 叶本　正吉 森　一純	埼玉県のほぼ中央部に位置する東松山市は都心より約1時間の距離にあり、将来は人口が増加するものと考えられている。そのため、新しい地域への給水方法を検討した結果、地震時にも緊急用水源として活用できるようにするため、7案の中から地下に築造する方式の耐震型緊急用貯水槽を採用した。本論では、その計画から設置に至るまでの概略を述べている。
		地震と管路について＜その6＞～内面接合耐震継手US形ダクタイル管～	久保田鉄工株式会社 鉄管エンジニアリング部 宮本　宏 山路　忠雄 中島　鋭 槙　厚	耐震管路、軟弱地盤地帯での配管にS形、SⅡ継手、D.B.J.が開発され、多く使用されている。これに対し、今回シールド内配管を対象とした内面接合・耐震継手形(US形)ダクタイル管を開発した。この開発構想は、地震時の地盤の変位を管の継手で吸収し、管本体には大きな応力を発生させないという免震的な考え方が多くとられるようになってきたため、この考え方に立って開発されたものである。このUS形の継手は、鎖のように伸縮、屈曲し、最終的には大きな抜出力に耐えるようにしたものである。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1979年	No.27	洲本市上水道第6次拡張事業にT形管を使用した事例について	洲本市 猪鼻第2ダム建設事務所長 新谷　修	洲本市は、昭和48年から上水道の第6次拡張事業として浄水場などの建設、これに伴う導水管、配水管の布設工事を行っており、これらの工事に口径300,350㎜のT形ダクタイル 管を使用している。T形管を採用したのはコストが安価、ボルトを使用しないので接合が 簡単で工期が短縮できる、水密性が優れている、などの理由からである。洲本市がT形ダクタイル管を使用したのは今回がはじめてであったが、施工・水密・経済性について十分満足すべき結果であったとし、引続いて行う予定の第7次拡張事業にもこのT形管を採用 したいとしている。
		下水道汚水圧送計画とダクタイル鉄管	川口市 下水道部推進課長 椿　衛	地域社会の発展、経済および産業構造の変遷、人口の増加、水洗化の普及などによって川口市においても計画汚水量の原単価の想定誤差が表われてきた。そこで処理場の拡張を立案検討した結果、流域下水道への処理区の変更に踏切った。配管材種の選択については強度、耐久性、経済性、継手、施工性、維持管理の対応性について検討した結果、過去における使用実績など、信頼性が高いことが総合的に判明したため、ダクタイル鉄管を採用することとなった 。今までは鋳鉄管というとポンプ場におけるポンプ廻りの配管しか手がけ ていないため、まだまだ研究余地が多く、問題点が残されている、と述べている。
		日野川農業水利事業第1号送水管路でのダクタイル管工事ついて	近畿農政局 日野川農業水利事業所 所長　伊勢村　正治 工事課長　中村　正 設計係長　中川　泰男	日野川沿いに拡がる水田、畑地に対しほ場整備と用水補給を行うもので、水源として既存のため池、河川自流に加え、新たに日野川上流に蔵王ダムを建設するほか、不足量については琵琶湖に依存する計画である。本論では、第1段と第2段揚水機場を結ぶ第1号送水管路について随所にダクタイル管を採用した理由や施工上の問題を述べている。本管路は住宅地が接近した個所にはダクタイル管を使用したが、施工性が優れていることが証明されたし、配管後はただちに埋戻しが可能なため地下水の低下期間が短縮でき、人家に隣接する軟弱地帯では有利と思われ、今後の計画に際してもこれまでの経験を生かしていきたいと結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1979年	No.26	宮城県沖地震の被害と教訓について	前宮城県 衛生部環境衛生課技術補佐 鈴木　繁	昭和53年6月12日に発生した宮城県沖地震によって、64市町村で水道施設の被害が出、そのうち上水道は49施設となっている。震源地が金華山沖60kmであり、地震波が仙台湾沿岸を直撃したため仙台市を中心とした都市部の水道で被害が大きく、都市型地震の傾向を示している。今回宮城県を中心に震度5，マグニチュード7.4の大きな地震であり、水道の被害額は約15億円と見込まれている。幸いにも短期間のうちに復旧し、事なきを得た。本論は、筆者が被災地での実施指導を通して知り得たことを論文にしたものである。
		八戸市における耐震S形ダクタイル管路の地震時挙動観測	久保田鉄工株式会社 北条　貞宗 岩本　利行	わが国は世界有数の地震国である。上下水道、工業用水、ガス、電力、電信電話などに使用される地下埋設管路は、ますますその重要性を増している。しかし、埋設管路の耐震研究、設計、安全性の確認のために必要なデータがない。本論は、八戸市の発案のもとに、K形ダクタイル管路の地震挙動観測、白山浄水場系耐震S形ダクタイル管路の安全性の確認、耐震研究の資料収集を目的として地震時の挙動観測を行ったものであり、その概略について述べている。結論として、地盤と管路の挙動関係が明確につかめ、地震に対して非常に有効であることがわかった。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1979年	No.26	能代開拓第2号導水路工事概要について	東北農政局 能代開拓建設事業所 所長　前田　康男 工事第1課長　鈴木　善博 工事設計第1係長　勝田　正三	能代開拓建設事業は農地開発、区画整理、かんがい排水の各事業を末端まで一体的に実施する国営総合農地開発事業である。東北農政局が直轄で実施しており、規模としてはわが 国有数のものである。本地区は、秋田県北部の米代川河口部両岸上に分布する未墾地を農地として未整備な土地を開発、整備して高生産性の農地に転換することを目的とし、関係市町村は能代市ほか2町1村で、地区面積は3,671ヘクタールにもおよぶ。この事業の中でパイプラインエ事について大口径の場合は安全性が重要であり、管材が内外圧に耐え、時間の経過に伴なって老化するものであってはならないし、ジョイント部の漏水がもっとも肝心である。このため、管周囲の土の締固めを十分に行い、不等沈下や地震時にも対応できる構造とすることが最良の方法と思われる。本論は、昭和53年春に本路線7kmの通水試験を実施した結果などに基づいて、今後の設計、施工上考慮すべき点を述べている。
		1口径落しによるパイプインパイプエ事の設計施工について	大阪市水道局 工務部建設事務所　主査 加藤　博	大阪市水道局では、昭和47年度より配水管整備事業を実施している。この事業は漏水、折損、破裂事故などが多発している管路、赤水発生管路などの改良を行っているものである。しかし、道路交通事情の悪化、地下埋設物の幅そう、公害問題などによって道路の全面掘削が困難となっている。このため、既設管をさや管として利用するパイプインパイプ工法を実施した。発進坑、到達坑の設置からクリーニング、管内調査、内挿工事まで大きな障害もなく順調に進行し一応の成果があったと述べている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1978年	No.25	地震と管路について（その5）耐震継手S-Ⅱ形ダクタイル管	日本ダクタイル鉄管協会 技術委員会 委員長　宮岡　正 委員　宮本　宏 山路　忠雄 相良　隆雄	地下に埋設された管路は、地震時の地盤の動きに左右されることは間違いなく、中程度の 地震、かなりの地震でも地盤のいいところに埋設されているメカニカルジョイント管路は、 伸縮性があるのであまり被害を受けずにいる。しかし、大都市や地震多発地方の都市から、安全な管路を求める声が強くなっている。本論では、すでに実用化されている大口径用S形継手に続いて、中小口径用S－Ⅱ形継手を開発し、その概論、各施工要領などを述べている。たとえば特徴としては、配管設計面だけをとり上げてみると、耐震性が要求される管路、軟弱地盤などの地盤変動が予想されるところの配管、伸縮量が必要なところの配管、などに適用できる。なお、この耐震継手S－Ⅱ形ダクタイル管は、水道用だけではなくガス輸送用導管の継手にも応用できると考えられている。今後ますます管路の耐震化がクローズアップされていくであろうが、その状況下にあって本論文は大変参考になると思われる。
		口径2600mmU形、UF形ダクタイル管の高水圧に対する継手性能試験結果について	日本ダクタイル鉄管協会 技術委員会 委員　加藤　幸蔵 仁木　彬隆 田尾　寿則	送配水地域の拡大によって長距離配管、丘陵地配管などが、水道界の大きな課題となって いる。また、広域水道や農業用水道では、大口径化、高水圧配管がクローズアップされ、管継手の耐水圧性能が要求されている。本論では、こういった背景のもとに、超大口径U形およびUF形ダクタイル管の高水圧に対する継手の安全性を確認するための現場における試験結果を述べている。試験結果によると、U形継手では継手の伸縮、曲げ性能および対外圧性能の極限の過酷な条件下でも異常がなく、UF形継手においても高水圧の条件 下でも継手離脱阻止性能が十分に発揮されることが確認されている。そして、ダクタイル 管の優れた管体耐圧強度、耐食性と相まって、継手性能についても高水圧配管としての要 求に十分応えるものと確信する、とむすんでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1978年	No.24	軟弱地盤における大口径ダクタイル管路の経年変化について	千葉県水道局 浄水課長　中岡　忠老 浄水課長補佐　大杉　克己	千葉県営水道が第3次拡張事業として、昭和43年にダクタイル管口径1,800㎜導水管を佐倉市、臼井地先の印旛沼取水場より柏井浄水場を結ぶ約6,960mに埋設した。この地域は圧密沈下の激しい軟弱地盤地域である。調査結果によると、埋設後2年間に地盤は約1m不等沈下をおこしていた。しかし、ダクタイル管路は全体が円弧状となり、継手部の抜出しはほぼ均等に、しかも予想よりは少なく15㎜以内であり、K形継手の特性である可とう性によって地盤の不等沈下に順応していることが明らかとなり、ダクタイル管の軟弱地盤における適性が証明された。また、ボルトや管外面がほとんど腐食されておらず、10年間の使用にもかかわらず内面セメントライニングも異状はなかった、と結んでいる。
		U形ダクタイル管の長スパン推進工事	高知市水道局 建設課第2技術係長　中司　国夫	高知市水道局は、第4期拡張事業の中で一部区間において「U形ダクタイル管の長スパン推進工法」を採用した。というのは、計画路線に接して店舗や養護学校などがあり、また道路幅員が狭く、地下埋設物があって開削工事が困難、などの理由から総延長468mを2スパンに分け、第8工区、第9工区として中間スリーブ管を用いたこの推進工法によって施工した。高知市水道局としてははじめて取り入れた工法であったが、各工程とも順調で無事竣工した。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1978年	No.24	松江市の口径700mmS形ダクタイル鉄管の採用について	松江市企業管理者企業局 局長 圓山　一義	松江市は地形的にも、地質的にも水に恵まれず、昭和48年の異常渇水の時には長期におよぶ給水制限をした。ところが、昭和49年に松江市ほか1市2町を対象とした県営水道の拡張が計画されたため、昭和55年4月の通水を目途とした第10次拡張事業を昭和50年から実施した。この事業は、震災に対して十分対応できるよう考慮し、特に送水管、配水幹線については耐震継手のS形ダクタイル管を採用した。これは松江市の水源の93%が市の南部にあり地震がおきた場合北部への緊急給水と復旧が困難なため、県営水道受水地点から市北部の配水池、この配水池から北部市街地にあるポンプ場までのそれぞれにS形ダクタイル管を布設する。この拡張事業によって、市街地北部に1日2万7,000㎥を給水することができ、また震災時に他の施設や管路に被害が生じても、管内の貯水により計画給水人口11万8,000人に1人1日3ℓの飲用水を約10日間給水することが可能である。工事は地元業者が行ったが、結果としてはメーカーの指導によって、今後は地元にて布設する体制ができた、と結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1977年	No.23	地下埋設管路耐震継手の技術基準(案)について	建設省 土木研究所耐震研究室長 栗林　栄一	昭和51年度に、「地中施設の耐震継手に関する研究」の第１段階として地中埋設管の耐震継手に関する研究が実施された。その研究内容は、①各種の地中埋設管継手の耐震性に関する調査、②埋設管路耐震継手技術基準（案）の作成、の2点である。今回、この技術基準（案）が作成できたので、概要を報告する。
		土地改良事業計画設計基準水路工(その2)－パイプラインの改定－	農林省構造改善局 建設部設計課長補佐 中村　和也	国営土地改良事業の設計および施工に関する設計基準のうち、今回パイプラインについて改訂を予定しているので、その改訂の概要について紹介する。
		配水管路における耐震設計について	八戸市 水道部拡張課長 小軽米　松太郎	昭和43年5月16日に発生した「1968年十勝沖地震」は東北、北海道に大きな災害をもたらし、八戸市周辺も大きな被害が出た。地震による水道施設の被害は、その大部分が導・送水管および給配水管に集中し、同一地震に対して配管の材質構造の再検討を要する現象が露された。地震によって多大の労力と混雑をきたした点を反省して対地震の施設を考えざるを得ない立場になった。一般に配管される所の土質構造は、単に盲目的に土質の摩擦力の万能を信じることなく、管体でパイプラインという構造物が外力によって抜けたり破損されないような構造でなければならない。そのため全線をS形ダクタイル管、B形継手を採用した。埋設管路の耐震設計が十分に確立されていない現在、水道管路においてこのような耐震設計の検討を試みたのはわが国でもはじめてであろう。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1977年	No.23	急傾斜地における口径500mmダクタイル特厚管の施工事例について	愛媛県松山土地改良事務所 所長　阿部　光夫 第2工務課長　松友　等 水利第2係長　米子　稔 水利第2主査　高橋　豊	愛媛県が事業主体となって昭和45年に松山市北条市の一部に跨る石手川北部地区県営一般かんがい排水事業として採択、温州みかんの増産効果を求めて工事された。この工事に、ダクタイル特厚管が採用されたのは、人間が立つ限界と思われる勾配40°の急傾斜地であり、静水圧280m、水撃圧を入れると400m余りになる高圧のため、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、さらに高い内圧に対しても使用可能 であるために採用された。
		埼玉県の広域水道	埼玉県公営企業 管理者 小山　謙三	関東地方の西部に位置する埼玉県は、都市への交通も至便なため住宅建設も盛んで、昭和35年代から急速な人口増となった。一部山地地区を除いては恵まれた地下水源に依存してきたが、人口増によって地下水位の低下、水質悪化、地盤沈下と大きな問題を投げかけた。このため、水源の有効利用、効率的配分を考えて県営水道の建設にふみ切った。県営水道供給開始の昭和43年をピークとして地盤沈下は近年ほとんど停止している。このように県土を守る県営水道の使命、貢献度は非常に高いといえる。しかし、県北部地域には大規模公団住宅団地を抱えており、初期と同様な現象が見られるため、昭和75年を基本構想とした用水供給事業を策定し、本年が2年目に入っている。県営水道としては、水道を通じて県民への福祉向上へと歩を進めている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1977年	No.22	シールド内ダクタイル鋳鉄管の配管施工法について	東京都下水道局 第5建設事務所主任監督員 塚越　剛	東京都区部の下水道普及率は、昭和52年3月末で65%と推定され、1日も早く下水道を完備すべく努力している。昭和37年以降、シールド工法は下水道幹線工事の主流となり、上 水道、電々、地下鉄に至るまで、あらゆる分野でこの工法が採用されている。本論では、シールド工法によって完成したトンネル内部に汚水圧送管口径1,800㎜、送泥管口径700㎜2列を配管した工事の施工経過を述べている。しかし、今後の研究課題としては、①シールド自体の各重量によるシールド2次覆工に亀裂が生ずる恐れがある。②狭坑のため管運搬時に支障となる。③坑口を大きくし、管を水平吊り下す。④管の上下・左右の移動を自由にする。などを上げている。
		耐震継手形ダクタイル鋳鉄管の布設について	横須賀市水道局 建設課拡張係 斉藤　裕	横須賀市は、神奈川県三浦半島の根元に位通し、首都東京に近い中都市である。横須賀市は水資源に乏しく、そのうえ工業用水がなく、石油危機以来総配水量は横ばい状態となっている。しかし、首都東京の背後地のため人口の増加、下水の普及など、文化生活の向上によって生活用水は年々増加している。そのため、旧市街地の下町地区は年々水圧の低下 が目立ち、また将来多量の需要量が見込まれるため配水幹線を計画、現在その一部を施工 しているが、ここに使用されているのが1,500㎜S形ダクタイル鋳鉄管である。S形継手の特長としては、①伸縮代が大きい②屈曲角が大きい、③大きな抜出力にも耐える、④水密性が優れている、⑤振動、衝撃を吸収し、強靭性に富んでいる、⑥施工性が優れている、⑦従来の管とすべて接合できる、などである。本論では、これらの特長を有効に生かし、S形工事区間を無事終ったと述べている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1976年	No.21	北千葉広域水道企業φ2000mm推進管用中間スリーブ管採用事例	北千葉広域水道企業団 建設課長 本堂　文規	千葉県の京葉臨海地域は、流入人口と京葉工業地帯の発展などにより、著しい都市化形態を呈してきている。企業団は1県7市2町に用水供給する事業として設立され、昭和53年7月に一部通水をする予定となっている。管路総延長約101.5kmの中、φ2,000mmのダクタイル鋳鉄管を推進管として約15kmにわたって布設されているが、家屋が多く、道路巾員が少なく、交通量が多いため中間スリーブが使用された。この中間スリーブによる ダクタイル鋳鉄管の、推進工事はいまだ他でその例をみないし、多少の疑問点はあったが、結果としては見事に成功した。本論では、その経過とともに、土質調査のより正確さと、管に作用する推力を適確につかんだならば、推進長はまだまだ延ばすことができただろう、と述べている。
		耐震管路の設計施工	神奈川県内広域水道企業団 工事部設計課設計第2係長 小林　隆則	当企業団の送水管線の中、平塚市内において軟弱なシルト層がある。そのため、地震による地盤の変形が大きいためK形、U形といった継手構造では地震時に離脱する恐れがある。またKF形、UF形では継手部が固定されているため、地震時の地盤の大きな歪に対し、管本体に大きな応力が生じる。地震時の地盤変動に順応でき、不等沈下を吸収できる柔軟な継手構造という条件でS形ダクタイル鋳鉄管が採用された。本論では、その施工過程を説明し、結果としては良好であったと述べている。
		地震と管路(その4)D.B.J継手について	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 難波　強介	ダクタイル管の継手には、メカニカル形式(A形、K形、U形、T形)が使用されている。これらの継手は、中程度の地震や、ある程度の軟弱地盤でも、その地盤変動を吸収しています。しかし近年、いかなる地盤変動にも耐えうるだけの安全な管路を求める声が強くなってきている。本論では、不等沈下の起るところ、大きな地盤変動が起るところに使う継手(D.B.J)についての機能試験結果や施工要領などを説明している。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1976年	No.21	耐食性酸化被膜処理ボルトナット	日本鋳鉄管協会 技術専門委員会 委員　長尾　正三	地下埋設管路の継手部に使用されているボルトナットが、各地の腐食性土壌中において異常腐食を起して問題となっている。この原因の究明と対策が行われているが、一般的に酸化被膜処理ボルトナットが市販されるようになっている。本論では、ボルトナットの異常 腐食の原因と防止対策の原理を説明している。
		福井県の水需給と3事業	福井県企業庁 公営事業部水道課長 山岸　亨	福井県の生活用水および工業用水の現況を報告するとともに、福井県が県として実施している①県営第一工業用水道事業（鯖江地区）、②福井臨海工業用水道事業、③坂井地区水道用水供給事業の3つについて、施設概要等を紹介する。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1976年	No.20	北海道音別町φ500，K形管軟弱地盤配管について	北海道音別町 水道課 小嶋　廣行	工業用水道事業として取水設備、配水設備送水管路がほぼ完成し、一部通水中である。そのうち送水管路にφ500㎜のダクタイル鋳鉄管(3種)を約5.7㎞にわたって採用、管路は軟弱地盤を通り、特に泥炭地もあるため、その沈下について計測調査を行った。結果によると、沈下は各地点で若干の変動はあるがほぼ均一に沈下しており、当初泥炭層の方が沈下が大きいと予測していたが逆にほぼ停止の状態となっている。このように沈下は泥炭層の種類、層厚、埋設管の口径、施工方法などにもよるが、ダクタイル管で行えば心配がなく、施工も迅速に接合、埋戻しができ、掘削も楽で、一般の施工とほとんど変りないスピードでできた、と述べている。
		折居川分水路工事管渠部にダクタイル鋳鉄管(φ2000)を使用した事例について	宇治市 建設部都市整備課長 忠田　環	折居川の現況と近年急激に進む流域の都市化、土地利用計画に対応する将来の治水対策など、現況の折居川のピーク流量をカットして宇治川に直接放流させ、下流沿道の道路冠水、宅地浸水の解消を図り、今後土地を有効に利用しようと、この分水路計画が立てられた。宇治市では、大口径のダクタイル鋳鉄管を使用した分水路方式は今回が初めてである。管路選定においてはダクタイル管の腐食、摩耗、将来国鉄の電化による電食などを種種試験した結果、掘削巾に有利なU形管を使用した。
		高時幹線水路、田川サイホン(ダクタイル管押込み)工事について	近畿農政局 湖北事業所 小森　武彦 田中　大作	田川サイホンエ事は、雨水口である高時頭首工より浅井町内保に至る延長12,353mの水路で、高畑地区内で南北に流下する田川を横断する。この河川横断の施工方法については、開削工など種々あるが、①施工性がよい、②工事が天候に左右されない、③工期が短期間である、などの理由からダクタイル管による押込み工法が採用された。また、推進工法用ダクタイル管については①水密性に富んでいる、②耐食性に富んでいる、③管本体、継手とも推進力、曲げモーメントに対して十分強度を持っている、④継手の接合作業が容易である、などの理由から採用された。本論では、田川サイホンエ事について実績を調査し、その結果を述べたものである。

ダクタイル鉄管第39号

昭和60年10月

技術レポート

奈良県営水道 中央幹線送水ずい道の 計画と施工について

奈良県水道局業務課長
葛木　弘

1．はじめに

奈良県営水道用水供給事業は、昭和41年12月厚生大臣の認可を得て創設事業を開始した。

事業の概要は、十津川・紀の川総合開発事業による大和平野への分水1.07㎥/秒(吉野川系統）と、木津川上流総合開発事業の一環である室生ダムからの分水1.6㎥/秒（宇陀川系統)を水源として、計画給水人口77万8,000人に対し、１日最大給水量20万6,700㎥（うち、吉野川系統7万9,500㎥、宇陀川系統12万7,200㎥）の水道施設により、大和高田市ほか24市町村に給水するものである。

まず、需要量の多い大和高田市、橿原市に45年７月に給水を開始、その後事業の進捗に併行して漸次、大和平野各市町村に給水し、51年12月榛原町給水をもって、給水対象25市町村(８市15町２村)全域への給水を完了した。

しかしながら、大和平野における市町村の実情をみると、当初計画に比べて、人口、１人１日最大給水量などの伸びは予想外に大きく、反面、自己水は地下水の揚水量低下などにより、現状維持をするのが精一杯の状態であり、目標年度を待たずに計画水量を上回る事態が予測された。

そこで、これに対処するため、紀の川上流に建設される大滝ダムを水源(奈良県は3.5㎥/秒利水）とする第１次拡張事業を計画し、47年３月に認可を得て、55年度より本格的に拡張工事に着手し、事業を進めてきたところであるが、58年度に奈良県広域的水道整備計画の策定により、「第１拡」を打ち切り、59年４月に大和高原南部地域の大宇陀町および菟田野町の２町を当事業の給水区域に新たに加えた第２次拡張事業へと発展させ、70年度を目標年度とし、１日最大給水量50万㎥の広域水道施設を建設するものである。

これにより、“清らかな空気、豊かな緑、そして文化の香り高い歴史的風土に恵まれた大和の地”に豊富な上水道を整備し、古来より悩まされてきた水不足を抜本的に解消するものである。

本稿は、この拡張事業における送水管の動脈ともいうべき、中央幹線送水ずい道の計画と施工の概要について報告するものである。

なお、紙面の都合上、工事実績についてはトンネル内配管工事を中心にまとめることとする。

2．送水ずい道の概要

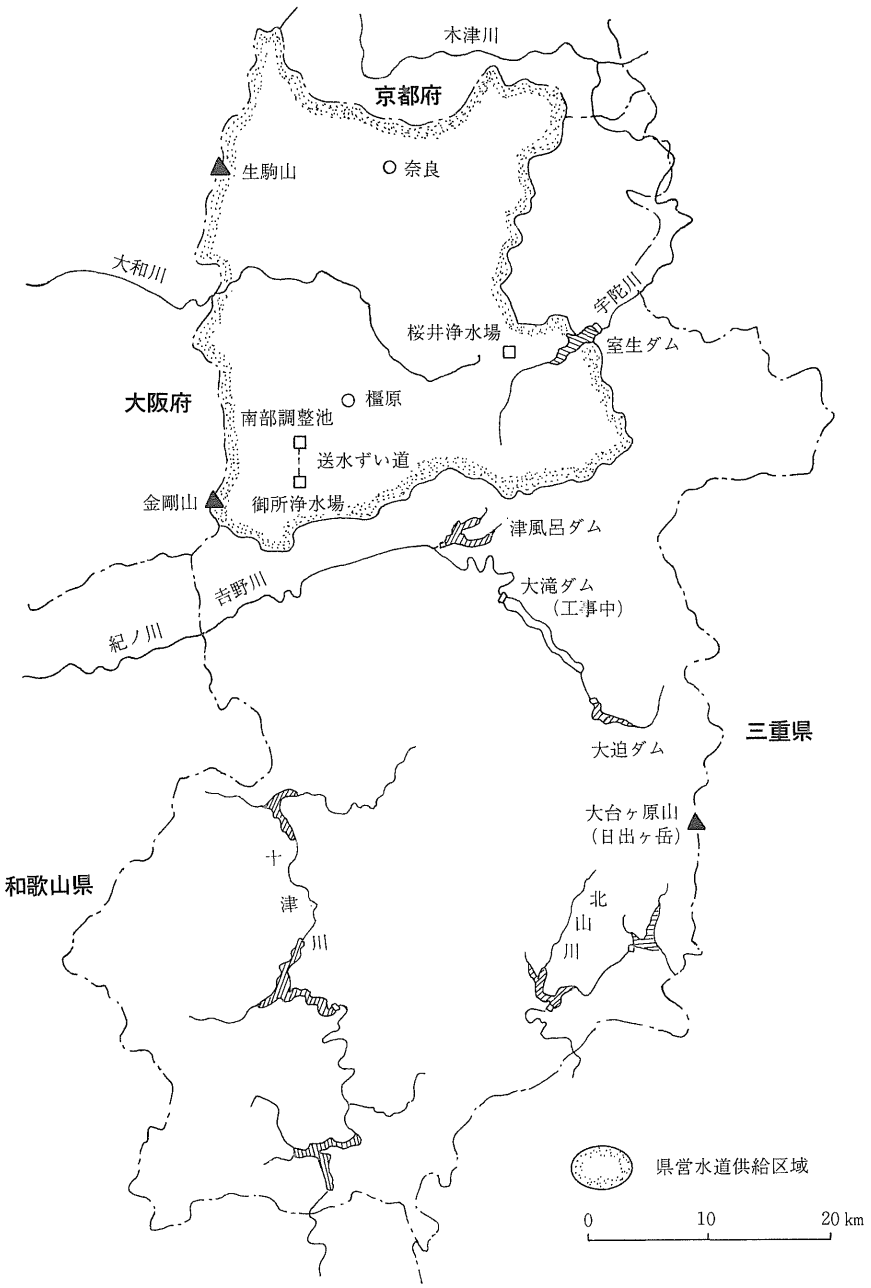
1．送水ずい道の役割

送水ずい道は、拡張事業の中核的な役割を担う御所浄水場と、場外に設置する南部調整池をつなぐ、送水連絡用のトンネルである。

この送水トンネルは、延長約620mで、呼び径1800mmのダクタイル鋳鉄管を内張管とした圧力ずい道である。

本県の送水系は、5幹線を有しているが、それらの基幹をなす中央幹線は、給水対象区

図1　位置図



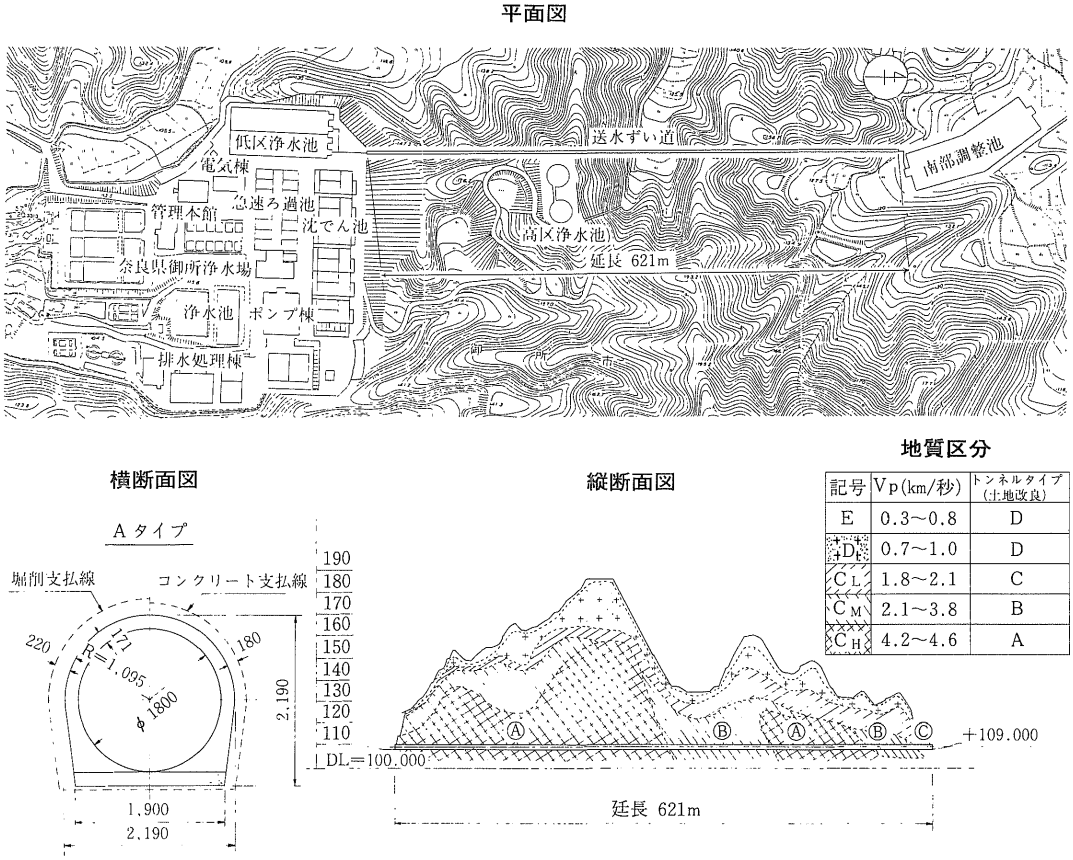
域が全体で27市町村あるうち、18市町村にも及び、また、計画日最大給水量約20万㎥を送水する主要幹線である。さらに本トンネルは浄水場からの最初の流出管にあたるので機能上も、きわめて重要な送水施設といえる。

2．地形および地質概要

送水トンネルのルートは、奈良盆地（大和平野）南端の御所市街より南へ約3kmに位置し、地形は比較的起伏に富む山地地形を呈している。地質学的には、紀伊半島中部を東西に横断する中央構造線の北側に分布する領家帯と呼ばれる花崗岩類の卓越した地域である。この花崗岩は概して結晶が大きく、また、岩を構成する鉱物は石英、長石の白色鉱物が多く、続いて黒雲母・角閃石の順となっている。そして、これらの鉱物は片状構造を有し、比較的片岩に近い状態を呈している。

したがって、送水トンネルの地質は、明り部分を除いて良質な岩盤で、A～Bタイプ(農水省区分)に属するものである。

図2　送水ずい道概要図



3．ずい道の基本計画

1．工法の選定

本地点の送水管布設工事は、トンネル工法のほか、山岳シールド、開削工(山地迂回)などについて、それぞれの工法を比較検討した結果、本地点は次のような理由によりトンネル方式が最適と判断し採用した。

トンネル案は、

(1)地勢上、あるいは、地元からの制約・規制条件がより少ないこと。

(2)技術的には、同地域で42年にトンネルを掘った経験があり、当時、特段困難な問題が発生しなかったこと。

(3)地質が比較的良質な岩盤で、地山の安定度が高いこと。

(4)工期が1カ年で完成できる見通しである

ので、施設拡張計画に適合すること。

(5)用地費、損失補償などがほとんど不要で建設費がむしろ割安となること。

2．基本事項

次に、トンネルの基本事項を示す。

(1)計画通水量　常時Q＝2.3㎥/秒
　　最大Q＝3.0㎥/秒

(2)トンネル径　D＝2.190m(R＝1.095m)

(3)トンネル延長　L＝621m

(4)トンネル土かぶり　H＝76～18m
　　(坑口部除く)

(5)トンネルこう配　レベル

(6)トンネル断面　底部水平馬蹄型

トンネルの断面形のうち、標準馬蹄型と底部水平断面型を比較検討し決定した。すなわち、標準馬蹄型は掘削数量およびコンクリート数量が少なくなるが、底部水平断面型に対しその差が小さく、施工性においては標準馬蹄型は著しく悪くなる。特に管敷設工事に対して、特殊な敷設機械を使用しても施工が難しいうえにインバート部の掘削を分けて行うことは工程的に問題がある。以上から、本トンネルの標準断面は底部水平断面型を採用した。(図3、図4を参照)

(7)内張管　呼び径1800㎜U形ダクタイル鋳鉄管、4種管(JIS　G　5526、5527)
　　L＝5.000mもの
　　(図5)

(8)トンネル掘削工法　山岳工法

(9)トンネル設計基準　農水省「土地改良事業計画設計基準・トンネル編」による。

図3　標準馬蹄型および底部水平断面型図

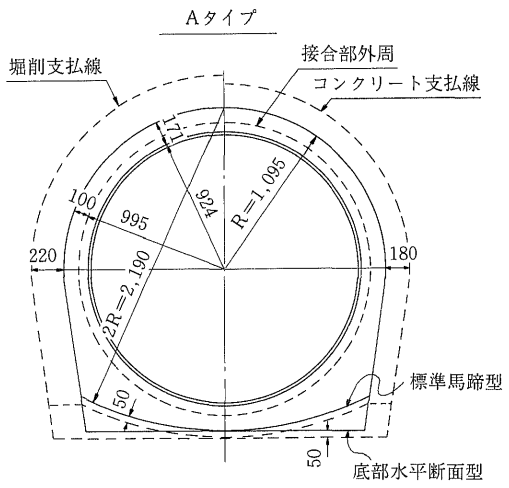


図4　底部水平幅の検討図

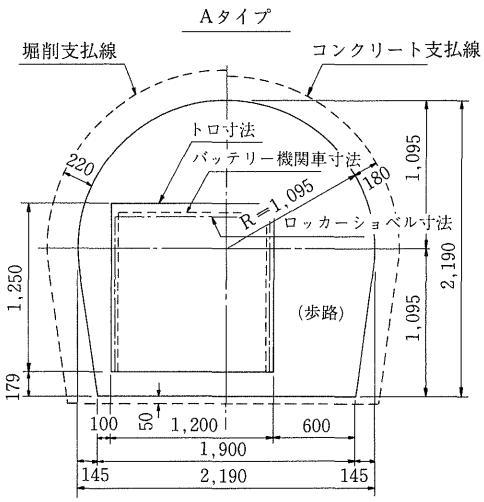
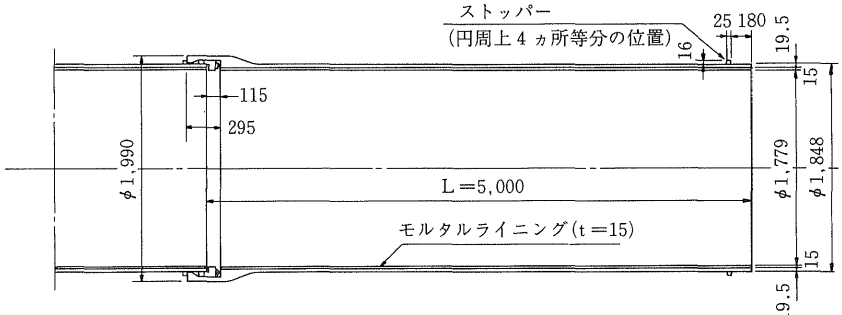


図5　U形ダクタイル鋳鉄管(4種管)詳細図
(JIS　G　5526－1982)



4．ずい道の施工計画

1．トンネル掘削

(1)作業時間

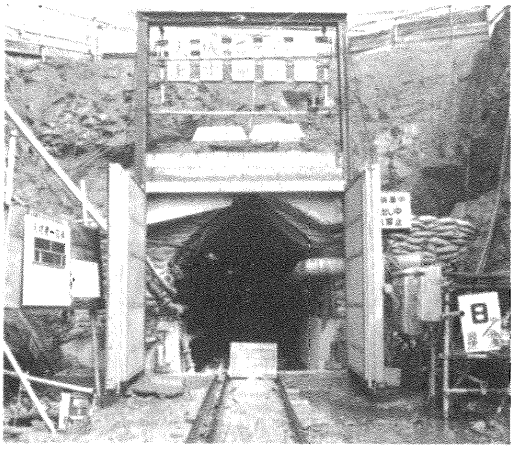
作業名	交代制
坑外作業	1日1方(昼)
坑内作業	1日2方(昼・夜)
覆工作業	1日1方(昼)

(2)掘削方式

掘削方式はトンネル規模(仕上がり径1.8m)から全断面掘削方式とする。

ここでは、トンネルの大部分を占めるA区分の例を次表に示す。

写真1　坑口(浄水場側)



工種	種別	数量	仕様
掘削	掘削方式	片押し	
	断面積	5.569㎡	(A区分)
穿孔	1発破進行長	1.0m	
	穿孔数	32孔	5.7孔/㎡
	削岩機・レッグハンマ	2台	40kg級
	ピックハンマ	1台	CA－7級
	穿孔長	1.1m	
爆薬	ダイナマイト	12kg	2号榎
	電気雷管	22個	DS段発電気雷管
ズリ出し	ズリ積機	0.17㎡	レール走行式・コンベア付
	ズリ鋼車	2.0㎥	側開転倒式
	機関車	4.0t	バッテリー式

写真2　切羽の地山

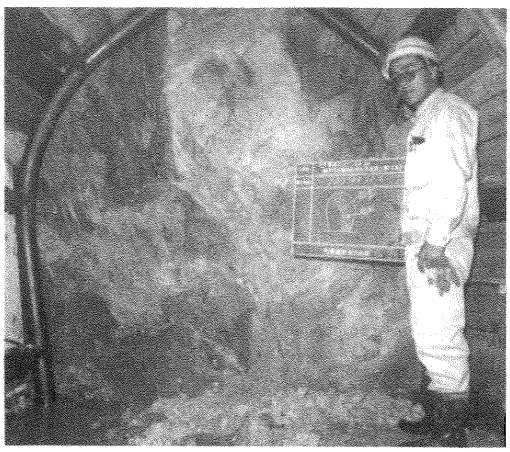
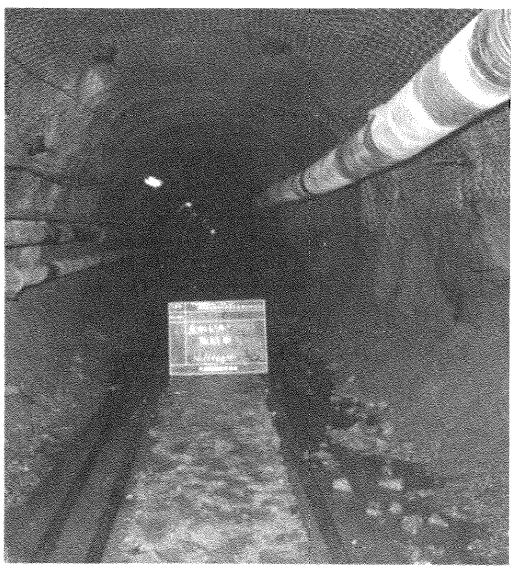


写真3　掘削A区分



(3)1発破当たり掘削標準サイクルタイム

1発破当たりの掘削のサイクルタイムは、次の表(A区分)の通り約240分である。

写真４　掘削Ｂ区分

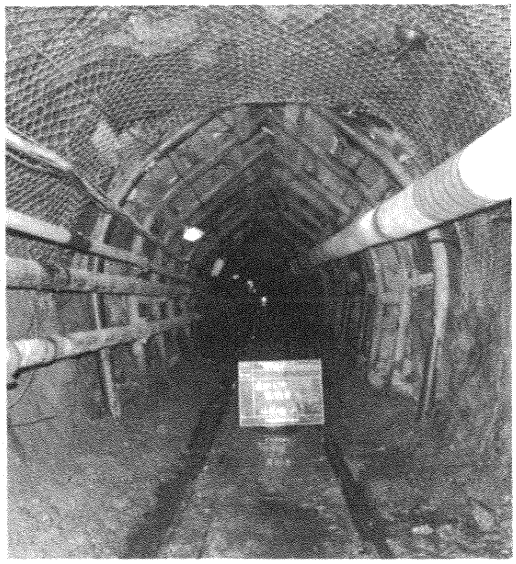


写真５　掘削Ｃ区分

表１　１発破当たり掘削標準サイクルタイム

作業区分		所要時間 60 120 180 240
削岩	掘削準備	
	穿孔	
	装薬	
	待避・発破	
	換気	
	浮石落し	
ズリ出し	ズリ出し準備	
	再発	
	ズリ出し	
	跡片付け	
	測量・検査	
	線路延長	

2．日当たり掘進長

$$1方当たりサイクル数=\frac{600分-坑内移動時間}{掘削1サイクルタイム}$$

$$=\frac{600-20}{240}=2.4回$$

日当たり掘進長＝（1サイクル当たり掘進長）
×（1方当たりサイクル数）
×（2方）
＝1.0×2.4×2＝4.8m/日

写真6　穿　孔

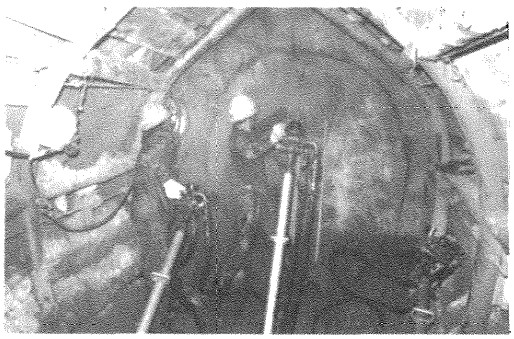
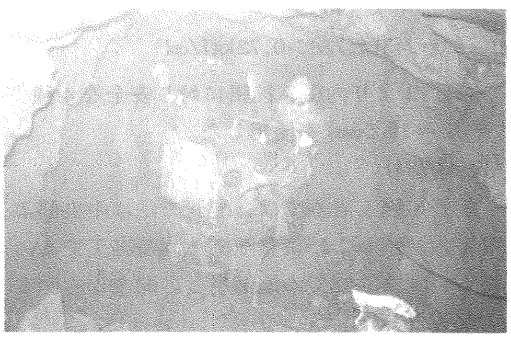


写真7　ズリ出し



なお、B区分は計算すると4.1m/日、またC区分は3.9m/日の日進長であるので、それぞれ区分別掘進延長を除し、不稼動日数を見込んでトンネル掘削所要工期を求めると5カ月半となった。これを実工期との差異を検証したところ、地質把握や地元同意説明資料収集のための初期の試験発破期間、あるいは、調査、検査、段取替え、坑壁補強などの雑期間を補正すると、ほぼ設定工期と一致する結果が得られるところとなった。

3．覆　工

内張管（呼び径1800mm U形ダクタイル鋳鉄管）方式を採用することから、覆工方法にはコンクリート覆工とエアーミルク覆工の2ケースが考えられる。「土地改良事業計画設計基準」によれば、もっとも地質の悪いCタイプで、

緩み高さ＝1.0D_e
D_e＝2.896m（掘削幅）
γ＝2.5t/m³（地山の単位体積重量）
地圧＝1.0$D_e\gamma$
＝1.0×2.896×2.5＝7.24t/m²
＝0.724kg/cm²

地圧は非常に小さいので、エアミルク（σ_{28}＝20kg/cm²程度）で十分である。

また、エアミルクの場合、グラウトポンプを坑外に設置して施工できる条件下にあるので、コンクリート覆工に比べ作業性がよいうえ、覆工工期も1.9カ月（コンクリート覆工の場合3.4カ月）で可能であり、総合的に判断して、本工事ではエアミルク覆工方式を採用した。

写真8　エアミルク注入プラント

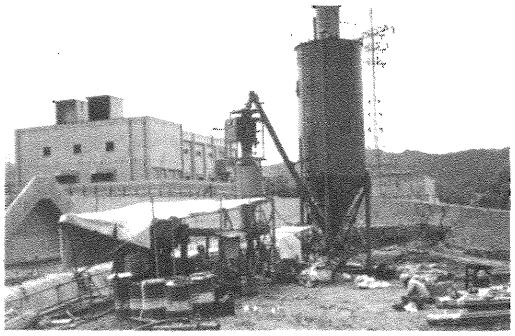


写真9　エアミルク注入配管

次に、エアミルク覆工には、エアミルクと

エアモルタルがあるが、今回の場合、打設延長が620mあり、両坑口から施工すると310mでよいことになるが、エアモルタルの圧送可能距離は一般的に400m程度であるので施工性およびトラブルなどの不安があり、エアミルクで実施した。なお、坑口部だけは地質が悪いのでコンクリート覆工とした。

次に、エアミルクの一般的配合を示す。

名　称	セメント kg	砂 kg	発泡液 ℓ	水セメント比 %	生比重	空気含有 %	圧縮強度 kg/cm²	摘　要
エアミルク	350		1.48	56.0	0.58	66	20	

5．トンネル内配管

1．管種選定

送水管の管種選定にあたっては、主としてダクタイル鋳鉄管および鋼管が考えられるが強度、耐食性、施工性、経済性、安全性、工期など比較検討した結果、トンネル内の配管工事であることを考慮して、管接合作業が短時間にでき、換気設備を必要としない既設送水トンネルと同様、U形ダクタイル鋳鉄管とした。

呼び径1800mm U形ダクタイル鋳鉄管には、管長4.0mと5.0mの2種類があるが、施工性および経済性を考え5.0m管を使用した。

なお、管種は4種管とした。

2．管の安全性検討

設計条件は次の通りである。

呼び径 D ＝1800mm
半　径 R ＝ 900mm
内　圧 P ＝1.0kgf/cm²
外　圧 P′＝0.72kgf/cm²（地圧：0.72kgf/cm²、エアミルク充てん圧：0.5 kgf/cm²）
管　厚 T ＝19.5mm（4種管）
正味管厚 t ＝15.73mm（公称管厚から鋳造公差と腐食代を差し引いたもの）

(1)内圧に対する安全性

内圧により発生する応力（σ_t）

$$\sigma_t=\frac{P\cdot D}{2\cdot t}=\frac{1.0\times180}{2\times1.573}=57.2\text{kgf/cm}^2$$

$<2,100\text{kgf/cm}^2(\sigma_a)$

σ_a＝ダクタイル鋳鉄管の許容引張応力

(2)挫屈に対する安全性

挫屈応力はBryanの式を用いる。

これは管とトンネルの間の充てん材の拘束継手部の剛性などを考えない、非常に苛酷側の計算である。

$$P_k=\frac{1}{12}\cdot\frac{m^2\cdot E}{m^2-1}(n^2-1)\left(\frac{t}{R}\right)^3$$

P_k＝挫屈圧力
m ＝ポアソン数
E ＝ダクタイル鋳鉄管の弾性係数
n ＝凹みの数、2とする。

$$P_k=\frac{1}{12}\times\frac{3.5^2\times1.6\times10^6}{3.5^2-1}\times(2^2-1)\times\left(\frac{1.573}{90}\right)^3$$

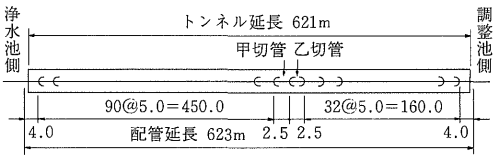
$=2.3\text{kgf/cm}^2>0.72\text{kgf/cm}^2$

(1)、(2)より内圧、挫屈に対し安全な4種管（T＝19.5mm）を使用した。

3．管割り

配管の施工計画では、配管方法は中央部より浄水池側および調整池側へ同時施工であったが、調整池側での他工事との関連から図6の配管とした。

図6　管割り図



4．管の運搬、据付け

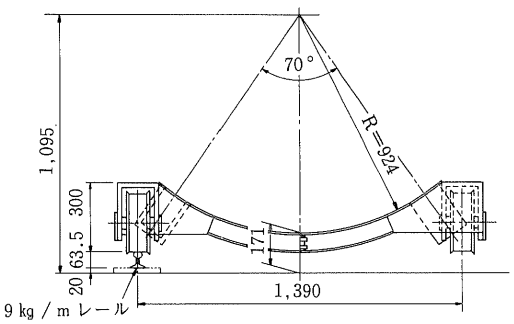
管運搬は軌条台車方式とするが、汎用芯出し台車を使用した場合、レールを敷き変え、台車を下げても、レール下面が241mm必要となり、設計ライニング厚171mmより70mm高くなる。

以上から、汎用芯出し台車を使用してトン

ネル敷高を下げる場合と、専用の特殊台車を使用した場合の経済比較を行った結果、特殊台車を使用することとした。

管敷設順序は覆工と同時に行う必要から、両坑口から施工するものとする。また、特殊台車の構造およびトンネル断面の余裕が少ないことから、施工性を考え、管の受口を先頭にして配管を行った。(図７)

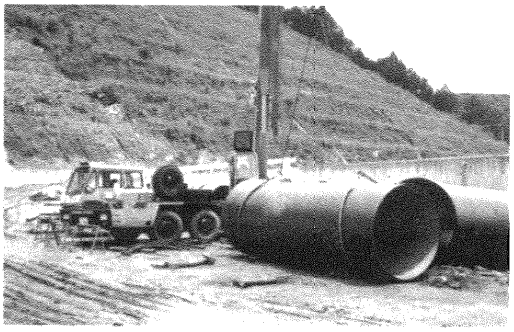
図７　呼び径1800㎜ダクタイル管トンネル内配管用台車図



〔施工手順〕

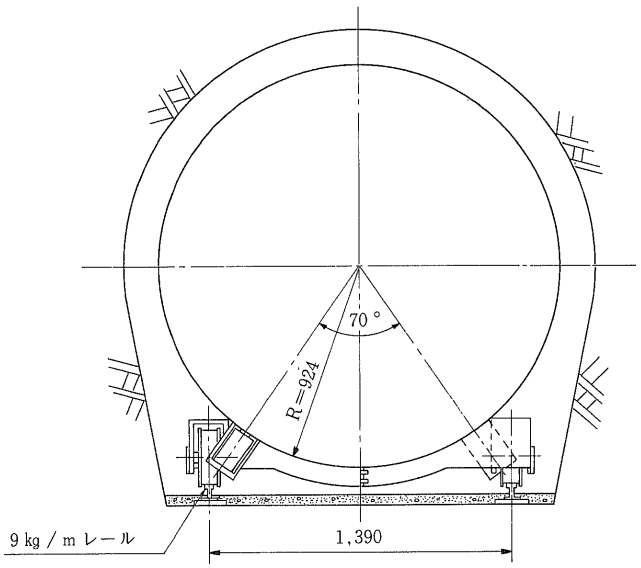
①管の搬入は、トラッククレーンにより坑口に吊り下ろす。(写真10)

写真10　クレーンによる管吊り込み



②坑口で待機している特殊台車（運搬・芯出し兼用）に管を積み込み、ホイルキャリアで接合箇所までけん引する。(図８、写真11、12、13)

図８　管運搬



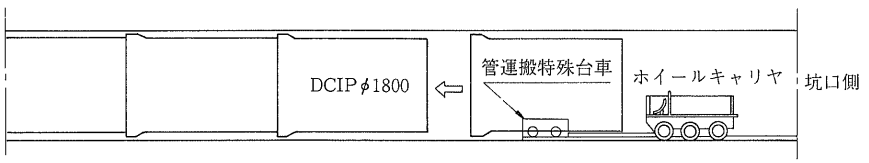


写真11　台車へ吊り下ろし

写真12　管運搬特殊台車

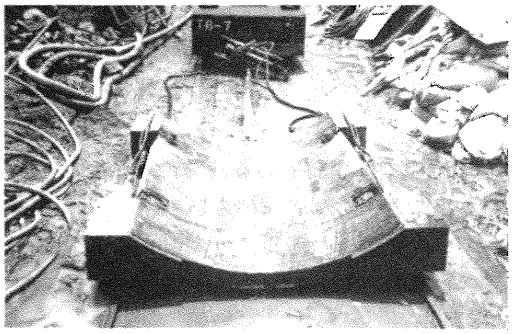
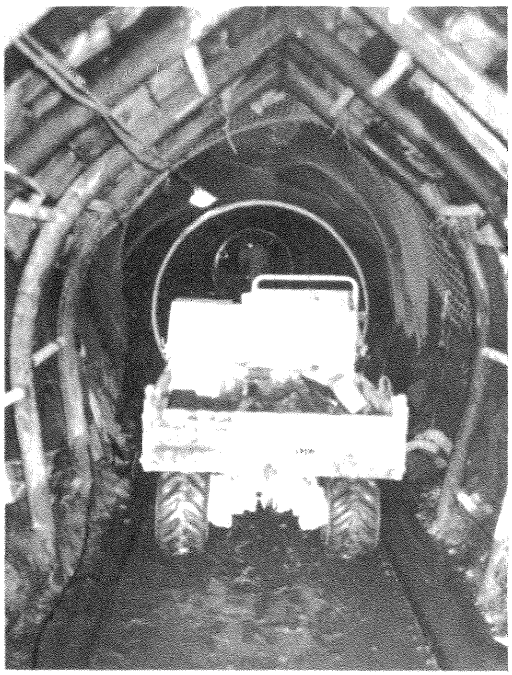
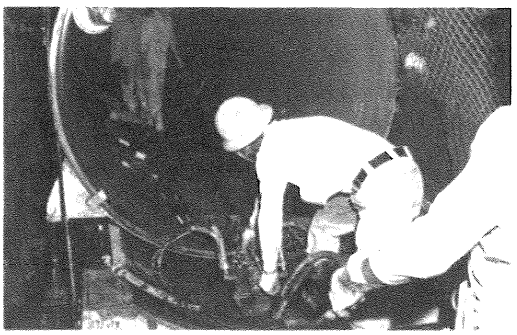


写真13　キャリヤー



③既設の管に挿入しやすいように、特殊台車の油圧ジャッキを操作して高さを調整する。(写真14)

写真14　管据付け



④挿し口外面、受口の内面およびゴム輪の全周を清掃し、滑剤を塗布する。

⑤けん引車を前進させ、受口を既設管挿し口に挿入する。

⑥仮受け金具を取り付け、2台の手動ジャッキにて挿し口を押し上げ、台車が抜ける位置で管を仮受けし、台車を引き抜く。(写真15)

写真15　管受台

⑦2台の手動ジャッキにて微調整を行い、管を計画線に合わせる。

⑧管の位置が決まると、木製管台を管の下に挿入し、キャンバにて固定させる。管の横方向の移動防止の切り梁をはめ込みさらに浮力防止固定金具をロックボルトに緊結して据付けを完了する。(図9、写真16)

図９　管の固定

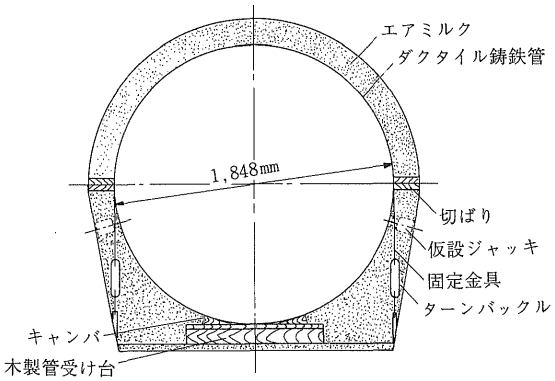
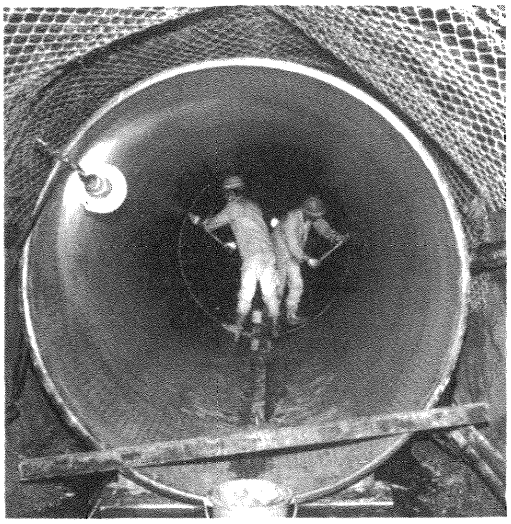


写真16　管の固定



⑨据付け完了後、通常の内面継手による管の接合を行う。(写真17)

5．エアミルクの充てん

注入作業は、昼間の配管作業に支障のない夜間に行うこととし、プラントは両坑口付近に設置し、呼び径50㎜ＶＰにて圧送注入した。

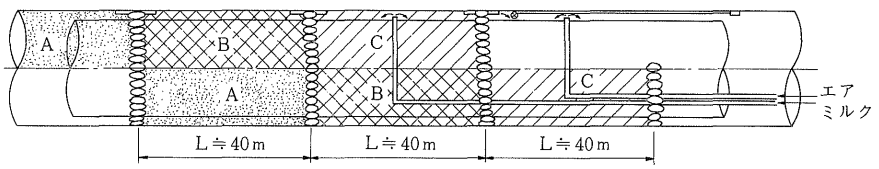
注入作業は、管が40ｍ(８本)布設されるごとに行うが、１ブロック上下２段注入とし、前ブロックの敷設部上半と後ブロックの敷設部下半とを同時充てんする。

注入ブロック間は、土のうを２列積みし、最上部の空気抜きパイプからエアミルクの充てん状況を電気点灯により確認し注入完了とした。

エアミルクの硬化熱により、鋳鉄管内面のモルタルライニングにヘアクラックの発生が懸念されたが、強制連続通風により管体温度は40℃位までしか上昇せず、ライニングにクラックが発生することはなかった。(図10)

写真17　管の接合

図10　エアミルク充てん図



6．施工管理

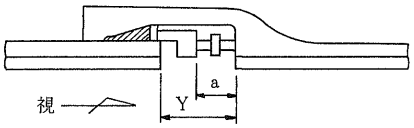
(1)継手の胴付間隔

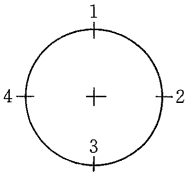
継手部については、チェックシートにより全箇所の胴付間隔(Y)および受口底部～押輪間隔(a)を、上下左右の４点について測定、記録した。(表２、写真18)

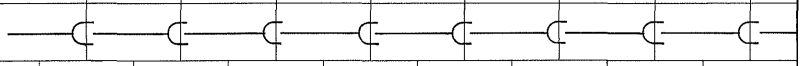
表２　胴付間隔のチェック表

U形継手チェックシート

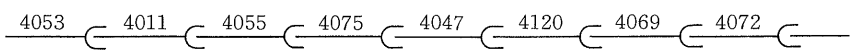
工事名								
管種・口径	U形　φ1800			許容胴付間隔	148mm			





継手箇所数		1	2	3	4	5	6	7	
管体No.		4053	4011	4055	4075	4047	4120	4069	4072
略図									
清掃		良	良	良	良	良	良	良	良
滑剤		良	良	良	良	良	良	良	良
止め金具		良	良	良	良	良	良	良	良
受口底部押輪間隔(a)または(締め付けトルク)	1	70	70	69	70	70	70	69	
	2	70	69	69	70	70	70	68	
	3	70	69	70	70	69	70	68	
	4	70	70	70	70	70	70	68	
胴付間隔(Y)	1	120	120	120	120	123	123	120	
	2	117	118	125	120	120	120	120	
	3	120	120	123	120	118	115	120	
	4	120	120	120	120	120	120	119	
判定		良	良	良	良	良	良	良	

備考



施工日	施工		現場代理人	
年　月　日			点検員	

(2)水圧試験

継手部の水圧試験は、局基準である「負荷水圧5.0kgf/㎠で、５分間保持後の水圧が4.0kgf/㎠以上」を確認するため、全箇所数の10%にあたる12カ所について実施した。参考までにその記録を示す。(表５、写真19)

(3)配管実施工程

１班当たりの配管実績は平均８本/日であり、当初予定の進捗が得られた。

①管布設１サイクルタイム

（表３）

②日工程表

（表４）

表3　管布設1サイクルタイム

1サイクルタイム			
順	作業の種類	所要時間	0 30 60 90 120 150
1	配管準備・管口清掃	5(分)	
2	玉掛け・管吊り下ろし	10	
3	台車へのセット・搬入準備	5	1サイクル時間 (60分)
4	トンネル内への管搬入	20	
5	芯出しおよび受口・挿し口の預け入れ	10	
6	管仮受けおよび台車の引き抜き	5	1本当たり所要時間 (100分)
7	台車の搬出	10	
8	芯出しおよび管受台の設置	15	
9	管接合	30	

表4　日工程表

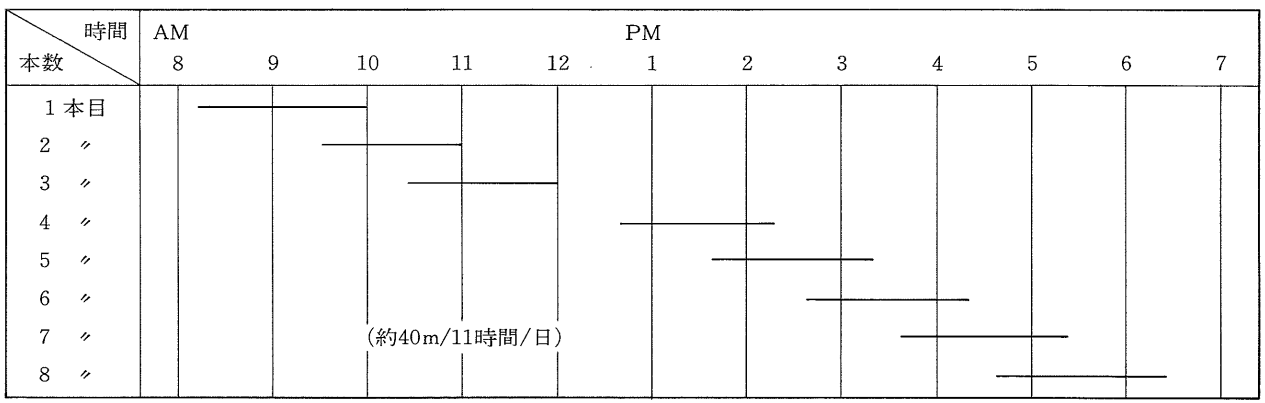


写真18　Y寸法チェック

写真19　水圧試験

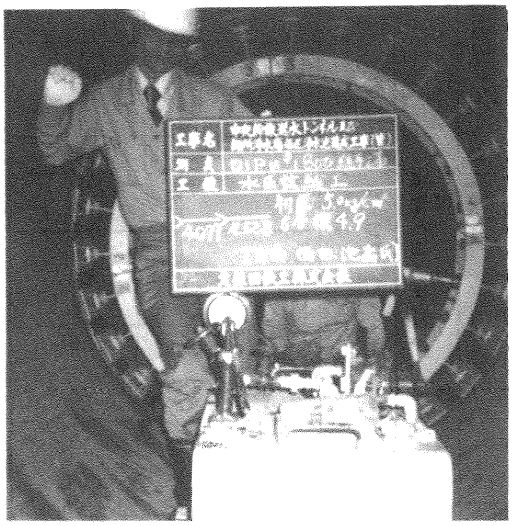


写真20　配管完成

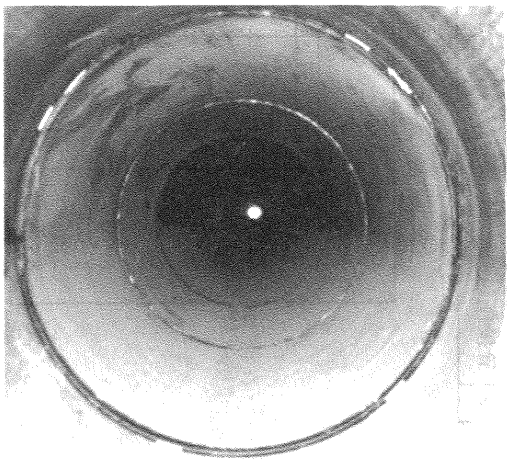


表5　水圧試験

5 kgf/㎠ 5分間保持結果報告書

管種・口径　U形　1800㎜　12カ所

No.	受口	挿し口	初圧	3分	5分	結果	備考
1	4128	4099	5.0	4.9	4.9	良	
2	4087	4092	5.0	4.9	4.9	良	
3	4108	4105	5.0	4.9	4.8	良	
4	4109	4042	5.0	4.8	4.4	良	
5	4042	4042	5.0	4.9	4.7	良	
6	4078	4077	5.0	4.9	4.8	良	
7	4025	4035	5.0	4.9	4.9	良	
8	4026	4107	5.0	4.9	4.8	良	
9	4057	4058	5.0	4.9	4.8	良	
10	4134	4033	5.0	4.9	4.9	良	
11	4044	4038	5.0	4.8	4.7	良	
12	4096	4154	5.0	4.9	4.9	良	

6．おわりに

トンネル工事は地質調査、環境調査などの事前調査を踏まえた設計・計画をできるだけ綿密に組み立てる必要のあるところから、本稿では勢い工事計画を中心として報告したが実際の施工については地山が比較的安定しており、計画通り順調に完成させることができた。

また、トンネル内配管工事については、本県も最近、都市化の波に覆れ、工事環境が一段と厳しくなってきたため、類似工法であるシールド工法による配管が増加しつつあり、工事実績が多数になったとき、改めて考察したいと考えている。

技術レポート2

呼び径400mm管による パイプ・イン・パイプ工法について

名古屋市水道局配水部南配水事務所
所　長　**高島　昇**
工事係長　**海老名　勲**

1．はじめに

本市において、市の南西部を東西に結んでいる東海橋幹線(呼び径 500mm)は、昭和29年頃敷設された高級鋳鉄管(印ろう継手)であり戦後の社会状況と比較して、現在の都市環境の変化による交通量の増大などから、配水管改良の必要が生じた。

改良計画地は港区東海通りで、交通量も多く、道路の全面的な開削は困難である。また本幹線の付近には、呼び径1100mm および900mmの幹線網が増強されている。これらの条件から既設500mm管内に400mm管を内挿するパイプ・イン・パイプ工法(以下PIP工法という)を実施することに決定した。また、現地は本市の耐震強化区域であることから、PIP工法用のPⅡ形ダクタイル鋳鉄管を採用した。

次に、本工事の状況を報告し参考に供したい。

2．本工法採用の理由について

本工法を採用した理由について次に述べる。

(1)交通量が非常に輻輳している。(写真１)

(2)400mm管を敷設する場合は、本市ではサービスパイプとして歩道へ埋設しなければならない。この場合、ガス管などの他企業管が支障となって、これらの移設が必要となる。(本市においては、400mm管までがサービスパイプである)

写真１

(3)呼び径500㎜管、または400㎜管で敷設替えする場合、既設の500㎜管の撤去工事が必要となる。この管は車道部に埋設されており、これの撤去は非常に困難である。

(4)交通渋滞を避けることや地元民の要望として、工事期間の短縮が必要となった。

(5)経済性の面で敷設替え工法よりも本工法は優れている。

3．事前に調査、検討した事項

(1)既設管の状況

既設管は昭和29年製の呼び径500㎜高級鋳鉄管である。

管の仕様は、

管の種類：呼び径500㎜(普通圧管)

直 管 長：4ｍ

継手形式：印ろう継手

異形管は、継ぎ輪甲が1個あった。

(水平および垂直の曲管はなかった)

(2)交通量の調査

交通量の調査結果は表1の通りである。図1に現場付近の見取図を示す。

(3)作業時間帯および工事占用区域について

現場の交通量調査の結果、現在の道路は片側2車線通行であり、ピット付近では1車線通行となる。このため、道路管理者および所轄警察の事前協議を必要とし、工事上の説明を行った結果、工事許可を得た。

ただし、作業時間帯については、朝夕のラッシュ時を避けて午前9時から午後5時までとした。

表1　交通量調査結果

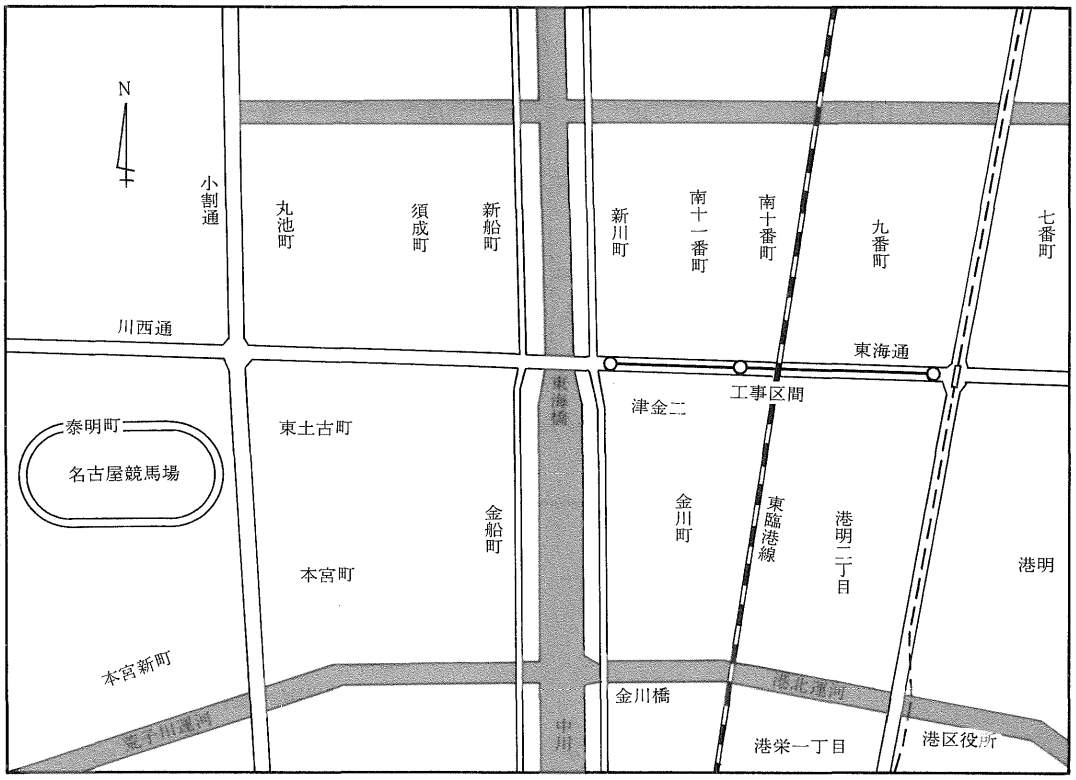
観測地点			港区東海通4丁目
区間延長 (km)			2.4
総幅員(路面幅) (m)			24.5
平均車道幅員 (m)			13.3
車線数 (ℓ)			4
歩道の有無			0
中央帯の有無			0
バスレーンの有無			0
歩行者類(人/12H)			1,267
自転車類(台/12H)			1,983
動力付二輪車類(台/12H)			993
自動車類(台/12H)	乗用車類	乗用車	11,189
		バス	379
		計	11,568
	貨物車類	小型貨物	6,359
		普通貨物	2,332
		計	8,691
	合計		20,259
	方向別交通量	上り	9,734
		下り	10,525
12時間大型車混入率(%)			13.4

自動車類時間帯別交通量(台/H)		
7 ～ 8		1,936
8 ～ 9		1,807
9 ～ 10		1,604
10 ～ 11		1,660
11 ～ 12		1,698
12 ～ 13		1,214
13 ～ 14		1,562
14 ～ 15		1,492
15 ～ 16		1,693
16 ～ 17		1,654
17 ～ 18		2,003
18 ～ 19		1,936

方向別ピーク時間交通量(台/H)およびピーク率			
上り	時間帯		18～19
	小型車類		964
	大型車類		48
下り	時間帯		17～18
	小型車類		1,021
	大型車類		96
両方向	時間帯		17～18
	小型車類		1,801
	大型車類		202
	ピーク率(%)		9.9

(調査日：昭和58年10月　月、金、土、日、祝祭日を除く平日)

図１　現場付近見取図



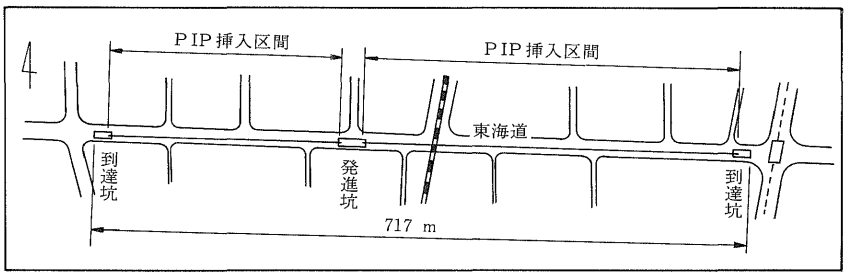
(4)立坑の位置について

本工法においては、発進坑から到達坑へ向かって管を挿入するものであり、図２のように施工区間のほぼ中央に発進坑(2m×8m)１カ所を設置し、両端に到達坑(２m×４m)を２カ所設置した。

この理由は、工期短縮と発進坑を１カ所にすることによる施工の経済性のためである。

なお、発進坑は比較的交通量の少ない交差点内に設置して、全線の車輌の流れに対して大きな影響を与えないようにした。

図２　立坑の位置図

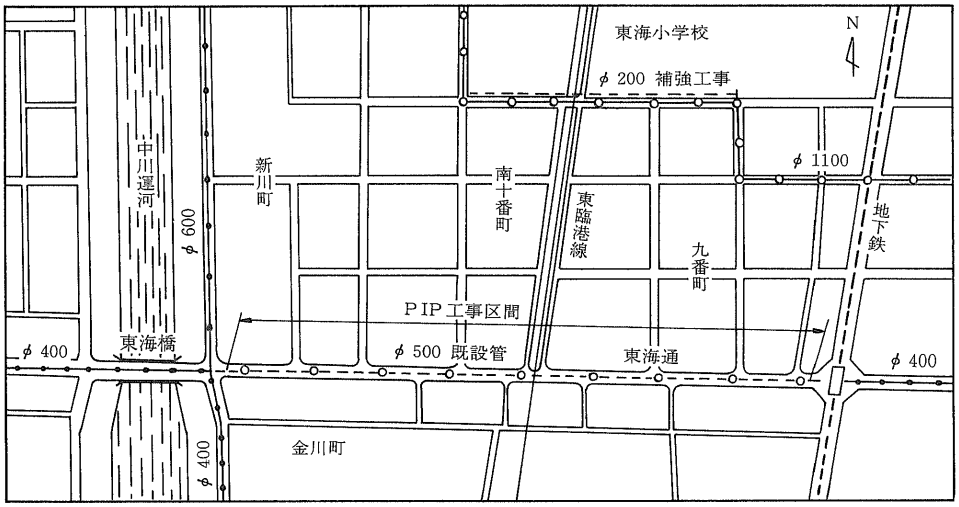


(5)管網の補強について

当幹線付近には、北側に1100㎜管が、また、南側には900㎜管があり、ほとんど工事期間内における断減水の支障はない。

しかし、近接した一部区域については、当幹線から直接分岐し、配水している区域があるので、この区域については別の配水幹線から200㎜管を取り出して敷設、増強した。(図３参照)

図３　管網補強工事図



(6)挿入力の推定

管の挿入工事に必要な最大挿入力の予想を次式で行った。

$$F = \mu \cdot W \cdot \ell$$

ここに、

F：最大挿入力（kgf）

μ：既設管と内挿管との摩擦係数（0.5）

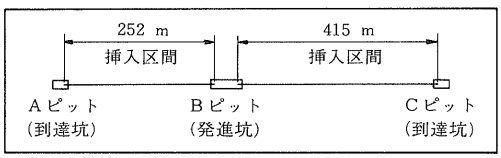
W：内挿管１m当たりの重量（94.05kgf/m）

ℓ：挿入長（m）

立坑の位置および各スパンの挿入区間長は、図４の通りである。

上式によって求めたＢ～Ｃピット間の最大挿入力は19.5tonfとなる。この予想最大挿入力に余裕を見て100tonf油圧ジャッキ１台を用いて挿入することとした。

図４　挿入区間長



4．内挿管の仕様

本工事区間の内挿管仕様の決定に際して、施工性および経済性を重視し、次の点を考慮して、ＰⅡ形ダクタイル鋳鉄管の採用を決めた。

1）挿入が確実で施工性が優れていること。

2）道路交通の支障を少なくするため、発進坑の長さを短縮できる管長であること。

3）できるだけ既設管に近い呼び径であること。

4）本工事区域は耐震強化区域であること。

(1)内挿管の仕様

ＰＩＰ工法用のダクタイル鋳鉄管には、JDPA G 1033(ＰⅠ形・ＰⅡ形ダクタイル鋳鉄管）があり、前述の通り耐震性を具備しているＰⅡ形ダクタイル鋳鉄管（下記の通り）を採用した。

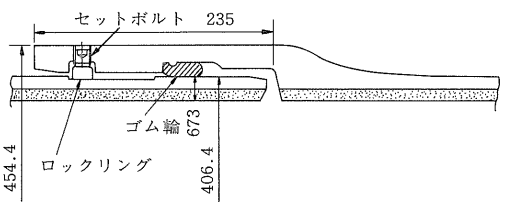
ＰⅡ形ダクタイル鋳鉄管

呼び径 400㎜　２種管

直管長　４m

ＰⅡ形継手の構造を図５に示す。

図５　呼び径400㎜ＰⅡ形継手の構造



(2)継手の性能

呼び径 400㎜ P Ⅱ形継手の性能は以下の通りである。

(イ) 離脱阻止力　60tonf

(ロ) 抜け出し余裕量　50㎜

(ハ) 許容曲げ角度　4°

(ニ) 限界曲げモーメント　4.1tonf-m

5．施　工

発進坑１カ所、到達坑２カ所の設置、500㎜管内に400㎜管延長717mのPIP工法で、次のように施工した。

施工順序として、

1）立坑の占用区域の設定。

2）立坑の設置工事。

3）既設管内のクリーニング工事。

4）模擬管の挿入工。

5）新管の挿入工事。

6）水圧試験。

7）すき間充てん工事。

8）発進坑および到達坑の連絡配管工事。

9）路面仮復旧工事。

の手順で行った。

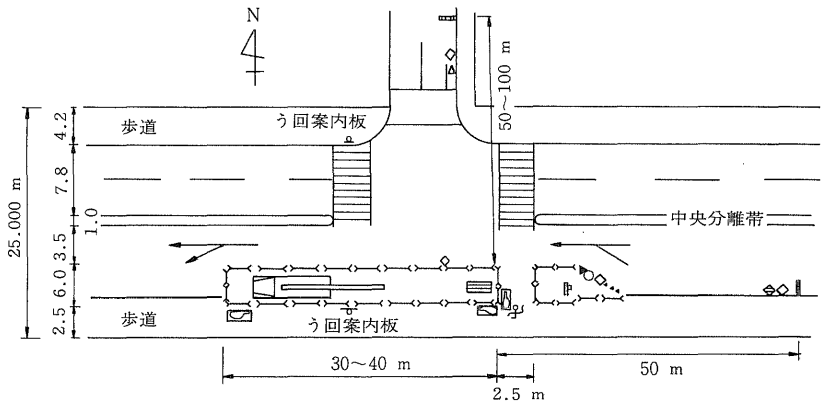
以下、各項について記述する。

(1)立坑付近の占用区域の設定について

施工現場の近くに名古屋競馬場があり、その開催日には、特に自動車などの交通量が多く、通行に支障があると思われるので開催日の施工は避けた。

立坑付近の占用区域は図６の通りである。

図６　占用区域図



(2)立坑の設置

発進坑の大きさは、①内挿管の長さ　②油圧ジャッキおよび反力受けの設置長さ　③接合余裕　などを考慮して図７に示す大きさとした。

到達坑は連絡配管の施工性を考えて図８に示す大きさとした。立坑は発進・到達坑ともに鋼矢板を打設、工事時間外は路面覆工をし、交通を開放した。

(3)既設管内のクリーニング

1）錆こぶの状況

錆こぶは管内面全体に発生しており、多い箇所では４cmの高さに付着していた。（写真２参照）

図７　発進坑図

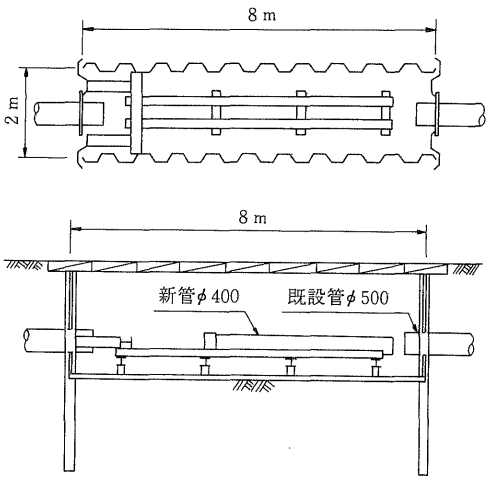


図８　到達坑図

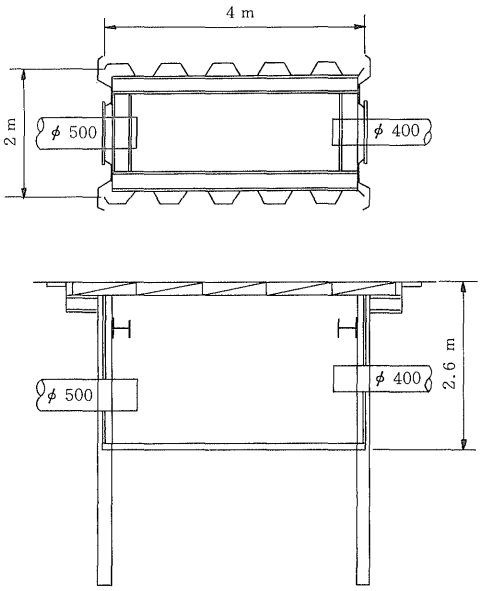


写真２　錆こぶの状況

挿入区間全体の錆こぶ量は約５㎥であった。

２）管内クリーニング

内挿管の挿入を容易にするため、管内面に付着している錆こぶを除去した。通常、管内クリーニングは、内面に付着している錆こぶを機械的にかき取る方法で行われており、次の方法がある。

スクレーパー法：弾力のある鋼板製のつめを放射状に数列に取り付けたスクレーパーを水圧で押したり、ワイヤロープでけん引して管内を通過させ、錆こぶをかき落としていく方法。

ロータリー法：オーガーまたはスクレーパーの刃を管周方向に回転させながら錆こぶを削り取っていく方法。

ジェット法：高圧ポンプによるジェット水流をノズルから噴出させて管内面をクリーニングする方法。

本工事では、図９に示すように、比較的簡単なスクレーパー法のけん引式でクリーニングを行った。（写真３参照）

図９　クリーニング施工図

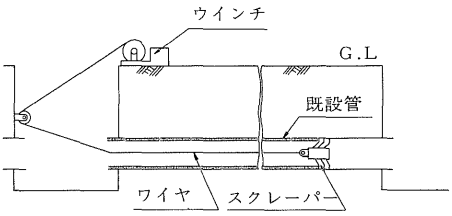


写真３　スクレーパー本体

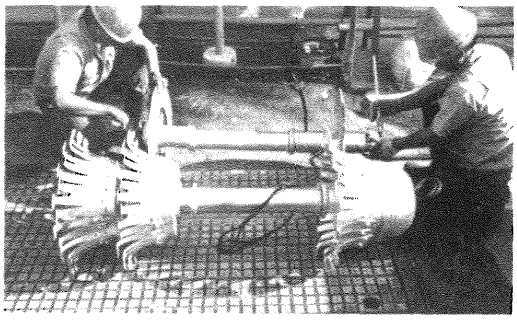
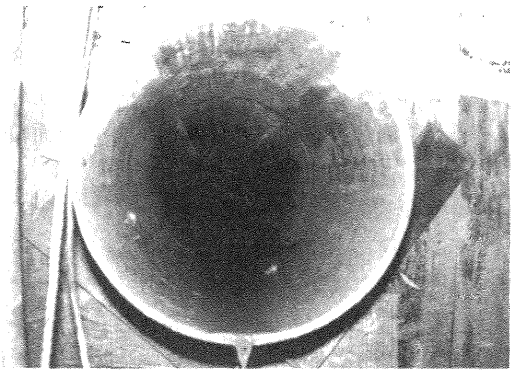


写真４　クリーニング施工後の状況

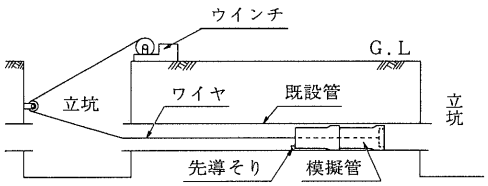


(4)模擬管の挿入

通常PIP工法では、既設管の継手屈曲角度・内径・管長などを管内から測定調査して、内挿管の挿入が可能かどうかを検討する。しかし、本工事において、既設管は500㎜であり、管内からの測定作業が困難なため、管内調査は行わず、新管と同一形状の模擬管２本を製作・接合して、施工区間をワイヤロープでけん引し、挿入通過させた。

その結果、模擬管は支障なく全区間を通過し、内挿管の挿入が可能であることが確認できた。図10に挿入状況を示す。

図10　模擬管の挿入状況図



(5)新管の挿入

１）挿入方法

新管の挿入方法は、

①油圧ジャッキによる押し込み方式。

②ウインチなどによる引き込み方式。

の２方法があるが、本工事では①の方式を採用した。その理由としては、

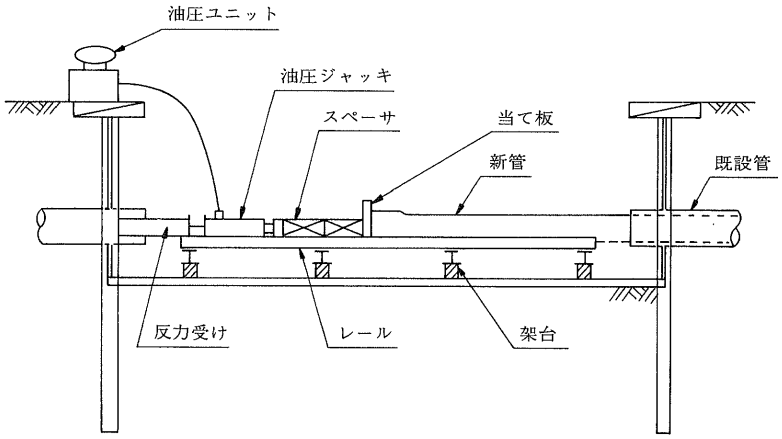
㋑挿入区間（１スパン411m）が長いため引き込み方式では、使用するワイヤロープが長くなり、作業能率が低下する。

㋺押し込み方式での挿入作業は発進坑のみの作業となり、到達坑には覆工板をしておけば、交通に支障はなく最少限の交通規制で施工できる。

２）挿入設備

発進坑における挿入設備の配置を図11に示す。

図11　挿入設備配置図



３）先導そり

挿入する新管の先頭管には、図12のように、その先端部に図13に示す先導そりを取り付けた。これは既設管の継手段差による先頭管の引っかかりを防止するためである。

図12　新管挿入図

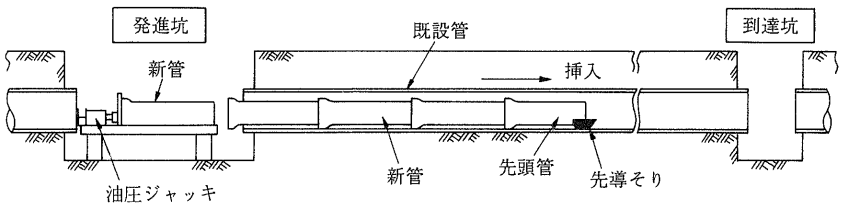
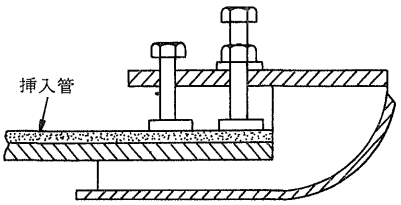


図13　先導そり



4）挿入力の測定結果

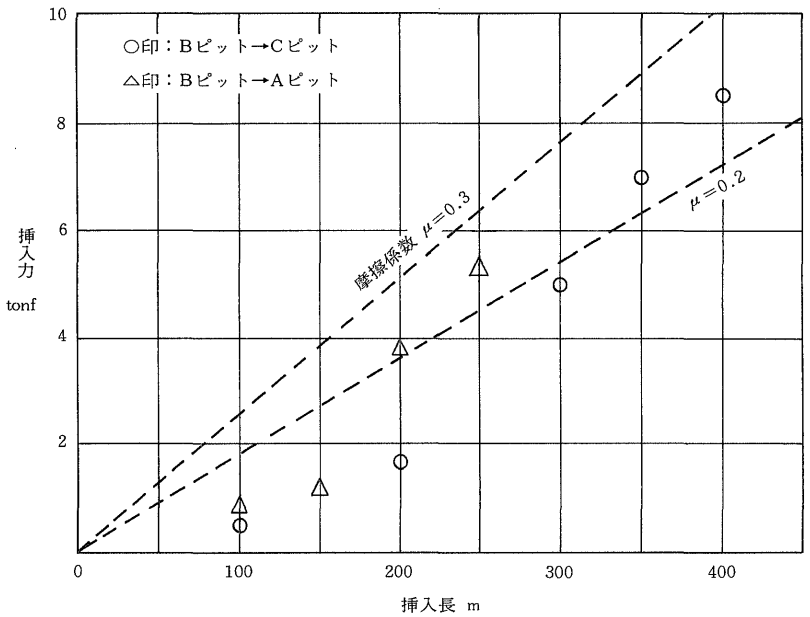
最大挿入力は、前述のように19.5tonfと予想されたので、挿入用機具としては余裕を見て100tonf油圧ジャッキ1台を使用した。各施工区間において挿入長と挿入力とを測定した。その測定結果の最大値とこれから計算した摩擦係数を表2に示す。

表2　挿入力測定結果

施工区間	挿入長 m	最大挿入力 tonf	摩擦係数
Bピット→Aピット	252	5.7	0.25
Bピット→Cピット	415	8.5	0.23

新管の挿入途中の挿入力の経過を図14に示す。

図14　挿入力—挿入長の推移



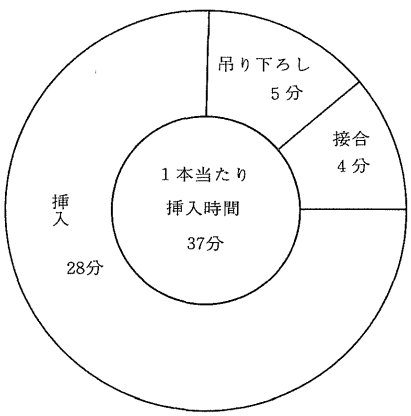
5）挿入時間

新管1本ごとの挿入作業の1サイクル(新管の吊り下ろし、接合、挿入)の時間測定を行った。その結果を表3に示し、平均時間を図15に示す。

表3　1サイクルの作業時間　単位分

挿入順	管吊り下ろし	接合	挿入	合計
1本目	10	5	33	48
2本目	10	7	34	51
3本目	10	5	34	49
5本目	10	5	34	49
10本目	7	5	28	40
30本目	3	5	27	35
50本目	5	4	29	38

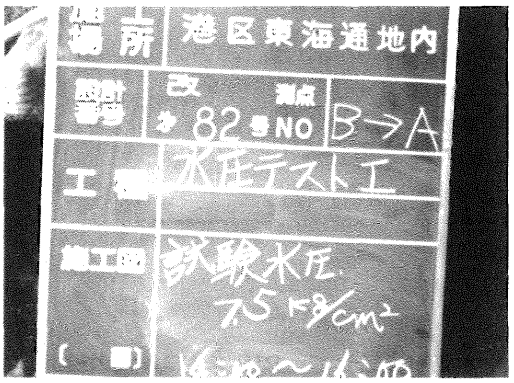
図15　1本当たり挿入時間



(6)水圧試験

挿入が完了した新管の水圧試験は充水方式で行った。負荷水圧は、7.5kgf/cm²とし、2時間保持した。その結果、水圧の降下などの異状は認められず、確実な施工が行われたものと判断された。

写真5　水圧試験



(7)すき間充てん工事

新管の挿入完了後は、既設管と新管とのすき間にエアセメントミルクを充てんした。

すき間の充てんは図16に示すように、立坑内で既設管の管端をコンクリートで閉塞し、エアセメントミルクを2.5～3.0kgf/cm²で圧入した。総充てん量は52m³であった。

エアセメントミルクの配合および圧縮強度を表4に示す。

表4　エアセメントミルクの性状

セメント	発泡液	水	圧縮強度
300kgf/m³	1.53ℓ/m³	250ℓ/m³	10kgf/cm²

(8)立坑部連絡配管

立坑部の連絡配管は、図17、18に示すように施工した。

(9)路面復旧

路面復旧は仮復旧を行った。

図16　すき間充てん図

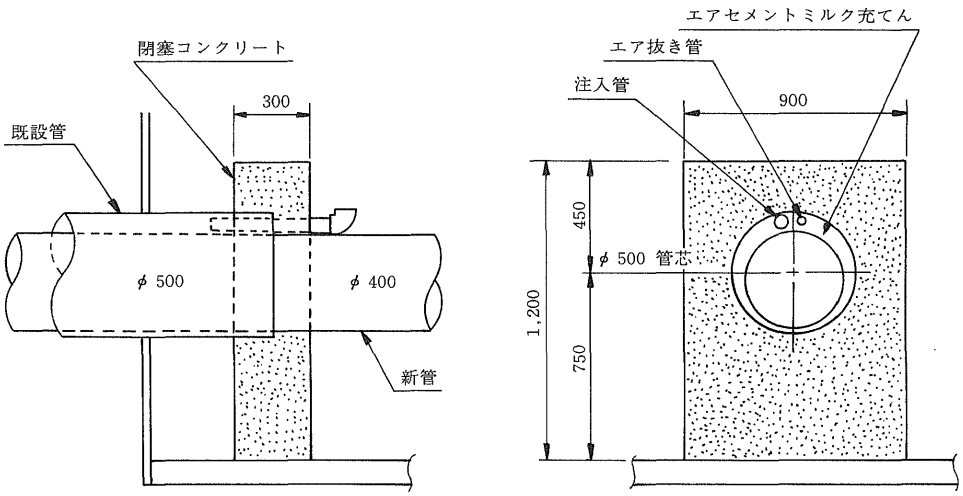


図17　A・Cピット内配管図

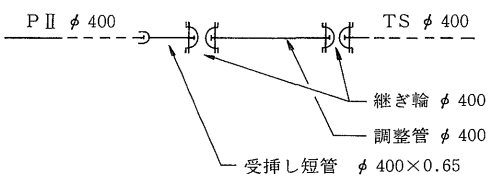
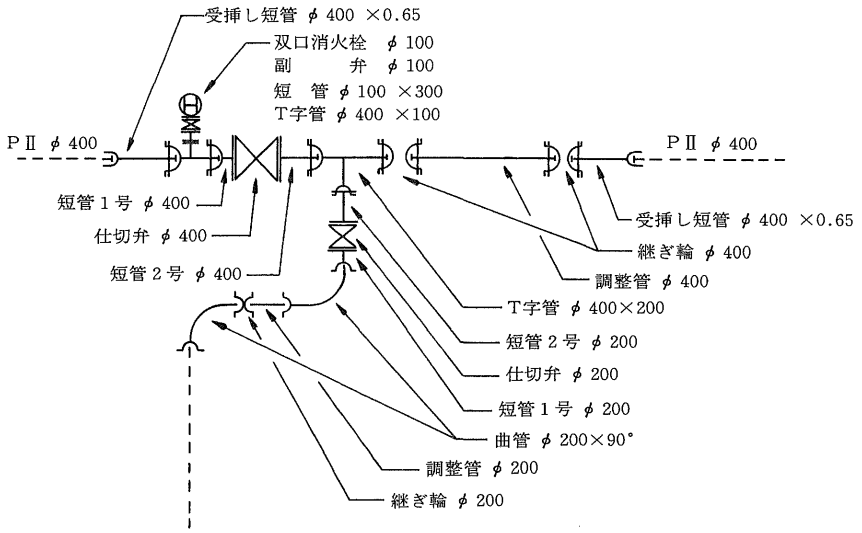


図18　Bピット内配管図



6．おわりに

以上、今回の中口径のPIP工事(呼び径400㎜）は順調に施工できた。この施工結果を顧みると、交通の渋滞や住民の苦情がなく、工期および工費が開削工事による敷設替え工事に比べて軽減できたことなど、本工法の長所が十分に発揮できたものと推察される。

本工事を通じて、PIP工法は管網の機能、埋設状況、交通状況など、いろいろの制約条件があるが、施工条件の適合した現地においては、その有利性を十分に発揮でき、ライフラインとしての配水管改良の一工法として参考になれば幸いである。

技術レポート3

吉野川北岸農業水利事業 幹線水路末端区間における パイプライン工事概要について

中国四国農政局吉野川北岸農業水利事業所
工事第2課長　武田明寅
東部支所長　竹本　茂
工事係長　金光譲二

1．まえがき

吉野川北岸農業水利事業は、かんがい排水および農地開発を一体的に実施する国営総合かんがい排水事業である。

本事業地区は、昭和41年に吉野川を水資源開発促進法に基づき水系指定し、昭和42年3月、閣議決定された吉野川水系の水資源利用の高度化をめざす「吉野川における水資源開発基本計画」の一環として計画・策定されたもので、昭和46年着工以来、事業の実施は農林水産省中国四国農政局が直轄で行っておりその事業量(総事業費および年度事業費)は、わが国有数の規模を有するものである。

2．地区の概要

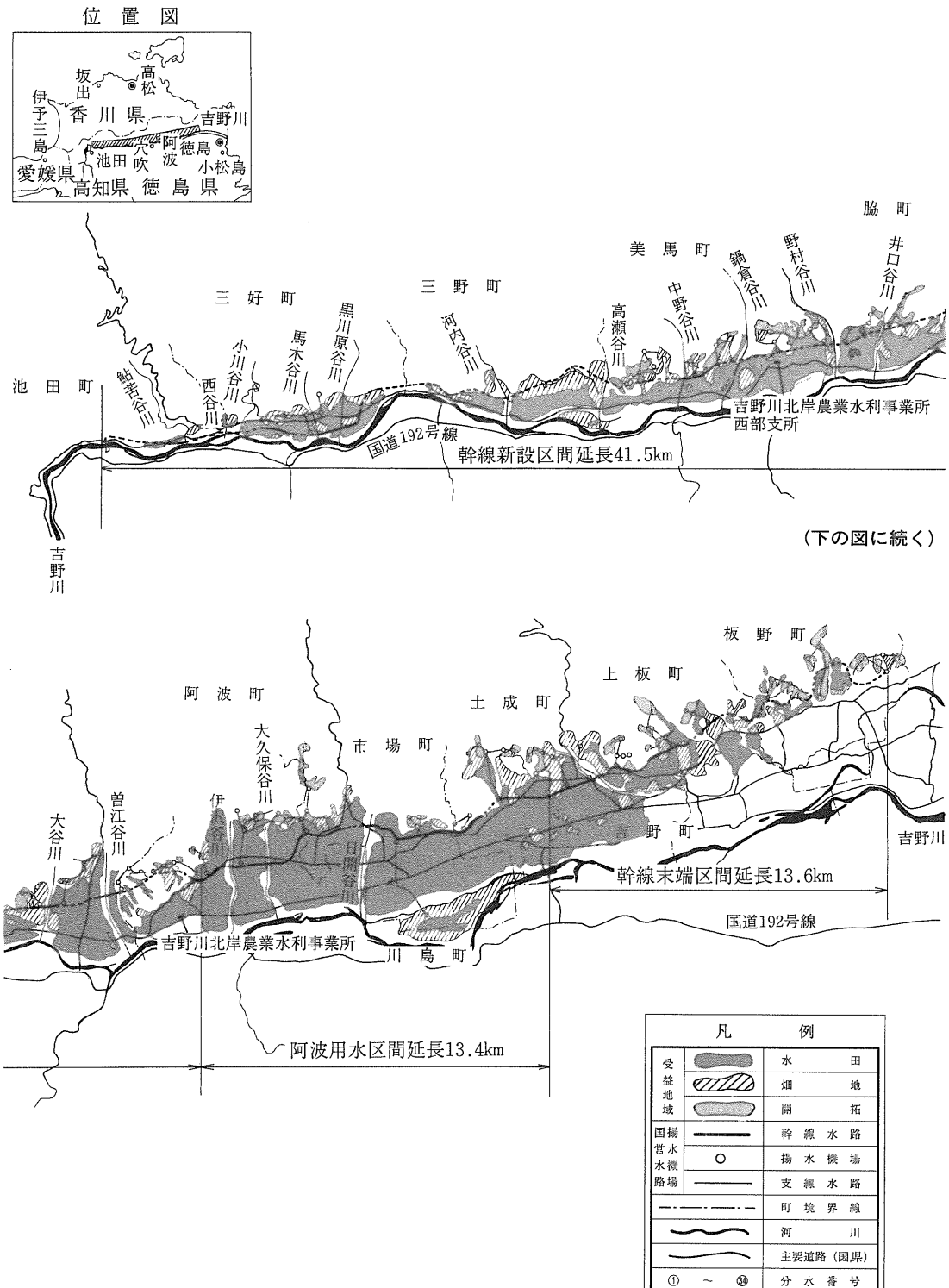
本地区は、徳島県を貫流する“四国三郎”で名高い吉野川の北岸、阿讃山麓傾斜部に位置し、東西約74kmに及ぶ帯状の地形であり、関係町は池田町から板野町に至るまでの5郡12カ町である。

地質は、中生代後期白亜紀に堆積した和泉砂岩層よりなり、これらを母材とする崩積地、洪積地、沖積地からなる土壌は、吉野川と地区を横断する各支河川の作用を受け複雑であるが、一般に北部の阿讃山麓に近づくにつれて礫質土壌となり、吉野川に近づくにつれて砂質土壌となっている。（図1　吉野川北岸地区概要図参照）

3．事業の概要

この事業は、吉野川沿岸でありながら自然取水が不可能で、降水量が少ないことと相まって、水利条件に恵まれなかった北岸地域に農業用水の安定供給をはかる目的で、徳島県池田町に建設した池田ダム（水資源開発公団施工）に取水口を設置し、(最大取水量14.8㎥/秒)幹線水路延長68.5kmを施工し、吉野川北岸地域5郡12カ町にわたる農地面積7,030ha

図１　吉野川北岸地区概要図



（目的別面積および町別受益面積は表1、表2参照）のかんがい用水の補給と、併せて阿讃山麓に220haの農地開発を行うものである。

写真1　池田ダムおよび取水口

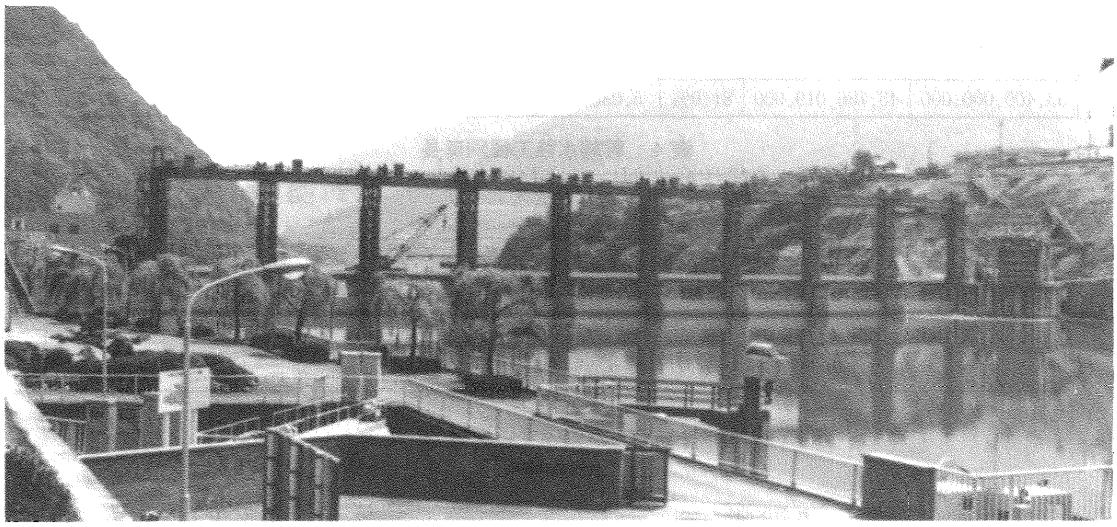


表1　事業目的別面積　　単位 ヘクタール

事業 ＼ 事業目的	土地改良					農地開発	合計
	田	普通畑	果樹園	その他	計	果樹園	
用水改良	5,030	—	—	—	5,030	—	5,030
畑地かんがい	—	640	1,140	—	1,780	—	1,780
農地開発	—	—	—	—	—	220	220
計	5,030	640	1,140	—	6,810	220	7,030

関係農家戸数　12,840戸

表2　町別受益面積　単位 ヘクタール

町名	水田	普通畑	果樹園	農地開発	計
池田町	10		1	—	11
三好町	217	37	67	—	321
三野町	176	36	204	—	416
美馬町	387	71	218	45	721
脇町	622	103	86	31	842
阿波町	1,175	75	50	23	1,323
市場町	982	125	151	11	1,269
土成町	766	62	180	21	1,029
吉野町	322	11	17	—	350
上板町	255	52	106	43	456
板野町	95	30	33	46	204
川島町	23	38	27	—	88
計	5,030	640	1,140	220	7,030

1．主要工事計画

本事業の主な工事内容は下記の通りである。

幹線水路延長　ℓ＝68.5km
支線水路　ℓ＝93.1km（パイプライン）
揚水機場　69カ所
農地造成　220ha
支線道路　27.4km

（表4および図2参照）

2．事業の進捗状況

昭和46年10月着工以来、工事は順調に進んでおり、58年度までには池田取水口および幹線水路新設区間41.5kmが完成し、待望の既設の阿波用水に接続し、約2,200haの農地にかんがい用水を補給し潤している。59年度には主に阿波用水区間の暗きょ・サイホン・トンネルと幹線末端区間のパイプラインを併せてℓ＝8.2km施工し、60年度には阿波用水区間お

よび幹線末端区間を併せて ℓ＝11.4kmの施工が予定されている。

事業全体の進捗率は60年度事業費ベースで表３の通りである。

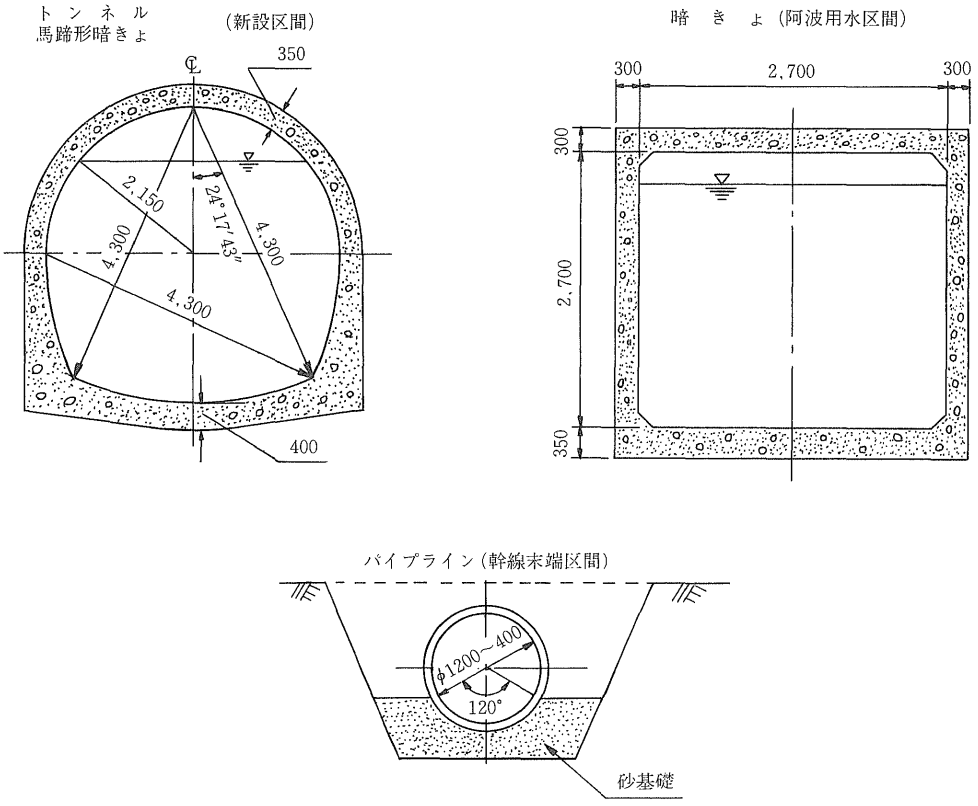
表３　事業進捗状況

総事業費	59年度まで		59年度	60年度以降	60年度	60年度まで進捗率 %
	事業費	進捗率				
53,400,000,000	43,736,019,000	81.9%	5,030,000,000	9,663,981,000	5,100,000,000	91.5

表４　幹線水路工種別延長

区間名	計画通水量 ㎥/秒	延長 km	フレーム km	暗きょ km	サイホン km	ずい道 km	その他 km	パイプライン km
新設区間	14.8～10.0	41.5	0.2	4.8	6.9	29.3	0.3	—
阿波用水区間	10.0～ 1.5	13.4	—	4.3	4.5	4.5	0.1	—
末端区間	1.5～0.1	13.6	—	—	—	2.0	—	11.6
計	—	68.5	0.2	9.1	11.4	35.8	0.4	11.6

図２　水路標準断面図



４．幹線末端区間

幹線水路末端区間は、幹線水路全延長 ℓ＝68.5kmのうち、ℓ＝13.6km(19.9%)を占める。

設計流量は上流区間(MAX Q＝14.8㎥/秒)から漸次減少し、本区間ではQ＝1.493～0.102㎥/秒と上流に比べ相当小さくなり、水路形式

は全線既製管を使用した管水路としている。

1．管水路形式

管水路形式については、下表に述べる諸条件よりクローズドタイプで計画している。

① 幹線水路末端部で需要型の供給システムとする必要がある。

② 無効放流がなく節水型である。

③ 応答性がよく、調整池との一体利用、有効利用がはかれる。

表5　パイプラインの各形式の特長

形式／条件	オープンタイプ　△	クローズドタイプ　◎	セミクローズドタイプ　○
分水調節	スタンド位置で分水を兼用させ得ることから、スタンドの構造に工夫を加えれば、分水量の調節も比較的容易にかつ正確にできる。◎	同一配管系統中の一部の給水栓を開放すると、ただちに他の給水栓の分水量に影響するという欠点がある。このような場合にも、定量分水することができる分水装置も考えられるが工費がかさむ。△	フロートスタンドバルブ位置に分水施設を併設すれば、ある程度の分水量の調節ができるので、クローズドタイプより若干有利である。○
管体	スタンド間の高低差を規制することによって低圧管を用いることができる反面、スタンド位置でいったん減圧されるので、管径が大きくなる傾向がある。×	水頭を有効に利用できる反面、高圧パイプの使用が必要となる。しかし、標高差を最大限に活用できるので、オープンタイプに比して管径を細くでき、急傾斜地ではオープンタイプより管体費は安くなることもある。◎	フロートバルブを適当に設けることによって低圧管の使用が可能である。一般にオープンタイプより高圧管が必要となる。○
スタンド	一方向傾斜地に沿った配管では、スタンド間隔を狭くしなければならず、スタンドの数が多くなる。×	スタンドがないので、これに要する費用はまったく不要である。◎	管の耐圧強度の範囲内で、フロートバルブを設ければよく、傾斜地といえどもオープンタイプよりスタンドが少なくて済む。○
放水施設	断面変化点(分水点)には必ず放水施設を必要とする。×	断面変化点(分水点)に放水施設を必要としない。◎	フロートバルブ位置に余水吐をできるだけ設けた方がよい。最末端を河川などに連絡しておく必要はないので、オープンタイプより放水施設費は少なくてよい。○
水管理損失	水管理損失は開水路と同様大きい。特に24時間かんがいを行わない畑地かんがいの場合、この損失は予想以上に大きい。×	水管理損失は少ない。◎	水管理損失は少ない。○

評価　◎：最適　○：適　△：難　×：不適

2．路　線

路線は主として、広域営農団地農道整備事業「阿讃東部」地区で実施中の農道下に埋設されるが、広域農道の計画がない区間では、公道下・耕地下を計画している。また、計画動水位線より高位となり、道路下埋設の不可能な区間については、周辺地形状況よりトンネル区間となるほか、一部深埋設となる区間がある。

表6

広域農道・公道下	8.2km	60%
トンネル区間	2.0km	15%
耕地下・河川下など	3.4km	25%
合　計	13.6km	100%

路線選定に際しての留意事項を下記に示す。

① 現況地形に沿ってなるべく直線とし、

できるだけ短い距離を通すよう配置するが、路線が曲がる場合の偏角は原則として45°以下にする。

② 施工、施設管理上、路線の位置を極力道路沿いに計画する。また、広域農道では道路下埋設とする。

③ 道路・河川など重要施設を横断する場合は、原則として直角交差とする。

④ 分水工など、地表に出る構造物の設置位置は、耕地にあっては耕作上支障のないよう考慮する。

⑤ 県営分水位置との整合性をはかる。

3．管種選定

農業用パイプラインに使用する管種は、農業用水の送配水システムとして必要な水理条件、構造条件および施工条件を満足し、その特性が十分生かせるものを選定する。管に要求される事項は下記の通りである。

① 内外圧の荷重に対して十分安全であること。

② 良好な水密性を持っていること。(特に継手部)

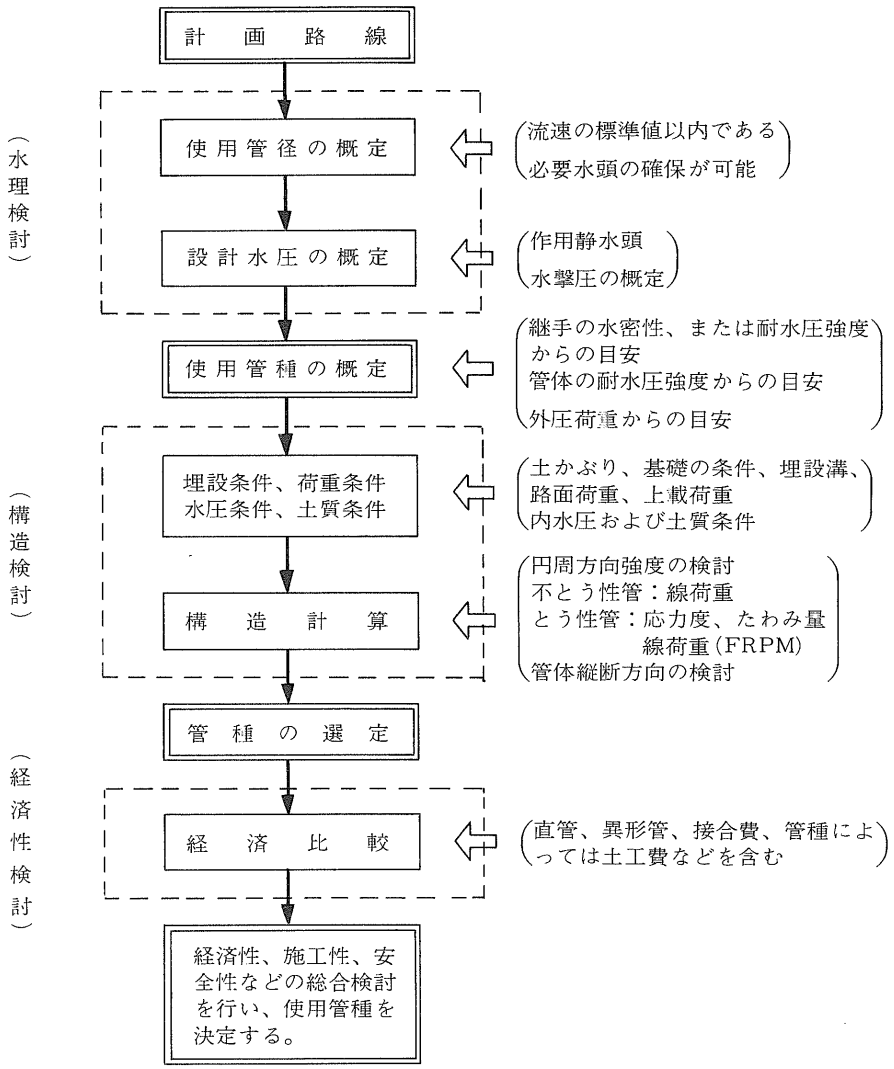
③ 水の流れに対する抵抗が少ないこと。

④ 耐久性・耐食性に富むこと。

⑤ 施工性・経済性に優れていること。

管種選定の手順をフローチャートで示すと図3の通りである。

図3　管種選定手順



管種選定にあたっての基本的な設計条件は下記の通りである。

イ．水理設計

① 使用公式――ヘーゼン・ウィリアムス公式

② 設計流速

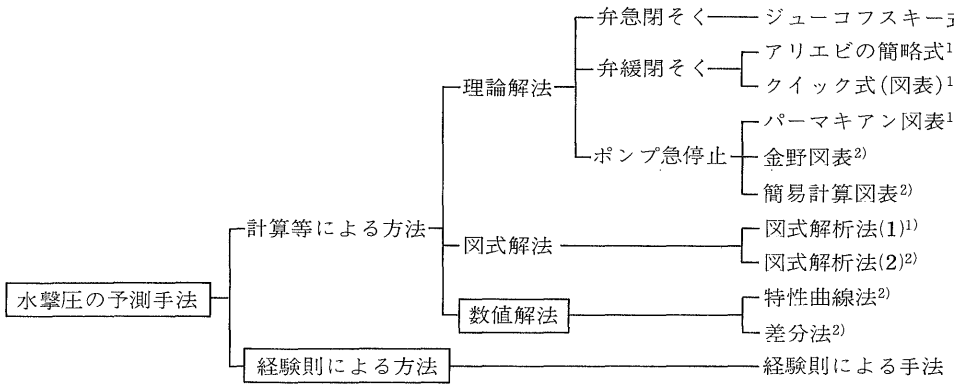
管　径　mm	設計流速　m/秒
200～ 400	0.9～1.6
450～ 800	1.2～1.8
900～1500	1.3～2.0

③ 各種損失水頭

○摩擦損失水頭
○流入による損失水頭
○流出による損失水頭
○スクリーンによる損失水頭
○断面変化による損失水頭
○わん曲および屈折による損失水頭
○分流による損失水頭
○弁類による損失水頭
○各種スタンドによる損失水頭

④ 水撃圧の検討

数値解法および経験則による



注 1) 摩擦損失水頭を省略している。
2) 摩擦損失水頭を考慮している。

ロ．構造設計

① 埋設深

a) 道路下埋設（道路管理者と協議のうえ決定する）

公道下――――――1.2m以上（道路法施行令第12条第３項）

農道および私道下――｛φ450以下：1.0m以上（広域農道については将来市町村にして
φ500以上：1.2m以上　管理されるため公道下として扱う）

b) 耕地下埋設――――0.6m＋耕土深以上　ただし、地上権との関係を考慮する必要あり。

c) 山林下埋設――――管径100mm以上 0.6m以上
ただし、地上権との関係を考慮する必要あり。

d) 河川下埋設する場合は、河川管理者と協議して決定するが、原則的には河川管理施設等構造令第72条により2.0m以上。

e) 地下水位が高く浮上する恐れのある所では管体が浮上しない深さとする。

$$\text{最小土かぶり}\quad H \geqq \frac{\pi Dc}{4} \cdot \frac{S-\left\{1-\left(\frac{D}{Dc}\right)^2\right\}\cdot \gamma_p}{\gamma_s - 1.0}$$

ただし、

H：最小土かぶり（m）

D_c：管外径（m）

D：管内径（m）

S：安全率（1.2とする）

γ_s：埋戻し土の飽和単位体積重量（tf/㎥）

γ_p：管材の単位体積重量（tf/㎥）

② 最大敷設こう配

砂基礎――――15°以下

コンクリート基礎――――15°以上30°未満

30°以上については基礎形状について別途検討する。（露出配管）

③ 内圧――――設計内水圧＝静水圧＋水撃圧

④ 外圧――――1．土圧　2．路面荷重　3．管体自重　4．管内水重　5．基礎反力

6．その他の荷重

⑤ 路面荷重について

公道――1）国道、県道、広域農道等（有効幅員5.5m以上）――T－20〔道路管理者との協議による〕

2）町村道、農道等（有効幅員3.0～5.5m）――――T－14〔道路管理者との協議による〕

※幅員が5.5m未満の場合は1車線、5.5m以上の場合は2車線として活荷重を考える。

3）歩道――――0.05kgf/㎠を最小とし、道路管理者との協議による。

耕作道――――0.03kgf/㎠（大型自動車の入らない耕作道）

⑥ その他の荷重について

耕地――――0.15kgf/㎠

山林・原野――――0.03kgf/㎠

⑦ 土の単位体積重量　γ_s＝1.8tf/㎥（飽和体積 W＝1.0tf/㎥）

⑧ 内部摩擦角　θ＝30°

以上の設計条件を踏まえて検討の結果

本路線の場合は、特に広域農道下における切盛区間・小河川部の横断など、基礎地盤状況の著しい変化による管の伸縮可とう性の保持および縦断方向の耐圧強度が必要であり、また、重車両（T－20）の通行にも十分安全な管種として、広域農道下埋設区間にはダクタイル鋳鉄管（T形）を採用している。

図4　広域農道下埋設区間標準断面図

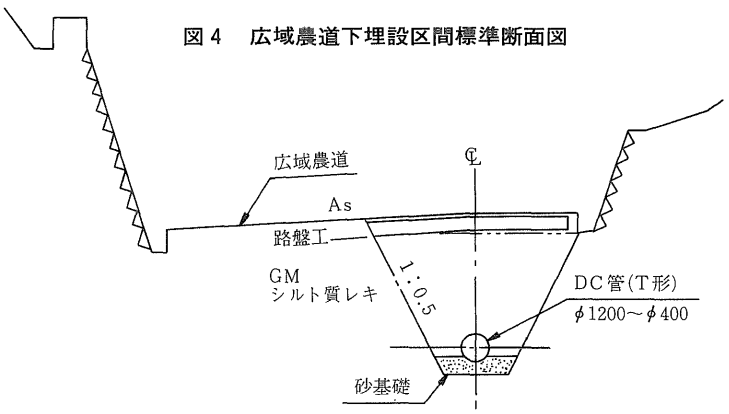


写真２　管仮置き状況

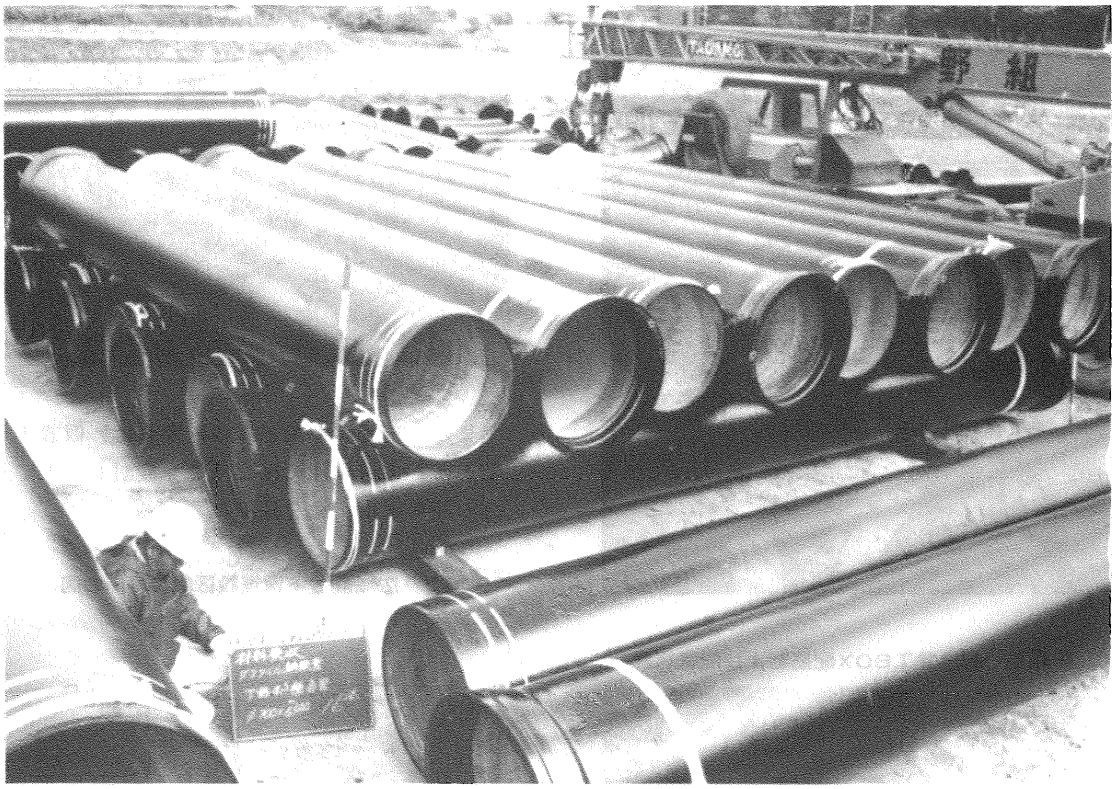


写真３　管吊り込み状況

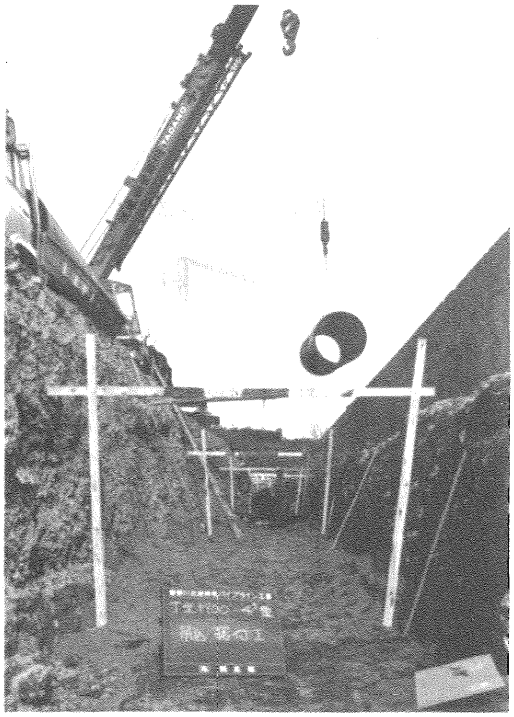


写真４　曲線配管状況

写真５　既設横断構造物保護状況

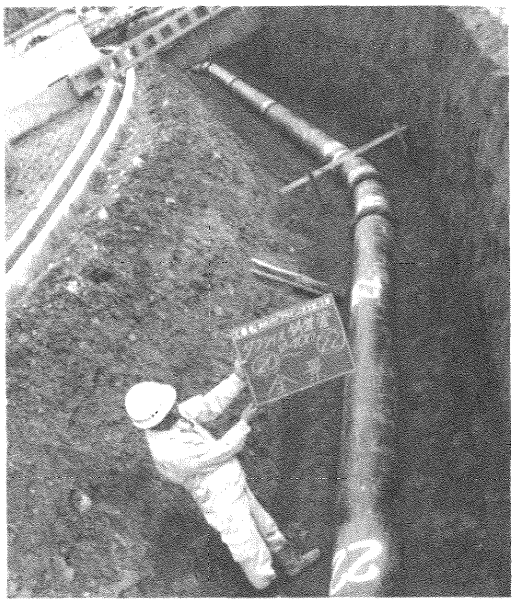


写真６　制水弁工BOX配筋および配管状況

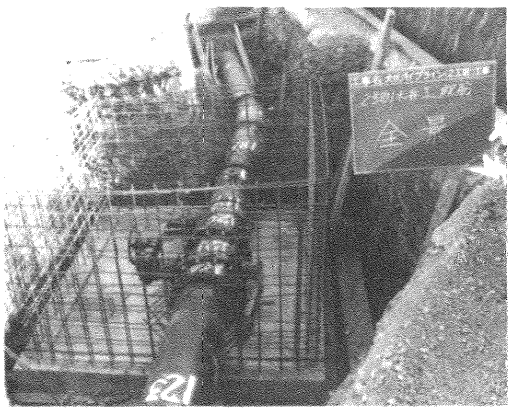


写真７　分水工配管状況

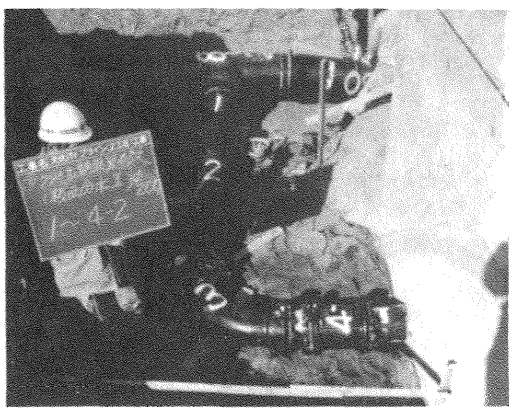
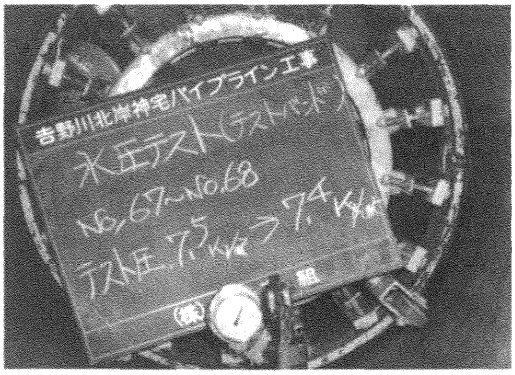


写真８　水圧テスト状況



また、一部深埋設となる区間には、仮設土留工として現場状況・経済性を検討し、たて込み簡易土留工法を採用している。

図５　広域農道下深埋設区間標準断面図

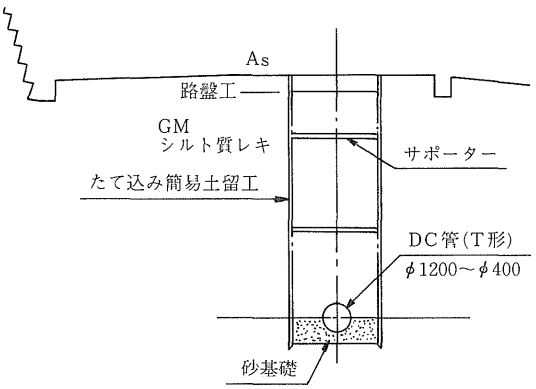


図６　簡易土留め組み立て図

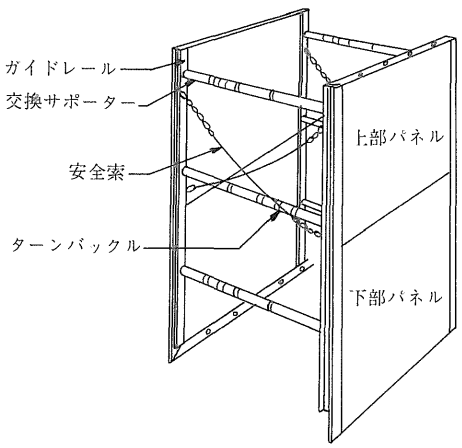


写真９　たて込み土留め工施工状況

４．その他、広域農道下以外の区間についての管種・工法選定について

① 河川横断区間

河川横断方法には、伏せ越しと水管橋の２タイプが考えられる。

タイプの決定については、各河川において地形・水理・維持管理・施工性・経済性を総合して検討している。

一般的には、伏せ越し工は河川幅が広い場合に、また、水管橋は１径間でパイプビーム型式で施工できる河川の場合に採用している。

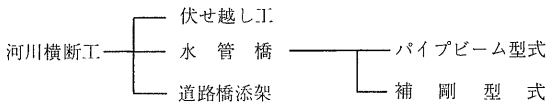
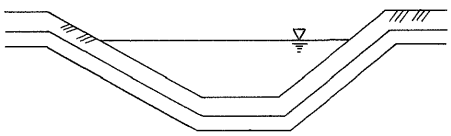
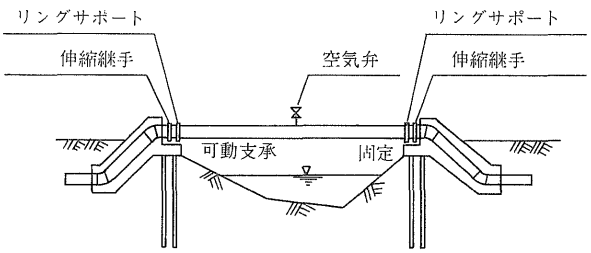


図７

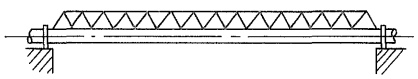
a．伏せ越し工



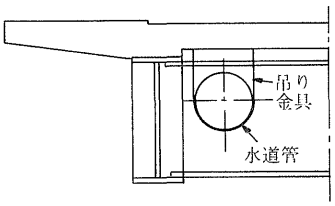
b．パイプビーム型式



c．補剛型式



d．道路橋添架



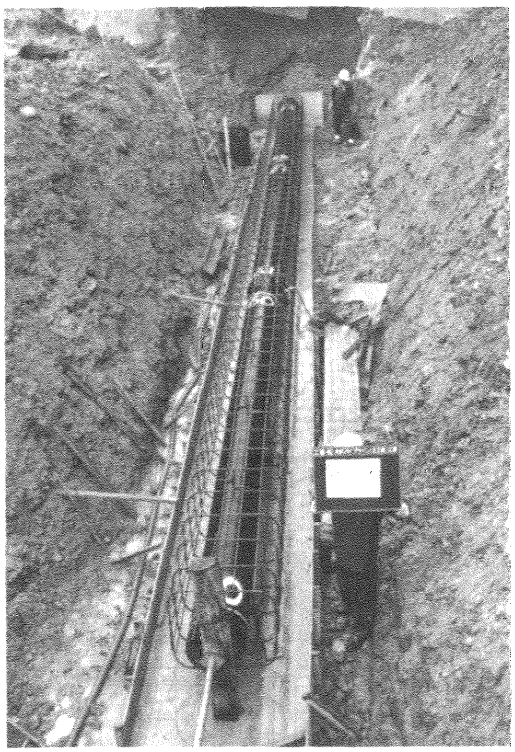
a) 伏せ越し工

(i) 堤防横断部は、鉄筋コンクリートで巻き立てるものとし、外荷重は鉄筋コンクリートで、内圧はパイプでそれぞれ受け持つ構造とする。

(ii) 河床から巻き立て頂までの土かぶりは、河川管理施設等構造令に基づき定められるものであり、計画高水流量100㎥/秒以上の河川は2.0m以上として、100㎥/秒未満でかつ流速3m/秒以下の場合は、小河川の特例規程により1.0m以上とする。

(iii) 伏せ越し工は道路下および耕地下により補修などが困難であることから、内圧に対して管本体のみならず、継手部においても十分安全な管種とする必要があり、ダクタイル鋳鉄管(T形)を採用している。

写真10　河川横断伏せ越し工施工状況



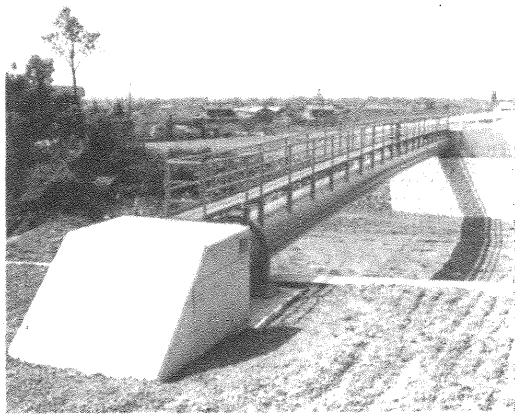
b) 水管橋

(i) 水管橋型式は、広域農道の道路橋に添架する型式が構造計算上採用できない。また、補剛型式の水管橋は工費が高く経済的でない。

よって本路線では、パイプビーム型式(1径間)を採用している。(1スパン約30mまでは構造上パイプビーム型式が可能である)

(ii) 使用する管種は鋼管を採用している。

写真11　水管橋(SP)



② トンネル区間

幹線末端区間 ℓ＝13.6kmのうち、トンネル区間は4カ所(宮川内、平山、犬伏(1)、犬伏(2)) ℓ＝2.0kmを占めている。

トンネル名	延　長　m
宮　川　内	622
平　　山	866
犬　伏　(1)	215
〃　　(2)	275
合　　計	1,978

a) トンネル型式の選定

トンネルが点在する幹線末端区間では、水路全体をクローズドタイプの管水路で計画しており、この場合トンネルに通水する方法として、

a) 自由水面を有する開水路方式

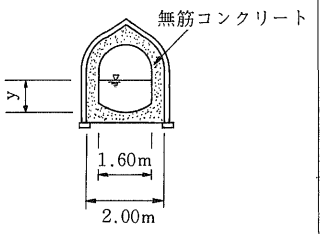
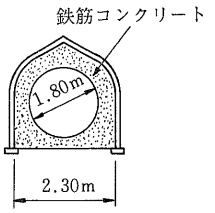
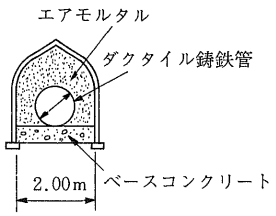
b) 圧力トンネル方式

c) トンネル内挿管路方式

が考えられる。

それぞれの特徴を表に示すと下表（表　　7）の通りである。

表7　トンネルの通水方式比較表

比較案 / 項目	(a案) トンネル内自由水面	(b案) 圧力トンネル	(c案) トンネル内挿式圧力管路
構　造			
水　理	●トンネル掘削断面は、機械掘削を考え施工最少断面とする。通水断面およびトンネルこう配はトンネル内平均流速が、0.7m/秒以上となるようにする。 ●トンネル前後はクローズドパイプラインであるため、トンネル入口で水位調節を行う必要がある。 　また、トンネル出口に非常用余水吐を必要とする。	●設計内圧が2号、3号、4号トンネルで4.4kg/cm²、5.2kg/cm²、4.7kg/cm²となるため、円形鉄筋コンクリートとする。施工性から内径1.80m、トンネル内幅2.30m、コンクリート巻厚0.25mとする。 ●通水量が少ないため管内流速が極端に小さくなり、土砂の堆積などが生じる恐れが大である。	●トンネル掘削断面は施工最少断面とし、トンネル内には、前後のパイプラインと同口径のダクタイル鋳鉄管を内挿する。トンネルと管との空隙にはエアモルタルを充てんする。 ●管内流速も設計流速の範囲にあり、前後の管路同様クローズドパイプラインとなる。この場合末端での圧力変動、あるいは流量変動はただちに上流に伝達されるため、上流側での圧力の流量制御が容易となる。
経済性	●トンネルのみでは内挿管とほとんど差がない。しかし、非常用余水吐などを加えると高価となる。	●工費的にはいちばん高価である。	●工費的には、3タイプのうちもっとも安価である。
評　価	②	③	①　採用

よって、本区間のトンネル型式は水理・構造的にも、経済性にも、優れるトンネル内挿管路型式を採用する。

b) トンネル内挿管の管種選定

トンネル内施工であり、限られたスペース内での作業となるため、接合が容易で、しかも特別な換気の必要ないもの、および施工後の修理が困難であることから、内外圧に対して管本体および継手部が十分安全な管種であり、また、充てん材との適合性も併せて、総合的な内挿管種選定を行い、安全性・作業性および経済性に優れたダクタイル鋳鉄管（T形）＋エアモルタル充てん工法の採用を予定している。

内挿管ずい道の設計・施工については

図8　トンネル内挿管標準断面図

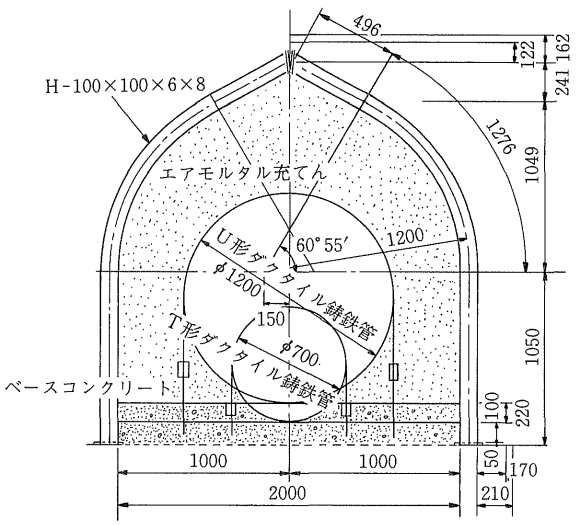
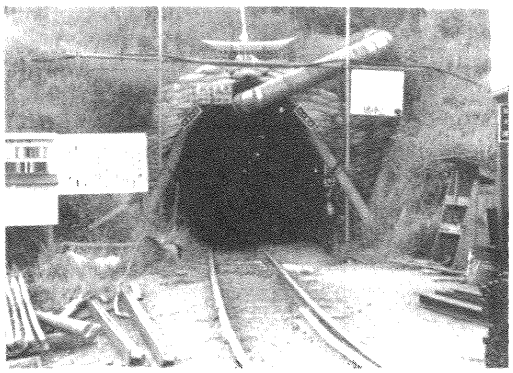


写真12　内挿管ずい道坑口状況



別途詳細に発表を行いたいと考えておりここでは簡単な記述に止める。

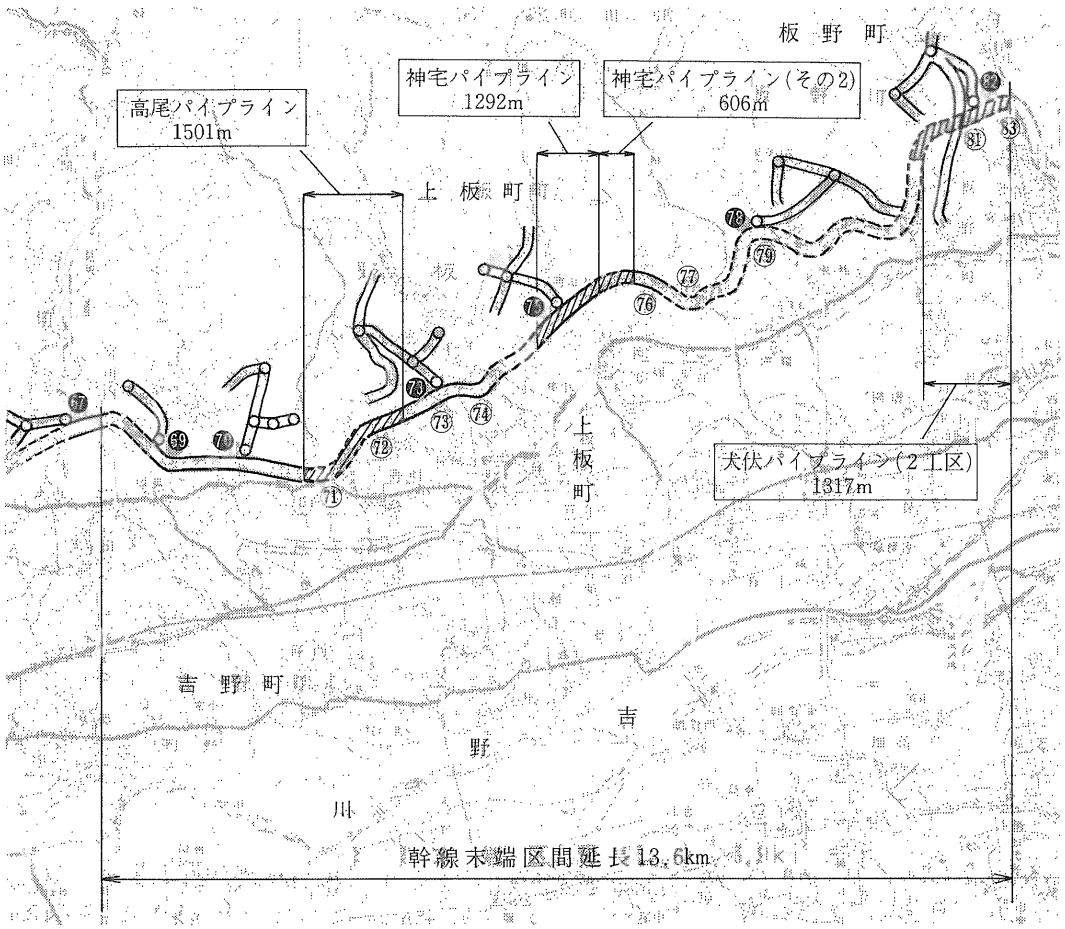
トンネル内挿式圧力管路の標準断面は図８に示す通りである。

５．幹線末端区間の実施状況

幹線末端区間は、ℓ＝13.6kmのうち、58、59年度において４工区ℓ＝4.7kmを施工済みである。また、トンネル区間としてℓ＝0.9kmを59年度より掘削中である。

未施工の区間においても、60年度鋭意実施を行う予定である。

図９　幹線末端区間実施状況



高尾パイプライン	1,501m
神宅パイプライン	1,292m
神宅パイプライン(その２)	606m
犬伏パイプライン(２工区)	1,317m
計	4,716m

5．おわりに

以上、幹線末端区間のパイプライン工事概要について述べたが、広域農道下などの埋設管種としてダクタイル鋳鉄管を採用したことは、管路の安全性・経済性および施工性から適切な選択であったと考えている。

＊　　＊　　＊

最後に、徳島県の重点事業となっている当吉野川北岸農業水利事業も、幹線水路全線を61年かんがい期通水し、北岸全域の農地をうるおすという大目標に向かって担当者一同鋭意努力中であり、完成し通水された吉野川北岸用水を合理的かつ有効に活用することにより、生産性に優れた、活気あふれる農業が本事業の受益地に展開されることを願う次第である。

技術レポート4

ダクタイル管による パイプ・イン・パイプ工法における 曲管部管内ドッキング工法

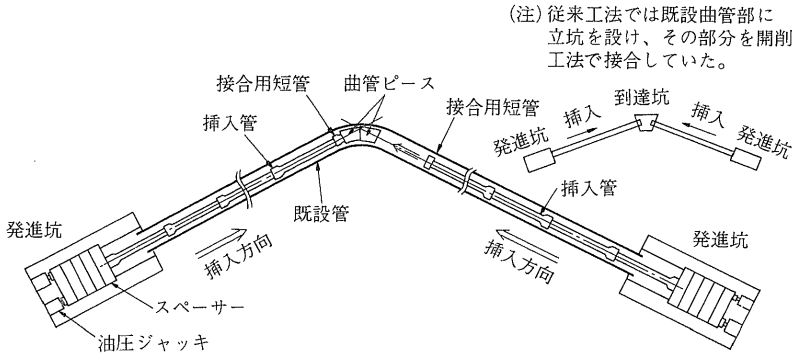
日本ダクタイル鉄管協会
技術委員　中島　鋭
〃　仁木彬隆
〃　桜井祥己
〃　豊福理夫

1．はじめに

すでに実用化されているダクタイル管によるパイプ・イン・パイプ工法は、既設管路中に曲管があった場合、その部分に立坑を設けて施工していたが、ここに紹介するダクタイル管による管内ドッキング工法は、既設曲管部に立坑を設けることなく施工することができ、ダクタイル管によるパイプ・イン・パイプ工法の特徴である施工性をさらに向上させることができるものである。

この工法は、図1に示すように、曲管部へ立坑から各エレメントを単独に運搬し、据え付けた後、両端の立坑から直管を挿入施工し、最後に先に据え付けた曲管部と管内でドッキングし管路を完成させる工法である。

図1　管内ドッキング工法の概略図



2．ダクタイル管による管内ドッキング工法

1．管内ドッキング工法に用いる継手の構造

管内ドッキング工法に用いる継手には、次の機能が必要と思われる。

① 管内作業のみで接合でき、接合作業には簡単な治具以外に特殊な工具や動力を必要としないこと。

② 直管にＰⅡ形管が使用される場合を考えると、管路全体の機能の整合性からＰⅡ形継手と同等の離脱阻止性能と水密性能を有すること。

以上の機能を持った図２に示すＰⅢ形継手を管内ドッキング工法に用いる。また、①の理由により、適用呼び径は人の入れる呼び径700～1350mm（新管呼び径）である。参考としてＰⅢ形継手の主な性能試験結果を表１に示す。

図２　管内ドッキング工法用ＰⅢ形継手の構造

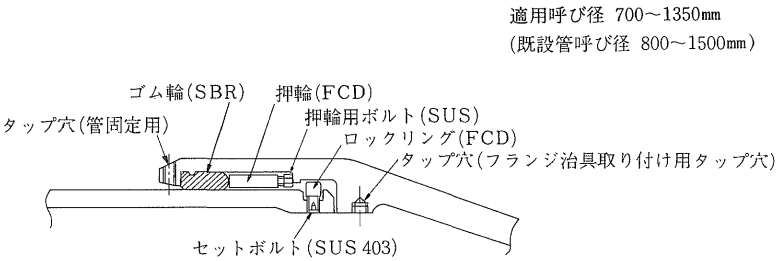


表１　ＰⅢ形継手の主な性能試験結果

試験名＼供試管呼び径	φ700	φ1000	φ1350
施工試験（模擬既設管内での施工試験）	１エレメント当たりの据え付け接合時間 63分 作業員　２名	１エレメント当たりの据え付け接合時間 56～70分※1 作業員　４人	―――
施工試験後の水圧試験	水圧８kgf/cm²負荷 異常なし	同　左	―――
離脱阻止性能試験	105トン※2に相当する抜け出し力を水圧で負荷。最大発生応力21.3kgf/mm²で異常見られず。	―――	208トン※2に相当する抜け出し力を水圧で負荷。最大発生応力12.4kgf/mm²で異常見られず。

※１．１エレメント当たりの据え付け、接合時間は模擬管路の配管状態により若干変化した。

※２．呼び径700mmの抜け出し力105トン、呼び径1350mmの抜け出し力208トンは以下に相当する力である。
0.15×Ｄ（呼び径：mm）トン、たとえば、0.15×700＝105トン

2．管内ドッキング工法のエレメントの種類とその機能

既設管の配管状態に合わせて、表２の４種類のエレメントを使用することによりほとんどの配管状態に対処できる。また、すべてのエレメントは次の理由により既設管の配管状態を詳細に調査しなくても、標準仕様のエレメントを準備すればよいように設計されている。

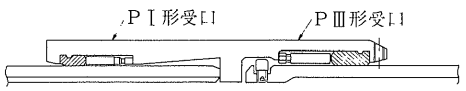
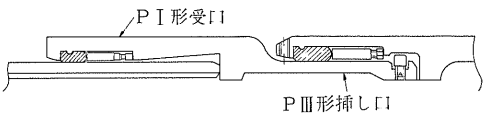
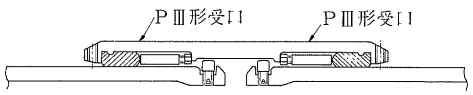
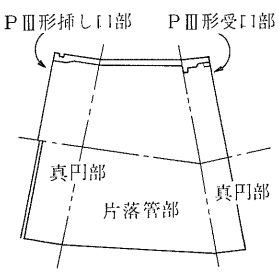
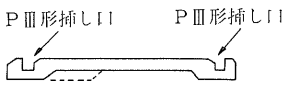
① 一部のエレメントには既設管の詳細な寸法の調査後に、その長さに合わせて切管により管長を調整できる機能を持たせてある。

② 当工法の適用呼び径の範囲では、既設曲管の曲率半径は大正14年の上水協議会規格以降変わっていないので、この曲率半径を基準にして、挿入する曲管ピースの寸法を決めておけば大多数の既設曲管に挿入、据え付けが可能である。

③ 既設曲管の継手位置に自由に屈曲できる継手を持ったエレメントが配置され、既設管継手の屈曲に応じて内挿管も屈曲し順応

できる。

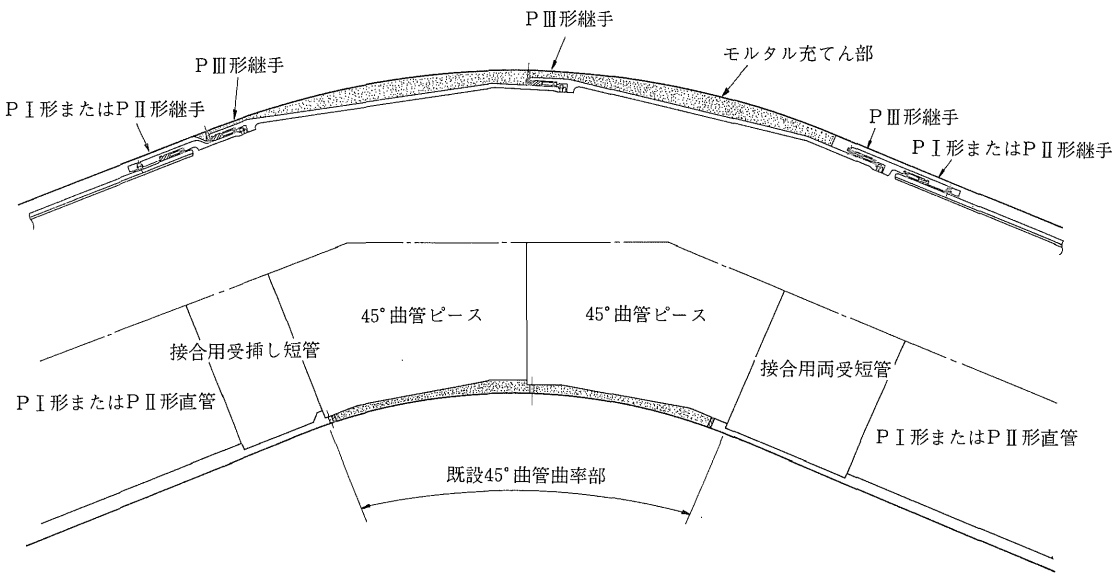
表２　管内ドッキング工法に用いる主なエレメントの種類と機能

名称＼内容	構造	機能・特徴
接合用短管	ＰⅠ形接合用両受短管  ＰⅠ形接合用受挿短管  	①ＰⅠ形継手部で屈曲できる。 ②一般にＰⅠ形直管部との接合に用いる。 ③ＰⅡ形接合用両受短管・ＰⅡ形接合用受挿短管もある。
継ぎ輪	ＰⅢ形短尺継ぎ輪  	①既設曲管が連続して接合されている場合、その接合部に用いる。
曲管ピース	 ●受口側の真円部外径はＰⅠ形、ＰⅡ形管の受口外径と同じ。 ●挿し口部の真円部はＰⅠ形、ＰⅡ形管の挿し口部の外径を持つ。 ●受口部と挿し口部を結ぶ中央部は片落管となっている。	①既設曲管部の曲率のついている範囲内に納まるエレメントである。 ②１口径大きい既設曲管と同一の曲率半径Ｒを持つ。
連絡管	ＰⅢ形両挿連絡管  	①溝切り位置を変更することにより、長さ調整を行うことができる。 ②両側が曲管にはさまれた既設管路の直線区間に入るエレメントとして用いる。

３．施工手順

曲管１個で構成された曲管部の施工について、その手順の概略を次に示す。また、その施工完了状態を図３に示す。

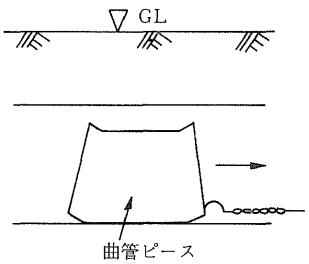
図３　施工完了状態



〔施工手順〕

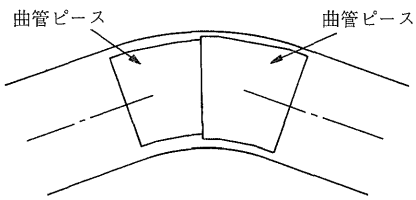
(1)　曲管ピースを所定位置まで運搬する。

図４　曲管ピースの運搬状況



(2)　曲管ピースを所定位置に据え付ける。

図５　曲管ピースの据え付け状況

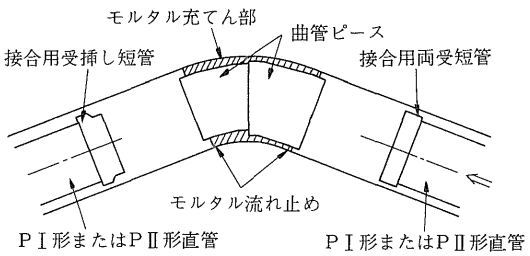


注※１．曲管ピースの箇数は既設管の角度により異なる。

(3)　接合用短管をＰⅠ形直管またはＰⅡ形直管の挿し口に接合し、それを先頭に両側の立坑から曲管に向かって内挿する。

(4)　曲管ピースの受口部と挿し口部にモルタル流れ止めを設置し、モルタルなどをハッチング部に充てんする。

図６　モルタル充てん状態および直管内挿状態



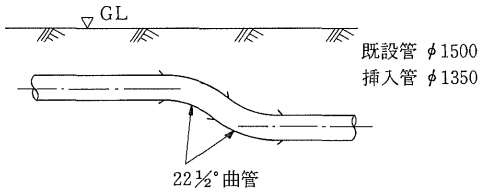
(5)　曲管ピースと接合用短管をＰⅢ形継手部で接合する。

４．おわりに

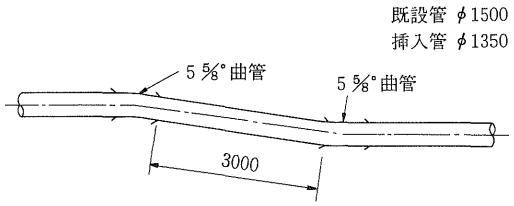
ここに紹介したダクタイル管による管内ドッキング工法は、パイプ・イン・パイプ工法の補助工法であり、この工法を適用することによりパイプ・イン・パイプ工法の長所をさらに向上させることができると考えられる。なお、施工例としては図７に示す３カ所の実績があり、安全、確実に施工できることが確認されている。

図7　施工例

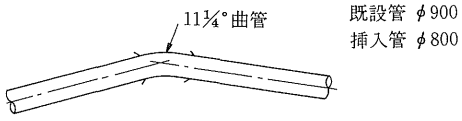
(1) 呼び径1500mm、22½°曲管2個による垂直曲管部



(2) 呼び径1500mm、5⅝°曲管2個による水平曲管部



(3) 呼び径900mm、11¼°曲管による水平曲管部



〈参考〉

ダクタイル管による直管部のパイプ・イン・パイプ工法については、協会誌第34号の「1口径落としパイプ・イン・パイプ工法用ダクタイル管」を参照されたい。

ダクタイル鉄管第38号

昭和60年5月

技術レポート

中口径（呼び径500mm）T形ダクタイル管の布設について

姫路市水道局建設課
建設係長　樫本建治

1．はじめに

本市南東部地域は、昔から入浜式塩田による塩づくりが盛んであった。しかし、近年イオン交換膜法による製塩方法に変わったためこの地域の塩づくりは衰退し、塩田が荒地となっていた。このため、土地の有効利用をはかることから、市が5年前から区画整理事業を実施し、急ピッチで開発が進んでいる。

このようなことから、近い将来、本市東南部地域の水圧低下が予想されるので、本市水道局では昭和57年度からこれに対応する容量1万2,000㎥のずい道配水池と送配水管布設工事を進めている。

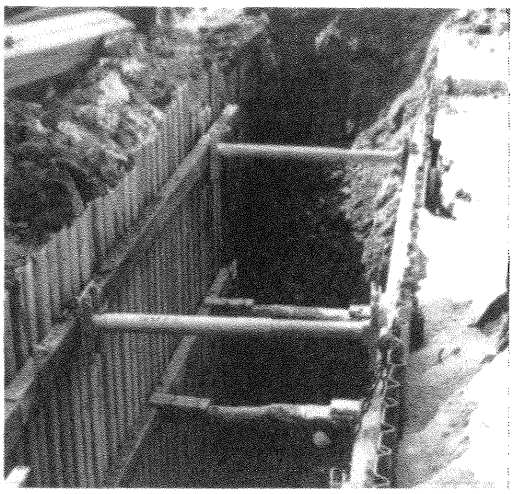
ずい道配水池は、昭和61年度末に完成する予定である。また、送配水管は総延長で15.8kmを布設する計画で、すでに7.0km布設している。

この布設工事で、今回、呼び径500mmT形管ならびに合成樹脂被覆ボルト・ナットを採用したので、採用に至った経過ならびに工事の概要などを述べることとした。

2．現地の状況

本施工ルートは、日本国有鉄道が新幹線を建設するため、鉄工団地であった用地を買収し、側道として築造した所で、新幹線および山陽本線が併走しており、近々貨物駅が付近に建設され、増線の予定区間である。

写真－1



写真－2

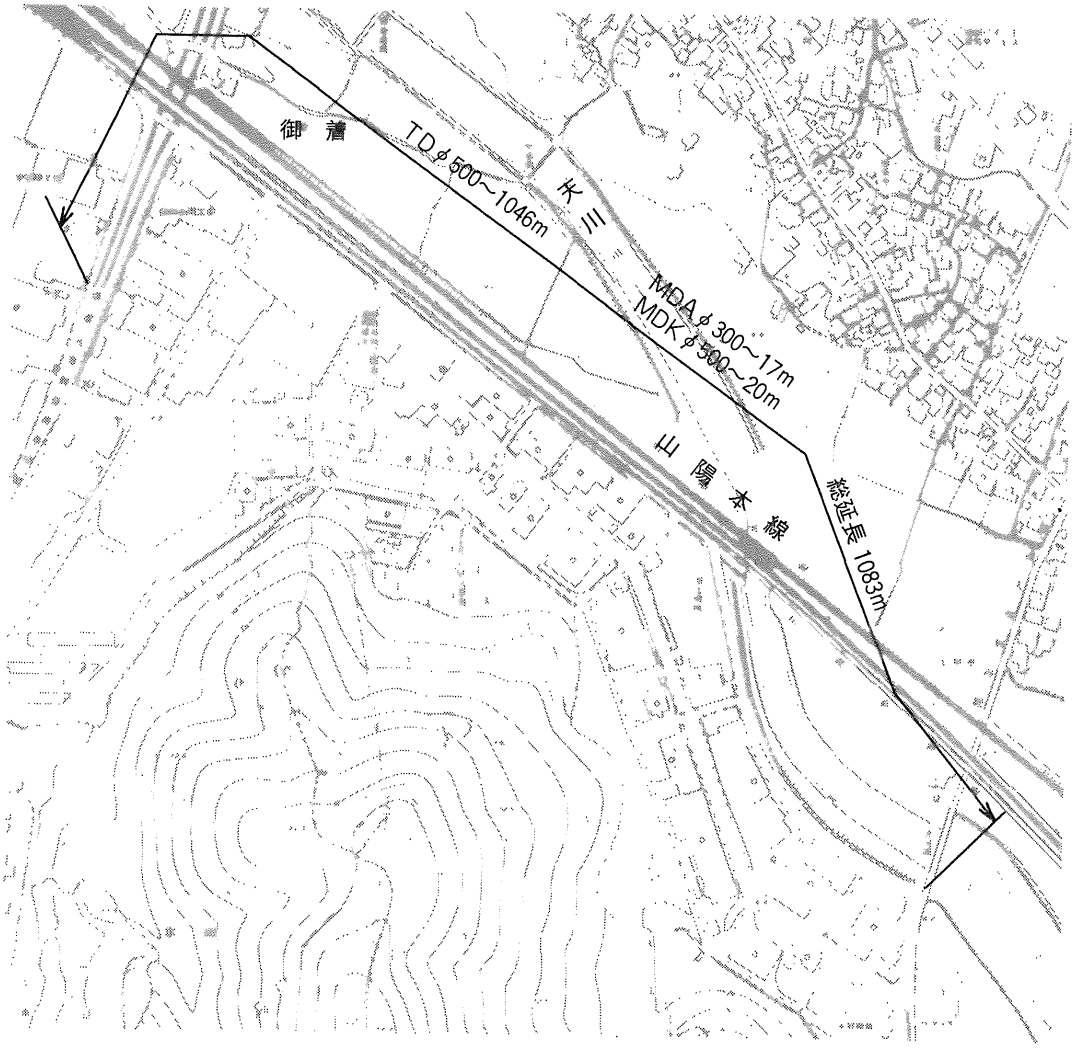
このようなことから、このルートは迷走電流による配管などの電食ならびに工場廃液などの地下浸透による土壌の酸性化や、付近の土質から判断して腐植土、粘土質の土壌である確率が高いことが心配された。

このため、本市水道局では配管工事に当たり、迷走電流による電食および土壌調査を実施した。

その調査結果は次の通りである。

〈ルート位置〉

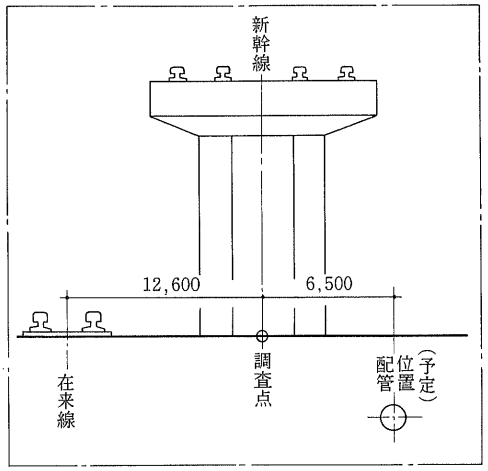
図－1　位置図 S＝1/5000



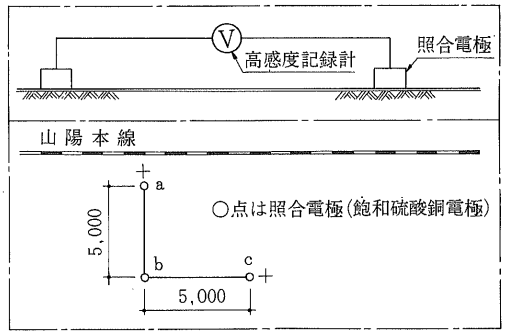
1．迷走電流の調査

調査は、もっとも大きい迷走電流が予想される鉄道と配管が平行する一地点(図－2)で実施した。調査方法は、局職員が高感度記録計を使用し、布設予定管路に平行および直角方向に大地電位分布を測定した。

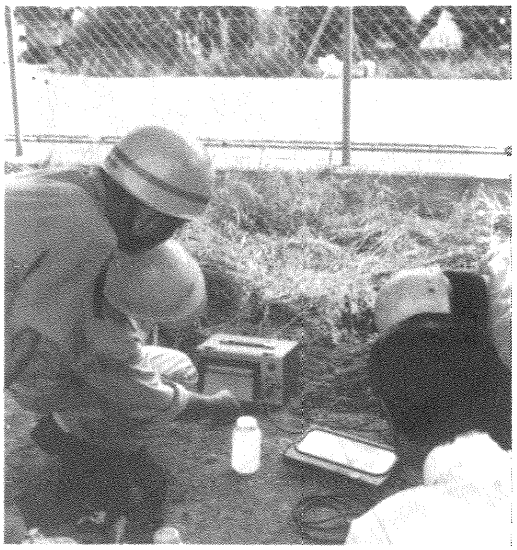
図－2



調査方法



写真－3

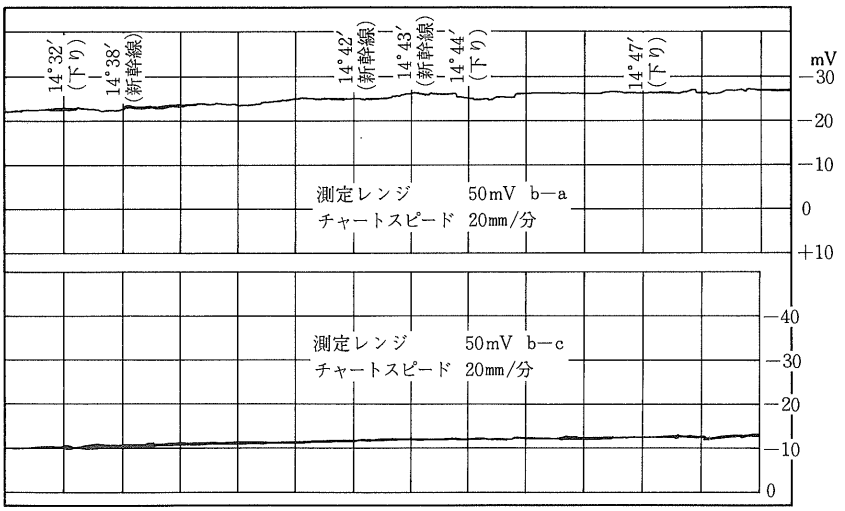


表－1　電位勾配からみた迷走電流の大きさ

土壌中の電位勾配 (mV/m)	迷走電流の大きさ
＜0.5	弱
0.5～5	普　通
＞5	強

（電食防止研究委員会資料より）

図－3　S/S測定チャート



測定結果

測定 −	測定 ＋	電極間隔 (m)	最卑値 (mV)	最貴値 (mV)	変動幅 (mV)	電位勾配 (mV/m)	勾配の変動幅 (mV/m)
b	a	5	−27.0	−22.0	−5	−5～−4	1.0
b	c	5	−13.0	−9.5	−4.5	−3～−2	1.0

2．土壌調査

調査は、鉄工団地跡地の配管する土被り1.5mの土を採取。腐食性および土壌抽出水に関する項目について調査することとしたが、調査に必要な機器などが水道局にないため、A鋳鉄管メーカーに調査を依頼した。

調査項目は次の通り。

○腐食性に関する項目

(a) 土壌の種類
(b) 土壌比抵抗の測定
(c) 酸化還元電位の測定
(d) 含水量の測定
(e) 硫化物の有無確認調査
(f) 硫黄含有率の測定

① 調査結果

試料	土質	比抵抗(1) Ω-cm	比抵抗(2) Ω-cm	Redox電位 (mV)	含水比 (%)	硫化物	イオウ含有率 (%)
1	粘土	3386	3180	+282	24	検出	0.016

○土壌抽出水に関する項目

(a) 比抵抗の測定
(b) pH値の測定
(c) 硫酸イオン含有量の測定
(d) 塩素イオン含有量の測定
(e) 過マンガン酸カリウム消費量の測定
(f) 蒸発残留物の測定
(g) 酸度の測定
(h) アルカリ度の測定

② 調査結果

試料	比抵抗(1) Ω-cm	pH値	SO_4^{2-} (mg/ℓ)	$C\ell^-$ (mg/ℓ)	$KMnO_4$ 消費量 (mg/ℓ)	蒸発残留物 (mg/ℓ)	酸度 (mg/ℓ)	アルカリ度 (mg/ℓ)
抽出水	3987	6.3	25	6	26	156	4	8

ANSIによる土壌の腐食性評価

アメリカ国家規格 アメリカ水道協会規格(ANSI/AWWA C 105—77)に規定される評価方法により、土壌の腐食性を評価した。

ANSIでは、比抵抗、pHおよびRedox電位の各測定値と、水分量および硫化物の有無を点数化し、その合計点数が10点以上になれば腐食性土壌と判断し、ポリエチレンスリーブ方法による防食対策を施すことを推奨している。

腐食性評価を表—2に示し、評価結果を表—3に示す。

表—2 ANSIによる土壌の腐食性評価

測定項目	測定値	点数	測定項目	測定値	点数
比抵抗 Ω-cm	<700	10	Redox電位 (mV)	>100	0
	700～1000	8		50～100	3.5
	1000～1200	5		0～50	4
	1200～1500	2		<0	5
	1500～2000	1	水分	排水悪く常に湿潤	2
	>2000	0		排水かなり良、一般に湿っている	1
pH	0～2	5		排水良、一般に乾燥。	0
	2～4	3			
	4～6.5	0	硫化物	検出	3.5
	6.5～7.5	0※		痕跡	2
	7.5～8.5	0		なし	0
	>8.5	3			

※pHが中性域(6.5～7.5)で、硫化物が存在し、Redox電位が低い場合は3点を加算する。

表－3　ANSIによる土壌の腐食性評価結果

項目 / 試料	比抵抗 Ω-cm		pH		Redox電位 (mV)		含水比 (%)		硫化物		合計点数
	値	点数	値	点数	値	点数	値	点数	値	点数	
1	3180	0	6.3	0	+282	0	24	2	検出	3.5	5.5

（注）比抵抗の評価については、比抵抗(2)を採用した。

以上の調査では、迷走電流による影響はきわめて少なく、土壌についても心配する程度の数値は出なかった。

3．T形管の採用

調査結果では、迷走電流の影響はきわめて少ないものであった。また、土壌については、心配されていた通り粘土質であり、硫化物も検出されたが、これもANSIによる土壌の腐食性評価からみると防食対策を必要とするものではなかった。

しかし、水道局では、ナットの腐食(写真)という苦い経験があるため、下記の理由によりT形管の採用に踏み切った。

〈採用理由〉

(1) 布設場所が海岸部であること。

(2) 近く貨物ヤードの建設が予定されており、これによる電食が心配されること。

(3) 小口径T形管は耐震動、耐食性などに実績があること。昭和47年度より呼び径250mmまでのものについては、海岸地域よりT形管を採用しているが、昭和54年の震度3の地震、昭和59年の山崎断層地震(震度4)においても問題はなかった。一方腐食についても今のところ事故が起きていない。

(4) 経済性に優れていること。

今回使用する呼び径500mmのT形管と従来のK形管を比較すると、材料費＋工事費で約14%安かった。

(5) 施工性に優れ、工事期間が短縮できること。

(6) 施工場所がほぼ直線であること。

写真－4

4．工事概要

(1) 工事名称　姫路市水道局大塩幹線布設工事

(2) 施工場所　姫路市御国野町御着

(3) 施工期間　昭和59年10月11日着工
昭和59年12月19日完工

(4) 工事
- TD φ500　延長 1046m
- MDK φ500　延長　20m
- MDA φ300　延長　17m
- 仕切弁(立型) φ500　2カ所
- 仕切弁(立型) φ300　1カ所
- 消火栓　φ 75　4カ所
- 空気弁　φ 75　2カ所

(5) 工費　総額　8,774万7,000円
- 内訳 支給材料費　2,801万7,000円
- 内訳 請負工事費　3,792万1,000円
- 内訳 舗装復旧費　2,180万9,000円

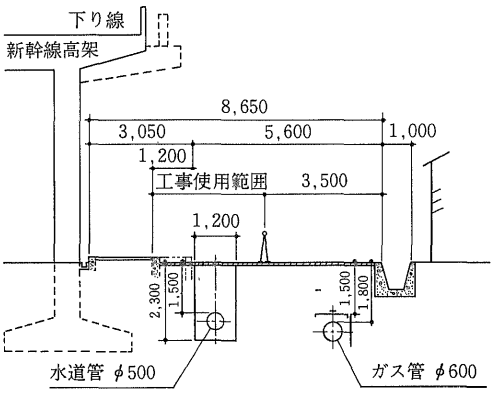
5．施工方法

1．工事制限

断面図の通り、配管埋設場所すぐ北側に新幹線の高架橋が走っており、軌道面より上へは掘削機、クレーン車などのアームが上げられないこと。また、通常工事は片側通行止めとするが、近隣に運送会社があり、掘削道路が陸運局届け出ルートとなっているため、大

型トレーラー通行可能幅3.5mを確保しなければならなかった。

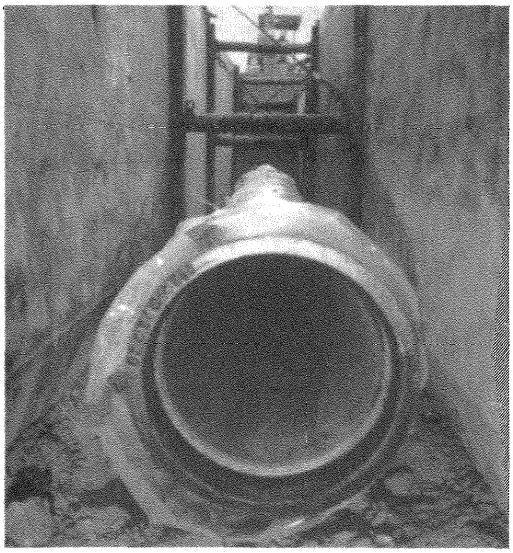
図－4　A工区標準断面



2．施工要領

大型トレーラーの通行幅を確保するため、とりあえず歩道を撤去し、幅120cm、深さ215cmをパワーショベルで掘削。矢板打ちの開削工法で工事を進めた。工事概要で述べた通りすべてT形管を使用したのではなく、水路により屈曲する所、既設管の取付けについては従来のA形管、K形管を使用した。管の接合は、レバーブロックによる挿入方法で進めた。T形管については特に接合後、受口と挿し口のすき間に薄板ゲージを挿し込み、全円周にわたりゴム輪が正しい位置にあるかを全接合箇所について確認した。なお、ゲージが異常に入り込む時は、解体して点検したほか、①管の据付け、②受口内面、挿し口外面の清掃、③ゴム輪の装着、④滑剤の塗布、⑤接合についても、呼び径500㎜T形管は上水道管として過去に施工された例がないので、細心の注意を払った。

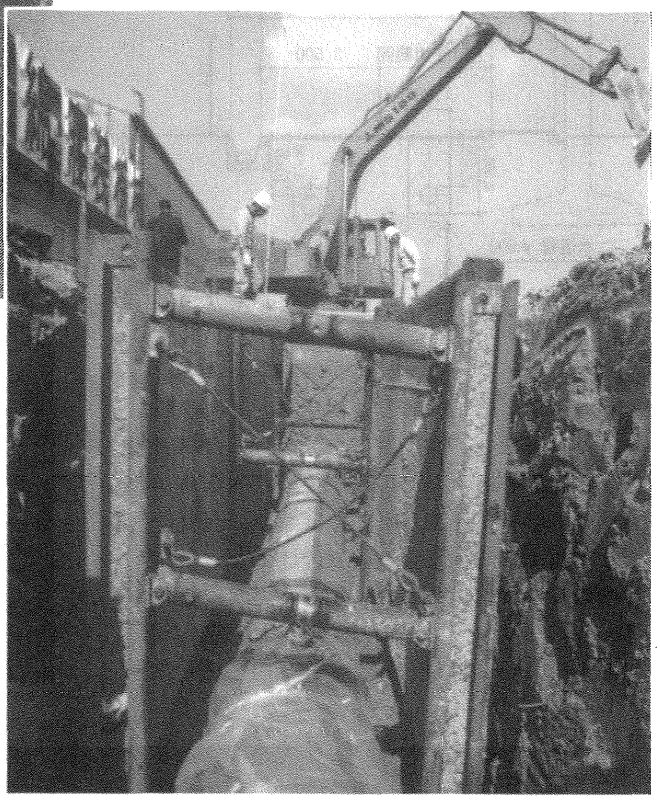
写真－5



写真－6

写真－7

写真－8



6．あとがき

本工事は、10.5kg/㎠の水圧テストも無事合格し、昭和59年12月19日に完了し、通水中であるが、T形管を施工しての考察を2、3述べる。

(1) 埋設予定現場が直線管路であればあるほど、その施工性が発揮でき、費用の低減がはかれるものと思える。反面、分岐、異形管を多く使う所では施工性、異形管材料手配などに工夫の余地があると思われる。

(2) K形管の継手は広く普及し、信頼を得ているが、T形管はボルト締め作業がないため接合した実感がなく、水圧テストの結果まで心理的な不安が残った。(結果はまったく問題がなかった)

(3) 今回の工事のように電食、自然腐食について不安がある場合は、ポリエチレンスリーブを使用するにしてもT頭ボルト・ナットを使用しないため、より安全と思える。

(4) 切管に接合する場合、既設管の継手の抜出し防止措置を講ずる必要があると思われるが、今後設計に当たり、現地の状況をよく把握し、T形管の特性である費用の低減、優れた施工性などが発揮できる現場については、中口径のT形管の採用を今後とも検討していきたい。

技術レポート2

呑吐ダム堤体内監査廊でのダクタイル鋳鉄管工事について

近畿農政局東播用水農業水利事業所
呑吐支所長　黒澤　純
試験係長　水坪秀紀

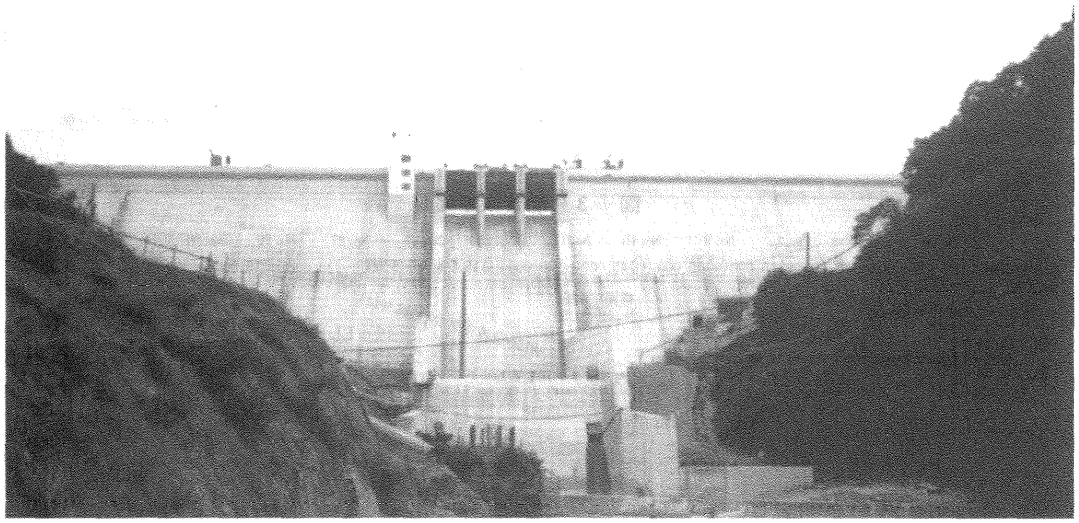
1．はじめに

呑吐ダムは、国営東播用水農業水利事業の水源施設として、加古川水系志染川の兵庫県三津田地先に建設中のコンクリート重力ダムであり、併せて同事業実施中の大川瀬ダムおよび川代ダムの総合運用により、兵庫県東播地域の農地8,363haの農業用水の確保と13市町の水道用水日最大27万7,000㎥の供給を目的として計画されたものである。

ダムの規模は、堤高71.5m、堤頂長260m、堤体積37万㎥、有効貯水量1,780万㎥である。

このダム工事の一環として、ダム堤体内に

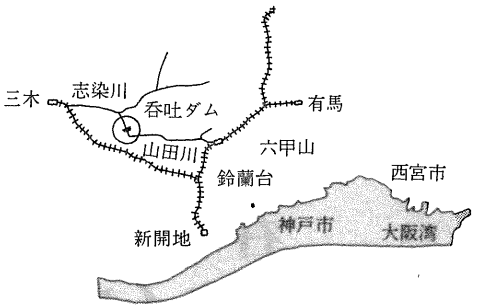
写真－1　ダム全景



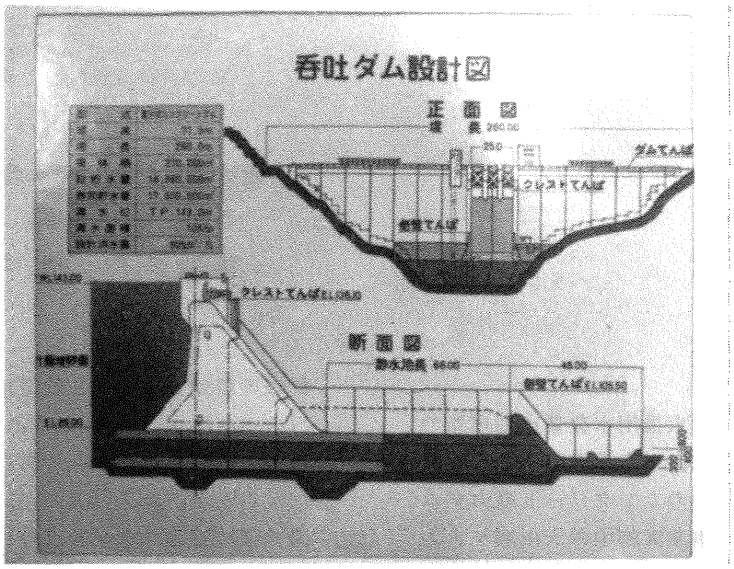
農業用水を横断させることが必要であり、本堤内サイホン工事にダム構造上および管理上の観点から、監査廊内での露出配管工法を採用した。

なお、サイホンに用いる管種については、十分な強度と水密性を有し、耐久性に富み、施工や維持管理が容易で、経済的であることが望まれるが、総合的に検討し、ダクタイル鋳鉄管を採用したので、ここに紹介する。

図―1　呑吐ダム位置図

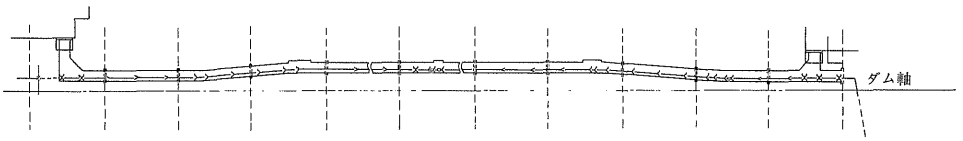


写真―2　ダム設計図

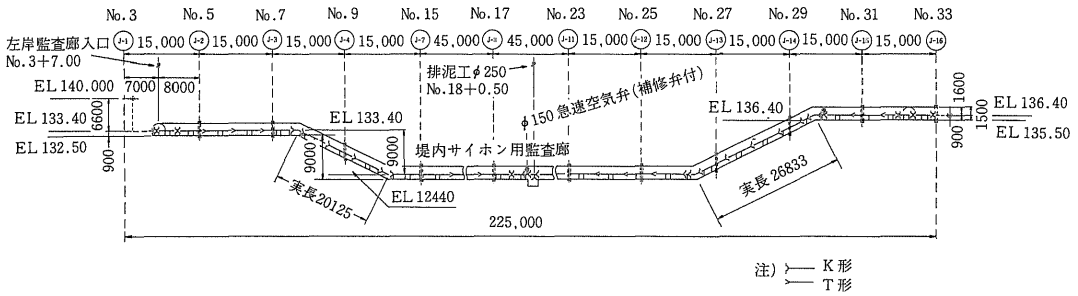


2．ダム堤体内監査廊配管の概要

図―2　配管平面図



図―3　配管縦断図



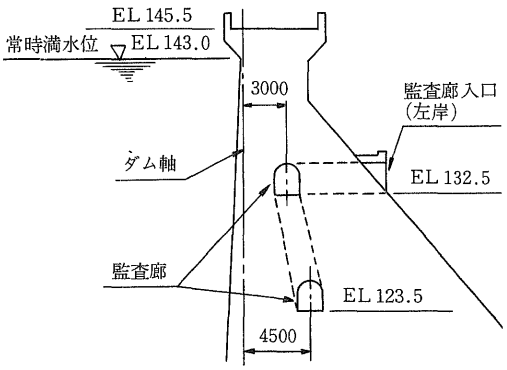
(1) ダクタイル鋳鉄管　呼び径　1000mm

(2) 延　長　219.3m { 直線部　172.32m / 左・右傾斜部　46.98m }

(3) 傾斜角度　約27°

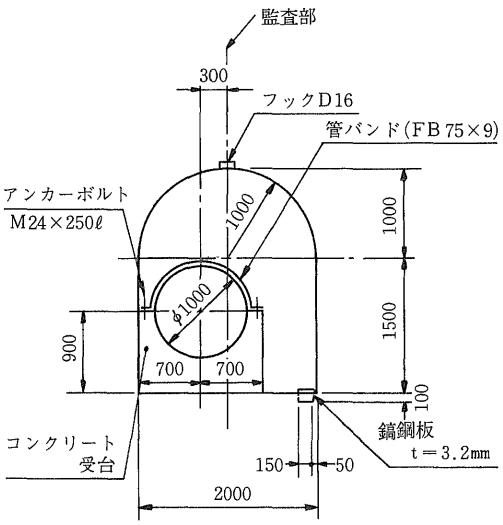
(4) 監査廊位置および標準断面

図－4　監査廊位置図



監査廊は高さ2.5m、幅2.0mの馬蹄形であり、管据付けのスペースとして高さは十分であるが、幅員は狭く、据付けおよび将来の維持管理上の点検のため、管の片側を通路として活用できる余裕を考慮して、図－5のような標準断面とした。

図－5　監査廊標準断面図



3．配管設計

1．管　厚

① 内水圧から求める管厚

$$T_1 = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{P \cdot D}{2\sigma} + t_2 + t_3$$

ここに、

T_1：内水圧から求める管厚cm

P：設計水圧　5 kgf/cm²

D：呼び径　1000mm

σ：ダクタイル鋳鉄の許容引張応力　1,890kgf/cm²

t_1：設計管厚　cm

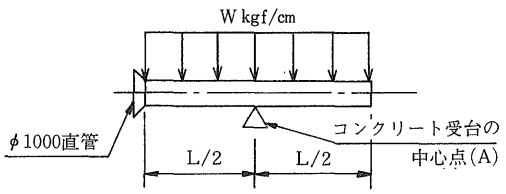
t_2：腐食代　0.1cm

t_3：鋳造公差　0.1cm

$$\therefore T_1 = \frac{5 \times 100}{2 \times 1{,}890} + 0.1 + 0.1 = 0.33\text{cm}$$

② 外圧(自重)から求まる管厚

図－6　軸方向曲げモーメント検討図



$$Mmax = M_A = \frac{WL^2}{8}$$

$$\sigma = \frac{M_A}{Z}$$

$$Z = \frac{\pi(D_2^4 - D_1^4)}{32D_2} \fallingdotseq \frac{\pi D^2 t_1}{4}$$

$$\therefore t_1 = \frac{WL^2}{2\pi D^2 \cdot \sigma}$$

$$\therefore T_2 = \frac{WL^2}{2\pi D^2 \cdot \sigma} + t_2 + t_3$$

D_2：管外径　cm

D_1：管内径　cm

ここに、

Z：管の断面係数　cm³

M_A：A点の軸方向曲げモーメント　kgf-cm

W：自重による等分布荷重　13kgf/cm(管重および水重)

L：管　長　600cm

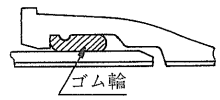
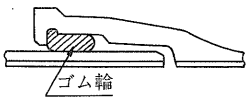
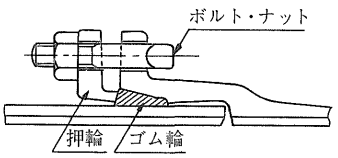
$$\therefore T_2 = \frac{13 \times 600^2}{2 \times \pi \times 100^2 \times 1{,}890} + 0.1 + 0.1 = 0.24\text{cm}$$

$T_1 > T_2$であるから、必要管厚は0.33cmとなる。

したがって５種管（T＝11mm）とする。

２．継手の選定

表―１　継手の特性比較表

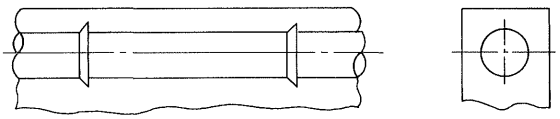
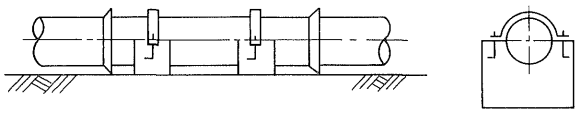
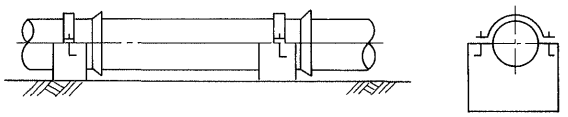
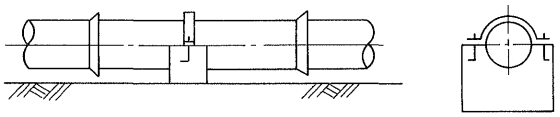
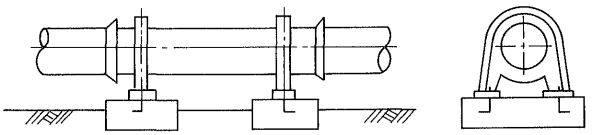
項目	T形　ダクタイル鋳鉄管	K形　ダクタイル鋳鉄管
構造	呼び径：75mm～600mm  呼び径：700mm～2000mm  	呼び径：75mm～2600mm 
特長	受口の内面にゴム輪を装着し、テーパ状の挿し口を挿入するだけで簡単に接合できるプッシュオンタイプである。作業が迅速で、継手の水密性が高く、伸縮性、可とう性がある。	ゴム輪は、角ゴムと丸ゴムを一体化したものである。丸ゴム部を強く圧縮させるので圧縮量が大きく、継手の水密性を高めたメカニカルタイプで伸縮性、可とう性がある。
接合性	①プッシュオンタイプの継手であり、けん引器具で挿し口を挿入する。 ②滑剤は専用のダクタイル管継手用滑剤を使用する。 ③切管は管を切断後、挿し口端に面取り加工が必要である。	①メカニカルタイプの継手であり、ラチェットレンチなどでボルトを締付けて接合する。 ②滑剤は専用のダクタイル管継手用滑剤か、あるいは濃い石けん液を使用する。 ③T形のような切管後の面取り加工はいらない。
異形管	①呼び径　250mm以下 T形、A形、K形異形管 呼び径　300mm～350mm A形、K形異形管 呼び径　400mm以上 K形異形管 が用いられる 〔例〕 	①K形異形管が用いられる。
施工性	直線管路に適す。	複雑な配管でも直管と同様に接合でき、切管に伴う面取りが不要であるため、管路が輻輳している市街地や、異形管の多い配管にも適す。

以上の検討の結果、直線部はT形継手、傾斜部および曲管部はK形継手とした。なお、継手の方向は施工性を考慮して、管路中央を中心として左右へ受口を向けるものとした。

３．管受台の選定

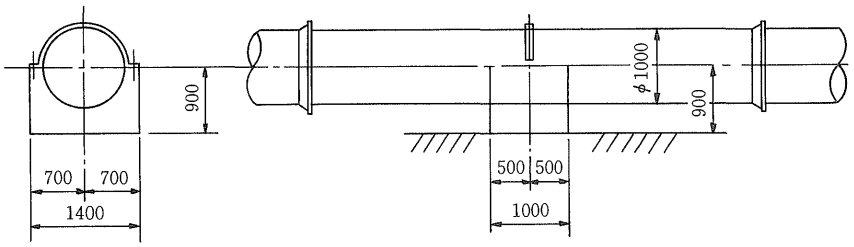
管受台の選定は露出配管の重要なポイントであり、受台の形式によってパイプラインの安全性、施工性、経済性、美観に大きな影響を与えるので、次の５種類について比較検討を行った。

表―2　受台比較表

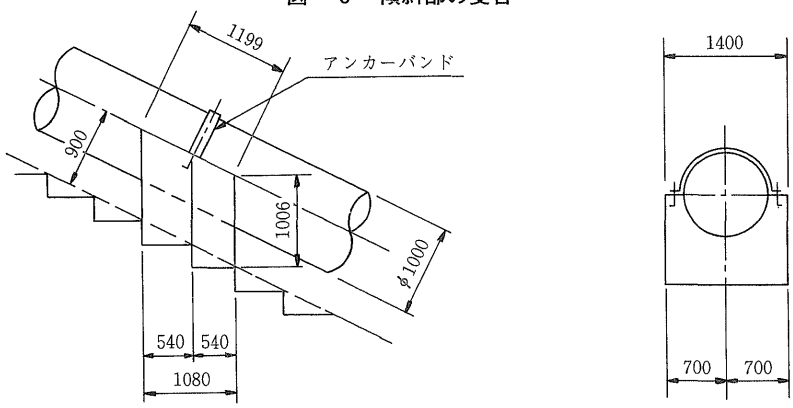
受台の種類		略図
A	管路をコンクリートで全巻きにする。	
B	管1本について2カ所コンクリート受台で半巻き	
C	管1本について1カ所コンクリート受台で半巻き（受口部）	
D	管1本について1カ所コンクリート受台で半巻き（管中央部）	
E	管1本について2カ所リングガーダー方式	

検討の結果、安定度が高く、経済的なDタ　　に決定した。
イプを選定し、詳細寸法を図―7～9のよう

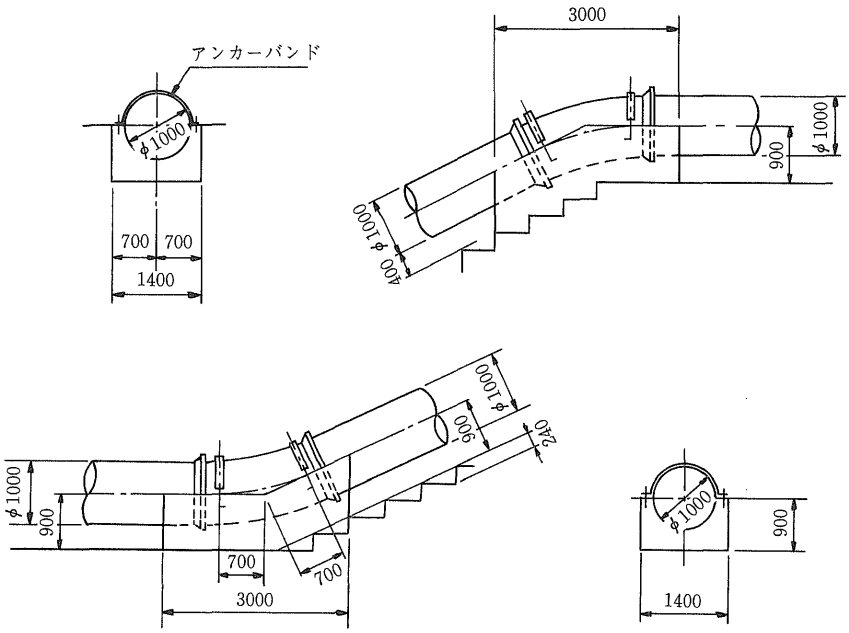
図―7　水平部の受台



図―8　傾斜部の受台



図－9　曲管部の受台



4．管体の安定性の検討

①　管と管受台との付着力（傾斜受台部）

$$\sigma_3=\frac{F}{A}$$

ここに、

σ_3：管と受台との付着力　kgf/cm²

F：滑る力　$F=W\cdot L\sin\theta$

W：13.0kgf/cm²（鉛直震度0.15）

L：管長　600cm

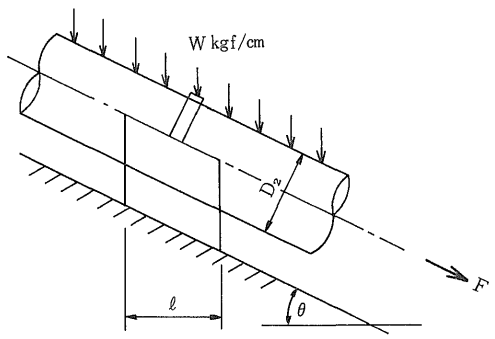
θ：傾斜角（27°）

A：付着面積　$A=\frac{\pi}{2}\cdot D_2\cdot \ell$

D_2：管外径　104cm

ℓ：受台の幅（安全を見て100cm）

図－10　傾斜部受台の滑動力検討図



$$A=\frac{\pi}{2}\times104\times100=16,336\text{cm}^2$$

$$F=13.0\times600\times\sin27°=3,541\text{kgf}$$

$$\sigma_3=\frac{3,541}{16,336}=0.2\text{kgf/cm}^2$$

許容付着力 $\sigma_{ca}=5.0$kgf/cm²とすれば十分に安全である。

②　地震時の軸方向転倒の検討（水平受台部）

図－11において、0点回りの転倒モーメントM_1は、

$M_1=H_1\cdot L\cdot h_1-W_1\cdot L\cdot B$

ここに、

H_1：地震時水平荷重　3.38kgf/cm（水平震度 0.3）

W_1：平時鉛直荷重　11.27kgf/cm

L：管長　600cm

h_1、B：図－11より　$h_1=90$cm，B＝50cm

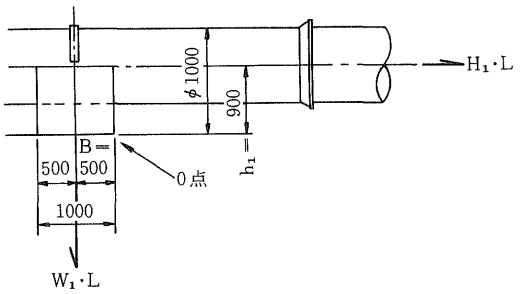
$\therefore M_1=3.38\times600\times90-11.27\times600\times50$

$=-15,580$kgf·cm

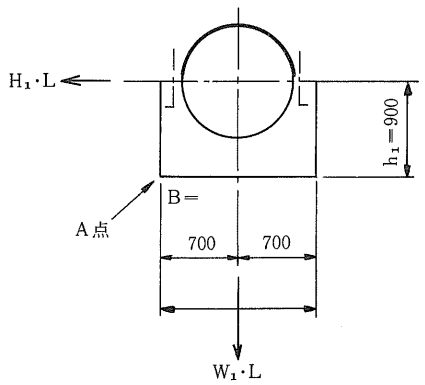
$M_1<0$であるから、転倒はあり得ない。

③　地震時の軸直角方向転倒の検討（水平受台部）

図—11　水平部受台の軸方向水平力検討図



図—12　水平部受台の軸直角方向水平力検討図



図—12において、A点回りのモーメントM₂は、

$$M_2=H_1\cdot L\cdot h_1-W_1\cdot L\frac{D}{2}$$

$$=3.38\times600\times90-11.27\times600\times\frac{104}{2}$$

$$=-169,104\text{kgf}\cdot\text{cm}$$

$M_2<0$であるから、転倒はあり得ない。

この計算にもバンド締付力および付着力は無視した。

5．防食設計

① 管内面

内面には、いくらかの砂の混った農業用水が通るので、直管には厚さ10㎜のモルタルライニングを施す。(JIS G A 5314)

また、異形管にはタールエポキシ樹脂塗料を塗布する。(JWWA K 115)

② 管外面

監査廊内なので湿度、温度が高いため結露などを考慮して検討の結果、タールエポキシ樹脂塗料を塗布する。

③ 管受台

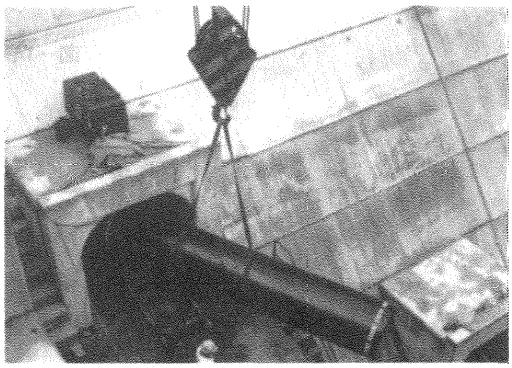
鋼製受台はさびやすいのでコンクリート製受台とし、管固定用鋼製バンドは全面タールエポキシ樹脂塗装とする。

4．配管据付け

1．監査廊内への管搬入方法

ダム前方の資材置場からダム工事用ワイヤクレーンで吊り揚げて搬入口まで搬入した。搬入口の踊り場で専用台車(キャスター付)に管材を積載し、ワイヤとヒッパラー2台を用いて緊結し、人力(4～5名)にて搬入する。

写真—3　搬入口での吊り込み作業

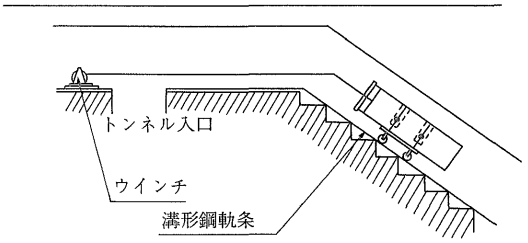


写真—4　専用台車

傾斜部は階段になっているので、溝形鋼2条を仮設して簡易軌条とし、専用台車に管材を乗せ、上方搬入口近くに設置した電動ウインチのワイヤでゆっくりと巻き降した。水平部に到達後ワイヤを取りはずし、人力にて所定の位置まで専用台車を押して運搬した。

写真―5　傾斜部簡易軌条

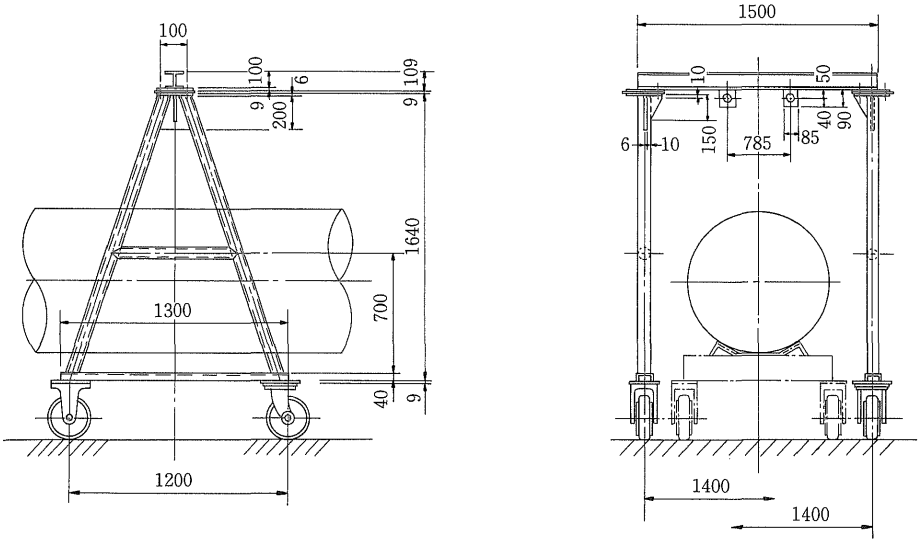
図―13　傾斜部簡易軌条による巻き降し



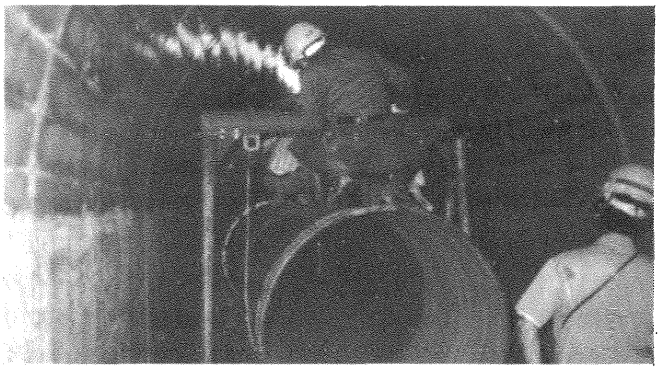
2．管の接合作業

管の接合作業は所定位置の手前で停止させ管を専用台車から接合芯出し治具（キャスター付）に吊り替えた後、管先端を接合位置まで移動し、チェンブロックで高さを調整しながら継手接合を行った。

図―14　接合芯出し治具



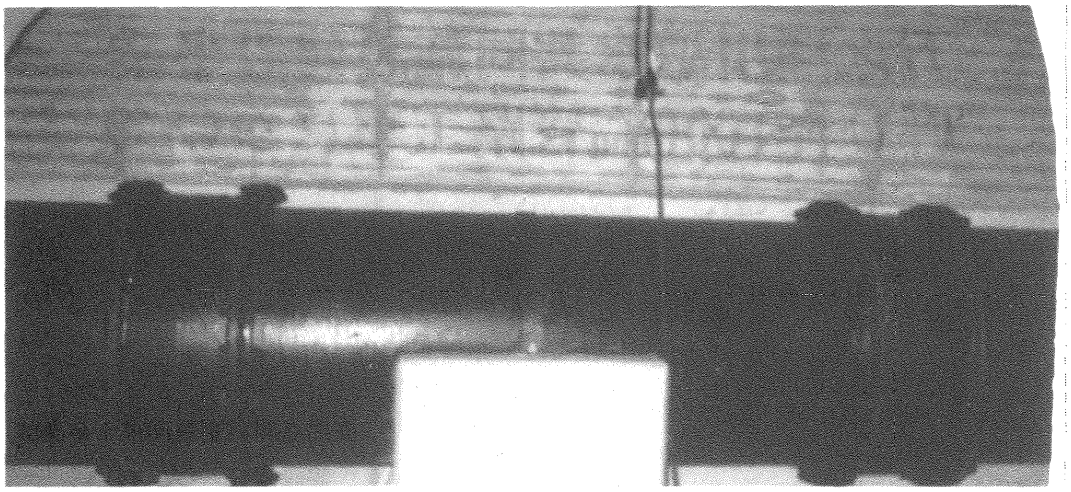
写真―6　芯出し治具による継手接合



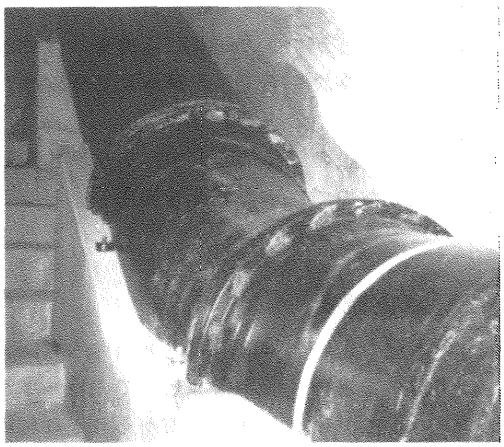
3．管受台の築造

管の接合が終了したら、管受台位置より1m～2m手前の所で管底を仮設台で支え、接合芯出し治具を移動し、それから所定の位置に管受台の型枠を施し、バンド用のアンカーボルトをセットし、コンクリートを管中心高さまで打設した。コンクリートが十分固まってからバンドを締付けた。

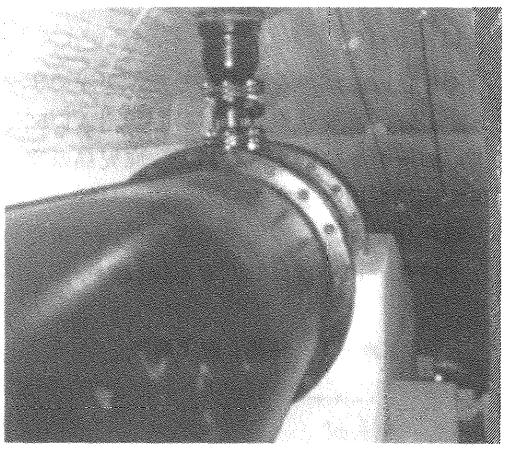
写真－7　水平部受台



写真－8　曲管部受台(傾斜面底部)



写真－9　曲管部受台(傾斜面頂部)



4．管外面の仕上げ塗装

工事が全部完了した後、管外面をタールエポキシ樹脂塗料で仕上げ塗装した。

5．おわりに

今回、ダム堤体内に大川瀬導水路から用水を呑み、サイホン管路により対岸山田幹線水路へ吐き出すダクタイル鋳鉄管（φ1000 T形、K形）配管工事が、11月中旬に最終塗装作業も終り、順調に施工できた。

特に急傾斜面(階段)部の配管作業は、簡易軌条による巻き降し法で危険度も少なく安全に作業でき、ダクタイル鋳鉄管の採用によりトンネル内の換気設備の要もなく、また、最終塗装(タールエポキシ)によりトンネル内温度に対する防食防錆および美観効果をあげることができた。

最後に、本工事を無事故で施工された工事関係者および本工事設計に貴重なる助言をいただいた方々に敬意を表す次第である。

技術レポート3

万之瀬川導水共同施設建設事業 呼び径1000㎜管路工事について

鹿児島開発事業団導水事業部
建設課長　大村耕一

1．はじめに

噴火を続ける桜島を正面にした“東洋のナポリ”と呼ばれる鹿児島市（計画給水人口52万人）の水需要に応えるためと、鹿児島県臨海第２期工業用水道事業の水供給を目的として、昭和48年６月に万之瀬川導水計画が策定されて以来、10年目にして導水施設の一部に着工することができ、昭和62年度末には約21kmの本導水施設を完工し、通水にこぎ着けたいと鋭意奮闘中である。

本導水施設の管路部の大半にダクタイル管を採用したので、その概要を報告し、みなさまのご参考に供したい。

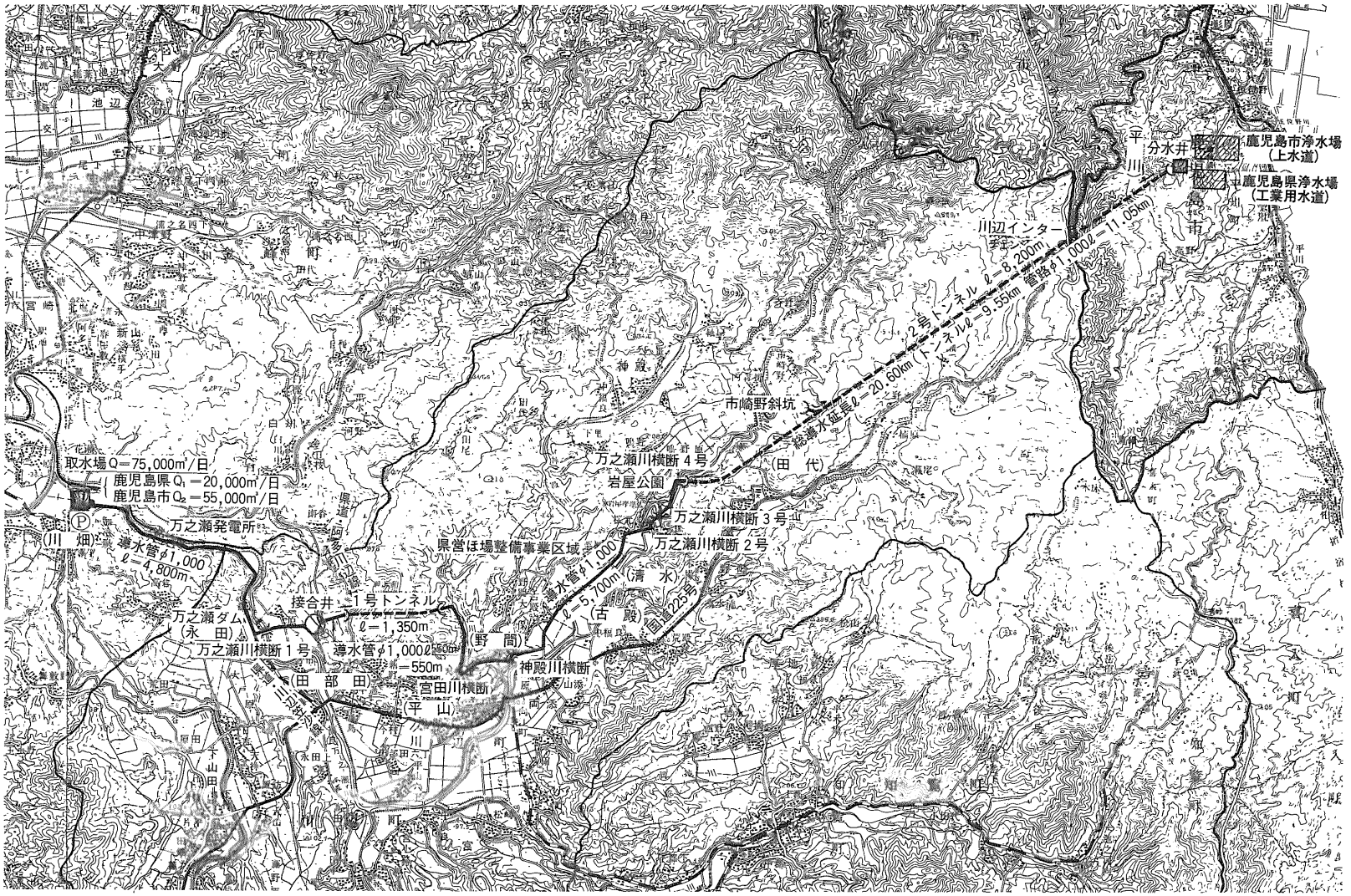
写真－１　桜島と鹿児島市

2．事業概要

本事業の正式名称は、万之瀬川導水共同施設建設事業と呼び、本県はじめての域外導水であり、鹿児島県と鹿児島市がそれぞれ施行する鹿児島臨海第２期工業用水道事業と、鹿児島市第10回水道拡張事業の基幹となる取水施設および導水施設（共同施設）を、鹿児島開発事業団が設置団体の鹿児島県および鹿児島市から委託を受けて、昭和62年度まで施行するものである。

事業の内容は、取水源として限界となった鹿児島市の生活用水と工業用水の確保のため鹿児島市の北部と南部河川を候補として調査した結果、需要地にもっとも近接している二級河川・万之瀬川水系万之瀬川（河口流域面

図—1　導水施設位置図


鹿児島市浄水場
(上水道)
鹿児島県浄水場
(工業用水道)
分水井
川辺インター
2号トンネル ℓ=8,200m
(トンネルℓ=9.55km 管路φ1,000ℓ=11.05km)
市崎野斜坑
(田　代)
万之瀬川横断4号
岩屋公園
万之瀬川横断3号
万之瀬川横断2号
県営ほ場整備事業区域
導水管φ1,000
ℓ=5,700m
(清　水)
(古　殿)
国道225号
取水場Q=75,000m³/日
鹿児島県Q₁=20,000m³/日
鹿児島市Q₂=55,000m³/日
万之瀬発電所
(川　畑)
導水管φ1,000
ℓ=4,800m
接合井
1号トンネル
ℓ=1,350m
万之瀬ダム
(永　田)
万之瀬川横断1号
導水管φ1,000ℓ=550m
(野　間)
神殿川横断
(田　部　田)
宮田川横断
(平　山)

積367.1㎢）から1日最大7万5,000㎥を取水し、鹿児島県加世田市および川辺郡川辺町を経て鹿児島市平川町まで延長20.60kmの導水施設を建設するものである。

本事業費は203億6,200万円で、財源は鹿児島県負担金が54億3,000万円、鹿児島市負担金が149億3,200万円である。

3．施設内容

1．取水施設

① 取水地点

- 二級河川・万之瀬川水系万之瀬川の花川橋直下流左岸（鹿児島県加世田市川畑）
- 東シナ海の河口から8km上流（取水地点流域面積219.6㎢）

② 取水方法

- 取水門方式による自然取水

③ 1日最大取水量

75,000㎥/日（合計）

- 20,000㎥/日（鹿児島県工業用水道）
- 55,000㎥/日（鹿児島市上水道）

④ 環境基準類型

B類型（水道3級）

2．導水施設

① 導水距離

20.60km（合計）

- 2.40km（11%、鹿児島県加世田市地内）
- 16.40km（80%、鹿児島県川辺郡川辺町地内）
- 1.80km（9%、鹿児島県鹿児島市地内）

② 導水方法

- ポンプ圧送方式（取水場～接合井間）

ポンプ：17.4㎥/分×4台（フライホィール付き）

全揚程：100m

L_1＝4.80km（23%）……呼び径1000mm

- 自然流下方式（接合井～分水井間）

L_2＝15.80km（77%）

- 6.25km……呼び径1000mm
- 9.55km……トンネル

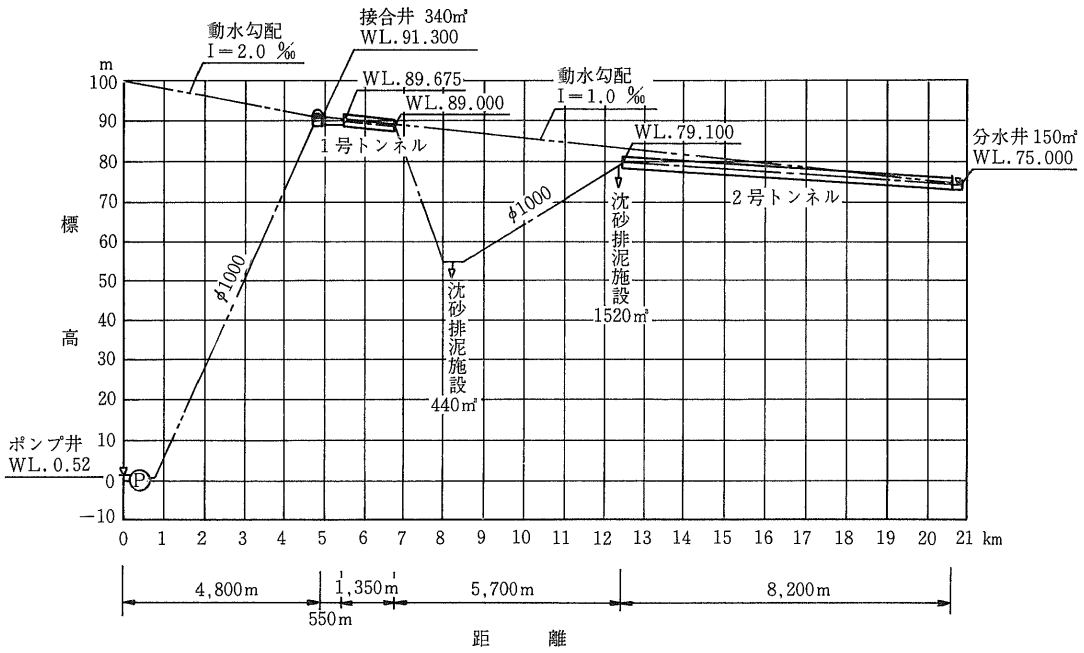
③ 導水路トンネル

9.55km（合計）

- 1.35km（1号トンネル）、ホロ型断面（幅1.80m×高さ1.95m）
- 8.20km（2号トンネル）、ホロ型断面（幅2.00m×高さ2.30m）

- 動水勾配：1/2000

図－2　万之瀬川導水水位高低図



④　導水管路

11.05km(合計)

7.90km(71%、ダクタイル管)

3.15km(29、鋼管)

- 地下埋設部：土被り1.2m以上
- 水管橋および伏せ越し管路：6カ所
  (万之瀬川横断4カ所、
  宮田川横断1カ所、
  神殿川横断1カ所)

⑤　付帯施設

- 接合井(340㎥)：1カ所
- 沈砂排泥施設(440㎥、1520㎥):各1カ所
- 分水井(150㎥)：1カ所

4．事業経過

①　昭和48年6月
鹿児島県および鹿児島市共同の万之瀬川導水計画を策定。

②　昭和48年6月～昭和56年11月
万之瀬川導水計画について、流域1市5町と導水の同意取得のため協議。

③　昭和56年9月14日
鹿児島県および鹿児島市と万之瀬川流域水利用対策協議会で、万之瀬川取水に関する協定書を締結。

④　昭和57年2月24日
鹿児島県と鹿児島市で万之瀬川導水事業に関する基本協定書を締結し、共同施設の建設について鹿児島開発事業団へ委託。

⑤　昭和57年8月12日
鹿児島開発事業団に導水事業部が発足。

⑥　昭和57年9月20日
鹿児島県、鹿児島市および鹿児島開発事業団の3者で万之瀬川導水事業に係る共同施設の建設に関する協定書を締結。

⑦　昭和57年10月15日
鹿児島臨海第2期工業用水道事業の事業届の承認について通商産業省が通知。

⑧　昭和57年12月8日
鹿児島市第10回水道拡張事業の申請について厚生省が認可。

⑨　昭和57年12月25日
万之瀬川導水に伴う水利使用の申請について、建設省の認可に基づき鹿児島県が許可。

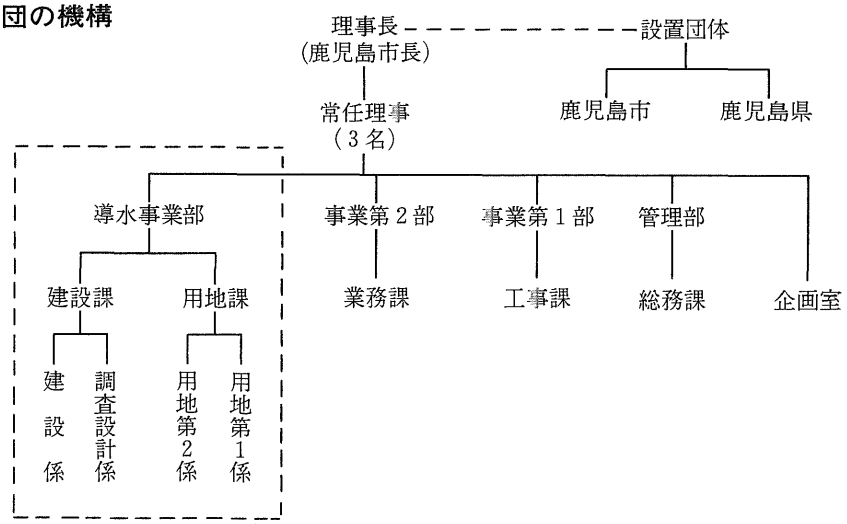
⑩　昭和58年1月
導水施設の実施調査・設計に着手。

⑪　昭和58年12月
導水施設工事に着工。

⑫　昭和59年5月
2号トンネル築造工事に着工。

⑬　昭和59年12月
導水事業に伴う用地買収を概ね完了。

5．事業団の機構



6．管種の選定

本導水管路のポンプ圧送部分の設計水圧は最大15kgf/㎠、常圧10kgf/㎠であり、自然流下部分は、最大6.0kgf/㎠、常圧4.0kgf/㎠で、土被りは標準1.2～2.0mであるから、適用できる管種はダクタイル管か鋼管ということになる。

本管路の大部分は県道・市道・町道地内に布設されるのであるが、全体的に道路幅員が狭いため、

(i) 掘削幅を極力狭くしなければならない。

(ii) 工事中、通行車両や地元住民にできるだけ迷惑をかけぬように、工期短縮をはからねばならない。

という大きな理由で、一般公道に布設する管には施工スピードが速く、施工性に優れ、会所掘りの不要なU形ダクタイル管を採用することにした。

なお、農道や買収用地内に布設する部分や河川横断の水管橋などには鋼管を採用した。

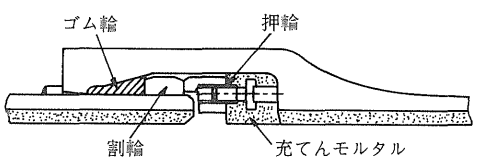
7．導水管路(ダクタイル管)の仕様

本管路の直管部分にはU形ダクタイル管(JIS G 5526、3種管、内面セメントライニング、6m管)を使用し、異形管部分には離脱防止継手を有するUF形ダクタイル管(JIS G 5527、内面タールエポキシ塗装) を使用することによりアンカーブロック(スラストブロック)を省くようにしたが、45°以上の曲管には、特に安全性を考慮してアンカーブロックとの併用方式を採用した。

なお、本管路の防食効果をあげるために、全線にわたってポリエチレンスリーブを巻くようにした。

図－3　U形継手

U形(内面継手)



特長

管の内部から接合作業のできる構造である。トンネル内や狭い開削溝でも、安全で経済的に施工できる。

用途

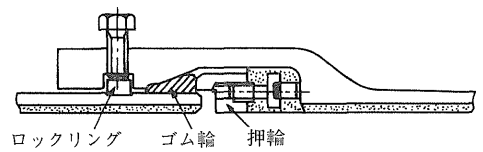
トンネル内用および狭開削溝用

適用範囲

呼び径 700～2600mm

図－4　UF形継手

UF形



特長

KF形と同じロック方式を内面継手に取り入れたもので、抜出し防止用として、曲管部などに使用される。

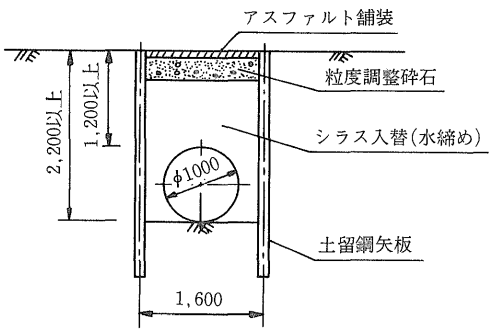
用用途

離脱防止用

適用範囲

呼び径 700～2600mm

図－5　管布設標準断面図



8．導水管路(ダクタイル管)の施工

本管路の地盤は地下水もあまりなく一般的に良好で、直線部では平均して直管3～4本/日(18～24m/日)のスピードで順調に施工は進んでいる。ただし、転石や岩盤地帯に入るとアイアン・ブレーカーなどを使用して掘削するので、施工進捗は直管1本/日(6m/日)程度に低下する。

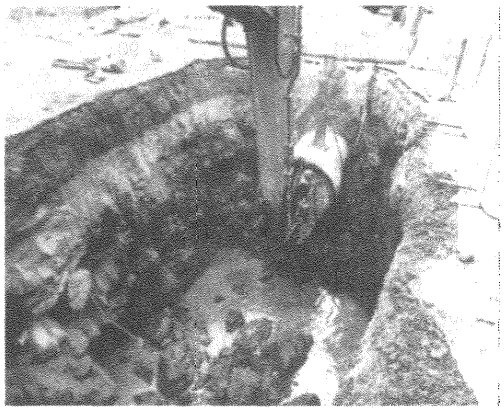
このような岩盤地帯では、会所掘りがほとんど不要であるU形管は断然有利であり、また、外面継手に比べて接合作業時に外部からの危

険度が少なく、配管工は安全で落着いて作業できるので、接合作業の品質は安定・向上するという利点もある。

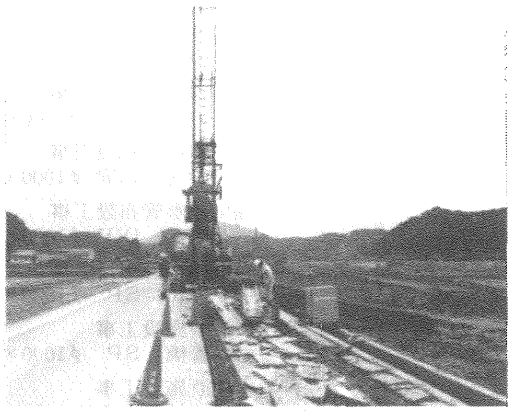
継手５カ所に１カ所の割合でテストバンドを用いて水圧テストを行っており、5.0kgf/㎠の水圧をかけ、５分後に4.0kgf/㎠以上を保持すれば合格としている。

写真－2　管仮置き

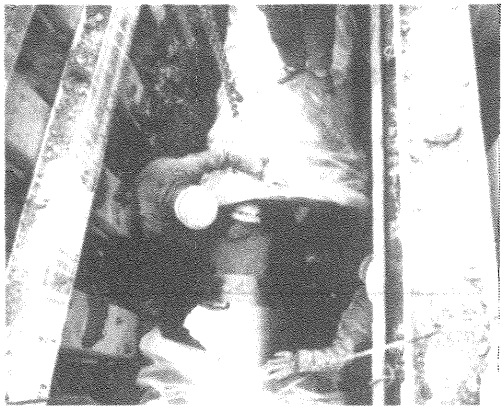
写真－3　岩盤掘削



写真－4　鋼矢板打ち込み



写真－5　管受口、挿し口清掃



写真－6　管接合

9．事業の進捗状況

本事業の各工事の進捗状況は次の通りである。

表－1　事業の進捗状況　　(昭和60年２月末現在)

発注年度	工事名および内容	工期	進捗率(%)
58	万之瀬川導水管布設工事 （その１）DIP φ1000×469m	58.11.28～59．3．12	100
〃	万之瀬川導水管布設工事 （その２）DIP φ1000×986m	59．1．21～59．6．15	100
〃	万之瀬川導水管布設工事 （その３）DIP φ1000×1140m	59．1．27～59．6．30	100
〃	万之瀬川導水管布設工事 （その４）DIP φ1000×846m	59．2．13～59．7．5	100
〃	万之瀬川導水管布設工事 （その５）DIP φ1000×1097m	59．2．10～60．2．20	100
〃	万之瀬川導水路２号トンネル築造工事 （第１工区）L＝2144.4m	59．4．20～62．5．30	30
〃	万之瀬川導水路２号トンネル築造工事 （第２工区）L＝2778.2m	59．4．16～63．3．15	20
〃	万之瀬川導水路２号トンネル築造工事 （第３工区）L＝3278.7m	59．4．16～63．3．15	20
(小計)	管　路　ΣL＝4538m トンネル　ΣL＝8201.3m		
59	万之瀬川導水管布設工事 （その６）DIP φ1000×465m	59.12.24～60．3．25	90
〃	万之瀬川導水管布設工事 （その７）SP　φ1000×202m	59.12.20～60．3．25	90
〃	万之瀬川導水管布設工事 （その８）DIP φ1000×1302m	59.12.24～60．5．31	40
〃	万之瀬川導水管布設工事 （その９）DIP φ1000×1195m	59.12.25～60．5．31	40
〃	万之瀬川導水管布設工事 （その10）SP　φ1000×800.4m	59.12.25～60.11.30	20
〃	宮田川横断施設工事 （水管橋）SP　φ1000×74m	59.12.20～60．5．31	40
〃	神殿川横断施設工事 （伏せ越し）SPφ1000×84m	59.12.24～60．8．31	20
〃	万之瀬川横断１号施設工事 （水管橋）SP　φ1000×437m	59.12.24～61．1．31	10
〃	万之瀬川導水路１号トンネル築造工事 L＝1324.5m DIP φ1000×170m SP　φ1000×230m	59.12.28～63．1．31	5
(小計)	管　路　ΣL＝4959.4m トンネル　ΣL＝1324.5m		
(合計)	管　路　ΣL＝9497.4m トンネル　ΣL＝9525.8m		60 20

10．おわりに

以上、万之瀬川導水共同施設建設事業の概要について述べたが、これまでのところ大した問題もなく、計画通り順調に進んでいる。これも適切な設計と施工法を選定し、また、関係各位のご努力と地域住民のご協力によるものと思います。ここで改めて謝意を表する次第である。

本報告がみなさまのなんらかのご参考になれば幸甚に思う。

ダクタイル鉄管第37号

昭和59年10月

技術レポート 1

第５次水力調査と水圧鉄管について

通商産業省資源エネルギー庁公益事業部
水力課技術班長　**佐 藤 文 三**

１．はじめに

最近になって、エネルギー環境は石油ショック直後のような事態からやや変化しつつあり、昨年３月にはＯＰＥＣ結成以来はじめて原油価格の引き下げが決定された。

これは、石油代替エネルギーの開発導入、省エネルギーの進展などによるエネルギー需給の緩和により、世界的に石油需要が減少したことが要因といわれている。

したがって、原油価格が引き下げられた状況の中で、これに安心して石油代替エネルギー開発や省エネルギーに対する努力を怠ると中・長期的にはエネルギー需要の増大により需給がひっ迫することは必至と予想され、また石油は枯渇性の有限な資源であることから再び原油価格が上昇し、１次エネルギー供給の８割以上を輸入に依存し、かつ輸入石油を政情不安定な中東に依存する度合の高い日本は、再び大混乱に陥ち入ることが予想されている。

このため、昭和58年11月に発表された総合エネルギー調査会需給部会の「長期エネルギー需給見通し」の中間報告では、今後も石油代替エネルギーの計画的かつ着実な開発導入を促進し、石油依存度の低減をはかっていく必要性があるとされている。

かかる観点から、水力発電は、中小規模の開発が中心とはなるものの、純国産、非枯渇性のクリーンエネルギーであるので、エネルギーの安定供給の観点から、毎年35万kw～40万kw程度の開発が期待されている。

２．水力発電設備の現状

１．水力発電設備量

京都市の琵琶湖疏水事業との共同開発による蹴上発電所が、明治24年５月に発電を開始したのが日本で最初の一般需要家への電力供給を目的とした水力発電所であるが、この時から昭和59年３月末までに全国各地に総計1,681地点、総出力3,345万kwの水力発電所が

建設され発電している。

この結果、現在、水力発電所がないのは千葉、大阪、香川の3府県にすぎないので、ちょっとした河川にはかならずといって過言でないほど水力発電所を見ることができる。

既設水力発電の設備量は、表—1に示す通りであるが、その内訳は一般水力（河川流量だけで発電する発電所）は、地点数の98%の1,648地点、出力の58%の1,950万kw、揚水発電(深夜に原子力、火力発電の余剰電力で下池の水を上池に揚水し、昼間の電力需要ピーク時に発電する発電所)は33地点、総出力1,395万kwである。日本の水力発電設備の総量としては、1,681地点、3,345万kwというわけである。

表—1　既設水力発電所設備

区	分	地点数	出力（kw）	電力量(MWH)
既開発	一般水力	1,648	19,503,522	85,651,807
	混合揚水	19	5,527,040	2,403,851
	純揚水	14	8,427,700	——
	計	1,681	33,458,262	88,055,658

2．最近の一般水力開発の特徴

表—2は、昭和54年の第2次石油ショック以降の最近の水力開発状況（昭和56年度～58年度）と、第1次石油ショック以前（昭和46年度～48年度）のそれを比較してみたもので

表—2　最近の一般水力開発状況

事業者	最近の竣工発電所					石油ショック以前の竣工発電所				
	年度	地点数	出力（kw）	地点（%）	平均出力(kw)	年度	地点数	出力（kw）	地点（%）	平均出力(kw)
	56					46				
9電力、電発		7	493,600				7	223,300		
公営		10	23,830				2	28,000		
その他卸売り		2	13,700							
自家用		8	15,249							
計		27	546,379				9	251,300		
	57					47				
9電力、電発		4	85,680				3	146,000		
公営		7	9,410							
その他卸売り		2	12,500							
自家用		6	774							
計		19	108,364				3	146,000		
	58					48				
9電力、電発		4	59,300				10	481,800		
公営		12	30,460				4	41,400		
その他卸売り										
自家用		10	3,740							
計		26	93,500				14	523,200		
	56～58					46～48				
9電力、電発		15	638,580	21	42,600		20	851,100	77	42,600
公営		29	63,700	40	2,200		6	69,400	23	11,600
その他卸売り		4	26,200	6	6,550					
自家用		24	19,763	33	823					
計		72	748,243	100	10,400		26	920,500	100	35,400

あるが、この表が示すように、最近の一般水力開発の特徴は次の通りである。

(1)一般水力の竣工発電所数が3倍に増えている。

第1次石油ショック以前の3カ年間の竣工発電所数は26地点であったのに対し、第2次石油ショック以後のそれは72地点と約3倍に増えている。

これは、二度にわたる石油ショックで水力発電の供給力としての安定性が再評価されたこと、および昭和55年度に中小水力に対する補助制度が創設されたことによって一般水力開発が経済的にもやり易くなったことが要因と考えられる。

(2)公営、その他卸売り、自家用の事業者が活発に水力開発をしている。

9電力、電発の竣工発電所数は、第1次石油ショック以前の3カ年間が20地点であったのに対し、第2次石油ショック以後のそれは15地点に減少しているが、9電力、電発以外の電気事業者をみると、公営は6地点から29地点に、その他卸売りと自家用にあっては0から4地点および24地点と飛躍的に増加している。

この要因として考えられるのは、補助制度が9電力以外の電気事業者を対象としていること、および石油価格の上昇が原因で電気料金の大幅値上げとなったことなどがある。

(3)1地点当たりの出力が小さくなっている。

9電力、電発の1地点当たりの平均出力は、4万2,600kwと変化はないが、公営電気事業者のそれは1万1,600kwから2,200kwと約1/5となっている。

表—3　最近3カ年の自家用竣工水力発電所一覧表

年度	発電所名	事業者名	都道府県	出力(kw)	備考
56	岩老	増毛町	北海道	20	
	愛山渓	上川町	北海道	10	
	高室	遠野市	岩手県	150	
	跡津	三井金属鉱業	岐阜県	11,850	
	川鉄水島小水力	川崎製鉄	岡山県	39	エネルギー回収
	野村ダム	四国地方建設局	愛媛県	600	
	日之影	日之影土地改良区	宮崎県	2,300	
	高瀬	岡山自家用食肉センター	岡山県	280	
57	東山ダム	会津若松市	福島県	700	
	木ノ窪	木ノ窪養魚組合	石川県	7.3	
	徳山工場第1号水力	帝人	山口県	60	エネルギー回収
	中野	石田幸松	群馬県	2.4	
	十谷温泉源氏荘	樋口愛明	山梨県	1.8	
	八丁園	秋目観光	福岡県	2.4	
58	川治	建設省	栃木県	360	
	大豊	農林省	高知県	12	
	松原ダム	建設省	大分県	220	
	福地ダム	沖縄開発庁	沖縄県	860	
	藻岩浄水場	札幌市	北海道	330	
	西部農協七二会小型	西部農協	長野県	5.5	
	木地ケ森小型水力	木地ケ森(株)	奈良県	8	
	一庫	水資源開発公団	兵庫県	1,900	
	浄水場小水力	東洋鋼板	山口県	10	エネルギー回収
	三菱化成水力第一	三菱化成工業(株)	福岡県	34	

また、自家用の竣工発電所の中には1.8kw～10kwの極小発電所が８地点も含まれている。

(4)事業者の多様化がみられる。

第１次石油ショック以前に水力開発をしている事業者は、９電力、電源開発、公営、その他卸売り電気事業者に限られていたのに対し、以後には新しい卸売り電気事業者として北海水力(株)、日本海水力(株)が設立されたのをはじめ、自家用電気事業者には実に多様な新しい事業者が参入している。

表―３は、最近３カ年間に竣工した自家用の水力発電所および事業者を示すものであるが、これによると自家用事業者は、上水道事業者を含む市および町、建設省、水資源開発公団、農林省の政府機関、土地改良区、農業共同組合の農業団体、用水型産業の工場、ホテルなど観光業者、個人などに分類される。

これは、水力発電の重要性に対する認識の高揚、水力発電コストの長期安定性が評価されているものと考えられる。

３．工事中水力発電所

昭和59年３月末における工事中水力発電所は、表―４に示す通り75地点、767万kwである。その内訳は、一般水力66地点、92万kw、揚水９地点、675万kwとなっている。

表―４　工事中水力発電所

区　分	地点数	出　力 (kw)	平均出力 (kw)
９電力会社	33	741,820	22,500
(揚　水)	8	5,750,000	718,750
電源開発	3	81,300	27,100
(揚　水)	1	1,000,000	1,000,000
公営電気	19	70,050	3,690
その他卸し	3	15,500	5,170
自　家　用	8	19,155	2,390
一般水力合計	66	927,825	14,057
(揚　水)	9	6,750,000	750,000
総　計	75	7,677,825	102,371

４．第５次水力調査

通商産業省では、日本の水力資源の基礎資料整備、開発地点ごとに水力発電計画を策定することにより、水力開発を促進することを目的として、昭和55年度から60年度までの６カ年計画第５次包蔵水力調査を行っている。

今回の調査は、明治時代の第１回目から数え５回目に当たり、第４次水力調査から約20年振りのものである。

次に、この調査の概要について述べる。

１．調査方針

第５次水力調査の調査方針は、次の通りである。

(1)第４次水力調査は、電力ピーク需要対策のため出力(kw)を重視した大規模貯水池式発電計画をめざしたが、その後kw当たり建設費の比較的安い純揚水式発電技術が進歩したこと、および貯水池を建設するに有利な地点が少なくなったことなどから、一般水力に期待するニーズが変化したため、今回の調査では石油節約効果を目的とした発電力量(kwh)を重視した中小規模の発電計画が主体となっている。

(2)1,000kw以下の小規模地点をはじめ低落差地点、多目的ダムへの参画地点、既設ダムおよび水路などの利用した地点、既設発電所の再開発地点なども含む、水系一貫の広範な調査としている。

(3)自然環境などの保全に十分配慮すること。

２．中間調査結果の報告

昭和55年度から昭和57年９月までに実施された概略調査の結果を中間報告として昭和57年９月に発表したが、その概要は次の通りである。

(1)未開発水力は2,717地点、約1,300万kw、473億kwhである。これは昭和56年度末の既設、工事中の一般水力の⅔に相当する。また日本の包蔵水力は、約3,244万kw、1,337億kwhである。この包蔵水力の量は、東京都、神奈川県、愛知県、大阪府の４大都市圏における電力総需要に相当し、また原油換算すると年間3,500万kℓ(未開発水力分では1,260万kℓ)の石油代替が可能な量である。(表―５参照)

(2)未開発の１地点当たりの平均出力は4,800kwであり、未開発水力は中小水力が中心と

表―5　わが国の包蔵水力総括表

区　分	地点数	出　力（万kw）	年間可能発電電力量（億kwh）	摘　要
未開発	2,717	1,300	496	（注１）　年間可能発電電力量は揚水の自流分発電を含む。 （注２）　既設・工事中は昭和56年度末現在の数字。
既設・工事中	1,680	2,039	913	
廃止等	△　287	△　95	△　72	
合　計	4,118	3,244	1,337	

なり、既設、工事中の平均出力1万2,000kwの半分以下の規模となる。

(3)未開発地点の90%はダムを持たない流れ込み式の発電型式となる。（表―6参照）

(4)未開発地点のうち発電コストの比較的安価で、概ね10年以内に開発が可能と見込まれるものは544万kwであり、これに要する建設費は4.2兆円（昭和55年度価格）と見込まれる。

以上が中間報告の主な内容であるが、本調査は至近年度開発が見込まれる地点について地形、地質調査を含む基本的な調査検討を加え、昭和60年度に最終報告書をとりまとめることにしている。

表―6　発電型式別未開発包蔵水力

区　分		地点数		出力		年間可能発電電力量	
		地点数	比率（%）	出力（万kw）	比率（%）	年間可能発電電力量（億kwh）	比率（%）
一般水力	貯水池式	75	2.8	128.6	9.9	40.3	8.5
	調整池式	177	6.5	287.8	22.1	82.2	17.4
	流込み式	2,465	90.7	883.6	68.0	350.1	74.1
	計	2,717	100.0	1,300.0	100.0	472.6	100.0
揚水（自流分）		24		—		23.0	
合　計		2,741		1,300.0		495.6	

5．一般水力開発の促進策

第5次水力調査の中間報告にもあるようにこれからの水力開発は、中小水力発電の開発が主体となる。

この中小水力発電の開発の最大のマイナス要因は、スケールデメリットにより建設コストが割高となることである。

しかしながら、これら中小規模の水力発電といえども、次のような優れた点を持っている。

(1)純国産の循環エネルギーであり、供給の安定性は各種電源の中でもっとも高く、セキュリティ面ではもっとも優れたエネルギーである。

(2)発電コストの9割が資本費であるため、初期原価は割高であるものの、償却の進行に伴いコストは年々低減し、耐用期間の平均では経済的な電源となる。このことは、明治以来着実に水力開発を進めてきた結果水力の供給コストは各種電源の中でもっとも安く、電気料金の低減に大きく寄与していることから明らかである。

(3)水力地点は全国各地に散在し、特に山間地区に多いことから、水力開発に伴う地域開発的波及効果が大きいこと。

通商産業省では、このような特徴を持つ水力発電の開発を、一時期集中的に開発するのではなく、長期間にわたり着実に開発を進め

るべき電源として位置づけている。具体的には、電気事業審議会需給部会の中間報告にあるように、昭和70年度までは毎年35万kw～40万kwを開発目標としている。

また、この開発目標を達成するため、次のような主な施策をとっている。

- 電源特会による中小水力開発補助。
- 財政投融資による開発に対する低利融資。
- 自家用水力設置者への税制上の措置。
- 中小水力コストダウンのための新技術に対する研究開発補助。
- 新技術の実際発電所に適用することによる実証試験補助。
- 中小水力のための技術基準の整備および実態を踏まえた認可などの手続きの簡素化。
- 開発促進のための諸調査の実施。

6．新規水圧鉄管材料の技術基準化

1．検討の背景

中小水力の開発を進める上での最大のマイナス要因であるスケールデメリットなどによる発電コストが割高となる問題点を解消するために、種々の施策を構じていることは前述の通りである。

この施策の一環として、昭和57年７月に社団法人水門鉄管協会に対し「中小水力用の新しい水圧鉄管材料」について検討を依頼した。

この検討依頼の背景としては、次のようなものであった。

(1)未開発水力地点が小規模化していること。

未開発水力地点は、その平均出力が4,800kwと小規模化しているだけではなく、使用水量の面においても全体地点の約70%（概ね1,900地点）が６㎥/sと小さくなっている。（表－７参照）

このような小さな使用水量になれば、すでにJIS規格になっている既製管でも、かなりの管が使えるのではないか。

(2)事業者の多様化

最近の一般水力開発の特徴のところで述べたように、土地改良区、農協などの農業団体、上水道事業者などが新しく水力発電事業者となり、ダクタイル鉄管など、現行の技術基準に規定していない材料を使用するケースが多くなり、この傾向が今後大きくなることが予想されるので、特殊設計認可の手続きの簡素化をはかる必要があること。

(3)既製管は特注管に比べ安いこと。

水力発電所は、建設される地点によって使用水量、落差、出力に大きなバラツキがあったため、水圧鉄管だけでなくすべての面において特別仕様による発注方式が伝統的に採られてきている。

このため、現行の技術基準では、主として鉄板材料の種類を規程し、価格が比較的安い既製管を採り入れていなかったので、この価格の安い管を技術基準に採り入れ、使い易くすること。

表－７　最大使用水量と水圧鉄管径の関係

種別＼最大使用水量(㎥/sec)	1.0	2.0	4.0	6.0	10.0
平均径(m)注)1	1.00	1.20	1.40	1.60	2.00
末端径(m)注)2	0.70	0.90	1.00	1.20	1.60
地点数注)3	203	559	744	406	285	281
（比率）	(8.2%)	(22.6%)	(30.0%)	(16.4%)	(11.5%)	(11.3%)

注　(1)　平均径は第５次水力調査資料(水圧鉄管の経済的な内径)を参考に経済径を推定したものを示す。

(2)　末端径は管内流速を５m/secとした場合の径、または平均径における管内流速の２倍とした場合の径のうち、いずれか大なる径を採った。

(3)　第５次水力調査の地点数を示す。

以上の背景のもとで検討を依頼された社団法人水門鉄管協会では、ただちに検討に入り慎重な検討を重ねた結果、新たに９種類の管を追加すべく、昭和58年４月に検討結果がとりまとめられた。

通商産業省では、この検討結果を踏まえて早速、電気事業法に基づく発電用水力設備に関する技術基準の細目を定める告示の改正作業に入り、昭和58年９月26日、官報告示し改正した。

この改正によって、水圧鉄管材料として技術基準に規定されることになった材料は、次の通りである。

(現行に入っている材料)

- 「一般構造用圧延鋼材」の２種(ＳＳ41)にかかるもの。
- 溶接構造用圧延鋼材。
- 溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材。
- 圧力配管用炭素鋼鋼管。
- 配管用アーク溶接炭素鋼鋼管。

(新しく追加された材料)

- 圧力容器用鋼管。
- 水道用亜鉛めっき鋼管。
- 水道用塗覆装鋼管。
- 高圧配管用炭素鋼鋼管。
- 配管用炭素鋼鋼管。
- ポリエチレン被覆鋼管。
- 溶接構造用鋳鋼品のうち、１種および２種にかかるもの。
- ダクタイル鋳鉄管。
- ダクタイル鋳鉄異形管。

(なお、昭和59年12月に溶接構造用70キロ級高降伏点鋼板を追加した。)

この新しく追加されたダクタイル鋳鉄管などの９種類の管は、技術基準第３条に定める特殊な設計による施設認可(特殊設計認可)をとらなくても、普通の電気事業法の工事計画認可によって使用できることになった。

7．新規水圧鉄管材料としてのダクタイル管

1．技術基準(通商産業省)に採用した材料

ＪＩＳ規格ダクタイル鋳鉄管および同異形管を中小水力発電所水圧鉄管用材料として使用できるものとした。

日本工業規格　ＪＩＳ　Ｇ　5526—1982
ダクタイル鋳鉄管

日本工業規格　ＪＩＳ　Ｇ　5527—1982
ダクタイル鋳鉄異形管

なお、ダクタイル鋳鉄管およびダクタイル鋳鉄異形管に用いる接合部品については、本材料規格の付属品に規定されている。

2．許容応力

設計計算に用いる許容応力は、表—８の値以下とする。

ダクタイル鋳鉄管およびダクタイル鋳鉄異形管については、ＪＩＳ規格で表—９に示す機械的性質が規定されている。

表で見る通り、ＪＩＳ規格には降伏点の規定がないこと、および水門鉄管技術基準第１章第12条では、溶接構造用鋳鋼品について引張強さに対し安全率４として許容応力を定めていることを考慮し、本材料についてもこの趣旨で許容応力を設定することとした。

本材料は、

(1)製造時および現場での溶接は不要であり製作組立の誤差、溶接による衝撃吸収エネルギーの低下などを考慮に入れなくてもよ

表—８　ＪＩＳ規格ダクタイル鋳鉄管およびダクタイル鋳鉄異形管の許容応力

材　　料	引張応力 (kgf/cm²)	圧縮応力 (kgf/cm²)	せん断応力 (kgf/cm²)	支圧応力 (kgf/cm²)
ＪＩＳ　Ｇ　5526—1982 ダクタイル鋳鉄管	1,200	1,200	700	2,000
ＪＩＳ　Ｇ　5527—1982 ダクタイル鋳鉄異形管　(FCD 40)	1,000	1,000	550	1,700
(FCD 45)	1,100	1,110	600	1,850

表―９　ダクタイル鋳鉄管およびダクタイル鋳鉄異形管の機械的性質

材料	引張試験			硬さ試験	へん平試験	
	引張強さ (kgf/mm²)	伸び (%)	耐力 (kgf/mm²)	ブリネル硬さ (HB)	呼び径 (mm)	へん平量 (mm)
ダクタイル鋳鉄管	42以上	10以上	——	230以下	300～450 500～2600	呼び径の1/6 呼び径の1/4
ダクタイル鋳鉄異形管				(参考)		
(１種 FCD 40)	40以上	12以上	(26.0以上)	201以下	——	——
(２種 FCD 45)	45以上	10以上	(29.0以上)	143～217	——	——

いこと。

(2)ダクタイル鋳鉄は鋳鋼に比べて鋳造性が優れているので均質性が高いこと。

(3)水圧試験は、製造工場にて１本ごとに行うようJISで規定されていること。

(4)破面遷移温度が０℃以下であること。

(5)０℃における延性破面率が50%以上あること。

などの理由から、溶接構造用鋳鋼品と同等ないしそれ以上の信頼性を有するものと考えられる。

一方、ダクタイル鋳鉄管は遠心力を応用して鋳造するなど、製造面その他からより高い信頼性を有している。

以上の点から、ダクタイル鋳鉄異形管の引張り強さに対する安全率を溶接構造用鋳鋼品と同じ4、ダクタイル鋳鉄管の安全率を3.5として、それぞれの材料の引張強さに応じて表―８の許容応力を定めた。

また、圧縮応力その他も水門鉄管技術基準第12条解説に述べられた趣旨にしたがって定めた。

３．継　手

ダクタイル鋳鉄管およびダクタイル鋳鉄異形管のJIS規格には、継手の接合形式としてＫ形、Ａ形、Ｔ形、Ｕ形、ＫＦ形、ＵＦ形、ＳⅡ形、Ｓ形の各形式が規定され、ダクタイル鋳鉄異形管にはさらにフランジ形が規定されている。

これらの接合形式のうち、Ｋ形、Ａ形、Ｔ形、Ｕ形、ＳⅡ形、Ｓ形は可とう性、伸縮性があり、管１本ごとに伸縮継手を有するような構造となっており、改めて伸縮継手を設けなくてもよい。

継手の滑動距離ℓは次式で与えられる。

$$\ell = L \cdot \alpha \cdot T$$

ここに、

Ｌ：管１本の長さ

α：線膨張係数

表―10　ダクタイル鋳鉄管曲管の種類と曲率半径

呼び径 D (mm)	曲管の種類				
	90°	45°	22°1/2	11°1/4	5°5/8
75	R≧3D	R≧3D	R≧3D	R≧3D	
100～200	R≧2D	〃	〃	〃	
250～1100	R＜2D	R＞2D	〃	〃	R≧3D
1200～1500		R＜2D	〃	〃	〃
1600～2000		〃	R＜2D	〃	〃
2100～2400		〃	〃	R≧2D	〃
2600		〃	〃	R＜2D	R≧2D

Ｒ：曲率半径 (mm)

Ｄ：呼び径 (mm)

T：温度変化

一般に、継手の差込み余裕に対して滑動距離は十分小さい。

4．曲　管

ダクタイル鋳鉄異形管を用いる場合、水門鉄管技術基準の関連規定を満足するものを選定するものとする。

ただし、やむを得ず曲率半径が水門鉄管技術基準第1章第21条の規定より小さい曲管を使用する場合には、応力集中、損失水頭などの検討を行わなければならない。

表—10にダクタイル鋳鉄管曲管の種類と曲率半径を示す。

5．ライニング

JIS　G　5526　ダクタイル鋳鉄管の内面には、通常モルタルライニングが工場で施される。その方法および品質は、JIS　A　5314　ダクタイル鋳鉄管モルタルライニングで規定されている。

日本水道協会「水道施設設計指針・解説」によれば、管内面が摩耗されないような平均流速の最大限度は、モルタルライニングの上にJIS　A　5314に規定するシールコート塗装を施した5m/secとなっている。

6．設計に用いる諸数値

単位体積重量	7.15×10^{-3}kgf/cm³
弾性係数	1.6×10^{6}kgf/cm²
線膨張係数	1.15×10^{-5}/℃

以上は、土地改良事業計画設計基準（農林水産省）による。

粗度係数　n

セメントモルタルライニング	0.011～0.015
塗　　装	0.010～0.014

以上は、水理公式集（土木学会）による。

ポアソン比　0.285

7．設計、施工に当たっての注意事項

(1)地下埋設管の設計、施工に当たっては、次の事項を考慮する必要がある。

①地中埋設管は、後述の方法によって設計計算する。

②曲管部など、不平均力が作用する所は原則として固定台を設ける。

③現場での継手接合に際しては、押輪の芯出し、ボルトの均等な締付けによるセンタリングなど所定の接合手順にしたがい、熟練した配管工により正しく行わねばならない。

また、継手の胴付間隔を約5mm確保するのが望ましい。

④地中埋設に際しての埋戻しは良質の土砂を使用し、適切な施工管理に基づいて十分締固めすること。その場合、管の両側をなるべく均等に埋戻しするようにし管に大きい衝撃を与えたり、管の浮上り横ぶれなどのないように注意しなければならない。

⑤急傾斜の場合には、管を1本ずつ固定すること。また、継手の胴付間隔を確保するためスペーサを用い、接合後はずすなどの工夫が必要である。

(2)露出管として使用する場合は、上記以外に①管1本ごとに支台を設けること、②温度応力、継手のシール材の選定に十分な注意を払うこと、などが必要である。

8．地中埋設管の計算方法

1．適用範囲

中小水力発電所の場合に特に考えられる地中埋設管の設計方法については、現行基準に規定がないので、ほかの諸設計基準をも照査の上、指針を社団法人水門鉄管協会水圧鉄管専門委員会でとりまとめた。

計算方法の適用範囲は次の通りである。

(1)材　料

今回、新規に採用したダクタイル鋳鉄管をはじめ「発電用水力設備に関する技術基準の細目を定める告示」に定める材料を用いた水圧鉄管に適用する。

したがって、コンクリート管などの不とう性材料を使用する場合や、補剛材によってきわめて大きな剛性を持つような場合は除く。

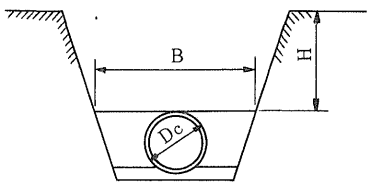
(2)埋設形状

図—1に示すように、掘削溝に埋設し、土質材料およびこれに類する材料で埋戻し

た水圧鉄管の設計に適用する。さらに特殊な埋設形状は別途検討する必要がある。

以下にとりまとめた計算方法について記載する。

図－1　埋設形状



2．設計に用いる土圧および載荷重

(1)土　圧

土圧は以下によって算出する。

①管頂からの土被り　H≦2.0mの時

垂直公式による。

$W_v=\gamma H$

W_v：土圧(kgf/cm²)

γ：埋戻し土の単位体積重量 (kgf/cm²)

H：管頂からの土被り (cm)

②管頂からの土被り　H>2.0mの時

Marston公式による。ただし、Marston公式による土圧がH＝2.0mの時の垂直公式による土圧よりも小さい場合は、H＝2.0mの時の垂直公式による土圧を採る。

$W_v=C_d\cdot\gamma\cdot B$

C_d：土圧係数

B：管頂における溝幅 (cm)

$$C_d=\frac{1-e^{-2K\mu'\frac{H}{B}}}{2K\mu'}$$

K：Rankineの土圧係数 $\dfrac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}$

μ'：埋戻し土と溝側壁の摩擦係数 $\tan\phi'$

ϕ：埋戻し土の内部摩擦角 (度)

ϕ'：埋戻し土と溝側壁との摩擦角 (度)

($\phi'=\phi$としてさしつかえない)

土圧の計算は、水門鉄管技術基準第1条解説に掲げる基準[1]などを参考に、垂直公式およびMarston公式を採用した。

管頂からの土被りは地下水位、地盤の状況、路面荷重の影響などを考慮して決定する。溝幅は施工時の作業性、安全性関連法規[2]などを勘案の上、決定する。

土の単位体積重量γおよび内部摩擦角ϕは土質によって異なるが、大体の目安としては表－11のようである。

(2)載荷重

載荷重としては、自動車荷重、ブルドーザー荷重などが考えられるが、ここでは一般的な荷重としてトラック荷重の算出について示す。

$$W_d=\frac{2nP_t(1+i)}{\{nL+(n-1)c+b+2H\tan\theta\}(a+2H\tan\theta)}$$

W_d：トラック荷重による土圧 (kgf/cm²)

n：トラック台数

P_t：後輪1個の荷重 (kgf)$=\frac{1}{2}\times\frac{4}{5}\times W$

W：トラック1台の総重量 (kgf)

L：後輪中心間隔 (cm)＝175cm

H：管頂からの土被り (cm)

a：車輪接地長 (cm)＝20cm

b：後輪輪帯幅 (cm)＝50cm

c：相隣るトラック間の後輪中心間隔 (cm)＝100cm

θ：分散角(度)(一般に45°を用いてよい)

i：衝撃係数

衝撃係数

土被りの高さ (m)	衝撃係数 i
H＜1.5	0.5
1.5≦H＜6.5	0.65－0.1H(m)
H≧6.5	0

自動車荷重の大きさについては、上記以外にもBoussinesqやFrohlichらの研究がある。これらによれば、荷重直下で大きな値となり荷重点から離れると減衰することがしられているが、このような荷重分布を考慮するのは繁雑であるので、計算が簡略なKöglerの分散角法で算出することとした。

考慮すべきトラックの重量および台数は、埋設される道路の幅員、車線および交通量から判断し選定する。衝撃係数については、分散法を採用している他基準[3]を参考にした。

表—11　土の単位体積重量γおよび内部摩擦角φ

種別	状態	単位重量 (tf/m³) (γ)	水中の単位重量 (tf/m³)	内部摩擦角 (度) (φ)
砕石 砂利 炭がら		(1)1.6～1.9 (2)1.6～2.0 (3)0.9～1.2	1.0～1.3 1.0～1.2 0.4～0.7	35～45 30～40 30～40
砂(4)	締固めたもの ややゆるいもの ゆるいもの	1.7～2.0 1.6～1.9 1.5～1.8	1.0 0.9 0.9	35～40 30～35 25～30
普通土(5)	固いもの やや軟かいもの 軟かいもの	1.7～1.9 1.6～1.8 (6)1.5～1.7	1.0 0.8～1.0 0.8～0.9	25～35 20～30 15～25
粘土(7)	固いもの やや軟かいもの 軟かいもの	1.6～1.9 1.5～1.8 1.4～1.7	0.6～0.9 0.5～0.8 0.4～0.7	20～30 10～20 0～10
シルト(8)	固いもの 軟かいもの	1.6～1.8 (9)1.4～1.7	1.0 0.5～0.7	10～20 0

注　(1)の1.6は石灰岩、または砂岩系のもので単位重量が小さいもの。
(2)の2.0は切込砂利で密実なもの。
(3)の1.2は活荷重その他によってよく締固められたもの。
(4)の砂はゆるい細砂、シルト質細砂など不安定なもの以外の一般の砂。
(5)の普通土は砂質ローム、ロームおよび砂質粘土ロームを含む。
(6)の1.5は関東ロームその他の火山灰土で重量が小さいもの。
(7)の粘土には粘土ローム、シルト質粘土、粘土などを含む。
(8)のシルトにはシルトローム、シルトなどを含む。
(9)の1.4はシルトのヘドロ状のもの。
(注) 砂、普通土、粘土などの盛土または埋戻し土は原則として「軟かいもの」(砂では「ゆるいもの」) の状態にあるものとみなす。

3．荷重の組合わせ

地中埋設管の場合、荷重は次の各号の組合わせについて考慮しなければならない。

(1)管内満水時：内圧、温度変化、土圧および載荷重。

(2)管内充水時：管内水の重量、土圧および載荷重。

(3)管内空虚時：土圧、載荷重およびその他の外圧。

ただし、管径の大きいものなどにあっては管内満水時において管内水の重量を考慮する必要が生じることもあるので、注意しなければならない。

4．主要耐圧部の設計条件

水門鉄管技術基準第1章第15条により、円周方向、軸方向および管軸に垂直方向の各応力ならびに合成応力が、それぞれ許容応力以下であること。

(1)管内満水時

水門鉄管技術基準第1章第15条によるものとする。

なお、土圧および載荷重による曲げ応力を加算した場合は、許容応力を1.35倍まで割増してよい。ただし、内圧のみによる円周方向引張り応力が許容応力を超えないこと。

許容応力の割増の適用については、2次応力に限定すべきであるとの考え方もあるが、他基準との関連など総合的に勘案して地中埋設管に関し上記のようにした。

(2)管内充水時

管内水の重量、土圧および載荷重による円周方向応力が使用材料の許容応力の 1.5倍を超えないこと。

(3)管内空虚時

土圧、載荷重およびその他の外圧による円周方向応力が使用材料の許容応力の1.35倍を超えないこと。また、管のたわみ率(変形率)は管径の3%以内とする。

管のたわみ率は、(1)塗装およびライニングに対する影響、(2)施工時のたわみ率のバラツキ、(3)地表面に対する影響などを考慮し定めた。

なお、上記のたわみ率の範囲内であれば一般に座屈圧力に対して1.5倍以上の安全率を持つので座屈の問題はないが、管径に比し板厚が特に薄い場合などについては別途検討する必要がある。この場合、周囲の土の拘束を考慮してよい[4]。

5．考慮する応力

式中の記号については各項に示すが、板厚、余裕厚、直径、半径については水門鉄管技術基準第1章第16条「解説」による。

また、計算に用いる寸法はすべて製作時の公称寸法とする。

(1)管内満水時

①円周方向の応力

(i)内圧による引張り応力

$$\sigma = \frac{PD}{2t}$$

t：余裕厚を除いた管厚 (cm)

σ：応力 (kgf/cm²)

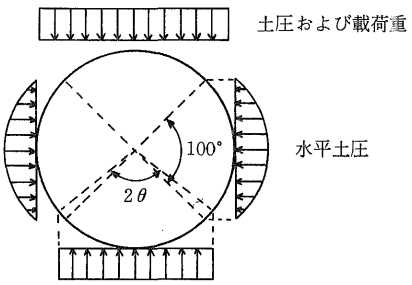
P：応力を求めようとする位置の最大水圧 (kgf/cm²)

(ii)土圧および載荷重による曲げ応力

土圧および載荷重による曲げ応力の算出式としては、内圧による復元力を考慮した場合のSpangler式がある。

この場合、土圧分布モデルは図－2のように考えるので、最大曲げモーメントは管底に生じる。

図－2　土圧分布モデル



表－12　土の受働抵抗係数e′の標準値

土の種類 (統一分類法による)	締固めなし	一定の仕様を定めて管理する締固め	厳密な施工管理のもとで行う締固め
		プロクター密度で <85% 相対密度で <40%	プロクター密度で ≧85% 相対密度で ≧40%
細粒土(LL≦50%) 中程度の塑性から塑性のない土まで CL、ML、ML－CL (粗粒部分25%以下)	3.5	14	28
細粒土 (LL≦50%) 中程度の塑性から塑性のない土まで CL、ML、ML－CL (粗粒部分25%以上) 細粒土を含む粗粒土 GM、GC、SM、SC (12%以上の細粒土を含む)	7	28	70
細粒土をほとんど含まないか、まったく含まない粗粒土 GW、GP、SW、SP (12%以下の細粒土を含む)	14	70	140

(注) プロクター密度＝$\frac{\text{現場で締固めたあとの乾燥密度}}{\text{基礎となる室内締固め試験(JIS A 1210)での最大乾燥密度}} \times 100\%$

円周方向の曲げ応力は以下による。

$$\sigma b_1 = \frac{6\,M_1}{t^2}$$

σb_1：円周方向の曲げ応力（kgf/cm²）

M_1：管底に生じる曲げモーメント（kgf-cm/cm）

$$M_1 = K_1 W r_m^2 - 0.083 e' \Delta X_1 r_m - K_1 P \Delta X_1 r_m$$

W：鉛直荷重強度（土圧W_v＋トラック荷重による土圧 W_d）(kgf/cm²)

r_m：板厚の中心の半径（cm）

e'：土の受働抵抗係数（kgf/cm²）

P：応力を求めようとする位置の最大水圧（kgf/cm²）

ΔX_1：水平たわみ量（cm）

K_1：管底の支持角によって決まる係数

$$\Delta X_1 = \frac{2KWr_m^3}{EI + 0.061 e' r_m^3 + 2KPr_m^3}$$

E：材料の弾性係数（kgf/cm²）

I：断面の２次モーメント

$$= \frac{t^3}{12}\ (cm^4/cm)$$

K：管底の支持角によって決まる係数

$$K_1 = \frac{1}{\pi}\left(\frac{\theta}{4\sin\theta} + \frac{3}{4}\cos\theta + \frac{\theta\sin\theta}{2}\right) + \frac{3}{8} - \frac{\sin\theta}{2} - \frac{\cos^2\theta}{3\pi}$$

$$K = -\frac{\sin^2\theta}{12} + \frac{\theta\sin\theta}{2\pi} + \frac{\theta}{4\pi\sin\theta} + \frac{3\cos\theta}{4\pi} - \frac{5}{24}$$

2θ：管底の支持角（rad.）

係数 K、K_1は次表の値となる。

管底の支持角 2θ	0°	60°	90°	120°	180°
K_1	0.587	0.377	0.314	0.275	0.250
K	0.110	0.103	0.096	0.089	0.083

管底の支持角2θは基礎の設計条件により異なるが、砂基礎では90°程度とすることが多い。

土の受働抵抗係数e'の値については、表－12を参考に選定する。

なお、土圧分布のモデルには、Spanglerによるもの以外にも各種のモデルが提唱されており、発電用火力設備では藤田[4]の式が多く用いられている。

②管軸方向の応力

地中埋設管の場合、水門鉄管技術基準第１章第16条に示される温度応力やポアソン効果による応力などの管軸方向応力以外に次のものを考慮する。

なお、一般には管軸方向の応力や合成応力で管厚が左右されることは少ないと考えられる。

また、伸縮可能な継手を用いて管軸方向の応力を減ずる方法もある。

(i)管を梁と考えた時の載荷重による曲げ応力

2.(2)に示す載荷重の強度を考慮し、弾性床上の梁として管に作用する最大曲げモーメントを求め、これから曲げ応力を計算する[5]。

(ii)管を梁と考えた時の地盤の不等沈下による曲げ応力

地中埋設管の不等沈下には、盛土によるもの、不沈下構造物周辺に生じるもの、地盤条件の急変によるものなどがある。不等沈下が想定される箇所にあっては、管の梁と考え不等沈下により生ずる曲げ応力を計算する[6]。

(iii)曲管部に作用する遠心力、不平均力による軸応力および曲げ応力

曲管部にアンカーブロックを設けず地中に埋設する場合にあっては、遠心力、不平均力によって曲管部および周辺直管部に軸力および曲げモーメントが発生するので、これらによる応力を計算する[7]。

③管軸に垂直方向のせん断応力

下記について上記②と同様、管軸に垂直方向のせん断応力を求める。

(i)管を梁と考えた時の載荷重によるせん断応力。

(ii)管を梁と考えた時の地盤の不等沈下によるせん断応力。

(iii)曲管部に作用する遠心力、不平均力によるせん断応力。

(2)管内充水時

土圧、載荷重および水重による円周方向の曲げ応力は次式で与えられる。

$$\sigma b_2 = \frac{6 M_2}{t^2}$$

σb_2：土圧、載荷重および水重による円周方向曲げ応力（kgf/cm²）

M_2：土圧、載荷重および水重による曲げモーメント（kgf-cm/cm）

最大曲げモーメントは次式で算出される。

$$M_2 = K_1 W r_m^2 + K_2 W_o r_m^3 - 0.083 e' \Delta X_2 r_m$$

W_o：水の単位体積重量（＝0.001kgf/cm²）

ΔX_2：土圧、載荷重および水重による水平たわみ量（cm）

K_2：管底の支持角によって決まる係数

$$\Delta X_2 = \frac{2 K W r_m^4 + 2 K_o W_o r_m^5}{EI + 0.061 e' r_m^3}$$

K_o：管底の支持角によって決まる係数

$$K_2 = \frac{\theta}{8 \sin\theta} + \frac{3}{8}\cos\theta - \frac{\pi}{4}\sin\theta + \frac{\theta \sin\theta}{4} + \frac{5}{12} - \frac{\cos^2\theta}{6}$$

$$K_o = \frac{1}{2}\left(-\frac{\pi \sin^2\theta}{2} - \frac{\pi}{4} + \frac{\theta \sin\theta}{2} + \frac{\theta}{4 \sin\theta} + \frac{3\cos\theta}{4}\right)$$

係数 K_2、K_o は次表の値となる。

管底の支持角（2θ）	0°	30°	60°	90°	120°	180°
K_2	0.750	0.563	0.420	0.321	0.260	0.220
K_o	0.107	0.104	0.096	0.085	0.075	0.065

(3)管内空虚時

①土圧、載荷重による円周方向曲げ応力

円周方向の曲げ応力は、

$$\sigma b_3 = \frac{6 M_3}{t^2}$$

σb_3：土圧、載荷重による円周方向曲げ応力（kgf/cm²）

最大曲げモーメントは次式で算出される。

$$M_3 = K_1 W r_m^2 - 0.083 e' \Delta X_3 r_m$$

ΔX_3：土圧および載荷重による水平たわみ量（cm）

$$\Delta X_3 = \frac{2 K W r_m^4}{EI + 0.061 e' r_m^3}$$

②外圧によるたわみ（変形率）

$$\alpha = F \cdot \frac{\Delta X_3}{2 r_m}$$

α：管内空虚時のたわみ率

F：変形遅れ係数（1.0～1.5）

変形遅れ係数Fは、管のたわみ率が埋設後埋戻し施工の状況によっては経時的に変化することを考慮した係数であり、石油パイプライン事業の事業施設の技術上の基準の細目を定める告示（通商産業省ほか）では、

- 十分締固まった砂、もしくは砂質土の地盤に埋設する場合　1.0
- 管の側面が管の半径以上の幅にわたり、砂もしくは砂質土で置換されて十分締固めてある場合　1.0
- その他の場合　1.5

としている。

1）農林水産省：土地改良事業計画設計基準、昭52設計水路工（その2）パイプライン3.3（1）

2）労働省：労働安全衛生規則

3）石油パイプライン事業の事業用施設の技術上の基準の細目を定める告示（通商産業省ほか）、昭48

4）藤田：大口径管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　水道協会雑誌　vol.318、319

5）たとえば(社)土木学会：構造力学公式集、昭49

6）たとえば日本水道鋼管協会：WSP019—82　水道用埋設鋼管路不同沈下の計算方法と対策：昭57

6）(社)電力土木技術協会：火力・原子力発電所土木構造物の設計、昭52

6．地震に対する考慮

軟弱地盤や表層地盤が特に深い場合は、管軸方向の変位を吸収する継手を用いるか、地震による地盤の変位を考慮した応答変位法などにより耐震性の確認を行う必要がある。

応答変位法による埋設管の耐震設計法として、たとえば(社)日本水道協会の「水道施設耐震工法指針・解説、1979年版」がある。

7．他基準との比較およびケーススタディ

今回検討した地中埋設管の計算方法にしたがい、管径および設計水圧を変化させて円周方向応力を算出し、表—8に示した許容応力によりJIS規格ダクタイル管の管厚(管種)を選定した。併せて中小水力発電と関連が深いと考えられる。

①土地改良事業計画設計基準(農林水産省)

②日本水道協会規格(日本水道協会)

についても、それぞれの計算方法と許容応力にしたがって管種を求めた結果、表—13に示すように通常の使用範囲では3者の結果はほぼ一致する。

9．むすび

ダクタイル鋳鉄管は、水圧鉄管用の新規材料としてほかの材料とともに発電水力設備の技術基準に採用され、特殊設計認可のいらない材料となり、従来より使い易い材料になった。

ダクタイル鋳鉄管は、鋼と変わらない強度を持ち、しかも伸びのある信頼性の高い材料である。継手の面においても、伸縮可とう性、水密性に優れ、天候に関係なく接合でき、据付工期が短かいなどの利点を持っている経済的な材料である。

水力発電の分野では、今まではあまり使用例の多い材料ではなかったが、未開発水力地点の中小規模化、水力発電事業者および水圧鉄管施設場所の多様化などと相俟って、これからの水力発電の水圧鉄管としてかなりの需要が見込まれる。

国内資源の乏しい日本において、純国産エネルギーの水力発電の開発促進に貴重な役割を果すことを期待したい。

表—13　地中埋設管管厚選定例(JIS規格ダクタイル鋳鉄管)

呼び径 (mm)	設計水圧 0	同10kgf/cm²	同20kgf/cm²	同30kgf/cm²
500 (土被り1.2m)	3種 (t=8.0mm) 〃 〃	3種 (8.0) 〃 〃	—— 3種 (8.0) 〃	—— 3種 (8.0) 〃
1000 (土被り1.5m)	4種 (t=12.0) 〃 〃	4種 (12.0) 〃 〃	—— 4種 (12.0) 〃	—— 2種 (14.5) 3種 (13.0)
1500 (土被り1.8m)	4種 (t=16.5) 〃 〃	4種 (16.5) 〃 〃	—— 4種 (16.5) 〃	—— 2種 (20.5) 3種 (18.0)
2000 (土被り2.1m)	3.5種 (t=22.0) 4.5種 (t=19.5) 4種 (t=21.0)	3.5種 (22.0) 4.5種 (19.5) 4種 (21.0)	—— 4.5種 (19.5) 4種 (21.0)	—— 1.5種 (28.5) 2.5種 (25.0)

(注) 上段　土地改良事業計画標準設計※)……σa=1,890kgf/cm²
中段　水門鉄管協会(案)……σa=1,200kgf/cm²
下段　日本水道協会(JWWA G 113、114) ……S=4,200kgf/cm²
——は基準の適用範囲外を示す。(※)標準設計で扱うパイプラインの最大使用静水頭はおおむね100m以内とする。)
8トンブルドーザー1台載荷、γ=1.8tf/m³、ϕ=30°、e'=28kgf/cm²
ダクタイル鋳鉄管の管厚はJIS G 5526、5527—1982解説による。
余裕厚は各基準による。

技術レポート

2

ダクタイル鋳鉄管(φ1650)による曲線推進工事について

札幌市水道局
拡張部 施設次長　平賀岑吾
工事課工事2係長　阿部一晴
工事課工事2係　引木　優

1．はじめに

近年大口径管の開削による布設工事は、地下埋設物の輻輳化、住宅の過密化に伴う振動騒音、交通障害などで困難さを増し、推進による工法が増加する傾向にある。

推進工法は管埋設の特殊工法として採用されて以来、種々検討、改良が加えられて施工技術面における発展もめざましく、最近では長距離推進も各地で施工されているところである。

これらの推進工法は従来から直線推進によるものであり、道路の曲線部分を推進する場合は、築造する竪坑の増加、竪坑築造の困難さ、経済性などの諸問題を解決しなければならず、曲線推進の必要性が高まってきており、すでに鉄筋コンクリート管による曲線推進の施工例も見られるようになっている。

札幌市では、白川浄水場と昭和58年度に完成した3万㎥容量の清田配水池間を結ぶ延長20kmの白川第2送水管を建設し、昭和59年7月中旬通水が開始され、1日最大43万㎥を送水する計画である。

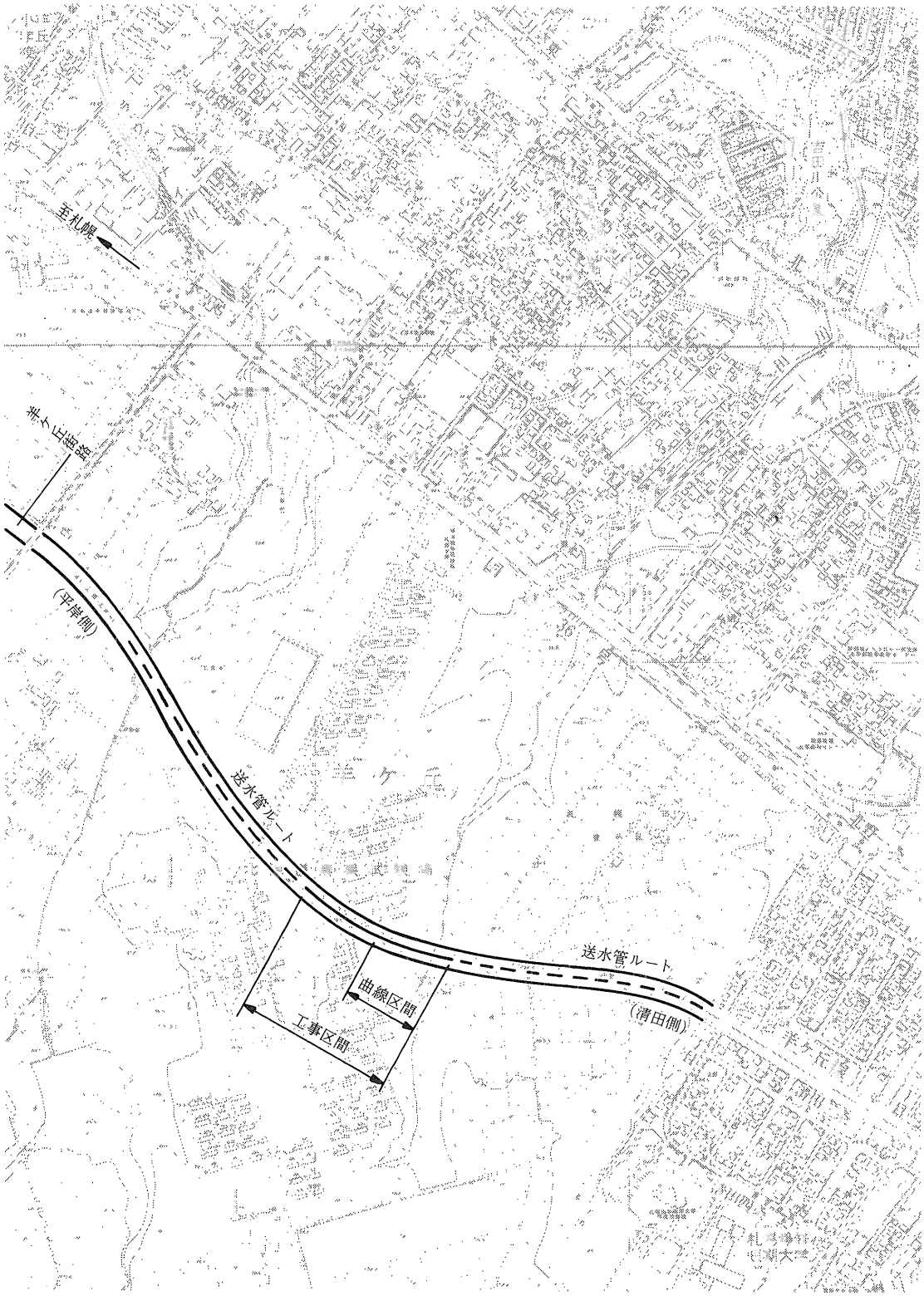
今回、当送水管ルートにおいて呼び径1650mmのダクタイル鋳鉄管による曲線半径458m、弧長72mの曲線推進工事を実施したので、その概要を報告し参考に供したい。

2．曲線推進工法の採用

今回の施工場所は、市の南東方向の丘陵地にある農業試験場内で、市内から千歳方面に抜ける羊ケ丘街路の曲線区間である。この街路は建設中であり、水道管布設を街路工事の切土前に施工する必要があったため土被りが11m～13mと深く、また暗きょ、橋脚が設置されていたため、開削工法や竪坑を数箇所築造する直線推進工法では不可能であった。

このため「外的条件」、「施工性」、「経済性」などを考慮すると曲線推進工法が適当であり、

図－1 施工場所



また①曲線推進時の管列形状、②推力、③管体の安全性、④継手屈曲角の取り方、⑤継手部の許容屈曲範囲、⑥地盤の安定性などについても十分安全であると判断し、ダクタイル鋳鉄管としてはじめての曲線推進工法を採用したものである。

3．工事の概要

本工事は、白川第2送水管総延長20kmのうち、平岸配水池と清田配水池を結ぶ呼び径1650mm～8kmの中間点よりやや清田配水池側に位置する。

管布設延長はダクタイル鋳鉄管呼び径1650mm～203mで、このうち推進延長は188mである。

(1)工事場所　札幌市農平区羊ケ丘、北海道農業試験場内（図－1）

(2)施工期間　昭和58年7月6日～昭和58年10月30日（推進期間9月1日～10月7日）

(3)工事内容　推進用ダクタイル鋳鉄管呼び径1650mm～187m、U形ダクタイル鋳鉄管呼び径1650mm～16m（図－2、3）

推進工内訳

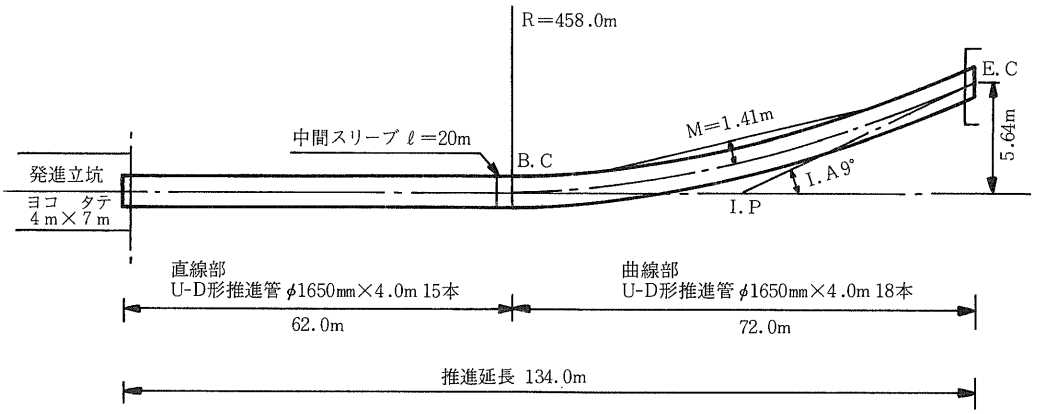
- 直線推進：54m
- 直線、曲線連続推進：直線推進部62m、曲線推進部72m、計134m

(4)使用材料　直線、曲線連続区間
推進用ダクタイル鋳鉄管呼び径1650mm×4m～33本（うちグラウトホール付管16本）
中間スリーブ管～1本
セミシールド形刃口呼び径1650mm用～1基

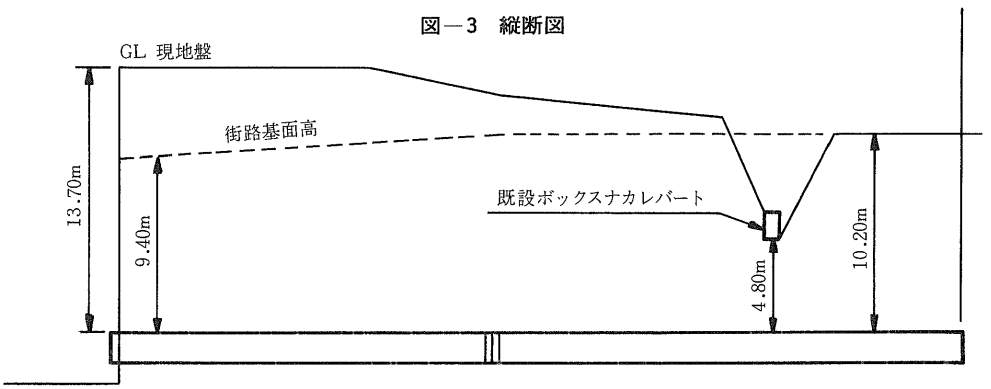
(5)施工業者　北海土木工業株式会社
久保田建設株式会社（技術指導、久保田鉄工パイプエンジニアリング部）

(6)総事業費　135,853,000円

図－2　平面図



図－3　縦断図



4．設計について

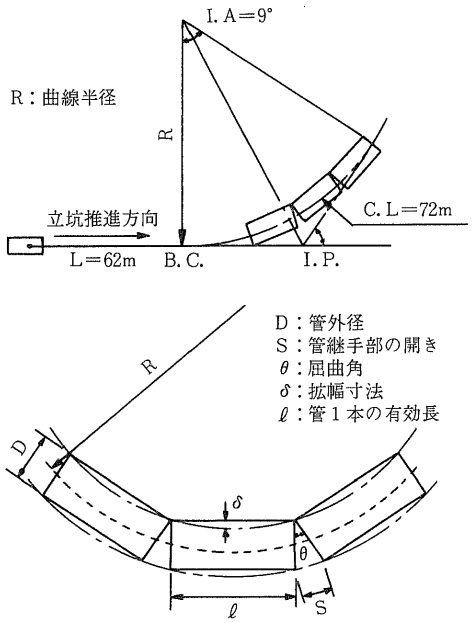
1．管列の形

管布設状況は図—2に示されるように、62m直進したあと、曲線部に入る。曲線部は、曲線半径458m、弧長72mで直線部から連続して推進するものである。推進管はダクタイル鋳鉄管で継手はU形、長さは4mである。継手に生ずる屈曲角は30分で、許容屈曲角の半分以下となっている。したがって、継手屈曲角に関する限り短管を用いる必要はない。

また、この程度の屈曲角では水密性は十分保たれると考えた。曲線推進の場合、管体が曲線を描きながら地中を移動するので、継手部の開き、拡幅寸法が生じる。U形推進管は管外径1830mm、管長4mであり、曲線半径458m、屈曲角30分であるから、継手部の開きは16mm、拡幅寸法4.4mmとなる。

このことは、管外径より4.4mm内側に掘削する必要があることを示している。先端に取付けられ、方向修正をするセミシールド機は、通常の場合でも管外径より20mm程度大きいので、拡幅寸法は十分掘削されることになる。

図—4　管列の形状



2．推力の予想

曲線推進の推力は、まず直線とみなして計算を行い、これに管折れによる抵抗力の増加率を乗じて求めた。

推力計算式

計算条件

1）管外径	1839mm
2）平均土被り	11m
3）土の単位体積重量	1.7t/m³
4）土の内部摩擦角	38°
5）土と管の摩擦係数	0.36
6）管厚	22.5mm
7）管重量	9,925kg/cm

曲線部推力算出式

$$P' = P_1 + (P_2 + P_3) \times \frac{\ell_1}{\ell} + (P_2 + P_3) \times \frac{\ell_2}{\ell} \times \lambda$$

P_1：貫入抵抗力

P_2：周面摩擦抵抗力

P_3：管自重による摩擦抵抗力

ℓ：推進長

ℓ_1：直線推進長

ℓ_2：曲線推進長

λ：推進抵抗比（抵抗力の増加率）

上記の計算式が示すように、直線推進と曲線推進とが同時に行われる場合は、それぞれの推進長比を摩擦抵抗力に乗じ、曲線部はさらに抵抗力の増加率を乗ずることになる。曲線半径、屈曲角、推進管本数18本の条件から、抵抗力の増加率を理論計算で求めると$\lambda=1.04$となった。この結果、直線として計算した推力は1,177トンになり、曲線部の推力（P′）は1,214トンとなった。

3．管体の安全性

推力に対する管体の安全性とフランジ・リブの強度を検討する。

(1)　管体の安全性の計算

管体に発生する応力は、$\sigma c = \frac{P}{A}$ $(A = \frac{\pi}{4}(D_2^2 - D_1^2)$で求められ、1,124（kgf/cm²）となるのでダクタイル鋳鉄管の圧縮強さに比べて小さく問題はない。

(2)　フランジ・リブの強度

U形推進管は構造上、推力はフランジおよびリブによって伝達される。推力が管全周均等に作用する場合の許容抵抗力は表-1

の通りであり、本工事の推力計算値は1,214トンなので標準型リブの許容抵抗力を上回る。また、補強型でも計算値に近い。したがって、本管路は途中に中間スリーブ管を設置し、中押しする必要があると考えた。

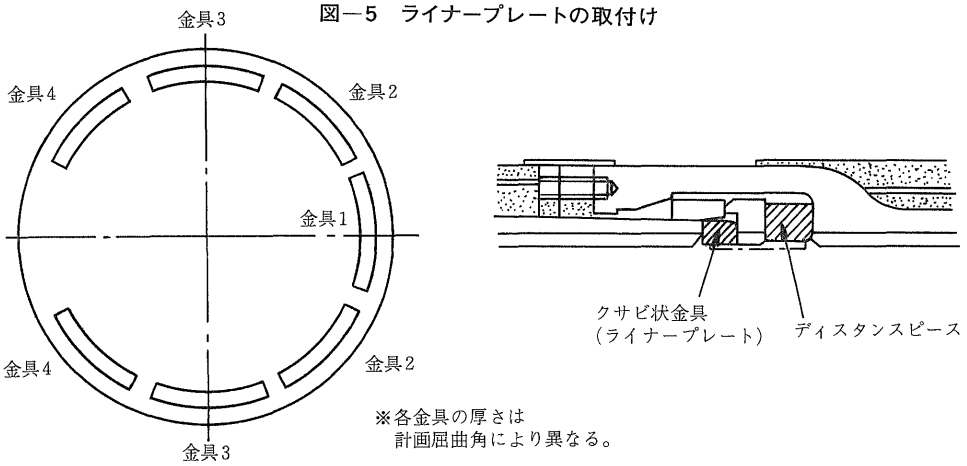
表－1

仕　様	許容抵抗力 (Ton)	リ　ブ	
		数（個）	長さ(mm)
標準型	920	28	110
補強型	1,260	28	150

4．推進用金具の検討

通常の直線推進においても、推力は管円周均等に作用させる必要があるが、偏圧により推力が増加することもあるので、ディスタンスピースを管の継手部に挿入し、均等化をはかる方法が用いられる。曲線推進の場合は、特に推進管のフランジおよびリブによって推力を伝達しようとすると、この力が一部に集中し偏圧となる。このため、力の集中を低く押えて推力を均等に伝達させるために、ここでは図－5に示すようなクサビ状金具（ライナープレート）を用いた。

図－5　ライナープレートの取付け



ライナープレートは、継手屈曲角を設計値の30分に保つための機能を有するもので、25mmのライナープレートを継手部に挿入し、曲線部にかかった時に外側のライナープレートを40mmに取替える。こうすることによって継手部の開き16mmが保たれ、必要な屈曲角が得られると考えた。また、ライナープレートはディスタンスピースとともに推力を均等に伝達する機能を有するため、強度的な検討も必要であった。継手の許容応力は、ライナープレートと管端面との接触比率を定め、この比率から求めると969トンになる。推力の計算値は1,214トンであるが、中間スリーブ管1個使用することにより推力は半減するので、接触比率20%以上のライナープレートを用いれば曲線推進に必要な推力を伝達できると考えた。

5．U形推進管の水密性について

U形推進管の水密機構部は、U形継手と同じであるので、U形継手を限界屈曲角近くまで曲げ、水密性試験を行った結果から判断すると、曲線配管であっても水密性については十分安全である。

5．施工について

1．土質状況

推進区間の土質は、概ね次の2種類に分けられた。

①茶褐色の火山灰層（シルト質粗粒砂）
N値　30～40

②暗青灰色の硬質シルト層　N値22～30

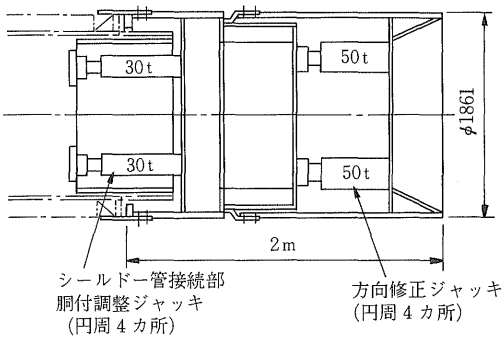
発進坑より20m付近までは①の火山灰層が主体で、20m～100m付近は②のシル

ト層が上部に、①の層が下部に分布されている。また、100m以降は火山灰層の中間に黒褐色の軟石層が見られた。

2．刃口について

刃口には、方向修正用ジャッキと胴付間隔調整用ジャッキを設置したセミシールド機を採用し、かつ方向修正用として2段折れ構造とした。（図－6）

図－6



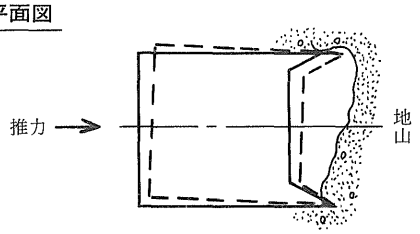
これは、曲線推進時の方向修正を容易にするための設計であったが、下方に屈曲しやすい構造のため、その方向修正が必要となり苦労した。また、胴付調整用ジャッキは結局使用しなかった。これらから判断すると、曲線推進の場合でも全長2mほどの方向修正ジャッキだけを備えた通常のセミシールド機でよいと考えられる。

曲線推進工事では、管路変位の測量を頻繁に行い、測量結果に基づく方向修正の実施が重要であり、本工事では次のような方法で方向修正を行った。

①刃口の方向修正ジャッキを操作する。

②刃口前面の地山を図のように片掘りして推力を与えると、刃口が点線で示すように片掘りした反対側に傾く。

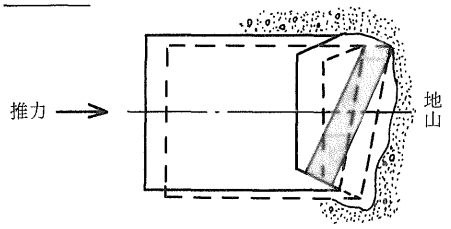
平面図



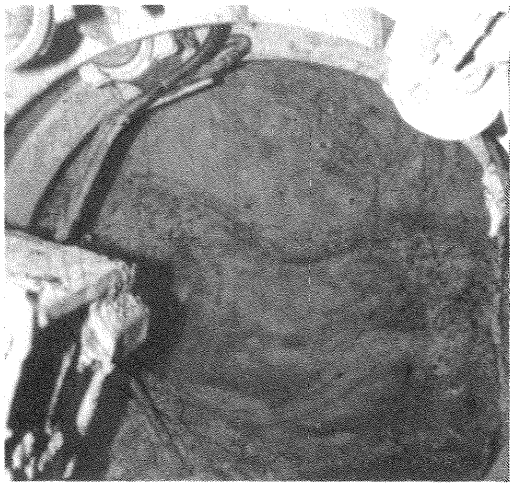
③刃先に木梁を斜めにかませる。

図のように地山と刃先の間に木梁を設置し、推力を与えると木梁が回転し、刃口が点線で示すように右に変位する。

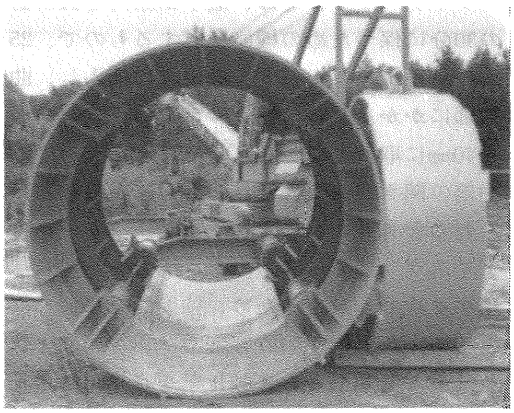
平面図



写真－1　切羽の土質状況
（シルト層の間に火山灰層がある）



写真－2　刃口を後方から見たところ



3．曲線推進用器具、装置

(1)　ライナープレート

ライナープレートの主な機能は、①継手屈曲角を設計値に保つ。②ディスタンスピ

ースとともに推力を伝達する。③継手胴付開口装置のツメが入るすき間を確保するなどである。

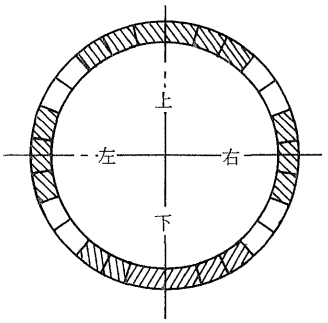
本工事は発進坑より62mの区間が直線部推進で、その先が曲線部推進のため、次の2種類のライナープレートを用いた。

- 種類A－直線部推進用で厚さ25mm
- 種類B－曲線部推進用で曲線内側の厚さは25mm、外側の最大厚さは34.6mm、その中間は段階的に厚さを変えている。

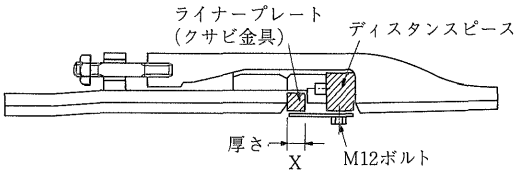
継手屈曲角30分は、当初外側40mm、内側25mmのライナープレートで保たれると考えたが、推進中管体が内側に振れはじめ方向修正が必要となった。そのまま推進すると振れは大きくなり、修正の困難さも予想されたので、上記のライナープレート厚に変更した。この結果、継手屈曲角、継手開きが設計値とほぼ同一になった。

ライナープレートは、溶接プレートとM12ボルトによってディスタンスピースに接続されており、そのセット状況は図－7の通りである。

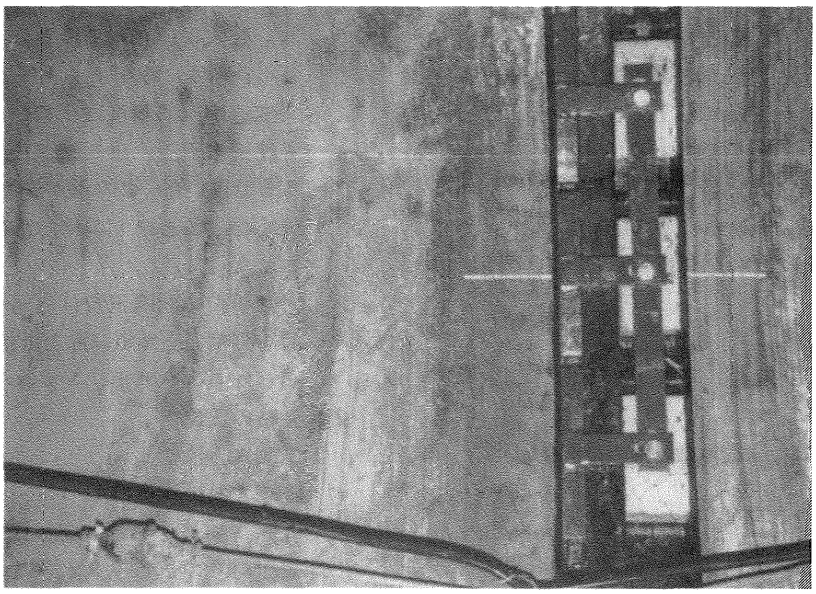
また、ライナープレートおよびディスタンスピースは、図の斜線部18カ所に配置した。配置されていない8カ所は、ライナープレートを交換、撤去する時に継手開口装置のツメ部がセットされる。



図－7



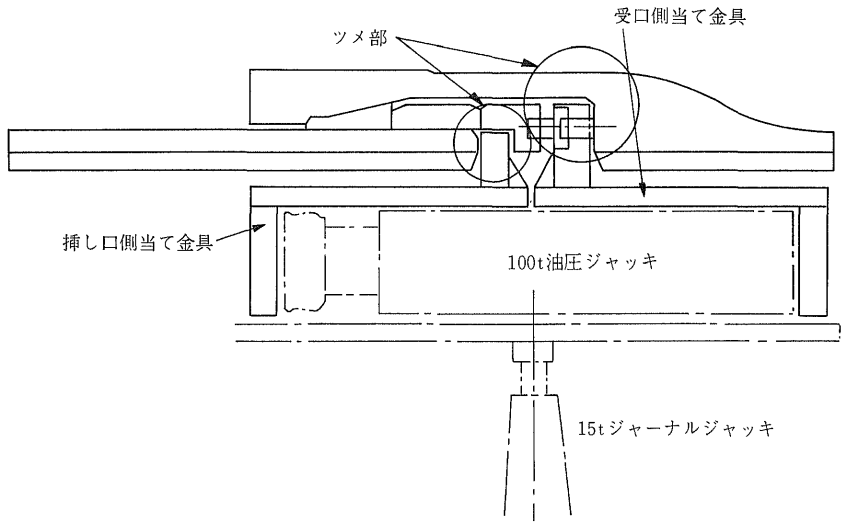
写真－3　ライナープレート、ディスタンスピースのセット状況



(2)　継手胴付開口装置

この装置は、①継手部が始曲点にさしかかった時、ライナープレートを交換するため継手胴付間げきを強制的に押し拡げる。②推進工事完了後に、かみ込んだライナープレート、ディスタンスピースを取りはず

図—8



す。などの目的で図—8のように製作した。

(3)　植込みボルト

曲線部に配管される管（18本）の継手に使われる植込みボルトは、ライナープレートをセットするための継手の抜出し量を吸収するために、標準寸法（95mm）より40mm長く135mmとなっている。

6．曲線推進の測定観察について

曲線推進中は、推力や管路の変位などに対する十分な測定観察が必要であり、曲線推進の適切な施工を遂行する上で、もっとも重要な施工管理のひとつでもある。

これらの測定観察項目と施工管理との関係を示すと表—2の通りである。

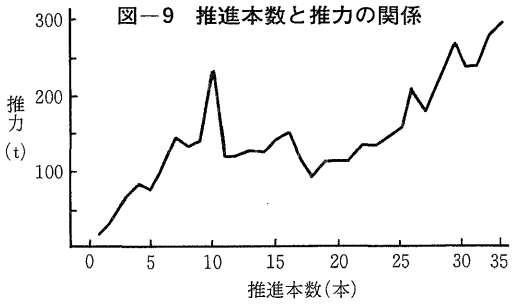
各測定項目の観察結果は次の通りである。

1．推力

(1)　測定方法

推力は、自記記録計をセットして測定した。

図—9　推進本数と推力の関係



(2)　測定結果

推進本数と推力の関係をグラフに表わすと図—9の通りである。

図—9からわかるように、推力は最大300トンと小さく、その理由としては、

①推進区間の地盤がN値30～40と硬い火山灰層およびシルト層であり、内部摩擦角も比較的大きかったと推測される。したがって、テルツアギーのアーチアクション公式に示されるゆるみ高さ(ho)が小さく、管体に作用する土圧も低くなった。

②推進中（15本目）に刃口前面の地盤から地下水が流れ出し、以後推進が完了するまで続いた。この水が管周囲にも流れ、管外面と土との間の摩擦係数（μ）を低下させた。

③継手の方向修正を行い易いよう刃口前面を掘削したため、貫入抵抗が減少した。

などが考えられる。

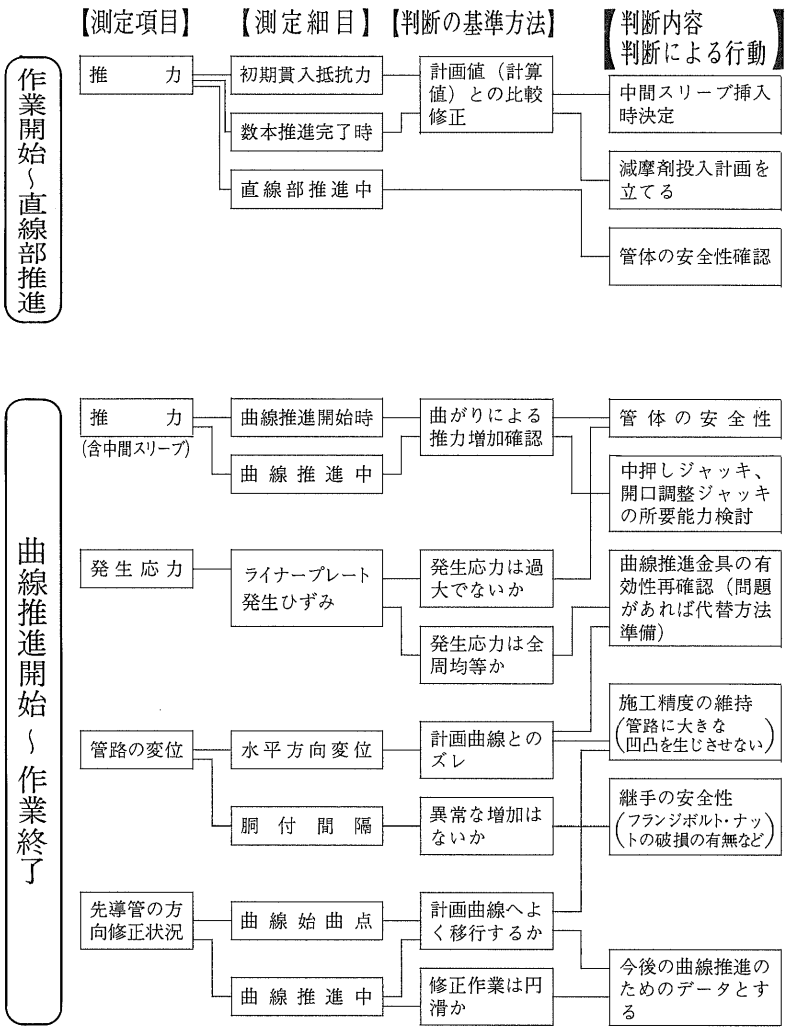
2．管路の変位

(1)　測定方法

垂直方向の変位はレベル、水平方向の変位はトランシットおよび写真—4のように地表面からのチェックボーリング（呼び径75mmのVPを通してある）で測定、チェックを行った。

測定時期は、直線部推進中は管1本分の推進終了時ごとに行い、曲線部推進中はこ

表—2　測定観察項目と施工管理の関係



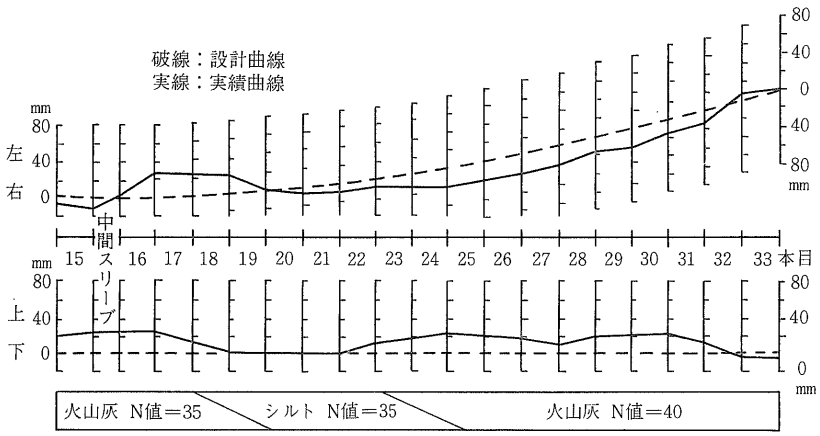
のほかに管半本分推進時ごとに中間測量を行った。

(2)　測定結果

曲線推進部の変位は図—10の通りであり、その変位は上下25㎜、左右48㎜の最大振れで収まり、精度的には良好であったと考える。また、曲線部分の水平変位量を見ると、始曲点付近で若干内側へ振れているが、これは刃口の方向修正を始曲点の２ｍ手前で行ったためと思われる。

写真—4　チェックボーリングの状況

図－10 曲線部推進成果表



3．継手胴付間隔

(1) 測定方法

胴付間隔は管1本分推進終了ごとに全継手に対して測定した。測定箇所は、曲線部の継手に対しては円周8カ所、直線部の継手に対しては円周4カ所とした。

(2) 測定結果

推進工事完了後の胴付間隔測定値と左右の胴付差から求めた1口～18口間の水平方向の継手屈曲角は、水平屈曲角$=\tan^{-1}\frac{(\text{左右の胴付差})}{(\text{管外径})}$で算出され、その値は表－3の通りである。

表－3

継手 No.	最大胴付差 (mm)	左右の胴付差 (mm)	水平屈曲角 (度)
1	8	0	0.000
2	21	－ 2	－ 0.067
3	23	23	0.775
4	30	30	1.010
5	27	27	0.909
6	22	20	0.674
7	13	12	0.404
8	9	9	0.303
9	7	7	0.236
10	8	8	0.269
11	16	16	0.539
12	8	7	0.236
13	19	19	0.640
14	21	18	0.606
15	16	15	0.505
16	11	11	0.371
17	2	1	0.034
18	0	0	0.000

曲線部の継手に推力が負荷されると、挿し口端面、ライナープレート、押輪、ディスタンスピース、受口底部が接触して胴付間隔は133mm～135mmになる。しかし、直線部および曲線部でも135mm前後の測定値は1カ所だけで、そのほかは最大155mm～162mm開いている。すなわち、推力の伝達に有効なライナープレートは、胴付間隔が135mm前後の部分に配置された数枚だけであり、そのほかは接触しないまま移動推進するものと考えられる。

このことは地盤が良好なため、刃口の通過によって形成されたトンネルが残存し、後続の管路がその軌道に沿って移動するためと考えられる。また、胴付間隔の拡大量が曲線推進後半になるほど小さくなるため、ライナープレートは一律の厚さ（今回は計画厚さより5mm～6mm薄い）にするのではなく、後半に進むにつれ計画厚さに近いものを使用するのが適当と考えられる。

4．ローリング

(1) 測定方法

発進坑内における継手接合時の管内頂部点と1本分推進終了時の管内頂部点とのズレを測定した。

(2) 測定結果

①始曲点から20m～24m付近でローリングが減少し、終曲点付近では0ないし逆回りになっている。これは、直線部推進で右回りローリングしていた管路が、曲

線部推進で左へ変位したことにより、管路全体のローリングが相殺されたものと考えられる。

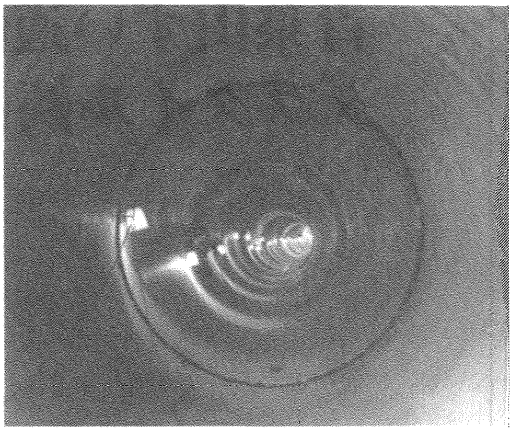
②1口、2口目の推進完了時のローリング量は220mmで、呼び径1650mmU形継手の継ぎ棒間隔206mmより若干大きい。したがって、本工事のように始曲点までの直線区間が長い場合には、ライナープレート、胴付開口装置などにローリング対策が必要と思われる。

7. おわりに

ダクタイル鋳鉄管を用いた曲線推進の施工例は過去になく、事前の十分な検討や工事中における綿密な施工管理が必要であった。今回の施工は曲線半径が458mと比較的大きく、継手屈曲角も30分と許容屈曲角の半分程度であったので、推力もそれほど大きくならず管体や継手の安全性も確保された。また、切羽が安定しており、かつ湧水の影響もなく順調に工事を進めることができた。しかし、推進工法は地質によって施工性が大きく左右されるものであり、また曲線半径が小さくなると推力も偏圧も大きくなり、まだまだ検討を要する問題がある。

特に、軟弱地盤の曲線推進工事では、方向修正がむつかしいと考えられ、曲線半径を大きく取ったり、方向修正が比較的容易な工法を選択する必要があると思われる。

写真—5　推進の完了した曲線区間



技術レポート 3

仙台市における青葉山ずい道配水池内呼び径700㎜ダクタイル鋳鉄管布設工事について

仙台市水道局建設部
建設第1課長　大竹正男
建設第1係主査　川島銀造

1．まえがき

仙台市は今や人口70万人を擁し、その都市圏人口も120万人に達しつつあり、政治・経済・文化・交通など、あらゆる面で都市的集積が進み、東北の中核都市としての役割は一層高まってきている。

仙台市の都市づくりの基本理念は健康都市の建設であり、絶え間のない人口増加による水需要の増加に対しては、数次にわたって拡張事業を強力に推進してきた。昭和52年度に完成した第4次拡張事業により、隣接市町への分水を含め、その1日の給水能力は35万㎥と「健康都市仙台」の名にふさわしい施設を有することとなり、豊かな水を給水している。

しかし、仙台市も最近における仙台港関連施設の拡充、東北高速道路および東北新幹線の開通、さらには昭和61年度開通予定の地下鉄などにより、都市部の高層・高密化・市街地の拡大が進み、人口の増加・集中化、昼間人口の増大が予想され、これに伴って水需要はますます増加の一途を辿るものと想像される。

このような水需要の増加に対処し、長期的な安定給水を確保するためには、水源の確保が緊要な課題となり、阿武隈川支川白石川上流に国が施行する県内最後の大規模な多目的七ケ宿ダムを水源として、宮城県営仙南・仙塩広域水道用水供給事業から1日最大28万3,200㎥を4カ所で受水する計画を基本に、第5次拡張事業を施工中である。この事業の一環である青葉山ずい道配水池概要と併せて、ずい道配水池内呼び径700㎜鋳鉄管布設工事について報告する。

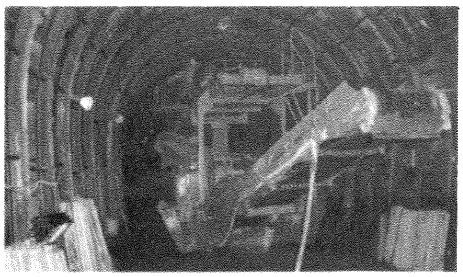
2．青葉山ずい道配水池の概要

本ずい道配水池は、広域水道から太白受水池で受水した1日最大12万3,900㎥の用水を太白の丘陵地帯、青葉山の国有林ならびに青葉

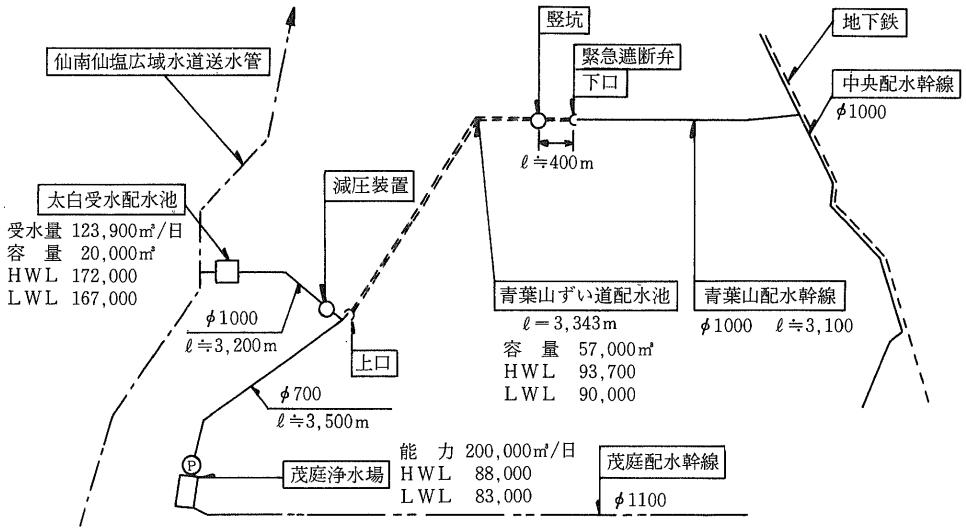
山ゴルフ場、東北大学構内などを横断して市内の中心部に供給するものであるが、これに伴う送水施設の一部ならびに配水池を兼用させた延長3,343m、半径2.5m標準馬蹄形のものである。

この配水池より伸びる配水管は、仙台市が施工する地下鉄と並行して、国が建設を計画している仙台共同溝内に布設予定の中央配水幹線呼び径1000㎜に連絡する。また、広域水道から受水するまでに不足する需要水量の一部を補う目的で、釜房ダムを水源とする茂庭浄水場の季節的余裕水を浄水で本ずい道配水池に送水、貯留し、夏季の水需要のピーク時など、一時的な水量不足に対処しようとするものである。

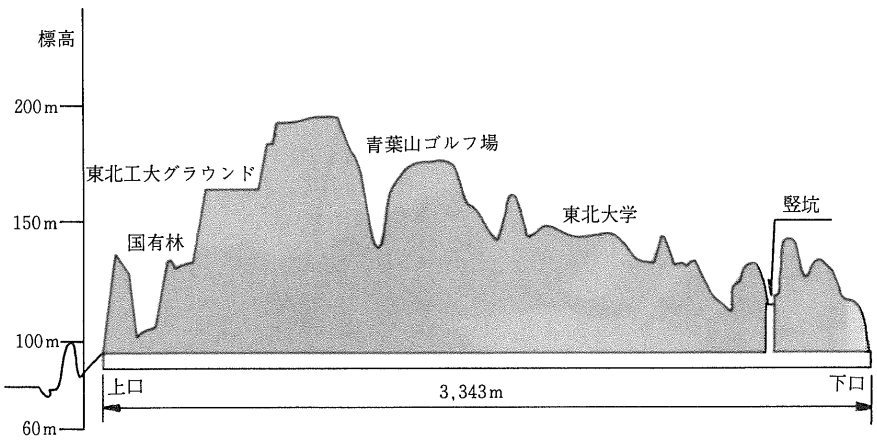
写真－1　ずい道掘削状況



図－1　ずい道配水池関係系統図



図－2　青葉山ずい道配水池縦断面図

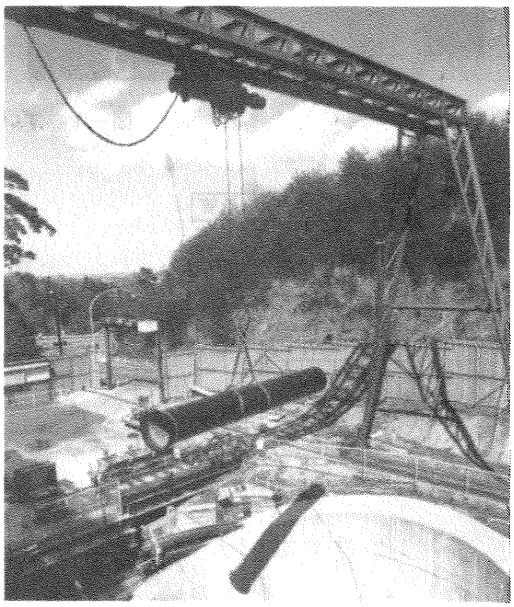


一方、本ずい道配水池が安定した地層の中に築造され、特に地震に対しては地上の構造物よりも安全性が大であることから、災害時における飲料水を確保する有効な施設でもある。仙台市は1978年６月12日、宮城県を中心にしたマグニチュード7.4の宮城県沖地震により震度Ⅴ(強度)を記録した。このため配管工事と併せて緊急遮断弁(呼び径 600㎜)をずい道配水池流出側、下口バルブ室内に設置し、地震などの災害時および配水幹線の破損事故などによる過大流量が検知された場合には、ただちに自動的に弁を遮閉し、ずい道内の水を外へ漏らすことなく「命の水」を確保できるようにした。しかも本施設は市の中心部近くにあるので、送水が遮断されても応急的に最小限度の水を給水車にて運搬給水できる重要な施設でもある。

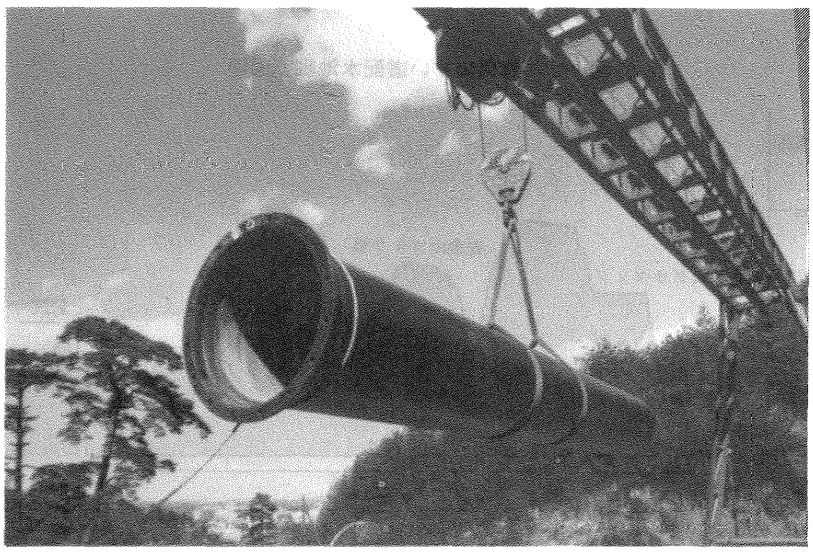
３．ずい道配水池内配管布設概要

「水道施設設計指針」により、一般に配水池は点検・清掃および修理などにより空にすることがあるので、維持管理上２池以上に分けることが望ましく、１池の場合は隔壁で二分してその機能を２池とするか、側管を設ける必要があるとされている。したがって、本ずい道配水池もこれらの配慮が必要であるが、隔壁で二分した場合は、高価なずい道内の空間断面を減少させて有効貯水量が少なくなるとともに、ずい道の構造上複雑多数の鉄筋の組立てが必要となり、工期が増大して工事費も高くなる。このためずい道配水池内に呼び径 700㎜の鋳鉄管を布設して側管とすることとした。しかもずい道配水池を使用中も、こ

写真－２　下口工区立抗よりの管吊り下ろし状況

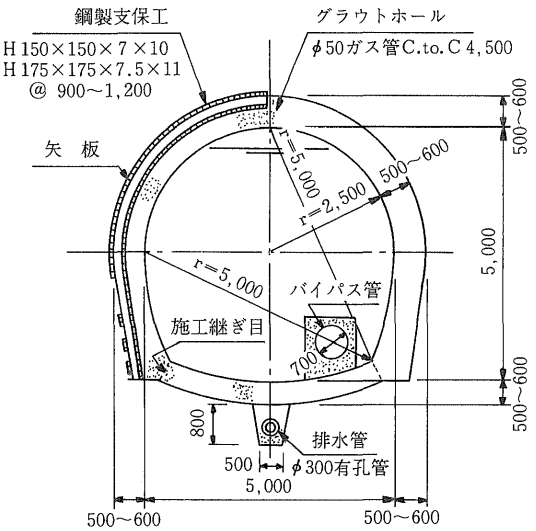


写真－３　下口工区立抗よりの管吊り下ろし状況



の側管は開放状態として使用するので、側管布設によるずい道断面の減少はなく、有効貯水量にも変化はない。

図－3　標準断面図



ずい道配水池諸元

名称		青葉山ずい道配水池
延長		3,343m
容量	総貯水容量	59,000㎥
	有効容量	57,000㎥ (LWL～HWL)
内空断面		標準馬蹄形(r=2,500、5,000)
貯水池水位	HWL	93.700m
	LWL	90.000m
縦断勾配		i=1/5,000(おがみ勾配)
概算工事費	ずい道	5,500,000 (千円)
	付帯設備	1,500,000 (千円)

鋳鉄管布設工事は、ずい道工事と同様2工区に分けて施工された。上口工区延長1,716mはずい道本体が5,000分の1のおがみ勾配であるが水平配管とし、下口工区延長1,627mは全線にわたりずい道と同じ勾配で配管して凸部をなくし、空気溜りが起きないよう配慮した。

バイパス管の管種選定に当たっては、鋳鉄管・鋼管・硬質塩化ビニル管などが考えられたが、強度・腐食性・施工性・経済性など、あらゆる角度から比較検討した結果、ずい道内の配管工事であることを考慮して、施工上鋼管の溶接と比べ管接合作業が短時間にできしかも溶接による換気設備を必要としないダクタイル鋳鉄管を使用することとした。

鋳鉄管および継手付属品の製作仕様は、ずい道配水池内の送水管で内外面とも飲料水に接することから、水質の保全と長年月の使用に耐え得るよう内面はセメントライニング(JIS A 5314)、外面はタールエポキシ樹脂塗装(JWWA K 115)塗厚0.3mmとした。押輪についても鋳鉄管外面と同じタールエポキシ樹脂塗装膜厚0.3mmとし、またメカニカルボルト・ナットはSUS 304製品とした。

管支承台は全巻の現場打ち鉄筋コンクリート製で、直管1本6mにつき受口側、挿し口側各々1カ所で支承するものである。そのうち挿し口側1カ所は平パッキン(SBR製JIS K 6353)厚6mmを管に巻いて支承台コンクリートを打設し、支承台コンクリートと管が直接に接触することを避けて、温度変化による管の膨張、収縮をK形継手で吸収できる構造とした。

4．設　計

1．管厚の検討

設計条件は次の通りである。

呼び径 D＝700mm

半　径 R＝350mm

内　圧 P＝2.0kgf/㎠

外　圧 P＝0.4kgf/㎠

管　厚 T＝9mm(4種管)

t＝8mm(4種管の公称管厚から鋳造公差を差引いたもの)

(1) 外圧に対する検討

Bryanの式より

$$P_k=\frac{1}{12}\cdot\frac{m^2E}{m^2-1}(n^2-1)\left(\frac{t}{R}\right)^3$$

P_k＝挫屈圧力

m＝ポアソン数

E＝ダクタイル管の弾性係数

n＝凹みの数。2とする。

$$P_k=\frac{1}{12}\times\frac{(3.5)^2\times1.6\times10^6}{(3.5)^2-1}((2)^2-1)\left(\frac{0.8}{35}\right)^3$$

$$=5.18\text{kgf/㎠}>0.4\text{kgf/㎠}$$

5.18kgf/cm²の外圧が加わった時、
挫屈する。

(2) 内圧に対する検討

内圧により発生する応力(σ)を計算する

$$\sigma=\frac{P}{2}\cdot\frac{D}{t}$$

$$=\frac{2.0}{2}\times\frac{70}{0.8}$$

$$=87.5\text{kgf/cm}^2<2{,}000\text{kgf/cm}^2(\sigma_a)$$

σ_a＝ダクタイル鋳鉄管の許容引張り応力

(1)、(2)より内圧、外圧に対し安全な4種管(T＝9㎜)を使用する。

2．管支承台の検討

(1) 浮力に対する検討

$$\text{浮力 F}=\frac{\pi\times(73.3)^2}{4}\times100\times1.0\times10^{-3}$$

$$-189=233\text{kg/m}$$

管1本6mの浮力を2カ所で阻止すると、
1カ所当たり 233×3＝700kg
ずい道底版に150㎜鉄筋φ13㎜を支承台1カ所当たり8本定着させる。
ずい道底版に埋込んだ鉄筋8本の付着強度

$$t=(12.7\times\pi\times15)\times21\times8$$

$$=10{,}049\text{kg}>700\text{kg}$$

以上より安全である。

鉄筋定着にはアンカー用樹脂カプセルを使用する。

(2) 地震時における支承台の検討

地震による水平力Hを求める。

H＝(管と水の重量＋管支承台の重量)
×水平震度(0.2)

$$=\left\{1.775+(1.2\times1.6\times\frac{\pi\times(0.7)^2}{4})\right.$$

$$\left.\times0.4\times2.4\right\}\times0.2$$

$$=0.649\text{t}$$

M_a＝H・h 転倒モーメント

M_b＝P′・ℓ 鉄筋4本が耐え得るモーメント

σ_{sa}＝鉄筋の許容引張り応力度

$P'=\sigma_{sa}\times A=1{,}600\times1{,}267\times4=8{,}108\text{kg}$

$M_a=649\times100=64{,}900\text{kg}\cdot\text{cm}$

$M_b=8{,}108\times115=932{,}420\text{kg}\cdot\text{cm}$

$M_a<M_b$であり、地震時に対しても安全である。

5．施　工

本工事はずい道配水池内の狭い場所での工事であるため、第1日目管運搬・管据付け・鉄筋定着用孔の削孔、第2日目鉄筋組立て・型枠組立て、第3日目仮受台取付け・コンクリート打設と1サイクル3日の工程で鋳鉄直管L＝6m、10本、布設長60m、支承台20カ所をずい道配水池中央の工区境より各坑口に向って施工した。また、延長3,343mという長大トンネルであることから、換気には十分注意するとともに、使用する機器は排気ガスなどを排出するものは一切使用せず、電動および手動式のものを使用した。

1．ずい道内配管材料運搬

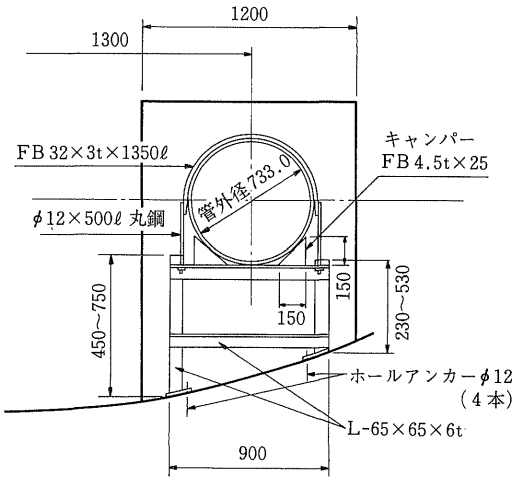
工場より坑口までトラックにて運搬された配管材料は、坑口近くの材料ストックヤードに一時仮置きされ、そこからずい道内に運搬する。坑口に設置してある門型クレーン(2.8トン吊り)を使用して鋳鉄管をナイロンスリングによる2点吊りで吊り上げ、バッテリーフォークリフトにけん引された管運搬台車に下ろされる。管運搬台車には転がり防止のクサビとともに、管外面塗装の損傷防止用ゴムマットを取付けた。積込みを完了した台車は時速20km以下の速度で配管据付け現場まで1本または2本の鋳鉄管を乗せ搬送する。

2．管据付け

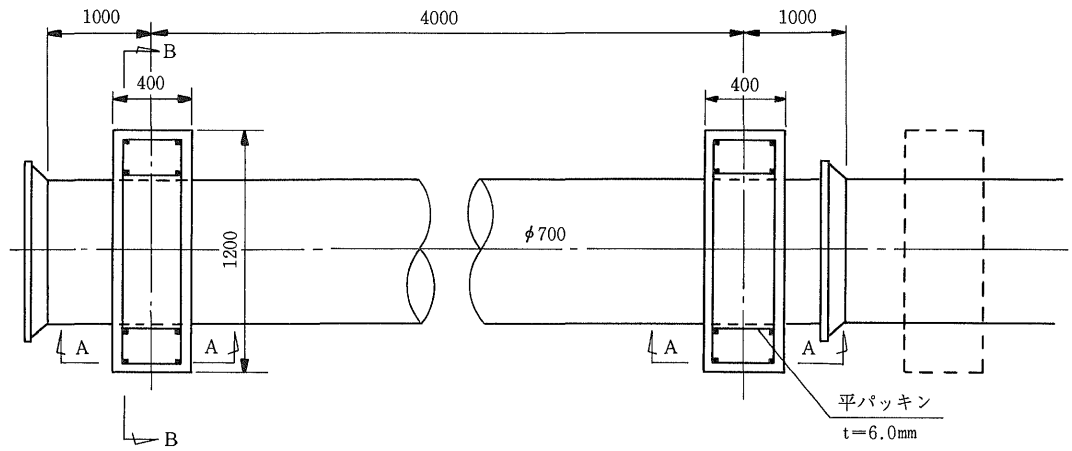
管据付けに先立って管仮受台を設置する(図－4)。管の伸びを考慮して測量を行い、管据付け位置の芯出し、管支承台の墨出しを行い直管1本につき1カ所の仮受台を支承台コンクリートと同一箇所に設置する。仮受台は、最終的には支承台コンクリートに巻き込むようにした。仮受台はSS41等辺山形鋼(L－65×65×6t)製で、あらかじめ工場で加工されたものを使用し、現場ではホールインアンカーによるインバートへの取付けのみとした。

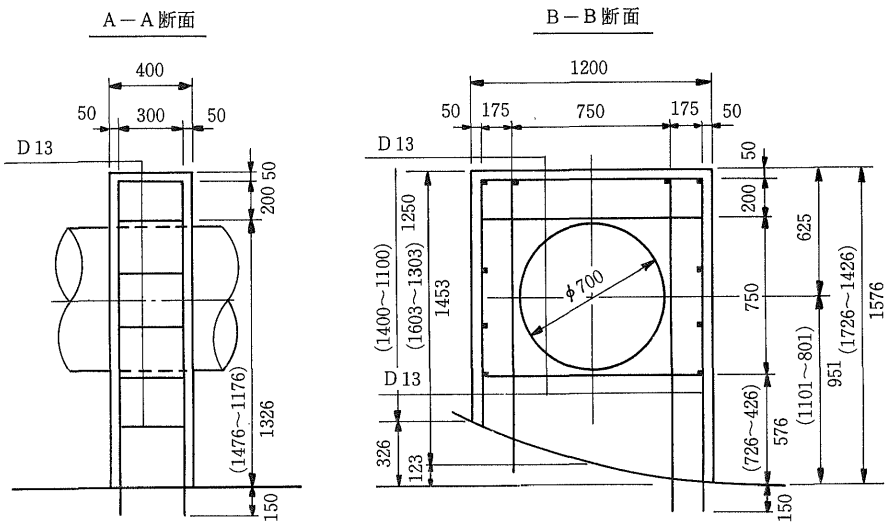
台車に乗せられた鉄管は、据付け場所で現場内の門型クレーン(1.5トン吊り)にて吊り上

図－4　仮受台

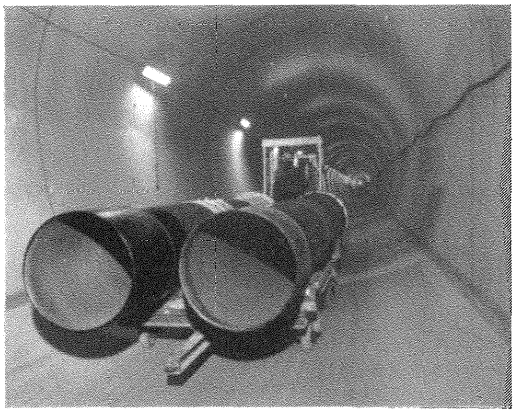


図－5　直管支承台平面図

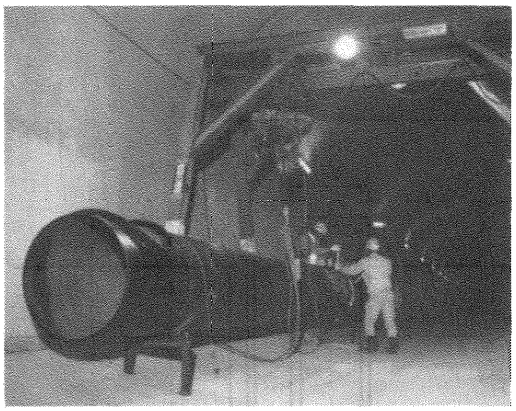




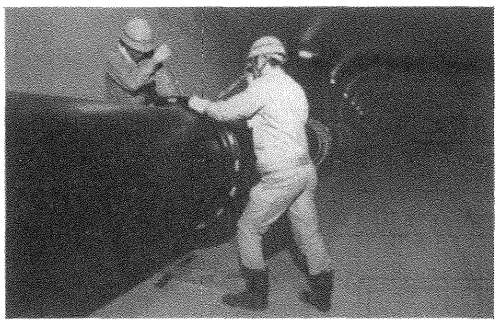
写真－4　管運搬状況



写真－5　管接合状況



写真－6　管接合状況



げられ、仮受台上に静かに吊り下ろし、すでに据付けられた管の受口および挿し口に少し角度をつけて静かに挿入する。門型クレーンにて鋼製パッキンを使用して高さの微調整を行い、正しい位置にセットさせ芯出しを行い完了すればただちに接合作業に入る。接合作業は日本ダクタイル鉄管協会編「K形ダクタイル管施工要領書」に基づき行った。接合用メカニカルボルト・ナットがSUS 304仕様のため、締付け時に生じる摩擦熱の影響で締付け不能となることが十分考えられた。したがって、一般的には焼付き防止剤を使用するのであるが、今回は配水池内の水質汚染の原因ともなることから一切使用せず、次の手順でボルト・ナットを締付けた。

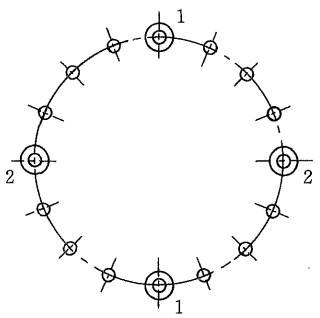
(1)　ゴム輪を管挿し口に預け入れ、まず4本(図－6)のFCD製メカニカルボルト・ナット(M24×120)を使用して締付ける。この時ゴム製のクサビ(図－7)を使用して押輪の中心と管の中心が同心であることを確認する。締付けはスパナ・トルクレンチにて行い、電動式インパクトレンチは使用しない。また、ボルトのT頭と管受口外側の間にもゴム製のクサビを入れ、T頭が水平に保たれるようにして管受口外面の塗装を保護する。

(2)　SUS 304ボルト・ナットを残りの12カ所へセットし、規定の締付けトルク(1,400kg・cm)までトルクレンチにて締付ける。

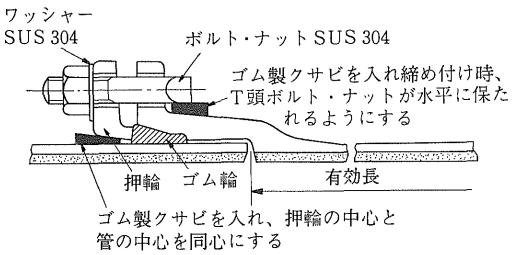
(3)　FCD製ボルト・ナット4本を取りはずし、SUSボルト・ナットと交換して締付けを行う。

(4)　上記の作業後、全部のボルト・ナットが規定トルクに達するまで追い締めという手順とした。

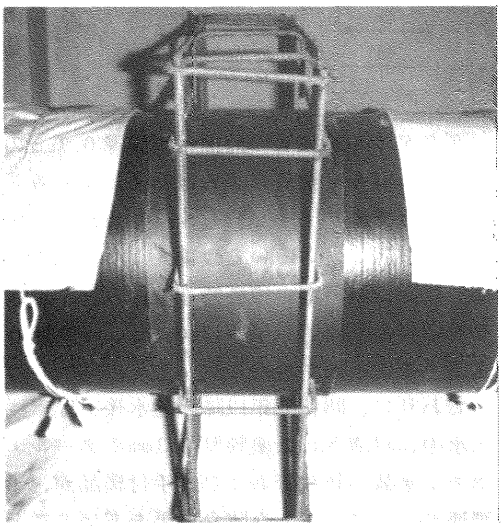
図－6　FCD製メカニカルボルト・ナット取付け箇所



図－7　K形継手および接合時使用クサビ



写真－7　鉄筋組立ておよびゴム製平パッキン取付け状況

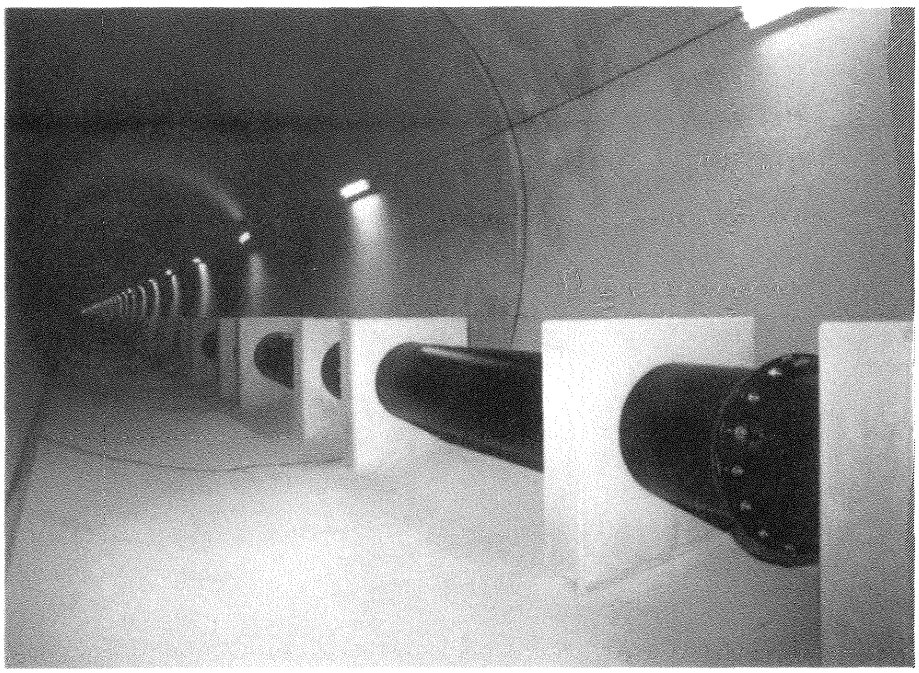


3．管支承台工事

管据付けに先立ち、ずい道インバートに電動ドリルで鉄筋定着用孔を削孔する。孔は掃除機などでくり粉を除去し、管据付け後樹脂カプセルを挿入して、定着用鉄筋をアンカー打込み機により打込み、その後鉄筋を組立てる。型枠は1支承台当たり8分割として数10組製作し転用していく。

コンクリート打設は坑口までミキサー車にて運搬された生コンクリートを、バッテリーフォークリフトにけん引され、台車の上に乗せられた容量0.5㎥のバケットで受け、2～3箇のバケットを打設場所まで運搬する。フォークリフトのフォークに台車上から乗せ替えフォークを上昇させ、バケットのシャッターを開けて人力により打設する。型枠組立て・脱型・コンクリート打設時には、管の外面塗装に損傷を与えないよう十分注意するとともに、管にビニルシートを巻き、コンクリート打設の際、管にコンクリートが付着しないよう防護した。特に管に付着したコンクリートは、早い時期に清掃しないと清掃する時に外面塗装を傷つけるので、型枠と管のすき間に

写真－8　布設完成状況



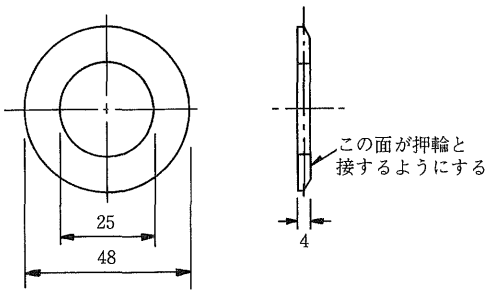
付着するコンクリートは、型枠脱型時に木ベラを使用して管から丹念に取り除いた。清掃後、ホリデーデテクタを用いて塗膜全面について1,500Vの電圧でピンホール検査を行い、施工中傷ついた箇所がないかを調べ、火花の発生するような欠陥があった場合は、ただちに工場で使用したものと同一の塗料により補修した。補修後は電磁微厚計を使用して規定の塗厚に塗られたかを検査する。

6．あとがき

青葉山ずい道配水池は、配管工事も終了し昭和62年度からの使用を目標に、現在覆工コンクリートおよび管支承台コンクリートへの防食塗装を行っている。

配管工事の施工に当たっては、鋳鉄管外面・押輪ともタールエポキシ塗装なので、塗装に損傷を与えないよう各工程で特に注意した。工場においても、わが国で使用する管材料として本塗装仕様を採用したのは、今回が最初ということで研究が重ねられ、いい製品を現場に搬入してもらった。特にメカニカルボルト・ナットを締付ける際に押輪の塗装が剥離する現象が見られたことから、これをクリアーするために幾度かの実験を試みた結果、凸型SUS製ワッシャ厚4mm、径48mm(図－8)を取付けることにより解決することができた。

図－8　ワッシャー図



ダクタイル鋳鉄管の外面に塗膜厚0.3mmのタールエポキシ塗装によるはじめての試みということで当初予想し得なかった場面に幾度となく遭遇し、いろいろ改善を重ねる結果となったが、請負者の積極的な取組みと、迅速な対応により問題を早期に解決し、予定通り完工することができた。

おわりに、昭和62年以降の通水後、塩素注入水中に浸漬された塗膜厚0.3mmのタールエポキシ塗装の鋳鉄管および継手付属品が、予測通りパーフェクトな防食効果をあげることを期待して、今回の工事報告としたい。

技術レポート

4 名古屋市のパイプ・イン・パイプ(PIP)工事について

名古屋市水道局配水部東配水事務所
所　長　加藤　豊
工事係長　横山敏夫
技　師　久住隆弘

1．はじめに

名古屋市に市制が施行されたのは、明治22年10月(1889年)である。

市勢の発展に伴い、人口の増加、伝染病の発生予防、火災の防止などから、市民の間に水道管を布設すべきであるとの議論が起こってきた。

そこで名古屋市は、水道施設の設置を決議し、水道工事の起工式を明治42年7月（1909年）に行い、明治43年1月(1910年)に工事に着手した。

そして、当初計画の工事が大正3年（1914年）に完了し、同年9月に給水を開始した。

本市では、このたびこの創設期に布設された通称〝中部幹線〟(約70年経過）に対して、パイプ・イン・パイプ工法（以後PIP工法という）を採用して工事を施工し、りっぱに再生することができた。

この工事経過を紹介させていただき、みなさま方の参考になれば幸いである。

工事を施工した〝中部幹線〟(呼び径36インチ≒900mm)は、布設当時、市郊外の東部から当時の市の中心地へ飲料水を供給するため布設された。

この布設された路線は、現在も非常に重要な路線であり、毎日の車輌交通量が非常に多い路線でもある。

また、このような路線でもあるため、他の地下埋設管もほとんど埋設されており、路線の上も下も一大動脈になっている。

このような路線に布設されている〝中部幹線〟も、布設後約70年も経過した。このため万一破裂事故が発生すると、市内で大きな交通の渋滞が起き、また広範囲の断水・減圧区域が発生すると容易に予測される。

このため、本市では破裂事故による被害を未然に防ぐように、当初〝中部幹線〟の布設替えを計画した。

しかし、市の繁華街での大規模な掘削、布設替え工事はとても困難なので、いろいろ検討した結果、PIP工法を採用し、〝中部幹線〟を再生することにした。

2．PIP工法について

1．長　所

PIP工法は、既設管の内部に新管を挿入し既設管をさや管として再利用する工法である。

この工法は、以前から軌道横断などの小規模工事では、各地で施工されていた。しかし、最近この工法に適したダクタイル鋳鉄管PⅠ形PⅡ形が開発されてから、本格的な大規模工事が急速に各地で施工されるようになった。

PIP工法の長所は、過去になん度も当協会誌に掲載されているが、再度ここに記述すれば、次の通りである。

(1)新管にダクタイル鋳鉄管を使用する場合は、受口部分の外側はなで肩形状をし、推進工事の際、既設管の内部に多少の段差があっても、また錆こぶなどが付着していても支障なく挿入できる。

また継手部分はかなり屈曲できる。

(2)幹線道路で交通頻繁、あるいは繁華街などの理由で開掘削ができない場所に水道管の幹線が埋設されている場合に適する。

(3)幹線道路や繁華街は、通常各種の埋設管の埋設状況が複雑化しているが、そのため布設替えの余裕がない時でもこのPIP工法なら施工できる。

(4)PIP工法を採用すると、水道管布設工事に伴う路面復旧費や既設管撤去が、ピットや連絡部を除くと不要であり、工事費が低廉になる。

(5)PIP工法を採用した場合、当該幹線の開掘削布設替えに比べて工期が短縮できる。

(6)工事箇所がピット部分および連絡部分だけですむため、工事施工に伴う占用部分が非常に少なくてすみ、付近住民に迷惑をかける度合が少なくなる。

2．問題点

(1)当該配水幹線がPIP工事期間中断水するため、配水状況に支障にならないよう付近の配水管網を事前に整備、増強しなければならない。

(2)挿入する新管の呼び径(700mm)は、既設管の呼び径(36インチ≒900mm)より当然小さくなり、配水幹線の通水量は減少する。

(3)施工する時は長期にわたり断水するため水の使用量の少ない時期を選ばねばならない。

(4)当然のことながら、既設埋設管に角度の大きな曲管が使用されていると施工が困難で、その部分は開掘削して布設しなければならない。

(5)PIP工事に使用するダクタイル鋳鉄管の継手は、ほとんど漏水は発生しない。しかし、万一漏水が発生した場合は、その水は既設管と挿入した新管のすき間を通って作業したピット口から出てくると予測される。

このため、現地で土被りなどの余裕があれば、万一に備えて大口径管については修理用出入口(人孔)を設け、その上部に空気弁を設置するなどの対策も必要である。

3．PIP工法を採用した理由

〝中部幹線〟は、本市のメインストリートである広小路通りに埋設されているため、

(1)繁華街で人の往来が多い。

(2)通行車輌が多い。

(3)他企業の地下埋設管が多く、埋設状況が複雑化している。

(4)繁華街のため、現場付近で工事用資材を保管する場所がない。

などの理由で開掘削できる状態でなく、かつ付近に当該中部幹線と同口径の配水幹線を布設する余地のある路線もないため、PIP工法を採用し、再生をはかったものである。

3．PIP工事施工前に実施したことおよび決定したこと

1．施工幹線の資料調査

工事を計画および設計する際には、関係管路の資料を調査するのは当然である。

当該中部幹線についても、当然資料を調査した。

しかし、〝中部幹線〟は明治42年(1909年)～

大正３年(1914年)に施工されたため、竣功図が一部欠損しており、呼び径、布設路線などは判明しているが、いちばんしりたい布設工事時に使用した曲管部分などの使用状況が不明で、これがあとの工事に影響してきた。

２．現地調査

PIP工事の設計には、施工現場の現地調査が非常に大切であるが、主として、

(1)現地付近の交通量。

(2)地下埋設物の埋設状況。

(3)現場付近の商店関係者の状況。

などを調査した。

これらの項目について、下記の通り詳述する。

(1)現地付近の交通量について

本市内でもいちばん交通頻繁な路線のため、本市においても定期的に交通量を調査している。(図－１、表－１参照)

この交通量調査の結果、現在片側３車線通行を朝・夕のラッシュ時を除き、片側２車線を確保すれば通過車輌は支障なく通行できることが判明した。

そして、この資料をもとに事前に道路管理者や所轄の警察署と打合わせを行い、片側２車線確保で朝・夕のラッシュ時を除き施工することの了解を取付けた。

(2)地下埋設物の埋設状況について

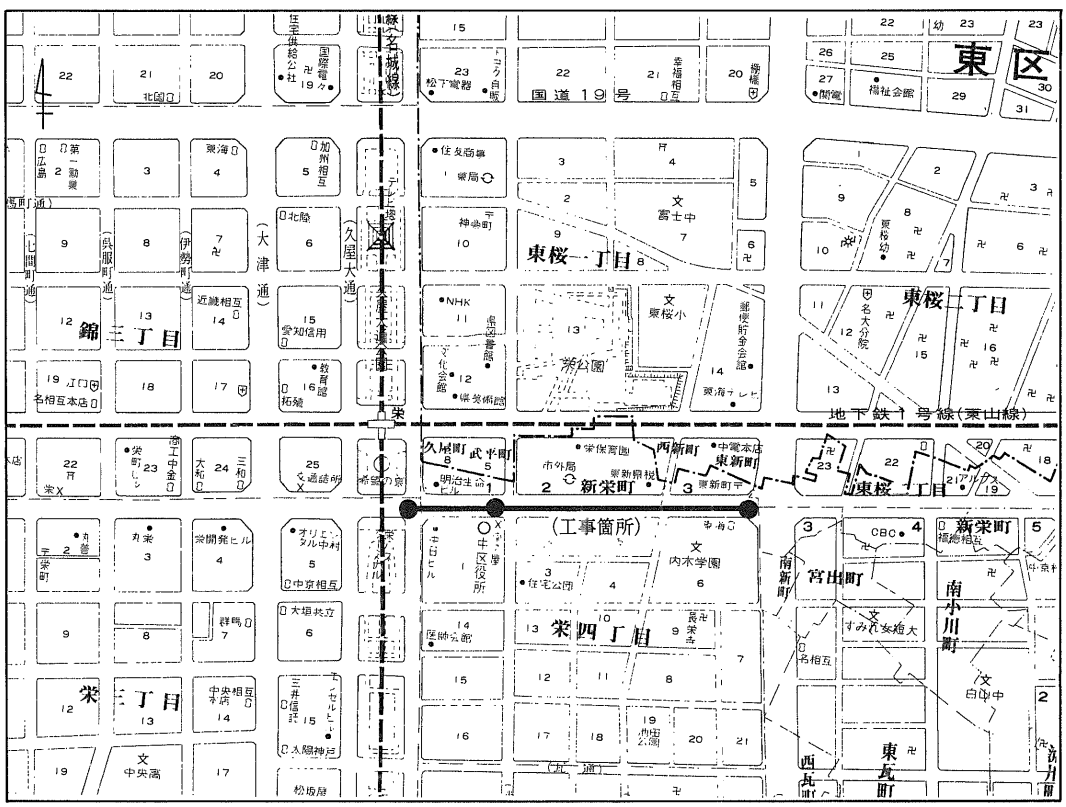
PIP工事施工時に掘削するピット口部分および新旧鉄管連絡箇所付近の水道管布設工事設計図を各関係企業に渡し、現場立会いを行った。

立会いの結果は、一部既埋設のガス管が支障になったが、それ以外の他企業の埋設管の支障はなかった。

(3)現場付近の商店関係者の状況について

施工箇所は繁華街であるため、工事に着手すれば通過車輌の渋滞や工事による騒音発生などで、地元住民に大きな迷惑をかけ

図－１　工事箇所付近見取図



表－1　秋季交通量調査表（広小路通り〈工事箇所路線〉）

昭和58年10月12日（水）調査
北側・西行き車線（3車線）

時間＼種別		歩行者類（人）	自転車類（台）	動方付き二輪車類（台）	自動車類（台）					自動車類のピーク時（○印）
					乗用車類		貨物車類		自動車類合計	
					乗用車	バス	小型貨物車	普通貨物車		
午前午後	7～8	134	9	26	666	27	152	18	863	
	8～9	730	19	56	1,018	49	236	20	1,323	○
	9～10	736	27	47	788	31	224	20	1,063	
	10～11	433	44	48	782	20	262	28	1,092	
	11～12	419	53	55	801	21	290	19	1,131	
午前午後	0～1	746	54	45	832	29	189	8	1,058	
	1～2	608	42	57	840	25	214	9	1,088	
	2～3	590	58	59	896	21	236	12	1,165	
	3～4	774	53	55	942	19	278	11	1,250	
	4～5	641	62	51	836	21	260	12	1,129	
	5～6	1,190	46	63	868	24	258	12	1,162	
	6～7	1,177	33	55	882	23	153	8	1,066	
昼間夜間	12時間計	8,178	500	617	10,151	310	2,752	177	13,390	

南側・東行き車線（3車線）

時間＼種別		歩行者類（人）	自転車類（台）	動方付き二輪車類（台）	自動車類（台）					自動車類のピーク時（○印）
					乗用車類		貨物車類		自動車類合計	
					乗用車	バス	小型貨物車	普通貨物車		
午前午後	7～8	192	4	28	542	41	145	28	756	
	8～9	1,070	12	43	627	46	205	12	890	
	9～10	338	15	24	602	41	251	21	915	
	10～11	207	23	35	698	21	218	21	958	
	11～12	244	33	35	807	26	246	19	1,098	
午前午後	0～1	401	10	28	678	20	181	12	891	
	1～2	315	18	47	802	22	218	6	1,048	
	2～3	275	17	54	830	33	280	9	1,152	
	3～4	254	23	48	825	33	276	10	1,144	
	4～5	281	13	30	675	24	166	7	872	
	5～6	986	31	71	943	32	189	11	1,175	○
	6～7	373	18	21	858	33	195	12	1,098	
昼間夜間	12時間計	4,936	217	464	8,887	372	2,570	168	11,997	

ることは事前に予知される。

このため、地元関係者に工事の必要性を説明し、協力方を依頼したが、なかなか同意を得ることがむつかしく、話合いは難航した。

しかし、なん度も話合っているうちに、地元商店街が資金を出し合ってつくった飾りのある大きな街路灯が3カ所(写真参照)も支障になり、工事期間中その街路灯の一時撤去および復旧をPIP施工業者が施工することなどで話合いがつき、施工に同意してくれた。

この結果、話合い以後、工事完了まで工事に対する苦情はすべて地元役員が対処し地元住民からの直接の苦情はなく、協力を得て施工できた。

写真—1　飾りのある街路灯

3．ピットの位置および大きさ

PIP工事の施工は、あまりむつかしいものではない。

しかし、呼び径の大きな水道管をピット内に下ろして挿入させるため、施工場所には工事に必要なピットを掘らねばならない。また工事のためにはクレーン車などの工事用車輌や工事用器材などが配置できるだけの工事用の占用面積も必要である。

このため、ピットの位置および大きさについて考慮すべきことは、

(1)作業中は、常時ピット口を開放できること。

(2)新管の搬入に支障にならないこと。

(3)酸欠事故防止用の送風、排気装置設置に支障にならないこと。

(4)推進用の器材が無理なく配備できる大きさであること。

(5)ピット口の横に、工事用車輌が無理なく駐車できること。

(6)現場付近の車輌通行に、できるだけ支障にならない位置であること。

(7)歩行者通行に支障にならないこと。

(8)付近で工事用の騒音が出ても、あまり支障にならない場所であること。

などである。

そして、これらの条件を考慮して、ピットの位置と大きさを決めた。

4．新管のタイプ・管種・呼び径

新管のタイプ・管種・呼び径を決定した主な要素は、

(1)繁華街で施工するため、現地搬入に支障にならない有効長であること。

(2)施工が容易で、確実性があり、強度大で耐震的であること。

(3)既設管内に無理なく挿入できる呼び径であること。

(4)既設管に小さな角度があった場合、継手部で多少曲げが可能で、無理なく対応し、挿入できること。

(5)材料費が低廉であること。

などを検討した結果、

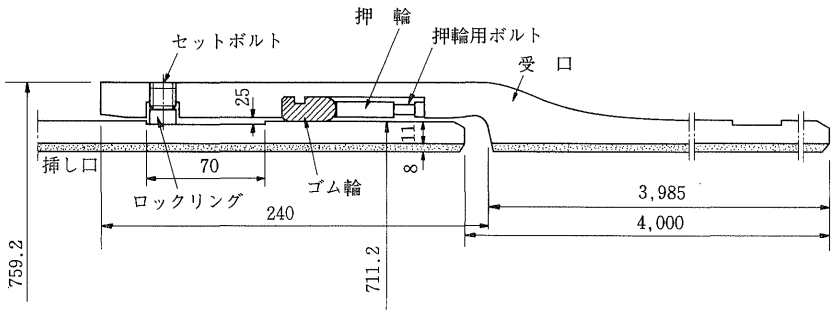
ダクタイル鋳鉄管

PⅡ形・2種管　呼び径　700mm

長さ　4m

を採用した。(図—2参照)

図―2　PⅡ形直管（2種管）呼び径700mm



5．設計方針の決定

設計方針は、前述の通り(1)施工幹線の資料調査、(2)現地調査、(3)ピットの位置および大きさ、および(4)新管のタイプ・管種・呼び径を検討した結果、設計に必要な基本的条件を次のように決定した。

(1)広小路通りの中央分離帯を撤去し、舗装工事を行い、車線を変更し、片側2車線をかならず確保する。

(2)推進工事用のピットは、本市の中区役所前に設置する。

(3)PIP工事は、朝・夕のラッシュ時を避ければ昼間施工できる。

(4)水の使用量が増える7月までには工事を完了させる。(実際には6月末に完了した)

6．付近配水管網の増強

PIP工法のいちばん大きな問題点は、施工期間中当該配水幹線を断水させなければならないことである。

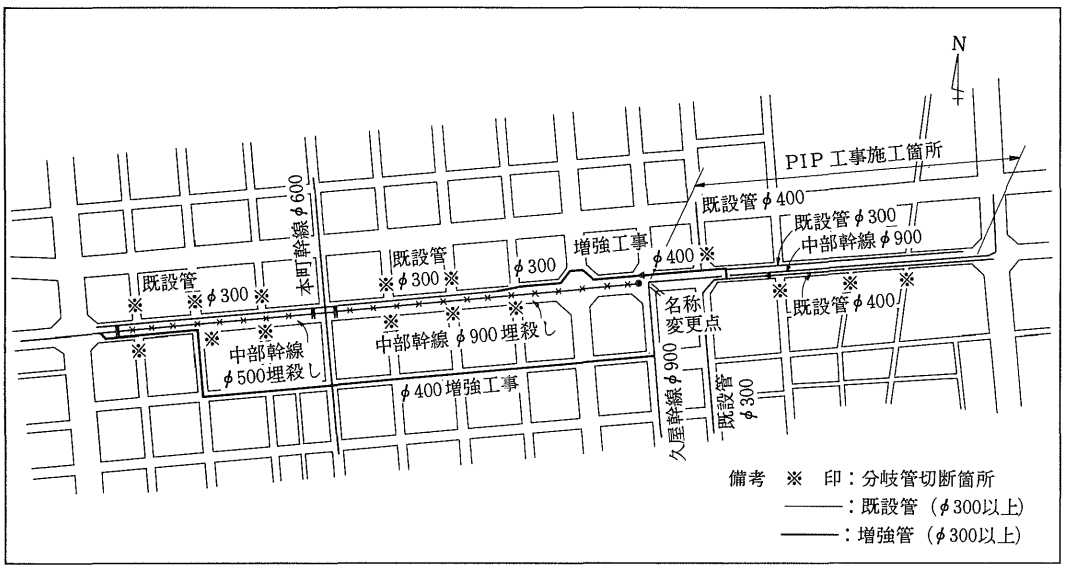
このことは、重要幹線であればあるほど断水がなかなかできず、PIP工法が採用しにくい理由にもなっている。

重要幹線がPIP工事などのため、断水できる条件としては一般的に、

(1)他の配水幹線から、担当配水区域へ十分に応援配水できるよう、相互間の配水管網の充実が行われていること。

(2)当該配水幹線沿線の補助配水管を充実させ、施工期間中十分代行させることができること。

図―3　付近配水管網の増強および施工幹線の分岐管切断



(3)使用水量の少ない、冬期に施工すること。

などがある。

幸い、本市の場合〝中部幹線〟(呼び径900mm)は、重要幹線であるが、この〝中部幹線〟から少し離れた北側に〝桜通り幹線〟(呼び径1500mm)、南側に〝中央幹線〟(呼び径900mm)が平行して布設されている。

このため、〝中部幹線〟沿線の配水管網の一部を増強すれば、担当配水区域への配水には支障がない状況にあった。

そこで、図－3のように〝中部幹線〟沿線に、呼び径400mmおよび300mmの配水管を布設し、配水管網の増強をはかり、〝中部幹線〟の断水がいつでもできるよう事前に準備した。

7．施工幹線の分岐管切断

〝中部幹線〟をPIP工法で改良するためには当然〝中部幹線〟から分岐されている支管を事前に切断しなければならない。

このため、前述の〝6.付近配水管網の増強〟時に分岐管を切断整理し、〝中部幹線〟と同沿線配水管とを絶縁状態にし、〝中部幹線〟のPIP工事に備えた。(図－3参照)

4．PIP工事の施工について

1．工事概要

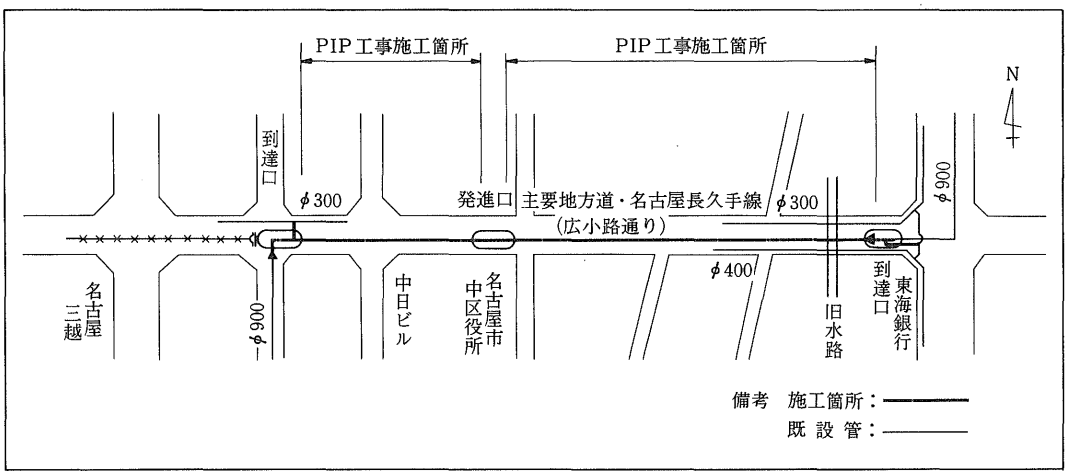
本市の当該PIP工事は、中区栄3丁目～栄4丁目地内の広小路通りに布設されている通称〝中部幹線〟(呼び径36インチ≒900mm)に対して施工した。

工事の概要(竣功)は表－2の通りである。

表－2

呼び径(mm)	施工延長(m)	内容説明
700	518.8	PIP工事用 PⅡ形・2種管・4m管
700	2.4	掘削工事用・(ピット内配管) S形・2種管・6m管
900	13.8	掘削工事用・(新旧連絡用) KF形・1種管・6m管
300	38.0	掘削工事用・(分岐支管用) SⅡ形・1種管・6m管

図－4　PIP工事施工箇所



工事期間は、

昭和58年10月から

昭和59年6月まで

2．口径二段落しを採用した理由

PIP工法は、この工法に適した水道管が開発された結果、口径一段落しでも施工できるようになった。しかし、本市の場合、施工上二段落しを採用した。

そのいちばん大きな理由は、当該〝中部幹線〟の資料不足によるものである。

〝中部幹線〟は、明治43年から大正3年の間に布設されたが、竣功図が一部欠損しており正確な曲管使用状況が把握できなかった。

また、交通頻繁な場所で路面舗装も厚いため、試験掘りなどの事前掘削調査もできなかった。

それに、〝中部幹線〟の配管を図－３のように呼び径400㎜および300㎜で増強したため、口径二段落しでも十分繁華街への配水が確保できる見込みがついたことも理由にあげられる。

３．管内調査結果

〝中部幹線〟は、竣功図が一部欠損しているので、施工に先立ち、埋設状況を適確に把握するため、断水、水抜きをして管内の錆こぶ付着程度、曲管の使用状況などを実際に管内に入り調査した。

(1)錆こぶ付着状況について

〝中部幹線〟は埋設後、約70年経過していたにもかかわらず水質がよく（鍋屋上野浄水場系統）、また絶えず管内の水が流れていたため、錆こぶは僅か２㎝位付着していただけであった。

(2)曲管使用箇所について

当初〝中部幹線〟の埋設状況を現地調査したところ、平面的にも高低的にも急激に変化する箇所がないため、当該PIP施工箇所はすべて直管類で布設されており、曲管の使用箇所はないものと予想していた。

実際、管内調査した結果は、旧水路伏せ越し箇所が１カ所あり、そのほかは曲管が使用された箇所がなく、すべて直管または切管が使用してあった。

また、直管部継手の最大角度は、測定の結果1°41′であった。

４．旧水路伏せ越し部分の対策について

PIP工事の施工上の難点のひとつに、当該配水幹線に曲管が使用されている場合がある。

当該〝中部幹線〟には、管内調査の結果想像もしなかった〝旧水路の伏せ越し〟箇所があることが判明した。

工事を施工する〝広小路通り〟付近には、水路らしい形跡は全然なく、付近の地元役員や古老に尋ねても、以前この付近に〝小川〟が流れていることをしっている人はひとりもいなかった。

しかし、この付近から少し離れた所に、以前小川町と呼ばれていた旧町名があった。

この〝小川町〟と呼ばれていた地名があったことから、この付近は以前小川が流れていたらしく、その事実が今回の管内調査でやっと判明した。

この経験をしてからは、最近各地で〝旧町名を大切に〟などの呼びかけが行われているのをしって、同じ気持ちをいだくようになった。

さて、この旧水路を〝中部幹線〟は伏せ越ししているから、このままではPIP工事はできない。

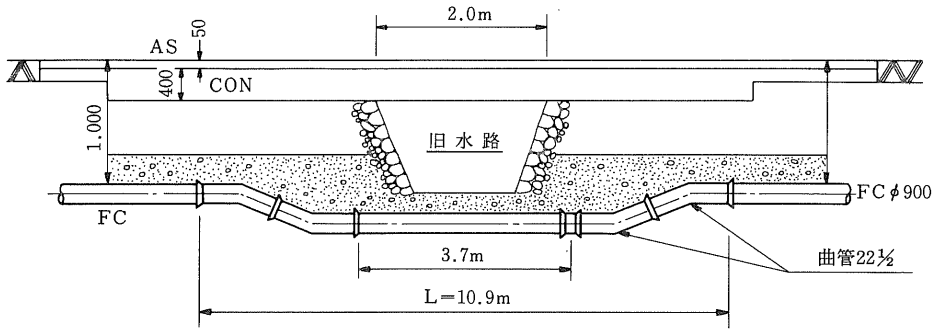
このため、この旧水路箇所の処置が、今回このPIP工事の最大の難問題としてあがってきた。

この旧水路箇所通過の方法として、

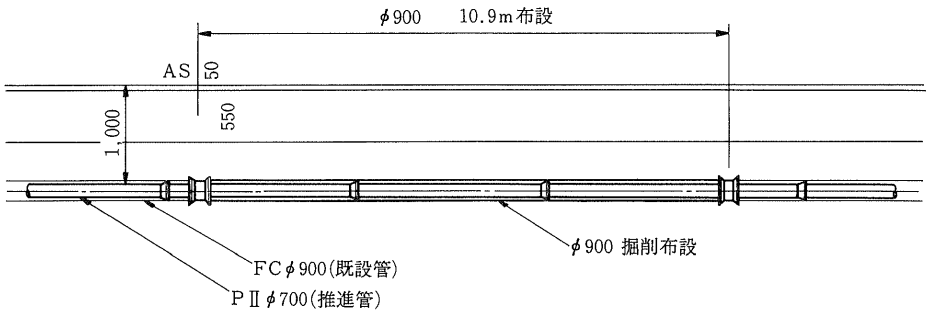
(1)旧水路伏せ越し部分は、やむを得ず開掘削し、既設管と同口径の直管を水平に布設し、既設管と接合し、新管の挿入工事に支障にならないようにする。

(2)旧水路伏せ越し部分は、挿入管には鋼管を使用し、狭い管内で溶接する。(この案では、管内で溶接する箇所は12カ所も必要)

図－５　旧水路伏せ越し箇所



図―6　旧水路箇所掘削布設



の二通りを考えたが、本市の場合、工事費、施工難易度、維持管理などを検討した結果前者(1)の開掘削の方法を採用した。

また、この時使用した呼び径900mmの直管は、ほかの工事現場の撤去管を再用し、経費を節減した。

5．施　工

PIP工事の施工順序に沿って各項目を列記し、簡単に説明する。

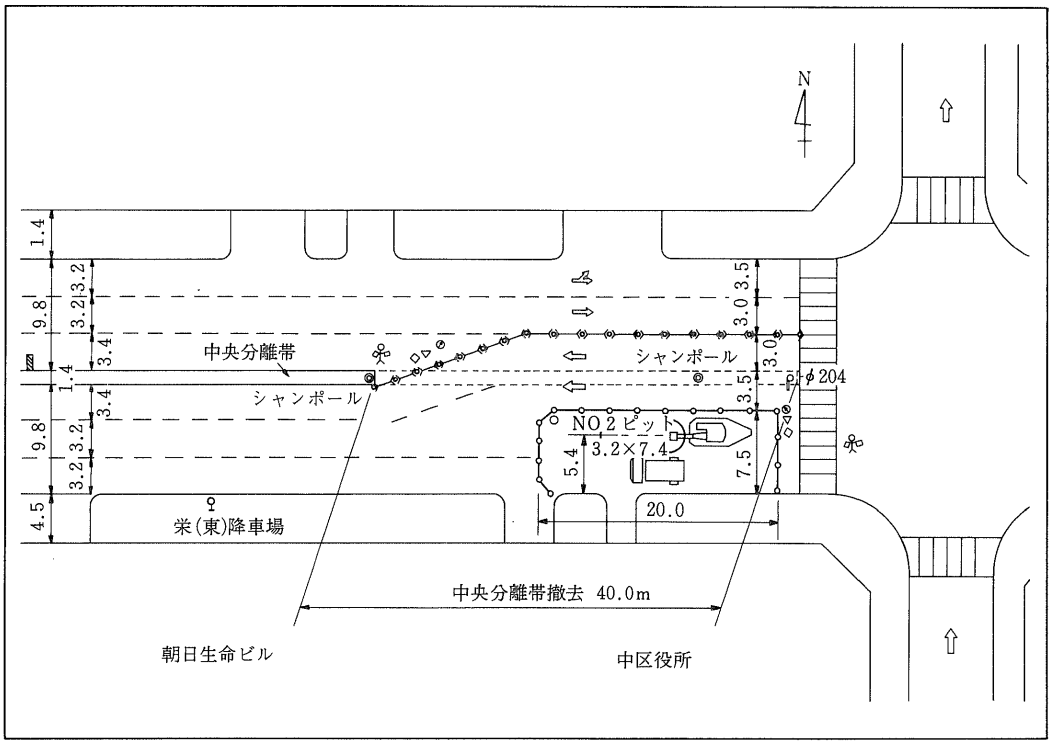
(1)現場の交通対策

現場の交通量調査の結果、現在片側3車線通行を朝・夕のラッシュ時を除けば、片側2車線確保で通過車輌を支障なく通行させることができると判断し、道路管理者、所轄警察署に資料を添付して説明し、許可を得た。

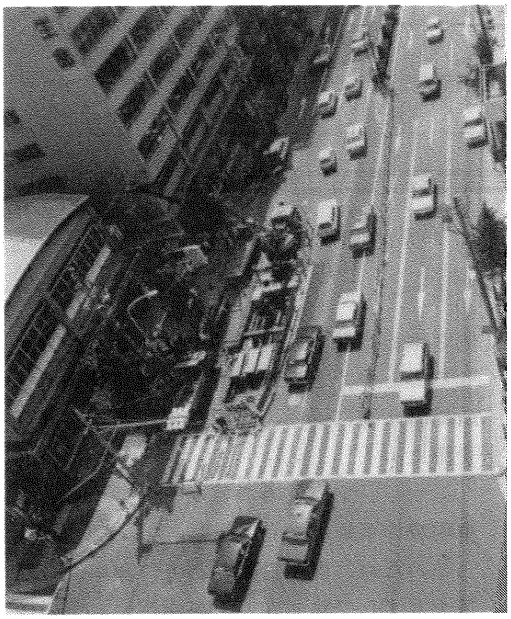
しかし、工事現場でピットをつくると工事現場の車線は片側1車線になってしまう。

このため、現在設置されている中央分離帯をはずして路面舗装工事を行い。その後車線変更を行って工事期間中常時2車線を確保し工事を施行した。(図―7・写真―2参照)

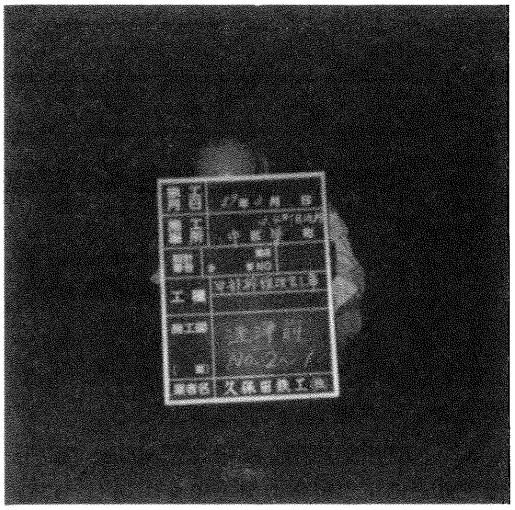
図―7　ピット口付近の交通対策



写真―2　ピット口付近の交通対策



写真―3　管内錆こぶ付着状態



この結果、車輌はスムーズに通過することができ、PIP工事による車輌の渋滞はほとんどなかった。

(2)施工幹線の管内洗浄

〝中部幹線〟の管内調査の結果、錆こぶは当初予想していたより少なく、平均2㎝位付着していただけであった。(写真―3参照)

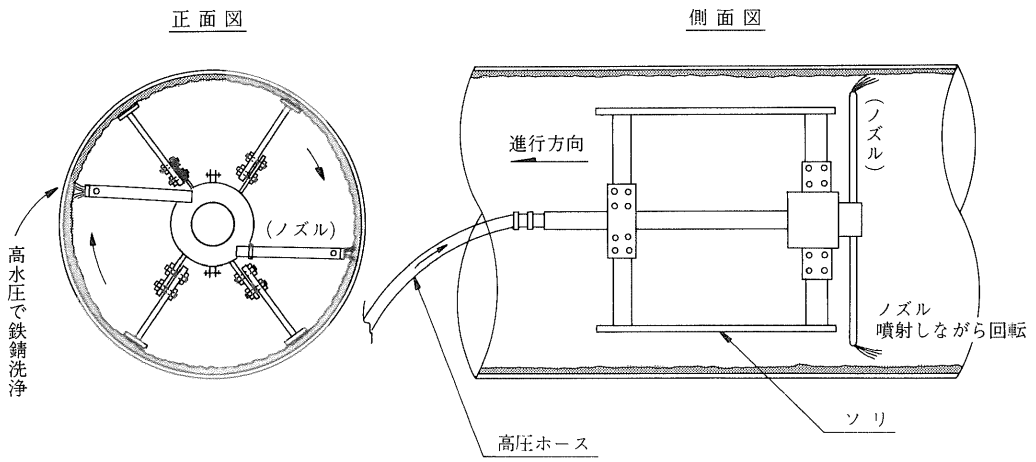
この管内洗浄作業は、次の通り行った。

㋐管内調査(職員が中に入って調査)後、超高圧洗浄車を使用して洗浄を行った。

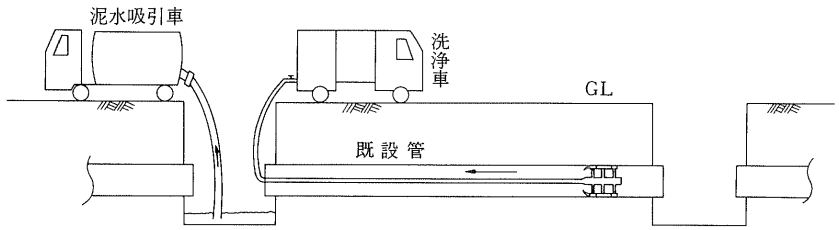
ターボノズル(回転式)を使用して洗浄したが、この方法は図―8のように2カ所から出る水圧(350kgf/㎠、75ℓ/分)でノズル頭部のみを回転(0 ppm～100ppm)させて洗浄する。

この際、吐き出された水は扇形に出てむらなく洗浄できた。

図―8　ターボノズル(回転式)



図—9　既設管内洗浄作業



①次は、取り除かれた錆こぶなどを管内から搬出する作業がある。

これは管内に作業員が入り、人力でホースを使用して洗浄し、錆こぶなどをピット口に落し集め、除去した。

施工日数は、

管内調査：全延長約520m　5日間

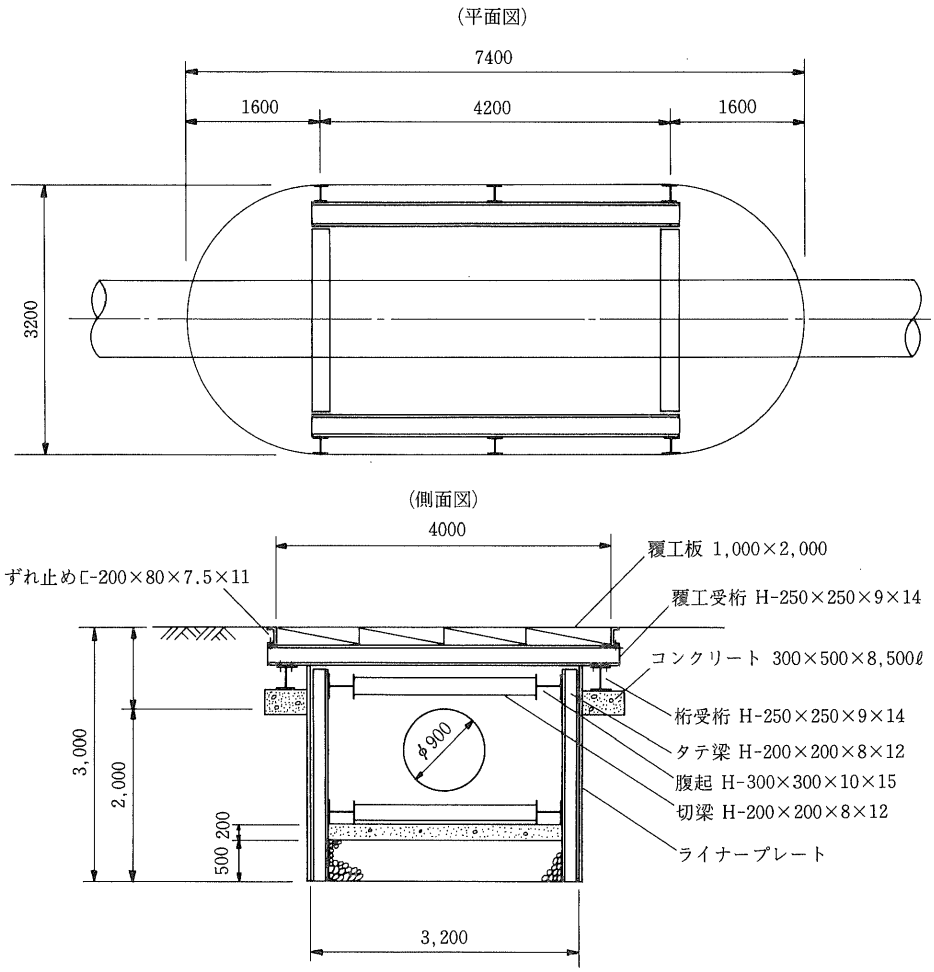
洗浄作業：　同　上　14日間

要した。

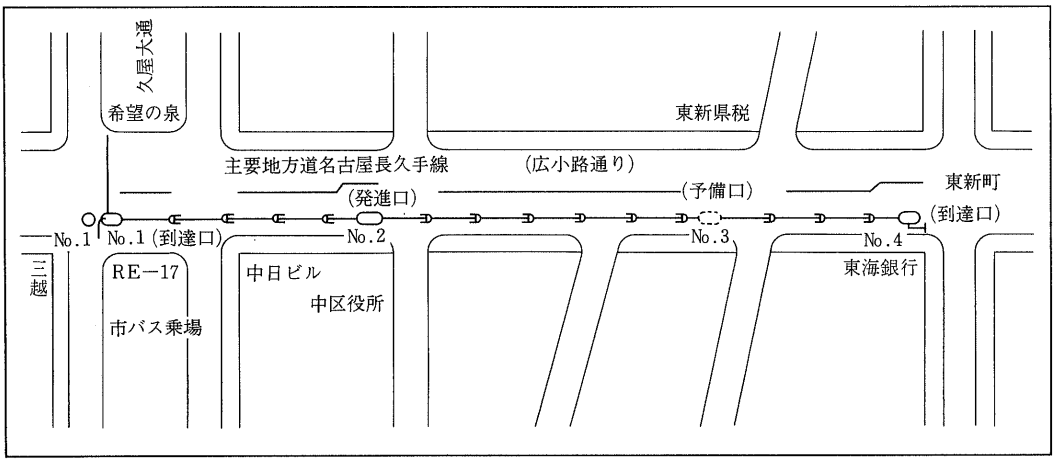
(3)ピットの設置

ピットの位置や大きさ（図—10・図—11参照)は、3項の3で述べたような方法で

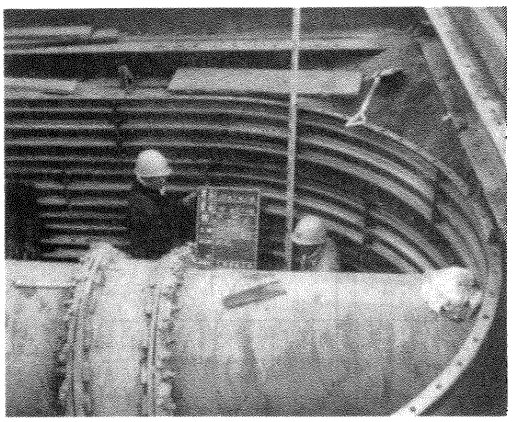
図—10　ピット



図—11　ピット位置図



写真—4　ライナープレートを使用したピット



決定したが、構造はライナープレートを使用した形式を採用し、築造した。

この形式を採用した主な理由は、ピット設置に伴う道路上の工事用占用面積をできるだけ狭くすること、ピットの下に地下街があり、H鋼が打ち込めないことおよび水密性を保つためであった。

(4)新管の挿入

新管の挿入には、施工に先立ち、

㋐挿入力。

㋑挿入方法。

を検討し、それに基づき施工した。

㋐挿入力

挿入力　Pは

$P=\mu \cdot W \cdot \ell$　で表わされる。

ただし、

μ：既設管と新管との摩擦係数

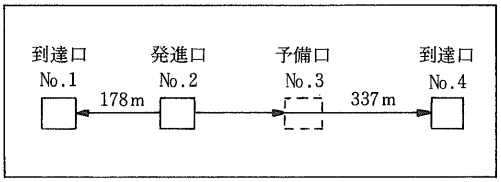
(0.5)

W：新管の1m当たりの質量

(253kg)

ℓ：新管の挿入予定長さ(m)

図—12　推進状況図



挿入力Pの最大値は42.6tfとなり、十分余裕をとって50tf、ジャッキ2本を使用した。

㋑挿入方法

挿入方法は、次のような機械・器具を使用し、施工した。

ⓐ吊り込み・据付け機械

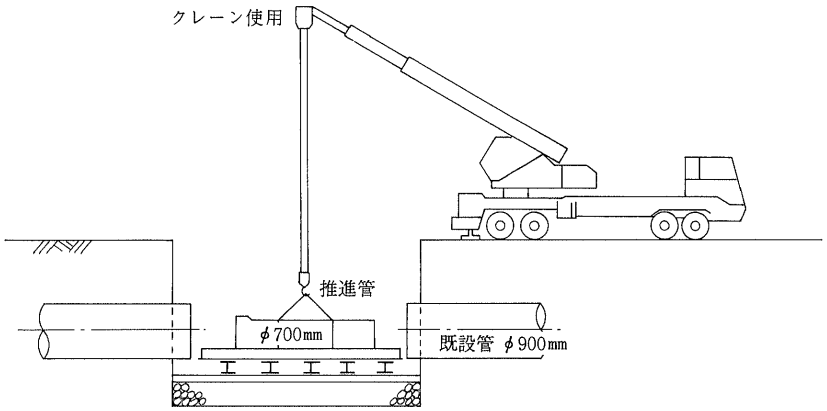
クレーン

ⓑ挿入用機器

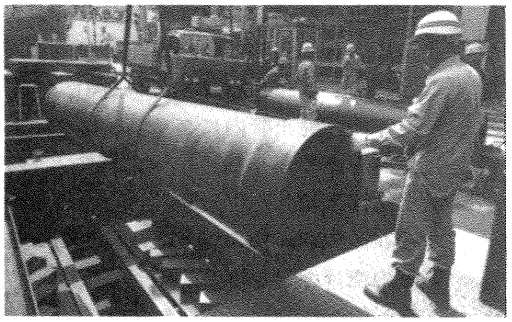
表—3

機器名	数量	機器名	数量
先導金具	1組	分流器	1台
押角	1式	油圧ポンプユニット	1セット
油圧ジャッキ	2台	油圧ホース	1セット

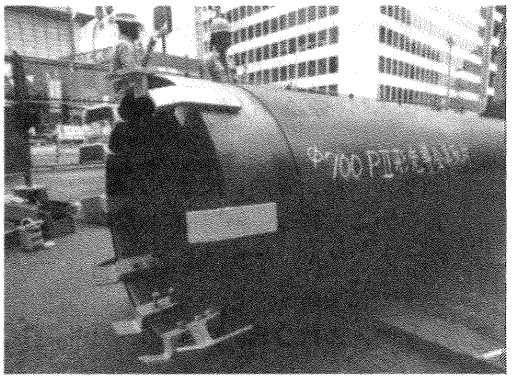
図—13　吊り込み・据付け機械



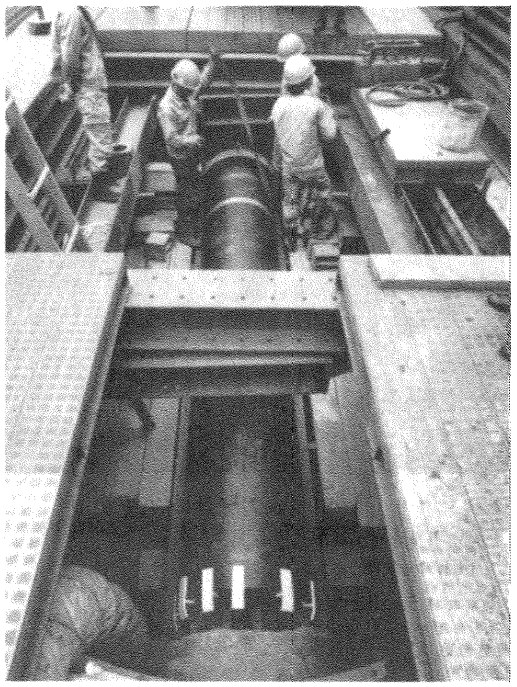
写真—5　鉄管吊り下ろし中



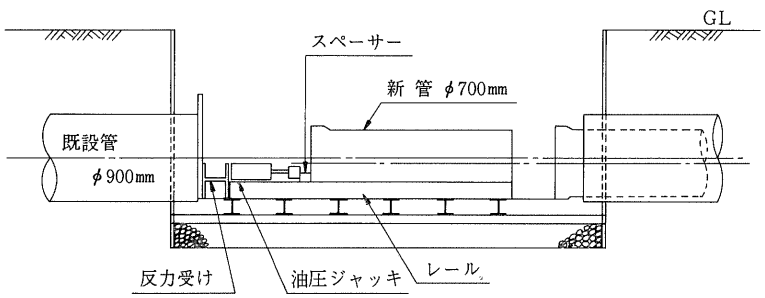
写真—6　先導金具取付け



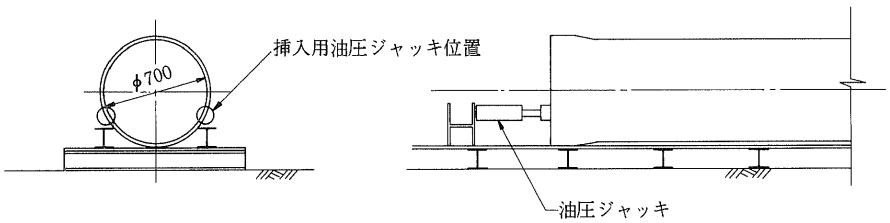
写真—7　先導金具取付け



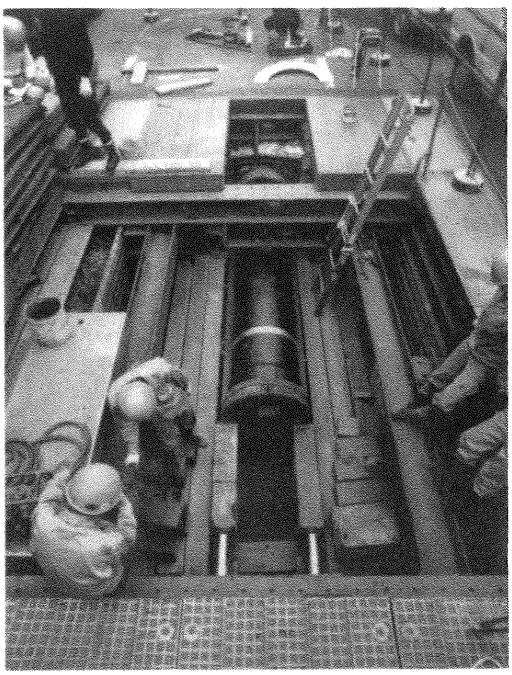
図—14　レイアウト



図—15　油圧ジャッキ位置

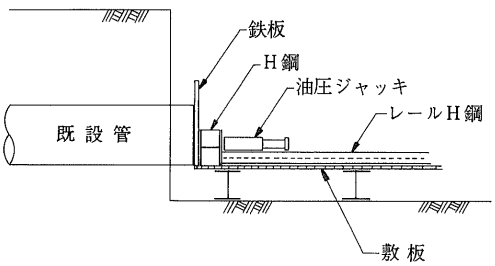


写真—8　推進工事中



図—16　反力受けの方法

挿入力の検討の結果、反力については
下図の方法で行った。



ⓒ　レイアウト

ⓓ　油圧ジャッキ装置

ⓔ　反力受けの方法

(5)旧管・新管のすき間充てん

㋐工事目的

新設管の布設により、呼び径900㎜旧管が廃止されるが、旧管を空洞のまま放置すると老朽化して破損し、土砂の流入などにより道路の陥没などの原因になる。

そこで、廃止管内にグラウト材を注入し空洞を充てんした。

㋑予定注入量

呼び径700㎜挿入管と呼び径900㎜旧管との空げき量Qは、

Q＝132㎥

㋒注入材料の選定

流動性がよく、施工が容易で経済的なエアーミルクにより施工した。

㋓注入材料の配合(表—4参照)

㋔注入順序

注入は廃止管内に配置された塩ビ管の長い方より行い、順次短い方へ切替え注入した。(図—17参照)

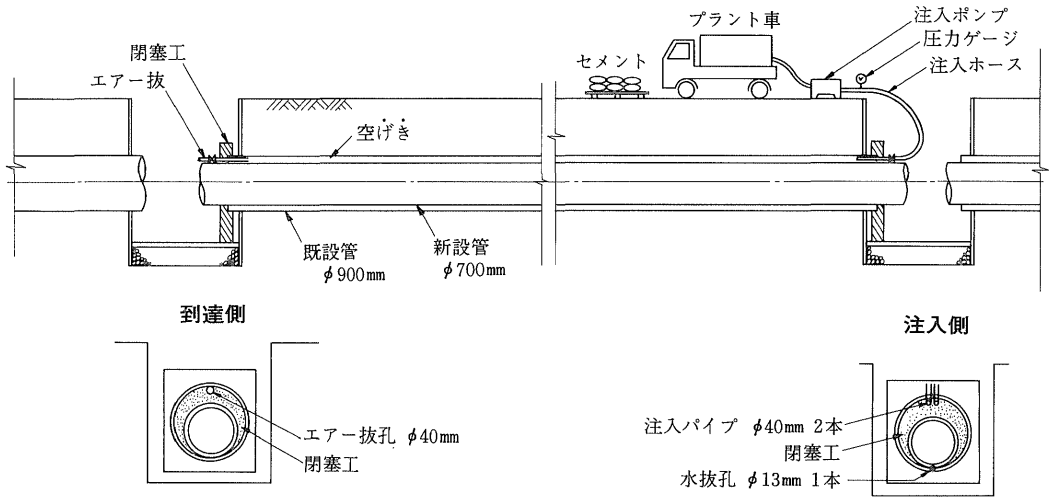
㋕充てんの確認

充てんの確認は、発進坑および到達坑より注入して反対側にエアー抜き孔、水抜き孔パイプより流出を確認後、さらに注入を行い、注入圧が先端の圧力計で2kgf/㎠になるまで行った。

表—4　注入材料の配合

1㎥当たりの所要材料			物性				
セメント (kg)	起泡剤 (kg)	水 (ℓ)	空気量 (%)	生比重	フロー値	W/C (%)	圧縮強度 δ28(kgf/㎠)
300	3.6	201	70	0.51	200 ±10	67	10

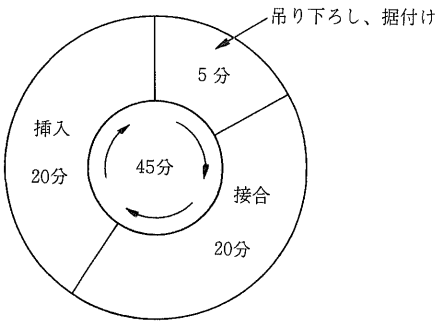
図—17　エアーモルタル充てん工標準図



(6)施工関係の各種資料

㋐ＰⅡ形管、呼び径 700mm の挿入実績タイム

１本当たり



㋑ＰⅡ形、継手性能

（呼び径 700mm）

ⓐ離脱阻止力	105tf
ⓑ抜出し余裕量	55mm
ⓒ許容屈曲角	3°
ⓓ曲げ剛性	6.6tf・m
ⓔ限界屈曲角	4°25′

㋒摩擦抵抗、実績

$\mu = 0.45$

（計画時は $\mu = 0.5$ を使用）

㋓水圧テスト

負荷水圧　7.5kgf/cm²（計画）

保持時間　２時間（計画）

許　　容　保持時間２時間後、水圧低下　10%以下

実　　績　負荷水圧　7.5kgf/cm²

水圧低下　7.0kgf/cm²

７%以下　合格

５．おわりに

本市は、今回大規模なPIP工事(呼び径700mm)を施工したが、順調に施工できた。

最後に、施工に当たって感じたことを述べさせていただく。

PIP工法は、技術的にはむつかしいものではない。このPIP工法は、今後各地で採用されると思うが、施工に当たって次の事項を特に注意されれば、順調に施工できると思う。

(1)付近配水管網の事前増強。

(2)当該既設管の曲管使用箇所の把握と対策。

(3)ピット口の位置および大きさ。

この資料が、みなさまの参考になれば幸いである。

技術レポート 5

新幹線高架橋下における S形ダクタイル管の布設について

京都市水道局技術部工務課
設計係長　藤田聖修

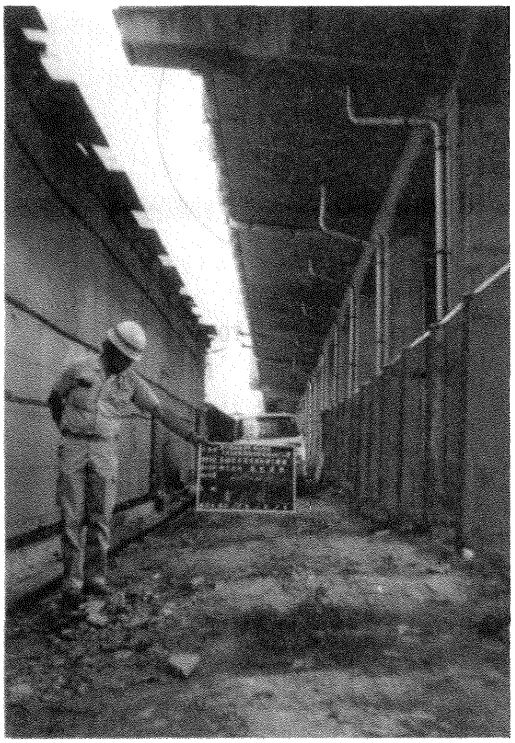
1．はじめに

本市水道局では、著しく宅地化の進む市南西部地区の水需要に対応して安定給水をはかるために、新山科浄水場からの水を送る幹線配水管の布設工事を行った。この工事は、東海道新幹線高架橋下の側道という特殊な条件のもとで、呼び径800㎜の耐震継手S形ダクタイル管(以下、S形管と略記する)を布設するものである。そこで本稿では、このS形管布設工事の概要を報告し、併せて管路の耐震化に関する若干の考案を述べることとする。

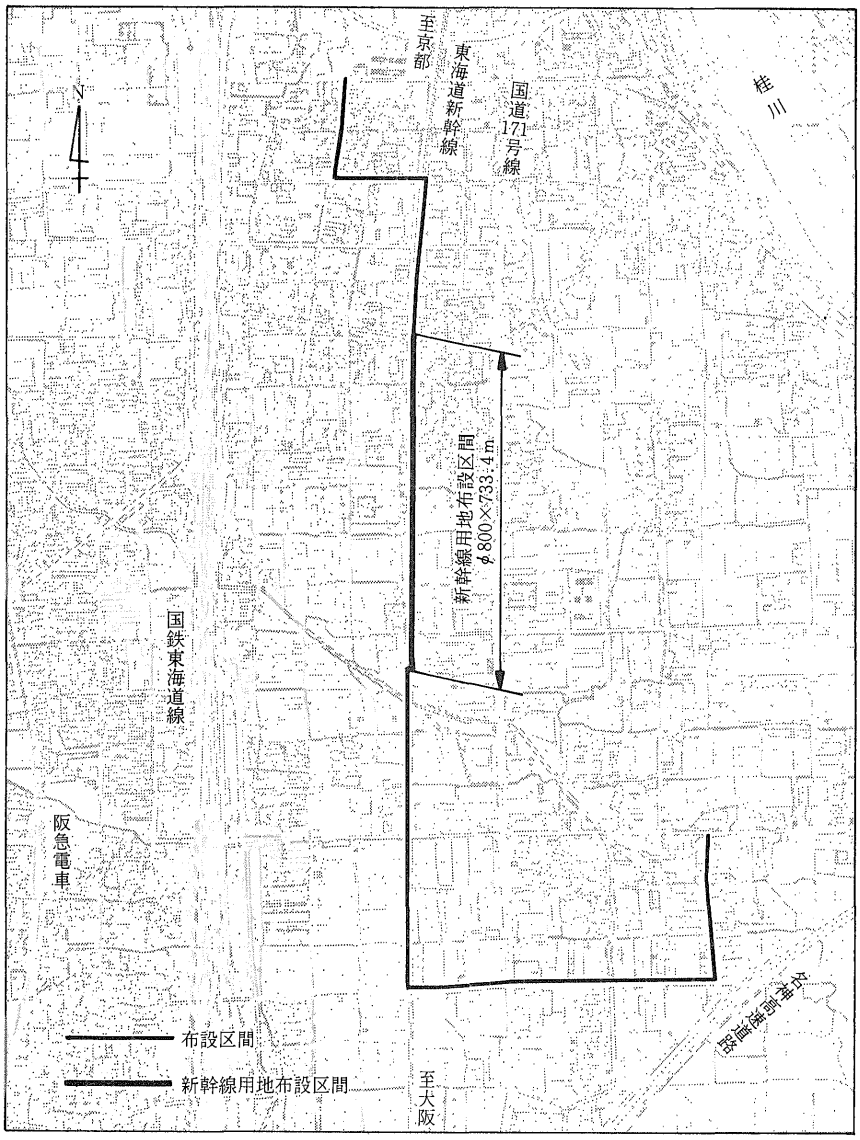
2．工事概要

- ●工事名称　京都市水道局第8期拡張事業 新山科系久世久我幹線配水管布設(その7)工事
- ●工事場所　京都市南区久世殿城町地内 (図－1および写真－1参照)
- ●工事期間　昭和58年5月～同10月
- ●工事内容　呼び径 800㎜ S形管 延長 733.4m

写真－1　工事場所



図－1　工事場所



布設現場の標準的な断面を図－2に示した。高架橋下の側道は幅が約3mしかなく、高架橋を構成するコンクリートラーメンが高さ約5mの位置に張り出している。したがって、大型の建設機械を使用して大規模な掘削工事を行うことは当然不可能である。

実際、国鉄との協議で得られた施工の許可条件は、次のようなものであった。

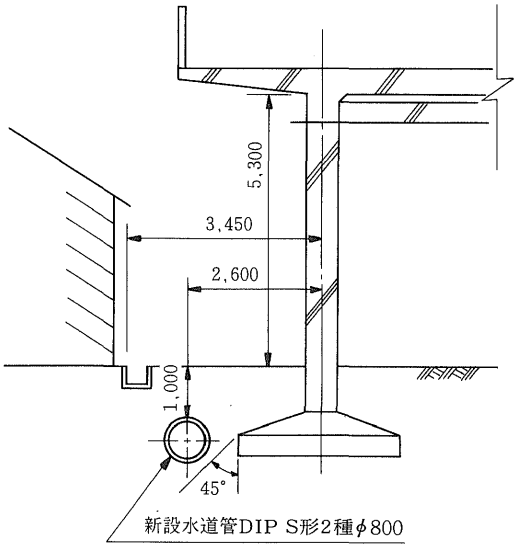
①長い区間にわたって連続掘削を行わないこと。

②コンクリートラーメンのフーチング（柱基礎）に直接影響を及ぼすような掘削形体をとらないこと。

③長大クレーンを昼間（新幹線の運転時間内）に使用しないこと。

さらに、このような施工時のさまざまな制限に加えて、水道管布設完了後は将来にわたって漏水などによる新幹線施設への悪影響のないことが必要とされた。

図－2　布設現場標準断面図
（S＝1/100）



そこで、こうした厳しい現場条件を十分に把握検討した結果、以下に示すような設計方針を立て、工事を実施することにした。

(1)土工事

掘削機械は0.2㎥ミニパワーショベルで、掘削土の搬出は2トンダンプで行う。なおフーチングに近接する部分では人力掘削とし、特に掘削が深くなる部分については夜間(23時以降)に行う。

(2)土留工事

モンケンを使用して鋼矢板を打ち込み、全面土留を行う。なお、必要な部分は埋殺しとする。

(3)配管工事

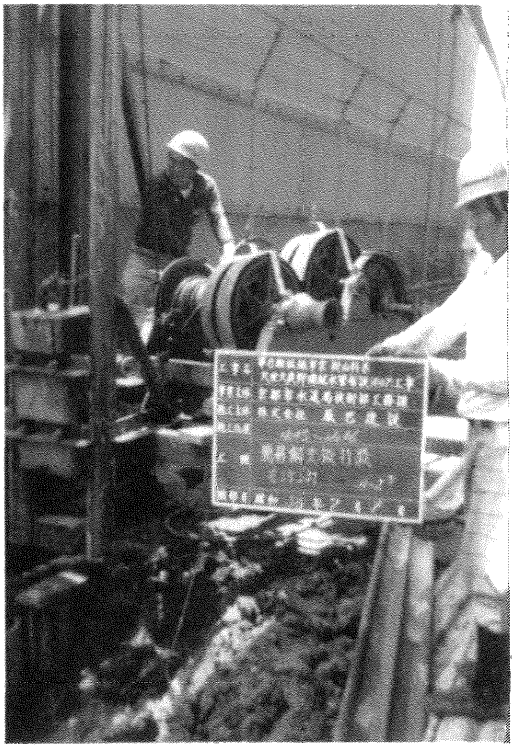
管は、材料置場から布設場所まで門型クレーンで運搬し、据付けを行う。

(4)その他

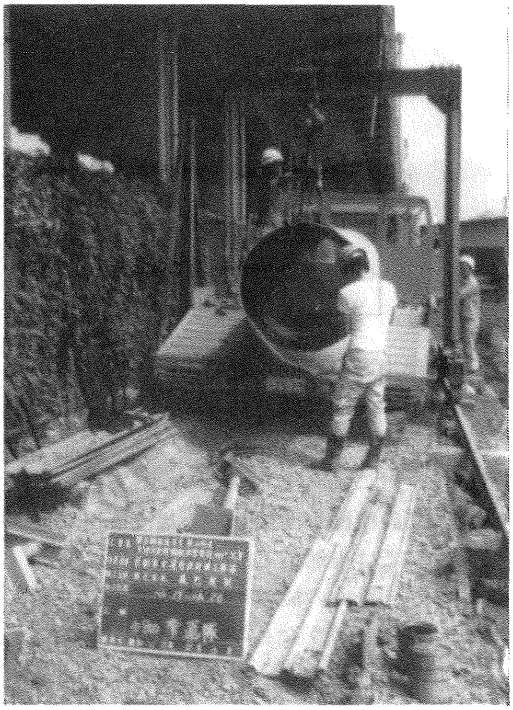
現場では作業範囲を明示し、範囲を逸脱して高架橋など既設構造物に悪影響を与えぬよう極力注意を払って施工を進める。

実際に行った施工手順の概略を図－3に示し、また各工程の様子を写真－2～5に示した。こうして新幹線高架橋下におけるS形管布設工事は順調に進み、所定の工期内に無事竣工することができたのである。

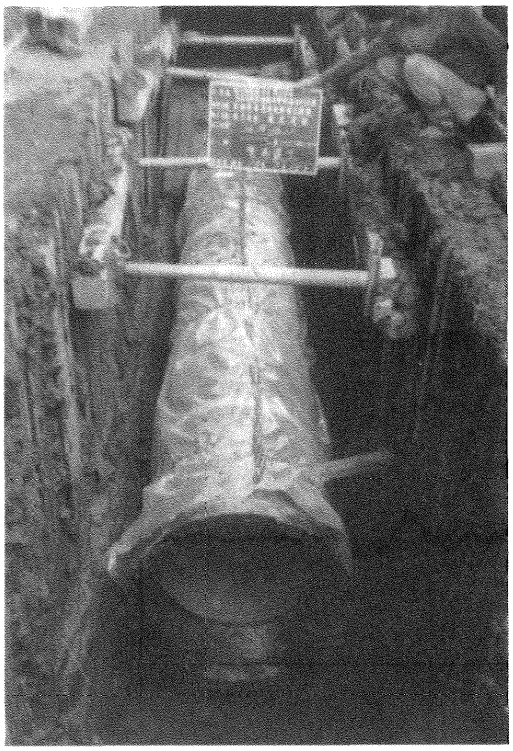
写真－2　モンケンによる鋼矢板の打ち込み



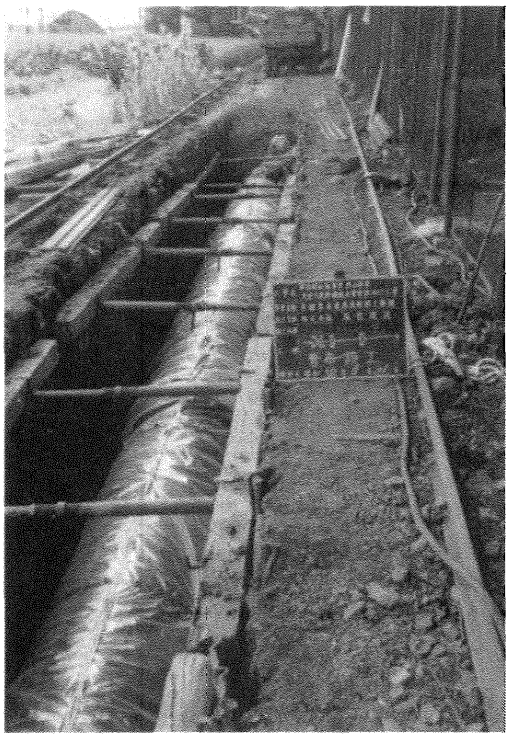
写真－3　S形管の搬入



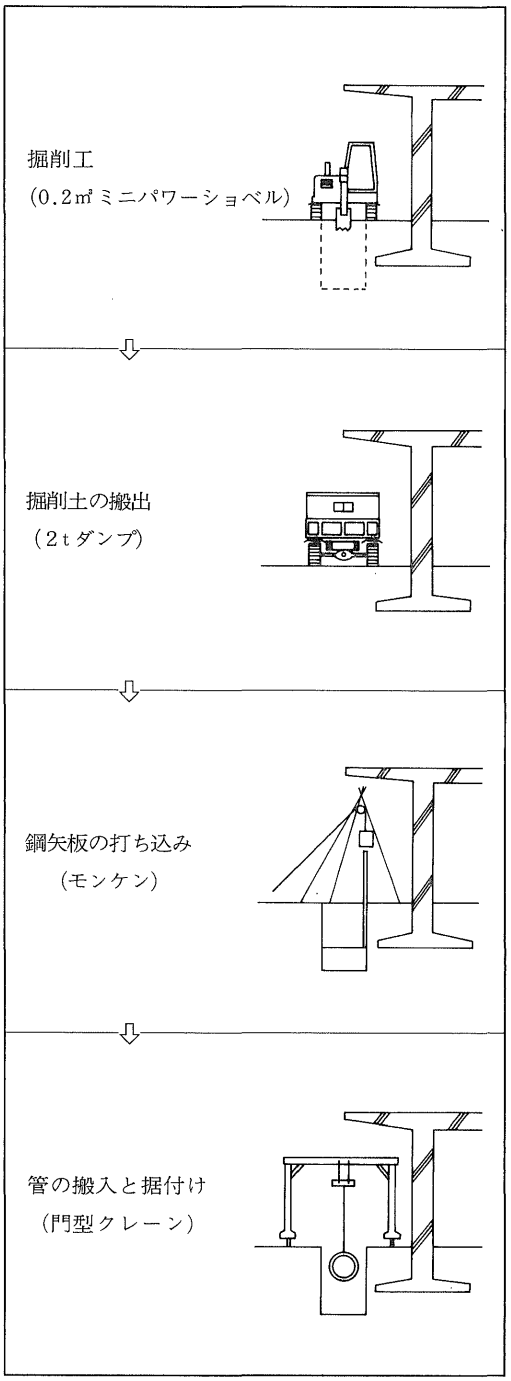
写真―4　S形管の布設状況



写真―5　S形管の布設状況



図―3　施工手順の概略



3．大動脈とS形管

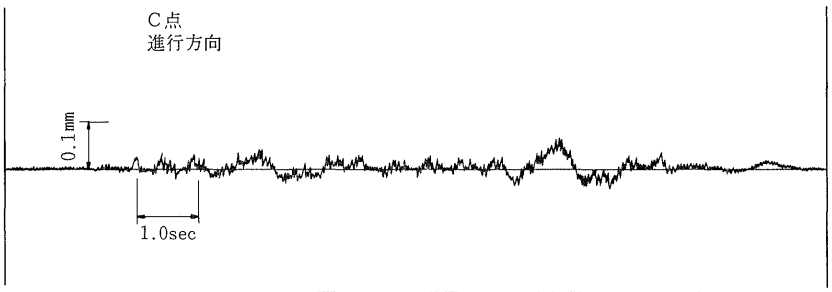
今日、ダクタイル管には種々の継手形式のものが工夫されている。たとえば、継手部分に可とう性を備え、しかも安定性を持つA形

・K形管や、施工性に優れたT形管、さらには掘削スペースをとらず内側から確実につなぎ留めることのできるU形管など、各々に相異なった特長や性能を発揮するものである。したがって、管路の設計においては施工上、維持管理上の諸条件を十分に考慮し、もっとも妥当な管種を選択すべきことはいうまでもない。

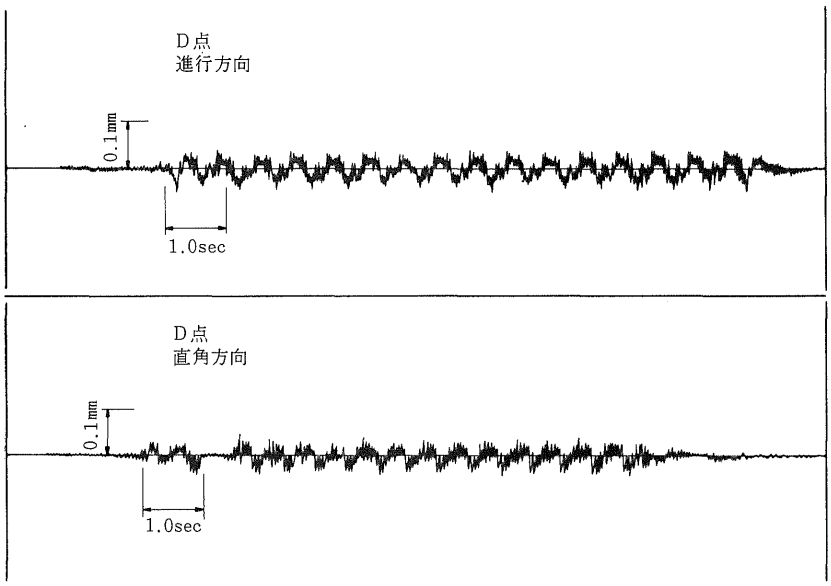
本工事では、配管ルートが新幹線高架橋下の側道であったことが決定的な要因となってS形管を選択した。その際には、写真－6に示すように、現場で列車通過時の周囲地盤と既設埋設管の震動測定を実施し、表－1および図－4、5に示すような、結果を得ている。また、他の現場条件の例として、道路橋（桂大橋、1等橋）に添架された水道管の震動測定の結果を併せて表－2に示した。

これらの結果を見る限り、最大振幅が0.01

図－4　列車通過時の管体の震動の様子



図－5　列車通過時の地盤の震動の様子



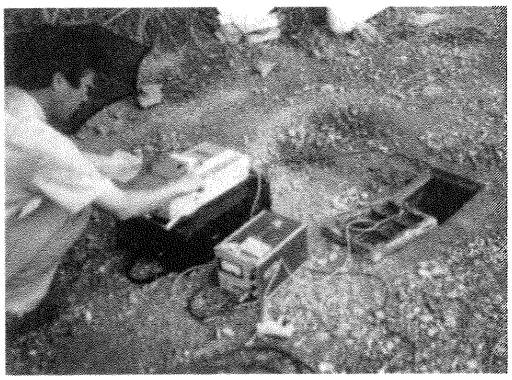
表—1　列車通過時の震動測定結果

	震動源	測定方向	最大振幅(mm)
管体	新幹線列車	進行(管軸)	0.06
		直角	0.07
地盤	新幹線列車	進行(管軸)	0.04
		直角	0.03

表—2　車両通過時の震動測定結果

	振動源	測定方向	最大振幅(mm)
左岸管体	大型車輌	直角(鉛直)	0.02
		直角(水平)	0.03
右岸管体	大型車両	直角(鉛直)	0.01
		直角(水平)	0.01

写真—6　高架橋下での震動測定



～0.07mmといずれも微小な値であり、列車や車両の通過に基づく震動には、通常のA形・K形などの継手でも対応できそうにも思われる。しかしながら、日本列島の大動脈たる東海道新幹線の安全を将来にわたって脅かすことのないという条件を重視した時、耐震・離脱防止の面でもっとも高い信頼性を有する管路が必要と考えざるを得ない。すなわち、列車や車両の通過に基づく震動はいうに及ばず、震度階Ⅶ、加速度400gal以上の地震を想定した場合、水道管の破損、離脱などによる漏水のために新幹線施設に被害を生じ、大動脈を停止させるような事態を決して招いてはならず、そのためにS形管の採用が不可欠と考えられたのである。

4．輻輳するライフライン

管路の耐震設計に当たって基本となる形式には、地震力に対して材料強度で抵抗する剛構造形と、地震力に対して順応して吸収する柔構造形がある。剛構造形にはフランジや溶接形の鋼管が、柔構造形にはメカニカル継手のダクタイル管がそれぞれ該当する。無論、どちらにも一長一短があり、一概に耐震性能の優劣を論ずることはできない。

しかし、いずれの形式にしても、その特長や価値を最大限に引き出すための設計施工指針が明確に定められなければならない。

ライフライン(Life Line)と称される水道管をはじめ電気管、ガス管、下水管そして鉄道などの基幹都市施設は、今後さらに一層交錯し、また輻輳することになろう。こうした複雑な現場状況を想像する時、管路の耐震化への手段や方策を混乱させることがあってはならない。したがって、新設管だけに限らず、経年管の診断とその対策まで包含した耐震設計の方針を明らかにし、さまざまな現場条件に応じて適確な手段が迅速に適用され得る体制を早急に立てるべきであろう。

ダクタイル鉄管第36号

昭和59年5月

技術レポート1

中小口径機械推進ダクモール工法の採用について

札幌市水道局拡張部
副参事　平賀岑吾
東部配水事務所所長　行方彰
〃　配水工事係長　小野寺康文
〃　技術職員　本多裕孝

1．はじめに

近年の上水道管布設工事は、交通障害や騒音、振動、地盤沈下などの工事公害、地下埋設物の輻輳、さらには店舗への補償などの制約が多く、開削工法による布設が困難になっている。このような状況下にあって、大口径の布設は、推進工法およびシールド工法などの非開削工法が普及し、成果をあげているが呼び径150㎜～700㎜のいわゆる中小口径の非開削工法は、人が入れる呼び径800㎜以上の管を推進し、その中に水道管を挿入するさや管工法が一般的であった。

本市においても、中小口径管の非開削工法は、国道・河川・鉄道の横断のみにさや管工法を採用していたが、経済性・工期・推進距離の面で、本格的に水道管に採用するには至っていなかった。

このたび上記の問題点を克服すべく、ダクタイル鋳鉄管の特性を生かしたT形推進管によるダクモール工法が開発された。

本市においては、呼び径400㎜・500㎜のT形ダクタイル推進管を1スパン50m～100m、3条の並列推進を含め連続7スパンを推進する機会があり、そのうち1工区についてこの工法を採用し、十分満足のいく成果を収めたので、ここに紹介し報告するものである。

2．工事概要

この工事は、札幌市の南東に位置する里塚霊園内に建設された、里塚配水池に連絡する流入・流出管および排泥管の布設であり、概要は次の通りである。

(1)工事名称

札幌市水道第6期拡張事業の内送水施設有明・里塚連絡管新設工事その9

(2) 工事場所

札幌市豊平区里塚463番地(図－1)

(3) 工事内容

① 呼び径500㎜流入管　推進延長 51.22m
② 呼び径400㎜排泥管　推進延長 50.75m
③ 呼び径500㎜流出管　推進延長 50.34m
④ 呼び径400㎜排泥管　推進延長 67.00m

⑤ 呼び径500㎜流入管　推進延長 67.00m

①・②・③は 1.4m 間隔 3 条並列推進、

④・⑤は 1.4m 間隔 2 条並列推進。

(4) 施工期間

自 昭和58年 8 月10日

至 昭和58年12月 7 日

(5) 施工業者

北海道建設工業株式会社

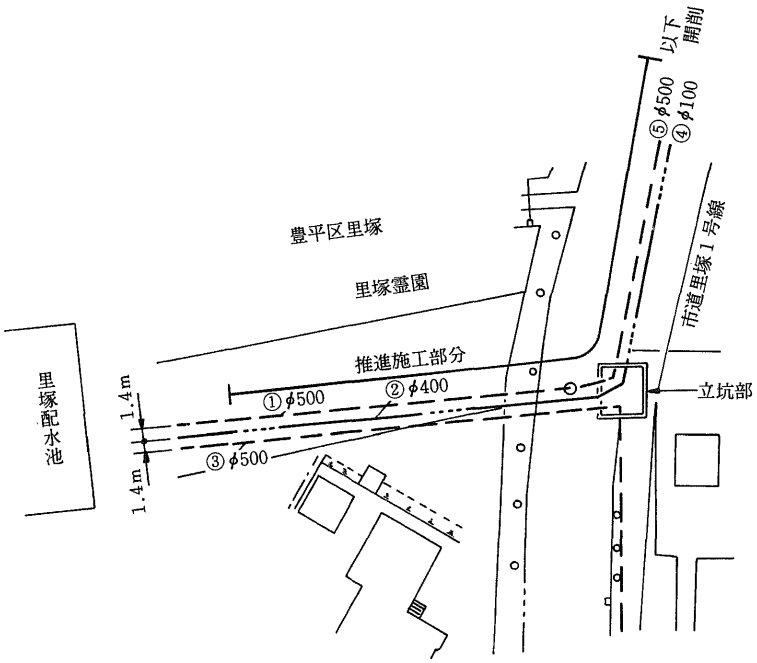
久保田鉄工株式会社

(6) 総工事費

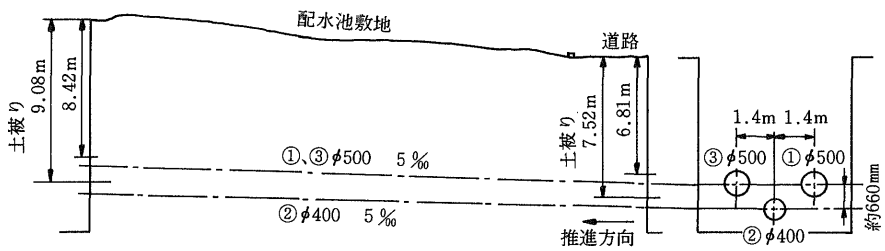
6,700万円

図－1　里塚配水池送配水管系統図

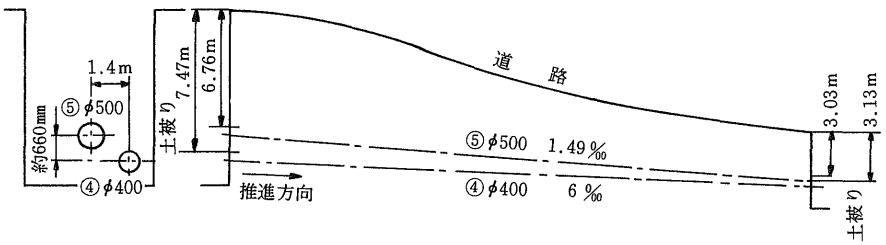
図－2　平面図



図－3　並行3スパン部縦断図



図－4　並行2スパン部縦断図



3．ダクモール工法の採用

この工事は、里塚配水池に接続する流入・流出および排泥管を布設するもので、次のことが施工条件としてあげられた。

①管埋設位置が、現地盤より3m～9mと比較的深い。

②制限された用地内に呼び径500mm2条、呼び径400mm1条を布設しなければならない。

③道路工事、下水道工事、墓の移転、斎場の建設および配水池の建設と、関連工事が輻輳しているため、交通障害を極力少なくすること。

④路面復旧工事を、遅くとも積雪期以前の11月中には完了すること。

この条件下で開削工法、さや管工法および中小口径機械推進工法を比較検討した結果、ほかの関連工事に支障なく、路面復旧が少なくてすむこと、また安全性・経済性がほかの工法に比べてよいこと、さらに土質がN値20前後の火山灰地であり、機械掘削に適していることなどから、中小口径機械推進工法を採用することにした。

中でもこの工区は、配水池との接続部であり、かつ3条の並列推進が含まれており、特に施工精度を要することから、水道用ダクタイル推進管を対象として開発され、レーザーによる位置検出機構および方向修正機構を備えたダクモール工法の採用に踏み切った。

また推進管については、水道用管として十分に耐え得るものの中から、

①管の強度があり、推進距離が伸ばせる。

②管の接合が確実、簡便である。

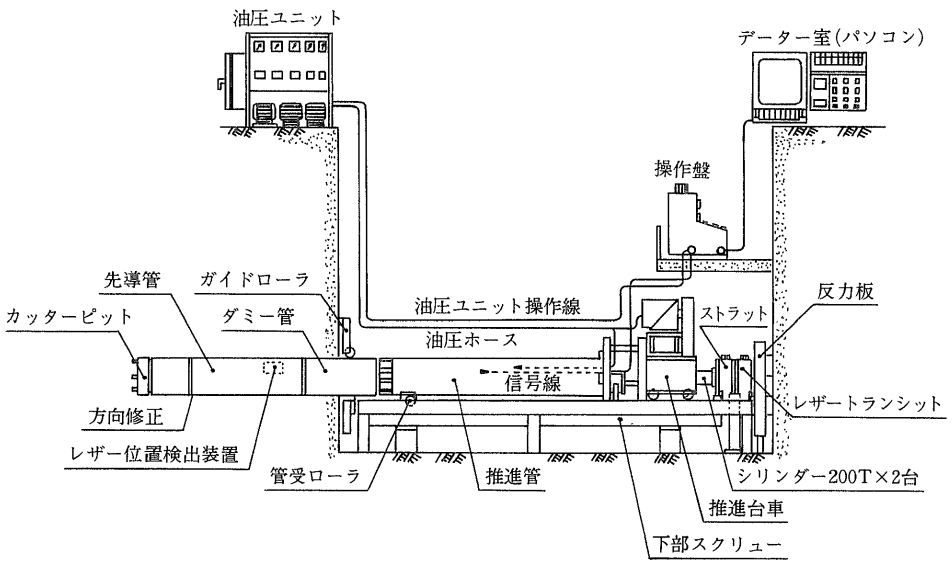
③管内面のライニングがモルタルで堅牢である。

などから、T形推進工法用ダクタイル管(4m管)とした。

(1) ダクモール工法用装置の概略

ダクモール工法用装置は、大別すると以下の4つに分けられる。

図－5　装置の概略



①先導管

呼び径400mm～500mmおよび呼び径600mm～700mmの2機種があり、それぞれアタッチメントの付加により、呼び径の兼用化が可能である。

②推進装置

呼び径400mm～700mmすべて同一の装置で推進する。最大能力400トン(推力が大きい時には滑材の使用も可能。)

③スクリューコンベアおよびホース・ケー

ブル(1本の長さ各4m)

推進距離に応じて推進管の本数分だけ必要である。

④付帯設備

施工に必要な油圧ユニット、レーザーターゲット、操作盤、レーザートランシットなどを含む。

(2)施工手順

施工手順および作業内容は表－1の通りである。

(3)先導管の構造と主な特徴

①掘削機構

ⅰ）超硬合金カッタービットにより、礫の破砕が可能。

ⅱ）土砂取り込みの開口率が変更できる。

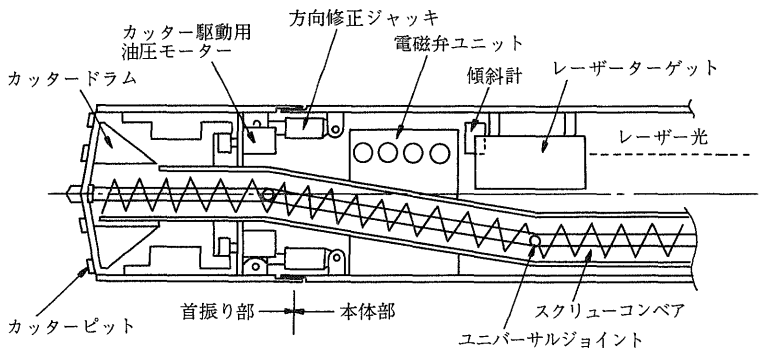
ⅲ）カッターの駆動に油圧モーターを使用しているため、逆転が可能（ローリング対策、礫かみ込み対策）で、騒音

表－1

フローチャート	作業内容
推進台の据付け	推進方向・レベルの設定 トランシットのセット
先導管のセット	ホース・ケーブル類接合 芯出し、空運転
推進管のセット	ストラット撤去 推進台車後退 推進管吊り込み
接合	ホース・ケーブル管の接合
推進	装置の運転(方向修正含む) 次の推進管準備
30cmおき	
計測	ストラットセット トランシットによる測量 ズリ出し
解体	スクリュー軸・ケーブル類の推進台よりの解体
推進完了	先導管部解体・回収(到達坑) スクリューコンベア回収(発進坑) ダミー管押し出し・回収
管内調査	管内調査機器の挿入・回収

4mおき

図－6　先導管部構造概略



・振動が少ない。

② 排土機構

ⅰ）スクリューコンベアの回転数を変えることにより排土量の調整が可能。

ⅱ）ユニバーサルジョイントを使用し、スクリューコンベアを管底に持ってくることでレーザーターゲットの視野範囲が広い。

ⅲ）水を添加することで、粘着土の排土も可能。

ⅳ）スクリューコンベアのケーシング底部にはキャスターが設けられており、施工後管内面を傷めることなく、スクリューコンベアの解体が容易である。

ⅴ）油圧モーターを使用しているため、発進立坑内の騒音・振動が少ない。

③ 位置検出機構

ⅰ）レーザートランシットとレーザーターゲットの組合わせにより、先導管の自動計測が可能。

ⅱ）3方向の姿勢角（垂直方向、水平方向、円周方向）が検出できる。

④ 方向修正機構

ⅰ）4本の方向修正ジャッキにより、上下左右の方向修正が可能。

ⅱ）タイマーの調整により、ある程度方向修正ジャッキストロークの制御が可能。

4．設　計

(1) 推力の予想

予想推力は、「下水道推進工法の指針と解説」（日本下水道協会発行）にある「経験的簡便式」を適用した。

$$F = F_o + R \cdot S \cdot L$$

ここに、

F：総推力（t）

F_o：貫入抵抗力（t）

R：土質およびその他の条件で決まる管外面抵抗力（t/㎡）

S：管の外周長（m）

L：推進長（m）

代表的な土質におけるRの値

	土　質			
	ローム	砂混じり粘土	砂混じりシルト	中細砂
R(t/㎡)	0.8	0.8	1.0	1.2

F_oは久保田鉄工式の貫入抵抗値、Rを砂混じりシルト値とすると、

呼び径400mm

$F_{400} = 9.8 + 1.0 \times 3.14 \times 0.502 \times L$

$= 9.8 + 1.58L$　67mの時 P＝116t

呼び径500mm

$F_{500} = 14.5 + 1.0 \times 3.14 \times 0.608 \times L$

$= 14.5 \times 1.91L$　67mの時 P＝142t

となる。

(2) 推進管について

ダクタイル管における推力の伝達は、図―7に示すように挿し口部に設けられたフランジとリブとにより推力を伝達する。

ここで呼び径500mmについて安全性を検討する。

呼び径500mmの場合、リブの取付寸法は図―7のようになっている。したがって推力に対する許容抵抗力は次のようになる。

$$P = \sigma_2 \times A \times n$$

ここに、

P：推力に対する許容抵抗力（kg）

σ_2：溶接部許容せん断力＝10kg/mm²

A：リブ1枚の溶接面積（mm²）

＝15×90×2＝2,700mm²

n：リブの数＝14枚

$P = 10 \times 2{,}700 \times 14 = 378{,}000\text{kg} = 378\text{t}$

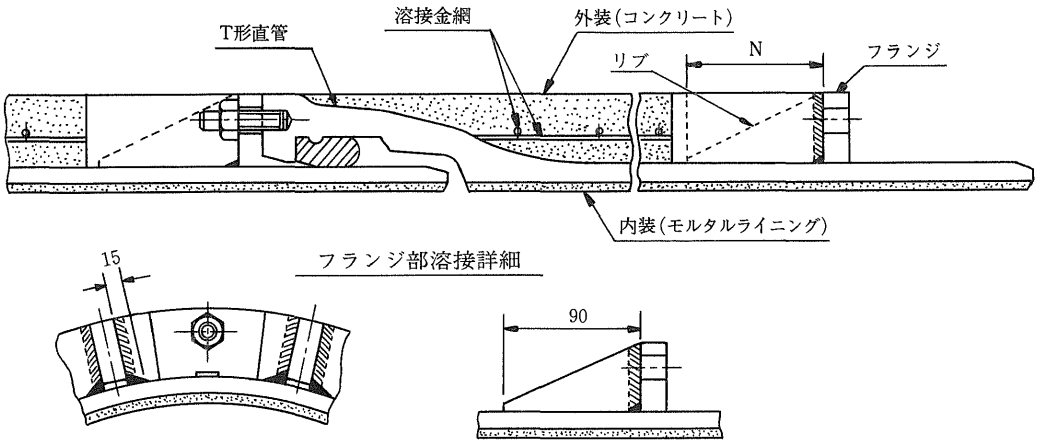
一方推進に必要な推力は、先に計算したように67mの時で142tとなっているが、許容抵抗力が378tであるので、安全率2.7となり十分安全である。

(3) 施　工

① 工事行程

工期は、昭和58年8月10日から12月7日までの120日間で、9月12日に機械を搬入し、11月5日を推進完了予定として着工した。

図—7　T形推進工法用遠心力ダクタイル鋳鉄管



(単位 mm)

呼び径	管厚			ライニング厚	実外径	各部寸法				重量 (kg)					呼び径
D	T				D_2	P	L	D_5	N	鋳鉄管			内装	外装	D
	1種管	2種管	3種管	t						1種管	2種管	3種管			
400	8.5	7.5	—	6	425.6	130	4000 6000	502	80	346 505	300 450	— —	72.8 100	518 787	400
500	9.5	8.5	8.0	〃	528.0	135	4000 6000	608	90	480 702	435 633	412 599	91.0 137	663 1010	500

実施工程は表—3に示すように、途中から昼夜連続施工を行い、無事工期内に工事を完了した。

延べ工事日数：54日間(うち休日4日間)

総推進距離：286.31m

施工の状況を写真—1～4に示す。

② 到達精度

計画線と到達側管心とのズレ量を表—2に示す。

いずれも当初目標の±50mm以内に収まっており、隣接工区との取り合いも問題なく完了した。

表—2　到達精度

スパン	到達精度	
	水平方向	垂直方向
① φ500、51.22m	右12mm	下18mm
② φ400、50.75m	左23mm	下23mm
③ φ500、50.34m	右19mm	上20mm
④ φ400、67m	右48mm	上19mm
⑤ φ500、67m	右31mm	上1mm

③ 管路の仕上がり状況について

施工後、推進管継手部の変位および胴付間隔を、写真—5に示す測定機および写真—6に示す管内TVカメラを用いて調査した。

先導管軌跡と推進管変位との関係を、高さおよびふれについてまとめたものを図—9に示した。

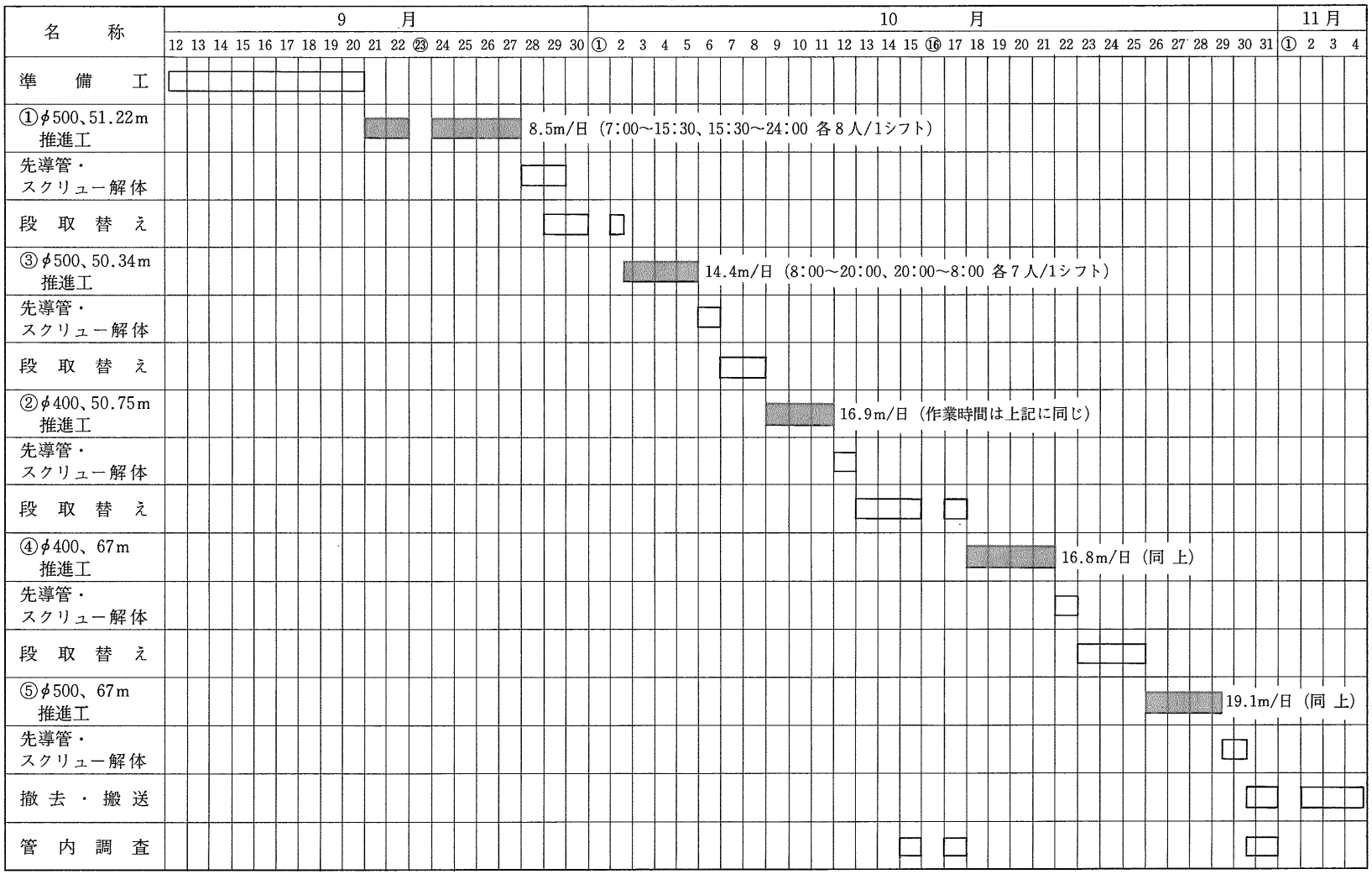
これを見ると、先導管軌跡の推進長と測定点とにズレがあるため、推進管変位の動きとは合わないが、傾向はほぼ合致しており、推進管は先導管の軌跡に追従していると考えてよい。

また変位値は一部を除き±3cm以内に収まっており、仕上がりとしてはまずまずのできと考える。

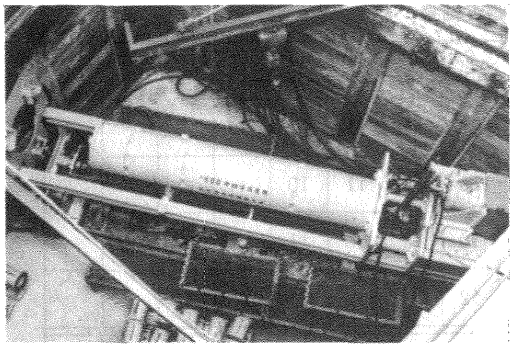
表—4には胴付間隔測定結果を掲げた。

結果をみると、胴付間隔は8mm～13mmの範囲でばらついているが、これはモニターTVの画像を通して計測するため、照明の

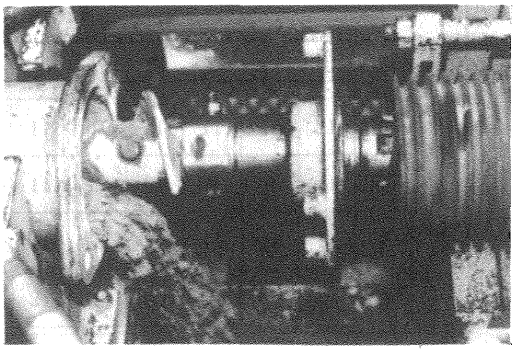
表－3　実施工程（工事名称　有明・里塚連絡管新設工事その9）



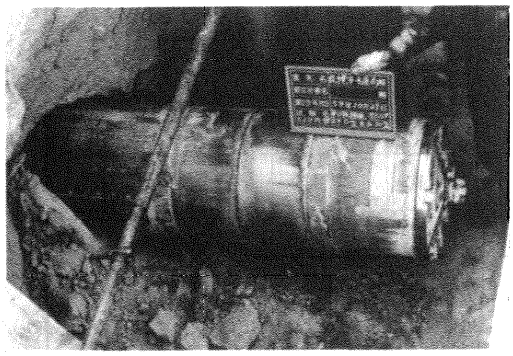
写真－1　推進装置全景



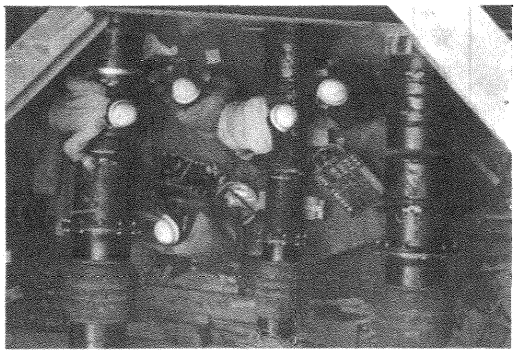
写真－2　排土状況



写真－3　先導管到達

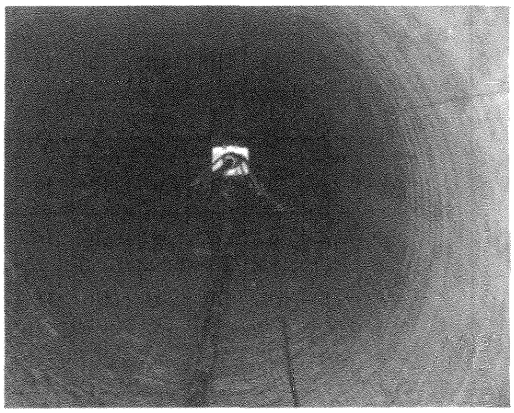


写真－4　配水池との接合状況

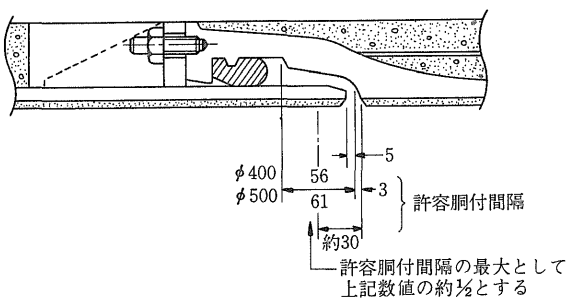


写真－5　継手変位測定

写真－6　TVカメラによる管内調査



図－8

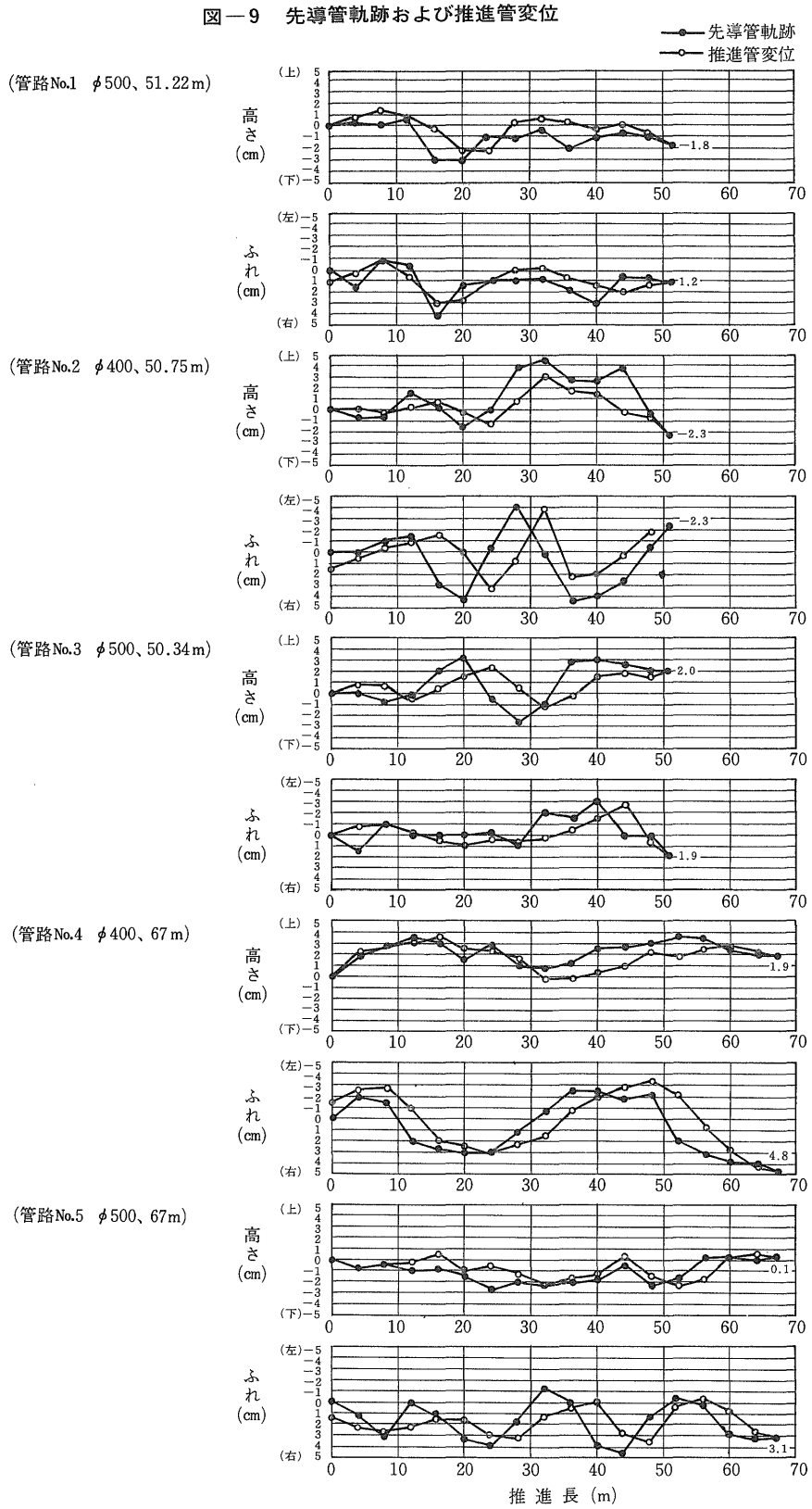


表－4　胴付間隔測定結果　　（単位 mm）

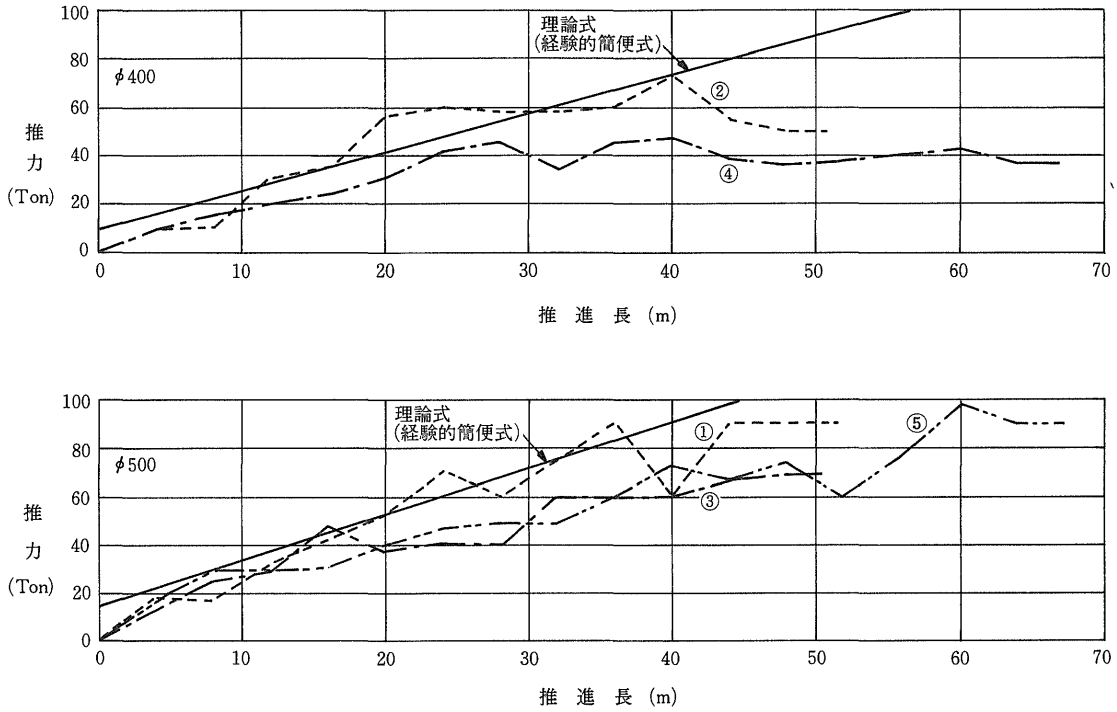
		継手No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
管路No.1	上		12	11	11	11	10	11	12	12	12	11	11	12				
	下		11	9	9	10	11	11	11	10	10	12	11	10				
	左		11	10	11	10	10	11	11	12	10	12	10	11				
	右		12	10	10	10	10	12	10	11	12	11	12	11				
		継手No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
管路No.2	上		11	10	11	11	10	11	12	12	12	11	12	12				
	下		10	11	9	12	9	10	10	11	11	9	11	9				
	左		9	9	10	11	9	9	11	12	12	11	11	11				
	右		11	10	9	10	11	11	10	10	12	10	12	10				
		継手No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
管路No.3	上		12	11	11	12	11	12	11	11	9	12	10	10				
	下		13	11	11	12	10	11	12	10	9	10	12	12				
	左		13	12	11	12	11	11	12	10	9	12	10	11				
	右		13	12	10	12	10	11	12	11	10	11	11	10				
		継手No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
管路No.4	上		11	9	9	9	10	10	10	10	9	10	11	9	10	11	9	10
	下		10	9	9	9	10	10	9	9	9	10	9	9	8	9	9	8
	左		10	10	10	10	10	10	8	9	10	10	10	10	9	9	10	10
	右		10	8	10	9	10	10	9	8	9	8	8	9	9	9	8	8
		継手No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
管路No.5	上		10	10	10	10	10	9	9	11	10	10	10	10	9	10	11	11
	下		10	11	10	10	10	10	9	10	10	10	9	11	10	9	10	11
	左		9	10	10	10	9	10	8	11	10	9	9	9	10	11	11	11
	右		9	10	10	10	9	9	10	10	9	10	10	11	10	9	10	11

注１）継手No.は発進坑側からの順番　　注２）測定位置上下左右は発進坑側から見た時

図－9　先導管軌跡および推進管変位



図—10　発生推力線図



備考

① 呼び径500mm流入管　推進延長 51.22m
② 呼び径400mm排泥管　推進延長 50.75m
③ 呼び径500mm流出管　推進延長 50.34m
④ 呼び径400mm排泥管　推進延長 67.00m
⑤ 呼び径500mm流入管　推進延長 67.00m

状態あるいは測定者の違いによって2mm～3mmの誤差が生じたためと考える。

呼び径400mm・500mm T形推進管の許容胴付間隔は図—8から3mm～約30mmとみてよい。このことから考えると、施工した5本の管路はいずれも異常ないものと思われ、実際にその後実施した充水水圧試験の結果からも異常は認められなかった。

(4) 推力の変化および排土量について

① 推力の変化

施工時に発生した推力と、先に計算した理論値(経験的簡便式)とを図—10に示した。

これを見ると、発生推力は推進延長が短い間(30m～40m)はほぼ理論式に沿って増加しているが、それ以上の距離になると設計推力を下回わっている。これはある地点を通過する推進管の本数が多ければ多いほど、管と土との摩擦係数が減少し、理論式でいう管外面抵抗力(R値)が小さくなったものと考える。施工時の最大推力は呼び径500mm、60m時の約100tであった。

② 排土量

発進立坑側に排出される土砂を、全スパン全推進長について計量した。その結果、掘削される地山の土量に対する排土量は平均で1.2～1.3倍となっており、これは一般でいう土量の変化率と一致している。

したがって、今回の施工は推進管と地山との間に生じる間隔が小さく、ほとんど余掘りのない施工であったと考えられる。

5．おわりに

中小口径推進工法は、管内面の防護はもとより継手部の確認をすることが重要である。

このダクモール工法は、スクリューコンベアのケーシング底部にキャスターを取付け、管内面の損傷を防止する工夫をするとともに、推進後ＴＶカメラを挿入し、胴付間隔を測定して継手部の確認をしている。したがってこれらに関してはなんら問題はなかった。

また、推進機の水先案内人であるレーザーターゲット(レーザー光線)は一般的に、振動、ほこり、湿気に弱いといわれているが、今回はそれほど影響を受けることなく十分その役割を果した。施工精度についても、油圧ジャッキによる先導管の修正もなされ、±50mm以内と所定の目的を達成した。

さらに、推進工法用ダクタイル管ということで、その推進距離は飛躍的に伸び、硬く締まった火山灰層では、100m前後は十分推進可能であり、工事公害、交通障害が大幅に緩和されたばかりでなく、経済的にも従来の開削工法、さや管工法に十分対抗できるものと考える。

しかし、掘削時間(マシーンの稼働時間)に比べて、管の据付け、ストラットの据付けに時間がかかる傾向にあるので、それらを短縮するよう検討する必要があるとともに、測量にあたっては慎重を期し、特に深く狭い立坑内にセンターを設置する際には十分留意する必要があろう。同時に、推進基準線の決定およびトランシットの据付けにあたっては、掘削機の振動および反力による変動がないよう確実に行う必要があるものと考える。

最後に、本報告が今後施工条件の制約される中での、中小口径水道管の計画、施工に少しでも参考になれば幸いと考える。

技術レポート2

“隣県から友愛の水”上島の上水道事業について

上島上水道企業団
技術幹　**中野隆治**

1．はじめに

愛媛県の東北端に位置し、広島県境に近い瀬戸内海に浮かぶ上島諸島は気候温暖、風光明媚な大小の島々からなっている。これらの島々に住む明るく健康的な人々は、柑橘類の栽培や海苔養殖をはじめとする漁業に従事するほか、近隣の商工業地域へ出かけ、産業発展の支えとしてその役割を果している。

人口約1万2,000人の島の人々の生活も近年著しい向上をみせている。しかし一方、この地方の年間降雨量は約1,000㎜程度で、最近ではやや減少傾向にあり、十分な水道施設を持たないため、住民は慢性的な水不足に悩まされていた。このような状況の中で昭和57年9月、広島県と愛媛県との間で「分水に関する基本協定」が調印され、上島4島(弓削島、佐島、生名島、岩城島)からなる3カ町村(弓削町、生名村、岩城村)へ“友愛の水”が送られることになり、昭和58年2月上島上水道企業団が設立され、昭和60年度に一部給水開始し昭和64年度、全域給水へ向けてスタートすることとなった。事業完成の暁には普及率99%となり、ほとんどの島民が水道の恩恵に浴する予定である。

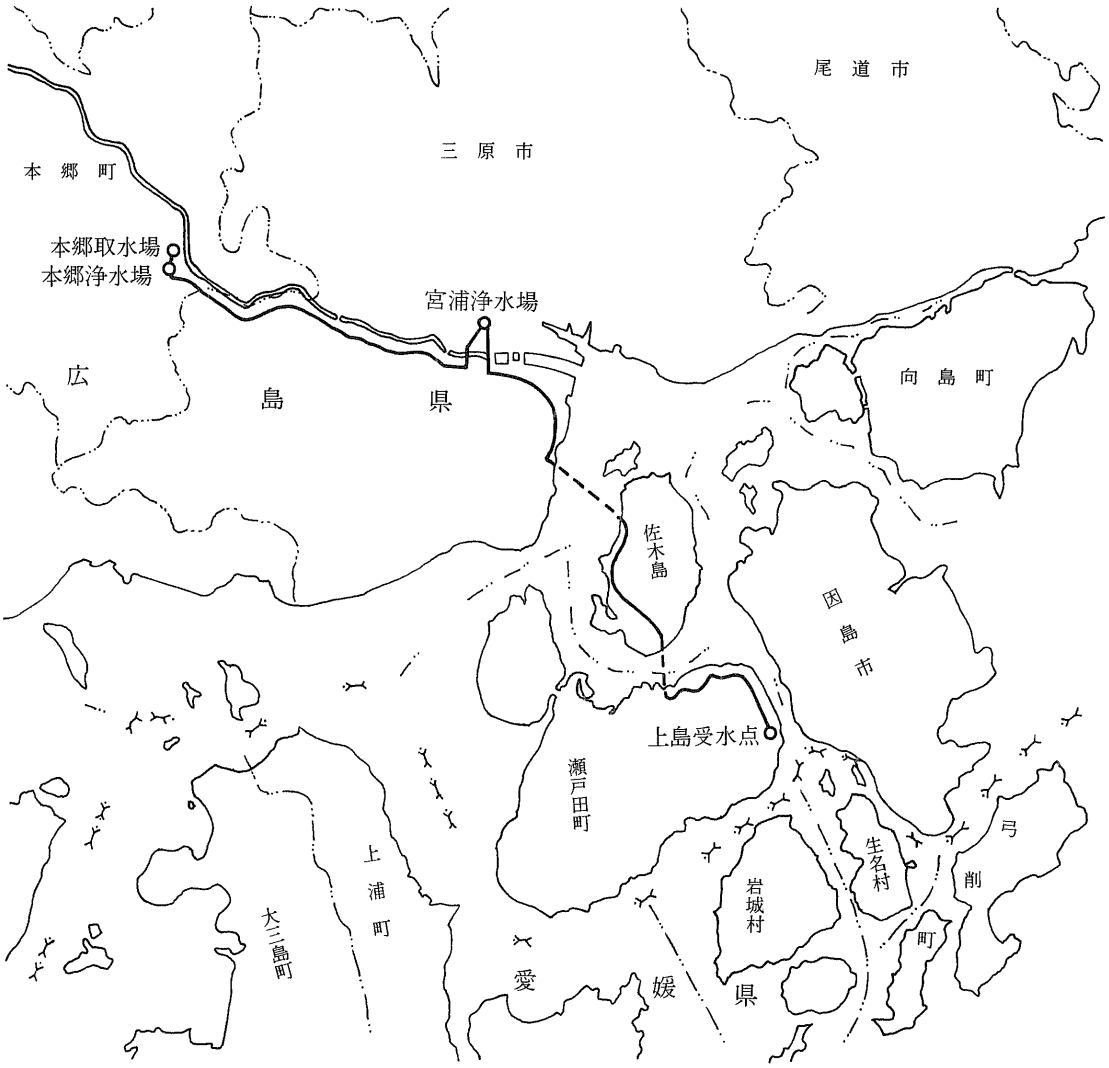
以下に事業の概要を述べる。

2．事業概要

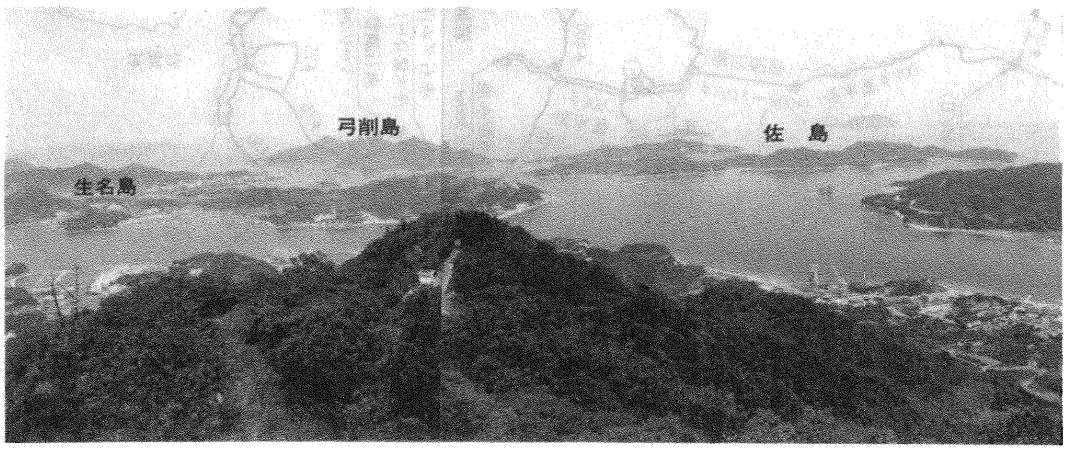
現在の水道施設は弓削島に約515㎥(1日最大)、岩城島に約295㎥(1日最大)の簡易水道施設があるだけで、渇水期には船で運ばれてきた水を購入して生活を維持するといった厳しい生活環境にある。このたびの事業は良質な水を豊富に供給し、このような不自由な環境を改善しようとするもので、水源を広島県賀茂郡の県営椋梨ダムに求め、沼田川用水道を経て因島市赤崎の生口島分水点から分水した浄水を海底管で岩城島へ送水し、小漕川沿いの受水池で受け入れたあと、加圧して積善山中腹の配水池(2,300㎥)へ送り、この配水池から岩城島内はもとより生名島、佐島、弓削島の各島の計画給水区域一円へ自然流下方式で配水する計画である。

計画事業費は約50億円、工期は昭和58年度から昭和63年度までの6年間の予定である。

図－1　位置図

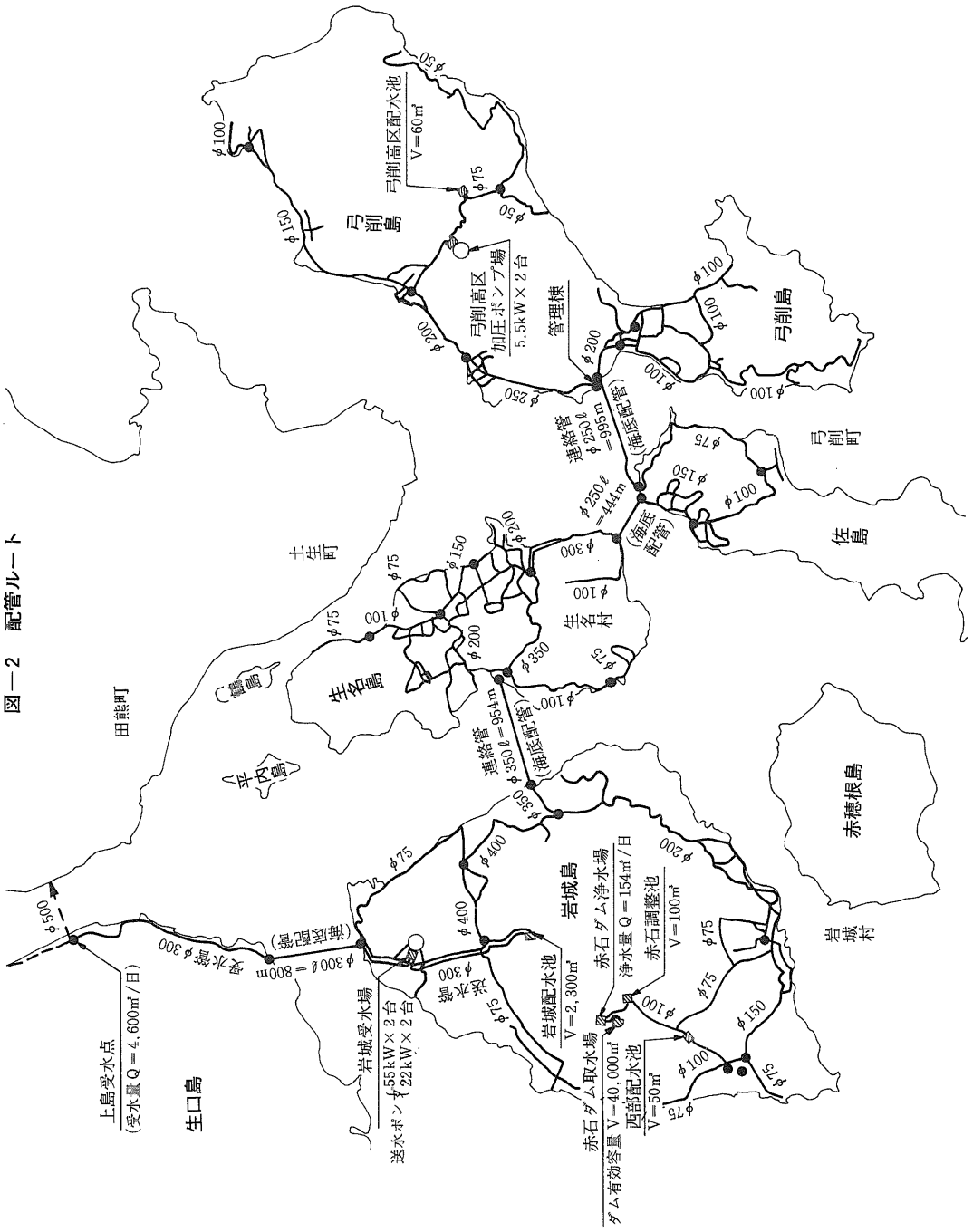


写真－1　岩城積善山より上島諸島をのぞむ



給水量は広島県からの分水4,600㎥/日に既存水源(赤石ダム水系)からの水量154㎥/日を加えて計4,754㎥/日となり、計画給水人口１万1,885人に対し、１日平均260ℓ/人の給水を行うもので、これにより長い将来にわたり良質な水を安定して供給し得る体制が確立され、飲料用としてはもとより産業、経済面などあらゆる分野に及ぼす効果は大きいものと期待

図―２　配管ルート



される。

事業の基本計画

計画給水区域：弓削町(弓削島、佐島)
生名村(生名島)
岩城村(岩城島)
計画給水人口：11,885人
計画1日最大給水量：4,754㎥/日
水源、広島県からの分水：4,600㎥/日
赤石ダム水系　：　154㎥/日
計画1人1日最大給水量：400ℓ
計画1人1日平均給水量：260ℓ
給水開始予定、一部給水：昭和60年度
全域給水：昭和64年度
予定工期　：昭和58年度～昭和63年度
配管総延長：約76,440m(φ400～φ50)

配管工事と並行して弓削島の岳の下地区に管理棟を新設し、各島ごとの配水量や水圧、受水池、配水池の水位や水質などのデーターを集めるテレメーターや、電気計装設備を中央監視室に設置し、ここで集中管理する方式がとられ、名実ともに近代化される予定である。

3．配管方法

広島県の分水点から呼び径300mmで岩城島の受水池(200㎥)へ受水し、ここから同口径で標高70mの配水池(2,300㎥)までポンプ圧送し、この配水池から自然流下で4島へ送配水する。管呼び径は400mm～50mmである。

弓削島の一部に標高100mの峠越え箇所があり、この部分だけは高区配水池(60㎥)を設けてポンプ加圧により送水する。

各呼び径ごとの配管延長は次の通りである。

受水管：300mm、2,616m
300mm、　812m(海底管)
送水管：400mm、2,304m
350mm、1,672m
350mm、　953m(海底管)
300mm、2,246m
250mm、1,573m
250mm、1,036m(海底管)
250mm、　439m(海底管)
200mm～50mm、1,919m
配水管：200mm～50mm、60,873m

使用管種は海底部を除き、主としてダクタイル管(3種管)を使用し、継手はK形(φ400)、A形(φ350、φ300)、T形(φ250以下)の3種類を使い分けることとした。

ダクタイル管を使用したのは水道管として豊富な実績があり、強度が強いこと、耐久性があり、継手の水密性が優れている上、施工性がよく、特に今回のように狭い海岸沿いの道や曲線部の多い所では有効と考えられたからである。

土被り深さは県道下では1.2mとし、町村道下で路面荷重の影響の少ない所では引続いて行われる分水工事の施工性を考慮して60cmとし、部分的に路面荷重の大きくなる所はコンクリートを巻き立てて管を保護することとした。土質については、山岳部は主として花崗岩からなっており、海岸付近では地下水に塩分が含まれているため、地盤高さ4m以下に埋設する所は防食のため管外面にポリエチレンスリーブを被せて施工することとした。

海底配管については、布設現場は潮流が速い上、多数の船舶の航行を遮断しないで工事を行う必要があるため、主として厚肉鋼管による海底曳航法によって工事を行うこととした。

4．施工状況

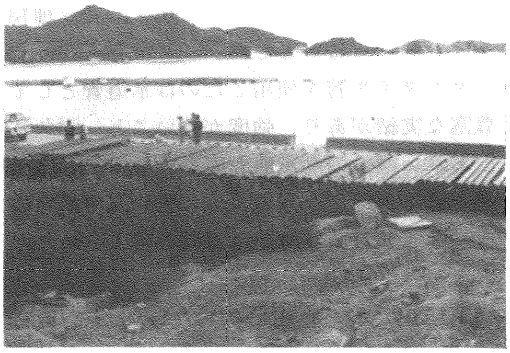
実際の施工にあたっては配管ルートの土地交渉、海底配管部の漁業対策などむつかしい問題もあったが、島民の理解のもとに昭和58年11月、まず岩城島の陸上部から着工し、現在なお配管工事継続中である。工事は一応順調に進捗しているが、海岸付近では潮の干満の影響を受けて地下水位が上下するため、干潮時を待って工事を行う必要があり、一方山間部では岩盤のため掘削に長時間を要し思うように配管工事が進まないこともあり、また道路が非常に狭隘で工事用重機類も入りにく

い箇所もあるなど、一般の工事には見られないむつかしさがある。

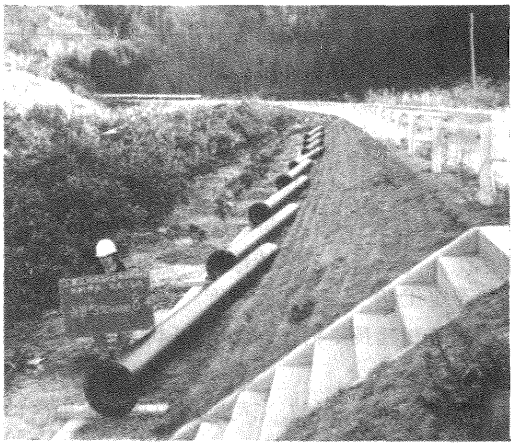
管路にはかなりの曲線部があるが、これらの異形管部に作用する不平均力に対しては作業性を考慮して、特殊押輪を使用して管の離脱防止をはかっている。

以下に工事状況の一部を写真で紹介する。

写真－2　管の置場



写真－3　現地配列



写真－4　工事状況

写真－5　工事状況

5．おわりに

以上、上島上水道事業の概要につき述べたが、昭和64年度全域通水をめざして今後なお一層の努力を続け、１日も早く完成させたいと願っている。本稿は事業がスタートしてまだ間もないこともあり、内容が不十分な点もあるが、本事業は他府県からの分水という全国でもめずらしいケースであり、関係者の理解と友愛のもとに実現したものであり、今なお水不足に悩む他の多くの島民の方々に勇気と希望を与える一助ともなれば幸と考える次第である。

技術レポート3

大井処理場放流幹線における シールド内ダクタイル管並列配管について

大阪府南部流域下水道事務所
工務課長　長谷川　清
工事係長　林　茂三

1．はじめに

下水道施設を計画する時、地形上の理由や道路計画などの条件から、複数の下水管きょが同一路線に重複(並列)して計画される場合がある。この場合、実施段階に至って個別に施工するか、同時施工とするかが問題となる。これを考えるには、たとえば①それぞれの管きょの供用開始時期、②道路幅員・他の埋設物などからくる制約、③施工の技術的な可能性、④経済性の比較および財源、などを十分検討して決めなければならない。

私どもの大和川下流東部流域下水道における大井処理場放流幹線(Ⅰ)(φ800＋φ350)は、放流先が遠隔地の西除川に求められたことにより、大井処理場から約9kmにわたって計画された放流管きょである。この計画路線のうち、部分的に他の幹線と並列している所が数箇所ある。このため、施工にあたって同時施工を行うべきかどうか、またその時の工法はどうするかをいろいろ検討した。

その結果、シールド工法により管きょをつくり、その中にダクタイル管(φ800、φ350)の布設と他の幹線を同時に施工する方式を随所に採用した。工事完了の目途が立ったのでその結果を報告する。

2．計画の概要

大阪府の事業として、大和川下流流域下水道計画は、西部(今池処理場)、東部(大井処理場)、南部(狭山処理場)が計画されている。

このうち東部流域下水道は、5市3町1村の下水処理を大井処理場で行う計画である。今回の工事は、この処理場が建設供用開始するまでの間、大井処理区域から発生する汚水を建設中の今池処理場(60年供用開始予定)で暫定的に処理するために呼び径350mm汚水圧送管路と、処理水を西除川に放流する呼び径800mm圧送管路をダクタイル管を用いて並列配管を布設する。

大和川下流東部流域下水道計画の一般平面図は図－1の通りとなっている。

(1)　**大井処理場計画**

区域面積	7,403ha
処理人口	321,000人

処理水量　326,000㎥/日
幹線延長　54,710m
ポンプ場　2カ所
関係都市村　5市3町1村

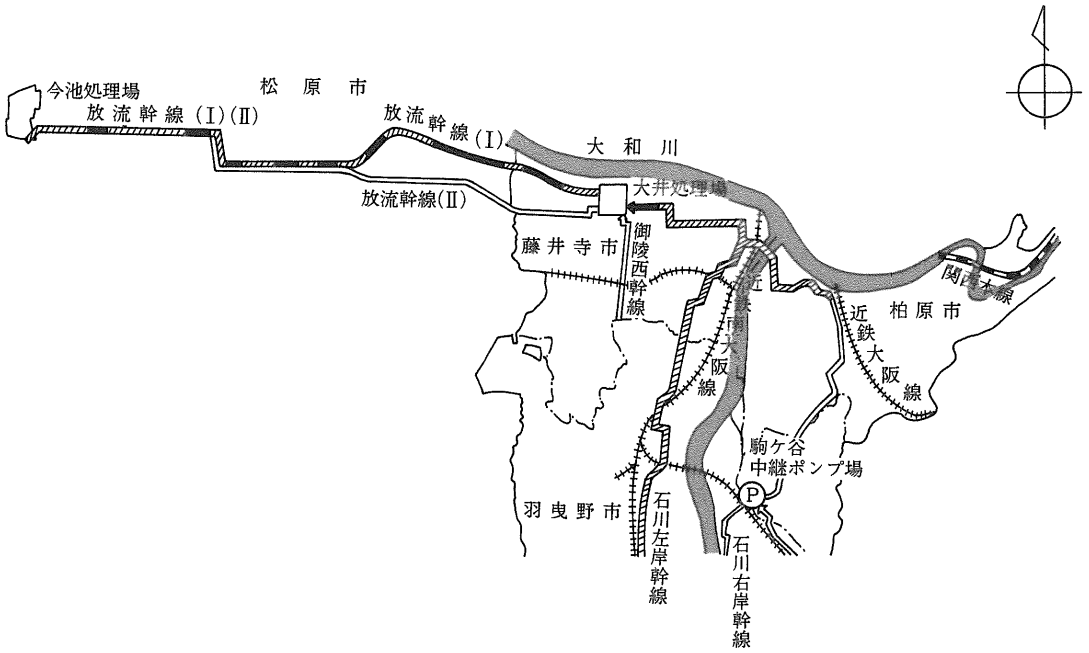
(2) 放流幹線計画

大井処理場から汚水または処理水を今池処理場へ送るため、次のような圧送管路を布設する。

管路名		呼び径(mm)	送水量(max)	送水先
汚水圧送管路		350	9,000㎥/日	今池処理場へ
処理水	放流幹線(1)	800	390,000㎥/日	西除川へ放流
	放流幹線(2)	1350		西除川へ放流

○管路延長……約9km
○ポンプ実揚程……約60m
○工事着工……昭和54年12月
○工事完成……昭和59年度末(路線の完成目標)

図—1　大和川下流東部流域下水道計画図



3．ダクタイル管の布設工法の検討

ダクタイル管は施工性に優れ、正確かつ短期間の施工が可能である。継手は高水圧に耐え、管体強度は高く、加えて耐食性にも優れているものである。

今回の圧送管路は最大水圧約6kgf/㎠であり、ダクタイル管を採用検討の結果、開削部の継手および管種を呼び径350mmはA形3種管、呼び径800mmはK形3種管とし、条件の整った工区より配管に着手した。

しかし水路横断や幹線道路横断箇所などについては、推進工のさや管およびシールドの中に布設を考慮する必要があり、最適なセグメント断面を決定するために表—1のようないくつかのケースを考え、表—2の作業フローに基づき検討を行った。

表—1　セグメント断面の検討ケース

1　シールドおよび推進工の直線部
1-1 単独施工(φ800、φ350)の場合
1-2 合併施工(φ800＋φ350)の場合
2　シールドの曲線部
2-1 合併施工(φ800＋φ350)の場合
2-2 合併施工(φ800＋φ350＋今井戸東除川幹線)の場合

表—2　セグメント断面の検討作業フロー

①　本管の運搬、据付方法の選定 注：今回の工事に比較的似かよった性格の工事内容を持つもので、実績のある方法を列挙する。
↓
②　各方式を採用した場合の本管の運搬、据付けに要するセグメント断面の算定ならびに施工順序 注：曲線部は曲線半径に対し本管の運搬、据付けが可能かをチェックすること。
↓
③　セグメントと本管との空げき充てんの要、不要
↓
④　施工方法の決定および諸条件の決定 セグメント断面、ダクタイル管の管種や工法を選定する。
↓
⑤　経済性の検討
↓
⑥　管路設計

4．ダクタイル管のシールド内への搬入方法

(1)　台車方式

管1本ごとに台車で搬入し、トンネル内で継手接合する方法で、台車には芯出し用の油圧ジャッキが備えてある。

けん引は通常バッテリカーが使用される。また軌条を布設する場合と無軌条の場合がある。

(a)　U形用芯出し運搬台車による方法

4車輪式で管の芯出しができる。軌条の布設が必要である。

(b)　無軌条台車による方法

4車輪(コロ形式)、または多車輪で軌条の布設が不用である。小口径は手動による運搬、大口径になるとフォークリフトによりけん引する。

(2)　ソリ方式

老朽管の管路更生法として、パイプ・イン・パイプで用いられている。搬入立坑内で継手接合後管内へ搬入する方法で、先頭管にソリを取付けている。

搬入方法は、油圧ジャッキによる押込み方式とウインチによるけん引方式がある。

(3)　管体に車輪を取付ける方法

管体1本ごとにバンド(車輪付き)器具が必要となる。一般には小口径管で用いられ、搬入は油圧ジャッキによる押込み方式とウインチによるけん引方式がある。

5．セグメント断面寸法の検討

シールド内でのダクタイル管による配管は外面からの継手接合方式ではセグメント径が大きくなるため、内面継手の採用と施工順序により解決した。

呼び径350mmはA形またはT形管を、呼び径800mmはU形管を採用し、先に呼び径350mmを1本ごと継手接合した後、U形呼び径800mmを据付けて内面より継手接合する工法にした。

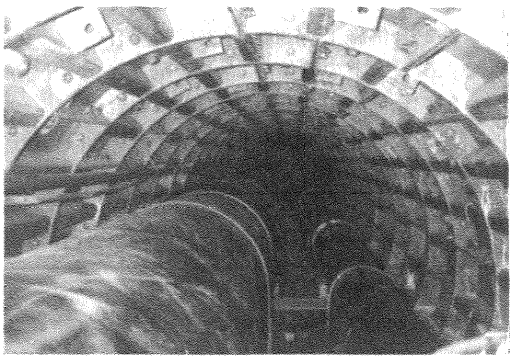
推進工や、シールド工法の内径寸法は、土質による施工精度も十分考慮して決定する必要があり、管を安全に搬入し確実な継手施工ができるような直線部断面寸法を図—2、曲線部の断面寸法を図—3のように決定し施工した。

6．第8、第9工区のシールド工事について

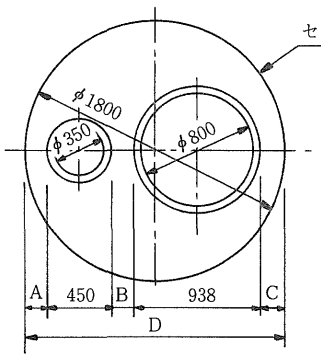
第8工区は大井処理場放流幹線(I)φ800＋φ350と今井戸東除川幹線の合併施工となった。

写真－1　呼び径800㎜U形ダクタイル管内面継手接合状況

写真－2　鋼製セグメント内のダクタイル管並列配管完了

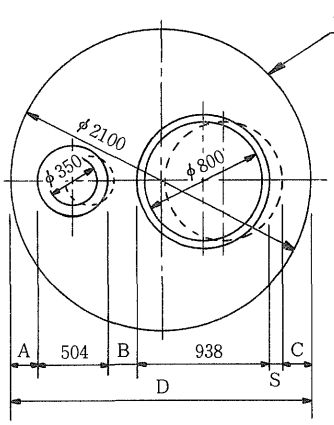


図－2　直線部でのセグメント内径



φ800→U形
φ350→T形
A、B、C＝150㎜
D＝450＋938＋A＋B＋C
＝1838≒1800㎜

図－3　曲線部でのセグメント内径



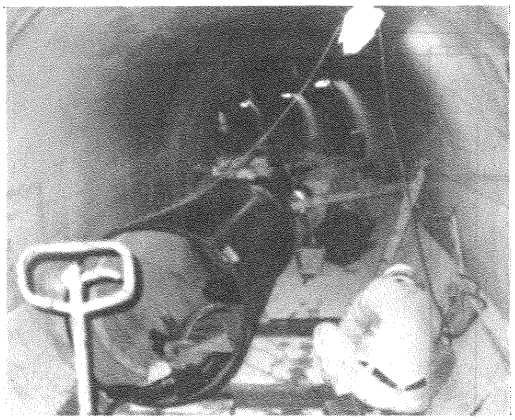
φ800→U形
φ350→A形
A、B＝200㎜
C＝150㎜
S＝124㎜(曲部変位量)
D＝504＋938＋A＋B＋C＋S
＝2116≒2100㎜

セグメント仕上り断面は図－4の通りとした。

またこの付近は住宅や工場が建て込んでおり、道路の幅員も狭く、配管路線上の交差点部に中間立坑を設置すると交通障害となるために、第8工区のシールドの下に第9工区のシールドをドッキング交差させて接続し、ダクタイル管（φ800＋φ350）を立上り配管で接続した。

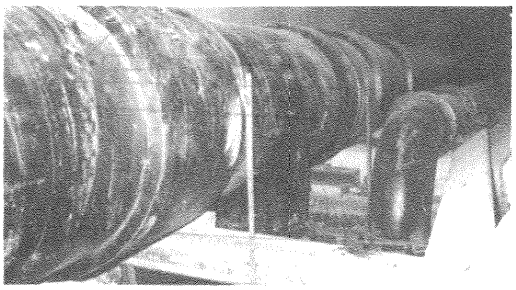
図－5、図－6に地中接合部の詳細図を示す。

写真－3　シールド内管運搬据付け状況
（今井戸、東除川幹線＋φ800＋φ350
ダクタイル管の合併施工部）

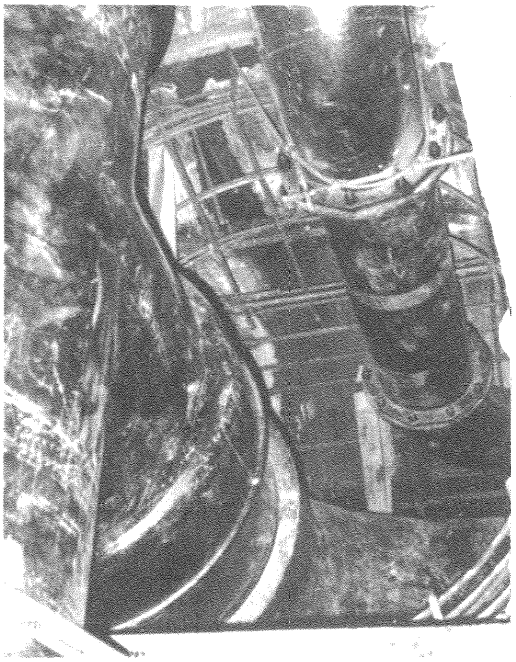


写真－4　シールド内曲管配管部

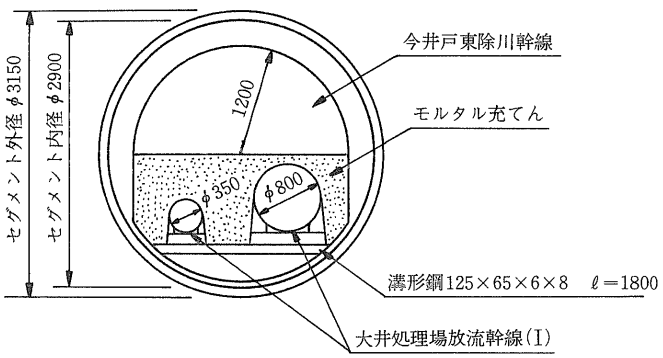
写真－5　第8工区シールド内配管
（シールド交差部の配管）



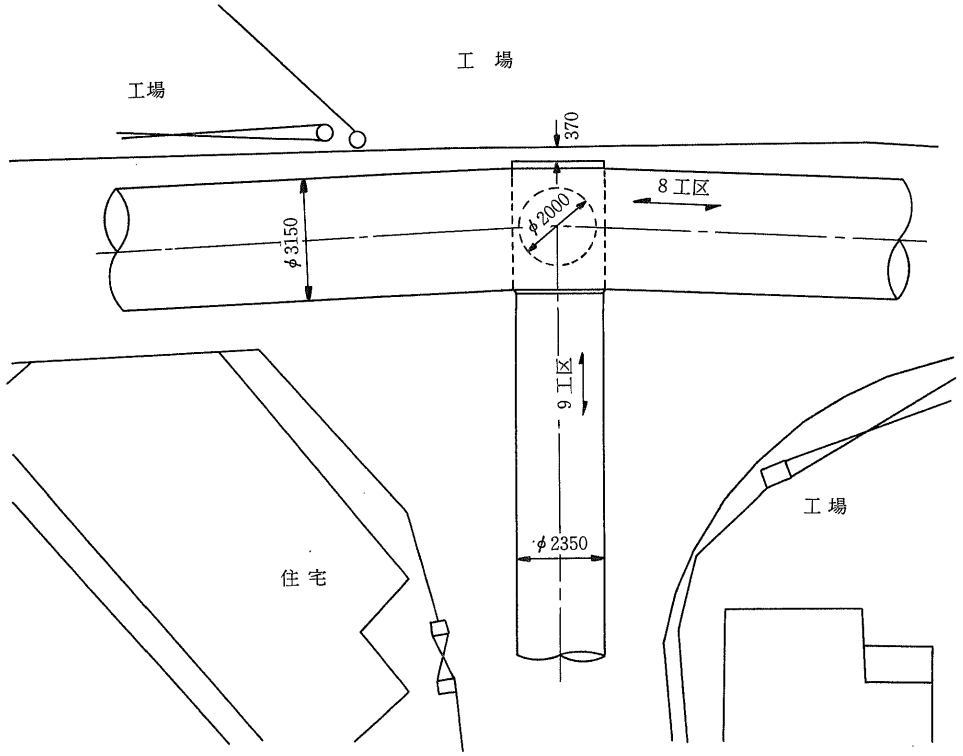
写真－6　シールド交差部の立ち下がり配管



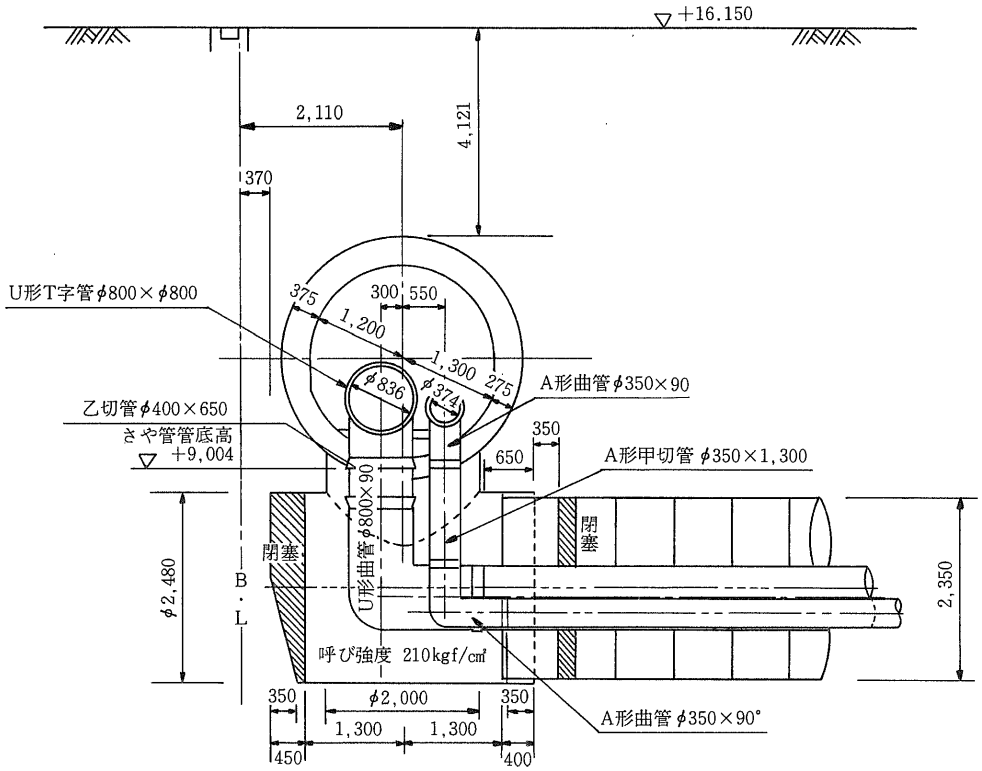
図－4　仕上り断面



図―5　地中接合部平面図



図―6　断面図



7．ダクタイル管の施工について

(1)　管の搬入、据付工

シールド内での管の搬入は、シールド掘進時の土砂搬出用軌条をそのまま利用して、運搬台車で搬入する方法(例９工区)と軌条は撤去してベースコンクリートを打設し、ハンドパレットトラックを用いて搬入する方法（例８工区）がある。どちらの方法によるかは坑内の余裕や最終的な仕上げ方法を勘案して有利な方法を決めた。

(2)　管の接合工

ダクタイル管の継手の接合は、日本ダクタイル鉄管協会の施工要領書(A形、T形、U形)に基づき、その手順にしたがって作業を行った。

なお曲線部には曲管を使用した配管とし、施工上やむを得ない時は継手の持つ許容曲げ角度以内での曲げ配管を行った。坑内での接合は特別の機械、電気設備の必要もなく、正確に迅速に施工ができるので作業工程がスムーズに行われた。

(3)　浮力防止金物取付工

シールド内のセグメントと本管とのすき間は、管路の安定をはかるためエヤーモルタルを充てんした。第８工区では図―４に示すようにシールドにコンクリートによる２次覆工を行い、上部は下水管きょとして使用、下部には放流幹線呼び径800㎜と汚水圧送管呼び径350㎜をシールドの区分使用を採用したため、コンクリートを中心部まで打設する必要がある。いずれの場合も管に浮力が生ずるため、その対策として平鋼による鋼製バンドを製作し、管１本当たり２カ所に当てつけてセグメントまたは管支持金具に取付け管体を固定した。

8．おわりに

大井放流幹線におけるシールド内のダクタイル管並列配管の一部を報告したが、トンネル内でのダクタイル配管は継手接合が簡単で継手には可とう性があり、曲管を使用することにより曲線配管が容易に施工できた。

またU形管の採用により内面接合ができるので、作業スペースが小さくてよい、などの特徴があり、シールド内の圧送管路に適した管種といえる。

市街地における管きょの埋設工事が、従来の開削工法からシールド工法に移り、このように多目的の管きょを合併施工する場合、その断面形状と管きょの布設方法は、目的に沿った最適な施工法を考慮する必要が多くなってきている。この事例がご参考となれば幸いである。

技術レポート4

県営かんがい排水事業 愛西地区の管工事について

滋賀県彦根県事務所
主査　山本清和

Ⅰ．計画の概要

本事業は、滋賀県琵琶湖東岸彦根市の西部の農村地帯約14.5㎢に農業用水を供給するかんがい事業である。

受益地は南北を１級河川に挟まれ、西部を琵琶湖に接する沖積平野であり、地盤標高は最低85.6m、最高95.1mで、平均傾斜は1,000分の１程度である。この地域には、従来より河川水、地下水を利用してかんがいをしてきたが、水源および配水については近頃の農業経営に即応せず、また琵琶湖の水を京阪神に送るための琵琶湖総合開発事業により、将来湖水位が下がり、これに伴い地下水も下がり作物にかんがいされるべき送水量も増加することが予想される。

したがって、これらに対応するため、かんがい水源を水量の安定した琵琶湖に求め、これを湖岸のポンプ場で加圧し、各農地へ配水する計画である。送配水については、水管理機構を整備して、ポンプ場で集中制御により送水管理を行い、水の公平配分に努める予定である。

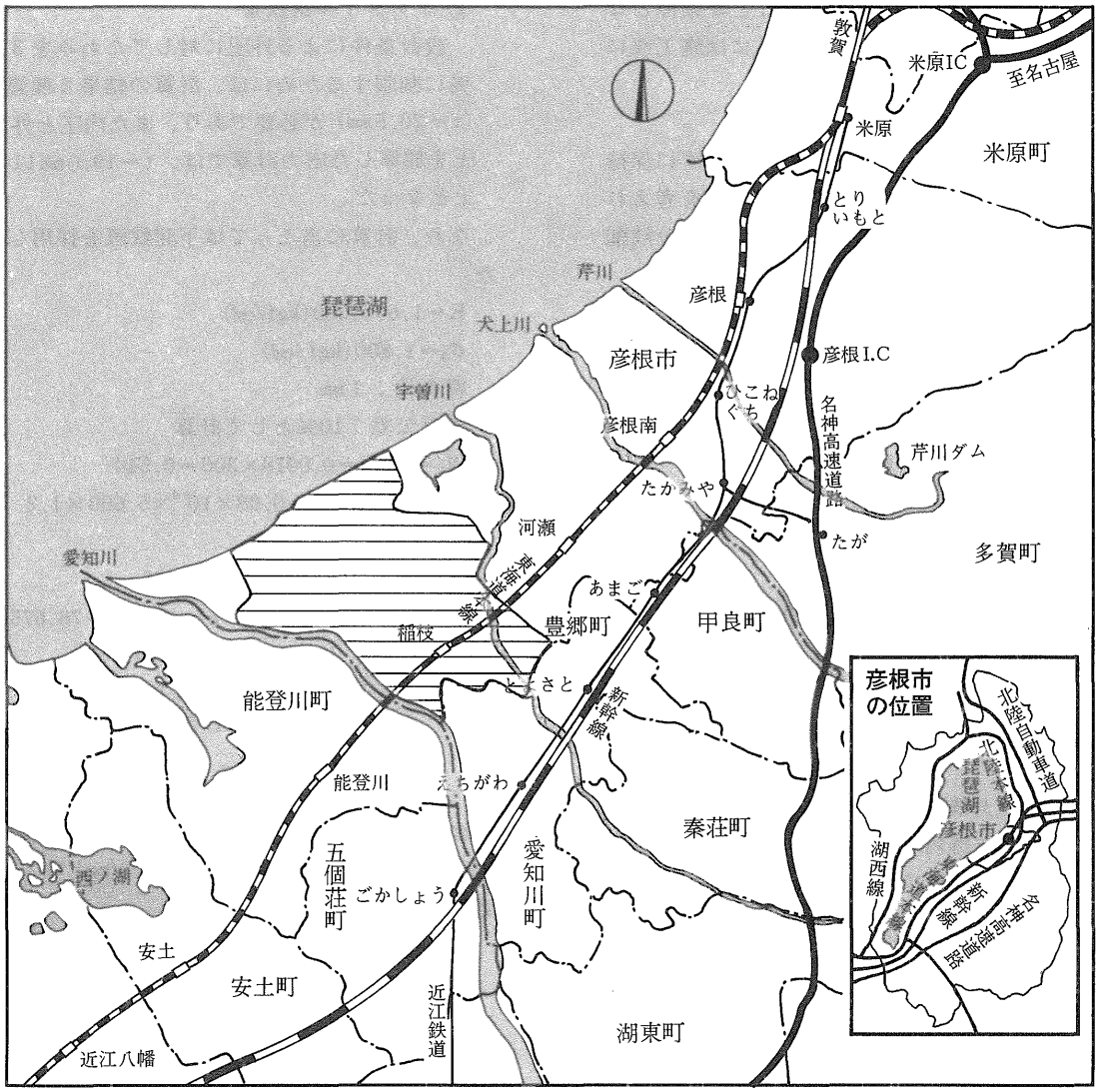
〈主要計画諸元等〉
最大揚水量：約6.2㎥/秒
全　揚　程：約47m
送水管延長：約25km
琵琶湖水位：84.371m（平水位）
送配水方式：パイプライン
事　業　費：約60億円

Ⅱ．送水管における管種の選定

本事業は農林水産省の補助事業であり、一部琵琶湖総合開発事業の補償工事でもあるので、設計の基準としては農林水産省の各種設計基準の適用を受ける。特に農業用水のパイプライン送水方式については、滋賀県では約10年の経験があり、また前記設計基準にもパイプラインがあるのでこれによることにした。

この基準は、農林水産省構造改善局の制定になるもので、水理設計・送水管路の構造設計・付帯構造物の設計施工までが網羅されている。防食・地盤の液状化・耐震設計をも含む農林側としてはハイレベルの基準である。

図－1　位置図



1．選定項目

本地区で検討した項目は下記の通りである。

① 強度、水密性

当然ながら内外圧に対して安全にして十分な強度、高い水密性を有するものでなければならない。

② 耐久性

地上の構造物と違い、パイプラインの更新は地中のものを掘り起こす必要があり、線的にもかなりの延長になるので、極力耐久性に優れた製品でなければならない。これについては、前記設計基準では経済性として述べられている。

③ 経済性

管種決定に際し、技術的諸問題を検討の上、最終的に経済性について考慮するわけであるが、単に材料費、施工費や初期建設費だけでなく、耐久性、維持管理など長期的立場で検討、総合的な経済比較で有利なものがよい。

④ 施工性

工事中の借地、振動騒音などにより付近

住民に迷惑をかけないためにも、迅速容易で、かつ確実に施工できることが条件となり、工事期間を短縮するためには施工性に優れたものがよい。

⑤ 維持管理および一部改良性

長期にわたってその機能を損わずに保持されねばならず、また需要の変動を考えれば、将来における増設、布設替え、分岐配管など、維持管理も容易なものがよい。

2．選定の手順

前記項目により順次検討を行った。

選定対象管種としては次のものが上がった。

コンクリート管
石綿セメント管
ダクタイル鋳鉄管
鋼　管
塩化ビニル管
強化プラスチック複合管

――設計条件――

パイプ口径：1500mm
設計内圧：常時 4.5kgf/cm²
　　最大 9.0kgf/cm²
設計土被り：3.0m
設計支持角：90度(施工支持角120度)

土の分類により前記設計基準に定めがあるが、日本統一分類とASTMD2487―69との違いにより、若干の検討の結果90度とした。

土の受働抵抗係数 $e'=29$ (kgf/cm²)

現地盤を調査検討の上、決定した。

掘削形状

矢板土留工によるオープン開削による。

その他条件

農道下埋設で地下水位以下に埋設、農道路面は未舗装。

なお、コンクリート管には水密性の問題があること、塩化ビニル管については大口径は製造されてないことから、選定対象からまず除外した。残る管については下記の通りであった。

① 石綿セメント管

設計の内外圧で計算したが、強度的に使用に耐えないことがわかり除外した。

② ダクタイル鋳鉄管

設計条件による外圧に対してたわみを3％に制限するためには、計算の結果2種管（t＝20.5mm）が必要であり、また内圧と外圧を加算した応力計算では、t＝19.0mm以上となった。

なお、計算に当たっては下記数値を採用した。

$E=1,600,000$ (kgf/cm²)

$\sigma_a=1,800$ (kgf/cm²)

腐食代：1mm

管厚公差：10％として計算

$W_v=\omega\cdot H=0.0018\times300=0.540$

$W_w=\alpha\cdot P(1+i)=0.08\times10^{-4}\times5,600\times1.2=0.054$

$W_p=2.05\times0.00715=0.01466$

$W_o=0.001$　$F=1.5$　$e'=29$　$R=76.675$

$K=0.096$　$K_o=0.085$　$K_p=0.169$

$$I=\frac{R^3}{E}\left\{\frac{F(KW_v+K_oW_oR+K_pW_p)+KW_w}{\triangle X/2R}-0.061e'\right\}=0.40726$$

$t\geqq\sqrt[3]{12\ I}=1.70$

$T=1.1(t+1)=1.1(17+1)=19.8$(mm)

各記号は下記の通り。

E：弾性係数 (kgf/cm²)
σ_a：許容引張り応力度 (kgf/cm²)
W_v：土圧による鉛直荷重強度 (kgf/cm²)
W_w：路面荷重による鉛直荷重強度 (kgf/cm²)
W_p：管体の単位面積当たりの重量 (kgf/cm²)
K、K_o、K_p：基礎支持角による係数
I：管壁の断面2次モーメント (cm⁴/cm)
F：変形遅れ係数
W_o：水の単位体積重量 (kgf/cm²)
R：管厚中心半径 (cm)
△X：水平たわみ量 (cm)
t：計算から求められる管厚 (cm)
T：最終管厚 (mm)

以上より2種管が必要となった。

③ 鋼　管

たわみを3％に制限するためにt＝17mm

が必要となった。

E＝2,100,000(kgf/cm²)

σ_a＝1,740(kgf/cm²)(STPY)

腐食代：1(mm)(公差含む)

④ 強化プラスチック複合管

たわみが3％を超える状態では使用できない。

E＝220,000(kgf/cm²)

E・I＝495,000(kg-cm²/cm)

腐食代、公差はE、Iに含まれ、別途考慮はしない。

設計条件の一部の90度支持角を良質山砂などの使用で120度支持角とする場合についても検討したが、たわみが3％を超えた。ただHOBASパイプについては、検討時点で設計基準に上がっていなかったので選定から除外した。今後検討しなければならない管と思われた。

3．選定の結果

強度面より調査検討した結果は、鋼管とダクタイル鋳鉄管は内外圧に対し十分に使用に耐えることがわかった。また水密性についても高い水圧に耐え、安全であることが判明した。

経済性については、管材単価についての比較では鋼管の方が安価と判断されたが、パイプラインとしてみた場合、施工性、維持管理、耐久性など考慮した総合的な経済比較では差はみられなかった。

施工性についての検討では、ダクタイル鋳鉄管は溶接構造の鋼管に比べ短時間できわめて簡単に接合ができ、数段優れていると判断した。将来の維持管理および布設替え、切り替え、分岐補修工事などについては、ダクタイル鋳鉄管は切管接合が容易であり、曲管、T字管など豊富な異形管と継ぎ輪などの組合わせにより、迅速簡単に行える優れた特長を持っている。

最後に耐食性について検討する必要があり調査の結果ではダクタイル鋳鉄管は本質的に耐食性に優れ、しかも継手部がゴム輪によって絶縁され、パイプラインとしてみた場合、電食については心配がない。

一方、鋼管は溶接構造の一体管路であり、タールエポキシ樹脂塗装などを施し耐食性を補っている。

ただし鋼管については、県内の一部使用箇所において電食かと思われる腐食が発生していることなどを加味し、ダクタイル鋳鉄管が優位と判断した。なお耐久性についての考え方はいろいろあると思われるが、通常の例として“構築物の持つ機能を発揮させるためのメンテナンスが採算の範囲内である期間”を耐用年数と考えてもよいのではないかと考えた。今回は農林水産省の下記の規則を参考とした。

農林畜水産業関係補助金等交付規則（省令18）第5条処分の制限を受ける期間

コンクリート配管……20年

鋳鉄製送配管……25年

鋼鉄製送配管……15年

合成樹脂つくりのもの……8年

これは補助金などにかかわる予算の執行の適正化に関する法律(法律179)22条および同施行令(政令255)第14条第1項第2号の下記を受けたものである。

“補助金等の交付の目的及び当該財産の耐用年数に勘案して各省各庁の長が定める期間を経過した場合”

この期間は、条文にあるように耐用年数を考慮したものであろう。実際にはこの期間より耐用年数は長くなると思われる。

以上の選定要因と、さらにパイプラインとしての耐震性などを総合的に考慮して、ダクタイル鋳鉄管を選定した次第である。

Ⅲ．設　計

選定要因との絡みで、下記について配慮、検討を行った。

(1) 腐食については、さらに安全性を高めるためにポリエチレンスリーブを施すこととした。

(2) パイプライン内に極力異質材料を混ぜないために、可とう管の選定に特に配慮をし

た。

(3) 県内他地区の農業用パイプラインの電食などより判断して、その原因は不明であるが、一応マクロセル腐食の疑いが強いと思ったので、パイプとＲＣの鉄筋との接触防止に努めた。また鋼管杭上部でＲＣ近接部についても同様の趣旨で防食対策を講じた。

(4) 配管埋設終了後、設計水圧での通水、管路水圧試験を行い、水密性の確認を行うこととした。

Ⅳ．施　工

発注者側よりの施工に対する注文は、設計条件に示した(1)施工支持角120度の確保、(2)土の受働抵抗係数e′＝29kgf/㎠の確保のために特に埋戻し、転圧を管周辺下部で慎重にするように指示を行うこととした。

施工業者は地元業者に決定され、工事を行ったが、工期中に豪雪に見舞われ一部工事が遅延したが（本年の積雪は彦根地方での雪としては戦後２番目の深さを記録し、彦根地方気象台のデータによれば確率1/15程度の積雪に該当した)、ほぼ初期の計画通り順調に工事は完成した。

Ⅴ．考　察

管種の選定に当たっての本地区での実情を述べたものであるが、これについては複雑な問題があり、考慮すべき所が多かった。設計条件の土被りを例にとっても、もっと浅く埋設した場合には管種が変わることになり、またスラスト力の処理が必要となってくる。本地区では途中の河川底、既設排水路、既設地中電々公社線などの下を直線的に横断している。このため、土被りが浅い場合は上記のように屈曲、スラスト処理、異形管の使用などによる不経済性に加えて、地震時の振動特性なども勘案して地中やや深く（土被り３ｍ弱）直線的に配管する方を選択した。ただし、地中障害物が比較的少ない場合で、浅く配管した方が経済的な場合も将来本地区では予想され、この点について経済性を優先させるのか地震時の安全性を優先させるのかの問題が残っているのが実情である。

図－２　標準断面

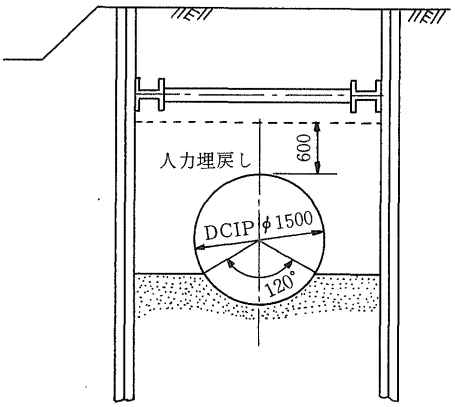
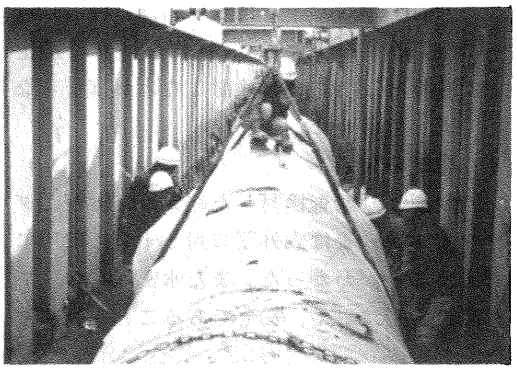


写真　施工状況



最後に、本地区の近くの国宝彦根城を簡単に紹介したい。

この城は幕末の家老井伊直弼の居城として有名であり、彼は桜田門外で暗殺されたことでも広くしられている。

彦根城は1603年（慶長８年）に直継により着工され、20年を経過した1622年（元和８年）に完成したものであり、面積0.25㎢、周囲約４km高さ約50ｍの彦根山に築城された平山城である。また城内には唐の玄宗皇帝の離宮にならった玄宮園（別名八景亭）もあり、全国より観光客を集めている。一度見学されることをお奨めして最後としたい。

技術レポート5

都市ガス中圧用ダクタイル鋳鉄管継手(GM-Ⅱ継手)について

大阪ガス株式会社
供給管理部導管技術センター

1．はじめに

大阪ガスでは、昭和44年に従来のガス型継手に代えて、低圧用として新しいメカニカル継手GM継手を開発した。これは施工性、気密性に優れているとともに、大きい抜出し阻止機能を有し、機械的特性を大幅に向上させた継手である。

その後、GM継手の耐震性をさらに向上させるために、いくつかの改良を加え、昭和52年には改良型GM継手(GM-Ⅱ継手)を開発した。そして、このGM-Ⅱ継手は昭和53年から中圧B(圧力3kgf/㎠未満)鋳鉄管ラインで導入がはじまり、低圧へは56年4月に適用拡大され、現在に至っている。当社でのGMおよびGM-Ⅱ継手の布設状況は57年度末で中圧B 85km、低圧4,720km程度である。

以下に、GM-Ⅱ継手の特徴と性能およびその耐震性について概要を紹介する。

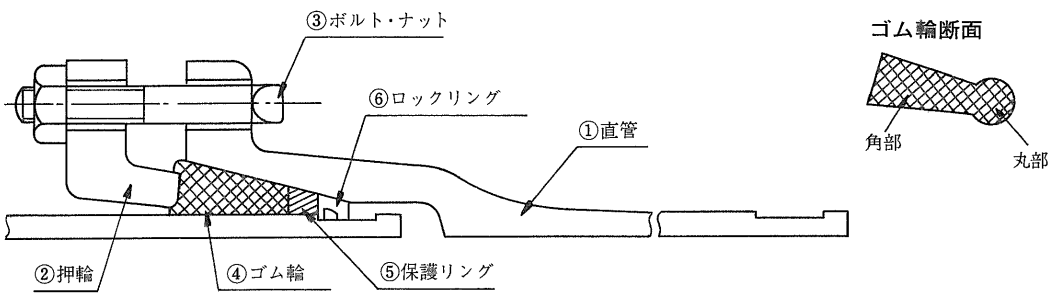
2．GM-Ⅱ継手の特性

2-1．GM-Ⅱ継手の構造

GM-Ⅱ継手の接合構造の概要を図－2－1に示す。

GM-Ⅱ継手の受口は、約12°の単一なテー

図－2－1　GM-Ⅱ継手の構造



品番	品　名	材　質
①	直　管	FCD40又は45
②	押　輪	FCD40又は45
③	ボルト・ナット	SUS403
④	ゴ　ム　輪	NBR
⑤	保護リング	布入NBR
⑥	ロックリング	S48C－S50C

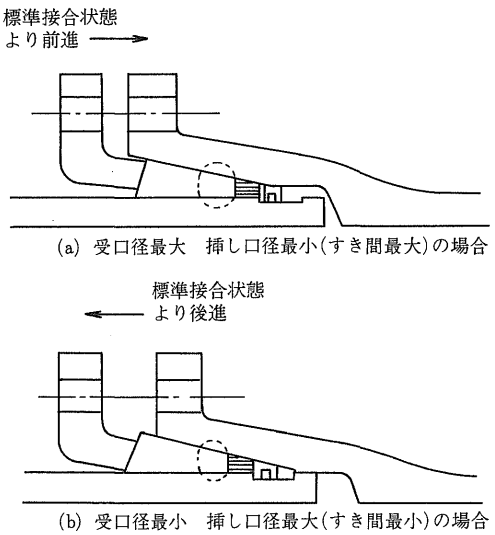
パ面からなり、ロックリングと組合ってゴムの圧縮量を一定にし、一方挿し口は管端部にロックリングはめ込み用の溝を加工し、ロックリングを介して抜出し阻止力を発生させる。

気密性は丸ゴムならびに角ゴムによって保たれる。また、抜出し力が加わった時、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保護リングを使用する。

GM-Ⅱ継手の各部品の機能・要求される性質は表－２－１の通りである。

なお、GM-Ⅱ継手の構造の特徴として、周方向公差をテーパ面とロックリングで軸方向公差に変換する形状であるため、周方向公差は丸ゴムの圧縮率に影響を与えない（図－２－２）。

図－２－２　丸ゴムの一定圧縮率

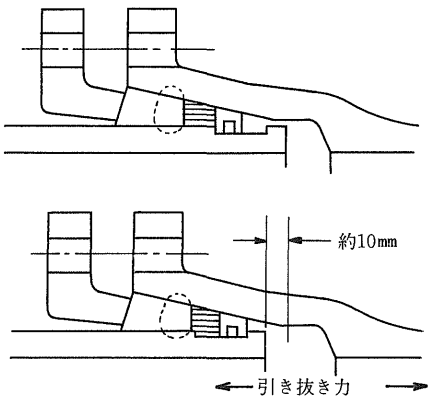


（注）　ロックリングの高さの公差（非常に小さい）が圧縮率に影響を与えるのみである。

2-2. 引き抜き阻止力

GM-Ⅱ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勝てば10mmほどの溝幅余裕が抜出し、（図－２－３）管に加わる応力を緩和させる。

図－２－３　引き抜きによる継手の変化



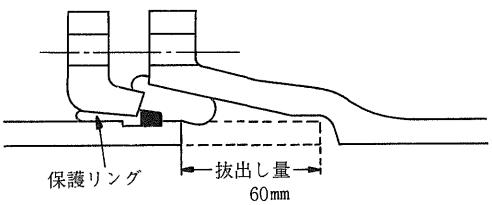
この場合は、管にもパッキン材にもほとんど余分な力が加わることはない。

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。この場合挿し口は、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、大きな抜出し阻止力を発生する。

また地盤変位などによるきわめて大きい力を想定しても、図－２－４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。したがって、この形式は大きな地盤変位が生じたとしても管路に伸縮を与え、管体の応力を緩和する、きわめて良好な継手といえる。

（地盤変位吸収の実例を図－３－13に示す。）

図－２－４　最終抜出し状態



表－２－１　GM-Ⅱ継手各部の機能

部品名	機能	要求される性質
ロックリング	①　継手に抜出し力が加わった場合の抜出し阻止力を発生させるためのひっかかりとしての役割。 ②　圧縮側変位を溝により吸収する役割。 ③　ゴム輪の圧縮率を一定に保つスペーサーとしての役割。 ④　ゴムのコールドフローの阻止。 ⑤　受口と挿し口にアンバランスの荷重が加わった場合の偏心防止。 ⑥　芯出しの際のスペーサー。 ⑦　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。	①　引抜き力が加わった時、ロックリング前部がせん断されないこと。 ②　圧縮力(10ton程度)が加わった時、ロックリング後部の0.5㎜厚の部分がせん断されること。 ③　引抜き力が加わった時、ねじれを生じ溝からはずれないこと。 ④　長期間物性値に変化のないこと。 ⑤　挿入時に塑性変形を起こさないこと。
保護リング	①　ゴムがロックリングに当たって損傷されることを防止すること。 ②　管のだ円や引抜き力が加わった場合、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。 ②　ロックリングが使用できない箇所(スリーブ連絡部の片側など)では、それ自身でスペーサーとなり、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。	①　断面形状が比較的自由に変形すること。 ②　ロックリングの切断部などに当たって切断されない程度の強度を持つこと。 ③　ゴムに傷をつけないこと。 ④　長期間の物性値の変化が少ないこと。
ゴム輪	①　気密性を保持すること。 ②　引抜き力が加わった場合に発生する力に耐えること。	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　ガス中に含まれる溶剤に対し影響を受けないこと。
押輪	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　引抜き力が加わった場合の抜け止め。	①　引抜き力が加わった時の機械的強度に耐えるものであること。特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。
ボルト	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　引抜き力が加わった場合の力に耐えること。	①　引抜き力に耐える強度を持つこと。 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　引抜き力が働いた時、伸びが大きくないこと。 ④　ボルトを締付ける際、焼付きを起こさないこと。

2-3．可とう性

GM-Ⅱ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く、自重ではほとんどたわまない。したがって、他工事などにより露出させられた場合の安定性がある。また最終的に可能なたわみ角は従来のメカニカル継手に比して同等以上である。

2-4．耐震性

引張り側で60mm、圧縮側で15mmの変位吸収量を有することから、地震時の地盤の引張変位、圧縮変位がほとんど継手部で吸収できるため、管体に加わる軸力を大幅に減少させることができ、震度５～６の地震に対しても十分な耐震性を有している。

2-5．気密性

GM-Ⅱ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、曲げなどに与えても、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-Ⅱ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、接合部に外力が加わり抜出した場合には（通常管路に加わる力は常に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、受口と挿し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。

2-6．作業性

GM-Ⅱ継手は、受口の単一テーパ面と挿し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し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もっとも重要なゴム装着に関しても、受口のテーパと角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。

2-7．耐圧性

GM-Ⅱ継手の引張試験結果より得られた(イ)溝幅余裕分のスライドの開始荷重、(ロ)継手機能正常状態での最大荷重、(ハ)抜出し荷重を内圧に換算すると表－２－２の通りである（図－３－１参照）。

表－２－２　GM-Ⅱ継手の耐圧性能　（単位：kgf/㎠）

	φ100	φ150	φ200	φ300
ゴム摩擦力での継手滑り阻止力※※	17	13	8	5
継手機能正常状態での継手耐圧力	80	60	50	35
継手抜出し圧力	190	150	90	60

※※土圧による地盤拘束力が期待できない場合、内圧がゴムの摩擦力を越えると継手は溝幅余裕分だけ滑り出し、伸びの余裕がなくなる恐れがある。したがって安全のため、５kgf/㎠以下のテスト圧力（したがって大阪ガスでは常用３kgf/㎠以下使用としている。）が望ましい。

３．GM-Ⅱ継手の機械的特性

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確定的に求めることはほとんど不可能である。

したがってGM-Ⅱ継手の開発に際しては、過去に使用したどの継手に対しても劣らない機械的性質を持たせることを前提とし、かつできる限りこれらの性能をアップさせることを目標として次の点から検討を加えた。

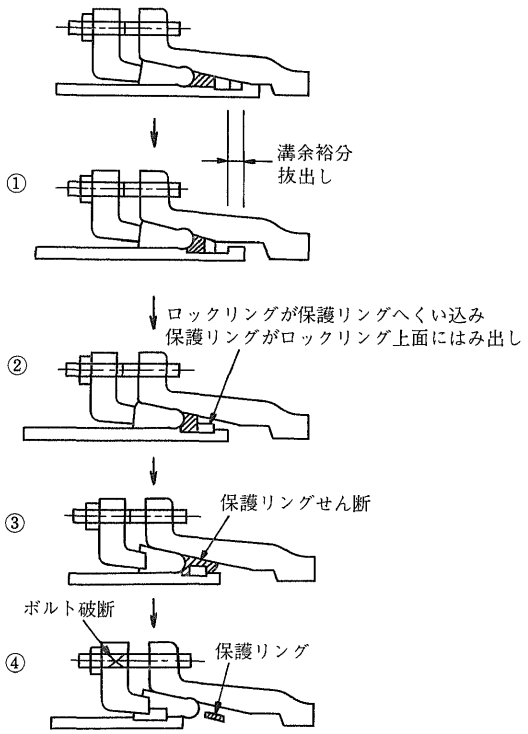
① 引張り側の変位吸収量および引き抜き阻止力。
② 圧縮側の変位吸収余裕。
③ 曲げ可能角度と曲げモーメント。
④ 振動に対する漏洩。

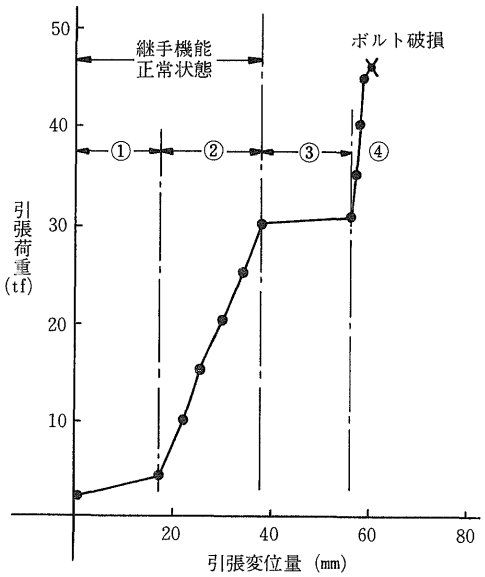
3-1. 引張特性

GM-Ⅱ継手の引張変位吸収のメカニズムを図－３－１に示す。
すなわち、

① 引張荷重により、ロックリングが挿し口溝部をスライドしている領域。
② ロックリングが保護リングへくい込み保護リングがせん断されながらロックリング上面にはみ出してくる領域。
③ ロックリングがゴムの下に侵入してくる領域。
④ ロックリングが押輪と接触している領域。

図－３－１　GM継手外力引き抜き試験(φ200)とそのメカニズム





GM-Ⅱ継手の引抜き阻止力は、上記の過程をたどり、最終的にボルトの破断荷重により決まるよう設計されている。ロックリングの剛性が小さい場合には、ロックリングがねじれを生じ、溝からはずれてしまい、正規の引き抜き阻止力が得られない。(図－３－１の③、④)

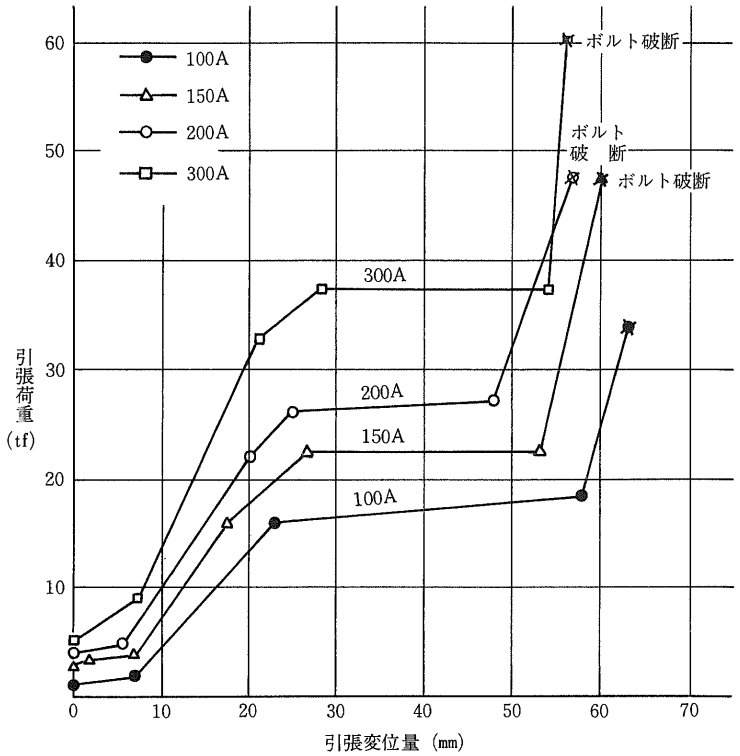
図－３－２はGM-Ⅱ継手の最終状態までの引き抜き特性を確認するために実施した呼び径100㎜～300㎜外力引き抜き試験結果を示す。

3-2　圧縮特性

GM継手からGM-Ⅱ継手への改良は、耐震性の向上を目的として行ったが、そのもっとも大きな改良点がこの圧縮特性である。

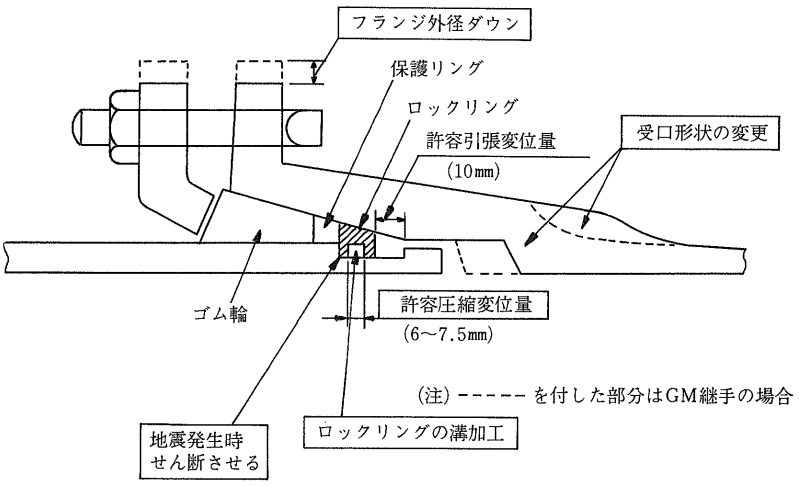
ここで、その改良点についてふれておく(図－３－３)。

図—3—2　GM-Ⅱ継手の引張特性



注(1)　水圧 5 kgf/㎠負荷。
(2)　荷重には水圧 5 kgf/㎠分も含む。

図—3—3　GM-Ⅱ継手の改良点



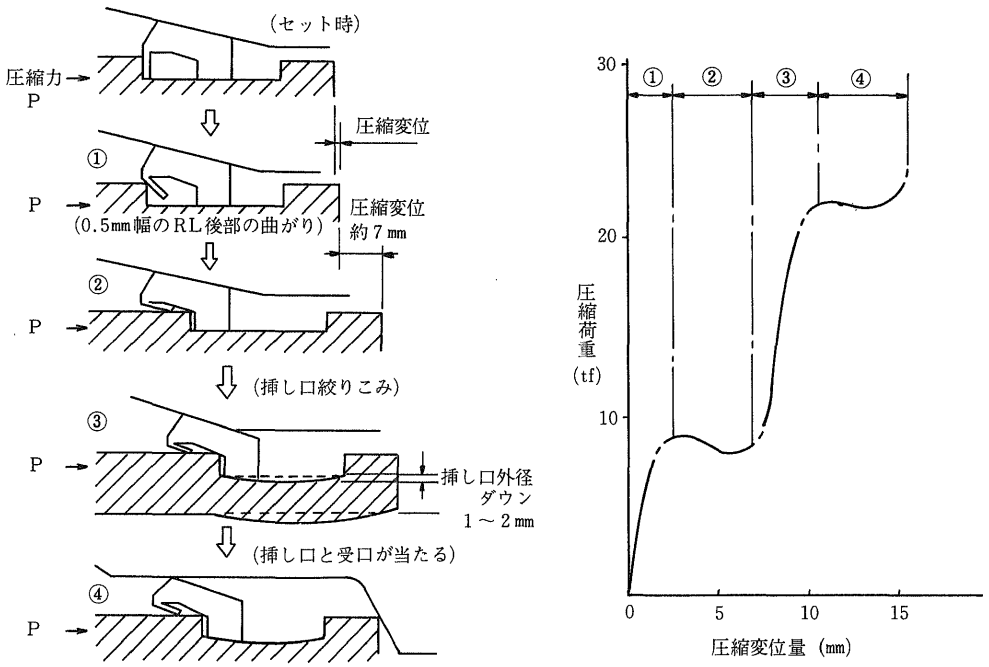
(i) 圧縮側の自由度を確保するために、
① ロックリングに溝加工
② 継手受口奥行寸法の増加
} を行い、
(ii) 地盤拘束力を低減するためにフランジ外径も小さくした。

以上より得られたGM-Ⅱ継手の圧縮変位吸収のメカニズムを図－３－４に示す。
すなわち、
① 圧縮荷重により、ロックリング後部溝壁が曲がり変形している領域。
② ロックリング後部溝壁が完全に折れ曲がり、挿し口がロックリング溝奥まで入り込む領域。
③ 継手受口とロックリングとのテーパ嵌合部より生じた絞り込み荷重により、挿し口先端が絞られている領域（図－３－５）。
④ ロックリングが継手受口テーパ部を通り越し、挿し口がさらに奥へ入り込み、挿し口先端が受口奥部に当たる領域。

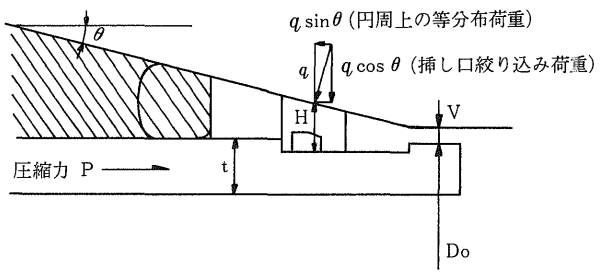
圧縮試験結果を図－３－６に示す。

図－３－７にGM-Ⅱ継手とGM継手の引張り、圧縮特性の比較を示す。

図－３－４　地震時におけるGM-Ⅱ継手の圧縮側変位吸収のメカニズム

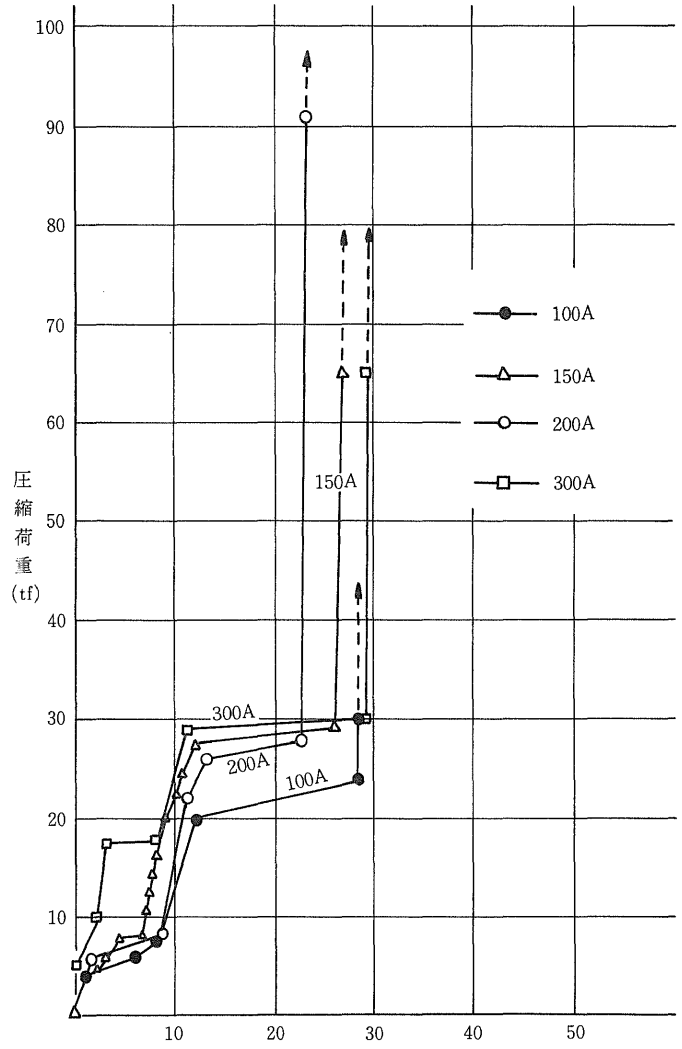


図－３－５　GM-Ⅱ継手の圧縮時の挿し口の絞り込み



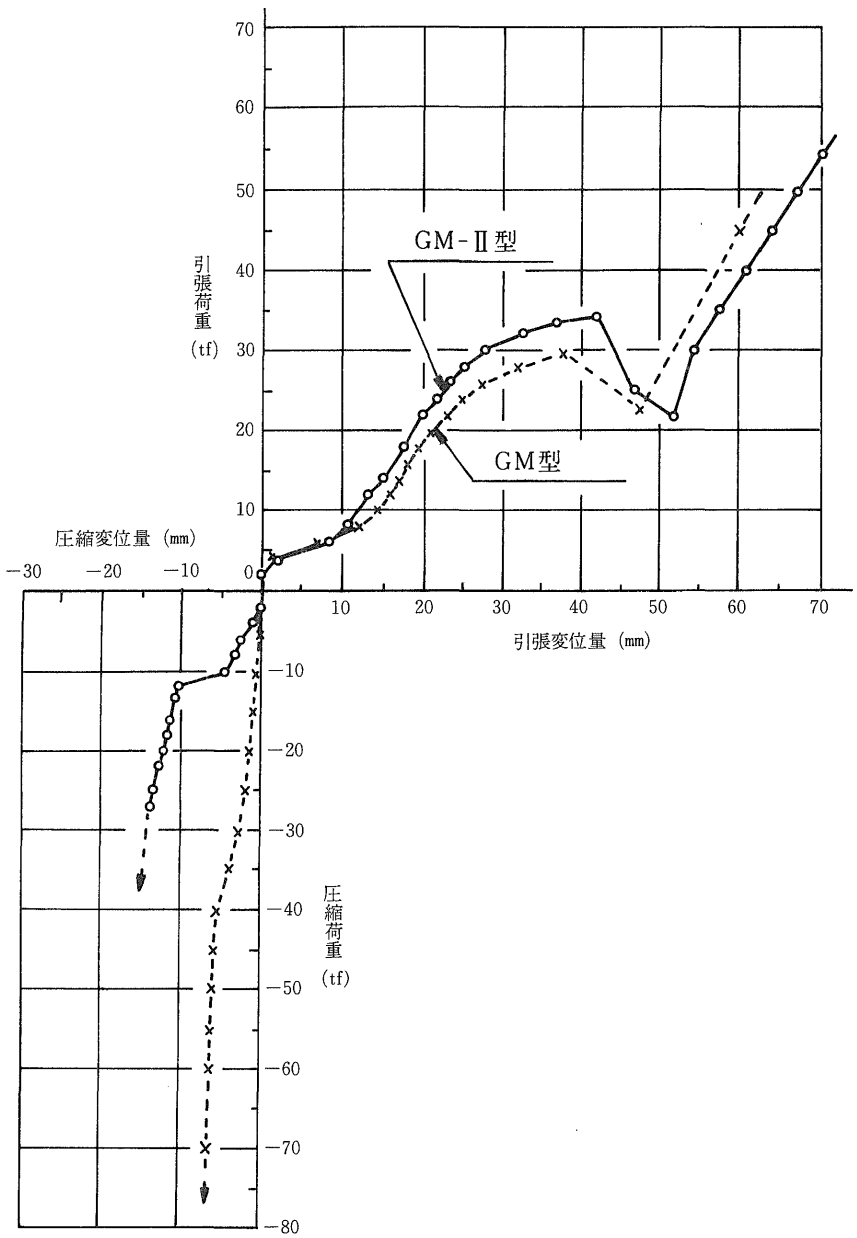
※力の釣り合い　$P = q \sin\theta \cdot \pi$ (Do－２V＋２H)

図—3—6　GM-Ⅱ継手の圧縮特性



注　水圧5 kgf/cm²いずれも漏水なし

図—3—7　GM-Ⅱ継手とGM継手の引張り～圧縮特性の比較



備考　別々の供試材を用いて実施した引き抜き試験結果、
圧縮試験結果を合成して作成したものである。(200A)

3-3．曲げ特性

各継手について図－３－８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－３－９）。

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がることになる(図－３－10)。

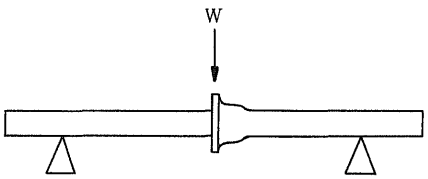
この状態を再現した試験が図－３－11に示すものである。

この結果(図－３－12)から実際の配管における曲げモーメントは、単純曲げモーメントより相当大きく、一方曲げ可能角度はそれほど変わらないことがわかる。

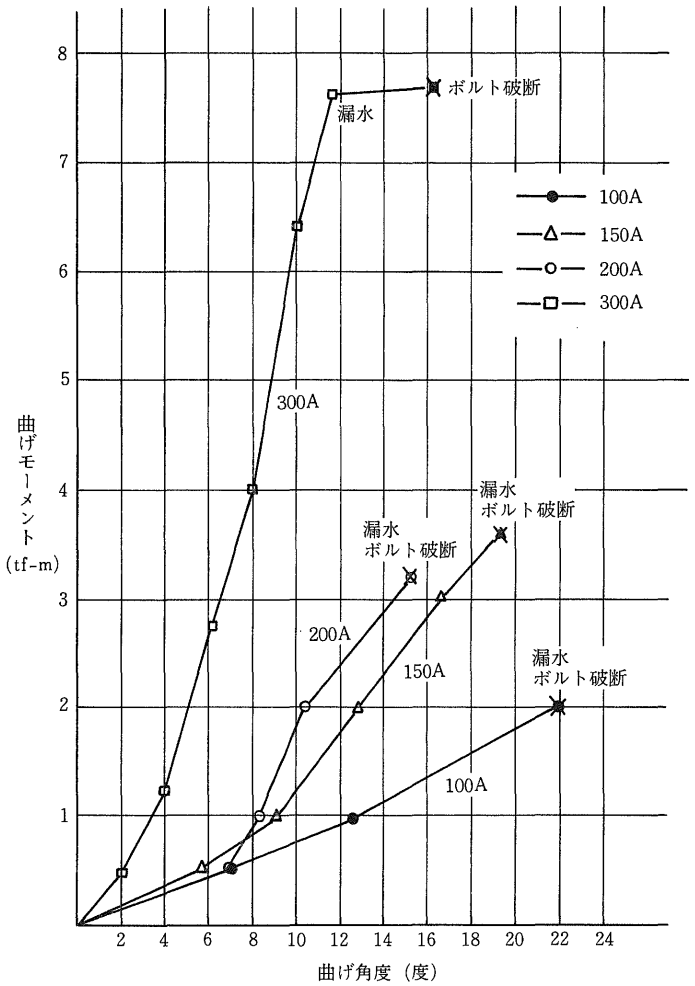
さて、実際に埋設されていた呼び径 300mm GM-Ⅱ継手が受けた不等沈下の実例を図－３－13に示す。

この時の道路陥没量は最大１ｍで、影響長

図－３－８　曲げ試験方法

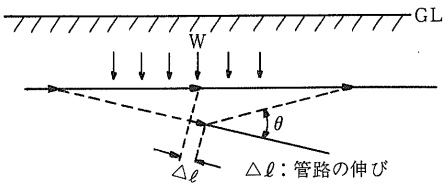


図－３－９　GM-Ⅱ継手の曲げ特性

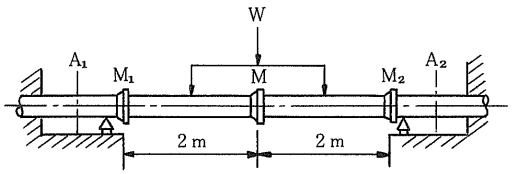


注(1)　水圧５kgf/㎠負荷
(2)　曲げモーメントには水圧５kgf/㎠は含まない

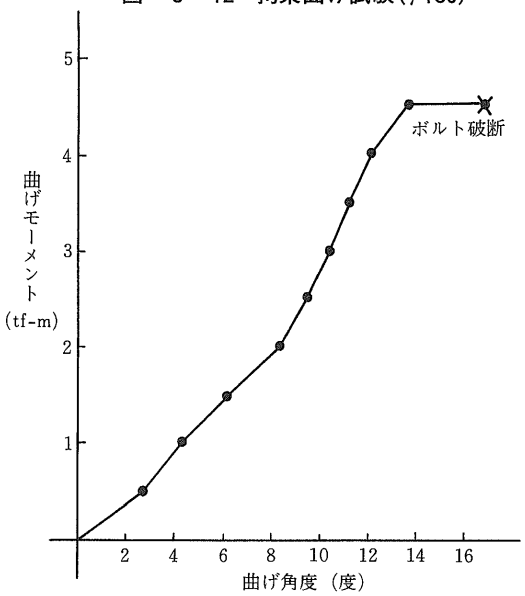
図—3—10　埋設管に加わる曲げ



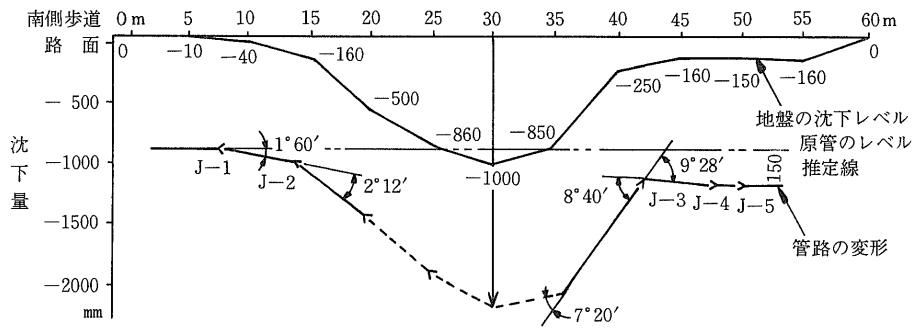
図—3—11　拘束曲げ試験状況



図—3—12　拘束曲げ試験(φ150)



図—3—13　呼び径300㎜ GM-Ⅱ継手が受けた不等沈下の実例と管路の地盤変位追従性



さは60mであった。道路陥没の実測と埋設導管の変形状態（掘り上げ後判明している部分のみ）を図に示した。

図—3—13に示したJ—1からJ—5の5カ所の継手を掘り上げて調査した結果、いずれも外観上異常はなく洩れはなかった。

以上の実例からも、引き抜き阻止力を有するGM-Ⅱ継手の可とう性能の優秀性は明らかである。

3-4. 繰り返し曲げ特性

継手部に繰り返しの曲げ(振動)を加え、気密性を確認した。弾性体であるゴムを利用している関係上、現実に起こり得ないようなきわめて大きい角度の繰り返し曲げに対してもまた大振幅の振動に対しても気密性は完全であった。実際の土中における振動は、その振幅が非常に小さく、連続的なものではないと考えられるので問題はない。

表—3—1　気密試験結果

継手形式	試験 No.	サイズ	テスト圧力kgf/㎠	振幅（度）	振動数（回/分）	振動回数	結果
GM-Ⅱ継手	1	200	5	5	1	10	異常なし
	2	200	5	5	1	10	〃
	3	100	3	2	360	10,800	〃
	4	100	3	2	360	10,800	〃

4．GM-Ⅱ継手用ゴム輪の設計と性能

4-1．機械的継手のゴムパッキンに必要な性質

ガス配管に使用する継手にとってもっとも重要な点は気密性の長期間にわたる確保である。このためにはゴム材質、ゴム形状と継手パッキンスペースとの関係、接合時の初期面圧の確保などについて十分考慮する必要がある。

機械的継手のゴムパッキンに必要な性質を列記すると以下の通りである。

㈠　耐油性、耐溶剤性

メカニカル継手用ゴムは、ガス中の芳香族の溶剤成分により膨潤を起こし、機械的強度、応力緩和特性が低下し、破壊現象などによりシール性を失わないことが肝要である。

㈡　シール性と応力緩和特性

ゴム輪は、鋳放しである継手の粗いシール面にもよくなじみ、気密性を保つために適切な硬さと締付けの面圧にしなければならない。

さらに重要なことは、ゴム輪が管の寿命と同程度の長期間、流体の内圧に抗してシールするとともに、地盤変動など継手の変位に対応できるだけの弾性を有することである。

メカニカル継手のゴム輪は、特にこの応力緩和が少なく、所期の期間、気密性を保持できることが必要である。

㈢　機械的強度

流体による内圧および押輪を介して締付ける締付け圧はもちろん、埋設後の土圧、輪荷重、不等沈下などにより生ずる応力により破壊しない機械的強度を有しなければならない。

㈣　耐劣化性

ゴムの劣化は、物理的要因(機械的疲労)、化学的要因（酸素、オゾン、紫外線、熱、微生物）によりゴムの構造変化、すなわち分子間のずれ、分子切断、架橋、重合が生じ、引張強さ、伸び、硬さなどの機械的性質が低下し、ゴム弾性を失う現象である。埋設環境(地中)で数10年にわたり必要な機械的性質を保持し、シール性が完全であり得る程度のゴム劣化特性を有することが必要である。

㈤　その他

- 使用温度範囲内で低温、高温による物性の低下が少ないこと。
- 加工が容易で寸法精度がよく仕上り、安価で入手しやすいこと。

4-2．GM-Ⅱ継手用ゴム輪の気密性能

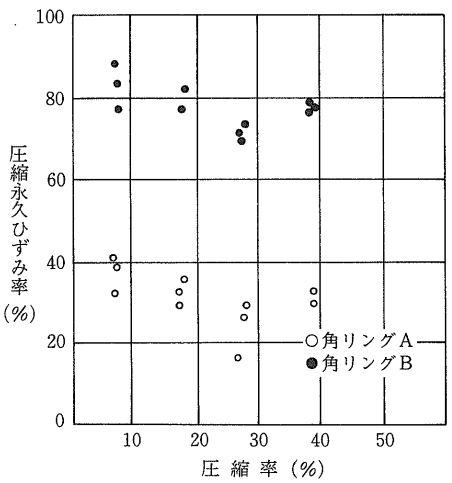
(1)　GM-Ⅱ継手用ゴム輪の圧縮率

ゴムパッキンは、ゴムを圧縮してシール面に対して必要な面圧を発生させて気密性を保持しているが、ゴムの圧縮率には適正な値があるといわれている。すなわちゴムパッキンは、経年とともに老化および応力緩和によりシール機能が失われていくが、ゴムの圧縮率が低いほど面圧が小さく、老化によってシール機能が失われやすい。

圧縮率を大きくとり、シール面面圧を大きくするほどシール圧が増大する。

一方極端に大きく変形を与えると、ゴムは破壊を起こしたり、すき間からのはみ出しにより応力緩和が大きくなり、ひずみも大きくなる。したがっておのずから適正な圧縮率がある。この値は、一般には使用場所、使用条

図―4―1　圧縮率と永久ひずみの関係



件により10%～30%が適当であるといわれている。

パッキンの圧縮率をどの程度にすれば圧縮永久ひずみからみて適当かを調べるために、NBR製角リング2種につき100℃×96hの老化試験を行った。これより圧縮率と圧縮永久ひずみの関係を求めた結果を図－4－1に示す。これによると、圧縮率が25%～30%の時圧縮永久ひずみが最小となっている。

GM-Ⅱ継手の場合、静的なシールであり、動的シールのように摩擦力を小さくする必要がないこと、ゴムを拘束して使用しているので非拘束の場合と比べて応力緩和が少ないこと、地中埋設であり、増締めが不可能なことより、過大なひずみを生じない範囲で、できる限り大きな圧縮率を選ぶことが望ましい。

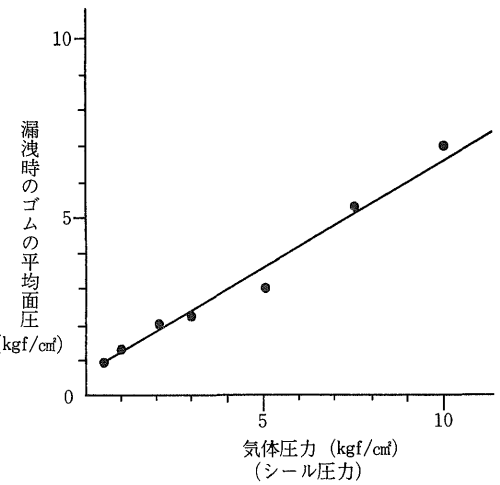
この観点から、丸ゴムの圧縮率を30%に選定している。

(2)　シール圧とゴム面圧

パッキンの平均接面圧力(面圧)と流体のシール可能内圧(シール圧)の関係は、ゴムのような弾性に富む材質の場合は、面圧がシール圧と同等程度かそれ以下でもシール可能である。

一例としてショットブラストを施した面を硬さHs＝60°のNBR製角ゴム輪でシールした場合のゴム面圧とシール圧力の関係を図－4－2に示す。

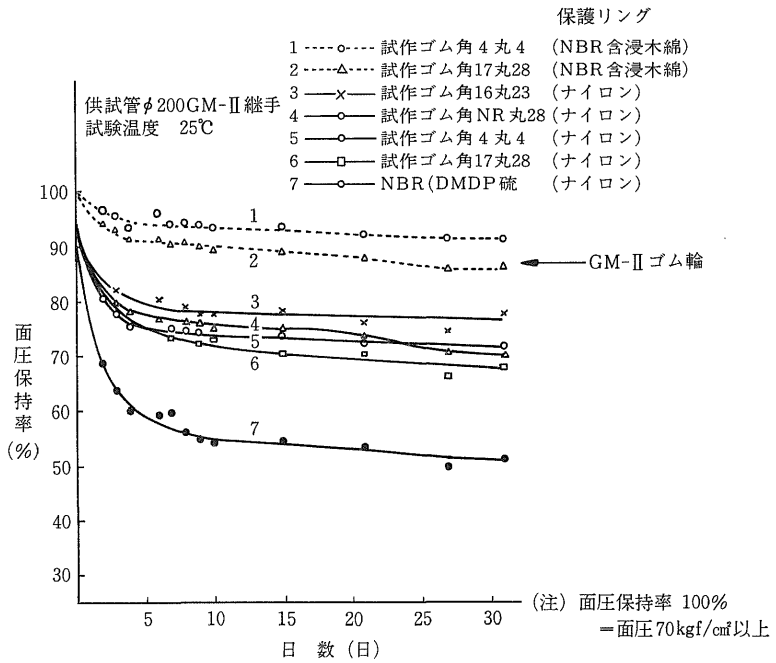
図－4－2　ショットブラスト後塗装面のゴム面圧とシール圧力の関係



(3)　GM-Ⅱ継手用ゴム輪の短期的気密性能

GM-Ⅱ継手用ゴム輪を実際の継手に装着した状態で実施した応力緩和試験結果を図－4－3に示す。

図－4－3　試作ゴムによる継手装着時応力緩和



ゴム輪の面圧は締付け時で70kgf/㎠以上あり、初期応力緩和がほぼ完了すると考えられる10日程度経過後においても50kgf/㎠以上面圧を確保できる。

したがって、短期的には50kgf/㎠～70kgf/㎠程度の圧力までガスのシールが可能である。

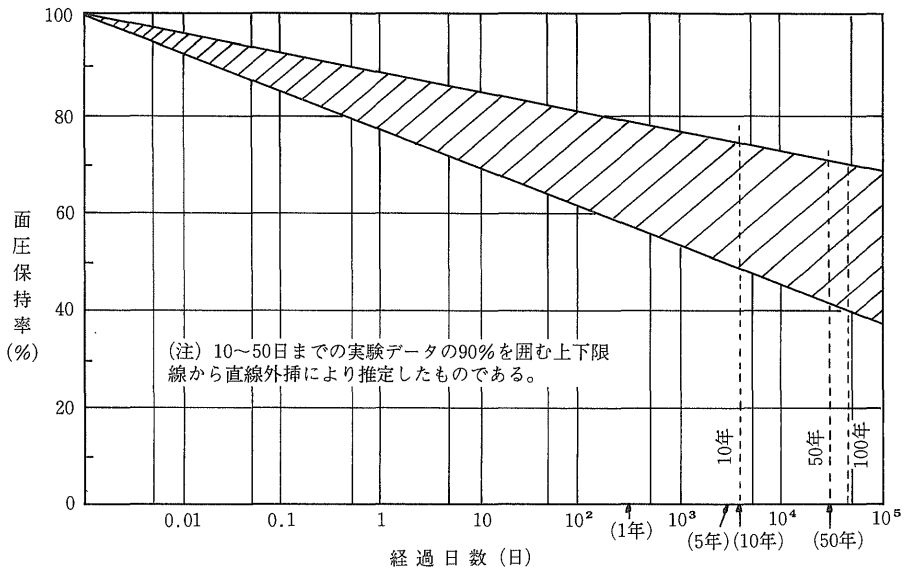
(4)　GM-Ⅱ継手用ゴム輪の長期的気密性能

10日～50日までの応力緩和試験データの90％を囲む上下限線から直線外挿により、GM-Ⅱ継手用ゴム輪の長期的応力緩和特性を推定すると図－4－4となる。

これから、GM-Ⅱ継手用ゴム輪は長期的に30kgf/㎠～50kgf/㎠程度のシール面圧が確保されるものと考えられ、3kgf/㎠程度の気密に対してなんら問題はない。

また、実埋設10年後に掘り上げた継手部の気密試験においても50kgf/㎠の圧力に問題なく耐え、ゴム弾性保有率の目安となる圧縮永久ひずみ試験をはじめ、そのほかの各種試験において新品ゴム輪となんら差は認められなかったことからも、長期的気密性能上問題はないといえる。

図－4－4　GM-Ⅱ継手の長期応力緩和特性(150A)の推定



5．GM-Ⅱ継手の耐震性評価

5-1．鋳鉄管管路の耐震性

鋳鉄管路の耐震性能については、継手の特性によりかなり変わるものと予想される。過去の地震においてもいんろう型、ガス型のように引き抜き力が小さく、かつ比較的剛性の高い継手の抜出し事故、管破損は比較的多く報告されているが、継手の引張自由度ならびに角変位自由度のあるメカニカル継手（ただし、抜出し防止機能なし）については特異部(チーズ、エルボ)を除いて抜出し事故はきわめて少ないと報告されている。

さて、埋設管の地震時の挙動は、地上構造物のそれに比較して、地盤加速度よりも地震時の地盤の変形・ひずみに依存するといわれている。この観点から、以下に鋳鉄管管路の耐震性について簡単に考察してみる。

実地震による埋設管路の発生ひずみの実測例として沈埋トンネルによるもの、埋設鋼管路によるものなどがあるが、その値は上限をとったとしても1gaℓ当たり1～2×10^{-6}程度にすぎない。

この値はほぼ地盤ひずみを示しているといえるので、これから直線外挿により表層200gaℓ(震度5)に相当する地盤ひずみを推定すると200～400×10^{-6}となる。仮に表層加速度が300gaℓ(震度6)としても300～600×10^{-6}程度である。

これらの結果から、今、仮に相当大きなひずみとして1,000μの地盤のひずみを考えると鋳鉄管1本当たり5m隔たった2地点では5mmの相対変位を生じることになる。単純に考えれば、鋳鉄管路が管体応力としてこれらの変位を受けないためには、継手でこの5mmの変位を吸収すればよいことになる。

一方、管路と地盤に滑りが生じたような場合に、ひとつの継手に変位を集中させず、隣接する継手にも変位を分担させる、すなわち地盤ひずみを均等化させるためには、継手の引き抜き阻止力は継手間の地盤の最大摩擦力に比して十分大である必要がある。

以上より、鋳鉄管管路の耐震性向上をはかるためのメカニカル継手の条件として次のことがいえる。

(1) 引張り・圧縮側に最小限数mm程度の変位吸収が可能であること。

(2) 引き抜き阻止力が継手間の地盤の最大摩擦力に比して十分大であること。

5-2. シミュレーションモデルによる耐震性の検討

5-2-1. シミュレーションの考え方

(1) シミュレーションモデルおよび解析手法

シミュレーションモデルの作成に際し、現在までの研究成果に基づいて次の①～④の前提を設けて埋設導管―地盤系のモデル化を行った。

① 埋設導管と地盤は軸方向・軸直角方向におのおのバネで結合されており、その結合点での地盤変位(応答量)がバネを介して強制外力として埋設導管に作用する。

② 軸方向については管自体のひずみは微小として無視し、管は継手に力のみを伝え、継手に変位が集中するものとする。また、軸直角方向では管と継手のせん断力は連続であり、継手部は完全なヒンジではなく、ある程度モーメントを伝えるものとし、継手の曲げ特性より近似する。

③ 管路の単位長さ当たりの質量は比較的小さく慣性力は無視でき、管路の固有振動は起こらないものとする。

④ 管路両端は直交する管路、もしくは他構造物などに剛結しており、この点での運動は地盤の運動に等しいものとする。

以上をもとに力学モデルを作成し、地盤のひずみに着目して変位法により解析を行った。

(2) 入力地震動の設定

京阪神地区における代表的な地盤の土質柱状図より、石油パイプライン技術基準に準じて表層の厚さH、平均のN値から3種類の入力地震動を設定した。

これは、実測からの推定値と比較すると、非常に厳しい設定である。

5-2-2. シミュレーション結果によるGM、GM-Ⅱ継手の耐震性評価

(1) GM鋳鉄管路の地震応答特性を鋼管路と比較してみると、次のことがいえる。

① 鋼管路の場合、管と地盤が滑らないとした場合には、管は地盤の動きとほぼ同様の挙動をし、管に大きな応力を生じる。一方、管と地盤が滑るとした場合には、鋼管の剛性が最大摩擦力に比して大きいため、地盤変形に追随することなく、ほとんどの点で滑りが発生し、応力は均等化される。

② GM型鋳鉄管管路が軟弱地盤に埋設されている場合、管と土との間に滑りが生じないとすれば、引張りを受ける部分では継手部はかなりの抜出しを生じて軸力も大きくなり、その結果圧縮力も大きくなる。

これは、地震力を変位で吸収するだけでなく、力でも受持つことを示している。しかし、継手部における応力レベルは鋼管の1/10程度であり、継手部の伸縮性の効果がよく出ている。一方、管と地盤との滑りを考慮すれば応力レベルよりもさらに小さくなる。

一方、良好な地盤に埋設されている場合には地盤拘束力が強く、管路は地盤変形によく追随して管と周辺地盤との滑りは生ぜずに、変位は各継手部に分散して吸収される。

(2) 継手圧縮側の剛性をパラメータとした管路応答より次のことがいえる。

① 圧縮側の剛性を小さくする。すなわちGM継手の構造を圧縮側に数mm変位を大きくとれるようにすれば、管路および継手に加わる引張り・圧縮荷重は大幅に減少する。

② すなわちGM継手では、管路の拘束点近傍で特に圧縮側で軸力が発生するのに対して、GM-Ⅱ継手では発生軸力は均等化され、GM継手に比して非常に小さな値となる。

(3) 最大加速度300gaℓ(震度6)におけるGM-Ⅱ継手の管路応答より次のことがいえる。

地盤拘束力(管と地盤との最大摩擦力)が大きく厳しい場合について、最大加速度300gaℓの場合の管路発生軸力が200gaℓの場合に比して増加する割合を求めると、

㋑ 引張り側で約2倍

㋺ 圧縮側で約1.5倍

であった。

しかし、これらの値を考慮したとしても、GM-Ⅱ継手は十分正常な継手性能を保持する範囲にある。

(4) 以上の結果をまとめると、

① 継手の伸縮性が配管系に与える応力を非常に小さくする結果、管応力は鋼管路線に比べ1ケタ程度下がる。

② 抜出し阻止力は継手のスッポ抜けを防ぐ有効な力となる。

③ GM継手構造を圧縮側に変位が大きくとれるようにしたGM-Ⅱ継手では、継手に加わる軸力は大幅に減少する。

④ 実管の埋設実験により得られた管と土との摩擦力を考慮すれば、震度5～6においても管の破損、継手の気密性を損なうような力は生じない。

5-3.「一般(中・低圧)ガス導管耐震設計指針」による検証

5-3-1.「ガス導管耐震設計指針」

昭和53年6月に発生した宮城県沖地震を契機に、日本ガス協会は昭和54年度から、ガス導管の耐震性を中心とした技術指針の作成に着手した。

そして、3年間にわたりガス導管加重実験、地震入力の観測、地盤と震害の関係の現地検証、耐震解析などを中心として幅広く調査研究を行い、57年3月「ガス導管耐震設計指針」が完成した。この指針は、高圧ガス導管と、一般(中・低圧)ガス導管に別れており、一般ガス導管では耐震性の向上がはかられる内容になっている。

5-3-2. 鋳鉄管路の耐震性の考え方

一般ガス導管耐震設計指針での配管系の評価は、配管系の地盤変位吸収能力(△u)と管種、埋設条件を考慮して定めた設計地盤変位(U)との比較により行う。

すなわち、△u＞Uであれば、その配管系は耐震的であると判断できる。鋳鉄管路でのフローを図－5－1に示す。

5-3-3. GM-Ⅱ継手の耐震性評価

設計地盤変位Uは、管種は中圧Bとし、そのほかの埋設条件の区分、地域別補正係数、埋設条件別補正係数は、もっとも厳しい条件で設定すると、

$$U=\alpha_1\cdot\alpha_2\cdot U_0=1.4\times1.0\times5=7.0\text{cm}$$

となる。

次に、配管系の地盤変位吸収能力△uであるが、図－5－2に示すような地盤上の一点に集中する地盤の変位入力を考えると、△uは次式により求まる。

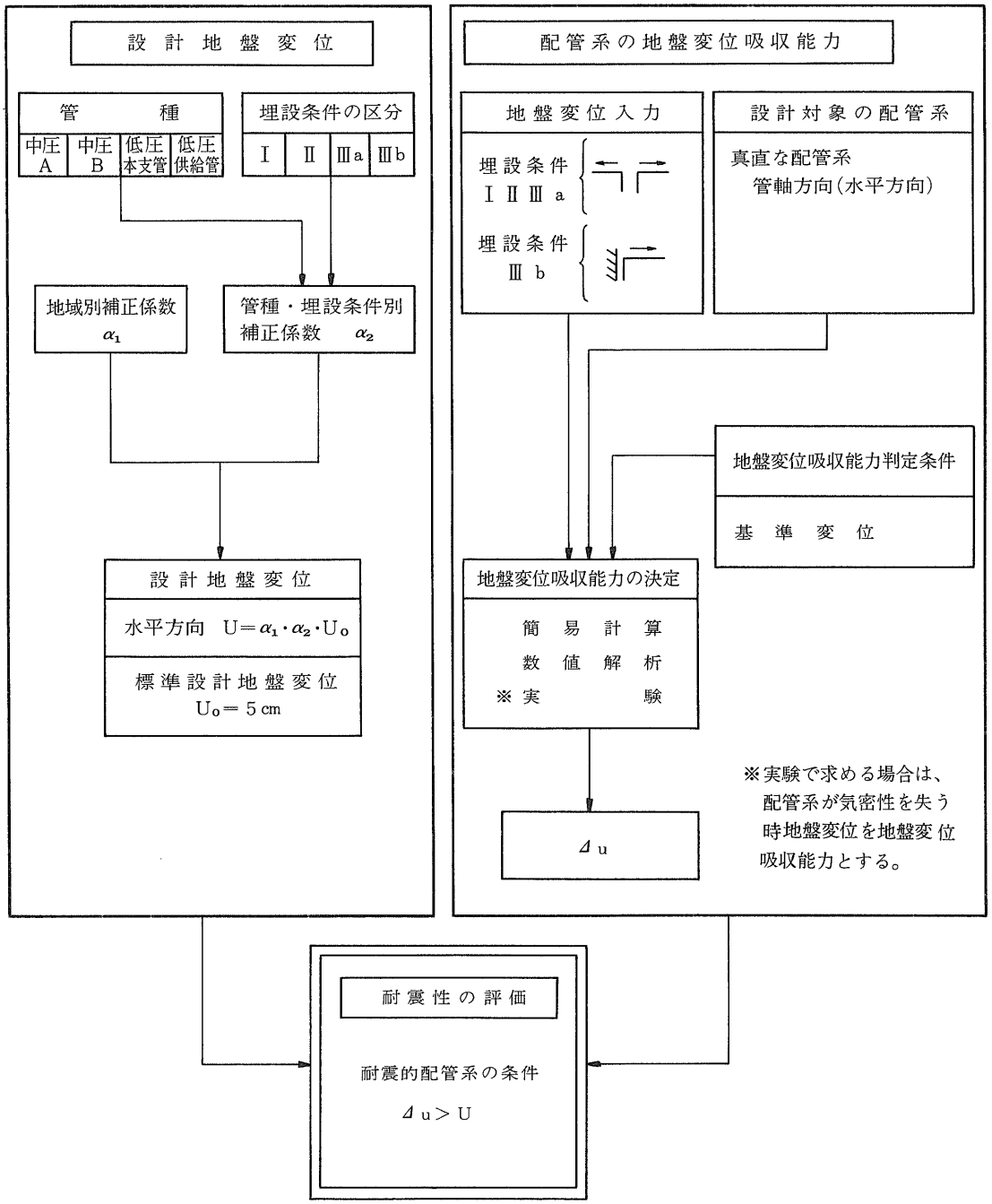
$$\Delta u=\delta_0+2(\delta_1+\delta_2+\cdots\cdots+\delta_n)\quad[\text{cm}]$$

ただし、δ_0は地盤変位集中部におかれた継手の最大変位量で、継手に漏洩が生ずるが、継手に重大な損傷が生ずる時の継手の抜出し量である。δ_0、δ_1、……、δ_nは、図－5－4に示す継手の引張荷重変位曲線でF_0、F_1、……、F_nに対応する継手の変位(抜出し)量である。図－5－3で省略されている左半分の部分でも同様に$\delta_1\cdots\delta_n$の変位が生じるので、$\delta_1\cdots\delta_n$については2倍される。

なお、

$$F_1=F_0-(f_s+f_F)$$
$$F_2=F_0-2(f_s+f_F)$$
$$\vdots$$
$$F_n=F_0-n(f_s+f_F)$$

図－５－１　鋳鉄管路の耐震性評価のフロー



ただしｎは０、１、２、……でｎ≦$\dfrac{F_0}{\pi D\tau\ell}$

を満たす最大の整数である。

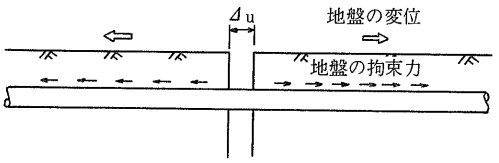
F_0：継手の基準荷重（kgf）

f_s：管の外表面に加わる地盤拘束力

（$=\pi D\tau\ell$）

f_F：継手部分の張り出しによる抵抗力

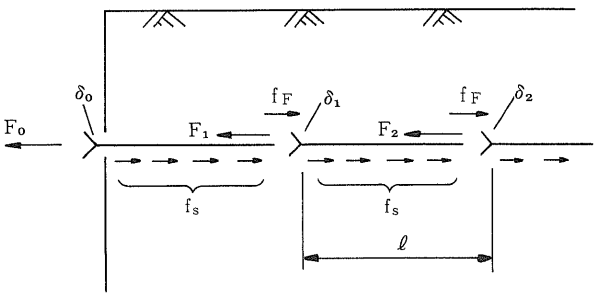
図－５－２　地盤変位入力



τ：管の地盤拘束力（kgf/cm²）

ℓ：管の長さ（m/本）

図－５－３　メカニカル継手接合配管系のモデル



GM-Ⅱ継手の引張特性をモデル化して求めたΔuを表－５－１に示す。

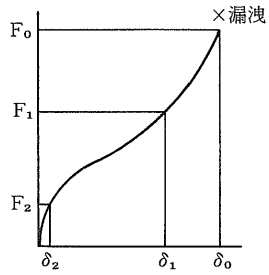
表－５－１　GM-Ⅱ継手の地盤変位吸収能力

管　径	Δu（cm）
100	66
150	50
200	35
300	22

この表と、設計地盤変位U＝7.0cmとの比較から、もっともΔuの小さい300mmのGM-Ⅱ継手においても、約３倍の安全率があることから、中圧Bの配管系において、地域、埋設条件のもっとも悪いケースでも、GM-Ⅱ継手は、十分に耐震設計指針を満足していることがわかる。

以上、シミュレーションおよび耐震設計指針の検証の結果から、GM-Ⅱ継手管路は震度５上限～震度６にも十分耐震性を有する管路であるといえる。

図－５－４　継手の引張荷重―変位曲線
（n＝２の場合である）



６．おわりに

当社においては、このGMおよびGM-Ⅱ継手の導入により、鋳鉄管路としての性能、信頼性が向上したことはもとより、ガス配管工の作業軽減、個人差のない接合、技能習得の容易さなど数多くの利点を得、掘削作業の機械化、能率化と合わせての接合時間短縮による作業の効率化がはかれた。

また、溶接鋼管に頼っていた中圧Bラインへの採用により、大きなメリットが得られたことも事実である。

現在、GM-Ⅱ管が当社のみならず数多くのガス事業者の方々にご使用されており、長期にわたる品質確保に対して、当社として重大な責任を感じている。特に材料については、直管、異形管のみでなく、ゴム輪、ボルト・ナットなどの接合材料についても、その一つひとつの組合わせにより、GM-Ⅱの配管システムが成り立っていることをご使用にあたっては十分にご考慮していただきたいと思う。

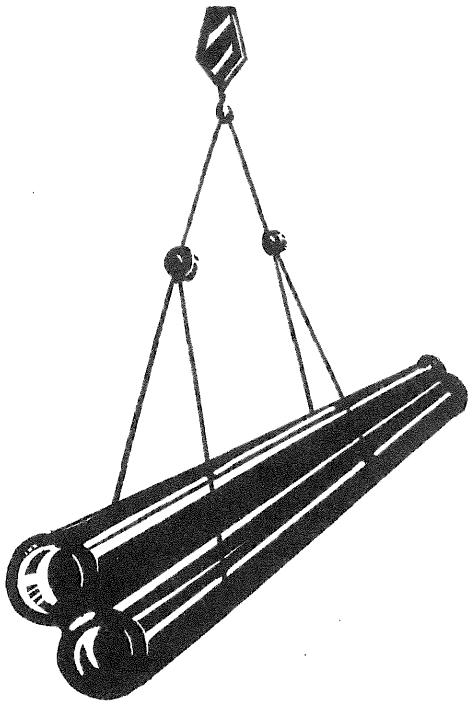
最後に、今後さらに当社としては、ガス導管全般にわたって技術開発にチャレンジしていく所存でありますので、広くご意見、ご希望をお聞かせください。

ダクタイル鉄管第35号

昭和58年10月

1 技術レポート

鋳鉄管路の耐震工法



東京都水道局利根川水道建設本部
設計第1課長　多田純治

1．地震と水道施設

わが国は地震が多い。今年は関東大震災の60周年にあたるというので、それから最近の日本海中部地震まで著名地震として表示されているものを数え上げてみたら21回あった。つまり平均して3年に1回、相当の被害をもたらす規模の地震がわが国のどこかで発生してきたことになる。

地震のたびに水道施設もまたかなりの被害を受けてきた。残念ながら水道施設は地震に強いといえないのである。その中でも管路の被害が多かった。

地上構造物の大部分は、関東大震災のあとわが国で確立された耐震設計法：震度法により設計されており、その後の地震で壊滅的な被害を受けた例は僅かであるが、最近まで耐震設計法が体系化されていなかった地中管路の場合は、見えないだけに埋設後そのままのものが多く、古い年代の管路は放置すれば今後も被害を受ける恐れが大きい。

最近では水道、電力、ガスなどの基幹都市供給施設をライフラインと称している。その中でも水道は、文字通りもっとも直接に生命の維持に不可欠のものである。

かつて宮城県沖地震のあと現地調査を行う機会があったが、ある被災都市の技術者の述懐が今でも心に残っている。地震のあとほとんどの地域で給水がいち早く再開されたので市民にパニックが起こらないで済んだというのである。

都市が大きくなればなるほど政治経済の中枢が集中し、商店や住宅が密集し、電力、通信、交通、水道などの基幹施設も集中しているだけに、大地震とこれに伴う火災などの2次災害による影響が大きい。停電、断水や通信情報の途絶は流言飛語を生み、市民の心理を不安に陥いれ、パニックに駆り立てる。このような時に給水が再開されたとしたら、どのように心強く人々を落着かせることであろうか。いかなる場合にもライフラインとして給水を確保すること、そのため日頃から水道施設を地震に強くしていくことは水道関係者の使命である。

本稿では鋳鉄管路の耐震工法、特にその考え方について述べるものである。

2．震災事例に学ぶ

耐震計算は波動論、振動論のいずれの方向からもむつかしいが、興味深くもある。若い人の中には計算そのものの面白さに熱中してそれが耐震設計のすべてであると思い込んでしまう人がいるほどである。

しかし、現段階で管路の耐震工法を具体的に考える場合には、耐震計算も大事ではあるが、これまでの震害事例を十二分に検討し対策を考えた方がはるかに役に立つと思う。

関東大震災の被害報告を読むと、管路の被害がどのような地形・地質の地盤で管路のどの部分で発生したのかが明示されており、すでにあの時点で耐震対策の重要ポイントが出揃っていた感がある。被災のさ中にあって、このように包括的な報告をまとめ上げた先達の努力に今さらながら感銘を受ける。

水道施設の震害事例は、水道協会発行の「水道施設耐震工法指針・解説(昭和54年)」の巻末に文献リストとともにまとめられているので、ぜひ参考にしていただきたいと思う。

管路の被害が多発している箇所は沖積低地埋立地、盛土などの軟弱地盤、地層や地形の変化する境界、地滑りを生じた急斜面、液状化した砂質地盤などで、地震時に大きな変形が生じた地盤である。

被害を受けた管種は、強度が低く衝撃に弱い材質のもの、継手としては強度が低く可とう・伸縮性に乏しい旧式のものに抜出しや破損が生じているのは当然である。

ここで留意すべきは、上記の要注意の地盤で地震時に大きな地盤変形を生じることはたしかであるが、このような地盤では、普段からすでに地盤の不同沈下などにより継手や管体に相当量の変形や応力を生じており、たまたま発生した地震が被害発生の引金となったのに過ぎないと見られる例の多いことである。

つまり仰々して耐震設計と騒ぎ立てなくとも、常時の不同沈下、異形管部の不平均力対策を十分に行い、さらに震災事例に基づく配

慮と対策を加えれば、定性的ではあるが相当な耐震設計になり得るのである。

しかし、次に述べるように、地盤と管路に関する耐震工学の研究も最近では観測面で着実に前進し、新たな先見が得られつつある。事業体の技術者としても専門家任せにとどまらず、積極的に参画していく心構えが必要であろう。

3．管路の耐震工学の現段階

これまでの管路設計は、管を弾性リングと見なして内圧および土圧や車輌などの外部荷重に対する管厚計算を行い、不同沈下量を仮定して管に発生する応力や変形のチェックを行う程度で、地震が管路に及ぼす実体的な影響についての検討などまったく手がつかなかった。

管路は地下に埋設されており、地上の建物や水槽、橋梁などと異なり、当初からの変状を見ることができない。このような地中管路の地震時の動きについて、まともに工学的な観測、実験、理論的検討が行われるようになったのは、つい最近—昭和40年代初期—松代地震の際の観測以来のことである。

その後、石油パイプラインや沈埋トンネルなどの隣接分野で線状地中構造物の地震時挙動に関する研究が活発に行われ、それぞれの成果が設計指針として具体化されることとなった。これらの研究の一応の集大成が建設省「新耐震設計法(昭和52年)」である。現行の「水道施設耐震工法指針・解説」はこれをもとに改訂されている。

管路は地表面に沿って伝播する地震波動の波長に比べて長いために、管路の隔たった各部分で周囲の地盤から互いに異なった影響を受ける可能性がある。したがって、管路に沿う地動の分布とこれに対する管路の応答を定量化することが必要である。ここが一般の構造物と取扱いが異なるところである。

管路の地震時挙動として、これまでの研究から一般に認められているのは次の事柄である。

(1) 管路が地震動を受けた場合に生ずる慣性力よりも、地盤が管路を抱束する力が強く、管は周囲の地盤の動きにしたがって振動する。

(2) 送配水管路として使用される口径の範囲では、管路に発生する軸方向のひずみは曲げひずみに卓越して大きい。

このように管路の地震時の動きは、その周囲の地盤のひずみに支配されるが、管軸方向の地盤ひずみは地震動の速度振幅と地震波の見かけの伝播速度の比として表わすことができる。

現在、管路に関わる耐震工学の専門家の関心は、この地盤表層近くでの地震波の伝播速度の解明に集中している感があり、各所で観測が精力的に行われている。このような波動論的立場から、地震時における地盤と管体のひずみの発生機構が解明される日も遠くはあるまい。

しかし実際の管路の震害例からは、むしろ地盤の局地的な振動性状の差異が地盤や管路に生ずる大きなひずみの原因となっていると判断される。また建物と管路の取合部や異形管箇所での被害は、上記の波動論からの説明は困難である。このような部分の耐震計算のためには、動的解析で用いられている多質点系モデルを簡略化し、なおかつ結果が実用に耐える設計手法の開発を期待したい。

4．現行の管路の耐震計算法の適用限界

埋設管路の耐震設計法として用いられている応答変位法は、その前提として管路に対する地震の影響を、基盤部に作用した地震動によって表層地盤が励振されて変形を生じ、その変形が埋設管路に伝えられてひずみまたは応力を生ずるものと評価する。表層地盤を一様等質なせん断振動系とした時の1次の振動モードで地震時の地盤変形を表わし、管路に生ずる応力は周囲地盤をバネとした弾性床の梁として計算するものである。したがって、応答変位法は比較的一様地盤に管路が埋設されている場合に有効で、地形や地質が急変するような管路にとって、もっとも危険な箇所

の計算には適用できない。

これを補う動的解析法にしても、解析モデルや動的土質常数の精度、入力選択の問題などから、解析費用がかさむわりには結果の信頼性が高いとはかならずしもいえないのが現状である。

現段階での耐震設計のあり方としては、このような耐震計算法の限界を十分心得た上で結果を検討するとともに、これまでの震害事例を参考にして総合的な安全対策を講ずることが必要である。

5．鋳鉄管路の耐震工法

1．管路の耐震性強化の方針

管路の耐震性強化の方針としては、送配水システム総体としての観点から、個別管路の重要度や機能に応じてウエイト付けを行い、他方で埋設地盤の地震時挙動を評価し（マイクロ・ゾーニング）、必要に応じて既設管路の耐震性診断を行い、それらの結果に基づいて補強の優先順位と内容を定めることになる。

しかし実際問題としては、先にも述べたようにその根拠となる定量化の精度に問題がある。財政事情から先行投資を厳しく戒められている中で、限られた予算の範囲内でどのような優先順位と内容での補強を行うべきか、事業体としては優れて戦略的な検討を要する問題である。

ただし昨今の建設事情から、管路継手の費用増が全体の工事費に対して占める割合は相対的に低下してきているので、特に重要な幹線については積極的に補強していくことが望ましい。

2．管種と継手の選択

高級鋳鉄以前の管体は、現在のダクタイル管に比べ強度も低く衝撃に弱く、印ろう形継手は伸縮・可とう性が乏しかった。このような古い年代の管路は、埋設地盤が余程良好でなければ耐震上弱点となる。

しかし現在のダクタイル鋳鉄管は、強度・伸び・耐衝撃性ともに著しく改善されており地震のみによる管体破損の心配はほとんどないといってよい。

継手も、昭和27年頃から使用開始されたメカニカルジョイント以来、一定範囲内で可とう・伸縮性を持つK形、U形およびより大きな変位機能、離脱防止機構を持つ耐震継手としてS形継手、US形継手などが次々と開発されてきた。

設計にあたっては、管路の布設形態に配慮し、不同沈下および地震による継手位置での変形量を評価した上で、継手を適宜選択していくことになる。

US形継手は、トンネル内や埋設管路が錯そうしている街路などで、掘削幅をできるだけ狭くとりたい場合に用いる内面接合形耐震継手管として開発されたものである。内面継手は外部にボルトなどの小突起が露出しないので、沖積低地や埋立地に生じやすい土壌腐食対策としても適当と考えられる。東京都では最近、US形管をわが国でも有数の軟弱沖積地盤に築造したトンネル内の送水管として採用している。

3．制水弁等管路付属施設の適切な配置と対策

制水弁、空気弁、排水設備、消火栓などを適切に配置することは、耐震対策の面からも重要である。万一管路に被害が生じても、できるだけその影響を局限し、復旧が容易であるようにし、地震後の断水から加圧送水への復旧が送配水幹線から中小管路の順に着実に可能となり、また必要に応じて応急給水も可能であるような管路システムとすることが望ましい。

制水弁の弁体は外力：軸力や曲げが作用するようには設計されていないので、直接外力の影響を受けないように防護方法を工夫する。東京都では制水弁室と前後の管までの基礎を共通にして軸力や曲げの影響を避けるようにしている。フランジは曲げにより変形し、あるいはボルトが偏って伸びる恐れがあり、同様の配慮が必要である。フランジからの漏水を防ぐためには特殊溝形フランジを用いるのがよい。

4．異形管部の対策

曲管やT字管、行止り管などには常に内圧

による不平均力が作用し、これに十字管を含めて地震時に管路の変形や応力の集中しやすい箇所でもある。これまで不平均力に対してコンクリート防護により対処してきたが、耐震面からは大きな無筋コンクリート塊を管路に付加することを疑問視し、抜出し防止継手を持つ管のみでよしとする意見もある。しかしこの場合には、内圧に比例する不平均力が常に継手に作用することになり好ましくない。私見では、これまでより断面の小さい鉄筋コンクリート防護工により継手を固定するのがよいと考える。

5．管路と構造物との取合い箇所の対策

基礎杭を持つ構造物や水管橋の橋台などと管路の取合い箇所は、不同沈下による変形と地震時に変形が集中しやすく、変形量の適切な予測とこれを吸収できる可とう・伸縮機能を持つ継手の設置が必要となる。

可とう伸縮継手の選択に際しては、継手の許容最大伸び量、曲げ角度および安全率などが明示されていないものがあるので注意を要する。

6．埋設地盤の液状化対策

新潟地震以来、最近の日本海中部地震に至るまで砂質地盤の液状化により管路に被害が発生している。実は関東大震災の際も相当に広範囲に地盤の液状化が発生していたが、現在のように郊外まで家屋が密集していなかったので、結果として被害が生じなかったにすぎない。

液状化の可能性の判定は現在の技術で可能であるが、管路の液状化対策はまだ確立されていない。埋戻土を十分締固めても、より広範囲の地盤が液状化した場合に安全かどうか保障はない。今後対策工の確立が必要である。

東京都においては、最近の送水幹線は市街地では埋設物の関係からトンネルかあるいは液状化の恐れのない地下深くに埋設されているものが多く、結果的に幹線系への影響は少ないと考えられる。

6．既設導水トンネルの補強や経年大口径管の布設替えにダクタイル鋳鉄管を使用した例

平野部に既設の導水トンネルの中には、土被りが浅いにもかかわらず無筋コンクリート構造で、周囲の市街化の進行に伴って上部の交通量も増え、耐震上からも補強が必要となってきたものがある。

このような場合で、交通や用地の関係から全面開削工法が困難であり、かつ多少口径を縮めても水理的に支障ない時には既設トンネル内に強度の高い管を挿入し、間隙に流動性の高い発泡モルタルなどを注入する工法が有効である。

現在東京都の多摩地区で実施中の、東村山浄水場から境浄水場に至る約9kmの導水トンネル—第1村山線の補強工事はその一例で、上部半円内径2.3mの馬蹄形暗きょの中に、内径2000mmのU形継手ダクタイル鋳鉄管を挿入している。工事の詳細については、本誌に報告が掲載されているので参照していただきたい。

また市街地の街路で既設の経年大口径管路の布設替えや補強が必要となった場合には、上記と同様の条件を満たし、適当な間隔で立坑の築造が可能ならば、既設管よりも若干口径を小さくした強度の高い管を挿入する工法(P·I·P)が有利なことがあり、東京都でも最近しばしば用いられるようになった。

7．むすび

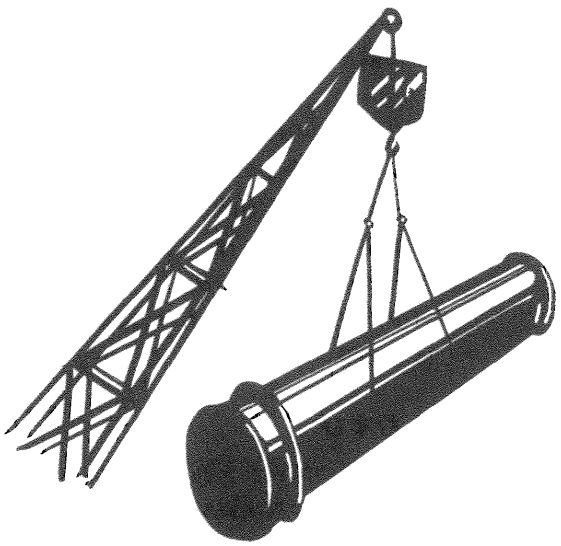
水道施設の耐震性を高めるためには、これまでのわが国の震災経験から管路の強化に重点を置くことが必要である。

そのためには、過去の被災の教訓をよく学びとるとともに隣接分野も含めて耐震工学の成果を十分に吸収し、管路システム総体としての安全性を検討した上で総合的な補強対策を進めていくことが大切である。

本稿をまとめるにあたって、最近の耐震工学の動向について岩本利行氏のご教示をいただいた。記して感謝の意を表します。

2 技術レポート

呼び径2000㎜US形ダクタイル管のシールド内布設について



京都市水道局
技術部工務課主幹　**明里　晃**

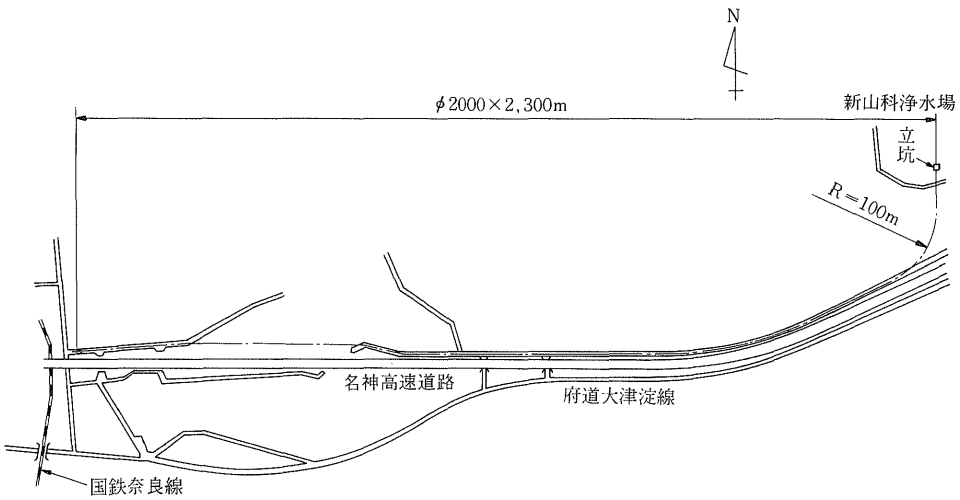
Ⅰ．はじめに

本市では洛西ニュータウンの建設をはじめ著しく発展を続けている洛西方面の給水需要に対応するとともに、既給水区域のうち南区、伏見区の給水事情の改善をはかるため新山科浄水場からの配水幹線の布設が必要となり、今回すでに完成している内径2700㎜のシールド工法による１次覆工内（以下シールド内と呼ぶ）に呼び径2000㎜ＵＳ形ダクタイル管を使用し、延長 2,300ｍにわたるシールド内配管を行ったので、その概要を紹介する。

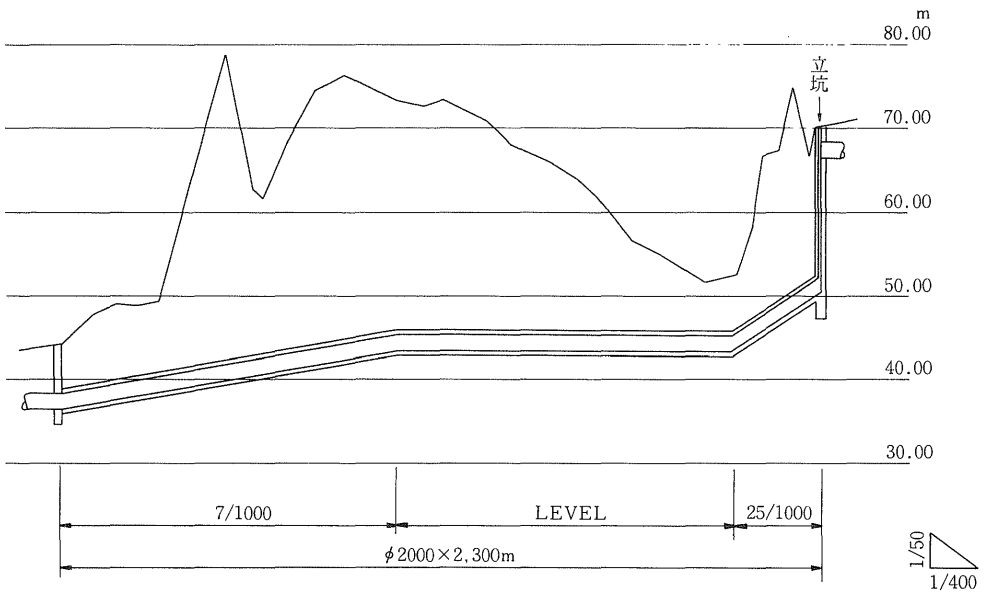
Ⅱ．工事概要

(1)　工事名称　　第８期拡張事業
　　新山科系新伏見幹線配水管
　　布設(その５)工事
(2)　工事場所　　京都市山科区勧修寺丸山町
　　～伏見区深草瓦町
(3)　工事期間　　昭和57年5月～昭和58年4月
(4)　工事内容　　呼び径2000㎜×延長2,300m
(5)　平面、縦断面　　図－１参照

図－１　平面図



縦断図



Ⅲ. 管路の設計

1. 設計の留意点

配水幹線の設計にあたっては、配水管路の性格および位置づけを検討し、配水幹線の評価をしておく必要がある。本幹線について種々検討した結果、

(1) 本市でもっとも大口径の呼び径2000mmである。

(2) 管路が名神高速道路と並行し近接している。

(3) 土被りがもっとも大きい所でG.L－38mでシールド内配管である。

以上のことから、この幹線の事故に際し、給水面での市民への影響が広範囲に及ぶとともに2次災害の規模も大きく、かつ復旧に多大の費用と期間を要すること。また、配水管内の滞留水量は約7,000㎥であり、緊急遮断弁などを取付けることにより、災害時に市民への水が確保できる。このような観点に立ち設計を行った。

2. 耐震検討

地震時の管路の挙動を検討する方法としては、ここでは次の三通りについて計算を実施し、その中の最大値を採用することとした。

(1) 水道施設耐震工法指針・解説

(2) 地下埋設管路耐震継手の技術基準(案)

(3) 新耐震設計法

なお、シールドにおけるセグメント、裏込材による強度は無視した。

A. 地盤の概要

シールド工事に先立ち地質調査を行った結果、地質は次の通りであった。

a. 沖積層(盛土を含む)は地表面に1～4m程度薄く分布している。

b. 表面層の大部分は洪積層であり、よく締っている。

c. 洪積層は砂層、粒土層が交互に表われており、また摺曲が著しく、地盤基盤が全路線に沿って明確にしにくい。

d. 断層が見られる。

計算条件

○対象口径　　呼び径2000mm

○設定震度　　Ⅵ(烈震)

○設定加速度　　400gal(震度Ⅵの上限)

C. 検討項目、計算結果

○土　歪　量　　$\varepsilon = 2102 \times 10^{-6}$

○継手部伸縮量　$\ell = \pm 8.4$mm

○管体発生応力　$\sigma = 0.73$kgf/mm²

○継手部曲げ角度　$\theta = 1'26''$(±0.8mm)

以上の計算の結果、

○地震時伸縮量(用途別余裕係数2)

$\ell_1 = (8.4 + 0.8) \times 2 = \pm 18.4$mm

○曲げ配管による伸縮量　$\ell_2 = \pm 18$mm

○温度変化による伸縮量　$\ell_3 = \pm 0.6$mm

○合計伸縮量

$\ell_1 + \ell_2 + \ell_3 = \pm 37$mm(絶体値74mm)

D. 考　察

数値計算結果は、地盤が崩壊しない場合に適用できるものであるが、液状化現象、断層などに対しては現在のところ適切な計算方法が確立されていないので計算結果のみで判断することは適切でない。当ルートには断層が推定されるので、地震時には予想し得ない軸力、変位の発生が考えられる。したがって今回の設計は、数値計算結果と併せて鎖構造を有する耐震継手(US形)を採用することにした。

3. 立上り配管

シールド内から浄水場の既設の管に連絡するために、垂直に約15m立上るものであるが従来このような配管については鋼管を使用する例が多く見られるが、今回本市ではシールド内配管の事故に際し、保守点検用に配水管呼び径2000mmに点検用分岐管(T字管)を取付け、分岐管に通ずる管理用立坑を設置することにした。このため管理用立坑と立上り管を一体にするとともに、施工性のよいUF形ダクタイル管を採用し、鋼管に変わる剛性を得その前後に伸縮、可とう性に富んだ継ぎ輪を使用することにした。したがって地震時には、管理用立坑の慣性モーメントのみを検討し、立上り管の検討を省略した。

4. 裏込材の検討

シールド内配管後の裏込材については、地

震時に1次覆工(コンクリートセグメント)に加わるいろいろの外圧が配水管に直接伝わりにくい、砂程度のものが好ましいが、施工性を考慮して従来使用されているエアーミルクにフライアッシュを混入して強度を低下させることにした。

Ⅳ．施工方法

仕上り内径2700mmのシールド内に呼び径2000mm US形ダクタイル管を配管し、管とシールドの1次覆工(コンクリートセグメント)との間隙にエアーミルクを充填し、併せて立坑に垂直立上り配管を行って既設管と連絡し管理用立坑を築造するものである。

1．仮設備工

(1) 軌条設備

まず管をシールド内で運搬するため、全線にわたってレールを布設する必要があり、その概要を示す。

① 軌　道

○軌道の高低差　14m
○軌道の長さ　2,300m
○最小曲線半径　100m
○最急勾配　25‰
○軌　間　610mm
○軌条の重量　15kgf/m

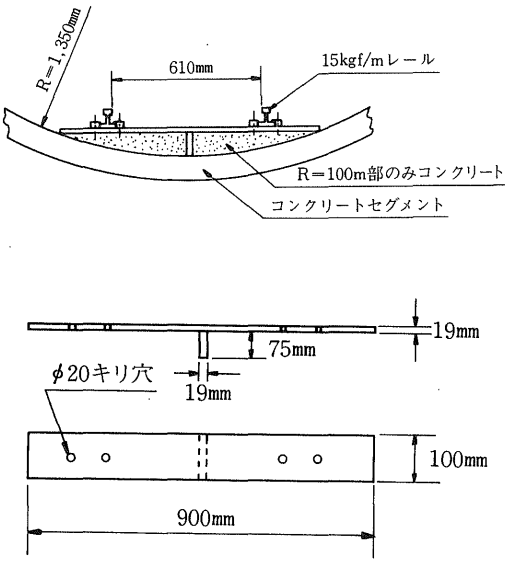
② まくら木

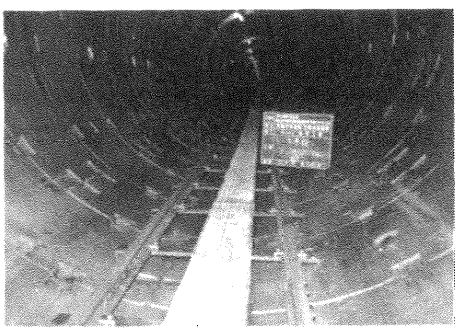
シールド内径2700mmとダクタイル管受口外径2220mmとのクリアランスが480mmと小さいため運搬用特殊台車の高さを考慮し、軌条設置高をできるだけ下げ、また管の重重が7.5トンと負担荷重が大きく、配管時にレールの撤去が容易にできるよう鋼板製まくら木を使用し、900mmピッチに配置した。なお、曲線部(R＝100m)の部分には車両走行時の横振れ防止として、まくら木をコンクリートにて固定した。(図－2、写真－1)

(2) 排水設備

もっとも下流より上流立坑に向って配管するため、シールド内の湧水を強制排除する必要があり、クリアランスの関係上特殊な装置とした。通常の水中ポンプでは、管運搬台車の通行に支障をきたすので、立坑の下部にバキュームポンプを設置し、シールド内に100mmのVPを布設し、湧水箇所にて40mmのホースで分岐して、バキュームにて吸引し立坑まで排水した。なおバキュームポンプはタイマーにて制御し、水の吸引箇所には液面フロートを取付け、水位が所定の位置に下ると電磁弁を閉じ、エアーの混入を防ぐ機構にした。(図－3、写真－2)

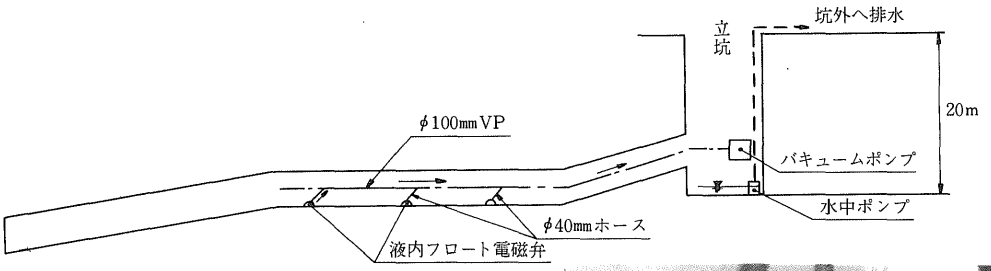
図－2

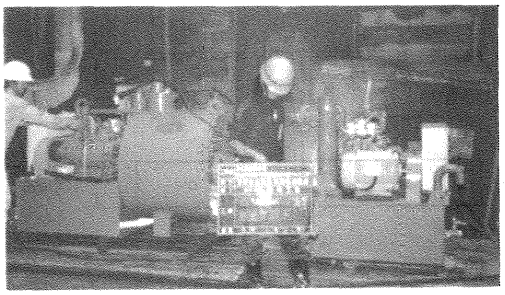




写真－1

図－3



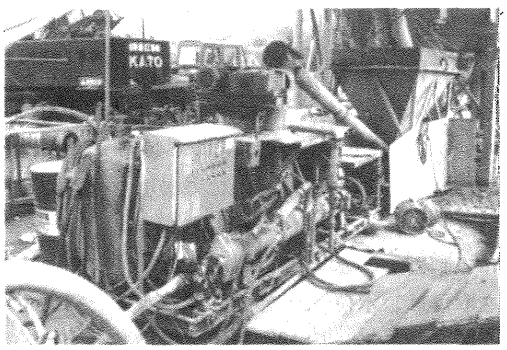


写真－2

(3)　エアーミルク充填設備

今回工事路線上の付近に適当なプラントの設置場所の確保が困難であり、工程の関係上、夜間作業となるため騒音などを考慮して浄水場の立坑から全量圧送する方法をとった。そのために全延長2,300mを立坑1カ所からの圧送は設備の点から困難であり、途中2カ所に中継加圧機を設け、また連続注入できるように自動計量可能な設備とした。

○セメントサイロ　1基(写真－4)
○フライアッシュサイロ　1基(写真－4)
○クリーター　1式(写真－3)
○中継機　2台



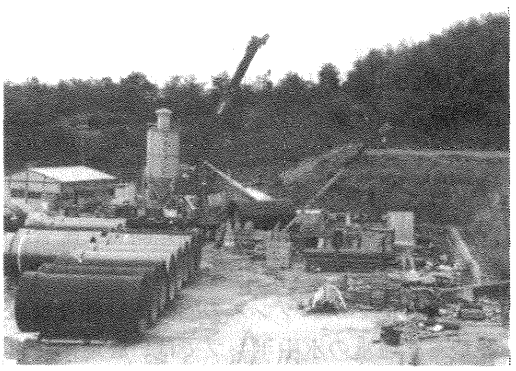
写真－3

写真－4

2．シールド内運搬、据付工

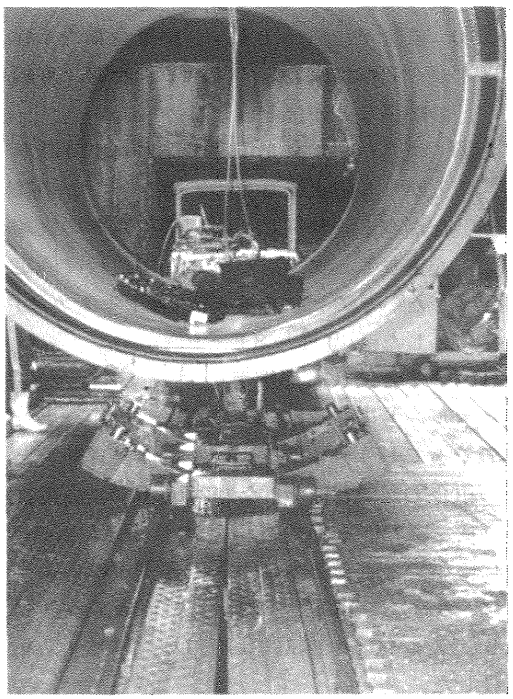
(1)　施工手順

①　管の搬入を20トン吊りトラッククレーンにより、立坑を約20m下のシールドの高さに設けてある踊場まで吊り下ろす。(写真－5)



写真－5

② 立坑下で待機している運搬芯出し兼用特殊台車に管を積込み、管が滑動や転落しないようワイヤーロープで台車に締結したあと、6トンけん引バッテリー車にて接合箇所へ運搬する。(写真－6)



写真－6

③ 接合箇所に到着したら、既設管に挿入しやすいように特殊台車の4個の油圧ジャッキを操作して高さを調整する。

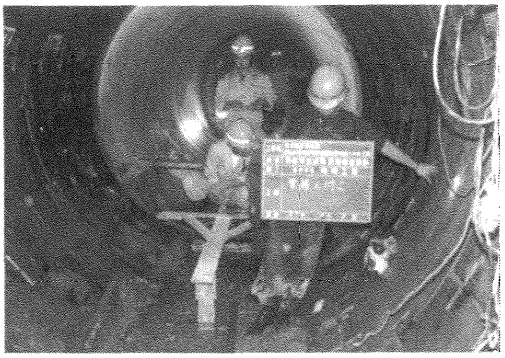
④ 挿し口の外面、受口の内面およびゴム輪の全周を清掃するとともに滑材を塗布する。

⑤ 受口に規定の胴付間隔(Y＝115㎜)を得るため、木製のディスタンスピースを置く。

⑥ けん引車をゆっくり前進して受口を既設挿し口に挿し込み、ディスタンスピースに着くまで挿入する。

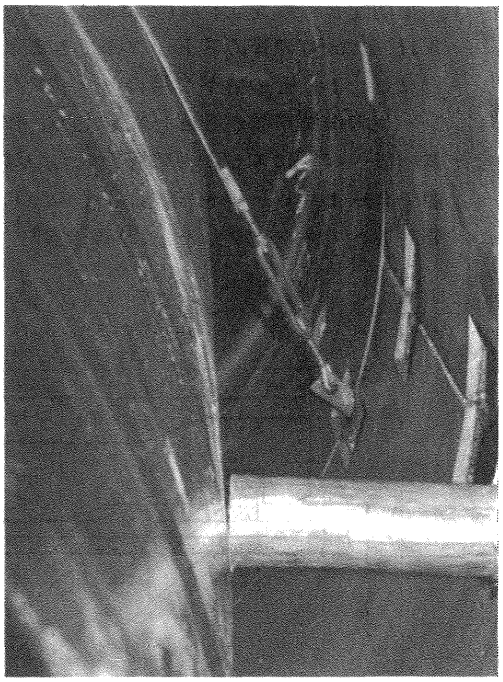
⑦ 2台の手動ジャッキにて管中心方向に押し上げ、台車が抜ける位置で管を仮受けし、台車の引抜きおよびレール、まくら木を撤去する。

⑧ 2台の手動ジャッキにて微調整を行うとともに、T定規、水準器を用いてあらかじめセグメント上に印してある管の高さおよび中心に合わせる。(写真－7)



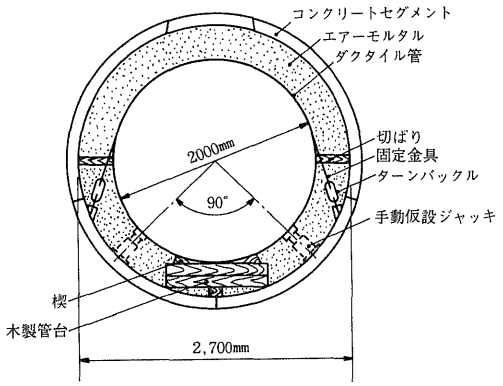
写真－7

⑨ 管の位置が決まると、木製管台を管の下に挿入し楔にて固定、管の横方向の移動防止のため切ばりをはめ込んで据付けを完了する。(図－4、写真－8)



写真－8

図－4



⑩ 据付け完了後、内側継手による管の接合を行う。(詳細後述)

⑪ 最後にエアーミルク注入時の浮力防止のため固定金具の取付けを行い、配管を完了する。(図－4、写真－8)

(2) 考　察

① 平均配管本数を5本/日で計画し、3～4日分(20本)の管のストックができるようにし、また管の吊下し用のトラッククレーンの作業半径が8mと短いため、作業半径へ容易にストックの管が人力で移動できるようレールを布設し、その上に管を並べてストックした。(写真－5)

② 管の布設延長が2,300mと長く、2.3km～1.0km区間の配管には運搬時間を短縮するため、立坑下に管1本分の仮置場を設けた。

③ 重量が7.5トンと重く、特殊台車を4輪から8輪に改良して使用し、脱線、車輪の破損などがほとんどなかった。

④ エアーミルク充填時の浮力による浮き上がりを防止するため、セグメントの接合ボルトを利用して鋼板製ベルトの両端を定着し、ターンバックルで締付け固定した。そのピッチを4m(管1本1カ所)とした。(写真－8)

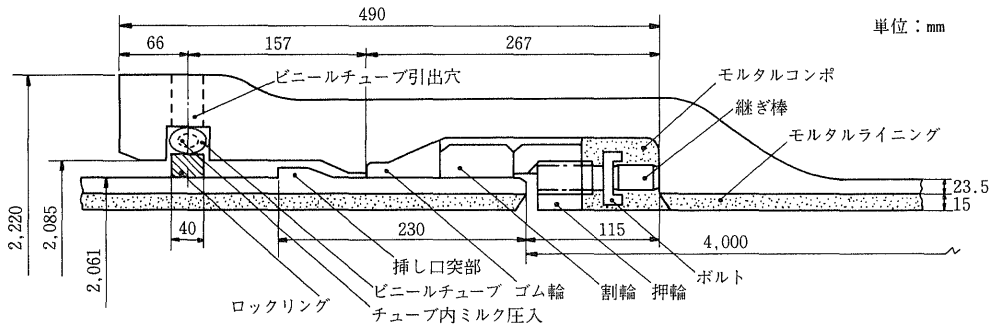
3．管接合工(US形継手)

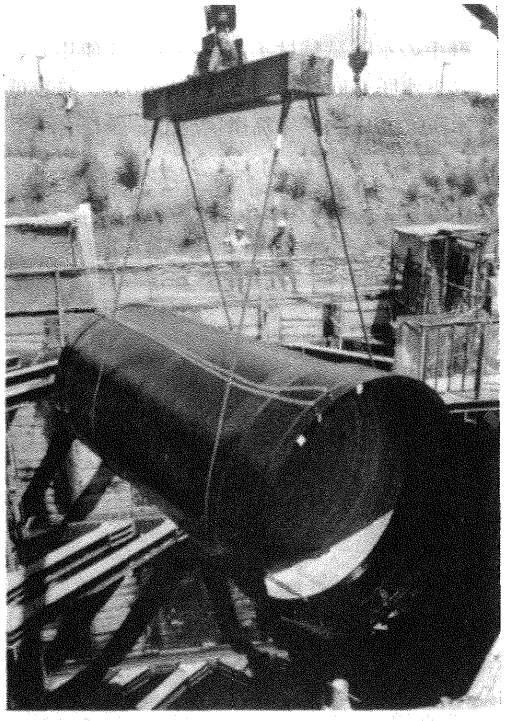
本ルートの曲線は100R～700Rの組合わせでできており、すべて直管(4m)と3°曲管との組合わせで行った。たとば100Rについては直管と3°曲管を交互に使用し、また200Rについては直管2本につき3°曲管1本のように、さらに300R以上については直管のみ使用し、ジョイントを屈曲(許容1°以下)させて布設した。

(1) US形継手構造(図－5、写真－9)

この継手は鎖のように自由に伸縮、屈曲しかつ最終的に大きな抜出力に耐える機能にしたものである。

図－5





写真－9

(2) 管接合要領

管の接合手順を以下に示す。

① 管の受口、挿し口の清掃を行う。

② ロックリングを挿し口にはめ込んで管とロックリングの隙間がないようにし、分割部の間隔を測っておく。(写真－10)

③ 受口の溝にビニールチューブを捩れ、折れがないようにセットし、2カ所の引出穴からチューブの両端を引き出し、管の長さより若干長くしておく。(引出穴は上部にくるよう管を据付ける)(写真－9)

写真－10

④ ビニールチューブセット完了後、溝にロックリングをセットし、ロックリング拡大器にて溝の全周に均一に、十分溝の中に入り込むよう分割部を拡大セットする。

なお分割部は管の下部になるようにする。(以上①－④は坑外で完了しておく)

⑤ 管の運搬据付けを行う。(前述参照)

⑥ 据付け完了後、隙間測定器を使用してロックリングが管に密着していることを確認する。(②の間隔と比較する)(写真－11)

写真－11

⑦ 挿し口にゴム輪を挿入する。

⑧ 割輪、押輪の順にセットする。

a. 割輪は3分割になっており、左右を同時に入れたあと上部を入れる。

b. 押輪は4分割になっており、まず下部の押輪を入れた後、左右を同時に入れ、上部の押輪の両端に止め金具をつけてから入れ、止め金具を締付ける。

⑨ 鋼材とワイヤーを使用して、既設の管とレバーブロックにて締付け、押輪の押入れによる抜出しを防止する。

⑩ 押輪のボルトの締付けを順次行い、継ぎ棒の長さを締込んだあとボルトを戻し継ぎ棒をセットして均等に受口底部の間隔が規定の寸法になるまで締める。

⑪ ボルトの締付けが完了すると、③でセットしたビニールチューブに手動ポンプでモルタルを注入、充填し、モルタルの硬化を待ってリングの浮き上がりを防止する。(これはセグメントと管とのクリア

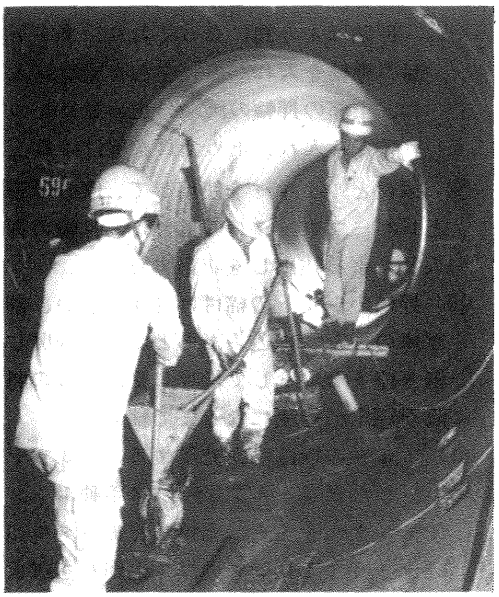
写真—12

ランスが小さく、セットボルトによる方法が不可能なためである）モルタルの配合は下記のものを使用した。(写真—13)

モルタルの配合

W	C	S	
1	2	0.7	（重量比）

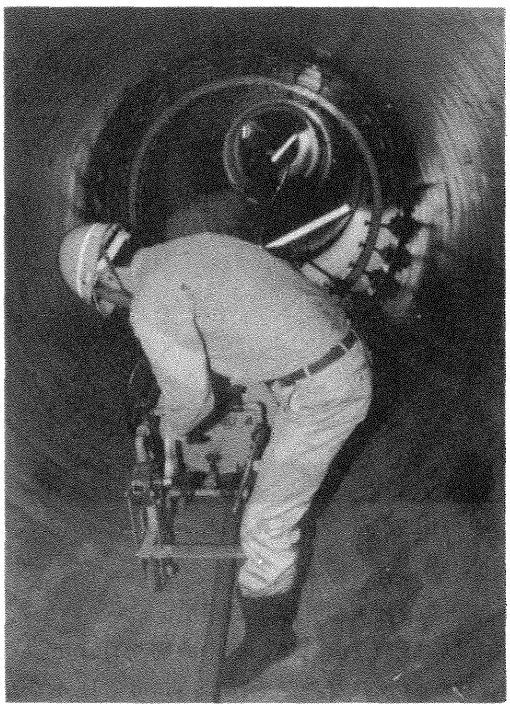
⑫　継手部モルタルコンポ
（U形継手と同要領）



写真—13

(3)　水圧試験

継手の水圧試験はテストバンドを使用し、テスト水圧 2 kgf/㎠、持続時間10分、許容低下水圧20%以内で全箇所実施し、全数合格した。(写真—14)



写真—14

(4)　考　察

①　ビニールチューブにモルタルを注入して、セットボルトにかえるのがこの継手の特徴であり、モルタルが確実にチューブに充填されていることが必要である。

今回の施工の例では、チューブの引出穴の出口で折れやすく、注入に支障をきたすため、この部分にビニールチューブを10cm位二重にしてビニールテープで巻きつけ、チューブの折れを防止した。

②　ビニールチューブのモルタル注入は、一端から注入をはじめ、他端を管の上部より高くしておき、エアーを抜けやすくするとともに、その端までモルタルが到達したことを目視し、完全にチューブ内に充填されたことを確認することが必要である。

③　シールド内に配管した鉄管の個数587個で、延長にして6mの伸びがあり、1個あたり10mmとなった。これは管の公差と接合部の若干の抜出しが加わったものであった。

④　接合部のモルタルコンポは水圧テスト後に行い、接合作業に数日遅れて追随した。

4．エアーミルク充填

この作業はシールドの1次覆工のセグメントと管との間の空隙にエアーミルクを詰めるものである。

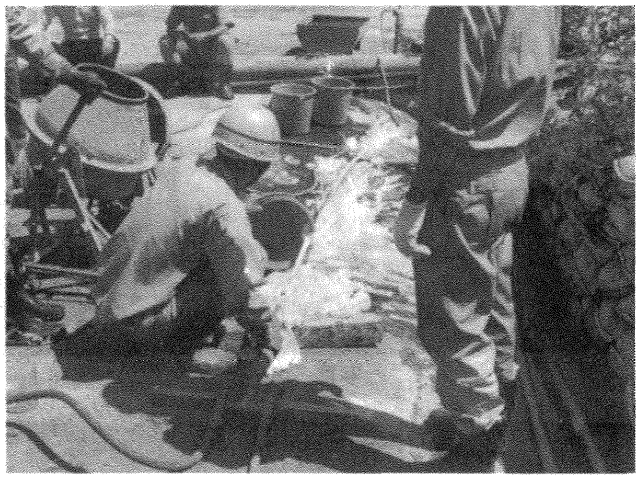
(1)　充填材(フライアッシュ混合エアーミルク)

前述の設計配合に基づいて、現場において試験練りを実施し、次の配合を決定した。

表－1

(起泡液は動物性蛋白質の加水分解物で、比重 1.170である)

圧縮強度 (kgf/cm²)	水セメント比 (W/C+F) (%)	空気量 (%)	フロー値 (mm)	1 m³ あたり材料				
				スラリー			起泡液稀釈水	
				セメント (kg)	フライアッシュ (kg)	混練水 (kg)	起泡液 (ℓ)	水 (ℓ)
$\sigma_{28}=\sigma\pm1$	W/C+F 56	62±3	160±30	175	175	196	148	35.52



写真—15　(気泡群の製造)

(2)　充填方法

プラントを浄水場内の立坑付近に設置した。エアーミルクの圧送能力が約800m程度のため800mごとに中継機を2カ所設置し、坑外のプラントから第1中継機へ圧送、再練して第2中継機を経由、2,300mをφ50VPにて圧送注入した。

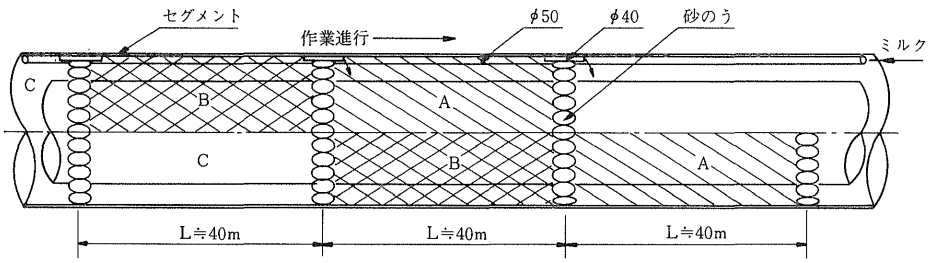
注入作業は昼間の配管作業に支障のない夜間を行い、その都度中継機は取りはずし立坑下に待避した。もちろん注入作業が進むにしたがい立坑に近づいてくると順次中継機は不要となる。注入作業は、管が40m(10本)布設されるごとに1回行い、平均2日に1回の割合で施工した。

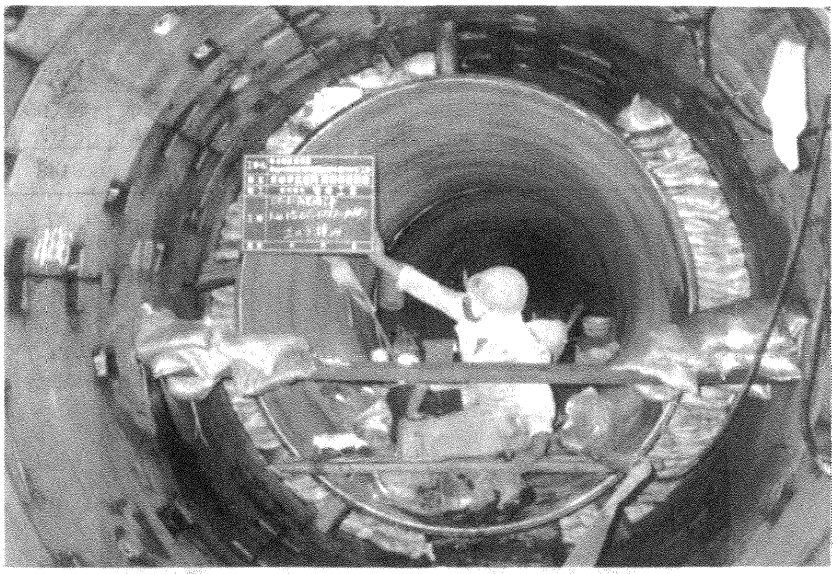
1回の注入量は約90m³で7時間を要し、13m³/時であった。

エアーミルクのせき止めとして、砂のうを鉄管とセグメントの間に隙間のないように積上げて行い、側圧を考慮して2段階とし、セグメントの最上部に空気抜き兼用の充填確認のφ40VPを設置し、そのパイプからエアーミルクが溢出することで注入完了とした。次に施工順図を示す。(図－6、写真－16、17)

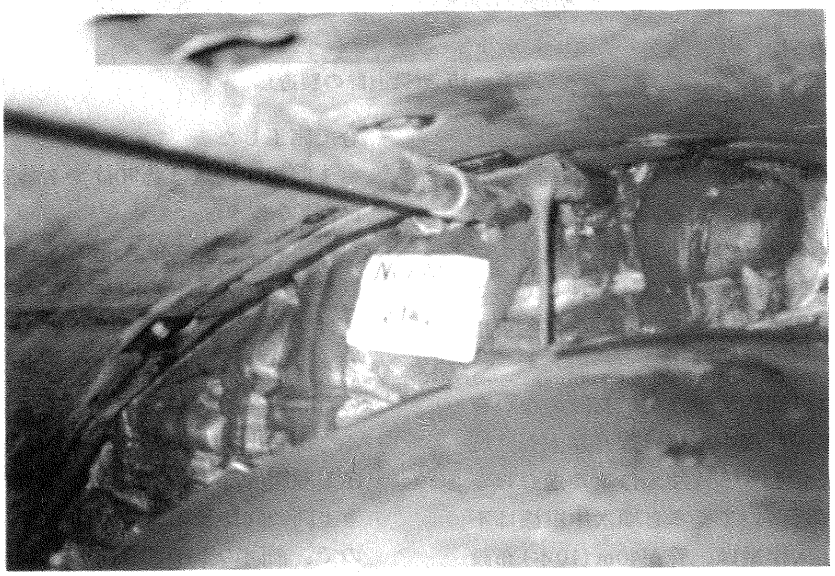
上図の同符号の箇所を同一日に注入したもので、前回の上半と今回の下半を同一日に注入する。

図－6





写真—16



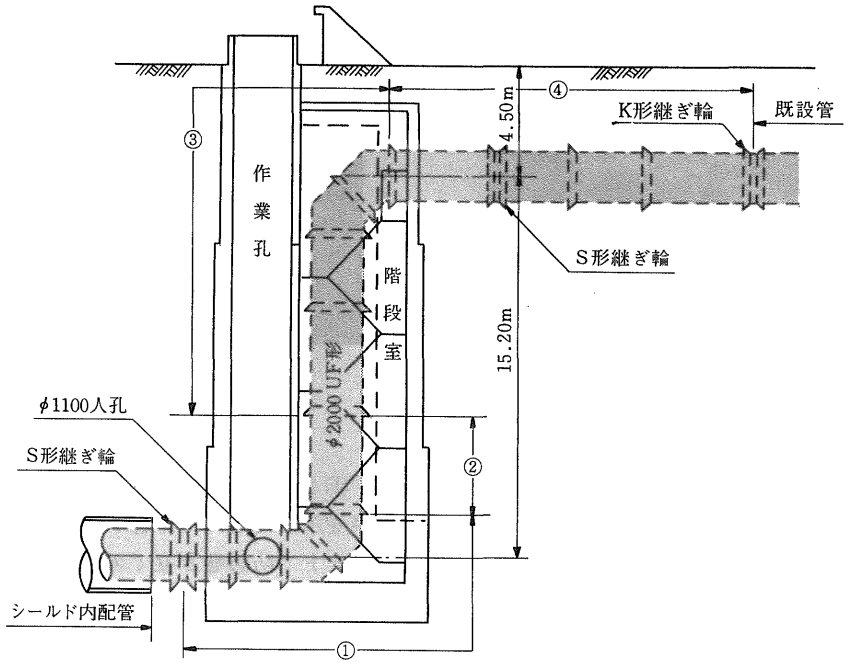
写真—17

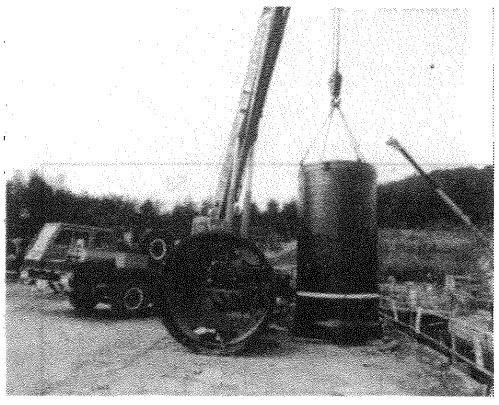
5．立坑内立上り配管

シールド内に配管した管が、立坑を立上り浄水場内の既設の管に連絡接続するもので、シールド内の配管が完了したあとに着工した。本配管については呼び径2000mm UF形ダクタイル管を使った。立上り延長が約15mで非常に長く、4段階にわたって配管を行い、防護、階段室のコンクリートと併行して施工した。

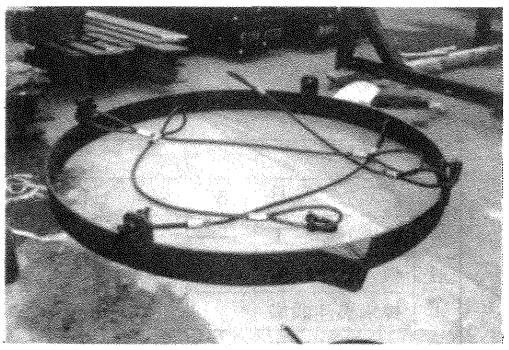
垂直配管で、かつ内側継手であるから常に受口を下向きに配管し、管の内外に接合作業用の足場を必要とした。また吊卸しには、垂直に吊下げることと、大口径、大重量のため特殊吊り金具を使用し、本管とシールド内配管、既設管との接続は、可とう性の大きいS形継ぎ輪を使用した。(図－7、写真－18～22)

図－7

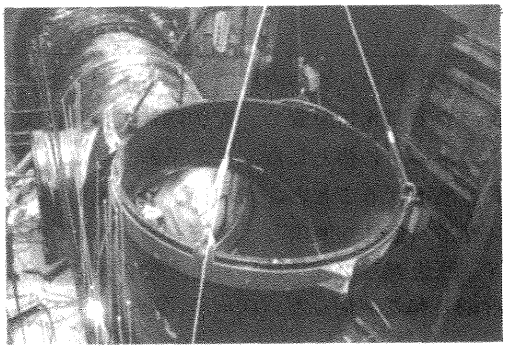




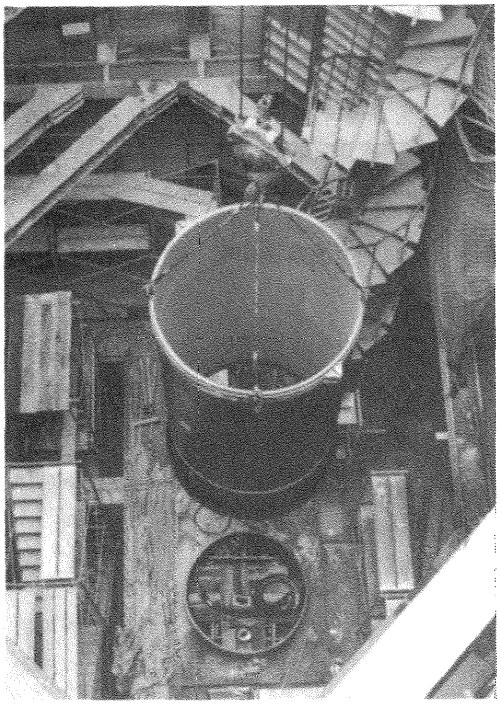
写真－18　(吊込み)



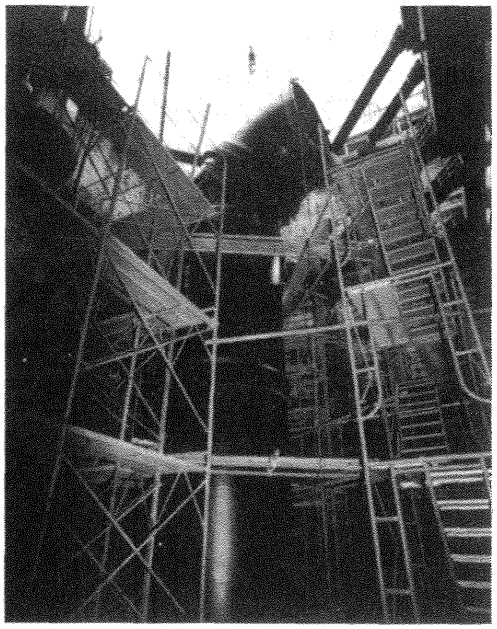
写真－19　(特殊吊り金具)



写真—20　①ブロック



写真—21　②ブロック



写真—22　③ブロック

①②③④は、4ブロックに分けた配管順序を示したもので、各ブロックごとにコンクリートで防護巻き立てのあと、次のブロックの配管を行った。

V．工事工程

1．実施工程表

実施工程を表にて示す。(表－2)

表－2

年		57								58			
工種＼月		5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
仮設工	準備工	———											
	軌条設備		———										
	排水裏注設備			—									
シールド内配管工				———	———	———	———	———					
立坑内配管工									- - -	- - -			
管理用立坑築造工								———	———	———	———	———	———

2．標準作業タイムサイクル表(表－3)

表－3

作業			時刻 8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4
シールド内配管	①	管の吊込み・運搬	―																				
	本	挿入・芯出・据付け		―																			
		内面接合			―																		
		管の固定				―																	
	②	〃			―	―	―																
	③	〃						―	―	―													
	④	〃								―	―	―											
	⑤	〃									―	―	―										
裏込め注入	2日に1回	砂のう製作搬入										―											
		中継機設置											―										
		エアーミルク注入												―	―	―	―	―		―	―		
		中継機搬出、片付け																				―	

3．シールド内配管日進量

シールド内配管の実績日進量をまとめてみると、次の通りである。

○管総数－587口(直管552＋3°曲管35)

○延べ日進量－587/128＝4.59口/日

○配管期間－58.7.5～58.11.9＝128日

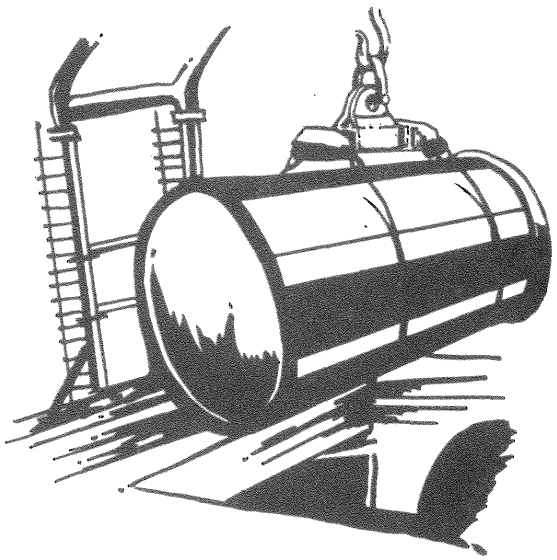
○実動日進量－587/104＝5.65口/日

Ⅵ．むすび

以上、本市における最大口径配水管である新伏見幹線配水管布設(その5)工事の概要を述べたが、施工にあたってシールド内配管という、ある限られた作業スペースで、しかも片側一方からの長距離配管の作業条件にもかかわらず工事は順調に進み、計画工程通り所定の工期内に無事完成することができたことは、工事に対する住民の公害意識の高まる中で、今回作業基地を本市新山科浄水場敷地内としたため、工事そのものに専念することができたこと、また施工にあたり協力いただいた関係各位のご努力の賜物と深く感謝する次第である。

3 技術レポート

既設導水路(馬蹄形暗きょ)の耐震化対策としての内部配管工法について



東京都水道局多摩建設事務所
工事第1課長　**吉野良英**

1．はじめに

「災害は、忘れた頃にやってくる」という昔からの諺があるように、昭和58年５月26日正午頃突如日本海中部に発生したM7.7 規模の地震は、秋田県・青森県を中心に日本海沿岸に大きな被害をもたらした。

大地震が発生すると、その被災地の復旧には多大なる日時とばく大な復旧費用を要するが、なんといっても被災者が被災後一番先に欲求してくる物は「水」である。その「水」、すなわち人類や生物の“生命維持用”としての重要な使命を果しているものに水道施設がある。

水道施設は、日常生活や都市機能に不可欠の基幹的施設であり、飲料水をはじめとする生活用水や産業用水は、ほとんど水道水に依存している。したがって、一度大地震が発生した場合、大部分の住民は水道水以外に「水」を求めることができなくなるので、断・減水による影響は非常に深刻である。このことは、最近発生した地震を例にとってみても明らかである。

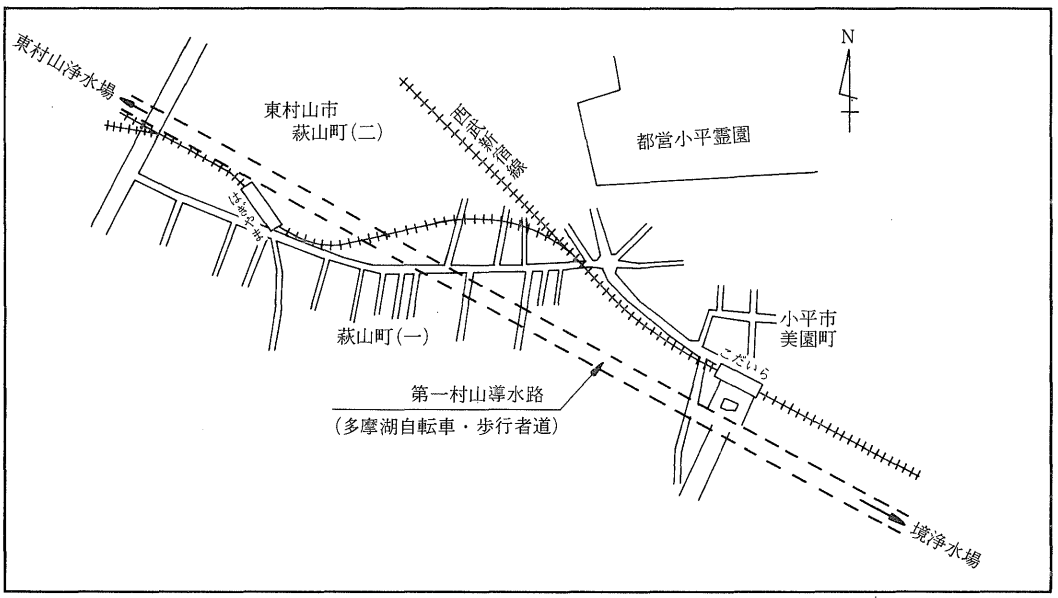
このためには、どのような地震に対しても安全で、しかも安定した給水をはかれるよう日頃から強い関心を持つとともに、それに耐えられるような水道施設に改善していくことが必要である。

水道施設の耐震化は、全国各地の事業体で進められているようであるが、東京都水道局においても震災対策の一環として約60年を経過した馬蹄形無筋コンクリート造りの導水路(内径2300㎜)内に呼び径2000㎜のダクタイル鋳鉄管(U形継手)を搬入配管した。このように、経年化した馬蹄形暗きょ内を長距離にわたり配管し、その耐震性を高める工法は前例がないと思われるので、本誌上にて施工経過を紹介したい。

2．導水路の現況

この導水路は、通称第一村山導水路と呼ばれ、東村山浄水場(施設能力126.5万㎥/日)内にある着水井から境浄水場(施設能力31.5万㎥/日)へ原水を送るために設けられた暗きょ式の水路である。

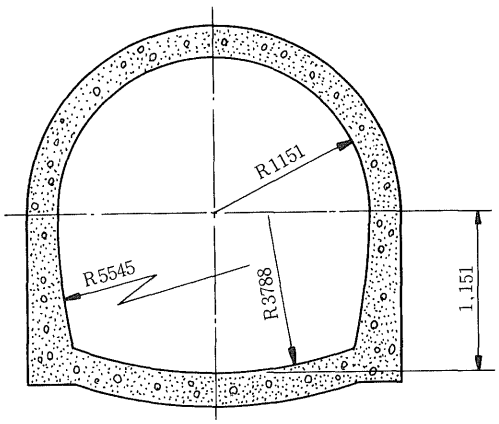
図―1　案内図



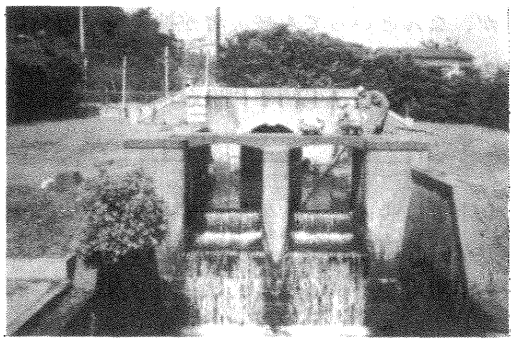
写真—1　案内板

これは、大正12年から大正14年まで延長9.5kmにわたって築造されたもので、しかも馬蹄形の無筋コンクリート巻き構造となっており築造以来約60年間当局の主要導水路として都民の水を潤してきた。

図—2　導水路断面図



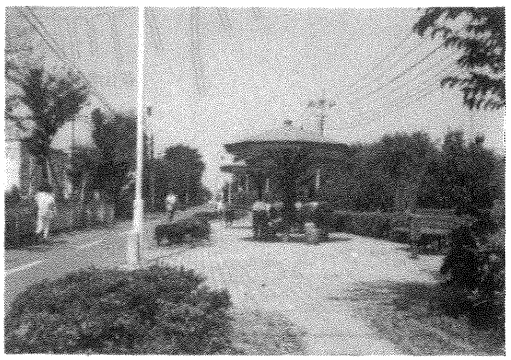
築造当時は、この沿道一面田畑であったようであり、そのかんがい用としてもなくてはならない重要な役割を果していたようである。その証拠には、導水路のうち3カ所に開きょ部の急下（土砂だめおよび他用水への分岐場所として設けられた施設）が設けられており、そこには付近の田畑に用水供給した根せきの分岐用せきが見られることである。



写真—2　第二急下（施工前）

調査時点では、導水路内面部はき裂が幾重にも走っており、底面部にも随所に破損箇所があり、モルタルで補修した跡も見られた。

一方地上部は、近年の都市化の波とともに付近は住宅街になったが、まっすぐな導水路敷は、その両側に花木も植えられところどころに休憩用の小屋やベンチが設けられており“多摩湖自転車・歩行者専用道路”として格好なレクリエーション施設となって、地元住民の憩いの場とともに通勤・通学路はもとより、日常生活の通路として広く利用されている。



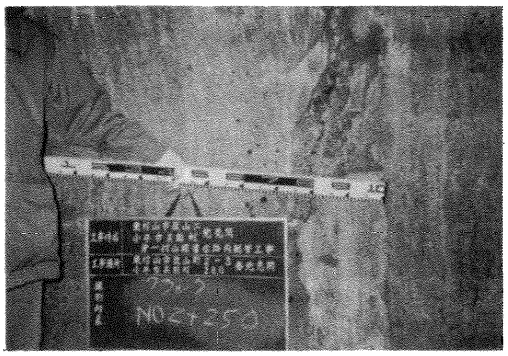
写真—3　地上部

3．調　査

1．内面部

導水路は、東村山浄水場から境浄水場へ向かって自然流下で流れており、調査時直前の水深は約1.5m位であった。したがって、この調査入坑には断水しなければならないので、水道使用量の逓減時期を待って行った。勾配については、全路線１％と伝えられていたが実際に測量したところ0.6％～1％の範囲であることが判明した。

内面部は、無筋コンクリートの地肌から推定して打ち放しであったと思われるが、その後補修したのか約１cm位の厚さでモルタル巻きが施してあるため、天端や側壁部については一部分を除き比較的平滑な表面であった。しかし、常時水と接触している部分については、モルタルにき裂が入り、その周囲が浮いている箇所も多く、破損箇所には補修の跡が見受けられた。



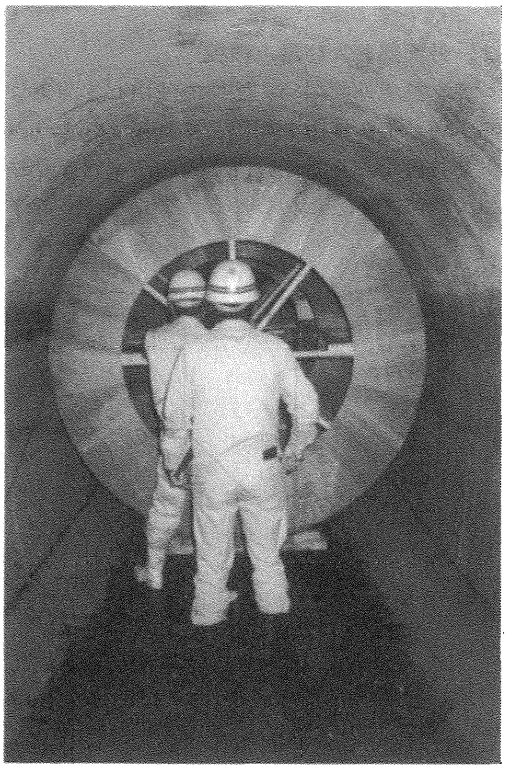
写真―4　内部壁クラック

底面部については、永年の使用実績による洗掘なども多く見られ、そのような箇所には粗骨材が露出していた。

写真―5　底面破損状況

設計上の内空断面は、H＝2,300mmとなっていたが、全工区この寸法が保たれているかどうか測量したところ、最大H＝2,355mmから最小H＝2,220mmまでの寸法が測定された。このうち、H＝2,300mmより狭小で配管上特に支障があると思われた区間は約120mあり、この区間については底面を多少はつることにより必要断面を確保することとした。側壁間の幅については、B＝2,300mmより一部狭小な箇所もあったが、配管上支障となるような所はなかった。

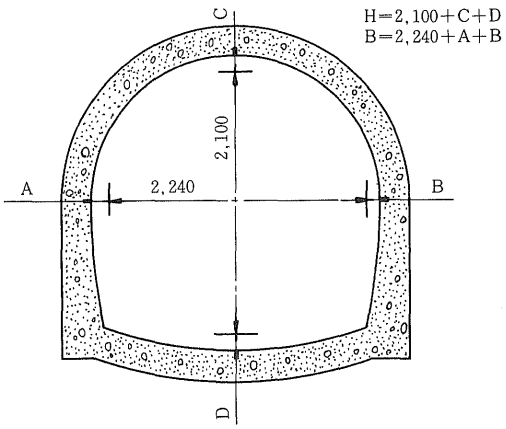
しかし、実際に管の搬入を開始してから導水路内で管が移動不可能になるような状態は絶対に避けなければならない。そこで念のため呼び径2000mmダクタイル鋳鉄管(U形継手)の外径寸法 $\left(\begin{matrix} D_5 = 2209\,mm \\ D_2 = 2061\,mm \end{matrix}\right)$ と管長(ℓ＝4m)を備えた木製模型管を作製し、それを用いて導水路内全工区にわたり搬入試験を行い、測量した数値をもとに管の搬入時に不都合が生ずるかどうかをチェックした。その結果特に支障ないことが判明した。



写真―6　木製模型管

導水路内空断面の測量は、目視で狭小（モルタル補修箇所）とわかる箇所を除き縦横断面とも10mごとに測定した。その方法は、トランシット・投光器・懐中電灯・箱尺・水平器・下げ振り・巻尺・水糸などを用いて、高低H＝2,300mmの規定寸法に対してH＝2,100mmの位置を基準面とし、その上・下のプラス分を測定した。また側壁幅もH＝2,300mmの規定寸法に対してB＝2,240mmの位置を基準幅とし、その右・左のプラス分を測定した。

図―3　測定方法



2．外面部および地上環境

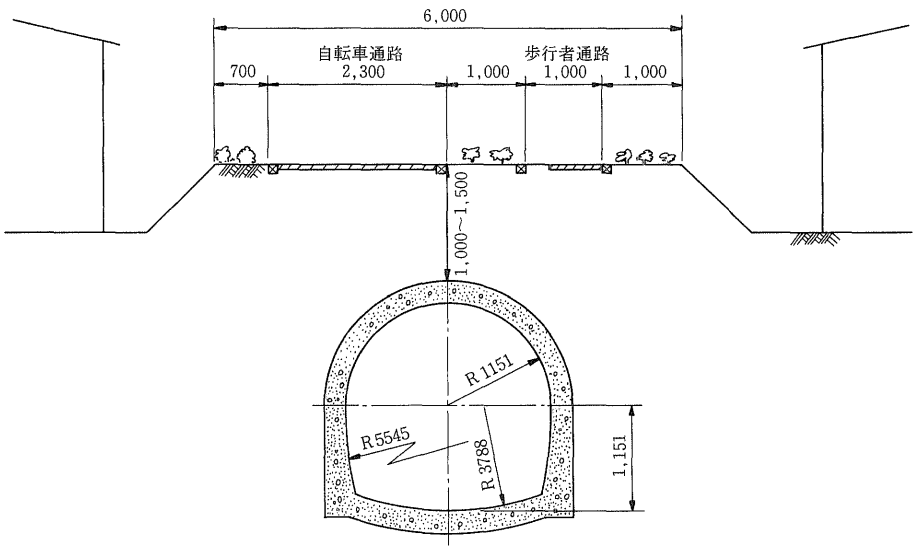
導水路の外面部は、型枠を使用せず関東ローム層である地山を利用して直接コンクリートを打設したらしく、小さな凹凸がかなり目立つ状態であった。しかし、コンクリート厚さについては、天端部21cm、側壁部24cmとほぼ均一に打設されており、その配合・突き固めともに確実なもので、今さらながら昔の技術に敬服せざるを得なかった。

地上部は、商店や住宅が建ち並ぶ中を多摩湖自転車・歩行者専用道路となっており、付近住民の通勤・通学路の幹線通路となっている。この専用道路が一直線になっている関係で、主要道路や鉄道が数箇所横断しているがその場所には上載荷重を考慮して杭基礎や鉄筋コンクリート板による防護工が施されており、馬蹄形暗きょに直接荷重が加わるのを防いでいる。

導水路の土被りは、大体1.0m～1.5mの範囲であったが、場所によっては盛土によって土被りを保つため盛土が民家の軒先近くまで達していた所もあった。

写真―7　通　路

図―4　通路と導水路断面



4．管搬入方法の検討

経年化した既設導水路の中へ可能な限りの最大口径管を搬入し配管するには、内面部と管外径との間隙をより有効に活用するしか方法がない。そこで、先に調査した内容を参考に検討した結果、従来シールド工法に用いられている内部配管方式を応用した軌条台車方式と無軌条台車方式(一部に試験使用)を採用することとした。

1．軌条台車方式

導水路内に布設された軌条の上を走る台車と、これを推進するバッテリー・カーからなっている。

レール用車輪は、台車およびバッテリー・カーとも前後・左右に4コ備えている。台車には、配管時芯出しに用いるための油圧ジャッキ(10t/基)を車輪の近くに前後・左右4基備えている。

この台車の特徴は、導水路断面を有効に利用するため台車の形状に"R"を付けたことレール幅が規定の幅でなく底面断面を考慮してB＝1,700mmとした点である。

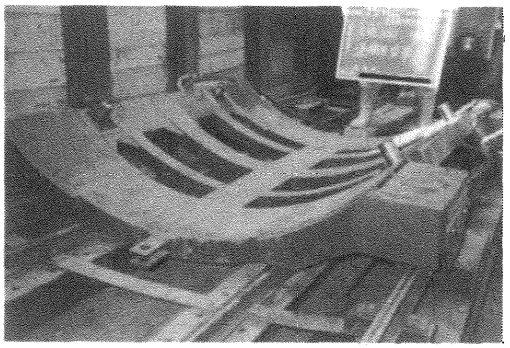
2．無軌条台車方式

軌条台車方式とは異なり、レールを布設しないで導水路底面を直接走る台車と、これを推進する電動フォーク・リフト・カーからなっている。

台車には、ウレタン樹脂製の車輪を左右それぞれ4コ計8コ備えており、配管時芯出しに用いるための油圧ジャッキ(10t/基)は前後・左右に4基備えている。

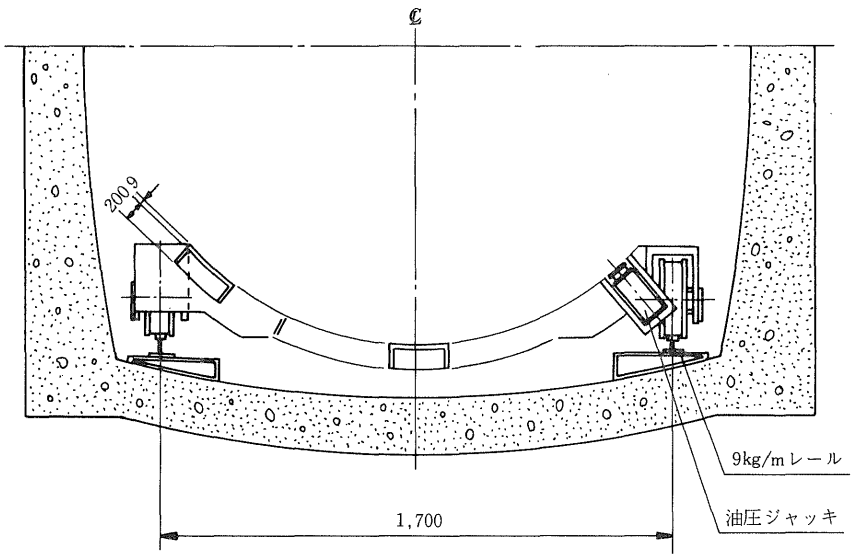
電動フォーク・リフト・カーの車輪は、ゴムタイヤ製で前後・左右に4コ備えている。

この台車の特徴は、軌条を使用していない関係で横振れが生ずる恐れがあるので、これを防止するため前後・左右に車輪同様のウレタン樹脂製のサイド・ローラーを設けた点である。

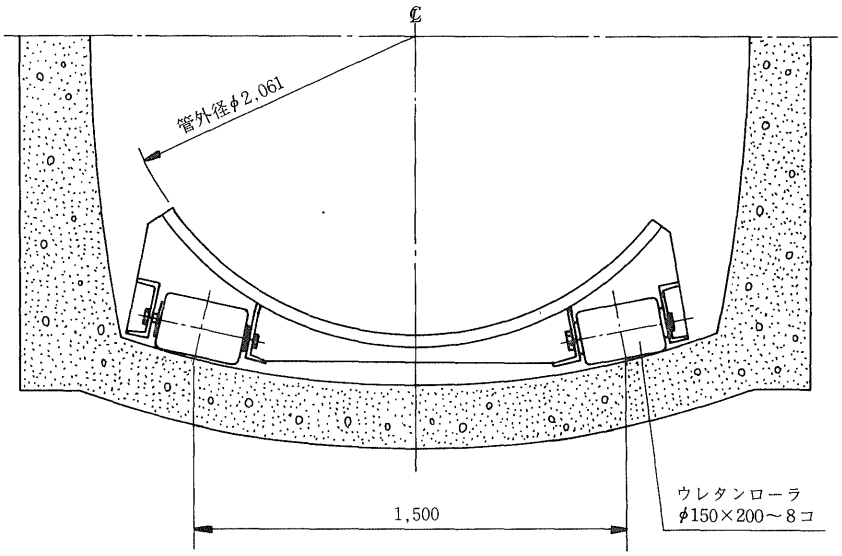


写真—8　軌条台車

図—5　軌条台車方式



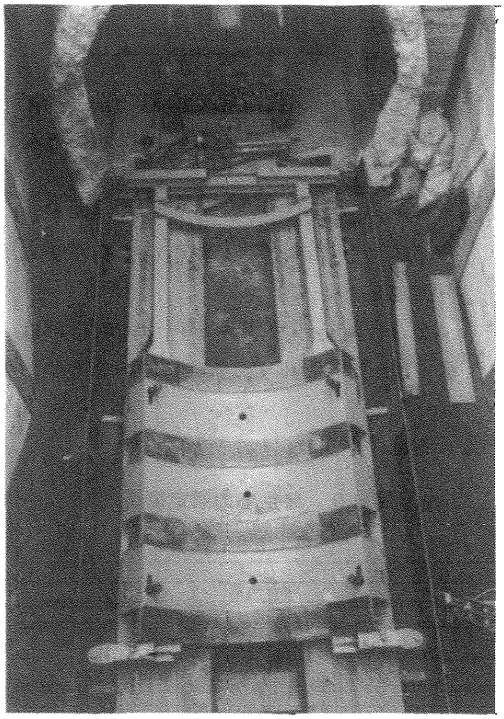
図—6　無軌条台車方式



なお、以下に両方式の内容を比較してみた。

表—1　軌条・無軌条台車方式の内容比較

比較項目	軌条台車方式	無軌条台車方式
台車	レール上を走行するため、車輪を前後・左右に4コ備えている。 芯出しに用いる油圧ジャッキを4基備えている。	底面を直接走行するため、ウレタン樹脂製の車輌を左右各4コ計8コ備えている。 芯出しに用いる油圧ジャッキを4基備えている。
動力	バッテリー・カーにて、レール上を走行するため安定した推力で運行できる。	電動フォーク・リフト・タイヤにて直接導水路の底面を走行するので水・泥・苔などによるスリップが生ずる場合がある。
搬送設備	台車・バッテリー・カー用の軌条を布設・撤去する必要がある。	底面に不陸などがないように補修する必要がある。
走行性	レール上を走行するので、振れが少なく、比較的狭小な断面でも走行可能である。	無軌条のうえ底面にRが付いているので、振れが発生しやすいので注意を要する。
導水路に対する影響	導水路の内面は、厚さ1cm位のモルタル仕上げとなっているため走行時の振動ではがれたり、強度の小さい所ではフラット・バーがめり込むこともあるので注意を要する。	導水路の内面は、厚さ1cm位のモルタル仕上げとなっているため、走行時にウレタン樹脂製車輪による割れやはがれが生ずることがある。 不陸や破損箇所があると車輪に対して大きな抵抗力となる。



写真—9　無軌条台車

わるので、現状で耐え得るかどうかを検討するため底面コンクリートよりコアを抜き取りその圧縮強度を調査した。

写真—10　コア・サンプル

5．導水路に対する力学的検討

1．底面コンクリートの強度

管搬入時には、導水路底面に一番荷重が加

表—2　底面コンクリート調査結果

サンプル番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均
厚　さ (cm)	22.5	18.5	14.5	15.0	10.5	20.0	5.5	2.5	15.0	16.5
圧縮強度 (kgf/cm²)	78.7	41.5	34.4	63.2	50.5	51.8	——	——	55.0	53.6
弾性定数 (kgf/cm²)	10,600	9,400	7,500	10,400	8,000	12,900	——	——	14,800	10,500

※平均値は、サンプル7、8を除く。

コンクリート厚さについては、凹凸が多く圧縮強度の試験値も一定でなかった。

曲げ強度＝圧縮強度×0.0769×1.5

＝53.6×0.0769×1.5

≒6 kgf/cm²

2．導水路に対する内部応力

軌条台車方式における台車およびバッテリー・カーが通過する時の導水路底面に発生する応力を実際に実験したので測定結果を示す。

(1)　管搬送条件

①　台　車

	ホイール・ベース	1,560mm
	重　量	約2,000kgf
	車体全長	1,864mm
②	バッテリー・カー	
	ホイール・ベース	1,000mm
	重　量	4,000kgf
	定格速度	6km/h
	車体全長	3,110mm
③	管	
	呼び径	2000mm
	長　さ	4,000mm

管　　種　ダクタイル鋳鉄管
（U形継手）
重　　量　5,560kgf

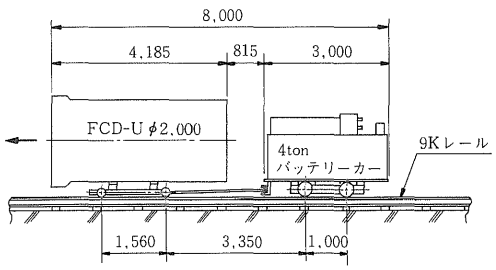
④ レール

名　　称　9キロレール
重　　量　8.94kgf/m
断　面　積　11.4㎠
断面二次モーメント　62.41cm⁴
フラット・バー　1,000mm間隔

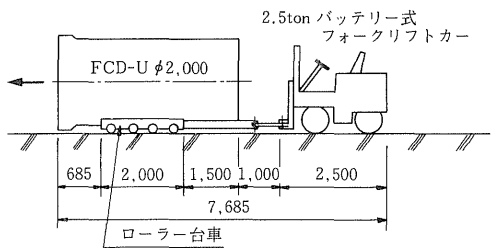
写真—11　フラット・バーとレール

⑤ 台車とバッテリー・カーの位置関係
図—7、8の通り。

図—7　バッテリー・カーと台車（軌条方式）



図—8　フォーク・リフト・カーと台車（無軌条方式）



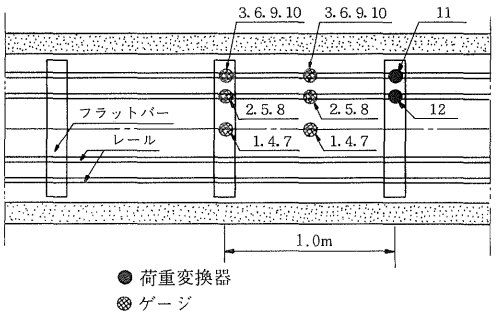
(2) 測定方法

① 荷重測定
ひずみゲージ式荷重変換器（5ton定格）を用いて、コンクリート底面に加わる荷重を測定した。

② ひずみ測定
埋込みひずみゲージを用いて動ひずみを測定した。
なお、埋込みひずみゲージの取付けは水平（十文字形）、鉛直、斜45°の3方法で行った。

③ 測定箇所

図—9　発生応力測定箇所



表—3　ゲージ設定区分

ゲージ形態	ゲージNo.	
	A設定	B設定
埋込みゲージ（水平）	A1～A6	B1～B6
〃　（斜45°）	A7～A9	B7～B9
〃　（鉛直）	A10	B10
荷重変換器	11、12	

※A設定：フラット・バー直下
B設定：フラット・バーの中間

④ 測定結果

写真—12　ゲージ配線状況

表—4　発生応力の測定結果　(kgf/cm²)

ゲージ番号		フラット・バーの下		フラット・バーの間	
		台車通過時	バッテリー・カー通過時	台車通過時	バッテリー・カー通過時
トンネル軸方向	1	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	−0.07	−0.17	0.04	0.06
	3	−0.63	0.16	0.07	−0.07
トンネル横断方向	4	−0.26	−0.14	0.03	0.03
	5	−0.13	−0.06	0.05	−0.04
	6	−0.53	0.02	−0.04	0.00
トンネル軸方向斜め 45°	7	−0.07	−0.04	−0.10	0.10
	8	−0.04	−0.25	−0.05	0.04
	9	−0.10	0.01	0.08	0.04
鉛直	10	−0.43	0.08	0.03	0.08
荷重 (kg)	11	1,430	———	1,540	———
	12	———	1,170	———	1,160

写真—13　測定状況

3．導水路に対する外部応力

導水路は、無限に長いものと仮定し、単位長さあたりについて検討する。

(1) 土　圧

テルツアギー式により、ゆるみ高を求めるとH＝1.0m以上となる。したがって、土圧については垂直公式を用いることとした。

$Ps = Rs \times H$　　Rs：土の単位重量

$= 1.8 \times 1.0$　　H：土被り

$= 1.8 t \cdot f/m^2$

(2) 活荷重

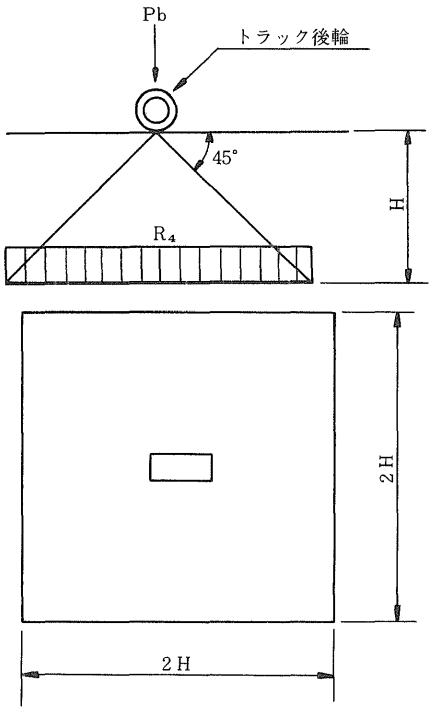
土被りが浅いため、45°分散として図—10のように考えた。

トラック重量：T—20

衝撃係数：1.5

分散面：2H×2H

図—10　活荷重分布図



したがって、1後輪の活荷重は、

$Pb = T \times 0.4 \times 1.5$

$= 20 \times 0.4 \times 1.5$

$= 12 ton$

$P_{20} = Pb/4$

$= 12/4$

$= 3.0 t \cdot f/m^2$

(3) 垂直荷重

$P=Ps+P_{20}$

$=1.8+3.0$

$=4.8t\cdot f/m^2$

(4) 荷重分布

$P=4.8t\cdot f/m^2$

$W=P/2$

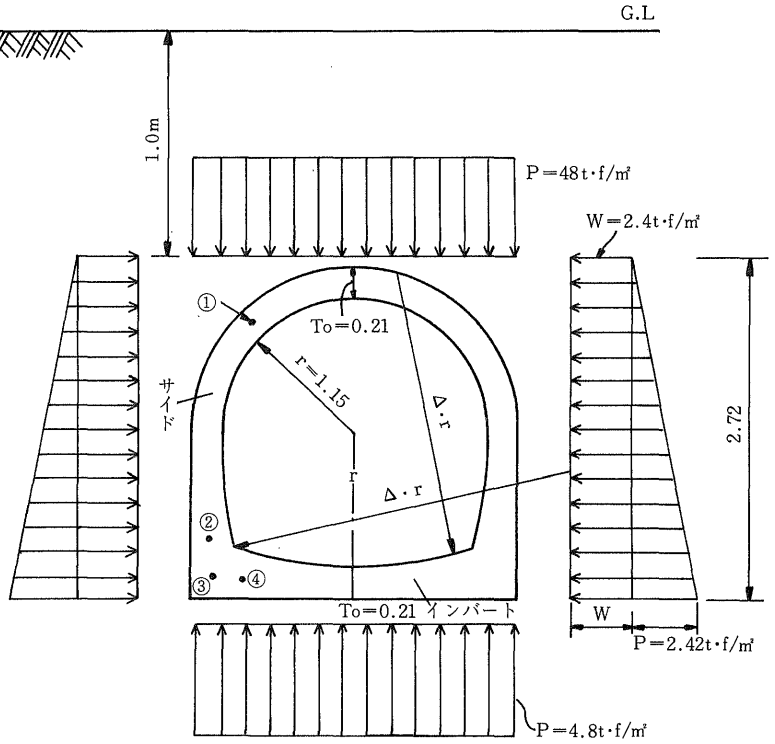
$=2.4t\cdot f/m^2$

$Pt=[P+(2.3+2\times To)\times 1.8]/2-W$

$=[4.8+(2.3+2\times 0.21)\times 1.8]/2-2.4$

$=2.42t\cdot f/m^2$

図—11　荷重分布図



荷　重　図（20tonトラックの場合）

4．考　察

(1) コンクリートの圧縮強度は、平均で53.6 kgf/cm²、弾性定数は10,500kgf/cm²ときわめて小さかった。

(2) コンクリートの発生応力は、台車レール下のフラット・バー直下がもっとも大きくバッテリー・カー・レール下の発生応力の2～3倍程度であった。

このことから、今回は台車レールを主として注目すればよいと思われる。

(3) 実験結果より、導水路底面の最大発生応力は、トンネル軸方向（ゲージ番号3）に表われている。

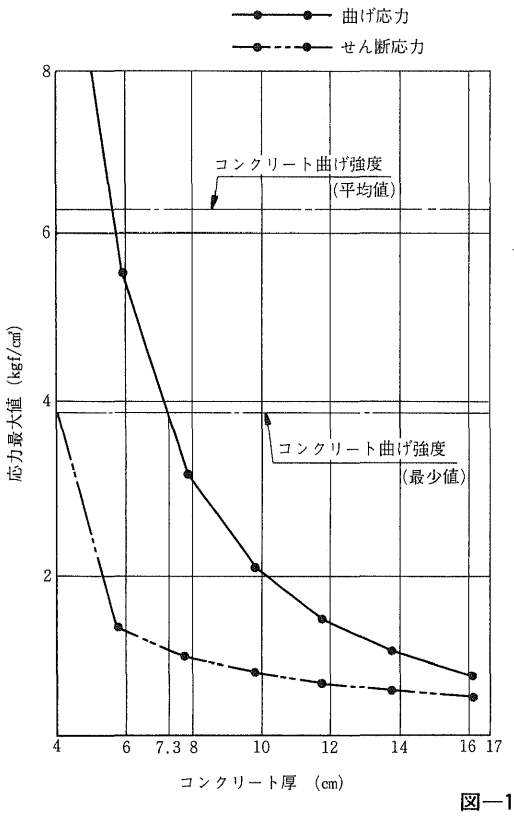
この時の発生応力は0.63kgf/cm²で、導水路底面の許容応力6 kgf/cm²（平均）に比べると安全（安全率≒9.5）であった。

しかし、実際にはかなり薄い箇所（5 cm以下）もあったので、モルタルなどで補強しながら施工した。

(4) 許容応力の実験値の最小値（図—12）を用いて、導水路底面の必要厚さを求めてみると7.3cm以上となった。

(5) 導水路と鉄道や主要道路が交差している場所では上面防護が施されているが、そのほかの場所で施工時に重機類が載る場合は安全性を考えてステージングなどを組み荷重が直接導水路に加わらないように注意した。

図—12　コンクリート厚と応力最大値の関係



6．施　工

1．管搬入立坑

導水路内へ管を搬入するため、新たに設けた立坑は3カ所であり、既設の開口部である急下箇所は到達立坑として用いた。

発進立坑として使用する3カ所は、いずれも管の運搬に便利なように道路に面している場所を選定した。

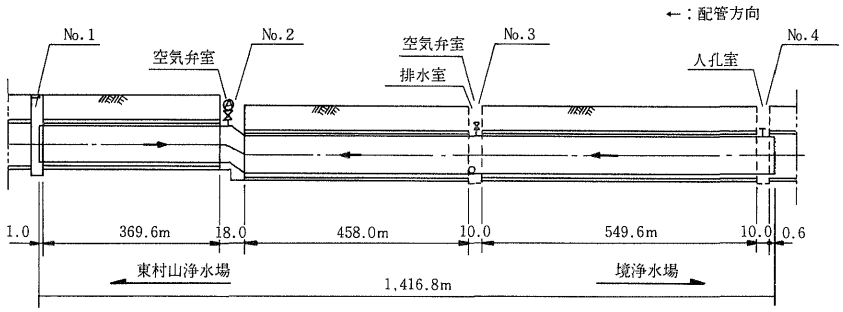
管の吊り降しは、移動式門型クレーンを使用し、この周囲に高さ5mの仮囲いを行い、工事関係者以外は無断で立入りできないよう安全対策を施した。

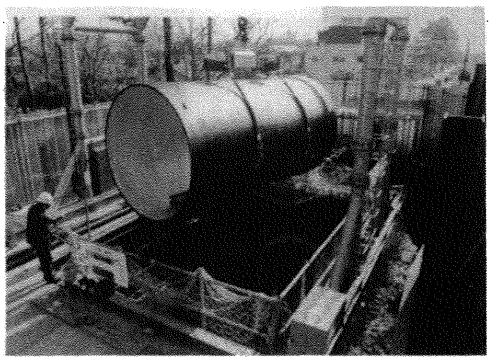
構造は、H鋼(H＝250mm)を1.5m間隔で打込み(根入れ2.0m)木製矢板の横掛け土留めとし、底盤は導水路底面と同一高さになるようコンクリートを打設した。

大きさは、台車およびバッテリー・カーが平面的にも納り、作業性も発揮できるものとした。

導水路へ管を搬入したあとの立坑跡地については、ただ埋戻すのではなく維持管理上必要な設備と室を設置した。

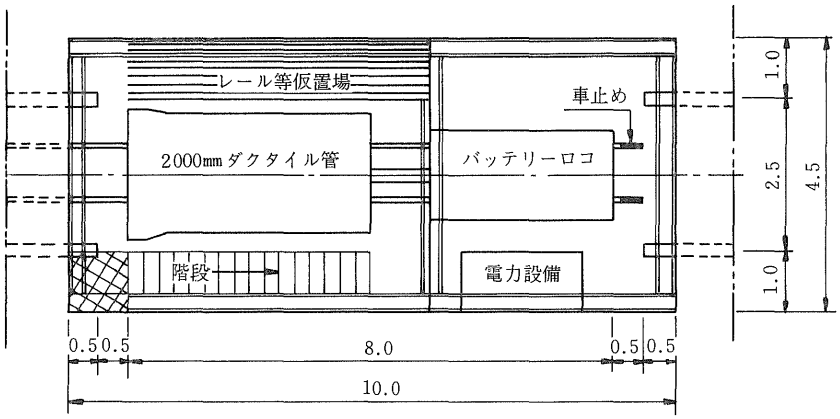
図—13　立坑位置





写真—14　立坑状況図

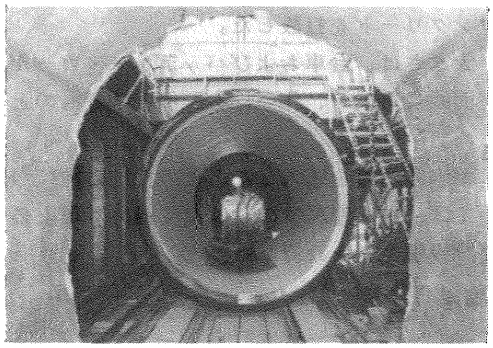
図—14　立坑平面図

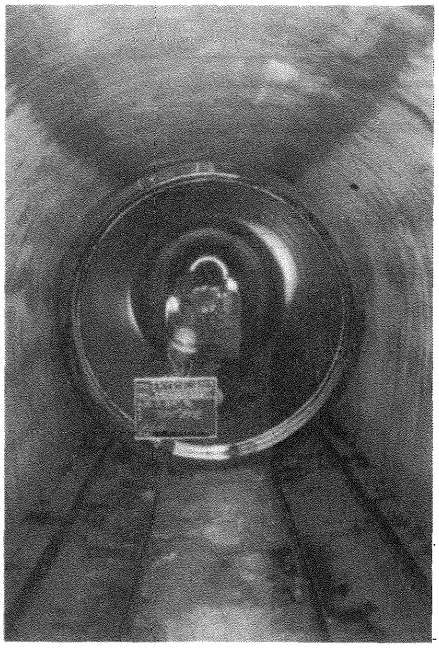


2．管の搬入

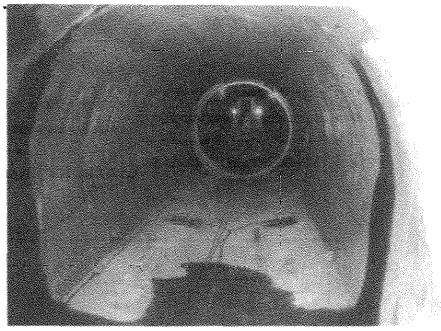
管の搬入は、導水路内の断面が狭小のため一番注意を要した作業であった。また、断面と管との間隙が僅かしかないため、配管後台車を引抜く時作業をしやすいように、通常のシールド内配管工法と異なり受口を先頭にして配管を行った。

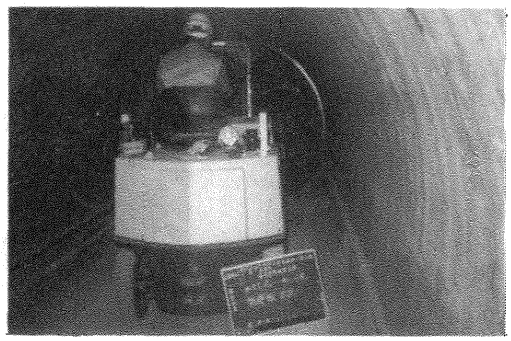
この工法では、管の最大外径部を先頭にして搬入するため、断面に障害物があるとそれに接触してバッテリー・カーが急停止することがあり危険のため、搬入速度を遅くするなどの配慮が必要であった。





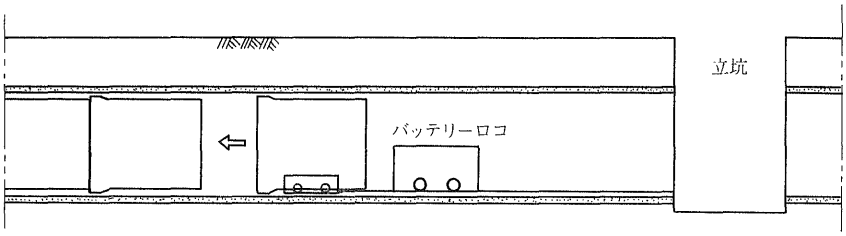
写真—15　軌条台車方式による管の搬入





写真—16　無軌条台車方式による管の搬入

図—15　管の搬入



3．配管および接合

配管および接合は、ダクタイル鋳鉄管U形内面継手を使用したので、通常のシールド内配管・接合工法などと同様である。

しかし、本件は受口を先頭にして配管を行った関係で、次のような問題点があることが判明した。

(1)　浮力止めが取りにくい

従来のシールド工法などにおいては、セグメント内面に浮力止め金具を溶接し固定していたが、今回はコンクリート面のためホール・イン・アンカーを使用して固定した。

また、挿し口に受口を預ける方式であるため、受口重量が問題となり浮力止めのチェックが重要となった。

(2)　挿し口の損傷に対しては従来の方法以上に注意を要する。

挿し口に荷重がかかるため、芯出しおよび接合時に挿し口シール面の損傷を十分確認する必要がある。

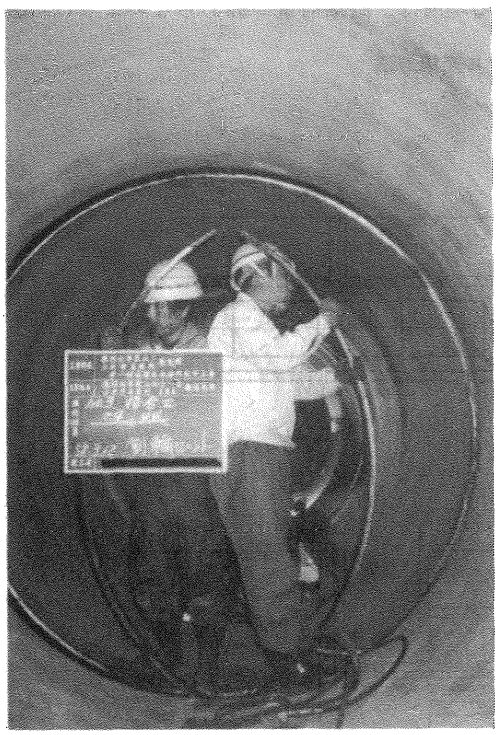
(3)　接合時のゴム輪の挿入とネジ出し

受口内面と挿し口外面の間隙を一定にしないと、受口重量のためゴム輪の挿入とネジ出しに苦労する。

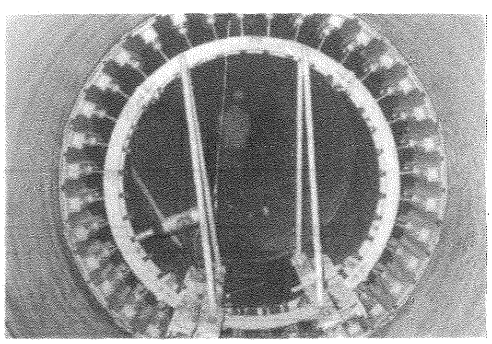
4．水圧試験

接合部の水圧試験は、規定に基づき実施した。

なお、方法については通常実施している手段なので、本文では省略する。



写真—17　内面接合



写真—18　継ぎ輪用水圧試験機

表—5　作業工程表

	作業の種類	所要時間	30	60	90	120	150
A	配管準備、管口清掃	10分					
B	玉　掛　け	10分					
C	吊り降ろし	5分					
D	台車へのセッティングおよび搬入準備	5分					
E	導水路内への管の搬入	15分					
F	軌条撤去準備	5分					
G	芯出しおよび挿し口への預け入れ	15分					
H	挿し口の仮受けおよび台車の引抜き	15分					
I	軌条撤去および台車への積み込み	15分					
J	芯出しおよび管受け台の設置	15分					
K	台車の引き出し	10分					
	1本あたりの配管時間	120分					

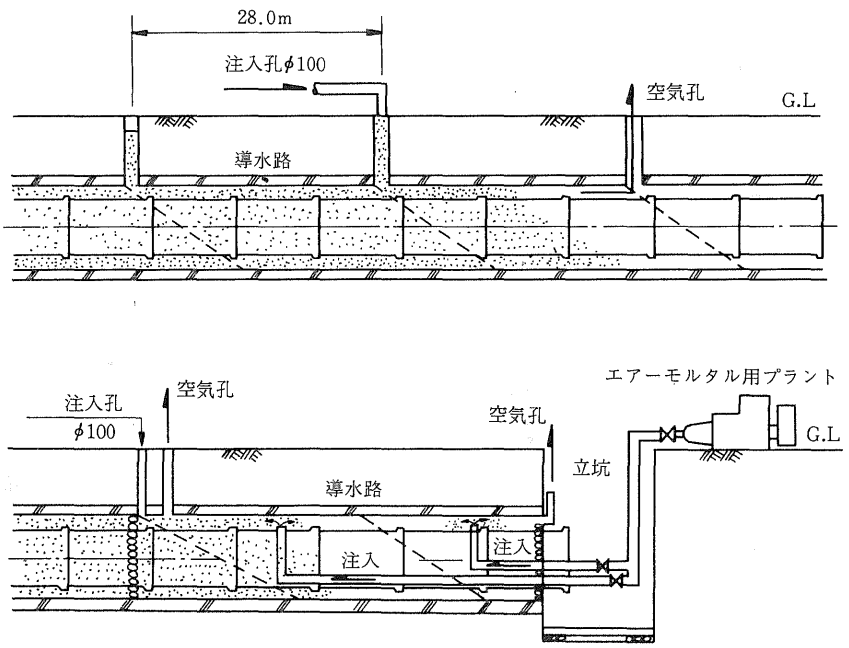
※ただし、仮置ができる場合で、かつ曲管はないものとする。

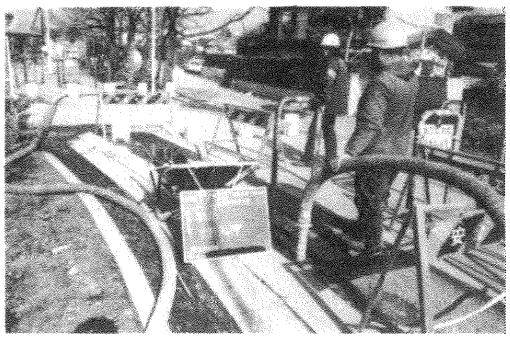
5．エアー・モルタル充填

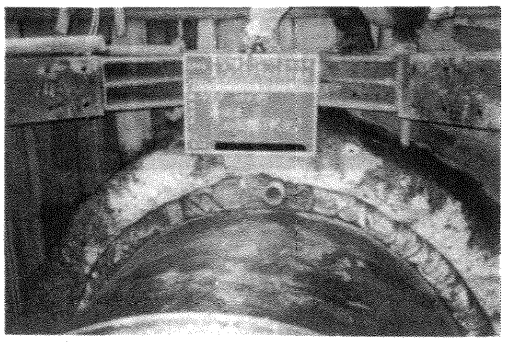
導水路内に配管を行う前に、地上より導水路天端までボーリングを行い(約28m間隔)、さく孔部に塩化ビニル管(呼び径100mm)を挿入し蓋をしておき、配管完了後そのパイプよりエアー・モルタルを注入充填した。

導水路と鉄道および主要道路が交差している場所は、直接荷重が加わらないように防護

図—16　エアー・モルタル充填方法







写真—19　エアー・モルタル注入

が施してあった。したがって、地上よりのボーリングが不可能なので導水路の下部隅を利用してパイプを布設しモルタル注入を行った。

なお、実際に施工した中で、次のような問題点のあることが判明した。

(1) エアー・モルタルを打設するためには、設備の設置場所以外に多量の水とセメントを使用するために、それを賄う水槽とセメント置場が必要である。

(2) 圧送距離は、通常300m～500mである。したがって、1スパンの距離が500m以上になる場合は、新たにプラントを設置する必要がある。

(3) エアー・モルタルの硬化熱により受口部のモルタル充填に支障が出るのではないかと心配されたが、管内温度は27℃位までしか上昇せず、モルタルにクラックが発生することはなかった。

ただし、エアー・モルタルの強度(20kgf/㎠)を増す場合には、硬化熱について検討する必要があると思われる。

(4) エアー・モルタルの圧送値(2kgf/㎠)はかなり高いので、打設順序を間違えると上部に空隙が生ずる心配がある。

したがって、打設計画は入念に検討する必要がある。

7．おわりに

本文は、無筋コンクリート馬蹄形暗きょの導水路内へ最大口径のダクタイル鋳鉄管(U形継手)を搬入配管することによって、経年化した水道施設の耐震化に有効な工法について述べたものである。

この施工にあたり一番注意を要したことはなんといっても管の搬入方法であった。これは、導水路内空断面と管との間隙が狭小であるため管搬入の際、振れからくる接触が内面部の破損にもつながるための恐れがあったからである。

いずれにしても、軌条台車方式と一部試験的に使用した無軌条台車方式とも、どちらの工法においても特に大きな問題が生じないで配管を完了することができたのは幸いであった。

しかし、将来水道施設の整備・改良工事が進むにつれ、このような工法が多く採用されると思われるので、今後の問題点として、

(1) 敷条布設工程の短縮をはかるため、現在の4条使用を2条にできないか。

(2) 台車の車輪が固定されているので、不陸のある箇所での集中荷重を防止するため、車輪がフレキシブルなものとして各々独立できないか。

(3) 導水路と管の間隙を充填するエアーモルタルの注入内容を容易に、しかも的確に把握できないか。

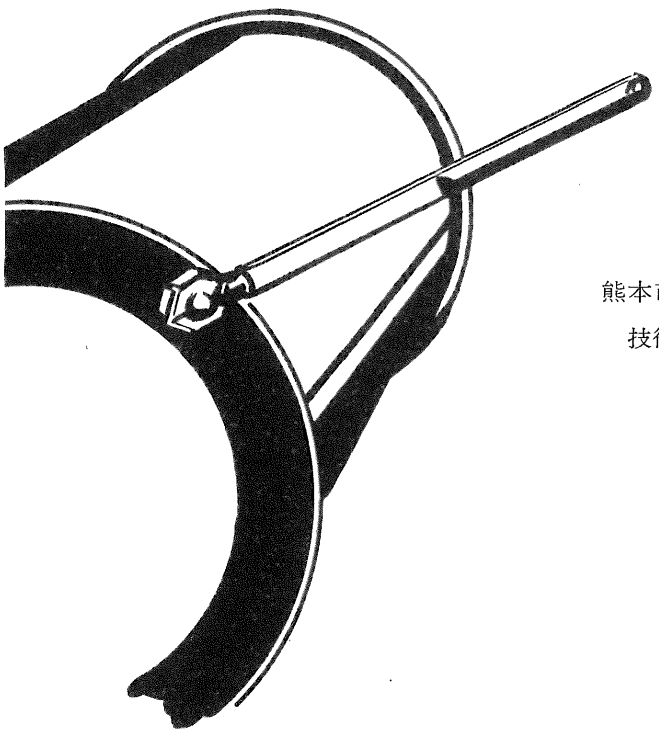
(4) 導水路に曲折部があった場合の施工方法の検討。

などあるが、早急に対応策を検討し、安全で速やかな施工ができるよう工法の研究開発を期待したい。

今回、この工事を経験して施工経過について概要と所感を述べ問題点を考察したものであるが、はじめての試みであったため不行届きの点が多かったことをご容赦願い、今後の水道施設耐震化の一助として、関係者の参考になれば幸いである。

4 技術レポート

熊本市における呼び径1350mm配水幹線工事について



熊本市水道局
技術部建設課長 桃井竹治

1．はじめに

熊本市では、現在第４次拡張事業を施行中であるが、今回、市南部地区の軟弱地盤帯において、総事業費約42億円を投じる呼び径1350mm配水幹線の布設工事に際し、ダクタイル管や鋼管など数種の管種、継手を採用したので、その概要を報告し参考に供したい。

2．市勢、地勢

1．市　勢

熊本市のシンボル熊本城は、1588年（天正16年）加藤清正の隈本城入城以後、７カ年にわたる大改修が行われ、日本三名城のひとつといわれる熊本城が完成した。その間、清正は城下町の経営に着手するとともに熊本の自然に大規模な土木事業を加え、今日の熊本市の基盤をつくり上げた。

その後、細川氏が入国し、1867年の大政奉還まで、200有余年にわたり細川氏の治政が行われた。

明治に入り、熊本は九州における政治、軍事の中心として各種の官庁が置かれ、近代都市として面目を一新した。

その後、数次にわたる市域の拡大、近代都市機能の集積などにより着実な発展を遂げ、さらに近年は九州縦貫道路の開通、熊本港建設の具体化、熊本空港の拡充など、陸海空にわたる交通運輸ネットワークの整備など、周辺市町村を包含した熊本都市圏を形成し、魅力ある地方中核都市として進展しつつある。

2．地　勢

熊本市周辺の地勢は、標高10～100mに及ぶ台地と、これを開析、もしくは埋積した低地からなっている。

北部および東部の台地を構成する地層は、主に阿蘇火砕流集積物であり、これを開析して数枚の段丘砂礫層が発達している。

西部および南部は白川がもたらした三角洲の熊本平野によって占められ、水前寺、江津湖を水源とする加勢川と、白川によって切り開かれている。

有明海に面した低地帯では、阿蘇火砕流積物をおおって島原海湾層や、有明粘土層などの軟弱層が発達している。

江津湖の周辺では、阿蘇西麓古地一帯を涵養源とする被圧地下水を胚胎する砥川溶岩層により自噴湧水地帯となり、地表近くが軟弱な地層となっている。

3．拡張事業概要

熊本市の上水道は、その水源を地下水に求め、大正13年11月に竣功し、通水をみている。

その後、周辺町村の合併とともに水道も拡充されたが、第２次大戦後の市人口増加と、使用水量の増加に伴い第１次拡張事業が施行された。

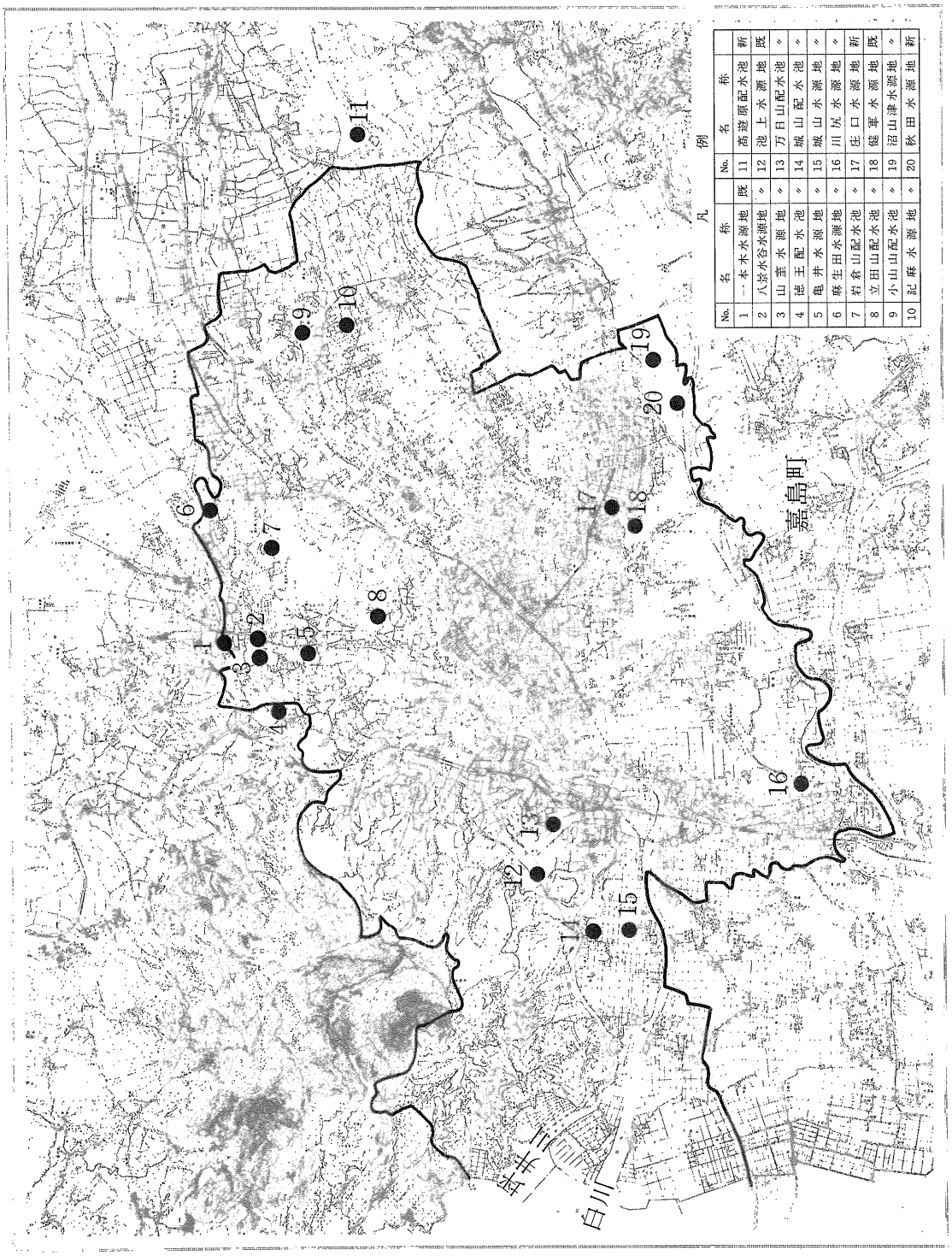
しかしながら、引続く周辺地区の合併、市への人口集中、生活水準の向上などにより水需要の増加はめざましく、第２次、第３次の拡張事業が施行された。

現在は、目標年次昭和65年、計画給水人口61万5,800人、計画１日最大給水量37万㎥/日とする基本計画の基に昭和55年４月より第４次拡張事業を実施中である。

4．配水幹線計画概要

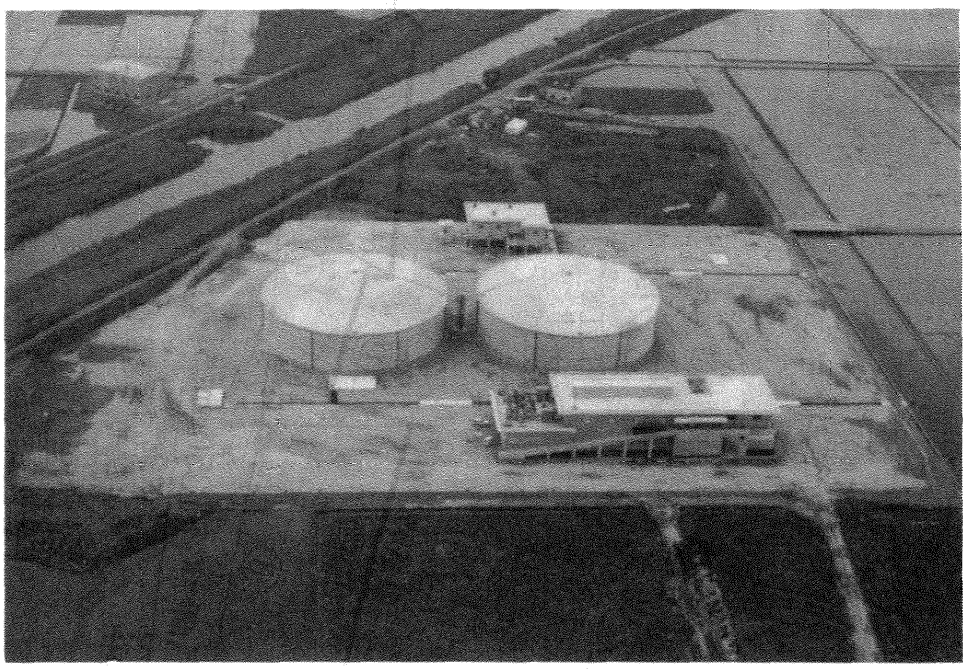
熊本市上水道は創設以来地下水を水源として今日に至っており、地勢、地質の関係から小規模な水源地が市の周辺に点在している。（図－１参照）

図－1　熊本都市圏全図（上水道施設位置図）



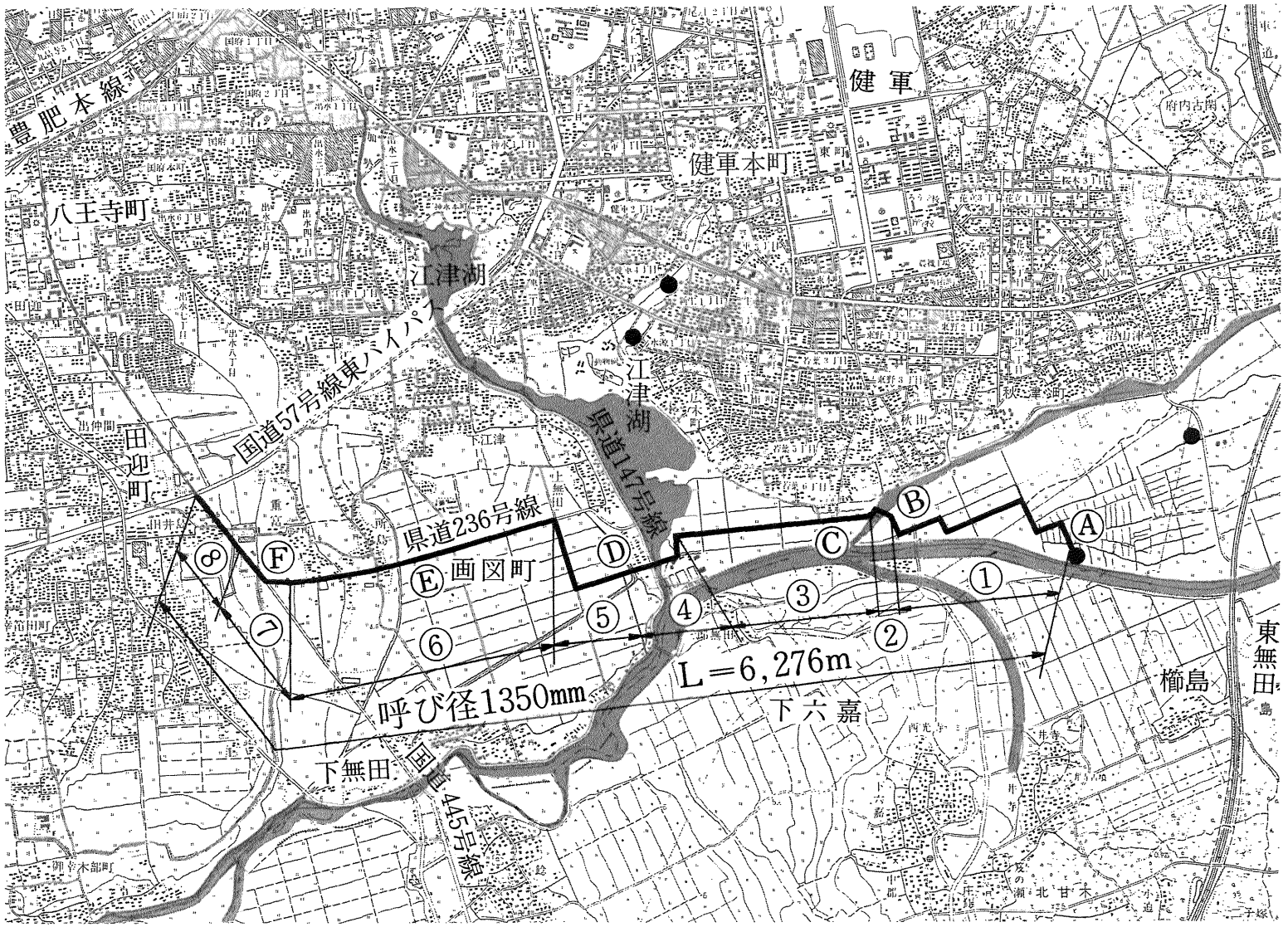
今回、第４次の拡張事業では新水源の位置を熊本市域でも特に地下水の豊富な江津湖周辺の健軍町庄口および秋津町秋田に計画した。

この庄口水源地（計画取水量３万8,000㎥/日）と、秋田水源地（計画取水量５万㎥/日）の深井戸より取水した原水を、秋田配水場内の配水池（PCタンク20,000㎥×２池）に導水し、これより呼び径1350㎜の配水幹線で市の南部、西部方面へポンプ圧送する管路で、総延長は6,276mである。（図－２参照）



写真－１　４万㎥の貯水量を持つ建設中の秋田配水場

図―2　呼び径1350㎜配水幹線路線図

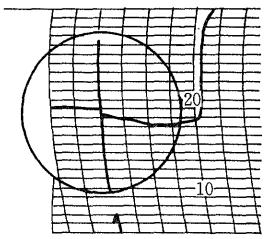


この管路は将来、熊本市の配水施設能力の25%以上を担う重要幹線となるため、管路の恒久対策として特に軟弱地盤における配管の耐震対策に留意した。

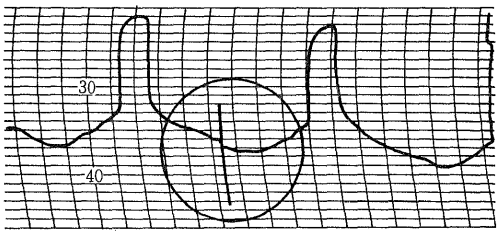
過去において熊本市に被害を与えた地震は熊本金峯山麓地震：1897年(M＝6.3)、長崎県千々石湾地震：1922年(M＝6.5)の2回が特に大きく、阿蘇方面の地震による被害は比較的小さい。

しかし、この地区において水道局が行っている地下水の水位観測記録によれば、近距離よりはむしろ遠隔地の地震による影響がこの地区の地下水位に数cmの変動を与えていることも最近認められた。(図－3参照)

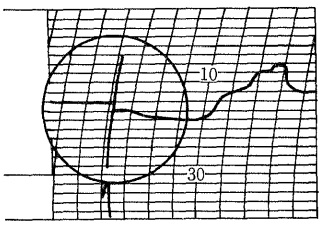
図－3　熊本市観測井水位記録に見られた地震の影響例



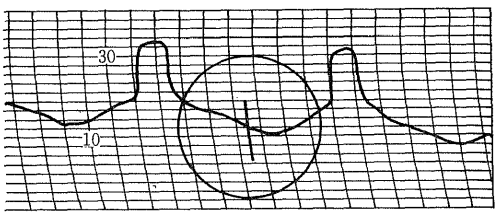
健軍水源地　1月14日
伊豆大島近海



健軍水源地　5月23日
種ケ島近海



13号公園　1月14日
伊豆大島近海



公団用地2－A　3月23日
エトロフ近海

このことから、この地区の被圧地下水の上向き漏水の影響を受ける地表付近の軟弱地盤に、地震によるなんらかの影響も考えられる。

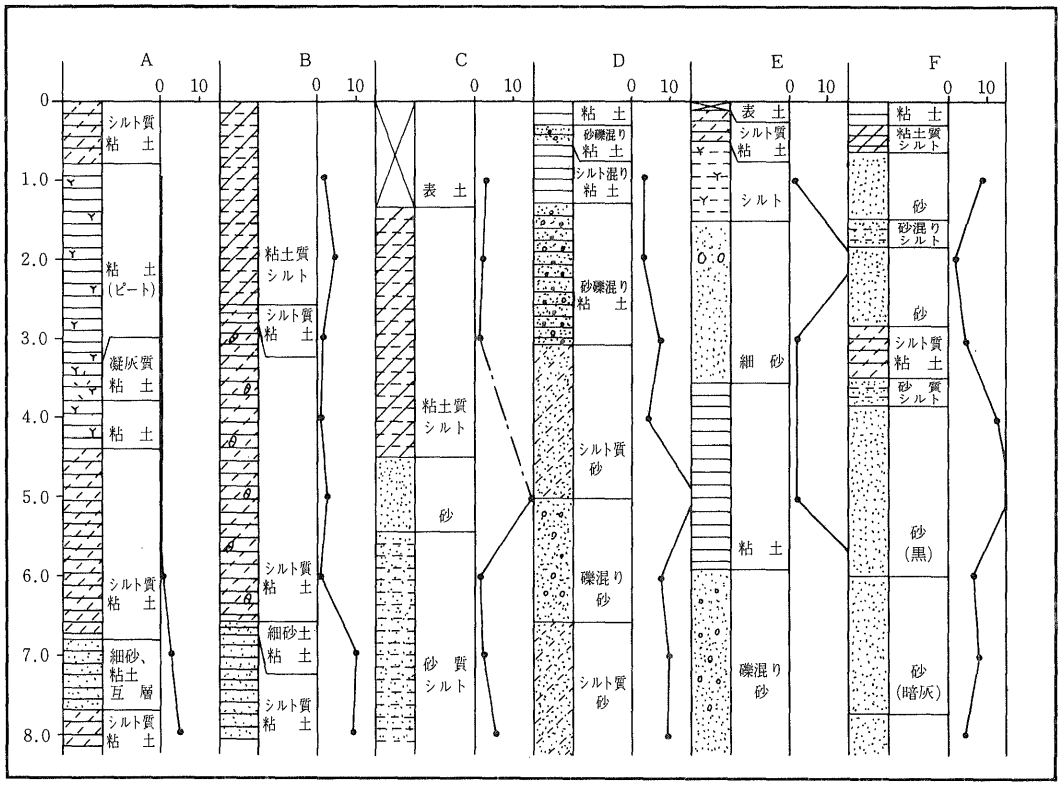
5．工事概要

本工事は予算および工期など諸般の事情から、本幹線工事の工期を56年～58年度の3カ年間とし、全工区を13に分割して工事の発注を行った。

その工事の概要は次の通りである。

なお、工事区間の地質概要は図－4に示した通りである。

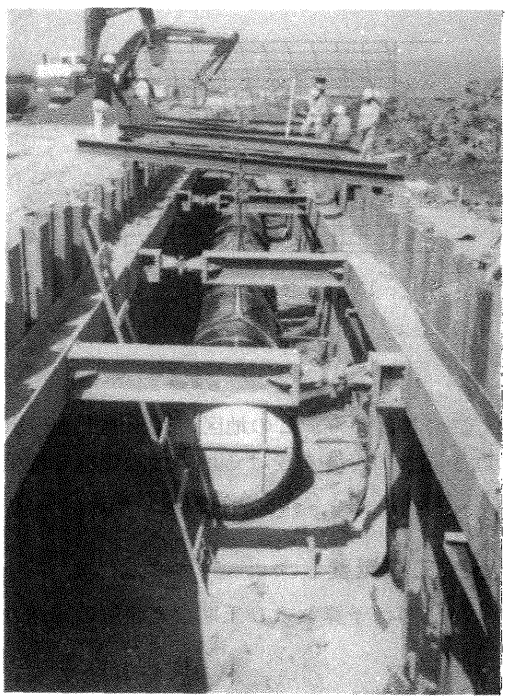
図－4　地質柱状図



1．No.1区間（L＝1,446m）

この地域は「県営秋津、飯野地区圃場整備事業」の計画区域内で、配水幹線の計画ルートは湿田地帯で、用排水路の縦断、横断工事を必要とし、水替えや埋戻しにあたり工事が難行した区間である。

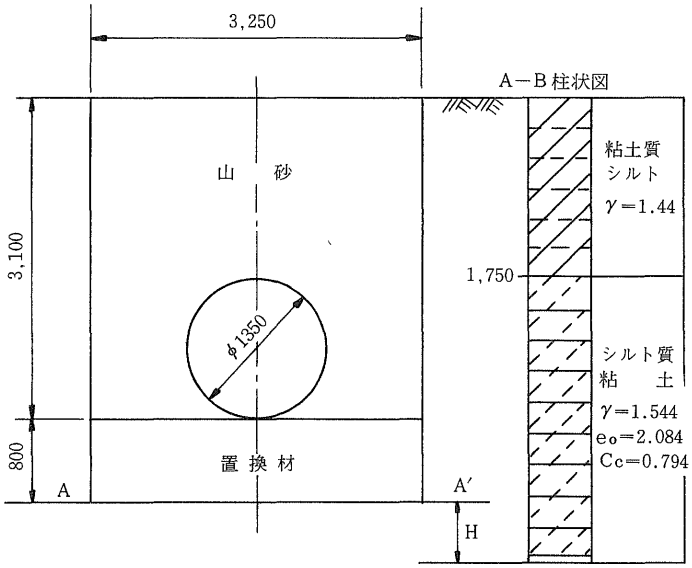
布設管種は、地層の関係から埋設後の沈下が予想されるため、S形ダクタイル管を採用することとし、掘削断面については次の通り検討を行い、管の下端より80cmを地盤改良した。（写真－2参照）



写真－2　管底30cmを地盤改良した呼び径1350mmS形ダクタイル管の布設

沈下量の検討

図－5



① 管底での増加荷重

管底の砂基礎面A－A′面での増加荷重⊿Wは次式で求めた。

$$\Delta W=(W_2+W_p)-W_1 \cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

ここに、

⊿W：増加荷重

W_2：A－A′面までの埋戻し土の重量

W_p：管重(管内水重を含む) 2種管

W_1：A－A′面までの掘削土の重量

掘削溝1mあたりの増加荷重

$$W_2=(3.25\times3.9-\frac{\pi}{4}\times1.4^2)\times1.8$$
$$=20.04\text{t/m}$$

$$W_p=0.696+\frac{\pi}{4}\times1.35^2\times1.0$$
$$=2.13\text{t/m}$$

$$W_1=3.25\times1.75\times1.44+3.25\times2.15\times1.544=18.98\text{t/m}$$

(1)式より

$$\Delta W=(20.04+2.13)-18.98$$
$$=3.19\text{t/m}$$

単位面積あたりの増加荷重は

$$\Delta W=3.19\div3.25=0.982\text{t/m}^2$$

② 沈下量の計算式

$$\delta=H\frac{Cc}{1+e_o}\log\left(1+\frac{\Delta W}{W}\right)$$

ここに、

δ＝軟弱層の圧密沈下

H＝軟弱層の厚さ　(6m)

e_o＝初期間隙比　(2.084)

Cc＝圧縮指数　(0.794)

W＝先行荷重　(4.632t/㎡)

⊿W＝増加荷重　(0.982t/㎡)

$$\therefore\delta=6\frac{0.794}{1+2.084}\log\left(1+\frac{0.982}{4.632}\right)$$
$$=0.129\fallingdotseq12.9\text{cm}$$

③ 呼び径1350㎜S形ダクタイル管の許容屈折角1°30′に対する偏位量はℓ＝6.0mの場合δ_1＝0.157＝15.7cmとなり、12.9cm＜15.7cmにより安全である。

なお曲管部について、コンクリートの固定台ではコンクリートの重量のため、管の沈下を促進させることも考えられることから、継手の離脱防止のため曲管はUF形継手とした。また土の摩擦力により引抜力を軽減させるため、曲管の前後にUF形ダクタイル管を使用した。

2．No.2区間(L＝228m)

この区間は秋津川を横断する水管橋と、その前後の配管部分ですべて鋼管を採用した。

これは秋津川の改修計画に伴い、支間46.156mを中間橋脚なしの1スパンで施工することとなり、水管橋重量の軽量化と橋台の小型化をはかるため、鋼管によるワーレントラス補

剛形水管橋とし、その前後の部分についても接続の関係から鋼管としたものである。

3．No.3区間（L＝1,000m）

この区間は、幅員4m～6m農道の中心部に埋設された既設下水道幹路（呼び径2400mm、ヒューム管）と並列布設となる区間で、関係機関ならびに地元と協議を重ねた結果、当初計画した開削工事が不可能となり、下水道管の斜下約14mの地下を泥水加圧シールド工法に計画変更を余儀なくされた。

このため工事の発注が遅れ、最終工期は昭和59年1月末日となった。

今回計画された配水幹線の竣功は、別途に工事を進めている秋田配水場建設との関連から、昭和58年8月の完成を目途に全体工程を進めてきたが、前述の事情からその遂行が不可能となった。

このため、この区間の工期をいかに短縮するかいろいろ検討を行った結果、工事用仮設道路を一部変更し、シールド内の配管にはU形ダクタイル管を使用することとした。

シールド内におけるダクタイル管の配管は、鋼管に比べて重量が増加するものの、配管工程が½となり、51日間もの工期短縮が可能でしかも作業時の坑内換気も非常に容易となりコストも安くなるため採用したものである。ただし竪坑内は立上り配管の固定方法の関係で鋼管を採用した。

また、ダクタイル管と鋼管の接続部には、ダクタイル管の部分がシールド内で、その外周にエアーモルタルの充填が行われるためアルカリ性環境となり、一方鋼管側は山砂の埋戻しで中性環境となるため、双方の間に環境差によるマクロセル腐食の発生が予想される。

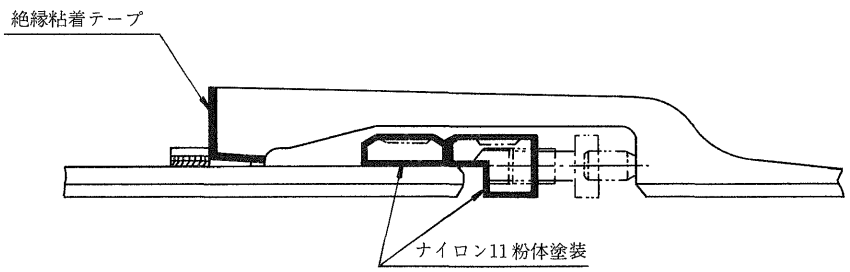
そのため、この接合部を絶縁継手とする必要があり、ダクタイル管メーカーのK社に検討を依頼した。

検討の結果、第1案として過去において実績のあるK形継手の採用が提案された。

しかし、この接合部分はシールド内で外面からの継手作業が不可能であり、第2案のU形継手を絶縁継手に改良する方法を採用した。

その改良方法は次の通りである。（図－6参照）

図－6　U形絶縁継手



① U形継手の接合直前に受口部分に絶縁粘着テープを貼付ける。

② 割輪の寸法を加工するため材質をSSに変更し、ナイロン粉体塗装を行う。

③ 押輪は寸法、材質の変更をせず、従来品にナイロン粉体塗装を行う。

④ ゴム輪およびその他の部品は従来通りとする。

以上の仕様により、地上において接合実験を行った結果、継手の絶縁抵抗は良好な成績を示した。またナイロン粉体塗装の塗膜については、接合、取りはずし作業による損傷は認められず期待する硬度を示した。

4．No.4区間（L＝577m）

この区間は、湧水で有名な江津湖から河川状になる喉頚部をシールド工法により横断する区間で、シールドの掘削途中で江津湖の湧水源でもある砥川溶岩層の出現も予想されることから、入念なる地質調査を行った。その結果は図－4に示した地質柱状図D点の通りである。

掘進完了の結果、当初予想された岩盤は出現せず、湧水も比較的少なく順調な施工が行うことができた。

この区間の配管は、No.3区間と同様に外径2350㎜のセグメント内に配置し、その空隙をエアーモルタルで充填するものであるが、シールドの延長が308mと比較的短かく、配管作業上特に支障がないため、竪坑の立上り配管の関係上鋼管を採用した。

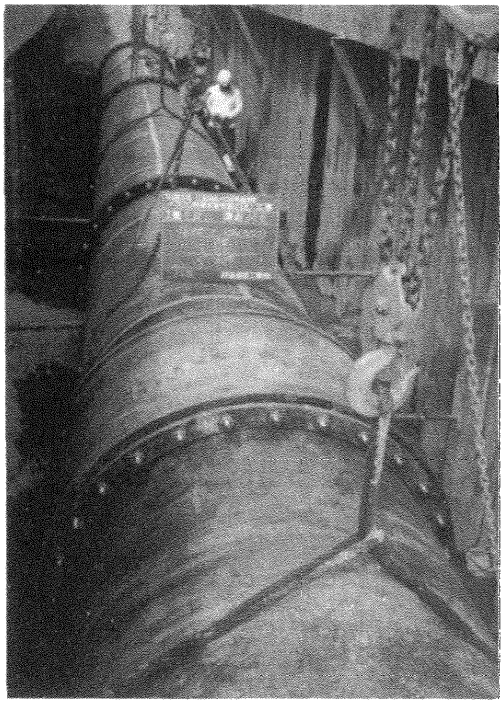
なお、No.3区間とシールド竪坑との105m区間は将来江津湖公園の施設物の下となるため深度4m以上とするよう県担当課から協議があり、配管施工後に管上での重機などの作業を考慮して推進用鋼管を採用した。

5．No.5区間（L＝693m）

この区間は、江津湖の右岸にあたり、耕地整理の完了した水田地帯である。

現場は道路幅が狭く、資材の搬入や重機の出入りが困難なため、一時水田を借地して工事用仮設道路を確保しながら配管作業を行った。

地質は、No.1区間と比較して図－4のD点に示す通りやや良好な状態を示していた。しかし掘削底付近で相当量の湧水があったが、No.1区間と同様に管種はS形ダクタイル管を採用したので、継手作業は比較的に容易であった。（写真－3参照）



写真－3　呼び径1350㎜S形ダクタイル管の布設状況

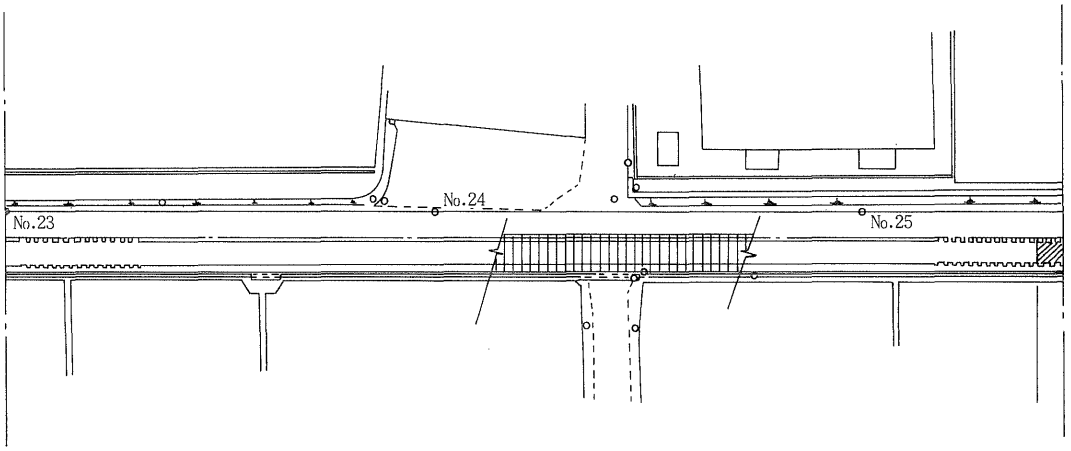
6．No.6区間（L＝1,562m）

この区間は、県道147号線と国道445号線を結ぶ県道236号線で、近年の開通と同時に交通量の急増した区間でもある。

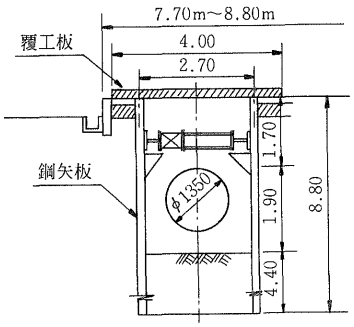
この区間は、当局の施工期間中に国道445号線の鉄道高架橋工事のため大型車輌を一時期この県道に迂回させるため、地元警察、道路管理者など、関係官公署と特に入念な協議を行った。協議の結果、2工区で一工程60mずつ同一方向に道路の舗装仮復旧まで、完了後に次に進む尺取り虫方法で片側通行止の開削工事となった。

しかしながら、工事部分の反対側車線は常時大型車輌が通行可能な状態を保持することになり、工事関係の車輌や重機の出入りができず工事はすべて図－7の通り覆工板上の作業となった。（写真－4、5参照）

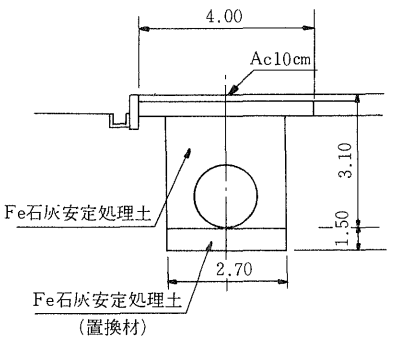
図－7　No.6区間　布設工事図

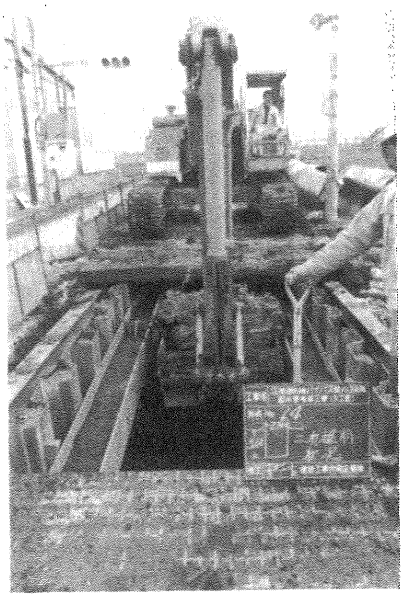


覆工および山止支保工図

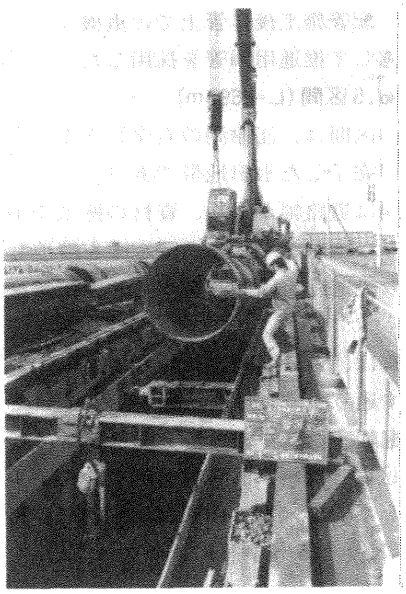


埋戻復旧図





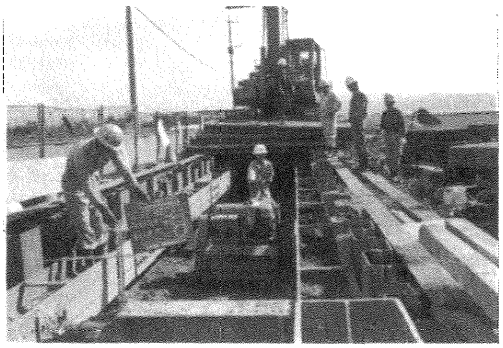
写真－4　覆工板上の掘削作業



写真－5　呼び径1350㎜U形ダクタイル管の覆工板上からの吊下し作業

また、掘削幅の規制のため外面からの継手作業が不可能となり、当初計画のS形ダクタイル管が使用できず、やむなく内面からの継手作業が可能なU形ダクタイル管を使用した。

この区間の道路は路盤築造時にFe石灰による路盤改良を行い良好な成績を納めているため、今回の管布設後の埋戻材をFe石灰安定処理土を使用することになった。（写真－6参照）しかし管の下端の土質は軟弱層のため同処理土により50㎝置き換えした。



写真－6　Fe安定処理土の埋戻し、締固め状況

Fe安定処理土はFeの配合を6％とし、設計ＣＢＲを96％として施工したが、施工後の現場試験ではＣＢＲの値は平均で157％を示した。

施工後の道路状況は、重車輌を通行させ観測したが、周辺の未改良道路の支持力状態とは格段の差が見られた。

7．No.7区間（L＝482m）

この区間は県道236号線と国道445号線にまたがる区間であるが、途中区間に幅10ｍの天明新川を横断する部分があり、交通量などの関係から開削工事ができず圧気式シールド工と推進工を併用した。

シールド部分はセグメント外径2350㎜で、管路が交差点をほぼ90°右折するためシールドの半径が50ｍ区間と70ｍ区間の設定を余儀なくされた。

このためシールド内の内挿管は曲管が多くなり、その据付けの関係上現場施工性のよい鋼管を採用した。

なお両端の接続の関係上、推進部分も推進用鋼管を使用した。

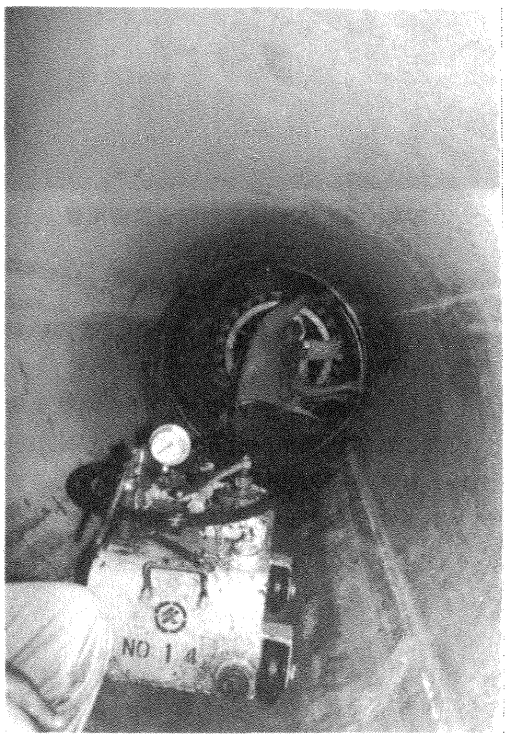
8．No.8区間（L＝288m）

この区間は、最近急激に交通量の増加した国道445号線を縦断する部分で、道路管理者、警察などと数次にわたり協議を行ったが、開削工事は認められず、推進工法となった区間である。

管種は既設管との関係から推進用鋼管を使用した。

9．継手テスト

今回の呼び径1350㎜配水幹線の布設にあたっては、その管路の重要性からいろいろ検討の結果、ダクタイル管はその継手ごとに内面から水圧テスト（5 kgf/㎠）を行った。（写真－7参照）



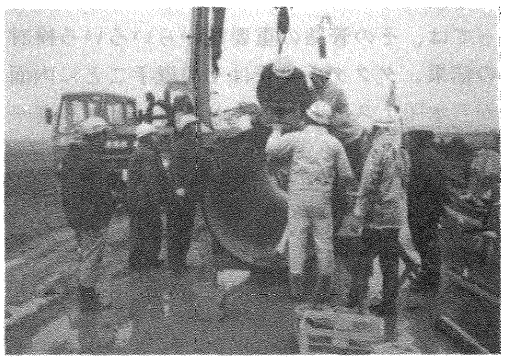
写真－7　呼び径1350㎜ダクタイル管の水圧テスト状況

テストの結果は1カ所の不良もなく、すべて良好な状態であった。

なお鋼管については、開削部分はＸ線透過写真検査、シールド内配管については内面から超音波探傷検査を行った。

6. おわりに

現在、総延長6,276mのうちNo.3区間のシールド工(L＝1,000m)と、No.7区間の一部を残してすべて工事を完了したが、この幹線工事は当局はじまって以来の大口径管の布設であり、またダクタイル管はS形、UF形、U形など数種の継手を採用したため、施工業者の技術向上をはかり、工事の確実な仕上りを期するためK社から技術者の派遣を求め、当初数日間技術指導をあおいで施工した。(写真－8参照)



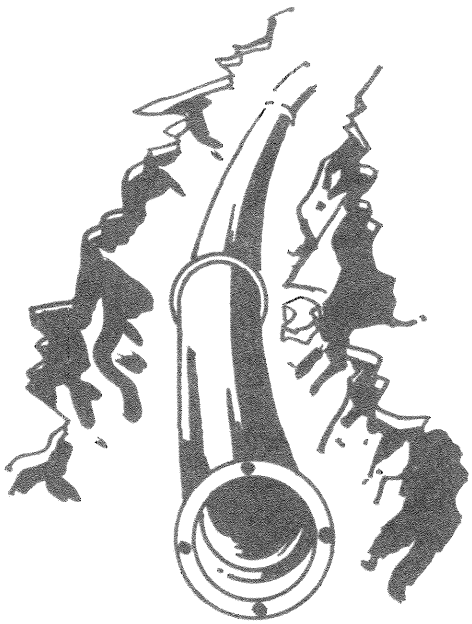
写真－8　S形継手の接合講習風景

なお今回の工事は、他工事や農作業などのため施工時期に制約を受け、管埋設後の挙動調査など不備な点も見られた。

しかし、今後さらに西部地区の有明粘土層に代表される軟弱地盤分布域での幹線配管計画もあり、今回の経験を生かした十分なる態勢で工事に望みたいものと考えている。

5 技術レポート

簡易水道事業における K形ダクタイル鉄管の使用について



愛知県旭町水道課
課長　成瀬賢治

Ⅰ．はじめに

旭町は愛知県の北端、矢作川の上流に位置し、山岳重畳とした三河山間地にある人口5,000人弱の小さな町である。

この町にも近年、生活環境の改善、合理化が叫ばれるようになり、町議会において〝水道は住民福祉と生活改善、向上に直結した施設であり、豊かな生活を支え、経済活動や文化機能を保持する基盤であり、住民が均等なサービスを受けられるよう総合的な視野から計画的に進めること〟が決議され、昭和54年から簡易水道事業に着手した。

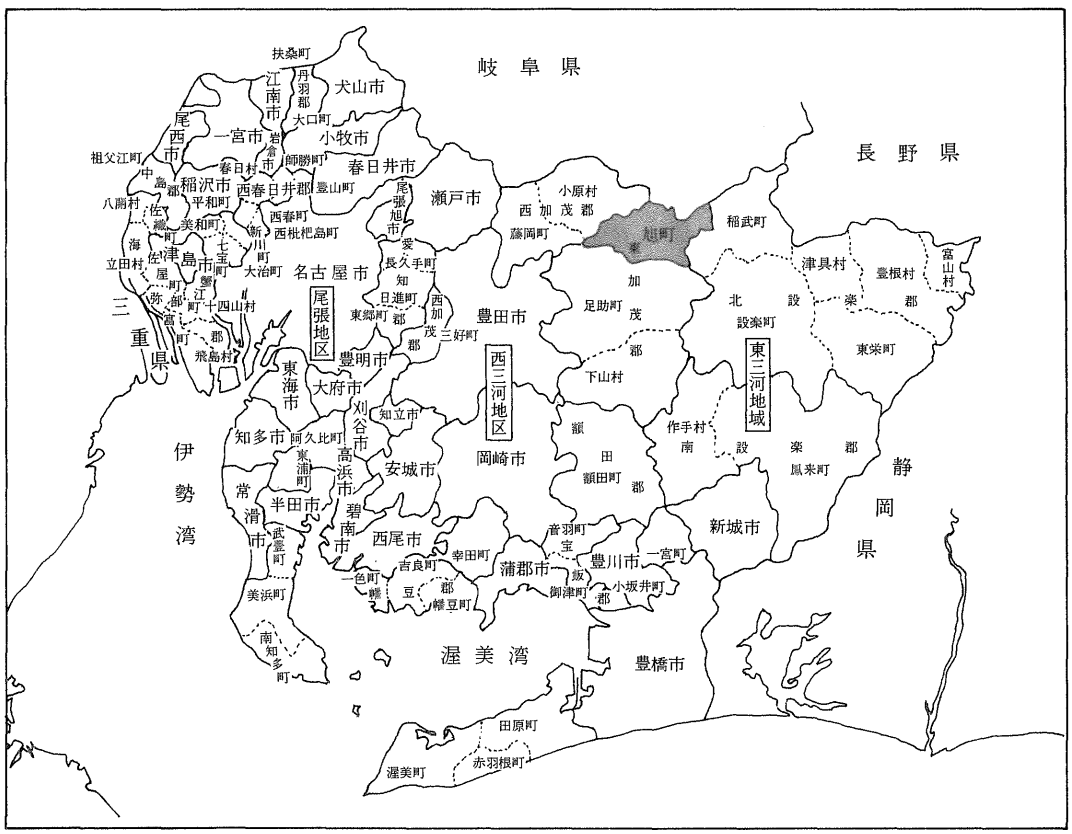
以下にその概要と管種選定などについて概説する。

Ⅱ．現　況

1．旭町の地勢

本町は愛知県の北辺、岐阜県との県境の町である。北東から南西に向かって矢作川が渓谷をつくって流れ、上流には奥矢作ダムがあり二段式揚水発電が行われ、矢作渓谷一帯は愛知高原国定公園に指定されている。標高は120m～860mで南東に筈ケ岳(885m)、寧北曽岳(1,120m)を眺め、北方に恵那山(2,190m)や木曽山脈を遠望できる面積82.21㎢の詩情豊かな町である。また自動車の街、豊田市へ車で30分の所にあり、自動車関連産業に約2,000人の人々が勤務している。

図－1　旭町位置図



2．水道施設

これまでの本町の水道施設は簡易なもので山あいごとに小さな簡易水道や飲料水供給施設が点在しているに過ぎず、水道普及率も35％で愛知県97.3％、全国89.4％(昭和52年)に比し著しく低い状態であった。

また、これらの施設の維持管理や運営面でもいろいろの問題が生じていた。環境アンケート調査を行った結果、生活用水の不足、降雨時の濁り、汚水による汚染の心配、冬期における凍結などの問題があり、住民の水道に対する関心が非常に高いことがわかった。そして、早期に水道施設の整備拡充をはかることとなった。

Ⅲ．水道計画

昭和54年から全町皆水道を目標に厚生省、農林水産省をはじめ愛知県からも補助金交付を受けて水道事業計画を進めることになり、町内を次の3区画に統合して推進をはかった。

1．中央地区簡易水道計画

既設の小渡地区簡易水道を中心母体として拡張、改良するもので、上切を中心とした川北地区と笹戸連区および敷島、大坪連区を包含した区域の給水事業である。

計画給水人口：3,500人
1日最大給水量：1,028.4㎥/日
工　　期：昭和54年～57年
総事業費：13億4,000万円

2．築羽地区営農飲雑用水計画

農林水産省所管のモデル事業の一つで、日下部をはじめとする築羽地区八大字に営農用水と飲料水を供給し、近代的な農村環境にしようとする事業である。

計画給水人口：890人
1日最大給水量：360㎥/日
工　　期：昭和54年～62年

3．坪崎簡易給水計画

山林特別対策事業として山あいに孤立した坪崎地区の飲料水、生活用水および緊急用水の確保など､山村の環境を整備する事業である。

計画給水人口：38人
工　　期：昭和54年度

以上の計画に基づき昭和54年から4年間をかけて水道施設の統合、拡充、整備をはかってきた結果、配水管の総延長は約78kmにのぼり、水道普及率も85％に達し、3年後には100％になる予定である。

Ⅳ．管種選定

本町で送配水管路に使用している管種はダクタイル管、鋼管、硬質塩化ビニール管、石綿管などで、それぞれ特徴を有している。

使用条件に応じてこれらの管種を適宜選定し、布設してきたが、これまではいずれも静水圧7.5kgf/㎠以下での使用であった。しかし、本町の地形は起伏が多種多様で、まことに変化に富んでおり、計画給水区域の標高差は380mあり、しかも一様な勾配ではなく、いくつもの峠を越えていくアップ・ダウンの連続である。

このような地形での送配水管路計画においては理想的な自然流下方式のみを採用することは困難であり、ポンプによる圧送方式を採用することとなる。送水ポンプによって一旦与えられた位置エネルギーを地形が複雑だからといって、再び減圧することはエネルギーの浪費であり、ひいては水道料金へも少なからず影響を与えることとなる。そこで考えられるのが一部区間における高圧管路の採用である。

1．高圧管路

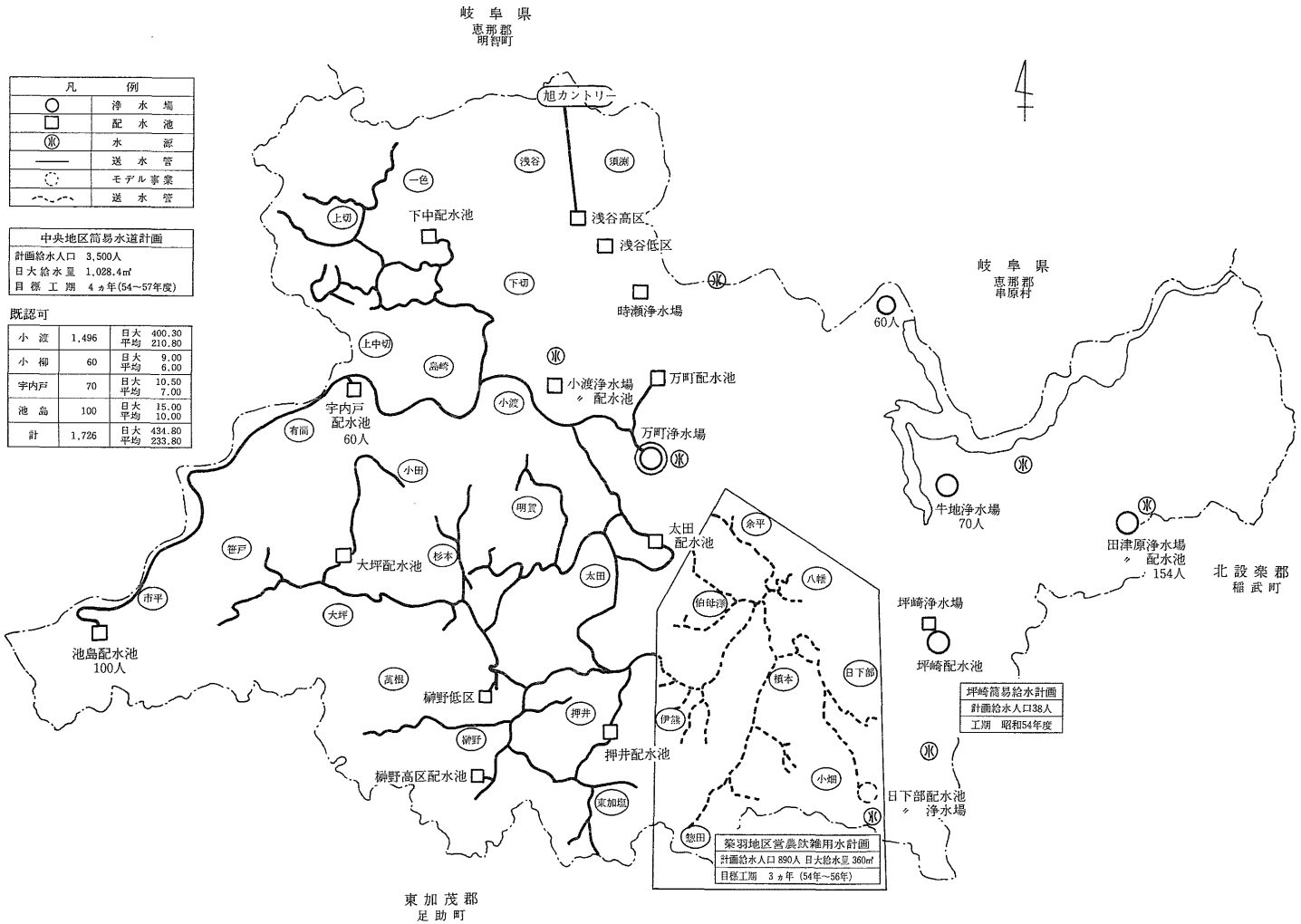
高圧管路の採用条件として、次の条件を満す所に使用することを検討した。

高圧管路の採用条件

(1) 管路の位置エネルギーを有効に使用するため、減圧せず高圧管路とする方が好ましい。
(2) 次の配水区へ送水するのが目的であり当該区間に給水箇所を有しないこと。
(3) ポンプのオン・オフ、弁類の開閉などにより日常的な水撃圧を受けないこと、など。

以上の点を考慮に入れて管種を選定するこ

図－2　旭町水道計画


岐阜県
恵那郡
明智町
凡例
浄水場
配水池
水源
送水管
モデル事業
送水管
中央地区簡易水道計画
計画給水人口 3,500人
日大給水量 1,028.4㎥
目標工期 4ヵ年(54～57年度)
既認可
小渡 1,496 日大 400.30 平均 210.80
小柳 60 日大 9.00 平均 6.00
宇内戸 70 日大 10.50 平均 7.00
池島 100 日大 15.00 平均 10.00
計 1,726 日大 434.80 平均 233.80
旭カントリー
浅谷
須崩
一色
上切
下中配水池
浅谷高区
浅谷低区
下切
時瀬浄水場
上中切
島崎
小渡浄水場
〃 配水池
万町配水池
万町浄水場
宇内戸
配水池
60人
有前
小田
明賀
笹戸
大坪配水池
杉本
太田
市平
大坪
池島配水池
100人
高根
榊野低区
押井
榊野
押井配水池
榊野高区配水池
東加塩
太田
配水池
余平
八幡
伯母沼
槙本
日下部
伊瀧
小畑
日下部配水池
〃 浄水場
憩田
築羽地区営農飲雑用水計画
計画給水人口 890人 日大給水量 360㎥
目標工期 3ヵ年 (54年～56年)
岐阜県
恵那郡
串原村
60人
牛地浄水場
70人
田津原浄水場
〃 配水池
154人
北設楽郡
稲武町
坪崎浄水場
坪崎配水池
坪崎簡易給水計画
計画給水人口38人
工期 昭和54年度
東加茂郡
足助町

とになるが、高圧管路に使用する管種の選定条件としては次の各項が考えられる。

高圧管路の管種選定条件

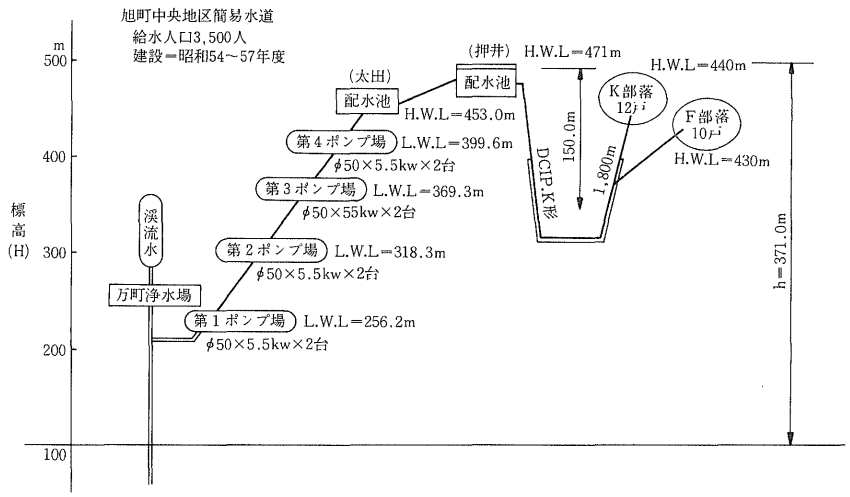
(1) 高圧に対して管体自身十分な安全性があり、計画管路の水圧(静水圧＋水撃圧)に十分耐えること。

(2) 配水管布設に際して減圧水槽などの特殊な施設や工法を必要としないこと。

(3) 継手の水密性が優れており、漏水の心配がなく、耐震性もあること。

(4) 経済的であること、など。

図－3　配水計画図



今回、計画した高圧区間は呼び径75mm、延長1,800mで、前述の高圧管路の採用条件を満し、静水圧も約13kgf/㎠の高圧のため慎重に検討を行った。管強度の面から考えて、特にダクタイル管と鋼管に重点をおいて比較検討を行った。

① 材質的に耐圧性の優れた管種としては、一部の特殊な管を除けばダクタイル管か鋼管である。

② 鋼管の場合、継手方法に問題があり連続溶接を避けるためには特殊継手材と事前の端末加工が必要となる。したがって工事費が増加する。

③ ダクタイル管の場合、土被り1.2m、静水圧15kgf/㎠の時、管種選定表からみて3種管で満足する。

④ ダクタイル管の継手には小口径の場合A、K、T形の3種類があるが、いずれも十分な水密性がある。

このほかダクタイル管には、次のような特徴がある。

2．ダクタイル管の性能

(1) 管体強度

引張強さが42kgf/㎠以上あり、鋼管に匹敵する強じん性がある。

(2) 耐外圧性

他管種に比し大きな荷重に耐え、路面荷重などに対しても安全性が高い。

(3) 耐内圧性

内圧のみに対しては100kgf/㎠以上の高水圧に耐え、製品の試験水圧も高い。

(4) 継手性能

管の受口と挿し口の間にゴム輪が強固に密封されているので、水密性が良好で偏心荷重や曲げ荷重にも強い。特にK形が優れている。

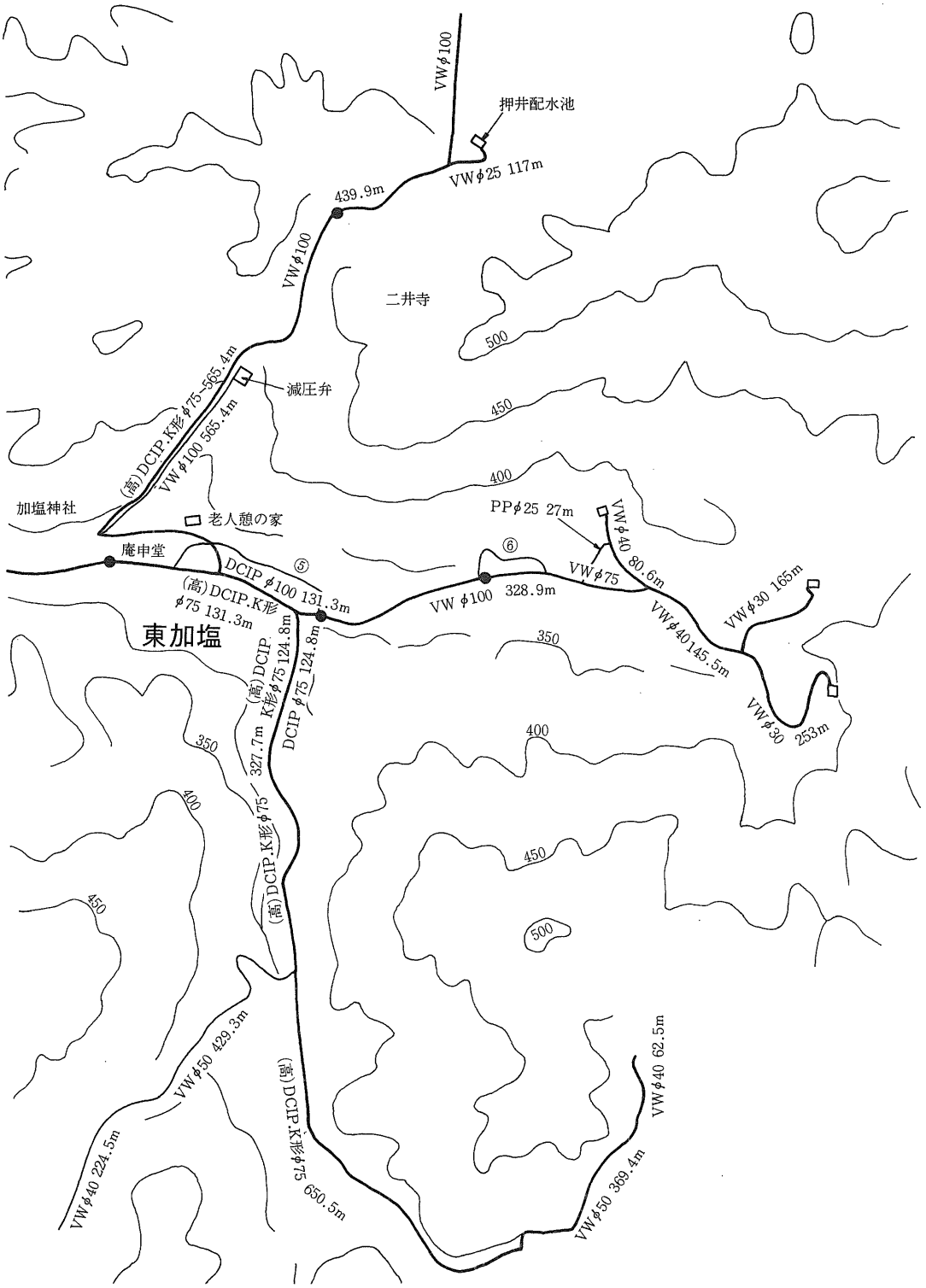
(5) 管路耐震性

地震時の地盤の変動に対し継手の伸縮可とう性で対応できるので、管体に無理な力が作用せず、被害も少ないと考えられる。

(6) 掘削、基礎

一般に平底溝で十分で、特別な基礎は必

図－4　配管位置図


VWφ100
押井配水池
VWφ25 117m
439.9m
VWφ100
二井寺
500
450
400
減圧弁
(高)DCIP.K形φ75-565.4m
VWφ100 565.4m
加塩神社
老人憩の家
PPφ25 27m
VWφ40 80.6m
庵申堂
⑤
⑥
DCIP φ100 131.3m
(高)DCIP.K形
φ75 131.3m
VWφ75
VW φ100 328.9m
VWφ30 165m
東加塩
350
(高)DCIP.K形φ75 124.8m
DCIP φ75 124.8m
VWφ40 145.5m
VWφ30 253m
400
327.7m
(高)DCIP.K形φ75
350
400
450
500
450
VWφ50 429.3m
VWφ40 224.5m
(高)DCIP.K形φ75 650.5m
VWφ40 62.5m
VWφ50 369.4m

要としない。

(7) 管接合

特に高度な技能を必要とせず、短時間で接合でき施工性がよい。

(8) 管の運搬、取扱い

重量はやや重いが、衝撃などにも比較的強く、取扱いが容易である。

(9) 埋戻し

特に軟弱な地盤や腐食土でない限り掘削土をそのまま埋戻土として利用できるので特に山間部などでは効果的である。

(10) 維持管理

管の内面にはモルタルライニングが施されており、防食効果があり長年月にわたり流量が変わらないと期待される。一方、管外面はタールエポキシ塗装であるが、鋳鉄特有の耐食性がある。さらに、腐食性の土壌に対してはポリエチレンスリーブによる防食法がある。このように管強度と相まって管埋設後の事故はきわめて少ないと考えられ、維持管理しやすい管種といえる。

以上のような理由から、今回の高圧管路にはK形ダクタイル管を採用することとした。

V. 施　工

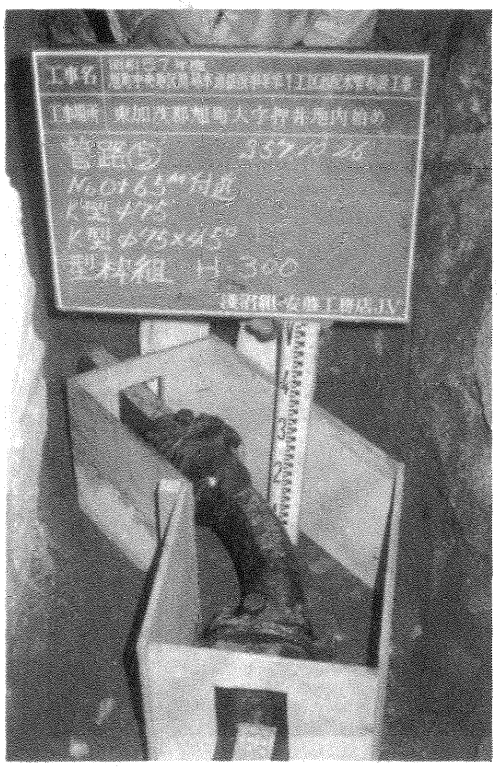
管の布設にあたり、標準土被りを1.2mとして工事を開始したが、実際に工事が進むにつれて各所で岩盤や転石に遭遇し、ブレーカーで破砕しながらの難工事であった。やむを得ず土被りを浅くせざるを得ない箇所もあり、このような所ではコンクリートで管体を巻立てて保護を行った。

異形管部に働く不平均力に対する防護については、角度の小さい曲管部には特殊押輪を用い、曲り角の大きい部分にはコンクリート防護を施した。

岩や転石の問題以外は工事もおおむね順調に進捗し無事完了することができ、昭和58年

写真—1　岩盤地帯での配管

写真－2　管接合状況



写真－3　曲管部状況

6月から使用を開始している。以下工事状況を写真で示す。

Ⅵ. おわりに

以上、旭町における簡易水道事業の概要ならびに高圧管路の管種選定につき述べたが、K形管の採用は今回がはじめてであるので、今後経年変化の状況などを注意して見守って維持管理にあたりたいと考えている。

以上、管種選定の一例として参考にしていただければ幸甚である。

ダクタイル鉄管第34号

昭和58年5月

技術レポート①

幹線改良工事における内管挿入工法について

大阪市水道局
工務部工務課第２設計係長　川畑　肇
給水部東部工事事務所工事係長　加藤　博

１．はじめに

大阪市では、昭和40年度を初年度とする配水管整備５カ年計画に引続き昭和47年度から10カ年計画を実施した。主な事業内容は給水状態の改善をはかるため配水管の新設および経年管に起因する出水不良、低水圧、赤水発生などの原因となっている呼び径 300㎜以下の旧管改良を重点的に実施してきた。

事業の進捗に伴い、出水不良地区は51年度に解消し、低水圧地区も55年度には解消するに至っている。一方赤水の発生については、昭和55年度の 9,900戸をピークに57年度夏には 2,400戸と大幅に減少したが、赤水発生の原因となる旧管がいまだ存在しているため完全解消には至っていない。また有効率においても、昭和46年度の 79.71％が昭和56年度には88.6％と大きく向上し、事業効果が顕著に現われている。

今後も引続いて施設の効率的運用、安定供給、有効率向上、震害対策などを考えた配水設備を充実させる整備が必要であり、このため昭和57年度から５カ年計画で新たに配水管整備事業を策定し、施行しているところである。

主な事業内容は幹線の経年管の更新と、従来に引続き配水小管網の整備、共同溝入溝を含めた幹線整備などを行うものである。

以上が本市配水管整備事業のあらましであるが、本稿では現在施工中の幹線改良の内管挿入工法について、その一部を報告するものである。

２．内管挿入工法による改良計画

１．採用経過

本市における内管挿入については、昭和31年城東幹線改良工事において呼び径1350㎜の既設管に鋼管呼び径1000㎜を挿入したのが最初である。現在まで内挿管として鋼管、ダクタイル鋳鉄管を合わせ30件、延べ19kmの延長に達している。

内挿管としてのダクタイル鋳鉄管の使用は昭和48年が最初である。既設呼び径 800㎜に呼び径 600㎜を挿入したもので、接合形式は

T形であった。昭和53年には、既設管の通水能力を下回わらないよう一口径落しの内挿管を採用し、呼び径700mmに呼び径600mmおよび呼び径600mmに呼び径500mmを挿入した。接合形式は内カラータイプのTC形を改良したTN形であった、さらに、昭和55年にはTN形を改良したTN-K形を使用して呼び径1000mmに呼び径900mmを挿入した。

2．調査と設計

(1) 調　査

前述の配水管整備事業のうち、幹線改良路線については内管挿入、布設替えなどによって工事を行うが、計画がスタートする昭和57年より1年前、56年を調査期間とし、管路調査、内挿管各種試験、耐震設計の考え方をまとめた。

管路調査は主として幹線の布設位置、制水弁・空気弁など、付属設備の状況、他企業埋設物との離隔状況、交通量、道路新旧舗装の状況、道路交差点部の詳細などについて計画路線全延長にわたって行った。調査方法は現地調査および埋設管探知器による調査、竣工図調査、他企業埋設物の図面調査によるものである。

管路調査と並行して内挿管に新しく使用するダクタイル鋳鉄管のPⅠ形、PⅡ形について分科会を設置し、検討を行った。

管路の耐震設計については「水道施設耐震工法の手引き」(厚生省)、「水道施設耐震工法指針・解説」(日本水道協会) があり、内管挿入工法においてもこれを参考とするが、市内管路の計画的な耐震化にあたっては、設計個個に地盤調査を実施することは工期および経費の点で得策ではないと思われる。したがって、特に詳細な耐震検討を必要とする部分を除き、管路の耐震設計については市内の地盤を地震時の動的特性に基づいて分類し、区域別に耐震計算を行って効率的な設計が行えるよう考えている。

(2) 設　計

管路の調査結果から実施設計にあたり、次の点に留意した。

① 断水について

現在配水中の幹線であるため、需要の多い夏期の断水が困難な管路については9月から翌6月までの施工工期とする。

② 交通処理について

現在実施中の城東幹線の例でも見られるように、路線の交通量は40,000台/日～50,000台/日と多く、これの交通処理の対策を考える。

③ 連絡管

既設制水弁の位置によって分岐管が確保できない場合がある。これには管路付近の別の箇所あるいは別の水源からの連絡管の設置、その他の方策を考える。

④ 工区割り

制水弁の位置、通水区間、工期、工事の難易度により工区割りを決定する。

⑤ 水圧低下

断水に伴い水圧低下が起こりうる箇所について事前に他の水源との連絡管の布設などを必要とする。

3．PⅠ形、PⅡ形内挿管の概要

従来、ダクタイル鋳鉄内挿管は各メーカーごとに開発されていたが、継続的な事業の実施と布設後の管理を考えた時、統一されたものが必要となる。

必要条件としては、

(1) 既設管より一口径落しで挿入できること。
(2) 耐震性を備えた継手を持ったもの。
(3) 既設管の曲り角が呼び径700mm以下は2°30′、呼び径800mm以上は2°以下で定尺もの(4m)が挿入可能であること。したがって内挿管の許容屈曲角はその角度以上であること。
(4) 継手の接合は立坑内で実施するため迅速で確実性が高いこと。
(5) 一区間の挿入長は500m程度の長スパンのものも可能であること。

などである。

検討は管種、継手性能、外径と定尺、継手伸縮量、許容屈曲角、離脱阻止力、切管施工性などについて行った。

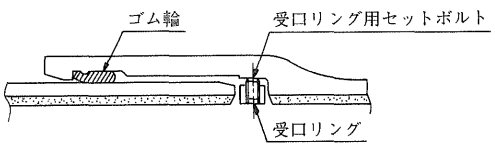
〔**管種**〕管種は離脱防止機構のないもの“PⅠ形”と、離脱防止機構付のもの“PⅡ形”と

PⅠ形は抜出し余裕量がサイズによって120mm～175mmと大きく、PⅡ形はS形と類似のロックリングによる継手部離脱防止ができる。

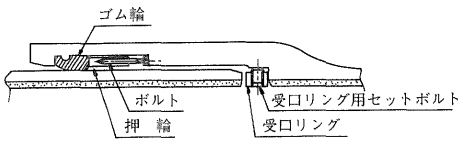
図―1　PⅠ形、PⅡ形構造図

PⅠ形

呼び径 300mm～600mm

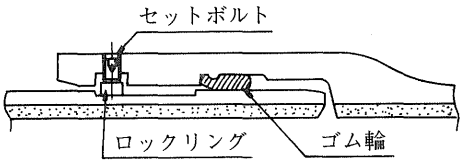


呼び径700mm～1350mm

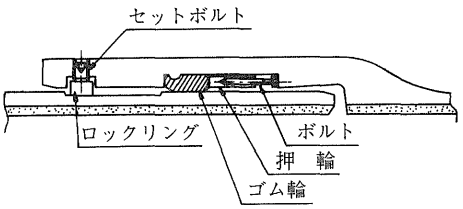


PⅡ形

呼び径 300mm～600mm



呼び径 700mm～1350mm



〔**管外径と定尺**〕内挿管については、既設管(無ライニング)と同等以上の流量を確保することが理想である。そのためには既設管に可能な限り大きい口径を選びたいのであるが、一方既設管には施工時の蛇行および長年月にわたる不同沈下による屈曲が当然考えられる。また挿入可能な内挿管の定尺は内挿管の外径と許容曲り角、既設管の内径と屈曲角に左右される。既設管の屈曲角については、従来からの本市での既往データと他都市でのデータを参考として検討した。これらによると呼び径600mm、700mm程度では大半は2°まで、呼び径1000mm、1100mmについては大半は1°まで、いずれもまれには3°以下のものが見られる。さらに既設管の定尺長、管理面からみて外径サイズの多様化を避けることなどを考慮して呼び径1000mm以下はJIS　G　3443（水道用塗覆装鋼管）の外径寸法とし、呼び径1200mm以上はJIS　G　5526(ダクタイル鋳鉄管)の外径寸法とし、定尺を4mとした。

〔**水密機構**〕PⅠ形、PⅡ形とも水密機構は同じ構造で、呼び径600mm以下はJISのT形用と同じ断面のゴム輪、呼び径700mm以上は外径上の制約から呼び径300mm T形とほぼ同じ断面のゴム輪を押輪・ボルトにて面圧を負荷したものとする。

4．性能試験

PⅠ形、PⅡ形継手の性能を確認するため、次の各項目について試験した。

(1)　水密性試験
(2)　伸縮試験
(3)　曲げ強度試験
(4)　曲げ偏心荷重試験
(5)　管挿入試験
(6)　接合、解体試験
(7)　寸法、形状検査
(8)　ゴム輪強度試験

試験は、たとえば水密性試験についていえば内挿管はローリング、屈曲を繰返しながら布設されるので、条件としては曲げ回転繰返し後水圧を負荷し、その後若干曲げ状態での水圧を負荷するなど、可能な限り施工時に近い状態で行った。各試験は昭和56年7月から57年3月まで実施したが、水密性、伸縮可とう性、施工性などいずれも良好であった。

3．城東幹線改良工事の概要

改良工事の概要は次の通りである。

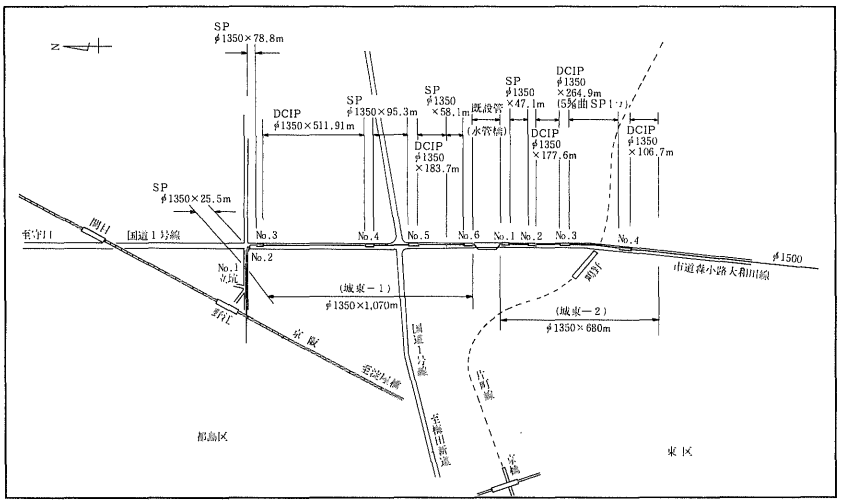
全延長：約1,750m（2工区）
既設管：呼び径1500mm C形継手、高級鋳鉄管(昭和9年～16年)
内挿管：呼び径1350mm PⅡ形ダクタイル

鋳鉄管および鋼管

立　坑：10カ所、立坑間隔 最小　25m　　立坑間隔 最大 512m

1．工事概要

図―2　配管図



城東幹線は、柴島浄水場から西成区に至る呼び径1500㎜～1000㎜、延長18.2kmの幹線である。このうち8.6kmについてはすでに改良済みであって、昭和57年度は国道1号線、市道森小路大和川線について施工するものである。

工事施工箇所は40,000台/日～50,000台/日の通行車輌があり、地下埋設物は相当に輻輳している。このため同位置での布設替えについて検討を行ったが、断水期間内の施工が不可能であり、工事費用が大幅増となる。さらに、交通処理がきわめて困難であるため内管挿入工法によることとした。

写真―1　施工現場(立坑付近)

立坑位置は、主として既設制水弁取替部分分岐部、幹線連絡を行う箇所などとした。

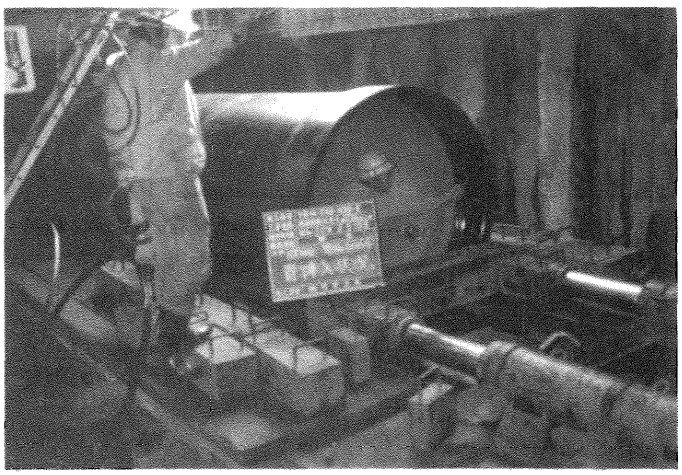
分岐部については、管網状態によって必要でないものについては分岐管を閉塞して内挿区間とした。重要な連絡箇所では本弁の両側に分岐管を取付け、本管制水弁を閉じても分岐管に断水がない構造とした。立坑部の施工にあたっては地下埋設物、架空線の移設はもちろんであるが、重機スペース、一時材料置場の確保、中央分離帯撤去による車線変更、車輌通行感知器による信号制御系統の変更などについても考慮した。

立坑内部は耐震管路構造、不同沈下防止、維持管理などを考慮して弁類をできるだけ集中させ、全体を一体化して保護し、内挿部との間は離脱防止機構のある継ぎ輪などをセットした。

2．内挿管の挿入

内挿部については、直線部はダクタイル鋳鉄管の押し込み挿入、曲り部を含む区間については鋼管の引き込み内面溶接継手とした。

施工状況については、既設管内屈曲角は最大角度が58′であり、当初から計画されていた異形管部以外での直線部では切管を必要とせず、定尺直管で挿入できた。



写真—2　管挿入状況

写真—3　施工状況

挿入作業は最初に着工した177.6m（45本）スパンについては、

最大推力：65ton

摩擦係数：0.52、既設管最大屈曲角58′

平均挿入数：7.5本/日

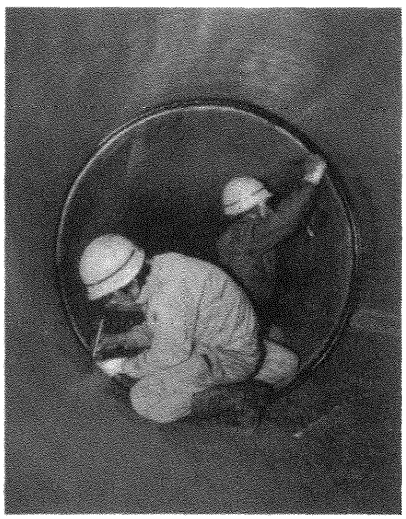
次に、最長スパン511.9m（128本）では、

最大推力：145ton

摩擦係数：0.41、既設管の最大屈曲角30′

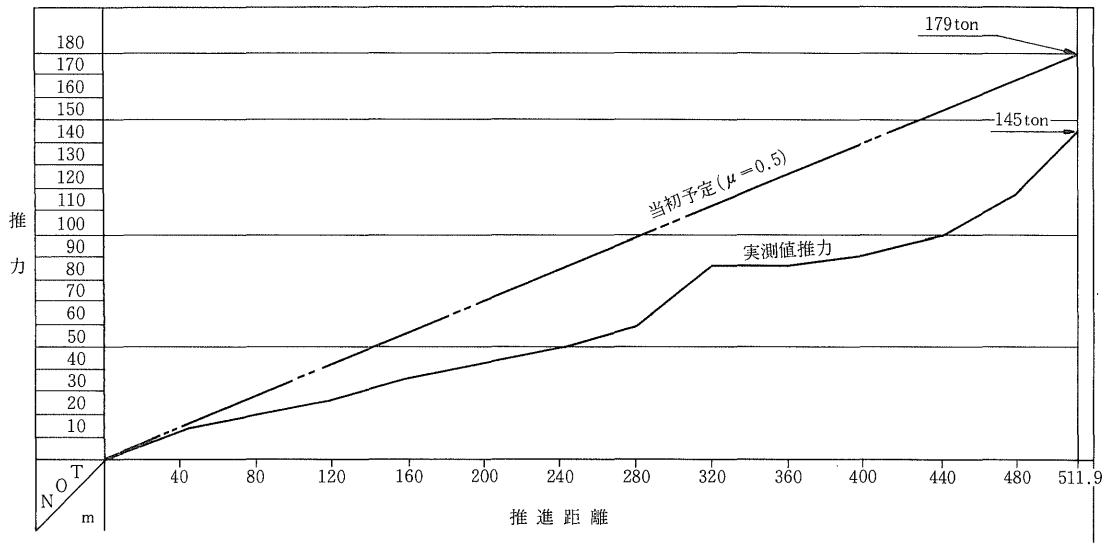
平均挿入数：7.5本/日

で据付けを完了した。



写真—4　管接合状況

図—3　推力測定図



最長スパン 511.9m を例として実際の施工要領を述べると、次の通りである。

(1)　立坑築造工

発進坑および到達坑。

(2)　既設管の切断

既設管(φ1500FC、t=27)をゼットランサーで切断した。

(3)　管内クリーニング工

動力回転刃で錆を落し、バケットに入れて動力ウインチで搬出した。平均80m/日。

(4)　管内調査工

既設管の管長、内径、胴付間隔、段差などを測定し、内挿管の挿入可否を検討した。その結果、最大屈曲角は30′であり、挿入可能なことを確認した。

(5)　挿入工

挿入仮設台の設置。

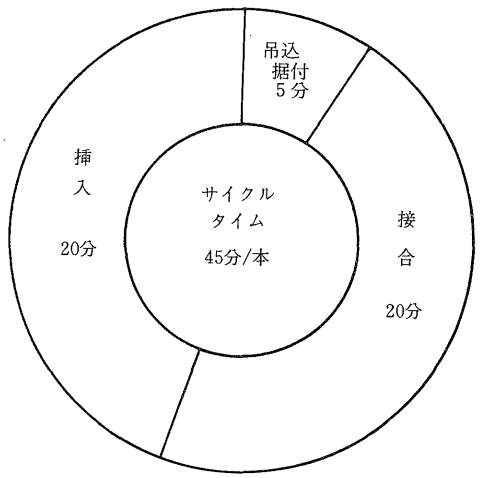
油圧ジャッキ：100ton×2台（ストローク500mm）

油圧ポンプユニット：15HP

ストラット、他

接合は配管工3名にて行い、管1本当りの接合、挿入時間は約45分であった。

図—4　管挿入サイクルタイム(管1本当り)



(6)　水圧テスト工

水圧テストバンドにて水圧5kgf/㎠、10分間のテストを行いいずれも合格した。

(7)　モルタル充填

既設管と内挿管の間隙にクレイサンドモルタルを充填した。

4．おわりに

昭和57年度から実施しているＰⅡ形内挿管を使用した工法は、昭和57年８月から行っているものであり、城東および淀川北部幹線を含め５工区である。昭和58年４月現在、いずれのケースについてもいまだ完工していないため、施工実績その他についてデータが不足しているが、詳細については別の機会があれば譲ることとし、とりあえず概要について述べさせていただいた。なお今後、本工法についてはダクタイル鋳鉄管を用いた異形管部の内挿管施工などについて開発すべき点が残されている。経年管対策を考える時、本工法は施工環境、経済性、耐震性、工期などの面で有利な工法であり、改良の一工法として参考に供する次第である。

技術レポート②

1口径落しパイプ・イン・パイプ工法用ダクタイル管

日本ダクタイル鉄管協会
技術委員　山路忠雄
〃　中島　鋭
〃　稲垣博巧
〃　桜井祥己
〃　田尾寿則

最近「水道の質的充実」という課題がクローズアップされてきた。経年管の整備もそのひとつで、多くの水道事業体で配水管整備事業の名のもとに行われている。また昭和58年度から厚生省においても「水道管路更新システム開発調査」というテーマが採り上げられている。

経年管の更新、更生方法には新管への布設替え、パイプ・イン・パイプ工法、経年管の内面にエポキシ樹脂塗料の塗装やモルタルライニングを施す現地ライニング工法など、いろいろなものが実用されている。

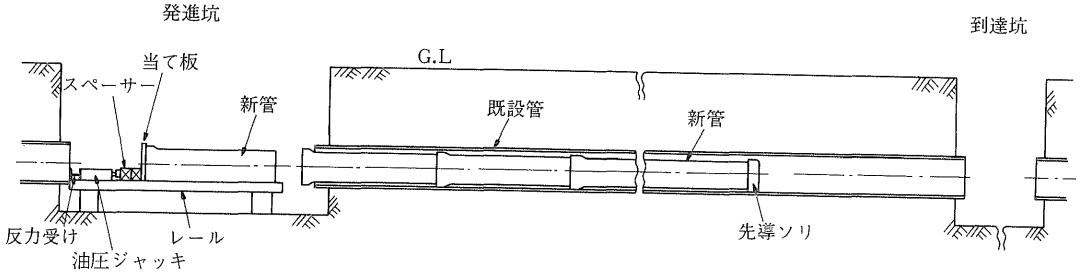
ここでは、ダクタイル管によるパイプ・イン・パイプ工法について工法および経年管の口径に対し1口径（100mm）だけ小さいサイズの管を挿入できる新管継手を紹介する。

Ⅰ．パイプ・イン・パイプ工法

1．工法の概要

図－1にダクタイル管によるパイプ・イン・パイプ工法の概略を示す。

図－1　パイプ・イン・パイプ工法概略図



図に示す通り、この工法は

（i）既設管路の工区の両端に発進坑と到達坑を構築する。

（ii）発進坑内で新管の接合をする。

（iii）新管の挿入方向は挿し口側を前、受口側を後とし、先頭管のみ先導ソリを取付

ける。

(iv) 新管挿入は油圧ジャッキ、またはウインチなどを用いて行う。油圧ジャッキで押す時は、ほとんどの場合、反力は発進坑内の反対側既設管でとる。

2．工法の特徴

(1) パイプ・イン・パイプ工法としての特徴

(i) 幹線道路で交通頻繁、あるいは繁華街などの理由で開削工法がとれない場所に適用できる。

(ii) すでに埋設管が錯そうしていて、新しく布設するスペースがない場合に適用できる。

(iii) 路面復旧、既設管撤去が立坑部を除いて不要であり、工事費が安い。

(iv) 開削布設替えに比べて工期が短縮できる。

(v) 新管と既設管が2重構造となり、管路として強くなり、また他工事による損傷の危険度が少なくなる。

(vi) 開削個所が立坑部だけなので、工事公害が少ない。

(vi) 留意点としては、既設管の口径より新管は小さくなること（流量比については後述）、工事中の一時断水に対する代替管路が必要なこと、などがある。

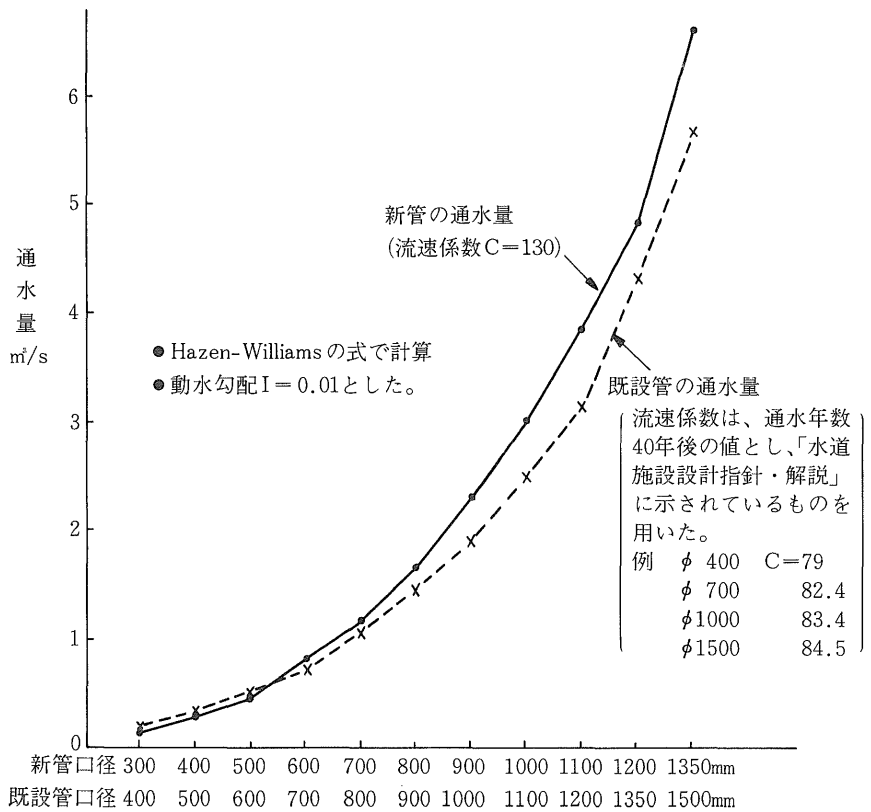
(2) 新管としてダクタイル管を使う場合の特徴

(i) 新管の接合は発進坑で行うが、その継手部は伸縮、屈曲が可能で、既設管の曲がりに順応しながら新管は挿入される。したがって新管1本の長さが長いものを挿入できる。

(ii) 既設管口径より1口径（100mm）だけ小さい新管の挿入が可能である。

この場合の既設管と新管の通水能力を計算で比べると図―2のようになる。

図―2　既設管と新管の通水量の比較（計算値）



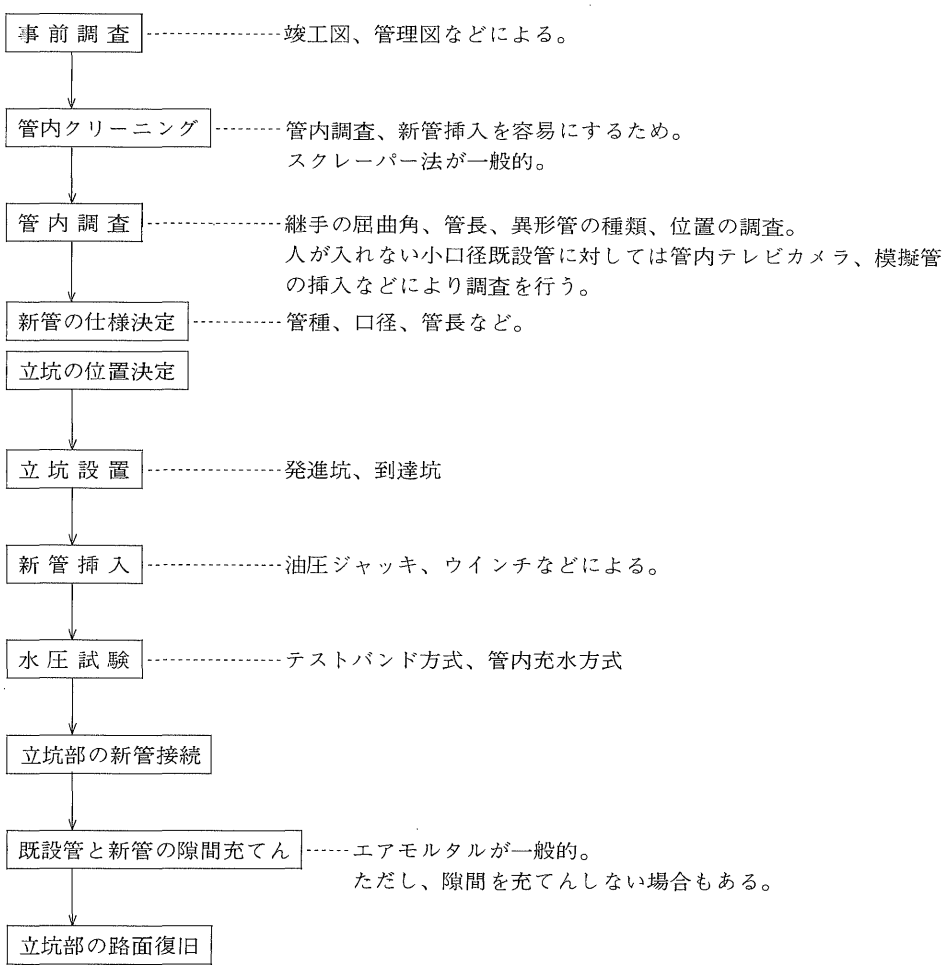
(iii) 新管は発進坑で接合して挿入していくため、1本ごとに挿入し既設管内で接合する場合に比べ施工性がよい。
(iv) 新管の継手は一般形と耐震形の選択ができる。
(v) 継手の接合に特殊技能を必要とせず、短時間で接合できる。
(vi) 接合挿入時に既設管内作業がほとんどない。

したがって既設管内の換気は不要で、排水不十分でもさし支えない。(ただし、新管と既設管の隙間を充てんする時は排水する必要がある)。

3．施工手順

施工手順、作業項目はそれぞれの工事において多少異なるが、標準的なものは図－3の通りである。

図－3　施工手順



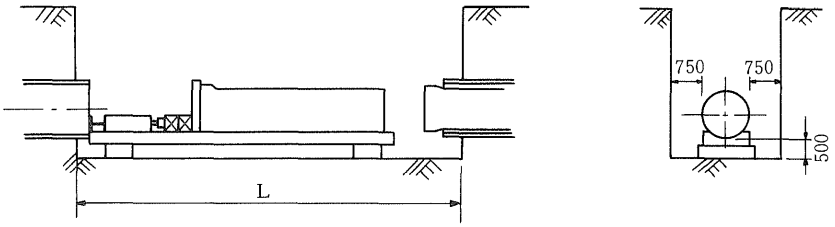
4．立坑および挿入設備

(1)　立坑の大きさ

発進坑の大きさの目安を図－4に示す。ただし、発進坑内の連絡配管の長さが図－4のL寸法以上となる時はその長さで決まる。

一方、到達坑の大きさは連絡配管ができる大きさがあればよいことになる。

図―4　発進坑の大きさ



L＝新管長さ＋油圧ジャッキ長さ＋反力受け厚さ＋既設管の突出長さ＋接合余裕(約500mm～700mm)

(2)　挿入設備

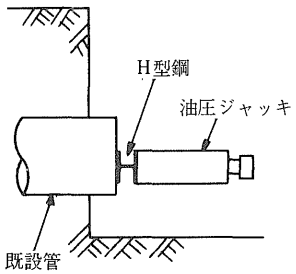
(i)油圧ジャッキおよび油圧ユニット、またはこれらの代替としてのウインチなど。長ストローク(たとえば1.2m)で高速の油圧ジャッキが能率的である。

(ii)反力受け

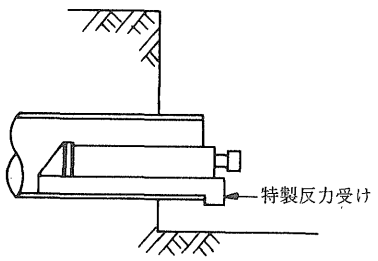
推力の大小により異なるが、例を図―5に示す。

図―5　反力受けの例

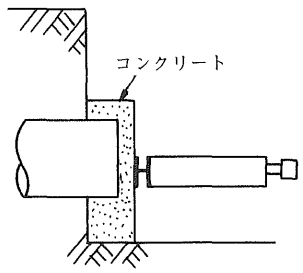
① H型鋼（普通の推力の時）



② 特製反力受け（小さい推力の時）



③ バックコンクリート（大きい推力の時）



Ⅱ．パイプ・イン・パイプ工法用管および継手の概論

1．概　要

(1)　名　称

パイプ・イン・パイプ工法用ダクタイル管

略称：PⅠ形(一般形)およびPⅡ形（耐震形）（Pipe in pipeの頭文字をとった)。

(2)　呼び径

300mm～1350mm(既設管の呼び径は400mm～1500mm)

(3)　管の種類

直　管：1種、2種、3種、4種

異形管：受け挿し短管、異口径継ぎ輪、継ぎ輪、フランジ付きT字管、両受フランジ付きT字管、片落管、連絡管など。

管厚は1種類。

(4)　従来の管との互換性

●呼び径300mm～1100mmの管体外径はJIS G 3443(水道用塗覆装鋼管）の外径と同じ

になっており、受け挿し短管を用いることによりK形など一般のダクタイル管と接続が可能である。

- 呼び径1200mm、1350mmの管体外径はJIS G 5526（ダクタイル鋳鉄管）と同じで、一般のダクタイル管と直接接続が可能である。
- 既設管と新管の接続は、異口径継ぎ輪、または連絡管を用いて行う。連絡管を用いる場合は管内での接続となり立坑が不要である。

(5) 直管の有効長

原則として4m。

ただし、2～6mで任意の選択もできる。

(注) 口径350mm以下の既設管に対しては、新管としてT形管を挿入することができる。ただし、この場合新管の口径は既設管口径より150mm以上小さくなる。

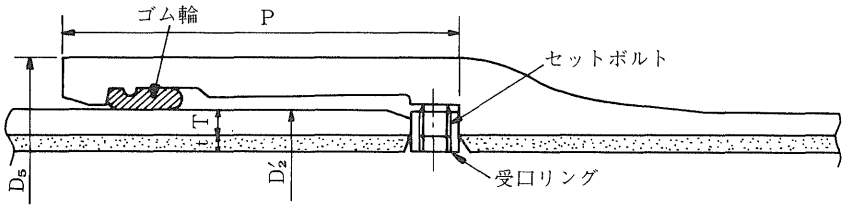
2．継手構造

図－6に継手構造および主要寸法を示す。

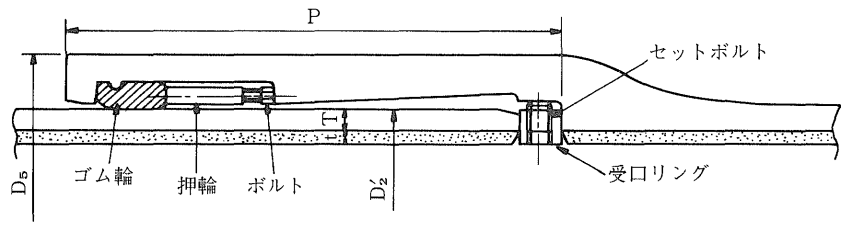
図－6　PⅠ形、PⅡ形の継手構造

(1) PⅠ形

呼び径 300mm～600mm

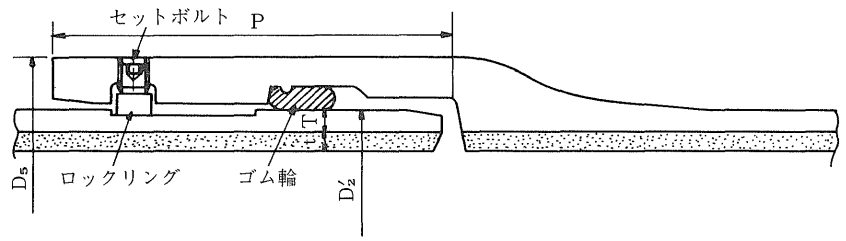


呼び径 700mm～1350mm

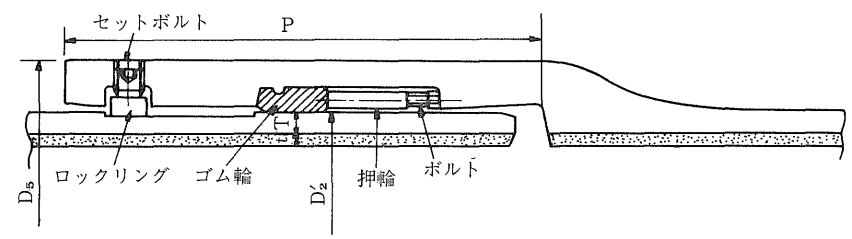


(2) PⅡ形

呼び径 300mm～600mm



呼び径 700mm～1350mm



（単位：mm）

呼び径	管　厚				ライニング厚	実外径	各部寸法	
D	T				t	D_2'(2)	D_5	P
	1種管	2種管	3種管	4種管				
300	7.5	—	6.5	—	6	318.5	355.1	220
350	〃	—	〃	—	〃	355.6	402.6	235
400	8.5	7.5	7.0	—	〃	406.4	454.4	〃
500	9.5	8.5	8.0	—	〃	508.0	558.0	〃
600	11.0	10.0	9.0	8.5	〃	609.6	661.6	240
700	12.0	11.0	10.0	9.0	8	711.2	759.2	〃
800	13.5	12.0	11.0	10.0	〃	812.8	862.8	250
900	15.0	13.0	12.0	11.0	〃	914.4	966.4	260
1000	16.5	14.5	13.0	12.0	10	1016.0	1070.0	〃
1100	18.0	15.5	14.0	13.0	〃	1117.6	1173.6	270
1200	19.5	17.0	15.0	13.5	〃	1246.0	1304.0	280
1350	21.5	18.5	16.5	15.0	12	1400.0	1461.0	〃

注(1)　上表の寸法はPⅠ形、PⅡ形共通。

(2)　呼び径 300mm～1100mmのD_2'はJIS　G　3443（水道用塗覆装鋼管）の実外径と同じ。

呼び径1200mm、1350mmのD_2'はJIS　G　5526（ダクタイル鋳鉄管）の実外径と同じ。

継手付属品の材質は次の通りである。

(1)　ゴム輪

SBR製。JIS　K　6353（水道用ゴム）による。

(2)　押輪、ロックリング、受口リング

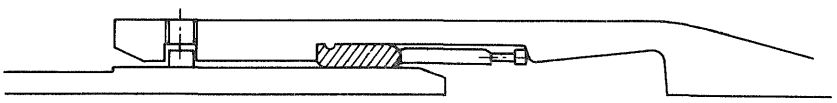
ダクタイル鋳鉄製。JIS　G　5502（球状黒鉛鋳鉄品）のFCD 40、またはFCD 45。

(3)　押輪用ボルト、セットボルト

ステンレス鋼製。JIS　G　4303（ステンレス鋼棒）のSUS 403、またはJIG　G　5121（ステンレス鋼鋳鋼品）のSCS 2。

（注）呼び径 700mm以上のPⅠ形、PⅡ形の水密機構部の接合方法は、図－7のように挿し口をまず受口の途中まで挿入し、押輪用ボルトをねじ出し、そのあとさらに挿し口を挿入する。

図－7

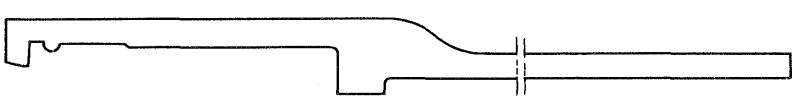


3．異形管の形状（例）

PⅠ形について例を上げる。

(1)　受け挿し短管

図－8

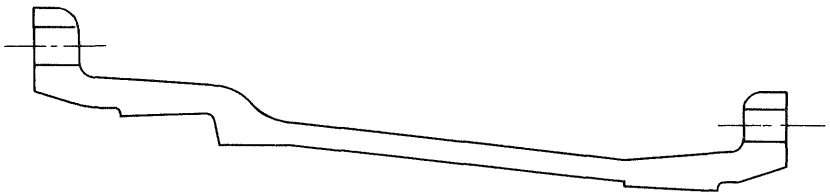


挿し口はK、UF、S、SⅡ形用がある。

(2) 異口径継ぎ輪

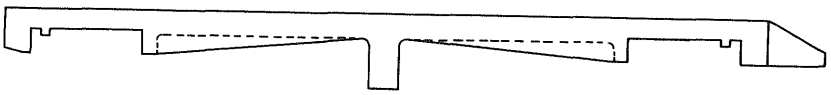
既設管と新管の接続に用いる。

図－9



(3) 継ぎ輪

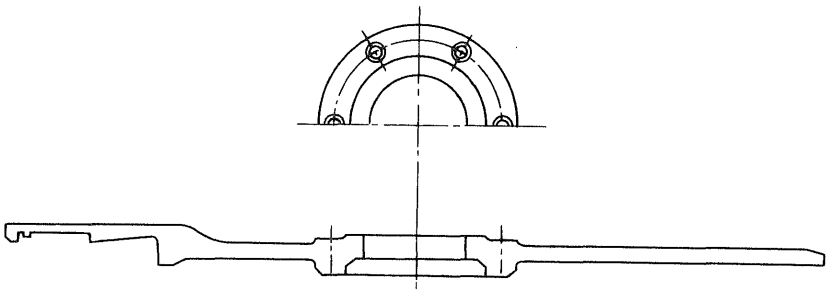
図－10



(4) フランジ付きT字管

空気弁などの取付けに用いる。

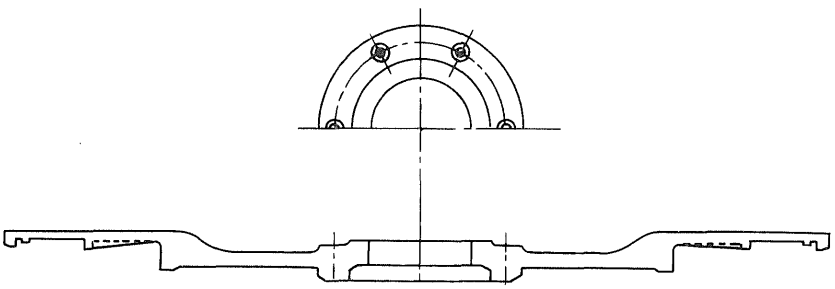
図－11



(5) 両受フランジ付きT字管

空気弁などの取付けに用いる。

図－12



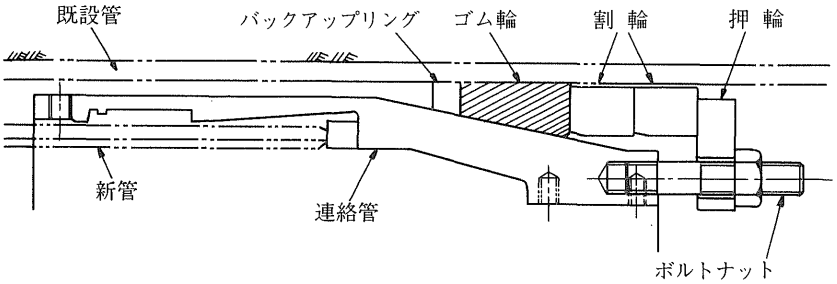
(6) 片落管

図－13

(7) 連絡管

工区末端で管内で既設管と新管を接続する。

図－14



4．配管設計のための基準性能

ＰⅠ形、ＰⅡ形の抜け出し余裕量、許容屈曲角、離脱阻止力、曲げ剛性を表－1に示す。

ＰⅠ形は一般管路に、ＰⅡ形は耐震管路に適する。ＰⅡ形は(財)国土開発技術研究センターの「地下埋設管路耐震継手の技術基準(案)」の耐震継手区分の「S－2類、B級」に相当する性能を有していることになる。

表－1　ＰⅠ形、ＰⅡ形の基準性能

継手 / 呼び径(mm) / 項目	ＰⅠ形(一般形)		ＰⅡ形(耐震形)				
	抜け出し余裕量	※許容屈曲角	抜け出し余裕量	※許容屈曲角	離脱阻止力	曲げ剛性	〔参考〕※※限界屈曲角
300	120mm	4°	50mm	4°	45 tonf	1.8tonf-m	8°55′
350	125	〃	〃	〃	52.5	3.2	8°
400	〃	〃	〃	〃	60	4.1	7°
500	〃	〃	〃	〃	75	6.0	5°37′
600	130	〃	〃	〃	90	8.5	4°41′
700	140	3°	55	3°	105	6.6	4°25′
800	150	〃	〃	〃	120	7.2	3°52′
900	160	〃	60	〃	135	9.7	3°45′
1000	〃	〃	〃	〃	150	12.2	3°22′
1100	165	2°45′	〃	2°45′	165	12.8	3°04′
1200	175	〃	65	〃	180	17.0	2°59′
1350	〃	2°30′	〃	2°30′	202.5	23.3	2°39′

※許容屈曲角はパイプ・イン・パイプ工法の挿入管としての値で、この角度まで屈曲するにはある程度の曲げモーメントを加える必要がある。

※※限界屈曲角とは $\tan^{-1}\left(\frac{\text{抜け出し余裕量}}{\text{管外径}}\right)$ で計算した値。

Ⅲ．継手の機能試験結果

これまでに呼び径300mm、600mm、700mm、1000mm、1200mmおよび1350mmのＰⅠ形管、ＰⅡ形管について機能試験を行った。

試験結果の一部を以下に示す。

1．接合試験

実験室内で管2本を接合した。接合時間は表－2の通り。

表－2　継手1ヵ所あたりの接合時間

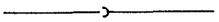
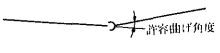
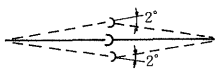
呼び径(mm)	ＰⅠ形		ＰⅡ形	
	接合時間(分)	作業員数(人)	接合時間(分)	作業員数(人)
300	約4	2	約8	2
700	19	〃	25	〃
1200	21	〃	32	3

2．水密性試験

表－3に試験条件および試験結果を示す。

前述の全口径についてPⅠ形、PⅡ形とも同じ条件で試験したが、いずれも十分な水密性能を示した。

表－3　水密性試験結果

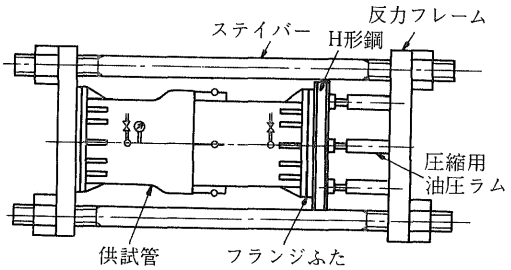
試験条件	負荷水圧 (kgf/cm²)	結果
直線接合。 	20	漏れなし
継手を許容曲げ角度（表－1参照）まで屈曲させた状態で水圧負荷。 	20	漏れなし
±2°の屈曲を5回繰り返した。 	20	漏れなし

3．圧縮試験

既設管内に新管を挿入していく時の推力に対する継手の安全性を確認するために、この試験を行った。

試験方法を図―15に、試験結果を表－4に示す。この結果から、直線接合の場合では新管挿入長1,000m分の推力に対して十分安全であるといえる。一方、継手が2°30′以上屈曲している場合の耐えられる推力は挿入長約500m分以下となる。

図―15　圧縮試験方法



表－4　圧縮試験結果

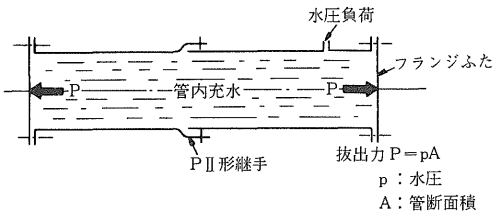
継手 / 継手角度 / 呼び径 (mm)	PⅠ形 0° 負荷圧縮力 tonf	PⅠ形 0° 換算推進長 m	PⅠ形 2°45′ 負荷圧縮力 tonf	PⅠ形 2°45′ 換算推進力 m	PⅠ形 3° 負荷圧縮力 tonf	PⅠ形 3° 換算推進長 m	PⅠ形 4° 負荷圧縮力 tonf	PⅠ形 4° 換算推進長 m	PⅡ形 0° 負荷圧縮力 tonf	PⅡ形 0° 換算推進長 m
300	34.4	約1,000	—	—	—	—	15.5	約 500	34.4	約1,000
700	114	〃	—	—	52	約 500	—	—	114	〃
1200	307	〃	140	約 500	—	—	—	—	307	〃
結果	いずれの場合も異常なし									

換算推進長は新管と既設管の摩擦係数を0.5として計算した。

4．抜き出し試験

PⅡ形管について図―16の要領で抜き出し力を負荷し、離脱阻止性能を確認した。

図―16　抜き出し試験方法



試験結果を表－5に示す。これからPⅡ形継手は0.15d tonf（d：呼び径mm）の抜き出し力に耐えることができ、前述のように耐震継手の技術基準のB級に相当する性能を有していることがわかる。

表—5　抜き出し試験結果(PⅡ形管)

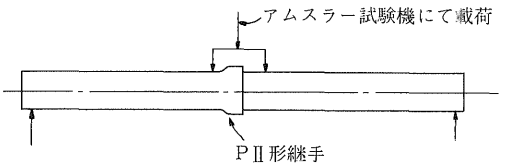
呼び径 (mm)	負荷水圧 (kgf/cm²)	換算抜き出し力 (tonf)	発生応力※ (kgf/mm²)	結　果
300	57	45.4	21.7	異常なし
600	31	90.5	14.3	〃
1000	18.5	150.0	17.2	〃
1350	13.5	207.8	19.7	〃

※いずれも曲げ応力である。
ダクタイル管の曲げ強さは60kgf/mm²以上であり、まだ応力的に余裕がある。

5．曲げ試験

図—17の要領でPⅡ形継手の曲げ剛性を確認した。

図—17　曲げ試験方法



表—6　曲げ試験結果(PⅡ形管)

呼び径 (mm)	接合状態	負荷曲げモーメント (tonf-m)	継手屈曲角	発生応力※ (kgf/mm²)	結　果
600	入り込み状態	1.1	3°53′	−11.3	異常なし
	抜け出し状態	3.5	4°39′	9.5	
1200	入り込み状態	4.5	2°13′	− 5.1	異常なし
	抜け出し状態	19.0	3°23′	22.4	

※いずれも曲げ応力である。
ダクタイル管の曲げ強さは60kgf/mm²以上であり、まだ応力的に余裕がある。

Ⅳ．参　考

これまでダクタイル鉄管協会誌に掲載されたパイプ・イン・パイプ工法に関する工事レポートは次の通りである。

1．内挿管工法(パイプ・イン・パイプ工法)
　京都市殿　φ900内にφ700挿入
　(協会誌18号)

2．600mmタイトン形ダクタイル鋳鉄管の内挿工事
　大阪市殿　φ800内にφ600挿入
　(協会誌18号)

3．1口径落しによるパイプ・イン・パイプ工事の設計施工について
　大阪市殿　φ700内にφ600挿入
　φ600内にφ500挿入
　(協会誌26号)

4．ダクタイル管によるパイプ・イン・パイプ工事報告
　京都市殿　φ800内にφ600挿入
　φ450内にφ300挿入
　(協会誌29号)

5．大口径管における1口径落しのパイプ・イン・パイプ工法
　東京都殿　φ1100内にφ1000挿入
　(協会誌31号)

技術レポート③

岡山県英田郡作東町
簡易水道事業の概要

作東町水道課長　香山透逸
株式会社日本都市工学設計　赤木道夫
〃　北野正直

Ⅰ．はじめに

現在の水道界においては、その普及率は90％以上となり、広く地域社会に貢献し、ほぼ完成された感がある。しかしながら、小規模水道である簡易水道も含め、実際の水道運営においては各地区の風土および歴史による相違はあるが、安定給水、健全経営といった面でいろいろの問題を抱えているのも実状である。そして残り10％に満たない水道未普及地の多くは、離島や山村といった辺地、僻地であり、地理的、自然的条件も悪いうえ、加えて財政基盤も劣弱であり、簡易水道の普及には行財政面から特別の配慮を要する地区である。ここでは生活用水の増加による給水能力の限界、施設の経年などによる漏水、地下水源の枯渇、未給水地区の解消などの諸問題に直面し、財政基盤が劣弱ではあるが、現在の水道施設の見直しから新たに水道事業を策定し完成しようとする岡山県山間部の英田郡作東町――小規模簡易水道が11施設点在する人口約9,300人の町――の水道事業を国庫補助事業として計画した一例を紹介する。

以下に事業計画、設計施工上の要点などを概括する。

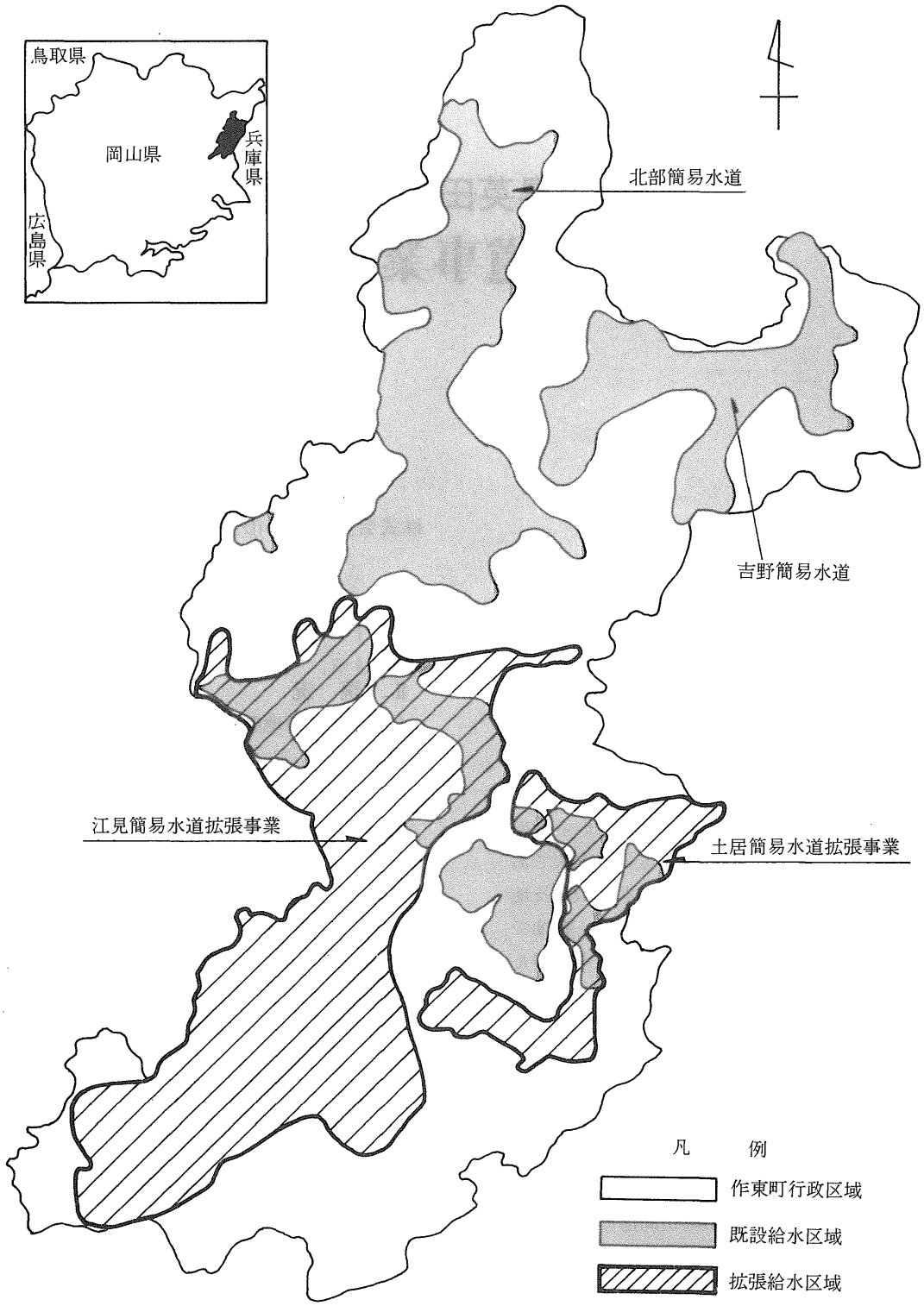
Ⅱ．現　況

1．作東町の地勢

本町は岡山県の東北部に位置し、東は兵庫県に隣接しており、その地形は東西6km、南北に20kmと細長く、総面積10.15kmを有し、その地形は総面積の75％が丘陵地や低い山を形成している。そして、北から南へ本町の中央を吉野川が貫流しており、東から西へは山家川が流れ、本町の中心地江見で合流している。産業は丘陵地を利用した畜産、酪農が中心の農山村である。近年中国縦貫道の開通による交通条件の進展および温泉郷の隣接といったことにより観光人口の増加、工場誘致のきざしが見えており、今後の発展が望まれている。

本町の水道施設は、昭和33年度飲料水の不足する地域の要望により、簡易水道事業として発足して以来水不足地域の要望により簡易水道を順次建設し、地域住民の生活環境の改善、福祉向上に努めてきた。

図―1　作東町全図


鳥取県
岡山県
兵庫県
広島県
北部簡易水道
吉野簡易水道
江見簡易水道拡張事業
土居簡易水道拡張事業
凡　例
作東町行政区域
既設給水区域
拡張給水区域

2．水道施設の運転状況

簡易水道創設以来10年～20年以上経過しているため、施設の老朽化、水源の枯渇化が進み、有収率の低下をきたしている。一方、水の需要は増加傾向にあり、一部の地域では水不足をきたし、断水を余儀なくされる場合が多々生じている。

このような状況下にあって、水道課は各簡易水道施設の点検、水質検査などの日常管理はもとより漏水調査、有収率向上対策など、多忙な中にも町民への節水アピールに努めている。

特に渇水期で需要増大の重なる里帰り時期（盆、秋祭り、正月）では、極力断水を避けるための監理体制を敷いている。また各簡易水道施設が点在しており、通常での監理が十分に行われにくいため、水道課では各簡易水道に地元住民より水道委員を選任し、町長、水道課を交じえた水道運営委員会を設置し、維持管理に徹するよう努力をしているが、以上のような状況下で本町水道課（7名）による維持管理体制はほぼ限界に達した感がある。

Ⅲ．簡易水道総合整備事業の概要と計画

1．総合整備事業の概要

本事業は、昭和54年度に策定された町総合整備計画の一貫である水道整備計画に基づくものであり、未給水地区の解消（水道普及率100%達成）と全域の改良計画を骨子としているものである。具体的には将来の上水道計画に基づき、昭和56年度を初年とする3ヵ年計画で、全簡易水道施設を5ブロックに統合整備することにより各施設を有機的に結合し、安定した給水施設にしようとするものである。現在までの事業経過としては、昭和56年度起債によりもっとも事故率の高い給水戸数560戸を対象に、北部簡易水道整備事業の一部を完了させた。この事業により有収率が60%以下であったものが、事業完了後90%以上となり安定給水が確保されている。

続いて、昭和57、58年度で国庫補助事業で規定する区域拡張事業、給水量拡張事業、基幹的施設改良事業および水源増補改良事業の合併で成立する江見簡易水道拡張事業および土居簡易水道拡張事業を計画し、昭和56年度に認可申請に着手し、現在昭和57年度工事が完了した状態である。

2．簡易水道拡張事業計画

(1)　基本方針

本事業を計画するにあたり、水道法に準拠して清浄な水を円滑に給水することを基本とし、かつ本町の財政事情、管理体制などを考慮し、次のような基本方針を設定した。

① 国庫補助事業で規定する区域拡張事業給水量拡張事業、増補改良事業および基幹的施設の改良事業の補助採択要件を検討し、補助事業を基本とした計画とする。

② 現有施設の最大有効利用をはかり、施設の安定性と経済性を考慮する。

③ 水源を中心に旧簡易水道施設を有機的に結合し、維持管理の立場をも配慮した計画とする。すなわち、省エネルギーに通ずる運転コストの軽減と監理の簡便化を考慮し、自然流下による配水方式とし各地区へのブロック配水とする。また、電気計装設備によって施設の有機的な結合をはかり、施設の故障などにも速やかに対処できることとする。

④ 将来の上水道整備計画に整合性を持つものとし、必要ならば町単独財源を充当する。

以上の基本方針を原則として本事業を計画した結果、江見系においては水源を中心に区域拡張、給水量拡張および水源増補改良の3つの補助採択による合併事業となった。土居系においては、さらに基幹的施設の改良を含む4つの補助採択による合併事業となった。

(2)　給水人口と給水量

計画給水人口および給水量の算出は、旧各簡易水道給水区域および拡張区域ごとに昭和65年を目標年次としてそれぞれ過去の動態により予測した。

表－1、2には旧各簡易水道の既認可計画と今回計画を示し、今回計画値は既認可区域と拡張区域の計画値の合計である。

表—1

〔江見簡易水道拡張事業〕
3簡易水道を統合し、水源増補改良、区域拡張、給水量拡張事業を行い水道施設を整備する。

簡水名	竣工年月日	既認可計画		今回計画		内訳 既設区域		内訳 拡張区域	
		給水人口（人）	1日最大給水量（㎥/日）	給水人口（人）	1日最大給水量（㎥/日）	給水人口（人）	1日最大給水量（㎥/日）	給水人口（人）	1日最大給水量（㎥/日）
江見	S.44.8	2,200	444	2,701	1,070	2,560	1,014	141	56
江見東	S.46.9	650	105	1,969	779	765	303	1,204	476
田原	S.39.1	150	18	130	51	130	51	——	——
合計		3,000	567	4,800	1,900	3,455	1,368	1,345	532

以上より
計画給水人口：4,800人
計画給水量：1,900㎥/日
計画1人1日最大給水量：0.396㎥/人/日

表—2

〔土居簡易水道拡張事業〕
4簡易水道を統合し、水源増補改良、区域拡張、給水量拡張および基幹施設改良事業を行い水道施設を整備する。

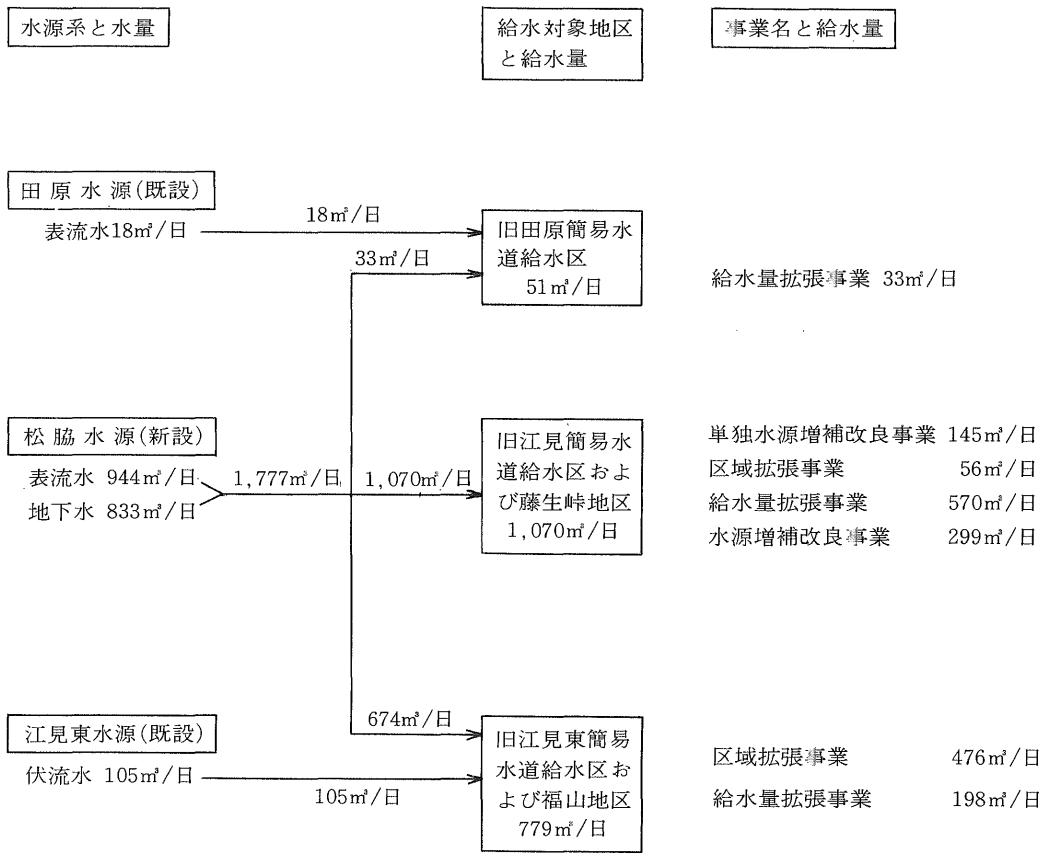
簡水名	竣工年月日	既認可計画		今回計画		内訳 既設区域		内訳 拡張区域	
		給水人口（人）	1日最大給水量（㎥/日）	給水人口（人）	1日最大給水量（㎥/日）	給水人口（人）	1日最大給水量（㎥/日）	給水人口（人）	1日最大給水量（㎥/日）
土居	S.44.3	660	120	714	236	620	205	94	31
土居西	S.42.3	320	48	389	128	345	114	44	14
白水	S.48.12	1,050	238	747	246	560	184	187	62
角南	S.34.3	360	36	160	53	160	53	——	——
合計		2,390	442	2,010	663	1,685	556	325	107

以上より
計画給水人口：2,010人
計画1日最大給水量：663㎥/日
計画1人1日最大給水量：0.330㎥/人/日

(3) 水源と給水量

水源必要量、給水量の事業別内訳を図－２　　に示す。(江見系)

図－２



(4) 国庫補助事業

① 国庫補助事業の採択条件

㋐ 区域拡張事業

拡張しようとする区域の計画給水人口が、原則として従前の計画給水人口の20%以上(ただし50人未満は除く)または200人以上である場合。

㋑ 給水量拡張事業

拡張しようとする計画給水量が、原則として従前の計画給水量の20%以上である場合。

㋒ 水源増補改良事業

○竣工後10年以上経過していること。

○水源が枯渇し、渇水期の１人当り給水量が150ℓ以下であること。

○過去１年の断水時間が４%以上であること。

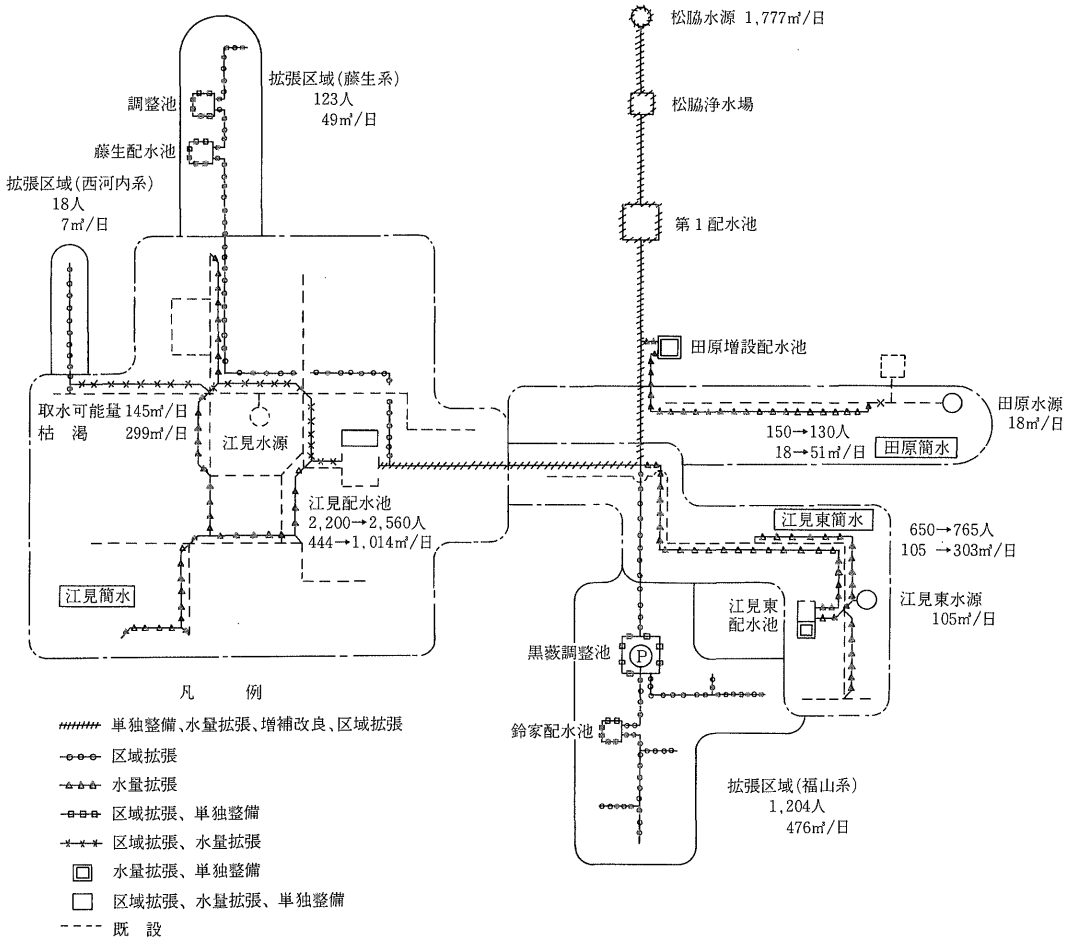
補助採択条件としては当事業に対して上記条件を満していることが必要である。

② 国庫補助事業と単独事業の関連

表－3

事業名		事業内容	備考
国庫補助事業	区域拡張事業	未給水地区(福山、藤生および峠地区)の給水人口 1,345人に給水しようとする事業である。 その事業内容は、給水人口 1,345人に対する給水量532㎥/日を確保するため、取水から浄水、送配水施設を含む水供給施設を新設する。	拡張区域の計画給水人口1,345人＞200人であり、採択条件を満足する。
	給水量拡張事業	旧江見、旧江見東、旧田原簡水給水区域内の給水増加量801㎥/日を配水可能な施設に増設しようとする事業である。区域拡張事業と同様に801㎥/日の水源を確保し、水供給施設をつくるものである。この場合配水施設は、既設容量が不足する分のみ増設するものであり、これによって施設能力を補完する。	既認可計画に対する既設区域内の給水増加量が801㎥/日であり、増加率は801/567×100＝141％＞20％であり、採択条件を満足する。
	水源増補改良事業	旧江見簡易水道の地下水源の枯渇 299㎥/日に対処するため、代替水源施設を完備し、枯渇分水量を既設配水池まで補給する事業である。	1．竣工月日　昭和44年８月 2．渇水期間中の給水量 77ℓ/人/日(10日間平均) 3．年間断水率4.68％ いずれも採択条件を満足する。
単独事業	給水量拡張および水源増補改良事業	取水施設および浄水施設も含めた水道施設を新設するにあたり、他地区の将来水量不足への対処。 旧江見水源の将来枯渇への対処を含めた事業である。これは、それぞれ単独事業としての給水量拡張、水源増補改良を行うものである。	

図－3　江見簡易水道拡張事業フローシート



Ⅳ．水道施設の設計

基本方針を原則に事業計画を策定し、それに基づいて施設計画を決定していった。

ここでは電気計装システムと送配水管について述べる。

１．電気計装システム

(1)　集中監視システム

江見簡水は松脇浄水場、土居簡水は白水水源池に監視制御センターを設置し、江見簡水は松脇取水場・松脇浄水場・江見東水源および９カ所の配水池、土居簡水は白水水源・土居水源および９カ所の配水池をそれぞれ電々公社線を利用した小容量テレメータ装置などにより結び、各センターにて集中監視することにより運転操作性・省力化・安全管理などの充実化をはかっている。

さらに、将来江見簡水、土居簡水およびその他簡水をテレメータにより統合し、町庁舎にて一括集中監視するという構想を持っている。

(2)　計装システム

水道事業運営管理上最低限必要な計装機器を各所に配置し、現場およびセンターにて水位・流量・水質などの監視を容易に行えるようにしている。

また取水場、各配水池などの無人化はもとより、唯一の有人施設である松脇浄水場でも少人数にて運転管理が行えるよう運転操作の自動化をはかっている。

(3)　停電時のバックアップ

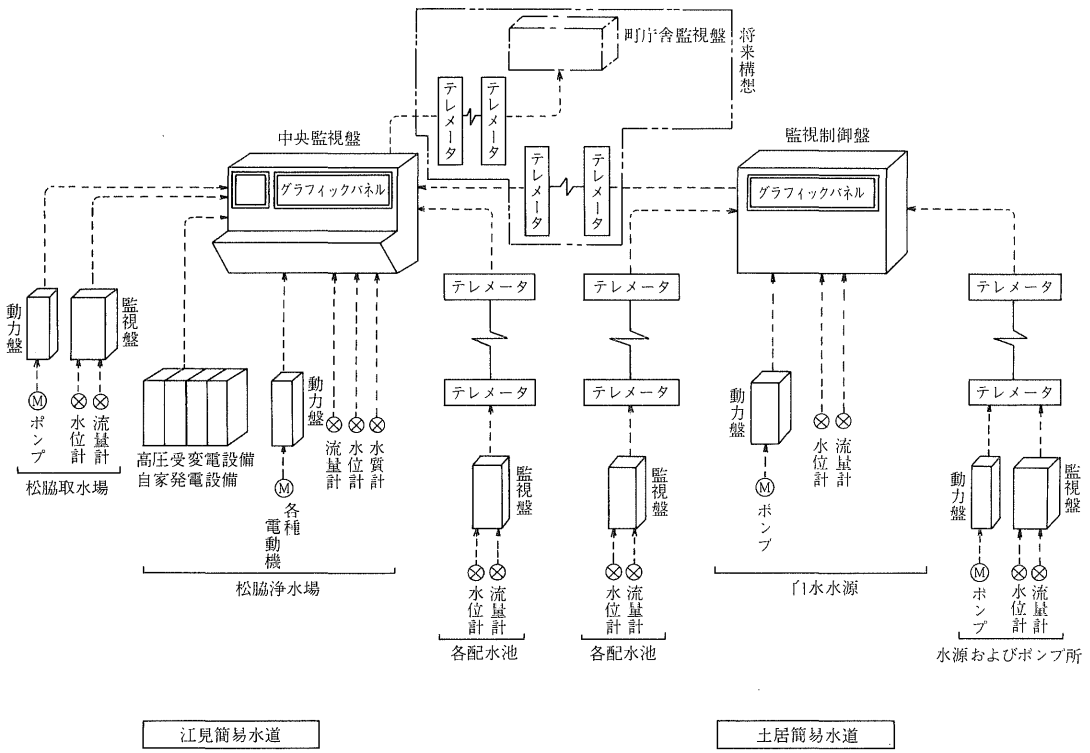
水道事業の公共性を考えて、できる限り断水は避けるべきであり、停電時にも安定給水

できるよう主要場所には非常用電源装置を設置している。

松脇浄水場・主要ポンプ所および主要取水場には自家発電設備を設置し、また主要配水池にも小容量無停電電源装置を設置し、停電に備えたものとしている。

なお、江見簡水および土居簡水のシステム構成を図－4に示す。

図－4　監視制御システム構成



2．送配水管路

(1)　管種選定

管種選定に際しては、次の事項を考慮した。

①　山間部での埋設が多く、事故が発生すると事故発見から補修までに時間を要するので安全性が高く事故の少ないこと。

②　埋設部の土質は礫混り土であり、地理的・地形的条件から掘削土をそのまま埋戻さねばならないので、在来土で埋戻し可能な管であること。

③　高水圧個所が多いので、高水圧に耐える管であること。

④　維持管理が容易であること。

これらを総合検討した結果、次のように決定した。

①　送水管(φ150～φ250×24km)については全てダクタイル管とし、高水圧部および急傾斜部はK形3種管、ほかはT形3種管を用いた。

②　配水管(φ40～φ150×33km)については呼び径75mm～150mm管路で路面荷重のかかる約3.3kmは道路管理者と協議の上ダクタイル管とし、残りの低水圧管路については硬質塩化ビニル管を用いた。

(2)　急傾斜配管

各簡易水道は自然流下を原則として連絡するため、送水管路は山、谷を通ることとなり高水圧を受ける傾斜配管を必要とした。この点について検討する。

管種は設計水圧が20kgf/cm²と高く、施工性と経済性を考慮し、ダクタイル管K形3種を選定した。

検討条件

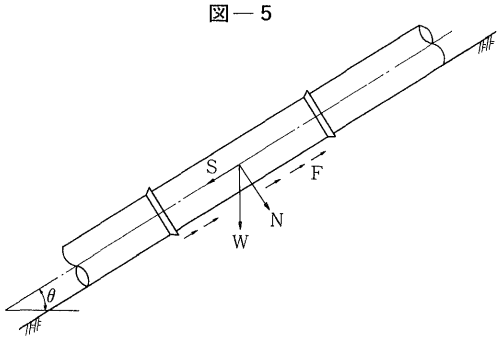
口　径：φ250　2条配管

傾斜部管路長：100m
傾斜角：40°
土被り：0.6m
地盤の許容支持力：20t/㎡

〈考え方〉

(1) 滑動力

図－5



斜面上に図－5に示すように管が置かれるとすると、管の自重W(管重および管内水重)によって斜面に直角方向の力Nと斜面方向の力Sが生じる。

$$\begin{cases} N = W\cos\theta \\ S = W\sin\theta \end{cases}$$

θ＝傾斜角

Nは管を斜面に押しつけようとする力であり、この力によって管と管底面の土とに摩擦力Fが生じる。

$$F = \mu' N = \mu' W\cos\theta$$

μ'＝管と土の摩擦係数

管を斜面方向に滑らそうとする力Pは、

$$P = S - F = W(\sin\theta - \mu'\cos\theta)$$

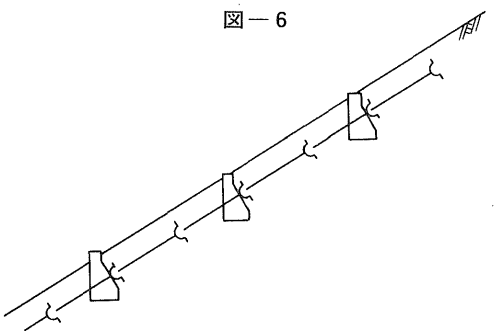
となる。P＞Fであると管は斜面を滑り落ちることになるので防護が必要である。

(2) 防護工

本検討の場合、実際には管は埋設されるわけであるが、掘削前の斜面は安定であり、管埋戻し後の斜面についてものり面保護工（ブロック張工、コンクリート張工、編棚工、のり面じゃかご工など）によって安定であると仮定すると、滑動防止用ブロックが支持するのは管自重により生ずる滑動力だけとなる。したがって、管上の土は無視し、同時にブロック背面の土の受働土圧も無視した。

傾斜角 θ＝40°について試算を行う。管2本に1カ所、図－9のごときブロックを設けるとする。

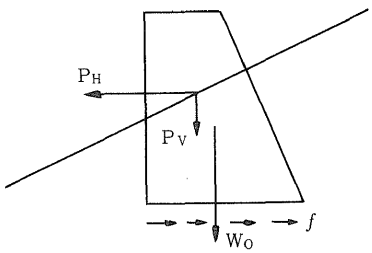
図－6



滑動防止用ブロックは、次項を満足していなければならない。

① 滑動に対し安全であること。

図－7



Wo：ブロック自重
P_H：滑動力の水平方向分力
P_V：滑動力の垂直方向分力
f：ブロック底面の摩擦力

ブロックを滑動させようとする力は上記P_Hであり、それに抵抗しようとする力はブロック自重Woによりブロック底面に生じる摩擦力fである。

$$f = \mu(Wo)$$

滑動に対する安全率S_fは、

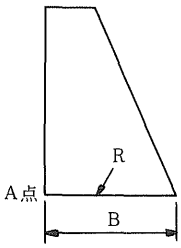
$$S_f = \frac{f}{P_H} = \frac{\mu(Wo)}{P_H} \geqq 1.5$$

となれば、安全と考えられる。

② 転倒に対し安全であること。

転倒に対する安定条件として、合力Rの作用位置は底面幅Bの中央⅓以内(middle third) でなければならない。

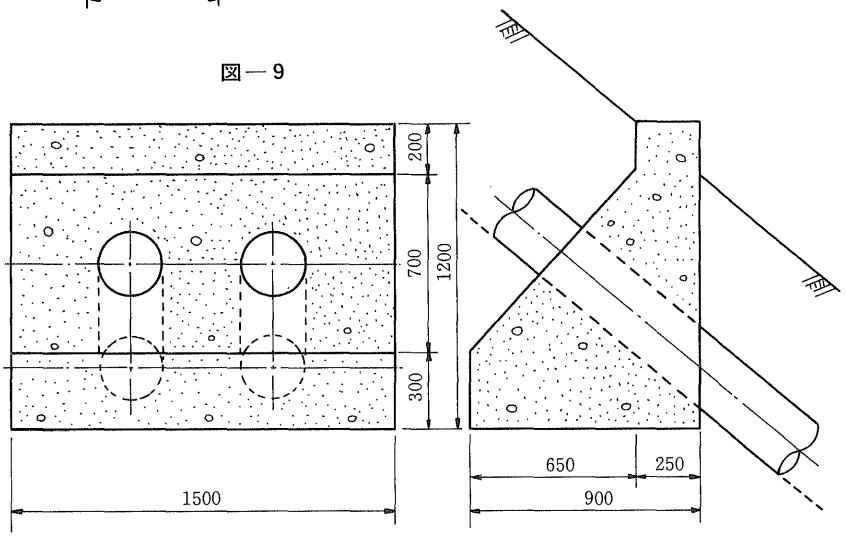
図－8



③　基礎地盤の支持力に対し安全であること。

以上を満足するものとして、図－9のブロックを用いた。

図－9

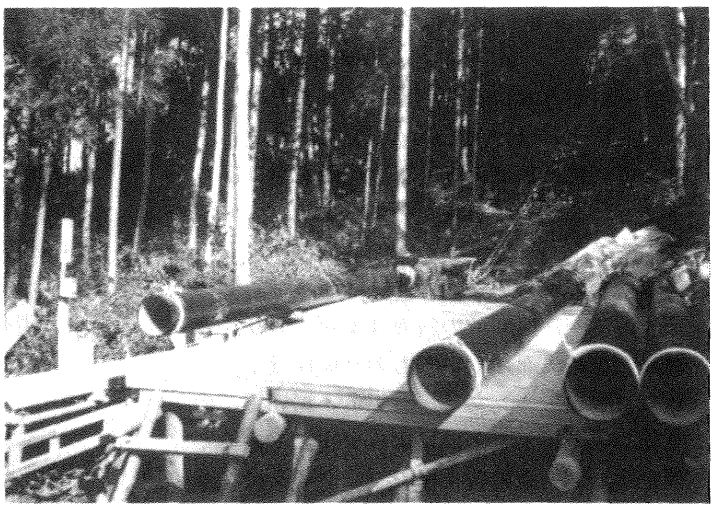


V．施　工

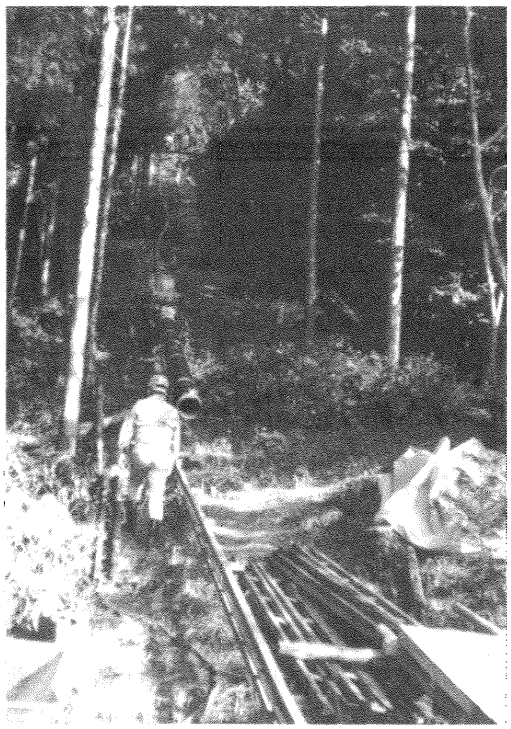
水道施設の取水から送配水管路までの設計施工を行ってきたが、急傾斜部の送水管路の施工(掘削・接合・埋戻しなど)も予定通り順調に完了した。

その工事状況の一端を写真で紹介すると以下の通りである。

写真－1　急傾斜部の掘削
(角度約40°、延長100m)



写真－2　呼び径 250㎜ダクタイル管の置場およびモノレール台車



写真—3　管の運搬

写真—4　呼び径 250㎜送・配水管の埋戻し

写真—5　滑動防止用コンクリートブロック

Ⅵ. むすび

簡易水道の今後の課題は、先に述べた本町の簡易水道の例にもれず、点在する地域的な小規模簡易水道施設を今後どのような形で統廃合するかであり、また新規の簡易水道建設は施設建設費、維持管理費をいかに安くするかである。国の補助金制度をフルに活用しても、給水人口１人当り50万円以上もかかるような地域では、なかなか水道建設も思うにまかせず、断念するケースも多く、国庫補助制度の改訂を願うものである。

技術面では、水道全般の施設基準はあるものの、日進月歩の今日の技術に対し柔軟に対応すべきであろう。

ここに、本町江見簡易水道、土居簡易水道の拡張、増補改良などの複合補助事業について述べてきたが、この事業は昭和57～58年度の２ヵ年計画であり、建設途中で紹介するのはいささか不本意ではあるが、簡易水道関係者の方々になんらかのご参考になれば幸いである。

終わりに本事業の目的、意義をよく理解していただき、われわれと夜を徹して国庫補助制度を研究してくださった岡山県環境衛生課水道係の諸兄、また厚生省環境部水道整備課の積極的なご指導に対し深く感謝の意を表する次第である。

技術レポート④

統計的手法による管路診断法

久保田鉄工株式会社
鉄管研究部　**中島　鋭**
桜井祥己

1．はじめに

水道事業は、まさに「質的充実の時代」を迎えた。中でも「安定給水」をはかることが大きな課題となっている。これの具現化にあたっては、水道施設全般を対象とすべきであるが、特に管路施設についていえば「経年管の整備事業」が大きなウエイトを占めることになる。この事業にあたっては、まず経年管の現状の機能――強度、継手性能、事故の可能性の有無など――を正しく評価し、適切な対策を採ることが事業の効率化につながると考えられる。

本レポートは、管路診断法の概要とその一分野である「統計的手法による管路診断法」を紹介する。

2．管路診断の基本的な考え方

管路診断法の備える条件としては、次のようなことが考えられる。

(1) 現在の管路の健全性などがどの程度であるかを把握でき、今後その管路がなん年ほど使用できるかがある程度わかること。……管路の健全性の把握

(2) 多数の管路がある場合、それらの管路の耐久性の差がある程度わかること。……耐久性の差の把握

(3) また管路の使用条件を変えれば、どの程度の条件まで使用できるかがある程度わかること。……使用可能条件の把握

これらを把握するための調査方法としては、大別して以下の２つの方法が考えられる。

(1) 管の腐食状況や継手の胴付間隔を調査したり、管片を採取して強度試験を実施したり、あるいは管の周辺地盤を調査するなど管およびその周辺を直接調査、観察する方法。

(2) 過去の多数の事故例などを統計的に解析し、事故の大きさなどとその因子との関連をつかみ、現状あるいは将来を予測する方法。

以下、前者を直接診断法、後者を間接診断法（統計的手法）と呼ぶ。直接診断法には表－１のような手法が考えられ、間接診断法には表－２のような手法が考えられる。

直接診断法と間接診断法の精度を比べると

データの性質から考えても当然直接診断法の方が高いと考えられ、両者の特徴をわきまえて適切に使い分けていくことが重要である。表－３に両者の特徴を示す。管路診断では間接診断法で大づかみに捉え、さらに精度（確度）を必要とする場合には直接診断法を実施していくという２段構えの適用が効果的手順と思われる。

直接診断法については、本レポートの主題からはずれるので次項にその概要を述べるにとどめ、４項以下に間接診断法である統計的手法による管路診断法について述べる。

表－１　直接診断手法

診断項目	診断手法	使用機器
応力測定	X線応力測定 ひずみゲージによる応力測定	X線応力測定器、ひずみ計など
継手抜出し量 継手屈曲角	継手の胴付間隔の実測	管内調査用テレビカメラ、スケール、ノギスなど
継手の水密性	漏洩の有無、継手の種類の確認	テストバンドなど
腐食量調査	孔食深さ、面積の測定、腐食生成物調査	マイクロメータ、化学分析器
破面調査	破壊面の観察	電子顕微鏡
肉厚測定	健全部、腐食部の調査	超音波厚み計、ノギスなど
管強度調査	リング圧壊、引張試験、硬度	試験機、硬度計
管材料成分分析	化学成分分析、材質の組織検査	化学分析器、光学顕微鏡
土壌の腐食性	JDPA、ANSI、またはDINに規定された項目の調査	比抵抗測定器、アースオーガーなど
内圧	静水圧、水撃圧	圧力計
路面荷重および頻度調査	通過車輌の構造と重量、路面状態、および通過車両の頻度	―――
埋設条件など	土被り、埋設土の種類、N値など	地中レーダー、巻尺など、土圧計

表－２　管路診断に利用できる統計的手法（間接診断手法）

No.	分析の主目的	定量的なデータの場合		定性的なデータの場合	
		手法名	管路診断での適用分野	手法名	管路診断での適用分野
1	予測関係式の発見	重回帰分析 正準相関分析	腐食速度の推定など	数量化理論Ⅰ類	腐食速度の推定 事故分析
2	標本の分類	判別分析	腐食因子の分析 判別	数量化理論Ⅱ類	事故の有無の判別または分類
3	諸変量の統合、分類	主成分分析 因子分析	腐食因子の分析	数量化理論Ⅲ類	腐食因子の分析 事故因子の分析
4	最大値、最小値の推定	極値統計法	最大孔食深さの推定	―――	―――

No.１～３は多変量解析の一手法
No.４は極値統計法という一般名称を上げたが、その内容としてはワイブル分布などがある。

表―3　直接診断法と間接診断法の特徴

項目＼手法	直接診断法	間接診断法
実施に必要な時間 労力	費用：大、時間：大 労力：大	一度診断モデルをつくってしまえば 費用：小、時間：小、労力：小。
精　度　(信頼性)	良	直接診断に比べ低い。
実施に伴なう第三者への影響など	ほとんどの調査項目が工事を伴なうため、第三者への影響などが考えられる。	机上での計算のみで完了する。
過去の事故との関係や原因の究明	個々、独立に調査し、事故であれば原因を明確化できる場合もある。	モデルの作成に用いたデータの範ちゅうにない特異的な事象に対してはなんら説明し得ない。また事故であれば事故原因を明確には特定できない。

3．直接診断法

1．従来の事故管の分析

(1)　破裂、折損事故について

事故が発生すると、その管に作用した内圧外圧などの使用条件を確認するのが調査の第一歩である。すなわち、

①　静水圧とウォータハンマーによる圧力上昇
②　土被り、路面荷重
③　さらに管の支持状態、他工事の影響の有無、その他

などが調査の対象となる。

同時に、管そのものの調査がなされる。

①　腐食の程度として孔食部の深さ、位置腐食減量、健全部の残肉厚が求められる。
②　材質の確認として、環片圧壊試験、引張試験、硬度試験、化学分析試験、顕微鏡試験、場合によっては現物の曲げ試験(小口径管の場合)などが行われる。

これらのデータが得られると、今一度理論計算を行い、安全性の再確認を行う。すなわち、破裂事故の場合は外圧、内圧が作用した状態での円環としての安全率を求め、折損事故の場合は外圧、ならびに支持条件を実際に近い形に仮定して梁としての安全率を求めるものである。しかしながら、一般に長年月埋設されている管は複雑な条件下にあり、なかなか理論通りには解釈できないことが多い。

(2)　漏水事故について

漏水については管体の腐食事故と継手部漏水事故が考えられるが、前者の場合には特殊な電食などのケースを除けば要因として水質(内面)と土壌(外面)の影響が考えられるので事故管の調査を実施すると同時に土壌の腐食性評価(土壌の比抵抗、pH、Redox電位、水分、硫化物の存在)、管内水質の調査を実施し腐食原因を究明し、同一管路の他の箇所でもサンプリングすることによって管路の安全性を診断する方法が採られている。

継手部漏水事故の場合は、継手部の状況を外面から調査することによって事故の原因を見い出すとともに、その内容によって他の部分を推定する方法を採っている。また、継手部の抜出しなどによる事故の場合には、大口径管の場合は断水して管内から継手部の抜出し、曲りなどの状況調査を実施することも可能であり、中小口径管の場合は、管内にＴＶカメラを走行させて調査、診断する方法もある。さらに通常実施されている各種の漏水調査、漏水探知も直接診断法のひとつである。

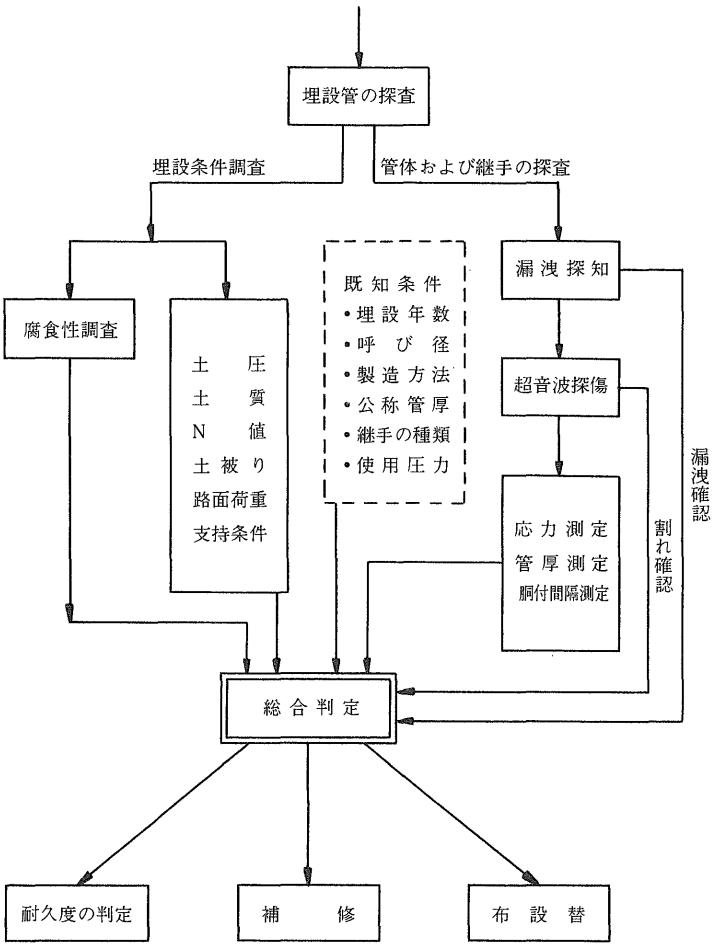
(3)　赤水、出水不良について

管内の錆こぶが主原因であるため、部分的にサンプリングして調査したり、ＴＶカメラを利用して管内の状況を確認することにより診断が行われている。

2．これからの直接診断

現在使用されている布設年度の古い管路は表－1のような手法を用いて図－1に示すような手順で管路を総合的に診断することができると考えている。

図－1　直接診断手順フローチャート



4．間接診断法としての統計的手法

1．統計的手法の適用性

管路診断の目的を前述した3項目を把握することとし、また収集可能なデータには定性的なものもかなり含まれることを考えると、表－2のうち適用可能な統計的手法は数量化理論Ⅰ類、またはⅡ類と思われる。この二法は多変量解析の一種であり、多変量解析のうちでもっともポピュラーな重回帰分析から導くことができる。

重回帰分析はn個の対象について計測されたP種類の特性値によって、ある計測可能な事象yを説明できるモデル式を作成しようとするものである。すなわち、P種類の特性値を説明変数、計測可能な事象yを目的変数として、

$$y = w_0 + w_1 x_1 + w_2 x_2 + \cdots\cdots + w_p x_p \quad \cdots\cdots (1)$$

なるモデル式(回帰式)を得ようとするものである。この場合、計測されるn個のデータは表－4に示すものである。ここで計算は、収集した表－4のデータを(1)式に代入して回帰推定値$\hat{y}$と目的変数の値yとの残差平方和δを最小にするように$w_0 \cdots\cdots w_p$を求める。

$$\delta=\sum_{\alpha=1}^{n}e_\alpha^2=\sum_{\alpha=1}^{n}(y_\alpha-\hat{y}_\alpha)^2\cdots\cdots\cdots(2)$$

(注)計算は最小2乗法を解くことにほかならない。

一度、w_0、w_1、……w_p（以後カテゴリーウエイトと呼ぶ）を求めておくと、これから推定したい対象に対して説明変数の各項目を調査し、それを(1)式に代入すると$\hat{y}$を計算することができる。

次に、このような多変量解析手法を管路診断に適用する場合を考える。

まず、収集できるデータ（表－4に相当するデータ）は土壌の腐食性や管の製造法など比較的数値化がむつかしいが管路の状態を把握するため欠かすことができない定性的なデータが多い。このため、定量的なデータを取扱う重回帰分析や主成分分析を適用することにはやや無理があり、数量化理論によって解析するのが適当である。

表－4　重回帰分析のデータ

No.	説明変数 x_1	x_2 …… x_i …… x_p	目的変数 y	回帰推定値 $\hat{y}$
1	x_{11}	x_{12} …… x_{1i} …… x_{1p}	y_1	$\hat{y}_1$
2	x_{21}	x_{22} …… x_{2i} …… x_{2p}	y_2	$\hat{y}_2$
⋮	⋮	⋮ ⋮ ⋮	⋮	⋮
α	$x_{\alpha 1}$	$x_{\alpha 2}$ …… $x_{\alpha i}$ …… $x_{\alpha p}$	y_α	$\hat{y}_\alpha$
⋮	⋮	⋮ ⋮ ⋮	⋮	⋮
n	x_{n1}	x_{n2} …… x_{ni} …… x_{np}	y_n	$\hat{y}_n$

2．数量化理論Ⅰ類の適用

表－4において、説明変数を数個の組としてその1組内のいくつかの項目のうち、かならずどれか1つのみにデータが分類されると約束すると表－5のようなデータ構造となる。ここで、説明変数の1組をアイテム、各々の説明変数をカテゴリーと名付ける。この時、先の約束は1つのアイテム内ではかならず1つのカテゴリーに反応しているといい代えることができる。この場合、反応したカテゴリーについてはその説明変数に1を、反応しないカテゴリーについては0を代入すると(1)、(2)式をそのまま適用することが可能となる。重回帰分析は、主として定量的なデータに適用されるのに対して数量化理論は定性的なデータをも取扱えるのが特徴であるが、本質的にはなんら変わるところがない。ところで、数量化理論にはⅠ類からⅣ類まであり、それぞれ特徴、適用条件が異なり、管路診断にはⅠ類、Ⅱ類が適用可能である。このⅠ類、Ⅱ類を管路診断に適用する場合の得失を上げると表－6のようになり、管路診断の目的も合わせ考えるとⅠ類が管路診断にもっとも適していると思われる。

表－5　数量化理論Ⅰ類のデータ

データ No.	説明変数 アイテム1		……		……	アイテムj			目的変数	回帰推定
	x_{11}	x_{21}	……	x_{i1}		x_{1j}	……	x_{ij}	y	$\hat{y}$
1	${}_1x_{11}$	${}_1x_{21}$	……	${}_1x_{i1}$	……	${}_1x_{1j}$	……	${}_1x_{ij}$	y_1	$\hat{y}_1$
2	${}_2x_{11}$	⋮		⋮		⋮		⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮								
n	${}_nx_{11}$	${}_nx_{21}$	……	${}_nx_{i1}$		${}_nx_{1j}$	……	${}_nx_{ij}$	y_n	$\hat{y}_n$

表—6　数量化理論Ⅰ類、Ⅱ類を管路診断に適用した場合の特徴

項　　目	健全性の把握が可能か	耐久性の差の把握が可能か	使用可能条件の把握が可能か	事故の有無の分類	目的変数の物理的事象との対応
数量化理論Ⅰ類	○	○	○	△	×
数量化理論Ⅱ類	×	×	×	○	○

3．モデルの作成手順

数量化理論Ⅰ類を管路診断モデルの作成に適用する場合に問題となるのは、

(1)　目的変数をいかに物理的事象と対応させるか。

(2)　またデータの物理的事象、特に事故の可能性の程度の差をいかに表現していくか。

(3)　事故発生の可能性の程度や耐久性の差を見るために、事故管だけのデータを使っていたのでは事故発生の可能性などの「程度」を表現することが十分ではない。そのため健全管のデータも必要となる。その場合、そのデータの収集方法および目的変数への評価をいかに連続的に数値化するか。

(4)　また目的変数を算定するにあたって、統計上の一般性を失ってはならない。

などが考えられる。

このため、収集したデータの目的変数を算定する場合、上の(1)～(4)を配慮して決めなければならない。しかし、この算定基準を一義的に決定したのでは理論的な根拠のないものになってしまう。これを避けるため、モデルの仮のアイテム、カテゴリー、目的変数の算定基準を定めたあと数量化理論Ⅰ類を適用し仮のモデルを求め、さらにアイテム、カテゴリー、目的変数の算定基準を繰返し修正し、見直しを行いながらモデルの最適化をはかる方向で計算を進める。これを模式的に示すと図—2のようになる。

最適化の作業

(1)　アイテムの取捨および変更

影響度の小さいアイテムを落したり、影響度の大きいと思われるアイテムを入れたりする作業、また他のアイテムとの相関度の高いものは1つにまとめたりする作業。

(2)　カテゴリー区分の変更

カテゴリーの区分は、理論的な決め方がないので見直しをしながら最適化を行う。

(3)　目的変数の算定基準の変更

目的変数の算定基準は、その配点方法の変更など見直しをしながら最適化を行う。

以上の作成手順を示すと図—3のようになる。また、このモデルの作成過程中、次のような作業も必要と考えられる。

(1)　データの見直し

多変量のデータは、いくつかの確率分布が混在した集団から採られるため異常データを含む可能性が高く、一般性を失わない範囲で異常データを排除すべきである。

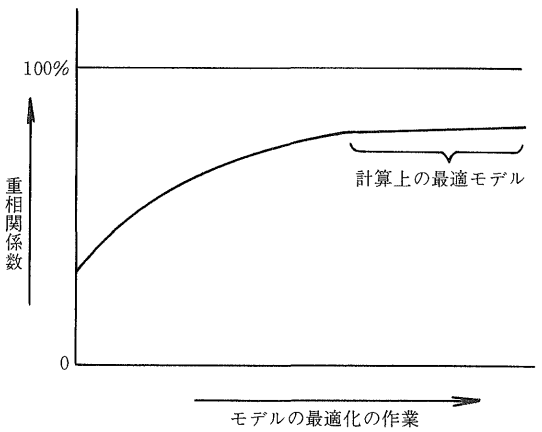
(2)　データの偏りの是正

1つのモデルで全口径に適用できるモデルをつくりたい場合などは単にデータを収集すると現状の使用比率、たとえば口径別の総延長などを反映したデータ比率になってしまい、データが偏ったものとなってしまう。したがって、作成したいモデルの性格を考慮した上で一般性を失わない程度にデータの偏りの是正も必要と考えられる。

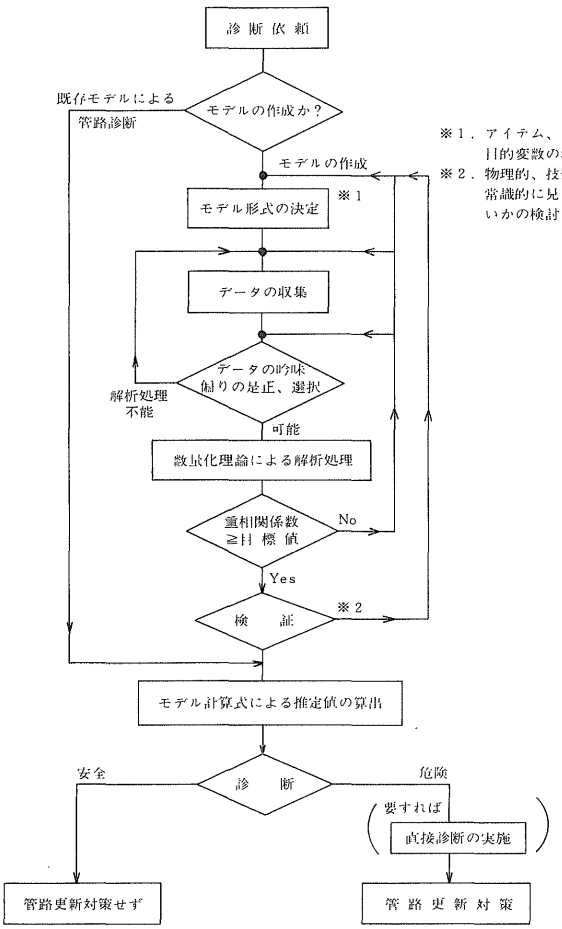
(3)　カテゴリーウエイトの物理的、常識的傾向との整合性のチェック

アイテムの選定は、理論的にはアイテム

図—2　モデルの最適化作業模式図



図―3　管路診断の手順ならびにモデルの作成手順



相互間の相関性がない独立なものを選ぶ必要があるが、現実にはある程度関連のあるものを選ばざるを得ない。このため、あるアイテムのいき過ぎを他のアイテムで補うということが計算過程で発生し、1つのアイテム内だけを見るとカテゴリーウエイトが物理的、常識的な傾向と違ってくることがある。これを一般性を失わない程度に補正する必要がある。

(4)　技術的センスによる補正

計算だけによって得られたモデルには、用いたデータの地域特性が入っていたり、診断の要求されている背景などを十分に考慮したものになっていない場合もある。このため、算出した理論的根拠を失わない程度に補正すべきである。

4．数量化理論Ⅰ類を用いたモデルの作成例

これまでに普通鋳鉄管、高級鋳鉄管を対象とした2つのモデルを作成した。1つは久保田鉄工(株)に保存してきた事故管のデータを整理し、これらをサンプルとして数量化理論Ⅰ類を用いて作成したものである。(モデル1)

計算諸元を表－7に、用いたサンプル例を表－8に、計算結果を表－9に示す。

表―7　計算諸元

項目＼モデル名	モデル1	モデル2
アイテム数	12	13
カテゴリー数	37	38
サンプル数	95	151
重相関係数	88.3%	84.5%

表—8　管路診断モデルの作成のために用いたサンプル例（モデル1）

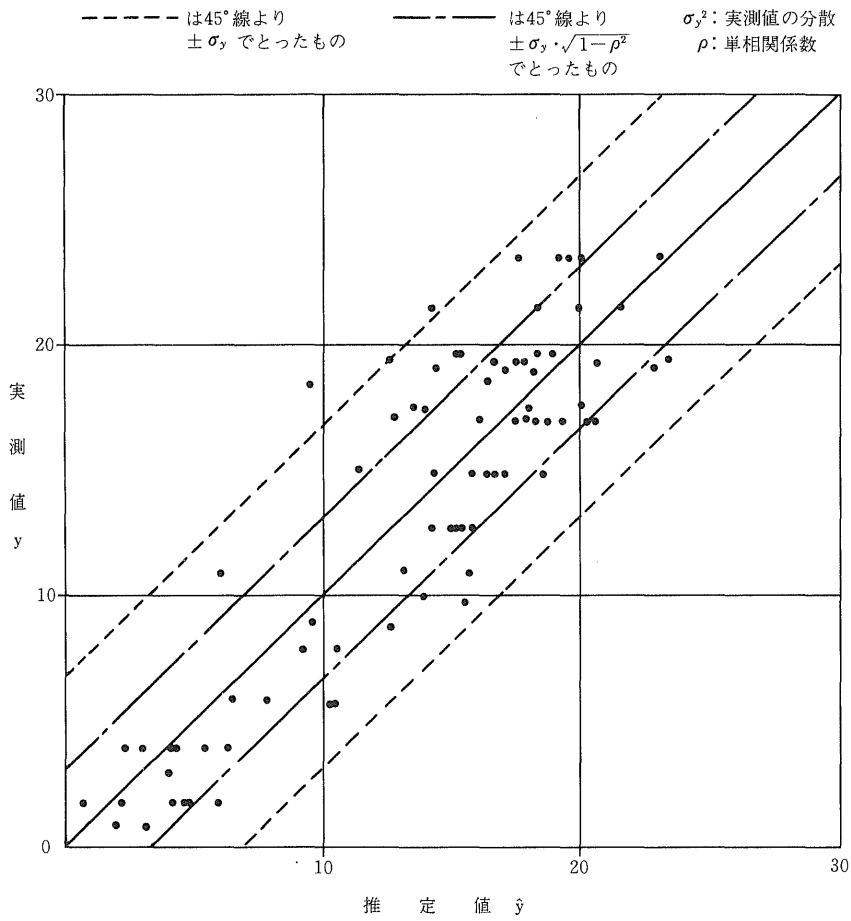
※ANSIの土質評価基準によった。

整理No.	アイテム / カテゴリー / サンプル名	埋設年数				呼び径 (mm)			継手形式		ライニング		製造法			土被り (m)			土質				使用水圧 (kgf/cm²)				路面荷重			管体の引張強さ			管体の硬度(HB)			※土壌の腐食性				目的変数
		(1) 40年以上	(2) 40年～30年	(3) 30年～20年	(4) 20年未満	(1) 75～300	(2) 350～600	(3) 700～1500	(1) C形	(2) メカニカル形	(1) 無	(2) 有	(1) 砂型立吹	(2) 砂型遠心	(3) 金型遠心	(1) 3以上	(2) 1～3	(3) 1未満	(1) その他	(2) 粘土	(3) シルト	(4) 砂	(1) 7.5以上	(2) 3～7.5	(3) 1～3	(4) 1未満	(1) 大(大型トラック)	(2) 中(中型トラック)	(3) 小(なし)	(1) 10 kg/mm²未満	(2) 10～20 kgf/mm²	(3) 20 kgf/mm²以上	(1) 200～170	(2) 170～150	(3) 150～130	(1) 15以上	(2) 15～10	(3) 10～5	(4) 5～0	
21	A　市	○					○		○		○		○				○					○		○			○				○			○					○	15
22	B　市	○					○		○		○		○				○			○				○			○				○			○			○			19
23	C　市	○				○			○		○		○					○				○		○			○				○			○				○	17
24	D　市	○				○			○		○		○				○					○		○			○				○			○				○	13
25	E　市	○				○			○		○		○					○				○		○			○				○		○			○			17
26	O　市			○		○			○		○		○					○		○				○			○				○		○			○			17
27	市	○				○			○		○		○					○						○			○				○		○				○		17
70	市	○				○			○		○		○				○					○		○			○				○						○		13
71	O　市	○				○			○		○		○					○				○		○			○				○		○				○		17
72	Q　市			○		○			○		○						○					○		○			○					○	○					○	13
73	O　市			○		○			○		○		○				○					○		○			○					○	○				○		13
74	O　市	○					○		○		○		○				○					○		○				○			○		○		○				15
75	Q　市				○	○			○			○			○		○					○		○			○					○		○				○	9
76	K　市			○				○	○		○		○				○				○			○			○				○			○			○		19.5
77	K　市				○		○		○		○			○				○		○			○				○					○	○				○		23.5
78	T企業	○					○		○		○		○				○		○							○	○				○		○				○		15
79	O企業	○				○			○		○		○				○				○					○	○				○		○				○		21.5
80	O　市			○				○	○		○		○				○		○						○		○				○		○			○			23.5
81	O　市				○		○		○			○		○			○		○				○				○				○			○			○		21.5
82	K　市				○	○			○		○			○			○					○			○		○					○	○					○	18.5

表—9　モデル1のカテゴリーウエイト

アイテム	埋設年数	呼び径 (mm)	継手形式	ライニング	製造法	土被り (m)	土質	使用水圧 (kgf/cm²)	路面荷重	管体の引張強さ (kgf/mm²)	管体の硬度 (HB)	土壌の腐食性
	(1)(2)(3)(4)	(1)(2)(3)	(1)(2)	(1)(2)	(1)(2)(3)	(1)(2)(3)	(1)(2)(3)(4)	(1)(2)(3)(4)	(1)(2)(3)	(1)(2)(3)	(1)(2)(3)	(1)(2)(3)
カテゴリー	40年以上 40～30年 30～20年 20年未満	75～300 350～600 700～1500	C形 メカニカル形	無 有	砂型立吹 砂型遠心 金型遠心	3以上 3～1 1未満	その他 粘土 シルト 砂	7.5以上 7.5～3 3～1 1未満	大 中 小	10未満 10～20 20以上	200～170 170～150 150～130	10以上 10～5 5～0
カテゴリーウエイトのバンド幅	5.37	0.60	0.57	3.22	5.36	2.20	3.31	8.20	4.02	3.29	3.84	1.19

図—4　推定値の相関度



この場合のモデル計算式は以下のようになる。

$$
\begin{aligned}
y = {} & (25.0 \cdot x_{11} + 25.8 \cdot x_{12} + 23.3 \cdot x_{13} + 28.6 \cdot x_{14}) && \cdots\cdots\text{埋設年数} \\
& + (0 \cdot x_{21} + 0.6 \cdot x_{22} + 0.4 \cdot x_{23}) && \cdots\cdots\text{呼び径} \\
& + (0 \cdot x_{31} + 0.6 \cdot x_{32}) && \cdots\cdots\text{継手形式} \\
& + (\qquad\qquad) && \cdots\cdots\text{ライニング} \\
& \quad \vdots \qquad\qquad\qquad\quad \vdots \\
& + (0 \cdot x_{10,1} - 1.5 \cdot x_{10,2} - 3.3 \cdot x_{10,3}) && \cdots\cdots\text{管体の引張強さ} \\
& + (0 \cdot x_{11,1} - 3.8 \cdot x_{11,2} - 1.9 \cdot x_{11,3}) && \cdots\cdots\text{管体の硬度} \\
& + (0 \cdot x_{12,1} - 0.8 \cdot x_{12,2} - 1.2 \cdot x_{12,3}) && \cdots\cdots\text{土壌の腐食性}
\end{aligned}
$$

(注)埋設年数のアイテムには目的変数yと推定値$\hat{y}$の平均値を同一とするため一定値を加えた。

(モデルの使用法)

1．調査(推定)したい管路が各アイテムのどのカテゴリーに分類されるかを調査する。

2．分類されたカテゴリーに対応した変数x_{ij}に1を、そうでない変数に0を代入する。これを全てのアイテムについて行い、yを計算する。たとえば埋設年数が25年の場合、$x_{11}=0$、$x_{12}=0$、$x_{13}=1$、$x_{14}=0$とする。これを全てのアイテムについて行うとyを計算できる。

3．yの計算値(推定値)を以下の目安を用いて物理的事象と対応させる。

yが15±3以上で大きな事故の可能性が考えられる。

15±3～7±3で中小規模の事故の可能性が考えられる。

7±3以下で事故の可能性が少ないと考えられる。

また、推定値の相関度を図—4に示す。以後、当モデルをモデル1と呼ぶ。

なお、当モデルは前述した「技術的センスによる補正」は行っていない。したがって、これを実用する場合にはある程度の補正をすべきと思われる。

ほかに大阪市水道局殿との共同研究にて大阪市水道局殿の実管路より収集したデータを用いてモデル2を作成した。このモデルではモデル1に含まれていた実際に診断したい埋設管を調査しなければ（直接診断法を実施しなければ）わからないような「管材料強度」などのアイテムを、調査しなくてもわかるアイテムに置き換えたものとした。このモデルの計算諸元も表—7に示した。サンプル例を表—10に示す。

両モデルを比較すると、モデル1ではモデル2よりも相関係数が高くなっており、これには次の理由が考えられる。

表—10　管路診断モデルの作成のために用いたサンプル例（モデル2）

整理(No.)	アイテム／カテゴリー／サンプル名	埋設年数				呼び径(mm)			製造法			製造時公称管厚			製造時公称強度			土被り(m)			土質			使用圧力(kgf/cm²)			※舗装状態				路面荷重の頻度			他工事		継手形式		ライニング		目的変数
		(1) 40年以上	(2) 30年以上~40年未満	(3) 20年以上~30年未満	(4) 20年未満	(1) 700~1500	(2) 350~600	(3) 75~300	(1) 金型遠心	(2) 砂型遠心	(3) 砂型立吹	(1) 20mm以上	(2) 10mm以上~20mm未満	(3) 10mm未満	(1) 25kgf/mm²以上	(2) 15kgf/mm²以上~25kgf/cm²未満	(3) 15kgf/mm²未満	(1) 1.2未満	(2) 1.2以上~2未満	(3) 2以上	(1) 砂	(2) シルト	(3) 礫混り	(1) 2未満	(2) 2以上~3未満	(3) 3以上	(1) A	(2) B	(3) C	(4) D	(1) 小	(2) 中	(3) 大	(1) 有	(2) 無	(1) メカニカル	(2) 鉛	(1) 有	(2) 無	
1	法円坂町			○				○	○					○	○			○					○	○						○	○				○	○			○	25
2	島町1	○					○				○		○				○	○					○		○			○				○		○			○		○	20
3	本町1			○			○			○			○			○			○		○				○				○				○	○			○		○	25
4	道修町4	○						○			○		○				○	○			○				○			○				○			○		○		○	10
5	馬場町	○						○		○			○			○		○				○			○			○			○				○		○		○	5
6	南本町4	○						○			○		○				○		○		○				○			○				○			○		○		○	10
7	梅田1		○					○			○		○			○			○			○			○				○				○	○			○		○	30
8	西天満3				○			○	○					○		○			○		○			○						○		○		○		○		○		35
9	浮田町2	○						○			○			○			○	○			○				○					○		○		○			○		○	20
10	西天満3丁目13	○						○			○		○				○	○			○			○				○			○				○		○		○	10
11	南森町	○						○			○		○				○		○		○			○				○											○	35
12	太融寺町1	○						○			○		○				○		○		○							○				○			○		○		○	[illegible]
13	中之島5	○						○			○		○				○		○		○				○			○				○			○		○		○	30
14	善源寺1			○				○	○				○			○			○		○					○		○				○			○		○	○		10
[illegible]	東野田4				○			○	○				○			○		○			○				○					○	○				○		○	○		15
16	[illegible]島	○					○				○	○					○		○						○			○				○			○		○		○	35
17	高[illegible]		○					○			○		○				○	○			○				○		○				○				○		○		○	25
83	東野田町[illegible]目	○						○			○			○			○	○			○				○			○			○				○		○		○	10
84	桜川4				○			○	○					○		○		○			○					○				○	○				○	○		○		5
85	高倉7	○						○			○		○				○		○		○				○			○				○			○		○		○	15
86	古　市	○						○			○				○				○			○			○		○					○		○			○		○	20

※A、B、C、Dは舗装の種類によって区分した。

(1) モデル２は直接診断的な調査を実施しなくてもわかる項目のみをアイテムに選定している。

(2) モデル２の目的変数の算定基準は、モデル１に比べ離散的なものであった。

５．実管路への適用例

モデル１を２都市のサンプルに適用し、モデルの妥当性をチェックした。結果を表－11、表－12に示す。この結果によると、

A都市で 9/12＝75%

B都市で14/16＝88% の正解率であった。

このように両例とも実際に適用する場合には不正解があることを念頭に置かなければならない。

表－11　A市のサンプルに対する計算結果

サンプルNo.	推定値 ※1 (5 / 10 / 15 / 20 / 25)	破損状況	実測値
1		管長の½にわたって破損 道路陥没	19.5
2		クラック(円周方向) 外面腐食軽微	16.5
3		管側縦方向全面亀裂 内面・黒鉛化腐食顕著	23.5
4		事故なし 外面孔食1.4㎜、内面4.7㎜	8
5		事故なし 外面孔食0.8㎜、内面3.9㎜	6
6		事故なし 外面孔食1.9㎜、内面3.8㎜	8
7		事故の有無不明 外面孔食1.9㎜、内面4.8㎜	15.0
8		腐食による貫通穴	19.5
9		事故なし、撤去管 外面1.4㎜、内面0.2 ㎜	3
10		事故なし、撤去管 外面1.1㎜、内面0.2㎜	3
11		漏水事故、貫通腐食、ただし他は腐食軽微、電食か？	19.5
12		管全長にわたって破損	19.5

※１．推定値に幅があるのは、条件が全て与えられなかったため、与えられなかったアイテムに対して最悪条件と最良の条件をあてはめ計算したためである。したがって、全ての条件が与えられた場合には、この幅内の１つの数値になる。

表—12　B市のサンプルに対する計算結果

サンプルNo.	推定値※1（5 / 10 / 15 / 20 / 25）	破損状況
1	16.30　20.80	縦割れ
2	18.75　23.25	〃　（地震後に発生）
3	7.69　12.19	〃
4	20.02　24.52	〃
5	18.09　22.59	〃
6	20.20　24.79	〃
7	17.84　22.34	〃
8	15.34　19.84	〃　（3日連続発生）
9	18.97　23.47	〃
10	15.08　19.58	〃
11	13.27　17.77	〃
12	15.91　24.43	〃
13	15.59　20.09	〃
14	15.41　19.91	〃
15	13.34　17.84	〃
16	15.59　20.09	〃

※1．推定値に幅があるのは、条件が全て与えられなかったため、与えられなかったアイテムに対して最悪条件と最良の条件をあてはめ計算したためである。したがって、全ての条件が与えられた場合には、この幅内の1つの数値になる。

6．統計診断モデルの利用の仕方

統計診断モデルの利用の仕方としては以下の3種類が考えられる。

(1)　診断する管路の現状のカテゴリーを代入して目的変数（y）を計算することにより、その管路が安全か、危険か、危険であればどの程度の危険度（事故の規模）かを推定できる。そして危険な場合はさらに直接診断に進むか、管路更生対策を行うことになる。

(2)　あるアイテムのカテゴリーとして現状と異なる条件のものを代入して計算することにより、その管路がどの程度の埋設条件、使用条件にまで耐えられるか推定できる。

(3)　経年管布設替え、更生計画立案時、目的変数の大小により、それぞれの管路の耐久性の差を見出すことにより優先順位付けができる。

5．おわりに

数量化理論や重回帰分析により求められるモデルは一般に、

$$y = w_1 x_1 + w_2 x_2 + \cdots\cdots + w_n x_n \cdots\cdots\cdots (1)$$

で表わされる1次式である。これはDIN、ANSIの土壌評価基準として制定されている形式と同様なものとなっている。これらのモデルがどのような経過で算出、制定されたものであるかはわからないが、形式が同一となっているのも偶然ではあるまい。このようなモデルがいったん制定されてしまうと、運用時にはもはやその算出経過や理論的な背景は必要ではなくなり、ひとり歩きすることになる。したがって、モデルのみを見てもある程度常識的なものとなっていなければならない。このためには技術的センスによる補正を積極的に行うべきと思われる。

統計的手法は、一度モデルを作成してしまうと以後の診断は非常に簡便なものとなるが直接診断法による結果ほど断定的な結論は得られない。また、間違いも発生する。このため直接診断法と絡め、適所に運用していくことが重要と思われる。

参考文献

(1) クボタ技報　1980 VOL 5　No.2
萬里小路栄、他著「農業機械の製品開発システムと多変量解析」

(2) 林 知己夫、他著「市場調査の計画と実際」（日刊工業新聞社）

ダクタイル鉄管第33号

昭和57年10月

技術レポート1

札幌市における口径1800mm長距離推進工事について

札幌市水道局
工事課長　平賀岑吾
工事第2係長　西條肇昌

1．はじめに

道路に埋設する上下水道管などの工事は、従来から開削工法によるものが一般的であった。

しかし近年の都市化への隆盛はめざましく地下埋設物の輻輳化、住宅の過密化による建設公害、交通障害などで特に大口径管の埋設は困難さを増している。

このため、布設土被りが深くなり、作業の安全をはかるための堅固な土留、また土留に使用する機械も建設公害をできるだけ避ける意味からも特殊なものとなり、布設単価はかなり高価なものとなっている。また国道横断軌道横断などのように開削工法では施工できないものも多くなってきている。

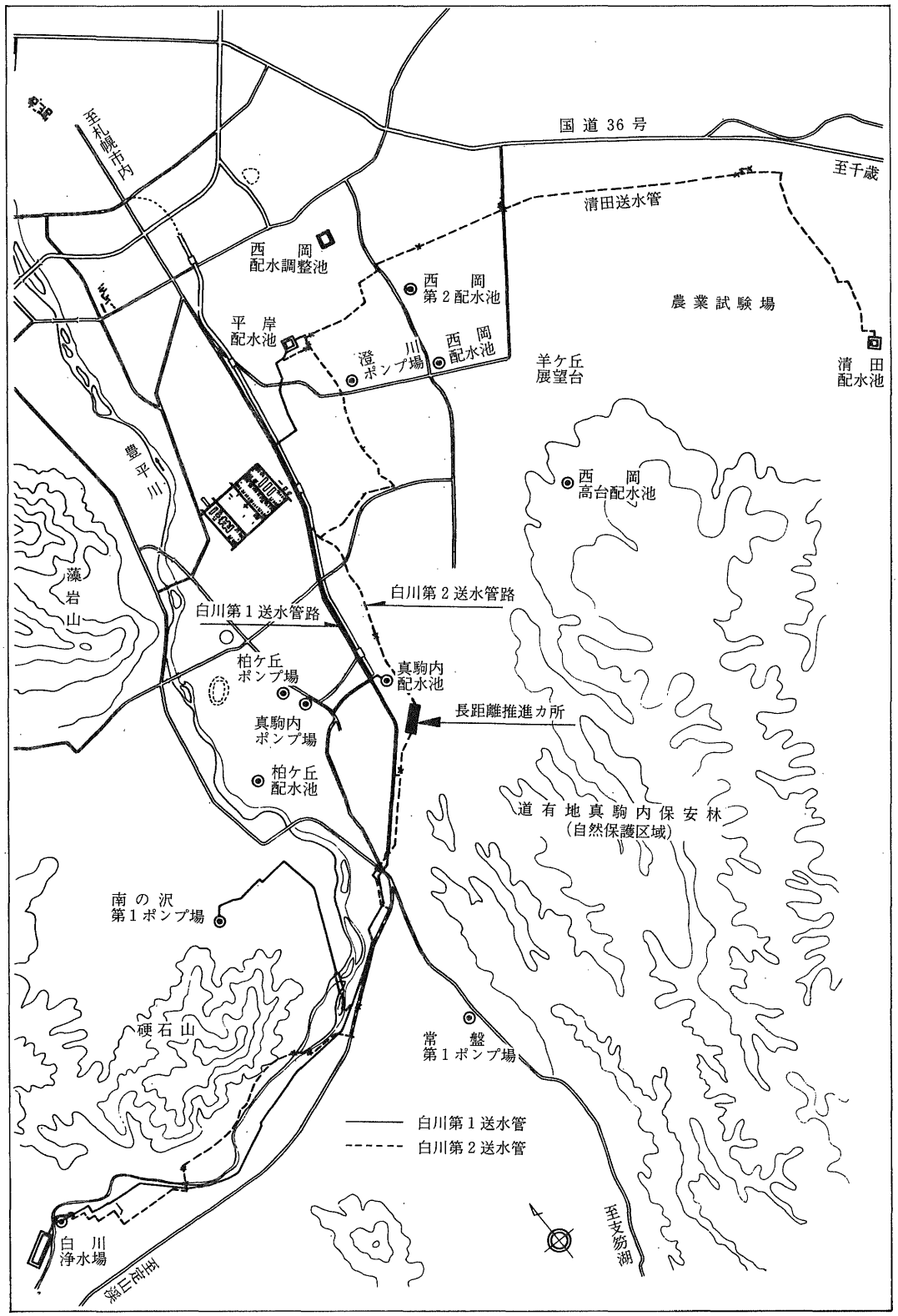
このような状況下で大口径管を布設する土被りが深くなると開削工法よりも安価となりかつ安定した工法の推進工法が広く採用されるようになってきている。この工法は掘削面積が少なく、交通障害や住民とのトラブルも比較的少ないという利点もあり注目されている所である。一方、この工法には適用する土質に制約があること、口径に制約があること推進する距離に制限があったり、任意に屈曲させることがむつかしいなど今後の課題も多い工法であり、布設土被りが深くないとまだまだ高価であるとの問題もかかえている。

しかし、最近では実績もかなり積み上げられ、推進距離をできるだけ伸ばす方向に目が向けられ、国内外で長距離推進工事の事例が多く報告されている所である。

米国デトロイト市では1,400フィート（426m）の推進工事が行われ、クリーブランド市でも2,100フィート（640m）の推進工事が記録されている。国内では堺市で口径1200mm÷269m大阪市で口径1500mm÷227mなど、その他多くの工事が行われている。また推進距離が長くなると中押し装置が必要となり、クリーブランド市の場合は480フィート（150m）前進した所でこの装置を使用するに至っている。英国およびヨーロッパでは推進距離が300フィート（100m）を越えると中押し装置を使用しているのが通常のようである。

札幌市水道局においても、昭和54年に口径1500mm÷276mの長距離推進を経験した所であるが、今回この実績を踏まえて白川第2送

図—1　送水管系統図


国道36号
至千歳
清田送水管
西岡配水調整池
西岡第2配水池
農業試験場
平岸配水池
澄川ポンプ場
西岡配水池
羊ケ丘展望台
清田配水池
豊平川
西岡高台配水池
藻岩山
白川第2送水管路
白川第1送水管路
柏ケ丘ポンプ場
真駒内配水池
長距離推進ヵ所
真駒内ポンプ場
柏ケ丘配水池
道有地真駒内保安林（自然保護区域）
南の沢第1ポンプ場
硬石山
常盤第1ポンプ場
白川第1送水管
白川第2送水管
至支笏湖
白川浄水場
国道453号

水管ルートにおいてダクタイル鋳鉄管による長距離推進工事を施工したので、その概要を報告し参考に供したい。

2．札幌市の送水管

本市の送水管は第３期拡張事業（昭和42年～46年）で、建設した口径1500㎜の白川第１送水管と第６期拡張事業(昭和55年～58年)で施工中の口径1800㎜、口径1650㎜の白川第２送水管とがある。

第３拡で建設した白川第１送水管は１日最大36万9,000㎥を自然流下で昭和46年から送水している。規模は河川伏越１ヵ所、トンネル１ヵ所で総延長11km、管種は口径1500㎜ダクタイル鋳鉄管(6.4km)と塗覆装鋼管(4.6km)である。

一方、第６拡で施工中の白川第２送水管は昭和58年度を通水目標に１日最大43万1,000㎥を自然流下で送水するものである。規模は河川伏越２ヵ所、トンネル３ヵ所、水管橋２ヵ所で総延長20kmである。このうち12kmは白川浄水場と平岸配水池間で口径1800㎜ダクタイル鋳鉄管(8.5km)、塗覆装鋼管(3.5km)を布設するものであり、さらに平岸配水池から清田配水池間を口径1650㎜のダクタイル鋳鉄管８kmを布設するものである。

本報告は、白川浄水場と平岸配水池間白川第２送水管ルートのうちダクタイル鋳鉄管布設部において長距離推進を実施したものである。

3．施工の場所、時期

施工場所は市の南西部に位置し、桜山から真駒内団地に通ずる丘陵地の市道に布設するものである。この丘陵地は藻岩山を背景に、エゾヤマザクラ、トドマツ、シラカンバなどの緑豊かな森林地帯であり、保健保安林ならびに鳥獣保護区の自然保護区域に指定されている。

また夏にはハイキングコースとなり、冬にはクロスカントリーコースとして四季を通し市民の憩いの場所でもある。

このような環境下で施工するためには諸種の制約があった。それは道有地真駒内保安林内であり、保安林解除ができないこと、地形が丘陵地であり動水勾配から管路の土被りが最大15m、管路延長が約400mとなること、さらには現場周辺の環境を保全しなければならないことなどの諸制約である。これら諸制約を考慮し布設の工法として推進、トンネル、シールドなどが考えられたが、工事規模、周辺環境や経済性などを考慮すると長距離推進工法が適当であり、採用する方向で検討した。また樹木の保護と市民の利用度が比較的少ない冬期間を施工時期と決定した。

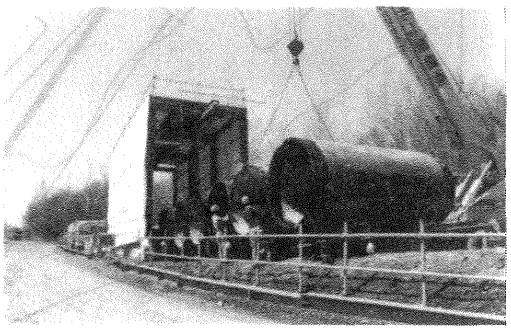
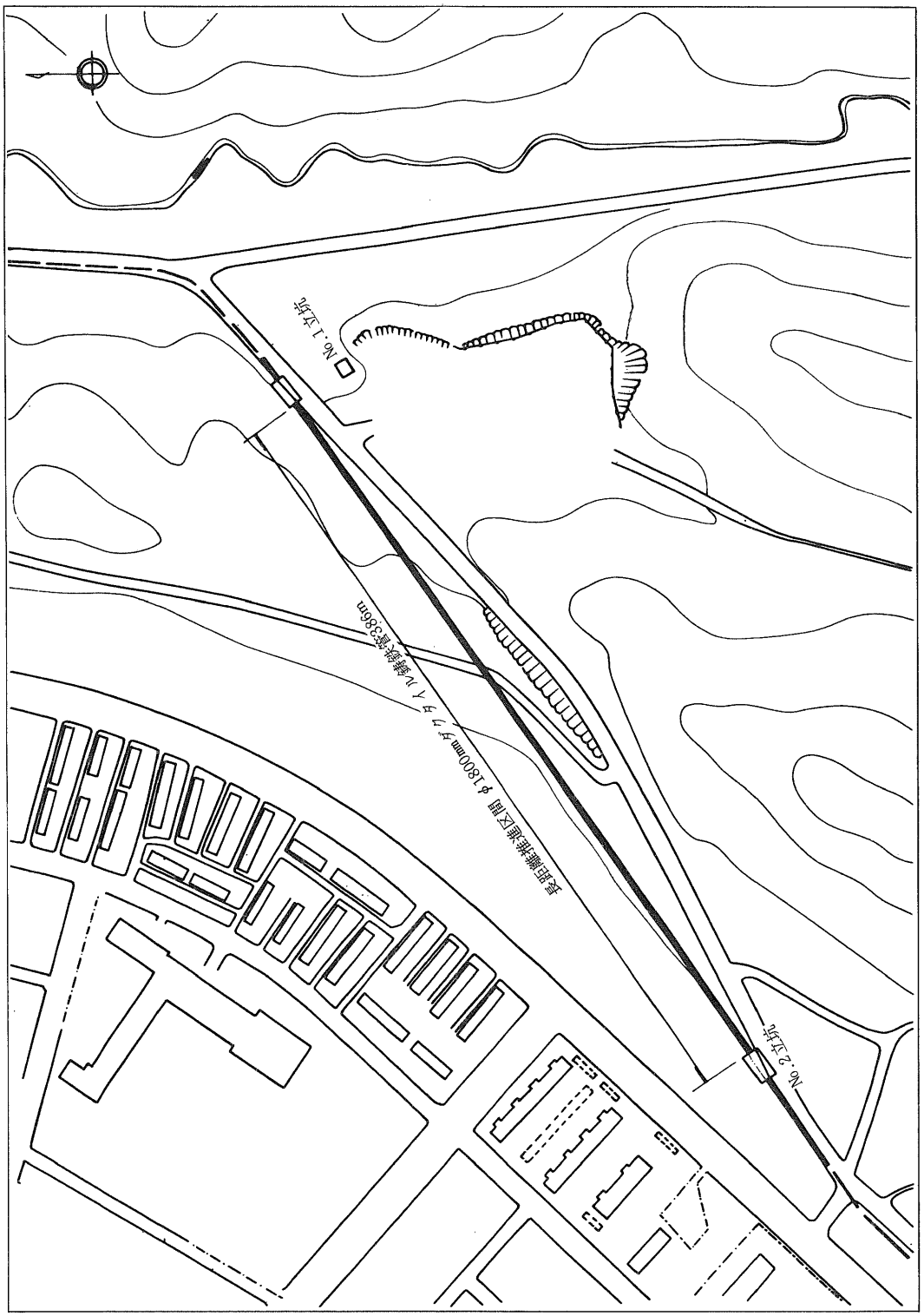


写真　工事現場

4．長距離推進工法の採用

推進工事は既成暗渠を設置するための方法として1890年代の後半に北太平洋鉄道の建設工事に採用されたのが最初であった。その後国内外の各種工事で採用され今日のように改良が加えられ、広く一般的になったものである。

最近では長距離を推進する試みが多くなり中間スリーブ管を採用する例も多くなってきている。国内で中間スリーブ管を使用した長距離推進工事の事例は昭和51年から９件が報告されている。本市においても、昭和54年口径1500㎜ダクタイル鋳鉄管で中間スリーブを採用し276m推進した実績があり、今回「外的条件」「推力」「経済性」の面から種々検討し386mの長距離推進を採用するに至った。以下推進可能と考えた事項を列挙すると次の通りである。



図－2　立坑位置図

①土質は火山灰質であり、自然含水比が30％と比較的安定した地層であること。
②推進部が直線であること。
③管径が口径1800mmと大きく、作業性に問題がないこと。
④管材質の強度に自信が持てること。
⑤過去の推力が計算式の計算範囲内にあったこと。
⑥設計予想推力が安全率を包含して3,000トン程度であること。
⑦中間スリーブの施工実績があり、信頼性がおけること。
⑧他都市および本市の長距離推進実績から判断して施工可能な距離であること。
⑨推進位置に支障物がないこと。

5．工事概要

本工事は白川浄水場と平岸配水池を結ぶ延長12kmの白川第2送水管路のほぼ中間に位置する。工事延長は442mで、このうちダクタイル鋳鉄管口径1800mm÷386mを推進するものである。

(1)工事場所：札幌市南区真駒内17番地
（真駒内保健保安林内）
No.1～No.2立坑間(図－2参照)

(2)施工期間 { 自 昭和57年1月5日
至 昭和57年6月30日
推進実工事日数：65日
1日平均推進長(昼夜間)：約6m

(3)推進規模　推進延長：386m
地　　質：火山灰(一部砂礫層)
N値40～50
内部摩擦角 40°
透水係数K＝（1.32～0.68)×10^{-4}

(4)使用材料　推進管路：
ダクタイル鋳鉄管4m×96本
{ 補強リブ付管　30本
{ グラウトホール付管　48本
中間スリーブ管2.388m×2本
セミシールド用刃口　1基

(5)使用設備　次の通りである。

設備名	使用機械名	規格	数量
吊り上げ・降し設備	門型クレーン(テルハ)	10トン/2トン吊り	1基
	電動チェンブロック	10トン吊り	1基
	電動ホイスト	2トン吊り	1基
推進設備	油圧ユニット	2.2KW　AC型	1台
	油圧ジャッキ	200トン×500ST	8台
	スペーサーブロック	口径1800mm用	10台
中押設備	中押装置ユニット	7.5KW　CM－10	1台
	中押油圧装置		1式
	油圧ジャッキ	100トン×300ST	12台
ずり出し設備	モノレール	KBP－2型	1台
	モノレール用レール受台	中押用レール＝2本	400m
	充電器		1台
	ベルトコンベアー	電動式 ℓ=5.0m	1台
	コンプレッサー	37.5KW、50PSロータリー	1台
	ピックハンマー		2台
刃口設備	棚式刃口	口径1800mm	1基
	油圧ジャッキ	50トン×300ST	8台
注入設備	グラウトポンプ	SP－10　15kg/㎠	1台
	グラウトミキサー	BLM型 100ℓ×2	1台
換気設備	ブロアーユニット	10型	1台
記録設備	推力記録計	EH 136	1台
	センサー装置		1式

(6)工事の総事業費：３億1,000万円

6．設　　計

(1)推力の予想

推力を現在使用されている一般式で計算し推力の範囲を予想する。

土　被　り：H＝11m（平均）

管　外　径：D＝1990mm（先導管外径）

土の単位体積重量：$\gamma=1.7t/m^3$

土の内部摩擦角：$\phi=40°$

N　　値：$N=43(\phi=\sqrt{15\cdot N+15})$

管と土の摩擦係数：$\mu=0.364(\mu=\tan\frac{\phi}{2})$

推　進　長：$\ell=388.8m$

上記条件のもとに推力を計算すると次表の通りである。

計　算　式	初期抵抗力	管周面摩擦抵抗力	管自重による摩擦抵抗力
下水道協会式 $P=P_1+P_2+P_3$ $=3,565t$	$P_1=1.32\cdot\pi\cdot D\cdot N$ $=355t$	$P_2=\pi\cdot D\frac{\gamma\cdot B}{K\tan\phi}(1-e^{-K\tan\phi\frac{H}{B}})\cdot\mu\cdot\ell$ $=2,873t$ B：管上部のゆるみ土柱の半幅 K：主働土圧係数	$P_3=Wg\cdot\mu\cdot\ell$ $=337t$ Wg：推進管自重
下水道協会の改定式 $P=P_1+P_2+P_3$ $=3,144t$	$P_1=3.12\cdot D\cdot N$ $=267t$	$P_2=\frac{1}{2}\pi D\frac{\gamma B}{K\tan\phi}(1-e^{-K\tan\phi\frac{H}{B}})\mu'\cdot\ell\cdot(1+K)$ $=2,413t$ μ'：$\tan\frac{2}{3}\phi$ 管と土の摩擦係数	$P_3=Wg\cdot\mu'\cdot\ell$ $=464t$
久保田鉄工式 $P=P_1+P_2+P_3$ $=2,237t$	$P_1=\pi Dt\gamma(H+\frac{D}{2})\tan^2(45°+\frac{\phi}{2})$ $=56t$ t：先導管管厚（2種管）	$P_2=\frac{1}{2}\pi D\mu\ell\left\{W+\frac{1}{2}(W_1+W_2)\right\}$ $=1,917t$ W：鉛直土圧 W_1, W_2：側土圧	$P_3=\frac{1}{4}\pi Wg\mu\ell$ $=264t$
地下水位によるN値を補正し下水道協会式＋久保田鉄工式 $P=P_1+P_2+P_3$ $=2,516t$	$P_1=3.12DN$ $=180t$	$P_2=\frac{1}{2}\pi D\mu'\ell\left\{W+\frac{1}{2}(W_1+W_2)\right\}$ $=2,101t$	$P_3=\frac{1}{4}\pi Wg\mu'\ell$ $=235t$

計算結果より推力は2,237トン～3,565トンと広い範囲にわたっている。本施工場所の土質は本市が経験した口径1500mm÷276m長距離推進時の土質とほぼ同一火山灰層であり、N値も40～50と同一値を示していることから推力の上昇傾向がほぼ同一と判断し、下水道協会改定式を採用し設計推力を3,144トンと予想した。

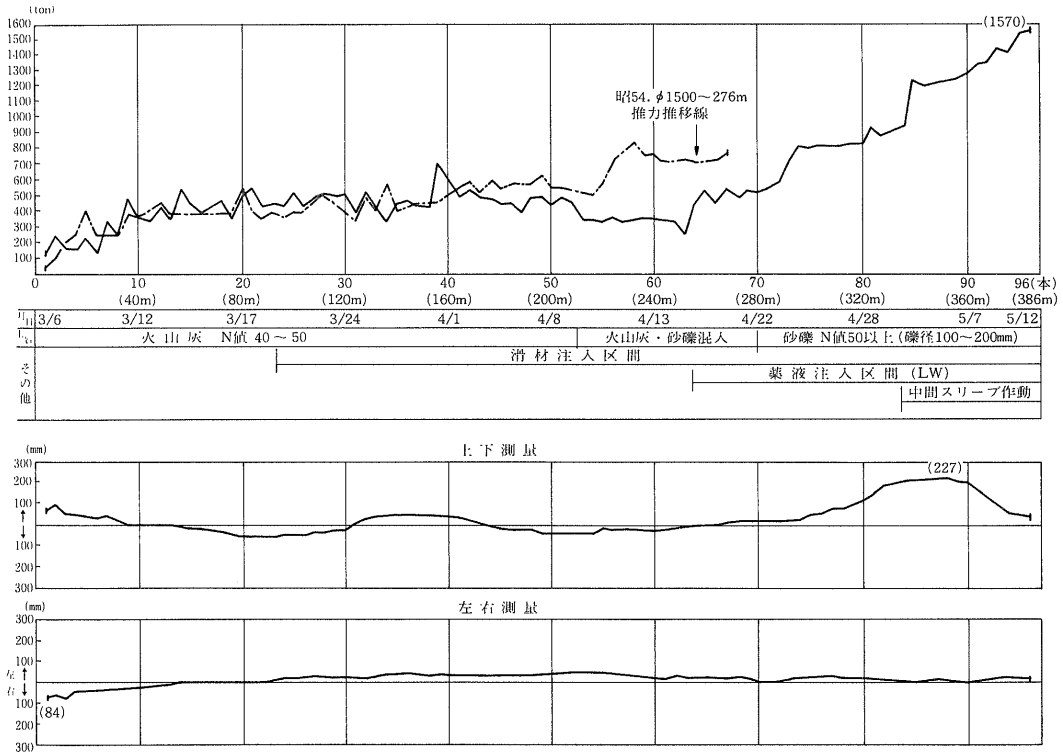
7．施　　工

工事は１年を通し気象条件のもっとも厳しい厳寒期である昭和57年１月５日の開始であった。この時刻の積雪深さは約１mに達しており、発進坑ならびに工事用資材基地などのまず除雪作業が開始された。

立坑は杭打、土留、掘削などの順序を経て推進開始を迎えたのは３月６日であった。

土質は発進坑から210mまでが全断面火山灰で安定しており、210m～280mの70m区間で火山灰から砂礫層へと変化し、残り約100mは全断面が砂礫層であった。この砂礫層は透水性がよく、刃口の崩壊が考えられたので全断面を薬液注入により地盤改良を行い推進を実施した。

推進力図



中間スリーブは設計通り32本目(128m)、64本目(256m)が通過した時点で挿入した。

減摩剤注入は摩擦抵抗力の減少と、刃口と推進管との外径差に生じるクリアランスを充填し、地山の崩壊を防止することを目的としさらに施工推力の安全を考慮して発進坑から90m通過した時点から注入を行い、その結果十分なる効果を発揮することができた。

裏込注入は、管内のグラウトホール孔からセメントミルクを全量で83㎥注入したが、この注入量は設計量とほぼ同一数量であった。このことから推進管と地山との間に生じるクリアランスは最少であり、ほぼ余掘りのない理想的な施工ができたものと考えられる。

このようにして地下の推進管内では昼夜を通して65日間休むことなく掘り進み、地上の桜が満開を迎えた5月12日に無事貫通することができた。

施工状況

施工に当っては「推力状況を把握するための管理」「管路誤差を修正するための対策」「作業の安全性を確約するための対策」などを主重点とした。管路の土質・推力・精度・湧水量などの状況と変化を記録し、さらには酸欠など作業環境の把握をすることにより工事の事前予測ができ、万一の事故に対する対応が早期解決にもつながることから、これらを記録管理した。

①推力状況を把握するための管理

- ●推　力：推力は自記記録計を設置し、元押しおよび中間スリーブの推力値を管理した。この結果設計推力3,144トンに対し施工の最大推力は1,570トンであった。なお、中間ジャッキの配置は設計通り挿入したが推力が設計値よりも下回っていたので砂礫層に入った336m地点から使用した。
- ●土　質：施工に当ってはセンターボーリングで3ヵ所、さらに5ヵ所の地質調査を行い、ほぼ設

計通り推進できる見通しとなった。これらの調査結果通り発進坑から約210mは比較的安定した火山灰であり、約170mは最大礫径200mmで混入率50%の砂礫層であった。

● 湧水量：切羽でのもっとも多い湧水量は100ℓ/分あり、立坑内の最大汲み上げ量は177ℓ/分であった。これらの湧水量は推進に当りさしたる障害となるものではなかった。

② 管路修正するための対策

● 精　度：トランシットおよびレベルを用い推進管1本ごとの測量値を記録した。この結果、上下の誤差では砂礫層で一部上向きを示したが、全体としては満足できるものであり、左右の誤差は最大84mmであった。

このためさしたる管路修正をする必要もなく推移した。多少の修正は当初から刃口に修正用ジャッキを装備したセミシールドタイプであったので十分対応することができた。

③ 作業の安全性を確約するための対策

● 酸素濃度：酸素欠乏を防ぐため、推進切羽面の換気を行い酸素欠乏爆発ガス警報器を用い1日2回測定記録した。またモノレールによる資材、土砂、作業員の搬入搬出を行い作業の迅速化と安全性を確約した。

8．おわりに

今回の施工は口径が1800mmと大きく作業性がよかったこと、硬く締った火山灰の土層で切羽の安定性が非常に良好であったこと、湧水量も少なかったことなどから推力も予想より少なくて済み、無事終了することができた。

386mという長距離推進もこれら好条件下ではさほどの問題もなく推移したことで、担当者一同胸をなでおろしている状況である。土質の条件によっては400m程度の長距離は推進可能な範囲であるものと判断された。

しかし、延長が増大されることにより設計推力と施工推力の差がどうしても大きくなる傾向が見られ、今後の検討課題として各種施工データを収集し、実績数値による修正を加えていく必要があると思う。

技術レポート2

加古川西部農業水利事業 杉原川揚水機場建設工事吐出管路でのダクタイル管据付工事について

近畿農政局加古川西部農業水利事業所
工事課長　段本幸男
工事係長　中野芳樹

1．加古川西部農業水利事業の概要

加古川の中流右岸に広がる加西市を中心とした洪積台地は、瀬戸内気候に属し、年間平均降水量1,470㎜で、全国平均の約80％と少なく、加えて地域内にかんがいに足るような河川をほとんど持たない状況にある。このため、従前よりかんがいは水源の大部分を小ため池に依存し、地域内には約600余もの多くのため池を数えており、不安定な水源状況にある。

加古川西部農業水利事業は、これらの地域の不安定な水利状況を解消するとともに、圃場整備の実施に伴う水量増、畑地かんがい用水など新たに発生する水需要に対応していくために、安定水源の確保と水路など施設の整備をはからんとするものである。関連事業を併せ実施し、将来とも安定した農業基盤の整備をはかることにより、農業経営、水管理など農業の近代化を促進し、高能率、高生産性の農業を展開せんとするものである。

また、かんがい排水改良に併せ、経営規模の拡大、経営の安定化をはかるため、ぶどうなど地域特産の栽培を目的とした生産団地の造成を実施することとしている。

なお、水源施設は西脇市の工業用水（日量3万㎥）と共同事業により実施するものである。

2．工事概要（昭和56年度）

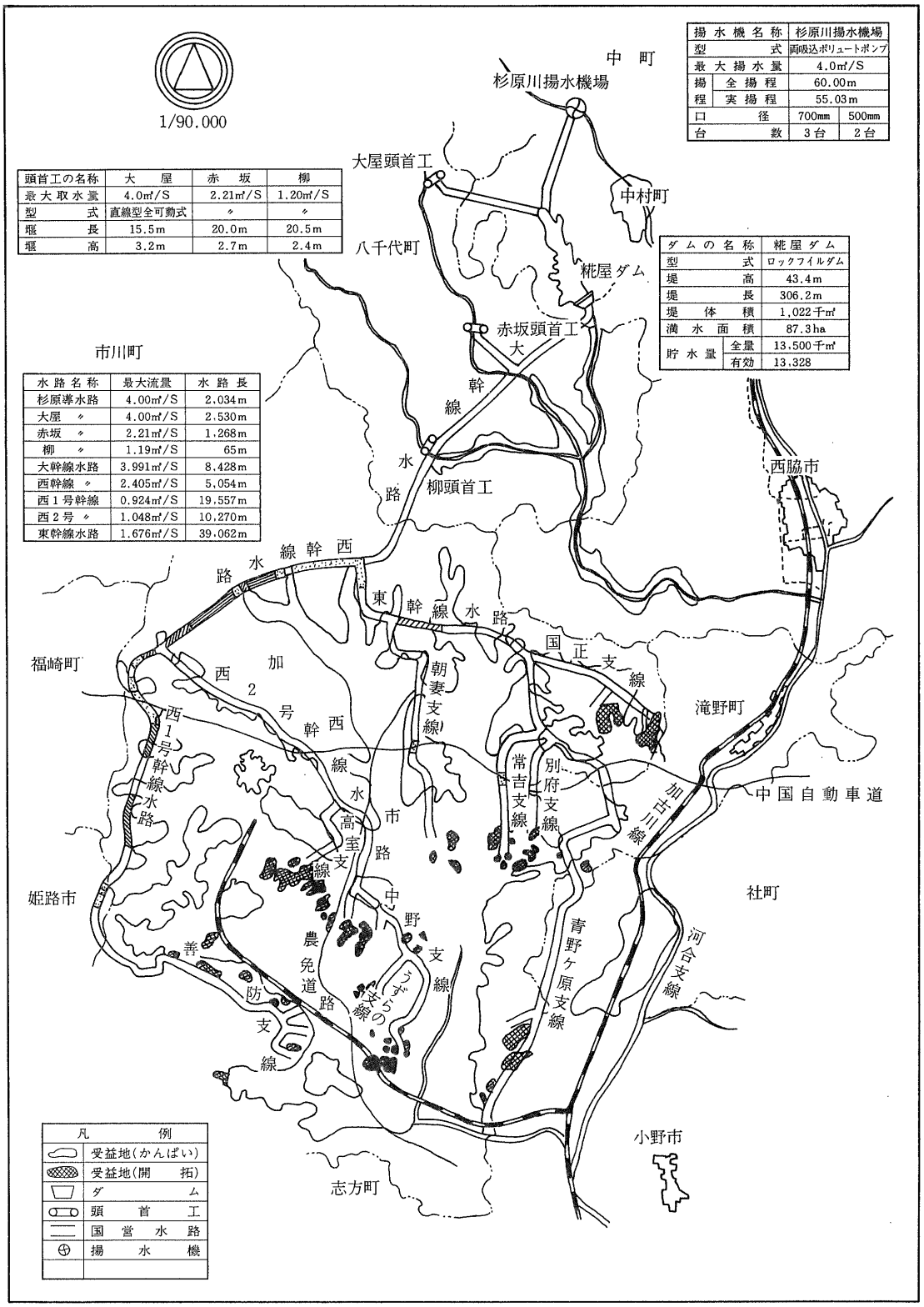
杉原川揚水機場第1期工事として、揚水機場よりずい道までの延長95.43m、斜面勾配45°～39°を口径1350㎜K形ダクタイル5種管、曲管部は鋼管にて施工を行い、最大4.0㎥/秒の補給水を揚送するものである。なおこの工事は、昭和56年度9月18日に着手し、57年度末日に塗装工事を残し管の据付工事を完了したものである。

3．吐出管路について

1．斜面配管（露出配管）管種の比較および検討

管体強度の大きい、安全性の高いダクタイル管、鋼管の2管種について当施工場所の地形を踏まへ、施工性、耐久性、維持管理について比較したものである。

図―1　加古川西部地区概要図



1．施工性

項目　管種	ダクタイル管	鋼　管
接合性	外面より接合なので容易である	溶接、塗装(内外面)において急斜面であるため困難である
天候による影響	影響されにくい	低温、湿気は溶接、塗装に悪影響である
工期	接合が比較的簡単である	溶接、塗装、検査など(X線)日時がかかる
管の運搬取扱いについて	単体重量が比較的重く、索道、重機について十分な検討を要す	単体重量が比較的軽く、管の運搬、取扱いが容易である

2．耐久性

ダクタイル管については内面モルタルライニング、外面合成樹脂調合塗料により耐食性は大きく、耐用年数は40年位である。

鋼管は外面塗覆装、内面タールエポキシとなっており、内面の膜厚の薄い塗装では耐久性は乏しい、また耐用年数は25年といわれている。

3．維持管理

ダクタイル管については何度も述べるように、内面はモルタルライニングであるため鋼管のように塗装が必要でない、元より急斜面での施工が必要でないのも明らかである。また補修や取換えなども同じことがいえよう。

以上、ダクタイル管、鋼管を施工性、耐久性、維持管理の3項について比較検討したものである。

その結果、急斜面部での塗装などを考えると、最終的にダクタイル管が有利とのことで当事業ではこれを採用したものである。

4．設計諸元の検討

1．管厚の検討

計算条件は次の通りである。

管径　ϕ＝1350mm

管厚　T＝12.5mm(5種管)

設計圧力　P＝8.5kgf/cm²

施工は露出配管なので、内圧のみ考慮し、外圧は考えないものとする。

$t = T/1.1 - 1$

$= 12.5/1.1 - 1$

$= 10.4\text{mm}$

t＝計算管厚

(鋳造公差、腐食を差引いたもの)

次に内圧により発生する応力を計算する(σ)

$$Q = \frac{P \cdot D}{2 \cdot t}$$

$$= \frac{8.5 \times 135}{2 \times 1.04}$$

$$= 550(\text{kgf/cm}^2)$$

安全率は(Sf)

$$Sf = \frac{\sigma t}{\sigma}$$

$$= \frac{4000}{550}$$

$$= 7.3$$

σt＝引張強さ(4,000kgf/cm²)

よって十分安全な5種管(12.5mm)を使用する。

2．胴隙間隔の検討

温度変化による管の伸縮を検討する。なお管は空管時直射日光を受けた場合、温度変化は70°～80°程度とする。(水門鉄管技術基準による)

$\Delta\ell = \Delta T \cdot \alpha \cdot \ell$

$\Delta\ell$＝伸縮量 mm

ΔT＝温度変化(80℃)

α＝熱膨張係数(10×10^{-5}/℃)

ℓ＝管　長　(6000mm)

$\therefore \Delta\ell = 80 \times 1.1 \times 10^{-5} \times 6000$

$= 4.8\text{mm}$

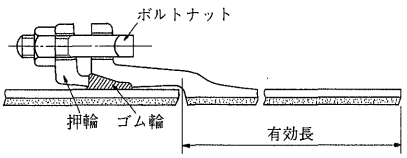
よって胴隙間隔を5mmとする。

3．K形継手

ゴム輪は押輪を介してボルトで締付けると丸ゴム部が受口と挿し口の間に入り圧縮によって生ずる。復元力と内圧による丸ゴムのセ

ルフシールとで水密性を保持し、角ゴム輪で受口と挿し口の一体化をはかっている。また接合は外面からであり、施工は容易である。

図－2　K形継手



4．受台の検討

今回施工の受台は、管1本につき1ヵ所コンクリート受台で半巻施工を行うものである。

受台が管の中央にあり、転倒に対して安定している。滑りに対してもコンクリート幅を十分とれば問題はない。

管重3,300kg＋水重8,600kg＝11,900kg(W)

滑る力　$F=W\cdot\sin\theta$

$=11,900\times\sin39°=7,500$kg

管とコンクリートとの接着面積(A)

$$A=\frac{\pi}{2}\times135\times(130+\frac{30+60}{2})=37,091\text{cm}^2$$

よって付着応力(σ)

$$\sigma=\frac{\pi}{A}=\frac{7,500}{37,091}=0.2\text{kgf/cm}^2$$

と小さく、許容付着応力5 kgf/cm²に比べ安全である。

地震時の水平力(H)は

$H=KH\cdot W=0.3(3,300+8,600)=3,570$kg

転倒モーメント(M)は

$M=H.h-B.W=1.25\times3.57-0.45\times11.9$

$=-0.9$ton-M<0

となり安全である。

台風時の風圧(T)は、

$T=P\cdot D\cdot L=150\times1.4\times6.0=1,260$kg

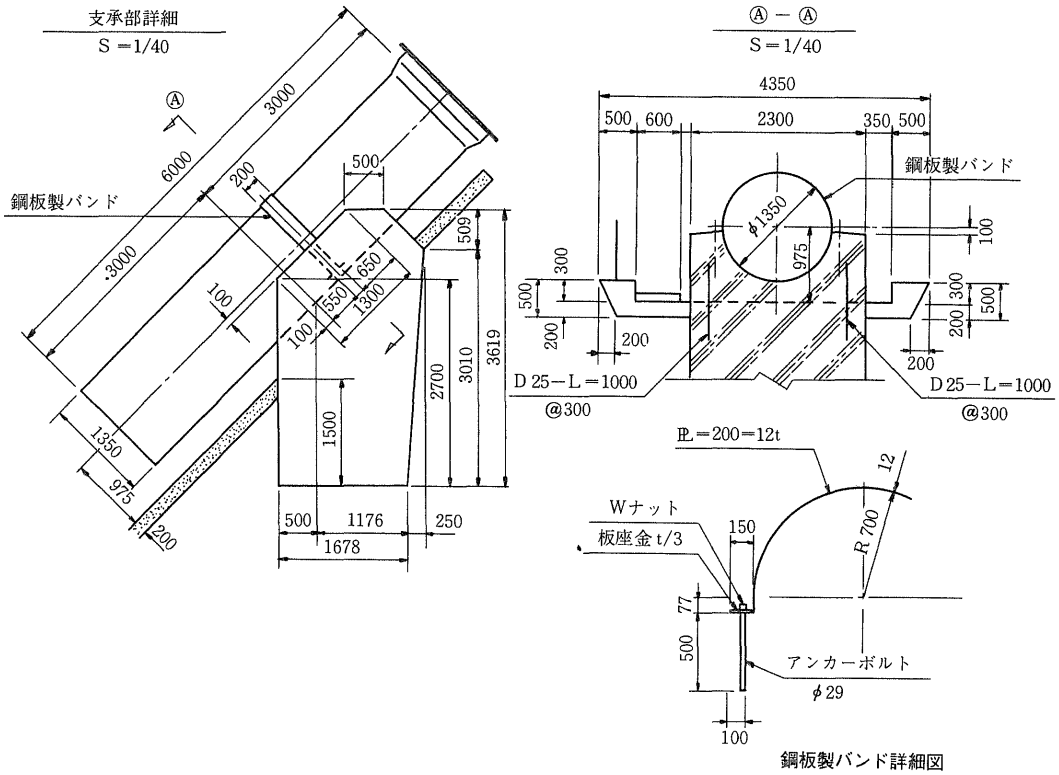
転倒モーメント(M)は、

$M=T\cdot h-W\times\frac{D}{2}=1.26\times0.1-11.9\times0.7$

$=-8,204<0$

となり安全である。

図－3　支承詳細図



鋼板製バンド詳細図

5．受台の補強

以上受台のタイプを決定したわけだが、施工土工時において受台の基盤(岩)の層理が傾斜面と同方向にあり、滑りに対し不安定であり、この受台の基礎として安全性に乏しいと判断され、下記の工法を追加したものである。

工法の決定について

当現地の山腹を構成する基岩は硬質角レキ凝灰岩で、主に3方向の亀裂(N 30°～50° W35° E、N 20° W80° W、N 40° E 90°)によりブロック化していることがわかった。また法面の向きがＮＥ方向であるので、ＮＥ方向に傾斜した亀裂が「流れ盤」となっている。

この流れ盤の方向が法面の走向に近いことから、傾斜地でのコンクリート構造物の基盤面としては安全性に乏しいものである。

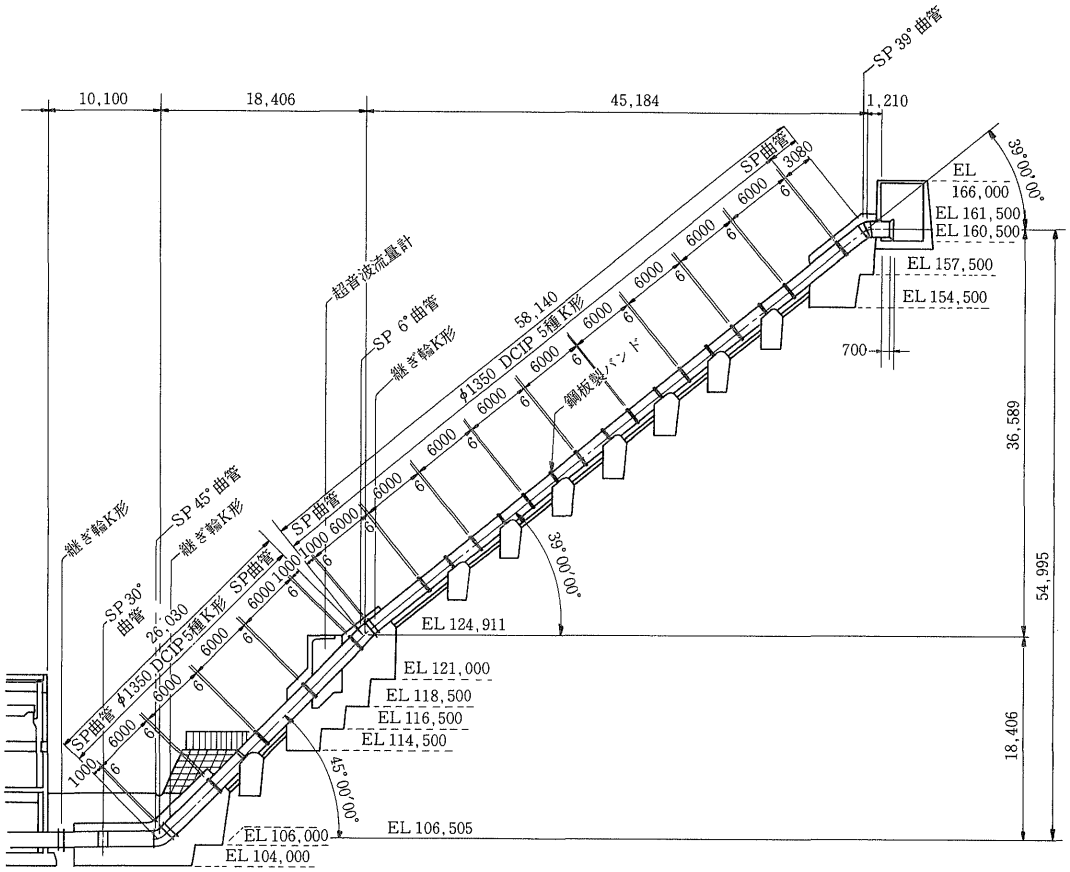
よって安定工法を３方法に絞り検討し、追加施工を行った。

a. アースアンカーで引張り、摩擦力の増大で構造物の安定をはかる方法。

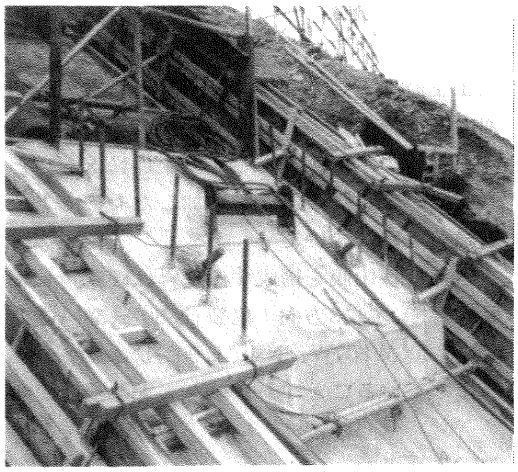
b. 構造物の重心、地震時の水平力、鋼棒のせん断力で防護する方法。

図―４

	直　　管	曲　　管
管　体	ダクタイル管 K形５種(T＝12.5mm)	鋼管(両端プレンエンドT＝12mm)
内　面	モルタルライニング (t＝12mm)	タールエポキシ(0.3mm以上)
外　面	工場…錆止め２回 現地…耐候性塗料２回 { ただしコンクリート埋込部は無塗装 }	無塗装
ゴム輪	クロロプレンゴム(C.R)	



写真―1　工事前



写真―2　アースアンカー工法

c. 大径ボーリングによりH鋼、または鋼管パイプを押入れH鋼上に定着鉄筋を溶接し、曲げおよびせん断力で安定をはかる方法。

安全性、工期、工費などを考慮し、アースアンカー工法で一層の固定台、支承台の安全性を確保したものである。

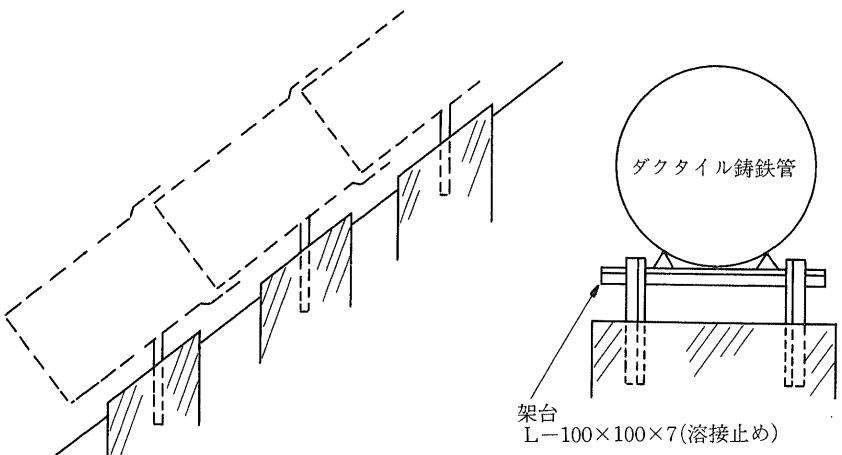
アースアンカー工法の詳細については、別の機会に譲ることとする。

5．施工（配管工事）

1．据付準備

コンクリート基礎上に管架台を図―5のように施工したものであるが、急斜面であるため位置の確定に細心の注意を払い、幾度も距離高さを検測し、架台を施工したものである。

図―5

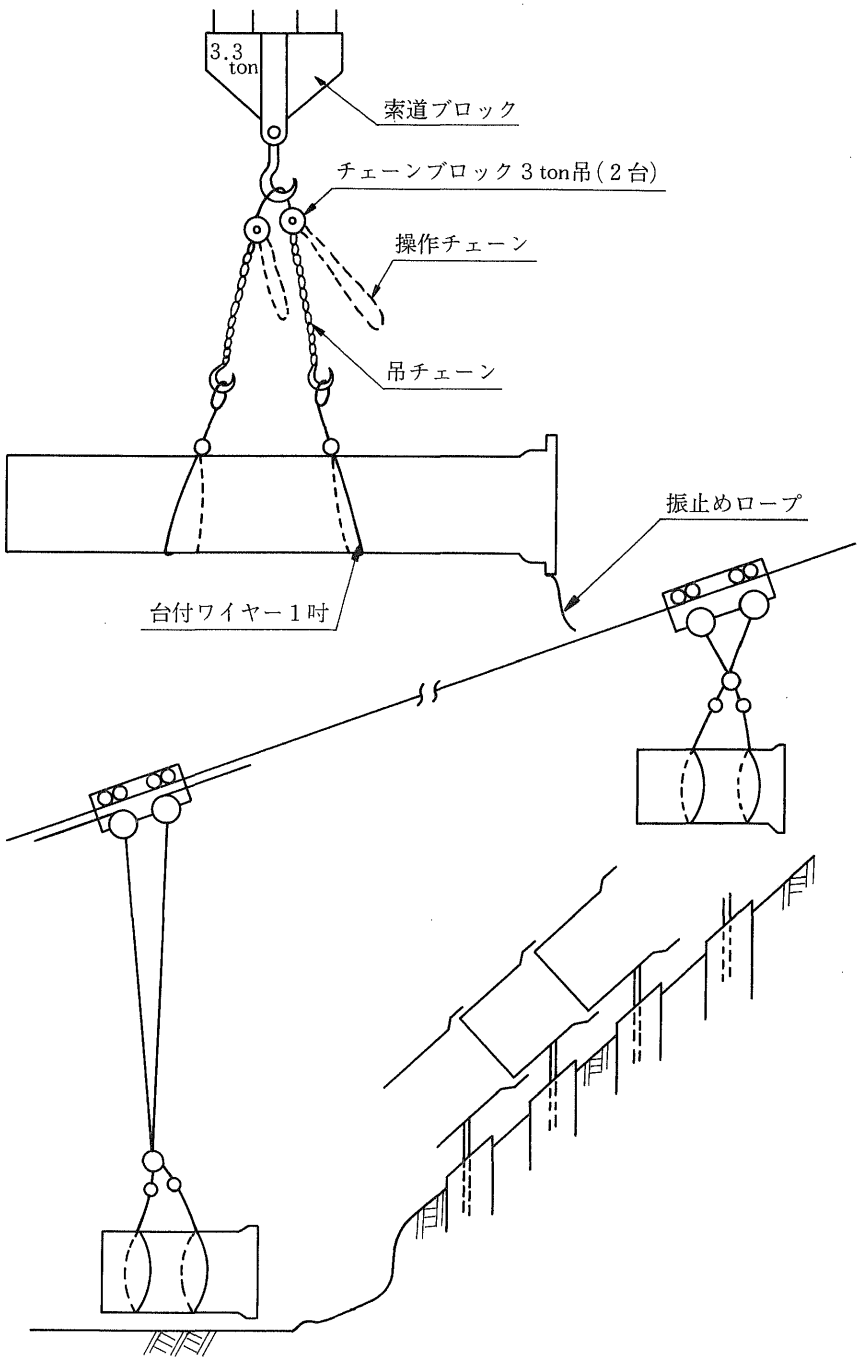


2．吊込運搬

吊込運搬は吊荷重3.3トンの索道で、下の方から順次据付けていくが、運搬中に転落しないよう、また管が不安定な状態にならないよう下記の方法で行った。

すなわち、図―6のように取付け、ダクタイル管を常に水平に吊込み、所定の位置まで運搬を行ったものである。

図－6



この場合、安全確保の観点から索道の運転速度、巻上げ速度は18.5m/分、横行速度は38m/分で運転を行った。

３．据付け

a. 据付けは水平に吊込んだダクタイル管をチェーンブロックの操作チェーンで操作

写真―3　管の搬送

し、勾配に合致するまで荷の状態を見ながら静かに合せていく。

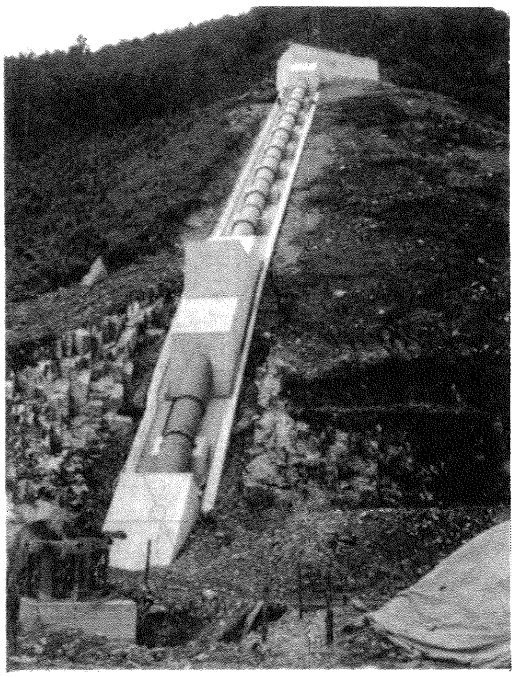
写真―4　管据付け

b. 合置接合ができると、止水ゴムパッキンを定位置に挿入しボルトの仮止めをする。

c. ボルトの仮止めが完了すると、位置のズレの検測管と管との間隔の検測を行い、横転しないよう固定する。

d. ボルトの本締めはトルクレンチを使用し締付トルクは水道管締付基準に基づいて行った。

これら据付工事に当っては、全て技術指導員のもとで行ったものである。



写真―5　工事完了

6．おわりに

本工事は大口径管で45°という急斜面への配管工事で、わが国でもめずらしい工事であったと聞いている。われわれ経験の少ない者には、施工業者への指導、また労働安全衛生法に基づいた安全施工のやり方など、非常に勉強になった。

そうした中で、特に施工の際気付いた1、2の点について考察を加えてみる。

はじめに管の運搬芯出し、接合までの時間が鋼管に比べ早い時間で施工ができる。また鋼管のように内面の溶接がないので安全であるし、点検も容易にできる、というダクタイル管の利点が十分発揮できた。

しかし他方問題点としては、管据付後巻立コンクリートを行う場合に、口径1350mmの管では大きな浮力が働くことである。断面から考えても$0.7^2\times\pi\times2.3\text{t/m}^3\fallingdotseq3.6\text{t/m}$の浮力となり、この浮力を固定台に完全に固定し、動かないよう十分な基礎が要求され、これが得られない場合はワイヤーの伸鋼棒などの強度をよく考え、決定しなければならない。また型枠については、ダクタイル管が据付けられ

ると型枠締付けのセパレーターの取付けが困難であったようである。

以上、特に気のついた所はこのようなものであるが、急傾斜地の配管固定台、支承台の細部にわたっての検討が事前に十分なされる必要があることを特筆しておくものである。

技術レポート3

1982年浦河沖地震による水道管路被害調査

日本ダクタイル鉄管協会
北海道支部長　黒地政美
技術委員長　長尾正三
委　員　沼田英男
委　員　仁木彬隆
委　員　岩本利行

1．はじめに

昭和57年３月21日午前11時32分、北海道日高地方を中心として北海道、東北地方に強い地震があり、浦河町では震度Ⅵ(烈震)を記録した。この地震により浦河町、三石町、静内町の管路に被害が発生した。

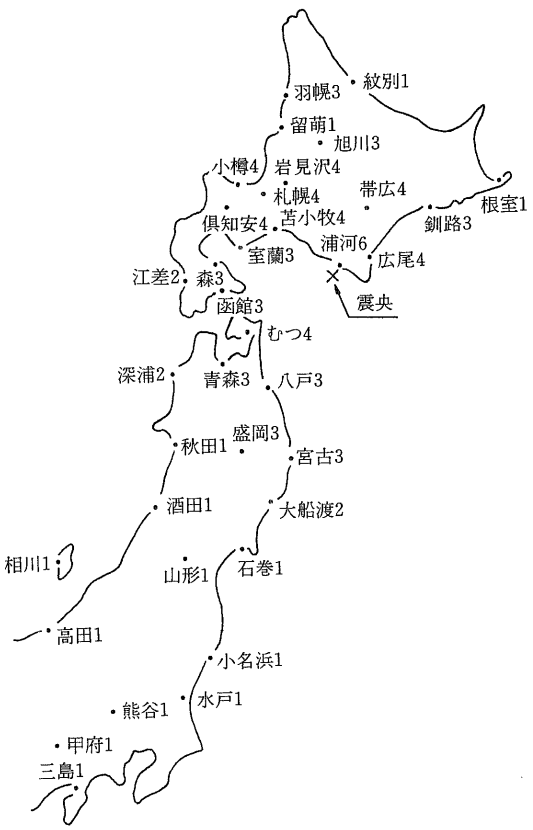
本報告は、現地にて第１次（３月23日～26日)、第２次(４月22日～24日)の計７日間にわたって管路被害調査を行った結果について述べたものである。

なお、第１次では鵡川町、門別町、新冠町、静内町、三石町、浦河町、様似町、襟裳町の計８町の調査をおこなった。また、第２次では被害の多かった浦河町、三石町、静内町を重点的に調査した。なお、被害状況およびその集計の最終確認のために９月20、21日に現地を訪問した。

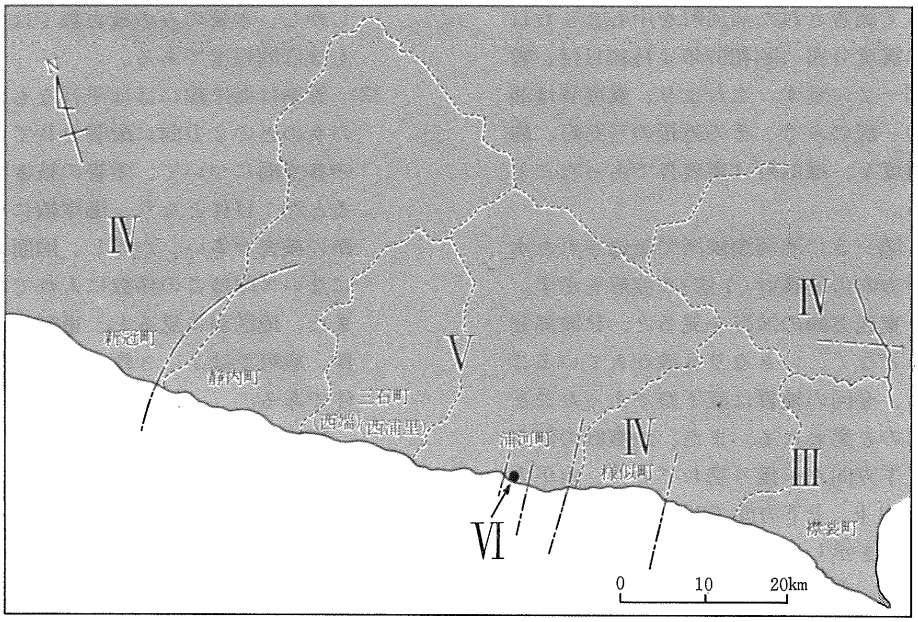
2．地震概要

震源地：浦河町沖南西20km(東経142度36分　北緯42度６分)
震源深さ：10km
規　　模：マグニチュード7.3
図－１に震央および各地の震度分布を示す。

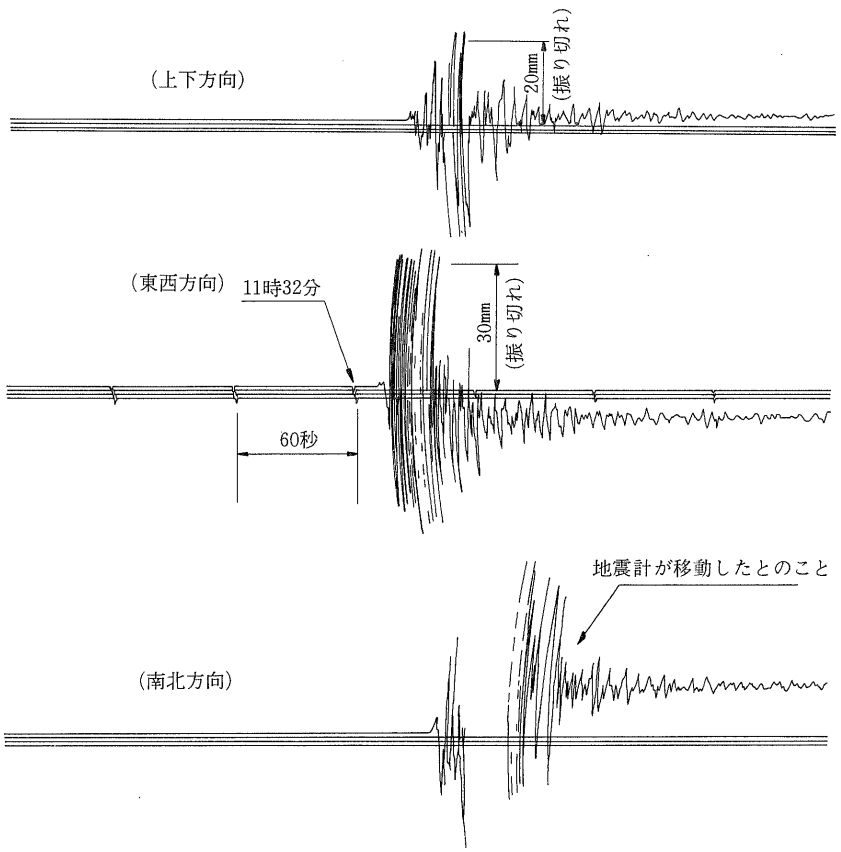
図－１　震央および震度分布図



図—2　浦河沖地震の日高管内震度分布図
（札幌管区気象台、室蘭地方気象台、昭和57年４月10日、暫定）



図—3　浦河沖地震の地震計（１倍）記録波形
（浦河測候所、昭和57年３月21日11時32分）



また地震後、札幌管区気象台、室蘭地方気象台によって調査された浦河町を中心とした日高管内の震度分布（昭和57年４月10日付、暫定）を図－２に示す。これより、震度Ⅵは浦河町内の一部のみで、その近辺の三石町、静内町は震度Ⅴ、様似町は震度Ⅳであったことがわかる。

また、図－３に浦河測候所で記録された水平、上下方向の地震計（１倍）の波形を示す。

特に、東西方向の波形を見ると、Ｐ波部分がほとんどなく、いきなりＳ波がきていることからも、今回の地震は直下型であったことを示すものと思われる。また、地震計の針が水平、上下方向とも振り切れており、水平方向で30mm以上、上下方向で20mm以上の振動があったことを示している。

すなわち、今回の地震は直下型で地震動がかなり大きかったものと思われる。

３．被害状況

１．浦河町

浦河町は上水道、簡易水道（東部、西部、元浦川地区）からなっているが、ここでは上水道の調査結果について述べる。

上水道の給水人口は１万1,905人（普及率99.2%）、１日最大給水量は4,840㎥/日である。

図－４に本管（送・配水、口径50～300mm）の配管図を示す。図中に管種および被害位置を示す。×印は本管、●印は給水管（口径50mm未満）の被害である。

また、表－１に本管の各管種の被害件数および１km当りの平均被害率（個所/km）を示す。これより、次のことがわかる。

(1) 平均被害率（個所/km）として、鋼管は5.08、塩化ビニール管は3.24、石綿管は1.12、鋳鉄管（含、ダクタイル管）は0.57であった。（なお、鋳鉄管の継手はダクタイル管と同一のゴム輪を用いたメカニカル継手であるので、両者を一括して扱った）

(2) 被害は本管、給水管を含めると東町が多く、旭町（常盤町、入舟町、昌平町）、堺町（築地）の順番で少なくなっている。しかし、本管のみの被害数では各地区ともほぼ同程度である。

(3) 管路は海岸線にほぼ平行なものと直角のものとの２方向に配管されている。この各方向について、本管の被害件数を見ると25：11件となり、海岸線に平行な管路に被害が多い。ただし、図面の管路上にない×印はこの件数に入れていない。また、地区別に見ると、東町では14：２件、旭町では７：３件、堺町では４：６件である。

特に、東町の海岸付近の管路は平行な方向に被害が集中している。一方、堺町では平行、直角方向とも同程度の被害が発生している。

表－１　浦河町（上水道、本管）の管路使用量と被害件数および１km当りの平均被害率

項目＼管種	鋼管	石綿管	塩化ビニール管	鋳鉄管
管路使用量（m）	197	19,669	13,283	5,298
被害件数（個所）	1	22	43	3
１km当りの平均被害率（個所/km）	5.08	1.12	3.24	0.57

注）鋳鉄管にはダクタイル管を含んでいる。

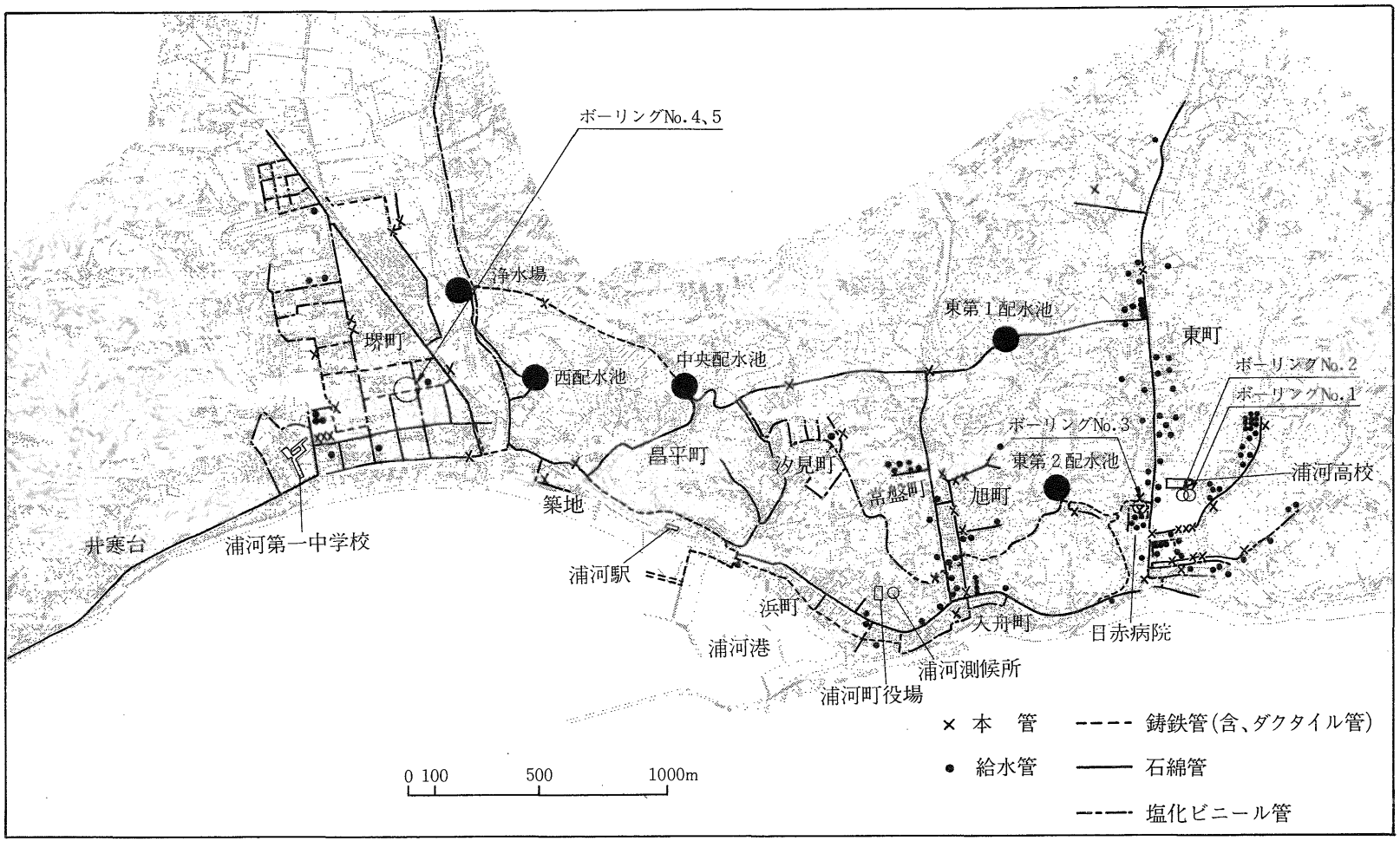
一般的に、管路の地震時の挙動（被害発生件数）は地震動の大きさ、地盤（土質、基盤面の深さや傾斜など）などによって異なってくる。

浦河町内の地盤の検討を行うために、関係機関の協力を得て図－４中の５ヵ所で基盤内までボーリングされた土質データを入手することができた。図中にその各位置を示すが、東町で３ヵ所、堺町で２ヵ所である。

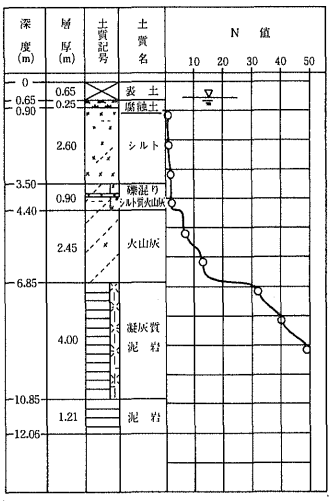
図－５に各位置の土質柱状図を示す。この図より次のことがわかる。

(1) 東町のNo.1、２の基盤深さは各々９m、12m、表層地盤の平均Ｎ値は12、10、土質は腐植土、シルト、火山灰からなる軟弱地盤である。

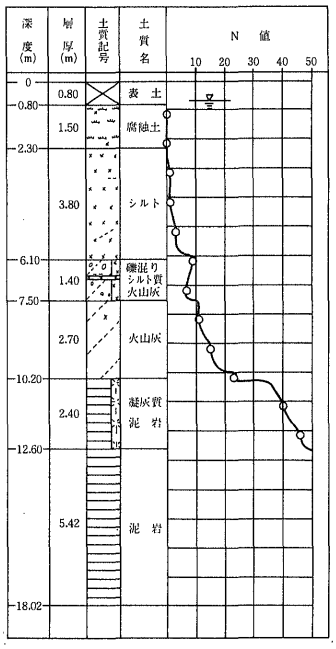
図—4　浦河町(上水道)の本管の配管図および被害位置



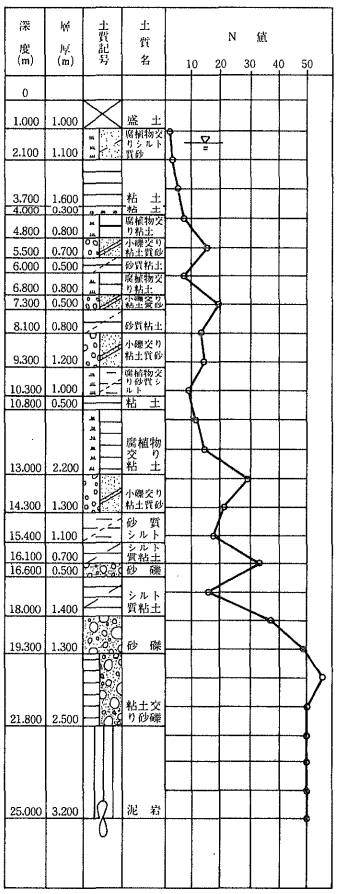
図－5－1土質柱状図（東町、No.1）



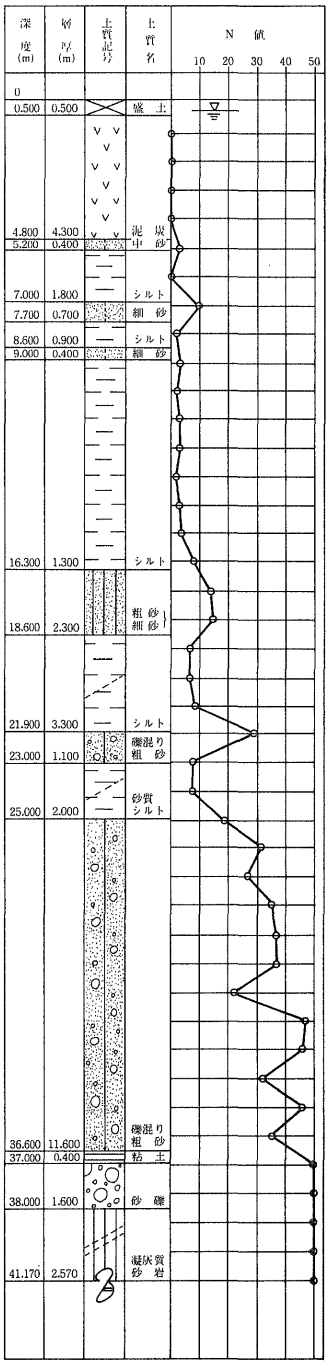
図－5－2土質柱状図（東町、No.2）



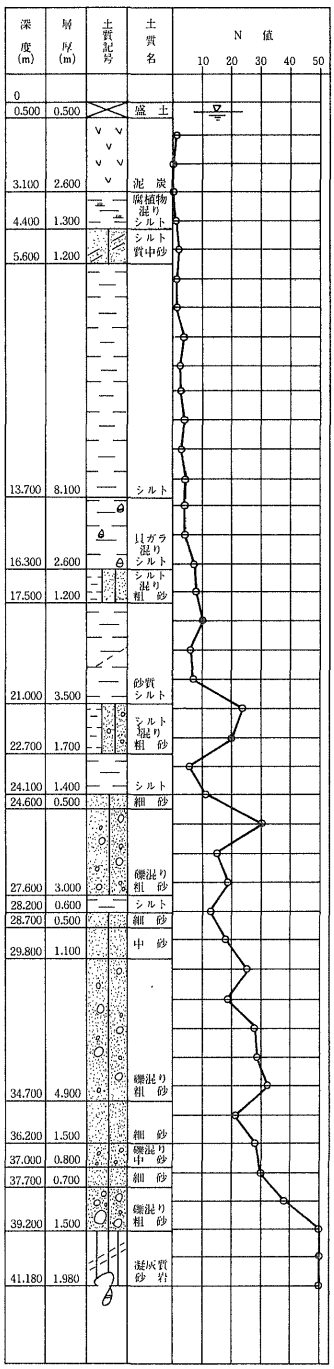
図－5－3土質柱状図（東町、No.3）



図－5－4 土質柱状図（堺町、No.4）



図－5－5 土質柱状図（堺町、No.5）



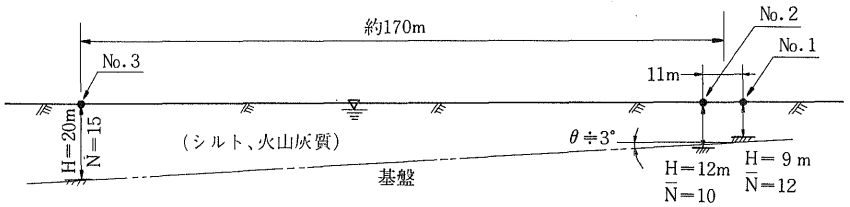
東町のNo.3の基盤深さは20m、表層地盤の平均N値は15、土質はシルト、粘土からなる軟弱地盤である。

No.1、2と3は約170m離れており、図－6に示すように海岸線に平行な方向の推定基盤傾斜角度は$\theta \fallingdotseq 3°$となる。

また、水道施設耐震工法指針・解説[1]に示されているせん断波速度(Vs)とN値の関係式(沖積世、粘性土)を用いて表層地盤の卓越周期($T_G = Vs/4H$)を求めると各々T_{G1}＝0.24秒、T_{G2}＝0.33秒、T_{G3}＝0.53秒となり、No.1、2と3とでは約2倍近くの差があり、地震時この方向でかなりの地盤歪が発生したものと思われる。

一方、海岸線に直角な方向はこの方向で離れた位置でのボーリングデータがないため明確に判断できないが、地形から基盤傾斜は上記の方向よりかなり緩く、ほぼフラットではないかと思われる。

図－6　ボーリングNo.1、2、3からの地盤の推定(東町)
(海岸線に平行な方向)



(2)　堺町のNo.4、5は図－7に示すように海岸線に平行な方向に42m離れており、基盤深さは各々37m、39m、平均N値は15、12であり、ほぼ同一な地盤である。

上記で述べた関係式(沖積世、粘性土、砂質土)を用いて卓越周期を求めるとT_{G4}＝1.1秒、T_{G5}＝1.2秒となりほぼ同一となる。

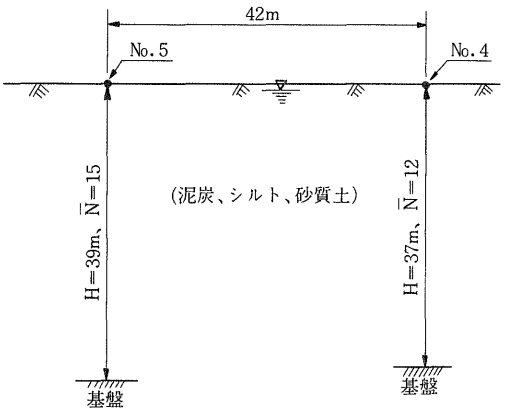
また、土質は泥炭、シルト、砂質土からなる表層の厚い軟弱地盤である。

また、堺町ではこの場所からかなり離れた位置でのボーリングデータがないため明確に判断できないが、地形より見て堺町は海岸線に平行、直角方向とも上記に示したような表層の厚い軟弱地盤帯であろうと思われる。

(3)　旭町の地盤は地形より見て、東町と同様な地盤ではないかと思われる。

(4)　また東町、堺町とも地下水位面はGL下1m付近にあるが、管路位置付近の土質は泥炭、腐植土、シルト質であることより、この位置では液状化は発生しなかったものと思われる。

図－7ボーリングNo.4、5からの地盤の推定(堺町)
(海岸線に平行な方向)



以上のことより、大胆な推定ではあると思うが、図－4の浦河町内の各地区の地盤は次のものであると思われる。すなわち、東町、旭町地区は海岸線に平行な方向では基盤の傾斜がかなりあり、直角の方向はほぼフラットに近いものと思われる。また、土質は腐植土、シルト、火山灰質からなる軟弱地盤帯である。

堺町地区は海岸線に平行、直角方向とも、東町に比べて表層がかなり厚い泥炭、シルト、砂質土からなる軟弱地盤帯である。

水道施設耐震工法指針・解説にも示されているように、地震時、管路に被害が発生しやすい地盤は(i)基盤傾斜の大きい地盤帯(地質、地層の変化帯など)、(ii)表層の厚い軟弱な地盤帯などである。

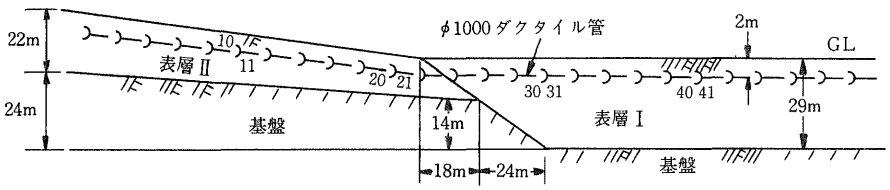
浦河町は地震動が大きかったことと、このような地盤、地形であったため、管路の被害が多く発生したものと思われる。

なお、参考までに基盤傾斜での管路の地震時挙動の数値計算例[2]を以下に示す。上記浦河町内の地盤を用いた試算ではないが、図－8－3の計算結果からも基盤傾斜の変わる所では管路は大きく挙動することがわかる。

(1) 計算例

図－8－1に管路と地盤を示す。

図－8－1　計算例



表層Ⅰの性質

T_G＝1.32sec　K＝1.33kg/cm²　ν＝0.48

G＝106kg/cm²　E＝312kg/cm²　γ＝1.53g/cm³

表層Ⅱの性質

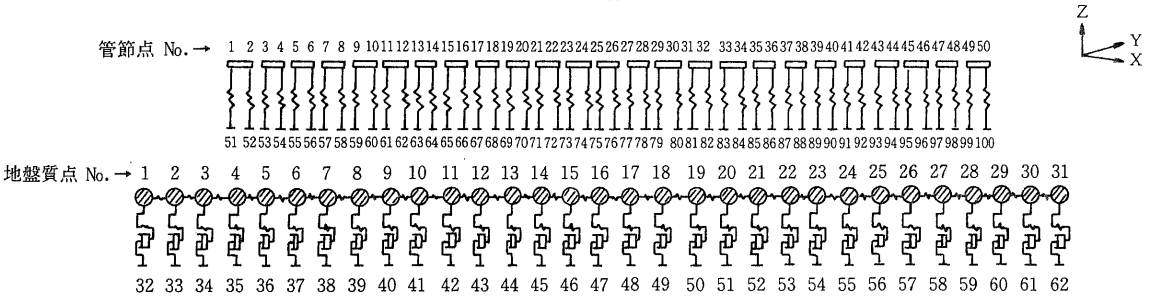
T_G＝0.43sec　K＝7.5kg/cm²　ν＝0.45

G＝8.99kg/cm²　E＝2614kg/cm²　γ＝1.65g/cm³

(2) 計算モデル

図－8－2に計算モデルを示す。

図－8－2　計算モデル



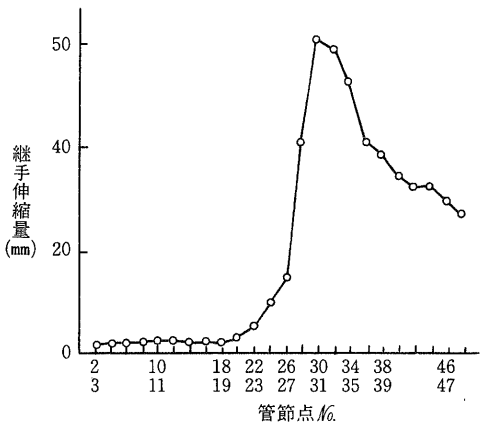
(3) 入力条件

十勝沖地震(1968年)の八戸港での記録波形を基盤に最大100galになるように修正したものを入力、振動方向はX方向とした。

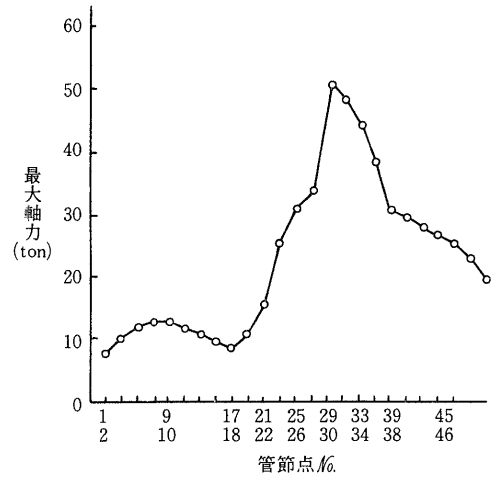
(4) 計算結果

計算結果の一例を図－8－3に示す。

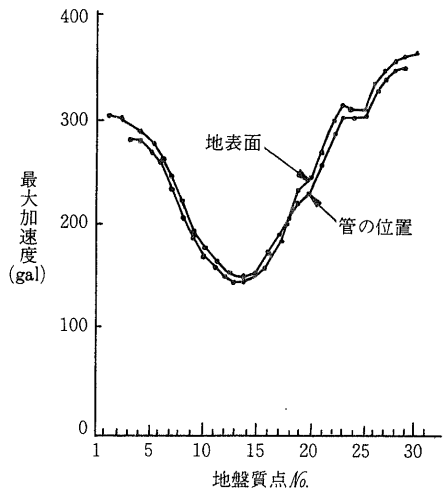
図－8－3－1　継手伸縮量



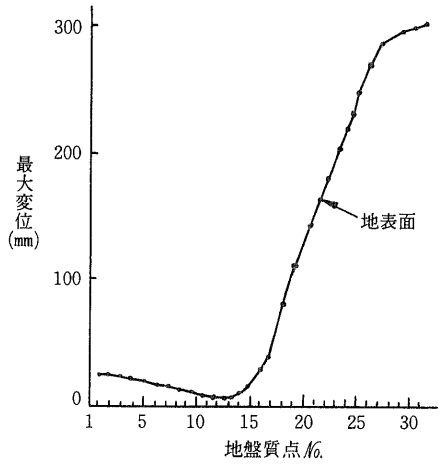
図－8－3－2　最大軸力



図－8－3－3　最大加速度



図－8－3－4　最大変位

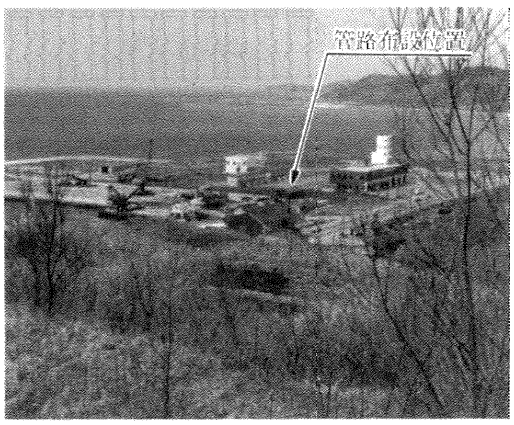


鋳鉄管(含、ダクタイル管)の３件の被害はメカニカル継手およびＴ形継手の抜けによる漏水であった。

石綿管の主な被害は圧縮力による管体、継手部の破損であったが、一部スチール入り石綿管も曲げによる力で管体部で折損していた。

塩化ビニール管の主な被害はエルボ、Ｔ字部の異形管部および直管のソケット継手の破損であったが、小口径においては引張り力による直管部の破断も見られた。

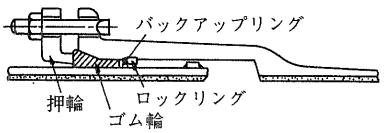
また、浦河町では写真－１に示す浦河港の埋立て地盤で地震および軟弱地盤対策として図－９－１に示す口径100㎜、200㎜のＳⅡ形ダクタイル管が使われていたが、なんら問題なく、所定の機能を十分果した。



写真－１　口径100㎜、200㎜ＳⅡ形耐震継手管路布設場所

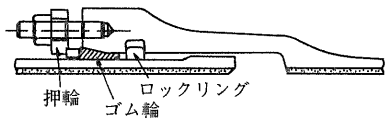
このＳⅡ形継手は小口径管（口径100～450mm）の地震および軟弱地盤対策用に開発されたものであり、引張り、圧縮方向および曲げ方向についてかなり広い範囲にわたって自由に伸縮、屈曲し、かつロックリングによる離脱防止機構を備えているものである。図－９－１中に口径 200mmのＳⅡ形の性能を示すが、伸縮量±60.5mm、許容曲げ角度４°（最大曲げ角度８°）離脱阻止力60トン以上の性能を持つものである。なお、大口径管（口径500～2600mm）については図－９－２に示すＳ形継手が実用化されている。

図－９－１　ＳⅡ形ダクタイル管耐震継手
（口径100～450mm）



口　径	伸縮量	許容曲げ角度	離脱阻止力
φ200	±60.5mm	4°	60トン以上

図－９－２　Ｓ形ダクタイル管耐震継手
（口径500～2600mm）



２．三石町

三石町は第１簡易水道、第２簡易水道からなっており、給水人口は4,638人、１日最大給水量は2,937㎥/日である。

図－10に第１簡易水道の本管（送・配水、口径50～200mm）の配管図を示す。図中に管種および被害位置を示す。×印は本管で、●印は給水管を示す。

また、表－２に各管種の使用量と被害件数および１km当りの平均被害率（個所/km）を示す。

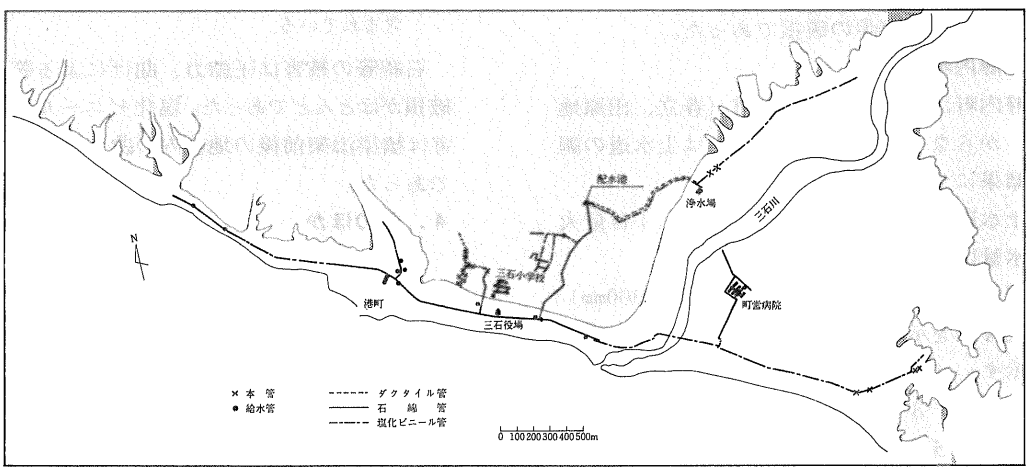
平均被害率（個所/km）として、鋼管は0.61、塩化ビニール管は0.31、石綿管は0.13、ダクタイル管は０であった。

表－２　三石町（第１、２簡易水道、本管）の管路使用量と被害件数および１km当りの平均被害率

項目＼管種	鋼 管	石綿管	塩化ビニール管	ダクタイル管
管路使用量（m）	1,639	7,399	74,612	2,259
被害件数（個所）	1	1	23	0
１km当りの平均被害率（個所/km）	0.61	0.13	0.31	0

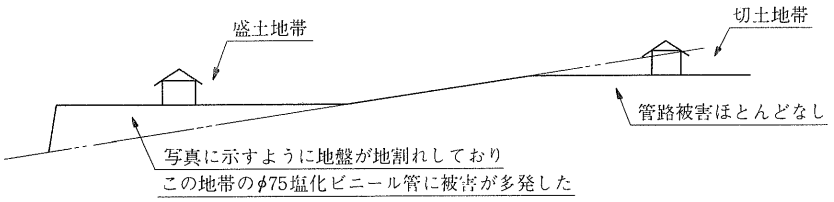
また、三石町でもっとも被害が多かった場所は三石小学校横の緑ケ丘団地内であった。この団地は写真－２、図－11に示すように、切土と盛土の上につくられたものであり、特に盛土の地盤は地震により、写真－３に示すように多くの地割れが発生し、そこに配管されていた口径75mmの塩化ビニール管が寸断されていた。

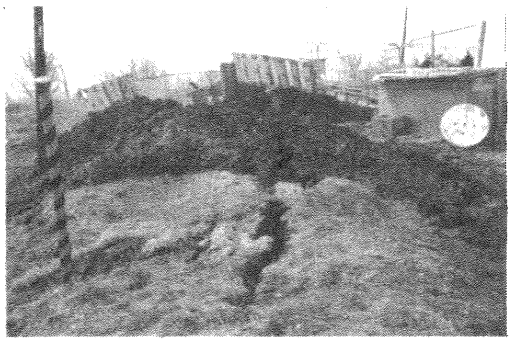
図－10　三石町（第１簡易水道）の本管の配管図および被害位置



写真―2　三石小学校横の緑ケ丘団地の全景
（口径75mm塩化ビニール管の被害多発地域）

図―11





写真―3　盛土地帯の地割れ状況
（緑ケ丘団地内）

三石町での管路の被害のほとんどは塩化ビニール管であったが、その主なものは浦河町と同様エルボ、T字管部の異形管部および直管のソケット継手の破損であった。

3．静内町

静内町は上水道、簡易水道（春立、田原地区）からなっているが、ここでは上水道の調査結果について述べる。

上水道の給水人口は1万8,646人、1日最大給水量は6,311㎥/日である。

図―12に本管（送・配水、口径50～300mm）の配管図を示す。図中に管種および被害位置を示す。×印は本管で、●印は給水管を示す。また、表―3に各管種の使用量と被害件数および1km当りの平均被害率を示す。

これより、平均被害率としてポリエチレン管は0.51、塩化ビニール管は0.44、石綿管は0.17、ダクタイル管は0.09、鋼管は0であった。ダクタイル管の被害はメカニカル継手の抜けによるものであった。

表―3　静内町（上水道、本管）の管路使用量と被害件数および1km当りの平均被害率

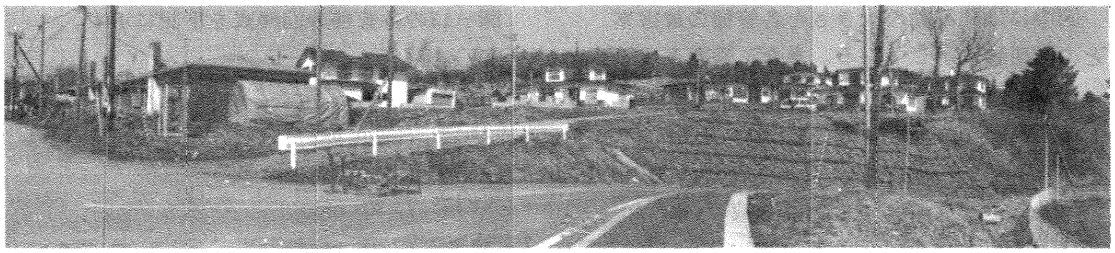
項目＼管種	鋼管	石綿管	塩化ビニール管	ポリエチレン管	ダクタイル管
管路使用量（m）	985	28,976	4,498	3,907	11,140
被害件数（個所）	0	5	2	2	1
1km当りの平均被害率（個所/km）	0	0.17	0.44	0.51	0.09

注）ダクタイル管にはわずかではあるが、鋳鉄管が含まれている。

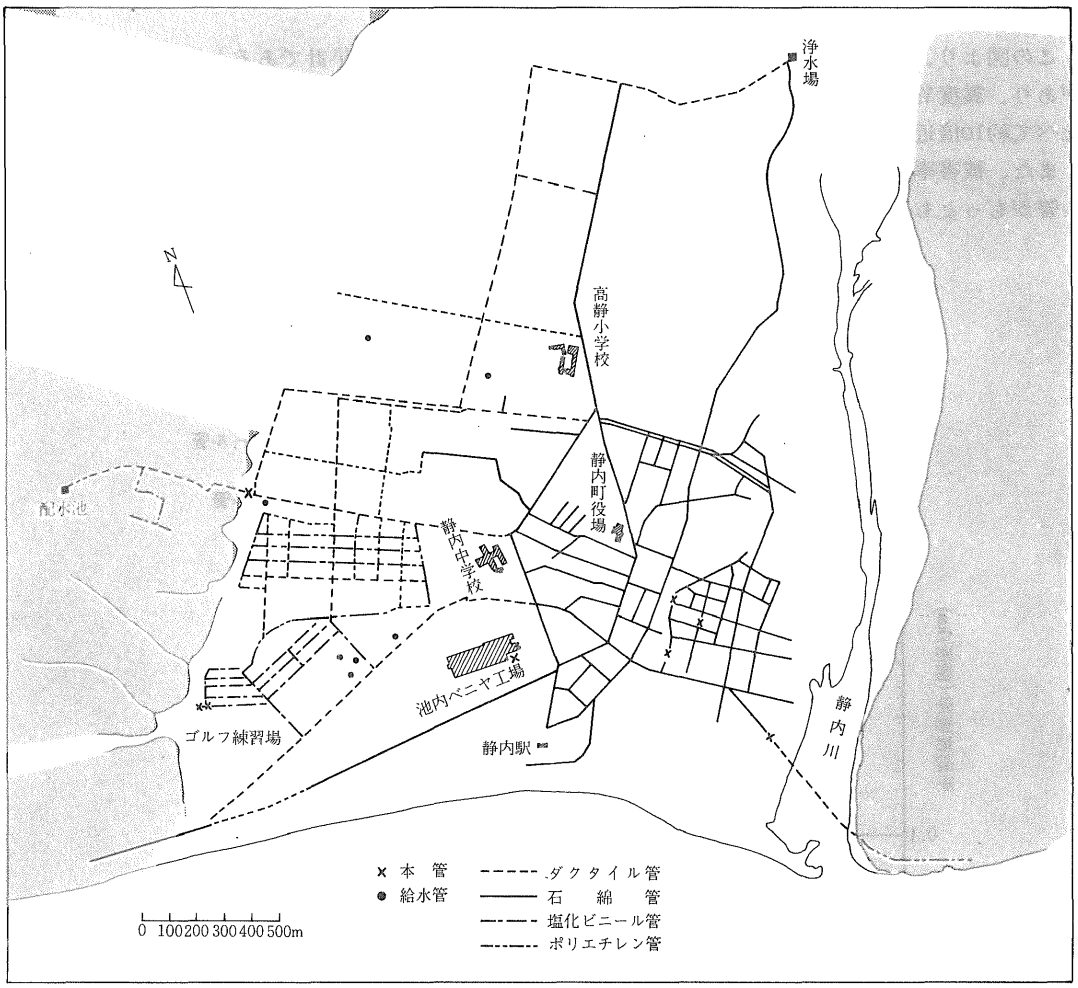
石綿管の被害は圧縮力、曲げによる管体の破損がほとんどであった。塩化ビニール管の被害は橋梁添架前後の地盤内の曲り部での破損であった。

4．そのほか

上記の3町以外の鵡川町、門別町、新冠町、様似町、襟裳町では管路の被害はほとんどなかった。



図—12　静内町(上水道)の本管の配管図および被害位置



4．地震動の大きさと管路被害率の関係

図－2の震度分布と表－1～3の各管種の1km当りの平均被害率(個所/km)を用いて、地震動の大きさと各管種別の被害率の関係を求めたものを図—13に示す。また、図中には1978年の宮城県沖地震の仙台市付近での各管種の被害率の結果[3]も示している。なお、三石町と静内町は震度Ⅴであったので、同一のものとして扱った。その結果、被害率は塩化ビニール管0.32、鋼管0.38、石綿管0.16、ダクタイル管0.08となった。また、地震動の大きさは各震度の中央値とした。

図中には地震動の大きさと各管種の被害率との回帰線を示している。また、参考までに図－13の各管種の回帰式を下記に示す。

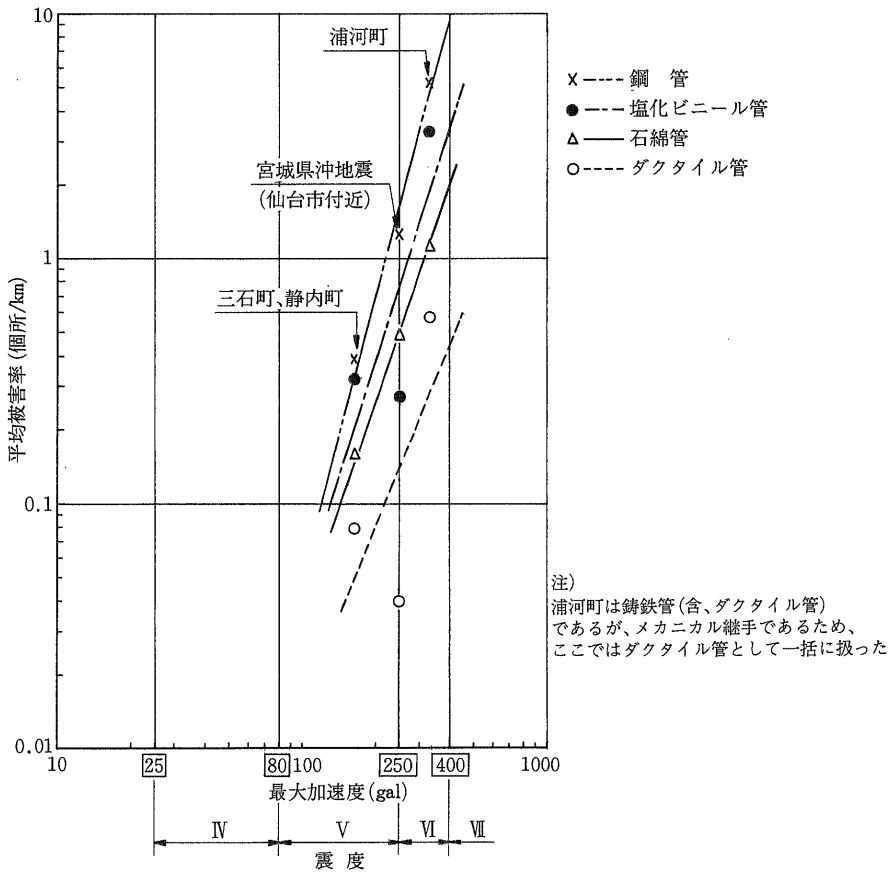
$$
\begin{aligned}
&\text{鋼　　管：} y_s = 1.7786\times10^{-9}\times A^{3.736} \quad (r=0.984)\\
&\text{塩化ビニール管：} y_v = 3.3649\times10^{-8}\times A^{3.068} \quad (r=0.755)\\
&\text{石　綿　管：} y_a = 7.48\times10^{-8}\times A^{2.85} \quad (r=0.998)\\
&\text{ダクタイル管：} y_d = 1.5475\times10^{-7}\times A^{2.4823} \quad (r=0.616)
\end{aligned}
\qquad (1)
$$

ここで、y：被害率（個所/km）
A：最大加速度（gal）

この図より、震度Ⅴと Ⅵとでは明らかに差があり、震度Ⅵになると、被害率は震度Ⅴに比べて約10倍近く増加するように思われる。

また、被害率は他の管種に比べてダクタイル管がもっとも小さい。この結果からのみ判断するのは早計であると思われるが、継手が伸縮、可とう性のある構造で、かつ管体強度の高いダクタイル管は地震に対して被害を受けにくい管種であると思われる。

図—13　地震動の大きさと各管種の平均被害率の関係



5．おわりに

以上、1982年浦河沖地震の浦河町、三石町、静内町における管路被害調査結果と若干の考察を述べた。関係諸機関のご協力により、被害状況をかなり明確に把握することができた。

今後はこの結果を管路の耐震研究に十分生かしていきたいと考える。

この調査に関して、浦河町小田島技術長、浦河高井測候所長、三石町水道施設係、静内町水道課の方々をはじめ浦河町役場、浦河赤十字病院、鵡川町、門別町、新冠町、様似町、襟裳町の方々には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。

参考文献

(1)　(社)日本水道協会「水道施設耐震工法指針・解説」1979年版

(2)　日本ダクタイル鉄管協会「ダクタイル管路耐震設計について」

(3)　鈴木　繁「宮城県沖地震の被害と教訓について」水道協会雑誌、第542号、昭和54年11月

ダクタイル鉄管第32号

昭和57年5月

技術レポート 1

U形ダクタイル管による推進工

茨城県鹿島開発局鹿島開発課替地整備係
技師　上原正男

1．はじめに

本地区は鹿島臨海工業地帯開発事業の一環として、開発区域内の土地提供者に代替地として造成している団地で面積124haの造成地であり、鹿島神宮より下津海水浴場(鹿島灘)を結ぶ町道下津線の以北に沿って国道51号線より東に東西1.5km、南北1kmの関東ローム台地(鹿島台地)上にあり、西側はY.P 40mより東側Y.P 35mまでの緩やかな起伏の連続をもって傾斜している。

台地の東部は急勾配で落下してY.P 5～8mの水田となり、この間約700mで鹿島灘の海浜となる地形で、造成基本理念として地区一部が水郷筑波国定公園区域に指定されているので、自然環境の保全をはかるため、造成区域は台地のみとし、法面は緑地として自然林の存置というもとに造成を進めた。

造成地の雨水排水計画として、排水本管は埋設管方式を採用し、下水道基準により主幹街路下に管きょ（ヒューム管、ボックスカルバート）を埋設し、水田より海岸まではボックスカルバートを埋設する。また、造成地と水田との高低差が約20m以上あり、自然林の破壊を最少限にして施工するため普通推進工法を採用する。

管種および安全性の検討の結果（設計計算書による)U形ダクタイル鋳鉄管4種口径1500mmの採用となった。

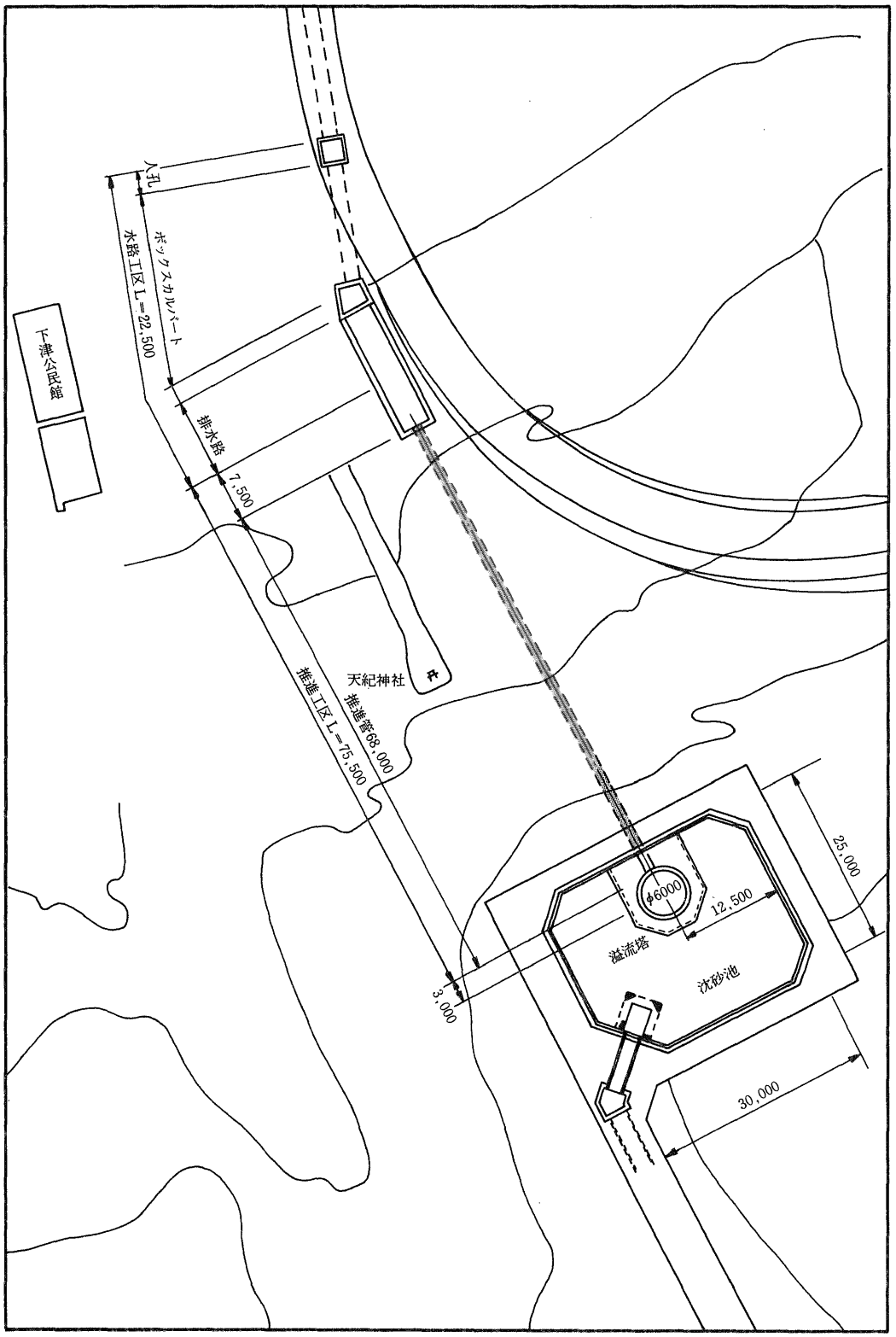
2．地形・地質概要

本地点は、茨城県東南部に位置する標高10m程度の沖積低地と標高35m程度の比高を有する洪積台地(鹿島台地、行方台地)との接縁部にあたる。

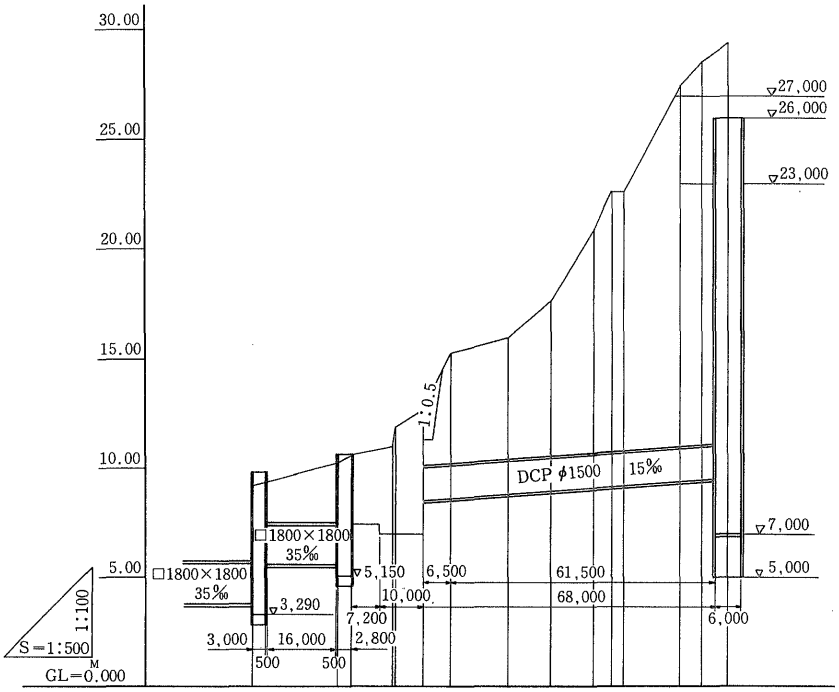
本地区の東方約700mには鹿島灘があり、その海岸線には比高6m程度の沖積世の海岸砂丘が広範囲に分布している。また、洪積台地が著しく発達し、付近一帯は水田が広がり田園地帯となっている。

両台地の一般的地質層序は、上部は関東ローム層、成田層(上部、下部)、鉾田層である。また、成田層下部は地層の起伏が激しく化石(淡水性貝化石、植物化石)を多く挟むのを特徴とし、上位に向って海水性の堆積物に漸位する。成田層上部は斜交層理(クロスラミナ)の発達が著しい地層であり、当地域での上下

図－1　宮中現況平面図


人孔
ボックスカルバート
水路工区L＝22,500
排水路
7,500
下津公民館
天紀神社
推進工区L＝75,500
推進管68,000
3,000
φ6000
12,500
25,000
溢流塔
沈砂池
30,000

図－2　宮中地区幹線排水路縦断図



部層の鍵層となっている。

3．工事概要

1．工事概要

工事名称　替地造成事業宮中地区
　　幹線排水路推進工事
工事場所　鹿島郡鹿島町大字下津
実推進期間　自昭和56年10月15日
　　至昭和56年11月２日
口径および推進延長　口径1500mm×68m
　　（１本４m、n＝17本）

本造成地における雨水計画の排水本管は、埋設管(ヒューム管、ボックスカルバート)とし、本造成地東縁部と高低差約20mの低地があり、東縁部の自然林の破壊を最少限にするため本造成地東縁部にＰＣウェルによる調整池(25m×30m×Ｈ21m)を設け（計画平面図参照)、高低差約20mの区間をダクタイル管による推進工法(４種口径1500mm、ℓ＝68m）により排水するものである。(図－１、２参照)。

工事内容
発進坑　Ｌ8.0m×Ｂ6.0m×Ｈ3.6m１式
推進工　Ｕ形ダクタイル鋳鉄管
（４種　口径1500mm、ℓ＝4.0m、Ｌ＝68.0m）
門型クレーン設備　１式
坑内換気設備　１式
到達坑口工　１式

2．施工手順

1．発進坑土留工

鋼矢板ＳＰ(Ⅲ)型　ℓ＝11.0m×89枚箱形に打設し、腹起し、切梁はＨ＝400を一段取付け、コーナーには火打ピースを取付け補強した。

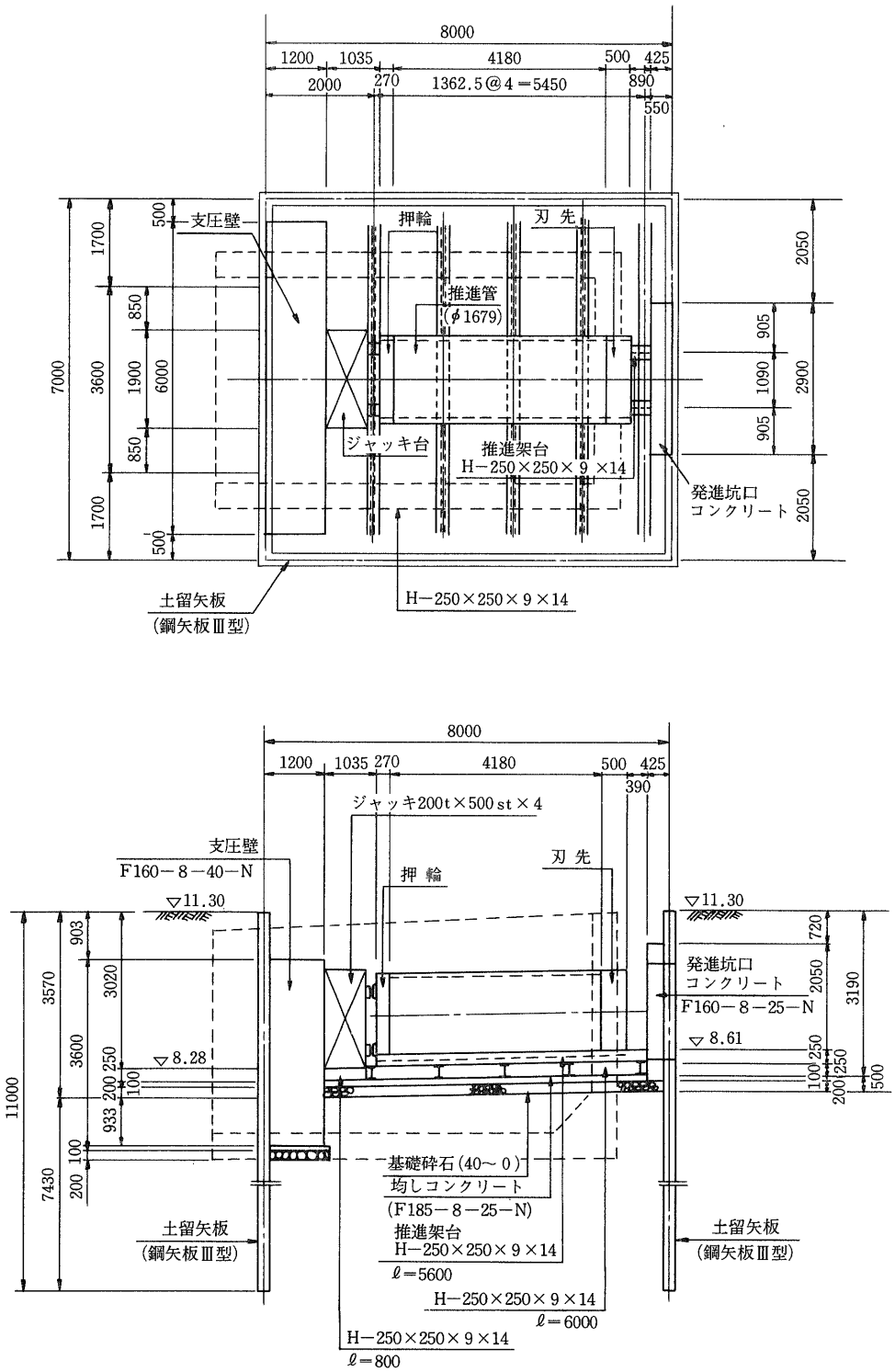
打設には35トンクローラクレーン、バイブロハンマ80HPを使用した。また、コーナーにはＴ型加工矢板を使用した。

2．支圧壁、発進坑口コンクリート

支圧壁コンクリートはＢ6.5m×Ｔ1.2m×Ｈ3.6mとし、コンクリート強度160kgで打設した。

発進坑口コンクリートは、通り、高さの確

図－3　発進立坑発進設備図



認を行った後、型枠を組立てコンクリートを打設した。

3．門型クレーン設備

門型クレーンは、ホイスト式橋形クレーン(2ホイストIビーム構造)形式で、能力は15.08t/3.04tを使用した。

スパンを4.0m、レール全長を16.0m、クレーン全高を6.0mに計画し、移動式クレーンを用いて組立てた。

レール取付位置は発進坑内となり、推進管との施工据付けなどの面から考慮して図－3のような計画を立て施工した。

4．推進工

推進に先立ち準備工事として、以下の機器の配置据付けを行った。

〈準備工事〉

○推進架台据付け　H－250×250×9×14
○レール据付け　H－250×250×9×14
○油圧ユニット据付け　AC－20×1台
○油圧ジャッキ　200T－500St×4台
○分流器　4連×1台
○押　輪　口径1500mm用×1個
○ウインチ　複胴式×1台

特に推進架台およびレール据付けは、推進工事の良否の要となるので入念なチェックを行い据付けた。

特にレールに関しては、推進勾配(1.5%)を確実に据付けるとともにダクタイル管(推進管)の重量(6.16t/本)に耐えるようリブを用いて補強した。

準備工事完了後、1本目のダクタイル管を門型クレーン10トン吊りホイストにて吊り下げレール上に設置し、その際固定金具は使わず刃口を下ろし推進管先端部に接続した。

以上の作業修了後油圧ジャッキをセットし加圧して推進を開始した。

推進中においては、

① 推力の確認(図－4)
② センターレベルの確認(表－1)

を1mごとに行い、特に刃口先端の地山の状況および地下水の有無に注意した。

図－4　推力図

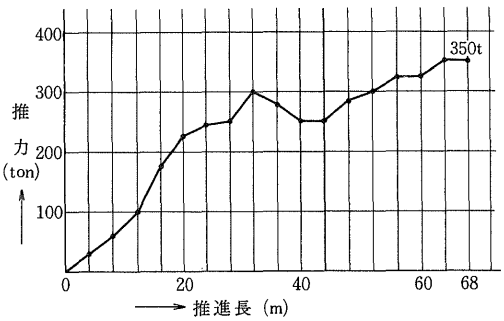
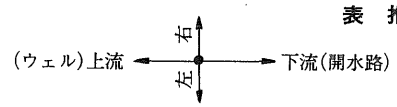
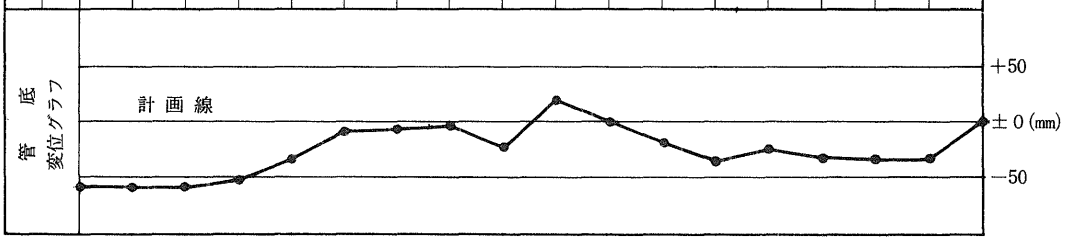


表　推進出来型管理表



i＝1.376%

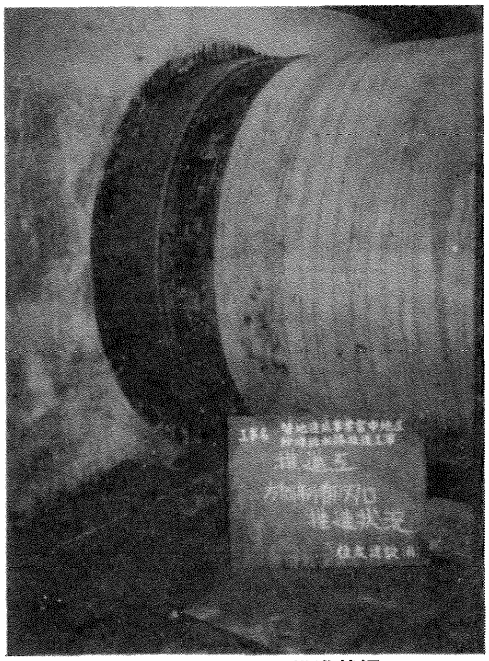
本数		17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
ℓ(m)		68	64	60	56	52	48	44	40	36	32	28	24	20	16	12	8	4
センター	右	70	72	67	56	45	37	32	25	15	12	9	8	8	4	0	0	
	左															0	0	15



地質においては、No.1～No.4の間では細砂ばかりで、No.1～No.2前後までは地山も柔らかいながらもなんとか自立していたが、それ以降8～16mの区間の地山はまったく締りがなく、推進管を圧入させて押し出された土砂のみを搬出する状態であった。No.5(20m)前後より刃口頭部に粘土層が少量見られ、地下水も粘土層を浸透できなかった水がにじんでいるのが観測された。

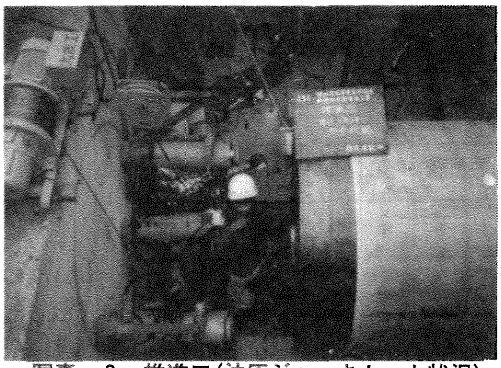
以後、No.9(36m)位の所まで土質はシルト、細砂、粘土、レキ混り細砂が厚さ20～60cm位で入り乱れていて、水の変化はあまり確認されなかった。

またこの辺りからは、地山の硬軟ががらりと変わり、手掘り作業ではほとんど無理な状態となりピックを導入した。No.9(36m)以降は地層がシルト層となり、地山の変化も確認されず、若干の変化はあったが作業へ影響が出るほどではなかった。



写真－1　刃口推進状況

写真－2　推進管接合状況



写真－3　推進口(油圧ジャッキセット状況)

写真－4　5本目切羽部地質状況

4．おわりに

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すべきで、今後の推進管の主力になると思われる。

技術レポート 2

静岡県における水道の現況と課題

静岡県衛生部環境衛生課
主査　竹本和彦

1．はじめに

静岡県は狩野川、富士川、安倍川、大井川、天竜川の５大河川を有し、古来比較的水資源に恵まれていた。このため水道の本格的な普及は昭和30年代以降にみられるが、明治・大正期にすでに熱海市や掛川市などで近代水道の出現をみており、70余年の歴史を持っている。

一方、最近特に水道施設の地震対策の緊要性が唱えられているが、本県は全国的にみて高いレベルの対策を展開していると考えられる。

こうしたことを背景として、県下の水道の現状を明らかにし、併せて今後の課題について検討してみたい。

2．水道の普及状況

本県における水道の普及状況は、表－１および図－１に示す通りである。

これによると、水道普及率は昭和56年３月末現在で96.4％に達し、給水人口は332万4,000人となっている。水道施設の内訳は、県営および企業団営の用水供給事業が４、上水道事業67、簡易水道事業599、専用水道109、合計779施設となっている。

表－１　給水人口と普及率

（昭和56年３月31日現在）

区　分	施設数	現在給水人口（人）	普及率（％）
用水供給	4	—	—
上水道	67	2,966,744	86.0
簡易水道	599	325,791	9.4
公営	190	141,298	
その他	409	184,493	
専用水道	109	31,571	0.9
自己水源のみ	91	31,571	
上記以外のもの	18	(13,413)	
合計	779	3,324,106	96.4

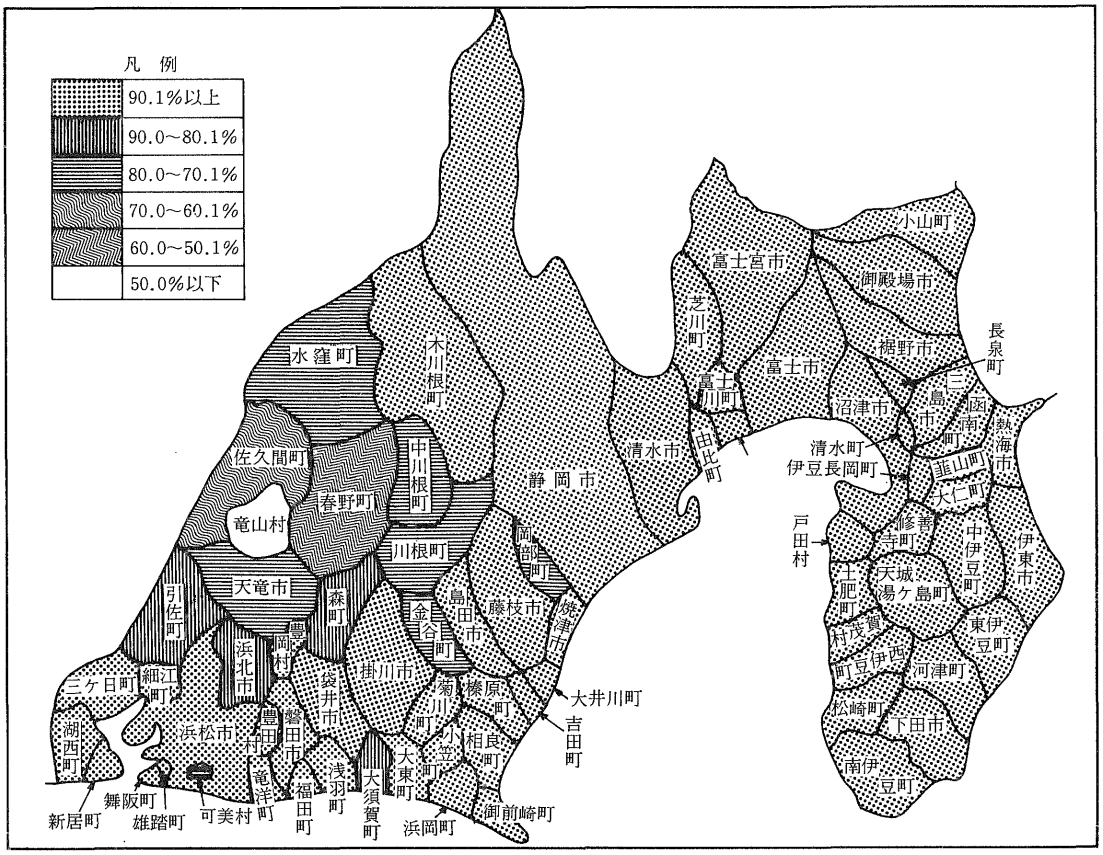
県人口 3,448,775人　　全国平均91.5％

各施設ごとにその概況を取りまとめると次の通りとなる。

１．用水供給事業（表－２参照）

県営の用水供給事業としては、榛南水道が昭和44年より用水供給を開始し、2万7,000㎥/日の供給をしている。次に、柿田川湧水を水源とする駿豆水道が昭和50年より給水を開始し三島市など３市町に10万㎥/日の水を送ってい

図－1　市町村別水道普及状況



表－2　用水供給事業一覧

事業名	事業主体	計画日最大給水量（㎥/日）	給水対象市町	供給開始年月
駿豆水道	静岡県	100,000	三島市、熱海市、函南町	昭和50年３月
榛南水道	静岡県	27,000	榛原町、相良町、御前崎町 浜岡町	昭和44年９月
遠州広域水道	静岡県	148,700	浜松市、浜北市、天竜市、 磐田市、袋井市、竜洋町、 福田町、浅羽町、豊田町、 豊岡村、森町、引佐町、細 江町、三ケ日町	昭和54年８月 （一部給水）
大井川広域水道	大井川広域水道企業団	160,700	藤枝市、島田市、焼津町、 掛川市、大井川町、岡部町、 小笠町、菊川町、大東町、 大須賀町、浜岡町、榛原町、 相良町、御前崎町	昭和61年４月 （予定）

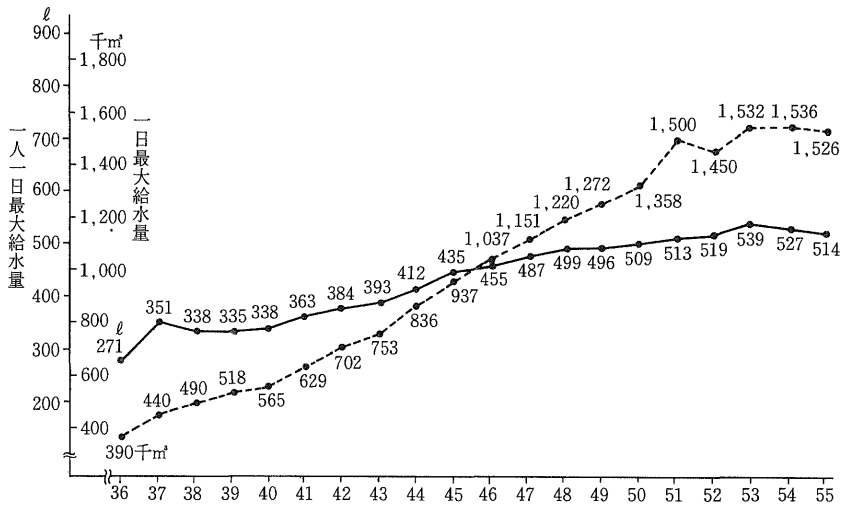
る。また昭和52年度に、県と関係市町村で構成する大井川広域水道企業団を発足させ、大井川上流に建設中の特定多目的ダム（長島ダム）に水源を求め、昭和61年から島田市など14市町に対し、約16万㎥/日の用水供給を行うよう計画している。さらに昭和54年度に、従

来より計画が進められていた中遠水道および湖北水道を統合し、新たに遠州広域水道用水供給事業を計画し、昭和60年を目標とし、浜松市など17市町村に対し14万8,700㎥/日の用水供給を行うこととしている。

2．上水道事業

上水道は市営21、町営40、村営２、一部事務組合営１および民間団体営３、合計67カ所において事業が実施されている。上水道による給水人口は296万人で、水道全体の約90%を占めている。また、昭和55年度における１日最大給水量の総計は153万㎥にのぼり、１人当りに換算すると514ℓになっている。昭和36年からの給水量の推移は図－２に示す通りであり、１日最大給水量、１人当り１日最大給水量ともに若干鈍化の傾向がうかがえる。

図－２　給水量の経年変化



次に、水源の内訳を水量別に見ると表－３の通りとなるが、年間取水量4億6,100万㎥のうちの約50%が浅井戸および深井戸となっており、地下水への依存度合が大きいのが特徴となっている。

表－３　上水道の水源内訳

（昭和55年度）

	㎥/年	%
河川表流水	64,628,000	14.0
ダム	40,157,000	8.7
湖水	250,000	0.1
伏流水	41,237,000	8.9
浅井戸	56,805,000	12.3
深井戸	171,304,000	37.2
その他	51,803,000	11.2
受水	35,216,000	7.6
計	461,400,000	100

さらに、管種別の管路延長は表－４に示す通りとなっており、石綿管、塩ビ管に次いでダクタイル鋳鉄管が約20%のシェアを占めている。

表－４　管種別管路延長（上水道）

（昭和55年度）

鋳鉄管	2,115km	18.7%
ダクタイル鋳鉄管	2,330	20.6
鋼管	996	8.8
石綿セメント管	3,161	27.9
硬質塩化ビニール管	2,540	22.4
コンクリート管	2	—
その他（不詳）	180	1.6
合計	11,324	100

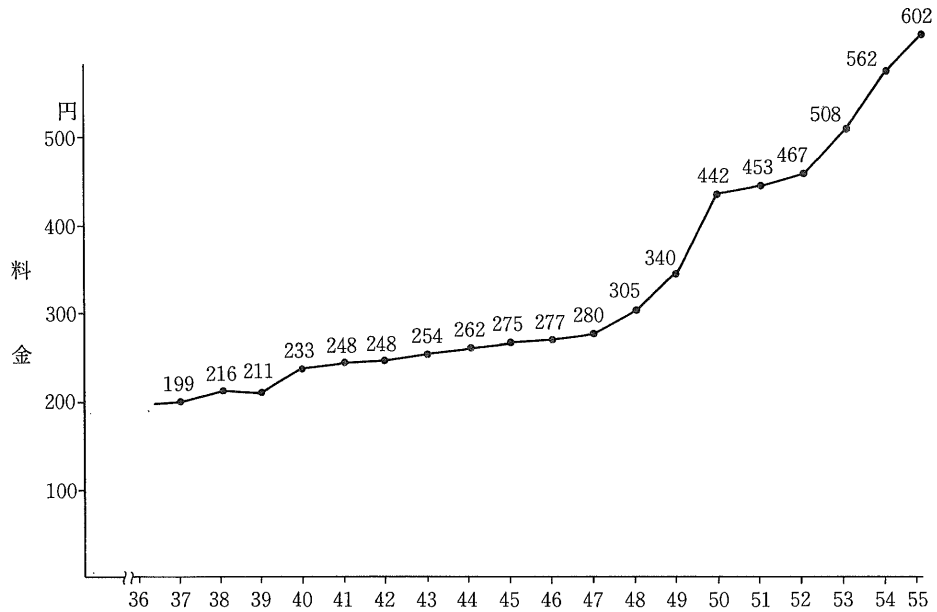
表－５　水道料金（家庭用、67施設平均）

（昭和55年度）

基本料金	602円/10㎥
超過料金	67円/㎥
量水器使用料	52円

なお、上水道の平均水道料金を算出すると表－5の通りとなっており、基本料金は10㎥当り602円、超過料金は67円/㎥となっている。昭和37年からの平均基本料金の推移は図－3の通りであり、最近の伸び率が高くなっていることが明らかである。

図－3　給水料金(10㎥当り)の推移



3．簡易水道

簡易水道は公営のもの190ヵ所、その他(組合営など) 409ヵ所、合計599ヵ所となっている。簡易水道の1県当り平均個所数は昭和54年度で260件(公営184件、その他76件)となっており、本県は特にその他簡易水道の数が顕著に多いことが明らかである。これは本県の地形、水系上の条件に加え地下水に恵まれていたことが原因となっていると考えられる。

なお、これら小規模施設は効率の面でも、また維持管理の面でも問題があることから、統・廃合への積極的努力が続けられており、55年度中だけでも16施設が姿を消し、着実に減少への推移をたどっている。

3．水質管理状況

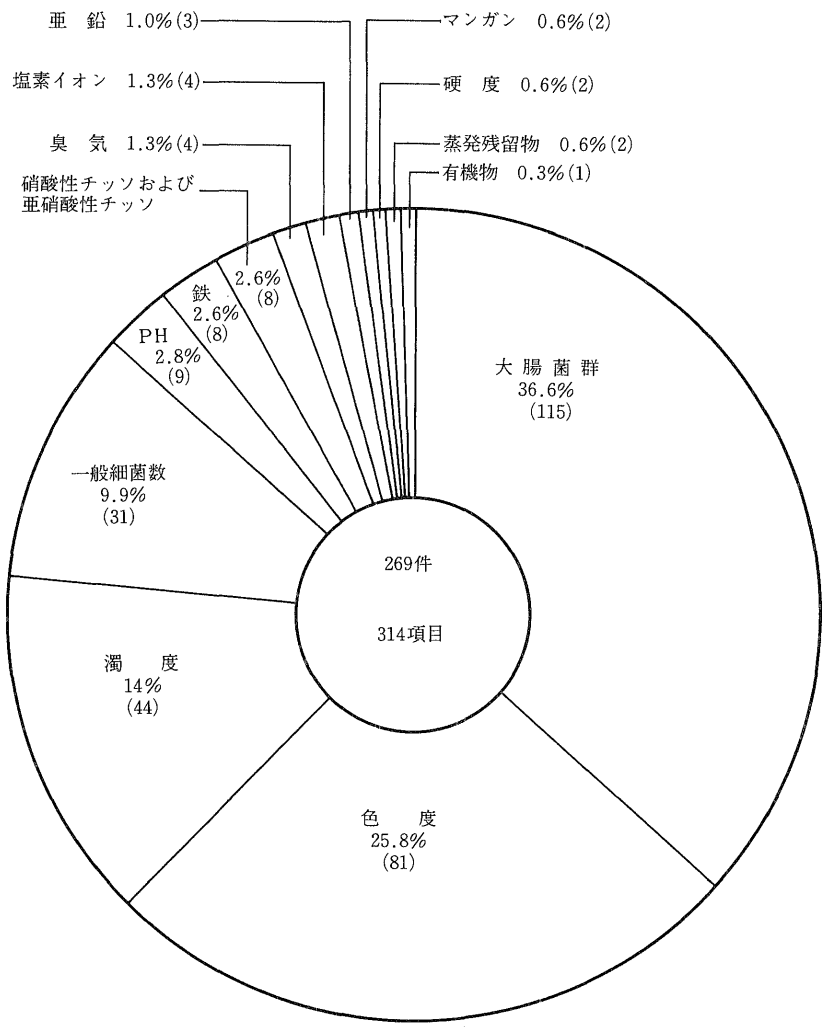
先に述べた通り、本県は地下水に恵まれており、水源の水質に関する限り特に大きな問題は生じていない。ただし、小笠郡浜岡町周辺や湖西地域などにおいては、地下水源中の鉄、マンガン分が高いため、除鉄、除マンガン装置を設置して対処している。

給水栓水の水質検査結果を見ると全検体数1万1,122件のうち269件(約2.4%)が不適となっており、その項目別内訳は図－4に示す通りである。これによると、大腸菌群数、色・濁度および一般細菌数の順に多く、特に大腸菌群数および一般細菌数の不適は、滅菌の不徹底が原因とみられることから、今後重点的な指導を行っていく必要がある。

次に水道施設の種別ごとの検査不適率の推移を図－5に示す。不適率は年々減少しているものの、依然として簡易水道、特に組合営簡易水道の不適率が比較的高いことから先に述べた通り、統・廃合などの促進による恒久的対策を進める必要があると考えられる。

また、最近話題を呼んだトリハロメタンについては、昭和56年度県下水道100施設について検査したところ、特に問題となる値は検出されなかった。しかし、今後とも各水道事業体の監視が必要であり、57年度からは年1回の検査を実施するよう指導している。

図－4　不適検体項目別内訳



4．地震対策

本県は、「大規模地震対策特別措置法」(「大震法」)に基づき、県下全域が地震防災対策強化地域に指定されていることから、地震対策を重要施策として講じてきている。

水道施設については、震災時の貴重な飲料水確保手段のひとつとなることから、当初からその整備が積極的にはかられてきている。

ここでは、本県において実施されている主な水道の地震対策についてまとめてみることにしたい。

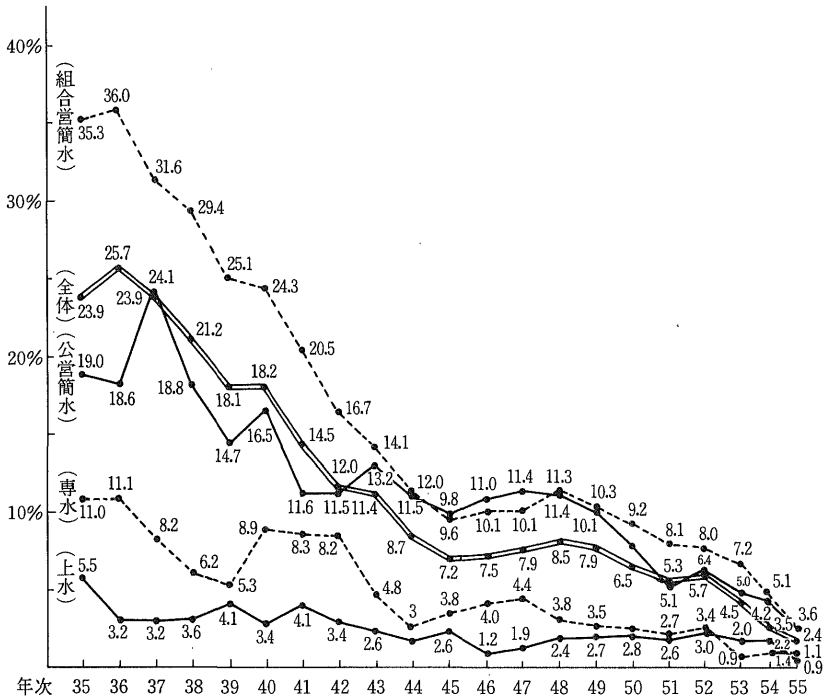
1．緊急遮断弁の設置

地震の発生により、配水管が破損して配水池内の水が一気に流出する恐れがある。このような場合、配水池の出口に遮断弁を取付けることにより下流域の人家が流出するなどの二次災害を防止することができる。また貯えられた水は応急給水の水源となりうるわけである。

県下の上水道、用水供給事業体の配水池の実態は表－6の通りである。

このうち、緊急遮断弁を設置し、または今後設置することを計画している池は201件で、その有効貯水量の合計は35万6,000万㎥となっ

図－5　不適率の推移



表－6　県内上水道事業の配水池等実態調査

経営主体	池数	タイプ		総有効貯水量（千㎥）	応急給水源としての配水池	左記総貯水量（千㎥）
		PC造	RC造			
市営等(注)	432	78	354	606	131	292
町村営	223	31	192	126	70	64
計	655	109	546	732	201	356

（注）県企業局、企業団経営分を含む。

ている。

2．連絡管の整備

水道施設の復旧を考える場合、配水系統の相互連絡をあらかじめ行っておけば、単一系統よりもよりすみやかな復旧が可能となるであろう。「水道施設の震害対策要綱」（日水協）などでは、平素から隣接都市間の相互援助を心がけ、配水管末を連絡し、災害時に給水が行えるようにすることが望ましいとしている。

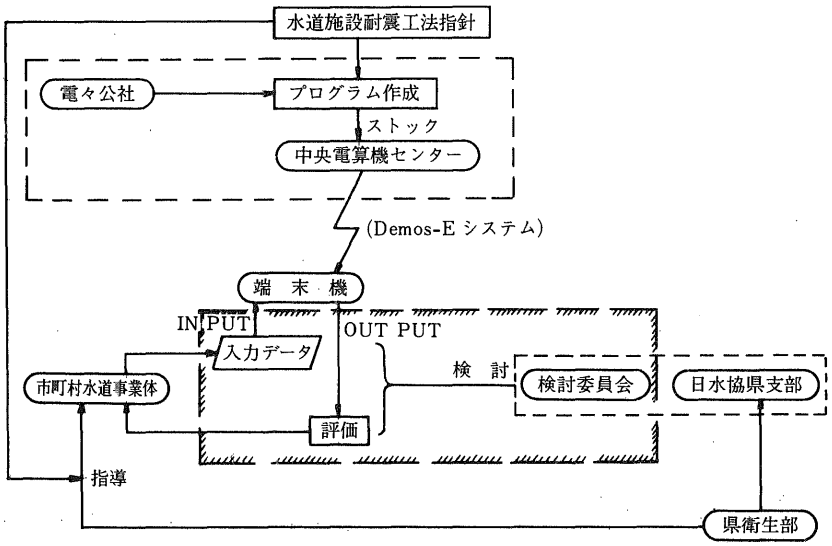
本県においては、この趣旨に鑑み、伊豆大島近海地震（昭和53年１月）の被害を受けた東伊豆町および河津町の上水道配水管の相互連絡を実施した。本県としては、今後このような整備も積極的に行っていきたいと考えている。

3．配水池の耐震診断

配水池は、先述の通り地震対策上もっとも重要な水道施設のひとつとなっている。本県では、これら配水池の重要性から日水協県支部の昭和56年度の最重点施策として配水池耐震診断手法の検討を行った（図－6参照）。

これは、配水池について統一的な耐震診断手法を開発し、電子計算機システムの利用によって耐震診断を容易に実施するものである。

図－6　配水池耐震診断の概念図



この検討のための委員会には、東大生産技術研究所の片山恒雄助教授を委員長とし、県および県下主要事業体の技術者が参加した。

今後地震対策のような新しい分野への対応にあたっては、上記のような組織を活用していくことが得策と考えられる。

4．広域応援体制

本県では、日水協の県支部において昭和52年9月「日水協静岡県支部水道震害相互応援対策要綱」を策定し、震災時における相互応援体制を整えている。

また浜松、豊橋両市では、「水道災害相互応援に関する覚書」を締結し(昭和55年9月)、地震などの被害を受けた場合に備えて両市間の相互応援体制を整えている。

先述した通り、本県は県下全域大震法による強化地域に指定されており、東海地震が発生すればその被害は広範囲にわたることが予想される。このためには、単に県内のみの広域体制にとどまることなく、より広いレベルでの体制づくりが緊急の課題となっている。

5．県費による助成制度

本県では、市町村において地震対策強化計画に基づく事業が円滑に実施されるよう、昭和54年度より県独自の助成制度を設け、市町村に対して助成している。

この制度は、「地震対策事業交付金制度」と呼ばれ、昭和55年度は総額20億円、昭和56年度は総額30億円の交付金が各市町村に配分されている。各市町村はそれぞれの事情に応じて各種事業に充当しているが、給水対策事業としては、緊急遮断弁の設置、給水車、給水タンクの整備、耐震用貯水槽の設置などが上げられる。

この助成制度は、昭和59年度までの事業を対象としており、この制度の効果的な利用によって、水道の地震対策が推進されることが期待されている。

6．施設の耐震化

水道施設の耐震化のうち、管路については老朽管の布設替えや制水弁の設置などが中心として行われている。また最近は、可とう管や耐震性の継手などの開発において多くの成果が得られており、これらの活用を積極的にはかる必要がある。

5．将来展望

静岡県総合計画では、昭和60年における水道普及率を99.0%に上昇させることを目標としている。この達成のためには、特に山間部

における未普及地域の解消をはかる必要がある。また、小規模簡易水道の上水道への統合を促進するとともに、需要の増大や水源水質の悪化に対処するため、広域的な水道整備の推進をはかる必要があると考えている。

1．広域的な水道整備の推進

本県では、昭和52年度に「水道整備基本構想」を策定し、県内を駿豆、静清富士、大井川および遠州の4つの地域に分割し、それぞれの地域において広域水道の整備、料金格差の是正、未普及地区の解消などに取組む骨子としている。(図－7、表－7)。

この構想に基づき、昭和53年度大井川地域広域的水道整備計画を策定し、昭和70年における地域の水需要を明らかにするとともに、長島ダムを水源とする大井川広域用水供給事業により昭和61年より給水を開始することとしている。

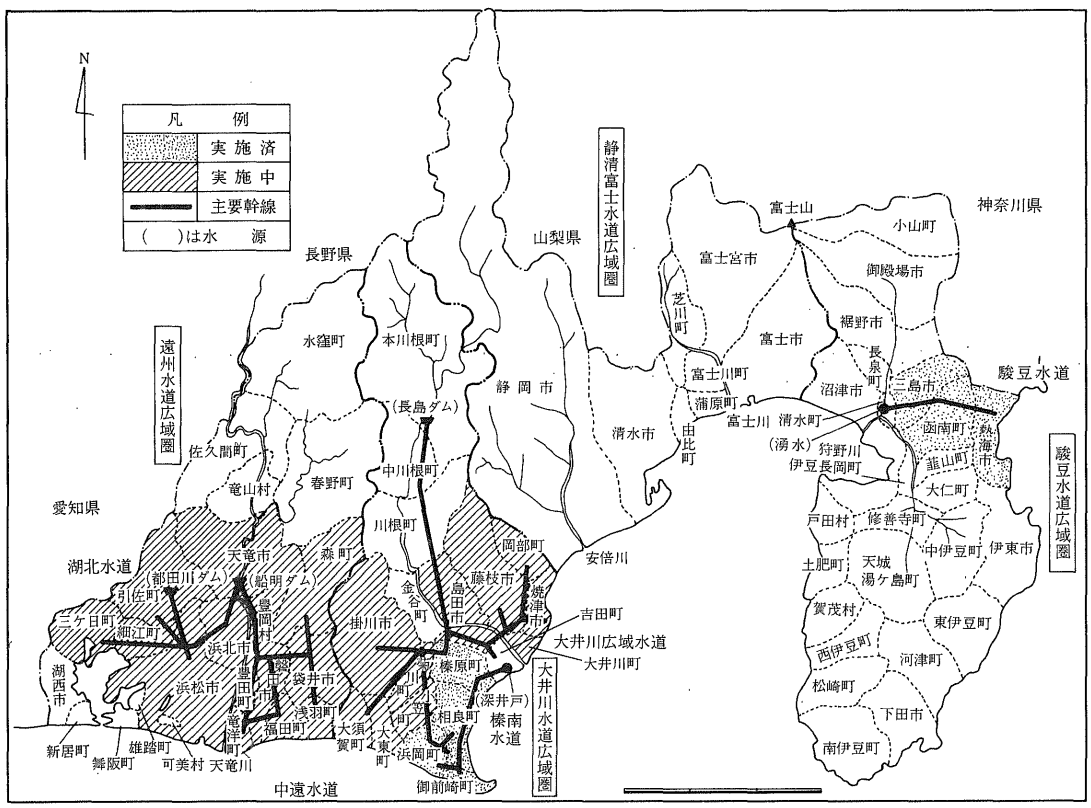
また、昭和54年度遠州地域広域的水道整備計画を策定して、大井川地域と同様昭和70年の水需要を明らかにするとともに、従来より計画中の中遠水道と湖北水道とを統合し、昭和60年を目標とする遠州水道用水供給事業を発足させている。

他の2つの圏域については、現在のところ未だ広域的整備計画を策定してはいないが、将来の水需要の増大に対処、水源の相互融通などをはかるため、鋭意計画の策定について検討を重ねているところである。

2．広域管理体制の確立

次に、本県に特に多い組合営簡易水道など小規模の簡易水道の維持管理については、専属の技術管理者の設置が不十分な所が見受けられることから、可能な限りこれら小規模の簡易水道を上水道に統合し、専任技術者が設置されている事業体の管理下に入れることを考慮する必要がある。また、複数の事業体が専門の技術者を共有することによって、管理

図－7　広域圏と広域水道



表－7　水道広域圏別市町村一覧　（昭和52年3月現在）

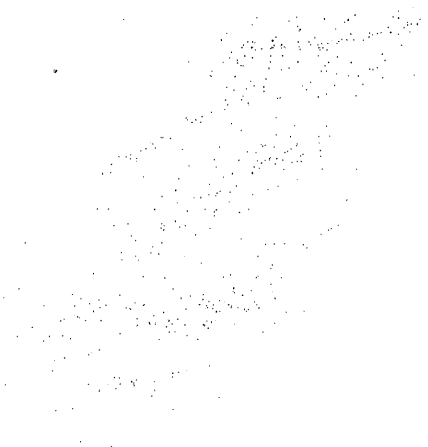
広域圏	市町村名	面積 (㎢)	人口 (人)
駿豆地域	南伊豆町、下田市、松崎町、河津町、西伊豆町、東伊豆町、賀茂村、天城湯ケ島町、土肥町、伊東市、中伊豆町、修善寺町、戸田村、大仁町、伊豆長岡町、韮山町、熱海市、清水町、函南町、三島市、沼津市、長泉町、裾野市、御殿場市、小山町 計 7市 16町 2村	2,046.33	803,082
静清富士地域	富士市、富士宮市、蒲原町、富士川町、由比町、清水市、静岡市、芝川町 計 4市 4町	2,049.00	1,046,253
大井川地域	岡部町、焼津市、大井川町、藤枝市、吉田町、榛原町、相良町、御前崎町、浜岡町、小笠町、大東町、大須賀町、菊川町、島田市、金谷町、掛川市、川根町、中川根町、本川根町 計 4市 15町	1,632.87	566,628
遠州地域	浅羽町、福田町、竜洋町、浜松市、可美村、舞阪町、雄踏町、新居町、湖西市、三ケ日町、細江町、浜北市、豊田町、磐田市、袋井市、豊岡村、森町、天竜市、引佐町、龍山村、春野町、佐久間町、水窪町 計 6市 14町 3村	1,974.54	931,250
合計 4地域	21市 49町 5村　75市町村	7,702.74	3,347,213

技術のレベルアップをはかることも一案であると考えられる。

さらに、水道の広域化と相まって、維持管理の広域化をはかるため、水道維持管理センターを県内の随所に設置し、その管理に当らせることもひとつの方策と考えられる。

以上、本県における水道の現況と今後の課題について概説した。

本稿が、関係者のみなさま方に少しでも参考になれば幸いに存ずる次第である。



技術レポート 3

南淡町の水道

南淡町水道課副課長
江本政弘

その1　南淡町砂漠と配水管整備事業

兵庫県三原郡南淡町（淡路島の最南端に位置）、本町は淡路島南部とその南方に位置する沼島からなり、北緯34度16分で兵庫県の最南端に位置している。東は洲本市と紀伊水道に面し、太平洋をのぞみ、西は鳴門海峡を経て四国に対し、北は西淡町、三原町と接している。東西約20km、南北11km、総面積86.93㎢の町域で、三方は海に面している所であり（淡路島は花とミルクとオレンジの島）、人口2万2,576人で、水道給水人口は1万5,693人で、1日平均給水量は5,700㎥/日である。

当町の水道創設は、昭和11年4月15日認可を受け、昭和12年4月1日より給水を開始し現在に至っている。

当町は、慢性化した時間給水を2年ないし3年に1回余儀なくされてきた。特に、53年度には265日という、かつてない長期間の時間給水を余儀なくされた。異常渇水年は60年に1回という最大渇水であり、年間降雨量は711mm（平均過去20年間降雨量1,550mm）しかなかった。各水源池は枯渇し、やむなく徳島県の小松島市、鳴門市より水運搬船2隻で、1日最大運搬量は1,400㎥に達した。町としても渇水対策本部を設置し、水源開発などのあらゆる対応策をつくり実施してきたが、1年のうち⅔を時間給水（最大1日給水時間6時間制限）を余儀なくされ、このような状態はまさに悪夢というしかなかった。

町としても、この苦しい経験は二度と味わいたくないという結果が町執行部および議会と十分協議が行われた。なにをすべきかを検討の結果、昭和11年に布設した石綿管配水管は、漏水と管の老朽化による水圧低下なども非常に多く、限られた水源も有効的に活用できない状態でもあり、当時の有収水量は51%という非常に悪いものであったことも事実である。淡路の中では、南淡砂漠といわれていた所である。協議の結果、配水管整備を行う以外にないという結論になった。

事業の実施に際しては、水道施設は町の財産として次の世代へ残るものであり、経済性もさりながら可能な限り最高の施設という考え方を優先した。

貴重な水を有効に利用し、維持管理も容易である強靱なパイプということで、ダクタイ

ル鉄管を採用することとした。幸い議会をはじめ関係各方面の理解も得られた。

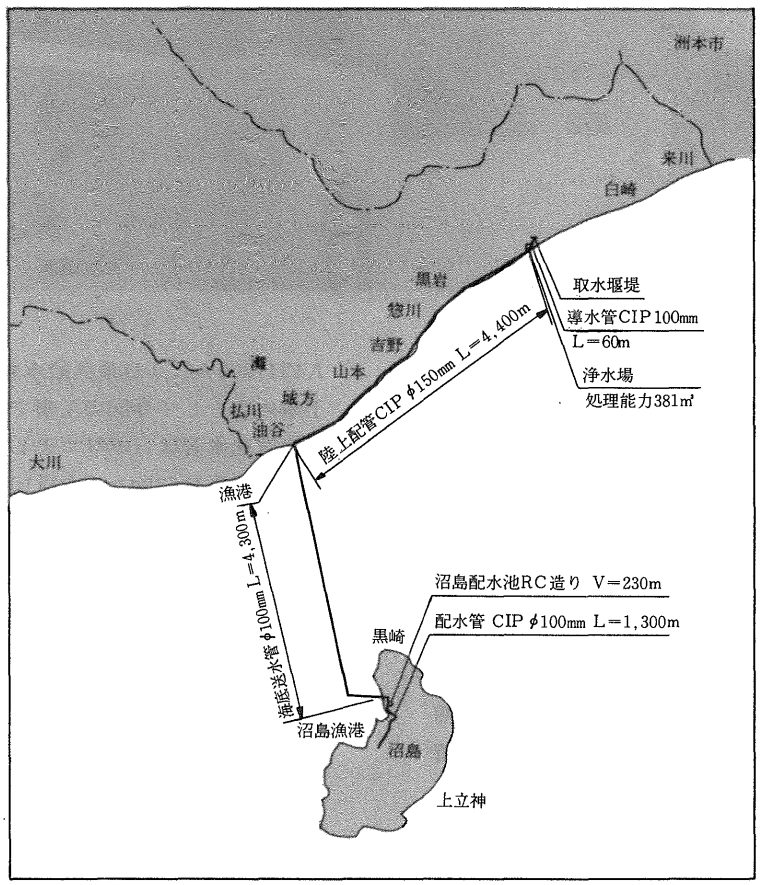
昭和54年度より3ヵ年計画で、総事業費8億6,000万円で事業実施(福良地区)することになり、使用する配水管種はダクタイル鋳鉄管呼び径75～450mm(A形・K形)で、総延長7万mにわたり配水管整備事業を行った。

布設に際しては、当地は特に潮の干満による水位が60mmにもなり、ポリエチレンスリーブを採用し万全を期した。

その結果、1日平均給水量は以前の5,700㎥であったものが、事業完了年度の現在では平均給水量3,400㎥となり、1日平均給水量は換算して約2,000㎥の水源確保と水圧の低下の解消をはかり、住民から大変喜ばれている。年間にすると、漏水防止により年平均73万㎥の水源が確保できたのと同じであり、なによりも53年の異常渇水年よりまだ少ない690mmの降雨が56年に起り、年間平均降雨量1,550mmの半分以下という厳しい異常渇水の年になった。しかしながら、53年とは違い、配水管整備も行ったところの効果がどれだけ大きかったことか、淡路島でも他市町では2～3ヵ月間の時間給水を実施したが、当町は安定給水を続けることができた。

これはなんといっても、まず配水管整備に力を入れた結果が出た以外なにものでもない。今までの南淡砂漠の汚名も返上することができ、住民にもなんら不安を与えることなく安定給水ができたのも、全てといってよいほど配水管整備はいかに重要であるかを痛感した。第2の水源確保の上からも、水の有効利用の上からも、配水管整備は水道事業にとって、なにものにもかえがたきものである。

図　工事概要平面図



その2　沼島簡易水道海底送水管工事について

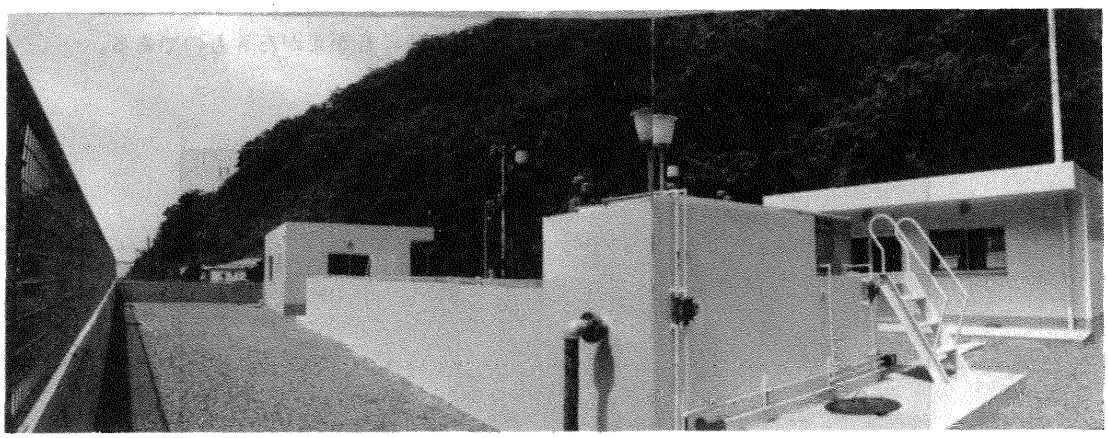
兵庫県三原郡南淡町(淡路島の最南端)に位置する沼島は、離島振興対策実施地区指定を受ける面積263㎢の島で、人口はおよそ1,200人である。

昭和43年4月1日より地下水(深井戸2本)を水源とする簡易水道事業創設工事を行い、1日平均給水量170㎥/日を生活用水として供給していた。

離島のために、ここ3年近く前から塩素イオン濃度が給水開始当時185ppmであったものが徐々に高くなり、52年3月には1,339ppmまで上昇し、飲料水としても不適当になった。このため、県の指導も塩素イオンの分解などを行う設備面の実施検討をせまられるとともに、島の住民からも当然強い改善要望が出されていたので、淡水化設備のテストプラントを53年9月より、実験プラント(逆浸透膜法)で約4ヵ月間調査研究を行った。

この調査結果で、ランニングコストが170円と出た。その費用の85%が電力費のため、今後電力代などの値上げに伴うたびに料金改正も必要であり、設備の管理なども非常に困難であり、運転コストが高くつくことがわかった。それと同時に、水源確保の調査も併行して行った結果、対岸の淡路島本島である灘吉野字マンヤマ548番地先の倉川で、日量平均約760㎥の流量があることが確認された。灘地区の取水協力により島の水不足解消を目的として、倉川に1日最大給水量381㎥の浄水場をつくり、対岸の島へ送水する方法を種々調査検討された。その結果、海底送水管計画を策定し、清浄で豊富な浄水を給水し、島民の生活環境の改善をはかることにした。

写真－1　灘倉川浄水場全景
(1日最大処理能力381㎥)



このため、昭和55年度に沼島簡易水道増補改良事業を実施することになった。総事業費6億1,467万9,000円、国庫補助金3億274万1,000円、県補助金5,810万円、企業債2億5,030万円、町費353万8,000円、ならびに計画給水人口1,200人、1日最大給水量381㎥。また、工事内容として今回の工事で一番悪条件である海底送水管は(ポリエチレン二重鉄線外装管、概算重量63kg/m)内径100㎜、外径183㎜を選定した。その理由としては、灘城方～沼島間4,300mの一連長で製作した。

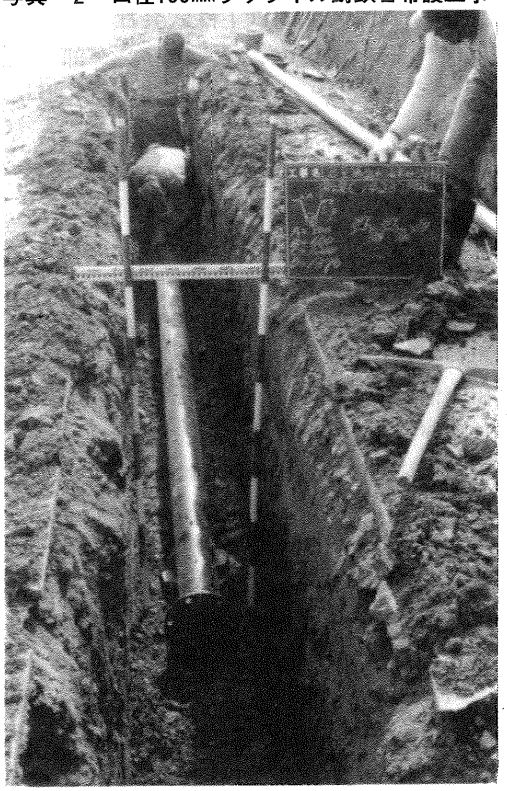
本工事に先立って、ルート調査で沼島海峡が洩き網などのよい漁場であり、しかも阪神方面への重要な航路にもあたっているため航行船舶も多く、また潮流も比較的速いことが確認されているために、このような自然環境に十分な安全性を保つものでなければならないという条件のもとで選定された。また、内圧も10kgf/㎠以上の圧力に耐えうるものを採

用した。布設工事としては、昭和56年２月12日に１日で無事海底送水管の布設を終了した。

なお、倉川で取水施設と浄水設備は１日最大給水量381㎥をつくり、県道阿万灘、洲本線に将来未給水地区である灘地域に給水計画を考えているために、県道の海岸線に県の許可を受けた。送水管には水圧外圧などの強度に耐え、耐久性のあるダクタイル鋳鉄管呼び径150㎜、延長4,213mを採用し、県道の海岸線に布設工事を行った。県道城方地区より海底送水管呼び径100㎜、延長4,300mを布設し沼島ではダクタイル鋳鉄管呼び径100㎜で、海抜34mの所に配水池(120㎥)RC造りを設置した。さらにダクタイル鋳鉄管呼び径100㎜、延長1,100mの布設工事を行い、既設管ACP呼び径100㎜に接続し、昭和56年５月１日より送水を開始している。

現在、住民の多年の念願であった水不足の解消がはかられ、島民の生活環境の改善をはかることができた。これにより、離島であるため水に苦労していたが、これからは将来にわたり安定給水が約束されると思う。

写真－2　口径100㎜ダクタイル鋳鉄管布設工事



写真－3　海底送水管布設工事

技術レポート 4

離脱防止タイプ S形ダクタイル管について

久保田鉄工株式会社
鉄管エンジニアリング部
中島　鋭
井上静夫
荒川範行

1．はじめに

耐震継手S形ダクタイル管は昭和49年に開発され、それ以来全国各地で耐震管路や軟弱地盤での配管に広く利用されてきている。このS形ダクタイル管は、現在のところ直線管路にのみ適用されており、曲管部、T字管部などには離脱防止継手KF形、あるいはUF形ダクタイル管などの他の管種が用いられてきた。

ところがKF形、UF形継手の施工にはそれ相当の熟練を要し、さらに継手の種類ごとに部品管理などが必要であることから、直管部に限らず曲り管、T字管など異形管部全てS形1本にならないだろうかという声が大きくなってきた。

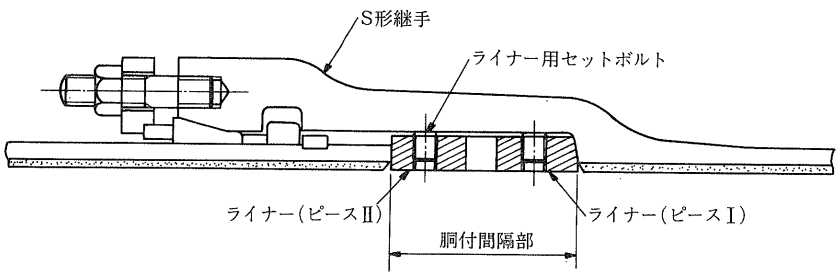
そこで、種々の検討・実験を行った結果、従来のS形継手に簡単な付属品(ライナー)を付加することにより離脱防止タイプ（抜出し阻止性能と曲げ剛性を持ったもの）としての使用が可能となった。

以下にその特長・性能について述べる。

2．離脱防止タイプS形ダクタイル管の概要

(1) 名　　称　S形継手にライナーを付加したものを「離脱防止タイプS形ダクタイル管」と称する。
(2) 適用管径　φ500～φ900とする。
(3) 管種構成　直管：1種管、2種管、3種管
異形管：90°、45°、22½°、

図－1　離脱防止タイプS形ダクタイル管の継手構造



11¼°、5⅝°の各曲管、T字管、フランジ付T字管、仕切弁副管、排水T字管、短管など

(4) 直管の有効長　全て6mとする。

3. 構造と特長

(1) 継手の構造

図－1に示すように、従来のS形継手の胴付間隔部に2ピースからなるライナーを装着したものである。

ライナーの材質はダクタイル鋳鉄であり、ライナーを受口内にセットするためのライナー用セットボルトの材質は、ステンレス鋼(SUS 403)である。

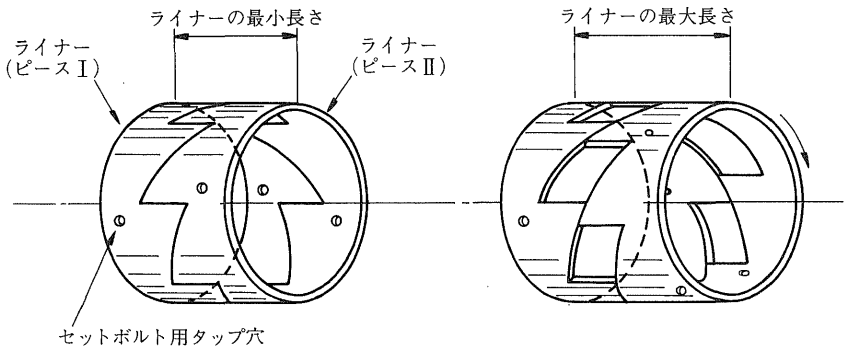
(2) ライナーの構造

継手に曲げモーメントが作用した時、ロックリングによる抜出し阻止力と、胴付間隔部に設けたライナーによる入り込み阻止力とで曲げ剛性が発揮できる。しかし、この胴付間隔は継手の寸法公差の関係から、一体もののライナーでは吸収しえない寸法変化が生ずる。(たとえば口径600mm管の場合、胴付間隔は最小137.5mm～最大165.5mmとなる)

そこで、このライナーを図－2に示すように2ピースにし、各ピースの片面をノコギリ刃状にした。この刃面を組合せ、相対的に回転させることによりライナーの管軸方向の長さを調整可能とした。

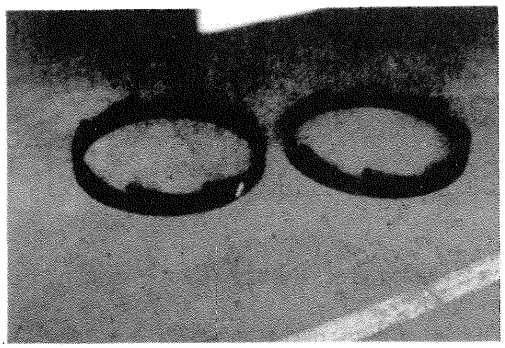
一方、ノコギリ刃面の傾斜は鋳鉄のスベリ摩擦角より小さく設計してあるため、ライナーに軸方向の圧縮力が働いても相対的なスベリは起らず、十分な抗圧力を発揮する。

図－2　ライナーの構造

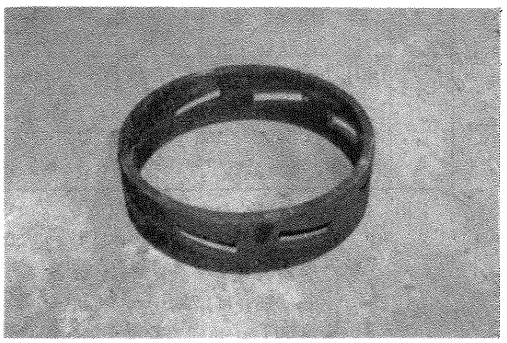


ライナーの形状、ライナーを組合せた状態およびライナーの受口内での装着状況をそれぞれ写真－1～3に示す。

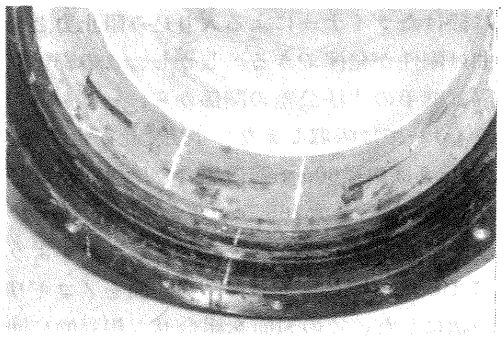
写真－1　ライナー(ピースⅠ、ピースⅡ)



写真－2　ライナーの組合せ



写真－3　ライナーの受口内での装着状況



(3) 特　長

配管設計面では、

① 曲管部に用いれば、防護コンクリートが軽減あるいは全廃できる。

② 条件によっては特殊な用途(露出配管、水管橋など) に利用できる。

③ 耐震管路の場合、直管部・異形管部とも全て同一機種(S形継手)で統一できる。

施工面では、

① S形継手と同程度の技術で施工できる。

② 付属品、工具の管理がやり易い。

③ 雨中、湿気の多い所での施工も可能である。

④ 接合後、ただちに埋戻しできる。

継手性能面では、

① 高水圧に耐える。

② 大きな抜出し力に耐える。

③ 十分な曲げ剛性を有している。

4．継手の性能

離脱防止タイプS形ダクタイル管の継手性能は、従来の離脱防止継手KF形と同等の性能を有している。

本継手の性能試験結果の一例を表－1に示す。また本継手とKF形継手との性能比較を表－2に示した。

5．配管設計

(1) 設計上の基準性能

管路設計時に必要な継手の基準性能として「抜出し阻止力」と「限界曲げモーメント」が上げられる。

本継手はKF形離脱防止継手と同等の性能を有しており、上記設計上の基準性能値として表－3の値を用いる。

表－1　離脱防止タイプS形継手の性能試験結果

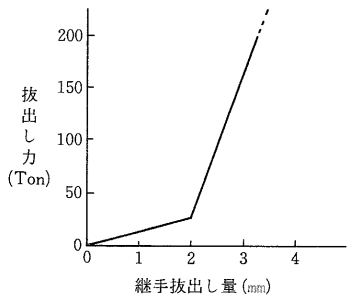
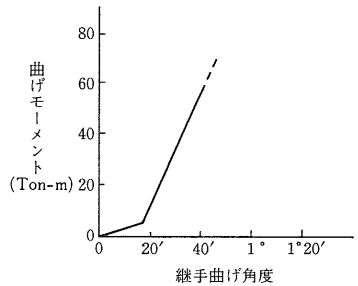
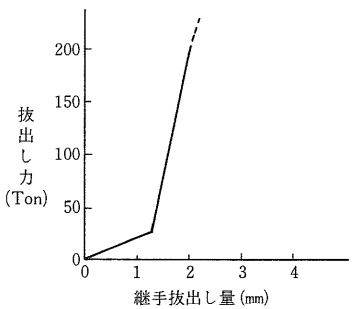
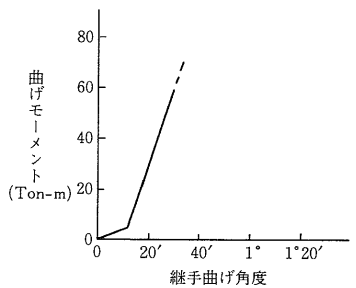
試験No.	試験項目	口径(mm)	試験条件		※最大発生応力(kgf/mm²)	備考
			負荷水圧(kgf/cm²)	換算抜出し力(Ton)		
1	抜出し試験	600	58	181	23.6	漏洩その他の異常なし
		900	39	270	22.9	〃
試験No.	試験項目	口径(mm)	試験条件		※最大発生応力(kgf/mm²)	備考
			曲げモーメント(Ton-m)	曲げ角度(分)		
2	曲げ試験	600	57	40′	27.6	異常なし
		900	180	42′	25.5	〃
3	水圧下(10kgf/cm²)での曲げ試験	600	50	66′	26.1	漏洩その他の異常なし
		900	163	55′	27.4	〃
4	※※繰返し曲げ試験	900	180	58′	25.3	異常なし

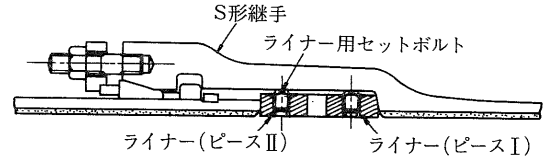
(注) 1．供試管は全て2種管を用いた。

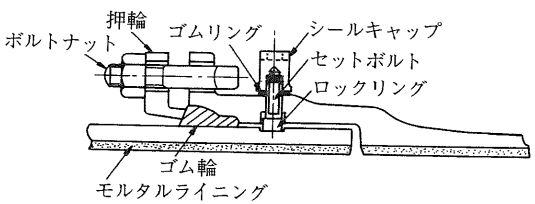
2．※発生応力は全て引張り応力＋曲げ応力であった。
なお、ダクタイル鋳鉄はJIS G 5526に規定する材質のもので、引張り強さは40kgf/mm²以上、曲げ強さは57kgf/mm²以上である。

3．※※80Ton-mの力で継手部を20回繰返し屈曲させた後、最終的に180Ton-mを負荷させたもの。

表－2　離脱防止タイプS形継手とKF形継手との性能比較(口径600㎜の場合)

継手の種類	抜出し阻止性能	耐曲げモーメント性能
離脱防止タイプS形継手		
KF形継手		





表－3　離脱防止タイプS形ダクタイル管の設計上の基準性能

呼び径 (mm)	抜出し阻止力 (Ton)	限界曲げモーメント (Ton-m)
500	150	37
600	180	55
700	210	84
800	240	120
900	270	166

(2)　配管設計例

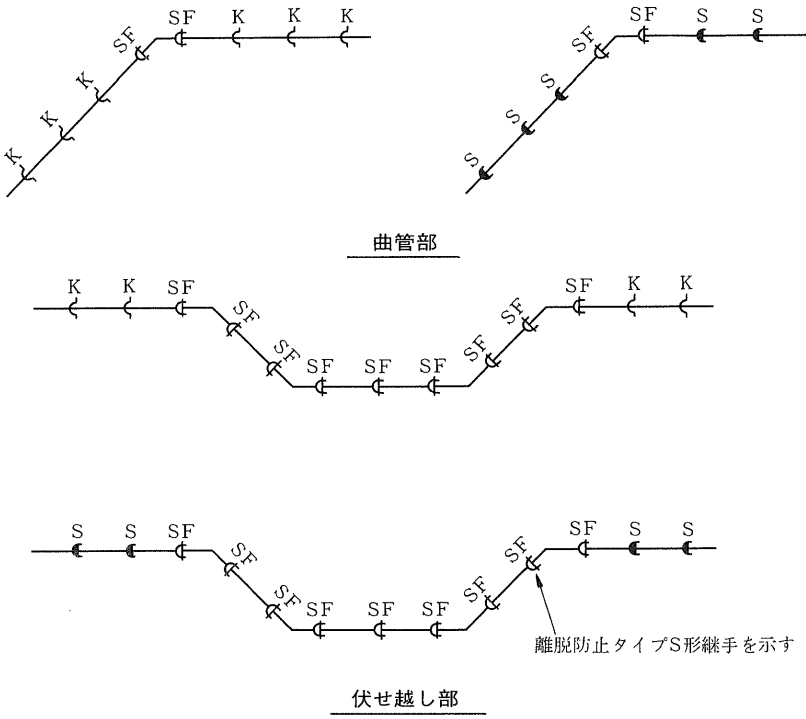
S形管路の中での使用はもちろん、他の管種の管路においても使用できる。

離脱防止タイプS形ダクタイル管を使用した配管設計例を図－3に示す。

6．施　工

離脱防止タイプS形ダクタイル管の施工(接合)は次の手順で行う。

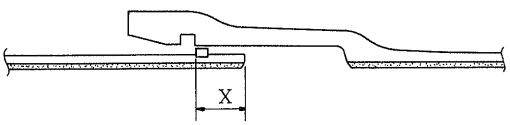
図－3　離脱防止タイプS形ダクタイル管を用いた配管設計例



(1)　X寸法の測定

挿口端面と挿口突部のロックリング当り面との長さ(X寸法)を測定する。

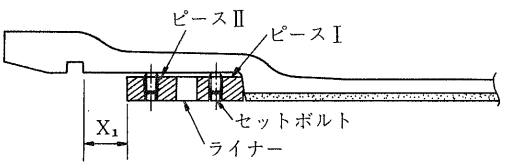
図－4　寸法測定部



(2)　ライナーの装着

ライナーを受口内に預け、図－5のX_1寸法が(1)で測定したX寸法になるようにライナー長さを調整し、その後ライナーをセットボルトで受口内に固定する。

図－5　ライナーの装着方法



(3)　以降はS形継手の施工手順とまったく同

じである。

7. むすび

以上、離脱防止タイプS形ダクタイル管の構造・特長・性能などについて簡単に紹介したが、この継手が今後の配管設計にお役に立てば幸いである。

ダクタイル鉄管第31号

昭和56年10月

技術レポート 1

大口径管における1口径落しのパイプインパイプ工法

東京都水道局給水部
配水課長　田中守男
設計第2係長　冨沢和雄

1．はじめに

水道管の布設替え工事が各所で進められているが、既設管の布設当時に比べて現在は、道路交通事情の悪化、地下埋設物の輻輳、地域住民要望の多様化などにより、水道管の埋設環境がますます悪化しており、道路の全面掘削は困難になってきている。また、その後配水管網が完備されたことにより、かならずしも現在布設されている管と同口径で布設替えしなくてもよい管路がある。

これらのことから道路を開削しない工法が開発実用化されてきた。推進工法（シールド工法）、パイプリバース工法、パイプライニング工法、パイプインパイプ工法などいろいろの工法が開発されている。中でもダクタイル管によるパイプインパイプ工法は、近年継手部、管内調査方法などが改良され各都市で実施されている。

今回、当局において芝線（既設管口径1100mm）に挿入管口径1000mm、いわゆる1口径落ちのパイプインパイプ工法を実施したので、状況を報告し参考に供したい。

2．パイプインパイプ工法採用の理由

この芝線は、旧淀橋浄水場から芝給水場までの送水管として、明治時代に布設された経年管で現在まで開削工事にて計画的に順次布設替え工事を施工してきたが、この路線の開削工事は、道路が全面掘削となり、今までも作業の困難性、住民の工事反対などいろいろの問題があった。

今回、パイプインパイプ工法を施工した工区は、国電代々木駅前通りで商店、各種学校が集中し、都内有数の繁華街であり、道幅も7～8mと狭く、地下埋設物(ガス管口径900mm、電々、東電など)が輻輳している。

以上の状況を考慮し、かつ配水関係を将来にわたって検討した結果、

(1) この路線は、管網的に口径1000mmにすることが可能である。

(2) 道路形状から判断して、既設管には曲管が使用されている可能性は少ない。

(3) 開削で施工すれば、他の埋設物に影響を与え、その処置に多大の経費を要し、また交通整理などで作業困難が考えられる。

(4) 開削部は立坑部だけなので、住民を説得しやすい。

以上の点を考慮して、パイプインパイプ工法で施工することに決定した。

3．調査および設計検討

1．管種の選定

挿入管の口径はできる限り大きい方が望ましいので、既設管の口径1100mmに対して、1口径落しの1000mm管を挿入することで検討を行った。

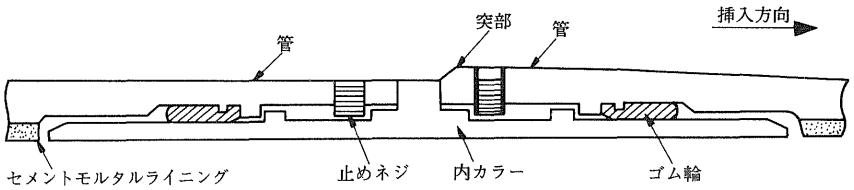
挿入管は、既設管の中の凹凸部や多少の屈曲部分を通過するため、継手部外径ができるだけ小さいこと、挿入時にひっかかりのない構造であること、継手部は屈曲できることおよび作業性がよいことなどが必要である。

以上の点を考慮して、近年各都市で使用している「タイトン形内カラー継手(TN)」改良型の性能試験を行った。試験結果は表－1の通りで材質の異状などは見られなかった。

表－1　試験結果

試験項目	試験結果
接合試験	接合所要時間＝27分57秒（作業者3名）
水圧試験	水圧 p＝20kgf/cm² 異常なし
曲げ水圧試験	曲げ角度 $\theta = 3° 30'$ 水圧 p＝20kgf/cm² 異常なし
繰返し曲げ水圧試験	曲げ角度 $\theta = 2°$ 繰返し曲げ回数3回 水圧 20kgf/cm² 異常なし
離脱阻止性試験	引抜き力 F＝60ton 最大発生歪 $\varepsilon = 2213\mu$
軸圧縮試験	荷重 P＝200ton 最大発生歪 $\varepsilon = -776\mu$

図－1　TN形継手構造図



TN形継手は、図－1に示すようにステンレス鋼製の止めネジを設け、抜出し余裕を持たせたので伸縮性があり、屈曲することができる。管の片端には勾配を持った突部を設け既設管内の継手個所の凹凸部を乗り越えられるようにした。

また接合作業は、容易にできて作業性はよい。

2．工費の経済比較

本工事に、この「TN形内カラー継手」を使用してパイプインパイプを施工した場合と従来の開削工法にて施工した場合の経済比較をしてみた。その結果は、パイプインパイプ工法で施工すると、開削工法より約35～40%工費が削減できることが判明した。

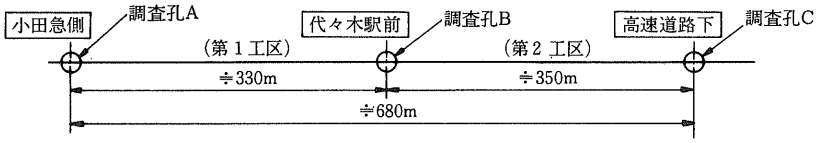
3．管内調査

この工事区間は、非常な繁華街であるため立坑の数、位置によっては、工期や住民に与える影響などに大きな違いが生じ、これが工事施工の可否にかかるため、あらかじめ管内調査を行った。

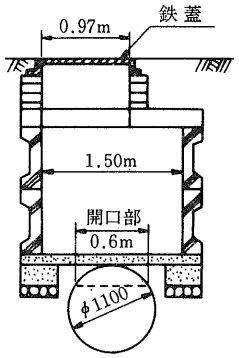
調査の対象は延長 680m であるが始点、中間点、終点に図－3の調査孔を設け、管上部を径 0.6m 開孔して送風および作業者の出入口とした。この調査孔は数日で完成し、以後は交通などに支障なく作業をすることができた。

調査作業は、測定部（継手部および管体中央部）のみ約40cm幅の範囲の錆こぶを除去し

図－2　調査範囲



図－3　調査孔



て行った。調査結果の概要は次の通りである。

(1)　内径

測定部によって、バラツキがあるが最小値、最大値は次の通りであった。

第1工区

最小値：1,081.5mm
最大値：1,112.0mm

第2工区

最小値：1,075.0mm
最大値：1,111.0mm

(2)　管長および異形管

第1工区

曲管(水平曲り 5 5/8°)1本およびL＝1.995m、2.000mの切管が各1本含まれていたが、ほかは全て4.000m $\binom{+43mm}{-0}$ 直管であった。

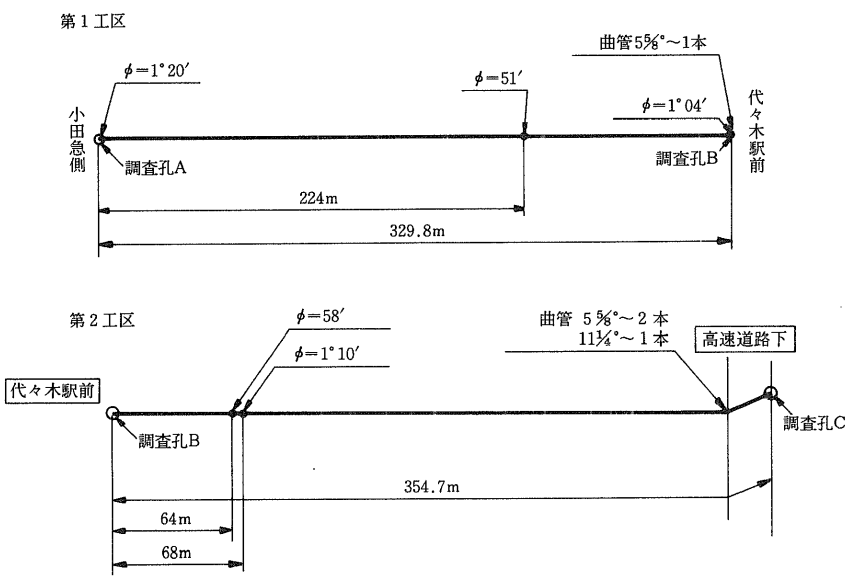
第2工区

曲管（水平曲り 5 5/8°～2本、11 1/4°～1本)3本が含まれていたが、ほかは全て4.000m $\binom{+40mm}{-0}$ 直管であった。

(3)　継手屈曲角

各継手の屈曲角は、実測した胴付間隔から算出した。継手の最大屈曲角は、第1工区ではϕ＝1°20′、第2工区ではϕ＝1°10′であった。各継手の屈曲状況を表－2、図－4に示す。

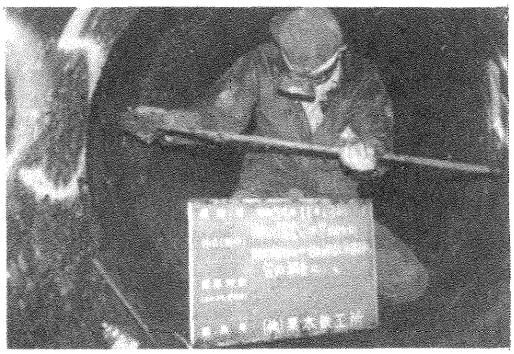
図－4　屈曲角ϕが50′を越える部位



表－2　継手屈曲の状況

工区	屈曲角(° ′)	0～15′	16′～30′	31′～40′	41′～50′	51′～1°00′	1°01′～1°15′	1°16′～1°30′	1°31′～	合計
第1工区	継手数(個所)	16	35	23	6	1	1	1	0	83
	百分率(％)	19.3	42.2	27.7	7.2	1.2	1.2	1.2	0	100
第2工区	継手数(個所)	39	37	9	3	1	1	0	0	90
	百分率(％)	43.4	41.1	10.0	3.3	1.1	1.1	0	0	100
合計	継手数(個所)	55	72	32	9	2	2	1	0	173
	百分率(％)	31.8	41.6	18.5	5.2	1.2	1.2	0.5	0	100

写真－1　管内調査(内径測定)



写真－2　管内調査(胴付間隔測定)

(4)　錆こぶ

錆こぶは管内面全周に発生しているのではなく、管下半周に多く発生し管上部は点在している程度であった。

また、錆こぶの形状は盛り上ったものと、管軸方向に細長いものの2種類があり、細長いものは割合簡単に剝落した。

錆こぶの高さは通常10㎜、最大部で30㎜程度であった。

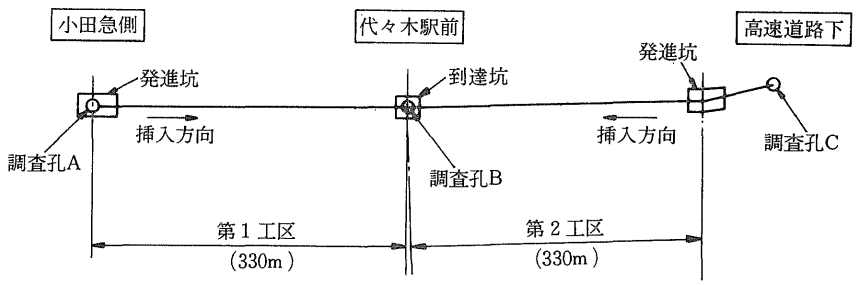
4．立坑の位置

パイプインパイプ工法においては発進坑、到達坑が必要で、通常は曲管の部分を立坑としている。

今回の工事において立坑は、第1工区ではすでに布設替えされている管端の工事始点(屈曲角ϕ＝1°20′、調査孔A部分)を発進坑とし曲管5⅝°～1個が設置されている代々木駅前(調査孔B部分)を到達坑とした。

第2工区においては、高速道路側(調査孔C)で曲管5⅝°～2個、11¼°～1個が連続して設置されている個所を発進坑とし、到達坑は第1工区と同じ代々木駅前の到達坑を使用した。

図－5　発進坑および到達坑の位置



5．挿入管の管長

既設管口径1100㎜に新管口径1000㎜を挿入するという、いわゆる1口径落しのパイプインパイプ工法においては、既設管の屈曲角と新管の管長とは密接に関係する。

既設管の最大屈曲角は第1工区においては$\phi=1°20'$であるが、この部分は立坑を設置するので、挿入部における最大屈曲角は第1工区では$\phi=51'$、第2工区で$\phi=1°10'$である。

この屈曲部を通過するための新管の管長は数式により算出したが、長さの異なった管2種類を使い分けることにより、挿入できることがわかった。

経済的なパイプインパイプ工事を行うためには、挿入管長はできるだけ長い方が望ましい。

立坑の配置図は図－5のようにしたが、第1工区では発進坑～224m間は4.0m管、224m～到達坑間は3.5m管、第2工区においては発進坑～252m間は4.0m管、252m～到達坑間は3.5m管というように使い分けることにより、4.0m管を多く使用するように配慮した。

また第1工区、第2工区ともに中間に立坑を設けることなく330mの延長を一気に挿入することにした。

6．挿入力

挿入力は次式により算出した。

$F=\mu \cdot W \cdot L$

F：挿入力

μ：既設管と新管の摩擦係数
（過去の実績より0.5とした）

W：新管の単位長さ当り重量0.59ton/m

L：新管の挿入長 330m

$F=0.5\times0.59\times330$

$=97.4$ton

新管の管体強度および表－1の継手の耐圧縮性と比べて、この挿入力は小さく十分に安全である。

4．施　工

施工は、全延長660mを2工区に分けて行った。また各工区とも次の順序で進めた。

① 立坑の設置（発進坑、到達坑）
② 既設管内クリーニング
③ 模擬管挿入
④ 新管挿入
⑤ 水圧試験
⑥ 立坑内配管
⑦ 立坑部分復旧

1．立坑の設置

立坑は図－5に示すように3ヵ所とし、始点部および終点部に発進坑を、中間部に到達坑を設置した。

立坑の大きさ

発進坑：第1工区　7m×2.5m
　　第2工区　8.2m×3.0m

到達坑：3.0m×2.4m

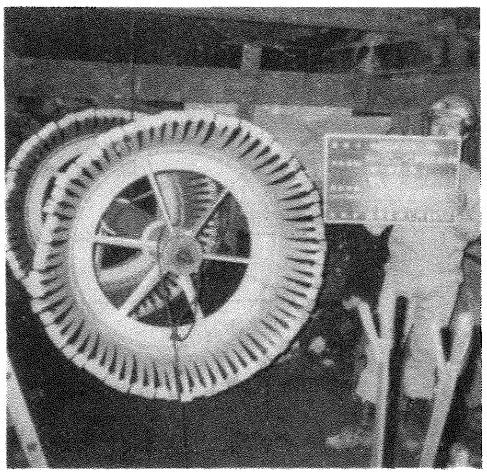
2．既設管のクリーニング

錆こぶは最高部で30㎜程度のものが点在していた。

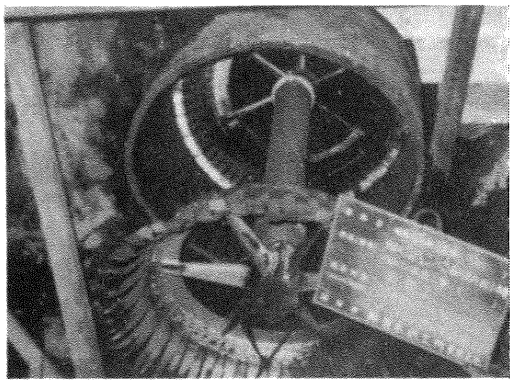
1口径落ちのパイプインパイプ工法なので内外管の隙間は非常に狭く、錆が隙間に充満した場合、内外管がせり合う現象が考えられるので、この場合には当然推力の上昇をきたし、また挿入管の継手部の可とう性を阻害すると考えられるので、錆こぶは新管挿入前に撤去することにした。

錆こぶの処理方法は、乾式スクレーパー法けん引式工法とし、クリーナーおよびスクイジーにて管外へ搬出した。

写真－3　クリーニング（スクレーパー）



写真―4　クリーニング(スクレーパーの引込み)



写真―5　クリーニング(スクイジーによる錆の搬出)

3．模擬管の挿入

管内調査および数式計算により、挿入可能管長は決定していたが、新管挿入前に通過可能なことを確認するため模擬管をけん引した。結果は計算通りであった。

4．新管の挿入

(1)　挿入方式および挿入装置

挿入は長ストロークのジャッキ使用による押込み方式とした。図―6に発進坑内の機材の配置例を示す。

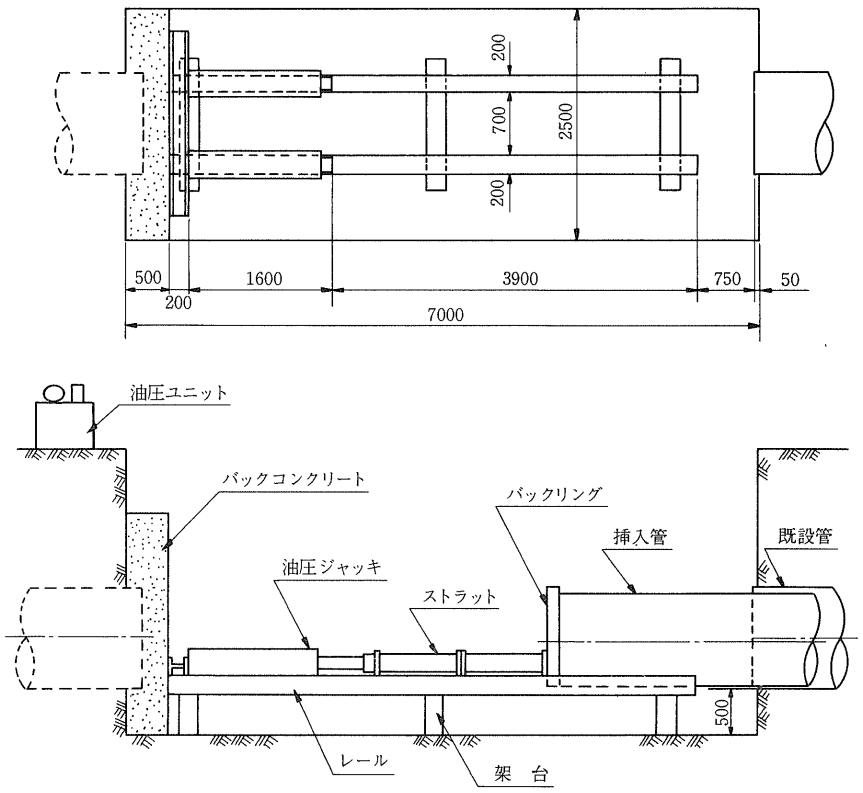
油圧ジャッキ

推　　力：100ton

ストローク：1200mm

数　　：2台

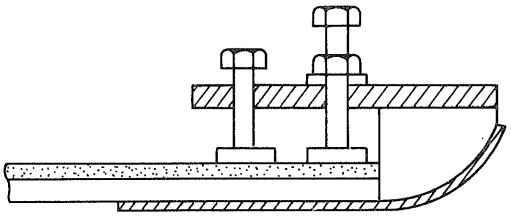
図―6　発進坑配置図例



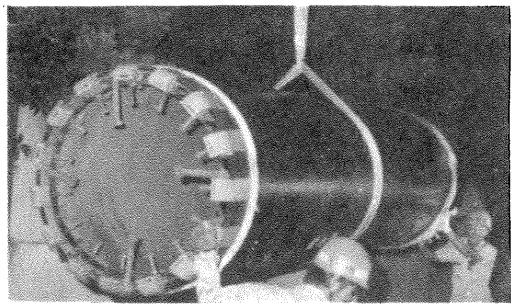
(2)　先導ソリ

挿入する管の先頭部には、管のひっかかりを防止するために先導ソリを使用した。

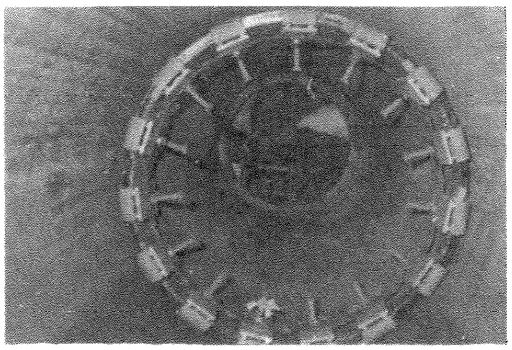
図－7　先導ソリ



写真－6　先頭管(先導ソリ)



写真－7　既設管内から先頭管を見る



(3)　挿入時間、人員

新管を立坑内に吊下ろし、接合、挿入、次の管の吊下ろしまで管1本挿入に要する1サイクルの所要時間は約30分であった。

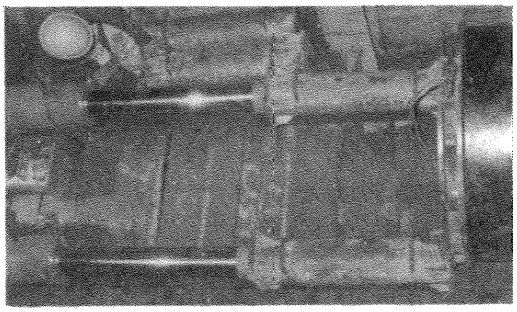
これは、あらかじめ直管の片側に内カラーを取付けておくなど、立坑内の作業を最小限にしたためである。

作業人員

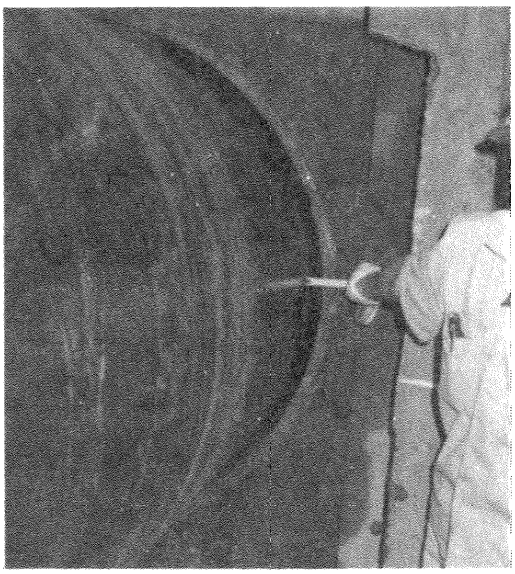
挿入時の作業人員を次に示す。

継　手　作　業　員：3名
挿　入　作　業　員：4名
ジャッキ操作員：1名
重機オペレーター：1名
玉　掛　作　業　員：1名
合　　図　　員：1名

写真－8　管挿入(油圧ジャッキ、ストラット、バックリング)



写真－9　管挿入(既設管と挿入管の隙間)



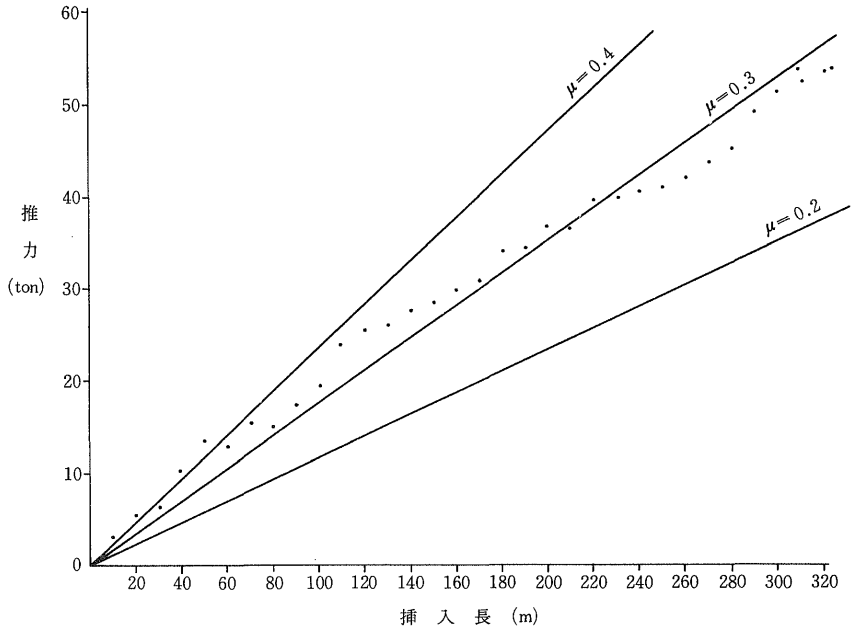
(4)　推力、摩擦係数

第1工区における推力と摩擦係数の例を表－3および図－8に示す。

表－3　推力、摩擦係数

新管数量	85本
挿入管長	327m
新管総重量	190ton
最大推力	53.84ton
摩擦係数	0.27～0.47

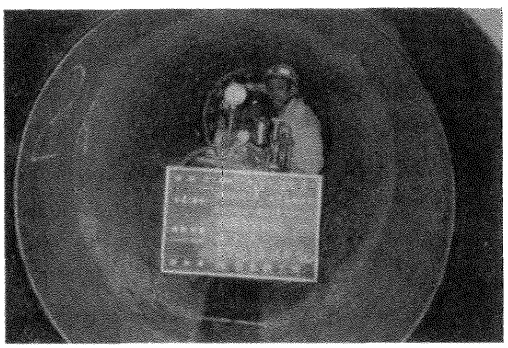
図－８　第１工区挿入長―推力



５．水圧試験

第１工区、第２工区とも全管挿入後、全継手部を当局の規定（５kg/㎠を５分間保持し、４kg/㎠を下らないこと）により行ったが、全継手異状はなかった。

写真－10　テストバンドによる水圧テスト



６．立坑内の配管

立坑内配管は、継ぎ輪（K形）を使い接合し可とう性を持たせた。既設管と挿入管の空隙は、土砂の流入を防止するため発進坑と到達坑の挿口部をコンクリートでプラグした。

５．むすび

以上、当局で施工したパイプインパイプ工法の概略について述べた。今回の施工は、大口径における１口径落しのパイプインパイプ工法であり、さらに 330m の長スパンを一気に挿入したものである。

これらの工事の施工結果を顧みると、交通の渋滞、住民とのトラブルなどがなかったこと、工期および工費が軽減できたことなど、本工法の長所が十分生かされたと考えられる。

この工法は、管路の管網としての機能や埋設状態などいろいろの制約条件があり、どの管路にも採用できるとは限らないが、施工条件の適合した個所に採用すればその有利性を発揮できる。

維持管理時代を迎えた今日、既設管の高度利用や安全性の向上は欠かすことができない問題である。本工法が今後の配水管改良の一工法として参考になれば幸いである。

技術レポート 2

ダクタイル鉄管口径2400mm K形2種管埋設後の挙動

宮城県企業局建設第2課長
菅原正昭
仙南・仙塩広域水道建設事務所長
柏葉一郎

Ⅰ．はじめに

宮城県仙南仙塩広域水道用水供給事業は、県の広域的水道整備計画に基づき水道ネットワーク整備の一環として、仙台都市圏を中心とした仙塩地域およびその南部地域の関係19市町(面積にして県全体の約29%)に供給する県営事業で、昭和52年度から工事に着手し、昭和67年度完成、16ヵ年の工期で実施中である。その送水施設は、浄水場浄水池から仙台市、松島町方面の11市町を対象とする高区送水施設と名取市、山元町方面の8市町を対象とする低区送水施設とからなり、高区送水管延長は12万7,200m(口径2400mm～200mm)、低区送水管延長は7万3,400m(口径1200mm～150mm)で、両区系を合わせた送水管総延長は20万600mである。このうち、昭和54年度に布設完了した高区送水管の一部の口径2400mmK形ダクタイル管(2種管)の延長3,000mにわたって管の撓みおよび管体発生歪などを埋戻し後定期的に測定し、管底支持角度の推定および経日変化などの追跡調査を行い、管厚計算をする際の基礎資料とした。

また、この埋設実験期間中トラック通過による管体への影響を調べるため、トラック通過実験を道路舗装前と舗装後（アスファルト舗装）について行ったので併せて報告する。

なお、本報告についての概要は第32回全国水道研究発表会で発表しているが、時間と紙面の都合で詳細に発表できなかったので、ここにその詳細を紹介するものである。

Ⅱ．埋設実験

歪ゲージおよび土圧計を取付けた2本の実験供試管を含む延長3,000mにわたる実管路で、埋戻し後より1年3ヵ月にわたり実験管で撓みおよび管体歪などの経日変化を測定するとともに、一般管路で撓み測定した。

また、これらの実測結果より管底支持角の推定を行った。

1．実験概要

(1)　実験場所

宮城県企業局仙南仙塩広域水道送水管布設工事の口径2400mmK形ダクタイル管埋設現場で次の工区で行った。

（i）宮城県蔵王町矢附地内（以下A工区という）延長約2,000m

（ii） 宮城県白石市福岡八宮地内市道鎌先1号線(以下B工区という)延長約1,000m

(2) 測定・調査項目

（i） 管体に発生する歪

（ii） 管の変形量(撓み量)

（iii） 管周囲および管頂面上の土圧分布

(iv) 地下水位

(v) 埋戻し条件

(3) 実験供試品

（i） 供試管

口径2400mmダクタイルK形2種管ℓ＝4,000mm×2本に、歪ゲージおよび土圧計を取付けた。

（ii） 歪ゲージ

防水型ワイヤ・ストレインゲージ(2軸)

KFW－5－D16(共和電業製)

（iii） 土圧計

ストレインゲージ式小型土圧計

BE－5KC(共和電業製)

(iv) スイッチボックス

SS－24R(共和電業製)

(v) ストレインメーター

直流ブリッジ電圧印加式静歪測定器

SM－60D(共和電業製)

(vi) 内径測定用ノギス

口径2400mm用内作品

(vii) 地下水位測定用供試品

ϕ100×3,600ℓ 有孔塩化ビニール管

制水弁きょう(水道用ねじ式A形1号)

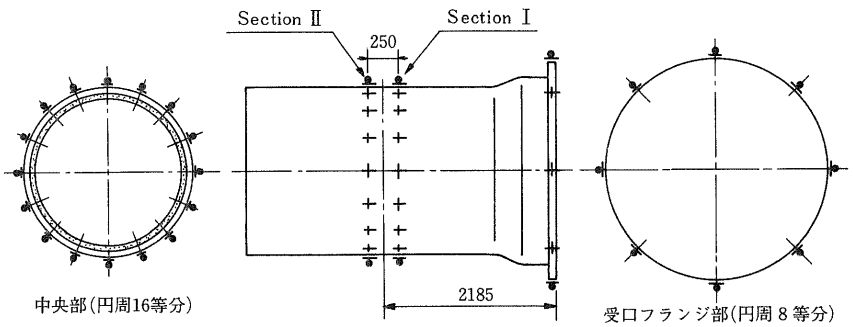
防砂用金網(SUS製16メッシュ)

(4) 測定位置および方法

（i） 管体発生歪の測定

図－1に示す位置で管体発生歪を測定した。

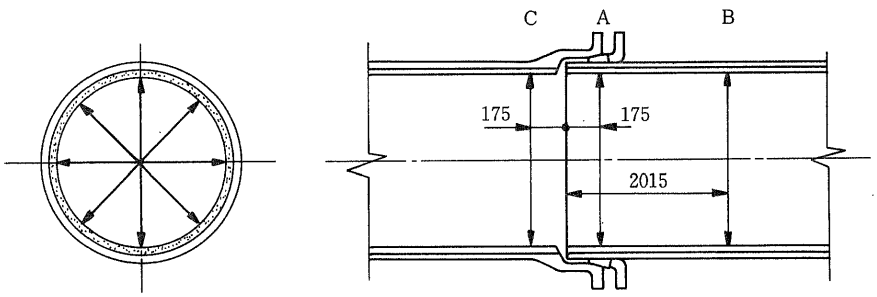
図－1　歪ゲージ貼付位置



（ii） 管変形量の測定

管内面において、図－2に示す位置での変形量を測定した。ただし、C位置はA工区のみ実施した。

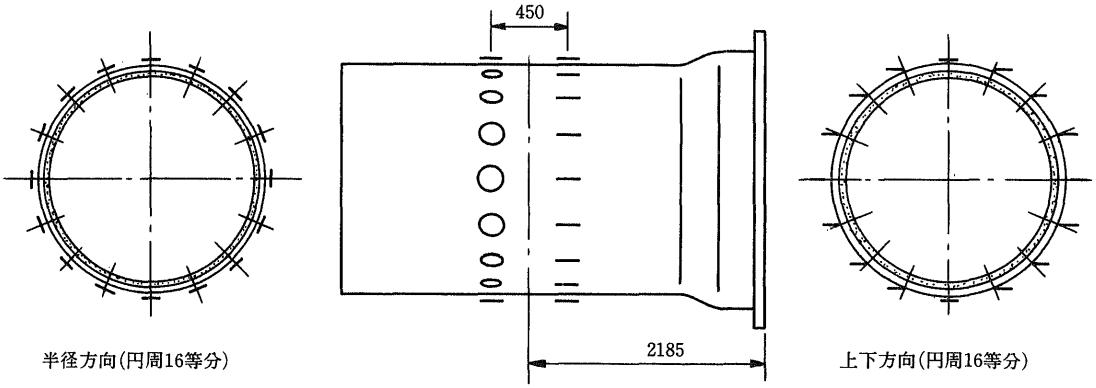
図－2　管変形量測定位置



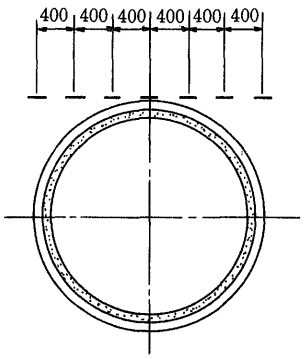
（iii） 管周囲土圧の測定

図－3、図－4に示す位置で土圧を測定した。

図－3　管周囲土圧計取付位置



図－4　管頂面上土圧計位置



(iv)　地下水位の測定

水位測定用のパイプ(口径 100㎜ＶＰ)を管側に立てて埋設し、上部に弁きょうを設け、水位測定を行った。

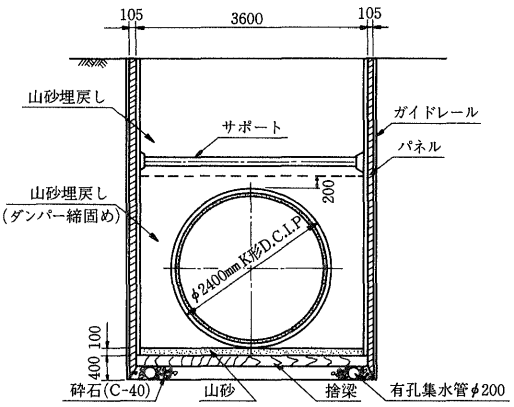
以上、Ｂ工区における実験管の観測装置配置図を図－５に示す。

(5)　埋設条件

埋戻し土は山砂を用い、管頂20㎝までをダンパーによる締固めを行った。

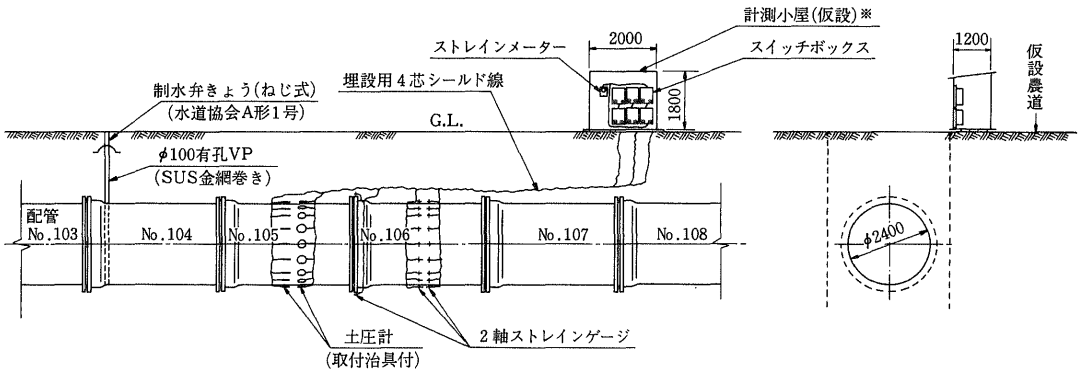
標準掘削断面を図－６に示す。

図－6　標準掘削断面図



図－5　実験・観測装置配置図

(注)計測小屋は昭和54年10月31日撤去し、以後鉄製ボックスにコード類を収納。



2．実験工程

表－1　実験工程（B工区における実験管）

年．月．日	項目	
54．6．14	実験管の接合、接合後撓みおよび歪のゼロ点測定	
6．16	管頂まで山砂埋戻し	
6．19	埋戻し完了、土被り H≒1.8m	
6．20	埋戻し後　1日、H≒1.8m	土留パネル撤去
6．21	〃　2日　〃	水締めを行う
6．22	〃　3日　〃	
6．23	〃　4日　〃	
6．24	〃　5日　〃	
6．25	〃　6日　〃	
6．27	〃　8日　〃	
7．8	〃　19日　〃	
7．9	〃　20日　〃	
7．10	〃　21日　〃	
8．26	〃　68日　〃	
10．20	〃　123日、H＝1.82m	
10．31	埋戻し後　134日、H＝1.82m	計測小屋を撤去し、鉄製ボックスにコード類を収納
11．28	〃　162日、H＝1.85m	
12．23	〃　187日、H＝2.16m	砕石布設
55．3．14	〃　269日、　〃	
5．30	〃　346日、　〃	道路舗装前のトラック通過実験
9．19	〃　458日、H＝2.17m	舗装後のトラック通過実験

3．測定結果

図－7に実験管における円周方向の管体発生歪の分布を、図－8には実験管における円周方向の管体発生歪（管頂部、管横部および管底部）と撓みについて、埋戻し直後からの経日変化を示す。なお、土圧計は経時測定期間中において負圧などの異常結果が出たので省略した。

4．管底支持角の推定

実測した垂直撓みおよび管底部の発生歪より管底支持角を推定してみる。

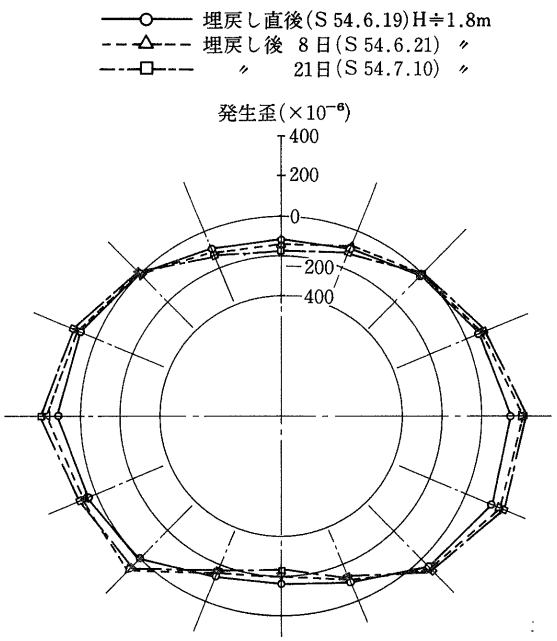
(1)　土圧分布

埋設管の土圧分布状態を21ページの図のごとく仮定する。

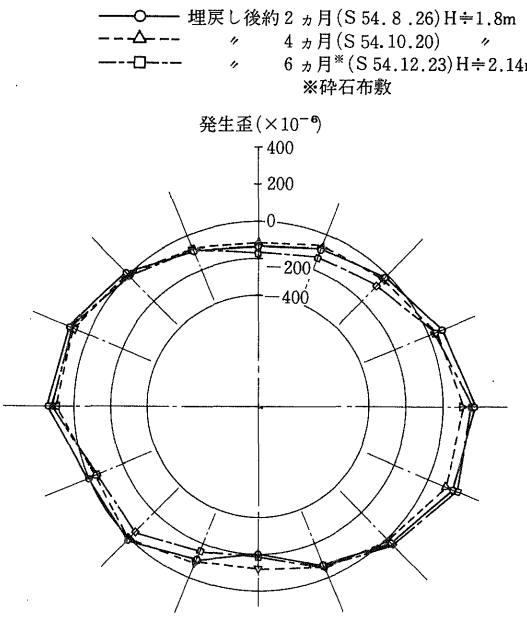
(2)　土圧 Wf

土被りが比較的浅い場合は垂直公式を用い土被りが深くなるとヤンセン公式が実際と合致するようである。

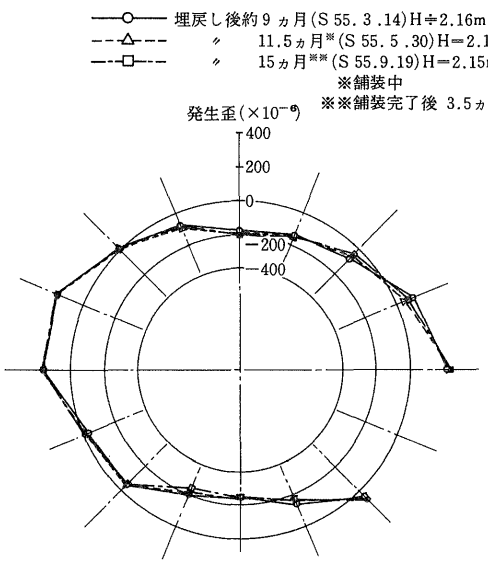
図－7－1　管体発生歪（円周方向）



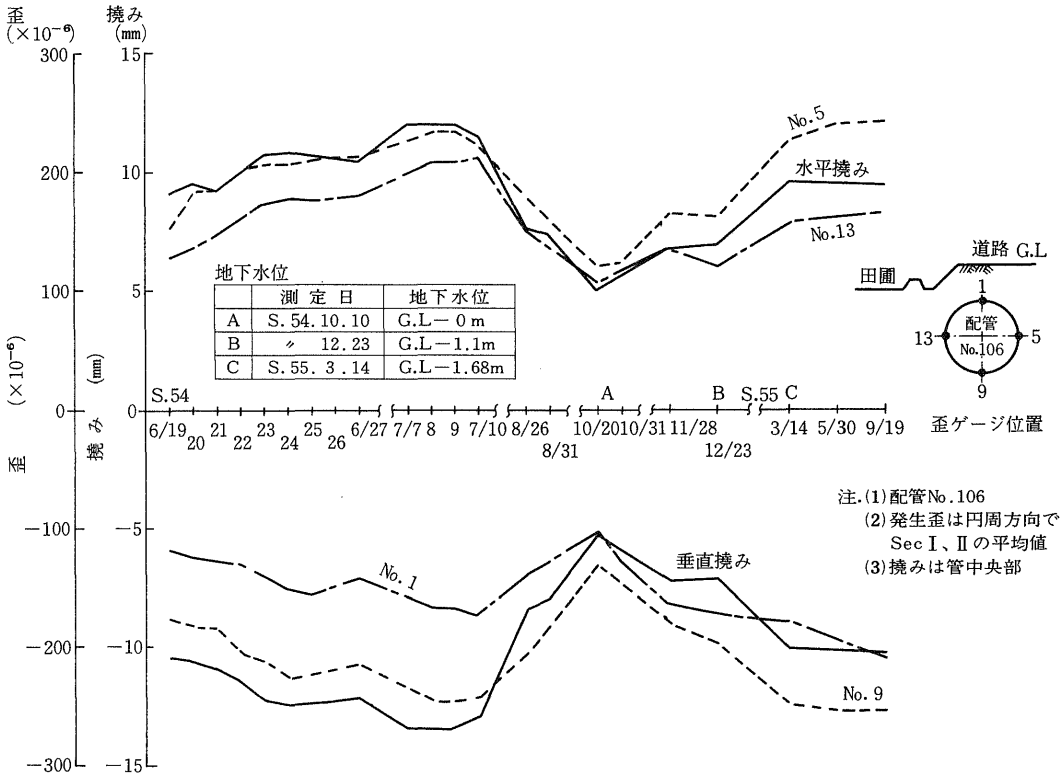
図－7－2　管体発生歪(円周方向)

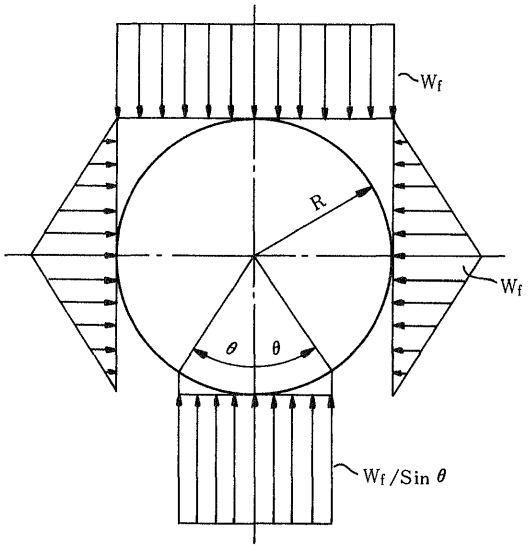


図－7－3　管体発生歪(円周方向)



図－8　管体発生歪と撓みの経日変化





W_f：土圧
2θ：管底支持角
R：管半径

ⅰ．垂直公式

$$W_f = \gamma \cdot H \quad \text{——————} (1)$$

ⅱ．ヤンセン公式

$$W_f = \frac{\gamma}{2K\tan\phi}\left(1 - e^{-2K\tan\phi \cdot \frac{H}{B}}\right) \cdot B \quad \text{——————} (1)'$$

ここで

γ：土の単位体積重量（γ＝1.8t/㎥とする）

H：土被り（m）

ϕ：土の内部摩擦角（ϕ＝30°とする）

B：溝幅（B＝3.6mとする）

K：ランキン係数 $K = 1 - \sin\phi / 1 + \sin\phi$

今、H≦2m：垂直公式

H＞2m｛ヤンセン公式。ただし、H＝2mの垂直公式より小さい場合はH＝2mの垂直公式

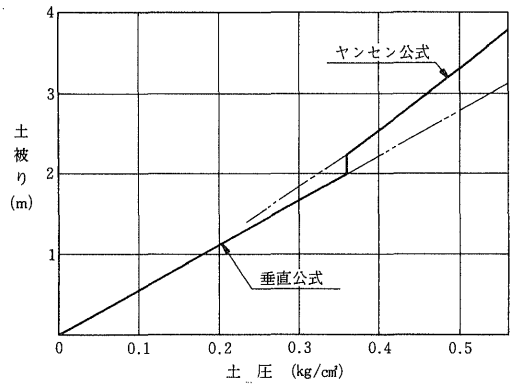
として土圧を計算すると図－9のごとくなる。

(3) 垂直撓み δ_V

土圧による垂直撓みδ_Vは、次式で求められる。

$$\delta_V = k_1 \frac{W_f R^4}{EI} \quad \text{——————} (2)$$

図－9　土被り～土圧



ここで

W_f：土圧

R：管半径

E：弾性係数（ダクタイル鋳鉄E＝1.6×10^6kg/㎠）

I：管の断面二次モーメント

$$I = \frac{T^3}{12}$$ （T：管厚）

k_1：管底支持角2θによって決まる係数

$$k_1 = -\frac{1}{2\pi}\left(\frac{\theta}{\sin\theta} + 3\cos\theta\right) + \frac{1-\cos\theta}{3\sin\theta} - \frac{1}{6}\sin\theta \cdot \cos\theta + \left(\frac{1}{2} - \frac{\theta}{\pi}\right)\sin\theta - \frac{\theta}{2} + \frac{\pi}{4} + \frac{4}{9\pi} - \frac{1}{6} \quad \text{——————} (3)$$

(4) 管底部の発生歪 ε

土圧による管底部の発生歪（円周方向）εは次式で求められる。

$$\varepsilon = k_2 \frac{W_f R^2}{EZ} \quad \text{——————} (4)$$

ここで

Z：管の断面係数

$$Z = \frac{T^2}{6}$$

k_2：管底支持角2θによって決まる係数

$$k_2 = -\frac{1}{\pi}\left(\frac{\theta}{4\sin\theta} + \frac{3}{4}\cos\theta + \frac{\theta}{2}\sin\theta - \frac{1}{3}\cos^2\theta - \frac{2}{9}\right) + \frac{1}{2}\sin\theta - \frac{7}{24} \quad \text{——————} (5)$$

その他は(2)、(3)式に同じ。

以上(2)～(5)式より

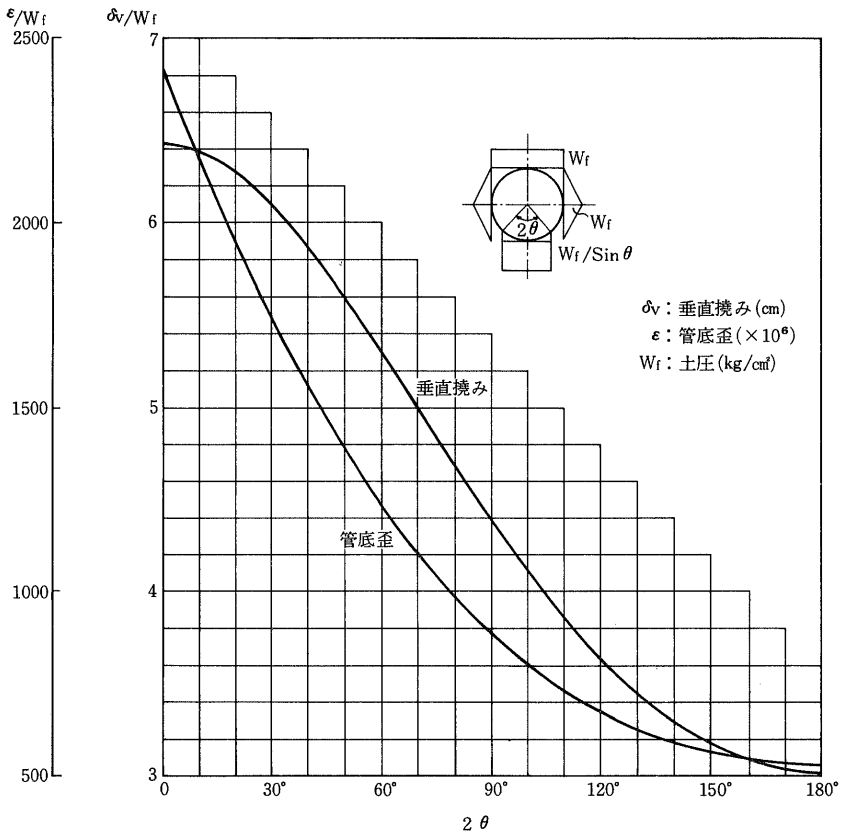
垂直撓み/土圧～管底支持角($\delta v/Wf \sim 2\theta$)

管底発生歪/土圧～管底支持角($\varepsilon/Wf \sim 2\theta$)

を計算して図－10に示す。

この図より、垂直撓みと土圧、または管底発生歪と土圧の比率がわかれば、管底支持角2θを求めることができる。

図－10　$\delta v/Wf \sim 2\theta$および$\varepsilon/Wf \sim 2\theta$線図



(5)　管底支持角の推定

実測した垂直撓みおよび管底部の円周方向発生歪(Section Ⅰ、Ⅱの平均値)から、図－10の$\delta v/Wf \sim 2\theta$および$\varepsilon/Wf \sim 2\theta$線図を使って管底支持角を推定してみると、次のようになった。

表－2　A工区：一般管路における垂直撓みと管底支持角

表－3　B工区：実験管における垂直撓みと管底支持角

表－4　B工区：一般管路における垂直撓みと管底支持角

表－5　B工区：実験管における管底発生歪と管底支持角

表－2～4に示すように、平均垂直撓みより推定した管底支持角は140°～150°であり、工区に関係なく同程度の値であった。

また、経時変化については表－3に示すように、埋戻し直後では支持角は比較的小さく時間の経過とともに大きくなり、最終的に一定の値に近づく傾向にあった。

次に管体の発生歪と垂直撓みは、図－8に示すように荷重(埋戻し土圧)の変化に対しよく一致した傾向を示し、両者から推定した管底支持角は埋戻し直後を除き比較的一致した値であった。

Ⅲ．トラック通過実験

先の埋設実験期間中にトラック通過による管体の影響を調べるため、トラック通過実験を道路舗装前と舗装後(アスファルト舗装)について行った。

トラックは、走行速度を10km/時と20km/時で管路縦断方向に走行させ、通過時の管体発生歪と発生土圧を実験供試管に取付けた歪ゲージおよび土圧計により測定した。

1．実験概要

(1) 通過車輌

総重量 17トン（車体重量11トン、積載 6 トン ブルドーザ）

(2) 実験日時

道路舗装前のトラック通過実験

埋戻し後 346日

道路舗装後のトラック通過実験

埋戻し後 458日

表－2　垂直撓みと管底支持角

A工区：一般管路(埋戻し 1 ヵ月後)

工区	布設No.	土被り	平均垂直撓み	管底支持角	備　考
1	1～2	2.50m	13.2mm	128°	
	2～3	2.50	12.3	140°	
	12～13	2.50	11.9	151°	
	19～20	2.10	11.6	135°	
	20～21	2.10	12.8	115°	
	21～22	2.10	12.7	117°	
	60～61	2.10	7.0	180°	
	61～62	2.10	13.2	112°	
	62～63	2.10	10.5	170°	
	102～103	2.00	4.7	180°	
2	11～12	2.10	9.3	180°	
	16～17	2.10	9.2	180°	
	17～18	2.10	9.0	180°	
	48～49	2.16	11.5	135°	
	49～50	2.16	13.8	105°	
	79～80	2.00	12.5	120°	
	125～126	2.25	12.7	119°	
	124～125	2.25	12.3	122°	
3	34～35	2.29	12.5	120°	
	53～54	2.10	13.2	112°	
	54～55	2.10	12.7	118°	
	93～94	2.00	11.0	149°	
	94～95	2.00	11.3	139°	
	98～99	2.00	8.8	180°	
	99～100	2.00	8.8	180°	
	164～165	2.32	7.7	180°	
	163～164	2.32	5.2	180°	
	162～163	2.32	5.3	180°	
	161～162	2.32	5.8	180°	
	160～161	2.32	7.8	180°	
			平　均	148.9°	

表－3　垂直撓みと管底支持角

B工区：実験管

測定年月日	土被り (m)	平均垂直※撓み (mm)	管底支持角 2θ	備　　考
54．6．19	1.8	11.3	128°	埋戻し直後
6．27	〃	13.2	102°	埋戻し後1週間
7．10	〃	13.9	93°	3週間
8．26	〃	9.8	180°	2ヵ月
10.20	1.82	6.5	＞180°	4　〃
11.28	1.85	8.3	＞180°	5.5 〃
12.23	2.16	8.3	＞180°	6　〃 砕石布設
55．3．14	〃	11.3	154°	9　〃
9．19	2.17	11.3	154°	15　〃 舗装完了後
		平　均	150°	

※管体中央部の平均垂直撓み

表－4　垂直撓みと管底支持角

B工区：一般管路

実測土被り H (m)	平均土被り (m)	平均垂直撓み (mm)	管底支持角 2θ	備　　考
1.3≦H＜1.6	1.498	9.1	134°	サンプル数 n＝7
1.6≦H＜1.8	1.722	10.1	142°	n＝40
1.8≦H＜2.0	1.862	10.3	162°	n＝37
2.0≦H＜2.2	2.133	11.8	141°	n＝58
2.2≦H＜2.4	2.247	13.0	121°	n＝27
2.4≦H＜2.6	2.489	13.8	126°	n＝8
2.6≦H＜2.8	2.688	13.5	146°	n＝5
		平　均	139°	n＝182

(注) 昭和54年10月21日～昭和55年9月21日における管体中央部垂直撓み測定分から、各土被り毎に管底支持角を求めた。

表－5　管底発生歪と管底支持角

B工区：実験管

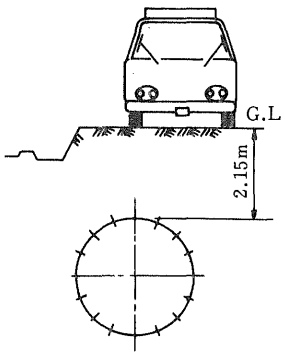
測定年月日	土被り (m)	平均円周方※向歪 ($\times 10^{-6}$)	管底支持角 2θ	備　　考
54．6．19	1.8	－177	160°	
6．27	〃	－216	122°	
7．10	〃	－244	107°	
8．26	〃	－209	126°	
10.20	1.82	－133	＞180°	
11.28	1.85	－181	160°	
12.23	2.16	－199	156°	
55．3．14	〃	－251	116°	
5．30	〃	－256	114°	
9．19	2.17	－255	115°	
		平　均	136°	

※管体Section ⅠおよびⅡの平均円周方向歪

(3) 走行

図—11に示すように、片輌を管頂線上に乗せ管路縦断方向に前進通過した後、後進通過を行う。

図—11



(4) 通過速度

10km/時

20km/時

2．測定結果

測定結果の一例を図—12、図—13に示す。

これら測定結果の各測点における最大値について、管頂面上土圧分布の実測値とブシネスク解による計算値の対比を図—14に示す。

またJIS管厚計算式に用いる、トラック荷重による管体歪の計算値と実測値の対比を図—15に示す。ただし、実測値はトラックの管路縦断方向通過によるものであるが、計算値はトラック1台管路横断通過として求めた。

図—14に示すように、管頂面上土圧は衝撃値を1としたブシネスク解による計算値とよく合っている。

管体歪は図—15に示すように、計算値と同様に管頂で発生したが、計算値の2割にも達しなかった。

管底では計算値の8割程度で、応力分布傾向は計算値と合っている。実測値は計算値に比べかなり小さなもので、計算式が十分安全なものであることがわかった。

Ⅳ．実測データによる最低必要管厚

前述したように、本実験工区におけるダクタイル管の管底支持角は $2\theta \fallingdotseq 140°$ と推定できる。

この値を用いて、実験工区の埋設条件に対する最低必要管厚を求める。

計算式はJISおよび日本ダクタイル鉄管協会規格に準じ、次式を使用する。

$$t_{net}=\frac{1.25P_s+P_d+\sqrt{(1.25P_s+P_d)^2+8.4(K_fW_f+K_tW_t)\sigma}}{2\sigma}D$$

$$T=(t_{net}+2)\times 1.1 \quad (mm)$$

ここで　T：設計管厚

t_{net}：正味管厚

P_s：静水圧

P_d：衝水圧

K_f：管底支持角による係数

W_f：埋戻し土圧

K_t：トラック土圧の係数

管頂で $K_t=0.076$

管底で $K_t=0.011$

W_t：トラック土圧

σ：ダクタイルの引張強さ

D：管口径

埋戻し土圧は、管底支持角の推定の項に述べたものを使用し、図—9に示す土圧とする。

トラック土圧は

$$W_t=1.5\alpha P$$

$$P=\frac{1}{2}\times\frac{4}{5}\times W$$

で計算する(図—15参照)。

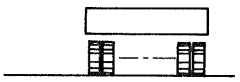
計算条件は次に示す設計値とする。

管口径	D＝2400mm
静水圧	$P_s=17.5kg/cm^2$
衝水圧	$P_d=5.5kg/cm^2$
土被り	H＝210cm
輪荷重	T—20×2台同時通過
土の単位重量	$\gamma=1.8\times10^{-3}kg/cm^3$
土の内部摩擦角	$\phi=40°$
掘削溝幅	B＝360cm

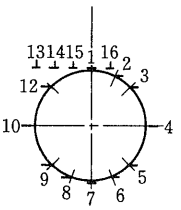
図—9より埋戻し土圧は、

$W_f=0.378kg/cm^2$

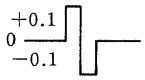
図－12 発生土圧(鉛直方向)



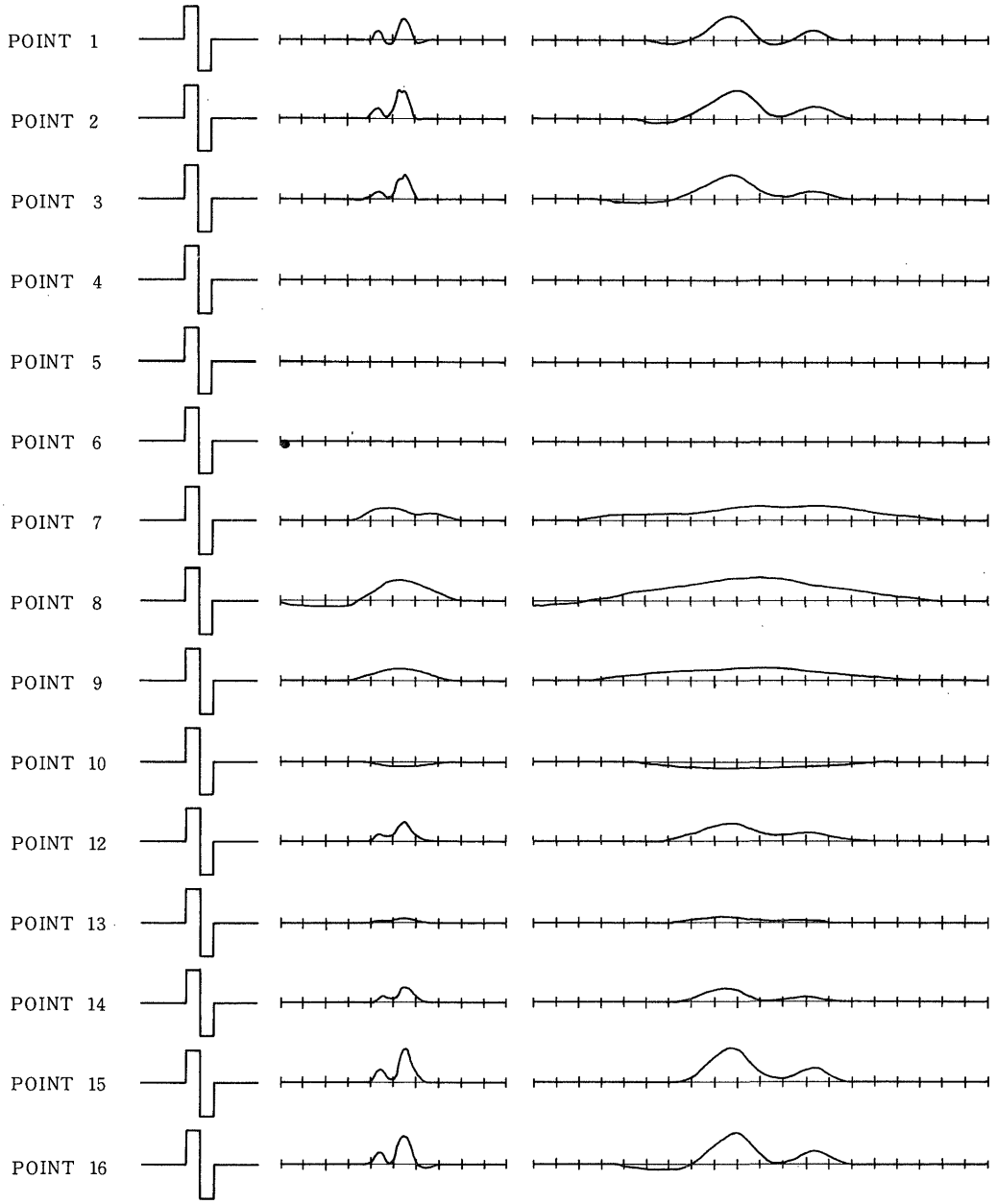
TEST No. AHD111 (AFTER PAVEMENT)
TRACK SPEED＝10KM/H



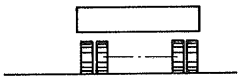
発生土圧値(kg/cm²)



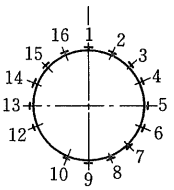
前進(1目盛1秒)　後進(1目盛1秒)



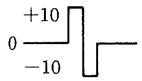
図—13　管体発生歪(円周方向)

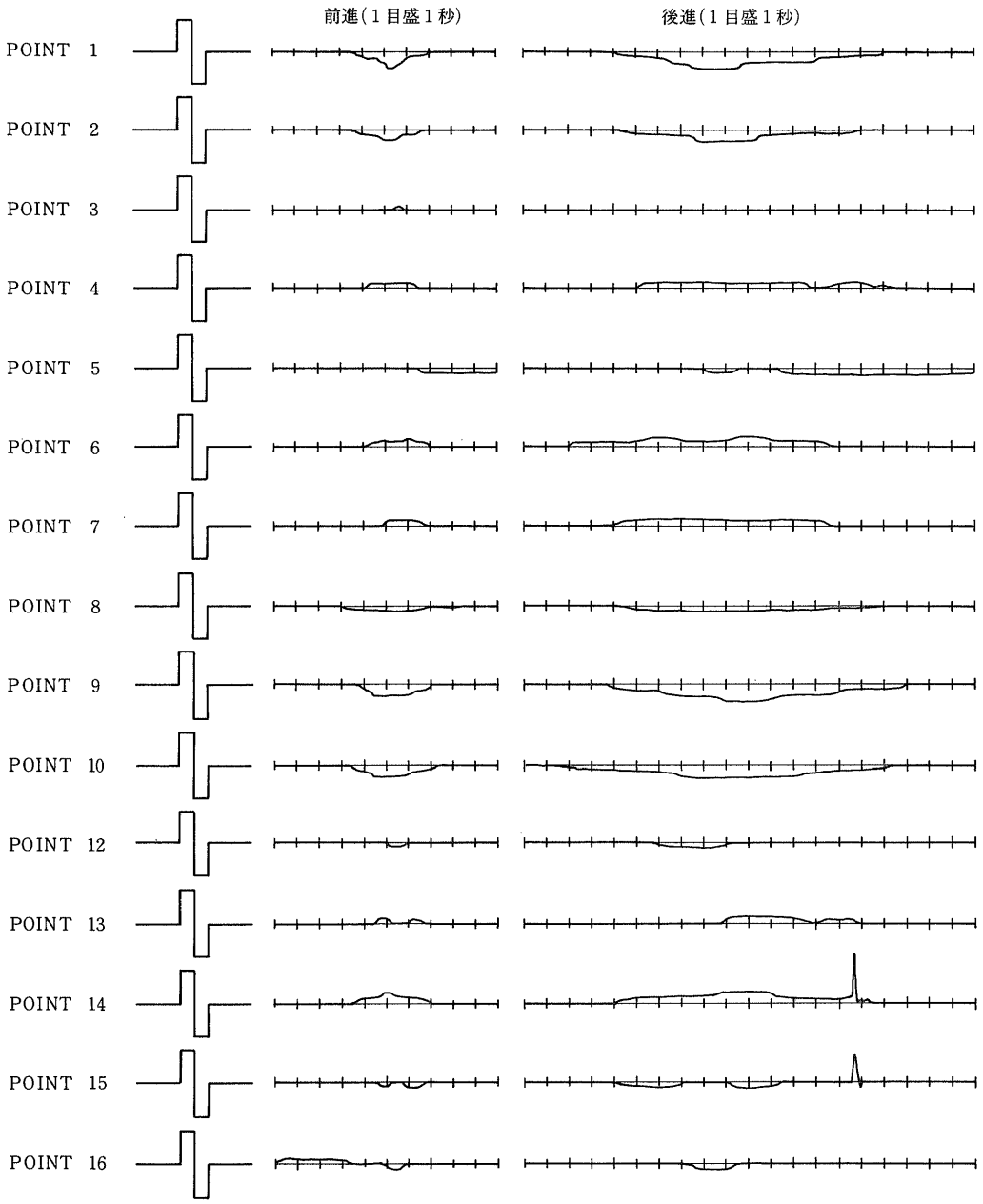


TEST No. AHG211 (AFTER PAVEMENT)
TRACK SPEED＝10KM/H

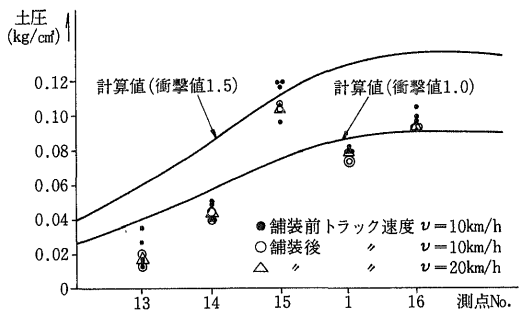


発生歪値(×10^{-6})

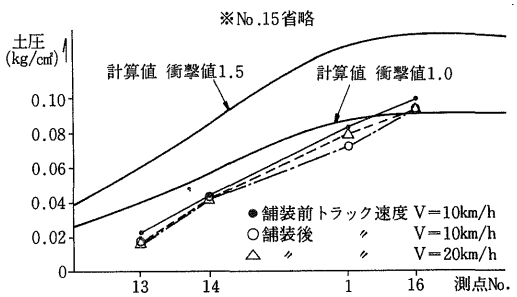




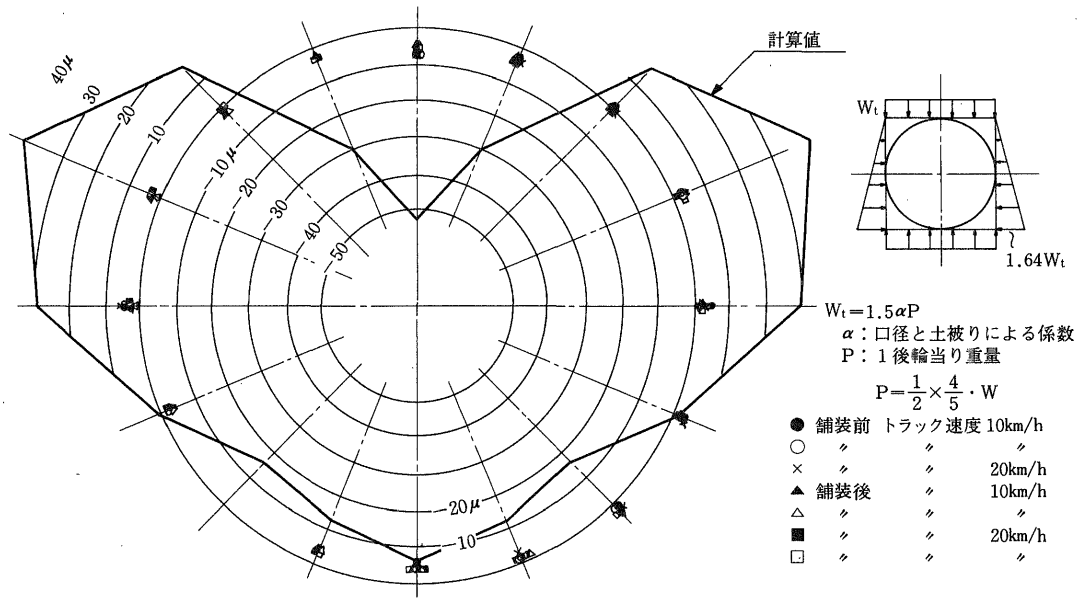
図—14(a)　管頂面上土圧分布と
ブシネスク解による計算値



図—14(b)　各条件の平均値の土圧分布



図—15　計算式による管体歪と実測値



トラック土圧は係数 $\alpha = 0.1701 \times 10^{-4}$ 1/cm²で、

$W_t = 0.204 kg/cm^2$

となる。

また、管底支持角 $2\theta = 140°$ における係数 Kfは管頂、管底位置においてそれぞれ

管頂で　$K_f = 0.101$

管底で　$K_f = 0.107$

である。

以上より正味管厚を求めると、

管頂

$$t_{net} = \frac{1.25 \times 17.5 + 5.5 + \sqrt{(1.25 \times 17.5 \times 5.5)^2 + 8.4 \times (0.101 \times 0.378 + 0.076 \times 0.204) \times 4000}}{2 \times 4000} \times 240 = 2,337\,(cm)$$

管底

$$t_{net} = \frac{1.25 \times 17.5 + 5.5 + \sqrt{(1.25 \times 17.5 + 5.5)^2 + 8.4 \times (0.107 \times 0.378 + 0.011 \times 0.204) \times 4000}}{2 \times 4000} \times 240 = 2,223\,(cm)$$

となって、管頂の方が大となる。

したがって設計管厚は、

$T = (23.37 + 2) \times 1.1$

$= 27.9\,(mm)$

となる。

次に、発生する撓みをチェックする。

土圧による垂直撓みは、

$$\delta_V = \frac{(k_1 W_f + k_2' W_t) R^4}{E I}$$

$$I = \frac{t^3}{12}$$

R：管半径

E：ダクタイル鋳鉄のヤング率

t：規格最小肉厚

k_1：管底支持角による撓みの係数

k_2'：トラック土圧による撓みの係数

で求めることができる。

ここで、係数k_1、k_2は$2\theta = 140°$として、

$k_1 = 0.0634$

$k_2 = 0.0304$

$E = 1.6 \times 10^6$ kg/cm²、T＝27.9mmから垂直撓みを求めると、

$t = 0.9T = 2.51$cm

$$\sigma_V = \frac{(0.0634 \times 0.378 + 0.0304 \times 0.204) \times 120^4 \times 12}{1.6 \times 10^6 \times 2.51^3}$$

$= 2.97$cm

となって、管口径に対する撓み率は、

$$\frac{2.97}{240} \times 100 = 1.24(\%)$$

となる。

本事業設計の管底支持角は、日本ダクタイル鉄管協会が推奨している$2\theta = 60°$を使用しており、これにより決められた管厚は2種管(T＝31.5mm)である。

埋設実験の結果得られた管底支持角$2\theta = 140°$を用いて、実験工区における最低必要管厚は上述したようにT＝27.9mmであるから、その差3.6mmが余裕となる。比率からいえば約1割の余裕代があることになる。

一方、検討の結果得られたT＝27.9mmを使用して垂直撓みをチェックしたところ、管径の1.24%の発生撓み率と計算され、モルタルライニングの許容撓み率3%に対し十分安全な範囲にあるといえる。

Ⅳ．まとめ

表－2～5より、AおよびB工区の管底支持角についてまとめると表－6のごとくなる。

表－6　管底支持角のまとめ

項　　目	平均管底支持角　2θ
A工区：一般管路の垂直撓み　n＝30	149°
B工区：実験管の垂直撓み　n＝9	150°
B工区：一般管路の垂直撓み　n＝182	139°
B工区：実験管の管底発生歪　n＝10	136°
総　平　均　n＝231	141°

※ n：サンプル数

以上のごとく、埋戻し後1年3ヵ月にわたって管の撓みおよび発生歪などを定期的に測定した結果、管路全体の平均管底支持角度として$2\theta = 141°$が得られた。また図－8に示したように、撓みと歪は密接な関係にあることがわかる。この図より、撓みおよび歪が周期的に変化しているのは、地下水の影響ではないかと考えられる。昭和54年10月20日測定時(図－8、A時点)において撓みおよび歪が小さくなっているのは、地下水が上昇したために地下水の浮力により上載土荷重が軽減されて、撓みおよび歪が減少したものと想像される。このような現象が常に起るのかは不明であるが、埋設条件などによっても違ってくるのではないかと考えられる。

また、トラック通過実験において管頂面上土圧分布は理論値とよく合っており、ブシネスク解の使用が妥当であることが確認され、また衝撃値1.5は十分な安全率を持った値であることがわかった。

管体発生歪は埋戻し土圧によるものの、最大値が管底で255×10^{-6}発生したのに比べ、トラック通過では管頂で発生し7.7×10^{-6}と無視し得る程度であった。

管体発生歪の分布状態は、計算式と合っているが、かなり安全な式であることがわかった。

技術レポート3

金沢城・兼六園と辰巳用水について

石川県企業局次長
向 川 昭 一

1．はじめに

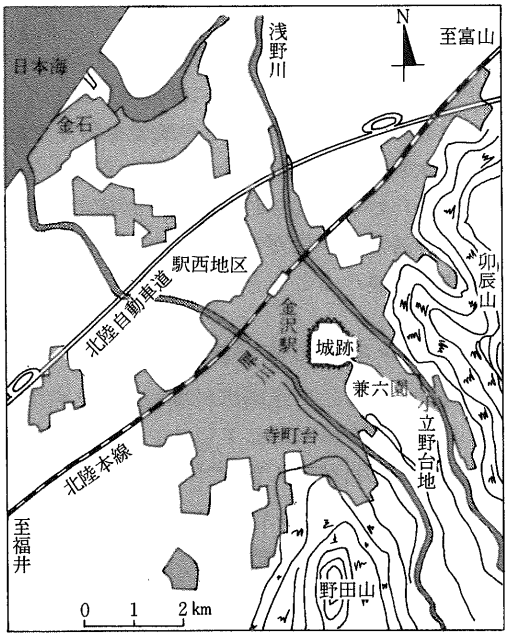
北陸の古都金沢市は、旧加賀百万石の首府であり、現在も当地方における政治、経済、文化の中心として市勢は活発である。幸いにして第２次大戦末期の戦災をまぬがれたため城下町の景観がよく残っていることで著名である。今も土塀をめぐらした武家屋敷や外堀の跡といわれる用水が市内のいたるところに残り、これを散策する若い観光客の姿も多く見受けられる。反面、城下町特有の狭い街路や古い民家が市街地の近代化を妨げ、交通渋滞をはじめ市民生活にいろいろの影をなげかけている。今後街並み保存と市街地近代化という２つの命題を調和させることが、市政の重要課題となっている。

ところで古く藩制時代につくられた土木施設が現代でも機能を失わず、市民生活の中で生き続けている例は全国で数多くあるに違いない。私は商売柄「水」に関するこのような施設に関心を持ってきた。金沢には350年ほど前に築造され、現代も変らぬ機能を発揮している「辰巳(たつみ)用水」という重要な水利施設がある。金沢にきて兼六園、あるいは金沢城周辺を見物され、この用水の一部をご覧になった方も多くおられることと思う。辰巳用水の概要を紹介することは、先覚者の足跡を偲ぶ意味でも意義があると思うので、この由来、特徴や用水をめぐるエピソードなどを述べることとしたい。

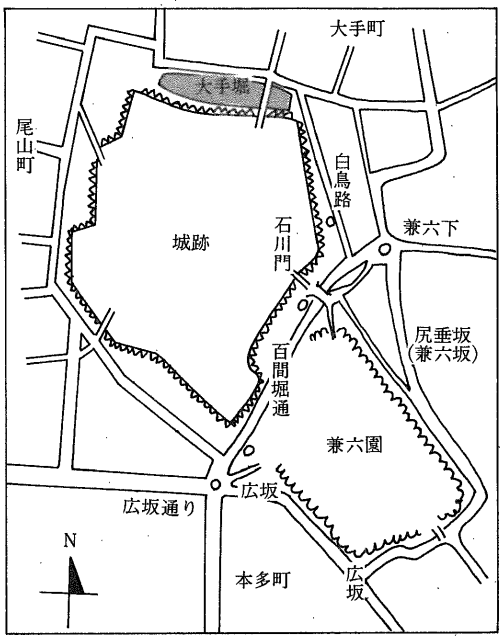
2．金沢城と兼六園

金沢市の市街地は犀川、浅野川の２つの川が平行して貫流している。この両川に挟まれて小立野(こだつの)台地があり、台地の末端に金沢城と兼六園があって市街地の中心をなしている。この両者は百間堀と呼ばれる幅広い堀によって分断されている。金沢城は尾根の突端にあることから一名尾山城とも呼ばれるが、百間堀は小立野台地の終端を築城の際人工的に掘割ったもののようである。これ以外にも城をめぐって白鳥堀、大手堀、蝟螻(えもり) 堀などがあるが、犀川、浅野川に比べて標高が高く、水源に乏しかったために築造当初はいずれも空堀であり、防備上は致命的な欠陥であった。また金沢城は約10万㎡の面積を有するが、百万石の首城としては規模が

図－1　金沢市街地図



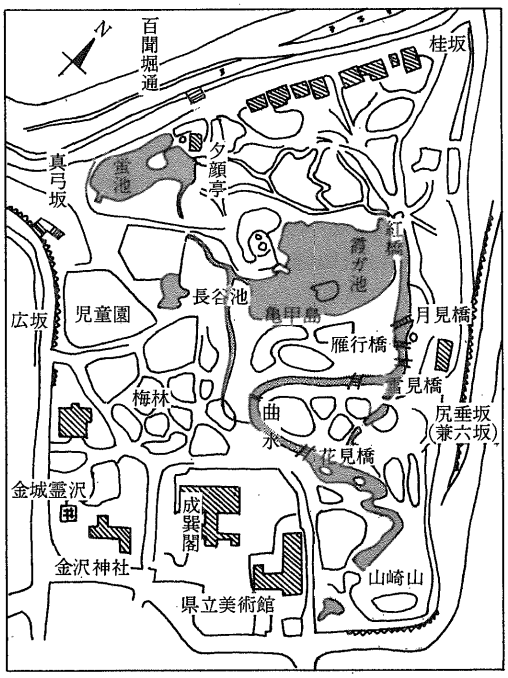
図－2　金沢城と兼六園



小さく、江戸城、大阪城、名古屋城などに比べればもちろんのこと、隣県の福井城と比較してもまだ小さいのである。これは前田家が最大の外様大名であることから、徳川幕府の意向をはばかってこのような規模に甘んずることを余儀なくされたものと思われる。このように城の規模は小さく、加えて周囲が空堀ばかりでは一朝有事の際まったく不安であり城主前田氏としてはなんとか堀に水を満すことを悲願としていたと想像される。

金沢城に隣接して名勝兼六園がある。日本三名園のひとつとして名木名石が多く配置され、その間を曲水が流れ、池があり、四季折折に違った風情が鑑賞できる。まさに天下の名園にふさわしく、金沢観光最大の目玉である。ところで金沢城は先述のように防御上に問題のある城であった。これに隣接する兼六園は城の防備という点からすれば、もっとも重要な区域であるに違いない。ここに一見風流に見える庭園をつくったのはいかなる理由によるのであろうか。これが常に疑問であったが、辰巳用水の存在と関連づけると理解できるように思われる。この詳細については後述することとしたい。

図－3　兼六園平面図



3．辰巳用水の由来と概要

辰巳用水築造の直接のきっかけは、寛永8

年(1631年)4月におきた城下の大火であった。当時の3代藩主前田利常公はそれまでにもたびたび大火があり、防火水利の悪さを痛感していた。そこで幕府の許可を得て、小松の住人板屋平四郎に命じ、市内を流れる犀川上流の上辰巳村(金沢市上辰巳町)地内で取水し、金沢城内まで約11kmの水路をつくり、犀川の表流水を導水した。これが辰巳用水であり、寛永9年のことであった。この結果城内の防火水利も整備されたが、さらに大きな効果は百間堀、白鳥堀、大手堀などに水が満されたことであった。

辰巳用水がつくられた江戸時代初期は、長い戦国時代を通じて築城技術が発達した時期であり、また鉱山の開発も活発に行われたところから、これらの技術を利用して多くの用水が建設された。全国的にしられる江戸の神田上水、玉川上水そのほか鳥取水道、箱根用水などはみなこの前後50年ほどの間に建設されたものである。

辰巳用水は十分な測量機械や施工用具がなかった時代につくられたものとしては、誠に驚異的な施設である。まず、その特徴を上げてみよう。

① 難工事であったが、約半年間という短期間で完成している。

② わが国では余り例のない逆サイホンの原理(伏越の理)を用い、兼六園から途中の低い百間堀を通り、金沢城内二の丸の高所に水を引いた。

③ 逆サイホンの水圧に耐えるように水道管およびその継手に特別の工夫をした。

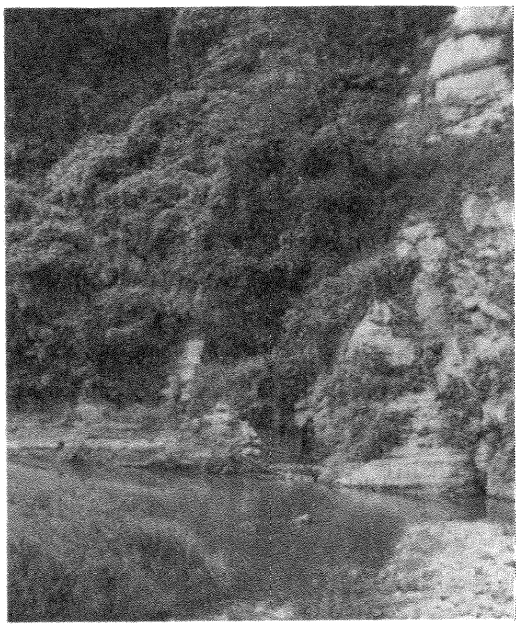
④ 辰巳用水の設計監督をしたといわれる板屋平四郎について不明のことが多く、特に用水完成後の生死について諸説がある。

以下、用水取入口から兼六園までのトンネルおよび開水路部と、兼六園以降の逆サイホンおよび水管部に分けてその概要を紹介する。特に水管部の石管の継手は現代の目をもってしても巧妙に考案されており、近代の管継手と一脈通ずるものがあると思われるので、多少詳しく述べることとしたい。

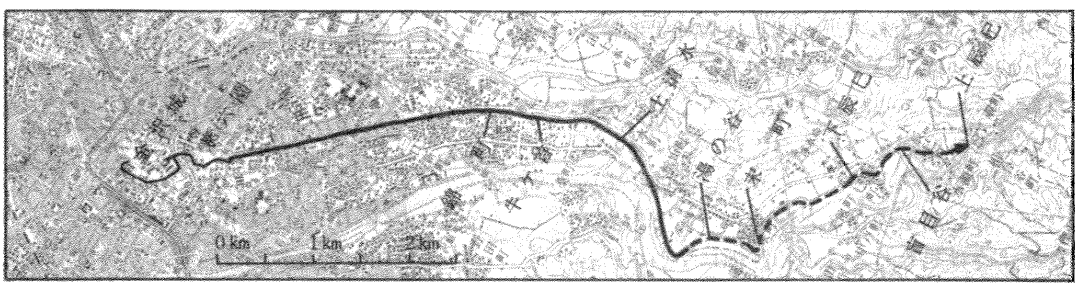
4．トンネルおよび開水路部

辰巳用水は、旧上辰巳村雉(きじ)というところで犀川から取水している。堰はなく、岩に穴をあけ自然流入させている。この取入口は河床低下などによって2回ほど移設しているようである。取水後、湯の谷までの間に18

写真－1　取入口



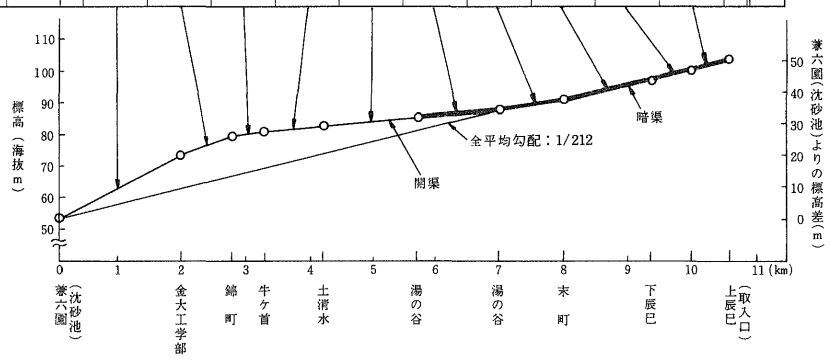
図－4　辰巳用水水路平面図



カ所のトンネル、計3,600mがあり、以降は開水路となって約7,000m、総計10,600mで兼六園入口の沈砂池に流入する。この間の勾配は1：600～1：103、平均1：212である。通水量は

図－5　兼六園裏口の沈砂池を起点とした距離および標高

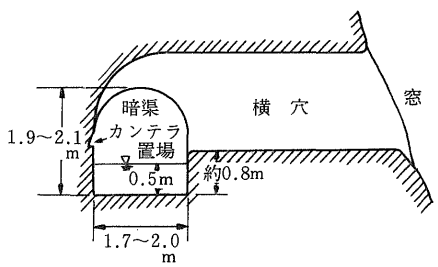
場所		兼六園(沈砂池)	金大工学部	錦町	牛ケ首	土清水	湯の谷(暗渠出口)	湯の谷(暗渠入口)	末町	下辰巳	盲目谷	上辰巳(取入口)	平均
兼六園よりの距離(m)		0	2,000	2,800	3,300	4,200	5,700	7,100	8,000	9,400	10,000	10,600	
水路の標高(海抜)(m)		55	75	82	83	84	87	91	95	100	102	105	
水路底	標高(m)	53.5	73	79	81	82.5	85.5	88.5	91	97	100	103.5	
	標高差(m)		19.5	6.0	2.0	1.5	3.0	3.0	2.5	6.0	3.0	3.5	
二点間の距離(m)			2,000	800	500	900	1,500	1,400	900	1,400	600	600	
勾配	m/1000m(—)		9.8	7.5	4.0	1.7	2.0	2.1	2.8	4.3	5.0	5.8	4.72
	(—)		1/103	1/133	1/250	1/600	1/500	1/467	1/360	1/233	1/200	1/171	1/212



開水路部で断面と勾配から換算すると48,000㎥/日(0.556㎥/秒)程度のようである。トンネル部は素堀で形状は下部が矩形、上部は半円形で幅1.7～2.0m、高さ1.9～2.1mである。トンネル部には50mから200mの間隔で川側に半円形の窓があいている。これは採光、換気、ズリ出しなどのための横穴と考えられる。トンネル部の水路平面形は横穴の延長を短くするためだろうか、地表の地形に沿った湾曲の多いものとなっている。開水路部は幅2.0m、深さ1.2mほどで直線区間が多くなっている。勾配の緩い場所では底面と側壁に平滑な板石が張ってあり、粗度係数を低下させて通水量

写真－2　トンネル内部

図－6　暗きょと横穴の断面図



写真－3　窓、トンネル掘削のための横穴

写真－4　小立野台地の開水路部

を上げる工夫をしている。

辰巳用水の築造について疑問のひとつは取水地点の選定方法であった。水路勾配が平均1：212というのは、急なような気がするが、コンクリートがなかった時代としてはむしろ適当な勾配といえよう。流速が大きいため、トンネル内に土砂が堆積することもないようである。現代のような測量機器がまったくない時代に、この取水地点を選定した測量技術はどのようなものであったろうか。宝永年間の三壺聞書(みつぼききがき)には次のように述べられている。「寛永９年夏のことであった。大火の折、町中の水の手が不便なところから、犀川引水の可能性について小松の町人板屋平四郎に調査を命じたところ、平四郎は地がね、さげすみを持って川上にいって調査し、なんの造作もなく小立野台地に揚水できると返答した」これだけではよくわからないが、当時このような水路は機密に属するものであったため、記録をまったく残さなかったようである。いずれにしても幼稚な器具だけでこのような高度な測量を行ったのは敬服にたえない、板屋平四郎の天才性を証明するものであろう。

また工事はさきの三壺聞書によると、引水の可能性が判明してすぐ着手したようである。工事中は１日に四度の食事をさせて急がせ、毎日の工程の状況を飛脚で江戸にしらせたとある。水路のうち、特に経験を要するトンネル部は能登の金山の鉱夫を多く雇用したといわれる。トンネルでは軟弱な破砕帯や湧水によって掘削不能となり、中心線を変えて掘削した個所、あるいは地山の崩落を防ぐため、素掘りでなく側壁に切石を積み上げ、天井は厚い木の板で覆うというような難工事の個所もあったようである。この結果、全長11km近

写真－5　トンネル(軟弱部)

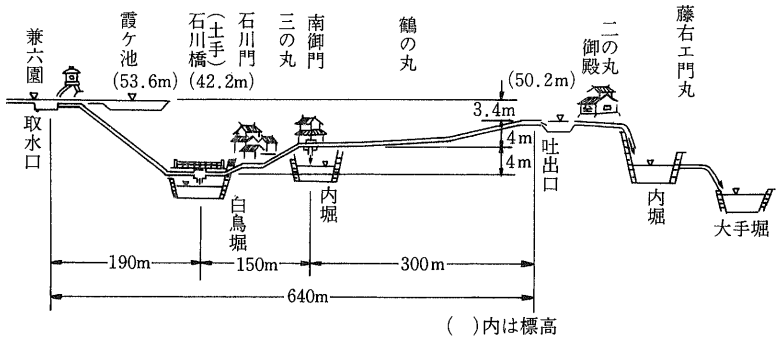
い水路をわずか半年間で完成している。これは現代でもハイペースであるが、当時の技術水準を考えればまったく驚異的な施工スピードであるといえよう。このスピードは、本工事が城の防備上重要な役割を持つため、軍事上の要求があったのだろうと想像される。

５．逆サイホンおよび水管部

現在の辰巳用水は、兼六園に入ってからは曲水を通り、霞ケ池に流入し、何個所かの分水をしながら園外に流出する。築造当初の園内の水路は不明であるが、今の曲水のような形でなく浅野川に面する崖の上を通り、そこから地中に入って百間堀にかかる石川橋の地下を通り、金沢城に入っていたようである。

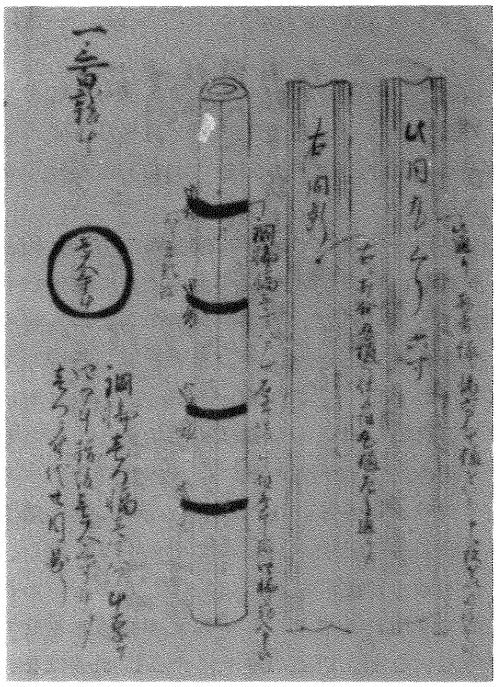
この際霞ケ池と金沢城間は逆サイホン構造となっていた。明治以前の用水で逆サイホンを利用したものは全国でも例がなく、きわめてめずらしいものである。辰巳用水が有名なのは、この逆サイホンの原理を実地に応用しているからにほかならない。辰巳用水の逆サイ

図－7　金沢城の導水管路

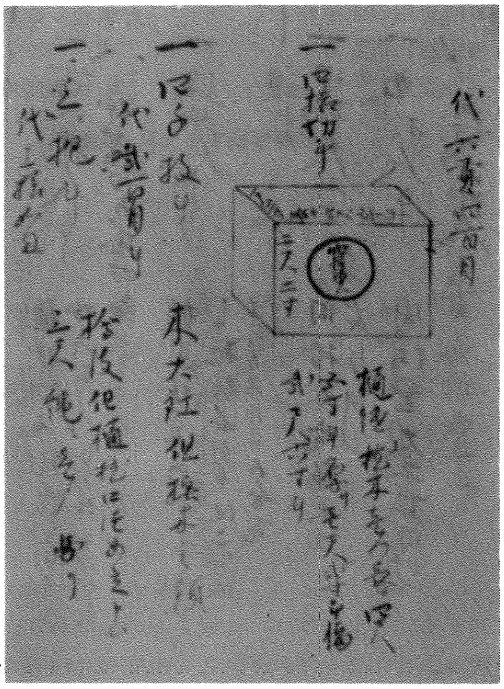


ホンの水位関係は、呑口の霞ケ池(WL53.6m)と吐口の二の丸(WL50.2m)間で3.4mの落差があり、もっとも低い石川橋地点では、霞ケ池との間で11.4mの水位差がある。すなわちここには1.14kg/㎠の水圧がかかることになる(図－7)。このため管の水密保持には特に工夫をこらしたものと思われる。ここに使用された管は、築造当初は木造樋管であったが、天保年代以降は補修の際石造樋管に置き換えたようである。まず木造樋管の構造は二つ割にした木をくり抜き、これを銅輪で締めつける。継手には円形に穴をあけた石を用いたようである。石造樋管の場合、代表的な寸法は一辺が40cmの正方形で、長さ90cm～120cmの

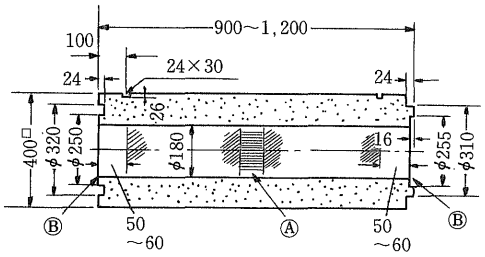
写真－6　木造樋管



写真－7　木造樋管継手石



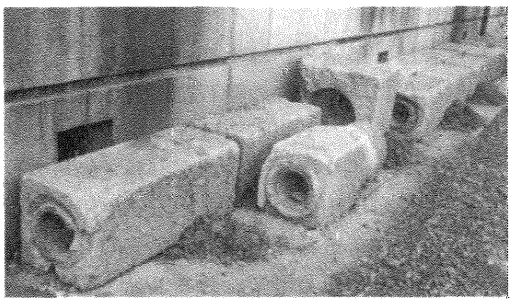
図－8　石管の寸法



（単位mm）

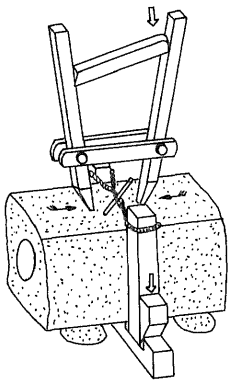
石柱に内径18cmの孔を貫通させるもので、その両端面には継手のため雌雄の印ろう加工が施されていた。継手の施工方法は次のようで

写真－8　掘り出された石造樋管



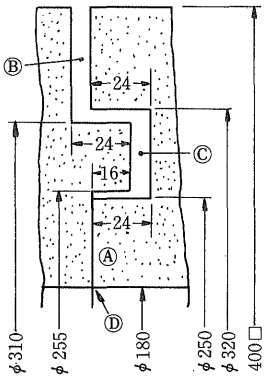
あったと想像される。まず印ろう部には水漏れ防止用の充填材として松ヤニを塗布し、管の上部にあるカスガイ穴を利用して図－9のような工具で管を締めつける。この状態で継

図－9　石管を接続する工具（想像図）



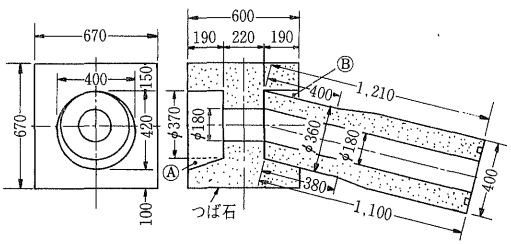
手部の詳細寸法は図－10の通りである。内側A部が密着しても外側には軸方向の隙間B部が残るようになっており、この隙間の寸法を測

図－10　印ろう部の詳細図



ることによって内側の密着度が判断できた。またこの隙間には余分に塗られた松ヤニがはみ出してくるので、C部に十分に充填されたか否かを判断するのに好都合であったと思われる。また管路の方向を変えるには一辺が70cmほどの継手石が用いられた。継手石の寸法

図－11　継手石による石管の接続（単位mm）



は図－11の通りであり、この際B部には松ヤニで煮た桧皮などを固く詰め、止水したようである。継手石での方向変化は約30度程度である。

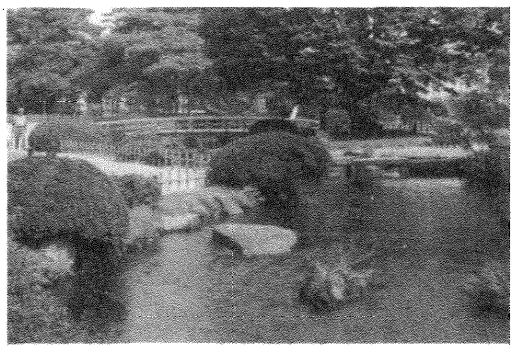
時代が下るにつれて石造樋管の製造技術が向上し、埋設個所も城内だけでなく城外にも広がっていった。市内で工事の際この石管を掘りあてることがあり、標本として陳列してあるのをよく見受ける。ただし、市内における石造樋管埋設の全容は不明である。また兼六園の霞ケ池下方の池には日本庭園にめずらしい噴水がある。これは文久元年に13代藩主斉泰公が辰巳用水を城中に引水するに際し、この動水勾配の試験用に設けたものといわれ動力を使わぬ噴水として観光客を感心させている。なお、以上の逆サイホンは明治になっ

て百間堀を埋立て道路を築造した際、石川橋も併せて改築されたが、この時に管が切断され現在は生きていない。

6．おわりに

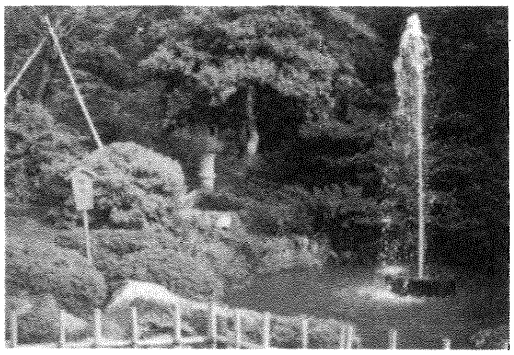
さきに述べたように、私は兼六園のなり立ちがたえず疑問であった。城に隣接し、防備上もっとも重要な地域に兼六園をつくったのはいかなる理由によるのであろうか。これを辰巳用水との関連で考えれば理解できるように思われるのである。以下はまったくの私見であるが一応述べてみたい。辰巳用水は兼六園の中を通過し、霞ケ池畔を呑口として逆サイホンで城中に入る。この径路は当時にすれば重要であり、できるだけ秘密にしたかったと思われる。また兼六園内の辰巳用水のあり方を一貫した水利施設と見た場合、緩い流れの曲水は沈砂池ないし沈でん池、霞ケ池は水量調整のための調整池、噴水は動水勾配の試験用とも考えられるのである。本来は金沢城

写真－9　兼六園の曲水



写真－10　兼六園内、霞ケ池

写真－11　噴水、動水勾配の試験用といわれる



と一体と考えてもよい小立野台地の末端に見事な庭園をつくったのは、これにかこつけて一連の水利施設としての意図を隠そうとしたのでなかろうか。このような考え方が兼六園築造の理由として、ひとつのヒントになると思うのである。加賀藩の3代目藩主利常公（辰巳用水築造時の藩主）は賢明な人であったが徳川将軍をはばかって鼻毛をのばし、一見痴呆をよそおったといわれる。前田家と徳川家の関係からすれば、このようなこともあったのかと思われる。辰巳用水と兼六園についても同様なことが考えられるのでなかろうか。ただし、兼六園は当初から現在の姿に整備されたのでなく、現況になったのは幕末になってからのようである。したがって、この意図も長年月かかって実現したことになる。

辰巳用水は性格上不明の部分が多い。たとえば築造にあたっての最大の功労者、板屋平四郎の生涯と業績についてである。平四郎は加賀の国小松の住人であり、若い時から計算、測量などに詳しく、辰巳用水のほかにも能登や越中で農業用水路の建設に従事したといわれるが、詳細は不明である。奇怪なのはその最後であり、没年、死因などいずれもはっきりしない。死因のひとつに辰巳用水完成後暗殺されたとの説がある。これは辰巳用水が城の防備上重要な役割を持つため、内容をしっている平四郎の口を封じたとの考え方である。犀川上流の袋板屋町には平四郎を奉た板屋神社がある。この奉りを怠たると気象が荒れるとの伝説があり、これも平四郎の暗殺説を裏

づけているといわれる。いずれにしても十分な技術や器具のない時代に、短期間でこの辰巳用水を築造したことに対し、心から敬服するものであり、「水」の先覚者板屋平四郎を誇りとしていいと思うのである。

この文章の記述にあたり、国立石川工専校長(金大名誉教授)喜内敏先生、金大工学部宮江伸一先生から多くの資料をいただき、またご教示に預かった。ここに厚くお礼申し上げて筆を置きたいと思う。

技術レポート4

T形ダクタイル管の性能と施工について

久保田鉄工株式会社
鉄管研究部長 長尾正三
渡辺勇一
成田輝隆

1．はじめに

T形ダクタイル管は、昭和45年に日本ダクタイル鉄管協会規格（JDPA規格）として呼び径75～250mmについて規格制定された。その後、昭和48年に日本水道協会規格が制定され今日まで小口径管用の継手として水道用その他に広く普及してきた。

一方、海外市場からの強いニーズにより、呼び径2000mmまでT形管の大口径化をはかった結果、昭和52年以降、急速に生産量が増え現在では年間15万トンを越える量が中近東をはじめとする国々へ輸出されている。

こうした背景から、昭和54年に呼び径300～2000mmまでをJDPA規格として標準化した。

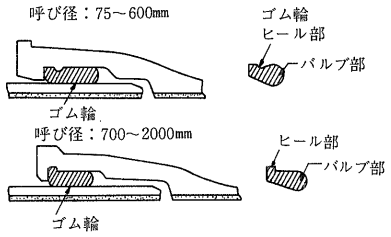
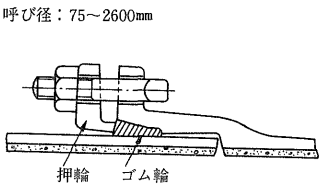
従来のメカニカル形式の継手と比べて、押輪、ボルトナットがいらないプッシュオン形式の継手であるため、経済性の面あるいは使用条件などから、最近国内でも主として農業用水パイプラインにおいて中大口径のT形管が使用されはじめた。

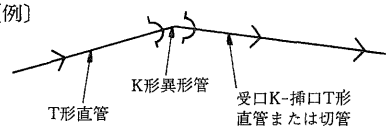
今後、さらに農業用水をはじめとするパイプラインに対してT形管が検討に加えられ、採用されるケースが多くなるものと考えられるので、その際の参考資料としてT形管の特徴、性能、施工について以下にまとめてみた。

2．T形ダクタイル管の特徴

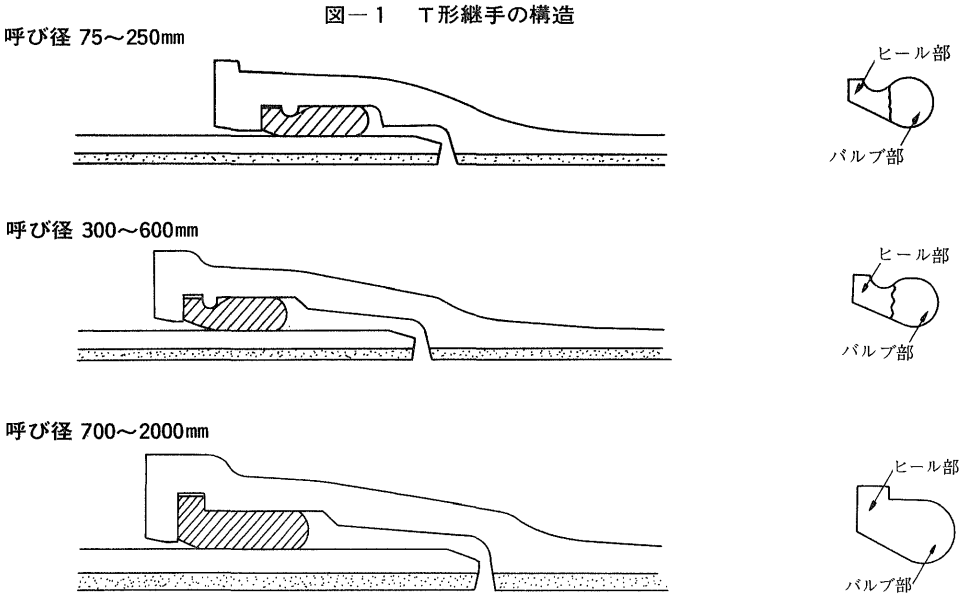
T形ダクタイル管の特徴について、従来もっとも一般的に使用されているK形ダクタイル管と比較して表－1に示す。

表－1　T形ダクタイル管の特徴

<table>
<tr><th>項　目</th><th>T形ダクタイル管</th><th>K形ダクタイル管</th></tr>
<tr><td>継手構造</td><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>規　格</td><td>呼び径75～250mm　JWWA　G　110　水道用T形遠心力ダクタイル鋳鉄管
呼び径300～2000mm　JDPA　G　1024　T形遠心力ダクタイル鋳鉄管</td><td>呼び径 75～2600mm
JDPA　G　1001　K形遠心力ダクタイル鋳鉄管</td></tr>
<tr><td>継手の
水密機構</td><td>接合した状態でゴム輪のバルブ部が圧縮され20～30kg/㎠の面圧が止水面に働く。
内圧が負荷されると、ゴム輪のセルフシール作用によって、水圧に応じて面圧が増加し、確実に止水される。
ゴム輪は、ヒール部と受口端の突部によってバックアップされる。</td><td>接合した状態でゴム輪丸部が圧縮され、20～30kg/㎠の面圧が止水面に働く。
内圧が負荷されると、ゴム輪のセルフシール作用によって、面圧が増加し、確実に止水される。
ゴム輪角部は、押輪とボルトで締付けられることで、70kg/㎠程度の面圧で圧着される。ゴム輪角部と押輪によって丸部はバックアップされる。</td></tr>
<tr><td>継手の
耐水圧強度</td><td>継手の耐水圧強度は、水密機構および試験結果から管体が破壊するまで耐えることが確認されているが、一般には破壊水圧の約70%の値としている。</td><td>水密機構から管体の破壊水圧まで継手は耐える。試験結果から、T形ダクタイル管以上の耐水圧強度が得られる</td></tr>
<tr><td>継手の
可とう性</td><td>継手の許容曲げ角度は次の通りである。
<table>
<tr><th>呼び径(mm)</th><th>許容曲げ角度</th></tr>
<tr><td>75</td><td>5°</td></tr>
<tr><td>100</td><td>5°</td></tr>
<tr><td>150</td><td>5°</td></tr>
<tr><td>200</td><td>5°</td></tr>
<tr><td>250</td><td>5°</td></tr>
<tr><td>300</td><td>4°</td></tr>
<tr><td>350</td><td>4°</td></tr>
<tr><td>400</td><td>3°30′</td></tr>
<tr><td>450</td><td>3°</td></tr>
<tr><td>500</td><td>3°</td></tr>
<tr><td>600</td><td>3°</td></tr>
<tr><td>700</td><td>2°30′</td></tr>
<tr><td>800</td><td>2°30′</td></tr>
<tr><td>900</td><td>2°30′</td></tr>
<tr><td>1000</td><td>2°</td></tr>
<tr><td>1100</td><td>2°</td></tr>
<tr><td>1200</td><td>2°</td></tr>
<tr><td>1350</td><td>2°</td></tr>
<tr><td>1500</td><td>2°</td></tr>
<tr><td>1600</td><td>2°</td></tr>
<tr><td>1650</td><td>2°</td></tr>
<tr><td>1800</td><td>2°</td></tr>
<tr><td>2000</td><td>2°</td></tr>
</table>
管をまっすぐに接合し、上記曲げ角度まで自由に曲げられる。</td><td>継手の許容曲げ角度は次の通りである。
<table>
<tr><th>呼び径(mm)</th><th>許容曲げ角度</th></tr>
<tr><td>75</td><td>5°</td></tr>
<tr><td>100</td><td>5°</td></tr>
<tr><td>150</td><td>5°</td></tr>
<tr><td>200</td><td>5°</td></tr>
<tr><td>250</td><td>4°00′</td></tr>
<tr><td>300</td><td>3°20′</td></tr>
<tr><td>350</td><td>4°50′</td></tr>
<tr><td>400</td><td>4°10′</td></tr>
<tr><td>450</td><td>3°50′</td></tr>
<tr><td>500</td><td>3°20′</td></tr>
<tr><td>600</td><td>2°50′</td></tr>
<tr><td>700</td><td>2°30′</td></tr>
<tr><td>800</td><td>2°10′</td></tr>
<tr><td>900</td><td>2°00′</td></tr>
<tr><td>1000</td><td>1°50′</td></tr>
<tr><td>1100</td><td>1°40′</td></tr>
<tr><td>1200</td><td>1°30′</td></tr>
<tr><td>1350</td><td>1°20′</td></tr>
<tr><td>1500</td><td>1°10′</td></tr>
<tr><td>1600</td><td>1°30′</td></tr>
<tr><td>1650</td><td>1°30′</td></tr>
<tr><td>1800</td><td>1°30′</td></tr>
<tr><td>2000</td><td>1°30′</td></tr>
<tr><td>2100</td><td>1°30′</td></tr>
<tr><td>2200</td><td>1°30′</td></tr>
<tr><td>2400</td><td>1°30′</td></tr>
<tr><td>2600</td><td>1°30′</td></tr>
</table>
この場合、まず管を直線にセットし、ゴム輪を正常な位置にはめ込み、ある程度締付けた後曲げ、続いて標準トルクまで締付ける。</td></tr>
</table>

項　目	T形ダクタイル管	K形ダクタイル管
接合性	① プッシュオンタイプの継手であり、レバーブロックなどのけん引器具で挿口を挿入する。 ② 滑剤は専用のダクタイル管継手用滑剤を使用する。 ③ 切管は管を切断後、挿口端に面取り加工が必要である。	① メカニカルタイプの継手であり、ラチェットレンチなどでボルトを締付けて接合する。 ② 滑剤は専用のダクタイル管継手用滑剤か、あるいは濃い石けん液を使用する。 ③ T形のような切管後の面取り加工はいらない。
実績	呼び径 250mm以下については、昭和45年規格化以来、広く普及している。 呼び径 300mm以上については、昭和54年に規格化され、農業用水パイプラインに普及しはじめた。 海外向けには昭和52年に製品化以来、数多くの実績がある。	ダクタイル管の代表的な継手として、昭和40年に規格化以来広く普及し、信頼を得ている。
異形管	① 呼び径 250mm以下 T形、A形、K形異形管 呼び径 300～350mm A形、K形異形管 呼び径 400mm以上 K形異形管 が用いられる。 ② 異形管がK(またはA)形の場合の挿口側は、受口K(またはA)－挿口T形直管（または切管）が接続される。 〔例〕  	① K形異形管が用いられる。
施工性	直線管路に適す。 複雑な配管では切管が多いため、K形に比べて面取り加工に手間がかかる。	複雑な配管でも直管と同様に接合でき、切管に伴う面取りが不要であるため、管路が輻輳している市街地や分岐・異形管の多い配管にも適す。
経済性	① 管材料 付属品がゴム輪だけであり、継手接合材料費が安い。 また管体も、受口製造工数などの低減により安価となる。 ② 掘削土量 ボルト締めの作業がないので、継手掘り量が少ない。 ※継手掘りの標準(増掘り深さおよび長さ) 呼び径 900mm以下　深さ0.2m　長さ1.0m 〃 1000～1350mm　〃 0.25m　〃 1.2m 〃 1500mm以上　〃 0.3m　〃 1.3m (社)農業土木学会「パイプラインの設計資料」より ③ 布設費 継手構造から、ボルト締め作業が不要であり、布設費が軽減できる	① 管材料 付属品はゴム輪、押輪、ボルトナットからなる。 ② 掘削土量 ボルト締めのための継手掘り量が必要である。 ※継手掘りの標準 Ⓐ 増掘り深さおよび長さ 呼び径 500mm以下　深さ0.4m　長さ1.0m 〃 600～1350mm　〃 0.6m　〃 1.2m 〃 1500mm以上　〃 0.8m　〃 1.3m Ⓑ 増掘り幅および長さ 呼び径 900mm以下　幅(管側より)0.5m　長さ1.0m 〃 1000～1350mm　〃 0.6m　〃 1.2m 〃 1500mm以上　〃 0.8m　〃 1.3m (社)農業土木学会「パイプラインの設計資料」より

図－1　T形継手の構造



3．T形継手の構造と水密機構

T形継手は挿口、受口、ゴム輪から構成されるプッシュオンタイプの継手である。付属品がゴム輪のみで、メカニカルタイプのA形、K形継手のような押輪、ボルトナットがいらない。

受口にゴム輪をセットし、挿口を挿入することによりゴム輪は約35%圧縮され、ゴムの反発力で20～30 kgf/㎠の面圧が止水面に働く。

ゴム輪はヒール部とバルブ部からなる。ヒール部は受口溝部と嵌合し、固定されるので挿口の挿入時にゴム輪がねじれたり、ころがったりすることがない。呼び径700㎜以上の大口径では、バルブ部のボリュームが大きくしたがって挿入時の抵抗も大きくなる。そのため、特にヒール部の形状を矩形にして大きくすることで、さらに確実に固定され、確実に接合できるように配慮されている。

挿口の先端は面取りしてあり、挿口が挿入されるにつれてゴム輪を徐々に圧縮し、ゴム輪を傷つけずスムースに接合できる。

接合状態で20～30 kg/㎠の面圧がバルブ部の圧縮により働いているが、さらにこの面圧を超える大きな圧力が加わっても、ゴム輪のセルフシール作用により継手は耐える。

内圧が加わると、ヒール部が受口に固定され、受口端の突部でバックアップされているため、ゴム輪の逃げ場がなくなる。そのためバルブ部が内圧により膨らもうとして、その復元力でさらに強く止水面に圧着し、水圧に応じて面圧が増加する。

このセルフシール作用の測定結果を図－2に示す。

T形継手の構造と水密機構をまとめると次のようにいえる。

① 中実構造のバルブ部が圧縮されることにより、大きな面圧と広い止水面が得られる。

② ヒール部が確実に固定され、ゴム輪のねじれ、ころがり、引きづられを防ぐ。

③ ヒール部が固定され、受口でバックアップされているため、確実なセルフシール作用が働き高圧に耐える。

④ ゴム輪の断面積を大きくとってあるため、内外圧に対する安全性が高い。

4．T形継手の性能試験結果

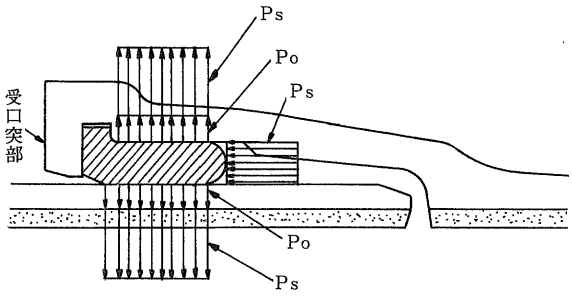
4-1．接合試験結果

図－3に示す、所定の接合方法で継手を接合し、接合所要時間および挿入力を測定した。

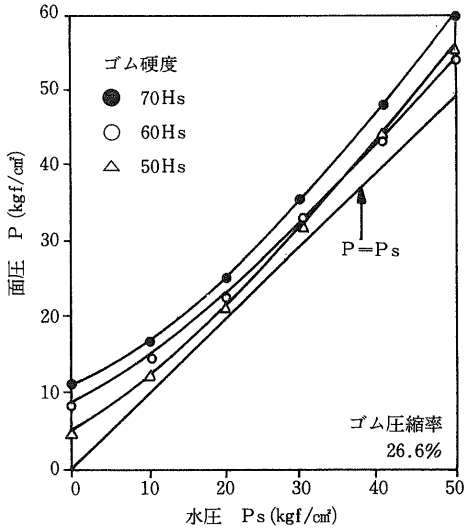
接合手順は次の通り。

① 挿口、受口、ゴム輪の清掃

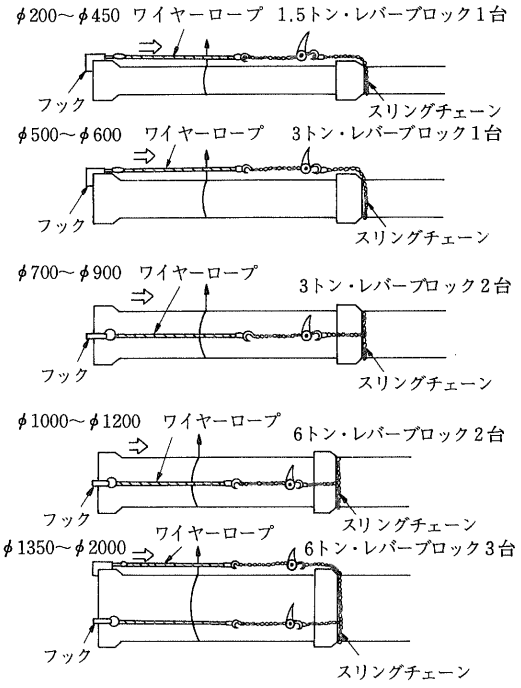
図－2　T形継手のセルフシール作用



P　：面圧(kgf/cm²)
Po：接合時の面圧(kgf/cm²)
Ps：水圧(kgf/cm²)



図－3　T形継手の接合方法



② ゴム輪を受口にセット
③ 滑剤の塗布
④ 挿口を受口に預ける
⑤ 接合器具のセット
⑥ 接合(挿口の挿入)
⑦ ゴム輪の位置の確認

試験結果を表－2に示す。
接合所要時間は、清掃からゴム輪の位置の確認までの合計の時間を示す。また挿入力は接合器具に接続した荷重計(ロードセル)で測定した。

表－2　接合試験結果

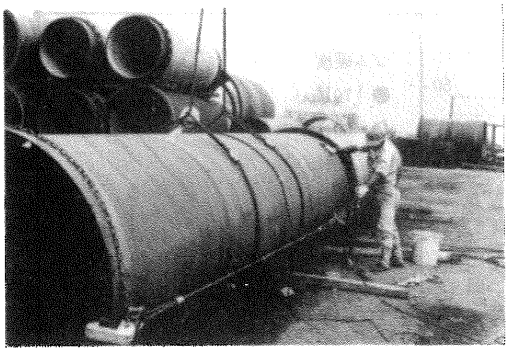
呼び径 (mm)	人員 (人)	接合器具 容量 (Ton)	接合器具 台数 (台)	所要時間 (分)	挿入力 (Ton)
300	2	1.5	1	10	0.7
450	2	1.5	1	10	1.5
600	2	3	1	10	2.3
700	3	3	2	15	2.7
800	3	3	2	15	3.0
900	3	3	2	15	3.3
1000	3	6	2	20	5.3
1200	3	6	2	20	6.7
1500	4	6	3	25	8.7
1600	4	6	3	25	10.0
1800	4	6	3	25	11.4
2000	4	6	3	30	12.8

ボルト締めが必要なK形継手の場合、ボルト締め作業のみでもφ500……7分、φ1200……16分、φ1800……25分という時間を要している。T形継手の場合、ボルト締め作業が省略でき、よりいっそう早く接合できる。

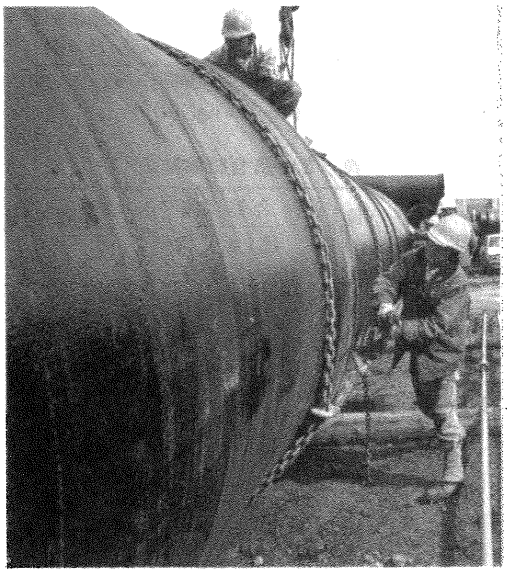
4－2．継手の水圧試験結果

2本の管を接合後、両端にキャップを取付け、管をステーバーで固定し水圧を負荷した。試験結果を表－3に示す。

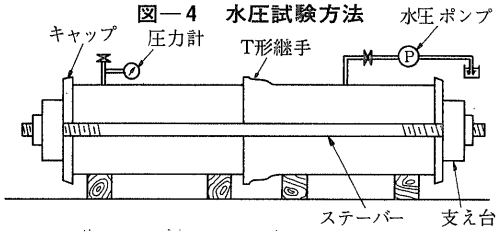
写真―1　呼び径1200㎜Ｔ形管の接合試験



写真―2　呼び径1800㎜Ｔ形管の接合試験



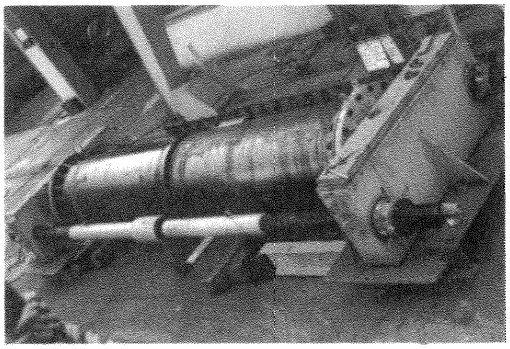
図―4　水圧試験方法



表―3　水圧試験結果

呼び径(㎜)	負荷水圧(kgf/㎠)	試　験　結　果
250	200	管体が破裂したが継手部は異常なし
300	60	漏洩その他の異常なし
450	60	〃
600	60	〃
700	60	〃
1000	60	〃
1500	40	〃
2000	25	〃

写真―3　水圧試験方法

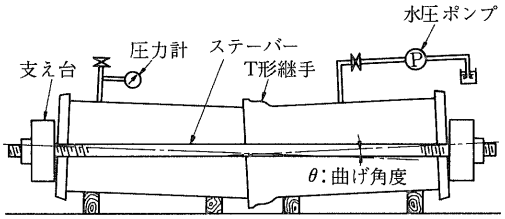


呼び径250㎜の水圧試験結果から、管が破裂するまで継手は耐えるといえる。大口径になるほど試験装置に限界があるため、試験負荷水圧は小さくなっているが、静水圧10kgf/㎠以上の高圧パイプラインでも十分保証できる耐水圧強度があるという結果が得られている。

4－3．継手の曲げ水圧試験結果

2本の管を接合後、継手を許容曲げ角度の約2倍まで屈曲させ、図―5に示す方法で水圧を負荷した。

図―5　水圧曲げ試験方法

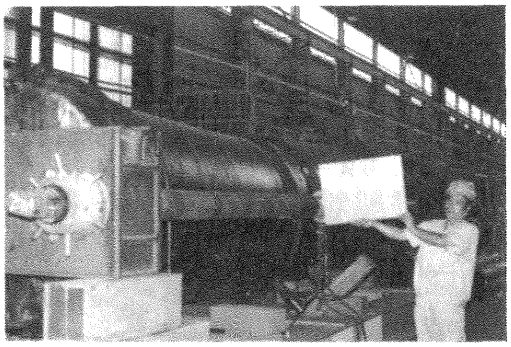


試験結果を表―4に示す

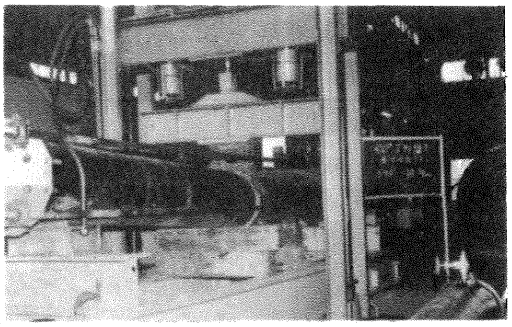
表―4　水圧曲げ試験結果

呼び径(㎜)	曲げ角度	負荷水圧(kgf/㎠)	試　験　結　果
150	10°00′	30	漏洩その他の異常なし
250	8°00′	30	〃
300	8°00′	30	〃
450	5°00′	30	〃
500	6°00′	60	〃
600	5°00′	30	〃
700	4°40′	25	〃
1000	4°00′	50	〃
1200	4°00′	25	〃
1500	4°00′	35	〃
1800	4°00′	20	〃
2000	4°00′	20	〃

写真－4　呼び径1500mm水圧曲げ試験



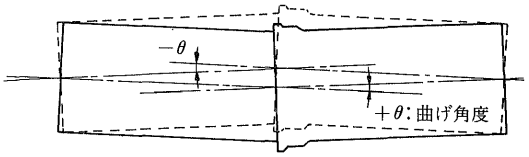
写真－5　呼び径 450mm水圧曲げ試験



4－4．継手の繰返し曲げ試験結果

管を接合後、図－6に示すように継手を繰返し屈曲させた。その後、継手を曲げた状態で継手部に水圧テストバンドをセットし、水圧試験を行った。

図－6　繰返し曲げ試験方法



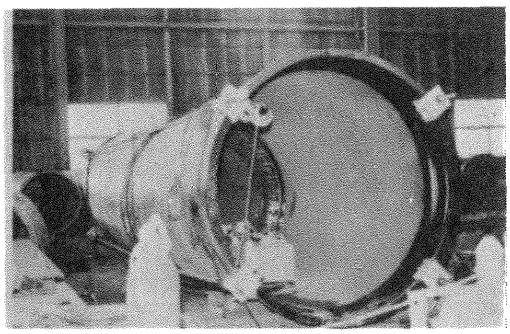
試験結果を表－5に示す。

表－5　繰返し曲げ試験結果

呼び径 (mm)	繰返し曲げ角度	繰返し回数 (回)	負荷水圧 (kgf/cm²)	試験結果
1000	±2°00′	20	20	漏洩その他の異常なし
1200	±2°00′	20	20	〃
2000	±2°00′	20	20	〃

試験結果から継手が繰返し大きな屈曲を受けても、ゴム輪が受口に固定され、移動しない継手構造であるため、水密性はまったく低下せず信頼性が高いことが確認された。

写真－6　呼び径2000mm繰返し曲げ試験における水圧負荷の状況

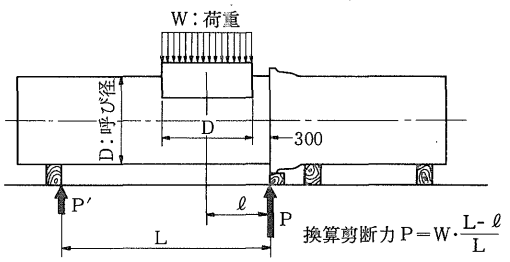


4－5．継手の耐外圧試験結果

T形継手の耐外圧性能を確認するため、継手部に剪断力を載荷し、水密性を確認する試験を行った。

とう性管について標準化された載荷方法がないので、ASTMおよびDIN規格を参考にし

図－7　耐外圧試験方法



図－7に示す方法で試験した。

試験結果を表－6に示す。

試験結果から、土被り5mに相当する土圧に対して管1本分がまったく支持されず、両側の継手で支承されたと仮定した場合に相当する剪断力が継手にかかっても、継手は32kgf/cm²の高水圧に耐えることが確認できた。

4－6．埋設試験結果

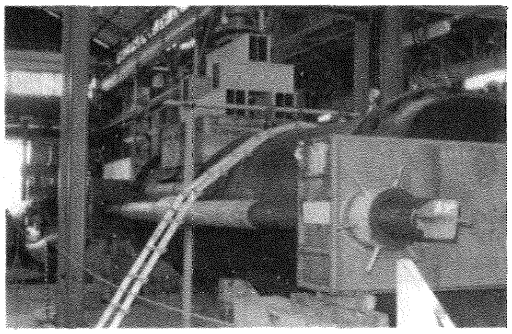
T形管の埋設条件下での撓み挙動を調べるため、図－8に示すような埋設試験槽内に管を埋設し油圧ラムで土圧を負荷した。

(1)　埋設条件

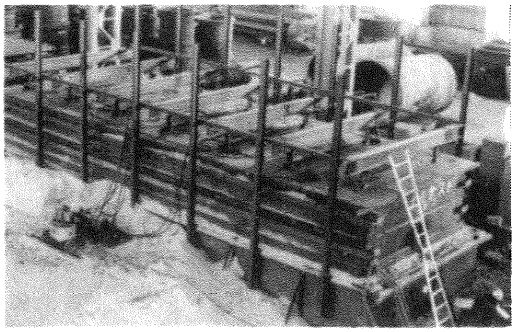
表－6　耐外圧試験結果

呼び径 (mm)	管厚	換算剪断荷重 (Ton)	挿口撓み量 (mm)	受口挿口隙間変化 (mm)	負荷水圧 (kgf/cm²)	試験結果
1500	5種管	36	32.7	6.6	32	漏洩その他の異常なし

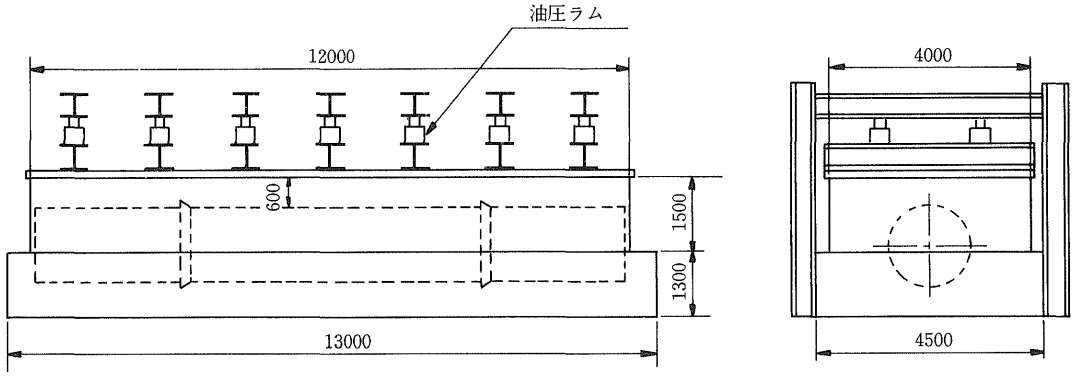
写真－7　呼び径1500mm耐外圧試験状況



写真－8　埋設試験状況



図－8　埋設試験方法

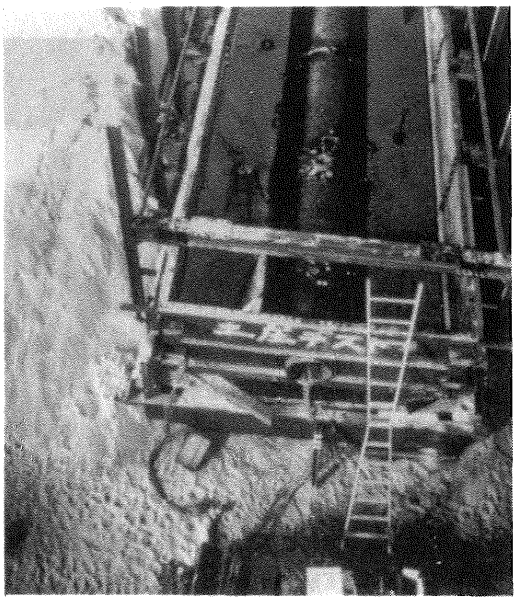


表－7に示すような条件で呼び径900mm、1500mm、1600mmについて試験した。

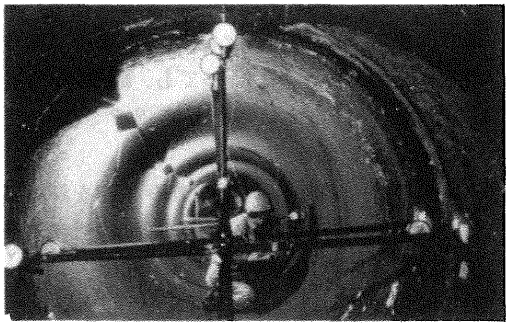
(2)　試験結果

埋設試験の結果を図－9～11に示す。不均一な支持条件下においても、管の撓み量に対して継手の隙間変化量はきわめて小さく、継手は十分安全である。

写真－9　呼び径1500mm供試管のセット



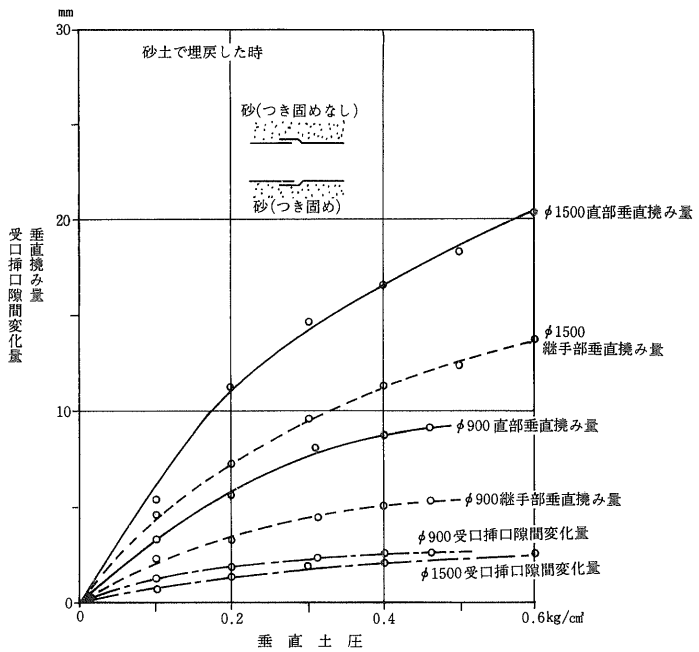
写真－10　呼び径1500mm供試管の撓み量の測定



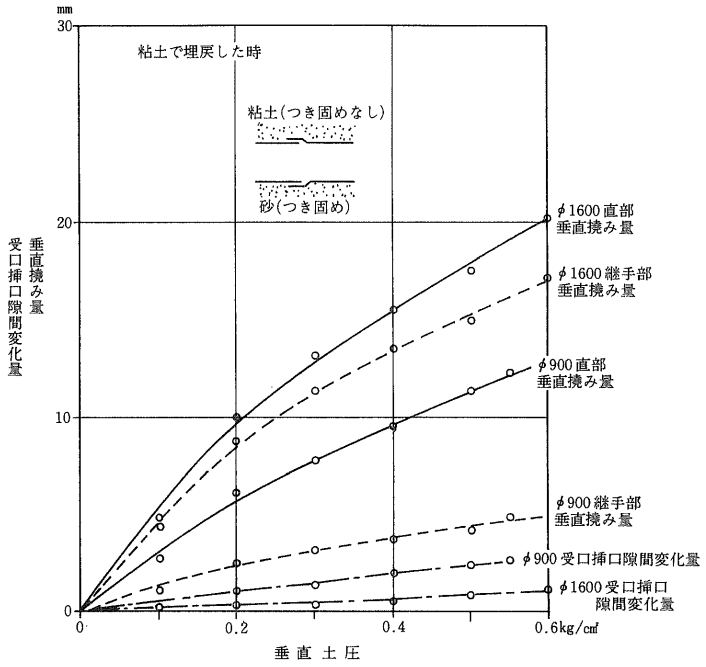
表－7　埋設試験条件

支持条件	継手部の埋設条件	呼び径 (mm)	基礎	埋戻し 土質	埋戻し つき固め
均一な支持	砂土(つき固めなし) 挿口　受口 鋼板 つき固めた砂土	900 1500	つき固めた砂土＋鋼板	砂土	無
均一な支持	粘土(つき固めなし) 挿口　受口 つき固めた砂土	900 1600	つき固めた砂土＋鋼板	粘土	無
不均一な支持	粘土(つき固めなし) 挿口　受口 鋼板 つき固めない粘土　つき固めた砂土	1500	(挿口側)つき固めない粘土 (受口側)つき固めた砂土＋鋼板	粘土	無
不均一な支持	砂土(つき固めなし) 挿口　受口 鋼板 つき固めた砂土　つき固めない粘土	1600	(挿口側)つき固めた砂土＋鋼板 (受口側)つき固めない粘土	粘土	無

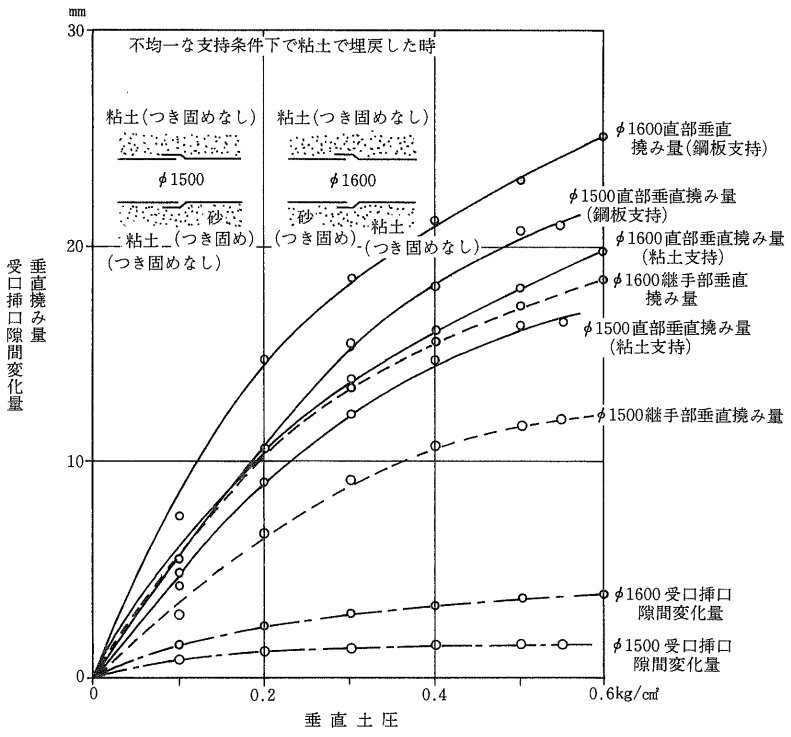
図－9　埋設試験結果(均一支持、砂埋戻し)



図—10　埋設試験結果（均一支持、粘土埋戻し）



図—11　埋設試験結果（不均一支持、粘土埋戻し）



5．T形ダクタイル管の施工

5-1．接合要領

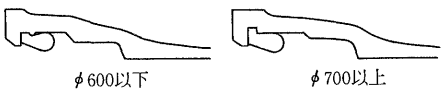
① 挿口外面、受口内面の異物を除き、ウェスでふく。

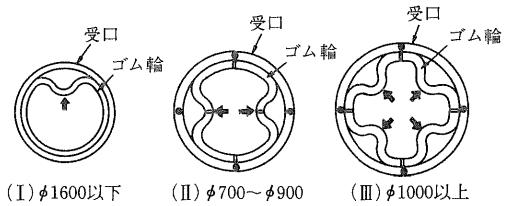
② ゴム輪の挿入

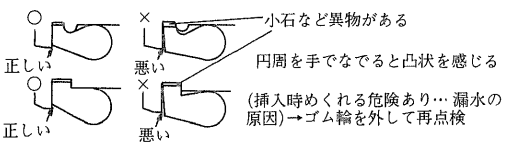
1) きれいに清掃したゴム輪を、丸部（バルブ）が奥になるように受口にはめ込む。

2) 呼び径 700mm以上の場合は、図のように受口とゴム輪に印したマークを合わせて装着する。

3) ゴム輪の装着状態の確認。





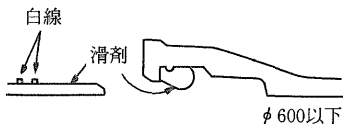


③ 滑剤の塗布

1) 指定の滑剤（ダクタイル管継手用滑剤）を使用する。

2) ゴム輪の表面、挿口外面（端面から白線まで）に塗布する。

3) 滑剤１缶で接合できるジョイント数は表の通り。



呼び径(mm)	ジョイント数
75	160
100	120
150	90
200	65
250	55
300	50
350	45
400	40
450	35
500	33
600	30
700	25
800	20
900	17
1000	15
1100	12
1200	11
1350	9
1500	8
1600	7
1650	6
1800	5
2000	4

（注意）

グリースなどの油類は、ゴム輪に悪影響を与えるので使用厳禁。また市販のプラスチック管用滑剤も不適である。

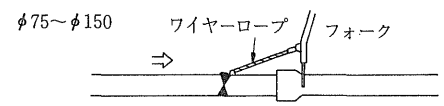
④ 接合

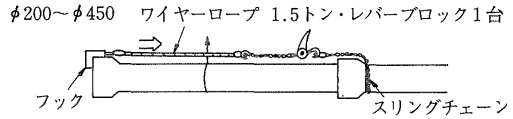
1) 挿口を受口に預ける。

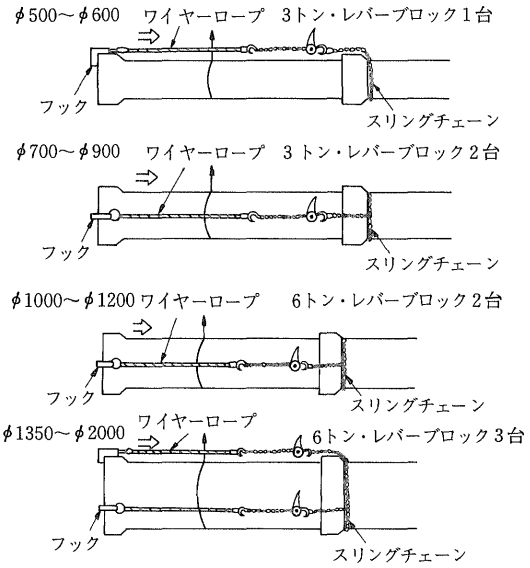
2) 接合器具により挿口を受口に挿込む。
（２本の白線の中間に受口端がくるまで）

3) ゴム輪を挿口が乗り越えると、抵抗が急激に減る。

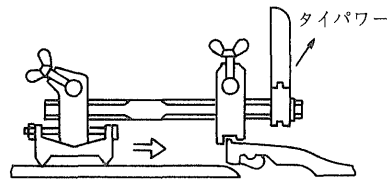
4) 抵抗が異常に大きい時は無理しないで分離して点検、再接合する。
（バックホウなど強力機械で押込むと異常抵抗が発見できないので、できるだけ使用しない方がよい。）



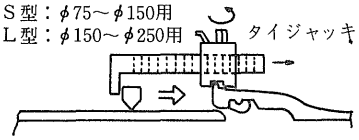


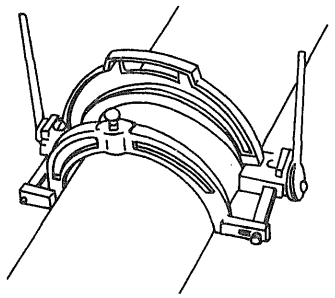


φ75～φ250次の方法でも接合可能

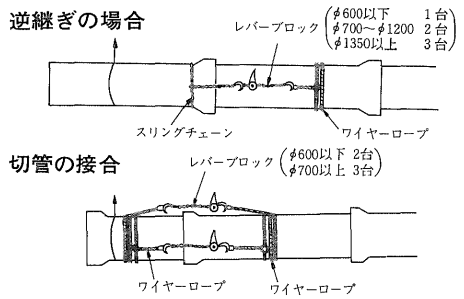


S型：φ75～φ150用
L型：φ150～φ250用



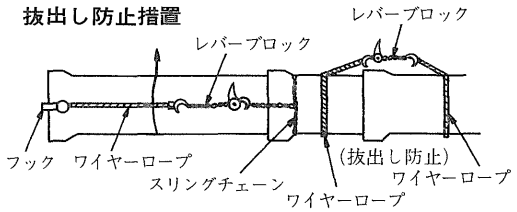


5) 逆継ぎ(挿口に受口を接合する場合)および3m未満の切管の接合は、図のようにする。



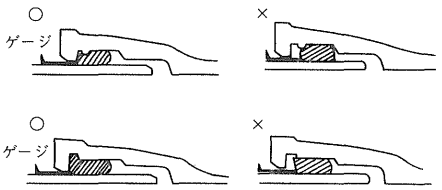
6) 抜出し防止措置

切管(3m未満)に接合する場合は、レバーブロックで既設の継手の抜出しを防ぐ。



⑤ ゴム輪の確認

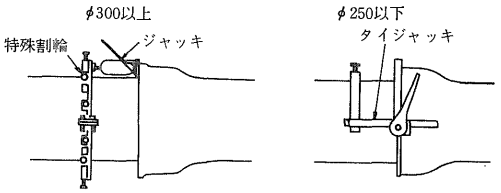
1) 受口と挿口の隙間に薄板ゲージを挿込みゴム輪が正しい位置にあるか点検する。(全円周)



2) ゲージが異常に入り込む時は、分離して点検する。

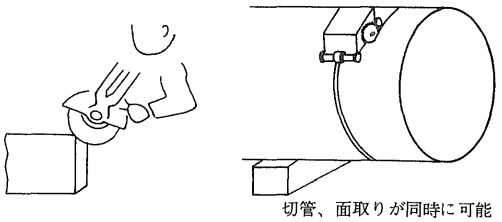
⑥ 分離器具

図のような方法で、継手は分離できる。

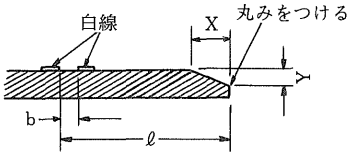


⑦ 切管

1) 切管して使用する場合は、管の挿入が正しくできるようグラインダやパイプカッターで面取りする。



2) 挿入位置を示す白線などを記入する。



（単位mm）

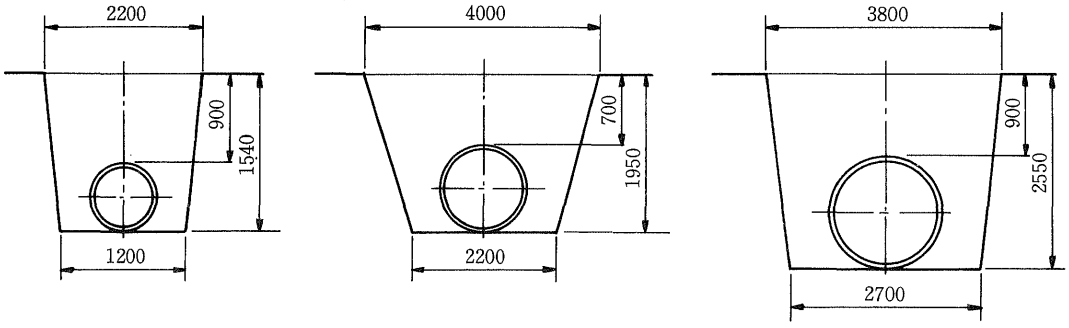
呼び径	面取寸法		白線の位置	
	X	Y	ℓ	b
75	9.5	3.2	78	13
100	〃	〃	82	〃
150	〃	〃	88	〃
200	〃	〃	95	〃
250	〃	〃	98	〃
300	〃	〃	118	〃
350	14	5	130	〃
400	〃	〃	〃	〃
450	〃	〃	〃	〃
500	〃	〃	140	〃
600	〃	〃	145	〃
700	15	6	160	20
800	〃	〃	165	〃
900	〃	〃	180	〃
1000	19	7.5	190	〃
1100	〃	〃	205	〃
1200	〃	〃	220	〃
1350	21	8	240	〃
1400	〃	〃	250	〃
1500	23	8.5	265	〃
1600	〃	〃	280	〃
1650	〃	〃	285	〃
1800	25	9	310	〃
2000	27	9.5	340	〃

⑧　曲げ配管の場合

呼び径(mm)	許容曲げ角度
75	5°
100	5°
150	5°
200	5°
250	5°
300	4°
350	4°
400	3°30′
450	3°
500	3°
600	3°
700	2°30′
800	2°30′
900	2°30′
1000	2°
1100	2°
1200	2°
1350	2°
1500	2°
1600	2°
1650	2°
1800	2°
2000	2°

管をまっすぐに接合し、上記曲げ角度まで自由に曲げられる。

図—12　施工試験における掘削断面



(i)呼び径600mm　　(ii)呼び径1200mm　　(iii)呼び径1600mm

5-2．施工試験結果

呼び径600mm、1200mm、1600mmについて、掘削溝で実際にT形管を布設し、時間測定を行った。

施工試験における掘削断面を図—12に示す。

施工試験結果を表—8に示す。

試験結果から、所要時間は表—2の接合所要時間とほぼ同程度であり、掘削溝内での作業性も良好であった。

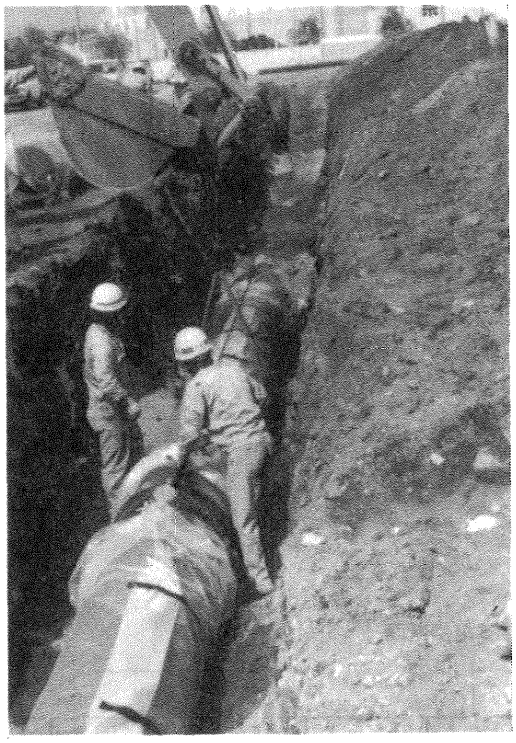
5-3．T形管路の異形管部の施工

呼び径300mm以上のT形管路の異形管は、K形を使用する。この場合、曲管部その他の

表－8　施工試験結果

呼び径 (mm)		600	1200	1600
所要人員		4名	6名	7名
接合器具		3TONレバーブロック 1台	5TONレバーブロック 2台	6TONレバーブロック 3台
接合継手数		50	20	10
継手1ヵ所当りの平均所要時間	清掃、ゴム輪セット	1分50秒	2分40秒	5分00秒
	吊込、滑剤塗布、接合	4分50秒	12分20秒	16分15秒
	据付	1分40秒	2分30秒	5分00秒
	合計	8分20秒	17分30秒	26分15秒

写真－11　呼び径600mm T形管の施工試験



写真－12　呼び径1600mm T形管の施工試験

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次の方法がある。

① コンクリートブロックによる方法

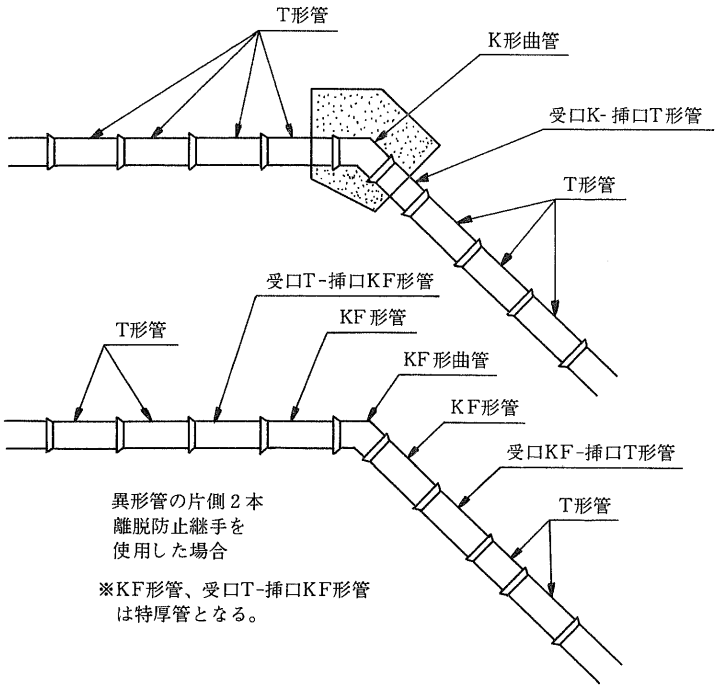
② 離脱防止継手(KF形、UF形)を使用する方法

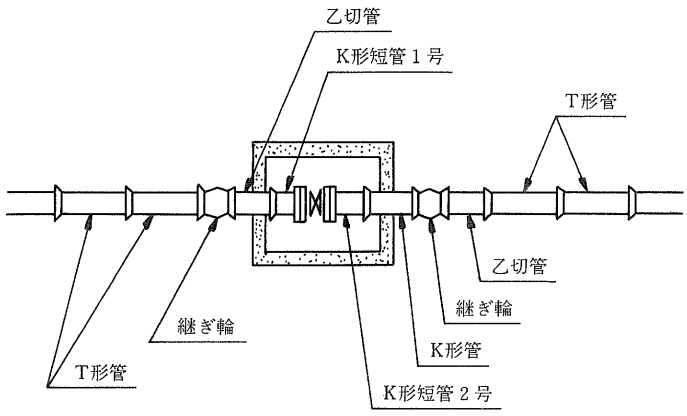
③ 離脱防止継手とコンクリートブロックを併用する方法

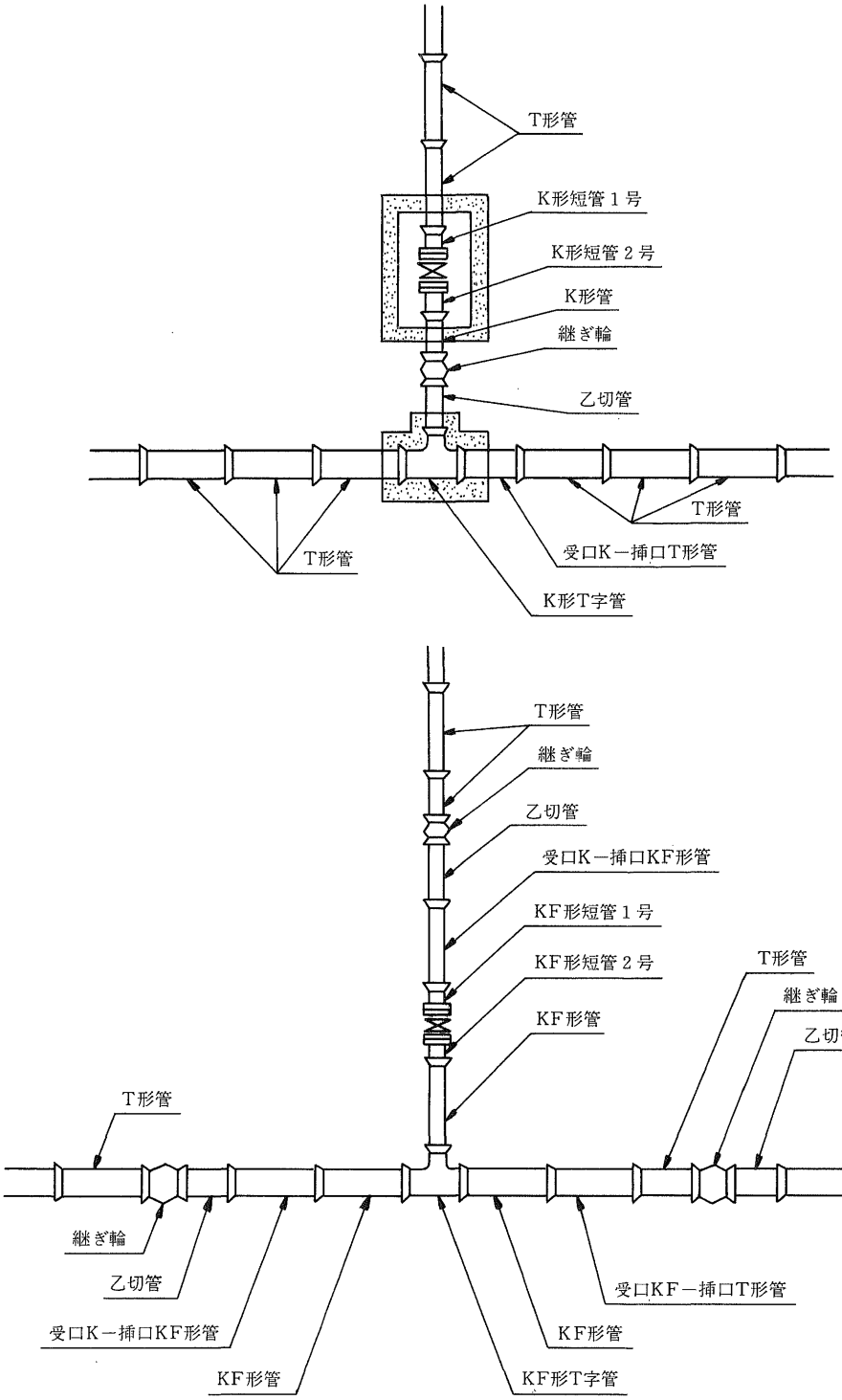
④ 特殊な抜止機構付の押輪を使用する方法(口径が小さく、内圧も低い場合)

異形管部においては、異形管の継手形式によって受口K形一挿口T形管、受口KF(またはUF)形一挿口T形管、受口T形一挿口KF(またはUF)形管を用意する必要がある。

前述の4つの離脱防止対策のうち①および②の場合についての例を以下の図で示す。


T形管
K形曲管
受口K-挿口T形管
T形管
受口T-挿口KF形管
KF形管
T形管
KF形曲管
KF形管
受口KF-挿口T形管
T形管
異形管の片側２本
離脱防止継手を
使用した場合
※KF形管、受口T-挿口KF形管
は特厚管となる。


乙切管
K形短管１号
T形管
乙切管
継ぎ輪
継ぎ輪
K形管
T形管
K形短管２号


T形管
K形短管１号
K形短管２号
K形管
継ぎ輪
乙切管
T形管
T形管
受口K－挿口T形管
K形T字管
T形管
継ぎ輪
乙切管
受口K－挿口KF形管
KF形短管１号
KF形短管２号
KF形管
T形管
継ぎ輪
乙切管
T形管
継ぎ輪
乙切管
受口K－挿口KF形管
KF形管
受口KF－挿口T形管
KF形管
KF形T字管

5-4. 採用実績

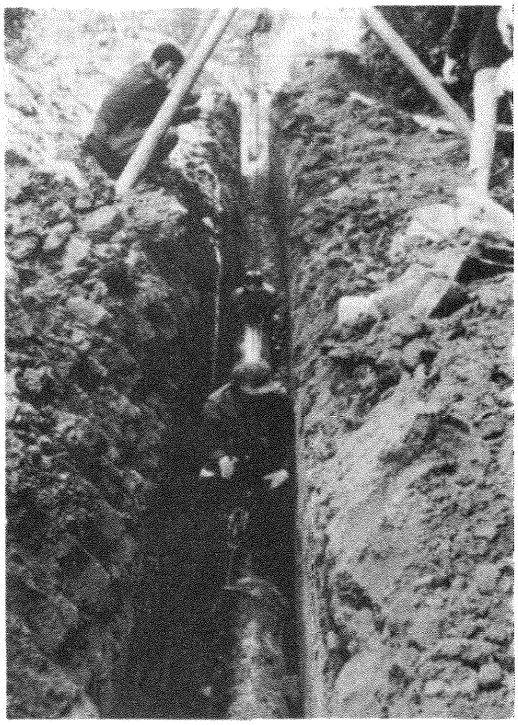
呼び径300㎜以上のT形ダクタイル管の採用実績について表－9に示す。

表－9　T形ダクタイル管の採用実績

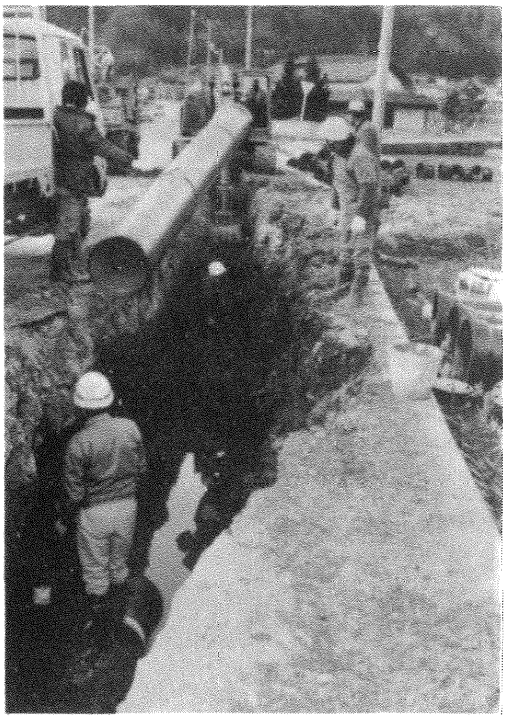
年度	国　名	呼び径 (㎜)	延　長 (m)
52	ナイジェリア	300～1600	51,300
	日　本	300・350	6,300
53	アラブ首長国連邦	500・600	116,000
	サウジアラビア	400～800	1,500
54	日　本	300	200
	クウェート	300～1200	162,800
	エジプト	700～1500	51,100
	サウジアラビア	800～1200	92,400
55	日　本	300～500	14,900
	クウェート	300～1200	105,500
	エジプト	300～1400	31,900
	サウジアラビア	300～1800	4,900
56(9月現在)	日　本	300～1500	7,900

T形ダクタイル管の施工現場において、接合所要時間を測定した結果を表－10に示す。

写真－13　S市　呼び径300㎜T形管の布設
（呼び径300㎜、350㎜×7,790m導配水管、最大静水頭81.48m）



写真－14　O県　呼び径400㎜T形管の布設
（呼び径300㎜、400㎜×4,950m送水管）



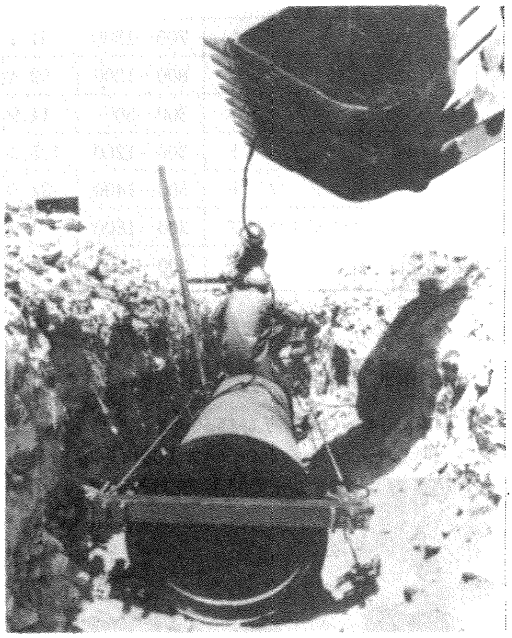
写真－15　O県　呼び径400㎜T形管の布設

表—10　T形管の接合所要時間測定結果

現場		T市	S市		O県		O市
呼び径 (mm)		300	350		400		500
継手形式		T形	T形	A形	T形	K形	T形
作業員	特殊作業員	1	1	1	1	1	1
	普通作業員	2	2	2	2	2	3
調査接合継手数		10	7	7	23	24	6
継手1ヵ所当りの平均接合所要時間(吊込みから接合据付まで)		6分10秒	9分10秒	23分40秒	10分00秒	21分20秒	12分20秒

写真—16　O市　呼び径500mmT形管の布設

写真—17　カタール　呼び径600mmT形管の布設
(油圧ラムを利用した接合器具で施工)



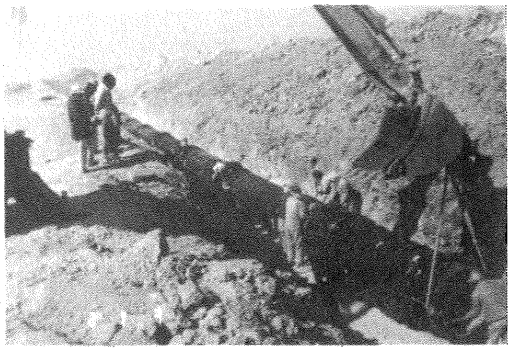
写真—18　クウェート　呼び径600mmT形管の布設

写真—19　アラブ首長国連邦　呼び径600mmT形管の布設

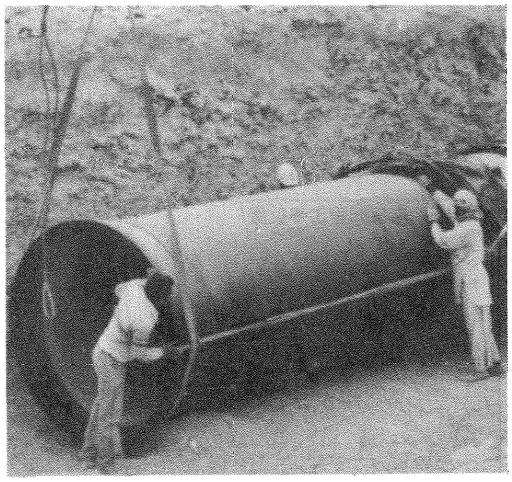
呼び径500mm、600mm×115km送水管
土被り　0.9～1.2m
試験水圧　14kgf/cm²
1日最高布設本数　125本

(掘削が完了した状態で7人の作業員で布設)

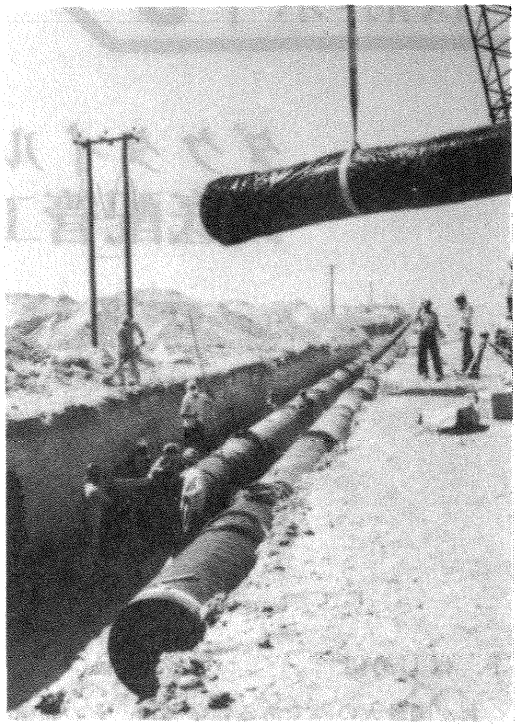
写真—20　サウジアラビア　呼び径1000㎜ T形管の布設
（呼び径 900～1100㎜ × 96km送水管、試験水圧 32kgf/㎠）



写真—22　サウジアラビア　呼び径1600㎜ T形管の布設



写真—21　クウェート　呼び径1000㎜ T形管の布設



6．まとめ

以上、農業用水などに用いられる中大口径T形管について、特徴、構造、性能および施工についてまとめてみた。

T形ダクタイル管は経済性、性能、施工性に富む管材料として、かんがい排水事業、ほ場整備事業、畑地かんがい事業などにおける管水路などに今後使用されるケースが増えていくものと予想される。

この資料が管種選定における参考となれば幸いである。

技術レポート 5

ダクタイル管の湖底配管工事例について

カネボウエンジニアリング株式会社施設部

1．はじめに

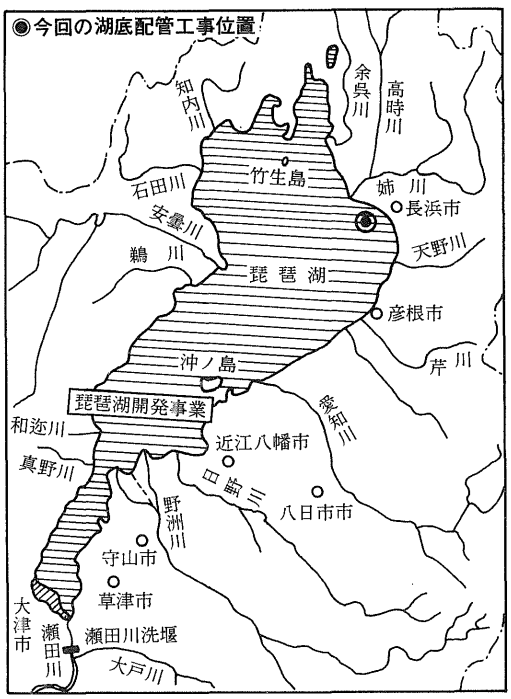
わが国最大の湖である琵琶湖は、その面積680㎢、湖岸延長距離240km、湖容積275億㎥といわれており、近畿地方最大の水源である。近年流域開発が進み、その水質、水量を確保することが問題となってきたため、利用低水位を基準水位よりも1.5m下げて開発をはかる計画が進められている。

これに伴い、湖面低下により従来の取水施設の機能低下をきたし、取水管を沖合まで延長する必要が生じ、今回口径600㎜ダクタイル管を用い延長808mにわたる湖底配管工事を行ったのでその概要を紹介する。

2．取水量

取水管の選定にあたり、特に考慮すべき条件としては工法とも関連するが、施工性がよく、水中接合を行う場合でもできるだけ容易に行えること、工事に際し付近航行の船舶の障害にならないこと、布設後は耐腐性がよく耐久性があることなどが要求される。これらの条件を総合的に判断した場合、ダクタイル管のS形継手は伸縮可とう性がある上、離脱防止機能も有しているので浮遊曳航にも十分

図－1　工事位置



耐え得ること、施工性の面でも溶接と異り接合が短時間に行えること、耐食性の面でもポリエチレンスリーブ防食工法を採用することにより耐久性が期待できることなどを考慮し

て、取水管としてS形ダクタイル管を採用することになった。

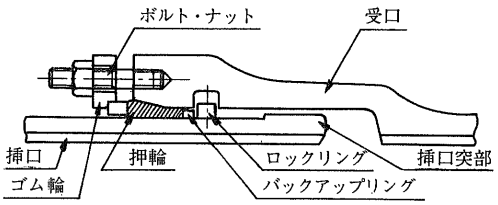
取水管　　管種：口径600mmS形ダクタイル管

布設延長：808m

土被り：1.5m

図－2にS形継手の構造を示す。

図－2　S形継手



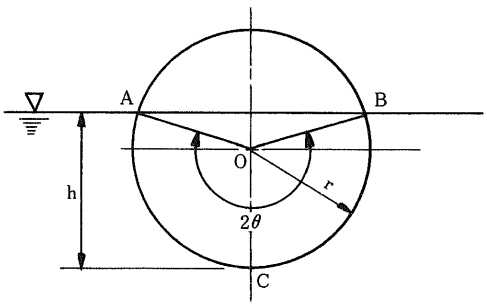
次に、管を浮遊曳航するため浮力について検討する。

管の喫水深さhは次式によって求められる。

$$\theta-\frac{1}{2}\sin 2\theta=\frac{W}{r^2}$$　　W：管重量

$$h=r(1-\cos\theta)$$

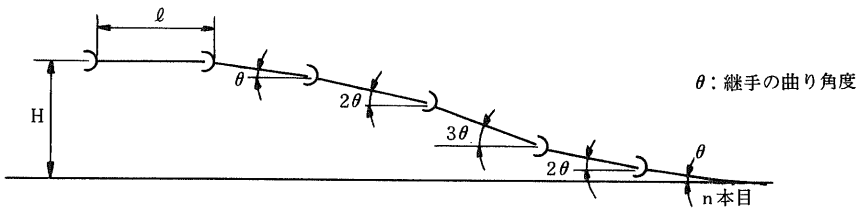
口径600mmS形管の場合　W＝0.18Ton/mとすれば、h＝35cmとなり、管内を空にしておけば浮遊曳航できることになる。



また沈設する場合は、S形継手の可とう性が有効に働き、次のように無理なく沈設することができる。

$$H=\ell(2\tan\theta+2\tan 2\theta+2\tan 3\theta\cdots\cdots$$
$$2\tan\frac{n-1}{2}\theta+\tan\frac{n+1}{2}\theta)$$

S形継手の最大曲り角度(θ)を7°として水



中部の管を5本とすれば、

H＝6(2tan7°＋2tan14°＋tan21°)＝6.7m

となり、水深5～6mの湖底に沈設することができる。

3．工法について

水中配管の工法は、浮遊曳航沈設法と特殊作業船法などがあるが、琵琶湖では作業船が制限されるため、従来から浮遊曳航沈設法で施工されていた。今回も同工法で行ったが、この工法は管路を一括接合し、曳航沈設する場合と管路を一定のブロックごとに分割し、それぞれを順次に曳航沈設する場合とがある。前者の工法では水中作業が最少限で済むが、管路長が長い場合、接合作業を行うだけのスペースを必要とする。それに比較して後者は水中作業(接合)は多くなるが、陸上で行う接合の作業スペースは少なくて済む。したがって、今回はブロック工法により行った。まず管10本分60mを1ブロックとし、13ブロックを沈設し、合計804.2mを布設するものである。

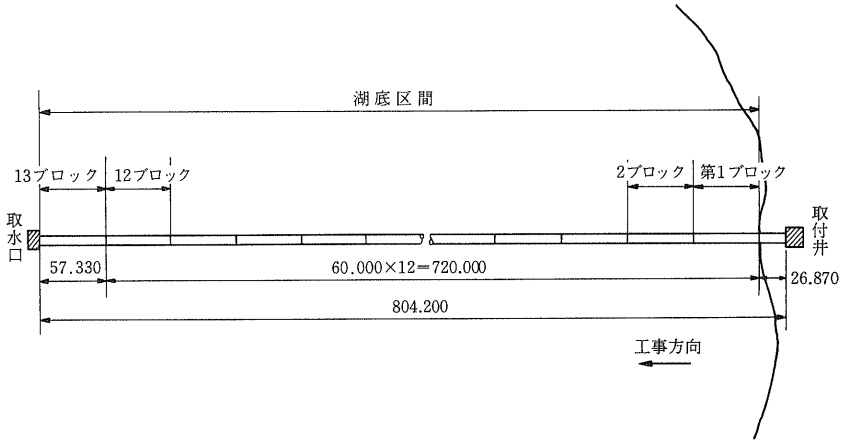
概略の配管図を図－3、4に示し、1ブロックの配管図を図－5に示す。

陸上部より26.87mまでは鋼矢板による締切り区間であり、それ以降沖へ向って13ブロックを沈設し、ブロック同士の接合はK形継ぎ輪を用いて水中接合を行った。

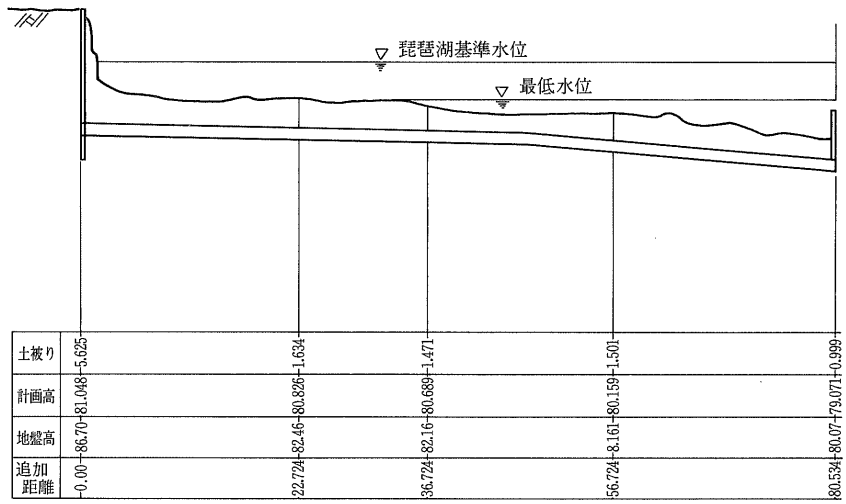
4．施工順序

取水井および取水管との取付部分は、コンクリート工事を伴うため鋼矢板で締切り、ドライワークを必要とする。そのため取水井から26.87mの部分はK形管を使用し、ドライ

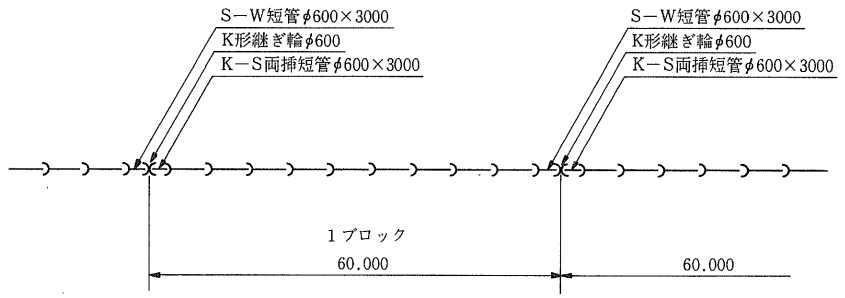
図－3　管路平面図



図－4　管路縦断図



図－5　ブロック配管図



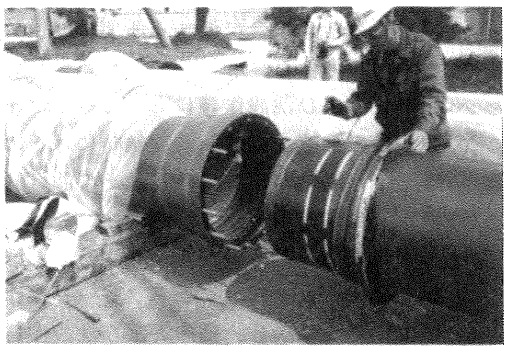
ワークで通常の施工を行った。続いて水中掘削、管接合(1ブロック管路の形成)、曳航、沈設、水中接合、水中埋戻しの順で1ブロックの布設が完了する。以上の作業を1サイクルとして繰返し行い、湖底配管を完成させた。

写真－1にS形管の接合作業状況を、写真－2にヤードで接合完了したブロック管路を示す。

5．曳航

管が浮上することは前項の計算で確認されたが、1ブロック管路の両端に盲蓋を取付け

写真－1　S形継手接合作業



写真－2　ヤード内で接合されたブロック管（1ブロック約60m）

管にはポリエチレンスリーブを被せ、ゴムバンドで止められている。

ねばならない。一端はK形継ぎ輪で終っているためK形栓で蓋をすることができるが、他端は挿口となっているため写真－3に示すような蓋板を作成し取付けた。曳航にあたってタグボートで管路を引張りながら現地へ運搬するのであるが、管の抜出し阻止力は口径600㎜S形管で198トン以上あるので、継手抜出しの心配はなかった。

写真－4に曳航の状況を示す。

6．沈設および水中接合

沈設は一端を台船上のクレーンで吊り上げ蓋板または栓を取りはずし、水を入れながら所定の位置に沈設する。この場合、他端より蓋板または栓に取付けたバルブを開いて浮力を調整する。

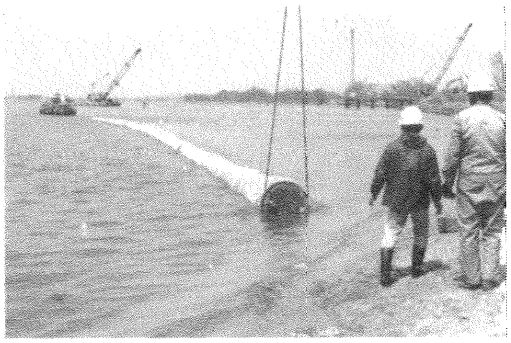
水中における芯出しおよび接合は、潜水夫と台船上のクレーン運転手の間で有線装置による交信を行いつつ作業を行った。

接合完了後、他端の残留空気を排出しながら徐々に沈設した。写真－5に沈設状況を示す。水中接合時間は約1時間であった。

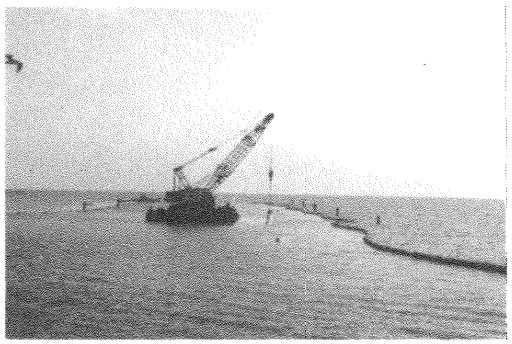
沈設管の他端に取付けられた蓋板は、次の接

写真－3　蓋板を取付けたところ

写真－4　タグボートで引かれるブロック管路



写真－5　接合完了後、後部を吊り、空気を排出させながら沈設を行う



合まで取りはずすことなくそのまま取付けておき、管内への土砂の流入防止をはかった。

7．工期

1ブロック管路(60m)の曳航および沈設作業は1日で完了し、水中接合もスムースに行うことができた。そのほか掘削および埋戻し作業、汚濁防止膜の設置および撤去などを含め、全作業は予定通り順調に完工した。

8．むすび

今回、口径600mmS形ダクタイル管による琵琶湖取水管布設工事を行った結果、主な点をまとめれば次の通りである。

(1) 陸上での接合作業がスピーディに行える。

1日で1ブロック(60m)以上の管路を容易に形成できる。

(2) 水中での接合作業も陸上に劣らず容易で、1カ所の接合に要する所要時間は約1時間であった。

(3) 曳航および沈設作業において継手は十分にその機能を発揮し、曳航時にはその離脱阻止機構が、沈設時にはその曲げ機構が有効に作用した。

(4) 管路両端の蓋板のバルブを調整し、浮力をコントロールしながらクレーン操作により管の芯出し、挿入および沈設作業を容易に実施することができた。

以上、簡単ではあるがダクタイル管を使用した湖底配管事例を紹介し、今後増加すると思われる湖底および海底配管などのご参考に供する次第である。

ダクタイル鉄管第30号

昭和56年5月

技術レポート 1

耐震管（SⅡ形）を利用した応急給水計画について

名古屋市水道局配水課長
栗田資夫

1．まえがき

昭和50年秋に、駿河沖を震源地とする東海地震が起る可能性があることを指摘されてから、国をはじめとし、各地方公共団体においてもその対策に腐心してきた。しかし昭和53年12月、国において大規模地震対策特別措置法が施行され、一定の方針が示されてからは地震防災対策強化地域に指定された市町村はいうに及ばず、それらの近隣の市町村においても地震防災計画を策定し、これに対応してきた。

名古屋市においても、昭和55年度中に名古屋市地震対策計画を策定する予定であり、また水道局としてもこれと対応して計画を策定中であるが、ここではそのうちから、特に耐震管（SⅡ形）を利用した応急給水対策について述べるものである。

2．応急給水に対する考え方

名古屋市が過去において経験した最大の地震は、マグニチュード8.4、最大震度６の濃尾地震である。現在この程度の地震が名古屋市を襲った場合、被災戸数12万戸、被災人口48万人に及ぶものと予想されている。

近く起ると予想されている東海地震は、マグニチュード8.0程度であり、震源地からの距離を考えると、名古屋市では最大震度５程度といわれており、濃尾地震の場合より被害は少ないと予想されている。

しかしながら、名古屋市は複雑化した大都市であり、被害が大きくなくても大混乱が予想されるので、こうした中での応急給水対策は特別の配慮が必要となる。

一般に応急給水量は、発災直後から２～３日は生命維持に必要な最少限度である１人当り３ℓ/日程度でもやむを得ないが、１週間後までには30ℓ/日程度、一ヵ月後までには100ℓ/日以上の水量を給水する必要があるといわれている。

これまで応急給水といえば、給水車ないし車輌に積載する給水タンク、またはポリ缶により行っているが、たとえば被災人口10万人としても１人当り３ℓ/日を給水するためには300㎥/日を運搬する必要がある。この量は名古屋市保有のタンク車などによる能力はもちろん、他都市などから応援を得たとしてもか

なり困難な量であり、さらに災害復旧および避難・見舞などの車輌交通による道路の輻輳化を考えると、ほとんど不可能な量といえる。また、これらにより地域差による不公平をまねき、市民の一層の混乱を起す結果ともなりかねない。

名古屋市としては、日頃から市民に対し飲料水の備蓄の要請を行い、特に地震の警戒宣言が出された場合には、徹底したＰＲを行って飲料水の家庭備蓄を要請し、２～３日分の飲料水は市民が確保する方向で対応するものとする。そして、特に災害対策本部から要請された最少限の場所にのみ、車輌による応急給水を実施することにする。

したがって、一般的には別の方式で給水する必要があるので、応急給水拠点方式および耐震強化路線方式による方式を検討し、遂次実施しているものであるが、その詳細について以下で述べることにする。

３．配水管の耐震性について

応急給水拠点方式および耐震強化路線方式による応急給水を実施するにあたり、既設配水管の地震に対する信頼性について調査する必要がある。

名古屋市では、他都市の過去の地震による配水管の被害の特性を調べ、これを本市の場合にあてはめて検討した。過去の地震は、関東地震、新潟地震、十勝沖地震および宮城県沖地震であるが、これらにより配水管に影響する要因について調査した。この結果、配水管の被害に与える要因としては震度、地表層の地盤種別(沖積層・洪積層など)、地表から深さ５ｍまでの平均Ｎ値、沖積層の厚さ、地表から深さ５ｍまでの土の種類（粘性土・砂質土など)、地形（埋立地・河川付近)、配水管の布設延長および管種などであることがわかった。一般に、これらの要因は相互に関連し合って被害が発生するため、被害分析は多変量解析法によって配水管の被害分析を行った。そして、最終的には名古屋市の１kmメッシュごとの配水管の推定被害率、危険度などを求めた。

この結果によれば、特に危険であると思われる地域は、江戸時代から営々として埋立てられてきた国道１号線以南の地域、および河川の付近地である。

名古屋市の配水管の平均被害率は、管路延長１km当り0.165カ所であるが、管径400mm未満と400mm以上に大別し、布設延長が400mm未満84%、400mm以上16%であることも考慮に入れて被害個所数を検討すると、400mm未満は93%、400mm以上は７%となり、被害のほとんどが400mm未満の管であることがわかった。

これらの結果をもとに地震対策を計画しているが、耐震管を利用した応急給水計画は、400mm未満と400mmの管の被害率に着目し、計画したものである。

４．応急給水拠点方式

応急給水拠点方式とは、市内の各所に応急給水の拠点を設け、その拠点において市民が直接受水するとともに、給水車などによる応急給水の拠点ともなるための施設を設けるものである。したがって、拠点となるべき場所は市内に均等に配置されていることが必要である。また、災害時において災害対策の拠点となるべき場所であること、および水の確保ができる場所でなければならない。このため、浄水場、配水場のほか、区役所、大病院および広域避難場所のうちから、現在88ヵ所を選定したが、浄水場および配水場以外の場所については、水の確保の点で問題がある。

先に述べたように、400mm以上の管は400mm未満の管に比べほとんど被害を受けないか、受けたとしても個所数は少なく早急に復旧できるものと考えられる。したがって、400mm以上の管から応急給水拠点までの間については耐震管で連絡するとともに、耐震管を接続する400mm以上の管から出ている一般の小口径管は被災した場合、すぐ分離できるようにバルブなどを整備しておくものである。

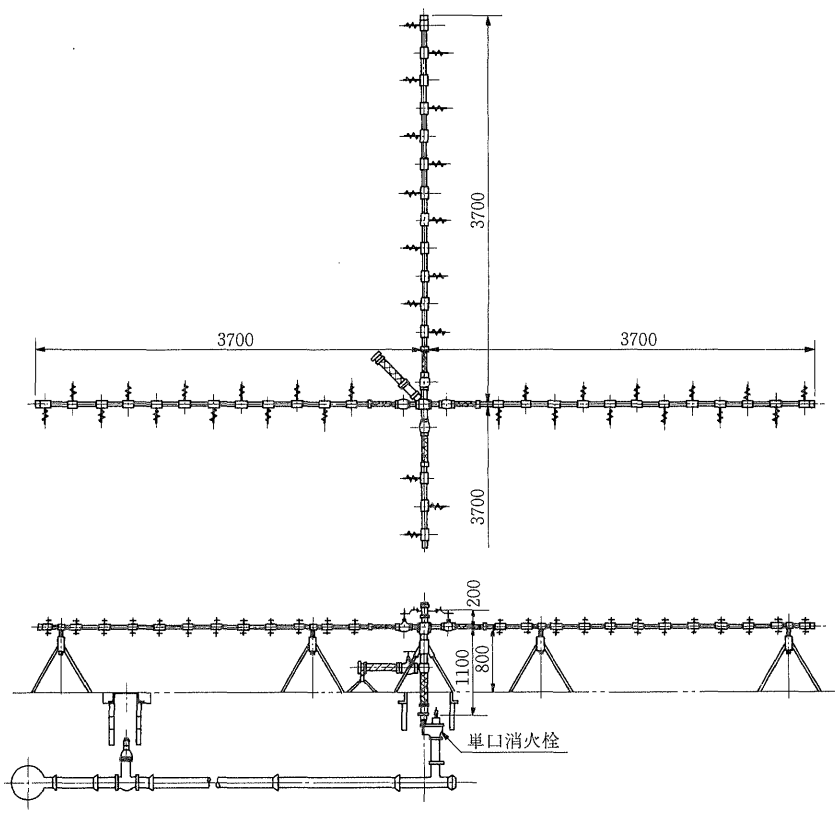
耐震管といえども、場所によっては絶対に折損などの被害がないわけでないが、普通の

管のような抜け出しなどは考えられず、被害は極端に少ないものと思われる。万一被害に会った場合は、一定の手順にしたがって浄水場、ないし配水場から応急給水拠点に至る路線のみを優先的に復旧し、被災地の中心部に大量の水を送る体制を確保しようとするものである。

応急給水拠点では耐震管の末端に消火栓が設置されており、通常は一般に障害とならないようにしてあるが、災害時にはそこに応急給水装置が設置できるようにしてある。

応急給水装置は、消火栓と接続する立上り管と横に伸びた給水管からなり、給水管には給水栓が付けてある。（図－１）　給水栓の数

図－１　応急給水装置

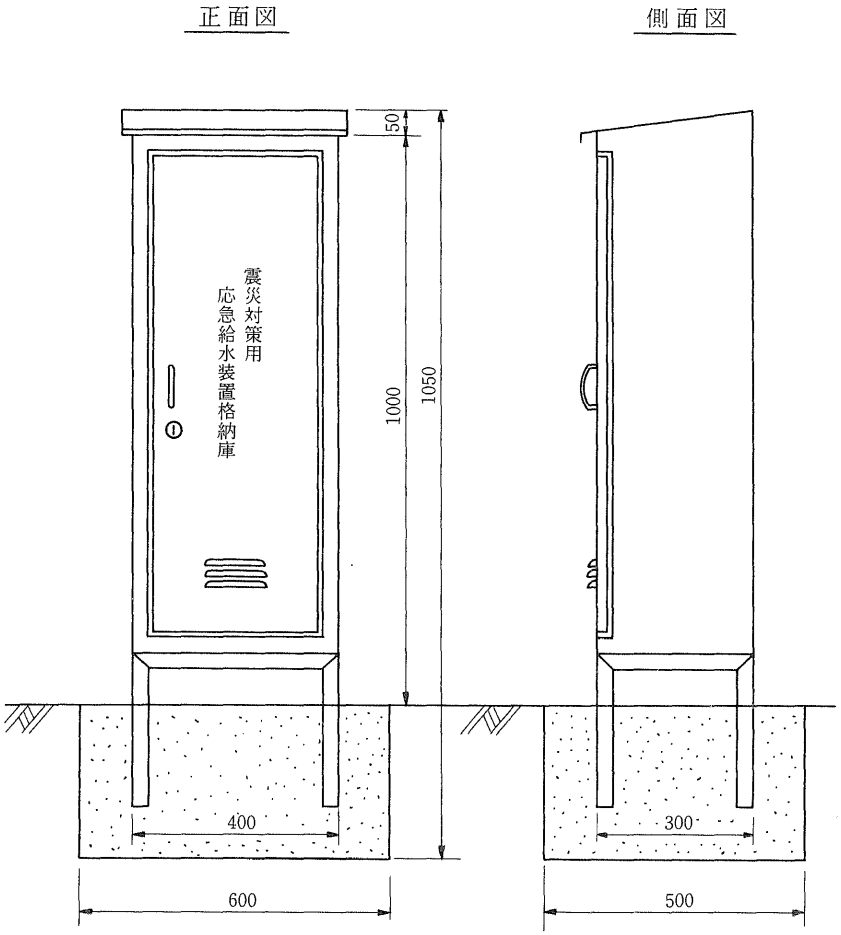


は規模により異なるが、最大48個の給水栓から給水できるようになっており、給水能力は時間当り50㎥になる。管の材質は軽量化、高強度、作業性をはかるため、耐衝撃性硬質塩化ビニール管を用い、分岐部分および消火栓に取付ける部分には、ある程度融通がきくようにフレキシブルチューブをはさんでいる。立上り管は内面ビニールライニング鋼管を使用しており、途中から分岐したタンク用給水口が設けてある。

通常これらの施設は、分解して収納箱に納め倉庫に保管してあるが、給水栓が４栓程度の小規模のもので、区役所など保管に適当な場所がある場合には、現地にステンレス製の応急給水装置格納庫を設け保管することにしてある。（図－２）

名古屋市では、昭和52年度から54年度の３ヵ年間に、主として名古屋市西南部の12ヵ所の広域避難場所を応急給水拠点として整備したが、引続き昭和55年度から57年度までの３ヵ年に15ヵ所の広域避難場所、または区役所などを整備する予定である。

図―2　応急給水装置格納庫



その他浄水場および配水場の応急給水拠点について簡単に説明すると、これらの拠点では水は配水池に確保されているので、災害時の停電に備えて配水池から直接揚水できる配

写真　応急給水装置による給水訓練

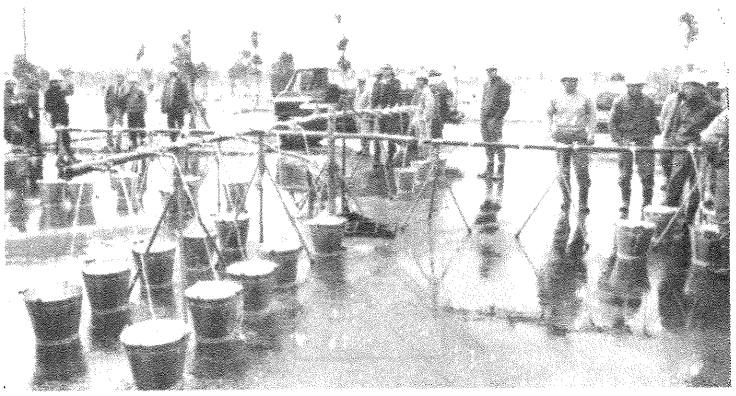
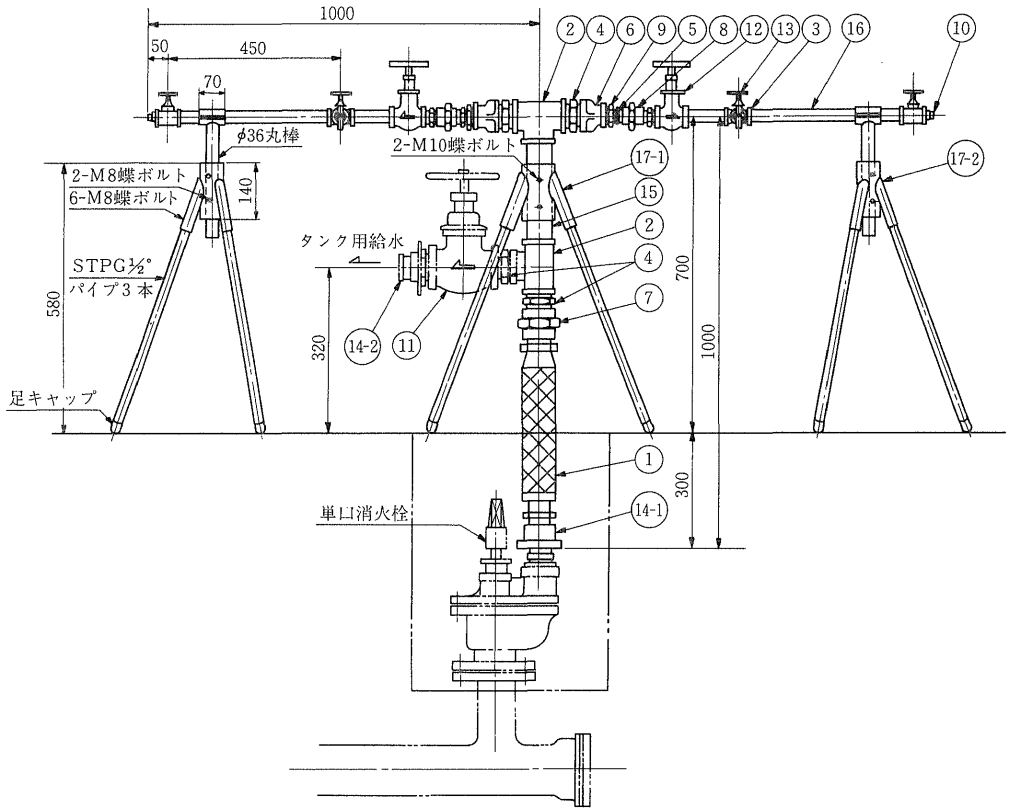


図　震災対策用応急給水装置

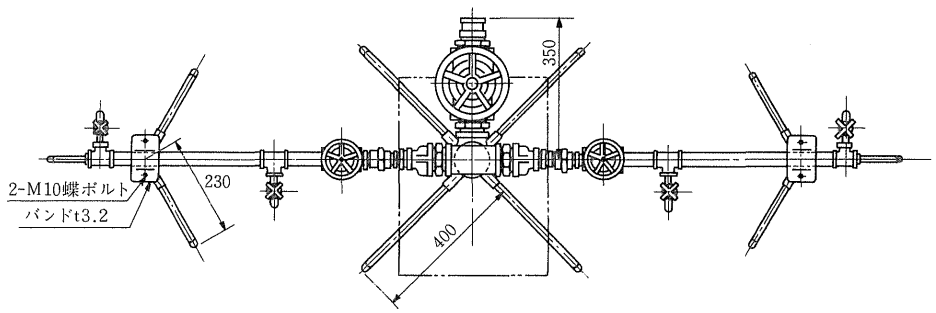
組立図



1セット部品内訳

番号	部品名	材質	個数	摘要	番号	部品名	材質	個数	摘要
1	フレキシブルチューブ	—	1	65×400ℓ	11	ネジ込玉形弁	BC6	1	65 JIS10K
2	VLP　チーズ	FCMB	2	65×65	12	ネジ込玉形弁	〃	2	25 JIS10K
3	〃　チーズ	〃	4	25×13	13	万能水栓	〃	4	13　B形
4	〃　六角ニップル	〃	4	65	14-1	町ノ式差込受	〃	1	
5	〃　六角ニップル	〃	4	25	14-2	町ノ式差込雄	〃	1	
6	〃　ソケット	〃	2	65×40	15	VLP　鋼管	SS41	1式	65
7	〃　ユニオン	〃	1	65	16	VLP　鋼管	〃	1式	25
8	〃　ユニオン	〃	2	25	17-1	固定用脚	〃	1	
9	〃　ブシュ	〃	2	40×25	17-2	固定用脚	〃	2	
10	〃　プラグ	〃	2	25					

組立平面図



管とエンジンポンプを設置してある。特に現在使用していない東山給水塔は、地上36m、貯水容量約300㎥であるが、これを改修して常時新鮮な水が入替わるようにし、下部に給水栓を10栓、タンク車用給水栓を1栓設置してある。

5．耐震強化路線方式

応急給水拠点方式は、主として災害対策の拠点となるべき点に対する応急給水であるがそれだけでは不十分であることは明らかである。したがって、さらに耐震強化路線方式による応急給水についても計画しているので、それについて述べる。

耐震強化路線方式とは、一つの区において区内を縦断、ないし横断する1ないし2路線を耐震管で整備するとともに、その路線に接続する一般の小口径管が被災した場合、すぐ分離できるようバルブなどを整備しておくものである。この路線は消火栓設置可能な400mm以下の管とし、できるだけ歩車道分離道路の歩道に布設されたものとする。災害時には、応急給水拠点に次いでこの路線の復旧を行い線として確保し、この路線上の消火栓に応急給水装置を設置して応急給水を実施するものである。消火栓は一般的な管路では200m間隔に設置されているが、この路線では100m間隔程度が必要となる。名古屋市は現在16行政区があるが、計画では全長48kmに達するものでこの計画によってかなりの水量の確保が期待できるものである。

6．あとがき

耐震管といえども条件によっては被害がまったくないとはいえない。しかし通常の管路に比べれば抜出しの点ではかなりの信頼性が期待できるものである。したがってこの耐震管を重点的に使用して、被災の場合にはまず応急給水の拠点を確保し、次いで応急給水に必要な路線の早急な復旧を可能にしようとするものである。

応急給水は本来の水道のあり方ではなく、災害時の臨時的な措置である。しかし被災時の市民にとっては、不安と混乱の中で生活しており、それらに安心感を与えるためにも生活用水の確保が第一である。このためには量が十分確保されるまでは公平な配分がなされなければならず、従来の車輌のみによる応急給水は中小都市ではそれなりの目的を達したと思われるが、名古屋市のような大都市では被災の規模にもよるが十分な対応は不可能となる。

このため、これまで述べたような方式を採用することにしたものであるが、これについても万全であるわけでない。しかし配水管が被災した場合、重点的に順序を立て復旧を行いながら、遂次水量を確保していくことによって市民の不安を解消していくことができるものである。

これらについては、市民の協力が必要であり、日頃から地震対策に対する考え方のＰＲも重要なことである。

いずれにしても、限られた財源の中でより効果が上がるような応急給水をめざしているが、今後もさらに研究し、さらにいい方策があれば採用したいものと考えている。

技術レポート2

人工島ポートアイランドと水道施設

神戸市水道局技術部配水課長
中山仁志

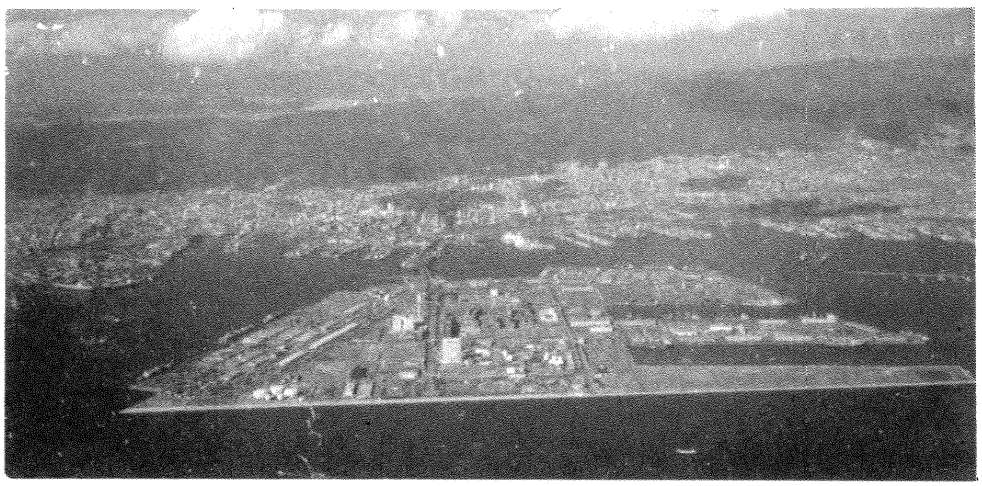
1．はじめに

このレポートがみなさま方にお目にかかる頃には、神戸博も最盛期を迎え、友好都市天津市のご尽力とご理解によって、親善特使として派遣されているパンダもようやく神戸の水にもなれ、愛嬌を振りまいていることと思う。人工島ポートアイランドは、昭和41年より15年間の歳月と5,300億円の巨費を投じて、世界でもはじめてといわれる海上文化都市として誕生した。

その完成を記念して3月20日から9月15日まで「新しい“海の文化都市”の創造」をメインテーマに、神戸博「受称ポートピア'81」が開催されている。

ポートアイランドの建設の概要と、その給水について水道局がどう考え、施工したか、その要点をご紹介したい。

神戸市街地とポートアイランド



2．海上都市ポートアイランド

1．建設の目的

神戸市は人口137万人、面積541.5㎢で、ほぼ中央に六甲山系が東西に走っている。市街地は大阪湾に面しており、東西に約30km、南北に2km～4kmと細長い帯状を呈している。

臨海部は商業地区と工業地区が展開し、また山麓部は住宅地として明るい街並を形成している。

一方西、北神地域は山地丘陵と田園地帯が広がっており、海と緑豊かな自然環境に恵まれた市域を持つ国際港湾都市にふさわしいユニークな大都市圏を構成している。しかし背後に六甲山系が迫る狭い既成市街地に全人口の85%が居住を構えるという地理的、社会的条件を持っており、これを克服して都市の発展を図るには、山を削って海を埋立て双方に新しい都市空間をつくり出すことが必要であった。

神戸市の将来につながる都市づくりにあたって、神戸を支える重要な基盤である神戸港整備計画の中で海上都市ポートアイランドの構想が生まれた。

またポートアイランドの土地利用計画には、

① 海上輸送の量的増大とコンテナ化に対応し得る近代的な港をつくる。

② 国際的な経済、文化および情報の交流拠点とする。

③ 新しい発想や技術を積極的に取り入れ、未来都市づくりの実験的役割を果す。

などが上げられている。

2．ポートアイランドの規模

ポートアイランドは神戸の都心三宮から南へ約3km、面積436haで甲子園球場の約120倍の広さを持ち、島の周囲約14km、南北2.1km、東西3kmという広大な海上都市で、次の5つのエリアに分かれている。

① ポートエリア(面積233ha)
「働く」機能中心の本格的なコンテナ化時代に対応した大規模港湾施設。

② コミニティ・スクェア(面積23ha)
「住み、学ぶ」機能部分にあたり、公団、市営、民間など6,500戸、約2万人の住宅地域。

③ インターナショナル・スクェア(面積32ha)
島内の「都心」で経済、文化、情報の交流拠点であり、同時に市民の「憩う」機能の中心。

④ 市街地サービスエリア(面積7ha)
市民病院、下水処理場、クリーンセンターなどの市街地サービス施設。

⑤ 公園、緑地(面積24ha)
北、中、南の3公園とポートピア大通りがある。

以上のごとく「住み、働き、憩い、学び、集う」という都市のあらゆる機能を備えた未来の海上文化都市であり、ないのはお寺とお墓だけという機能優先都市である。

ポートアイランド埋立ての土砂は、六甲山系西部の裏山である高倉山と横尾山から世界最大の高架式ベルトコンベアで源平一の谷の合戦で有名な古戦場近くの須磨海岸まで運ばれ、それからプッシャーバージ(押し船)に積込まれてポートアイランドまで運搬された。現在その土取場の高倉山、横尾山には団地が造成され、約2万人が生活をしている。

ポートアイランドへの交通機関としては、神戸港新港第4突堤から架橋された神戸大橋(3径間連続ダブルデッキ、アーチ橋、幅員26m、延長319m)と昭和56年2月5日より全国に先駆けて営業を開始した新交通システム「愛称ポートライナー」がある。

ポートライナーは三宮駅からポートアイランドまで延長6.4km、駅数9駅、全線高架構造で正確な定時走行、安全性、低公害性が売りもののコンピュータ制御によるもので、ポートピア'81の最大の輸送手段である。

3．ポートアイランドへの給水

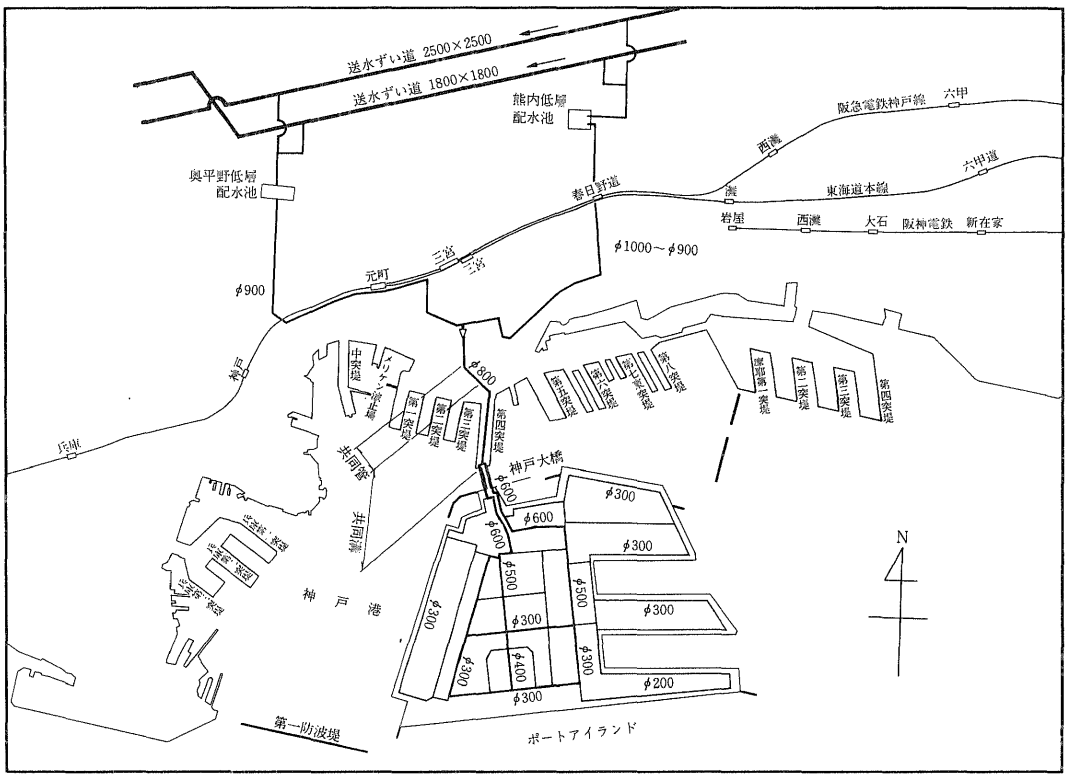
1．施設の概要

ポートアイランドへの給水には上水道、工業用水道および中水道の計画が立案され、これまで種々検討を重ねてきたのであるが、現在では上水道のみで給水を行っている。

計画配水量は1日最大2.6万㎥と設定し、

配水施設を建設してきた。拠点となる浄水場、配水池はポートアイランドへの至近距離にある既存の奥平野浄水管理事務所内に決定し、既成市街地の需要増にも対処できるよう第5回拡張工事による送水ずい道より分岐してずい道配水池（C：1.5万㎥）、調整池（C：1万㎥×2池）を設置した。またバックアップとして東側に隣接した熊内配水池系の配水本管口径900㎜管とも連絡するよう計画され施工も完了している。

水道施設概略図

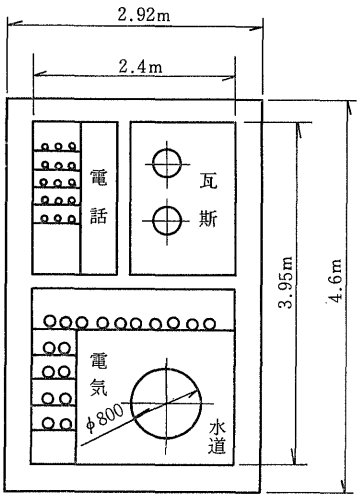


2．市街地の配管工事

昭和42年度より昭和55年度までの14年間もの長期間に奥平野配水池より神戸市役所の南側に至る区間3.4kmに口径900㎜配水本管を都市計画事業による道路拡幅工事に合せて布設を行う一方、市役所南側から第4突堤の区間1.4kmにポートアイランドへの専用配水管口径800㎜管を布設した。この区間の大部分は推進工法による共同管と、オープンカット工法による共同溝（図－1）を築造し、占用物件としては大阪ガスの口径300㎜×2本、電電公社のケーブル8条、関西電力のケーブル7条、水道の口径800㎜×1本である。

なお共同管は口径2000㎜コンクリート管延

共同溝標準断面図



長145m、共同溝は断面積9.48㎡（高さ3.95m、幅2.4m）の鉄筋コンクリートで延長828mである。各占用者の共同溝の占用面積は大阪ガス2.50㎡、電々公社2.06㎡、関西電力と水道局で4.92㎡で、それぞれの断面積比で工事費を負担し、水道局が調査、設計および施工を担当した。

この工事は掘削深さが大きいのと、神戸港の突堤内工事のため湧海水が多く大変な難工事であった。

第4突堤からポートアイランドへは唯一のかけ橋“神戸大橋”（延長319m）に口径600㎜管を橋の両サイドに1本ずつ添架している。特に橋台への立上り部分に可とう管を設置し水管橋部の温度変化に対処している。

3．ポートアイランド内の配管工事

計画配水管延長は配水支管（口径200㎜、300㎜）37.5km、配水本管（口径400㎜～600㎜）3.3kmで、合計40.8kmである。現在95%の布設が完了しており、昭和56年度に2.0km余を残すのみとなっている。

島内に配水管を布設するについて、

① 地盤沈下対策
② 塩害対策
③ 水質保全と水圧の均一化
④ 島内の配水に対するバックアップ

などについて検討がなされた。

ポートアイランドの地盤は主として六甲山系の良質な山土（マサ土）による埋立てが層厚12m～20mで施工され、その下に層厚10m～15mの旧海底粘土層である沖積層があり、さらに層厚約30mの砂質土と粘性土の洪積互層へ続いている。一般に埋立地の地盤は非常に軟弱であり、また埋立材料が平面的にも立体的にも複雑に入り混っているのと、下部の沖積粘土層にも当然圧密が起り、同沈下および不同沈下が生じる。

このような地盤特性から配水管の埋設方法としては、

(イ) 沈下が一応安定するまで仮設管を埋設する。
(ロ) 地盤改良または杭などの基礎構造物を施工する。
(ハ) 管の材質および継手の構造などを考慮する。

などが考えられるが経済性、施工性から(ハ)の方法を採用し、不同沈下の恐れのある区間にはダクタイル鋳鉄管S形を使用した。

S形の施工にあたっては次のような点に注意した。

(イ) 継手付属部品がA形、T形に比較して多いので、材料管理をより綿密に行い、紛失や誤使用のないよう行った。
(ロ) 切管作業においてさし口のリング加工が必要なため、普通の切管より作業時間が長くなるので切管寸法をできるだけ早く把握し、配管工程に影響がないよう進めた。
(ハ) 曲管など異形管の前後は直管（全管）を使用し、管の移動を防止するためライナーを使用した。

S形はA形、T形継手に比較して1ヵ所の接合時間は若干長くなるが、配管工程全体では大きな違いはなかった。

海水による塩害対策としては、伏越部を除いて大部分の管路は満水面以上であるが、ポリエチレンスリーブにより管を保護している。

水質保全対策としては、給水戸数が段階的に増加していく中で滞留水が多くならないように、最短距離の配水管で給水をしていたがそれでも当初は適時放水をせざるを得なかった。管網として配水をしはじめたのは最近のことである。将来の配水管の管理、有効率向上対策にも役立つよう口径および管網にも留意した。

島内へのバックアップは、構想中の湾岸道路に他の配水系統の配水本管を布設し相互連絡するよう考えている。

4．ポートピア’81

会場は、神戸市中央区港島中町（ポートアイランド）のインターナショナルスクェアと南公園および神戸ポートピアランドで面積は約72ha、甲子園球場の約18倍の広さである。

期間中の入場者数は1,300万人に及ぶと推定されているが、当初の予定より大幅に増えたのは友好都市天津市の好意で、ロンロン（メ

ス17歳 95kg) とサイサイ（オス6歳 88kg）の2頭のパンダが会期中を通じて毎日観覧できるのが大きな理由のようだ。

1．博覧会の見どころは、

① 国の内外から出展される32のパビリオン。
② 神戸ポートピアランド、サーカス、ミニSL。
③ 異人館通りでの飲食と買物。
④ パンダ見物。
⑤ 国際交流会館メインホールでの催し物。

などがある。

2．パビリオンの中から「水」に関連するものを上げると、

① 「ふれあいの水」をテーマに人々の心の触れ合いをつくり出す「水」の有用性、重要性をふまえ、集い、憩い、語らい、遊ぶことのできる場にさまざまな「水」の演出を展開する「ハートピアー」水遊びのパビリオン。
② 「ミラクルウォーター」(水の博物誌）をテーマに光と音と色による「水」の楽しい遊び、ファンタジックな世界を4つの円型パビリオンで演出する「ウォーターランド」。
③ 通産省が開発した膜法による省エネルギー型、海水淡水化装置を公開展示し、海水から真水をつくる実験などを行う「造水センター」。
④ 神戸市水道局が6月11日から10日間受持つ神戸館のようなものがある。

5．おわりに

神戸が世界でも超一流の国際都市であるためには、ポートアイランドひとつでは足りなくなり、現在建設中の六甲アイランド（ポートアイランドの1.3倍)を含め第2、第3のポートアイランドが必要となるであろう。

海上都市における水道施設がどうあるべきかは今後とも問われることであるが、このポートアイランドでの経験を生かし、未来都市の一翼を担うべく研讃を積もうと思う。

神戸は今から110余年前、開港によってさまざまな国の人たちが、それぞれの文明をひっさげてやってきた。

今また未来都市ポートアイランドにポートピア'81を開催することにより、新しい時代のドラマの舞台になろうとしている。ぜひとも神戸へおいでいただき、神戸の街、博覧会などをご覧いただきますようお待ちしています。

技術レポート3

山岳ずい道内口径1650㎜送水管布設について

広島市水道局拡張部設計課長
砂掘正之

1．はじめに

都市の基幹施設である水道は、市勢発展の基盤となるものであり、常に将来における水需要と供給の均衡を図ることが使命であり、将来を見越して不安のないよう施設の拡充を図っていく必要がある。

昭和55年4月に全国10番目の政令指定都市として、大都市の仲間入りした広島市も、昭和56年3月に完成する第6期拡張事業によって52万㎥/日が確保される。

さらに、昭和55年4月から昭和70年を目標に68万㎥/日を確保する第7期拡張事業を鋭意進めており、水道事業の究極の目的である長期安定給水に向って努力している。

そこで、第6期拡張事業の概要を述べるとともに、その一環として施行した高陽系送水施設のうち、主題である山岳ずい道内に布設した口径1650㎜送水管について、その概要を報告する。

2．第6期拡張事業の概要

計画目標年次：昭和55年
給水人口：838,000人
1人1日最大給水量：620ℓ
1日最大給水量：520,000㎥/日
拡張増加分：206,600 〃
内訳 緑井系：100,000 〃
内訳 高陽系：100,000 〃
内訳 その他：6,600 〃
総事業費：53,300,000千円

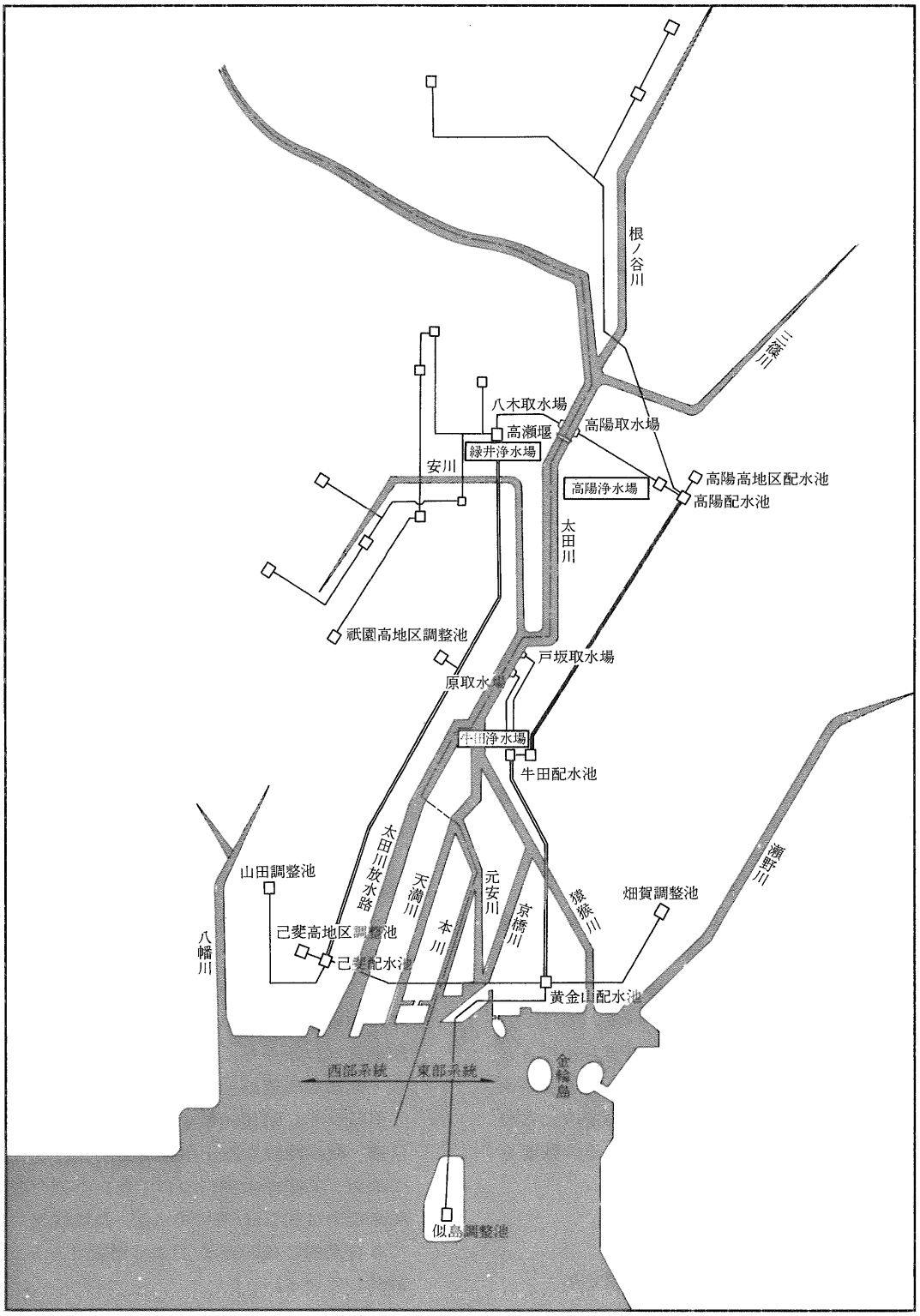
第6期拡張事業は、昭和45年度より市内西部に給水する緑井浄水場系10万㎥/日の増設と市内東部に給水する高陽浄水場系10万㎥/日の新設を主目的として施行してきた。

そのうち、緑井浄水場系については昭和48年に完成した。高陽浄水場系も昭和46年より用地買収にかかり、浄水場は昭和55年7月から一部通水の運びとなった。

引続いて、昭和56年4月に事業完成を目標に送・配水施設を施工中である。

なお、高陽浄水場については、今回の計画給水能力は10万㎥/日であるが、長期構想に基づき将来的には50万㎥/日まで増設できるよう計画している。

図―1　給水系統図


根ノ谷川
三郎川
八木取水場
高瀬堰
高陽取水場
緑井浄水場
安川
高陽浄水場
高陽高地区配水池
高陽配水池
太田川
祇園高地区調整池
戸坂取水場
原取水場
牛田浄水場
牛田配水池
太田川放水路
天満川
元安川
京橋川
本川
猿猴川
瀬野川
山田調整池
畑賀調整池
己斐高地区調整池
己斐配水池
八幡川
黄金山配水池
西部系統
東部系統
金輪島
似島調整池

3．高陽系送水施設

1．計画規模

高陽浄水場から浄水を約8km離れた牛田浄水場内の既設配水池に送り、ここから旧市内東部に給水するものであるが、その将来的な計画送水量は将来計画給水能力50万㎥/日のうち、高陽浄水場から直接給水する地区の10万㎥/日を引いた残り40万㎥/日として計画した。

この計画時間当りの最大送水量は、既設の配水池が受持つ給水量15万㎥/日に対しては日最大で、残り25万㎥/日については時間最大で送水することとして約6,100ℓ/秒とし、危険分散のため2条に分割することとし、1条の口径は余裕を見て4,200ℓ/秒を送水できるよう口径1650mmとした。

2．布設ルートの検討

配管ルートとしては、当初拡幅計画のある県道広島～向原線を予定したが、下記理由によりこれへの施工は至難であると判断した。

ア）道路拡幅が大幅に遅れ、予定工期内の完成見通しが立たない。

イ）当該道路は、北部に通じる主要道路であるため、施工は重大な交通支障の原因となる。

ウ）道路の一部が河川敷である。

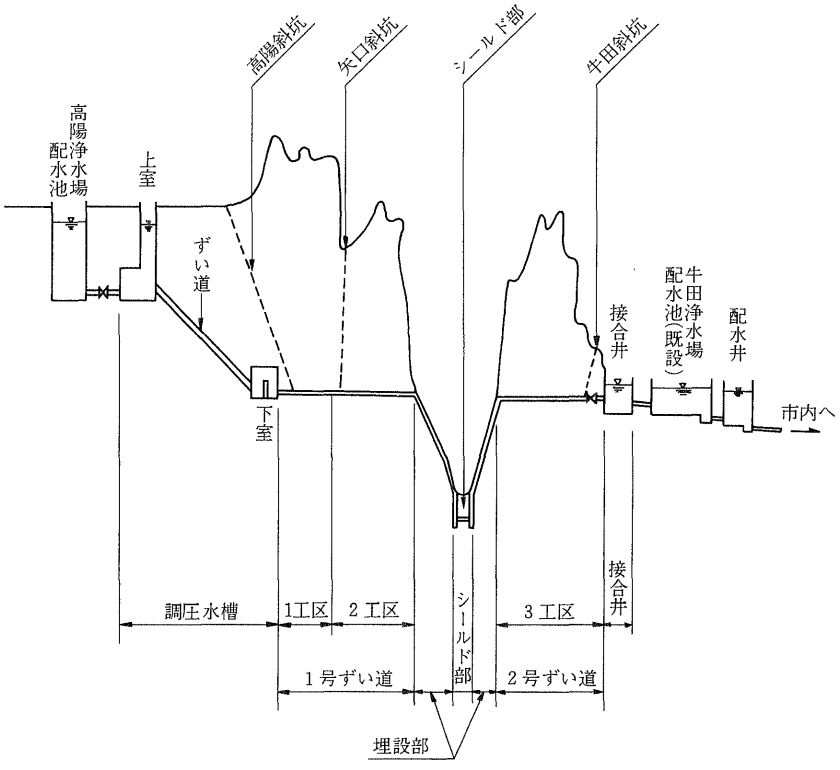
エ）今期拡張分1条は可能としても、将来管の布設は不可能である。

オ）用地費を含め多大な費用と工期を要する。

そこで種々検討の結果、最短距離で、しかも施工性のあるずい道を主体とし、そのほかシールド工法、推進工法を組合せ、施工することとした。

また、将来布設することが不可能と思われる部分については、将来管を含め2条布設することとした。

図―2　送水系統模写図



4．送水管用ずい道

1．ずい道ルートと坑口の選定

ずい道ルートと坑口の選定に当っては、次の事項を留意した。

ア）地質が良好であること。

イ）目的地まで最短距離であること。

ウ）既設構造物(県工水ずい道20カ所)に支障を与えないこと。

エ）坑口近くまで工事用道路があり、捨土その他材料運搬が容易であること。

オ）坑口は騒音など工事公害の関係もあり民家より離れていること。

以上の事項を勘案の上、図－3に示すルートを選定した。

すなわち、1号ずい道(延長4,040m)から一旦市街地に出て、2号ずい道(延長1,748m)を経て牛田浄水場に至るルートとした。

坑口については施工工程上、工期内に間に合うよう坑口数を定めた。

1工区、3工区は、それぞれ高陽浄水場、牛田浄水場坑口から掘ることとした。

2工区は1号ずい道終点から掘ることを検討したが、民家があること、工事用としての道路が狭い上、送水管埋設工事と重複することなどから1号ずい道のほぼ中間に位置し、民家のない山中に斜坑を設けて2工区掘削坑口とすることとした。

なお、斜坑々口まで市道のバイパスを新設して工事用道路を確保した。

写真－1　送水管用ずい道

2．ずい道形式の決定

ずい道形式としては、配水池兼用形式がもっとも合理的と考えられ、本市においても緑井浄水場系で昭和44年に図－5のような配水池兼用ずい道を築造している。しかし、次のような問題点がある。

ア）完全な漏水の止水は困難である。

イ）漏水の補修、維持管理上の点検、他事業のずい道交差施工時の保守点検などが困難である。

ウ）ずい道内での万一の事故は重大な給水支障となる。

以上の苦い経験をもとに、配水池兼用方式と送水単機能方式ずい道について工事費、工期、施工性など、種々慎重な検討を行った。(表－1)

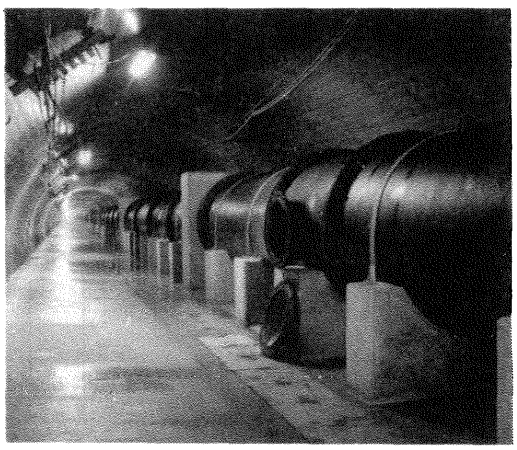
その結果、配水池は高陽浄水場内に別に設け、ずい道は案－⑤の維持管理ならびに水質的に安全確実な送水単機能方式にすることに決定した。

そのほかずい道概要については、表－2および図－3、図－4のように計画した。

5．送水管布設工事(ずい道内配管)

送水管用ずい道工事に引続き、ずい道内の送水管布設工事を前記工事と同様に3工区に区分し施工した。その内容は次の通りである。

写真－2　送水管用ずい道内配管

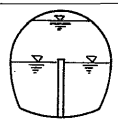
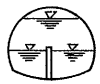
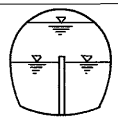
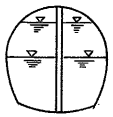
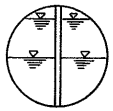
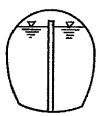
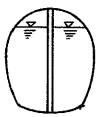


1．口径、管種

口径は、前記理由により口径1650mmとし、管種については安全性を考慮して、2種K形ダクタイル鋳鉄管とした。

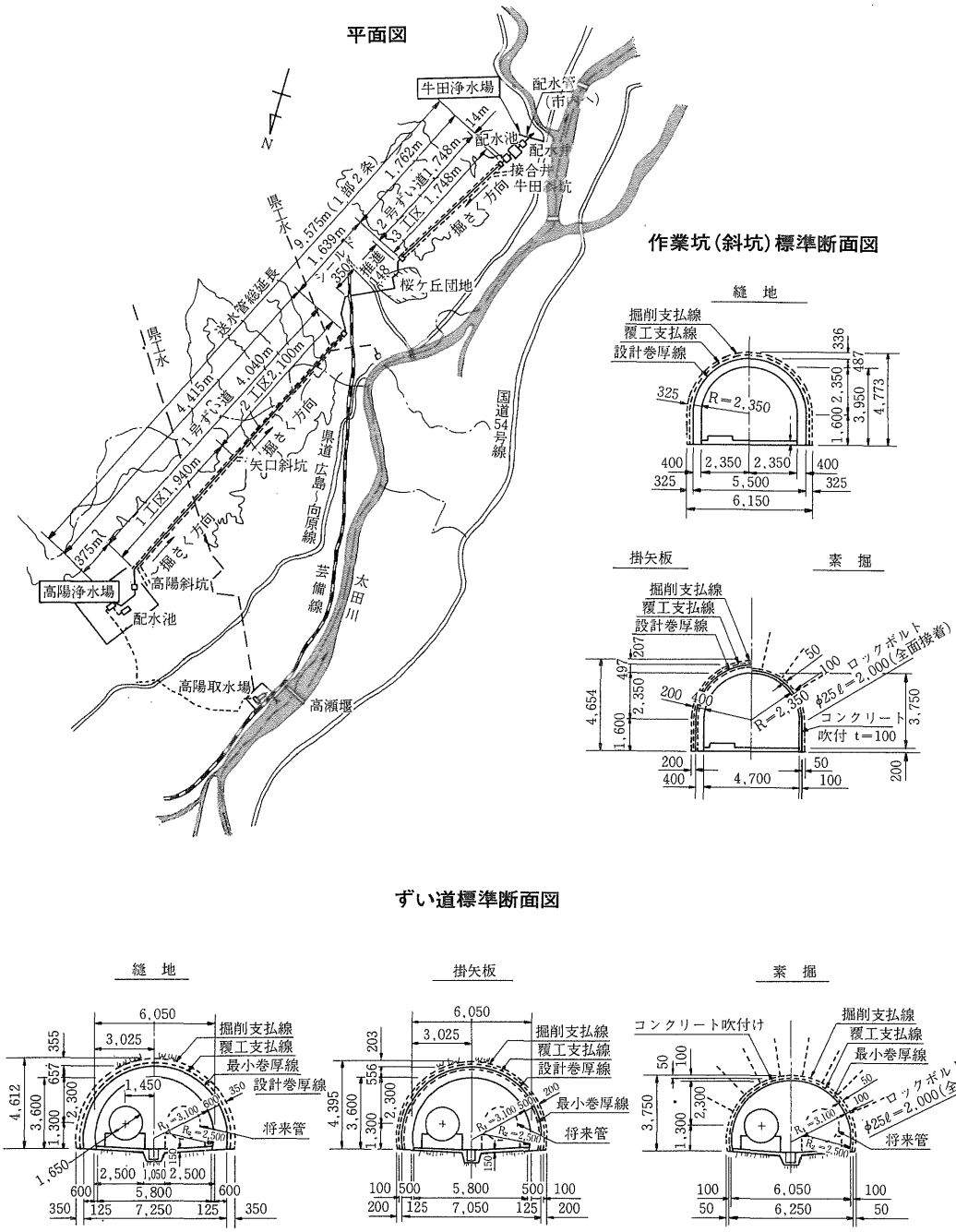
表－1

比較検討総括表

方式	案	形状および仕様 1号トンネル	形状および仕様 2号トンネル	仕様	工事費	工期(年.月)	施工性		漏水性		保守管理性		耐久性	総合判定
配水池兼用方式	1			普通セメント施工コンクリート巻立	小	3.0	易	中間隔壁の施工について難があるがその他については特にない。	有	止水工を入念に行っても完全な漏水防止は不可能である。	やや難	漏水防止に難がある。	中	
	2			膨張セメント施行コンクリート巻立エポキシ塗布	中	3.0	易		有	1案よりは有効であるが、完全な漏水防止は不可能である。	やや難	同上	中	△
	3			鋼管巻立後グラウト施工	大	3.2	難	大断面のため鋼管の運搬、据付が困難である。特に3案の馬蹄形については製作が困難である。	無	鋼管巻立のため止水効果は十分期待できる。	易	鋼管塗装について時期的な制約がある。	小	
	4			同上	大	3.3	難		無	同上	易	同上	小	
送水単機能方式	5			鋳鉄管複線施工	中	3.5	やや難	鋳鉄管小運搬に難がある。	無	漏水があっても問題ない。	易	各管とも見回り、その他について時期的な制約はない。	大	○
	6			普通セメント施工コンクリート巻立	小	2.6	易	中間隔壁の施工にやや難がある。	有	1案と同じ	やや難	漏水防止管理について難がある。	中	△
	7			鋼管巻立後グラウト施工	大	2.8	やや難	鋼管製作、据付にやや難がある。	無	3案と同じ	易	3案と同じ	小	

工事費については各方式内での比較とする。

図—3


平面図
牛田浄水場
配水管
(市内へ)
配水池
接合井
牛田斜坑
掘さく方向
県工水
9,575m(1部2条)
1,762m
1,748m
2号ずい道
3工区1,748m
1,639m
シールド
350m
推進
48
桜ケ丘団地
送水管総延長
4,415m
4,040m
1号ずい道
2工区2,100m
1工区1,940m
375m
矢口斜坑
県道広島～向原線
国道54号線
高陽浄水場
高陽斜坑
配水池
芸備線
太田川
高陽取水場
高瀬堰
作業坑(斜坑)標準断面図
縫　地
掘削支払線
覆工支払線
設計巻厚線
R=2,350
336
487
2,350
1,600
3,950
4,773
400
2,350
2,350
400
325
5,500
325
6,150
掛矢板
素　掘
ロックボルト
φ25ℓ=2,000(全面接着)
コンクリート
吹付 t=100
4,654
4,700
3,750
200
400
50
100
ずい道標準断面図
縫　地
掛矢板
素　掘
6,050
3,025
掘削支払線
覆工支払線
最小巻厚線
設計巻厚線
将来管
1,450
4,612
3,600
1,300
2,300
1,650
2,500
1,050
5,800
600
350
125
7,250
203
556
4,395
500
7,050
コンクリート吹付け
3,750
6,250

表—2　ずい道概要

		高陽系送水管用ずい道(1号)	同　左　(2号)	同　左　(3号)
本坑	形状、内寸法	扁平馬蹄形、内空断面積17.97㎡ 半径3.10m、幅6.05m、高3.60m	同　左	同　左
	敷勾配	1/6,000	Level	1/6,000
	延長	1,940m	2,100m	1,748m
	コンクリート覆工および掘削断面積	(設計巻厚) 掘削断面積、覆工断面積	(設計巻厚) 掘削断面積、覆工断面積	(設計巻厚) 掘削断面積、覆工断面積
	縫地	(t＝600) 30.16㎡　10.17㎡	同　左　同　左	同　左　同　左
	掛矢板	(t＝500) 26.84㎡　7.85㎡	同　左　同　左 (拡頂部 37.66㎡　9.33㎡ (作業室)	同　左　同　左
	素掘	(コンクリート吹付 t＝100) 20.13㎡　1.09㎡	同　左　同　左	同　左　同　左
	付帯構造物			
	坑底水槽	内幅2.50m、内高1.80m、 長30.00m、容量135.00㎥	同　左	同　左(配管時には埋戻す)
	排水溝(蓋付)	内幅0.60m、内高0.90m、 断面積0.54㎡	同　左	内幅0.50m、内高0.45m 断面積0.225㎡
斜坑	形状	上部半円下部垂直形 半径2.35m、幅4.70m、高3.75m	同　左	同　左
	敷勾配	1/4	1/4	1/5.93
	延長	245.12m	292.93m	41.00m
	コンクリート覆工および掘削断面積	(設計巻厚) 掘削断面積、覆工断面積	(設計巻厚) 掘削断面積、覆工断面積	(設計巻厚) 掘削断面積、覆工断面積
	縫地	(t＝400) 24.74㎡　7.11㎡	同　左　同　左	——　——
	掛矢板	(t＝400) 23.16㎡　6.37㎡	同　左　同　左	同　左　同　左
工期		S 51.11.17～S 54. 8 .16	S 51.11.17～S 55. 1 .16	S 51.11.17～S 54.10.16
工事費		1,742,000千円	1,914,000千円	1,573,000千円

2．布設延長、工事費および工期

工区	布設延長(m)	工事費(千円)	工期	摘要
1工区	1,939	456,300	昭和54年12月22日～昭和55年10月16日	工事費は、口径1650㎜送水管関係分のみ
2工区	2,099	497,700	昭和54年12月22日～昭和55年11月15日	
3工区	1,746	413,900	昭和54年12月 6 日～昭和55年 8 月31日	
計	5,784	1,367,900		

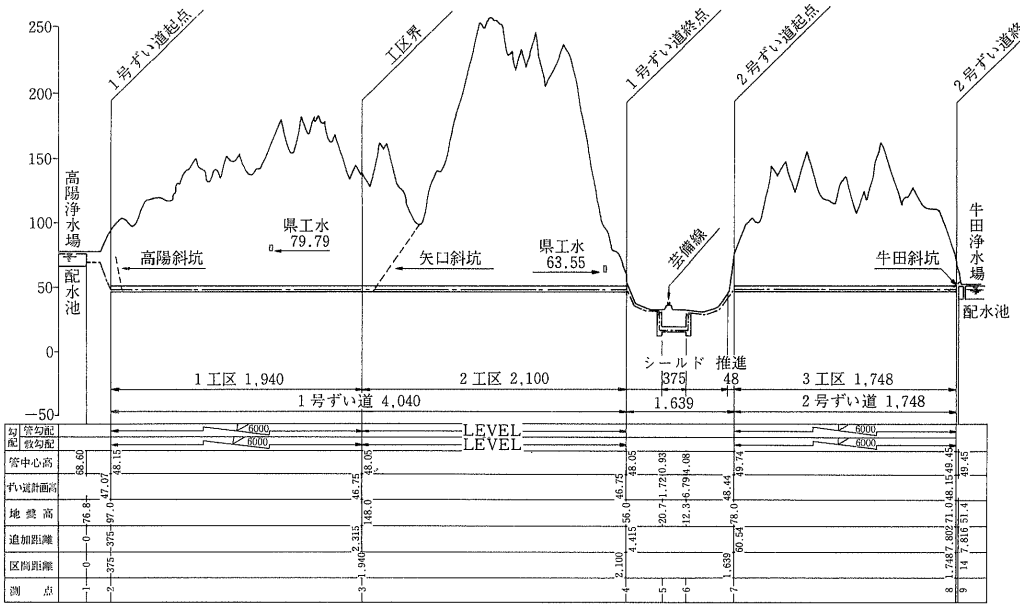
(注) 送水管総延長9,575m(うち先行施工分 1,759m)

3．管布設方法

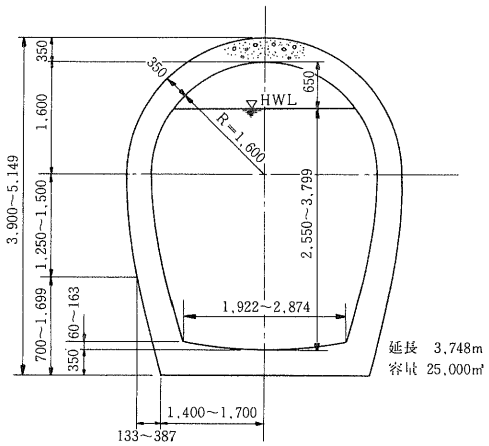
ア) 管運搬

1工区および3工区の管搬入口は、ずい道工事と同様に高陽浄水場坑口および牛田浄水場坑口とした。2工区についてはずい道工事用斜坑口の仮設備用地が耕

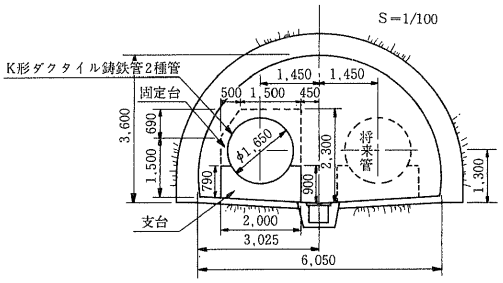
図―4　送水管縦断面図



図―5　緑井浄水場系配水池兼用送水ずい道断面図



図―6　ずい道内配管標準断面図



地を借地していたため、これの復旧工事および斜坑口付近の整備工事などと管搬入が重複する。さらに、斜坑からの管搬入は水平坑に比較し、施工性が劣ることなどから送水管埋設工事および道路整備が完了している1号ずい道終点の坑口から搬入することとした。

各工区の管運搬方法は、坑口に設置した門型クレーン、またはトラッククレーンにより運搬台車に積込む。

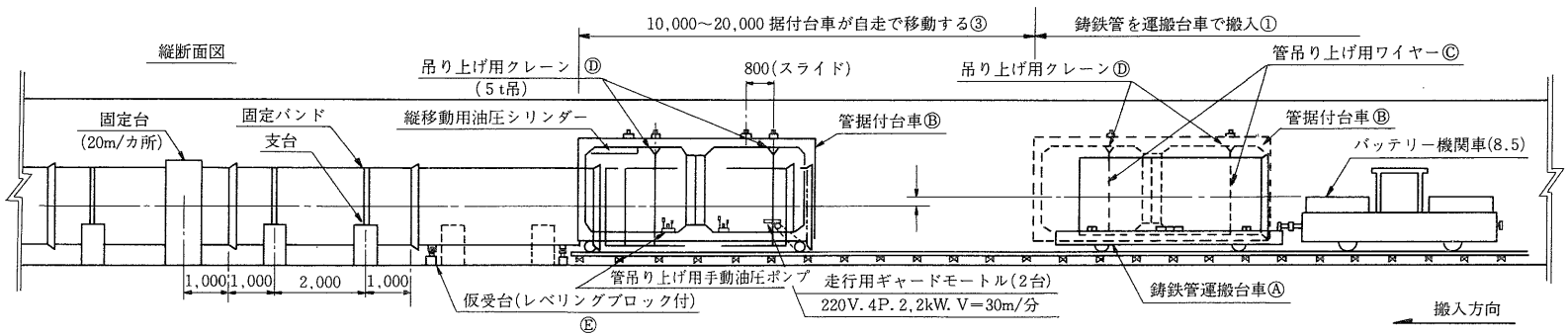
斜坑から搬入する1工区の場合、斜坑部（延長245m、傾斜角14度）は特殊単胴ウインチ(45kw)を使用し、送水管用ずい道内まで運搬し、そこからは2工区および3工区と同様にバッテリー機関車がけん引(けん引速度5km/時)し、管布設個所まで運搬した。

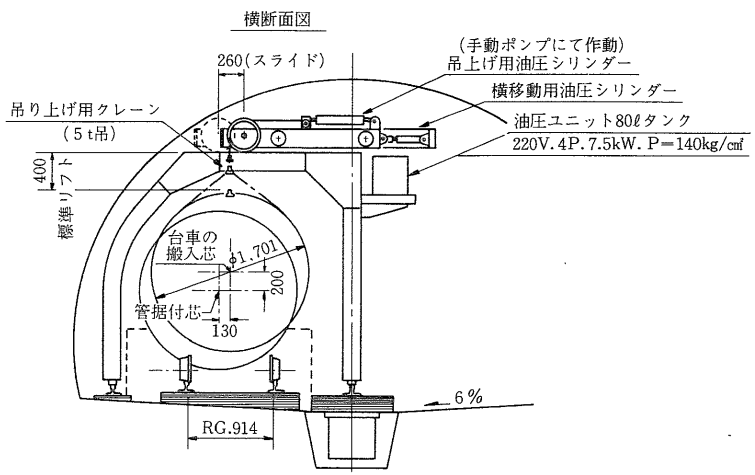
なお軌条は30kg/mレールを使用した。

イ）管据付けおよび接合

管据付け方法については、シールド内据付け台車の改良および小型トラッククレーンなど種々検討したが、施工速度、施工の安全性および将来管布設時の施工も考慮し、図―7のような自走もでき、

図—7　ずい道内鋳鉄管据付要領図



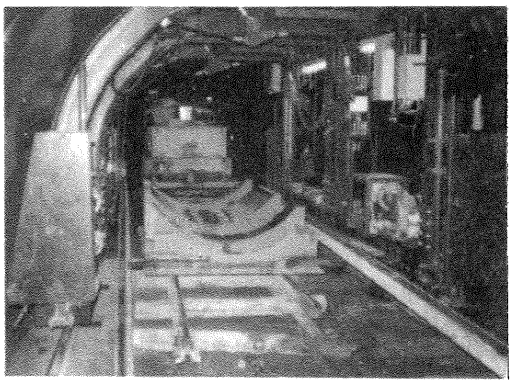


油圧により縦横および上下に移動可能な据付け台車を採用した。その製作費は1台850万円と高価であったが、施工に当りその効用は余りあるものがあった。

なお、据付け台車および運搬台車は工事完了後整備し、将来管布設時に使用できるよう各工区の坑内に保管することとした。

写真—3　鋳鉄管据付台車

写真—4　鋳鉄管据付台車、鋳鉄管運搬台車



据付け手順(図—7の○内の番号参照)は、

① 運搬台車(Ⓐ)で据付け台車(Ⓑ)まで管を運搬する。

② 吊り上げ用のワイヤー(Ⓒ)を管体に装着し、据付け台車のクレーン(Ⓓ)で吊り上げる。(運搬台車は、次の管を取りに坑口へ)

③ 据付け台車が自走で既据付けの管端まで移動する。

④ 据付け台車のクレーンを縦横および上下方向に移動し、既据付け管の受口に管を挿入するとともに、据付け中の管受口の据付け高および中心線を調整し、前もって据付けている仮受台(Ⓔ)上に据付ける。

⑤ 据付け台車を所定の位置(手順①)まで後退させ、管接合作業を行う。

以下①～⑤の繰り返し作業となる。

なお仮受台は、支台(2m/個所)・固定台(20m/個所)コンクリート(図—7)を打設し、養生した後に取りはずし転用する。

ウ) 管布設実績

設計時点では、各種工程でのサイクルタイムを集計し、1日の布設本数を4本/日と予想したが、各工区の布設実績は下表の通りで、予想以上の進捗が得られた。

その原因は、狭少な作業場所での適正な仮設ならびに工法の採用にあり、ほぼ満足できる結果であった。

工　区	布設本数	布設期間	実布設日数	1日当り布設本数	摘　要
1工区	485本	195日	111日	4.4本	1日稼動時間
2工区	525	143	85	6.2	A.M.8：00～
3工区	428	162	88	4.9	P.M.5：00
計	1,438	500	284	5.1	

4．問題点

ずい道内は湿度が高く(90%)、結露による管外面の錆の発生および腐食が考えられ、管外面の重防錆塗装を検討したが、運搬中の損傷および現場での補修方法などに種々問題があり、ノーマルな瀝青塗装とした。

しかし、将来的には多少費用を要しても重防錆塗装を採用するべきであったと反省している。

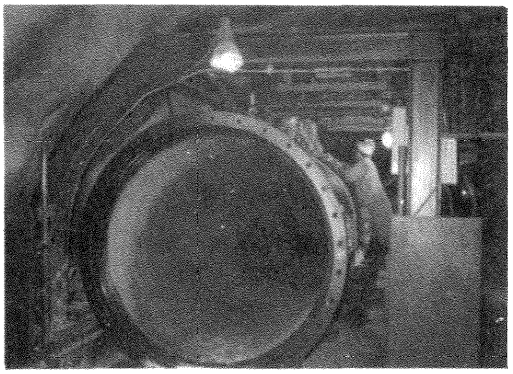
6．おわりに

以上高陽系送水施設のうち、一部の工事概要と工事報告に終ったが、幸いにして特にトラブルもなく、所定の工期内に完成することができたことは、施工に当り協力いただいた関係各位のご努力の賜物と深く感謝するものである。

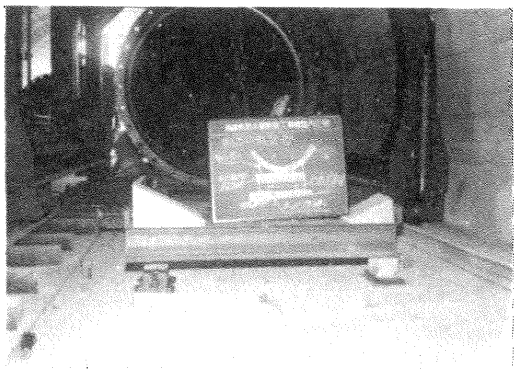
近時、市街地ならびにその周辺のように住宅の密集、交通事情、地下埋設物の輻輳、そして工事に対する住民の公害意識の高まりなど、ますます多様化する中で工事公害をできるだけ少なくする考え方の基本から技術開発施工へと急速な進捗を遂げている。

これら時代の要請にマッチして、企業者、施工業者とも設計および施工に配慮する中で本稿が多少なりとも参考になれば幸いである。

写真―5　口径1650mm鋳鉄管据付作業



写真―6　鋳鉄管仮受台



技術レポート4

ダクタイル鋳鉄管による運河横断工事

坂出市建設経済部都市計画課

Ⅰ．はじめに

坂出市流域関連公共下水道計画のうち、中央汚水幹線工事の一環として昭和55年度に総延長501.85mを実施した。

このうち488.8mを泥水推進工法で施工し、そのうち特に運河の下を推進する170.2mの区間（マンホールNo.3～No.4）は管の強度面、水密性および継手の可とう性に優れているダクタイル鋳鉄管（口径1000mmU－D）を採用し、良好な結果を得たのでここに報告する。

Ⅱ．工事概要

工　事　名　称：坂出市S55中央汚水幹線工事
工　事　場　所：自　香川県坂出市築港町
　　至　香川県坂出市入船町
推進工事期間：自　昭和55.10～至　昭和55.11
　　（ダクタイル鋳鉄管の推進工事期間）
推　進　区　間：マンホールNo.3～No.4（ダクタイル鋳鉄管の使用区間）
推　　進　　長：170.2m（ダクタイル鋳鉄管の使用区間）
推　　進　　管：ダクタイル鋳鉄管U－D4種　口径1100mm×4000　43本　補強リブ付
発進立抗（No.3）：幅4800mm×横8800mm×深さ13800mm
到　達　抗（No.4）：幅4800mm×横8800mm×深さ13900mm
推　進　工　法：機械式土圧対抗型泥水加圧セミシールド工法

Ⅲ．仕様条件

1．

推進場所は上記の各層が混在している。最大粒径は30mmであった。

表－1　土性値一覧表

項目＼地層		砂　層	砂礫層	粘土層	腐食粘度層
土粒子の比重（GS）		2.61～2.67	2.66	2.61～2.75	1.92～2.65
自然含水比(W_N)(%)		11～35	11～12	22～49	62～182
粒度特性	礫　分（%）	0～47	38～52	0～2	0
	砂　分（%）	24～70	25～55	1～42	0～16
	シルト分（%）	4～64	2～5	25～81	37～52
	粘土分（%）	3～16	5～8	15～65	44～74
	分　類	シルト質砂 シルト混り砂 シルト混り礫	粘度混り砂 シルト質礫	粘　土 粘質土 シルト	有機質土 粘　土 粘質土 シルト

2．マシーンの設計条件

(1)土　被　り：12m
(2)地下水位：T.P＋0.186m（平均潮位）
(3)土の単位体積重量：1.8t/㎥
(4)土の内部摩擦角：20°
(5)N　　値：5～10
(6)粘　着　力：4～5 t/㎡
(7)上載荷重：10t/㎡
(8)泥　水　圧：0.7kg/㎠～1.2kg/㎠

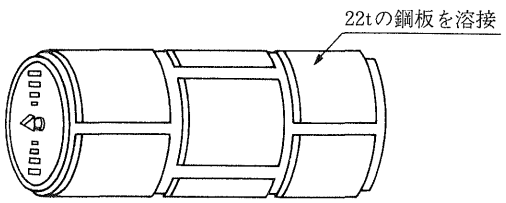
Ⅳ．問題と工法の選定

海底には1～3mのヘドロが堆積し、推進予定深度の地盤は腐植土で、しかも推進管頂とヘドロ層までは2.5m位しかなく、落盤の危険性もあってセミシールド工法を採用した。

このセミシールド工法については、ヒューム管には多くの実績はあるがダクタイル管には少なく、ダクタイル管の外径に合った掘進機は汎用性が悪いため、口径1000mmのヒューム管用をベースとし、それに鋼板を溶接し、同一径に改良して用いた。

（口径1000mm掘進機とU－D管の外径差は38mm）

図－1　掘　進　機



Ⅴ．施　工

1．泥水加圧式セミシールド工法

在来使用された泥水加圧式セミシールド掘進機は、掘進機の前面カッターヘッドに設置した開口部（スリット部）と、周辺に配置したビット部がカッターヘッドの回転と圧入速度により強制的にビット部より掘削され、切羽の土砂はカッターヘッドの開口部を通し、背後の隔室中に送り込まれ、送泥管により送られた泥水と混練され、排泥口よりスラリーポンプによって流体循環輸送される。

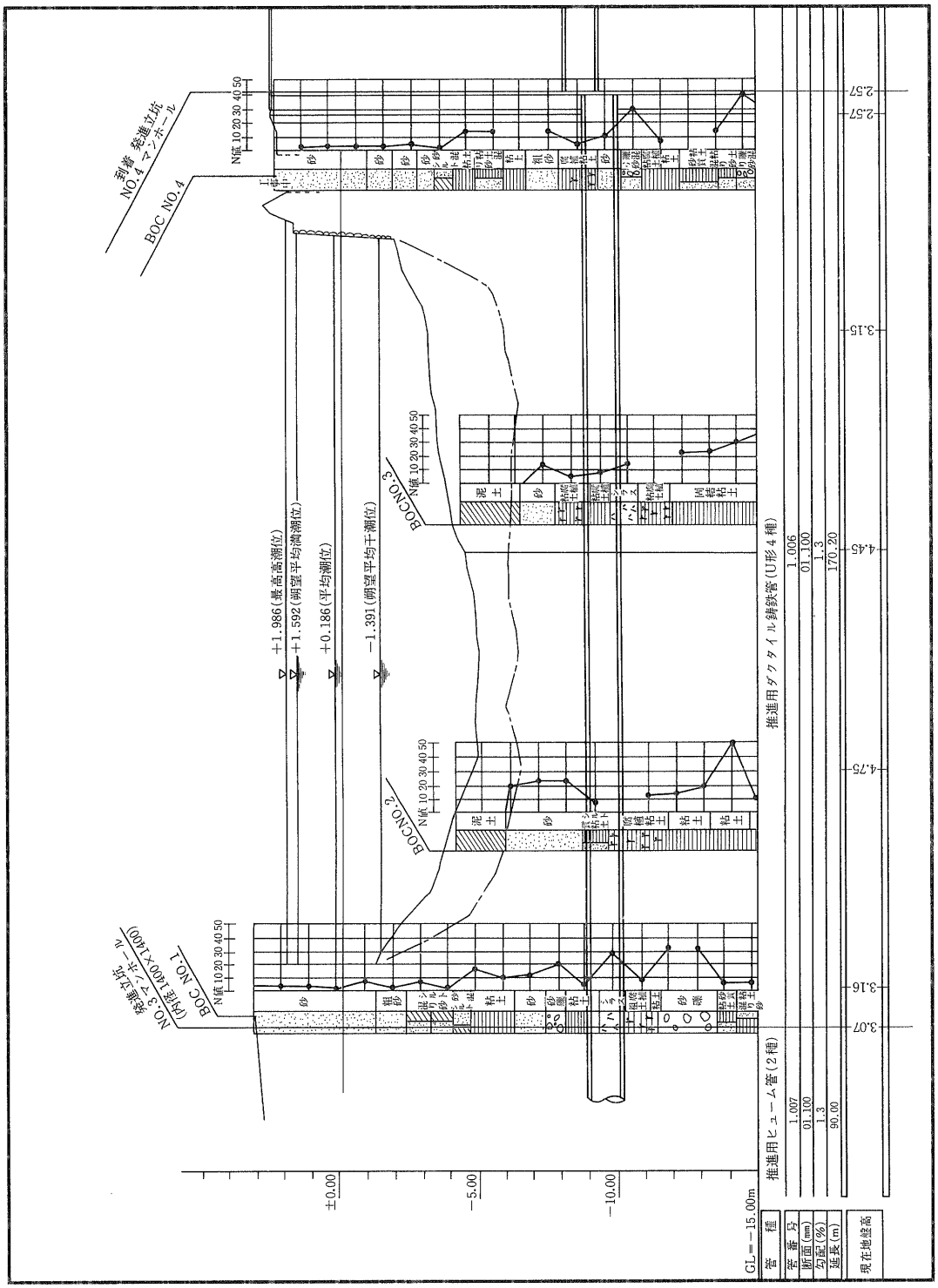
この際送泥水は、設定圧により開口部を通し、カッターヘッド前面の切羽周辺の地山中に溶透し、土の粒子を結合し、前面周辺の土質を安定させる役目も果す。しかし軟弱地盤の施工実施に当り、しばしば地山の崩壊による地表面への影響、特に砂質土で土被りが浅く、または被圧水が高い場合、この危険性が顕著の傾向である。

過去の経験により、前述の危険性を防止するため下記について設計の重点をおいた。

(1)　切羽の土圧は、土圧または土質の変化いかんにかかわらず常にカッターヘッドが切羽に密着し、土圧と対応させることによりカウンターバランスをとる。この装置を機械的に自動および手動化することで、切羽前面の山のゆるみを常に防止する。

(2)　(1)項に関連して、掘削量を自動または手動により調節変化させ、掘削量を制限する。

図—2　縦　断　図


到着 発進立坑
NO.4 マンホール
BOC NO.4
BOC NO.3
BOC NO.2
BOC NO.1
発進立坑
NO.3 マンホール
(内径1400×1400)
N値 10 20 30 40 50
+1.986(最高高潮位)
+1.592(朔望平均満潮位)
+0.186(平均潮位)
−1.391(朔望平均干潮位)
±0.00
−5.00
−10.00
GL＝−15.00m
推進用ダクタイル鋳鉄管(U形4種)
推進用ヒューム管(2種)
管種
管番号
断面(mm)
勾配(%)
延長(m)
現在地盤高
1.006
01.100
1.3
170.20
1.007
01.100
1.3
90.00
2.57
2.57
3.15
4.45
4.75
3.16
3.07

すなわち過剰に土砂を掘削しない。これは地中において作業停止の場合、砂質などの土質で被圧水の高い場合、特に必要である。(1)項と(2)項を集約して、切羽において土圧と対応させ掘削量に応じた圧入速度を高度かつ複雑な電子制御によらず、経済かつ土木向き単純化を主眼とし、軟弱地盤での実施例でこの理論が実証されている。

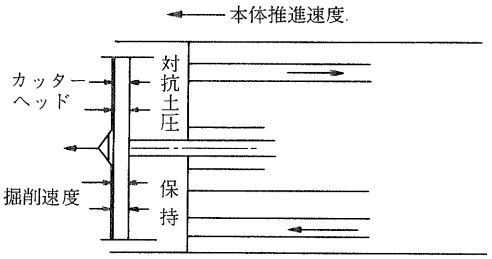
すなわち推進速度と掘削速度とから構成され、推進速度は推進機本体と後続管体の元押し圧入速度に関連し、掘削速度はカッターヘッドの切削断面に関連している。

この２つの要素を同期させ、カッターヘッドの回転を可変せず一定回転とし、ビット部の開度の自動制御により掘削量を調整するものである。

対応土圧は土質に応じ主動土圧より高く、かつ受動土圧より低い範囲内にあらかじめ設定する。カッタービットの開度が最大の時が最大推進速度となり、推進速度が遅い時はこれに伴って開度が小さくなる。

したがって前面土圧に対応させながら、掘削速度に見合った推進速度が確保でき、地山を崩壊せず安全に推進することができる。なお安定した推進速度は、開度を80%程度で異物の噛込み除去を容易にする。

図－3



2．セミシールド掘進機仕様

(1) セミシールド掘進機本体

(a) 外　　径：口径1264mm

(b) 全　　長：5,075mm

（シールド機2570mm
後方筒　2655mm）

(2) カッターヘッド関係

(a) カッターヘッド回転関係

カッタートルク：2400kg-m

カッター回転数：2.6r.p.m

（右、左回転）

動　　力：3.7kW×4P×２台

使 用 電 源：200V　60Hz

(b) カッターヘッドスライド関係

カッターフェイス前面最大対抗圧：14t/㎡

自動対応土圧：０～８t/㎡

カッタースライド量：80mm

(c) カッタービット関係

カッタービット種類：ティース式

開　　度：＋50mm～－20mm

使用油圧力：140kg/㎠

(3) シールドジャッキ関係(方向修正ジャッキ)

(a) シリンダー推力：30t

(b) ス ト ロ ー ク：25mm

(c) 数　　量：４台

(d) 総 推 力：120t

(e) 使用油圧力：500kg/㎠

(4) 油圧パワーユニット

(a) 電動機出力：2.2kW×4P×１台
0.75kW×4P×１台

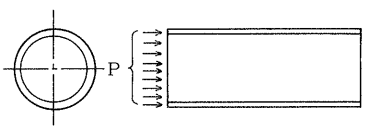
(b) 使 用 電 源：200V×60Hz

(c) 油圧ポンプ：ピストンポンプ
ギアーポンプ

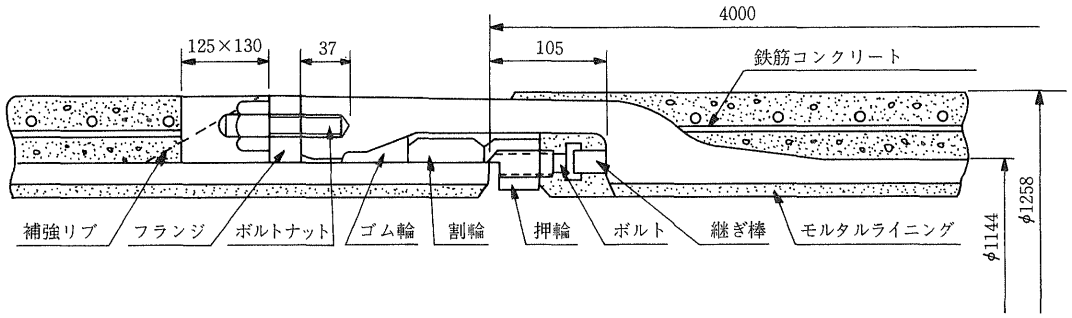
3．口径1100mm U-D形ダクタイル管構造図

表－2　管に均等に力を作用させた場合の許容推力

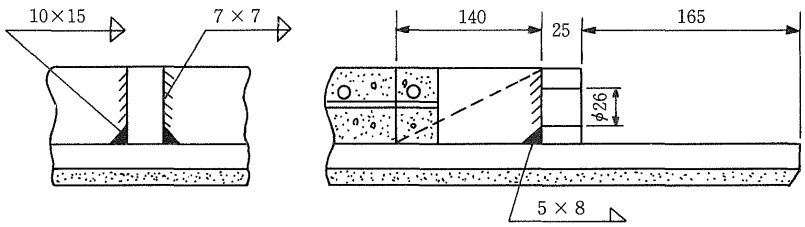
呼び径 (mm)	許容推力 (Ton) U－D形 標準リブ	許容推力 (Ton) U－D形 補強リブ
1100	660	920



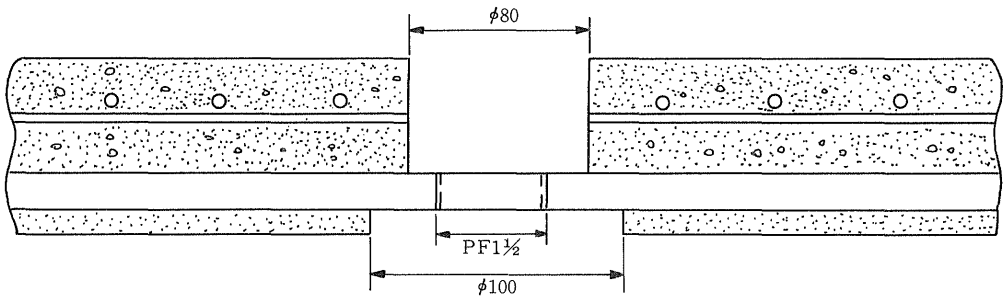
図—4　口径1100㎜U—D形ダクタイル管構造図



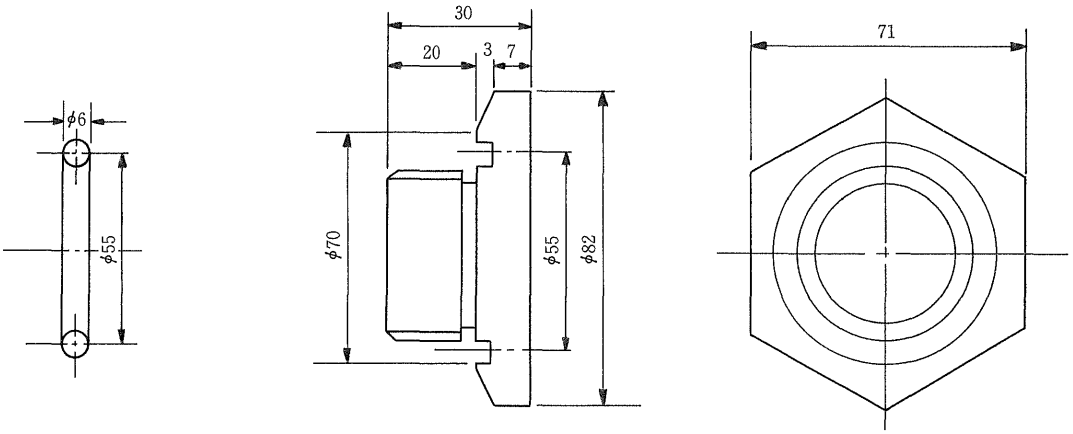
フランジ溶接部詳細図



グラウト孔図



図—5　グラウト孔用シールキャップ(FCD)



4．作業人員

(1) 推進時作業員

(a) マシン操作室	1名
(b) 元押操作	1名
(c) スペーサ(ストラット)作業	2名
(d) 泥水処理設備操作室	2名
(e) 土砂搬出その他作業	1名
	計7名

(2) 接合時作業員

(a) 吊込、芯出し作業	2名
(b) 接合作業	2名
(c) モルタル充填作業(付帯作業)	1名
(d) グラウト孔充填作業(付帯作業)	1名
	計6名

推進時の延べ作業員7名と、接合時の延べ作業員の6名を合せると13名になるが、実際は接合時には推進工事は止まっており、またモルタル充填およびグラウト孔充填作業は推進工事完了後に行うので、実質作業員は7名になる。

5．工事状況および結果

推進工事は3本/日を目標に昼夜連続しての施工とした。

本工事ははじめヒューム管で計画していたが、推進延長から考えれば中間スリーブを必要とし、海底下で土被りの浅い推進工法であることによりヒューム管の中間スリーブではシール部の漏水および施工精度の悪化を考慮し、また計算による推進抵抗力が約700トンである所からダクタイル管を使用し、滑剤を効果的に利用すれば中間スリーブを使用しなくても推進できると判断した。

なおできるだけ推力の増大を防ぐため、工事中断による地盤の拘束力の増大を抑さえた。

グラウト注入孔は滑剤の海水への流出の問題もあって、全部斜め45°下側になるよう管をセットした。

(1) 推進状況

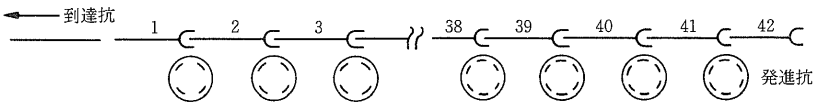
(a) 推進はじめにおいて掘進機が多少ローリングを起したが、滑剤を注入することによってなくなり、以後順調に進み上下、左右ともほとんど狂いなく計画通りに推進できた。また推力も予定推力700トンに対して最高推力560トンと、滑剤の働きもあって低い推力で急な推力上昇もなく、比較的安定した上昇値でいい結果を示している。

(b) 滑剤は13本目までは推力に合せて使用していたが、それ以後は全数にわたって0.5～1.0m³常時注入した。

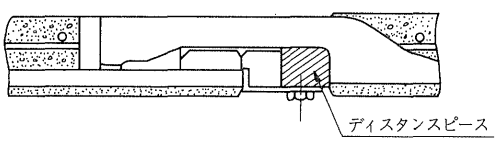
表－3　使用滑剤標準配合比　(1m³当り)

品　名	容　量
マッドオイル	40ℓ
ベントナイト	100kg
ハイゲル	2kg
CMC	2kg
水	900ℓ

(c) 推進途中において推力が上昇した場合ディスタンスピースを設置して継手部を補強した後推進を行うが、今回ディスタンスピースを使用するほど推力はかからなかったが、安全を考え比較的動き易い前3ヵ所と推力の一番かかる最後管4ヵ所に使用した。



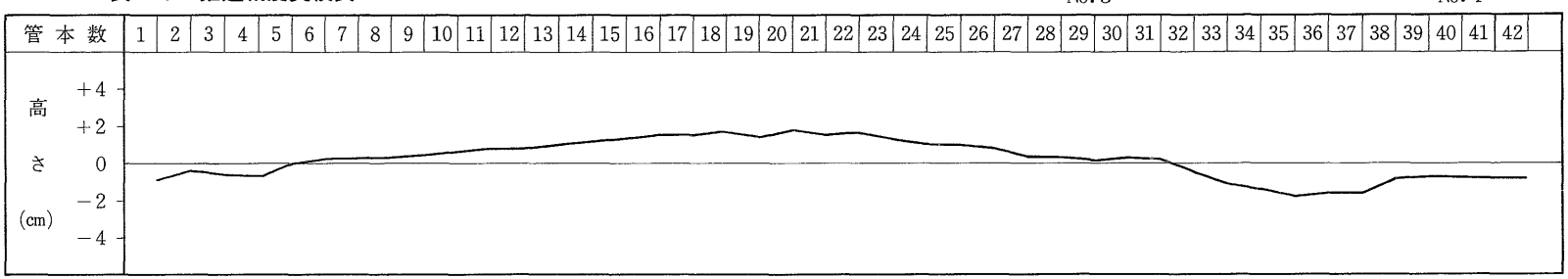
図－6　ディスタンスピース取付図



表－4　推進精度実績表

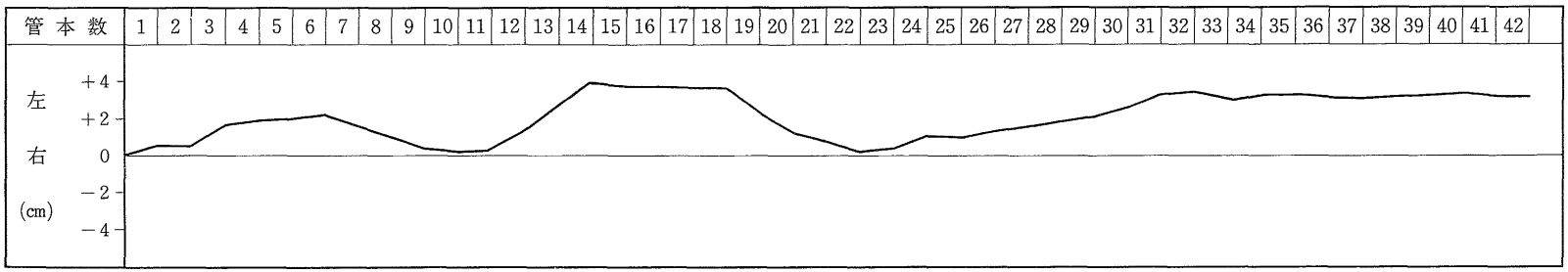
No. 3 ⟶ No. 4

管本数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42



No. 3 ⟶ No. 4

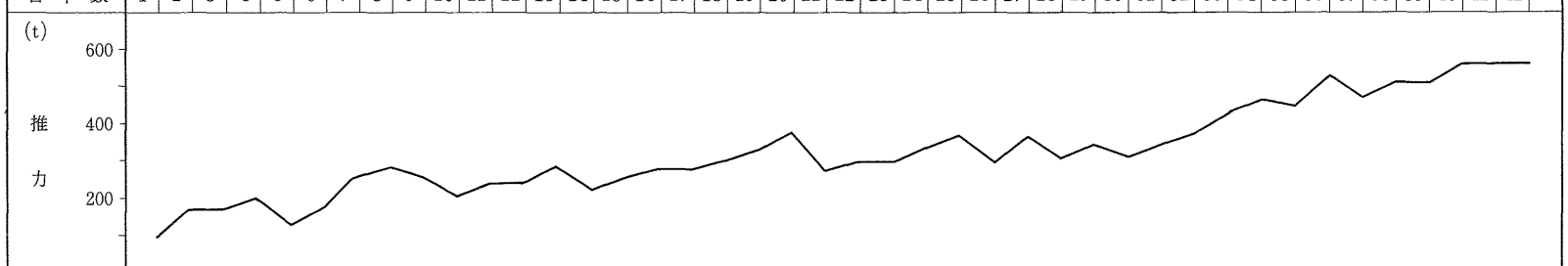
管本数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42



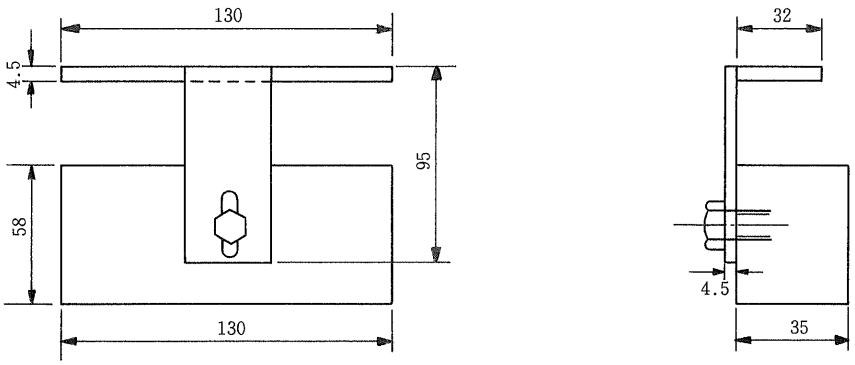
表－5　推力実績表

No. 3 ⟶ No. 4

管本数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
元押推力(t)	100	160	160	200	140	160	260	280	260	220	240	240	280	240	260	280	280	300	340	380	280	300	300	340	360	300	380	340	360	340	360	380	440	460	440	520	480	520	520	560	560	560



ディスタンスピース構造図



1個の耐圧縮力　45.5TON

V．むすび

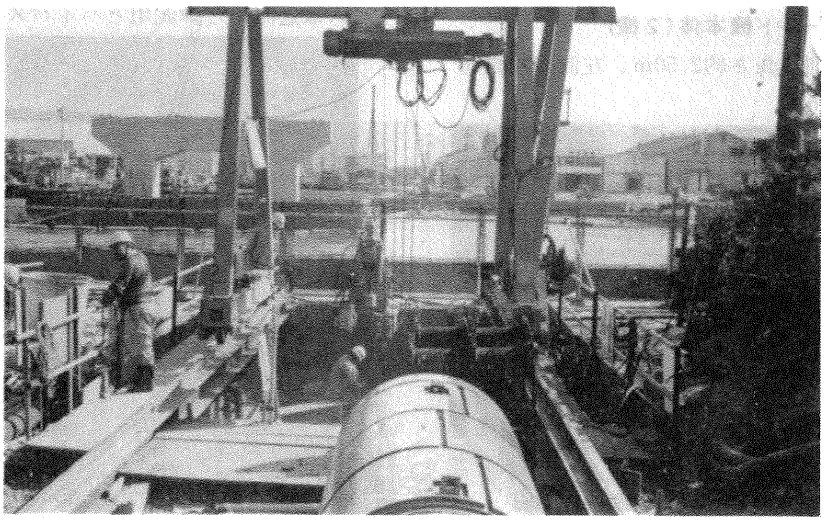
今回の推進工事に採用したこのセミシールド工法は、ダクタイル管としてわれわれがしる限り関西地方でははじめてのことであるがダクタイル推進管の持つ特長が大いに生かされ大きな成果を納めるにいたった。

当初心配された推力が900トンをオーバーするようなことがあった場合は、中間スリーブを使用し、中押しを行わねばとしていたが、推進施工を休みなく連続して押し込んだことと、滑剤の注入を工夫したことにより最大推力は560トンで予定通りの工程で完遂できた。またセミシールド工法を行ったことにより、海底の崩落事故もなく、無事管路を通すことができた。

でき上った管路は、外的条件に対応できる水密性、管路強度ともに信頼できるもので、ダクタイル管の優れた特性と安全性を活かすことによって酷な地質条件、設計条件にも適応できるものと思う。

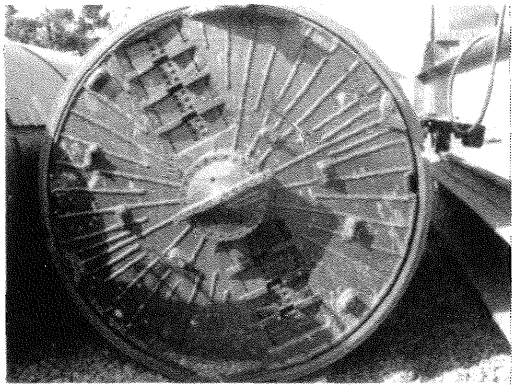
1．口径1100㎜U—D管で築港町～入船町の西運河を横断する。推進長170.2m

発進立抗より到達抗を望む。前方に小さく見えるクレーン車の位置。



2．セミシールド(マシン)切羽の前面部

切羽の土圧、または土質の変化いかんにかかわらず常にカッターヘッドが切羽に密着し土圧と対抗することによりバランスをとっている。

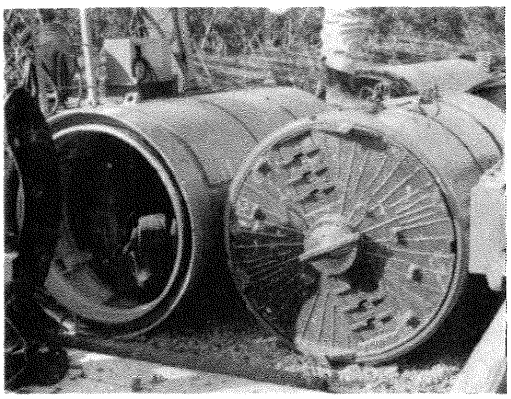


3．セミシールド(マシン)掘進機内部

上部メーターは掘進機圧力計。中央凸部はカッタースライドシリンダー。下部フランジは送泥用止水弁、排泥用止水弁。

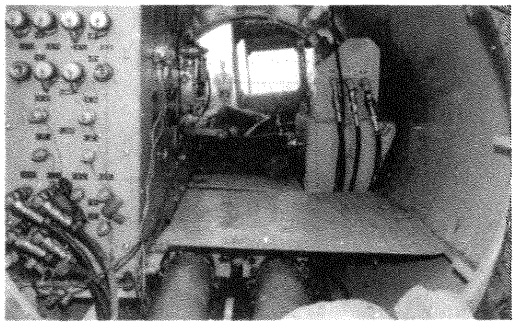
4．セミシールド機本体(2機)

右側が掘削機長さ約2.50m、左側が後続筒長さ約2.60m。



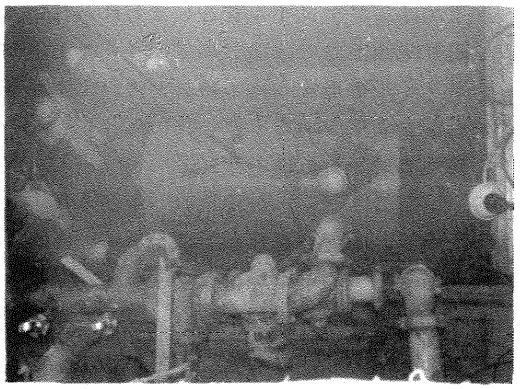
5．セミシールド機後続筒内部

左側前方が油圧ユニット操作盤と電気計装置。右側が油圧ユニット、下部ホースは送泥用と排泥用である。



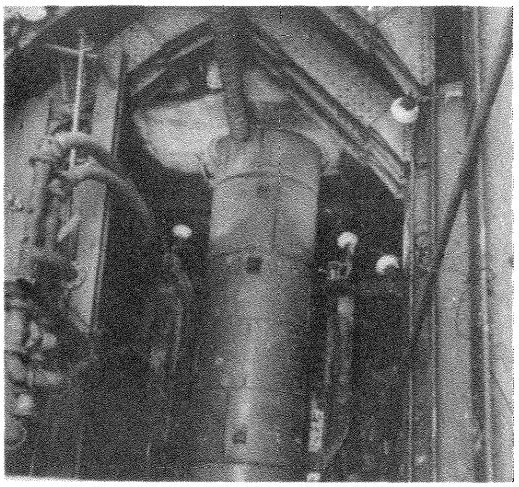
6．発進立抗(No.3)

掘進機を吊り下ししてレール上におく。左側は鏡切りの作業(完了時)。



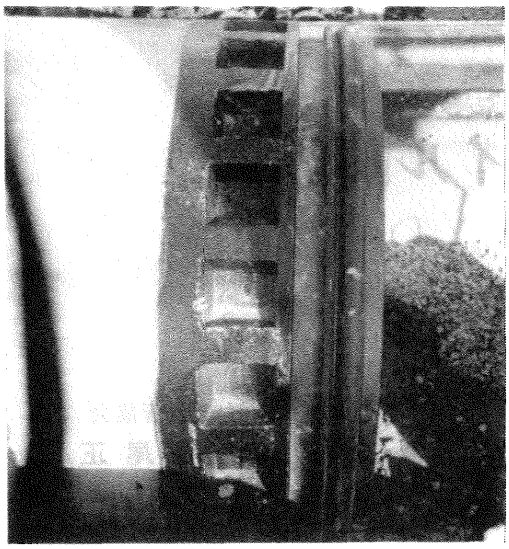
7．セミシールド本体

掘進機と後続筒とを連結し推進。左側ホースは送泥用と排泥用とバイパス管接合部。



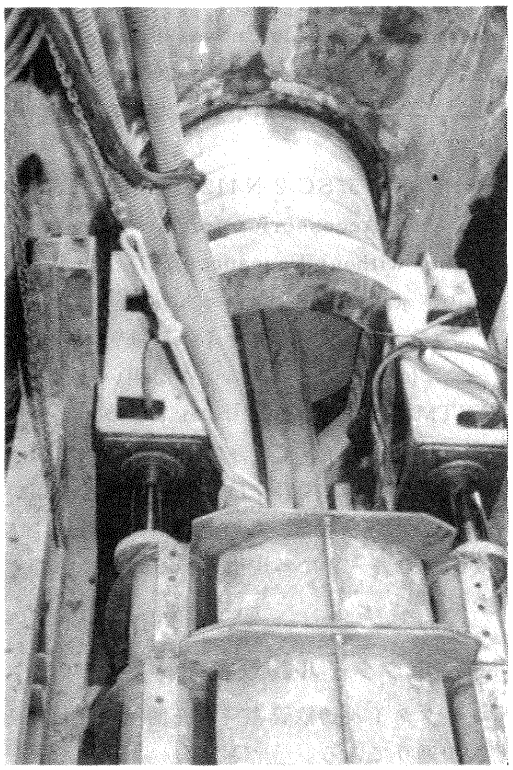
8．U－D管（先頭）の接合部

セミシールド機とU－D管との接合部状況。ゴム輪はタイトン管用ゴム輪と構造上は同じである。



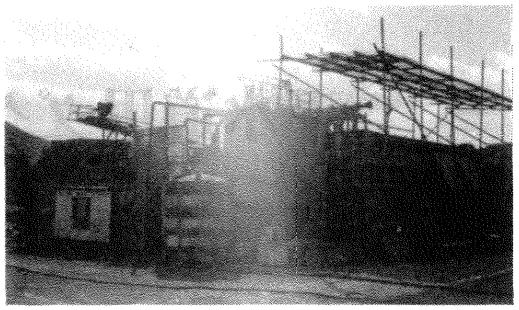
9．U－D管推進状況

元押し油圧ジャッキは200t×4基である。推進時ジャッキ本体も移動する。



10．泥水処理設備

泥水は送泥ポンプで泥水管を通じ排出し、泥水処理装置で処理。1次処理は土砂分離装置で行う。2次処理はフィルタープレスを使用し、粘土分の脱水を行った。

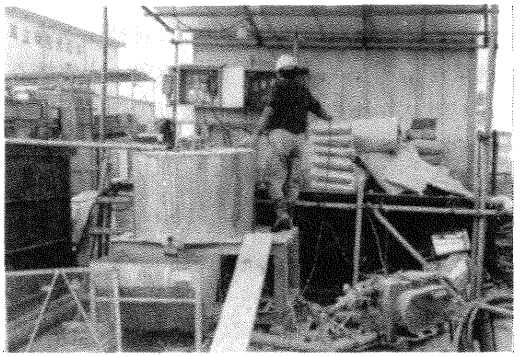


11．滑剤液注入機室および混合タンク

混合液

(1) マッドオイル
(2) ベントナイト
(3) ハイゲル
(4) CMC
(5) 水

(1)～(5)を混合する。



技術レポート5

下水道用ダクタイル鋳鉄管について

日本ダクタイル鉄管協会
技術委員長　長尾正三
技術委員　大橋義信

1．はじめに

ダクタイル鋳鉄管は上水道管路、ガス管路などとして古くから使用されてきており、下水道としては処理場内を中心に各種圧送管、送気管、スカム移送管、処理水管、上水管などが用いられており、特に最近ではシールド内配管、推進管、自然流下汚水管などとしても用いられはじめている。

このようにダクタイル鋳鉄管は、下水道市場でもその優秀性が認識され、年々使用率は高まってきている。

2．規　格

わが国におけるダクタイル鋳鉄管は、表－1のようにJIS（日本工業規格）、JWWA（日本水道協会規格）ならびにJDPA（日本ダクタイル鉄管協会規格）により規定されており、下水道用としてのダクタイル鋳鉄管も、この規格に準拠して用いられている。

また、海外における下水道用ダクタイル鋳鉄管規格としては、次のような規格がある。

ASTM A 746－77　Standard Specification for Ductile Iron Gravity Sewer Pipe.（管口径4″～54″の自然流下系下水ダクタイル鋳鉄管）

DIN 1969 Rohre aus Duktilem Guβeisen mit Steckmuffe für Entwässerungskanäle und leitungen（管口径100～2000mmの下水用圧力ダクタイル鋳鉄管、無圧力ダクタイル鋳鉄管）

ISO TC 5/SC 2 N112 Ductile Iron Pipe and Accessories for Seweres and Drains without Pressure(管口径100～2000mmの下水用無圧力ダクタイル鋳鉄管）

これらの下水用ダクタイル鋳鉄管の内面は一般にはセメントライニングが用いられるがASTMではこのほかポリエチレンライニングなどの可とう性ライニングも規定されている。腐食性の下水の場合には、特殊塗装管を用いるというISO規格を現在審議中である。

また、表－2に各規格と管厚の比較一覧表を示す。

3．ダクタイル鋳鉄管の特長

ダクタイル鋳鉄管の特長を簡潔に上げると次の通りである。

表—1　ダクタイル鋳鉄管の規格

日本工業規格		呼び径　mm
JIS　G　5526	水道用遠心力球状黒鉛鋳鉄管	(φ 75～φ1500)
JIS　G　5527	水道用球状黒鉛鋳鉄異形管	(φ 75～φ1500)
JIS　A　5314	水道用遠心力球状黒鉛鋳鉄管モルタルライニング	
JIS　K　6353	水道用ゴム	
日本水道協会規格		
JWWA　G　109	水道用鋳鉄異形管	(φ 75～φ 500)
JWWA　G　110	水道用T形遠心力ダクタイル鋳鉄管	(φ 75～φ 250)
JWWA　G　111	水道用T形ダクタイル鋳鉄異形管	(φ 75～φ 250)
JWWA　G　112	水道用ダクタイル鋳鉄管内面エポキシ樹脂粉体塗装	(φ 75～φ 350)
日本ダクタイル鉄管協会規格		
JDPA　G　1001	K形遠心力ダクタイル鋳鉄管	(φ 75～φ2600)
JDPA　G　1002	K形ダクタイル鋳鉄異形管	(φ 75～φ2600)
JDPA　G　1007	U形遠心力ダクタイル鋳鉄管	(φ700～φ2600)
JDPA　G　1008	U形ダクタイル鋳鉄異形管	(φ700～φ2600)
JDPA　G　1009	フランジ形ダクタイル鋳鉄長管	(φ 75～φ1500)
JDPA　G　1010	UF形遠心力ダクタイル鋳鉄管	(φ700～φ2600)
JDPA　G　1011	UF形ダクタイル鋳鉄異形管	(φ700～φ2600)
JDPA　G　1012	KF形遠心力ダクタイル鋳鉄管	(φ300～φ 900)
JDPA　G　1013	KF形ダクタイル鋳鉄異形管	(φ300～φ 900)
JDPA　G　1014	U形推進工法用遠心力ダクタイル鋳鉄管	(φ700～φ2600)
JDPA　G　1015	UF形推進工法用遠心力ダクタイル鋳鉄管	(φ700～φ2600)
JDPA　G　1016	T形推進工法用遠心力ダクタイル鋳鉄管	(φ300～φ 600)
JDPA　G　1017	TC形推進工法用遠心力ダクタイル鋳鉄管	(φ600～φ 900)
JDPA　G　1018	K形ダクタイル鋳鉄管用FN形継手	(φ300～φ 900)
JDPA　G　1019	S形遠心力ダクタイル鋳鉄管	(φ500～φ2600)
JDPA　G　1020	S形ダクタイル鋳鉄異形管	(φ500～φ2600)
JDPA　G　1021	S形遠心力ダクタイル鋳鉄管	(φ100～φ 450)
JDPA　G　1024	T形遠心力ダクタイル鋳鉄管	(φ300～φ2000)
JDPA　Z　2005	ダクタイル鋳鉄管防食用ポリエチレンスリーブ	(φ 75～φ2600)
JDPA　Z　2007	ダクタイル鋳鉄管継手用クロロプレンゴム輪	
JDPA　Z　2008	ダクタイル鋳鉄管継手用ニトリルブタジエンゴム輪	

(1)　材質的に強靱で、管内水圧、外荷重に対して強く、また耐衝撃性に優れ、外部からの衝撃、内部からのウォーターハンマを吸収する。

(2)　材質的に耐食性に富んでいる。

(3)　配管施工が簡単である。

(4)　継手の水密性能が非常に優れており、正規に接合された継手においては高圧に耐え、外荷重に対しても安全で、さらに継手が自在に屈曲し、地盤によく順応する。また、振動、伸縮などをよく吸収する。

(5)　口径、管厚、継手、異形管の種類などが豊富で、条件に応じた経済的、合理的な配管設計ができる。

4．設　計

(1)　安全率

ダクタイル鋳鉄管の場合、管厚決定に際し、静水圧に対して2.5、衝水圧、土被りによる土圧、路面荷重による土圧に対して2の安全率を見込み、しかもそれらが同時に働くものと計算している。

(2)　流量係数

Hazen-Williamsの公式における流量係数は、長期にわたってC_H=110～130を期待できる。

(3)　特殊な工法

イ．狭開削溝内配管

内面から接合できるU形管を用いるこ

表—2　ダクタイル鋳鉄直管の管厚一覧表

（単位 mm）

管種 / 呼び径 (mm)	JIS、JDPA					ISO		DIN	ASTM						
	DP1	DP2	DP3	DP4	DP5	K＝9	K＝7		50	51	52	53	54	55	56
75	7.5	—	6.0	—	—	6.0	—	—	—	6.4	7.1	7.9	8.6	9.4	10.2
100	〃	—	〃	—	—	6.1	6.1	5.0	—	6.6	7.4	8.1	8.9	9.7	10.4
150	〃	—	〃	—	—	6.3	6.3	〃	6.4	7.1	7.9	8.6	9.4	10.2	10.9
200	〃	—	〃	—	—	6.4	6.4	〃	6.9	7.6	8.4	9.1	9.9	10.7	11.4
250	〃	—	〃	—	—	6.8	6.6	5.3	7.4	8.1	8.9	9.7	10.4	11.2	11.9
300	〃	—	6.5	—	—	7.2	6.7	5.6	7.9	8.6	9.4	10.2	10.9	11.7	12.4
350	〃	—	〃	—	—	7.7	6.9	—	8.4	9.1	9.9	10.7	11.4	12.2	13.0
400	8.5	7.5	7.0	—	—	8.1	7.0	6.3	8.6	9.4	10.2	10.9	11.7	12.4	13.2
450	9.0	8.0	7.5	—	—	—	—	—	8.9	9.7	10.4	11.2	11.9	12.7	13.5
500	9.5	8.5	8.0	—	—	9.0	7.3	7.0	9.1	9.9	10.7	11.4	12.2	13.0	13.7
600	11.0	10.0	9.0	8.5	7.5	9.9	7.7	7.7	9.7	10.4	11.2	11.9	12.7	13.5	14.2
700	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	10.8	8.4	8.4	—	—	—	—	—	—	—
800	13.5	12.0	11.0	10.0	9.0	11.7	9.1	9.1	—	—	—	—	—	—	—
900	15.0	13.0	12.0	11.0	9.5	12.6	9.8	9.8	10.9	12.2	13.5	14.7	16.0	17.3	18.5
1000	16.5	14.5	13.0	12.0	10.5	13.5	10.5	10.5	—	—	—	—	—	—	—
1100	18.0	15.5	14.0	13.0	11.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1200	19.5	17.0	15.0	13.5	11.5	15.3	11.9	11.9	13.0	14.7	16.5	18.3	20.1	21.8	23.6
1350	21.5	18.5	16.5	15.0	12.5	—	—	—	14.5	16.5	18.5	20.6	22.6	24.6	26.7
1500	23.5	20.5	18.0	16.5	14.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1600	25.0	22.0	19.0	17.5	14.5	18.9	14.7	14.7	—	—	—	—	—	—	—
1650	25.5	22.5	19.5	18.0	15.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1800	28.0	24.0	21.0	19.5	16.0	20.7	16.1	16.1	—	—	—	—	—	—	—
2000	30.5	26.5	23.5	21.0	18.0	22.5	17.5	17.5	—	—	—	—	—	—	—
2100	32.0	28.0	24.5	22.0	18.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2200	33.5	29.0	25.5	23.0	19.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2400	36.5	31.0	27.5	25.0	21.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2600	39.5	34.0	29.5	27.0	23.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

とにより可能。

ロ．シールド内配管

同じくU形管を用いることにより可能。

ハ．推進工法

軌道、河川、道路横断、あるいは密集した市街地など、開削して管路を布設できない所では従来さや管を使用して本管を引き込む工法がとられていたが、本方法はダクタイル鋳鉄管そのものを直接押し込んで管路とする工法である。構造はU形管、あるいはUF形管の外面に鉄筋コンクリートを巻き、フランジ部、あるいはロックリングを介して大きい推力の伝達にも耐え得るようにしたものである。

また、中間ジャッキと元押しジャッキを用い、ダクタイル鋳鉄管の剛性を利用して推進し、中間スリーブを介して長距離(200～300m)の推進を可能としている。

5．管体の耐食性

鋳鉄が耐食性に優れていることは、古くからの実績、文献で明らかにされている。

鋳鉄管については、1885年(横浜)、1887年(長崎)、1888年(東京)、1889年(大阪)頃に配管された水道管が、今なおりっぱに使用されていることでも耐食性が証明される。

ダクタイル鋳鉄に関しては、開発されて20余年であり、当然ながらそれ以上の実績はな

表—3　促進腐食試験

	腐食量 mm/年		
浸漬期間	90日	180日	360日
ダクタイル管	0.122	0.081	0.066
鋳鉄管	0.127	0.083	0.073
鋼管	0.140	0.097	0.130

(試料を海水中に浸漬し、機械的に攪拌した)
(出典：Michel Paris & de la Bruniere "Corrosion" May 1957)

いが、各種促進腐食試験結果から、その耐食性は鋳鉄とほぼ同等であることが証明されている。促進試験の一例を表－３に示す。

なお、ダクタイル鋳鉄管の管厚決定に際しては、鋳鉄管と同じ２mmの腐食代を見込んである。

６．管内外面防食

下水道は汚水、雨水を処理するためのものであり、多量の溶解塩類、懸濁固形分を含み水質による管路の腐食および摩耗を考慮する必要がある。

しかし下水道の腐食性は、下水道の水質が地域毎に一定せず、統一的な基準を設けることは非常に困難である。

また、下水管の外面塗装においても、その使用場所により目的に適合した塗装を採用しなければならず、特に処理場内では保守管理上、管内流体を容易に判別できるように外面仕上げ塗装を色分けする方法が採用されつつある。

そこで、ダクタイル鋳鉄管の内外面の防食対策について、もう少し詳しく述べる。

(1)　内面防食

日本においては近年、公害に関する企業の意識の徹底、下水道法および同法施行令により、表－４に該当する廃液を公共下水道に排出する時は適当な前処理をすることが義務付けられていることなどのために、極端に腐食性の強い廃液が下水道中に直接流入する可能性が少ない。

表－４　廃液排出規制

①温度：40℃以上	⑤油脂類：30mg/ℓ以上
②pH：5.7以下または8.7以上	⑥沃素消費量：220mg/ℓ以上
③BOD：5日間300mg/ℓ以上	⑦フェノール類：5mg/ℓ以上
④SS：300mg/ℓ以上	

また下水中に各種の塩類が含有され、汚水などの有機物が多量に含有される場合は水の緩衝能力が大となること、および各種の下水が多種混合する場合には統計的に略々中性になることなどの点からも、極端な酸性の腐食性の強い下水が直接流入することはほとんどないと考えられる。

しかし、下水中には多量の溶解塩類を含むために水の電気伝導度が高く、一般的な腐食反応における電気化学反応が速やかに進行すると考えられる。表－５に上水道水、下水道流入水および海水の水質を示すが、下水道流入水は電気伝導度が上水道水と海水の中間にあり、海水ほどではないが上水道水よりかなり腐食性である。

表－５　各種水の水質

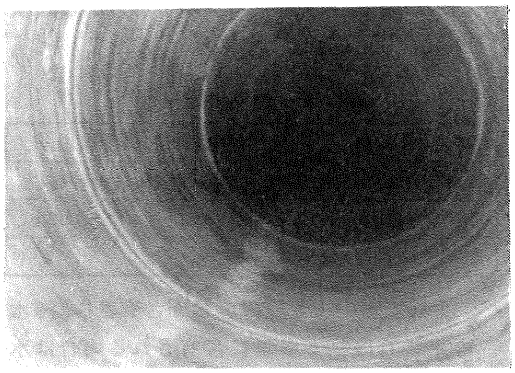
	上水道水	下水道流入水	海　水
pH	～７	～７	～８
$C\ell^-$	数ppm～数十ppm	数百ppm	～18,000
SO_4^{--}	数ppm～数十ppm	百ppm～数百ppm	～3,000
導電率	5,000～10,000S	数百S	数十S

一般にダクタイル鋳鉄管は、内面防食対策としてセメントライニングが施されている。このセメントライニングダクタイル鋳鉄管は、海水輸送用として広範囲に用いられており、長期間の耐久性が確認されている。写真－１にセメントライニング管を海水に使用した例を示す。

前述のように、一般的な下水道流入水は海水より腐食性でなく、したがってセメントライニングダクタイル鋳鉄管は、海水の場合と同様に下水管の場合でも長期間の耐久性を期待できると思われる。

これを証明するように、日本における一般の下水管としてセメントライニングダクタイル鋳鉄管は実用されており、セメントライニングの優れた防錆力のため内面からの腐食を心配することなく広く使用されている。

写真—1　約5年海水を通水した口径1800㎜のセメントライニング管の状態（異常は認められず）



摩耗に関しては、上水道の場合と比較しその条件はかなり厳しく、しかも固形分の量、質ともに一定していない。あまり流速が速いと、下水中の懸濁固形分による管路の摩耗を考慮する必要がある。

摩耗とともに固形分の堆積を考慮した場合、その設計流速は汚水管の場合0.6～3.0m/秒、雨水管の場合0.8～3.0m/秒とされており、理想的流速は1.0～1.8m/秒に採ることが望ましいとされている。

これは上水道の場合の導水管、送・配水管の0.3～6.0m/秒と比べると若干異なっている。

(2)　下水道管の内面異常腐食

アメリカ南部諸州や中近東地域の下水管路などのように、高温地帯の無圧力管で、しかも流速が低い場合に内面異常腐食が発生しやすい。

最近の調査では、鉄筋コンクリート管で10年以内に鉄筋が露出してしまったり、石綿セメント管が5～10年で貫通腐食した事故が報告されている。また、米国の西海岸5州の調査では、コンクリート製の下水管のうち約9％が硫化物による腐食を受けているとのことである。

これは、下水中に多量に生息している微生物に起因する腐食といわれている。すなわち、自然流下系のような無圧力管の場合その流速が小さい時、管底部にスラッジが沈積しやすい。表—6に各流速毎の下水中の懸濁固形分の沈積状況を示す。沈積した

表—6　流速と固形分沈積状況

流　速	固形分沈積状況
0.3m/秒以下	多量の有機物、無機物の固形分が沈積する。 硫化物が非常に問題になる。
0.3m/秒～0.4m/秒	無機の石が底に沈積し、有機物が底部をゆっくり流れる。 強い硫化物が生じ、問題になりそうである。
0.4m/秒～0.6m/秒	無機の石が底に沈積する。流速が小さくなるほど硫化物が生じる。
0.6m/秒以上	固形物は流れ、硫化物は生じない。

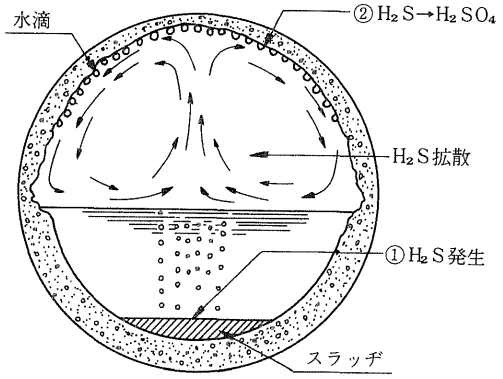
スラッジ中では有機物が腐敗し、嫌気性雰囲気となり、水中や管底のスラッジ中に生息する硫酸塩還元バクテリアにより下水中の硫酸塩が還元されて硫化水素ガス(H_2S)が発生する。このようにスラッジ中で発生したH_2Sは管上部の気相中に拡散し、管上部の管壁に凝集している水滴中に溶け込む。水滴中に溶け込んだH_2Sは、さらに酸化作用を受け、硫酸(H_2SO_4)を形成する。これらの作用は反応式①、②および図で説明される。

① $SO_4^{--}+5H_2 \rightarrow H_2S\uparrow+4H_2O+2e^-$
（バクテリアによる還元）

② $H_2S+2O_2 \rightarrow H_2SO_4$
（バクテリアによる酸化）

最終的に形成されたH_2SO_4が鉄やセメントを素材とする管を腐食するものであり、

図　硫酸生成メカニズム



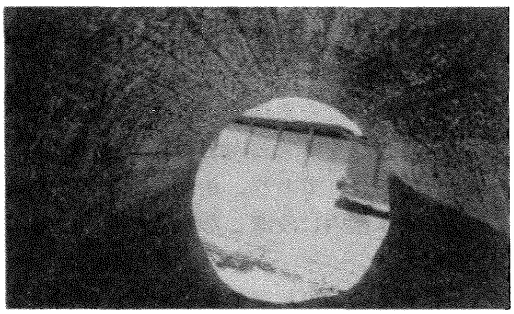
実測ではpH２以下で５％H_2SO_4が生成したことが報告されている。

このように高濃度の汚水が流れ、高温地帯で硫酸塩の多い下水の場合、酸による腐食が考えられるため防食対策が必要となる。

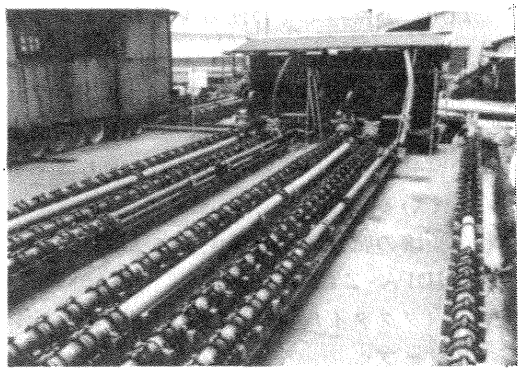
そこで、各種防食対策を行った管をpH２およびpH４に調整された水で長期間の通水試験を行った。試験状態を写真－３、試験結果の一例を表－７に示す。

表－７に示す試験結果では、セメントライニングの上にタールエポキシ塗装を施したものと、エポキシ樹脂粉体塗装を施したものが７年以上経過した後でも良好で、現在でも試験を継続中である。

写真－２　中近東にて数年用いられていた石綿セメント管（気相部は腐食されボロボロになっている）



写真－３　通水試験状態

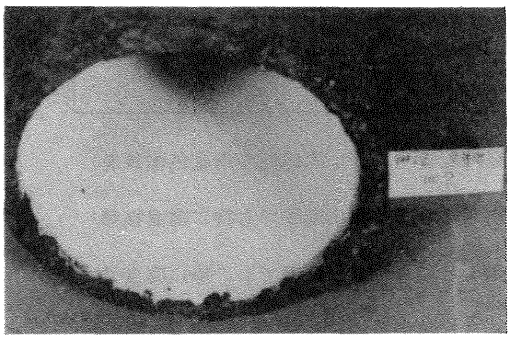


表－７　酸性液(pH 2)による通水試験結果

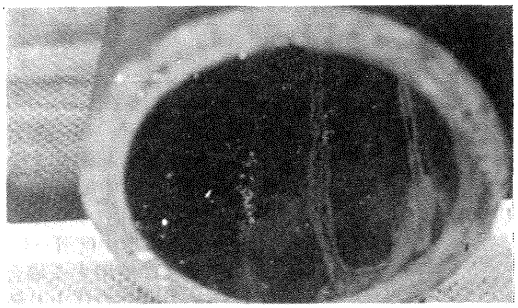
No.	内面防食対策	試験結果
1	モルタルライニング	部分的に侵食を認める
2	モルタルライニング＋塩ビ系シールコート	約７年で、シールコートに一部フクレを認める
3	モルタルライニング＋タールエポキシ塗装	約７年で、良好（現在も継続中）
4	アクリルエマルジョン添加モルタルライニング	約７年で、一部砂肌を認める
5	エポキシ粉体塗装	約７年で、良好（現在も継続中）
6	熱硬化型ポリエステル粉体塗装	約７年で、フクレを認める
7	タールエポキシ塗装	６ヵ月で、フクレを認める

(注－１）供試管は口径 100㎜～125㎜、長さ300㎜である。
(注－２）通水速度はNo.１のみ3.2m/秒で、ほかは5.1m/秒である。
(注－３）管の素材はダクタイル鋳鉄管である。

写真－４　約７年pH２の酸性液を通水したエポキシ樹脂粉体塗装管（塗膜面良好）



写真－５　約７年pH 2の酸性液を通水したセメントライニング（表面にタールエポキシ塗装）管（塗膜面良好）



(3) 外面塗装

地下埋設管は、特に土壌中で耐久性を発揮するように、上水道用ダクタイル鋳鉄管と同一の外面塗装仕様のタールエポキシ樹脂塗装(100μ厚)が施されている。

前述のようにダクタイル鋳鉄管は、従来の鋳鉄管の耐食性を受継いでおり、通常の土壌条件においてはタールエポキシ樹脂塗装によって優れた耐久性を発揮し、数十年以上にわたってその使命を果すことができるものである。

しかし、土壌の条件は千差万別であり、特に最近では埋設環境の悪化に伴って土壌の腐食性が強い場所に布設する例も多くなっている。

土壌の腐食性を評価する方法は、

JDPA Z 2005—1975

(ダクタイル鋳鉄管防食用ポリエチレンスリーブ)

ANSI A 21.5—1972

(American National Standard for Polyethylene Encasement for Gray and Ductile Cast Iron Piping for Water and Other Liquids)

DVGW, GW9

(Merkblatt für die Beurteilung der Korrosionsgefährdung von Eisen und Stahl im Erdboden)

に規定されており参考にされたい。

土壌の腐食性を評価して腐食性と判定された場合、埋設されるダクタイル鋳鉄管の防食対策としては、管を埋設現場にてポリエチレンスリーブで被覆し、鉄管と土壌との直接接触を防いで防食する方法が一般的に用いられるようになってきており、海岸の埋立地域、特殊な腐食性土壌地域でその効果を発揮している。

また、最近の処理場の設計では、諸プラントを連絡する管廊内配管を色分けすることが一般化しており、さらにダクタイル鋳鉄管を水槽内に浸漬した状態で使用する場合もある。

これらの露出配管や水中配管に使用する管の外面塗装について検討し、表—8に示す塗装仕様を作成している。

表—8に示す特殊塗装は、いずれも1、2次塗装を工場で行い、3、4次塗装は配管、接合完了後現地で塗装を行うものであ

表—8 ダクタイル鋳鉄管外面の特殊塗装

塗装区分		A	B	C
適用用途		露出配管	水中配管	
			色の指定がない場合	色の指定がある場合
1次塗装	工場	鉛系錆止め塗料 35μm	タールエポキシ樹脂塗料 70μm	エポキシ樹脂塗料 60μm
2次塗装	工場	〃 30μm	エポキシM・I・O塗料 50μm	エポキシM・I・O塗料 50μm
3次塗装	現地	合成樹脂調合塗料 25μm	タールエポキシ樹脂塗料 70μm	エポキシ樹脂塗料 30μm
4次塗装	現地	〃 25μm	〃 70μm	〃 30μm
合計塗膜厚(μm)		115	260	170

参考として表—8に示す塗装区分の用途例を示す。

A. 露出配管——地上配管、屋内配管および管廊内配管で、管に黒以外の指定色塗装を施す場合に適用する。

B. 色指定がない場合の水中配管——水中で使用する場合や露出配管でも特に腐食性環境に使用する場合に適用する。

C. 色指定がある場合の水中配管——水中で使用する場合や露出配管でも、特に腐食性環境に使用する場合に適用する。
この場合の仕上り色は指定することができる。

る。これは工場で仕上げ塗装を行っても、管の輸送や配管・接合工事のため、仕上げ塗装を損傷することが予想されるためである。

また、鉛系錆止め塗料として種々の錆止め塗料について検討した結果、ダクタイル鋳鉄管用として亜酸化鉛錆止め塗料(JIS K 5623)が優れているので、これを露出配管の下塗り塗料とした。

さらに、タールエポキシ樹脂塗料やエポキシ樹脂塗料を水中配管に使用する場合、これらの塗料は塗装間隔が長いと塗膜の層間密着性に問題が生じる可能性があり、これを避けるため2次塗装にM.I.O (Micaceous Iron Oxide) を添加した塗料を2次塗装に使用し、3次塗装までの許容間隔の延長を図った。

(4) 耐電食性

地中を流れる迷走電流により起る電解腐食(電食)に対しては、

(イ) ダクタイル鋳鉄は、比較的電気抵抗が大きい。

(ロ) 継手がゴム輪を介して接合されているので、電気的に絶縁されている。

などにより安全である。

7. ダクタイル鋳鉄管用ゴム輪

下水道に用いられるダクタイル鋳鉄管の継手は、上水道に用いられる継手と基本的にはまったく同じものが用いられる。しかしながら、下水中には多量の溶解塩類や有機物を含んでいるため、ゴム材質に対する影響が異なるものと予想される。表－9に下水道の水質の一例を示す。

表－9　下水道の流入下水の水質

東京都各汚水処理場における流入下水の水質の例

	芝浦	三河島	砂町	小台	落合	藤ケ崎	浮間
pH	6.8	7.0	6.5	4.9	6.9	7.0	7.5
蒸発残留物〔ppm〕	1,276	877	2,010	882	596	668	1,749
強熱残留物〔ppm〕	936	555	1,384	546	306	476	1,079
溶解性物質〔ppm〕	1,115	693	1,880	657	385	630	1,521
浮遊物〔ppm〕	161	184	130	225	211	36	232
溶存酸素〔O_2ppm〕	1.8	3.1	2.5	5.6	5.6	1.2	—
酸素飽和度〔%〕	18.0	35.0	24.7	60.0	53.0	14.0	—
BOD〔ppm〕	171.0	158.0	114.0	238.0	193.0	50.0	314.0
COD〔O_2ppm〕	133.0	118.0	93.0	184.0	138.0	45.0	412.0
全窒素〔N ppm〕	28.3	30.5	24.1	22.1	28.2	13.9	52.5
アンモニア性窒素〔N ppm〕	8.3	9.1	7.6	6.4	6.5	6.4	8.8
アルブミノイド窒素〔ppm〕	5.0	6.8	5.4	6.9	7.9	2.8	10.5
亜硝酸性窒素〔N ppm〕	0.20	0.10	0.10	0.30	0.20	0.0	0.0
硝酸性窒素〔N ppm〕	0.70	1.20	0.20	1.40	0.80	0.10	16.70
有機性窒素〔N ppm〕	19.1	20.1	14.7	14.0	20.7	7.4	26.1
塩素イオン〔Cl^-ppm〕	437.0	200.0	869.0	119.0	46.0	172.0	208.0
硫化物〔H_2Sppm〕	17.0	24.0	28.2	15.0	12.0	18.0	62.0
油類〔ppm〕	13.0	19.0	7.6	18.0	12.0	23.0	9.8
ABS〔ppm〕	5.2	6.2	5.2	7.9	7.9	4.8	8.8
遠藤赤変菌数〔1㎖中〕	120×10^3	20×10^4	71×10^3	16×10^3	32×10^3	47×10^3	—

この表からもわかるように、下水道に流入する汚水、雨水については濃厚な油分などはなく、特にゴム材質を侵食することは考えられない。このような生し尿、汚水、処理場水などで各種のゴム材質を浸漬した結果でも、ＳＢＲ系の合成ゴムがもっとも優れた性能を示し、化学的耐久性もあるのでＳＢＲ系合成ゴム輪を下水道にも標準化している。

なお、下水道に鉱油分などが流入する可能性のある場合には耐油性のCR、NBRなどを用いることもある。また、送気管用にも同様のゴム輪が用いられ、JDPAで規格化されている。

表—10に5種類の工業用ゴム材料の特性、表—11に用途別標準材質を示す。

表—10　工業用ゴム材料の特性

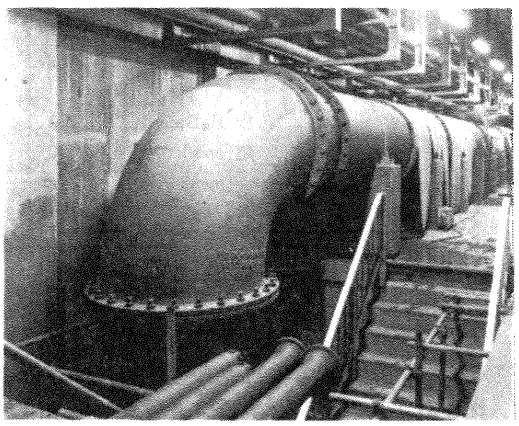
区分	ゴム / 項目	天然ゴム (NR)	スチレン・ブタジエンゴム (SBR)	クロロプレンゴム (CR)	ニトリルゴム (NBR)	エチレン・プロピレンゴム (EPDM)
物性	かたさ (Hs)	30～90	30～90	30～90	40～90	40～90
	引張強さ (kg/cm²)	70～200	70～200	30～200	30～170	30～200
	伸び (%)	70～600	70～600	50～500	50～450	50～500
最高温度	乾熱使用温度 (℃)	70	80	100	110	120
	湿熱使用温度 (℃)	80	90	100	120	130
	最低使用温度 (℃)	−70	−60	−20	−20	−60
化学変化	耐老化性	○	○	◎	○	◎
	耐オゾン性	×	×	○	×	◎
	耐候性	○	○	◎	○	◎
	耐微生物性	×～△	◎	○	△～○	○
膨潤	ガソリン・軽油	×	×	△	○	×
	トルエン・ベンゼン	×	×	×	△	×
	アセトン・MEK	○	○	△	×	○
	アルコール	○	○	△	△	○

(注) 物性値：JIS K 6380(工業用ゴムパッキン材料)の規格値を代入(EPDMは別)。

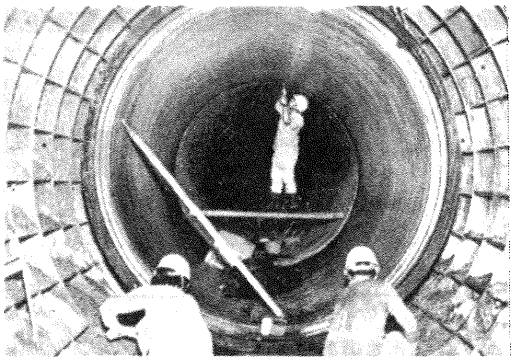
表—11　ゴム輪の用途別標準材質

用途	流体	材質
上水道 工業用水 農業用水	浄水または一般河川水	SBR
発電所・工場冷却水	海水	SBR
下水道	下水・汚泥	SBR
	曝気(空気)	CR・NBR
浄水場	オゾン水	EPDM
都市ガス	ガス	NBR

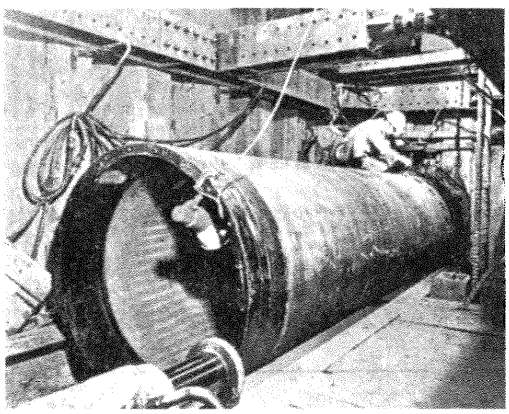
写真—6　処理場内の汚泥、空気圧送管として使用されるダクタイル鋳鉄管



写真—7　シールド内に配管されたU形ダクタイル鋳鉄管



写真—8　推進工法用UF-D形ダクタイル鋳鉄管



8．まとめ

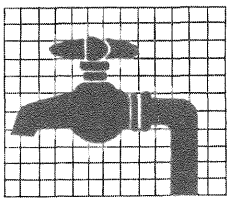
ダクタイル鋳鉄管が下水道に用いられ、各地で採用されているのは、

(1)　長年月の使用に十分な耐久性、耐食性を有する。
(2)　継手部の水密性がよい。
(3)　内外圧に対して十分な強度を有する。
(4)　継手が地盤沈下に対して可とう性を有する。
(5)　経済性、施工性に優れている。
(6)　シールド内で酸欠などの問題を生じることなく安全に施工できる。
(7)　維持管理がしやすい。

などの理由によるものと聞いており、今後とも改良に努力するつもりでさらにダクタイル鋳鉄管が普及することを希望するものである。

ダクタイル鉄管第29号

昭和55年10月



技術レポート❶

6拡を迎えた札幌市配水管の現況について

札幌市水道局
拡張部長 **富田一成**
東部配水事務所長 **近藤弘**

1．はしがき

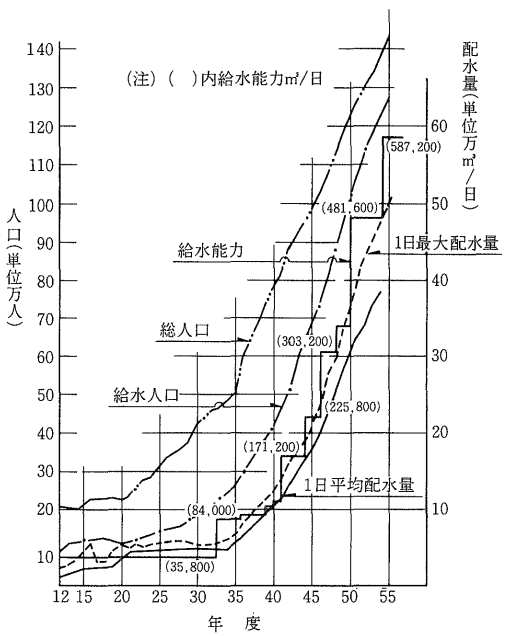
札幌市の水道は、昭和12年に計画給水人口22万人、計画給水量35,800㎥/日として創立され、発足当初の配水管延長は196km、給水人口は9万2,000人であった。創設から昭和20年までは、折からの戦時体制で伸びは見られなかったが、戦後の札幌市は人口の都市集中化が続き、昭和50年の総人口は124万人を越える結果となった。

このため、昭和29年度から第1期水道拡張事業を開始し、昭和54年度完了の第5期水道拡張事業にかけて、水利権の確保・取水・浄水・配水施設の新増設および配水幹線網の整備ならびに配水管などの布設工事を継続して施工をし、急増する給水需要に対応してきたところである。しかしながら、なお引続く需要増に対処して、さらに昭和55年度から第6期水道拡張事業に着手しなければならない現状にある。

したがって配水管工事についても、特に3拡以降は長期計画に基づいて幹線網の計画的拡張、配水管の大幅な布設工事を逐年施工をして、昭和54年度末総延長は2,574kmに達した。

ここに、創設以降5拡までの配水管等の布設経過・使用材料および工法などの変遷を取りまとめ参考に供したい。

図－1　配水量・給水人口の推移



表－1　配水量・給水人口の推移

年度	※ 人口		配水量（㎥/日）		給水能力（㎥/日）	対5年前指数	
	総人口	給水人口	1日平均	1日最大		給水人口	平均配水量
12	204,628	91,680	14,842	23,700	35,800		
15	206,103	115,675	21,381	34,900	〃	126	144
20	220,139	100,325	36,757	51,700	〃	87	172
25	313,850	141,884	44,185	53,100	〃	141	120
30	425,675	180,436	45,826	50,800	〃	127	104
35	506,838	261,056	53,282	68,200	84,000	145	116
40	779,491	413,819	101,050	123,251	108,600	159	190
45	993,749	685,441	177,774	210,106	225,800	166	176
50	1,240,617	1,021,000	307,464	363,250	481,600	149	173
※※ 55	1,405,000	1,283,000	400,000	507,000	587,200	126	130

（注）※　人口は当年度10月1日付。
※※ 昭和55年度は推定値。

2．拡張事業と配水管布設の推移

本市の配水量と給水人口の推移は表－1、図－1に示す通りであるが、特に給水人口においては、昭和20年代が年間約1万8,000人の増、30年代3万3,000人、40年代に入っては年間平均約6万2,000人と年々その伸び率が上昇し、対応する配水管布設延長についても表－2、図－2に示す通り、昭和30年代で年間約

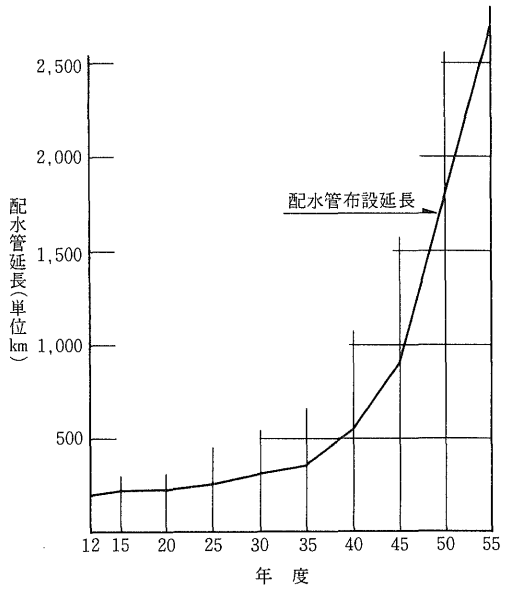
表－2　配水管口径別延長

（単位 m）

管種 口径（mm） 年度	※ 鋳鉄管 500～2000	350～450	200～300	75～150	小計	※※ その他 75～1800	補助管 50	総延長	摘要
12	8,629	1,151	33,074	153,057	195,911			195,911	
15								222,417	
20								〃	
(22)	8,629	1,151	33,720	178,917	222,417			〃	
25								251,449	第1次配水管拡張
30								306,111	昭和23～34年度
(34)	12,450	3,577	53,120	272,949	342,096			342,096	1拡 昭和29～34年度
35								359,261	第2次配水管拡張
40								553,331	昭和35～43年度
(43)	28,713	7,194	116,849	675,220	827,976			827,976	2拡 昭和35～43年度
45								920,350	
(46)	45,844	9,193	150,858	585,283	791,178	191,715	40,103	1,022,996	3拡 昭和44～46年度
50	90,461	11,560	345,279	1,124,751	1,572,051	203,554	55,029	1,830,634	4拡 昭和47～50年度
(54)	141,844	41,690	521,093	1,647,923	2,352,550	170,041	50,951	2,573,542	5拡 昭和51～54年度

（注）※　鋳鉄管は、昭和44年度以降ダクタイル鋳鉄管。
※※　その他はACP、VP、STPW。
※※※　昭和43年度までは鋳鉄管に、その他および補助管を含む。
※※※※布設延長は、拡張工事、維持管理施工分、寄付採納分、受託により増加したものより撤去（拡張工事、維持管理によるもの）をさし引いた数とする。
※※※※※（　）内は、拡張工事終了年度。

図－2　配水管布設延長の推移



25kmの増、40年代で128km、50年代に入っては実に年間平均約186kmの増加を見ている。

したがって本市の配水管工事は、創設後昭和14年に26kmを布設したのみであったが、戦後の給水需要の増加に伴い当面の対策として昭和24年度から4ヵ年計画で、従来の放任栓から全計画栓への切替工事を実施し、配水量の伸びを押えるとともに、昭和23年度から34年度にかけて第1次、35年度から43年度にかけて第2次配水管拡張工事を実施して、配水管の総延長を創設時の4倍を越える828kmとした。

しかし、ますます急増する需要に対応するため水深・浄水施設などの対策が急務とされることから、昭和29年度より第1期水道拡張工事に着手をしたものであり、1拡から6拡に至る経過とその概要を上げると、

1．1拡（自昭和29年度→至昭和34年度）

藻岩第2浄水場の新設（能力35,800→84,000㎥/日）および藻岩取水場の増強。口径600mm第2導水管の新設・配水池の増設。

2．2拡（自昭和35年度→至昭和41年度）

藻岩第2浄水場の拡張（能力84,000→155,000㎥/日）と、これに伴う水源拡張（山鼻取水場の新設）。口径900mm第3導水管の新設・幹線および配水管の布設工事。

3．3拡（自昭和42年度→至昭和46年度）

新水源として豊平峡ダムの建設参加（開発局施工、水利権228,290→706,500㎥/日）。白川浄水場（能力120,000㎥/日）と同取水施設の新設。平岸配水池（容量30,000㎥）と配水センターの新設。口径1500mm白川送水管・口径2000mm白川幹線等白川系幹線網の新設および関連する配水管の布設工事。

4．4拡（自昭和47年度→至昭和50年度）

白川浄水場の拡張（能力120,000→310,000㎥/日）。平岸配水池の増設（容量30,000→60,000㎥）。高区系配水池および同ポンプ場施設の建設。配水管の布設589km（内幹線38km）。

5．5拡（自昭和51年度→至昭和54年度）

白川浄水場の拡張（能力310,000→405,000㎥/日）。西野・宮町浄水場の拡張（能力、西野7,800→15,600㎥/日、宮町2,800→5,600㎥/日）と、これに伴う取水・導水および配水施設の新増設。平岸配水池の増設（容量60,000→120,000㎥）。排水処理施設の新設。高区系配水池および同ポンプ場施設の建設。配水管の布設622km（内幹線57km）。

6．6拡（自昭和55年度→至昭和70年度）

同上一次分（自昭和55年度→至昭和58年度）

新水源として定山渓ダムの建設参加（開発局施工、水利権715,200→1,035,200㎥/日）。白川浄水場の拡張（能力405,000→500,000㎥/日）。藻岩浄水場の改修と口径700mm導水管の布設替え。高区系配水池および同ポンプ場施設の建設。白川第2送水管の布設15km（口径1800～1650mm）。配水管の布設580km（内幹線42km）などを予定している。

3．使用材料について

札幌市における配水管の使用管種は、創設以来主として鋳鉄管を使用しており、現在配水管総延長のうち鋳鉄管（ダクタイル鋳鉄管を含む）の占める割合は91.4％（昭和54年度末）となっている。しかし施工路線の特殊性により鋼管、その他石綿セメント管・硬質塩化ビニルなどが一時期使用されて今日に至っ

ている。

以下、本市での使用材料の推移について述べると、

1．水道用ダクタイル鋳鉄管

管の材質については、昭和12年創設当初から水道用鋳鉄管を使用(延長約800km)してきたが、昭和44年以降は全面的に水道用ダクタイル(黒鉛球状)鋳鉄管に切替えをした。一方モルタルライニング管の開発に伴い、昭和42年から43年まではモルタルライニング鋳鉄管とし、昭和44年以降は全てモルタルライニングのダクタイル鋳鉄管に移行して現在に至っている。

接合工法による分類と管種については、ソケット継手(C形または印ろう継手)は、創設時より昭和35年度まで使用し、管種は普通圧管(一部高圧管)で、口径は75～1000mmとしてきた。

メカニカル継手(メカニカルジョイント)A形は、昭和35年度よりソケット継手に代るものとして採用し、口径は75～1500mmまでとしてきたが、現在はT形・K形の採用で、使用口径は250～350mmとしている。K形については昭和46年度より採用し、使用口径は400～900mmとしている。

T形継手(タイトンジョイント)については、昭和47年度より採用し、口径は75～250mmとしている。ただしT形は直管のみとし、異形管はA形としている。

U形継手(内面継手)は、昭和43年度より採用し、口径は1000～2000mmとしている。なお、口径700mm以上の推進用U・UF形についても昭和43年度より使用している。

フランジ継手は、弁類などの接続用として創設時より現在も引続き使われているところである。

S形継手については、S形(規格口径500～2600mm)、SⅡ形(規格口径100～450mm)が開

表－3　主要幹線等布設調書

施工年度	幹線名	口径(mm)	施工年度	幹線名	口径(mm)
1拡（自昭和29年度 至昭和34年度）			47	新琴似幹線	700
33	藻岩第2導水管	600	48	手稲幹線	700～500
34	東幹線	800～500	〃	石狩幹線	500
2拡（自昭和35年度 至昭和41年度）			〃	新川第1・第2水管橋	各700
37	西幹線	700～500	49	発寒幹線	500
38	藻岩第3導水管	900	〃	厚別北部幹線	〃
40	琴似幹線	500	5拡（自昭和51年度 至昭和54年度）		
41	第2幹線	800～500	51	平岸配水池第2連絡管	1500
3拡（自昭和42年度 至昭和46年度）			〃	白川第2幹線	1350～1200
43	白川送水管	1500	〃	白石幹線	1350～800
44	第3幹線	800	〃	苗穂幹線	1000
〃	北2条幹線	1200～1000	52	西連絡幹線	700～500
〃	平岸配水池第1連絡管	1500	〃	中の川・軽川水管橋	各500
45	白川幹線	2000～1350	〃	発寒川水管橋	500
〃	北幹線	1800～1000	53	厚別水管橋	1500～1200
〃	豊平川水管橋	1200×2条	54	元町幹線	800～700
46	北24条幹線	700	〃	白川第2幹線	2000
〃	琴似第2幹線	〃			
4拡（自昭和47年度 至昭和50年度）					
47	下野幌幹線	700			

発されたが、昭和55年度に軟弱地盤地区に使用を検討中である。

2．水道用塗覆装鋼管

本市としては、鋼管の使用延長は少ないが最近管路または水管橋などに、小口径から大口径まで各所で使用をしてきている。

管路としての使用は、昭和33年施工の藻岩第２導水管(口径600mm、延長3,050m)が最初で、最近は昭和43年施工の白川送水管（口径1500mm、延長4,618m）がある。

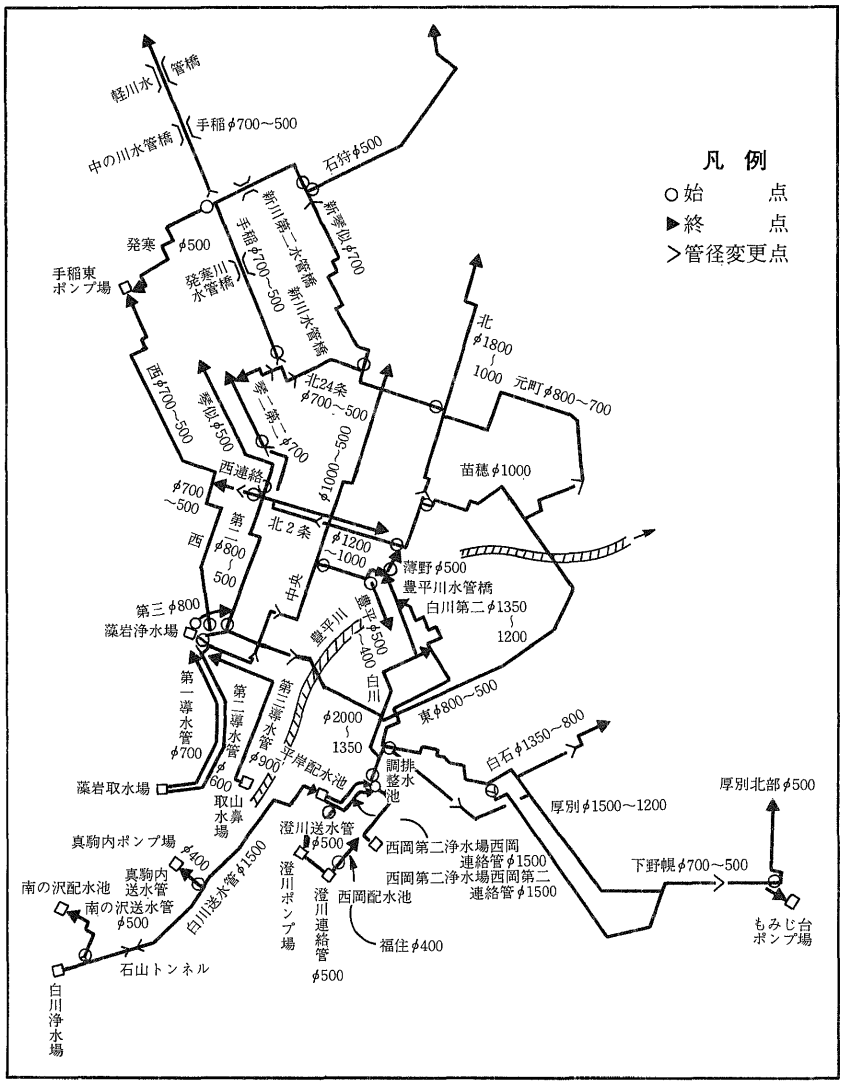
独立水管橋用としては、昭和45年施工の豊平川水管橋(口径1200mm×２条、延長178.4m)ほか口径500～700mmなど６ヵ所、その他橋りょう添架、または単独水管橋として口径100～400mmまで数多く使用している。

推進用鋼管としては、昭和43年より二重装鋼管(口径700mm)を、また開削困難な主要道路・河川伏越などのさや管内の配管用としても口径100mm以上の鋼管を各所で使用をしている。

3．水道用石綿セメント管

戦後の資材・資金不足の時代、ＡＣＰは耐食性・電食の恐れがないこと、工事費の低減が計れることなどから、昭和28年度から40年

図－３　札幌市配水幹線網図



度にかけて約35kmを布設している。なお豊平町、手稲町などの町村合併地区には、主体としてＡＣＰが布設されてきた経過から、この地区はＡＣＰが多い。

4．水道用硬質塩化ビニル管

給水管としては、現在も数多く使用しているが、配水管としては、昭和41年度から49年度にかけて約70km布設している。

5．水道用仕切弁など

水道用仕切弁は、創立当初から口径75～1000mmまで、耐圧7.5kg/㎠、フランジ形をしてきたが、現在は大口径をバタ弁としているので、使用口径は75～350mmまでとしている。

水道用バタフライ弁は、使用口径を400～2000mmとし、弁の種類は２種Ａ（最高使用圧力7.5kg/㎠、最高管内流速３m/秒）としている。バタ弁は、創立当初藻岩取水場の原水調整用弁として、口径1000mmの主弁・副弁式ウシオバルブを使用してきたが、現行形の弁は昭和38年施工の藻岩第３導水管に口径900mmを採用して以来、現在は導水・送水・幹線などに数多く使用している。

不断水取付弁（インサーティングバルブ）は既設管路などに平常の通水状態で不断水工法で取付けが可能な弁で、昭和40年代後期に開発され、仕切弁方式・バタフライ弁方式がある。本市では、昭和52年に下野幌幹線切替工事で口径700mmを最初に使用したが、その後幹線の切替えその他で口径700～1500mmなどの使用実績がある。また最近枝管についても断水区域の縮少・配水区域の調整などのため口径100～300mmについての使用が多くなってきている。

そのほか幹線などで副弁の設置が困難な場所には、副弁内蔵形仕切弁を使用している。

6．水道用空気弁

創立当初より、単口（口径13、20、25mm）、双口（口径50、75、100、150mm）を使用している。

7．水道用消火栓

本市は、積雪寒冷地の関係で、創立当初より地上式消火栓を使用している。器種は、高橋式単口（口径75mm ＫＰ型）および双口（口径100mm ＴＰ型）である。

4．管布設工事の工法等について

従来の管布設工事は、特別の場合を除き開削工法が主体であったが、上水道の普及発展に伴い工事が大型化されてきたこと、都市整備事業に伴う各種関連工事との対応、または地下埋設物件の輻輳などにより、各種工法の選択が必要となっている。

以下、本市で実施してきた工法の主なものを上げると、

1．推進工法

地下占用物件の関連（地下鉄、電々・下水・地下道等々）、道路交通上、河川横断ならびに工事公害と住民対策などから、近年推進工法が大幅に取り入れられている。

(1)刃口推進工法：この工法は、管の先端に先導体として刃口を装備し、人力で地山を掘削しながら掘削土砂をバケットで搬出し立坑に設備した推進装置で管を推進するものである。本市では、２拡以降の大幅な幹線工事の施工に伴って、昭和35年以降この工法をもっとも多く採用している。施工例は、白川・白川第２幹線の口径2000mm、北幹線の口径1800mmをはじめとして道路・河川横断など各所で施工をしている。なお、昭和54年には厚別幹線工事で口径1500mmの長距離推進工事を施工し、275mを中間スリーブ１個を使って推進した。推進工事に際し、河川下または地下水位以下の推進については、薬液注入工法を併用する工事も多くなってきている。

(2)セミシールド工法：この工法は、管の先端にシールドを装備し、シールドジャッキなどによって操向を保持しながら推進し、後方のジャッキによって管を推進するものであり、主に水位の高い軟弱地盤に適す。施工例は、昭和54年施工の小野幌地区国道12号線横断工事で、さや管は推進用口径800mmヒューム管（配水管口径200mm ＳＴＰＷ）、推進延長24.3m。

(3)前方ジャッキけん引工法：この工法は、発進立坑と到達立坑間を事前に水平ボーリングでけん引用のせん孔をし、この中にけん引ワイヤーを通じて立坑に装備したけん引装置で管体を引寄せる工法であり、比較的短距離で軟弱地盤に適す。施工例は、昭和54年施工の小野幌川伏越工事で、推進管口径300㎜ SGP(配水管口径200㎜ STPW)推進延長46.0m。

(4)鋼管回転推進工法：この工法は、鋼管の先端にビットを装着し、鋼管の回転により地山をくり抜く工法であり、岩盤などN値が大きく、かつ開削施工が困難な場所に適す。施工例は、昭和52年施工の藻岩下国道230号線横断工事ほか3ヵ所で、推進管口径300～500㎜ SGP(配水管口径200～400㎜ STPW)推進延長8～28m。

2．トンネル工法

山間部または丘陵などの管路で、大容量の場合はトンネルそのものを水路とする方法、またはトンネル内に配管する工法がとられる。

水路用としては、昭和10年施工の藻岩取水路〈北海道電力(株)共用〉内径3.4m、変形馬蹄型断面、延長10.5km、および53年施工の白川取水路、内径2.5m、変形馬蹄型断面、延長115mがある。またトンネル内配管例としては昭和45年および54年に施工した石山第1・第2トンネル、内径3m、上部半円型下部短形、延長132m(第1)、147m(第2)があり、内部にはそれぞれ口径1800㎜ DCIP送水管を布設している。

3．コルゲート管防護開削工法

白川送水管の豊平川横断工事で、現地が岩盤層と水現場のため、電気熔接による鋼管は不向きであること、掘削断面を極力小さくすることから送水管をDCIPとし、コルゲート管で防護する開削工法とした。すなわち河床下の防護のため、コルゲートパイプ口径1800㎜を布設し、その中に送水管口径1500㎜を入れ周囲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す工法で、昭和43年に施工をした。延長169.6m。

4．不断水工法

既設幹線などよりの分岐工事においては、断水して分岐することは事実上困難となってきており、割T字管による不断水工法が一般化されてきている。

本市においては、小口径管については昭和40年より割T字管による不断水分岐工法を採用してきたが、大口径については45年度に既設の中央幹線に口径500×500㎜割T字管を取付けて新設幹線と接続させたのをはじめとして、その後口径1500㎜までの各口径について幹線の整備・他工事関連の切廻しなどでその使用頻度が多くなってきている。

不断水取付弁(インサートバルブ)についても前項で述べた通り、小口径から大口径の口径1500㎜まで使用をしている。

5．水管橋の設置

従来口径350～400㎜程度までの管は、主として橋りょうなどに添架する方式をとってきたが、3拡以降は幹線網の整備で大口径化となり、独立水管橋方式が多くなり、昭和45年に豊平川水管橋(口径1200㎜×2条)を設置したのをはじめとし、現在口径500～1200㎜までの独立水管橋を7ヵ所建設してきている。

5．あとがき

札幌市水道は創設から現在まで43年で歴史は浅いが、戦後の人口の都市集中化に伴い、昭和20年代・30年代、特に昭和40年代の驚異的な伸びにもかかわらず、事前に水源から取水・浄水および配水施設に至る手当てをし、現在まで安定給水の確保に努めてきたところである。

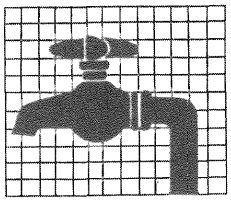
しかし、さらに今後の伸びに対しても6拡による新水源の開発と管網の充実をはからなければならない実状にあり、全国的に拡張の時代から維持管理の時代に移行しつつある中にあって、本市はまだ当分拡張事業を継続しなければならない現状である。

したがって、水道施設のうち管の占める比重もまたますます増大することであり、今後の配水管などの布設に関する課題としては、

(1) 耐震的な構造であること。
(2) 水質保持のための材質であること。
(3) 耐食性であること。

などについての十分なる配慮が必要であろう。

また、拡張に追われながらも急増する施設の維持管理にも重点をおき、有収率の向上対策、清浄・豊富な給水対策上からも経年管の改良を含めた配水管の改良などについての対応が迫られている昨今と思われる。



技術レポート❷

ダクタイル鋳鉄管による長距離推進工事

東京都水道局西部建設事務所工事第１課長
栗山公伸

１．はじめに

近年著しい都市化の発展に伴い、道路幅員の狭隘な場所における水道管布設の開削工法は、工事による騒音、振動、交通規制ならびに商店街における営業問題など、都市機能を阻害するものとして次第に敬遠されつつある。

またシールド工法についても、用地問題などにネックがあり、住宅密集地での施工は不可能に近い。すなわち、開削部を最小限にとどめ、かつ経済的にも優位な推進工法が採用される所以であるが、このたび東京都内においてダクタイル鋳鉄管による長距離推進工事を施工したので、ここに報告する次第である。

２．工事概要

本工事は、東京都水道局東村山浄水場より出る城北系（口径2400㎜）から練馬区関町で分岐し、口径1000㎜にて杉並区善福寺に至る総延長４.５㎞の配水管路の一部であり、工事区間約１.２㎞を10区間に分割、このうちの８区間を推進工事としてダクタイル管口径1000㎜を布設したものである。

報告対象区間

No.２～No.１立坑間（図－１参照）

推進延長：221.8m

推進管延長：ダクタイル管　４m×56本
224m

本区間は商店街に面し、かつ道路幅が狭い上に交通量が多く、中間に立坑を設置すれば高店街および交通に与える影響が多大なことは明らかであった。幸い当該区間が直線部であるところから、計算結果より見て221.8mの１スパン推進が可能であると判断したものである。

施工区間

自 昭和54年10月28日
至 昭和54年12月２日

実工事日数：33日間

１日平均推進長(昼夜間)：約6.7m

３．工事場所

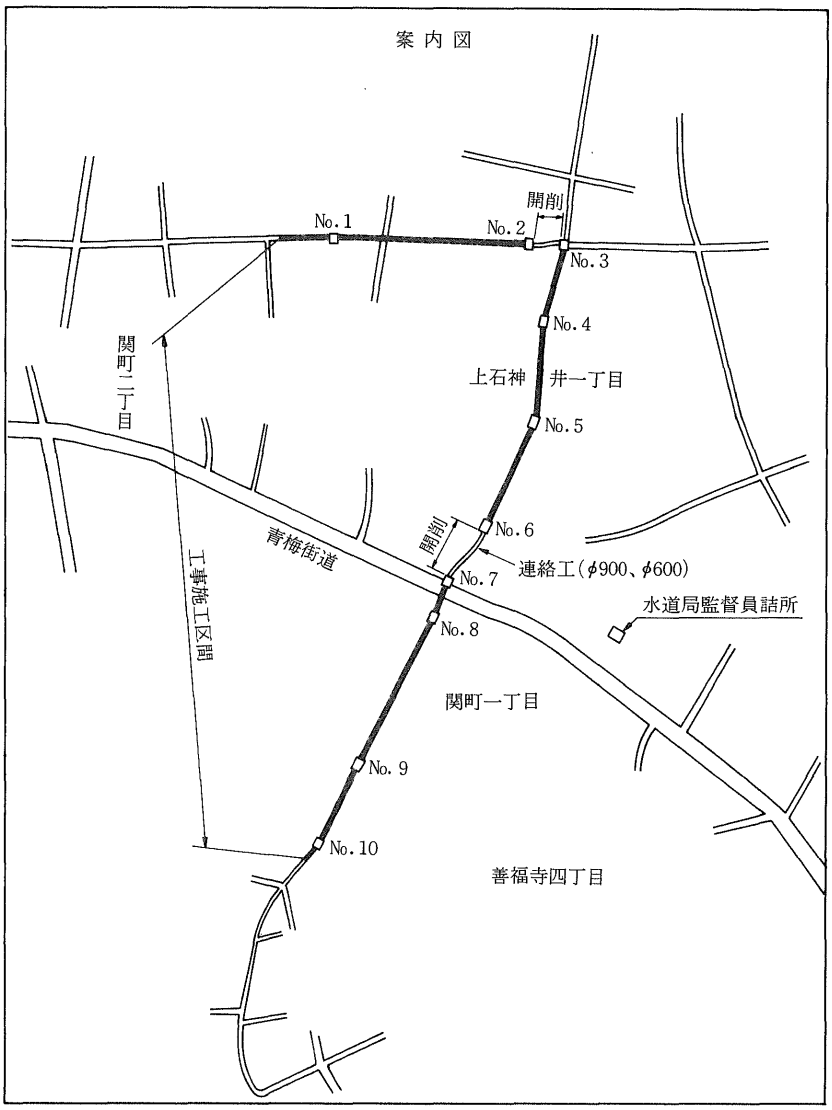
自 練馬区関町二丁目26番地先
至 杉並区善福寺四丁目11番地先

立坑設置：10ヵ所

推進部総延長：
約1,000m　８区間(図太線部分)

地　　質：関東ローム層

図－1



4．推力の計算

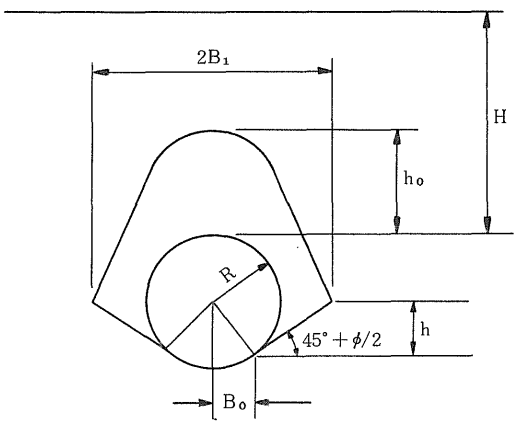
(1) 計算条件

土　被　り　H
管　外　径　D
土の単位体積重量　γ
土の内部摩擦角　φ
土の粘着力　C
テルツアギー係数　K
管の重量　W

(2) ゆるみ高さの計算

テルツアギー理論式により算出

図－2



$$h_0=\frac{B_1-C}{K\tan\phi}\left\{1-e^{-K(H/B_1)\tan\phi}\right\}$$

図－2より

$Bo=R\cos(45°-\phi/2)$

$h=R[1+\sin(45°-\phi/2)]$

$B_1=Bo+h\cdot\tan(45°-\phi/2)$

計算は省略。計算結果は＜0となる。

すなわち、関東ローム地盤においては短時間に対する土のゆるみは粘着力が大きいため発生しないものと考えられる。

(3) 推進管に作用する土圧

前項の計算結果より土のゆるみは発生せず、理論的には推進管に対して土圧は作用しない。しかし実際には推進管と地山の間に空隙が生じているわけではなく、地山と管とは常に密着し推進管を移動させる際には抵抗を生じる。

(4) 推力の算定

$P=P_1+P_2+P_3+P_4$

P ＝所要推力

P_1＝刃口先端抵抗

P_2＝管の周面摩擦抵抗

P_3＝管の自重による摩擦抵抗

P_4＝管の周面粘着力

(イ) $P_1=S\cdot qr$

S＝刃口の周長

qr＝刃口の単位長さ当りの抵抗

$P_1=28.8t$

(ロ) $P_2=\mu_0\cdot Pm\cdot F\cdot L\cdot y$

μ_0＝摩擦係数

Pm＝管周の平均土圧

F＝管の単位長さ当りの外周面積

L＝推進延長

y＝減摩材による効果

$P_2=0$

(ハ) $P_3=\mu_0\cdot W\cdot L$

W＝管の単位長さ当り重量

$P_3=79.8t$

(ニ) $P_4=1/2\pi D\cdot C'\cdot L$

C'＝管と土との粘着力

$P_4=407t$

よって　$P=P_1+P_2+P_3+P_4$

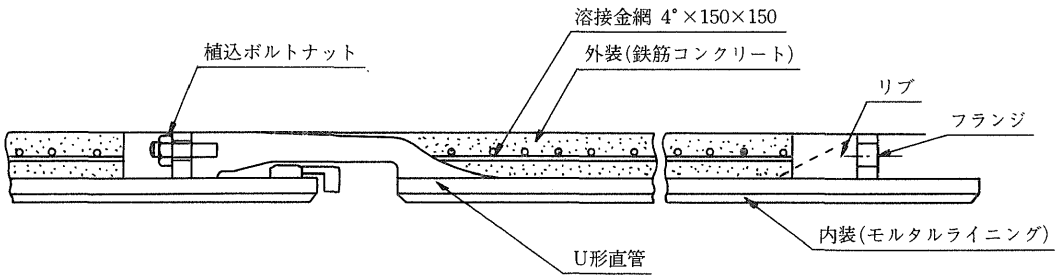
$=28.8+0+79.8+407=509.6t$

5. 使用管種

U形推進工法用ダクタイル鋳鉄管

口径1000mm　4m　2種管

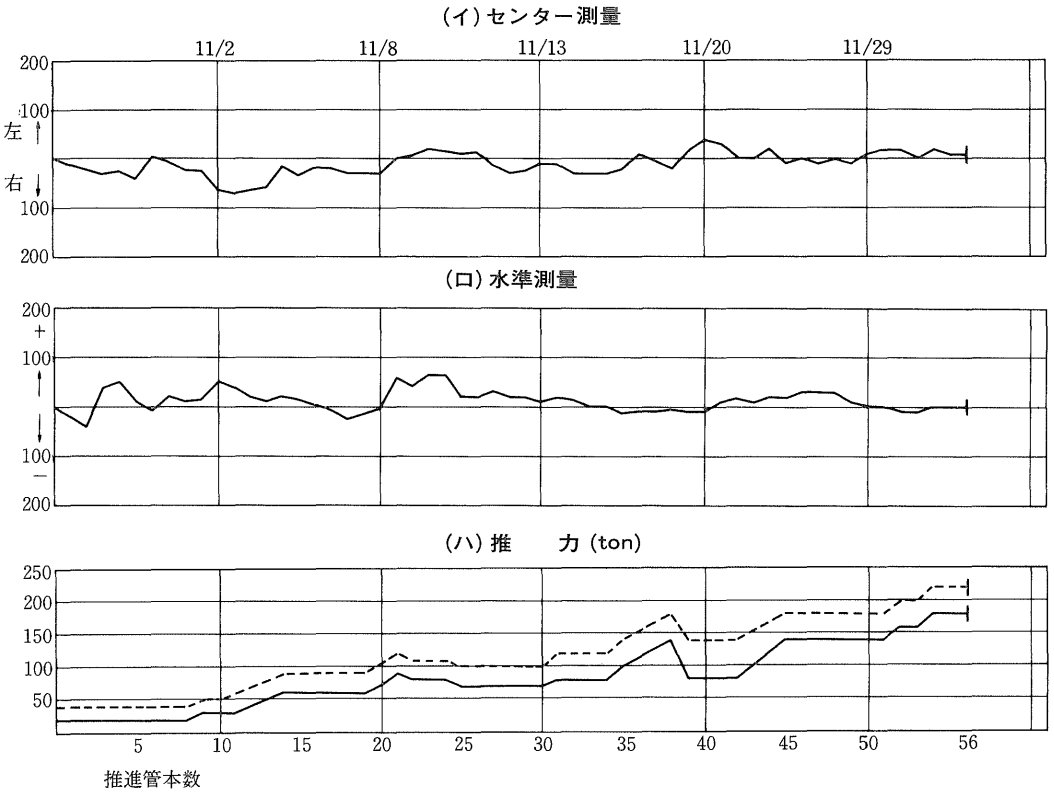
許容抵抗力　660t



6. 推進実績

推進長		221.8m
最大推力	計算値	507.6t
〃	実績値	220t
最大誤差	上	65mm
	下	25mm
	右	70mm
	左	38mm
到達誤差	上下	0mm
	左	10mm

工事記録



7．おわりに

(1) 施工結果について

① 推進結果よりの考察

(イ) 推力については計算結果より若干小さい値で推進できたが、これは推進中地下水が流入し、これが減摩材と同様の働きをして摩擦力を低減したものと考えられる。

(ロ) 上下左右の誤差については最大65mm～70mmであり、到達部に至っては上下の誤差０、左側10mmという高い精度を示し、関東ローム層における推進工事の容易性を確信した。

(ハ) また、管の許容抵抗力より見てまだ余裕があるところから、より以上の長スパン推進が経験上可能であることが立証できた。

② 問題点

(イ) 本工事のごとく、1000mm程度の推進用として比較的小口径管の場合、長スパンになればなるほど作業環境が劣悪となり、かつ作業能率の低下を考え合わせると250m程度が小口径推進の限度と思われる。

（酸欠、中腰での管内作業および往復など）

(ロ) 本工事は関東ローム層での推進であり砂質土シルト層などの場合、諸々の要件を加味した上で検討すべきであることは論をまたない。

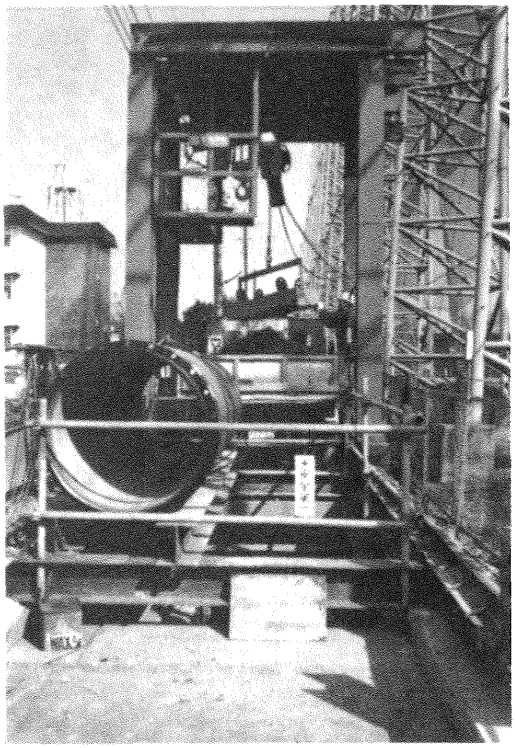
(2) 今後の課題

今後、都市化のますますの進展に伴い住宅密集地における狭隘な場所での施工が増大すると考えられるが、住民問題、地中埋設物などの関係から立坑位置の選定が非常に困難になりつつある。

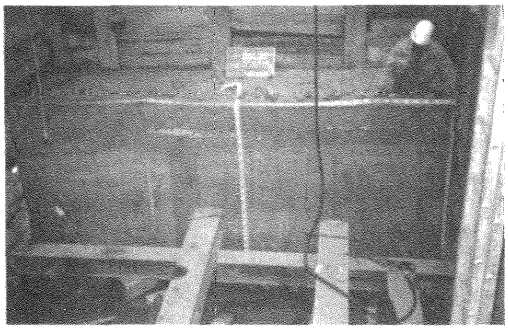
よって将来は鉄管推進による曲線施工、地中ドッキングなど新技術の開発が望まれる。

写真－1　工事施工場所

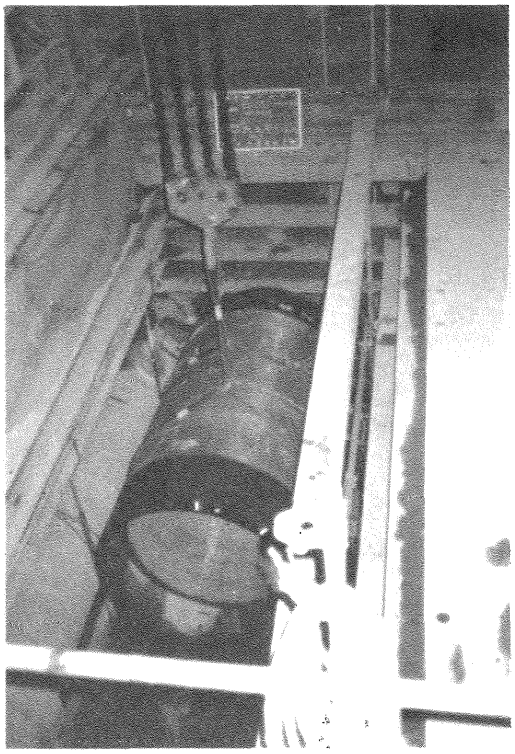
写真－2　発進立坑



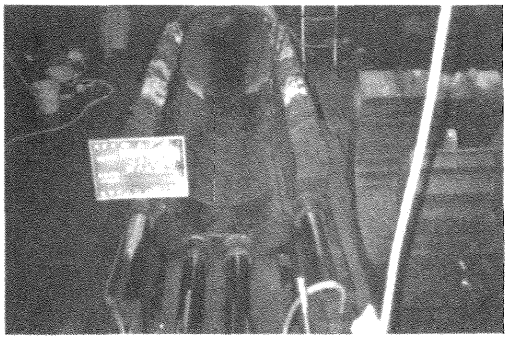
写真－3　推進反力壁



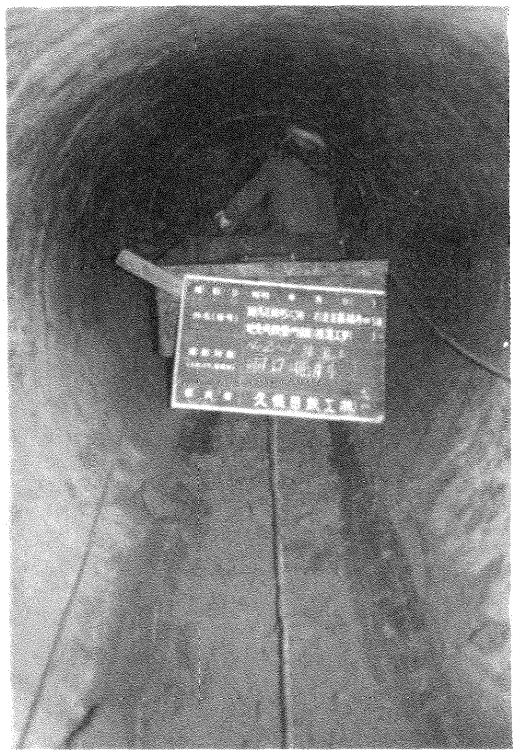
写真－4　管の据付け



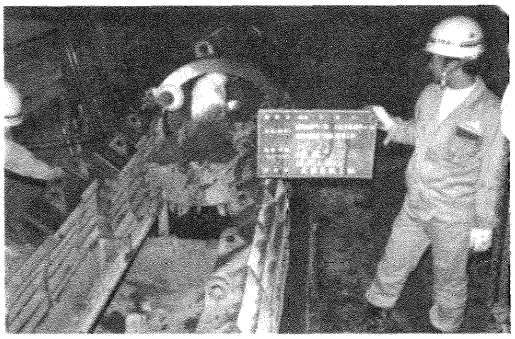
写真－5　推進作業

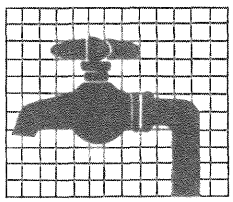


写真－6　羽口掘削



写真－7　ずり出し





技術レポート❸

ダクタイル管による パイプインパイプ工事報告

京都市水道局技術部建設課長
南　八百一

1．はじめに

水道界は数年前から「拡張の時代から維持管理の時代を迎えた」、あるいは「量から質へ転換しはじめた」といわれている。これに伴い老朽管の整備が大きくクローズアップされてきている。

事実、老朽既設管代替用の新設管の布設替えや老朽管の更生工事が盛んである。老朽管更生の方法にはいろいろな種類のものが開発実用化されている。たとえば、主に赤水対策としての内面ライニング工法（老朽管の内面の錆コブを除去した後、管内面にエポキシ樹脂塗装やセメントライニングを施すもの）、あるいは管路の強度、継手性能の向上をも考慮して新管を老朽管の中に挿入する、いわゆるパイプインパイプ工法などがある。

このうち、ダクタイル管によるパイプインパイプ工事については、当市が昭和49年度に西大路通で行った口径 700mm配管が鋳鉄管では全国で最初ではないかと思われる。以後他都市でも行われ、N県、T市などでも計画中と聞いている。

本稿では、当市で行った最近の２工事について報告し、大方の参考に供したい。

2．パイプインパイプ工法採用に至った経緯と理由

本管路にかかる荷重条件が布設当時に比べて非常に厳しくなってきて、過去数回破裂事故を起しており、なんらかの対策が必要となった。

1．採用の経緯

ところが、

(1) 本管路が埋設されている道路には下水道管、ガス、電話、他の水道管などが輻輳しており、新しく布設するスペースがない。

(2) 今回の例としての一乗寺幹線管路上の一部はバス路線になっており、開削工法による施工が困難である。その上同道路で最近下水道工事が行われたばかりで、住民感情からも開削工法は好ましくない。

第２例としての高辻幹線の道路は問屋街の目抜き通りで、商用活動の関係で開削工法での施工は不可能に近い。

などから新しい水道管の布設は諦めざるを得なかった。また先のパイプインパイプの経

写真－1　高辻通

験もあり、その時所期の目的を達成したこと一時断水しても代替管路があること、後述のように流量的に問題がないなどからパイプインパイプ工法に踏み切った。

2．採用の理由

さらに次のようなメリットがあることも採用の理由である。

(1)　路面復旧、旧管撤去が立坑部を除いて不要であり、工事費が安い。

(2)　開削布設替えに比べて工期が大幅に短縮できる。

(3)　新管と旧管が2重構造となり、管路として強くなり、また他工事による被害も心配しなくてすむ。

3．松ケ崎系一乗寺幹線工事報告

1．一乗寺幹線の概要

旧管は松ケ崎浄水場の高区配水池への送水管で口径800mm、延長約1,150ｍの管路である。

旧管の仕様は

管　種：口径800mm高級鋳鉄管

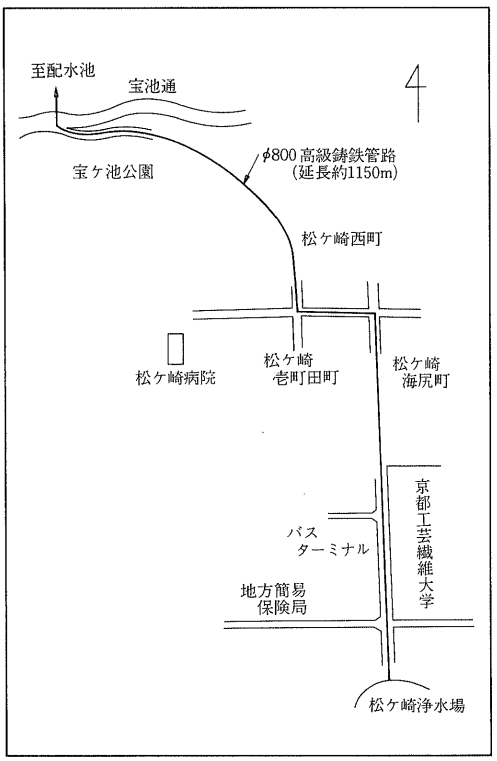
直管長：４ｍ

継　手：いんろう継手

布　設：昭和10年

である。

この旧管は今回(第８期上水道拡張事業)の同浄水場拡張に伴い送水管の予備管となるが平常時は配水管の一乗寺幹線として使用することにしている。



図－1　松ケ崎一乗寺幹線図

2．事前検討

(1)　旧管内調査

人が入れない小口径の管について管内テレビカメラによる調査も実用になっているが、本管路は口径が800mmであり、管路先端が行き止まりになっている区間もあったことから人が旧管内に入って調査した。

調査は一部酸素欠乏箇所を除いてほとんど全線行った。

結果の概要は次の通りである。

①　旧管の継手の屈曲角

本管路は全線にわたり直管部継手の屈曲は小さく、最大屈曲角は1°17′であった。

全継手の測定結果は表－1に示す通りである。

②　継手の受口内面、さし口の段違いは最大15mmであった。

③　胴付間隔の最大は継ぎ輪のところで130mmであった。

表－1　旧管の継手の屈曲角

継手屈曲角θ	0°＜θ≦20′	20′＜θ≦40′	40′＜θ≦1°	1°＜θ≦1°20′	1°20′＜θ	計
継手数	137	90	20	8	0	255
%	54	35	8	3	0	100

④　直管の有効長は4mである。切管は全線で13本あった。

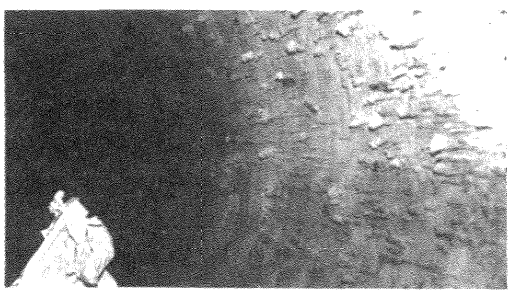
⑤　異形管の個数は表－2の通りである。

表－2　異形管の個数

異形管の種類	個　数
45°　曲管	6
22½°　曲管	6
11¼°　曲管	2
5⅝°　曲管	1
分　岐　管	1
泥　吐　管	1
短　　管	1
継　ぎ　輪	4

⑥　内面の錆コブは比較的少なく、点状に散在していた。錆コブの高さは最大30mm程度で柔らかかった。

内面の一例を写真－2に示すが、40数年使用された管にしてはきれいであった。



写真－2　旧管の内面の状況

(2)　新管(ダクタイル管)の仕様決定

①　口　径

新管の口径はできる限り大きい方が望ましいことは当然である。

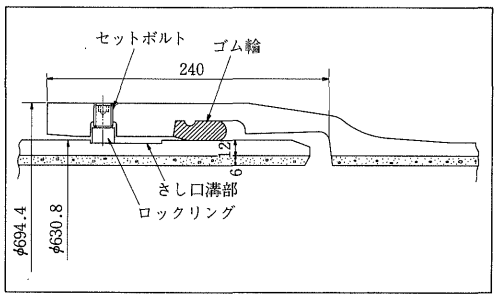
ただ本管路の場合は前述(3－1)のように通水量が通常3,000㎥/時から1,300㎥/時と少なくなること、新管は内面にセメントモルタルライニングを施してあり流速係数が大きくなることなどから口径は600mmで十分であることになり、これに決定した。

②　継　手

継手は送水管の予備管であることから耐震性を具備したものとの考えから図－2に示すような略称ＴＳ継手といわれるものを採用した。

この継手の性能は表－3の通りである。

図－2、表－3から明らかなように新



図－2　ＴＳ形継手の構造

表－3　ＴＳ形継手の性能

施　工　性	接合時間は口径600mmの場合 作業員2人で継手1カ所15～20分程度で容易。
水　密　性	水密機構はＴ形継手と同じ。
伸　縮　性	さし口溝の幅が広くしてあり受口、さし口の伸縮が可能である。口径600mmの場合40mmの伸縮代。
屈　曲　性	前項と同じ理由で屈曲が可能である。 口径600mmの場合 3.6°まで屈曲する。
離脱阻止性	ロックリングとさし口溝の掛け合せにより受口、さし口の離脱が阻止できる。 口径600mmの場合 60トン以上の抜出力に耐える。
耐圧縮性	ロックリングとさし口溝の掛け合せにより圧縮力に耐える。 口径600mmの場合 60トン以上の圧縮力に耐える。

管挿入時の挿入力(圧縮力)は、ロックリングを介して受口、さし口に伝達されることになる。また継手の屈曲性により新管は挿入時旧管継手の屈曲度合いに順応していくため、

(i) 大きな口径の新管が挿入可能。

(ii) 管体に無理な応力がかからない。

(iii) 挿入力が小さくなる。

などの特徴を有することになる。

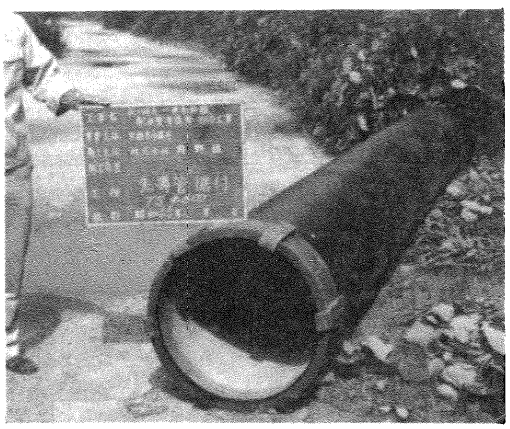
さらにその伸縮性、屈曲性、離脱防止性などからかなりの耐震性を備えた継手であるといえる。

なお、継手受口の外径はできるだけ挿入作業が楽になるように普通のT形継手の受口外径より小さくした。

また、受口外面の肩部は旧管の継手部に少々の段違いがあっても乗り越えられるよう滑らかな形状とした。

③ 先導用ソリ

新管の挿入時は、旧管の継手部の段違いを乗り越えられるように、先頭管のさし口に写真－3に示すような鋼板製のソリを取りつけた。



写真－3　先導用ソリ

先頭管以外の管にはソリ、ローラーの類は一切つけなかったことから、挿入時は新管受口外面が旧管内面と擦りながら進むことになる。この時新管受口外面の摩耗が問題となるが、次のような実験例もあり心配ないと判断した。

新管受口外面の摩耗テスト

旧　管：口径1000mm普通鋳鉄管（管材料のブリネル硬度187)

新　管：口径800mmダクタイル管(管材料のブリネル硬度160)

テスト：旧管の中に新管受口が直接旧管内面に接触するように入れ、挿入距離250m分に相当するだけ新管を移動させた。

その結果、新管受口外面の摩耗量は厚みにして0.05mmであった。また、受口外面の摩耗部分は塗料がなくなるが、これについては工事の最後に新管と旧管の間隙にエアーモルタルを充填することにより防食すると考えた。

④ 管　長

旧管内調査により、異形管による屈曲は別として旧直管継手部の屈曲角は小さいことがわかったので新管の長さは全て6mとした。

(3) 立坑の位置決定

表－2に旧管路で使用されている曲管の種類、個数を挙げてあるが、このうち5 5/8°曲管は22 1/2°曲管と連続使用されているため省き、11 1/4°曲管について新管の挿入可能長さを検討した。その結果これを通過できる新管(直管)の長さは約1mという計算になったが実用的でないと判断して、曲管部は全て立坑を設けることにした。

立坑の位置および各区間の挿入長さを図－3に示す。

(4) 挿入力の推定

図－3から最長区間の長さは276mである。

また、新管と旧管の摩擦係数は過去のデータから0.25～0.6(平均0.4程度)である。

したがって挿入力は次のように計算される。

$$F_{max} = \mu \cdot W \cdot L$$
$$= 0.6 \times 0.209 \times 276$$
$$= 34.6\text{トン}$$

ここに　F：挿入力　トン

μ：旧管と新管の摩擦係数

W：新管の単位長さ当りの重量 t/m

L：新管の挿入長　m

新管の管体強度および表－3の継手の耐圧縮性と比べて、この挿入力は小さく十分安全である。

3．施　工

(1)　施工順序

本工事は施工延長 1,144m を 4 工区に分け施工した。

各工区ごとの施工は、次の順序で進めた。

①　立坑の設置

②　新管挿入

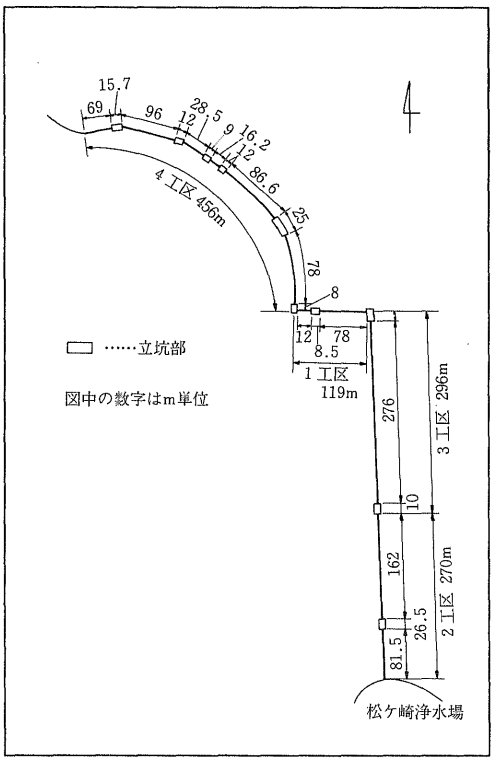
③　立坑部の接続

④　新管と旧管の間隙充填

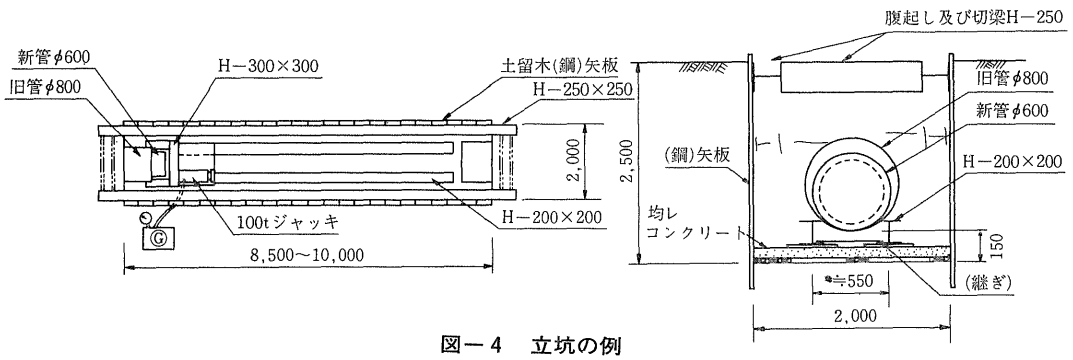
(2)　立坑の設置

事前検討で決定した位置に立坑を設置した。

立坑の寸法および管、装置の配置の様子を図－4に示す。



図－3　立坑の位置および各区間の挿入長さ



図－4　立坑の例

(3)　新管の挿入

①　旧管の補修

旧管内調査では、前述のように継手の胴付間隔の最大は 130mm、受口、さし口の段違いの最大は15mmであったことから新管挿入に支障をきたさないと判断して旧管継手部の補修は一切行わなかった。

②　新管挿入工

挿入は油圧ジャッキによる押込み方式を採用した。なお反力は、立坑内の反対側の旧管にとった。

挿入用油圧ジャッキ

推　　力：100トン

ストローク：300mm

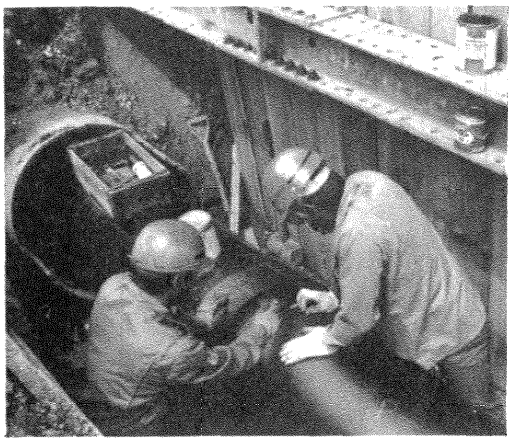
台　　数：1台

③　新管の継手接合

次の手順で行った。

(i)　ロックリングをさし口溝に入れ、全

周完全にさし口溝に抱きつかせた状態でロックリング分割部の間隔を測定。



写真－4　継手の接合

(ii) そのロックリングを受口溝に入れ、ロックリング拡大器具でロックリングが溝に完全に納まるよう拡大。

(iii) ゴム輪を受口内面に装着。

(iv) 滑剤をゴム輪、さし口に塗布。

(v) 受口にさし口を挿入。

(vi) 薄板ゲージを用いて受口、さし口の隙間からゴム輪の位置を確認。

(vii) ロックリング拡大器具をはずし、ロックリングの分割部の反対側から順次セットボルトを締付け。

(viii) ロックリング分割部の間隔を測定し(i)項の値と比較し、ロックリングが確実にさし口溝に入っていることを確認。

④　推力、摩擦係数

推力、摩擦係数の例を示すと表－4の通り。

表－4　推力、摩擦係数

工　区	1工区
新管本数	13本
新管総重量	16.3トン
最大推力	4.6トン
摩擦係数	0.28

⑤　作業時間、作業人員

新管1本を配管するのに必要な所要時間、すなわち管吊込み、継手接合、1本(6m)挿入に要する時間は25～40分、平均30分程度であった。

このうち、油圧ジャッキで押している時間が約半分である。したがってストロークの長いジャッキを用いればさらに能率は上がることになる。

本工事の場合、平均すると1日当り(昼間作業のみ) 約12本配管した。

作業人員は次の通り。

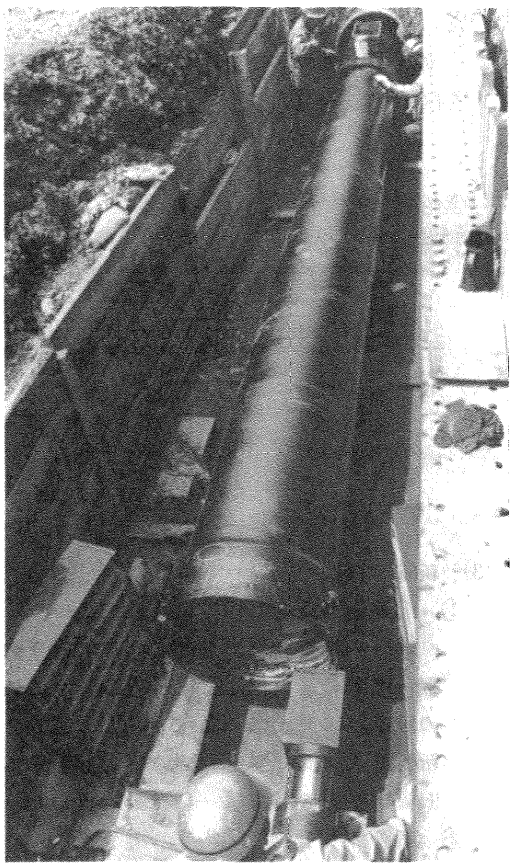
指　揮：1人

挿入工(油圧ジャッキ操作・スペーサー挿入)：3人

継手工：2人

クレーン工(助手を含む)：2人

新管挿入状況を写真－5に示す。



写真－5　新管挿入状況

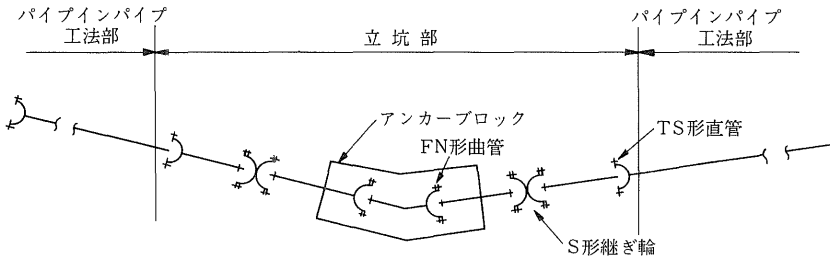
(4)　立坑部の接続、路面復旧

立坑部内は継ぎ輪で接続し、埋戻し、路面復旧を行った。

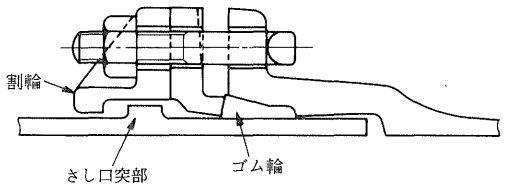
すなわち、接続は図－5に例を示すように、曲管部分は離脱防止継手ＦＮ管（図－6）を用いアンカーブロックを併設した。

またそれの前後は、耐震継手Ｓ形管の継ぎ輪(図－7)で結び配管した。

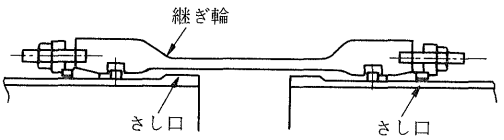
このような配管によりパイプインパイプ工法部と同様立坑連絡部も耐震性を付加した。



図－5　立坑部の配管



図－6　ＦＮ形継手



図－7　Ｓ形継ぎ輪

(5)　新管と旧管の間隙充填

旧管と新管の間にはエアモルタルを充填した。

各区間の末端で新管と旧管の間に蓋をしその区間全部を１スパンとして１回で充填した。

本工事で用いたエアーモルタルの仕様は表－５の通りである。

充填時間はたとえば１工区(管路長78m)で約２時間、３工区(管路長276m)で約４時間であった。

表－５　エアーモルタルの仕様

水：セメント比	56%(重量比)
空気含有率	66%
フ ロ ー 値	180±20mm
生　比　重	0.58±0.02
圧 縮 強 度	15kg/cm²

(6)　工事工程

全体の工程および工区の詳細工程を一例として表－６、表－７に示す。

表－６　工事全体工程

工区	全長(m)	工　事　期　間
1	119	S 55. 3. 30～4. 15
2	270	S 55. 4. 15～5. 23
3	296	S 55. 6. 6 ～6. 25
4	456	S 55. 9. 初～11. 末(予定)

4．蹴上系高辻幹線工事報告

1．高辻幹線の概要

旧管は蹴上浄水場低区系の配水幹線で木屋町通～西大路通間の延長約3,280m、口径450mmの管路である。

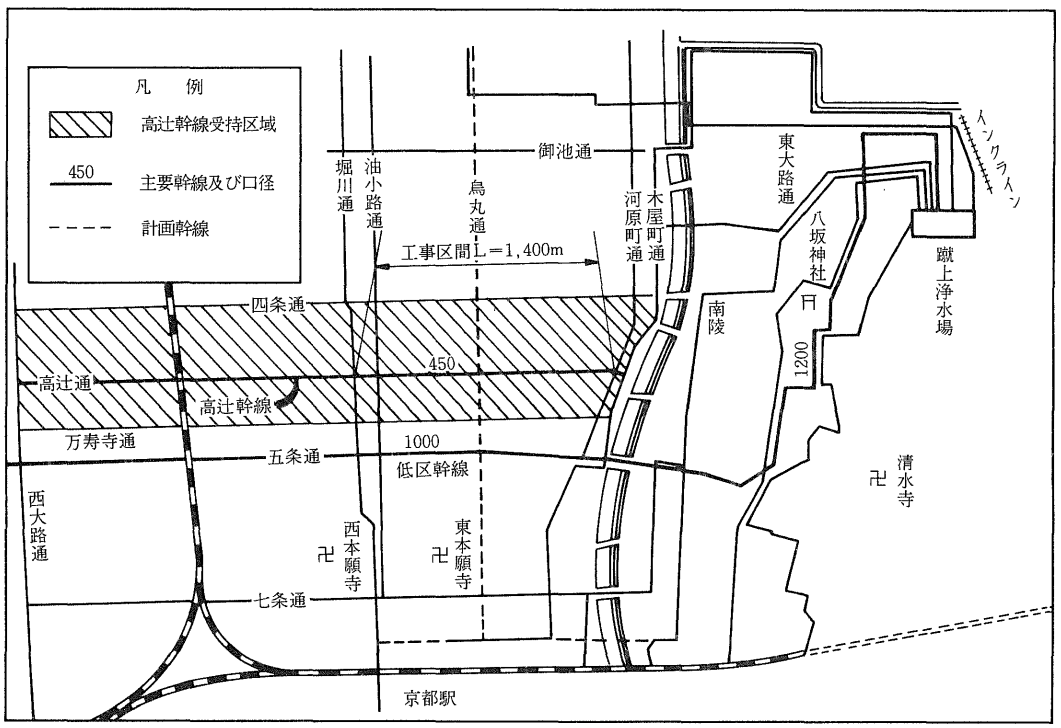
旧管の仕様は

	木屋町通～油小路通	油小路～西大路
管　種	口径450mm遠心力砂型鋳鉄管	口径450mm立型高級鋳鉄管
直管長	6m	4m
継　手	いんろう継手	いんろう継手
布　設	昭和30年	昭和11年

である。

表－7　詳細工程表（3工区）

工事日 / 区分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
発進坑	・掘削・土留・旧管撤去		・基礎コンクリート	・推進設備工			・連絡配管	・埋戻・弁室・管閉室築造						
挿入部				新管挿入（46本）・14本・18本・14本										
到達坑									・掘削・旧管撤去・土留・防護ベースコンクリート・防護はつり（既設）				・連絡・埋戻・防護	



図－8　高辻幹線概要図

この旧管のうち、河原町通～堀川通間は昭和51年以降数回の破損事故が発生したので、昭和54年12月31日に起きた烏丸通東入るでの破裂事故をもって寺町通～烏丸通間（約700m）は休止状態にして応急的に別系統から給水することにした。

この給水状態で許される夏期需要期までに破損事故防止のため河原町通～堀川通間の約1,420mについて抜本的な改良工事を行うことにした。

2．事前検討

(1)　本工事の特徴

①　本管路は幹線管網の1路線であり、工期は前述のように限られていることもあって、工程についても当然制約される。

別系統による応急給水には水量的に限りがあるので、全工区の中央部に当る烏丸通を中心として東西に第1工区と第2

工区に分割し、第1工区挿入管工事完了後、第2工区を断水し工事を進めることにした。

また、それらは綿密な断通水計画のもとに仮配管を行わずに進めることで工期の短縮をはかった。

② この種の工事を行う場合、旧管内調査は先の一乗寺幹線で述べたことなどから挿入管の検討、それに基づいて各種の決定を行うのが原則であるが、本工事では前述の通り限られた期間内のいわゆる緊急工事であるため、十分な事前調査、管内調査を行わなかった。

したがって挿入管工事は発進坑のみを設置し、新管を可能な限り挿入し、挿入不可能な時点で到達坑を掘る考えで工期短縮をはかるとともに、施工計画も大胆ではあるが、主に既存の管理図面によることにした。

③ 管路途中の連絡工事および切替工事は新管挿入完了後、連絡部分の旧管と挿入管を切り取り、その部分に分岐管を取付けて既存配水本管、支管との連絡配管を行うことにした。

(2) 新管(ダクタイル管)の仕様決定

① 口　径

本管路は低区五条幹線(口径1000mm)が布設されてからは、補助的な幹線となっており、その上周辺の配水管整備が行われていたこと、および挿入管がセメントモルタルライニング管であることなどから判断して、新管口径は口径300mmと決定した。

② 継　手

継手は種々の形式について検討したが最終的に工期、経済性も考慮して呼称T形ダクタイル3種管を採用した。

T形継手機能については確認されているが、挿入管としての機能を知るために採用に先立って次の試験を行った。

なお、ダクタイル鋳鉄(FCD40)の強度は

引張強さ：4,000kg/cm²以上

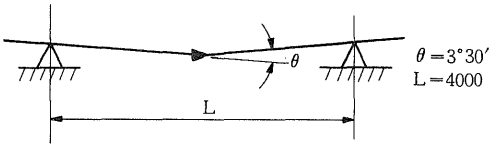
曲げ強さ：5,700kg/cm²以上

圧縮強さ：9,000kg/cm²以上

となっている。

(i) 継手部の曲げ水圧試験

継手部をT形口径300mmの許容角度3°30′まで曲げ、水圧を20kg/cm²まで負荷した。その結果、漏水、その他異状はなかった。また発生した曲げ応力はさし口部で482kg/cm²、受口部で292kg/cm²であったことから、ダクタイル鋳鉄の曲げ強さから見て安全であることが確認できた。



図－9　曲げ水圧試験

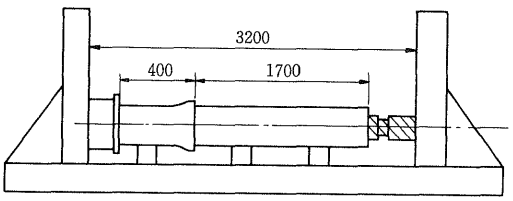
(ii) 管軸方向圧縮試験

挿入時に継手部に推力がかかった時の安全性の検討として、次の試験を行った。各々の状態で軸圧縮力20トンを負荷した。

(a) 継手部直線状態

試験の結果、さし口部、受口部およびライニングも異状はなかった。

発生した圧縮応力もさし口部で422kg/cm²、受口部で330kg/cm²が最大であり、ダクタイル鋳鉄の強さから見て安全であることがわかった。

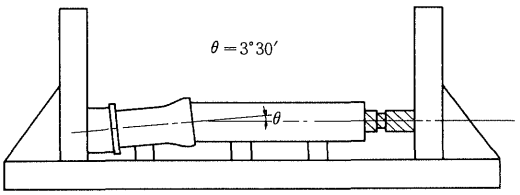


図－10　直線状態

(b) 継手部曲げ状態

継手部を前述の許容角度3°30′曲げた状態で軸圧縮力を負荷した。その結果、管のさし口、受口部、ライニングも異状はなく、発生応力はさし口部で667kg/cm²、受口部で507kg/cm²で、いず

れもダクタイル鋳鉄の圧縮強さから見て安全である。



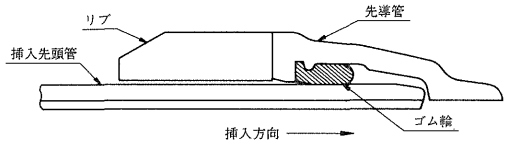
図－11　曲げ状態

③　先導管

本工事では、挿入管の引っかかり防止に先導管を使用した。

先導管は挿入管と同じ口径300mmT形管の受口部を切断し、円周6カ所等分にリブを溶接した。

先導管の取付けは押し込み方式および工事施工上（本工事は一方から押込み突き当った時点で立坑を掘る）から通常のゴム輪のみによるT形継手接合とした。



図－12　先導管接合図

④　管　長

新管管長の決定は旧管内調査を行わなかったが、

（ⅰ）過去の実績から見て旧管継手部の屈曲角は3°以内であること。

（ⅱ）今回は挿入不可能になった時点で、その位置に立坑を設けること。

などの理由で管長を原則として6mとした。ただし、道路事情により十分な発進坑が設置できない場所、および管理図面で管路の屈曲が大と思われる部分については4m管を採用することにした。

(3)　立坑の位置決定

新管挿入に先立って行うクリーニング（スクレーパー法水圧式）により旧管路の平面的位置を現地推測し、さらに管理図との関連を見ながら発進坑を設定することにした。

(4)　挿入力の推定

新管（口径300mmDT$_3$）の重量、想定挿入長による挿入力は、継手部試験結果から見て十分安全であると判断した。

すなわち（3－2－4）から

$F = \mu \cdot W \cdot L$

$= 0.6 \times 0.3759\text{t/6m} \times 300\text{m}$

$= 11.277\text{t} < 20\text{t}$

（テスト時の負荷）

3．施　工

(1)　施工順序

本工事の施工延長は挿入延長1,113m、開削工事113.5m、挿入後の切替連絡（既設管）工事283.2m（19カ所）で合計1529.7mである。全延長を前述のように烏丸通を境に東側を1工区、西側を2工区とに分け施工した。

施工は各工区とも次の順序で進めた。

①　立坑の設置。
②　旧管クリーニング。
③　新管挿入。
④　立坑部接続。
⑤　既設管（営業中の配水管）との連絡。
⑥　通水。
⑦　新管と旧管の間隙充填。

(2)　立坑の設置

立坑（発進口）は、曲管部、クリーニングの終始点に設置することとし、試験掘りにて確認しながら位置決定をした。

発進坑は標準寸法を幅2m×長さ8m×深さ3～4mとし、土留の横矢板は全て簡易鋼矢板を使用し、同時に覆蓋工を施し、通行に支障のないようにした。

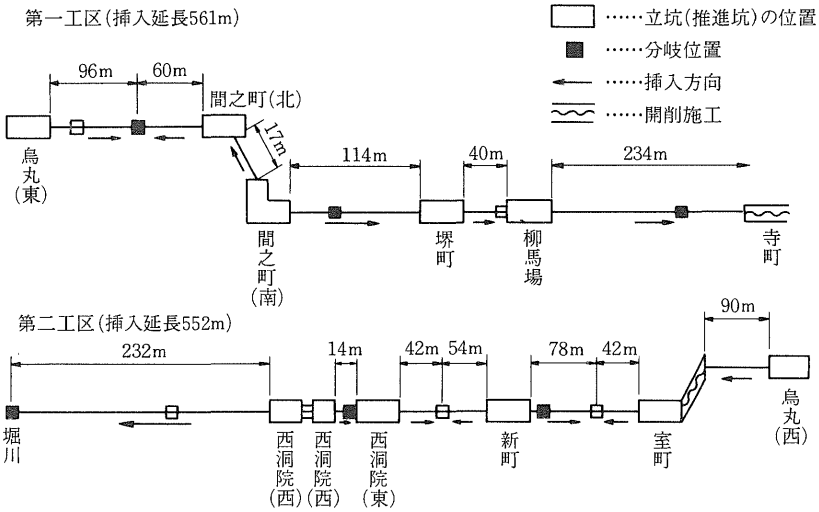
到達坑については、挿入不可能時点でその位置を確認して設けた。

第1、第2工区の各立坑の位置および各区間の挿入長さなどを図－13に、立坑の管、装置の配置例を図－14に示す。

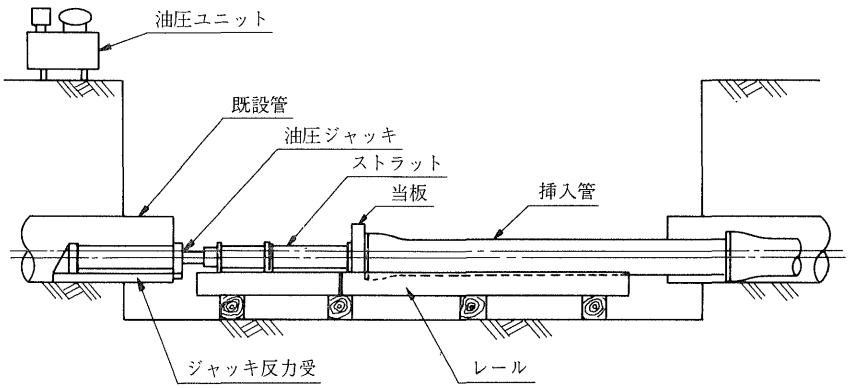
(3)　クリーニング

クリーニングは新管の挿入を容易にするため、旧管に発生した錆コブの除去を目的に行った。

方式はスクレーパー法水圧式としたが、

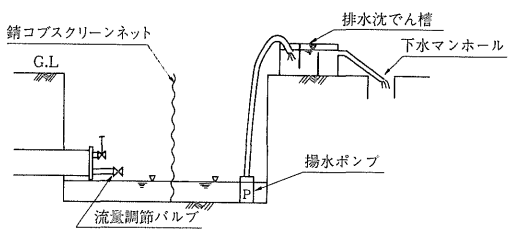


図－13　立坑の位置および各区間の挿入長



図－14　立坑の配置例

これはスクレーパーを旧管内に挿入した後通水することによってスクレーパーは水圧を受けて錆コブをかき落しながら自走する方式で、錆コブ混りの水は終点立坑へ排出される。立坑内からの排水はポンプで沈でん槽に送り、上澄水を下水マンホールへ放流した。(図－15参照)



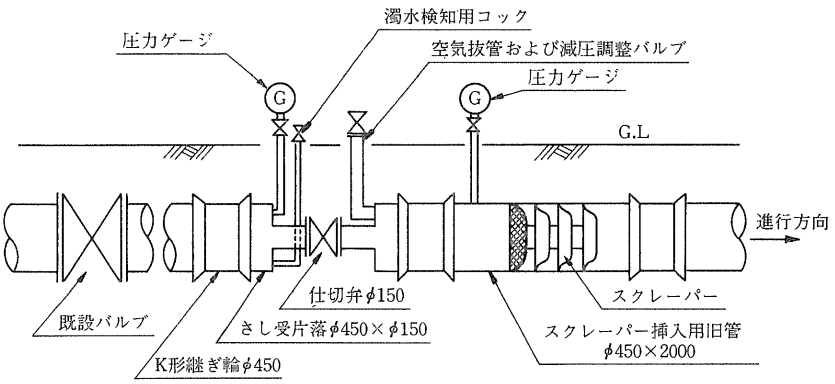
図－15　スクレーパー到達坑

スクレーパーの走行中に旧管内の状態により急激な水流の変化があった場合に、既設管上流側の水圧に変動を与え給水に濁水が生じるおそれがあった。したがって図－16に示すように水圧ゲージ、濁水検知用コックを装備し水圧、濁水を常時確認し、スクレーパー走行に必要な水量2.5㎥/分、水圧２kg･f/㎠以上を調整しながらクリーニングを行った。

①　錆コブの状態

（ｉ）クリーニング前

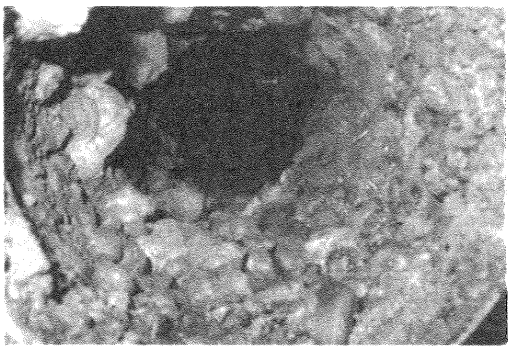
旧管内は１、２工区とも管壁が見えないほど全周に錆コブが付着していた。錆コブの最大高さは約70㎜であった。



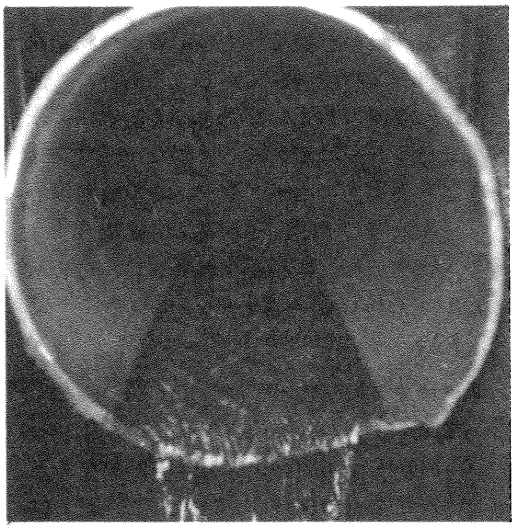
図－16　スクレーパー発進坑

(ii) クリーニング後

旧管の地肌がほぼ完全に見える状態になっていた。クリーニング前後の状態を写真－6、7に示す。



写真－6　クリーニング前



写真－7　クリーニング後

(4) 新管の挿入

① 新管挿入工

今回の挿入は長ストローク、油圧ジャッキの押込み方式とした。

ジャッキは立坑長さの関係から旧管の中へ図－14のように配置した。

挿入用油圧ジャッキは

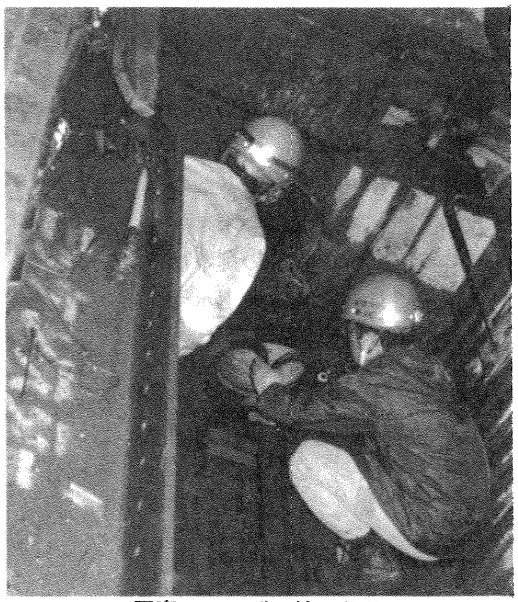
推力：10t/台(3台まで組合せ可能)

ストローク：1.2m

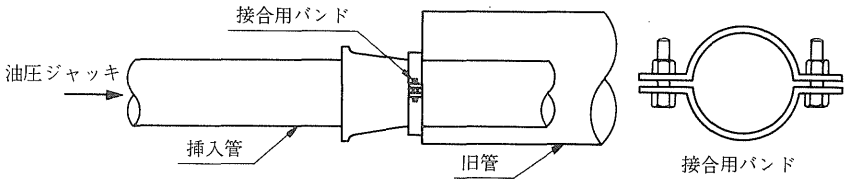
である。

② 新管の継手接合

通常のゴム輪のみによるT形継手接合とした。



写真－8　ゴム輪の着装



図－17　接合用バンド

なお、最初の５本は接合時に接合用バンドを使い、旧管を支持反力として受口を固定させた。

③　推力、摩擦係数

推力、摩擦係数の関係を調べるため、本工事の最長区間である堀川通～西洞院通間を特に測定工区とした。

測定結果を表－８と図－18～19に示す。

表－８　推力、摩擦係数

工　区	堀川通～西洞院通
新管本数	４ｍもの58本
挿入長	232m
新管総重量	14.88トン
最大推力	4.42トン
摩擦係数	0.27～0.35

④　作業時間、作業人員

新管１本の管吊込みから挿入完了の１サイクル作業に要する時間は、４ｍ管の場合５～６分であった。

作業人員は次の通り。

指　揮：１人

挿入工(ジャッキ操作など)：３人

継手工：２人

クレーン工(助手を含む)：２人

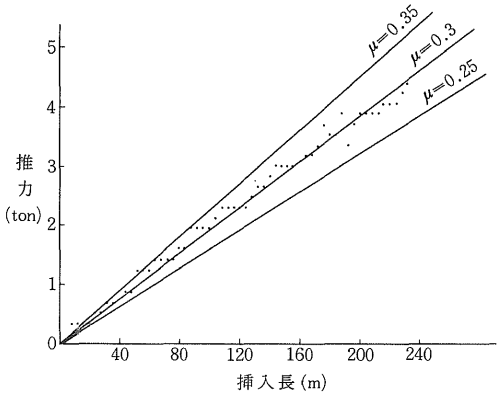
区間ごとの挿入日、挿入本数を示すと表－９の通りである。

(4)　立坑部の接続、路面復旧

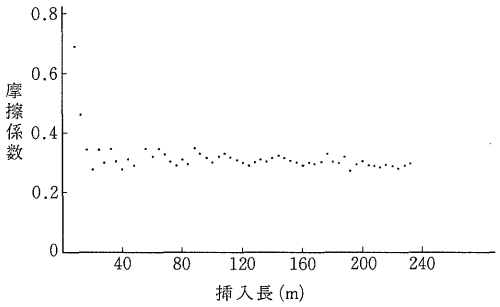
立坑部内の継手は離脱防止をはかり、全て特殊押輪を使用し接合した。曲管部分はコンクリートのアンカーブロックを併設した。

(5)　既設管との連絡

挿入管を営業中の既設管に分岐連絡するのは、今回工事がはじめてである。施工は挿入完了後、旧管、挿入管を切断し、分岐



図－18　推力と挿入長



図－19　挿入長と摩擦係数

写真－９　挿入状況

写真－10

用Ｔ字管を切込み、高辻幹線に直交する既設配水管に接続した。いわゆる挿入分岐工法とでも呼ぶべき工法を採用した。

(6)　通　水

通水は水圧試験を兼ねて行った。約 4.5 kg･f/㎠で72時間の耐圧としたが、その結果漏水などの異状は認めなかった。

(7)　旧管と新管の間隙充填

一乗寺幹線と同じ方法、同じ仕様のエアーモルタル充填を行った。

(8)　工事工程

旧管内調査も行わず、また今回工事の特色とも思われる挿入分岐工法なるものを行ったが、実際に着工してから通水まで４カ月弱で施工を終えることができた。

表－９　区間別挿入本数

第　１　工　区				第　２　工　区			
区　　間	挿 入 日	挿入本数	挿入長	区　　間	挿 入 日	挿入本数	挿入長
烏丸通(東)～間之町(北)	3月16日(夜)	16本	96m	烏丸通(西)～室町	4月27日(昼)	15本	90m
	3月17日(夜)	10	60	室町～新町	4月29日(昼)	7	42
間之町(北)～間之町(南)	3月19日(夜)	6	17		5月13日(夜)	13	78
間之町(南)～堺町	3月12日(夜)	7	42	新町～西洞院(東)	5月４日(夜)	7	42
	3月15日(昼)	12	72		5月12日(夜)	9	54
堺町～柳馬場	3月18日(夜)	10	40	西洞院(東)～西洞院(西)	6月４日(夜)	6	14
柳馬場～寺町	3月８日(夜)	10	60	西洞院(西)～堀川通	4月27日(昼)	58	232
	3月10日(夜)	16	96				
	3月11日(夜)	13	78				

全体の工程を表－10に示す。

表－10　工事全体工程

施 工 工 程	第１工区	第２工区
立坑の設置	2月27日～3月23日	4月20日～5月19日
クリーニング	3月５日	4月25日
新管挿入	3月８日～3月18日	4月27日～5月13日
連絡工事	3月16日～4月10日	5月３日～6月９日
通水(水圧試験)	4月７日	6月17日

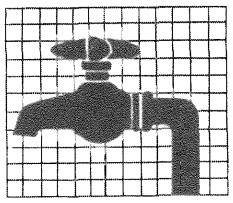
５．まとめ

口径800㎜旧管内に口径600㎜新管1,150m、および口径450㎜旧管内に口径300㎜新管1,115mを挿入した２つのパイプインパイプ工事の概略を紹介したが、いずれも工事はスムーズで所期の目的を達した。

工事を振り返って最近の道路事情の悪化、また埋設物の輻輳、騒音、振動、工事公害問題など社会情勢の変化に伴う地域住民意識の複雑化、多様化を勘案する時、自画自賛ではあるが当工法の適性さに加えて工程に満足感を得るものがあった。

一方メーカーサイドでは最近、旧管口径に対して新管は１口径(100㎜)小さい口径で挿入できる管が開発されたと聞いている。

今後、ますます本工法が改良発展することを期待するものである。



技術レポート ④

ポリエチレンスリーブの施工について

日本ダクタイル鉄管協会技術委員
岩松潤吉
西崎耕造

1．はじめに

地下埋設用ダクタイル管を防食するための対策は、古くから種々の方法が採用されており、それ相当の防食効果を発揮している。米国、欧州、中近東諸国をはじめ、わが国においても上水道、下水道、ガス用などの地下埋設ダクタイル管を、その管路の布設現場で約0.2mm厚のポリエチレンスリーブを被覆し、土壌と管との直接接触を断ち、防食する方法(ポリエチレンスリーブ法)が広く普及している。

このポリエチレンスリーブ法は、米国では国家規格としてANSI A 21.5—1972(Polyethylene Encasement for Gray and Ductile Cast Iron Piping for Water and Other Liquids)として規定され、またわが国では日本ダクタイル鉄管協会規格JDPA Z 2005—1975（ダクタイル鋳鉄管防食用ポリエチレンスリーブ）として規定されている。

日本水道協会編の水道施設設計指針・解説の中にも、土壌の腐食性評価方法および腐食性土壌中に管を埋設する場合の防食対策としてポリエチレンスリーブ法が記述されている。

そこで、この方法の特長、留意点およびより効果的な施工手順について解説を行う。

2．ポリエチレンスリーブ法の特長

ポリエチレンスリーブ法は、防食被膜であるスリーブと管が密着しておらず、非密着性の防食方法であることが大きな特長である。この方法でダクタイル管を防食する場合、スリーブにより腐食性土壌と管の直接接触を断つことにより、管の環境の均一化をはかり防食することである。

さらに、埋設された状態では、管とスリーブの隙間に侵入した地下水の酸素が消費され自由に移動しないので、スリーブに若干の傷があったとしても、その部分が他の健全部に比較して陰極になり、選択的な孔食が発生しにくい構造になっている。

またこの方法は、管の布設現場にて簡単に施工できるため、防食被膜の破損が少なく、埋設前の補修も粘着テープなどを用いれば容易に可能である。

3．ポリエチレンスリーブ法の留意点およびその施工手順

前章で述べたように、この方法はスリーブ

に若干の傷があっても、その部分の防食効果はさほど損なわれないのが特長であるが、施工にあたっては、スリーブと管の隙間に入った地下水が自由に移動することなく、停滞させる工法を採用することが必要である。

そこで、ポリエチレンスリーブ法の施工上の留意すべき点を以下に述べる。

1) スリーブ内に侵入した**地下水の移動をできるだけ阻止する工法**を採用する。

ポリエチレンスリーブを管に固定する場合、地下水の移動を止めるために管1本ごとに少なくとも1カ所でスリーブを幅 50～75mmの粘着テープで全周に1回巻きつけて管と一体化し、スリーブと管の隙間の連続性を断つ必要がある。

そのためには、スリーブを管に固定する場合、粘着テープの半面がスリーブに、残りの半面が管に粘着するようにする。またスリーブ同士を接続する場合でも同様に粘着テープを半面ずつ用いて接続するのが望ましい。

2) **スリーブが大きく損傷しない工法**を採用する。

(a) たとえば、管にスリーブを固定する場合、管直部の**折り曲げてできる重ね部分(三重部分)を、管頂部にくる**ようにして埋戻し時の土砂の衝撃を避ける。

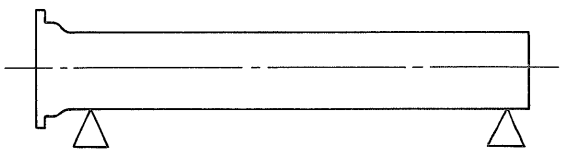
(b) 継手部の形状に**スリーブがなじむように十分なたるみを持たせる。**

継手部分では、押輪やボルトナットによりスリーブを破ぶることがないように十分なたるみを持たせ、埋戻した状態で継手の形状になじむようにする。

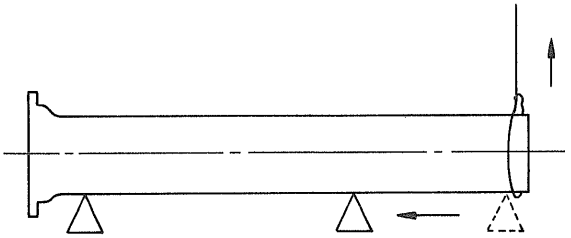
これまで述べた留意点を考慮した、より効果的な施工手順を順次図を用いて説明する。

(1) A法（1枚のスリーブで直部および継手部を防食する方法）

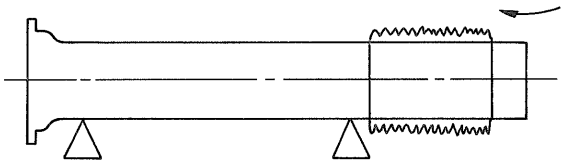
① 管の受口、さし口を台にて支える。



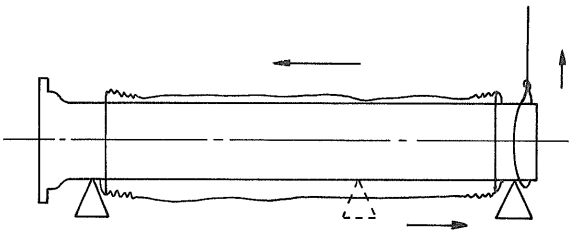
② さし口部を吊り上げて、台を管の中央部まで移動させる。



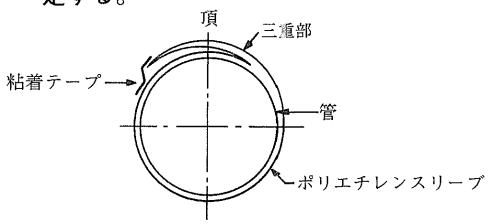
③ さし口側からポリエチレンスリーブを管に被せる。



④ さし口部を吊り上げ、中央部の台をさし口側に戻し、ポリエチレンスリーブを直部全体に広げる。

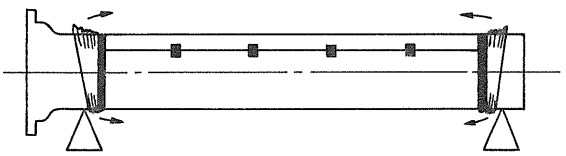


⑤ 粘着テープを用いて(約1mピッチ)管頂部に三重部がくるようにスリーブを固定する。

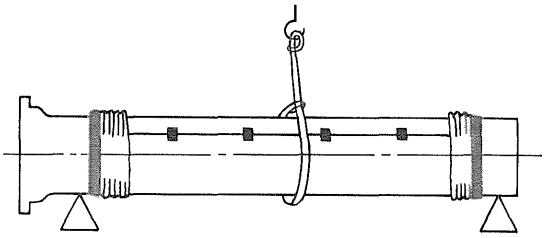


⑥ スリーブの受口部、さし口部を粘着テープで固定する。(粘着テープは1 1/4以上巻く。)

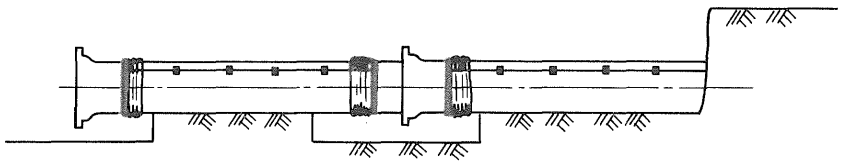
スリーブの両端を中央部に向けてたぐる。



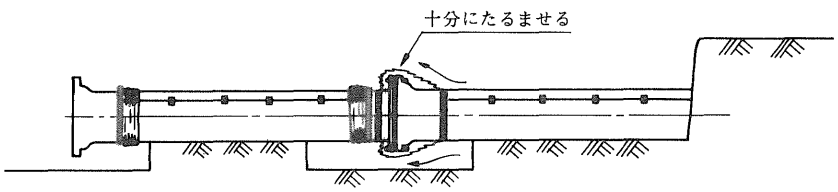
⑦　ナイロンスリングなどでスリーブに傷をつけない方法で管を吊り下ろす。



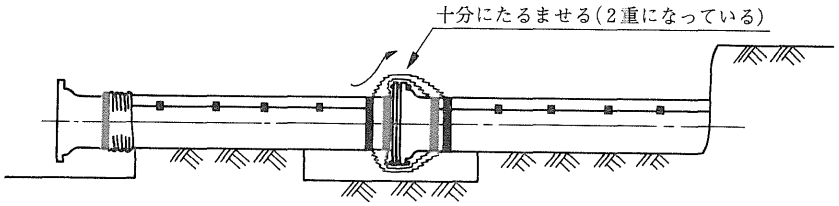
⑧　管を接合する。



⑨　一方のスリーブを他方にたぐり寄せてスリーブ端を粘着テープで半面はスリーブに、残り半面は管に粘着させて固定する(粘着テープは１¼以上巻く。)継手部分のスリーブは十分にたるませておく。

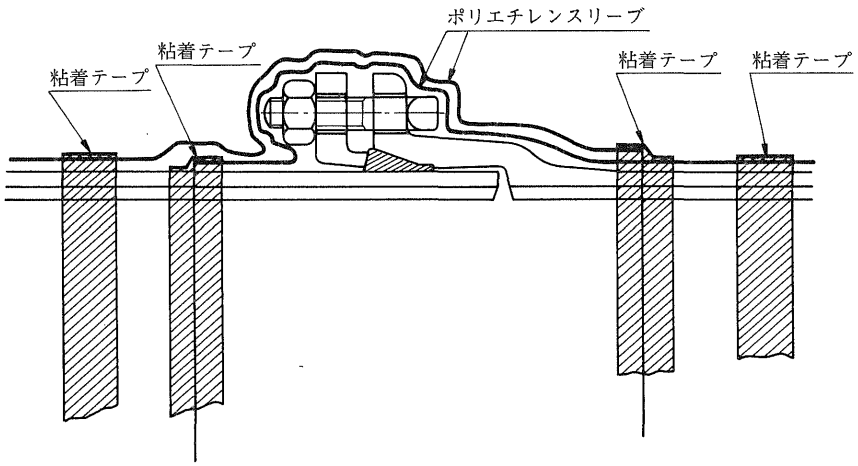


⑩　残りのスリーブも同様に十分たるませて粘着テープを用いて固定する。スリーブ同士の固定は、半面ずつ粘着テープにて接続する。



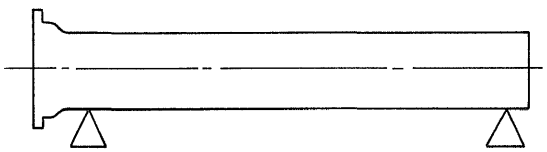
A法により施工された継手部分の詳細を図－１に示す。

図－1　継手部分のポリエチレンスリーブの状況（A法）

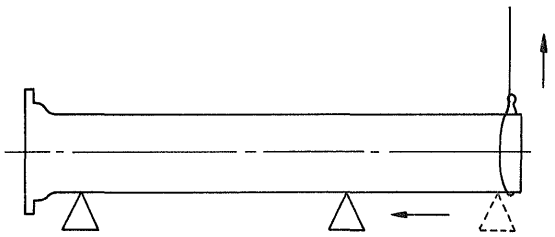


(2)　B法（1枚のスリーブを切断して、直部および継手部に分けて防食する方法）

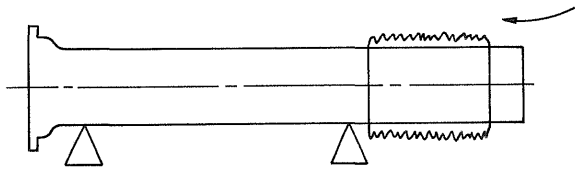
①　管の受口、さし口を台にて支える。



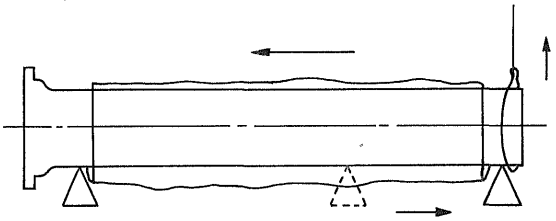
②　さし口部を吊り上げて、台を管の中央部まで移動させる。



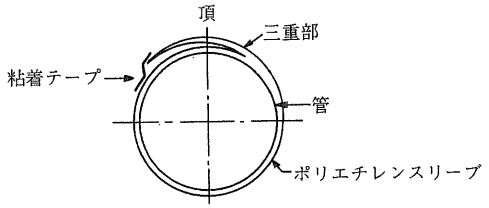
③　あらかじめ管長より短かく切断しておいた直部スリーブをさし口側から管に被せる。



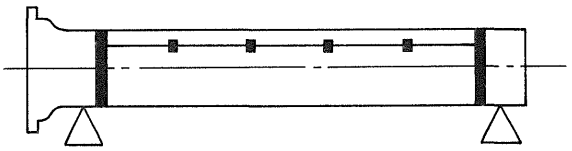
④　さし口部を吊り上げ、中央部の台をさし口側に戻し、ポリエチレンスリーブを直部全体に広げる。



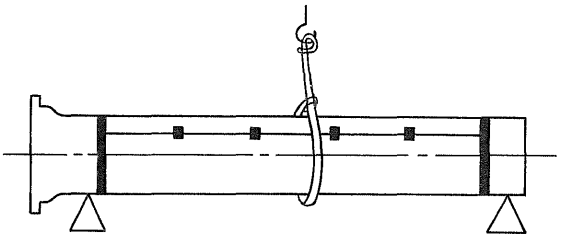
⑤　粘着テープを用いて（約1mピッチ）管頂部に三重部がくるようにスリーブを固定する。



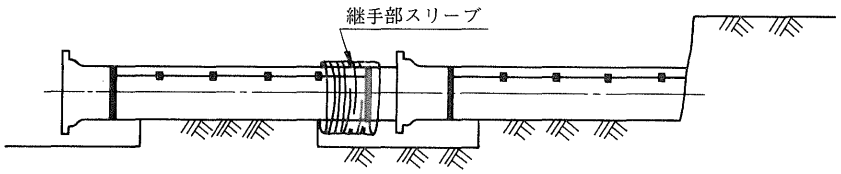
⑥　スリーブの受口部、さし口部を粘着テープを用い、半面はスリーブに、残り半面は管に粘着させて固定する。（粘着テープは1¼以上巻く。）



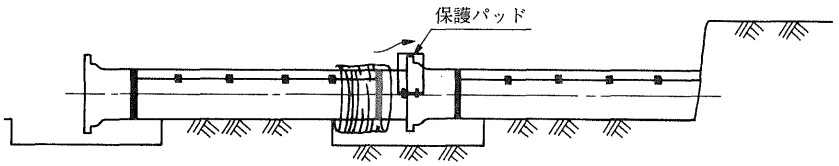
⑦　ナイロンスリングなどでスリーブに傷をつけない方法で管を吊り下ろす。



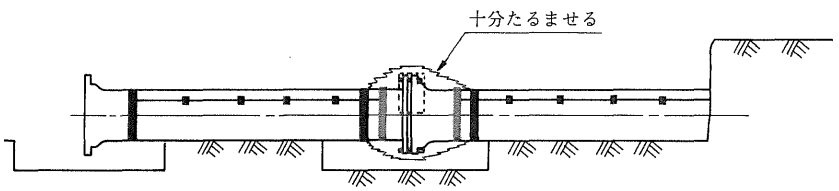
⑧　管を接合する。
事前に継手部スリーブ（1枚のスリーブから直部スリーブを切断した残り。）をさし口側に準備しておく。



⑨　継手の上半部に保護パッド（四重のスリーブ）を粘着テープにて固定する。

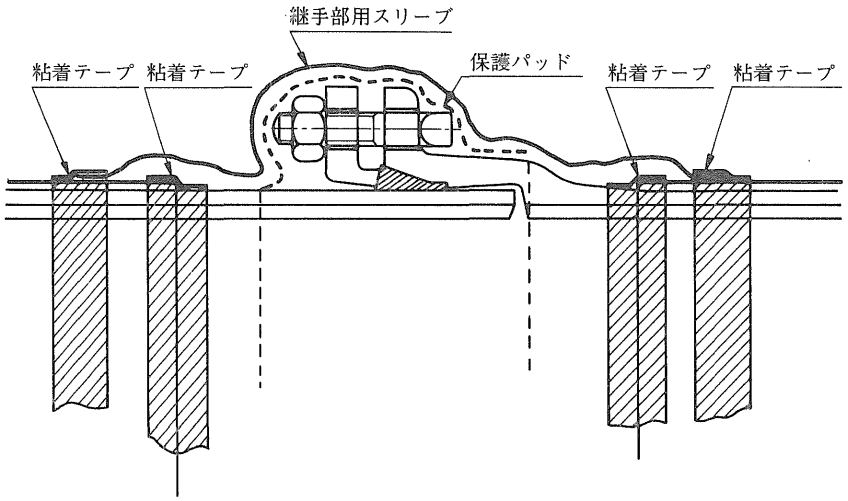


⑩　さし口側の継手部スリーブを継手部に移動させて粘着テープで固定する。
　この場合、継手部スリーブを十分にたるませて両端で粘着テープが半面は継手部スリーブ、残り半面は直部スリーブに接着するように固定する。（粘着テープは1¼以上巻く。）



B法により施工された継手部分の詳細を図－2に示す。

図－2　継手部分のポリエチレンスリーブの状況（B法）



（参考）　ポリエチレンスリーブを管に固定するためには、粘着テープ以外にもゴムひも明示テープなども使用することができる。

（参考）ポリエチレンスリーブを被覆された管を埋戻す場合、継手部の形状によりスリーブに傷をつける可能性があるので、埋戻し前に被覆鉄線（口径2㎜程度）または被覆電線などを用いて継手部を締付け、スリーブを継手の形状に十分なじませた後に埋戻しを行う方法はより確実である。参考としてA、B法の継手部施工状況を写真に示す。

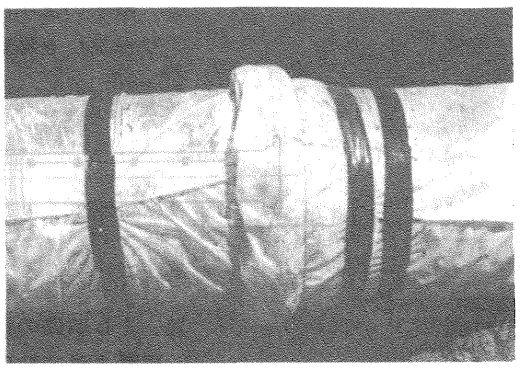
5．まとめ

現在広く普及しているダクタイル鋳鉄管のポリエチレンスリーブによる防食法の特長、その性能を十分に発揮させるための留意点およびその施工手順について説明した。

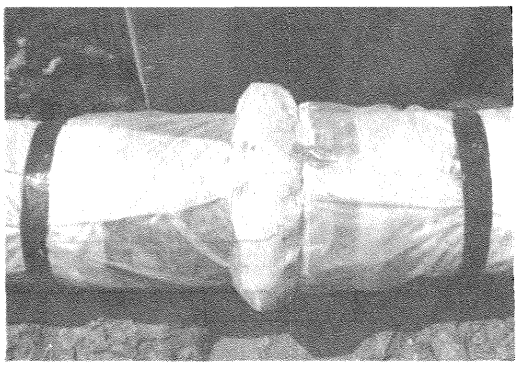
これらの留意点をまとめると、スリーブと管の隙間に入った地下水の移動を阻止することが重要で、実際の布設現場では以下のことについて注意して施工する必要がある。

1）ポリエチレンスリーブ内に侵入した地下水の移動を粘着テープを少なくとも管1本ごとに全周に巻付けて管と一体化し、隙間の連続性を断つ。

2）スリーブが大きく損傷しない工法を採用する。すなわち、直部では管頂部に折り曲げ部をつくり、継手部ではスリーブに十分なたるみを持たせて継手の形状になじみやすいように施工する。



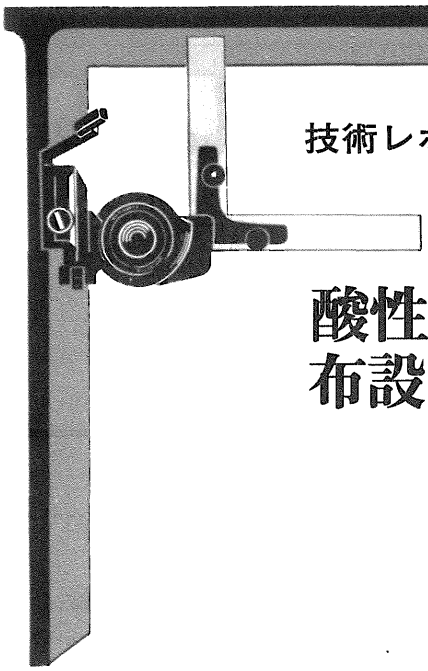
写真－1　A法による継手部の状況



写真－2　B法による継手部の状況

ダクタイル鉄管第28号

昭和55年5月



技術レポート❶

酸性水に対応した導水管路布設について

青森市水道部工務課
主幹　白取有三
主査　川越武機

1．酸性河川水の利用

青森市は現在人口26万人で、上水道の水源は、地下水の汲み上げや河川の伏流水を用いて、1日最大給水量11万9,200トンをまかなっている。しかし昭和60年には人口32万8,000人になり、6年後には6万5,000トンの水が不足することは、調査により明らかである。

今以上の地下水の汲み上げは、現在でも地盤沈下を招いて問題があり、当市の利用できる水源は、酸性の強い堤川や駒込川しかなくこれを有効に利用することが当市の水源確保の課題であった。

特にこれらの河川は、上流に十和田国立公園があり、強酸性の酸ケ湯温泉など酸性の強い湧水が多く、渇水期になるとpHが3.4～4.0程度まで下がり、コンクリート製の堤防は浸食されて砂利がむき出しになっている有様で当市の第3期拡張計画は、この堤川や駒込川の水質を克服することが計画を成功させるポイントであった。

幸いにも堤川の水は、表－1に示すごとくpHが低い以外は重金属やその他の有害物も水質基準以下で、中和処理をすれば飲料水として十分利用できることがわかった。

しかし問題は、堤川の取水口から新設の堤川浄水場までの導水設備の防食対策で、ゲート類はステンレス製を採用するにしても、導水管になにを選べばいいかが最大の問題であった。

そこで本拡張計画上において酸性水に十分対応する防食対策を立案する必要があり、各メーカーの協力を得て酸性の強い泉源で種々実験を実施した。

2．酸性水による耐久性試験

従来から一般に用いられているセメントライニングをしたダクタイル管や、タールエポキシ塗装をした鋼管では、酸性の強い堤川の水に対しては万全でないことは明らかであり特殊な耐酸性のいい材料で保護された管で、しかも強度が強く、配管作業性・価格的にも実用的なものを選ぶ必要があった。

そこで各管メーカーに依頼して堤川の上流にある酸ケ湯温泉の地獄沼や、泉源になっている新渡鳥（水温80℃、pH 1.2）（写真－1）に各種のライニングを施工した管を浸漬して、

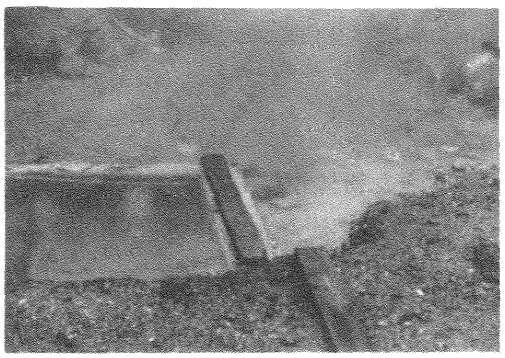
表－1　取水予定地点における水質分析結果の一例

分析項目＼採水日	昭和52年7月29日	昭和52年8月24日
水温 (℃)	21.0	16.5
pH	3.42	4.15
濁度 (度)	116	150
色度 (度)	4	6
$C\ell^-$ (mg/ℓ)	31	22
SO_4^{--} (mg/ℓ)	132.5	74
アルカリ度 (mg/ℓ)	0	0
酸度 (mg/ℓ)	80	21
NH_4^+—N (mg/ℓ)	0.00	0.06
NO_3^-—N (mg/ℓ)	0.18	0.05
NO_2^-—N (mg/ℓ)	0.002	0.000
$KMnO_4$消費量 (mg/ℓ)	10.7	16.0
硬度 (mg/ℓ)	88	59
蒸発残留物 (mg/ℓ)	434	389
シアンイオン (mg/ℓ)	0.00	——
有機リン (mg/ℓ)	0.00	0.00
Hg (mg/ℓ)	0.000	——
Cu (mg/ℓ)	0.01	0.01
Zn (mg/ℓ)	0.108	0.07
Pb (mg/ℓ)	0.00	0.00
Cr (mg/ℓ)	0.00	0.00
As (mg/ℓ)	0.00	0.02
Cd (mg/ℓ)	0.000	0.00
T—P (mg/ℓ)	0.09	0.127
Aℓ (mg/ℓ)	9.8	4.6
Fe (溶) (mg/ℓ)	0.72	0.12
Mn (溶) (mg/ℓ)	0.31	0.53

昭和52年11月から2カ年間耐久性試験を実施した。

試験場所とその水質分析結果を表－2に示す。試験した材料を以下に示す。

(1) セメントライニングダクタイル管。
(2) エポキシ粉体塗装ダクタイル管。
(3) セメントライニングの表面にタールエポキシ塗装をしたダクタイル管。
(4) ガラス繊維強化プラスチック管。
(5) ポリエチレンライニング鋼管。
(6) ゴムライニング鋼管。



写真－1　新渡鳥の湯(pH 1.2、水温80℃)

表－2　試験場所とその水質分析結果

分析項目＼試験場所	地獄沼泉源		同左下流河川		新渡鳥泉源	
	初　期	調査時	初　期	調査時	初　期	調査時
水　温　※	30℃	29℃	——	9℃	70℃	64℃
比抵抗（Ω-cm）	22	23	53	95	24	28
pH	1.2	1.1	1.6	1.8	1.3	1.3
$C\ell^-$（ppm）	1,500	1,190	800	300	1,400	1,100
SO_4^{--}（ppm）	4,207	5,100	1,786	960	3,100	4,570
アルカリ度（ppm）	0	0	0	0	0	0
酸　度（ppm）	1,840	5,300	1,910	1,150	4,850	4,750
硬　度（ppm）	1,220	1,100	520	300	1,120	1,040
蒸発残留物（ppm）	8,526	8,550	3,238	1,740	8,388	8,110

※現地での水温を示す。

この結果、

(1) セメントライニングしたものは、強酸性水によってライニングが溶出し、管もかなり激しく腐食していた。

(2) 内外面エポキシ粉体塗装したダクタイル管は、塗膜の欠陥、管の腐食は認められなく優秀であった。

(3) ガラス繊維強化プラスチック管は、クラック、表層樹脂のハガレなどの欠陥が認められた。

(4) 内外面ポリエチレン・ゴムライニングした鋼管は、ライニングの欠陥部および端面より管の腐食が認められ、極端な場合は鉄地がまったくなく、ライニング層のみが残存しているだけのものがあった。

などが確認された。

この結果、エポキシ粉体塗装したダクタイル管がもっとも耐久性に優れ、また配管作業性、価格的にも実用的なことが確認された。以上のことにより、当市のもっとも重要な導水施設導水管に採用することに決定した。

3．エポキシ粉体塗装ダクタイル管

エポキシ粉体塗装とは、エポキシ樹脂、硬化剤などを100メッシュ以下の粉末にしたものを、180～270℃にあらかじめ加熱された管に適当な方法で均一に吹付け塗装し、熱によって硬化させて塗装するもので、従来から用いられている溶剤希釈型塗料による塗装と異なり、塗料中に溶剤を含有していないため、乾燥、硬化時に溶剤が蒸発してピンホールができたり、塗膜中に残留した溶剤が水道水中に溶け出すこともないことから、耐久性がよくしかも水道管の内面塗装として水質に臭気を与えたり、過マンガン酸カリの消費量を多くすることもなく、衛生的にも優れた塗装である。

表－3にエポキシ樹脂粉体塗装の塗膜性能を、表－4にその水質試験結果を示す。

表－3　エポキシ樹脂粉体塗装の塗膜性能

	エポキシ樹脂
鉛筆硬度	H～3H
碁盤目試験（1㎜幅）	100／100
エリクセン試験（㎜）	3
屈曲試験（㎜φ）	6
耐衝撃試験（デュポン式 $\frac{1}{2}$″×500g×X㎝）	50
耐沸騰水試験（時間）	300
耐塩水噴霧試験（時間）	1500
耐酸性（60%硫酸）	優　秀
〃　（20%硫酸）	優　秀
耐アルカリ性（45%カセイソーダ）	優　秀
〃　（28%アンモニア）	優　秀
耐溶剤性（アセトン）	優　秀
〃　（アルコール）	優　秀
〃　（ベンゼン）	優　秀
〃　（トリクレン）	良　好

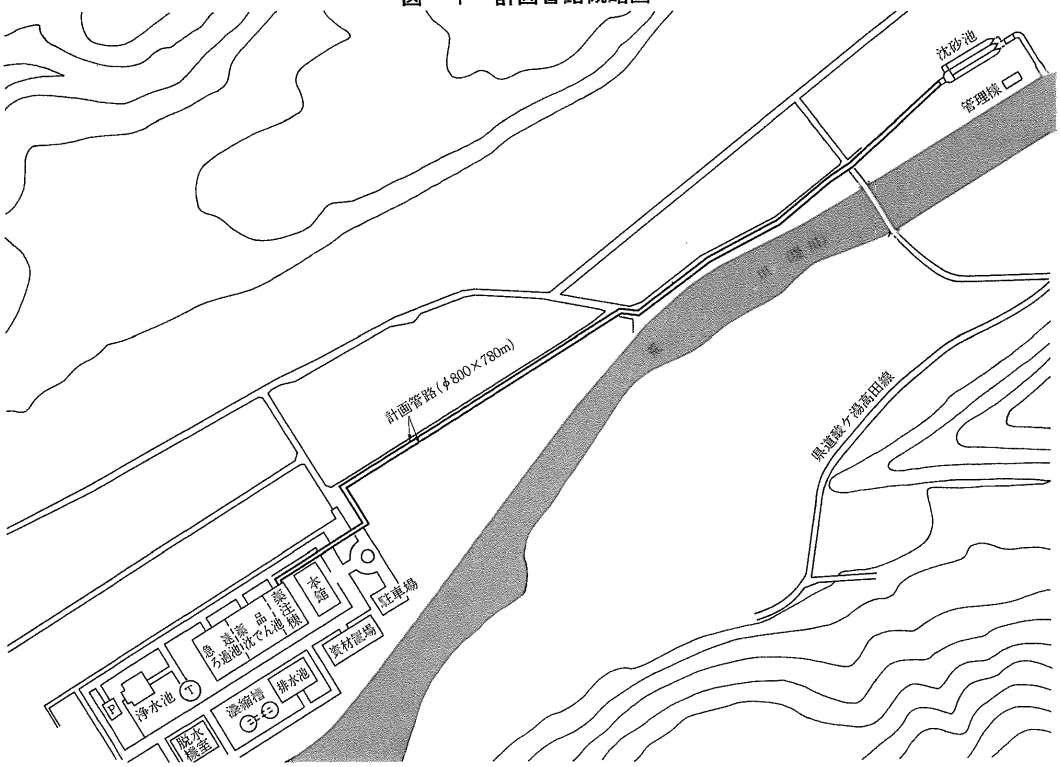
表－4　エポキシ樹脂粉体塗装の水質試験結果

（於：兵庫県環境科学技術センター）

（単位 p.p.m）

分析項目	対照水	浸漬水
pH	7.4	7.2
色度（度）	定量限界未満（1未満）	同左
濁度（度）	定量限界未満（0.1未満）	同左
$KMnO_4$ 消費量	5.4	5.6
アミン類	不検出	不検出
残留塩素	0.07	0.13
臭気	無臭	無臭
味	無味	無味
フェノール類	定量限界未満（0.005未満）	同左
全クロム	定量限界未満（0.01未満）	同左
カドミニウム	定量限界未満（0.001未満）	同左
銅	定量限界未満（0.01未満）	同左
ひ素	定量限界未満（0.001未満）	同左
総水銀	不検出	不検出
亜鉛	0.01	0.01
シアン	不検出	不検出

図－1　計画管路概略図



このエポキシ樹脂粉体塗装は、日本水道協会規格（JWWA　K　117、水道用樹脂コーティング管継手）として小口径の給水管継手で規格化されている。ダクタイル管ではJDPA　Z　2006「ダクタイル鋳鉄管用内面エポキシ樹脂粉体塗装」として、ダクタイル鉄管協会規格が制定されている。また日本水道協会でも、「水道用ダクタイル鋳鉄管内面エポキシ樹脂粉体塗装」として審議されている。

4．導水管路の設計

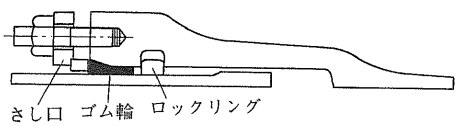
導水管の計画管路は図－1に示すごとく、堤川取水口より堤川浄水場まで約780mで、不測の事態を考慮し、2条配管（布設延長約1,560m）とした。

さらに当市も東北地方特有の地震多発地域であり、昭和43年の十勝沖地震で水道施設に被害を生じた経験から、管は耐震性を考慮したS形ダクタイル管（図－2）を採用し、酸性水と接する内面は受口内部、さし口外面もすべてエポキシ粉体塗装を行い、ロックリングの材質はSUS 304を用いた。

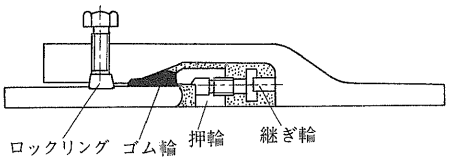
異形管はUF形ダクタイル管（図－2）を用い、受口内面、さし口外面、押輪などはエポキシ粉体塗装を行い、さらに継手部の内部は耐酸モルタルを用いて充填することにした。

図－2　継手形式

S形（耐震継手）



UF形（内面・離脱防止継手）



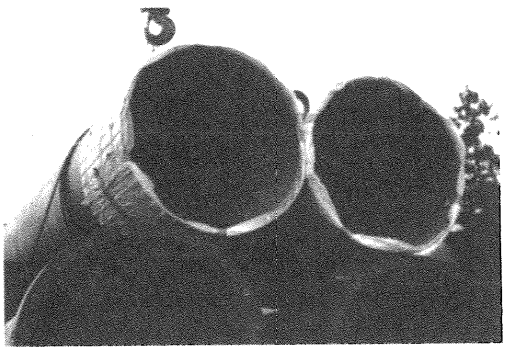
5．管の布設状況

S形ダクタイル管の採用は、当市としてもはじめてのことであるため、工事に先立って地元工事業者に対するS形の接合講習会を行い、実際の施工にあたっても指導員の派遣をメーカーに依頼した。

特に今回の内面仕様が、エポキシ粉体塗装で、しかも異形管にUF形を採用して継手部に樹脂モルタルを充填するなど、施工にあたっては細心の注意が必要であることから、管の梱包、保管、施工時の切管、接合に至るまでさまざまな工夫をした。

1管の梱包

受口に挿入されるさし口部は、酸性水と直接接触するため、エポキシ粉体塗装を内面と同様に塗装することにしたが、輸送中および管の保管中にもっとも塗装に傷が付きやすい個所であるため、ウレタンマットとポリエチレンスダレで保護することにした。（写真－2）



写真－2　塗装を保護するためにウレタンマットとポリエチレンスダレで梱包している。

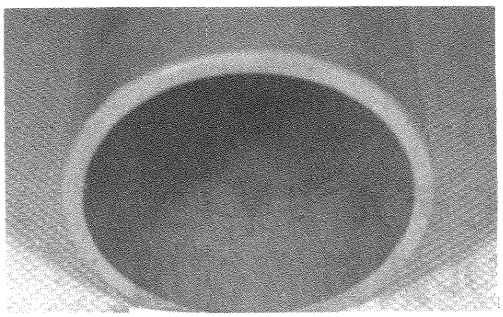
2 切管部の補修

切管部はできるだけ少なくするため、UF形異形管に接合する直管で寸法調整することにし、他の個所で切管が発生しないようにした。

切管部の端面は樹脂モルタルで保護されるが、一応切管後現地で常温硬化形エポキシ樹脂塗料で端部の補修塗装を行った。

補修に用いた常温硬化型エポキシ樹脂塗料

は、堤川の上流にある温泉(地獄沼)の水質に調整した水に各種の塗料を塗装した管を1.5年間浸漬し、その結果から異常のないものを選定した。(写真－3)

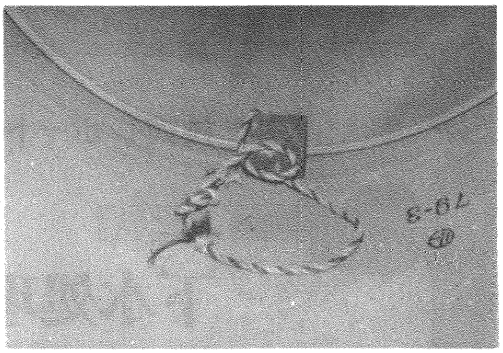


写真－3　地獄沼泉源水に約1.5カ年間浸漬した常温硬化型エポキシ樹脂塗料塗装ダクタイル鋳鉄管の状況。異常なく良好であった。

3 接合工事

管を接合する場合、受口にさし口を挿入する時、塗装に傷を付けることが考えられるため、管のさし口にはゴム製のキャップをはめ受口にはゴム製のディスタンスピースを入れて挿入し、接合完了後これらのゴムをはずすことにした。(写真－4、5)

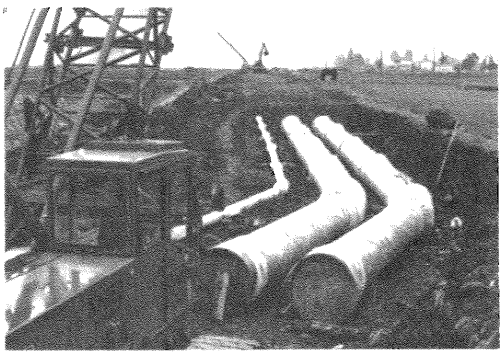
写真－4　さし口の塗装の保護のため、ゴム製プロテクターを用いて管の接合を行った。



写真－5　さし口および受口の塗装の保護のために、ゴム製ディスタンスピースを用いて管の接合を行った。

4 管の外面防食

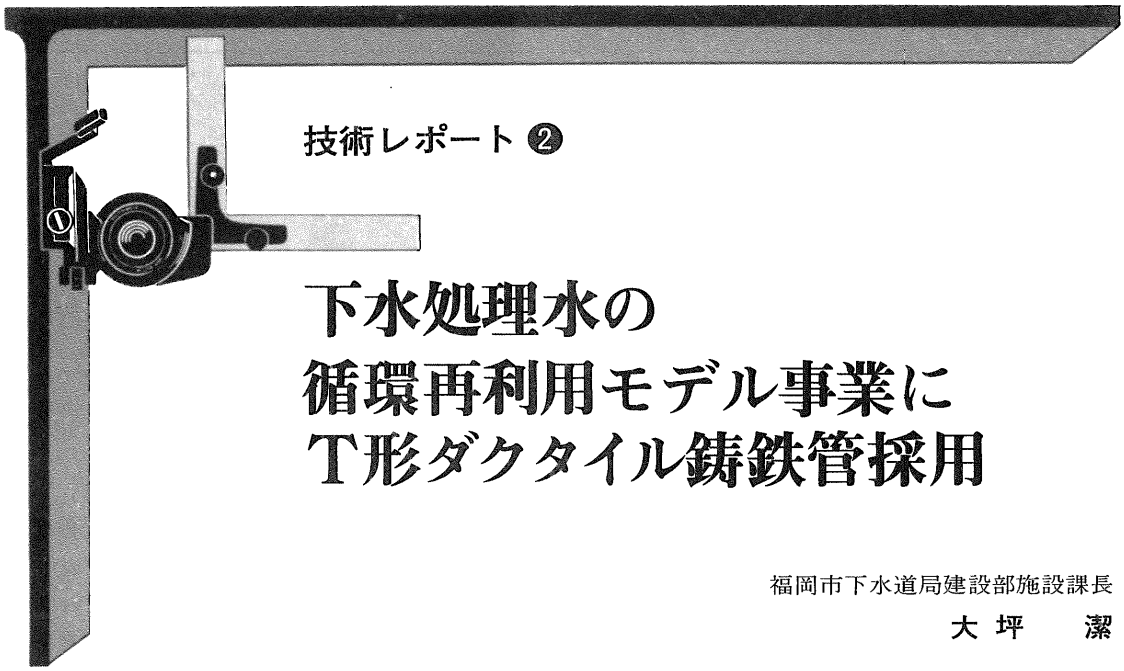
管を布設した現場は、地下水のpHが5程度になることがあり、しかもこの導水管は当市のもっとも重要な導水施設であるため、外面の防食についてもポリエチレンスリーブを全面的に採用した。(写真－6)



写真－6　埋設環境が腐食性であるため、全面ポリエチレンスリーブによる外面防食法を採用した。

6．まとめ

当市の第3期拡張計画は、酸性の水を上水道に用いるという困難な計画であり、水質調査にはじまり、中和処理方法についても実地に試験をし、また学識経験者の意見を聞いたり、さらには各種現地試験を行った上で決断をした。そして導水施設は、現在の技術で可能な限りの対策を立案して実施した。



技術レポート ②

下水処理水の循環再利用モデル事業にT形ダクタイル鋳鉄管採用

福岡市下水道局建設部施設課長
大坪　潔

1．はじめに

福岡市を中心とする北部九州地区では、昭和52年末より福岡管区気象台の観測史上はじめてという異常渇水に見舞われ、福岡市民は昭和53年5月20日から昭和54年3月25日までの約10カ月に及ぶ給水制限を体験した。

そこで福岡市は、全市をあげて水源開発を進めるとともに昭和54年3月市議会で「福岡市節水型水利用等に関する措置要綱」を作成し、節水型都市づくりを進めている。

この要綱は、家を新築する場合は節水便器の設置を義務付けたり、床面積5,000㎡以上及び口径50㎜以上の給水装置を設置する大型建築物を建てる場合は、雑用水再利用の設置と計画書の提出を義務付けることとしている。

福岡市下水道局では、この要綱に沿うために当面、水洗便所用水の確保として、下水処理水の循環利用を方針付けたところである。

従来、ビル独自の個別循環方式や一地区のビル群、あるいは一団地での地域循環方式の例は全国に数例見られるが、公共下水道における処理水を水洗トイレなどに再利用するのは全国的に例は見られず、はじめてのケースである。

そこで、以下この広域的処理水循環利用事業の処理方式、送配水管の管網整備へのアプローチを紹介する。

2．事業計画

2.1　需要水量の推定と循環利用地区の設定

下水処理水循環利用地区としては、中央区天神地区の約150haとし、既設ビルへの改造および新・改築ビルにおける循環利用水の需要量ならびに当面の官公庁新・改築など計画による需要量は、それぞれ約2,200㎥/日、400㎥/日で、需要水量として1日1万2,000人分の使用量に相当する3,000㎥/日の処理水を推定している。

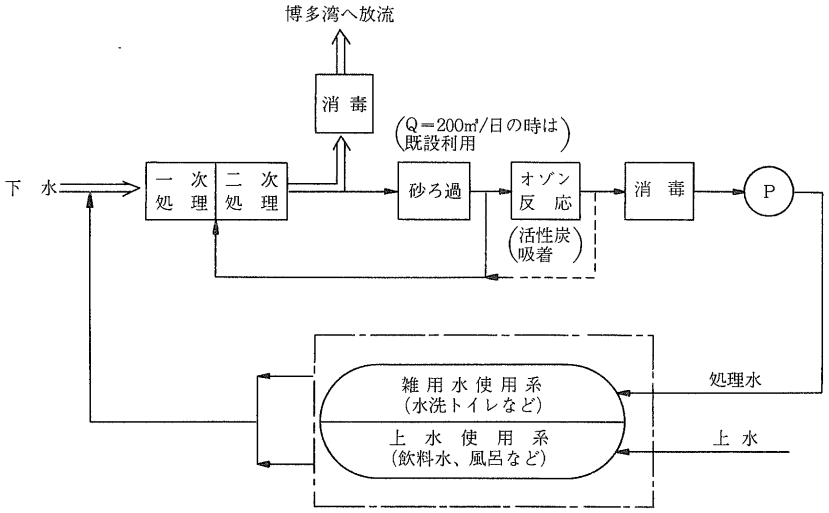
2.2　処理フロー

現在、中部下水処理場から1日平均250,000㎥の処理水が博多湾に放流されているが、循環利用水として供給するためには、より水質の安定化、高度化が必要である。

その処理フローとしては、砂ろ過して後、オゾン反応、活性炭吸着、さらには消毒して送水する。

当面昭和54年度200㎥/日の循環利用水を送水するため、口径200㎜T形ダクタイル鋳鉄管の送・配水管を約4㎞布設完了したところであり、4月上旬には送・配水管の充水・洗管作業を行い、供給の運びとなっている。

計画フロート



送・配水管布設ルート図

3．昭和54年度事業概要

供給側の整備は58年度を目途とし、需要者側への積極的な行政指導により、60年度までに約3,000㎥/日の需要水量を確保し、供給施設の稼動を考慮している。

当面する54年度管きょは、55年度より使用開始が予定されている合同庁舎および中央市民センター、浜の町ポンプ場への循環利用水の供給のため処理施設、送配水管布設工事が完了予定である。

以下、施設の概要を列記する。

- 送水能力　Q＝200㎥/日（送配水管はQ＝3,000㎥/日まで送水可能）
- 処理施設　200㎥/12hr
  - 砂ろ過設備、オゾン反応設備
  - 活性炭吸着設備、消毒設備
- 送水管　口径200mm、ℓ＝3km
  - 送水ポンプ設備
  - 送水管（中部処理場から合同庁舎）
- 配水管　口径100mm、ℓ＝0.7km
  - 配水ポンプ設備
  - 配水管（浜の町ポンプ場から中央市民センター）

●送配水管材料

下水処理水を送水するため、送配水管路は上水道管路、下水道管路と区別するために、ポリエチレンスリーブ、直管外面塗装の色を黄色とした。

ゴム輪は、下水処理水をオゾン処理したものであるため、エチレンポリプレン合成ゴム（EPDM）を使用した。

異形管は、将来の内面腐食を考慮しエポキシ樹脂粉体塗装を施した。

●送配水管材料の仕様

直　管……T形3種ダクタイル鋳鉄管
　内面……モルタルライニング
　外面……
　1次塗装：エポキシ樹脂塗料　70μ
　2次塗装：エポキシM・I・O塗料　50μ
　3次塗装：エポキシ樹脂塗料　70μ
　4次塗装：エポキシ樹脂塗料　70μ

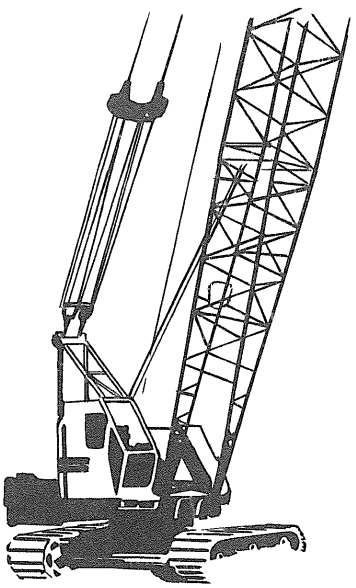
異形管……T形ダクタイル異形管
　内面：エポキシ樹脂粉体塗装
ゴム輪……T形ゴム輪、材質EPDM
ポリエチレンスリーブ……黄色

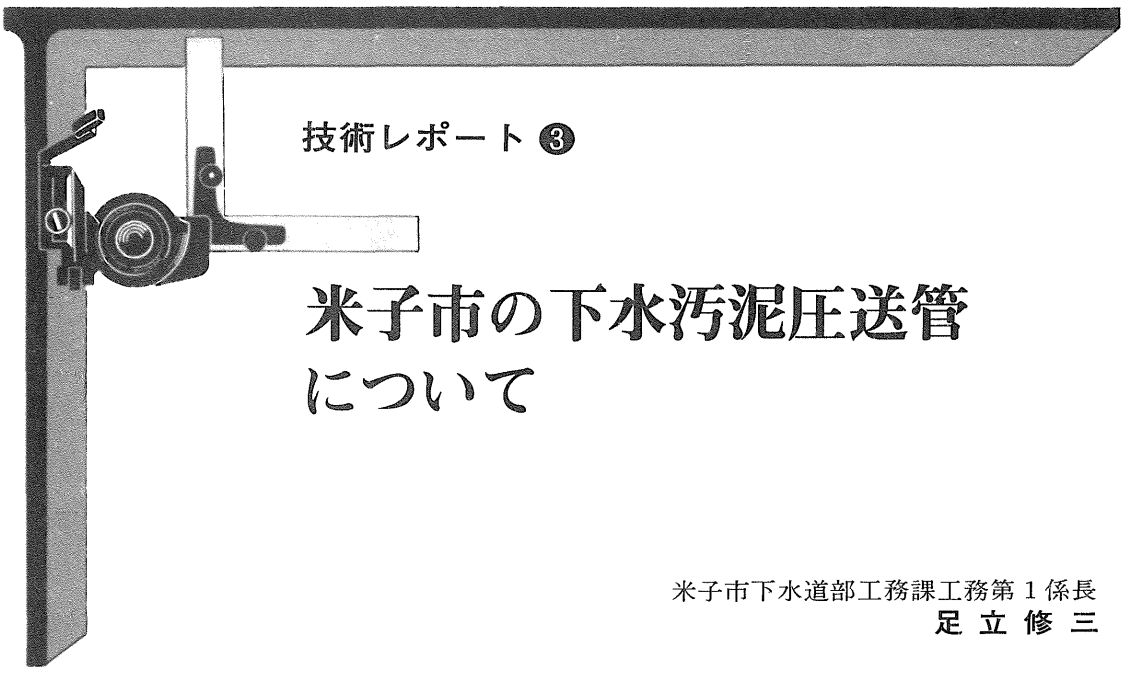
4．今後の問題

モデル事業の遂行にあたり、事業の執行体制（特に維持管理面）、あるいは料金算定、さらには要綱による事務処理等々の問題があり今後積極的な需要者への供給対策が重要となる。

昭和54年度事業の補助対象として、送水管は第1段階のものであり、単純に下水処理水を再利用するために送水するという中途半端な考えでは困る。

「下水処理水の循環利用モデル事業」の全体的計画が必要である。また公道下における配管について法制度上の取扱いについても、明確にすべき当面の問題も山積みしており、今後とも不純物の撤去、脱色、脱臭などを研究していかねばならないと思っている。





技術レポート ❸

米子市の下水汚泥圧送管について

米子市下水道部工務課工務第１係長
足 立 修 三

１．米子市の地形および地勢

米子市は、鳥取県の西端島根県と境を接し日野川の旺盛な運搬作用によって形成された日本海と中海を分ける砂州、弓ケ浜半島の基部にあって、市街地の東部は国立公園大山などの山岳部と連らなり、西部は中海を隔てて島根半島に対し、北部は日本海に面しており日本海に面した日野川下流左岸には皆生温泉がある。

本市に人が住みついたのは、約4,000年前の縄文式前期と推定されているが、天正６年中村氏の米子城築城を期に急速に城下町としての形態がととのえられ米子市発展の基礎となったが、昭和２年市制施行以来半世紀を経た今日、人口12万5,000人を擁する商業都市となっており、その経済圏は隣接県安来、松江の両市に及び、山陰の大阪とも称せられているが、昭和41年11月米子市を中心とする「中海地区」が全国15番目の新産業都市に指定され、地方開発の拠点としての使命が新たに加わることになり、さらに国立公園大山と皆生温泉を持つ観光都市として、本市の将来はますます発展を約束されている。

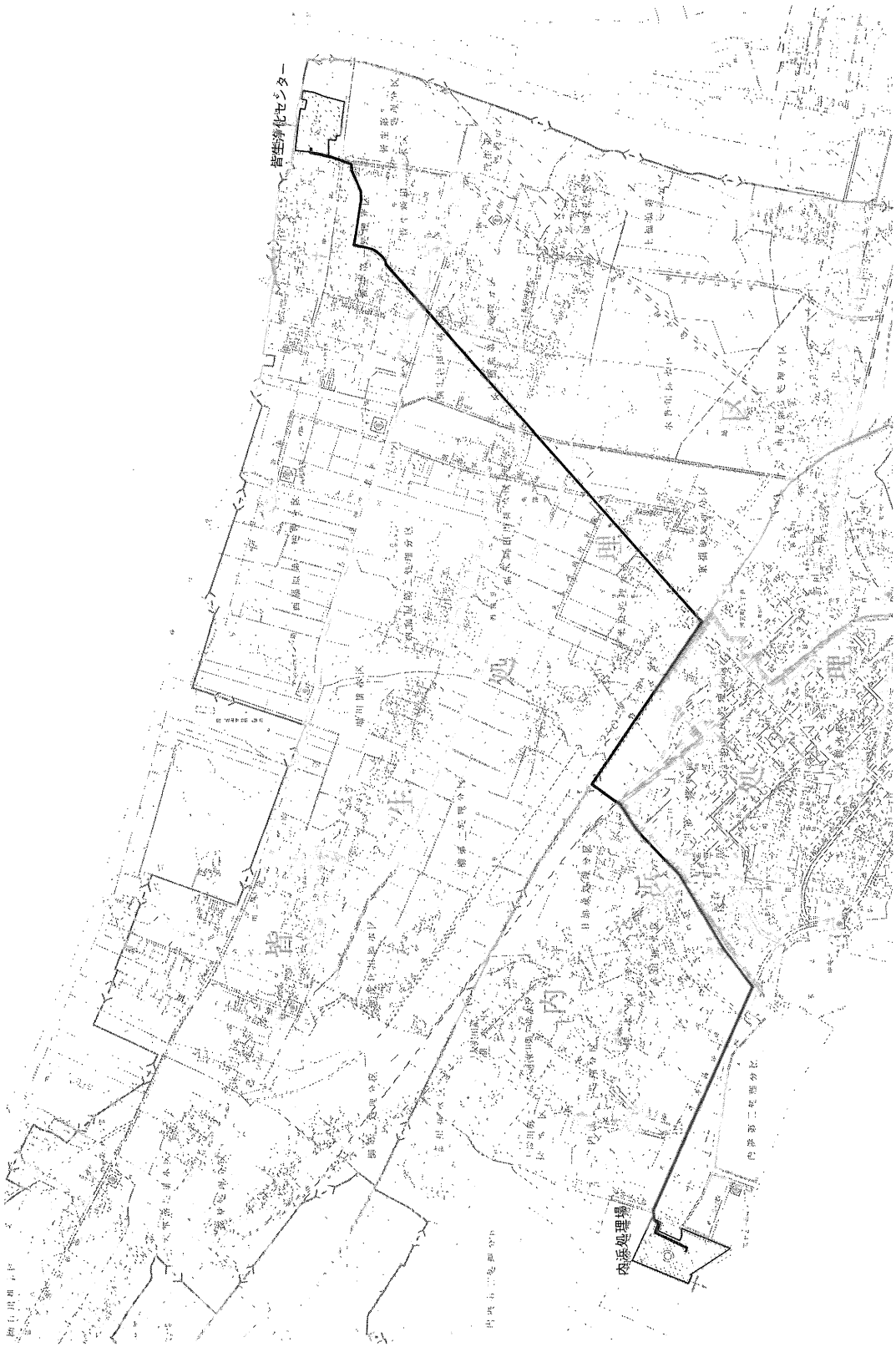
２．下水道の沿革

本市は、前記のように古来から地方の中心都市として栄えてきたが、近年における急激な人口の都市集中と産業経済の飛やく的な発展により、河川、湖沼、海域などの公共水域の水質は年を追って悪化し、水質公害として大きな社会問題となり、公共下水道事業が本市の最重点施策としてとり上げられることになった。昭和42年市制40周年記念事業として市議会に下水道調査特別委員会、建設部に下水道調査事務所を設置し、基礎調査に着手するとともに、市長がチェコスロバキアで開かれた第４回国際水質汚濁会議に参加され、滞在中ヨーロッパ各国の下水道事情を視察された。

昭和44年５月建設大臣の公共下水道事業認可(内浜処理区275.4ha、皆生処理区45.9ha)を受けて、昭和45年度から内浜処理区の本格的な建設工事に着手し、昭和49年10月には内浜処理区の一部(46ha)供用開始をすることとなった。

この間５年の期間を費やし、昭和48年２月には青木処理区(34ha)の追加を行い、皆生処

米子市公共下水道計画一般図



理区についても昭和50年日本下水道事業団に委託して処理場の建設工事に着手し、昭和55年度中に供用開始の予定であり、３処理区とも供用開始ができることとなった。

しかし、処理場建設に多額の投資が必要となり、管きょの面的整備が遅れており、昭和54年１月閣議了解された新経済７カ年計画の基本構想において、昭和60年度下水道普及率の全国で55%達成を目標にかかげており、本市も下水道整備長期計画(昭和54～60年度)を立てて、内浜、皆生両処理区の管きょ整備拡大をはかり、昭和60年度までに現在の事業認可区域（507ha）の75%の処理面積の拡大をはかる計画で鋭意建設工事を進めている。

３．Ｔ形ダクタイル鋳鉄管使用の経緯

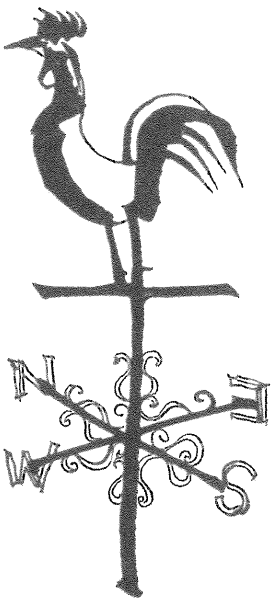
今回計画した送泥管は、皆生下水処理場の汚水処理過程で発生する汚泥を内浜下水処理場へ圧送して経済的な汚泥処理を行うために布設するものであるが、Ｔ形ダクタイル鋳鉄管の技術的な諸問題は、すでに各方面から幾多の詳細な発表がなされており、この点は省略して工事概要について述べてみたい。

送泥管のルートは、米子市公共下水道計画一般図に示しているように、美保湾(日本海)に面した皆生温泉に位置する皆生下水処理場から中海に面した内浜下水処理場まで口径250㎜のＴ形セメントライニングダクタイル鋳鉄管を延長約7,600mにわたり２本並列して布設するもので、途中水路横断２カ所、国道横断１カ所、鉄道横断１カ所、延長約280mについては推進工法で施工し、含水率99%の汚泥を日量2,436㎥送泥する。

下水道に使用されるダクタイル鋳鉄管は圧送管路、処理場内管きょ、汚泥圧送管路、エアレーション用空気配管などに使用されているが、送泥管として使用する場合、上水道管と異なり、輸送する流体が汚水処理の過程で発生する汚泥であるため固形分を有しておりかつ水質としては不安定であり、多量の有機物などの溶解物を含有しており、摩耗、腐食などの悪条件が加わるので、この点を特に考慮する必要がある。そのため耐摩耗性、腐食に優れた実績のあるＴ形ダクタイル鋳鉄管を施工難易度も考えて採用した。

工事は、昭和52年度から54年度の３カ年にわたり地元建設業者に発注したが、施工時にはメーカーに依頼して技術者を派遣していただいて管路布設現場で直接指導を受けて施工した。

その結果、請負業者は技術を十分習得でき今後も地元業者で鋳鉄管布設工事に対処できる体制ができ、完成後の圧力試験もきわめて良好な結果が得られた。



技術レポート④

耐震型緊急用貯水槽について

久保田鉄工(株)鉄管エンジニアリング部
叶本正吉
森　一純

1．はじめに

過去の多くの地震による被害経験から耐震対策としては、管路の耐震化(幹線)、ならびに非常用飲料水の確保がクローズアップされている。構造が簡単で効果的なものとして既設管路(配水管＝小口径)の途中に耐震性を考慮した大口径管を埋設し、万一地震などにより配水管路の一部が破断しても大口径管部の水は蓄えられ、緊急用水源(貯水槽)としての機能を発揮する構造の「耐震型緊急用貯水槽」を考案したが、この度埼玉県東松山市水道部殿においてこの「耐震型緊急用貯水槽」が採用され、設置を見たのでその構造の概要について述べる。なおこのダクタイル鉄管による「耐震型緊急用貯水槽」の採用が決定するまでには水道部殿におかれて、その築造位置、容量、日照などの基本的な検討を踏まえて種種の項目が細かく検討されておられるので、その一部を次の施設の諸条件に関する検討として紹介させていただく。

〔東松山市について：埼玉県のほぼ中央に位置する人口約6万人の都市であるが、都心より約1時間の距離にあるため、将来はさらに人口が増加するものと思われるところである。〕

2．施設の諸条件に関する検討

(1)築造位置に関する検討

地上式と地下式の二通りが考えられたが、後述のように地上式にあっては付近の民家に対する日照問題の発生が懸念された。

(2)容量に関する検討

容量は大きいことにこしたことはないが、敷地その他の要因から地上に築造する場合には容量を1,527㎥と785㎥に仮定し、また圧力水槽の場合には震害時に必要な容量より決定することとし、次のような条件にて370㎥とした。

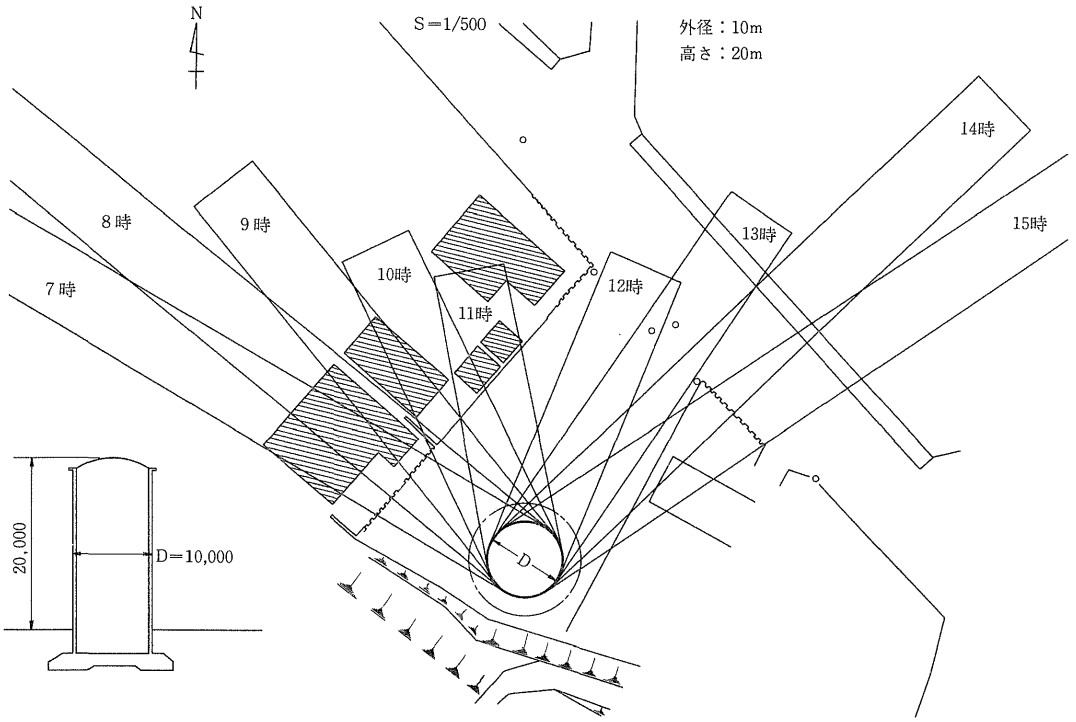
条件：1人1日3ℓを6万人に2日間給水するとした。

(3)日照に関する検討

敷地の関係から敷地を有効に利用するためには調整池は南側の奥に位置した方がいいが、この場合には調整池から見て北側の民家に対して日照の問題が発生する恐れがあるため検討した。検討の条件として調整

池は容量を1,527㎥(高さ20m、直径16m)とし、また季節は冬季（冬至、日照時間８時間）とした。以上のような条件にて計算を行い調整池周囲の日照時間コンタを作成しこれを敷地平面内で移動させ、調整池の有効な位置を決め北面の民家の日照時間を求めたが、直径16mの時には日照時間は５時間確保でき、仮りに直径を10mとすれば日照時間は６時間を確保できるという結果を得た。しかし住民に対する日照問題は多少起こるのではないかと思われた。(図－１に日影平面図の一例を示す)

図－１　日影平面図の例



（４）各案の比較検討

検討する項目を以下の11項目として種々の検討を行い、それを表－１にまとめた。

（検討項目）(イ)耐震上、(ロ)構造上、(ハ)施工上、(ニ)工事上、(ホ)立地上、(ヘ)日照上、(ト)水圧上、(チ)維持管理、(リ)付帯設備、(ヌ)工期、(ル)工事費。

以上の表のような検討結果をもとに、Ｆ案すなわちダクタイル鉄管を用いて地下に築造する調整池の方式が全体的に優れていると考えられた。

３．耐震型緊急用貯水槽の概要

「耐震型緊急用貯水槽」（以下「貯水槽」という。）は図－２のごとくダクタイル鉄管、緊急遮断弁、感震装置、その他の付属品からなり、一定規模の地震が発生した時、地震計により感知され、その信号を緊急遮断弁に送り緊急遮断弁が作動し弁間の水が確保され、非常用水として活用できる構造となっており、次のような特長を備える。

〈特　長〉

①既設管路の途中に大口径の耐震性を考慮した貯水槽(タンク)である。

②ダクタイル鉄管の貯水槽、緊急遮断弁および地震計にてシステムを構成している。

③緊急遮断弁が作動すれば貯水槽(タンク)内の水は蓄えられ、バイパス管路が開放されるので既設管路において事故のない限り末端部まで平常通り水は供給される。

表－1　比較検討の結果

	A案	B案	C案	D案	E案	F案	G案
築造	地上	地上	地上	地上	地下	地下	地下
工種	調整池	調整池	竪型圧力水槽	竪型圧力水槽	横型圧力水槽	調整池	調整池
品種	PC	PC	PC	PC	PC	ダクタイル鋳鉄管	鋼管
有効容量	1,527㎥	785㎥	332㎥	353㎥	355㎥	389㎥	370㎥
耐震上	×	×	△	△	○	◎	○
構造上	◎	◎	×	×	○	◎	○
施工上	◎	◎	×	×	△	◎	○
工事上	×	×	×	×	×	◎	○
立地上	×	×	○	×	◎	◎	◎
日照上	×	×	×	×	◎	◎	◎
水圧上	×	×	△	△	○	◎	◎
維持管理	◎	◎	×	×	×	◎	○
付帯設備	◎	◎	×	×	×	◎	○
工期	○	○	○	○	◎	○	○
工事費	○	◎	×	×	△	△	△

④通常の地震時には一体構造物として十分耐えるが、それ以上になると特S形継ぎ輪のボルトが破断して柔構造的な機能を発揮する二重の安全構造としている。

⑤貯水槽(タンク)はダクタイル鉄管を利用したもので工場にて生産されるので品質が統一しており、また施工面においても据付け接合が容易である。

（1）設計仕様

①容　量　370㎥以上。
（1人1日3ℓとして支給対象を6万人とすれば2日間。1万2,000人であれば10日間の給水が可能となる。）

②寸　法　φ2600×7933W×35474L。
（U字形配管）

③材　質　ダクタイル鉄管。
（特S形継ぎ輪）

④性　能

耐水密性　常時10.4kg/㎠以上の水圧に耐えること。

耐震性　震度階Ⅵに耐えること。

水の停滞　水は貯水槽内で停滞することなく飲料水として活用できること。

（2）構造について

図－2のように口径2600UF形ダクタイル鉄管と特S形継ぎ輪をU字形に埋設し、その両端には緊急遮断弁を設置し既設管に接続する。地震計が設定値以上の地震を感知するとその信号により両端（流入側、流出側）の緊急遮断弁が閉じて水槽内の水の流出を防ぎ非常用水槽の役目を果す構造とし、同時にバイパス管路の緊急遮断弁は開き配水管の一部が破損するまで管路に水を供給することが可能なものとする。(図－2)

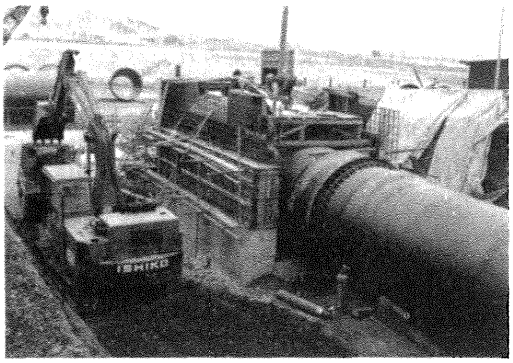
①管種

水道用UF形口径2600㎜ダクタイル鉄管を使用する。

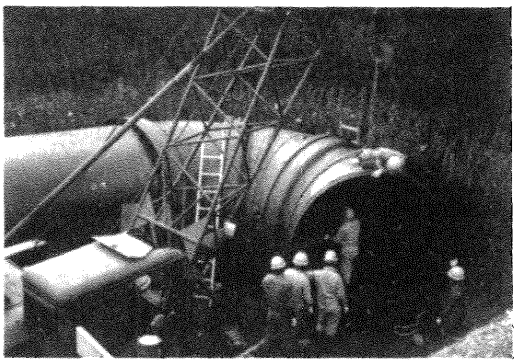
②水密性

UF形および特S形継手ともすでに多くの実績を有するU形、S形継手を基本としたもので、いずれもゴム輪によるメカニカル形式のシール機構であり、内外圧に十分耐える構造のものである。（図－3、図－4）

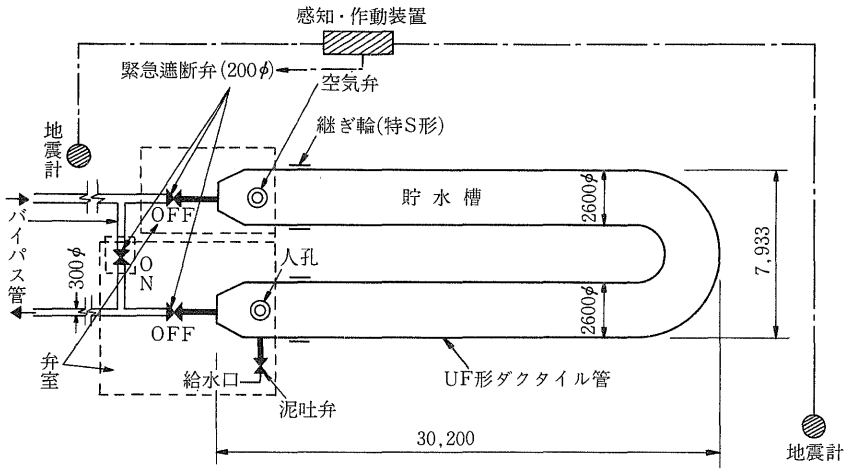
写真－1　弁室と貯水槽本体（流入側）



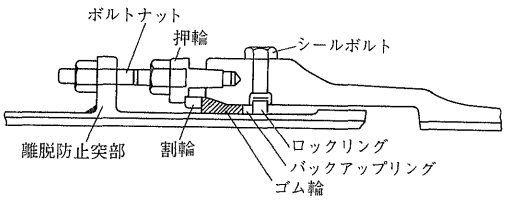
写真－2　曲管部施工中



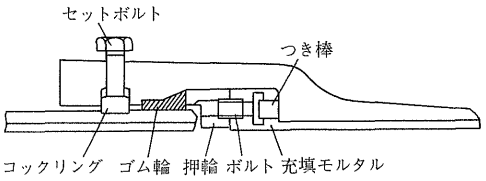
図－2　耐震型緊急用貯水槽



図－3　特S形継手



図－4　UF形継手



③ 離脱防止性

貯水槽には10.4kg/cm²（静水圧）の水圧がかかることもあり得るとして、これに末端のバルブ閉鎖による衝水圧を含めて考えると大きな抜出力（不平均力）が働くこととなるので、この力に対してはUF形継手の離脱防止機構と特S形継ぎ輪のボルトの強度で耐えさせるものとする。

④ 耐震性

耐震性能を震度Ⅵ（烈震。加速度400ガル）にも耐え得るものとする。貯水槽は離脱防止機構を備えたUF形継手と特S形継ぎ輪で一体化されており地震時に強い力が働いた場合にはUF形継手で耐えることができるが、さらに大きな力が加わるような場合には、特S継ぎ輪のフランジ側ボルトが破断して変位を吸収し次にS形継手のロック機構が働いてこれ

に耐え得るよう二重安全構造とした。

S形継ぎ輪の性能

伸縮量　　±270mm

許容曲げ角度　　3°

（長さ30mで±1,570mmの垂直変位吸収可能）

離脱防止力　　$0.314D_2$ton÷843ton以上。

⑤ 水の停滞性

貯水槽内では流速が急速に低下するので、水の滞留が懸念されたためミニチュアモデルにて確認実験を行った結果、水は流れている限り滞留の懸念はないものと考えられる。なお管の接合部にパドル、整流板などを設置すれば滞留時間の短縮がはかられるが、この度の貯水槽はどろ吐き効果を高めることと災害時の有効使用水量の効率の面から傾斜配管とし、管内にパドル、整流板を設けない構造とした。

傾斜配管とした理由

◎貯水槽内の水の有効活用がはかれる。

（どろ吐きがボトムとなり、非常用水の回収率が向上する）

◎管底部の流れがよい。(実験結果より)

◎どろ吐き効果がよい。

⑥ 地震計について

地震計には地下埋設型と地上式の2つの方法があるが、貯水槽のより正確な振動が感知できるように地下埋設型とし、貯水槽と同じ位置に2個設置することとした。

⑦ 緊急遮断弁について

緊急遮断弁には自重作動方式と圧縮流体作動方式（力源としては油圧式、空気圧式、高圧ガス式など）がある。地震時には停電などの可能性があるため、これらの方策を考慮した弁の構造、作動システムが要求される。弁の開閉システムはある値を設定し(地震時の加速度80～100ガル)、その値以上の地震が発生した時には信号を発生し感震装置と弁の力源を結び貯水槽の流入および流出の両弁を閉鎖し、同時にバイパス管路の弁が開放される機構とする。この弁の一連の作動により貯水槽内の水は貯えられ、バイパス管路の弁が開放されることから、配水管路に破損事故がない限り末端部まで水は供給されるものとした。なお弁の作動は高圧ガスを用いる圧縮流体作動とし、停電時にも弁の作動および地震計の作動が可能になるよう無停電装置をも備えることとした。

4．耐震型緊急用貯水槽の設計

（1）平常時の安全性検討

① 衝水圧の検討

アリエビの式にて衝水圧を求めたが、その値は0.9kg/㎠であった。

② 管の安全性検討

内圧と外圧が同時に管に働くとして発生応力を求めたが、その値は826kg/㎠であり、引張り強さ4,000kg/㎠に比べ小さな値である。

③ 継手の安全性検討

平常時、管内の水圧によって発生する不平均力の大部分は管本体および継手の剛性で負担し、管を移動させようとする力は6.3トンと僅かである。

また、緊急遮断弁が働いた場合には管路に472.5トンの引張力が生ずる。UF形継手は2,860トン以上。特S形継ぎ輪のボルト強度は974トンであるので問題はない。仮りに特S形継ぎ輪のボルトが破断して曲管部に1,175トン-Mの曲げモーメントが働いたとしても、UF形継手の限界曲げモーメントは3,000トン-Mであるので問題はない。

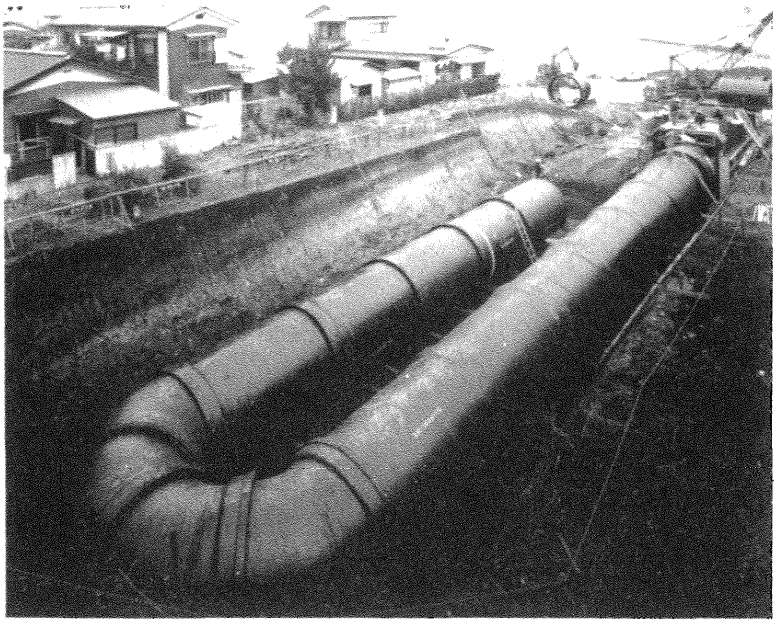
（2）地震時の安全性の検討

① 水道施設設計指針解説による検討

(イ) 動水圧の検討

液体で満たされている管路は地震時に動水圧を生ずる。計算の結果、管の死端には5.2kg/㎠の動水圧が生ずるものと考えられる。

写真－3　工事中の貯水槽全景



(計算式)　$Pe=\frac{AT}{2\pi g}\sqrt{\frac{g k \gamma w}{1+\frac{k D}{E t}}}$

Pe：地震時の動水圧
A：地震波の加速度(400gal)
T：表層地盤の固有周期(0.8sec)
g：重力の加速度(980cm/sec²)
k：水の体積弾性係数(2.07×10^{4}kg/cm⁴)
γw：水の単位体積重量(1.0×10^{-3}kg/cm³)
E：管材料の弾性係数(1.6×10^{6}kg/cm²)
D：管径(260cm)
t：管厚(T/1.1＝3.3182cm)

$$\therefore Pe=\frac{400\times0.8}{2\times\pi\times980}\times\sqrt{\frac{980\times2.07\times10^{4}\times1.0\times10^{-3}}{1+\frac{2.07\times10^{4}\times260}{1.6\times10^{6}\times3.3182}}}$$

$\fallingdotseq$ 5.2kg/cm²

(ロ) 管の安全性検討

外圧(地震時の土圧の増加)および内圧(地震時の動水圧)が同時に働くものとしてその発生応力は1,093.3kg/cm²である。

②地下埋設管路耐震継手の技術基準(案)による検討

貯水槽の耐震計算は変位法にもとづき地震時の管軸方向の応力、継手の伸縮量を計算した。

(イ) 管軸方向の応力検討

剛構造（特S形継ぎ輪のボルトが効いている場合)と鎖構造(特S形継ぎ輪のボルトが破断した場合）のそれぞれの状態について地震時の発生応力を求めたが、剛構造の場合は439.8kg/cm²、鎖構造の場合は47.1kg/cm²となった。

(計算式)

$$\sigma_L=\alpha.\xi\frac{\pi.U.E}{L}$$

σ_L：軸方向の地震時の応力(kg/cm²)
α：地盤の変形が管路に伝達される割合を表わす管軸方向の変位、振幅に対する補正値で次式で計算する。

$$\alpha=\frac{1}{1+\left(\frac{2\pi}{\lambda L'}\right)^{2}}$$

ここに　$\lambda=\sqrt{\frac{K}{EA}}$

K：管軸方向の地盤の剛性係数(kg/cm³)

$K=\frac{Km}{2}\cdot\pi\cdot D_2$

Km：地盤の反力係数(kg/cm³)

$Km=\left(\frac{Vs}{83.7}\right)^{1/0.47}$（文献より）

EA：管路の伸び剛性(kg)

A：鉄部の断面積(cm²)

L′：$\sqrt{2}$ L(cm)

ξ：継手における境界条件によって定まる補正係数。

- 溶接継手　$\xi=1.0$(剛構造管路)
- 伸縮可とう継手は次式で与えられる。

$\xi(x)=\sqrt{\phi_1^2(x)+\phi_2^2(x)}/e^{V\lambda L'}-e^{-V\lambda L'}$

ここに、

x：一方の継手から管軸に沿って定義した座標(cm)、ξが最大となるようにここではℓ/2とする。

$\phi_1(x)=[e^{-V\lambda L'}-\cos(2\pi V)]\times e^{U\lambda L'}-[e^{V\lambda L'}-\cos(2\pi V)]\times e^{-u\lambda L'}+2\sin h(V\lambda L')\cos(2\pi u)$

$\phi_2(x)=2\sin(2\pi V)\sin h(U\lambda L')-2\sin(2\pi U),\sin h(V\lambda L')$

$v=\frac{\ell}{L'}$

$u=\frac{x}{L'}$

ℓ：管長cm（全管路長＝3,400cm）

u：表層地盤の地震動の変位振幅(cm)は次式で計算する。

$u=\frac{2}{\pi^2}K_{HG}.Sv.T.\cos\left(\frac{\pi h}{2H}\right)$

ここで、

KH_G：表層に作用させる標準水平方向震度で地域区分で定まる(0.15)。

Sv：単位震度当りの応答速度(cm/sec)(80cm/sec)。

T：表層地盤の基本固有周期（sec）＝(4H/Vs sec)

◎剛構造($\xi=1$)の場合の軸方向の応力。

管路がUF形継手と特S形継ぎ輪で一体化されている場合(剛構造)の地震時の軸方向の応力σ_{L_1}は上式より求められる。

(数値計算)

地震波の伝播速度。Vs＝100m/sec（N値4として岡本舜之「耐震工学」オーム社より求めた）

地震波の加速度。A＝400gal（震度階Ⅵ）

地震波の固有周期T＝0.8sec。

αを求める。

$Km=\left(\frac{Vs}{83.7}\right)^{1/0.417}=\left(\frac{100}{83.7}\right)^{1/0.417}$

$=1.532kg/cm^3$。

$K=\frac{Km}{2}\cdot\pi\cdot D_2=\frac{1.532}{2}\times\pi\times268.4$

$=645.9kg/cm^3$。

$EA=1.6\times10^6\times2238.9=3.58\times10^9kg$。

$\lambda=\sqrt{\frac{K}{EA}}=\sqrt{\frac{645.9}{3.58\times10^9}}=4.246\times10^{-4}cm^{-1}$

$L=VsT=10000\times0.8=8000cm$。

$L'=\sqrt{2}\cdot L=\sqrt{2}\times8000=11313.7cm$。

$\therefore\alpha=\frac{1}{1+\left(\frac{2\pi}{4.246\times10^{-4}\times11313.7}\right)^2}=0.369$

ξを求める。

剛構造であるため$\xi=1$である。

Uを求める。

$U=\frac{2}{\pi^2}\cdot KH_G\cdot Sv\cdot T\cdot\cos\left(\frac{\pi h}{2H}\right)$

$=\frac{2}{\pi^2}\times0.15\times80\times0.8\times\cos\left(\frac{\pi\times284.2}{2\times2000}\cdot\frac{180}{\pi}\right)$

$=1.897$

したがって軸方向の応力σ_{L_1}は、

$\sigma_{L_1}=\alpha\,\xi\frac{\pi UE}{L}$

$=0.369\times1\times\frac{\pi\times1.897\times1.6\times10^6}{8000}$

$\fallingdotseq\underline{\underline{439.8kg/cm^2}}$

◎鎖構造時の管軸方向応力

地震時に特S形継ぎ輪のボルトが切れた場合、特S継ぎ輪は伸縮性と離脱阻止性を備えた鎖構造となる。この時管軸方向に発生する応力σ_{L_2}を求める。

◎α、Uなどは前述の通り、それぞれ$\alpha=0.369$、$U=1.897$となる。

◎ξを求める。

$$X=\frac{\ell}{2}=\frac{1815}{2}=907.5$$

$$V=\frac{\ell}{L'}=\frac{1815}{11313.7}=0.16$$

$$\lambda L'=4.246\times10^{-4}\times11313.7=4.804$$

$$U\lambda L'=0.16\times4.804=0.769$$

$$V\lambda L'=0.132\times4.804=0.634$$

$$\phi_1(x)=\left[e^{-0.769}-\cos\left(2\pi\times0.16\times\frac{180}{\pi}\right)\right]e^{0.634}$$
$$-\left[e^{0.769}-\cos\left(2\pi\times0.16\times\frac{180}{\pi}\right)\right]e^{-0.634}$$
$$+2\sinh 0.769、\cos\left(2\pi\times0.132\times\frac{180}{\pi}\right)$$
$$=0.1473$$

$$\phi_2(x)=2\sin\left(2\pi\times0.16\times\frac{180}{\pi}\right)\sinh 0.634$$
$$-2\sin\left(2\pi\times0.132\times\frac{180}{\pi}\right)\sinh 0.769$$
$$=-0.1057$$

$$\xi(x)=\frac{\sqrt{0.1473^2+(-0.1057)^2}}{e^{0.769}-e^{-0.769}}=0.107$$

したがって管軸方向の応力σ_{L_2}は、

$$\sigma_{L_2}=\alpha\xi\frac{\pi UE}{L}$$
$$=0.369\times0.107\times\frac{\pi\times1.897\times1.6\times10^6}{8000}$$
$$=\underline{\underline{47.1\text{kg/cm}^2}}$$

(ロ) 継手部の伸縮量検討

地震時には特S形継ぎ輪のボルトが破断してはじめてS形継ぎ輪の伸縮可とう性を発揮する。ここでは地震時の地盤の歪を求め(±0.51%)、これより継手部の伸縮量を計算すると±153mmである。なおS形継ぎ輪の部分において不等沈下が生じた場合には貯水槽の曲管部分で1,570mmの沈下量を吸収することができる。

また仮りに沈下量がS形継ぎ輪に集中したとしても、S形継ぎ輪の抜出し阻止力は843トン以上であるのでけん引可能な長さは摩擦抵抗力を1 ton/m²とした時、約100mとなる。

◎地盤の歪

$$\varepsilon=\pm\frac{TA}{2\pi\cdot Vs}$$
$$=\frac{0.8\times4000}{2\times\pi\times10000}$$
$$=\pm5.1\times10^{-3}\cdots\cdots\underline{\underline{0.51\%}}$$

ここで、

ε：地震時の地盤の伸縮量

A：地震時の加速度(400gal=400cm/sec²)

T：地震動の固有周期(0.8sec)

Vs：地震動の伝播速度(10000cm/sec)

◎地震時の継手部の伸縮量

$$e_1=\pm\varepsilon\ell$$
$$=\pm5.1\times10^{-3}\times30000=\underline{\underline{153\text{mm}}}$$

ここで、

e_1：地震時の継手の地盤の伸縮量

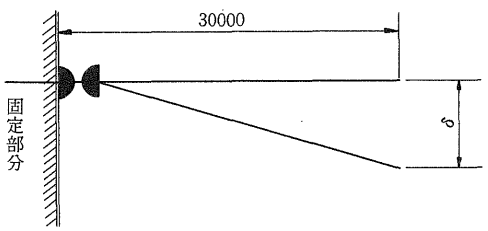
ε：地盤の最大歪(5.1×10^{-3})

ℓ：管長（継ぎ輪から曲管までの長さ=30000mm)

◎継手部の沈下吸収量

特S形継ぎ輪部において不等沈下が生じた場合、特S形継ぎ輪1個で吸収できる沈下量δは、

$$\delta=30000\times\tan3^\circ\fallingdotseq1570\text{mm}$$



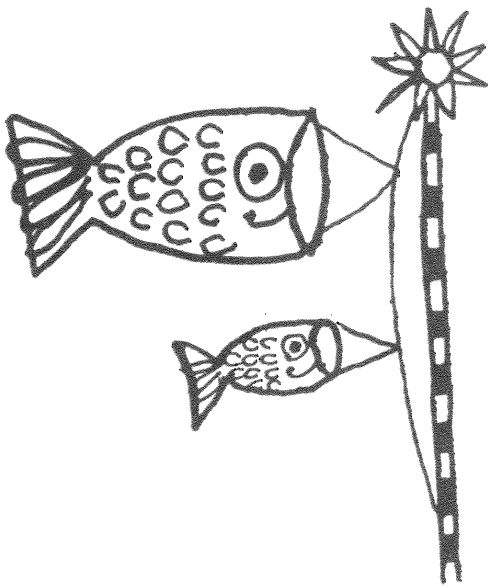
5．弁室の設計

配水弁室、送水弁室とも耐震構造としているが、その詳細については省略する。

6．おわりに

以上に今回、東松山市水道部殿において採

用された「耐震型緊急用貯水槽」についてその概要を紹介させていただいたが、東海沖地震に備え、その対策が云々されている昨今であるので、関係者の方々になんらかのご参考になれば幸いかと考える。なお、この「耐震型緊急用貯水槽」の設計に当っては東松山市水道部長殿はじめ関係者の方々にご協力を賜りましたことに対して厚くお礼申し上げたい。



技術レポート ❺

地震と管路について〈その6〉
～内面接合・耐震継手US形ダクタイル管～

久保田鉄工(株)鉄管エンジニアリング部
宮本　宏
山路忠雄
中島　鋭
槙　厚

Ⅰ　はじめに

これまでにダクタイル管の耐震継手は、伸縮形としてS形、SⅡ形継手が、屈曲形としてダブルボールジョイントD.B.Jが開発され、耐震管路、軟弱地盤地帯での配管に多く使用されてきている。これらの継手は、一般の開削溝内配管に適用されるものである。

これに対して、今回主にシールド内配管を対象とした内面接合・耐震継手形(略称：US形) ダクタイル管を、次のような耐震管路構想に沿って開発した。

すなわち、一般の地下埋設管路の耐震化については、地震時の地盤の変位を管の継手で吸収し、管本体には大きな応力を発生させないという免震的な考え方が多くとられるようになってきた。本継手も、この考え方に立つ鎖構造耐震管路構想に基づいて開発した。シールド内配管の場合、管の外面にはセグメント、2次覆工があるが、これらの強度は期待せず、管の継手は鎖のように伸縮、屈曲し、かつ最終的には大きな抜出力に耐えるようにしたものである。

なお、このUS形ダクタイル管を少し変形することにより、耐震・推進工法用管や、耐震・狭開削溝内用管として使用することもできる。

Ⅱ　概論

1．概要

(1) 名　称

内面接合・耐震継手形ダクタイル鋳鉄管。

略称：US形

Uchigawa (内側)
Seismal, Seismic (地震の) } の頭文字

(2) 呼び径

φ700～φ2600

(3) 管種および管厚

直管：1種、2種、3種、4種。

異形管：5⅝°曲管、11¼°曲管、継ぎ輪、長尺継ぎ輪など。

管厚は1種類。

(4) 従来の管との互換性

K形、U形、UF形、S形管すべて可能。

(5) 直管の有効長

φ700～φ1500　　4m、6m

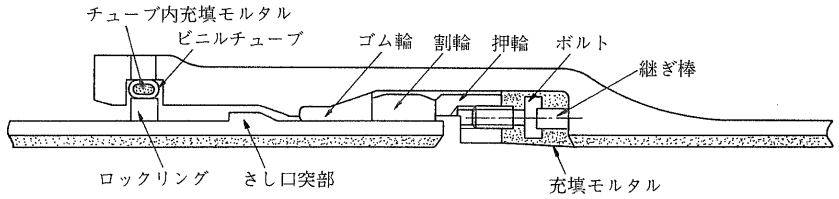
φ1600～φ2600　　4m

2．継手構造

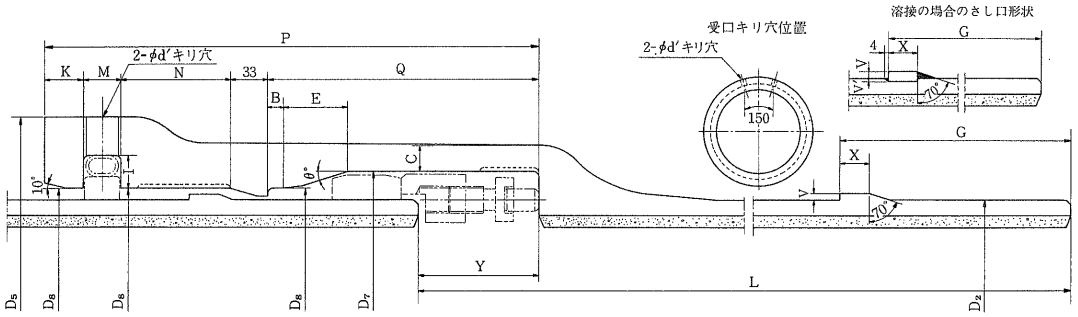
(1) 構　造

図－1に示す通りである。また直管の概略寸法を図－2に示す。

図－1　US形継手の構造



図－2　直管の概略寸法



単位　mm

呼び径	実外径	各部寸法																		有効長
D	D_2	D_5	D_7	D_8	B	C	E	G	I	K	M	N	P	Q	V	V′	X	Y	d′	θ（度）	L
700	733	869	781	753	13	19	55	(485) 190	26	30	27	83	405	232	(6)	3	25	105	25	17.5	4000 6000
800	836	973	884	856	〃	21	〃	(〃) 〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	(〃)	〃	〃	〃	〃	〃	〃
900	939	1077	987	959	〃	22	〃	(〃) 〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	(〃)	〃	〃	〃	〃	〃	〃
1000	1041	1183	1089	1061	15	23	〃	(460) 200	28	35	32	93	430	237	(〃) 4.0	〃	〃	〃	28	〃	〃
1100	1144	1288	1192	1164	〃	25	〃	(〃) 〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	(〃) 4.5	〃	〃	〃	〃	〃	〃
1200	1246	1390	1294	1266	〃	26	〃	(〃) 〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	(〃) 5.0	〃	〃	〃	〃	〃	〃
1350	1400	1546	1448	1420	〃	28	〃	(440) 210	〃	〃	〃	103	450	247	(〃) 5.5	〃	〃	〃	〃	〃	〃
1500	1554	1705	1602	1574	〃	30	〃	(465) 220	30	40	37	113	475	252	(〃) 6.0	〃	32	〃	30	〃	〃
1600	1650	1805	1706	1674	17	31	75	(455) 〃	〃	〃	〃	93	465	262	(8) 6.0	4	〃	115	〃	13.5	4000
1650	1701	1856	1757	1725	〃	32	〃	(〃) 〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	(〃) 〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
1800	1848	2003	1904	1872	〃	34	〃	(〃) 〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	(〃) 6.5	〃	〃	〃	〃	〃	〃
2000	2061	2220	2117	2085	〃	37	〃	(485) 230	32	45	42	103	490	267	(〃) 7.0	〃	38	〃	〃	〃	〃
2100	2164	2326	2220	2188	〃	38	〃	(445) 235	〃	〃	〃	108	500	272	(〃) 7.5	〃	〃	〃	〃	〃	〃
2200	2280	2445	2336	2304	〃	39	〃	(465) 240	〃	〃	〃	113	510	277	(〃) 8.0	〃	〃	〃	〃	〃	〃
2400	2458	2630	2514	2482	〃	42	〃	(425) 250	〃	〃	〃	123	530	287	(〃) 〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
2600	2684	2874	2750	2712	21	45	85	(460) 265	〃	〃	〃	〃	560	317	(10) 9.0	6	〃	130	〃	〃	〃

(注) 1．受口内面の形状は、破線の形状でもよい。
2．Vの( )内寸法は、さし口突部が溶接の場合を示す。
3．Gの( )内寸法は、長尺継ぎ輪用のさし口を示す。

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

ロックリングとさし口突部の間に間隙があるため、その間で受口・さし口の入り込み、抜出しが可能である。

したがって屈曲も可能である。

② 離脱阻止機構

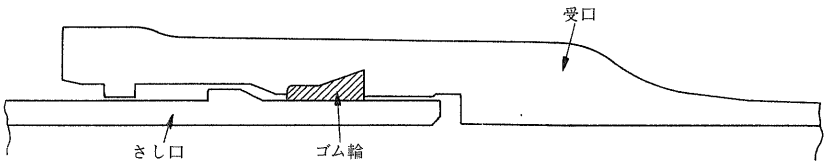
ロックリングとさし口突部のかけ合せにより、受口・さし口の離脱を防止する。

③ 水密機構

U形と同じである。

接合を完了した時点では、受口・さし口の挙動から図－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



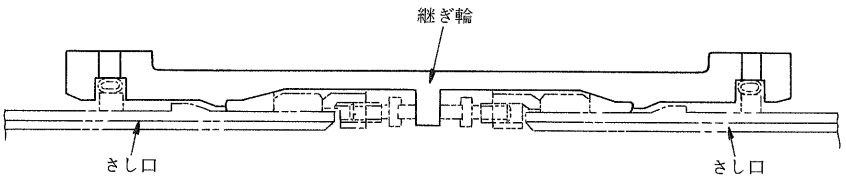
以上、直管、異形管とも共通であるが、特に継ぎ輪、長尺継ぎ輪の構造を図－4、図－5に示す。

継ぎ輪はK形、U形管と同様、両受口の短管であるが、US形管の場合、その構造上せめ(結び配管)には使えない。

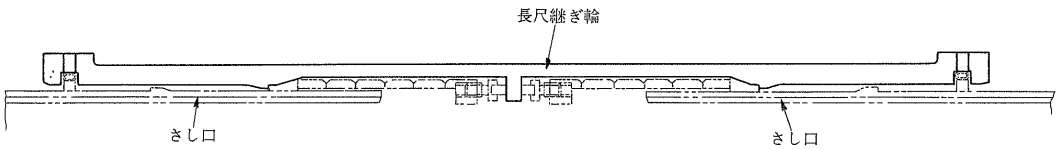
シールド内配管の場合、せめ(結び配管)は立坑ですることになるので、外面から接合する耐震継手S形の継ぎ輪を使って行う。

長尺継ぎ輪は伸縮量を多くとろうとする場合に用いる。

図－4　継ぎ輪



図－5　長尺継ぎ輪



(2) 継手付属品

① ゴム輪

SBR製、JIS K 6353(水道用ゴム)による。U形用とまったく同じ。

② 割　輪

ダクタイル鋳鉄製、JIS G 5502 (球状黒鉛鋳鉄品)のFCD 40、またはFCD 45による。U形用とまったく同じ。(ただし呼び径2600mmのみ寸法が異なる。)

③ 押　輪

ダクタイル鋳鉄製(FCD 40、またはFCD 45) U形用とまったく同じ。

④ ボルト

ダクタイル鋳鉄製(FCD 40、またはFCD

45）U形用とまったく同じ。

⑤ 継ぎ棒

ダクタイル鋳鉄製(FCD 40、またはFCD 45）U形用とまったく同じ。

⑥ ロックリング

ダクタイル鋳鉄製(FCD 40、またはFCD 45)

⑦ ビニルチューブ

塩化ビニル製、JIS K 6771（軟質ビニル管）による。

なお、さし口突部の成形は、鋳出しによる方法と溝を切ってリングをはめ込み溶接する方法とがある。

3．特　徴

(1) 配管設計面

① シールド内の耐震管路に適用できる。

②US形そのまま、あるいは少し変形したタイプ(後述)を狭い開削溝内の耐震管路に適用できる。

③US形を少し変形したタイプ(後述)を推進工法区間の耐震管路に適用できる。

④ 上記耐震管路以外に、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。

(2) 施工面

① 曲げ配管が可能である。したがってシールド内配管ではトンネルの屈曲に順応した配管ができる。

② 湿気が多いところでの施工も可能である。

③ 接合作業は安全で衛生的である。

④ 切管が必要な時は、切管さし口に溝を加工し、リングをはめ込み溶接することにより、さし口突部を成形することができる。

(3) 継手性能面

① 高水圧に耐える。

② 伸縮、屈曲が可能である。

③ 大きな抜出力に耐える。

④ 曲げの力に対してある程度まで耐える。

⑤ 振動、衝撃を吸収できる。

4．配管設計のための基準性能

US形継手は、免震的な考え方に基づいた継手である。したがって普通の場合、その伸縮余裕、曲げ余裕で地盤の変動を吸収する。しかし、大きな地盤変動が生じた場合、あるいは亀裂、液状化などにより地盤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、その抜出し阻止性、耐圧縮性、曲げ剛性で耐えることになる。

以下に耐震管路設計の時の参考に、US形継手の基準性能を示す。

(1) 伸縮余裕量

表－1　伸縮余裕量

単位 mm

呼び径	伸縮余裕量		呼び径	伸縮余裕量	
	直管の継手 1カ所当り	長尺継ぎ輪 1個当り		直管の継手 1カ所当り	長尺継ぎ輪 1個当り
700	65	660 (±330)	1600	60	550 (±275)
800	〃	〃 (〃)	1650	〃	〃 (〃)
900	〃	〃 (〃)	1800	〃	〃 (〃)
1000	70	600 (±300)	2000	65	600 (±300)
1100	〃	〃 (〃)	2100	70	520 (±260)
1200	〃	〃 (〃)	2200	75	560 (±280)
1350	80	560 (±280)	2400	85	480 (±240)
1500	85	600 (±300)	2600	〃	520 (±260)

直管の継手の伸縮量は次のようにして決めた。すなわち、水密機構部分は受口、ゴム輪、割輪、押輪などU形と共通（口径2600mmの割輪は除く）としたため、伸縮量はU形用割輪の軸方向長さをもとに決めた。

また継ぎ輪1個当りの伸縮余裕量は、直管の2倍である。

(2) 曲げ余裕量

表－2　曲げ余裕量

呼び径 (mm)	設計、施工時の許容屈曲角	〈参考〉地震時に曲がり得る最大(限界)屈曲角
700	2°30′	5°04′
800	2°10′	4°27′
900	2°	3°58′
1000	1°50′	3°51′
1100	1°40′	3°30′
1200	1°30′	3°13′
1350	〃	3°16′
1500	〃	3°08′
1600	1°10′	2°05′
1650	1°05′	2°01′
1800	1°	1°52′
2000	〃	1°48′
2100	〃	1°51′
2200	〃	1°53′
2400	〃	1°59′
2600	〃	1°49′

設計、施工時の許容屈曲角はU形継手と同じとした。(口径2600mmを除く)

(3) 抜出し阻止力、耐圧縮力

ＵＳ形継手が耐えられる抜出力、圧縮力は表－3の通り。

表－3　抜出し阻止力、耐圧縮力

呼び径 (mm)	抜出し阻止力、耐圧縮力(Ton)
700	210以上
800	240
900	270
1000	300
1100	330
1200	360
1350	405
1500	450
1600	480
1650	495
1800	540
2000	600
2100	630
2200	660
2400	720
2600	780

上記の性能は、(財)国土開発技術研究センターの地下埋設管路耐震継手の技術基準(案)の継手区分による離脱防止性能Ａ級に相当する。

(4) 曲げ剛性(抵抗曲げモーメント)

表－4　抵抗曲げモーメント

呼び径 (mm)	抵抗曲げモーメント(Ton-m)
700	50
800	65
900	70
1000	75
1100	90
1200	100
1350	115
1500	135
1600	140
1650	150
1800	170
2000	205
2100	215
2200	225
2400	260
2600	300

Ⅲ　機能試験

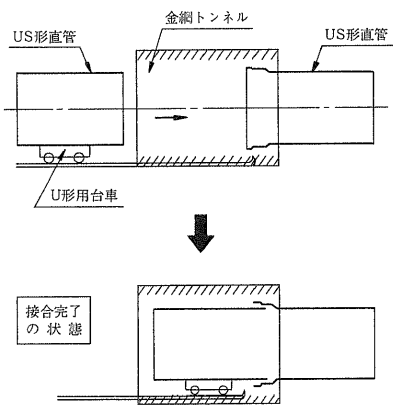
これまでに口径1500mm、2000mm、2600mmＵＳ形管について試験した。主な結果を以下に示す。

1．接合試験

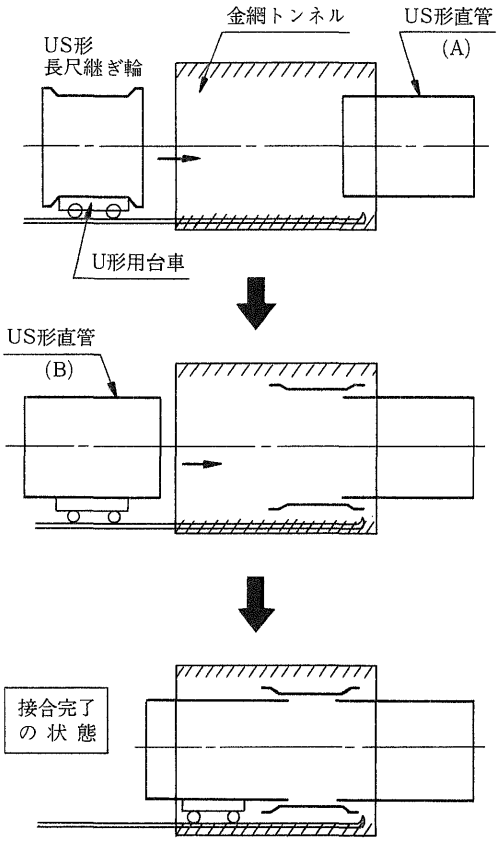
(1) 試験方法

直管と直管、長尺継ぎ輪と直管の接合を行った。いずれも図－6、図－7のようにシールド内配管を想定して金網トンネルの中で行った。

図－6　管のセット(直管と直管)



図－7　管のセット(長尺継ぎ輪と直管)



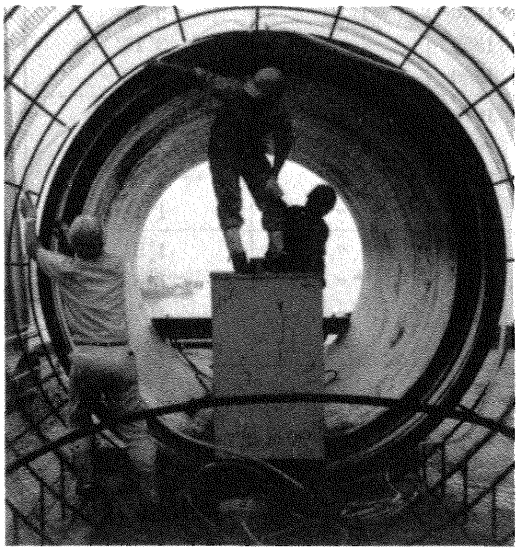
金網トンネルの内径は表－5の通りである。

表－5　試験に使用した金網トンネルの内径

単位 mm

供試管口径	金網トンネル内径
1500	2150
2000	2700
2600	3300

写真－1　接合試験



(2) 接合時間

表－6　直管と直管の接合時間

接合手順 ＼ 管呼び径 (mm)	1500	2000	2600
ロックリングをさし口に抱かせ分割部間隔(a_1)を測定	2　分	1　分	2.5分
ビニルチューブを受口溝にセット	3.5	4	5
ロックリングを受口溝に預け入れ、分割部拡大	3	2.5	6.5
さし口を受口近くまで運搬	0.5	0.5	0.5
受口・さし口へ滑剤塗布	2.5	2	6.5
さし口の芯出しをして受口へ挿入	7.5	9	22.5
管内よりロックリング分割部間隔(a_2)を測定	2	1.5	2.5
ゴム輪、割輪、押輪などのセット	10	7	14
ボルトのネジ出し(継ぎ棒取付けを含む)	26.5	21.5	37
ビニルチューブ内へのモルタル充填準備(配合、混練など)	3	5.5	4
ビニルチューブ内へのモルタル充填	2.5	2.5	3
計	1時間03分	57分	1時間44分
作　業　員　数	2名	3名	3名

(注) 押輪と受口底部の間のモルタル充填は含まない。

表－7　長尺継ぎ輪と直管の接合時間

接合手順 ＼ 管呼び径 (mm)	1500	2000	2600
直管(A)と長尺継ぎ輪の接合			
ロックリングをさし口に抱かせて分割部間隔(a_1)を測定	1 分	0.5分	1 分
ビニルチューブを受口溝にセット	4	4	6.5
ロックリングを受口溝に預け入れ、分割部拡大		2.5	5
継ぎ輪A側とさし口へ滑剤塗布	2.5	3	4
継ぎ輪をさし口近くまで運搬	0.5	0.5	2.5
継ぎ輪を芯出してさし口へ挿入	11.5	11	13
管内部よりロックリング分割部間隔(a_2)を測定	2	1.5	3
ゴム輪、割輪、押輪をセット	15	20.5	29
押輪ボルトのネジ出し(継ぎ棒取付けを含む)	36.5	26.5	30
U形用台車を継ぎ輪の下から撤去	3	3.5	7
直管(B)と長尺継ぎ輪の接合			
ロックリングをさし口に抱かせて分割部間隔(a_1)を測定	1.5	0.5	1
ビニルチューブを受口溝にセット	3.5	6	8
ロックリングを受口溝に預け入れ、分割部拡大	3	3.5	5
継ぎ輪B側とさし口へ滑剤塗布	2.5	4	4.5
さし口を継ぎ輪近くまで運搬	0.5	0.5	8.5
さし口を芯出して継ぎ輪へ挿入	11	15	18.5
管内部よりロックリング分割部間隔(a_2)を測定	2	2	2
ゴム輪、割輪、押輪をセット	16.5	29.5	27.5
押輪ボルトのネジ出し(継ぎ棒の取付けを含む)	38	22	32
長尺継ぎ輪の両方のビニルチューブへモルタル充填			
モルタル充填準備(モルタルの配合混練)	8.5	10.5	10.5
A側のビニルチューブ内へモルタル充填	3	3	3.5
B側のビニルチューブ内へモルタル充填	3.5	3.5	2.5
計	2時間49.5分	2時間53.5分	3時間44.5分
作業者数	2名	3名	3名

(注) 押輪と受口底部の間のモルタル充填は含まない。

(3) まとめ

① 直管と直管の接合においてU形とUS形の接合時間を比較してみる。US形の水密機構部分はU形とまったく同じであるから、US形だけに関係ある作業時間を取り出すと表－6からϕ1500……16分、ϕ2000……17分、ϕ2600……23.5分となる。すなわちUS形はU形に比べこれだけ余分にかかることになる。

② 接合試験とは別に、直管の外周部にビニルチューブを巻き付け、モルタルの充填具合を確認したが、モルタルは全周にわたり十分に充填されていた。

2．抜出し試験

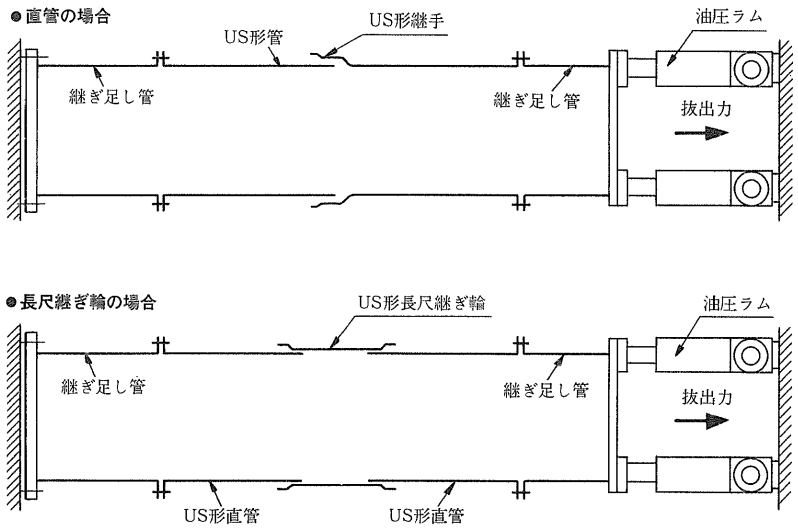
(1) 試験方法

図－8の要領で直管および長尺継ぎ輪の管軸方向に抜出力を負荷した。目標の負荷抜出力は、(財)国土開発技術研究センターの「地下埋設管路耐震継手の技術基準(案)」に規定する継手区分のうち、離脱防止性能A級に相当する値0.3dトン(d：管呼び径mm)とした。

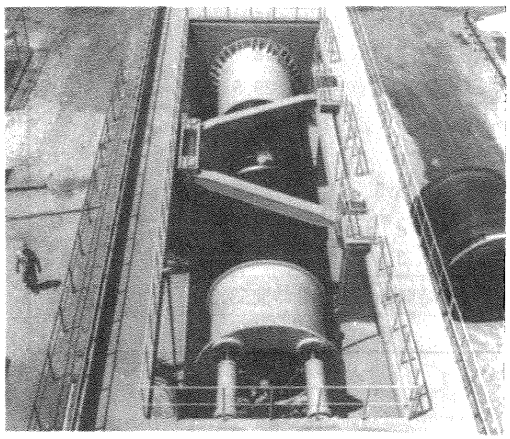
(2) 最終結果

結果を表－8に示す。発生応力を見ると、いずれの口径についても小さく、まだ応力的には十分余裕があり、実際には負荷抜出力よりかなり大きな力に耐えられると考えられる。

図－8　抜出し試験



写真－2　抜出し試験



(3) 抜出力――抜出量、応力の関係

抜出力―継手抜出量の関係の一例(φ2000)および抜出力―主要部の発生応力の関係の一例(φ2000)を図－9、図－10に示す。

(4) まとめ

① 直管、長尺継ぎ輪とも目標の0.3dトン(d：管の呼び径mm)の抜出力を負荷したが、いずれの場合も継手に異常はなかった。また応力的にはまだ十分な余裕がある。

② 抜出力―継手抜出量の関係から、いずれの場合も小さな抜出力で設計伸長量だけ

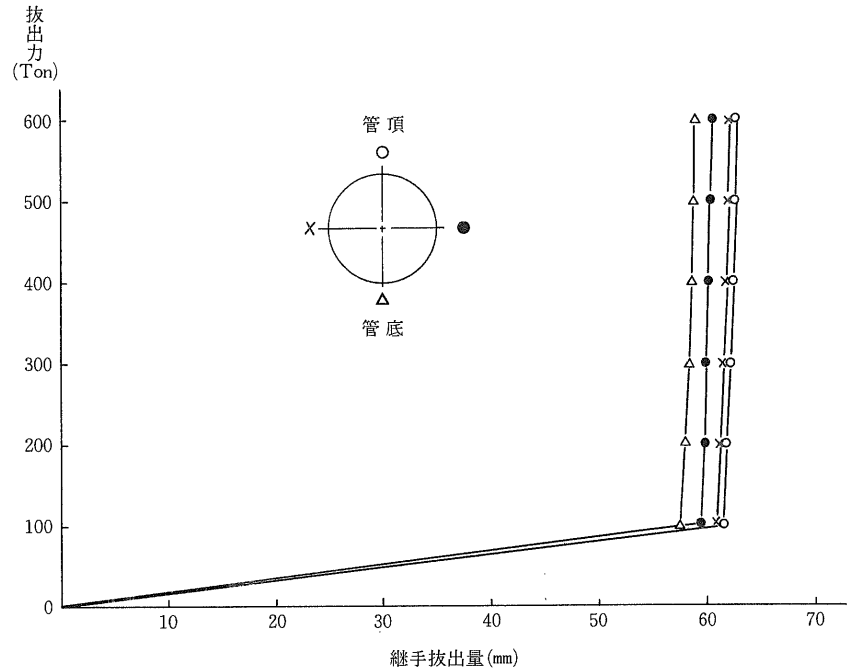
表－8　抜出し試験最終結果

管呼び径 (mm)	管種	負荷抜出力 (Ton)	平均継手抜出量 (mm)	発生応力 (kg/mm²) ※	継手部の状況	(参考) 抜出し開始時抜出力 (Ton) ※※
1500	直管	450	76.0	18.4	異常なし	12.6
	長尺継ぎ輪	450	302.3	18.9	異常なし	15.4
2000	直管	600	61.1	16.5	異常なし	15.4
	長尺継ぎ輪	600	304.9	17.8	異常なし	12.6
2600	直管	780	77.2	11.1	異常なし	17
	長尺継ぎ輪	780	261.0	11.7	異常なし	25

※上記応力はいずれも受口溝部で発生しており、曲げ応力である。ダクタイル鋳鉄の曲げ強度はJIS　G　5526に規定する材質のもので57kg/mm²以上。

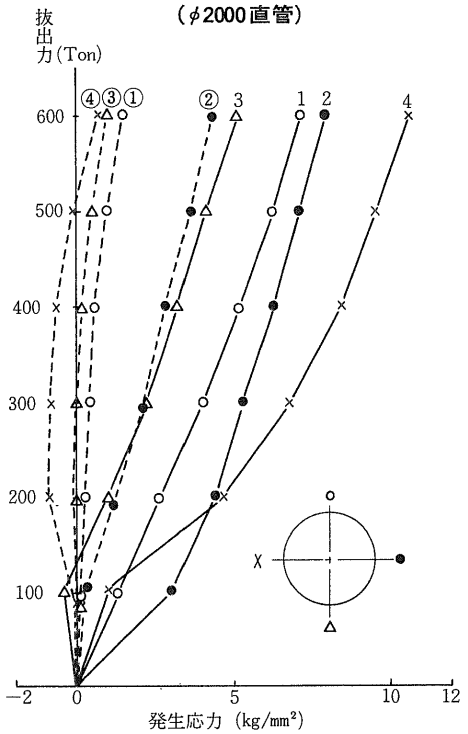
※※管と管台の摩擦力を含む。

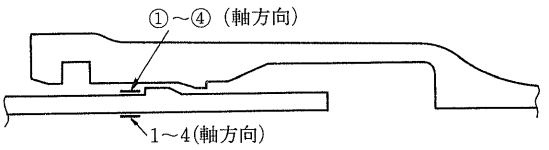
図－9　抜出力―継手抜出量の関係
（φ2000直管）



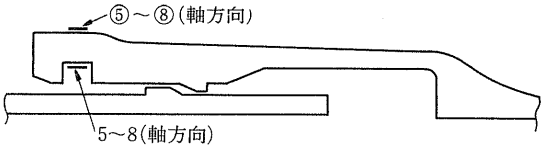
※抜出し開始時抜出力15.4Ton
であるが、本図では抜出力100Ton
以下の測定値は省略した。

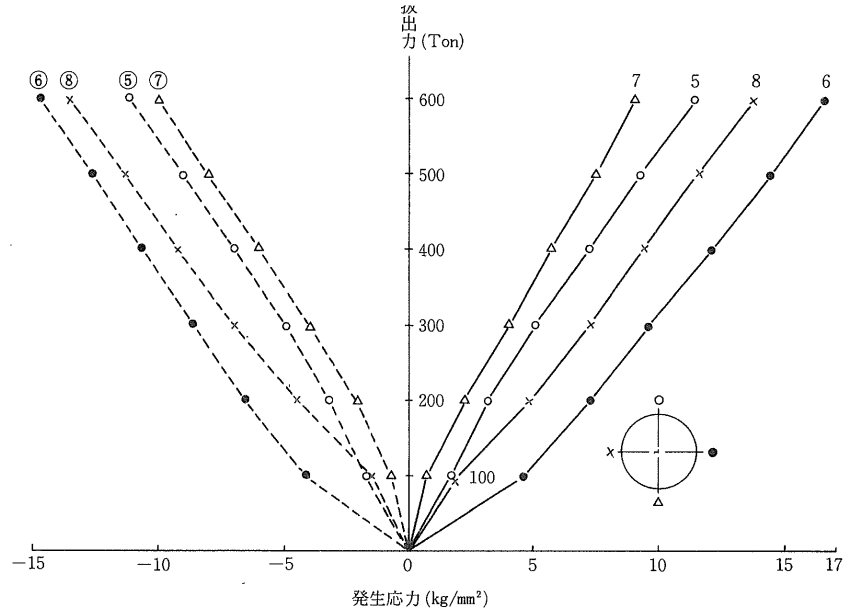
図－10-1　抜出力―発生応力の関係
（φ2000直管）



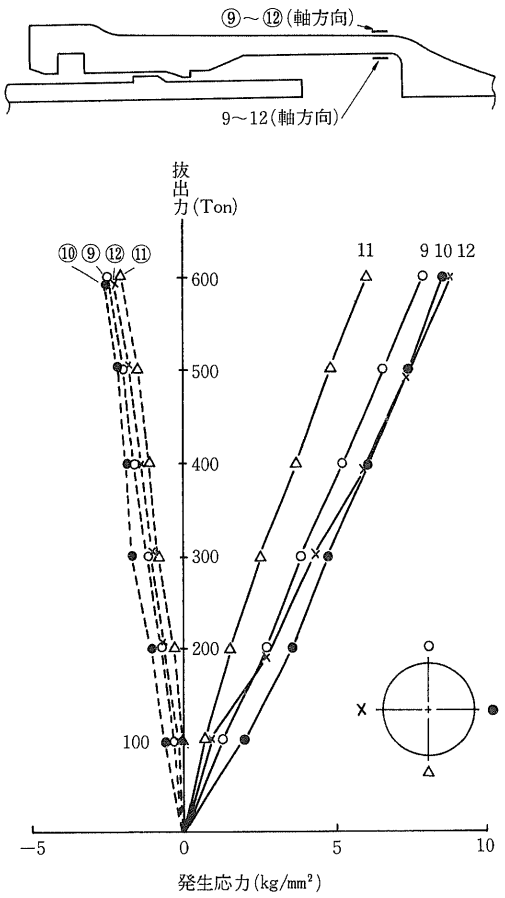


図－10-2　抜出力―発生応力の関係
（φ2000直管）



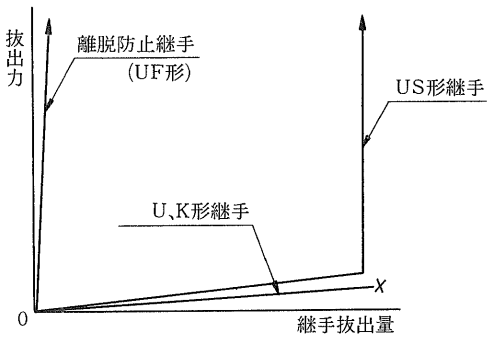


図−10-3　抜出力−発生応力の関係
(φ2000直管)



抜出した後、抜出しが止まっている。これを他の継手と比較すると図−11のようになる。

図−11　抜出力−抜出量の関係比較



③ 図−9を見ると、管頂、管底、管側で抜出量にバラツキがあるが、これは抜出力負荷前の管の状態が完全にまっすぐになっていなかったためである。

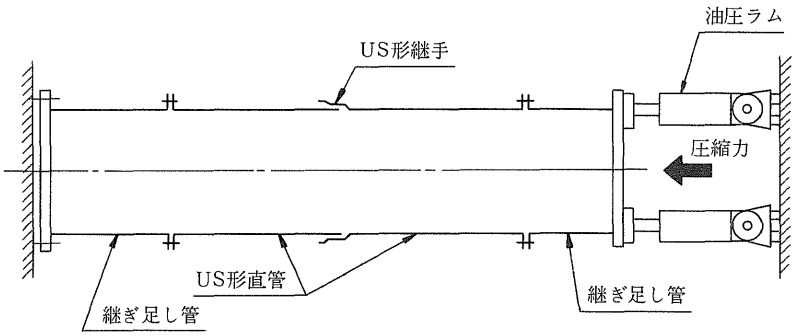
また、ロックリングとさし口突部が接触した後、数mmの抜出しが生じているがこれはロックリングの変形などによるものと考えられる。

3．圧縮試験

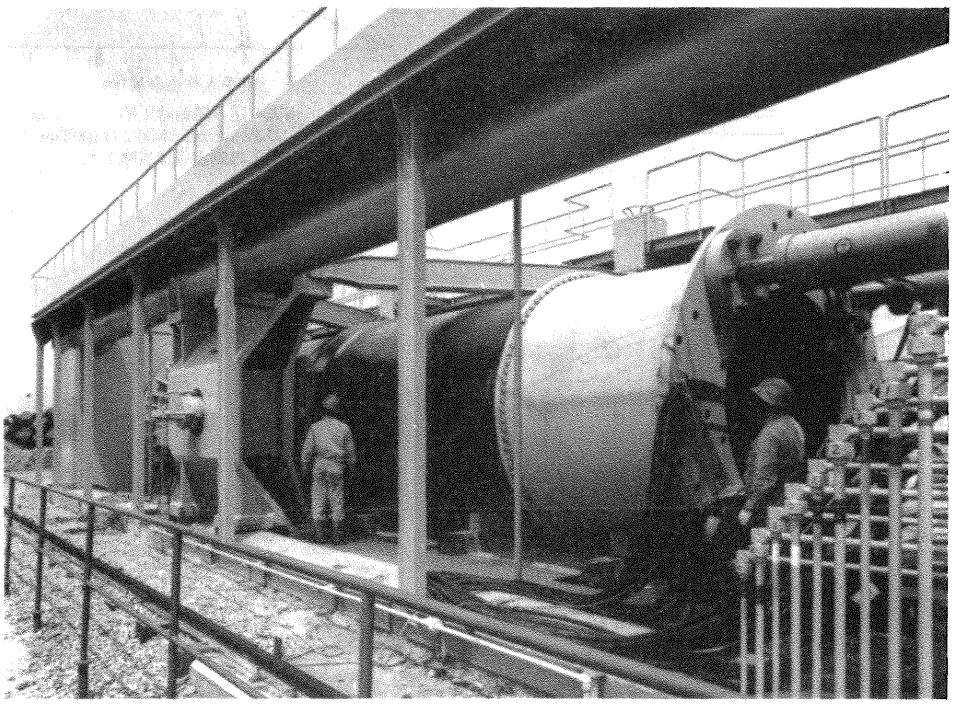
(1) 試験方法

図−12の要領で、直管の管軸方向に圧縮力を負荷した。目標の負荷圧縮力は、抜出し試験の時の抜出力と同じとした。

図－12　圧縮試験



写真－3　圧縮試験



(2) 最終結果

結果を表－9に示す。

表－9　圧縮試験最終結果

管呼び径 (mm)	負荷 圧縮力 (Ton)	平均継手入り込み量 (mm)	発生応力 (kg/mm²) ※	継手部の状況	(参考) 入り込み開始時圧縮力(Ton) ※※
1500	450	11.1	−36.8	押輪、受口底部間のモルタルのごく一部の表面に浮きを生じたが、他は異常なし	11.7
2000	600	5.0	−53.6	同　上	17.5
2600	780	6.8	−25.5	同　上	17.5

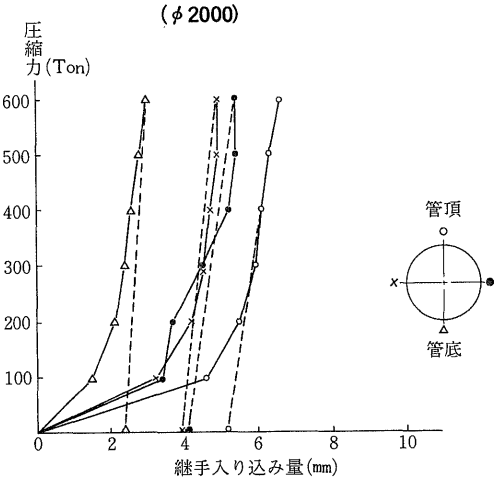
※上記応力はいずれも継ぎ棒で発生しており、圧縮応力である。ダクタイル鋳鉄の圧縮強度はJIS G 5526に規定する材質のもので80kg/mm²以上。(ただし規格には決められていない。)

※※管と管台の摩擦力を含む。

(3)圧縮力―入り込み量、応力の関係

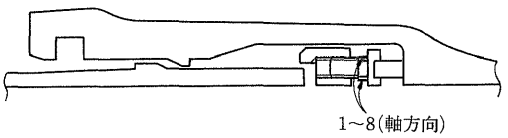
圧縮力―継手入り込み量の関係の一例（φ2000）および圧縮力―主要部の発生応力の関係の一例（φ2000）を図－13、図－14に示す。

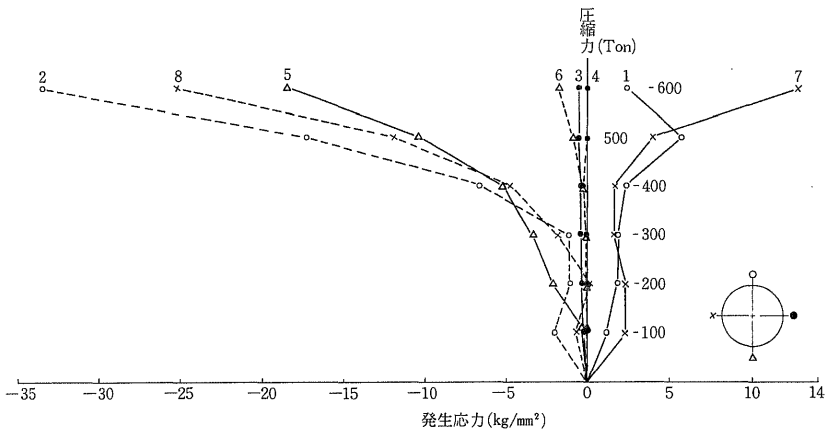
図－13　圧縮力―継手入り込み量の関係（φ2000）

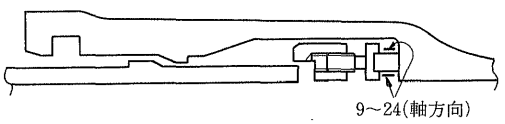


※入り込み開始時圧縮力17.5Tonであったが、本図では100Ton以下の測定値は省略した。

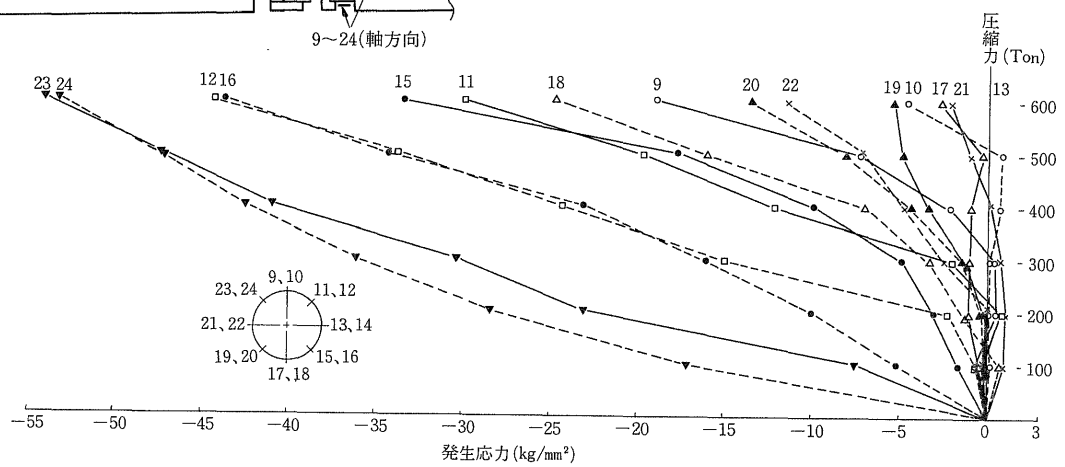
図－14-1　圧縮力―発生応力の関係（φ2000）







図－14-2　圧縮力―発生応力の関係（φ2000）



(4) まとめ

① 0.3dトン（d：管呼び径mm）に相当する圧縮力を継手に負荷したが、継手は圧縮力に耐えた。

② 圧縮力—継手入り込み量の関係を見ると、継手は比較的小さな圧縮力で数mm入り込んだ後、さし口端面と押輪が接触し大きな圧縮力に耐えている。さし口端面と押輪が接触した後も、圧縮力の増加に伴ない、僅かにさし口が入り込んでいるが、これは押輪、ボルト、継ぎ棒の僅かな変形によるものである。

③ 最大応力は継ぎ棒に発生している。継ぎ棒の応力は場所によってかなりバラツキが見られるが、それらの平均値をとると、押輪—受口底部間の充填モルタルがないとした場合の継ぎ棒の応力の理論計算値よりかなり小さい。

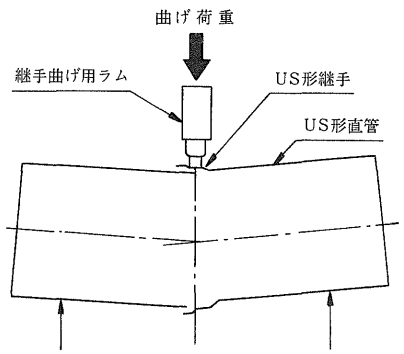
したがって充填モルタルの補強効果がかなりあることがわかる。

4．曲げ試験

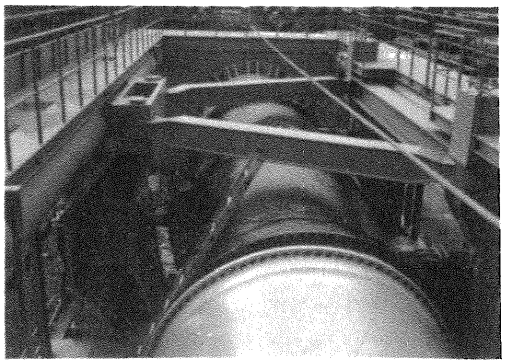
(1) 試験方法

図—15の要領で、直管に曲げモーメントを負荷した。

図—15 曲げ試験



写真—4 曲げ試験



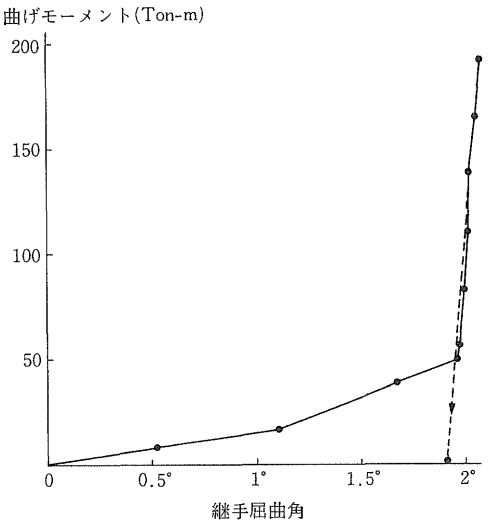
(2) 最終結果

結果を表—10に示す。

(3) 曲げモーメント—屈曲角、応力の関係

曲げモーメント—継手屈曲角の関係の一例（φ2000）および曲げモーメント—主要部の発生応力の関係の一例（φ2000）を図—16、図—17に示す。

図—16 曲げモーメント—継手屈曲角の関係（φ2000）

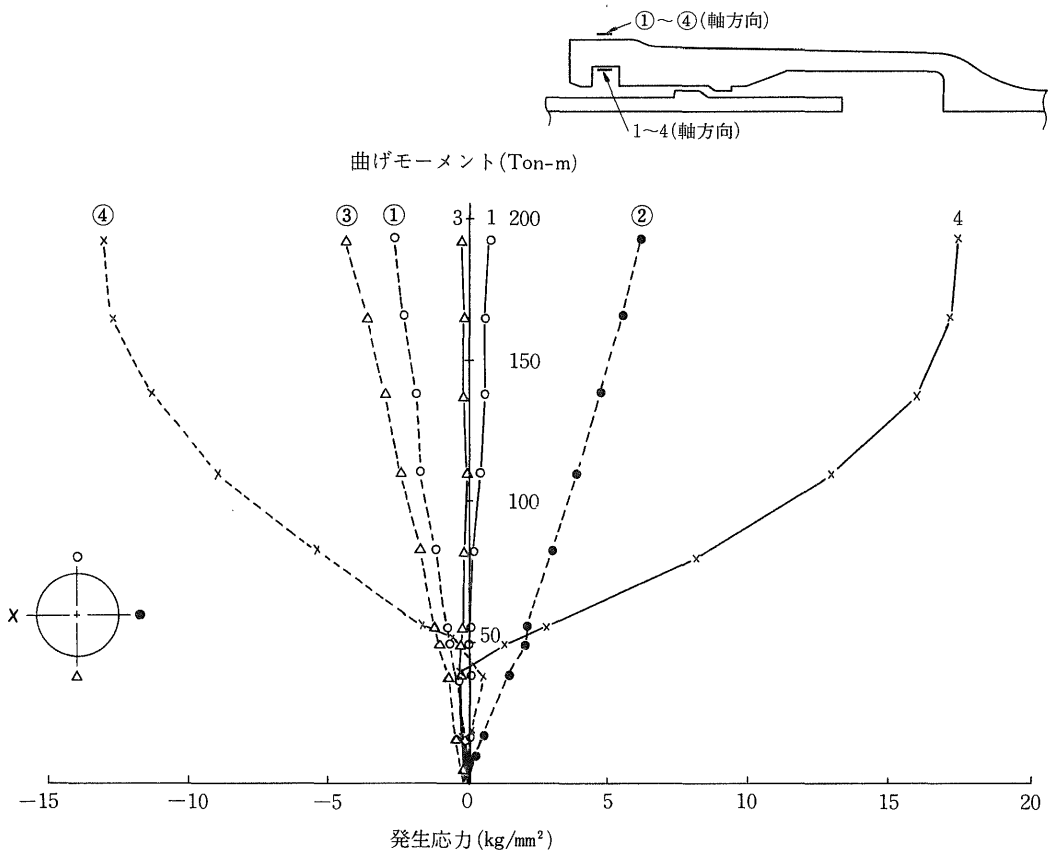


表—10 曲げ試験最終結果

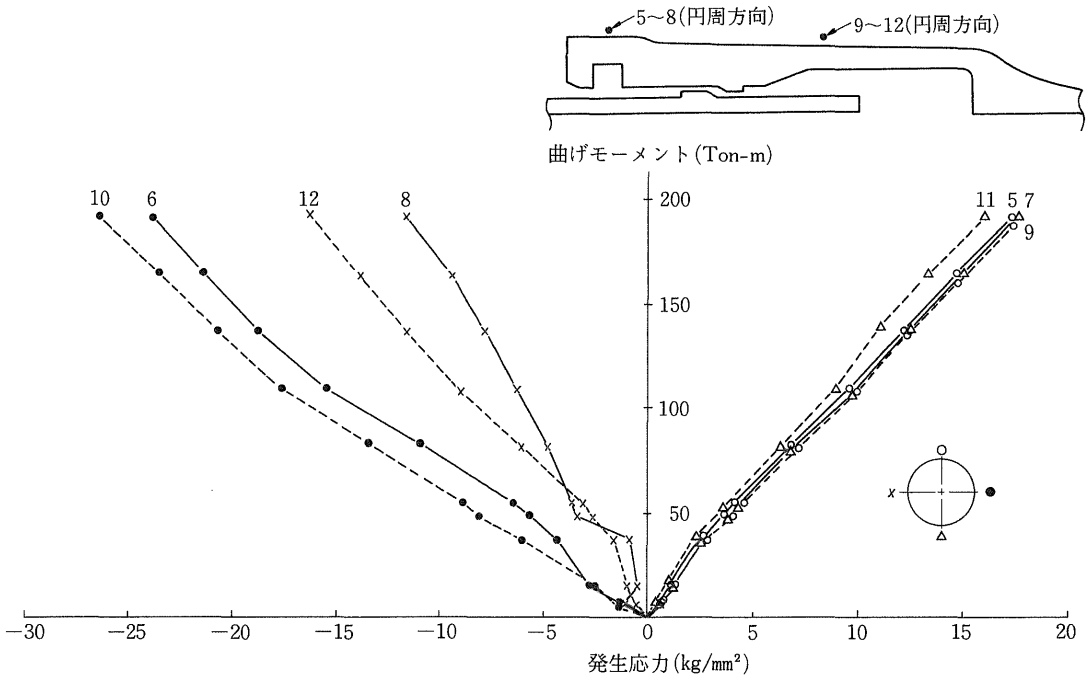
管呼び径 (mm)	載荷荷重 (Ton)	負荷曲げモーメント (Ton-m)	継手部の屈曲角	発生応力 (kg/mm²) ※	継手部の状況
1500	110	137.5	3°24′	−31.9	異常なし
2000	140	193	2°04′	−29.9	異常なし
2600	210	310	1°59′	−38.7	異常なし

※上記応力はいずれも受口外面の円周方向の曲げ応力である。ダクタイル鋳鉄の曲げ強度は JIS G 5526に規定する材質のもので57kg/mm²以上。

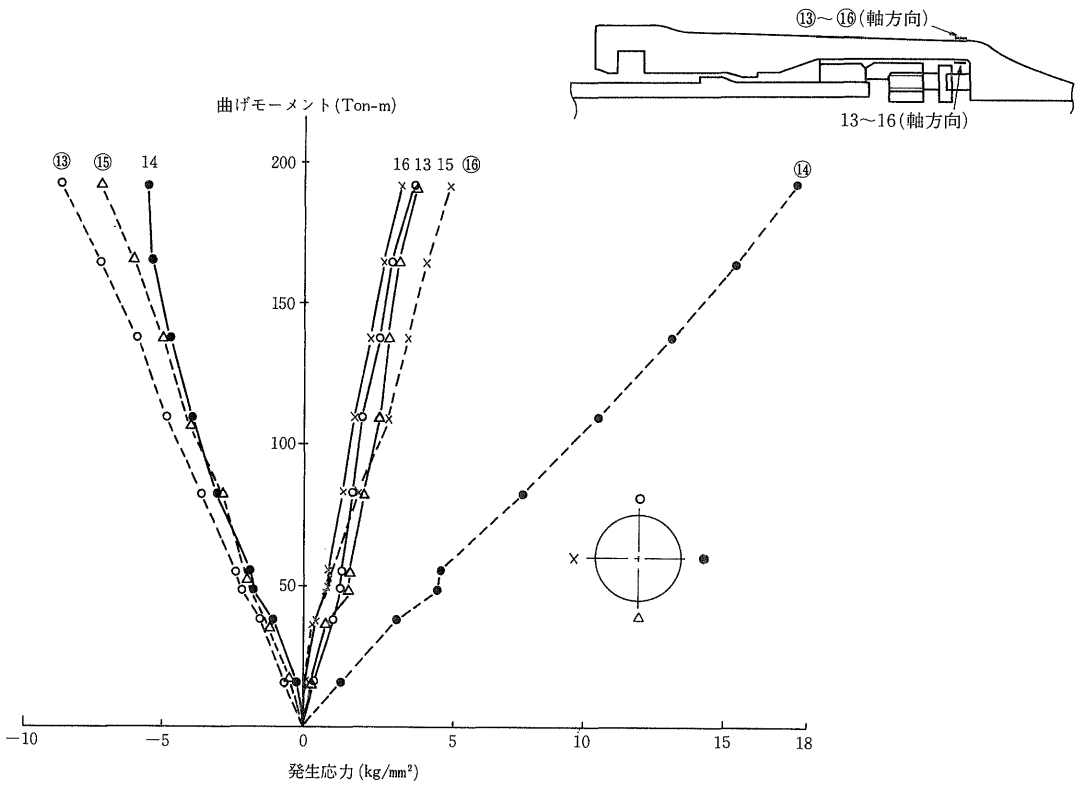
図—17-1　曲げモーメント—発生応力の関係(φ2000)



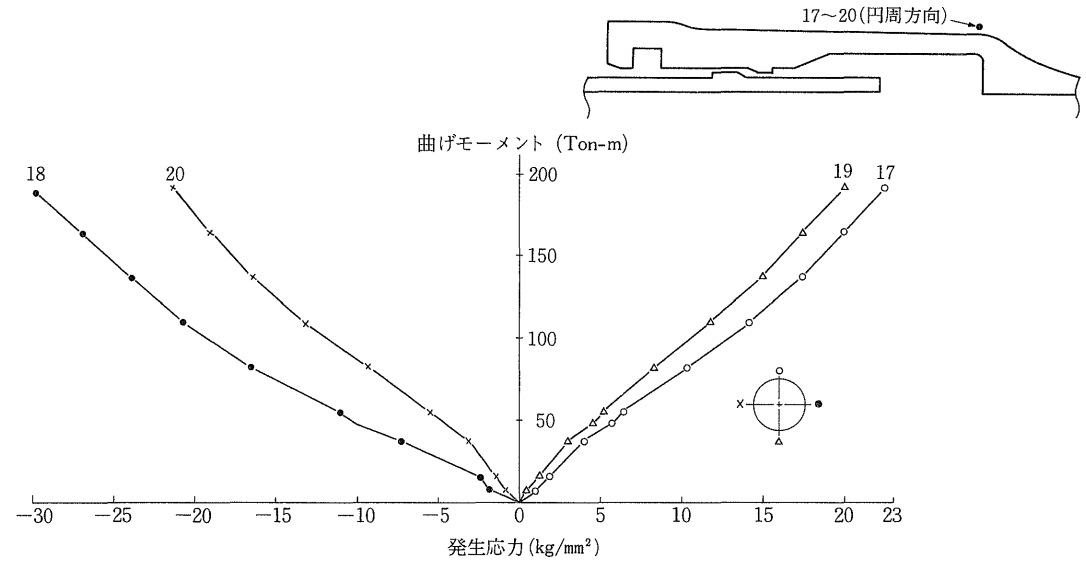
図—17-2　曲げモーメント—発生応力の関係(φ2000)



図—17-3 曲げモーメント—発生応力の関係(φ2000)



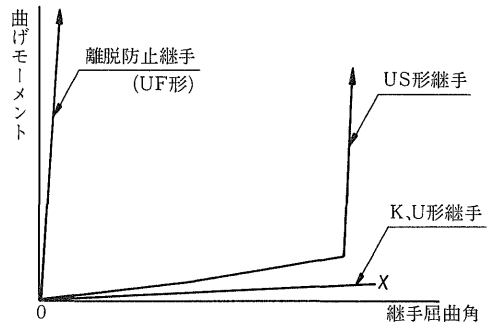
図—17-4 曲げモーメント—発生応力の関係(φ2000)



(4) まとめ

① 曲げモーメント—継手屈曲角の関係を見ると、限界屈曲角近くまでは比較的小さな曲げモーメントで屈曲する。そしてそれ以上曲げモーメントを加えると、曲げの凹側管側部の入り込みと曲げの凸側管側部の抜出しが止まり、この状態でかなりの曲げモーメントに耐えている。この関係をほかの継手と比較すると図—18のようになる。

図－18　曲げモーメント―継手屈曲角の関係比較



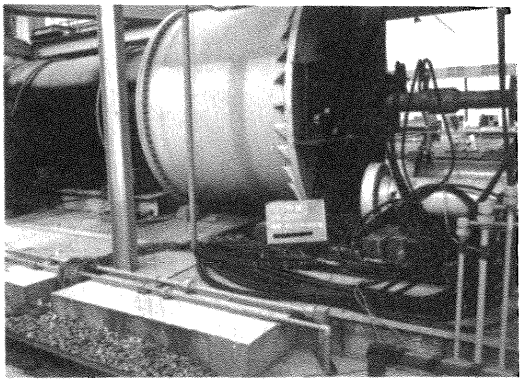
② 本試験での最大発生応力は表－10に示す通りで、受口外面の円周方向に発生している。ダクタイル管の曲げ強さは57kg/mm²以上であるから応力的にはまだ余裕がある。

5．動的伸縮試験

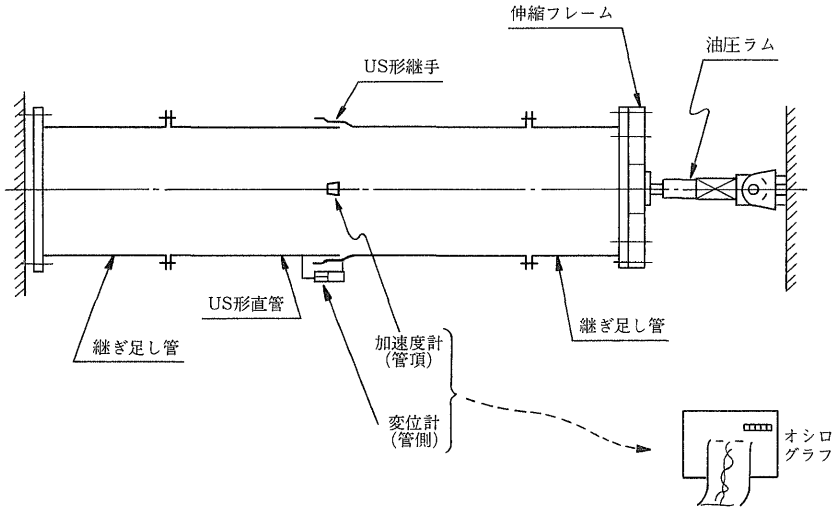
(1) 試験方法

図－19の要領で継手を管軸方向に繰返し伸縮させた。伸縮速度は装置が可能な限り大きくとり、20回伸縮させ、その後水密性を確認するため、継手に水圧を負荷した。

写真－5　動的伸縮試験



図－19　動的伸縮試験



(2) 試験結果

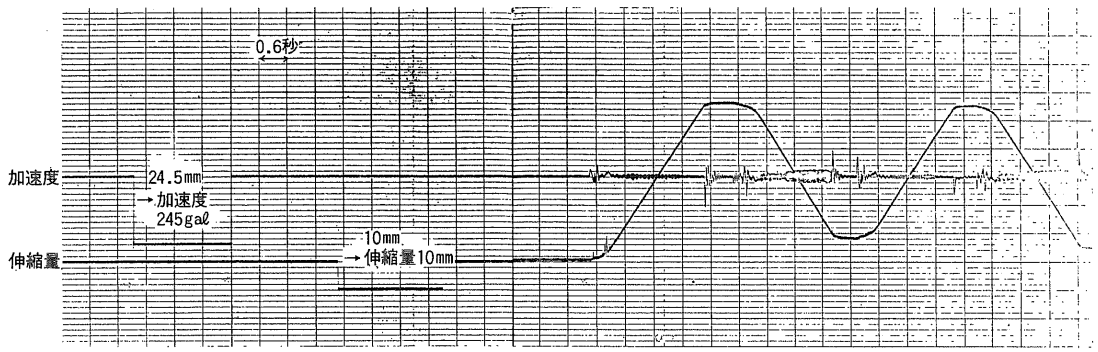
結果を表－11に示す。また伸縮量、加速度のオシログラムの一例(φ2000)を写真－6に示す。

表－11　動的伸縮試験結果

管呼び径 (mm)	平均伸縮量 (mm)	伸縮回数	伸縮速度 (m/sec)	最大加速度 (gal) ※	伸縮に要した力 (Ton)	継手の状況	伸縮後の水密性試験		
							水圧 (kg/cm²)	保持時間 (分)	結果
1500	65	20	24.5	60	15	異常なし	25	5	漏洩なし
2000	54	20	25.8	150	16	異常なし	25	5	漏洩なし
2600	70	20	21.0	153	35	異常なし	25	5	漏洩なし

※加速度は特に設定したわけでなく成行きにまかせた。
(この加速度は油圧ラムの切替操作により発生したもので、伸縮量とは無関係である。)

写真－6　動的伸縮試験（φ2000）伸縮量、加速度のオシログラム



6．動的曲げ試験

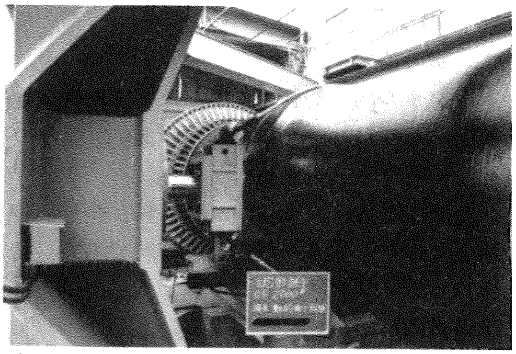
(1) 試験方法

図－20の要領で継手を管軸直角方向に繰返し屈曲させた。屈曲速度は装置が可能な限り大きくとり、20回屈曲させ、その後継手が曲った状態で継手の水密性を確認した。

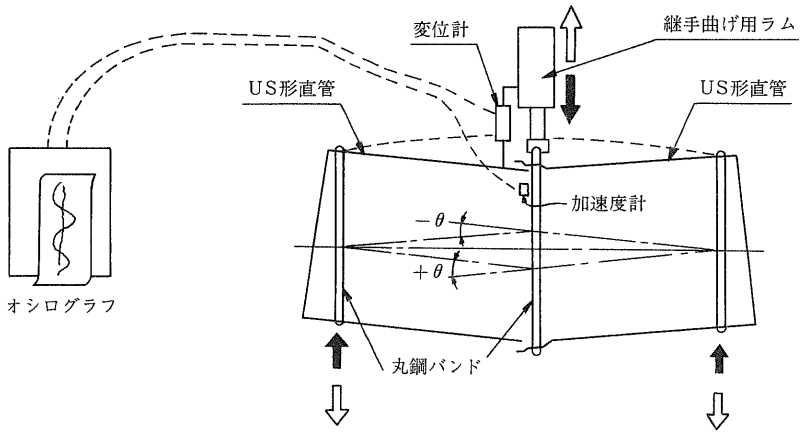
(2) 試験結果

結果を表－12に示す。また屈曲角、加速度のオシログラムの一例（φ2000）を写真－8に示す。

写真－7　動的曲げ試験



図－20　動的曲げ試験

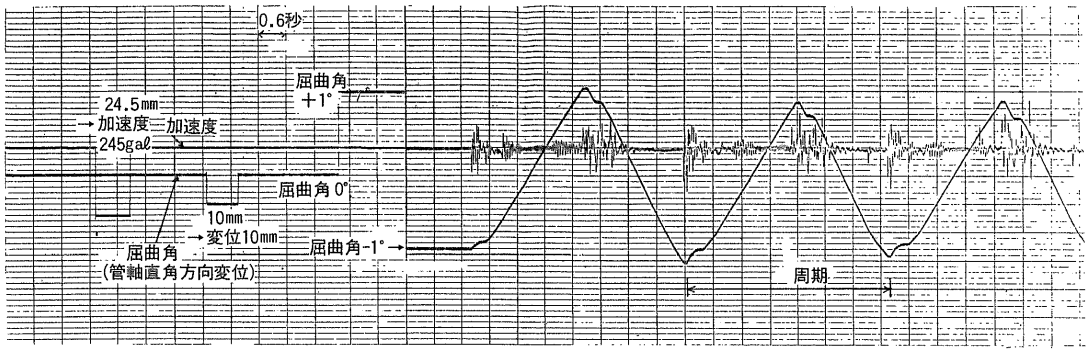


表－12　動的曲げ試験結果

管呼び径 (mm)	平均屈曲角	屈曲回数	屈曲速度 (sec/回)	最大加速度 (gal) ※	屈曲に要した力 (Ton)	継手の状況	屈曲後の水密性試験			
							屈曲角	水圧 (kg/cm²)	保持時間(分)	結果
1500	±1°30′	20	7.0	580	28	異常なし	3°16′	25	5	漏洩なし
2000	±1°	20	4.8	230	31	異常なし	1°56′	25	5	漏洩なし
2600	±1°	20	8.5	363	35	異常なし	1°41′	25	5	漏洩なし

※加速度は特に設定したわけでなく成行きにまかせた。
（この加速度は油圧ラムの切替操作により発生したもので、屈曲角とは無関係である。）

写真－8　動的曲げ試験（φ2000）屈曲角、加速度のオシログラム



Ⅳ　継手接合要領

1．管の運搬

トンネル内に配管する場合は、U形管用運搬芯出し兼用特殊台車を使用する。(バッテリーカーやウィンチを動力とする。)

管運搬時には、管の中にゴム輪、割輪、押輪などの付属品を入れておけば楽である。特にロックリングは変形しないように（例えば受口溝内に納めて）運搬する。

2．ロックリングの預け入れ

(1)　さし口外面（さし口端面から約60cmの間ただし長尺継ぎ輪用さし口は端面から約90cm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り除く。

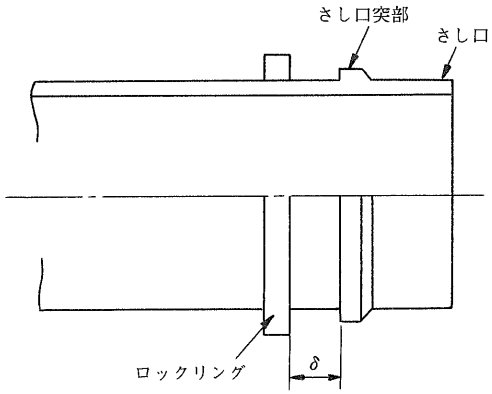
(2)　ロックリングをさし口外面の規定の位置（図－21）に預け、ロックリング全周がさし口に抱きついた状態でロックリング分割部の間隔(a_1)を測定する。

この時、図－22のようにロックリングが管軸に対し斜めにならないように注意し、ロックリング分割部は管底にくるようにする。

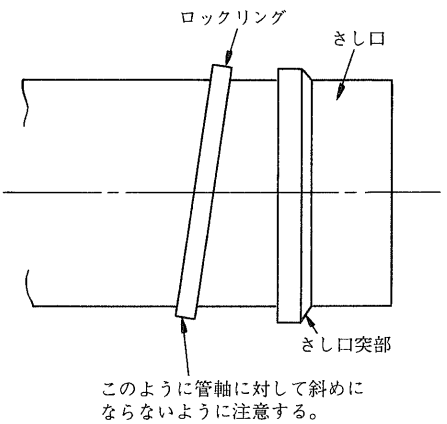
測定が終ればロックリングをさし口からはずす。

口径 (mm)	δ (mm)	口径 (mm)	δ (mm)
700	55	1600	55
800	〃	1650	〃
900	〃	1800	〃
1000	60	2000	60
1100	〃	2100	65
1200	〃	2200	70
1350	70	2400	80
1500	75	2600	〃

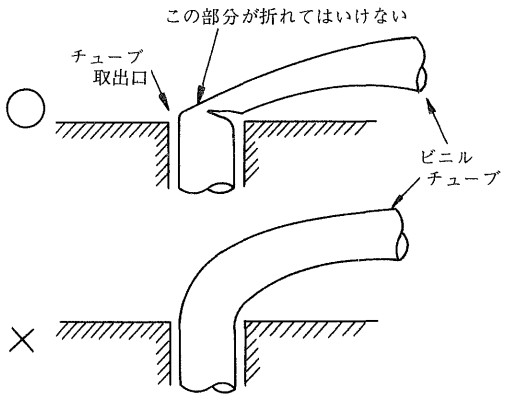
図－21



図－22



図－23



セグメント内面から番線などで吊るなど
チューブが折れない策をかならずとる。

(3) 受口の位置決めは**ビニルチューブ取出口がかならず管頂付近にくるようにする。**(2次覆工用パイプに当らないように少し避ける。)

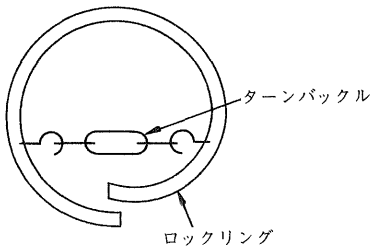
(なお、曲管はチューブ取出口が円周4カ所にあるので、そのうち管頂付近のひとつを使えばよく、受口の位置決めは不要。)

(4) 受口溝にビニルチューブを**ねじれないよう**に挿入する。チューブの端部は、溝部のチューブ取出口から管外へ出す。その際、**取出口付近でチューブが折れないよう**注意する。(図－23)そして溝内のチューブが垂れてこないように粘着テープなどで仮りに止めておく。

(5) ロックリング分割部をコイル状に重ね合せ、受口溝内に預け入れる。(口径が小さい時は図－24のようにターンバックルを使うと便利である。口径が大きい時は人力で可能。)この際、**ロックリングの分割部がかならず正確に管底にくるよう**にする。また、**ビニルチューブが受口溝の側面とロックリングの側面の間にはさまらないよう**に注意する。

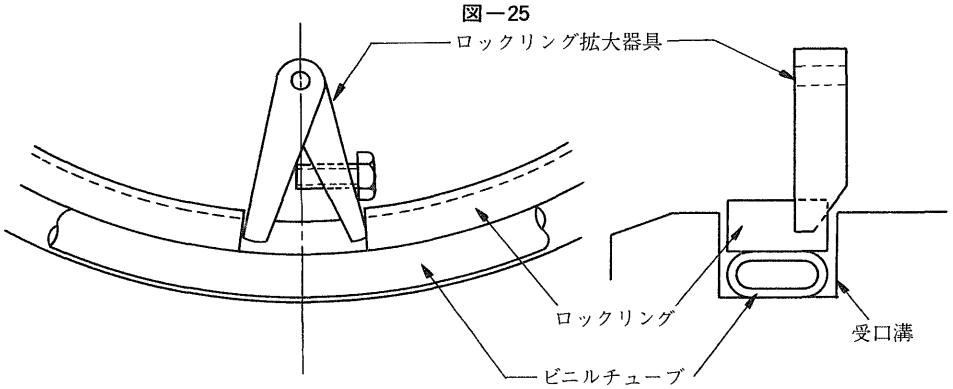
ビニルチューブ仮止め用の粘着テープなどをこの時はずす。

図－24



(6) ロックリングの分割部にロックリング拡大器具(UF形用より強度の大きいもの)を入れ、ロックリングが全周にわたり、受口溝内にほぼ納まるまで分割部を拡大する。

図－25

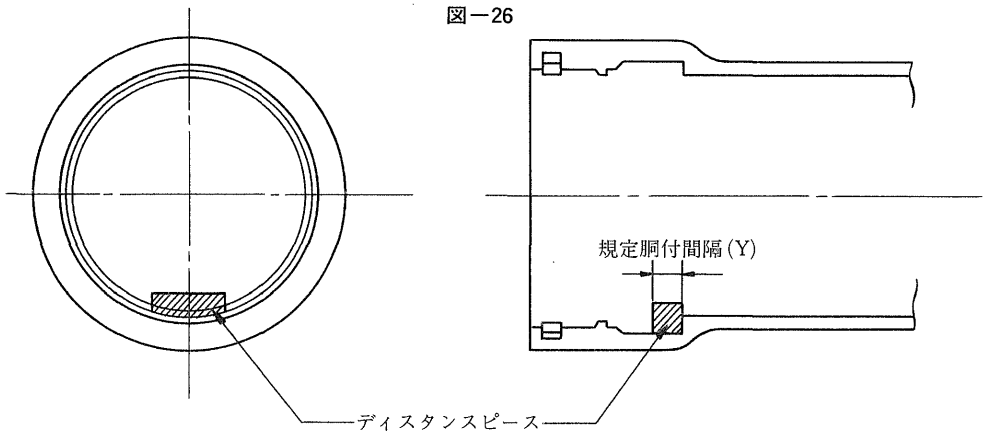


3．管の芯出し、挿入

(1) トンネル内配管の場合、管の芯出しはU形管用運搬芯出し兼用特殊台車を使用し、4本の油圧ジャッキを遠隔操作することにより行う。

(2) 受口内面奥に規定胴付間隔(Y)に相当する幅のディスタンスピース(木製または金属製)を置く。曲げ配管の場合はもっとも胴付間隔が狭くなる位置にディスタンスピースを配する。

図－26



表－13

口　径　(mm)	規定胴付間隔(Y)
700～1500	105mm
1600～2400	115mm
2600	130mm

(特別な理由で規定胴付間隔を変える場合は、その寸法のディスタンスピースを用いる。)

(3)　さし口外面（さし口端からさし口突部までの範囲）および受口内面（ゴム輪がセットされる所）に**ドロドロの濃い石鹸水**を塗布する。

(4)　管を挿入する。

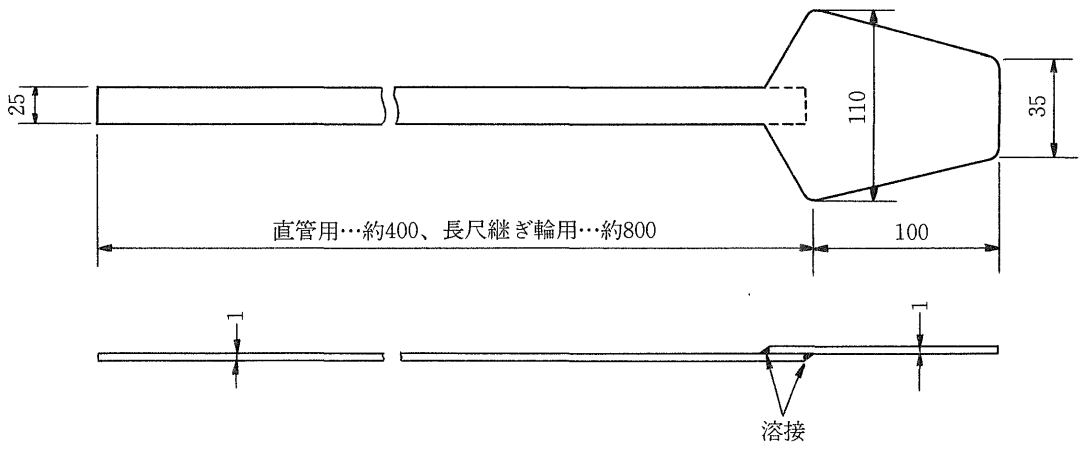
要領は次の通り。

さし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を管内へ撤去する。そして管をさらに深く挿入する。この時、ロックリングとさし口突部がつかえることが考えられるので、勢いよく**さし口先端がディスタンスピースに当るまで**挿入する。

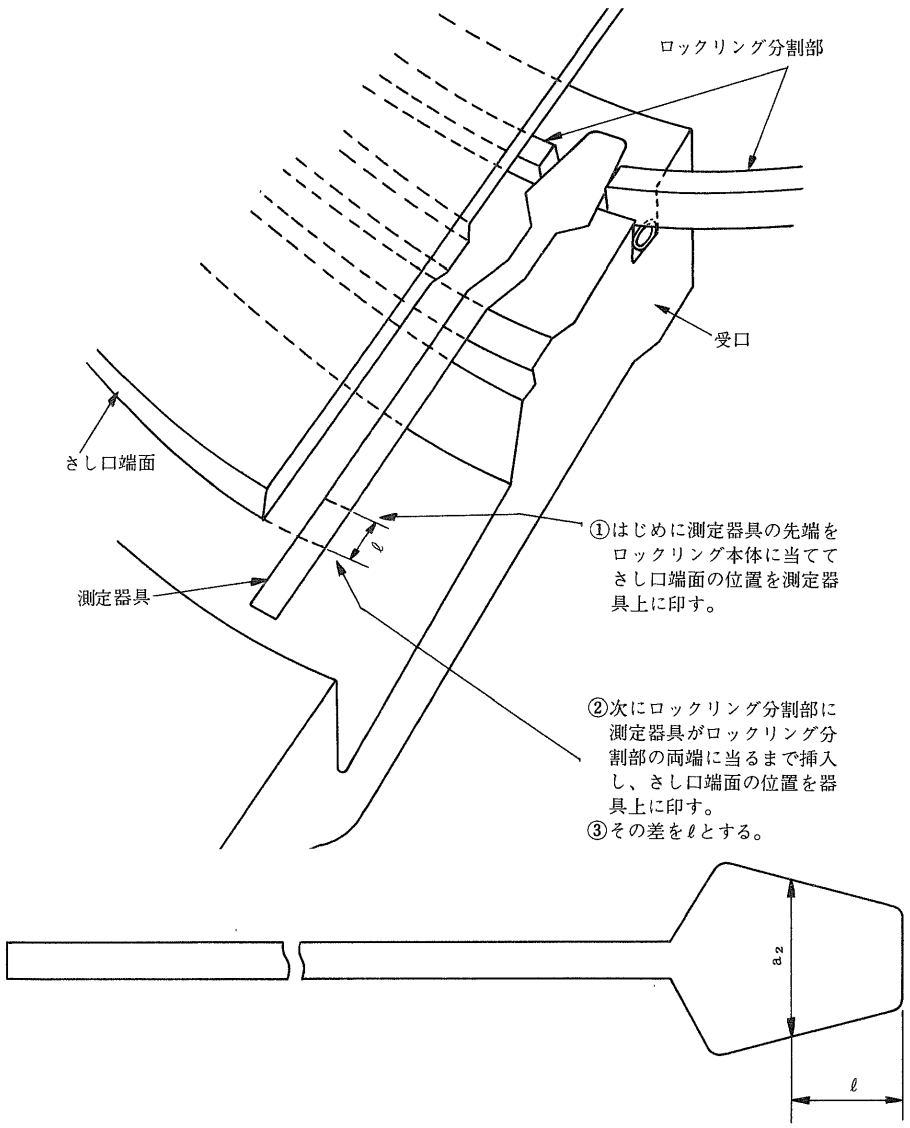
(5)　ロックリングがさし口に十分抱きついていることを確認する。

その方法は図－27のような鋼板製すき間測定器具を使い、図－28の要領でロックリング分割部の間隔(a_2)を測定する。

図－27　鋼板製すき間測定器具



図－28

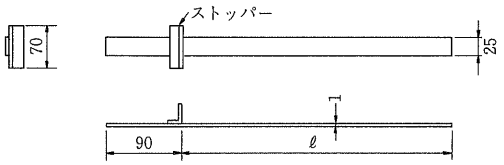


④ℓからa₂を決める。

(参考) 鋼板製すき間測定器具は、図－27に示すもの以外に図－29のようなものも使える。ただし、これは長尺継ぎ輪用には適切でない。

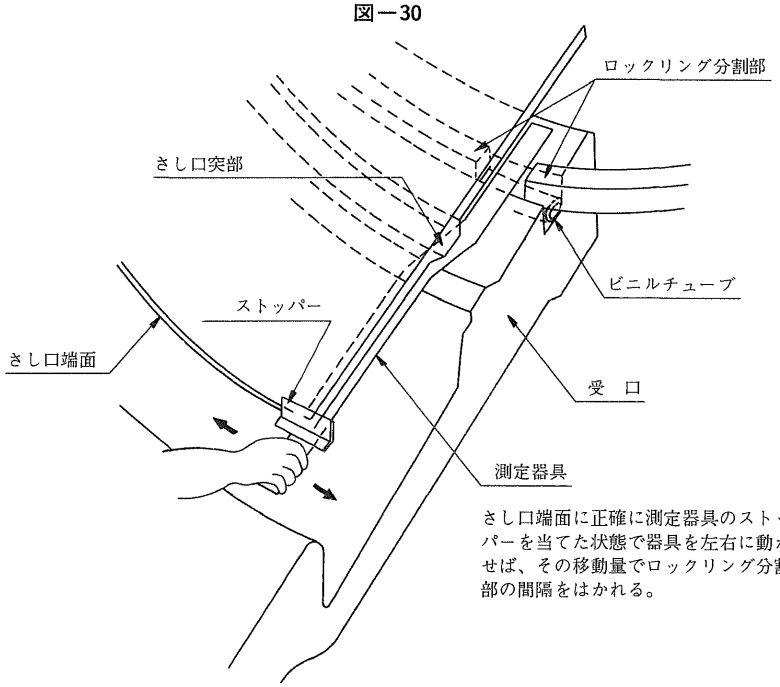
この器具を使ってロックリング分割部の間隔の測定する方法は図－30に示す通り。

図－29 鋼板製すき間測定器具(変形例)



口径(mm)	ℓ (mm)	口径(mm)	ℓ (mm)
700～ 900	280	2000	340
1000～1200	300	2100	350
1350	320	2200	360
1500	340	2400	380
1600～1800	320	2600	400

図－30



そして、先に測ったa_1寸法とa_2寸法を比べて、$a_2 \leqq a_1 + 3$mmであれば、ロックリングは正常に抱きついていると判断できる。

上記条件を満足しない場合は、ロックリングが受口溝から十分出ていない可能性があるから、受口、さし口をスライドさせ、さし口突部とロックリングを衝突させるなどのショックを与え、ロックリングを溝から出させ、もう一度a_2寸法を測り、上記条件を満足することを確認する。

4．水密機構部の接合

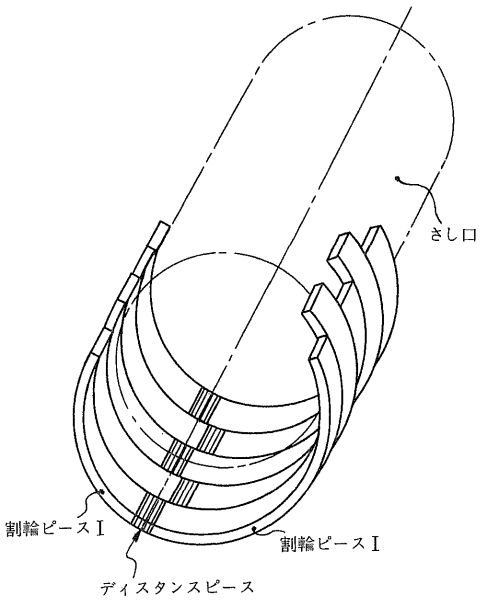
U形継手とまったく同様である。簡単に手順を述べる。

(1) ゴム輪にドロドロの濃い石鹸水を塗り、これをさし口に預け、指先で軽く入るところまで押し入れる。

(2) 割輪(3つ割り)を下から順次挿入する。

長尺継ぎ輪の場合は、割輪を受口片側につき3～6枚(口径により異なる)入れる。この時、隣り合う割輪の分割部は図－31のように少しずらせるのがよい。また**長尺継ぎ輪の場合、**継手性能上、割輪が受口内面にきっちり張りつくまで**ディスタンスピースを管底の割輪分割部に入れる。**

図－31　長尺継ぎ輪の割輪の入れ方



(3) 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、管頂側のピースが下に落ちないように留め金具で固定する。

(4) 押輪のボルトの一部（3本に1本程度の割合）をスパナで逆回転させて35～40mm程度押輪からネジ出し、ゴム輪を奥に押す。

(5) まだネジ出ししていないボルトの頭部の

皿に継ぎ棒を取付ける。継ぎ棒を取付けたボルトを少しネジ出しして、はじ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。

(6) 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、押輪が所定の位置（受口底部と押輪の間隔をaとすると、φ700～φ1500 a＝60mm、φ1600～φ2400 a＝70mm、φ2600 a＝80mm）になるまで全ボルトをネジ出す。

ただし、そこまでのネジ出しが困難な場合（締付けトルクが非常に大きくなる場合）は、所定のトルク（φ700～φ1500…12kgm、φ1600～φ2600…14kgm）に達したところで締付け完了。

なおU形管と同様、ゴム輪締付け時の**ゴム輪の摩擦による管の抜出しを防止する**ため、その対策をとる必要がある。対策例を上げると次の通り。

① セグメントに角材を渡し、油圧ジャッキなどで管端を止める方法。

② チェーンブロックとワイヤロープ、角材で接合する管の両端を固定する方法。（管内で）

③ 運搬芯出し兼用特殊台車に管を載せたまま接合する場合は、台車にブレーキをかける方法。

5．ビニルチューブへの充填

管端からビニルチューブにモルタルを充填する。

(1) モルタルの配合

次の配合とする。

水：セメント：砂＝重量比1：2：0.7（容積比1：1.7：0.5）

砂の粒度は20メッシュ〈JIS Z 8801（標準ふるい）の呼び寸法840に相当〉**のふるいを通過したもの**を使うこと。（それ以上の大きな粒度のものは、ビニルチューブ内で詰まる可能性がある。）

継手1カ所当り必要なモルタルの量は表—14の通り。

配合はできる限り正確に行う。

表—14 ビニルチューブへの充填に必要なモルタル量（継手1カ所当り）

口径 (mm)	配合重量 (kg)			合計重量 (kg)	配合容積 (ℓ)			※混練後の推定容積 (ℓ)
	水	セメント	砂		水	セメント	砂	
700	5.2	10.4	3.6	19.2	5.2	8.8	2.6	10.6
800	5.2	10.4	3.6	19.2	5.2	8.8	2.6	10.6
900	5.2	10.4	3.6	19.2	5.2	8.8	2.6	10.6
1000	5.4	10.8	3.7	19.9	5.4	9.2	2.7	11
1100	5.5	11	3.8	20.3	5.5	9.4	2.7	11.2
1200	5.5	11	3.8	20.3	5.5	9.4	2.7	11.2
1350	5.6	11.2	3.9	20.7	5.6	9.5	2.8	11.4
1500	5.6	11.2	3.9	20.7	5.6	9.5	2.8	11.4
1600	7.4	14.8	5.1	27.3	7.4	12 6	3.7	15.1
1650	7.4	14.8	5.1	27.3	7.4	12.6	3.7	15.1
1800	7.5	15	5.2	27.7	7.5	12.7	3.7	15.3
2000	7.8	15.6	5.4	28.8	7.8	13.3	3.9	15.9
2100	7.9	15.8	5.5	29.2	7.9	13.4	3.9	16.1
2200	8	16	5.6	29.6	8	13.6	4	16.4
2400	8.1	16.2	5.7	30	8.1	13.8	4	16.6
2600	8.5	17	5.9	31.4	8.5	14.4	4.2	17.3

※推定容積(ℓ)＝$\frac{\text{合計重量}}{1.81}$

例えば、バケツに必要容積の目盛を付けておくのも一方法である。また配合後、できるだけ**十分に混練**すること。**セメントは風化していないもの**を使用すること。

これらが守られていないと塊ができ、チューブ内で詰まる恐れがある。充填用ポンプにモルタルを入れる時に**金網でこしながら入れる**のがよい。

(2)　充填用ポンプ

一例を上げれば次のものがある。その他上記配合のモルタルを充填できれば、どんなポンプでもよい。

表－15

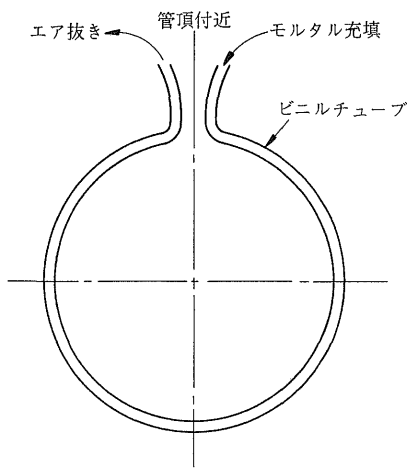
名　　称	ポータブルモルタルポンプ
形　　式	SDA－27型、手動
吐 出 圧	3 kg/cm²
吐 出 量	7 ℓ/分
全　　高	800mm
ハンドル高	1000mm
メ ー カ ー	日本産業機械KK

(3)　留意点

①　モルタル注入前に、まずコップ一杯程度の水を先にチューブに注ぐ。(モルタルの流れをスムースにするため)

②　**充填中、ビニルチューブに圧力をかけてはならない。**したがって、ビニルチューブの一端は絶えず開放しておき、エアが抜けるようにしておく。

図－32



③　エア抜きの方のビニルチューブからモルタルがチューブ断面一杯に出てきて、チューブ内のエアが完全に抜けた時点で充填を完了する。充填完了後チューブの両端を閉じる。(チューブを折り曲げビニルテープ、針金などを巻く)

④　**かならず、水密機構部の接合が終った後**(すなわち、芯出しができた後)**充填すること。**

⑤　ポンプでモルタルを充填中、ポンプとビニルチューブの継ぎ目が抜け、モルタルが噴き出たりすることも考えられるので眼鏡をかけること。

6．モルタル充填(押輪と受口底部の間)

U形継手とまったく同様であるので、簡単に手順を述べる。ただし耐震性能上、圧縮強度が必要なため慎重に行う必要がある。

(1)　押輪と受口底部全面に C/S≧2/1、W/C≒0.35～0.4のモルタルを手または刷毛で円周の適当な範囲（モルタルペーストが乾き切ってしまわない範囲）に塗布する。

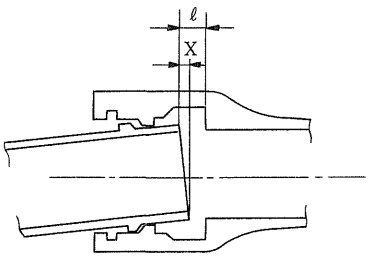
(2)　次にC/S≒1/1、W/C＝0.2 のモルタル（手で握り締めて形がやっと保たれる程度の硬練りモルタル）を団子状にして、この隙間に手で押し込む。

(3)　ハンマーでモルタル面を叩き、十分つき固め、さらに表面をコテで仕上げる。

7．曲げ配管の場合

曲げ配管する場合の継手の許容曲げ角度は表－16の通り。(U形継手と同じ)

表－16　許容屈曲角



口径 (mm)	許容曲げ角度	胴付間隔の差 (X mm)	許容ℓ (mm)	管1本当りに許容される偏位 (cm)	
700	2°30′	32	137	管長 4 m	17
				6	26
800	2°10′	〃	〃	4	15
				6	22
900	2°	〃	〃	4	14
				6	21
1000	1°50′	33	138	4	13
				6	19
1100	1°40′	〃	〃	4	11
				6	17
1200	1°30′	〃	〃	4	10
				6	15
1350	〃	36	141	4	10
				6	15
1500	〃	40	145	4	10
				6	15
1600	1°10′	33	148	4	8
1650	1°05′	〃	〃	〃	7
1800	1°	〃	〃	〃	〃
2000	〃	36	151	〃	〃
2100	〃	38	153	〃	〃
2200	〃	40	155	〃	〃
2400	〃	43	158	〃	〃
2600	〃	47	177	〃	〃

表－17　直管による曲げ配管時の許容曲率半径

口径(mm)	管長 (m)	許容曲率半径 (m)
700	4	92
	6	138
800	4	106
	6	159
900	4	115
	6	173
1000	4	125
	6	188
1100	4	138
	6	207
1200	4	153
	6	229
1350	4	153
	6	229
1500	4	153
	6	229
1600	4	196
1650	〃	313
1800	〃	230
2000	〃	〃
2100	〃	〃
2200	〃	〃
2400	〃	〃
2600	〃	〃

直管(定尺)を許容曲げ角度で連続曲げ配管した場合の管路の曲率半径は表－17のようになる。

すなわち、表－17の半径より大きい路線は直管(定尺)だけで配管できる。

表－17より小さい曲率半径の場合は切管、短管、継ぎ輪、曲管を使う必要がある。

8．切管の場合

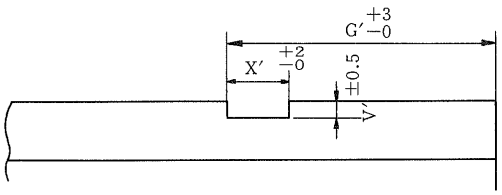
ＵＳ形管の場合、切管するとさし口突部の成形が必要になる。その手順は次の通り。

(1)　まず指定の切用管を切管する。

切管の要領はK形、U形管と同じである。

(2)　切管のさし口に溝を切削する。溝の寸法、位置は図－33に示す通り。また溝切機はＵＦ形管で使うものでよい。

図－33



G′＝直管のＧ寸法＋４mm

X′＝切管用リングのm寸法＋４mm

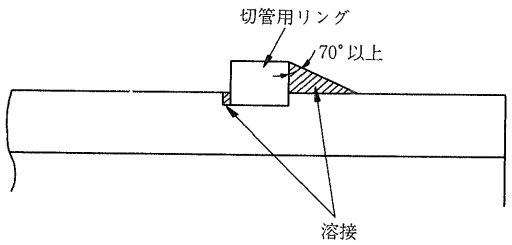
V′…φ700～φ1500　３mm

φ1600～φ2400　４mm

φ2600　６mm

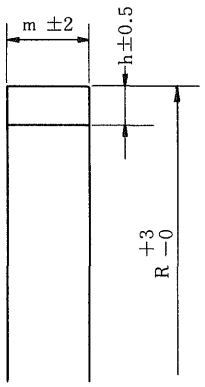
(3)　さし口溝に切管用リングを入れ溶接する。溶接棒は鉄－ニッケル系溶接棒を用い、溶接形状、範囲は図－34の通り。

図－34



表－18　切管用リングの寸法　単位mm

口径	h	m	R	口径	h	m	R
700	9	25	372.5	1600	12	32	833.0
800	〃	〃	424.0	1650	〃	〃	858.5
900	〃	〃	475.5	1800	〃	〃	932.0
1000	〃	〃	526.5	2000	〃	38	1,038.5
1100	〃	〃	578.0	2100	〃	〃	1,090.0
1200	〃	〃	629.0	2200	〃	〃	1,148.0
1350	〃	〃	706.0	2400	〃	〃	1,237.0
1500	〃	32	783.0	2600	16	〃	1,352.0



V．推進工法用および狭開削溝内用US形管

ＵＳ形管は、シールド内耐震管路を対象として開発したものであるが、これを少し変形することにより耐震・推進工法用管、狭開削溝内用耐震管として使用することができる。もちろん狭開削溝内用については、前述のシールド内用のものをそのまま使うこともできる。

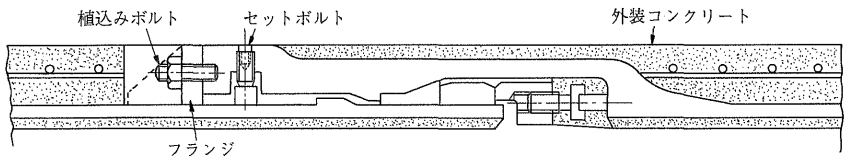
以下にそれらについて構造と接合要領を述べる。

1．推進工法用US形管

(1)　構造

図－35に示す通り。

図－35　推進工法用US形管



(2)　接合要領

シールド内配管用と異なるところのみ述べる。

①　ロックリングの預け入れ

(イ)　ロックリングをさし口に抱かせ、分割部の間隔(a_1)を測定する。

(ロ)　セットボルトを受口溝の内面までねじ込む。

(ハ)　ロックリングを受口溝内に預け入れる。その際、ロックリングの分割部はセットボルト用タップ穴の間隔のもっとも狭いところの中間になるようにする。

(ニ)　ロックリング拡大器具を用いて、ロックリング分割部を拡大し、ロックリングが受口溝にほぼ納まるようにする。

②　管の芯出し、挿入

(イ)　受口タップ穴に植込みボルトをねじ込む。

(ロ)　さし口外面（さし口端からさし口突部までの範囲）および受口内面（ゴム輪がセットされる所）にドロドロの濃い石鹸水を塗布する。

(ハ)　チェーンブロックなどで微調整しながら管の芯出しを行い、受口に植込んだボルトにさし口フランジ穴を合せながらさし口を受口に挿入する。（フランジにあるロックリングすき間確認用穴とロックリングの分割部が合うように位置決めする）

(ニ)　植込みボルトにナットを入れ締付ける。

フランジ面と植込みボルト用ナットのすき間を表－19のごとくあける。

表－19

口　径　(mm)	すき間(mm)
700～ 900	2
1000～1350	5
1500～1800	7
2000～2400	10
2600	12

③ 水密機構部の接合

U形継手と同様の手順で行う。

④ ロックリングの締付け

(イ) ロックリングをセットボルトで締付ける。

セットボルトを締付ける順序は、ロックリングの分割部と反対側から順次分割部に向ってさし口を抱きしめるように締付ける。

セットボルトの締付けは、ロックリングの内面が確実にさし口外面に接触するまで行う。接触後はセットボルトに過大な力をかけてはならない。

(ロ) セットボルトを全部締め終った状態でロックリングすき間確認用穴（さし口フランジに1カ所ついている。）からロックリング分割部の間隔(a_2)を測定する。そして先の測定値(a_1)との関係が$a_1 \geqq a_2$であればロックリングは全周さし口に十分抱いていることになる。

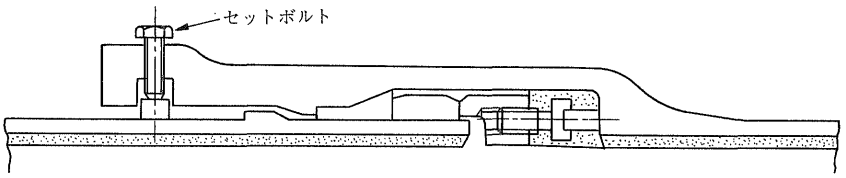
⑤ モルタル充填(押輪と受口底部の間)

2．狭開削溝内用US形管

(1) 構造

図－36に示す通り。

図－36 狭開削溝内用US形管



(2) 接合要領

シールド内配管用と異なるところのみ述べる。

① ロックリングの預け入れ

(イ) セットボルトを受口溝の内面までねじ込む。

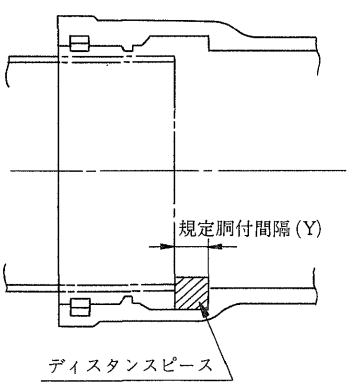
(ロ) ロックリングを受口溝内に預け入れる。その際、ロックリングの分割部はセットボルト用タップ穴の間隔のもっとも狭いところの中間になるようにする。

(ハ) ロックリングをロックリング拡大器具で拡大する。

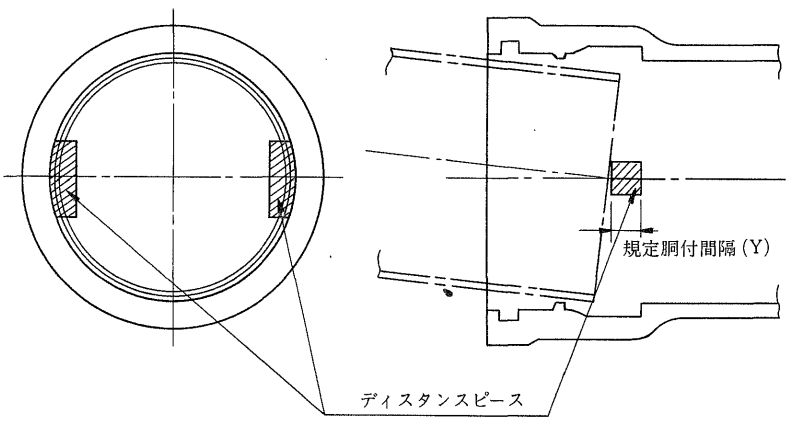
② 管の芯出し、挿入

受口内面奥に規定胴付間隔(Y)に相当する幅のディスタンスピース（木製または金属製）を置く。規定胴付間隔はシールド内配管の場合と異なるので注意を要する。まっすぐな配管の場合は、図－37に示すように受口内面に1個置き、曲げ配管の場合は図－38に示すように胴付間隔が中間の間隔になる位置に、向かい合わせて2個置く。そしてさし口外面、受口内面にドロドロの濃い石鹸水を塗布した後、管を挿入する。

図－37 （まっすぐな配管の場合）



図－38 （曲げ配管の場合）



表－20

口 径 (mm)	規定胴付間隔(Y mm)	口 径 (mm)	規定胴付間隔(Y mm)
700～ 900	125	2100～2200	145
1000～1200	130	2400	150
1350～1500	135	2600	165
1600～2000	140		

（特別な理由で規定胴付間隔を変える場合は、その寸法のディスタンスピースを用いる。）

③　水密機構部の接合

U形継手と同様の手順で行う

④　ロックリングの締付け

(イ)　ロックリングをセットボルトで締付ける。

セットボルトを締付ける順序は、ロックリングの分割部と反対側から順次分割部に向ってさし口を抱きしめるように締付ける。セットボルトの締付けは、ロックリングの内面が確実にさし口外面に接触するまで行う。接触後はセットボルトに過大な力をかけてはならない。

(ロ)　セットボルトを全部締付けた後、ロックリング内面が全周さし口外面に接触していることを確認する。

（一応の目安としては、ロックリング内面とさし口外面の隙間が1㎜以上あってはならない。）

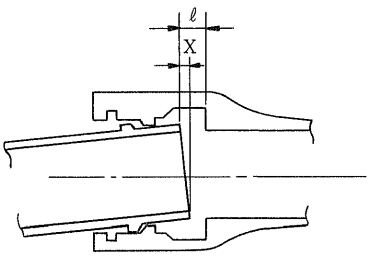
⑤　モルタル充填(押輪と受口底部の間)

⑥　曲げ配管の場合

曲げ配管する場合の継手の許容曲げ角度は表－21の通り。

表－21　許容屈曲角

口径 (mm)	許容曲げ角度	胴付間隔の差 (X mm)	許容ℓ (mm)	管1本当りに許容される偏位 (cm)	
700	2°30′	32	141	管長 4 m	17
				6	26
800	2°10′	〃	〃	4	15
				6	22
900	2°	〃	〃	4	14
				6	21
1000	1°50′	33	146	4	13
				6	19
1100	1°40′	〃	〃	4	11
				6	17
1200	1°30′	〃	〃	4	10
				6	15
1350	〃	36	153	4	10
				6	15
1500	〃	40	155	4	10
				6	15
1600	1°10′	33	156	4	8
1650	1°05′	〃	〃	〃	7
1800	1°	〃	〃	〃	〃
2000	〃	36	158	〃	〃
2100	〃	38	164	〃	〃
2200	〃	40	165	〃	〃
2400	〃	43	171	〃	〃
2600	〃	47	188	〃	〃

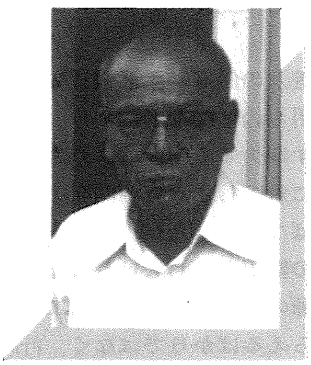


ダクタイル鉄管第27号

昭和54年10月

技術レポート ❶

洲本市上水道第６次拡張事業にT形管を使用した事例について



洲本市猪鼻第２ダム建設事務所長
新谷　修

１．はじめに

洲本市は淡路島の大阪湾側、島のほぼ中央に位置する人口約4万6,000人の淡路島の中心的都市である。本市では昭和48年から洲本市上水道第６次拡張事業として浄水場、水源池ダムの建設およびこれに伴う導水管、配水管の布設工事を行っているが、このたびこの導水管、配水管として口径300㎜、350㎜のＴ形ダクタイル管を使用したので、以下Ｔ形管の使用状況について報告する。

２．洲本市上水道第６次拡張事業の概要

本事業の概要を図－１に示す。

現在本市には、曲田山浄水場（処理能力１万2,000㎥/日、水源池：猪鼻・竹原水源池）、小路谷浄水場（2,000㎥/日、竹原水源池）そして鮎屋浄水場（2,500㎥/日、鮎屋ダム）などの浄水場があり、水道普及率は93％（簡易水道を含む）にも達しているが、本事業は現在の給水区域内における水圧低下、管末出水不良などの解消と配水量不足の解消を目的として、宇原浄水場、水源池（猪鼻第２ダム）を建設するものである。宇原浄水場の計画水量は、当初は3,900㎥/日であり、将来は1万3,000㎥/日にアップする予定である。宇原浄水場の設備を表－１に示す。宇原浄水場の取水は現在の猪鼻水源池（貯水量40万㎥）から行うが、将来の取水量増加に対処するため水源池の上流に猪鼻第２ダム（貯水量57万2,000㎥）を築造し供給する。

図－１　上水道第６次拡張事業概要

管路は、市の南西部にある猪鼻貯水池から市の西部に新設される宇原浄水場までの導水管（口径300㎜A形管、T形管、全長5,702m）と浄水場から市街地までの間の配水管（口径300㎜、350㎜T形管、口径450㎜K形管、全長1,358m）および浄水場から配水池を経て市の北部への配水管（口径300㎜T形管、全長1,430m）である。図－２に導水管布設ルート図を示す。

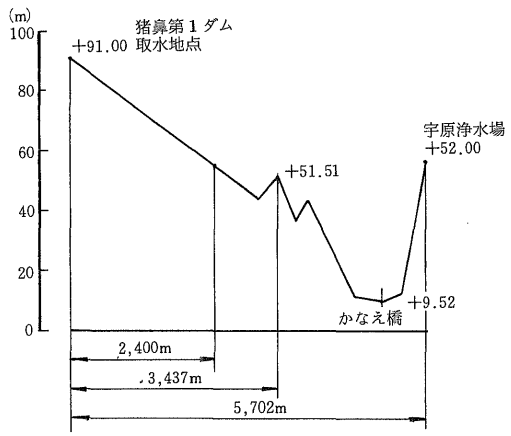
３．導水管管径の決定

本事業の導水量は3,900㎥/日であるが、次期拡張事業で約2,000㎥/日の導水量増加が見込まれることから、導水量は最大約7,000㎥/日になると考えられる。表－２に妥当と考えられる口径250㎜、300㎜、350㎜の３種類の管径により3,900～7,000㎥/日の間の４ケースの流量について水理計算を行った結果を示す。

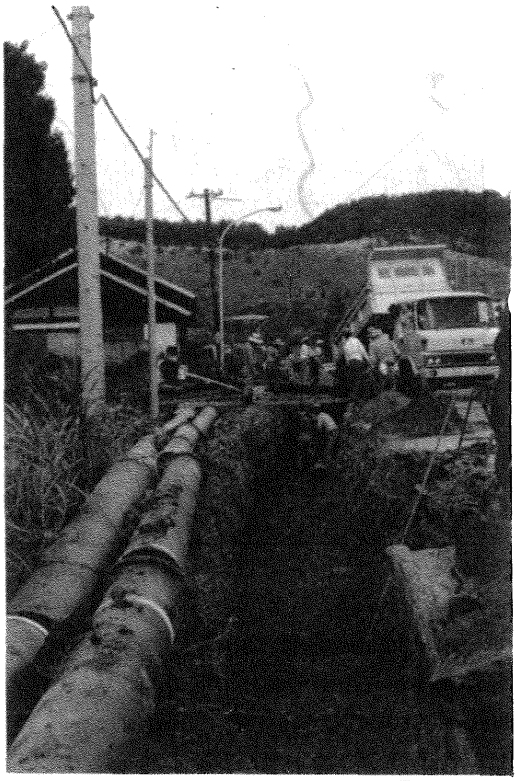
表－1　宇原浄水場計画設備

設備項目	規　　模	構　　造
着　水　井	——	鉄筋コンクリート 2.4×1.5×1.7m
凝　集　池	90m³、30分	上下う流式 12.5×3.75×2.1m
沈 で ん 池	630m³、3.5時間	横流式　3池 18.0×3.9×3.0m
急速ろ過池	13,000m³/日、v：120m/日	全自動式　3池 3.6×3.4×2.9m
塩 素 滅 菌	1,000g/時	真空自立型
配　水　池	518m³、8時間	鉄筋コンクリート 10.0×14.8×3.5m
送水ポンプ	18.5kw　3台　ϕ100	3段タービン型、予備共
送　水　管	ϕ200	ACP 995m
高層配水池	868m³、8時間	鉄筋コンクリート 20.0×11.25×3.86m

図－2　導水管布設ルート縦断図



表より管径250mmであれば導水量3,900m³/日の時は自然流下方式が可能であるが、将来における導水量の増加を考慮する時、取水地点と浄水場の高低差による自然流下方式は不可能となり、かならず中継ポンプ場が必要となる。次期拡張事業においても自然流下方式により導水するためには、水量に相当する管径が必要となり、水量の上限を7,000m³/日と設定すれば自然流下方式による最小の管径は300mmとなる。また維持管理上からも自然流下方式が



写真－1　宇原地区の布設現場

安全かつ確実であることから本導水管の管径は300mmに決定した。

表－2　管径決定の水理計算結果

管径	流量 (m³/日)	流速 (m/秒)	動水勾配 (‰)	全損失水頭 (m)	終点動水位 (m)	残存水頭 (m)
250	3,900	0.92	4.94	29.10	61.90	9.90
〃	5,000	1.18	7.83	46.12	44.88	——
〃	6,000	1.41	10.97	64.61	26.39	——
〃	7,000	1.65	14.59	85.94	5.06	——
300	3,900	0.64	2.03	11.96	79.04	27.04
〃	5,000	0.82	3.22	18.97	72.03	20.03
〃	6,000	0.98	4.52	26.62	64.38	12.38
〃	7,000	1.15	6.01	35.40	55.60	3.60
350	3,900	0.47	0.96	5.65	85.35	33.35
〃	5,000	0.60	1.52	8.95	82.05	30.05
〃	6,000	0.72	2.13	12.55	78.45	26.45
〃	7,000	0.84	2.83	16.67	74.33	22.33

（注）1.流量公式はハーゼン・ウィリアムス公式によりC=110とした。
2.最大静水頭81.48m

4．T形管採用理由

管路はダクタイル鋳鉄管を使用することにし、鉄管の受口は当初A形管を想定していたが、

①押輪、ボルトを使用せずコスト的に安価である。また、ボルトを使用しないのでボルトの腐食の心配がない。

②接合が簡単で工期が短縮できる。

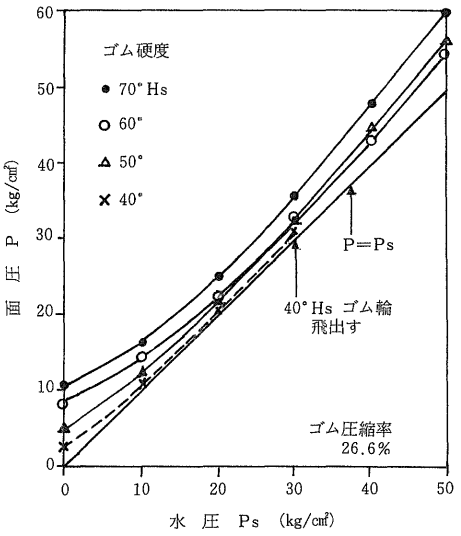
③ゴム輪のセルフシール効果により水密性に優れる。

などの理由によりT形管の採用を検討した。

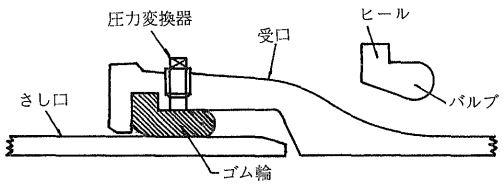
特に水密性については、T形継手はセルフシール効果によって水密性を保つ点がシール機構の大きな特長になっていることからT形継手の水密性のよさを確認した。T形継手のセルフシール効果とは、T形管の場合は継手を接合した状態においてゴム輪の硬度と圧縮率に応じた復元力（Po）がゴム輪の接触面に働いており、継手に内圧を加えるとゴム輪の内側から圧力が加わりゴム輪は内圧による圧縮を受け、さし口面および受口面にはこの圧縮力に見合う面圧（Pi）が発生することになる。したがってゴム輪に発生する面圧Pは、初期面圧Poと内圧が加えられることにより発生する面圧Piが、加算された面圧になると考えられ、Piは継手に加わる内圧が高圧であればあるほど比例的に大きくなる。

図－3に示すごとく、負荷水圧Psに比例的に面圧Pが上昇し、常にP＞Psの関係を保ち、初期面圧Po以上の水圧が負荷されても継手の水密性が得られる。

図－3　ゴム輪のセルフシール効果



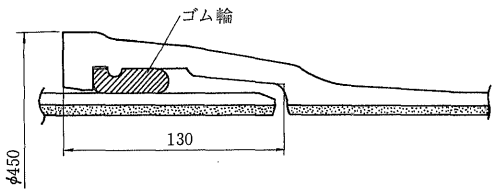
試験方法



このように継手にかかる内圧によりゴム輪の面圧が増大する現象をセルフシール効果という。

現在T形管はJWWAで口径75～250mmまでしか規格化されていないが、鉄管メーカーで口径2000mmまで規格化されており、海外への輸出実績があることからT形管の採用に踏み切った。しかし管路の輻輳している場所、管路長の短い部分についてはA形（口径450mm以上はK形）を使用した。図－4に口径350mmT形管の受口を示す。

図－4　口径350mmT形管受口



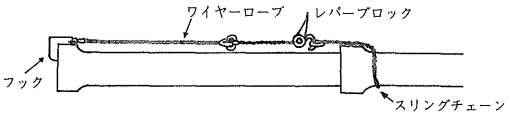
表－3　口径、管種別、管路長

管　路	口　径 (mm)	管　種	管路長 (m)
導　水　管	300	T形管	4,780
		A形管	922
配(送)水管	300	A形管	580
		T形管	1,258
	350	T形管	250

5．施工方法

口径300mm、350mmT形管の施工工事は本市でははじめてのため、鉄管メーカーに依頼し、施工に先立って配管技術講習を受けた。鉄管メーカーの仕様では接合器具としてレバーブロックを使用するようになっており（図－5）、工事業者と実際に接合してみたが簡単に接合できた。口径200mm、250mmもレバーブロックを使用した方がフォークに比べて楽に接合できるようである。

図－5　口径300mm、350mmT形管の接合方法



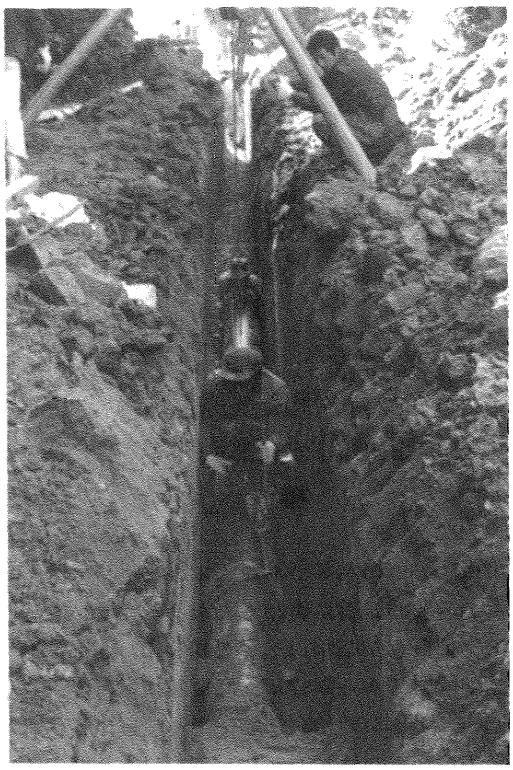
6．施工工事

配管施工工事はすべて地元業者に発注した。業者の技術力向上をはかる意味で工事中鉄管メーカーの技術指導を受けたが、工事業者は技術を十分修得し、今後は業者のみで施工工事に対処できる体制ができた。T形管管路の異形管部はA形管の異形管を使用し、抜出し防止策として離脱防止金具を使用し、22°½以上の曲り管にはさらにアンカーブロックを併用した。T形管の接合性は非常によく、継手1カ所の接合時間も口径300mmA形管が約25分であるのに対し、口径350mmT形管は約10分と、口径が大きいのにもかかわらずA形管の1/2.5の接合時間であった。

写真－2　口径350mmT形管の接合（第4工区）

この結果、最初に着工した口径300㎜A形導水管と口径350㎜T形配水管が並列に配管されている第4工区では、管布設工事が最初計画していた2週間に対し約1週間で終了するなど、当初の計画に対し大幅に短縮された。

工事は7月末現在で導水管の第2、第3、第4工区は完了した。他の工区については間もなく着工し、現在建設準備中の宇原浄水場を含めて期内にはすべて完成の予定である。



写真－3　口径300㎜T形管の接合(第2工区)

7．管路水圧試験

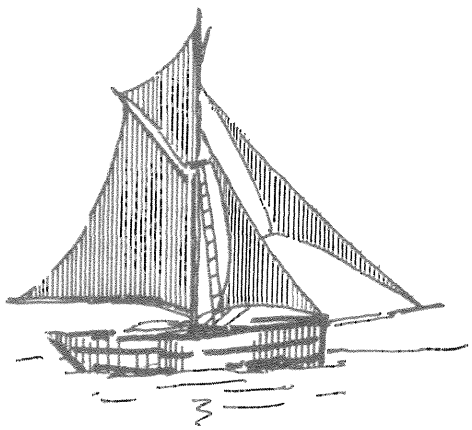
配管工事の完了した第2、第3、第4工区について管路の水圧試験を行った。

試験水圧は10kg／㎠で、水圧保持時間は12時間とした。水圧試験の結果、各工区とも保持時間後の水圧降下は0.1～0.2kg/㎠であり、T形管、A形管とも問題のないことを確認した。

8．むすび

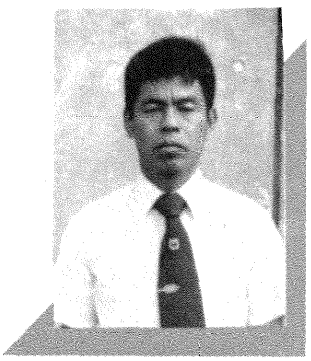
本市において口径300㎜、350㎜T形ダクタイル鋳鉄管を使用したのは今回がはじめてであったが、施工性、水密性、経済性については十分満足すべき結果が得られた。

本市では、今回の第6次上水道拡張事業に引続いて第7次拡張事業を予定しているが、その時もT形管の採用を積極的に検討したいと考えている。



技術レポート❷

下水道汚水圧送計画とダクタイル鉄管



川口市下水道部推進課長
椿　　衛

1．はじめに

下水道の計画汚水量は、常に上水道給水計画にリンクして決定してきた。ところが、地域社会の発展の速度、経済および産業構造の変遷などに大きく左右され、計画人口の超長期の推定値に誤差が生じたり、下水道の管きょ整備が進み、水洗化が普及するにしたがい給水量が増大した。すなわち計画汚水量の原単位の想定の誤差である。本市においても、この現象が顕著に表われてきた。すなわち、第１期計画が昭和14年から同30年、第２期計画が同31年から同37年、以後逐次拡張計画を進めているが昭和34年処理場運転以来、汚水量の増加に対処してきたところであるが、昭和47年頃より過負荷が時々生じるようになった。そこで再度処理場の拡張を立案し検討したが、当時流域別下水道整備総合計画の策定

表－１　計画汚水量の変化　　単位：ℓ/人/日

	昭和14年	昭和37年	昭和44年	昭和47年	昭和54年
日平均汚水量	140ℓ	——	350ℓ	360ℓ	540ℓ
日最大汚水量	——	250ℓ	500ℓ	500ℓ	650ℓ
時間最大汚水量	210ℓ	——	600ℓ	620ℓ	820ℓ

（注）1．昭和14年　第１期計画。
2．昭和37年　処理場増設。
3．昭和44年　流域下水道関連区域。
4．昭和47年 〃 54〃 } 流域別下水道整備総合計画に整合。

中であったために、この計画に沿って考えた場合、単独処理場の拡張よりも流域下水道への処理区の変更を検討した方がより合理的であるとの県、本省などの助言を得たので、既設単独処理区の流域下水道処理区への処理区の変更に踏切ったわけである。

流総計画によれば、領家単独処理区1,160ヘクタールはすべて荒川左岸南部流域下水道処理区に変更する方針である。処理区の変更に伴って汚水の流下幹線のルートや配管計画が立案されるわけであるが、荒川処理センターの位置に対して地勢は逆勾配であること、既成市街地であるため地下埋設物が輻輳していることなどを考えた場合、自然流下による配管が非常に困難である。自然流下の場合、トンネル工法などを用いるにしても立坑設置そのものができない道路状況にあり、さらに管径も大きくなるため占用位置が確保できない。これがために圧送による方法を検討した次第である。

汚水の圧送に対する中継ポンプ場の配置計画とポンプの揚程および管内圧力の関係、さらに使用する配管材料の選択と具体的な実施段階となって種々比較検討を行ってきたところである。

2．圧送配管材種の選択

汚水圧送計画の中で使用する管きよのルートおよび中継ポンプ場は図－1に示した通りであるが、圧送管の内径および延長は下記のごとくである。

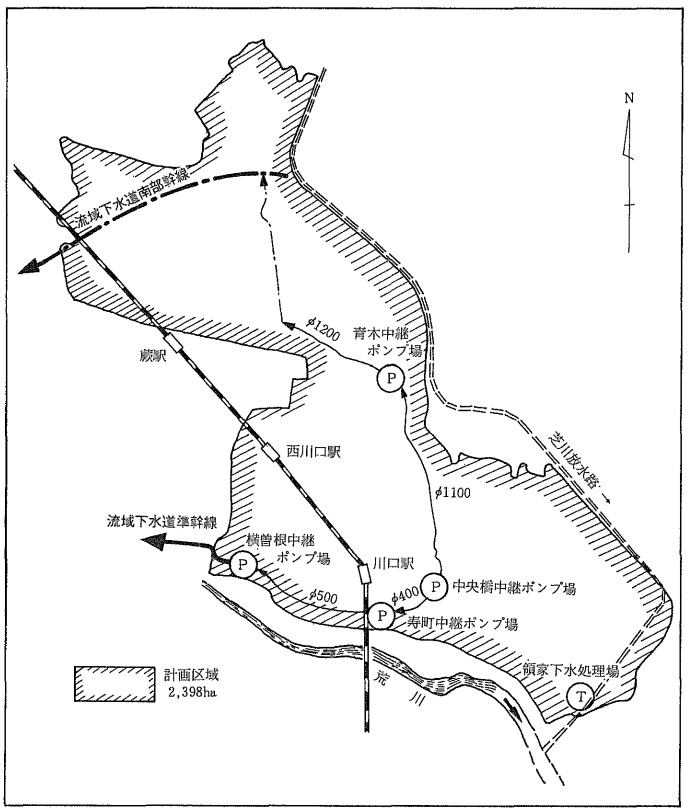
寿町中継ポンプ場⟶横曽根中継ポンプ場
ϕ＝ 500mm　ℓ＝1,900m

中央橋中継ポンプ場⟶寿町中継ポンプ場
ϕ＝ 400mm　ℓ＝ 900m

中央橋中継ポンプ場⟶青木中継ポンプ場
ϕ＝ 1100mm　ℓ＝3,300m

青木中継ポンプ場⟶竪前橋
ϕ＝ 1200mm　ℓ＝1,600m

図－1　汚水圧送計画図



これらは計画に沿って現在実施中である。圧送管は常識的には鋳鉄管がその使用実績も古く一般的となっているが、建設資材が多様化している現在では、新しい管材の使用についても下水道汚水という特殊性を考え、比較検討することも必要と思われた。そこでまず使用可能と思われる管材として次のものがあげられる。

①鋳鉄管（ダクタイル鋳鉄管）
②ＰＣヒューム管
③鋼管
④強化プラスチック復合管

比較検討すべき要点としては、下記の項目とした。

①強度
②耐久性
③経済性
④継手
⑤施工性
⑥維持管理の対応性

強度については外圧、内圧ともに十分に耐えるものを使用するのでそれぞれ大差はないが、ＰＣヒューム管と強化プラスチック復合管については実績が少ない点があげられる。

耐久性については、下水汚水であるので腐食に対する問題と、その老化速度が重要なポイントとなる。特に強化プラスチック復合管についての長年月における風化や組成変形の実態は不明である。塩化ビニールのように風化の影響を受ける可能性は十分ある。水質に対する耐食性については各種のライニングを行えば各管種とも大差はなくなる。ＰＣヒューム管については汚水圧送管としての実績が乏しい。鋼管については継手溶接部の現場塗装が懸念される。

経済性については、総合建設費について比較した。実際の施工の際には異形管の使用数で多少の変動があった。またライニングについても、モルタルライニングかタールエポキシかで大きく変化する。タールエポキシは施工時に傷が付きやすいのが欠点である。

継手については、ＰＣヒューム管が水密性について一番劣るものと推測される。また強化プラスチック復合管については、塩ビ管同様に埋戻し時に変形しやすくソケット側とさし口とでたわみ量が異なる欠点があると推測される。いずれも実績が少なく、これらの点の解明が必要である。鋼管は溶接が完全であれば高い水密性が得られるが、溶接カ所ごとのレントゲン検査を実施すると施工時間、検査費用などの問題が大きなウエイトを占めることとなる。ダクタイル鋳鉄管のＫ形継手は高い水密性を有するとともに地盤の不等沈下に対して可とう性を有し、管体に無理な応力が発生せず、伸縮性を有するため伸縮を無理なく継手で吸収することができる。

施工性については、鋼管の場合は溶接接合であるため降雨や湧水などに対しては作業が不可能となることが多くなると推測される。特に掘削内の湧水は完全に排除する必要があり、湧水の多い低湿地帯では十分考慮する必要があろう。

維持管理の対応性については、今後長年月の使用にあたってトラブル発生の少ないもの、

表－2　圧送管材の比較

	ダクタイル鉄管	ＰＣヒューム管	鋼管	強化プラスチック複合管
1.強度	◎	○	◎	○
2.耐久性	◎	○	○	△
3.経済性	△	◎	○	△
4.継手	○	×	◎	△
5.施工性	○	○	△	◎
6.維持管理の対応性	◎	×	○	×
評価	A	D	B	C

また事故発生時の緊急処理ができるかどうかである。幸いダクタイル鋳鉄管は規格品として在庫品が多いこと、さらに上水道管としての長い実績がある。この点ＰＣヒューム管や強化プラスチック復合管については使用実績が乏しく、緊急時の対応性についても未知数である。

以上６点についての検討結果をまとめると表－２のようなものが考えられる。総合的な評価の結果からみて、ダクタイル鉄管を採用することに決めた次第である。

３．設計施工の留意点

前記のごとく、過去における使用実績などから鋳鉄管（ダクタイル鋳鉄管）に対する信頼性が高いことが総合的に判明した。しかしながらすべてに優れているわけではない。特にダクタイル鉄管においては経済性が劣っている。そこで今回使用予定のものについての管厚の決定計算を行って管種を適確に選定する必要がある。

１管厚決定の計算例

昭和53、54年度と実施および実施中の内径1100㎜の管厚決定の計算結果は次の通りである。

(1)設計条件

口径1100㎜

静水圧Ps＝３kg／㎠

衝水圧Pd＝1.5kg／㎠

土被りH＝３m

掘削幅B＝2.4m

路面荷重20tトラック２台平行同時

土の単位重量γ＝1.8t/m³

土の内部摩擦角ϕ＝25°

管底支持角　2θ＝60°

(2)設計計算

(a)土被りによる土圧

土被りが大きい場合はヤンセン公式が実際とよく合致するのでこれを用いる。

ヤンセン公式

$$W_f=\frac{\gamma}{2K\tan\phi}\left(1-e^{-2K\tan\phi\frac{H}{B}}\right)\times B\cdots(1)$$

W_f＝土被りによる土圧　kg/㎠

γ ＝土の単位体積重量＝

1.8×10^{-3}kg/㎤

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

H ＝300cm　B ＝240cm　ϕ ＝25°

式(1)に代入するとW_f＝0.43kg/㎠

(b)路面荷重による土圧

ブーシネスク式を用いると

$$W_t=1.5\cdot\alpha\cdot P\cdots\cdots(2)$$

W_t＝路面荷重による土圧kg/㎠

α ＝管口径、土被り深さにより定まる係数、この場合

$\alpha=1.256\times10^{-5}$㎠

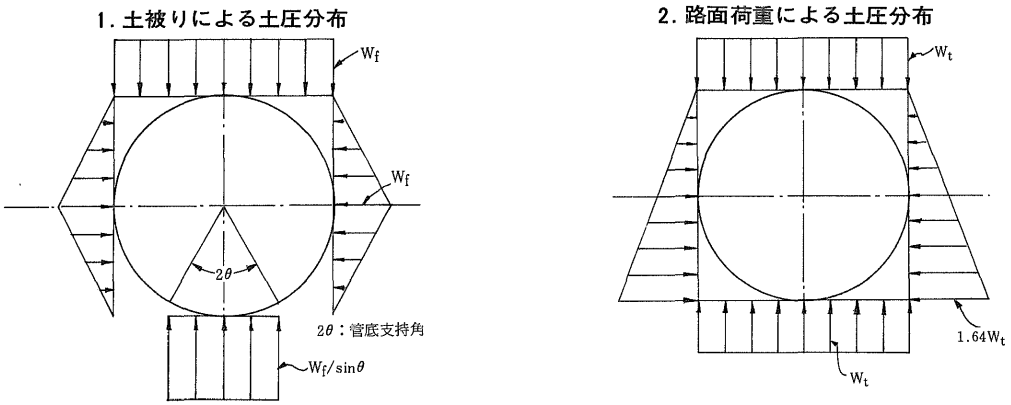
P ＝トラック１後輪荷重＝8,000kg

1.5＝衝撃係数

式(2)に代入するとW_t＝0.151kg/㎠

(c)土圧分布および係数　K_f、K_t

図－２　土圧分布図



(a)、(b)で求めた土圧W_f、W_tが管体にどのように分布するかを図－2のように仮定する。管底支持角は$2\theta=60°$とする。この場合、管底側の方が大きな値となるのでこれを用いて、この時の係数はそれぞれ下記の値となる。

$K_f=0.223$

$K_t=0.011$

(3)管厚決定

日本水道協会規格（JWWA）G 105のダクタイル管管厚計算式を用いて行った。

管厚t(mm)は

$$t=\frac{1.25Ps+Pd+\sqrt{(1.25Ps+Pd)^2+\frac{8.4(K_f\cdot W_f+K_t\cdot W_t)\times S}{2S}}}{2S}\times D\cdots(3)$$

$Ps=3\ kg/cm^2$（静水圧）

$Pd=1.5kg/cm^2$（衝水圧）

$K_f=0.223$（土被りによる土圧分布により定まる係数

$W_f=0.43kg/cm^2$（土被りによる土圧）

$K_t=0.011$（路面荷重による土圧分布により定まる係数）

$W_t=0.151kg/cm^2$（路面荷重による土圧）

$S=40kg/mm^2$（ダクタイル鋳鉄の引張許容応力度）

$D=1100mm$（管口径）

式(3)に代入してt＝8.63mmとなる。実際の使用にあたっては、さらに次のことを考慮した。すなわち腐食代および鋳造公差余裕代を加えて管厚Tを決める。

$T=(t+2)\times1.1$

$=11.7mm$　すなわち腐食代＝2mm

鋳造公差余裕代

tの10％を見込む

したがって11.7mm以上の管を選択すれば十分安全である。すなわち4種管T＝13mmと決定した。

(4)たわみ

汚水の圧送ということから、管内面にセメントモルタルライニングを施し、防食対策としているが、管体のたわみによりモルタルライニングに「クラック」が入るかどうか問題である。そこでたわみ量についてチェックする。

(a)土被りによる垂直たわみδv

$$\delta v=K_1\frac{W_f\cdot R^4}{E\cdot I}\cdots\cdots(4)$$

(b)路面荷重によるたわみ$\delta v'$

$$\delta v'=K_2\frac{W_t\cdot R^4}{E\cdot I}\cdots\cdots(5)$$

W_f＝土被りによる土圧$=0.43kg/cm^2$

W_t＝路面荷重による土圧$=0.151kg/cm^2$

R ＝管半径＝55cm

E ＝ダクタイル鋳鉄のヤング率$=1.6\times10^6kg/cm^2$

I ＝管長1cmあたりの断面2次モーメント$=\frac{t^3}{12}cm^3/cm$

K_1＝埋戻し土による直径たわみに対する係数＝0.100

K_2＝活荷重による直径たわみに対する係数＝0.03

式(4)(5)にそれぞれ代入して$\delta v=1.8cm$

$\delta v'=0.19cm$

総たわみ量$\delta=\delta v+\delta v'=1.99cm$となる。

直径たわみ率$V=\frac{\delta}{2R}\times100\cdots\cdots(6)$

は1.81％となる。セメントモルタルライニングにクラックが入るのは直径たわみ率3％相当で生じるといわれているので、この場合ではライニングを損傷する懸念はない。

2軟弱地盤対策

本市の地勢は、一部の台地を除き沖積層からなる軟弱地盤である。また地下水の汲揚げによる地盤沈下は過去17年間に最大1,494mmの沈下が観測された。この結果からみると極小地域内においても沈下量に大きな変化がある。すなわち表層圧密と深層圧密とがあって、沈下量に差が生じたものと推測される。このことから判断して管路全体への影響を考慮してK形継手を用いた。また旧市街地内での施工であり種々の地下埋設物が輻輳しており、これが支障となり異形曲管による支障物件の迂

回が多く生じる。この曲管部の離脱防止のためのコンクリート防護が十分できない。その大きな理由は、防護用のコンクリート自体が沈下すること、ほかの地下埋設物件があたるため所定の防護コンクリートの設置が不可能な場所が多いこれらの問題に対処して曲管部継手の要所要所に離脱防止用の特殊押輪を使用した。

特殊押輪を使用することによる利点として

①地盤軟弱による不等沈下にある程度対処すること。

②他工事による地盤の移動、または露出時の被害の防止。

③車両の大型化に伴う衝撃荷重にある程度対処する。

④管自体の重量による呑み込みのズレ防止。

などである。管布設後の埋戻しには砂を使用し十分な突固めを行っているが、埋戻し後受動土圧は3カ月くらい期待できないので、離脱防止用特殊押輪の使用は事故防止対策としての効果が期待できる。

3防食対策

内面防食については特に下水汚水であり、その対策としてモルタルライニングを採用したが、異形管についてもモルタルライニングを施し、使用材料の均等性を考慮した。しかしながらメーカー側もあまり実績がないので内径500mm以上の管で使用することとした。これの製作については細心の注意を払った。特に仕上げはすべて人力で行うことと、養生時における急激な乾燥防止、さらに剝離事故については十分な管理と検査によってこれを防止した結果、製品については十分満足できるものが製作された。

外面防食については、従来通りタールエポキシ系の塗装とした。

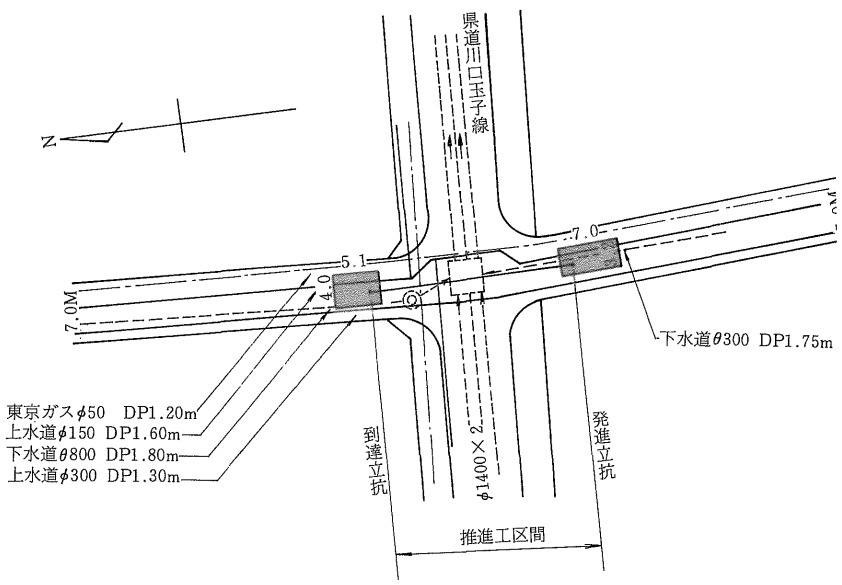
4．特殊工法とその対応

現在計画中のルートで数カ所開削による施工がどうしても不可能な箇所があり、これの施工に推進工法を用いて施工する計画とした。

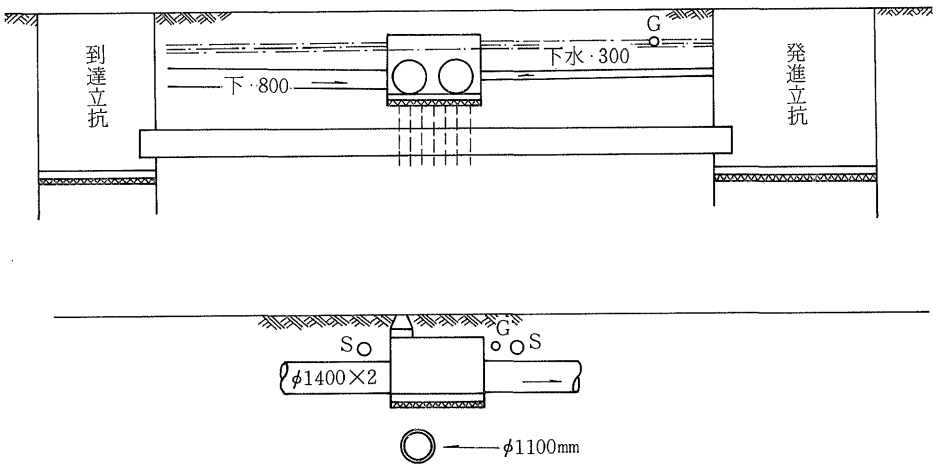
工業用水道などではよくさや管を用いているが、経費増となるため本管を直接推進することとした。幸い推進用のU—D形ダクタイル管がすでに開発されているのでこれを用いて実施した。図—3が昭和53年度に推進工法で施工した箇所の平面図、図—4が断面図である。また写真—1が現場全景、写真—2が管接続中のU—D形ダクタイル管である。

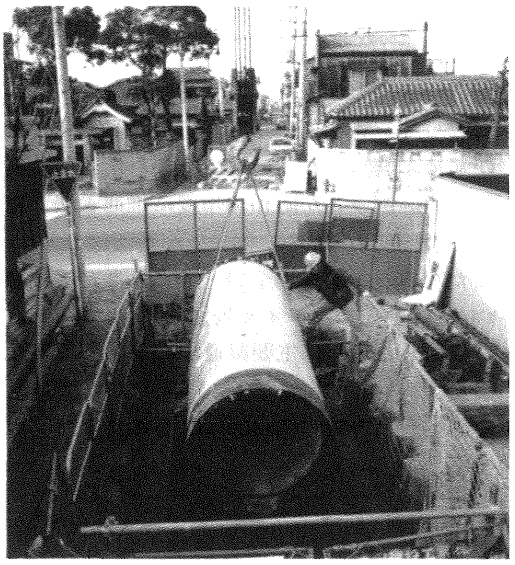
横断した道路は主要県道川口玉子線で日交通量は約14,000台である。さらにここでは既設の下水道幹線内径1400mm2条の特殊マンホ

図—3　平面図

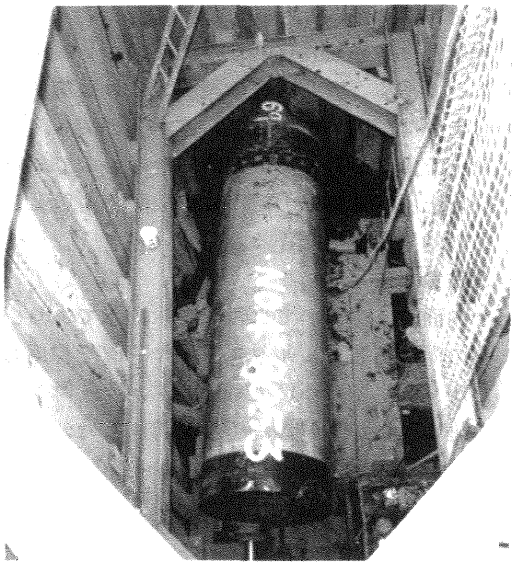


図－4　断面図





写真－1



写真－2

ールの真下を通るが、昭和30年以前に施工したもので、資料は焼失し施工中にマンホール下で木杭にあたってはじめてマンホールの基礎に木杭が使用されていることが判明した。この木杭を5本切断して無事推進が完了した。

推進に必要な推進力について求めると、概略は次の通りである。

①管の先端抵抗＝P_1（ton）

$$P_1 = S \cdot qr \quad \cdots\cdots(1)$$

ただし、S＝刃口の周長（m）
＝3.95m
qr＝刃口の単位長さあたりの抵抗力（t/m）

実験的に求めたqrの範囲

土　質	シルト質粘　土	砂　質シルト	中細砂	砂　礫	ローム
qr　t/m	4 ～ 9	5 ～10	5 ～15	10～15	5 ～10

土質は砂質シルトであるからqr＝10t/mとすれば、P_1＝39.5tonとなる。

②管周摩擦による抵抗＝P_2（ton）

$$P_2 = \mu_o \cdot Pm \cdot F \cdot \ell \quad \cdots\cdots(2)$$

ただし、μ_o＝管と土との摩擦係数＝0.2
（砂質シルト）
Pm＝管周平均土圧
（t/m^2）＝5t/m^2

F ＝管の単位長さあたりの外周面積(m²)＝3.95m²

ℓ ＝推進延長(m)＝24m

P_2＝94.8tonとなる。

③管の自重による摩擦抵抗＝P_3(ton)

$P_3=\mu_0 \cdot W \cdot \ell$ ……(3)

ただし、μ_0＝管と土との摩擦係数＝0.2

W ＝管の単位重量(ton)

ℓ ＝推進延長(m)

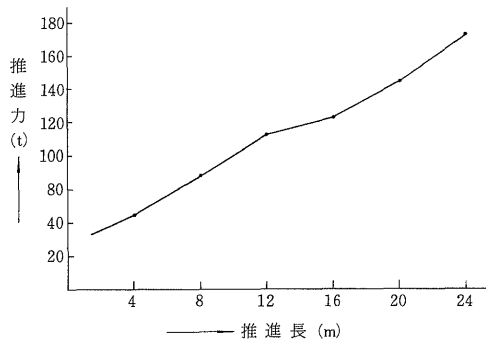
P_3＝4.59tonとなる。

④必要推進力P

$P > P_1 + P_2 + P_3 \fallingdotseq 140$tonとなる。

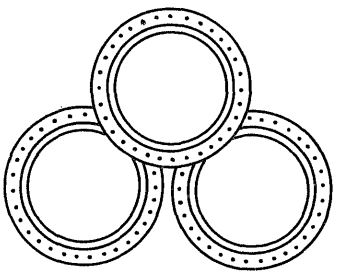
すなわちU－D形ダクタイル管の軸方向許容抵抗力660トンに対して十分安全である。図－5に推進延長と推力の関係を示すが、実際の推力と計算上の推力の差は2割程度であった。

図－5　推進長と推進力



5．あとがき

以上、汚水圧送用としてのダクタイル鉄管を使用する経過および設計、施工についてとりとめなく記述したが、従来鋳鉄管というとポンプ場におけるポンプ廻りの配管しか手がけていないわれわれ下水道関係者にとっては、まだまだ研究の余地が多く、問題点が残されている。特に今後の課題として、圧送ポンプの間欠運転に対する排気弁の単孔から双口排気弁の採用、汚水の吹出しによる空気弁室内の汚れ、吹出し空気による臭気および音、管内堆積土砂の除去がドレン管のみで十分かどうか、さらに掃除用としての点検口を一定間隔で設置する必要はないのかなど、今後管理面に十分注意を払ってまいりたい。計画通り全管路完成し通水するのは昭和56年4月の予定である。



技術レポート ❸

日野川農業水利事業第１号送水管路でのダクタイル管工事について

近畿農政局日野川農業水利事業所
所　　長　伊勢村正治
工事課長　中 村　　正
設計係長　中 川 泰 男

１．まえがき

日野川農業水利事業は、滋賀県湖東地域の日野川沿いに拡がる水田5,300ヘクタール、畑地250ヘクタールに対しほ場整備と用水補給を行うもので、水源として既存ため池および河川自流に加え、新たに日野川上流に蔵王ダムを建設するほか不足量を琵琶湖に依存する計画である。

琵琶湖からの逆送水は国営３カ所、県営２カ所の揚水機場により最大7.305㎥/秒の水を逐次配水しながら継送するもので、最末端へは30数km、標高差210ｍに達する。

本報告は、このうち第１段と第２段の揚水機場を結ぶ第１号送水管路について随所にダクタイル管を採用しており、その理由や施工上で生じた問題を中心に報告するものである。

２．地区の概要

本地区は滋賀県湖東平野の南部に位置し、受益地は琵琶湖岸の近江八幡市から上流に竜

王町、蒲生町、日野町と一市３カ町におよぶ。地形は東部の鈴鹿山系に源を発する日野川（本川）、佐久良川（支流）をはさみ、東西約35km、南北約７kmの帯状に拡がる丘陵および低平地である。

地質は、丘陵地帯は概ね古琵琶湖層群の礫、砂、粘土などを中心とする洪積層からなり、低地および谷地は概ね古生層および古琵琶湖層群の砕屑物よりなる沖積層から構成され、その厚みは谷地で１～５m程度、琵琶湖周辺で10～17m程度となっている。

気象は年平均気温14℃程度、降雨は年間1,400～1,500mm程度であり、流路長が約40kmと比較的短い日野川は流水量がきわめて少なく、一時出水の傾向が強く、夏季の常襲旱ばつに備え多数のため池が点在する地帯である。

３．事業の概要

概　要

本事業は、水田への用水補給と畑地かんがいを目的とする国営農業水利事業で、付帯事業として末端500ヘクタール未満を県営かん排事業で行うほか、同種の関連事業として県営ほ場整備事業15地区、県営農用地開発事業１地区が実施または計画中であり、異種の関連事業では琵琶湖総合開発事業が進行中である。

国営事業の市町村別受益面積は表－１の通りである。

表－１　受益面積表　　単位：ha

市町村名	水　田	畑　地 かんがい	計
近江八幡市	1,349	——	1,349
竜　王　町	1,219	101	1,320
蒲　生　町	1,205	——	1,205
日　野　町	1,527	147	1,674
計	5,300	248	5,548

本地区は隣接の野州川、愛知川流域が戦後いち早く土地改良事業に着手し、それぞれ成果をあげているのに対し、地形上水利の便に

表－２　主　要　工　事　計　画　表

工　　種	数　量	工　　事　　内　　容
別所頭首工	１カ所	洪水吐 1.7m×27m×１門、土砂吐 1.7m×11m×１門 取水量 0.94m³／秒
必佐頭首工	１カ所	洪水吐 0.94m×7.86m×１門 取水量 0.749m³／秒
蒲生頭首工	１カ所	洪水吐 0.95m×21.8m×４門、土砂吐 1.35m×10.7m×１門 取水量 1.095m³／秒
蓮花寺頭首工	１カ所	洪水吐 19.5m×18m×１門、土砂吐 2.15m×11m×１門 取水量 0.868m³／秒
蔵王ダム	１カ所	形　式：中心コアー型ロックフィルダム 堤　高 46.8m、堤　長 340m、堤体積 888,400m³ 総貯水量 4,720,000m³、有効貯水量 4,600,000m³
揚水機場	５カ所	第１段揚水機揚水量 7.305m³／秒（ポンプ合計６台） 〃　　全揚程 54m
第１号送水管路	２条 （並列）	口径 1800mm～700mm、延長 24.7km 最大通水量 7.305m³／秒、かんがい面積 4,541.9ヘクタール DIP、SP、FRPM、パイプライン
第２号送水管路	１条	口径 1500mm、延長 約8.7km 最大通水量 2.346m³／秒、かんがい面積 1,685.8ヘクタール DIP、PC、パイプライン
幹線用水路	３条	延長 6.8km 最大通水量 3.011m³／秒 ヒューム管、フリューム管

乏しく未開発のまま放置されていたもので、県下でも農業開発のもっとも立遅れた地域であったが、琵琶湖総合開発事業により琵琶湖から7.305㎥/秒の新規取水が可能となり、蔵王ダムで開発する1.456㎥/秒の水利と合わせてこの2つが本事業の中心水源となっている。

本事業は昭和47～48年度の全体実施設計に引続き、昭和49年10月日野川農業水利事業所を発足させ工事に着手した。

総事業費は現在161億5,600万円で、この間昭和52年度には一般会計から特別会計に移行され、昭和53年度までに約35億2,000万円の事業費（22％）を消化しており、事業は順調に推移している。

工事は現在のところ第1段揚水機場と第1号送水管路で下流中心であるが、昭和59年度の完了を目標に随時ダムおよび上流の水路、頭着工を実施していく予定である。

なお主要な工事の計画は表－2主要工事計画表の通りである。

4．第1号送水管路について

第1号送水管路計画概要

第1号送水管路は、第1段揚水機場と第2段揚水機場を結ぶ送水管路をいい、多段系（延長約16.2km）、管網系（延長約8.5km）の2条の管路からなり、そのルートは図－1の通りである。

多段系送水管路は最大3.813㎥/秒の補給水を第2段揚水機場に揚送するもので、口径1800mm～1650mmのダクタイル管、鋼管などからなり、途中の主要施設として日野川水管橋があるほか、要所に制水弁を設置する計画である。

管網系送水管路は琵琶湖から近江八幡区域の水田にポンプの圧力により直接配水するもので、口径1800mm～700mmの各種管からなり、主要施設として11カ所（3カ所は県営）の分水工があり、中央センターから遠隔制御する計画である。

なお、分水工以降の管網配管は県営ほ場整備事業で実施することとなっている。

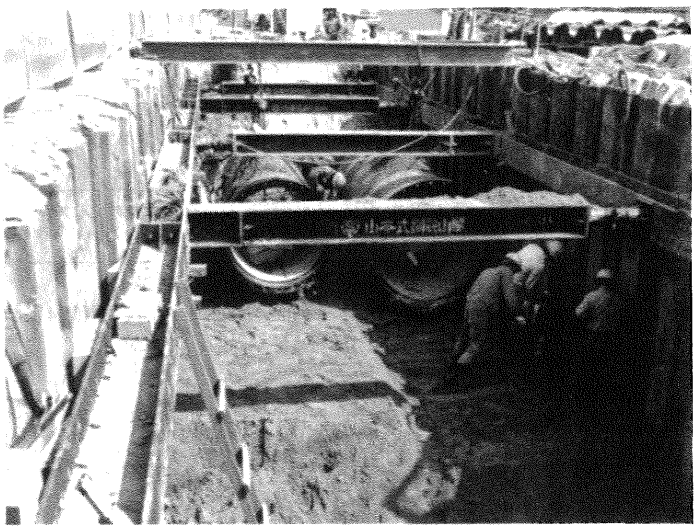
送水管路の工事は昭和51年1月に着手し、昭和54年8月現在までに約3.9km（16％）が完了している。

(1)馬渕工区について

①概要

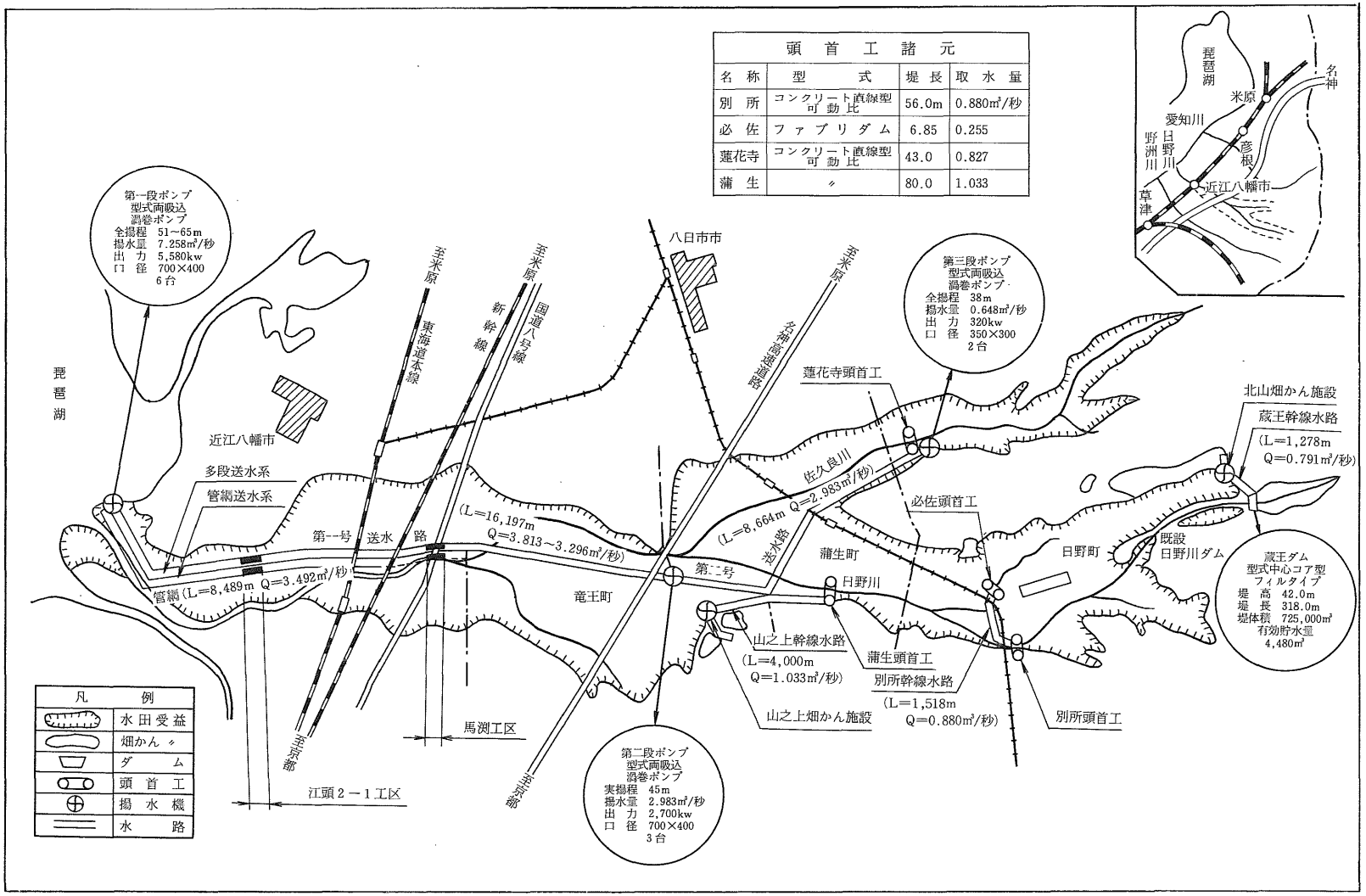
本工区は、滋賀県近江八幡市馬渕町地内に位置し、国道8号線を横断伏設する延長350mの管路工事である。

管路は多段送水系と管網送水系の2条を同時に布設する。国道8号横断部分およびその前後の住宅隣接地帯については、交通量並びに地下埋設物（水道管、電話線）などを考慮して推進工法とした。そのほかの部分はより経済的な開削工法とした。

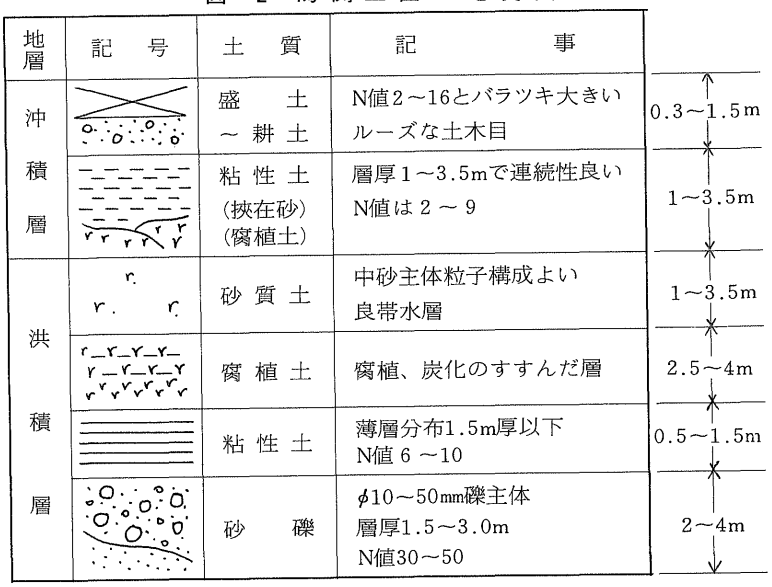


写真－1　基礎処理

図－1　日野川地区概要図


頭首工諸元
名称 | 型式 | 堤長 | 取水量
別所 | コンクリート直線型 可動比 | 56.0m | 0.880m³/秒
必佐 | ファブリダム | 6.85 | 0.255
蓮花寺 | コンクリート直線型 可動比 | 43.0 | 0.827
蒲生 | 〃 | 80.0 | 1.033
第一段ポンプ 型式両吸込 渦巻ポンプ 全揚程 51～65m 揚水量 7.258m³/秒 出力 5,580kw 口径 700×400 6台
第二段ポンプ 型式両吸込 渦巻ポンプ 実揚程 45m 揚水量 2.983m³/秒 出力 2,700kw 口径 700×400 3台
第三段ポンプ 型式両吸込 渦巻ポンプ 全揚程 38m 揚水量 0.648m³/秒 出力 320kw 口径 350×300 2台
琵琶湖
名神
米原
愛知川
日野川
野洲川
彦根
近江八幡市
草津
八日市市
至米原
東海道本線
新幹線
国道8号線
名神高速道路
多段送水系
管網送水系
第一号送水路
(L=16,197m Q=3.813～3.296m³/秒)
管網(L=8,489m Q=3.492m³/秒)
第二号送水路
(L=8,664m Q=2.983m³/秒)
佐久良川
蓮花寺頭首工
必佐頭首工
蒲生頭首工
別所頭首工
北山畑かん施設
蔵王幹線水路
(L=1,278m Q=0.791m³/秒)
既設日野川ダム
蔵王ダム 型式中心コア型フィルタイプ 堤高 42.0m 堤長 318.0m 堤体積 725,000m³ 有効貯水量 4,480m³
山之上幹線水路
(L=4,000m Q=1.033m³/秒)
山之上畑かん施設
別所幹線水路
(L=1,518m Q=0.880m³/秒)
竜王町
蒲生町
日野町
日野川
馬渕工区
江頭2－1工区
至彦根
凡例
水田受益
畑かん〃
ダム
頭首工
揚水機
水路

図－2　馬渕工区の地質図



②地質

本工区の地質は、地表から1m前後は礫優位の道路盛土または耕作土である。その下の層は地表から2m程度まで沖積層の粘性土であり、開削工法の管はこの部分に布設される。粘性土の下は洪積層であり、地質図のごとく層状になっている。推進管は沖積層と洪積層の接したところを折半して通る。また地表から約6～9mのところはかつて湖底であったことから腐植土層となっている。なお地下水位は地表下1m前後にある。(図－2参照)

③設計条件

設計条件は表－3に示す。

④推進区間の管種選定

イ．推進工法

推進工法にはさや管方式と直押し方式があり、両方式を比較検討した。さや管方式は図－3に示す通り2条共用のさや管を圧入後、それぞれの本管をさや管内に布設する。

直押し方式は図－4のごとく本管とし

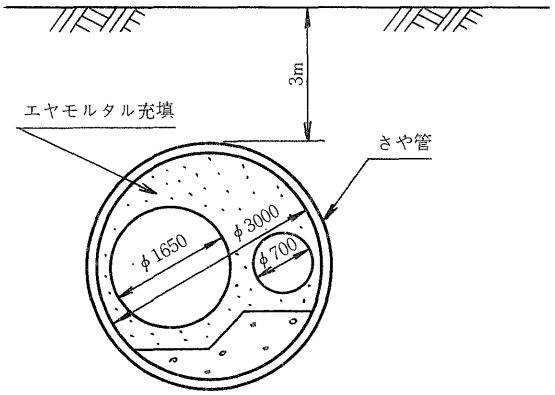
表－3　馬渕工区の設計条件

項目＼系統・区間	多段送水系		管網送水系	
	開削区間	推進区間	開削区間	推進区間
計画通水量	Q＝3.813m³／秒		Q＝0.570m³／秒	
設計水圧	P＝4.7kg／cm²		P＝4.5kg／cm²	
設計輪荷重	T－20　1台		T－20　1台	
土の単位体積重量	γs＝1.8t／m³		γs＝1.8t／m³	
土の内部摩擦角	φ＝30°		φ＝30°	
地盤の許容支持力	δRV＝15t／m²		δRV＝15t／m²	
施行延長(約)	256	94m	256	94m
土被り	1.5m以上	3m	1.5m以上	3m
管口径	1650mm	1650mm	700mm	700mmまたは800mm

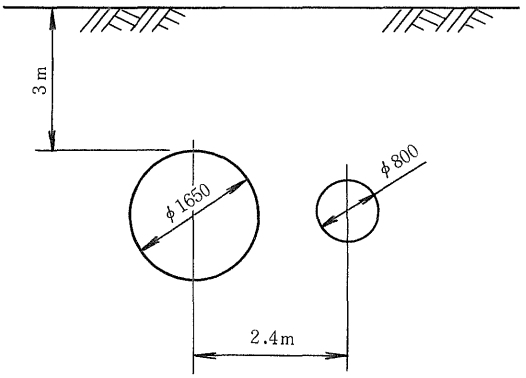
(注)　管網送水系の推進区間のダクタイル管口径は施工性から800mmとした。

て推進工法用パイプを使用し、別々に圧入する。図－５は両案共通の縦断面図である。

図－３

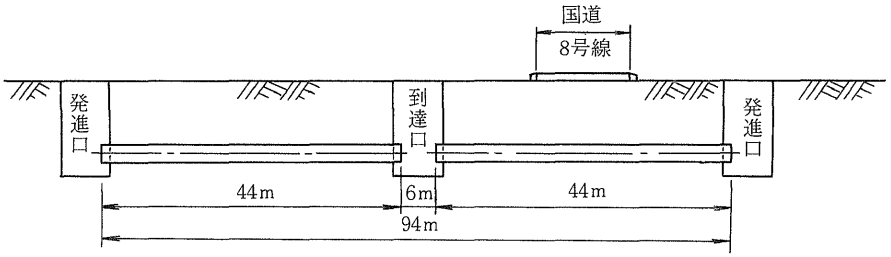


図－４



さ や 管：下水道推進工法用鉄筋コンクリート管
口径1650：鋼管
口径 700：強化プラスチック複合管
口径1650：推進工法用ダクタイル鋳鉄管
口径 800：〃
（注） 直押し方式には二重鋼管という案もあるが、経済性に問題があるので省略した。

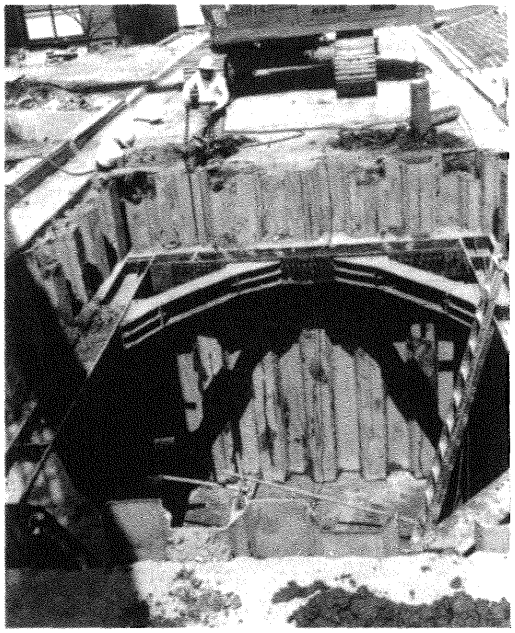
図－５　推進工法区間縦断面図



ロ．比較検討結果

さや管方式と直押し方式の比較検討結果を表－４に示す。

ハ．採用工法と管種



写真－2　推進工事(竪口)

工法としては、経済的で施工性がよく、工期も短い直押し方式を採用し、管種は多段送水系を口径1650推進用ダクタイル鋳鉄管、管網送水系を口径800推進用ダクタイル鋳鉄管とした。

⑤開削工法区間の管種選定

馬渕工区の開削工法並びに管種の選定経緯などは、次章の江頭２－１工区と概ね同様であるので報告を省略する。

⑥工事の結果

本工区は第１号送水管路馬渕工区工事として総工費２億880万円で、昭和53年２月～昭和54年７月に施工した。

推進工法区間は、管の両側に２ｍピッチでウェルポイントを配置し、地下水の低下をはかるとともに、ウェルポイントを設置できない国道下は発進口および到達口から水平ボーリングにより全断面に薬液を注入

表－4

項目		さや管方式	直押し方式
管材料	さや管	口径3000㎜推進用鉄筋コンクリート管	不要
	多段送水系	口径1650㎜鋼管	口径1650㎜推進用ダクタイル鋳鉄管
	管網送水系	口径700㎜FRPM管	口径800㎜推進用ダクタイル鋳鉄管
総推力	さや管	940ton	——
	多段送水系	——	463ton
	管網送水系	——	203ton
使用ジャッキ	さや管	150ton×８基	——
	多段送水系	——	100ton×６基
	管網送水系	——	150ton×２基
竪抗寸法		長6.25m×幅６m×深6.7m	長７m×幅5.6m×深５m
門形クレーン	さや管	20ton	——
	多段送水系	10ton	10ton
	管網送水系	3 ton	3 ton
支圧コンクリート寸法		幅5.5m×高６m×厚１m	幅5.45m×高3.8m×厚0.8m
工期		約３カ月	約２カ月
工事費（概算）		67,300,000円	49,200,000円
長所		①占用面積が少なく、１本にまとまる ②路体工と内圧管とは縁が切れる	①経済的である ②施工性がよい ③工期が短い
短所		①大口径のため施工はやや困難 ②直押しより不経済 ③総推力が大きく、支圧壁背後の地盤改良が必要 ④管底部の土層は腐植土のため沈下の恐れがある	①管網送水系の開削部との継ぎに口径800×700㎜の片落ち管が必要

した。

管の圧入に際し、径40～80cmの大量の埋れ木に遭遇し、支圧コンクリート壁を破壊するなど工事は難行したが、滑剤を注入しつつ１～４ｍ程度の日進度により貫通することができた。

途中心配された国道などへの影響も沈下量20mm以下と小さく、工事は無事竣工した。

(2)江頭２－１工区（第１～３ブロック）について

①概要

本工区は滋賀県近江八幡市江頭町地内に位置し、両側に人家が密集する地帯に新設される江頭農免農道の敷地内に布設する延長約328ｍの管路工事である。

管路は多段送水系と管網送水系の２条を同時に布設する。工法として推進工法および開削工法が考えられるが、推進の場合は排水による地盤沈下の恐れがあり、さらに管路の両側が住宅のため直線管路ができないなどの理由から開削工法を採用した。

②地質

本工区の地質は地表から0.8m前後は舗装と盛土である。その下の層は地表から４～７ｍ程度まで沖積層のシルト質粘土であり、管はこの部分に布設される。

シルト質粘土の下は洪積層であり、図－６のごとく複雑に変化している。なお地下水位は地表下１～1.5ｍにある。

図－６　江頭２－１工区の地質図

地層	記号	土質	記事	
沖積層		表土	レキ混り砂、砕石、角レキなど	0.8m
		シルト質粘土	非常に軟かい N値は１～４	1～7m
		砂	含水やや高い 細砂、中砂が主体 N値10～30	1～4m
洪積層		レキ混り砂	レキは円レキ３～15mm 含水やや高い 若干の腐植物混入 N値15～20	2～3m
		砂礫	含水中位 レキは円レキ25mm以下	

③設計条件

設計条件は表－５に示す。

④管種選定

管種選定にあたっては経済性、施工性の比較検討のほか住宅地なので施工速度も考慮した。

設計水圧が高水圧なのでＰＣ管は除外し、ダクタイル鋳鉄管、鋼管、ＦＲＰＭ管について検討した。

イ．管種選定のための比較検討

管種選定のための比較検討結果を表－６に示す。

ロ．採用管種

多段送水系口径1650mmは経済性、施工性ともにもっとも優れているダクタイル管を採用した。管網送水系口径1350mmはＦＲＰＭ管が安価となっているが人家密集地帯であるので施工性、継手の安全性など豊富な施工実績を考えてダクタイル管を採用した。

⑤開削工法に対する問題

イ．矢板の打設およびたわみによる人家へ

表－5　江頭２－１工区の設計条件

項目＼系統		多段送水系	管網送水系
計画通水量		Q=3.813m³/秒	Q=2.195m³/秒
設計水圧		P=7.5kg/cm²	P=7.0kg/cm²
設計輪荷重		T−20　1台	T−20　1台
土の単位体積重量		γs=1.7t/m³	γs=1.7t/m³
土の内部摩擦角		φ=30°	φ=30°
施行延長（約）		328m	328m
土被り	非住宅区域	1.7m	1.7m
	住宅区域	1.7m	1.7m
管口径		1650mm	1350mm
管長		4m	4m

（注）　本地区は切梁式の矢板掘削となる。
もっとも経済的な切梁間隔は検討の結果５ｍとなった。したがって管長をすべて４ｍとした。

の影響

本地区は埋設管の両側に人家が連続しており、矢板と人家までの距離は狭いところでは1.5ｍ程度である。

したがって矢板のたわみも相当あり、周辺地盤の変形の問題もある。また一般工法では騒音振動の問題がある。

さらに矢板を抜く時には不等沈下の問題も考えられる。これらの問題を解決するため、矢板打設には先にアースオーガーで穿孔し、矢板を押込む工法、いわゆる無振動無騒音打設工法を使用した。

矢板のたわみの問題には管の埋設深さを浅くしてたわみを小さくした（図－７参照）ほか、矢板抜きにより不等沈下が生ずる恐れがあるので家屋に近接している場合には、矢板は埋殺しとした。

表－６

項目	ダクタイル鋳鉄管	鋼管	FRPM管	備考
経済性	◎	○	◎	◎優れている
施工速度	◎	×	◎	○良い
継手の安全性	◎	◎	○	△普通
軟弱地盤適応性	◎	○	◎	×不向
耐震性	◎	◎	◎	
継手の可とう性	◎	△	◎	
掘削深さを最小とする（人家への影響）	◎	○	△	

写真－３　人家密集地区での矢板工

ロ．開削溝内の湧水に対する問題

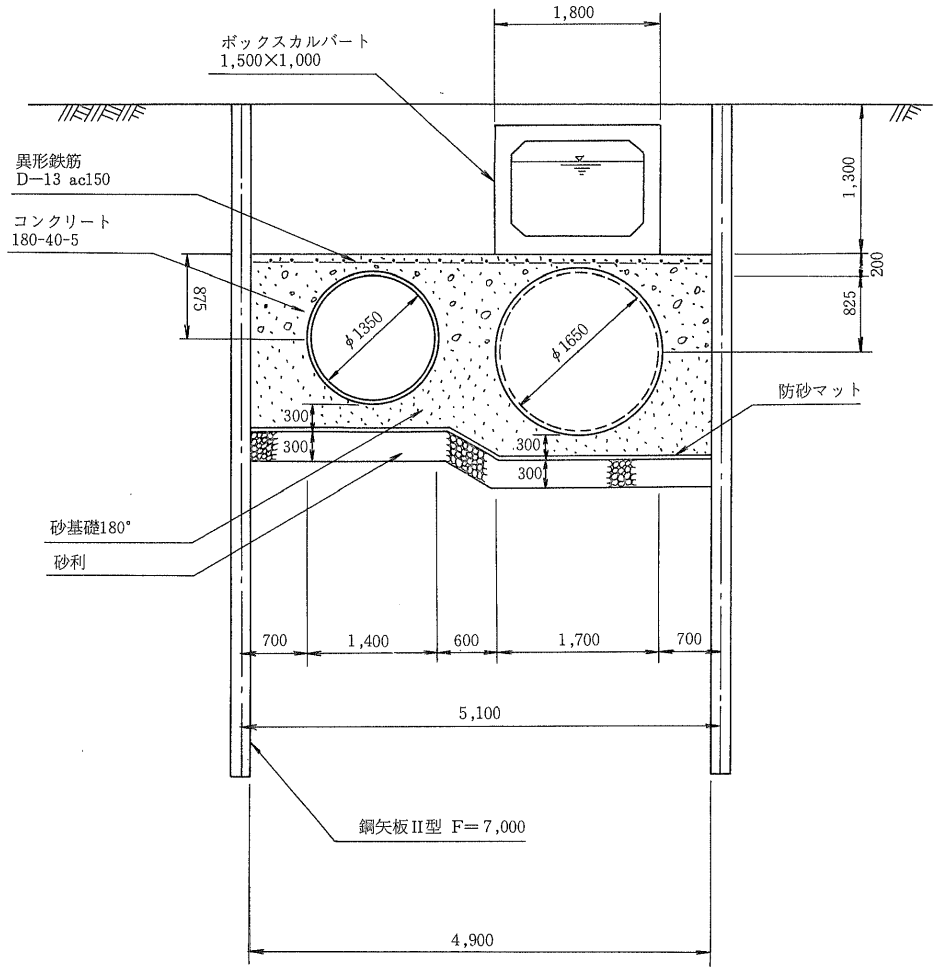
地下水位が地表下１ｍ前後と高い上、全体としてゆるい地層で、かつ縦断的にも連続性に欠ける面もあって掘削後は各所にボイリングを生じ、配管基礎砂を直接施工するには問題があった。

このため管底に口径40mm～100mmの栗石を30cm厚に敷きつめ、湧水処理のアンダードレーンをつくり、排水桝から水中ポンプで排水することとした。

アンダードレーンの表面には管底からの砂の流出による目づまりを防止するため防砂マットを布設した。

一方地盤沈下は排水量に比例して大きくなるので、排水量をできるだけ少なく

図－７　施工一般断面図



写真－４　湧水処理方法

しなければならない。このため延長15mの施工区間を設け、この区間を１日目に掘削と基礎処理を行い、２日目に配管と埋戻しを行い、排水量を最少に押えた。なお15mの施工区間は１日ずらして隣接の施工区間へと連続して全工区を施工した。（図－７参照）

５．おわりに

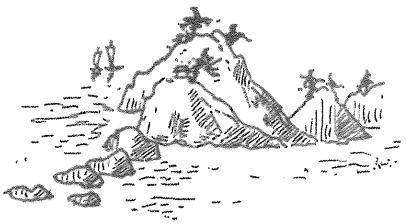
第１送水管路は大口径で高水圧である。地盤も軟弱なところが多く、特に安全性が要求される管路である。したがって管種の選定には経済性だけでなく、設計条件に基づき管体強度、継手性能および施工性について十分検討を行わなければならない。

また施工にあたっても状況にあった工法を選定することや管体基礎処理についても現場に適したものであることが望まれる。

本管路では住宅が接近した個所にダクタイル管を使用したが、１日約４本（16m）のペースで進み、施工性が優れている点が証明された。特に住宅地の屈曲部にはダクタイル管のＵＦ形継手を用いたが施工も早く、内面継手のため掘削幅も狭く施工できた。

ダクタイル管は配管後ただちに埋戻しが可能なため地下水の低下期間を短縮できるので人家の隣接する軟弱地盤地帯で有利と思われる。将来の地盤沈下や地震に対しても継手に伸縮可とう性があるので十分に順応するものと考えられる。

今後の計画に際しても、これまでの経験を生かして条件に適した管種、工法を使っていきたいと思う。

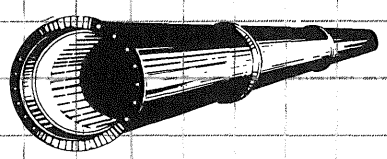


ダクタイル鉄管第26号

昭和54年5月

技術レポート❶

宮城県沖地震の被害と教訓について



前宮城県衛生部環境衛生課技術補佐
鈴木　繁

1．はじめに

水道の普及率が90％近くになり、大多数の人が水道を利用し、衛生的に安全な飲料水を使用する時代を迎えた今日、水道事業に課せられた課題は、残された未給水人口への普及を急ぐとともに、水道の広域化を押し進め、経営基盤の強化をはかり、もって水の供給の安定化と安全性の向上および料金格差の是正をはかることにある。

ところで、水道がこのように普及すると地震、渇水などで断水が起れば、たちまち日常生活はもちろん、都市活動全般に支障を生じ、長期化すればパニック状態を招くことは必至である。とりわけ水は、電気、ガスなどと異なり、代替性がなく、直接生命の維持に関係するだけに、地震などの災害対策の確立は、水道の体質改善が求められる今日、最優先して取組む必要がある。

しかしながら、水道施設自体をみるに、こうした緊急事態に対して万全の対応がとられているであろうか。大都市水道および最近特に騒がれている東海地震に関係する東海地方の水道を除いては、まだまだ関心が低く、特に中小規模上水道および簡易水道にあっては、技術的にも財政的にもまったく対応できかねるのが実態であろうと考えられる。

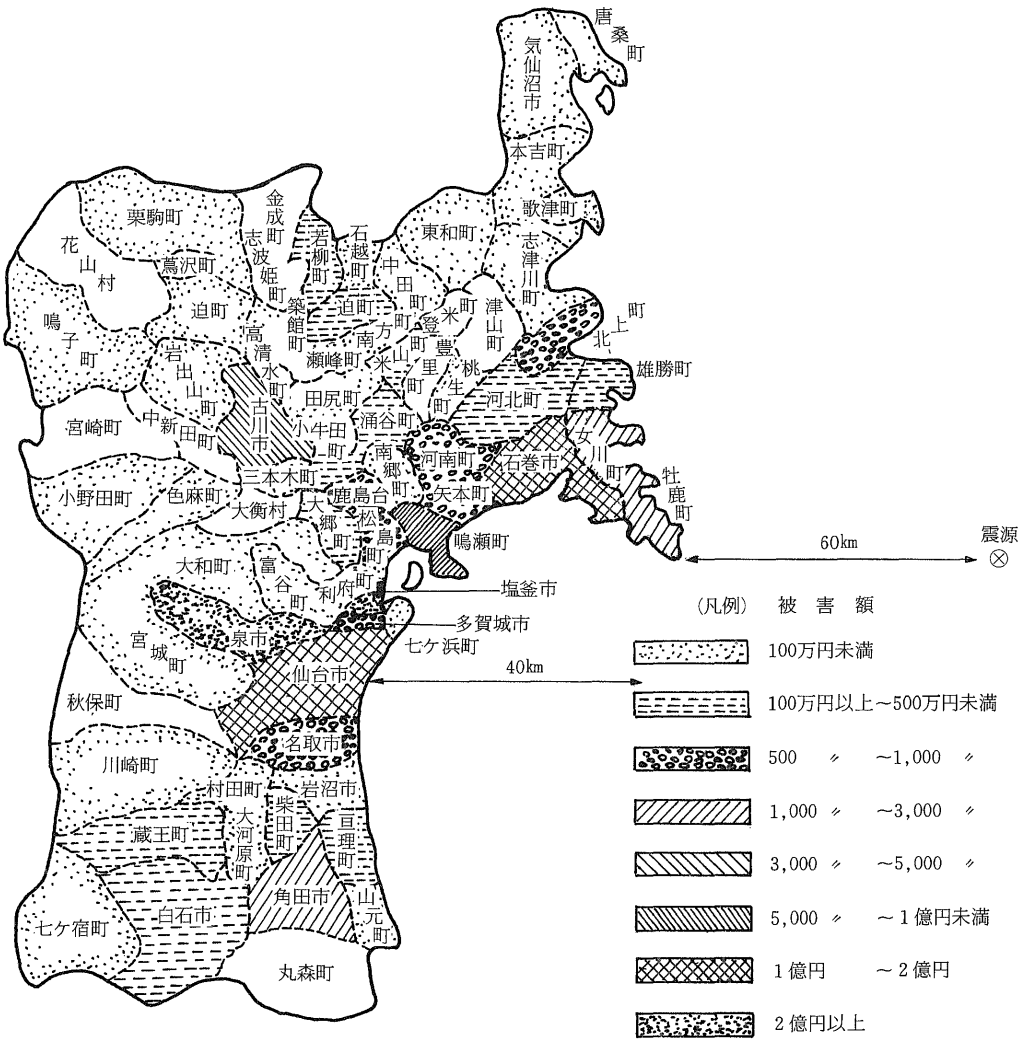
今回宮城県を中心に震度５、マグニチュード7.4の大きな地震があり、多数の水道で被害を受けたが、幸いにも短期間のうちに復旧し、事なきを得た。ここに、これまでの間に入手した資料および実際の被災地での実施指導を通して知り得たことなどを整理し、若干の考察をするとともに、今回の地震の教訓について触れることとしたい。

2．宮城県沖地震による水道施設の被害状況、断水状況など

水道施設の被害概要

1978年６月12日午後５時14分に発生した宮城県沖地震（M7.4、震度５、震源地は金華山沖60km、深度25～40km）による水道施設の被害は、県下74市町村のうち64市町村におよび、その水道種別内訳は上水道49、簡易水道41、飲料水供給施設１、専用水道２、水道用水供給事業２の合計95施設となっている。これは県内上水道52施設のほとんどが、また簡易水

図－1　水道施設被害状況（市町村別）



（53．6．30現在）

道204施設のうち約20％が被害を受けたことを意味し、震源地が金華山沖60km（仙台市より100km）のところで地震波が仙台湾沿岸を直撃したため、仙台市を中心とする都市部の水道で被害が大きく、個所的には多い農村部の簡易水道の被害がさほどなく、都市型地震の傾向を示している。本県では、昭和10年代および最近では、昭和39年の新潟地震以来の大地震であり、この間の都市化の進展が地震による被害をより大きくした要因とみられている。

報告のあった水道の被害状況をまとめると図－1の通りであり、被害額は約15億円と見込まれ、また各事業体別の個々の被害状況（建物などを除く）は表－1の通りである。

被害の状況を大きく、①建物などの構造物被害　②管路の被害　③その他（弁類、設備費）の3つに区分して、その状況をみると以下の通りである。

① 建物等構造物

水道施設の中でも基幹的施設である浄水場内の沈でん池、ろ過池ならびに送配水の要である配水池、ポンプ室などについては比較的被害が少なく、被害個所は表－2に示すように38カ所となっている。このうち鳴瀬町の小野配水池の倒壊が注目される。この配水池は小高い山の上（標高約45m）に設けられてお

表－1　市町村別配水管等の被害状況

事業体名	導・送・配水管被害件数						弁類			設備		
	ACP	VP	CIP	DCIP	SP	その他	制水弁	空気弁	消火栓	ポンプ類	メータ類	薬注施設等
白石市(上)		2			23		1		2	ポンプ電源切 1		
蔵王町(10簡水等)	1	8			6		3	1	3			
大河原町(上)	5	1			3							
村田町(上)	4	2			2							
柴田町(上)	12	25			2			1				
川崎町(上)	2	1										
岩沼市(上)		4										
大和町(上)	1											
富谷町(上)		4										
みやぎ台(上)		6										
泉市南光台(上)	210	36			103							
利府町(簡)	1											
七ケ浜町(上)	5											
桃生町(上)	3											
北上町(簡)		4										
女川町(1上水3簡水)	3		1		2						ベンチェリー 1	薬注4台
亘理町(上)	6	1										
涌谷町(上)	15	4	12							1		
田尻町(上)	1	1										除鉄機
小牛田町(上)	12	1	6						1			傾く1
三本木町(上)	4										1	
岩出山町(上)					2							
鳴子町(1上、1簡)	1	1			1							
小野田町(上)					2							
色麻町(簡)							1				1	
築館町(上)	1											1
鹿島台町(上)	9	7	1				1					
高清水町(簡)												除鉄機
瀬峰町(簡)	1	3										沈下1
若柳町(簡)					1					1		
栗駒町(上)	1	2										
石越町(簡)	1	6										
登米水道(企)	5	4	1		1							
東和町(簡)	4	3						1				
中田町(上)	1	4										ろかき
豊里町(上)	2	1										沈下1
南方町(上)	6	10			1		泥吐1					
気仙沼市(上)	2	1										
志津川町(簡)		1										
本吉町(簡)	2											
唐桑町(上)												
歌津町(上)	3					1						
登米広域(用)			2									
県企業局(用)	(管路の沈下8、配水池法面隆起1 水管橋護岸2ほか)											
大郷町(上)	8	4					3			2		
名取市(上)	46	5			2							

事業体名	導・送・配水管被害件数						弁類			設備		
	ACP	VP	CIP	DCIP	SP	その他	制水弁	空気弁	消火栓	ポンプ類	メータ類	薬注施設等
角田上(上)	16	1	3		2							
泉市(上)	67	45		6	3		仕切2 泥吐7	1				
松島町(上)	18	56		1	4							
多賀城市(上)			4	1	10			1		配電盤2		
塩釜市(上)	14		25		35	16	17		4			
石巻市(上)	25	6	13	11	6			1			流量計等 2	
河北町(上)	5	9		1								
矢本町(上)	20	8										
河南町(上)	47	9	3	4								
鳴瀬町(上)	37	7			7		1					
牡鹿町(3簡水)	5	9	1		1							
南郷町(上)	5				1							
古川市(上)	40	7	18	1	3					配電盤1	流量計1	
松山町(4簡水)	7	9										
若柳町(上)	1	7	3			4						
米山町(上)	21	4										
仙台市(上)	69	77	21	11	30	15	2		1		水位計1	バック槽1
合計	774	405	114	37	153	口径不明 21 35	39	6	11	9	9	9

(注) 6月末の災害報告による。一部その後の資料で修正。

り、昭和42～43年の国庫補助事業として県内最初につくられたＰＣ構造のもので容量785㎥で地震当時600㎥の水が貯留されていたが、地震の揺れのため倒壊し、中の水が一時に流出して山腹の木をえぐり取り、下のたんぼに達したが、幸い人がいなくて大事にいたらなかったのが不幸中の幸いであった。

次に目立つのがブロック造りのポンプ室や滅菌室の亀裂や倒壊で、屋根のスラブの重いもの、建設の際基礎工事が雑なものなどに被害が大きい。

また、浄水施設のうち傾斜板沈でん池が4カ所で被害を受けており、いずれも平板状のものであり、据付け金具の破損や傾斜板の屈曲が主たる被害である。

その他、地震にはつきものの配水池などの周囲の土盛りの沈下、それに伴う土留ブロック、石垣などの崩壊個所が7カ所ほどみられ、中には石垣、ブロックなどの高さ、勾配など構造に配慮の少なかったと思われるものがみられる。

②管　路

導・送・配水管の被害は、県下全体で約1,600余カ所におよび、地震の破壊力の強さを物語っている。施設別にみると泉市南光台水道（民営）350カ所、仙台市233カ所、泉市（上水道）121カ所、塩釜市90カ所、松島町79カ所、古川市66カ所、河南町63カ所、石巻市61カ所、名取市53カ所、鳴瀬町51カ所など、断水解消に日時を要したところでは被害個所も多い。

市町村より報告のあった「被害報告」をもとに管種別(導・送・配水管を対象)、口径別の被害個所（継手の離脱、管の折損）をみると表－3に示すように石綿管、塩ビ管、鋼管、鋳鉄管、ダクタイル鋳鉄管の順で被害件数が多い。口径別にみると石綿管は口径50～200㎜、塩ビ管では口径30～100㎜、鋼管では口径30～150㎜、鋳鉄管では口径100～300㎜のいずれも中小口径管のものに被害が多くみられる。

各管種別の被害状況を、(1)直管部折損、亀裂、(2)継手部離脱、亀裂、(3)分岐個所の破損、(4)異型管等個所破損の4つに大きく区分し、災害査定を受け被害個所に係る詳細な資料の整っている17上水道、4簡易水道について取

表－2　建物等構造物の被害状況

被害状況		施設名
取水施設	取水施設沈下	若柳町（上）
沈でん池	傾斜板屈曲破損	松島町　二子屋浄水場 多賀城市　新田〃 石巻市　蛇田〃 仙台市　中原〃
	亀裂が生じる	石巻市　大街道浄水場
	沈下により傾く	鹿島台町（上）
ろ過池	亀裂が生じる	牡鹿町（鮎川簡水） 仙台市国見浄水場他
	といの損傷	松島町　二子屋浄水場
	沈下により傾く	鹿島台町（上）
	周辺土留石垣崩壊	唐桑町（上）
	活性炭ろ過池 コンクリート基礎土台破損	松島町　二子屋浄水場
配水池	ＰＣ配水池倒壊	鳴瀬町（小野配水池）
	配水池に亀裂等	蔵王町（宮簡水、北原尾簡水）、鹿島台町（上）
	配水池周辺土留ブロック崩壊	女川町（わしの神浄水場）、泉市（旭丘、将監）、利府町（利府）、仙台市（安養寺、中山第２）、田尻町（上）
	沈下（古川市配水塔橋台）	蔵王町（休養村簡水）、古川市（上古川）
ポンプ室等	ポンプ室に亀裂	角田市（江尻）：（レンガ造）、雄勝町（東部、名振）、矢本町（上）、石巻市蛇田浄水場、泉市（将監、向陽台、赤生津）
	ポンプ室沈下	東和町（米谷簡水）
	メッキン室倒壊	蔵王町（北境）
	受水槽コンクリートブロック亀裂	涌谷町（上）

りまとめたものを表－４に示すが、これをみると石綿管では直管部の被害66％、継手部26％、その他８％、塩ビ管では直管部25％、継手部44％、分岐個所19％、その他12％、鋳鉄管では直管部34％、継手部44％、その他23％、ダクタイル鉄管では継手部58％、異型管部22％、その他20％、鋼管では直管部24％、継手部61％、その他15％となっている。なお、この集計の中には被害個所が350カ所におよんだ泉市南光台上水道（民営）分を含んでいないが、その被害が石綿管とねじ込み鋼管に集中していることを考えると上記の被害内容（石綿管と鋼管に対する）は、今回の地震での管路の被害状況をおおむね代表しているとみなせるであろう。以上のことから、各管種別の被害状況を要約すると、①石綿管は直管部の折損が主体で、ついでカラー継手の破損が多い（鋳鉄継手の被害は比較的少ない）、②塩ビ管はソケット部やチーズの亀裂についで直管部の亀裂・破損が多い、③鋳鉄管は印ろう継手の離脱が多く、次に直管部の破損が主体である。④鋼管は小口径管のネジ継手の破損が主体であるが、一方水管橋や橋梁添架管などでの伸縮継手の離脱、移動がかなりみられる。⑤ダクタイル鋳鉄管は、継手部の離脱移動が主体である。

上水道で管の被害個所が５カ所をこえる29事業体（当該水道における管種別延長を把握しているもの）について、各管種別の管路１km当りの被害個所を求めると、表－５－１の通りであり、総延長約4,475kmに対して被害個所1,481カ所となっており、１km当りの被害個

表－3　県下全域における導・送・配水管の管種別口径別被害件数（含継手離脱）（個所）

53年9月現在

口径＼管径	石綿セメント管	硬質塩化ビニール管	鋳鉄管	ダクタイル鋳鉄管	鋼管	その他	計
20mm		12					12
30		47			30		77
40		37			27		64
50	91	99			60		250
75	327	100	8	1	39		475
100	146	96	40	9	42		333
125	55	1			3		59
150	99	13	27	9	25		173
200	42		9	5	9		65
250	12		25	2			39
300	1		3	6			10
350							
400			1	2	4		7
450	1			2	4		7
500			1	1	1		3
550							—
600							—
650							
700					5		5
1100					4		4
計	774	405	114	37	253	55	1,638

所は平均0.33カ所となる。これを管種別にみると、SP1.24カ所／km、ACP0.48カ所／km、VP0.27カ所／km、CIP0.17カ所／km、DCIP 0.04カ所／kmの順で被害を受けやすいということになる。各都市毎に管種毎のkm当りの被害個所数に幅があるが、管種別のkm当りの被害個所の範囲はSP0～13.55、ACP0～5.19、VP0～6.15、CIP0～3.02、DCIP0～0.28となっている。

各管種について、さらに口径別に1km当りの被害件数を算定したのが、表－5－2であり、石綿管では、口径50mmと70mmのものが他の口径に比べて被害率が高く、塩ビ管は50～150mmまで（125mmは各管種とも延長が少ないので参考値と考える方が無難である）の各口径管の被害率に差がみられず、鋳鉄管については250mm、ダクタイル鉄管については100mmおよび400mmで若干被害率が高いほかは、口径管の被害率に顕著な差がみられない。鋼管については、50～400mmまで各口径とも被害率が高く、特に50～100mmについては1km当りの被害件数が2ないし3カ所強であり、被害率が非常に高い。小口径の鋼管はネジ継手のものがほとんどであり、仙台市の市ガスの低圧管が鋼管でネジ継手のものであったため被害個所が多く、復旧に1カ月半を要したのをみてもわかる通り、耐震性の観点から継手の改善が必要と考えられる。表－5－1および5－2ならびに前述した表－4は、土質条件や管種の構成比率を考慮して用いれば、震度5程度の地震時における管路被害の被害想定を行う場合や地震に備えて資材の備蓄をはかる際の参考となろう。

次に被害個所を県内全域を網羅した地質図（20万分の1）にプロットし、地質との関連について考察することとしたい。その前に宮城県の地形の概要（図－2参照）について以下に述べることとしたい。

宮城県は東北地方中部太平洋側に位置し、面積7,286km²で、その西側に奥羽山脈がそびえ、北東部には北上山地南部の丘陵性山地が南北に走り、その先端は牡鹿半島となって太平洋に突出している。また、阿武隈高地が県の南端を占めている。県中部の仙台平野は松島丘陵によって北の仙北、南の仙南平野に二分され、北は北上川、迫川、江合川、鳴瀬川の沖積平野、南は阿武隈川、名取川、七北田川の沖積平野となっている。仙北平野は低平で貝塚が内陸部の奥深くまで存在し、先史時代にはその一部が海であったとされており、昔は排水不良地帯が多く無数の沼が散在していたが、その多くは干拓されて今日に至っている。仙南平野は、阿武隈川水系の地域では盆地性であり、仙南、仙北とも各河川の下流の低湿地の干拓が古くから行われており、米作が盛んである。旧仙台市街は広瀬川（名取川水系）がはんらんした際の土砂からなる比較的地質良好な段丘堆積物の上に形成されたものである。以上の地形上の特徴をふまえて今回の地震による管路被害個所の分布を検討すると、被害個所は平野部では仙北平野一円、および旧北上川下流部、鳴瀬川沿岸地帯、松島町の干拓地、塩釜市の海岸埋立地、名取市の名取

表－4　主要17上水道、4簡易水道における導・送・配水管被害の内訳

区分／口径	ＡＣＰ（450カ所）				ＶＰ（279カ所）				ＣＩＰ（92カ所）				ＤＣＩＰ（36カ所）				ＳＰ（100カ所）			
	直管部折損等	継手個所	分岐個所	異型管等	直管部	継手個所	分岐個所	異型管等	直管部	継手個所	分岐個所	異型管等	直管部	継手個所	分岐個所	異型管等	直管部	継手部	分岐個所	異型管等
20mm						1														
30					1	9	0	0										1		
40					6	17	7	3										4		
50	66	27	1	0	28	41	24	10									8	15	5	3
75	84	29	3	6	23	25	12	11	2	10	1	2					3	5	1	3
100	82	24	5	1	12	25	10	7	14	6	4	12	1	5	1	5	4	6	0	1
125	18	18	0	3	0	1	0	0	1	1	0	0					0	4	0	1
150	21	6	3	2	1	4	0	1	9	6	0	2	2	3	1	2	6	1	0	0
200	23	12	2	3					3	5	0	0	0	2	1	1	1	6	0	1
250	4	1	0	5					0	9	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
300	1								0	3	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0
350																				
400									1	0	0	0	1	1	0	0	0	5	0	0
450	0	1	0	0									0	2	0	0	0	5	0	0
500													0	1	0	0	0	1	0	0
550																				
700									1								2	2	0	0
1100																	0	4	0	0
(計)	298	118	14	20	71	123	53	32	31	40	5	16	4	21	3	8	24	61	6	9
(%)	(66.2)	(26.2)	(3.1)	(4.4)	(25.4)	(44.0)	(19.0)	(11.5)	(33.7)	(43.5)	(5.4)	(5.4)	(11.1)	(58.3)	(8.3)	(22.2)	(24.0)	(61.0)	(6.0)	(9.0)

（注）1．異型管等とは、曲管個所、弁や消火栓との接続個所をいう。
2．管種が変わる個所の接続部は継手部とした。
3．チーズ、T字管、サドル取付け個所を分岐個所等とした。

表－5－1　主要上水道の管種別kg当り被害個所

(53.6月末) 単位：個所/km

管種 / 事業体名	CIP	DCIP	SP	ACP	VP	その他
塩釜市	0.23	0	0.90	2.44	—	
仙台市	0.065	0.03	0.40	1.37	0.18	
石巻市	0.16	0.17	1.58	0.34	0.20	
古川市	0.35	0	0.30	0.26	0.28	
村田町	0	—	0	0.44	0.08	
若柳町	0.30	0	0	0	0.61	
小牛田町	1.39	0	0	0.15	0.11	
角田市	0.21	—	?	0.10	0.03	
登米水道(企)	0.07	0	0.29	0.09	0.08	
多賀城市	3.02	0.04	1.71	0	0	
松島町	—	0.08	5.40	0.88	1.20	
白石市	—	0	0.84	0	0.09	
涌谷町	2.58	0	0	0.32	0.24	
名取市	—	0	2.64	0.44	0.42	
河南町	?	0.23	—	0.56	1.01	
柴田町	0	0	0.37	0.13	0.44	
大河原町	—	—	7.73	0.13	0	
中田町	—	0	0	0.03	0.08	
南郷町	—	0	0.03	0.19	0	
河北町	0	0.16	—	0.20	0.16	
亘理町	—	0	—	0.08	0.03	
鳴瀬町	—			0.63	0.48	
矢本町	—	0	0	0.73	0.28	
米山町	—	0	—	0.43	0.09	
泉市	—	0.04	1.73	0.88	0.53	
鹿島台町	—	0.28	0	0.27	0.20	
大郷町	—	0	—	0.29	0.12	
南方町	0	—	2.97	0.40	0.19	
泉市(南光台)	0	0.12	13.55	5.19	6.15	
29事業体の総計						
4,474,585m	管延長646,072	880,056	190,809	1,509,068	1,228,277	20,303
	比率 (0.14)	(0.20)	(0.04)	(0.34)	(0.27)	(0.00)
被害個所計 1,481個所	被害か所 109	36	237	724	335	40
	比率 (0.07)	(0.02)	(0.16)	(0.48)	(0.22)	(0.03)
1kg当り被害個所平均						
0.33	0.17	0.04	1.24	0.48	0.27	2.0
範囲	max 3.02	max 0.28	max 13.55	max 5.19	max 6.15	
	min 0	min 0	min 0	min 0	min 0	

(注) 導送配水管を対象とする。

川河口埋立地、阿武隈川沿岸地帯などに集中している。

内陸丘陵地では、仙台市、泉市における宅造による人工盛土地に被害が多発し、段丘堆積物からなり地盤の良好な旧仙台市街地では、少数の被害にとどまった。このように地盤の

表－5－2　主要29上水道における管種別、口径別1kg当りの被害件数の平均（1kg当り被害件数）

管種＼口径(mm)	50	75	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	1100	平均
石綿セメント管	0.56	0.86	0.34	0.38	0.30	0.29	0.17	0.06	0	0	0.4						0.48
硬質塩化ビニール管	0.18	0.17	0.18	0.06	0.19												0.27
鋳鉄管	0	0.15	0.14	0	0.19	0.19	0.49	0.16	0	0.21	0	0	0	0	0	0	0.17
ダクタイル鋳鉄管	0	0	0.12	0	0.04	0.02	0.05	0.03	0	0.03	0.20	0.05	0	0	0	0	0.04
鋼管	3.43	1.95	1.99	(0.15)	1.22	1.10	0	0.14	0	0.82	0.91				0.18	0.12	1.24

比較的よくない沖積平野部および宅造による人工盛土地に被害が多かった点が今回の地震の特色として注目されるところである。

本管の被害の方向性を市町より提出された被害個所を配水管図にプロットした被害状況図面をもとに判別可能なものについて北→南、東→西など4つの区分により整理したものが表－6であり、またこれを図示したものが図－3である。

これより特に目立った傾向はみられないが、南↔北方向および北西↔南東方向のものが全体の約60％を占めている。

次に管路被害のうち水管橋および橋梁添架管の被害状況をみると、表－7に示すように16地点で被害がみられ、伸縮継手の離脱や移動と橋台部や橋梁に到る間の取付け道路部の沈下による管の破損などが中心であることがわかる。

大口径の管（口径400mm以上）の被害については表－8に示すように、大口径管（口径400mm以上）の布設が仙台市、石巻市、古川市、塩釜市（いずれも人口5万人以上）など大都市に限られていることから、これらに集中しており、被害内容としては水管橋部分が70％（前述個所とダブル）近くを占め埋設管の被害件数はごくわずかである。

以上のように今回の地震による管路の被害状況は、中小口径の石綿管、鋼管、ビニール管に集中しており、管路の耐震化に取組んでいる。大都市水道において、特に参考となる点は少なく、むしろ中小規模水道における今後の地震対策のあり方を考えるうえで参考とすべきところが多いと考えられる。

③ 弁類・設備など

制水弁、泥吐弁、空気弁のフランジ破損など45カ所、消火栓の破損11カ所、ポンプ配電盤の故障9カ所、水位計、流量計の故障9カ所、除鉄機の故障4カ所、パック貯留槽などの薬注設備5件となっている。

浄水場内制御のためのコントロール施設は幸いに被害がなく、浄水場の運転に支障をきたしたところがなかった。ただ、地震後の停電で通水不能となったところが数個所みられた。その他塩素ボンベの倒壊によりガスが付近の民家の庭木を枯らせたため補償したものが1件みられた。

④ その他（県衛生研究所の水質試験機器）

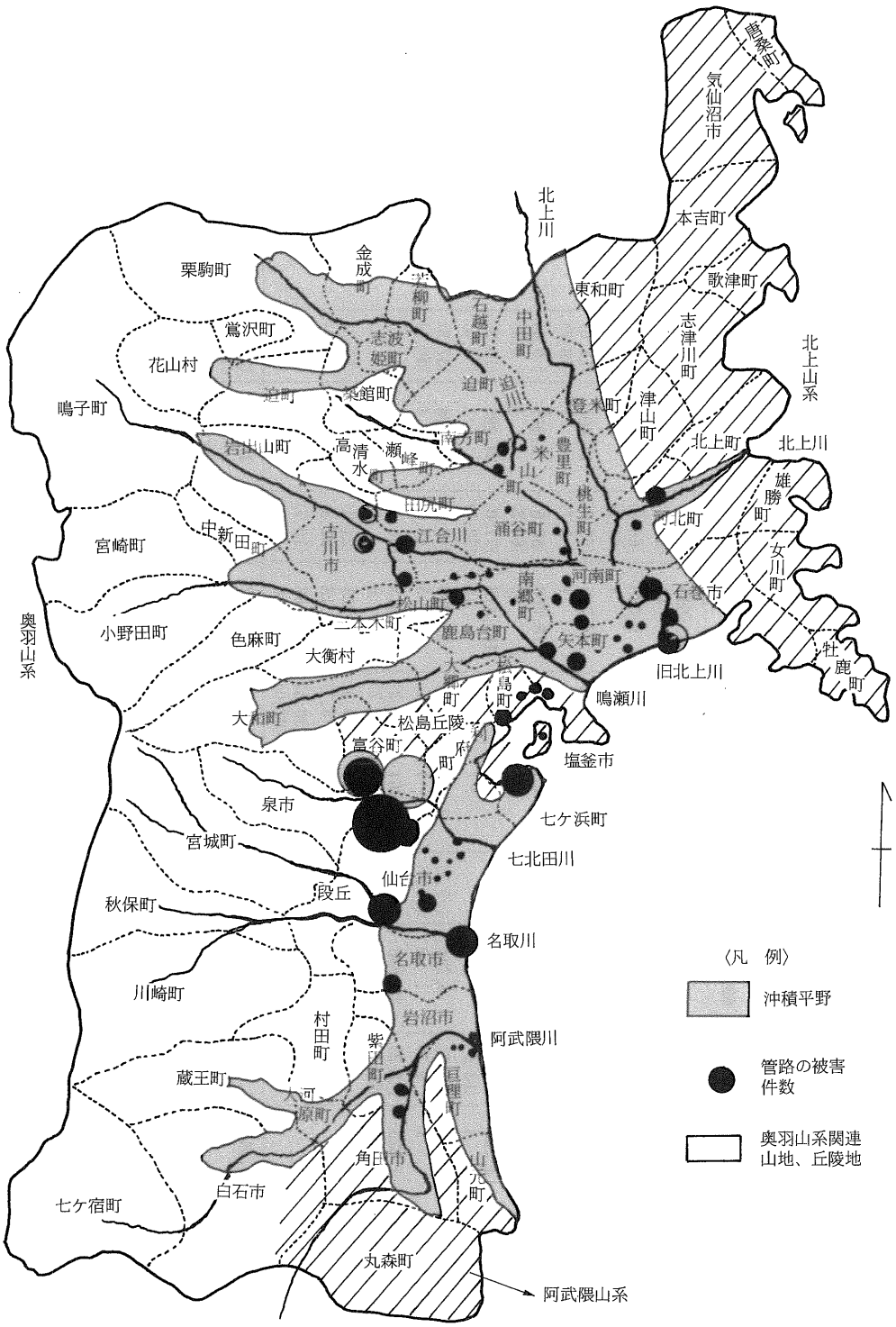
5階建ての建物の2階に備えている分析機器類、原子吸光光度計2台、ガスクロ2台、比色分光光度計1台がすべて転落して大破し、修理により使用可能とみられるのは原子吸光光度計と比色分光光度計ぐらいである。

フッ素、シアン、チッ素の蒸留装置はすべて破損し、各種ガラス器具は約90％が破壊され、また薬品類の消失は20％程度となっており、幸い火災の発生はまぬがれた。（東北大学や東北薬科大学では化学薬品の転落による火災あり）

また建物内の給水管、ガス管にも被害が生じ復旧に約3カ月間を要した。

なお、当建物はかつてたんぼだったところを埋立ててつくられたもので、こうした土質上の条件により被害が大きかったと考えられる。

図－2　宮城県の地形と地質と管路被害の分布



（参考）

表－5－3　主要上水道の導送配水管管種別延長と管種別被災個所

資料出所：53年4月　厚生省計画課調査　資料「水道事業長期計画の概要」（上段：管の延長）（下段：地震による被災個所数）

管種 / 水道名	鋳鉄管 (m)	(%)	ダクタイル鋳鉄管(m)	(%)	鋼管 (m)	(%)	石綿セメント管 (m)	(%)	硬質塩化ビニール管 (m)	(%)	その他 (m)	(%)	計 (m)	
塩釜市上水道	109,853 被害件数25カ所	(56.1) (28.8)	37,685	(19.2) (0)	38,860 35	(19.8) (39.0)	5,737 14	(2.9) (15.6)	—		3,699 16	(1.9) (16.4)	195,834 90	(100) (100)
仙台市上水道	321,420 21	(26.1) (9.6)	376,022 11	(30.6) (5.0)	78,087 31	(6.4) (14.2)	50,537 69	(4.4) (31.6)	402,550 71	(32.7) (32.6)	814 (15)	(0.1) (6.9)	1,229,435 218	
石巻市上水道	80,995 13	(32.2) (21.3)	63,705 11	(25.4) (18.0)	3,799 6	(1.5) (9.8)	73,275 25	(29.2) (40.1)	29,503 6	(11.7) (9.8)	—		251,277 61	
古川市上水道	51,804 18	(17.8) (26.4)	44,021 0	(15.1) (0)	9,928 3	(3.4) (4.4)	155,555 40	(53.4) (58.8)	24,862 7	(8.5) (10.3)	5,331	(1.8)	291,501 68	
村田町上水道	19,071 0	(35.1) (0)	—		395	(0.7)	9,020 4	(66.6) (66.7)	25,842 2	(47.6) (33.3)	—		54,328 6	
若柳町上水道	10,066 3	(15.5) (20.0)	1,476 0	(2.3) (0)	1,110	(1.7)	38,795 1	(59.7) (6.7)	11,405 7	(17.6) (46.7)	2,089 4	(3.2) (26.7)	64,941 15	
小牛田町上水道	4,324 6	(4.5) (31.6)	2,583 0	(2.7) (0)	831	(0.9)	78,608 12	(82.5) (63.2)	8,961 1	(9.4) (5.2)	—		95,307 19	
角田市上水道	14,220 3	(6.7) (13.6)	—		— (2)		162,478 16	(77.0) (72.7)	34,285 1	(16.3) (4.5)	—		210,983 22	
登米水道（企）	14,966 1	(11.7) (9.1)	6,791 0	(5.3) (0)	3,462 1	(2.7) (8.1)	55,300 5	(43.1) (45.5)	47,908 4	(37.3) (36.4)	—		128,427 11	
多賀城市（上）	1,323 4	(2.3) (26.7)	22,636 1	(39.6) (6.7)	5,864 10	(10.3) (66.7)	20,615 0	(36.1) (0)	6,711 0	(11.7) (0)	—		57,149 15	
松島町（上）	—		11,901 1	(14.2) (1.3)	741 4	(0.9) (5.1)	20,394 18	(24.4) (22.8)	46,686 56	(55.8) (70.9)	4,016	(4.8)	83,737 79	
白石市（上）	—		30,082 0	(33.4) (0)	27,476 23	(30.5) (92.0)	9,667 0	(10.7) (0)	22,905 2	(52.4) (8.0)	—		90,130 25	
涌谷町（上）	4,645 12	(6.4) (38.7)	2,756	(3.8) (0)	1,251	(1.7)	46,967 15	(64.9) (48.4)	16,798 4	(23.2) (12.9)			72,417 31	
名取市（上）	—		40,474 0	(25.5) (0)	758 2	(0.5) (3.7)	150,644 46	(66.5) (86.8)	11,894 5	(7.5) (9.4)			158,770 53	
河南町（上）	— (3)		13,140 3	(12.4) (4.8)	—		84,256 47	(79.3) (75.8)	8,872 9	(8.3) (14.5)			106,268 62	
柴田町（上）	512 0	(0.4) (0)	19,591 0	(14.2) (0)	5,344 2	(3.9) (5.1)	54,461 12	(39.5) (30.8)	56,503 25	(41.0) (64.1)	1,338	(0.9) (0)	137,749 39	
大河原町（上）	—		—		388 3	(0.6) (37.5)	40,056 5	(56.2) (62.5)	30,708	(43.1) (0)			79,152 8	
中田町（上）	—		6,392 0	(7.4) (0)	153	(0.2)	31,837 1	(36.9) (20.0)	47,783 4	(55.5) (80.0)			86,165 5	

水道名＼管種	鋳鉄管 (m)	(%)	ダクタイル鋳鉄管 (m)	(%)	鋼管 (m)	(%)	石綿セメント管 (m)	(%)	硬質塩化ビニール管 (m)	(%)	その他 (m)	(%)	計 (m)	
南郷町(上)	—		2,006 0	(6.0) (0)	33 1	(0.1) (16.7)	26,646 5	(79.8) (83.3)	1,684	(5.0) (0)	3,016	(9.0)	33,385 6	
河北町(上)	9,590 0	(9.8) (0)	6,090 1	(6.2) (6.7)	—		24,725 5	(25.3) (33.3)	57,166 9	(58.6) (60.0)			97,571 15	
亘理町(上)	—		3,467 0	(3.2) (0)	—		72,129 6	(65.8) (85.7)	34,035 1	(31.0) (14.3)			109,631 7	
鳴瀬町(上)			6,470 0	(8.1)	— (7)		58,333 37	(73.4) (66.0)	14,620 7	(18.4) (12.5)	(5)	(8.9)	79,423 56	
矢本町(上)			12,493	(14.9) (0)	1,680	(2.0)	41,118 20	(49.2) (71.4)	28,319 8	(33.9) (28.6)			83,610 28	
米山町(上)			8,281 0	(8.1) (0)			49,110 21	(48.3) (84.0)	44,322 4	(43.6) (16.0)			101,713 25	
泉市(上)	—		149,900 0	(47.8) (5.0)	1,734 3	(0.6) (2.5)	76,365 67	(24.4) (5.5)	85,268 45	(27.2) (37.2)			101,713 25	
鹿島台町(上)	—		3,569 1	(4.9) (5.9)	976	(1.3)	33,832 9	(46.5) (52.9)	34,356 7	(47.2) (41.2)			72,733 17	
大郷町(上)	—		336 0	(0.5) (0)	—		28,052 8	(44.6) (66.7)	34,527 4	(54.9) (33.3)			62,915 12	
南方町(上)	3,283 0	(4.5) (0)	—		337 1	(0.5) (5.9)	15,087 6	(20.8) (35.3)	53,941 10	(74.2) (58.8)			72,648 17	
泉市(南光台上)	0 0		8,189 1	(0.13) (0)	7,602 103	(0.12) (0.29)	40,469 210	(65.0) (60.0)	5,858 36	(9.0) (10.0)	0		62,118 350	
29 上水道(総計)	646,072 109 km当り被害個所 0.17	(14.4) (7.2)	880,056 36 0.04	(19.7) (2.4)	190,809 237 1.24	(4.3) (15.7)	1,509,068 724 0.48	(33.7) (47.9)	1,228,277 335 0.27	(27.4) (22.1)	20,303 40 (2.00)	(0.4) (2.6)	4,474,585 1,481 0.33	
(参考)														
豊里町(上)	—		—		286	(0.6)	33,685 2	(48.3) (84.0)	44,322 4	(43.6) (16.0)			101,713 6	
七ケ浜町(上)	—		28,610	(34.4)	—		53,077 5	(63.9) (100)	88.2	(1.1)	550	(0.7)	83,119 5	
気仙沼市(上)	23,025	(11.6)	46,849	(23.6)	4,840	(2.4)	58,774 2	(29.6) (66.7)	62,007 1	(31.2) (33.3)	3,200	(1.6)	198,695 3	

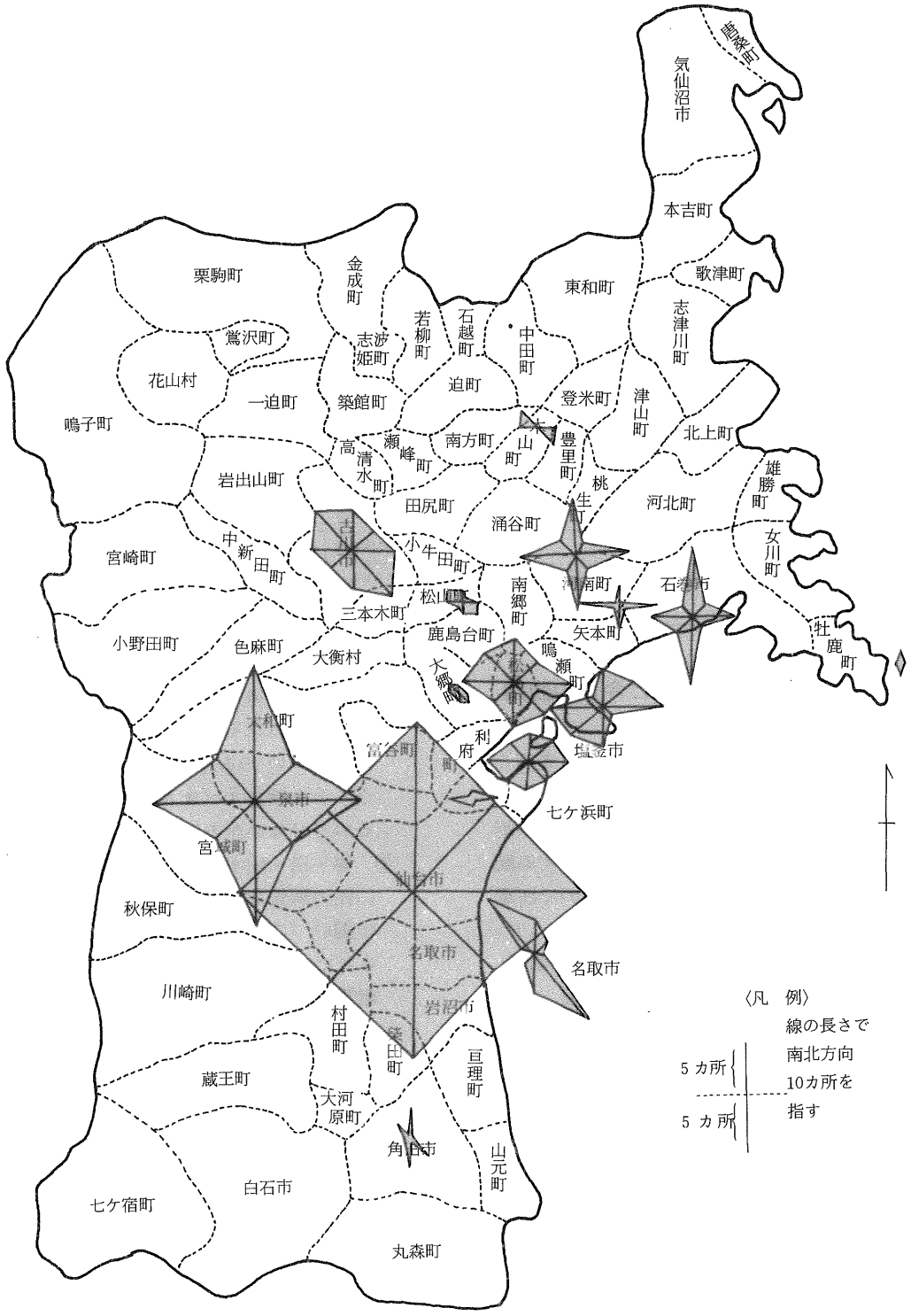
表－6　主要水道における管の被害の方向性

事業体名	↕ 北 南	↗	西 ↔ 東	↘	地図上で判別できた個所数(計)
南郷町（上）	1	2	0	4	7
若柳町（上）	2	2	2	3	9
米山町（上）	1	1	7	9	18
松島町（上）	16	10	22	16	64
多賀城市（上）	2	2	9	4	17
古川市（上）	15	10	16	19	60
河南町（上）	19	4	19	8	50
河北町（上）	4	1	5	2	12
矢本町（上）	11	0	16	4	31
鳴瀬町（上）	14	17	20	5	56
牡鹿町（簡）	5	2	1	2	10
石巻市（上）	27	8	16	5	56
名取市（上）	13	6	4	29	52
角田市（上）	11	1	1	7	20
塩釜市（上）	11	12	14	9	46
松山町（3簡水）	4	2	6	8	20
大郷町（上）	2	3	4	6	15
仙台市（上）	58	42	62	40	202
泉市（上）	47	17	27	20	121
〃南光台地区（上）	114	38	27	130	309
合計	377 (32.0%)	180 (15.3%)	330 (24.5%)	330 (28.1%)	1,175 (100%)

表－7　水管橋及び橋梁添架管の被災状況

事業体名、個所名	被害状況
【石巻市（上）】	
○住吉跨線橋に添架の送水管	口径450mm ＳＰのドレッサー型伸縮管Ⅱ型が離脱
○石巻大橋に添架の送水管	口径450mm ＳＰのドレッサー型伸縮Ⅱ管型が離脱
○真の川水管橋橋台	口径500mm ＣＩＰが橋台とともに沈下
○内海橋水管橋の配水管	口径250mm ＣＩＰの鉛コーキング継手離脱
【古川市（上）】	
○江合橋添架の配水管	口径200mm ＳＰドレッサージョイントが2カ所離脱
○新江合橋添架の配水管	口径400mm ＳＰが道路沈下により可とう管破損(20cmの段差)
【名取市（上）】	
○橋梁添架配水管	口径100mm ＳＰ伸縮継手抜出し
【塩釜市（上）】	
○大倉系、七北田川水管橋(導水管)	口径700mm ＳＰ、水管橋台が振動により橋台の中間に管軸方向と直角に横断亀裂（20～25mm）が生ずる。
【仙台市（上）】	
○広瀬川水管橋（配水管）	口径1100mm×2条 伸縮管擺動による沓手擺等の破損
○七北田川水管橋（配水管）	口径1100×2条 左岸地盤の沈下に伴う伸縮管の抜出し
○七北田川水管橋（配水管）	口径400mm×1条 両岸地盤沈下に伴う抜出し
○梅田川水管橋（配水管）	同上
【鳴瀬町（上）】	
○旧小野橋（添架の配水管）	口径200mm ＳＧＰのビクトリックジョイント3カ所離脱
○不動橋添架の配水管	口径100mm ＳＧＰの管に亀裂（応急溶接）
○鳴瀬大橋添架の配水管	口径400mm ＳＧＰのビクトリックジョイント1カ所離脱
○松ケ島橋添架の配水管	口径200mm ＳＧＰのスリーブジョイント離脱

図－3　主要水道における管の被害の方向性



表－8　400㎜以上の大口径管の被害状況

事業体名	区　　分	管　　種	被　害　状　況
鳴瀬町(上)	橋梁添架(配水管)	ＳＧＰ　口径400㎜	継手の移動
石巻市(上)	住吉跨線橋添架(配水管)	ＳＧＰ　口径450㎜	ドレッサー伸縮Ⅱ型継手離脱
	石巻大橋取付道路下	ＳＧＰ　口径450㎜	〃
	〃　　(配水管)	ＤＩＰ　口径450㎜	道路部の沈下（２カ所）
	石橋大橋添架（配水管）	ＳＧＰ　口径450㎜	〃　（上、下流部とも）
	鳥揚系水管橋橋台部(送水管)	Ｓ　Ｐ　口径500㎜	可とう管の沈下
	真の川水管橋（送水管）	ＣＩＰ　口径500㎜	継手の離脱
仙台市(上)	埋設管(配水管)	ＤＩＰ　口径500㎜	メカニカルＫ形継手離脱
	〃	ＣＩＰ　口径400㎜	〃
	〃	ＤＩＰ　口径400㎜	〃
	梅田川水管橋（配水管）	Ｓ　Ｐ　口径400㎜	両岸沈下に伴う抜出し
	七北田川水管橋（送水管）	Ｓ　Ｐ　口径400㎜	〃
	七北田川水管橋（配水管）	ＳＰ口径1100×2条	両岸沈下に伴う伸縮管の抜出し及びたわみ
	広瀬川水管橋（配水管）	ＳＰ口径1100×2条	伸縮管擺動による沓、手すりの破損
塩釜市(上)	大倉系導水管	Ｓ　Ｐ　口径700㎜	４カ所、継手部から漏水他
	大倉系七北田川水管橋	Ｓ　Ｐ　口径700㎜	橋台亀裂
角田市(上)	配　水　管	ＡＣＰ　口径450㎜	鋳鉄継手破損
古川市(上)	新江合川橋添架管(配水管)	Ｓ　Ｐ　口径400㎜	継手移動、橋に亀裂
			（計）　26件

３．宮城県沖地震の教訓と今後の課題

１教　訓

① コンクリート構造物については、震度５程度の地震に対し十分耐震性があると考えられるが、案外小規模なブロック造りのポンプ室、滅菌室などで基礎工事に対する配慮の乏しいものに被害がみられるので注意する必要がある。

また配水池については、周辺の土盛個所、法面のブロック、石積みなどの亀裂、崩壊が懸念されるので、構造物本体のみでなく、こうした付帯部分に対する構造上、施工上などの十分な配慮が必要と考えられる。

② 今回倒壊した鳴瀬町ＰＣタンクにみられるように、小高い山の上に設置された高さの高い構造物については、地震による震度が平地より増大されるので、設計に当り山と配水池との全体系を考慮した応答計算を行うことが望まれる。このため、少なくとも地震時に配水池の基盤が平地部に比して、どの程度まで大きな地震動を受けるか検討し、その結果を耐震設計に生かすことが必要と考えられる。また、こうした高地の構造物については点検をし、必要な補強を行うことを検討すべきものが全国的に若干あるのではないかと考えられる。

③ 導・送・配水管については、一般的に小口径の鋼管ならびに石綿管、塩ビ管は地震に弱い（これまで布設のもの）ことが証明された。今後の管路の耐震化にあたっては、耐震性のあるダクタイル鉄管などを採用し、老朽管などは地盤を考慮のうえ、優先的かつ計画的に布設替えすることが望まれる。このことは、水道の維持管理時代を迎えた今日、有効率向上対策と関連して、各事業体で積極的に取組むべき課題であると考える。

また、起債事業として行う（中小規模上水道に該当すると考えられるが）配水管整備事業にあっては、管種や継手の選定を十分検討することとし、単に旧管を新管に入替えるだけではなく、漏水防止や地震対策面からの検討を踏まえたものでなければな

らないと考える。こうした中小上水道に対する技術指導の強化が一層求められているように思われる。

なお補足的であるが、中小水道向けの管路の布設に係る教訓的事例を2件紹介したい。今回の地震により仙台市を中心に各所で水道管の被害があったことはすでに述べた通りであるが、仙台市と松島町に隣接する利府町では、地盤のよさもさることながら、同町内の5つの簡易水道において、本管の60～70％以上をダクタイル鉄管や鋼管を使用していたことから、石綿管で1カ所被害があったほかはほとんど被害がなく、隣接市の復旧後（分水を受けているため）ただちに給水を開始できたと聞いている。布設時にかなり金をかけていたこと（布設時に一部の非難があったとのこと）が、結果的に被害の回避につながったわけで、この例をみるまでもなく経済的に可能な限り丈夫な管を使用することが望まれる（表－9参照）。

また、塩ビ管を使用しても泉市南光台水道の一部地区でみられた事例として、52年度に改良工事を行ったところでは、工事の際3カ所に1カ所の割合で継手にドレッサージョイントを使用していたため、他の地区に比べて大幅に被害個所が少なかったという事例があり、塩ビ管でも継手の選定に配慮すれば、それなりの耐震性を期待できるのではないかと考えられる（図－4参照）。

④　管の布設に当り、設計段階で埋設個所の土質調査（含水率、腐食性を含む）を単に歩掛選定上からだけでなく、地震対策を考慮して十分に行うことが望まれる。この場合、過去の地形や土地利用の状況もふまえた管種などの選定を行うべきである。特に都市上水道にあっては、田舎の簡易水道とは異なり、断水しても手近に利用できる井戸など代替水源がなく、影響するところが大きいので、今後は単に経済性を優先せず対処すべきと考えられる。

⑤　宅地造成業者が水道を布設、経営し、後に市町村に移管したものや宅造ブームにのってつくられた団地水道（公営、私営とも）で特に盛土個所の多いものについては、管路の点検が必要と考えられる。

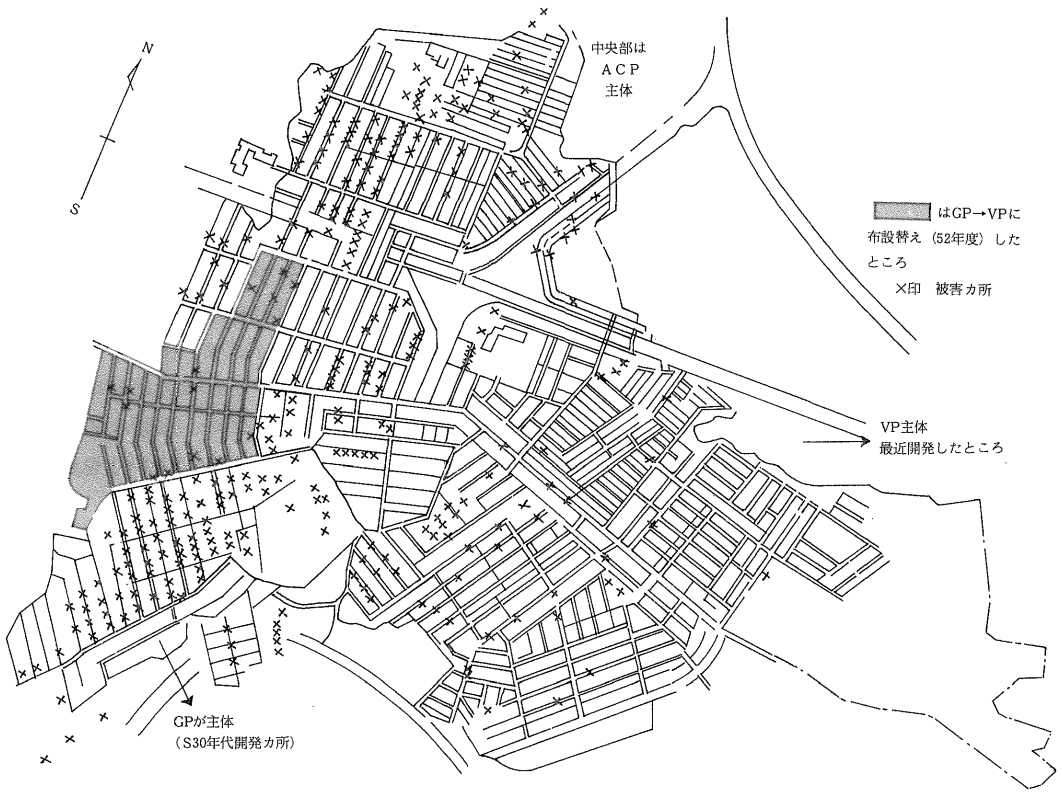
⑥　傾斜板沈でん池で板の面積の大きなものについて動水圧による屈曲や取付け金具の破損が数例みられたが、ユニット自体の改良を含め耐震性の向上につき検討が必要と考えられる。

⑦　災害時の連絡には、電話が使えなくなる

表－9　利府町の5簡易水道の導・送・配水管の種別延長と比率

水道名	創設・拡張の年次	DCIP	SP	ACP	VP	合計
利府簡水（計画給水人口 4,850人）	創設　S32 1次拡張　S46 2次拡張　S48 3次拡張　S49～50 4次拡張　(51～52)	16,806m (64.4)	137m (0.5)	1,040m (4.0)	8,121m (31.1)	26,104m (100%)
須賀、浜田簡水（ 1,000人）	創設　S42～43	1,106m (86.7)	170m (13 3)	—	—	1,276m (100%)
神谷沢簡水（ 3,780人）	創設　S44 第1次拡張　S45 第2次拡張　S47	8,659m (54.7)	—	2,200m (13.9)	4,979m (31.4)	15,838m (100%)
勝負沢簡水（ 666人）	創設　S46	450m (34.3)	862m (65.7)	—	—	1,312m (100%)
野中沢簡水（ 1,496人）	創設　S41 第1次拡張　S44 第2次拡張　S47	5,462m (71.1)	170m (2.2)	—	2,052m (26.7)	7,684m (100%)

図－4　泉市南光台地区の被害個所



ことを考慮して無線装置を備えることが有効かつ必須の要件である。基地局60～70万円、移動局40万円くらいで設置できると聞いており、水道事業体では日常の仕事の能率アップにもつながるので計画的にその整備をはかるべきである。

なお電話については、公の電話は問合せや苦情その他により常時通話中となって必要な時に情報の伝達をスムーズに行えないケースが考えられるので、いわゆる「隠し電話」があるとなにかと便利である。

⑧　橋梁添架管や水管橋については、橋台部分の沈下が多くみられ、それに伴う継手の移動、抜出しが起るので、設計、施工段階で基礎工事のあり方を十分検討すること、古いものについては点検し、あらかじめ補強したり、メイン部分についてはダブルにするなどの配慮が必要と考えられる。その他、伏せ越し部でコンクリート巻立ての石綿管については要注意である。

⑨　地震後において、地上漏水はすぐに発見でき、短期間のうちに復旧可能であるが、地下漏水については発見が困難であり、その後の有収率低下につながるので、できるだけ早い機会に全域的な漏水調査を実施することが賢明である。今回の地震では、仙台市は配水本管延長1,000km（費用約5,700万円）、塩釜市は200km（費用1,500万円）の地下漏水調査を仮復旧後ただちに実施し、漏水の発見に努め、８月には概ね地震前の有収率にまで回復していることから、地震の後には地下漏水調査が効果的であることが伺える。

⑩　今回の地震で特に問題として取り上げられたのは、泉市の民営の上水道の復旧や応急給水に対して住民の不平、不満が大きかったことが印象深い。経営者の方では、懸命の努力を払い復旧および応急給水に努めても、その実情が住民になかなか理解されなかった。市の方でも３～４日目頃から指

揮・指導に乗り出したが、これも住民より対応がのろいなどの非難を受けた。また、同地区の給水工事をすべて同水道経営者直系の会社が一手に引受けており、市内の他の業者を排除してきたことも関係して、応急工事に際し、市内の業者に応援を求めたところ当初拒否されたという話もあり、水道はやはり公営でないとなにかと問題が多いなぁという印象をつくづく感じさせられた。県でも市への移管について、日頃より行政指導を重ねており、55年4月には市への移管をすべく水道経営者の方では年次計画をたて、移管のための管の整備を実施しているさ中のことだけにアンラッキーな面もあった。なお、応急復旧に当っては、今後は市内の業者に給水工事の出入を認めることでその協力が得られたとのことである。

このように民営水道を抱える市町村では、災害の際、市町村自体の水道の復旧はもちろんのこと、民営水道に対しても適切な指揮・指導が求められることを肝に銘じておくとともに、こうした水道はできるだけ早い機会に公営化するように努めるべきである。いずれにしろ宅地造成ブームにのって急激に宅地がつくられ、水道が布設され、乱開発が行われた時代の行政その他の欠陥が地震によって、これほど明瞭に浮きぼりにされようとはなにか天のお告げともとれるものがあるように思えてならない。

⑪　公道下の給水管の被害が塩釜市などで多発し、市の方で復旧に努めたが、本来給水装置は所有者の財産であり、その管理に属するものであるにもかかわらず、復旧費用を市の方で持ち出さざるを得なかったケースがかなり見受けられた。そのため、この分に係る費用は災害復旧や起債の対象とならず、丸々水道会計にはね返り、経営の悪化をきたしている。このように給水装置自体の性格やその設置から管理のあり方について、改めて検討する必要があるのではないかと考えられる。

⑫　各市町村の水道工事指定店との連携を十分に行っておくとともに、人口規模に応じて適数の業者を指定しておくと、特に中小規模水道にあっては、災害時に手薄な市町村職員を効率的に配置でき、これらの協力のもとに早期復旧をはかることができる。今回の地震では、各市町村とも、幸いあらかじめ定めていた水道工事指定店などとの連携がうまくなされ、十分な協力が得られたと聞いている。本県の各市町村の水道担当職員数は、仙台市の529人や石巻市、塩釜市の100人程度のところを除き、いずれも少人数であり、仙台市を除いた73市町村平均13人であることからも、上述したように業者との応援体制の確立は不可欠である。

（参　考）

県内の水道工事指定店は582社（うち仙台市分154社）で、仙台市を除く1市町村当り6社、給水人口2,710人当り1社の割合となっている。町レベルでは、1工事店当り受持ちの現在給水人口は、3,000人以下のものが8割強で、市レベルになると1社当りの受持ちが3,000～6,000人のところが多い。

⑬　復旧に当り資材の調達は、各市町村所有のものと業者所有のものでなんとか間にあったようである。ただ泉市にあっては、50㎜、75㎜の石綿管や継手の不足を生じ、調達に苦労したように聞いている。幸いなことに今回の地震では、管路の被害が線的でなく点在したこと、中小口径の比較的在庫の多い管であったことなどラッキーな面があったが、仮に各都市が新潟地震なみの面的な被害であれば、復旧は相当困難をきわめ、長期化したと考えられるので、今回以上の被害の地震に備えた広域的な資材確保・備蓄の問題について、水道界でもっと真剣に論議されてしかるべきと考える。

⑭　水道施設ではないが、水質検査機器や試薬の管理の問題があげられる。県の衛生研究所で機器類に大きな被害を受けたことは、すべに述べた通りであり、教訓としては以下の点をあげることができる。

㋐　分析機器類は床や台との固定化を行うこと。滑り落ちの防止策として、ゴムマットなどをひいたり、台の縁に落下防止

装置を取付けるなどの措置が必要であること。

㋑　機器は、ロッカーや棚などに収容することは望ましくないこと。やむを得ず収容する場合は、ロッカーの床への固定や前面の戸がガラスのものは網入りガラス、またはアクリル板などに交換のうえ使用し、観音びらきの戸は施錠をすることなどが望ましい。以上のほか注意点として、水質分析室はできれば揺れが少ない１階に設置することが必要と考えられる。

㋒　薬品類の保管については、実験台上の木製棚を利用する場合は、棚を台に固定することや滑り止め防止を考えること。薬品戸棚は上段、下段を固定金具などで固定するとともに、棚のまわりには針金をまわして試薬ビンの落下を防止することも有効であること。冷蔵庫内に入れて保管する試薬類は、仕切り板のついた箱に入れてから納めるようにするとよいこと。試薬類で危険なものは、床面に近い部分に置くようにすること、酸化剤と有機物は混合すると発火あるいは爆発する恐れがあるので別々に保管すること。予算が許せば有機溶媒や酸類などを収容する危険物倉庫を設けるようにすることや、試験室の床面を耐酸、耐アルカリのものに張替えるなどの対策が望まれる。

㋓　原子吸光光度計などに使用する各種ガスボンベの保管に注意し、転倒防止策をとっておくこと、など。

２課　題

以上のほか今後の課題として、行政的に取組むべき事項などについて以下に述べることとしたい。

①　現在国では、日水協で検討中の新しい水道施設の耐震工法を受けて、これをベースに水道施設の全国的な点検を行い、その結果必要な補強工事、配水池の増量、管網のブロック化、耐震化と相互の連絡、緊急しゃ断弁の設置など地震、渇水対策事業に対する国庫補助を導入すべく、54年度予算要求において10億円（補助率$\frac{1}{2}$）を対大蔵省に要求しているが、これが実現をはかることが当面の最優先事項であろう。

当要求については、53年度に入って起った地震や渇水による苦い経験をもとに水道事業の体質改善を目ざして要求されたもので、水道事業者内部からのたっての要望というより行政主導的に導入されたものと聞いており、その実現には水道事業者が万難を排して取組むべきであると考える。地震対策に本格的に取組むには、多大の資金が必要であり、これをすべて水道会計から捻出することは、水道経営の圧迫を招くので、こうした高率の国庫補助はもちろんのこと、裏負担に対する手厚い財政措置、一般会計からの負担のルール化など所要の制度上の改善が伴わなければならない。

また都道府県にあっては、すでに愛知県（昭和49年～51年まで実施、予算額計5,000万円）、富山県（昭和50年から実施、予算額50～52年で426万5,000円）、静岡県（昭和53年から実施）で進めている地震対策および広域化促進を目的としての隣接市町村間の連絡管の整備事業に対する助成を用意するなど、積極的な取組みがますます必要となってくるものと思われる。

②　水道事業体にあっては、日頃から配水管や給水管の図面の整備、管路のブロック化など、資材の備蓄、配水池の容量増など、基本的な課題についてさらに徹底し、強力に取組むことが望まれる。

また、水道職員の緊急時の配置や役割を明確にし、併せて日常の訓練を行うこと、緊急時の対応状況を取りまとめた職員手帳などを配布し、万一に備える心がまえの育成も必要であろう。こうした体制の整備について、各都道府県水道行政部局でのより積極的な指導が必要であることはいうまでもない。

私自身は県での行政レベルでは、③に述べる相互応援協定づくりや、ここで紹介するような指導が現実的かつ金もかからずとりあえず実行できる最小限の対策と考えており、こうした指導も今回の地震の経験か

らみて、若干は役立ったのではないかと考えている。

③　東北地方の場合、昭和43年の十勝沖地震を契機として、広域的な応援援助体制の必要性が唱えられ、八戸市水道の前管理者田辺氏が中心になって日水協東北支部単位の相互応援協定、受け入れ体制指針を作成し、災害時に対処するための体制をつくっているが、早急にこうした体制づくりを全国的に行う必要がある。その際、水道事業者は、自ら他都市に応援に行くんだという気がまえをもって前向きに取組むとともに、協定の関係者として水道事業者のみでなく都道府県の水道行政部局も含めて検討してもらいたいと考える。

現在までのところ、こうした相互応援協定などで確立しているものとして、日水協東北支部の相互応援計画のほか、そのモデルである青森県市町村水道災害相互応援協定、東京都など7大都市による7大都市水道局災害相互援助に関する覚書、愛知県における水道災害相互応援に関する覚書、日水協新潟県支部での水道災害相互応援要綱集などをあげることができる。その概要は、表—10の通りであり、いずれも過去の地震による反省や近い将来起るといわれる地震に備えて取り交されたものと聞いている。

④　特に簡易水道の補助事業や中小水道の施設整備事業に該当すると考えられるが、管路の布設計画において設計段階で耐震性につき極力配慮することが必要なことは前述した通りである。このため国、県では市町村への技術指導の強化や設計コンサルタントの技術水準の向上などに一層取組むことが望まれる。というのは、一般に中小水道（簡易水道を含め）においては、設計も施工も業者まかせというところが多く、自ら設計に対して確たる信念を持ち耐震性のある管路にしようと思案し、種々検討するだけの技術力を有するところはごく少数であると考えられるからである。そこで、例えば水道協会などにおいて中小水道の問題を議論する際にこの問題を取りあげ、中小水道向けの震災対策のあり方を十分検討し、研修会などの機会を設けてその徹底をはかってもらいたいと思う。大都市水道は黙っていてもいろいろの対策を考え出し、実行に移すことができるが、中小水道にあっては積極的に地震対策を考えようとするところはごく少数である。本県を例にとっても、仙台市を除けばいずれも給水人口10万人以下の中小規模のものがほとんどであり、今回の地震のようにリーダー格である仙台市の被害が甚大であり、県内市町村はその援助を期待することができず、まして全県的な被害となれば、自らの手で各市町村公認業者を総動員して復旧に当らなければならないのが現実の姿である。幸い、今回の地震では、管路の被害が線的でなく点在したことや、中小水道では断水しても市町村内に井戸や小川などがあって、大都市のように神経質に地震対策を考えなくてもよい環境にあることなど、諸々恵まれた状況にあったが、「のどもと過ぎれば熱さを忘れる」の諺にもあるように、地震後において特に水道の耐震化をとりたてて議論するような気運がみられないお寒い状況にある。これらの点をみてもわかるように、中小水道に対する災害対策をどう進めるかという問題もまた今後の課題といえる。

この場合、大都市なみの対策が必要なのは大都市周辺のベッドタウンである都市化の著しい市町村の水道と考えられ、これらについては特に強力な指導が必要ではなかろうかと思える。個人的には、田舎の中小水道まで耐震化を徹底するのはなかなか大変であり、またその必要性も薄いと考えている。

4．おわりに

以上、宮城県沖地震に係る被害状況や教訓につき手持ちの資料をもとに思いつくまま述べたが、水道施設のうち給水管関係については、十分な資料を持ち合せていないので取りあげなかった。給水管の被害件数で知り得たものとして、仙台市3,950件、名取市590件、

表－10　水道災害相互応援協定などの概要

協定名等	連絡体制等	応援要請手続	応援・援助経費の負担	物資等の調査・交換	災害防止方策の調査研究	備考
青森県市町村水道災害相互応援協定（44年4月制定）	•救援本部を青森県環境衛生課におく。 本部員 青森市水道 弘前市水道 八戸市水道 県担当課	•被災市町村が救援本部長を通じて応援要請を行う。 •本部長が、被災現地指揮者を命じるとともに応援隊の派遣につきメンバーの市町村に指示する。	•市町村職員（応援隊）の旅費、人件費、機械器具貸出料は、応援市町村負担。 •応援資材で応援隊供与のものは被応援側の負担とし、業者による工事、資材経費は被応援側の負担とする。	•緊急備蓄資材表、運搬給水器具表、水道事業者、工事業者作業能力表を事務局であらかじめ作成・配布。 •現地指導技術者について名簿を作成する。	——	9町村未加入のものあり。
日本水道協会新潟県支部水道災害相互応援要綱集（52年5月制定）	県支部に水道災害救援本部をおく。（本部長、本部員をおく）	本部長は、相互応援計画を作成しておくこと。 被災市町村は、本部長を通じて、応援要請を行う。 本部長は、上記計画にもとづき、応援隊を派遣する。 工事業者等への応援要請も行うことができる。	応援隊の人件費を除き被災市町村が負担する。	相互応援計画の中でブロック毎の応援組織表、連絡経路、災害規模別応援基準、応急給水用具、作業用機械器具類のリスト等を作成している。		県支部会員市町村に（簡易水道のみ）対しても応援することができるとしている。
愛知県						
7大都市水道局災害相互援助に関する協定	担当課、連絡責任者、TEL番号などをあらかじめ定める。	•応援を求める職種を定める。 •応援都市での食糧、被服等携行、応援職員は身分を明らかにする（腕にわん章） •被応援都市は応援者に対する宿舎のあっせんする。	•応援者に対する旅費は、応援都市の規程により被応援都市が支払う。 •物資輸送費、車輌修理費は、被応援都市に請求する。 •応援業務に伴う負傷等の災害補償は応援都市の負担とする。（応援のための往復途中の事故も同じ。）	•物資、車輌、機具等のリストを年1回交換する。	•資料の相互交換。	東京都、川崎市、横浜市、京都市、大阪市及び神戸市の7大都市。 覚書：全7条よりなる。 覚書実施細目が別に制定されている。
日本水道協会東北地方支部水道施設の震害に伴う相互応援計画（48年9月制定）	地方支部長－県支部長－罹災都市間の連絡、被災状況調査体制を定める等。	•罹災都市→県支部長を通じて地方支部に連絡、応援要請をする。 •応急給水、復旧作業資材供出、業者あっせんにつき応援する。 •応援員は給水用具、衣類、食糧などを持参し、腕章をするとともに罹災都市の指示に従う。	•応急給水の費用は応援都市が負担、但し災害救助法の適用をうけたときはこれを償還。 •応援復旧、資材の供与については罹災都市負担。 •地方支部が行う被害状況調査・連絡等の経費は地方支部負担。	•応急復旧資材のリストを作成・配布。 •あっせんできる水道工事業者のリストを作成・配布。	——	•震害以外の災害にも適用する。 •別途「日本水道協会東北支部応援受け入れ体制に関する指針」（48年9月制定）あり。

塩釜市753件、古川市640件、矢本町107件、泉市南光台289件などであり、かなりの件数にのぼると考えられる。

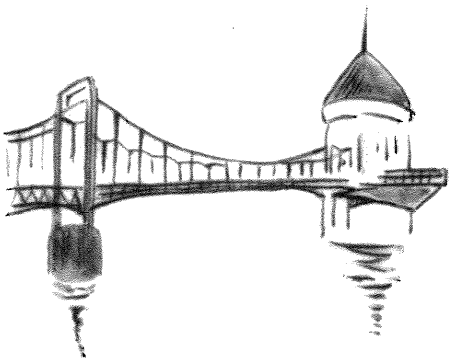
また管路の被害については、布設年次との関係についても調べてみたいと考えていたが、被害管種がもともと予想されるものであることからさほど参考にならないと考えてここでは省略した（調査中）。

個々の市町村毎の被害状況について詳しく紹介しなかったが、各都市である程度の資料をつくっているのでそれを参考としていただきたいと思う。

また筆者が、日本水道新聞（1978年７月24日号）に投稿した、宮城県沖地震による水道施設の被害総括の中の主要都市にみる被害状況も参考としていただければ幸いである。

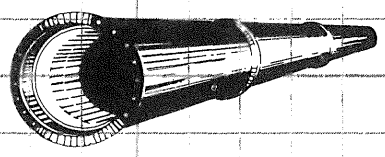
なお目下の情報では、日水協東北地方支部において今回の地震に係る水道被害の記録を詳細に取りまとめることになっていると聞いており、その発刊に期待したい。

（現国土庁水資源局水資源計画課専門調査官）



技術レポート❷

八戸市における耐震S形ダクタイル管路の地震時挙動観測



久保田鉄工株式会社
北条貞宗
岩本利行

1．はじめに

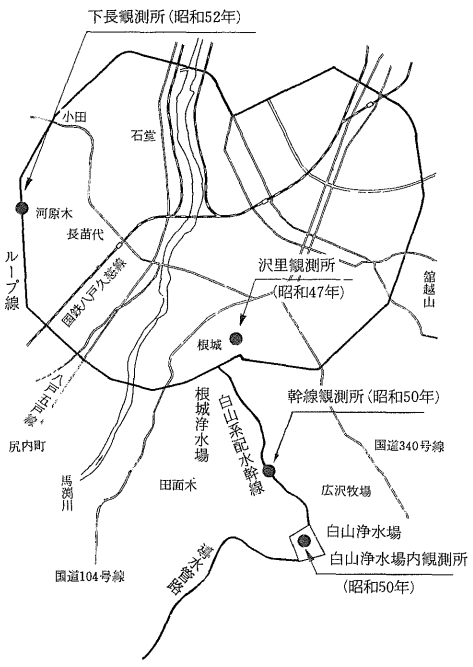
わが国は世界有数の地震国であり、最近では震度Ⅴの宮城県沖地震（昭和53年6月12日）を経験した。

また近い将来、南関東に関東大震災（大正12年9月1日）級の大地震が発生する可能性があるという河角博士の69年周期説などがあり、地震対策の必要性が叫ばれている昨今である。

特に、上下水道、工業用水、ガス、電力、電信電話などに使用される地下埋設管路はますますその重要性を増しているが、埋設管路の耐震研究、設計、安全性の確認のために必要な地震観測データがほとんどなく、地上構造物の研究に対してかなり遅れている現状と思われる。

そこで、八戸市の発案のもとに、同市と共同で昭和47年より実際の生きた口径600mmK形ダクタイル管路の地震挙動観測[1]、さらに、昭和50年5月から耐震設計に基づいて布設された白山浄水場系耐震S形ダクタイル管路の安全性の確認、耐震研究の資料収集を目的として地震時の挙動観測を行っている。

図－1



2．地震観測所について

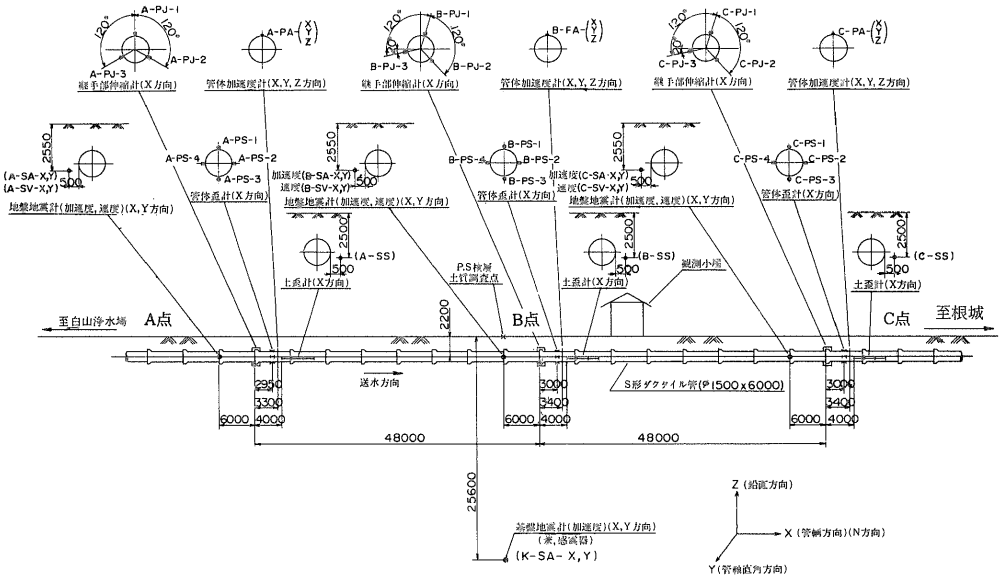
図－1に4カ所の観測所の位置を示している。そのうち、沢里観測所はすでに報告[1]して

いるのでその詳細については、ここでは割愛する。

1．幹線観測所（口径1500㎜耐震S形ダクタイル管路）

図－2に示すように、測定計器は直線管路に沿って約50m間隔で3カ所に設置し、各個所で地盤については管路位置で地震計（加速度、速度：X、Y方向）、地盤歪計（3点）、地表面下25.6mに地震計（加速度：X、Y方向）を設置し、管路については管体加速度計（X、Y、Z方向）、管体歪計（上、下、左、右）、継手部伸縮計（3点）を設置しており、総数53チャンネルの多点同時測定で無停電装置を設置している。

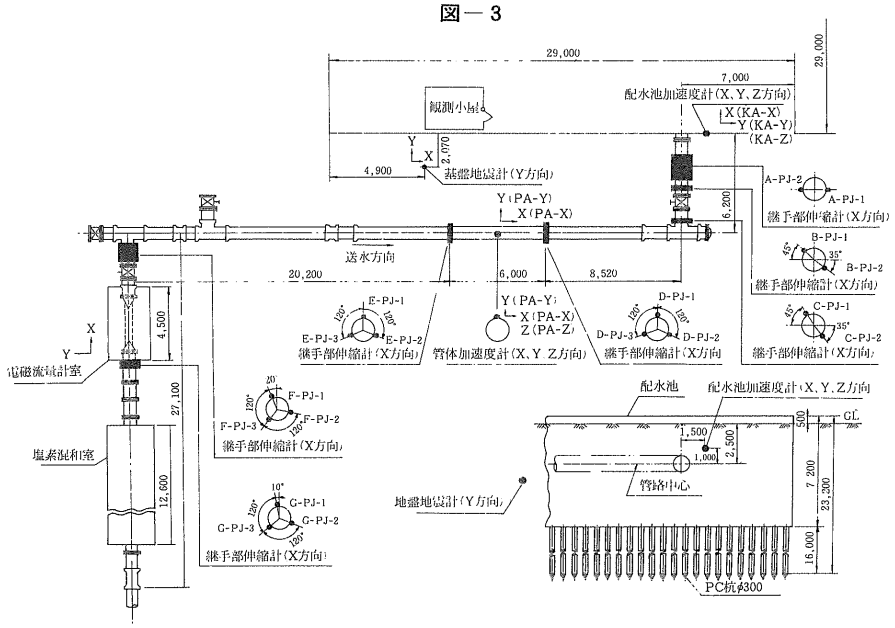
図－2



2．白山浄水場内観測所（口径1200㎜耐震S形ダクタイル管路）

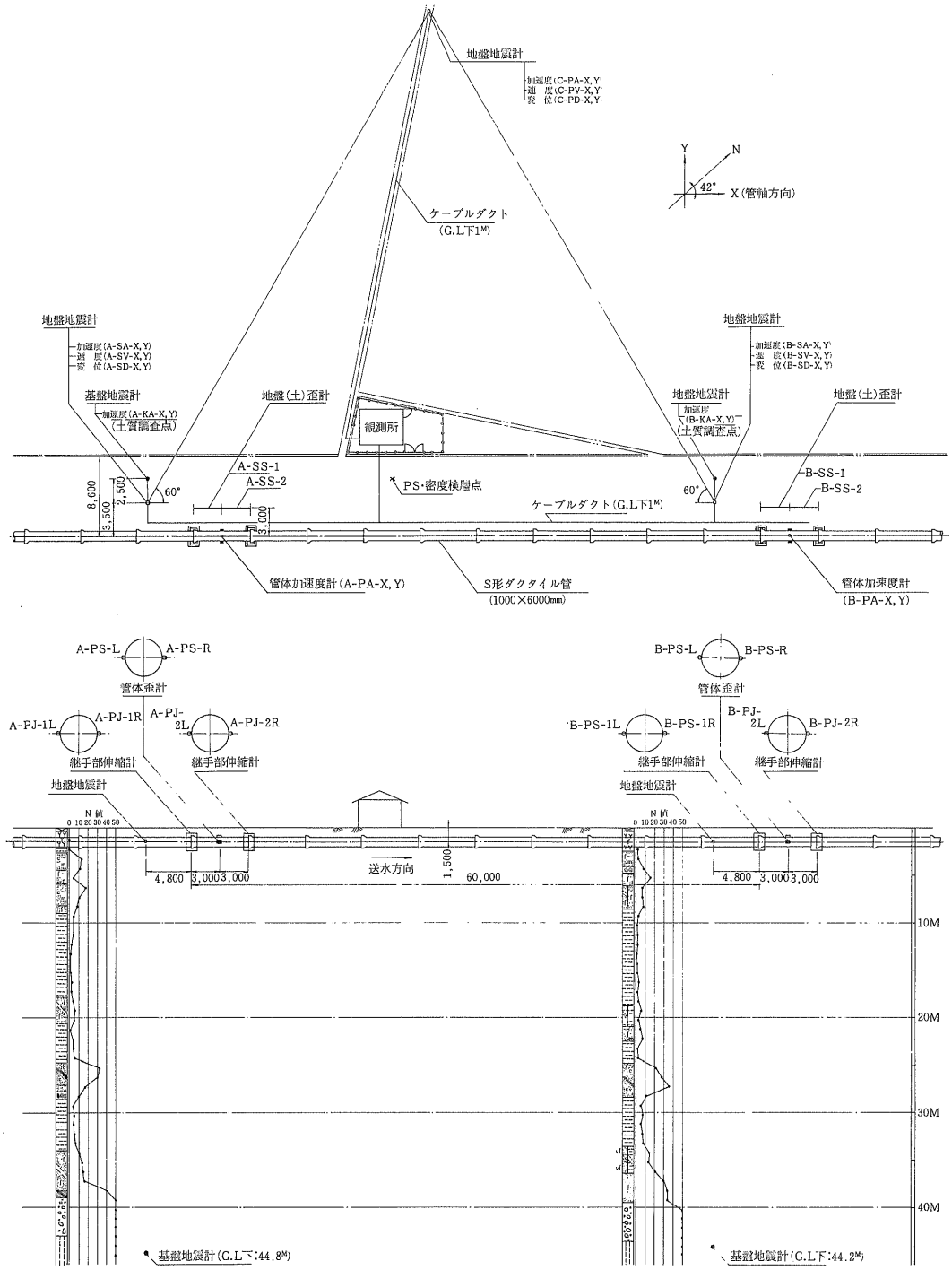
図－3に示すように、測定計器は地盤について管路位置で地震計（加速度、変位：Y方

図－3



向)、地表面下27mに地震計(加速度：Y方向)を設置し、配水池に加速度計（X、Y、Z方向)、管路については加速度計（X、Y、Z方向)、継手部伸縮計として構造物の取り合い部（配水池、弁室）に3カ所、曲管部に2カ所、直管部に2カ所を設置し、総数27チャンネルの多点同時測定で無停電装置を設置している。

図－4　下長水路地震観測所

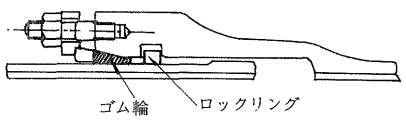


3．下長観測所（口径1000㎜耐震S形ダクタイル管路）

当観測所は昭和52年7月より観測に入り、測定計器は図－4に示すように、地盤については管路位置で60mの正三角形各頂点の3カ所に地震計（加速度、速度、変位：X、Y方向）、60m間隔の2カ所に地盤歪計（2点）と地表面下約45mに地震計（加速度：X、Y方向）を設置し、管路については60m間隔の2カ所に管体加速度計（X、Y方向）、管体歪計（左、右）、継手部伸縮計（4点）を設定しており、総数42チャンネルの多点同時測定で無停電装置を設置している。

また、以上幹線、白山浄水場内、下長3カ所の測定対象管路である耐震S形ダクタイル管は、図－5に示すように継手部で引張り、圧縮、曲げ方向に対して広い範囲にわたって自由に動き、またロックリングによって抜出し阻止力のある離脱防止形継手構造となっている。

図－5　S形継手



3．地震記録

表－1に、幹線観測所において昭和50年5月～昭和53年6月の間に得られた地震記録の結果を示す。最大の記録はNo.34の昭和53年6月12日17時14分の宮城県沖地震であり、地盤最大加速度は138gaℓであった。

4．地震時の地盤・管路の挙動について

図－6に、宮城県沖地震（昭和53年6月12日17時14分）の時、幹線観測所（図－2参照）で得られた波形の一部を示す。

波形は上より地盤加速度（SA-X）、地盤速度（SV-X）、地盤歪（SS）、管体歪（PS）、継手部の伸縮（PJ）を示している。この図より次のことがわかる。

① 地盤歪の波形から明らかに地盤が伸びたり、縮んだりしている変形挙動がわかる。

② 管体歪、継手部の伸縮は地盤歪と同一の位相、挙動を示している。

③ 管体歪の波形より、管体は引張り、圧縮力を受けており、同一時間で継手部も伸縮している。

④ すなわち、地盤の歪が管体に歪を発生させ、また管体に発生した歪（力）を継手部の伸縮で逃がしていることがわかる。

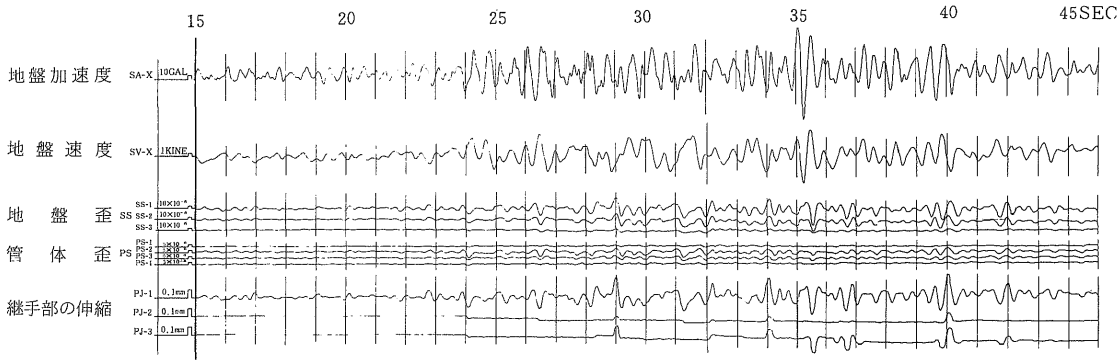
また、地盤歪と管体歪、継手部の伸縮量の関係をみるために、宮城県沖地震の波形で同一時間に読みとったものを図－7に示す。図中で、$\varepsilon=\varepsilon_p$の線は地盤歪をすべて管体で受持ったと仮定した場合、$\varepsilon=\varepsilon_J$の線は地盤歪をすべて継手部で受持ったと仮定した場合を示す。

この図より、次のことがわかる。

⑤ 地盤の歪が大きくなると、継手部の伸縮量が大きくなる。

⑥ 一方、管体歪はある一定値以上大きくならない。

図－6　記録波形の一例（宮城県沖地震：昭和53年6月12日17時14分、M＝7.4）

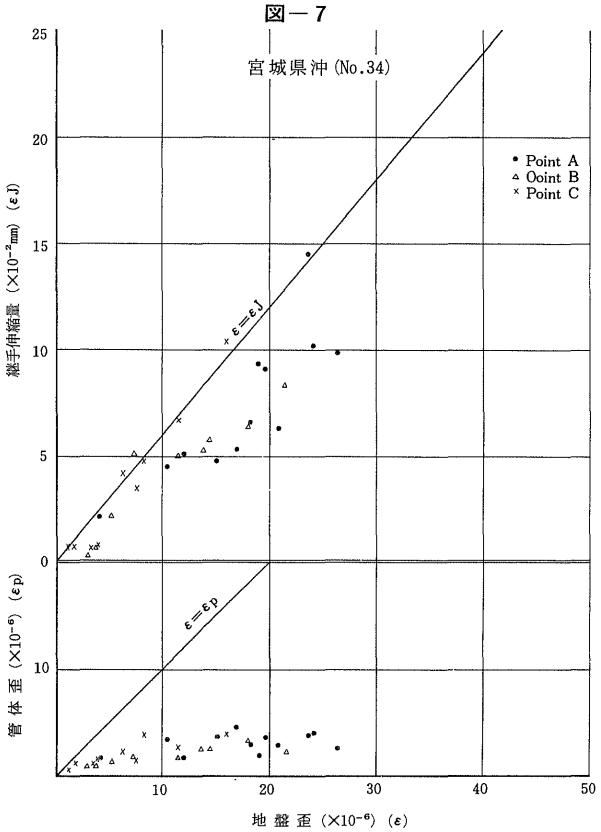


表－1

NO.	地盤最大加速度 (GAL) X方向	Y方向	震源場所	発振日時	震源位置	マグニチュード (M)	震源深さ (KM)	八戸震度	震央距離 (KM)
1	6.4	7.4	岩手県沖	1975.6.15 3:54	142°30'E 40°09'N	5.1	30	Ⅱ	94
2	9.5	12.1	岩手県南部	1975.6.16 3:02	142°15'E 40°08'N	4.9	30	Ⅱ	89
3	15.6	20.6	岩手県沖	1975.6.18 6:29	142°26'E 40°10'N	5.0	40	Ⅱ	89
4	8.5	10.5	青森県東方沖	1975.6.18 14:44	143°15'E 40°52'N	5.5	30	Ⅱ	148
5	4.8	6.6	浦河沖	1975.9.9 14:56	142°46'E 41°36'N	4.7	40	Ⅰ	148
6	16.7	22.3	不明						
7	21.4	24.4	浦河沖	1975.10.30 10:41	142°47'E 41°57'N	6.0	60	Ⅲ	184
8	6.7	5.9	青森県西方沖	1975.11.24 8:02	140°24'E 41°14'N	5.6	160	Ⅰ	120
9	4.7	6.2	青森県東方沖	1975.12.31 4:49	141°41'E 40°27'N	4.3	80	Ⅱ	19
10	5.1	8.3	浦河沖	1975.12.31 23:12	142°04'E 41°35'N	5.1	50	Ⅰ	120
11	8.8	10.7	青森県東方沖	1976.3.15 22:48	141°58'E 40°58'N	4.3	60		56
12	8.0	10.4	青森県東方沖	1976.6.2 14:49	142°02'E 41°27'N	5.0	60	Ⅱ	105
13	8.8	7.8	宮城県沖	1976.6.4 13:23	142°44'E 38°18'N	5.2	30	Ⅰ	273
14	20.3	19.3	岩手県沖	1976.7.8 20:47	142°26'E 40°14'N	5.9	30	Ⅱ	85
15	9.3	8.5	青森県東方沖	1976.8.17 13:43	142°03'E 41°07'N	4.6	60	Ⅲ	74
16	10.1	9.7	浦河沖	1976.8.26 21:06	142°46'E 41°34'N	4.8	50	Ⅰ	150
17	5.4	6.7	宮城県沖	1976.11.8 17:19	142°19'E 38°04'N	6.2	30	Ⅰ	287
18	15.7	16.2	青森県東部沖	1977.2.18 13:08	141°58'E 41°27'N	5.4	60	Ⅲ	114
19	7.1	12.5	北海道東部沖	1977.2.24 20:40	142°36'E 42°25'N	5.8	70	Ⅰ	234
20	5.0	4.4	岩手県沿岸	1977.4.4 15:23	141°58'E 39°58'N	4.3	60	Ⅱ	67
21	11.1	8.8	岩手県沖	1977.4.25 5:42	142°41'E 40°05'N	5.0	30	Ⅰ	108
22	7.9	6.6	宮城県沖	1977.6.8 23:25	141°40'E 38°28'N	5.8	70	Ⅲ	224
23	5.9	7.9	青森県東部沖	1977.8.5 16:46	141°57'E 40°55'N	4.3	50	Ⅲ	61
24	2.1	2.2	岩手県沖	1977.9.28 17:46	141°53'E 39°45'N	4.8	60	Ⅱ	87
25	2.7	1.3	岩手県沿岸	1977.10.3 8:33	141°54'E 40°04'N	3.9	40	Ⅰ	56
26	3.8	3.5	東海道沖	1978.3.7 11:48	137°46'E 31°06'N	SMALL	44	0	1096
27	9.0	9.0	日高	1978.3.20 16:19	142°46'E 42°21'N	5.5	80	Ⅱ	233
28	12.3	10.2	北海道東部沖	1978.3.25 4:47	149°49'E 44°20'N	7.3	40	Ⅰ	804
29	10.5	13.4	三陸沖	1978.4.5 16:51	144°26'E 39°42'N	5.5	60	Ⅱ	263
30	10.7	15.0	岩手県沖	1978.5.15 2:41	142°28'E 40°08'N	5.0	30	Ⅱ	89
31	21.9	61.9	青森県沖	1978.5.16 16:35	141°28'E 40°57'N	5.8	10	Ⅲ	51
32	24.2	47.5	青森県沖	1978.5.16 17:23	141°27'E 40°56'N	5.8	10	Ⅲ	51
33	7.9	7.9	宮城県沖	1978.6.12 17:06	142°11'E 38°11'N	5.8	40	Ⅱ	262
34	137.5	120.9	宮城県沖	1978.6.12 17:14	142°10'E 38°09'N	7.4	40	Ⅳ	265
35	11.7	10.7	宮城県沖	1978.6.14 20:34	142°29'E 38°21'N	6.3	40	Ⅱ	251
36	9.6	8.6	宮城県沖	1978.6.21 19:54	142°0'E 38°15'N	5.8	50	Ⅰ	251
37	7.8	10.8	オホーツク	1978.6.21 20:10	149°14'E 47°41'N	6.7	380	Ⅰ	1010

⑦ すなわち、地盤の歪により管路に発生する歪（力）をほとんどすべて継手部で逃がしていることがわかる。

図－7



5．おわりに

以上、八戸市で行っている耐震S形ダクタイル管路の地震時の挙動観測体制と記録の概略について述べた。

特に、宮城県沖地震において、地盤と管路の挙動関係が明確につかめ、フレキシブルなメカニカル継手は地盤の変形を継手部で逃がすので、地震に対して非常に有効であることがわかった。

参考文献

1） 宮岡、宮本、根本、北条：地震と管路について（その１）日本ダクタイル鉄管協会誌、1973、No.14。

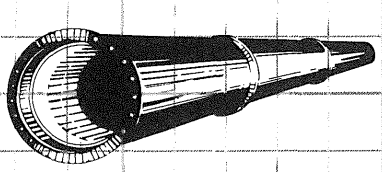
2） 小軽米、北条、岩本：八戸市白山浄水場系配水幹線の耐震ダクタイル管路の地震時挙動観測、第32回土木学会年次学術講演会、1977。

3） 小軽米、北条、岩本：八戸市白山浄水場系配水幹線の耐震ダクタイル管路の地震時挙動観測、第５回日本地震工学シンポジウム、1978。

技術レポート❸

能代開拓第２号導水路工事概要について

東北農政局能代開拓建設事業所
所長　前田康男
工事第１課長　鈴木善博
工事設計第１係長　勝田正三



１．まえがき

能代開拓建設事業は、農地開発事業、区画整理事業およびかんがい排水事業を末端まで一体的に実施する国営総合農地開発事業である。

本事業は、現在東北農政局が直轄で実施中であり、農地開発事業としては、その規模においてわが国有数のものである。

特に、本事業の基幹工事の一つである第２号導水路は、農業用水のサイホン工として口径、延長の点から特筆すべきものと思われる。

ここに、その概要を記して読者諸兄のご批判を願えればと念ずるものである。

２．地区の概要

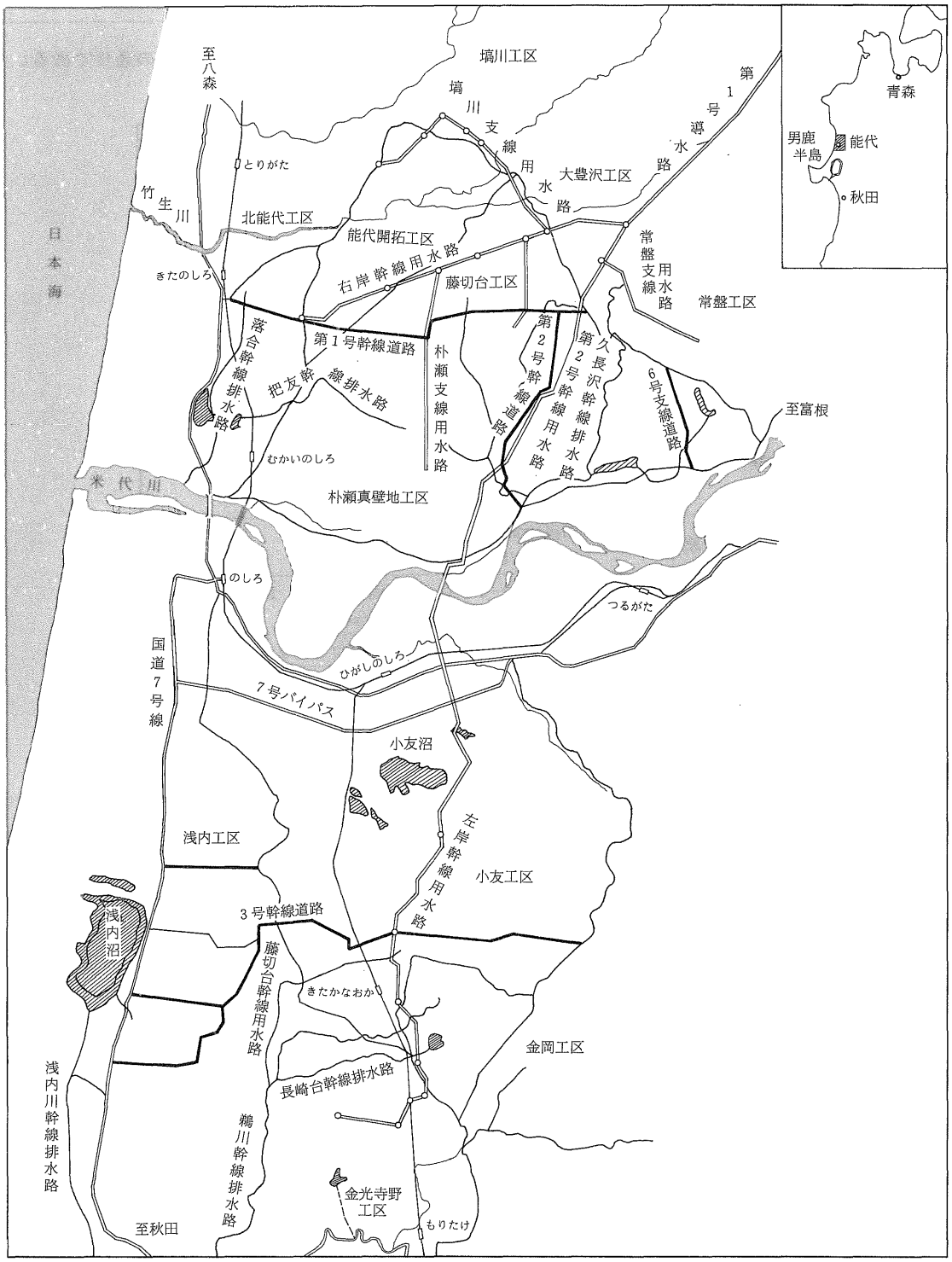
本地区は、秋田県北部の米代川河口部両岸上に分布する未墾地を農地として未整備な土地を開発、整備して高生産性の農地に転換することを目的とするものであり、本事業の関係市町村は、能代市ほか２町１村で、地区面積3,671ヘクタールにおよぶものである。

この丘陵台地は、標高15～60ｍの洪積台地で、山林、原野などの未墾地と既耕地がさく綜し、地形上水利の便に乏しく、多くの開発適地が未開発のまま放置されていたところで、その開発が待たれていた。東北農政局は、昭和41年～42年度の全体実施設計に引続き昭和43年10月能代開拓建設事業所を発足させ、現在に至っている。この間昭和45年以降、米の過剰による開田仰制政策が打出されたのに伴ない、当初計画の地区内全面水田造成から、水田と畑の造成に計画の変更を余儀なくされ、また事業の進度を早めるために昭和52年一般会計から特別会計に移行された。

現在の総事業費は、344億1,000万円であり、昭和53年度までに消化した事業費は145億円で、事業の進捗率は42％であり、昭和59年度には完了の予定である。

本事業は、開田810ヘクタール、開畑948ヘクタールからなる造成事業、既存畑などを水田として整備する地目度換田705ヘクタールと畑として整備する畑地807ヘクタールとからなる区画整理事業および区画整理区域におけるかんがい排水改良を目的とする農業用用排水改良事業からなる既存農家2,796戸の経営規模拡大による農業所得の向上と、農業経営の合理化をはか

図－１　能代地区概要図



り、もって地域農業の振興を期するものである。

このため、用水源を新たに米代川支流、藤琴川分流粕毛川素波里地点に秋田県営事業によって構築された多目的ダム（治水、発電、かんがい）に求め、同ダム下流に頭首工を新

設し、11.974m³/secの取水を約11.7kmの第1号導水路（ずい道）で地区内の大野分水工まで引水し、以降幹・支総用水路（パイプライン）により各圃場に配水するものである。

1．主要工事計画

本事業の主な工事は表－1の通りである。

表－1

工　種	数　量	工　事　内　容
頭首工	1カ所	型式 フローティングタイプ　堤高 2.9m 堤長 31.0m 洪水吐　鋼製転倒ゲート　15.0 m×2.0m　2門 責任放流工　〃　3.5 m×2.0m　2〃 取水工　鋼製ローラゲート　3.75m×1.5m　1〃 放水工　〃 フラップゲート　1.2 m×1.2m　1〃 取水量　11,974m³/sec
第1号導水路	11,684m	標準馬蹄形隧道　2R=2.70m　コンクリートライニング 最大通水量　11,974m³/sec
第2号導水路	12,197m	口径1650mmサイホン工　最大通水量　4,319m³/sec
幹線用水路	13,259m	右岸幹線　口径1800～口径900mmサイホン工 Q=5,513m³/sec　L=6,030m 左岸幹線　1.35m×2.80m開渠工 Q=4,105m³/sec　L=7,229m
支線用水路	40,595m	口径1200～口径400mmサイホン工 PCP、VU管パイプライン
幹線排水路	51,013m	コンクリートブロック三面張開水路　18路線 計画排水量　26.0～1.81m³/sec
支線排水路	26,934m	コンクリートブロックおよびコンクリート柵渠
幹線道路	26,936m	3路線　アスファルト舗装　t=5.0cm
支線道路	27,082m	11路線　砂利舗装　全巾5.0m
揚水機場	8カ所	Q=2.4～0.017m³/sec
開田畑	3,270ha	水　田　1,515ha（30a区画） 普通畑　1,653ha（スプリンクラーかんがい40a区画） 特殊畑　102ha（じゅんさい100×40m　40a区画）

2．工事の施工状況

(1)　工事の施工

主要工事の施工状況は表－2の通りである。

(2) 造成工事（農地造成および区画整理事業）

昭和49年度に農用地開発公団への委託により、本事業の根幹をなす農地造成工事が着手され、昭和53年度までの地目別造成面積は表－3の通りであり、造成工事の進捗率は約24％となっている。

(3) 事業費

工事区分毎の事業費の使途は表－4の通りである。

工事としては、造成が主体となるのは当然であるが、早期の経済効果発現をはかるべく、造成区域には幹・支線道路を建設するとともに水田、畑に対する用水補給と流出水の処理をするため幹・支線の用排水路の整備を造成工事の進捗と合せて実施している。

表－3　　単位：ha

年度	水　田	普通畑	特殊畑	計
49	—	—	4.7	4.7
50	54.2	78.6	2.0	134.8
51	57.0	30.4	3.0	90.4
52	46.7	63.3	7.6	117.6
53	213.2	223.2	7.3	443.7
計	371.1	395.5	24.6	791.2

表－２

年 月	内　　容
44．9	第１号導水路工事着工
48．4	第１号幹線道路工事着工
5	素波里頭首工着工
49．4	第２号導水路工事、大豊沢支線用水路工事着工
7	右岸幹線用水路工事着工
8	大豊沢工区造成工事、築法師幹線排水路工事着工
11	素波里頭首工完工
50．3	第１号導水路完工　L＝11.7km
5	越田畔幹線排水路工事着工
6	久喜沢川幹線排水路工事、袖ノ沢支線排水路工事着工
7	第２号幹線道路工事着工
11	常盤支線用水路工事着工
51．5	鵜川幹線排水路工事着工
52．3	常盤工区造成工事着工
7	轟幹線排水路工事着工
11	６号支線道路工事着工
12	朴瀬支線排水路工事着工、越田畔幹線排水路完工　L＝2.56km
53．6	牛首頭幹線排水路工事着工
7	藤切台工区造成工事、朴瀬真壁地工区造成工事、塙川支線用水路工事、藤切台支線用水路工事着工
〃	常盤工区造成完工　A＝195ha
11	第１号、第２号幹線道路完工　L＝10.5km
12	牛首頭幹線排水路完工　L＝2.5km
54．1	轟幹線排水路完工　L＝2.5km
〃	常盤支線用水路完工　L＝2.57km

３．第２号導水路について

１．概要

(1) 用水路工事

第２号導水路は、第１号導水路終点大野分水工を始点とし、大豊沢工区を南下し、米代川（水管橋）を渡り、桧山川、国鉄奥羽線および国道７号線を横断し、米代川左岸団地1,098ヘクタールをかんがいするもので、パイプ口径1650mm、計画最大通水量4.319㎥/sec、延長約12kmにおよぶ長大サイホン工である。

管材はＰＣ管、ダクタイル鉄管および鋼管の既成品により、昭和49年から昭和53年までの５カ年間で15億2,000万円を費やし、延長7.6kmで、全長の65％が完成している。

また施工済区間の管材別内訳は表－５の通りであり、現在までのところＰＣ管の使用区間が大半を占めている。

今後に残されている約4.4kmの区間は昭和56年度完成の予定であるが、このうち米代川水管橋（鋼管口径1000mm×２条）の560m区間を除く管路は静水頭および現場条件など関係でダクタイル鉄管、鋼管およびＦＲＰＭ管が主体となると考えられる。

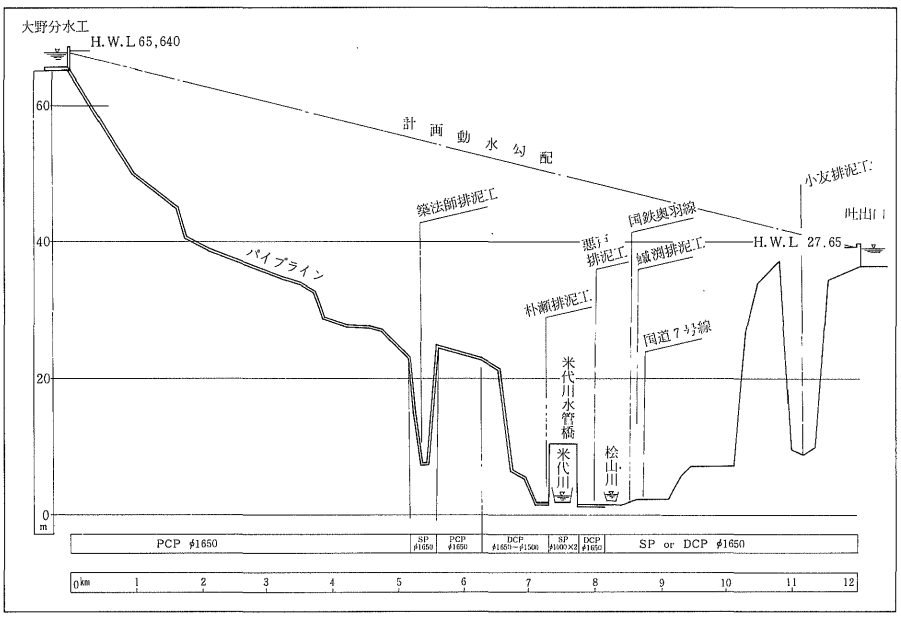
(2) 地質

地質の概略は、ブロック別に大別すると図－

表－4

区　分	実施費		未施工	
	数量	事業費	数量	事業費
素波里頭着工	1.0カ所	203百万円	1.0カ所	— 百万円
第1号導水路	11,700m	3,164	11,700m	10
第2号導水路	7,600m	1,522	4,100m	1,612
幹線用水路	3,400m	588	10,100m	1,852
幹線排水路	19,600m	1,503	33,000m	1,234
幹線道路	10,500m	296	17,400m	970
支線用水路	10,800m	451	31,900m	1,682
支線排水路	7,400m	129	19,700m	58
支線道路	2,000m	35	25,100m	712
造成工業	790ha	3,194	2,480ha	9,203

図－2　第2号導水路縦断図



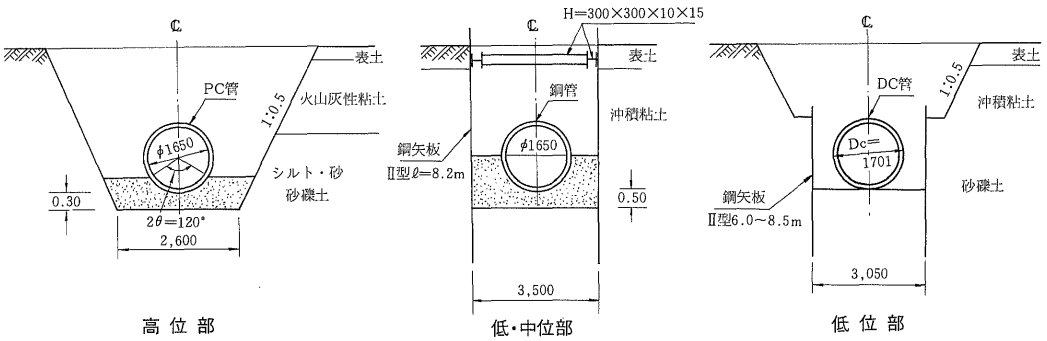
3の通りで、高位部、中位部、低平地の3つに区分される。

各地質の概要は、表土（腐植土）は0.2～0.5m厚で、本地区全域を覆っている。火山灰性粘土は、高含水比で鋭敏比が高くN値5～10、qu 0.4～0.7kg／cm²となっている。沖積粘土はN値2～4のいわゆる軟弱地盤であり、層厚は5mから谷部では数10mにおよぶ。またシルト、砂、砂礫層は、単独、互層、または混合状態で存在するが、地下水層を有するところもあるが、N値15～50以上で、礫径20～30mm程度であり、パイプライン基礎および埋戻

表－５

管材料	口径(mm)	管級	本数	延長(m)	備考
ＰＣ管	1650	2～5	1,510	6,110	
ダクタイル鉄管	1650	2～5	120	1,160	5種管は特殊管厚管
ダクタイル鉄管	1500	1	11	60	
鋼管	1650	t14～16mm	49	290	ℓ=4.0 or 6.0m
計				7,620	

図－３　掘削断面および管工標準



用土として良好な土質である。したがって一部の管体基礎は土基礎として使用している。

２．設計および施工

(1) 縦断計画

本地区の地形は平坦であるため、管路の縦断計画のうち水平配管では、管内に連行された空気が排除しにくい恐れがあるため、管路の安全と流水の障害の面からすると好ましくないとの判断で、いかなる場合も1/500以上の勾配になるよう計画した。また台地と既耕田間の傾斜部においては、勾配が26度以上の場合は埋戻した地表の安定問題と管体保護の立場から露出配管としたほか、管が大口径であるため曲管部の資材費が大きいので、多少土工量が増大するとしても、曲折個所を少なくし管路の安全性を第一として計画している。

(2) 管種管径

本路線は、一部を除いて始点から終点まで口径1650mmの管路であり、静水頭の最大は65mであるため、現在使用可能な管材はＰＣ管、鋼管およびダクタイル鉄管であろう。

管材の選定は立地条件、施工性、施工実績、それに将来の維持管理も含めた経済性の総合的な判断により、各区間にもっとも適合するものを採用している。

しかし一般的には、静水頭40m以上となる区域はＰＣ管の使用には問題があり、ＰＣ管以外のものとなる。また軟弱地盤のごとく、支持力の小さい区域では、軽量でしかもとう性管が一般に有利と考えられよう。

本地区では、以上の結果から図－２の通りおおむね高位部はＰＣ管、中位部はＰＣ管、鋼管またはダクタイル鉄管、さらに低位部はダクタイル鉄管を使用している。

管材の選定にあたっての基本的な設計条件は、次の通りである。

① 土質条件

内部摩擦角　ϕ=10°

土の単位体積重量　γt=1.7～1.75g/cm³

土の受働抵抗係数　e′=35

② 内圧条件

設計内圧　　静水圧×1.5(kg/cm²)

③ 外圧条件

土圧のほか輪荷重として、

造成地内は21ﾄﾝブルドーザー

その他の地域は11ﾄﾝブルドーザー

国・県道下は20ﾄﾝトラック荷重

市町村道下は14ﾄﾝトラック荷重

としている。

(3) 管体基礎工

ＰＣ管部の基礎は、支持角120°と180°の砂基礎を内圧と外圧の条件により工費的に経済的な方を採用し、鋼管部は軟弱地盤であるため砂置換を、またダクタイル鉄管部は砂基礎120°支持、または土基礎とした。

なお、道路横断部や傾斜部はコンクリート180°巻き基礎とし、管の安全性を確保するように努めている。

本地区の一般的な管材別の施工は図－３の通りであるが、切土法面の安定を確保できない軟弱地盤および砂質土系で湧水が多いところでは仮設土留矢板工法によっている。

(4) 継手および異形管

ＰＣ管布設区間は、特に地盤が良好であり、不等沈下の心配がないので一般管路部では可とう継手の使用は特別考慮していない。しかし付帯構造物と接続する個所には、調整管を兼ねた伸縮継手を設けた。鋼管布設区間は軟弱地盤地帯であるため、普通地盤との境には伸縮可とう継手を設置した。また、ダクタイル鉄管布設区間はメカニカル継手のＫ形管を使用している。

構造物との接続は、その重要度により可とう継手を３区分により使用している。

① ３方向の動きを必要とする場合

上下、左右、伸縮のすべてを具備するもので、軟弱地盤その他重要な構造物で３方向の対応を考えなければならない場所に設置する。

② ２方向の動きを必要とする場合

上下、または左右のいずれか、および伸縮を必要とするもので、埋設される場所に設置するものとする。

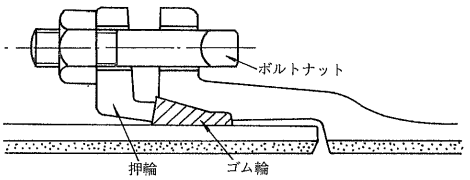
③ １方向の動きのみでよい場合

主として伸縮のみを要求する場合で、ＰＣ管布設の調整管や露出される場所に設置するものである。

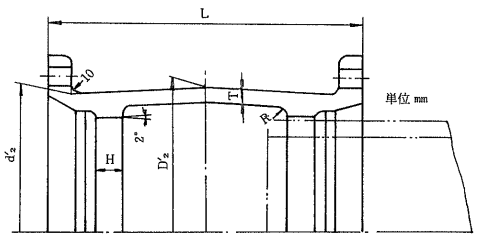
曲管、片落ち管、分岐管などの異形管は、現況に合致する路線を主眼としているため既成品の使用は不可能であるため、JIS　G　3451 水道用塗覆装鋼管の異形管（１種）に準拠した材料および製造方法により特注で製作し、口径1650㎜の標準管厚14㎜で外圧に耐えられない場合は管厚計算の結果の厚さとしている。

ＰＣ管と異形管の継手は、異形管にＰＣ管の受口と挿口の加工を行っているが、ダクタイル鉄管の場合は、挿口加工が経済的でしかも継手接合部の精度をあげることができるため、すべて挿口加工を採用している。したがってダクタイル鉄管の受口は、かならず異形管との継手部となり、一般部の継手は挿口と挿口となるが、挿口側の端部を切断し、継ぎ輪の設置により調整管の役割を同時にもたせている。

図－４　メカニカルジョイント（Ｋ形）



継ぎ輪



(5) 付帯構造物

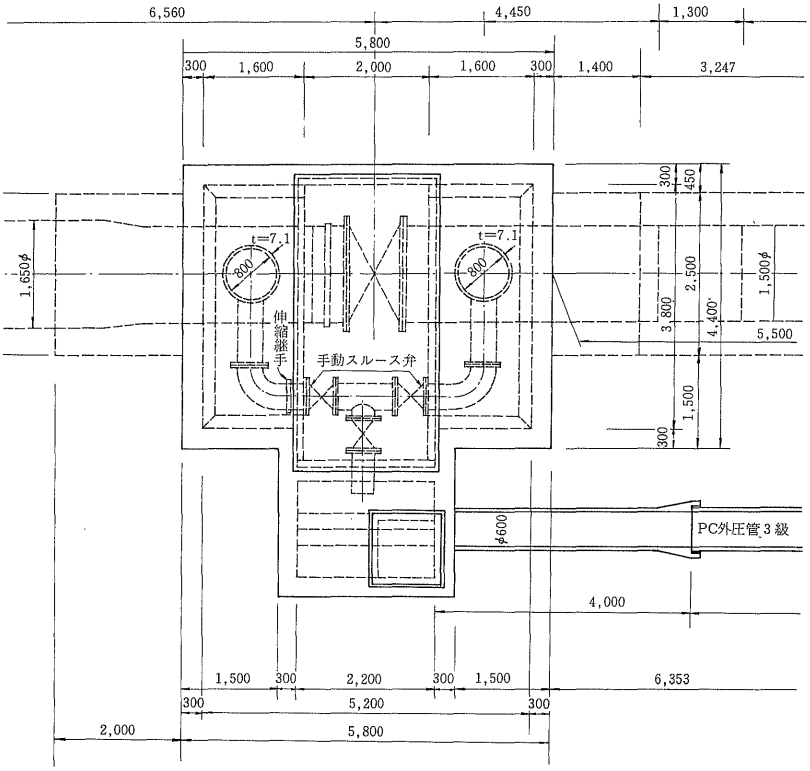
本路線は国鉄奥羽本線、国道７号線、米代新橋など社会的に重要な公共施設を横断、またはこれと隣接しているため、災害防止上の施設が必要となるが、このほか管路の維持管理上、洗浄排水が必要となるので制水弁と排泥口が特に必要である。

このため、現在施工済み区間に３カ所、さらに今後施工予定区間に２カ所、計５カ所の排泥工を計画している。

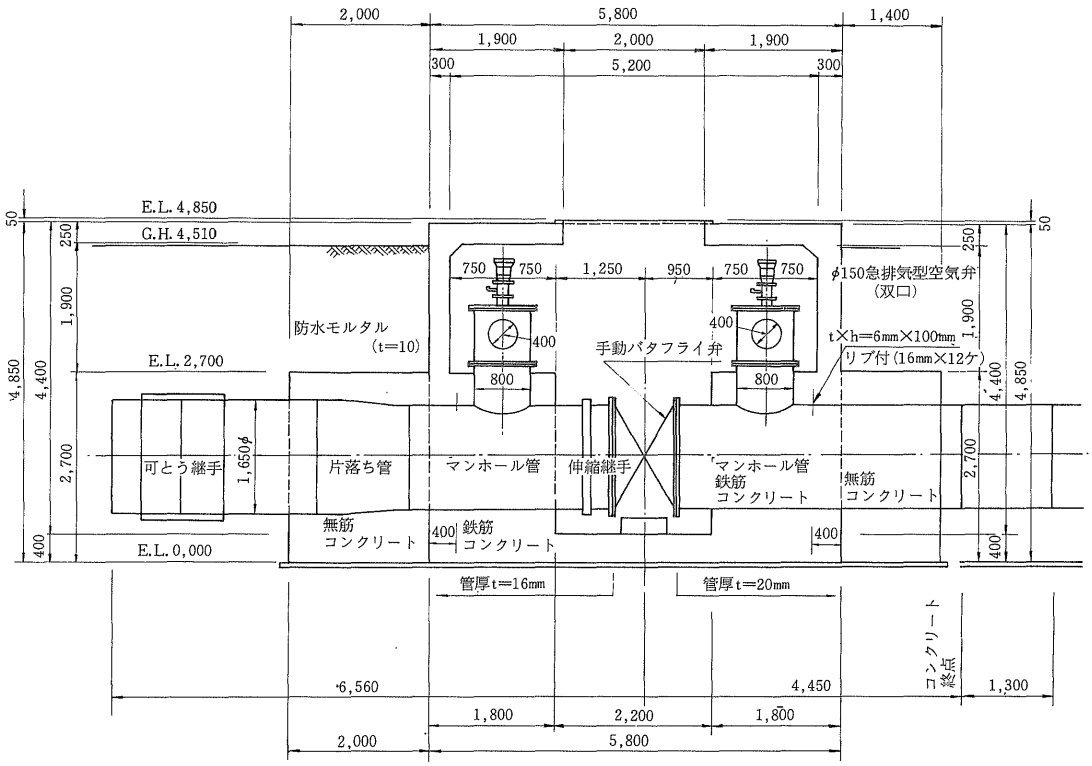
このうち代表例として、朴瀬排泥工の構造を図－５に示す。

排泥工の制水弁は、非常時の開閉による水撃圧の緩和と弁操作が容易で、価格的にも有利なバタフライ弁とした。また排泥工は、水

図－５　平面図


6,560
4,450
1,300
5,800
300
1,600
2,000
1,600
300
1,400
3,247
t=7.1
800
伸縮継手
手動スルース弁
1,650φ
1,500φ
2,500
3,800
4,400
5,500
1,500
300
450
φ600
PC外圧管３級
4,000
1,500
300
2,200
6,353
5,200
2,000

側面図


2,000
5,800
1,400
1,900
2,000
1,900
300
5,200
E.L. 4,850
G.H. 4,510
E.L. 2,700
E.L. 0,000
750
1,250
950
φ150急排気型空気弁
（双口）
防水モルタル
（t=10）
400
手動バタフライ弁
t×h=6mm×100mm
リブ付（16mm×12ケ）
800
可とう継手
1,650φ
片落ち管
マンホール管
伸縮継手
鉄筋
コンクリート
無筋
コンクリート
管厚t=16mm
管厚t=20mm
コンクリート終点
6,560
4,450
1,300
1,800
2,200
1,800

頭が大きいため弁開閉時のキャビテーションを緩和し、非常時の場合の排水を上・下流いずれか一方でも排水可能なようにバイパス管付きとした。

排泥管は本管径の1/4とし、口径400mmであるが、非常時以外は全開で排水はしない方針である。なお、排泥は地形上およびマンホール併用としたので管頂方式とした。

(5) 通気施設

通気施設は、流水の安定と管体保護のため400～500m毎に管理用マンホールと兼用でコンクリートのピットを設置している。空気弁の口径は150mmで効率のいい急排空気弁を使用している。

なお、マンホールの径は600mmが主体であるが、主要な排泥工のマンホールは800mmとしている。

(6) スラストブロック

スラストブロックは屈折角10度以上について、すべて計算により算定し、異形管部を無筋コンクリートで全巻きしている。

また、曲管の資材加工費が比較的大きいため、できるだけ水平ベンドと鉛直ベンドが同一個所になるように路線計画および縦断計画時において配慮している。

4．おわりに

パイプライン工事にあたって大口径の場合は、特に安全性が重要なことである。

安全性は管材が内外圧に耐え、時間の経過に伴ない老化するものであってはならないことは当然であるが、もっとも肝心なことは、ジョイント部の漏水問題ではなかろうか。

本路線のごとく、高水頭の場合は設計では十分安心して使用できる管材を選定し、施工にあたっては管体基礎を含めた管周囲の土の締固めを十二分に行うこと、また不等沈下や地震時にも対応できる構造とすることが最良の方法と思われる。このため、サンドベッド用土を含めた埋戻用土の材料の選択、施工管理などが重要であろう。また、管路内の通気施設は特に急傾斜部上部などには口径の大き目のものを設置すべきと思う。

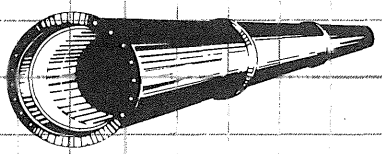
さらに、高水頭がかかる排泥弁を仕切弁とした場合は、水圧のため開閉操作が不能になる恐れがあるので、3 kg／cm²程度以上の水圧がかかる仕切弁は減速ギヤ付きか、その他の弁の使用を考慮すべきと思う。

以上は、53年春に本路線7 kmの通水試験を実施した結果などに基づいて今後の設計、施工上考慮すべき点を述べてみた次第である。

最後に、私どもがパイプライン工事を手がけて未だ5年程度であり、勉強不足、経験不足からかならずしも自信のあるものではないので、諸兄のご指導により当工事施工の万全を期したいと念願するものである。

技術レポート④

1口径落しによるパイプインパイプ工事の設計施工について



大阪市水道局工務部建設事務所
主査　加藤　博

1．はじめに

当局では、昭和47年度より配水管整備事業の一環として、幹線改良工事を行っている。

この工事は、口径400mm以上の配水枝線、枝管および幹線を対象として漏水、あるいは折損、破裂事故などが多発している管路、管内面の錆付着による赤水発生管路などの改良を行うものである。

一般に配水管を布設替えする場合、既存の通水量を確保するため、既設管を撤去した後に、既設管と同等またはそれ以上の口径の新設管を撤去跡に布設する同位置での布設替え工法が望ましいが、最近では道路交通事情の悪化や地下埋設物の輻そう、騒音、振動等工事公害問題など、社会情勢の変化に伴う地域住民意識の複雑化などにより道路の全面掘削がますます困難になってきている。

このような情勢に対処するために開発されたのが既設管をさや管として利用し、その中にダクタイル管などを挿入するパイプインパイプ工法である。

今回一つの試みとして、大正区内の三軒家枝管（口径700～600mm）の布設替え工事を、1口径落し（既設管700mmに新管600mmを、既設管600mmに新管500mmを挿入）によるパイプインパイプ工法により工事を行った。

パイプインパイプ工法そのものについては、すでに本市、他都市においても施工実績があり、内挿管についても鋼管、ダクタイル鋳鉄管などが使用されているが、いずれも既設配水管より2、3段階小さな口径の管を内挿するものであったが、今回のように1口径落しによる施工ははじめての試みであり、さらに耐震性を考慮した管路とした点でも特色があるので、本工事の設計、施工についてその概要を報告するものである。

2．三軒家枝管の概要

本三軒家枝管（口径700～600mm、延長約2,700m）は、庭窪浄水場より大淀配水場を経由して配水されているもので、現在の三軒家枝管の受け持っている給水量は、ほぼ日量2,700m³となっている。

本管路は昭和27年に布設され、使用されている管は普通鋳鉄管で、継手は鉛継手である。

当地域一帯は、GL－10mまでは沖積層で地

盤が軟弱であり、地盤の不等沈下および車輌交通の増大などにより、継手がゆるみ漏水が多く発生している。また管内面はタール塗装しかされていないので、現在内面は相当錆こぶが発生しているものと思われ、通水量の低下、濁り水発生の原因となっている。

3．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）により行っているが、今回の三軒家枝管改良工事は、種々検討の結果下記のような理由により既設管を利用できるパイプインパイプ工法を採用した。

① 当該路線は、配水管（口径700mm）のほかにガス管、下水道管、電話ケーブルなどが幅そうして埋設されているため、新しく配水管を布設するスペースがない。

また道路幅員が狭く、沿道には家屋が密集しており、場所によっては民家に非常に接近して配水管が布設されているため、開さく工法で布設替えすることは交通上の障害はもちろんのこと、民家への影響も予想され事実上不可能に近い。

② 本道路は市道本田、大運橋線のバイパス道路として大型車輌の交通が多く、特に数年前千本松大橋が開通されてからは通行量が激増しており、開さく工法による施工が困難である。

③ 当地域は、その後の配水管整備事業により配水管網が整備されているため、工事中他の系統から配水を行えば施工区間の断水が可能であり、新設管の口径についても1段口径落し（既設700mmの場合新設600mm、既設600mmの場合新設500mm）であれば水量的にも問題はない。

④ 掘さく箇所が立坑部分だけですむため、交通上の支障、家屋への影響、障害物の移設も少なくて済み、工期も短縮できるうえに工事費も割安となる。

⑤ 既設管がさや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、管路そのものが補強されるため将来他企業の埋設工事などによる被害危険度が小さくなる。

4．設計概要

パイプインパイプの設計を行う場合、事前に布設替えしようとする区間の試験掘り、クリーニング、管内調査などを行い既設管の埋設位置（平面、縦断位置）、継手部の曲がり状態、異形管の種類、管長などの測定を行い、これらのデーターをもとに内挿管の管種、口径、管長などを検討し、立坑の設置位置、挿入力の算定、挿入方法の決定を行うことが理想的であるが、

① 本工事は1段口径落しパイプインパイプ工法というはじめての工法を採用する。

② クリーニングや管内調査を行った結果をもとに、内挿管の最終製作数の決定を行う必要がある。

③ 事前に諸調査を行うためには最低6カ所の立坑が必要となり、これを別途施工することは同一箇所を再度掘り返すことになり、対市民感情も悪く不経済である。

などの理由により本工事では事前調査および管製作ならびに内挿工事の設計を同時に行うことにした。

1 管路図面の作成および立坑位置の決定

設計に先立ち、まず布設替え区間の平面、縦断測量を行い、測量図面に既設地下埋設物を記入するが、事前の試掘調査を割愛したので、これらについては各種埋設物企業管理者などの管理図をもとに現場踏査を行い、図上にプロットすることにした。また、当三軒家枝管については正確な竣工図がないため、現地の消火せん、空気弁、仕切弁などの位置により既設管路の埋設位置を推定し、管路の平面および縦断図を作成した。

次に挿入立坑の位置決定であるが、当パイプインパイプ工法の場合、既設管の分岐管部および異形管部は、パイプを内挿することが困難であり、これらについては従来の開さく工法により布設替えするので、設計時にはできるだけこの部分に立坑を設置することにし、工事着手後の試験掘り、管内調査により既設管路の正確な位置および継手部の屈曲角などを把握したうえで、立坑の位置修正、増設な

どを行うこととした。

2 管種の選定

(1) 選定条件

内挿管は次の項目を満足することが要求される。

① 継手部外径ができるだけ小さいこと。

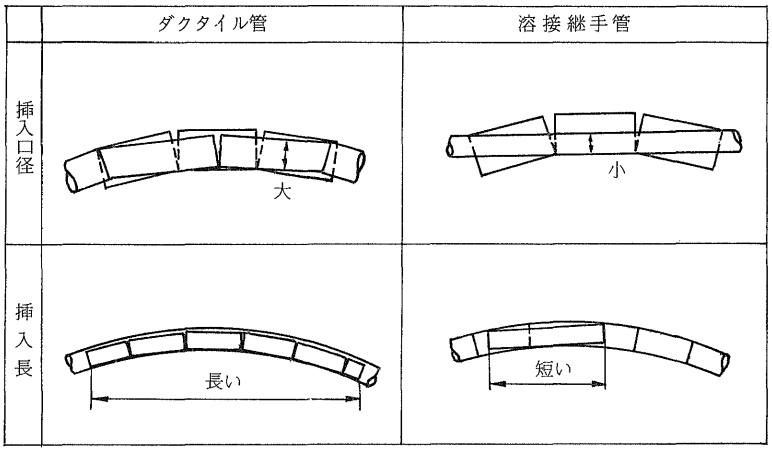
② 挿入時にひっかかりのない構造であること。

③ 継手は屈曲できること。

特に③は重要な条件である。

既設管路は、直線部においても長年月の地盤変動により上下、左右にだ行しており、また布設時の曲げ配管、あるいは曲率を持った配管となっている場合が多い。このような場合溶接構造（鋼管）の継手では、既設管の曲りが吸収できないために内挿管の口径は小さくなり、また挿入長さも短くなる（管内で溶接できる大口径の場合は別）が、ダクタイル管の場合は既設管の口径に近い比較的大きい口径が長距離にわたって挿入できる（図－1参照）。

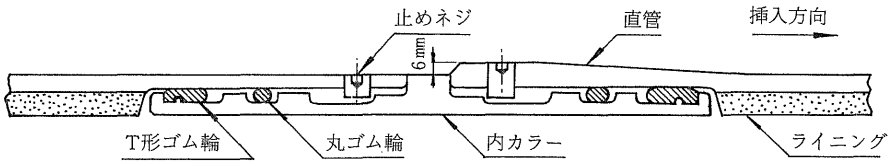
図－1



(2) 継手の構造、特長

内挿管の口径は、一般に既設管口径より2、3段階小さいものが使用されているが、今回の場合、既存の通水量を確保するためできるだけ既設管に近い口径の内挿管が必要であり、ダクタイル管で管外面に突起のないTC形管（JDPA G 1017タイトン形内カラー継手管）に改良を加えたTN形パイプインパイプ工法用遠心力ダクタイル管（図－2）を使用した。

図－2　TN形管構造図



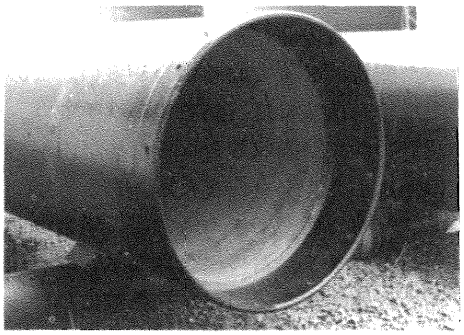
(特長)

① この継手の形式は、管、内カラーおよびゴム輪からなっていて、ゴム輪はタイトン形ゴム輪と丸ゴム輪の二重シール形式になっているので水密性は非常に優れている。

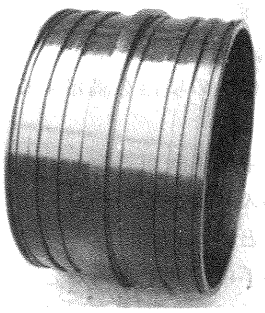
② 継手がタイトン形式であるので、接合が簡単でしかも短時間ででき、雨中でも作業が可能である。

③ 継手の抜出し防止機構を備えているので、挿入時になんらかの理由で管を引抜く場合、あるいは引込み方式の場合に管の離脱を防止することができる。

④ 継手性能は従来のメカニカル形と変り



写真－1　管



写真－2　内カラー

なく、可撓性があるので既設管の曲りに対して順応できる。

⑤　管端には高さ6㎜の突部を設けたので摩擦抵抗は少く、また継手部のひっかかりなどもなく挿入できる。

⑥　内カラー式継手で外面にほとんど突起がないため既設管に近い口径の管が内挿できる。

などの特色を有する継手である。

3 内挿管の口径

パイプインパイプ工法においては、内挿管の口径は既設管の口径より当然小さくなり、このために通水量の低下が懸念される。

既設管は長年月の使用により錆こぶが発生しており、流速係数C値の低下が考えられる。使用年数30年くらいの管の場合、C値は60～80程度と考えられるが、新管はモルタルライニング管なので、水道施設設計指針ではC＝130(実際には摩擦その他異形管部での損失が考えられるので110程度となる）とされ経年変化することがない。したがって新設管を挿入することにより断面減少による流量低下は、ある程度C値で補える。

今回の三軒家枝管の場合、昭和27年に布設され、今日まで26年経過しており、管内は相当錆が発生しているものと思われるので、C値は60程度と考え、既設管（口径700、600㎜）に対し、内挿管を1段口径落し（口径600、500㎜）にした場合の損失水頭について比較検討した結果、表－1の通りとなった。

計算式　ヘイズン・ウイリアムス式

$I=10.666$、$C^{-1.85}$、$D^{-4.87}$、$Q^{1.85}$

表－1　既設管と内挿管の損失水頭比較表

	既設管	内挿管
口　径（㎜）	D_1　700 D_2　600	D_1'　600 D_2'　500
流速係数	C_1　60	C_2　110
流量（ℓ/sec）	Q_1　320 Q_2　250	Q_1'　320 Q_2'　250
動水勾配（%）	$I_1$0.375 $I_2$0.500	I_1'0.255 I_2'0.400

$I_1>I_1'$、$I_2>I_2'$、となり、以上の結果から1段口径落しであれば、既存の水頭を低下させることなく布設替えできるので、内挿管の口径を既設700㎜工区については600㎜に、既設600㎜工区については500㎜に決定した。

4 内挿管の管長

パイプインパイプ工法の場合、内挿管の管長は既設管の内径、管長、継手部の屈曲角および挿入管の口径によって決まるが、今回の場合、挿入管の口径は先に決まっているが、前述のように既設管内の調査が事後になるため、設計上は6ｍ管と4ｍ管の2通りの管を使用することにし、工事着手後の管内調査の結果により、それぞれの管の製作使用数量を調整することにした。

5 内外管空隙の検討

既設管と内挿管との間には空隙ができるが、今回の場合内挿管の口径が1口径落しのため、

①　空隙間隔が僅少である。

②　内挿後既設管内に錆の復元が考えられる。

③　耐震性を考慮（地震時の外力を内挿管に伝達しにくくする）した。

以上の理由で空隙充填は行わず挿入口および到達口などの立坑部で空隙閉鎖コンクリートにより閉塞することにした。

6 各種実験結果

TN形ダクタイル管採用にあたり、各種の性能試験を行った。本工事では500mm管、600mm管を使用するが、試験は500mm管で行った。

試験結果を表－2に示す。

表－2　性能試験結果

接合試験	曲げ水圧試験	水圧抜出し試験
接合時間 継手1カ所当り11分20秒 （配管工3人）	接合した管の両端に盲ふたを取付け、継手を4°まで曲げて水圧を5kg／cm²毎に20kg／cm²まで負荷したが異状なし。	接合した管の両端に盲ふたを取付け、継手を2°曲げた状態で水圧10kg／cm²（引抜力20t）まで負荷したが異状なし。

7 挿入可否の検討

パイプインパイプ工法の場合、新管が挿入できるかどうかは既設管の内径、管長、継手部の屈曲角および挿入管の外径、管長によって決まる。このうち既設管の継手部屈曲角以外はすでに決まっているので、屈曲角の測定を行い挿入の可否を検討することになる。

内挿管がダクタイル管の場合〝既設管－挿入管の関係式〟により挿入の可否を計算できる。

挿入可否の検討は次式によって行った（図－3参照）。

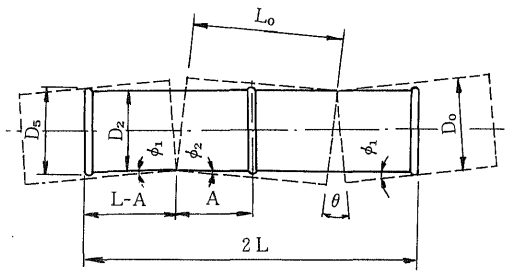
$$\frac{Lo}{2}\cdot\sec\phi_2+\frac{D_2}{2}\cdot\tan\phi_2 A$$

$$\phi_1=\sin^{-1}\frac{Do}{\sqrt{\left\{\frac{1}{2}(D_2+D_5)\right\}^2+(L-A)^2}}-\tan^{-1}\frac{\frac{1}{2}(D_2+D_5)}{(L-A)}$$

$$\phi_2=\tan^{-1}\frac{Do}{Lo}-\sin^{-1}\frac{D_2}{\sqrt{Do^2+Lo^2}}$$

$$\theta=\phi_1+\phi_2$$

図－3　外管の曲がり角と内管の外径との関係



D_o：外管の内径
D_2：内管の外径
D_3：内管の最大外径
L_o：外管の管長
L　：内管の管長
θ　：外管の継手部曲り角
ϕ_1：外管に対する内管の傾き角
ϕ_2：外管に対する内管の傾き角

この式は既設管と挿入管がせり合う限界の状態なので、理論的には限界屈曲角以下であれば挿入可能ということになるが、測定誤差などを考えて適当な安全率をみることが必要である。検討式によって計算した既設管600mm、700mmに500mm、600mmを挿入する場合の既設管の限界屈曲管を表－3に示す。

8 経済比較

施工に先立ち、工法、管種について経済比較を行った。比較結果を表－4に示す。

なお、実際には鋼管の挿入は不可能であるが、比較のためにあえて記載した。

5．施工概要

本工事の施工延長は、既設管700mm～約750m、既設管600mm～約450m、合計1,200mであるが、全延長を第1、第2、第3の3工区に分け、下流側の第3工区から着手し順次第2、第1工区を行った。

各工区の口径、延長を表－5に、立坑、既設管、挿入管の位置関係を図－4に示す。

表－3　既設管限界屈曲角　　単位mm

既設管			挿入管				既設管限界屈曲管
呼び径	最小内径 D_0MIN	管長 L_0	呼び径	最大外径 D_2MAX	最大外径 D_5MAX	管長 L_2	θ
600	593.9	4000	500	531	542	6000	1°43′
						5000	2°00′
						4000	2°33′
700	693.7	4000	600	633.8	544.8	6000	1°38′
						5000	1°54′
						4000	2°25′

表－4　経　済　比　較

新管口径 (mm)	種別	布設延長 (m)	オープン工法	パイプインパイプ工法		
			ダクタイル管	ダクタイル管		鋼管
500			mm m 500×6	mm m 500×6	mm m 500×4	mm m 500×6
	工事費	18	642	326	330	509
		54	642	118	148	301
		102	642	100	106	250
	材料費	18	65	130	157	97
		54	65	106	142	97
		102	65	100	138	97
	合計	18	231	187	207	216
		54	231	116	143	156
		102	231	100	129	141
600			mm m 600×6	mm m 600×6	mm m 600×4	mm m 600×6
	工事費	18	642	326	330	530
		54	642	143	148	318
		102	642	100	106	266
	材料費	18	63	124	152	88
		54	63	105	141	88
		102	63	100	138	88
	合計	18	196	171	192	189
		54	196	113	143	140
		102	196	100	131	129

（注）　上表の数値は工事費、材料費、合計別にm当りの単価に直し、パイプインパイプ工法、ダクタイル管6mを使用して延長102mの場合を100とした時の比を示す。

施工は次の順序で行った。

1．立坑の設置
2．既設管　クリーニング
3．〃　　管内調査
4．新管挿入（模擬管挿入）
5．水圧試験

1 立坑の設置

立坑は曲管部、分岐管部、およびクリーニングの始点、終点部に設置した。

本施工においては既設管の配管図により、あらかじめ上記部分に立坑を設けることにし、工事着手後の試験掘り、管内調査の結果によって、立坑の位置修正、増設を行う計画であった。

試験掘り、管内調査の結果、位置は若干変更したが、増設は必要なかった。

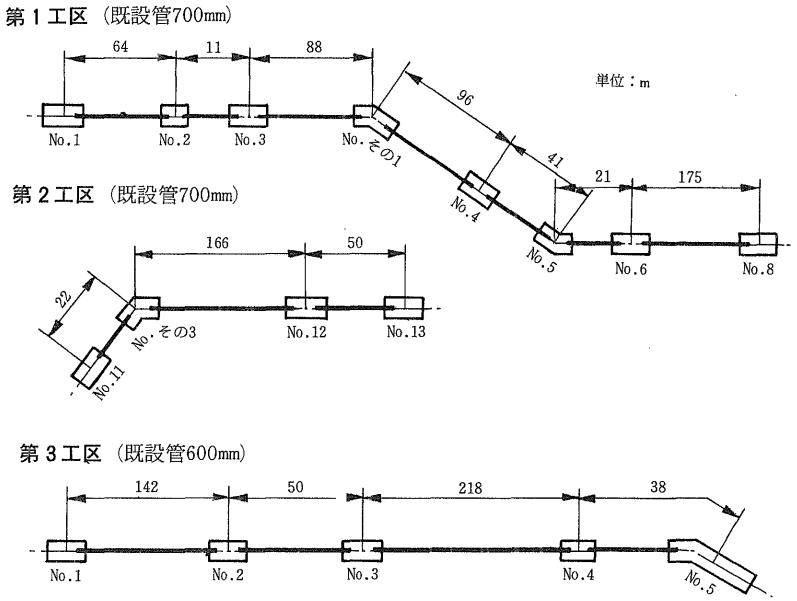
各立坑部に埋設されていた既設異形管の種類、数量を表－6に示す。

表－5　施　工　延　長

工　区	既設管口径 (mm)	挿入管口径 (mm)	施工総延長 (m)	挿入管延長 (m)
第1工区	700	600	504.75	430.59
第2工区	700	600	244.55	223.275
第3工区	600	500	462.00	405.975

（注）　総延長は立坑内配管において曲管があるため実延長と若干異る。

図－4　立坑の配置



2 クリーニング

クリーニングは新管の挿入および管内調査を容易にするために、既設管に発生した錆こぶの除去を行うのが目的である。

方法はスクレーバー法水圧式としたが、これはクリーナーを既設管内に挿入した後、通水することによってクリーナーは水圧を受けて錆こぶをかき落しながら自走する方式で、錆こぶ混りの水は終点立坑に排出されるものである。（曲管部も通過できる）

(1) 錆こぶの状態

●クリーニング前

錆こぶの状況は工区によって異り、第3工区がもっとも多く、管壁がみえないほど全周に付着していたが、第1、第2工区は少なかった。

また、錆こぶの最大高さは第3工区で75mmであった。

●クリーニング後

一部で高さ10mm程度のものが残っていたが、施工には問題ないので再度のクリーニングは行っていない。

(2) 錆こぶ排出量

錆こぶは終点立坑、および沈でん槽に堆積する。各工区毎の錆こぶ量を表－7に示す。

3 管内調査

各立坑掘さく後、既設管内に入り調査を行ったが、調査に先立って管内に溜っている水を排水し、酸欠事故を防止するため送風による換気を行い、安全を確認した後管内に入り調査を行った。

調査は次の項目について行った。

①各継手の胴付間隔の測定。

②管長。

③管内の状況。

調査後、胴付間隔から各継手の屈曲角を計

表－6　既設異形管

工区	立坑No	異形管 45°	22½°	11¼°	5⅝°	分岐 (mm)	備考
第1工区	1						クリーニング始点
	2 3					700×500	※1
	その1	1コ	1コ				
	4	4コ					
	5	2コ	1コ	1コ	1コ		
	6		2コ				
	8						クリーニング終点
第2工区	11			1コ			クリーニング終点
	その3	2コ			1コ		
	12					700×500	
	13						クリーニング始点
第3工区	1						クリーニング始点
	2	2コ					
	3	2コ				600×300	
	4		2コ				クリーニング終点
	5		1コ	1コ			

※1　No.2、No.3の立坑間に既設の700mm×500mmの分岐があり、このまま残すことになったので分岐の前後に立坑を設けた。

表－7　錆こぶ排出量

工区	既設管口径 (mm)	クリーニング延長 (m)	錆こぶ量 (m³) 立坑	沈でん槽	合計
第1工区	700	約500	2.1	0.24	2.34
第2工区	700	約240	1.19	0.14	1.33
第3工区	600	約410	5.51	2.78	8.29

算した結果を表－8に示す。

表－8　既設管継手部屈曲の状態

工区	既設管口径 (mm)	継手屈曲角 0～30′	31′～1°00′	1°01′～1°30′	1°31′～2°00′	2°01′～2°30′	2°31′～	合計
第1工区	700	カ所 40	カ所 36	カ所 14	カ所 5	カ所 6	カ所 0	カ所 101
第2工区	700	10	19	11	11	3	0	54
第3工区	600	26	34	13	7	3	0	83
合計		76	89	38	23	12	0	238
百分率 (%)		31.9	37.4	16.0	9.7	5.0	0	100

4 挿入工

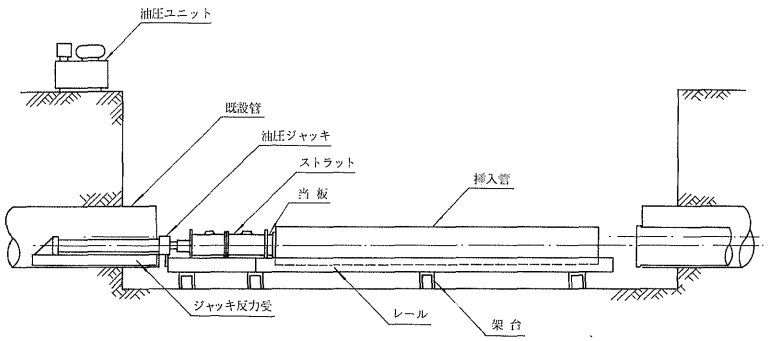
パイプインパイプ工法の場合、内挿管の管長は既設管の内径、管長、継手部の屈曲角によって決まる。今回の場合、既設管の管内調査が事後になったため、設計上は6m管と4m管の2通りの管を使用することにし、6m管が挿入できる部分はできる限り6m管を使用した。

4m管、6m管の使い分けは、内挿管が通過可能な既設管の継手屈曲角をあらかじめ机上で計算しておき（表－3参照）、管内調査の結果によりそれぞれの管の使用数量を調整した。

なお、計算値（表－3）と実測値（表－8）が接近している場所については、新管挿入の前に模擬管を挿入して通過の可否を確認した。

発進坑の配置を図－5に示す。

図－5　発進坑配置図



(1) 挿入方法

挿入は長ストロークのジャッキ使用による押込み方式とした。ジャッキは1.2m／ストロークのものを使用したが、立坑の長さをできるだけ短かくするためジャッキを既設管の中に設置した。

●ジャッキ仕様

推力　10t／1台（3台まで組合せ可能）

ストローク1.2m

挿入する管の先端には、管のひっかかりを防止するため先導管、または先導ソリを使用したが、いずれも良好であった。（写真－3、4参照）

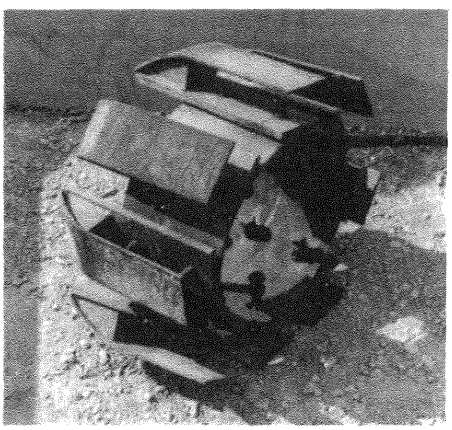
(2) 推力、摩擦係数

挿入時の推力は油圧ユニットの圧力計で測定した。挿入長と推力、および摩擦係数の関係を表－9に示す。

(3) 挿入時間、人員

管を立坑内に吊降し、継手接合、挿入、次の管の吊降しまでの1サイクルの時間は作業

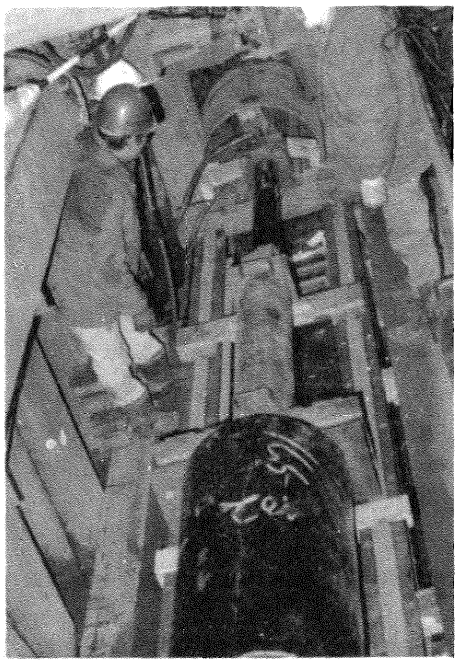
写真－3　先導管



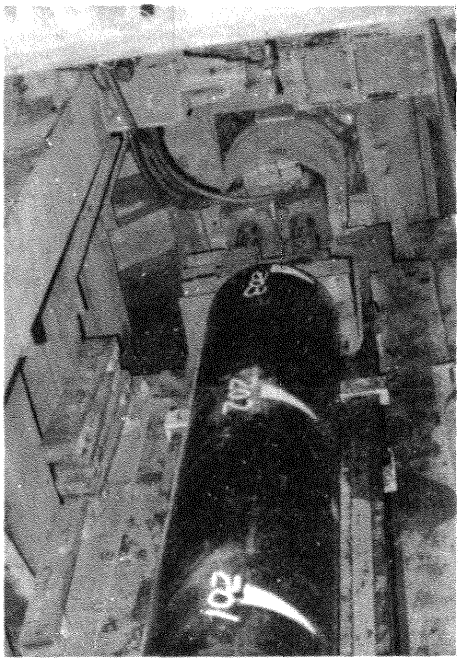
写真－4　先導ソリ

表－9　推力、摩擦係数

工区	発進坑	到達坑	挿入管口径(mm)	挿入長(m)	最大推力(kg)	摩擦係数
第1工区	No. 1	No. 2	600	60.140	5,300	0.4～0.5
	No. 3	No.その1	〃	78.450	6,700	0.4～0.5
	No.その1	No. 4	〃	84.500	8,650	0.5
	No. 5	No. 4	〃	30.975	3,020	0.4～0.5
	No. 6	No. 8	〃	166.700	13,200	0.3～0.4
第2工区	No. 12	No.その3	〃	160.975	11,100	0.3～0.4
	No. 12	No. 13	〃	46.250	3,800	0.3～0.5
第3工区	No. 1	No. 2	500	134.450	9,200	0.3～0.5
	No. 2	No. 3	〃	40.225	2,800	0.4～0.6
	No. 4	No. 3	〃	206.675	10,100	0.25～0.35



写真－5　挿入工



写真－6　挿入工（推力によってジャッキを増設）

員の熟練度、および現場の状況にもよるが、概略10～15分であった。（ただし、カラー片側は陸継ぎ）

作業人員

継手工	2名	重機オペレーター	1名
挿入工	3名	玉掛	1名
ジャッキ操作	1名	合図	1名

5 水圧試験

各区間の挿入完了後、挿入管の両端に盲ふたを取付け水圧試験を行った。試験は水圧5 kg／㎠を負荷し10分間経過後の水圧の降下量を測定したが異状はなかった。

6．あとがき

老朽管の改良工法としては、管径によって洗管更生法、パイプリバース法、およびパイプインパイプ工法などがある。

小口径管路では、洗管更生法やパイプリバース法が一般に行われるが、中大口径管では

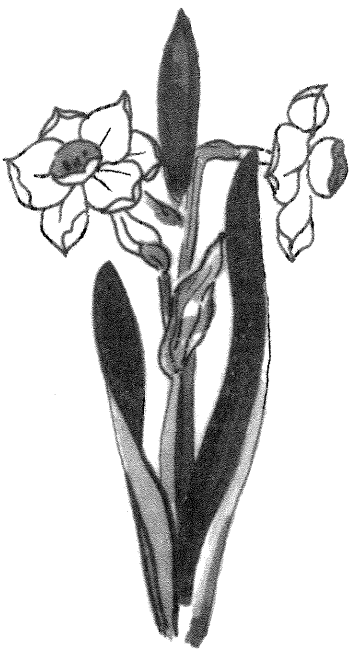
パイプインパイプ工法が考えられ、内挿管としてはダクタイル管、鋼管が使用されている。

本工事のように、人間が管内で溶接作業を行うことが不可能な中口径においては1段落ち口径管が挿入できるという本工法は、有効かつ適切な工法であることに確信を得た。

今回の施工においては、発進坑、到達坑の設置からクリーニング、管内調査、内挿工事まで大きな障害もなく順調に作業が進行し、工事期間中交通渋滞がなかったこと、工事公害による住民とのトラブルなどがなかった点を考えると、一応の成果があったと考えている。ただ、先に述べたような現場条件から立坑部分の地下埋設物の支障移設に多大の日時を要し、全体の工事としてはかなりの期間を要す結果になったことは残念であった。しかし、本工事を従来の開さく工法により布設替えをしていた場合には、さらに長期間の工事となり事業費も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。本工法が今後の配水管改良の一工法として参考になれば幸いである。

参考文献

〝ダクタイル管路　設計施工例と質疑応答集〞日本ダクタイル鉄管協会、昭和52年12月



ダクタイル鉄管第25号

昭和53年10月

技術レポート①

地震と管路について〈その5〉

～耐震継手S-Ⅱ形ダクタイル管～

日本ダクタイル鉄管協会
技術委員会委員長　宮岡　正
委員　宮本　宏
委員　山路忠雄
委員　相良隆雄

Ⅰ．はじめに

現在のメカニカルジョイントで構成される管路は、ある程度耐震的な管路である。

地下に埋設された管路は地震時の地盤の動きに左右されることは間違いないので、中程度の地震、あるいはかなりの地震でも地盤のいいところに埋設されているメカニカルジョイント管路は、伸縮性があるのであまり被害を受けずに耐えてきている。その意味でこれらの継手を使った管路は、いわば柔構造耐震管路と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、液状化がお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発想された。（「南関東大震災対策調査報告書、昭和48年3月、厚生省」から）

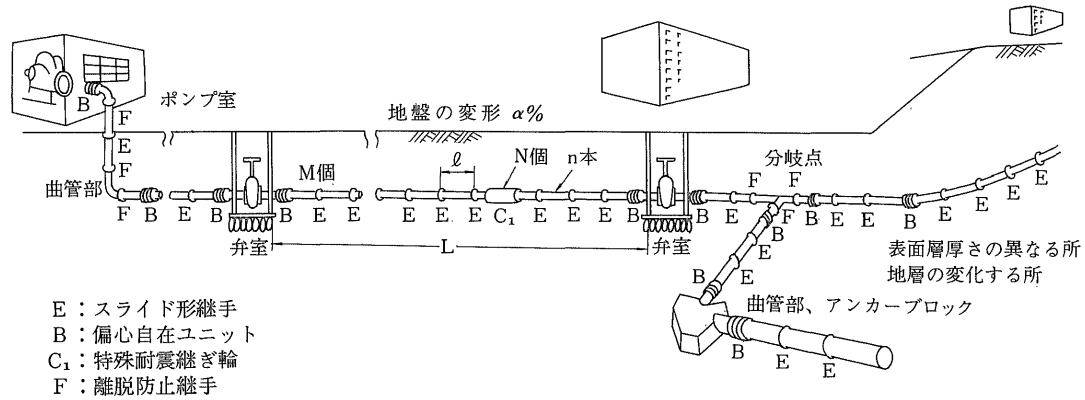
これは、地震時に管路がちょうど地下に埋められた鎖のように自由に伸縮、屈曲し、最終的には引っかかって大きい離脱阻止力に耐えるような機能を持つ管路構造である。管路に発生する応力を最小限にとどめ、地震時の土の動きに順応していくと同時に、予想し得ない不均一な土の動きによる管の移動に対しても、管路全体の余裕で吸収しようとするものである。つまり、管単体の強度もさることながら、それよりも管路システムの機能を守ろうとする考え方である。

この構想に沿って、大口径（呼び径500㎜以上）についてS形継手がすでに開発、実用化されているが、今回これに続いて中小口径（呼び径450㎜以下）を対象としたS-Ⅱ形継手を開

発した。

以下に、これの概要、機能試験結果、施工要領を述べる。

図－１　鎖構造耐震管路（南関東大震災対策調査報告書より）



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-Ⅱ形

(2) 呼び径

100～450mm

(3) 管種および管厚

直　管　１種、２種、３種

異形管　継ぎ輪、長尺継ぎ輪、曲管、二受Ｔ字管、片落ち管、短管など

管厚は１種類

(4) 従来の管との接合性

Ａ形、Ｔ形、Ｋ形、ＫＦ形管すべて可能

(5) 直管の有効長

口径100mm　　3.95m（暫定仕様）

口径150～250mm　4.95m（暫定仕様）

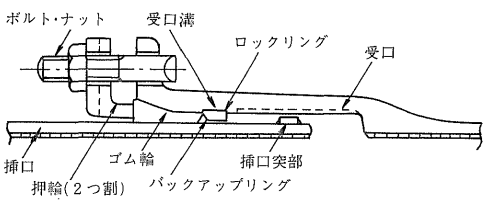
口径300～450mm　　6 m

２．継手構造

(1) 構造

図－２に示す通りである。

図－２　S-Ⅱ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隙間があるため、この範囲内で伸縮が可能である。したがって屈曲も可能である。

② 離脱阻止機構

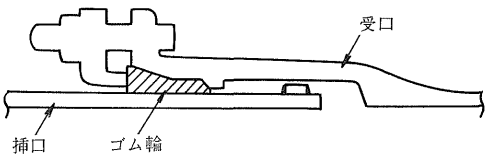
ロックリングと挿口突部の掛け合せにより、受口・挿口の離脱を防止する。

③ 水密機構

水密機構は、Ｋ形のそれとほぼ同じである。

直管の接合を完了した時点では、機構のうえでは図－３のような構造とみなすことができる。

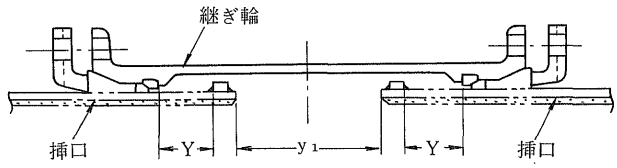
図－３　機構のうえから見た継手構造



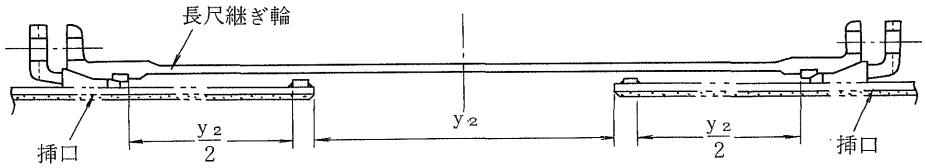
継ぎ輪は、いわゆるせめ（結び配管）に用いたり、その伸縮量、曲げ角度が２倍あることを利用して構築物との境界部など、不等沈下が予想されるところに適数個用いるものである。長尺継ぎ輪は伸縮量をさら

に多くとろうとする場合に用いるものである。継ぎ輪、長尺継ぎ輪の構造を図―４、図―５に示す。

図―４　継ぎ輪



図―５　長尺継ぎ輪



（注）Y、h_1、h_2：
図面に表示してある寸法である。

(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FCD45による。

③ ボルト・ナット

ステンレス鋼

JIS G 4303（ステンレス鋼棒）のSUS403またはこれと同等以上のもの。

④ ロックリング

ダクタイル鋳鉄（FCD40またはFCD45）

⑤ バックアップリング

SBR（JIS K 6353による。硬度90°）

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。

(2) 施工面

１．曲げ配管が可能である。

２．雨中、湿気の多いところでの施工も可能である。

３．接合後ただちに埋戻しができる。

４．切管の必要が生じた場合、切管挿口に溝を加工し、挿口リングを小ネジで止めることによりS-Ⅱ形継手の挿口突部を成形することができる。

(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．大きな離脱阻止力に耐える。

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-Ⅱ形継手は免震的な考え方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、耐震管路設計時の参考にするための口径100～450mmS-Ⅱ形継手の基準性能を示す。

(1) 伸縮余裕量

直　　管：管長の±1％（すなわち4m管で±40mm、5m管で±50mm、6m管で±60mm）

継　ぎ　輪：伸び余裕量　直管の2倍／1個
縮り余裕量　150～210mm/1個（呼び径により異なる）

長尺継ぎ輪：±450～±600mm／1個（呼び径により異なる）

〈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上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お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％の上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

口径100mm：4°	口径300mm：3°
口径150mm：4°	口径350mm：3°
口径200mm：4°	口径400mm：3°
口径250mm：4°	口径450mm：3°

〈参考〉

地震時に曲がり得るS-Ⅱ形継手の最大（限界）屈曲角は次の通りである。

口径100mm：8°	口径300mm：6°
口径150mm：8°	口径350mm：6°
口径200mm：8°	口径400mm：6°
口径250mm：8°	口径450mm：6°

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お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、θ＝±8′25″となる。

(3) 離脱阻止力

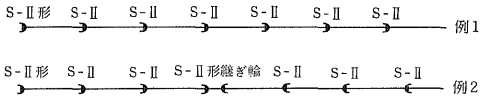
口径100mm：　30Ton以上
口径150mm：　45Ton以上
口径200mm：　60Ton以上
口径250mm：　75Ton以上
口径300mm：　90Ton以上
口径350mm：105Ton以上
口径400mm：120Ton以上
口径450mm：135Ton以上

〈参考〉

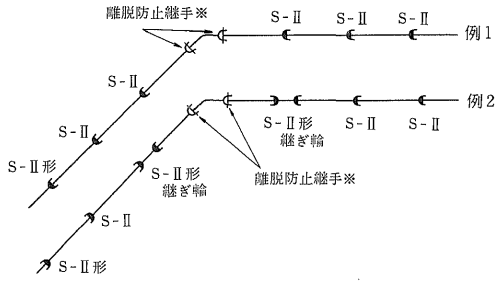
上記離脱阻止力は、仮りに埋設管の管表面と土の周面摩擦を1Ton/m²とした時、管路約100m分の摩擦に相当する。

5．配管設計例

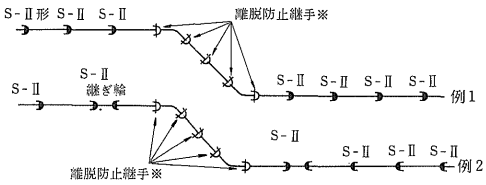
図－6　直線管路部



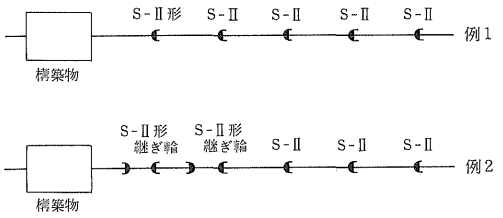
図－7　曲管(水平曲がり)部



図－8　曲管(垂直曲がり)部



図－9　構築物出口



※(注)　離脱防止継手としては、次のようなものが使用可能である。

(1) S-Ⅱ形の伸縮量を設けないタイプ（異形管）

(2) S-Ⅱ形の受口にライナーを挿入するタイプ（直管）

(3) K F 形継手（呼び径300mm以上）

(4) その他上記のものと同等以上の性能を有するタイプ。

Ⅲ．口径150mm、400mm機能試験

1．接合・解体試験

S-Ⅱ形ダクタイル管を2本用意し、実験室内で接合・解体を行った結果所要時間は表－1に示す通りである。

A形・K形継手の接合作業に比べ、ロックリングの挿入作業が余分になるだけで、他の作業はA形、K形継手と同程度に容易である。

表－1　接合および解体時間測定結果

呼び径 (mm)	接合に要した時間 (継手1カ所当り)	解体に要した時間 (継手1カ所当り)
150	約10分	約10分
400	約15分	約10分

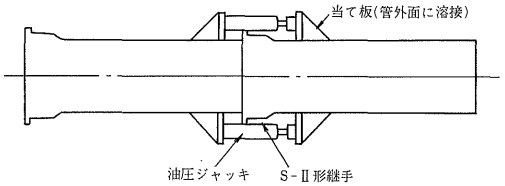
(注)　(1)所要人員は2名で、内1名は補佐である。
(2)管の芯出しには、天井ホイストクレーンを使用した。

2．引抜き試験

S-Ⅱ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離脱阻止力、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、引抜き力に対する性能を確認した。

図－10　油圧ジャッキによる引抜き試験方法



(1) 引抜き試験・最終結果

結果を表－2に示す。

表－2　引抜き試験・最終結果

管呼び径 (mm)	負荷引抜き力 (Ton)	継手部の状況	発生応力※ (曲げ応力) kg／mm²
150	45	異常なし	23.0
400	120	〃	16.1

※　挿口は口径150mm、400mmとも1種管を用いた。上記応力の発生カ所は口径150mm、400mmとも挿口であった。
ダクタイル鋳鉄の曲げ強度はJIS G 5526に規定するもので57kg／mm²以上。

前記引抜き力（離脱阻止力）は、仮りに埋設管の管表面と土の周面摩擦を１Ton/m²とした時、管路約100m分の摩擦に相当する。

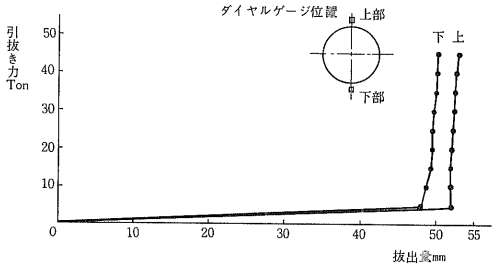
すなわち、地震時に管が管軸方向に動く時、約100mの管を引張れるということになる。また、表－２から応力的にはまだ十分余裕があることがわかる。

(2) 引抜き力－抜出量の関係

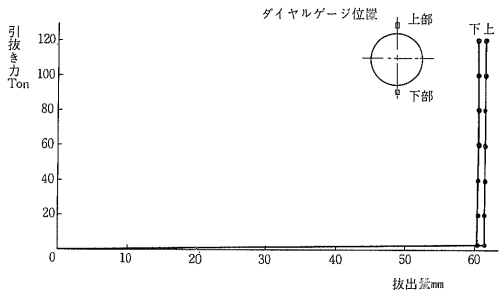
図－11、12に測定結果を示す。いずれも設計伸長量だけ抜出した後、抜出しが止まっている。

いずれの場合も、最初の測定と最終の測定を比べるとわずかな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。

図－11　口径150mm引抜き試験における引抜き力－抜出量の関係

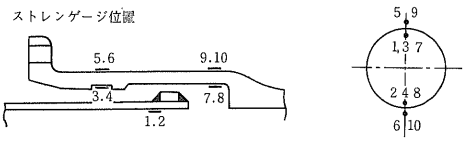


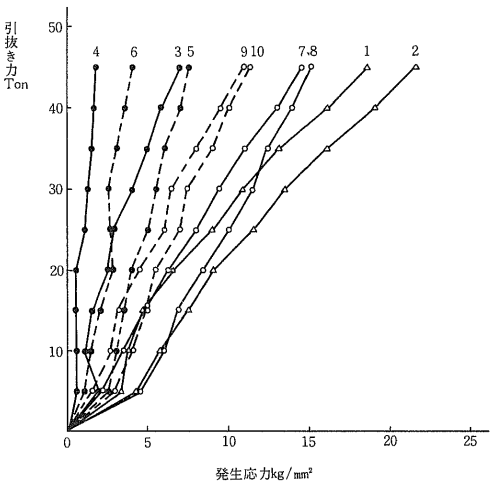
図－12　口径400mm引抜き試験における引抜き力－抜出量の関係



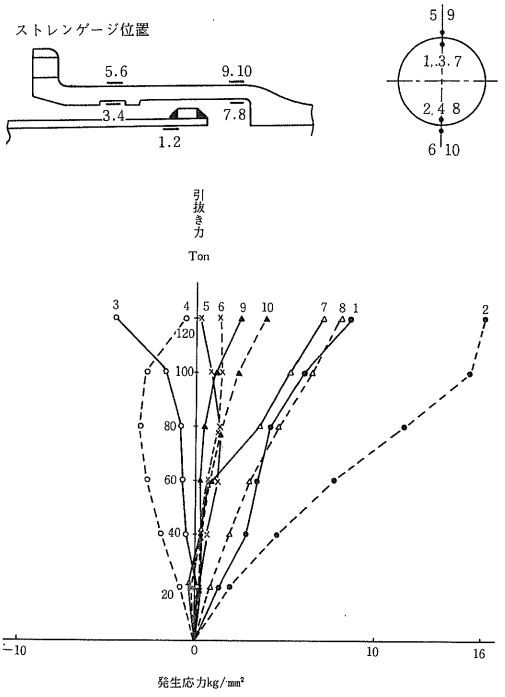
(3) 引抜き力－応力の関係

図－13　口径150mm引抜き試験における引抜き力－応力の関係





図－14　口径400mm引抜き試験における引抜き力－応力の関係

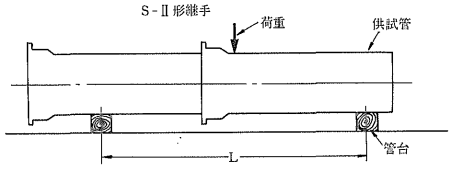


３．曲げ試験

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-Ⅱ形継手に曲げモーメントが加わった時、どの程度の可撓性を示すかを確認するため曲げ試験を行った。

図―15　曲げ試験方法



（注）　スパンLは呼び径150mmの場合4.2m、呼び径400mmの場合4.8mであった。

(1) 曲げ試験・最終結果

試験は、曲げ角度が許容屈曲角の2倍になるまで行った。

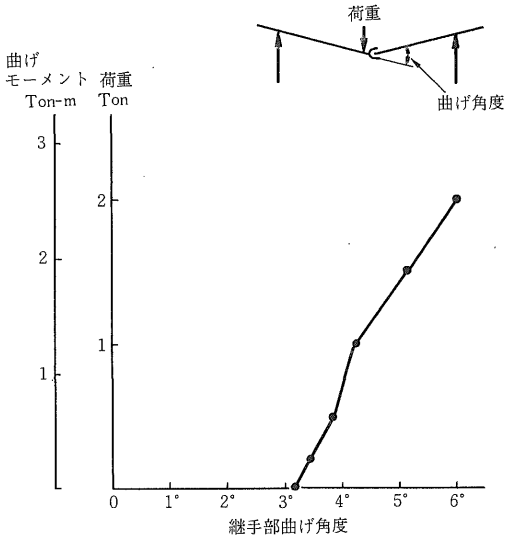
表―3　曲げ試験最終結果

管呼び径 (mm)	継手部の曲げ角度	荷　重 (Ton)	継手部曲げモーメント (Ton-m)	発生応力 (曲げ応力) (kg/mm²)※	継手部の状　況
150	8°	6.3	6.6	44	破壊その他異常なし
400	6°	2	2.5	4.4	同　上

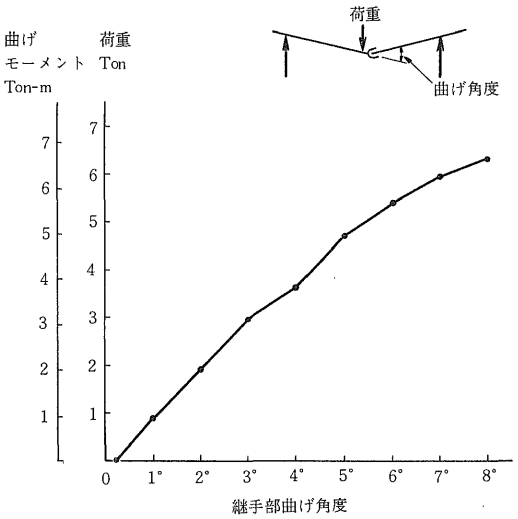
※上記応力の発生カ所は口径150mm、400mmとも挿口であった。
挿口は口径150mm、400mmとも1種管を用いた。
ダクタイル鋳鉄の曲げ強度はJIS　G　5526に規定する材質のもので57kg/mm²以上。

(2) 曲げモーメント―継手部曲げ角度の関係

図―16　口径150mm曲げ試験における曲げモーメント―継手部曲げ角度の関係

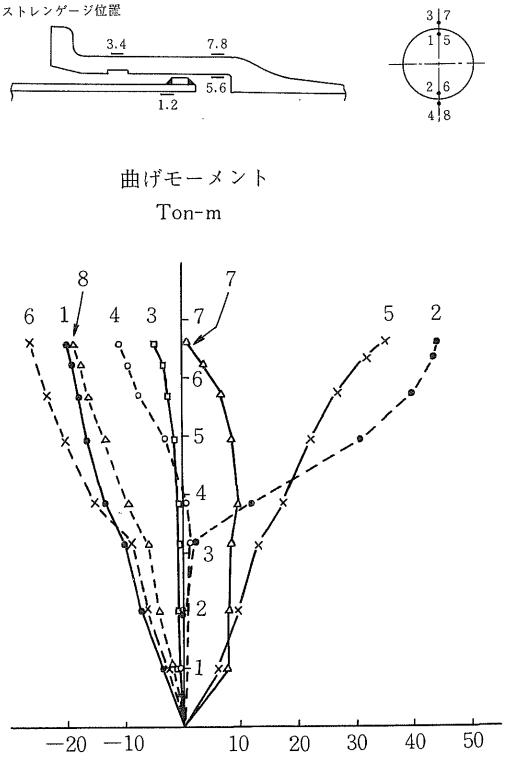


図―17　口径400mm曲げ試験における曲げモーメント―継手部曲げ角度の関係

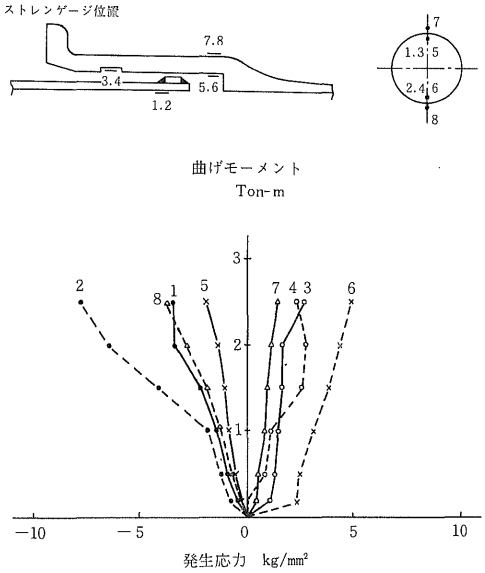


(3) 曲げモーメント―応力の関係

図―18　口径150mm曲げ試験における曲げモーメント―応力の関係



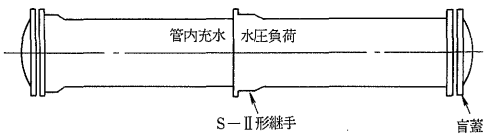
図－19　口径400㎜曲げ試験における曲げモーメント－応力の関係



4．水圧試験

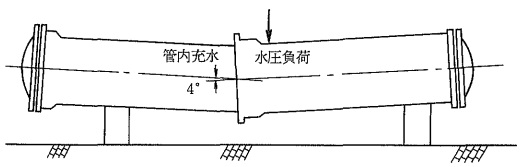
呼び径400㎜について、正規な接合をした後水圧60kg／㎠を負荷した。その結果、漏洩など異常はなかった。

図－20　水圧試験方法



また継手を真直な状態で正規の接合をした後、曲げモーメントを加えて継手を4°屈曲させ、水圧30kg／㎠を負荷した。その結果、漏洩など異常はなかった。

図－21　曲げ水圧試験方法



Ⅳ．継手接合要領

1．ロックリング分割部の隙間測定、部品のセット

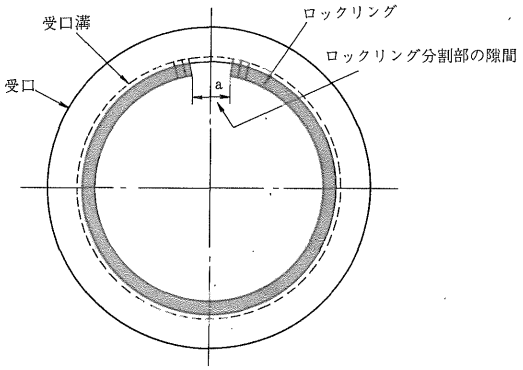
(1)　挿口外面の端面から約50㎝の間および受口内面に付着している油、砂、わらくず、その他の異物をきれいに取除く。

(2)　ロックリングを受口溝内に張りつかせてロックリング分割部の隙間を穴パス（インサイドキャリパー）を用いて0.5㎜単位で測定する。

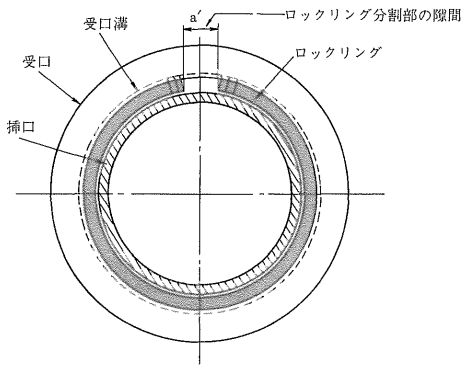
すなわち、ロックリングを絞った状態で受口に預け、次にロックリングを軸方向にずらして受口溝内に張りつかせて、ロックリング分割部の隙間を測定する。

口径が小さい時はロックリングの剛性が大きいため、手で絞ることがむつかしい。したがって、ロックリング絞り器具を利用してロックリングを絞る。

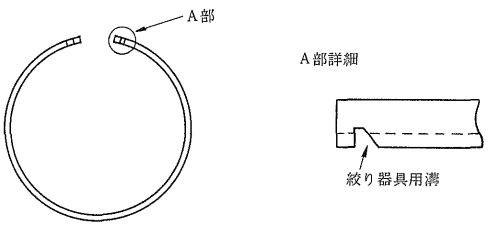
図－22　(イ)接合前



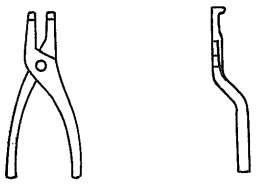
(ロ)接合後



図－23　ロックリング



図－24　絞り器具



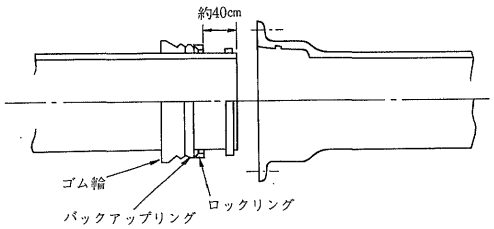
(3)　ロックリング絞り器具の先端をロックリング絞り器具用溝に差し込んで、ロックリングを絞った状態で受口端面側に引張り、受口溝からはずす。

(4)　挿口外面および受口内面（ただし、端面から受口溝の端面側まで）に濃いドロドロの石鹸水を塗る。

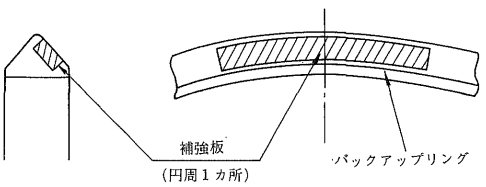
(5)　ゴム輪をきれいに清掃して、濃いドロドロの石鹸水を塗り、挿口に預ける。

続いてバックアップリングをきれいに清掃して、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くるようにして挿口に預ける。次にロックリングを挿口に預ける。

図－25



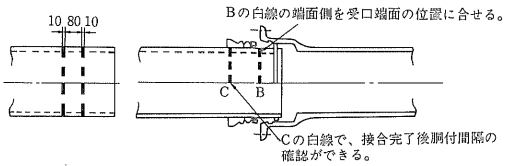
図－26　バックアップリングの補強板



2．受口、挿口の挿入

(1)　受口（挿口）に挿口（受口）を挿入する。その場合、挿口外面に表示してある２本の白線のうちＢの白線の端面側が受口端面の位置になるようにする。

図－27　受口、挿口の挿入完了



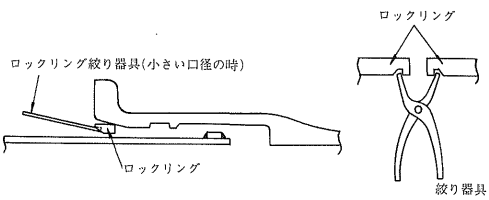
3．ロックリングのセット

(1)　ロックリングを受口溝内に装着し張りつかせてロックリング分割部の隙間を測定し、受口、挿口の挿入前に測定した隙間との差が±1.5㎜以下であることを確認する。

すなわち、ロックリングを絞った状態で受口に預け、次にロックリングを軸方向にずらしロックリングを受口溝内に装着し張りつかせてロックリング分割部の隙間を測定する。（図―22(ロ)を参照）

小さい口径の時は、ロックリングの剛性が大きいため、手で絞ることがむつかしい。したがって、ロックリング絞り器具を利用してロックリングを絞る。

図－28



4．部品のセット、ゴム輪の締付け

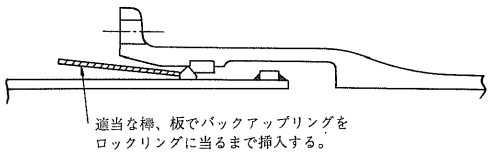
(1)　バックアップリングを受口と挿口の隙間に、ロックリングに当るまで適当な棒、板で挿入する。その際、バックアップリングの補強板の中心がロックリング分割部の中心に合うようにする。

バックアップリングの挿入は、まず挿入可能なところを先に入れてしまい、その後順次入らないところの芯出しを行いながら挿入していく。

(2)　ゴム輪、ボルト、押輪を所定の位置にセットする。

(a)　その際、挿口、受口、ゴム輪の石鹸

図－29



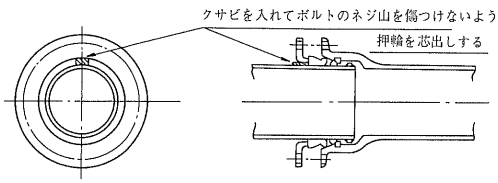
水が乾いているようであると、もう一度石鹸水を塗ってからゴム輪を受口と挿口の間に手で押込む。

先端の尖ったタガネなどでゴム輪を叩いたり押してはならない。ゴム輪を傷つけないよう注意すること。

また、押輪をセットする場合には押輪（２つ割）の分割部分にＴ頭ボルトを最初に挿入し、ナットを入れて押輪を一本化する。

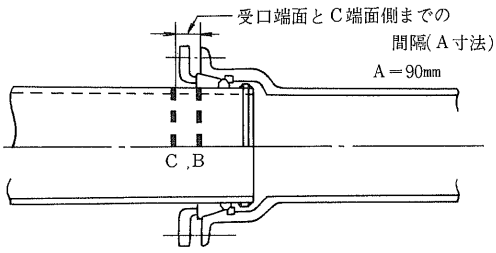
(b)　ボルトを受口および押輪のボルト穴にセットする。

図－30



(3)　ボルトにナットを入れ、ラチェットレンチ、スパナなどで仮締めする。その際、受口端面とＣ白線の端面側までの間隔が規定寸法になるように修正する。

図－31



(4)　ナットをラチェットレンチ、スパナなどで固く締付ける。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万遍なく行うこと。（Ｋ形継手の締付け要領と同じ）

(5)　全部のボルト、ナットが規定の締付けトルクに達しているかどうか改めて順次確認する。

規定締付トルク

口径100～450mm（Ｍ20）…10kg－m

５．曲げ配管の場合

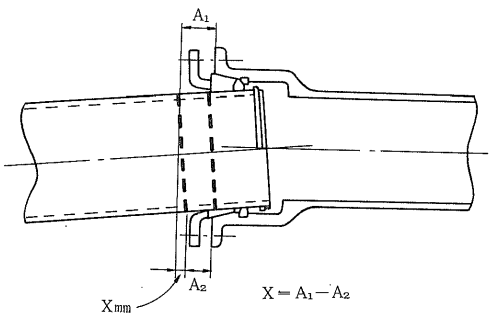
曲げ配管の場合、ひとまず管を真直にセットし各部品を正常な位置に挿入、ボルトをある程度まで締付けた後、継手を曲げ、最終的に規定のトルクまでボルト、ナットを締付ける。最初から曲げて接合するとロックリングの挿入がむつかしい。

継手１カ所に許容される曲げ角度は表－４の通り。

表－４

管呼び径 (mm)	許容曲げ角　度	Ａ寸法の差 (Xmm)※	管１本当りに許容される偏　位	(cm)
100	4°	8	管長 4 m	28
150	〃	12	5 m	35
200	〃	15	〃	〃
250	〃	19	〃	〃
300	3°	17	6 m	31
350	〃	20	〃	〃
400	〃	22	〃	〃
450	〃	25	〃	〃

図－32



Ⅴ．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行く場合

継ぎ輪、長尺継ぎ輪のいずれでも、一方から順次配管して行く場合は、直管の場合とほとんど変わらない。

留意点は次の通り。

(a) 長尺継ぎ輪は曲げ接合しないこと。

継ぎ輪の許容曲げ角度は、片側受口について直管と同じ。（表—4参照）したがって、両受口で直管の2倍になる。

(b) 継ぎ輪前後の両挿口端の間隔は次のようにとる。

継ぎ輪の時……受口Y寸法×2

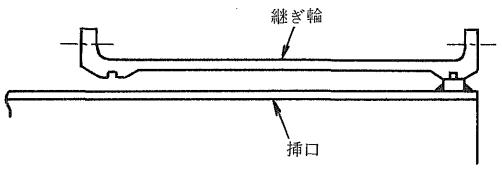
［ただし、後日前後の管の撤去を考える時は、図面に表示してある標準隙間y_1とする。］

長尺継ぎ輪の時……図面に表示してある標準隙間y_2

2．結び配管（せめ）に使う場合

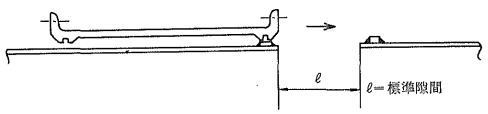
(1) 挿口に継ぎ輪全体を預ける。

図—33



(2) もう一方の挿口を据付ける。その際、両挿口端の間隔を図の寸法にとる。

図—34



(3) 次に継ぎ輪を図—34の矢印の方向にずらせる。そして、最終的に継ぎ輪を両挿口の中心に持ってくる。

(4) 後の接合は直管の場合と同じである。留意点はV—1項で示した通り。

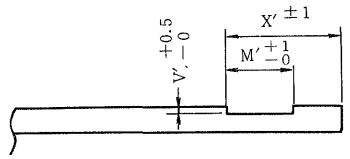
Ⅵ．切管時の施工要領

(1) まず指定の切用管を切管する。切管の要領はK形管と同じ。

(2) 切管の挿口に溝を加工する。溝の寸法、位置は表—5に示す通り。

表—5

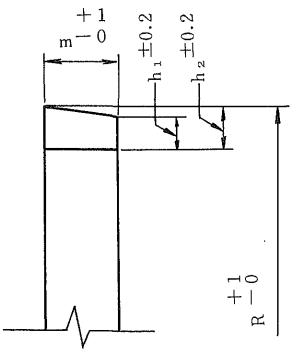
口径(mm)	X′	M′	V′
100～200	30	16	2
250～450	35	21	2



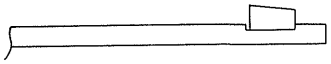
(3) 次に、両端に穴のあいた切管用挿口リング（寸法は表—6の通り。ダクタイル鋳鉄製）を図—35に示す方向で挿口溝に入れ、シャコ万力を用いて挿口溝外面と挿口リング内面とを接触させた状態で挿口に穿孔する。それから、その穴に小ネジを挿入してナットで締付ける。ただし、挿口が受口に挿入できない場合は、挿口リングの外面をグラインダーまたはヤスリで挿入可能な程度にわずか削り、図—36の形状にする。

表—6　切管用挿口リングの寸法

口径(mm)	h_1	h_2	m	R
100	10.0	9.2	15	66.0
150	〃	〃	〃	91.5
200	〃	〃	〃	117.0
250	〃	〃	20	143.0
300	11.2	9.7	〃	169.0
350	〃	〃	〃	194.5
400	〃	〃	〃	220.0
450	〃	〃	〃	246.0

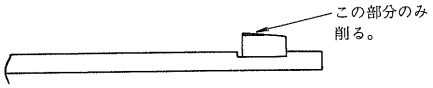


図—35

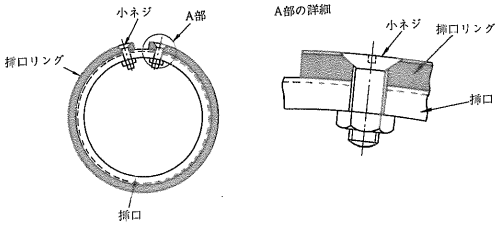


挿口リングの厚さの薄い面を挿口端面側に持ってくる。

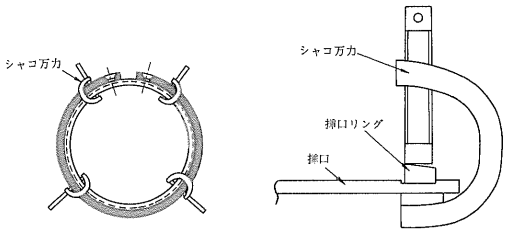
図－36



図－37　切管用挿口リングの取付方法



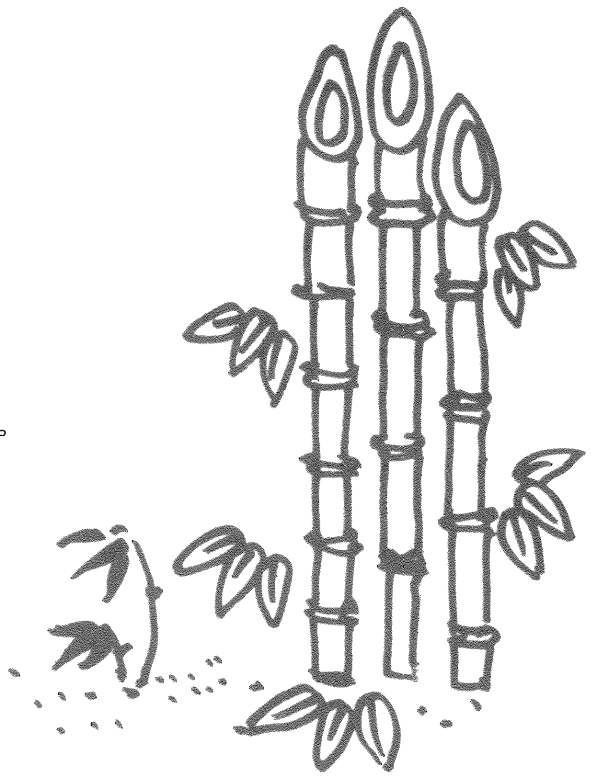
図－38



(4)　以後の接合は、Ⅳ項の「接合要領」に同じ。

Ⅴ．おわりに

以上、新しく開発したS-Ⅱ形ダクタイル管の概要について述べてきたが、この継手は水道用のみならずガス輸送用導管の継手にも応用できると考えている。（ただし、ゴム輪、バックアップリングの材質はガス用とすることが必要である。）今後、管路の耐震化がクローズアップされていく状況下において、いささかでも参考にしていただければ幸いである。



技術レポート②

口径2600mmU形、UF形ダクタイル管の高水圧に対する継手性能試験結果について

日本ダクタイル鉄管協会
技術委員会委員　加藤幸蔵
〃　仁木彬隆
〃　田尾寿則

Ⅰ．はじめに

最近の水道界の大きな課題として、送配水地域の拡大により長距離配管、丘陵地配管などの問題から広域水道や農業用水道では、大口径化・高水圧配管がクローズアップされ、管体の耐水圧強度とともに管継手の耐水圧性能が要求される。

すでにダクタイル管では、中大口径管における20kg／cm²以上の高水圧配管に数多くの実績があり、その安全性について高く評価、信頼されてきた。

さらに近年では、水道の広域化が進められ、大規模な広域水道が実現されつつある。

このような背景のもとに、このほど口径2600mm超大口径U形およびUF形ダクタイル管の高水圧に対する継手の安全性を確認するため、現場における施工条件を考慮した状態で2、3の試験を行った。

以下に、その試験結果の概要について報告する。

Ⅱ．U形継手の性能試験

試験は、次に上げるように正規の接合状態のほか、実際の配管現場における過酷な施工条件を想定した曲げ接合状態など、8項目にわたる試験を実施した。

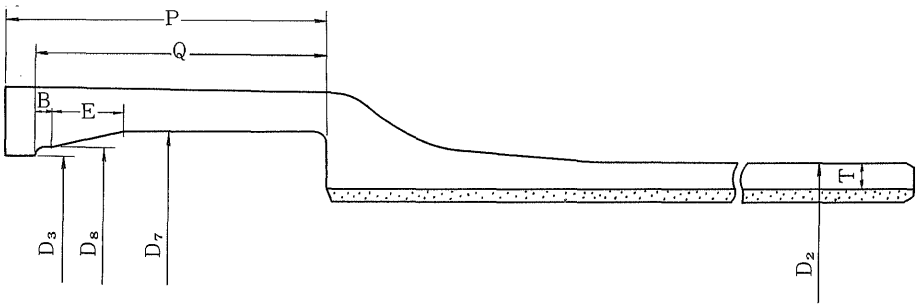
1．試験項目

(1) 水平接合水圧試験
(2) 水平接合水圧曲げ試験
(3) 水平接合抜出し試験
(4) 水平接合水圧耐外圧試験
(5) 曲げ接合水圧試験
(6) 曲げ接合水圧曲げ試験
(7) 曲げ接合抜出し試験
(8) 曲げ接合水圧耐外圧試験

2．供試管

試験には、口径2600mm×4mU形管2本を使用したので、試験に使用した管の寸法を表一1に示す。

表－1　試験管寸法



(mm)

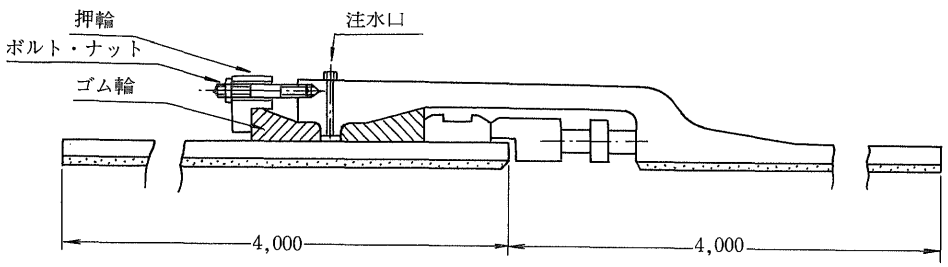
測定位置			D2	D3	D7	D8	B	E	Q	P	T	
規定寸法			2684	2690	2750	2712	21	85	362	395	27	備考
公差			+2 −4	+2 −1	+2 −1	+2 −1	±2	±4	±3	±5	−∞ −15%	
測定寸法	管 No.1	上下	2682	2689.3	2749.6	2711.5	20.8 21.1	85.9 84.5	363.5 363.0	396.5 396.0	27.5 28.8	さし口を使用
		左右	2684	2691.2	2750.4	2711.7	20.6 20.2	85.5 84.8	362.5 363.5	396.0 395.4	28.0 27.8	
	管 No.2	上下	2683	2689.8	2750.5	2711.9	20.2 20.6	87.4 87.8	362.5 362	※	28.5 28.3	受口を使用
		左右	2684	2691.1	2751.5	2713.0	20.5 20.7	87.6 87.2	362.5 362	※	28.0 27.6	(水圧負荷装置付管)

ただし、管No.2は水圧負荷装置付きであるのでP寸法は測定しなかった。

3．水平接合水圧試験

(1) 試験方法

図－1　継手部水圧負荷方法



継手を正規に接合し、図－1のように外面から継手部に水圧を5kg／cm²毎に25kg／cm²まで負荷し、各水圧において5分間保持し、水密性を確認した。

水平接合　水圧試験

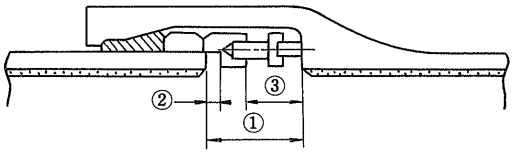
(2) 測定項目

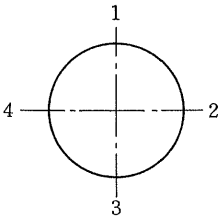
ⅰ　接合状態の寸法測定

ⅱ　各水圧における水密性

(3) 試験結果

① 継手部寸法





(mm)

	① 胴隙				②押輪と管端の隙間				③押輪と継棒の隙間			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
水平接合時	129.5	133.5	134.5	133.0	2.5	7.0	4.0	6.0	82.5	81.0	82.5	81.5

② 水密性

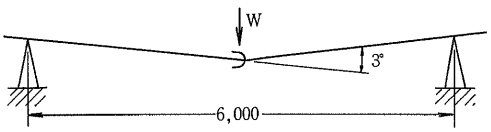
負荷水圧	保持時間	漏水の有無
5kg/cm²	5分	漏水なし
10 〃	5 〃	〃
15 〃	5 〃	〃
20 〃	5 〃	〃
25 〃	5 〃	〃

4．水平接合水圧曲げ試験

(1) 試験方法

水平接合状態で図―1のようにして水圧を25kg／cm²負荷したまま、最大曲げ角度3°まで曲げ5分間保持し、水密性を確認した。

図―2　曲げ試験方法



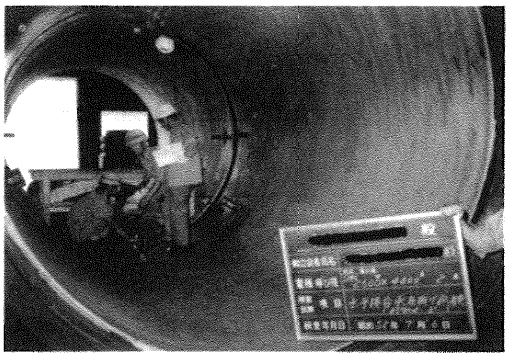
(2) 測定項目

ⅰ 水平接合状態および屈曲状態における継手部寸法測定

ⅱ 水密性

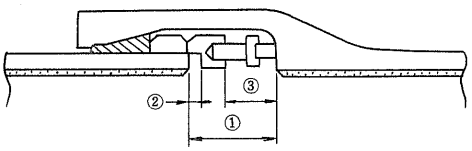
ⅲ 載荷速度

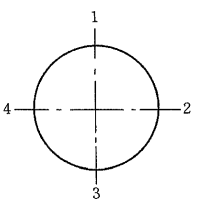
水平接合　水圧曲げ試験



(3) 試験結果

① 継手部寸法





(mm)

	①　胴　隙				②押輪と管端の隙間				③押輪と継棒の隙間				継　手
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	屈曲角
水平接合状態	129.5	133.5	134.5	133.0	2.5	7.0	4.0	6.0	82.5	81.0	82.5	81.5	—
自重による屈曲状態	129.5	—	136.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
屈曲状態	128.5	202.5	269.5	202.0	0	73.5	141.5	75.0	82.0	81.5	82.5	81.0	3° 03′

② 水密性

屈曲角	負荷水圧	保持時間	漏水の有無
0	25kg/㎠	——	漏水なし
3°	〃	5分	〃

③ 載荷速度

$\theta/t = 2°55'05''/7分03秒$

$= 0°24'50''/分$

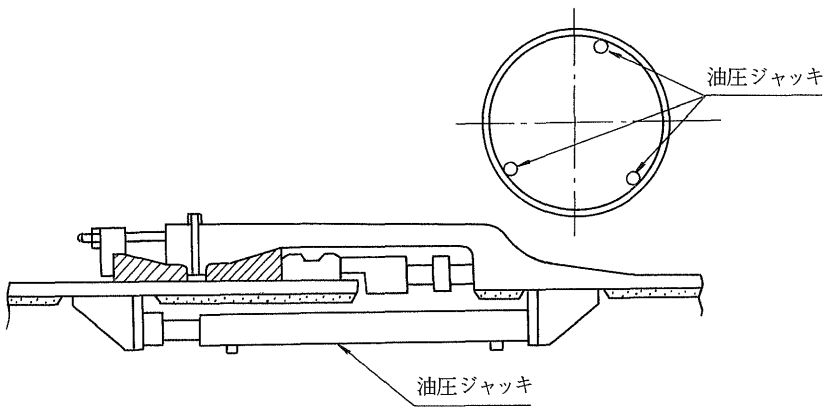
θ：曲げ角度　　t：所要時間

5．水平接合抜出し試験

(1) 試験方法

水平接合状態で図—1のようにして水圧を25kg／㎠負荷したまま、油圧ジャッキを用いて継手部を引抜き、漏水時の抜出し量を測定した。

図—3　油圧ジャッキ取付位置

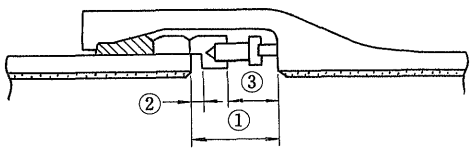


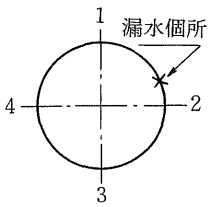
(2) 測定項目

i　初期の継手部の寸法測定

ii　漏水時の抜出し量

(3) 試験結果



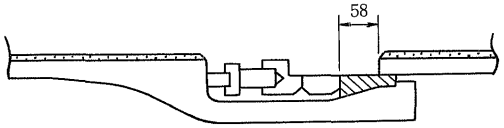


(mm)

	①　胴　隙				②押輪と管端の隙間				③押輪と継棒の隙間			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
水平接合時	130.0	132.5	134.0	138.5	2.0	3.5	4.5	11.0	82.5	81.5	83.0	81.5
漏　水　時	326.0	334.0	332.0	332.0	201.0	206.0	204.0	20.5	82.5	82.0	82.5	81.5
抜出し量	196.0	201.5	198.0	193.5								

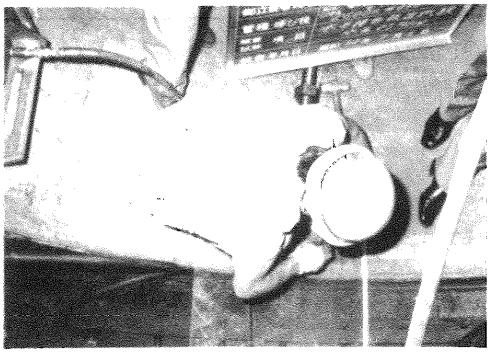
漏水は、上図に示すように限界抜出し量をはるかに越えて受口部と挿口部がほとんど離脱する直前の状態で生じた。

漏水個所



漏水は、上図に示すように限界抜出し量をはるかに越えて受口部と挿口部がほとんど離脱する直前の状態で生じた。

水平接合　抜出し試験
下部の抜出し状態

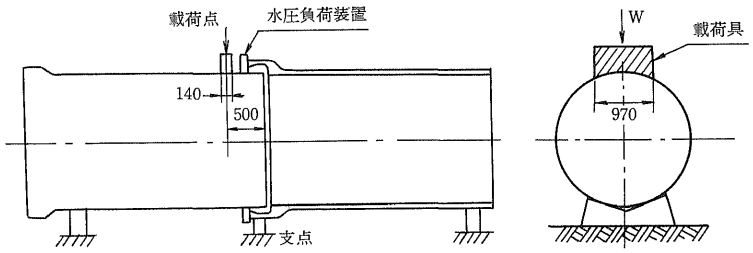


6．水平接合水圧耐外圧試験

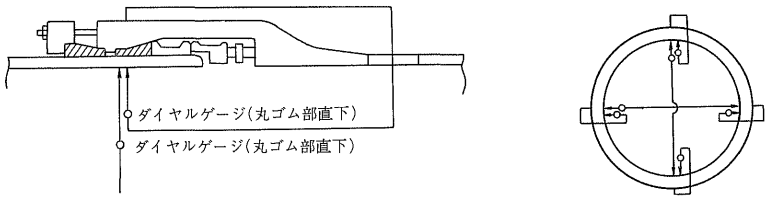
(1) 試験方法

水平接合状態を図―1のようにして水圧を25kg／cm²負荷したまま、図―4のように、受口を支点として挿口に5トン毎に90トンまで載荷し、水密性を確認した。

図―4　耐外圧試験方法



図―5　ダイヤルゲージ取付位置



(2) 測定項目

ⅰ　接合時の寸法測定

ⅱ　荷重と挿口撓み量の測定

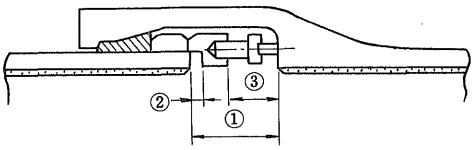
ⅲ　荷重と受口～挿口隙間変化量の測定

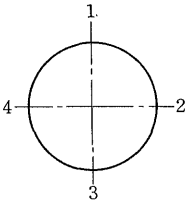
ⅳ　水密性の確認

水平接合　水圧耐外圧試験
横部のダイヤルゲージ設置状況

(3) 試験結果

①　継手部寸法

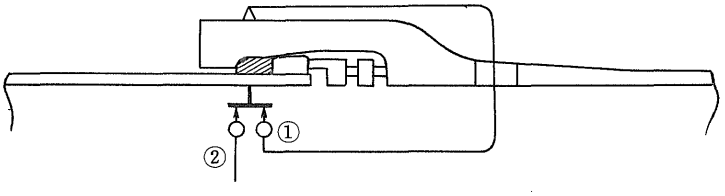




(mm)

	①胴　隙				②押輪と管端の隙間				③押輪と継棒の隙間			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
水平接合時	130.0	132.5	134.5	131.5	4.0	5.5	6.5	5.0	80.0	81.0	80.5	81.5

②　水密性

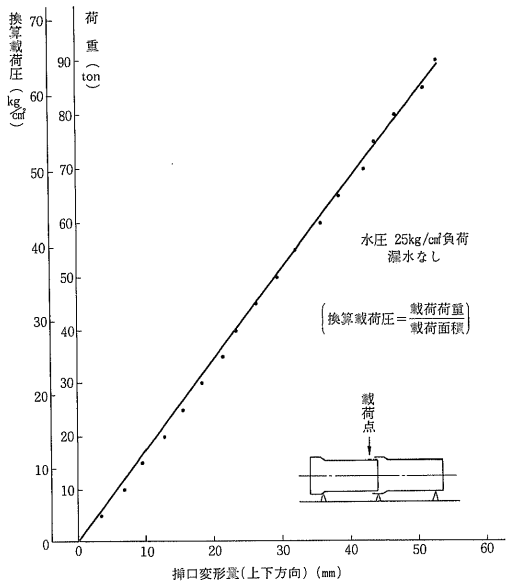


（mm）

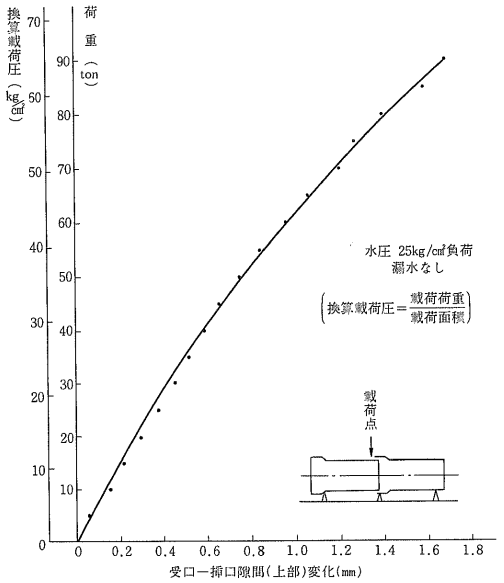
荷重 (ton)	① 隙間変化量 上	右	下	左	②挿口撓み量 上下	左右	漏水の有無
5	0.06	0.16	0.12	0.17	— 3.60	2.82	漏水なし
10	0.16	0.14	0.03	0.16	— 7.01	6.21	〃
15	0.22	0.11	−0.11	0.08	— 9.50	8.68	〃
20	0.30	0.06	−0.23	0.02	−12.80	12.56	〃
25	0.38	0.	−0.28	−0.03	−15.60	15.30	〃
30	0.46	−0.08	−0.31	−0.10	−18.50	17.21	〃
35	0.52	−0.16	−0.34	−0.18	−21.50	20.13	〃
40	0.58	−0.25	−0.38	−0.25	−23.50	22.16	〃
45	0.66	−0.35	−0.40	−0.27	−26.40	24.80	〃
50	0.76	−0.44	−0.44	−0.31	−29.63	28.05	〃
55	0.85	−0.46	−0.49	−0.37	−32.30	30.47	〃
60	0.96	−0.51	−0.53	−0.40	−35.70	33.77	〃
65	1.06	−0.51	−0.56	−0.45	−38.50	37.10	〃
70	1.21	−0.47	−0.60	−0.48	−42.30	40.77	〃
75	1.27	−0.45	−0.65	−0.51	−43.80	42.15	〃
80	1.40	−0.46	−0.69	−0.57	−46.80	44.83	〃
85	1.59	−0.48	−0.73	−0.62	−51.00	48.89	〃
90	1.69	−0.49	−0.77	−0.65	−53.00	51.48	〃

（注）①隙間変化量については隙間が大きくなる場合を(＋)、小さくなる場合を(－)として示した。
②挿口撓み量については、直径が大きくなる場合を(＋)、小さくなる場合を(－)として示した。

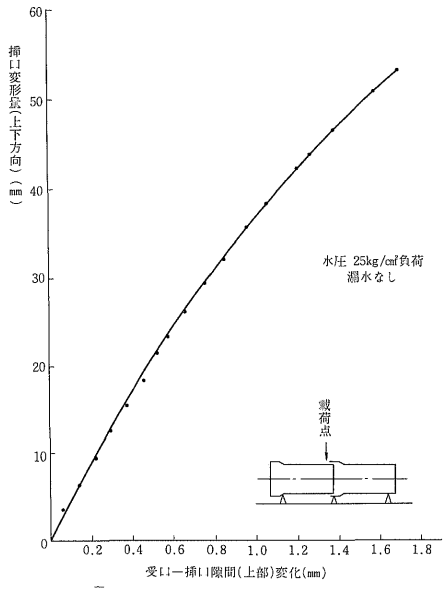
図－6　水平接合水圧耐外圧試験結果
（荷重と挿口変形量の関係）



図－7　水平接合水圧耐外圧試験結果
（荷重と受口－挿口隙間変化の関係）

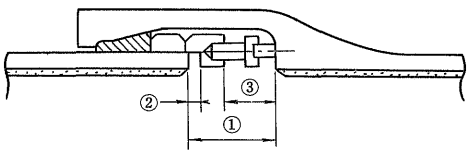


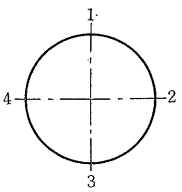
図－8　水平接合水圧耐外圧試験結果
（挿口変形量と受口－挿口隙間変化の関係）



(3) 試験結果

① 継手部寸法





（㎜）

	①　胴　隙				②押輪と管端の隙間				③押輪と継棒の隙間				継手
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	屈曲角
曲げ接合時	129.5	169.0	201.5	168.5	3.0	42.0	76.5	43.0	80.5	81.0	79.5	80.5	1°34′

② 水密性

負荷水圧	保持時間	漏水の有無
5kg／㎠	5分	漏水なし
10　〃	5　〃	〃
15　〃	5　〃	〃
20　〃	5　〃	〃
25　〃	5　〃	〃

7．曲げ接合、水圧試験

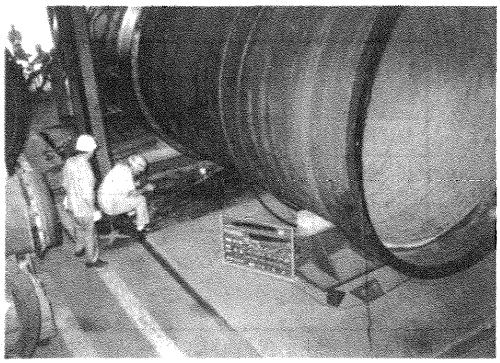
(1) 試験方法

許容曲げ角度1°30′で接合後、図－1のようにして水圧を5kg／㎠毎に25kg／㎠まで負荷し、各水圧において5分間保持し、水密性を確認した。

(2) 測定項目

ⅰ　継手部の寸法測定

ⅱ　各水圧における水密性



8．曲げ接合水圧曲げ試験

(1) 試験方法

1°30′で曲げた状態で接合し、図－1のようにして水圧を25kg／㎠負荷したまま、図－2のように最大曲げ角度3°まで曲げ5分間保持し、その後0°まで戻し水密性を確認した。

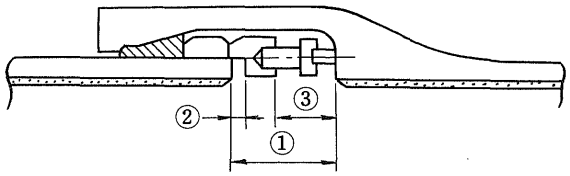
(2) 測定項目

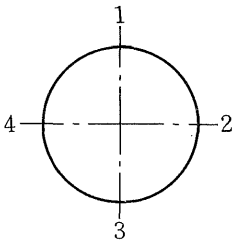
ⅰ　1°30′および3°屈曲時、および0°における継手部の寸法測定

ⅱ　水密性の確認

(3) 試験結果

① 継手部寸法





(mm)

	① 胴隙				②押輪と管端の隙間				③押輪と継棒の隙間				継手
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	屈曲角
曲げ接合時	129.5	169.0	201.5	168.5	3.0	42.0	76.5	43.0	80.5	81.0	79.5	80.5	
屈曲時	126.0	201.5	274.5	202.0	0	76.0	150.0	77.0	80.0	81.0	79.0	80.5	3°14′
水平時	128.0	131.5	133.0	133.5	1.0	3.5	8.0	7.0	80.5	81.0	80.0	80.5	

② 水密性

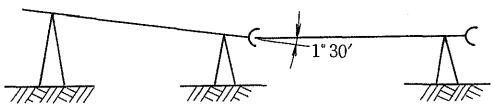
屈曲角	負荷水圧	保持時間	漏水の有無
1° 30′	25kg/cm²	—	漏水なし
3° 00′	25 〃	5分	〃
0° 00′	25 〃	5 〃	〃

9．曲げ接合抜出し試験

(1) 試験方法

1°30′曲げて接合し、図—1のようにして水圧を25kg／cm²負荷したまま、油圧ジャッキを用いて継手部を抜き出し、漏水時の抜出し量を測定した。

図—9　曲げ接合抜出し試験方法



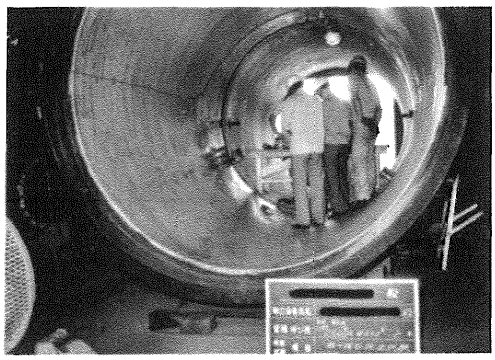
(2) 測定項目

ⅰ 初期の継手部の寸法測定

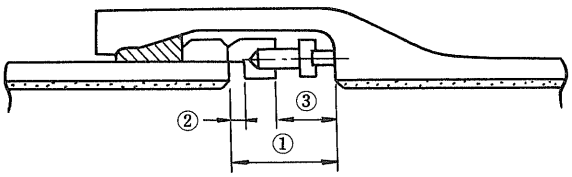
ⅱ 漏水時の抜出し量

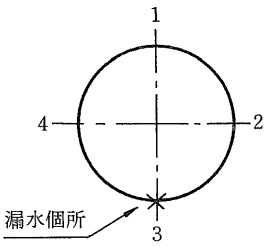
曲げ接合　水圧曲げ試験
下部抜出し状況
曲げ角度 $\theta = 3°$
胴　　隙 $\ell = 274.5$mm

曲げ接合　抜出し試験



(3) 試験結果



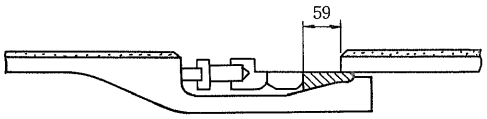


(㎜)

	①　胴　隙				②押輪と管端の隙間				③押輪と継棒の隙間				継　手
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	屈曲角
曲げ接合時	127.0	167.0	206.0	169.5	0	41.0	81.0	43.5	80.5	81.0	79.5	80.5	θ =1°43′
漏　水　時	263.5	300.0	335.0	298.0	137.5	174.5	210.0	173.5	80.5	81.0	80.0	80.5	—
抜 出 し 量	136.5	133.0	129.0	128.5									

漏水は、上図に示すように限界抜出し量をはるかに越えて受口部と挿口部が離脱する直前の状態で生じた。

漏 水 個 所

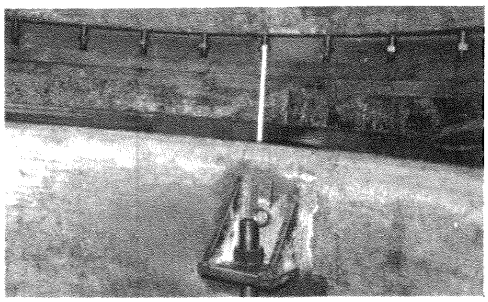


漏水は、上図に示すように限界抜出し量をはるかに越えて受口部と挿口部が離脱する直前の状態で生じた。

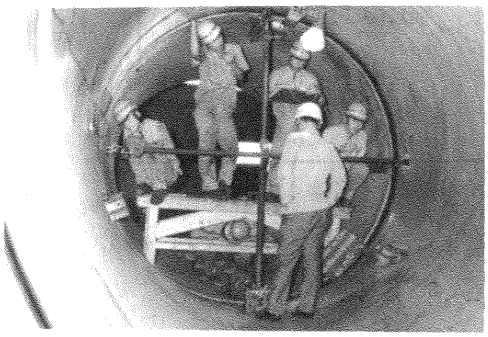
曲げ接合　抜出し試験

漏水位置（下部）

胴　　隙　ℓ＝335.0mm



曲げ接合　水圧耐外圧試験
挿口変形量および隙間変化の測定状況

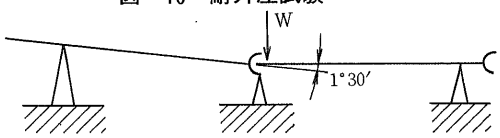


10．曲げ接合水圧耐外圧試験

(1) 試験方法

1°30′曲げた状態で接合し、図―1のようにして水圧25kg／㎠負荷したまま、図―10のように受口を支点として挿口に載荷し、水密性を確認した。

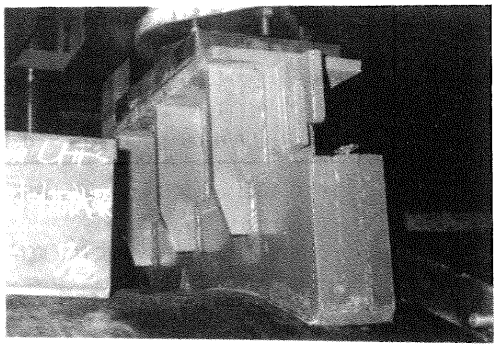
図―10　耐外圧試験



(2) 測定項目

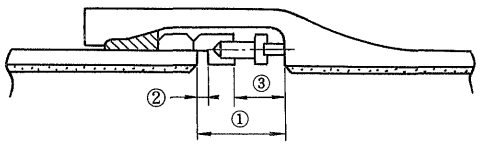
ⅰ　接合時の寸法測定
ⅱ　荷重と挿口撓み量の測定
ⅲ　荷重と受口～挿口隙間変化量の測定
ⅳ　水密性の確認

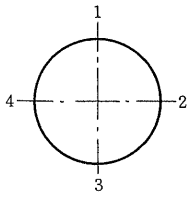
曲げ接合　水圧耐外圧試験
載荷器具



(3) 試験結果

① 継手部寸法

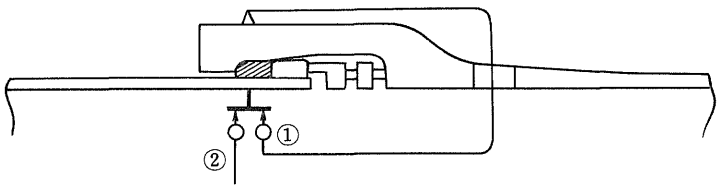




(mm)

	① 胴隙				②押輪と管端の隙間				③押輪と継棒の隙間				継手
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	曲角
曲げ接合時	135.0	168.5	202.0	166.5	8.0	42.0	76.0	38.5	81.0	81.5	80.0	82.0	θ =1°28′

② 水密性

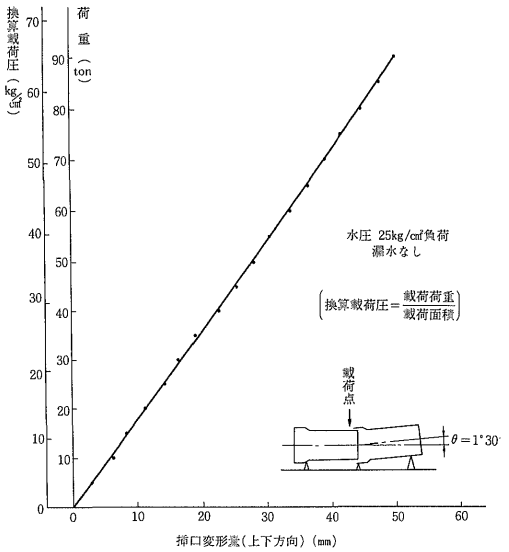


(mm)

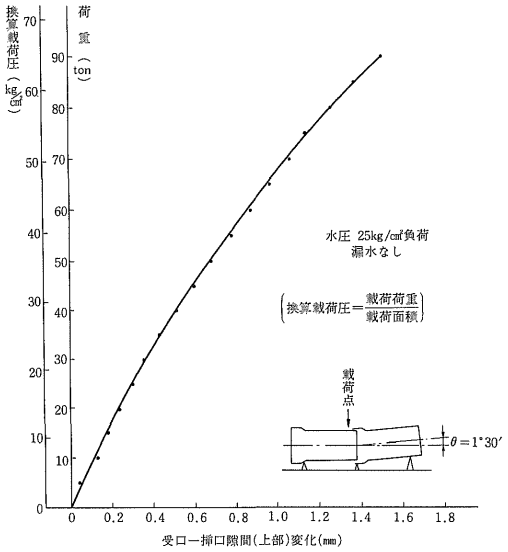
荷重 (ton)	① 隙間変化量 上	右	下	左	②挿口撓み量 上下	左右	漏水の有無
荷重 0 水圧25kg/cm²	0.02	0.04	0.06	0.06	0	0.07	漏水なし
5	0.04	0.03	−0.09	0.07	− 2.84	1.60	〃
10	0.13	0.01	−0.12	0.05	− 6.24	3.91	〃
15	0.18	0.01	−0.14	0.05	− 8.40	5.60	〃
20	0.23	−0.06	−0.14	−0.07	−11.23	7.60	〃
25	0.30	−0.08	−0.18	−0.11	−14.62	10.42	〃
30	0.35	−0.09	−0.22	−0.24	−16.41	12.65	〃
35	0.43	−0.13	−0.29	−0.37	−19.02	14.95	〃
40	0.51	−0.21	−0.36	−0.42	−22.44	17.06	〃
45	0.59	−0.29	−0.40	−0.50	−25.37	20.05	〃
50	0.68	−0.34	−0.44	−0.61	−28.25	23.75	〃
55	0.78	−0.39	−0.48	−0.70	−30.62	26.75	〃
60	0.88	−0.45	−0.50	−0.79	−33.80	29.25	〃
65	0.97	−0.49	−0.52	−0.88	−36.50	31.65	〃
70	1.07	−0.53	−0.53	−0.97	−39.40	34.65	〃
75	1.14	−0.58	−0.57	−1.01	−41.60	36.75	〃
80	1.26	−0.62	−0.58	−1.06	−44.82	39.25	〃
85	1.38	−0.68	−0.61	−1.15	−47.58	42.00	〃
90	1.50	−0.70	−0.64	−1.19	−50.01	45.00	〃
0	0.06	−0.10	−0.13	−0.25	− 4.97	4.64	〃

(注) ①隙間変化量については、隙間が大きくなる場合を(+)、小さくなる場合を(−)として示した。
②挿口撓み量については、直径が大きくなる場合を(+)、小さくなる場合を(−)として示した。

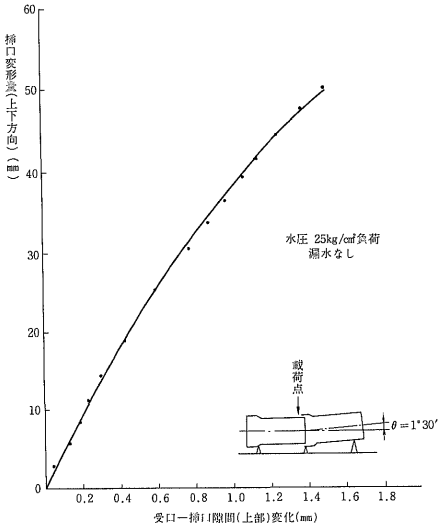
図－11　曲げ接合水圧耐外圧試験結果
（荷重と挿口変形量の関係）



図－12　曲げ接合水圧耐外圧試験結果
（荷重と受口－挿口隙間変化の関係）



図－13　曲げ接合水圧耐外圧試験結果
（挿口変形量と受口－挿口隙間変化の関係）



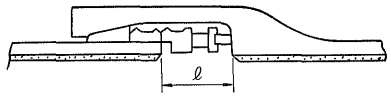
11. U形継手の性能試験結果

各試験結果の要約一覧表を表－2に示す。

(1) 試験結果

表－2　試験結果要約一覧表

	項目	水平接合	曲げ接合	備考
水圧試験	接合時の胴隙 ℓ (mm)	Max 134.5，Min 129.5	Max 201.5，Min 129.5(θ =1°34′)	
	最高負荷水圧 P (kg/cm²)	25kg/cm² 5分間保持	25kg/cm² 5分間保持	
	結果	異状なし	異状なし	
水圧曲げ試験	接合時の胴隙 ℓ (mm)	Max 134.5，Min 129.5	Max 201.5，Min 129.5(θ =1°34′)	
	屈曲時の胴隙 ℓ (mm)	Max 269.5，Min 128.5(θ =3°03′)	Man 274.5，Min 126.0(θ =3°14′)	
	最高負荷水圧 P (kg/cm²)	25kg/cm² 5分間保特	25kg/cm² 5分間保持	
	結果	異状なし	異状なし	
抜出し試験	接合時の胴隙 ℓ (mm)	Max 138.5，Min 130.0	Max 206.0，Min 127.0(θ =1°43′)	※漏水個所
	最高負荷水圧 P (kg/cm²)	25kg/cm² 保持	25 kg/cm² 保持	
	漏水時の胴隙 ℓ (mm)	Max 334.0，Min 326	Max 335.0，Min 263.5	
	抜出し量 (mm)	Max 201.5，Min 193.5	Max 136.5，Min 128.5	
	※漏水個所の ℓ_1 (mm)	58	59	
水圧耐外圧試験	接合時の胴隙 ℓ((mm)	Max 134.5，Min 130.0	Max 202.0，Min 135.0(θ =1°28′)	※※ 隙間変化は受口と挿口の隙間が＋：増加，－：減少を示す。
	最高負荷水圧 P (kg/cm²)	25kg/cm² 保持	25kg/cm² 保持	
	最大荷重 W (ton)	90 ton	90 ton	
	最大荷重時における挿口撓み量 δ (mm)	上下：53.00	上下：50.01	
	最大荷重時における※※受口－挿口の隙間変化 S (mm)	上部：1.69　下部：－0.77	上部：1.50　下部：－0.64	
	結果	異状なし	異状なし	



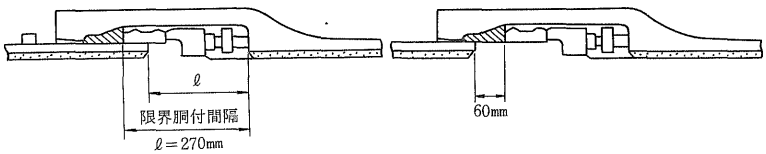
（注）胴隙 ℓ

(2) 試験結果について

継手を水平接合、または曲げ接合した場合における水密性を確認するために、それぞれの接合状態での水圧負荷試験および口径2600mmU形継手の最大曲げ角度3°での曲げ水圧試験を25kg／cm²で行ったが、異状はなく、実用上十分な水密性があることが確認された。

次に、漏水の限界を調べるために継手抜出し試験を行ったところ、水平接合抜出し試験においては、設計上の限界胴付間隔 ℓ＝270mmでは漏水はなかった。また、この限界胴付間隔を越えてさらに約60mmの抜出し量に達するまでは漏水は認められなかった。

したがって、限界胴付間隔の状態でも十分な水密性があるといえる。



また、1°30′の曲げ接合抜出し試験においても、設計上の胴付間隔ℓ＝270㎜で漏水はなかった。また、この限界胴付間隔を越えてさらに約60㎜の抜出し量に達するまでは漏水は認められなかった。

したがって、1°30′の曲げ接合状態から抜出して限界胴付間隔に至っても十分な水密性があるといえる。

なお耐外圧試験においては、試験機の能力から載荷重は最大90トンとした。実際には、継手部においてこのような過酷な状態は考えられないが、水平接合におけるこの試験で、挿口変形量は丸ゴム部直下で53㎜（呼び径の約２％）となり、その受口～挿口隙間変化量は1.69㎜となったが、水圧25kg／㎠で漏水、その他の異状は認められなかった。

また、1°30′の曲げ接合に対する場合は、挿口変形量50㎜、隙間変化量1.50㎜となったが、やはり漏水その他の異状は認められなかった。

Ⅲ．UF形継手の性能試験

試験は、接合した管端にそれぞれUF形挿口付き盲蓋、KF形受口付き盲蓋を取付け、管内に25kg／㎠の水圧を負荷した状態で継手部の水密性、離脱阻止性能について調査した。

１．試験項目

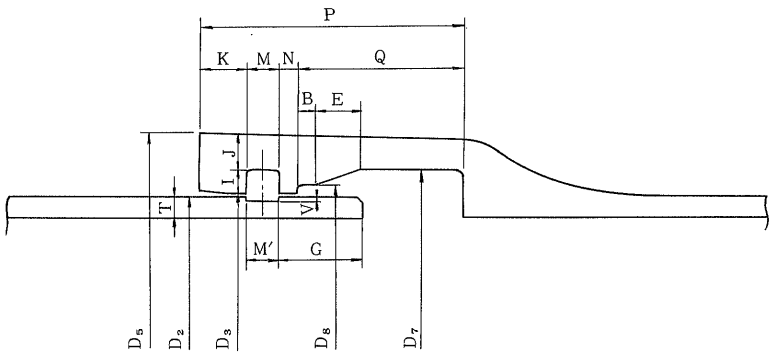
(1) 継手部離脱阻止性および水密性試験

(2) 継手部のボルトを半数にした場合の水密性試験

２．供試管寸法

試験には、口径2600㎜×４ｍUF形直管２本を使用した。試験に使用した管の寸法を表－３に示す。

表－３　供試管実測寸法表



(㎜)

管　No.	No. 1　（受　口　側）													No. 2（挿　口　側）				
記　号	D_3	D_6	D_7	D_8	B	E	I	J	K	M	N	P	Q	D_2	T	G	M	V
規格値	＋2 －1 2690	※ －3 2865	＋2 －1 2750	＋2 －1 2712	＋2 －1 21	±3 85	＋3 0 27	 58	＋2 0 64.5	+1.5 −0.5 42	 35.5	±5 395	±3 255	＋2 －4 2684	※ −3.6 36.5	0 －2 159	+1.5 −0.5 42	+1.5 −0.5 7
実測値	2691.4	2879	2751.8	2713.6	20.2	86.5	27.0	61.3	64.9	42.2	33.8	396.2	255.0	2683.0	36.2	158.5	42.0	7.6
					20.3	86.8	27.5	61.5	64.7	42.0	33.8	396.8	255.2		35.9	158.6	42.0	7.8
	2690.0	2878	2749.2	2711.3	20.5	87.1	27.4	61.1	64.6	42.0	33.6	397.0	255.2	2685.8	36.8	158.6	42.0	7.6
					20.2	87.2	27.5	61.6	64.5	41.9	33.3	397.0	256.8		36.9	158.8	42.0	8.0

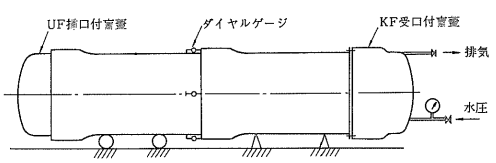
※＋制限なし

３．継手部離脱阻止性および水密性試験

(1) 試験方法

継手を正規に接合し、図―14のようにして水圧を５kg／㎠毎に25kg／㎠まで負荷し、各水圧において10分間保持して漏水の有無を確認するとともに、貼付したストレーンゲージで発生応力を、ダイアルゲージで継手部の抜出し量をそれぞれ測定した。

図―14　水圧負荷状況



なお、ストレーンゲージの貼付位置およびゲージNo.を図—15に示す。

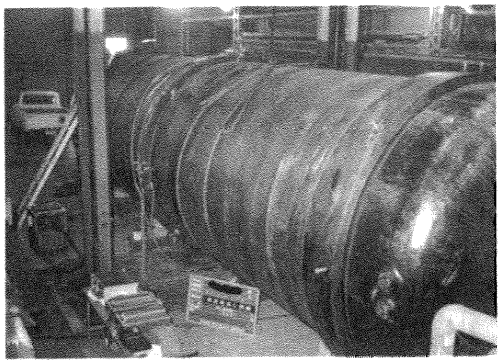
(2) 測定項目

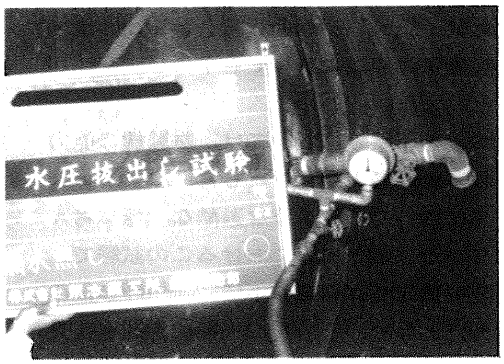
i　継手部の水密性

ii　各水圧における継手部の抜出し量

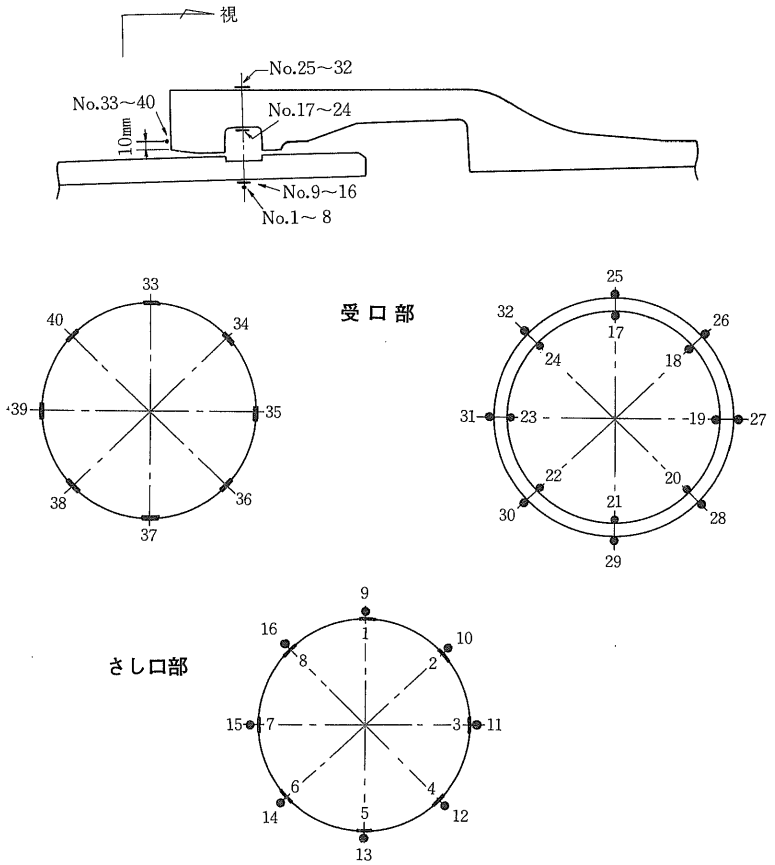
iii　各水圧における継手部の発生応力

継手部離脱阻止性および水密性試験





図—15　ストレーンゲージ貼付位置およびゲージNo.

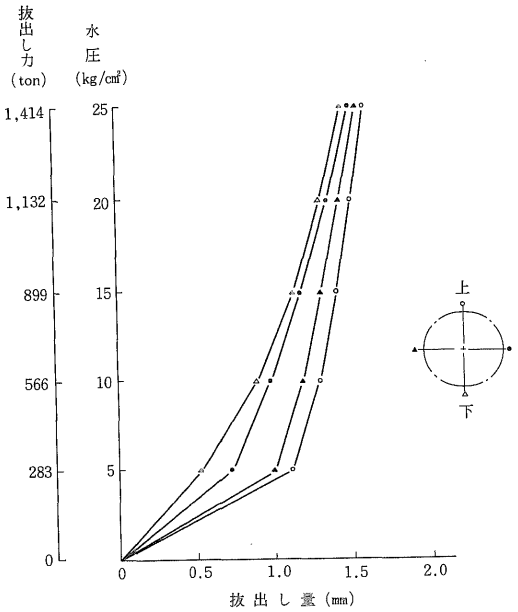


(3) 試験結果

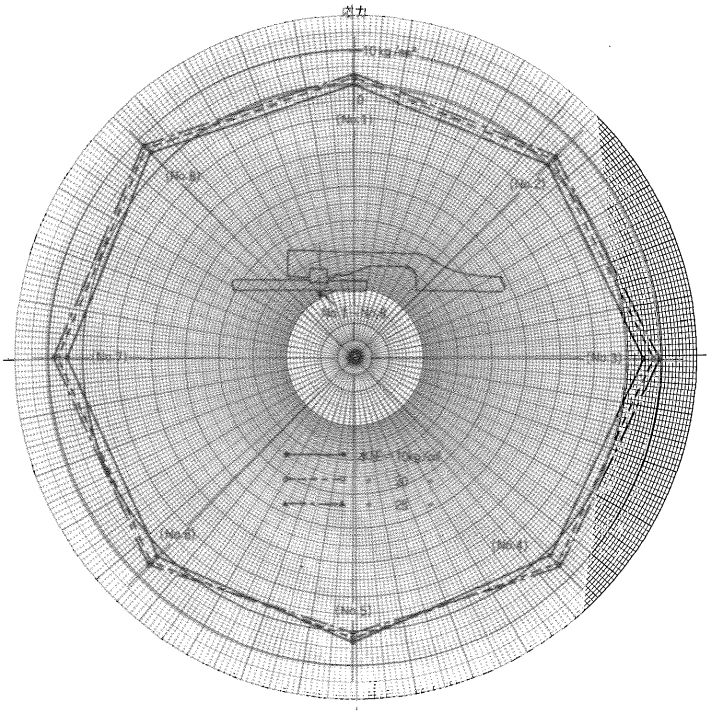
最終結果を下表に示し、水圧と抜出し量および発生応力の関係を図—16～図—21に示す。

なお、接合（Joint）および水圧０（満水状態）で歪測定後一旦０点に戻し、その後水圧上昇による歪を測定した。

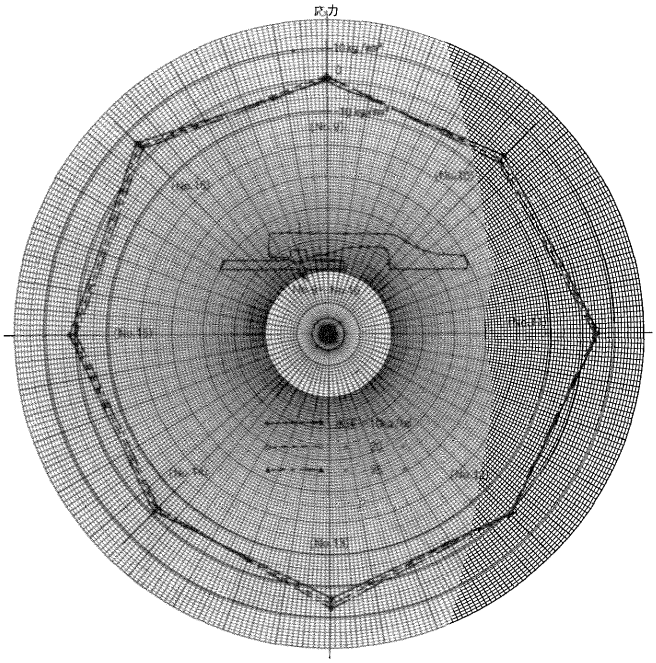
図－16　継手部離脱阻止性および水密性試験
水圧と抜出し量の関係



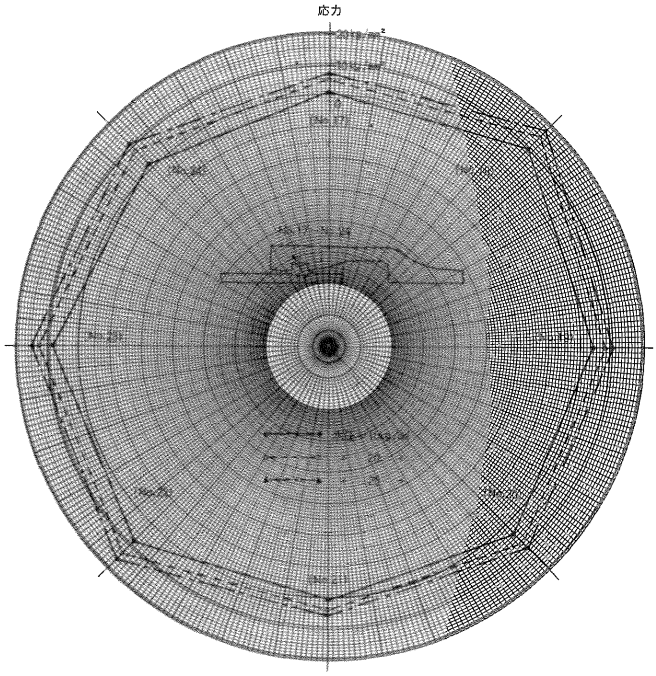
図－17　継手部離脱阻止性および水密性試験
水圧と応力の関係



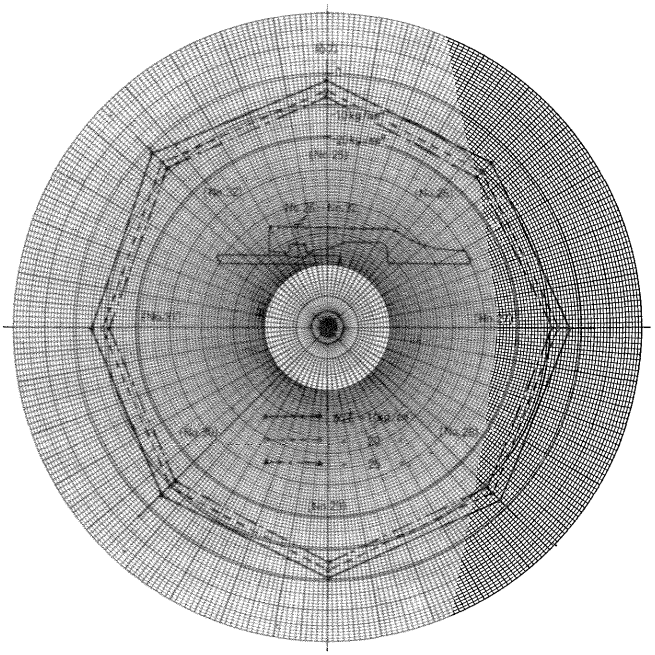
図－18　継手部離脱阻止性および水密性試験
水圧と応力の関係



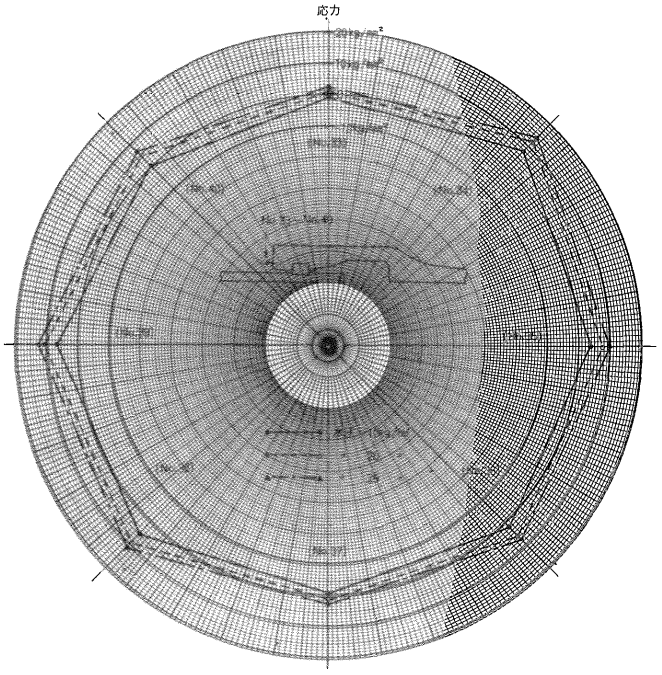
図－19　継手部離脱阻止性および水密性試験
水圧と応力の関係



図－20　継手部離脱阻止性および水密性試験
水圧と応力の関係



図－21　継手部離脱阻止性および水密性試験
水圧と応力の関係



継手部離脱阻止性および水密性試験・最終結果

水　圧 (kg/cm²)	抜出し力※ (ton)	平均継手抜出し量 (mm)	最大発生応力 (kg/mm²)	継手部の状況
25	1414	1.51	17.89 No.18(受口溝部) 軸方向	異常なし

※抜出し力P　$P=\frac{\pi}{4}D_2^2\cdot P$（$D_2$：管外径、P：水圧）

4．継手部のボルト数を半数にした場合の水密性試験

(1) 目的

万一、ボルトを締め忘れた場合の水密性の確認。

(2) 試験方法

押輪用ボルトを１本置に計20本（規定ボルト本数40本）で接合（挿入したボルトは規定寸法まで締めた）し、その後水圧を25kg／cm²まで負荷した。

(3) 試験結果

供試管	負荷水圧	保持時間	結　果
口径2600mmUF形	25kg/cm²	5分	漏水なし

5．UF形継手の性能試験結果

継手部離脱阻止性および水密性の試験において、最高水圧25kg／cm²（抜出し力1,414トン）を負荷した結果、水密性その他に異常はなかった。

なお、その時の最大発生応力は17.89kg／mm²（受口溝部）であった。

Ⅳ．むすび

口径2600mmU形、UF形継手の高水圧における継手性能の試験結果の概略について述べたが、U形継手では継手の伸縮、曲げ性能および対外圧性能の極限の過酷な條件下でも異常がないことが実証され、UF形継手においても25kg／cm²の高水圧の條件下でも継手離脱阻止性能が十分に発揮されることが確認された。

口径2600mmの超大口径管についても、ダクタイル管の優れた管体耐圧強度、耐食性と相俟って継手機能についても高水圧配管としての要求に十分応えるものと確信する。

今後ますます増大の傾向にある大口径化、高圧化の配管に対して計画、設計のご参考になれば幸いである。

ダクタイル鉄管第24号

昭和53年5月

技術レポート❶

軟弱地盤における大口径ダクタイル管路の経年変化について

千葉県水道局浄水課長
中岡忠老

浄水課長補佐
大杉克己

1．はじめに

千葉県営水道は、千葉市をはじめ市川、松戸、船橋、習志野の各市および浦安町の５市１町（現在は鎌ヶ谷、市原の２市を含む）を給水区域として昭和９年発足した。

終戦後、本地域は京葉工業地帯の発展と東京都のベッドタウンとして給水人口の急増に伴い水の需要増加著しく、これに対処して昭和31年度から第１次、２次、３次の拡張事業を実施してまいり、現在第４次拡張を実施中である。

標題のダクタイル管路は、第３次拡張事業の佐倉市、臼井地先の印旛沼取水場より千葉市柏井浄水場を結ぶ延長約9,320m（うちダクタイル管6,960m、鋼管2,360m）に埋設された口径1,800㎜導水管で、昭和43年６月22日通水以来、約９年４ヵ月を経過して今日にいたっている。

この埋設道路は今日まで、水道道路として一部小型車輌のみの通行を許可していたが、今回舗装し、全面通行することになった。

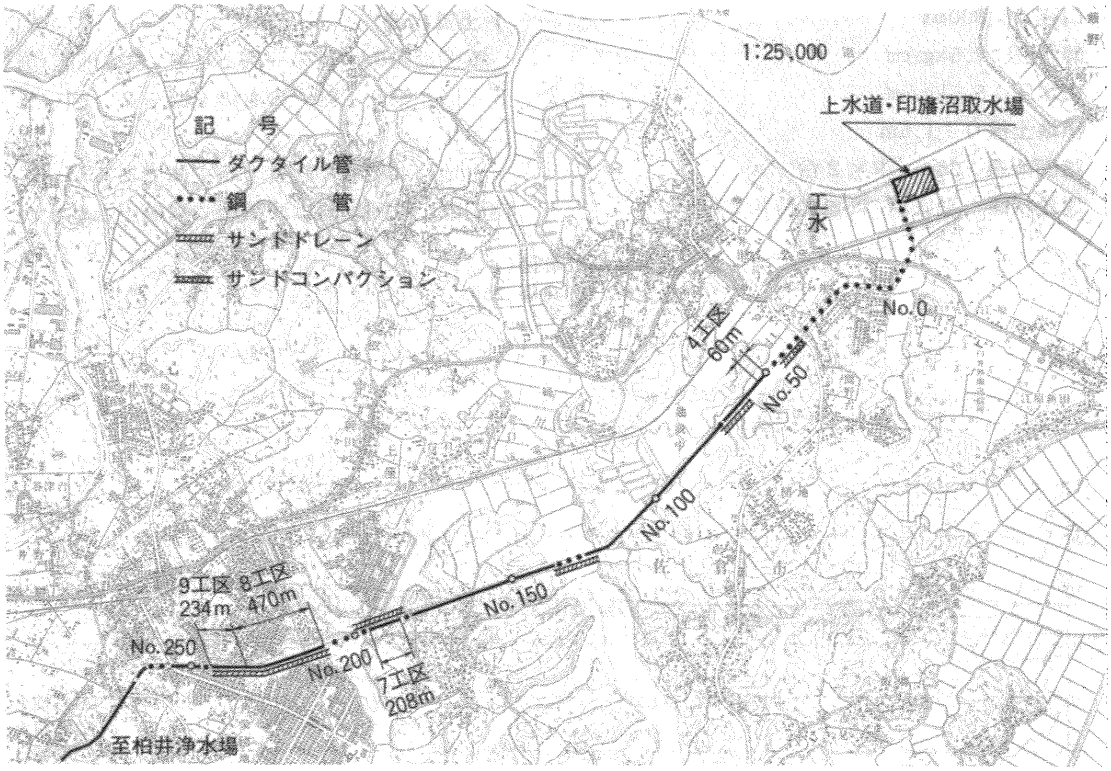
したがって今後は、簡単に掘削することがむつかしくなる。

この間、１m程度路面が沈下したところもあり、これを計画高に合わせて路盤築造のうえ舗装し全面通行することになった。したがって、今後は簡単に掘削することがむつかしくなり、さらに増加荷重が加わるということから管路の安全性を確認したく、渇水期を利用して（４拡口径2,000で補う）取水を停止、埋設状況を調査することになった。

今回の調査は、特に軟弱地盤地帯に埋設された佐倉市臼井地区および志津地区について実施した。

また、佐倉市志津地区の一部については、埋設時からの沈下量を測定していたので、今回の調査と合わせて報告する。

図－1　管路概略図



2．導水管埋設の実施計画

管路の埋設地盤の半分は、印旛沼を中心として広がる沖積層地盤に位置し、谷津田が複雑に入り込み、圧密沈下の激しい軟弱地盤地域となっている。

当局としては、当時はじめての大口径管であり、上記のような悪条件であるので、本工事の計画にあたっては他都市水道の埋設状況の調査はもとより、地質調査を入念に行い、これらの結果を基本として実施方法および施工後に生ずる不等沈下に対する検討を行った。

その主な点は、次の通りである。

1管種選定

導水管は、その性格上安全を第一に考慮してダクタイル管(内面セメントライニング)および塗覆装鋼管(内面コールタールエナメル)を採用することとした。

ダクタイル管は良質地盤、軟弱地盤のほぼ全域に使用した。(採用比率75％)

当時は、軟弱地盤に埋設する管種として基礎杭または地盤改良などを行わない場合は、一般的に鋼管が採用されているようであったが、当該地区は水田地帯で、地下水の遮断が困難なため、現場溶接や塗装作業に問題が多い鋼管をできる限り避け、これらの問題点に対処できるダクタイル管を主として採用することにした。

また、管の沈下対策が検討され、平板載荷試験の結果をもとに、川砂を管底に１ｍ敷き込んで対処し、全体の沈下は各継手の特長である可とう性に期待した。

一方、鋼管は主として管路の屈曲部、軟弱地盤中の管路の固定箇所および丘陵地との境界付近で、ベローズ管をユニバーサルに使用した前後に採用した。

2ダクタイル管の管厚

一般的に採用されているJIS　G　5526“水道用遠心力球状黒鉛鋳鉄管”の解説、管厚計算式に準じて行い、以下の諸条件をもとに土

被り4mまでは2種管を採用した。

口径：1,800mm

静水圧：7.5kg/cm²

衝水圧：5.5kg/cm²

標準土被り：1.5m

路面荷重：20ton車×2台

埋設状態：平底溝（管底支持角2θ＝60°）

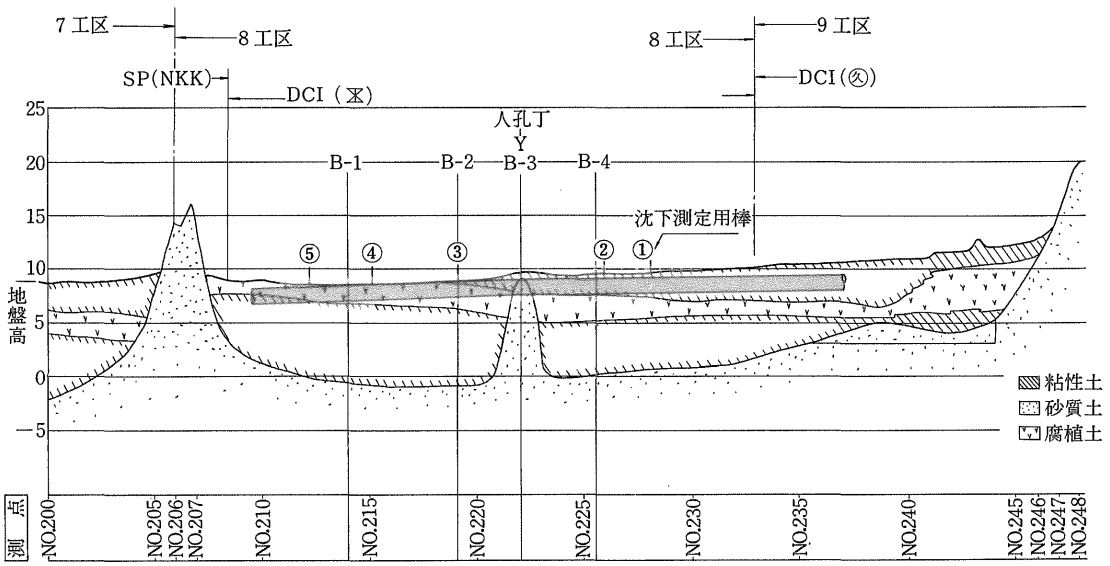
3．軟弱地盤対策

1 土質状況

軟弱地盤の地質の一例として、志津地区（第8工区、第9工区）のものを図－2、図－3に示す。

台地は洪積層で砂質土が主体であるが、谷津田部の軟弱地盤は沖積層で腐植土と粘土から構成されており、その土質試験結果の概要は表－1の通りである。

図－2　地層断面概略図（8工区、9工区）
測定No．200～No．250



表－1　土質試験結果（志津地区の例）

	腐植土	粘　土
自然含水比（W）　%	500以上	約 100
液性限界（W_L）　%	〃	〃
相対稠度	W_L＞W 正	W_L＜W 負
間隙比（e）	10以上	2.5～3.5
単位体積重量（γ）g/cm³	約 1.0	1.4～1.5
一軸圧縮強度（qu）kg/cm²	0.2～0.34	0.16～0.23
先行荷重（Po）kg/cm²	0.29～0.33	0.31～0.86
体積圧縮係数（Mv）cm²/kg	0.35～0.58	0.1～0.28

2 地盤改良とサンドドレーン

導水管埋設道路は、佐倉市の都市計画街路として計画決定がなされており、当局がこれに便乗協力して道路用地の2分の1を確保し、管埋設を先行したもので、道路基本計画にしたがい種々の制約を受けて実施することになった。

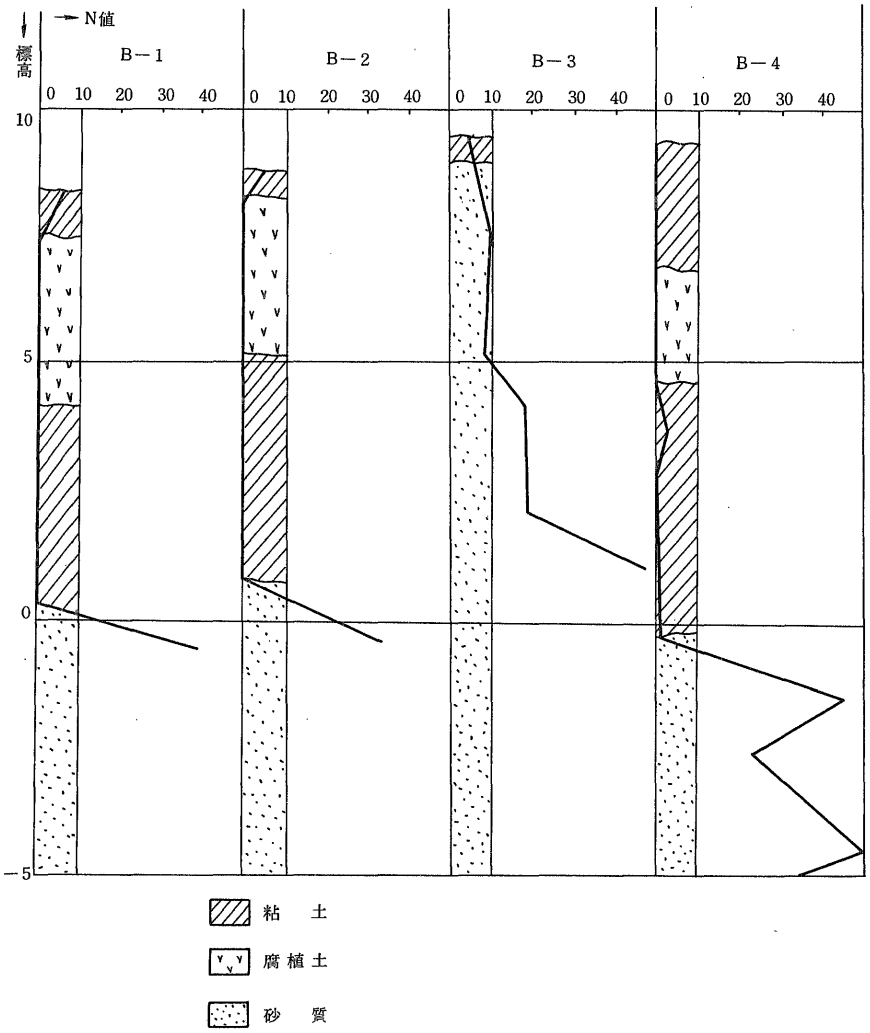
路線は山間、丘陵そして谷津田を中心に計画されており、周辺は住居もまばらな田園地域で、騒音、振動、交通問題などについては比較的よい環境であった。

前述の台地と谷津田の取付けはすべて盛土形態で、特に高盛土（3～7m）部分はこれを安定する工法としてサンドコンパクション工法（図－4）を採用し、短期間でN値0の腐植土層H≒3.0mおよび粘土層H≒7.0mの圧密を促進させ地盤を改良した。

通水までの期間が短かいため盛土と並行して管埋設を行ったが、約10年経過した今日では、ほとんど路面の沈下は見られず安定している。

一方、盛土が比較的低い（1～2m）長区間の谷津田地帯は、特に地盤改良は行わず、地

図－3　ボーリング地点のN値



下水の強制排水を促進させ、ただちに施工ができるようにという目的でサンドドレーン工法(図－5)を部分的に実施した。

また、埋戻しは管底にサンドベットとして川砂を1m敷き込み、管の上端まで山砂で埋戻し地耐力の増加をはかり、不等沈下に対処して管埋設を実施したが、管路築造後2ヵ年の間に約1mの地盤沈下が見られた。

なお、導水管埋設に先立ち地盤改良およびサンドドレーンの杭打機、管埋設のための矢板打込み、土砂掘削あるいは管運搬用の重機を現場に入れなければならないので幅員7～8m、厚さ1mの山砂を敷きつめた仮設道路の造成を行った。

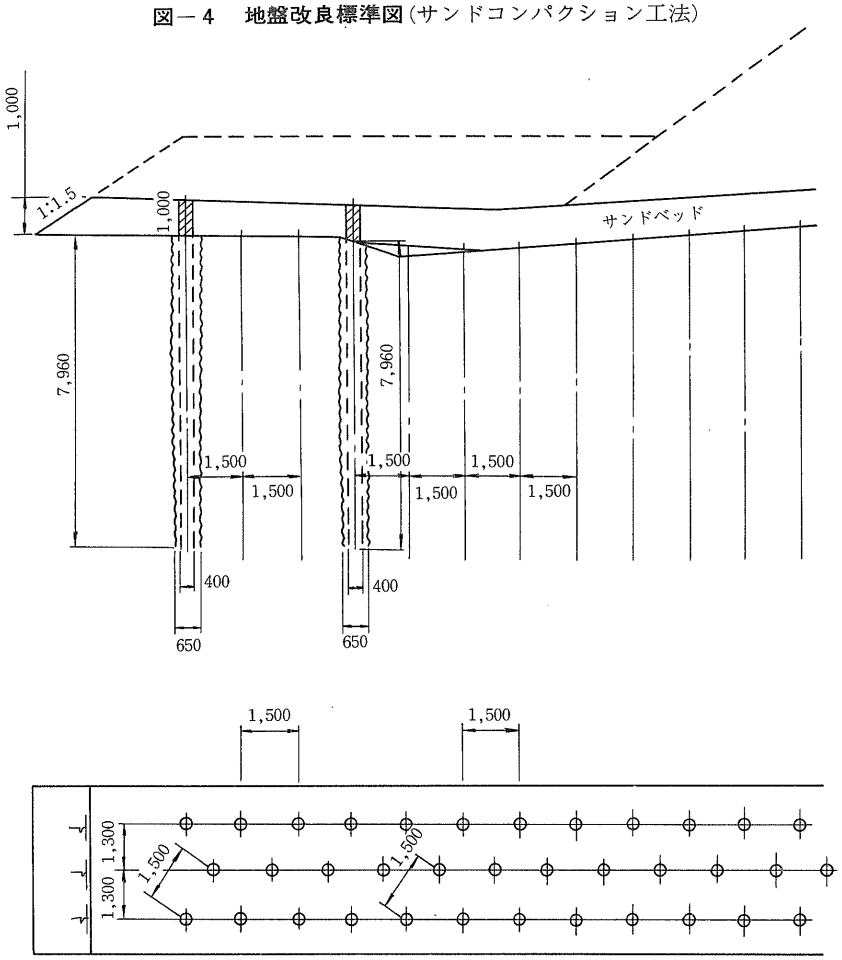
4. 管路の施工方法と実際

1 施工方法

ダクタイル管の埋設で、特に軟弱地盤については前記のように、地盤改良またはサンドドレーンを施行した道路に図－6のように埋設し、埋戻し後数回に分けて盛土し、最終的には1.5～3mの土被りとした。

埋設条件としては前述のように、管底約1mを砂で置き換えて、施工時での管の安定と継手工の作業をやりやすくすると同時に、埋設後の管重量、埋戻し土重量の下層への分布が均一になるようにした。

図－4　地盤改良標準図（サンドコンパクション工法）



2　施工時の状況

埋設時の状況を写真により説明する。

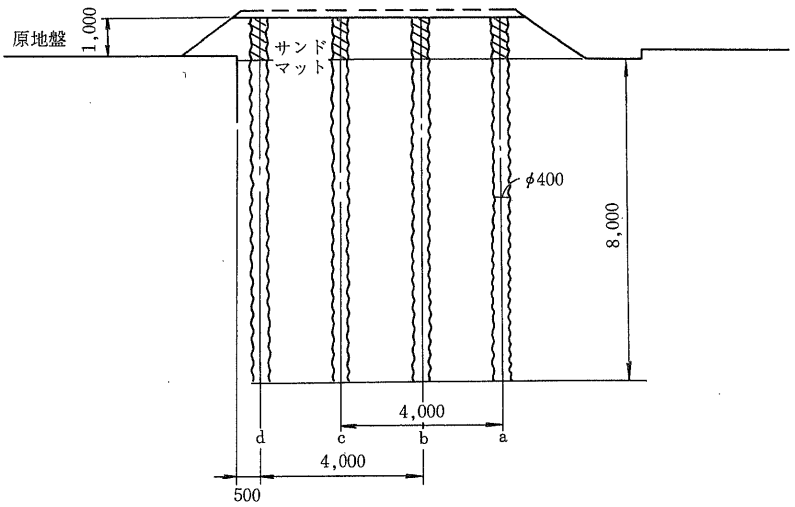
（写真－1）

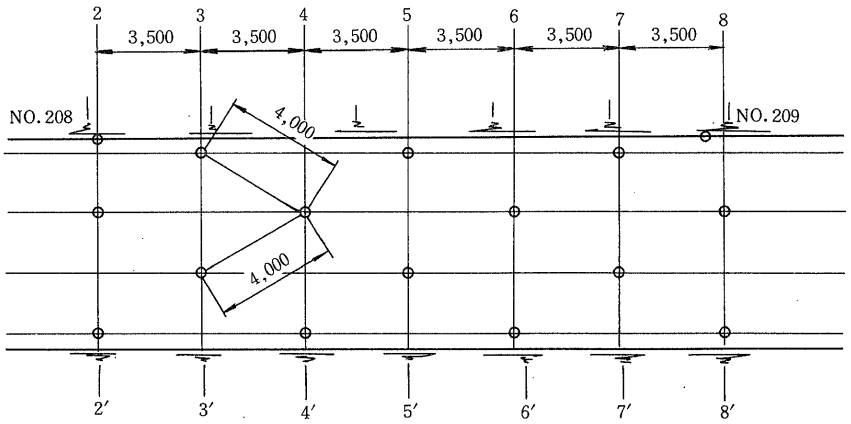
地盤が軟弱なため電柱が斜めになっており、道路横に置いた管が田圃に沈むような状態であった。

（写真－2）

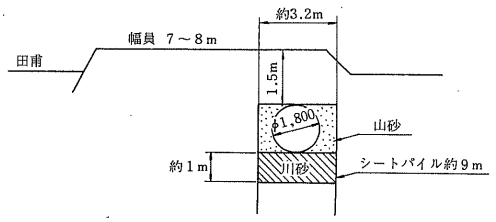
矢板は約9mであったが、軟弱層の深いところでは斜めになったり、また打ちにくい個所もあり、雨水の流入するところもあって、埋設条件の悪いことを示す。

図－5　サンドドレーン工法標準図





図－6　管埋設標準図



5．管路の調査方法

調査は次のような方法で、それぞれの箇所および時期について行った。

1 調査項目および測定方法

イ．胴付間隔

各継手部の胴付間隔を専用に製作したノギスで図－7に示す箇所を測定した。

ロ．へん平量

挿口部および管中央部の2ヵ所を上下、左右について棒ゲージで測定した。

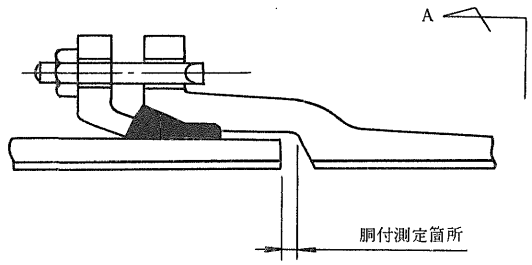
ハ．管路の上下方向変位

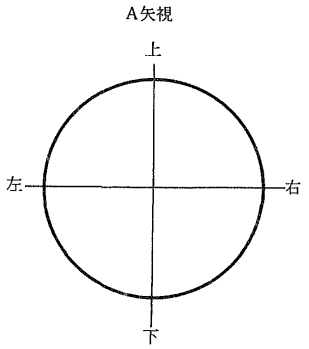
各区間ごとに測定し、最初の管の管底を0とし、図－9に示すように各挿口部の高さをレベルで測定した。

ニ．沈下量

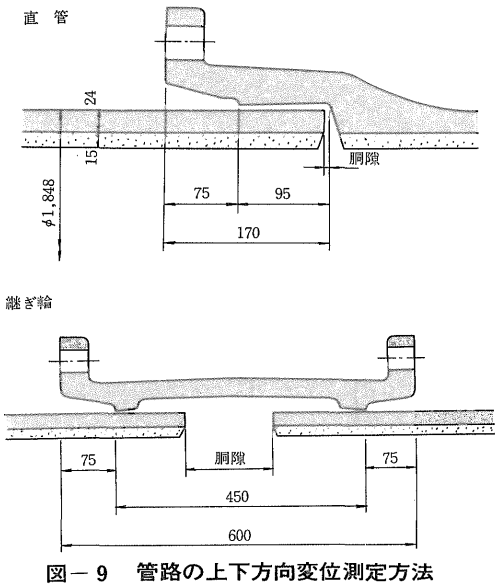
志津地区の一部については、施工時管頂に図－10のように測定棒を取付け、地上の基準

図－7　胴付間隔測定箇所

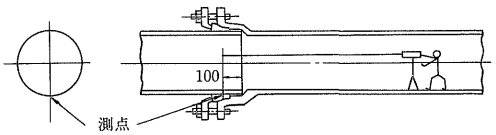




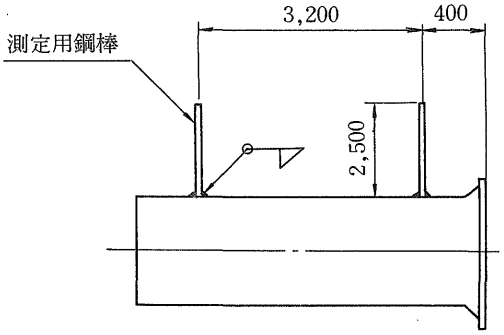
図－8　口径1,800Ｋ形管（2種管）の寸法図



図－9　管路の上下方向変位測定方法



図－10　測定棒の取付方法



点と比較しながら埋設状態のまま測定した。（埋設後約14ヵ月間）

ホ．管内面状況

モルタルライニングのクラックの有無、または管端面の腐食の有無について調査した。

ヘ．腐食に関する土質調査

各地区の土の比抵抗を測定した。

2 調査区間、調査項目および時期（表－2参照）

6．管路の調査結果

1 胴付間隔の変化

通水開始から約8ヵ月後および約9年4ヵ月後の胴付間隔の測定結果の一部を表－3～表－14に示すが、その変化量は全般的に10mm以内におさまり、継手が局部的に大きく動いたというところはなかった。

イ．軟弱地盤の層厚がゆるやかに変化しているところ

表－8、9、14に示すように、最初の2～3本目まではあまり変化がないが、次の数本は上側が開く傾向を示し、次の継手で逆転し数本は上側が閉じるような傾向を示す。

これは管路が地盤の沈下に順応しており、その傾向が次のようになるものと考えられる。

ロ．軟弱層厚があまり変化しないところ

表－3、4、5、10、11に示すように、これといった傾向はない。

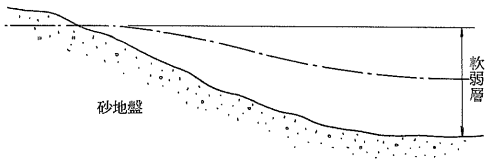
若干の変化を示すところでは、3～4本の前後で上下に開きが分散して順応している。（表－5、継手No．6～8、表－10、11、継手No.10～13、表－13、14、継手No.46～50～53参照）

表－2　調査項目および区間

	施工時 43.2～43.6	約8ヵ月通水後 44.2	約14ヵ月通水後 44.9	約9年4ヵ月通水後 52.10
臼井 4工区	胴付間隔（1部）	胴付間隔（1部）	―――	全項目
下志津 7工区	―――	―――	―――	〃
上志津 8工区	胴付間隔 沈下量	胴付間隔 管底上下	沈下量	〃
上志津 9工区	胴付間隔	胴付間隔	―――	〃

区間	測点 No.	距離m	備考
臼井4工区	No.50＋8m ～No.54＋8m	60	地盤改良なし
下志津7工区	No.185＋1m ～No.195＋9m	208	サンドドレーン工法、杭梁4～10m 杭間2.5～4.0m
上志津8工区	No.209＋10m ～No.233	470	サンドドレーン工法、杭梁8～9m 杭間 4.0m
上志津9工区	No.233 ～No.244＋14m	234	サンドドレーン工法、杭梁6～9m 杭間2.5～4.0m

図－11　沈下想定図

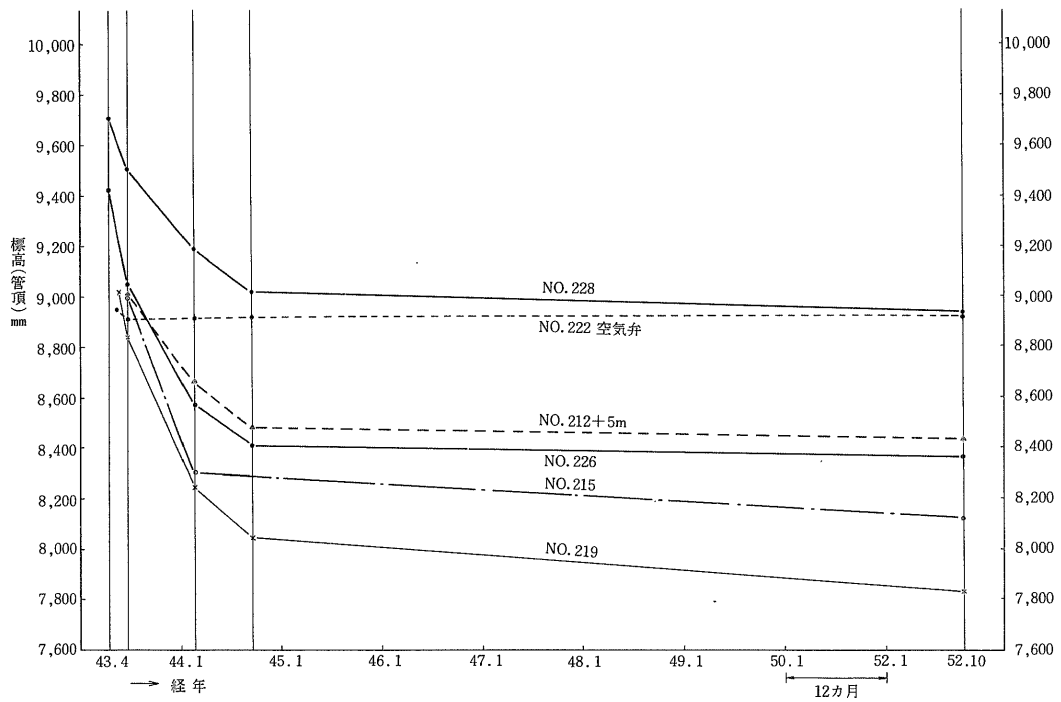


2 へん平量

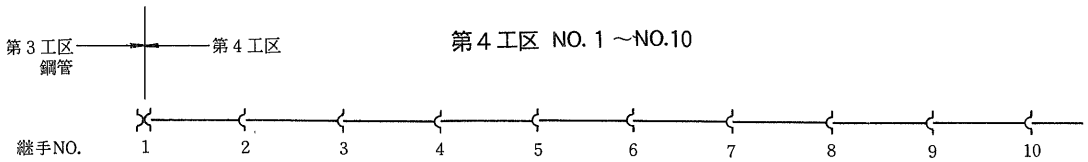
へん平量の一例を表－15～18に示すが、土被り深さ2～3mで、ダクタイル管のへん平量は0～1.2cmであった。

（左右－上下）÷2＝へん平量とする。

図－12　沈下量の経日変化（志津地区第8工区）



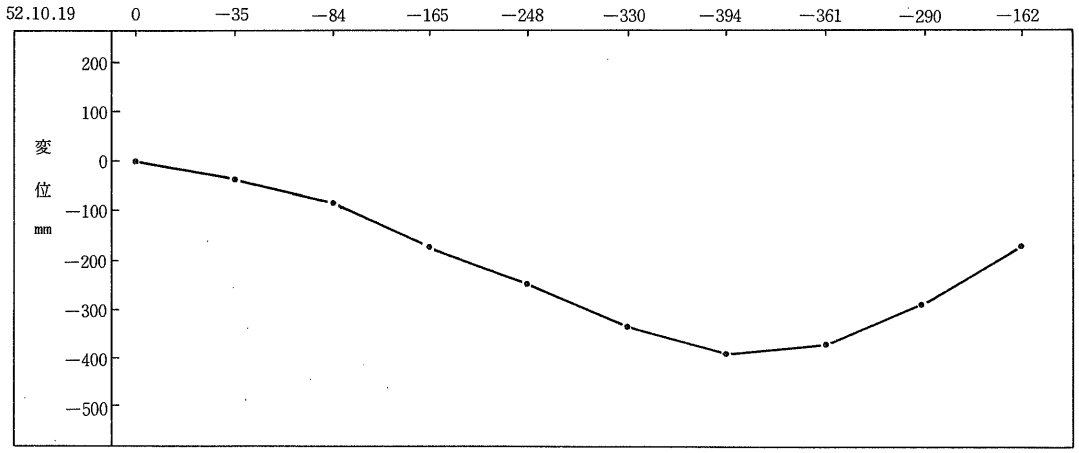
表－3　胴付間隔および上下方向変位測定結果



胴付間隔mm

測定日										
(1) 44.2.15	＋	＋	＋	0 0＋0 0	0 5＋0 0	9 16＋0 10	12 50＋5 40	0 5＋0 15	8 0＋30 20	2 0＋5 0
(2) 52.10.13	37 16＋17 0	11 0＋14 0	9 0＋8 0	0 0＋0 0	0 0＋0 0	4 13＋0 9	5 51＋4 53	0 6＋5 16	1 1＋27 26	0 0＋0 1
(2)～(3)	＋	＋	＋	0 0＋0 0	0 −5＋0 0	−5 −3＋0 −1	−7 1＋−1 13	0 1＋5 −1	−7 1＋−3 6	−2 0＋−5 1

上下方向変位mm（NO.1を0とする）

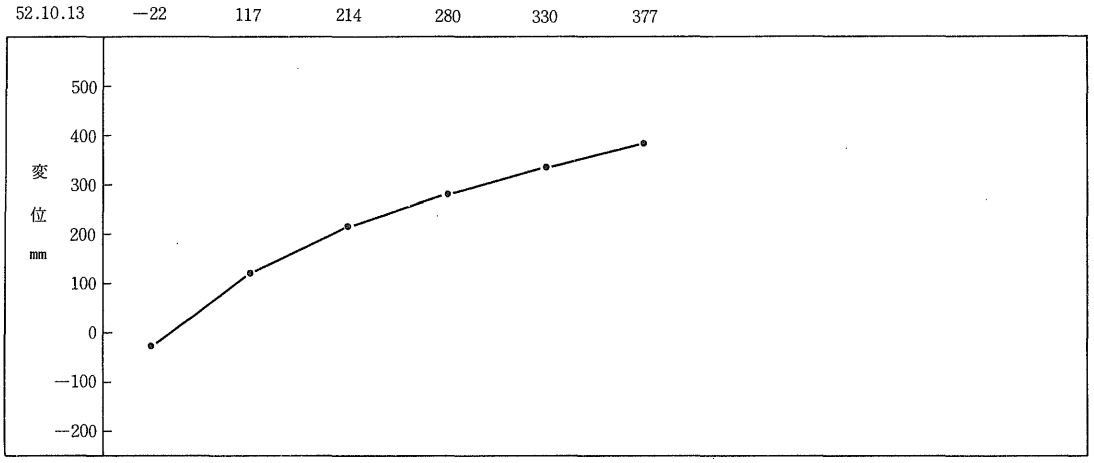


表－4　胴付間隔および上下方向変位測定結果

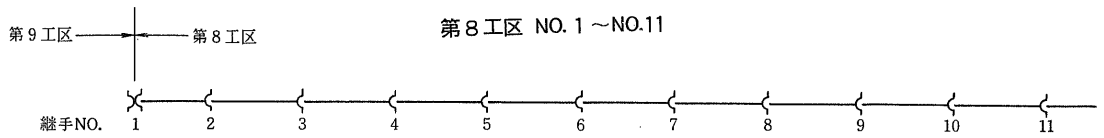
第4工区 NO.11～NO.20

継手NO.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
胴付間隔mm										
測定日	0	14	9	1	1	3	5	5	5	5
52.10.13	0＋0＝0	5＋5＝0	5＋2＝0	0＋0＝0	0＋4＝1	0＋18＝15	5＋15＝15	5＋10＝10	5＋5＝5	7＋12＝18

上下方向変位mm（NO.1を0とする）



表－5　胴付間隔および上下方向変位測定結果

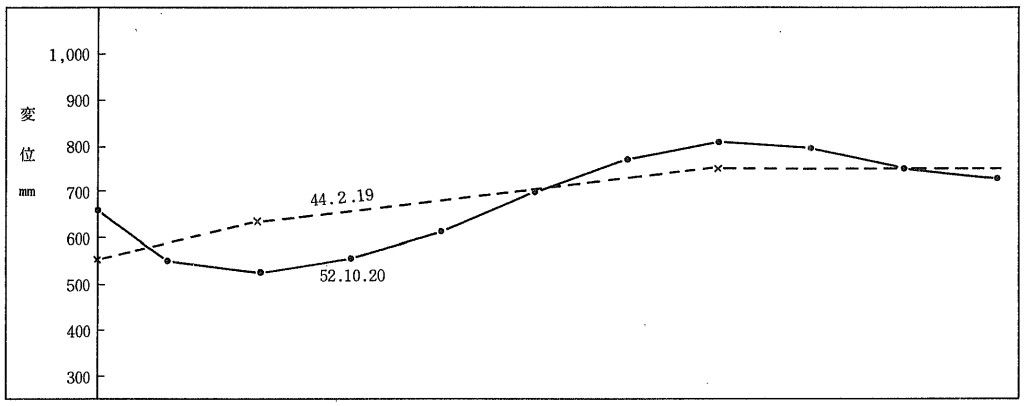


胴付間隔mm

測定日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
(1) 43.6.22	0 1＋6 7	0 12＋17 29	0 5^5＋5 11^5	0 3^5＋2 5^5	1 1＋4 4	11 6＋5^5 1	11^5 13^5＋16^5 18	20 16＋4^5 0	2 1^5＋5 4^5	3 6^5＋1^5 5	4 6＋8 10
(2) 44.2.19	0 3^5＋4 7^5	⊕ 緊結（固定）	0 7＋7 14	0 3^5＋2 5^5	0 0＋0 0	9^5 4＋5^5 0	13 11^5＋8 6^5	21^5 15^5＋7 1	4 1^5＋3^5 2	0 4＋0^5 4^5	0 8＋5^5 13^5
(2)－(1)	0 2^5＋－2 0^5	⊕	0 1^5＋2 2^5	0 0＋0 0	－1 －1＋－4 －4	－1.5 －2＋0 －1	1^5 －2＋－8^5 －11^5	1^5 －0^5＋2^5 1	2 0＋－1^5 －2^5	－3 －2^5＋－1 －0^5	－4 2＋－2^5 3^5
(3) 52.10.20	0 7＋9^5 22	⊕	11 0＋10 20	0 3＋3 7	0 0＋0 0	4 1＋3 3^5	17^5 11^5＋7^5 2	25 17＋8 2	6 5＋4 1^5	0 2^5＋0 2	0 7^5＋6 15
(3)－(2)	0 3^5＋5^5 14^5	⊕	11 －7＋3 6	0 －0^5＋1 1^5	0 0＋0 0	－5^5 －3＋－2^5 3^5	4^5 0＋－0^5 －4^5	3^5 1^5＋1 1	2 3^5＋0^5 －0^5	0 －1^5＋－0^5 －2^5	0 －0^5＋0^5 1^5

上下方向変位mm（丁字管NO.53～NO.54の中央を0とする）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
44.2.19	545		640					750			
52.10.20	657	552	527	557	615	696	768	809	793	752	733



表－6　胴付間隔および上下方向変位測定結果

第8工区 NO.12～NO.21

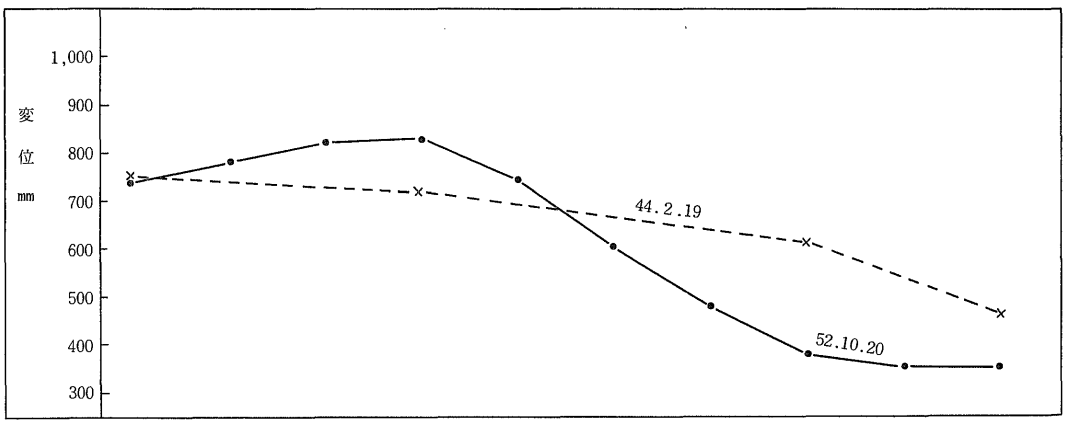
継手NO.　12　13　14　15　16　17　18　19　20　21

胴付間隔mm

測定日										
(1) 43.6.22	1 -3＋12[5] 15	5 4＋6 5	7[5] 6＋3 2[5]	22 15[5]＋8[5] 2[5]	10 5＋7[5] 2[5]	6 2[5]＋4 1	4 1[5]＋3 1	1 4＋7 10	1 8＋12 19	8 2＋19 13
(2) 44.2.19	1 3＋13 15	5[5] 0＋8[5] 14	9[5] 6[5]＋5 2	32[5] 21[5]＋13 2	13 6＋9[5] 2[5]	5 2＋4 1	0 2[5]＋4 6[5]	0 2＋15 13	0 8＋14 22	18 2＋22 6
(2)－(1)	0 0＋0[5] 0	0[5] -4＋2[5] 9	2 0[5]＋2 -0[5]	10[5] 6＋4[5] -0[5]	3 1＋2 0	-1 -0[5]＋0 0	-4 1＋1 5[5]	-1 -2＋8 3	-1 0＋2 3	10 6＋3 -7
(3) 52.10.20	0 5＋11[5] 17	6[5] 1＋7[5] 3	15[5] 8[5]＋5[5] 0	40 27＋14 1	18[5] 10＋10[5] 1	6[5] 2＋6 2[5]	0 1[5]＋7[5] 9	0 8＋19 26[5]	1 5＋15[5] 17	24 3[5]＋23 4
(3)－(2)	-1 2＋-1[5] 2	1 1＋-1 -11	6 2＋0[5] -2	7[5] 5[5]＋1 -1	5[5] 4＋1 -1[5]	1[5] 0＋2 1[5]	0 -1＋3[5] 2[5]	0 6＋4 13[5]	1 -3＋1[5] -5	6 1[5]＋1 -2

上下方向変位mm（丁字管NO.53～NO.54の中央を0とする）

44.2.19	755			725				625		475
52.10.20	749	788	831	835	749	614	490	383	362	365



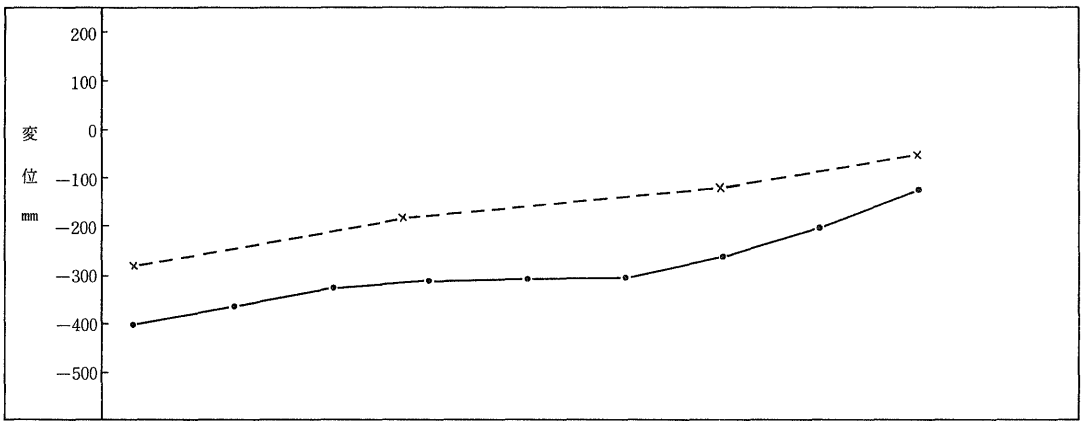
表－7　胴付間隔および上下方向変位測定結果

第8工区　NO.36～NO.45

継手NO.	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
胴付間隔mm										
測定日										
(1) 43.6.22	15 / 4 + 16 / 6	3 / 4 + 4 / 2	9 / 5^5 + 4^5 / 1	9 / 3 + 6 / 1^5	11 / 1 + 10 / 3	4 / 4 + 15 / 11	3^5 / 2 + 23 / 22^5	1 / 2 + 14^5 / 15^5	8 / 1 + 18^5 / 11^5	6^5 / 4 + 11 / 3^5
(2) 44.2.19	9 / 2 + 11 / 4	1^5 / 0 + 1^5 / 0	8^5 / 5 + 3^5 / 0	7 / 3 + 4 / 0	8 / 0 + 8 / 0	3 / 0 + 13^5 / 10^5	3 / 1^5 + 23 / 21^5	1^5 / 1^5 + 15 / 15	5^5 / 0 + 17^5 / 12^5	8 / 2 + 6 / 0
(2)－(1)	−6 / −2 + −5 / −2	-1^5 / −4 + -2^5 / −2	-0^5 / -0^5 + −1 / −1	-2 / 0 + −2 / -1^5	−3 / −1 + −2 / −3	−1 / −4 + -1^5 / -0^5	-0^5 / -0^5 + 0 / −1	0^5 / -0^5 + 0^5 / -0^5	-2^5 / −1 + −1 / 1	1^5 / −2 + −5 / -3^5
(3) 52.10.20	3^5 / 0 + 10^5 / 7	0 / 0 + 1^5 / 1^5	4^5 / 3 + 3^5 / 2	3^5 / 1 + 3^5 / 1	0 / 0 + 9^5 / 3^5	3 / 0 + 14 / 11	5 / 0 + 23 / 18	4^5 / 0 + 15^5 / 9	8^5 / 0 + 15^5 / 6	12 / 3^5 + 10 / 0
(3)－(2)	-5^5 / −2 + -0^5 / 3	-1^5 / 0 + 0 / 1^5	−4 / −2 + 0 / 2	-3^5 / −2 + -0^5 / 1	−2 / 0 + 1^5 / 3^5	0 / 0 + 0^5 / 0^5	2 / -1^5 + 0 / -3^5	3 / -1^5 + 0^5 / −6	3 / 0 + −2 / -6^5	4 / 1^5 + 4 / 0

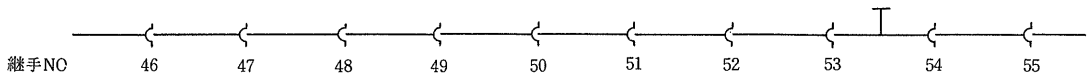
上下方向変位mm（丁字管NO.53～NO.54の中央を0とする）

44.2.19	−280			−180			−120		
52.10.20	−400	−363	−327	−312	−308	−306	−266	−203	−121



表－8　胴付間隔および上下方向変位測定結果

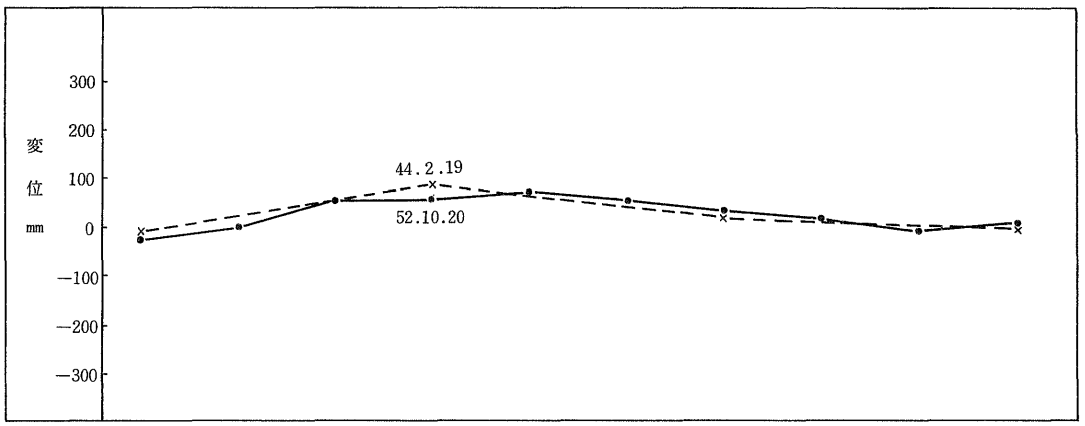
第8工区 NO.46～NO.55



継手NO	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
胴付間隔mm										
測定日										
(1) 43.6.22	1 / 1＋1 / 1^5	12^5 / 7＋5^5 / 1	8^5 / 6^5＋3 / 1^5	10 / 9＋1^5 / 1	4^5 / 1＋8^5 / 5^5	4^5 / 2＋4 / 2^5	1 / 1＋8 / 8	4 / 4＋2 / 4	5 / 1^5＋1^3 / 8^5	11 / 2＋14 / 5
(2) 44.2.19	0 / 0＋0 / 0	13 / 7＋6 / 0	8 / 5^5＋2^5 / 0	10 / 8^5＋1^5 / 0	4 / 0＋7^5 / 3^5	5 / 2＋3 / 0	0 / 1^5＋7^5 / 9	0 / 0＋3 / 3	4^5 / 3＋12^5 / 11	10 / 1^5＋13 / 4^5
(2)－(1)	−1 / −1＋−1 / -1^5	0 / 0＋0^5 / −1	-0^5 / −1＋-0^5 / -1^5	0 / -0^5＋0 / −1	-0^5 / −1＋−1 / −2	0^5 / 0＋−1 / -2^5	−1 / 0^5＋-0^5 / 1	−4 / −4＋1 / −1	-0^5 / 1^5＋-0^5 / 2^5	−1 / -0^5＋−1 / -0^5
(3) 52.10.20	3^5 / 3＋0 / 0	19^5 / 13＋5^5 / 0	9^5 / 8^5＋1 / 0	9^5 / 9^5＋0 / 0	3^5 / 0＋7 / 2^5	5^5 / 1＋3^5 / 0	0 / 0＋4^5 / 4^5	0 / 0＋0 / 0	1^5 / 0＋10 / 8^5	10 / 1^5＋13^5 / 5
(3)－(2)	3^5 / 3＋0 / 0	6^5 / 6＋-0^5 / 0	1^5 / 3＋-1^5 / 0	-0^5 / 1＋-1^5 / 0	-0^5 / 0＋-0^5 / −1	0^5 / −1＋0^5 / 0	0 / -1^5＋−3 / -4^5	0 / 0＋−3 / −3	−3 / −3＋-2^5 / -2^5	0 / 0＋0^5 / 0^5

上下方向変位mm（丁字管NO.53～NO.54の中央を0とする）

44.2.19	−20			75			30			0
52.10.20	−43	＋1	52	56	70	52	36	13	−4　±0	12



表－9　胴付間隔および上下方向変位測定結果

第8工区 NO.56～NO.66

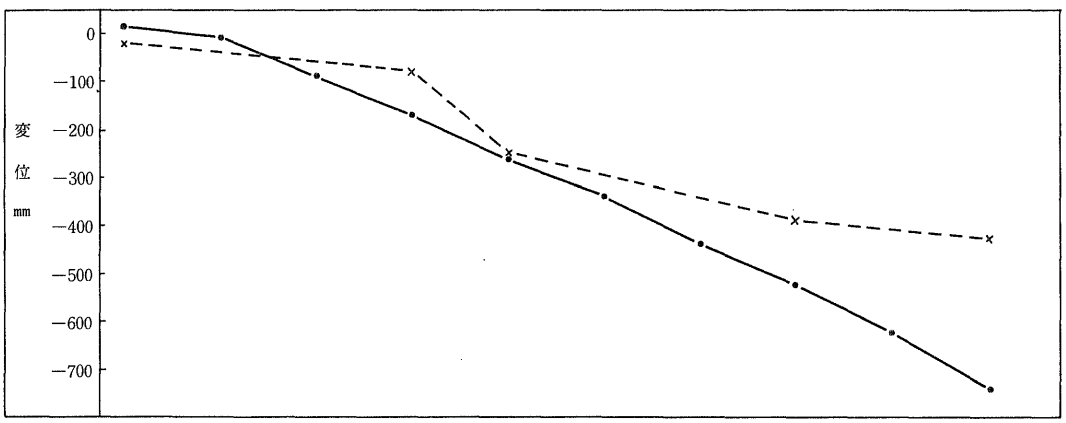
継手NO.　56　57　58　59　60　61　62　63　64　65

胴付間隔mm

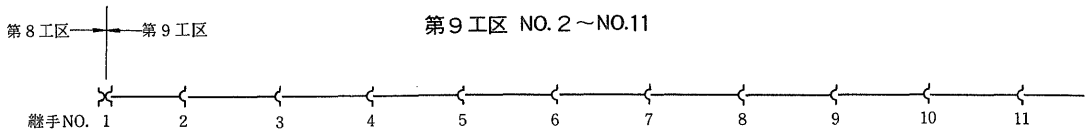
測定日										
(1)43.6.22	17⁵ 2＋22⁵ 7⁵	15 4＋13 2	8 6＋4⁵ 2⁵	5 8⁵＋3⁵ 7	10 7＋21⁵ 17⁵	6 7＋14 5	2 7＋8⁵ 12⁵	5 13＋11⁵ 19⁵	10⁵ 12＋9⁵ 7⁵	6⁵ 8＋7 9⁵
(2)44.2.19	19 0＋20⁵ 1⁵	15 3⁵＋13⁵ 2	8⁵ 6⁵＋4⁵ 2⁵	7⁵ 9⁵＋4⁵ 6⁵	11⁵ 9＋22⁵ 20	11⁵ 8⁵＋15 12	3 8⁵＋9⁵ 15	9 11⁵＋13⁵ 16	13 11＋12 10	5⁵ 7＋6⁵ 8
(2)－(1)	1⁵ −2＋2 −6	0 −0⁵＋0⁵ 0	0⁵ 0⁵＋0 0	2⁵ 1＋1 −0⁵	1⁵ 2＋1 2⁵	5⁵ 1⁵＋1 7	1 1⁵＋1 2⁵	4 −1⁵＋2 −3⁵	2⁵ −1＋2⁵ 2⁵	−1 −1＋−0⁵ −1⁵
(3)52.10.20	17⁵ 1⁵＋21⁵ 7	17⁵ 7⁵＋14 1⁵	10 6＋5⁵ 1⁵	8⁵ 10＋5 4⁵	15 12＋20⁵ 18	19⁵ 15⁵＋15 7⁵	7⁵ 11⁵＋9 11	21 20＋18 15	18⁵ 13⁵＋14 10	3 5⁵＋6 9
(3)－(2)	−1⁵ 1⁵＋1 5⁵	2⁵ 4＋0⁵ −0⁵	1⁵ −0⁵＋1 −1	1 0⁵＋0⁵ −2	3⁵ 3＋−2 −2	8 7＋0 −4⁵	4⁵ 3＋−0⁵ −4	12 8⁵＋4⁵ −1	5⁵ 2⁵＋2 0	−2⁵ −1⁵＋−0⁵ 1

上下方向変位mm（丁字管NO.53～NO.54の中央を0とする）

44.2.19				−80	−250			−375		
52.10.20	17	−11	−86	−165	−255	−325	−424	−508	−607	−724



表－10　胴付間隔および上下方向変位測定結果

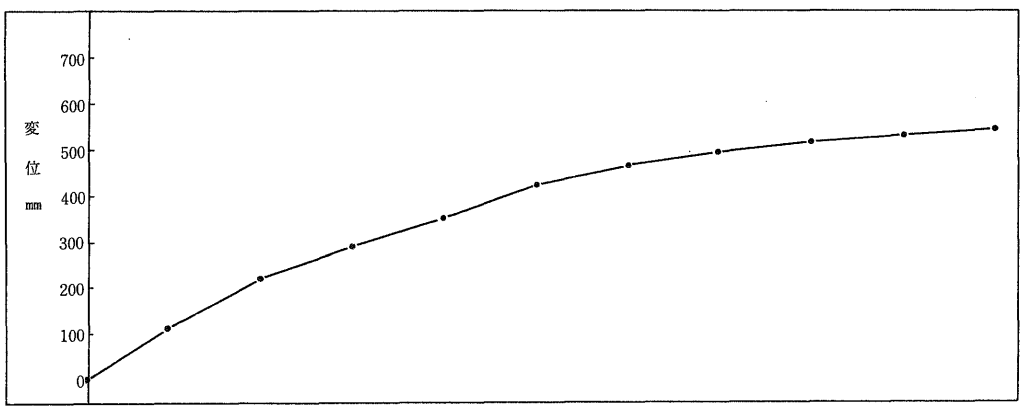


胴付間隔mm

測定日										
(1) 43.5.13	33 25＋20 0	7 7＋3 0	7 10＋2 0	2 3＋0 0	5 2＋5 0	1 1＋1 0	1 0＋6 0	0 1＋5 5	3 0＋6 5	3 2＋12 15
(2) 44.2.19	30 19＋18 2	7 6＋3 0	8 7＋1 0	1 0＋0 0	3 3＋0 0	1 1＋1 0	6 1＋5 0	0 1＋4 3	7 1＋7 4	4 3＋11 16
(2)－(1)	−3 −6＋−2 2	0 −1＋0 0	1 −3＋−1 0	−1 −3＋0 0	−2 1＋−5 0	0 0＋0 0	5 1＋1 0	0 0＋−1 −2	4 1＋1 −1	1 1＋−1 1
(3) 52.10.19	27 13＋14 5	8 3＋2 0	8 6＋1 0	0 0＋0 0	2 0＋0 0	0 0＋0 0	7 0＋5 0	0 0＋2 2	3 0＋3 2	6 6＋9 10
(3)－(2)	−3 −6＋−4 3	1 −3＋−1 0	0 −1＋0 0	−1 0＋0 0	−1 −3＋0 0	−1 −1＋−1 0	1 −1＋0 0	0 −1＋−2 −1	−4 −1＋−4 −2	2 3＋−2 −6

上下方向変位mm（NO.１を０とする）

52.10.19　0　101　213　292　349　414　453　494　510　532　544



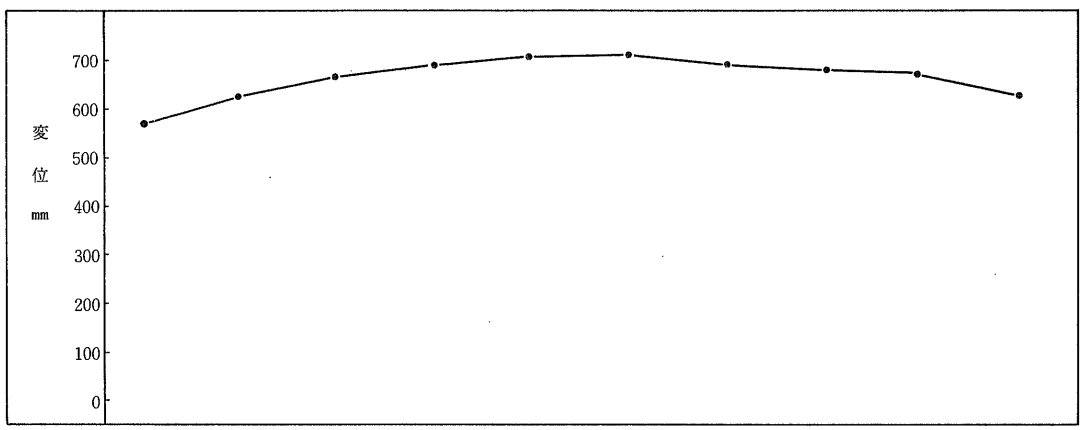
表－11　胴付間隔および上下方向変位測定結果

第９工区 NO.12～NO.21

継手NO.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
胴付間隔mm										
測定日										
(1) 43.5.13	7 6＋10 12	2 1＋2 0	0 0＋0 0	6 5＋5 2	5 10＋2 0	12 12＋7 4	2 10＋0 6	1 1＋0 0	10 5＋7 0	5 7＋10 11
(2) 44.2.19	7 6＋8 12	3 1＋2 0	0 0＋0 0	6 6＋5 3	4 9＋1 0	12 10＋6 4	2 9＋0 6	0 0＋0 0	10 5＋8 0	5 7＋9 11
(2)－(1)	0 0＋−2 0	1 0＋0 0	0 0＋0 0	0 1＋0 1	−1 −1＋−1 0	0 −2＋−1 0	0 −1＋0 0	−1 −1＋0 0	0 0＋1 0	0 0＋−1 0
(3) 52.10.19	5 5＋5 6	0 0＋0 0	0 0＋0 0	0 0＋0 0	0 2＋0 0	8 4＋1 0	0 0＋0 0	0 0＋0 0	5 0＋2 0	6 4＋6 3
(3)－(2)	−2 −1＋−3 −6	−3 −1＋−2 0	0 0＋0 0	−6 −6＋−5 −3	−4 −7＋−1 0	−4 −6＋−5 −4	−2 −9＋0 −6	0 0＋0 0	−5 −5＋6 0	1 −3＋−3 −8

上下方向変位mm（NO.１を０とする）

52.10.19	573	625	660	690	703	706	698	688	667	627



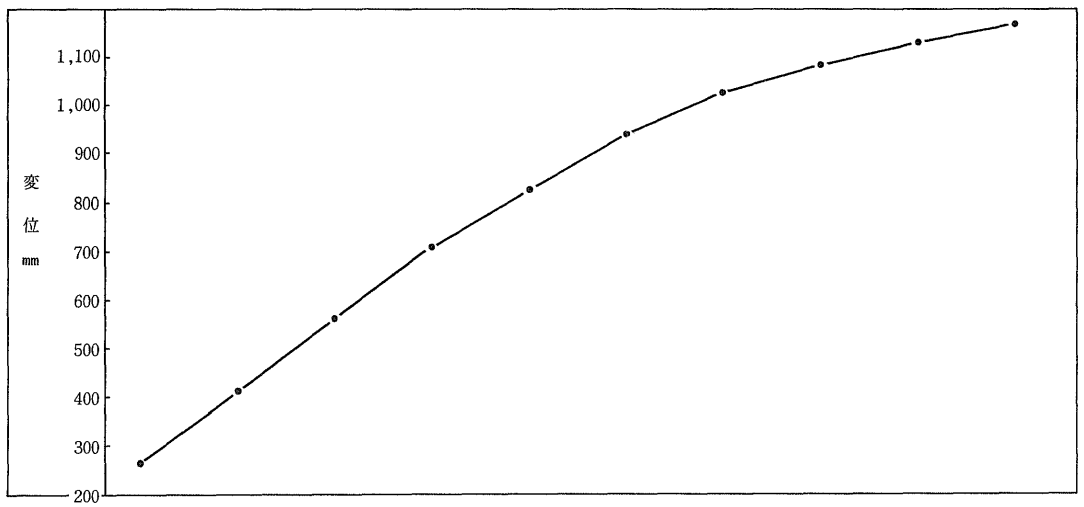
表－12　胴付間隔および上下方向変位測定結果

第９工区 NO.30～NO.39

継手NO.	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
胴付間隔mm										
測定日										
(1) 43.5.13	0 0＋10 10	8 0＋10 3	3 0＋10 5	10 2＋12 3	12 3＋8 2	10 10＋10 1	10 10＋2 1	8 3＋3 0	8 6＋2 2	16 15＋2 2
(2) 44.2.19	1 0＋9 10	5 0＋6 0	4 0＋7 3	9 0＋8 0	10 1＋7 0	3 5＋5 0	7 6＋1 0	5 2＋0 0	3 3＋0 0	10 11＋2 2
(2)－(1)	1 0＋1 0	−3 0＋−4 −3	1 0＋−3 −2	−1 −2＋−4 −3	−2 −2＋−1 −2	−7 −5＋−5 −1	−3 4＋−1 −1	−3 −1＋−3 0	−5 −3＋−2 −2	−6 −4＋0 0
(3) 52.10.19	0 0＋14 15	0 0＋6 2	0 0＋4 0	3 0＋3 0	7 0＋3 0	9 4＋1 2	6 2＋0 0	1 0＋0 0	2 2＋0 0	8 7＋0 0
(3)－(2)	−1 0＋5 5	−5 0＋0 2	−4 0＋−3 −3	−6 0＋−5 0	−3 −1＋−4 0	6 −1＋−4 2	−1 4＋−1 0	−4 −2＋0 0	−1 −1＋0 0	−2 −4＋−2 −2

上下方向変位mm（NO.1を0とする）

52.10.19	267	404	568	704	835	943	1,035	1,086	1,125	1,163



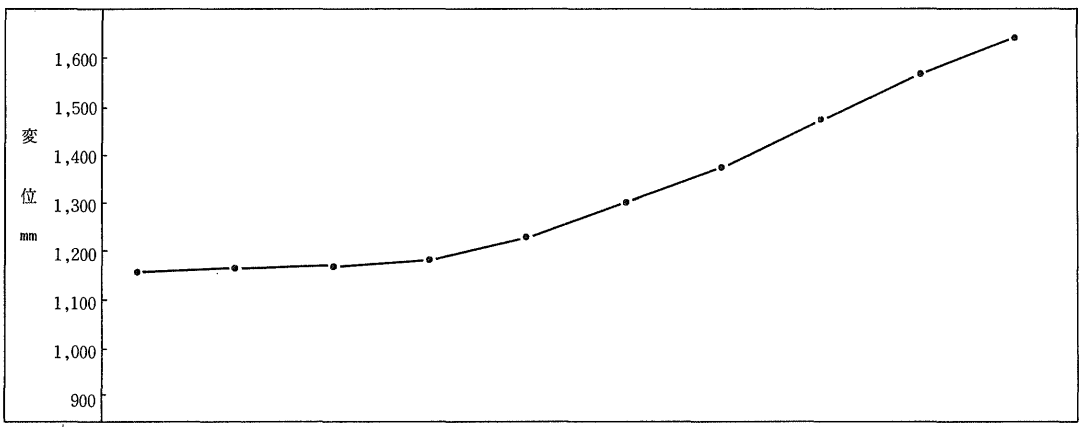
表－13　胴付間隔および上下方向変位測定結果

第９工区　NO.40～NO.49

継手NO.	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
測定日	胴付間隔mm									
(1)43.5.13	0 0＋0 0	1 2＋0 2	1 5＋0 6	0 0＋0 0	0 0＋0 1	0 1＋0 1	18 10＋26 15	10 5＋10 5	25 12＋30 12	8 10＋15 25
(2)44.2.19	0 0＋0 0	0 2＋0 0	0 7＋0 8	0 0＋0 0	0 0＋0 0	0 0＋0 0	16 5＋24 14	9 2＋9 0	26 7＋28 9	8 10＋12 16
(2)－(1)	0 0＋0 0	−1 0＋0 −2	−1 2＋0 2	0 0＋0 0	0 0＋0 −1	0 −1＋0 −1	−2 −5＋−2 −1	−1 −3＋−1 −5	1 −5＋−2 −3	0 0＋−3 −9
(3)52.10.19	0 0＋0 0	0 0＋0 0	0 5＋0 5	0 1＋0 3	0 2＋0 3	0 0＋0 2	1 0＋13 12	3 0＋5 2	17 1＋20 4	6 1＋3 2
(3)－(2)	0 0＋0 0	0 −2＋0 0	0 −2＋0 −3	0 1＋0 3	0 2＋0 3	0 0＋0 2	−15 −5＋−11 −2	−6 −2＋−4 2	−9 −1＋−8 −5	−2 −9＋− 9 −14

上下方向変位mm（NO.１を０とする）

52.10.19	1,158	1,160	1,160	1,185	1,230	1,300	1,378	1,476	1,576	1,645



表－14　胴付間隔および上下方向変位測定結果

第９工区　NO.50～NO.59

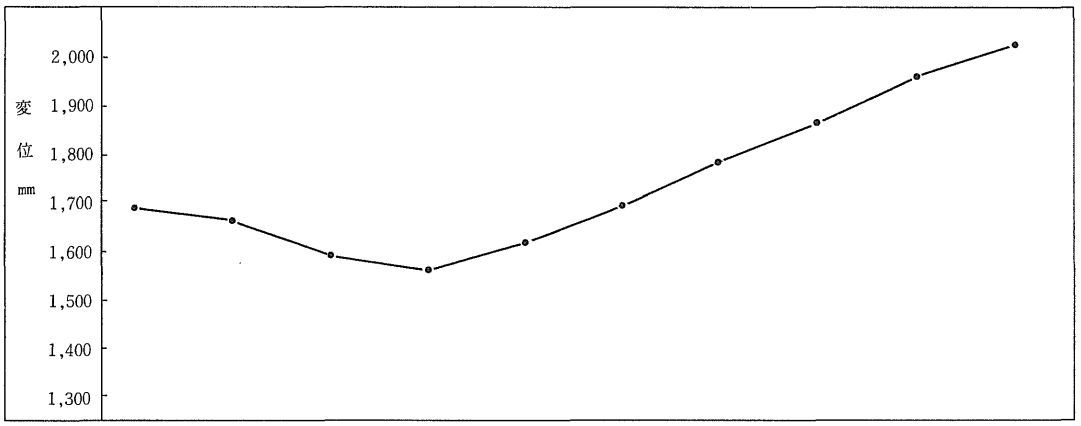
継手NO.　50　51　52　53　54　55　56　57　58　59

胴付間隔mm

測定日										
(1)43.5.13	10 15＋8 5	20 20＋20 20	18 35＋10 15	10 28＋3 20	3 5＋8 15	3 2＋2 3	8 15＋8 12	2 17＋10 25	15 18＋23 25	0 0＋0 0
(2)44.2.19	16 14＋4 1	22 18＋17 17	12 30＋7 25	1 28＋2 29	0 7＋4 12	0 0＋0 0	7 12＋1 10	2 15＋9 20	8 12＋12 15	0 0＋0 0
(2)－(1)	6 −1＋−4 −4	2 −2＋−3 −3	−6 −5＋−3 10	−9 0＋−1 9	−3 2＋−4 −3	−3 −2＋−2 −3	−1 −3＋−7 −2	0 −2＋−1 −5	−7 −6＋−11 −10	0 0＋0 0
(3)52.10.19	34 18＋11 0	21 17＋13 12	10 26＋5 23	0 28＋15 37	0 6＋3 10	0 0＋0 0	9 7＋0 1	3 8＋7 11	9 2＋6 0	0 0＋0 0
	18 4＋7 −1	−1 −1＋−4 −5	−2 −4＋−2 −2	−1 0＋13 8	0 −1＋−1 −2	0 0＋0 0	2 −5＋−1 9	1 −7＋−2 −9	1 −10＋−6 −15	0 0＋0 0

上下方向変位mm（NO.１を０とする）

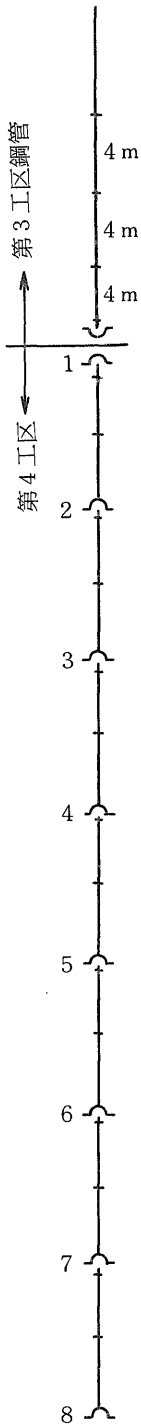
52.10.19	1,696	1,664	1,594	1,559	1,611	1,698	1,791	1,860	1,955	2,032



表—15　へん平量測定結果

第４工区

へん平量mm＝(上下＋左右)÷2



上下	左右	へん平量
1775	1810	17.5
1770	1814	22.0
1760	1815	27.5
1789	1789	0
1765	1763	−1.0
1764	1765	0.5
1766	1772	3.0
1767	1768	0.5
1763	1771	4.0
1763	1772	4.5
1764	1772	4.0
1765	1778	6.5
1766	1777	5.5
1768	1786	9.0
1763	1775	6.0
1762	1775	6.5
1762	1774	6.0
1761	1772	5.5

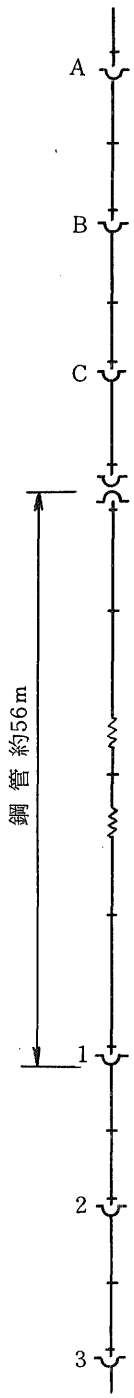
上下	左右	へん平量
1765	1774	4.5
1761	1775	7.0
1764	1769	2.5
1764	1778	7.0
1765	1772	3.5
1763	1775	6.0
1763	1769	3.0
1762	1771	4.5
1763	1767	2.0
1763	1772	4.5
1764	1776	6.0
1762	1785	11.5
1764	1766	1.0
1760	1768	4.0
1770	1775	2.5
1767	1772	2.5

52.10.19 測定

表－16　へん平量測定結果

第７工区

へん平量mm＝（上下＋左右）÷２



上 下	左 右	へん平量
1760	1773	6.5
1765	1777	6.0
1765	1776	5.5
1763	1776	6.5
1760	1773	6.5
1766	1776	5.0
1790	1798	4.0
1750	1834	42.0
1778	1808	15.0
1781	1811	15.0
1762	1822	30.0
1786	1802	8.0
1765	1773	4.0
1765	1775	5.0
1761	1780	9.5
1764	1776	6.0

上 下	左 右	へん平量
1758	1772	7.0
1761	1776	7.5
1766	1781	7.5
1764	1780	8.0
1766	1781	7.5
1760	1774	7.0
1758	1772	7.0
1761	1771	5.0
1777	1776	−0.5
1772	1775	1.5
1764	1776	6.0
1764	1772	4.0
1758	1779	10.5
1762	1775	6.5
1758	1773	7.5
1761	1771	5.0
1765	1775	5.0
1768	1775	3.5

52.10.19 測定

表—17　へん平量測定結果

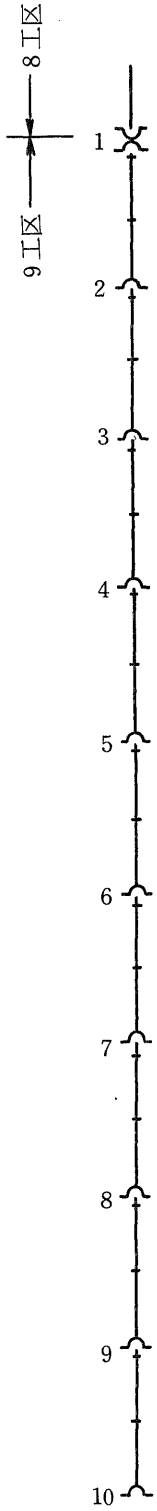
第8工区　　へん平量mm＝(上下＋左右)÷2

上 下	左 右	へん平量
1764	1764	0
1771	1775	2.0
1765	1773	4.0
1771	1781	5.0
1764	1771	3.5
1774	1788	7.0
1761	1773	6.0
1765	1784	5.5
1764	1768	2.0
1768	1774	3.0
1766	1770	2.0
1767	1777	5.0
1763	1770	3.5
1764	1773	4.5
1758	1769	5.5
1770	1781	5.5
1763	1771	4.0
1774	1782	4.0

上 下	左 右	へん平量
1766	1776	5.0
1763	1776	6.5
1766	1774	4.0
1769	1781	6.0
1764	1768	2.0
1768	1777	4.5
1770	1775	2.5
1764	1774	5.0
1757	1763	3.0
1767	1777	5.0
1764	1777	6.5
1769	1778	4.5
1767	1767	0
1780	1780	0
1764	1772	4.0
1776	1782	4.0
1762	1767	2.5
1772	1786	7.0

表－18　へん平量測定結果

第９工区　　へん平量mm＝(上下＋左右)÷2



上下	左右	へん平量
1769	1775	3.0
1764	1778	7.0
1767	1783	8.0
1767	1782	7.5
1763	1773	5.0
1764	1775	5.5
1762	1768	3.0
1766	1775	4.5
1768	1775	3.5
1764	1770	3.0
1764	1771	3.5
1764	1775	5.5
1766	1778	6.0
1763	1777	7.0
1757	1766	4.5
1764	1774	5.0
1766	1772	3.0
1764	1770	3.0

上下	左右	へん平量
1767	1779	6.0
1764	1781	3.5
1768	1778	5.0
1770	1782	6.0
1765	1771	3.0
1765	1767	1.0
1769	1777	4.0
1768	1776	4.0
1769	1778	4.5
1762	1775	6.5
1763	1770	3.5
1764	1774	5.0
1763	1770	3.5
1765	1770	2.5
1764	1770	3.0
1763	1771	4.0
1760	1774	7.0
1761	1775	7.0

3 上下方向の変位

測定記録の一部を表－3～14に示すが、管路の上下方向の蛇行は各所に見受けられるが胴付間隔との関係からもわかるように、いずれも管1本あたりの許容偏位以下であった。

4 沈下量

志津地区の一部で沈下量を測定した。

管底の上下方向の変化と併せて表－19、図－12、13に示すが、土被り深さおよび管底の軟弱地盤層の厚さに比例して沈下量も大きくなっていることがわかる。

また、沈下の大部分は埋戻し後（途中盛土が行われているが）2年以内で終っていることも推察できる。

5 管内面状況

モルタルライニングは健全であり、管端面の窩食はほとんどなく良好であった。

6 土の比抵抗

図－14に示す箇所での土の比抵抗を測定した結果を表－20に示すが、2,400Ω cm以上あり土壌としては窩食に関しては心配ない数値といえる。

一般に、2,000Ω cm以上の砂質土では安全といわれている。

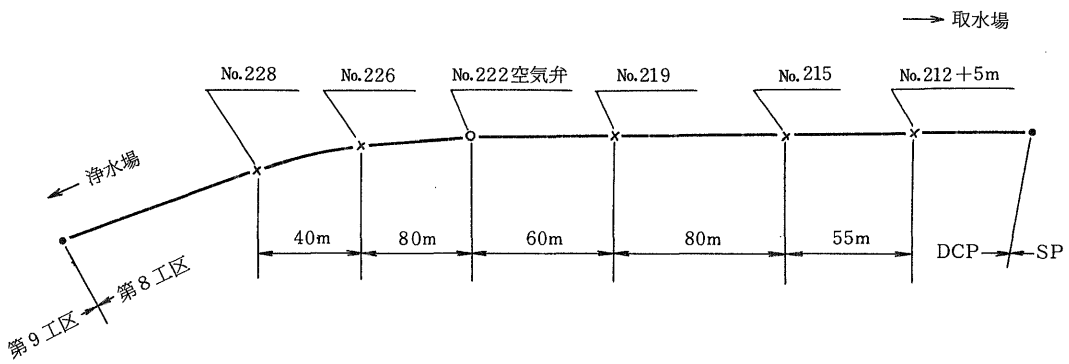
今回の埋設地区は地下水位が高く、管底1mを砂で置き換え、埋戻土は管頂まで山砂で盛土部分は普通土で行っている。

表－19　志津地区（第8工区）沈下量の測定結果

経日による管頂高 mm、および土被り m、軟弱層厚 m

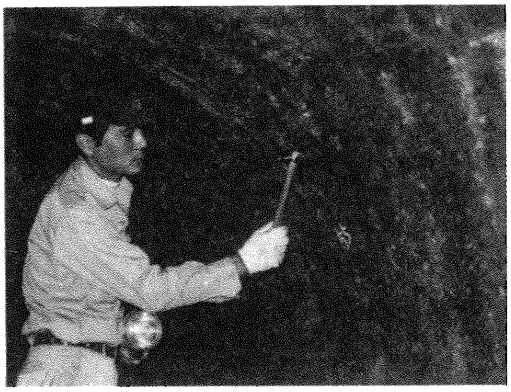
測点 No. / 測定日	228	226	空気弁 222	219	215	＋5m 212
43. 4 /20	9704	9421	—	—	—	—
5 / 6	9645	9327	—	—	—	—
5 /14	9641	9309	8941	—	—	—
5 /27	9638	9207	8929	9015	—	—
6 /22 通水	9577	9053	8912	8827	8988	9055
44. 2 /19 8ヵ月	9191	8588	8921	8252	8310	8670
9 / 5 14ヵ月	9035	8401	8922	8040	—	8482
52. 10/20 9ヵ年	8929	8360	8924	7802	8116	8420
土被り m	2.5	2.9	2.4	2.6	1.9	1.7
軟弱層厚 m	6.96	7.2	0	8.25	7.95	7.35

測点位置



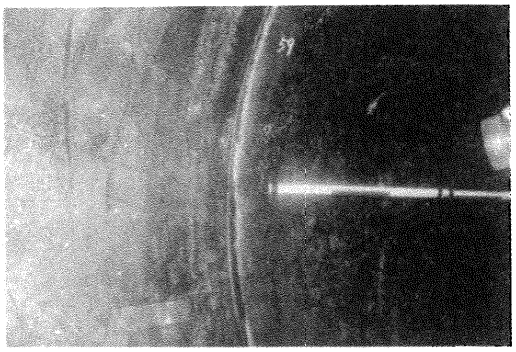
(写真－3)

清掃後の管内面には黒色(水質による)が残っているが、異状は認められない。

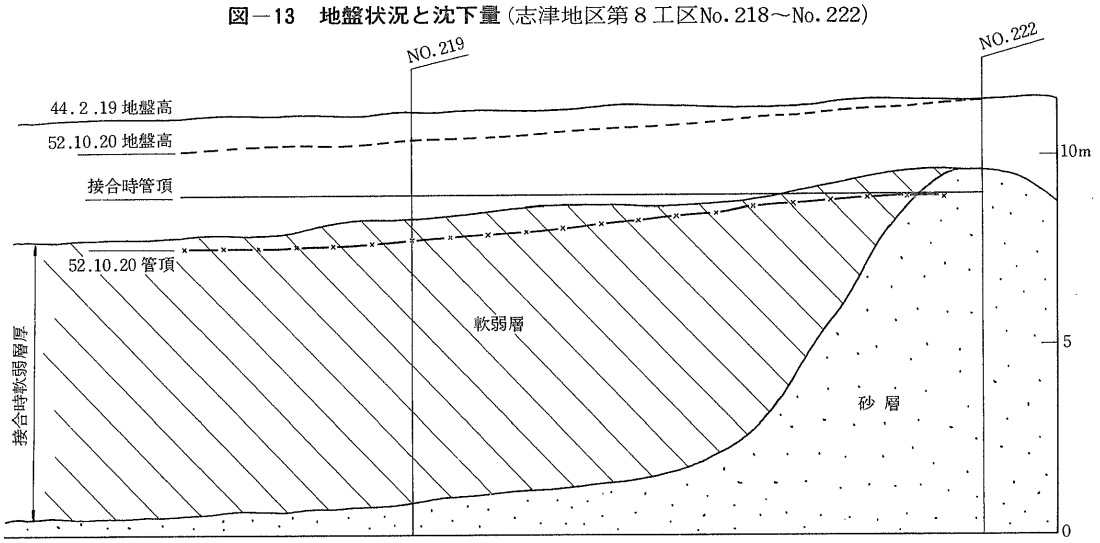


(写真－4)

清掃後のライニング面には納入時の検査マーク、年号などが残っており、ライニングの健全さを示している。



図－13　地盤状況と沈下量(志津地区第8工区No.218～No.222)



表－20　土壌の比抵抗値Ω-cm

測定	臼井地区			志津地区			
	1	2	※3	1	2	3	4
深度2m	2,800	2,400	—	2,600	2,800	3,300	3,200
3m	3,000	3,200	2,400	2,800	2,800	3,000	3,200

測定はハンドオーガーで穿孔し、その孔中に計器(オーム計)を押し込んで測定した。
※臼井地区No.3は調査用入口付近で掘削溝内で行った。

「参考」継手部の緊結措置

管埋設後、通水に先立ち管路を調査したところ、一部の継手部で胴付間隔のやや大きい箇所があった。

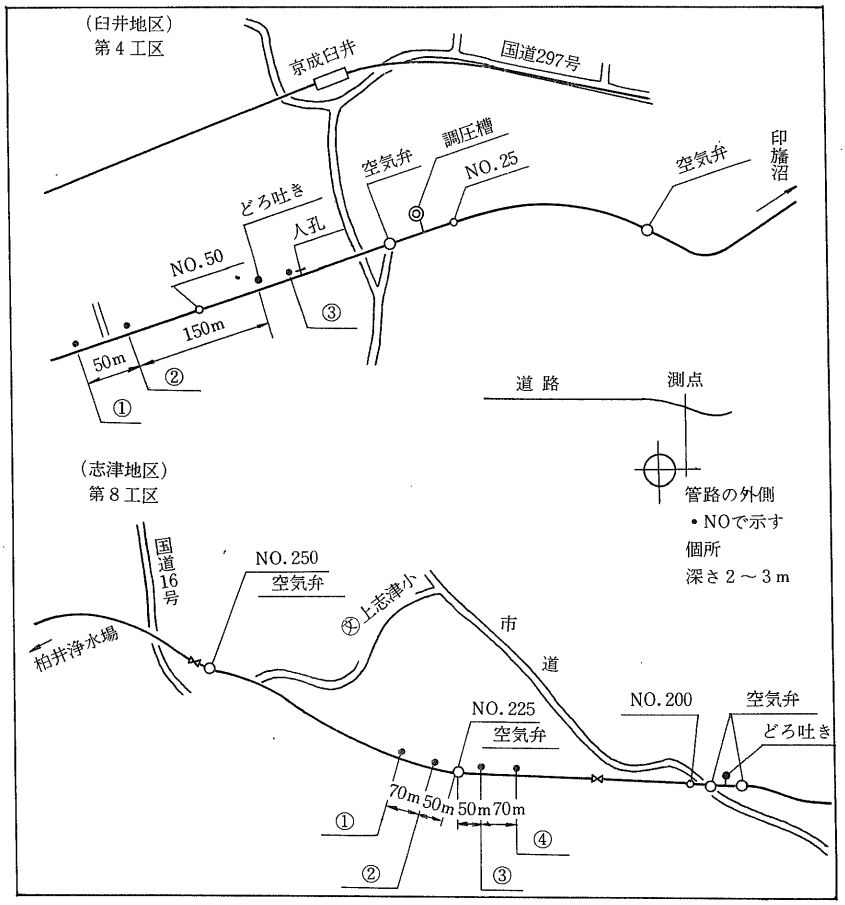
許容抜出し量(47.5mm)に対して十分の余裕はあったが、試験的にこれらの継手を図－15のような方法で緊結し、以後の沈下に対処すると同時に、その効果を確かめることとした。

緊結後、約6ヵ月後および約9年後の経過を表－21に示すが、不等沈下が少なく緊結箇所前後での継手部の胴付間隔はほとんど変化していなかった。

また表－5、継手No.2で緊結している。この部分は若干の不等沈下があったが、その前後の継手部で吸収しており、その胴付間隔の変化は最大14.5mmであった。

写真－5に緊結部の状況を示すが、防食用エポキシパテの異状はなく、継手部にかかる力はその前後の管に伝達されていることがわかる。

図－14　比抵抗測定箇所



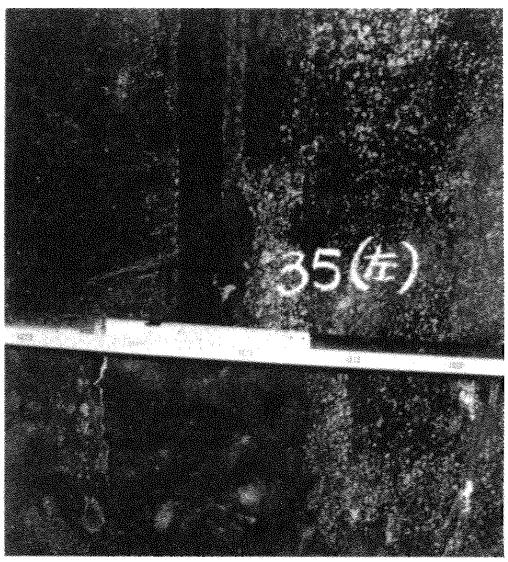
以上のようなことから、緊結部は予想通りに作用したといえるが、一方このような措置を取らなくても、継手部の抜出し余裕で十分吸収できたといえる。

緊結措置は、管継手部の円周数ヵ所に200～250㎜のディスタンスピースを図－15のように取付けた。

この場合、まずその部分のライニングを剝がし、ディスタンスピースの孔に合せて管体部に穿孔し、ねじ切りを行い、取付け部分にエポキシパテを付けてボルトを締付け、ディスタンスピースをセットした。

セット後、モルタル部の補修およびディスタンスピース全体の防食のために、全面エポキシパテを塗布した。

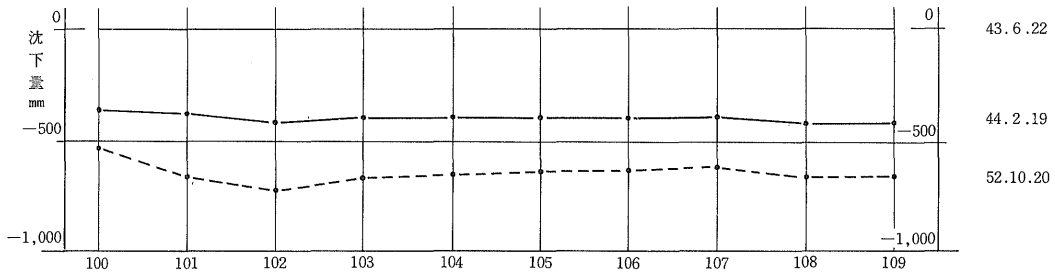
（写真－５）
胴付間隔の比較的大きい箇所を緊結し、通水約９年後の状況。



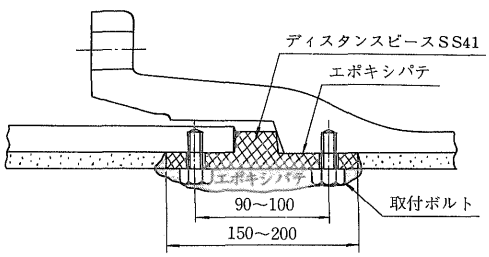
表－21　胴付間隔緊結箇所前後の測定例　（第８工区）

⊕ 緊結箇所

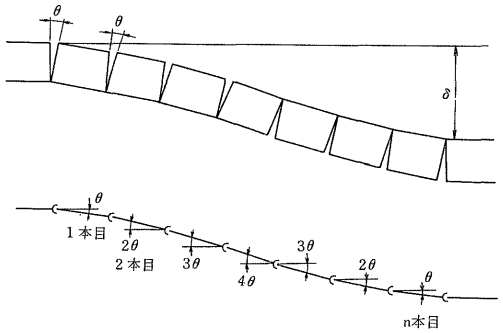
継手NO.	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	測定日
胴付間隔 mm	4 12＋10⁵ 14⁵	9 22＋19 32	10 7＋13 12	13 29＋17 34	31 25⁵＋14 3	35 33⁵＋9 7	30 35＋3⁵ 8	32 25＋9 8⁵	6 20＋20 36	1 5＋11⁵ 16⁵	44.6.22 （補強）
	3⁵ 10＋9 15⁵	⊕	4 4⁵＋12 12⁵	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	0 19⁵＋17⁵ 37	1⁵ 4⁵＋11 14	44.2.19
	0 6⁵＋8 1⁵	⊕	0 0＋14 14	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	0 15＋19 33	0 1＋11⁵ 12	52.10.20



図－15　胴付間隔の緊結方法



図－16　管路の順応性



7. 考　察

1ダクタイル管路の沈下と継手の抜出し量（胴付間隔の変化量）

当該地域の軟弱地盤は谷津田（後背湿地帯）であり、軟弱層全体の厚さは管路に沿ってゆるやかに変化しており、地盤の沈下量は増加荷重が一定であれば一般に軟弱層厚に比例するので沈下状況は円弧状となり、ダクタイル管路は管１本１本の継手が伸縮継手の役目をして、図－16のように地盤沈下に順応していくものと考えられる。

この場合、管路が順応し得る沈下量を次式で求めた。

$$\delta=\ell\left(2\tan\theta+2\tan 2\theta+2\tan 3\theta+\cdots\cdots+2\tan\frac{n-1}{2}\theta+\tan\frac{n+1}{2}\theta\right)$$

ここで、

δ：管路で順応できる沈下量

ℓ：管１本の長さ

θ：一継手における屈曲角

n：最大沈下点までの管本数（奇数）

また、この場合の継手の最大抜出し量は$\frac{n+1}{2}$本目の管の継手に発生し、次式で求められる。

$$S=\frac{1}{2}\ell\left(\sec\frac{n+1}{2}\theta-1\right)+\frac{1}{2}D_2\sin\theta$$

ここで、

S：継手の最大抜出し量（胴付変化量の最大値）

D_2：管外径

いま地層断面図から軟弱層厚が漸次増加している区間の距離を約45mとして、この区間で管路が順応し得る沈下量および継手の抜出し量を下式で求めた。

$$\delta = \ell(2\tan\theta + 2\tan 2\theta + 2\tan 3\theta + 2\tan 4\theta + 2\tan 5\theta + \tan 6\theta)$$

$$S = \frac{1}{2}\ell(\sec 6\theta - 1) + \frac{1}{2}D_2 \sin\theta$$

ここで、管長ℓ＝4,000mm、外径D_2＝1,848mm、一継手の屈曲角θ＝30′、1°、1°30′とすると、表－22のようになった。

表－22　継手の曲り角度と沈下量

一継手の屈曲角　θ°	30′	1°	1°30′
順応可能な沈下量　δ mm	1,260	2,520	3,790
継手の最大抜出し量S mm	11	27	49

一方、口径1,800mmK形継手の許容屈曲角は1°30′であり、一継手の抜出し余裕量は95mmであるので、予想以上の沈下が発生してもダクタイル管路は十分吸収するものと判断した。

以下に、今回の調査結果のうちから継手の胴付間隔の変化および管路の沈下量について考察する。

2 胴付間隔の変化

地盤の沈下（管路の沈下）の進行とともに胴付間隔も変動しているが、かならずしも沈下量に比例してはおらず、継手部が開く傾向を示したり、あるいは閉じる傾向を示したりしているが、測定結果の項でも述べてあるが、管底の軟弱地盤層厚がなだらかに深くなっているような地盤で胴付間隔の変化はあまりなく、10mm以下で予想以下の数値であったといえる。

これは、管埋設時にある程度の蛇行がありそれが管路の沈下（管路長の伸びることになる）によって、むしろ是正されるような形となり、継手部の開きがむしろ(－)になるところも出たのではないかと考えられる。

各工区間の胴付間隔の合計を上、下、左、右、それぞれに分けて合計し、各測定時ごとに比較したものを表－23に示すが、沈下量の割には継手部は伸びておらず、むしろ縮んだ部分もあり、ダクタイル管継手の特長が現われている。

表－23　胴付間隔の各測定日での合計例

第8工区継手 No.1～No.53

測定日 / 区分	43．6．22 通水前	44．2．19 約8ヵ月後	52.10.20 約9ヵ年後
上	401	388	429
右	479^5	463^5	464^5
下	466	443	441^5
左	362^5	337^5	354

第8工区継手 No.54～No.120

上	871^5	806^5	788^5
右	863	797	818
下	807^5	772^5	776
左	834^5	787^5	780^5

第9工区継手 No.2～No.59

上	365	315	261
右	390	307	225
下	373	323	225
左	380	315	201

また、地盤改良を行わなかった第4工区についても同じように、地盤沈下に順応しており継手部に異状はなかった。

3 沈下量

沈下の傾向は、管底の軟弱地盤層厚および盛土高によって変化するが、実測値と理論値について比較すると、次のようになる。

沈下量の計算

(イ) 計算式

$$S = m_v \cdot \triangle P \cdot H$$

ここで、

S　：沈下量

$\triangle P$：増加荷重

m_v　：土の体積変化率

H　：層厚

$\triangle P = I_\sigma \cdot \triangle W$

I_σ　：深度による影響値

$\triangle W$：管底（または盛土面）での増加荷重

(ロ) 計算（測点No.219について考える）

管と同容積の掘削土の重量$= \frac{\pi}{4}D_2^2 \times \gamma =$

$2.68\times1.25=3.35$t/m

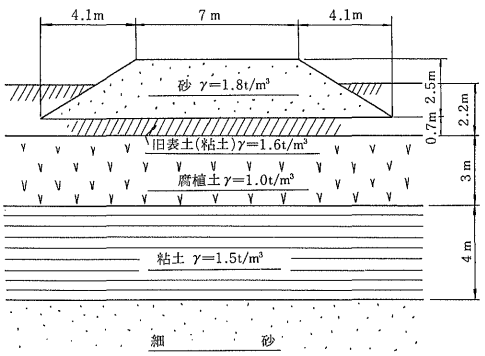
掘削土は粘土($\gamma=1.5$)と腐植土($\gamma=1.0$)が層状になっているとして1.25とした。

管の重量(口径1,800 T=24、ライニング t=15)$=0.86$t/m$+2.54$t/m$=3.4$t/m

以上の結果、管重量による増加荷重はほとんどないと考えられるので、盛土あるいは埋戻土による増加荷重による沈下量が管路の沈下量(地盤の沈下量)となる。

図−17のように盛土が約1.5m沈下した時点から管埋設を行ったので、以後の盛土道路の沈下量を計算する。

図−17　沈下量計算



各層の中央部における先行荷重P_oは、

腐植土　$P_o(Pt)=0.33$kg/cm²

粘　土　$P_o(C\ell)=0.31$kg/cm²

となっており、盛土前の各層中央の地中応力(γh)は、地下水位を地表面にとると、

腐植土　$\gamma h(Pt)=(1.6-1.0)\times2.2+(1.0-1.0)\times\frac{3}{2}=1.32$t/m²$=0.132$kg/cm

粘　土　$\gamma h(C\ell)=1.32+(1.0-1.0)\times3+(1.5-1.0)\times\frac{4}{2}=2.32$t/m²$=0.232$kg/cm

となる。

したがって、この地盤は過圧密を受けた地盤と考えられる。

盛土による増加荷重$\triangle P$は、次のようになる。

$\triangle P=1.8\times2.5=4.5$t/m²$=0.45$kg/cm²

地中に伝播する応力は、Osterbergの影響線図による影響値Ⅰを用いて求められる。

これらから求められた各々の増加荷重を$\triangle Ppt$、$\triangle Pc\ell$とすれば、

$\triangle Ppt=0.45$kg/cm²

$\triangle Pc\ell=0.80\times0.45=0.36$kg/cm²

となる。

γhとP_oの間の増加荷重を$\triangle P_1$、P_oと$\triangle P$の間の増加荷重を$\triangle P_2$とすると、

$\triangle P_1(Pt)=0.33-0.132=0.198\rightarrow0.20$kg/cm²

$\triangle P_2(Pt)=0.45-0.20=0.25$kg/cm²

$\triangle P_1(C\ell)=0.31-0.132=0.178\rightarrow0.18$kg/cm²

$\triangle P_2(C\ell)=0.36-0.18=0.18$kg/cm²

となる。

m_vは、各増加荷重の中央値に対応する値を使用するので、$\triangle\bar{P}_1$、$\triangle\bar{P}_2$は次のようになる。

$$\triangle\bar{P}_1(Pt)=\gamma h(Pt)+\frac{\triangle P_1(Pt)}{2}=0.132+\frac{0.20}{2}=0.232\text{kg/cm}^2$$

$$\triangle\bar{P}_2(Pt)=P_o(Pt)+\frac{\triangle P_2(Pt)}{2}=0.33+\frac{0.25}{2}=0.455\text{kg/cm}^2$$

$$\triangle\bar{P}_1(C\ell)=\gamma h(C\ell)+\frac{\triangle P_1(C\ell)}{2}=0.132+\frac{0.18}{2}=0.222\text{kg/cm}^2$$

$$\triangle\bar{P}_2(C\ell)=P_o(C\ell)+\frac{\triangle P_2(C\ell)}{2}=0.31+\frac{0.18}{2}=0.400\text{kg/cm}^2$$

$\triangle\bar{P}_1$、$\triangle\bar{P}_2$に対応するm_vは、

$m_{v_1}(Pt)=0.60$cm²/kg

$m_{v_2}(Pt)=0.55$cm²/kg

$m_{v_1}(C\ell)=0.27$cm²/kg

$m_{v_2}(C\ell)=0.27$cm²/kg

となる。

したがって、沈下量は、

$S_1(Pt)=m_{v_1}(Pt)\cdot\triangle P_1(Pt)\cdot H(Pt)=0.60\times0.20\times300=36$cm

$S_2(Pt)=0.55\times0.25\times300=41.3$cm

$S_1(C\ell)=0.27\times0.18\times400=19.4$cm

$S_2(S\ell)=0.27\times0.18\times400=19.4$cm

となり、全沈下量は計算上116.1cmとなる。

一方管路の沈下量は約1mであり(表−19、No.219参照)、予想量とほとんど一致した。

8．あとがき

以上、調査結果で考察したように、計画時に論議された数々の問題点が通水後10年目の調査により明らかとなった。

当該路線には軟弱地盤が多く、サンドドレーン工法やサンドコンパクション工法を採用したが、通水日が定められており、用地買収などの関係で工期が短かく、特にサンドドレーン施工箇所は地盤の圧密が終了するのを待たず管埋設工事を行わねばならなかった。

そのため、管埋設後２年の間に地盤は約１mの不等沈下をおこし今日にいたっているがダクタイル管路は全体が円弧状となり、継手部の抜出しはほぼ均等に、しかも予想よりは少なく15mm以内であり、K形継手の特性である可とう性によって地盤の不等沈下に順応していることが明らかとなり、ダクタイル管の軟弱地盤における適性が証明された。

ちなみに、管埋設工事用仮設道路の構築開始からの沈下量は2～2.5mの部分もあり、事前調査段階での予想沈下量の約2～2.5倍となった。

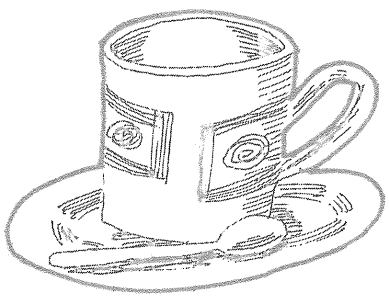
本例のごとく軟弱地盤に管埋設を行い、このうえが将来一般に開放される道路となる場合は十分な安全率を見込んでおく必要があると思われる。

また、サーチャージによる強制圧密は、管埋設より少なくとも１年以上前に行っておくのが望ましいと思われる。

一方、管埋設に際しては、管底１mを砂で置き換え、管頂まで山砂で埋戻しを行い、地耐力の増加をはかり不等沈下に対処したが、このことはまた管周囲の土壌の比抵抗を上げ防食に役立ったと考えている。

それは今回の調査によって、ボルトや管外面がほとんど腐食されていないことからも確認されている。

また、この10年間の使用にもかかわらず内面セメントライニングも異状はなく、切管端面の腐食などについてもなんら不安がないことが確認された。



技術レポート❷

U形ダクタイル管の長スパン推進工事

高知市水道局建設課第２技術係長
中 司 国 夫

1．はじめに

高知市水道局では、昭和43年度より第４期拡張事業を進めているが、その中の口径1,200㎜送水本管布設工事のうち、一部区間において中押工法による「U形ダクタイル管の長スパン推進工法」を採用したので、その内容について報告する。

当工事は、送水幹線のうち高知市朝倉若草町において計画路線に接して店舗・養護学校などがあり、道路幅員が４～５ｍと狭く、輻輳する地下埋設物（上水道配水管、電々公社地下ケーブル）などがあって開削工事が困難であり、またほかに適当なう回路がなく、車両の通行止めができない状況下にあり、これらの条件下で検討をした結果、総延長468mを２スパンに分け、第８工区(230m)、第９工区(229m)として中間スリーブ管（中押し）を用いた同推進工法により施工することとした。

2．工事概要

ここでは第９工区の概要を示す。

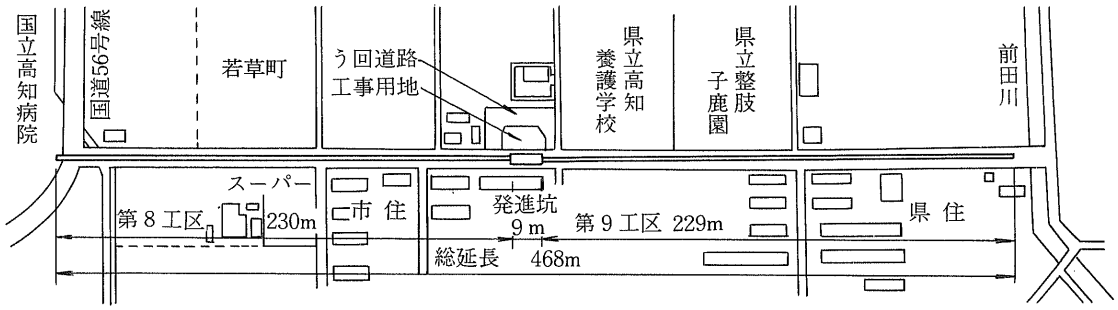
(1)口径1,200㎜U形ダクタイル管による延長229mの推進工事。

(2)発進坑の構築および推進付帯設備。

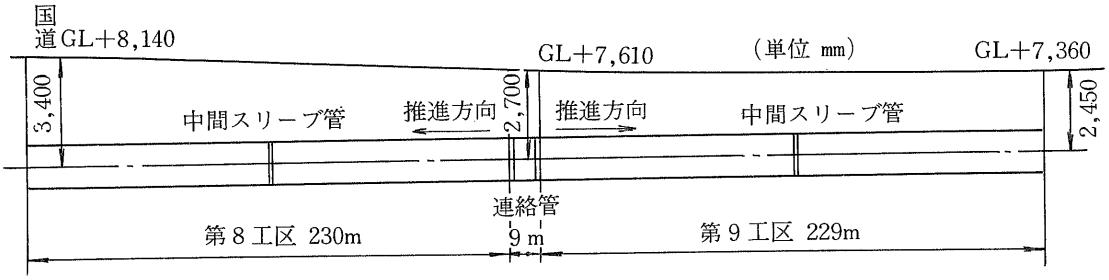
(3)補助工法（地下水水質管理、地盤改良のための薬液注入工事、滑材注入工事、換気設備、排水設備）

(4)計測内容および観測項目概要（推力、水平鉛直方向の変位、胴付寸法、タイムスターディ、切羽の状況、水質試験、PH測定、換気、地下水位、湧水量、薬液注入量）

図－1　平面図



図－2　断面図

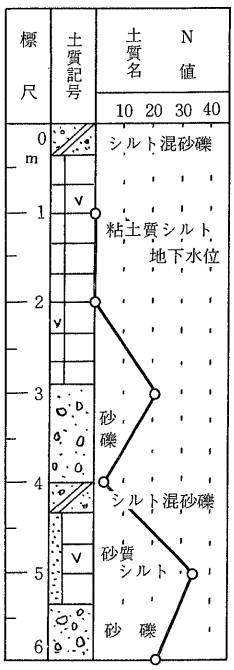


3．推進工事

1．地形および土質

四国外帯の土佐湾にあって、高知平野の西部を東西に延びる盆地状平担地で、地形としては中小河川の合作による複合三角州となっている。地質としてはベルム紀の高岡層に属し、上層は鏡川の流送土砂が堆積してできた地形で、図－3に示す砂礫層、泥質土（シルト質）などからなっている。なお、当工事区間は鏡川の南部にあたり、堆積砂礫層には同河川の伏流水が滞留し、地下水位が高く、かつその量が非常に多い場所であるため止水、切羽の自立、地盤安定のため全断面に薬液注入を行い施工した。

図－3　地質柱状図



2．工法の検討および中押し工法の採用

開削工法で布設することは、前述の条件から至難な状況下にあり、このため幹線ルート内において口径1,200㎜U形ダクタイル管の推進工事の実績（L 50m－2本、L 90～120m－3本）と、今回中間スリーブ管を使ったU形ダクタイル管の中間ジャッキ工法の開発と併せ、作業空間を最大に執るための中間ジャッキおよび設置位置の工夫によりこれを採用し、長スパン229mの推進を可能とした。

3．推力の検討

推進工法においては、推進延長が長くなる

につれ管周面摩擦抵抗が増加して、ジャッキの必要とする推力が増大し、したがって推進管の必要とする管軸方向強度も大きくなる。推進可能延長は、これらの要素と施工現場の諸条件によって定まり、その推力は次式にて計算される。

$P=P_1+P_2+P_3$

P：推力……t

P_1：刃口の先端抵抗力

$$\pi D_2+\gamma\left(H+\frac{D_2}{2}\right)\tan^2\left(45°+\frac{\phi}{2}\right)$$

P_2：管の周面摩擦抵抗力

$$\frac{1}{2}\pi D_2\mu\left\{W+\frac{1}{2}(W_1+W_2)\right\}\times L$$

P_3：管の自重による摩擦抵抗力

$$\frac{1}{4}\pi Wg\mu L$$

設計条件

管　　種……U－3

管 外 径……$D_2=1{,}362$mm

土 被 り……$H=2.0$m

土　　質……礫混り砂

土の内部摩擦角……$\phi=30°$

摩擦係数……0.4

$W\cdot W_1\cdot W_2$……管に作用する土圧 t/m²

Wg……管の単位長さ当りの重量 1.12 t/m

L……推進延長 229m

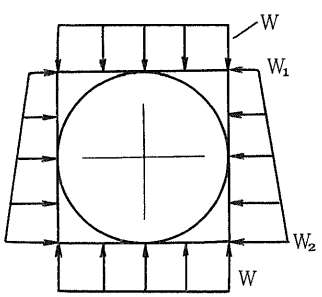
管に働く土圧分布を図－4の通りとして計算する。

W：垂直土圧$=\gamma H$

土被りが浅いので土被り全部がゆるむものとする。

W_1：側土圧(管頂側)$=C\gamma H$

図－4　土圧分布



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

W_2：側土圧(管底側)$=C\gamma(H+D_2)$

なお先導管は、セミシールド工法用のものを用いたので刃口抵抗は考えない。故に必要推力

$$P=\left[\frac{\pi}{2}D\mu\left\{W+\frac{1}{2}(W_1+W_2)\right\}+\frac{\pi}{4}Wg\mu\right]L$$

$$P=\frac{\pi}{2}\times1{,}326\times0.4\left\{3.6+\frac{1}{2}(1.2+2.02)\right\}\times229+\frac{\pi}{4}\times1.12\times0.4\times229$$

$=1.102$t

で推進長さ229mの場合、推定推力が1,102トンとなり、推進用U形管の許容抵抗力 920トン(補強リブ使用)では不足となる。対応策として中押工法による中間スリーブ管を検討する。

中間スリーブ管は、管内にセットする中間ジャッキの必要推力、取付個数、ズリ出し作業性などを考慮し、100トンジャッキを6台取付ける。したがって600トンとなるが、余裕を見て450トンで設計した。

中間スリーブ管の挿入位置、Lは

$$L=\frac{P}{\frac{\pi}{2}D_2\mu\left\{W+\frac{1}{2}(W_1+W_2)\right\}+\frac{\pi}{4}Wg\mu}=\frac{450}{\frac{\pi}{2}\times1{,}362\times0.4\left\{3.6+\frac{1}{2}(1.2+2.02)\right\}+\frac{\pi}{4}\times1.12\times0.4}$$

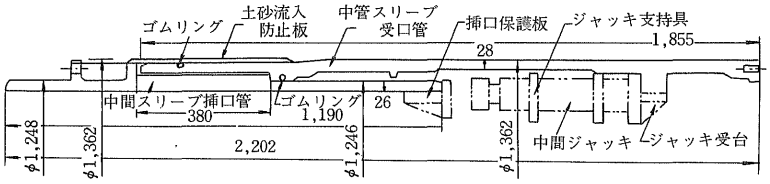
$=93.5$m

この結果、中間スリーブ管は先導管から95mの位置に挿入することにした。残りの134mについては645トンとなり、許容抵抗力内に入る。なお、地質の変化、初期推力の上昇などを考慮し、滑材の注入を行うこととした。

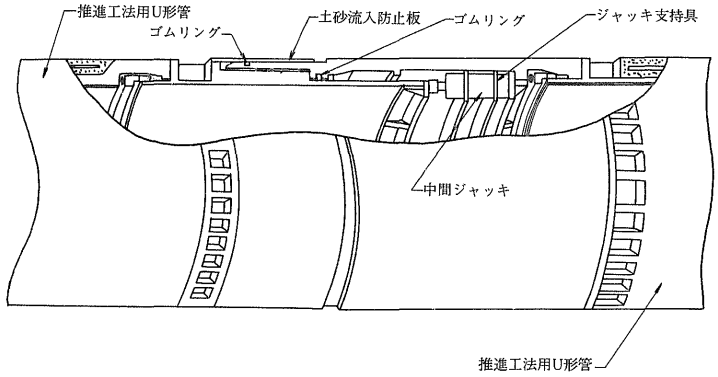
4. 中間スリーブ管の構造

図－5に示すように、中間スリーブ管は挿口管と受口管とからなり、これを接合して使用する。中間ジャッキは受口管の内部にセットし、また土砂の流入防止と止水については土砂流入防止板を取付け、受口管に内挿した2個のOリングで防止する構造とし、推進工

図－5　中間スリーブ管の構造

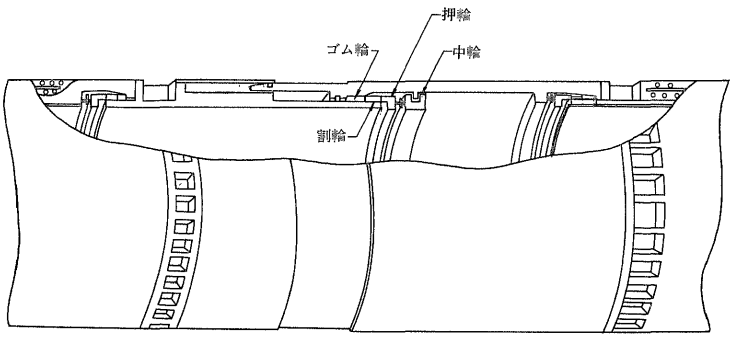


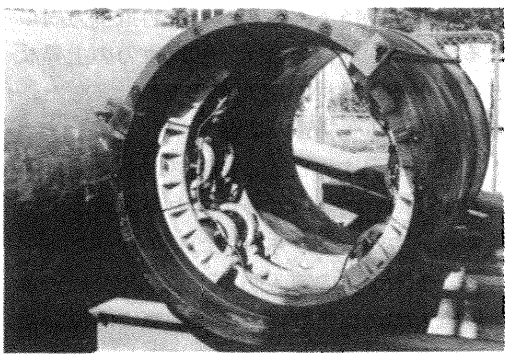
中間ジャッキを作動していない時



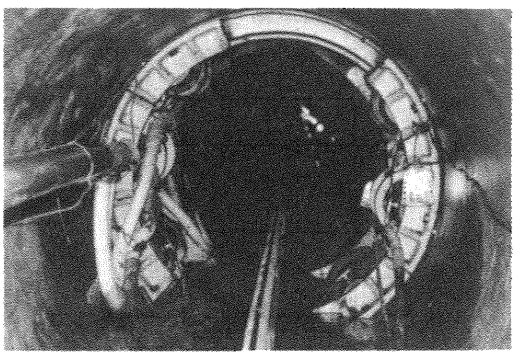
推進方向

推進完了後挿口管と受口管とを接合させる





写真－1　中間スリーブ管の構造



写真－2　推進管内部(中間スリーブ)

事完了後は中間ジャッキ、挿口保護板、ジャッキ支持具、ジャッキ受台を撤去し、挿口管と受口管をU形継手にて接合し、管路の一部として使用できる構造となっている。

4. 施　工

1. 発進竪坑

総延長468mの中間位置に幅 2.6m、長さ9.0m、深さ4.0mの竪坑を設け、バックコンクリートの打替えにより、両工区発進竪坑とした。

2. 主要機器

推進に使用した主な機器の概要は次の通りである。

元押ジャッキ	800t (200t×4台 ストローク 500mm)
中間ジャッキ	600t (100t×6台 ストローク 300mm)
方向制御ジャッキ	刃口240t (30t×8台 ストローク 60mm)
分散制御装置	720kg/cm²×7.5kw1式
U形スペーサー	口径 1,200mm用×6m 1セット
換気装置	リングブロワ 3.7kw 2台
橋形クレーン	10t吊り 2t吊り 1式

3. 推　進

管の推進は刃口を先導管の挿口に取付け、元押ジャッキ、中間ジャッキを操作し、刃口を地中にくい込ませながら崩れ落ちた土砂を地上に搬出する方法で行った。

4. 切羽の土質

推進長90mまでは砂礫が主体であったが、その後229mまでは順次粘性土へと変化した。なお、湧水量は0.15m³/分で作業には支障がない程度に薬注効果があった。

5. 中間スリーブ管の挿入位置および作動

中間ジャッキは、原則的には元押ジャッキ推力がU形ダクタイル推進管の許容抵抗値の80%くらいを目途に作動させる。本計画では圧入状況（周面摩擦抵抗力の増減と支圧壁の強度などを測定する）により96mの位置に挿入し、118mから中間ジャッキを作動させた。

写真－3　切羽の土質

写真－4　切羽の土質

6. ズリ出し

中間スリーブ管挿入後は電動式モノレール台車にて搬出を行い、ズリ出し時間を大幅に短縮した。(ズリ出し時間往復13～15分/210m)

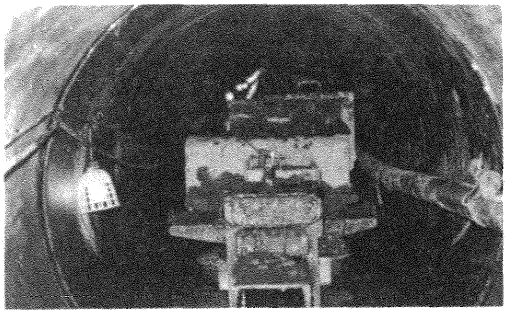
7. 油圧装置

中間ジャッキ(100t×6台)を用い、1ストローク300mm作動後、自動的にジャッキを引き、続いて元押ジャッキ(200t×4台)が同ストローク作動するように2つの油圧ユニット(分散集中制御装置……720kg/cm²)を連結させ使用した。

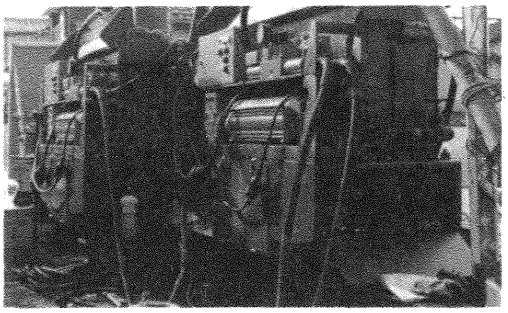
8. 地盤改良

推進管路の全断面については薬液注入（水ガラス系LW形)を行い、地盤改良に努めた。特に地下水への影響を配慮した水質検査、PH観測を十分に行った。

(注)「薬液注入工法による建設工事の施工に関する暫定指針」
昭和49年7月10日付、建設省官技発第160号
「薬液注入工法の管理について」
昭和52年4月21日付、建設省官技発第157号



写真－5　ズリ出し



写真－6　油圧装置（分散制御装置）

写真－7　地盤改良

「薬液注入工法の管理に関する通達の運用について」
昭和52年4月21日付、建設省官技発第158号

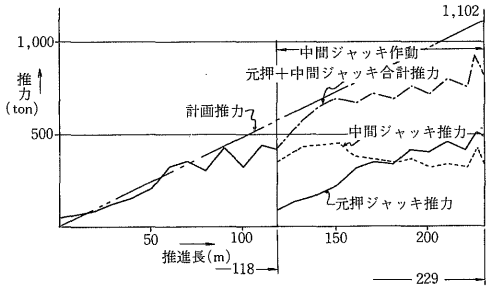
9．軌道偏位測定

推進管の偏位（水平、鉛直方向）については管1本ごとに測定し、その状況により刃口に取付けた手動ジャッキを用いて刃口の方向修正を行い、常に計画線から大きく離脱しないよう注意した。

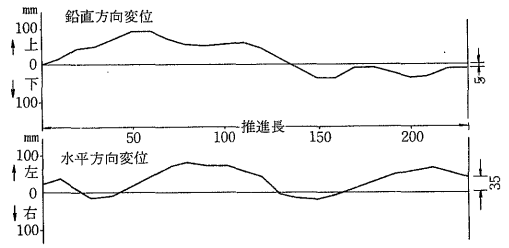
4．結　果

図－6、7、8に推進工事結果を示した。

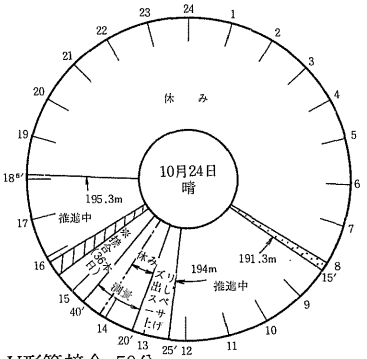
図－6　推進長と推力の関係



図－7　推進長と鉛直・水平方向偏位



図－8　推進作業時間（1日の作業工程）



※　U形管接合　50分
　　内面接合　2人
　　外面接合　1人
　　レール等部品接合　20分
　　酸素濃度測定　15分
　　推進時間　6時間15分
　　推進延長　4m
なお、平均推進延長　4m/日（接合・ズリ出し含む）
　　平均実働時間　9時間/日
　　ズリ出し時間　55分

推力について見れば、最大推力は910トン（元押ジャッキ＋中押ジャッキ推力）で計算上の数値に対して約20％程度低い値におさまった。このことは滑材（ベントナイト）の効果で周面摩擦抵抗力が減少したものと考える。

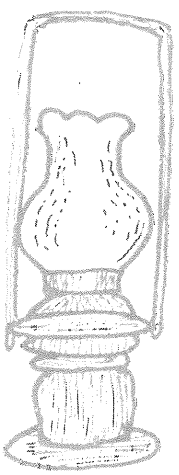
偏位は最大水平方向80mm（82m地点）、鉛直方向95mm（54m地点）となったが、到達抗地点での偏位はそれぞれ35mm左へ、5mm下方となり、推進精度として非常によい結果となった。

中間ジャッキの作動は推進延長118m地点から開始し、終点229mまで順調に使用できた。推進実日数57日、1日平均4mとなる。

5．おわりに

このたびの中押工法による「U形ダクタイル管の長スパン推進工事」は、はじめてであったが、中間ジャッキの作動、ズリ出しのスピード化、推進精度、中間スリーブの接合、工期の短縮などいずれも順調に竣工した。

今後ますます長スパン化に移行するものと推察され、この施工技術が少しでも役立てば幸いと願うものである。



技術レポート ❸

松江市の口径700㎜ S形ダクタイル鉄管の採用について

松江市企業管理者企業局長
圓山一義

1．はじめに

松江市は1610年（慶長15年）に堀尾氏が松江城を築き松江と称してから城下町として発足し、今日では人口13万人を擁するにいたっている。

この間、国際文化観光都市、中規模地方開発都市、中海地区新産業都市の指定を受け、名実ともに山陰地方の政治、経済、文化の中心として発展を続けてきた。

松江市は島根県の東部に位置しており、北は島根半島に接し、東は中海に、西は宍道湖に抱かれ、南は背後に中国山脈系の起伏した丘陵地帯に囲まれている。

また市街地は、宍道湖から中海に通ずる川幅160mあまりの大橋川により南と北の区域に完全に分割されている。

市街地の地質は第３紀層が撓曲してできた島根半島と、本陸との間の大陥没地帯により生じた宍道低湿地帯の東縁にあって、厚さ最大20mあまりからなる沖積層を持って構成されている。

この沖積層は有機物に富む泥がち堆積物を主とし、最上部にレンズ状の形態をなして砂層の薄層が狭まれている。

松江市は地形的から周辺に大きな河川がなく、地質的には地下水に恵まれず、したがって水源としては市街地の南方にある小河川から取水している容量132万7,000㎥と37万8,000㎥の２つのダムから３万㎥/日、市街地北方の農業用溜池から3,000㎥/日のほか、県営水道から1万㎥/日を受水して合計４万3,000㎥/日の給水能力を有しているが、ダムの流域面積が狭少のため、昭和48年の異常渇水の際には134日間におよぶ給水制限を余儀なくさせられた。

もとより新水源開発は、市政の重点施策として意を注いできたが、適地がなく苦慮していたところ、昭和49年に松江市ほか1市2町を対象とした県営水道の拡張が計画され、新し

く日量2万7,000㎥の受水が決定したので、昭和55年4月の通水を目途に第10次拡張事業を立案、昭和50年から鋭意施行中である。

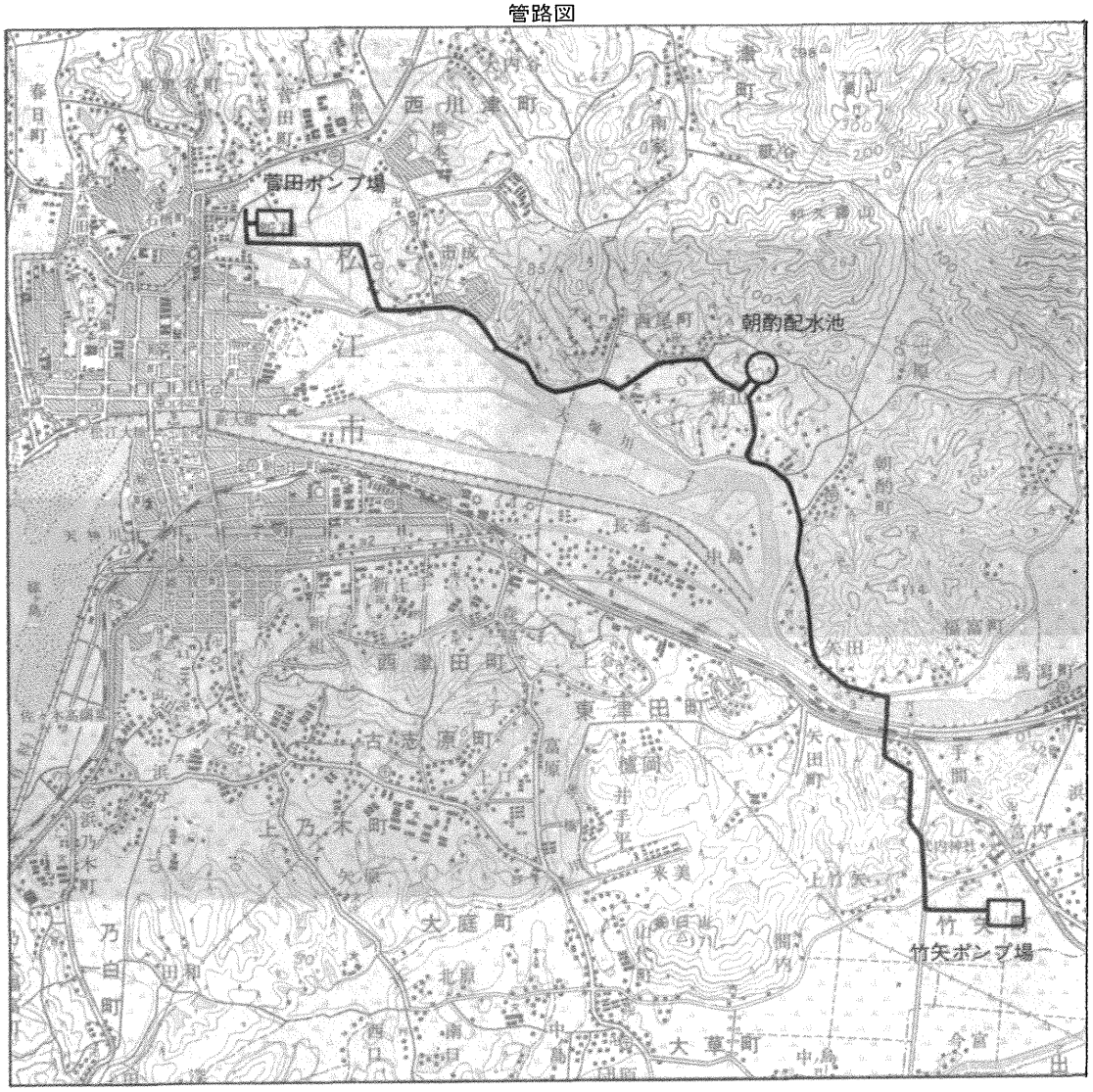
今回計画した第10次拡張工事は、近年クローズアップした震災に対して十分対応できるよう考慮をし、特に送水管(口径 700㎜)および配水幹線(口径700～600㎜)については耐震継手のS形ダクタイル管を採用した。

S形ダクタイル管採用にあたって技術的諸問題は、すでに先進各都市から幾多の発表があるのでこの点を除いて、松江市が今回S形ダクタイル管を使用するにいたった経過について述べる。

2．S形ダクタイル鉄管路の概要

管路は図(5万分の1)に示しているように市の南部にある県営水道受水地点の竹矢ポンプ場から市の北部に設ける朝酌配水池まで口径 700㎜管、延長約4,300m (大橋川横断は別に口径 800㎜鋼管、延長 300m を川底にシールド工法で横断) と、朝酌配水池から北部の市街地にある菅田ポンプ場まで口径700㎜管、延長約 3,200m および口径 600㎜管、延長約1,200m の総延長約8,700m を布設し、竹矢ポンプ場から市街地の北部に日量2万7,000㎥を給水する幹線とした。

管路図



3．S形ダクタイル鉄管採用の経過

前に述べたように、松江市の水源の93％は市の南部にあり、一旦地震がおきた場合は市街地を二分している大橋川にかかっている橋に添架の配水幹線と橋は戦前のものであり、これらの破壊は当然考えられ、市街地北部の緊急給水と復旧は容易でなくかねてから懸念をしていた。

また地震予知の戦略論として、近い将来地震のおこる可能性がほかより高いと考えられるような地域に対して「地震予知連絡会」の「観測段階指定規準小委員会」で、島根県東部がM＝7.0の特定地域として全国６ヵ所のうちに指定され地震対策の急務を痛感していたところ、各界の権威者による耐震継手の研究の結果、先年S形ダクタイル鉄管の開発を見たので今回実施中の拡張工事に使用し、現在まで口径700㎜管、延長1,800mを布設してきた。

この幹線管路が完成すると管内に約3,300㎥の貯水ができる。

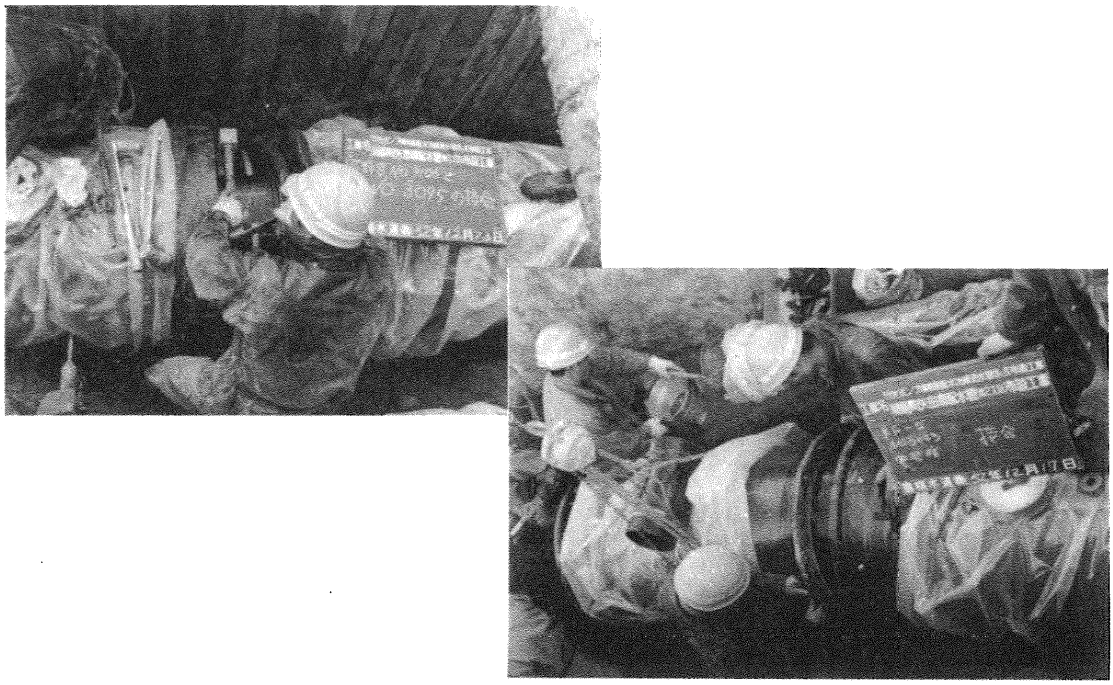
震災時に他の施設や管路に被害が生じてもこの管内の貯水により計画給水人口11万8,000人に１人１日３ℓの飲用水を約10日間給水が可能と考えている。

4．工事の施行

工事は実施前に鉄管メーカーに依頼し、水道部職員と地元業者に対し耐震継手の理論と構造および配管実技の講習を受けた。

工事は地元業者の技術向上をはかる意味から地元業者に発注しており、一定期間鉄管メーカーから技能者の派遣を求め技能者の指導のもとで施行した。

その結果、請負業者は技術を十分取得でき今後は地元業者でS形ダクタイル鉄管の布設に対処できる体制ができた。



ダクタイル鉄管第23号

昭和52年10月

寄稿1

地下埋設管路耐震継手の技術基準(案)について

建設省土木研究所耐震研究室長
栗林栄一

1．まえがき

地中埋設管の継手部に関しては、管種、使用目的などに応じて規格類があり、また多くの研究が行われてきている。これらの研究結果の中には耐震性に関するものもあるが、その成果が上述の規格類に採り入れられているか否かは明らかではない場合が多い。

昭和51年度、建設省の建設技術研究補助金により「地中施設の耐震継手に関する研究」の第1段階として地中埋設管の耐震継手に関する研究が実施された。その研究内容は、次の通りである。

i．各種の地中埋設管継手の耐震性に関する調査

ii．埋設管路耐震継手技術基準(案)の作成

この研究を行うために、埋設管路耐震継手技術委員会（委員長・久保慶三郎東京大学教授）が財団法人国土開発技術研究センター(理事長・渡辺隆二：〒105 東京都港区芝西久保明舟町16 第15森ビル6F　電話 503−0391)に設置された。

学識経験者、利用者、製造業者などで構成される上述の委員会は、前記の研究を実施し「地下埋設管耐震継手の技術基準(案)」を作成した。

本技術基準（案）を作成するに当っては、建設省総合技術開発プロジェクトの一環として昭和52年3月に成案を得た「新耐震設計法(案)」に関連する研究成果を参照するとともに関係学協会・機関などの指針ならびに研究成果を参考にし、かつ耐震継手を試作するなど、衆知を集め、実用を考慮するよう努めた。

2．埋設管路に関する現行の技術基準

埋設管路の用途は、大別して表に示すように7種類におよび、これらのほかに将来多用されそうなものとしては熱供給管路が上げられる。

上記7種の埋設管路に対する技術上の諸条件は表に示す通りである。これから見ても解る通り、すべての管路において地震の影響が設計条件として採り入れられているわけではない。また伸縮可撓性を持つ継手に関する耐震規定は、ほとんどないといってよい。

しかしながら、埋設管の震害の事例には、

埋設管路の使用目的別技術基準

	上水道	下水道	ガス導管	電話地中管路	地中送電線		石油パイプライン	用水路
					POFケーブル用鋼管	一般ケーブル用管路		
設計荷重	鉛直土圧 水平土圧 活荷重（T－20） 死荷重（管重、水重） 温度応力 水圧	鉛直土圧（マーストン式、ヤーセン式） 活荷重（T－20） 地震時荷重	内圧 土圧 管重、車輪荷重	自重 土圧・水圧 車輪荷重 地震力	熱応力 路面荷重 土圧 水圧 地震力 自重 管内油圧	路面荷重 土圧 水圧 自重	（主荷重） 内圧、土圧、車輪荷重、自重、石油の重量 （従荷重） 温度変化、地震、不等沈下の影響、工事中の荷重ほか	鉛直土圧 水平土圧 活荷重（T－20） 死荷重（管重、水圧） 温度応力 水圧
内圧	管種によって 静水圧 10～25 kg/cm²まで 水衝圧 5.5kg/cm²が一般的 尚、地震時動水圧を加味することあり。	特殊な場合をはぶき考慮する必要無	高圧 10kg/cm²以上 中圧 1～10kg/cm² 低圧 0.01～0.02kg/cm²	なし	10～15kg/cm²	なし		
埋設深さ	1.2m以上（最少0.6m）	最低 1m	1.2m以上	主線管路：1.2m以上 地下配線管路：0.6m とう道：1.2m以上	1.2m以上	1.2m以上	0.6～1.2m	開削：0.6～1.2m 非開削：4m以上
管径	（例）給水管（サービス管） φ13～50mm 配水小管 φ75～300mm 配水本管 φ400～2,700mm 導水管 ～φ4,000mm 送水管 ～φ2,700mm	円径管（陶管、無筋コンクリート管）φ100～300mm 円径管（RC）φ150～3,000mm 矩型渠 1.4×8.4～5.2×5.2m 馬蹄型渠 1.4×1.6～2.4×2.4m	高圧 φ600、650、750mm 中圧 φ100mm以上 低圧（支管） φ25～100mm	主要管路：φ75mm 地中配線管路：φ25～50mm とう道（円形）：φ2.5～5.0m （角形）：2.05×2.25m ～4.70×3.65m	φ250～300mm	φ100～300mm		開削：2.1～4.3m トンネル型：2.8～4.3m セグメント型鋼管： φ1.35～3.56m
内容物の性質	原水、浄水（厚生省令飲料適合） 工業用水（通産省令適合）	下水（汚水＋雨水）汚水 雨水、処理水（排水基準適合）	都市ガス	通信ケーブル	送電ケーブル 絶縁油	送電、配電、通信ケーブル	原油 製品（ガソリン、灯油、軽油、重油）	用水
管材料	鋳鉄管、ダクタイル鋳鉄管、鋼管、鉄筋コンクリート管、PC管、コンクリート合成鋼管、石綿管、プラスチック管（塩ビ管、ポリエチレン管）鉛管、銅管	鋳鉄管、ダクタイル鋳鉄管、鋼管、陶管、無筋コンクリート管、RC管、ソケット付きスパンパイプ（SP管） ヒューム管、ロール転圧コンクリート管、RC管渠（シールド工法）塩化ビニール管	鋼管（高、中、低圧） ダクタイル鋳鉄管（中、低圧） 塩ビ管 ポリエチレン管	管路：鋼、ダクタイル鋳鉄、硬塩ビ管 とう道（円形）： シールド工法材料、ヒューム管 （角形）： 鉄筋コンクリート	鋼管	鋼管 ヒューム管 硬塩ビ管 ポリエチレン管	鋼管	自然流下の場合： コンクリート管 圧力輸送の場合： ダクタイル鋳鉄管、鋼管、補剛鋼管、セグメント型鋼管、二重鋼管
継手構造	いんろう継手 （コーキングを要するもの） メカニカル継手 （ゴムを詰めたフレキシブルなもの） フランジ継手 ねじ継手 溶接継手 伸縮継手 可とう継手 （急角度変位吸収用） 接着継手 融着継手 （熱により融着） 離脱防止継手	ソケット継手 （モルタル、ゴムリング） バット継手 カラー継手 段付きいんろう継手 いんろう継手 （モルタル、ゴムリング）	いんろう継手 フランジ継手 ねじ継手 ガス型継手	鋼、ダクタイル鋳鉄： ねじ継手、伸縮継手併用 硬質塩ビ： 接着剤によるソケット接続	スリーブをすみ肉溶接	ねじ継手 ソケット継手	溶接継手 伸縮継手	溶接継手 メカニカル継手
埋戻し	荒目砂、遮断層用砂、埋戻用砂良質土等により入念に突き固め埋戻す。特に管天端10cmまで砂埋めとし管全体を砂で囲むようにする。	荒目砂、遮断層砂、埋戻用砂、良質土等により突き固め埋戻す	管天端10cmまで砂その上は発生土または埋戻し用砂で突き固める。	砂 細土	良質砂を水締めのち転圧により締固め	同左		開削：上水道に同じ 非開削：モルタルまたは砂利
関係法令	水道法 工業用水道事業法 （水道施設設基準解説）	下水道法	ガス事業法 道路法 （道路占用協定） （鋼道路橋示方書、同耐震設計指針）	道路法 （道路占用協定） （電気通信技術標準実施方法）	電気事業法 （電気設備技術基準）	同左	石油パイプライン事業法 （石油パイプライン技術基準、石油類導管技術基準） 高圧ガス取締法 鉱山保安法 ガス事業法 消防法	上水道に同じ

継手の損傷もしくは継手を省いているために生じた損傷が多い。したがって埋設管路の耐震継手に関する技術基準が必要とされていた。

3．埋設管路耐震継手の技術基準(案)

本技術基準(案)は下記の6章からなっている。

1．総則
2．耐震設計の基本方針
3．耐震設計
4．管の材質
5．管の継手
6．耐震管路の設計施工上の留意点

・総則では、適用の範囲と用語の定義を示している。

・耐震設計の基本方針では、管路の耐震設計は、伸縮・可撓性を採り入れた構造による原則を示している。

・耐震設計では、地震および地盤、耐震計算、用途による地震の影響の増減、継手の選定方針を示している。

・管の材質では、JIS規格をはじめとして使用者および製造業者双方の自主規格ならびに諸外国の規格などの名称を列挙している。

・管の継手では、継手の条件、継手の性能による区分を示している。

・耐震管路の設計施工上の留意点では、伸縮・可撓性、配管ルートの選定、管路の屈曲離脱防止措置、剛性急変部の措置など設計施工上、注意すべき事項を示している。

なお詳細については小文末に付記として示した本基準(案)の条文と解説を参考にしていただきたい。

4．おわりに

今日、わが国においては地震防災に関して各方面で議論がたたかわされており、就中、都市における地震防災技術のうち、上・下水道、ガス、電力、通信など地下の施設の耐震性の向上が求められている。そのためには、目的に応じた管種を選ぶとともに継手部の改良が必須の事項であるといわれている。

ここに紹介した埋設管路の耐震継手の技術基準(案)は、衆知を集めて成文化したものであるが、なお未解決な事項もあり、それらに関して規定した条項は表現が抽象的になっていたりする。さらに研究を進め、内容の充実改善に努めることの必要は、関係者のひとりとして、筆者のよく承知しているところである。

しかしながら、現段階の技術水準における「地下埋設管路耐震継手の技術基準(案)」を得たことは、百歩のうちのせめて一歩の前進であり、本案が活用され、耐震継手技術の発展にいささかでも寄与できることを願うものである。

最後に本案制作のためにご尽力いただいた関係各位ならびに関係各機関に対し厚くお礼申し上げるとともに、今後も本案を見守り育成していただくようお願いする次第である。

参考文献

1．久保慶三郎ほか：地下埋設管震害の定量的解析、第4回日本地震工学シンポジウム、1975
2．埋設管の耐震設計法、昭和47年度総合技術開発プロジェクト報告書、土木研究所資料第1036号(その1)、昭和48年3月、建設省土木研究所
3．埋設管の耐震設計法、昭和48年度総合技術開発プロジェクト報告書、土木研究所資料第1036号(その2)、昭和49年3月、建設省土木研究所
4．埋設管の耐震設計法、昭和49年度総合技術開発プロジェクト報告書、土木研究所資料第1036号(その3)、昭和50年5月、建設省土木研究所
5．耐震技術に関する研究開発総合報告書、昭和51年度総合技術開発プロジェクト、土木研究所資料第1250号、昭和52年3月、建設省土木研究所
6．新耐震設計法(案)・同解説、昭和52年6月建設省土木研究所
7．地下埋設管路耐震継手の技術基準(案)、昭和52年3月、財団法人国土開発技術研究センター

付　記

地下埋設管路耐震継手の技術基準(案)

1　総　　則

1.1 適用範囲

この基準では、地下埋設管に用いる伸縮・可撓性を有する継手、および伸縮・可撓性を有し、かつ離脱防止措置が講じられている継手を対象とする。

〔解　説〕

一般に、埋設管には用途に応じて種々の継手が使用されている。この基準の対象は継手部において、一方の管に対し、他方の管が相対変位できる伸縮・可撓性を有する継手、並びに伸縮・可撓性を有し、かつ機械的に一方の管が他方の管に掛け合わされる措置が講じられた継手とする。

一般に、メカニカルタイプの継手、スリップオンタイプの継手、ローリングタイプの継手、並びに、これらに準ずる継手が該当し、溶接、溶着、接着タイプの継手のように、伸縮・可撓性のないものは、本基準の適用範囲に含まない。

1.2 用語の定義

(1)　この基準において「埋設」とは、管を直接、土に接触させる状態で地盤中に埋めることをいう。

(2)　この基準において「継手」とは、溶接、溶着あるいは接着によらない管の接合部をいう。

(3)　この基準において「変位法」とは地中に埋設された線状構造物の軸線上の地震時における地盤変位を地中の線状構造物に作用させて行う耐震計算法をいう。

(4)　この基準において「耐震継手」とは、伸縮・可撓性を有する継手、および伸縮・可撓性を有し、かつ離脱防止措置が講じられている継手をいう。

(5)　この基準において「余裕長」とは継手の離脱防止性能に代って、継手の伸縮量によって、一ヵ所に集中するとして推定した管と地盤の相対変位を吸収する余分の長さをいう。

2　耐震設計の基本方針

地震に対する管路の設計は、原則として伸縮・可撓性を採り入れた構造とするのがよい。

3　耐 震 設 計

3.1 設計手順

耐震設計は、次の手順によるのがよい。

(1)　配管ルートの選定
(2)　地震および地盤の調査
(3)　想定する地震動
(4)　耐震計算
(5)　継手の選定

〔解　説〕

配管ルートの選定は、でき得る限り地盤のよい所を選ぶのがよい。また、地震および地盤の調査においては、配管する地域の過去の

地震例の調査、および地震を考慮した地盤調査を行うのがよい。また想定する地震動については、建設省新耐震設計法(案)によるものとする。

3.2 地震および地盤

(1) 地震の規模、強度は、過去の地震例および立地条件等を考慮して決めるのがよい。

(2) 設計に用いる地盤の諸元は、配管ルートの地盤に応じた値をとるものとする。

3.3 耐震計算

(1)一般部分の耐震計算

設計において想定する地震動および配管ルートの地盤の諸元等を用いて地震時の地盤の歪を算定しさらに地震時に生じる管軸方向応力、および継手の管軸方向相対移動量(継手伸縮量)、管軸直角方向相対移動量(継手屈曲角度)を計算するものとする。

(2)特殊部分の耐震計算

異形管部、構造物との取り合い部、表層厚さの異なる所、および異なる地盤が隣り合う所など、管路および地盤が複雑な挙動を示す箇所は地震時の管路の挙動を算定し、これから地震時に発生する管軸方向応力、管軸直角方向応力、および継手の伸縮量、屈曲角度を計算するのがよい。

また、流動化、土構造物の崩壊および、その他の地変の発生の可能性が考えられる地盤では、これらに対する対策を考えるものとする。

また、液体を輸送する管路においては、地震による動水圧を計算するものとする。

〔解　説〕

管路の耐震計算は、変位法に基づき行う。継手近傍においては管と周辺地盤接面との相対変位を想定して、継手の管軸方向相対移動量（継手伸縮量）、管軸直角方向相対移動量(継手屈曲角度)を計算することができる。

一般に、管長が２ｍ～６ｍ程度で、周辺地盤に比して管の剛性が十分大きな場合には、地震時の地盤の歪が継手近傍において継手に集中するものと考えて、継手は伸縮、屈曲するものとみなしてよい。

１）地震時の管軸方向応力

地震時における継手近傍の管路に生じる軸方向応力は、原則として建設省新耐震設計法(案)に示されている変位法に基づき、次式で算出する。

$$\sigma_L = \alpha \, \xi \frac{\pi u E}{L}$$

ここに、σ_L：管軸方向の地震時応力(kg/cm²)

π：円周率

E：管材の弾性係数(kg/cm²)

L：表層地盤の地震動の波長(cm)

u：表層地盤の地震動の変位振幅(cm)で、次式で計算する。

$$u = \frac{2}{\pi^2} K_{HG} \ S_v \ T \ cos\left(\frac{\pi h}{2H}\right)$$

ここで、

K_{HG}：表層に作用させる標準水平方向震度で、図3.3-1に示す地域区分に従い、表3.3-1に示す値を用いる。

表3.3-1 標準水平方向震度K_{HG}

地域区分	標準水平方向震度K_{HG}
A	0.15
B	0.13
C	0.11

図3.3-1　地域区分(新耐震設計法(案)建設省1977)

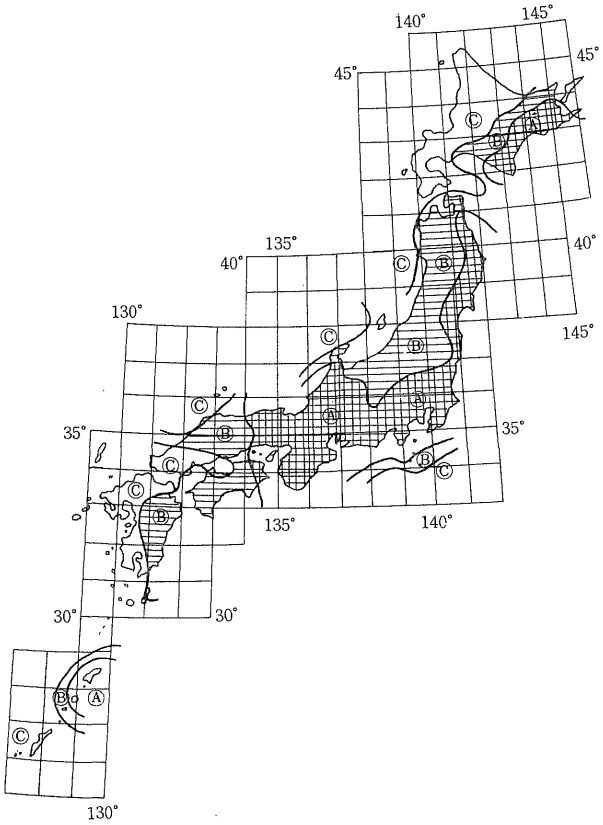
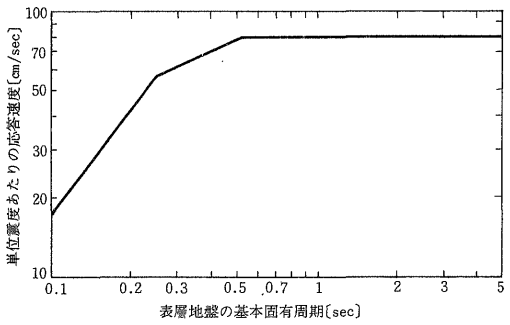


図3.3-2　単位震度あたりの応答速度(cm/sec)
(新耐震設計法(案)　建設省　1977)



S_V: 単位震度あたりの応答速度(cm/sec)であり、図3.3-2による。

T ：表層地盤の基本固有周期(sec)で、管路建設地点におけるせん断弾性波速度の実測結果を基準として、地震時に地盤に生じるせん断歪の大きさを考慮して算定する。

H ：表層地盤の厚さ(cm)

h ：地表面から管路の中心までの深さ(cm)

α ：地盤の変形が管路に伝えられる割合を表わす管軸方向の変位振幅に対する補正値で、次式で計算する。

$$\alpha = \frac{1}{1+\left(\frac{2\pi}{\lambda L'}\right)^2}$$

ここで、

$$\lambda = \sqrt{\frac{K}{EA}}$$

K　：管軸方向の地盤の剛性係数(kg/cm²)

EA：管路の伸び剛性(kg)

$L' = \sqrt{2}\cdot L$ (cm)

ξ：継手における境界条件によって定まる補正係数である。継手の伸縮・可撓性が保持される場合には、次式で与えられる。

$$\xi(x)=\sqrt{\phi_1^2(x)+\phi_2^2(x)}\ /\ [exp(\nu\lambda L')-exp(-\nu\lambda L')]$$

ここに、

x：一方の継手から管軸に沿って定義した座標軸(cm)

$\xi(x)$：x点における補正係数

$$\phi_1(x)=[exp(-\nu\lambda L')-cos(2\pi\nu)]\,exp(\mu\lambda L')-[exp(\nu\lambda L')-cos(2\pi\nu)]\,exp(-\mu\lambda L')+2sinh(\nu\lambda L')\,cos(2\pi\mu)$$

$$\phi_2(x)：2sin(2\pi\nu)\,sinh(\mu\lambda L')-2sin(2\pi\mu)\,sinh(\nu\lambda L')$$

$\nu=l/L'$

$\mu=x/L'$

l：管長(cm)

なお、一例として、図3.3-3に$\lambda L'$を50とした場合および100とした場合の補正係数$\xi(x)$を示す。

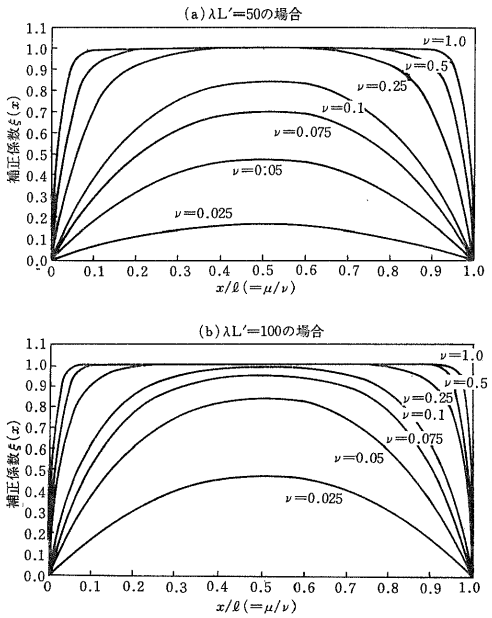
上式で算定される応力は、表層地盤内の波動成分の向き、位相関係等を考慮して、適当な重畳を施すことができる。

2)地震時の継手伸縮量

地震時に継手に生じる伸縮量e(cm)は、次式で算出する。

$$e=l\epsilon$$

図3.3-3　継手の伸縮・可撓性が保持される場合の軸応力の補正係数

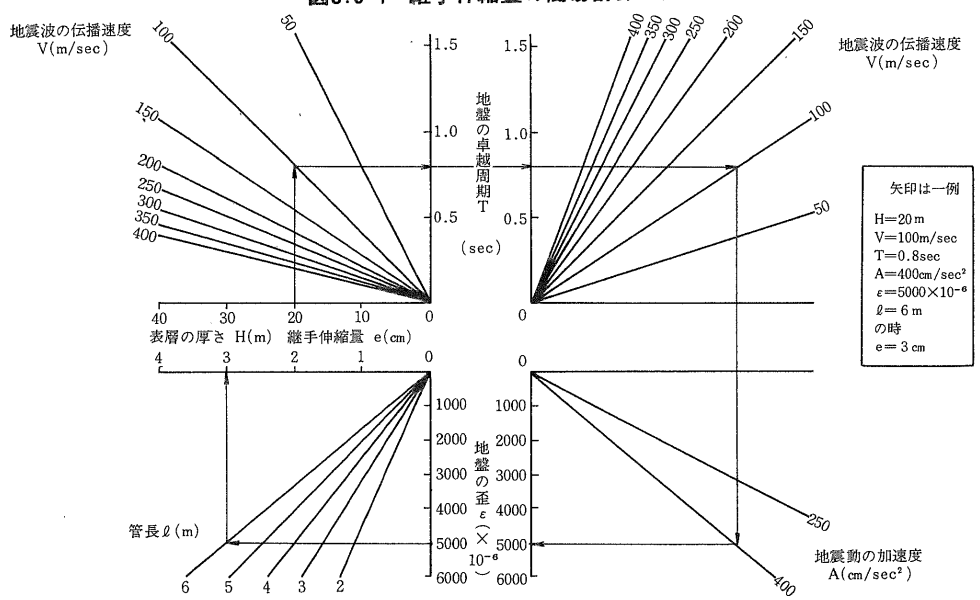


ここに、l：管長(cm)

ϵ：地震時の地盤の伸縮歪で、原則として建設省新耐震設計法(案)に基づいて、次式で算出する。

$$\varepsilon=\gamma_1\frac{\pi u}{L}$$

図3.3-4　継手伸縮量の簡易計算図表



ここで、γ_1は表層地盤内の波動成分の向き、位相関係等を考慮して、重畳を施す場合の補正係数で、1.8程度の値としてよい。

ただし、地表面付近における地盤の歪は、次式で求めてもよい(図3.3-4参照)。

$$\varepsilon = \frac{TA}{2\pi V}$$

ここで、A：地震動の加速度 (cm/sec^2)

V：地震波の伝播速度(cm/sec)

3)地震時の継手屈曲角度

地震時の継手に生じる屈曲角度θ(radian)は、原則として建設省新耐震設計法(案)に基づいて、次式で算出する。

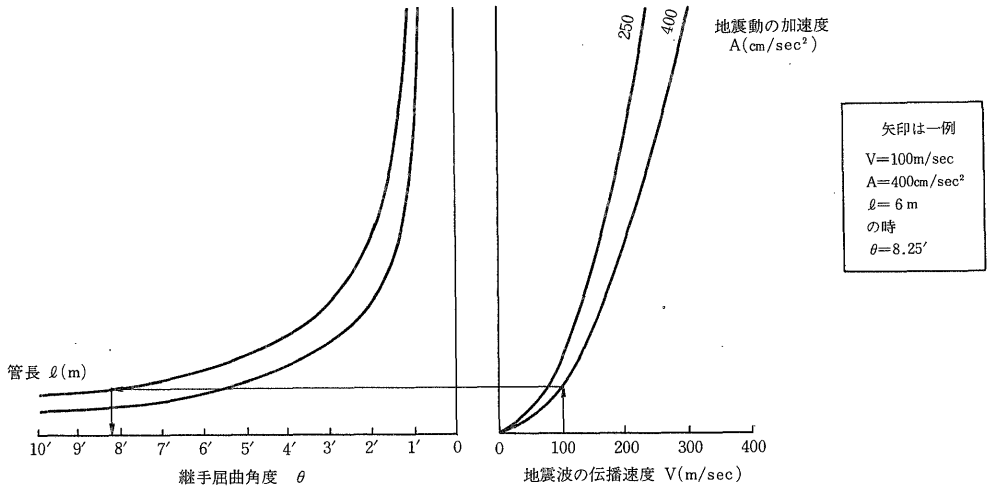
$$\theta = \gamma_2 \frac{2\pi u}{L}$$

ここで、γ_2は表層地盤内の波動成分の向き位相関係等を考慮して重畳を施す場合の補正係数で、1.4程度の値としてよい。

ただし、地表面付近における継手に生じる屈曲角度は、次式で求めてもよい(図3.3-5参照)。

$$\theta = \frac{lA}{V^2}$$

図3.3-5　継手屈曲角度の簡易計算図表



3.4 用途別余裕

管路の重要度、並びに管路破壊時の他に及ぼす被害の影響等を考慮して、3.3で計算した値に適当な用途別余裕係数を乗じて設計値とすることができる。

〔解　説〕

用途別余裕係数は、運用に際して定めるものである。この係数は、許容応力度法の設計で用いられる材料の許容応力度または安全度とは異なり、審議の過程においては、その値を管路の重要度、並びに管路破壊時の他に及ぼす被害の影響等を考慮して、1.0を中心に適当な値を採ることができるという見解が示された。

3.5 継手の選定

継手は、3.3耐震計算で得られる値に、用途別余裕を考慮した設計値を満足する性能を備えたものを選定するのが望ましい。

4 管の材質

4.1 管の材質

管の材質は、規格に適合するもの

または、これと同等以上の機械的性質を有するものでなければならない。

〔解　説〕

一般に用いられる規格には、次のようなものがある。

(1)日本工業規格

JIS A 5301(1971)「水道用石綿セメント管」

JIS A 5303(1972)「遠心力鉄筋コンクリート管」

JIS A 5315(1971)「水道用石綿セメント管の石綿セメント継手」

JIS A 5332(1973)「ロール転圧鉄筋コンクリート管」

JIS A 5333(1971)「コア式プレストレストコンクリート管」

JIS A 5519(1971)「水道用石綿セメント管の鋼板継手および鋼板異形管」

JIS A 5520(1971)「水道用石綿セメント管の鋳鉄継手および鋳鉄異形管」

JIS G 3442(1966)「水道用亜鉛めっき鋼管」

JIS G 3443(1968)「水道用塗覆装鋼管」

JIS G 3451(1973)「水道用塗覆装鋼管の異形管」

JIS G 3452(1973)「配管用炭素鋼鋼管」

JIS G 3454(1973)「圧力配管用炭素鋼鋼管」

JIS G 3457(1973)「配管用アーク溶接炭素鋼鋼管」

JIS G 5526(1974)「水道用遠心力球状黒鉛鋳鉄管」

JIS G 5527(1974)「水道用球状黒鉛鋳鉄管」

JIS K 6741(1975)「硬質塩化ビニル管」

JIS K 6742(1971)「水道用硬質塩化ビニル管」

JIS K 6743(1971)「水道用硬質塩化ビニル管継手」

JIS K 6761(1962)「一般用ポリエチレン管」

JIS K 6762(1966)「水道用ポリエチレン管」

JIS K 1201(1973)「陶　管（直　管）」

JIS K 1202(1973)「陶　管（異形管）」

(2)日本下水道協会規格

JSWAS A-1(1974)「下水道用鉄筋コンクリート管」

JSWAS A-2(1975)「下水道推進工法用鉄筋コンクリート管」

JSWAS K-1(1974)「下水道用硬質塩化ビニル管」

JSWAS K-2(1974)「下水道用強化プラスチック複合管」

(3)日本工業用水協会規格

JIWWA 第4号(1967)「プレストレストコンクリートパイプ」

JIWWA 第5号(1966)「プレストレストコンクリート用鋼製異形管」

JIWWA 第6号(1967)「プレストレストコンクリートスチールシリンダーパイプ」

(4)日本水道協会規格

JWWA A 110(1975)「水道用鋼板巻込み石綿セメント管」

JWWA G 109(1969)「水道用鋳鉄異形管」

JWWA G 110(1973)「水道用T形遠心力ダクタイル鋳鉄管」

JWWA G 111(1973)「水道用T形ダクタイル鋳鉄異形管」

JWWA K 116(1972)「水道用硬質塩化ビニルライニング鋼管」

JWWA K 118(1972)「水道用耐衝撃性硬質塩化ビニル管」

(5)塩化ビニル管継手協会規格

AS-14 (1974)「水道用硬質塩化ビニルRR片受直管」

AS-16-1(1975)「水道用硬質塩化ビニルRR異形管」

AS-16-2(1975)「水道用硬質塩化ビニル管の鋳鉄製RR異形管」

(6)石綿管協会規格

石綿管協会規格(1971)「石綿セメント管用カラーチーズ」

(7)日本鋳鉄管協会規格

JCPA G 1001(1976)
「K形遠心力ダクタイル鋳鉄管」

JCPA G 1002(1976)
「K形ダクタイル鋳鉄異形管」

JCPA G 1007(1975)
「U形遠心力ダクタイル鋳鉄管」

JCPA G 1008(1975)
「U形ダクタイル鋳鉄異形管」

(8)日本水道鋼管協会規格

WSP 013(1976)
「水道用塗覆装鋼管大径異形管」

(9)そ　の　他

例えば、次のような規格がある。

ANSI (*American National Standards Institute, USA*)

BS (*British Standards Institution, UK*)

DIN (*Deutscher Normenausschuss, GERMANY*)

ISO (*International Organization for Standardization*)

5 管の継手

5.1 継手の条件

(1) 継手は平常時において埋設条件下で内容物が漏洩しないものを選ばなければならない。

(2) 継手は地震時においても管路として流体輸送の機能が果せるように耐震継手を用いることを原則とする。

ただし、曲管部、バルブ部など連続一体になる場合は前後に継輪など入れることにより管路として伸縮・可撓性を持たせるのがよい。

5.2 継手の区分

耐震継手はその継手性能から伸縮形と屈曲形に大別し、それぞれの継手性能から次のように分類、区分する。

(1)伸縮形耐震継手

区分は以下の通りとし、伸縮性能区分と離脱防止性能区分との組合せとする。ただし、離脱防止性能がなくてもここに示す離脱防止性能に相当する余裕長を持つものは、それぞれの類、級に該当させることができる。

項目	区分	継手の性能
伸縮性能	S-1類	伸縮量 ±0.01$l$mm以上
	S-2類	〃 ±0.005$l$mm以上 ±0.01$l$mm未満
	S-3類	〃 ±0.005$l$mm未満
離脱防止性能	A級	離脱防止抵抗力 0.3d *Ton*以上
	B級	〃 0.15d *Ton*以上 0.3d *Ton*未満
	C級	〃 0.075d *Ton*以上 0.15d *Ton*未満
	D級	〃 0.075d *Ton*未満

(注) l：管1本の有効長(mm)。
d：管外径(mm)。一般には呼び径とする。

(2)屈曲形耐震継手

区分は以下の通りとし、屈曲性能区分と離脱防止性能区分との組合せとする。ただし、離脱防止性能がなくてもここに示す離脱防止性能に相当する余裕長を持つものは、それぞれの類、級に該当させることができる。

項目	区分	継手の性能
屈曲性能	M-1類	屈曲角度 ±15°以上
	M-2類	〃 ±7.5°以上 ±15°未満
	M-3類	〃 ±7.5°未満
離脱防止性能	A級	離脱防止抵抗力 0.3d *Ton*以上
	B級	〃 0.15d *Ton*以上 0.3d *Ton*未満
	C級	〃 0.075d *Ton*以上 0.15d *Ton*未満
	D級	〃 0.075d *Ton*未満

（注）d：管外径(mm)。一般には呼び径とする。

〔解　説〕

伸縮性能においては、地震時の地盤の歪1%以上を継手で吸収するものをS-1類とし、S-2類はその1/2以上の性能を有するもの、S-3類はそれ以下のものとした。

離脱防止性能については、100m程度の範囲においては地盤の歪が一ヵ所に集中すると仮定し、100mに相当する管の周面摩擦力に耐えうる継手の離脱防止性能を有するものをA級とし、B級はA級の1/2の離脱防止性能を有し、C級はB級の1/2の離脱防止性能を有するものとした。

継手の区分は、伸縮形耐震継手においては伸縮性能区分、離脱防止性能区分の順に、屈曲形耐震継手においては屈曲性能区分、離脱防止性能の順に表示する。例えば、伸縮形耐震継手で、伸縮性能が1類、離脱防止性能がA級の場合は、「S-1類A級」となる。

また、調査、試験等から得られた余裕長によって離脱防止性能に替えることができる。

屈曲角度は、耐震性のみならず初期から屈曲角度をもつ場合も考慮して、現状として製作可能な範囲について区分し、示したものである。耐震性上要求される屈曲角度は、予期しない大きな地震が生じた場合を除けば、数度以内である。地震によって屈曲が生じることが明らかな場合には、その目的に応じて管路に伸縮・可撓性の機能を持たせるように配慮するのがよい。

6　耐震管路の設計施工上の留意点

耐震管路の設計施工上の主な留意点は、次のとおりである。

(1)　管の敷設にあたっては、継手の伸縮・可撓性を十分発揮できるよう配慮しなければならない。

(2)　配管ルートは、地盤の良好な位置に選ぶことを原則とするが、やむを得ず地盤の軟弱な場所に配管する場合は、これに対する配慮を十分にするのが望ましい。

(3)　路線は、水平、鉛直とも急激な屈曲を避けなければならない。

(4)　曲管、T字管などは内圧による抜け出し力に対してコンクリートブロック、または、離脱防止継手を用いて防護し、その前後は十分余裕のある耐震継手を入れるのが望ましい。

(5)　管路の途中に振動特性の異なる構造物を挿入する場合には、その前後は十分余裕のある耐震継手を入れるのが望ましい。

寄稿2

土地改良事業計画設計基準
水路工（その２）
パイプラインの改定

農林省構造改善局建設部設計課長補佐
中 村 和 也

1．はじめに

国営土地改良事業の設計および施工に関する設計基準のうち、今回パイプラインについて改定を予定しているものであるが、ここにその改定の概要について紹介する。

2．改定の経過

土地改良事業設計基準は現在９工種について制定されているが、本設計基準は昭和48年３月に新工種として制定（以下「旧基準」と呼ぶ）され、国営土地改良事業におけるパイプラインの設計および施工の指針としてきた。

しかるに、その後水利用の合理化、施設の管理、用地の確保などから、その事業量が急速に拡大してきた。それに伴い使用する管体の大口径化、送水圧力の高圧化が進んできた。さらにまた基準に入っていない新しい管種が普及してきた。したがって、これらの状況に対応すべく昭和50年～51年に亘り改定案作成作業を行い、昭和51年12月「改定案」を作成し、とりあえずこれを暫定運用（旧基準はすでに現地の実態に適合しない面が多々見受けられ、早急に新しい基準を制定する必要が生じていた）として制定し、今日に至っている。

このたび、この「改定案」を基準の制定手続きをふまえ本制定(改定)するものである。

3．改定の要旨

以上、改定の経過で述べた通り今回の改定の内容については現行「改定案」と基本的には同じものである。参考までに旧基準と「改定案」の改定要旨を掲げれば表－1の通りである。

この改定内容についてはすでに「改定案」に規定されているものであり、これを参考にされたい。ここでは今回の制定に際し現行「改定案」にさらに加筆した①水撃圧　②受働抵抗係数(modulus of soil reaction)　③地震の各項について概要を紹介する。

表－1　改定の要旨

項　目	改定の要点	項　目	改定の要点
使用管理	①　現行基準では参考として取扱っている、強化プラスチック複合管を基準化して使用管種に加えた。	荷　重	(ハ)　矢板を施工する場合の土圧公式を追補した。 (2)　路面荷重 (イ)　ブーシネスク公式による計算方法の説明を追加した。
水理設計	(イ)　ヘーゼン、ウィリアムス公式の流速係数Cの値について追補した。 (ロ)　ヘーゼン、ウィリアムス公式の適用範囲を明確にした。 (ハ)　水撃圧について詳細な解説を加え、水撃圧の発生を少なくする機構について規定した。	管の横断方向の設計	(1)　不とう性管の管種選定 (イ)　管種選定に用いる基礎数値(許容外圧及び内圧)について見直しした。 (2)　とう性管の管種選定 (イ)　管厚計算に用いる基礎数値(許容応力度、余裕シロ等)を見直しした。 (ロ)　管厚計算式(鋼管、強化プラスチック複合管)を追補改定した。 (ハ)　たわみ量計算式及び基礎数値(土の受働抵抗係数、設計たわみ量)について追補した。
構造設計一般	(イ)　管の浮上防止から定まる埋設深の算出式を整理した。 (ロ)　各管種についての設計基準数値および安全率の考え方を統一した。 (ハ)　とう性管について、設計たわみ量を設定した。 (ニ)　管の水密性を保つため、継手の特性から使用最大静水圧を定めた。	パイプラインの耐震設計	(イ)　パイプラインの耐震に対する考え方、被害を軽減するための工法について説明を追補改定した。
荷　重	(1)　土　圧 (イ)　土圧公式の整理を行い、中間溝形公式を削除した。 (ロ)　とう性管は、土かぶり2mまでは垂直土圧公式によることとした。	埋戻し	(イ)　施工上の留意点をより詳しく記述した。

3－1．水撃圧

今回改定のため実施した土地改良事業における事故例調査によって、その原因が非定常的な水理現象(特に水撃圧)と予測されるものが多々あった。さらにこの水撃圧の解析にあたっては他の設計計算と比較し、かなり難解なものでもある。

よって今回の改定にあたっては、その解析は重要構造物に対しては弾性論、きわめて簡単な機構であるパイプライン系に対しては剛体論、通常の場合経験則で行うよう規定した。なお、その解析手法については表－2の分類に従い行うものとする。

3－2．受働抵抗係数E′

一般に埋設された撓性管は撓みが生ずるがその水平変位は側方の埋戻し土の受働抵抗を

表－2　水槽―管路―弁系の水撃圧の解析

- 計算等による方法
  - 剛体理論
    - 瞬間および急閉そく……ジューコフスキーの式
    - 緩閉そく……
      - アリエビの式
      - アリエビの図表
      - クィックの図表
  - 弾性理論
    - 摩擦損失を省略…… 図式解法(1)
    - 摩擦損失を考慮……
      - 図式解法(2)
      - 計算
        - 代数的手法
        - 特性曲線法
        - 直接差分法
- 経験則による方法

発揮させる。これをスパングラーは個々の土に対して固定値として受働土圧係数（kg/cm²）と定義した。本基準ではこの考え方に基づきその値を表－3の通りとした。

ただし、本表の適用は次の通りとする。

(1) B ≧ 2D の場合

表－3の値とする。

(2) 2D ＞ B ≧ 0.5D or 0.5m の場合

① 埋戻し土のE′≦原地盤のE′

表－3の値とする。

② 埋戻し土のE′＞原地盤のE′

表－3の値の½か、原地盤のE′のいずれか大きい方の値とする。

(3) 0.5D or 0.5m ＞ B の場合

原地盤の値を上限として表－3の値とする。

表－3　土の受働抵抗係数
(modulus of soil reaction) E′

（単位 kg/cm²）

埋戻し土の種類（統一分類法による） ＼ 締固めの程度		締固めなし	締固めI	締固めII
細粒土	液性限界が50%以下 粗粒部分が25%以下の CL. ML. ML－CL	3.5	14	28
細粒土	液性限界が50%以下 粗粒部分が25%以上の CL. ML. ML－CL	7	28	70
粗粒土	粗粒部分が12%以上の GM. GC. SM. SC			
粗粒土	細粒部分が12%以下の GW. GP. SW. SP	14	70	140

ここで、

B：管側(片側)の溝幅

D：管径

3－3．地　震

地下に埋設する構造場の耐震設計理論は、現在のところ体系的に確立されているとはいえない。よって本基準においては地震による被害を軽減するための対策(免震設計)を中心に記述している。なお参考として、地震波動による地震時の変形についての計算方法を規定している。このことについては現在、パイプラインに限らず構造物の耐震設計についてその基準を制定すべく調査・検討を行っているものであり、将来これが制定されればパイプラインの耐震設計もこれに基づき規定されるものである。

4．あとがき

本設計基準の制定は、その基本的な事項については農林省訓令（国営土地改良事業の工事の設計および施行に関する訓令）で、その細目については農林事務次官通達で、さらにその細目の運用については構造改善局長通達で行われるものである。

なお、本設計基準の制定予定月日は昭和52年10月1日としている。

技術レポート❶

耐水管路における耐震設計について

八戸市水道部拡張課長
小軽米松太郎

1．はじめに

昭和43年５月16日に発生した「1968年十勝沖地震」はマグニチュード7.8、震度５の強さで東北、北海道に大きな災害をもたらし、特に八戸沖地震といってもいいほど八戸市周辺の被害が大きかった。

県下全般の水道施設の被害を検討した結果その大部分は導・送水管および給配水管に被害が集中し、一部構造物周辺の付帯施設に被害があり、同一地震に対して、特に配管の材質構造を再検討を要する現象が露呈された。

さらに当市において、水源３ヵ所による水源別ブロック給水区域を一部の反対を押し切って大口径連絡管布設した直後のため被害の甚だしかった蟹沢水系の応急復旧を中止し、他の水系を重点的に復旧し、全市給水を早期に行った点と、さらに運搬給水の拠点が配水管の破損のため、すべて配水池および配水池に近接した配水管から運搬せざるを得ず、多大の労力と混雑をきたした点を反省して、対地震の施設を考えざるを得ない立場になった。

従来の配管の基本的な考え方は、ある管種を選定すると、その布設される土質、地盤が路線の中で、どのように変化しようと、その材質の強度、継手工法などを変化させることなく、同一工法で延々と布設して行くのが常道である。

一般に配管されるところの土質構造は、特に日本火山列島は、火山による堆積物質が多いため、降雨に対して著しく弱い構造物となり、この土質構造物と雨量が地震に対して大きな災害の原因となる。よって配管は基本的にこのような弱い土質構造物の中に設置される前提であれば、パイプラインは単に盲目的に土質の摩擦力の万能を信じることなく、外力によって抜けたり、破損されないような構造でなければならないのである。

以上申し述べたことから、昭和47年から着工した第２期拡張事業において、特に配水管において地震対策として、耐震構造のパイプラインを計画実施した。基本的にはすべての配水管を耐震構造として新設し、入れ替えを

行うべきであるが、技術的にも経済的にも困難であるので、次の路線を重点的に選定した。

1.対象管路

(イ)導水管路　　口径1,200㎜×3,700m
鋼　管

(ロ)浄水場内配管　口径700㎜～1,500㎜
ダクタイル鋳鉄管

(ハ)配水幹線　　口径1,500㎜×2,400m
ダクタイル鋳鉄管
口径1,350㎜×600m
ダクタイル鋳鉄管

(ニ)環状配水幹線　口径1,000㎜×18,000m

2．配水管路の構造

(イ)布設路線　配水幹線の布設ルートは腐植土、シルトでN値0～10で基盤層は約30m～40mの深さにある。

よって地震で発生するエネルギーや大きな地盤変動に耐えるには柔構造とすることが理想と考え、現在まで国内で発生した最大値の地震をもって検討した。

(ロ)管路　計画耐震管路範囲は、図－1で示しているように、浄水場より口径1,500㎜～1,350㎜を約3kmを市街地に延長し、これから市街地を同一口径の1,000㎜配水管でループ状に約18kmを布設する。

このループ本管から在来の給水ブロックに分岐給水し、分岐点には異状流量となった場合自動的に遮断できる弁を設け、さらにメーターを設置し、常時流量を監視、コントロールする。

よって浄水場からループ状の幹線までを耐震性にすることによって、地震災害は分岐以降となり、各給水ブロックの復旧にはブロックメーターなどの資

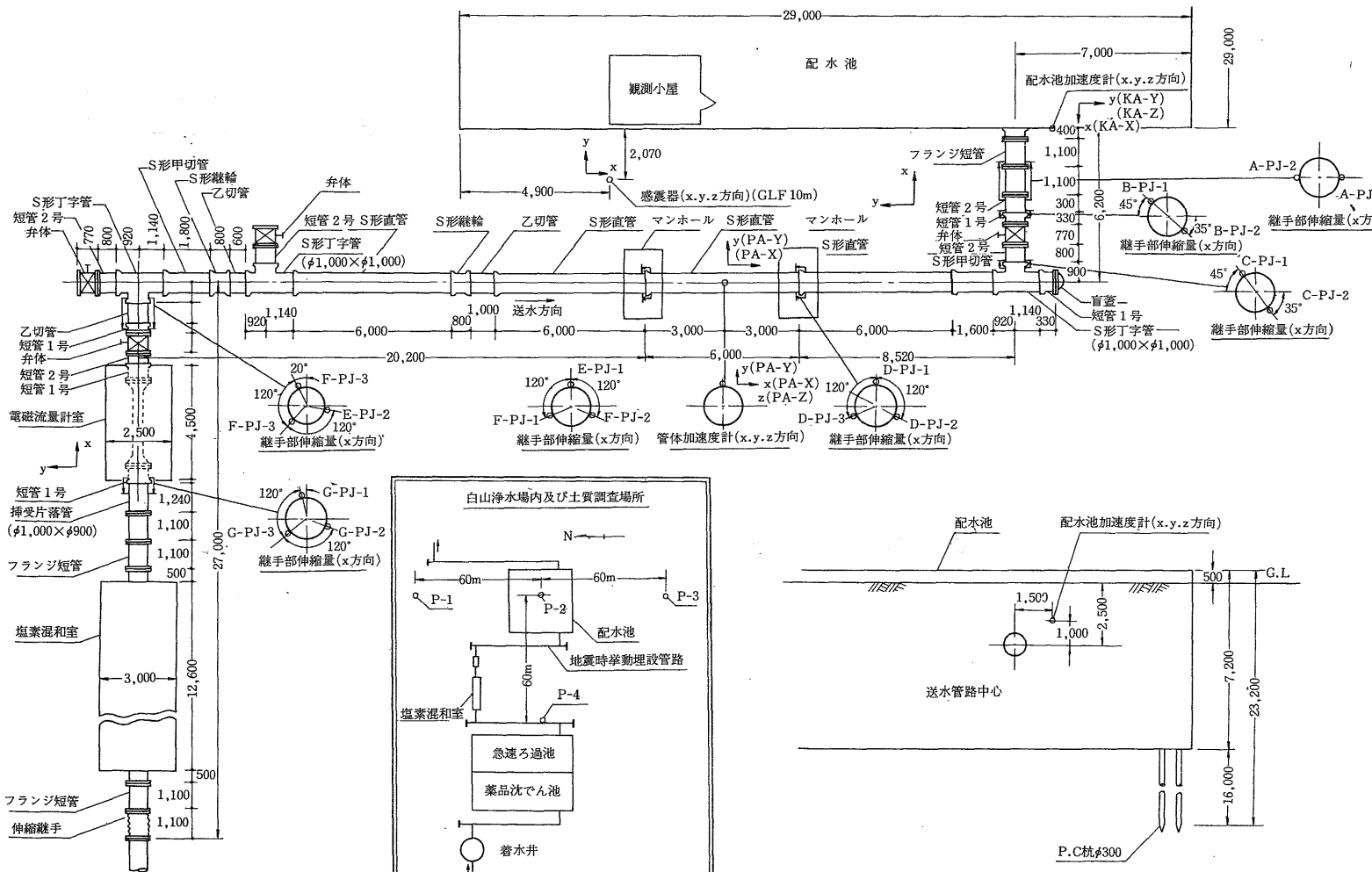
表－1　地質学的区分と地盤地質区分の関係

<table>
<tr><th colspan="4">地　質　時　代</th><th colspan="3">地質学的標準区分</th><th colspan="2">地盤地質区分</th></tr>
<tr><td rowspan="16">新生代</td><td rowspan="11">第四紀</td><td rowspan="11">洪積世（最新世・更新世）</td><td></td><td colspan="3">沖積後期層
高瀬浮石層
沖積中期砂層
南部浮石層
沖積前期泥層</td><td colspan="2">最上部層 Um
上部火山灰層 Vu
上部砂層 Us
上部火山灰層 Vu
上部粘土層 Uc</td></tr>
<tr><td rowspan="2">末期</td><td>洪積末期
砂礫層</td><td>八戸火山灰層
上部</td><td>下部砂礫層
LS</td><td>中部火山灰層
Vm</td></tr>
<tr><td>洪積末期
砂泥互層</td><td>八戸火山灰層
下部</td><td>下部粘土砂互層
LA</td><td>下部火山灰層
Vℓ</td></tr>
<tr><td>後期</td><td>八戸礫層</td><td>高館火山灰層</td><td>下部砂礫層
下部層 LSt</td><td rowspan="4">中部火山灰層
Vm</td></tr>
<tr><td rowspan="2">中期</td><td>高館砂礫層</td><td rowspan="2">天狗岱
火山灰層</td><td>最下部層 Lm</td></tr>
<tr><td>沼崎層</td><td rowspan="2">基盤土層
BS</td></tr>
<tr><td>前期</td><td>七崎層</td><td>上部
下部</td><td>最高位段丘
火山灰層</td></tr>
<tr><td>初期</td><td>野左掛層</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="5">第三紀</td><td>鮮新世</td><td></td><td colspan="2">尻内層群</td><td rowspan="5" colspan="2">基盤岩類
BR</td></tr>
<tr><td rowspan="4">中新世</td><td>末期</td><td rowspan="2">三戸層群</td><td>上部</td></tr>
<tr><td>後期</td><td>下部</td></tr>
<tr><td>中～初期</td><td colspan="2">第三紀下部層群</td></tr>
<tr><td colspan="4">中生代</td><td colspan="2">花崗岩類
中生代噴出岩類</td></tr>
<tr><td colspan="4">古生代</td><td colspan="2">古生層</td></tr>
</table>

図－1　路線図

No.1
No.2
No.3
No.4
No.5
No.6
No.7
No.8
No.9
No.10
No.11
No.12
No.13
No.14
No.15
No.16
No.17
No.18
No.19
No.20
No.21
No.22
No.23
No.24
No.25
No.26
No.27
No.28
No.29
No.30
No.31
No.32
No.33
No.34
No.35
No.36
No.37
No.38
No.39
No.40
No.41
No.42
No.43
No.44
No.45
No.46
No.47
No.48
No.49
No.50
No.51
No.52
No.53
No.54
No.55
No.56
No.57
No.58
No.59
No.60
No.61
No.62
No.63
No.64
No.65
No.66
No.67
No.68
No.69
No.70
No.71
No.72
No.73
No.74
No.75
No.76
No.77
No.78
No.79
No.80
No.81
No.82
No.83
No.84
No.85
No.86
No.87
No.88
No.89
No.90
No.91
No.92
No.93
No.94
No.95
No.96
No.97
No.98
No.99
No.100
No.101
No.102
No.103
No.104
No.105
白山浄水場

図— 2　白山浄水場内地震観測装置配置図



料により、被害度に応じ復旧する体制を組むことが可能となる。さらに運搬給水には破損されない環状線の各分岐点が給水拠点として役立ち、運搬距離の縮少と給水業務の混乱をなくすることが可能となる。

以上のような基本的な考え方に立ち、特に軟弱地盤に河川、または鉄道などの横断があって耐震性の要求される地域であるため、全線をS形ダクタイル管、B形継手を採用し、以下に述べるよう検討を加えた。

2. 管路と地盤特性

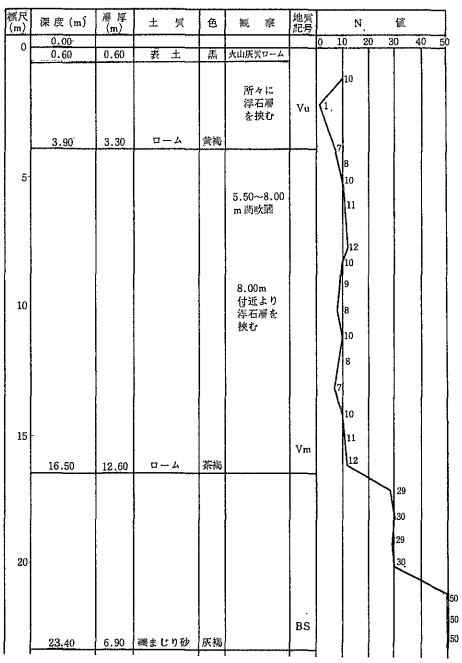
「青森県八戸、三沢地区の地盤」（都市地盤調査報告書第21巻）によると、八戸地方の地盤構成と地層区分の関係、地層別の土質の常数値はそれぞれ表－1、表－2に示す通りである。

一方、水道事業第2期拡張工事における配管予定ルートの地形、地盤、土質などについて調査した。（図－1に路線図を示す。）

2.1 配水幹線（白山浄水場～根城配水池）

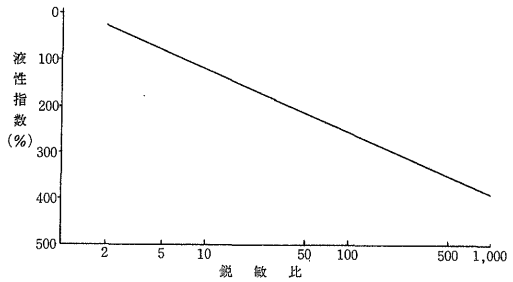
地形的には高位段丘面から緩急斜面をおりまぜて中位段丘面と変遷し、その間には深い開析谷はない。

図－3　柱状図（配水幹線）



地層構成は中部火山灰層、上部火山灰層、基盤岩類としての新第三系の凝灰質礫岩からなっている。

図－4　液性指数と鋭敏比の関係



管路が埋設される位置での土質の常数値はボーリングによる土質試験の結果は表－1に示すごとく、単位体積重量1.46t/m³、一軸圧縮強度0.40kg/cm²、粘着力0.30kg/cm²、間隙比2.15、含水比66.4%、液性限界56.3%、塑性限界24.7%、塑性指数31.6、土の内部摩擦角19°18′である。

この値から液性指数I_Lを求めると

$$I_L = \frac{w - wp}{Ip} \times 100 = 131.5\%$$

鋭敏比Stは図－4から

$St = 12$

となる。

したがって、乱された場合の一軸圧縮強度q_u'は

$$q_u' = \frac{q_u}{St} = 0.03 \text{kg/cm}^2$$

と非常に小さな値となり、乱されると軟弱土となることがわかる。

これらの結果から、この地層は豪雨、地震に対して強い地層ではない。

また、この層の下位にある中部火山灰層は土被り圧に比べて一軸圧縮強度、圧密先行荷重が大きく、粘着力もあるので静的には軽量構造物の基礎となり得るが、乱されるとやはり軟弱土となる。

管路を埋設する道路はこのような地層上に築造されているが、段丘の地形をそのまま利

表—2 各層の土質常数値

地層		N値 砂質土	N値 粘性土	単位体積重量 Ton/m³	間隙化 e	含水比 w (%)	液性限界 w_L(%)	一軸圧縮強さ qu (kg/cm²)	三軸圧縮による粘着力 C (kg/cm²)	圧密先行荷重 Po (kg/cm²)	圧縮指数 Cc	圧密係数 Cv (10^{-3}cm²/sec)
最上部層 Um	1※	1～7	0～3	1.07～1.50	2.21～10.26	25.5～399.9	64.0～167.0	0.19～0.41	0.10～0.17	0.15～0.78	0.59～4.50	2.65～16.4
	2※	4.2	1.2	1.21	5.99	176.3	116.7	0.33	0.11	0.37	2.72	10.29
上部火山灰層 Vu	1	1～6	0～4	1.22～1.53	1.94～4.42	49.7～154.6	50.5～102.2	0.22～0.74	0.18～0.36	0.25～1.20	0.60～2.52	1.85～16.9
	2	2.9	1.6	1.36	3.41	113.0	82.5	0.50	0.31	0.68	1.46	10.22
上部砂層 Us	1	8～20	—	—	—	14.2～40.0	—	—	—	—	—	—
	2	13	13.5	1.42	3.07	40.1	76.1	0.70	—	1.01	1.12	8.36
上部粘土層 Uc	1	1～2	0～2	1.33～1.55	1.61～3.47	60.5～131.8	60.5～110.7	0.37～0.81	0.12～0.44	0.43～1.40	0.54～1.58	1.06～10.2
	2	1.4	1	1.42	2.58	99.8	82.3	0.61	0.28	0.96	0.88	6.41
中部火山灰層 Vm	1	3～10	2～7	1.33～1.61	1.63～2.95	48.1～121.5	52.4～97.0	0.39～1.27	0.28～0.67	0.49～2.35	0.54～1.15	9.22～23.6
	2	6.2	4.5	1.46	2.33	73.7	74.1	0.78	0.47	1.17	0.94	14.65
下部砂礫層 Ls	1	17～50	8～25	—	—	14.4～49.6	—	—	—	—	—	—
	2	30	14	1.33	3.55	34.5	82.3	1.00	—	1.67	1.33	3.60
下部火山灰層 Vℓ	1	8～22	4～13	1.32～1.63	1.00～2.50	25.2～109.5	—	0.28～1.30	—	—	—	—
	2	13.5	7	1.49	2.03	57.2	67.6	0.95	0.73	—	—	—
下部粘土・砂互層 LA	1	5～16	3～7	1.52～1.69	1.43～1.75	47.3～80.4	55.0～83.0	0.47～1.14	0.11～0.25	1.30～3.20	0.36～0.75	6.08～11.2
	2	8.5	5	1.60	1.63	62.7	67.3	1.05	0.22	1.98	0.56	3.68
下部砂礫層下部層 LSt	1	26～70	—	—	—	7.9～22.4	—	—	—	—	—	—
	2	41	17.5	—	—	16.2	31.8	—	—	—	—	—
最下部層 Lm	1	15～38	8～25	1.48～1.64	1.43～2.05	22.2～65.3	50.4～87.7	0.37～1.23	—	1.50～5.00	0.34～0.82	3.26～3.80
	2	25	15	1.65	1.87	46.7	75.2	1.57	0.19	3.89	0.56	6.52
基盤土層 BS	1	39～90	33～65	—	—	14.8～47.7	31.8～66.8	—	—	—	—	—
	2	55	43	1.68	1.66	32.6	50.0	19.19	—	—	—	—
基盤岩類 BR	1	60～250	66～125	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	137	80	—	—	47.9	61.9	—	—	—	—	—

(注) 1：頻度の多い範囲　　2：平均値

表－3　土質試験結果(配水幹線)

深さ (m)		3.00～3.80
粒度試験	レキ分 %	0.0
	砂分 %	27.0
	シルト分 %	40.0
	粘土分 %	33.0
	最大粒径 mm	2.00
コンシステンシ試験	液性限界 w_L %	56.3
	塑性限界 w_p %	24.7
	塑性指数 Ip	31.6
土粒子の比重		2.74
自然含水比 %		66.4
単位体積重量 γ_t g/cm³		1.44
乾燥密度 γ_d g/cm³		0.87
間隙比 e		2.15
飽和度 Sr %		84.0
一軸圧縮試験	一軸圧縮強さ q_u kg/cm²	0.400～0.783
	変形係数 E_{50} kg/cm²	$1.3\times10'$～$2.5\times10'$
一面セン断試験	粘着力 C kg/cm²	0.30
	セン断抵抗角 ϕ°	19°18′
圧密試験	圧密降伏応力 Pr kg/cm²	3.60
	圧縮指数 Cc	0.86
	体積圧縮係数 m_v m²/kg	1.80×10^{2}
	圧密係数 Cv cm²/day	1.95×10^{3}

用しており、十勝沖地震による土質構造物の被害の地形的な原因となった。

① 沢を横断する盛土

② 沖積層から洪積層に移る個所

③ 低湿地軟弱地盤上の盛土

などの場所はなく、さらに山崩れの恐れのある場所も見当らないので、地震時に道路が崩壊することはないと考えられた。

したがって、配水幹線における管路設計は耐震計算、盛土による圧密沈下計算で行うことにした。

2.2 ループ幹線

根城を基点とし、八戸市中心街を中心としてほぼ楕円状に循環するもので、馬渕川を横断し、馬渕川と新井田川による分水界（小中野面）をも横断し、八戸低位段丘を横切っているもので、地形的に変化に富んでいる。

微地形的には馬渕川の左岸側は浜堤あるいは自然堤防による後背湿地の低地の後に最低位性の河岸性台地帯ともいわれる尻内台地が発達している。

一方、新井田川の左岸側には自然堤防とこれに伴う部分的な後背湿地性の面を２～３持つほかに、大部分谷底平野として広く発達させている。

この路線には、第四系洪積面の八戸低位段丘構成層から基盤岩類ＢＲ(No.０、No.82)、尻内層に相当すると考えられる。基盤土層Ｂｓ(No.67、No.68、No.81)および中部火山灰層Vm、上部火山灰層Vuなどが見られる。

また同じく平野部(主に沖積面)には下位から基盤岩類ＢＲ(No.６、No.56)と基盤土層Ｂｓ(No.60)があり、その上位に下部砂礫層下部層ＬＳｔ(No.６、No.14、No.36、No.40、No.43＋140、No.51＋60、No.56、No.60)があり、その上部には下部粘土砂互層ＬＡ、上部粘土層ＵＣ、上部砂層ＵＳ、および最上部層Umが見られた。

耐震設計上、基盤層と見做せる層は、八戸低位段丘面では基盤岩類ＢＲ、平野部では下部砂礫層下部層ＬＳｔである。

下部砂礫層下部層は深度40～45ｍの間と30～35ｍの間に存在し、深度の違いは

(ｉ) 台地から平野部にかかる部分
(No.６、No.９、No.14とNo.66)

(ii) 旧河道(馬渕川)にかかる部分
(No.36、No.40、No.43＋140)

(iii) ２つの川の分水界
(No.51＋60、No.56)

(iv) 新井田川左岸の谷底平野部分
(No.60、No.64)

にある。

また、極軟弱な地層の分布も上の(ｉ)～(iv)の分類によくあてはまっている。

すなわち、(ｉ)における縁部の堆積は、その遅速と地形なりの急斜面により４～７ｍと急に落ち込んでいる。

(ii)においては極軟弱層に代って河成堆積物と見做せる上部砂層ＵＳが発達している。

(iii)では深さ１～２ｍ前後に軟弱な地層を見るほかは(ii)と似かよっている。

(iv)は路線中でもっとも極軟弱層の厚いと

ころで、No.66付近ではその層の深さが16mもある。

また(iv)に準ずる谷底平野部がNo.81に存在し、深さ5～5.5mまでの極軟弱地層を上位に持ち、下部には天狗岱火山灰層と見做せる浮石層が見られた。

管路設計にあたっては各データーをさらに詳しく検討する必要はあるが、路線の中で特に注目すべき個所および検討事項を上げると次の通りであった。

No.4付近：圧密沈下、耐震計算
No.6付近：水管橋の耐震計算
　　圧密沈下、土質構造物の崩壊
No.6～No.36：圧密沈下、耐震計算
No.36～No.56：耐震計算
　　液状化の可否
No.40：水管橋の耐震計算
No.56～No.66：耐震計算、圧密沈下
　　土質構造物の崩壊
No.66～No.67 / No.80～No.82：基盤層までの深さの違う場合の耐震計算
　　土質構造物の崩壊
　　圧密沈下

3．管路の耐震計算

大地震の時、管路はどうなるかという問題は不明な点が多く、いままで余り解明されていなかったが、最近その重要性から研究も進み、地盤を弾性体と考えた場合、ある程度理論的に求めることができるようになった。

以下にその検討結果を述べる。

3.1 管路の耐震計算解析方法

管路の被害場所は過去の例から大きく分けて(1)地盤が悪い場所　(2)地盤が急激に変化している場所　(3)水管橋など他の構造物に固定された個所　(4)砂地盤で液状化する場所　(5)崖崩れなど地盤が崩壊する場所、などに分けられる。

耐震計算は地盤を弾性体として考えるので上記(1)～(3)について行う。なお地盤の崩壊、液状化などにおける耐震検討は別項で述べる。

(1)　地盤が悪い場所

地盤が悪い場所とは、一般に沖積層、腐植土層などが厚く、N値が小さく、水位も高い軟弱な地盤地区である。このような地区は地震で地表面が大きく揺られるところから地震波(表面波)が地盤を歪ませるとして計算した。(本文では“波動による”とした)

(2)　地盤が急激に変化している場所

基盤から伝わってくる剪断波が地盤が不均一なため、地表面での動的応答が位置により異なるとして計算した。(本文では“応答による”とした)

波動による値と応答による値が異なる場合、安全側になるようにいずれか大きい方の値を採ることとした。

(3)　水管橋など他の構造物に固定された個所

水管橋などの構造物は地盤と異なる応答をするとして計算した。

3.2 耐震計算個所と解析方法

表―4　計算個所と解析方法

名　称	計　算　個　所	
白山浄水場	浄水場－1 〃　－2	応答と波動
配水幹線	広沢牧場付近	波動
ループ幹線	No.0付近	波動
	No.5～6(水管橋)	応答
	No.6～No.66	波動
	No.67付近(館越山)	応答
	No.68～No.81	波動
	No.82付近(沢里)	応答
	No.83～No.0	波動

3.3 波動に基づく計算方法と計算結果

(1)　管体発生応力

$$\sigma = \frac{fo\,\ell}{2Ao}$$

σ ＝軸方向管体発生応力
ℓ ＝管長
fo ＝単位長さ当りの摩擦力
Ao＝管の鉄部断面積

(2)　継手部伸縮量

$$e = \varepsilon \cdot \ell$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2\pi}\,\frac{T \cdot A}{V}$$

e ＝継手部伸縮量

ε ＝土の歪

V＝地震波の伝播速度

T＝地盤の卓越周期

A＝地震の加速度

(注) V、Tの求め方は次の通り。

表－5　V、Tの求め方

	求め方	備考
V	1. 実測	
	2. N値より推定	N－V線図
T	1. 地震波観測	パワースペクトル計算
	2. 常時微動	〃
	3. V実測より解析	(イ)重複反射理論による計算 (ロ)有限要素法による計算

※なお、加速度は過去の地震から震度Ⅵとした。

(3)　地表面の変位

$$a_0 = \frac{T^2 A}{4\pi^2}$$

〔a_0＝地震波による地表面の振幅〕

(4)　計算条件

(注)
- (　)内数字はＰＳ検層時のボーリング結果より求めた。
- T_1は重複反射理論計算結果、ただしVsはN値より図－5を用いて求めた。
- T_2はＰＳ検層による地盤の力学的特性値より有限要素法(ＦＥＭ)で求めた値。上段が1次、下段が2次の各振幅における周期である。
- T_3は常時微動で求めた値である。
- T は波動による計算に用いた周期で

表－6　計　算　条　件

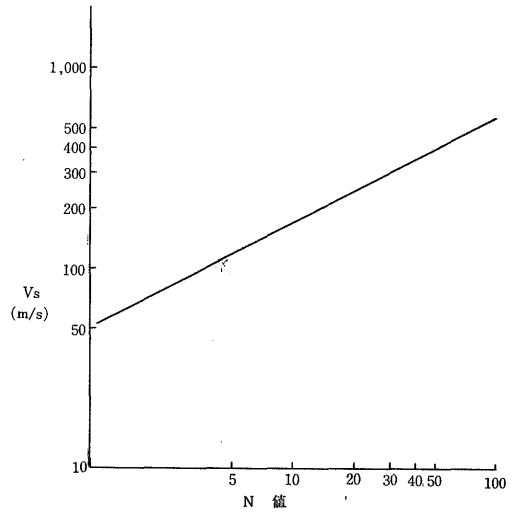
名称	計算個所	N値	H (m)	Vs (m/sec)	T (sec) T_1	T_2	T_3	T
浄水場	浄水場－1	5	16	110	0.58		0.36～0.38	1.16
	〃　－2	〃	〃	〃	〃		〃	〃
配水幹線	広沢牧場付近	13	20	190	0.42		0.33～0.39	0.84
ループ幹線	No.－0 (BV.No.－1)	14	6	200	0.12			0.24
	No.－6 (BV.No.－2 / PS.No.－1)	$13^{(8)}$	$18^{(22)}$	$190^{(150)}$	$0.38^{(0.58)}$	0.842 0.253	堤0.51 下0.38	0.84
	No.－10(BV.No.－2+2)	8	29	150	0.77			1.54
	No.－14(BV.No.－3)	9	35	160	0.88			1.76
	No.－20	〃	〃	〃	〃			〃
	No.－27	7	28	140	0.80			1.60
	No.－34(BV.No.－5)	10	43	170	1.01			2.02
	No.－40(BV.No.－6)	16	45	220	0.82			1.64
	No.－43＋140(BV.No.－7)	15	39	210	0.74			1.48
	No.－51＋60(BV.No.－8)	25	43	300	0.57			1.14
	No.－56(BV.No.－8+2)	18	41	230	0.71			1.42
	No.－60(BV.No.－9)	11	〃	180	0.91			1.82
	No.－64(BV.No.－10)	12	36	190	0.76		0.68	1.52
	No.－66 (BV.No.－10＋2 / PS.No.－2)	$10^{(14)}$	$28^{(29)}$	$170^{(200)}$	$0.66^{(0.58)}$	1.324 0.565	田 0.83 崖下0.55	1.32
	No.－67 (BV.No.－11 / PS.No.－3)	$11^{(30)}$	$11^{(14)}$	$180^{(300)}$	$0.25^{(0.19)}$	0.223 0.077	0.12	0.50
	No.－68 (BV.No.－12 / PS.No.－4)	$17^{(19)}$	$14^{(22)}$	$220^{(240)}$	$0.26^{(0.37)}$	0.433 0.137		0.52
	No.－81 (BV.No.－13 / PS.No.－5)	$16^{(17)}$	$17^{(16)}$	$220^{(220)}$	$0.31^{(0.29)}$	0.570 0.275	0.62	0.62
	No.－82(BV.No.－14)	8	3	150	0.08			0.16
	No.－83	14	6	200	0.12			0.24

2 T_1、T_2、T_3のうち一番大きい値を採用した。ここにT_1は計算誤差が大きいので“石油パイプライン事業法”と同様、安全側になるように2倍した。

A、ℓ、A_o、f_oの値は次の通り。

$A = 400ga\ell$
ℓ ＝600m
A_o＝419.8cm²（ϕ1,000） ＝712.2cm²（ϕ1,350） ＝868.6cm²（ϕ1,500）
f'_o ＝0.2kg/cm²（砂地盤）として $f_o = f'_o \cdot D_2$＝20.8kg/m（ϕ1,000） ＝28.0kg/m（ϕ1,350） ＝31.1kg/m（ϕ1,500）

図－5　N値とVsの関係



(5)　波動計算に基づく継手伸縮量、応力等

表－7　波動による計算結果

名　称	計算個所	土の歪 $\pm\varepsilon(\times10^{-6})$	継手伸縮量 $\pm e$ (mm)	地表面の変位 $\pm a_o$ (mm)	管体応力 $\pm\sigma$ (kg/cm²)		
					ϕ1,000	ϕ1,350	ϕ1,500
浄水場	浄水場－1	6,700	40.3	136.3	149		
	〃　－2	〃	〃	〃	〃		
配水幹線	広沢牧場付近	2,640	15.8	71.5		112	108
ループ幹線	NO 0	760	4.6	5.8	149		
	NO 6	2,540	15.3	58.5	〃		
	NO 10	6,520	39.2	240.3	〃		
	NO 14	7,000	42.0	313.8	〃		
	NO 20	〃	〃	〃	〃		
	NO 27	7,260	43.6	259.4	〃		
	NO 34	7,560	45.4	413.4	〃		
	NO 40	4,740	28.5	272.5	〃		
	NO 43＋140	4,480	26.9	221.9	〃		
	NO 51＋60	2,400	14.5	211.6	〃		
	NO 56	3,920	23.6	204.3	〃		
	NO 60	6,420	38.6	335.6	〃		
	NO 64	5,080	30.5	234.1	〃		
	NO 66	4,940	29.6	176.5	〃		
	NO 67	1,760	10.6	25.3	〃		
	NO 68	1,500	9.0	27.4	〃		
	NO 81	1,780	10.8	38.9	〃		
	NO 82	680	4.1	2.6	〃		
	NO 83	760	4.6	5.8	〃		

3.4 応答に基づく計算方法と計算結果

埋設管に発生する軸力、継手部伸縮量について検討した。

(1) 計算の対象とした場所ならびに管の諸元

表－8　計算場所と管の諸元

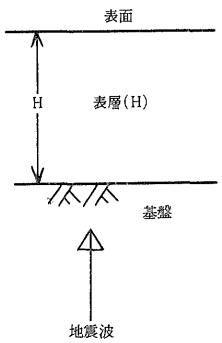
	No. / 場所	1 白山浄水場内	2 館越山付近〔No.67〕	3 沢里付近〔No.81〕
管の諸元	管種	ダクタイル管		
	口径（実外径）〔mm〕	φ 1,000（φ 1,041）		
	管厚〔mm〕	13		
	管長〔m〕	6、2他	6	
	鉄部断面積〔cm²〕	419.8		
	慣性モーメント I〔cm⁴〕	5.55×10^5		
	縦弾性係数 E〔kg/cm²〕	1.7×10^6		
	剪断弾性係数 G〔kg/cm²〕	6.64×10^5		
備考		2点に分けて計算した		

(2) 計算に用いた地震波

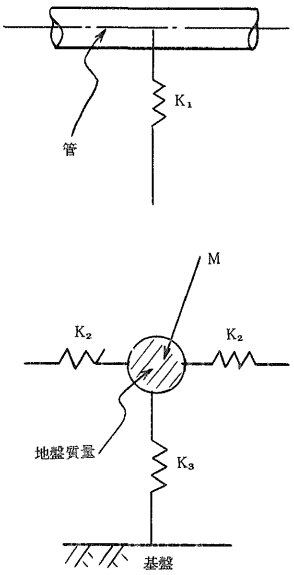
十勝沖地震（1968年）の八戸港での記録波形を基盤に最大100gaℓになるように修正して入力した。なお、その方向は全体座標系のX方向、またはY方向とした。

(3) 応答計算の考え方について

当計算システムは下図に示すように、基盤から入力した地震波によって、そのうえの地盤（表層）が揺り動かされ、その振動が管に伝わることによって管の応力、継手伸縮が発生すると考えるものである。



したがって、地盤がいかに振動するかが問題となる。そこで地盤の特性を表わすために下図に示すK₁、K₂、K₃のバネを考える。



K₁、K₂、K₃の各バネの役割は次の通り。

表－9　バネの説明

	各バネの役割	関係する主な要因
K_3	基盤からの振動を地盤質量に伝える	M：地盤の有効質量 T：地盤の卓越周期
K_2	地盤質点間の関係を表わす	E：地盤のヤング率 G：地盤の剛性率 ℓ_1：地盤の質点間距離
K_1	地盤の振動を管に伝える	Ks：地盤反力係数

（i）刺激係数：f′(x)

いま地盤が均一層と考えて1次の振動モードを求めると次の通り。

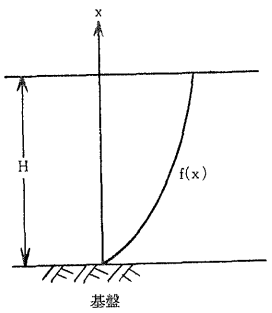
$$f(x)=A\ sin\frac{\pi}{2H}x$$

f(x)＝地盤の卓越周期Tに対する地盤の振動モード

A＝振幅

H＝表層の厚さ

x＝基盤からの高さ



ここで振動モードf(x)の絶対値をf(x)が次式を満たすように決定する。

$$\int_0^H \rho f(x)^2 dx = 1 \quad 〔\rho=土の単位体積重量〕$$

$$\int_0^H \rho A^2 sin^2 \frac{\pi}{2H} x dx = \rho A^2 \frac{H}{2} = 1$$

$$\therefore A = \sqrt{\frac{2}{\rho H}}$$

したがって

$$f(x) = \sqrt{\frac{2}{\rho H}} \ sin \frac{\pi}{2H} x$$

と表わされる。

次に相当質量dmは次のようになる。

$$dm = \int_0^H \rho f(x)\, dx$$

$$= \int_0^H \rho \sqrt{\frac{2}{\rho H}} \ sin \frac{\pi}{2H} x dx = \sqrt{\rho H} \frac{2\sqrt{2}}{\pi}$$

したがって地盤各層の刺激係数は

$$f'(x) = dm \cdot f(x)$$

$$= \sqrt{\rho H} \cdot \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \sqrt{\frac{2}{\rho H}} \ sin \frac{\pi}{2H} x$$

$$= \frac{4}{\pi} \ sin \frac{\pi}{2H} x$$

となる。

(ii) 有効質量：M

単位長さ当りの地盤の質量をmとする。

$$m = dm^2 = \frac{8}{\pi^2} \rho H$$

有効質量Mは

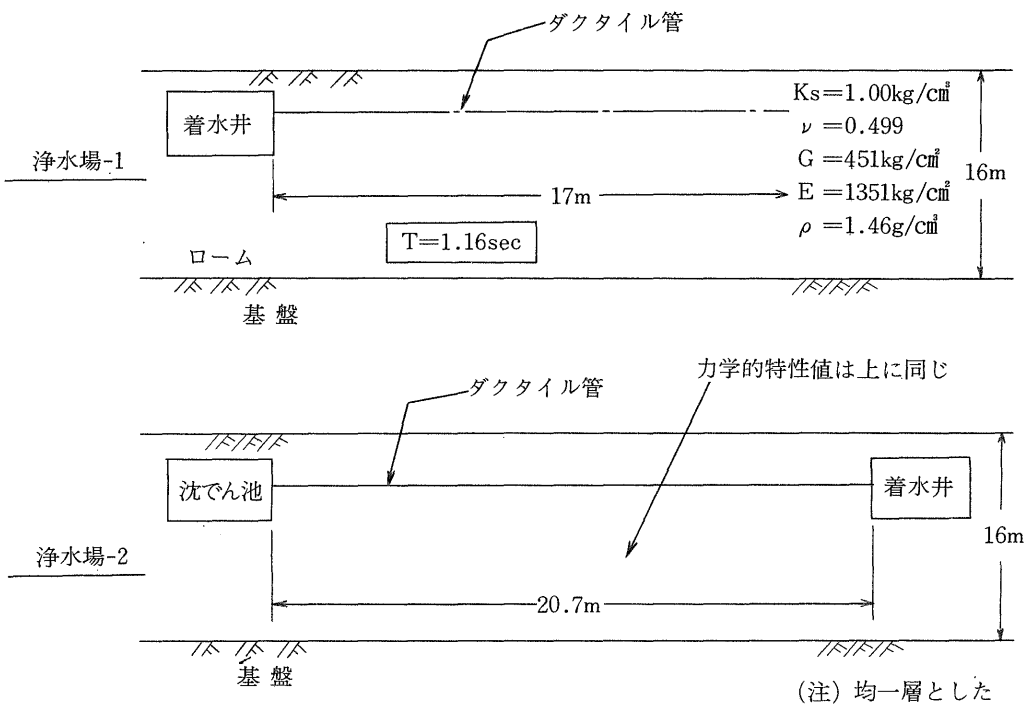
$M = m\ell_1$　〔ℓ_1＝地盤質点間距離〕

(iii) 地盤の卓越周期：T

ＰＳ検層より得られた地盤の力学的特性値(E、G、ν、ρ、Ｎ値、H)をもとに有限要素法(ＦＥＭ)により求めた値を採用した。

(iv) バネ定数：K_3、K_2、K_1

図－6　白山浄水場内



(注) 均一層とした

イ．K_3について

$$K_3=\frac{4\pi^2M}{T^2g}$$

〔g：重力の加速度＝9.8m/sec²〕

ロ．K_2について

管軸方向の場合は次の通り。

$$K_2=\int_0^H f'(x)\frac{E}{\ell_1}dx$$

$$=\int_0^H \frac{4}{\pi}\ sin\ \frac{\pi}{2H}x\cdot\frac{E}{\ell_1}dx$$

$$=\frac{8}{\pi^2}\cdot\frac{EH}{\ell_1}$$ 〔E：土のヤング率〕

ハ．K_1について

管軸方向の場合は次の通り。

$K_1=K_s\pi D_2\ell$

K_s＝地盤反力係数

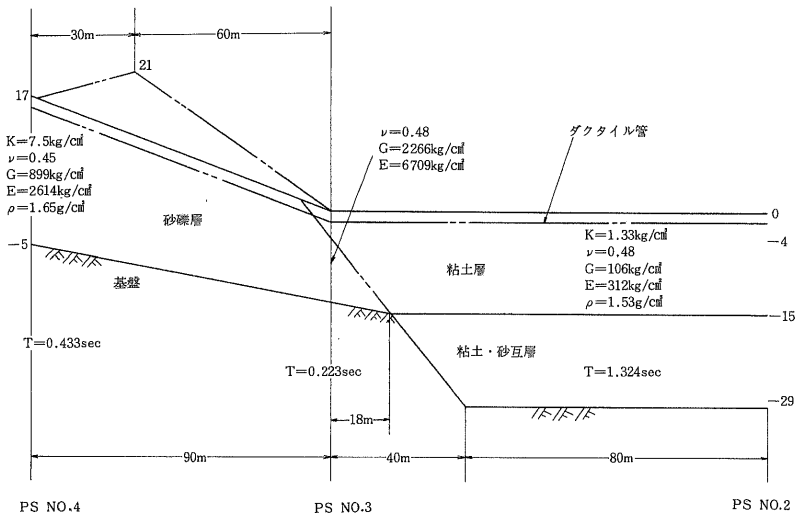
D_2＝管外径

ℓ ＝管長

(4)　計算場所の地盤について

図－6、図－7にＰＳ検層ならびにボーリングの結果得られた地形、ならびに地盤の力学的特性値を示す。

図－7　館越山付近〔No.67〕

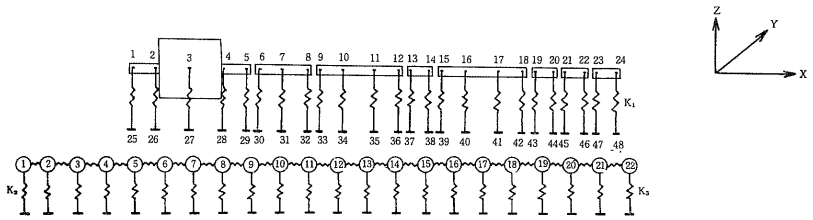


(5)　数値計算（抜粋）

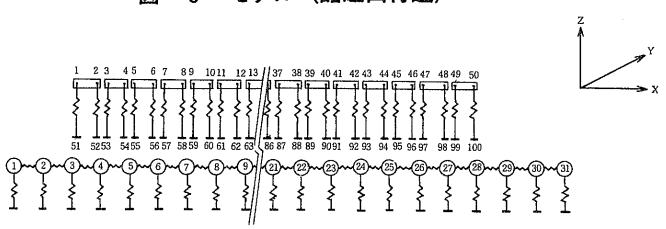
（i）白山浄水場内

図－8、図－10～13にモデル図ならびに数値計算結果を示す。なお着水井、沈で

図－8　モデル（白山浄水場内）



図－9　モデル（館越山付近）

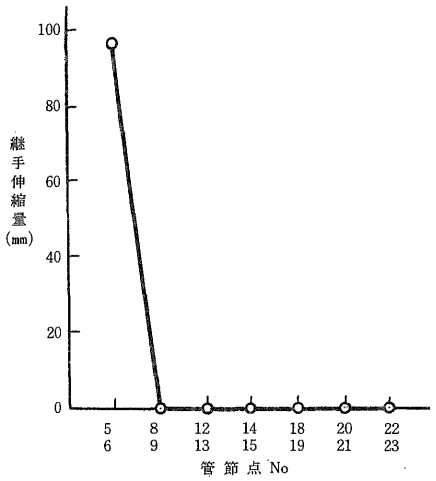


ん池は不動として応答計算を行った。

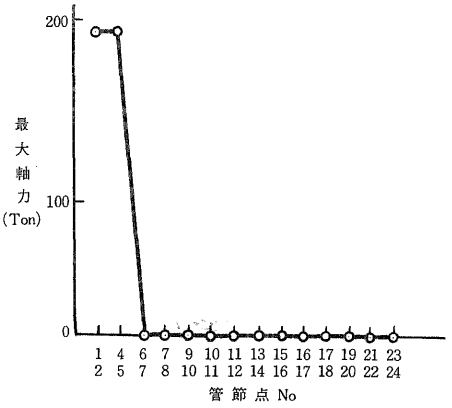
（ii）館越山付近

図－9モデル図、図－14～17に数値計算結果を示す。

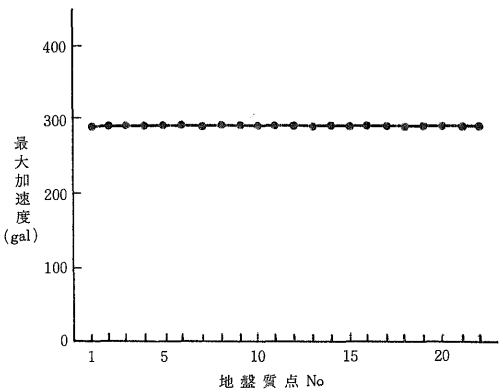
図－10　継手伸縮量



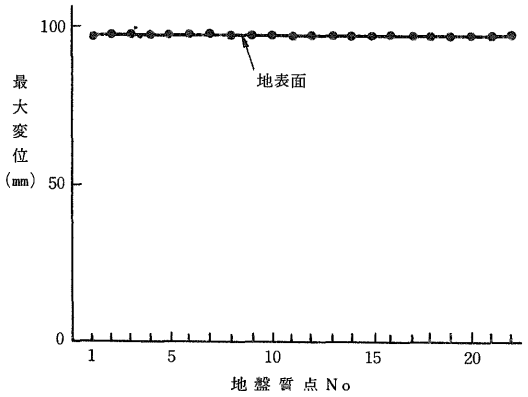
図－11　最大軸力



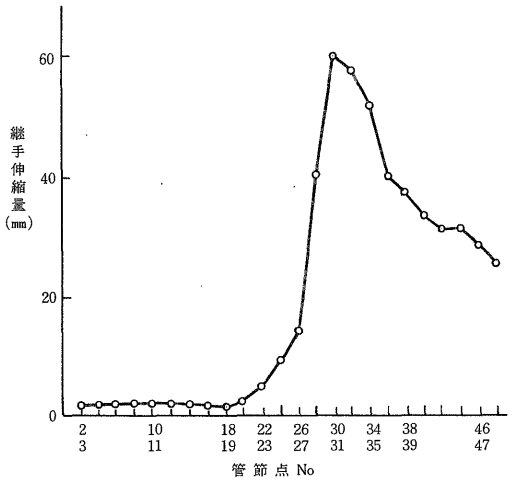
図－12　最大加速度



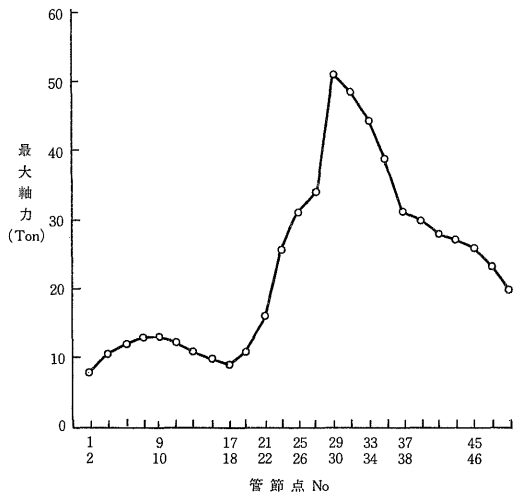
図－13　最大変位



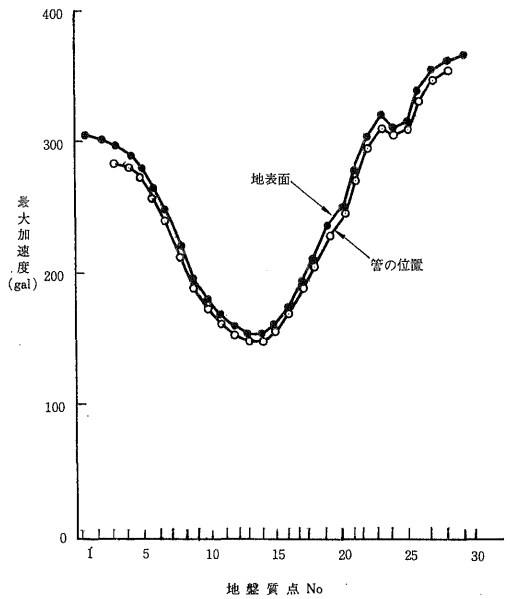
図－14　継手伸縮量



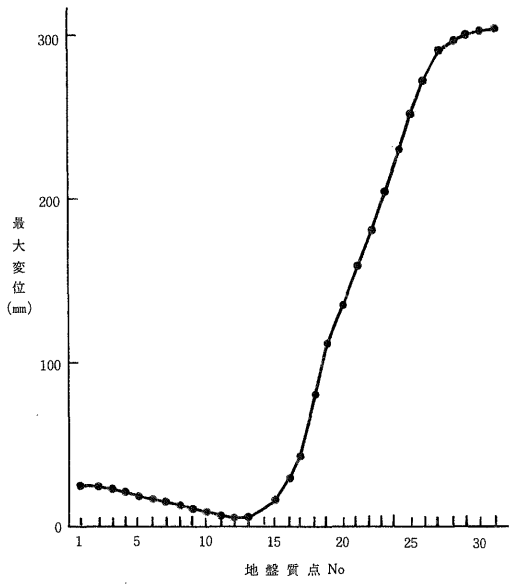
図－15　最大軸力



図－16　最大加速度



図－17　最大変位



3.5 管路の耐震性の検討

(1) 白山浄水場内

浄水場内では地震時に着水井、沈でん池塩素混和池、配水池などの構造物と地盤が異なった揺れ方をすると思われる。しかしこれら構造物の質量が不明なので動かないと仮定し、地盤が相対的に振動すると考え管位置での最大変位を求めると、波動による場合400gal で136.3mm、応答による場合295gal で、管路全体で97.2mm、400gal に直すと131.8mmとなった。

したがって継手部は、これら構造物との接続部で大きい値をとり136.3mm伸縮するとした。配管設計では軸方向に最低510mm伸縮可能であるから、伸縮余裕係数 $\alpha = 510/136.3 = 3.74$ が得られ、十分に耐震的である。

管体発生応力は波動による場合149kg/cm² 応答による場合453kg/cm²といずれも小さく問題にならない。

(2) 配水幹線

ボーリング個所が少なく、詳細な検討はできないが、代表する広沢牧場付近で継手部伸縮量は15.8mmであり、S形継手を用いれば伸縮余裕係数 $\alpha = 80/15.8 = 5.0$ が得られ、十分に耐震的である。

(3) ループ幹線

特に検討を要する場所はNo.0の配水幹線からのT字部、No.5～6の馬渕川(水管橋)付近、No.10～23の表層の厚い田園地帯、No.34～40の馬渕川沖積層地帯、No.43＋140、No.55＋60の液状化が予想される砂質地帯、No.55～66の田園地帯、No.67の館越山に入る地盤が急激に変化する地点、同じく地盤の変化するNo.81の沢里付近である。

以下順に検討結果を述べる。

(i) No.0付近

表層が6mと薄く、N値も14程度あり非常に良好な地盤である。したがって継手部伸縮量も4.6mm程度と小さく問題はない。

(ii) No.6付近

水管橋付近の地盤は、表層が18mとかなり厚いがN値が平均13程度あり、かなり良好な地盤である。継手部伸縮量は15.3mmとそれほど大きくなく、S形継手を用いれば伸縮余裕係数 $\alpha = 80/15.0 = 5.2$ となり、十分に耐震的である。

一方、水管橋に関する応答計算結果を見ると、アンカー部との接続部で約165mmの継手部伸縮量が見られた。したがって、この部分には伸縮継手を必要とした。軸力に

ついては地上部で最大20.7トンであり、応力に換算すると75.2kg/㎠となり、特に問題はない。

また曲げモーメントについては最大58.9T－mであり、曲げ応力に換算すると875kg/㎠とこれまた小さく問題はない。

(iii) No.10～40

この地域は、表層が30m～45mと非常に厚く、N値も小さいので地盤としては悪い。したがって、大地震時にはかなり揺れると予想される。

継手伸縮量を計算すると表－10の通りである。

表－10　伸縮余裕係数

場　所	継手伸縮量 (mm)	伸縮余裕係数 (α) ※
No.10	39.2	2.04
No.20	42.0	1.90
No.27	43.6	1.83
No.34	45.4	1.76
No.40	28.5	2.81

※S形継手に対する値。

表－10からわかるようにほぼ2.0の余裕係数を確保しているので十分に耐震的である。なお、管体応力は149kg/㎠と小さく問題はない。

(iv) No.43＋140、No.51＋60

砂地盤であるところから、液状化が十分に考えられるので、管路は安全になるように設計した。

(v) No.55～60

ここもNo.10～20と同様に表層が35m～40mと厚く、地震時に激しく揺れると予想される。

継手伸縮量を計算すると表－11の通りである。

表－11　伸縮余裕係数

場　所	継手伸縮量 (mm)	伸縮余裕係数 (α) ※
No.56	23.6	3.39
No.60	38.6	2.07
No.64	30.5	2.62
No.66	29.6	2.70

※S形継手に対する値。

いずれも2.0以上の余裕係数を確保しているので、十分に耐震的である。

(vi) No.67付近

館越山に入る地点で地盤が急激に変化するため応答計算を行った。その結果、坂の途中で継手伸縮量、軸力ともに最大となった。

継手伸縮量は最大58.5mmとなり、余裕係数α＝80／58.5＝1.37が得られ、一応安全であることがわかった。また、管体応力は123kg/㎠と小さく問題にならない。

(vii) No.81付近

沢里の谷において地盤が急激に変化するため応答計算を行った。その結果、継手伸縮量の最大値は基盤が変化する地点（管節点38－39）に、軸力の最大値は基盤が傾斜している中央付近（管節点29－30）にあり、その値は各々10.6mm、29kg/㎠（応答）または149kg/㎠（波動）といずれも小さく問題にならない。

以上、浄水場からループ幹線まで地盤ならびに管路の地震時の挙動について検討したがS形管を主体にした耐震ダクタイル管路性能は、これらの検討結果を上回ることがわかった。

4．あとがき

以上、第2次拡張事業をはじめるに先立ち昭和49年5月に配水管路などの耐震性を検討した結果であるが、この検討結果を基に本格的な耐震管路設計を実施し、昭和49年9月より工事に着手した。

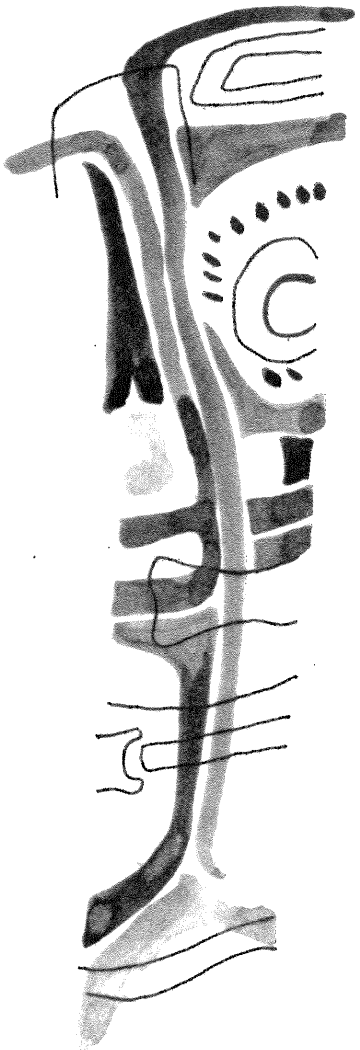
はじめに口径1,000mmS形ダクタイル管を浄水場内に配管、続いて口径1,500mmS形ダクタイル管を配水幹線約3kmに配管、現在口

径1,000mmS形ダクタイル管をループ幹線にループ全長約18kmの4分の1に布設完了した。

埋設管路の耐震設計がまだ十分確立されていない現在、水道管路においてこのような耐震設計検討を試みたのはわが国でもはじめてであろうと思われるので、不十分な点は多々あるが、参考までに紹介した。

なお、本文では触れなかったが、地震時の管路の挙動を観測し、地震時の埋設管路の安全性の確認と耐震設計のための資料収集を目的とした「埋設管挙動観測所」を導水管路、浄水場内、配水幹線、ループ幹線に各々1ヵ所、計4ヵ所設けた。メーカーの研究所の協力により、昭和50年5月より5ヵ年の長期観測を行い、その解析を機会を見て発表する予定である。

生データーの不足により、埋設管路の耐震研究が遅れているといわれる現状から、水道界においては多くの地震観測記録データーを整理、蓄積していくべきと思うので、各位のご指導とご協力を心からお願いしたい。



技術レポート❷

急傾斜地における口径500㎜ダクタイル特厚管の施工事例について

愛媛県松山土地改良事務所
所長　阿部光夫
第２工務課長　松友　等
水利第２係長　米子　稔
水利第２係主査　高橋　豊

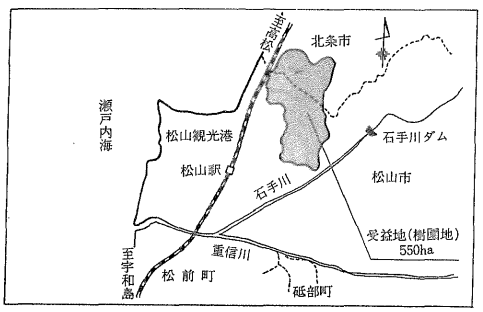
１．はじめに

まず最初に事業および工事概要などを以下に記し、口径500㎜ダクタイル特厚管がその中でどの部分に位置して使用されているかを述べたいと思う。

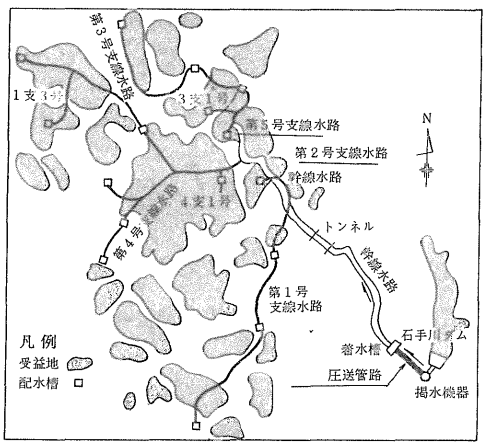
２．事業の概要

この事業は愛媛県が事業主体となり、昭和45年関係市町村である松山市および北条市の一部に跨る石手川北部地区県営一般かんがい排水事業として採択され、受益面積（樹園地）550ヘクタール、温州みかん2,745トンの増産効果を求めて、昭和46年に着工し総事業費26億6,400万円で現在工事中であり、昭和56年度完了予定である。

図－１　県営かんがい排水事業（一般）
石手川北部地区位置図



図－２　県営かんがい排水事業（一般）
石手川北部地区概要図



3．工事の概要

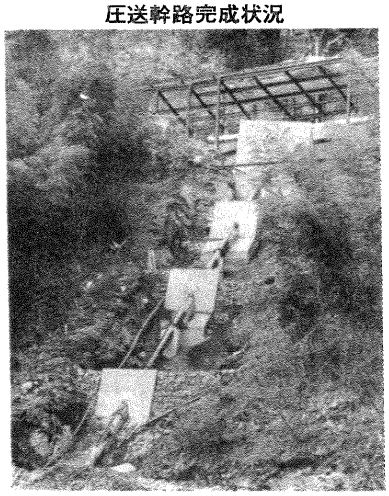
水源は建設省直轄工事として治水、水道、かんがいの多目的ダムが昭和47年度に完了しその内かんがい分として130万㎥の容量を確保している。

取水管口径600㎜、ℓ≒140mをダムから揚水機場まで配管しており、その揚水機場ＥＬ135.71mから地区内でもっとも高いEL 418.00mの着水槽まで最大0.3058㎥/Sの流量をポンプアップし、着水槽から自然圧を利用して、幹線水路口径600～250㎜、ℓ≒5,500m、支線水路口径400～75㎜、ℓ≒19,000mで、地区内の15の配水槽まで配管し、末端施設を完備し畑地かんがいを行うものである。

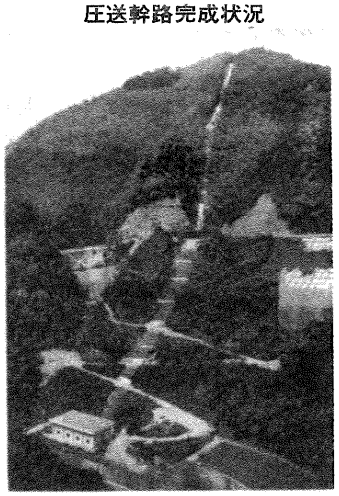
以上が工事の概要であるが、この中で標記のダクタイル特厚管が採用されたのは、揚水機場～着水槽間の勾配約40°の人が立つ限界と思われる急傾斜地で、その斜距離ℓ≒600m（以下この区間を圧送管と呼ぶ）、静水圧280m、水撃圧を入れると400m余りの路線を口径500mダクタイルで、昭和51年度工事で埋設施工した。着水槽上流140mは49年度施工である。

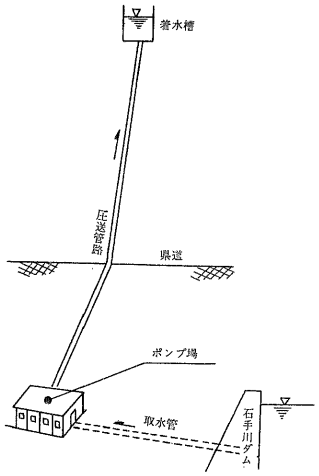
以下この圧送管の設計から施工まで順次記すこととする。

圧送幹路完成状況

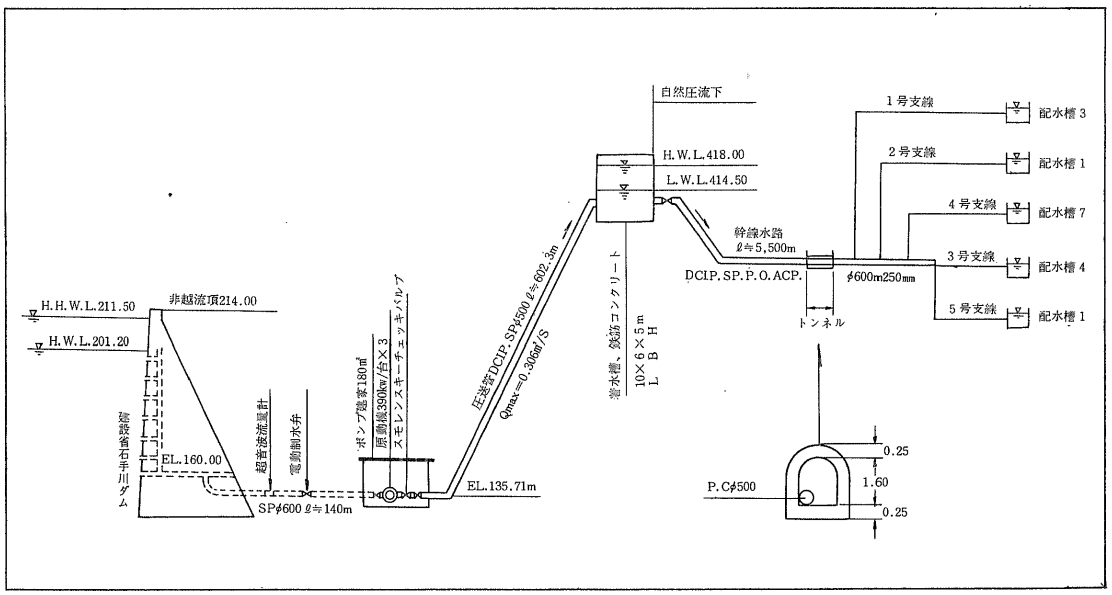


圧送幹路完成状況





図－3　石手川北部地区揚水系統図



4．ダクタイル管採用の経過

本路線は当初計画は高圧であるとのことで鋼管の採用を予定していたが、用地の関係で全線埋設を余儀なくされたことでの腐食性、急傾斜地内での接合の施工性、さらにダクタイル管は、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、管厚を厚くすればさらに高い内圧に対しても使用可能であるとの実験データーなどによりダクタイル管の採用に決定した。

以上の点について簡単に触れてみたいと思う。

イ．腐食性：鋼管の場合、コールタールエナメルおよびタールエポキシ系の塗料によるライニング、または塗装が広く用いられ、いずれも塗装の防食性は完全であるとされているが、口径500mm、かつ急傾斜地内で現地溶接の接合個所においての内面塗装は不可能と考えられ、腐食の出発点になると思われる。

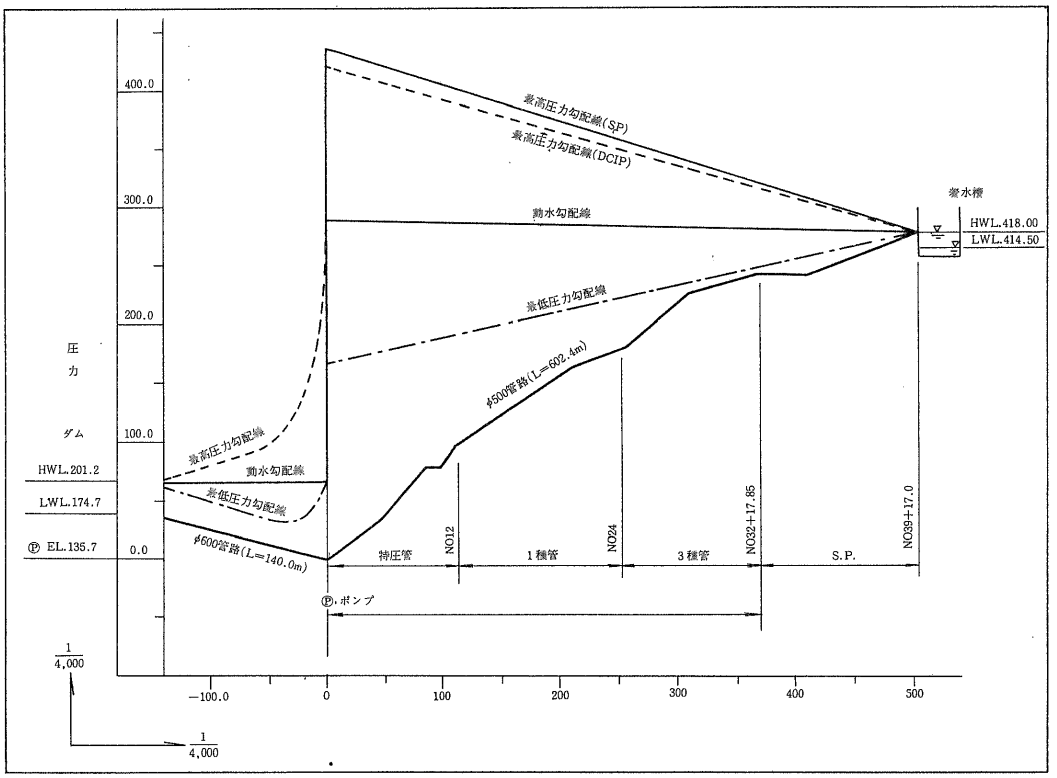
ロ．施工性：鋼管の場合、管の接合は溶接であるが、急傾斜地内での足場の不安定な条件下での現地溶接は水門鉄管技術基準などによるレントゲン検査に合格することは大変むつかしいようである。

ハ．ダクタイル高圧管：“ダクタイル鋳鉄管”No.4、(1967年12月発行)の“高水圧に対するダクタイル管について”の報告の中で、わが国において常用圧力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という実績が報告されている。これは本工事と類似しているということと、同時に内圧、外圧などに対する管体の安全性、メカニカルジョイントの安全性が実験結果を中心として報告されていたことなどである。

5．設計水圧の決定

別紙ウォーターハンマー勾配線により設計水圧を42.5kg/cm²に決定した。

図－4　ウォーターハンマー勾配線



ここで以下に最大取水量、揚水機の規模などを参考に記す。

最大取水量：0.306㎥/S

ポンプ口径：φ200×150㎜

ポンプ揚水量：(6.1㎥/分/台)×3台

設計実揚程：243.3m

設計全揚程：255.0m

6. ダクタイル管管厚計算

管厚決定の計算式は土地改良事業設計基準に基づいて算定した。以下に算定式を列挙し測点毎の算定一覧表を添付する。この中で水圧とは水撃圧も含んだものである。

$$t \geqq \frac{0.5DH+\sqrt{(0.5DH)^2+0.168\sigma_a M}}{2\sigma_a}$$

t ：管厚(cm)

D ：管の内径(cm)

H ：内圧(kg/cm²)

M ：外圧によって管体に作用する最大曲げモーメント(kg·cm)

σ_a：ダクタイル鋳鉄管の許容引張応力度

上式で求めた管厚は設計外力に対して十分な厚さであるが、これにさらに腐食シロおよび管厚公差余裕を見込む必要がある。したがって実際の設計管厚Tは次の式で決定する。

$t+2>10$㎜の場合　$T=1.1(t+2)$ (㎜)

$t+2<10$㎜の場合　$T=t+3$ (㎜)

7. 曲管および継手について

曲管はJIS G 5527K形を使用した。45°～5°5/8の曲管を単独または組合して設計角度に合致させ、メカニカルジョイントの許容曲げ角度の範囲内におさめた。

ダクタイル管の継手には種々のものがあるが、図－5に示すA形、K形などが現在主として用いられているメカニカルジョイントである。

ソクテン	モリド	スイアツ	カンアツ	カンシュ
No 0	1.750	42.53	11.040	トクシュ
No 0+ 1.54	1.750	42.49	11.035	トクシュ
No 0+ 2.04	1.406	42.44	10.706	トクシュ
No 0+ 3.54	1.456	42.29	10.739	トクシュ
No 0+10.95	1.704	41.57	10.898	トクシュ
No 0+13.65	1.795	41.31	10.954	トクシュ
No 0+14.15	1.450	41.26	10.628	トクシュ
No 0+15.15	1.669	41.16	10.824	トクシュ
No 1	2.655	41.10	11.727	トクシュ
No 2	0.679	40.82	9.770	トクシュ
No 2+ 0.45	0.369	40.78	9.389	1シュ
No 2+ 5.64	1.794	40.28	10.851	トクシュ
No 2+ 6.14	2.517	40.23	11.514	トクシュ
No 2+ 6.64	2.878	40.20	11.826	トクシュ
No 3	2.740	40.18	11.705	トクシュ
No 4	0.646	39.89	9.630	トクシュ
No 4+ 0.30	0.440	39.86	9.375	1シュ
No 4+ 0.90	1.526	39.80	10.553	トクシュ
No 4+ 3.91	1.667	39.51	10.657	トクシュ
No 4+ 6.61	1.794	39.24	10.748	トクシュ
No 4+ 7.11	1.450	39.20	10.418	トクシュ
No 4+13.19	1.562	38.60	10.467	トクシュ
No 5	3.301	38.51	12.006	トクシュ
No 5+ 0.37	3.046	38.47	11.790	トクシュ
No 5+ 3.13	1.145	38.21	10.009	トクシュ
No 6	1.150	38.18	10.011	トクシュ
No 6+ 2.00	1.189	37.95	10.028	トクシュ
No 6+ 8.28	1.412	37.22	10.182	トクシュ
No 6+10.98	1.508	36.90	10.246	トクシュ
No 6+11.48	1.050	36.85	9.767	トクシュ
No 7	1.190	36.51	9.883	トクシュ
No 7+ 3.41	1.358	36.11	10.017	トクシュ
No 7+ 6.11	1.490	35.80	10.119	トクシュ
No 7+ 6.61	1.050	35.74	9.654	トクシュ
No 7+12.70	1.349	35.03	9.901	トクシュ
No 7+12.89	1.358	35.01	9.908	トクシュ
No 7+15.59	1.491	34.69	10.012	トクシュ
No 7+16.09	1.050	34.64	9.542	トクシュ
No 7+22.37	0.735	33.91	9.101	1シュ
No 8	1.396	33.64	9.813	トクシュ
No 8+ 2.96	2.250	33.29	10.588	トクシュ
No 9	2.212	33.26	10.552	トクシュ
No 9+ 0.39	2.202	33.24	10.541	トクシュ
No 9+ 7.04	2.018	33.06	10.359	トクシュ
No 10	1.976	33.01	10.316	トクシュ
No 10+ 1.50	1.886	32.77	10.210	トクシュ
No 11	1.708	32.29	9.995	トクシュ
No 11+ 6.34	1.326	31.27	9.510	トクシュ
No 11+ 7.34	1.266	31.10	9.430	1シュ
No 12	0.950	30.86	9.050	1シュ
No 12+ 3.00	0.865	30.54	8.917	1シュ
No 12+ 9.88	1.391	29.81	9.440	1シュ
No 13	1.535	29.61	9.571	トクシュ
No 13+ 0.83	1.598	29.52	9.626	トクシュ
No 13+ 1.33	1.200	29.47	9.201	1シュ
No 14	1.318	29.17	9.301	1シュ
No 14+ 4.02	1.485	28.74	9.438	1シュ
No 14+ 6.72	1.598	28.45	9.527	トクシュ
No 14+ 7.22	1.200	28.40	9.099	1シュ
No 14+14.10	1.486	27.66	9.339	1シュ
No 15	1.549	27.50	9.390	1シュ
No 15+ 1.15	1.597	27.38	9.428	1シュ
No 15+ 1.65	1.200	27.32	8.997	1シュ
No 15+ 8.53	1.485	26.59	9.240	1シュ
No 15+11.23	1.597	26.30	9.330	1シュ
No 15+11.73	1.200	26.25	8.897	1シュ
No 15+18.61	0.680	25.52	8.186	2シュ
No 15+19.11	0.643	25.47	8.131	2シュ
No 16	0.600	25.31	8.056	2シュ
No 16+ 1.50	0.614	25.15	8.060	2シュ

特厚管

1種管

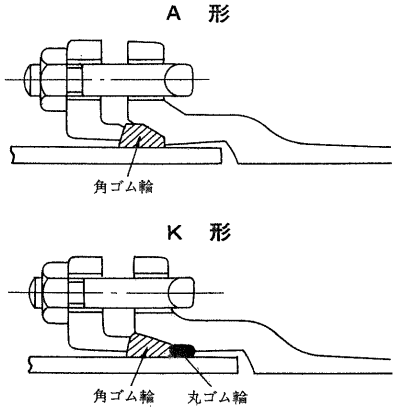
ソクテン	モリド	スイアツ	カンアツ	カンシュ
No 17	0.877	24.92	8.386	2シュ
No 17+ 5.36	1.510	24.37	9.065	1シュ
No 17+ 8.06	1.829	24.10	9.368	1シュ
No 17+ 8.56	1.450	24.04	8.972	1シュ
No 18	1.607	23.61	9.100	1シュ
No 18+ 3.33	1.729	23.26	9.194	1シュ
No 18+ 6.03	1.828	22.99	9.270	1シュ
No 18+ 6.53	1.450	22.94	8.874	1シュ
No 19	1.477	22.86	8.896	1シュ
No 19+ 6.86	1.729	22.16	9.099	1シュ
No 19+ 9.56	1.828	21.88	9.175	1シュ
No 19+10.06	1.450	21.83	8.776	1シュ
No 20	1.255	21.66	8.543	1シュ
No 20+ 5.99	0.528	21.03	7.539	3シュ
No 20+ 6.49	0.468	20.98	7.443	3シュ
No 21	0.351	20.77	7.236	3シュ
No 21+ 2.00	0.977	20.64	8.118	2シュ
No 21+ 9.98	2.082	20.09	9.271	1シュ
No 21+12.68	2.455	19.91	9.601	トクシュ
No 21+13.18	2.262	19.88	9.423	1シュ
No 22	2.378	19.56	9.503	トクシュ
No 22+ 3.42	2.465	19.33	9.563	トクシュ
No 22+ 6.12	2.533	19.15	9.609	トクシュ
No 22+ 6.62	2.340	19.11	9.432	1シュ
No 22+14.60	2.097	18.57	9.160	1シュ
No 23	2.053	18.47	9.110	1シュ
No 23+ 1.24	2.015	18.39	9.066	1シュ
No 23+ 1.74	1.822	18.35	8.871	1シュ
No 23+ 9.72	1.593	17.81	8.587	1シュ
No 24	1.550	17.71	8.533	1シュ
No 24+ 1.50	1.604	17.55	8.577	1シュ
No 24+10.40	1.336	16.61	8.202	2シュ
No 24+13.10	1.254	16.33	8.083	2シュ
No 24+13.60	0.873	16.27	7.599	3シュ
No 25	0.944	15.91	7.663	3シュ
No 25+ 5.44	1.057	15.33	7.759	3シュ
No 25+ 8.14	1.113	15.05	7.806	3シュ
No 25+ 8.64	0.731	14.99	7.293	3シュ
No 26	0.769	14.86	7.336	3シュ
No 26+ 7.61	0.992	14.05	7.570	3シュ
No 26+10.31	1.071	13.77	7.648	3シュ
No 26+10.81	0.689	13.71	7.124	3シュ
No 27	1.061	13.31	7.598	3シュ
No 27+ 5.12	1.563	12.77	8.147	2シュ
No 28	1.761	12.56	8.343	2シュ
No 28+ 0.70	1.829	12.49	8.408	2シュ
No 28+ 1.20	1.447	12.44	7.991	3シュ
No 28+10.10	1.142	11.50	7.555	3シュ
No 28+10.60	1.125	11.45	7.530	3シュ
No 29	1.250	11.26	7.668	3シュ
No 29+ 1.80	0.678	11.16	6.897	3シュ
No 30	0.863	10.52	7.112	3シュ
No 31	1.480	9.79	7.824	3シュ
No 31+17.30	1.713	8.83	8.008	2シュ
No 32	1.750	8.68	8.036	2シュ
No 32+ 2.75	1.507	8.51	7.758	3シュ
No 32+15.00	0.428	7.76	6.223	3シュ
No 32+17.85	0.177	7.58	5.728	3シュ

3種管

これらのメカニカルジョイントの主な特長として、

(イ)　緊密性がよい。

図－5　メカニカルジョイントの構造



(ロ)　伸縮性がある。

(ハ)　可撓性がある。

(ニ)　施工性がよい。

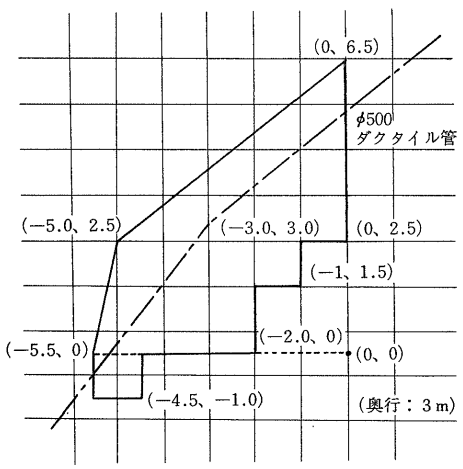
などが上げられる。特に、K形継手は角ゴム輪と丸ゴム輪と併用するため一段と優れた緊密性が得られ、比較的口径の大きい管で高水圧に対しても十分使用できるとのことである。ボルトナットは酸化被膜付のものを使用した。

8．アンカーおよび土留擁壁について

平面的屈曲点および勾配変化点には、内圧管の自重、管内水の重量、温度荷重および土圧などによる諸力が働き、わん曲部が移動するので、わん曲部にはアンカーブロックを設けて変位をおさえる必要がある。

また、全線埋設配管を余儀なくされておりしかも急傾斜であり、埋戻し土砂のすべり止

図－6　アンカーブロックの一例



めとして半重力式コンクリート擁壁を水平距離10m間隔に設置した。

計算方法については省略するが、構造図の一例を示せば図－6の通りである。

9. 施工

路線は急傾斜であるが、平面的にはほぼ直線であったので諸資材の運搬は索道によることとした。規模は約3トンでコンクリート、土砂で1.0㎥を運べる程度のものとした。

まず工事の順序として、管路、コンクリートアンカーブロックおよび土留擁壁の掘削（アンカーブロック、土留擁壁の基礎地盤は最低軟岩の100t/㎡程度まで掘り下げた）を行い、その土砂は急傾のため、横断一時預けが不可能で、起点付近へすべて搬出し、埋戻しは再度運搬した。

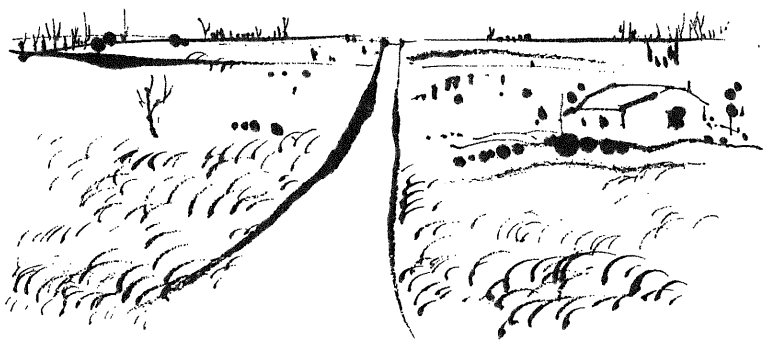
アンカーブロックおよび土留擁壁のコンクリートの打設は2回に分けた。1回目は管路計画高の管底の高さまでとし、その上に管を預け布設した。これは配管作業を容易にし、急傾のため足場が悪い現場であり、これが作業員の踏台に利用できたことは工事の安全にも役立ったようである。2回目は管布設終了後とし、埋戻し締固め法面仕上げで全工程を完了した。

本工事は落石がたえずあり、施工は最低部から高部へ約50mくらいに区切り、法面仕上げのみを残して全工程完了とし、これを順次繰返し施工した。

なお施工区間に県道があり、車両の通行が常時あり、県道上に防護柵などを設け、事故防止に万全を期した。

10. 結び

以上ダクタイル特厚管等の施工事例などについて種々述べたが、なにかの参考になれば幸いである。



技術レポート ❸

埼玉県の広域水道

埼玉県公営企業管理者
小 山 謙 三

埼玉県は関東地方の西部を占め、東西103km、南北52km、面積3,800㎢の東西に細長い内陸県である。平地面積約3分の2、山地面積約3分の1からなり、東京、千葉、茨城、栃木、群馬、山梨の各都県と接しており、都心より12kmから100kmの範囲にすべてが含まれ、県内の主要都市のほとんどが60km圏内にある。39市34町19村の92団体からなり、都市への交通も至便であるため、住宅建設も盛んであり、県南の諸都市は衛生都市の色彩が大変強い現況にある。

このような立地の好条件から人口の推移は誠に著しく、人口の統計資料からによると、表の通りであり、昭和35年代から急速な増を示し、60年時点では620万人になるであろうと推定している。

人口の推移表

年　月　日	総　人　口	年平均増加数
昭和25年10月1日	2,144,375人	
〃 30年　〃	2,260,492人	23,223人
〃 35年　〃	2,430,871人	34,075人
〃 40年　〃	3,014,983人	116,822人
〃 45年　〃	3,866,472人	170,297人
〃 50年　〃	4,821,340人	190,973人
〃 51年　〃	4,962,210人	140,870人
〃 52年6月1日	5,055,457人	

このようなことから、当然として水道による水需要も人口の増加とともに増大する一方で、さらには生活様式の変化にともなう使用量の増加も拍車をかける結果となり、各市町村とも水源および施設の拡張とともに経営などの問題をかかえ、深刻な事態に直面することとなった。

昭和51年3月末において、埼玉県の水道普及率は91.8％（全国普及率87.6％）で全国第10位の位置にある。

埼玉県の水道は一部山地地区を除き恵まれた地下水源の依存により事業の形態を維持してきたが、人口増は地下水の涵養とその揚水とに不均衡を生じさせ、結果として地下水位の低下、水質の悪化、さらには地盤の沈下と大きな問題を投げかけたものである。

主要カ所の地下水位、地盤沈下の観測値を示すと表の通りである。

地下水位（動水位）観測表

（単位　m）

所在地		水位 35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	摘要
中央第1地区	浦和市	29.6	31.8	33.8	27.2	31.4	34.5	38.2	42.0	47.3	51.4	53.7		55.8	54.1	43.5	41.5	
	大宮市	24.6	26.7	27.2	27.7	34.5	36.0	37.8	47.4	50.4	53.0	57.4		57.2	56.0	58.5	47.0	
	川口市	18.1	20.4	23.9	26.1	27.9	32.9	37.6	41.7	42.4	44.1	52.1		49.9	50.0	45.0	41.7	
東部第1地区	春日部市				18.1	18.1	24.0	34.0	33.2	32.9	33.5	38.3		43.2	44.6	46.9	42.0	
	草加市						37.2	44.0	44.0	49.5	52.0	55.5		58.6	57.0	56.5	55.0	
	越谷市			19.8	22.6	27.7	35.5	37.8	41.4	43.9	51.8	53.3		57.1	55.1	54.8	52.8	
西部第1地区	朝霞市								31.3	33.8	35.3	37.4		39.1	41.5	37.5	35.2	
	和光市						43.4	45.6	51.3	54.1	55.0	56.3		59.0	59.4	55.4	51.9	
	川越市	8.5	9.2	10.2	8.7	10.8	9.2	13.1	20.4	21.5	25.1	26.3		25.6	27.5	25.8	25.2	
広域第2地区	鴻巣市				19.1	18.9	17.5	17.2	18.6	18.7	23.6	24.7	27.6	31.2	34.0	33.2	35.0	
	大利根町	14.3	14.7	15.0	18.0	21.0	26.3	29.6	24.4	24.9	28.7	33.5	38.9	42.0	42.0	42.0	43.0	
	加須市		9.3	10.3	12.0	12.4	14.4	15.7	22.6	21.4	23.2	23.2		26.9	27.7	28.1	33.8	
	羽生市	2.0	2.0	2.2	3.0	4.0	4.2	5.0	7.0	7.5	12.2	16.0		21.5	19.8	20.5	22.4	

＊地盤面からの水位を示す。
＊年度の８月に測定

地盤沈下観測状況表

（環境部調書抜萃）

所在地			変動量 (mm) 36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	累計
中央第1地区	川口市	並木町地内	−146	−157	−161	−158	−151	−142	−165	−132	− 93	−115	− 61	− 26	− 18	± 0	＋ 8	＋ 9	−1508
	浦和市	田島地内	− 14	− 30	− 33	− 51	− 53	− 62	−126	−122	− 86	−146	−122	− 87	− 89	− 56	− 8	−10	−1094
	蕨市	塚越地内	− 53	− 64	− 72	− 72	− 74	− 82	−104	− 96	− 76	−101	− 71	− 30	− 20	− 6	＋ 9	＋ 8	− 904
	戸田市	上戸田地内	−135	−135	−135	−130	−131	−123	−148	−134	− 97	−118	− 72	− 29	− 24	− 2	＋ 9	＋ 7	−1302
	鳩谷市	南ク地内	− 95	−103	−115	−121	−145	−132	−146	−137	−103	−123	− 85	− 45	− 32	− 7	＋ 2	＋ 2	−1385
東部第1地区	草加市	稲荷町地内		− 70	− 94	− 88	− 71	− 59	− 84	− 90	− 77	−102	− 92	− 57	− 70	− 8	−10	− 2	− 974
	越谷市	大吉地内	− 57	− 50	− 66	− 53	− 52	− 74	− 90	− 95	− 80	−115	−129	−138	−149	− 84	−43	−44	−1319
	八潮市	八条地内	− 34	− 61	− 91	− 38	− 89	− 81	− 88	− 98	− 76	− 98	− 91	− 74	− 77	− 39	−34	−26	−1145
西部第1地区	所沢市	上安松地内												−238	−216	−182	−65	−70	− 771
	朝霞市	岡地内									−112	−202	−152	−127	− 77	− 74	−17	−33	− 794
	和光市	新倉地内									−129	−206	−145	−105	− 68	− 64	− 8	−29	− 754

（注）上表観測年　昭和36年～昭和45年までは当年２月１日から翌年の２月１日までの観測数を示し、昭和46年については２月１日から翌年の１月１日までとし、昭和47年以降は１月１日～１月１日までの数を示す。

県営水道の位置付けとして、県民の水需要に対応し安定供給をはかることはもちろんのことであるが、地盤沈下防止の大きな公害問題に対処することも重要な役目とされている。広域水道の本来の目的である水源の有効利用、効率的配分、広域経営による経常費の節減などをふまえ、県営水道の建設にふみ切ったものである。

まず、当初は人口の集中度が高く、水需要頻度の多い、また地盤沈下の昂進度の高い都心より40km圏内にある28市町に中央、東部、西部のそれぞれの第１水道用水供給事業に着手し、供給を開始している。事業の概要は表の通りであるが、表流水源切換えに対しては県水（表流水）供給開始以降受水団体においては井戸の新設を行わず、極力表流水源活用をはかる行政指導のもとに現在進んでおり、昭和52年３月末現在で３水道を合わせ県水（表

事　業　概　要

●水道用水供給事業　　（昭和52年３月現在）

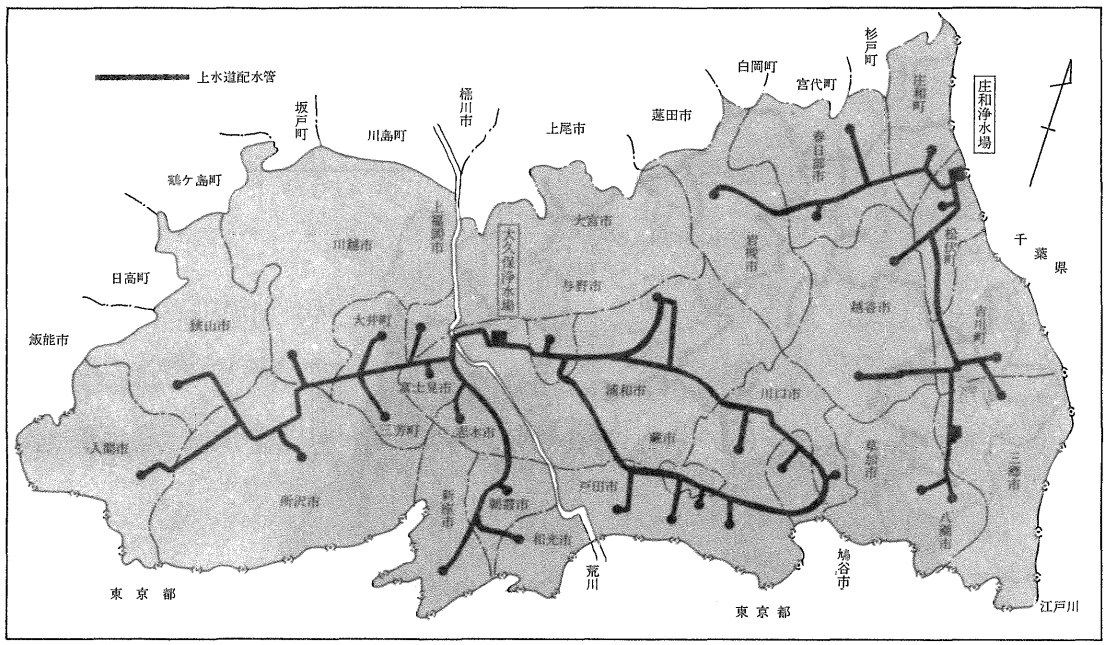
事業別 / 項目	中央第１水道			東部第１水道	西部第１水道
	創設	第１期拡張	第２期拡張		
浄水場	大久保浄水場			庄和浄水場	大久保浄水場
建設開始年月日	39．3．3	43．4．1	48．4．1	45．4．1	45．4．1
完成（予定）年月日	43．3．31	48．12．28	(55．3．31)	(54．3．31)	(55．3．31)
供給開始（予定）年月日	43．4．2	46．4．1	(52．7．1)	(49．4．20)	(49．7．1)
総事業費（千円）	4,180,989	10,483,222	35,000,000	25,200,000	45,600,000
1㎥当り建設単価（円）	35,583	37,109	87,500	72,000	91,200
計画施設能力（㎥/日）	117,500	282,500	400,000	350,000	500,000
送水管路延長（m）	77,412		(36,000)	66,162	62,050
水源	下久保ダム・利根川河口堰・農業用水合理化・草木ダム・その他			野田導水路	農水合理化・野田導水路・その他
給水団体数	4（３市１企業団）	5（４市１企業団）	5（４市１企業団）	8（5市2町1企業団）	12（10市２町）
給水対象	埼玉県南水道企業団（浦和市・大宮市・与野市）川口市・戸田市・蕨市	埼玉県南水道企業団（浦和市・大宮市・与野市）川口市・戸田市・蕨市・鳩ケ谷市	同左	岩槻市・春日部市・草加市・八潮市・三郷市・吉川町・庄和町越谷松伏水道企業団	所沢市・朝霞市・和光市・新座市・志木市・川越市・狭山市・入間市・富士見市・上福岡市・大井町・三芳町
計画給水人口（人）	1,515,000			960,000	1,258,200

３水道用水供給事業の供給実績

合計	配水量（㎥）	県水	84,387,919	110,054,774	172,778,837	238,675,257	277,526,082
		地下水	198,945,775	198,971,784	160,254,163	120,773,743	90,122,926
		計	283,333,694	309,026,558	333,033,000	359,449,000	367,649,008
	百分率（%）	県水	30	36	52	66	75
		地下水	70	64	48	34	25
		計	100	100	100	100	100
	給水人口（人）		2,561,979	2,752,924	2,851,191	2,984,775	3,092,492

＊水量は年間水量を示す。

流水）75％、地下水25％の率となっている。

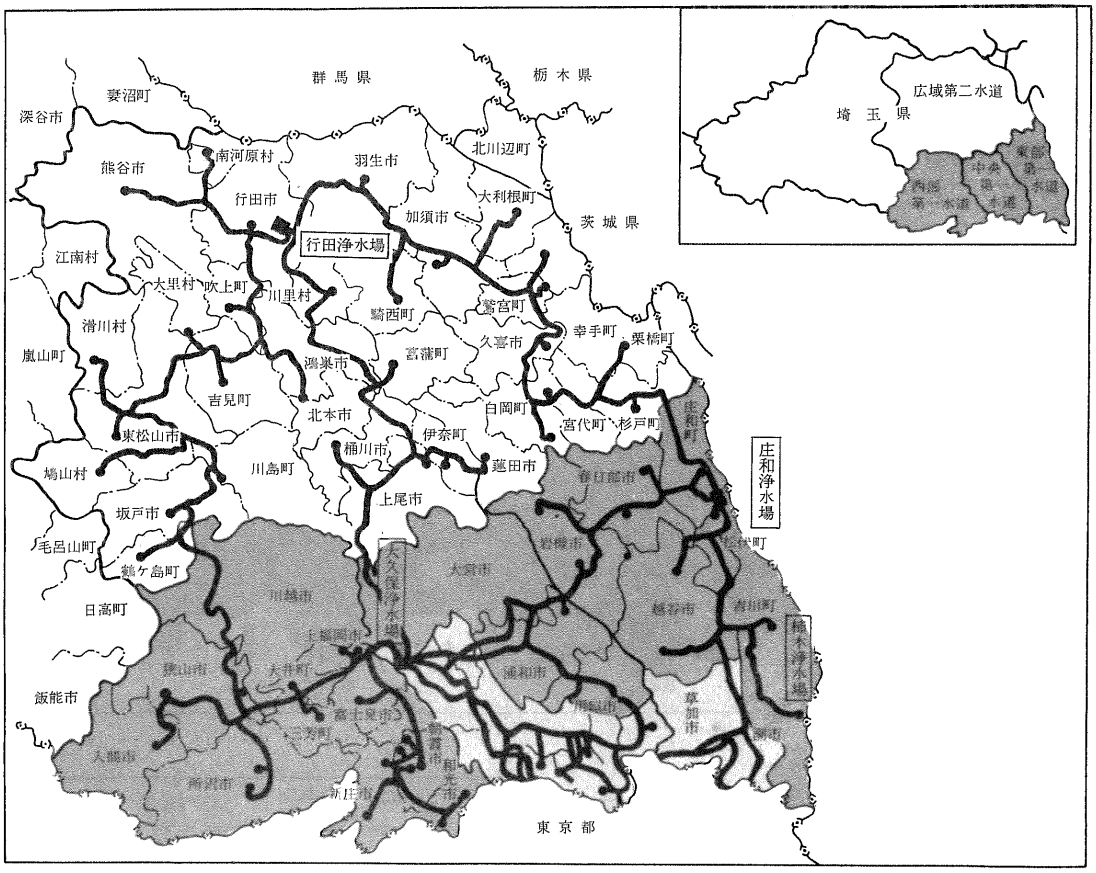


現時点から見ると表流水転換の成果への評価は増大する水需要に対応することはもちろんのこと、十分所期の効果が発揮されており、また地盤沈下防止上の役目も地盤沈下観測表を見てもわかるように、県営水道供給開始の昭和43年をピークにして、遂次漸減傾向を経た後、近年に至っては一部を除きほとんど地盤沈下停止にまで至っている。県土を守る県営水道の使命、貢献度は非常に高いものがあるといわざるを得ない。

中央、東部、西部それぞれの第１水道区域への第１段階の使命を果したものの、他方第１地域外の所謂、埼玉の北部地域を見ると第１地域の初期と同様な現象が随所に見られ、特に大規模公団住宅団地を抱えた地区には特に顕著に現われている。

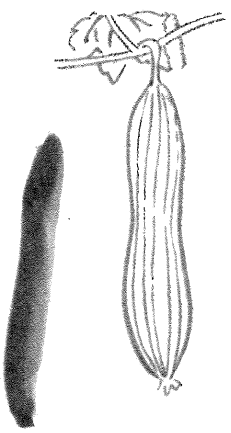
このようなことから、昭和75年を基本構想とした北部水道広域圏の県営水道用水供給事業を策定し、そのうち中間目標年次を昭和60年とした広域第２水道用水供給事業の建設に着手し、本年が第２年目に入っている。その概要は表の通りである。

項目＼事業別	広域第２水道
浄水場	行田浄水場
建設開始年月日	52．2．10
完成（予定）年月日	(61．3．31)
供給開始(予定)年月日	(53．4．1)
総事業費（千円）	95,000,000
1㎥当り建設単価(円)	237,500
計面施設能力（㎥/日）	400,000
送水管路延長（m）	(228,750)
水源	農水合理化・奈良俣ダムその他
給水団体数	29 （９市13町５村２企業団）
給水対象	上尾市・蓮田市・久喜市・行田市・鴻巣市・東松山市・熊谷市・加須市・羽生市・桶川北本(企)・坂戸鶴ヶ島(企)・伊奈町・宮代町・杉戸町・白岡町・吹上町・菖蒲町・吉見町・鷲宮町・幸手町・川島町・栗橋町・騎西町・大利根町・川里町・滑川村・大里村・鳩山村・南河原村
計画給水人口（人）	1,475,000



以上、埼玉県営水道のおかれた姿、歩みを概略紹介したが、他都府県でも同様打開の至難さを余儀なくされている。水源の問題、あるいは河川の水質悪化、建設費の高騰、水道財政と料金等々、多くの問題を抱えている。

しかしながら、県民が等しく望んでいる安定した水道のため、あらゆる困難を打開し、水道を通じ県民への福祉向上へと歩を進めている次第である。

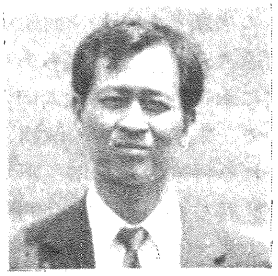


ダクタイル鋳鉄管第22号

昭和52年5月

技術レポート❶

シールド内ダクタイル鋳鉄管の配管施工法について



東京都下水道局第５建設事務所主任監督員
塚越　剛

Ⅰ．はじめに

東京都は、１日も早く区内の下水道を完備すべく日夜その建設に努力しているが、計画通りに進まず、昭和52年３月末の区部の普及率は65％と推定される。

一方、下水道管渠工法の変遷を見ると、昭和30年代は開削および推進工法が大部分であり、推進工法は特殊工法とされ、鉄道や河川の横断などにおいて施工された。

シールド工法は37年にはじめて採用され、その後多くの幹線工事に導入されて、今日の下水道幹線工事の主流となってきている。そしていまや、シールド工法は下水道、上水道から電々、地下鉄に至るまであらゆる分野で採用され、都市における建設工事において不可欠のものとなってきた。

今回は、シールド工事によって完成したトンネル内部に汚水圧送管φ１,800㎜、送泥管φ700㎜２列を配管した工事の施工経過を報告したい。

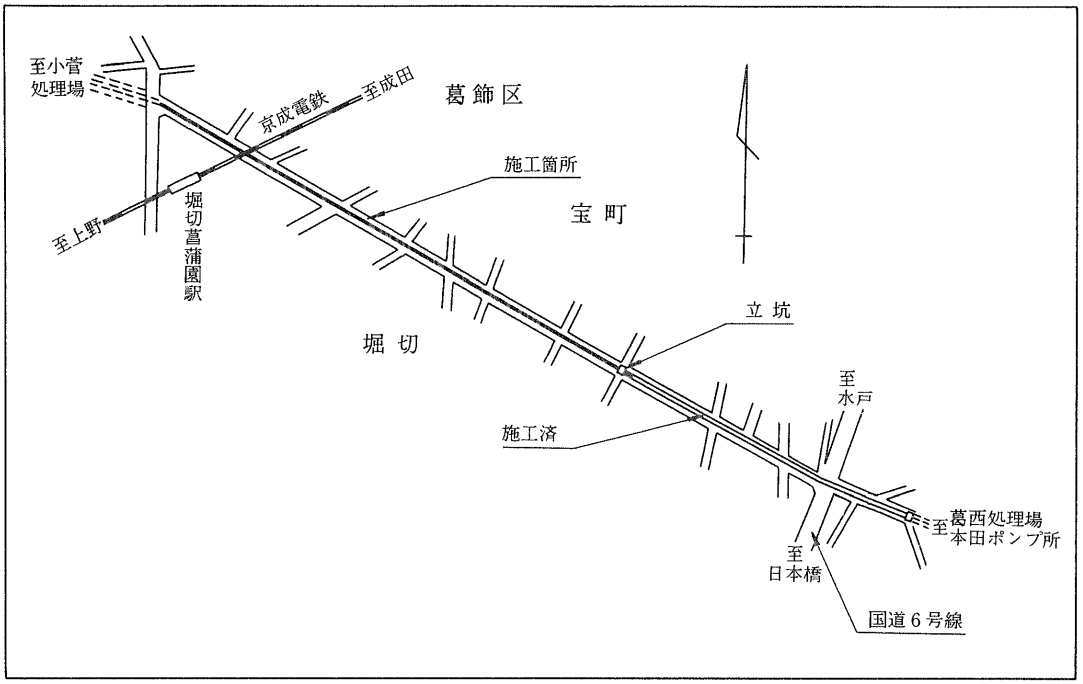
Ⅱ．工事概要

この工事は、小菅処理区域の葛飾区南部約44haの下水を堀切ポンプ所に導く、綾瀬川幹線（内径４,000㎜）の内部にダクタイル鋳鉄管を配管する工事である。

汚水圧送管は、本田ポンプ所より小菅処理場まで、汚泥圧送管は、小菅処理物より葛西処理場までの配管工事を行ったものである。

当初計画では、都道308号線道路に堀切幹線（φ３,100㎜）、綾瀬川幹線（φ２,100㎜）、送泥管（φ700㎜２本）を別々に占用して施工する計画であったが、交通量の増大による警視庁および道路管理者の難色、地元住民の感情などから、下水関連を同一断面に収容するのが最善の策との結論に達し、幹線の断面を

図－1　施工図



4,000mmとして施工することが決定された。

企業者：東京都下水道局

施　工：鉄建建設株式会社東京支店

工事件名：綾瀬川幹線内配管その1工事

施工場所：葛飾区堀切3、5丁目、宝町地先

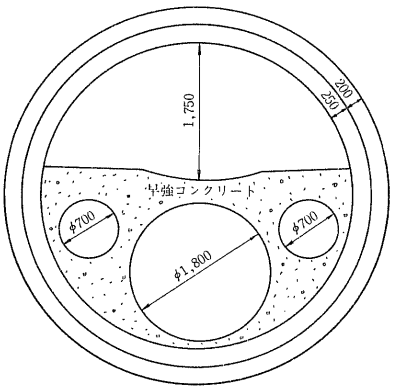
工　期：自昭和50年12月5日
至昭和52年3月31日

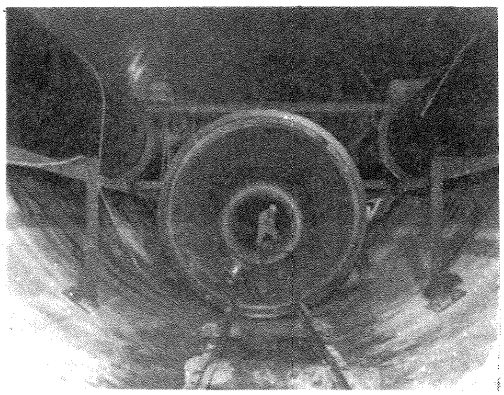
工事内容：汚水圧送管　φ1,800mm（ダクタイル鋳鉄管、モルタルライニング鋼管）
送泥管　φ700mm（ダクタイル鋳鉄管、亜鉛メッキ鋼管）
インバート築造工
空気弁室設置工
特殊人孔設置工

Ⅲ．施工方法

仕上り内径φ4,000mmのシールド内にφ1,800mmU形ダクタイル鋳鉄管（汚水圧送管）、φ700mm×2本K形ダクタイル鋳鉄管（汚泥送泥管）を配管（一部立坑内鋼管）し、コンクリートを打設し、上部1,750mを枝線とする工法である。

図－2　配管継面図



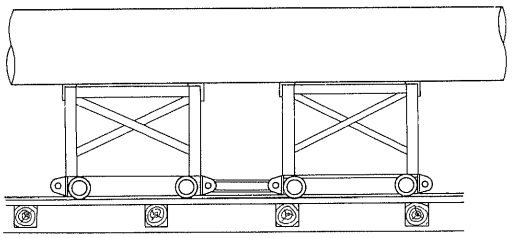


写真－1　配管状況

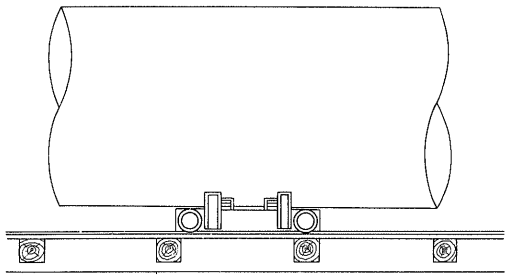
1．設備工

シールド内に、管運搬用軌条（軌条巾 610 mm）を布設後、φ700mmダクタイル管の管受台（後述）を設ける。φ700mmはシールド底面より1.13m持ち上げて配管しなければならないので、φ1,800mmを含めて特殊な台車にて運搬する。

図－3－1　φ700mm台車図



図－3－2　φ1,800mm台車図



2．シールド内運搬工

ダクタイル鋳鉄管を立坑よりクレーンでシールド内に吊り下げ、管運搬用台車のうえに据付ける。

坑内運搬用バッテリーカーと台車をけん引棒にて連結し、所定の位置まで運搬する。

3．φ700mm×6,000mm 2列K形ダクタイル鋳鉄管（汚泥送泥管）配管

K形継手は、A形継手と類似の構造であるが、ゴム輪の先端部に丸ゴム部があるので、接合要領も少し異なる。

(イ) φ700mm管仮受台

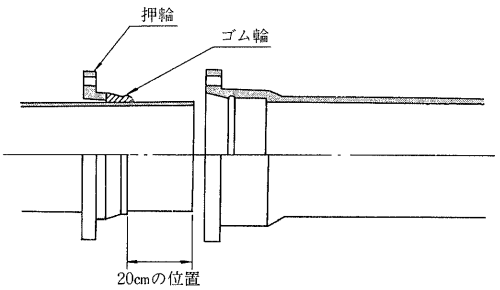
L 75×75×9のアングル部材を使用し3mピッチで設ける、アングルは6本のカットアンカーにて受持ち、浮力防止筋も受ける。

(ロ) 接合工

受口内面および挿口外面の端面から約40cmの間に付着している油、砂、わらくずその他の異物をきれいに取り除き、押輪をきれいに掃除して挿口に挿入する。

挿口外面および受口内面およびゴム輪に石鹸水（水1ℓに対して石鹸60g）を塗布し、ゴム輪を挿口に端面から20cmくらいの位置になるように入れる。

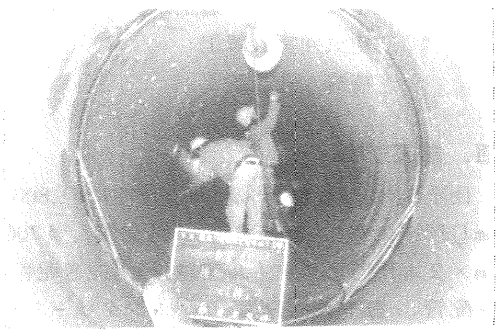
図－4　φ700mm K形ダクタイル管継手図



受口、挿口の挿入には特殊台車および手動ジャッキなどにて徐々に挿口を受口に挿入する。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ゴム輪を同時に受口に向け、手で押し込む。ゴム輪の押込時はタガネなどでゴムを叩いたり押したりするとゴムを傷つけるので注意する。

押輪をセットし、管のボルト孔と押輪のボルト孔の中心を合わせ、押輪と挿口外面の間に楔を入れて、その隙間を均等にする。

ボルトを入れナットをラチェットレンチ、スパナなどで固く締付ける。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略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



写真－2　接合、ボルト締め状況

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満遍なく行った。

全部のボルト・ナットが規定のトルクに達しているかを順次確認し完了した。φ700㎜管のボルト締付けトルクは14㎏-m以上である。

4．φ1,800㎜×4,000m U形ダクタイル鋳鉄管（汚水圧送管）配管

(イ) 配管方法

U形管の接合方法としては、すでに接合されている管の受口に挿口を挿入しては1本ずつ接合していく方法。

すでに接合されている管の挿口に受口を挿入しては1本ずつ接合していく方法。

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、その後「継手施工」を順次行う方式などがある。ただ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。また管路を曲げて布設したい場合は、

まっすぐに接合しておいてから曲げる方法。

曲げた状態で接合する方法。

などがある。

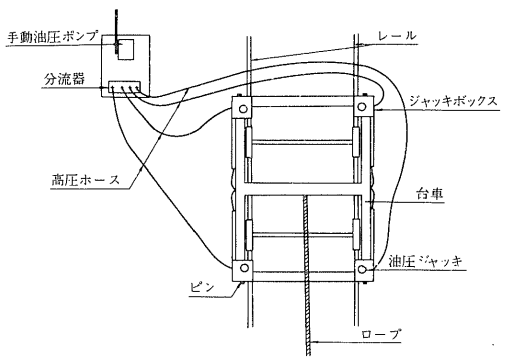
(ロ) トンネル内布設工

運搬、芯出し兼用特殊台車はバッテリーカーによってけん引して行くが、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ほかに石鹸水およびスパナなど、工具類も入れておけば接合時に楽である。

(ハ) U形ジョイント用特殊台車

図－5　φ1,800㎜U形ジョイント用特殊台車



台車は、トンネル内など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。

〔運搬機構〕

4車輪式であり、バッテリーカーでけん引して行く。

〔芯出し機構〕

台車の四隅には、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おこすことなく、1人で遠隔手動操作によって簡単に上下、左右、斜め方向に自由自在に位置を移動および曲げることが可能である。

したがって、立体的な芯出しが可能で、微動調節もでき、クレーン、チェーンブロックなどによる芯出し作業より簡単、かつ確実な作業が行える。

〔ジャッキ位置低下機構〕

挿口を受口に挿入し配管して行く方式においては挿入完了後、受口部を台車が通る時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。

〔移動防止機構〕

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、接合時管の抜出しが防げるようになっている。

また台車のバックを防ぐため、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。

(ニ) 管据付工

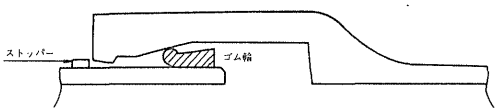
所定の位置、すなわち管接合個所に到着したら、4本のジャッキにて管を上昇させ、挿口を受口へ挿入するよう操作をし、芯出し作業が完了した後手動ジャッキに受けなおし、

ロープを引いてジャッキをジャッキボックスに落し、台車を引き抜き、レール、枕木を撤去後、手動ジャッキを下げて、規定胴付寸法を検査し挿入を完了する。

(ホ) 接合工

受口、挿口の挿入前に挿口外面、受口内面およびゴム輪にドロドロの濃い石鹸水(1ℓに対し石鹸60g)を塗布しておく。次に受口、挿口を挿入し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。

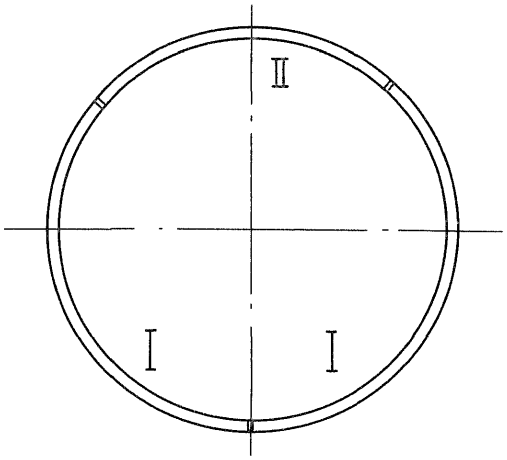
図－6　ゴム輪の挿入図



割輪(3つ割)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を管軸方向に滑らせ、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6mm）をピースⅠ－Ⅰの間に挿入する。

図－7　割　　輪

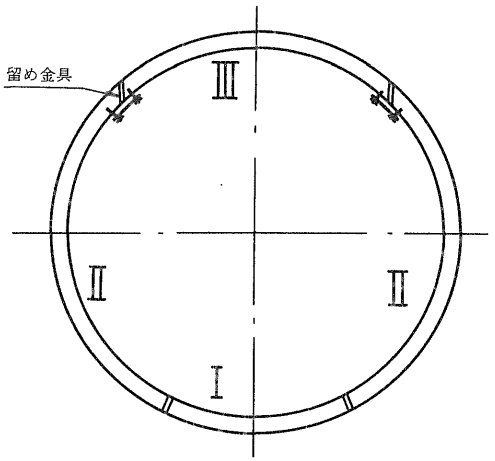


ボルトをねじ込んである押輪(4つ割)を下から順次挿入し、Ⅲが下に落ちないように留め金具で固定する。

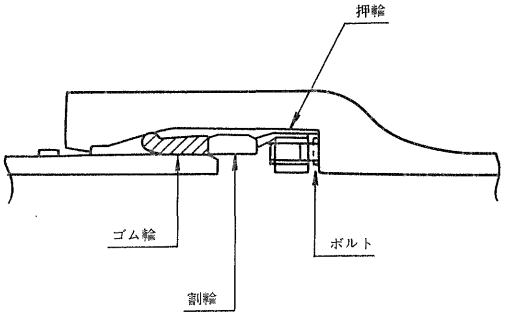
押輪を挿入した直後では、ゴム輪、割輪、押輪の位置関係は図－9のようになる。

押輪のボルトの一部（3本に1本程度の割合）をスパナで逆回転させて、35mm～40mm程

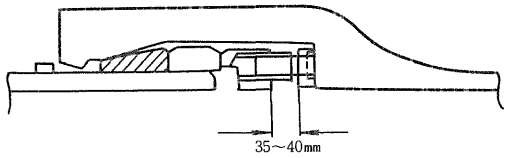
図－8　押　　輪



図－9　ゴム輪、割輪、押輪の位置関係



図－10　押輪のボルトネジ出し



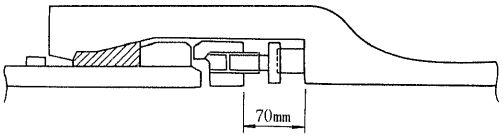
度押輪からねじ出し、ゴム輪を奥に押す。

また、ねじ出していないボルト頭部皿に継ぎ棒を挿入取付ける。継ぎ棒を取付けたボルトを少しねじ出して、はじめのボルトを一旦ねじ込み、この頭部に継ぎ棒を取付け、全ボルトの継ぎ足しを完了する。

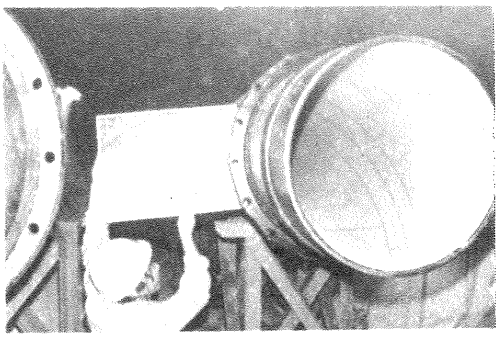
ねじ出し間隔が上下、左右均等になるように注意しながら全ボルトをねじ出し、押輪と受口の底部の間隔が規定の長さ(φ1,800mmの場合は70mm）になれば締付けを完了する。ただし、規定の長さまで締付けにくい場合は、所定のトルク(φ1,800mmの場合は14kg-m)に達した時、締付け完了とする。

この継手は、K形継手とゴム輪の方向が逆になっており、ゴム輪が所定の位置に押し込

図－11　接合完了の状態



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出そうとする。したがって、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する。



写真－3　押口、ゴム輪セット状況

締付け時の管の抜出し移動を抑えるためにはワイヤー、またはテンションバーですでに配管を終った管と接合しようとする管を固定する方法をとる。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ことができる。

U形継手の許容屈曲角は

1,800×4,000mm　許容屈曲角　1度

となっている。

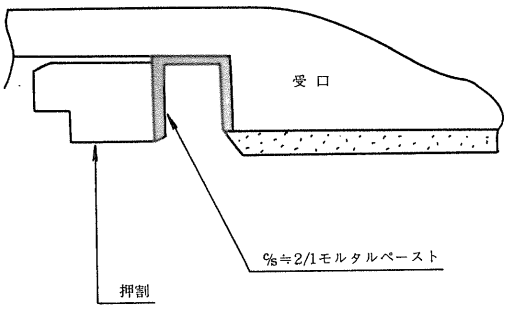
(ハ) モルタル充填

押輪と受口胴付きの間、すなわちボルトの露出位置は防食対策と内面を平滑にする目的でモルタルを充填する。まず、全面に$\frac{C}{S} \geqq \frac{2}{1}$、$\frac{W}{C} \fallingdotseq 0.35 \sim 0.4$ のセメントモルタルを手またはハケで円周の適当な範囲（モルタルペーストが乾き切らない範囲）を塗布する。

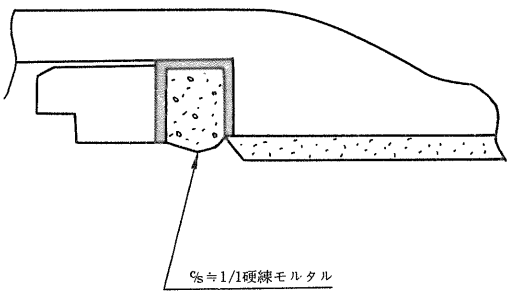
次いで$\frac{C}{S} \fallingdotseq \frac{1}{1}$、$\frac{W}{C} \fallingdotseq 0.2$ のモルタル（手で握りしめて、やっと形が保たれる程度の硬練りモルタル）を団子状にして、この隙間に手で押し込む。

ハンマーでモルタル面を叩き、十分に突き

図－12　モルタル充填(1)

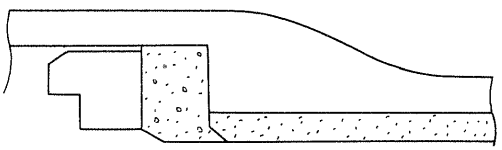


図－13　モルタル充填(2)



固めをし、その表面をコテで仕上げて完了する。

図－14　モルタル充填完了(3)



以上の作業を全周におよぼす。ハンマーで叩いて突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いく。

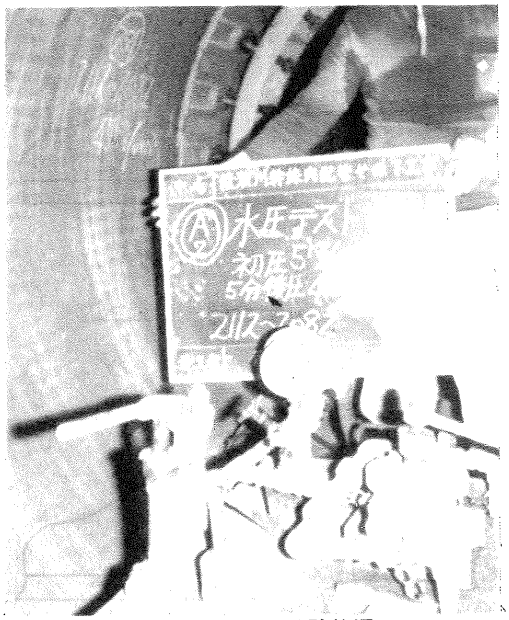
5．水圧試験

水圧試験は、各継手内面にテストバンドを取付け、原則として5 kg/cm²の水圧を5分間保持し、4 kg/cm²以上あれば合格とした。

6．浮力防止工

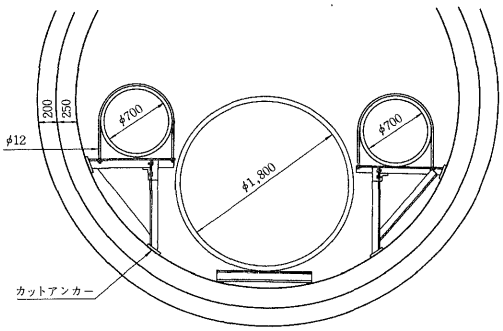
φ700mmダクタイル鋳鉄管の浮力防止筋はD12mmを使用し、ダクタイル管を抱き込み、両先端を管受台のアングル（3mピッチ）に固定した。

φ1,800mm浮力防止は、2次覆工のコンクリートにカットアンカーにて受材を設置し、D19mm筋にてダクタイル管を抱き込み両先端を



写真－4　水圧試験状況

図－15



受け、緩みはターンバックルで締付けた。

φ1,800mm×4,000mダクタイル管の1本当りの総重量は4.6トンあり、一端に約6トンの浮力がかかることになり、パイプサポート2本、枕木を逆八の字で受け浮力に対処した。

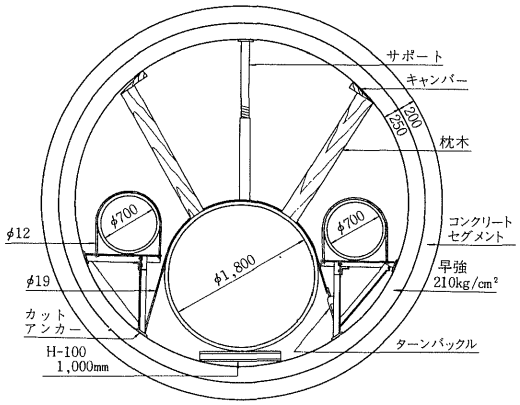
7．コンクリート打設

コンクリート打設は、1回で上部まで打設することは浮力などで困難なことから、4回に分けて打設することにした。

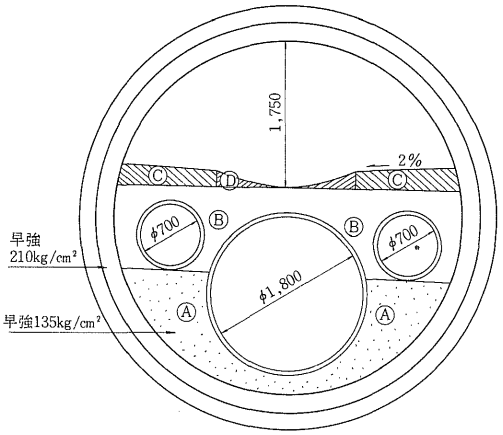
第1回打設はφ700mmダクタイル管の下端までとした。φ1,800mmの浮力防止にはサポート、枕木、浮力防止筋で対処しているが、打設時に万が一管が浮くと補修が困難となるためである。

第2回は、φ700mmダクタイル管の上端まで打設した。この時点では、φ1,800mmの浮力は

図－16　浮力防止工



図－17　打設区分



なくなっているので安全である。しかし、φ700mmの浮力については注意しなくてはならない。

第3回は、左右肩の部分を打設した。型枠は角材およびメタルフォームで分け、鉄筋または胴梁で固定した。

第4回は型枠撤去後、インバートの部分の打設および仕上げを行った。

Ⅳ．立坑内配管工(φ1,800mm、φ700mm鋼管)

立坑内は、φ1,800mmモルタルライニング鋼管、φ700mmは亜鉛メッキ鋼管とし、日本水道協会規格、そのほか関連諸規格にて証明されたものを使用した。

シールド2次覆工と立坑床版まで、φ1,800mmは1.16m、φ700mmは1.63mの段差があるこ

とから、ダクタイル管の受台を設置した。

1．受台設置工

φ1,800㎜の受台は、H＝150およびH＝150×100の異形鋼材を3ｍピッチで鳥居形に組みカットアンカーにて固定させ、配管、浮力防止筋を設けた。

立坑内については軽量コンクリートにて打設し、立坑中間に隔壁を設け、片側を機械室とするため、コンクリートの打設は操作台のみである。

φ700㎜の受台は、L＝100を使用し2種類製作した。第1は高さ1.63ｍの受台を10ヵ所第2は高さ0.23ｍの受台で11ヵ所設置したものである。これはダブル配管されているため、立坑内で段差をつけたものである。

2．バタフライ弁

φ1,800㎜には1ヵ所のバタフライ弁を設置する。このため特殊な受台を製作しなくてはならない。

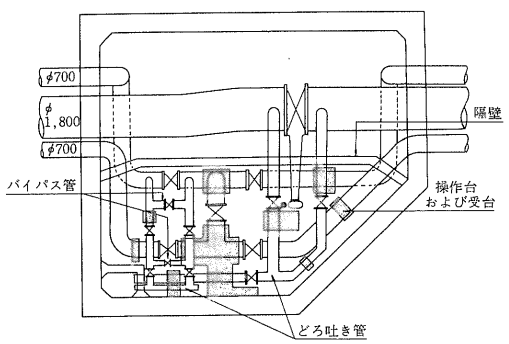
プレートを加工し、長さ2.00ｍ、高さ1.15ｍ、幅53.8㎝の受台を設けバタフライ弁を設置した。

φ700㎜のバタフライ弁は5ヵ所設置し、受台は異形H鋼を使用し、長さ0.80ｍ、高さ1.46ｍ、幅0.40ｍの受台を3ヵ所設け、残り2ヵ所はコンクリート基礎とし設置した。

5ヵ所のバタフライ弁中2ヵ所（小菅処理場側）には弁の開閉の補助をするためにバイパス管を設けた。

このほかに、φ400㎜、φ250㎜のどろ吐き管およびφ1,800㎜、φ700㎜より空気弁を6ヵ所設置した。

図－18　立坑内配管



3．溶接工

溶接施工に先立ち、従事する溶接工の経歴書、写真および資格証明書を提出させ、JIS Z 3801に定めるN-3P以上であるかを確認し施工した。

(イ)　溶接棒

溶接棒の種類は、被覆剤の系統により分類され、規定されている。溶接棒はJIS Z 3211（軟鋼用被覆アーク溶接棒）の規定に適合したものを使用し、常時乾燥状態に保つよう適正な管理を行った。

溶接棒は、恒温乾燥器中に300℃前後で1時間以上保持した後、適当な保温容器に入れて作業現場に持込み、これより1本ずつ取り出して使用した。

(ロ) 溶　接

溶接部は十分乾燥させ、さび、その他有害なものはワイヤブラシその他で完全に除去、清掃してから溶接を行った。

溶接の際は、管相互のゆがみを矯正し、過度の拘束を与えない程度で正確に据付けて仮溶接を最小限度に行い、本溶接の場合支障のないようにした。また溶接の際発生するスパッターなどによりライニング面を傷つけないよう十分注意し、ビートの余盛りはなるべく低くするように溶接し、最大2㎜を標準とした。

溶接は各層毎にスラグ、スパッタなどを完全に除去、清掃のうえ溶接を行い、開始したらその一層が完了するまで連続し、内外面ともゆがみを生じないよう、対称位置で同時に行った。

裏溶接を行う場合は、外面より溶着金属が完全に表われるまで、裏はつり（ガウジング）を行った。

屈曲個所における溶接は、その角度に応じて管端を切断した後開先を規定寸法に仕上げてから行い、中間で切管を使用する場合もこれに準じて行った。

溶接は、原則として路線の一方向から遂次行い、仮付け溶接後はただちに本溶接するが、仮付け溶接のみが先行する場合は連続3本以内とした。

Ⅴ．鋼管塗覆装工事（セメントライニング、コールタールエナメル塗覆装）

コールタールエナメル塗覆装は、JIS　G 3492（水道用鋼管コールタールエナメル塗覆装方法）に準拠して行った。

(イ) コールタールプライマー（日鉄プライマー JDP-401を使用）

プライマーの指触乾燥時間は4時間以内とする。

(ロ) コールタールエナメル（日鉄エナメルJJ—3125使用）

塗覆装に使用する塗料は、JIS　G 3492規格に適合するエナメルで、原則としてその管の工場塗装に使用したものと同じ製品とした。

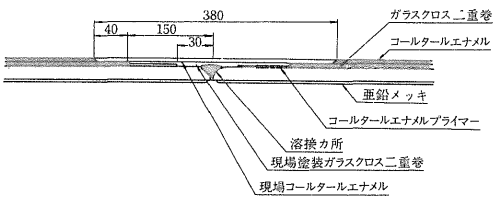
(ハ) ガラスクロス

ガラスクロスは、工場塗装に使用したものと同じ製品を使用した。

1．塗覆装工

塗覆装は、水素ガスの有無を確認してから行い、塗装を施す前に泥、スラグ、その他の異物を完全に除去し、覆装材のラップはクロス巾の2分の1に25mm加えた長さとした。

図—19　コールタールエナメル塗覆装



2．X線検査

鋼管の溶接部をX線の透過写真による試験方法で、透過写真の等級分類を行うものである。

放射線装置、感光材料、撮影用具および観察用具は、溶接部の試験される部分の欠陥を明りょうに表わす透過写真を撮影し、これを観察できる性能を有するものでなければならない。

透過写真は、原則として試験部の透過する厚さが最小になる方向から放射線をあてて撮影する。ただし、この方向では撮影ができないか、または不適当な場合には、それぞれに適した方向から放射線をあてて撮影してもよい。

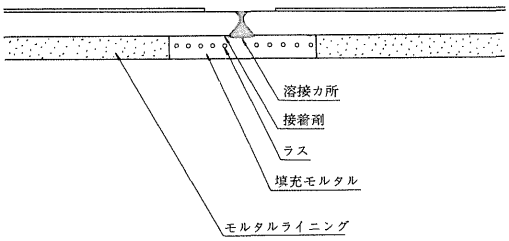
不合格となった溶接個所は入念に除去し、開先そのほかの検査をしてから再溶接し、再び透過写真にて検査をする。

当工事でも規定にそって透過写真による検査を行い、X線の合否はJIS　Z　3104—1968の3級以上であれば合格とした。

3．モルタルライニング

モルタルライニング施工は、まず施工個所を落錆し、次に接着剤を塗布し、補強用ラスをスポット溶接した。充填モルタルは、普通ポルトランドセメントと硅砂を混練したものを使用した。

図—20　モルタルライニング



Ⅵ．むすび

当工事では、シールド内部の施工性を考慮してK形ダクタイル管（φ700mm）U形ダクタイル管（φ1,800mm）を採用したが、継手工事は順調に進捗し、所期の目的を達することができた。施工後の検討では下記のような点が今後の課題となろう。

(1)　配管工事完了後、ダクタイル鋳鉄管、コンクリート、シールド自体の各重量によるシールド2次覆工に亀裂が生ずることがあるので、その対策を講じなければならない。

(2)　坑内が狭いため、曲線半径が小さい場合はφ700mm管受台が管運搬時に支障となるため、先行ができない。

(3)　坑口はなるべく大きくし、管の吊り下しが水平になるようにしたい。

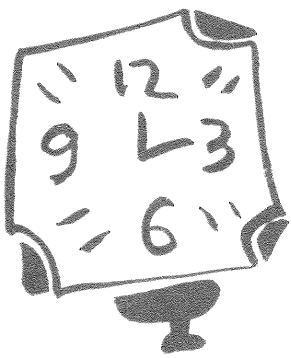
(4)　ダクタイル鋳鉄管、バタフライ弁など、重量物を取扱うため、事前に吊り金具を取付けてあれば、上下、左右の移動が便利である。

などがあげられる。

技術レポート ❷

耐震継手形ダクタイル鋳鉄管の布設について

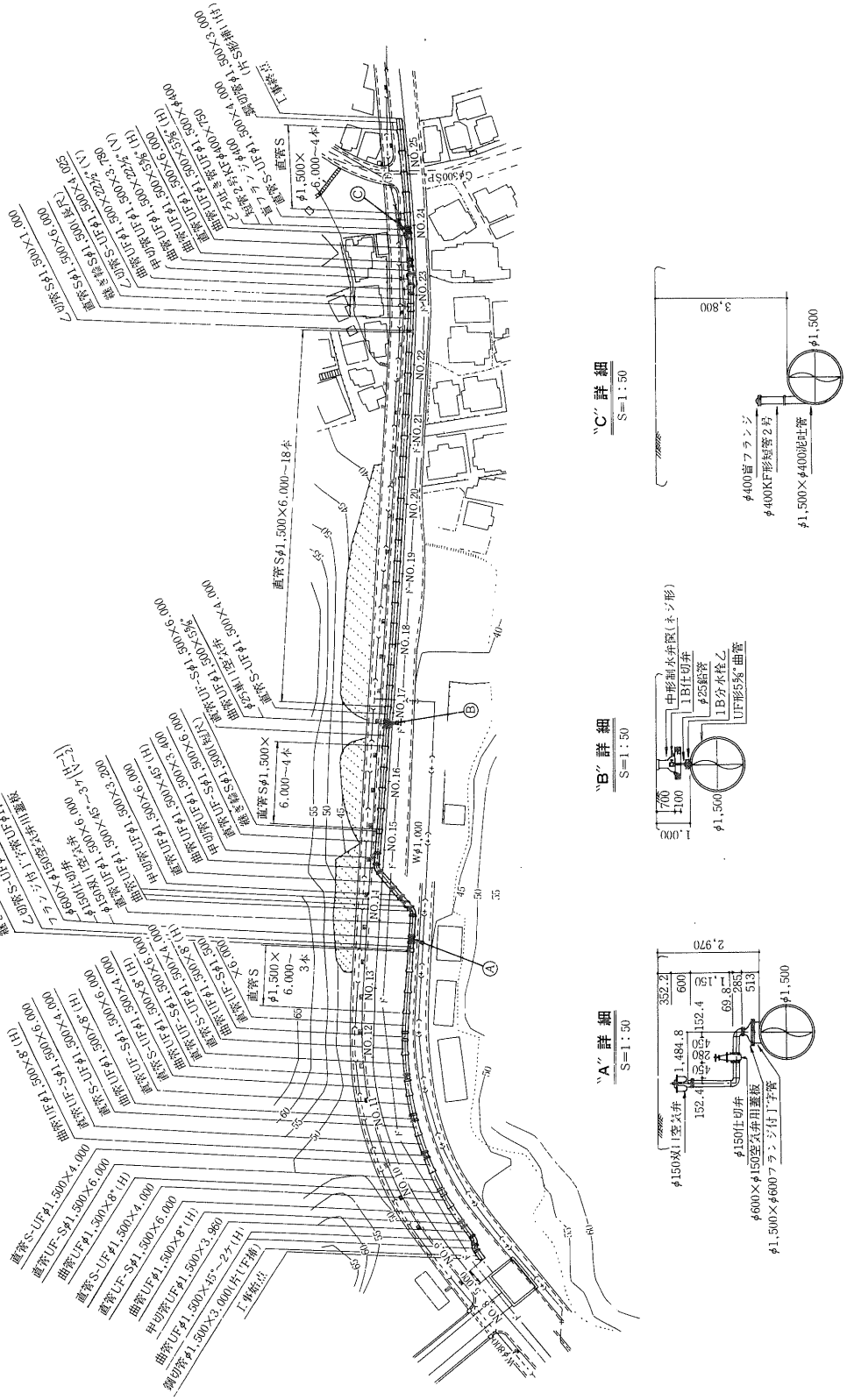
横須賀市水道局建設課拡張係
斉藤　裕



1．はじめに

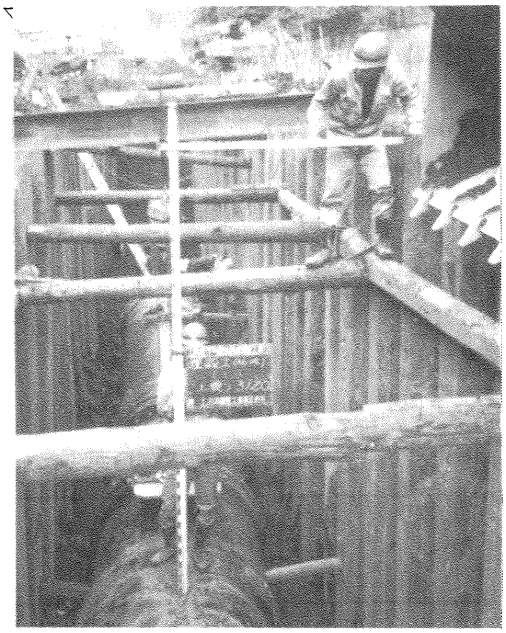
横須賀市は、神奈川県中央部より東南へ突き出した三浦半島の根元に位置し、昔から軍港として知られ東西が海に面し、背後は起伏に富んだ丘陵地で緑が多く生活環境にも恵まれ、首都東京に陸路55km、海路25カイリ(46.3km)にあり面積99km²、人口約40万人の中都市である。本市は水資源に乏しく、東南部の走水に湧水がわずか2,000m³/日しかないため、そのほとんどは相模川水系から遠路導・送水管により送られているのが現状である。本市には工業用水がなく、石油ショック以来総配水量は横ばい状態であるが、首都東京の背後地として流入人口も多く下水の普及などによる文化生活の向上に伴い、生活用水は年々増加している。このため旧市街地の下町地区(市東部)は年々圧力の低下が目立ち、将来は100,000m³/日の使用量が見込まれるため、逸見配水池から汐入、大津地区に至る延長8.7kmの下町地区配水幹線を計画し、現在その一部3.3kmを施工中である。以下内径1,500mmS形ダクタイル鋳鉄管の施工結果について述べる。

図―1　平面図


"A" 詳 細
S=1:50
"B" 詳 細
S=1:50
"C" 詳 細
S=1:50
NO.1
NO.25
直管S φ1,500×6.000−18本
直管S φ1,500× 6.000〜3本
直管S φ1,500× 6.000〜4本
工事終点
工事始点
φ1,500
φ400盲フランジ
φ400KF形短管2号
φ1,500×φ400泥吐管
3,800
φ150仕切弁
φ150空気弁用蓋板
φ600×φ150空気弁用フランジ付丁字管
φ1,500×φ600フランジ付丁字管
2,970
1,484.8
152.4
280
69.8
285
513
352.2
600
150
1,000
700
100
中形制水弁院(キシ形)
1B仕切弁
φ25鉛管
1B分水栓ム
UF形65%曲管

2. 配水管布設の概要

1.工事件名　下町配水幹線布設工事(1)
下町配水幹線埋設工事(1)



写真－1　配水管布設状況

2.布設場所　横須賀市池上７丁目4183番地～
同市池上６丁目３番地先

3.口　　径　1,500㎜

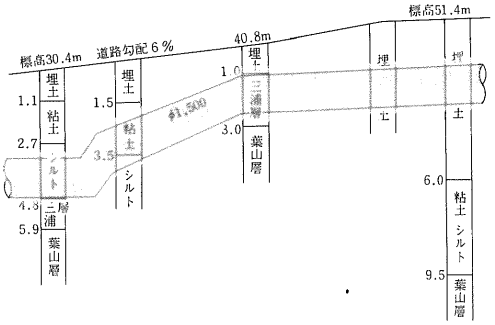
4.延　　長　339m

3. 地形および地質

地形的には、ほぼ全体に谷部に属するもので谷が深く、かつ鹿の角状に侵食されている。地質は第三紀の泥岩層を基盤として上部に洪積、沖積の第四紀の地層が堆積している。三浦半島全般は、新第三紀、中新世の葉山層郡が基盤であり、これを同じく中新世後紀の三浦層郡が覆っている。これらの地層は三浦半島を斜めに横切って、北より三浦層群帯－葉山層群帯を繰返して構成し、三崎に達している。本工事地域はこの中もっとも北寄りの葉山層に位置し、一部に砕石として採掘される比較的硬い泥質部、砂質部、礫質部の各部分が不規則に入り混り、成層せず塊状である。

本路線上に堆積している土質はシルトおよび粘土で、雨水が浸透して自由水として流水するが量は乏しい。

図－2　路線堆積土質図



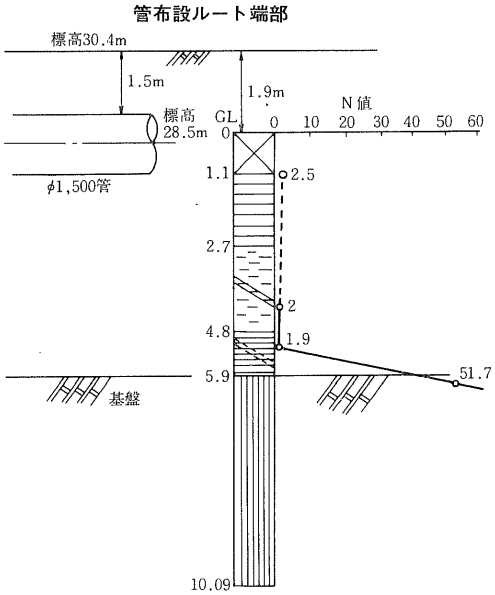
4. 管路の布設

最近特に騒がれている直下型地震、または関東大震災級の地震に対処するためＳ形ダクタイル鋳鉄管を採用した。Ｓ形ダクタイル管のＳとはSeismae, Seismic（地震の）の頭文字である。地震による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、以下により設計をし布設を行った。

設計計算

管が埋設されるルートのボーリング結果を参考にして、地盤の標高差から考えて管埋設ルートにおける基盤の深さを－7.9mと想定した。

図－3　基盤想定図
管布設ルート端部



(1) N 値

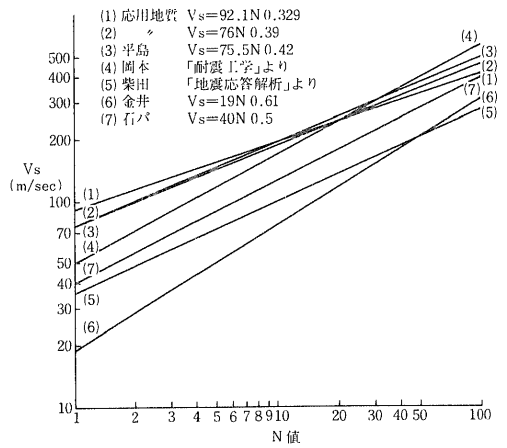
平均N値が基盤まであると仮定する。

平均N値＝2.13　　∴N値＝2.0とする。

(2) 地震波の伝播速度Vs

埋設を予定されている地盤における地震波の伝播速度は、P.S.検層などで実測して求めるのが正確であるが、実測できない場合の簡便な方法として図－4に示すようなN値－Vsのグラフがある。

図－4　N値－Vsの関係



このグラフではバラツキがあり、決定的なものはないが、応用地質の式が豊富なデーターから求めたものであり、一応の目安となるものと思われるが、ここでは岡本博士「耐震工学」の式からVsを求めることにする。

N 値＝2.0の場合　Vs＝70m/sec

(3) 基盤の深さ H

H＝7.9m とする。

(4) 卓越周期 T

$$T=\frac{4H}{Vs}=\frac{4\times7.9}{70}=0.451\text{sec}$$

(5) 最大加速度 A

75年の地震動の限界加速度分布の期待値から

A＝400gal とする。

(6) 地盤の最大歪 ε

$$\varepsilon=\frac{1}{2\pi}\cdot\frac{T\cdot A}{Vs}=\frac{1}{2\pi}\times\frac{0.451\times400}{7,000}=4,101\times10^{-6}$$

(7) 継手の最大伸縮量 e

$$e=\varepsilon\ell=4,101\times10^{-6}\times6,000=24.6\text{mm}$$

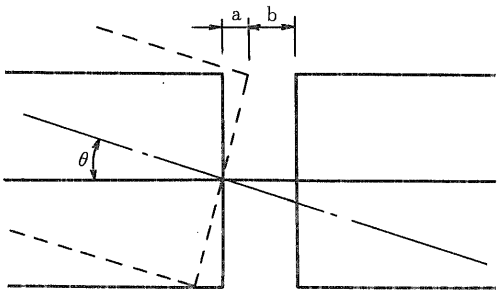
(ℓは管1本の有効長である)

(8) 継手の選定

地震時の継手の伸縮量は、±24.6mmである。一方、K形、U形、S形の伸縮余裕量は口径1,500mmではそれぞれK形±36mm、U形±42mm S形±80mmである。したがって継手の伸縮量に対する安全率はそれぞれK形1.46、U形1.71 S形3.25である。なお施工時にS形継手部で曲げ配管を行った場合には許容曲げ角度はθ＝1°30′

θ＝1°の時　a＝13.6mm　b＝66.4mm

図－5　曲げ配管時の状態



したがって伸縮量に対する安全率は2.7

θ＝1°30′の時　a＝20.3mm　b＝59.7mm

したがって伸縮量に対する安全率は2.42、このようにK形、U形では安全率が2を下回ることになるが、S形継手では十分余裕があるので地盤沈下、曲げ配管などに対しても余裕がある。さらに本設計は、地盤の弾性変形を対象として行ったものであるが、この状態を越えてもS形管は鎖構造管路として耐える。したがって直線部にはS形継手を使用するものとする。なお地盤が弾性変形の範囲内では継手には応力が発生しない状態となる。

(9) 管が発生する応力 σp

$$\sigma p=\frac{\pi Dfd\cdot\ell}{2Ao}\qquad fd=\mu\gamma Hm=0.5\times1.6\times10^{-3}\times225\times0.85=0.153\text{kg/cm}^2$$

$$\therefore\sigma p=\frac{\pi\times155.4\times0.153\times600}{2\times868.6}=25.8\text{kg/cm}^2$$

したがって口径1,500mm3種管に発生する軸方向応力は26kg/cm²とダクタイル管の引張強さ

4,000kg/cm²にくらべて小さく十分安全である。

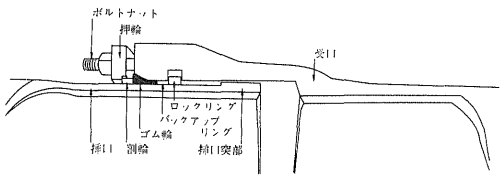
⑽ 地震時の継手部の屈曲角α

$$\alpha=\frac{\ell\cdot A}{V^2}=\frac{600\times400}{7{,}000^2}=4{,}898\times10^{-3}\,\mathrm{rad}=16.8'$$

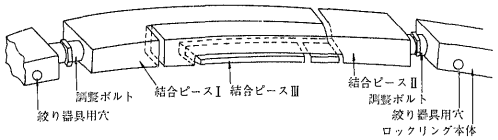
したがってS形継手の許容曲げ角度にくらべて小さく問題はない。

5. S形継手の特長

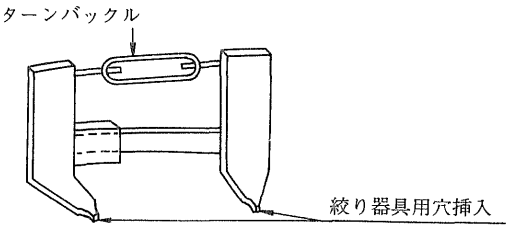
図－6　1．構造



2．ロックリング結合部の構造



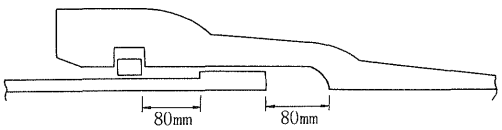
3．ロックリング絞り器具構造



1．大きな伸縮代

伸縮代は、管長±1％、これに曲げ配管時の曲げ余裕を加えて設計されている。したがって規定の胴付間隔で真直に接合した場合6m管で±80mmの伸縮が可能であり、また長尺継ぎ輪を用いれば±550mmもの伸縮代を設けることができる。

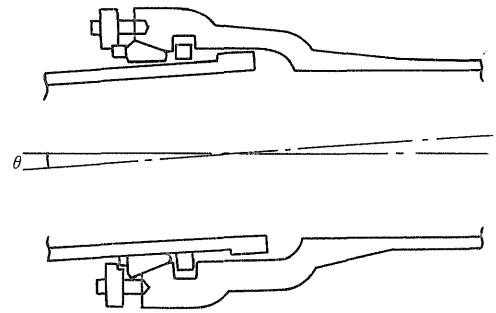
図－7



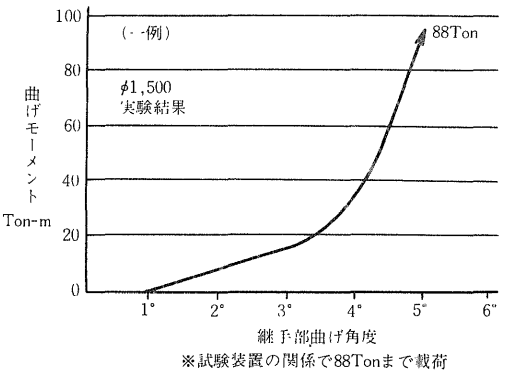
2．屈曲角

配管時の許容曲げ角度は、K形継手とほぼ同じ(1°30′)である。また継手に曲げモーメントが加われば、さらに大きな屈曲角まで曲がる。

図－8　(1)



(2)

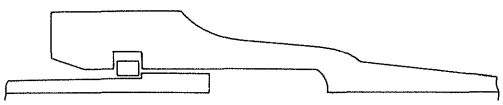


※試験装置の関係で88Tonまで載荷

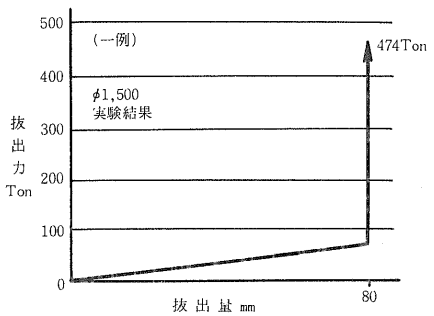
3．離脱阻止機構

ロックリングにより受口と挿口がロックされて、容易に抜出さない構造であり、きわめて大きな抜出力にも耐えることができる。

図－9　(1)



(2)

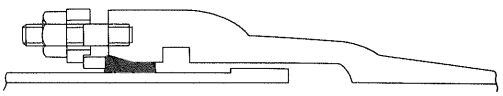


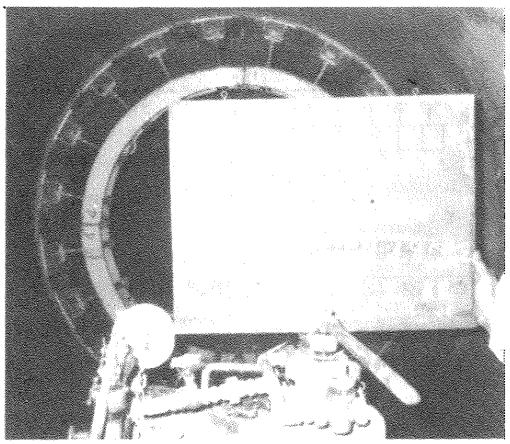
※試験装置の関係で474Tonまで載荷

4．水密機構

ゴム輪は、押輪、割輪によって締付けられ受口内面と挿口外面に強く密着するため、優れた水密性が得られる。高水圧にも十分耐えゴム輪の露出部分もほとんどないため老化の心配もない。

図－10





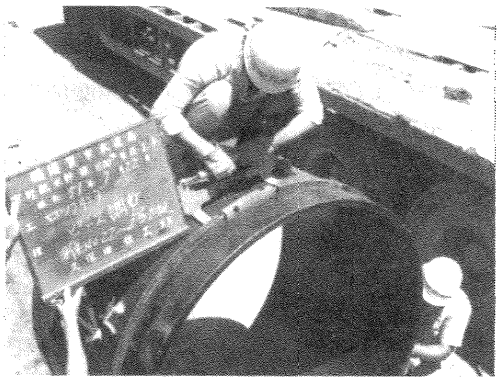
写真－2　テストバンドによる継手の水圧試験

5．振動、衝撃の吸収

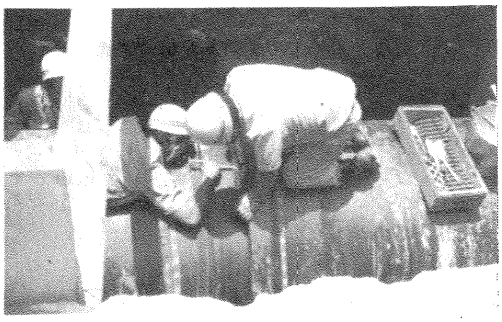
フレキシブルなゴム輪継手であるから、振動、衝撃を吸収できる。また管体は遠心力鋳造ダクタイル管であるから、強靭性に富んでいる。

6．接合作業

S形継手は、短時間で接合できる。しかも曲げ接合や雨天、水場での接合も可能で、すぐに埋戻しができるなど、優れた施工性を備えている。



写真－3　ロックリングの長さ調整



写真－4　結合ピースⅢの挿入

写真－5　ゴム輪の受口への挿入

7．従来の管との互換性

A形、K形、U形、UF形管とすべて接合可能である。

これら数多くの利点を有効に生かし、将来の安全を願いS形工事区間を無事終った。

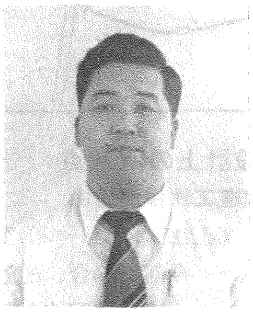
なお残り区間も52年中には終了する予定である。

ダクタイル鋳鉄管第21号

昭和51年10月

技術レポート ❶

北千葉広域水道企業団 φ2,000mm推進管用 中間スリーブ管採用事例



北千葉広域水道企業団建設課長
本 堂 文 規

Ⅰ. はじめに

千葉県の西北に位置する東葛飾地域および東京湾岸沿いのいわゆる京葉臨海地域は人口の都市集中化を東京都からの流入人口ならびに京葉工業地帯の発展等々により近年、著しい都市化の形態を早めており、当然水の需要も急増している状況にある。

北千葉広域水道企業団はこれからの地域の中、1県7市2町（県営水道区域、松戸市、野田市、柏市、流山市、我孫子市、習志野市、八千代市、関宿町、沼南町）に水道用水を供給する事業として昭和48年3月1日に設立された。

当事業は総事業費1,165億7,000万円を投入して完成目標年次昭和55年度まで8カ年を要して1日最大供給量53万4,200㎥を供給するものであるが、各地区における水需給の関係から昭和53年7月には一部通水(13万4,000㎥/日)を余儀なくされているのである。

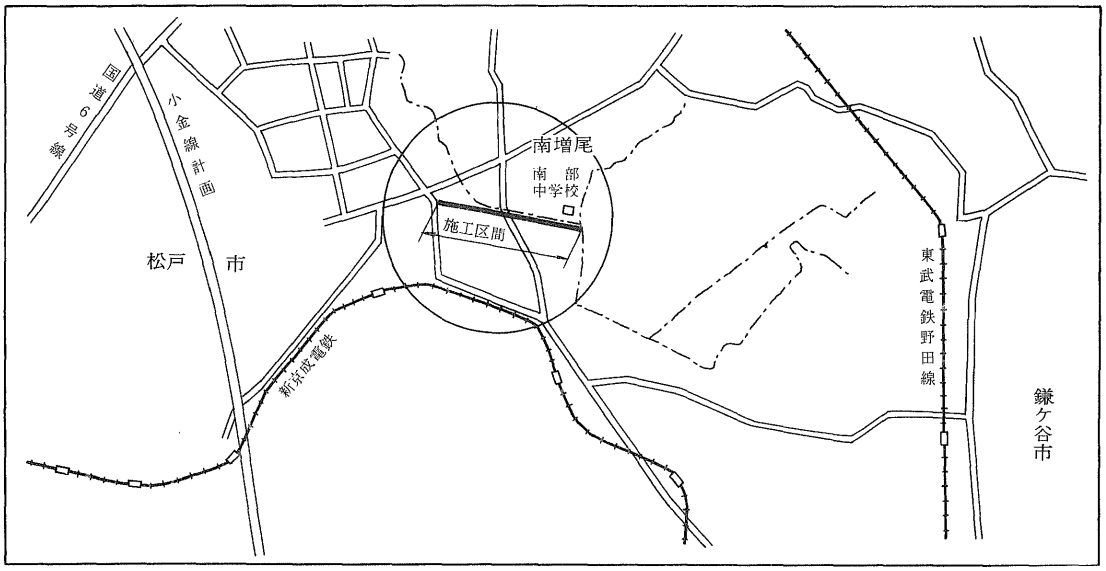
このような実情のなかで送水管路総延長は約101.5kmを有するが、その中φ2,000mmは約15kmを布設し、完成時1日最大53万4,200㎥を送水する本管である。昭和53年1月完成をめざして現在鋭意事業推進中であり、これまで約8kmを着手し、その中の一部家屋が連たんし、道路巾員が少なく、朝夕の交通量の多い個所(延長1,126m)に推進工法として推進用中間スリーブを使用したものであり、この事例をここに報告するものである。

Ⅱ. 工事概要

本工事は流山～柏線φ2,000mm布設工事約15kmの一部として行われたものである。

布設された工事現場の平面図を図－1に示したが、ここはバス路線であるうえ道路巾4mと狭く、また周囲には中学校、養護学校、民家もあるので開削工法がとれず、したがって非開削工法で行うことにした。

図－1　流山～柏線φ2,000㎜布設工事現場平面図（推進工事部分）



Ⅲ．設計上の留意点

1．推進工法採用理由

非開削工法にはシールド工法と推進工法とがあるが、今回の場合、配管路線が直線区間であること、途中に竪坑を設ける場所があること、工期が早いこと、さらに経済面でシールド工法と比べて割安であることなどの理由から推進工法を採用することにした。

2．工　区

総延長1,126mを用地、借地、周囲の環境状況を考慮して９工区にわけ施工することにした。図－２に工区割りを示した。

3．管種の決定

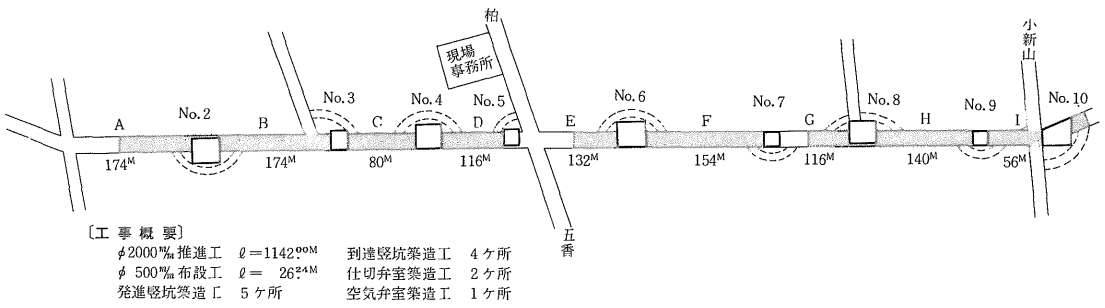
推進工法には鞘管方式と直押方式とがあるが、鞘管方式の場合φ2,000㎜管より径の大きい鞘管を先に推進しなければならず、４ｍ道路にはこれ以上の大きな管を推進するのは不可能であり、また経済的にみても直押しと比較してはるかに高くなる。したがって直押方式で施工することにした。

直押方式に適する管種としてはダクタイル管と鋼管の２種類があるが、工期の面、施工性の面を考え合せてダクタイル鋳鉄管に決定した。

4．推進工法用Ｕ形ダクタイル管

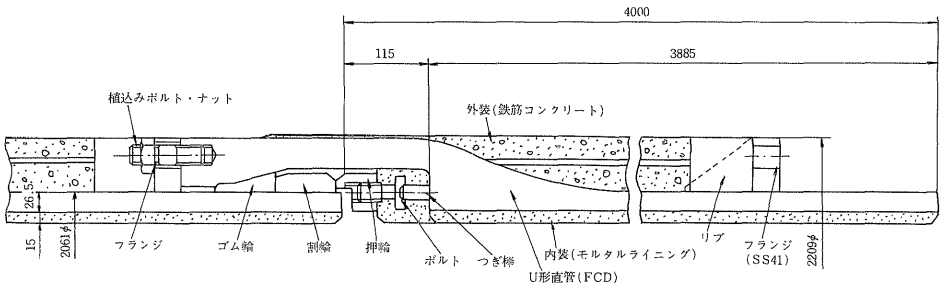
この推進工事に使用したダクタイル鋳鉄管は図－３に示した通りＵ形管の挿口外面に溶接したフランジ、リブと受口をボルトで固定

図－２　北千葉送水管φ2,000㎜推進工区割り



することによって挿口と受口が一体化し、曲げ強さを持つとともに推力も伝達される構造になっている。一方、管体部は鉄筋コンクリートを巻きたてて受口部と挿口部の外径を同一にしてある。

図－3　推進工法用ダクタイル管の構造



5．推力の計算

(1) 計算条件

① 口　径　φ2,000mm

② 土被り　4.70m

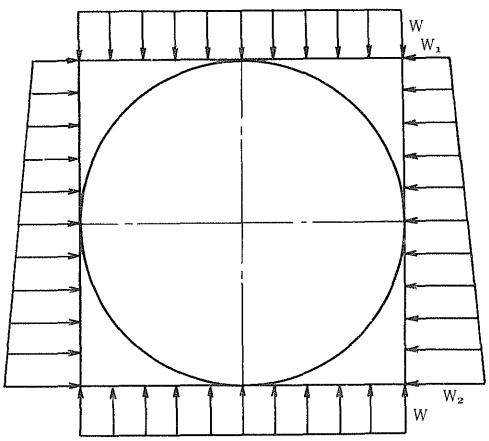
③ 土の単位体積重量　1.8t/m³

④ 土　質　関東ローム層

(2) 推力の計算

管に作用する土圧分布を図－4の通りとして計算する。

図－4　土圧分布図



W：垂直土圧
W₁、W₂：側圧

推力は土のアーチ作用も考慮して計算した。なお先導管はセミ・シールド工法用のものを用いたので先端(刃口)抵抗は考えない。

$$P=\frac{\pi}{2}D\mu L\left\{W+\frac{1}{2}(W_1+W_2)\right\}+\frac{\pi}{4}Wg\mu L$$

P：総推力

D：管外径　D＝2209φ

μ：管体と土との摩擦係数　μ＝0.4

L：推進長　L＝174m

Wg：推進管の単位長さあたりの重量

Wg＝2754.75kg/m

$$P=\frac{\pi}{2}\times2.209\times0.4\times174\times\left\{5.99+\frac{1}{2}(1.74+2.89)\right\}+\frac{\pi}{4}\times2.755\times0.4\times174=2{,}156\text{ton}$$

計算結果から推進長174mの場合、推定推力が2,156トンということになり、推進工法用U形管の許容抵抗力1,720トン（補強リブ使用）では強度的に不足であり、推進が不可能となる結論が得られた。

この対策としては推進長の距離を短かくするか、または特殊工法を検討するかの2通りしか考えられない。

推進長を短かくすることはこの現場の状況からみてできず、したがって長スパン推進の施工ができる工法の開発検討を行った。

その結果、中間スリーブ管を使用施工すれば推進長174mは推進可能との見通しが得られた。

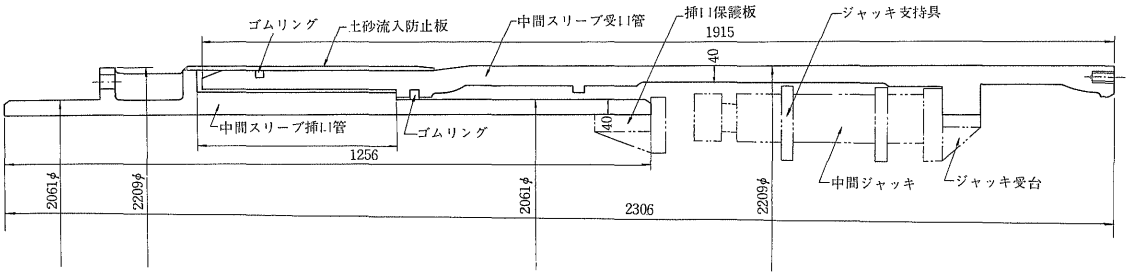
6．中間スリーブ管

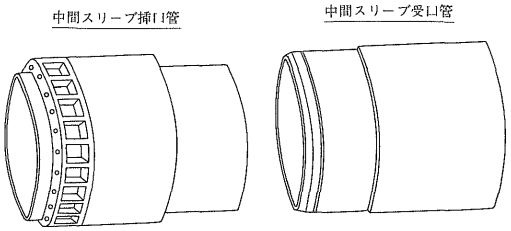
(1) 構　造

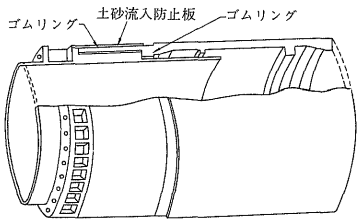
図－5に示したように中間スリーブ管は挿口管と受口管とからなり、これらを接合

して使用するものである。中間ジャッキは　　受口管の内側にセットする。

図－5　中間スリーブ管の構造







写真－1　中間スリーブ管組立

(2) 中間スリーブ管の施工

中間スリーブ管の操作方法作動図を図－6に示した。まず中間ジャッキを操作させ、中間スリーブ受口管より先に接合されている管路を推進させる。続いて中間ジャッキをもどし中間スリーブ挿口よりあとに続く管路を発進坑内の元押ジャッキで推進させる。この時、元押ジャッキで推進する長さは中間ジャッキ1ストローク分と同じ長さとする必要がある。この操作をくり返し行い所定の長さの推進を行うものである。

(3) 中間スリーブ挿口管と受口管との接合

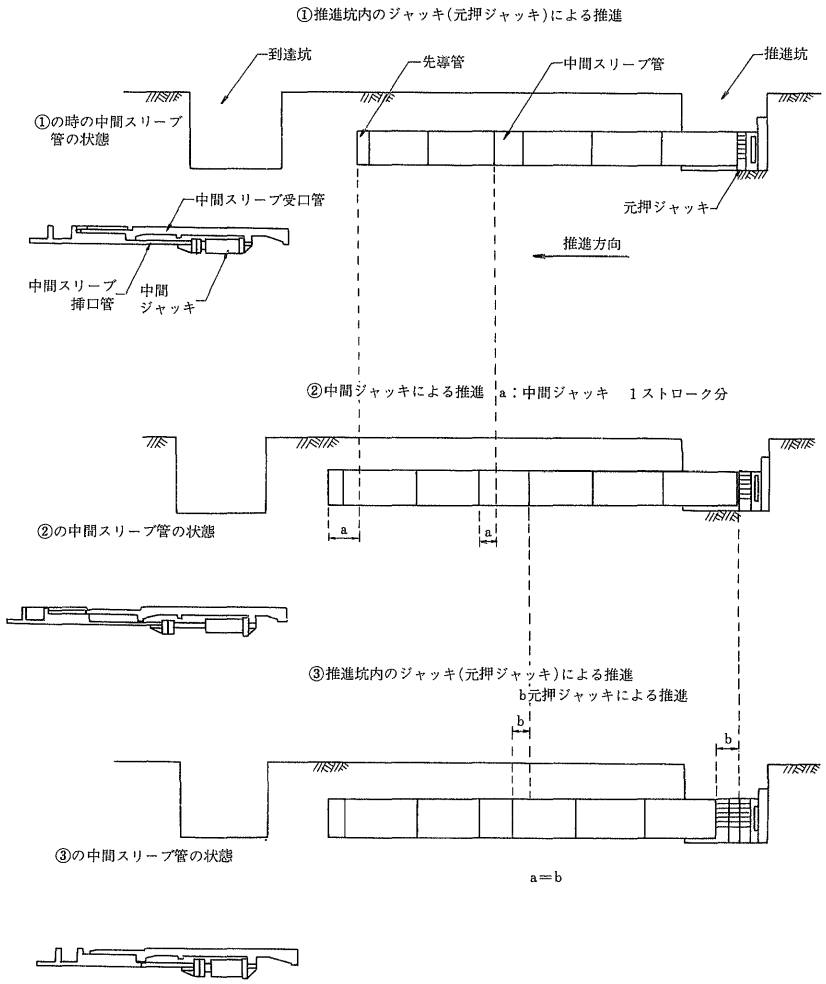
中間スリーブ管を用い所定の推進工事を完了した後、挿口管と受口管と接合を行う。推進完了後、中間ジャッキをとりはずしU形管の継輪の接合と同じ方法、すなわち中輪を用いてこの部分の接合を行う。接合完了後の状態を図－7に示した。

(4) 中間スリーブ管の挿入位置

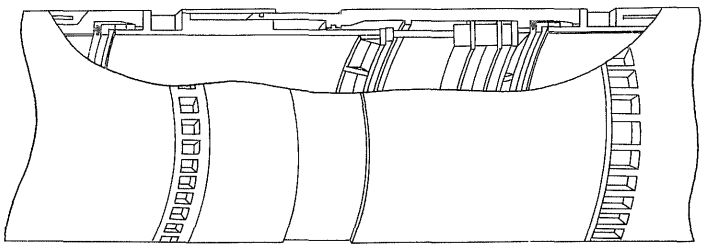
補強リブ付き推進工法用U形管の推力に対する許容抵抗力は1,720トンと先に計算された推力2,000トンに比べて不足している。この不足分を中間スリーブ管にもたせればよいわけであり、その意味から中間スリーブ管のもつ許容抵抗力を検討する。

中間ジャッキは管内にセットするので取付ける個数によってはズリ出しなどの作業性が悪くなることもあり得る、またセット数が少ないと中間スリーブ管の役目を果さ

図－6　中間スリーブ管の作動

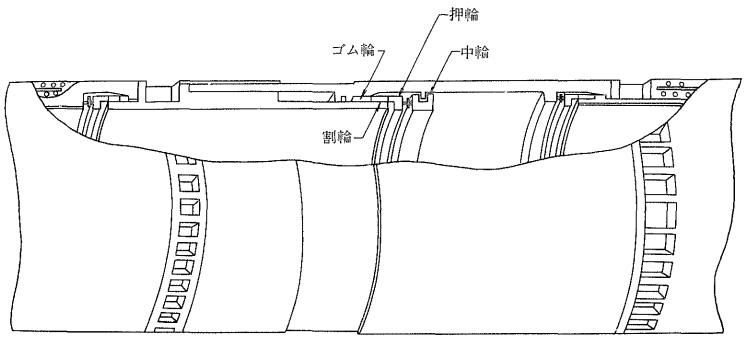


中間ジャッキを作動させている時



図－7　中間スリーブ管の接合

推進完了後挿口管と受口管とを接合させる



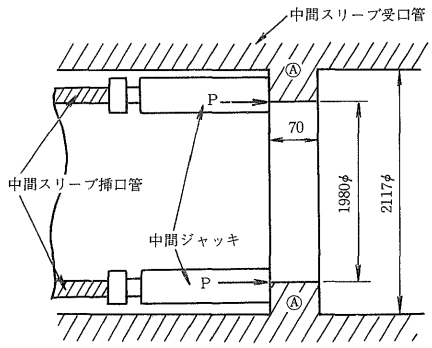
なくなる。そこでこれらを考え合せ今回の場合は100トンジャッキを均一に8台を取付けることにした。したがって中間スリーブ管は最大800トンの推力が作用することになる。

①中間スリーブ管のジャッキの反力凸部の検討。

Ⓐ（図－5の構造図参照）の強度。

図－8のように800トンの荷重が反力凸部の先端に円周均一に作用したとして計算する。

図－8　中間ジャッキの反力凸部



反力凸部Ⓐに発生する曲げ応力σは次式で計算する。

$$\sigma=0.1\times\frac{P}{t^2}=0.1\times800,000\times\frac{1}{7^2}$$

$$=1632.6\text{kg/cm}^2$$

P：推力　P＝800ton

t　：凸部厚さ　70mm

一方ダクタイル鋳鉄管の曲げ強さ5,700kg/cm²以上であるから、強度的には安全である。したがって、100トンジャッキ8台の取付けは強度的には問題ないことになった。

②中間スリーブ管の挿入位置

中間スリーブ管は推進中での推力不足をおぎなうためにジャッキの台数を増やすことはできない。そこで100トン程度の推力の余裕を持たせた挿入位置を決定する必要がある。今700トンの推力でどの程度の長さを推進できるかを計算し挿入位置を決定する。

推進長は次式より計算する。

$$L=\frac{P}{\frac{\pi}{2}D\mu\left\{W+\frac{1}{2}(W_1+W_2)\right\}+\frac{\pi}{4}Wg\mu}$$

$$= \frac{700}{\frac{3.14}{2}\times 2.209\times 0.4\left\{5.99+\frac{1}{2}(1.74+2.89)\right\}+\frac{3.14}{4}\times 2.755\times 0.4}$$

$= 56.5\text{m}$

中間スリーブ管の挿入位置は先導管から60mの位置、すなわち推進工法用U形管15本のあとに挿入することにした。なお残りの114mについて上述と同様の方法で推力計算すると1,315トンとなり、十分U形管の許容抵抗力内に入る。

以上の検討結果より中間スリーブ管内のジャッキは100トン用のものを8台取付ける。また挿入位置は先導管から15本目(60m)あとに挿入することにした。

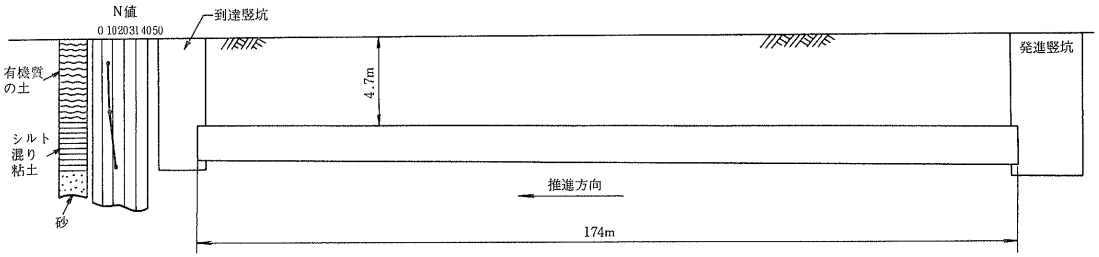
Ⅳ. 施　工

9工区の工事の中、中間スリーブ管を使用した第1工区についてその工事例を紹介する。

1. 土　質

図－9に柱状図および縦断図を示したが、土質はシルト混り粘土、N値15～20という状態で切羽も自立しており推進には比較的適した土質であった。

図－9　柱状図および縦断図

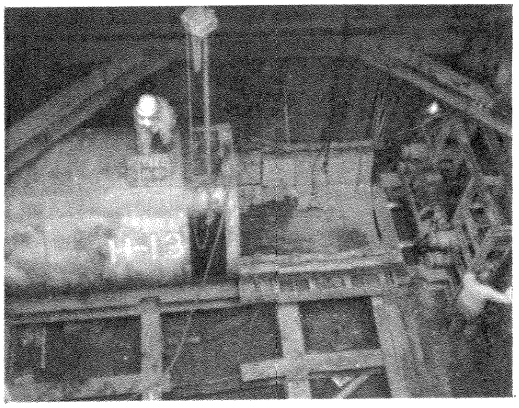


2. 工事状況

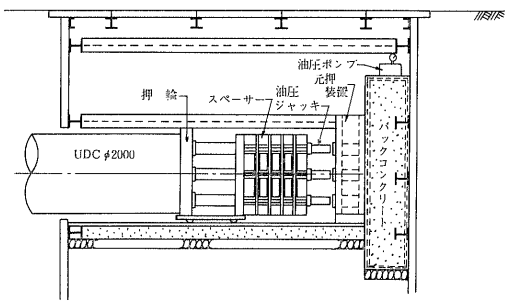
(1) 発進竪坑

竪坑は巾10m、長さ9.5m、深さ8mの大きさにした。巾が10mと広いのは管を吊り下す位置と推進する位置が異なるためであり、管はいったん吊り下した後、竪坑内のクレーンで推進位置まで移動させる方法をとった。なお竪坑は道路の部分は覆工板を設置し交通に支障のないようにした。反力板は厚さ1.5m、高さ5m、巾3.8mでH鋼入りのコンクリート板とした。

写真－2　発進竪坑



図－10　発進竪坑内のレイアウト



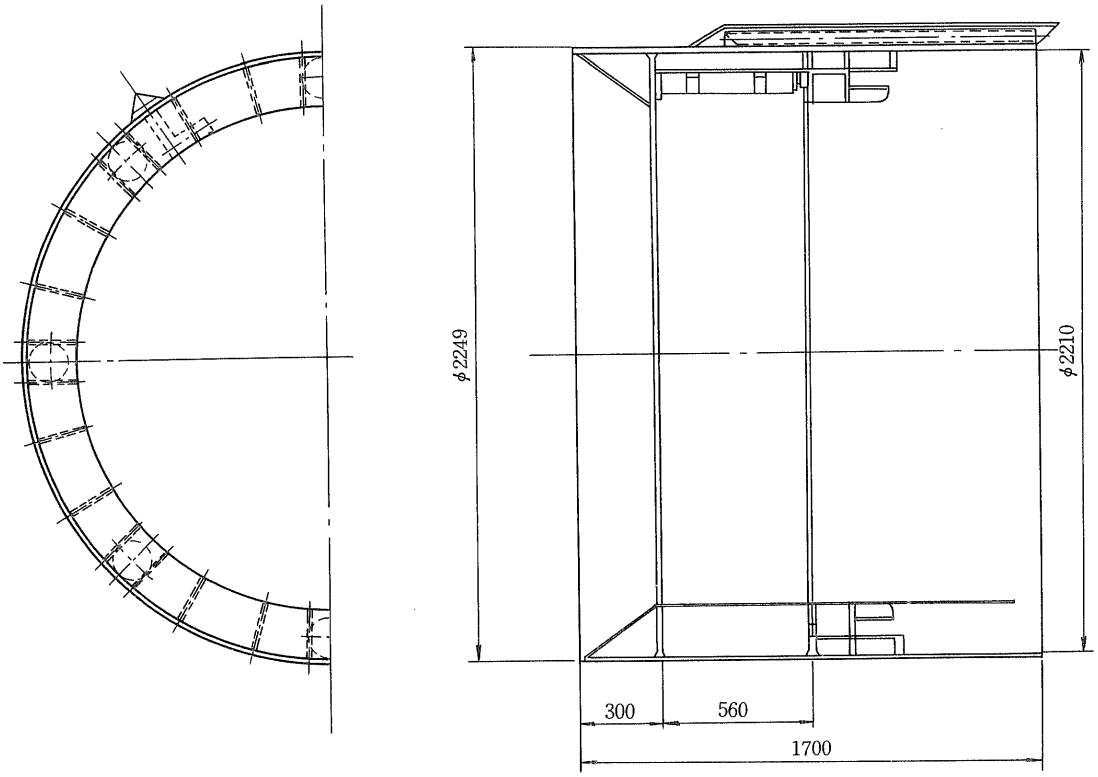
(2) 先導管(刃口)

先導管はセミ・シールド方式のものを採用した。

(3) 推　進

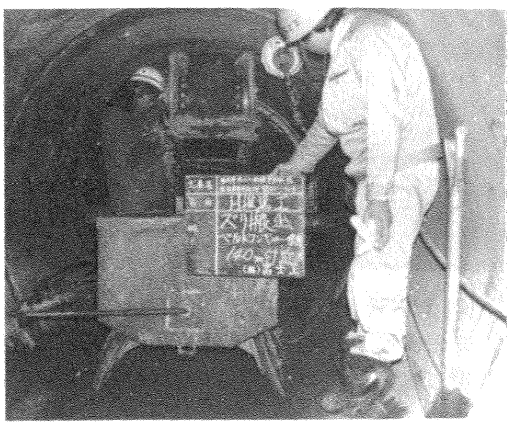
セミ・シールド方式の先導管を管の挿口に取付け元押ジャッキにより刃口を地中に喰い込ませながら土砂をベルトコンベヤーおよびズリ台車を用いて管外に搬出し、こ

図－11　先導管構造図



れをクレーンで竪坑外の廃土置場に運び出した。

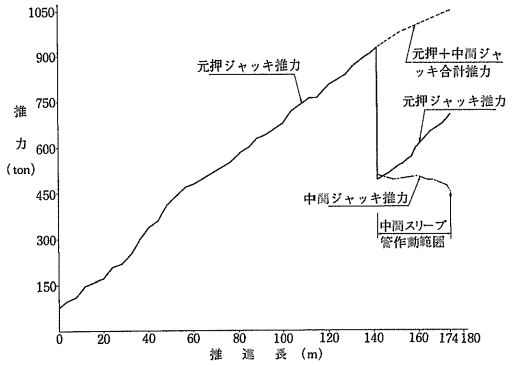
写真－3　ズリ出し



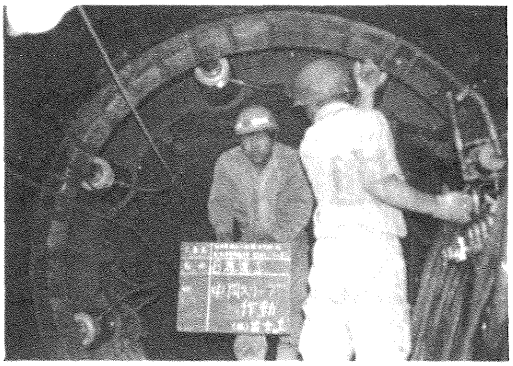
次に推力の推移を図－12に示したが、最大推力（元押ジャッキと中間ジャッキの合計）は1,044トンと計算値の約半分であった。これは推進中に地盤から地下水がしみ出てきて、これがちょうど滑剤の役目を果し摩擦係数が計算値の半分程度になったものと思われる。

中間ジャッキは36本推進完了したあと操作を開始した。中間ジャッキの操作には作業員1名を中間スリーブ管内に配置し、元

図－12　推進長―推力の関係



写真－4　中間スリーブ管の作動

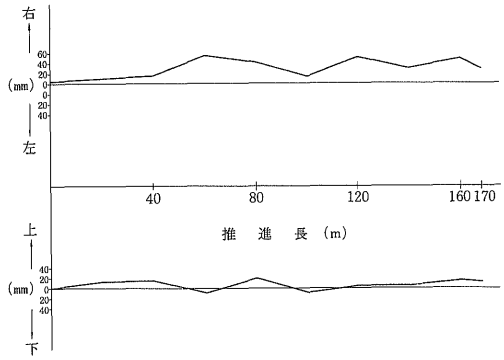


押ジャッキとの連絡をトランシーバーで行いながら工事を進めた。また中間ジャッキ用油圧ポンプは竪坑内に置き油圧は鋼製の細い管を中間スリーブ管まで配管した。

(4) 推進結果

推進完了後の水平方向、垂直方向の偏位を図－13に示した。管路の偏位は左右方向では右へ58㎜、上下方向では上方向へ20㎜であり、推進の精度としては非常によい結果が得られた。これはこまめな管路の計測とそれに伴う方向修正によるものであり、推進工事が成功するか否かは計測が非常に重要であることが再認識された。

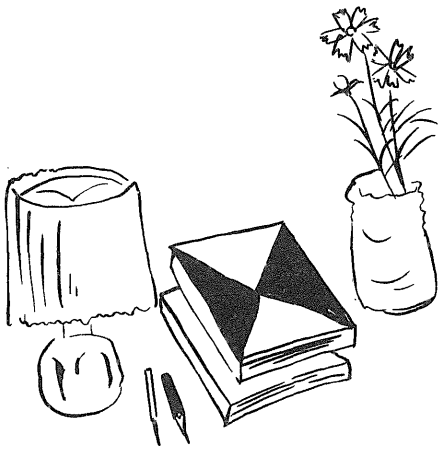
図－13　推進長―管路偏位量



V. おわりに

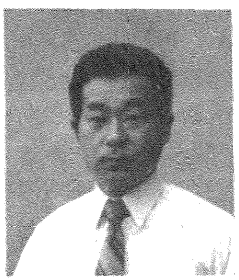
中間スリーブ管を使用した長スパン推進工事例をご紹介した。ダクタイル鋳鉄管を推進管として使用した推進工事はすでに各都市で行われており、実績も多数報告されている。しかし中押しによるダクタイル鋳鉄管の推進工事はいまだその例をみないものであった。その意味からも多少の疑問点もあったが見事に成功した。推力ははじめの計算値と比べて約半分という値であり、結果的には安全サイドで推進工事を施工することができた。土質調査をより正確に行い、管に作用する推力を適確につかむことができたなら、まだまだ推進長を延ばすことができたものと思われる。

今回の工事では推力的に考えるとまだ余裕があり、200m以上の推進も可能であった。これからはますます長スパンの推進工事が要求されるであろうと思われるが、これがなんらかの参考になれば幸いである。



技術レポート ❷

耐震管路の設計施工



神奈川県内広域水道企業団
工事部設計課設計第２係長
小 林 隆 則

1．はじめに

神奈川県内広域水道企業団の送水管路線の中、平塚市内において沖積低地で非常に軟弱なシルト層がある。

このように軟弱なシルト層は地震による地盤の変形が大きく、しかも非常に複雑であることは知られているが、埋設管の地震時の挙動は円周方向より軸方向の方が大きいといわれている。従来使用されてきたＫ形、Ｕ形といった継手構造は地震時に地盤の歪が局部的に集中した場合、離脱する恐れがある。

また、離脱防止継手としてＫＦ形、ＵＦ形が採用されてきたが、これは継手部が完全に固定されてしまっているため、地震時の地盤の大きな歪に対して管本体に大きな応力が生ずる。そこで、地震時の地盤変動に順応できさらに不等沈下も吸収でき、かつ最終的には抜け出さない柔軟な継手構造であることが要求される。

このため本企業団では耐震管路とするため鎖構造耐震管路であるＳ形ダクタイル鋳鉄管を採用するに至った。

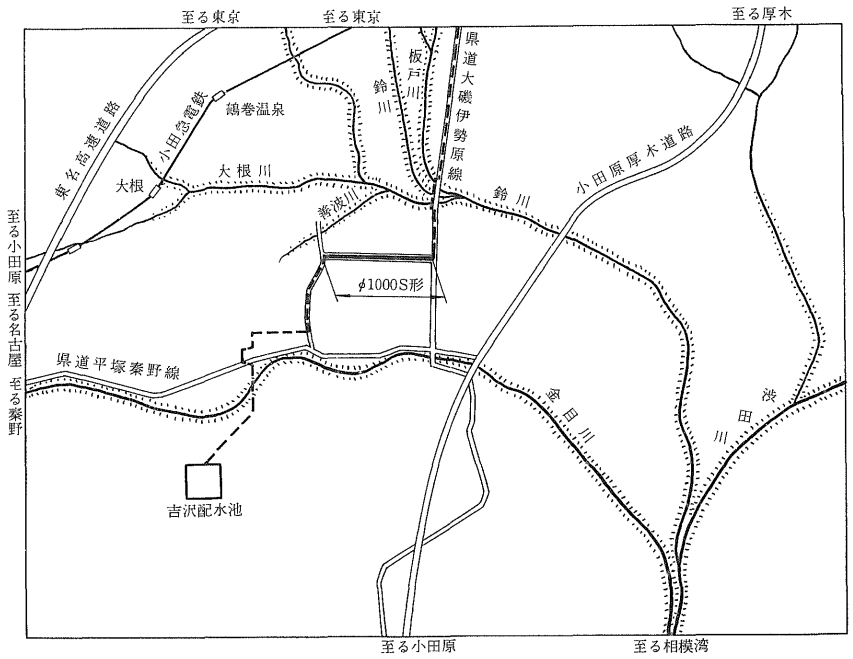
以下内径1,000㎜Ｓ形ダクタイル鋳鉄管の採用に至るまでの継手の選定、施工結果について述べる。

2．送水管施設の概要

当企業団は酒匂川の総合開発によって新たに生みだされる145万4,800㎥/Ｄの水道用水を神奈川県、横浜市、川崎市、横須賀市の各水道事業者に送水するが、送水管路は３系統あって本耐震継手採用の送水管路は伊勢原浄水場系統の中、伊勢原浄水場（伊勢原市日向）から平塚吉沢配水池（平塚市吉沢）間の大磯系送水管路の一部である。

布設場所　神奈川県平塚市北金目地内
口　　径　1,000㎜
延　　長　約1,000m

図－1　送水管路の概要



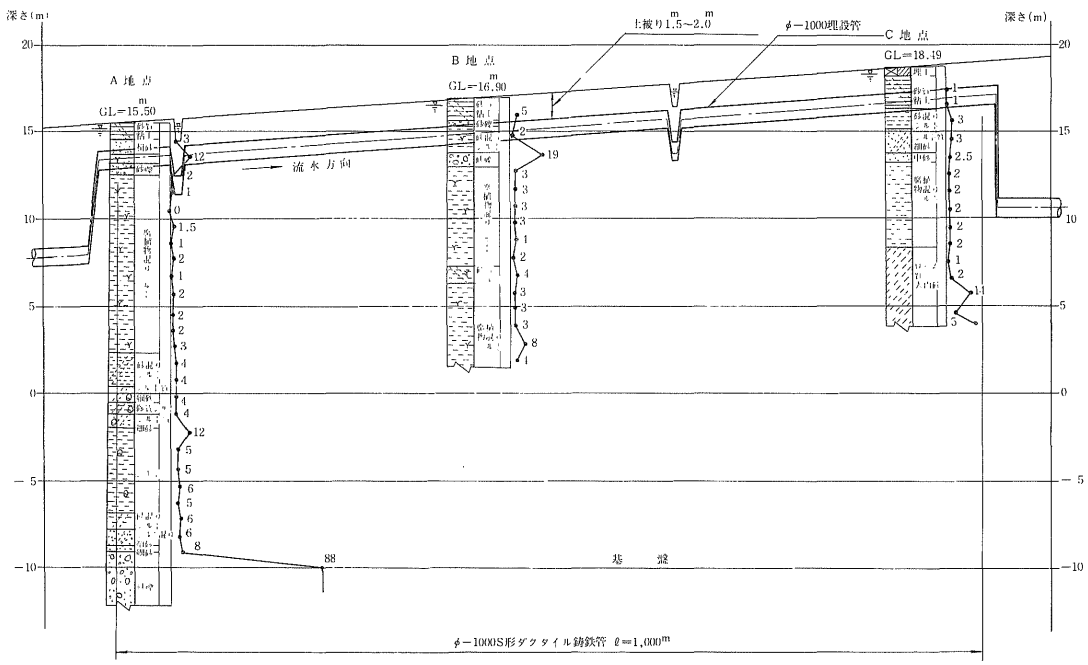
3．送水管埋設地帯の地盤について

神奈川県のほぼ中央部を相模川が流れているが、本送水管路線はこの相模川の西方７km

において相模湾に注いでいる金目川の河口より上流約７km地点に位置している。

地形的には図－１の通り、標高30m前後の

図－2　送水管路縦断図



伊勢原台地の南部で西方から流れている善波川、板戸川、大根川などの諸河川と鈴川との合流点と、金目川の間にはさまれた沖積低地で、標高は16m～19mで西方に向ってゆるやかな上り勾配となっている。

土質調査の結果は図－2のようになっており、大きく3層に区分される。最上層部（地表～標高13m）は現在耕土となっている粘土でN値は0～3で、それから下の標高2m区間までは貝殻を含む細砂層と腐植物混りシルト層でN値は1～4である。

さらに下層は貝殻を含むシルト層でN値は5～6でそれより下層はN値の大きい砂礫層である。これらの地層から細砂層は貝殻を含んでおり海成層と考えられ、また腐植物混りシルト層は海がやや退きこの地域が湖沼性の沼沢地になっていたことを暗示するが、いずれにしても当地域の沖積層はかなり層相の変化の激しい軟弱なシルト層である。

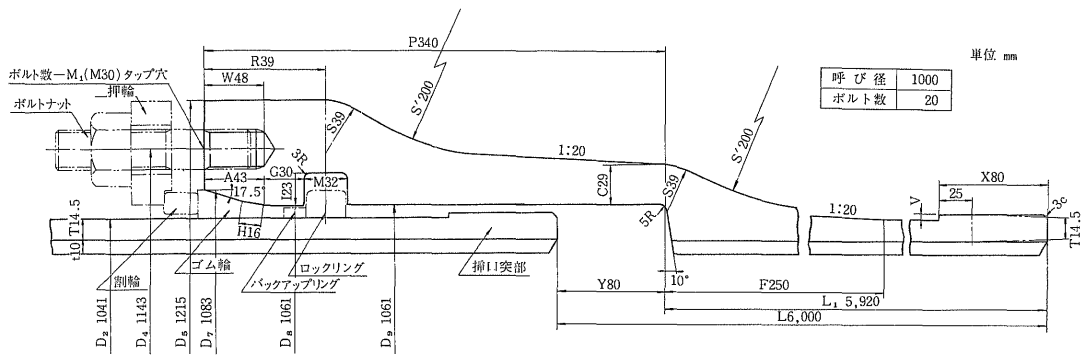
4．管の仕様

内径1,000mmS形ダクタイル鋳鉄管の仕様は次の通りである。

内　径	1,000mm
管　長	6,000mm
管　厚	鉄部　14.5mm
	ライニング部　10mm
内　圧	15kg/cm²
	〈9.5+5.5(水衝圧)〉
土被り	2.0m
路面荷重	T－20　2台同時通過
地　質	シルト質
継手伸縮代	±80mm

なお、製作管ならびに継手構造は図－3の通りである。

図－3　S形ダクタイル鋳鉄管製作図



5．管路の設計

管路の設計方法は次のような考え方とする。地震波が基盤より表層に伝播することにより地盤が励震し歪を生ずる。表層内にある管が地盤と一諸に挙動するものと仮定することにより管に発生する最大応力を計算することができる。

しかし、ダクタイル鋳鉄管の継手は伸縮可撓性があるので管に発生する応力はそれぞれの継手に吸収をさせるものとすると、地盤の最大歪を吸収することのできる継手の伸縮量を求めればよい。

その他、温度変化、曲げ配管、不等沈下による必要な継手の伸縮量を求め加算すると1口当りに必要な最大伸縮量を求めることができる。すなわち、必要最大伸縮量(e)は

e＝①＋②＋③＋④　となる。

① 地震時の継手の伸縮量
② 温度変化による継手の伸縮量
③ 曲げ配管による継手の伸縮量
④ 不等沈下による継手の伸縮量

eの値を満足し得る継手構造を選定し、さらに管に発生する応力と地震時の継手部屈曲角について検討を加えるものとする。

以下は詳細設計である。

(1) N値

図－2の土質調査結果より基盤は－10m地点にあり、地表面より基盤までの間の平均N

値は次の通りである。

N値＝3.5

(2) 地震波の伝播速度　v_s

埋設地盤の地震波の伝播速度はＰＳ検層などで実測して求めるのが正確であることはいうまでもないが、種々の実験結果のデータからＮ値とv_sの関係が求められている。

この中、「耐震工学」岡本舜三(オーム社)によると

Ｎ＝3.5の場合　v_s＝97m/sec

(3) 表層の厚さ　H

ボーリング結果より

H＝29mとする。

(4) 卓越周期　T

$$T=\frac{4H}{v_s}$$

$$=\frac{4\times29}{97}=1.20\text{sec}$$

(5) 最大加速度　A

75年周期の地震動の限界加速度分布の期待値から400galとする。

(6) 地盤の最大歪　ε

$$\varepsilon=\frac{1}{2\pi}\cdot\frac{T\cdot A}{v_s}$$

$$=\frac{1}{2\pi}\cdot\frac{1.2\times400}{9700}$$

$$=7880\times10^{-6}$$

(7) 継手の最大伸縮量　e

①地震時の継手の伸縮量　e_1

$e_1=\varepsilon\ell$

ε：地盤の最大歪

ℓ：管長　6,000mm

$e_1=7880\times10^{-6}\times6{,}000$

$=47.28$mm

②温度変化による継手の伸縮量　e_2

$e_2=\alpha T\ell$

α：ダクタイル管の熱膨脹係数10×10^{-6}/℃

T：温度変化量　30℃

ℓ：管長　6m

$e_2=10\times10^{-6}\times30\times6{,}000$

$=1.8$mm

$\fallingdotseq\pm1.0$mm

③曲げ配管による継手の伸縮量　e_3

$e_3=D_2\sin\theta$

D_2：管外径　1,041mm

θ：継手の許容撓角(1°50′)

$e_3=1041\sin 1°50'$

$=33.3$mm

$=\pm16.7$mm

④不等沈下による継手の伸縮量　e_4

地震などを考慮した継手の必要伸縮量は

①＋②＋③＝±65mmである。

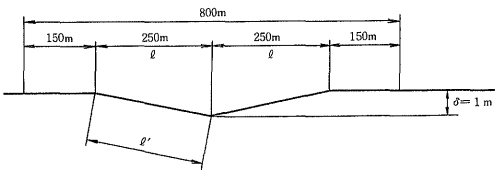
今、耐震継手の最大伸縮量を±80mmとすると、±80−(±65)＝±15mmの伸縮余裕量となる。

$e_4=\pm15$mm

したがって、この差の±15mm１本が布設後に不等沈下が起ったと考えた場合の伸縮余裕量となる。実際には曲げ配管はすべての継手について行われるものではないので、不等沈下に対する伸縮余裕量はさらに大きいといえるが、ここでは±15mmとして次の二つの場合の条件を仮定して管路の安全性について検討する。

ｉ) スパン800mとしてその中央部500mの間において１mの不等沈下が生じたと仮定した場所

図－４



図－４において

$\ell'=\sqrt{250^2+1^2}=250.00199$m

したがって軸心の伸び$\triangle\ell$は

$\triangle\ell=\ell'-\ell=1.99\text{mm}\fallingdotseq2$mm

一方、ℓ＝250m間における伸び余裕量は

$$15\text{mm/本}\times\frac{250}{6}=625\text{mm}$$

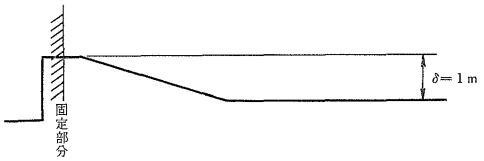
であり、沈下に対する軸心の伸びを十分吸収できる。また、万一この伸びが１カ所の継手に集中したとしても安全率とし

て　$S=\frac{15}{2}=7.5$

となり十分安全である。

ii）固定部分との境界部において不等沈下が生じた場合

図－5



直管1本で吸収できる沈下量は

$\delta_1=6\times\tan 1.65^\circ$

$=0.173\text{m}$

$=17.3\text{cm}$　である。

同様に計算すると

直管3本で吸収できる沈下量　69.1cm

直管5本で吸収できる沈下量　156.0cm

となる。

すなわち、直管5本でもって仮定条件の1m以上の沈下量を十分吸収することができる。これは均等に継手が曲がった場合であるが、いずれかの継手に集中したとしても1,000φS形継手の抜出阻止力は327トン以上であるのでけん引可能な長さは摩擦抵抗力が2.25t/㎡なので約44mとなり、十分安全である。

$f=7.36\text{t/m}$

けん引可能な長さ　$\ell=\frac{327}{7.36}=44.4\text{m}$

直管本数　$n=\frac{44.4}{6}=7.4\text{m}\rightarrow 7\text{本}$

(8) 継手の選定

地震と不等沈下を考慮した継手の伸縮量をまとめると次のとおりである。

地震時の継手の伸縮量　$e_1=47.28\text{mm}$

温度変化による継手の伸縮量　$e_2=1.00\text{mm}$

曲げ配管による継手の伸縮量　$e_3=16.70\text{mm}$

不等沈下による継手の伸縮量　$e_4=15.00\text{mm}$

したがって継手の伸縮量eは

$e=e_1+e_2+e_3+e_4$

$=\pm 79.98\text{mm}$　となる。

一方K形、U形、S形継手の伸縮余裕量は次の通りである。

K形　±36mm

U形　±37mm

S形　±80mm

したがって、離脱防止機構のないK形、U形継手では抜け出す恐れがあるのでS形継手を採用することに決定する。

(9) 管に発生する応力

地震時の管体応力は実測によれば円周方向より軸方向の方が大きいことが知られているが、大地震では地盤の歪の方が大きい。その差をすべったと仮定しその摩擦力を考える。摩擦力による管の応力を次式で求める。

$$\sigma_p=\frac{\pi\cdot D\cdot f_d\cdot \ell}{2A_o}$$

σ_p：地盤との摩擦力による管の応力

D　：管外径

f_d　：地震時の単位面積当りの動的な摩擦力

ℓ　：管長

A_o：管の鉄部断面積

$f_d=\mu\gamma Hm$

$=0.5\times1.8\times10^{-3}\times250\times0.85$

$=0.191\text{kg/cm}^2$

$$\sigma_p=\frac{0.191\pi\times104.1\times600}{2\times419.8}$$

$=44.7\text{kg/cm}^2<4{,}000\text{kg/cm}^2$

したがって、1,000φ2種管に発生する応力は44.7kg/cm²でダクタイル管の引張強さ4,000kg/cm²に比べて小さく十分安全である。

(10) 地震時の継手部の屈曲角

$$\alpha=\frac{\ell A}{v^2}$$

$$=\frac{600\times400}{9700^2}=8.8'<1^\circ50'$$

S形継手の許容撓角 1°50′に比べてはるかに小さく問題はない。

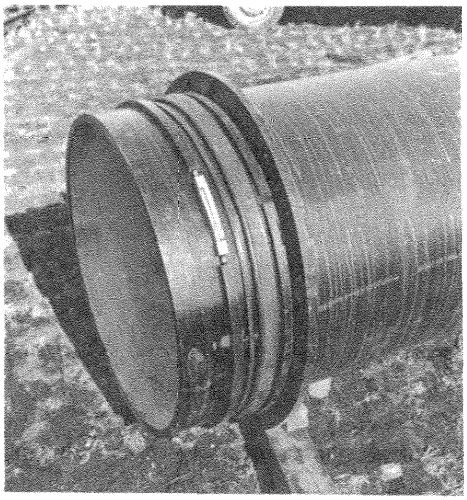
6．継手施工

本送水管の埋設場所は市道の中で、付近は水田地帯で家屋に接近もしていなかったので作業は非常に順調に進んだ。

管の運搬、据付けなどはK形管の場合と同

様であり、特に会所掘りは人が管底に入れる程度に深く掘ることが必要であるが、12月～2月の渇水期の施工であったため湧水に悩まされることもなかった。また、ロックリングの挿入はロックリング拡大器の使用により短時間に装着ができ、特殊継手構造のため接合時間の延びることが心配されたが、技術的にも特に問題はなく、工事は順調に完成をしすでに送水を開始している。

写真－1　継手部付属品セット状況



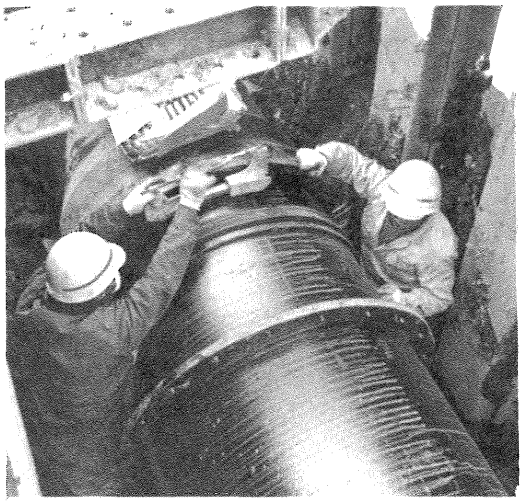
写真－2　管体吊下し

7. むすび

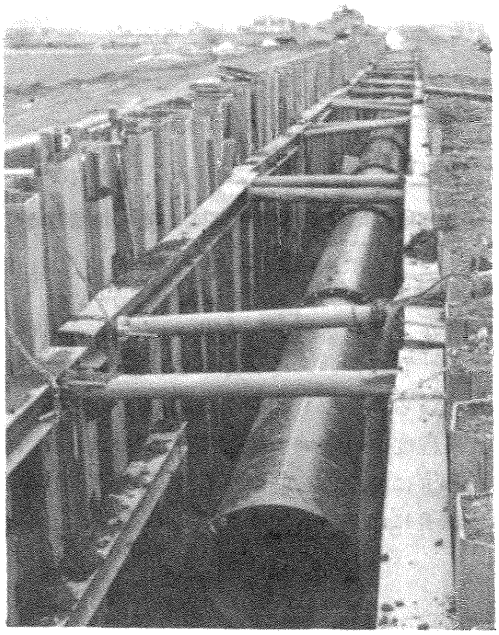
以上述べてきたように、本送水管路の埋設地付近は軟弱なシルト質地盤で地震時には地盤の挙動が大きいと想定されるため、耐震管路としあわせて不等沈下による影響も考慮したものである。

継手の必要伸縮量を計算した結果、従来使われてきた継手構造では伸縮余裕量が不足するため離脱防止機構を備え、そして伸縮余裕量も大きいS形ダクタイル鋳鉄管を採用し耐震管路とした。なお、工事は順調に進み施工結果は良好であった。

写真－3　ロックリングの締付け



写真－4　接合完了



技術レポート ❸

地震と管路〈その4〉

D.B.J継手について

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　難波強介

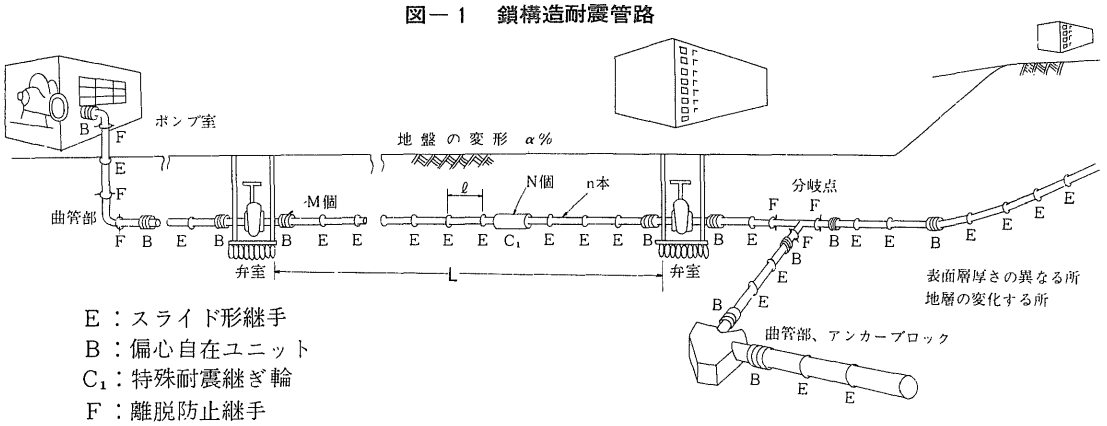
Ⅰ．はじめに

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用されている。これらの継手は中程度の地震や、ある程度の軟弱地盤地帯などでは、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く、地盤変動を吸収しうる。その意味で、これらの継手を使用した管路は柔構造管路というべきものである。

しかし近年、大きな地震、極端な軟弱地盤などで生ずる地盤変動にも耐えうる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

図－1　鎖構造耐震管路



E：スライド形継手
B：偏心自在ユニット
C_1：特殊耐震継ぎ輪
F：離脱防止継手

示すような鎖構造管路という構想がある。

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継手(S形)を先に報告したが、今回は建物とのとりあいなどのいわゆる不等沈下の起るところ、また非常に大きな地盤変動が起るところに使う継手(D.B.J)について、これの概要、機能試験結果、施工要領を述べる。

Ⅱ. 概　論

1. 概　要

(1) 名　称

大屈曲継手形ダクタイル管

略称D.B.J……Double. Ball. Joint の略

(2) 呼び径

500φ～1500φ

(3) 許容曲げ角度

15°

(4) 管種

特殊

(5) 従来の管との互換性

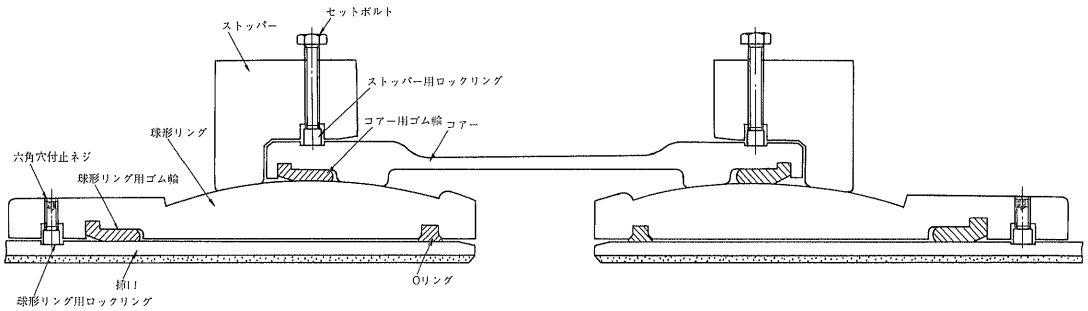
KF形、UF形との接合が可能

2. 継手構造

(1) 構造

図－2 に構造を示す。

図－2　D.B.Jの構造



この継手の機構を分類すると次のようになる。

① 回転機構

D.B.Jを2組でユニットにして、大きな回転が可能である。

② 離脱防止機構

ロックリングをかけ合せることにより離脱を防止する。この機構はKF形、UF形離脱防止継手と同等の強度を持つ。

③ 水密機構

水密機構は、現在使用されているダクタイル管と同等の性能を持つ。

(2) 継手部品の材料

① コアー

JIS G 5502(球状黒鉛鋳鉄品)のFCD 40またはFCD 45とする。

② 球形リング

JIS G 5502(球状黒鉛鋳鉄品)のFCD 40またはFCD 45とする。

③ ストッパー

JIS G 5502(球状黒鉛鋳鉄品)のFCD 40またはFCD 45とする。

④ ロックリング

JIS G 5502(球状黒鉛鋳鉄品)のFCD 40またはFCD 45とする。

⑤ セットボルトおよび六角穴付止ネジ

JIS B 1180(六角ボルト)およびJIS B 1177(六角穴付止ネジ)による。材質はSS 41とする。

⑥ コアー用ゴム輪および球形リング用ゴム輪

JIS K 6353(水道用ゴム)の2種1号とする。

⑦ Oリング

JIS K 6353(水道用ゴム)の2種1号乙2とする。

(3) 特徴

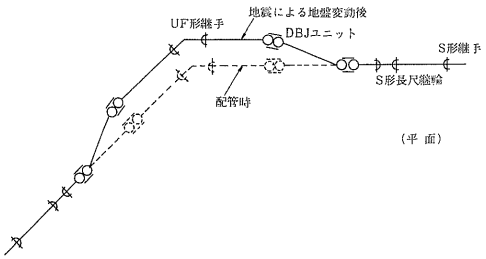
① 配管設計面

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。

配管例

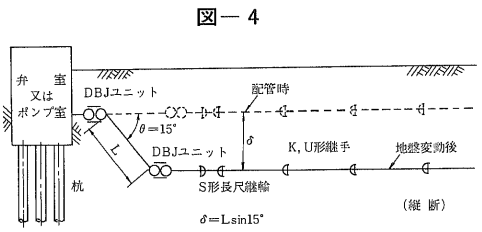
S形継手を併用することにより耐震管路を構成することができる。

図－3



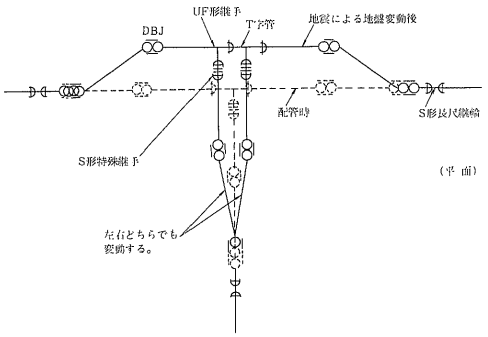
大きな地盤変動が要求される管路に適用できる。

図－4



T字管のまわりに使用して大きな地盤変動を吸収する。

図－5

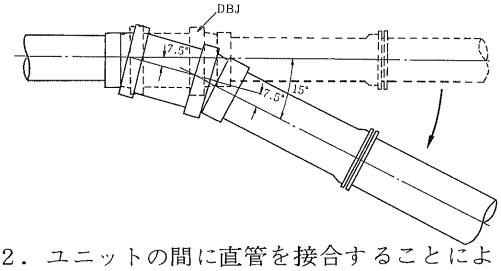


② 継手性能面

1．高圧に耐える。
2．大きな偏心を吸収できる。
3．大きな抜出し力に耐える。
4．大きく曲がる。最大許容曲げ角は15°である。
5．大きな曲げの力に耐える。
6．耐外圧性に富む。

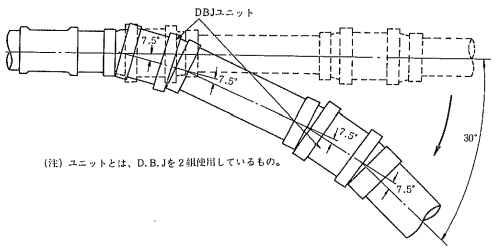
1．管体に大きな応力が発生することなく15°は曲がる。

図－6



2．ユニットの間に直管を接合することにより、より大きな地盤変動を吸収することができる。

図－7



図－8の場合の偏心量を1000φ管について記すと次のようになる。

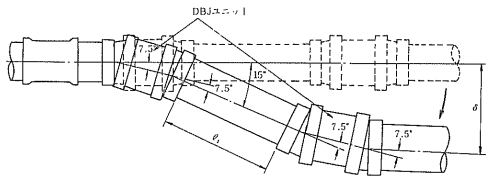
1000φ管の場合の偏心量

直管の長さ ℓ_1 (m)	曲がり角（度）	地盤偏心吸収量 δ (m)
4	15	1.30
6	〃	1.80
8	〃	2.30
12	〃	3.35

③ 施工面

1．雨中、湿気の多いところでの施工も可能である。
2．接合後直ちに埋戻しできる。

図－8



Ⅲ．500φ、1000φ、1500φ機能試験

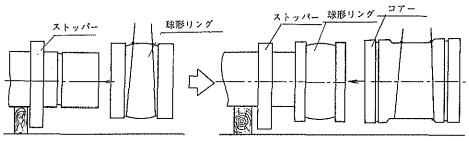
1．接合試験

500φ、1000φ、1500φのD.B.J の接合試験を実験室内で行った。

作業は図－9に示すように、まず直管挿口にゴム輪、ロックリングをセットした球形リングを挿入し、セットボルトにより挿口と球形リングを一体化した。

引続き内側にロックリング、ゴム輪をセットしたコアーを一体化された球形リングに挿入、ストッパーをセットし接合を完了した。

図－9　接合試験方法

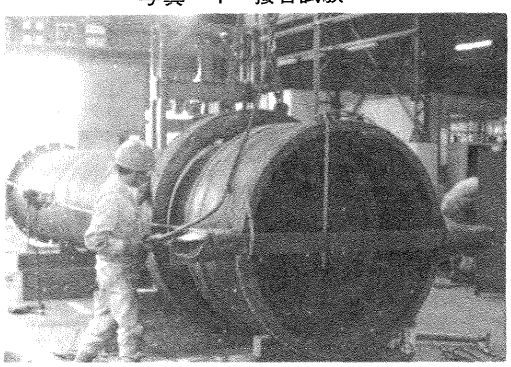


作業時間の測定結果は表－1に示す通りである。

表－1　接合試験結果

呼び径 / 接合手順	500φ	1000φ	1500φ
挿口外面と球形リング内のゴム輪に滑剤を塗る。挿口に球形リングを挿入し、セットボルトで締付け、挿口と球形リングを一体化した。	25分	46分	46分
球形リング外面およびびコアー内側にセットしたゴム輪に滑剤を塗る。コアーを一体化した球形リングに挿入、ストッパーをセットし、接合完了した。	20分	44.3分	30分
計	45分	1時間18分	1時間16分
作業員数（名）	2	2	3

写真－1　接合試験

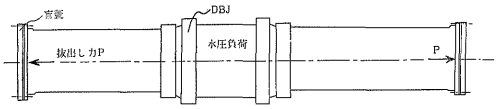


2．抜出し試験

D.B.J に水圧、地震などにより大きな抜出し力が作用した場合、直管挿口と球形リングのところはロックリングで、球形リングとコアーはロックリングを介したストッパーでこれを阻止する構造となっている。

ここでは抜出し力に対する性能を確認した。

図－10　水圧抜出し試験方法



(1) 抜出し試験最終結果

500φは50kg/cm²、1000φは30kg/cm²、1500φは20kg/cm²、水圧を負荷させた。

結果は表－2に示す。

表－2　水圧抜出し試験結果

管呼び径 (mm)	負荷水圧 (kg/cm²)	抜出し力 (Ton) ※	継手部の状況
500	50	150	漏洩、その他異常なし
1000	30	335	〃
1500	20	464	〃

(注) これ以上の水圧は盲板の関係でかけられなかった。

※抜出し力 P

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

p：水圧　D：球形リング外径

上記抜出し力は、仮りに埋設管と土との周面摩擦力を1 Ton/m² とした場合、

500φ……抜出し力 150Ton＝
管路　90.5m 分の摩擦

1000φ……抜出し力 335Ton＝
管路 102.5m分の摩擦

1500φ……抜出し力 464Ton＝
管路　95m 分の摩擦

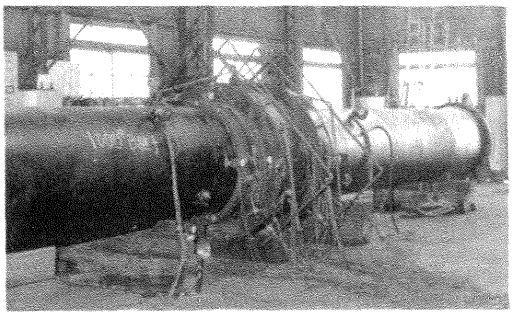
に相当する。

すなわち、地震など、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。

(2) 抜出し力－抜出し量の関係

図－11に挿口と球形リングのところ、図－

写真－2　抜出し試験



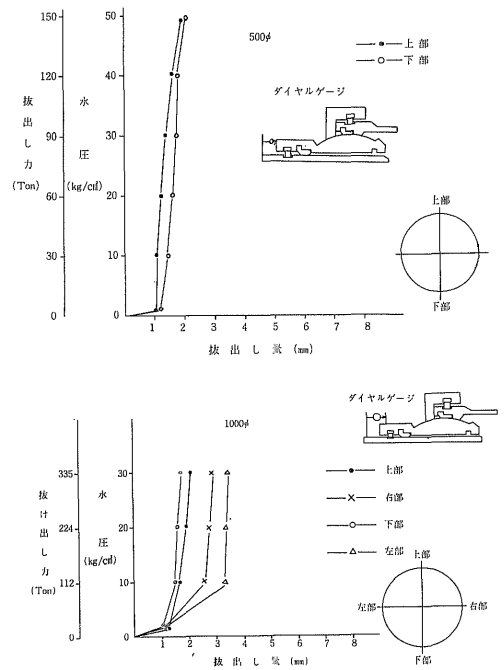
12に球形リングとストッパーのところの測定結果を示す。

いずれも水圧負荷により抜出し力が作用すると継手のガタの分だけ抜出したあと離脱防止機構が働いていることがわかる。

挿口の球形リングの部分のバラツキは試験開始時、管の継手の状態が完全に真直になっていなかったためである。

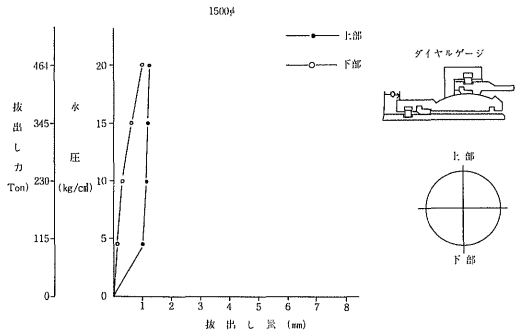
球形リングとストッパーの部分のバラツキは、球形リングとストッパーの間で多少回転したためである。

図－11　抜出し力－抜出し量（挿口と球形リング）

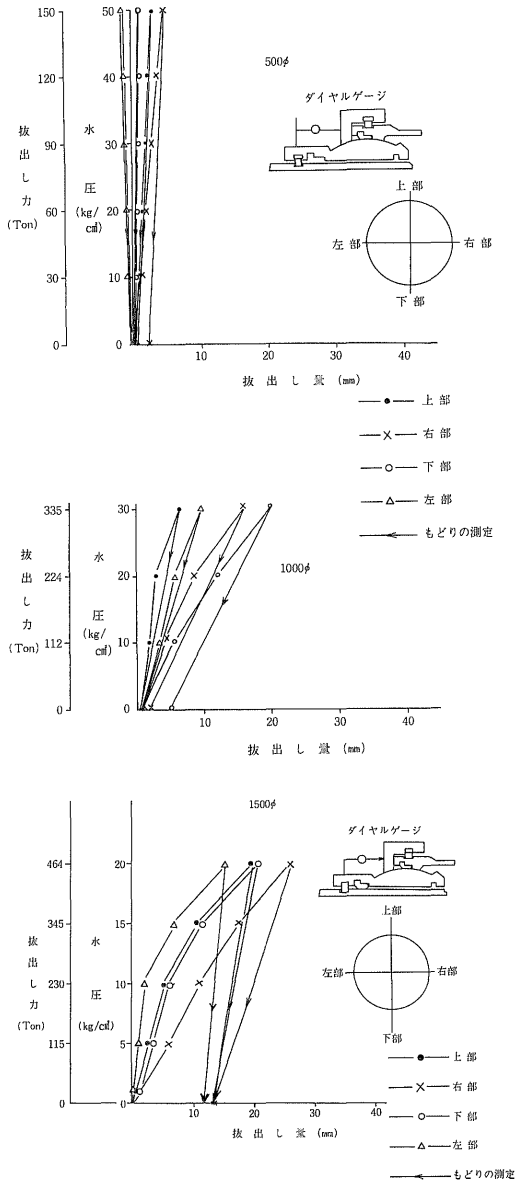


(3) 抜出し力－歪の関係

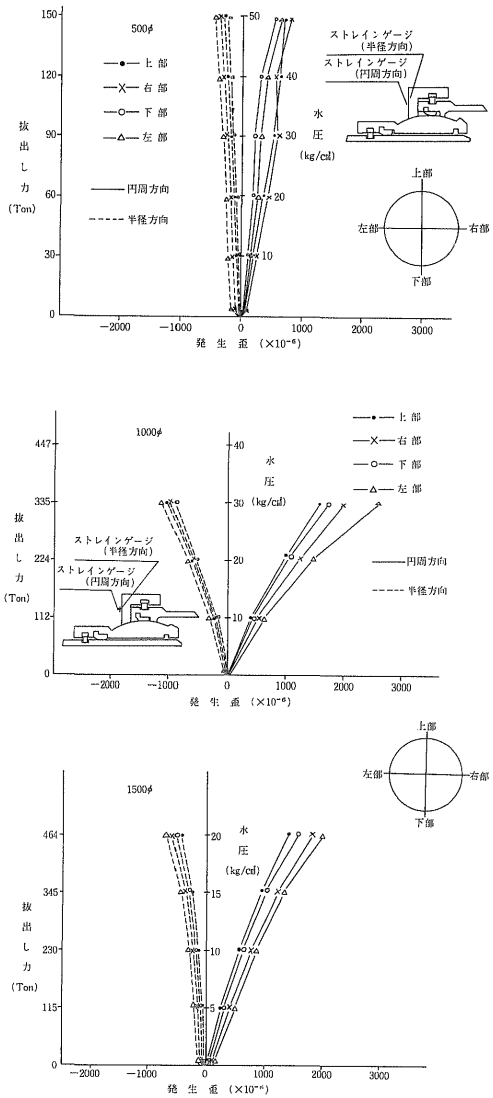
図－13、14に示す。いずれも測定応力の中大きいものを抜粋した。



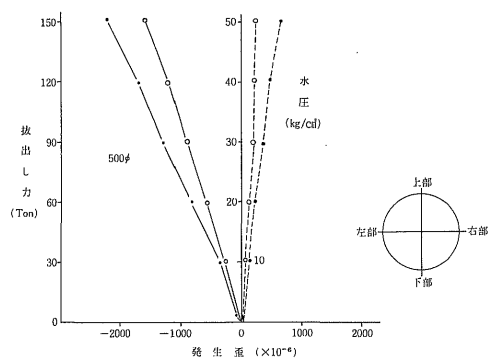
図－12　抜出し力－抜出し量
（球形リングとストッパー）

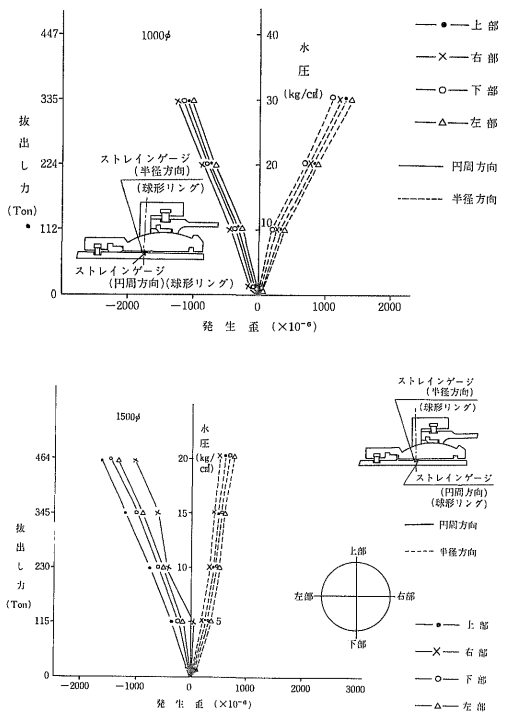


図－13　抜出し力－歪の関係(ストッパー)



図－14　抜出し力－歪の関係(球形リング)



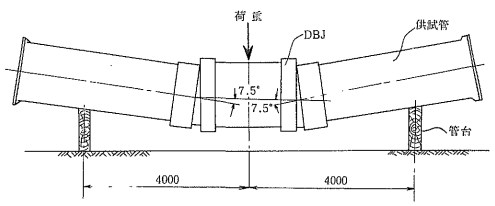


3．曲げ強度試験

地盤偏心により、大きな曲げモーメントがD.B.Jに作用した場合、どの程度の強度に耐えるかを確認するため、曲げ試験を行った。

試験はD.B.Jを最大許容曲げ角度 7°30′まで曲げた状態で曲げモーメントを作用させた。

図－15　曲げ強度試験方法



(1) 曲げ強度試験最終結果

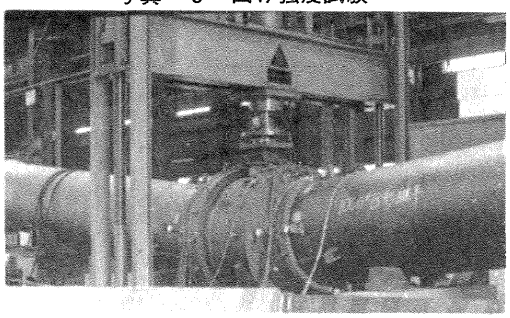
試験はD.B.Jの曲げ角度を片側7.5°曲げてから荷重を負荷した。

表－4　曲げ強度試験結果

管呼び径 (mm)	荷　重 (ton)※	曲げモーメント (ton m) ※	継手部の状況
1000	90	162	破断など異常なし
1500	90	157	〃

※試験機、試験装置の関係で、これ以上の荷重、曲げモーメントは作用させられなかった。

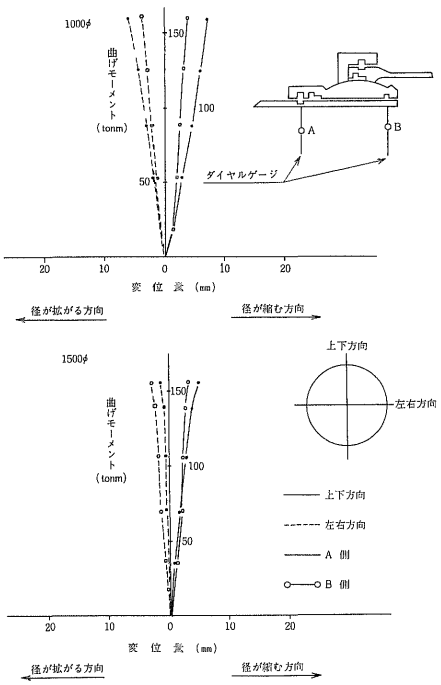
写真－3　曲げ強度試験



(2) 曲げモーメント―変位量の関係

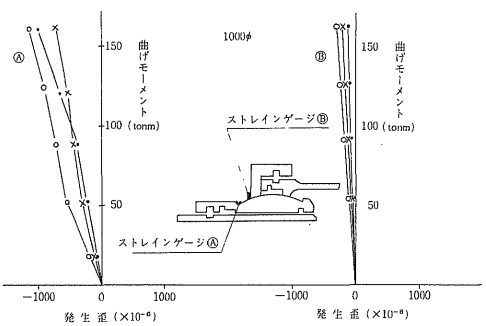
測定結果を図－16に示す。

図－16　曲げモーメント－管の変位量



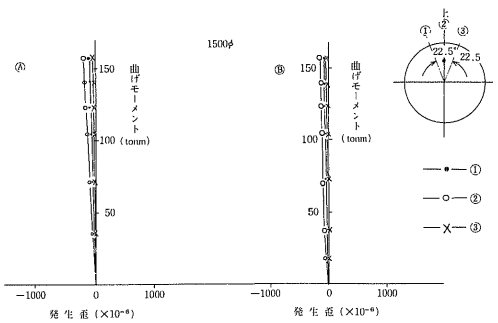
管径の変位量はいずれも口径の３％以下であるので、モルタルライニングに悪影響はない。

図－17　曲げモーメント－歪



(3) 曲げモーメント―歪の関係

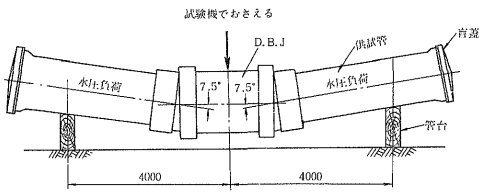
測定結果を図－17に示す。



4．曲げ水圧試験

D.B.J に曲げモーメントと同時に内圧が作用した時の強度、水密性能を調べるため、曲げ水圧試験を行った。

図－18　曲げ水圧試験方法



(1) 曲げ水圧試験終了結果

D.B.J を7°30′曲げた状態で、1000φは水圧30kg/mm²、1500φは水圧20kg/cm²まで負荷させた。

表－5　曲げ水圧試験結果

管呼び径 (mm)	継手１個所の曲がり角度	負荷水圧 (kg/cm²)	継手部の状況
1000	7°30′	30	漏洩、その他異常なし
1500	7°30′	20	〃

※負荷水圧は、水圧抜出し試験と同じとした。
（盲蓋の関係でこれ以上の水圧はかけられなかった）

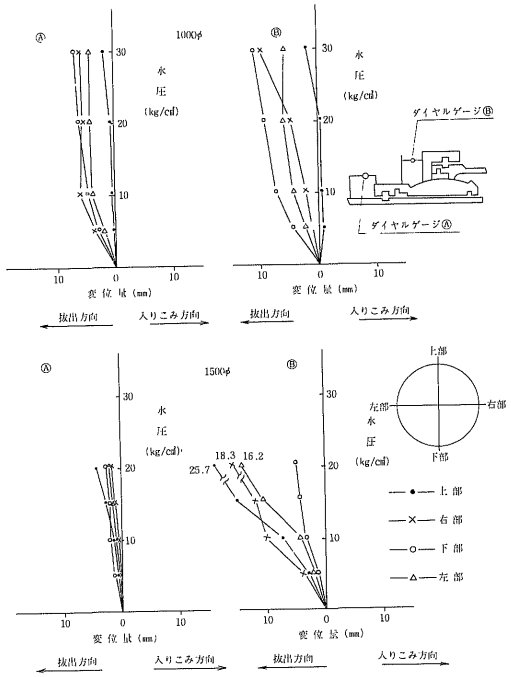
(2) 水圧―変位量の関係

図－19に測定結果を示す。

いずれもⒷ側は曲げ強度試験のそれに比べて大きいが、これは水圧負荷による抜出し力により、継手が抜け出そうとしているためである。

この程度の抜出し量では、水密性にはなんらの異常も発生しない。

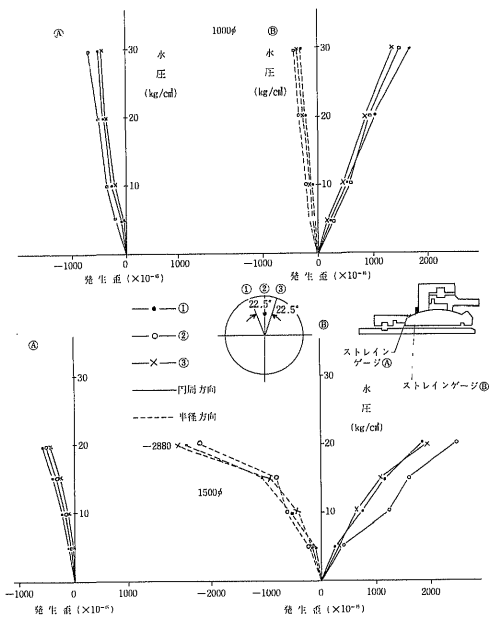
図－19　水圧－変位量の関係



(3) 水圧―歪の関係

図－20に測定結果を示す。

図－20　水圧－歪の関係



Ⅳ．継手接合要領

1．ストッパーの清掃

ストッパーの球面部、ロックリングの入る溝、セットボルトの入るねじ孔に付着している油、砂などの異物をウエス、ワイヤーブラシ、ヘラなどで取り除く。

2．ストッパー用ロックリングの預け入れ

(1) コアー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鋼帯を締め上げ)、リング内面全周を完全に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、解体する。

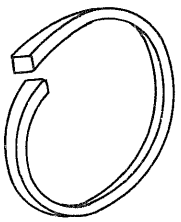
(2) セットボルトをストッパー溝の内面までねじこむ。

(3) ロックリング切断面をコイル状に重ね合せストッパー溝内に預け入れる。

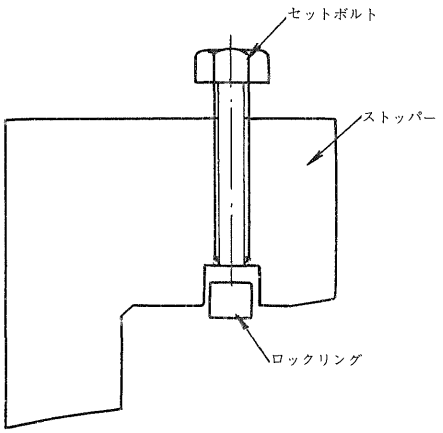
3．ストッパーの預け入れ

ロックリングの入ったストッパーを管挿口

図－21　ロックリングの重ね合せ



図－22　ロックリングの預け入れ

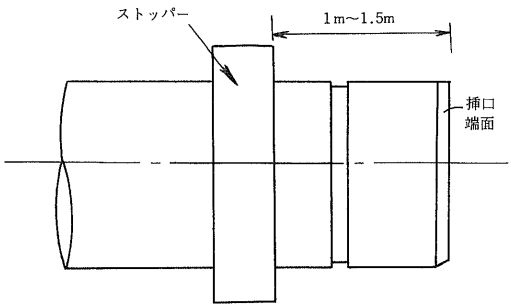


にあずける。この時、球形リングと管挿口の接合作業の邪魔にならないよう挿口端面より最低１m～1.5m離すこと。

4．管挿口および球形リングの清掃

挿口外面（挿口溝および挿口端面より約１m程度)、球形リングの球面、ゴム輪の入るところ、ロックリングの入る溝、セットボルト

図－23　ストッパーの預け入れ



の入るねじ孔、Oリングの入る溝に付着している油、砂などの異物をウエス、ワイヤーブラシ、ヘラなどで取り除く。

5．球形リング用ロックリングの預け入れ

(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鋼帯を締め上げ)、リング内面全面を完全に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する。

(2) 六角穴付止ネジを球形リング溝の内面までねじこむ。

(3) ロックリング切断面を、ストッパー用ロックリングと同様(図－21)コイル状に重ね合せ、球形リング溝内に預け入れる。

その際ロックリングの切断個所はねじ孔の間隔のもっとも狭い所の中間になるよう注意する。

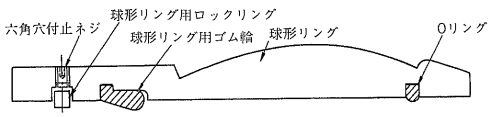
6．ゴム輪の挿入

球形リング用ゴム輪を球形リングのゴム輪挿入個所に挿入する。

7．Oリングの挿入

Oリングを球形リングのOリング挿入溝に預け入れる。

図－24　ロックリング、ゴム輪、Oリングの挿入

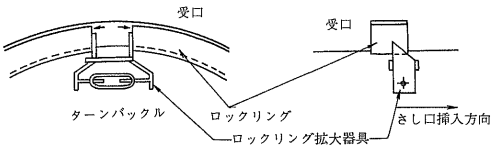


8．球形リングの挿入

(1) 球形リング用ロックリングの拡大

ロックリングを球形リングに預け入れると自重によって図－24に示すようにロックリングの上側の一部がたれ下り、さし口の挿入ができないので図－25に示す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。

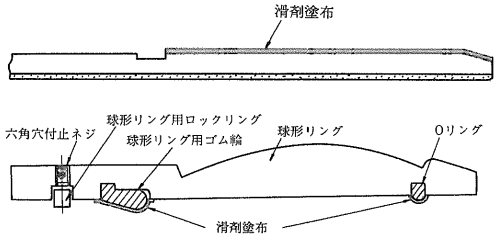
図－25　ロックリング拡大器具



(2) 滑剤(濃い石けん水)の塗布

接合を容易にするために、滑剤（濃い石けん水）を挿口、ゴム輪、Oリングに塗布する。

図－26　滑剤の塗布



(3) 球形リングの芯出し、挿入

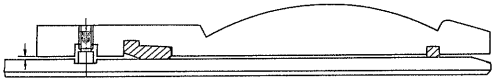
球形リングの芯出しを行い挿口に挿入する。この時挿口先端がロックリングの部分をこえる時、ロックリング拡大器具は自動的に管内面に撤去され、さらに深く挿口を挿入すればロックリングが挿口溝内に自動的に落ち、挿口を抱く形になる。

図－27　挿口の挿入

(4) 球形用ロックリングの締付け

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、六角穴付止ネジを締付ける。六角穴付止ネジを締付ける順序は、ロックリングの切断個所と反対側から順次切断面に向って挿口を抱き締めるように締付ける。その際、球形リングと挿口の隔間(r寸法)を全周ほぼ均等にするように六角穴付止ネジで調整する。

図－28　セットボルトの締付け



9．球形リング用ロックリングの確認

六角穴付止ネジを完全に締付けた状態で外面から球形リングと挿口の隙間を除いて、ロックリングの切断面の間隔を測定する。5－(1)の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さし口溝にかけ合わされているとみてよい。

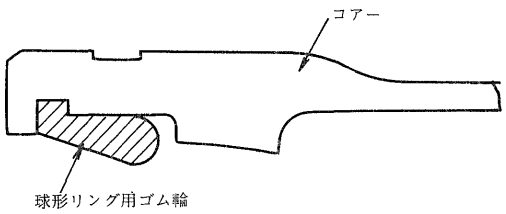
10．コアーの清掃

コアーの球面部、ゴム輪の入るところに付着している油、砂などの異物をウエス、ワイヤーブラシ、ヘラなどで取り除く。

11．コアー用ゴム輪の挿入

コアー用ゴム輪をコアーのゴム輪の挿入個所に挿入する。

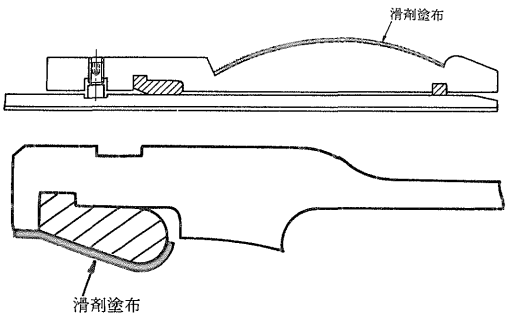
図－29　ゴム輪の挿入



12．滑剤(濃い石けん水)の塗布

滑剤(濃い石けん水)を球形リングの球面、コアーのゴム輪の部分に塗布する。

図－30　滑剤の塗布



13．コアーの芯出し、挿入

コアーの芯出しを行い、球形リング（球形リングは挿口とロックリングで一体化されている）に挿入する。

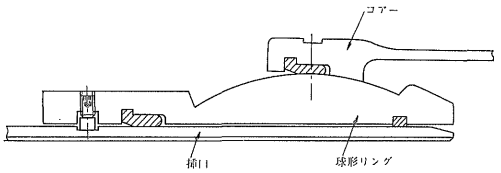
コアーを所定の位置まで挿入しても、ゴム輪の弾性により抜出してしまうこともあるので、コアーと球形リング部はストッパーを取付けるまで一時的に固定する。

14．ストッパーの固定

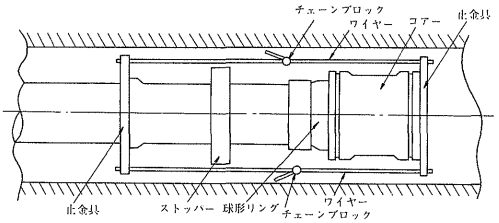
(1) ロックリングの拡大

2の項で管に預け入れたストッパーのロックリングを拡大する。この場合のロックリング拡大器具は図－34のものを使用する。

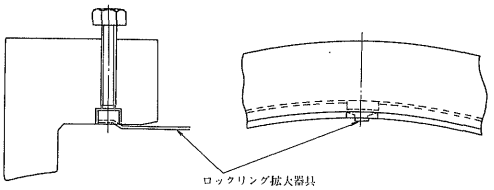
図－31　コアーの挿入



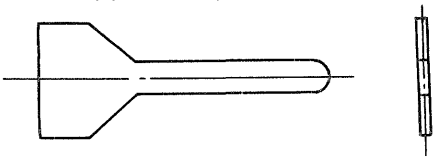
図－32　コアー固定方法



図－33　ロックリングの拡大



図－34　ロックリング拡大器具



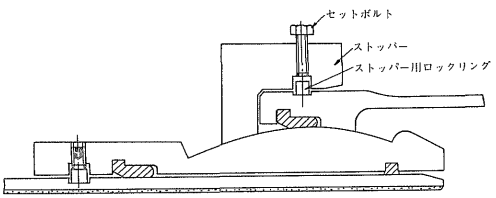
(2) ストッパーの芯出し、挿入

ストッパーの芯出しを行い、コアーに挿入する。ロックリング拡大器具はロックリングがコアー溝に入ったら、人力でロックリング拡大器具を取り除く。

(3) ストッパー用ロックリングの締付け

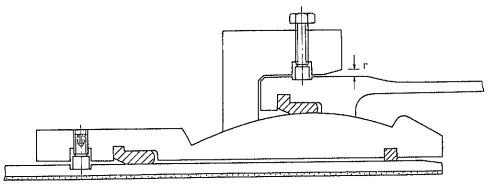
ロックリングがコアーの溝に完全に納まっ

図－35　ストッパーの挿入



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面に向ってコアーを抱き締めるように締付ける。その際、ストッパーとコアーの隔間(r 寸法)を全周ほぼ均等にするようにセットボルトで調整する。

図－36　セットボルトの締付け



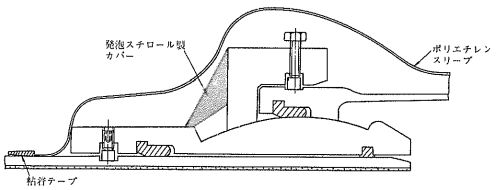
15．ストッパー用ロックリングの確認

セットボルトを完全に締付けた状態で、外面からストッパーとコアーの隙間を覗いてロックリングの切断面の間隔を測定する。2－(1)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コアーの溝にかけ合わされているとみてよい。

V．球面部の防護

埋設後、球面部に土砂が入りこみ、継手が設計通り屈曲しなくなる場合、また球面部が腐食する場合が考えられるので、この部分は発泡スチロール製のカバーを取付け、その上からポリエチレンスリーブをかぶせる。

図－37



技術レポート ❹

耐食性酸化被膜処理ボルトナット

日本鋳鉄管協会技術専門委員会

委員　長尾正三

地下埋設管路の継手部に用いられているボルトナット類が、管体がほとんど健全であるにもかかわらず、異常腐食を起し問題になるという事例が近年、各地の腐食性土壌中において散見されるようになってきた。

この現象は欧米においてもかなり前から気付かれており、原因の究明、対策の研究などが行われていた。またわが国においても同様の研究がなされ、対策として一般的には酸化被膜処理ボルトナットが市販されるようになっている。ここでボルトナットの異常腐食の原因と防止対策の原理を説明し、今後の対策の一助といたしたい。

1．腐食の原理

土壌中に埋設された金属の腐食は電気化学的反応に基づいて進行する。この電気化学的反応が生ずるためには、発生原因としての電位差と、環境としての電気抵抗の二者が不可欠の要素になる。

(1)　電位差：金属組織の均一性、表面状態の不均一性、応力分布、埋設環境の一均一、異種金属galvanic action.

(2)　電気抵抗：埋設環境の比抵抗

この中、電位差が存在したとしても電気抵抗が高ければ腐食反応は進行しない。すなわち、埋設土壌の比抵抗が高い条件下では腐食しないが、塩分を多く含むような比抵抗の低い土壌中では腐食が進む可能性があることになり、今まで経験した腐食事故はすべて比抵抗の低い土壌中で発生している。（土壌の腐食性判定方法）

2．過去のボルトナットの腐食についての研究

米国のNational Bureau of Standardsは、その刊行物Circular 579(April 1957)にて次の如く報告している。

地下埋設管路の継手に用いられた軟鋼および鋳鉄製のボルトは、腐食性の激しい土壌中

で、特にネジ切りした部分で腐食する場合が多い。これらの損傷による取替えの費用は高くつくために、NBSは埋設試験場においてボルト試験片の埋設を開始した。1924年にはシエラダイジングボルト(滲亜鉛ボルト)、鉛メッキボルト、裸鋼ボルトを7カ所に、1932年にはマリアブル鋳鉄、高強度鋼、軟鋼ボルトを別の4カ所に、さらには1939年には木炭銑鋳鉄、軟鋼ボルトが他の14カ所に埋設された。これらの試験場の土壌条件は強腐食性Severely Corrosiveから腐食性moderately Corrosiveにまたがっている。

この試験は約10年間継続され、得られた結論は次の如くであった。ボルト材質によって特に耐食性の差は認められなかった。シエラダイジングボルト、次いで鉛メッキボルトがやや耐食的であった。土壌の腐食性が激しい場合はボルトの腐食は激しく、土壌が腐食性でない場合はボルトも腐食が少い。

次いでNBSではボルトが管体が損傷を受けるよりもはるかに短期間で腐食されることから、通常の応力腐食および端部効果には腐食のみならず、管体との局部電池作用galvanic actionが大きな原因と考え、実験室的研究を行い、次の結論に達している。

1) このようなガルバニックアクションをなくするためにはボルト材料として管体よりも陰極的な材質を用いるべきである。

2) ただし、電位が異なる材質を組み合せて用いた場合には、陽極的な材料に対して過度の腐食を発生さす可能性がある。

3) しかしながら、上記2)の傾向はその材質の分極特性によって大いに変り、土壌中に埋設された鉄管の場合は陰分極が大きいため、これらのボルト材料が鉄管に対して陰極的になった場合には、管体との面積比が小なることもあって、管体には有害な腐食は発生させない。

4) 管体に対して陰極的な材質としてはNi、Cuの如き合金があり、1%Cu、1%Cu1%

表－1　NBSによる各種ボルト材料の鋳鉄押輪との組合せ

(試験片土中埋設試験結果一覧表)

	Galvanic current		ボルト－押輪間開路電位差		ボルトの重量減		組合せに基づく重量減少率
	平　均	最　終	100日後	368日後	組合せ	単独試片	
	mA	mA	mV	mV	%	%	%
1%Cu鋳鉄	1.15	1.45	115	130 (−674mV)	5.6	28.5	81.4
	1.11	1.28	120	150	4.9		
1%Ni 1%Cu	0.70	1.20	30	115 (−661)	10.3	25.6	64.4
	0.76	1.10	50	115	7.9		
2%Ni 1%Cu	1.76	1.85	160	260 (−657)	3.4	33.8	89.7
	2.09	1.60	270	245	3.6		
Plain鋼	1.09	1.03	55	95 (−670)	7.5	16.4	53.7
	1.32	1.27	80	120	7.7		
Cr-Ni-Cu鋼	0.78	0.73	60	47 (−661)	6.1	19.7	64.0
	0.47	0.54	40	27	8.2		
Ni-Cu鋼	1.04	0.86	140	70 (−654)	4.8	14.2	73.2
	1.35	1.20	140	130	2.8		
高合金鋳鉄	0.47	1.00	250	180 (−506)	0.66	8.8	93.1
	0.83	1.28	230	295	0.57		
Ni-Cu合金	2.06	1.34	380	420 (−368)	0.23	0.95	80.0
	2.15	1.60	400	445	0.15		

Ni、2%Ni 1%Cuなどの低合金ボルト、15%Ni6.6%Cu2.6%Crの高合金ボルト、70%Ni30%Cuボルトなどが挙げられ、いずれも大幅に腐食減量が低減している。

以上の如きNBSの研究に追随して多くの研究者がボルトナットの腐食防止対策の研究を行っており、それらの集大成の一つとして、米国の鋳鉄管のメカニカルジョイントの国家規格が次の如く改正されている。

3. メカニカルジョイントボルトの米国規格の改正

アメリカにおける鋳鉄管のメカニカルジョイントの国家規格は、1953年にASA A 21.11 Mechanical Joint for Cast Iron Pressure Pipe and Fittings として規定されており、この当時は、ボルトナットとしては高張力鋳鉄High strength Cast Ironボルトと規定されていたに過ぎない。この規格が1964年に改正されてASA A 21.11—1964 Rubber Gasket Joint for Cast Iron Pressure Pipe and Fittingsと名称も変更されたが、この改正ではボルトナットの耐食性を向上さすためにHigh strength Cast Iron の場合には0.5%以上のCu銅を合金すること、またはHigh strength Low alloy steelの場合はNi 0.25%以上、Cu 0.20%以上、Ni+Cu+Cr 1.25%以上含むことを規定し、管体や押輪に対してボルトナットが陰極的になるような処置を持っていることが示される。

4. 鋳鉄管メーカーにおける研究

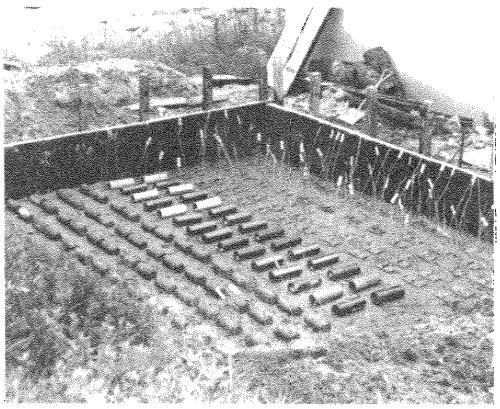
ボルトナットの異常腐食の原因が管体とボルトの局部電池 galvanic actionによるものであると仮定したうえで、管体に対して陰極的になるようにボルトナットに対策するため、

1) 合金化、 2) 表面処理、 3) 塗装

の3方面から調査した。

実験方法としては、これらの供試ボルトを単独および管体と組み合せた状態で、各種土壌中、水中に埋設し、それぞれの電位およびgalvanic電流の経時変化および重量減少を測定した。図—1に埋設実験場の一例を示す。また図—2に埋設試験における管体および各種ボルトの電位変化の測定結果を示す。

図—1　各種ボルトナットの土壌埋設腐食試験状況(砂土中、埋戻し前)

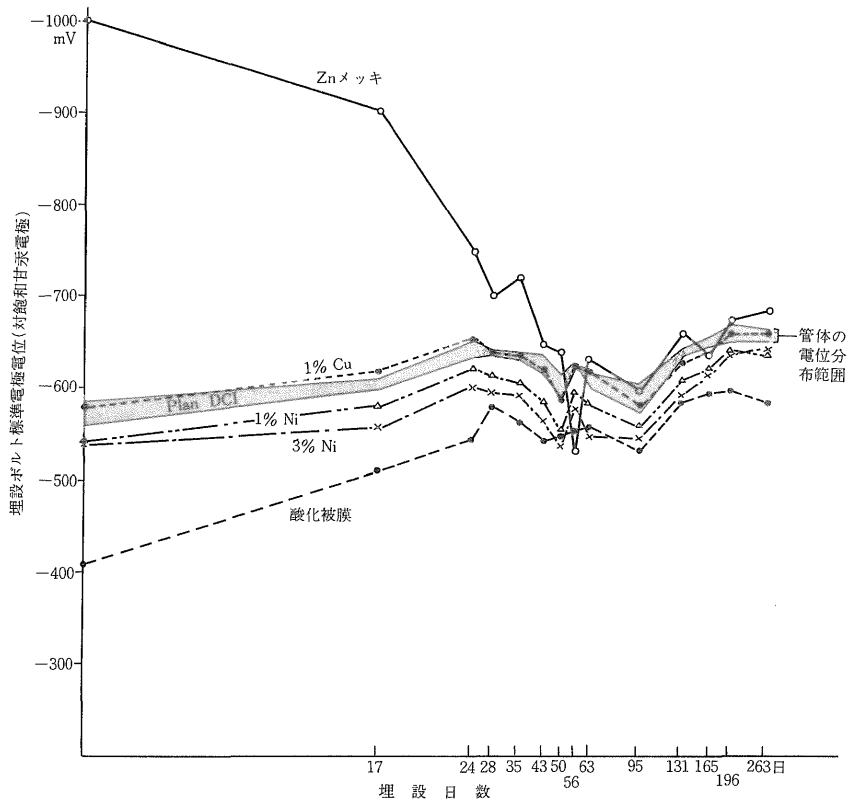


この電位測定結果から見て分るように、管体自体はその土壌との接触状況などに応じてかなり広範囲に電位がバラツイており、このバラツキ以上に電位が高くないとボルトナットは耐食的とはいい得ないことになり、そのための耐食対策はかなり範囲が狭くなってい

表—2　各種ボルトの土壌中組合せ腐食試験結果

	砂		粘土		山土	
	6ヶ月	1年	6ヶ月	1年	6ヶ月	1年
Plain DCI	0.820gr	1.690gr	2.170gr	3.170gr	2.250gr	2.819gr
1%Cu DCI	0.790	1.625	2.320	4.151	2.970	3.850
1%Ni DCI	0.267	0.802	1.320	2.519	1.170	2.125
3%Ni DCI	0.228	1.160	1.186	1.762	1.630	2.378
Znメッキ DCI	1.830	2.241	1.455	2.561	3.635	6.870
酸化被膜 DCI	0.201	0.188	0.360	0.560	0.470	0.729
マリアブル	0.850	0.966	2.009	2.560	2.150	3.215

図－2　粘土中埋設



るが、得られた結論を括めると次のようになる。表－2参照。

1）合金化元素としては銅Cu、クロムCr、ニッケルNi、亜鉛Zn、錫Sn、アンモチンSb、鉛Pb、カドミウムCd、などを調査検討した結果、もっとも確実な効果を発揮するのはNiであり、1％以上の添加で略々陰極的になる。Cuはある時には効果が認められるが、その効果にはバラツキがあり、確実とはいい得ない。その他の合金元素の効果は認められなかった。

2）表面処理として亜鉛メッキ、シエラダイジング、鉛メッキ、クロマイジング、Hiメッキ、酸化被膜処理などを検討した結果、電位的な経時変化、外観変化、重量減少の面から調査した結果、クロマイジング、酸化被膜処理がボルトナットの防食処理としてもっとも確実であることが認められた。

3）塗装としては黒ワニス塗装、鉛系防錆塗料、ジンクリッチペイント、タールエポキシ塗料、エポキシ粉体塗装などを検討したが、塗装がボルトの防食に非常に有効なことが示された。

耐久性のある防食塗装としてはタールエポキシ塗料、エポキシ粉体塗装が優れていることが示されたが、さらに有効な対策としてジョイントにボルトナットをセットして後、補修塗装をタール系塗料で行うことが、特にネジ部、ナットの防食に効果のあることが示された。

以上の如き具体的な防食対策についての実験と併行してボルトナットの異常腐食の原因を追求したが、腐食は電気化学的な反応により発生するが、土壌中の鉄系金属の腐食では陰極面積と陽極面積の比率によりその腐食速度が定まり、この比率が大である時には陽極部に激しい腐食が生じ、逆の場合はたとえ腐食が生じても、あまり極端な腐食は生じない。

メカニカルジョイントのボルトナットの土壌腐食は、ちょうどこの面積比が大なる場合

に相当しており、なんらかの原因によってボルトナットが鉄管や押輪に対して陽極となり、面積比率が極端に小さいため、この局部電池や腐食電流がボルトナットに集中して流出するため、異常な腐食が生ずることが確認された。

このようにボルトナットが鉄管、押輪に対して陽極（電位が低くなる）になる理由は次の事項が挙げられる。

(1) ボルトナットがネジ加工されるため、ネジの部分の電位が低下する。

(2) ボルトナットの加工、取扱い時に端部が傷付き易く、それらの部分の電位が低下する。

(3) 鉄管、押輪が比較的確実に塗装されているのに対して、ボルトナットの塗装は一般に非常に薄くしか塗装されず耐久性が劣ること、およびジョイント施工時に塗装が剝ぎ取られ易く、そのため電位が低くなる。

このような理由に基づき、ボルトナットが管体の犠牲になって選択的に腐食されることが解明され、前述の欧米の研究の結論が確認された。

5．酸化被膜処理ボルトについて

ボルトナットが管体に対して陽極的になる原因の一つとしてネジ加工を挙げたが、具体的にその現象を説明すると次のようである。

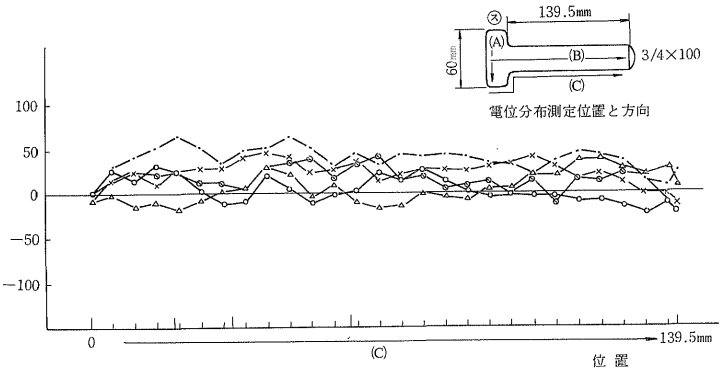
ボルトナットは

鋳造→焼鈍→タンブラー処理（焼鈍スケール除去）→ネジ切加工

の如き工程で製造される。

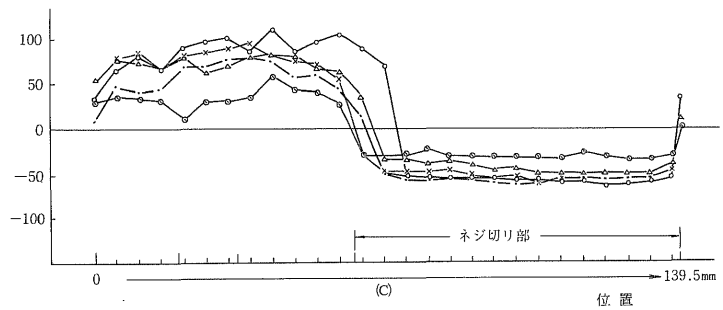
これらのそれぞれの段階で表面状態により、種々の電位分布が生ずるが、前三段のタンブラー処理までではあまり大きな電位差は発生しない。（図－３参照）　しかるにネジ切加工

図－３　タンブラー処理（ネジ加工前）ボルトの電位分布測定結果

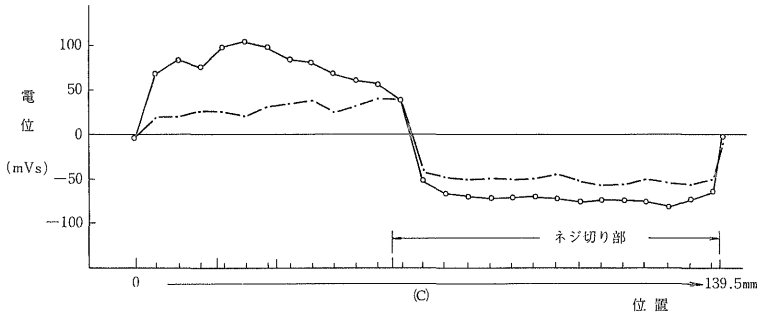


することによって、ネジ部内電位が極端に低下し、100mV以上もの電位差が発生する場合もある。このネジ加工による電位低下は加工方法が旋盤加工、転造加工のいずれの場合でも生じており加工方法によっては差はない。（図－４、５参照）

図－４　旋盤加工ボルトの電位分布測定結果



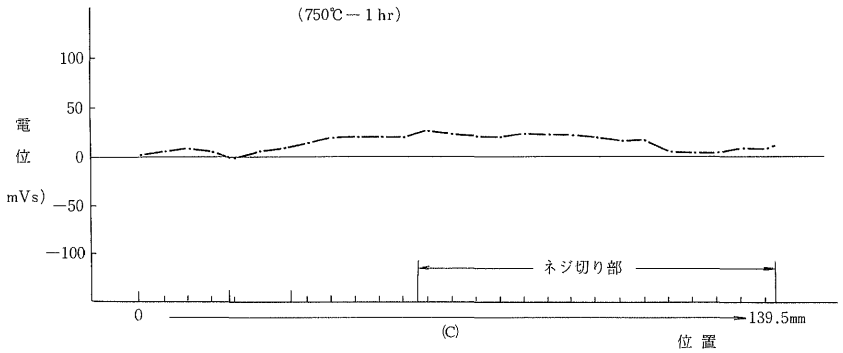
図－5　転造加工ボルトの電位分布測定結果



このように大きな電位差を生じたボルトを継手にセットして土中に埋設すると土壌条件が電気伝導度が高く、腐食性が激しい場合には、電位の低いネジ加工部が集中的に腐食されることになる。

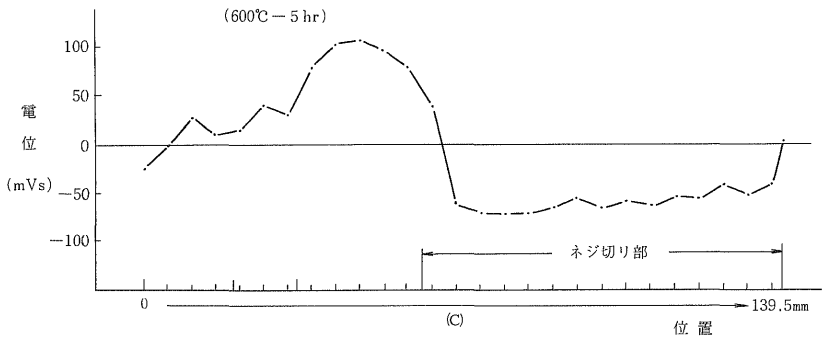
以上の如き加工処理によって大きな電位差を発生したボルトを加熱して表面を酸化被膜処理してやると図－6にみられる如く、表面の電位は均一化され局部腐食の危険は解消するとともに、ボルトナットの電位自体が高くなり、鉄管に対して100mV以上貴な電位を示すようになるので、陰極的にボルトナットが防食される効果が得られ、先に述べた土中埋設試験での結果を根拠づけている。

図－6　加熱酸化処理ボルトの電位分布測定結果



なお加熱温度を加工処理歪みを除去するに十分である600℃ほどで長時間処理をした時のボルトの電位分布を図－7に示すが、この間から歪みが除去されていても電位の大きな不均一は解消せず、電位の不均一は歪み（または応力）によって生ずるのではないことが示される。

図－7　歪取り焼鈍後のボルトの電位分布測定結果



この加熱処理の温度としては、ボルトナットの機械的性質に影響を及ぼさない範囲で750～850℃が最適である。

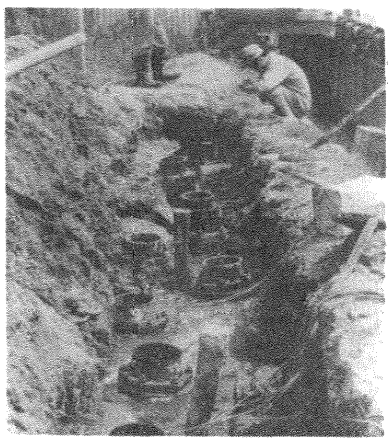
このようにして得られた酸化被膜処理をしたボルトを200mmφ鉄管と組み合せて土壌中で埋設腐食試験した結果を表－3に示す。

表－3　200mmφメカニカルジョイント鋳鉄管に組合せた酸化被膜処理ボルトナットの埋設腐食試験結果

	ボルト種類		組合せ管体の種類	腐食減 (gr)	最大孔食深さ (mm)		備考
	酸化被膜の有無	塗装の有無			人工傷部	その他の部分での孔食	
ボルト単独埋設	無	無	—	0.241	0	0	
		塗装	—	0.133	0	0	P※
	酸化被膜付	無	—	0	0	0	
		〃	—	0.068	0	0	P
		〃	—	0	0	0	P
		塗装	—	0.027	0.38	0	P
		〃	—	0.061	0.16	0	P
		〃	—	0		0	
200φ DCI メカニカルジョイント管体に組合せ埋設	無	無	No. 1 塗装	11.243		1.69	
		塗装		1.082	0	0.59	P
		〃		1.344	0	0.51	P
	酸化被膜付	無	No. 2 塗装	0.714		0.48	
		塗装		0.485	0	0.16	P
		〃		0.435	0.09	0	P
	無	無	No. 9 塗装なし	2.130		0.33	
		〃		2.310	0.13	0.25	P
		〃		2.277		0.46	
	酸化被膜付	無	No. 10 塗装なし	0.590		0.21	
		〃		0.569	0.02	0.05	P
		〃		0.100			

※P　ボルトの頭部に3mmφのドリルにて孔を開け人工傷を付ける。

図－8　200mmφメカニカル鋳鉄管―ボルトナット組合せ埋設試験状況



鉄管に組み合せてボルトナットが土中に埋設した場合、次のような組み合せが考えられる。

- 鉄管が塗装され、ボルトが塗装されていない場合
- 鉄管が塗装され、ボルトも塗装されている場合
- 鉄管が塗装されていず、ボルトは塗装されている場合
- 鉄管もボルトも塗装されている場合

これらの組合せで鉄管が塗装され、ボルトナットが塗装されていない場合に異常な集中腐食が生ずることが、この表から明瞭に示さ

れる。

酸化被膜処理したボルトナットは、いずれの場合も防食効果を発揮しているが、この場合でも、塗装の効果がはっきり示されている。

従来、メカニカルジョイントを施工する場合に、ボルトナットの塗装をガソリンで洗い落したり、焼いて剝がしたりすることが一般的に行われている傾向があるが、これはこの実験結果からも分るように、ボルトナットの腐食を促進することにつながっており、厳に禁止する必要がある。

なお、ボルトナットの塗装は、ネジ部で塗料が固着してナットが離れにくいという傾向があるため、これを避けるためにできるだけ塗装を薄くする傾向もあったが、これは塗料の耐久性を著しく損う原因でもあり、ボルトナットの塗装が防食のための一つの重要なポイントとなっている。

これらの点を解決する処置として、現在行われている方法は、ボルトナットに支障のない程度にまで厚くタール系の塗装を施し、その後塗装を侵さない潤滑油を塗布するものであり、この対策により塗料の固着問題は略々解消されたと考えられるので、接合時にボルトナットの塗料を除去する作業は絶対に行わないように指導いただくようお願いしたい。

さらにこのボルトナットの塗装を高級化し長期防食性能を保持せしめ、ボルトナットの固着を防止する塗装としてエポキシ樹脂の粉体塗装ボルトナットが開発され、一部で実用化されている。

6．耐食性ボルトナットの仕様化

上述の酸化被膜処理をした耐食性ボルトナットが実用化され、東京都水道局、横浜市水道局の仕様として多数納入されている。

なお日本鋳鉄管協会においてもJCPA G 1001、1002“K型ダクタイル鋳鉄管”付属書2 K形ダクタイル鋳鉄管用ボルトナットに、この酸化被膜処理ボルトナットが取り入れられるようになっており、今後は広く実用化される気運にある。表－4にこの仕様書改訂案を示す。

表　4

呼び径75～2600㎜水道用ダクタイル鋳鉄管用付属品（A形・K形）

適用規格（JCPA G 1001、1002）

2．材料及び製造方法

2.1　ボルト・ナットの材料及び製造方法はJIS G 5502（球状黒鉛鋳鉄品）のFCD 40又はFCD4545あるいは、JIS G 5702（黒心可鍛鋳鉄品）のFCMB 35又はJIS G 5704（パーライト可鍛鋳鉄品）のFCMP 45による。

2.2　ボルト・ナットはねじ加工後、密着性のある酸化被膜を生成させるため、温度750℃以上で適当な時間加熱保持する。

3．塗　装

3.1　塗　料

塗料は防食性に優れ、使用上有害な成分を含まないもので、乾燥後は水に溶けず寒暑によって異常をきたさないものでなければならない。

3.2　塗装方法

3.2.1　ボルト・ナットは塗装前にさび、そのほかの付着物を除去する。

3.2.2　ボルト・ナットの塗装は、加熱酸化被膜生成処理後に行うものとし、使用する塗料に適した温度で塗料液中に浸したのち引きあげて、十分に液滴を落した大気中で乾燥させる。

3.2.3　潤滑油は塗装後、ボルト・ナットに塗布する。

3.3　潤滑油

3.3.1　ボルト・ナットは固着を防止するため塗料に悪影響を及ぼさない潤滑油を用いなければならない。

4．形状、寸法及び許容差

4.1　ボルト・ナットの形状及び寸法は付図による。

4.2　ボルト・ナットのねじは、JIS B 0205（メートル並目ねじ）による。

4.3　ボルト・ナットの各部寸法の許容差は表1による。

表　1　　単位：mm

適用される管の呼び径	ボルトの呼び	許容差 A	B	C	E	F	G	H	適用される管の呼び径
75	M16	＋制限しない −2.0	±1.0	+5.0 0	+5.0 −2.0	＋制限しない 0	+3.0 0	0 −1.0	75
100～600	M20							0 −1.5	100～600
700・800	M24							0 −2.0	700・800
900～2600	M30								900～2600

5．品　　質

5.1　ボルト・ナットはJIS G 5502のFCD 40又はFCD 45あるいはJIS G 5702のFCMB 35又はJIS G 5704のFCMP 45の規定に適合するもので、6.1の試験を行った場合表2の荷重に耐え、永久変形を生じないものでなければならない。

表2　試験荷重

ボルトの呼び	試験荷重（kg）
M16	4,200
M20	6,600
M24	9,500
M30	15,200

5.2　ボルト・ナットの外面はなめらかで、こぶ、きず、鋳ばり、鋳巣など有害な欠点がなく、組織が均一でなければならない。きず、鋳巣などに対して加工してはならない。

5.3　ボルト・ナットの塗装後の仕上がり面は、あわ、ふくれ、はがれ、塗りだまり、塗り残し、異物の付着、著しい粘着、その他欠点がなく、表面はなめらかで寒暑によって異常を生じないものでなければならない。なお、6.3の試験を行った場合、はがれ、さびを生じるものであってはならない。

5.4　ボルト・ナットの酸化被膜厚さは0.03mm以上なければならない。

6．試験方法

6.1　ボルト・ナットは組合せた状態でボルトの頭部とナットを適当な方法でつかみ、引張試験で表2の荷重まで引張る。

6.2　材料の引張試験、つち打試験及び破壊試験はJIS G 5502、JIS G 5702又はJIS G 5704による。

6.3　塗装後の仕上がり面は、常温において3％の食塩水に6時間浸す。

6.4　ボルト・ナットの酸化被膜試験はボルト・ナットの中央部を軸線上に切断した部分を用いて行い、顕微鏡又は拡大鏡で調べる。

7．検　　査

7.1　ボルト・ナットの検査は、外観、形状、寸法、機械試験、塗装後の仕上り面及び酸化被膜厚さ試験について行い、その成績が4及び5の規定に適合すれば合格とする。ただし、注文者が必要でないと認めたときは試験の一部を省略することができる。

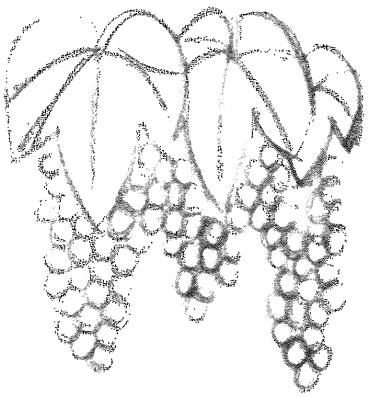
7.2　外観、形状、寸法及び5.3の塗装後の仕上り面の検査は一本ごとに行う。

7.3　機械試験及び6.3の試験は製品1,000本6.4の試験は製品2,000本、又はその端数を1組とし、各組からそれぞれ2本の試料をとって行う。ただし、1組の本数は注文者において増減することが

できる。

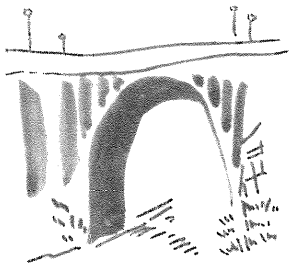
8．表　　示

ボルトには、その頭部の適当な箇所に製造業者の略号及びSの記号を明示しなければならない。



寄　稿

福井県の水需給と３事業



福井県企業庁公営事業部水道課長
山岸　亨

1．水利用の現況

(1) 生活用水

昭和50年３月31日現在、本県の水道給水人口は63万1,042人で、県人口77万2,276人に対する普及率は81.7%であるが、上水道は大野市を除く６市と８町に普及しており、その他は主として簡易水道である。

全県の生活用水使用状況は、１日平均給水量19万8,838㎥/D、最大給水量は26万6,406㎥/Dである。１人１日当りでは平均315ℓ、最大422ℓとなっている。水源は90%を地下水、伏流水に依存している。

(2) 工業用水

昭和49年県工業統計によると、従業員30人以上の事業所における全県の工業用水使用量は90万3,100㎥/Dであり、このうち淡水は85万4,600㎥/D、海水が４万8,500㎥/Dである。さらに淡水使用量の中、回収水を除く補給量は53万3,000㎥/Dである。

業種別の工業用水使用量では、化学が43.7%、次いで本県の基幹産業である繊維が29.2%と、この両業種でもって実に72.8%を占めている。

また水源別でみると、地下水、伏流水への依存度がきわめて高く、淡水補給水量の83.5%を占め、地表水は僅かに2.3%にすぎない。近年、節水面で重視されている回収水の再利用については、合理化対策の進んだ敦賀市の62.8%を除いてはきわめて低率である。県平均では36.5%となっており、全国平均の63%に比し大きな開きがある。

生活用水現況（昭和49年）

地区	需要圏	給水人口(人)	普及率(%)	1日最大給水量(㎥)	1日平均給水量(㎥)	1人1日最大給水量(ℓ)
奥越		37,091	48.4	13,251	9,818	357
福井・坂井	福井	231,894	97.6	133,120	100,944	574
	坂井	98,833	95.6	39,602	27,437	401
	吉田	20,030	97.7	7,141	5,244	357
	美山・池田	8,764	71.7	1,277	1,282	146
	計	359,521	96.2	181,140	134,907	504
南越	武生・鯖江	121,240	81.9	40,481	31,868	334
	朝日・織田	14,461	82.4	4,529	3,248	313
	越前・河野	9,778	86.9	3,651	2,991	373
	計	145,479	82.3	48,661	38,107	334
嶺南	敦賀	47,178	80.5	12,561	11,311	266
	美方	11,123	47.7	1,998	1,729	180
	小浜	26,152	57.0	8,050	2,389	308
	大飯	4,498	25.7	745	577	166
	計	88,951	61.2	23,354	16,006	263
全県		631,042	81.7	266,406	198,838	422

工業用水現況（昭和49年）

（単位 ㎥/D）

地区	需要圏	使用総量	淡水			海水
			計	補給水量	回収水	
奥越	—	47,686	47,686	46,025	1,150	—
福井・坂井	福井	135,277	135,277	129,817	5,460	—
	坂井	69,388	69,388	69,378	10	—
	吉田	1,021	1,021	1,021	—	—
	美山・池田	87	87	87	—	—
	計	205,773	204,752	200,303	5,470	—
南越	武生・鯖江	164,815	164,815	130,756	36,259	—
	朝日・織田	2,865	2,865	2,861	4	—
	越前・河野	64	64	64	—	—
	計	167,744	167,744	133,681	34,063	—
嶺南	敦賀	475,842	427,842	159,094	268,748	48,000
	美方	1,148	1,148	540	608	—
	小浜	3,708	3,708	3,708	—	—
	大飯	1,215	715	345	370	500
	計	481,913	433,413	163,687	269,726	48,500
全県		903,116	854,616	563,696	310,409	48,500

２．将来の水需要

(1) 生活用水

水道の普及、生活水準の向上に伴って、生活用水の需要は次第に増加する傾向にあるが本県の昭和60年における需要量は平均給水量で現在の1.7倍、33万㎥/D（最大45万3,000㎥）に達する。水道普及率は98％に向上し、１人１日平均給水量は418ℓ、最大573ℓに達すると見込まれる。

特に都市部においては、人口の集中、雑用水などの利用拡大によって使用量が増加し、７市における新規需要は最大13万2,000㎥/D全県の新規需要量の71％を占めることとなる。

(2) 工業用水

昭和60年における工業用水の淡水補給水量は、全県で約135万㎥/Dと現在の2.4倍に達するものと想定される。新規需要の発生は、福井・坂井および福井臨海需要圏において44万2,000㎥/D、武生・鯖江需要圏で22万2,000㎥/D、その他既存工業集積地域の敦賀需要圏および奥越地区で4万3,000㎥/Dが想定され、全県では約80万3,000㎥/Dの新規補給水量が必要となる。

現在、工業用水水源は地下水、伏流水に多くを依存しているのが現状である。しかし近年、地下水の過剰揚水による地下水障害ならびに地盤沈下が著しく、新規需要の水源として地下水に期待することは困難である。そこで今後の水源対策として、水使用の合理化はもちろんのこと、多目的ダムによる水源の確保などの計画が実施されつつある。

３．県営第一工業用水道事業

(1) 概　況

鯖江地区は福井県の中央部越前平野の南端に位置し、中央部を北流する日野川沿いに発達した地域で、県庁所在地である福井市とともに県の中核工業地帯を形成している。本地区内では、古くから繊維工業、化学工業をはじめ特産工業として、眼鏡枠、漆器、和紙な

生活用水将来需要（昭和60年）

地区	需要圏	給水人口（人）	普及率（%）	１日最大給水量（㎥）	１日平均給水量（㎥）	１人１日最大給水量（ℓ）	昭49年１日最大給水量（㎥）	新規需要量最大（㎥）
奥越	—	78,900	98.1	36,300	25,500	460	13,251	23,049
福井・坂井	福井	264,200	100.0	191,300	143,600	724	133,120	58,180
	坂井	109,800	99.7	55,400	38,500	505	39,602	15,798
	吉田	20,200	100.0	9,800	7,600	485	7,141	2,659
	美山・池田	12,700	97.9	4,000	2,600	312	1,277	2,723
	計	406,900	99.8	260,500	192,300	640	181,140	79,360
南越	武生・鯖江	145,200	97.0	83,900	59,300	578	40,481	43,419
	朝日・織田	17,500	100.0	5,800	3,900	331	4,529	1,271
	越前・河野	10,200	90.3	4,400	3,500	436	3,651	749
	計	172,900	96.8	94,100	66,700	545	48,661	45,439
嶺南	敦賀	51,500	91.9	19,500	14,700	378	12,561	6,939
	美方	21,700	97.7	10,800	7,500	498	1,998	8,802
	小浜	41,900	92.7	19,000	14,500	453	8,050	10,950
	大飯	16,600	100.0	12,700	9,100	765	745	11,955
	計	131,700	93.7	62,000	45,800	471	23,354	38,646
全県		790,400	97.9	452,900	330,200	573	266,406	186,494

注．給水人口の100人未満および１日給水量の100㎥/D未満は四捨五入した。

工業用水(淡水)将来需要（昭和60年）

（単位 ㎥/D）

地区	需要圏	淡水需要量	補給水量	回収水量	昭和49年補給水量	補給水新規需要量
奥越	—	138,800	89,500	49,300	46,025	43,475
福井・坂井	福井	536,600	344,900	191,700	129,817	215,083
	坂井	238,900	156,400	82,500	69,378	87,022
	吉田	38,500	25,100	13,400	1,021	24,079
	美山・池田	100	100	—	87	13
	福井臨海	140,000	140,000	—	—	140,000
	計	954,100	666,500	287,600	200,303	466,197
南越	武生・鯖江	611,300	353,100	258,200	130,756	222,344
	朝日・織田	6,000	3,900	2,100	2,861	1,039
	越前・河野	800	500	300	64	436
	計	618,000	357,500	260,600	133,681	223,819
嶺南	敦賀	613,500	227,000	386,500	159,094	67,906
	美方	2,000	1,000	1,000	540	460
	小浜	11,500	5,600	5,900	3,708	1,392
	大飯	500	400	100	345	55
	計	627,500	234,000	393,500	163,687	69,813
全県		2,338,400	1,347,500	991,000	543,696	803,304

どが発達しているが、最近になって、重化学工業化を図るとともに、過密対策としての工業の地方分散の誘導地域とするため、東部工業団地186万㎡の造成がなされた。

本地区における工業用水の需要は、昭和50年には4万7,000㎥/D、昭和54年には5万8,000㎥/D程度と見込まれており、これを賄うための水源としては、地下水が約2万㎥/Dまでしか取水可能でないため、他は工業用水道に依存する必要がある。このため、本工業用水道が昭和47年度より新規に着工され、水源は付近を流れる日野川の広野ダムに求め、鯖江市上鯖江地係において4万3,200㎥/D取水し、送水ポンプにより水落町の配水池へ圧送し、ここから自然流下により鯖江市周辺の工業団地などの各企業へ給水するもので、昭和50年12月1日より一部給水を開始した。

水　　源：日野川、県営(多目的)広野ダム
給水量：40,000㎥/D
給水先：鯖江市および隣接市町村
総事業費：1,993,312,000円
工　　期：昭和46年度～昭和50年度
給水開始：昭和50年12月(一部給水)
　　昭和53年4月(全部給水)

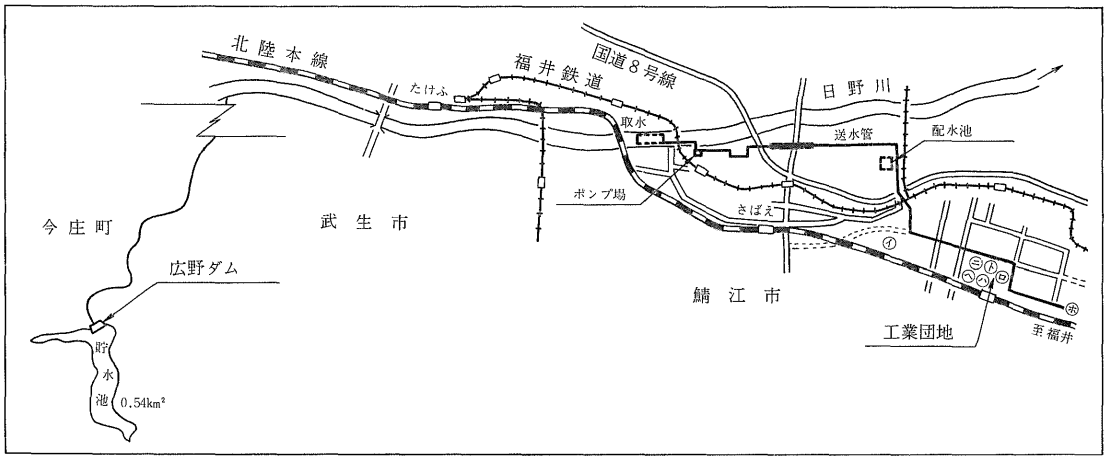
4．福井臨海工業用水道事業

(1) 概　況

福井地方は北陸の中でも京阪神、中京地域にもっとも近く、また中国大陸との貿易のうえからも有利な地域にあるが、今までは米と繊維を中心とした後進的な地位にあった。しかし、最近の過密分散、工業再配置構想に基づいて近代的な工業開発を図るべく、福井県は三里浜砂丘地帯を中心とした「福井臨海工業地帯造成計画」を策定し、着々とその開発を進めてきた。50年度末現在で2,000万㎡の土地造成もほぼ完了し、非鉄金属、機械、食料品工業などの立地が予想され、一部工場の進出が決定している状況にある。

この地域における工業生産額は、昭和60年には年間約4,660億円と見込まれ、これに対応して工業用水の需要量も日量約14万㎥に達す

(2) 県営第一工業用水道事業計画概要図



(3) 県営第一工業用水道施設概要

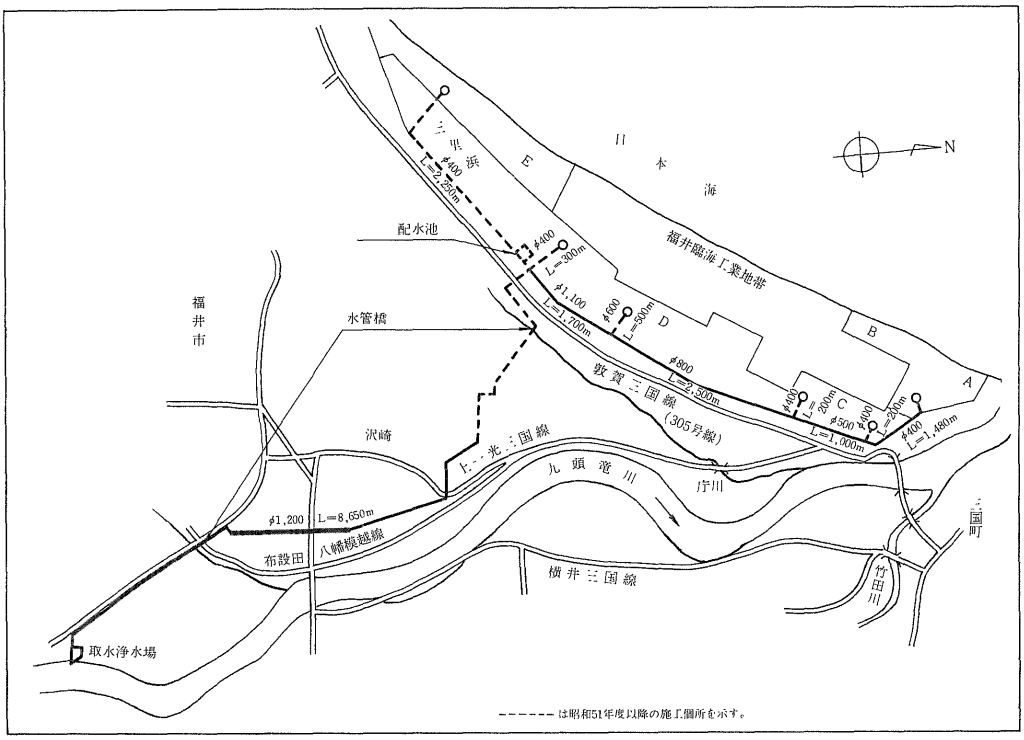
種別		形状内容
取水施設	集水埋渠	有孔ヒューム管　φ1,200mm　L 420m
	導水路	ヒューム管　φ1,200mm　L 245m
	取水ゲート	鋳鉄製ゲート　φ1,200mm　1門
送水施設	管理事務所	鉄筋コンクリート造２階建　延面積 409.7㎡
	送水ポンプ井	鉄筋コンクリート造　12m×7m×10m　1井
	流入ゲート	鋳鉄製ゲート　φ1,200mm　1門
	送水ポンプ	水中モーターポンプ　φ350mm×150kw×34m×16.7㎥/min　3台
	送水管	鋼管　φ800mm　L 1,845m 鋳鉄管　φ800mm　L 1,576m
配水施設	配水池	鉄筋コンクリート造　15m×30m×5m　1池
	配水管	鋳鉄管　φ700mm　L 1,303m 〃　φ450mm　L 2,805m 〃　φ400mm　L 401m 〃　φ300mm　L 3m 〃　φ200mm　L 197m 〃　φ150mm　L 675m

ることから本工業用水道が着工されたものである。本工業用水道は水源を九頭竜川の自流に求め、新たに築造する浄水場で処理を行った後、約８km離れた配水池までポンプ圧送をもって送水し、以下自然流下により各企業へ給水しようとするものである。

昭和53年４月１日一部給水開始を目途として、昭和48年度に着手、昭和50年度末までに沈でん池、浄水池、配水池、管理本館の築造送水管の埋設、水管橋の架橋、取水・送水ポンプの設置などの１期工事をほぼ完了し、昭和51、52年度で取水工、導水工、配水管布設を行う予定である。

水　　源：九頭竜川表流水
給水量：140,000㎥/D
給水先：福井臨海工業地帯
総事業費：8,876,648,000円
工　　期：昭和48年度～昭和58年度
給水開始：昭和53年４月１日(一部給水)
　　昭和59年４月１日(全部給水)

(2) 福井臨海工業用水道布設事業計画概要図



(3) 福井臨海工業用水道施設概要

種別		形状内容
取水施設	取水口	巾28.4m×長さ25.5m　テンターゲート3基　2m×8m 樋門巾 6.8m×長さ 2.6m　スルースゲート2門　1.8m×1.8m
	導水路	2連函渠型式 5.6m×2.9m　P.C管　φ1,800mm×2条×28m 樋管　鋼管 φ1,800mm×2条×38m
	ゲート室	RC造 7.2m×6.8m　スルースゲート2門　1.8m×1.8m
	沈砂池	分水口　長さ21m×巾6.8m～29.8m 沈砂池　37.3m×34.6m ポンプ室　15m×34.6m（内5m×34.6mは除じん室）
	取水ポンプ	φ500mm×34.84㎥/min×10m×90kw×4台
浄水施設	着水井	電磁流量計室　RC造　3.6m×6.3m 着水井　RC造　9.0m×13m
	沈でん池	RC造　38.6m×39.6m
	浄水池	RC造　41.1m×24.6m
	送水ポンプ	φ500mm×φ350mm×32.41㎥/min×54.5m×415kw×4台
	管理本館	鉄筋コンクリート造　2階建一部地下　延面積 1,870㎡
送水施設	送水管	鋳鉄管、鋼管　φ1,200mm　L 8,868m
	水管橋	鋼管　φ1,200mm　L 30m（七瀬川） 〃　〃　L 31.4m（片川）
配水施設	配水池	RC造　40m×28m　2池
	配水管	鋳鉄管（予定）　φ1,350mm×φ150mm

5．坂井地区水道用水供給事業

(1) 概　況

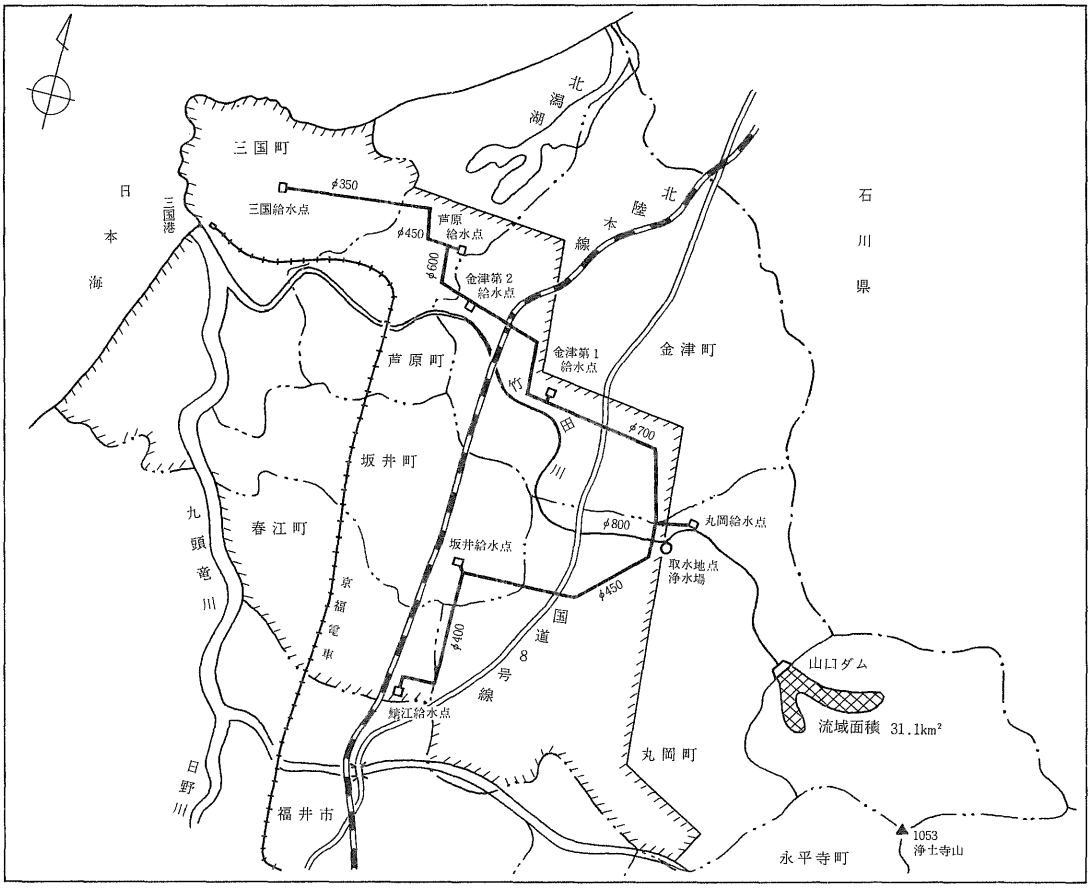
本計画地区は福井市の北部に位置し、日本海、九頭竜川ならびに石川県境の山地に囲まれた地域である。

三国、芦原の両町は、芦原温泉および東尋坊などの全国的にも有名な観光地を有し、交通機関の発達とともに観光客が急増している。また、本地区の各町は、福井市の衛星都市化ならびに臨海工業地帯の造成などにより人口の増加が見込まれ、加えて近年の経済成長による生活環境の高度化により、１人当りの使用水量は増加し、水の需要量も増加の一途をたどっている。しかし、本地区は水源に恵まれず、各町単独事業による水源開発は経済的にみて困難であるところから計画されたものである。

水源は竹田川総合開発事業の一環として建設予定の山口ダムに求め、取水された水は取水井、沈砂池、フロック形成池、ろ過池、沈でん池と次々に浄水され、ポンプ井より２系統送水される。

水　　源：竹田川県営(多目的)山口ダム
取 水 量：47,500㎥/D
給 水 量：44,175㎥/D
総事業費：6,531,680,000円
工　　期：昭和48年度～昭和55年度
給水開始：昭和55年４月１日(一部給水)
　　昭和67年４月１日(全部給水)

(2) 坂井地区水道用水供給事業計画概要図



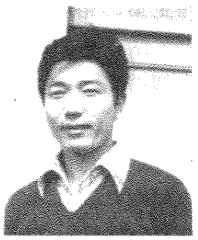
ダクタイル鋳鉄管第20号

昭和51年5月

技術レポート1

北海道音別町φ500mmK形管軟弱地盤配管について

音別町水道課
小嶋廣行



技術レポート1

1．まえがき

音別町工業用水道事業では、現在取水設備、配水設備、送水管路がほぼ完成し、一部通水中である。

そのうち送水管路として、φ500mmダクタイル鋳鉄管（3種）を約5.7kmに採用した。管路は軟弱地盤を通り、特に泥炭地もあるのでその沈下について計測調査を行った。

以下事業の概要と現在までの調査結果について報告する。

2．音別町工業用水道事業の概要

(1) 工事計画の概要

① 計画の概要

音別川流域中音別の左岸区域に滞水する地下水21,600㎥/日を取水し、導水ポンプ、導水管にて配水池に導水し、配水ポンプにて工業用水20,000㎥/日を工業用地およびその周辺に給水する。

② 基本計画

取　水　量　21,600㎥/日
1日最大給水量　20,000㎥/日

(2) 施設の計画概要

① 取水施設

a. 深井戸―径 800mm×深10.0m～7井
取水量 2,160×7＝15,120㎥/日

b. 浅井戸―径 5.0m×深 8.0m～2井
取水量 3,240×2＝6,480㎥/日

② 導水施設

a. 導水ポンプ……φ150mm水中ポンプ―各井1台設置

b. 導水管……φ200mmダクタイル鋳鉄管
ℓ＝2,180m
導水量　工業用水 21,600㎥/日

③ 配水施設

a. ポンプ機械室……鉄筋コンクリート造
334㎡　1棟

b. 電気計装機械設備…受・配電、配水、制御、流量調整、自家発電機

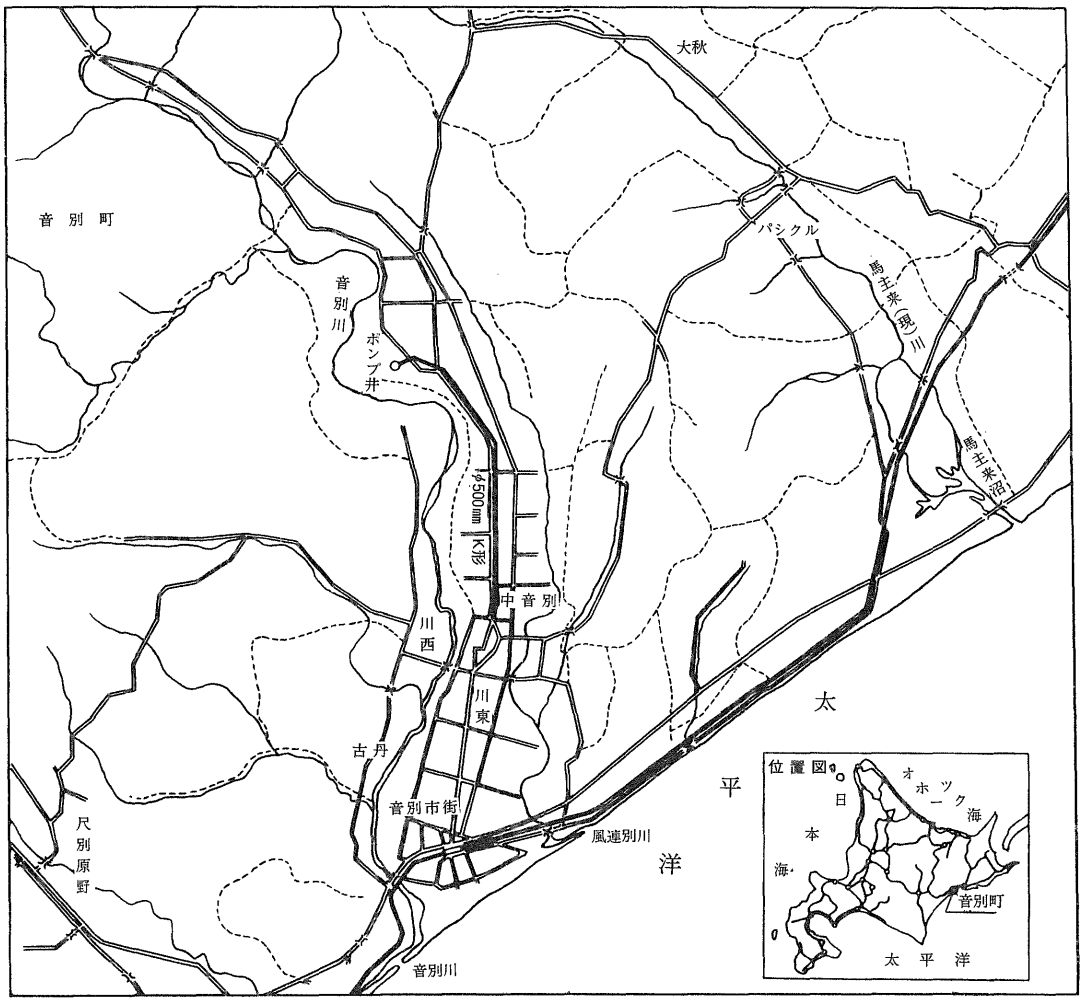
c. 配水池……鉄筋コンクリート造り

内法 巾15.0m×長20.0m×有効水深3.0m～2池、有効容量1800㎥、給水量の2時間分とする。流量測定、流量調整のため巾3.0m×長1.5m×深2.7mの着水井を併設する。

d. 配水管……配水ポンプにて工業団地へ配水する。ダクタイル鋳鉄管
第3種K形　内径 500㎜
ℓ＝5,739m

3. 送水管路埋設地帯の地盤について

図－1　管路の概要



この地帯はN値2～0という軟弱な地盤である。管路中A地点は若干の泥炭があり、その下層に腐植物混りのシルトがある。B地点は腐植物混入の軟粘土の下層にシルトがある。C地点は泥炭の下層に粘土がある。といった地層になっており、C地点はA・B地点に比較して悪いといえる。

この地方の泥炭層はオボレ谷が海岸砂州で閉されて生じたもので、地図で見るとオボレ谷は中音別の北部付近まで入り込んでいたものと想像される。

すなわち、現在の地盤は音別川および風連

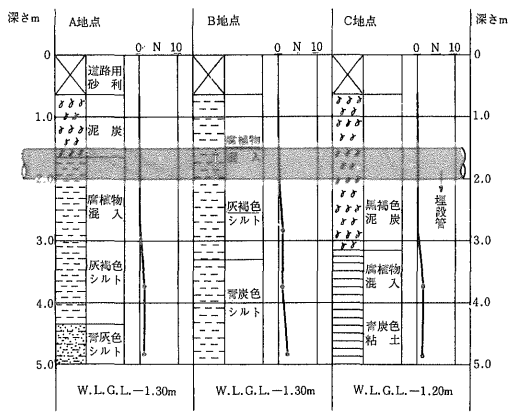
別川の流入土砂で、オボレ谷が埋立てられて生じたものである。

川による流入土砂の量は少く、海岸流による砂州の形成の方が早かったためオボレ谷は湾口で砂州によって閉され、砂州より内側のオボレ谷部分は一時湖沼化されたものと思われる。ついでこの湖沼は川の流入土砂と周辺丘陵地よりわずかづつ運びこまれる微粉土砂で次第に埋られ泥沢化し、ついには水生植物でおおわれたのち泥炭化したものと思われる。

したがってボーリングの結果にも示すように、表層部に泥炭層があり、下部は軟弱な粘土層となっている。

また、馬主来川(パシクル川)流域も同じような地帯の形成過程を示しており、湖沼化し、一部はパシクル沼となり、一部は泥炭化し、水生植物でおおわれている。

図－2　土質調査結果



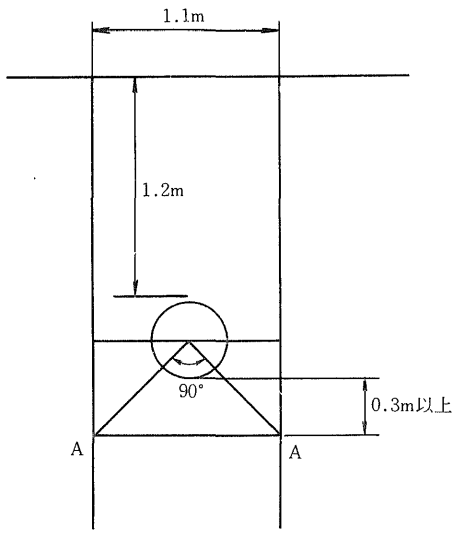
4．管路の設計施工

軟弱地盤に管を埋設する場合の設計施工上の問題としては、管路の沈下と曲管部および弁室の防護とがある。これについては、次のように行った。

(1) 砂基礎

施工時の芯出作業や接合作業中に地盤がゆるみ、正しい施工ができにくいので砂基礎とした。

また、砂基礎は管荷重が下層に均一にかかるようにその深さを0.3m以上とした。



(2) 管路の沈下検討

軟弱地盤に管を埋設する場合、管の重量、管内水重、埋戻し土の重量等によって管底部での土圧(荷重)が増加すると、それ以下の地盤は圧密されて管路は地盤とともに沈下する。土質調査の結果、一番条件の悪いC地点について計算した。

① 管底での増加荷重

管底の砂基礎面A-A面での増加荷重△Wは次式で求めた。

$$\triangle W = (W_2 + Wp) - W_1 \quad \text{(1)}$$

ここで

△W：増加荷重(土圧)

W_2：A-A面までの埋戻し土の重量

Wp：管重(管内水重を含む)　3種管

W_1：A-A面までの掘削土の重量

土の単位体積重量

種別	敷砂	盛土	泥炭	粘土	埋戻し土
γ(t/m³)	1.8	1.6～1.8	1.0～1.1	1.4～1.5	1.3

C地点(No.96)での管路1m当りの増加荷重△W′として求める。

$$W_2 = \left\{(1.1\times0.55-\frac{\pi}{4}\times0.5^2\times\frac{1}{2})\times1.8\right\} + \left\{(1.1\times1.45-\frac{\pi}{4}\times0.5^2\times\frac{1}{2})\times1.3\right\}$$

$$= 2.86\,\text{t/m} \quad \text{(2)}$$

$W_p = 0.32\,t/m$

$W_1 = (1.1\times0.65\times1.6)+(1.1\times1.35\times1.0)$
$= 2.6\,t/m$

(2)式より

$\triangle W' = 2.86+0.32-2.63 = 0.55\,t/m$

土圧△Wに換算すると

$\triangle W = 0.55\div1.1 = 0.5\,t/m^2 = 0.05\,kg/cm^2$

② 沈下量の計算式

沈下量の計算式は種々のものがあるが、いずれも土の圧密量を求めている。

$$\delta = m_v \cdot \triangle W \cdot I\sigma \cdot H \quad \text{——————} \quad (2)$$

ここで

δ：沈下量

m_v：載荷面(A-A)以下の体積変化率 cm^2/kg

土の体積変化率

種　別	泥　炭	粘　土	シルト
m_v (cm^2/kg)	0.3～0.7	0.1～0.3	0.01～0.02

△W：載荷面での増加荷重 $0.05\,kg/cm^2$

$I\sigma$：深さによる影響値

地盤の圧密量は載荷点から深くなるほど少くなる。

その減少を$I\sigma$で示す。

H：圧密層(軟弱層の深さ) cm

HとIσの関係

H	0-B	B-2B	2B-3B	3B-4B	4B-5B	5B-6B
$I\sigma$	1	0.55	0.30	0.21	0.16	0.13

B：載荷巾(=1.1m)

③ 沈下量の計算(C地点)

A-A面よりH＝1.15mまでの泥炭層の圧密量δ_1は

$\delta_1 = m_{v_1} \cdot \triangle W \cdot I\sigma \cdot H_1$ において

$m_{v_1} = 0.7\,cm^2/kg$

$\triangle W = 0.05\,kg/cm^2$

$I\sigma_1 = 1$、$H_1 = 115cm$

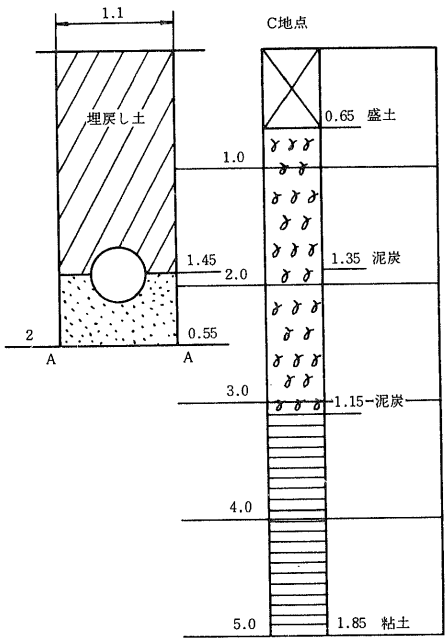
$\sigma_1 = 0.7\times0.05\times1\times115 = 4.025cm$

泥炭層以下 5.5m (H＝B～5B) までを粘土層と仮定した場合の圧密量σ_2は

$\sigma_2 = m_{v_2} \cdot \triangle W \cdot I\sigma_2 \cdot H_2$ において

$m_{v_2} = 0.3\,cm^2/kg$

$\triangle W = 0.05\,kg/cm^2$



$I\sigma_2 = 0.55+0.30+0.21+0.16+0.13 = 1.35$

$H = 5.5\div5 = 1.1m = 110cm$

$\therefore \sigma_2 = 0.3\times0.05\times1.35\times110 = 2.227cm$

全体の沈下量(圧密量)δは

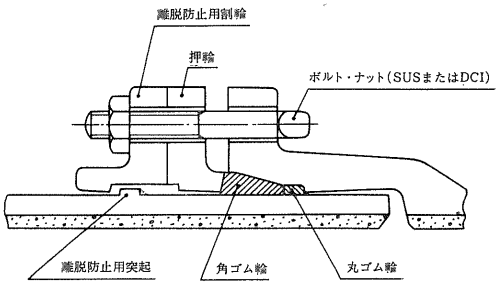
$\delta = \delta_1+\delta_2 = 4.025+2.227 \fallingdotseq 6.3cm$

以上の計算の結果、一般管路についてはK形継手で十分順応できるが、異形管部、弁室等については不等沈下をさけるために次のようにした。

(3) 異形管部

異形管には不平均力がかかり、抜け出そうとする。一般にはコンクリートブロックで固定し、管路の安全を計るが、今回はコンクリートの代りに抜け出しを防止する継手としてFN形離脱防止継手を用いた。

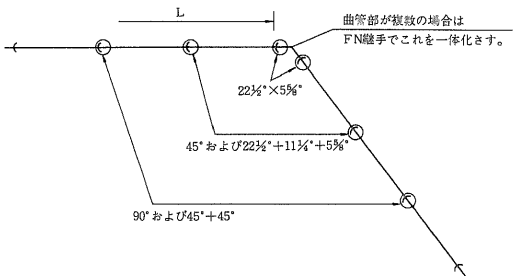
図－3　FN形離脱防止継手



異形管部での使用個数は、次のようにした。

FN継手の使用個数の基準（設計水圧4.8kg/cm²）

曲り角度	22½°＋5⅝°	45°	90°
使用個数（片側）	1	2	3
1体化長さ Lm	6	12	18



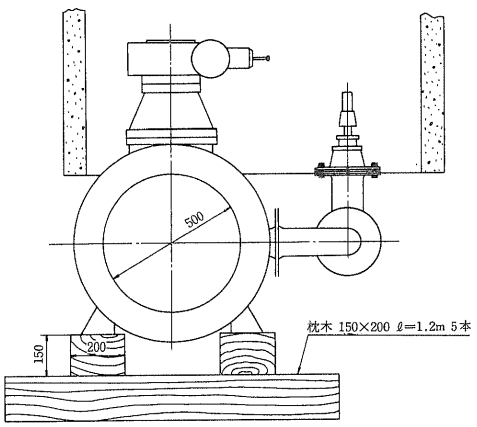
ただし、45°＋直管＋45°は45°に準ずる。

また、立上り部は1本増す。

(4) 弁室

弁室は不等沈下を防ぐために、浮き基礎として弁体を枕木で支持した。また弁の両端近くに継輪をもってくるようにした。

図－4　弁体の支持方法



(5) 施工

工事は約2km毎に3工区に別けて行った。

各工区とも、地盤としては掘削が容易で、機械掘りでほとんど垂直な溝ができた。また粘土層、泥炭層ともに含水率は大きいようであったが、掘削－管吊下し－芯出－接合－埋戻しというように順調で、1日40m～60mの工程で施工することができた。

泥炭層はN値0で自沈という地質であるが、溝底はちょうどマットのように弾力があり、φ500mmの管を降してもめり込むようなことはなく、軟弱地盤だから特に施工しにくいということはなかった。

5．管路の沈下量の測定

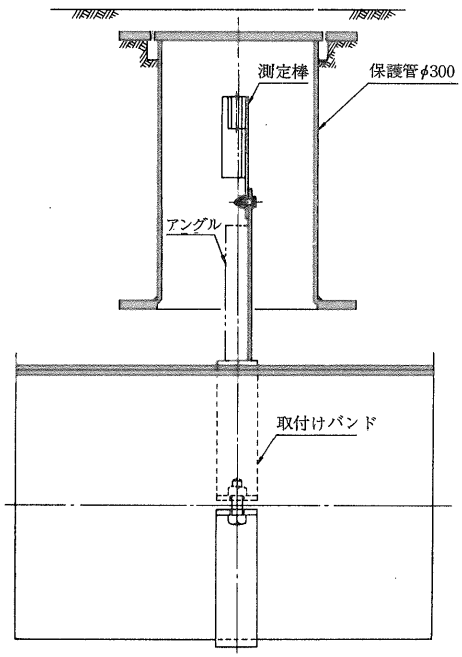
(1) 測定個所

A地点（No.20）、B地点（No.46）は管路としては比較的良好な地盤なので、B地点で弁類を含めて6カ所について測定した。C地点（No.96）は、泥炭層で比較的悪い地盤なので空気弁を含めて25カ所測定した。

(2) 測定方法

管接合後、図－2に示す測定装置を取付け、基準点（BM）に対する変位を測定した。測定にはレベルおよびスタッフ（箱尺）を用い、埋設後定期的に測定し、沈下がほぼ停止する時点まで測定する。

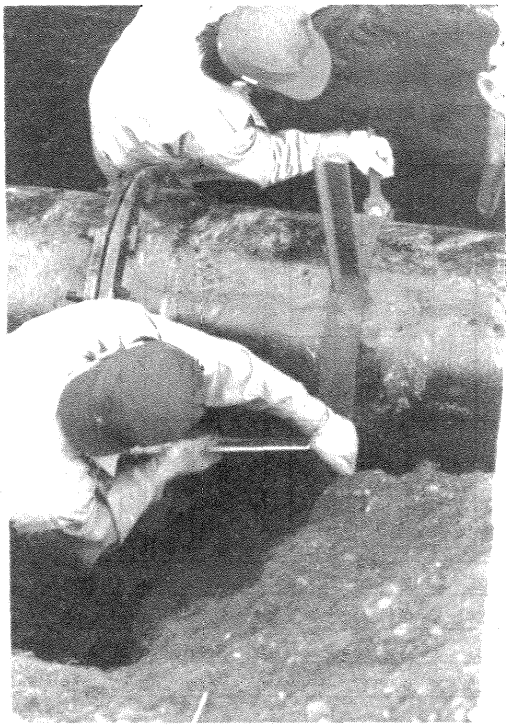
図－5　測定装置



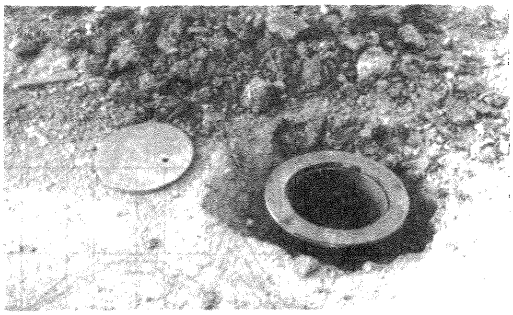
(3) 測定結果

図－6、7、8に示す。

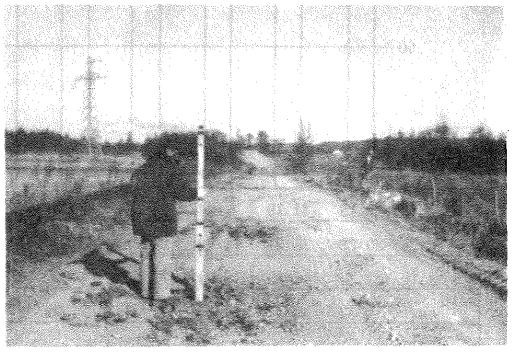
写真－1　継手部に測定用バンドを取付けている



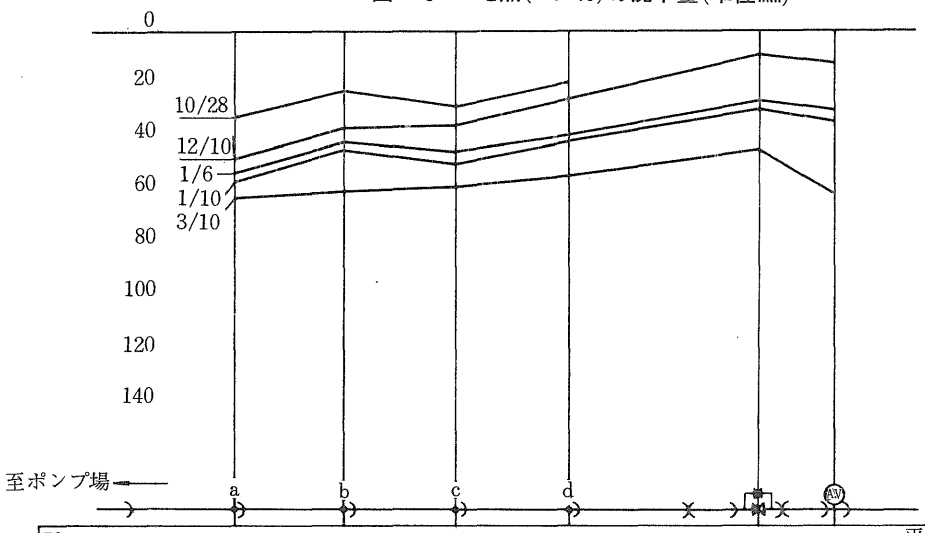
写真－2　サヤ管をセットし、埋戻し後測定のために掘り起したもの



写真－3　測定中、両側は牧草地、道路上はトラックが通るが、都会のようには多くない



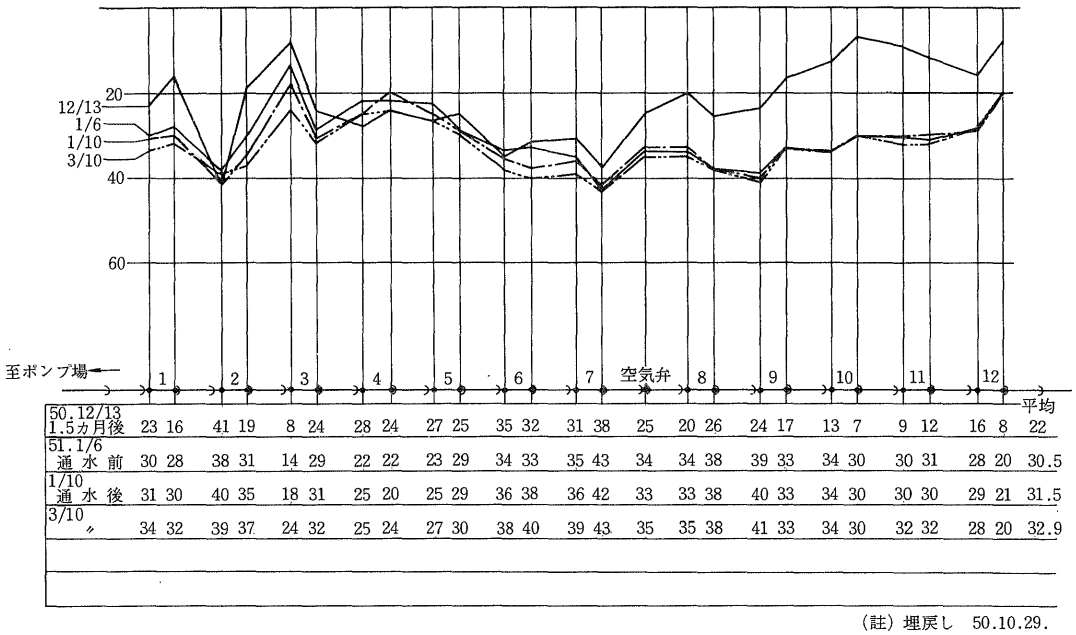
図－6　B地点(No.46)の沈下量(単位mm)



50. 10/28 3週後	32	22	28	19			平均(バルブ除く 25.25
12/10 2カ月後	48	36	35	25	8 10	12	36
51. 1/6 通水前	53	41	45	39	26	30	44.5
1/10 通水後	56	44	49	41	29	34	47.5
3/10 通水後	63	60	58	54	44	61	58.8

(註) 埋戻し 50.10.6

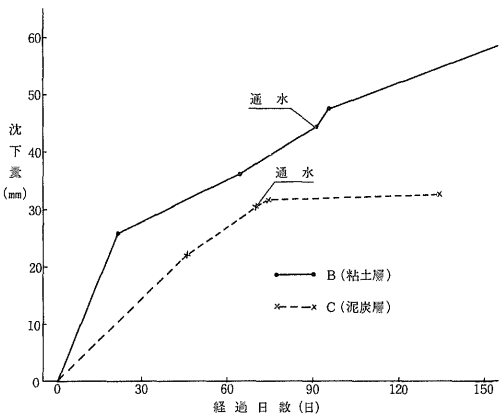
図－7　C地点(No.96)の沈下量(単位mm)



50.12/13 1.5カ月後	23	16	41	19	8	24	28	24	27	25	35	32	31	38	25	20	26	24	17	13	7	9	12	16	8	22
51.1/6 通水前	30	28	38	31	14	29	22	22	23	29	34	33	35	43	34	34	38	39	33	34	30	30	31	28	20	30.5
1/10 通水後	31	30	40	35	18	31	25	20	25	29	36	38	36	42	33	33	38	40	33	34	30	30	30	29	21	31.5
3/10 〃	34	32	39	37	24	32	25	24	27	30	38	40	39	43	35	35	38	41	33	34	30	32	32	28	20	32.9

(註) 埋戻し　50.10.29.

図－8　沈下の傾向(平均値)



6. むすび

現在までの沈下量で60～70％は沈下が進行していると考えられ、ほぼ計算値に近い。ただし厳冬の間、路面が凍結しており、その影響がどのように出るか今後の計測によって確めたい。

現在のところ、沈下は各地点で若干の変動はあるが、ほぼ均一に沈下しているといえる。弁室と管との間の不等沈下もほとんど無視できる程度で、K形継手の可撓性から考えてまったく問題はない。

当初、泥炭層の方が沈下が大きいと予測していたが、その逆の結果が出ている。また、粘土層では沈下は進行中であるが、泥炭層ではほぼ停止の状態となっている。このようなことから、沈下は泥炭層の種類、層厚、埋設管の口径、管厚、盛土の有無、施工方法等にもよるが、ダクタイル管路で行えばあまり心配する必要はないといえる。

施工もダクタイル管は迅速に接合、埋戻しができたので、地下水位以下ではあったが掘削が楽にできたので、一般の施工とほとんど変りないスピードでできた。

技術レポート２

折居川分水路工事管渠部にダクタイル鋳鉄管（φ2000）を使用した事例について

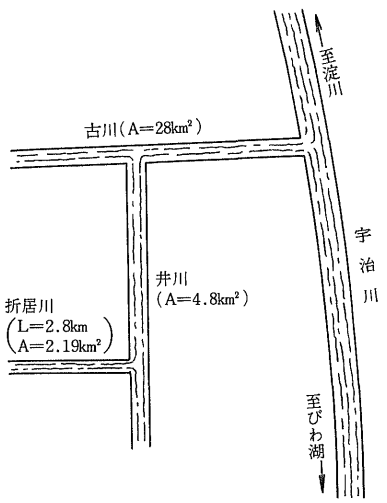
宇治市建設部都市整備課長
忠田　環

技術レポート２

１．計画概要

折居川（普通河川）は、一級河川淀川水系宇治川左支古川（A＝28km²）の右小支井川（A＝4.8km²）の上流部左小支で、流域面積A＝2.19km²、流路延長2.8kmの急流小河川である。

図－１



本計画は、折居川の現況と近年急激に進む流域の都市化、ならびに土地利用計画に対応する将来の治水対策を勘案の上、種々比較検討の結果、現況水系折居川のピーク流量をカットし、一級河川宇治川に直接放流させるもので、これにより既存水系下流沿道における道路冠水、宅地浸水の解消を図り、今後の土地利用の有効な計画を樹立させるためこの分水路計画を樹立した。

(1) 流域面積

	面　積
市街化区域	0.684km²
調整区域	0.650km²
計	1.334km²

(2) 計画雨量

- 計画日雨量　R_{24}＝250.2mm
  （京都気象台観測明治25年～昭和40年岩井法による100年確率）
- 到達時間内降雨強度

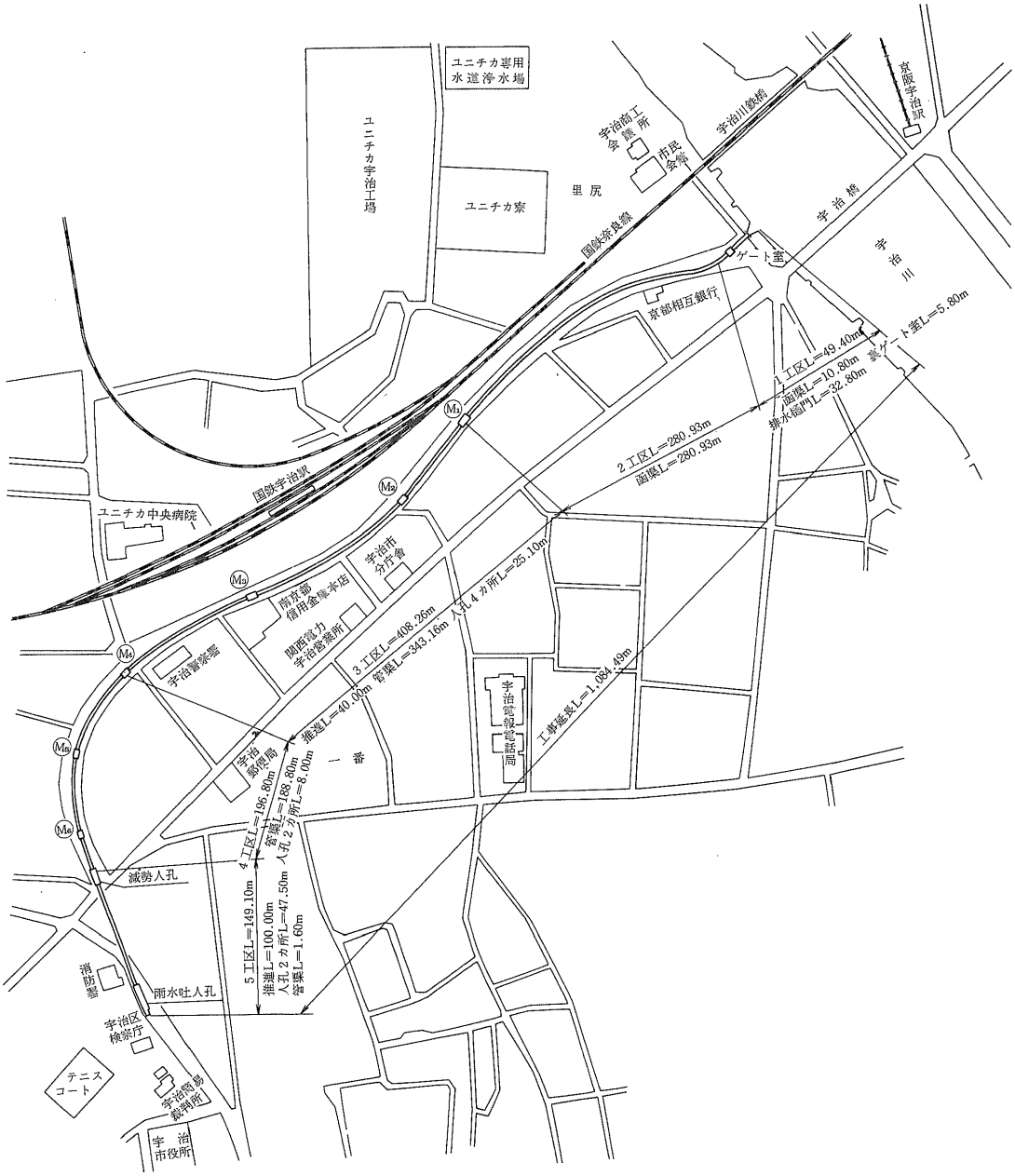
京都曲線による60分雨量51.2mm/m

- 計画分流量　Q＝15.6㎥/sec
- 最大流速　管渠：5.44m/sec

函渠：1.96m/sec

(3) 流　路

図－2　平 面 図



・排水樋門
　R.C BOX：H2.5×W3.6
　1連：L＝27.00m
　川表、川裏門扉設置
・函渠(圧力水路)
　R.C BOX：H2.5×W3.6　L＝291.73m
・管　渠
　ダクタイル鋳鉄管：φ2000(U形4種)
　　L＝533.56m
　ダクタイル推進鋳鉄管：φ2000(U形4種)
　　L＝40.00m
　ダクタイル推進鋳鉄管：φ2000(U形3種)
　　L＝100.00m
・人　孔　6カ所
・減勢人孔　1カ所
・雨水吐人孔(分水点)　1カ所

(4) **総工事延長**　L＝1,084.49m
(5) **工事名**　折居川分水路新設工事
(6) **工事場所**　宇治市宇治・里尻・妙楽・宇文字・若森・一番・琵琶地内
(7) **排水位置**　宇治川左岸50.7km

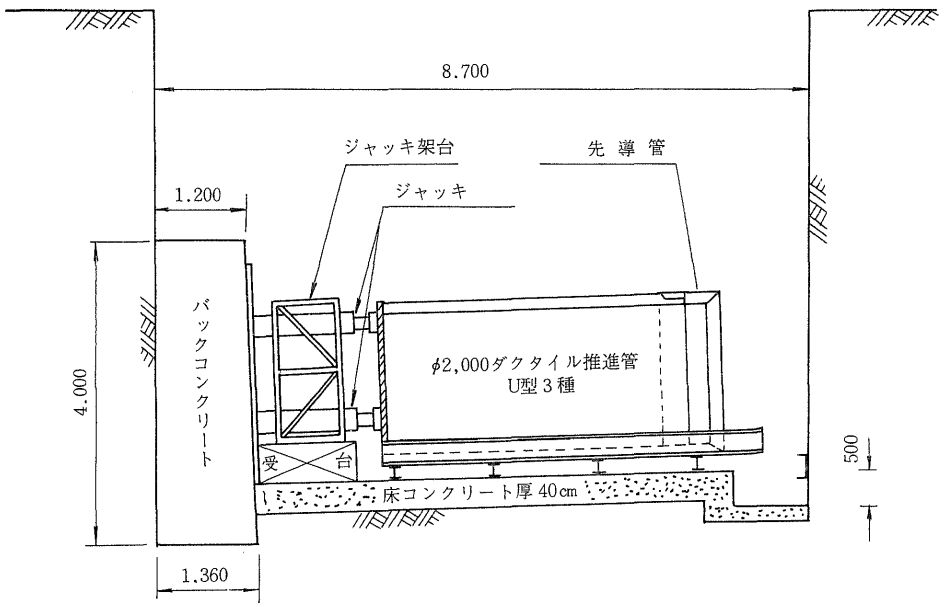
2．推進工事

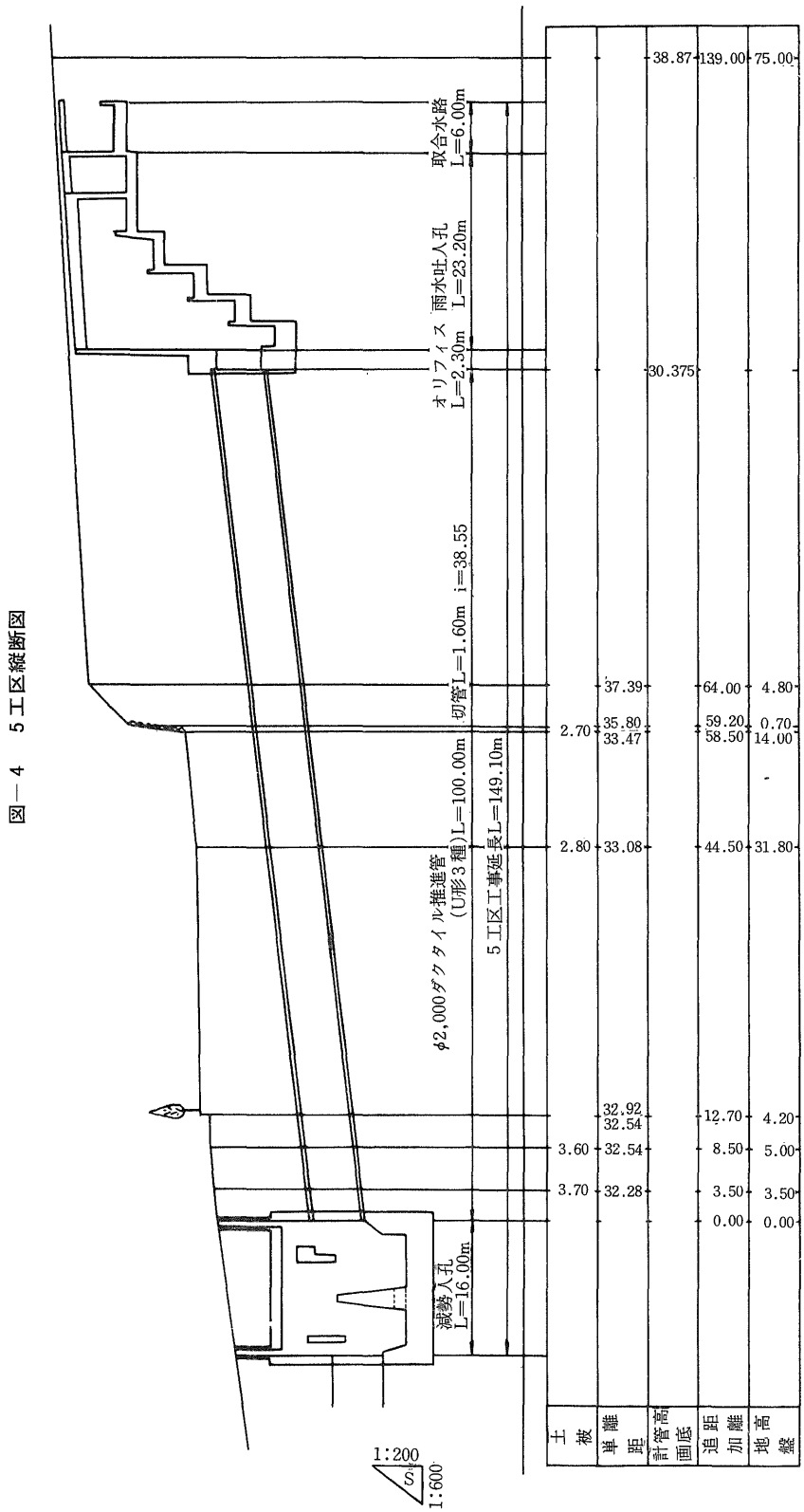
今回の工事において、推進工事は3工区(ダクタイル推進管φ2000U形4種、L＝40.00m)、5工区（ダクタイル推進管φ2000U形3種、L＝100.00m)と2カ所で施工したが、ここでは5工区推進延長100mについて以下簡単に記述する。

(1) **工事状況**

a.推進口ピット……図3　ピット図
　　図4　5工区縦断図

図－3　ピット図




取合水路 L=6.00m
雨水吐人孔 L=23.20m
オリフィス L=2.30m
切管L=1.60m i=38.55
φ2,000ダクタイル推進管 (U形3種)L=100.00m
5工区工事延長L=149.10m
減勢人孔 L=16.00m
1:200
1:600
土被
単離距
計管高画底
追距加離
地高盤
38.87 139.00 75.00
30.375
37.39 64.00 4.80
35.80 59.20 0.70
2.70 33.47 58.50 14.00
2.80 33.08 44.50 31.80
32.92 12.70 4.20
32.54
3.60 32.54 8.50 5.00
3.70 32.28 3.50 3.50
0.00 0.00

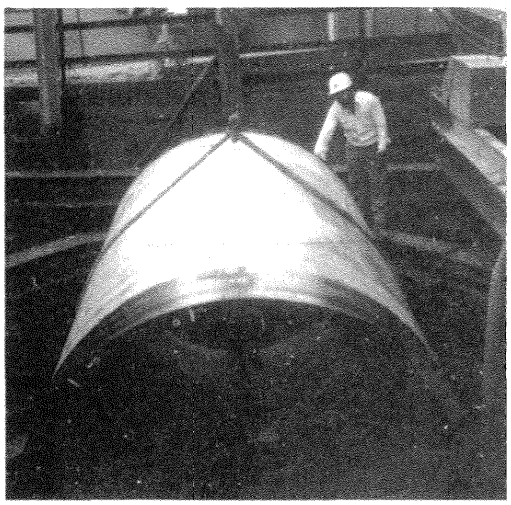
図－4　5工区縦断図

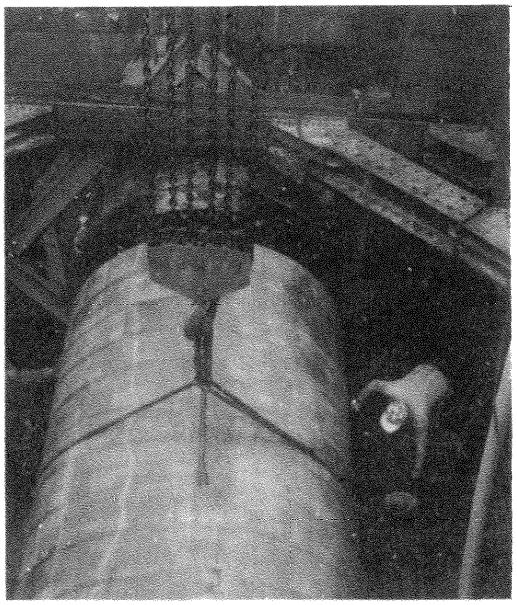
推進口ピットと沿道家屋が余りにも接近しているため、アースオーガーにより穿孔し、H型鋼を建込み横矢板により押込口、到達口を掘削。

バックコンクリートは幅5.800×高4.000×厚1.200の鉄筋(φ16mm、@200)コンクリートとし、床には厚40cmのコンクリートを打設した。

b.接　合

管の接合については橋型走行クレーン(15トン吊り)によりピット内に吊り下した管を先行管の受口部に推進ジャッキにより挿入し、U形推進管の接合手順に従い接合した。



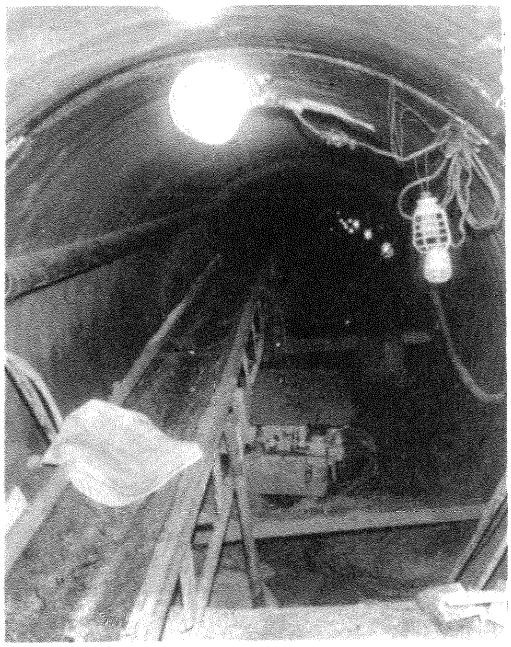


c.推　進

押込口床コンクリートの上にガイド(H鋼300×300)を敷き、この上を推進管が進行するようにした。

推進はジャッキにより刃口を地中に押し込み、崩落した土砂を人力でベルトコンベヤーに乗せ押込口バケットまで運搬し、前記の橋型クレーンにて搬出した。

なお、計算推進力が1,100トンと非常に大きくなるため、表－1配合の減摩剤を使用し、計画推進力を910トンとした。



なお推進による管路の偏位は、先導管に2台の管路修整用ジャッキを取付け、このジャッキにて管路修整を行った。

表－1　減摩剤配合表（1㎥当り）

水	ベントナイト	ハイゲル	マットオイル	CMC
0.9㎥	100kg	20 kg	40ℓ	2.0kg

(II) 工事結果

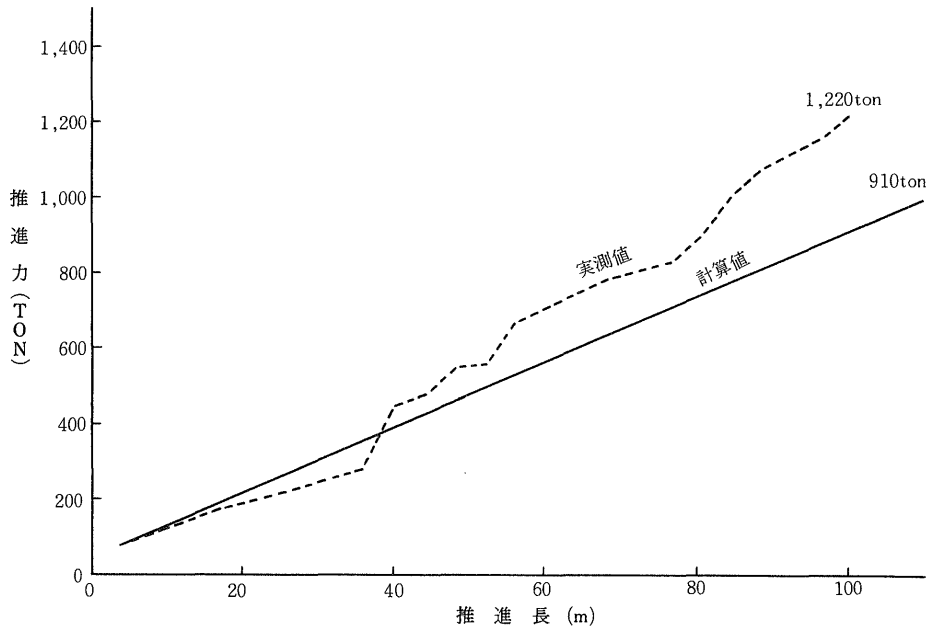
a. 推進力

油圧ポンプ圧力計より推進力を測定。推進力最大は1,220トンを記録した。

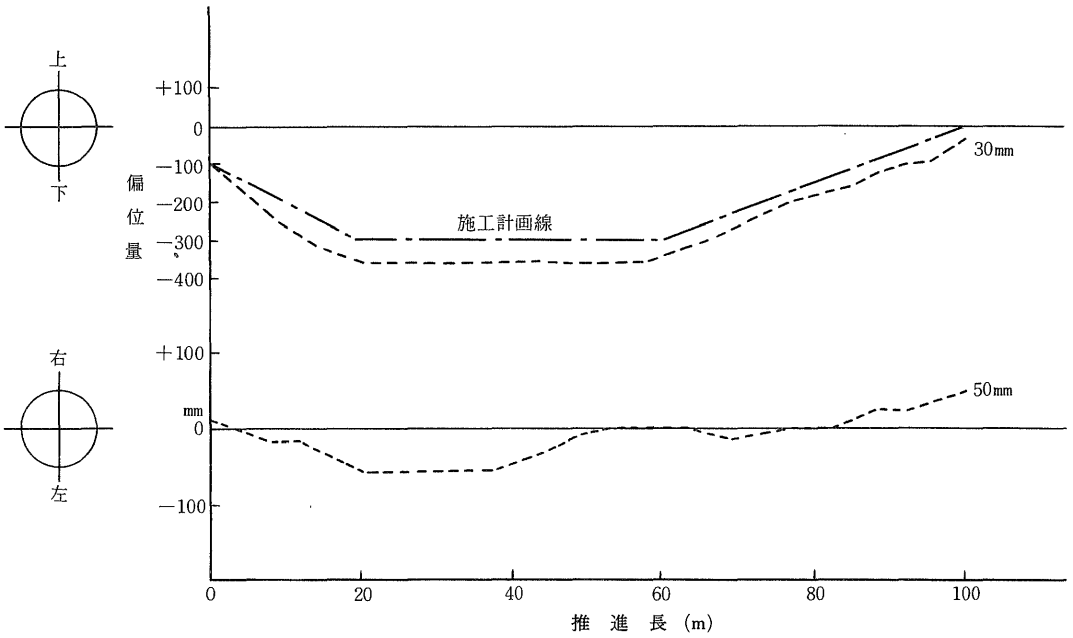
b. 管路の偏位

設計勾配が38.55%、延長100mのため、設計勾配線より管路が上昇しないよう施工計画線を設定し施工。このため中間部で垂直36cmの差はできたが、到達点では垂直3cmとなり、設計勾配に対しゆるい弓形のカーブを画いた。

表－2　推進力－推進長



表－3　管路偏位量－推進長

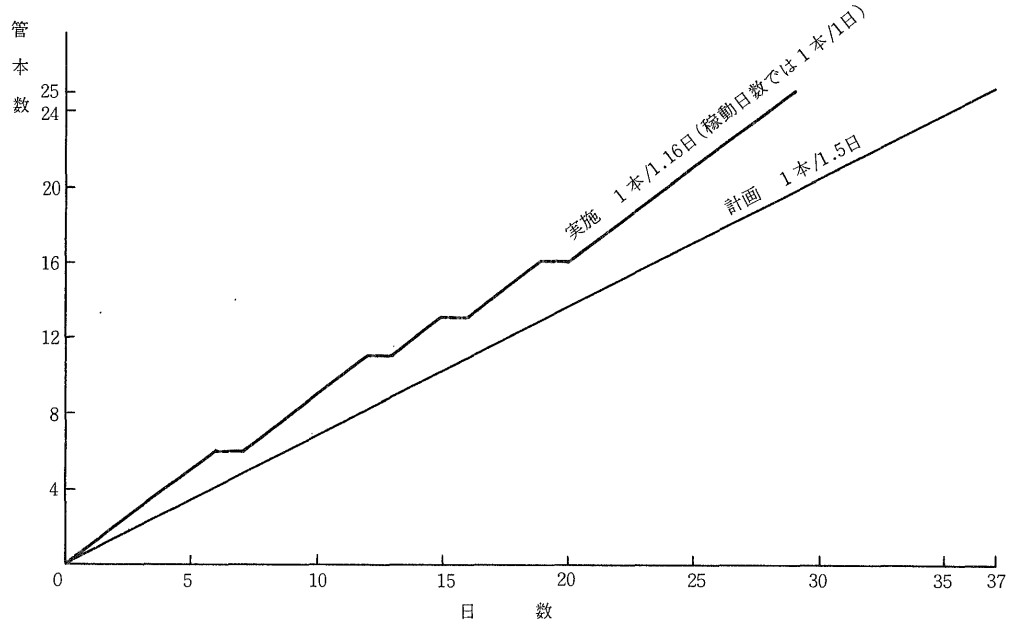


また、水平方向では右へ5cmの偏位となり、どちらも十分満足すべき値である。

c.施工日数

施工日数は29日、稼動日数25日、平均1.16日で1本推進、実質では1日1本の推進。

表－4　施工日数



3．むすび

本市においてダクタイル鋳鉄管の大口径を使用した分水路方式は今回が初めてであり、管種選定においてはダクタイル管の腐食、摩耗、将来国鉄の電化による電食など種々試験結果を元に耐久性、経済性を検討のうえ、ダクタイル鋳鉄管を採用し、掘削巾に有利なU形を使用することにした。なお、推進工100mについて推進精度は十分満足できる値となったが、推進力の大幅な増加は今後長延長推進工事を施工するにあたり、十分検討すべき問題である。推進力増加の原因は土質の不均一減摩剤の種類、配合、また施工などと種々考えられるが、このような原因の解決は非常に困難である。今後推進長の増大を図り、また安全に確実な推進工事を施工するためにも中押用管の早期開発が第一であると考える。

技術レポート３

高時幹線水路、田川サイホン（ダクタイル管押込み）工事について

近畿農政局湖北事業所
小森武彦
田中大作

技術レポート３

１．概　要

高時幹線水路は、雨水口である高時頭首工より、浅井町内保に至る延長12,353ｍの水路であるが、浅井町高畑地区内で、南北に流下する田川（１級河川）を横断する。

横断地点における田川は、川幅約4.0m、三面コンクリート張りで改修工事が完了しているが、天井川となっている。

当河川横断の施工方法については、河川仮廻しによる開削工など種々あるが、次の点よりダクタイル管による押込み工法を採用した。

①　施工性がよい
②　工事が天候に左右されない
③　工期が短期間である
④　地表の構造物、立木の現況を損わない

推進工法用ダクタイル管については

①　水密性に富んでいる
②　耐食性に富んでいる
③　管本体、継手とも、推進力、曲げモーメントに対して十分強度を持っている。
④　継手の接合作業が容易である。

しかしながら、現在では推進工工事の実績資料（歩掛り）などが見当らず積算書はいつも頭を悩ませているのが実状である。

今回、田川サイホン工事について実績を調査したのでここに報告し、今後の施工に少しでも参考になれば幸いである。

２．工事内容

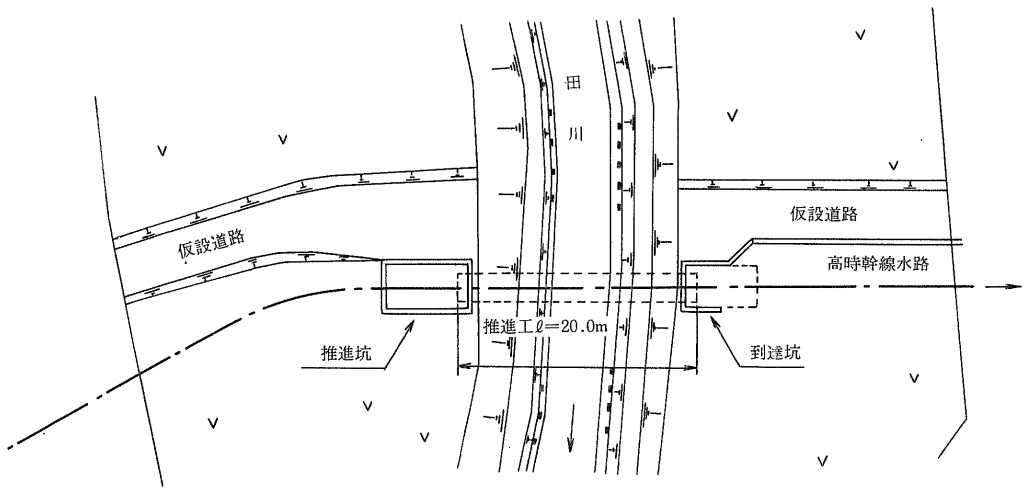
工事場所　滋賀県東浅井郡浅井町高畑地区
工事名　高時幹線水路高畑工区工事
　　田川サイホン
推進管　口径2,000㎜、Ｕ形推進工法用
　　ダクタイル管（４種）管長4.00m
推進延長　20.0m

３．施　工

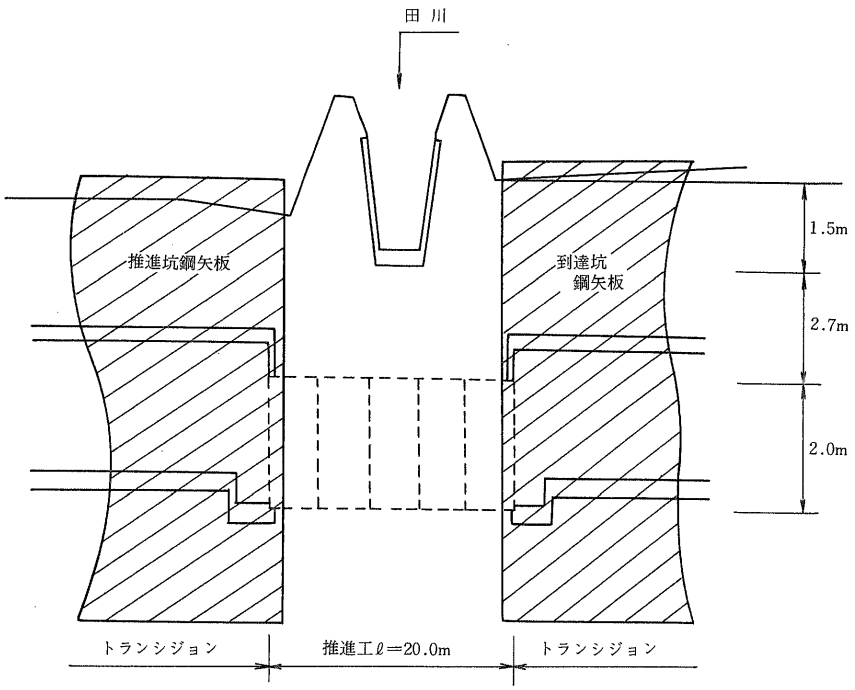
（３－１）　工事着手前の調査、検討事項

(1)　施工個所の管理者との協議（河川）
(2)　土質調査

田川推進工平面図　S＝1/500



縦　断　図　S＝縦1/100、横1/500



(3)　地下埋設物の調査(水道、電話ケーブル)

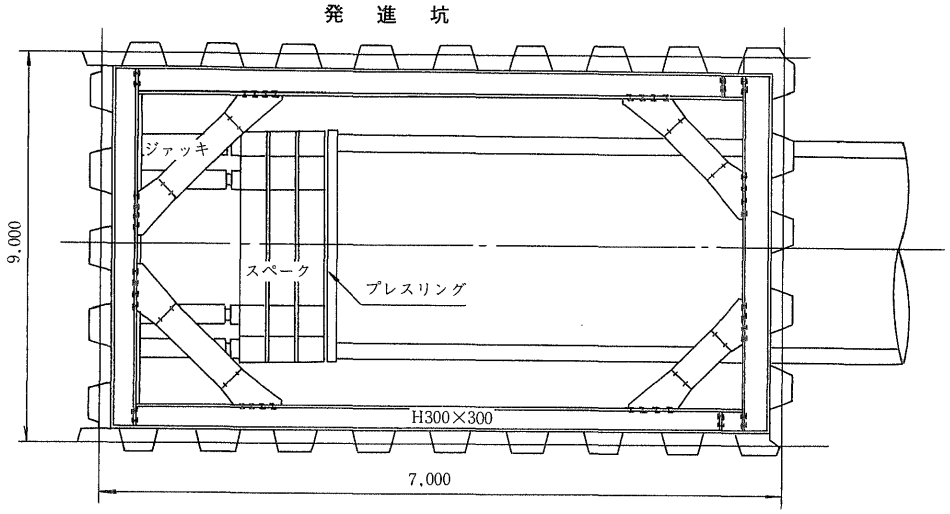
(4)　土質、推進延長、土被りなどによる推力の算定

(5)　推力に対する管体の安全性の検討

（3－2）　推進坑(発進口)

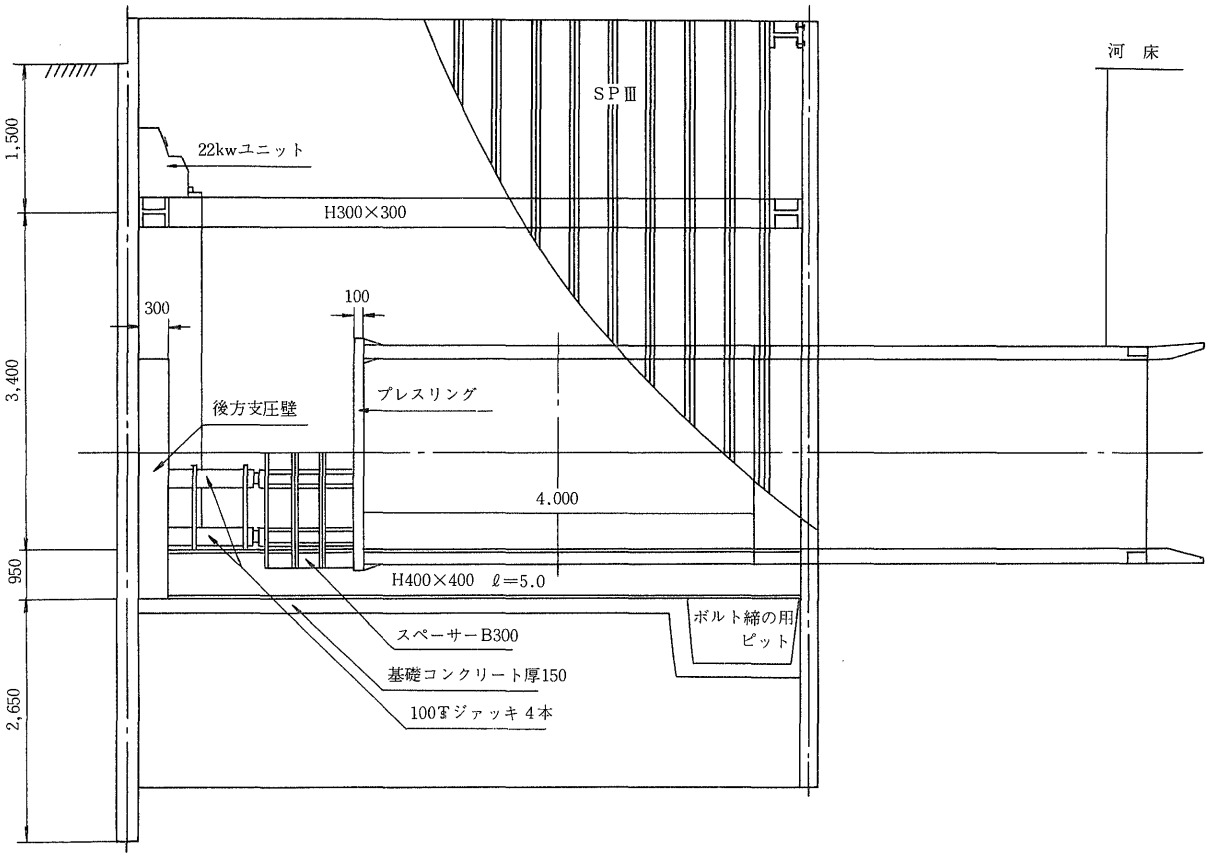
推進坑は幅4.00m、長さ7.00m、深さ5.00mで全面に鋼矢板(Ⅲ型)を使用した。推進坑の背面には反力台として厚さ0.30mのバックコンクリートを打設した。反力台は、推力に十分耐え、推力によって変形、変位をしないよう、堅固なものでなければならない。

発　進　坑



材　料　表

鋼　矢　板	Ⅲ　型	54
〃	コーナー	2
腹　　起	H300×300　6.0m	2
〃	〃　4.0m	2
火打ピース		8
〃　梁	H300×300×1.0	4
ボ　ル　ト	φ22	112
ブラケット		8



（3－3）　推進方法

管体の先端に同一径の刃口を固定し、油圧ジャッキを操作して管体を前方の地中に喰い込ませ、土砂を堀削(コールピック)し、ベルトコンベアーにて管外搬出した。

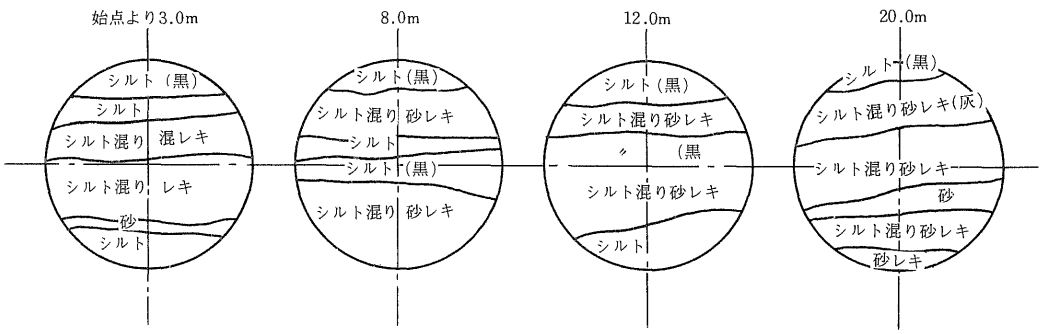
（3－4）　地　質

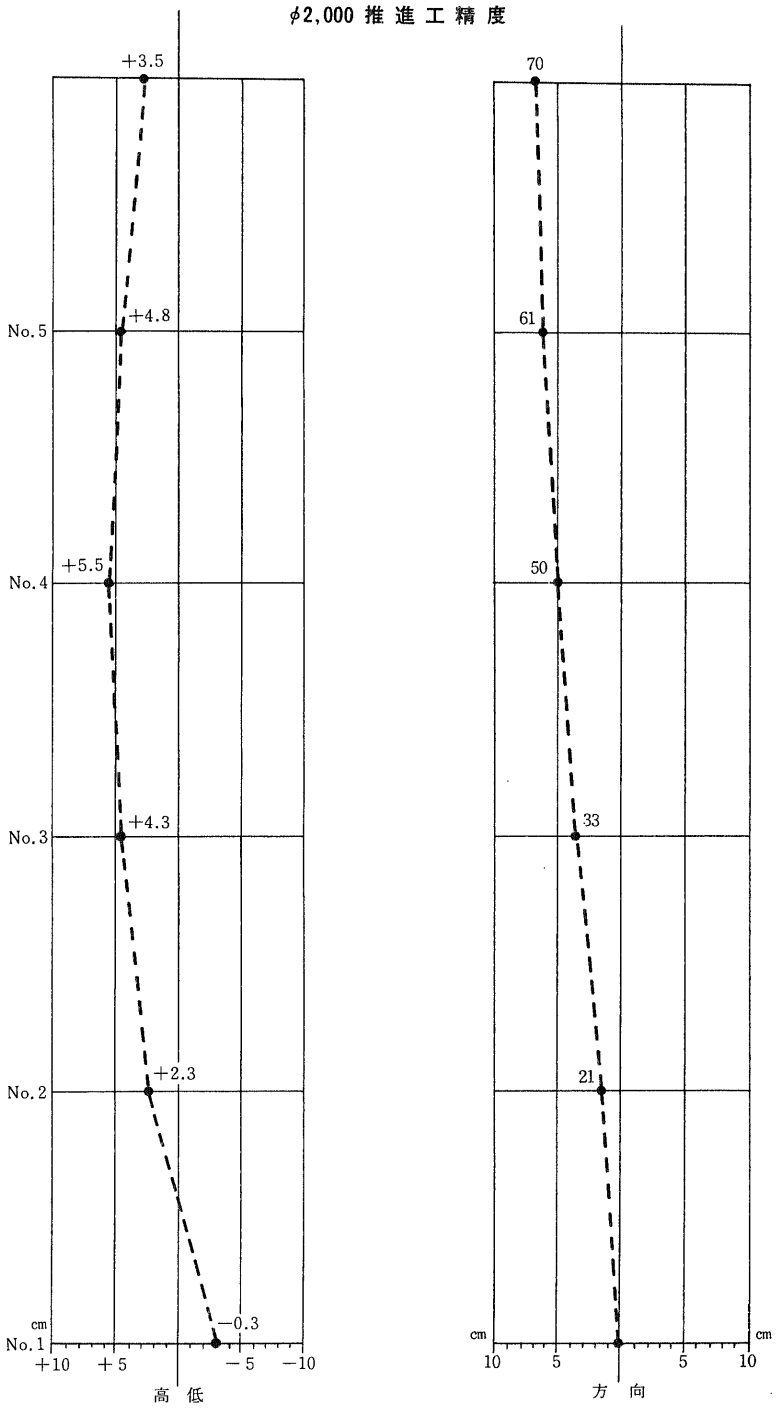
管体の天端は、田川河床下 2.0m の地点次図のようにシルト層が大半で、湧水はなく、スムーズな推進ができた。

（3－5）　推進実績

管No.	管下し	芯出し	接合	押込	合計	推力 最高	推力 平均	備考
No.1	20分	分	5分	6時間20分	6時間45分	ton 80	ton 50	118時間25分÷18m＝395分/m
2	30〃	30〃	2時間00〃	20〃00〃	23〃00〃	120	100	
3	15〃	15〃	1〃40〃	29〃30〃	31〃25〃	150	120	420/395＝1.06m/日(1日＝7時間)
4	25〃	20〃	1〃20〃	26〃15〃	28〃10〃	180	160	
5	15〃	20〃	1〃30〃	27〃00〃	29〃05〃	240	220	
計	1時間45分	1時間25分	5時間35分	109時間05分	118時間25分			
内務配置	指令　1人(特作) 出し　2人(　工) 〃　2人(普作)		接合工4人 (特作) 雑役　1人 (普作)	推進　2人 (特作) ジャッキマン 2人(　工) バケット土砂入 1人(普作) ホイスト操作 1人(〃) 雑役　1人 (〃)				

地　質　図　ϕ＝2,000mm



4. 問題点

湧水、砂利層などの場合は地盤を安定させる補助工法が必要となるので、十分な事前調査が必要である。