発行年	号数	タイトル	著者	概要
1995年	No.59	尼崎市防災センターとダクタイル鉄管製耐震貯水槽	尼崎市消防局 次長　消防監　近成　義男	昭和61年の尼崎市制70周年と時を同じくしてオープンした防災センターは、市民生活の安全確保、建物の耐震化、広域避難地、避難路の整備に加えて防災拠点として建設された。今年1月17日の阪神・淡路大震災では140名の市民が防災センターに避難してきたが、業務への支障は皆無であり、耐震貯水槽で確保されていた水道水はセンター内の生活用水としてまかなわれ、近隣の住民へも給水された。ただ、消火用水としては使用されることはなかった。本論では、防災センターの活躍を耐震貯水槽を中心に述べているが、センターが市民のために大いに役立ったし、耐震貯水槽を年次的に整備して、防災対策の拡充を図っていきたいと結論づけている。
		三陸はるか沖地震におけるS形ダクタイル鉄管の挙動について	八戸圏域水道企業団 工務部長　細越　勇	震度Ⅳ以上の地震が2.5年に1回起こっている計算になる八戸市で、平成6年12月28日に震度Ⅵの「三陸はるか沖地震」が発生した。昭和43年5月の十勝沖地震災害を教訓にして、今回の地震が耐震管路にどのように影響を及ぼしたか、管路の挙動観測結果そして被害状況はどうであったか、などを本論は報告している。今回の「三陸はるか沖地震」では、配水管網に被害が集中したが、ダクタイル鉄管には折損、破損はなかった、と述べている。
		河川横断部におけるGSS形ダクタイル推進管の施工事例	長岡市 土木部下水道工事課　技師　中川　信行	「個性豊かな国際文化都市」の実現をめざしている長岡市は、健全な市民生活の基盤である下水道整備事業の管渠建設のうち、河川横断部分にGSS形ダクタイル推進管を採用した。採用理由としては、水密性に優れ、継手部分が伸縮・屈曲し、地盤変動によく順応し、耐食性、耐摩耗性に優れて通水性能がよい、などであった。この推進管は新潟県下では最初の採用であったが、施工がスムーズにでき、推進精度も問題がなかったと述べ、今後は管内面の保護方法などにひと工夫の考慮が必要ではないか、と結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1995年	No.59	宮崎県佐土原町浄化センター放流渠の施工報告	日本下水道事業団 大阪支社 九州南部工事事務所　専門役 押領司　重昭	昭和57年から公共下水道事業に着手し、この度供用開始に至った佐土原町。日本下水道事業団が根幹施設の終末処理場の建設工事を受託し、放流渠の一部にUF形ダクタイル鉄管を採用した。本論ではその概要を述べているが、浄化センターが所期の機能を達成し、稼働することによって日向灘の自然を守っていきたい、と結論づけている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1995年	No.58	液状化対策としてのS形ダクタイル鉄管	千葉県水道局 技術部建設課　主査 武田　祐幸 千葉南配水工事事務所　副主査 田中　浩二	千葉市の南部地区の開発事業が進み、今後多くの水需要が見込まれている。本論では、今回の工事区間が砂質堆積物を主体とする位置でもあり、地震が起きると液状化になる可能性が高い地域であるため、継手が伸縮可とう性を有するS形ダクタイル鉄管が採用され、順調に工事が進捗した、と述べている。
		ボルトレスU形推進工法用ダクタイル鉄管による呼び径1800mm泥水カーブ推進工事について	名古屋市水道局 建設部 建設課工務係 馬渕　幸男 建設工事事務所工事第一係 伊東　新治	本誌第55号に同テーマで報告されているが、今回は単曲線を挿入した線形を持つカーブ推進工事ついて報告されている。工事は建設中の春日井送水幹線の始点にあたる所で、超泥水加圧推進工法を採用し、坑口からの泥水や滑材の漏れ、穴に礫などが挟まって推力の上昇を低減するためにボルトレスＵ形推進工法用ダクタイル鉄管が採用された。本論では、4m管を使用するということで懸念された問題点があったが、それについても間題なく施工できた、と述べている。
		甲南町における老朽管の更新事業について	滋賀県甲南町 産業建設部 水道課長　山本　益男 課長補佐　渡辺　久雄	甲南町では、管路の構成は石綿セメント管が主流で、昭和50年頃まで使用していた。しかし、59年頃から“管体の折れ”、“継手部のゴム輪の飛び出し”といった事故が顕著に現われ出した。時期的に人口増による水道施設全般の見直しを行い、将来計画を立案していたときでもあったため、ダクタイル鉄管への管路更新事業をスタートさせた。本論では、昭和60年度よりスタートさせた更新事業は進捗率約82%で、目標通り平成12年度末で石綿セメント管をゼロとするよう気を引き締めて、更新事業に対処している、と述べている。
		橋梁添架の老朽管を呼び径300mmダクタイル鉄管に取り替え	敦賀市 水道部　上水道課課長 池田　良二郎	敦賀市内の松原橋に添架している配水管が老朽化したため、同口径のダクタイル鉄管に取り替えたが諸準備したことによって、作業性、安全性、経済性からみて効果的な作業であったし、断水時間も当初の8時間30分が4時間も短縮できたのは、取り替えを各径間ごとに3回に分けて行った結果である、と述べている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1995年	No.58	1995年兵庫県南部地震での地盤変状(埋立地)および水道管路被害状況調査概要＜速報＞	日本ダクタイル鉄管協会 技術委員会 兵庫県南部地震調査部会	平成7年1月17日午前5時46分に発生した兵庫県南部地震は、マグニチュード7.2、大都会での直下型大地震であった。協会の調査部会で地盤の変状を調べたが、神戸市のポートアイランド・六甲アイランドでは液状化現象が発生し、地盤沈下や亀裂が見られた。そのほか深江浜や芦屋市の芦屋浜でも同様な現象が見られたと報告している。また、水道管路被害状況であるが、液状化地盤や軟弱地盤、造成地などで被害が見られたが、S形、SⅡ形の耐震継手は、そういった場所に布設されていたが、問題は発生しておらず、その有効性が実証された、と本論

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1994年	No.57	国道302号東北部共同溝における呼び径1350mmダクタイル鉄管入溝工事について	名古屋市水道局 建設部 建設課工務係 黒田　松司 建設工事事務所　工事第2係 高村　美根男	最近は、量的にも質的にも「安全でおいしい水」を供給する傾向にある。とりわけ、施設の安全性を一層強化し、老朽化した基幹施設の整備を図り、施設間の相互連絡のため送配水幹線の整備を進めている。名古屋市においても、共同溝建設にあわせて共同溝への入溝工事を行ったが、この工事にダクタイル鉄管が採用された。本論では、湿度が常に高く、結露しているためにポリエチレンスリーブで被覆して腐食防止をしたが、今回の工事は搬入口ごとの入溝延長も比較的短く、順調に施工できたと結んでいる。
		沖縄宮古島～来間島を結ぶ来間農道橋1.7kmに呼び径300mmダクタイル鉄管を添架	沖縄開発庁沖縄総合事務局 宮古農業水利事業所	宮古地区は砂糖きびなどの畑作物を栽培しているが、かんがい施設が皆無に近く、干ばつの被害を被ってきた。本論では、地下ダムを海底送水管で送水する計画であったが、農道橋が建設されたため、この橋に添架管を設置するよう計画変更され、施工性、維持管理、経済性、耐用年数などを考慮してダクタイル鉄管を採用したと述べている。そして、日本一の農道橋に添架された呼び径300㎜のダクタイル鉄管は、施工性のよさも相まってスムーズに作業が進歩したと結んでいる。
		小野市における石綿セメント管の更新事業について	小野市 水道部　工務課長 小寺　高光	昭和35年12月に事業認可を受け、38年4月より給水を開始して以来、平成5年3月現在、給水区域内人口に対する普及率は99.9%である。しかし、創設当初から布設された石綿セメント管は老朽化が進み、施設整備が緊急課題となった。この石綿セメント管更新については、ダクタイル鉄管が採用されたが、高水圧、耐衝撃性、実績などを考慮して選定したと述べている。昭和60年度にスタートした更新事業も、平成11年には石綿セメント管はゼロになる予定である、と結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1994年	No.57	淡路島津名町のダクタイル鉄管による簡易水道の整備	兵庫県津名郡津名町 水道課 課長　江原　義雄 課長補佐　新居　茂夫	昭和46年度に簡易水道が創設されて以来、南部簡易水道施設は4ヵ所の深井戸を水源とし、送配水管として石綿セメント管が主であった。しかし、石綿セメント管は耐久性や強度に問題があり、次世代へよい施設を残すことを優先して、維持管理が容易で水密性があり、耐用年数が長く強靭なダクタイル鉄管が採用された。老朽石綿管を更新して、ダクタイル鉄管を使用したので、漏水の激減によって有収率も向上し、異常渇水時でも安定給水が期待でき、平成7年度の竣工をめざして鋭意事業推進中である、と結んでいる。
		臨海部の軟弱土層への耐震用GSS形ダクタイル推進管の採用事例（呼び径500mm、700mm）	東京臨海副都心建設株式会社 前建設部建設第2課　課長補佐 松井　邦恭	東京都では、現在未来都市として臨海副都心を建設中で、それを基盤面から支える質の高い下水道施設の建設を進めている。本論では、汚水の自然流下管路構築に採用された耐震用GSS形ダクタイル推進管の採用事例を述べている。なお、GSS形ダクタイル推進管が採用された理由として土圧に耐え、伸縮・屈曲性があり、長距離推進ができるなどであるが、施工によってこの種のパイプは継手の持つ特性がよく生かされ、有効であったと結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1994年	No.56	臨海副都心共同溝内管路にダクタイル鉄管を使用して	東京臨海副都心建設株式会社 建設部有明工事事務所 課長補佐 井龍　努	東京都第二次長期計画において、臨海副都心が7番目の副都心として位置づけられ、情報化、国際化に対応した未来型の都市建設が行われている。就業人口11万人、居住人口6万人の新都市であるが、ライフラインとして地下空間を利用して共同溝システムが採り入れられ、上・中・下水道管路にダクタイル鉄管が採用された。現在、始動期全休の3%が終ろうとしたにすぎず、共同企業体と連携をとりながら、平成7年5月末の竣工をめざしたい、と結んでいる。
		パイプ･イン･パイプ工法による工業用水導水管路の更新工事	神戸市水道局 技術部浄水課 課長　楠田　武司 係長　宮根　憲二 係員　山崎　清志	神戸市工業用水道事業は、産業界の要請を受けて昭和39年9月に一部給水を開始し、現在は1日15万㎥の給水能力を有している。建設以来約30年が経過して安定供給上問題が出、導水管に使用されていたPSコンクリート管をダクタイル鉄管に管路更新するためのパイプ・イン・パイプ工法が行われた。PⅡ形・PⅢ形ダクタイル鉄管が採用されたが、工期短縮、経済的で交通への影響も軽減できたと結んでいる。
		軟弱地盤におけるＧＳ形ダクタイル推進管の採用について	福井市 下水道部建設課 課長　児泉　紀幸 技師　橋本　直樹	昭和23年に公共下水道事業に着手し、平成4年度末で普及率も54.2%に達したが、現在も整備を進めている。今回の工事区間は軟弱地盤で、周辺環境、施工条件などを検討して、GS形ダクタイル推進管が採用された。そして、重大なトラブルもなく、高精度の施工ができ、施工後も継手部からの浸水もなく、推進管の沈下・だ行も認められず、管材の性能が十分に活かされた、と結んでいる。
		北海道古平町における接合器具を用いた狭掘削溝内配管工事ついて	古平町役場 水道課 課長　岡本　興也 工務係長　竹内　弘悦	昭和40年9月に給水を開始し、基幹産業である漁業生産高が年々増加し、昭和51年6月に1日最大給水量3,000㎥、急速ろ過方式に改良した。さて簡易水道事業で、平成5年度の実施工区の一部がスノーシェフド内配管となっており、種々検討した結果、路側帯への埋設を採用した。狭い掘削溝であるため、接合器具とゴム輪チェッカーを使用して作業員が立ち入ることなく施工完了できたが、誰でも簡単に取り扱うことができ、施工性に優れていることがわかったと、結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1994年	No.56	24時間眠らない関西国際空港に信頼のある水道施設を構築	関西国際空港株式会社 建設事務所機械一課　課長 菅原　廣記	世界でも類を見ない完全な海上空港で、平成6年9月に開港する関西国際空港。平成5年9月には上・中・下水道施設が完成した。本論では、当空港の上・中・下水道管路の工事経過について述べている。埋め立てによる人工地盤は沈下現象が避けられず、地盤沈下が進行する中で施設の建設が行われ、特に水道管路は線として広範囲にわたるため沈下管理も大変であったが、ダクタイル鉄管の施工性が十分に発揮でき、無事完工できたと結んでいる。
		ガス用ダクタイル鉄管の簡易接合工法の開発	東京ガス株式会社 導管技術開発センター 株式会社クボタ　鉄管研究部 日本鋳鉄管株式会社　技術開発部	今回開発された工法は、ガス配管工事の省力化、安全性の確保など、掘削溝外から容易に施工できることを目的としたものである。本論では、ガス用新耐震継手、接合機器および配管試験結果などについて述べているが、ガス配管工事の省力化、安全性の確保などに十分貢献できると、結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1993年	No.55	みなとみらい21地区の1000㎥循環式地下貯水槽について	横浜市水道局 工事部 工事課長　牧田　修俊 計画課　牛窪　俊之	横浜市では、みなとみらい21地区25街区のランドマークタワーに接する多目的広場の地下に容量1,000㎥、50万人に対して1人1日30ℓの飲料水を3日間、災害時に供給することが可能な循環式貯水槽を設置した。設置場所は臨海部で、地下水が高いことから耐食性、耐震性を考慮してS形およびUF形ダクタイル鉄管呼び径2600mmが採用された。災害時における水質が問題であるが、実験結果では実験期間以上経過しても安全な飲料水が確保されることがわかった、と本論では述べている。
		ボルトレスU形推進工法用ダクタイル鉄管による呼び径1800mm泥水推進工事について	名古屋市水道局 建設部 建設課課長　北村　清七 工務係長　山田　浩市 工務係　春日井　基之 建設部建設工事事務所 工事第1係　竹内　淑雅	名古屋市の東部丘陵地域への給水は、呼び径2000mmの東名送水幹線で行っているが、給水人口の増加、水需要の増大などで送水能力が限界に近づき、また、漏水事故なども発生している。これらの問題点を解消し、災害に強い管路づくりと安定給水の確保をめざして春日井送水幹線の複数化工事を実施した。この工事では、植込みボルトをなくしてボルトレスU形推進工法用ダクタイル鉄管を使用したが推進機械の性能や推進技術の向上で推進精度、継手の水密性、推力に問題なく、良好に完工できたと述べている。
		高知市における呼び径2600mm3非常用貯水槽の設置について	高知市水道局 配水課長　筒井　章允 配水課技査　森　博文	高知市では、維持管理のグレードアップを図っているが、万全な震災対策を確立するために非常用貯水槽を設置した。容量は約6,000人を対象に有効容量55㎥，1人1日平均約400ℓで、貯水槽として特ＵＦ形ダクタイル鉄管呼び径2600mmが採用された。四国では初めての非常用貯水槽の設置であるが、大地震が発生した場合、水を給水することによって市民の不安を少しでも和らげるのに役立てれば幸いであると本論では結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1993年	No.55	21世紀へ向けての水道施設整備について	東大阪市水道局 施設部　工務課長 森田　長義	東大阪市では、21世紀へ大きく飛躍するために都市整備､文化的施設の充実を図ろうとしている。水道事業としても厚生省提唱の「フレッシュ水道計画」、「STARプログラム」を指標として21世紀へ向けてまちづくりに寄与することにしている。配水管の整備･改良としては､経年劣化鋳鉄管や石綿セメント管をダクタイル鉄管に布設替えしたり、高度処理水の直結給水と中層階への直結給水の実施､給水管の整備・改良などを行っている。24時間稼働時代の都市機能を担うライフラインの中でも、水道は代替施設がないため最重要都市基盤施設であり、効率的､合理的な投資効果により次世代に引き継ぎできるようにしなければならないと結んでいる。
		1993年北海道南西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 技術委員　稲田　均 吉野　清 丹羽　茂之 太田　正博	平成5年7月12日午後10時17分に起こった北海道南西沖地震は､マグニチュード7.8という強い地震で､特に奥尻島青苗地区では津波によって町の大半を失うという状況であった。本論では､地震発生後2日目から上磯町を中心として水道管路の被害と地盤変状について調査した結果を述べている。そして､今後はこの結果を十二分に踏まえて､管路の耐震研究に活用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
1993年	No.54	女満別地区における畑地かんがいと管水路について	北海道開発局 網走開発建設部 北見農業事務所　前えん堤課長 参鍋　修二	女満別空港に降り立つ航空機の中から丘陵地に広がる畑作地帯が一望できる。この地域は寒暖の差が激しく、降雨量は少なく、日照時間は長いという気象条件となっている。そのため、かんがい用水はもとより洗浄用水も小河川から汲み上げ、散水車により散水するなど農業用水の確保と利用に多大の経費と労力を費やしてきた。本論では、20年の歳月をかけて古梅ダムの建設完了、管水路の布段も85%進捗しており、この大規模な農業用かんがい施設ができ上がれば地域農業の財産となり、今後の農業に貢献できると結んでいる。
		今金町流雪溝への導水管路にS形ダクタイル鉄管を使用して	北海道開発局 函館開発建設部 瀬棚道路総合事業所 青木　秀一	特別豪雪地帯の指定を受けている今金町で、流雪溝を設置して冬期間の道路を確保、充実させ、地域住民の生産、生活活動を維持しようとしてきた。この流雪溝の導水管路として性能、施工性、地震、軟弱地盤に対する適合性などを総合的に判断してS形ダクタイル鉄管を採用した。配管工事は順調に進み、平成5年3月に一部地域で使用開始したと述べている。
		赤沢樋管に呼び径2600mmダクタイル鉄管を使用して	建設省中部地方建設局 木曽川下流工事事務所　機械課長 永江　豊	木曽三川の流域のほとんどは地盤が低く、昔から樋門、樋管が数多く設置されている。その中でも揖斐川支川の多度川に設置されている赤沢樋管は老朽化しているため、樋管本体をダクタイル鉄管に改築された。本論では、樋管を地盤沈下、変動に順応させるためには、継手は可とう性、伸縮性、水密性が必要であり、樋管という重要構造物であることからS形継手を採用した。結果的には、工期の短縮が図れ、地盤沈下などによる空洞化現象にも対応できることから、今後も樋管改築にはダクタイル鉄管を使用することは十分有効であると述べている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1993年	No.54	千葉県工業用水道におけるパイプインパイプ工法による管路更新事業	千葉県企業庁 工業用水部 次長　白坂　精一郎 千葉工業用水道事務所 工務第二課長　木村　晴夫 副主査　千野　薫	五井姉崎工業用水道は県営工業用水道の中でも規模において根幹をなす事業であるが、施設の老朽化が進み、事故や機能低下を招いている。また石綿セメント管が多用されているため、地震による大規模な漏水が発生している。本論では、施工性、耐震性、経済性などを考慮した結果、パイプ・イン・パイプ工法にPⅡ形ダクタイル鉄管を採用した。石綿セメントをさや管としてのパイプ・イン・パイプ工法は施工事例が少ないため懸念があったが、実績が示す通り無事クリアーできたと述べている。
		れき質土層へのGS形ダクタイル推進管の施工事例	岡谷市水道部 水道施設課 下水道主幹　涌井　秀俊 主任　伊藤　祐臣	昭和47年度に『岡谷市公共下水道基本計画』として立案され、平成4年度現在80%の普及率を達成した事例経過を本論では述べている。それによると、地下埋設物の輻輳化によって開削は不可能であり、住民への影響、経済性の面から長距離推進を余儀なくされたため、管体強度が高く、外圧に対して十分な強度を有し、施工性が優れていることを条件にGS形ダクタイル推進管を採用した。一方、使用実績が少なく疑問視する声もあったが、精度的にも優秀な下水道管きょが完成できた。今後とも本管の性能向上をさらに期待したいと結んでいる。
		1993年釧路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 技術委員　岩本　利行 稲田　均 二星　範親	平成5年1月15日に起こった地震は、釧路で震度6を記録した。本論では、地震発生後2日目から現地に入り、水道管路の被害調査を行った結果を述べている。特に、SⅡ形ダクタイル鉄管には被害が見られず市内に布設されているSⅡ形・S形管路約4.2㎞にも被害はなかった。そのほかの地域でも被害調査を行ったが、そのほとんどで被害は見られず、今後は、この結果を踏まえて管路の耐震研究に活用していきたいとしている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1993年	No.54	1993年能登沖地震による石川県珠洲市における水道管路被害調査	日本ダクタイル鉄管協会 技術委員　岩本　利行 福田　儀一 山村　佳裕 難波　徹	釧路沖地震発生から約3週間後の2月7日に、能登沖でM6.6の地震が発生した。北陸地方一帯から東北、近畿地方にかけて広範囲にわたった。地震発生2日後に現地入りして水道管路被害状況などを調査した。その結果、上水道でのダクタイル鉄管の被害はなかったが、市内の広範囲で噴砂現象、地盤変状が見られたと述べている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1992年	No.53	PⅡ形ダクタイル鉄管による石綿セメント管の更新について	堺市水道局 施設部拡張課 拡張第2係長　山岡　剛 技術職員　浅尾　稔	昭和39年に大阪府営水道の4次水を受水するために布設された呼び径800㎜石綿セメント管。大事故もなく今日まで使用されているが、経年劣化による強度の低下が懸念されたため、今回管路更新が計画された。本論では、住宅密集地で道路幅員が狭く、地下埋設部が輻輳しているが、工期が短く、交通規制の期間が短縮できる工法として、PⅡ形ダクタイル鉄管を採用したと述べている。この採用によって、工事は順調で安全、経済的に施工でき、今後とも安定した受水が可能となった、と結んでいる。
		非開削工法による管路更新事業について	徳島県板野町 建設水道課 課長　田村　幸雄 課長補佐　扶川　和稔 係長　矢口　哲	水道の歴史も100年を超えると、管路施設の維持管理が水道事業の中で大きな比重を占める。特に長年月埋設された経年管は、使用状況や通水量の増大による管径不足、交通量の増加による強度不足など、更新の必要がある。本論では、これらの状況下により石綿セメント管、塩化ビニル管の更新を進めているが、主要幹線で昼夜とも交通規制の難しい場所は、非開削でダクタイル鉄管に更新できるP・A・P工法を採用したと述べている。更新工事は、沿線住民に対する支障や交通規制問題、舗装の維持管理面など、開削工法より低減でき、今後はこれらの工法を多用していくとしている。
		ダクタイル鉄管製流雪溝の施工について	富山県細入村役場 産業建設課 山口　勲 滝川　和宏	豪雪地帯であるこの地域で、その雪を排出する流雪溝の計画を昭和61年から始めた。この流雪溝にダクタイル鉄管を採用した主な理由は、雨水と1次処理生活排水用下水管を流雪溝と兼用したい、車両通行時に生じる流雪溝の蓋の騒音を抑えたい、曲がり部での雪の詰まりを解消したいなどである。本論では、管路こう配が大きくなるほど処理量も大きくなり、合流部でも雪は支障なくスムーズに流れたし、実際に住民が雪を投入したが問題なく処理できたと結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1992年	No.53	空気注入による圧送汚水幹線の硫化水素対策	神戸市下水道局 竹中　恭三 大西　修 (現日本下水道事業団) 株式会社クボタ 田中　直也 川崎重工株式会社 赤松　尚	下水道の輸送システムは自然流下方式が一般的である。が、神戸市では圧送方式を岩岡圧送汚水幹線で採用している。ところが、長距離圧送をした場合、管内で酸素が供給されないため、悪臭や腐食の問題が生じることとなる。そこで、幹線に空気注入システムを採り入れたが、本論では硫化水素の生成を抑制するために必要な空気注入量を検討した結果を述べている。空気を注入した場合、年間を通じて硫化水素濃度をピーク時で10ppm以下に抑えることができ、溶存酸素濃度が1ℓ当たり1mg以上あれば硫化水素の生成を抑制できることがわかった、と結んでいる。
		SⅡ形ダクタイル鉄管を使った汚水圧送計画	小松市 建設部　下水道課 主幹　吉村　外志昭 主査　近藤　公一	人口が集中している木場潟周辺の環境保全上整備を急がなければならない区域および北部の人口集中区域で下水道整備を進めている。この整備事業では、汚水を圧送するためにSⅡ形ダクタイル鉄管を採用したが、木場潟付近は軟弱地盤層と砂れきが入り混じり、現在も道路の不陸状態が発していることからこの管種がとり上げられたのである。本論では、軟弱地盤での施工性と安全面に不安があったが、スムーズに工事が進むにつれて今後の維持管理に自信と安心感が持てるようになったと述べている。
		呼び径800mmGS形ダクタイル推進管を使用した1スパン268mmの長距離推進一倉	安城市 都市開発部　下水道建設課 課長補佐　倉橋　光夫 工務2係長　稲垣　勝幸	下水道事業の活発化に伴い、推進工事で不可能と思われていた長距離推進やS字カーブなどの工事が要求されるようになっている。安城市においても、泥水加圧元押し工法を採用するため、経済性、管の品質などを考慮して呼び径800mmGS形ダクタイル推進管を採用した。本論では､呼び径800㎜の推進工事は管内のスペースが狭く、作業性が悪く、色々と悪条件が重なるものであるが、トラブルもなく施工できた。推進管については一時的に推進力が上昇したが管の耐荷力が施工に活かされ、また、継手部からの漏水もなく、高い止水性能が実証されたと述べている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1992年	No.52	送泥システムの設計維持管理に関する基礎調査	日本下水道事業団 東京支社計画設計課 課長　金井　重夫 兵庫広域処理事務所工事課 課長　伊原　恒己 神戸市下水道局 北下水道建設事務所 田中　良穂	下水道の普及の向上に伴い汚泥の量も増加し、その処理、処分も大きな問題となっている。これら汚泥を脱水ケーキ状にしてから焼却、溶融されているが、姫路市下水道局ではポンプ圧送に切り換えることになっている。そこで事業団では、皮革排水汚泥を処理する地域での送泥管路の設計と維持管理を行うための資料を得ることを目的として調査した。送泥管にはダクタイル鉄管が使用されているが、管内面に付着したスケールを除去後の試験ではセメントモルタルライニングは健全で、ひび割れ、はく離、劣化は見られず、鉄部ともに健全であり、送泥管の管材として適切であることが確認された。本論では、皮革排水汚泥の送泥システムについて設計・維持管理を今後おこなっていく上で有益な資料が得られたと述べている。
		河川横断部における超大口径2900mm推進工法用ダクタイル鉄管の施工について	愛知県 半田土木事務所 工事課　石川　照雄 田中　龍次	本工事は、河川改修に伴って大府江川の既設暗きょの真下に逆サイホン方式で呼び径2900㎜の管路を新たに設置するもので、河川横断推進管に要求される条件として、管体強度が高く、外圧に対して強度があること、継手の水密性や耐食性に優れ、地盤変動に対応できることなどを検討した結果、ダクタイル鉄管が採用された。工事は地下水の高い滞水層だったが、逸水、逸泥、地山の崩壊もなく、悪条件下ではあったが、無事完了したと述べている。
		尾道市における汚水の多重斥送にダクタイル鉄管を使用した事例について	尾道市 都市部下水道課　課長補佐 迫田　国昭	尾道市の下水道計画は古く昭和32年に立案され、認可などの法手続き､管工事､浄化センターの用地取得を続け、平成元年4月1日に一部供用開始した。多重圧送システムを採用した理由として、処理区内の下水を処理場まで輸送するためには、自然流下で収集された流入管内の汚水を幹線に送り込むため、流入管に対してもポンプ圧送しなければならないためである。そして、強度、水密性を重視し、圧力管として信頼性のあるダクタイル鉄管が採用された。本論では、管路の複線化、ポンプ能力のアップなど、先行投資の削減効果があったと述べている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1992年	No.52	呼び径900mmダクタイル鉄管を下水圧送管の曲線推進工事に使用した事例	宮崎市 下水道部　下水道建設課　課長 篠原　淳輔	宮崎市の下水道普及率は半世紀を経て46%までアップしている。今回の工事は汚水をポンプ場から宮崎処理場まで圧送するもので、この圧送管に推進工法用ダクタイル鉄管が採用された。しかし、施工の難易性からダクタイル鉄管の採用が疑問視されたが、高水圧に耐え、大きな土圧や輪荷重にも問題なく、水密性が高く、腐食しにくい上に不同沈下に順応し、現在の推進技術の進歩により問題もなく、工事はスムーズに運び、供用から1年経過したが、事故もなく維持管理も容易であると述べている。
		GS形ダクタイル推進管による長距離推進と温泉排水対策について	秋田県 中央流域下水道事務所 工務課調査設計係長　村木　幹夫 主任　宇佐美　義光	硫化水素による下水管きょや処理場の腐食事故が各地で起こっている。当事務所でも硫酸イオンを多量に含む温泉排水対策を兼ねたGS形ダクタイル推進管による長距離推進工事をおこなったが、採用理由としては、耐荷力が大きい、推進時の摩擦抵抗が小さい、管内面に耐酸性と耐摩耗性に優れたポリエチレン樹脂ライニングが施してある、継手の水密性がよい、施工性がよいなどであった。本論では、管の接合が容易で許容耐荷力に対して十分余裕があり、強度上安心して推進することができたと述べている。
		ダクタイル鉄管による小口径長距離推進工事について	藤井寺市水道局 工務課 課長代理　浅野　俊朗 大森　克人	近年、市街地では地下埋設物の輻輳化、交通規制、工事公害などで制約されることが多く、開削工法は困難な状況となっている。藤井寺市では、その対策として推進工法用T形ダクタイル鉄管による小口径推進工法を採用し、最大延長スパン107.2mの工事をおこなった。 工事は無事に完了したが、長距離推進をおこなうためには、排泥水をいかに回収するかが、今後の課題であると述べている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1992年	No.52	ダクタイル鉄管を用いた既設管破砕工法による呼び径150mm管路の更新工事について	久居市 水道課 課長　行方　勝治 主査　波多野　隆生 技師　笠井　広己	本工事では、P・T・P工法が採用されたが、道幅が狭く、開削工法ができない、既設管の周辺に他の埋設物がない、工期が短縮できる、同一口径に布設替えができるため水量が確保できる、そして工事に伴う騒音、振動が少ないなど、がその理由であった。久居市で初めてのダクタイル鉄管を用いた既設管破砕推進工法であったが、危惧したトラブルもなく、工期内に工事が完了できたが、今後も管路更新に同工法を十分に活用していきたいと述べている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1991年	No.51	熊石町アワビ養殖用海水取水管呼び径250mmSⅡ形ダクタイル鉄管海底配管工事ついて	北海道熊石町 水産商工課　課長　山田　友彦	アワビ養殖用の海水取水管として鋼管を使用していたが、取水量や水質に支障をきたす恐れが生じてきた。そこで、取水管を取り替えるための管種選定として、重金属などが溶出しないこと、波の影響によって管が抜け出さないこと、可とう性があって衝撃性、施工性に優れている、などを考慮してSⅡ形ダクタイル鉄管が採用された。本論では、ダクタイル鉄管を採用したもうひとつの理由は腐食に強いということであり、これからも定期的に追跡調査をしていきたいとしている。
		新居浜市工業用水道におけるパイプインパイプ工法による管路更新事業	新居浜市水道局 水源管理課 課長　小野　圭弘 技幹　伊藤　勲 主任　土岐　秀男	工業用水道の配水管として昭和39年の布設から23年が経過し、材質の劣化や漏水事故などが多発したため、石綿セメント管を昭和62年度から4ヵ年で更新、布設替えした。この管路更新では、管路機能、水質に対する適用性、管種、施工場所などを検討した結果、パイプ・イン・パイプ工法とし、施工が容易で耐震的、防食対策の必要がない、などの点からダクタイル鉄管ＰⅡ形が採用された。本論では、工法、管種ともに適確な選択でまた、安定給水、沿線住民の不安解消、受水企業の信頼回復に大きく寄与ができた、と結んでいる。
		呼び径500mmダクタイル鉄管パイプインパイプ工法による呼び径600mmHP導水管の更新について	呉市水道局 工務部工務課 主幹　寺家　喜夫 専門員　森川　逸美	太田川堤防下に埋設されている導水管（ヒューム管）が老朽化したため、管路更新として呼び径500mmPⅡ形ダクタイル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法が採用された。採用理由として、開削工法がとれない、水密性能が高い、経済的である、などである。本論では、河川の堤体を傷めることなく実施できたことは、適切な管種選定・工法であったと結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1991年	No.51	白浜町における石綿セメント管更新事業について	和歌山県白浜町 水道部　部長 寺前　学	第1次と第2次拡張事業で石綿セメント管を約2万6,400m布設したが、安定給水と有収率向上を考えると対策が必要となってきた。そこで、幹線町道で交通量も多いためスムーズな施工をしなければならず、また、耐食性があり、強度があって安全性を十分に考慮してダクタイル鉄管が採用された。本論では、観光地であるため工期的制約や岩盤による掘削工事の難渋などがあったが、それらの障害を克服して無事に工事完了となったと述べ、今後も「ふれっしゅ水道」の達成をめざしていきたいとしている。
		南淡町でのダクタイル鉄管による管路更新	兵庫県南淡町 水道課　課長 西内　桂	昭和11年の水道創設以来、昭和53年度まで石綿セメント管を導送配水管として使用してきたが、耐久性、老朽化などで管路更新を昭和54年度から開始した。水道事業として、次世代へ可能な限りよい施設を残すという観点から、維持管理、水密性、耐用年数などを考慮してダクタイル鉄管が採用された。本論では、当初約80kmあった石綿セメント管が平成4年3月末には約50kmがダクタイル鉄管に更新され、有収率が大幅に改善されたが、残る約30kmについても鋭意更新し、高度な管路を残していきたいと結んでいる。
		国営宮古農業水利事業について	沖縄総合事務局 宮古農業水利事業所調査設計課 課長 八木　正広	4市町村からなる宮古島は、亜熱帯気候で高温多湿であるが、時には大干ばつに見舞われることもある。このため、昭和52年10月に皆福地下ダムの建設に着手し、54年3月に総貯水量70万㎥のダムが完成した。台風銀座といわれている宮古島ではあるが、地下水は豊富で地形は平担のため畑作に適している。本論では、経済・流通システムが今後大きく変革、飛躍しようとしている宮古島は、この事業が完成する2000年には一大農業立国になるだろうと結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1991年	No.50	都城市におけるダクタイル鉄管による管路更新事業	都城市水道局 工務課　係長 堀川　渉	昭和30年の創設から昭和50年頃まで石綿管を主に使用し、配管総延長約962kmのうち、約204kmが石綿管であるが、昭和50年代後半からは石綿管の老朽化による漏水が多発している。そこで、高耐圧管で強靭性、耐久性に優れ、継ぎ手の伸縮、可とう性を十分に発揮できるダクタイル鉄管が採用された。本論では､「強い水道」としての施設づくりを目標に管路更新を継続していきたいと述べており、この事業によって漏水防止の効果を上げ、都城市の目標である有収率94%を早期に実現したいとしている。
		波佐見町でのダクタイル鉄管による管路更新	長崎県波佐見町 水道課　施設係長 長与　誠人	昭和33年の水道創設以来、47年度まで導送配水管に石綿管を主に使用してきたが、管体強度と耐久性に問題があり、48年度からは水密性、管体強度、耐用年数などを考慮してダクタイル鉄管が使用された。その結果、石綿管の25%がダクタイル鉄管に更新され、管路の事故率や修繕率が大きく減少したのである。本論では、今後もダクタイル鉄管で更新し、漏水や事故の少ない高度の管路にしていきたいと結んでいる。
		四賀村における石綿セメント管更新事業について	長野県四賀村 水道課　課長 木下　辰男	普及率は94.4%と高いが、有効率は73%と低く、原因が主に創設時に使用した石綿セメント管である。このため、10年間で10億円を投入し、約43kmに及ぶ石綿管のうち事故率の高い約80%を更新対象とし、耐久性と信頼性が高いダクタイル鉄管に順次布設替えすることとしている。本論では、老朽管更新推進国庫補助事業の初年度ということもあり、金額が認められたが、今後は補助金確保がむつかしくなると思われる。しかし､予算枠の拡充を希望し、管路更新を積極的に進めていきたいとしている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1991年	No.50	北条砂丘地区かんがい排水事業について	鳥取県倉吉地方農林振興局 耕地課 課長　西山　禎一 係長　山崎　俊吉 主任　森田　秀男	東西10km､南北1.5kmの細長い砂丘地帯に長芋、たばこ、ぶどうなどを栽培し、京阪神や北九州方面に出荷されている。昭和56年度にかんがい排水事業に着工し、施設を自動化し、水管理の省力化および水の合理的利用を目的としている。この事業では、管路を幹線農道などの道路に移設することにし、これにダクタイル鉄管が使用された。本論では、事業の完成によって営農の省力化とかんがいの自動化が実現し、21世紀に向けて地域社会の発展に大きく貢献できるものであると結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1990年	No.49	急傾斜地の導水管にSⅡ形ダクタイル管を使用して	芦屋市 水道部工務課　課長 青木　昭	水源の確保と管理の効率化を図るため、芦屋川上流に有効容量34万6,000㎥の奥山貯水池が完成したが、この奥山貯水池から下流の奥山浄水場へ原水を送るため、全長3,430mの導水管を布設した。このうち、2,500mはダクタイル管を道路敷内に布設したが､残る930mは関西電力から譲り受けたリベット鋼管を導水管路の一部に転用して使用してきた。しかし、老朽化が著しく、腐食によって孔あきが多く取水量にも影響が出始めた。そこで、ダクタイル管に取り替えることになったが、A形、K形、T形、SⅡ形とも急傾斜部の露出配管に使用可能ではあったが、SⅡ形は他の管種に比べて伸縮・可とう性、離脱防止性能、耐地盤変動性などから急傾斜部の配管に最適であるとして使用された。本論では、主要建設機械の能力に限界があり、人力に頼る部分も多かったが、工事関係者の努力によって無事に完了した、と結んでいる。
		未給水地区解消をめざして飯田市の水道事業	飯田市 ･上郷町上下水道組合水道局 水道課長 小林　幸市	長野県下17市の中でも最低の普及率である飯田市では、生活様式の変化、地下水の枯渇、水質の悪化などで、未給水地域での水道布設が強く望まれた。飯田市では市の基本構想・計画の中でも、この点を重要視し、積極的に建設事業を行って未給水地域の解消を図ることにした。そして、建設中の山本および米川簡水に加えて、今年度から10ヵ年計画で沢城簡水の拡張事業を行い未給水の解消に努めていくことにしている。今回の事業では、維持管理が容易、耐用年数が長く、耐震性、施工性に優れているなどの点を考慮してダクタイル鉄管1種管が使用されているが10ヵ年で未給水地域の解消を図る方針に変わりなく、今後も基本通りにダクタイル鉄管を布設していく方針である、と述べている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1990年	No.49	荒川村における簡易水道統合事業について	埼玉県荒川村 水道課　課長　深見　嘉徳	都市近郊型農村という新しい村づくりに取り組んでいる荒川村は、水道では日野、安谷川、谷津川の3つの簡易水道と、大指地区の飲料水供給事業とで成り立っている。今回、広域的により安定した水の供給を図るために、日野と安谷川の2つの簡易水道の統合事業を平成元年度から3ヵ年計画でスタートした。この事業では、導水管にA形ダクタイル鉄管が 長さ約3,900mにわたって使用されたが､山間部の林道での工事のためかなり苦労したようである。荒川村を含めた秩父地区は､｢東京に近いグリーンエリア｣として脚光を浴びており、また安谷川上流のイワナやニジマスが棲息するような良質の原水が得られ、安定した水量とおいしい水の供給を実現するために、平成3年の竣工に向けて努力していると結んでいる。
		勝山市でのダクタイル管による管路更新	福井県勝山市 上水道課　課長補佐　佐久間　謙治	昭和34年の創設以来、昭和52年まで石綿管を全面的に使用してきた勝山市では、昭和52年から始まった公共下水道工事と並行して石綿管の管路更新を開始した。管路更新には、強度、水密性、耐用年数などを考慮してダクタイル鉄管を採用し、将来に対して高品質の管路を残すことができ、配水管の事故率や修繕率が大きく減少したと述べている。そして今後も、更新管路としてダクタイル鉄管を使用し、漏水や事故のない高品質の管路を将来とも残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
1990年	No.48	PⅡ形ダクタイル鋳鉄管による長距離パイプインパイプ工事	神戸市水道局 技術部 配水課管理係長　安藤　伸雄 東部配水管理事務所　坂口　孝允	神戸市は、第1期から現在施工中の第6期まで配水管整備増強工事を継続して行っているが、赤水、破裂事故は激減している。このように、神戸市では既設管路の更新を行って給水の安定化を図っているが、施工条件に制約を受けることが多く、非開削工法をとらざるを得ない場合がある。このため、パイプ・イン・パイプ工法を実施しているが、PⅡ形ダクタイル鋳鉄管を採用した理由として、既設管の曲がりに対して順応性を持ち、長距離の押し込み挿入が可能、作業時間が短く、工期の短縮ができ、作業が安全である、などを上げている。今後もますます開削工法が困難な場所が増加していくと考えられるため、このパイプ・イン・パイプ工法の採用も増加していくであろう、と結んでいる。
		十三塚原地区畑地かんがいパイプラインとその通水について	鹿児島県加治木耕地事務所 工事第2課 課長　的場　實行 技術主査　小倉　祐二	十三塚原地区は桜島を望む鹿児島県中央部に位置している。鹿児島空港の建設に伴って、空港周辺台地の営農に大きな影響が予想されることから今回のパイプライン布設工事では、畑地かんがいを中心とした総合的な土地改良を行い、農業構造を抜本的に改善し、地域農業の発展により農家の生活安定と向上に寄与することを目的としている。この地区のパイプラインは、竹山ダムを水源としており、布設工事は平成元年で完了したが、高水圧配管や高速道路の横断、空港滑走路下横断道路での施工など、難しいと思われた所も無事に工 期通り施工できた、と結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1990年	No.48	溜池改修工事の斜樋管（φ300）、底樋管（φ600）にダクタイル管を使用した事例について	岡山県倉敷地方振興局 農林事業部耕地課 水畑　郁夫 田中　祥二郎 三好　政則	倉敷市と金光町とに隣接している阿原上池は、下池からなる親子池である。この溜池と付帯施設が老朽化したため改修することになり、施工性・安全性からダクタイル管が採用された。まず斜樋管にはフランジ形ダクタイル管が使用され、底樋管にはメカニカル形のダクタイル管が使用された。工事では、ダクタイル管を使用してみて問題はなかったが、斜樋管異形管を標準化、接続部分のコンクリートブロックを軽量化し標準化する、など、2～3点の改善および検討をするならば、いちばん使い易い管になる、と結んでいる。
		神戸市六甲アイランド“水”リサイクルモデル事業	神戸市下水道局 計画課　課長 金　忠平	海上未来都市、六甲アイランドは面積580ha、計画人口3万人、港湾、産業、都市機能を合わせ持っており、民間活力を導入した街づくりを行っている。神戸市では、都市機能ゾーンと周辺緑地を対象とした水のリサイクルモデル事業を平成2年3月29日から供用開始し、供給先は、小・中学校、ラグビー場の芝散水、公共緑地などである。送水管の管種選定にあたっては、不同沈下に対応し、伸縮性、可とう性を考慮し、アンカーブロックを省略しなければならないため、SⅡ形ダクタイル鋳鉄管を採用した。なお呼び径100mm未満はK形ダクタイル鋳鉄管とした。下水道は、新たな潮流として資源の有効活用、空間の多目的利用などの推進が求められているが六甲アイランド“水”リサイクルモデル事業は、下水道の新しい顔づくりとして意義深いものがあり、大切に育てていきたいと結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1989年	No.47	S形ダクタイル鋳鉄管を送水幹線の一部に使用して～京都府営水道～	京都府広域水道建設事務所 所長　杉田　裕郷 技師　杉原　久也	京都府の南部地域は、昭和30年代から人口の増加が目立ちはじめ、昭和40年代には京阪奈地区の通勤圏としてさらに人口が増加し、拡張工事の変遷を経てきた。昭和60年になると、関西文化学術研究都市の建設や大規模住宅団地が開発されたため、広域的水道整備を推進することにし、昭和62年4月に乙訓地区を給水区域とする京都府営水道を設置した。今回の整備計画は、木津浄水場系の配水能力を従来の3倍に増強し、さらに宇治浄水場系と木津浄水場系を接続するための送水管布設、その他の工事などである。この工事にS形ダクタイル鋳鉄管が使用されたが、その理由として流域下水道工事による地盤の不同沈下、昼間は道路とするため、継手の接合・検査が短時間でできる、維持管理面に優れているなどであった。本論では、S形ダクタイル鋳鉄管を使用したのは、現場での施工性・安全性・経済性・維持管理など、すべての面で適確であった、と結んでいる。
		石切共同溝における水道管路の建設について	東大阪市水道局 施設部 工務課課長代理　森田　長義 計画課計画第1係主査 榎本　弘 工務課拡張工事係主任 大前　幸伸	大阪府で3番目に人口の多い都市である東大阪市で、近鉄東大阪線新石切駅周辺の道路の掘り返し防止と地上電柱の撤去による都市火災、都市景観の向上をはかるなどの多目的な道路機能を持った共同溝を建設した。水道局も共同溝に水道管を布設するために設計時から参画し、ダクタイル鋳鉄管の受口位置と目地が合うようにしたり、止水や構造物と一体化をはかるためパドル付きダクタイル鋳鉄管とした。なお、管種については強度および耐食性に優れ、将来の給水分岐も容易で、共同溝前後の既設管と同じK形ダクタイル鋳鉄管とした。本論では、都市内の限られた道路地下空間を計画性を持って高密度に占用物件を収容する施設として共同溝は意義がある。今回の石切共同溝は、今後の道路占用物件のひとつのあり方を示しているのではないか、と結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1989年	No.47	応急給水施設としての耐震貯水槽について	名古屋市水道局 配水部 漏水防止課長　犬塚　茂樹 設計係　高間　博行	名古屋市は、本州中部の地震多発地域に位置しているため、地震については各種の対策を実施してきている。この対策の中で「配水管の耐震化による応急給水拠点方式」を基本的な応急給水施設設置の考え方としている。この方式は、SⅡ形ダクタイル鋳鉄管を布設して給水するのであるが、今回耐震貯水槽が設置された若宮大通公園は、広域避難場所をはじめ都市公園などの公共的施設を対象として昭和52年度から実施されている施設として100ヵ所目にあたっている。耐震貯水槽は名古屋市では採用第1号であるが、容量30㎥と小規模で、大都市における耐震貯水槽としては物足りないが、ストック機能と水質保持機能のバランスのとれた、都市型といえる。
		ワンタッチ離脱防止継手を用いた既設下水道管きょ内の添架配管施工について	日本下水道事業団 金刺　敏明 田角　光夫	昭和61年度より、日本下水道事業団がエースプランを実施しているが、今回下水処理場で処理された生汚泥をエースプラン広域処理場まで圧送する管路の一部にワンタッチ離脱防止継手を使用した。工事場所は兵庫県伊丹市～宝塚市間で、シールド工法とし、コンクリート製下水道管きょの中に呼び径2000㎜ダクタイル管を吊り添架配管したが配管位置、管材、吊り金具などには十分留意したとしている。本論では、送泥管をスムーズに、経済的に布設することができたが、設計時に懸念していた配管方法、管材などの選定についても、Ｔ形ダクタイル管に離脱防止機能がついたワンタッチ離脱防止継手を利用することにより無事完了できた、と結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1989年	No.46	21世紀へよりよい水道をめざして出帆した、11市町村による末端給水型「八戸圏域水道企業団」63'	八戸圏域水道企業団 工務課長　細越　勇	11市町村で構成されている当企業団は、昭和61年3月25日に厚生大臣の経営認可を得、同年4月1日に企業団として経営を開始した。この時の県の「整備計画」策定の基本方針としては、①既存水道事業を統合し、末端給水型広域的水道事業とする。②統合する水道事業体は、世増ダムの開発水量を享受する必要に迫られている11市町村で構成する。などであったが、その後の世増ダムの動向と相まって、経営変更の手続きをとって昭和62年度から昭和73年度を建設年次とする21世紀をめざした第1期拡張事業を位置づけ、昭和62年12月26日に厚生大臣の認可を得て現在に至っているのである。本論では、水道事業は50年や100年で終わるものではなく永久継続事業であり、建設はもとより保守保全にしても地元工事業者との強調・共存は欠かすことができないと結んでいる。
		簡易水道の総合整備を進める長門町の水道事業	長野県長門町 水道課　課長　小林　實	長野県のほぼ中央に位置し、緑豊かな自然に囲まれた山間の町、それが長門町である。14の簡易水道で構成されている長門町ではあるが、それぞれ規模、構造、建設年度も異なり、水源地域の伐採などによる湧水量の減少、水質の悪化、大型車両の増加による管の破裂事故の増加や生活様式の変化による水需要の増加などで、水道施設の全面改良が必要となり、統合整備事業を進めることになった。管の布設場所が国道、県道、町道であったため、管種の選定に当たっては管の強度が大きく、継手が高水圧に耐えられること、維持管理が容易、掘削幅が小さく、耐久性に優れていること、などいろいろ検射した結果、K形ダクタイル鋳鉄管を採用した。関係者の理解と協力を得て、竣工目標めざして推進しているところである、と結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1989年	No.46	福岡市の下水処理水循環利用モデル事業について	福岡市下水道局 計画部　部長 鬼木　寛	昭和53年に大渇水に見舞われた福岡市は、水資源の有効利用を推進する節水型都市づくりに取り組むことになった。このうち、水資源の有効利用のひとつとして下水処理水を雑用水に再利用する「下水処理水循環利用モデル事業」を全国ではじめて実施した。この事業は、中部下水処理場の2次処理水を再処理し、都市業務用の水洗便所の洗浄用水として給水しようとするものである。再生処理方式の設定としては、目標水質を達成する、安定した再生水の水質を維持する、人体に対し衛生面で問題のないこと、などであった。なお、配水管の管種については、水道管に使用されている実績、沈下などに対するジョイント部の構造などによりT形ダクタイル鋳鉄管3種管とした。この事業もモデル事業とはいえ本格化し、維持管理面を中心に整備することにしており、需要者への積極的な供給対策を行っていきたいと結んでいる。
		S形ダクタイル鋳鉄管(呼び径500mm)による水管橋の架設について	和歌山市 下水道部下水道建設課　技術主任 王地　保	「京橋」と並び称せられる名橋である堀詰橋の橋台、橋脚に添架された水管橋は、和歌山市公共下水道の汚水圧送管として使用するものである。なお、ここに使用されたダクタイル鋳鉄管は呼び径500㎜、橋長36.1mに及ぶ長スパンであり、また、管種の選定に当たっては腐食に強いこと、強度が高いこと、軽量であること、維持管理がしやすいこと、経済的なことなどを検討した結果、ダクタイル鋳鉄管とした。本論では、最良のものを考え、構造的にも施工的にも発生した緒問題を解決し、無事完成したが、汚水圧送用として長く供すことができること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
1988年	No.45	市街地におけるシールド内配管(呼び径1000mmUS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　課長補佐 沼上　正人	京都市は給水需要の対応と改善をはかるための配水管整備と管網整備を行っている。今回の塩小路幹線布設工事では、鴨川横断と市街地工事の関係からシールド工法で行ったが、地盤の変動に強く、シールド内配管に適しているUS形ダクタイル管呼び径1000㎜を使用した。本論では、河川横断を含んだ市街地における急曲線こう配のあるシールド工法で工事を行ったが順調に工事が進み、無事完了した、と述べている。
		大口径ダクタイル管による送水トンネルの改修工事	横浜市水道局 工事部設計課　課長 浅川　勝彦	101年目へ第一歩を踏み出した横浜市は、従来からの配水管整備事業とともにライフラインとしての安定給水確保のため、施設の整備・拡充を進めている。本論に紹介されている送水トンネルのダクタイル管による改修工事は、整備事業として昭和61年度より62年度にかけて実施されたものである。この送水トンネルは、横浜市と横須賀市との共同施設として、第6拡工事で小雀浄水場から横須賀市、横浜の南部方面に送水する「上郷送水ずい道」と呼ばれ、昭和37年に完成した。改修工事は自由水面を有する水路トンネルのエ事で、安定給水確保をはかるため管路化された。本論では、実質1年7カ月にわたる工事となったが、無事工事完了したと述べている。
		並列区間における小口径管推進施工について	近畿農政局 日野川農業水利事業所 工事第2課長 福地　文男 近畿農政局 五条吉野開拓建設事務所 工務官 北川　孝	推進工法は、大口径の機械化が急速に進み、中小口径についても技術革新が著しい。今回、滋賀県の東南部の日野川沿いの左岸側、別所幹線用水路総延長2,120mで推進工法が採用され、既圃場整理地区内の農道下にダクタイル管1100㎜U形管、500㎜T形管が埋設された。本論では、推進工事区間の土質が固結シルトと砂礫層であり、大きな礫の排出にこまる場面もあったが、ほぼ順調に工事が完了した。なお、推進工法用Ｔ形ダクタイル管を使用したが、接合が簡単で予定通りの日数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
1988年	No.45	山間地域における簡易水道の普及拡大	愛知県足助町 水道課 課長　小野　忠 主幹　山崎　博司	足助町は林業と観光を主産業としている。人口は昭和63年4月現在で1万1,009人で、広範な山間地域に点在して生活している関係から、水道施設の建設、維持管理には多くの問題をかかえている。当町は、現在4簡易水道事業と1飲料水供給施設があるが、未普及地域の住民の生活用水を確保するために今まで事業を進めてきた。また、昭和61～65年の5年計画でもって東北部簡易水道事業を急ピッチで進めている。本論では､東北部簡易水道事業が完成したときには、普及率が約80%に達し、住民の生活基盤の確保、公衆衛生の向上、過疎化傾向の歯止めにもなるものと期待していると述べている。
		管路端部に用いる栓の改良について	東京都水道局 給水部設計課　課長 吉野　良英	水道管端部の栓による死傷事故は、水道工事において発生する事故の中でも特有のものである。持に、制水弁の締め忘れや閉止不良の場合、水が侵入して空気が徐々に圧縮され、プラグまたはＴ頭ボルトを緩めると圧縮空気の力で栓やプラグが抜けて事故となるのである。本論では、シールリング付きシールボルトを考案し、確認試験においても良好な成果が得られたため、水道界で懸案となっている栓操作時での手違い、不慣れなどによる事故が未然に防止され、栓の安全性、操作性が向上するものである、と述べている。また、シールリング付きシールボルトは管路端部の栓だけでなく、布設時に生ずる凸部、伏せ越し部での吸排気・排水をはじめ、ガス管、油輸送管などの吸排気・排水にも幅広く応用できるものである、と結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1988年	No.44	札幌市水道局庁舎緊急貯水槽について(設計と建設)	札幌市水道局 拡張部 工事課長　辻口　宏紀 工事2係長　五十嵐　寛 工事2係　原田　政明	札幌市は、昭和62年10月現在、給水人口が154万人、普及率97.8%を有し、今日に至っている。現在第7期拡張事業を施工中で、原水調整池の建設、浄水場の相互連絡管の敷設などを積極的に進めている。本論では、この第7拡中で、水道局庁舎と併せて建設した緊急貯水槽についての施工概要などを述べている。本庁舎緊急貯水槽は大口径ダクタイル鋳鉄管による圧力方式緊急貯水槽700㎥と、自由水面方式緊急貯水槽300㎥からなっている。この緊急貯水槽の特徴は①災害時に水道局の対策本部が本庁舎に置かれ、関係者が多数集まることができ、状況把握や運転管理方法を決定できる、②災害時に自家発電設備を有しているため、緊急貯水槽の流出入電動弁の動力が確保される、③24時間体制であるため、平常時・災害時を問わず、高い維持管理能力が期待できる、などである。札幌市は今後も貯水槽を建設していく計画であり、「給水サービスの充実」をめざし、水道施設全般のトータル管理システムの構築を今後の課題として、ライフラインの確保をはかっていく計画である、としている。
		広島市における供給ゾーンのある供給管共同溝の建設	広島市水道局 配水課　設計係　係長 寄元　正勝 中工事事務所工事係 (旧所属配水課) 畑村　和雄 安佐南工事事務所工事係 川地　光春	広島市は太田川の下流デルタに発達した都市である。市の北西部に通じる国道54号線は慢性的な交通渋滞を引き起こしており、これを解消するために建設省が安佐南区緑井より中区基町までの約8.5㎞にバイパスを建設している。このバイパスに新交通システムが建設されるが、両側の歩道に建設されるのが供給管共同溝である。この共同溝の溝内配水管には、耐衝撃性および給水の分岐工事の対応性などを検討し、実績あるダクタイル鉄管が採用された。この供給管共同溝は、昭和56年度に計画され、63年4月から供用開始されるが、掘り返し防止、無電柱化、都市美化などに貢献し、今後より発展するだろうと本論では述べている。ただ、経済性、技術開発、共同溝の防災対策などの課題があり、研究、解決する必要があるとしている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1988年	No.44	やすらぎの田園郷にダクタイル管による簡易水道事業	広島県佐伯町 建設課 課長　畠中　典一 水道係長　正木　宏紀	人口約1万600人の町、佐伯町は農林業を基幹産業としている。また、広島、岩国などから車で小1時間という地の利も幸いして、これらの都市の奥座敷としても脚光を浴びている所である。しかし、住居が点在していることから水道の普及ははかばかしくなく約58%にしか至っていない。環境衛生の向上、防火施設の整備など、生活文化の向上のためにも水道の普及は不可欠であり、未普及地域の住民の待ち望むところである。このような状況下において当町の簡易水道事業について本論では述べている。維持管理が容易、施工性に優れ、施工工期の短縮、地盤の変化に柔軟、耐久性に優れ、耐震性を有している、などの条件を検討した結果、T形ダクタイル管を採用した。管路を敷設する道路幅員も狭く、地形上から施工の困難な個所が多々あるが、昭和63年の完成に向けて順調に進んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1987年	No.43	呼び径600mmPⅡ形ダクタイル管におけるパイプインパイプ工事について	福岡市水道局 給水部 施設課長　松村　晋 技術吏員　大原　賢一	福岡市は地理的に水に恵まれず、水源を市外に求めなければならないハンディを背負っている。昭和40年に第1次管整備事業を策定して以来、61年度末までに総延長2,888kmに及ぶ管網を形成するに至った。第7次では、その事業のひとつである老朽管更新工事として、PⅡ形ダクタイル管を使用してのパイプ・イン・パイプ工事をおこなった。このパイプ・イン・パイプ工法を採用した理由としては、市街地であり交通量が多い、地下埋設物が輻輳している、付近住民への工事公害を少なくする等々、また、管種については曲がりに順応でき離脱がない、耐震管路にも十分対応できる、施工性に優れている、作業の安全性が高い、などの理由からPⅡ形ダクタイル管が採用された。福岡市では、今回はじめてこの工法を採用したが、すべて順調に完工できたと述べている。
		大井川広域水道用水供給事業における送水トンネル内呼び径1500mmダクタイル管敷設工事について	静岡県大井川広域水道企業団	人口急増の著しい藤枝、焼津、島田市など、4市10町、約60万人に1日最大16万700㎥を供給している大井川広域水道は、県内5番目の広域水道として昭和53年度にスタートした。地域内の生活用水は、そのほとんどを地下水に依存しているが､近年水位の低下が著しく、将来の水需要に対応できない状況にあり、水量的に安定した水源の確保が切望されている。本事業のうち、長大な送水トンネルに呼び径が1500mmのダクタイル管を敷設した。その選定条件として内圧に対しての安全性、呼び径に対しての適合性、経済性などが上げられダクタイル管を採用した理由としては、継手部に可とう性があり、トンネル内での施工性がよい、工期が短い、耐食性がよく、施工後の安全性に優れている、などであった。さて、本事業はトラブルもなく、騒音を出すこともなく無事完成したが、ダクタイル管を採用したことは正しい選択であった、と述べている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1987年	No.43	吉野川北岸農業水利事業パイプイントンネル工事設計と施工について	中国四国農政局 建設部　水利課長　武田　明寅 計画部補助土地改良係長　金光　譲二	本誌No.39にて既報された吉野川北岸の農業水利事業の第2段として報告されたものである。事業のうち、4トンネル区間をパイプ・イン・トンネル工法とし、ダクタイル鉄管を内挿管として採用されたが、本論では4トンネル区間の中でも最長の平山トンネルの設計と施工について述べている。なお、内挿管としては作業性・安全性・充てん材との適合性・経済性などの点からT形管が採用された。また、トンネル掘削時に多量の湧水があったが、最小掘削断面であったため、予定工期内に無事貫通し、狭いトンネル空間での安全作業に留意して施工したので、支障なく順調に完成できたと結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1987年	No.42	東播用水農業水利事業中央幹線水路における長距離推進工事概要について	近畿農政局 東播用水農業水利事業所 西神支所長　藤田　利雄 工事係長　林地　章好 工事係員　西川　泰史	東播用水農業水利事業は、豊かな農業基盤をめざす国営総合かんがい事業であり、また人口増大に対応する水道用水の確保、供給する共同事業である。工法としては推進工法、シールド工法などの非開削工法と開削工法がある。社会性では長短所があり一概にはいえないが、諸工事などで周辺住民に与える影響が開削工法では大きく、非開削工法ではその影響が少ないと考えられた。本事業で推進工法が採用されたのは、この工法の採用が多く、技術的にも進歩し、施工が確実で経済的である、との理由からである。本論では、ダクタイル鋳鉄管による推進工法を採用したことは施工状況、地元対応、各種テスト結果からみて適切な選定であった、と述べている。
		呼び径300mm管による長距離パイプインパイプ工事について	長浜水道企業団 工務課長　中川　辰夫 技師　前浜　直樹	長浜市の中心的地域が市域の東部に移りつつあり、配水本管の多くが南北に敷設されているため、東西の配水本管の敷設が必要となってきた。このような環境の中、農業用水管の旧管路が廃止されることになったため、この管路（呼び径1000㎜ヒューム管）を利用し、パイプ・イン・パイプ工法を採用することにした。ただ、PIP工法を採用したのは、開削工法が採りにくい、工事公害が少なくてすむ、維持管理面の効果があり、経済的、などの理由からである。また、管種については、伸縮・可撓性、離脱防止機構を備え、耐震管路を構成し、維持管理が容易で水密性能が高く、施工性もよく短工期で施工ができ、管路更新工法として実績も多く、信頼性が高い、などの理由でPⅡ形ダクタイル管が採用された。本論では、工事はすべて順調に進捗し、完工できたと結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1987年	No.42	十和田湖の水とヒメマスを守る下水道建設	青森県十和田土木事務所 下水道係長　毛内　浩次 技師　米田　勝浩	わが国の代表的な自然景勝地になっている十和田湖も、観光開発によって湖水の汚濁が進み、特に夏・秋期の観光シーズンの汚れがきわめて大きい。そこで、青森・秋田両県では、神秘な湖水を守るための下水道事業が、昭和65年度を目標に工事が鋭意進められている。 本論では、青森県側で実施されている管きょ工事でのT形ダクタイル鋳鉄管採用の経緯を述べているもので、内外圧に対する安全性、防食性能、施工性そして経済性等、あらゆる角度から検討し、汚泥圧送管路として多くの実績があり、優れた管であると結んでいる。
		太閤が夢を馳せた台地でダクタイル管による簡易水道事業	佐賀県鎮西町 水道課 課長　世戸　靖治 技術技監　中園　六人	鎮西町の地盤は「上場台地」と呼ばれる玄武岩台地であり、雨量も少ないことから河川はあまり発達していない。今回事業を実施した打上地域は未給水区域で、夏期には水が底をつくことが多く、水道施設の建設が急がれていた。住民の生活安定をはかる上で重要なパイプラインについては、振動や荷重に十分に耐え継手性能がよく、施工性にも優れ、維持管理が容易で高水圧に耐え、そして耐震性を有していること、などの条件からK形、T形ダクタイル管が採用された。本論では、長年の悲願であった町民皆水道の夢が達成され、また、鎮西町全体の活性化と発展に大きく寄与するものと期待しでいると結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1986年	No.41	超大口径ダクタイル鋳鉄管による導水路の改修	東京都水道局 建設部　設計第1課長 峯尾　正臣	東京都は、将来の水需要の増加への対応とともに、既存の施設を総合的、体系的に整備充実させるために、現在浄水施設整備事業、送配水施設整備事業などを推進している。本論では、浄水施設整備事業の一環として羽村線導水路の改修工事を実施している。本導水路は馬蹄形導水路であるが、60年余り経過して老朽化が著しく、抜本的改修が必要となった。ただ、改修工法については、所定の流量を確保する、強度・耐久性・水密性・耐震性があることの前提条件のほかに、種々の施工条件を満たすものとしてパイプ・イン・トンネル工法が最適とされ、前提・施工条件から呼び径2900㎜U形ダクタイル鋳鉄管を採用した。都市化が進み、市街地に新しい用地を取得するのは難しく、また、導水路を新設するのはなお困難である。今回のパイプ・イン・トンネル工法の採用については大きな問題もなく無事完成したと結んでいる。
		清流と緑のふるさとにダクタイル管で水道建設	兵庫県宍粟郡一宮町 建設課　副課長 春名　卯太郎	兵庫県下で神戸、姫路に次いで広い面積をもつ一宮町は、その92%が山林地帯であるため水道の普及が難しく、生活用水として沢水や井戸水に頼っている現状である。このような不便を解消するために、昭和60年度より水道建設を開始、拡張・増補改良事業と基幹的施設改良を併せて行い、62年10月完成をめざしている。この建設にあたって重要な管種選定については、維持管理が容易、厳しい地中凍結に耐え、継手性能、施工性がよく、地盤変動にも柔軟であり、掘削幅が小さくて済み、工期が短縮できるなど、種々検討を加えた結果T形ダクタイル管を採用した。本事業も60%の進捗率に達し、来年10月の竣工に向かって大いに奮闘していると結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1986年	No.40	浄水場間連絡幹線のパイプインパイプ工法による更新について	京都市水道局 工務課長 進士　暢夫	第6期拡張事業で敷設された配水幹線の鋼管部分で、電食の影響と思われる破損箇所が見つかった。京都市では、安定給水の確保を考え、重点施策である経年管対策と併せて、災害時における浄水場間の連絡配水幹線網の整備、地震対策など、浄水場内の管路整備を行ったが、敷設替えを必要とする鋼管部分はさや管内に敷設されている。よって、この既設管(φ700)およびさや管(φ900)を利用してパイプ・イン・パイプ工法を計画した。本工事では①早期完成させる必要がある。②地下埋設管が輻輳している。③非開削工法である。などの各種条件、経済性などを考えてパイプ・イン・パイプ工法が採用され、現在順調に工事が進んでいると述べている。
		東北農政局最上川中流農業水利事業』馬見ヶ崎川導水路における呼び径1200mmダクタイル管路について(中小水力発電所水圧管路への適用)	東北農政局 最上川中流農業水利事業所 所長　井上　明夫 工事課長　戸島　祐喜 工務官　石谷津　一	ダクタイル管はパイプラインとして、上水道、農業用水などで多くの使用実績を持っている。しかし、土地改良事業に使われた幹線パイプラインが、すべて市街地を通る例はまれであり、また、土地改良施設を利用した小水力発電事業も合わせて行ったのは全国でもはじめてのケースである。この事業で使用する管種は、種々の設定条件を満足させなければならないが、その点を十分勘案した結果、施工性に優れ、高内水圧での使用実績も多く、管体としての性能、耐震性にも優れている、などの理由からダクタイル管が採用された。本論では、各種のテストをした結果、ダクタイル管の採用は適切であり、充水および漏水テストでもパイプラインの止水度は完全に近く、かんがいに向けて万全を期していると述べている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1986年	No.40	河川横断部における推進工法用ダクタイル管の採用について	明石市 下水道部建設課設計係主査 宮本　武	明石市は「海峡公園都市」の実現をめざして、自然と調和した潤いと安らぎのある都市環境づくりに取り組んでいる。明石市の下水道の歴史は古く、明治42年に事業着手している。今回の工事は、瀬戸川左岸区域の下水道整備を目的とした幹線管きよの敷設工事で、河川横断部にダクタイル管が採用された。採用理由は、許容抵抗力が大きいので長距離推進に使用できる、外圧に対して十分な強度がある、継手の水密性が高い、耐久性・耐食性に優れている、地盤変動に対応できる構造である、などである。工事は現在施工中であるが、瀬戸川左岸発進立坑から右岸立坑に向って河川下を慎重に推進し、貫通し終えたところであるが、工事は順調に進んでいると結んでいる。

ダクタイル鉄管第59号

平成7年10月

技術レポート 1

尼崎市防災センターとダクタイル鉄管製耐震貯水槽

～阪神・淡路大震災に遭遇して～

尼崎市消防局次長
消防監 近成(ちかなり)義男

Technical Report

1. はじめに

尼崎市は、大阪平野の西部、兵庫県の東南端に位置しており、総面積49.69km²、人口約50万人の都市である。

市域全体が武庫川と猪名川およびその分流で形成されたデルタ地帯で、その大半が海抜3m以下であり、市域の約30%が海水面下となっている。

尼崎は、古代から畿内と西日本を結ぶ海上交通の要地であり、朝鮮・中国の先進文化もこの地を経て畿内各地へ伝わった。8世紀の末頃には、神崎川が淀川本流に直結されたのを契機として、京都と瀬戸内海を結ぶ物流などの重要拠点となり、次第に港町としての役割を高めていった。江戸時代には城下町が栄え、地方政治の一中心地ともなった。

明治維新により、尼崎は地方政治の中心としての役割を失い、近代化の中で近世以来の特産品の生産や流通機構も衰退していった。

尼崎が近代的な工業都市として再生するきっかけとなったのは、1889年の紡績工場の開業である。その後、産業は紡績業からガラス・金属関係と、市域の南部一帯は重化学工業が急速に発展していった。このような工業都市化の中で尼崎は、1916年（大正5年）兵庫県下では神戸、姫路に次いで3番目に市制を施いた。

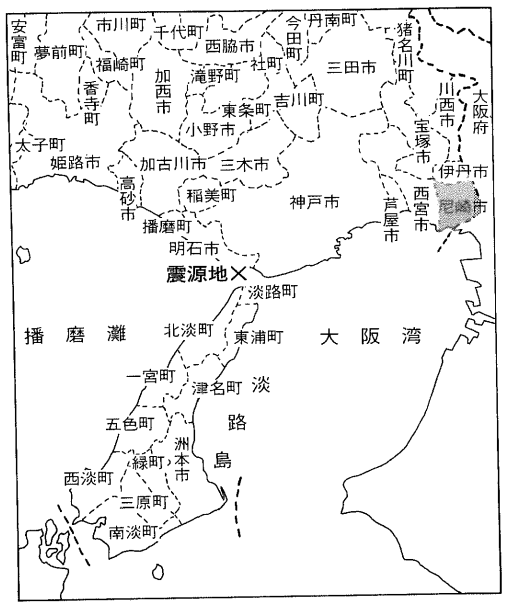
戦後の尼崎は、戦災および1960年（昭和25年）のジェーン台風による高潮などの被害を克服し、工業都市として再建された。その反面、高度経済成長下にあっては、大気汚染をはじめとする公害が激化したが、公害防止を重点施策のひとつとして取り組む中で、青空と緑が取り戻されようとしている。また、北部農村地域の市街地化が進み、大阪や神戸のベッド・タウンともなった。

現在の尼崎は、人口の伸び悩みや産業活動が停滞するなどの新たな問題を抱えているが、21世紀に向けて生き生きとした活力ある尼崎の実現をめざして街づくりに取り組んでいる。

本レポートは、市制70周年（1986年、昭和61年）と時を同じくしてオープンした“防災センター”についての紹介と、本年1月17日の阪神・淡路大震災時におけるダクタイル鉄管製耐震貯水槽（容量：100m³）の活用状況について述べるものである。

なお本市は、震源地と直線距離で約40kmの所に位置し、同地震による最大加速度は328ガル（読売新聞　1月31日）を記録しており、震度Ⅳであった。

図1　位置図



2. 尼崎市防災センターの建設

1.　防災センターを建設するに至った経緯

尼崎市消防局では、昭和57年に防災カルテを作成した。これは尼崎市を安全性という視点から防災上の問題点を明らかにしたもので、防災対策を総合的に推進して行くための指針づくりに資するものである。

そのカルテの中では、

①　尼崎市は地盤が深層部まで軟弱であること。

②　人口密度、木造建ぺい率が高いこと。

などから、地震が起これば被害は甚大になる危険性があるとされている。したがって、個々の施策において震災対策の充実を図る必要があると結ばれている。

一方兵庫県においても、昭和47年より地震災害に関する調査研究が継続的に実施されている。その中で昭和50年、51年および昭和54年の兵庫県震災対策調査報告書では、地域別出火件数および全壊家屋件数などの被害想定がなされている。これらの報告書からも本市の防災対策を総合的に推進する必要があることが示唆されている。

このようなことを背景に、地震などの大規模災害から市民生活の安全を確保するため、建物の耐震化、広域避難地、避難路の整備に加え防災拠点としての防災センターの建設を計画した。

2. 防災センターの基本方針

1.　自主防災体制の強化を図る

災害の未然防止と、災害による被害の軽減を図るためには、市民・事業所などが防災に対する自覚を深め、市民・事業所・行政が一体となった防災体制づくりが急務であった。

そのためには、防災センターに地震体験・視聴覚設備・展示ホールなどを設け防災教育を実施し、防災リーダーの育成指導を行い、自主防災体制の強化を図る必要がある。

2.　防災活動拠点の整備を図る

災害発生時に防災活動の拠点として活動することができる機能をも備える。

・コンピューターを駆使した災害情報処理システムを導入し、情報の収集、分析により活動部隊に対する的確な指示・命令ができる。（防災センターは、災害対策本部の前進基地としての位置付けである）

・災害に備えて、応急資機材や災害復旧に係

わる水・非常食・医薬品の備蓄を図る。
・活動部隊として、中消防署との複合施設とする。

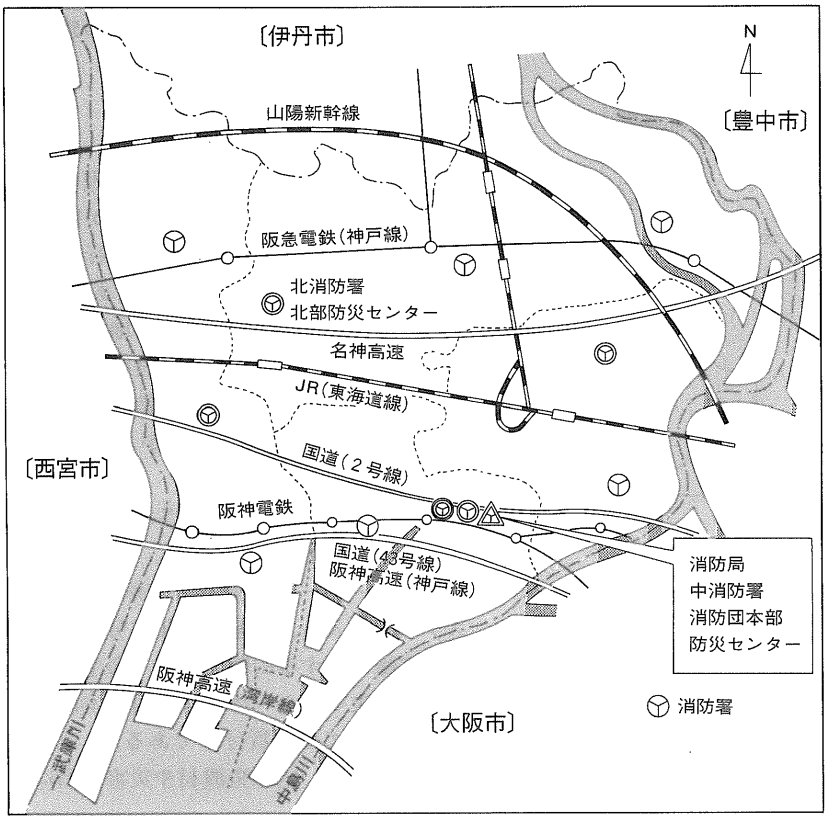
3. 防災センターの構想から完成までの過程

尼崎市防災センターの構想から完成を見るまでの過程は大略次のようであった。

・昭和55年：消防局に防災センター建設構想策定委員会を設置。
・昭和56年：防災センター建設に係わる基本構想の策定業務を委託。
・昭和57年：防災カルテを作成。
　市幹部会に構想概要を説明。
・昭和58年：国土庁に補助申請。
・昭和59年：防災センターに係わる設計完了。
　ダクタイル鉄管製耐震貯水槽、容量100m³を設置。(防災センター)
・昭和61年：防災センター完成。
　消防局本部機構の移転。
　中消防署の開設。
・平成元年：ダクタイル鉄管製耐震貯水槽、容量100m³を設置。(北部防災センター)
・平成2年：北部防災センター完成。
　北消防署の開設。

以上のように、本市においては「防災センター」および「北部防災センター」の2カ所を災害発生時に応急活動の拠点とするために建設している。いずれも活動部隊である消防署との複合施設であり、また、水道本管と直結したダクタイル鉄管製の耐震貯水槽（容量100m³）を備えている。

図2　防災センターの位置図



尼崎市の地勢
東西：8.4km
南北：11.1km
面積：49.69km²
人口：約50万人

写真1　防災センター

写真2　北部防災センター

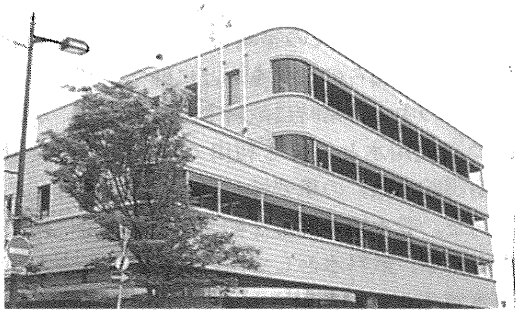


写真3　備蓄庫

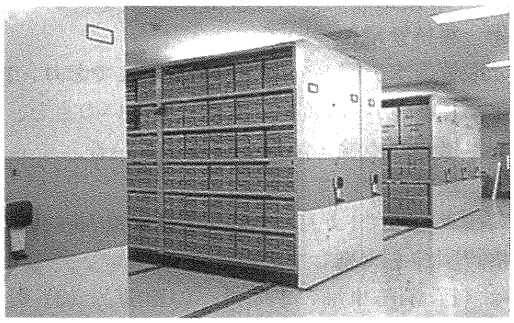
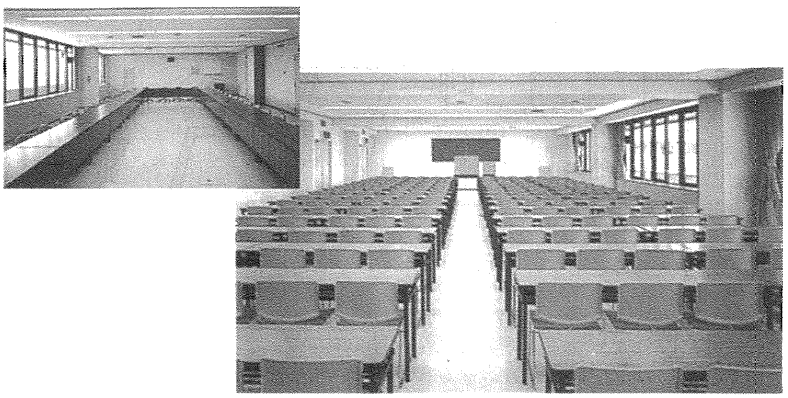


写真4　医薬品管理庫

写真5　地震体験室

写真6　防災実験室

写真7　会議室・多目的ホール



3. 防災センターでの耐震貯水槽

防災センターの建設計画が持ち上がった昭和55年頃、都市防災の室崎神戸大学教授の指導や、若い職員らの意見をもとに種々検討を行った。その中で非常時に飲料水が確保され、なおかつ消火用水としても利用できるような設備（耐震貯水槽）の重要性が再認識されることとなった。受水槽の容量を拡大すれば水量は確保できるが、飲料水として用いる場合には衛生面（水質劣化）が危惧された。

そこで、関東方面の視察を行うとともに、水道局とも折衝し水道本管に直結した「ダクタイル鉄管製耐震貯水槽、容量100m³」を防災センター中庭（地中）に設置することに決定した。容量100m³は10,000人に対し1人1日3ℓで3日分をまかなえるとしている。

●1人1日3ℓ

日本水道協会発行の水道維持管理指針では、震災直後の3日間程度、必要な給水量としてこの数字を上げている。同書によると、尿約1.5ℓ、肺や皮膚からの蒸発量約1ℓ、大便0.1ℓの排泄量に対応した、成人1人の生命維持に最低限必要な数字。トイレなど生活のための水は含まれない。（朝日新聞　7月7日）

① 貯水方法について

流入側、流出側とも空気弁を利用してサイフォンブレーク現象で貯水する方法を採用している。

② 緊急遮断弁について

災害時、水道管が上流側で破損すると濁水や汚水が貯水槽へ流入することが懸念される。しかしながら、消防署の仕事は24時間体制であるので、被災時には消防署員が即時にバルブの操作を行うことが可能であることから、2基の耐震貯水槽とも緊急遮断弁は備えず、いずれも手動バルブとしている。

③ 接続管について

手動バルブ以降、耐震貯水槽の流入・流出の接続管にはＳⅡ形（φ300）、Ｓ形（φ500）の耐震形ダクタイル管路としている。

④ 維持管理について

尼崎市水道局との間で協定を結んでおり、1年に1回消防局の負担で水道局立会いのもと、貯水槽内の点検・清掃を実施している。

⑤ 訓練について

抜き打ちで1カ月に1回、地震対策消防初動措置訓練を実施しており、そのマニュアルでは（1）消防車輌の車庫外への移動、（2）貯水槽のバルブ操作と貯水槽のバルブ操作は2番目に重要な作業と位置付けている。

⑥ 耐震貯水槽の概要

防災センターに設置した耐震貯水槽の形状を図3に、北部防災センターに設置した耐震貯水槽の形状を図4に、また、それぞれの耐震貯水槽の概要を表1にまとめる。

図3　防災センターの耐震貯水槽

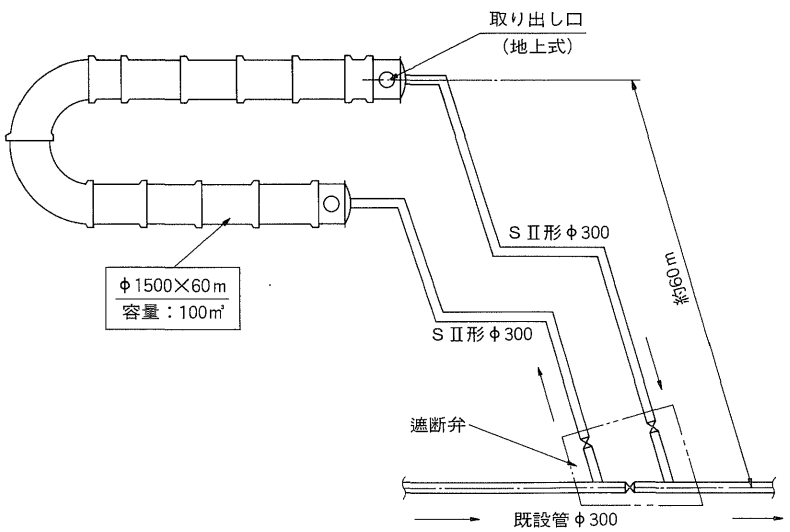


図4　北部防災センターの耐震貯水槽

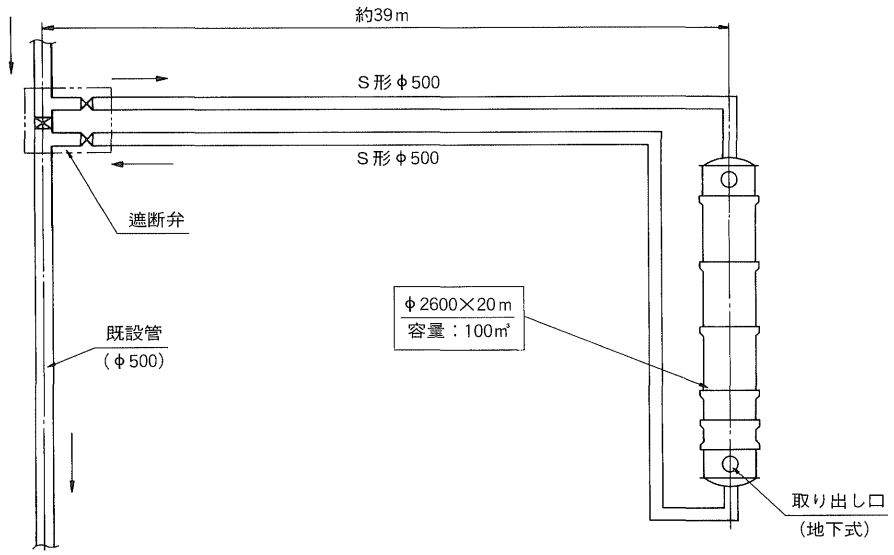


表1　耐震貯水槽の概要

設置場所		尼崎市防災センター	尼崎市北部防災センター
設置位置		同上敷地内地中	同上敷地内地中
併設消防署		中消防署	北消防署
設置年度		昭和59年	平成元年
耐震貯水槽	容量（m^3）	100	100
	材料	ダクタイル鉄管	ダクタイル鉄管
	継手形式	UF形、S形	TUF形
	呼び径（mm）	1500	2600
	長さ（m）	60	20
	形状	U字形	直線形
流入・流出管	呼び径	300	500
	継手形状	SⅡ形	S形
遮断弁	作動方式	手動	手動
	設置位置	センター敷地内地中	センター敷地内地中
貯留水の取り出し方法		エンジンポンプによる	エンジンポンプによる
貯留水の取り出し口		地上	地中（マンホール内）
貯水槽内の点検		年1回（水道局立会い）	年1回（水道局立会い）
発災直前の訓練日		平成6年12月25日	平成6年12月25日

4. 阪神・淡路大震災時における防災センターと耐震貯水槽の利用状況

1. 防災センターでの利用状況

防災センターには最大140名が避難してきた。これら避難者は3階の多目的ホールおよび会議室に収容した。3階のフロアーはこのようなことを想定して設けていた個所である。したがって避難者を収容することによる防災センターならびに消防署の業務への支障は皆無であった。

耐震貯水槽で確保されていた水道水は、防災センターの受水槽へ消防ポンプで補充し、当センター内の生活用水をまかなった。また、20ℓポリタンクで周辺地区への給水を行うとともに、容器持参の近隣の住民への給水も実施した。なお、当センターでは耐震貯水槽の水を消火用水として用いることはなかった。

2. 北部防災センターでの利用状況

北部防災センターにおいては、最大時260人を4階の多目的ホールなどに収容している。なお、当ホールも被災時の避難者収容をも目的として設けられたものである。

耐震貯水槽で確保されていた水道水は、当センターの受水槽へ消防ポンプで補充し、当センター内の生活用水をまかなっている。一般住民への給水は、水道局の給水拠点が近傍に位置していたため実施していない。

消火用水として、当センターより約300m離れた所での火災の初期消火に約4m³ほど使用している。

以上、防災センターならびに北部防災センターでの震災時における利用状況を、表2にまとめる。

表2　阪神・淡路大震災時の利用状況

防災センター名		尼崎市防災センター	尼崎市北部防災センター
職員数（人）		100	40
耐震貯水槽の本体		異常ナシ	異常ナシ
流入・流出管		異常ナシ	異常ナシ
遮断弁	操作人員（名）	2	2
	操作完了までの時間（分）	約15	約15
	弁操作上の問題点	ナシ	ナシ
耐震貯水槽	センター受水槽への補給（m³）	約20	約25
	一般住民への給水（m³）	約7	0
	消火用水として使用（m³）	0	約4
	給水タンク車への補給	ナシ	ナシ
	給水タンク車よりの補充	ナシ	ナシ
	正常に復旧	約36時間後	約50時間後
避難者収容数（名）		140	260

5. 震災時にダクタイル鉄管製耐震貯水槽を供用しての所感

① 貯水槽内の水質について

貯水槽が水道本管に直結され、常時、循環していること、ならびに年1回水道局立会いの上で実施している貯水槽内の点検・清掃作業から、なんら心配することはなかった。

② 貯留水の用途について

今回のような大災害時には、飲用（生活用水を含む）専用とすべきである。

消火用水は、防火水槽と河川水によることが前程である。

③ 貯水槽が消防署に併設されていたことについて

以下のようなことから、貯水槽の設置個所としては最適であった。

(i) 消防署員はプロフェッショナルである。

(ii) 24時間体制であるので、発災時にも即対応できた。

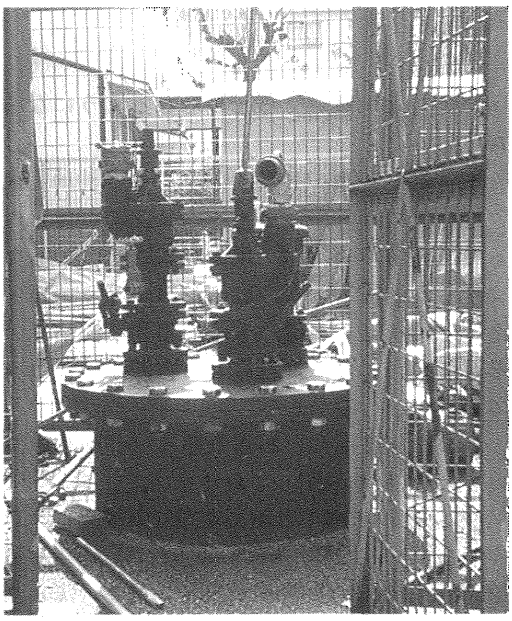
(iii) 平常時にも、繰り返し訓練を実施しているので、マニュアル通りの対応ができた。

(Ⅳ) 一般市民への給水も24時間対応することが可能であった。

④ 貯水槽の取出口について

場所的な制約から、北部防災センターでの取出口は地中のマンホール内の地下式であったが、地上式に比べて、イ）マンホール蓋の操作、ロ）マンホール内への浸入水への対応を必要とした。取出口は地上にある方が作業は容易である。防災センターにおける地上式の取出口を写真8に示す。

写真8 地上式の取出口
（尼崎市防災センター）



⑤ 貯水槽の設置場所について

(i) 水質が年間365日を通じて、飲用に適することが保障されること。

・水道本管に直結されていることと、定期的な点検・清掃が行われること。

(ii) 避難指定場所は、水の運搬といった面から有効ではある。

・しかしながら、発災時に迅速に対応できるよう、イ）操作要員の確保、ロ）使用機材の維持管理、ハ）定期的な訓練、といったソフト面の備えが不可欠である。

⑥ その他

可搬形浄化装置について

・飲用に供するためには水質検査を伴なうと考えること。また、装置の維持管理面から、当センターでは時期尚早という意見が大勢を占めた。

5. まとめ

今回、阪神・淡路大震災を体験したのを機に、本市の防災センター建設の経緯および震災時における同センターの活躍をダクタイル鉄管製耐震貯水槽を中心にまとめてみた。

センターのそれぞれの施設が、設計通りに機能し市民のために大いに役立った。構想から15年の年月を経て、大きな評価を得たわけである。これは構想・建設・維持管理と多くの関係者の方々のご指導とご協力の賜と、改めて感謝とお礼を申し上げる次第である。今後も、その有効性が立証されたダクタイル鉄管製耐震貯水槽を、年次的に整備し、防災対策の拡充を図る計画である。

最後になったが、今回の震災時における尼崎市消防団（58分団　1,000人）の活躍振りについては、枚挙に暇がないので個々の事例は割愛させていただくが、本市の防災対策上、なくてはならぬ存在であることを、全市民が敬意と感謝の念をもって認識することになったことも報告して、本レポートを終える。

技術レポート ②

三陸はるか沖地震における S形ダクタイル鉄管の挙動について

八戸圏域水道企業団
工務部長 細越 勇

Technical Report

1. はじめに

自然災害の多発は日本列島の宿命である。とりわけ八戸という所は古来より多くの地震や津波、大火災などに見舞われてきた歴史がある。地震でいうと、昭和43年の十勝沖地震から今日まで、八戸震度Ⅳ以上の記録を拾ってみると図1に示すように11回を数え、約2.5年に1回は起こっていることになる。東北、北海道沖での地震によることも多いことから、八戸という所は地震に対しては真に付き合いがよいのである。

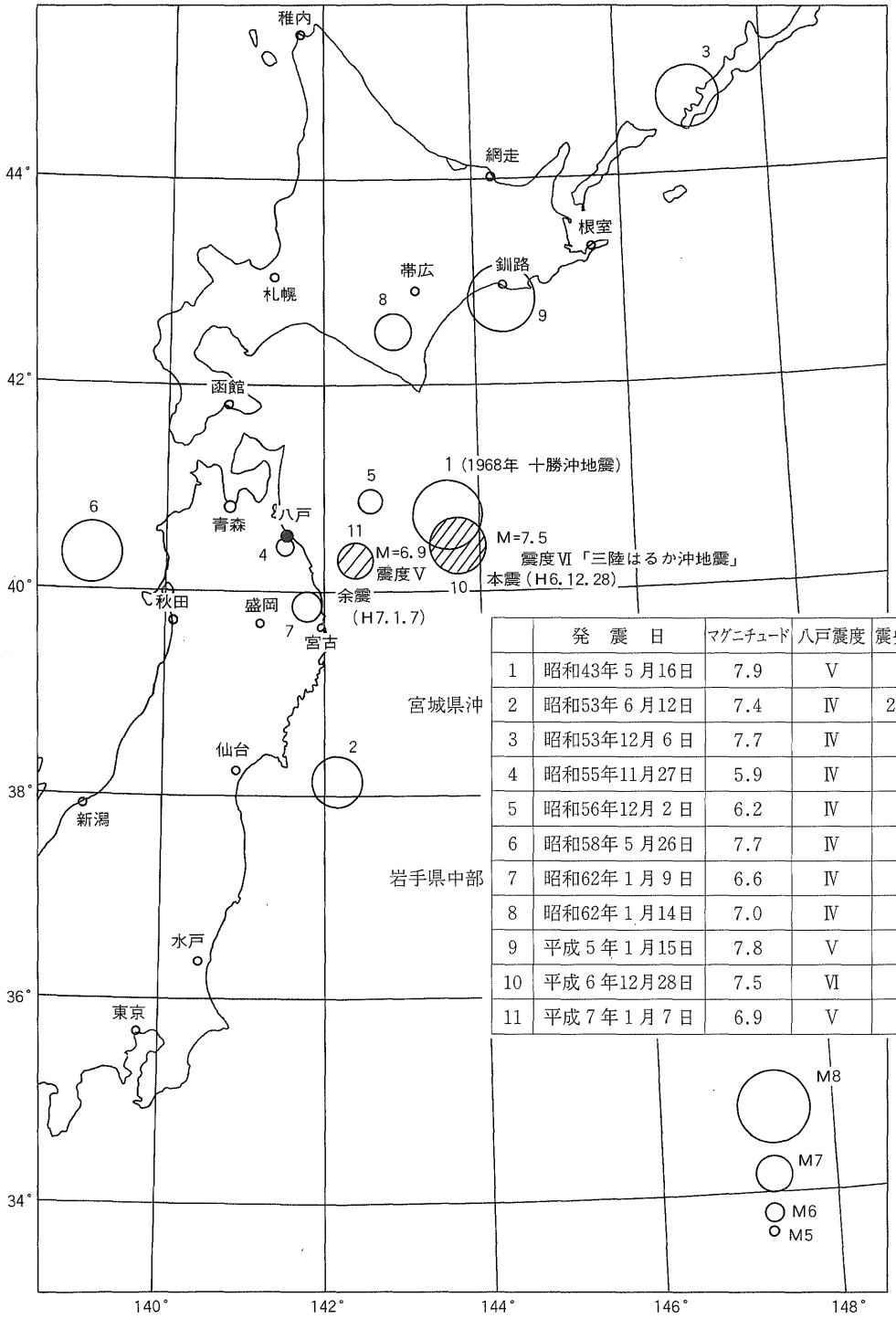
今回の三陸はるか沖地震を地震予知連絡会の特定部会では、プレート境界型と断定、「教科書のような地震だった」と評したように、北米プレートと太平洋プレートの境界、つまり日本海溝付近外側地震帯が地震の巣であって、プレートテクトニクス（海洋底拡大説）説がよくあてはまり、当地では約30年周期に大きな地震がくるといわれるようになった。

本レポートは、昭和43年5月の十勝沖地震災害を教訓に、八戸圏域水道企業団の母体となった八戸市水道部が、地震対策の一環として実施した耐震管路が今度の地震でどうであったか、地震時における管路の挙動観測結果、そして三陸はるか沖地震と被害の概況について報告するものである。

本論に入る前に、耐震管路ループ構想について図2により説明しておきたい。

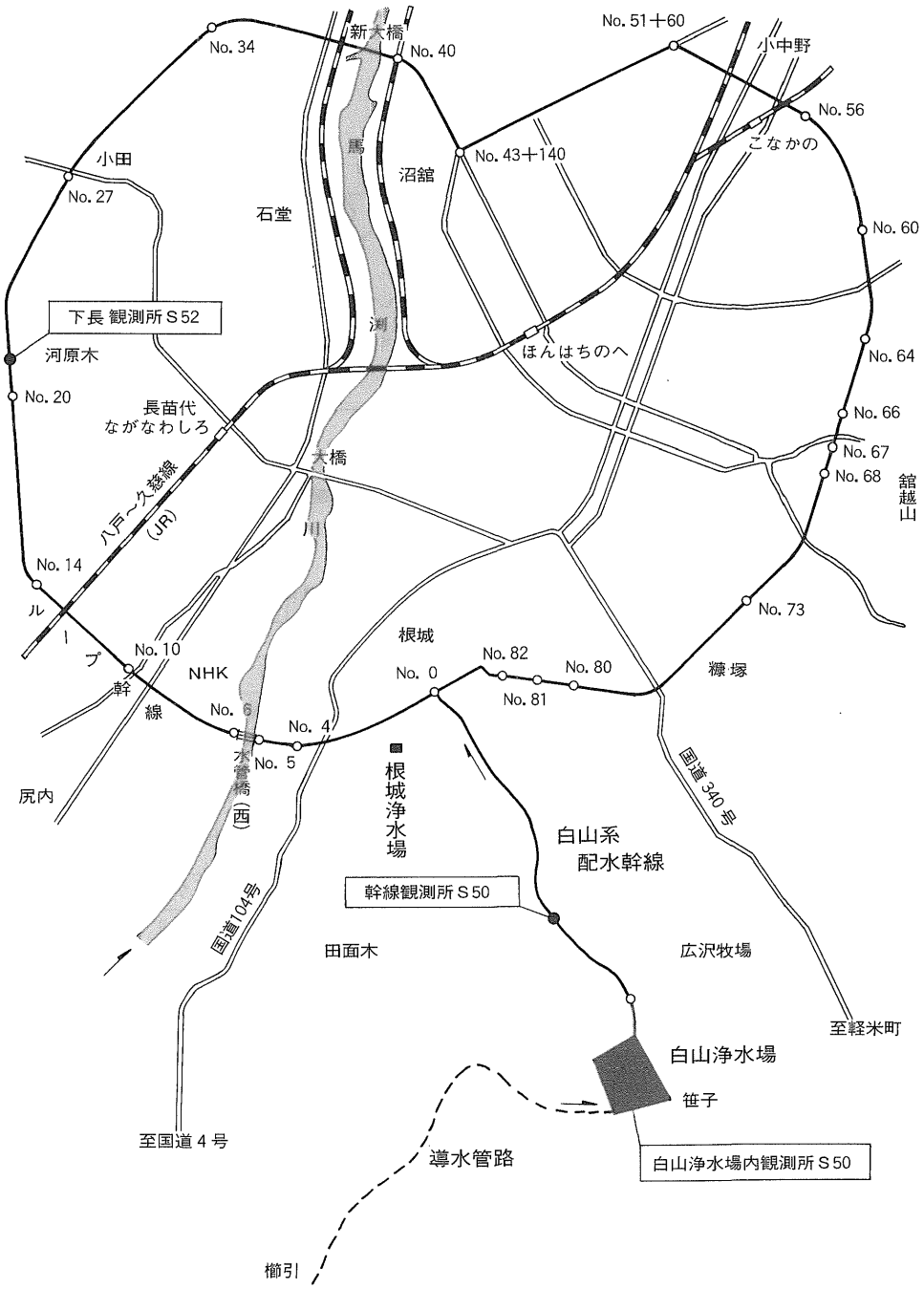
図2は八戸市都市計画循環道管路構想で、この形態をループ配水管路と称し、八戸市上水道第2期拡張事業（昭和47～58年）において、当時の管理者田辺一政氏の卓越した指導のもとに、ある企業と共同で調査検討のうえ実施した耐震管路である。この構想は、都市計画循環道路（延長約18km一部未完成）を利用する独特の

図1　震源位置　　八戸震度Ⅳ以上の記録



	発　震　日	マグニチュード	八戸震度	震央距離
1	昭和43年5月16日	7.9	Ⅴ	
2	昭和53年6月12日	7.4	Ⅳ	277km
3	昭和53年12月6日	7.7	Ⅳ	
4	昭和55年11月27日	5.9	Ⅳ	
5	昭和56年12月2日	6.2	Ⅳ	
6	昭和58年5月26日	7.7	Ⅳ	
7	昭和62年1月9日	6.6	Ⅳ	80km
8	昭和62年1月14日	7.0	Ⅳ	
9	平成5年1月15日	7.8	Ⅴ	
10	平成6年12月28日	7.5	Ⅵ	
11	平成7年1月7日	6.9	Ⅴ	

図2　八戸市都市計画循環道路配管構想図



構想で、非常時に際し給水体制を容易ならしめること。今は予想し得ないが、たとえば将来新たな開発地とか、広域的需要展開に向けてループ配管路上どの位置からでも有機的に選択でき、しかもいったん災害ともなれば応急給水の拠点として飲料用取水が可能な水がめに変ずるという構想である。加えて、地域住民の生命と財産を守るという使命観点から、火災時の消火

用水も可能ならしめるため、さらに浄水場内沈殿処理水渠から原水を直接配水主管に連絡して非常の事態に備え選択ができる配慮としている。管路の中には一級河川馬渕川を横断した「西水管橋」と称する唯一目で見ることのできる単独橋があり、呼び径1000㎜のS形ダクタイル鉄管、S形継ぎ輪、S形長尺継ぎ輪、ダブルボールジョイントなどの組み合わせにて布設され、先般の近代水道100年を記念した水道百選に紹介された。図2に示す主要管路の3カ所では、管路の地震時における挙動観測を実施している。

2. 水道施設の被害

1.　地震の諸元

1.　本震の地震名：「平成6年（1994年）三陸はるか沖地震」

①　発生日時：平成6年12月28日21時19分20.9秒

②　震源位置：北緯40度27分、東経143度43分（八戸の東約200㎞）

③　震源深さ：ごく浅い（10～20㎞）

④　規　　模：マグニチュード7.5

⑤　八戸震度：Ⅵ

2.　余震の地震名：「平成7年1月7日7時37分岩手県沖を震源とする地震（平成6年12月28日三陸はるか沖地震の余震）」

①　発生日時：平成7年1月7日7時37分

②　震源位置：北緯40度18分、東経142度24分（八戸の東北東約80㎞）

③　震源深さ：30㎞

④　規　　模：マグニチュード6.9

⑤　八戸震度：Ⅴ

3.　八戸気象台で観測された加速度と周期

表1

	方　向	本　震	余　震
最大加速度 (gal)	東北方向	602.3	363.0
	東西方向	488.4	499.3
	上下方向	94.1	95.1
周　　期 (sec)	東北方向	0.2	0.2
	東西方向	0.3	0.3
	上下方向	—	—

2.　被害の概要

1.　概　況

八戸圏域水道企業団の地震による弱点は、八戸市水道創設からの主水源である蟹沢水源（15,000m³／日）、三島水源（10,000m³／日）の両地下水（岩の割れ目から湧き出ている）が確実に濁り、取水を停止しなければならないことである。はじめに述べた図1（八戸震度Ⅳ以上の記録）を参照されたい。

たとえば、No.1の十勝沖地震の際甚大な被害に遭遇したわけであるが、そのときの八戸震度はⅤであった。No.9の平成5年1月15日（釧路地震）の際は当初八戸震度Ⅵと発表され、まもなくⅤに訂正された。この2つの地震は当地において震度は同じであったが、なぜか後者による水道施設の被害はなく、当然のごとく蟹沢水源のみ濁り、3日間送水を停止し水運用と配水コントロールにより低水圧、断水などは一切なかった。この作業は年数回繰り返えしており、マニュアルと訓練が確立されている。今回の地震による取水停止時間調査表を表2、3に示す。

表流水を水源とする白山浄水場、根城浄水場が強い地震にもかかわらず平常運転を保つことができ、能力いっぱいの水造りと水運用を図ったものの、配水管、給水管に漏水事故が多発したため約3万戸の給水世帯をピークに低水圧、

表2 本震（平成6年12月28日午後9時19分）

水源別区分	取水停止時刻	取水開始時刻	停止時間	配水開始
蟹沢水源（TU：80）	12／28 21：22	1／1 10：00	84時間38分（3.5日）	1／2 14：30
三島水源（TU：60）	12／28 21：32	12／30 4：00	30時間28分（1.3日）	

※TU:濁度

表3 余震（平成7年1月7日午前7時37分）

水源別区分	取水停止時刻	取水開始時刻	停止時間	配水開始
蟹沢水源（TU：90）	1／7 7：40	1／13 3：25	139時間45分（5.8日）	1／13 13：30
三島水源（TU：100）	1／7 7：41	1／8 16：00	32時間20分（1.4日）	

※TU:濁度

断水の影響を与えてしまった。余震でも短い間であるが約5,000戸の給水世帯に影響があったと推計している。

対応策としては、白山浄水場（通常40,000m³／日を66,000m³／日）と根城浄水場（通常35,000m³／日を43,000m³／日）の最大能力を活用し、通常の配水量の18時間分の容量を保有する配水池により25,000m³／日の停止分と漏水量分をカバーすることから、配水池からの流量と市内5カ所の流量、水圧値などモニター情報を頼りに、刻々と変化する状況に沿いながら水運用と配水コントロールに努めた。この際、初期調査報告により大規模管路事故情報がないことに鑑み、早々に配水池の流出量を調整保持しながら、火災の初期活動も考慮し可能なかぎり配・給水しつつ、修理工事を実施するという方針を立てた。

停水はしなかったが低水圧、断水という状況で、29日には約3万戸の断水が発生したと発表したが、低水圧にはなっても断水にはならなかった所も含まれている。30日午後には、三島水源の濁りが解消し断水戸数も半減し、1月2日には蟹沢水源の濁度解消により全域の断水が解消された。

さらに1月7日の余震により、また、両水源が濁りを発生、約5,000戸が断水した。翌8日に三島水源が回復、市内の節水と配水コントロールで断水地域が解消されたが、蟹沢水源の濁りの回復は13日となり、平常通りの状態となったのである。

本震、余震の道路上の漏水は、共同組合八戸管工事協会（76社）の全面協力を得て、1月10日には全部修理工事を完了した。図3に道路漏水箇所の分布を示す。

2. 水道管網の被害

主要送・配水管路に耐震管を採用し、地震に備えてきたが、今回の地震では耐震管路の被害は皆無であった。なんといっても継手が抜け出さないことがより効果的であり、今までやってきたことが間違っていなかったといえる。

図4に管路の現況および主要な管路網を示す。

今回の被害の大部分は配水管網に集中した。管種別被害状況の集計表を表6に示す。

漏水原因を見ると、折損、離脱、弛緩の順である。折損は塩化ビニル管が大半を占めＴＳ継手など剛構造のためと思われ、心配された石綿セメント管は3ｍごとのギボルト、またはカラー継手の柔構造のためか意外に少なかった。離脱はメカニカル構造に多い。弛緩は少量の漏水を伴う離脱寸前のものとか、印ろう形鋳鉄管の鉛の抜け出しである。関心事はダクタイル管体破損など強度の問題を注目したが、折損、破損はなかった。

写真1～7は、道路漏水による陥没の状況、橋梁添架水道管の被害、配水管の漏水、修理復旧状況を示したものである。なお、写真6(1)～(3)はきわめて特殊な例である。

漏水によるジェット状の水に土砂が混じって噴射し、管体外部から穴をあけたものと推定さ

図3　道路漏水箇所の分布

図4　耐震管路の現況

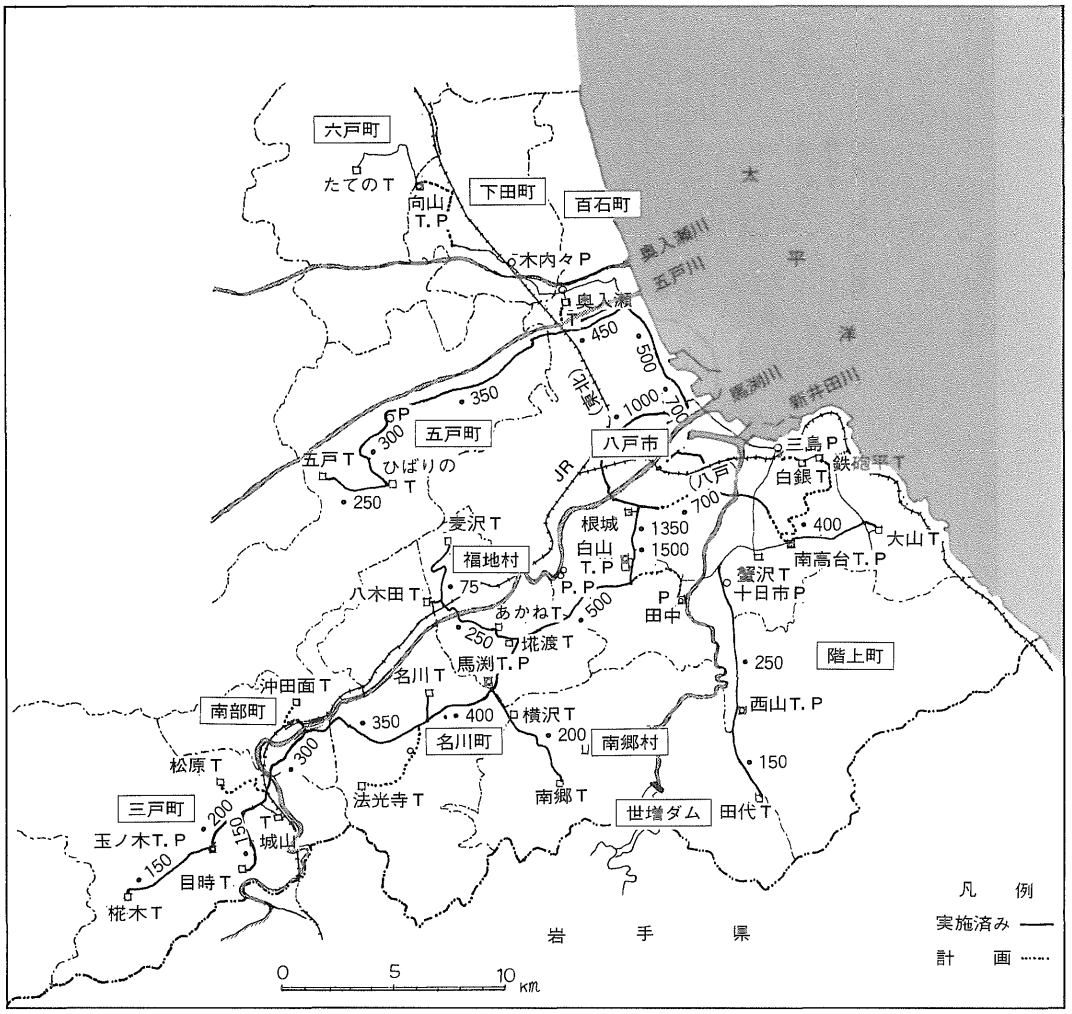


写真1　道路漏水による陥没
（吹上1丁目吹上小学校前）

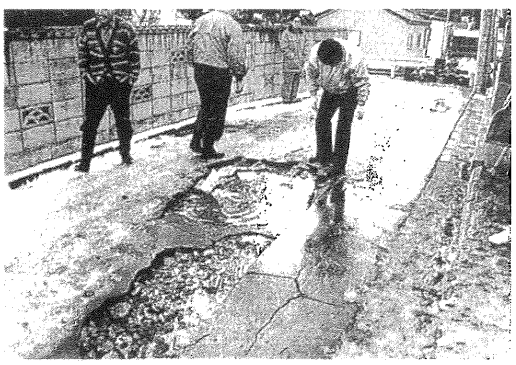


写真2　道路漏水による陥没（吹上1丁目）

表4　導水、送水、配水管の管種別延長

※管路延長　呼び径75mm以上　（単位　km）

	石綿管	ダクタイル鋳鉄管	鋼管	FC鋳鉄管	ビニル管	計	耐震管路	率(%)
導水管路延長	4	8	9	0	2	23	0	
送水管路延長	14	112	8	0	8	142	99	69.7
配水管路延長	276	960	6	62	203	1,507	25	1.7
計	294	1,080	23	62	213	1,672	124	7.4

備考　管路総延長の中には配水管25km、送水管99km、計124kmの耐震管路が含まれている。

●配水管

表5　耐震管路

（単位　m）

年度＼呼び径	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	1000	1350	1500	合計
昭和47											680	350				1,030
昭和49														867	2,020	2,887
昭和51～54									3,450	4,150		1,310	7,909			16,819
昭和55			1,251	248												1,499
昭和58						1,400		330		270						2,000
平成元										80						80
平成5						740										740
計	0	0	1,251	248	0	2,140	0	330	3,450	4,500	680	1,660	7,909	867	2,020	25,055

●送水管

（単位　m）

年度＼呼び径	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	1000	1350	1500	合計
昭和62						18			12	1,152						1,182
昭和63					4,125.7		8,900.4		2,796.7	7,608.7		54.14				23,485.64
平成元			3,714	7,563.5	9,131.1	4,356.7	4,679.65	3,360.6	128.8	1,894.5						34,828.85
平成2		359	1,873.1	3,028.9	1,434	5,766.5	1,848.4	3,184.5								17,494.4
平成3		448	3,545	3,091.1	16.4	875	140	826				1,825.98				10,767.48
平成3ゼロ国				500												500
平成4			3,727				412	973.3				923				6,035.3
平成4ゼロ国																0
平成5						322	364	300								986
平成5ゼロ国		19	530				174.4	91				925.1				1,739.5
平成6		83	63.5	193	690		268.7	222.6				694.8				2,215.6
計	0	909	13,452.6	14,376.5	15,397.2	11,338.2	16,787.6	8,958	2,937.5	10,655.2	0	4,423.02	0	0	0	99,234.77

（単位　m）

呼び径 (mm)	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	1000	1350	1500	合計
耐震合計 (m)	0	909	14,703.6	14,624.5	1,5397.2	13,478.2	16,787.6	9,288	6,387.5	15,155.2	680	6,083.02	7,909	867	2,020	124,289.77

れる。写真8(1)～(3)は給水管の被害の典型例である。

3.　企業団で記録された埋設管の挙動観測結果

ここでは本震、余震時の下長観測所での、主に地盤歪み、地震動の伝播速度の測定結果について述べる。

1.　観測装置および地盤

下長観測所では図5に示すように、地震計、地盤歪み計、継手伸縮計、管体歪み計などを設置しており、観測点数は42点である。観測対

表6 管種別被害状況集計表

管種	呼び径（mm）	破損状況							
		折損	離脱	亀裂	弛緩	破裂	穴アキ	その他	計
水道用硬質塩化ビニル管	50	171	63	1	6	0	0	0	241
	75	11	1	2	0	0	0	0	14
	100	2	1	2	0	0	0	0	5
	150	0	0	2	0	0	0	0	2
	計	184	65	7	6	0	0	0	262
石綿セメント管	75	4	0	0	0	0	0	0	4
	100	2	0	0	0	0	0	0	2
	125	1	0	0	0	0	0	0	1
	150	2	0	0	0	0	0	0	2
	200	0	1	0	0	0	0	0	1
	250	2	0	0	0	0	0	0	2
	計	11	1	0	0	0	0	0	12
鋼 管	75	1	0	1	0	0	0	0	2
	150	0	0	0	0	0	0	0	0
	300	0	0	0	1	0	0	0	1
	350	0	0	0	1	0	0	0	1
	計	1	0	1	2	0	0	0	4
印ろう形鋳鉄管	100	3	1	0	0	0	0	0	4
	150	2	1	0	0	0	0	0	3
	200	0	0	0	0	0	0	0	0
	300	0	1	0	0	0	0	0	1
	400	0	1	0	0	0	0	0	1
	600	0	1	0	0	0	0	0	1
	計	5	5	0	0	0	0	0	10
ダクタイル鋳鉄管	75	0	0	0	2	0	0	0	2
	100	0	0	0	1	0	0	0	1
	150	0	1	0	3	0	0	0	4
	200	0	2	0	0	0	0	0	2
	250	0	4	0	2	0	0	0	6
	300	0	0	0	3	0	0	0	3
	400	0	0	0	1	0	0	0	1
	計	0	7	0	12	0	0	0	19
亜鉛メッキ鋼管	50	10	1	1	0	1	1	0	14
鉛 管	50	3	0	0	0	1	0	0	4
ポリエチレン管	50	1	1	0	0	0	0	0	2
分水栓	50	0	1	1	0	0	0	0	2
弁 栓	100	0	0	0	2	0	0	0	2
	200	0	0	0	1	0	0	0	1
	計	0	0	0	3	0	0	0	3
合計		215	81	10	23	2	1	1	332

写真3　道路漏水
（吹上1丁目南部タウン付近）

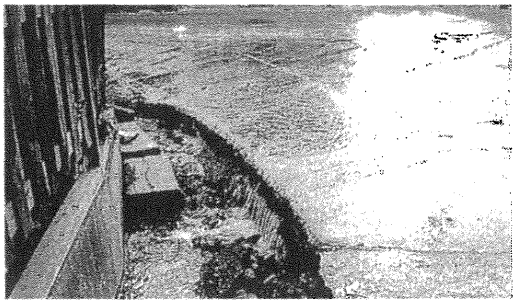


写真4　橋梁添架水道管の湾曲と漏水
（国道104号線大橋　φ350鋼管）

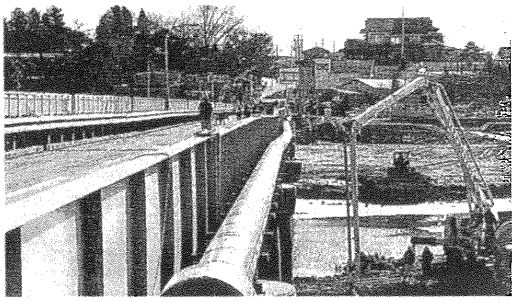


写真5（1）　配水本管印ろう継手からの漏水
（吹上1丁目みちのく銀行前、φ400CIP）
本管の老朽管の漏水はこの例が多い

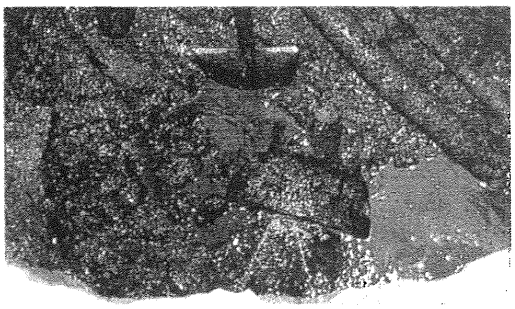


写真5（2）　復旧作業の様子

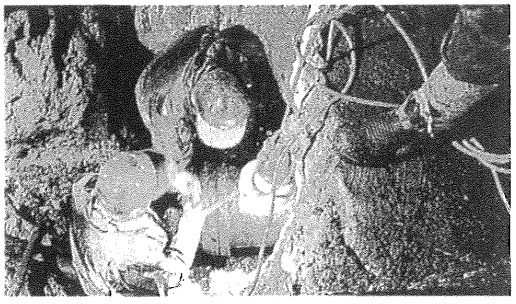


写真5（3）　漏水防止金具をかぶせて修理

写真5（4）　修理完成

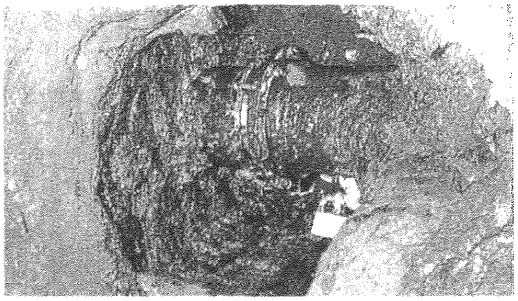


写真6（1）　配水本管の特殊な被害
（尻内町笹ノ沢、DIP—K形）

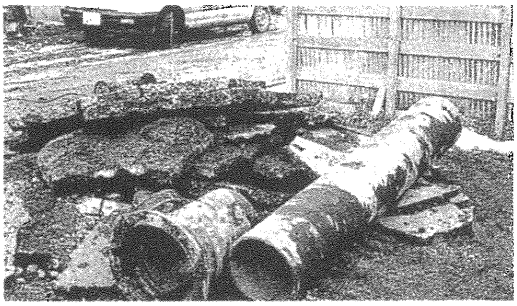


写真6（2）　漏水によるジェット状の水に土砂が混じって噴射し、管体外部から穴をあけたものと推定される。埋設後2年くらい

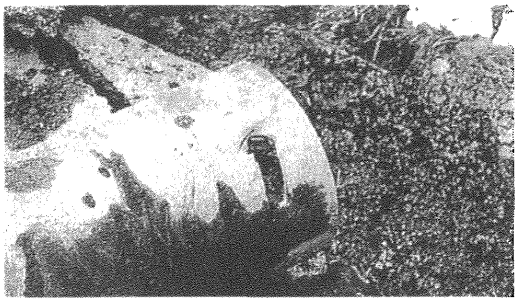


写真6（3）　修理完成

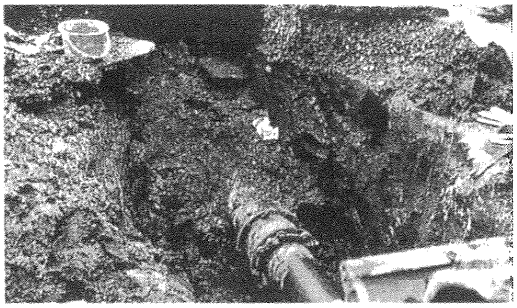


写真7　配水枝管の継手部分の折損
（硬質塩化ビニル管）
もっとも多く見られた例である
（漏水件数の約70%）

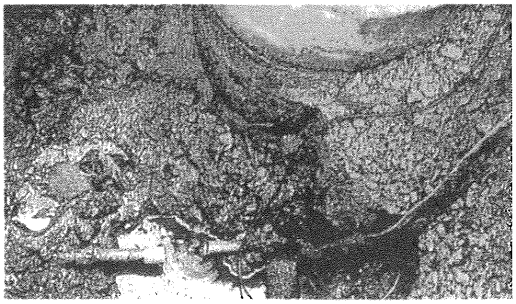


写真8（1）　分水栓以降の給水管のビニル
継手部分折損（堤端ヤマハビル前）

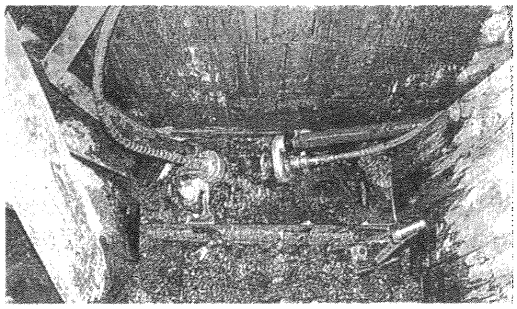


写真8（2）　復旧作業の状況

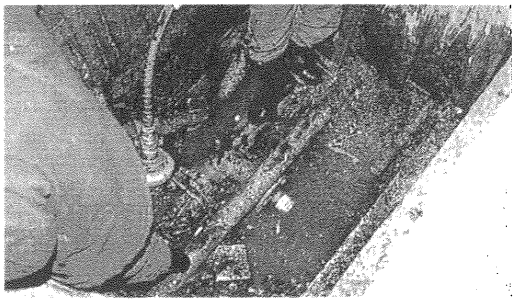


写真8（3）　折損箇所の状況

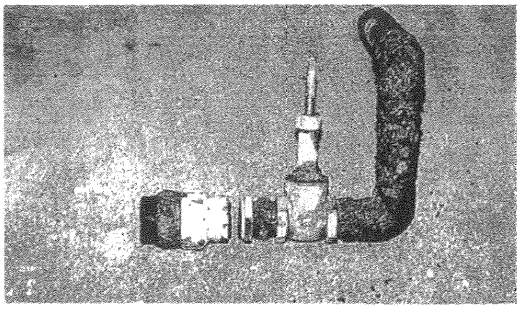


写真9　ループ耐震管路上からの応急給水車
への補給（下長、φ1000）

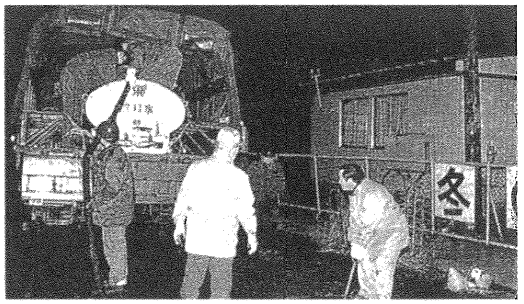


写真10　運搬給水の状況（湊小学校）
陸上自衛隊からの応援も得た

写真11　給水車による応急給水
一般市民は緊急時に水を汲む
ための容器を所有していない

象管路は呼び径1000㎜のS形ダクタイル鉄管である。土質は腐植土層、軟質砂層およびシルト層からなり、地表から40m付近に工学的な基盤がある典型的な成層構造の軟弱地盤である。

2. 記録波形

図6および図7に本震、余震の記録波形を示す。最大地盤加速度は本震で200cm／S^2（gal）、余震で174cm／S^2（gal）であった。

図8および図9に各々本震、余震における地盤加速度のフーリエスペクトルを示す。主要動付近での卓越周期は、本震で0.8秒、余震で0.6秒程度であった。

表7に、これらの結果をまとめて釧路沖地震と比較して示す。

表7　1993年釧路沖地震との比較（下長観測所）

	本　震	余　震	（参考）釧路沖地震
地震の規模	マグニチュード7.5	マグニチュード6.9	マグニチュード7.8
震央距離	192km	80km	357km
最大地盤加速度	200cm／s^2	174cm／s^2	214cm／s^2
最大地盤速度振幅	38cm／s	19cm／s	23cm／s
最大地盤歪み	380×10^{-6}	160×10^{-6}	400×10^{-6}
卓越周期	0.8秒	0.6秒	1.3秒

3. 地盤歪みについて

図10に最大地盤歪み（ε）と最大地盤速度振幅（v）の関係を示す。これより、最大地盤速度振幅と最大地盤歪みには良好な相関が見られる。なお、この関係は次式で表現される。

$\varepsilon = 8.81\times v^{1.07}\times10^{-6}$（$v \geqq 1$cm／s、相関係数＝0.94）……（1）

また、今回の本震の波動伝播速度（V）を（1）式を用いて求めると次の通りであり、図11に示す相互相関法（10～20秒）より求めた1,000m／sとほぼ一致していた。

$V = v/\varepsilon = 0.38/(8.81\times38^{1.07}\times10^{-6})$
＝880m／s（本震）

図12に、最大地盤歪み（ε）と震央距離（△）、マグニチュードの関係を示す。マグニチュード7.0以上の記録については、次式で表現される。

$\varepsilon = 4.83\times10^{6}\times\triangle^{-1.99}$（M≧7、相関係数＝0.64）……（2）

以上、1975年5月からの観測以来最大級の記録が得られた三陸はるか沖地震の下長観測所での記録の解析結果について述べたが、他の観測所を含めて、さらに詳細な検討を行っていくとともに、今後の記録の蓄積を図って行きたいと考えている。

4. あとがき

思えば年越しも正月もなく、自分の家の被害もかえりみずに不眠不休の連日であった三陸はるか沖地震（M＝7.5、震度6）。その10日後には余震（M＝6.9、震度5）を体験し、それらから得た教訓と反省は大である。さらに余震の10日後には遭ったことのない途轍もない兵庫県南部地震（M＝7.2、震度7）のテレビでの映像、想像を絶した態様は過去のデータや基準をはるかに超えた。

この2つを地震規模で比較すれば、三陸はるか沖地震の方が兵庫県南部地震を2.5倍上廻っている。まさに日本列島のどこで起きてもおかしくない直下型地震といわれるように、これが自然がひき起こす恐ろしい地震の正体である。この現実に国家挙げて危機管理体制の見直し強化があらゆる分野で検討されている。私どもはこの推移を見ながら、八戸圏域水

図5　下長観測所

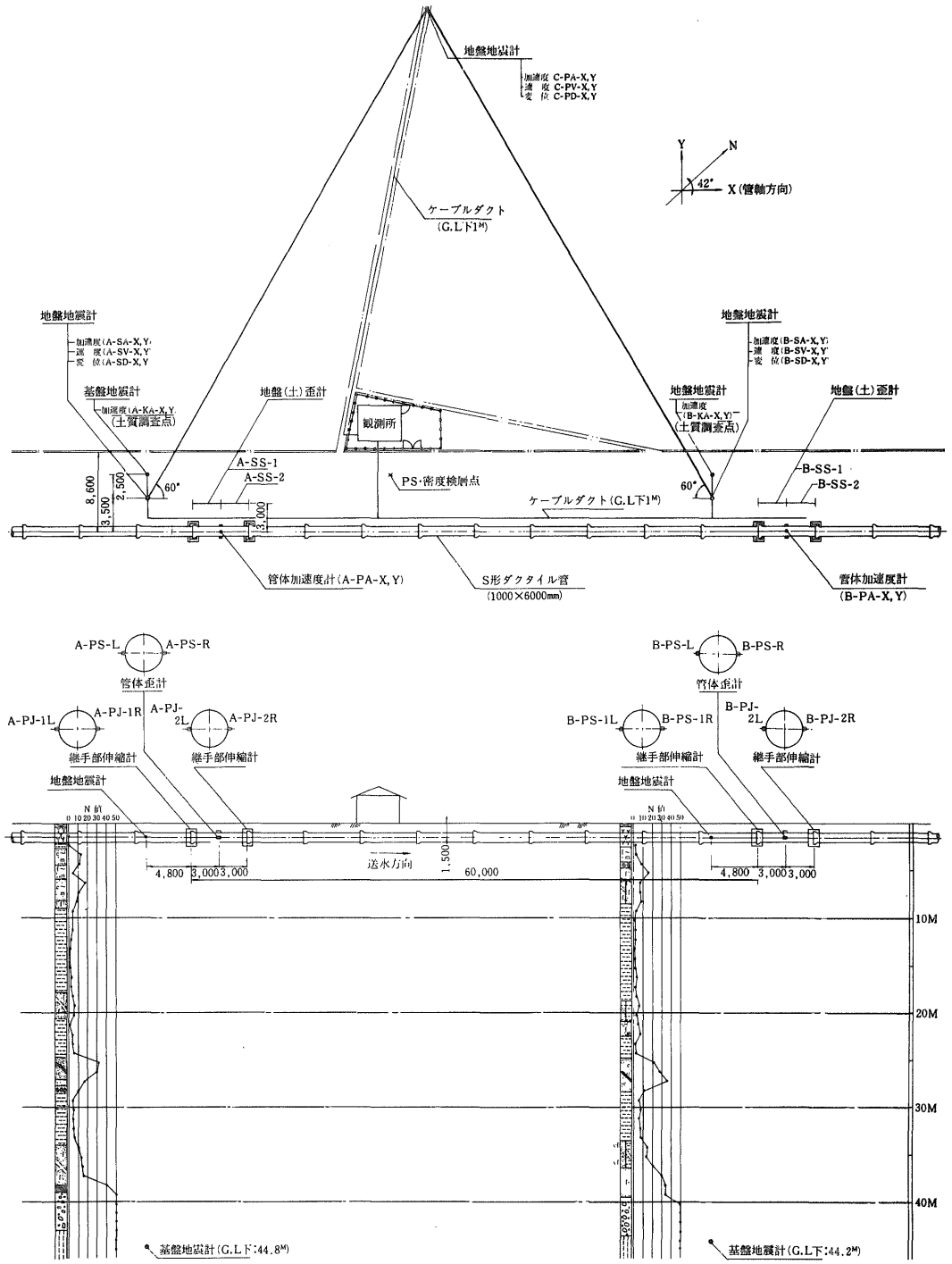

地盤地震計
加速度 C-PA-X, Y
速　度 C-PV-X, Y
変　位 C-PD-X, Y
Y
N
42°
X (管軸方向)
ケーブルダクト
(G.L下1M)
地盤地震計
加速度 (A-SA-X, Y)
速　度 (A-SV-X, Y)
変　位 (A-SD-X, Y)
基盤地震計
加速度 (A-KA-X, Y)
(土質調査点)
地盤(土)歪計
観測所
地盤地震計
加速度
(B-KA-X, Y)
(土質調査点)
地盤(土)歪計
地盤地震計
加速度 (B-SA-X, Y)
速　度 (B-SV-X, Y)
変　位 (B-SD-X, Y)
A-SS-1
A-SS-2
PS·密度検層点
B-SS-1
B-SS-2
60°
60°
8,600
2,500
3,500
3,000
ケーブルダクト (G.L下1M)
管体加速度計 (A-PA-X, Y)
S形ダクタイル管
(1000×6000mm)
管体加速度計
(B-PA-X, Y)
A-PS-L
A-PS-R
管体歪計
A-PJ-1L
A-PJ-1R
A-PJ-2L
A-PJ-2R
継手部伸縮計
継手部伸縮計
地盤地震計
N 値
0 10 20 30 40 50
4,800
3,000
3,000
送水方向
1,500
60,000
B-PS-L
B-PS-R
管体歪計
B-PS-1L
B-PS-1R
B-PJ-2L
B-PJ-2R
継手部伸縮計
継手部伸縮計
地盤地震計
N 値
0 10 20 30 40 50
4,800
3,000
3,000
10M
20M
30M
40M
基盤地震計 (G.L下44.8M)
基盤地震計 (G.L下44.2M)

図6　三陸はるか沖地震記録波形（本震：抜粋）

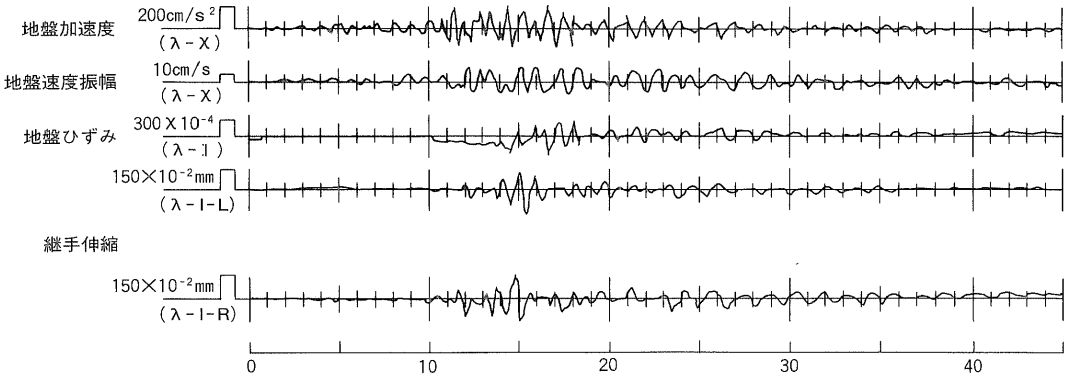


図7　三陸はるか沖地震記録波形（余震：抜粋）

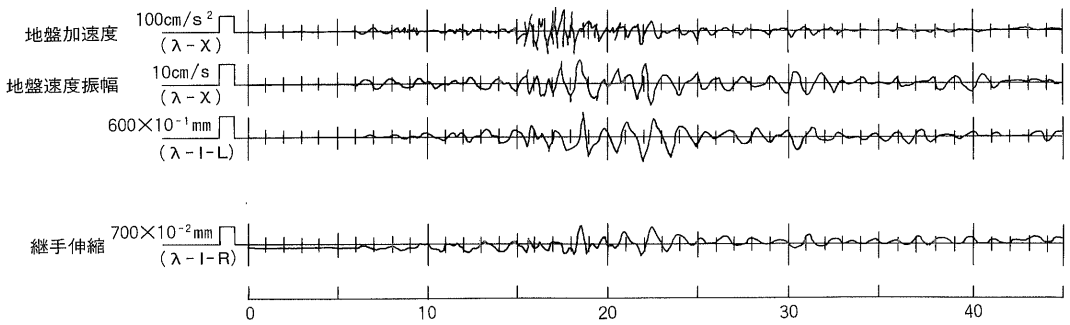


図8　地盤加速度のフーリエスペクトル（本震）

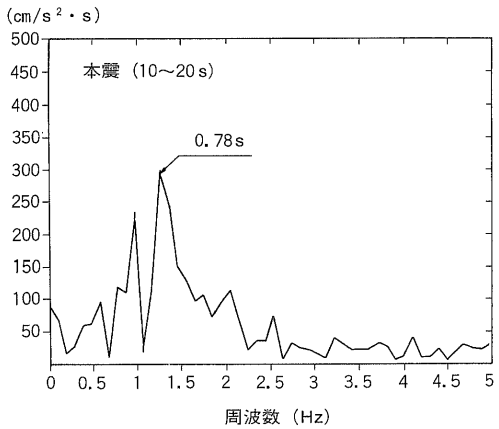


図9　地盤加速度のフーリエスペクトル（余震）

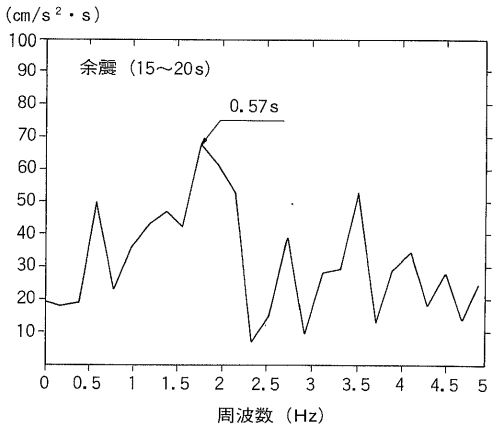


図10　最大地盤歪みと
最大地盤速度振幅の関係

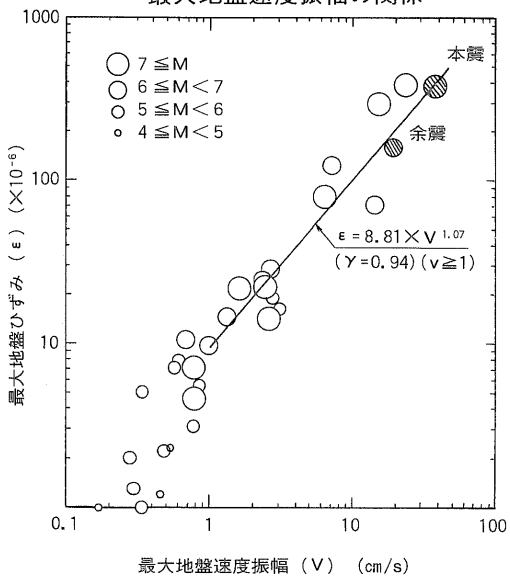


図12　最大地盤歪み（ε）と震央距離（△）
マグニチュードの関係

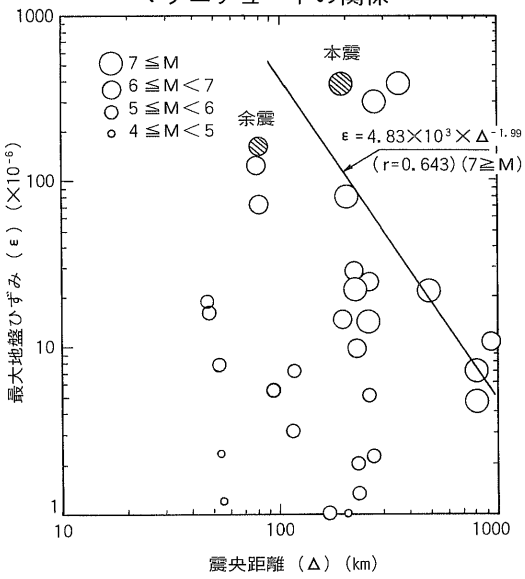
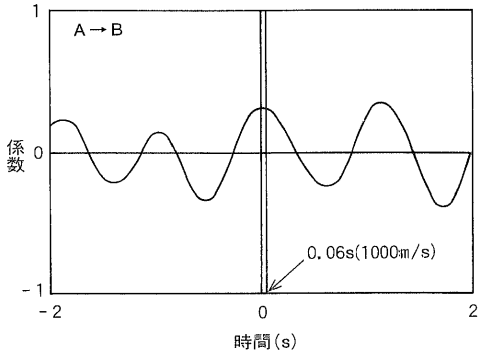


図11　地震波の伝播速度の分析結果（本震）
（相互相関法、地盤速度振幅、A→B）



道企業団を構成する11市町村自治体が、企業団になにを求め、企業団はなにをすべきか、また、なにができるのかを基本に地震対策を講じる必要に迫られている。

当企業団では昨年、「耐震管路観測調査研究常設委員会」を設けた。目的は、“耐震観測に係わる処理はもとより、地震などに伴う企業団全体の防災計画を視野に入れた調査検討を目的とする”というものである。当面、平成8年を目途に管路の耐震対策の構築をめざしたものだが、「災害環境」の把握のため、地域を中心とした災害の歴史、地盤、地質などの資料収集を行っている現況である。

今度の地震は、中だるみになりがちな地震対策に警告されたものと受け止め、新たな認識で取り組み、後世に引き継ぐことが義務という認識で推し進めていく所存である。

技術レポート 3

河川横断部における GSS形ダクタイル推進管の 施工事例(呼び径400mm)

長岡市土木部下水道工事課
技師　中川信行

Technical Report

1. はじめに

長岡市は、日本の米どころ新潟県の中央内陸部に位置し、中越地方の中核都市として発展しており、東西22.1km、南北23.1km、面積262km²、人口は18万8680人（平成7年8月1日）を擁している。広域的に見ると、上越新幹線で東京から約80分、関越自動車道で都内から約3時間の距離にあり、北陸自動車道の整備により関西方面への交通ルートも確立されている。

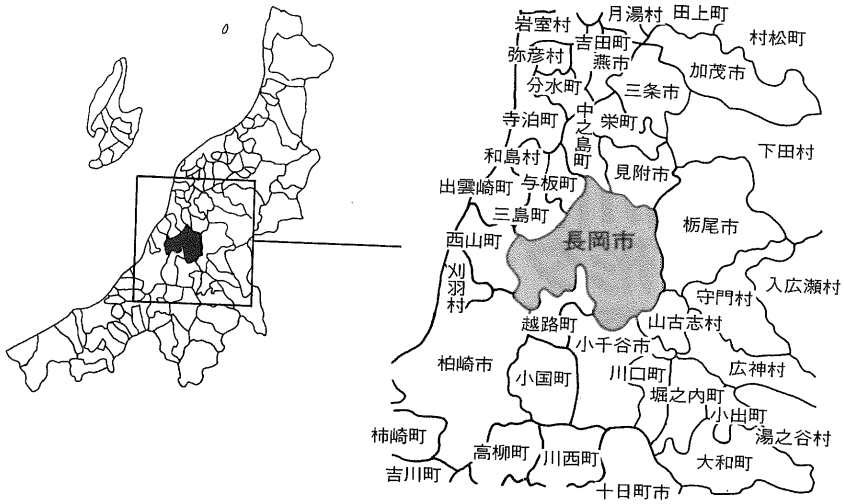
また、本市のまん中には日本一の信濃川が悠々と流れており、毎年この河川敷で行われる大花火大会は、夏の風物詩となっている。

歴史的には、市内には約70カ所の縄文遺蹟が点在し、火焔土器やヒスイの玉つくりなどの出土から、数千年前からこの地で高い文化と生活が営まれていたことが想像される。

江戸時代には、七万四千石の城下町は十二代約250年間にわたって牧野氏によって統治されたが、幕末の戊辰戦争で長岡藩は新政府軍と戦って敗れ、城下の9割が焼失した。その後、第2次世界大戦においても空襲を受け、長岡の街は再び全滅に近い形で消滅したが、戦災復興は急ピッチで進められ、36m幅の大手通りを中心に整然とした都市計画が行われた。現在は21世紀に向けて、「個性豊かな国際文化都市長岡」の実現をめざし、魅力ある街づくりをさらに推進している。

本報告は、健全な市民生活の基盤である下水道整備事業の管きょ建設のうち、河川横断部分に継手自体に伸縮および離脱防止構造を持つ「GSS形ダクタイル推進管」を採用したので、その概要について述べる。

図1　長岡市の位置



2. 下水道事業の沿革

大正13年、長岡駅を中心とする地域（238ha）に上・下水道を同時に着工したのが、長岡市の下水道事業の始まりである。当時としては画期的な事業で、全国的に高く評価されている。

戦後は、昭和35年に川東地区（市街化区域）で工事を再開、昭和46年からは下水処理場の建設に着手、昭和51年9月に処理を開始している。

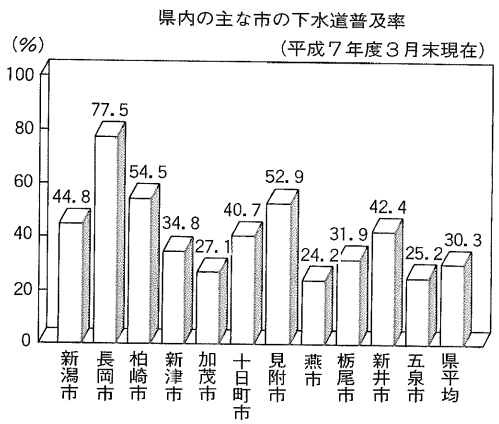
川西地区（市街化区域）では、県の流域下水道にあわせて面的な下水道整備を進め、昭和60年7月に処理を開始した。

市街化調整区域においても、昭和63年3月28日に前川処理区、平成元年3年31日に槙下処理分区、平成5年3月31日には豊詰処理分区、平成6年3月31日には栖吉南処理分区が各々処理を開始した。

3. 工事概要

一級河川堺川横断部にＧＳＳ形ダクタイル推進管を採用した。その工事概要は次の通りである。

表1　長岡市の下水道普及率



工 事 名：公下補西第18号公共下水道工事
工事場所：長岡市石動町地内
工事期間：平成6年11月～平成7年3月
推進工法：小口径推進工法（オーガ工法）
管きょ延長：48.80m
推進延長：44.60m
土　　質：シルト質細砂
呼び径：400㎜　ＧＳＳ形ダクタイル推進管
土かぶり：3.89～3.95m
立坑築造：鋼矢板打込（Ⅲ型、Ｌ＝8m）
　　発進立坑　…　No.1立坑
　　到達立坑　…　No.2立坑

図2　位置図

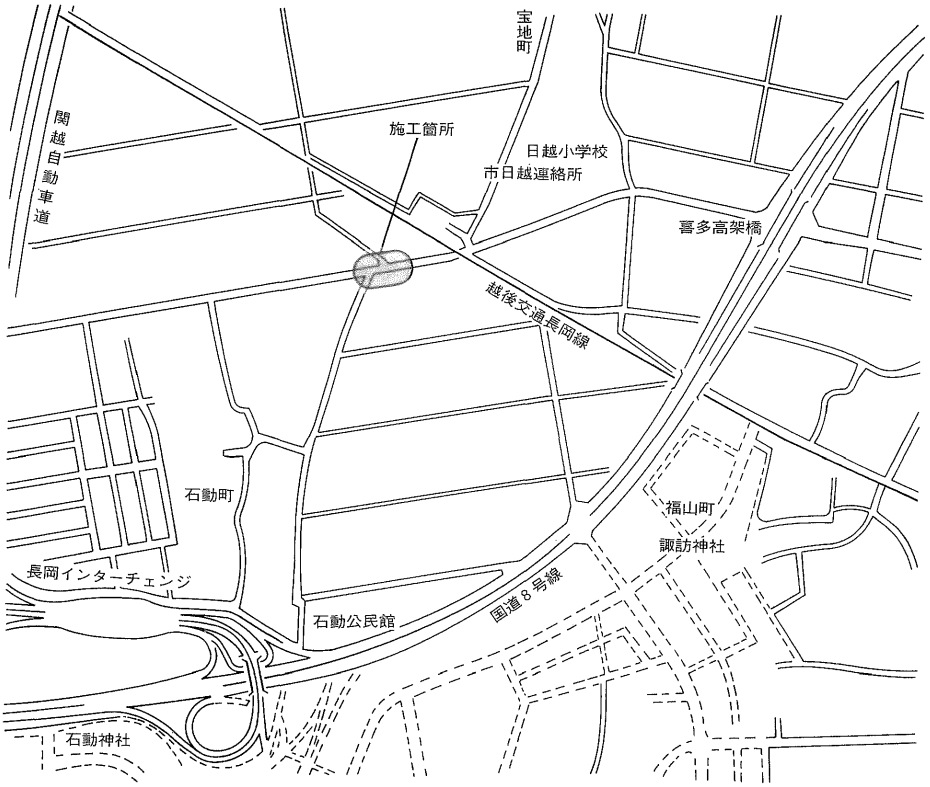
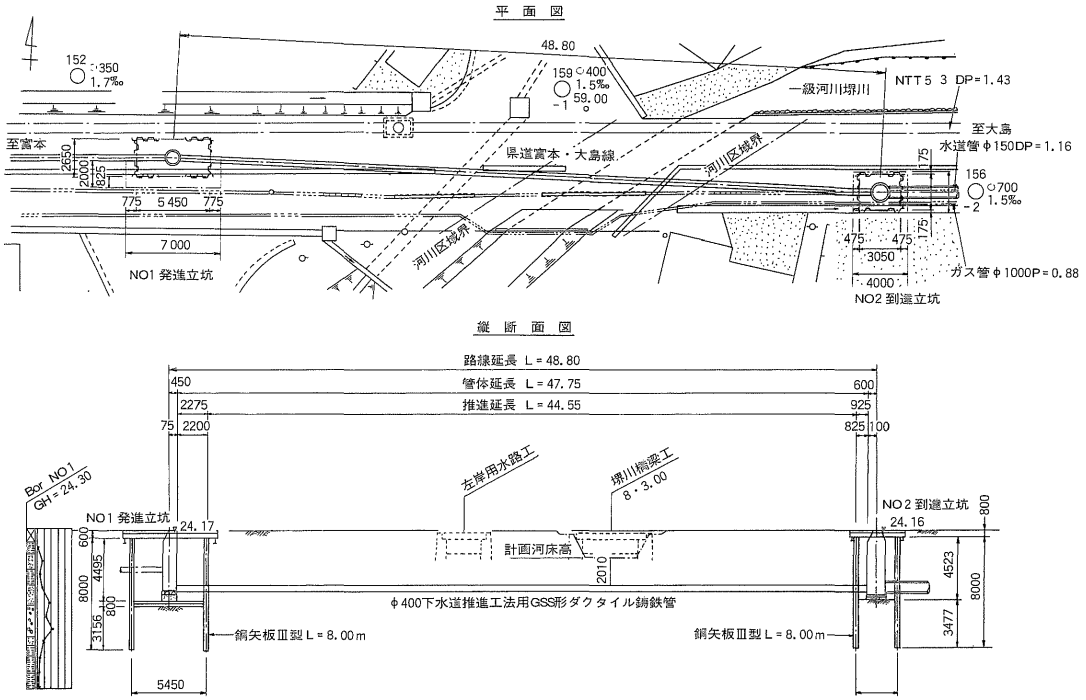


図3　堺川下越し部詳細図

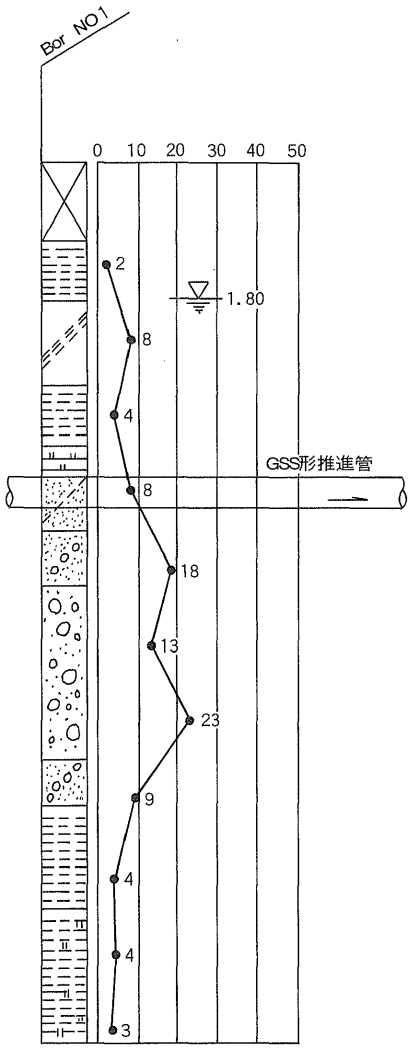


4. 推進工法の検討

発進立坑付近の土質は、図4に示す通り上部より盛土層、上部粘性土層、上部砂質土層、上部粘性土層、下部砂質土層、砂礫層、下部粘性土層、腐食土層の順に構成されている。

推進管の位置は、下部砂質土層（N値8）にあり、地下水位以下2.0m程度であることから、被水圧0.2kgf／cm²での推進施工となる。また、推進管底下端には、砂礫層（N値18）が確認されていることから、礫に対応できる工法を選定する必要がある。

図4　土質柱状図



そこで（社）日本下水道管渠推進技術協会の小口径管推進工法の土質別施工法選定表により、オーガ方式（一工程式）の礫破砕装置付きを適用工法として選定した。（表2参照）

5. GSS形ダクタイル推進管の採用理由

今回の施工箇所は、一級河川堺川の横断部分であり、この区間の推進工法に使用する推進管は、次のような条件に適合するものでなければならない。

① 河床からのクリアランス2.0m以上とれるもの。（管外径のより小さいもの）

② 内圧、外圧に対して優れた水密性を有しているもの。

③ 管本体の継手部分が伸縮し、屈曲するもの。

④ 河川下配管であり、管の維持管理・補修が困難なので、管の継手部に離脱防止機構があって、地震やその他の地盤変動によく順応するもの。

⑤ 地盤に礫が混じっているので、外圧強度、許容耐荷力が比較的大きく、安全度の高いもの。

⑥ 管内面が硫化水素などに対する耐食性や耐摩耗性に優れ、通水性能がよいもの。

以上の条件から、表3に示すように鉄筋コンクリート管推進工法さや管方式とGSS形ダクタイル推進管直押し方式との比較検討を行った結果、総合的に判断し後者を適用工法として選定した。

GSS形ダクタイル推進管は、新潟県で最初の採用であり、パイオニアとしての不安もあったが、すでに採用されている東京臨海副都心建設の実績、同じ河川横断で採用された茨城県霞ケ浦流域下水道事務所の例を参考に、採用に踏み切った。

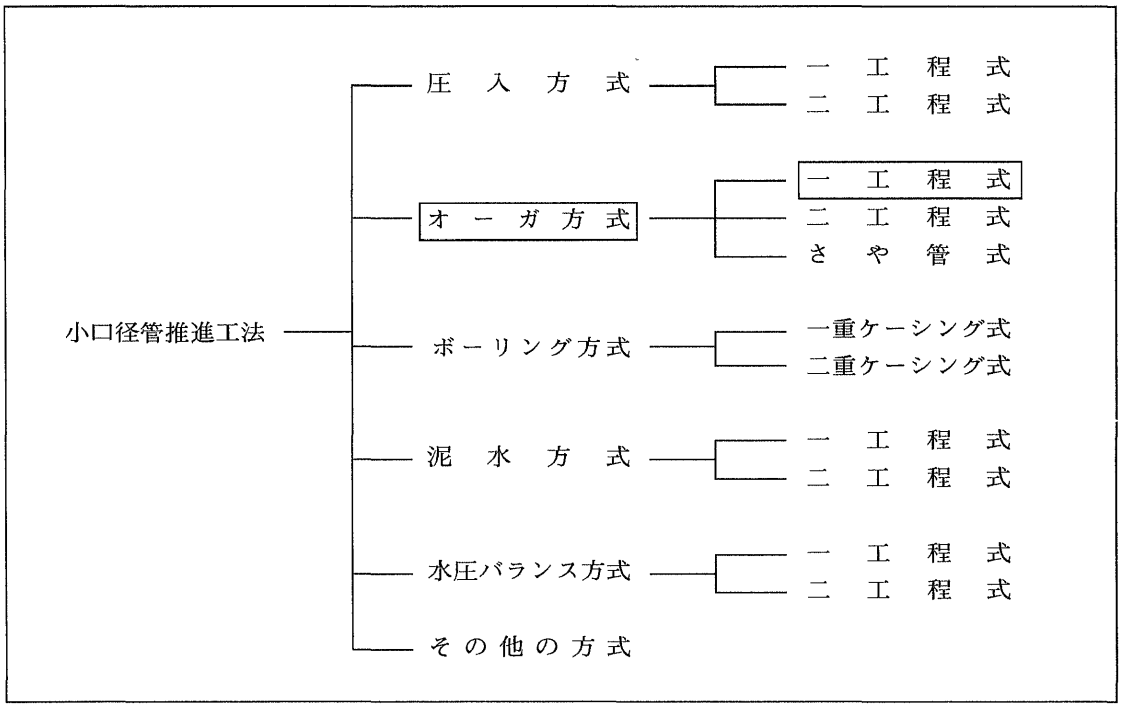
（参考）GSS形の採用実績

・東京臨海副都心建設㈱

呼　び　径：300～1000mm

総推進延長：3,720m

表2　主な工法の分類



総スパン数：80スパン

・茨城県霞ケ浦流域下水道事務所

呼　び　径：600mm

推進延長：68m

河川横断箇所に採用

6.使用管種について

(1) 名　称：下水道推進工法用ダクタイル鋳鉄管（Ⅱ類　GSS形）
（通称：GSS形ダクタイル推進管）

(2) 適用範囲：自然流下方式の推進管路で、耐地盤変動性および耐震性を必要とするもの。

(3) 規　格：JSWAS　G−2
下水道推進工法用ダクタイル鋳鉄管（Ⅱ類　GSS形）

(4) 呼び径：400mm

(5) 管外径：470mm

(6) 管　長：2,435㎜（標準管）

(7) 許容耐荷力：1,900kN

(8) 許容伸縮量：24.5mm

(9) 許容離脱阻止力：675kN

(10) 主な特長：①強じんな管体強度を持っている。　②継手に伸縮性と屈曲性があり、耐地盤変動性に優れている。　③継手に離脱防止機構があり、耐震性に優れている。　④継手の水密性が優れている。　⑤耐食性が優れている。　⑥管内面が滑らかで、水理性能がよい。　⑦長距離推進が可能である。

図5　GSS形ダクタイル推進管の継手構造

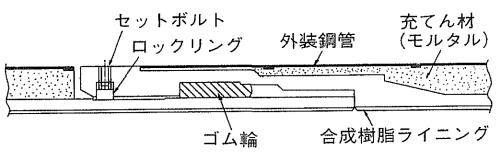


表3　河川横断管種の比較表

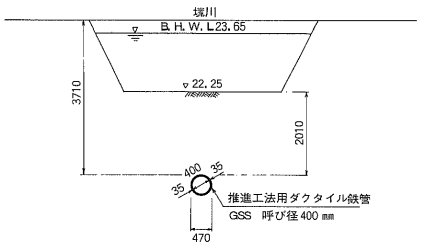
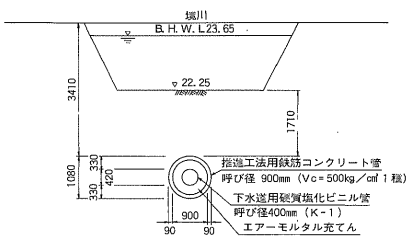
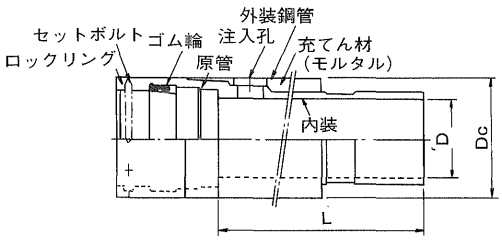
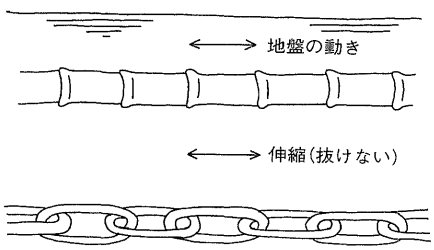
	第1案：推進工法用ダクタイル鋳鉄管（φ400自然流下用）		第2案：推進工法用鉄筋コンクリート管（φ900）十塩ビφ400		備　考
略　図	 ※発進・到達立坑を設置し、推進工法により埋設管を築造する方法である。 ※管延長　約51 m		 ※発進・到達立坑を設置し、推進工法により埋設管を築造する方法である。 ※管延長　約51 m （最小部材厚30cmを確保）		
計画河床からのクリアランス	2.01m　…　OK		1.71m　…　out		2.0m以上必要
水密性	内圧、外圧に対して優れた水密性を有し、侵入水や漏水の心配がない。(約2kgf／cm²の水圧まで水密性を有する)	◎	ゴム輪の圧縮量が小さく、水密性に不安定があるが、当計画ではモルタル充填の二重構造であり、水密性はよい。	○	
離脱防止機能	ロックリングによる離脱防止機能を有する上に、接続部に可とう性があるため、地震や不等沈下によく追従し安定した管路を保つ。	◎	離脱防止機能は付いていない。	×	
許容耐荷力	φ400で190tf	◎	φ900、500kg級で299tf、700kg級で402tf	◎	
耐食性	合成樹脂ライニングのため、ビニル管と同程度の性能がある。	◎	外管部は、硫化水素ガスや、酸性の排水に弱い。	×	
外圧強度	φ400：25,230kgf／m	◎	φ900、1種3,900kgf／m、2種7,800kgf／m	○	許容値
安全率	管　厚（鉛直方向）Fs＝10.5／1.6≒6.5 推進力（推進方向）Fs＝190／59.2≒3.2	◎	—		
総合評価	内面粗度、水密性などに優れ、継手部の伸縮性、離脱防止機能もあり、地震、地盤変動によく順応する。また、既存の推進機械が1口径落としで使用できる。	◎	計画河床高からのクリアランスが確保できない。また、継手部の離脱防止力がないので、河川下配管に不向きである。	×	
総合判定	◎		×		

図6　管の主な寸法



呼び径 (mm)	内径D (mm)	外径Dc (mm)	管長L (mm)	参考質量 (kg)
300	294	360	2005	260
350	344	414		319
400	394	470	2435	470
450	444	526		560
500	492	584		697
600	592	670		767
700	692	776		961
800	790	880		1171
900	891	983		1340
1000	991	1087		1567

図7　管の継手性能



呼び径 (mm)	許容耐荷力		許容伸縮量	許容離脱阻止力	
	(kN)	(tf)	(mm)	(kN)	(tf)
300	1300	130	20.5	450	45.0
350	1600	160	20.5	525	52.5
400	1900	190	24.5	600	60.0
450	2300	230	24.5	675	67.5
500	2800	280	24.5	750	75.0
600	3600	360	24.5	900	90.0
700	4800	480	24.5	1050	105
800	4800	480	24.5	1200	120
900	6200	620	24.5	1350	135
1000	7800	780	24.5	1500	150

備考　1.伸縮量(伸び側のみ)は、管長の1%。
2.離脱阻止力(F)は、呼び径(mm)の1.5倍(kN)。
F＝1.5D(kN)ここで、D:呼び径(mm)

7. 推進工事実績(No.1～No.2)

推進延長：44.6m
最大推力（計画）：59t（修正式Ⅰ）
〃　（実施）：50t
到達精度：上下±0㎜　左12㎜
右±0㎜
最大誤差：上±0㎜　左12㎜
下　7㎜　右±0㎜
平均日進量：7.4m
推進日数：6日

8. おわりに

(1) 施工結果について

① 当初、不安だった継手部の接合についても、メーカーサイドの丁寧な指導により、手間がかからずスムースにうまく施工できた。（接合所用時間：約10分）

② 推進精度に関しても、まったく問題がなかった。

(2) 今後の課題について

① 今回のオーガ工法の場合、管内にスクリューケーシングを挿入するが、そのケーシングの脚に合成樹脂製の下駄を履かせて、管内面のライニングに対する損傷防止対策をとった。

その結果、少々樹脂の摩耗による引きずり跡が残ってしまった。今後、管内面の保護方法にひと工夫必要であると感じた。

② マンホールとの接続部において、寸法調整のため管を切断した際に、外装鋼管の切断粉がマンホールに付着してしまい、なかなかそれが取れなかった。コンクリート系の管材と違い、鉄系の管材であるので相応の配慮が必要であると思った。

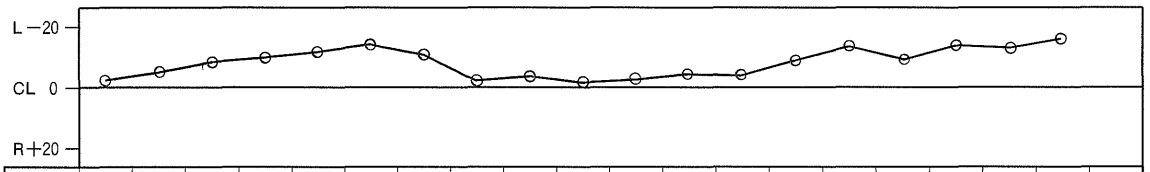
図8　推進工出来形管理図表
工事名　公下補西第18号公共下水道工事

NO, 1～NO, 2	
呼び径	φ 400mm
管　種	ダクタイル鉄管

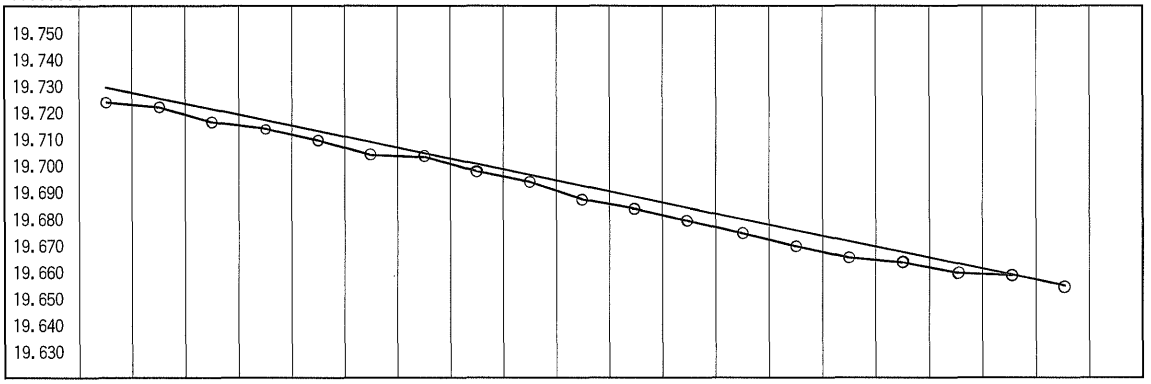
設計値 ——
実測値 ——○——

センター

管・No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
設計との差	-1	-4	-7	-9	-10	-11	-8	-1	-3	0	-1	-5	-4	-7	-9	-6	-10	-9	-12

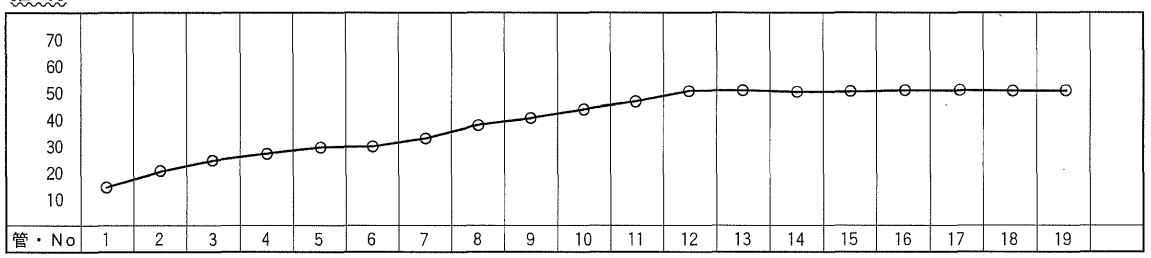


レベル　(−1.5%)



設計値	19.730	19.726	19.722	19.717	19.712	19.707	19.703	19.699	19.696	19.692	19.688	19.684	19.680	19.676	19.672	19.669	19.665	19.661	19.657
実測値	19.723	19.721	19.717	19.714	19.711	19.705	19.703	19.698	19.694	19.688	19.683	19.680	19.675	19.670	19.665	19.664	19.660	19.661	19.657
設計との差	-7	-5	-5	-3	-1	-2	0	-1	-2	-4	-5	-4	-5	-6	-7	-5	-5	0	0
管・No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

推力



管・No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

(3) 感　想

実績もなく初めて採用したが、無事工期内に完了し、精度的にも優秀な下水道管路を完成できた。これは関係各位のご協力の賜物と深く感謝している。

今回の報告が、同じような河川横断の下水道管路構築の計画をされる他都市の方々に、多少とも参考にしていただければ幸いである。

写真1　推進機械（オーガ方式）

写真2　オーガスクリューとケーシング

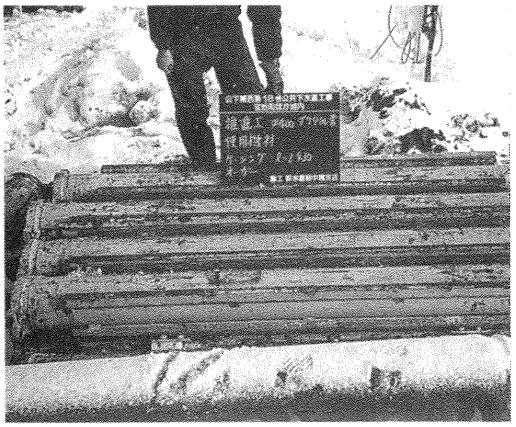


写真3　GSS形　標準管

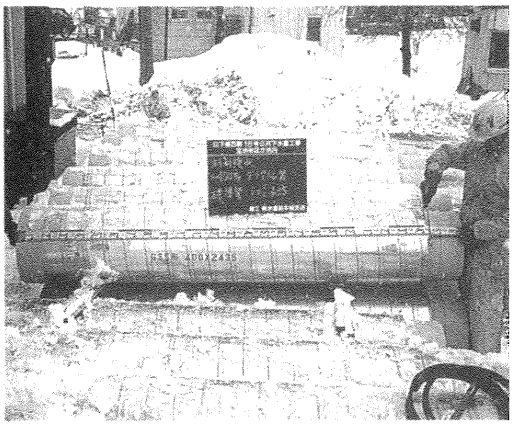


写真4　GSS形　先頭管

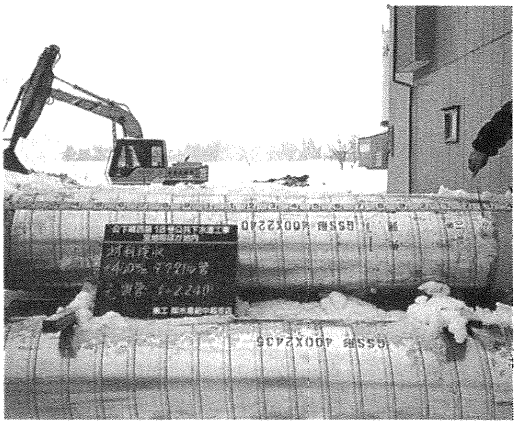


写真5　ロックリング拡大器とゴム輪位置確認

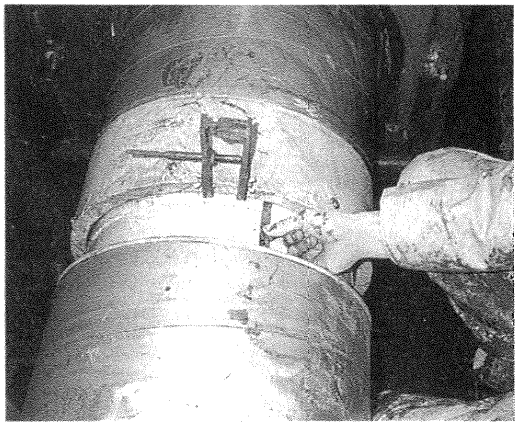


写真6　六角レンチによるセットボルトの締め付け

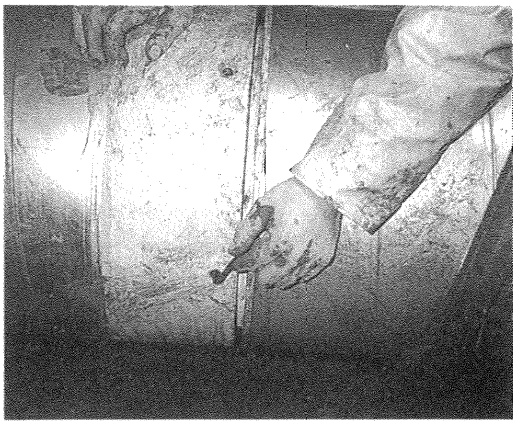


写真7　推進作業状況

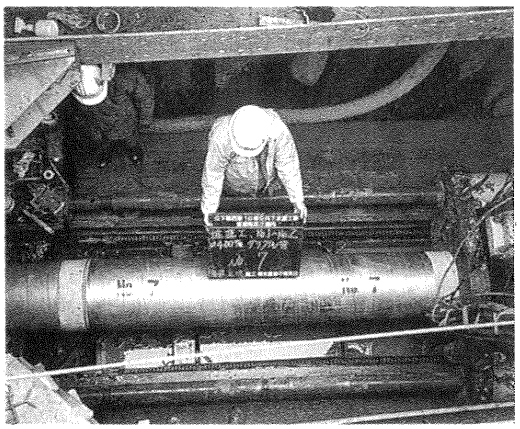


写真8　推進作業状況

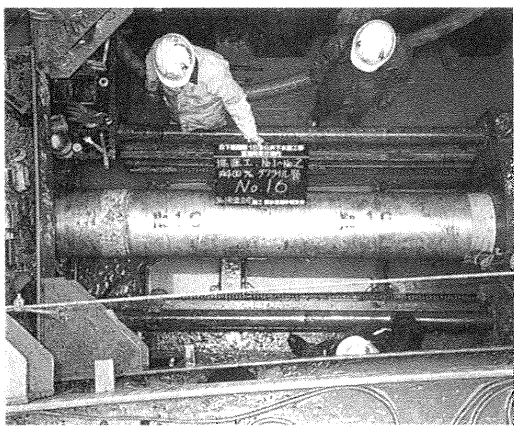
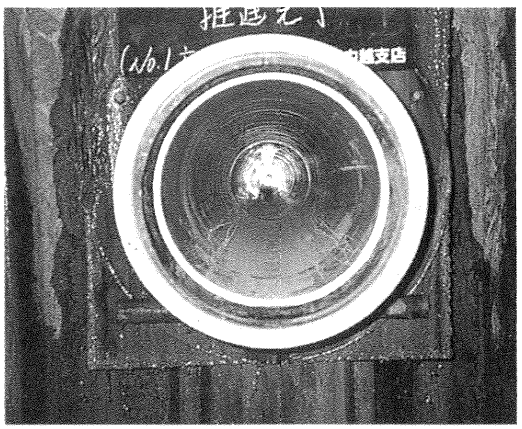


写真9　管接合状況

写真10　推進完了状況



技術レポート④

宮崎県佐土原町浄化センター放流渠の施工報告

日本下水道事業団大阪支社
九州南部工事事務所
専門役　押領司重昭

Technical Report

1. はじめに

下水道は、われわれの日常生活に不可欠な施設で、浸水の防止、汚水の排除、トイレの水洗化といった生活環境の改善のみならず、河川などの公共水域の水質を保全するためにも重要な施設である。

宮崎県佐土原町においては、昭和57年度から公共下水道事業に着手され、鋭意、事業の執行に努められ、この度、下水道の供用を開始するに至った。このうち、根幹的施設である下水道終末処理場（以下「浄化センター」という）については、佐土原町の要請により、日本下水道事業団が平成4年度より建設工事を受託し、平成6年度末に予定通り完了した。

今回、浄化センターの施設建設工事の一環である放流渠の施工について、一部ダクタイル鉄管を用いたので、その概要を報告するものである。

2. 佐土原町の概要

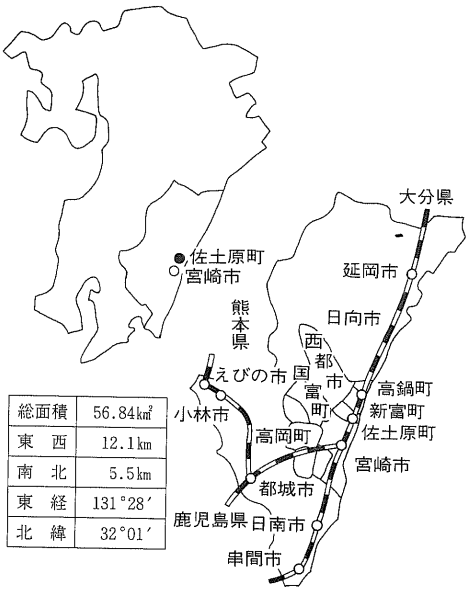
本町は、宮崎県の中央部海岸沿いに位置し、総面積56.84km²、東西12.1km、南北5.5kmの長方形の地勢で、その中を2つの河川が流下し、海岸沿い一帯は平坦な平地が開け、中央部および西部は、標高60～106mの丘陵山系で台地を形成する傾斜地に山林が存在する。（図1参照）

気象は南海型で、年平均気温16.7℃と温暖な気候で積雪もなく、年間降雨量は県下のほぼ平均の2,142mmであり、太陽の輝く豊かな佳景に恵まれている。

町勢については、昭和37年低開発地域工業開発地区の指定に伴う工場の誘致、県総合農業試験場の設置などにより農工併進の町として発展し、近年宅地開発による住宅地の供給

がめざましく、宮崎市のベッドタウンとして人口が急増し、豊かな町、活力ある町へと様相が変わりつつある。

図1　佐土原町位置図



3. 下水道事業の概要

1.　公共下水道事業計画の概要

本町の公共下水道事業計画の概要を表1に示す。

2.　佐土原町浄化センターの概要

本浄化センターの処理方式には、維持管理操作が確立され、中規模以上の処理場において実績の多い標準活性汚泥法が採用されている。なお、処理施設は管渠整備の進捗状況に応じた段階的建設ができるよう8系列に分けられている。第1期においては土木施設は1系列分を、設備についてはその1／2相当を建設した。

なお、施設配置図を図2に、第1期の完成状況を写真1にそれぞれ示す。

4. 放流渠施工について

1.　放流渠の概要

本放流渠は、浄化センターにおいて処理・滅菌された下水（処理水）を日向灘に放流するための施設であり、その延長は処理施設から吐口まで約170ｍである。図3の放流渠縦断面図に示すように、その路線のほとんどは潮害防備兼保健保安林（以下「保安林」という）に位置している。また、地質状況はほぼ宮崎平野全域に広く分布する新第三紀泥岩砂岩互層を基盤とし、その上位を海成の粘性土層および砂、礫層が覆っている。なお、放流渠埋設位置の土質は中砂でＮ＝7～16である。

表1　佐土原町公共下水道事業計画概要表

項　目		全体計画	認可計画	備考
計画目標年次		平成22年度	平成12年度	
予定処理区域面積		740ha	238ha	
処理区人口		37,300人	9,600人	
排除方式		分流式		
浄化センター	敷地面積	38,904㎡		
	処理能力	24,000m³／日	6,000m³／日	1期：1／16
	流入予定水質	BOD　200mg／ℓ SS　200mg／ℓ	BOD　200mg／ℓ SS　200mg／ℓ	
	放流水質	BOD　20mg／ℓ SS　30mg／ℓ	BOD　20mg／ℓ SS　30mg／ℓ	
	水処理方式	標準活性汚泥法		
	汚泥処理方式	重力・機械濃縮→消化→脱水→搬出	重力濃縮→消化→脱水→搬出	

2.　放流渠の構造

放流渠の構造は、図3に示すように上流から①呼び径700㎜遠心力鉄筋コンクリート管、②呼び径600㎜遠心力鉄筋コンクリート管２連、③①に同じ、④呼び径800㎜推進工法用鉄筋コ

図2　施設配置図

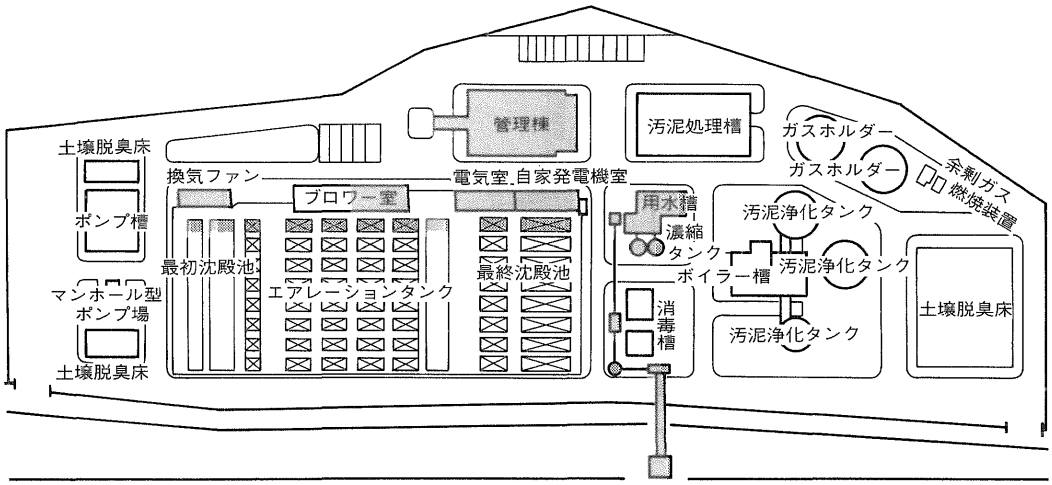


写真1　第1期施設完成写真

ンクリート管、⑤呼び径800㎜推進工法用ダクタイル鉄管、⑥ダクタイル鉄管を使用している。

推進工法用鉄筋コンクリート管と推進工法用ダクタイル鉄管（④と⑤）の接続には、鋼製の接合管を用いた。

なお、放流渠先端部分のダクタイル鉄管については、波浪および波の海浜浸食による吐口部の崩壊（管継手の離脱）対策のため、推進部はＵＦ形を、開削部はフランジ管を採用した。

吐口部分は、図4に示すように放流管をＨ鋼杭などにより補強するとともに放流水による海浜の浸食を防止するために水中コマ型ブロックを布設した。

3.　放流渠（推進工法区間）の施工

推進工法区間については、当初、刃口推進工法による施工を計画していたが、事前調査を実施したところ次のような施工上の問題が判明した。

・保安林部分の補助工法の施工方法。
・ＵＦ形ダクタイル推進管を使用することによる推進時の蛇行修正対応。

刃口推進工法にて施工する場合、補助工法として推進路線の全長にクラウン部の薬液注入を実施する必要がある。しかし、保安林の立木の間隔が狭く、地盤が傾斜していることから、当初計画通りの薬液注入工の施工が困難であると考えられた。

本工事では、前述の機能上の理由から推進管の先頭部分に継手の緊結度の高いＵＦ形ダクタイル推進管を採用しているが、推進施工中に蛇行が生じた場合その修正が難しいと考えられた。

●施工方法の検討

保安林区間の薬液注入が困難であることから、本現場に適用可能と考えられる工法をリストアップし比較検討した。この検討結果をまとめたものを表2に示す。

本工事では、表2の検討結果より泥水推進工

図3 放流渠縦断面図

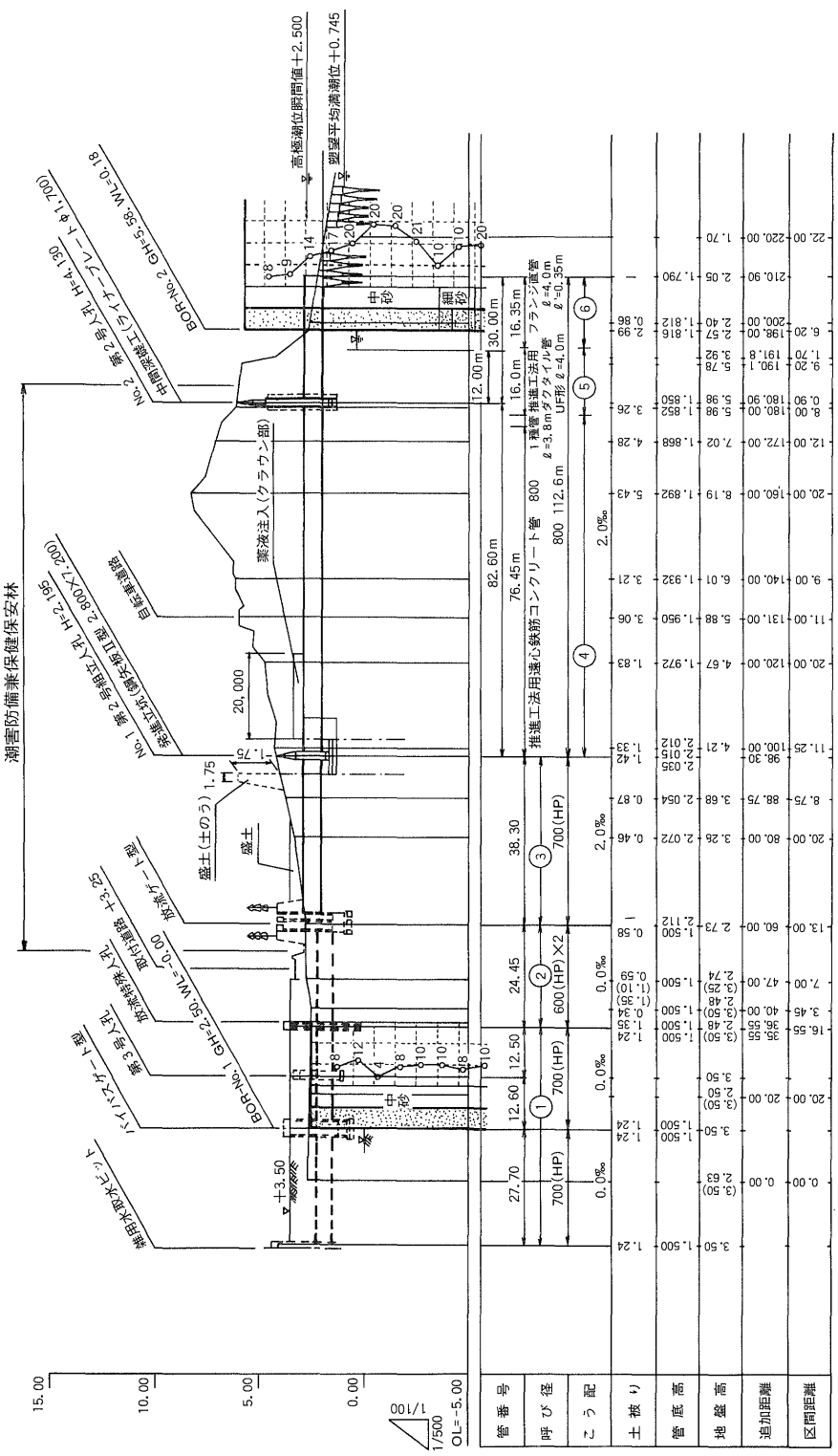
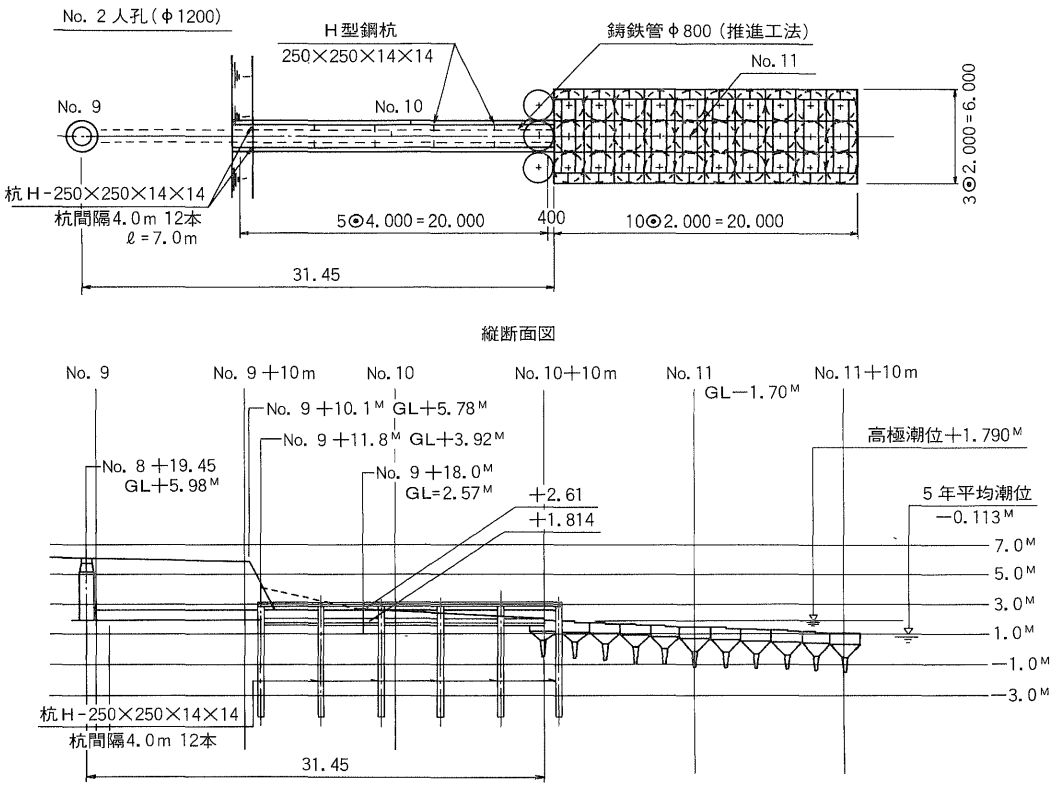

潮害防備兼保健保安林
高極潮位瞬間値＋2.500
塑望平均満潮位＋0.745
BOR-No.2 GH=5.58 WL=0.18
BOR-No.1 GH=2.50 WL=-0.00
No.2 第2号人孔 H=4.130
中間深礎工(ライナープレート φ1,700)
No.1 第2号組立人孔 H=2.195
発進立坑(鋼矢板II型 2,800×7,200)
自転車道路
薬液注入(クラウン部)
盛土(土のう)
盛土
放流ゲート型
取付道路 +3.25
放流特殊人孔
BOR-No.1 GH=2.50 WL=-0.00
第3号人孔
バイパスゲート型
雑用水取水ピット
中砂
細砂
推進工法用遠心鉄筋コンクリート管 800
1種管 推進工法用 ℓ=3.8m ダクタイル管 UF形 ℓ=4.0m
フランジ直管 ℓ=4.0m ℓ=0.35m
700(HP)
600(HP)×2
管番号
呼び径
こう配
土被り
管底高
地盤高
追加距離
区間距離

表2　各工法の比較検討一覧表

		泥水推進工法	刃口推進工法＋補助薬注 （薬液注入工割増）	刃口推進工法＋補助薬注 （路線部立木伐採）	超泥水推進工法
工法の概要		・泥水式推進機で切刃の安定を保たせながら、管を推進施工する。	・クラウン部の薬液注入工において、保安林の立木が障害になり、薬液注入が不十分になる箇所は改良厚・幅の割増を行う。	・推進路線上に生息する立木を幅3～4ｍ伐採し、仮設道路および足場を設けクラウン部の薬液注入工を施工する。	・超泥水推進機で切刃の安定を保たせながら、管を推進施工する。
各工法の本工事への適用性	利　点	・立木の伐採や薬液注入などの補助工法を用いる必要がない。	・地下に雑木などの障害物が存在した場合、対応が容易である。	・地下に雑木などの障害物が存在した場合、対応が容易である。	・泥水式に比べ泥水の濃度と比重が高いので、逸泥に対する信頼性が高い。
	問題点	・地下水位が管推進レベルより低く、砂地盤であることから逸泥の可能性がある。 ・地下に雑木などの障害物が存在した場合、その対応が難しい。 ・泥水プラントを設置するスペースが必要である。	・薬液注入削孔機械の駆動軸部を傾斜した現地地盤に合わせるため、施工に時間を要する。 ・360kgの削孔機械を人力で移動しなければならないため、施工に労力と時間を要する。 ・施工後、保安林が枯れないように、慎重な薬液選定が必要である。	・薬液注入工の施工は、比較的容易になる。 ・相当数の保安林（松）の伐採植栽を要する。 ・地形によっては、薬注用の足場が必要になる。 ・施工後、保安林が枯れないように、慎重な薬液選定が必要である。	・掘削土は、産業廃棄物となる。 ・泥水式に比べ、広くプラント設置スペースが必要となる。
工　期		短	長	中	短
工事費		100 （本工法を100とした場合）	115	114	110
判　定		◎	△	○	○
コメント		・逸泥については、試験施工にて適用性確認。 ・地下障害物については、開削工法区間で確認。			

図4　吐口部構造図



法を採用したが、本工法採用にあたっては、地下水位が管底レベルより低く砂地盤であることから逸泥の可能性が懸念された。このことに対しては、試験施工を実施して逸泥の可能性を検証することとした。試験施工の結果、心配された逸泥はなく、泥土圧の確保が十分可能であると確認された。

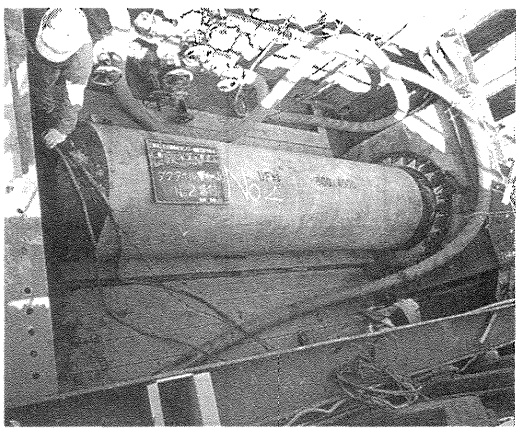
地下障害物に関しては、埋木および保安林の松の根について懸念されたが、開削部分③の施工状況から埋木はなく、松の根も比較的浅いことが確認された。

ＵＦ形ダクタイル鉄管を使用することによる推進施工中の蛇行修正は、すべての工法に関して言えることであるが、ダクタイル鉄管の前にダミー管（推進工法用鉄筋コンクリート管）を接続することにより、施工中の蛇行修正が可能となるような対策を採った。

なお、泥水推進工法の場合、放流渠の管径は水理的には700㎜で足りるが、遠心力鉄筋コンクリート管とダクタイル鉄管の接合管が特注となり、費用的にも割高となるため、呼び径800㎜の泥水推進工法を採用した。

泥水推進工の施工状況を写真2に示す。

写真2　泥水推進工の施工状況



5. まとめ

前述の通り、本浄化センターの放流渠には一部ＵＦ形ダクタイル鉄管などを採用したが、このことにより太平洋に面した厳しい自然条件下において、当該施設が所期の機能を達成するとともに、浄化センターの稼働によりウミガメの産卵地でもある日向灘の豊かな自然が守られることを祈念する。

最後に、本工事の施工に関し、ご協力を賜った地元の方々、ご指導をいただいた佐土原町および施工に尽力された若築・志多建設共同企業体の関係者各位に感謝の意を表する。

ダクタイル鉄管第58号

平成7年5月

Technical Report 1

技術レポート

液状化対策としての S形ダクタイル鉄管

千葉県水道局技術部建設課
主　査　武田祐幸
千葉県水道局千葉南配水工事事務所
副主査　田中浩二

1.はじめに

近年、千葉市中央港新業務地区の再開発事業、蘇我土地区画整理事業など、市の南部地区に今後多くの水需要が見込まれている。

このため五井～千葉線は、福増浄水場系の給水区域の配水幹線として、また、千葉南部地区と市原地区の相互融通を図り、効率的な水運用を行う目的を持って計画された。

計画延長は16.4㎞であり、平成5年度末までに10.7㎞を布設し、一部市原地区において供用を開始している。残り5.7㎞は市原市八幡の村田川および千葉市中央区南生実町地先を起点とし、千葉市中央区蘇我町地先で園生～蘇我線と連絡する区間である。

今回、この区間のうち南生実町地先において、S形ダクタイル鉄管を採用したので、その概要を紹介する。

2.地質の状況

調査地は、東京湾岸地域の東部で、下総台地と海岸線との間に僅かに発達する海岸平野に位置し、その前面には幾何学的な形に埋め立てられてできた埋立地が開ける。

この地域付近は、縄文海進の際に洪積大地（下総台地）が浸食されて形成された波食台の上に沖積層が堆積し、埋没波食台となっている所である。

調査地付近の地質は、第四紀洪積等成田層群を基盤とし、その上位に沼沢成・海成堆積物からなる沖積層が分布する。調査地付近の沖積層は砂質堆積物を主体とし、埋没波食台上に位置する所では洪積層の分布深度も比較的浅い。

3.液状化の検討

この地域は、平均粒径D_{50}も0.1㎜位、地下水位もＧＬ－0.7～1.7ｍと高く、地震により液状

図1　位置図

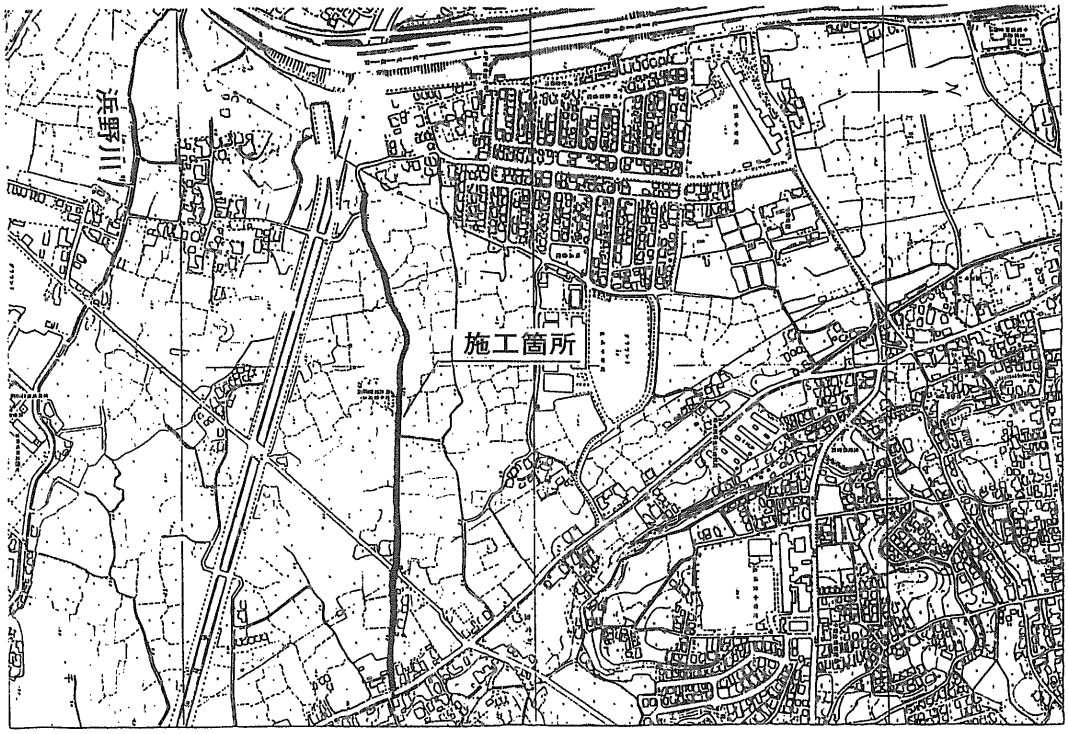


図2　五井～千葉線系統図

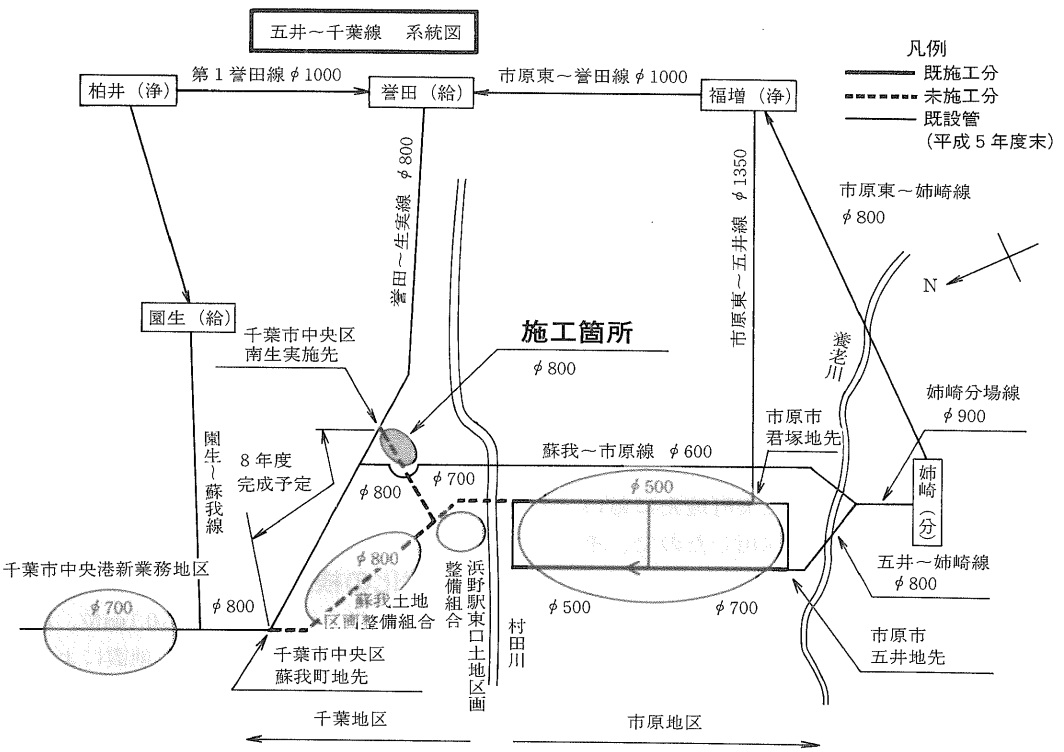


図3　ボーリング位置図

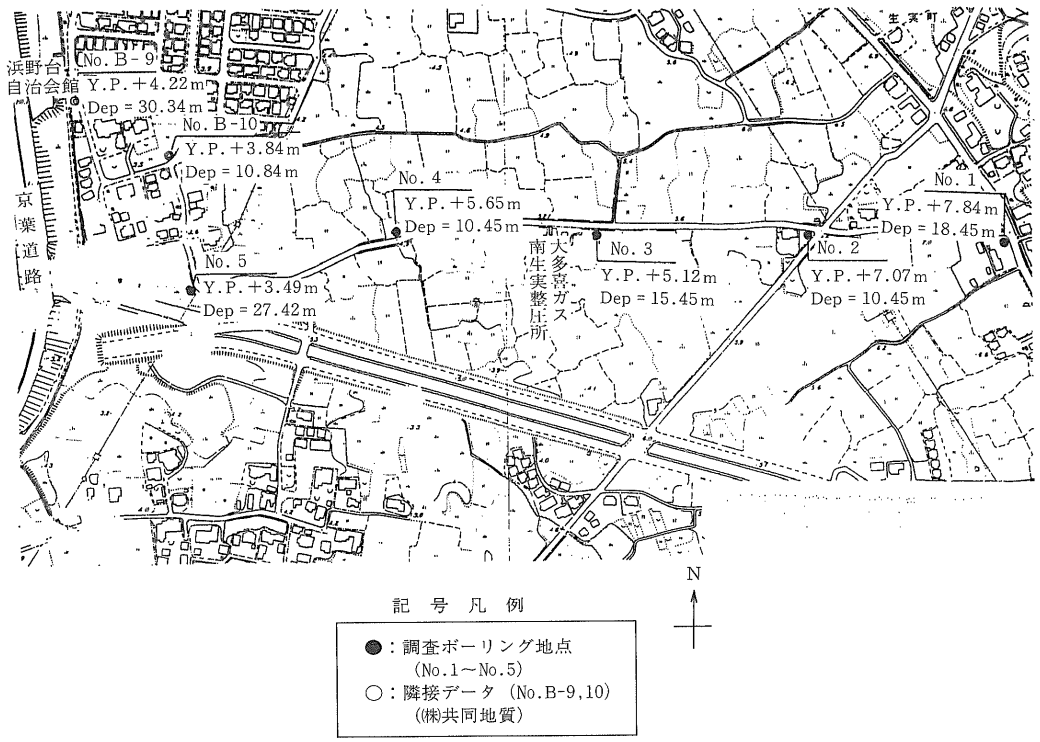
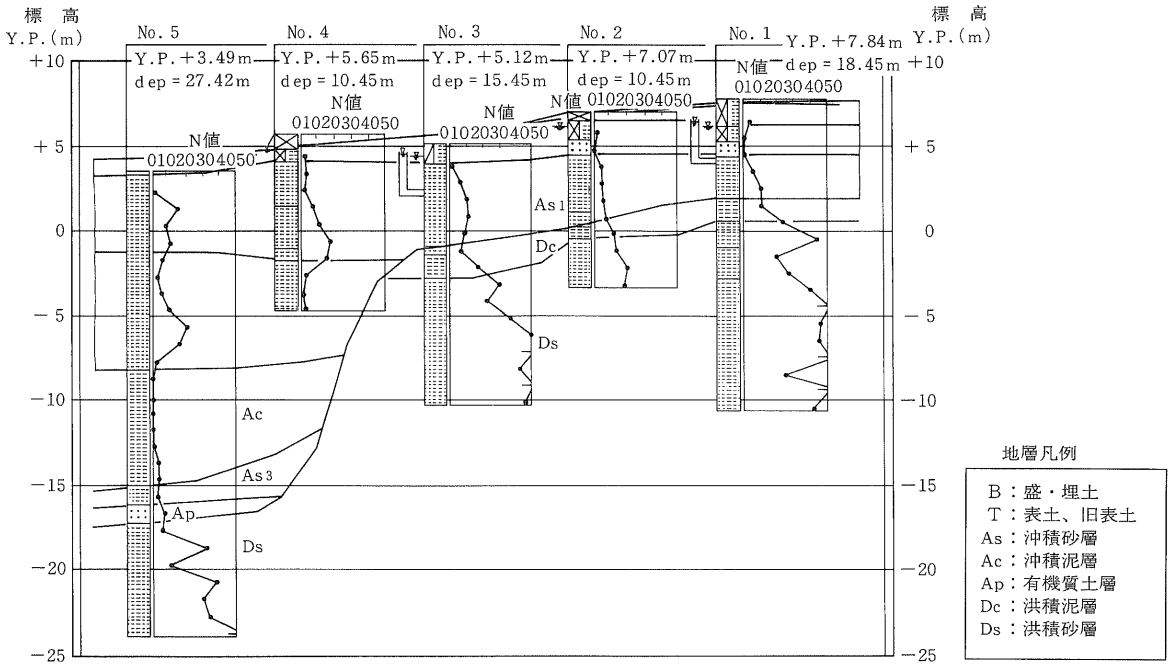


図4　液状化危険層想定図



化が起きる可能性が高い地域である。

液状化の検討は、「道路橋示方書・同解説」Ⅴ.耐震設計編により行った。

ボーリング孔内水位よりＧＬ－1.7ｍと－0.7ｍの2ケースについて検討した。

設計水平震度は　Ks＝Cz×Cg×Ci×Kso＝0.18

地域別補正係数　Cz＝1

地盤別補正係数　Cg＝1.2(Ⅲ種地盤)

重要度別補正係数　Ci＝1

検討の結果を次に示す。

1)　ケース1　hw＝1.70ｍ（孔内水位）　　地震により液状化する可能性の高い層

深度（ｍ）	N値	σv	σv'	D_{50}	FC	R	γd	L	F_L
1	2	0.17	0.17	0.134	27				
2	15	0.36	0.26	0.154	16	0.43	0.97	0.24	1.77
3	8	0.55	0.35	0.154	17	0.32	0.96	0.27	1.20
4	11	0.74	0.44	0.150	18	0.36	0.94	0.28	1.25
5	6	0.93	0.53	0.147	19	0.28	0.93	0.29	0.96
6	3	1.12	0.62	0.150	17	0.22	0.91	0.30	0.73
7	6	1.31	0.71	0.166	14	0.25	0.90	0.30	0.86
8	10	1.50	0.80	0.150	13	0.31	0.88	0.30	1.05
9	21	1.69	0.89	0.263	12	0.35	0.87	0.30	1.18
10	16	1.88	0.98	0.150	15	0.35	0.85	0.29	1.21
11	2	2.06	1.06	0.112	36	0.21	0.84	0.29	0.70
12	0	2.23	1.13	0.026	75	0.33	0.82	0.29	1.13
13	0	2.40	1.20	0.025	75	0.33	0.81	0.29	1.14
14	0	2.57	1.27	0.025	75	0.33	0.79	0.29	1.15
15	1	2.74	1.34	0.025	75	0.39	0.78	0.29	1.37
16	1	2.91	1.41	0.025	75	0.39	0.76	0.28	1.38
17	3	3.08	1.48	0.025	75	0.43	0.72	0.28	1.55
18	4	3.25	1.55	0.040	65	0.41	0.73	0.28	1.48
19	3	3.44	1.64	0.070	50	0.30	0.72	0.27	1.10
20	7	3.61	1.71	0.020	80	0.50	0.70	0.27	1.88

N値　：標準貫入試験から得られるN値

σv　：全上載圧

σv'　：有効上載圧

D_{50}　：土の平均粒径

FC　：細粒分含有率(%)(粒径74μm以下の土の質量百分率)

R　：動的せん断強度比

γd　：地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数

L　：地震時せん断応力比

F_L　：液状化に対する抵抗率

2)　ケース2　hw＝0.70m（孔内水位）

深度（m）	N値	σ_v	$\sigma_{v'}$	D_{50}	FC	R	γ_d	L	F_L
1	2	0.19	0.09	0.134	27	0.23	0.99	0.37	0.63
2	15	0.38	0.18	0.154	16	0.44	0.97	0.37	1.21
3	8	0.57	0.27	0.154	17	0.33	0.96	0.36	0.92
4	11	0.76	0.36	0.150	18	0.37	0.94	0.36	1.03
5	6	0.95	0.45	0.147	19	0.29	0.93	0.35	0.81
6	3	1.14	0.54	0.150	17	0.22	0.91	0.35	0.64
7	6	1.33	0.63	0.166	14	0.26	0.90	0.34	0.77
8	10	1.52	0.72	0.150	13	0.32	0.88	0.33	0.95
9	21	1.71	0.81	0.263	12	0.36	0.87	0.33	1.09
10	16	1.90	0.90	0.150	15	0.36	0.85	0.32	1.12
11	2	2.08	0.98	0.112	36	0.21	0.84	0.32	0.65
12	0	2.25	1.05	0.025	75	0.33	0.82	0.32	1.04
13	0	2.42	1.12	0.025	75	0.33	0.81	0.31	1.05
14	0	2.59	1.19	0.025	75	0.33	0.79	0.31	1.07
15	1	2.76	1.26	0.025	75	0.39	0.78	0.31	1.29
16	1	2.93	1.33	0.025	75	0.39	0.76	0.30	1.30
17	3	3.10	1.40	0.025	75	0.44	0.75	0.30	1.47
18	4	3.27	1.47	0.040	65	0.41	0.73	0.29	1.40
19	3	3.46	1.56	0.070	50	0.30	0.72	0.29	1.05
20	7	3.63	1.63	0.020	80	0.50	0.70	0.28	1.79

4.液状化対策の検討

液状化対策としては、次のような方法がある。

1)　液状化の発生そのものを防止する方法
　イ　圧密工法・サンドコンパクションパイル
　　・ロッドコンパクション
　ロ　地盤改良・深層混合処理
　　・薬液注入
　ハ　ドレーン工法・ウエルポイント
　　・グラベルドレーン
　ニ　締め切り工法・シートパイル
　　・地中連続壁
2)　液状化の発生による浮き上がり沈下を防止する方法
　イ　杭・アンカーの使用による抵抗
　ロ　コンクリート防護による抵抗
3)　液状化の発生による浮き上がり沈下に対応する材料の使用
　イ　耐震用管、伸縮可とう管の使用

以上、施工が可能と思われる工法を掲げたが、1)と2)はともに工事規模が大がかりとなり現実性に乏しい。よって水道管自体で対応することで検討する。

管種の検討にあたっては、呼び径が800mmであること、また、液状化対策を念頭に置いて考えると、継手が伸縮可とう性を有するダクタイル鉄管が適している。

ダクタイル鉄管は、継手によりK形、U形、S形が考えられるが、中でも地震対策および軟弱地盤に用いる継手として大きな伸縮量と離脱防止機構を有した継手であるS形が最適である。

なお、継手の性能は以下に示す通りである。

継手の種類	最大伸び量	許容曲げ角度
K 形	64mm	2° 10′
U 形	64mm	2° 10′
S 形	±77mm	2° 30′

以下に、参考として弾性範囲で地盤が変形する場合について、地震による継手伸縮量を計算する。

5.地震による継手伸縮量

1) 設計条件

ア 管 種 φ800ＤＩＰ
（D_2=836mm、L=6.0m、T=12mm）

イ 土かぶり h=1.5m

ウ 土の単位体積重量 r=1.6t／m^3

エ 土 質 沖積砂層（平均N値=6）

オ 基 盤 （N=50までの深さ）
H=28m

カ 設計加速度 A_0=250gal

なお、土質データは、No.1～No.5ボーリング調査から最悪条件を想定し、No.5ボーリング柱状図とした。

2) 計 算

ア 地震時の計算

（ア）せん断波の伝ぱ速度：Vs（m／s）

$$Vs=61.8\times N^{0.211}=61.8\times 6^{0.211}=90.19\text{m/s}$$

（イ）地盤の固有周期：T（s）

$$T=4\times\frac{H}{Vs}=4\times\frac{28}{90.19}=1.22\ (\text{s})$$

H：基盤までの深さ 28m

Vs：せん断波伝ぱ速度 90.19m／s

（ウ）表層地盤の地震動の波長：L（m）

$L=Vs\times T=90.19\times 1.22=110.00$m

（エ）地盤の変位振幅：U_h（cm）

設計想定加速度が指定された場合の地盤の変位振幅（U_h）は次の式により求める。

$$U_h=\frac{T^2}{4\pi^2}\times A_0=\frac{(1.22)^2}{4\pi^2}\times 250=9.42\ (\text{cm})$$

T：地盤の固有周期 1.22s

A_0：想定加速度 250gal

よって管位置の地盤の変位振幅は、

$$U_h=U_{h'}\times\cos\left(\frac{\pi h'}{2H}\right)$$

$$=9.42\times\cos\left(\frac{\pi\times 1.918}{2\times 28}\right)$$

$$=9.36\ (\text{cm})$$

h'：管心土かぶり

H：基盤までの深さ

（注）応答スペクトル法によると、

$$U_h=\frac{2}{\pi^2}\times T\times Sv\times Kh'\times\cos\left(\frac{\pi h'}{2H}\right)$$

$$=\frac{2}{\pi^2}\times 1.22\times 80.00\times 0.15\times\cos\left(\frac{\pi\times 1.918}{2\times 28}\right)$$

$$=2.95\ (\text{cm})$$

T ：地盤の固有周期

Sv ：単位震度あたりの応答速度

Kh'：水平震度

Kh' =3／4×△1×K_0
=3／4×1.0×0.2=0.15

$△_1$：地域係数

K_0：標準設計水平震度

この変位振幅に対する地盤の加速度は、

$$A_0=\frac{4\pi^2}{T^2}\times U_h=\frac{4\pi^2}{1.22^2}\times 2.95=78.24\text{gal}$$

これは設計加速度250galに満たないので、U_h=9.36cmを採用する。

（オ）地盤の剛性係数（kg／cm^2）

$$K_{g1}=K_{g2}=3\times\frac{\gamma}{g}\times Vs^2$$

$$=3\times\frac{1.6\times10^{-3}}{980}\times(90.19\times10^{2})^{2}$$

$$=398.45\ (\mathrm{kg/cm^2})$$

K_{g1} ：軸方向変位に対する地盤の剛性係数
K_{g2} ：軸直角方向変位に関する地盤の剛性係数
γ ：土の単位体積重量
Vs ：管路位置での地盤のせん断弾性波速度
g ：重力加速度

（カ）地震による継手部の相対伸縮量：U_j（cm）

$$U_J=\frac{\alpha_1}{\sqrt{2}}\times\frac{2\gamma_1(\cosh\beta_1-\cos\gamma_1)}{\beta_1\cdot\sinh\beta_1}\times Uh$$

Uh＝9.36cm（地盤の変位）
$\alpha_i\cdot\beta_i\cdot\gamma_i$は次式より求める。

$$\gamma_i=\frac{2\pi}{L'}\times\ell=\frac{2\pi\times600}{155.56\times10^{2}}=0.2423$$

ℓ＝600cm（管長）
L'＝$\sqrt{2}$・L（みかけの波長）
＝$\sqrt{2}\times110.00\times10^{2}=155.56\times10^{2}$（cm）

$$\beta_1=\sqrt{\frac{K_{g1}}{E\cdot A}}\times\ell$$

$$=\sqrt{\frac{398.45}{1.6\times10^{6}\times282.774}}\times600=0.5631$$

K_{g1}＝398.45（剛性係数）
E＝1.6×10^{6}kg／cm²（弾性係数）
A＝282.774cm²（管の鉄部断面積）
ℓ＝600cm（管長）

$$\alpha_1=\frac{1}{1+\left(\frac{\gamma_1}{\beta_1}\right)^{2}}=\frac{1}{1+\left(\frac{0.2423}{0.5631}\right)^{2}}$$

＝0.8437

よって
U_J＝1.556cm

（キ）地震による継手部の屈曲角度：θ_i(rad)

$$\theta_i=\alpha_2\times\frac{2\pi}{L}\times\frac{2}{\phi_5}\times\frac{\gamma_2}{\beta_2}\times\left(\phi_2\cos\gamma_2+\frac{\gamma_2\phi_3\sin\gamma_2}{\beta_2}-\phi_7\right)\times U_h$$

$$=1.553\times10^{-3}\ (\mathrm{rad})$$
$$=8.898\times10^{-2}\ (\text{度})$$

（ク）地震時の管軸方向合成応力度：$\sigma_x$kgf／cm²

$$\sigma_x=\sqrt{\gamma\cdot\sigma_L^{2}+\sigma_B^{2}}=294.91\mathrm{kgf/cm^2}$$

6.その他の継手の伸縮量

1) 内圧による継手伸縮量：e_i

$$e_i=\nu\cdot\frac{P_i\cdot(D-t)\cdot\ell}{2\cdot t\cdot E}$$

ここに
ポアソン比　ν＝0.28（ダクタイル鉄管）
内　　圧　Pi＝11.0kgf／cm²
外　　径　D＝83.6cm
管　　厚　t＝1.09cm
公称管厚（12.0mm）
鋳造公差（10%）を考慮
管　　長　ℓ＝600cm
弾性係数　E＝1.6×10^{6}kg／cm²
（ダクタイル鉄管）

$$e_i=0.28\times\frac{11.0\times(83.6-1.09)\times600}{2\times1.09\times1.6\times10^{6}}=0.044\mathrm{cm}$$

2) 自動車荷重による継手伸縮量：e_0

$$e_0=\frac{0.322\times W_m\times\ell}{Z_p}\times\frac{I_p}{K_v\cdot D\cdot E}$$

W_m：自動車荷重（kg／cm²）＝22.8kg／cm²
（自動車の後輪1輪当たりの荷重8t）

D　：管外径（83.6cm）

K_v：鉛直方向地盤反力係数（1.0kg／cm²）

E　：弾性係数（1.6×10⁶kg／cm²）

I_p：管の断面2次モーメント

（2.407×10⁵cm⁴）

Z_p：管の断面係数（5.753×10³cm³）

$$e_0=\frac{0.322\times22.8\times600}{5.753\times10^3}\times\sqrt{\frac{2.407\times10^5}{1.0\times83.6\times1.6\times10^6}}$$

$=0.032\text{cm}$

3)　温度変化による継手伸縮量：e_t

$e_t=\alpha\cdot\triangle T\cdot\ell$

α　：ダクタイル鉄管の線膨張係数

（1.1×10^{-5}／℃）

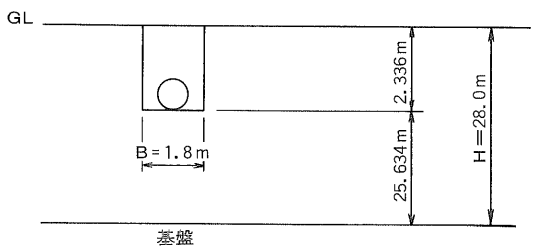
$\triangle T$：温度変化（20℃）

ℓ　：管長（600cm）

$e_t=1.1\times10^{-5}\times20\times600=0.132\text{cm}$

4)　不等沈下による継手伸縮量：e_d

現地盤と埋め戻し土の単位体積重量の差だけ増加荷重が生じ、よって管路が沈下する。しかし、管路の沈下は、ある区間の中のある継手によって徐々に吸収されるが、ここでは沈下が1カ所の継手に集中したものとして計算する。



増加荷重　$\triangle p=0.033\text{kgf／cm}^3$

（現地盤が管と水と埋め戻し土に置き換わったものとして計算）

よって、沈下量$\triangle\delta$は、

$$\triangle\delta=m_v\cdot\triangle p\cdot H$$

$0.1\times0.033\times2563.4=8.46\text{cm}$

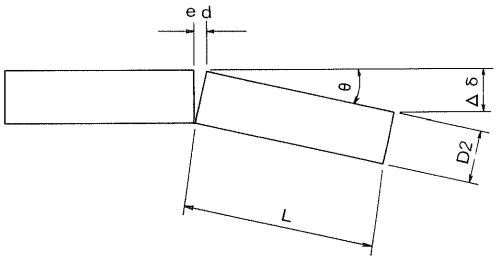
m_v：体積変化率（0.1）（腐植土を含む緩い砂、粘土）

H　：管底から基盤層までの深さ

（25.634m）

$$e_d=D_2\cdot\sin\theta=D_2\cdot\frac{\triangle\delta}{\ell}$$

$$=83.6\times\frac{8.46}{600}=1.179\text{cm}$$



5)　曲げ配管による継手伸縮量：e_r

施工上の誤差修正のため、許容曲げ角度の1／2の曲げ配管を行うものとして、伸縮量e_rを求める。

$e_r=D\cdot\sin\theta=83.6\times\sin1°05'$

$=1.581\text{cm}$

θ：許容曲げ角度の1／2＝2°10′／2

＝1°05′

7.まとめ

以下に、計算結果の集計（表）を次ページに示す。

屈曲角については、S形、K形ともに許容値を下回っており、伸縮量は45.24㎜の計算値に対し、K形の最大伸び量（64㎜）以内である。

よって、地盤の変形が弾性範囲内であれば、K形継手を使用しても問題ないと考えられる。

項目		計算値
継手伸縮量 cm	①地震によるもの	1.556cm
	②内圧によるもの	0.044cm
	③自動車荷重によるもの	0.032cm
	④温度変化によるもの	0.132cm
	⑤不等沈下によるもの	1.179cm
	⑥曲げ配管によるもの	1.581cm
	合計	4.524cm
地震による継手曲げ角度（°）		0.08898

ただし、この地域は液状化の発生する可能性が非常に高い地域なので、伸縮、可とう性を持ち、かつ離脱防止機構を備えたS形継手を採用した。

Technical Report 2

技術レポート

ボルトレスU形推進工法用ダクタイル鉄管による呼び径1800㎜泥水カーブ推進工事について

名古屋市水道局建設部
建設課工務係 馬渕幸男
建設工事事務所工事第一係 伊東新治

1.はじめに

先般、平成5年10月本誌第55号において技術レポート“ボルトレスU形推進工法用ダクタイル鉄管による呼び径1800㎜泥水推進工事について”というテーマで報告がなされた。そこで、その結果をもとに今回、両端に直線部を配置し、その間に単曲線を挿入した線形を持つカーブ推進工事を施工したので、その概要を報告する。

2.工事概要

今回の工事は、本市が建設中の春日井送水幹線の始点にあたる工区での工事である。当工区においても、すでに施工された工区と同様に通過層が玉石混じり砂礫層または粘土質砂礫層と判明したため、同一工法（超泥水加圧推進工法）を採用した。

今回の工事概要は次の通りである。

(1)工事件名：春日井市鷹来町地内春日井送水幹線φ1800粍布設工事（その6）

(2)施工期間：自　平成6年1月31日
至　平成6年10月31日

(3)布設内容：呼び径1800㎜U形推進工法用ダクタイル鉄管（4m管）～176m（推進延長174m）
：布設土かぶり10.3～10.9m

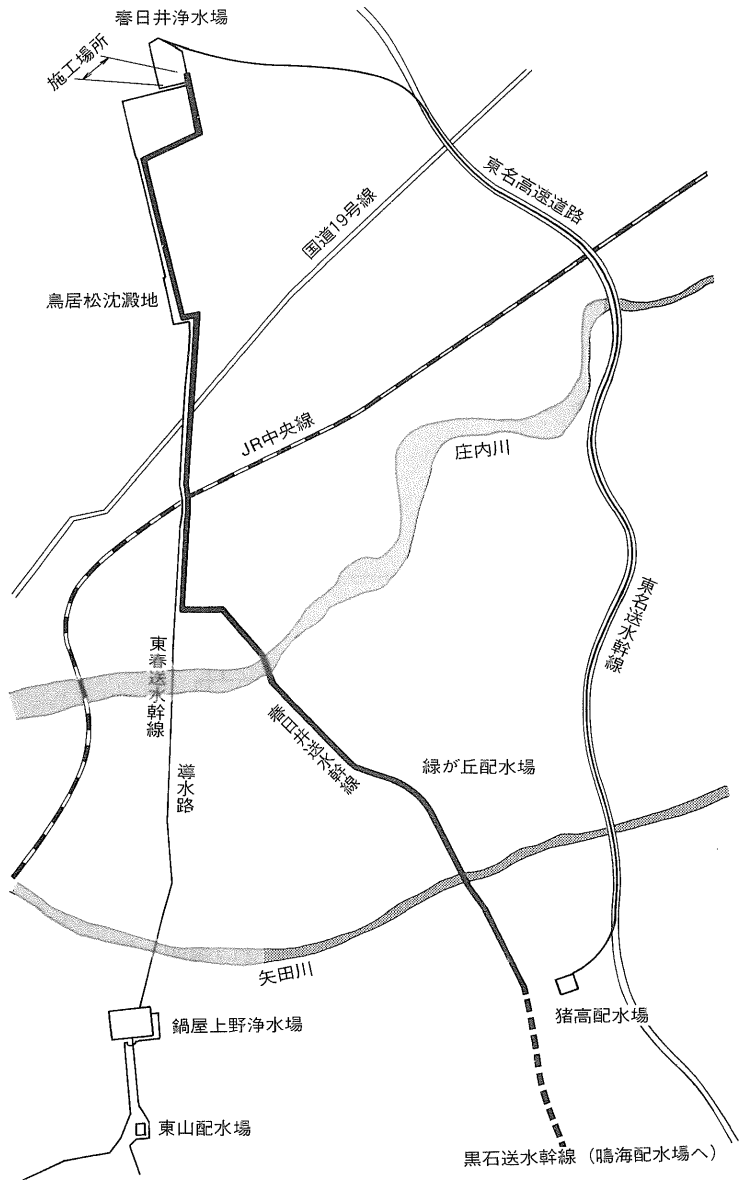
(4)挿入曲線：単曲線　R（曲線半径）＝832.75m　CL（曲線長）＝80.00m　IA（交角）＝5° 30′

(5)土質条件：玉石混じり砂礫層（最大礫径200㎜）または粘土質砂礫層（N値35～50以上）

(6)推進工法：泥水加圧推進工法（超泥水加圧推進工法）

(7)立坑築造：小判形ライナープレート（4m×9m）

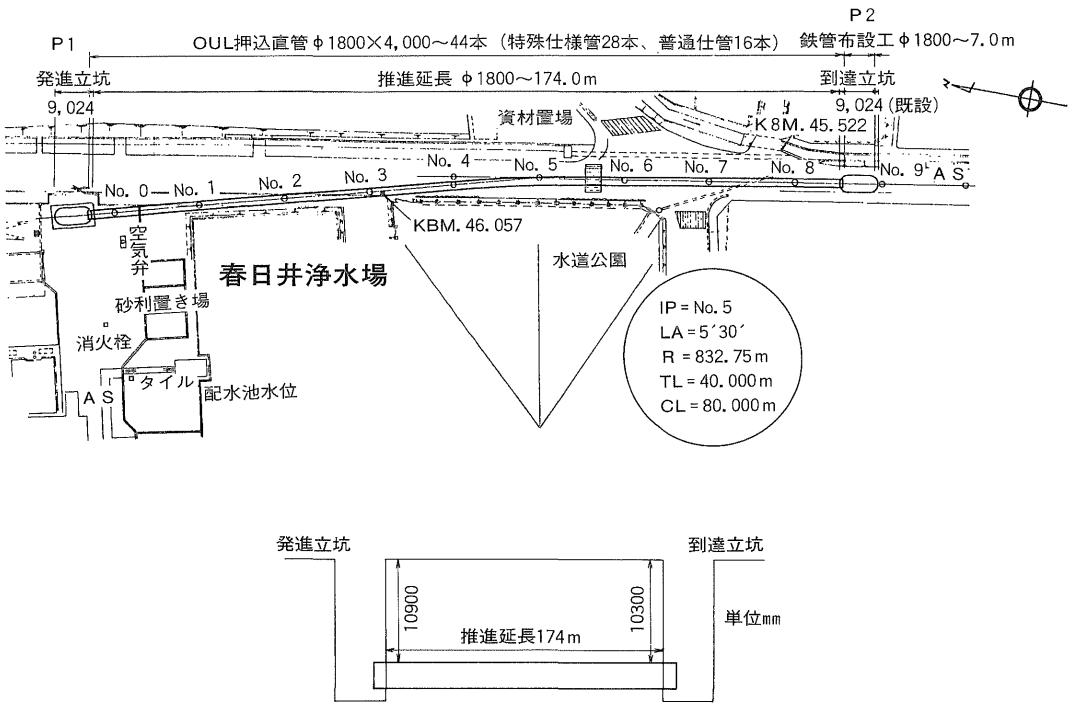
図1　春日井送水幹線ルート図



3.推進工法の概要

超泥水加圧推進工法は、泥水推進工法の一種であり、地山土粒子の間げきを塞ぐ目詰材を含んだ送泥水と掘削土砂とを先端撹拌室内で混合・撹拌して、高濃度・高比重・高粘性の液状（これを超泥水と呼んでいる）に変え、地下水圧＋2.0×10^4 Pa以上の圧力に保つことにより切羽を安定させる工法である。さらに、管外周部は積極的にオーバーカットして（20～30㎜程度）、テールボイド（余掘部）にも超泥水を加圧充満させることにより、管と地山の摩擦を軽減して低推力で長距離推進を可能としている。また、排泥は礫と泥水を丸ごと取り込み、掘進機内の貯泥槽でいったん受けて大きな礫だけ人力で排除したあと、残りを空気スラリー輸送するので玉石

図2　施工平面図、縦断図



層にも連続して確実な施工ができる特長がある。

4.U形推進工法用ダクタイル鉄管の改良

今回の施工では、先般の報告にあったように、推進管外面に植込みボルト接合用の穴などの凹凸が存在することによる、凹凸が坑口通過時の坑口からの泥水や滑材の漏れ、あるいはその穴に礫などが挟まることによる推力の上昇をより低減するため、ボルトレスU形推進工法用ダクタイル鉄管を用いることとしたが、推進機と先頭管（2m管）はボルトによる接続が不可欠となるため、この個所のみは通常の半分の14本のボルトで締結することとし、そのように先頭管を製作した。

また、曲線部を通過する推進管（4m管）においては、受口端面と挿し口のフランジ面との間に推力伝達用クッション材（発砲スチロール）を図4のように設置した。これはカーブ推進時に受口端面と挿し口のフランジ面が部分的にのみ接触することによる管体への偏圧、そしてそれによるフランジの破壊を防止するためである。設置位置については、カーブさせる方向に対し直角方向から円周方向にそれぞれ90°づつのみに配置することによりカーブしやすくするための間げきを確保した。

しかしこの間げきは、今回のように曲線部で一度開いたものが直線部において再び閉じるときに、土砂などの流入により閉じることができず、継手の抜け出しが生ずる危険性があるため、その対策として推力伝達用クッション材を設置しない部位には土砂流入防止用スポンジ（ウレタンフォーム製）を取り付けることにより、土砂などの流入防止をはかっ

図3　超泥水加圧推進工法概略図

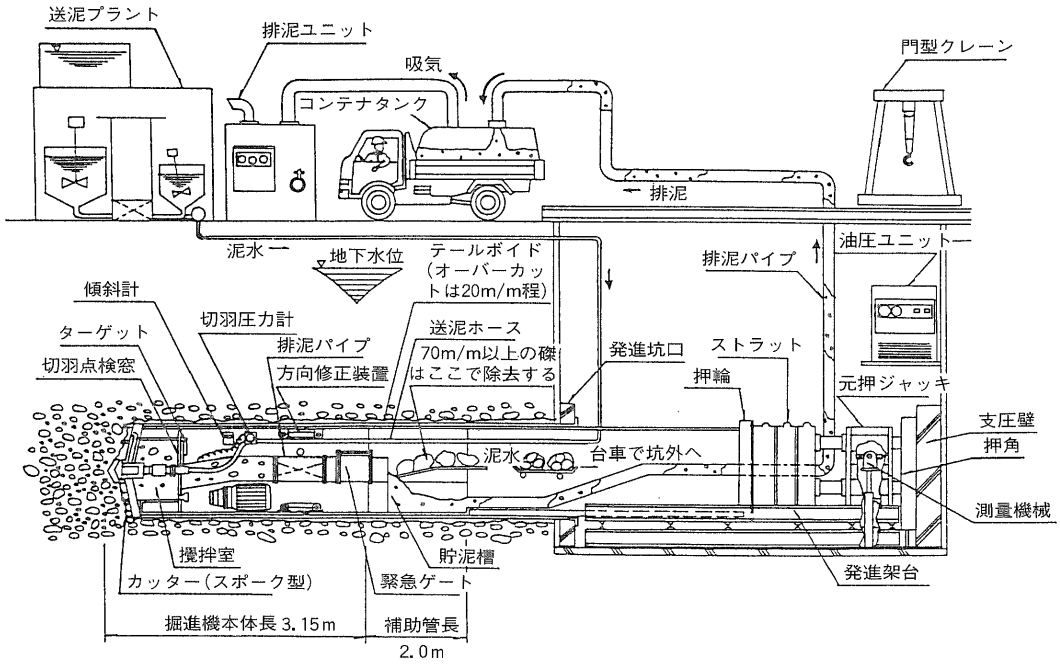
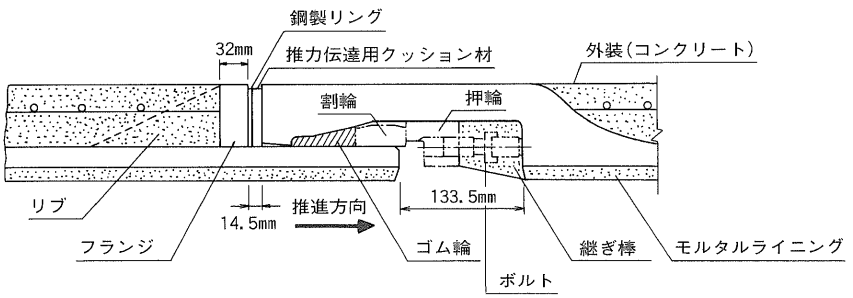


図4　ボルトレスU形推進工法用ダクタイル鉄管（クッションリング設置）



た。

このため、推進力を伝達することのできる部位が円周方向すべてにわたり期待できる直線部のみの推進とは異なり、半周のみとなるためフランジ強度の検討が必要となった。これに対し通常28㎜厚のフランジ厚さを32㎜厚とし対応した。

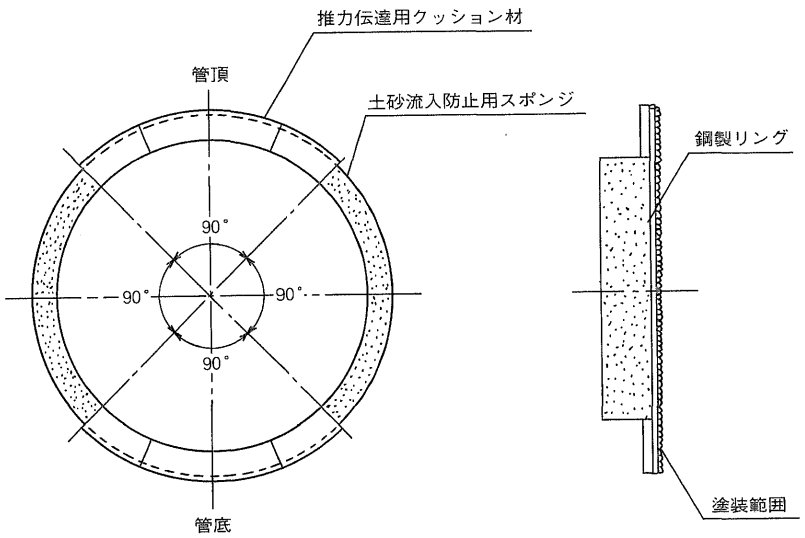
5.施工結果

今回施工した工区に隣接する工区において、ほぼ同条件の直線部のみの推進工事が施工されたので、一部それと比較しながら報告する。

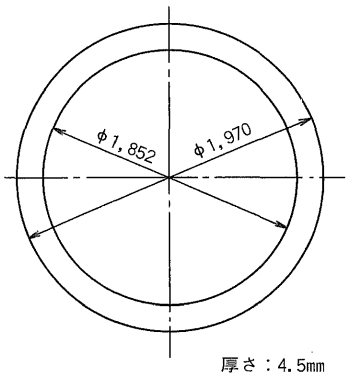
1.日進量

前回同様、昼間作業のみで行い、本工区で7.0m、隣接工区で6.7mと、カーブ推進であることによる影響はなく、4m管の使用による継

図5　クッションリング構造図

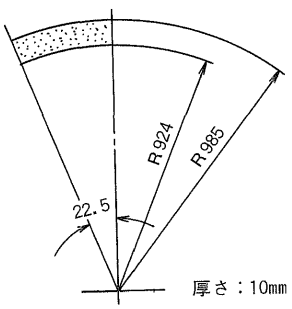


鋼製リング（SS400）



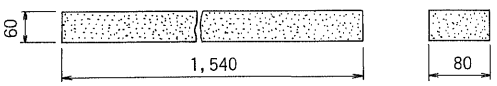
厚さ：4.5㎜

推力伝達用クッション材（スチロール樹脂）



厚さ：10㎜

土砂流入防止用スポンジ（ウレタンフォーム）



手数の減少が日進量の増加に寄与したものと考えられる。

2.施工精度

曲線部では、水平方向でカーブ内側へ最大30㎜、垂直方向で下方へ27㎜であった。

水平方向については、曲線部から再び直線部に戻す際に計画された線形を外れないように、安全側であるカーブのやや内側を意図的に通過させたためであり、今回の改良や4m管の使用に起因するものとは考えられない。また、垂直方向についても土質条件などの他の要因であると考えられる。到達精度においてもまったく問題は見られなかった。

3.推　力

本工区においては設計推力470ｔ、最終常時推力480ｔでありほぼ設計通りであった。また、隣接工区においてはそれぞれ436ｔ、237ｔであった。隣接工区と比較するとずい分相違が見られるが、土質条件やこの工法の大きなポイントである地下水とその水圧の多少が隣接工区といえども相違している可能性もあり、単純には比較できないと考えられる。

結果としては、ほぼ設計通りであり満足のいくものであった。

4.屈曲角度

最大の角度を示したのは、推進機がＩＰ(交点)付近を通過時に1本目と2本目との継手に現われた。これを実測した胴付間隔(管頂より90°の2カ所において145㎜、128㎜)より求めると0.55°(33′)であり、設計値0.275°(16′30″)の2倍であった。また、推進完了後においては、最大0.421°(25′15″)であった。

しかし、クッションリングの設置とフランジ厚さの増加による胴付間隔の増加を含めても、胴付間隔は許容の148㎜以下であり、満足のいくものであった。

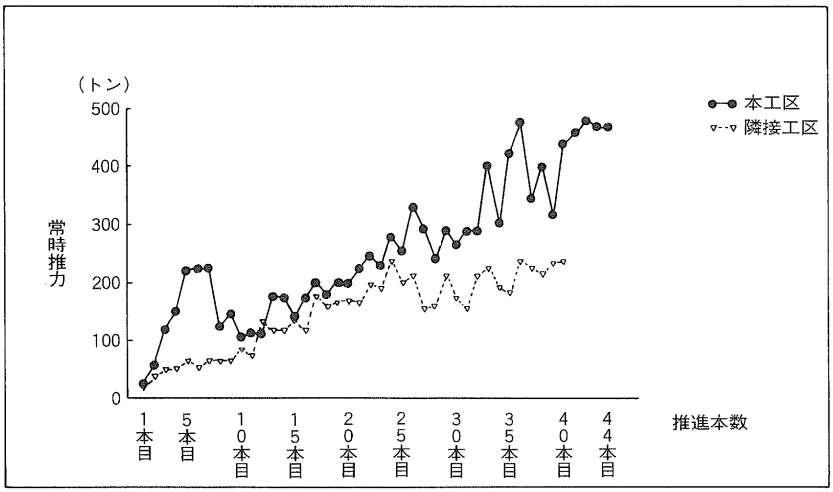
表1　施工結果

	本工区（174m）	隣接工区（158m）
推進日数	25日	24日
平均日進数	7.0m	6.7m
到達精度	上下±0mm　左右10mm	上下＋10mm　左右10mm
設計推力	470ｔ	436ｔ
最終常時推力	480ｔ	237ｔ
継手ローリング量	最大値4.5°	最大値2.5°
到達時曲線部継手角度	最大値0.421°　（設計値0.275°）	—

このように、推進中継続してそれぞれの継手の胴付間隔の測定を行うと、曲線部を推進機が通過中1本目と2本目との継手の屈曲角度が、ほかと比較するとやや大きめであった。これは今回、先頭管の再使用を考えたため、仮設としてのクッションリングを先頭管と1本目の継手に設置しなかったことが原因のひとつではないかと考えられる。そのクッションリングが設置されないことにより、推進機の中折れ機構から後方約7.2mが1本の直管のような挙動を示したため、その直後のクッションリングの設置箇所である1本目と2本目の継手に屈曲角度がやや大きく現われたのではないかと考えられる。これを裏付ける現象として、回収された先頭管の外周の損傷はカーブ内側に多く現われ、外側についてはほとんど現われていなかった。

これらのことから、先頭管と1本目との間にクッションリングを設置した方がよりよいと判断されるが、これについては、短い間隔で曲がり易い継手箇所を設けるということは、推進中に管体がだ行し易くなるという危険性

図6　常時推力



もあるため、十分な検討が必要である。

5.ローリング角度

ローリング量については、推進方向に向かって最大時計回り（十方向）4.5°、また、反時計回り（一方向）に3.5°であった。

曲線部を通過中の管体の挙動の特徴としては、下記の通りである。

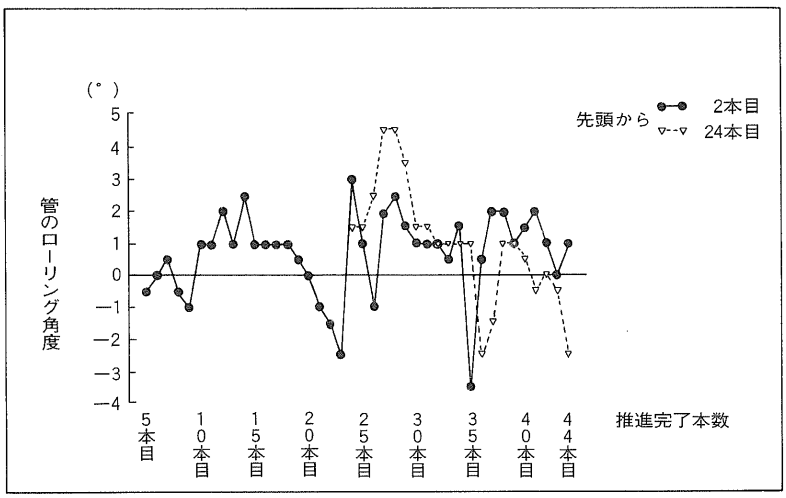
（1）推進機が曲線部へさしかかったときには、一時的にすべての管体が十方向（最大十方向へ4.5°）を示した。

（2）曲線部を掘進時、曲線部を通過中の管体では、最大±2.5°であった。また、そのとき直線部を通過中の管体は、ほとんど十方向を示し最大十4.5°であった。

（3）再度直線部へ戻るときには、一時的にＢＣ点（曲線始点）ＥＣ点（曲線終点）付近の管体では十方向（最大ＢＣ点付近で十方向へ4°）へ、それを除く管体では、ほとんどが一方向への挙動を示した。（最大一方向へ6°）

推進完了後においては、最大十方向で3.5°、一

図7　管のローリング角度測定例



方向で2.5°であり、全ローリング量では最大7°であった。

6.水圧試験

通常行われる水圧試験機（テストバンド）により全数行ったが、異常の見られたものはなかった。

6.おわりに

今回の工事では前回と同様に推進精度、継手の水密性および推力に問題が生ずるようなことはなかった。また、4m管の使用ということでやや懸念された「カーブさせにくく、一度カーブさせると直線に戻しにくい」という点についても問題なく施工できた。この結果、日進量の増大などに結びつき良好に施工を完了することができた。

近年、工期短縮、立坑設置の制限などの施工環境がますます厳しくなりつつあり、それに対応することが求められている。その際、本施工報告がなんらかの参考になれば幸いである。

写真1　ボルトレスU形推進工法用　ダクタイル鉄管（受口側）

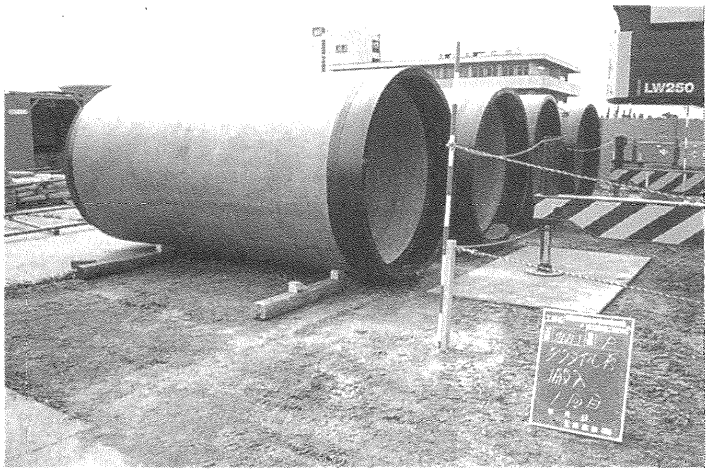


写真2　ボルトレスU形推進工法用ダクタイル鉄管（挿し口側）

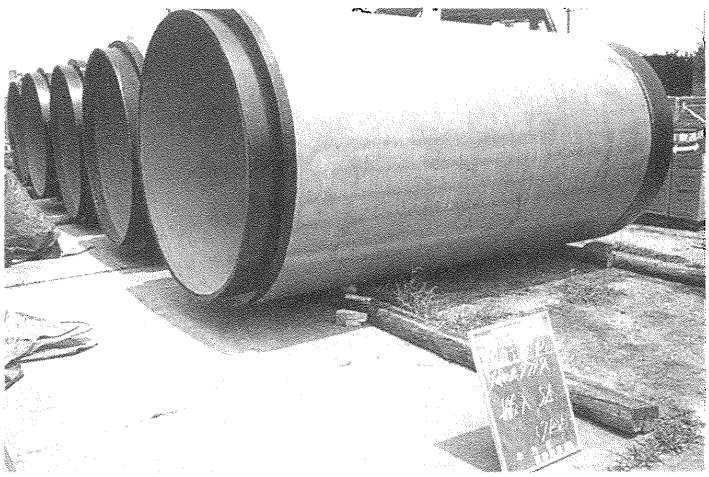


写真3　クッションリング設置状況

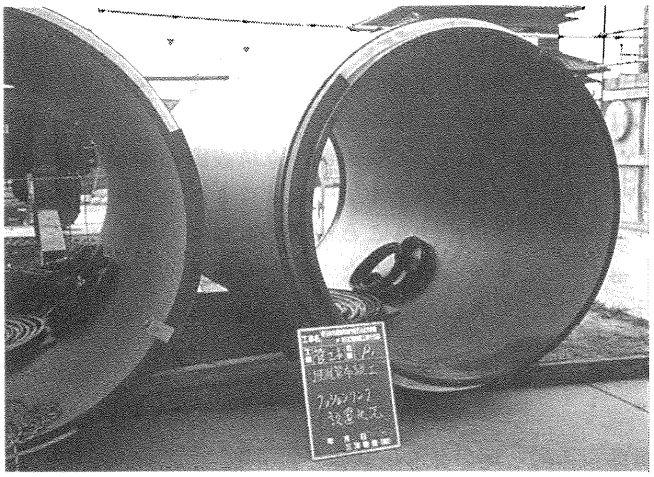


写真4　先頭管撤去状況

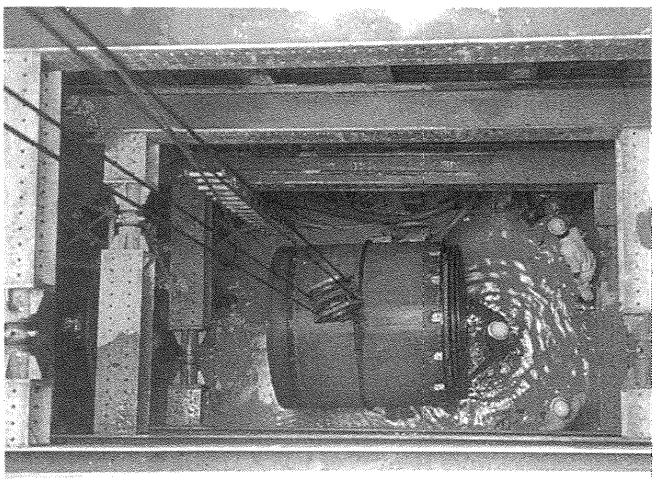
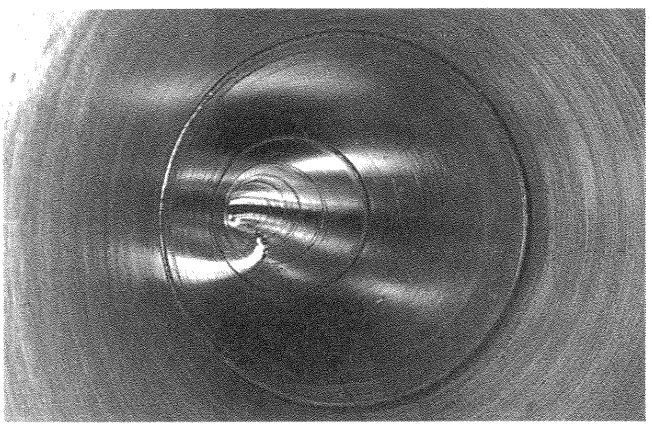


写真5　推進管内状況



Technical Report 3

技術レポート

甲南町における老朽管の更新事業について

滋賀県甲南町産業建設部
水道課長　山本益男
課長補佐　渡辺久雄

1.はじめに

甲賀忍者のふるさととして知られている甲南町は、滋賀県の東南部に位置しており、北部はなだらかな水口丘陵の台地によって水口町に境し、南部は鈴鹿山脈の南麓と信楽高原の北麓がぶつかる丘陵によって三重県阿山町に、また、西は信楽町、東は甲賀町に隣接し、総面積約49.3k㎡、人口約1万8,000人を擁している。

今や日本だけでなく、映画やテレビを通じて欧米にまでその名の知られるＮＩＮＪＡ。伊賀と並び、甲賀忍者発祥の地である当地には、その成り立ちや生きざまを今に伝える逸話が数多く残されている。

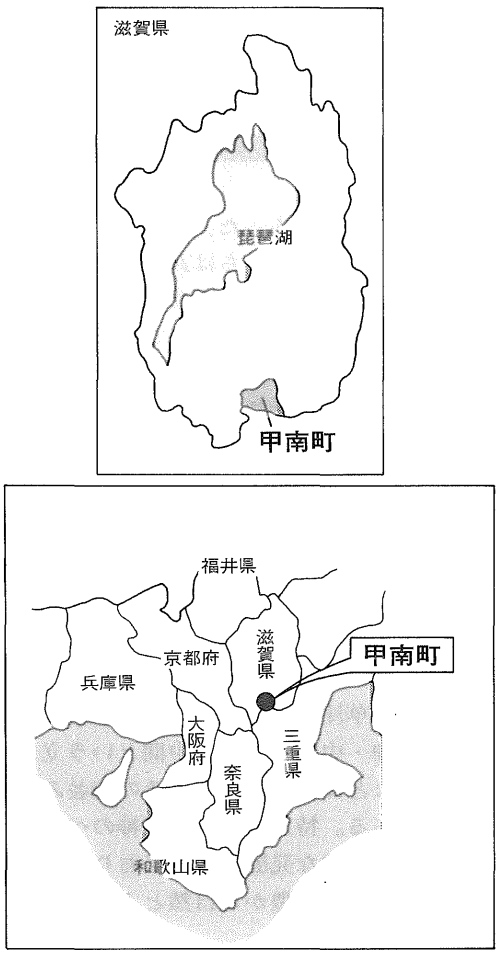
そもそも当地では、太古より山岳信仰による山伏修験が盛んであり、それが甲賀忍者の起源であるといわれている。京の都に近いことから当時の交通の要所であった当地では、京より逃げ込んでくる貴族や敗北した落武者の格好の潜伏地であった。そんな侵入者から身を守るため、住民たちは武装し、自衛のためにこの土地ならではの山岳武術を身につけていき、甲賀流忍術を確立していった。

松尾芭蕉の句に、「山陰は山伏村のひとかまえ」があるが、おそらく当地を偲んだ作であるといわれている。本町にある甲賀流忍術屋敷は、現存する忍者の住居としては唯一のものであり、その外敵に備えるために仕掛けられたカラクリの巧妙さには、当時の甲賀忍者の知恵と工夫に感嘆させられるものである。

忍者の里・甲南も近年では、ＪＲ草津線、主要地方道草津・伊賀線などの交通網の整備や、京阪神・中京経済圏の中間という立地条件のよさなどにより、徐々にその街並みは変貌しつつある。特に最近は京阪神のベッドタウンとして急速な発展を遂げており、それに対応するために、豊かな自然と人間の調和を

写真1 甲南町新庁舎

図1 甲南町位置図



基調とした魅力ある街づくりをめざすべく「心安らぐ生活のまち」をテーマに掲げた街づくりを、町民参加のもとで推し進めている。

われわれ本町水道課も、「シンプルで且つ高水準の水道の構築を図る」を目標に日々尽力している。今回は、われわれの水道事業に対する問題点、とりわけ老朽管の更新事業に対する取り組みと、更新事業と併行して実施した主要な事柄について、報告する。

2.水道事業の沿革

本町の水道事業は、昭和31年の宝木地区における簡易水道が発端で、その後昭和33年に深川地区、次いで昭和34年には寺庄地区といずれも簡易水道事業として町民への給水を行ってきた。昭和40年に至り、これらの簡易水道を統合して上水道事業の発足をみたものである。発足当時は町の人口も約1万人であったが、その後ベッドタウン化が急速に進行し、自己水源（井戸水）だけでは到底賄いきれなくなることが予測されたため、昭和59年より、滋賀県東南部上水道供給事業（県用水）からの受水を開始し、逐次団地の専用水道を上水道に統合し現在に至っている。以下に平成5年度末の状況を示す。

・行政区域内人口：18,581人
・給水区域内人口：18,452人
・給　水　人　口：13,284人
・専　用　水　道：4,865人
・普　　及　　率：97.7%
（ただし専用水道を含む）
・年間総給水量：1,518,569m³
内訳、県水受水：880,639m³
自己水源：637,930m³
・1日平均給水量：4,160m³
・1人1日平均給水量：313ℓ
・有　　収　　率：82.3%
・配水管延長：108,785m
（ただし導水管490mを含む）

3.老朽管の更新事業について

本町も簡易水道創設時においてはもちろん、拡張時においても、管路の構成は石綿セメント管が主流であり昭和50年頃まで使用していた。

1.石綿セメント管の事故

本町において、石綿セメント管の事故が顕著に現われ出したのは昭和59年頃からで、その状況は“管体の折れ”と、“継手部のゴム輪の飛び出し”であった。甲賀郡水道事業連絡協議会の席上でも、この事故原因については都度話題にあがったが、その原因を究明するまでには至らず、減圧弁を設置し水圧をコントロールする方法もその効果は薄く、各事業体ともお手上げの状態で“事故が発生すれば修繕する”の繰り返しであった。

2.石綿セメント管の更新事業に着手

本町が石綿セメント管の更新事業に着手したのは昭和60年度からで、当時の石綿セメント管路の延長は約27kmで、管路に占める割合は約26%であり、年間の事故件数も約60件にも達していた。なおちょうどこの時期はベッドタウン化に伴う人口増と、“快適で住みよい生活環境づくり”のための生活用水を確保するために水道施設全般の見直しを行い、将来計画を立案したときでもあったので、石綿セメント管の更新はこの将来計画を土台として進めることとした。

3.更新時の使用管種

更新事業に使用する管種としては、強度と信頼性からすべてをダクタイル鉄管とすることが理想であるが、予算上の制約から主要な管路および主要道路下にダクタイル鉄管を使用するに止まっており、平成5年度は表1のような状況であった。

表1　平成5年度の配管延長

	配管延長（m）	比率（%）
ダクタイル鉄管	2,928	61
塩化ビニル管	1,877	39
合　　計	4,805	100

4.更新事業費

更新事業に要する費用は、総額約11億円という巨額の事業費を必要とするが、約80%を起債によることとして事業がスタートした。

その後、平成2年度からは厚生省の老朽管更新推進事業に採択されており現在も継続中である。また、平成4年度からは自治省の一般会計よりの出資制度にも採択されている。表2に平成5年度更新事業の事業費の内訳（概算）を示す。

表2　平成5年度更新事業費内訳（概算）

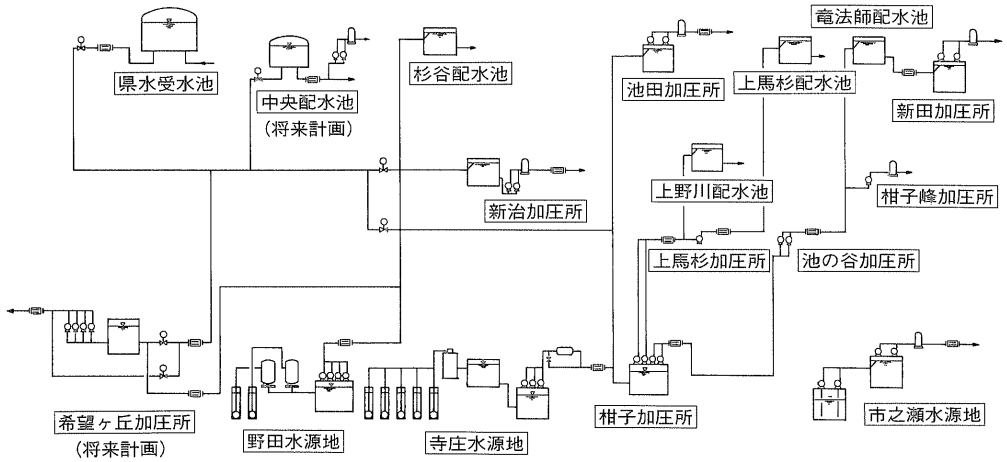
内訳	金額（万円）	比率（%）
厚生省補助	3,550	27.1
自治省補助	50	0.4
起　　債	8,000	61.1
自己資金	1,500	11.4
合　　計	13,100	100

※石綿セメント管の更新距離は3,113mである。

5.更新事業の推移

昭和60年度よりスタートした石綿セメント管の更新事業も関係部門の協力を得て、1,680m／年の計画更新距離に対して平成5年度まで

図2　甲南町上水道フローシート図



の9年間の実績は1,380m／年となっており、進捗率は約82%と、やや遅れ気味で満足のいく状況ではないが、当初の目標通り平成12年度末には石綿セメント管をゼロとするよう関係者一同、気を引き締めているところである。

4.より高水準の水道をめざして

●中央監視制御システムの導入

町内に点在している各水道施設の運転管理を、中央において的確かつ効率的に行うもので、各施設機器の稼働状態・水量・水質の変動状態などを集中的に監視しながら、安定した送配水コントロールを行うために新庁舎の完成に合わせて導入した。

●ダクタイル鉄管製耐震型緊急用貯水槽の設置

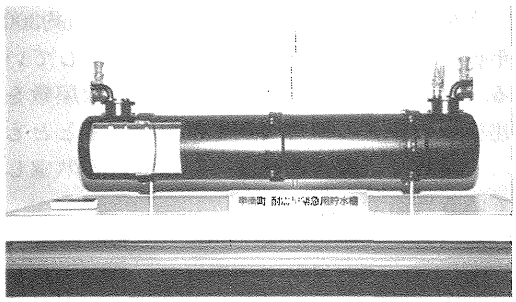
行政区内の整備事業と町制発足50周年に合わせて、老朽化が進み手狭まとなった役場に替えて新庁舎を建設することとなった。町民の命の水を預かる水道課としても、この機会に町民に水道をアピールし、水道に対する理解を深めてもらうよい方法はないかと種々方策を模索していた。その折りに参加した日本水道協会の全国総会（於北海道苫小牧市）においてダクタイル鉄管製の耐震型緊急用貯水槽（呼び径1500㎜）の実物に出会ったことが、耐震型緊急用貯水槽をダクタイル鉄管で設置するきっかけとなった。

早速その構造・性能・実績などを調査した結果、衆議一致これに優るものはなしという結論を得て平成5年2月に呼び径1500㎜、容量26m³のダクタイル鉄管製耐震型緊急用貯水槽を新庁舎駐車場地下に設置することができた。

なお地中に設置され、眼で見ることのできない緊急用貯水槽をより多くの町民に知ってもらうため、これのミニチュアモデルを作成し、水道課のカウンター上に置いてＰＲに努めている。

写真2　ダクタイル鉄管製耐震型緊急用貯水槽

写真3　耐震型緊急用貯水槽のミニチュア



●エポキシ樹脂粉体塗装管の使用

ダクタイル鉄管を使用して更新事業を進めている段階でエポキシ樹脂粉体塗装管が脚光を浴びることとなった。その優れた諸性能は将来においてもその機能を十分に発揮するものと考えられたことから、平成5年度において呼び径150㎜、延長300ｍのＡ形ダクタイル鉄管（3種管）を試用し、なんらの問題も生ずることなく布設工事を完了している。予算上の制約からすべてをこれとすることはできないが、今後とも管路を取りまく諸条件を熟考のうえ、エポキシ樹脂粉体塗装ダクタイル鉄管の採用を積極的に進め、管路の付加価値を高めたい。

●給水栓のサイズについて

一般家庭用の給水は、ほぼ全世帯とも13㎜で引き込みを行っているが、将来の下水道の普及による水使用量の増加を考慮して、昭和62年度よりは配水管からの取り出しは20㎜で行い、メーター以降で13㎜としている。したがって、将来の増径要望時においては宅地内の配管変更のみで対応が可能となった。なお、平成5年度末の実施率は約20％である。また、分水穿孔部の防食方法についても、新しい発想のもとで新製品が開発されているので、十分に調査、検討のうえ使用する必要があるものと考えている。

●その他

以上に述べたほかにも、技術的には配水量の約40％を占める自己水源の取水井戸の管理方法、あるいは洗管効率のよいうず巻き式フランジ付きＴ字管の設置など、また、行政的な事柄となるが、専用水道の吸収合併など、よりよい水道を将来に引き継ぐために解決を図らねばならない事柄はたくさんあるが、前向きに着実に諸問題の解決に取り組んでいる。

5.まとめ

以上に本町における老朽管の更新事業についてその概要を紹介した。事業もほぼ順調に推移し、その間ダクタイル鉄管製耐震型緊急用貯水槽の設置や、エポキシ樹脂粉体塗装ダクタイル鉄管の試用など、あとは石綿セメント管路さえなくしてしまえば一段落と、やや楽観的な気分が支配していた。

ところが1月17日の阪神･淡路大震災の襲来である。本町も日本水道協会・滋賀県支部の一員として芦屋市内で給水業務を担当すべく19日に現地に入った。その惨状は新聞・テレビで報じられているので割愛するが、目のあたりに大震災の恐しさを見て、まさに青天の霹靂であった。

被災地へは衷心より同情するとともに、仮に本町がこのような事態に遭遇していたらと考えると身の毛もよだつ思いであった。

今後、町全体の防災対策が見直されることになるが、芦屋市で味わった悲惨な体験を新たな防災対策に十分に反映させることができるよう、水道に止まらず各部門へも提言することが町職員としての責務であると考えている。新たな防災対策で水道課が担当することとなる“飲料水の確保”といった一面のみをとってみても、まだまだ不備な点を多く残しており、今後は……、

・耐震継手ダクタイル鉄管の使用。
・ダクタイル鉄管製耐震型緊急用貯水槽の増設。
・配水池の増設と緊急遮断弁の設置。

など検討を要する事項は枚挙に暇がないが、水道課の将来計画でもうたわれている「管路

の付加価値を高め」“シンプルで且つ高水準の水道を構築する”という目標に向って、平常時はもとより非常時においても町民の役に立つ水道の構築に向けて水道課職員が一丸となって邁進する所存である。

〈余談〉

当町には江戸時代の中期、元禄の頃（約300年前）に建てられた忍術屋敷が現存している。大平の世においても、このような屋敷を建築した先人の用意周到さに驚嘆するとともに、改めて“備えあれば…”の格言を熟慮している当節である。

写真4　給水状況

写真5　忍術屋敷（望月家）

Technical Report 4

技術レポート

橋梁添架の老朽管を呼び径300㎜ダクタイル鉄管に取り替え

敦賀市水道部
上水道課課長　池田良二郎

1.はじめに

敦賀市は、日本列島のほぼ中央部に位置する福井県にあり、日本海有数の港湾都市である。昭和12年に市制をとり、昭和30年には近隣の5村を編入して現在の市域となった。その総面積は249K㎡あり、市の西から南東にかけては三方に山岳が連なり、これらを源とする五位、木ノ芽、黒河川などの合流した笙の川が、沖積層の平野部を貫流して敦賀港に注いでいる。

本市は、天然の良港を有し、古くから交通の要衝として栄え、現在でも海上・陸上交通の拠点となっている。また、繊維・化学などを中心とした産業は活発であり、史跡景勝地の観光資源も多く、今後の一層の発展が期待されている。

本市の水道事業は、木ノ芽川水系の地下水を水源として、昭和37年旧市街地を中心に事業着手したことに始まり、以後都市化の進展、生活水準の向上および地下水の枯渇などに対応するため、黒河川水系の豊富な地下水を水源として、数次に亘る拡張事業と既設区域内の整備事業を実施し、敦賀平野はほとんど給水可能となり、これ以外の地区には25カ所に簡易水道を設置して給水を行っている。

今回敦賀湾から約500ｍに位置する市内三島町1丁目の松原橋（笙ノ川）に添架していた呼び径300㎜配水管が老朽化したため、同口径のダクタイル鉄管に取り替えた。当初、取り替えに要する断水時間は8時間30分、取替工事時間は6時間30分を予定していたが、半分以下の時間内に通水できた。今後、同様な工事を必要とする関係者に役立てばと、ここに報告する。

2.敦賀市の上水道施設概要

事業創設認可年月日：昭和36年12月28日
併用開始年月日：昭和39年3月1日

行政区域内人口：66,749人
計画給水人口：60,000人
現在給水人口：57,082人
現在給水戸数：19,525戸
水　　源：地下水
取水能力：45,504m³／日
導水管延長：7,974.45m
送水管延長：5,036.30m
配水管延長：317,582.45m
取送配水ポンプ数：39基
給水能力：45,000m³／日
1日最大給水量：33,879m³
1日平均給水量：25,028m³
年間総給水量：9,135,120m³
年間有収水量：8,069,005m³

●導水管

φ300mm	ダクタイル鉄管	L＝ 204.8m
φ250mm	ダクタイル鉄管	L＝ 748.1m
φ200mm	ダクタイル鉄管	L＝2,682.45m
	石綿セメント管・鋼管	L＝ 4,011.7m
φ150mm	ダクタイル鉄管	L＝ 7.9m
φ 75mm	亜鉛メッキ鋼管	L＝ 319.5m
	計	7,974.45m

●送水管

φ300mm	ダクタイル鉄管	L＝ 501.5m
φ250mm	ダクタイル鉄管	L＝ 1,053.0m
φ200mm	ダクタイル鉄管	L＝ 35.0m
φ150mm	ダクタイル鉄管	L＝ 3,002.8m
φ100mm	ダクタイル鉄管	L＝ 444.0m
	計	5,036.3m

●配水管

φ600mm	ダクタイル鉄管	L＝ 194.90m
φ500mm	ダクタイル鉄管	L＝ 1,679.90m
φ400mm	ダクタイル鉄管	L＝ 539.01m
φ350mm	ダクタイル鉄管	L＝ 4,427.20m
φ300mm	ダクタイル鉄管	L＝10,600.20m
φ250mm	石綿セメント管・鋼管	L＝ 4,001.00m
	ダクタイル鉄管	L＝ 2,121.90m
φ200mm	石綿セメント管・鋼管・塩ビ管	L＝21,792.60m
	ダクタイル鉄管	L＝ 7,240.34m
φ150mm	石綿セメント管・鋼管・塩ビ管	L＝ 35,122.30m
	ダクタイル鉄管	L＝13,347.00m
φ100mm	石綿セメント管・鋼管・塩ビ管	L＝ 99,003.90m
	ダクタイル鉄管	L＝23,190.50m
φ 80mm以下	石綿セメント管・鋼管・塩ビ管	L＝80,795.30m
	ダクタイル鉄管	L＝13,526.40m
	計	317,582.45m

3.松原橋の構造概要

橋　　種：プレストレスコンクリート橋
構造形式：3径間連結ポストテンションＰＣＴ桁橋
橋の全長：72.00m
スパン割：24m×3径間
総幅員：10.40m
有効幅：9.5m
員主桁数：7本
主桁間隔：1.5m

4.管種の選定

1.管の規格・管種
①管の規格：JIS G 5526
ダクタイル鋳鉄管
JIS G 5527
ダクタイル鋳鉄異形管
②管　　種：3種管
③継手形式：K形、KF形
2.防　食
①直管内面：モルタルライニング
②直管外面：標準塗装
③異形管内外面：標準塗装
④急速空気弁内面：エポキシ樹脂粉体塗装
⑤急速空気弁外面：標準塗装
⑥管吊り金具　下塗：さび止め2回
上塗：フタル酸系2回
⑦防食テープ　下地処理：マスチックNo.59ペースト
フランジ部吊り金具部充てん材：マスチックNo.59－M

テープ：
管体部／マスチックNo.59
ＰＰフィルム
吊り金具部／マスチック
No.59ＸＧテープ
仕　上：
ガラスクロステープ
着　色（管体部のみ）：
ポリエステル液塗布（Ｄ
Ｋ－633ＡＰ）
シリコントップコート
（写真3参照）

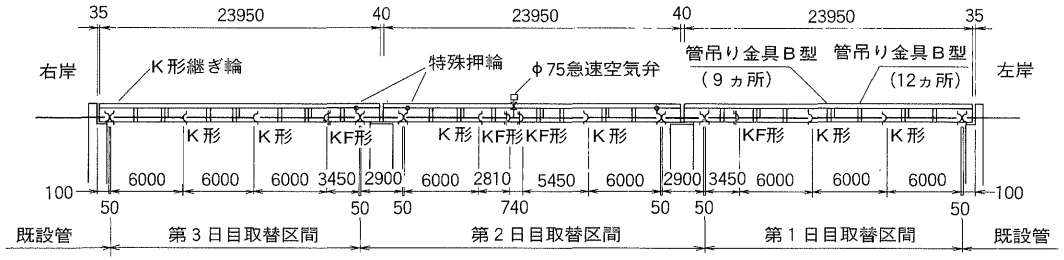
5.呼び径300㎜老朽管撤去およびダクタイル鉄管取付工事

(1) 工事範囲

既設呼び径300㎜の右岸側ドレッサーから左岸側ドレッサーまでの延長70ｍを撤去し、同口径のダクタイル鉄管を取り付けた。（なお取り替えに必要なすべての付属品と工事に必要な架台、足場、吊り金具などを含む）

取り替えに伴う断水時間を最小にするため一径間ごとに取り替えた。（図1参照）

図1　呼び径300mmダクタイル鉄管添架工事側面図



(2) 足　場

足場用吊り金具の吊りボルトを利用して一般部分の仮設足場を設けた。（図2参照）

図2　一般部吊り足場断面

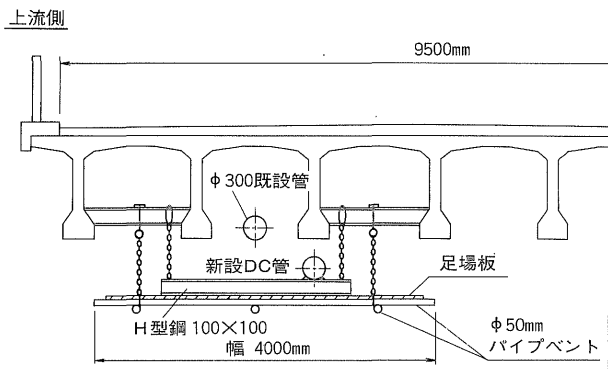
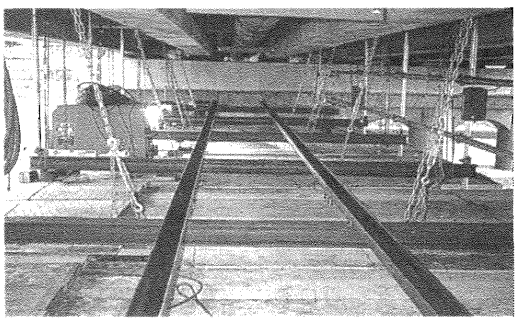


写真1　吊り足場

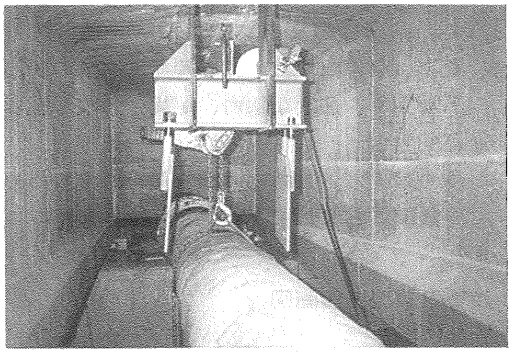


(3) 管吊り金具の事前取り付け

①　12カ所ある平鋼製吊り金具Ａ型は上部をスラブに埋め込まれており、全品取り替えは不可能なので、既設金具をスラブ下端から53㎝で切断し、新設の吊り金具とボルト接合とした。そのために既設の吊り金具

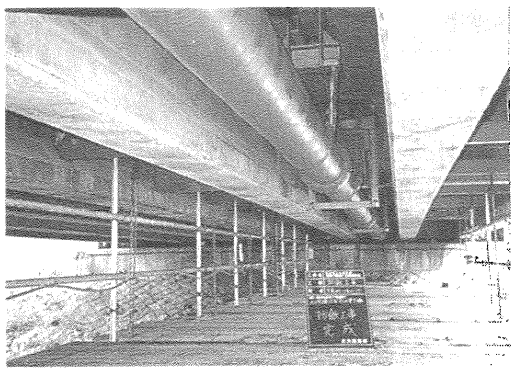
のさび落とし、塗装、切断位置のマーキング、孔開け、吊り金具（管バンドを除く）の取り付けを行った。（写真2参照）

写真2　管吊り金具Ａ型



② 9カ所ある山形鋼製吊り金具Ｂ型は上部を橋横桁のアンカーにボルト締めしており、既設金具と新設の吊り金具とボルト接合とした。そのために既設の吊り金具のさび落とし、塗装を行い、切断位置のマーキング、孔開け、吊り金具（管バンドを除く）の取り付け、既設管をレバーブロックにて吊り金具に繋いだ。（写真3参照）

写真3　管吊り金具（手前Ａ型、向側Ｂ型）

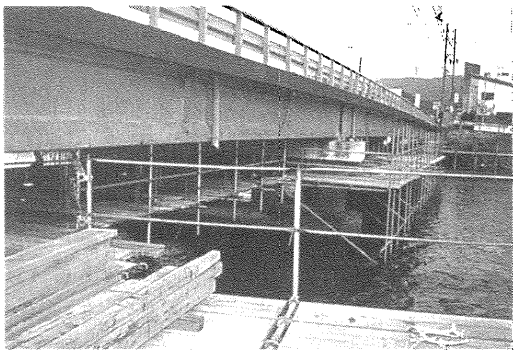


(4) ステージング

① 右岸側上流および左岸側上流にパイプベントを用いてステージングを設けた。

② 中央径間部にパイプベントを用いてステージングを設けた。（写真4参照）

写真4　ステージング



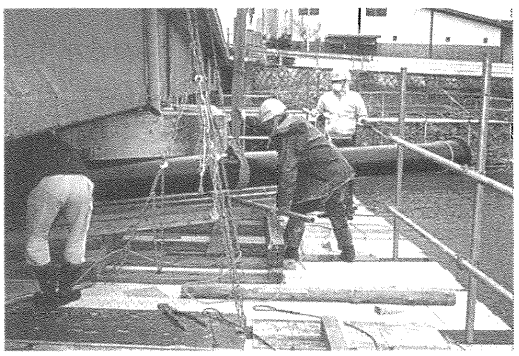
(5) ダクタイル鉄管の搬入、小運搬、接合

① 松原橋の上にトラックを止め、レッカーによって管を吊り、中央径間部のステージング上に荷下ろしした。

② 管を主桁の下にコロなどを使用して引き込み、（写真5参照）主桁下の吊り足場上の台車に載せて所定の位置に移動した。

③ ダクタイル鉄管を各径間ごとに、既設管の真下より約1ｍ下流側で接合した。

写真5　管吊り込み



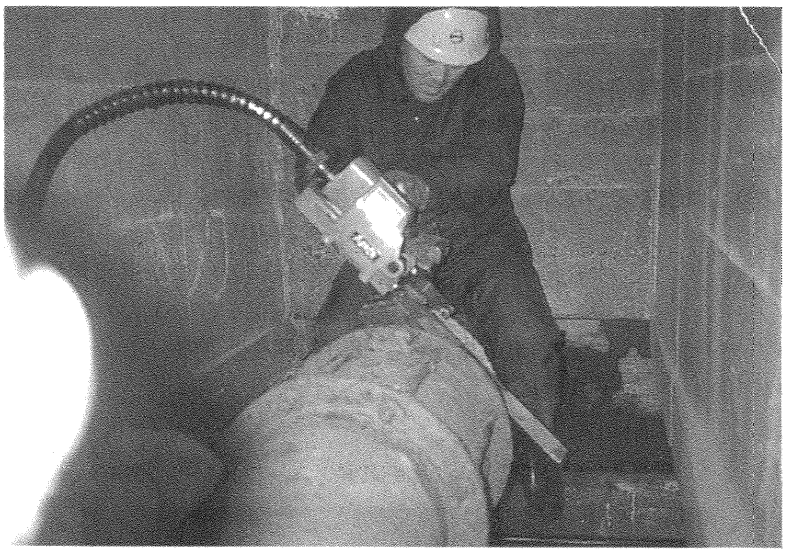
(6) 老朽管の取り外し、撤去

① 断水と同時にドレッサー2カ所とビクトリック10カ所の継手部近くの管をガス切断した。（写真6参照）

② 続いて既設吊り金具を切断した。

③ さらに既設管をレバーブロックを使って吊り降ろし、ダクタイル鉄管の取り付けの邪魔にならぬ位置に移動した。

写真6　既設管の切断



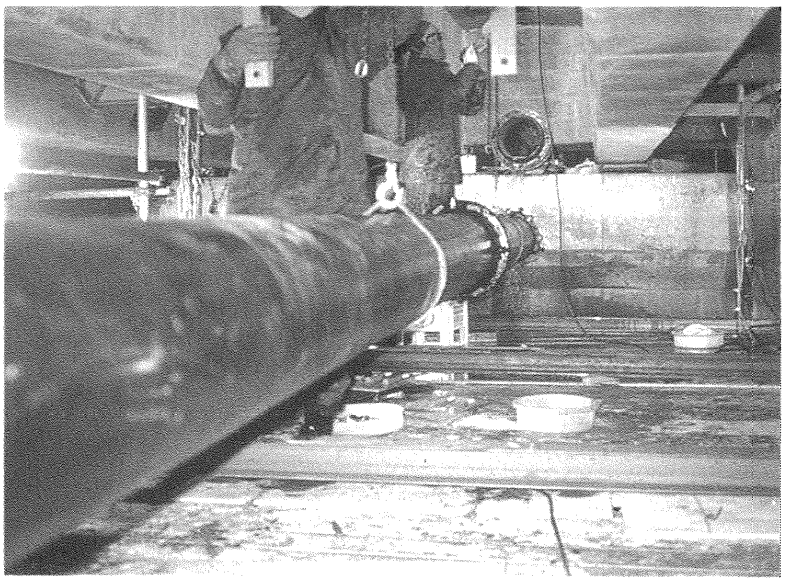
④　ダクタイル鉄管の取り付けが完了したあと、ステージングを通って撤去した。

(7) ダクタイル鉄管の添架

①　径間ごとに、既設管の真下より約1m下流側で接合した管路（側径間L＝22.45m中央径間L＝21.00m）を約1m上流側に移動した。

②　吊り金具にフックをかけて管を少しずつ吊り上げ、所定の位置までレバーブロックで調整し、管バンドで取り付けた。（写真7参照）

写真7　ダクタイル鉄管と取り替えのための吊り上げ



③ 橋のほぼ中央部のF付T字管に仕切弁を介して空気弁を取り付けた。（写真8参照）

④ 側径間の管路と中央径間の管路との連絡にはL＝2.9mの乙切管を用い両端を継ぎ輪で接続した。

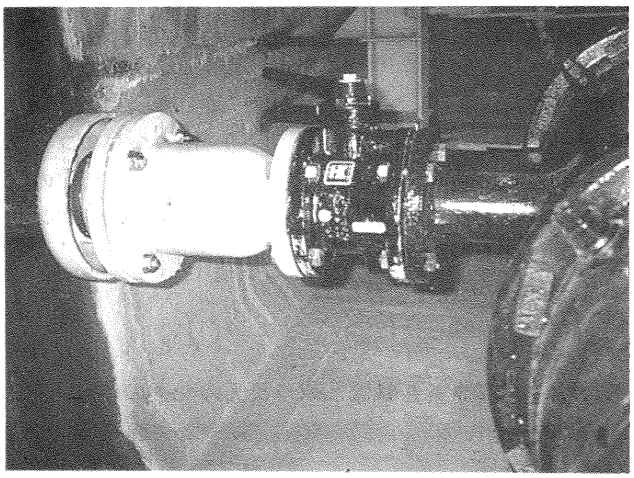
⑤ 側径間の管路と既設管との連絡も継ぎ輪で接続した。

6.おわりに

この取替工事にダクタイル鉄管を採用したこと、取替工事に先立って管吊り金具を準備し、取り付けたことにより、今回の配水管取替工事は作業性、安全性および経済性からみて非常に効果的な作業になった。もしどれかでも他の選定をしていたら、こうはうまくいかなかったと思う。特に取り替えを各径間ごとに3回に分けて行った結果、当初考えていた断水時間8時間30分を大幅に4時間も短縮できたのは驚異であった。

最後にこの松原橋添架管の取替工事にあたり、施工を行っていただいた正光設備㈱の方方に深く感謝申し上げる。

写真8 呼び径75㎜急速空気弁、モノタイト補修弁



Technical Report 5

技術レポート

〈速報〉

1995年兵庫県南部地震での地盤変状(埋立地)および水道管路被害状況調査結果概要

日本ダクタイル鉄管協会技術委員会
兵庫県南部地震調査部会

1.地震の諸元

(1)発生日時：平成7年1月17日
午前5時46分
(2)震 源 地：兵庫県淡路島北端
(北緯34.6度、東経135.0度)
(3)震源深さ：14km
(4)規　　模：マグニチュード（M）7.2
(5)震　　度：震度Ⅵ～Ⅶ（神戸、芦屋、西宮、宝塚、淡路島）
図1に震度分布を示す。

2.地震動の大きさ

・最大加速度を図2に示す。
・神戸での加速度記録波形（神戸海洋気象台）を図3に示す。

3.地質構造

神戸市～西宮市間の地質図（含む、活断層）を図4に示す。

4.液状化発生地盤での地盤変状調査結果

1.ポートアイランド
六甲アイランド（神戸市）

地盤の液状化が発生し、写真1～4に示すように、40～60cmの地盤沈下や、地盤に8～20cm程度の亀裂が見られた。

なお、ポートアイランド内で採取した砂は、日本港湾協会による液状化発生の可能性範囲に入っていた[5]。（図5参照）

2.深江浜（神戸市）

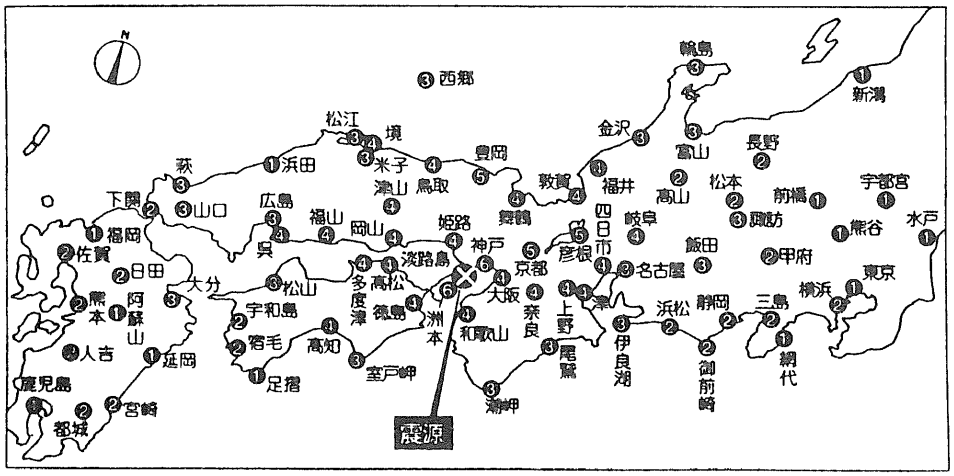
当場所も写真5～7に示すように2m程度の護岸のはらみ出しや、40～50cmの地盤沈下、10～50cm程度の地盤亀裂が見られた。

3.芦屋浜（芦屋市）

当場所も写真8、9に示すように、1m程度の護岸のはらみ出しや10～60cm程度の地盤亀裂が見られた。

深江浜および芦屋浜地区で見られた地盤亀裂の大きさなどの状況を図6に示す。

図1　震度分布（気象庁発表）[1),2)]



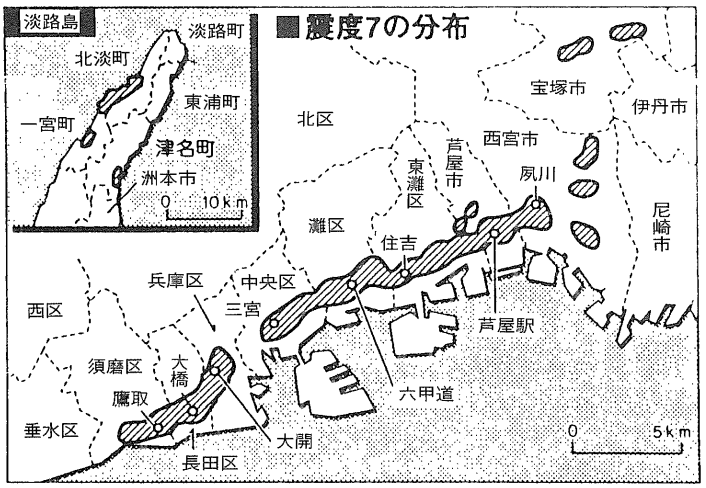


写真1　地盤沈下状況
（沈下量40～60cm、ポートアイランド）

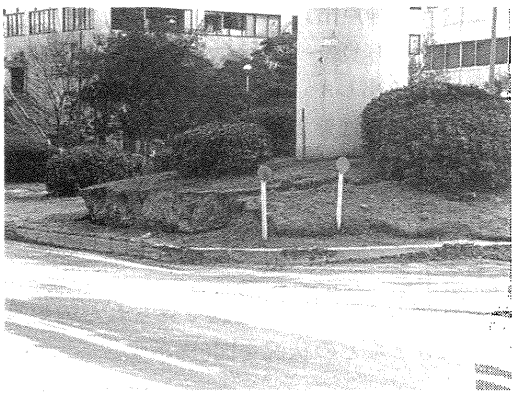


写真2　地盤亀裂状況
（亀裂幅8cm、ポートアイランド）

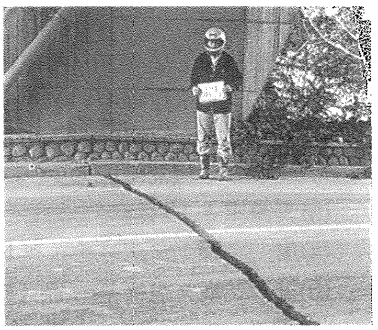


写真3　地盤亀裂状況
（亀裂幅20cm、六甲アイランド）

図2　最大加速度[3)]

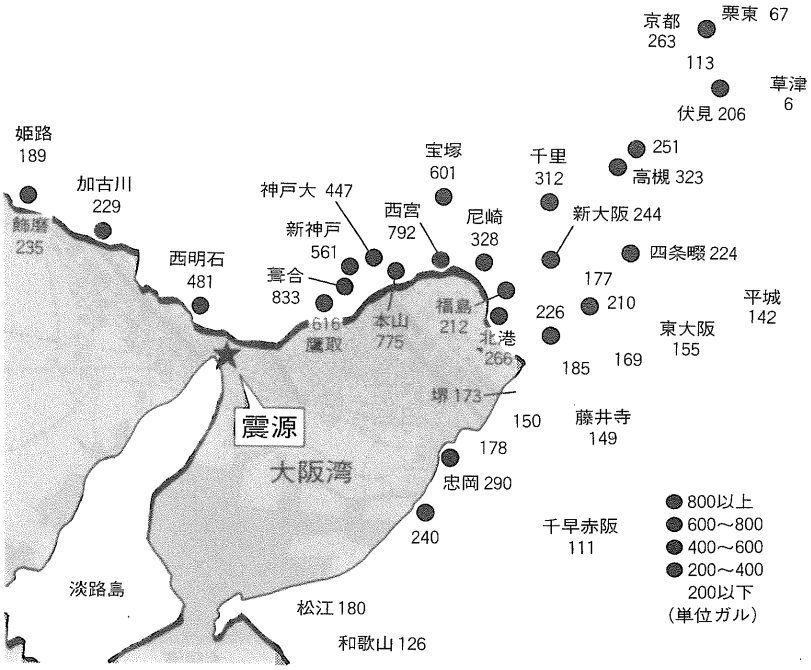


図3　加速度記録波形（神戸海洋気象台）

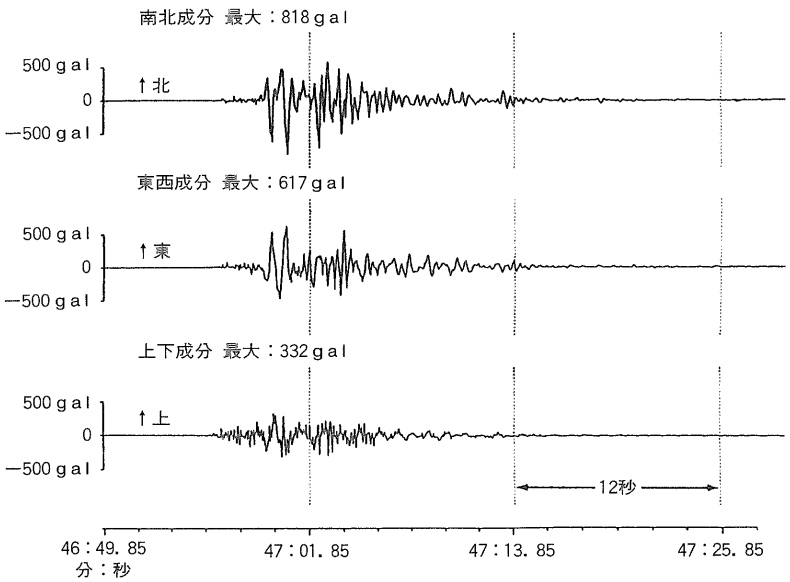


図4　神戸市～西宮市間の地質図[4)]

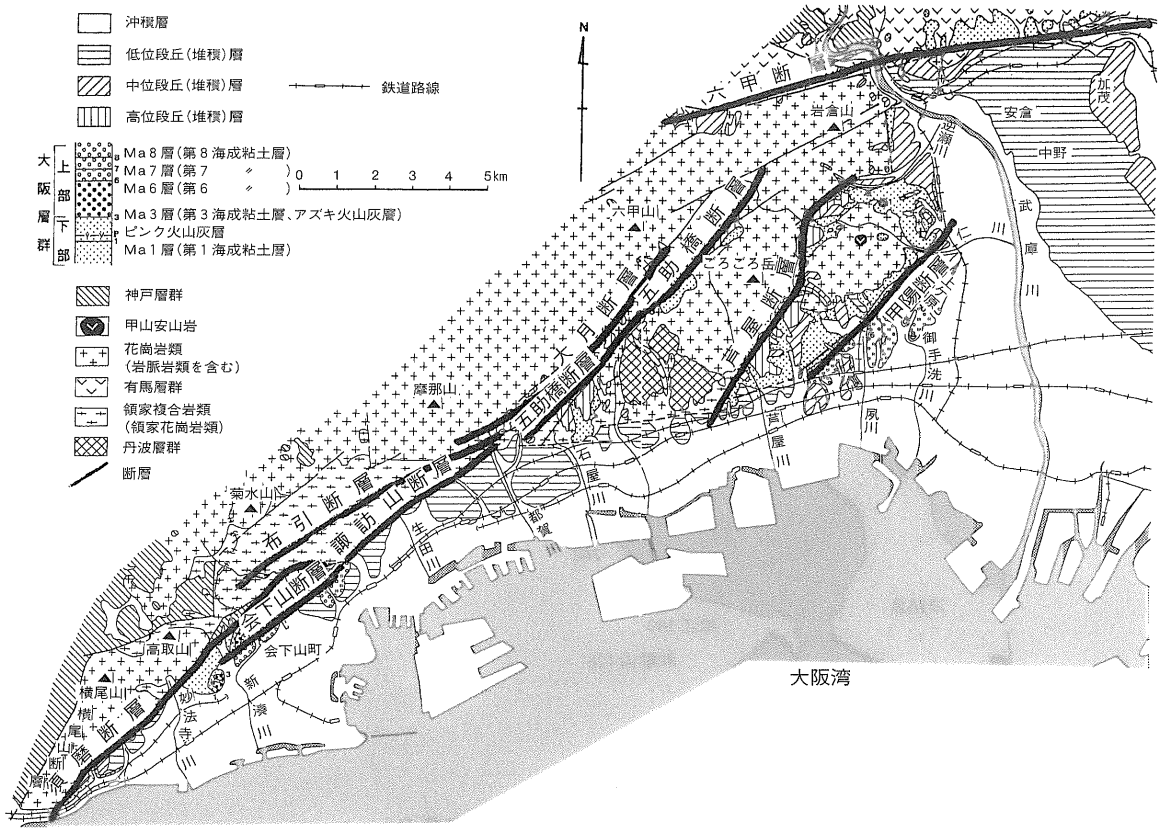
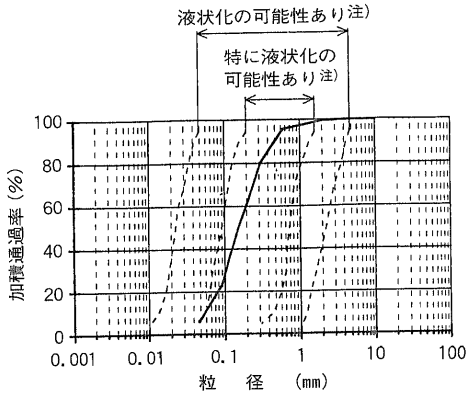


図5　噴砂地点から採取した砂の粒土分布
(砂の採取場所：ポートアイランド港島中町4丁目)



注）日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説、１９７９年

写真4　護岸のはらみ出し状況
(六甲アイランド)

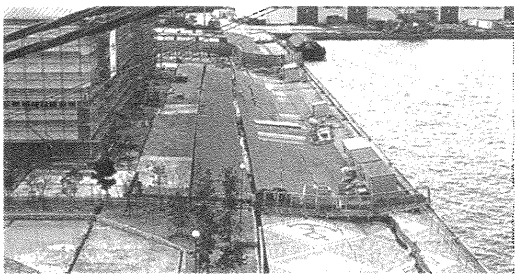


写真5　護岸のはらみ出し状況（深江浜）

図6　深江浜および芦屋浜地区の地盤亀裂の大きさと方向

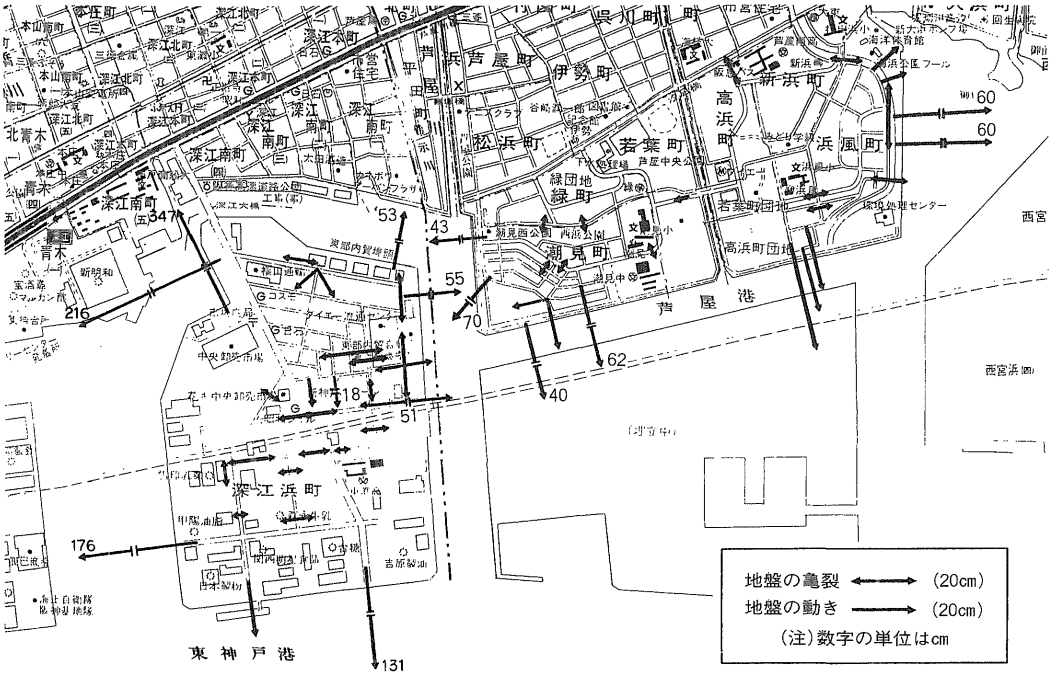


写真6　地盤の沈下状況
(沈下量40～50cm、深江浜)

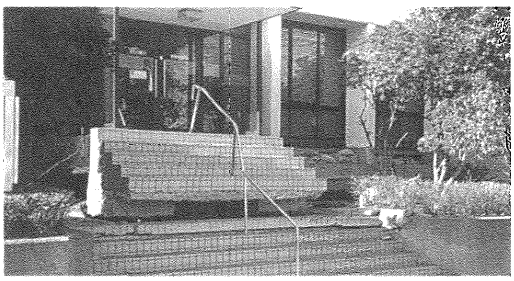


写真7　地盤亀裂状況
(亀裂幅36cm、深江浜)

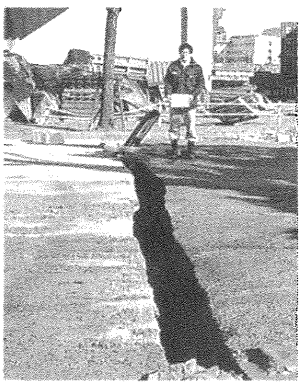


写真8　地盤亀裂状況
(亀裂幅35cm、芦屋浜)

写真9　地盤亀裂状況
(亀裂幅60cm、芦屋浜)

5.管路被害状況例

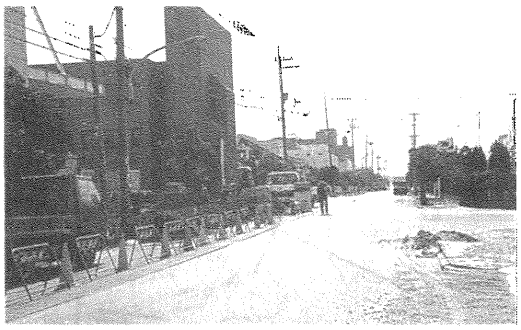
管路の被害状況例を以下に示す。

現在（3月15日現在）、被害状況の全体は把握していないが、管路の被害は主に次の所で見られた。

①液状化地盤、軟弱地盤（埋め立て地など）
②造成地（地盤急変部）
③傾斜地（坂道など）
④護岸（海、河川）近傍（護岸のはらみ出しに伴うもの）
⑤盛土部（盛土の崩壊などに伴うもの）
⑥構造物の取り合い部

管路の被害状況を写真10～15に示す。

写真10　液状化した地盤での被害例
（FC φ200 T字管折損）



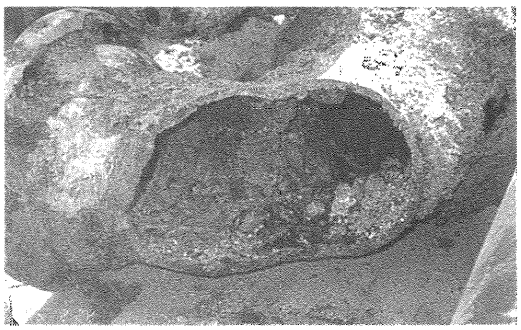


写真11　造成地での被害例
（FC φ450継手部破損）

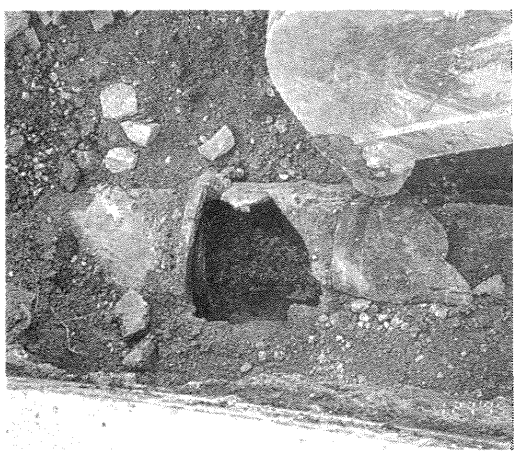
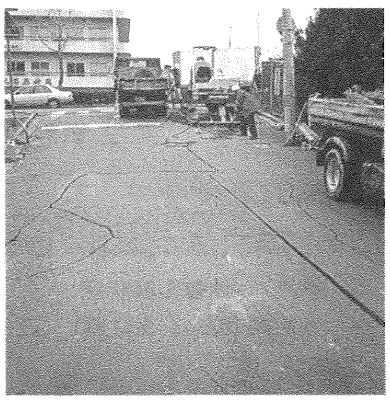
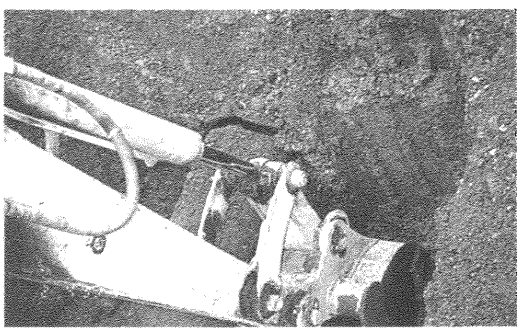


写真12　傾斜地での被害例
（FC φ300折損）





6.耐震管路について

耐震継手（S形、SⅡ形）は、埋め立て地（液状化地帯）、造成地などで多く使用されており、震度Ⅶ地帯にも布設されていた。

今回の地震でも、耐震継手に問題が発生しておらず[6),7)]、その有効性が実証された。

図7　SⅡ形、S形継手（耐震継手）の構造

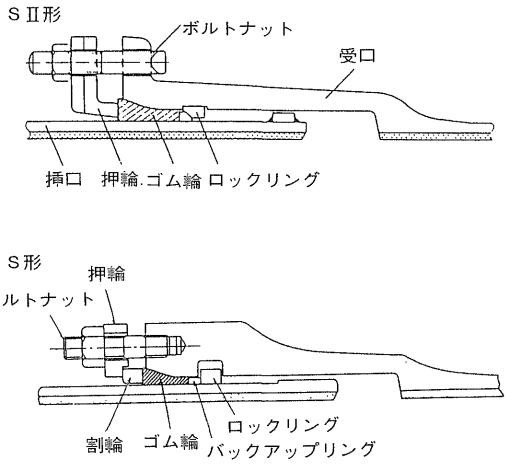
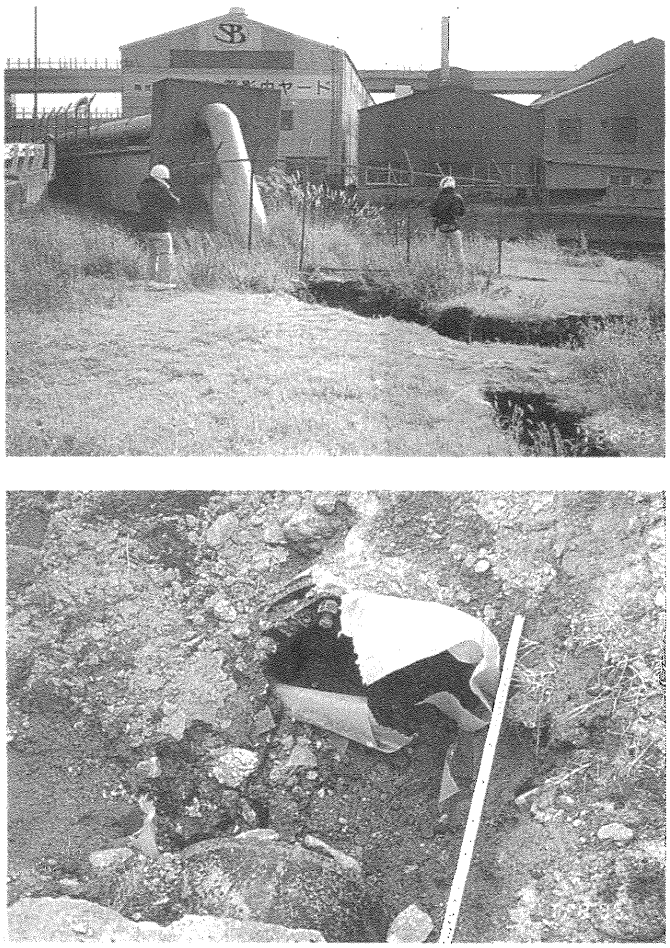


写真13　護岸のはらみ出しに伴う被害例（DIPφ300継手離脱）



7.おわりに

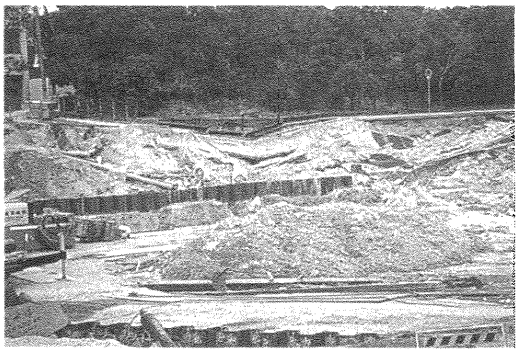
現地調査時、神戸市水道局殿、芦屋市水道部殿、西宮市水道局殿などの関係の方々には大変お世話になりました。紙面をお借りし厚くお礼を申し上げます。

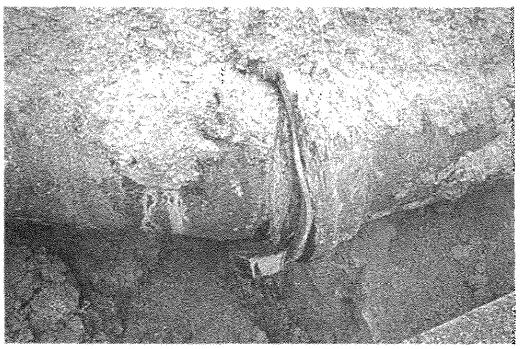
参考文献、資料)

1)朝日新聞：1月17日夕刊
2)読売新聞：2月8日朝刊
3)読売新聞：1月31日朝刊
4)市 原 実：大阪層群、創元社、第1版、1993年
5)日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説、1979年
6)水道産業新聞：2月13日
7)朝日新聞：3月12日

写真15 構造物の取り合い部の被害例
(FC φ200折損)

写真14 盛土の崩壊に伴う被害例
(FC φ450継手部抜け)





ダクタイル鉄管第57号

平成6年10月

Technical Report

技術レポート 1

国道302号東北部共同溝における呼び径1350㎜ダクタイル鉄管入溝工事について

名古屋市水道局建設部
建設課工務係　黒田松司
建設工事事務所
工 事 第２係　高村美根男

1. はじめに

本市の水道は、木曽川の清く豊かな流れに恵まれ、大正3年9月に鍋屋上野浄水場から給水を開始して以来80年の歴史を築いてきた。

最近では、質的にも高い水準の水道が求められ、量的にも質的にもより一層「安定した給水サービス」を確保するとともに、「安全でおいしい水」を供給していく必要がある。

とりわけ、安定給水の確保と地震など、災害に対する施設の安全性を一層強化するため平成4年度からは「水道基幹施設整備計画」にしたがい浄水場をはじめ老朽化した基幹施設の整備を図るとともに、浄水場間や配水場間の相互連絡のため送・配水幹線の整備を進めている。

現在、春日井・黒石・名西の各送・配水幹線の布設計画を立て工事中であり、鳴海配水場への送水を目的とした黒石送水幹線は、国道302号東北部共同溝への入溝を共同溝建設に同調して施工する工事である。

この入溝工事は、建設省の共同溝整備計画にあわせて入溝計画を立て、呼び径1350㎜ダクタイル鉄管による水道管路を建設するもので、今回、入溝予定区間の一部を施工したので、その概要を報告する。(図1参照)

2. 入溝計画

黒石送水幹線の共同溝入溝予定区間の基本的な建設計画は、次の通りである。

(1)共同溝標準断面

東北部共同溝は、水道のほかに電力ケーブル・電話ケーブルが入溝を予定している。(図2参照)

なお、通常共同溝は企業ごとに隔壁を設け個室となっているが、東北部共同溝では、占有面接の有効利用のため、電話ケーブルと水道管路を同じ個室内に入溝することとし

図1　黒石送水幹線ルート図

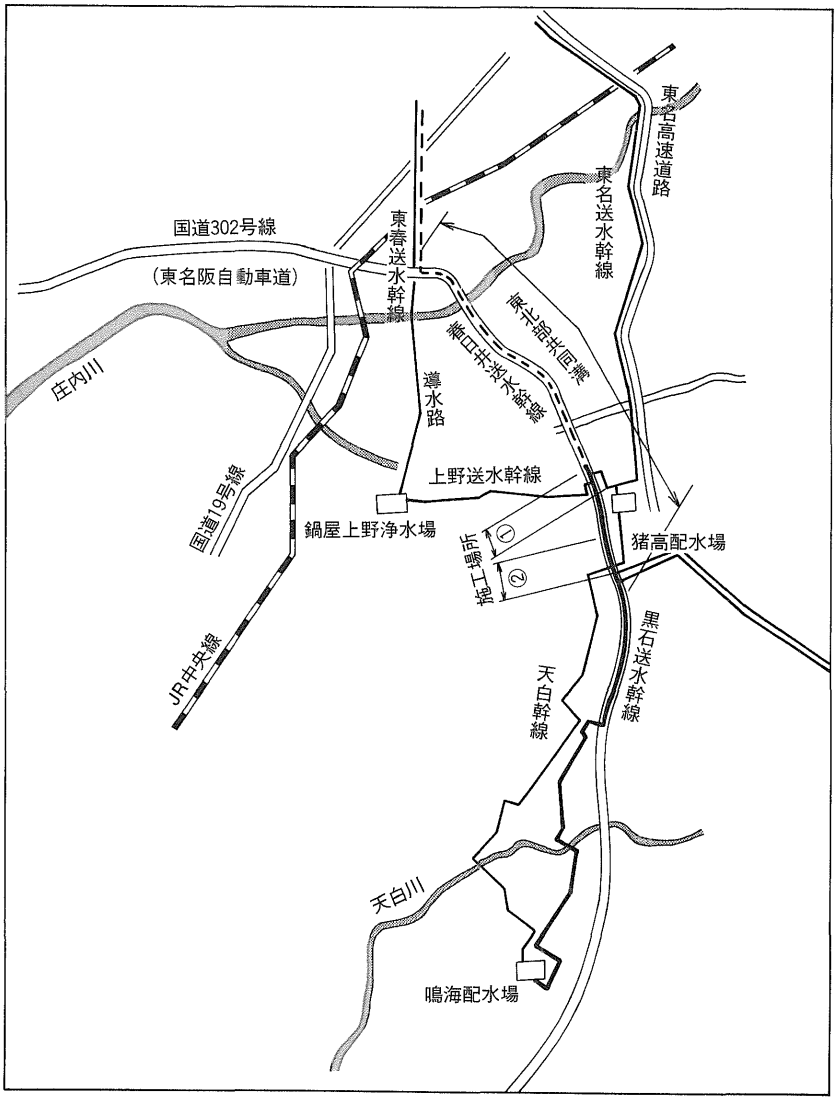
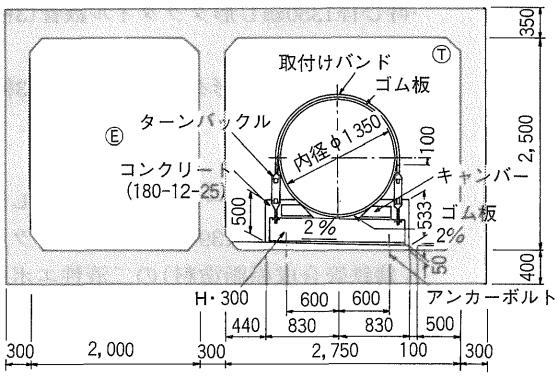
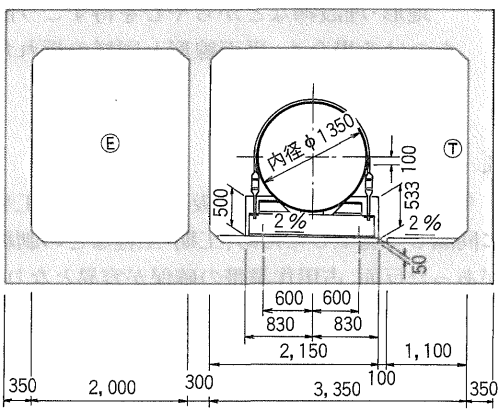


図2　共同溝標準断面図

①猪子石共同溝



②名東（Ⅰ）共同溝



た。

(2)標準内空寸法

通常、内空寸法は呼び径・施工性・維持管理などを考慮して、次を標準としている。(図3参照)

(3)材料搬入口

共同溝完成後、入溝工事を行うに当たって、鉄管材料・施工資器材を搬入するために必要な施設である。

設置間隔は、原則として300m程度に1カ所としている。また、その設置位置については、将来の入溝計画とあわせて中央分離帯・緑地帯などの道路施設位置とし、入溝施工性・維持管理を考慮するとともに、建設省と協議して決定している。(図4参照)

図3　標準内空寸法〔鋳鉄管(メカニカル継手)〕

(単位mm)

呼び径	管　種	幅	高　さ	摘　要	幅	高　さ
1350	鋳鉄管	2,650	2,550	750	2,800	2,750
1800	鋳鉄管	3,100	3,050	750	3,350	3,300

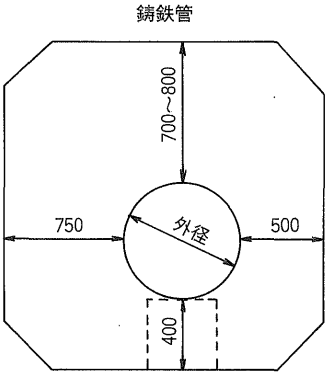
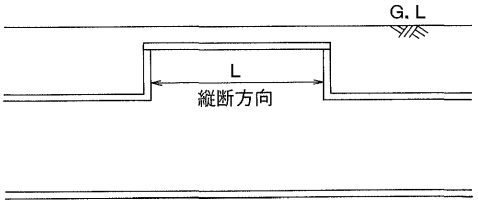


図4　材料搬入口

(単位mm)

呼び径	幅	縦断方向	備　考
1350	2,650	5,000	直管　4,000
1800	3,100	5,500	直管　4,000



(4)平面線形

入溝中心線の折れ角最大値は、平面角$22\frac{1}{2}°$とし、平面線形における折れ角は、$22\frac{1}{2}°$・$11\frac{1}{4}°$・$5\frac{5}{8}°$の3種類としている。

(5)縦断線形

縦断線形は、入溝時の施工性などを考慮し、極力水平に近いこう配とする。

地形・埋設物などからやむを得ずこう配をつける場合も、平面線形と同様の折れ角としている。

3. 工事概要

今回の入溝工事は、東名阪自動車道建設工事に同調して施工したため、工期・工程などの制約があった反面、占用作業帯の確保が容易となり、入溝工事も比較的効率よく施工できた。

工事の概要は次の通りである。

(1)施工場所および期間

①名東区香南一丁目(猪子石共同溝)
平成5年4月1日～5年8月31日

②名東区社台三丁目(名東(Ⅰ)共同溝)
平成5年4月1日～5年8月31日

(2)布設内容

・呼び径1350mmU形ダクタイル鉄管(3種4m管)～290m

・呼び径1800mmU形ダクタイル鉄管(3種4m管)～20m

(3)外面塗装仕様

亜鉛系プライマーを約20μm塗装したあと、JWWA　K　139－92(水道用ダクタイル鋳鉄管合成樹脂塗料)の二液性エポキシ樹脂塗料(黒色)を200μm以上塗装する。

(4)使用搬入口

2,650㎜×5,000㎜～3カ所

(5)縦断線形

(図5･6参照)

図5　縦断図(①猪子石共同溝)

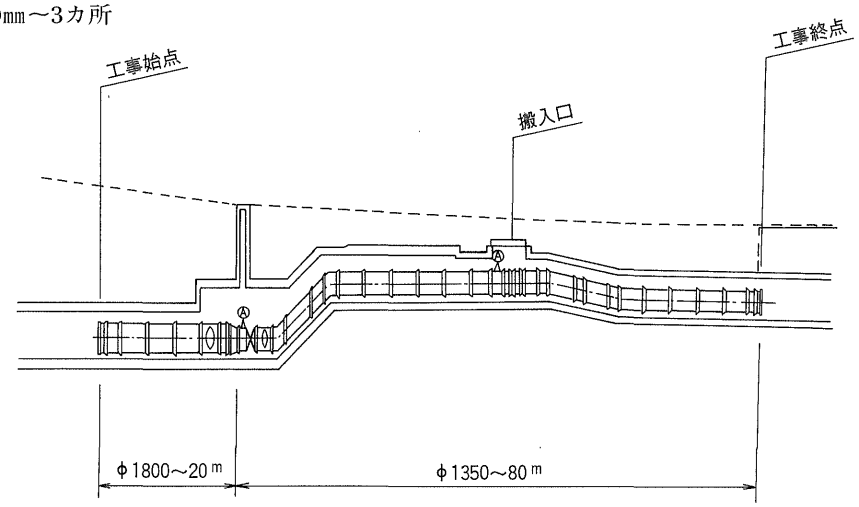
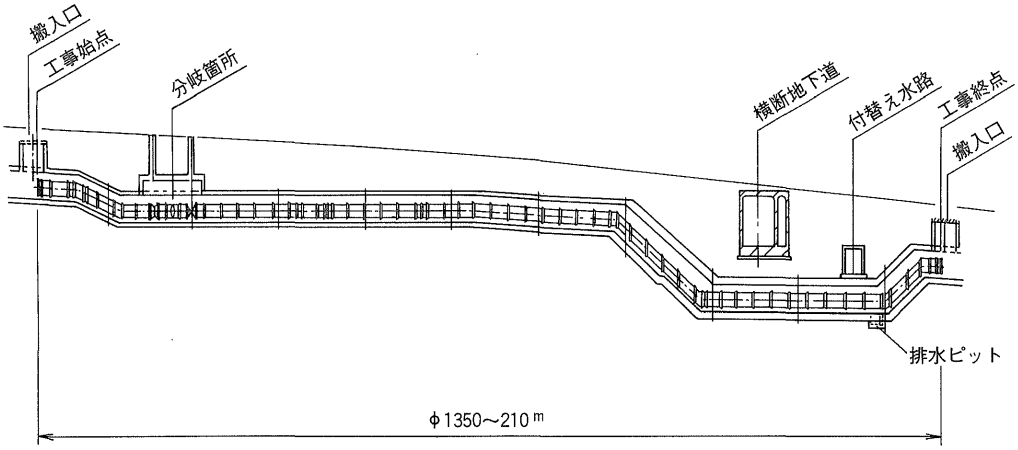


図6　縦断図(②名東(Ⅰ)共同溝)



4. 施　工

(1)搬入口開口工事

軽量鋼矢板にて土留を行い、搬入口を確保した。また、掘削箇所の周辺は、単管パイプで安全柵を設け、作業終了後は防護ネットで安全養生した。作業員の出入りは、搬入口に作業路の確保が難しいため、近くの換気口を利用した。

今回の入溝工事に使用した搬入口は、国道302号線本線上に位置するため、国道開通後の入溝には、車両通行制限を伴うなど相当な工事制約が予想されたため、共同溝本体工事完了直後に施工する必要があった。

搬入口の設置位置は、原則として入溝計画で述べた通りであるが、本体工事箇所のように専用自動車道、入溝他企業の構造条件、占用位置など、さまざまな要因により搬入口を最適位置に設けることは難しかった。(図7参照)

このように搬入口の設置位置は、今後も入溝工事における重要な検討項目である。

図7　横断面図

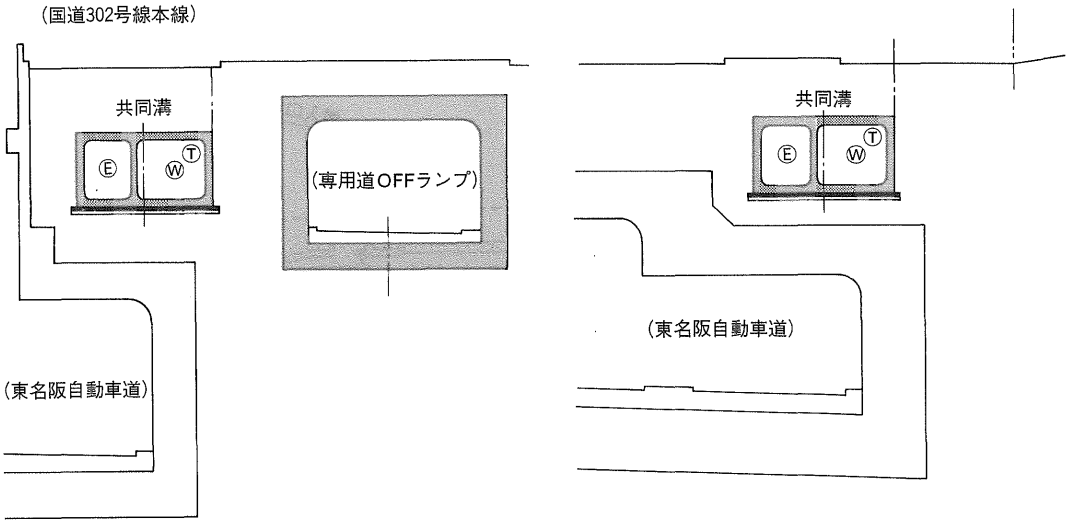
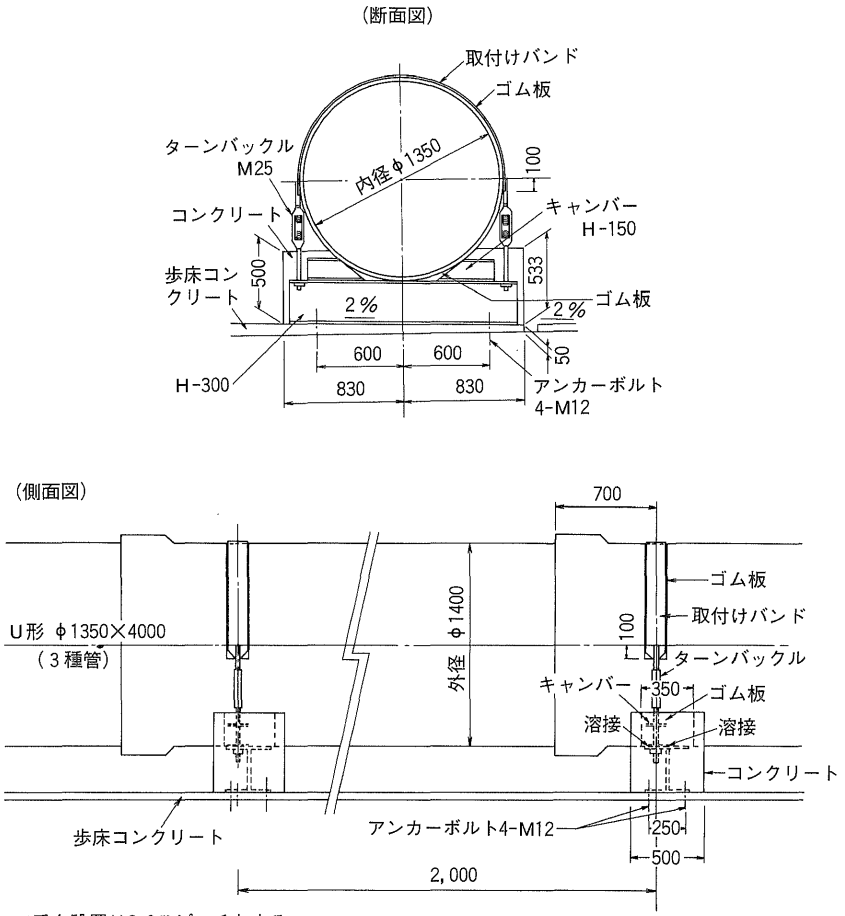


図8　受台工図



※受台設置は2.0ｍピッチとする。
　ただし、取付けバンドは4.0ｍピッチとする。

(2)管材料の運搬および据付け工事

ダクタイル鉄管の吊り降ろしは、トラッククレーン(20～25トン吊り)を常駐させて行った。

ダクタイル鉄管は、配管台車などを使用して所定の位置まで運搬し、縦断こう配部は天井フックにより、また、水平配管部では手押し門型台車を用いて、管の据え付けを行った。

なお、本工事では縦断こう配部の運搬にはウインチを使用した。

このように、入溝工事では現場条件にあわせてダクタイル鉄管をいかに安全で効率よく運搬できるかを検討することが重要である。

(3)受台工および異形管防護工事

ダクタイル鉄管をH形鋼に固定完了後、コンクリートを打設して受台とし、同時に締付けバンドの露出部はＳＵＳ304を使用し、耐食性に配慮した。(図8参照)

また、異形管布設完了後、共同溝下床版にあと施工アンカーを打ち込み、コンクリートを打設して管防護を施工した。特に、上弧曲管部においては、防護コンクリート上部にH形鋼(ＳＵＳ304)を取り付け、反力受けとしている。

ダクタイル鉄管据え付け後のコンクリート工事おいて、狭い共同溝内でのコンクリート打設作業は、点在する受台工など打設箇所ごとに、コンクリートポンプ圧送管の組み立て・撤去などが必要となり、作業効率がきわめて低くなっている。

(4)その他

共同溝内は、地下水位などの関係で湿度が常に高く、場所によっては共同溝の天井・壁まで結露している。そのため、ダクタイル鉄管をポリエチレンスリーブで被覆し、管体上部の局部的な腐食を防止することとした。

また、共同溝の維持管理に必要な付帯設備として、照明設備・給排水設備・換気設備などの各種設備工事を伴うので、入溝工事に際しては、これらの設置位置などの工事協議が必要である。

5. おわりに

今回の工事は、搬入口ごとの入溝延長も100～150ｍと比較的短く、良好に施工することができた。

また、施工に際しては各種の留意点や改善点が解明された。今後の共同溝工事においてこれらの成果を参考にして設計・施工面でよく検討し、入溝計画に反映していく考えである。

写真1　ダクタイル鉄管の現場仮置状況

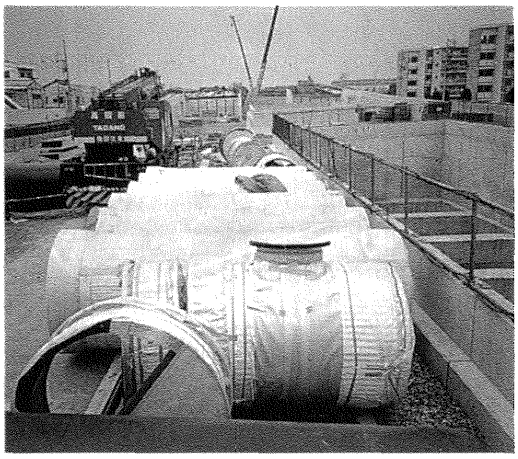


写真2　ダクタイル鉄管の吊り降ろし状況

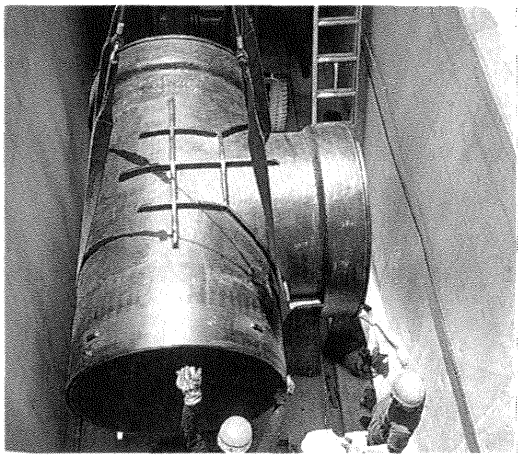


写真3　直管の運搬状況

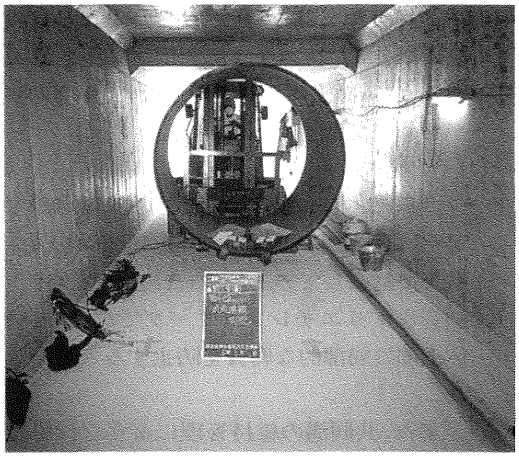


写真4　手押し門型台車

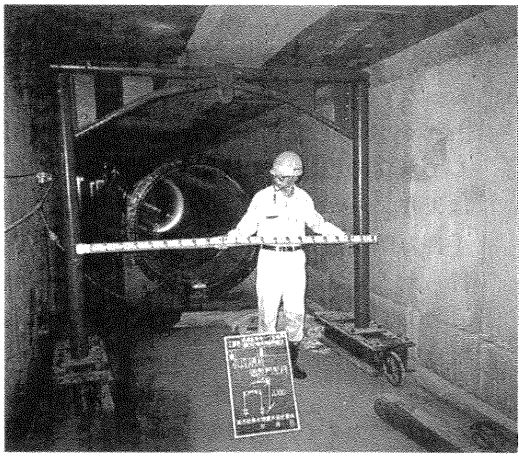


写真5　布設完了(ポリエチレンスリーブ被覆)

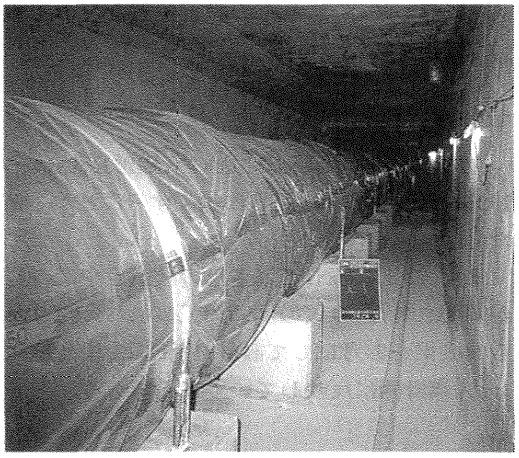


写真6　猪子石共同溝垂直こう配部

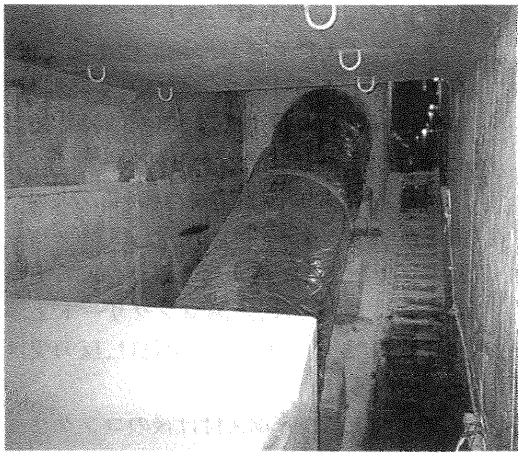


写真7　名東(Ⅰ)共同溝垂直こう配部

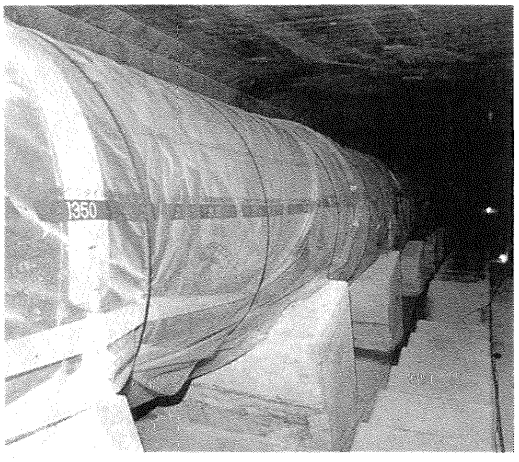


写真8　開通後の国道302号線
(搬入口設置箇所付近)

Technical Report

技術レポート 2

沖縄宮古島～来間島を結ぶ来間農道橋1.7㎞に呼び径300mmダクタイル鉄管を添架

沖縄開発庁沖縄総合事務局
宮古農業水利事業所

1. はじめに

国営かんがい排水事業宮古地区は、沖縄本島の南西約300㎞に位置する宮古島および来間島からなる面積約160㎢の農業地帯である(図1参照)。

本地区では、珊瑚礁からなる琉球石灰岩に覆われた平均標高60mの平坦な台地を利用して砂糖黍などの畑作物が栽培されているが、かんがい施設が皆無に近い状態であるため、しばしば干ばつの被害を被ってきた。このため、既設の皆福地下ダムおよび仲原流域の地下水ならびに農用地整備公団が新設する砂川地下ダム・福里地下ダムを水源とした農業用水を確保し、併せて県営および団体営の関連事業によりかんがい施設の設置、ほ場整備などを行い、農業経営の安定と近代化を図ることを目的としている。事業の進捗率は、平成5年度末時点で4割近くに達し、すでに300haの畑地が散水可能となっている。

今回紹介する来間島導水路は、野原2号幹線水路から分岐して砂川地下ダムの地下水をファームポンド(写真5参照)にポンプアップしたあと、来間島へ送水するためのパイプラインであり、昭和62年事業着工時点においては全長3,330mのうち海底送水部1,500mで計画されていたが、その後、宮古島と来間島を結ぶ来間農道橋(写真1参照)が採択されたことに伴って路線変更を行い、送水管を農道橋に添架することとしたものである。

パイプラインの添架については橋梁本体と一体的に施工する案もあったが、橋梁本体施工後、地覆施工前の時期に添架することが最適となることから分離施工とした。このため添架に当たっては、橋梁本体を工事用道路として使用するとともに移動仮設足場を製作し、橋梁工事に支障を来たすことのないように配慮した。ただし、パイプを支えるブラケットの取付用アンカーに

ついては、橋梁本体に県農林土木事務所の協力のもとで事前に取り付けておいた。

また、管種の選定については、施工性、維持管理、経済性、水密性、耐用年数などを考慮してダクタイル鉄管とした。ダクタイル鉄管の場合、土中埋設ならば特別な防食を必要としないが、本管の場合は海上部で露出管となるので特殊な外面塗装を行った。以下にその概要を紹介し、ご参考までに報告する。

2. 来間島農道橋梁上部工事概要

工　　期：平成2年7月19日－平成7年3月15日（橋面工含まず）

工事場所：沖縄県宮古島下地町与那嶺前浜～来間島（全長1,690m）

構造形式：

	航路橋部	主橋部	
橋　種	プレストレスコンクリート橋		
構造形式	3径間連続ＰＣ箱桁橋	3径間連結ポストテンションＰＣ　Ｔ桁橋	中空床版橋
橋　長	1,690m		
	160m	1,514m	16m
桁　長（スパン割）	3径間（45+70+45）	3径間（10×120）	1径間
		2径間（3×80+74）	
幅員構成	車道＋歩道＋地覆＝全幅員 6.25 + 1.50 +1.00 = 8 75m		

3. 来間島農道橋梁添架管設計施工

1. 設計検討事項

①全体検討事項

1)管種は管径、支持間隔長、荷重などの架設条件を考慮して、もっとも適切なものを選ぶこと。

2)橋梁の可動端の位置に合わせて伸縮継手を設ける。

3)橋台、橋脚部にはたわみ性の継手を設け、径間中間においても動荷重によるたわみの大きい場合は、適当にたわみ性の継手を設ける。

4)添架管のもっとも高い位置に空気弁を設ける。

5)洋上配管の場合は特に防食対策を配慮する。

②管の添架位置

橋桁の最低線より下に管がはみ出なければよい。

③管の添架方法

1)吊ブラケット添架

2)張出しブラケット添架

3)横桁穴貫通添架

④添架ブラケットの間隔

1)管1本に2カ所

2)管1本に1カ所

3)管2本に1カ所

⑤管の継手形式

1)管1本に受台2カ所の場合

Ｋ形、Ｔ形、ＳⅡ形

2)管1本または2本に1カ所の場合

ＳⅡ形

⑥管梁の強度計算

ダクタイル水管橋設計方法に準ずる。

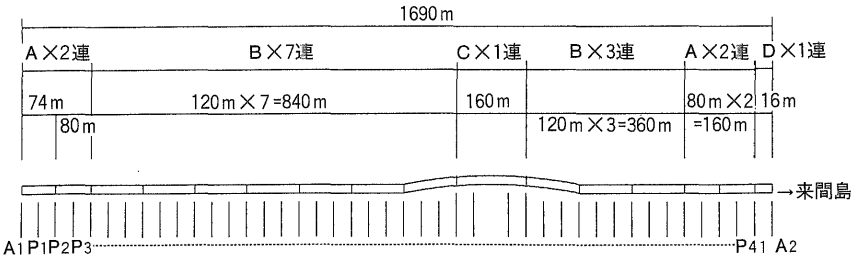
⑦ブラケット

1)強度計算：ＪＤＰＡ　Ｔ30「下水道用ダクタイル管路　設計と施工」の34ページを参照。

2)形状寸法：ＷＳＰ水管橋設計基準の42ペー

図1　位置図

図2　来間農道橋側面図



A：2径間連結ポストテンションＰＣ　Ｔ桁橋
B：3径間連結ポストテンションＰＣ　Ｔ桁橋
C：3径間連続ＰＣ箱桁橋
D：1径間中空床版桁橋
A1～A2：橋台番号
P1～P41：橋脚番号

ジを参照。
3)材質および塗装
⑧ブラケットの橋体への取付け
1)アンカーボルト打ち込み
2)インサートアンカー埋め込み
3)ケミカルアンカー
⑨添架による橋体への影響
1)管取り付け部分での部材への影響
2)橋桁の軸方向の応力およびたわみの影響
3)橋台、橋脚の反力の影響
⑩橋台の貫通
1)さや管埋め込みの場合
隙間の充てん材の選定(アスファルト、ウレタン、エポキシモルタルなど)
2)鉄筋コンクリート巻き立て
⑪塗覆装
1)内面
①モルタルライニング
②液状エポキシ樹脂塗装
③エポキシ樹脂粉体塗装
2)外面
JDPA　Z　2009により検討を行う。
⑫鋼管との比較
強度、耐久性、施工性、経済性
⑬添架工事仮設
1)移動踊場式
2)パイプ足場式
⑭準拠する基準
1)土地改良事業標準設計第4編パイプライン解説書(農林水産省構造改善局)
2)道路橋設計製作示方書(日本道路協会)
3)水道施設設計指針・解説(日本水道協会)
4)ダクタイル管による水管橋の設計と施工(日本ダクタイル鉄管協会)

2. 設　計
①管　種:ダクタイル鉄管
②呼び径:300㎜
③継　手:一般部…T形　　曲がり部および橋台、橋脚部…SⅡ形
④管　厚:T形…5.0㎜(B種管)　SⅡ形…6.5㎜(3種管)
⑤空気弁:呼び径75㎜急速空気弁(補修弁付)
…3カ所
⑥添架橋桁の形式:プレストレスコンクリート橋の箱桁、T桁、中空床版桁
⑦管の添架位置
床版上面から管中心まで1,140㎜
⑧管の添架方法
T桁、箱桁は張出しブラケット添架。中空床版桁は吊りブラケット添架。
⑨添架ブラケットの間隔
管1本に2カ所(2～3.5ｍピッチ)
⑩管梁の強度計算
ダクタイル水管橋設計方法に準ずる。
⑪ブラケット
材　質:SUS　304
数　量:595個
Aタイプ T桁最低面部…380個
Bタイプ 箱桁…56個
Cタイプ T桁変化部…28個
Dタイプ T桁変化部…48個
Eタイプ T桁変化部…28個
Fタイプ T桁ジョイント部…48個
Gタイプ 吊式床版部…7個
強度計算:JDPA　T30「下水道用ダクタイル管路　設計と施工」の34ページを参照。
形状寸法:WSP水管橋設計基準の42ページを参照。
⑫ブラケットの橋体への取り付け
インサートアンカーの埋め込み(M16セラミックス製1個当たりの引き抜き耐力5.33トン)
⑬添架による橋体への影響
橋桁、橋台、橋脚への影響はほとんどない。
⑭橋台の貫通
さや管(VP)埋め込みダクタイル鉄管貫通後、隙間の充てん材はエポキシモルタル。
⑮塗覆装
1)内面
直　管…モルタルライニング
異形管…合成樹脂(一液性エポキシ樹脂)

2)外面

工場…1次塗装;ジンクリッチペイント
2次塗装;エポキシ樹脂塗料50μm
3次塗装;エポキシM.I.O塗料50μm

現地…ポリウレタン樹脂塗料　中塗30μm(白色)上塗+25μm(淡青色)

⑯鋼管との比較

強　度…引張強さは鋼の410N／mm²(41Kgf／mm²)に対してダクタイル鋳鉄は420N／mm²(42Kgf／mm²)あり、同程度である。

耐久性…電気抵抗値で鋼の15μΩ－cmに対してダクタイル鋳鉄は60μΩ－cmあり、ダクタイルはさびにくい。

施工性…鋼管は現地での溶接に時間がかかるが、ダクタイル鉄管は簡単に接合できる。

経済性…ダクタイル鉄管の方が安価である。

以上の理由でダクタイル鉄管を選定する。

⑰ゴム輪

一般にはSBRであるが、厳しい環境条件を考慮し、EPDMとした。

3. 管架設における作業方法

①準備工

橋梁本体工事に支障を来たさないよう、添架工事に先き立ってブラケットと移動踊り場式作業台の製作を行った。

②アンカーの埋め込み

橋梁の施工中にコンクリート製の箱桁橋、T桁橋、中空床版橋のブラケット取付け部にインサートアンカーを埋め込む(M16セラミックス製)

③添架工事仮設

10トンユニック車に踊り場を付けた移動踊場式仮設(写真3,4参照)を設置する。

④ブラケットの取り付け

橋にあらかじめ埋め込まれているインサートアンカーにブラケット(写真1,6参照)を4個の六角ボルトで取り付ける。

⑤管吊り込み

10トンユニック車によってトラックから管を吊り上げ、移動踊り場式作業台のアングルで作ったスロープの上に吊り降ろし、ワイヤを緩めながらブラケットの方へ管をゆっくり転がす。人力で少し持ち上げながらブラケットの上に載せる。

⑥管据付け接合

⑦移動踊場式仮設の移動

⑧管外面塗装補修

を提出する。

4. 工事工程

着工　平成5年4月1日
完成　平成6年3月28日

表1　来間島農道橋梁添架管添架工事工程表

種目＼年月	平成5年									平成6年		
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
アンカー埋め込み	■	■	■	■	■	■	■	■				
管材料製作							■	■	■			
管材料運搬							■	■	■			
準備工、台車取り付け							■	■				
ブラケット設置工							■	■	■			
陸上部導水管布設工							■	■				
橋梁部添架工									■	■	■	■

4. 計画時の問題に対する解決策

1. 添架物全重の軽量化

橋梁の設計条件(添架物の単位長さ当たり重量)が先行決定されており、これに合わすため添架物の軽量化が必要となった。

①管本体の軽量化

T形直管、K形直管、SⅡ形直管の重量を比較した。

表2　T形、K形、SⅡ形直管の重量比較表
(直管1本分)

	T形直管 (B種管)	K形直管 (3種管)	SⅡ形直管 (3種管)
管本体	231.0	301.0	339.0
ライニング	81.9	81.9	80.9
押輪		8.9	12.9
ボルトナット		3.3	3.3
ロックリング			1.3
ゴム輪	0.6	0.8	1.0
合計	313.5	395.9	438.4

比較検討の結果、T形直管を私用する。(ただし、曲管部および桁の繋ぎ目はSⅡ形とする)

②ブラケットの軽量化

導水路は桁の種類が変わっても、床版上面から管の中心までの垂直距離(H＝1.14m)を一定に保ち、水平位置はブラケットの長さを調整して可能な限り管が水平に曲がらないような管路とした。

ブラケットの強度計算を何度か繰り返し、管受け部を簡素化して図3のようにブラケットの軽量化を果たした。

2. 橋体と管の熱伸縮に対する対応

橋体と管との温度差を最大60℃と設定し、管1本当たりの伸縮量 ℓ を求めた。

$\ell = \alpha \cdot T \cdot L = 1 \times 10 - 5 \times 60 \times 6{,}000 = 3.6$mm

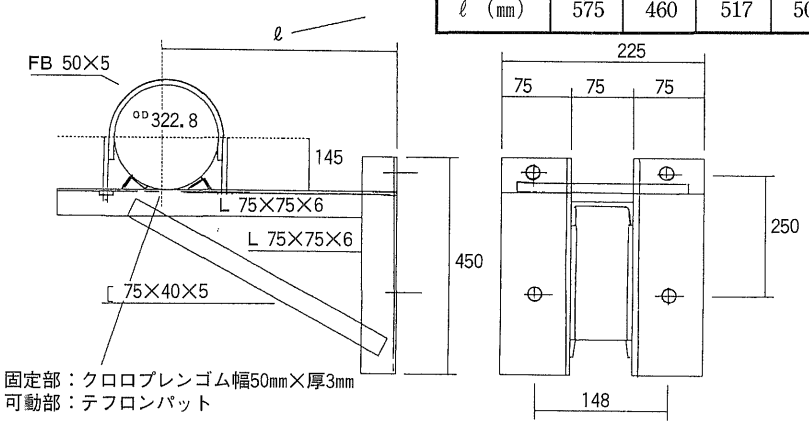
呼び径300mmのT形管許容胴付間隔は25mmなので、据え付け時のクリアランスを十分に確保できた。

また、呼び径3.6mmの伸縮に対処するため直管1本を支える2個のブラケットのうち、片方は固定とし、他方は可動とした。固定にするためにブラケットと管底との間にクロロプレンゴムをはさんで管バンドで管を締め付けた。

また、可動にするためにブラケットと管底との間に摩擦係数の小さいテフロンパットを敷き、管バンドは管を締め付けないよう取り付けた(図4参照)。その結果1本の直管は隣接する直管にせん断力や曲げモーメントを伝達しない独立した設計構造になっており、継手の伸縮、屈曲性能が発揮されるので温度差による熱伸縮に対応するだけでなく、台風時や地震時、あるいは大

図3　ブラケットの構造図

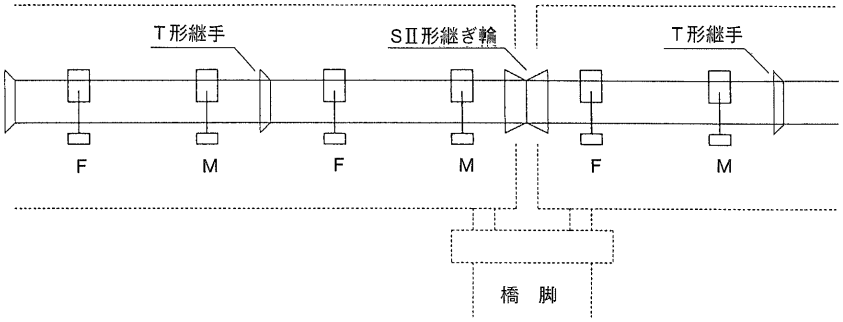
タイプ	A	B	C	D	E	F
ℓ (mm)	575	460	517	505	469	280



型車の通行による橋の振動などによる橋や管体の波動現象に対しても順応できる構造とした。

また、橋脚部の橋の伸縮(最大100㎜)にはＳⅡ形継ぎ輪で対応した。

図4　ブラケットの固定(Ｆ)、可動(Ｍ)の配置図

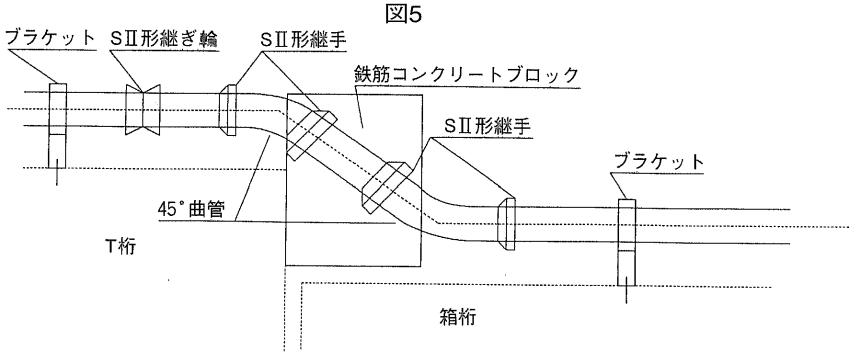


3. 特殊部分区間の管路構成

①Ｔ桁と箱桁との繋ぎ部分

ＳⅡ形45°曲管2個をもとに水平方向に折り返した一体化管路を構成した。しかし、そのままの状態だと不平均力による偶力モーメントが発生し、ブラケットが破損する恐れがある。その対策として曲管と曲管の間にある甲切管部分を鉄筋コンクリートブロックで巻き立て橋脚上面に固定した。また、一体化管路と一般添架部との繋ぎにはＳⅡ形継ぎ輪を使用した。

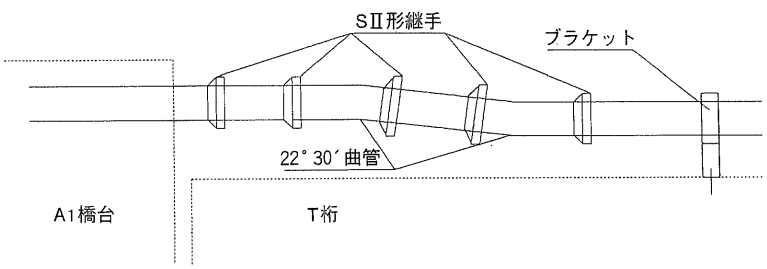
図5



②Ａ1橋台付近

ＳⅡ形22°30′曲管2個をもとにねじり折り返した一体化管路を構成した。しかし、そのままの状態だと不平均力による偶力モーメントが発生し、ブラケットが破損する恐れがある。管路の折り返し部分をＳⅡ形(ライナー付)で一体化し、Ａ1橋台で固定した。

図6



③T桁と中空床版桁との繋ぎ部分

S Ⅱ形11°15′曲管2個をもとに折り返した一体化管路を構成した。そのままの状態でも不平均力による偶力モーメントが発生し、ブラケットが破損する恐れはない。偶力モーメントにより生じる管路の回転をブラケットで阻止した。

4. 防食対策

洋上の厳しい環境を考慮し、特別な防食対策を施した。

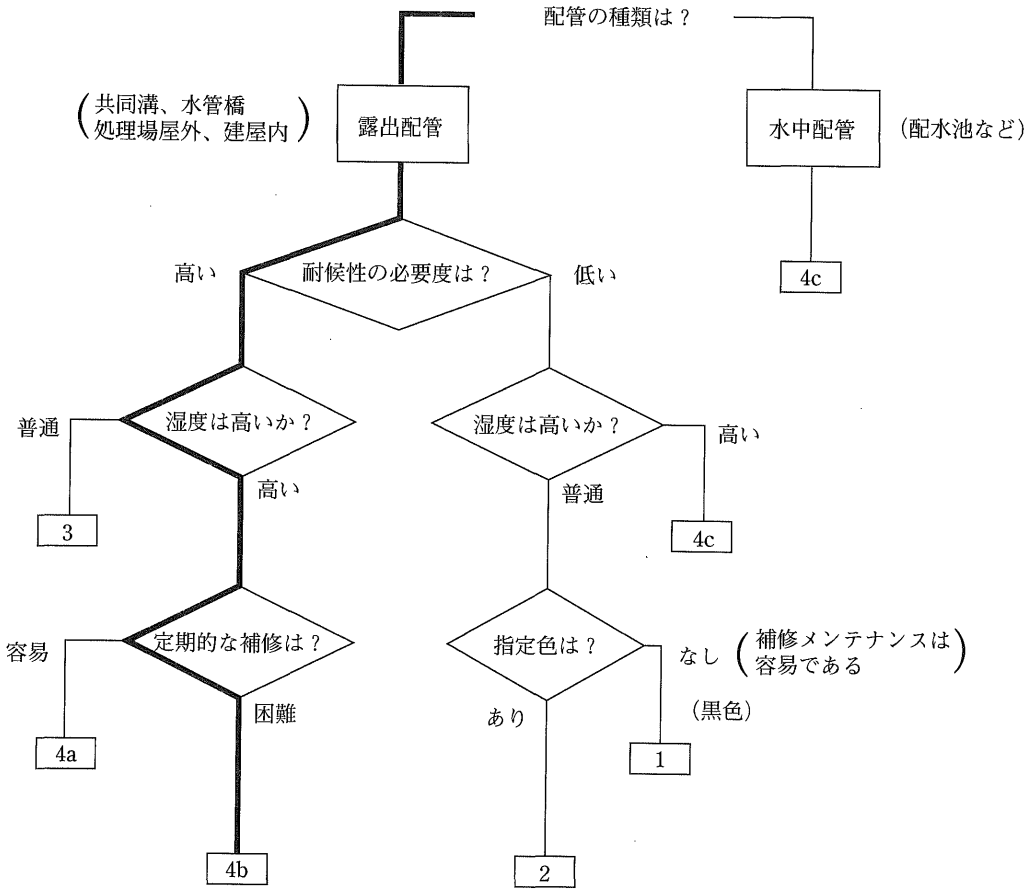
①管外面塗装の選定

ダクタイル鉄管外面特殊塗装(JDPA　Z 2009)には6種類の塗装パターンがあり、次の選定手順にしたがって決定した。

②管外面の現地塗装

通常現地塗装は管を据え付けたあとに2回各20μ塗布するのが普通であるが、それではブラケットとの接触面の塗装が不可能となる。それで現地陸上部の仮置場で1回目30μの塗装を行い、管を据え付けたあとに1回25μの塗装を行った。これにより、工期短縮ができ、また、海上での塗料の垂れ、漏れなどの公害防止にも役立った。

③ブラケットおよび取り付け六角ボルトナットの材質選定



ＳＳ41材に塗装という案も考えたが、補修工事が難しい条件を考慮してすべてステンレス鋼（ＳＵＳ　304）とした。

④ブラケット用ゴムの材質選定

耐候性の高いクロロプレンゴムを選定した。

5. 管の据え付け接合

①添架工事仮設の検討

移動踊り場式とパイプ足場式が考えられるので、両案の経済比較を行い、移動踊り場式を選定した。

表3

区分／工種	移動踊り場式			パイプ足場式		
	数　量	単　価	金　額	数　量	単　価	金　額
仮設本体製作・損料	（基） 1	（千円） 5,830	（千円） 5,830	1式＝1,690ｍ		（千円） 15,060
トラッククレーンリース料	15ﾄﾝ吊り 設定150日	（千円／日） 44	6,600	5ﾄﾝ吊り 150日	（千円／日） 36	5,400
計			12,430			20,460
備考		リース料積算資料1993.5		トラッククレーンはパイプ用		

②移動踊り場式作業

作業車：10トンユニック車

転倒防止：カウンターウエイト方式

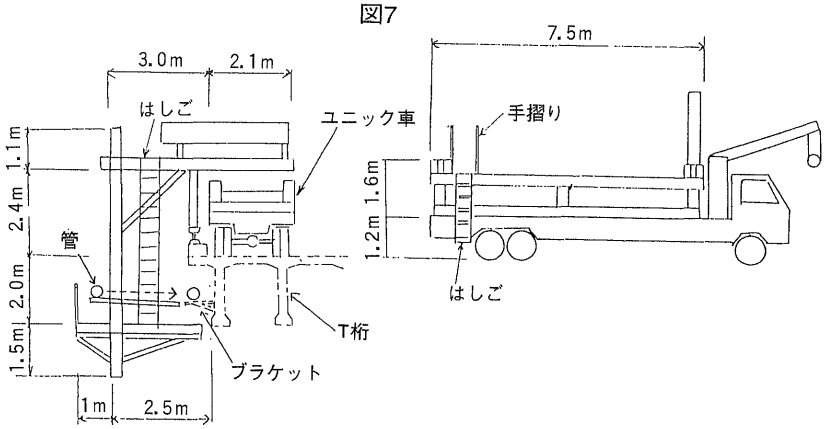
荷台サイズ：幅2.1ｍ×長さ7.5ｍ

踊り場サイズ：幅3.53ｍ×長さ7.00ｍ

作業者定員：4名

許容荷重：呼び径300㎜直管1本分（含付属品）で約350kg

図7



5. おわりに

日本一の農道橋に呼び径300㎜ダクタイル鉄管が無事添架された。移動踊り場式作業車が効力を発揮し、ダクタイル鉄管の施工性のよさも相まって作業は考えていた以上にスムースに進行した。添架後の美観もよく、管とブラケットの軽量化にも成功した。防食対策も完全に施工されており、耐久性が十分に期待できる。

橋梁本体に導水路を添架し、また、湿度の高い

海上部で露出管となるというこの工事は全国でもあまり例がなく、工事記録に新たな1頁を書き加えた。

最後に、施工に当たって技術協力をいただいた各位諸氏に誌上を通して感謝申し上げるとともに、今後同様の添架工事をてがける上でご参考になれば幸いである。

写真1　来間島から宮古島を見る

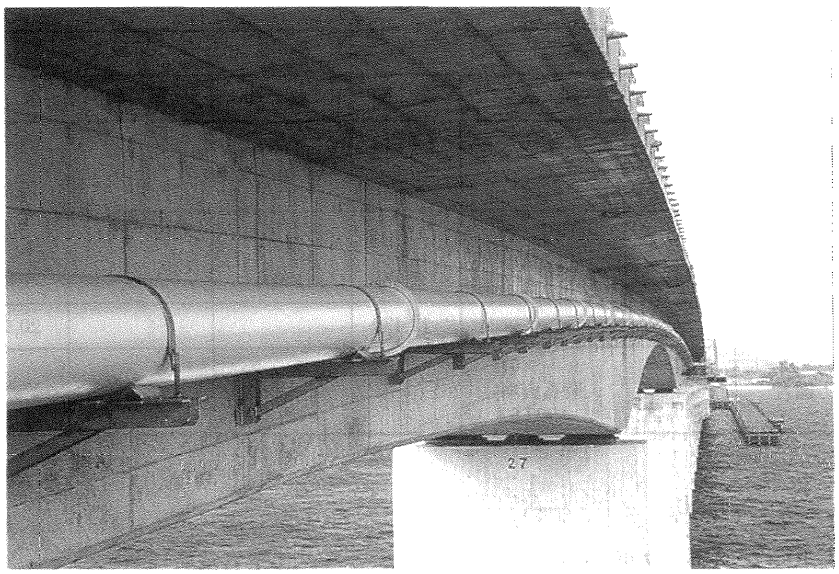


写真2　10トンユニック作業車(踊り場付)

写真3　踊り場での作業

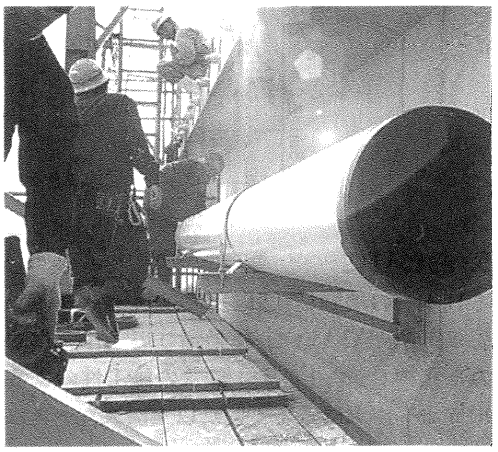


写真4　Ｔ桁部のブラケット

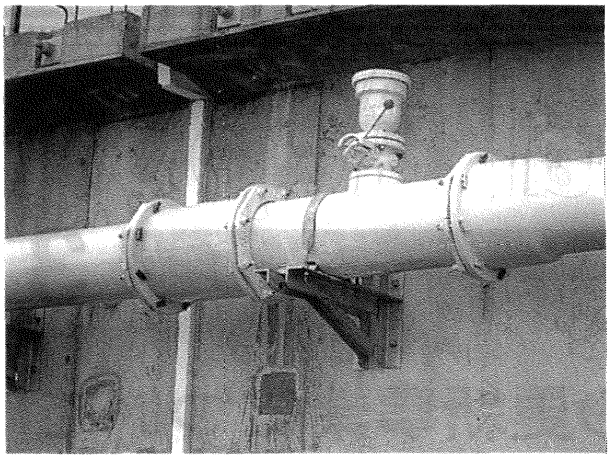


写真5　ファームポンド

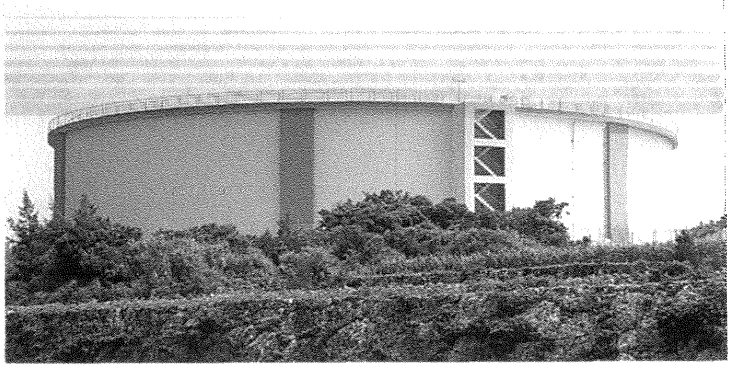
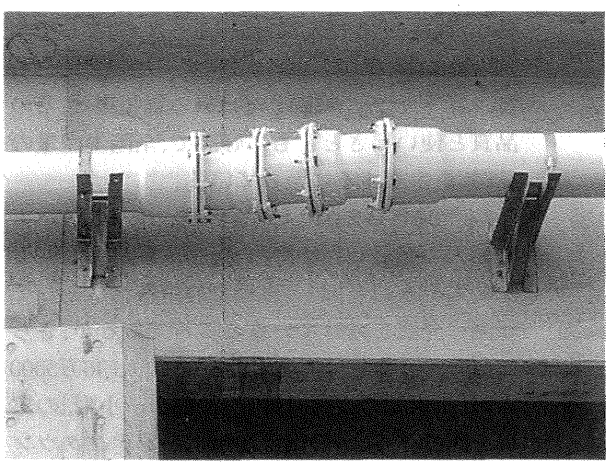


写真6　Ｐ41橋脚部の11°15′ＳⅡ形曲管



Technical Report

技術レポート 3

小野市における石綿セメント管の更新事業について

小野市水道部
工務課長 小寺高光

1. はじめに

小野市は播磨平野のほぼ中央の加古川中流に位置し、東経134°56′、北緯34°51′の地点にあり、市域面積は93.84k㎡で、東西11.8㎞、南北11.2㎞の広がりを有し、東は東条町に、西は加西市に、南は加古川市および三木市に、北は社町および滝野町にそれぞれ隣接しており、市域の西寄りを兵庫県下最大の流域を持つ加古川が北から南へ貫通している。

加古川の豊かな水と肥沃な平野が広がる本市では、有史以来、人々の生活が営まれ、市内のあちこちから弥生時代の遺跡や遺物が発見されており、播磨風土記にも「起勢里」「山田里」などと記されているように、きわめて古い文化を持っている。4～7世紀の古墳群、奈良時代から平安時代にかけて造営された数々の廃寺跡、また、建久8年(1197年)に建立された国宝浄土寺浄土堂が、現在の市内浄谷町にその天竺様式の優美な姿を留めているように、遺跡、文化財が数多く遺されている。また、江戸時代には11の大名領と天領に分割されたが、産業面では各地で新田の開発が盛んに行われ、農業が飛躍的に発展、あわせて加古川の水運が栄えるとともに、そろばん、金物なども独自の発展をみ、小野市の名を全国的に広めた。現在、そろばんは「播州そろばん」として全国の約8割を生産し、金物は家庭刃物の産地として、特に「カミソリ鎌」と呼ばれる播州鎌は、その品質と使い易さとともに好評で、全国生産量の約6割を生産するに至っている。

昭和29年に6カ町村が合併して、人口約3万5000人で発足した小野市も、平成5年には約4万8000人の人口を擁し、東播磨の中核都市として順調に発展を続けているところであるが、さらに西暦2001年を目標達成年として、人口6万5000人の「21世紀の文化・技術交流都市－小野」の実現を図るべく、市の南部地域にハイテクタウン

「おの」の建設が進められており、すでにその一部にあたる「小野工業団地」が完成している。

これからもただのハイテク工業都市ではなく、遊・住空間も充実した、人が住みたいと思う街「おの」の完成に向けて、着々と計画が進められているところである。

図1　位置図

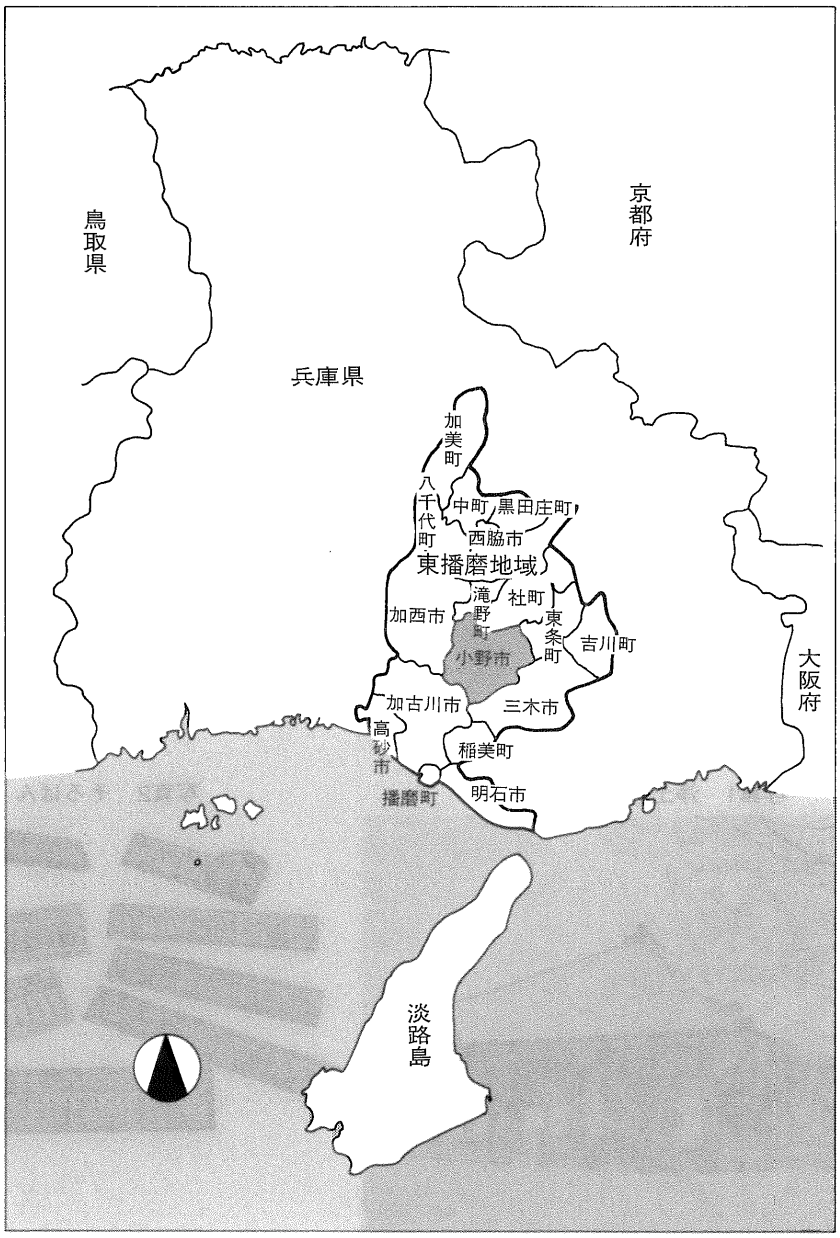


図2　土地利用基本構想図

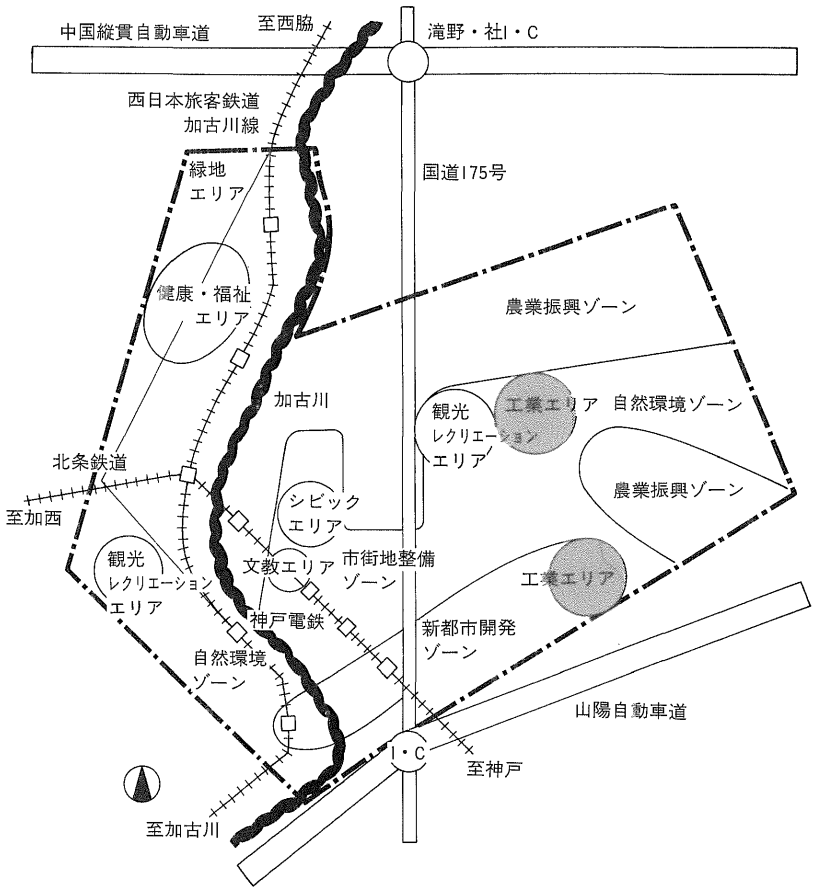
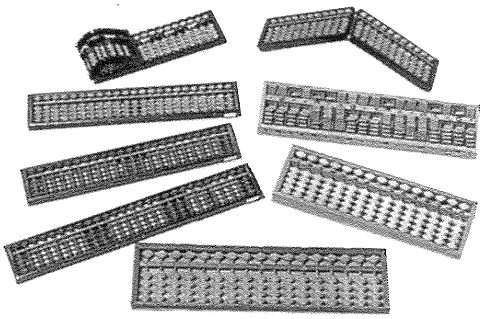


写真1　浄土寺・浄土堂

写真2　そろばん



2. 水道事業の沿革

小野市の水道事業は、昭和35年12月に計画給水人口2万人、1日最大給水量4,000m³で事業認可を受け、昭和38年4月より給水を開始し、以後数回の事業拡張を経て、平成5年3月現在、給水人口約4万8000人、1日最大給水量約2万m³、給水区域内人口に対する普及率は99.9%が現況である。しかしながらこの間、万勝寺川の汚濁や河床の低下による取水能力の低下という現象に加え、市民生活の向上、工業団地の造成、下水道の普及など、水需要の増大が予測されたので、安定した水供給を確保するため県の兵庫県水道用水供給事業からの受水を昭和62年に開始したことは、本市の水道にとって大きな出来事であり、現在、給水量の約26%が県水からの受水となっている。前述のように水量的な問題は県水からの受水により、その解決を図ってきたが、創設当初から布設された石綿セメント管は老朽化が進み、事故件数が急増したため、老朽配水管の布設替えなど、施設の整備が緊急の課題となったのである。

本報告は、昭和60年より着手して、平成5年度現在で管種構成比率が19.6%(延長約53.5km)にまでなった石綿セメント管の更新事業の経過について述べるものである。

3. 石綿セメント管の布設状況

本市の水道創設時(昭和35年)には表1のような管種構成であったが、その後の拡張事業に伴い、石綿セメント管の最延長は昭和56年度の14万6529m(全管路に占める比率70.9%)であった。その後、布設替えにより平成5年度末では延長5万3504m(全管路に占める比率19.6%)が石綿セメント管で、その管種構成は表2のような状況となっている。

表1　創設時の管種構成

(単位 m)

	石綿セメント管	鋳鉄管	合　計
送水管	1,130	1,600	2,730
配水管	85,743	0	85,743
合　計	86,873	1,600	88,473
比率（%）	98.2	1.8	100

4. 石綿セメント管の布設替えについて

前述のごとく本市においては、昭和35年度より石綿セメント管の布設を行い供用を開始してきたが、初動時のトラブルを除き、石綿セメント管に起因する事故が多発するようになったのは昭和50年ぐらいからで、その状況は次のようであった。

①年間100件程度の事故がある。
②呼び径75㎜管と呼び径100㎜管に多い。
③管体部の事故は折損である。
④継手部の事故はゴム輪の飛び出しである。
⑤重量物が通行する道路に多い。
⑥水圧が高い所に多い。
⑦布設年度はあまり関係がないようである。
⑧事故の発生する地域は比較的集中している。

以上のようなことを把握したが、当時はまだ石綿セメント管の老朽化のプロセスが十分に解

表2　現在の管種構成(平成5年度末現在)

(単位 m)

	ダクタイル鉄管(鋳鉄管も含む)	鋼　管	塩化ビニル管	石綿セメント管	合　計
延長	176,225	2,659	40,861	53,504	273,249
比率（%）	64.5	1.0	14.9	19.6	100

明されておらず、周辺都市へも石綿セメント管の状況を問い合わせたが本市と同様の状況で、その原因はわからず、対症療法的に事故部分の補修を実施するのみであり、抜本的な対策はとられていないのが実情のようであった。

本市でも減圧弁による圧力調整などを試みたが、万全な対策にはなり得なかった。このような状況下で、更新の必要性を感じながらも他に優先する事業の蔭に隠れていた。その後、年を追うごとに事故件数は増加の一途をたどり、根本的に石綿セメント管を更新しなくては水道事業が成り立たなくなる事態に陥るという危機感が芽生えたのは昭和60年頃で、その当時の石綿セメント管の年間事故件数は130～140件の多きにのぼり、有収率も約85%あったものが、77.2%にまで低下する惨状を呈していた。

このような事態を解消するため、以下のような経過を経て今日の石綿セメント管更新事業に至っている。

写真3 継手部分の事故

1. 既設石綿セメント管の布設替えを決断した理由

前述のように、昭和50年頃より石綿セメント管の事故件数が多発する傾向が見られ、多い年には年間約140件にも達することもあり、職員はその対応に追われる毎日であった。また、事故の増加に伴い、当初約85%であった有収率も約77%にまで低下した時期もあった。このような事態を改善するには、石綿セメント管を更新する以外に方法がないとの水道部全体の意志統一が図られたのは昭和60年であった。この間、事故防止策として減圧弁を設置するなど、種々の方策を検討、実施したが、いずれも石綿セメント管の事故を完全に解消するものとはならないことが、関連部門においても理解されることとなり、石綿セメント管の更新事業がスタートした。

2. 石綿セメント管更新時の使用管種の検討

更新時に使用する管種については、ダクタイル鉄管と塩化ビニル管をその検討対象としたが、以下のような理由によりダクタイル鉄管を採用することとした。

- ●給水区域の地盤の高低差が約150mあり、静水圧も7kgf／cm²(0.7Mpa)にも達する箇所があること。
- ●減圧弁も故障が皆無とはいえず、これが故障した場合の水圧にも耐えるものであること。
- ●3階への直結給水に支障のないこと。(平成3年より実施している)
- ●将来、予想される交通事情の激化にも対応できる、強い管材であること。
- ●実績のあること。

等々のことで、ダクタイル鉄管を採用することとしたが、なによりも本市のような小都市においても、これからの管路は“強い管路”を構築しておかなくてはならないということに関係者全員の意見がまとまり、“強度”“実績”を重視することとなった。

3. 石綿セメント管更新のための事業費について

財源面から考えると、塩化ビニル管がダクタイル鉄管に較べてイニシャルコスト面から有利であることは明白であったが、将来に禍根を残さないためには、強度と実績のある管種を用いることが大切であるということを関係部門においてもよく理解を示され、本更新工事の推進に際しては、側面から多大の援助を惜しまれなか

った。

更新事業に着手した昭和60年当時は、“起債”によることとしたが、その後、厚生省、自治省の国庫補助事業にも採択されて現在に至っている。

●厚生省（水道管路近代化推進事業）

補助制度は、平成2年度に創設されたものであるが、給水人口の解釈に齟齬が生じたため、平成5年度よりの採択となった。なお、補助申請手続きのすべての作業は水道部にて実施している。（用水単価190円／m³以上で1／3の補助金を得ている）

●自治省（老朽管更新推進事業）

補助制度が創設された平成4年度より採択されている。

図3　平成5年度更新事業費の構成

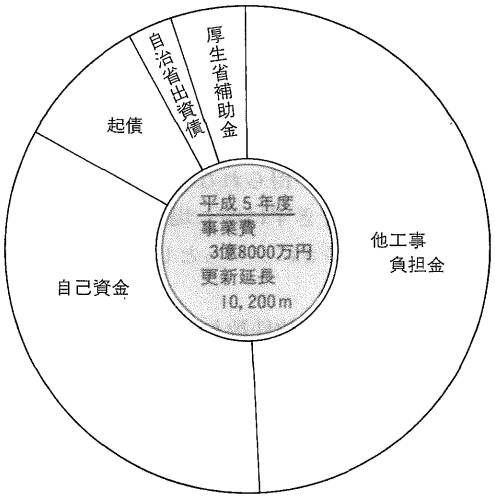


表3　平成5年度の更新事業費内訳

（単位　千円）

更新事業費合計	380,000
厚生省補助金	18,400
自治省出資債	10,000
他工事負担金	188,000
起債	35,000
自己資金	128,600

※更新延長は10,206ｍである。

参考までに図3、表3に平成5年度の石綿セメント管更新事業費の内訳を示す。

4. 石綿セメント管更新事業の推移

石綿セメント管の更新事業がスタートした昭和60年の残存石綿セメント管の延長は約13万2000ｍで、これを13年間で更新する、すなわち、年間約1万ｍの更新を実施し、平成11年には更新を完了する計画であり、現在まではほぼ計画通り年間約1万ｍの更新を実施している状況である。図4に過去12年間の更新状況を示し、写真4～6に工事状況を示す。

写真4　A形1種呼び径300㎜送水管および配水管

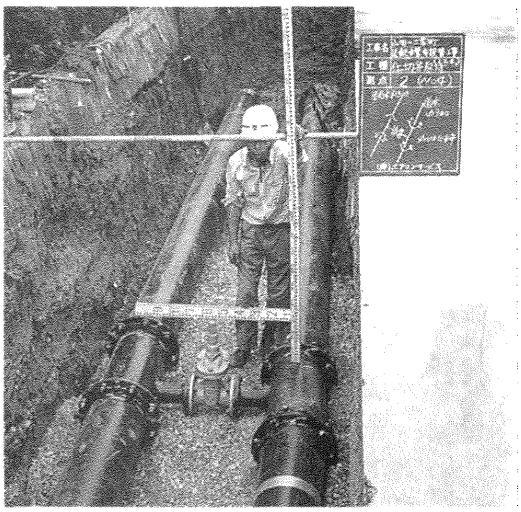


写真5　A形1種呼び径150㎜配水管（ポリエチレンスリーブは埋設土壌により使用の是非を決定している）

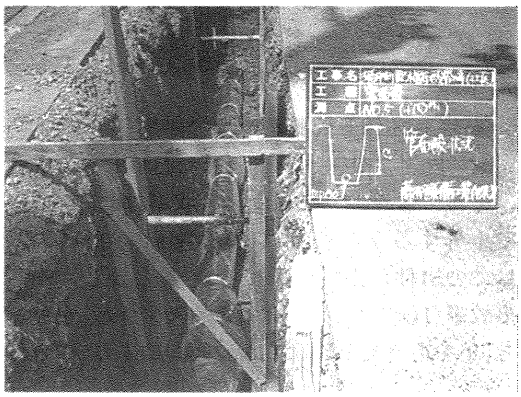
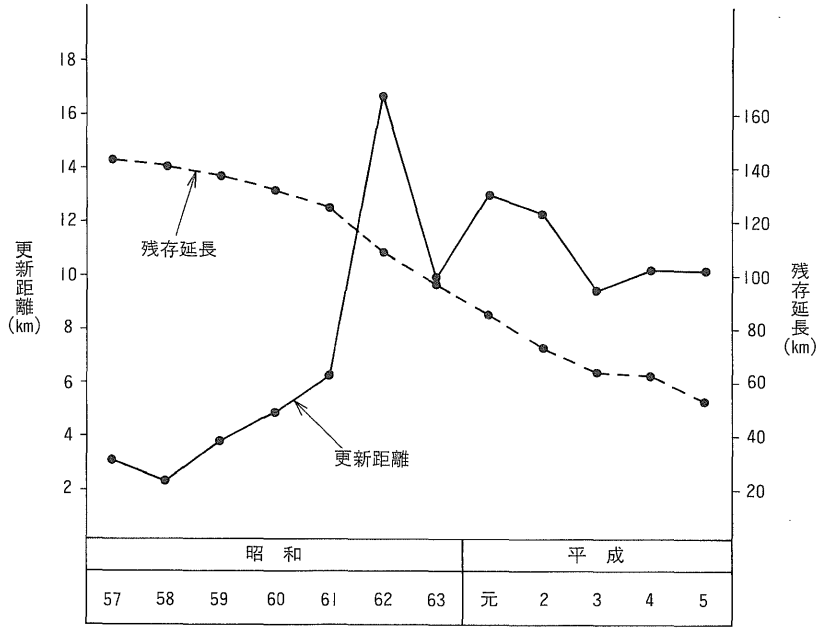


図4　石綿セメント管の更新状況



※平成4年度：約10.3kmの更新を実施したが、簡水(約10km)を統合したため残存延長は僅かに減少するに止まった。

写真6　A形1種呼び径75㎜配水管

5. 石綿セメント管更新事業の効果

昭和60年よりスタートとした石綿セメント管の更新により、平成5年度の有収率は91.0%にまで上昇するとともに、事故件数も、多発時の約1／3の51件にまで減少している。しかしながら事故率(1㎞当たり1年間の事故発生件数)を見ると、年を追うごとに高くなる傾向にあり、仮りに関係部門の協力が得られなくて、更新事業に着手することができずにいた場合を考えると、その事故件数の多さにゾーっとしている昨今である。

図5に有収率・事故件数および石綿セメント管の占める比率の推移、図6に事故率の推移を示す。

5.おわりに

昭和60年度にスタートした石綿セメント管路の更新事業も、関連部門の協力を得て水道部一丸となって鋭意推進しており、平成11年(西暦1999年)には石綿セメント管はゼロとなる予定である。

振り返えって思うに、事故多発時の対応に疲労困憊した職員の姿、市民からの苦情や叱咤の電話に、ただ「すみません」、「申し訳けありません」と繰り返えすばかりの職員と、ただただ事故の対応に連日追い回わされていたのが、更新事業のスタート時であった。

図5　有収率・事故件数および石綿セメント管の占める比率の推移

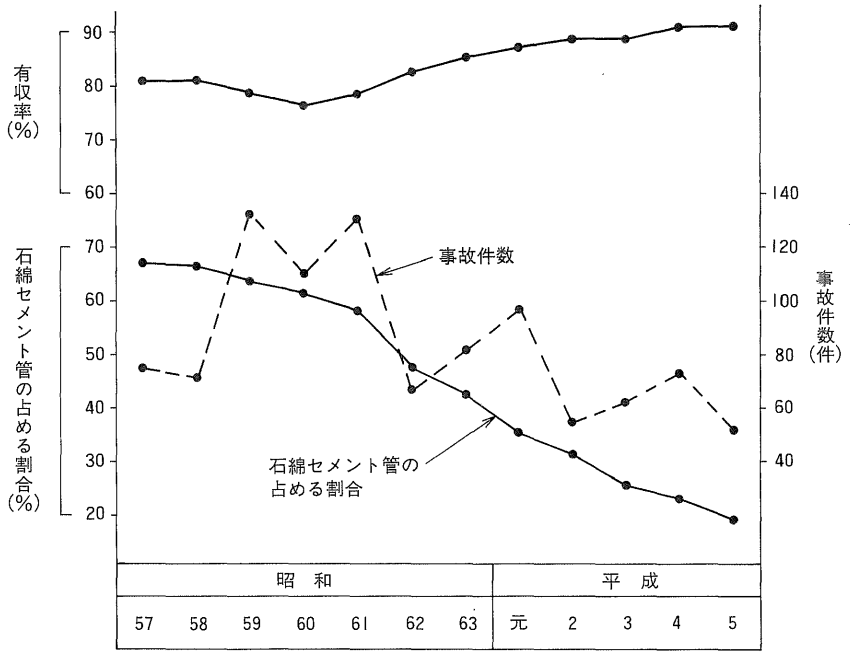
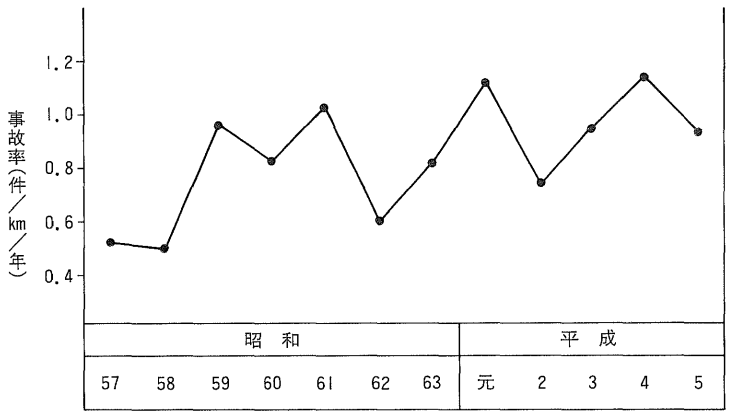


図6　事故率の推移



先に述べたように、この更新事業も現在のところはほぼ順調に推移しており、あと一歩のところまできた感じであり、ときには本市の水道の将来像について“強い管路”の構築に合わせて、ハイテクタウン「おの」の名に恥じない水道のあり方について種々議論を交わす昨今である。今後は、さらに市民のためのレベルの高い水道をめざして、

①集中管理システムの整備

②マッピングの導入

③内面エポキシ樹脂粉体塗装直管の採用

④災害対策用として耐震貯水槽の設置

⑤うず巻式フランジ付きT字管の設置

等々、課題は山積しているが、来たるべき21世紀に備えて、慎重かつ大胆にそれぞれの課題の解決を図るべく考えている。

最後になったが、石綿セメント管の更新工事の推進に当たり、ご協力をいただいた関係各位に改めて感謝申し上げる次第である。

Technical Report

技術レポート 4

淡路島津名町のダクタイル鉄管による簡易水道の整備

兵庫県津名郡津名町水道課
課　　長 江原義雄
課長補佐 新居茂夫

1. はじめに

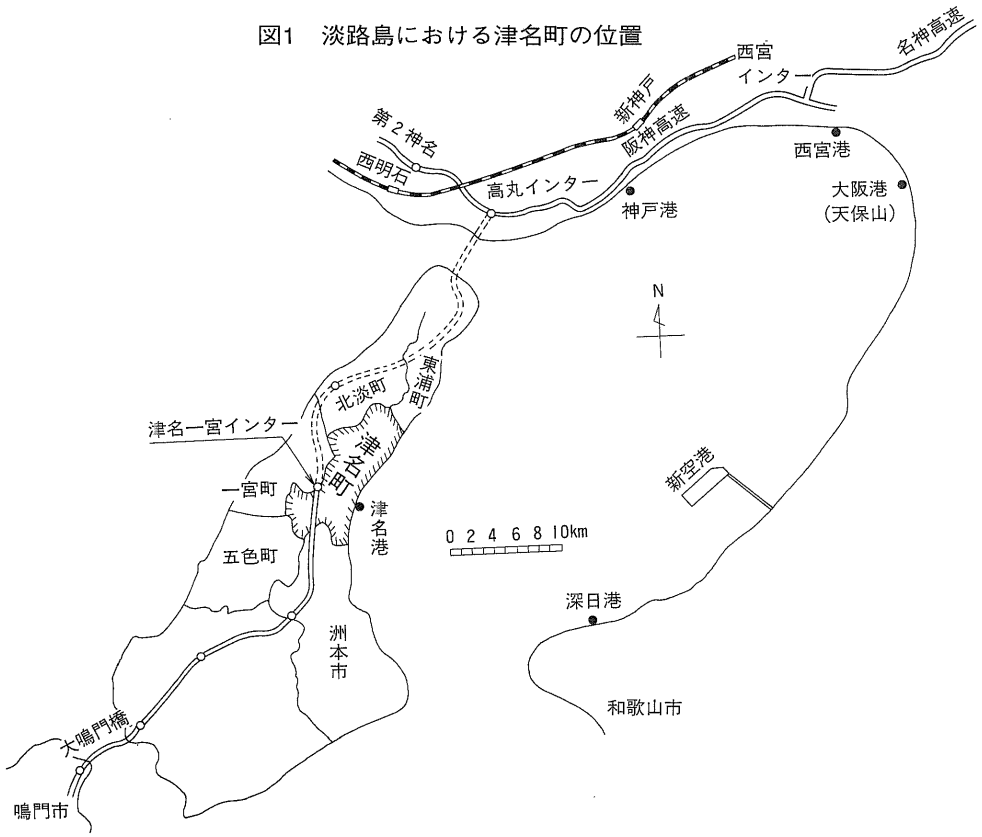
津名町は、花と緑の山、碧い海、光輝く瀬戸内海国立公園淡路島の東海岸中央部に位置している。(図1参照)

南は洲本市と五色町に、西は一宮町に、北は北淡町と東浦町に接し、東は大阪湾に面しており、津名港からまっすぐ東に30kmの所に関西新国際空港がある。

歴史とロマンの国生み神話に彩られた淡路島、まさに日本人の心のふるさとは今、第2の国生みのときを迎えている。それは、四国と結ぶ大鳴門橋が1985年6月に開通したのに続いて、1998年には明石海峡大橋(写真1参照)が完成し、本州と陸続きになる。対岸の関西新国際空港は1994年9月に開港した。この温暖な気候と豊かな自然の心安らぐ美しい淡路島観光の海の玄関口として津名港は西宮港、深日港、大阪港、神戸港とつながれている。

写真1　明石海峡大橋建設中

図1　淡路島における津名町の位置



津名町は、総面積53.56Km²、人口1万7700人、給水人口は上水道で1万3654人、簡易水道で2,796人、1日平均給水量は5,743m³／日、水道普及率は84.7%である。

源義経との悲恋、舞の名手として有名な静御前は、津名町志筑で西暦1211年に47歳の生涯を閉じたとされている。

その静御前ゆかりの地に静の里公園があり、堀には色鮮やかな約300匹の錦鯉や白鳥が泳ぎ、数寄屋造りの静偲庵と名付けられた茶室がある。資料館には静御前にまつわる史料を始め郷土の歴史、文化に関する資料と1億円相当62.696kgの金塊(写真2参照)が展示されている。幕末の頃、勤王の志士が集まり倒幕の会合を重ねたと伝えられる東山寺は、津名町の北部にあり、庫裏の柱には志士たちが付けたという刀痕が残っている。(図2参照)

水道事業は、昭和33年の上水道創設、昭和46年の簡易水道創設以来、拡張増設を繰り返してきたが平成5,6,7年度の事業として、南部簡易水道施設整備事業を行う。この施設の導送配水管には石綿セメント管が使用されていた。しかし、石綿セメント管の耐久性や強度には問題があり、事業の実施に際して使用する管種として経済性もさることながら、次世代へ可能な限りよい施設を残すという考え方を優先して検討した。その結果、維持管理も容易で、水密性があり、耐用年数が長い強靭なパイプということからダクタイル鉄管を採用することとした。事業の概要を以下に紹介し、ご参考までに報告する。

2. 水道事業の沿革

津名町の上水道は昭和33年に創設された。昭和36年の大水害発生後に水道施設の重要性が認識され給水率が急激に上昇し、昭和47年には年間給水量が4,800m³に達した。昭和51～2年度には、第5次拡張工事によって城山に第2配水池および急速ろ過池を増設し、津名臨海埋立地に配

図2　津名町における大町地区の位置

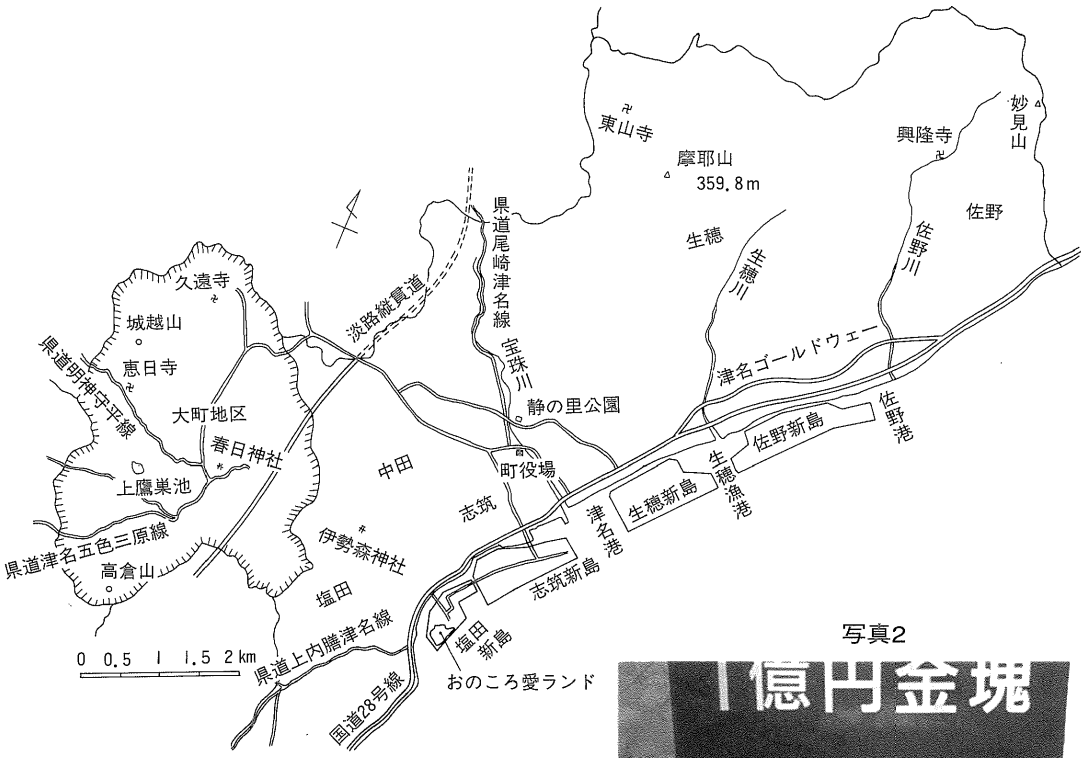


写真2

水管布設工事を行った。昭和53～4年度には第6次拡張工事によって志筑浄水場の沈でん池、急速ろ過池を増設し、志筑、西山、佐野の3カ所の浄水場の施設能力を1万800m³に拡張した。昭和57～8年度には第6次拡張(変更)工事によって中田配水池および名神加圧ポンプを増設し、志筑埋立地に配水管布設工事を行った。昭和62年度より3カ年継続事業で電気計装施設工事を行った。平成元年度は王子加圧ポンプ室の新設、大谷地区配水管布設工事を行った。平成3年度は佐野地区埋立地の配水管布設工事を行った。平成4年度は志筑浄水場系統の導水管布設工事を行った。

一方、簡易水道事業は、南部簡易水道が昭和46年度、北部簡易水道が昭和50年度、興隆寺簡易水道が昭和54年度から始まった。各簡易水道の給水状況を表1に示す。

表1　各簡易水道の給水戸数(平成5年3月末現在)

簡易水道名称	給水戸数(戸)	給水人口（人）	年間配水量(m³)	1日平均配水量(m³)	1日1人平均配水量（ℓ）	有収比率（%）
南　部	835	2,896	255.3	699.4	250.1	84.2
北　部	232	768	39.8	108.9	141.8	92.1
興隆寺	47	151	8.2	22.4	148.3	84.9

3. 平成5～7年度南部簡易水道施設整備事業

昭和46年度の創設以来、大町地区に設置された南部簡易水道施設は4カ所の深井戸を水源とし、各々の水源地からポンプ圧送により高さ約100m上方の配水池に送水し、そこから配水管によって各戸に給水されている。送配水管として布設された管種は、主に石綿セメント管であった。

しかし今回は、当事業において深井戸の水源を1カ所増やして5カ所とし、各々の水源地からポンプ圧送により新設の中継ポンプ場に導水し、そこからポンプにより新設された浄水場に導水する。次に、浄水された水を送水管によってポンプ圧送により高さ約60m上方の配水池に送水し、そこから自然流下で配水管によって各戸に給水される。導送配水管路の管材として主にダクタイル鉄管を選定して布設替えする。

4. 南部簡易水道施設整備工事概要

工　　期：平成5年10月30日～
　　平成8年3月25日
工事場所：兵庫県津名郡津名町大町地区
使用管種：ダクタイル鉄管
　　（ただし、呼び径100㎜以下の管路の一部に耐衝撃性硬質塩化ビニル管を使用）
継　　手：ＤＣＩＰ…Ｔ形およびＫ形
　　ＨＩＶＰ…ＲＲ形およびＴＳ形
呼 び 径：呼び径75～200㎜
防食対策：管外面にポリエチレンスリーブを被せた。
工事請負業者：栗本・ツダ特別共同企業体

5. 管布設における作業方法

(1)　準備工

①着工にあたっては、監督員、道路管理者、近隣住民など各関係機関と十分に協議し、施工方法、施工時期、弁類の位置などを決定し施工する。

②事前に所轄警察署の道路使用許可を得る。

③使用資材については、事前に使用資材承認願いを監督員に提出し、承認を得たあとに現地資材置き場に搬入し、監督員の検収を受けたうえで使用する。

(2)　舗装切断工

①既設管など地下埋設物を調査のうえ、管路芯、弁類、曲管、分岐管などの位置を決定したあと、所定の幅でアスファルトあるいはコンクリートカッターにて舗装切断を行う。

(3)　掘削工

①掘削は、原則として0.1～0.35m³級油圧式バックホーを使用するが、道路幅の施工条件によりミニバックホーあるいは人力にて行うこともある。

②掘削断面に岩盤あるいは転石が出た場合は、機械または人力のコンクリート破砕機を使用する。

③掘削に際しては、既設管などの地下埋設物や周辺の既設構造物には十分注意し、1日の掘削延長は、当日内において配管および埋め戻しが完了できる範囲内とする。

④機械掘削後、床面と管が均一に接するよう、人力にて不陸整正を行う。

(4)　管布設工

①掘削床均し後、所定の土かぶりが確保できるよう配管工が管を布設する。

②管内に異物が入っていないことを確認したうえで、管の接合部をきれいに清掃し、接合する。

③Ａ形継手、フランジ継手の場合は、特にボルトの締め付けトルクに注意する。

④布設する管と既設管など地下埋設物と交差する場合は、原則として30㎝以上離すものとする。

(5)　埋め戻し工

①管布設後、所定の厚さで管保護砂巻きを人力にて行う。

②管の下部、管側部、埋設物の周辺などは特に注意し、突き固めを入念に行う。

表2　工事内容

名称、能力	設　備　名	設　備　内　容	数　量
第1水源池 q＝0.16m³／分	取水ポンプ設備	水中うず巻きポンプφ50㎜2.2ＫＷ～1台	一式
第2水源池 q＝0.20m³／分	取水ポンプ設備	水中うず巻きポンプφ65㎜3.7ＫＷ～1台	一式
第3水源池 q＝0.24m³／分	取水ポンプ設備	水中うず巻きポンプφ65㎜3.7ＫＷ～1台	一式
第4水源池 q＝0.29m³／分	電磁流量計設置	φ50㎜取り付け	一式
第5水源池 q＝0.17m³／分	流量計室築造 取水ポンプ設備	水中うず巻きポンプφ65㎜5.5ＫＷ～1台	一式
中継ポンプ場 q＝1.06m³／分	ポンプ設備 場内配管	水中うず巻きポンプφ100㎜22.0ＫＷ～2台 ＤＣＩＰ…φ150　長さ＝2.0ｍ ＤＣＩＰ…φ100　長さ＝49.2ｍ	一式
浄水場 q＝0.97m³／分	前処理ろ過設備 急速ろ過設備 混和槽設備 浄水池築造 薬品注入設備 場内配管 送水ポンプ設備 排水排泥池築造 電気設備	φ2800×6,700　高～2基（鋼板製） φ3900×5,400　高～2基（鋼板製） φ1200×6,800　高～1基 ＲＣ製　Ｖ＝39m³　5.2×1.6×2.5高～2池 凝集剤・前塩素・後塩素・薬品貯槽 ＤＣＩＰ、ＮＣＰ、ＳＧＰ　φ40～φ300 多段うず巻きポンプφ100㎜30ＫＷ～1台 排水排泥池～3池、排水ポンプ等～6台 浄水操作盤、分電盤、蛍光灯	一式
導水管路	導水管（1） 導水管（2）	第1―5水源池～中継ポンプ場 ＤＣＩＰ…φ150　長さ＝439.5ｍ 中継ポンプ場～浄水場 ＤＣＩＰ…φ150　長さ＝948.8ｍ	一式
送水管路	送水管	浄水場～配水池 ＤＣＩＰ…φ150　長さ＝1,344.2ｍ	一式
配水管路	配水管	ＤＣＩＰ…φ200　長さ＝2,874.1ｍ ＤＣＩＰ…φ150　長さ＝7,019.1ｍ ＤＣＩＰ…φ100　長さ＝3,263.0ｍ ＤＣＩＰ…φ75　長さ＝1,528.0ｍ ＨＩＶＰ…φ100　長さ＝2,295.0ｍ ＨＩＶＰ…φ75　長さ＝4,610.0ｍ	一式

③砂巻き後、バックホーおよび人力にて埋め戻しを行い、30㎝ごとにランマーあるいはダンパーにて十分転圧を行う。

④埋め戻しには、設計図書に基づいて切込砕石あるいは発生土を使用する。

(6)　仮復旧工

①埋め戻し完了後、速やかに路盤整正し密粒度As Ⅰにて仮復旧を行う。

(7)　残土処理

①掘削時に発生したアスファルトガラ、コンクリートガラおよび一般発生土は、指定処理場へダンプトラックにて運搬し処理する。

(8)　水圧試験工

①一定区間の配管が完了したあと、管内に充水し、監督員と協議のうえ決定した区間に所定の水圧をかけ、監督員立ち合いのうえ漏水の有無を確認し、その結果を撮影、記録し、報告書に取りまとめて提出する。

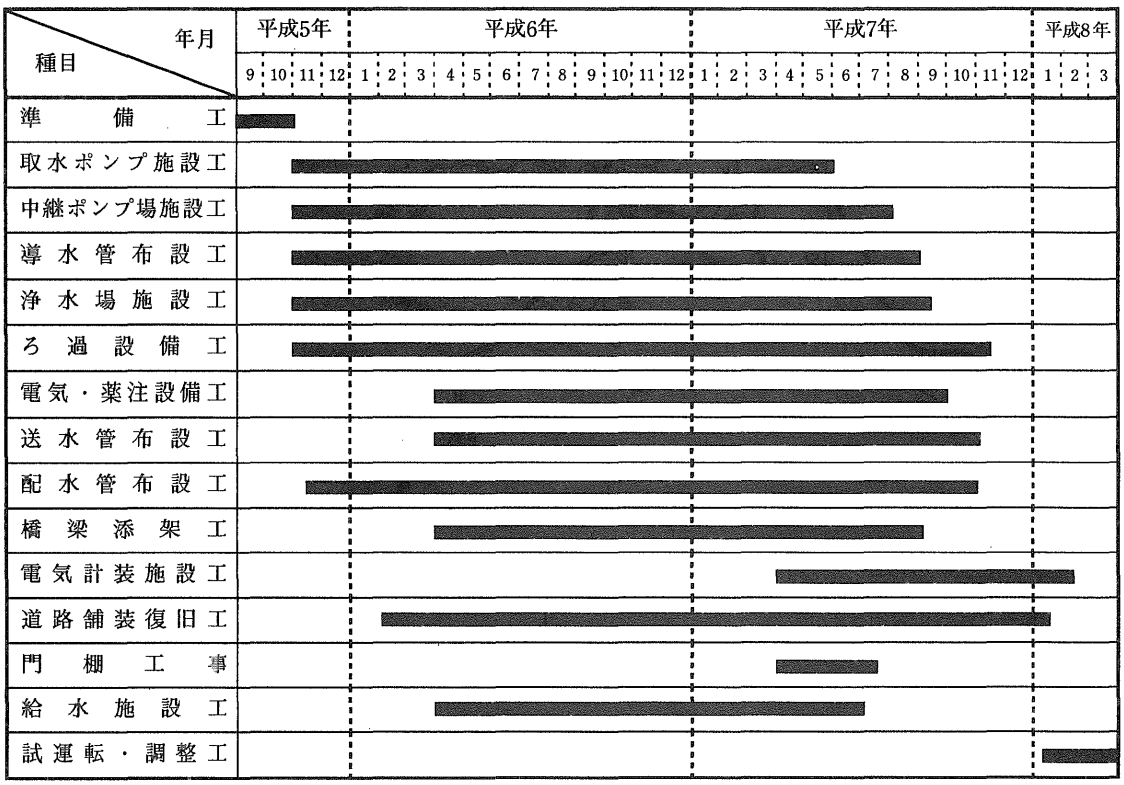
②水圧試験は、10kgf／c㎡を所定の区間に加圧し、24時間タイマーをセットして、その記録紙を提出する。

③水圧試験は必ず舗装本復旧に先き立って行う。

6. 工事工程計画

表3　南部簡易水道施設整備工事　工事工程表

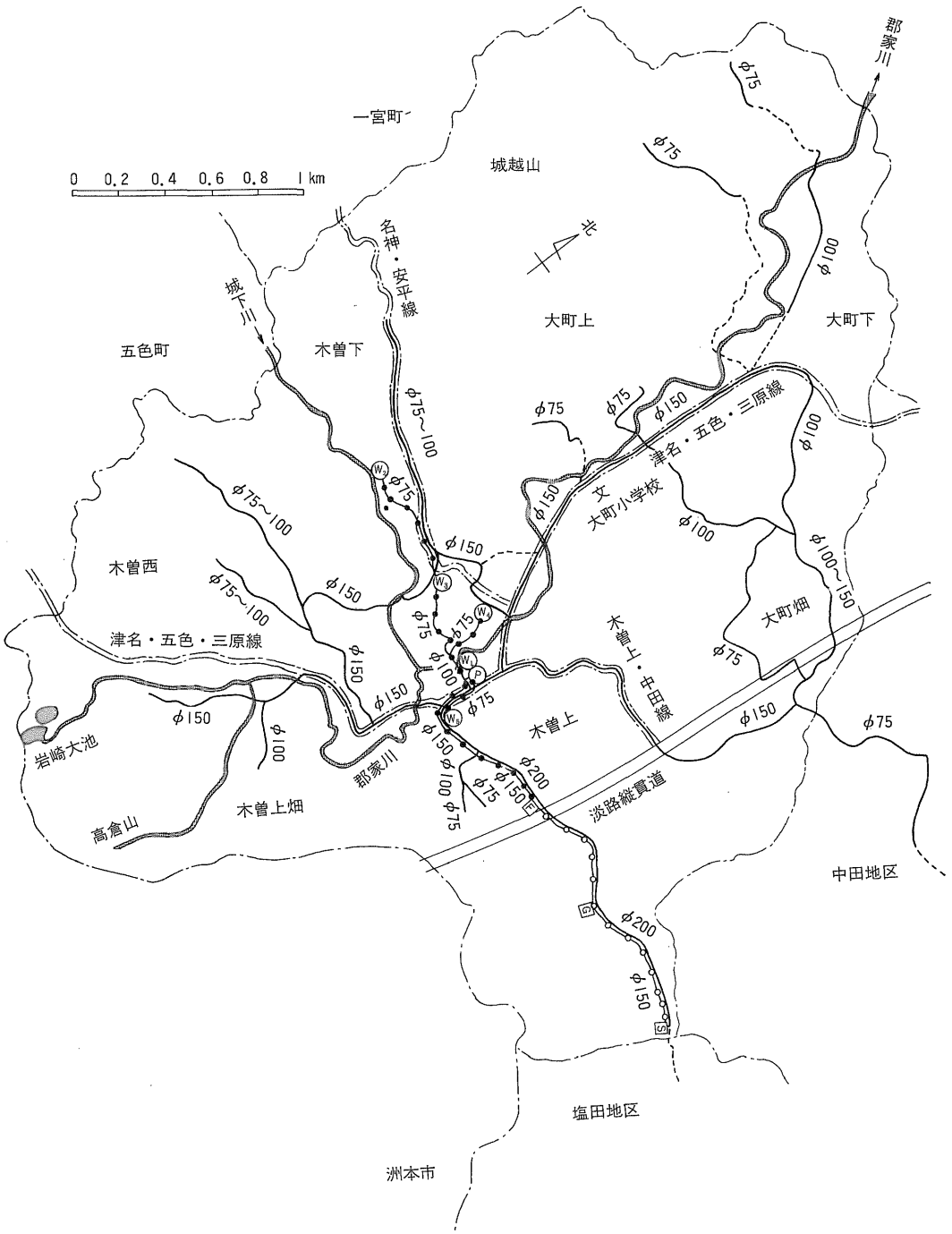
着工：平成5年10月30日
完成：平成8年 3月25日



7. 環境対策

(1)　作業機械の運転や作業車両の通行などによる騒音および振動など、環境対策には十分配慮する。多少の騒音、振動などはやむを得ないので、地元住民の協力を得られるよう努力する。

図3　南部簡易水道施設系統図



(2)　作業場内の排水処理については、河川、水路などの関係機関と排水場所、排水方法などについて十分協議し、水質汚濁防止に努める。

(3)　河川内の工事(水管橋および橋梁添架管など)については、施主、河川管理者などと施工時期、施工方法などについて十分協議したあとに施工し、河川の汚濁防止に努める。

写真3　直管の接合

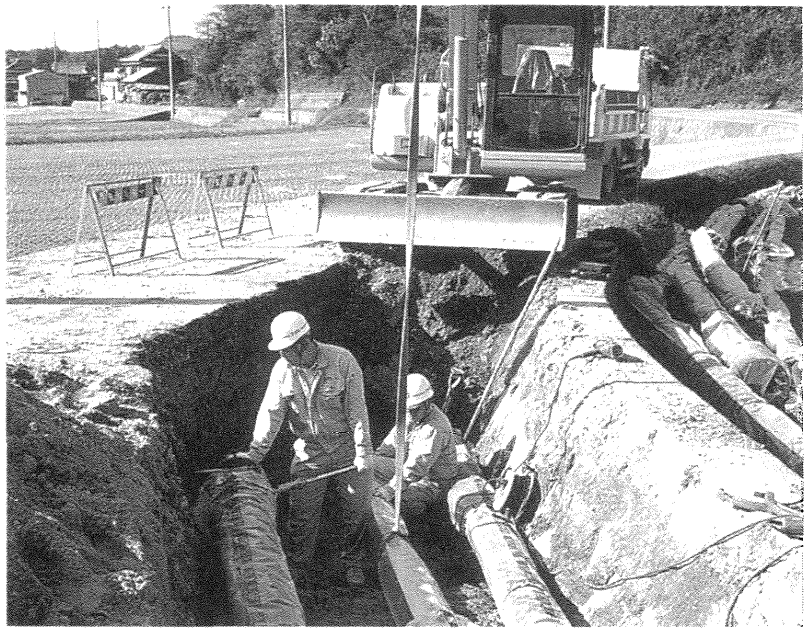
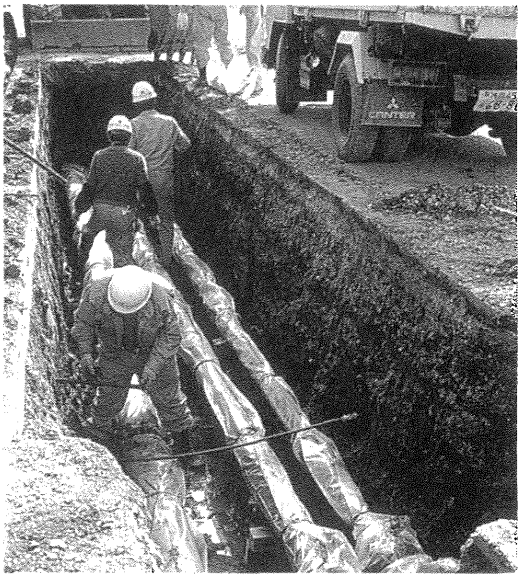


写真4　曲管の接合

写真5　ポリエチレンスリーブの被覆



8. おわりに

今回の事業により水源池が1カ所増えたのに加え、これまで4カ所の水源池から各々別個に浄水場にポンプアップしていたものを、5カ所の水源池の水すべてを中継ポンプ場に集めることで効率的な導水ができるようになる。また、浄水場には新たに鋼製の前処理ろ過機および急速ろ過機が設置され、水質、水量ともに向上をはかることができた。

管路に関しても老朽石綿管を更新して、主にダクタイル鉄管を使用して布設した。ダクタイル鉄管は、水密性が高く、管体強度も強いので事故などによる漏水の激減が期待できる。それに伴って有収比率も向上し、異常渇水時でも安定給水が行われると思われる。今後とも関係各位の理解と協力を得て、平成7年度の竣工を目標に事業を推進する所存である。

Technical Report

技術レポート 5

臨海部の軟弱土層への耐震用GSS形ダクタイル推進管の採用事例(呼び径500㎜、700㎜)

東京臨海副都心建設株式会社
前建設部建設第2課
課長補佐 松井邦恭

1. はじめに

東京都では現在、東京の都市構造を一極集中型から多心型へと転換させるとともに、国際化・情報化という時代の要請に応じ、21世紀に向けた未来都市として臨海副都心(東京テレポートタウンと命名)を建設中である。

図1はその概要である。

この臨海副都心を基盤面から支える下水道では、未来都市にふさわしい質の高い下水道施設を提供しようとしている。

本稿では、臨海副都心の下水道施設のうち汚水の自然流下管路構築に採用した耐震用のＧＳＳ形ダクタイル推進管の採用事例について報告する。

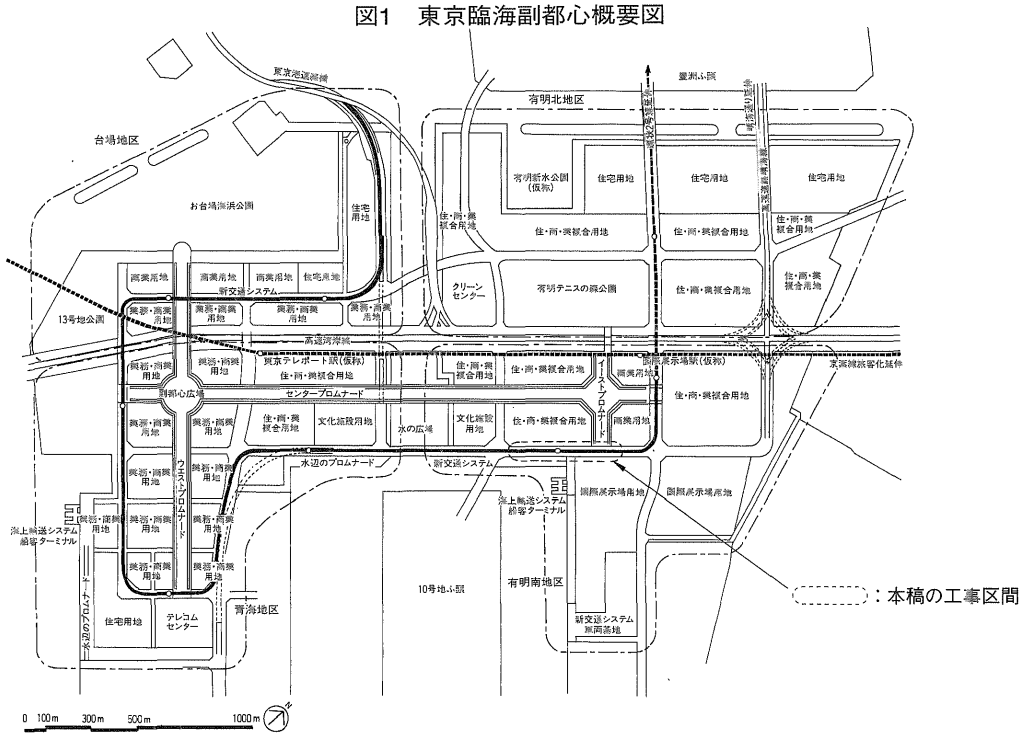
2. 事業概要

臨海副都心の下水道は、分流式の排除方式を採用しており、雨水に対しては1時間当たり75㎜の降雨に対応できる治水安全度の高い施設を整備する。汚水は、各地域の汚水中継ポンプ場に自然流下方式で集められ、汚水中継ポンプ場から処理場までの輸送システムは共同溝を利用した圧送方式とし、事故や災害に対しても強い施設となっている。また、この汚水は全量処理場で高度処理され、周辺の水域環境の保全を図るとともに、高度処理水の一部は中水道として省資源化や地域冷暖房の熱源としても活用される。表1に下水道施設の概要を示す。

3. GSS形ダクタイル推進管の採用理由

この地区のライフラインは共同溝に収容され、洞道を利用して各街区へ供給される。これより自然流下方式の汚水管は、維持管理上問題が多い伏せ越しの要因となる共同溝などの横断部分を避けて埋設したり、土地が平坦なことから管の埋設深度が大きくなり、推進工法を採用す

図1　東京臨海副都心概要図



る箇所が多くなっている。

今回紹介する工事区間は、内径500㎜と700㎜の区間であるが、

①土かぶりが約10ｍ～13ｍあり、この土圧に耐えられる材質であること。

②この地区は、埋立地であるため不等沈下や液状化が予想され、地盤の挙動に対し、継手部分が伸縮し、屈曲できること。

③埋設深度が大きく、管の維持補修が困難なため、管の継手部分で離脱防止対策が取られているもの。

④臨海副都心地域では、基盤整備工事、新交通建設工事、ビル建設工事などが競合しており、立坑設置箇所に制約を受けるため、長距離推進区間が多くなること。

以上の条件から刃口推進工法さや管方式と、小口径推進工法ダクタイル鉄管方式との比較検討を行い、本工事区間は、周辺地域の環境条件により施工性に優れた小口径推進工法GSS形ダクタイル鉄管方式を採用した。

4. GSS形ダクタイル推進管の概要

(1)　適用範囲：自然流下方式の管路で耐地盤変動性および耐震性を要する所。

(2)　適用口径：呼び径300～1000㎜。

(3)　適用規格：JSWAS G－2およびJDPA G 1036。

(4)　管の構造：図2の通り。

(5)　管の寸法：主な寸法などを図3に示す。

(6)　管の種類：標準管、先頭管、先頭用管、空伏管の4種類。

(7)　特　長

①強じんな管体強度を持っている。

②継手に伸縮性と屈曲性があり、耐地盤変動性に優れている。

③継手に離脱防止機能があり、耐震性に優れている。図4にGSS形推進管の伸縮および離脱防止機能を示す。

④長距離推進が可能である。

⑤耐食性が優れている。

⑥継手の水密性が優れている。

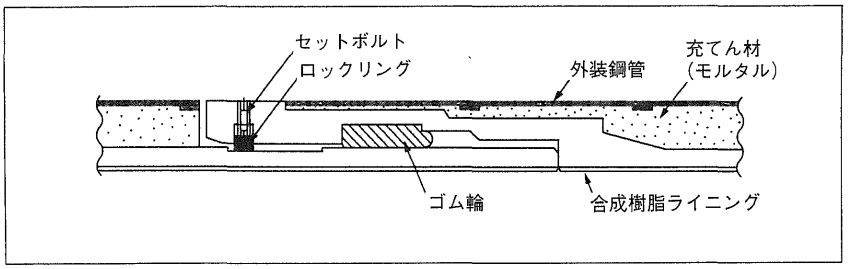
⑦管内面が滑らかで、水理性能がよい。

表1　下水道施設の概要(始動期)

名　称	諸　　元	特　　徴
雨　水　管 (自然流下)	⊡500×500㎜～⊡3,000×3,000㎜ (プレキャストボックスカルバート) 30,000m 雨水吐口　17カ所	・可とう継手を使用し、ＰＣ鋼棒により延長方向に緊結 ・液状化対策として管周囲を砕石埋め戻し ・景観上吐口は海面下に水没
汚　水　管 (自然流下)	⊙250㎜～1,200㎜　23,000m 硬質塩化ビニル管 強化プラスチック複合管 鉄筋コンクリート管 ダクタイル鉄管	・液状化対策として管周囲を砕石埋め戻し、推進区間は離脱防止機構を持つダクタイル鉄管を使用 ・鉄筋コンクリート管は管内面をライニング
汚　水　管 (圧　送)	⊙350㎜×2～900㎜×2　9,000m (ダクタイル鉄管)	・硫化水素対策として管内面をエポキシ粉体塗装ライニング ・共同溝の躯体継手部には耐震継手を使用
中　水　道　管 (圧　送)	⊙150㎜～600㎜　23,000m (ダクタイル鉄管)	・安定供給のために管網をループ化 ・共同溝の躯体継手部には耐震継手を使用
汚水ポンプ場	Q＝7.2～12.0m³／分　8カ所	・処理場からの遠方監視制御による無人化 ・近隣施設とのデザイン調和 ・騒音対策として自家発電機室を地下化
雨水ポンプ場	Q＝7.5～14.7m³／秒 創設期以降に整備予定	
下水処理場 (日本下水道事業団施工)	処理水量＊　120,000m³／日（日最大） 処理方法　嫌気好気活性汚泥循環法 ＋生物膜ろ過法 処理水質　ＢＯＤ　8.0㎎／ℓ ＳＳ　5.0㎎／ℓ （Ｔ－Ｐ　0.5㎎／ℓ）	・処理水は一部中水道として再利用
汚泥圧送管	⊙250㎜　2,500m (ダクタイル鉄管)	・下水処理場の発生汚泥は東部汚泥処理プラントへ圧送

※下水処理場の処理水量は全体計画量

図2　GSS形ダクタイル推進管の継手構造



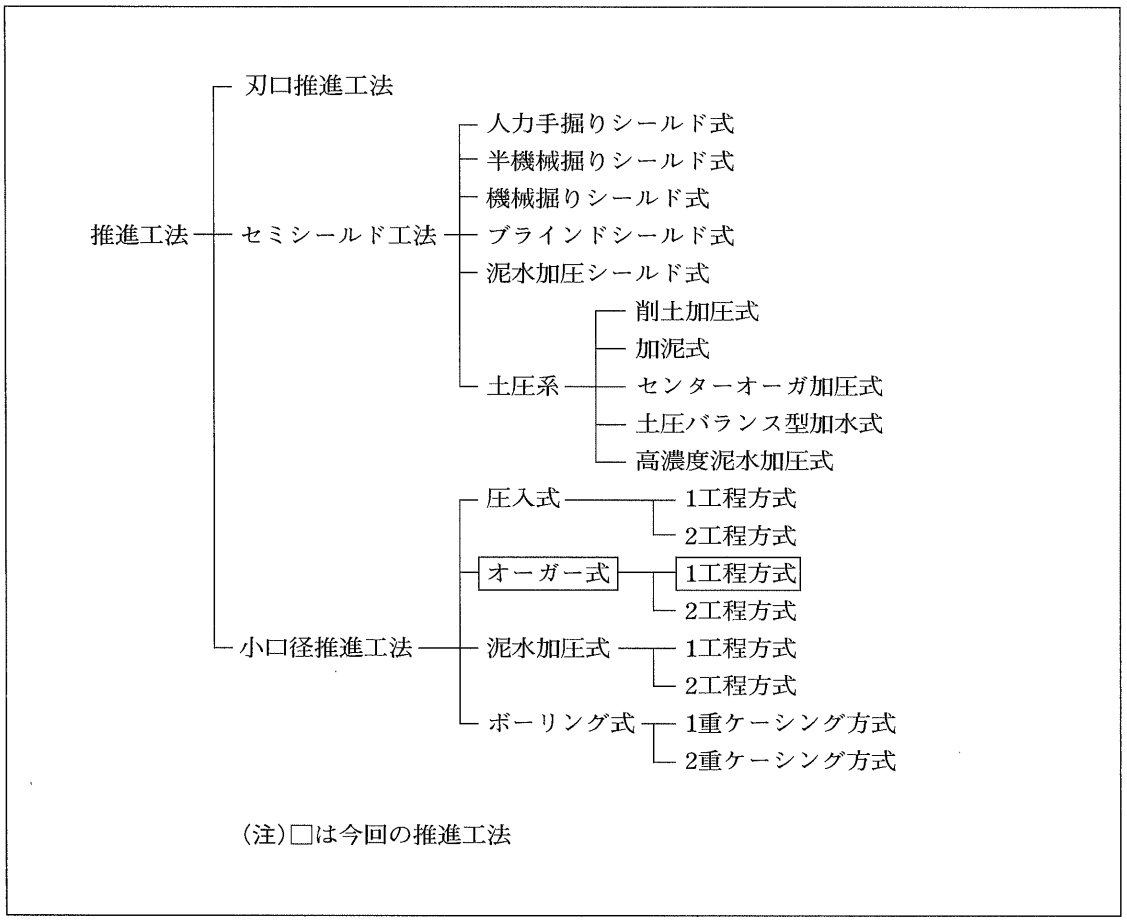


図3　GSS形ダクタイル推進管の主な寸法

呼び径 (mm)	内径D (mm)	外径Dc (mm)	管長L (mm)	参考質量 (kg)
300	294	360	2,005	260
350	344	414		319
400	394	470	2,435	470
450	444	526		560
500	492	584		697
600	592	670		767
700	692	776		961
800	790	880		1,171
900	891	983		1,340
1000	991	1087		1,567

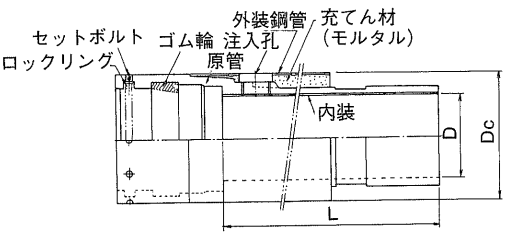


図4　伸縮および離脱防止機能

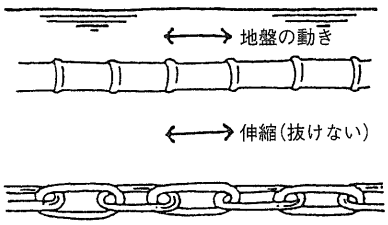


表　GSS形ダクタイル推進管の継手性能

呼び径	許容耐荷力		許　容伸縮量	許容離脱阻止力	
(mm)	(kN)	(tf)	(mm)	(kN)	(tf)
300	1,300	130	20.5	450	45.0
350	1,600	160	20.5	525	52.5
400	1,900	190	24.5	600	60.0
450	2,300	230	24.5	675	67.5
500	2,800	280	24.5	750	75.0
600	3,600	360	24.5	900	90.0
700	4,800	480	24.5	1,050	105
800	4,800	480	24.5	1,200	120
900	6,200	620	24.5	1,350	135
1000	7,800	780	24.5	1,500	150

備考　1.伸縮量(伸び側のみ)は、管長の1%。
2.離脱阻止力(F)は、呼び径(mm)の1.5倍(kN)。
$F = 1.5D$ (kN)
ここで、D:呼び径(mm)

5. 検討項目

GSS形推進管の今回の推進工事に当たって、特に次の項目について検討を行った。

1. 地域の特性

東京臨海副都心地域は、臨海部の埋立地で全体的に軟弱地盤である。平均N値は深度30mまでは5以下で、N値50以上の基盤層は深度50m以上となっている。

現在、地盤改良を行い共同溝の工事を進めている。この共同溝よりもさらに深い所に、汚水の自然流下管路を推進工法により築造する。施工条件は次の通りである。

①土かぶり：10～13m
②推進延長：平均46m(最大74m)
③土　　質：N値0～5の軟弱な粘性土

2. 特に苦心した事項とその解決策

軟弱地盤で推進工事を行う際の問題点として推進工事中、工事後の地盤沈下に伴う管路の変位、不等沈下が発生しやすいことがある。

汚水の自然流下管路として、このようなことが起こると、次のような支障が生じる。

①管路の起伏、逆こう配。
②継手部の抜け出し、水密性の低下。
③マンホールと管との接合部に変位が集中する。

(1)　特に苦心した事項

上記のような問題点を事前に考慮して、次の事項の検討を行った。

①不等沈下量の予測。
②適用できる推進管材の検討。
③不等沈下の低減対策の検討。

(2)　解決策

①不等沈下量の予測

東京臨海副都心建設計画の基本資料および港湾局の地盤調査資料を基礎データとして土質条件を整理した。これより当地区の軟弱層の地層図を作成し、推進管路の施工位置における土質柱状図および土質試験データを各スパンごとに抽出した。次に必要箇所における沈下量を計算し、推定した。

②適用できる推進管材の検討

小口径推進工法に適用できる推進管材は、現在、鉄筋コンクリート管、ダクタイル鉄管、鋼管、塩化ビニル管などである。

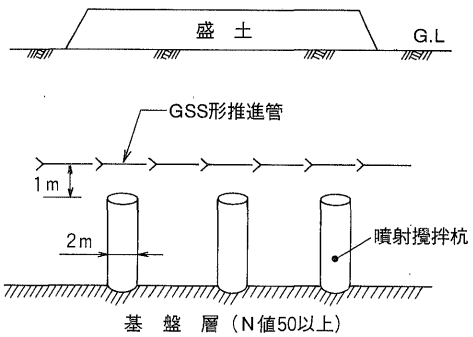
今回の採用条件から、各推進管材を比較検討した結果、鉄筋コンクリート管、鋼管、塩化ビニル管はすべての条件を満足しない。

ダクタイル鉄管のGSS形推進管の場合、継手が伸縮、屈曲し、さらに離脱防止機能を有しているので採用に踏み切った。

③不等沈下の低減対策の検討

前述の不等沈下量の予測から、おおむねGSS形推進管であれば自然流下管路としての機能を満足することを確認したが、場所により盛土施工する所があり、推定沈下量が1m程度になる場合がある。このような場所については、注入工法などの地盤改良との併用を検討し、実施した。超軟弱箇所についてGSS形推進管の特性と経済性を考慮して、周辺作業条件などから図5のように噴射撹拌杭を推進管2本に1本の割合で施工することも検討した。

図5　不等沈下の低減対策例



GSS形推進管は、継手が抜け出さないので、このような支持が可能となる。この場合の不等沈下量は約5cmと推定され、低減対策として十分効果があると判断し、一部実施した

6. 工事概要

推 進 工 法：小口径推進工法(オーガー式)
施工位置図：図6の通り。
工 事 期 間：平成5年3月～6月
土　　質：埋め立て粘性土
●推進延長：呼び径700mm
発進No.2～到達No.1　49.8m
発進No.2～到達No.3　46.2m
発進No.3～到達No.4　22.0m
発進No.6～到達No.5　63.6m
発進No.6～到達No.7　44.0m
計　225.6m
●推進延長：呼び径500mm
発進No.10～到達No.11　58.7m
発進No.10～到達No.9　73.6m
発進No.8～到達No.9　10.8m
計　143.1m
推進工事実績：表2の通り。

図6　施工位置図(汚水系統図)

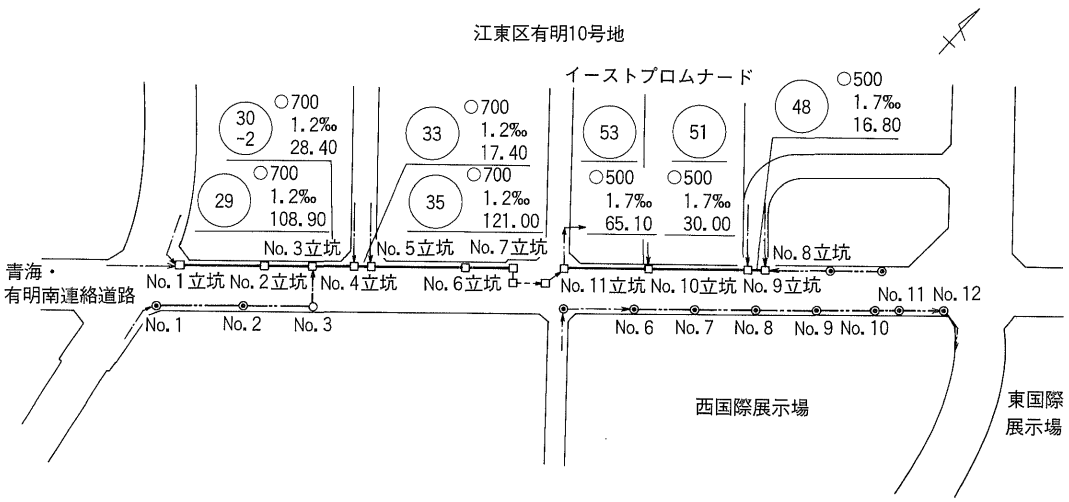


表2　推進工事実績

呼び径		700㎜					500㎜		
スパン / 項　目		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
発進立坑No.		2	2	3	6	6	10	10	8
到達立坑No.		1	3	4	5	7	11	9	9
推進延長（m）		49.8	46.2	22.0	63.6	44.4	58.7	73.6	10.8
最大推力（tf）		150	100	25	65	50	40	65	8
最大誤差（㎜）	上	10	20	5	3	5	5	5	5
	下	35	0	0	10	5	5	10	0
	左	130	10	5	0	3	0	0	0
	右	10	5	15	5	5	5	15	2

7. おわりに

1. 施工結果について

①実施推力が小さく、許容耐荷力に対して十分余裕があり、強度上安心して施工できた。

②管の接合は10分程度で完了でき、熟練を必要としなかった。

③継手が抜けないので、土中残存物に当たったときの前進、後退などの調整を安心して行うことができた。

2. 今後の課題

今回の施工によって、臨海部の軟弱土層へのGSS形推進管の採用は、その継手の持つ特性をよく生かして、有効であったと考える。

ただし、地震時の地盤液状化に対する評価は、現時点では地震時の地盤液状化による流動量、流動力を定量的に評価する方法が確立されていないので未知である。

これに対するGSS形推進管の耐震性評価は、今後の研究課題として継続したい。

写真1　管の吊り降ろし

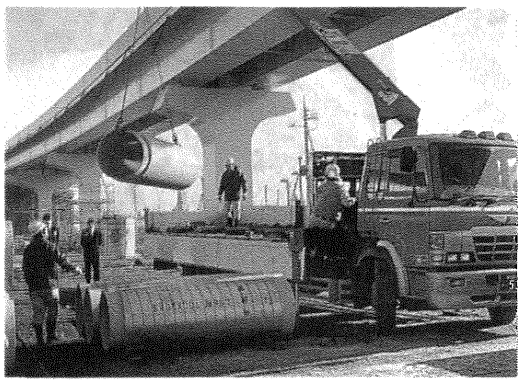


写真2　管内面保護脚の状況

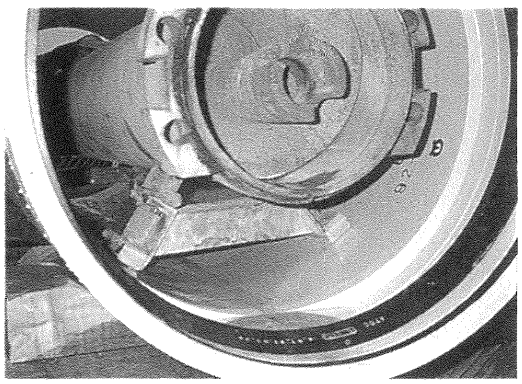


写真3　推進機とのジョイント

写真4　推進作業

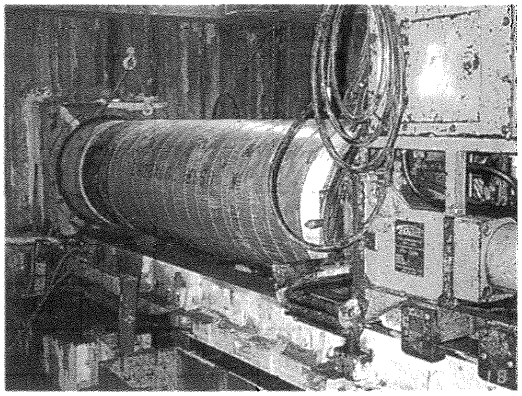


写真5　ロックリングの取り付け

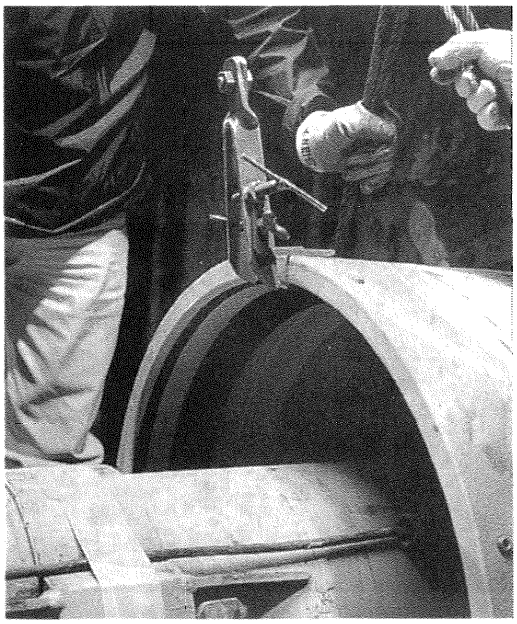
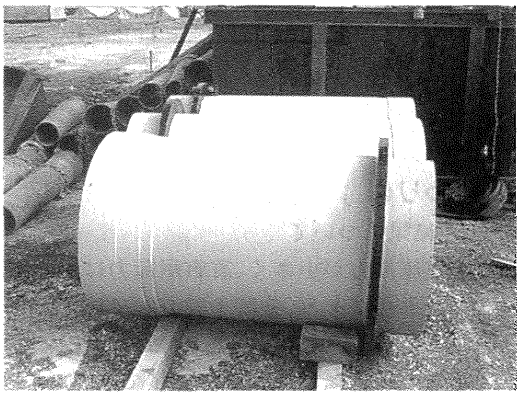


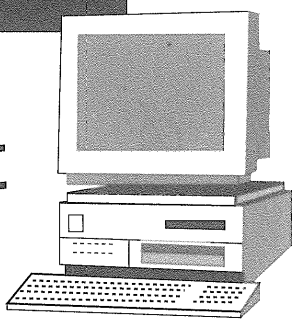
写真6　パドルリングの管への取り付け状況



ダクタイル鉄管第56号

平成6年5月

Technical Report 1
技術レポート



臨海副都心共同溝内管路にダクタイル鉄管を使用して

東京臨海副都心建設株式会社
建設部有明工事事務所
課長補佐　井龍　務

1．はじめに

東京では、業務機能はじめさまざまな都市機能が都心部に集中し、一極集中型の都市構造が形成され、住宅、ごみ、交通混雑などの問題が深刻化している。一方、東京に住み、集う人々は、その価値観は多様化し、豊かさとゆとりを持って生活できる地域社会の創造を求めている。すなわち、住と職のバランスのとれた多心型都市づくりを求めている。

このようなニーズのうえに立って、21世紀に向けた東京の都市づくりは、希少な都市空間を有効に活用し、人々が生々と安心して住み、働き、憩うことのできる新たな都市空間を創造することが不可欠となってきた。

臨海副都心は、昭和61年11月の東京都第二次長期計画において、7番目の副都心として位置付けられ、多心型都市構造の形成を先導するための重要施設として、情報化、国際化に対応した未来型の都市建設が行われている。

この副都心開発については、昭和62年の基本構想、昭和63年の基本計画に続いて出された事業化計画により具体化が図られてきた。

この21世紀に向けての新しい都市の開発面積は448ha、就業人口は11万人、居住人口は6万人を計画している。

一方、この開発地域のライフラインについては計画的、体系的に地下空間を利用できる共同溝システムが採用されている。

今回、この共同溝内の上・中・下水道管路に、ダクタイル鉄管を採用したので、その工事の概要を紹介する。

2．共同溝

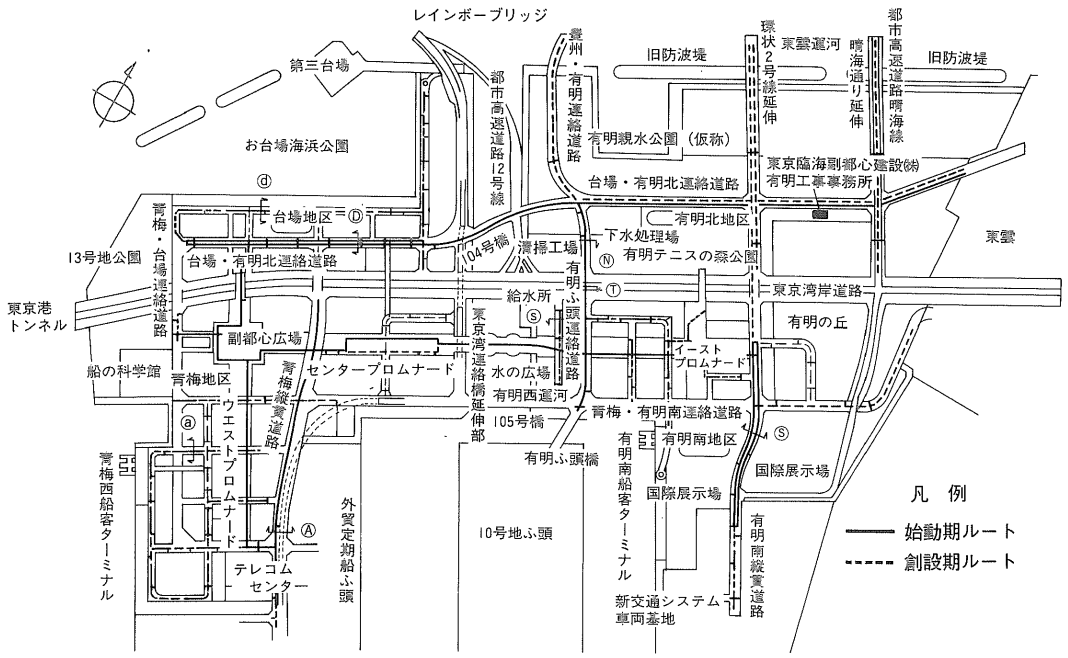
共同溝は、幹線管路などを収容する供給管共同溝と供給管共同溝から分岐して各需要先に直接供給するミニ共同溝に分かれている。

これらの共同溝の構築延長は、供給管共同溝が12㎞、ミニ共同溝が13㎞であり、合計すると25㎞に及ぶことになる。

1.共同溝ルート

共同溝の基本ルートを図1に示した。これによると、供給管共同溝は地域内幹線道路と各シンボルプロムナードの下、ミニ共同溝は区画道路の下を中心に構築されている。

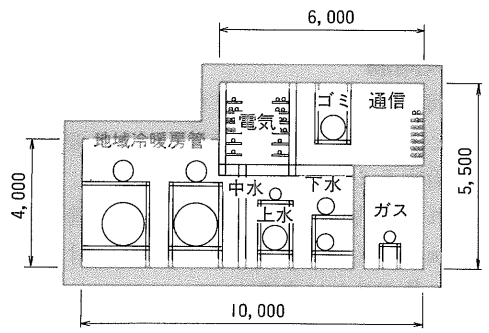
図1　共同溝の基本ルート



2.収容されるライフライン

共同溝には、上水道、下水道（汚水管、汚泥管、中水管）、電力ケーブル、ガス管、ごみ収集管、地域冷暖房用熱供給導管および通信、ＣＡＴＶケーブルが収容される。図2に供給管共同溝の断面の例を示した。

図2　供給管共同溝の断面例



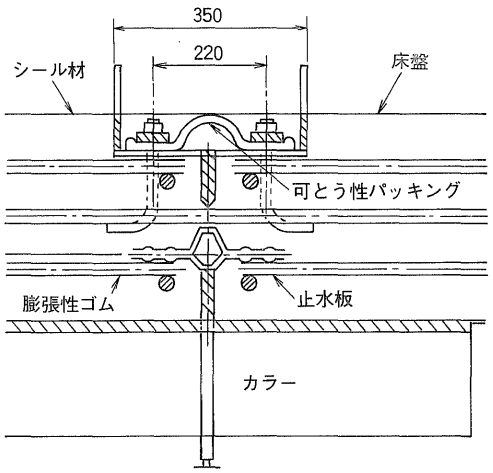
3.構　造

共同溝は、基本的には鉄筋コンクリート造りの箱形構造物であるが、一部、湾岸道路横断部はシールド工法（DOT工法）により施工するのでメガネ型となっている。強度的には関東大震災級の地震にも耐え得るよう設計されている。また、この共同溝は30ｍに1カ所エキスパンション部を設けており、地盤変動にも追随できる構造となっている。図3にエキスパンション部の構造を示した。

4.管理システム

共同溝の管理は、情報通信基盤を活用したセキュリティシステムの採用を考えており、具体的には、この共同溝内配管工事（始動期）の終わる平成7年5月までに、どのような方法で管理したらよいか決定する。

図3　エキスパンション部詳細



5.建設スケジュール

共同溝の建設は、平成7年度の始動期までに16kmを整備し、残りの9kmについては、創設期に建設する予定である。

(注) 臨海副都心開発計画では、その開発段階を始動期(～平成7年度)、創設期(平成8年度～12年度)、発展期(平成13年度～15年度)、成熟期(平成16年度～)の4段階に分けている。

3．上水道施設

水資源が有限かつ貴重であるという認識のもとに、節水型の施設づくりを推進する。

1.整備方針

① 地域内におけるトイレ、洗車、散水などの雑用水については、下水の高度処理水を活用するほか、節水型用水機器を数多く取り入れ、節水型の都市づくりをめざす。

② 上水の最大配水量は、臨海副都心の南側を含めて1日約9万m^3を見込む(開発地域は約8万m^3/日である)。

③ 臨海副都心への送水系統は、木場および大井方面からの2系統とし、一方の系統の事故時にも安定した送水ができるようにバックアップ機能を持たせる。図4に送水管のルートを示した。

木場ルートについては、呼び径1200mmの送水管を整備し、江戸川、中川水系の浄水を送水する。

大井ルートについては、呼び径1200mmの送水管を整備し、多摩川、利根川水系の浄水を送水する。

④ 地域内に新たに給水所を設け、安定した給水量の確保を図る。

給水所の位置は有明南地区である。

⑤ 地域内の配水管は、安定給水および水質保持(残留塩素減少対策など)のため、基本的にはループ化する。

⑥ 地域内の送配水管は、原則として共同溝に収容する。

2.共同溝内の配管材料

21世紀の未来型都市へのライフラインとして飲料水の供給施設は、たとえどんな災害が発生しても、止まらないような設備でなくてはならない。このような考え方を基礎に管種の選定を行った。

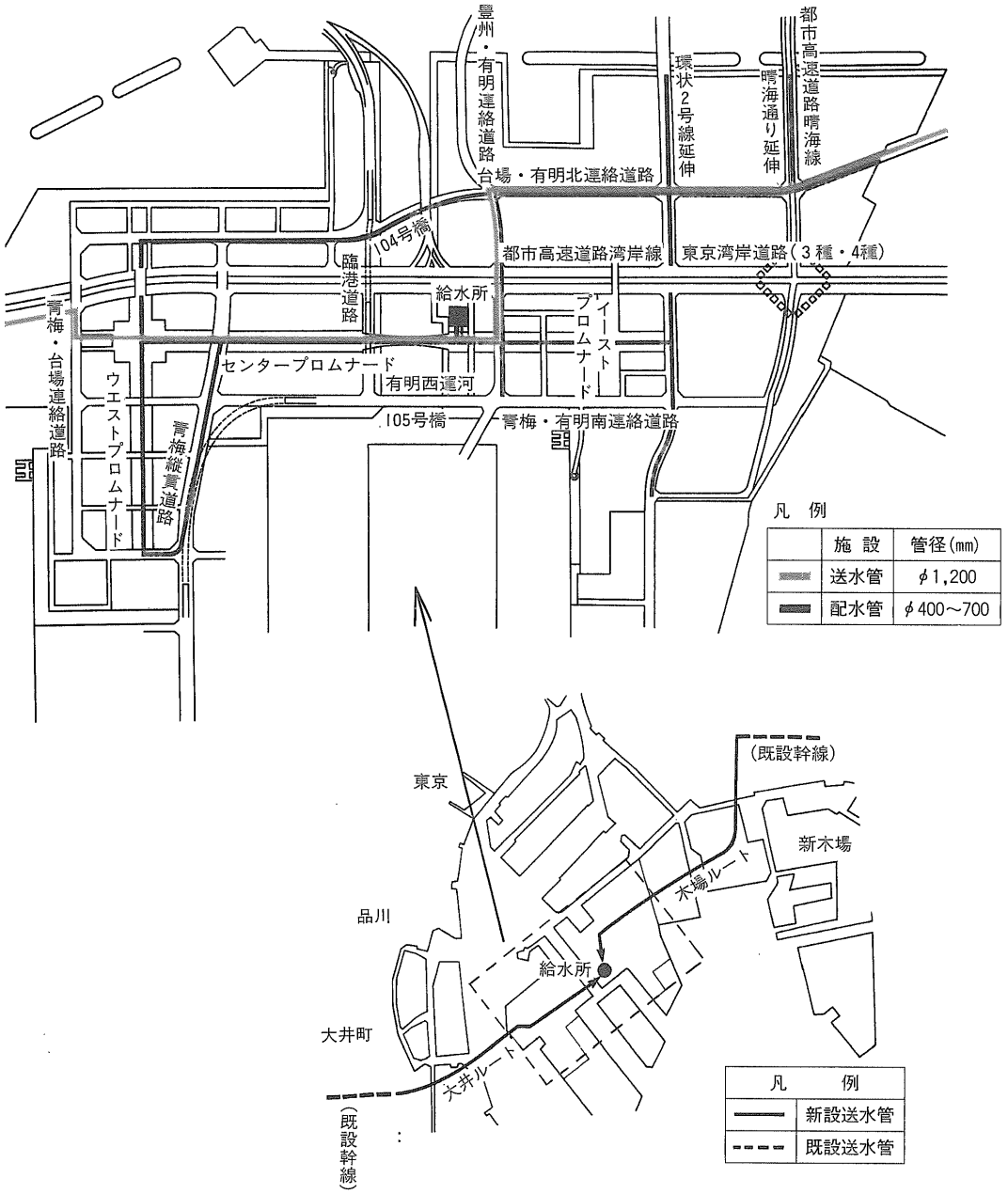
その結果、経済性、強度(引張・曲げ)、強じん性、耐衝撃性および施工性などの点からダクタイル鉄管と耐震継手との組み合わせが有利と判断した。

共同溝は、関東大震災級の地震にも耐えるように設計されているとはいえ、埋立地での使用・重要施設等への給水などを考慮し、その内部に収容される配水管も耐震構造とする必要があった。そこで、水密性・可とう性・伸縮性に富み、かつ最終的に大きな抜出し力に耐えられる鎖構造管路を構築できる継手を採用することにした。

直線部での継手は、呼び径450mmまではSII形、呼び径500mm以上1200mmまではS形とし、曲線部は離脱防止継手とコンクリート防護工を併用した。

ダクタイル鉄管の内面の塗装は、赤水対策、残留塩素減少対策を考慮して、JIS　G　5528によるエポキシ樹脂粉体塗装とした(呼び径1000mm以上では生産能力の制約があり、セメントモルタルライニングを採用)。また、管の外面は、共同溝内で露出管であること、塩分が多いなど腐食性の強い地域であること、さらに火災など

図4　II－31　送水管・配水管（幹線）のルート



の事故が起こらないようにしなければならないことなどから、種々検討を加えた結果、JDPA Z　2009によるダクタイル鋳鉄管外面特殊塗装とした。

なお、共同溝の特殊部など配管の複雑となる箇所は、ステンレス鋼管を採用した。

4．配管工事

臨海副都心の共同溝内配管工事は7工区に分かれている。すなわち台場1、台場2、青海1、青海2、有明南1、有明南2および有明北工区である。平成6年3月現在、配管工事が完了しているのがモデルケースといわれる台場1である。

1.配管ルート

今回配管工事が完了した台場1工区の共同溝の長さは500ｍであり、この中に上水道2条（呼び径700㎜、350㎜）、汚水圧送管2条（呼び径各400㎜）および中水道2条（呼び径400㎜、250㎜）が入っている。図5に共同溝の配管全体平面図を、図6に配管標準断面を示す。

2.管路特性

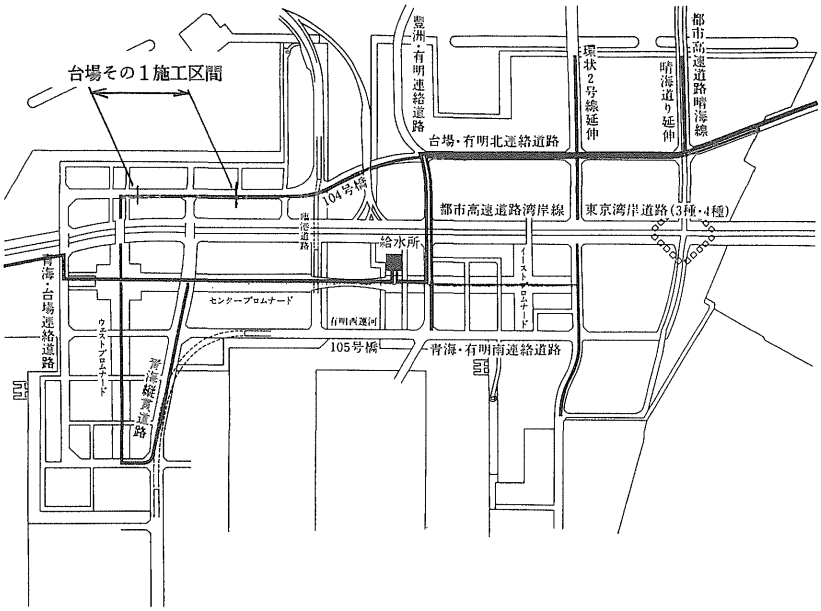
上水道は、呼び径350㎜はＳⅡ形継手、呼び径700㎜はＳ形継手を採用し、鎖構造の耐震管路とした。特に30ｍに1カ所設けてある共同溝のエキスパンション部は、この共同溝の挙動に追随できるようにと、原則的にはエキスパンション部の前後約1ｍの所に継手がくるように設計されている。図7にエキスパンション部の配管例を示す。

3.架　台

架台は、以下の点に留意して、呼び径350㎜以下はレジンコンクリート製のプレキャスト製品とし、他の呼び径の架台は現場で打ちコンクリートとした。

①　共同溝内部の湿気による腐食の問題

図5　配管全体平面図



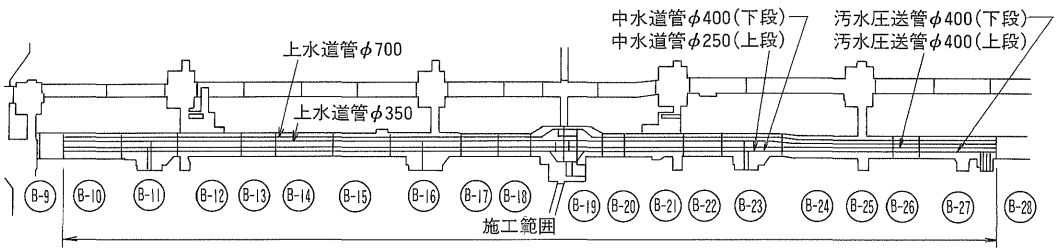
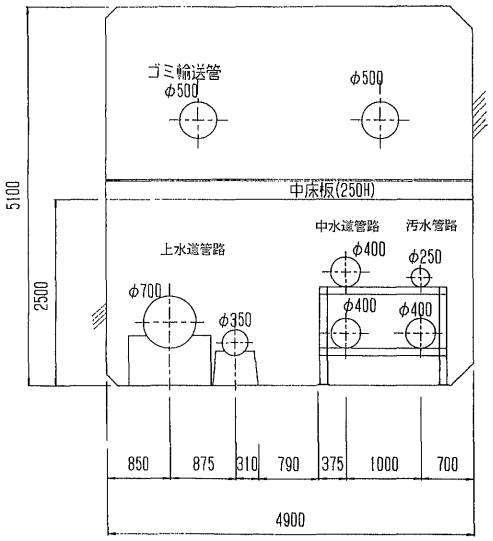


図6　配管標準断面図



特に夏場（6月～9月）、共同溝の中は湿度が高く、コンクリート壁が結露するので、コンクリートに埋め込まれないバンドなどは、耐食性の優れているステンレス鋼（ＳＵＳ304）を使用することにした。

② 地震、地盤沈下などによる管路の伸縮の問題

地震、地盤沈下などで共同溝が動いた場合、鎖構造であるダクタイル管路も、その動きに追随するように伸縮する。この一連の伸縮を管の架台が阻止してはならないので、管と架台とは摺動性を持つ構造とした。

③ 経済性

架台には、現場打ちコンクリート、レジンコンクリートプレキャスト、鋼製および鋳物製などが考えられたが、種々検討した結果、呼び径350㎜以下については、配管延長が長いため量産化ができるメリットを生かしたレジンコンクリートプレキャスト製とした。呼び径700㎜用の架台については、使用数が呼び径350㎜用に比べて少なく、重量も重くなるので、鋼と現場打ちコンクリートの併用とした。

図8に呼び径700㎜用、図9に呼び径350㎜用の架台を示す。

4.配管工事

管は、共同溝の投入口からクレーンで共同溝の床部にいったん降ろし、ここで共同溝の中床版梁に管を運ぶために取り付けたモノレールに積み替え、接合現場に搬入した。

接合現場では、管が到着する前に架台の取り付けが先行して行われて、継手の接合工事に支障の出ないような工程管理を行った。

① 配管工事の人員構成

配管工事の人員構成は、管を共同溝に投入する作業から継手の接合までとすると、表の通りとなる。

② 管運搬装置

共同溝の中は18.4度のこう配で縦断的にアップダウンしている箇所があるので、床を利用した台車方式では、登りこう配のと

図7　エキスパンション部配管例

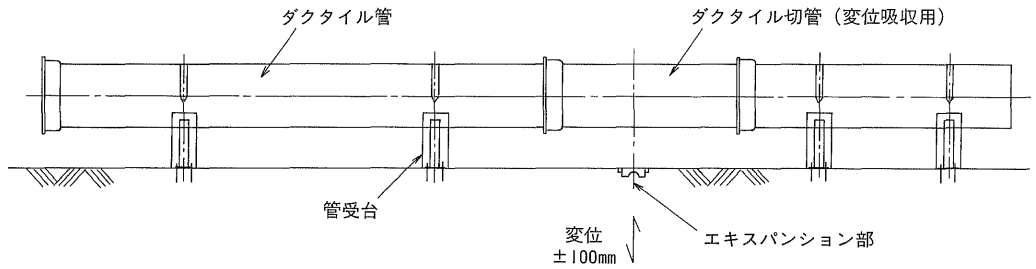
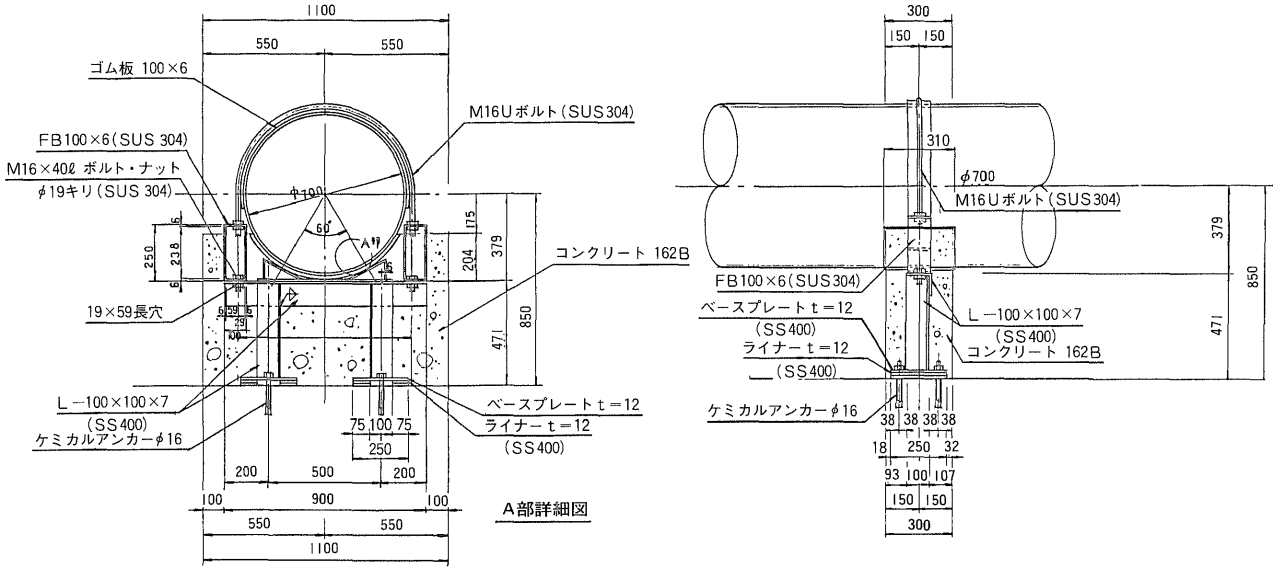


図8　呼び径700㎜用管受台



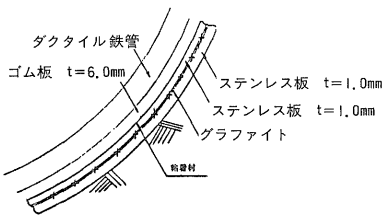


図9　呼び径350㎜用管受台

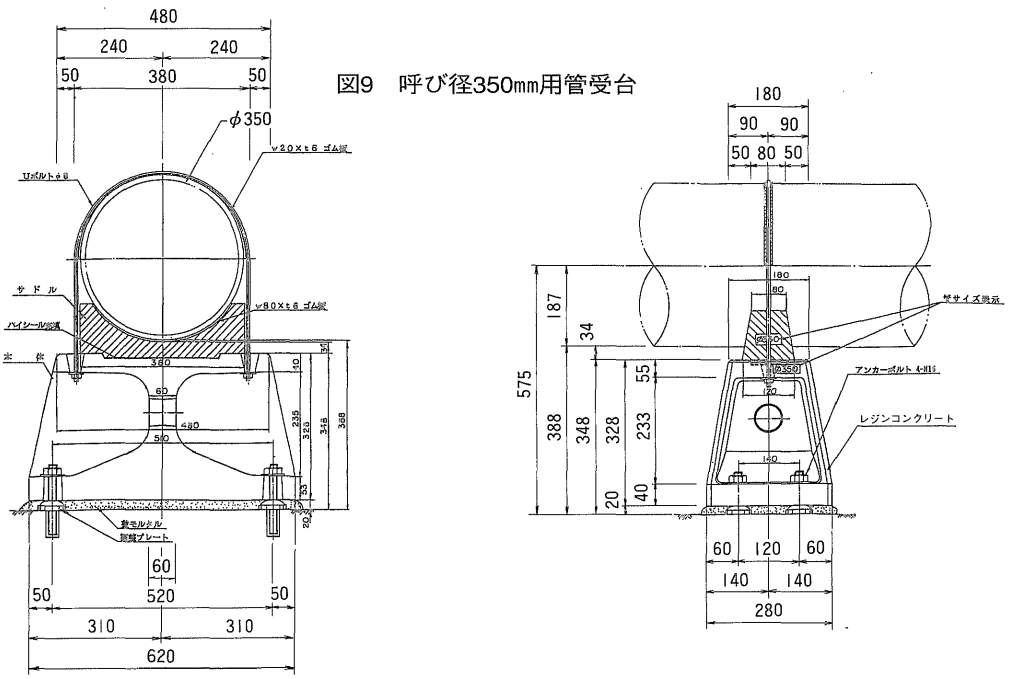


表　配管工事の人員構成

工種	作業内容	人員（名）
作業責任者	工程管理、安全管理、作業全般の監督	1
配管・材料責任者	配管材料の確認、手配、接合管理	1
特殊運転手	トラッククレーン、モノレールの運転	2～3
特殊作業員	玉掛け作業、アンカー設置	3～4
普通作業員	架台の取り付け、管の運搬、芯出作業	5～7
配管工	管の接合	2～3
合計		14～19

（注）この人員構成は、並行して作業を進めている汚水圧送管および中水道管の工事分も含んでいる。

きにウインチのような補助装置が必要になり、下りこう配のときにはブレーキを取り付けなければ作業性、安全性が確保できない。

このような欠点を補うために、モノレール方式を開発、採用した。共同溝の中床版梁に必要な長さのH形鋼を取り付け、これにモノレールを抱かせ、このモノレールにより管の運搬を行った。この方式を採用したことにより、ウインチのような補助装置を取り付ける必要がなくなり作業性は向上した。また、モノレール方式は空間を利用した運搬方法のため、床にレールなどの軌条を必要としないため、作業スペースも広くなり安全性の確保にも寄与した。図10にモノレールの構造を示した。

③　配管工事

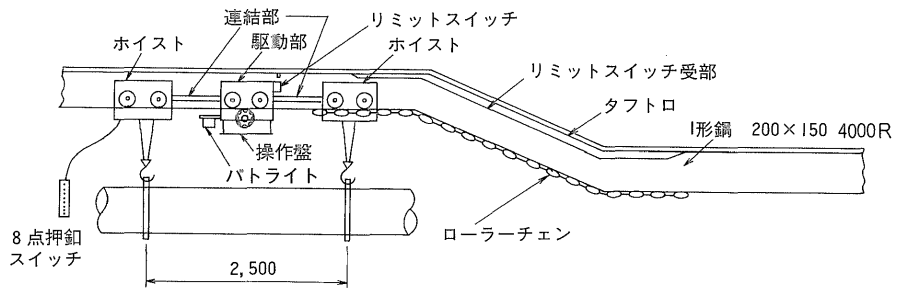
台場1の配管工事は平成5年8月に着手し、終了したのが同年の12月中旬であった。配管の総延長は上水道、汚水圧送管路および中水道管路を合わせて3,180ｍであった。

これを総実施工日で割った平均的な日進量は18ｍ／日となり、順調に配管工事が推移したことが分かる。

5.今後の課題

今回施工した台場1工区は、臨海副都心共同溝内配管工事のモデル工区であった。しかも、この共同溝の中に納められる他企業の管、ケーブル類の工事は未施工で、後半一部ごみ収集管の施工と道路工事の施工が開始されたが、さほど同時施工とならず、他企業の工事との調整も

図10　モノレール式運搬装置取付図



スムーズに進み、われわれのペースで工事は進んだ。しかし、残りの6工区は平成7年5月の工事完成に向けて、今から一斉に動き出すことになるので、当然これら企業間の工事工程および作業ヤードの工事調整が不可欠となってくる。

したがって、この企業間の調整が成功するか否かに、臨海副都心の配管工事の工期内竣工はかかっている。

そのためには、われわれ、臨海副都心建設の担当者も、工期内完成に向けて努力をするが、これらの配管工事の施工を管理している施工管理会社、受注している各ゼネコンＪＶおよびその下で実際の配管工事を担当する配管業者の協力がなくては、このプロジェクトは成功しない。

このような状況にあるので、この紙面を借りて再度ご協力をお願いしたい。

5．おわりに

モデル工区の台場1は、計画通り平成6年3月4日に竣工検査に合格した。

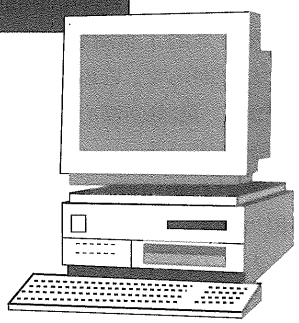
しかし、これは始動期全体の3%が終了したに過ぎない。残り15.5㎞（共同溝の長さ）は、これから平成7年5月末の竣工をめざして施工しなければならない。しかも、上述したように他企業との共同施工となるので、施工管理を徹底して行わなければ成功はおぼつかない。施工管理会社をはじめ、ゼネコンＪＶおよび配管業者には、台場1以上の努力と誠意をお願いしたい。

最後に、この工事に携わった施工管理会社、ゼネコンＪＶおよび配管業者のみなさんに、感謝とお礼を申し上げたい。

（参考資料）

臨海副都心開発事業化計画（東京都）〔平成元年4月〕
臨海副都心における共同溝整備（港湾局開発部臨海副都心開発推進室）
東京フロンティア計画における上水道施設等の整備について（東京都水道局　給水部長　菅原弘）〔現東京都水道局技監―平成2年11月〕

Technical Report 2
技術レポート



パイプ・イン・パイプ工法による工業用水導水管路の更新工事

神戸市水道局技術部浄水課
課長 楠田武司
係長 宮根憲二
係員 山崎清志

1．はじめに

神戸は港を中心に町が形成され、その港湾機能を生かしつつ、早くから阪神工業地帯の中核としての位置を占めてきた。この港の特性を生かして産業基盤の強化、拡大を図るため、昭和28年度から臨海地域に大規模な産業用地の埋め立て造成を行い、産業用水の需要が発生してくる中で、「神戸市工業用水道事業」は産業界の強い要請を受け、昭和39年9月に琵琶湖・淀川を水源として一部給水を開始した。そして、翌年第1期事業は給水能力10万m^3／日として完成した。その後、昭和45～49年度の5カ年で給水能力を5万m^3／日増強するための第2期事業を行い、現在15万m^3／日の給水能力を有している。

したがって、1期施設は建設以来約30年が経過しており、経年劣化、旧式化して非効率、あるいは安定供給上問題が出てきている。導水管については、総延長20.9㎞（呼び径1350～1200㎜）で、更新前の内訳は鋳鉄管12.0㎞、鋼管2.6㎞、ＰＳコンクリート管6.3㎞である。経年化したＰＳコンクリート管は、交通量および周辺環境変化などにより事故が生じており、また、地震対策上からも管路更新の必要がある。本報では、平成5年度改築事業として、呼び径1350㎜ＰＳコンクリート管をダクタイル鉄管のパイプ・イン・パイプ工法で管路更新したので、その施工例を紹介する。

2．工法および管種の選定

管路の更新は計画的、効率的に実施することを前提とし、かつ導水施設としての十分な機能が維持でき、施工上からも安全性、経済性を考慮するとともに、付近住民や交通への影響を最小限にした最適な工法でなければならない。

具体的には、更新の目的、対象管路の呼び径および延長、埋設環境（既設埋設物、土質、地下水）、施工場所（道路幅員、交通量、家屋密集度、周辺環境）、工事費などのそれぞれの項目について検討を行い、工法の決定を行う必要がある。

現在、本市が採用している管路更新工法は、①開削工法（布設替）、②内面ライニング工法（モルタルライニング、エポキシ樹脂ライニング）、③パイプリバース工法、④ホースライニング工法、⑤チューブライニング工法、⑥パイプ・イン・パイプ工法（鋼管、ダクタイル鉄管）などがある。今回の更新においては、次のような種々の制約条件があった。

① 過去の漏水事故例からＰＳコンクリート管継手部に可とう性がないため、継手部の緩み、移動による漏水が多く、再発防止のためには新管への更新により、耐震管路として整備を図る必要がある。

② 当路線は一部市バス路線にかかっており、また、限られた地中スペースの中に他企業埋設管路が輻輳しているため、新たな占用位置が得られない。

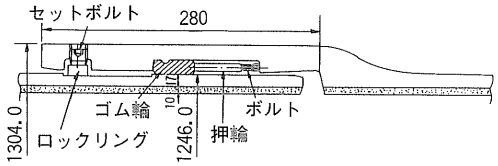
③ 断水期間が7月中旬までに限定され、立坑設置から管工事完了までの期間が約3カ月と制約された。

④ 前年に行った管内調査により、立坑設置予定箇所間で道路形状に沿って平面・縦断方向に緩く曲がっている。

⑤ 呼び径を1200㎜に落として更新しても計画導水量は確保できる。

このような条件の中で工法は、パイプ・イン・パイプ工法とし、管種については次の利点があるＰⅡ形ダクタイル鉄管を採用した。

図1　Ｐ.Ⅱ形継手部詳細図
呼び径1200㎜



① 継手部が可とう性構造となっているので、既設管の若干の曲がりに対してある程度の順応性を持っており、長距離の押し込み挿入が可能である。

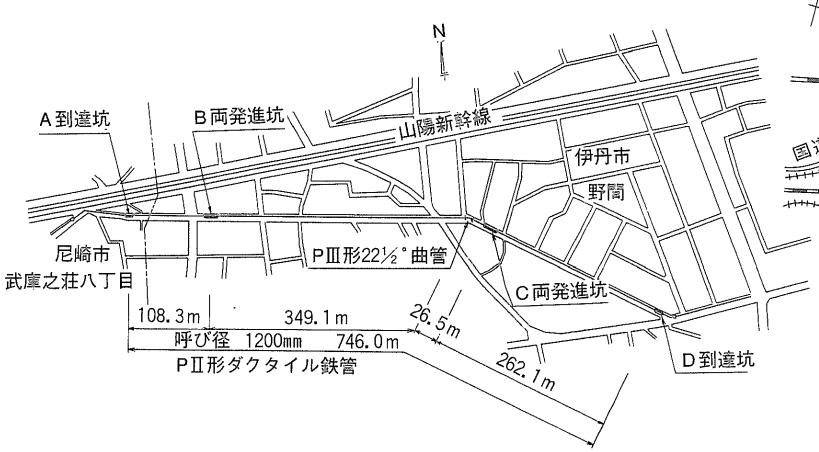
② 継手作業時間が鋼管に比較して短く、工期短縮が図れる。

③ 限られたスペースの中で、施工管理が容易で、かつ、作業が安全・確実である。

④ 継手が耐震構造となっている。

また、既設管の一部分で22° 1/2曲管が使用されている区間については、他企業埋設管（ＰＳコンクリート管　呼び径1650㎜）への影響から立坑設置が不可能なため、管内より取り付け施工可能なＰⅢ形ダクタイル鉄管（11° 1/4曲管×2）を採用した。

図2　工事箇所見取図



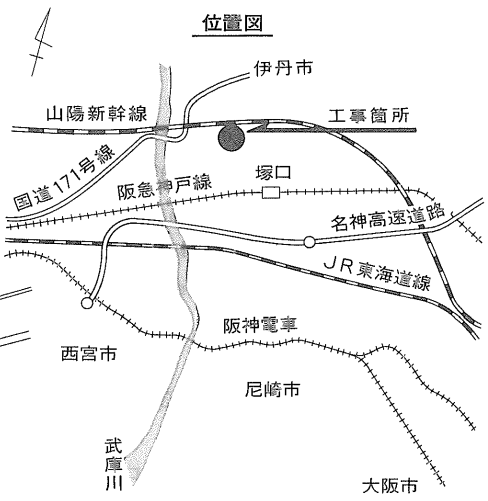
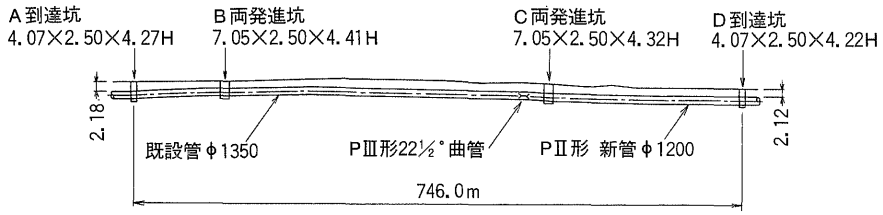


図3　管路縦断図



3．施工内容

この路線は昭和36年度から阪神水道企業団と共同で用地買収が進められ、昭和38年～39年度にかけ神戸市工業用水導水管1350㎜、阪神水道上水道管1650㎜が並行して布設された。その当時、周辺はまだ田畑であったが、現在は住宅開発が進み、管路用地も伊丹市、尼崎市の市道として供用されている。

1.工事概要

① 工事名
工業用水導水管パイプ・イン・パイプ工事

② 工事場所
尼崎市武庫之荘8丁目～伊丹市野間

③ 工期
平成5年4月6日～5年10月15日
（断水期間　4月28日～7月19日）

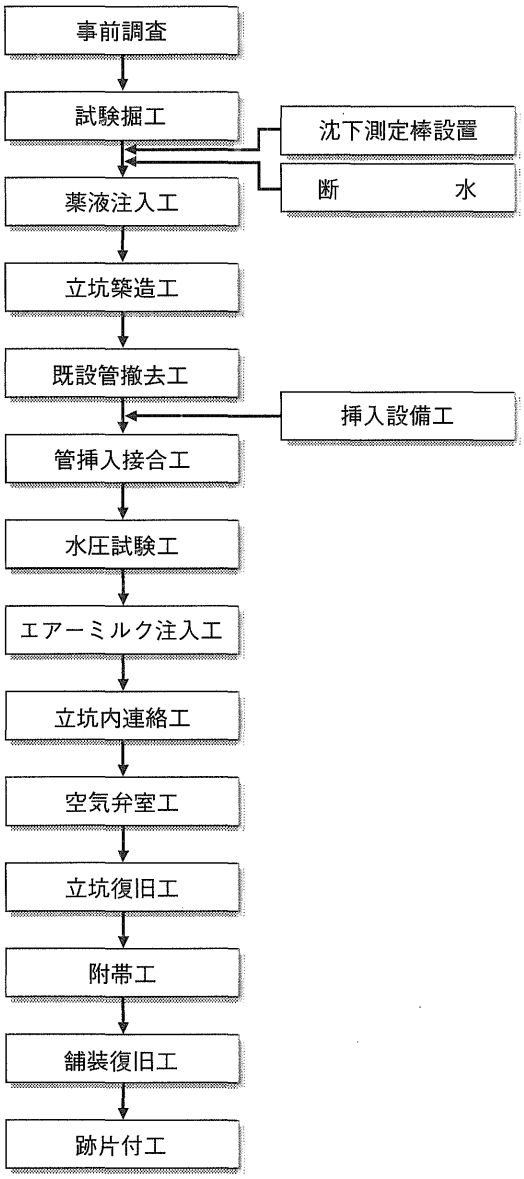
④ 両発進立坑の大きさ
B立坑：長さ7.05m×幅2.50m×高さ4.41m
C立坑：長さ7.05m×幅2.50m×高さ4.32m

⑤ 到達立坑の大きさ
A立坑：長さ4.07m×幅2.50m×高さ4.27m
D立坑：長さ4.07m×幅2.50m×高さ4.22m

⑥ 挿入工事
呼び径1200㎜　延長746m
既設管呼び径1350㎜

施工手順は、図4のフローチャートに示す通

図4　工事フローチャート



りである。

以下、主要項目についてその概要を述べる。

2.立坑

① 立坑の位置決定

立坑の位置は、管路の埋設環境を踏まえ、地元および関係機関と調整を図りながら、以下のように決定した。

A 到達坑 …… 工事起点であり、既設管（鋳鉄管）との連絡部とした。

B、C両発進坑 …… 既設22° 1/2曲管部が管内施工（PⅢ形）となるため、この曲管部との距離ができるだけ短い所に立坑位置を決定したが、B両発進立坑箇所において地元同意が得られず、当初計画より約350m西側に移動したため、PⅡとPⅢの接合に困難をきわめた。

D 到達坑 …… 工事終点であり、既設管（鋳鉄管）との連絡部とした。

図5 C両発進坑平面図

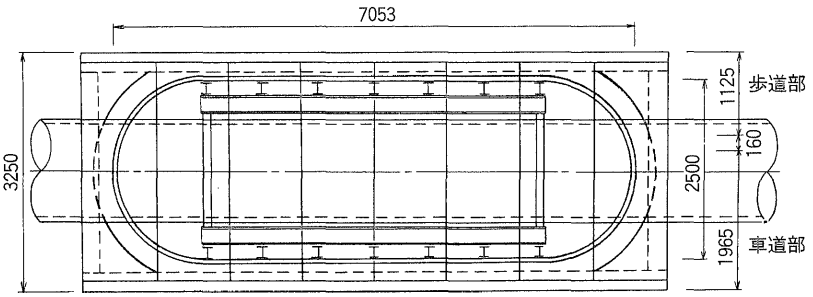


図6 C両発進坑地下埋設図

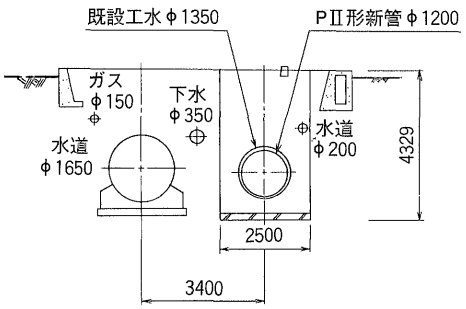
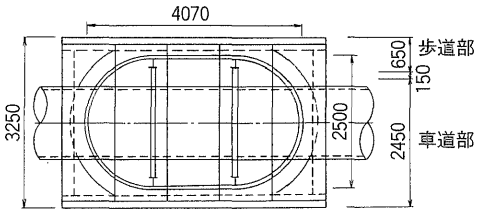


図7 D到達坑平面図



② 試験掘削

立坑位置決定後、試験掘削を行い、地下埋設物の状況や地下水などの調査をし、立坑の築造ができることの確認を行った。

③ 沈下測定棒の設置

地下水位が高く、立坑周囲の地山の安定を図るために薬液注入を行った。このため隣接する地下埋設管の挙動観測が必要となり、その管理者と協議した結果、事前に沈下測定棒を埋設管に取り付け、立坑部復旧完了後までの間、毎日沈下測定を行いながら工事を進め、特に大きな変位もなく無事工事を完了することができた。

なお、薬注入は水ガラス系による二重管ストレーナー（複相式）工法により行った。

3.挿入

① ＰⅡ形ダクタイル鉄管の挿入

管内調査による既設管平面・縦断の屈曲と、ＰⅡ形ダクタイル鉄管の呼び径および継手角度などから、1本当たりの挿入管長（ℓ＝4ｍ）を決定した。また、挿入に先き立ち挿入力および挿入方法を検討し、それに基づき施工した。挿入状況の概略を図8、9に示す。

図8　吊り込み・据え付け機械

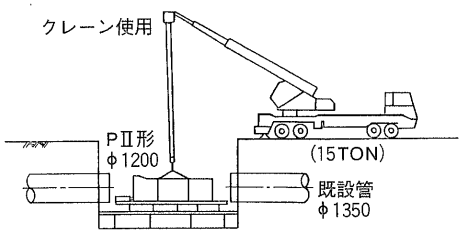
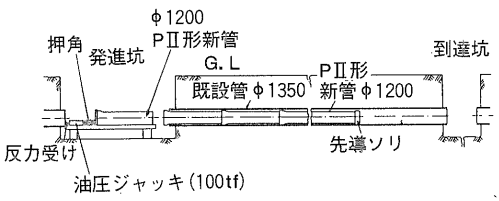


図9　ダクタイル管によるパイプ・イン・パイプ工法の概略



管挿入推力の検討

$F = \mu \cdot W \cdot L \cdot S$

ここで、

Ｆ：推　力　　(tf)

μ：摩擦係数　　(0.5)

Ｗ：新管の重量　(0.515tf／ｍ)

Ｌ：新管の挿入長（ｍ）

Ｓ：安全率　　(1.1)

挿入ジャッキの推力Ｆは、Ｂ両発進坑からＰⅢ接合地点へ挿入するときが最大となり、

$F = 0.5 \times 0.515 \times 345.3 \times 1.1 = 97.8\text{tf}$

一方、既設管の摩擦抵抗力Ｆｓは、

$Fs = fs \cdot L$

ここでfs：単位長さ当たりの周面摩擦抵抗力

$fs = \mu \cdot r \cdot Hc \cdot \pi \cdot D$

μ　：管と土の摩擦係数 (0.5)

ｒ　：土の単位体積重量 (1.8tf／m^3)

Ｈｃ　：管芯までの上かぶり (2.8ｍ)

Ｄ　：既設管外径 (1.54ｍ)

Ｓｆ　：安全率 (1.25)

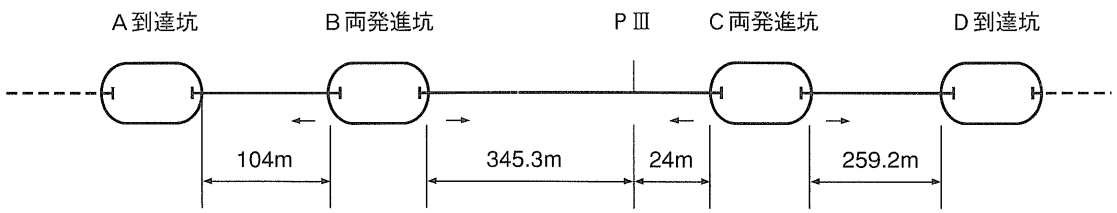
したがって、反力をとる既設管の必要管路長は、

以上の検討により、既設管に挿入推力以上の反力が期待できるので、既設管に反力を設け並

$$L = \frac{Fs}{fs} = \frac{F \cdot Sf}{fs} = \frac{97.8 \times 1.25}{0.5 \times 1.8 \times 2.8 \times \pi \times 1.54}$$

$$= 10.03 \fallingdotseq 10.0\,\text{m} < 104\,\text{m}$$

図10　挿入延長図



列した100トンの油圧ジャッキで新管の挿入を行った。挿入推力の管理は油圧ポンプの圧力とあらかじめ計算しておいた推力とを比較しながら通過異常の有無や推力が過大にならないように管理を行った。挿入は、1日当たり6～8本（24～32m）と雨が多い時期にしては施工性は良好であった。

なお、B両発進立坑からは挿入延長が345.3mと長スパンであるため、施工に際しては管内に電話線を引き込み、連絡を密にとりながら油圧ジャッキ圧の微調整を行い、無事接続を完了することができた。

ここでは、PⅢ管の管内ドッキング工法の施工写真、概略図（図12）、施工完了状態（図13）を示す。

写真1　挿入状況（C立杭）

写真2　PⅢ形接合状況

② PⅢ形ダクタイル鉄管の挿入

PⅢ形11° 1/4曲管、2組については単体にて管内に引き込み、組立完了後に芯出しを入念に行い、PⅡ形管との連絡時に移動せぬよう固定し、既設管との隙間にモルタル充てんを行った。継手の構造図を図11に示す。

図11　管内ドッキング工法用PⅢ形継手の構造

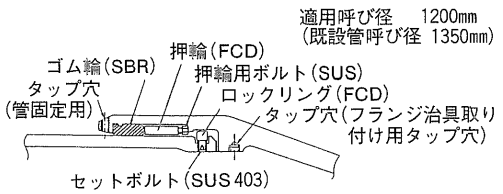
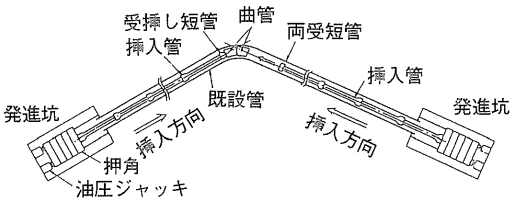


図12　管内ドッキング工法の概略図



4.水圧試験

挿入を完了した継手部について、水圧試験を行った。

試験水圧は試験時のモルタルへの影響および常用水圧（約4kgf／cm²）を考慮して5kgf／cm²（0.49MPa）とし、テストバンドを継手内面に取

図13　施工完了状態

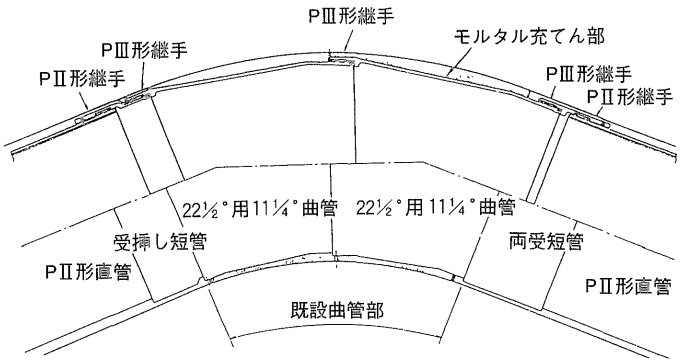


写真3　水圧試験

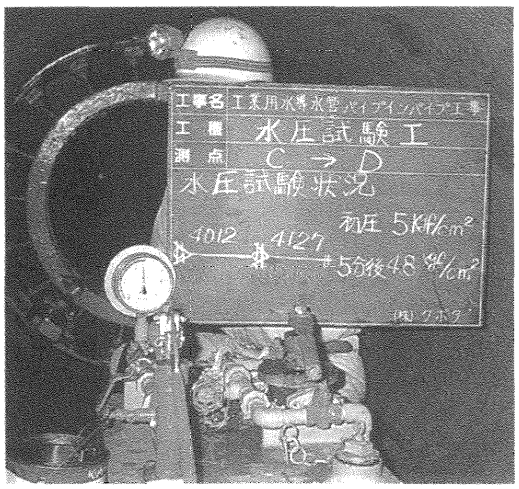
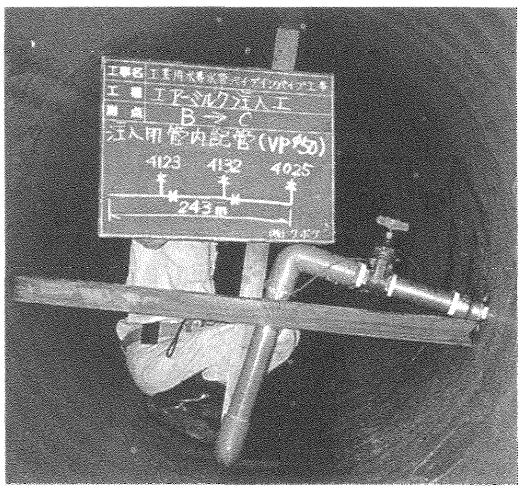
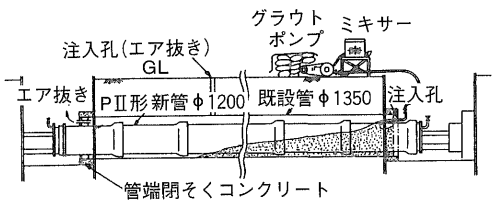


写真4　エアーミルク注入工



り付け、水圧を5分間維持するかどうかを監視することにより漏水の有無について確認した。その結果、内面モルタルへの浸透以外の圧力降下は認められなかった。

図14　施工概要図



5.エアーミルクの充てん

新旧の管の間げきは、水みちや地盤沈下を防止するため立坑部からエアーミルクにより間げき充てんを行った。そして、立坑間距離が長い路線については呼び径50㎜の圧送用塩化ビニル管を管内に取り付け、あらかじめ新管に設置したグラウト孔から注入を行った。

エアーミルクの比重は0.5以下にして、挿入管の浮き上がりがないようにした。充てんを終了後、グラウト孔はシールキャップにより閉塞した。

なお、エアーミルクの圧縮強度は継手の機能をできるだけ損なうことがないよう、15kgf／cm² (147N／cm²) 程度と、通常の埋戻し土の地耐力と大差ないものとした。

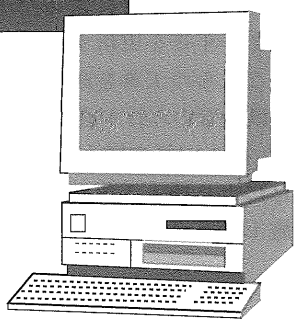
4．おわりに

今回、開削工法が困難な路線で、ＰⅡ形ダクタイル鉄管による長距離挿入と曲管部のＰⅢ形ダクタイル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法で経年管を更新することができた。

これらの工事を通していえることは、本工法は既設管のだ行が直管継手部の屈曲程度であれば、挿入口径や挿入管１本の長さを選択することにより挿入工事が可能であり、また、継手の施工効率が比較的よく、掘削も立坑部分のみであることから、路面復旧や既設管撤去工事が少なくなるとともに、地元、交通への影響も軽減され、工期短縮、経済的に有利といえる。ただ、施工期間内の断水は避けられないため、事前のバックアップ対策も必要である。

なお、本工事が当初の断水計画期間内に無事終了したことは、設計、施工などの工事関係者の努力はもちろんのこと、地元および関係機関のご協力によるもので、改めて感謝の意を表す次第である。

Technical Report 3
技術レポート



軟弱地盤における ＧＳ形ダクタイル推進管の 採用について

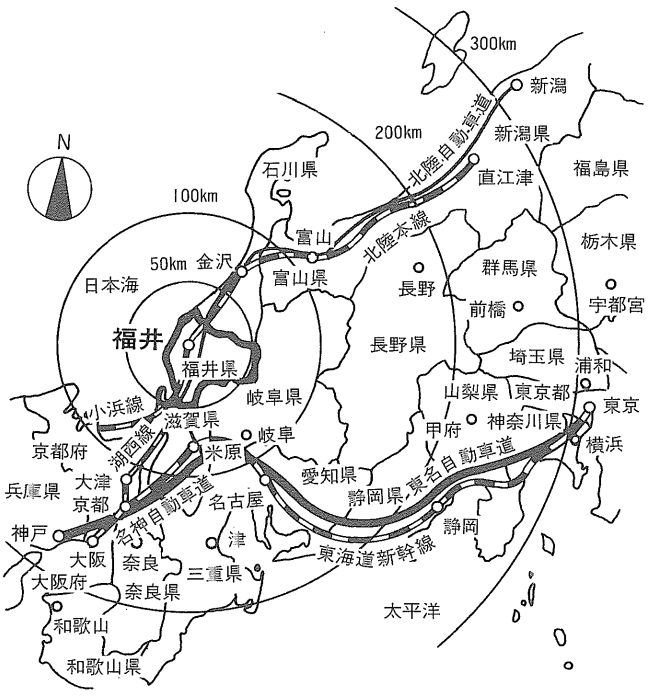
福井市下水道部建設課
課長　児泉紀幸
技師　橋本直樹

1.はじめに

福井市は、福井県の県都として北部に位置し、北西部は風光明媚な日本海に面する越前加賀海岸国定公園を望んでいる。また、南部には、国の特別史跡とされている一乗谷朝倉氏遺跡があり、観光の拠点となっている。地形は概ね平坦地で、福井平野が開けており、この間を九頭竜、足羽、日野の三大河川が市内で合流し、日本海に注いでいる。

本市は、明治22年に市制が施行され、当時4万人足らずの人口も今日では25万人を超え、面積も当時の７７倍、340.31Km²となっている。その間、昭和20年の空襲、昭和23年の大震災などにより市街地は壊滅状態となったが、市民の不屈の精神によって不死鳥のようによみがえり、やさしさと活力のまち、北陸の雄都として、さらなる発展を続けているところである。

図1　位置図



2.下水道事業の沿革

本市は、東から西に向かって約1000分の1の緩い傾斜をなし、平均雨量は約2,400㎜で、地下水位は高く排水条件は極めて不良であった。このため市街地では毎年水害を繰り返し、浸水箇所は80カ所に及び市民の最大の悩みであった。本市では、昭和23年に多年の懸案であった公共下水道の本事業に着手し、昭和32年に下水処理場の建設に着手、昭和34年には一部区域の下水簡易処理を開始した。

本市の公共下水道事業は着手後すでに40年余、常に市政の最重点施策として議会、市民の全面協力のもとに着々とその工事を進め、平成4年度末では計画面積4,175haのうち1,996haの整備を完了し、行政人口に対する普及率も54.2％に達し、さらに普及率向上に向け現在整備を進めているところである。

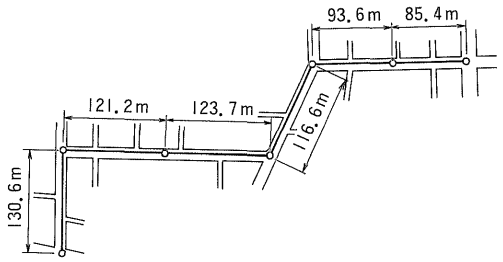
本報告は健全な市民生活の基盤施設である、下水道整備事業の管きょ建設に「ＧＳ形ダクタイル推進管」を採用したので、その概要について述べる。

3.工事概要

月見・東下野汚水幹線は福井市南部の重要な幹線のひとつで、本工事区間は呼び径1,650㎜のシールドに連絡する最下流部にあたる。

工事名　：公12号　月見・東下野汚水幹線布設工事
場　　所：福井市東下野町地係
工　　期：平成5年6月30日～6年3月18日
延　　長：総延長 671.1ｍ（6スパン）
　　最大推進延長 130.6ｍ
呼び径　：600㎜ ＧＳ形ダクタイル推進管
土かぶり：最大7.33ｍ～最小5.81ｍ
工　　法：泥水式推進工法（一工程方式）

図2　平面図



4.GS形ダクタイル推進管の選定について

土質調査のデータからもわかるように、本工事区間は地下水位が高いうえに非常に軟弱な地盤である。このため、掘進機の沈下による管のだ行や方向修正不能や推進管の沈下による継手からの漏水などが予想され、使用管材を選定するに当たっては、これらの条件をクリアできるものが必要となった。そこで、鉄筋コンクリート推進管など複数の管材を比較検討し、本工事区間の周辺環境や施工条件などを検討した結果、経済性や施工性にも優れたＧＳ形ダクタイル推進管を採用することにした。

次に、ＧＳ形ダクタイル推進管の特長を示す。

①　管体重量が鉄筋コンクリート管の50～60％と軽量であり、取り扱いも容易である。

図3　土質柱状図

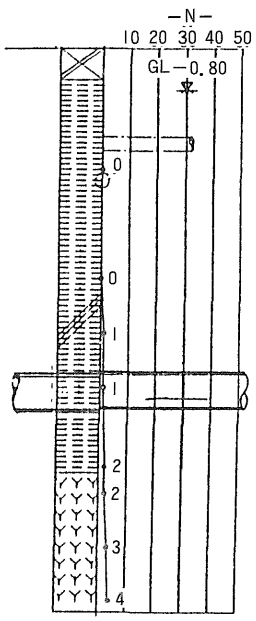
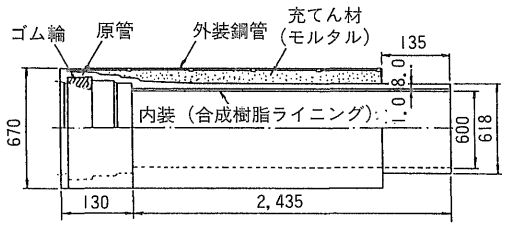


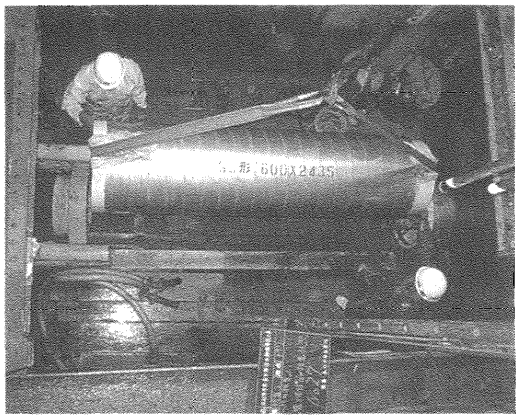
図4　呼び径600㎜ＧＳ形ダクタイル推進管



②　管外径が1口径小さい鉄筋コンクリート管と等しいので、より軽量で経済的な1口径小さい掘進機を使用することができる。

③　継手部が確実で、内外圧2kgf/cm²（0.2MPa）の水圧に対しても優れた水密性を有する。

写真1　管の吊り下ろし



④　管内面には合成樹脂ライニングが施されているので、硫化水素などに対する耐食性や耐摩耗性に優れており、表面が平滑なので通水性にも優れている。

⑤　鉄筋コンクリート推進管より許容耐荷力が360tf（3,530KN、φ600の場合）と大きく、長距離推進が可能で立杭の数を減らすことができ、経済的である。

5.施工状況

①　搬入した管材については、まず寸法の検測を行った。

全長、内径、外径、管厚を測定したが、いずれも許容値内に収まっていた。また、管内面の合成樹脂ライニングの仕上げは、鉄筋コンクリート管と比較してもはるかにきれいで、優れた通水性能もうなずけた。管内面には、下水道協会の認定マークが押印されており、品質も問題ないことを確認した。

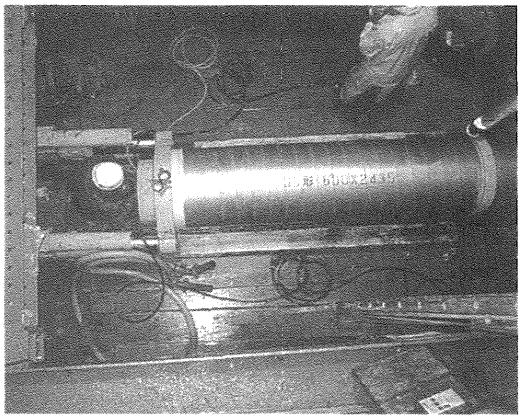
②　管材の立杭内への投入は、門型クレーンを使用した。

管体重量が軽いためスムーズに作業が行え、管の接合にも付属の滑剤を用いて、鉄筋コンクリート管と同様に容易に接合することができた。

③　推進は、許容耐荷力が高いので安心していたが、滑材がうまく外装鋼管と土砂との間に保持されているためか、思ったより推

写真2　接合作業

写真3　推進作業



力は上昇せず安定した推進を行うことができた。

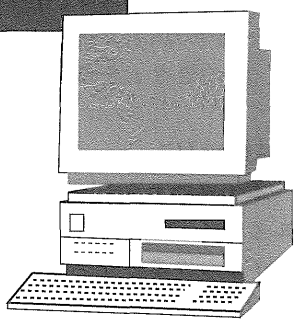
④　推進精度については0.6‰というこう配にもかかわらず、上下、左右いずれも10㎜以内の誤差で到達することができ、高い精度の管きょを布設することができた。

6.おわりに

本工事のような悪条件の中で、重大なトラブルもなく、高精度の施工ができたのは、施工前のチェックボーリングなど、いろいろな角度から検討を行ったからであり、関係者各位のご協力の賜物であると深く感謝している。ＧＳ形ダクタイル推進管については、施工後も継手部からの浸入水などはまったく見られず、優れた水密性が実証されたと思う。また、推進管の沈下やだ行も認められず、軽量な管材の性能が活かされていると思われる。

今回のＧＳ形ダクタイル推進管の採用は、次の工事区間の工法選定においても重要な参考資料になったとともに、これからの推進工事におけるバックデータとして役立てば幸いである。今後もさらなるＧＳ形ダクタイル推進管の性能向上を期待する。

Technical Report 4
技術レポート



北海道古平町における接合器具を用いた狭掘削溝内配管工事について

古平町役場水道課
課　　長　岡本興也
工務係長　竹内弘悦

1．はじめに

古平町は、北海道西南部、積丹半島の東側中央部に位置し、札幌市から約72㎞、小樽市から約35㎞の距離にある。

東西12㎞。南北16㎞、総面積186.80km²の漁業を主体とする町で、古平川流域に集結する東部農商地域と古平漁港の背面に密集する西部漁業生産地域に分かれている。

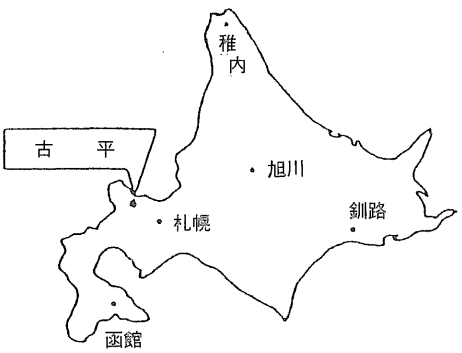
山地の起状は比較的小さく、なだらかであるが急激に海に落ち込んでいるため、海岸線は急峻な崖地になっている。古平の地名もアイヌ語のフルピラ（赤い崖）に由来している。海岸線に連なる急峻な崖は、侵食によって変化に富んだ景観をつくり出し、セタカムイラインと呼ばれる景勝地が形づくられ、ニセコ積丹小樽海岸国定公園に指定されている。

2．上水道のあゆみ

昭和37年12月上水道創設の認可を受け、水源を古平川支流泥ノ木川に求め、計画給水人口7,200人、1日最大給水量1,296m³、1人1日給水量180ℓ、緩速ろ過方式による水道施設で昭和40年9月給水を開始した。

その後本町産業の基幹である漁業生産高が年々増加し、昭和51年6月、給水設備を1日最大給水量3,000m³、1人1日給水量417ℓ、急速ろ過方式に改め現在に至っている。

図1　古平町の位置



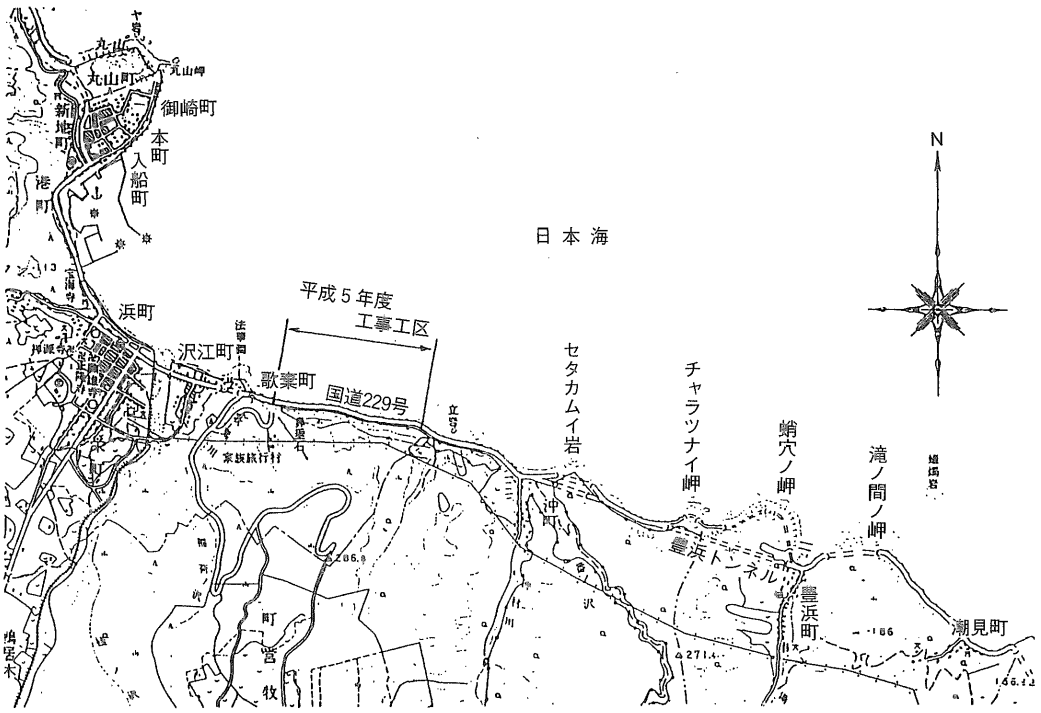
3．事業概要

古平町第2次拡張事業

①事業名　群来町地区無水源簡易水道事業
平成元年～7年
歌棄・沖町地区統合簡易水道事業　平成2年～7年

②送配水管延長　8,511ｍ

図2　歌棄・沖町地区統合簡易水道事業の概要



4．工事内容

歌棄・沖町地区統合簡易水道事業において、平成5年度実施工区1,100ｍのうち480ｍが国道229号線のスノーシェフド内配管となっている。

1.配管場所の選定

スノーシェフド内配管場所の選定に関しては、以下に示す3案について検討を行った。

［第1案ー路面下への埋設］

北海道開発局建設部の指導により、スノーシェフド内の路面掘削にあたっては、掘削部だけでなく片側全面復旧が義務付けられているため、工事費が割高となる。

［第2案ー歩道下への断熱管の浅埋設］

管材費が割高になるとともに、埋設工事の際にスノーシェフドの基礎を傷付ける恐れがある。

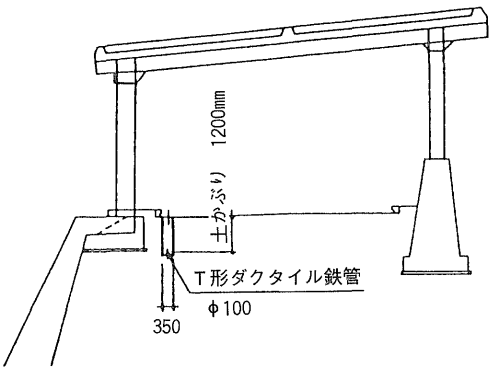
［第3案ー路側帯への埋設］

路側帯の幅は非常に狭く、350㎜の溝幅にしか掘削できず、狭い掘削溝内での配管工事となる。

以上のうちから工事費用を安くし、さらにスノーシェフド基礎への影響を考慮して、第3案ー路側帯への埋設を採用することにした。

そのとき、狭い掘削溝内での配管となるために作業員が溝内に立ち入って接合することが難しい。そこで、溝内に立ち入らずに溝外からの操作で接合できるように、接合器具を使用してT形ダクタイル鉄管を配管することにした。また、ゴム輪チェッカーを使用して接合後にゴム輪の位置が正常かどうかを確認することにした。さらに、一部の工事には接合を自動的に行う接合ロボットも試験的に使用した。

図3　スノーシェフド内での配管場所（第3案）



2.工事概要

①工事名　：歌棄・沖町地区統合簡易水道事業スノーシェフド内配管

②工　　期：平成5年9月13日～5年10月13日

③施工延長：呼び径100㎜T形ダクタイル鉄管×480m

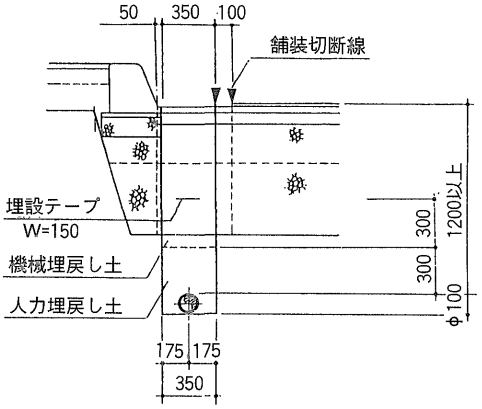
④工事内容：溝幅350㎜の掘削溝に作業員が立ち入らずに、接合器具を使用して接合し、ゴム輪チェッカーを使用してゴム輪の位置を確認

5．接合器具、ゴム輪チェッカーおよび接合ロボットの概要

1.接合器具

図5に示す接合器具を使用した。受口リング、挿し口クランプ、油圧シリンダーから構成されており、重量は7.5kgと軽く1人で持ち運びでき

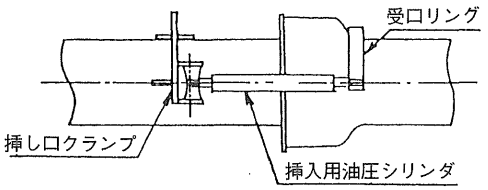
図4　標準掘削断面図

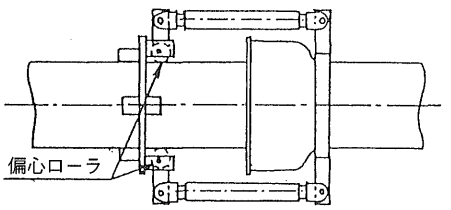


る。管の挿し口を受口に預け入れたあと、手押し油圧ポンプを操作するだけで簡単に接合でき、接合後には引き上げるだけで接合器具を簡単に取り外すことができる。

図5　接合器具の概要

重　　量	7.5kg
最大横幅	260㎜





2.ゴム輪チェッカー

図6に示すゴム輪チェッカーを使用した。棒の先端にチェッカーを取り付け、溝の上から管に当てると自動的に管に抱きつく構造になっている。ハンドルを握ってワイヤを引張るとフィラーゲージが受挿隙間に挿入される。そのとき、図7に示すようにゴム輪の位置によってフィラーゲージの挿入状態が変わるので、それをセンサーで検知し、ゴム輪の位置の正常・異常をインジケータにランプで表示する。

図6　ゴム輪チェッカーの概要

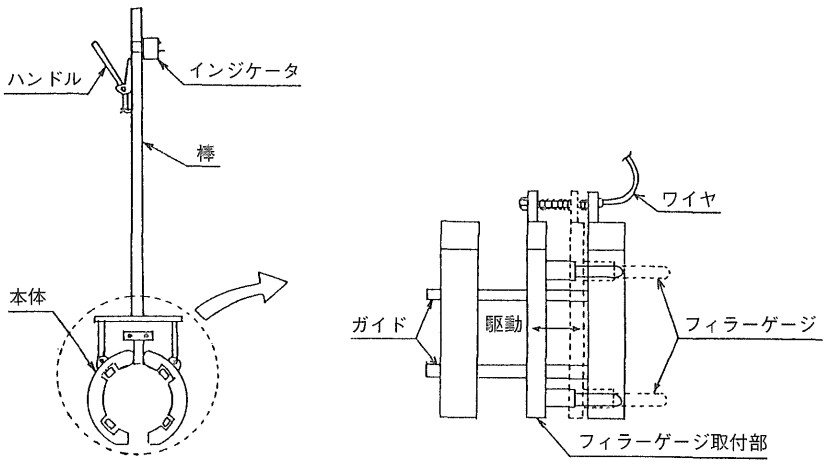
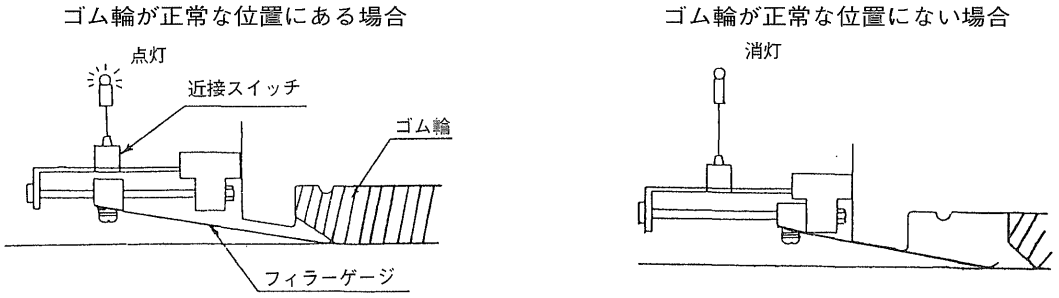


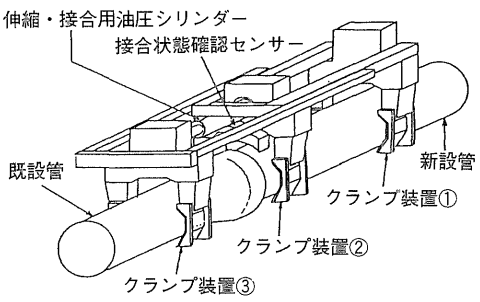
図7　ゴム輪チェッカーの原理



3.接合ロボットの概要

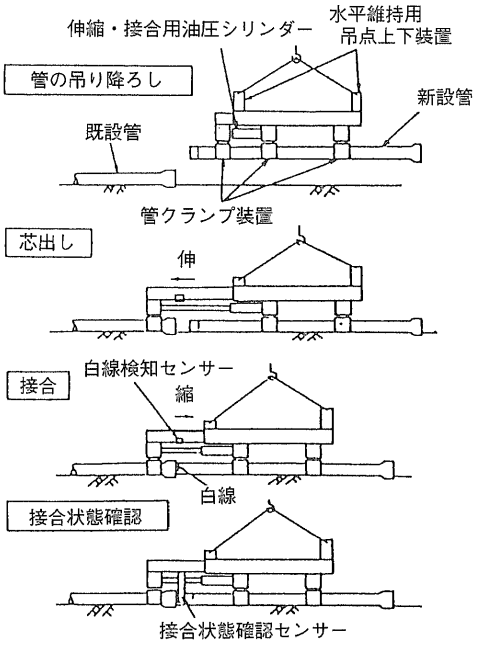
使用した接合ロボットの概要図を図8に示す。クランプ装置①、②で新設管をクランプし、クランプ装置③で既設管の端部をクランプした状態で新設管を既設管に挿入する構造とし、マイコン制御ですべて油圧で駆動する。接合ロボットはユニック車などに吊るして使用し、掘削溝外からの操作で自動的に管の接合と、さらにゴム輪の位置が正常かどうか接合状態の確認が行える。

図8　接合ロボットの概要図



接合ロボットの作動手順を図9に示す。

図9　接合ロボットの作動手順



①　管の吊り降ろし

ゴム輪など附属品をあらかじめ受口に装着したあと、ロボットで新設管をクランプして吊り降ろす。そのとき、クランプ装置が既設管の端部をクランプできる位置まで伸長する。

②　管の芯出し

管を溝底に吊り降ろした状態から、そのまま本体の傾きと高さを制御し自動的に芯出しを行う。

③　管の接合

表　施工時間

項　　目	時間（分）
管の吊り降ろし、預け入れ	1
接合器具のセット	0.5
接　　合	0.5
接合器具の取り外し	0.5
ゴム輪位置確認	0.5
合　　計	3

白線検知センサーが挿端部の白線を検知して挿入を停止する。

④　接合状態の確認

センサーが位置決めされ、ゴム輪が正常な位置にあるかどうかをチェックする。

3.施工手順

接合器具およびゴム輪チェッカーを用いた施工手順は次の通り。

①管を吊り降ろす。
②挿し口を受口に預け入れる。
③接合器具を降ろしセットする。
④接　合
⑤接合器具を外し吊り上げる。
⑥ゴム輪チェッカーでゴム輪位置を確認する。

6．施工結果

写真1～5に施工状況を示す。

①　接合器具およびゴム輪チェッカーを用いて、溝の中に立ち入ることなく接合とゴム輪位置の確認ができた。

②　簡単に施工でき、平均的な施工時間は表の通りであった。

③　工事期間中接合器具およびゴム輪チェッカーは正常に作動し、故障など異常は発生

写真1　接合器具を使った施工状況（1）

しなかった。

④　接合器具およびゴム輪チェッカーの取り扱いは簡単で、すぐ使用できるようになった。

⑤　接合ロボットも正常に作動し、オペレータ1人の操作で自動的に管の接合とゴム輪位置の確認が行えた。

写真2　接合器具を使った施工状況（2）

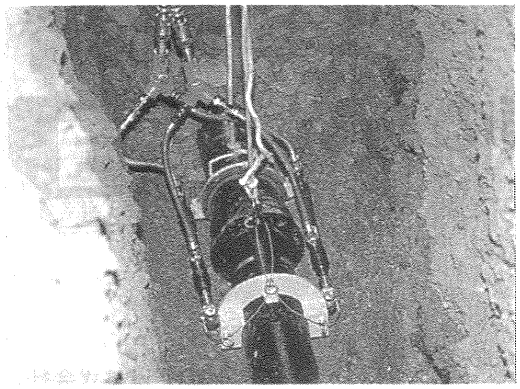


写真3　ゴム輪のチェック状況

写真4　接合ロボットを使った施工状況（1）

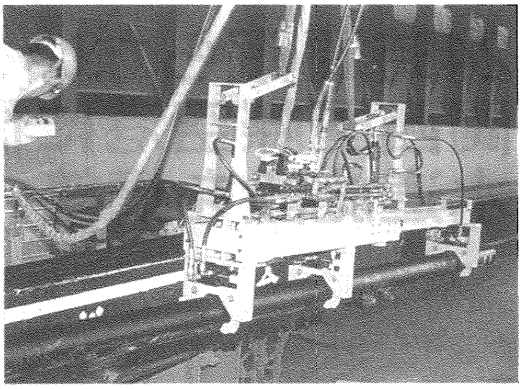
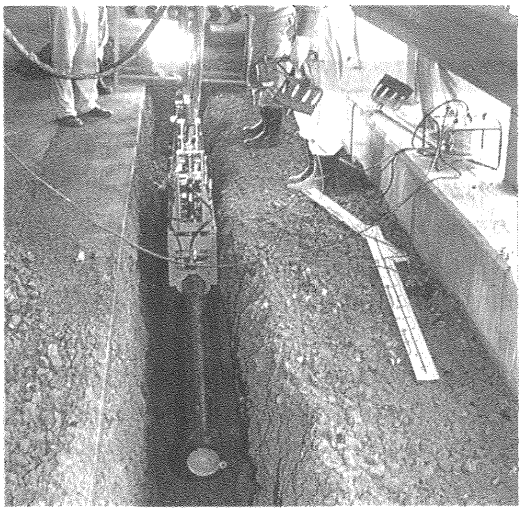


写真5　接合ロボットを使った施工状況（2）

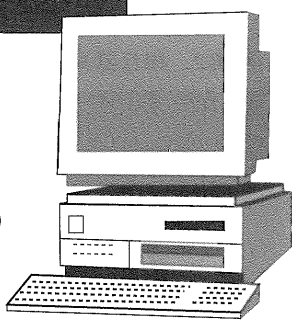


7．おわりに

今回の工事ではスノーシェフド内という事情から、溝幅350㎜という狭い掘削溝での配管工事であったが、接合器具とゴム輪チェッカーを使用して、作業員は溝に立ち入ることなく接合とゴム輪位置の確認ができ、予定通りに施工完了することができた。これらの器具は誰でも簡単に取り扱うことができ施工性に優れていることがわかり、工事期間中になんら故障も発生しなかった。また、接合ロボットも実際の工事に使用できることがわかった。

今後、道路事情により狭い溝幅しか掘削できない場合や、作業員が溝内に立ち入ることなく施工ができることから安全対策上の理由から、これらの器具を用いた配管工事の増加が予想されるが、その際、本報告が参考になれば幸いである。

Technical Report 5
技術レポート



24時間眠らない関西国際空港に信頼のある水道施設を構築

関西国際空港株式会社
建設事務所機械一課
課長　菅原廣記

1．はじめに

わが国の航空輸送は国民経済の発展、海外との交流の活発化、高速性志向の高まりなどを背景として、近年急速に進展し、誰もが気軽に利用できる交通手段としてすっかり定着している。

今後、21世紀に向けて経済、社会の高度化が進むにつれて、航空輸送需要は着実に増加するものと予想され、これにふさわしい空港の整備が求められている。

このような要請の下に、関西国際空港は昭和63年（1988年）12月に埋め立てが開始され、平成3年（1991年）12月に埋立工事が竣工し、ただちに上水道・中水道・下水道などをはじめ、各種のライフライン施設および旅客ターミナルビルなどの諸々の施設の建設工事が順次着工され、上水道・中水道・下水道施設は平成5年（1993年）9月に完成し、主要施設がほぼ形を整えつつある。

このように短期間で、世界でも類を見ない完全な海上空港建設であり、埋め立てによる地盤沈下は推定されてはいたものの、予想以上の沈下量のため、これに対処するのに大変な苦労があった。

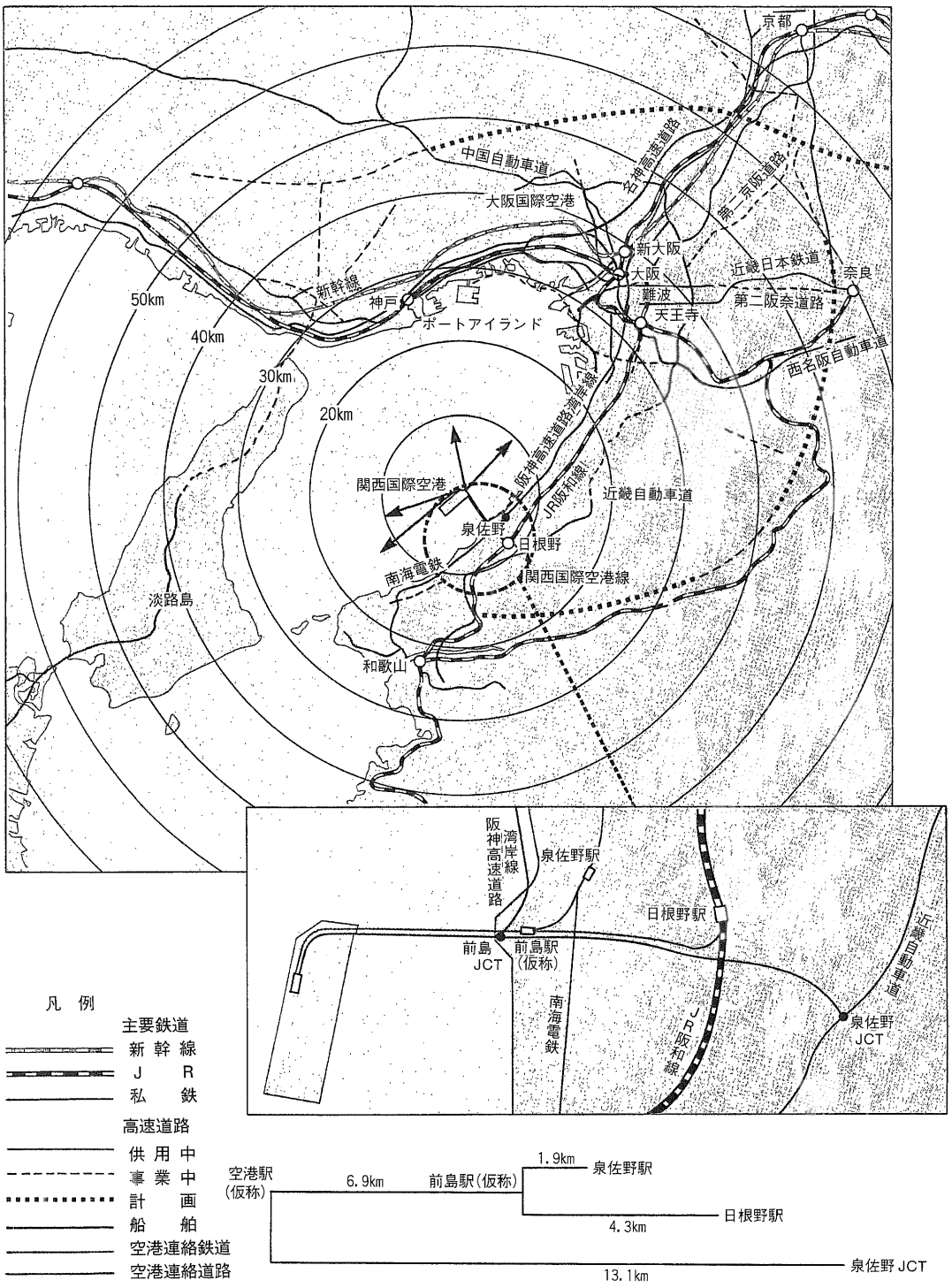
しかし、全員一丸となって諸問題を克服し、関西国際空港は日本では初めての24時間空港として、いよいよ平成6年（1994年）9月4日にオープンし、一番機が飛び立つのを心待ちに、最後の準備に追われている毎日である。

ここに、当空港の上水道・中水道・下水道管路工事について報告させていただく。

2．空港の特色

① 騒音や公害の防止、自然環境の保全に努めた海上空港。
② 国際航空輸送の飛躍を担う日本で初めての本格的な24時間運用空港。
③ 国際線、国内線がともに乗り入れる、乗り継ぎにも便利な空港。
④ 空港への多種多様な交通手段を確保し

図1　空港位置と交通網


京都
中国自動車道
名神高速道路
第二京阪道路
大阪国際空港
新大阪
大阪
近畿日本鉄道
奈良
難波
天王寺
第二阪奈道路
新幹線
神戸
ポートアイランド
50km
40km
30km
20km
西名阪自動車道
阪神高速道路湾岸線
関西国際空港
JR阪和線
近畿自動車道
泉佐野
日根野
南海電鉄
関西国際空港線
淡路島
和歌山
阪神高速道路湾岸線
泉佐野駅
日根野駅
前島JCT
前島駅(仮称)
南海電鉄
JR阪和線
近畿自動車道
泉佐野JCT
凡　例
主要鉄道
新幹線
J　R
私　鉄
高速道路
供用中
事業中
計　画
船　舶
空港連絡鉄道
空港連絡道路
空港駅(仮称)
6.9km
前島駅(仮称)
1.9km
泉佐野駅
日根野駅
4.3km
泉佐野JCT
13.1km

て、関西の各地を結ぶ。

3．空港の概要（一期工事完成時）

1.位　置

大阪湾南東部の泉州沖約5kmの海上

2.規　模

面　　積：511ha

滑　走　路：1本、長さ3,500m、幅60m

埋　立　土　量：1億7,800万m³

サンドトレーン：100万本

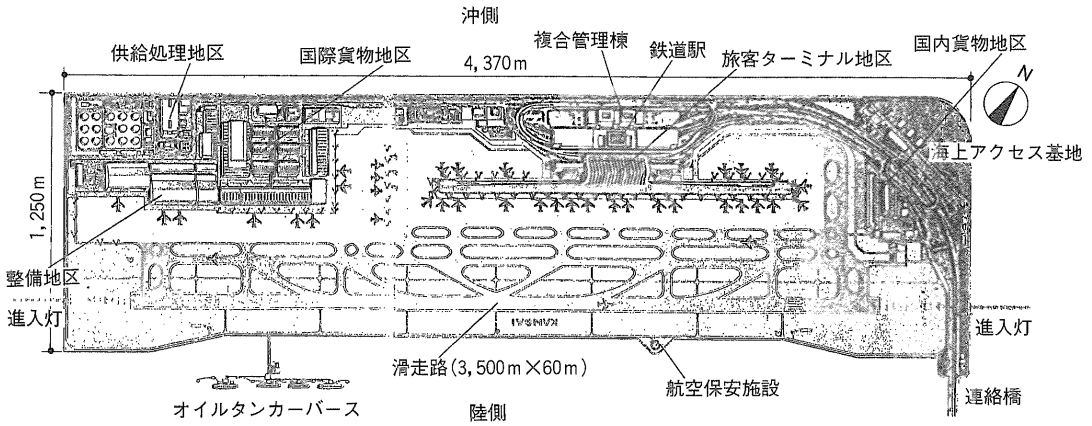
3.能　力

年間離着陸回数：約16万回

4.事業費

1兆4,300億円

図2　空港レイアウト



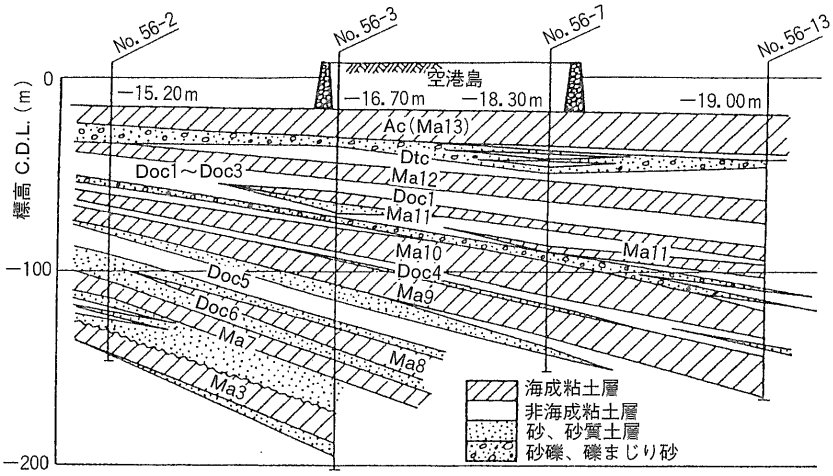
4．地盤沈下管理

1.空港島海域の地盤特性

空港島海域は一言でいえば、平均水深18m、海底には厚さ20mの軟弱な沖積粘土層、その下には数100mに及ぶ洪積粘土層が堆積している。

空港島の計画段階において、掘進深さ100～400mの65本のボーリングが実施され、原位置試験、室内試験をもとに土質工学的な検討が行われるとともに、ナンノプランクトンを用いた微化石分析などの地質学的な検討も加えられた。

図3　地層構造断面図



これらによると、空港島海域の地層は層序は一様であるが、岸から沖に向かって傾斜した単斜構造となっている。その代表的な地層構造断面を図3に示す。地盤の表層にはほぼ正規圧密粘土である沖積粘土層（Ａｃ層）が約20ｍ堆積し、その下にはＯＣＲが1.5程度の洪積粘土層（Ma：海成粘土、Dtc、Doc：非海成粘土）と洪積砂礫層が交互に堆積している。洪積層の上部の約100ｍとそれ以深の層の間には不連続面があって、粘土の圧密降伏応力はこの面の上下で大きく異なり、空港島の埋立荷重により圧密沈下が生じるのは上部の洪積層である。

2.原地盤の沈下特性

空港島の埋立層厚は平均で約33ｍで、その荷重は約45tf／m²にも達する。空港島の面積は511haと広大であり、護岸近傍を除く空港島内では洪積層の最深部においても応力が分散せず、ほぼ一次元載荷状態になる。

一方、地盤の圧密特性を示す指標として、ｅ－log ｐ曲線を図4に、載荷荷重と沖積粘土層、洪積粘土層の最終圧密沈下量の関係を図5に示す。

約45tf/㎡の埋立荷重によって、洪積粘土層の各層とも正規圧密領域に達し、最終沈下量は沖積粘土層、洪積粘土層ともに約5ｍである。また、沖積粘土層の最終沈下量は埋立荷重前後の荷重変化に対して鈍感であるのに対し、洪積粘土層のそれは敏感であることがわかる。

次に、沈下の経時変化を見るため、空港島の埋め立てに先行して設けられた埋立調査工区における沈下の実測値と計算値を図6に示す。なお、埋立調査工区は空港島の中でももっとも埋立層および粘土層が厚く、最大の沈下を示す地区である。図6の実測沈下から分かるように、沖積粘土層は空港島全域をサンドドレーン工法で地盤改良されており、その沈下は埋め立て後9カ月程度でほぼ終了している。

また、沖積粘土層の計算沈下は、実測沈下に基づいた逆解析により圧密定数を設定しており、実測沈下と計算沈下はよく一致している。一方、洪積層は埋立最終工程である揚土①以前においてはほとんど沈下せず、揚土①以後は初期を除いてほぼ一定速度で沈下が進んでいる。また、計算沈下は揚土前では実測沈下よりも大きく、揚土地点で0.5ｍ程度の差が開いているが、その後は実測沈下とほぼ平行に推移している。天端高管理を行ううえでは、揚土以後の残留沈下が問題であり、この観点からは、この計算手法によって将来予測を行うことで実用上の問題はないと考えられる。

沖積層と洪積層の沈下を合わせた全沈下量のオーダーをみると、揚土までに4ｍ、揚土1年後までに4ｍ、開港までに2ｍ、開港50年後までに1.5ｍ程度である。

3.沈下管理システム

当空港の建設は、空港島建設（造成）と空港施

図4　モデル化したｅ－log ｐ曲線（Ｂライン）

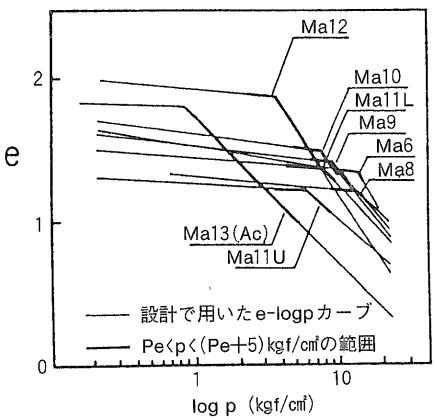


図5　増加荷重と最終圧密沈下量の関係

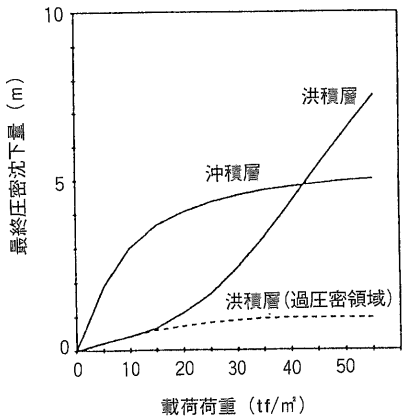


図6　調査工区（K点）の実測沈下と計算沈下

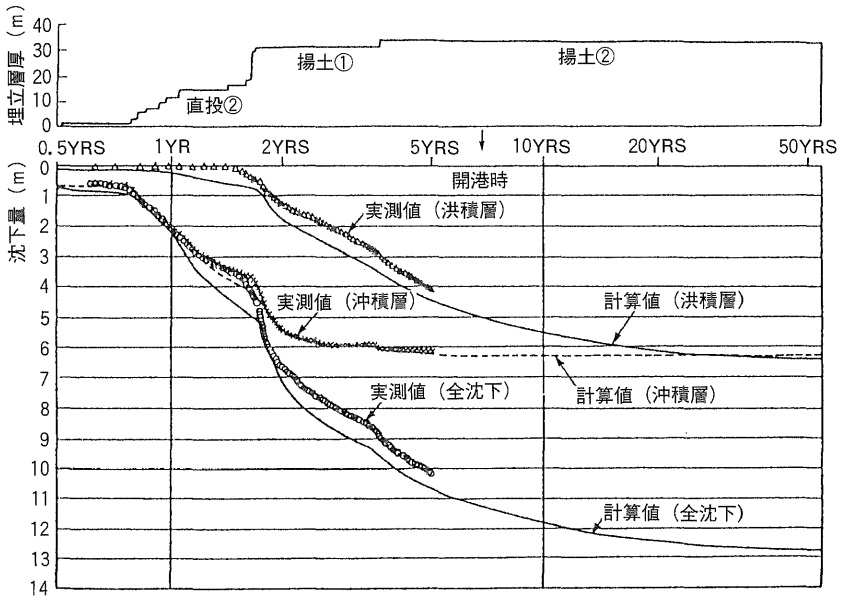
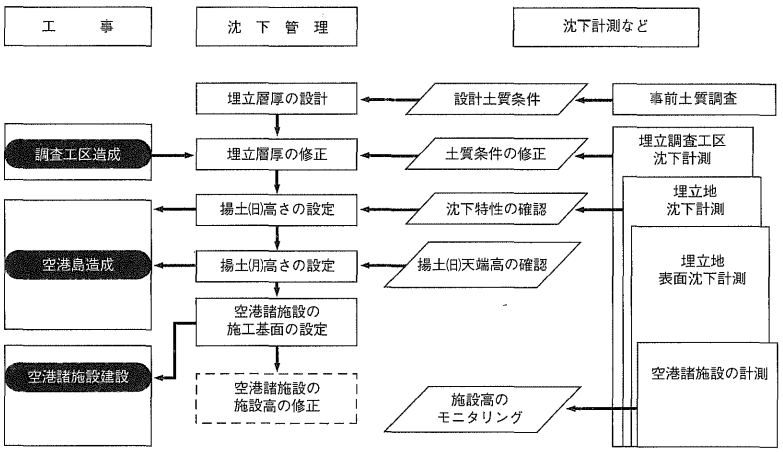


図7　沈下管理システム



設建設の2つのステージに分かれており、それらを通して沈下管理のトータルシステムを図7に示す。

沈下管理システムは、①土質調査、②事前沈下予測、③調査工事・沈下計測結果をもとに沈下予測を修正、④埋め立ての段階施工・沈下計測結果をもとに各地点の天端高の決定、⑤埋め立ての最終施工、⑥空港施設の施工、と一連の流れから構成されている。

このシステムの特長としては、先行調査工区方式によって沈下の予測精度を向上させた（図6参照）うえで本工事に入った点、および建設段階における沈下の実測を絶えずフィードバックするとともに、実際の建設状況を受けて荷重条件を見直し、沈下予測精度を向上させながら埋め立てから空港施設建設を通した天端高の管理を行った点である。

管理の具体的な方法は次の通りである。空港島を縦横100mのメッシュに分け、その交点を管理点とし、揚土船により埋立天端が海面上と

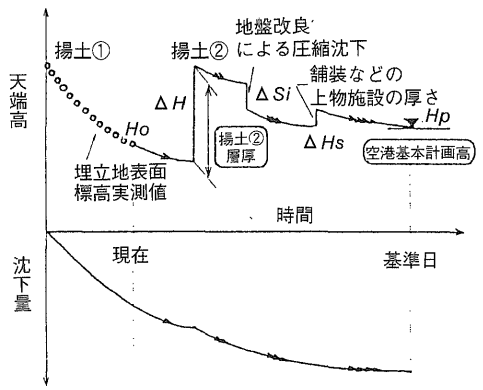
なる揚土①後の地表に表面沈下版を設置し、沈下の経時変化を測定するとともに、埋立履歴をデータベース化して沈下計算を行う。ＣＤＬ＋9.5ｍまでの高さの制約がある揚土①のみでは、空港島の大部分で所要の地盤高が確保できないため、ダンプ・トラック工法による揚土②を行い、この揚土②の埋立層厚を管理することで最終的な埋立地盤高の管理を行った。揚土①の表面沈下の実測値によって沈下予測計算の精度を確認しつつ、また、揚土②のあとに施工される埋立土の地盤改良（締固め）工事や、舗装などの施設建設による天端高の変化などを想定し、基準日（1993年3月31日）において施設高が空港基本計画高となるような揚土②の必要層厚を次式で算定した。

$$\triangle H = Hp - Ho - \triangle Sr + \triangle Sn + \triangle Si - \triangle Hs$$

ここに、

△Ｈ：揚土②の必要層厚
Hp　：空港基本計画高
Ho　：管理時点での揚土①地盤高
△Sr：基準日までの残留圧密沈下量
△Sn：埋立土の自然圧縮沈下量（3カ月で60㎝）
△Si　：地盤改良に伴う圧縮沈下量（40～150㎝）
△Hs：空港施設によるカサアゲ量

図8　空港島造成における天端高管理概念



4.空港施設の天端高管理

空港施設の建設段階における天端高管理は、天端高管理のトータルシステムの最終段階である。空港施設の天端高管理の目標は2つある。すなわち、①空港施設の天端高を基準日において、空港基本計画高になるように管理すること。②空港施設の相互の天端高の関係の整合性をとること、である。①の管理目標が完全に達成できるならば、②の管理目標は不必要であるが、各施設の施工時期が異なり、また、沈下の予測誤差も生じることから、相互の施設レベルに整合性が要求される施設間でのレベル調整が必要となる。

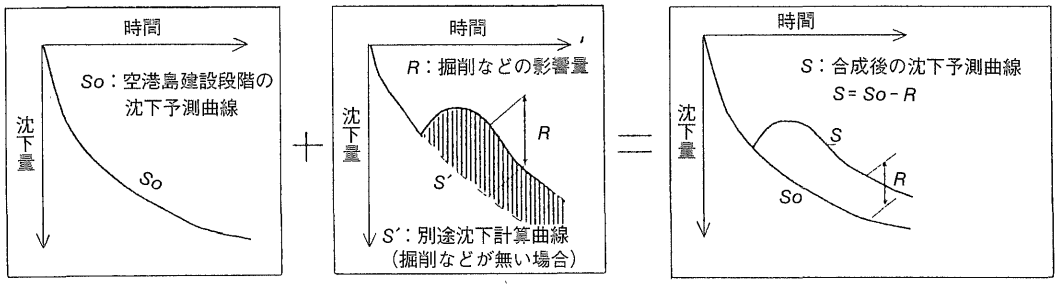
ターミナルビルをはじめとする建築物の基礎には、周辺地盤と同じ沈下をするように直接基礎を採用しており、施設建設における天端高管理の方法は、原則的には施設の施工時の基面を、施設建設時から基準日までの予測沈下量の分だけ上げ越して設定し、その基面で基礎工事を行った。また、水道施設などの管路工事も同様にして管の天端高を設定した。

空港施設の建設開始時期は、埋め立て後に半年以上の放置期間をとったあとであり、ばらつきが大きく予測の難しい埋立土の自然圧密や、地盤改良工事による圧密沈下などが終了し、また、沖積層の圧密沈下もほぼ終了したので、洪積層の沈下が支配的で、ほぼ一定の沈下速度（5～10㎝/月）に落着いた時期にあった。

しかし、特殊なエリアでは、埋立荷重とは別に施設荷重を考慮する必要がある場合がある。沖積層の沈下に対しては、仮設時に行われるディープウェルの影響が見られ、水位を10ｍ程度下げるために10tf/㎡程度の圧密応力の増加が生じた。沖積層の沈下は、地下階を有するターミナルビルにおける掘削のように施設規模が大きく、また、荷重変化も大きい場合には洪積層においても応力が分散せず、影響を受ける。また、施設建設に関連して施工された埋立土の仮置きや、不同沈下対策として行われたプレロードなどの影響も受ける。これらの影響は、さまざまな事業主体・施工主体によって検討され、

空港島建設段階での沈下予測手法とは一致しない場合がある。この場合には、別の沈下予測手法によって新たな荷重変化の影響だけを計算し、その影響量を建設段階の沈下予測曲線に上乗せして、新たな沈下曲線を作成した。(図9参照)　これは、各施設での沈下予測のベースを一致させ、できるだけ施設間のレベルの調整を容易にすることができた。

図9　沈下予測曲線の合成の概念



5．水道施設の概要

当空港の水道施設（管路）は、りんくうタウン側の泉佐野市から上水1万2,300m³／日を受水し、それを上水として使用する上水道管路施設、排水を送る下水道管路施設および下水処理施設で高度処理された水を再使用する中水道管路施設とから成り立っている。

1.水道系統

上水道、中水道、下水道の系統を図10に示す。なお、各水道管路は共同溝内および埋設部に布設されている。

図10　水道系統図

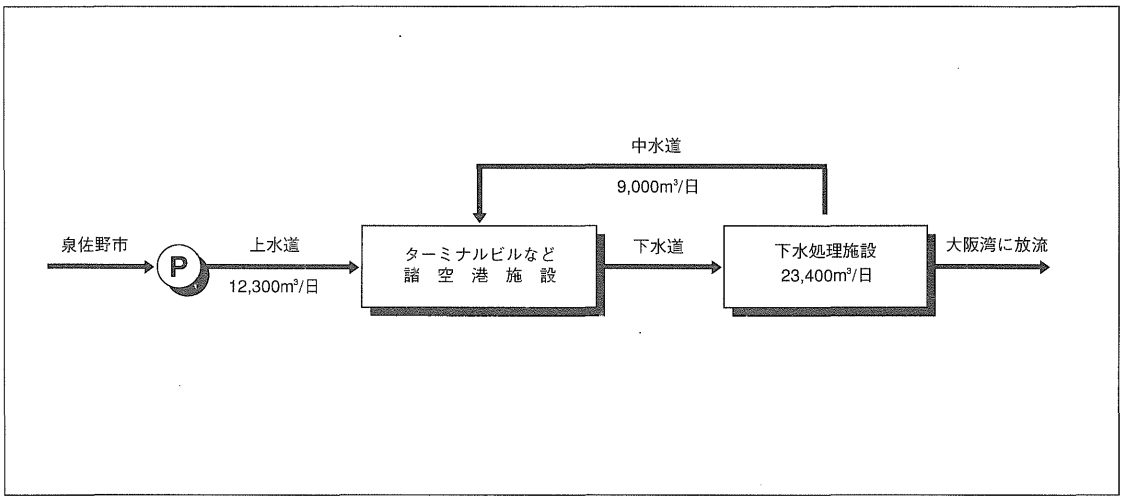


図11　上水道管路のレイアウト

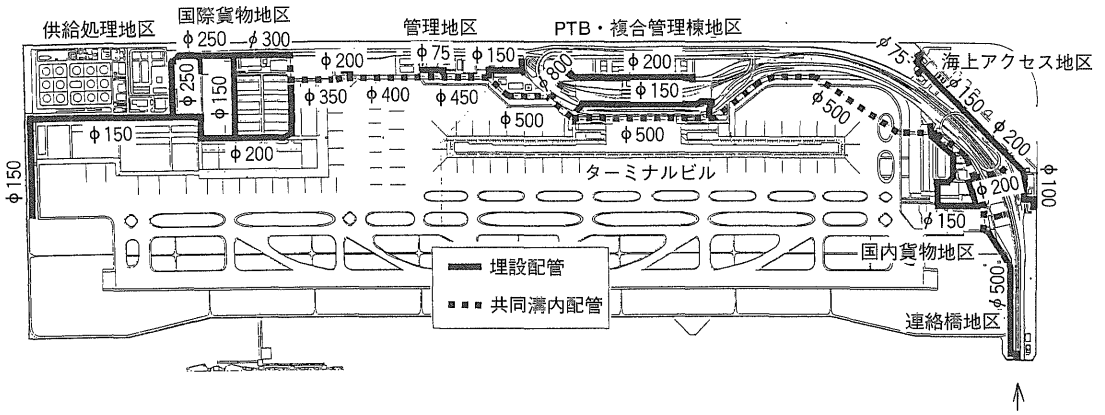


図12　中水道管路のレイアウト

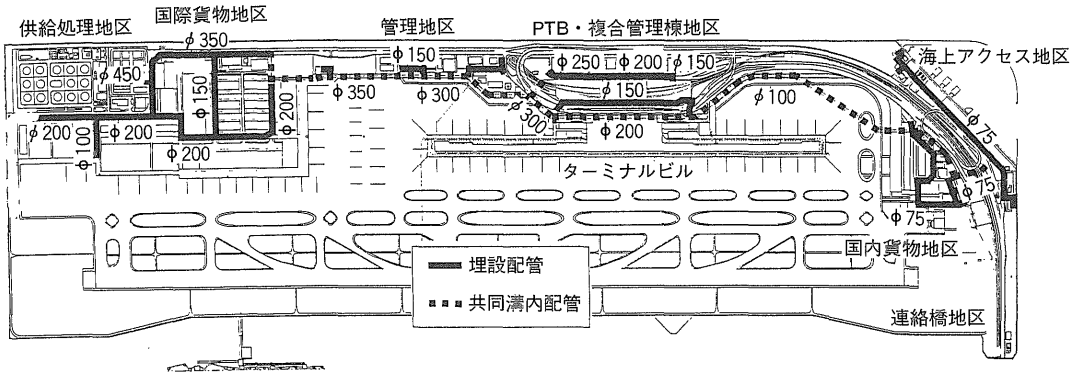
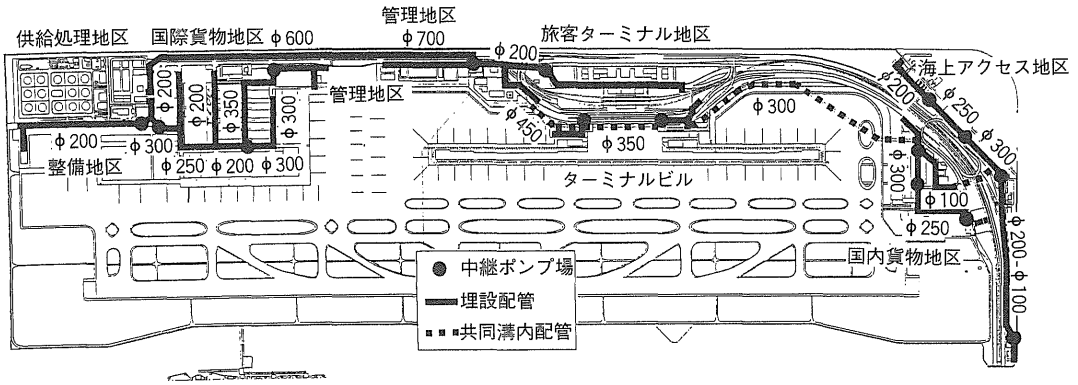


図13　下水道管路のレイアウト



2.上水道管路の仕様と数量

上水道管路としては、地盤沈下に対応できることを第一条件として、共同溝内および地下埋設部ともにダクタイル鉄管を採用した。その仕様と数量を表1に示す。

なお、設計水圧は10kgf/c㎡（0.98ＭＰａ）である。

表1　上水道管路の仕様と数量

	共同溝内	埋設部	計
規　格 仕　様	JIS G 5526・5527 K形、3種	同　左 S形、SⅡ形、3種 （φ75のみK形）	
呼び径（㎜）	管路長（m）	管路長（m）	（m）
500	2,641	583	3,224
450	75	—	75
400	650	26	676
350	134	1	135
300	137	253	390
250	22	524	546
200	362	1,731	2,093
150	85	3,011	3,096
100	7	205	212
75	9	286	295
計	4,122	6,620	10,742

3.中水道管路の仕様と数量

上水道管路と同様に、ダクタイル鉄管を採用した。その仕様と数量を表2に示す。

表2　中水道管路の仕様と数量

	共同溝内	埋設部	計
規　格 仕　様	JIS　G 5526・5527 K形、3種	同　左 S形、SⅡ形、3種 （φ75のみK形）	
呼び径（㎜）	管路長（m）	管路長（m）	（m）
350	530	—	530
300	1,114	595	1,709
250	130	332	462
200	401	1,807	2,208
150	61	1,194	1,255
100	1,390	218	1,608
75	229	1,609	1,838
計	3,855	5,755	9,610

表3　下水道管路の仕様と数量

(1) 圧送管路

	共同溝内	埋設部	計
規格 仕様	JIS G 5526・5527 K形、3種	同左 S形、SⅡ形、3種	
呼び径（mm）	管路長（m）	管路長（m）	（m）
600	—	1,561	1,561
500	—	—	—
450	269	102	371
400	—	208	208
350	326	33	359
300	1,101	150	1,251
250	—	—	—
200	183	100	283
150	—	150	150
100	—	406	406
計	1,879	2,710	4,589

(2) 自然流下管路（埋設部のみ）

呼び径（mm）	仕　様	管路長（m）
700	FRPM	139
600	〃	774
400	EGP	293
300	〃	481
250	〃	889
200	〃	3,333
計		5,909

なお、設計水圧は10kgf/c㎡（0.98MPa）である。

4.下水道管路の仕様と数量

ポンプ圧送管路にはダクタイル鉄管を、自然流下管路には強化プラスチック複合管（FRPM）および塩化ビニル卵形管（EGP）を採用した。その仕様と数量を表3に示す。　なお、下水道の圧送管路の設計水圧は、最大3kgf/c㎡（0.33MPa）である。

6．管路沈下管理

地盤沈下については前述した通りであり、それに伴って当然管路の沈下も生じる。（管路自沈の意味ではない）したがって、管路の設計高が基準日〔平成5年（1993年）3月31日〕に合致するように考えて、管路の施工時点から基準日までの沈下量を上げ越して施工基面とするようにした。

すなわち、空港島を縦横に100mのメッシュに分けた基準点（交点）の沈下曲線（マスターカーブ）をもとにして、施工点の残留沈下量を補正計算した。

1.期日による補正

マスターカーブは時系列的に、また、ランダムになっているので、目的期日（施工日）の沈下量に補正する必要がある。

その補正式は次式によった。

$$D = D_1 + \frac{T - T_1}{T_2 - T_1}(D_2 - D_1)$$

ここに、

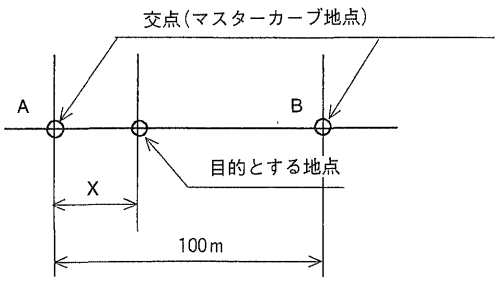
D　：期日Tにおける沈下量
D_1 ：期日T_1における沈下量
D_2 ：期日T_2における沈下量
T　：期日（施工日）
T_1 ：期日（施工後）
T_2 ：期日（施工前）

2.位置による補正

管路は必ずしも基準点（交点）を通過するものではないので、管路の任意の地点の沈下量を次の補正によって求めた。

1. 2点による補正

管路がメッシュの基準線と交差する場合は、マスターカーブの交点から比例計算によって、目的とする地点の沈下量を求めた。



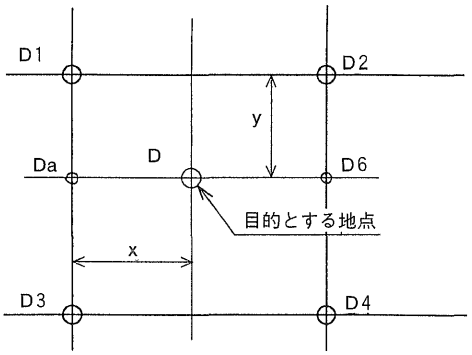
$$D = Da + \frac{X}{100}(Db - Da)$$

ここに、

D　：目的とする地点での地下量
Da　：A地点での沈下量
Db　：B地点での沈下量
X　：A地点からの距離

2. 4点による補正

管路が4つの基準点によって囲まれた場合は、マスターカーブの4交点から比例計算によって、目的とする地点の沈下量を求めた。



$$Da = D_1 + \frac{y}{100}(D_3 - D_1) = \left(1 - \frac{y}{100}\right) D_1 + \frac{y}{100} D_3$$

$$Db = D_2 + \frac{y}{100}(D_4 - D_2) = \left(1 - \frac{y}{100}\right) D_2 + \frac{y}{100} D_4$$

$$D = Da + \frac{x}{100}(Db - Da) = \left(1 - \frac{x}{100}\right) Da + \frac{x}{100} Db$$

ここに、

D：目的とする地点での沈下量
Da：a地点での沈下量
Db：b地点での沈下量
D_1～D_4：交点（マスターカーブ地点）での沈下量
X：X方向の距離
Y：Y方向の距離

3.現場における補正

以上のように、各管路の基準点の毎月初日での残留沈下量表を作成・準備していたが、現場ではさらに、毎日の各点の残留沈下量を比例配分による補正計算して、各残留沈下量を上げ越して施工基面とした。

7．配管施工

1.管路の構造

1.共同溝内配管

共同溝内の上水道、中水道および下水道の各管路はK形ダクタイル鉄管とし、異形管部には

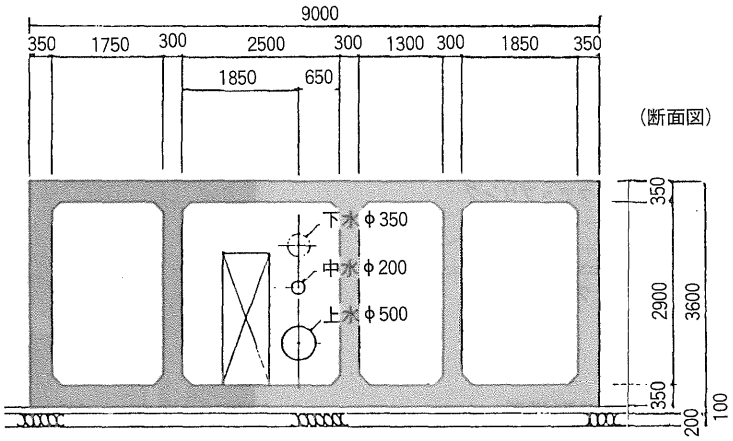
離脱防止のＫＦ形継手、または特殊押輪を使用した。また、共同溝（各スパン標準15ｍ）の継ぎ目付近ではＫ形継ぎ輪を使用し、共同溝の変位を吸収できるようにした。

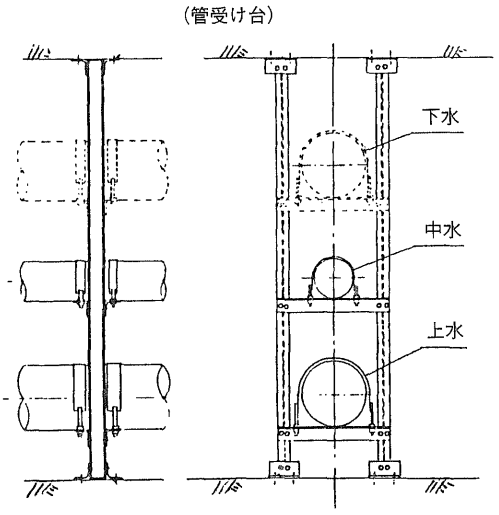
図14に、代表的な共同溝内配管の構造を示す。

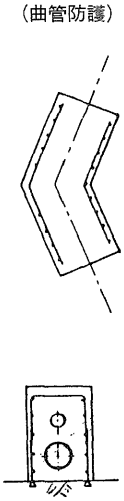
2.埋設部配管

埋設部の上水道、中水道および下水道（圧送管）の各管路は、地盤変動を考慮してＳ形、ＳⅡ形ダクタイル鉄管とし、異形管部には離脱防止のＫＦ形継手、または特殊押輪を使用した。なお、管外面には防食効果をさらに上げるため、

図14　共同溝内配管の構造例







全線ポリエチレンスリーブを採用した。

図15に、代表的なダクタイル鉄管の埋設断面を示す。

図15　ダクタイル鉄管の埋設断面

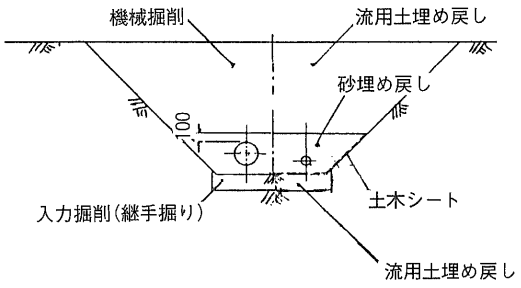


図16　S形継手

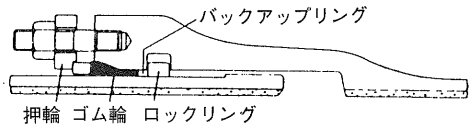
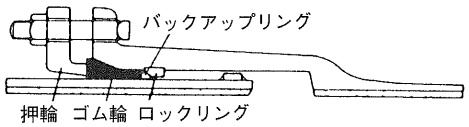
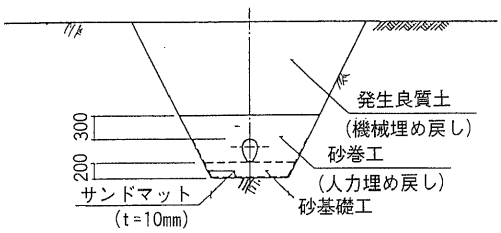


図17　S-Ⅱ形継手



また、下水道(自然流下系)には、強化プラスチック複合管および塩化ビニル卵形管を使用し、代表的な埋設断面を図18に示す。

図18　塩化ビニル卵形管の埋設断面



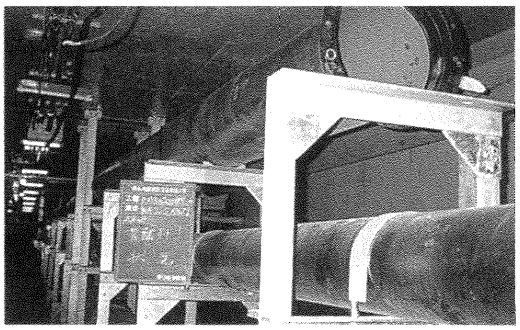
2.施　工

1.共同溝内の施工

共同溝内は限られたスペースであるので、一般のクレーンやトラックを使用することができない。したがって、バッテリー電動4輪車に油圧リフトを装備した特殊台車を準備して、共同溝の投入口から管を小運搬および管の芯出し据え付けまでを行い、引き続いて人力にて管の継手接合を行った。

なお、上水道、中水道、下水道の各管路が並列している箇所では、同時にそれらの配管施工を行い、時間短縮・施工性の向上に努めた。

写真1　共同溝内配管



2.埋設部の施工

埋設部は全面的にバックホウによる素掘り開削工法で所定の深さを掘削し、レベル測量を行いながら管底基面を正確に出した。

配管は通常の配管工事と同様に、工事現場に小運搬された管をクレーン車で管を吊り込み据え付けを行い、人力にて管の継手接合を行った。

写真2　埋設部の配管(1)

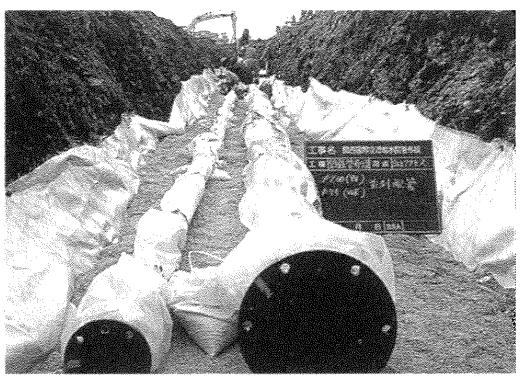


写真3　埋設部の配管（2）

8．おわりに

一般に、埋め立てによる人工地盤は沈下現象が避けられない。地盤沈下の終息・安定を持たずに、これだけの規模で、しかも短時間に空港を建設するのは、日本をはじめ世界でも例のないことである。

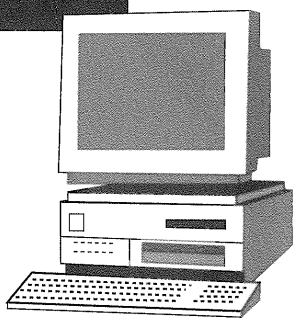
このように、地盤沈下が進行する中で、あらゆる空港施設を建設することは、通常の施工管理のほかに、沈下管理に非常に気を使った。特に、水道管路は線として広範囲にわたるので、沈下管理も大変であったので、本文には沈下に関することに少々ウエイトを置いた。

なお、空港の「セキュアリティー」の面から、各水道施設について詳細に報告できなかったことをご容赦いただきたい。

本工事の施工は、地上および地下とも相当数多くの工事が輻輳したので、各関係者との調整を毎月のみならず毎週、否、毎日のように行わねばならなかったが、ダクタイル鉄管の施工性が十分に発揮でき、すべて工期内に完工することができた。

本工事に関して、関係各位のご協力とご努力に対して、心より謝意を表するとともに、本文がみなさまのご参考になれば幸甚である。

Technical Report 6
技術レポート



ガス用ダクタイル鉄管の簡易接合工法の開発

東京ガス株式会社　導管技術開発センター
株式会社クボタ　鉄管研究部
日本鋳鉄管株式会社　技術開発部

1．はじめに

今回、開発したガス用ダクタイル鉄管の簡易接合工法は、ガス配管工事の省力化、安全性の確保などのため、掘削溝外から容易に施工することを目的として、東京ガス（株）、（株）クボタ、日本鋳鉄管（株）の3社で開発したものである。

本報告書では、当工法開発に関する新耐震継手、接合機器およびこれらを用いた配管試験結果などについて述べる。

2．概　要

1.新耐震継手

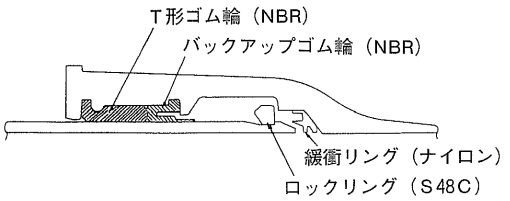
1.対象呼び径：100～300㎜

2.構　造

当継手（SG形：仮称）は、受口に挿し口を圧入してゴム輪を締め付けて気密性を確保し、かつロックリングにより抜け出し防止機能を持たせた構造である。

また、シール部のゴム輪は気密性を確保するT形ゴム輪と、T形ゴム輪にガスが直接当たらないようにするバックアップゴム輪の2重構造となっている。

図1　継手構造



3.特　徴

①　耐震性能を有している

当継手の地盤変位吸収能力は16～19.5㎝であり、「（社）日本ガス協会、一般（中・低圧）ガス導管耐震設計指針、昭和57年3月」から求められる最大設計地盤変位7.0㎝（地盤区分Ⅲ、中圧Bの場合）と比較し、2.3～2.8倍の地盤変位吸収能力がある。

②　気密性に優れている

継手の気密性は、通常の場合はもちろん

表1　耐震性能（水平方向）

呼び径（mm）	設計地盤変位（cm）（注）		当継手の地盤変位吸収能力（cm）
	低　圧	中圧B	
100	5.0	7.0	16.0
150			19.5
200			17.5
300			17.5

（注）設計地盤変位は、地域区分：特A、埋設区分：Ⅲの場合である。

振動や不等沈下による偏心荷重、曲げなどに対しても問題はない。（継手性能の詳細は、後述の性能試験結果を参照されたい）

③　施工性に優れている

掘削溝外から簡易な機器により短時間で接合が可能である。

（参考）接合作業時間は管の吊り降ろしから接合完了まで約5分程度と短時間で行える。

④　掘削溝幅を狭くできる

たとえば呼び径200mm現行メカニカル形継手を配管する場合、掘削溝幅は100cm程度必要であるが、当継手は地上から簡易な接合機器を使用することにより、掘削溝幅60cm程度で配管が可能である。

⑤　曲げ配管接合が可能である

下記の曲げ角度まで屈曲した状態での接合が可能である。

表2　曲げ配管接合時の屈曲角度

呼び径（mm）	曲げ角度
100	3°
150	3°
200	3°
300	2° 20′

2.接合機器

1.構　造

写真1　接合機器

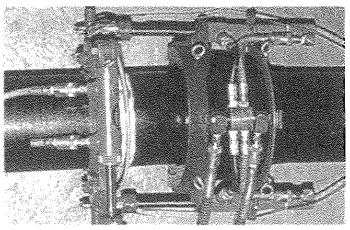
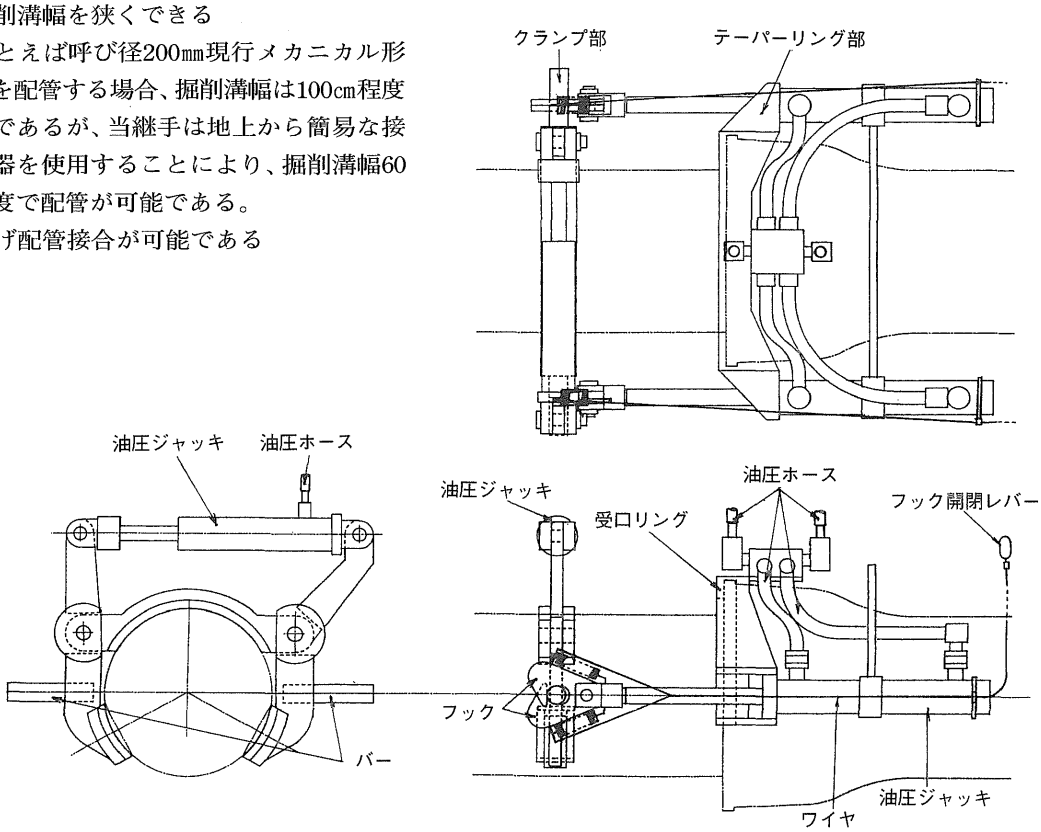


図2　接合機器の構造



2.特　長

① 作業性に優れている

・掘削溝外から油圧ジャッキなどで容易に接合可能である。

・人力で吊り降ろして、接合可能である。

② 狭い掘削溝幅でも施工可能である

（注）呼び径100～200㎜の油圧ジャッキは兼用可能である。

3．継手の性能試験結果

耐震性能を確認するための抜け出し阻止試験、気密性を確認するための耐外圧気密試験、曲げ強度気密試験、繰り返し屈曲性能試験およびゴム輪の耐久性について以下に示す。

1.抜け出し阻止試験結果

継手の耐震性を確認するため、継手に抜け出し力を油圧ジャッキにて加え、抜け出し力と抜け出し量について計測した。

図3　抜け出し阻止試験方法

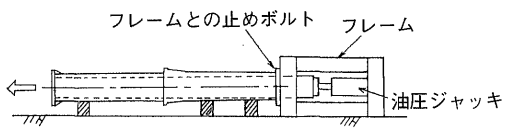
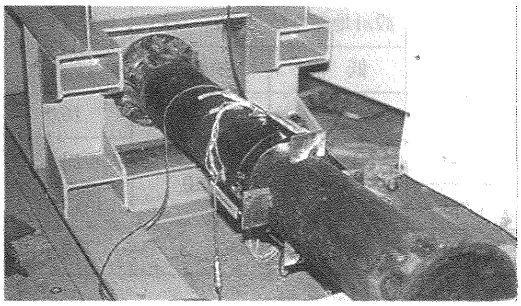


写真2　抜け出し阻止試験状況



試験結果および継手の耐震性能を表3に示す。

抜け出し力と継手変位量の関係を図4に示す。

図4　抜け出し力と継手変位量の関係

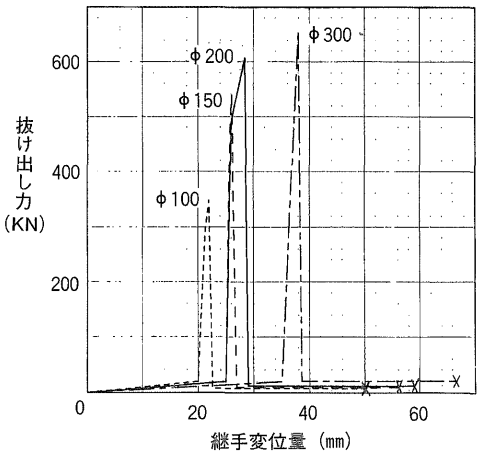


表3　抜け出し阻止試験結果および耐震性能

呼び径（mm）	抜け出し阻止試験結果			当継手の耐震性能（注1）	（参考）設計地盤変位（cm）（注2）	
	最大抜け出し阻止力 kN（tf）	継手の基準伸縮量（mm）		地盤変位吸収能力（cm）	圧力区分	
		抜け出し量	（参考）圧縮量		低圧	中圧B
100	353（36）	+20	−8	16.0	5.0	7.0
150	549（56）	+25	−8	19.5		
200	608（62）	+25	−8	17.5		
300	637（65）	+35	−15	17.5		

（注1）当継手の耐震性能（地盤変位吸収能力）は、「（社）日本ガス協会、一般（中・低圧）ガス導管耐震設計指針、昭和57年3月」に示される耐震設計方法により求めた。

（注2）設計地盤変位は、地域区分：特A、埋設区分：Ⅲの場合である。

その結果、当継手の地盤変位吸収能力（耐震性能）は16～19.5cmであり、「（社）日本ガス協会、一般（中・低圧）ガス導管耐震設計指針、昭和57年3月」の最大設計地盤変位7.0cm（地盤区分Ⅲ、中圧Bの場合）と比較し、2.3～2.8倍の性能がある。

2.耐外圧気密試験結果

気圧4.9～29.4×10⁴Pa（0.5～3.0kgf/cm²）を負荷した状態で継手に偏心荷重を加え、漏洩時の荷重を求めた。

写真3　耐外圧気密試験状況

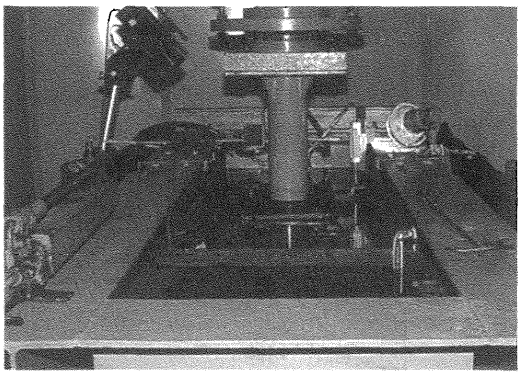
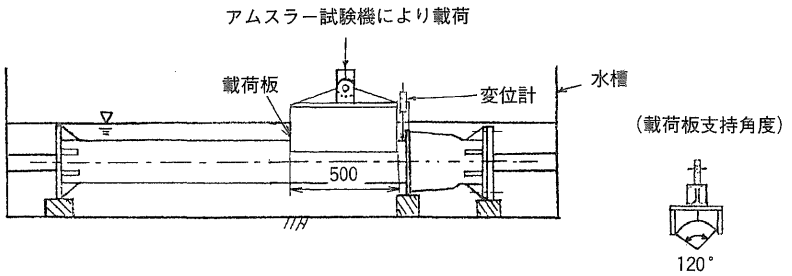


図5　耐外圧気密試験方法



耐外圧試験結果の一覧を表4に示す。

偏心荷重と受挿し隙間の関係を図6に示す。

表4　耐外圧試験結果

呼び径（mm）	偏心荷重	
	目標値 kN（tf）	試験結果 kN（tf）
100	16.7（1.7）	155（15.8）
150	25.5（2.6）	217（22.1）
200	32.4（3.3）	234（23.9）
300	52.0（5.3）	402（41.0）

（注）偏心荷重の目標値は、土かぶり1.2mに埋設された直管の下が、全長にわたり不陸になり、その上を20トントラックが2台同時に通過したときの継手1カ所当たりの偏心荷重である。

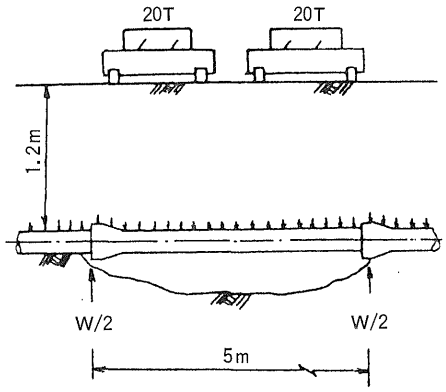
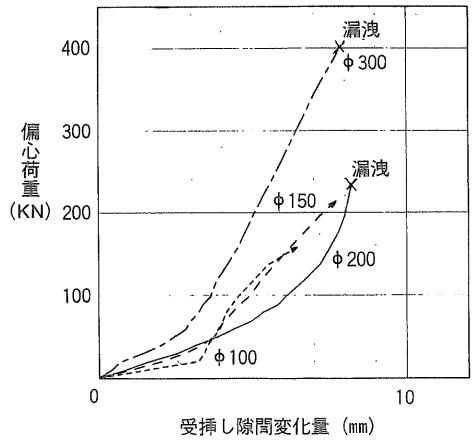


図6　耐外圧気密試験結果



その結果、継手の耐外圧気密性能は、目標偏心荷重に対して7.3～9.3倍の安全率がある。

3.曲げ強度気密試験結果

気圧9.8×10⁴Pa（1kgf/cm²）を負荷した状態で継手を屈曲させ、漏洩時の曲げ角度を確認した。

図7　曲げ強度気密試験方法

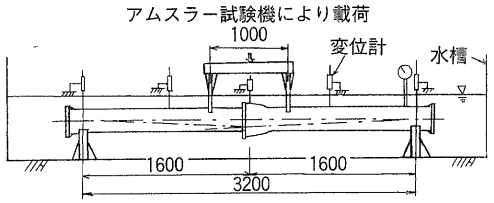
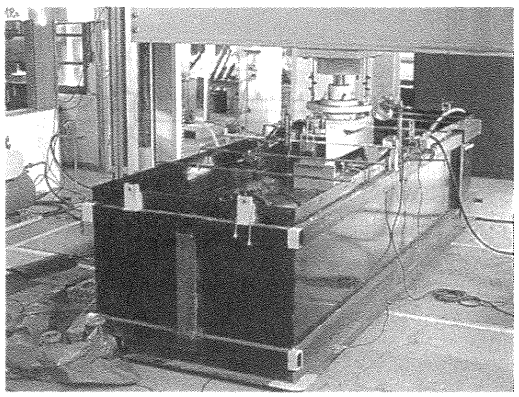


写真4　曲げ強度気密試験状況



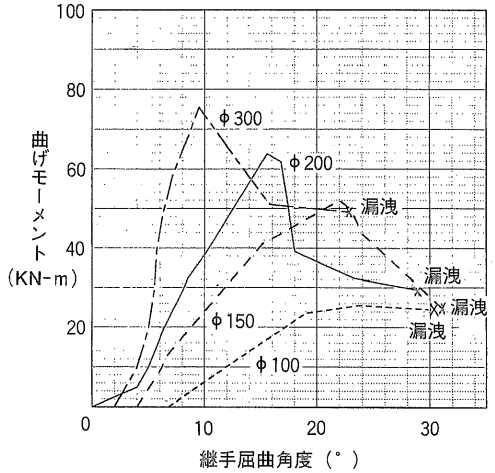
最大屈曲角度の一覧を表5に示す。

曲げモーメントと継手屈曲角度の関係を図8に示す。

表5　最大屈曲角度

呼び径（mm）	最大屈曲角度
100	30.2°
150	31.2°
200	29.0°
300	23.0°

図8　曲げモーメントと継手屈曲角度の関係



その結果、当継手は23°～31.2°の屈曲気密性能がある。

4.繰り返し曲げ気密試験結果

呼び径200mmの供試管に気圧29.4×10⁴Pa（3kgf/cm²）を負荷した状態で、継手を片振り1°で10万回屈曲させて継手の気密性について確認した。

図9　繰り返し曲げ気密試験方法

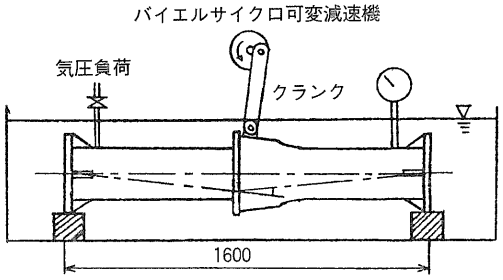


写真5　繰り返し曲げ気密試験状況

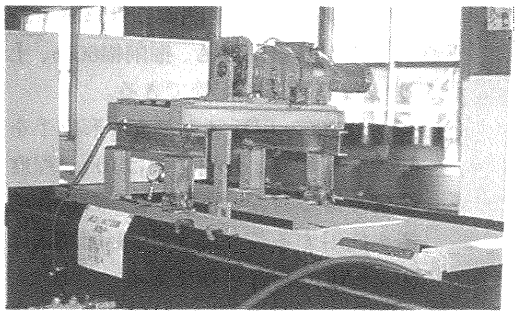


写真6　繰り返し曲げ気密試験状況

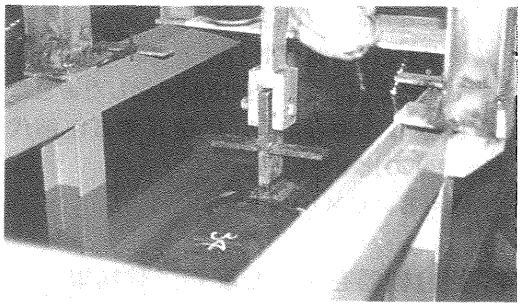


表6　繰り返し曲げ気密試験結果

結果＼供試管No	No.1	No.2	No.3
負荷気圧（×10^4 Pa）	29.4（3kgf/cm²）	29.4（3kgf/cm²）	29.4（3kgf/cm²）
継手屈曲角度	片振り　1°	片振り　1°	片振り　1°
屈曲回数	10万回	10万回	10万回
結果	漏洩等の異常なし	漏洩等の異常なし	漏洩等の異常なし

繰り返し曲げ気密試験結果の一覧を表6に示す。

その結果、上記の条件で繰り返し屈曲させても気密性に異常はないことが確認された。

（注）上記の耐外圧気密試験および曲げ気密試験について、中圧A相当の気圧49×10^4Pa（5kgf/cm²）を加えた試験を行い、同様の気密性能があることを確認している。

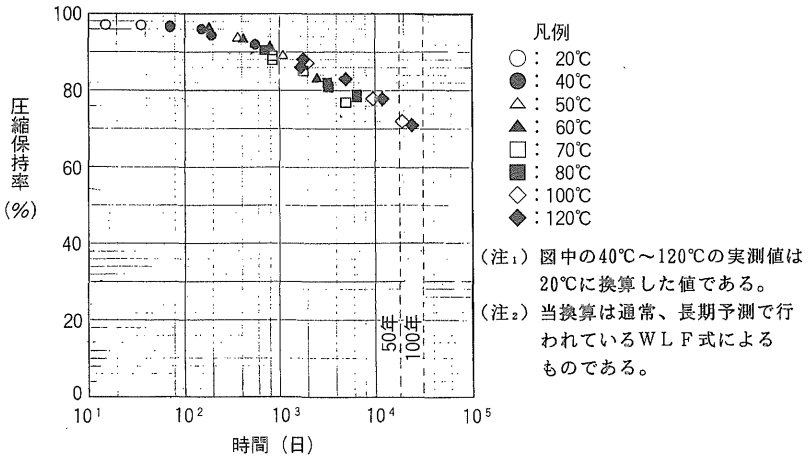
5.ゴム輪の耐久性について

T形ゴム輪の耐久性を確認するため、ゴム輪の長期使用後の圧縮保持率を求めた。

その結果、図10に示すように50～100年後の長期間使用後でもT形ゴム輪の圧縮保持率は約70%(注)と高く実用上なんら問題ないといえる。

（注）当継手は、別途実施したゴム輪の気密保持のための必要圧縮率8%と接合時のゴム輪圧縮率38～50%の関係から、圧縮保持率は

図10　長期間使用後のゴム輪の圧縮保持率



16～21%以上あれば気密性能上問題ないことが確認されている。

なお、圧縮保持率（A）とは、ゴム輪を一定の圧縮代（C）で長期間圧縮したあとに開放した場合に、元に復元する圧縮代（B）の比率をいう。

A＝B／C×100（%）

4．接合機器を用いた配管試験結果

1.東京ガス　導管技術開発センター内での配管試験結果

掘削溝外から配管作業が行えることを確認するため、呼び径200㎜の直線管路、水平曲がり管路および垂直立ち上がり管路を、配管用ピットを用いてそれぞれ掘削幅60㎝、土かぶり1.5ｍの条件で配管した。

その結果、次のことが判った。

1. 上記の直線管路、水平曲がり管路および垂直立ち上がり管路とも、掘削幅60㎝、土かぶり1.2ｍの条件で配管できる。

（注）呼び径200㎜現行メカニカル形継手を配管する場合、掘削溝幅は100㎝程度必要であるが、当継手の場合の接合機器を使用することにより、掘削溝幅は60㎝程度で配管可能である。

2. 接合機器は、掘削溝外から人力で吊り降ろして接合ができる。

3. 接合作業時間は管の吊り降ろしから接合完了まで約5分程度と短時間で行える。

2.東京ガス　鶴見トレーニングセンターでの配管試験結果

当継手および接合機器の接合性、作業性につ

図11　配管試験用管路図

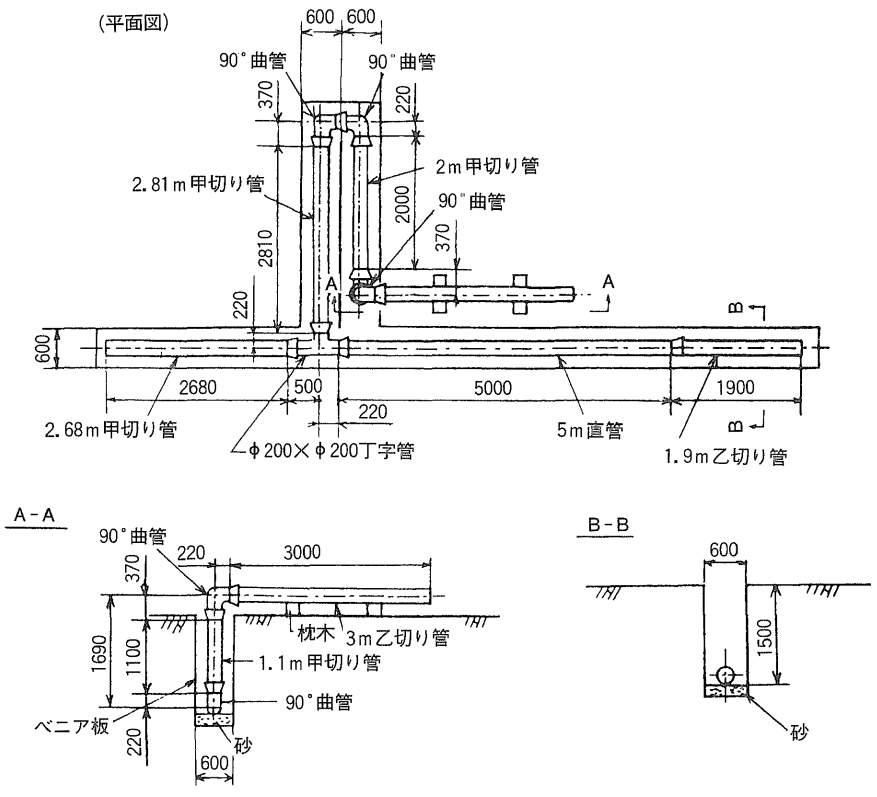


写真7　掘削溝幅60cmでの配管状況

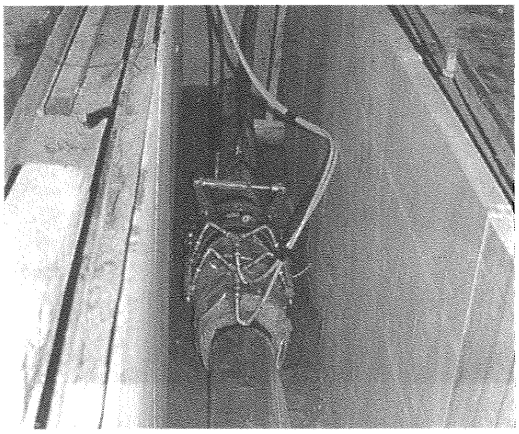


写真8　掘削溝幅60cmでの配管状況

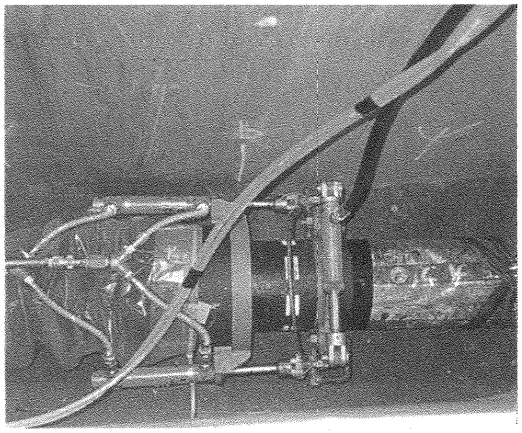
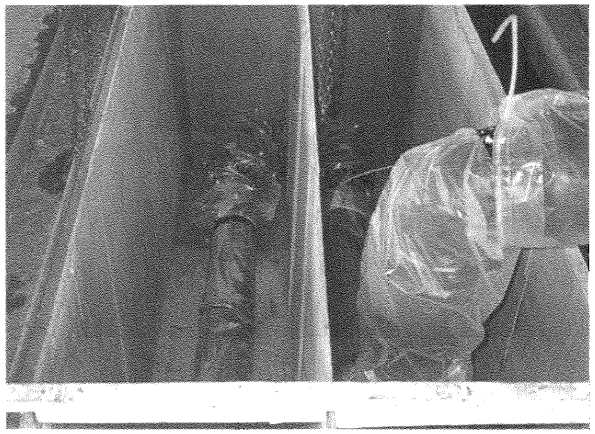


写真9　直線管路部および曲がり管路部の配管状況



（注）ポリエチレンスリーブ施工に関しても地上から簡易な工具を用いて1～2分間程度で、できることも確認している。

いて確認するため、上記トレーニングセンターの配管工事に関するトレーナーおよび東京ガス㈱の各事業所の配管工事担当者で配管試験を実施した。

なお、当試験は呼び径200㎜について地上での配管試験と掘削溝外からの配管試験である。

その結果、トレーナーおよび配管工事担当者の評価は次の通りであった。

1. 当継手および工法は、施工が簡単で、かつ作業時の安全性、信頼性に優れている。
2. 屈曲状態で配管が可能である、現行のTM型（東京ガス㈱などにて使用）に比べ接合時間が短い、など。

写真10　地上での配管状況

写真11　地上での配管状況

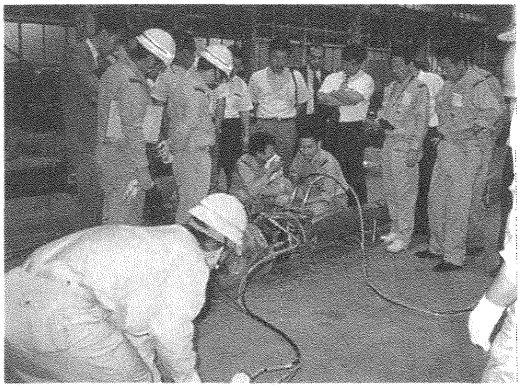


写真12　ピットでの配管状況

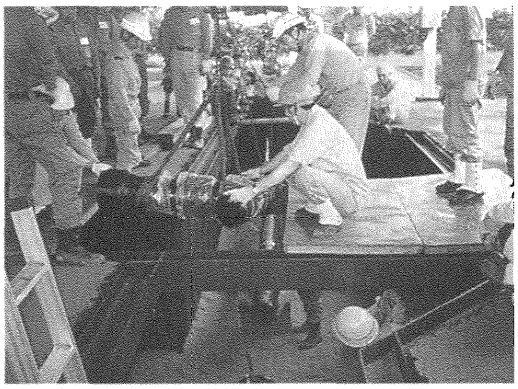
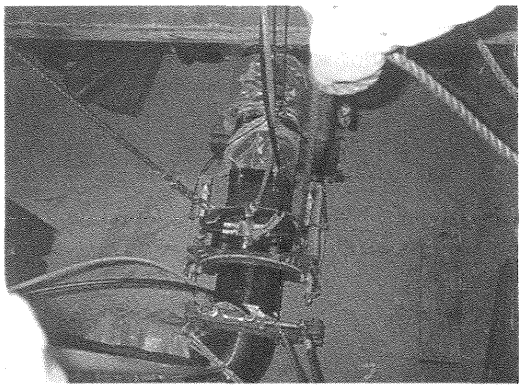


写真13　ピットでの配管状況



5．おわりに

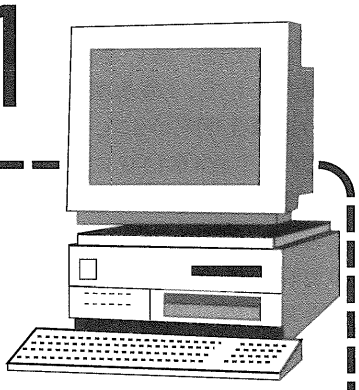
以上、今回開発した簡易接合工法に関してガス用新耐震継手、接合機器および配管試験結果などについて述べた。

当継手は耐震性、気密性に優れており、かつ掘削溝外から簡易な接合機器を用いて容易に、また、安全に施工することが可能であるため、ガス配管工事の省力化、安全性の確保などに十分貢献できるものと考える。

ダクタイル鉄管第55号

平成5年10月

技術レポート 1



みなとみらい21地区の 1000m³循環式地下貯水槽について

横浜市水道局工事部
工事課長　牧田修俊
計 画 課　牛窪俊之

1．まえがき

横浜市では21世紀の新しい都心形成をめざし、「みなとみらい21」事業を実施中である。みなとみらい21地区は、横浜駅と桜木町駅にはさまれた臨海部に位置し、埋め立て地区を含め、186haの面積を有する。

本市では、同地区内に地震などの災害時に備えて飲料水を供給するための循環式貯水槽を4基、総容量で4,500m³設置することとしている。

この貯水槽が完成すると、災害時に同地区内に避難する市民50万人に対し、1人1日3ℓの飲料水を3日間供給することが可能になる。

今回は、同地区25街区のランドマークタワーに接する多目的広場（仮称）地下にダクタイル鉄管を用いて容量1,000m³の循環式貯水槽を設置したので、模型での水理実験結果について報告するものである。

2．循環式貯水槽のシステム

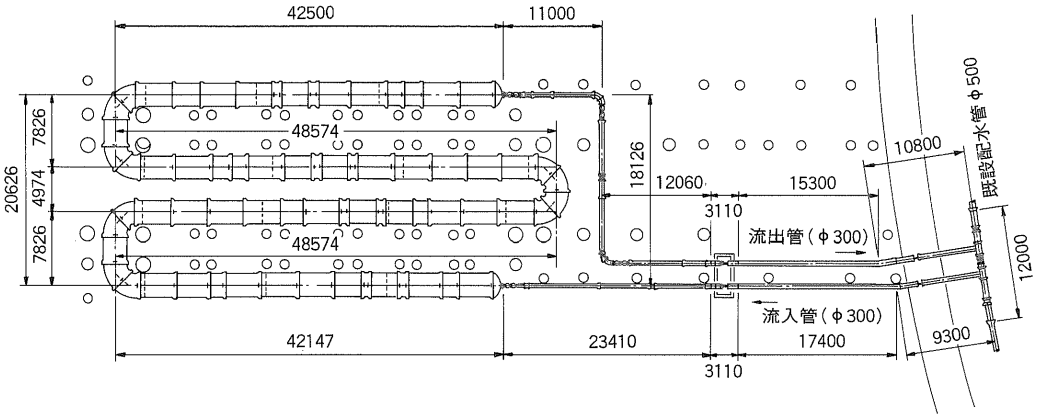
循環式貯水槽は、平常時は配水管路の一部として機能を持つ。貯水槽は地震などの災害により同一系統の管路に破損や漏水などの原因で流入・流出側の水圧が所定水圧を下回るとき、緊急遮断弁が急速に閉塞する。貯水槽はこのとき、配水管路と流れが遮断され、貯水槽としての機能を持つことになる。

貯水槽は、設置場所が臨海部であることおよび地下水が高いことから耐食性、ならびに耐震性を考慮してＳ形およびＵＦ形ダクタイル鉄管呼び径2600㎜を使用することとした。

設置にあたっては、占用面積が限られているため、図1に示す通りＷ字形の管路形態をとった。

また、適切な流水状態を保つため、貯水槽内部（管路内）に流況制御板を14カ所に設置し、水の置換（入れ替わり）機能を向上させる構造とした。

図１　循環式地下貯水槽構造図（平面図）



なお、貯水槽に接続する流入および流出管路には呼び径300㎜ＳⅡ形ダクタイル鉄管を使用し、既設の呼び径500㎜配水管に接続した。

3．貯水槽内の水の循環

1. 実験概要

実験は、最適な流況制御板の開口面積率およびその設置枚数を求めることを目的とした。

実験には実物の10分の1の形状の透明なアクリル管の水槽を用い、下記の手法により行った。

1. 滞留域の観察

水槽内の水の流況が観察できるよう、着色水（メチレンブルー溶液）を満たし、その状態で水道水を注入し、滞留域が生じるかを色の変化により観察した。

2. 水の置換倍率を求める実験

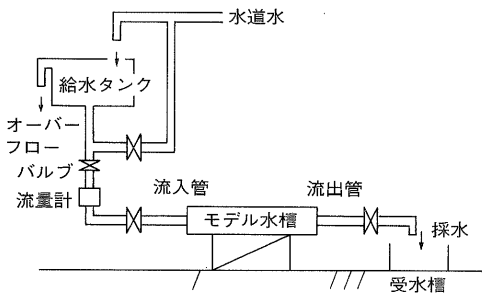
水槽内にブドウ糖溶液を満たしたあと、水道水の流入により完全に置換されるまでの流入量を測定し、下記の置換倍率を求めた。

$$\text{置換倍率} = \frac{\text{置換されるまでの流入量}}{\text{水　槽　容　量}}$$

なお、2.の手法は1.において水槽内に滞留域が生じない条件でのみ行った。

また、水槽内の置換状況については、流出管からのブドウ糖溶液の濃度により判断した。

図２　実験システム概要図



2. 実験結果

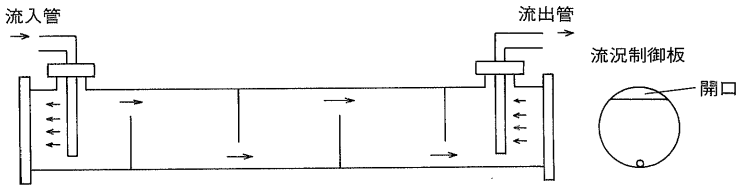
1. 流況制御板の開口面積率

実験は図2および図3に示すモデル水槽を使用し、最適な開口面積率を求めるために行った。なお、水槽への水の流入量は0.6ℓ／分とした。

表１　開口面積率の比較実験結果

開口面積比率	滞留域の有無	置換倍率
100%	無	5以上
50%	有	－
30%	有	－
10%	無	5以上
8%	無	4.3
6%	無	3.7
4%	無	4.1
2%	無	4.1
1%	無	4.2

図３　モデル水槽および流況制御板の形状



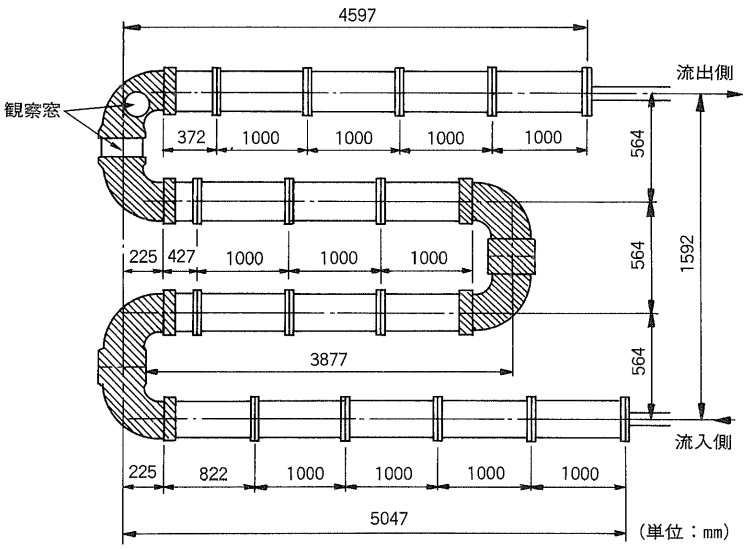
（注）流況制御板は、流入管側から、開口部を上下左右交互に設置するものとする。
また、開口部の反対側にはバイパス穴を設けている。

実験結果は表1の通りで、水槽内の水が最小流入量で置換されるときの流況制御板の開口面積率は、6％が最適であることが明らかになった。

2. 流況制御板の数量

1.の実験で求めた最適な開口面積率の流況制御板を用い、図4に示すモデル水槽を使用して、流況制御板の数量を変化させ最適な条件を求めた。なお、水槽への流入量は3ℓ／分とした。

図４　モデル水槽



実験結果は表2の通りで、流況制御板の数が多いほど水槽内の水の置換倍率が小さくなる傾向を示すが、経済性を考慮すると14枚が適切な数量であるといえる。

3. 流入量の変化による比較

前記1.および2.の実験から得られた最適条件（流況制御板の開口面積率6％、設置数量14枚）において、1日当たりの全流入量を500m³、1,000m³、2,000m³、3,000m³の場合について、図5に示す通り時間的に流入量を変化させた条件および流入量を一定とした条件について比較実験を行った。

実験の結果は表3の通りで、下記の傾向を示した。

表２　流況制御板の数量比較実験結果

流況制御板の枚数	滞留域の有無	置換倍率
なし	無	8以上
8枚	無	5.2
10枚	無	5.0
12枚	無	4.6
14枚	無	4.0
16枚	無	4.0
18枚	無	3.9
20枚	無	3.7

●置換性能は、流入量の増加に伴って向上することが明らかになった。

●流量変化のある場合の方が、若干置換性能がよくなることが明らかになった。

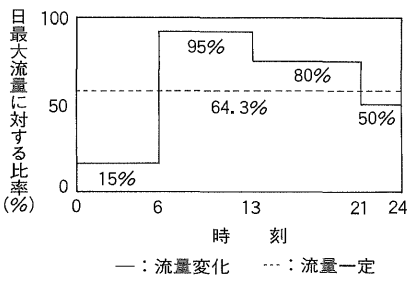
4．残留塩素濃度の測定

災害時に配水管の緊急遮断弁が閉塞し、貯水槽の水は滞留状態になる。したがって、貯水槽内の水質を把握することが重要であり、ここでは「残留塩素濃度」の時間的変化について測定した。

1. 実験の概要

実験は災害時に緊急遮断弁が閉塞し、貯水槽の水が循環されない状態を想定し、残留塩素濃度を測定したものである。

図５　流入パターン



測定は図6に示す通りで、供試管としては、両端をテフロンシート付きの蓋で密閉した長さ1mのダクタイル鉄管を用いた。

また、供試管は下記の2種類を用いた。

①　呼び径250㎜×長さ1m、ダクタイル鉄管（内面モルタルライニング）
接水面積比：160c㎡／ℓ

②　呼び径1000㎜×長さ1m、ダクタイル鉄管（内面モルタルライニング）
接水面積比：40c㎡／ℓ

測定条件としては、水圧0.05MPa（0.5kgf/cm²）、温度20±3℃（恒温槽内）、初期残留塩素濃度0.67㎎／ℓ とした。

2. 実験結果

実験の結果は表4の通りである。

管内の残留塩素濃度は経時的に減少することが認められた。また、供試管の呼び径別に測定すると、接水面積比が小さいほど（管の呼び径が大きいほど）残留塩素濃度の減少の度合が少

表３　流入条件比較実験結果

試験条件	流　量　一　定			流　量　変　化		
実機換算日流入量（m³/日）	滞留域の有　無	置換倍率（倍）	置換日数（日）	滞留域の有　無	置換倍率（倍）	置換日数（日）
500	無	5.2	10.4	無	4.0	8.0
1,000	無	4.1	4.1	無	3.1	3.1
2,000	無	2.6	1.3	無	2.5	1.3
3,000	無	2.7	0.9	無	2.3	0.8

図6　試験方法

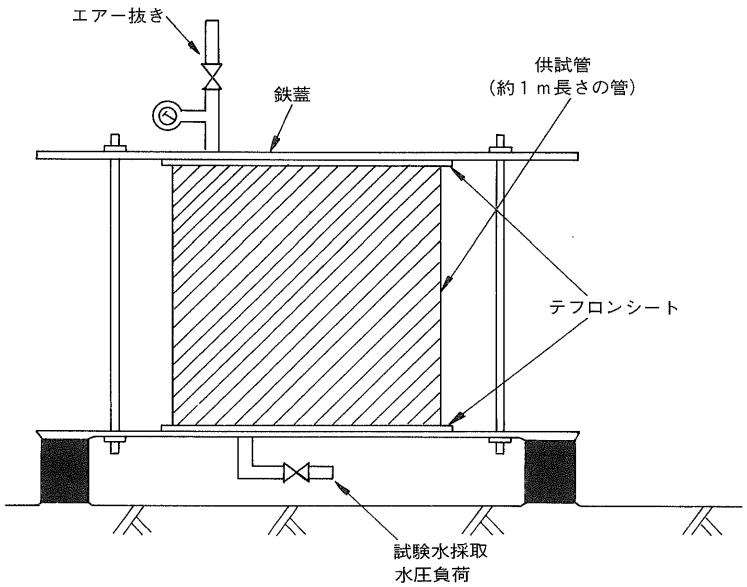


表4　残留塩素の経時変化

経過日数	φ250	φ1000
（開始）	（0.67）	
4日	0.07	0.23
8日	0.03	0.11

なくなる傾向であった。

この実験から当該貯水槽（呼び径2600㎜ダクタイル鉄管）では、充水時の塩素濃度が0.67㎎／ℓの場合、8日間程度経過しても0.1㎎／ℓは確保されると推測される結果となった。

5．おわりに

今回の実験結果から、当該循環式貯水槽では貯水槽内に設置する流況制御板の開口面積が断面積の6％程度開口していること、さらに同制御板が14枚程度設置されていることがもっとも適切な状態を確保できると考えられる。

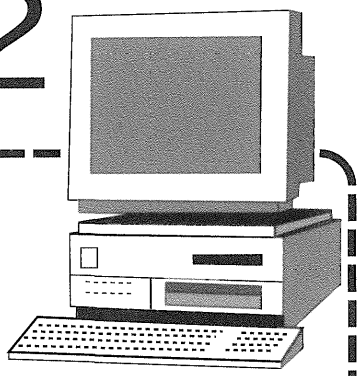
また、貯水槽内の水の入れ替わり（置換）実験からも災害時に貯水槽への水が遮断され、貯留状態であっても8日間程度経過しても水質的に安全な飲料水が確保されるものと考えられる。

なお、今回の実験で使用した管が新管であることから、管内面モルタルライニングの影響を受け、若干残留塩素の減少を速めたと考えられる。実際に長期に使用した管路（貯水槽）では残留塩素の減少速度は小さくなり、実験結果に見られる期間以上経過しても安全な飲料水が確保されると考えられる。

今後、モデル水槽での水理実験結果を検証するために、1,000m³の循環式地下貯水槽を用いて現地計測を実施する予定である。

おわりに今回の実験を行うにあたっては、日本ダクタイル鉄管協会の関係者のご協力をいただき、心から感謝を申し上げる。

技術レポート 2



ボルトレスU形推進工法用ダクタイル鉄管による呼び径1800㎜泥水推進工事について

名古屋市水道局建設部
建設課課長 北村清七
工務係長 山田浩市
工務係 春日井基之
建設部建設工事事務所
工事第1係 竹内淑雅

1．はじめに

現在、名古屋市の東部丘陵地域への給水は日最大送水量39万㎥の能力を有する、呼び径2000㎜の東名送水幹線（1条）により行っている。

この幹線は、春日井浄水場から東名高速道路の西側側道に沿って猪高配水場まで布設されている。また、送水した水の一部は、猪高配水場経由で鳴海配水場へ送られている。東名送水幹線は、本市での最大口径の送水幹線であり、全給水量の約1/4を賄う大動脈として機能している。

しかし、この東名送水幹線は、昭和44年の通水後20年以上が経過しており、安定給水という観点からすると以下のような問題点がある。

① 東部丘陵地域では、住宅用地の拡大に伴い住宅建設が増え、給水人口の増加・水需要の増大が今後さらに予想されるため、東名送水幹線（1条）では送水能力が限界に近づいている。

② 空気弁の漏水事故などが発生しており、将来、点検・修理のための長期断水に備える必要がある。

上記の問題点の解消を最大の目的に、災害に強い管路づくりと安定給水の確保をめざして送水幹線の複数化を計画し、平成4年度から春日井送水幹線布設工事に着手した。

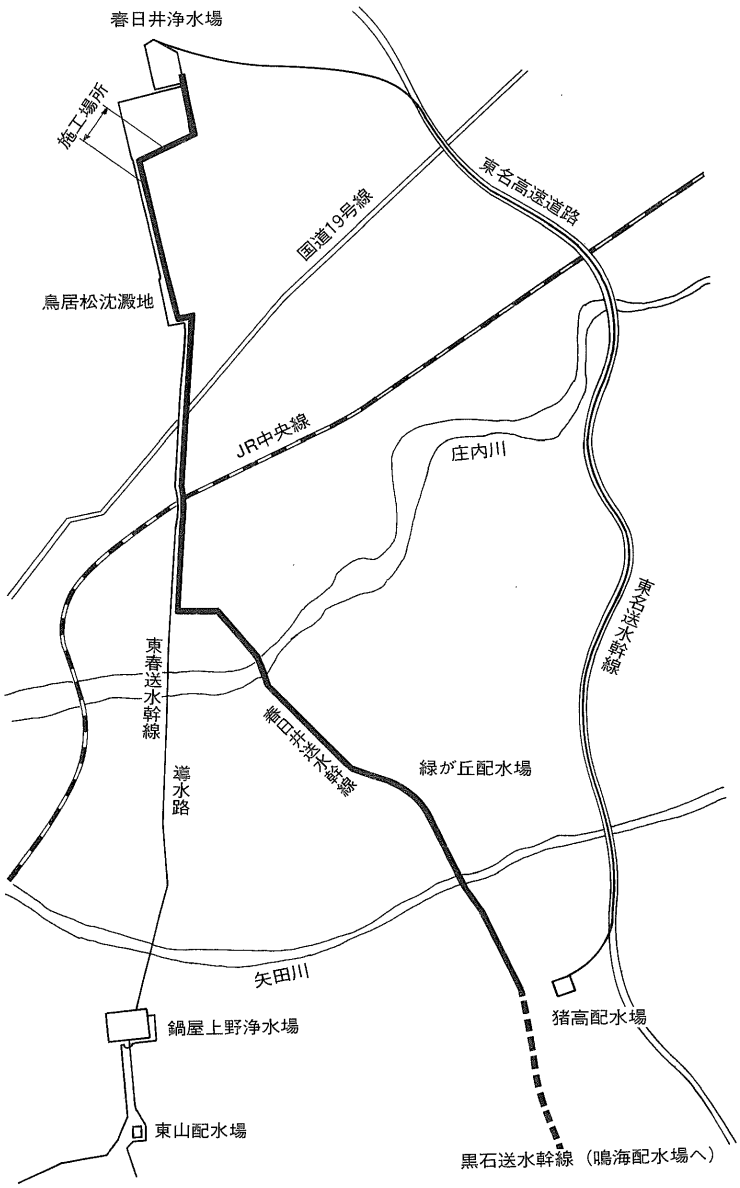
春日井送水幹線は、春日井浄水場から猪高配水場までの総延長1万1,800mに及ぶ幹線であり、そのうちの約6,100mを推進・シールド・開削工法にて布設し、残りを建設省施工の共同溝に入溝する計画である。

今回、この春日井送水幹線布設工事において呼び径1800㎜の泥水推進工事を施工したので、その概要を報告する。

2．工事概要

今回の工事は、春日井送水幹線布設工事の2工区目にあたる。春日井浄水場から約1㎞南の地点で、県道交差点部における2スパンの推進

図1　春日井送水幹線ルート図



工事である。

当工事区間においては、立坑築造場所が制約されたため長距離推進を施工する必要があり、また、事前の土質調査により通過層が玉石混じり砂れき層であることが判明した。そこで、低推力で長距離推進が可能であり、さらに玉石混じり砂れき層に対しても安定した施工ができる高濃度泥水による推進工法（超泥水加圧推進工法）を、第1工区に引き続き採用することとした。

今回の工事の概要は次の通りである。

(1) 工事件名：春日井市鷹来町～岩野町地内間春日井送水幹線 ϕ 1800布設工事

(2) 施工期間：自平成5年2月1日
至平成5年9月30日

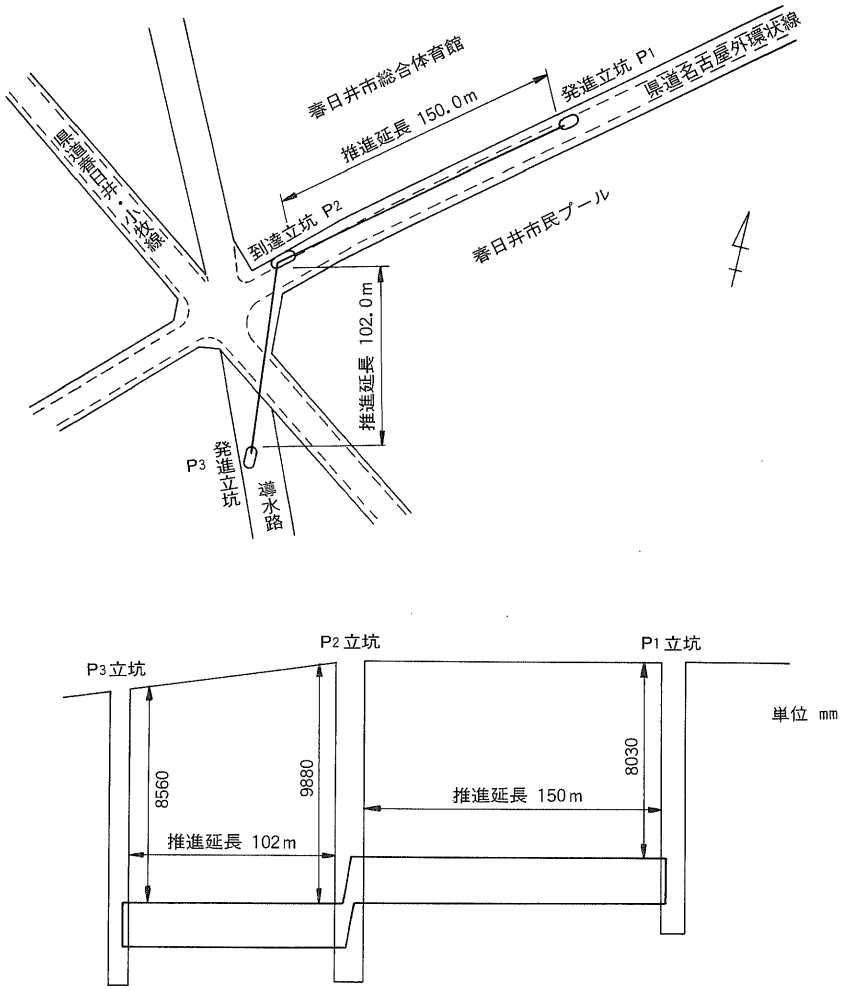
(3) 布設内容：φ1800U形推進工法用ダクタイル鉄管～252m（2スパン150m、102m）、φ1800K形ダクタイル鉄管～16.2m、布設土かぶり8.0～9.9m

(4) 土質条件：玉石混じり砂れき層（最大れき径200㎜）、N値50以上

(5) 推進工法：泥水加圧推進工法（超泥水加圧推進工法）

(6) 立坑築造：小判形ライナープレート（4m×9m、4.5m×14.5m）～3基

図2　施工平面図、縦断図



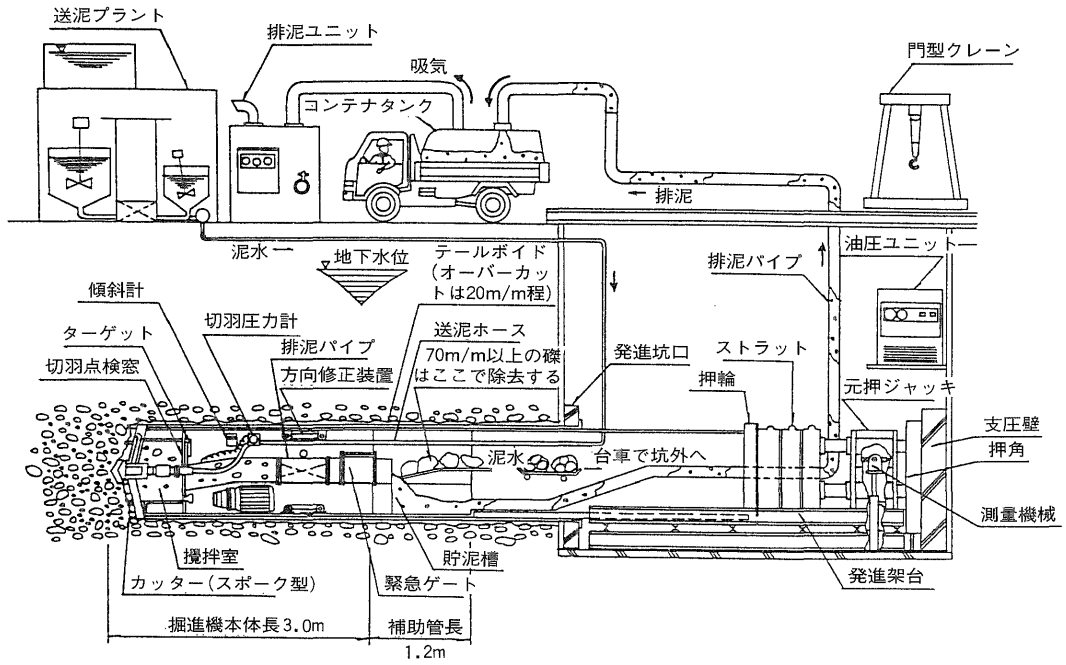
3．推進工法の概要

超泥水加圧推進工法は、泥水推進工法の一種であり、地山土粒子の間げきを塞ぐ目詰材を含んだ送泥水と掘削土砂とを先端攪拌室内で混合・攪拌して、高濃度・高比重・高粘性の液状（これを超泥水と呼んでいる）に変え、地下水圧＋0.2kgf／cm²以上の圧力に保つことにより切羽を安定させる工法である。さらに、管外周部は積極的にオーバーカットして（20～30㎜程度）、テールボイド（余掘部）にも超泥水を加圧充満

させることにより、管と地山の摩擦を軽減して低推力で長距離推進を可能としている。

また、排泥はれきと泥水を丸ごと取り込み、掘進機内の貯泥槽でいったん受けて大きなれきだけ人力で排除したあと、残りを空気スラリー輸送するので玉石層にも連続して確実な施工ができる特長がある。

図3　超泥水加圧推進工法概略図



4．U形推進工法用ダクタイル鉄管の改良

U形推進工法用ダクタイル鉄管は、図4のように管路の直進性を確保するために、外側で植込みボルトにより前後の管を固定する構造になっている。このため、外面に植込みボルト接合用の穴があり、それによって前回の推進工事において次のような問題が起こった。

① 掘進中に植込みボルト接合用の穴の部分が発進坑口パッキンを通過するときに、テールボイドに充満している超泥水や滑材がこの穴をくぐって流れ出してしまい、その分注入量が増加した。

② この穴にれきが挟まり、推力上昇の一因になることも考えられた。

以上の問題点を解消するために、前回の工事完了後に植込みボルトをなくし、外面を平滑に仕上げた図5のようなボルトレスU形推進工法用ダクタイル鉄管を製作することを検討した。そして、工場において管のローリングによる継手の水密性と、ゴム輪の損傷度を確認する実験を行ったところ、表1に示す結果を得られた。

この実験結果から、推進施工中にローリングが発生し、継手部分で管が回転しても水密性能には影響がないことが確認できた。そこで、今回の工事で植込みボルトをなくし、外面を平滑に改良した推進管を試験採用し、現地で継手のローリング量、屈曲角度などを測定することになった。

図4　U形推進工法用ダクタイル鉄管

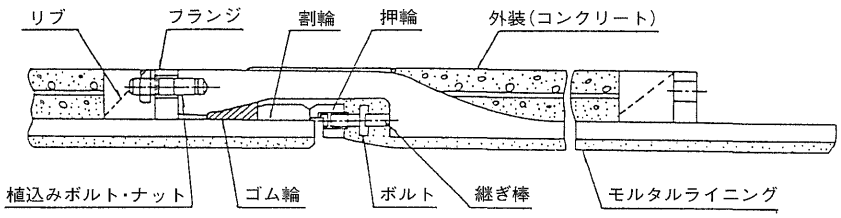


図5　ボルトレスU形推進工法用ダクタイル鉄管

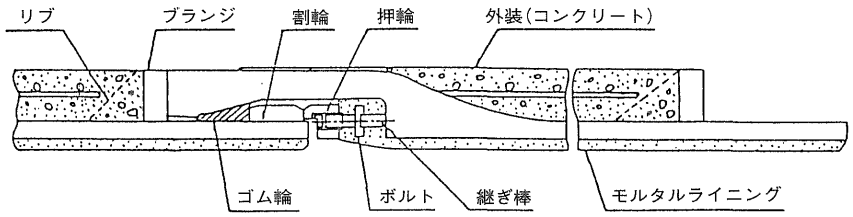


図6　実験方法の概要

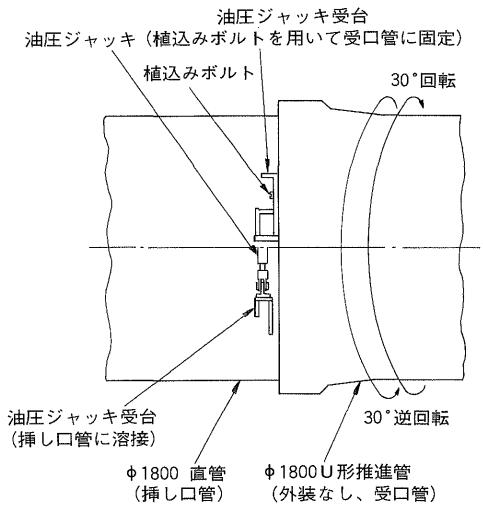


写真1　ローリング実験状況

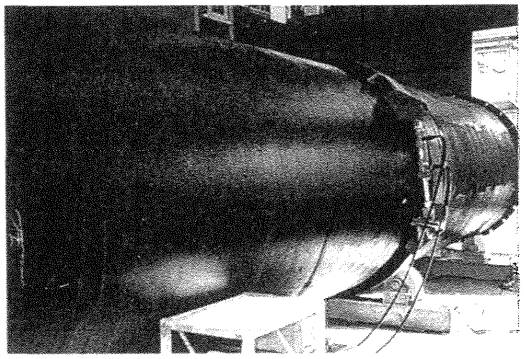


表1　ローリング実験結果

		実験Ⅰ	実験Ⅱ
実験方法	継手の曲げ角度	約0度	約1度
	回転方法	30°回転させたあと、逆方向にさらに30°回転させた。	1方向のみに60°回転させた。
実験結果	回転モーメント	8～17tf・m	6～20tf・m
	水密性能試験	合格	合格
	押輪・割輪・ゴム輪の動き	受口管のみが回転したが、受口管とほぼ同様に回転した。挿し口外面とゴム輪の間で滑ったと思われる。	受口管のみが回転したが、受口管とほぼ同様に回転した。挿し口外面とゴム輪の間で滑ったと思われる。
	回転後のゴム輪の状況	異常なし	異常なし

5．施工結果

1. 日進量

推進は昼間作業のみで行い、平均日進量はP1→P2間で4.5m、P3→P2間で5.4mであり、前回の実績4.0mを上回った。これは、植込みボルト接合時間を省略できたことが大きく影響していると考えられる。

2. 施工精度

到達時点での精度は、立坑内の配管連絡を考慮して30㎜を上限に設定した。結果は、P1→P2間で上下＋5㎜、左右15㎜、P3→P2間で上下－2㎜、左右5㎜と十分満足できるものであった。

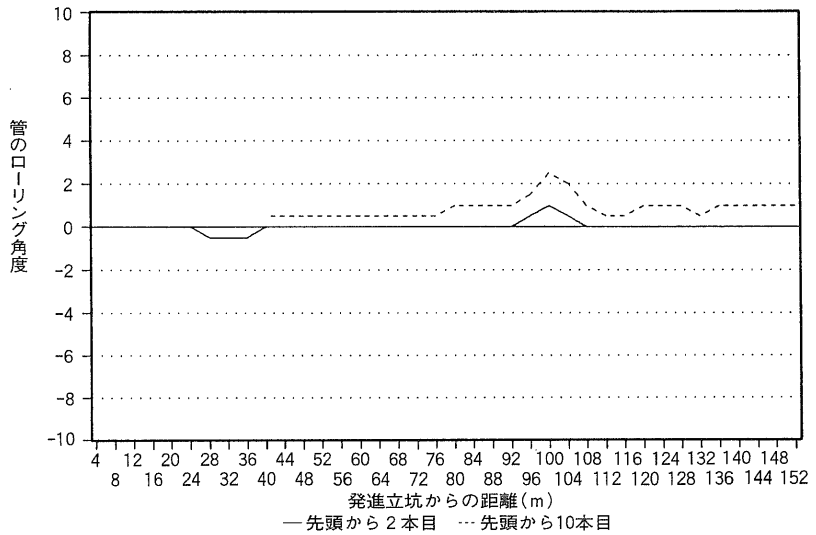
3. 推　力

最終推力は、P1→P2間765tf、P3→P2間306tfで、元押しのみで施工完了できた。P1→P2間で推力が高くなったのは、土質条件や推進の施工管理に起因したものであると思われる。

表2　施工結果

	P1→P2（150m）	P3→P2（102m）
推進日数	33日	19日
平均日進量	4.5m	5.4m
到達精度	上下＋5㎜、左右15㎜	上下－2㎜、左右5㎜
最終推力	765tf	306tf
継手ローリング量	最大値2.5°	――
継手屈曲角度	最大値0.1°	――

図7　管のローリング角度測定例



4. ローリング量、屈曲角度

Ｐ1→Ｐ2間において、継手のローリング量と屈曲角度の測定を行った。

ローリング量の測定は、管1本の推進完了ごとに管内頂部点のズレを全継手について行った。その結果、ローリング量は途中最大で2.5°であったが、推進完了時点には0°に近い値に戻っていた。

屈曲角度は、管１本の推進完了ごとに円周4カ所で胴付間隔を測定して、その値から求めた。結果は、途中最大で0.1°であり、これも完了時点には0°に近い値に戻っていた。

6．おわりに

今回の工事では、植込みボルトをなくし、外面を平滑に改良したボルトレスＵ形推進工法用ダクタイル鉄管を初めて使用して泥水推進工事を施工したが、良好に施工完了することができた。

この施工結果から、近年の推進機械の性能や推進技術の向上により、植込みボルトがなくても推進精度、継手の水密性および推力にまったく問題はなく、また、日進量の増加や坑口パッキンからの逸泥防止など、施工性においても優れていることがわかった。

春日井送水幹線布設工事では、今後も推進工事を計画しており、今回の施工結果を十分に検討して慎重に対応していく考えである。

近年、地域の環境対策、交通量の増大、地下埋設物の輻輳化などにより、水道管路布設工事において推進工法が多く採用されている。そして、この傾向は今後ますます増加していくものと思われるが、その際に、本施工報告がなんらかの参考になれば幸いである。

写真2　ボトルレスＵ形推進工法用ダクタイル鉄管

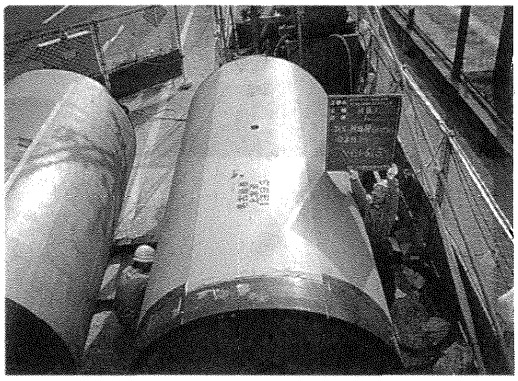


写真3　管の吊り込み状況

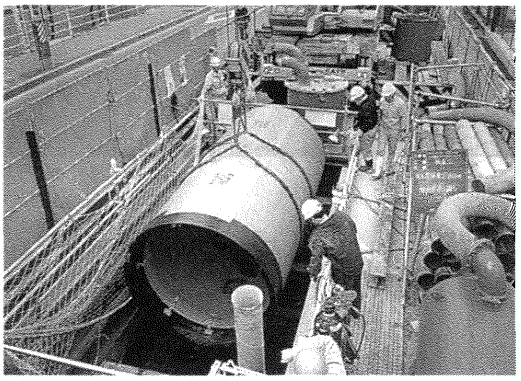


写真4　推進状況

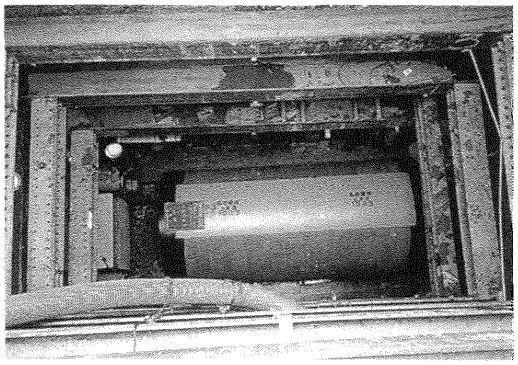


写真５　超泥水掘進機内部および掘進状況

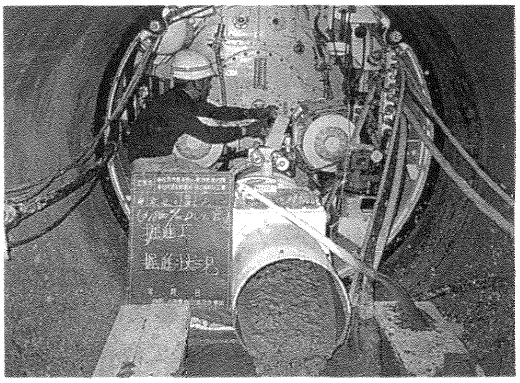


写真６　排出玉石状況

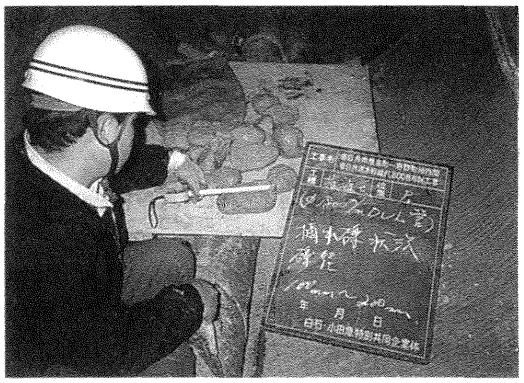


写真７　推進管内状況

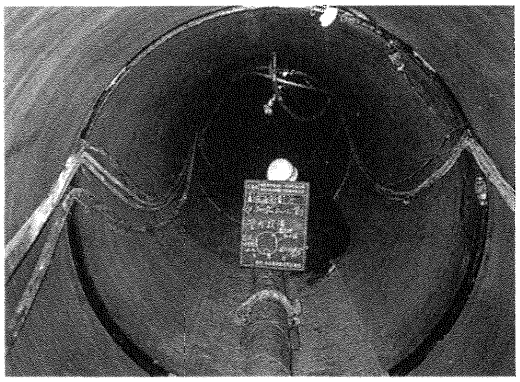
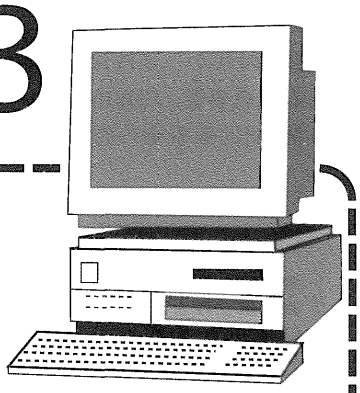


写真８　継手ローリング量および胴付間隔測定状況

技術レポート 3



高知市における呼び径2600㎜非常用貯水槽の設置について

高知市水道局
配水課長　筒井章允
配水課技査　森　博文

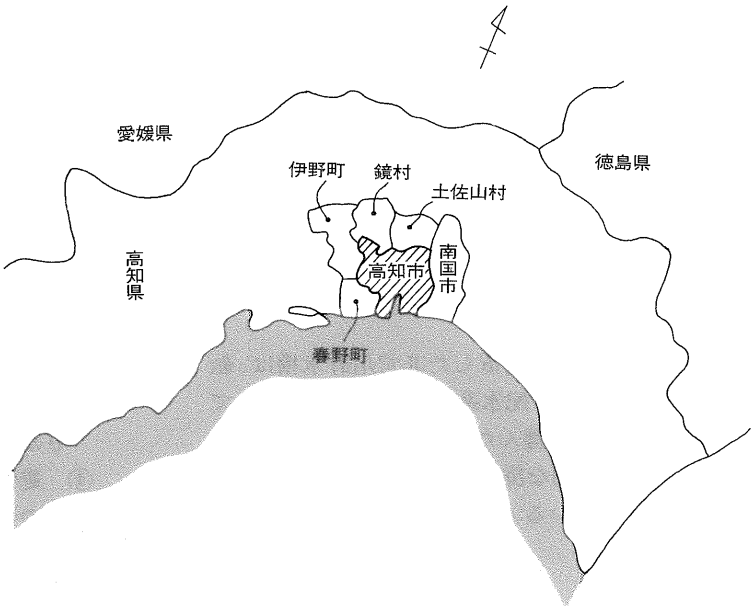
1．はじめに

高知市は、四国山地を背景に太平洋に面した東経133度32分01秒、北緯33度33分20秒に位置し、高知県の中央、浦戸湾の奥に県都として発達した人口31万人の地方都市である。（図1参照）

また、慶長6年の山内一豊入国以来24万石の城下町として多くの史跡に恵まれ、自然味あふれた美しい街でもある。たとえば、播磨屋と櫃屋が互いの往来のために架けたはりまや橋、南国の青く明るい陽光を浴びる市街や浦戸湾を一望できる五台山公園、坂本竜馬の銅像が立つ竜頭岬から竜王岬にかけての優美な白砂と青松の桂浜などがある。

その桂浜から浦戸湾に架かる浦戸大橋を渡った所に位置する三里地区に、有効容量55m³の非常用貯水槽を設置したので報告する。

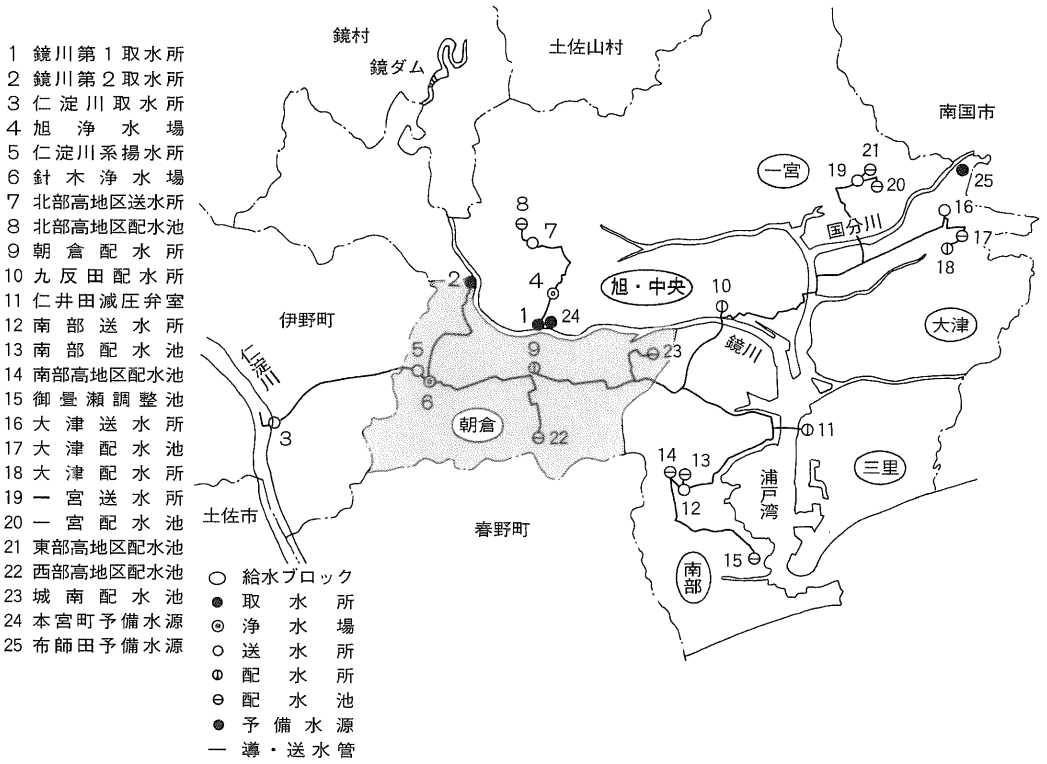
図1　高知市位置図



2．震災対策について

拡張の時代から維持管理の時代に入ったといわれる水道事業。高知市においても、現在推進中の第4期拡張事業の傍ら、順次古い管から新しい管種への布設替あるいは既設管路の更生といった工法で、維持管理のグレードアップを図っている。（図2参照）

図2　第4期拡張事業完成時の絵水系統図



しかし、地震対策については、昭和21年に発生したマグニチュード8.1級規模の大地震・南海震災という苦い体験はありながらも、それに対する備えは遅れてきた。全国的にその必要が叫ばれ、近くには北海道でその震災が現実のものとなった現在、いかにして万全な震災対策を確立するかが高知市でも焦眉の課題となっている。

ともあれ、今回設置した非常用貯水槽は、給水拠点より遠く、配水系統がほぼ単一となっている三里地区を選んだ。（図3参照）

今後の体系的な震災対策確立の上でもその効果を期待している。

3．非常用貯水槽の概要

1. 設置場所

非常用貯水槽の設置に際して、その設置場所を決定することは重要である。設置場所としては、

① 貯水槽の点検、修理および水質検査等の維持管理が容易に行えること。

② 付近に水質汚染の原因となる施設がないこと。

③ 貯水槽から応急給水に支障が生じない広さがあること。

④ 避難施設に近いこと。

などの条件が考えられる。他事業体の事例を

図3　三里地区位置図

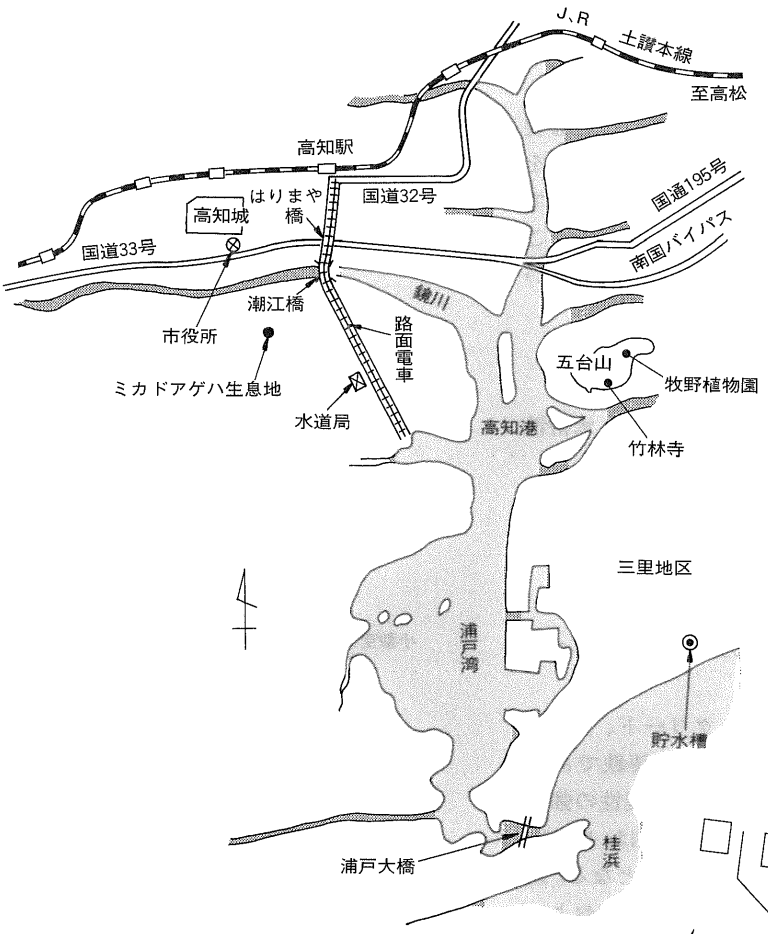
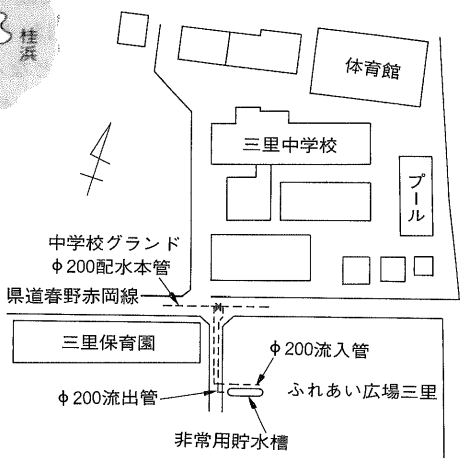


図4　貯水槽位置図



みると、

① 小・中学校
② 公園
③ 水道局
④ その他公共施設

などに設置されている。

今回設置した場所は、避難施設にも指定されている三里中学校の南側に、高知新港建設工事に伴う背後地対策事業の一環として建設された“ふれあい広場三里”内に設置した。近くには、避難施設に指定されている三里小学校もある。（図4参照）

2. 貯水容量

非常時の配水本管の被害により、それ以降の管網が健全な区域も断水状態になっているとして給水人口を算定した。平成3年4月現在の街別人口統計により、三里地区の5,100世帯、1万4,500人を想定給水人口とした。所要水量は、

「水道施設設計指針・解説」より1人1日3ℓ 3日間として約130m³となる。

しかし、貯水槽内の水は常時循環させて水質の劣化を防止しなければならない。

また、貯水槽を分散して設置することも必要であることから、今回の貯水容量は約6,000人を対象に有効容量55m³とした。55m³の貯水槽では、1人1日平均使用量400ℓ で140人分であることから、滞留時間は僅かで水質への影響はないと考えた。

3. 構造・形式

非常用貯水槽の構造・形式は、

① 地震に対して、十分安全な強度と水密性を有すること。

② 腐食に対しても、耐久性に富んでいること。

③ 衛生的に安全であること。

④ 維持管理が容易であること。

などの条件を満足するものでなければならない。

構造材としては、鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート、鋼または鋳鉄であるが、コンクリート構造は水密性、耐震性の強化を図らなければならない。一方、鋼製は、自然腐食や電食に対して十分な対策が必要となる。鋳鉄製は想定される設置場所、構造・形式および維持管理上の条件から最適と思われ、次のような形式とした。

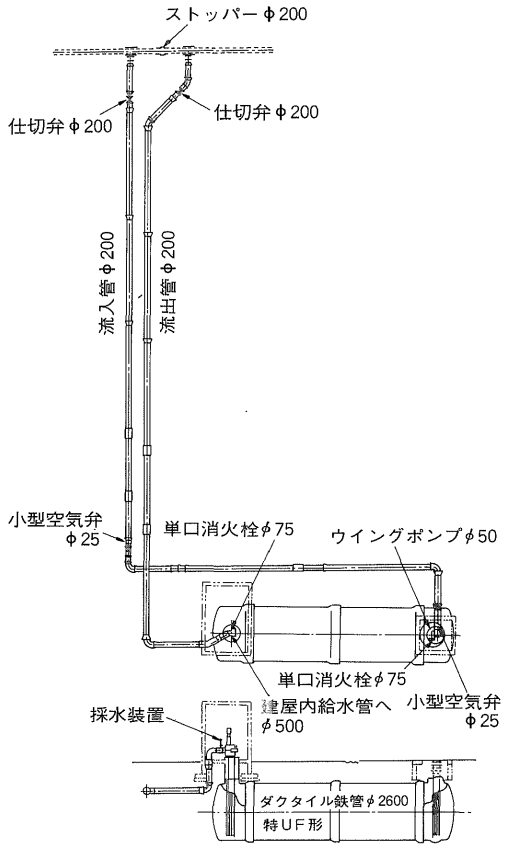
（圧力方式非常用貯水槽）

有圧密閉型、呼び径2600㎜、特ＵＦ形ダクタイル鉄管、延長；11.29m、容量；55m³

また、流入・流出管は、貯水槽への流入・流出をできるだけ円滑に行うため、流量が大きく、流向が一定している管径の大きい管に取り付けるのが望ましい。よって、三里中学校前の呼び径200㎜の管に取り付けることとした。管種は耐震性を考慮してＳⅡ形ダクタイル鉄管を用いた。

緊急遮断方式は、流入・流出口を貯水槽より上方に設け、流入・流出側にそれぞれ仕切弁・空気弁を設けてサイフォン作用によって水の流出を防止して貯水するサイフォンブレイク方式を採用した。（図5参照）

図5　非常用貯水槽の構造



4．非常用貯水槽の特長

今回の非常用貯水槽について、次のような特徴が挙げられる。

① 四国で初めての非常用貯水槽の設置であったこと。

② 土留め工法として「建て込み簡易土留工法」を採用したこと。

③ 給水設備などを備えた建屋を設置したこと。

④ 給水拠点より遠く、地域の非常時の飲料水として確保できること。

非常用貯水槽の実績から、設置している事業体は地震の多発している東日本に多く設置されており、近畿地方から以西は実績がほとんどな

い。四国地方も実績がなく、今回の非常用貯水槽が初めての設置となった。

非常用貯水槽の設置工事において、土留めの方法が重要であり、安全性、施工性を十分考慮して選定しなければならない。今回の設置場所は自立性のない細粒砂であり、付近に民家は集中してはいないが、中学校や保育園などがある。これらの条件から、土留工法として「建て込み簡易土留工法」を用いた。この工法はパネル、ガイドポスト、切りばりを主構成部材とし、バックホウで溝掘りを行いながら建て込みを行うので、鋼矢板の打込み時に大きな衝撃音や振動を発生させるディーゼルハンマやバイブロハンマを使用することなく施工ができ、騒音、振動がほとんどないのが大きな特長である。また、地下水位が低く、この工法に影響がなかったこともあり、「建て込み簡易土留工法」を採用した。(写真1参照)

また、地域の人々に非常用貯水槽の設置をPRするとともに、貯水槽の位置がわかり易いように貯水槽の上部に建屋を設置した。建屋には、給水設備や採水設備を設けているほか屋外用給水装置が格納されている。(写真2参照)

写真1

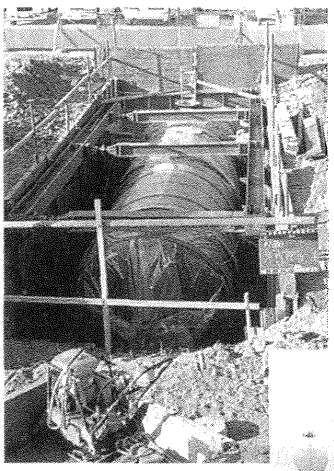


写真2

5．おわりに

大地震の発生はマントル対流によりプレートが移動し、プレート同士がぶつかり合う所で地殻のひずみがたまり易く、そのひずみが解消される際に大きな地震が発生するとされている。

去る7月12日の北海道南西沖地震（M7.8）は、ユーラシアプレートと北米プレートとの境界で起きており、震源に近い奥尻島では水道管路がズタズタになり、ほとんど全域にわたって断水となった。

わが市もユーラシアプレートとフィリピン海プレートとの境界の近くにあり、47年前に死者1,464人を出した南海地震（M8.1）の震源地もこの付近であった。(図6参照)

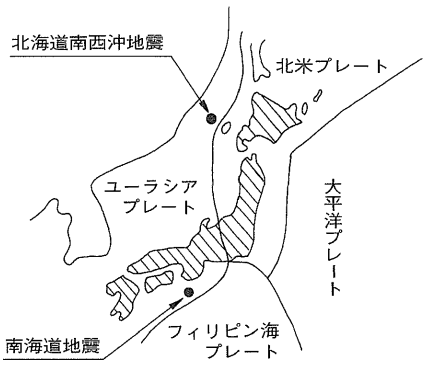
大地震が発生した場合、市民は不安と混乱の中で数日を過ごすことになる。この不安を少しでも和らげるのに役立つのは、まず水である。

四国地方では初めての非常用貯水槽なので、これから計画を考えられる方々にご参考になればと願っている。

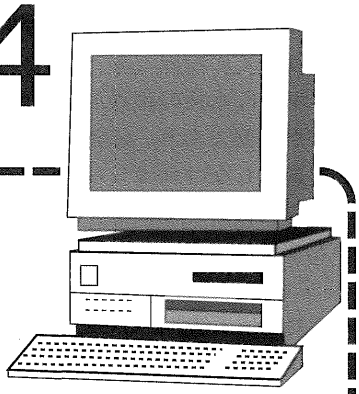
最後に、本施設設置にあたり名古屋市水道局、静岡市水道局のみなさま方をはじめ関係の方々にご指導とご協力を賜ったことを、誌上をお借りして厚くお礼を申し上げる。

引用文献：「水道施設設計指針・解説」
（日本水道協会）

図6　プレート境界線図



技術レポート 4



21世紀へ向けての水道施設整備について

～配水管整備と水路横断工を考える～

東大阪市水道局施設部
工務課長　森田長義

1．はじめに

本市では、21世紀へ大きく飛躍するために今後の7年間をまちづくりにあたっての貴重な期間と捉えており、これから進展するであろう高齢化、国際化、情報化社会への対応をはじめ、快適で特色ある都市環境の整備と文化的施設の充実を図ろうとしている。

これに関連した話題として、高校ラガーの憧れの的である花園ラグビー場が最近改装され、目にも彩やかな緑の絨毯を敷きつめたようになっており、正月恒例の全国大会も一段と白熱化したプレーが見られ、人気も高まってきている。

そこで、このラグビーの持つ「力強さ」、「連帯性」、「すがすがしさ」といったイメージから本市を「ラグビーのまち東大阪」としてPRするため、マスコットキャラクター「トライくん」を決定した。これを市の施策に多面的に活用し、イメージアップを図ることにしている。

図1　トライくん

水道事業においても、厚生省から提唱されている「フレッシュ水道計画」、「STARプログラム」を指標として、21世紀へ向けての本市のまちづくりに寄与するように諸対策を鋭意実行しているところであるが、今回は配水管の整備と水路横断工の現状と対策について報告する。

2．本市水道事業の現況と課題

本市では、現在第3次拡張事業（昭和62年度～平成7年度、計画給水人口54万8170人、計画1日最大給水量29万5000m³、計画1人1日最大給水量538ℓ、総事業費96億7000万円）で、安定給水のためのライフライン確保を推進中である。

また、新たなプロジェクトである新都心を初めとする地域拠点群および高度な情報化社会への整合性を持たせた総合的な都市の再構築（リストラクチャリング）に向けた水道施設整備も必要になってきている。

本市の水道普及率は、平成4年度で99.9％と市民皆水道に達しており、今後の新たな目標は、単なる維持管理のための施設整備ではなく、21世紀の社会構造への適合をめざした厚生省の「フレッシュ水道計画」を具現化するものとなるが、調和のとれた施設構築に向け独自の長期計画が必要なことはいうまでもない。

表1　普及率の推移

年　度	給水区域内人口（人）	給水人口（人）	普及率（％）	1日最大配水量（m³）
昭和42	476,645	457,243	95.9	153,630
昭和50	522,028	504,954	96.7	234,970
昭和60	519,386	518,312	99.8	245,830
昭和62	520,020	518,994	99.8	238,980
平成1	519,184	518,784	99.8	239,680
平成3	515,274	514,874	99.8	249,480
平成4	514,532	514,132	99.9	243,080

※本市は昭和42年に布施市、河内市および枚岡市の3市が合併して発足した。

中でも「STARプログラム」に表わされている「安全でおいしい水」の供給体制の確立であると考えている。

さらに、新水質基準の施行に合わせた検査体制の確立も急務となっている。

本市では、大阪府営水道（用水供給事業）に水源の99％（平成3年度年間受水量7,400万m³）を依存しており、異臭味対策も含め高度処理水が供給される予定である。

この高度処理水を市民に直接利用してもらうためには、供給時までに配水施設の整備を完了する必要があることはいうまでもない。

換言すれば「高度処理水の水質を変化させずに市民のじゃ口まで輸送する」施設を確立することが急務となってきている。

このため、特に配水管の整備・改良がもっとも重要な課題となっている。

3．配水管の整備・改良

1．経年劣化鋳鉄管

昭和7年の創設期から昭和30年代まで布設されていた無ライニング鋳鉄管は、赤水、出水不良、また、伸縮性のない鉛コーキング継手による漏水事故を起こしていたので、ダクタイル鋳鉄管による布設替えを実施してきた。また、管更生工事による内面補強を昭和62年に整備・改良を完了したが、更生工事分（約87km）については完全なものとは考えていない。

2．石綿セメント管の布設替え

本市は、昭和42年に布施、河内、枚岡の3市の合併により誕生したが、それ以前の昭和30年代からの都市部への人口急増期に石綿セメント管が多用されたものが経年劣化し、内面からの中性化の進行で有効管厚が不足し、管強度の低下による折損事故が続発した。

この対策として、昭和40年代からダクタイル鋳鉄管への布設替えを実施しており、平成3年度の石綿管の残存延長は2万6350mとなり、導・配水管総延長に対する比率は3.3%までになっており、平成6年度に石綿セメント管の布設替えを完了する予定である。

図2　石綿セメント管布設延長の推移

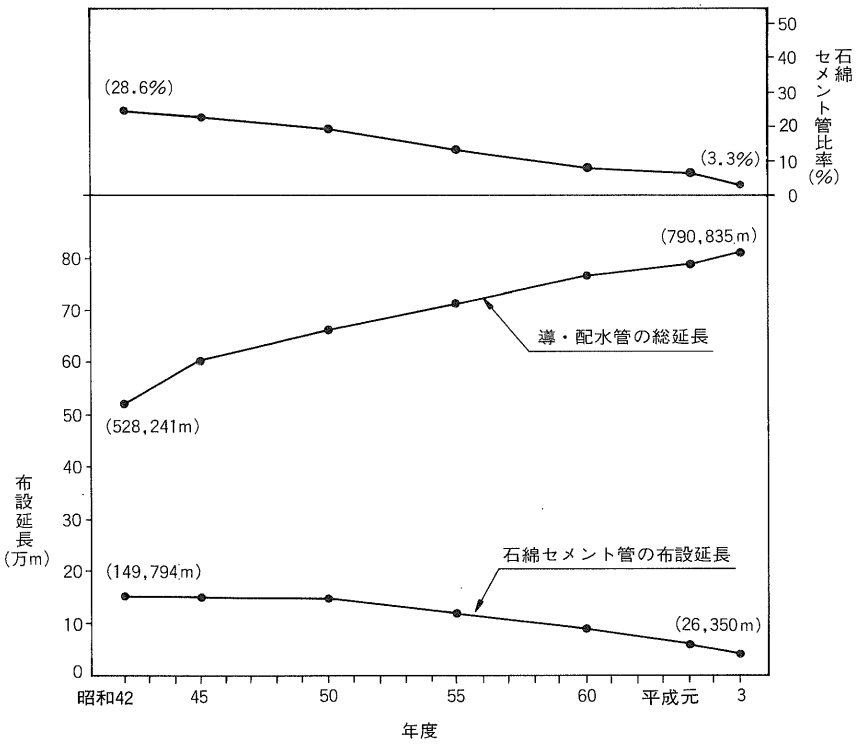


表2　平成3年度導配水管管種別布設延長内訳

	ダクタイル鋳鉄管および鋳鉄管	石綿セメント管	塩化ビニル管	計
呼び径（㎜）	75～1500	75～300	75	75～1500
延長（m）	740,826	26,350	23,659	790,835
比率（%）	93.7	3.3	3.0	100

3. 鉛管の布設替え

鉛管は水道創設期から昭和40年代まで給水管として布設されたが、経年劣化による漏水事故および水質問題から配水管布設替えに伴う給水管接続替えなどの機会にポリエチレン二層管に取り替えている。厚生省の新水質規準による長期目標の鉛濃度（0.01mg/ℓ）にあわせた古い鉛管の廃棄期間（平成10年）までに、年次計画で取り替え安全な水道水の供給を図ることとしている。

4. 中層階直結給水と受水槽方式

本市では、昭和60年から毎年水道週間のPR行事として小規模受水槽および高架水槽について適正管理の啓発を図るため、保健衛生部と合同で改善指導を実施してきた。平成4年での受水槽の設置数は4,353基の多きにのぼる。

平成5年度の水道週間には412基の調査を実施した。その結果を表3～5に示す。

図3　受水槽の設置数と容量の推移

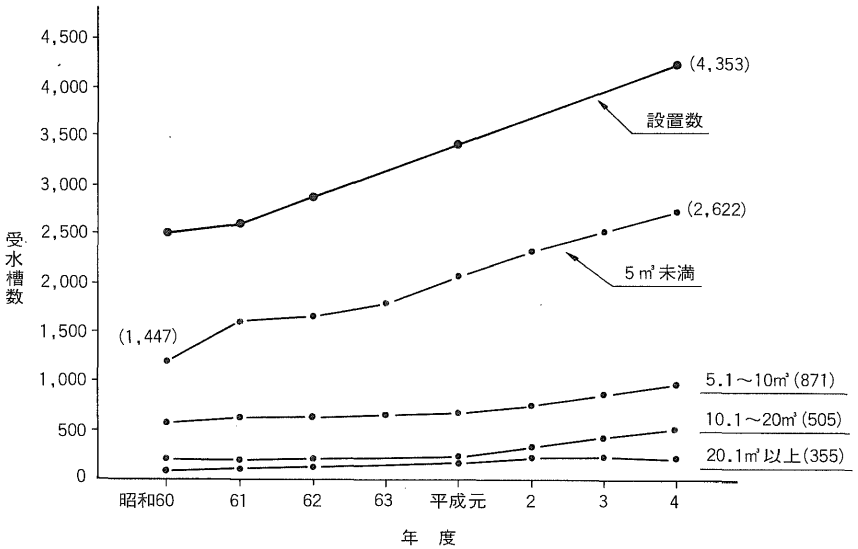


表3　受水槽以下の給水方式

種　別	調査件数	比率（%）
高置水槽からの自然流下方式	171	42
受水槽からの加圧ポンプ方式	234	57
調査不可	7	1
計	412	100

表4　受水槽の管理状況

管理状況	清　掃（%）	水質検査（%）
定期的に実施している	37	17

受水槽、高架水槽の管理状況結果は全般的には良好であるが、依然として受水槽の清掃、水質検査の実施率が低く、さらに使用水量が少なく容量の大きい受水槽では水質劣化（じゃ口での残留塩素濃度の低下）が著しいものが一部にあり、設置者（管理者）に受水槽容量と使用水量のバランスから適正容量への変更、または直結給水への改善指導を実施してきた。

しかしながら、受水槽方式は非常時、断水時における貯水機能という優れた利点もあることから、病院、公共施設などでは十分に管理された状態で運用される必要があると思われる。

表５ 受水槽の型式・材質

受水槽			高置水槽		
形式	件数	比率（%）	形式	件数	比率（%）
地上式	347	86	箱型	41	46.6
半地下式	5	1	円筒型	45	51.5
地下式	53	13	球型	2	2.2
計	405	100	計	88	100
材質	件数	比率（%）	材質	件数	比率（%）
RC	56	14	RC	0	0
鋼板	7	2	鋼板	7	4
FRP	342	84	FRP	156	96
計	405	100	計	163	100

また一方、市民の約22%が「受水槽水」を利用している現状であるが、今後は高度処理水の直結給水の要望が多くなると考えている。

現在、3階までの直結給水は水理条件を検討し、実施しているが、配水施設の増強整備が完了すれば、中層階への直結給水を実施する必要があると考えられている。

5. 給水管の整備・改良

公道および私道において、同一路線に布設されている複数の給水管は、給水戸数に対する必要口径の不適合から出水不良のケースもあり、給水管の所有権等民法上の問題点はあるが、配水枝管からの取り出し部については、沿線の将来人口を踏まえた適正な呼び径に布設替えすることを検討中である。

6. 施設情報管理システムの構築

水道創設期から昭和40～50年代の建設時代、昭和60年代の整備時代を経て、水道施設のほとんどを占める給配水施設の情報量はぼう大なものとなっているが、21世紀の次世代に引き継ぐため、今の時点でリアルタイムな配管状態に整理をする必要がある。

正確、迅速な情報でレベルアップを図り、質の高いサービスを市民に提供するため、コンピュータを利用したマッピングシステムの構築が必要で検討中である。

このシステムから、シュミレーション機能を利用した水理解析を始め、各種の設計、統計資料が得られ、さらに高次元な施設の活用が展開でき、水道事業経営の一翼を担うものと考えている。

４．水路横断工を考える

配水管路のうち、唯一、地上部に出ている水路横断工について実態調査を実施した。

その調査結果から、整備面について検討した事項について述べる。

1. 水路横断工の調査

本市には、国および市が管理する一級河川・普通河川および土地改良区が管理する水路、井路がある。

これらの河川などを横断する方法には、単独の水管橋と橋梁部を利用するものとがある。

橋梁利用には、橋梁添架型、橋脚受台コンクリート利用型、橋桁間利用型がある。

水路横断工の調査は、配水管網図（S=1/2500）、完工図、工事日報などの完工図書および現地踏査により実施した。その結果、総計218カ所の多きを数え、管路1万mあたり約2.76カ所の水路横断工となる。

表６　水路横断工調査集計表

区　分	河　川　名		水路横断工数	河川延長(km)	最大幅員(m)
一級河川	1	寝屋川	1	－	35
	2	第二寝屋川	18	11	32
	3	恩智川	17	11	25
	4	大　川	6	1.6	10
	5	日下川	3	0.4	5
	6	音　川	13	2.1	9
	7	御神田川	2	0.6	10
	8	箕後川	0	1.1	10
	9	新　川	3	0.9	13
	10	長門川	6	1.4	13
小　計			64	－	－
普通河川	22カ所		52	－	23
水　路	28		35	－	10
井　路	4		67	－	9
小　計			154	－	－
合　計			218カ所	－	－

表７　水路横断工の管材料

	鋼　管	ダクタイル鋳鉄管 鋳鉄管	計
呼び径（mm）	75～800	75～400	－
スパン数（m）	3～35	2～25	－
設　置　数	177	41	218
比　率（%）	81	19	100

2. 水路横断工の問題点

維持管理上において、次のような事項が問題点となっている。

①耐震機能
②漏水事故
③再塗装
④空気弁の機能点検
⑤橋台部の曲管防護コンクリートによる道路幅員の狭少化

①　耐震機能について

関東大震災（1923年　M7.9、死者不明14万人東京市の7割焼失）から70年後の今年、釧路沖地震（M7.8）、北海道南西沖地震（M7.8）が起

表８　水路横断工調査表（抜粋）

河川名：第二寝屋川（一級河川）

番号	呼び径（㎜）	延　長（m）	管　種	形　式	外面塗装	完工年度 工事番号	外面状況
1	300	32	鋼　管	橋梁添架	防食＋明示色	S44-W4-2 S60-K25※	○
2	200	32	〃	橋脚受台利用	〃	S56-A14	○
3	200	32	〃	橋梁添架	〃	S60-106	○
4	600	32	〃	水管橋	シルバーペイント	S44-W4-8	×

※昭和60年に内面を更生したことを示す。

きており、地震の活動期に入ったと指摘する専門家もいる。

人口、都市機能が集中する都市部で地震が起きると大きな被害が予想され、水道においてもライフラインの寸断が予想される。

地震対策としては、配水池流出管部の緊急遮断弁による貯留水確保、配水池間の連絡管による水運用　および管路の耐震化などが基幹となる。

配水管路は、大部分埋設されているが、唯一、地上部に露出している水路横断工は、地震時に被害の発生事例も多いので、事前対策として設計段階から考慮する必要がある。

②　漏水事故について

漏水原因には、施工効率の悪い現場溶接部の経年劣化による強度低下および溶接部付近の腐食による漏水事故、また、橋台部付近の埋め戻し土の不同沈下および長年にわたる地盤沈下による軸方向伸縮管、曲管継手部、継ぎ輪の離脱がある。

③　再塗装について

イ．内面塗装

鋼管の内面塗装は、　昭和30年代までアスファルト系を使用し、経年劣化が進行していると思われるが、確認する機会がない場合が多い。

その後のタールエポキシ系内面塗装は水質問題もあり、　これらの内面塗装管は添架替え、または再塗装の必要性がある。

管更生事業の施工区間で、上記の水路横断工がある場合は、埋設部と同時に再塗装を実施している。

また、モルタルライニングおよびエポキシ系内面塗装、エポキシ樹脂粉体塗装は、維持管理上、良好であると考えている。

表９　鋼管内面塗装の変遷

年　代	仕　様	規　格
昭和初期	アスファルト系内面塗装	水道協会規格
昭和40年代	モルタルライニング	〃
昭和49年	タールエポキシ系内面塗装	〃
昭和63年	エポキシ系内面塗装	〃

ロ．外面塗装

鋼管の外面塗装は、昭和50年代までシルバーペイント塗装が美観上もいいことから多用されていたが、塗装の耐久性が3～5年と短期間であり、再塗装の必要がある。

昭和50年代からペトロラタム系の防食塗装の上に道路法施行令による水道管の明示色（青色）の塗装をしている。

表10　鋼管外面塗装の変遷

年　代	仕　　様	適用管種
昭和40年	シルバー ペイント塗装	鋼　管
昭和50年	ペトロラタム系 防食塗装＋明示色	〃

近年、水路横断管を取り巻く自然環境（大気汚染物質、酸性雨など）は悪化していることから、さらに耐候性、耐酸性、耐衝撃性に加え、美観性のある外面塗装材の開発が望まれる。

④　空気弁の機能点検について

配水管の付属設備として空気弁の機能は重要であるが、経年劣化したものには球体に異物が付着し、漏水しているものがあり、修理のため仮設足場が必要となるので、安全で簡易な「点検用の歩行経路」の開発も必要と考えている。

なお、最近、ステンレス製の空気弁も開発されており、耐久性も向上している。

3. 水路横断工の今後の対策について

前述のような種々の問題点の解決を図りたく、中小口径での一事例としてダクタイル鉄管による水管橋を架設したのでその概要を報告する。

①　中小口径でのダクタイル鉄管による水管橋の特徴。

イ）　SⅡ形継手を使用することにより、従来からの軸方向伸縮管より耐震性能の向上が図れる。

ロ）　現場溶接がないため環境設定が不要であり、また、溶接熱による内面塗装への影響がない。

ハ）　専門職（溶接工）の費用負担がない。

ニ）　内面はエポキシ樹脂粉体塗装、また、外面はポリウレタン樹脂塗装で任意の色彩を選定できる。

②　ダクタイル鉄管での水管橋の概要。

・名称

水走水管橋（図4）

・設置場所

東大阪市水走216番地先

一級河川・恩智川

・呼び径およびスパン

300㎜×25.22m

・管　種

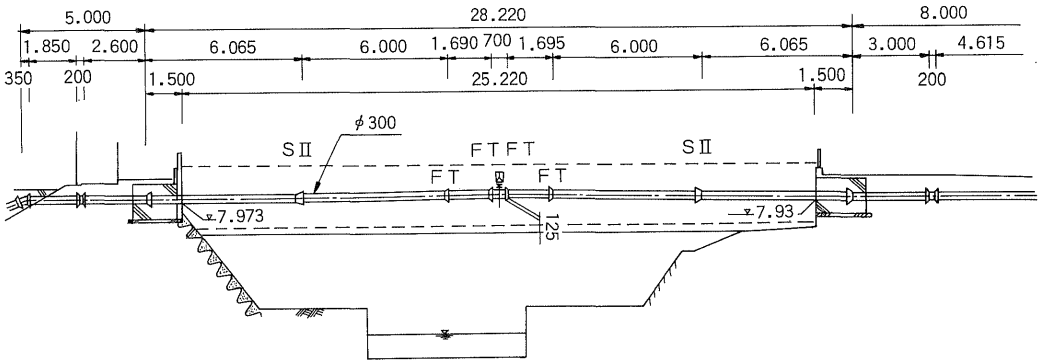
ⓐT形ダクタイル鉄管（1種管）

ⓑSⅡ形ダクタイル鉄管（1種管）

いずれもJIS G 5526による。

図4　水走水管橋（1級河川恩智川）

側面図　S=1:100



・構　造

橋台両端部より片持梁の型式でSⅡ形管の受口部分がせり出し、中央部の剛接合管（FT形継手）を支持するものである。

・塗　装

内面はエポキシ樹脂粉体塗装、外面はポリウレタン樹脂塗装。

なお外面は道路法施行令第14条による水道管の明示色である青色としている。（表11）

・空気弁

水管橋の中央部に設置（1カ所）

※ただし、T形継手には剛構造にするためのフランジと、キャンバーをとるためのテーパリングが付加されて、FT形継手と呼ばれる。（図5）

（写真1～4に架設の状況を示す）

図5　FT形継手の構造

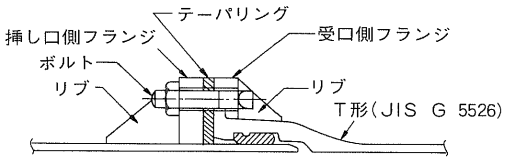


表11　水走水管橋の塗装仕様

	規　格	仕　様		
内　面	JIS G 5528-1984	ダクタイル鋳鉄管内面エポキシ樹脂粉体塗装		
外　面	JDPAZ 2009-1988	ダクタイル鋳鉄管外面特殊塗装　区分4-b		
		工場塗装	1次塗装	亜鉛溶射またはジンクリッチペイント　約20μm
			2次塗装	エポキシ樹脂塗装　50μm
			3次塗装	エポキシ M·I·O　50μm
		現場塗装	1次塗装	ポリウレタン樹脂塗装　20μm以上
			2次塗装	ポリウレタン樹脂塗装　20μm以上

写真1　地上での組み立て

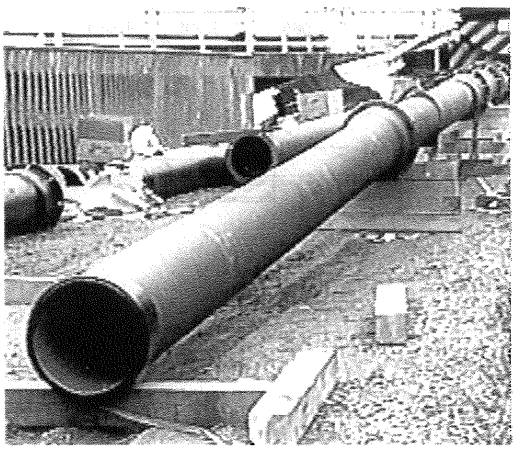


写真2　仮　設

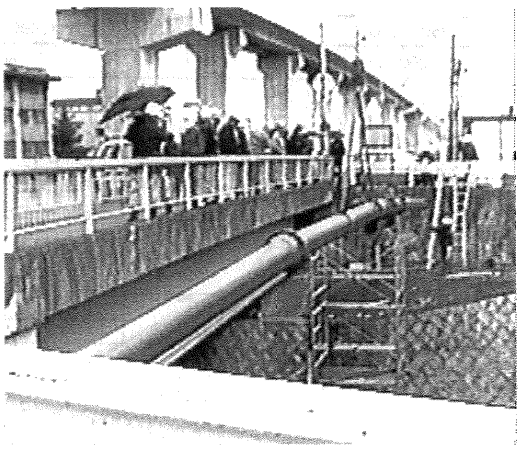


写真３　FT形継手と空気弁

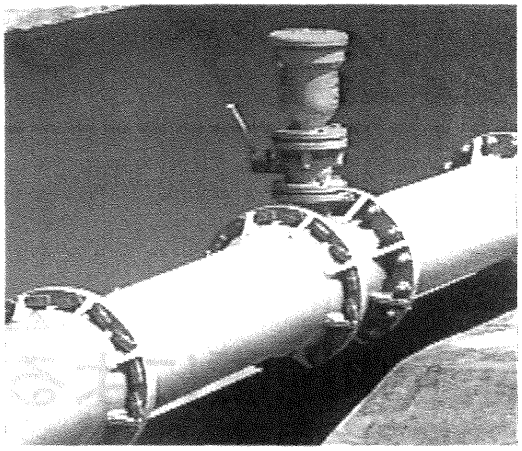
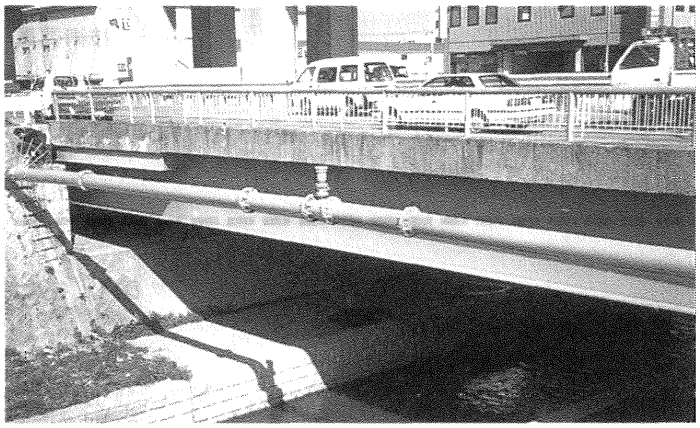


写真４　完成状況



５．まとめ

21世紀を7年後に控え、水道事業体が市民に対してなすべき課題は山積している。

水道財産のほとんどを占める配水施設は、効率的、合理的な投資効果により、次世代に引き継ぎができるものでなければならない。

24時間稼働時代の都市機能を担う各種のライフラインの中でも、水道はほかに代替施設がないことからも最重要な都市基盤施設である。

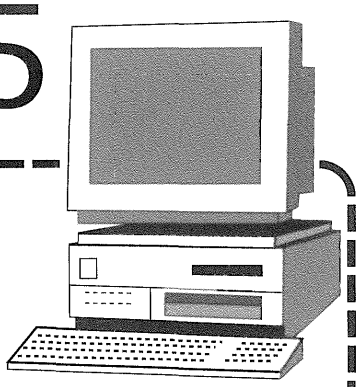
厚生省では、水質新時代を実現するために原水での「水道水源の水質保全に関する法律」による規制も考えている。

これらの水質面での前進に合わせて、輸送面でも積極的な施策の展開が必要となってきている。

中層階への「安全でおいしい水」の直結給水を実現するため、配水施設の整備・増強も急務となってきた。

今回調査した水路横断工は、地上部に出ている配水施設で地震時の被害発生が多い箇所でもあり、平常時においては維持管理に苦慮している箇所でもある。今回採用したダクタイル鉄管の水管橋については、耐震性の向上はいうに及ばず、メンテナンスフリーではと大きな期待を寄せている。非常時におけるライフラインの確保のために、水路横断工をもう一度技術的な視点から総合的に見直す時期ではなかろうかと考えている。

技術レポート 5



1993年 北海道南西沖地震による 水道管路被害調査

日本ダクタイル鉄管協会
技術委員　稲田　均
吉野　清
丹羽茂之
太田正博

1．はじめに

平成5年7月12日午後10時17分、北海道南西部日本海側を震源として、北海道・東北地方にかけて強い地震があった。

北海道江差町では、震度5（強震）、北海道南西部で震度4～5、東北地方日本海側で2～5を記録した。

今回の地震では、特に奥尻島青苗地区で、津波などによりほぼ町の大半を失う状況であった。

本報告は、地震発生後2日目から上磯町を中心として、函館市、北檜山町、厚沢部町、長万部町、江差町、奥尻町にて、水道管路の被害と地盤変状について調査を行った結果について述べたものである。

なお、奥尻町については、地震発生約1.5カ月後に調査を行った。

2．地震の概要

発生日時：1993年7月12日午後10時17分

図1　各地の震度

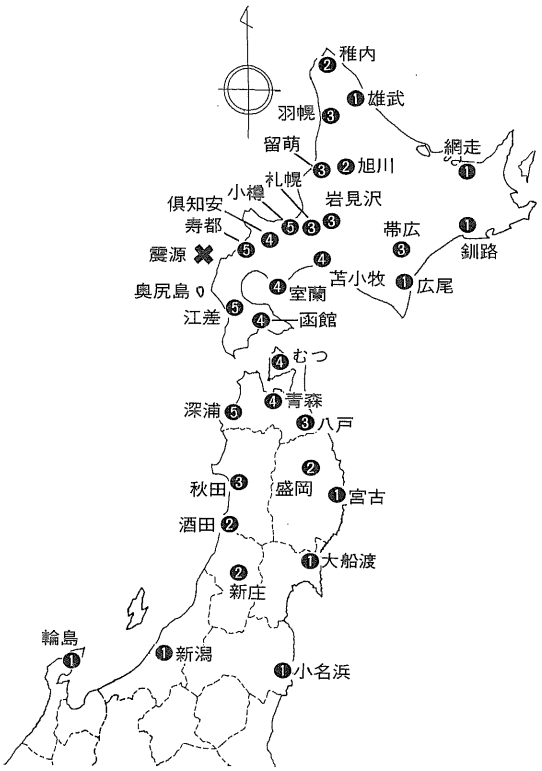
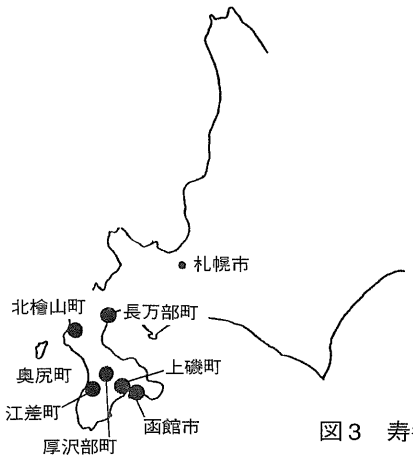


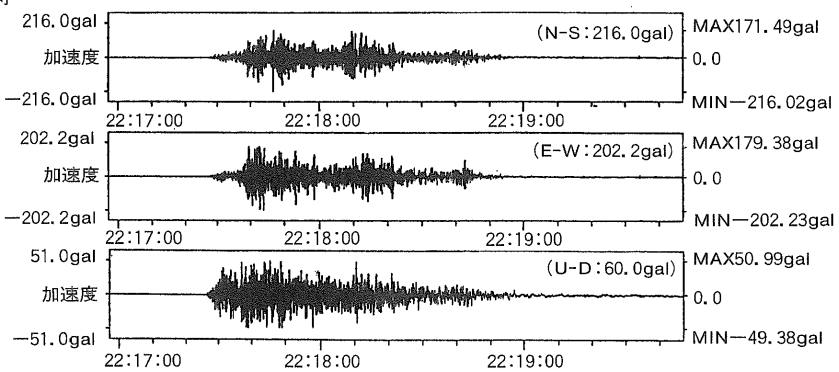
図２　被害調査場所



震源位置：北緯42度47分、東経139度12分
震源深さ：34km
規　　模：マグニチュード7.8
震　　度：図1に震度分布を示す。
なお、主な震度は次の通り。
震度㈼：江差、寿都、小樽、深浦
震度㈿：函館、苫小牧、室蘭、青森等

図3に、寿都測候所で記録された加速度波形を示す。最大加速度は、南北方向の216ガル（cm／s^2）であった。

図３　寿都測候所での加速度波形



3．上磯町の被害状況および地盤変状

1. 管路の被害状況

上磯町上水道および簡易水道の給水人口および管路延長を以下に示す。（平成5年3月現在）

給水人口：31,968人（うち、簡水2,836人）
管路の延長距離：123.93km

表1に、主な配水管の被害一覧（平成5年8月26日現在）を示す。

図4に、配水管の被害分布を示す。

① 被害は、主に上磯駅前周辺、久根別駅前周辺および七重浜駅前周辺であり、かつ、ＪＲ線路より南側で発生した。

② 配水管の被害は39件であった。また、被害形態は石綿セメント管の1カ所が管体折損で、他はすべて継手部の離脱であった。

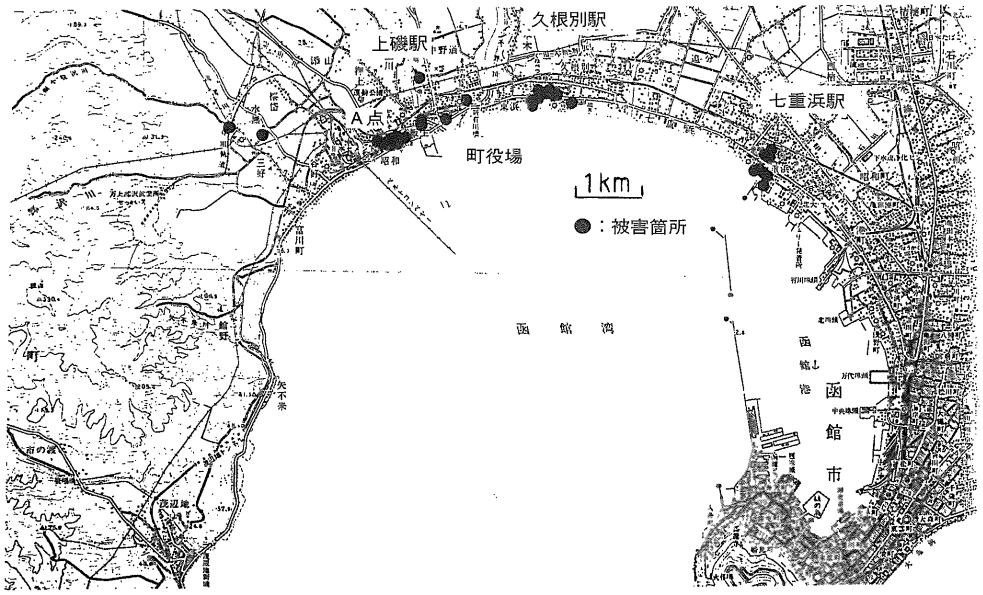
③ 給水管の被害件数は485件であり、硬質塩化ビニル管の管体折損および継手抜けの

表1　上磯町における配水管の被害一覧

呼び径（㎜）	ダクタイル鉄管	石綿セメント管	鋼　管	硬質塩化ビニル管	計
40				2	2
50			2	14	16
75	3		3	−	5
100	3		1	−	4
150	2	−			2
200	1	4	1		7
300	3	−			3
計	12	4	7	16	39
参考）被害率（件／km）	0.19	0.85	− 注）	− 注）	

注）呼び径50㎜以下の管種別管路延長距離が不明のため省いた。

図４　上磯町の配水管被害分布



被害が多いとのことであった。

なお、地震時の揺れの方向は東西方向であったとのことである。

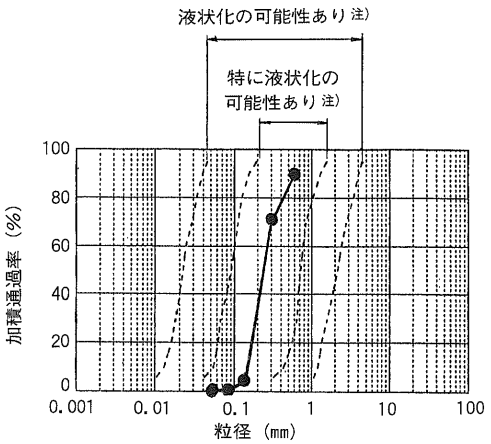
2. 地盤変状

図5に、上磯駅前周辺（図4のＡ点）で採取した噴砂の粒度分布を示すが、日本港湾協会による液状化発生の可能性範囲に入っていた。

管路の被害が多く見られた上磯駅前周辺、久根別駅前周辺および七重浜駅前周辺での地盤変状を図6～8に示す。（地盤の沈下および1cm以下の地盤の亀裂を除く）

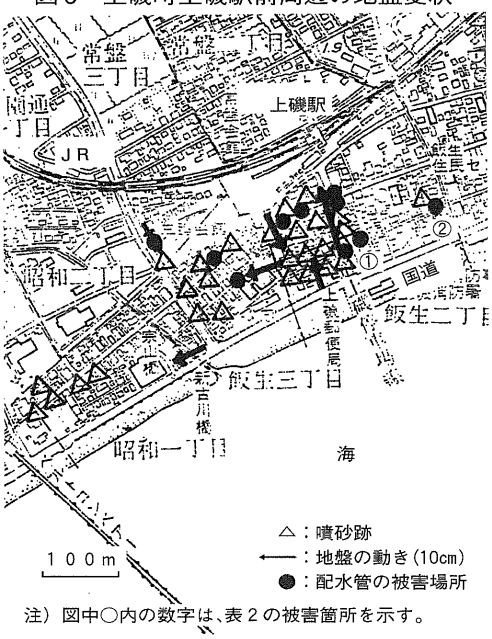
写真1、2に、噴砂跡の状況と側溝の圧壊状況を示す。

図５　噴砂地点から採取した砂の粒度分布
（上磯駅前付近）



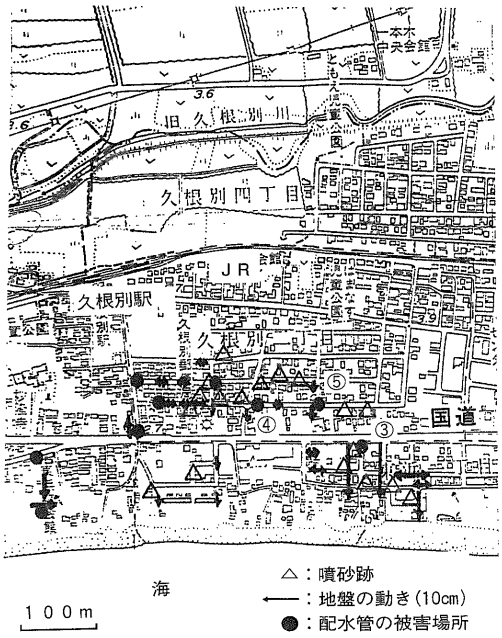
注）日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説、1979年

図６　上磯町上磯駅前周辺の地盤変状



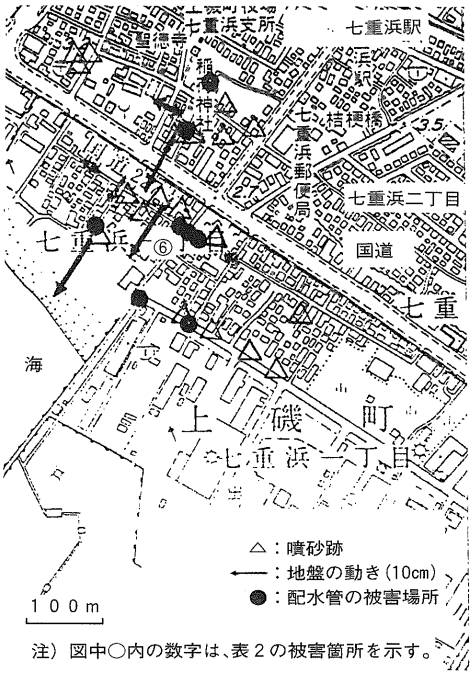
注）図中○内の数字は、表２の被害箇所を示す。

図７　上磯町久根別駅前周辺の地盤変状



注）図中○内の数字は、表２の被害箇所を示す。

図８　上磯町七重浜駅前周辺の地盤変状



注）図中○内の数字は、表２の被害箇所を示す。

①　上磯駅前周辺

上磯駅より西側のＪＲ線路より海側の地域では、噴砂跡が非常に多く見られた。また、地盤の亀裂なども多数見られた。

②　久根別駅前周辺

久根別駅より東側のＪＲ線路より海側の地域では、噴砂跡や地盤の亀裂が多く見られた。

特に国道より海側の地域では、最大15cm程度の地盤の亀裂も多数見られた。また、最大70cm程度の地盤沈下も見られたとのことであった。

③　七重浜駅前周辺

ＪＲ線路より海側の地域で地盤変状が見られ、特に国道より海側で多数の噴砂跡が見られた。

3. 管路被害と地盤変状の関係

表2に、管路被害地点で亀裂・沈下などの地盤の変状が見られた内容を示す。

①　被害地点での地盤の亀裂または沈下は、2～20cmであった。

②　また、地形的には傾斜地盤または造成地や埋立地で地盤の亀裂・沈下が多く見られた。

写真１　上磯町での噴砂跡

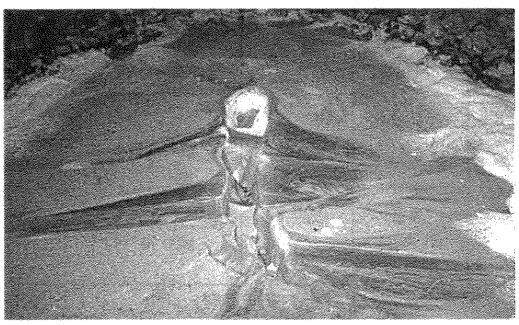
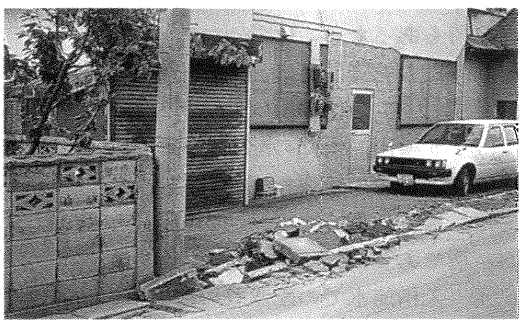


写真２　上磯町での側溝圧壊状況



4．函館市、北檜山町、厚沢部町、長万部町、江差町、奥尻町の被害状況および地盤変状について

1. 函館市の被害状況

図9に、配水管の被害分布を示す。

① 配水管の被害は、函館駅前周辺、豊川町周辺および谷地頭町周辺で15件（含む、2件の分水栓被害）発生した。

ほとんどが鋳鉄管（ＦＣ管）によるものであり、被害形態は管体亀裂・継手離脱などであった。

② 函館駅前では、十勝沖地震（昭和43年）時にも液状化が発生した所であり、今回の地震でも、当地区では噴砂跡および電柱の沈下・傾斜などが見られた。

③ また、市内には呼び径150～800㎜のＳⅡ・Ｓ形管路が約10km布設されていたが、被害はなかった。

2. 北檜山町の被害状況

北檜山町は、北檜山簡易水道、若松簡易水道、太櫓簡易水道、丹羽簡易水道の4つの簡易水道からなっている。

この中で、被害が集中したのは若松簡易水道の兜野地区であった。

図10に、配水管の被害分布（兜野地区周辺）を示す。

写真3に若松簡易水道の兜野地区で見られた管路の被害状況を示す。

① 若松簡水での配水管の被害は39件で、ほとんどが硬質塩化ビニル管の継手の離脱であった。

② 特に、兜野地区では32件の被害があり、写真3に示すように継手部が約1m離脱した所もあった。

この兜野地区は、後志利別川の左岸に位置し、湿地帯である。

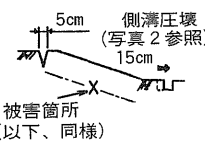
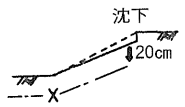
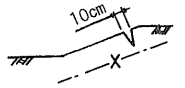
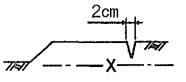
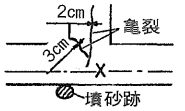
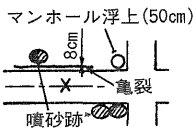
③ 北檜山簡水での配水管の被害は、石綿セメント管の管体折損で4件あった。

被害のあった所は、徳島団地と呼ばれる所であり、旧河川であった所である。

④ 太櫓簡水での配水管の被害は、石綿セメント管の管体折損で4件であった。

なお、太櫓地区は、津波に見舞われた所であった。

表2　管路被害地点での地盤変状例（上磯町）

被害箇所	管種 呼び径（㎜）	地形	地盤変状などの状況（1点鎖線は、管路を示す）
①	ダクタイル鉄管 100	傾斜地盤	
②	硬質塩化ビニル管 50	傾斜地盤	
③	ダクタイル鉄管 150	傾斜地盤	
④	硬質塩化ビニル管 50	平坦地盤（造成地）	
⑤	硬質塩化ビニル管 50	平坦地盤（造成地）	
⑥	ダクタイル鉄管 300	平坦地盤（埋立地）	

注）被害箇所№は、図6～8を参照。

図９　函館市の配水管被害分布

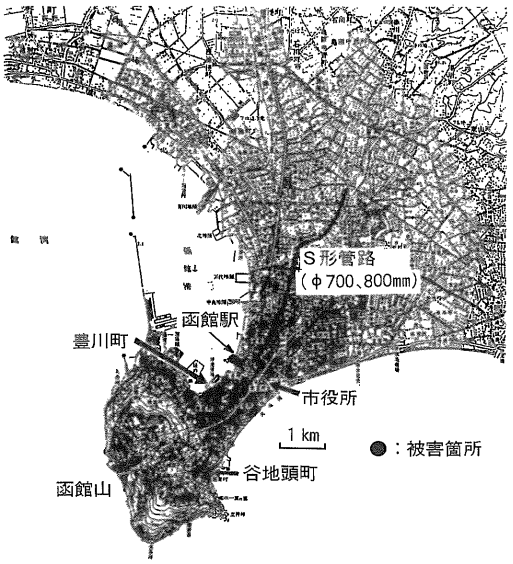
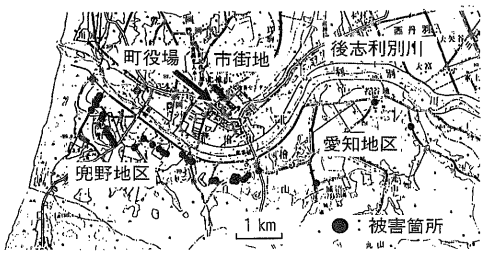


図１０　北桧山町の配水管被害分布
（兜野地区周辺）



3. 厚沢部町の被害状況（平成5年7月31日現在）

厚沢部町簡易水道は、俄虫地区、舘地区、鶉地区の3つの簡易水道からなっている。

図11に、配水管の被害分布を示す。

①　配水管の被害は、舘地区に多く見られた。この舘地区では、道路の路肩流出や道路のだ行などが見られた。

②　配水管の被害は14件であり、約70％が継手の離脱であった。

4. 長万部町の被害状況（平成5年7月20日現在）

図12に、配水管の被害分布を示す。

①　配水管の被害は、主に市街地であり、ＪＲ線路より海側に被害が多く発生していた。

②　配水管の被害は45件であり、石綿セメント管が全体の約90％を占めていた。

写真３　北桧山町での管路被害例
（継手が約1ｍ離脱、硬質塩化ビニル管 φ100㎜）

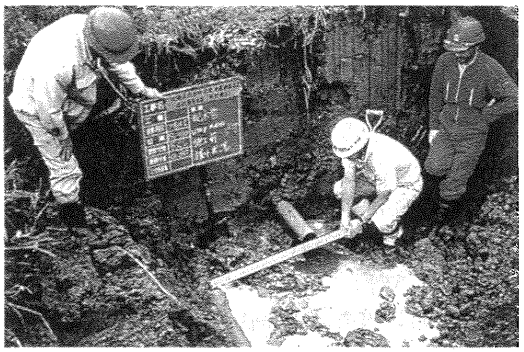
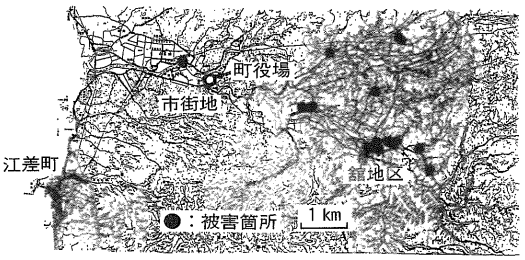
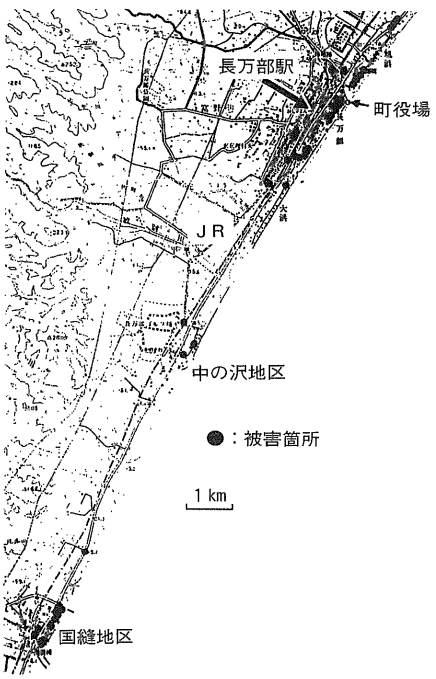


図１１　厚沢部町の配水管被害分布



③　被害形態は、石綿セメント管の場合、大半が管体折損とのことであった。

図１２　長万部町の配水管被害分布



④ なお、7月20日現在、中の沢地区～国縫地区へは、仮配管による応急給水が行われていた。特に、国道沿いでは路面の変状や歩道の陥没が至る所で見られた。

5. 江差町の被害状況（平成5年8月24日現在）

江差町上水道での被害の多くは、水堀地区で発生した。この水堀地区では、道路流出や多数の地盤の亀裂、噴砂跡が見られた。なお、8月8日の余震でも被害があり、詳細は不明とのことである。

6. 奥尻町の被害状況（平成5年8月25日現在）

奥尻町には、奥尻地区簡易水道および青苗地区簡易水道がある。各々の地区での被害は、次の通りであった。

① 奥尻地区

・導・送・配水管の被害は7件であった。主に沈殿池・配水池での構造物取り合いのフランジ部分（ダクタイル鉄管および鋼管）で発生していた。

・給水管の被害は38件であった。

② 青苗地区

・配水管の被害は8件であったが、詳細は不明である。

・給水管の被害は不明であるが、家屋の流失および消失は437戸（松江地区含む）であった。

7. 地盤変状

図13に、函館市函館駅前、厚沢部町館地区、長万部町市街地で採取した噴砂の粒度分布を示すが、すべて日本港湾協会による液状化発生の可能性範囲に入っていた。

なお、各地で見られた地盤の変状などの状況を以下に示す。

① 函館市

ＪＲ駅前地区（朝市地区）では、噴砂跡や地盤の亀裂および電柱の沈下・傾斜や家屋基礎への側溝の入り込みなどが見られた。（写真4）

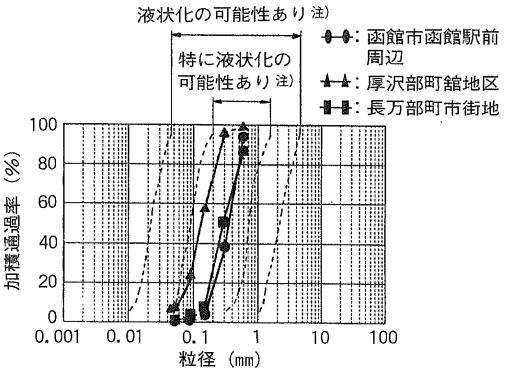
② 北檜山町

兜野地区では、広い範囲にわたって地盤の亀裂や噴砂跡、道路崩壊などが随所に見られた。その例を写真5に示す。

③ 厚沢部町

館地区では、道路路肩の流出や地盤の亀裂および電柱の沈下・傾斜などが見られた。

図13　噴砂地点から採取した砂の粒度分布



注）日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説、1979年

写真4　函館市内での家屋基礎への側溝入り込み

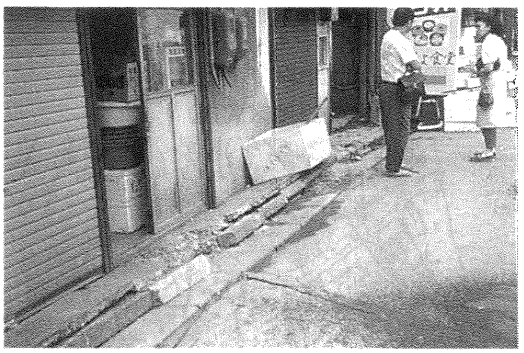


写真5　北檜山町兜野地区での地盤亀裂および噴砂跡

④　長万部町

市街地では、噴砂跡や地盤の亀裂およびマンホールの浮き上がりが多数見られ、中の沢地区以南では、国道の亀裂・波うった状況や歩道の沈下が随所に見られた。

8. 管路被害と地盤変状の関係

表3に、管路被害地点で亀裂・沈下などの地盤の変状が見られた内容を示す。

①　被害地点での地盤の亀裂または沈下は、1～10cmであった。

②　また、地形的には上磯町と同様、傾斜地盤または埋立地や旧河川などで発生していた。

5. おわりに

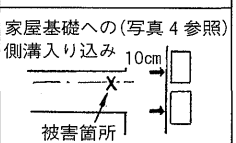
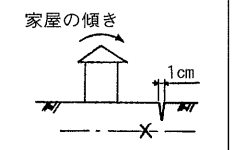
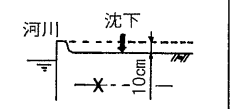
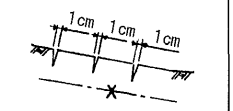
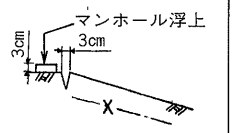
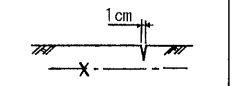
以上、1993年北海道南西沖地震による函館市、上磯町、北檜山町、厚沢部町、長万部町、江差町および奥尻町の管路被害調査結果について述べた。

関係諸機関のご協力により、管路の被害状況をかなり明確に把握することができた。

今後はこの結果を踏まえ、管路の耐震研究などに活用していきたいと考える。

この調査に関し、函館市水道局、上磯町水道課、北檜山町水道温泉課、厚沢部町建設課、長万部町水道ガス課、江差町水道課、奥尻町建設課の方々には大変お世話になった。紙面を借りて厚くお礼を申し上げる。

表3　管路被害地点での地盤変状例

地区	管種 呼び径 (mm)	地形	地盤変状などの状況 (1点鎖線は、管路を示す)
函館市 函館 駅前	鋳鉄管 (ＦＣ管) 100	平坦 地盤 (埋立地)	
北檜 山町 市街地	石綿 セメント管 100	平坦 地盤 (旧河川)	
厚沢 部町 館地区	硬質塩化 ビニル管 100	護岸	
厚沢 部町 館地区	硬質塩化 ビニル管 100	傾斜 地盤	
厚沢 部町 館地区	硬質塩化 ビニル管 50	傾斜 地盤	
長万 部町 市街地	石綿 セメント管 100	平坦 地盤	

参考文献)

1)日本港湾協会 ： 港湾の施設の技術上の基準・同解説、1979年

ダクタイル鉄管第54号

平成5年5月

技術レポート

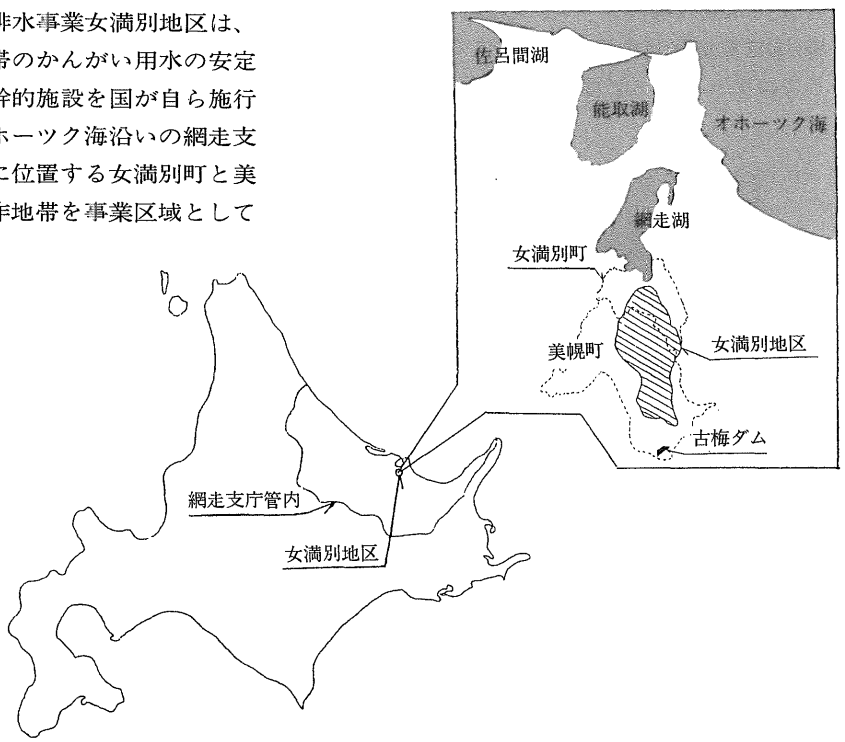
女満別地区における畑地かんがいと管水路について

北海道開発局網走開発建設部北見農業事務所
前えん堤課長　**参鍋修二**

1．はじめに

国営直轄かんがい排水事業女満別地区は、図１のように畑作地帯のかんがい用水の安定的な確保のために基幹的施設を国が自ら施行する事業であり、オホーツク海沿いの網走支庁管内のほぼ中央部に位置する女満別町と美幌町とにまたがる畑作地帯を事業区域としている。

図１　女満別地区位置図



両町とも、網走国定公園の網走湖や阿寒国立公園の美幌峠、クッシーが住むという屈斜路湖などの景勝地に囲まれ、波状の丘陵地に拓けた農業を基幹産業とする純農村地帯である。オホーツクの空の玄関である女満別空港に降り立つ航空機の中から、この丘陵地に広がる畑作地帯が一望できる。

この地域の気象は年平均気温が約6℃と低く、年間の気温差は日平均気温で－10～20℃と30℃もあり、寒暖の差が激しい。降雨量は年平均約800㎜と少なく、また、日照時間は全国でも有数の長い地域となっている。

女満別町と美幌町の開拓は、明治30年代前半からの入植により本格的に始められたが、現在ではこのような地形・気候に適したビート、馬鈴薯、小麦を中心とした大規模な専業畑作が展開されている。近年では、長芋、人参、ごぼうなどの根菜類の作付面積も増えてきている。

また、恵まれた自然景観からこれまでに黒澤明監督の「夢：第5話カラス」（女満別町のビール麦畑）やＮＨＫ連続テレビ小説「君の名は」〔末永牧場のシーン、美幌町の美幌峠牧場(国営草地開発事業美幌地区にて造成)〕などのロケーションが行われている。

2．地区の概要

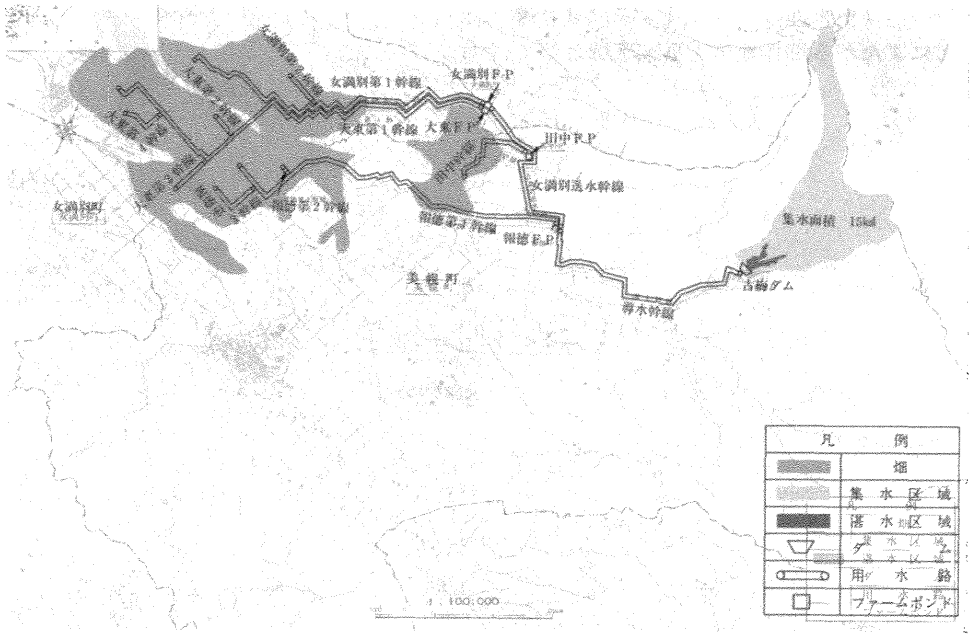
1．目的および計画内容

この地域では、かんがい用水はもとより作物の病害虫の予防や除草のための用水や農機具の洗浄用水なども小河川より汲み上げ、散水車により散水するなど農業用水の確保と利用に多大の経費と労力を費やしてきた。また春先にも旱天が続き、フェーン現象による強風で耕土や苗・種子を飛散させる風害もときどき発生したこともあった。

また、農家は、経営を安定させるために開畑による経営規模の拡大や、大型機械の導入に努める一方、さらなる生産性向上のため農業用水の安定的な確保の必要性を認識するところとなった。

このような情勢を受けて、図2の一般図に示すように両町の丘陵地帯に拓けた3,156haの畑に農業用水を確保し、農業経営の安定化を図るため、昭和48年度に女満別地区は着工した。美幌川支流石切川に農業用水の貯水池として古梅ダムを建設し、管水路によりほ場に導水し、水圧（自然圧）を利用した大型の自走式散水機（リールマシン）などにより散水かんがいを行う計画である。

図2　女満別地区一般図



2．事業内容

前述の目的を達成するために女満別地区で行う事業内容は、国営かんがい排水事業であるため事業制度上から基幹施設の古梅ダムの建設と幹線管水路12条Ｌ＝70.4kmの施工であり、支線管水路と末端ほ場までの管水路の施工は、関連事業である道営畑地帯総合土地改良事業３地区（女満別第１地区、女満別第２地区、田中地区）で行うことになっている。

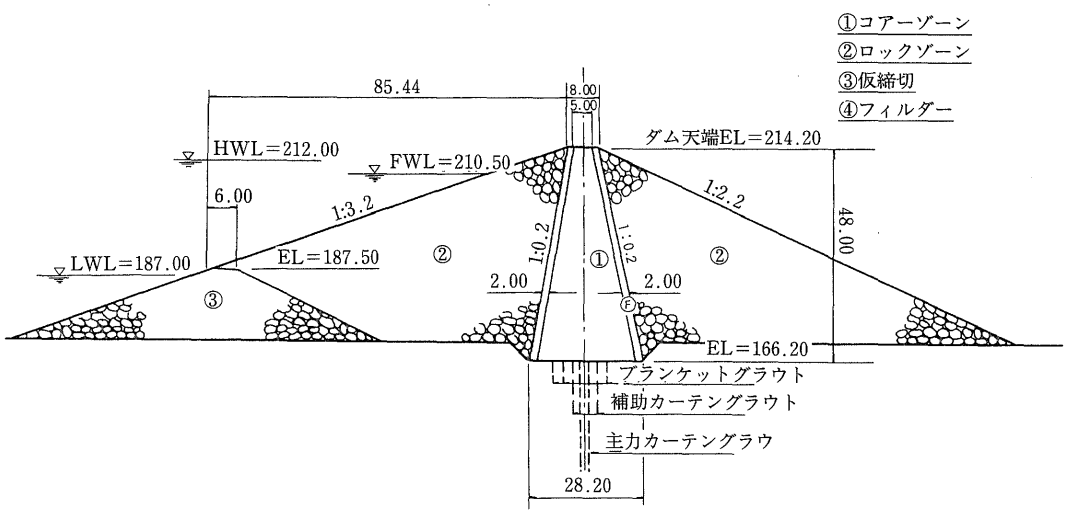
女満別地区の管水路システムは、古梅ダムからファームポンドまで（セミ・クローズドタイプ）とファームポンドから末端ほ場まで(クローズドタイプ)とがそれぞれ異なったタイプで構成されている。セミ・クローズドタイプでは、末端ほ場での散水によるファームポンドの水位低下を防ぐため、古梅ダムから水の供給を行うことが目的であり、クローズドタイプでは、末端ほ場で随時散水できることを目的としている。

このセミ・クローズドタイプとクローズドタイプとの接点として、古梅ダムで貯留した水を効率よく、かつ、無駄なくほ場まで配水するためにファームポンドを設けている。また、このファームポンドは、22時間で散水する水を24時間で送水・貯水するため、時間的および水量的な不均衡を調整し、管水路システムの全体の施工費の軽減も図っている。

古梅ダム

形　　式：中心遮水ゾーン型ロックフィルダム
総貯水量：3,500,000m³
堤　　高：48.0m
有効貯水量：3,230,000m³
堤　頂　長：215.9m

図３　古梅ダム標準断面図



ファームポンド

報徳ファームポンド：RC造り　V＝2.970m³
田中ファームポンド：RC造り　V＝1,200m³
大東ファームポンド：RC造り　V＝3,610m³
女満別ファームポンド：RC造り　V＝3,040m³

管水路

導水幹線：Ｌ＝ 9,027m　φ1350
女満別送水幹線：Ｌ＝ 6,553m　φ1350～φ800
女満別第１幹線：Ｌ＝12,785m　φ900～φ250
女満別第２幹線：Ｌ＝ 1,400m　φ400～φ350
大東第１幹線：Ｌ＝16,793m　φ1000～φ250
大東第２幹線：Ｌ＝ 1,037m　φ600～φ500
大東第３幹線：Ｌ＝ 1,152m　φ250
大東第４幹線：Ｌ＝ 1,876m　φ350～φ250
報徳第１幹線：Ｌ＝13,709m　φ600～φ250
報徳第２幹線：Ｌ＝　470m　φ300～φ250
報徳第３幹線：Ｌ＝ 1,844m　φ400～φ350
田中幹線：Ｌ＝ 3,801m　φ800～φ250

3．管水路工事

1．使用管種の選定

使用管種の選定は、次の手順に基づき行った。なお、呼び径900㎜以上の大口径も多いこともあり、管種としては他地区のこれまでの実績を考慮し、ダクタイル鉄管（ＤＣＩＰ）強化プラスチック複合管（ＦＲＰＭ）、鋼管（ＳＰ）などの中から選定した。ただし、ダクタイル鉄管については、K形、T形などが考えられるが、地形条件などからT形でも施工可能であるため基本的には経済性に優れたT形を使用することとする。

ダクタイル鉄管
　1、2、3、4、4.5(DA)、
　5(DB)、6(DD)種
強化プラスチック複合管
　1、2、3、4、5種
鋼　管
　6㎜以上

① 水理計算（動水こう配などの検討）により、それぞれの管種の呼び径を概定する。
　大型リールマシンを作動させるために、末端ほ場で5kgf/㎠の圧力を確保するように計画している。

② 送水方式などの設計条件により、設計水圧を概定する。

③ 管呼び径、設計水圧より、管種、管の規格など使用管種を概定する。

④ 選出した管種について構造設計の検討を行う。

⑤ 経済性、維持管理、安全性などの検討を行い、使用管種を決定する。

ここで、構造計算の設計条件として、北海道においては冬期間に管路内の水が凍結することを防ぐため、凍結深以下に管を埋設することやかんがい用の管水路であるためほ場を通ることから、営農に支障のない深さまで管を埋設することを考慮しなければならない。

この凍結深は、次式により求められ、女満別地区では130cmである。

$$凍結深＝\alpha\times\sqrt{F}$$

$$＝3.7\times\sqrt{1,066}＝121\fallingdotseq130\text{cm}$$

α：凍結係数(3.7)

F：凍結指数(℃・days、女満別1,066)

また、営農上の最小埋設深は、長芋などの根菜類にも対応できるように180cmとしている。

（最小埋設深＝表土扱い厚＋耕土深＝60＋120＝180cm）

このようにほ場内においては最低でも180cmの埋設深が必要である。

ほ場内においては大型農業機械の走行を考慮しなければならず、上載荷重としてトラック荷重14ｔ級(T-14)を考慮している。

なお、この地域の土質は火山灰であるが、均質で締まりもよく、かつ、レキによる集中荷重の心配がないため、基床を設けないで現地発生の良質土による基礎で施工可能な区間もあり、設計の比較条件としている。

このような設計条件でダクタイル鉄管、強化プラスチック複合管、鋼管などについて構造計算を行い、設計条件に耐え得る管種を決定する。それらの管種について布設費と土工費を加えた工事費の経済性を検討し、使用管種を決定する。この使用管種の具体的な決定手順は下記のように行う。

管径別、管種別、基礎形式別に各土かぶり厚に対してｍ当たり工事費用の積算
↓
内圧、土かぶり厚、荷重条件など別に構造計算を行い、設計条件に耐え得る最低ランクの管種を選定
↓
管径別、設計条件別に工事費を比較し、内圧（Y軸）と土かぶり厚（X軸）を対比させた管種選定表の作成
↓
管種選定表より使用管種を決定する

これらの設計条件から決定した使用管種の割合は表１のようになっている。

表1　女満別地区の使用管種の割合（計画も含む）

路線	ダクタイル鉄管		強化プラスチック複合管		鋼管		その他	
	延長(m)	%	延長(m)	%	延長(m)	%	延長(m)	%
導水幹線	4,914	54			4,113	46		
女満別送水幹線	1,781	27	4,542	69			230	4
女満別第1幹線	12,062	94	723	6				
女満別第2幹線	1,400	100						
大東第1幹線	13,849	82	2,944	18				
大東第2幹線	1,037	100						
大東第3幹線	1,152	100						
大東第4幹線	1,876	100						
報徳第1幹線	13,709	100						
報徳第2幹線	470	100						
報徳第3幹線	1,844	100						
田中幹線	2,057	54	932	25			812	21
合計	56,151	80	9,141	13	4,113	6	1,042	1

2．標準的な工法

管水路工事の標準的な工程と標準施工図（図4）を下記に示す。

標準的な工程

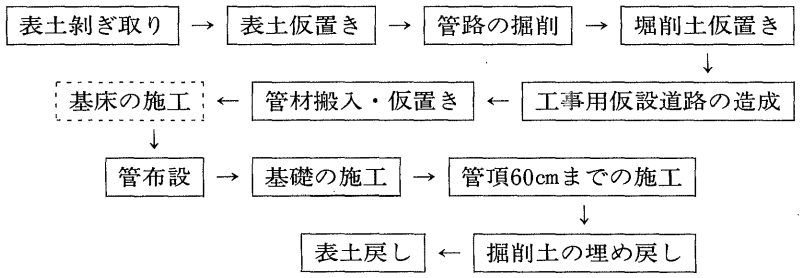


図4　管水路標準施工図

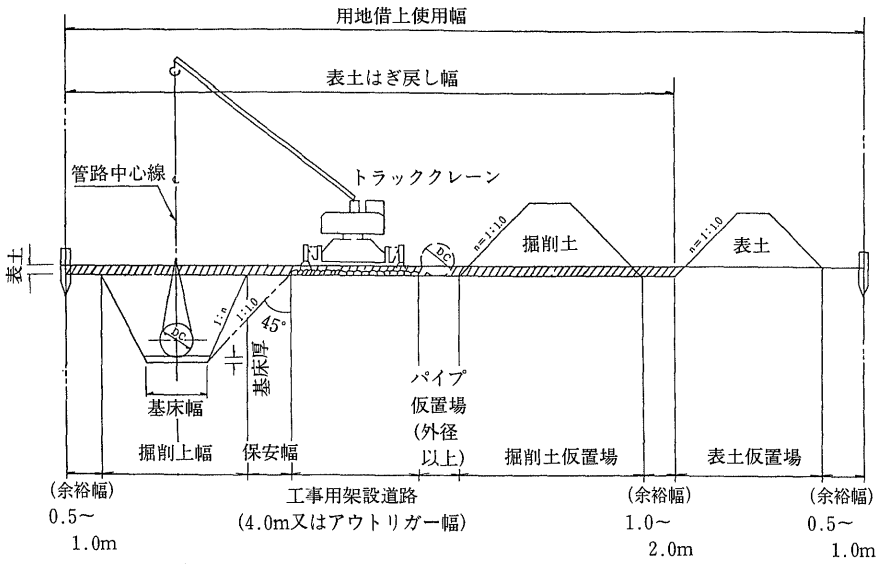
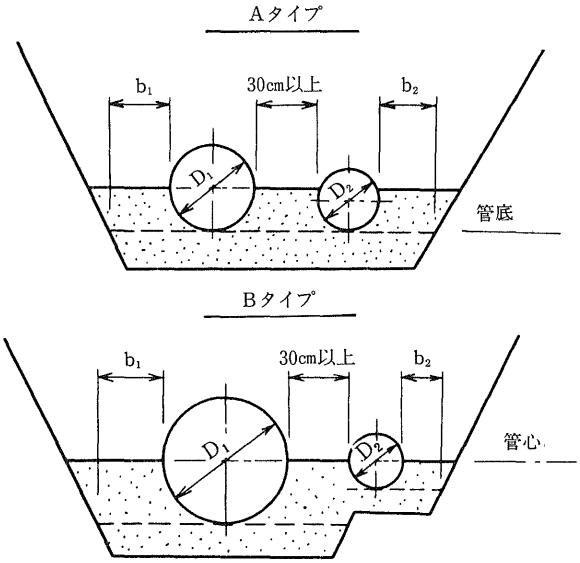


写真　管水路工事施工状況

管水路の呼び径は、900㎜以上の大口径を使用している区間が長いが、地形が比較的緩やかであるためトラッククレーンによる管布設が可能であり、施工性は良好である。ただし、管が２本平行に走る複合配管の区間が長く、管と管との間隔の施工性が悪くなるためその間隔は最小でも30cmは確保する必要がある。また、図５のようにb_1、b_2の値が30cmを超える場合はb_1、b_2のいずれか大きい方の値をとることになっている。女満別地区の場合、この間隔を約40cmは確保しており、施工も人力により入念に行っている。

埋め戻しの締固め度の施工管理は、図６のように１次埋め戻し(基床から管頂60cmまで)５点と２次埋め戻し（管頂60cmより上部）１点について200ｍに１回の割合で砂置換法を用いて行っている。(呼び径250㎜以上600㎜未満の場合は、１次埋め戻し４点、２次埋め戻し１点)

図５　複合配管図



Aタイプ……$D_2 \geqq \frac{D_1}{2}$

(管底に合わせる)

Bタイプ……$D_2 \geqq \frac{D_1}{2}$

(管底に合わせる)

１次埋め戻し

・基床部

最大乾燥密度の85％以上

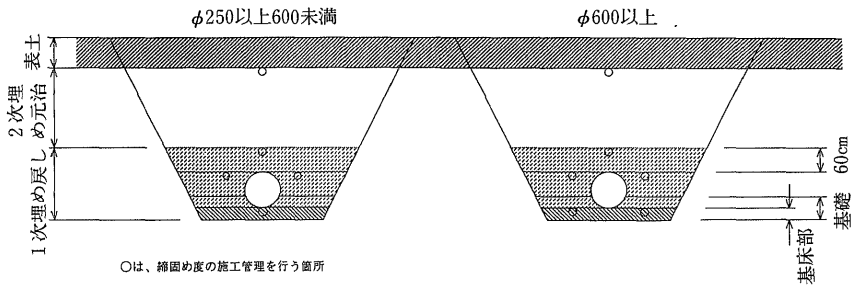
・基礎および管頂60cmまで

最大乾燥密度の80％以上

２次埋め戻し

地山密度程度

図６　締固め度の施工管理箇所図



また、大口径の場合、過掘りにより掘削幅があまり広くなると土圧、受働抵抗係数e'などが設計値と違った値となり、使用管種の適否に影響する可能性があるため施工時には注意を要する。

畑地かんがいを目的とした事業であるため畑作地帯にあるほ場内を管水路が横切らざるを得ない。そのため、管水路工事後の営農に支障がないよう肥沃な表土を一度仮置きし、管水路埋設後に再び元の状態に戻す必要がある。また、大口径の製品は、施工業者がメーカーに発注してから現場に納品されるまでに約2～3ヵ月かかることや、路線上にあるほ場の輪作体系（連作障害を避けるために毎年違う作物を作付けすること）の関係から秋蒔き小麦まで（9月下旬）にその区間の工事を終わらせなければならないことなどから、工程的にはかなり厳しい条件の下での工事となる。

4．おわりに

現在、女満別地区は、工事着工から20年の歳月をかけ、古梅ダムの建設を完了し、管水路の布設も85%まで進捗しており、平成7年度に地区完了の予定である。関連事業の道営3地区での管水路工事も平成4年度より開始されており、まもなく末端ほ場に水が行きわたるであろう。

この大規模な農業用かんがい施設ができ上がれば、専業畑作に留まらず施設農業への展開の可能性も開け、将来農業経営に幅を持たせることも可能である。厳しい農業情勢に対抗できる地域農業の財産となり、これからの農業に貢献できるものと確信している。

アイヌ語で「女満別（メ・マン・ペツ）」は冷水の流れる所を、「美幌（ピ・ホロ）」は清流が合流して水量が豊富な所を意味するが、この事業が行われることでその意味の通りの地域として生まれ変わり、さらなる発展を遂げることを期待している。

技術レポート 2

今金町流雪溝への導水管路にS形ダクタイル鉄管を使用して

北海道開発局函館開発建設部
瀬棚道路総合事業所
青木秀一

1．はじめに

今金町は、北海道の南西部渡島半島の北緯42°25′50″、東経140°00′06″に位置し東西27.5㎞、南北35.3㎞に広がり、面積569.98㎢を有している。周囲は東が長万部町、西が北桧山町、南が島牧村、北が八雲町に隣接している。

地形は、おおむね平坦な利別平野と単調な丘陵地帯およびこれらに連なる山林、山岳からなっている。また、町の中央を流れる一級河川後志利別川は、東北部大平山系にその源を発している。これらの山岳に源を発する中小河川は、丘陵地帯を通って後志利別川に注いでいる。

本町は昭和51年4月15日に特別豪雪地帯の指定を受けており、冬期の最低気温は1月で平均−4.7℃で、積雪深さも2月上旬から3月中旬にかけて100㎝を超している。

今回、除排雪を目的とした流雪溝に用いる水を送る管路にS形ダクタイル鉄管を使用したのでその概要を述べる。

2．道路除雪の現況

今金町の道路網は、町をほぼ横断する一般国道230号線を骨格幹線とし、これに複数の道道が交差し、その間を町道が走っている。

一般国道230号線は1級除雪区間になっており、昼夜の別なく除雪を実施し交通を完全に確保している。

道道は、4路線が2級除雪区間（2車線確保し、夜間除雪は通常行わない）、残りは3級除雪区間（1車線確保を原則とし、夜間除雪は通常行わない）である。

町道は、必要に応じて除雪することになっている。

表　1

システム名	概　　要	採　用　条　件	長　　所	短　　所
流雪溝	流水利用による運搬・排雪を兼ねた側溝。人力、機械除雪の補助施設。利用される水は河川水、地下水、工場火力発電所の温排水、下水処理水、海水など。	流雪用水の確保。 流末処理に河川、放水路、下水などがあること。 流雪溝こう配は1/500以上であることが望ましい。	運搬・排雪機械、雪捨場が不要。側溝として年間利用が可能。夏期と同様な道路空間を確保できる。 コミュニティー交流の場ともなる。	溝への投入は人力に負うところが多い。 投入の運用を誤ると浸水の恐れがある。延長によっては投雪時間が限定される。
散水融雪	水の熱エネルギーを利用して降雪を融かす。利用される水は、地下水、火力発電所温排水温泉水など。路面に埋設した施設から水を噴出させて、降雪、氷を融かす。	水温の高い水が得られること。路面がこう配を持つこと。十分な容量の側溝と流末処理設備を有すること。外気温が低すぎないこと。	完全除雪が可能で、残雪があってもシャーベット状である。連続散水により路面凍結を防止できる。除雪作業による交通障害が生じない。	散水時期を誤ると消雪作用が低下し、浸水の恐れがある。水量不足や停電時には使用不可となる。路面の損傷が大。水ハネ汚損が生じる。
融雪槽	積雪を融雪槽投入し、熱を加えて融解し、水にして処理を行う。熱源は地下水、温泉水、下水処理水などがある。	融雪に必要な水温を持つ水源があること。融雪槽を設置できる空間があること。排水に十分な流末を有すること。	雪捨場が不要。完全無雪化が可能である。一度投雪すると監視は要らない。投雪時間が限定されない。	融雪に見合った排水施設が必要。融雪時間が遅い。槽への投入は人力によるところが多い。
融雪桝	熱源を内蔵したコンクリート製の桝を地下に埋設し、その中に投雪後、熱源によって融雪を行う。	雨水管が近くにあること。容量以上の降雪に対しては、一時堆雪場が必要。	運搬・排雪機械、雪捨場が必要。投雪後の管理が不要。投雪時の圧雪が可能。夏期は雨水桝として利用できる。	桝の規模がある程度限定される。豪雪地帯には不適である。
温水パイプ	路面下にパイプを埋設し、温水を通じて熱を路面に伝達し、路面温度を上昇させる。利用される水は、工場、火力発電所の温排水、ごみ焼却場の温排水、温泉水などがある。	外気温が低く、消雪パイプでは路面凍結の恐れがある所。水温の高い水が得られること。ヒートポンプによる熱交換が可能な熱量を持っていること。	外気温や天候に合わせて温度調節が可能。完全除雪が可能。部分運転が可能。側溝は融雪水のみのため、小さくても可。除雪による交通障害がない。	路面下のパイプ損傷に対する修理が難しい。設備費、維持費が高い。
ヒートパイプ	真空にしたパイプの中に、フロンなどの液体を注入し、その端を加熱する。液体は沸騰蒸発して、圧力の低い冷却部へ流れ、凝縮して液体となり、加熱部へ戻る。熱源は温泉水地熱廃熱、加熱など。	熱源があること。 乾留部が逆こう配にならないようにすること。	熱伝導性が高い。 熱源を自由に選択できる。１ヵ所が故障しても単独使用が可能。	設備費が高い。非降雪時には遊休施設となる。
ロードヒーティング	路面下に埋設した絶縁電熱ケーブルに通電加熱を行い、路面温度を上昇させて融雪、氷を溶かす。	地盤が密なこと。 道路幅員、こう配など地形を選ばない。	完全除雪が可能。 部分運転が可能。 人員の省力化がはかられる。適用範囲が広い除雪による交通障害がない。	設備費、維持費が高い。 外気温、風により路面熱がうばわれて一定温度を保てない。非降雪時には遊休施設となる。
薬剤散布	無機塩類、尿素などの薬剤の持つ氷点降下現象を応用して融雪、凍結防止を行う。	比較的降雪量の少ない地方で、気温もあまり低くないこと。 薬剤散布が風や車両による飛散で、付近の人家や植物に影響のない所。	薬剤散布の自動制御により省力化が可能。圧雪とならず、その後の機械除雪が容易である機械の入らない所も有効。	薬剤が高価なため大量散布が不可能。 気象条件によっては再凍結の危険がある。 歩行者、自転車、建物、植物に影響がある。

しかし、今の除排雪は上記の水準で行われているものの、十分な状態といえない状況にあり、特に排雪まで車歩道における一時たい雪は交通障害となり、市街地における商業活動をはじめとする諸々の活動を停滞させているとともに、道路の美観を損ねる結果ともなっている。このような状況から、幹線道路に面する住民は冬期の間、歩道確保などの努力を行っている。

本来、道路は多雪厳寒という条件のもとでも生活活動の基盤であり、その機能と役割を十分に発揮できるよう整備する必要があるが今金町の場合、現状の除排雪方式のみでは効果的に高水準の整備を確保することが困難になっている。

これらの対応策として、流雪溝を設置し冬期間の道路確保を充実させ、地域住民の生産生活活動の快適性を維持しょうとする考え方が生まれてきた。

3．除排雪システム

今金町の除排雪計画として採用するシステムは、イニシャルコスト、ランニングコストなどを総合的に考えると機械除排雪と流雪溝が主体となる。

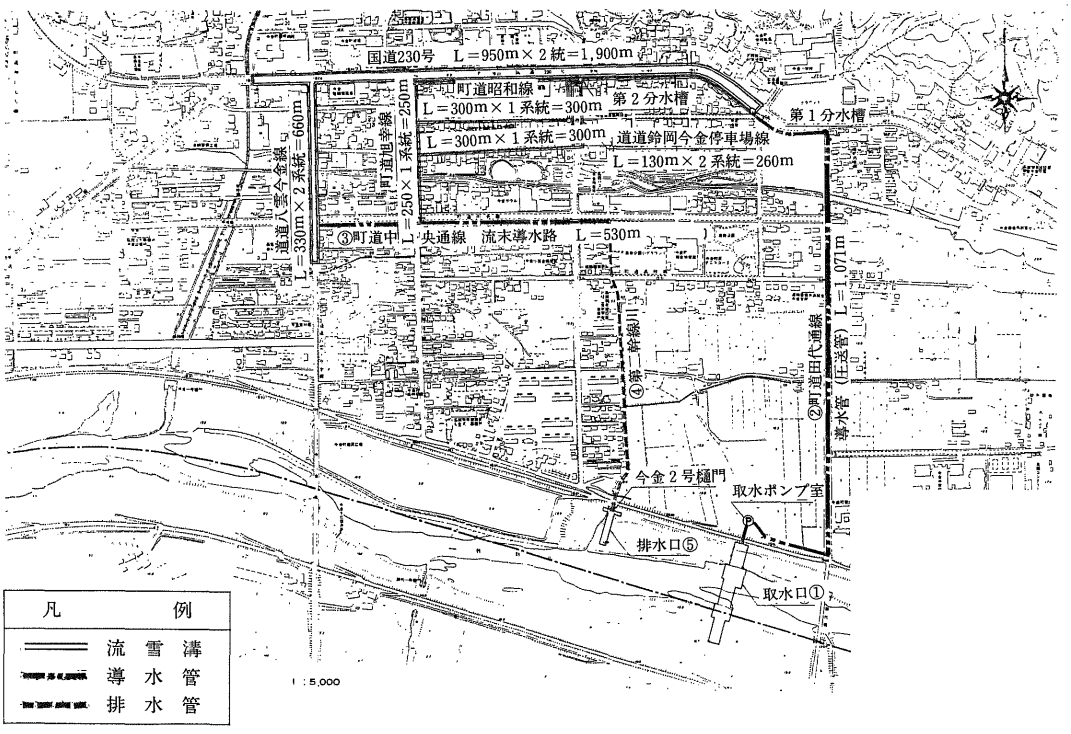
一方、流雪溝に必要な水源については、一級河川の後志利別川を利用するので問題はない。

4．流雪溝の基本計画

(1)　流雪溝基本計画

今金町の流雪溝は、平成4年度の3月に一部施設が使用可能になった。平成5年度には全線が完成する。図1に流雪溝の配管計画を示す。

図1　今金町流雪溝系統図



(2)　流雪溝

流雪溝設置位置は、除雪方法、投雪の容易さ、交通障害などを考慮して決められる。道路幅が広く車道、歩道の区別がある道路では、路肩部分の両側に、道路幅が、狭い場合はできるだけ道路の中央または片側に寄せた所に流雪溝を設置する。

流雪溝はコンクリート構造物で、断面は図2の通りである。また、写真1に投雪の状況を示す。

図2

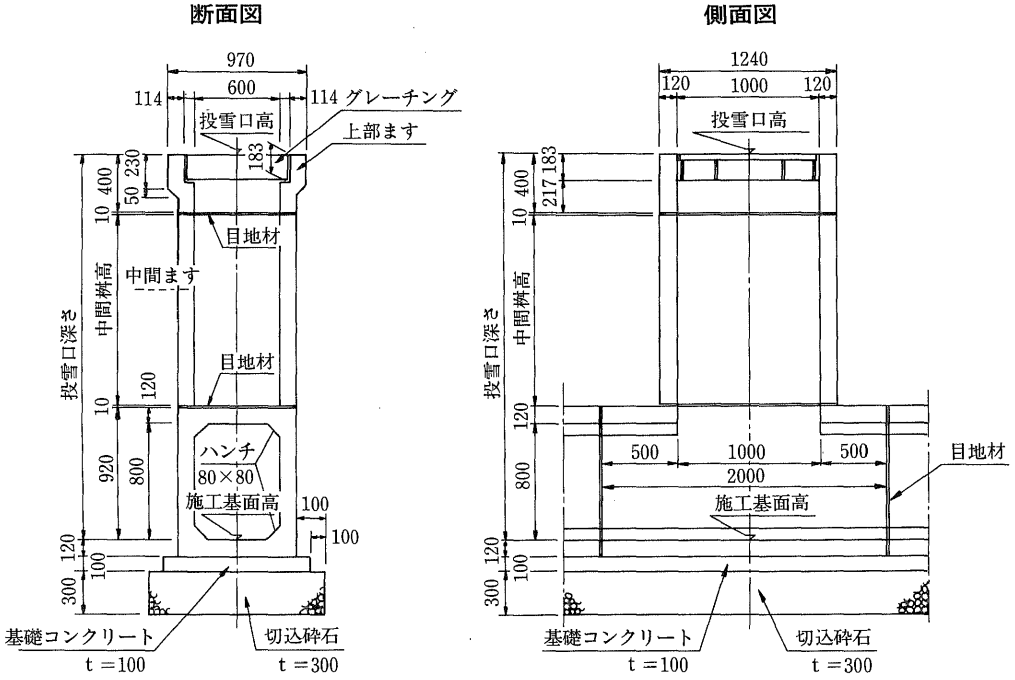


写真1　流雪溝への投雪

(3)　取　水

水源は後志利別川とし、取水方法は樋門による自然流入し、送水はポンプアップ方式が主体となる。

(4)　流末排水路

流末排水は、取水源と同じ後志利別川となる。

5．導水管計画

導水管路は、ポンプ場から第一分水槽までの圧送部分と、第一分水槽から第二分水槽を経由して町道流雪溝起点までの自然流下部分に別れる。

ここでは、圧送部分についての検討結果について述べる。

(1)　検討対象管材

今回、導水管呼び径600㎜、管路長1,071mについては、以下の管材を検討した。

①ダクタイル鉄管

②鋼管

③強化プラスチック複合管

(2)　比較管種の仕様

これらの管材の仕様は表２の通りである。

表　2

管種 / 項目	ダクタイル鉄管	鋼管	強化プラスチック複合管
1．規格	ＪＩＳ　Ｇ　5526	ＪＩＳ　Ｇ　3469	ＪＩＳ　Ａ　5350 Ｉ類
	ダクタイル鋳鉄管	ポリエチレン被膜鋼管	強化プラスチック複合管
2．管の構造			
管外径	630.8mm	609.6mm	624mm
有効長	6000mm	6000mm	4000mm
管厚	t＝9 mm	t＝6 mm	t＝12mm
	３種管		３種管
重量	180.7kg／m	89kg／m	50.5kg／m
外面防食	エポキシ系合成樹脂塗料	ポリエチレン被膜	無塗装
内面防食	ポリエチレンスリーブモルタルライニング	エポキシ系合成樹脂塗料	無塗装
継手形式	Ｓ形継手	溶接継手	Ｂ形継手

(3)　管厚

「土地改良事業標準設計」第４編パイプライン（農林水産省構造改善局）第４章構造設計にしたがって計算した管厚は表３の通りである。

表　3

管材料	管厚（mm）
ダクタイル鉄管	9.0（３種管）
鋼管	6.0
強化プラスチック複合管	12.0（３種管）

(4)　管の性能比較

各管の性能比較をまとめると表４の通りである。

表　4

項目	ダクタイル鉄管	鋼管	強化プラスチック複合管
管体強度	○	○	△
継手形式	メカニカル継手	溶接継手	メカニカル継手
水密性	○	○	○
伸縮性	◎	×	○
可とう性	○	×	○
離脱阻止性	○（離脱防止継手）	○（溶接）	△
耐食性	○	×	◎
耐震性	◎	△	△
耐用年数	◎	○	○
施工性			
基礎工	○	△	△
管の取扱	○	△	○
接合	○	△	○
埋め戻し	○	△	△
総合評価	○	×	△

(5)　軟弱地盤への対応

導水管を埋設する地盤は、N値が2程度で、30m近くの深さまで軟弱層がある。このような地盤では、地震時の管路の挙動も考慮しなければならない。

また、土質も粘性土でなくシルト系などで、地下水の変化による圧密沈下を考えておく必要もある。

一方、導水管を埋設する町道は、すでに沈下による起伏が生じており、管埋設後も必ずこの導水管路は、この沈下の影響を受けるものと考えられる。

したがって、これらの諸条件を満足する管路としては、鎖構造を形成できるものでなければならない。

(6)　総合評価

①　ダクタイル鉄管

性能、施工性、地震、軟弱地盤への対応性などが優れるダクタイル鉄管S形継手を使用することによって、安全な管路を構築することができる。

②　鋼　管

口径が呼び径600mmのため、内面溶接が不可能であり耐久性に不安がある。また、軟弱地帯では、管に無理な応力が作用することも考慮しなければならず、特別に伸縮可とう管を管路の要所に入れる必要がある。水場での施工性も悪い。

③　強化プラスチック複合管

国道下の圧送管路にはあまり使用された実績はないが、耐食性がよく、普通地盤には優れている。

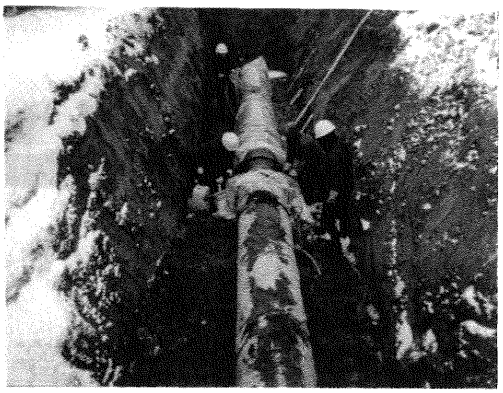
しかし、軟弱地盤では、基礎工が必要と考えられ、経済的に芳しくない。

(7)　ダクタイル鉄管の採用

管路としての性能、施工性、地震、軟弱地盤に対する適合性など、総合的に判断してダクタイル鉄管S形継手を採用した。

写真2に配管工事の状況を示す。

写真2　導水管の配管



6．おわりに

今金町では、平成5年3月に一部地域の使用を開始した。配管工事は順調に進んだが、これらは設計、施工、技術指導など多くの関係各位のご協力によるもので、ここで改めて感謝の意を表する次第である。

技術レポート 3

赤沢樋管に呼び径2600mm ダクタイル鉄管を使用して

～リバーリフレッシュ整備事業の一環として～

建設省中部地方建設局
木曽川下流工事事務所
機械課長　**永江　豊**

1．はじめに

中部山岳地帯に源を発し、濃尾平野を流れる木曽・長良・揖斐の三川は、わが国でも屈指の大河川で、古来よりその豊かで清浄な流れは農業・舟運・発電などの幅広い用途に利用され、中部圏の経済・文化・風土などと深い関わりを持ってきたが、また、多くの水害をも、もたらしてきた。

この木曽三川において、明治20年に近代的な河川改修工事が内務省により始められ、もう100年以上にもなる。

木曽川下流工事事務所は、木曽三川下流部の治水事業を担当しているが、流域のほとんどは地盤が低く、昔から樋門・樋管が数多く設置されている。その中には、老朽化した構造物もあり、今回、揖斐川の支川である多度川に設置されている赤沢樋管について、昭和63年から制度化された“リバーリフレッシュ整備事業”、さらに“技術活用パイロット事業”を適用して、樋管本体をダクタイル鉄管で改築し、無事完了したのでここに報告する。

> リバーリフレッシュ整備事業
> 〔目　的〕
> 堤防に設置されている樋門、樋管の中には老朽化などにより早急に改築を必要とするものが多い。これらの改築にあたって、従来の支持杭を有するコンクリート構造に変えて、可とう継手を有する鋼構造などを採用し、規格化、大量生産によって、短期間に全国的な整備を進めるものであり、これによって堤防の強化と内需拡大に寄与する。

〔建設行政ハンドブック（建設大臣官房政策部監修）より〕

2．事業概要

既設の赤沢樋管は呼び径1500㎜、Ｌ＝17.0ｍのヒューム管で昭和23年に施工されたが、老朽化が著しく、また、地盤沈下などにより治水機能も低下していた。

新しい赤沢樋管の概要は、次の通りである。

目　　的：河川排水
位　　置：揖斐川右支川の多度川右岸１km付近
流域面積：1.16㎢
対象流量：6.9㎥／秒
形　　式：ダクタイル鉄管製樋管（１種管　Ｓ形継手）
断　　面：円形　呼び径2600㎜
延　　長：36.020m
敷　　高：ＥＬ－0.30m
工　　期：平成３月11月～平成４年８月

図１　位置図

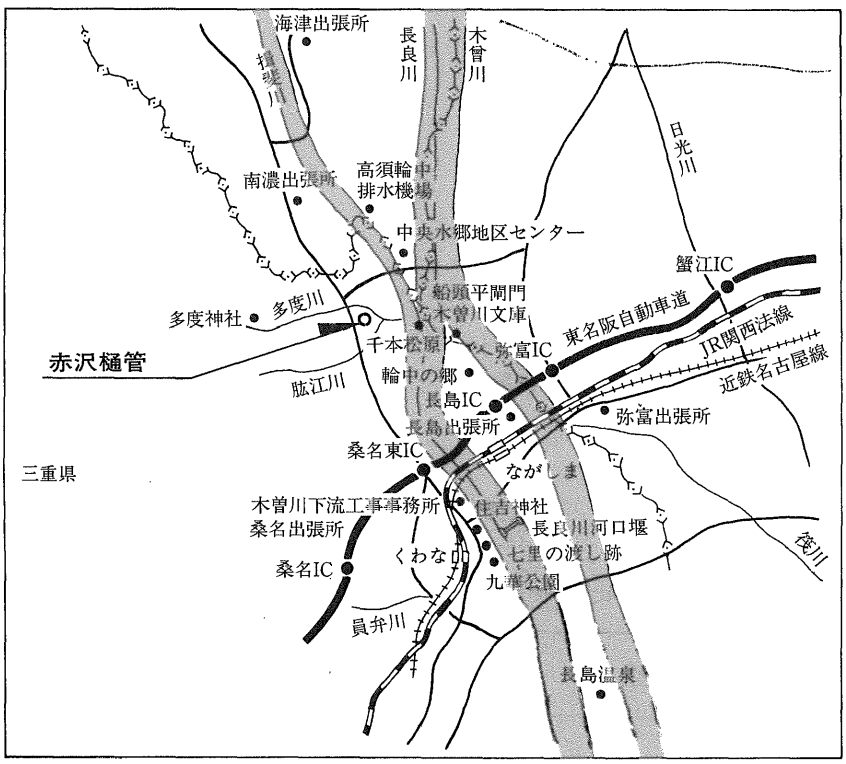
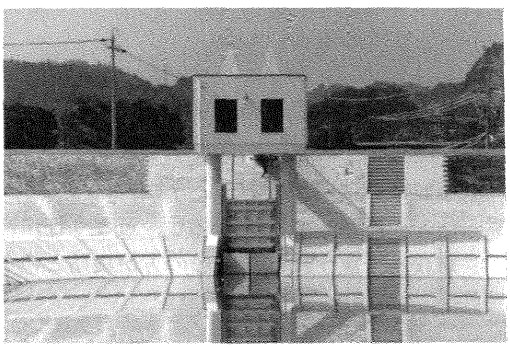


写真１　樋門（正面より）



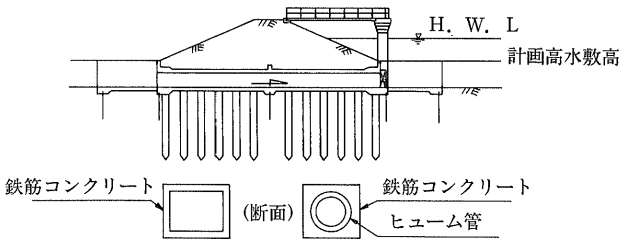
3．樋管の標準構造

従来、軟弱地盤上に設置される樋管の構造および基礎形式は、鉄筋コンクリート造りによるボックスカルバートにて基礎杭があり、しかも杭先端を下部洪積層の砂層、あるいは砂れき層に貫入し支持させているのが一般的である。

したがって、築堤に伴う増加荷重により沖積層の圧密による地盤沈下が生じると、樋管と地盤の不同沈下が発生し、このため俗にい

う“樋管の抜け上がり”現象が起こり、管体に過大な応力や歪みを発生させるばかりでなく、管底と地盤との間に空洞化を生じ、堤体にクラックを発生させることさえある。

図２　樋管の標準構造



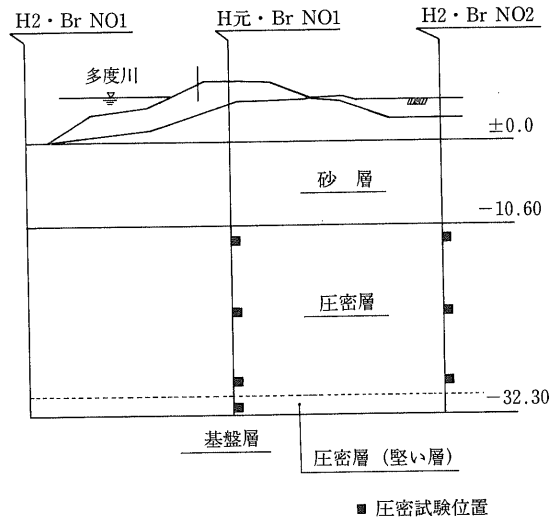
４．堤体盛上による沈下量推定

樋管計画地点の下部には、Ｎ値０～１程度の軟弱なシルト質粘土があり、堤防嵩上げの盛土を行うと圧密沈下が起こるため、その沈下量の推定計算を行った。

１．地盤・地層モデル

土質資料としては、３本のボーリングデータに基づき、図３のように21.70ｍの圧密層を対象とする。

図３　地盤・地層モデル



２．計算式

全沈下量は、既時沈下および圧密沈下の和であるが、既時沈下は施工時に完了するのでここでは圧密沈下量を対象とする。

圧密沈下量の計算は、以下の式により行う。

$$S=\frac{e_0-e_1}{1+e_0}\cdot H$$

ここにＳ：圧密沈下量

Ｈ：圧密層の厚さ

e_0：初期間げき比

載荷前の圧密層の間げき比で、一般に有効土かぶり圧（P_0）に対する間げき比としてe－logP曲線より求める。

P_0は、沈下計算地点より上方の土により有効応力で、

$P_0=\Sigma(r\cdot h)$ で求める。

γ：土の単位体積重量

(湿潤または水中)

ｈ：上方の土層厚

e_1：載荷後の間げき比

P_0+Pに対する間げき比でe－logP曲線より求める。

Ｐは載荷後の増加地中応力である。

なお、盛土荷重による地中応力の計算はJ．Osterbergの図表を利用して行うことができる。

３．計算結果

詳細な条件、計算内容は省略するが、その結果は、

①　最大圧密沈下量は、新堤法線位置で29cmとなる。

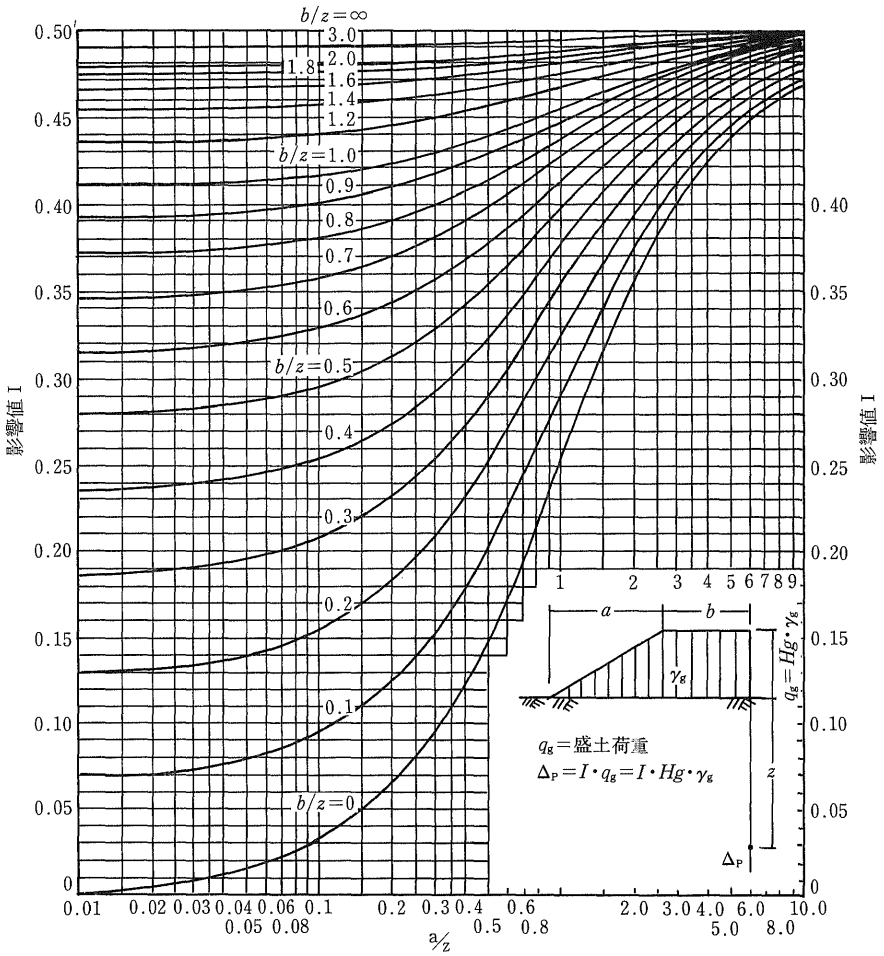
②　沈下時間は、約10年となる。

③　川表、堤防部、川裏ともほぼ同じ土性であるが、やや川表側が沈下しやすい土性であるといえる。

５．樋管断面形状の検討

樋管断面形状は図２に示すように、一般に短形または円形である。今回の目的である堤防と一体として沈下順応し、可とう性に富む形状を考慮すれば、円形の方が堤防とのなじ

図 4　J.Osterberg図



みがよく、堤防内の空洞あるいは緩みが減少し、堤防の安全性が高まるものと考えられる。

また、“リバーリフレッシュ整備事業”のひとつである“規格化、大量生産”をやりやすいのは、一般的に鋼管、あるいはダクタイル鉄管とも円形である。

よって樋管断面形状は円形とした。

なお、樋管断面検討にあたっての条件として、

① 吐出側（本川側）水位の平均満潮位はＥＬ＋1.30ｍとする。

② 樋管の敷高は現況などを考慮し、ＥＬ－0.5ｍと設定する。

③ 広域地盤沈下量を0.40ｍ（構造物の場合を適用）考慮する。

④ Ｑ＝6.90㎥／秒とする。

この結果、呼び径2600㎜×１連と設定された。

6．管理選定

対象となる管種は（ｉ）鋼管、（ii）ダクタイル鉄管、（iii）強化プラスチック複合管が考えられるので、各々の比較を行った結果を表１に示す。

表１　管種比較表

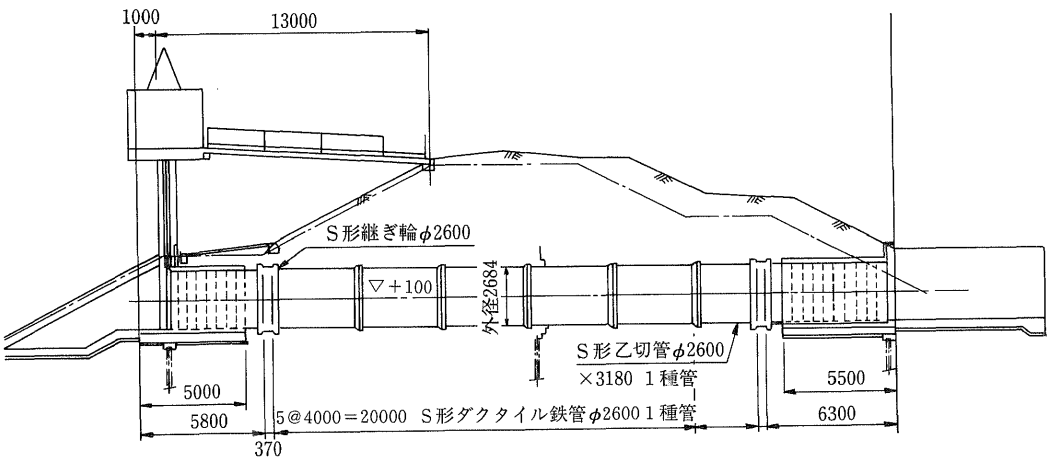
項　　目	鋼　　管	ダクタイル鉄管	強化プラスチック複合管
仕　様 構　造	φ2600 t＝13mm 補剛リブ付 （t＝25、h＝230）	φ2600 t＝39.5mm （１種管） 内面モルタルライニング	φ2600 t＝52mm （外圧１種管）
管　長	4500mm	4000mm	4000mm
継　手	溶　接	S　形	B　形
沈下対策	特殊ベローズ型 可とう管３箇使用	継手の可とう性 1°30′と継ぎ輪 ２箇使用	継手の可とう性 2°30′で対応
水密性	優	良	良
耐震性	優	優	可
施工性	良	優	優
維持管理	定期的塗装 良	耐用年数40年以上 優	耐用年数25年以上 可
経済性	可	良	優
総合評価	良	優	可

以上により、今回ダクタイル鉄管を採用することにした。

7．赤沢樋管の構造

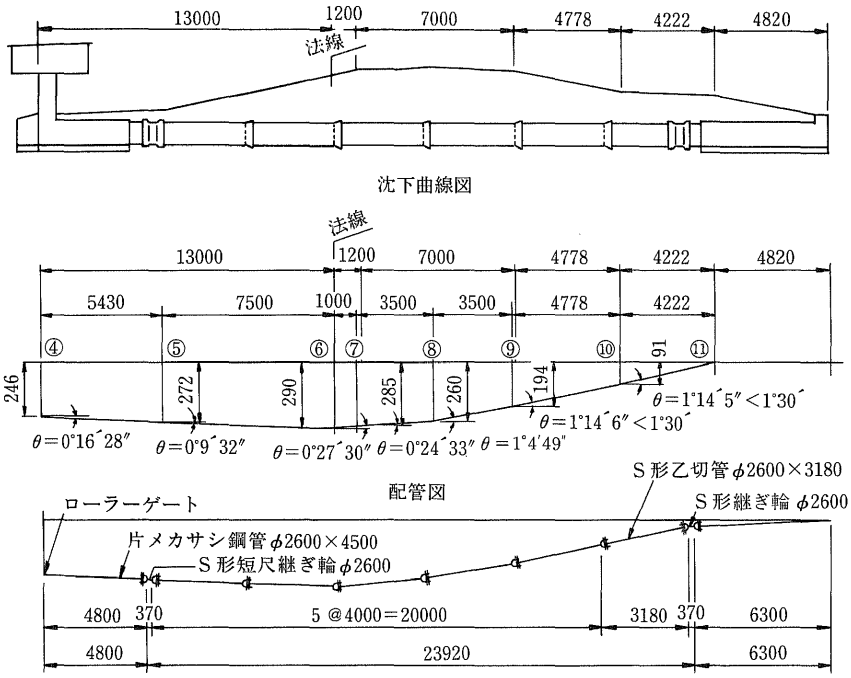
赤沢樋管の全体構造を図５に示す。

図５　赤沢樋管の構造



また、樋管の予想沈下曲線を図６に示す。

図６　樋管の予想沈下曲線



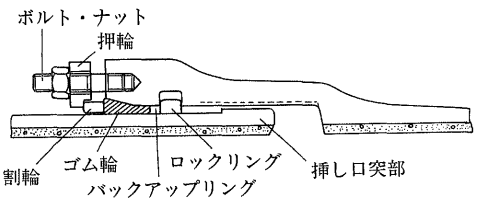
８．管厚および継手の選定

軟弱地盤などによって不同沈下を生じるような地盤では、管径と土かぶり（約６ｍ）の比から、今回の場合鉛直土圧は50％増となるため、ダクタイル鉄管の管厚は１種管（Ｔ＝39.5㎜）を採用することにした。

また、今回の樋管は地盤沈下・変動に順応させるためには、継手は可とう性・伸縮性・水密性が必要である。ダクタイル鉄管の継手には、Ｋ形、Ｕ形、Ｓ形などがあり、どれもその特性を持っているが、樋管という重要構造物であることから、離脱防止性を有しているＳ形継手を採用した。

次に、Ｓ形継手の構造を図７に示す。

図７　Ｓ形継手



(注) 呼び径2600㎜の許容曲げ角度は１°30′１本当たり偏位量約100㎜、伸縮量±40㎜、抜け出し阻止力843tf

9．樋管の施工

1．施工フロー

主な工事施工フローは次の通り。

既設堤体の掘削
↓
樋管底面全体の床付け
↓
ダクタイル鉄管の仮設置
↓
継手部などのつぼ堀り
↓
まくら木による管受け
↓
継手接合、管据付け
↓
管のジャッキアップ
↓
まくら木の撤去
↓
計器取付け
↓
埋め戻し・転圧
↓
水圧テスト

2．樋管底面全体の床付け(キャンパー施工)

堤体の盛土増による基礎地盤の沈下（圧密沈下）とは別に、在来地盤を掘削し荷重を取り除いたときに生じる地盤の戻り（リバウンド）が、盛土により短期に沈下する即時沈下は、樋管全体に均等にかかるものではないため、施工時においてキャンバー施工は重要となる。

赤沢樋管では旧堤の川表・天端・川裏の3カ所にリバウンド計を設置し、堤体掘削に伴う地盤の戻りを計測し、キャンバー施工を考えることとした。

計測の結果、リバウンド量は天端部分で35㎜、川表・川裏で12㎜となったため、新設樋管のセンターで30㎜のキャンバーを設けることとした。

キャンバーを100㎜以上付けるとなると、次のような問題も生じる。

① 中央遮水壁は中央止水矢板と一体になっているため、最大100㎜程度のキャンバーしか設けられない。

② 止水矢板を施工する時期は、矢板打設の関係で堤体掘削完了時ではないためリバウンド量が判明しておらず、キャンバー量を考慮した打設ができない。

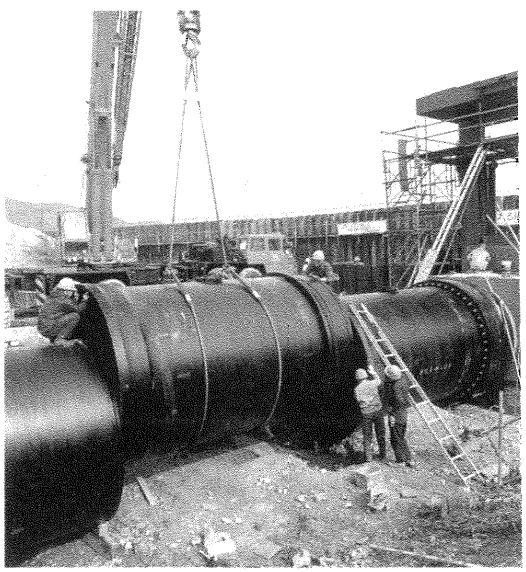
樋管を施工するにあたって、キャンバーを設けることはどの樋管にもいえることなので、これからデータを蓄積し設計段階からキャンバーを付けることが必要となってくる。

なお、管底基礎工はダクタイル鉄管を直接地盤の上に載せる直接平底基礎とした。

3．ダクタイル鉄管の仮設置（吊り降し）

ダクタイル鉄管の重量は11tf／本以上もあるので、作業半径を考慮して80tfトラッククレーンを使用した。

写真2　管吊り降し

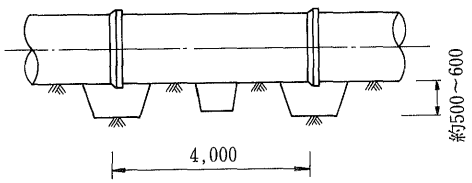


4．継手部などのつぼ掘りおよび枕木による管受け

ダクタイル鉄管の継手部や遮水壁部、さらに今回は樋管本体外面に土圧計や歪計を取り付けるため、その箇所では樋管底面を掘削（つぼ掘り）したために１本当たり４ｍのダクタイル鉄管の管底接地長さが１ｍ程度しかなく、管据付けが難しくなるので枕木を仮置きして管を設置した。

なお、堤体部に木片を埋め殺すことはできないため、つぼ掘り部でコンクリートブロックによる仮押えをし、管をジャッキアップしてすべての枕木を撤去した。

図８　継手部等掘削工



5．埋め戻しおよび転圧

ダクタイル鉄管を直接地盤の上に載せる直接平底基礎としたが、管断面が円形のため図９のように管側下部では堤体盛土・埋め戻しにおいて機械転圧ができない箇所が生じる。したがって、その部分は砂質土で水締めで締め固めを行った。

また、機械転圧部分の地盤支持力については、掘削面と埋め戻し面（入力転圧と同じ状態）との両面でチェックしながら施工した。

図９　樋管断面

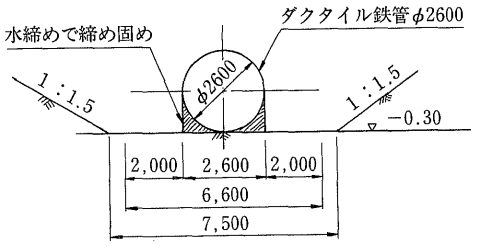
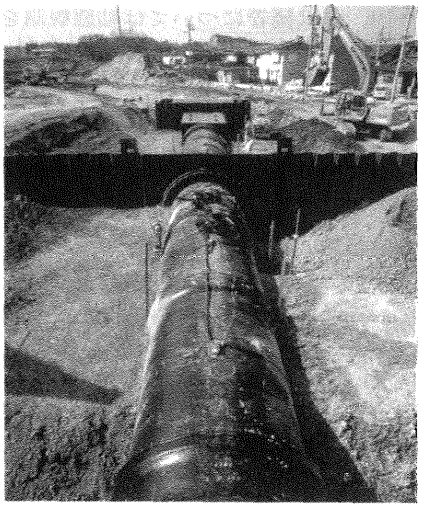


写真３　工事全景



6．施工管理

金属製樋管の施工管理基準は現在のところ確立していないので、今回は下記の標準書などを参考にして施工管理を行った。

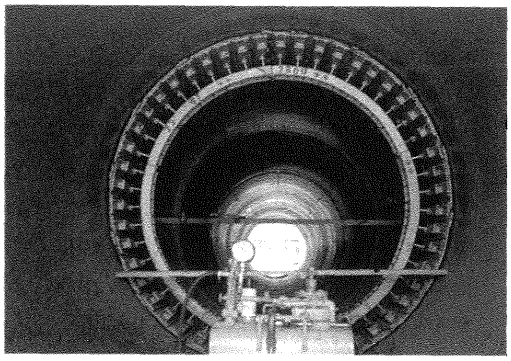
①　ダクタイル鉄管の接合
　Ｓ形ダクタイル鉄管　施工要領書
　（日本ダクタイル鉄管協会）

②　ダクタイル鉄管の設置
　函きょ工（出来形および品質規格値）を準用

なお、管の据え付け・接合作業は４日間（昼間）で完了することができた。

水圧試験は全管接合して、ある程度埋め戻した後に、各継手箇所をテストバンドにより水圧５kgf/㎠をかけてチェックし、10分後４kgf/㎠以上を合格とした。

写真４　水圧テスト



10．計測工

今回、赤沢樋管については動態観測を行うことにしたので、地盤の動きや樋管の動き、発生している歪みや応力などを測定する。それによって設計条件に対してどのようになっているかを把握し、将来の状況を予測するものである。

測定項目としては、①基礎地盤の変形（平板沈下計、層別沈下計）、②樋管の変形(縦断方向、横断方向)、③樋管の応力(土圧計、層別沈下計による水圧測定、歪計による応力測定)について、管頂、管底やその他必要箇所について経時的に測定することにした。

平成４年12月の時点で、樋管の相対沈下量は中央部付近で最大約140㎜、樋管の垂直変形量は最大約17㎜（呼び径比0.7％）であり樋管は地盤変動にうまく順応しており、また沈下も安定しつつあり、樋管の機能を十分果たしている。

図10　測定点

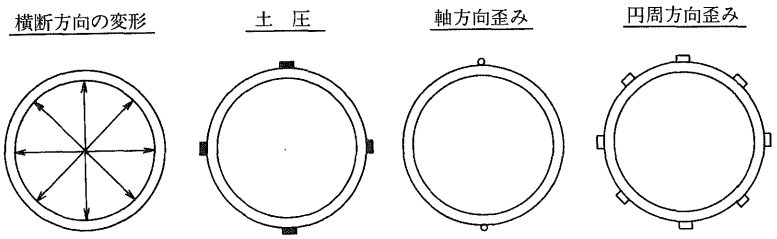
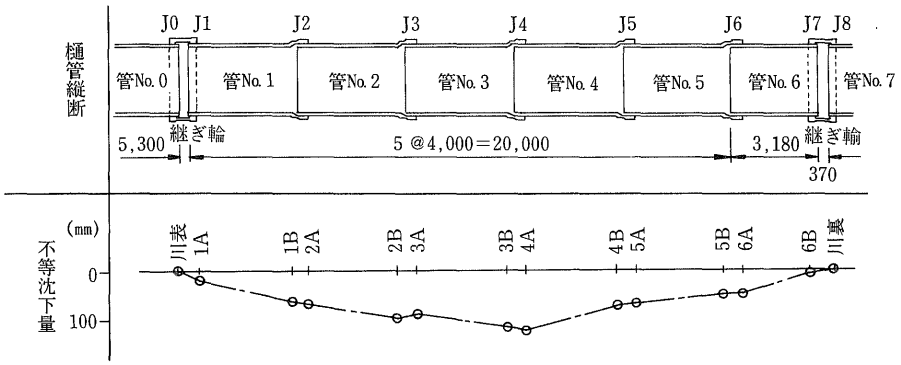


図11　樋管の縦断変位



11．今後の課題

項目9.の4.に記述したように、継手部や遮水壁部などの管底部を掘削（つぼ堀り）することは、①管の据え付けが難しくなり、②コンクリートブロックを使用し、それを埋め殺さねばならず、③埋め戻し転圧も難しく注意を払わねばならない、等々のことから、これからはこれらの掘削（つぼ堀り）やまくら木などを避けるために、

① 管内面から接合作業のできる、U形継手やＵＳ形（ＶＴ方式）継手を使用する。

② 測定計器を管に取り付ける場合には、管を設置する前に事前に直接管を接続しておく。

などを考慮すべきと思われる。

図12　U形継手

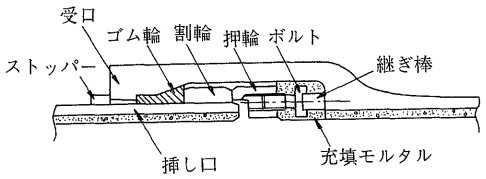
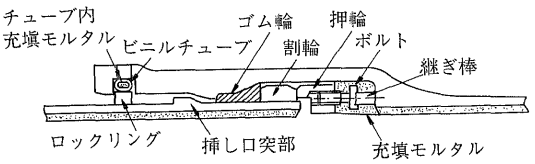


図13　US形継手（VT方式）



12．おわりに

金属製樋管は、建設省としても取り組みが始まったばかりであり、まだ検討しなければならない事項も多くあるが、①堤体掘削、二重締切り施工中に樋管本体が工場で製作されることにより、工期の短縮が図れることは明白であり、また、②地盤沈下などによる樋管の抜け上がり（空洞化）現象にも対応し、その危険から避けられることから、今後の樋管改築にダクタイル鉄管を使用することは十分に有効と思われる。

この報告が河川事業などに関係するみなさまの参考になれば幸いである。また、各計測はこれからも継続していく予定である。

最後に、本事業にご協力をいただいた関係各位に深く感謝する次第である。

技術レポート

千葉県工業用水道におけるパイプ・イン・パイプ工法による管路更新事業
(呼び径1100㎜石綿セメント管更新)

千葉県企業庁工業用水部
次長 **白坂精一郎**
千葉県企業庁千葉工業用水道事務所
工務第二課長 **木村晴夫**
副主査 **千野 薫**

1．はじめに

五井姉崎・千葉地区工業用水道については本県における県営工業用水道7事業の中で、その規模において根幹をなす事業である。

これらの施設は給水開始後20余年を経過し施設の老朽化の進行、不同沈下などにより、事故や機能低下を招いているのが現状である。

とりわけ、臨海部の管路施設は、地震時の液状化の危険度が高いことに加えて石綿セメント管が多用されており、昭和62年に発生した千葉県東方沖地震に際しても大規模な漏水事故が発生し、これを契機に施設の改良へ向けての計画が具体化され、国庫補助事業としての採択を受け、平成元年度より着手したものである。

2．パイプ・イン・パイプの採用の理由

本工事の五井姉崎地区II期管路は、京葉臨海工業地帯への安定給水に対して重要な役割を持っており、早期に機能低下、耐震対策が必要である。そこで、改築事業を実施するにあたり各種布設替え工法の検討を行った結果次の理由で本工法を採用した。

(1) 改築する管と平行し、京葉臨海鉄道と工業用水I期管(呼び径900㎜石綿セメント管)が布設されているため、地盤の緩みの影響が少ない工法である。

(2) 本工事箇所は、地下水が高く、かつ軟弱な砂地盤であるため、開削部（立坑部のみ）を最小限にする。

(3) 開削工法に比べ工期が短い。

(4) 開削工法に比べ工事費用が安価である。

3．管種の選定

パイプ・イン・パイプ工法に実績があるダクタイル鉄管と鋼管の2管種に絞り、比較検討を行った。表Ⅰの比較表に示すごとく、検討結果により施工性、耐震性、経済性、工期とも鋼管より優れたダクタイル鉄管（ＰⅡ形）を採用する。

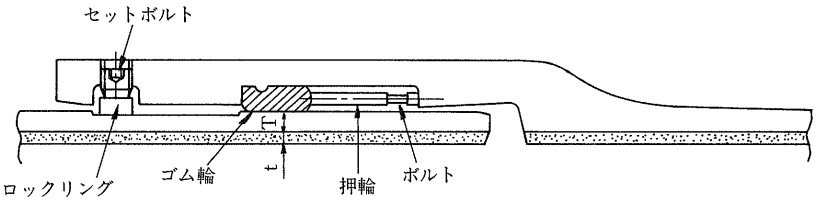
表1　比較表

工法			
管種		ダクタイル鉄管	鋼管
継手の種類		ＰⅡ形（離脱防止タイプ）	普通溶接タイプ
挿入方法		立坑内で接合し、ジャッキを用いて管を挿入する。	鋼管を既設管内に引き込み、所定の位置で溶接を行う。
特徴	曲管部	対応できる。	同左
	腐食性	耐蝕性は優れている。	腐食しやすいので防食対策が必要である。
	耐震性	鎖状離脱防止形継手により地盤の変化を伸縮屈曲により吸収するものであり、耐震性に優れている。	継手は溶接により一体構造となり、地盤の変化を管体応力として吸収するもので耐震性に優れている。
	作業環境	立坑内作業が主体であり、多少の雨天でも作業ができる。 また、若干の管内滞留水があっても問題はない。	管内作業が主体であり、水場での作業が難しい。 さらに、作業時に換気が必要となる。
	工程	継手挿入が一連作業であり、鋼管に比べ工期が短い。	狭い既設管内での作業であり、完了まで引込・芯出し・仮付・溶接・塗装の5工程の作業となり、工程はダクタイル鉄管より劣る。
	強度	強度上は問題ない。	同左
経済性		鋼管より若干有利。	ダクタイル鉄管より僅かに高い。
実績		実績も多く、信頼性も高い。	実績は多くない。
評価		◎	○

表２　ＰII形の継手性能

項　　目	性　　能
離脱阻止力	150tf
抜け出し余裕量	60mm
許容屈曲角	3°
曲げ剛性	12.2tf・m
限界屈曲角	3°22′

図１　ＰII形直管呼び径1000mm



４．工事概要

(1)　工 事 名：呼び径1100mm既設管（石綿セメント管）内呼び径1000mmダクタイル鉄管挿入工事

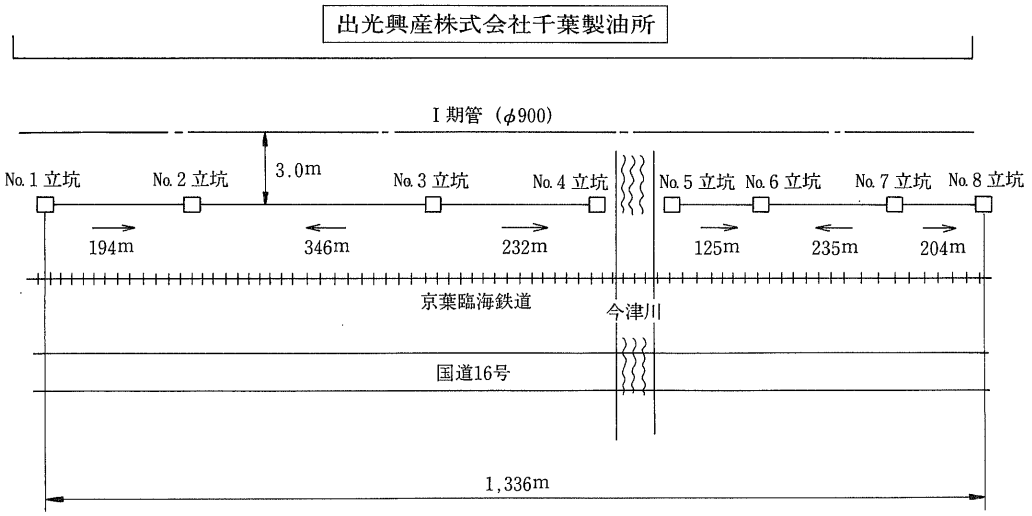
(2)　工事場所：千葉県市原市姉崎海岸地先

(3)　工　　期：自平成４年９月８日
至平成５年３月26日

(4)　使用管種：呼び径1000mmＰII形４種管
４m、２m管

(5)　施工延長：（図２）
パイプ・イン・パイプ箇所：
呼び径1000mm
ℓ＝194m
ℓ＝346m
ℓ＝232m
ℓ＝125m
ℓ＝235m
ℓ＝204m
総延長ℓ＝1,336m

図２　管路状況



5．施　工

1．管内調査

管内調査は各既設管ごとに継手目地の間隔段差、屈曲角および管長について詳細に測定した。

調査結果は、屈曲最大角が4°53′17″あり、角度の大きい箇所は立坑を設置するものとしたが、一部立坑部を少なくするため、2m管を使用した。

2．詳細設計

1．立坑レイアウト

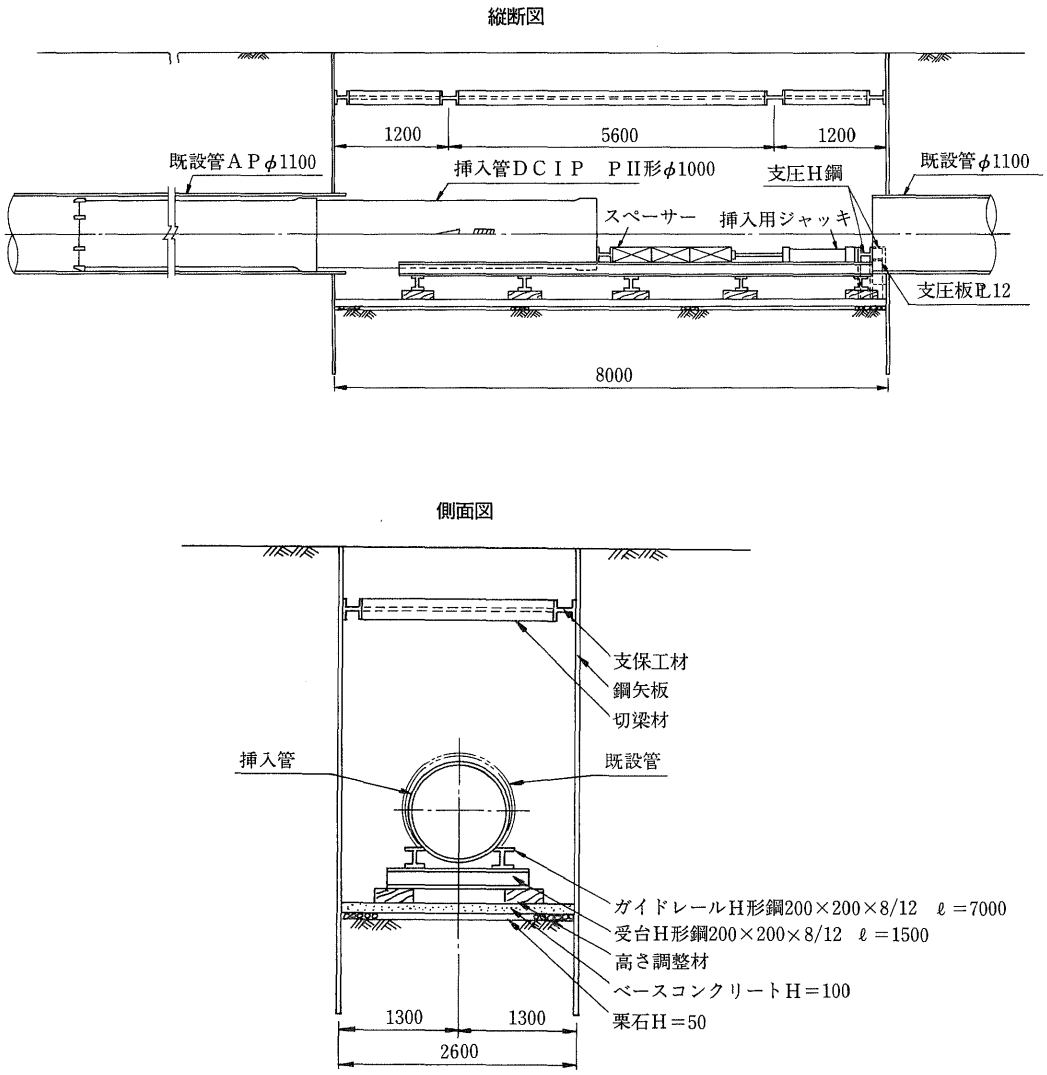
立坑の大きさは、以下とした。

発進立坑：8.00m×2.50m

到達立坑：6.00m×2.50m

構造は鋼矢板として、歯抜け防護および挿入時の反力壁としての機能を兼ねてジェットグラウト工法を併用した。

図3　発進立坑レイアウト図



2．挿入力および挿入管長の検討

(1)　新管の挿入力

新管を挿入するのに必要な挿入力を、管自重による既設管との摩擦抵抗力として計算する。

F＝w×μ×L（最長スパン）

＝0.378 t ×0.5×346m

＝65.4ff

F：挿入力（tf）

μ：既設管と新管の摩擦係数（0.5）

W：新管の単位長当たりの重量（tf／m）

L：新管挿入長（m）

(2)　挿入管長の検討

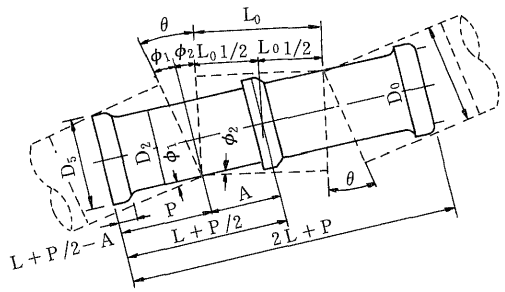
既設管呼び径1100㎜石綿セメント管内データより、既設管最小内径を求めると1083㎜、継手部の最大曲がり角度は3°07′43″である。

また、立坑部を除くその他の継手箇所はすべて1°30′以下である。

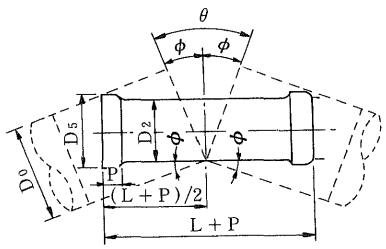
したがって、当該部分を通過可能な挿入管長を図4に示すモデルⅠ、モデルⅡについて計算し、短い方の管長に管長余裕代500㎜を加え挿入長を求めた。

図4　挿入管長の計算モデル

モデルⅠ



モデルⅡ



$$L=\frac{D_0-\alpha\cos\phi_1}{\sin\phi_1}+A-\frac{P}{2}$$

$$\alpha=\frac{D_2+D_5}{2}$$

$$\alpha=\frac{L_0}{2\cos\phi_2}+\frac{D_2\cdot\tan\phi_2}{2}$$

$$\phi_2=\tan^{-1}\left(\frac{D_0}{L_0}\right)-\sin^{-1}\left(\frac{D_2}{2}\right)$$

$$b=\sqrt{D_0^2+L_0^2}$$

$$\phi_1=\theta-\phi_2$$

$$L=\frac{2\ (D_0-\alpha\cdot\cos\phi)}{\sin\phi}-P$$

$$\phi=\frac{\theta}{2}$$

(注)　L　：新管の管長（有効長）

D_2：新管の管体部外径

D_5：新管の受口部外径

P　：新管の受口部呑み込み寸法

L_0：既設管の管長（有効長）

D_0：既設管の最小内径

θ　：既設管の曲がり角度

計算条件および計算結果を表3に示す。

計算結果より挿入管長を以下とした。

継手角度：3°07′43″ → ℓ＝2m

継手角度：1°30′以下→ ℓ＝4m

（定尺長さ）

表３　計算条件、結果

計算条件							計算結果	
既設管寸法			新管寸法				挿入管長	
内径	屈曲角度	管長	受口最大外径	管の最大外径	受口呑込み	管長余裕代	挿入管長	
							モデルⅠ	モデルⅡ
D_0	θ	L_0	D_5	D_2	P			
mm	度	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1083	1°30′	4984	1073	1016	260	500	4893	5136
1083	3°7′43″	4984	1073	1016	260	500	2826	2089

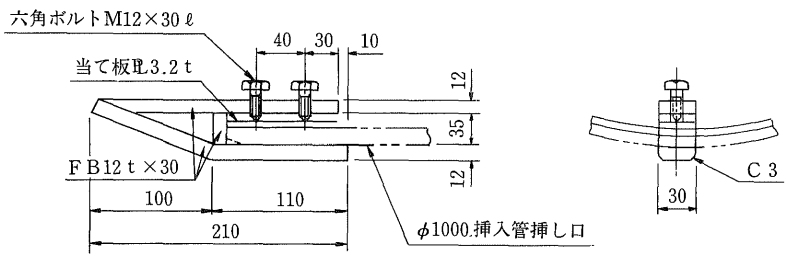
３．先導ソリの設計

挿入先導管へのソリ取り付けは、管のローリングを考慮して管周８ヵ所に設置するものとした。（図５）

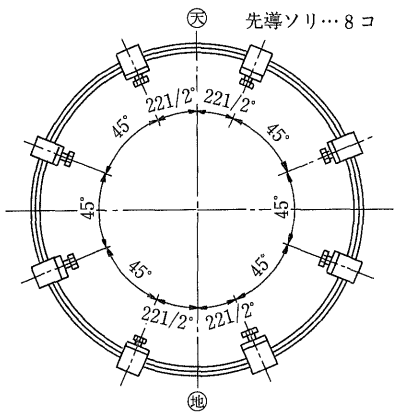
図５

先導ソリ詳細図

材質…ＳＳ400　　数量…８コ



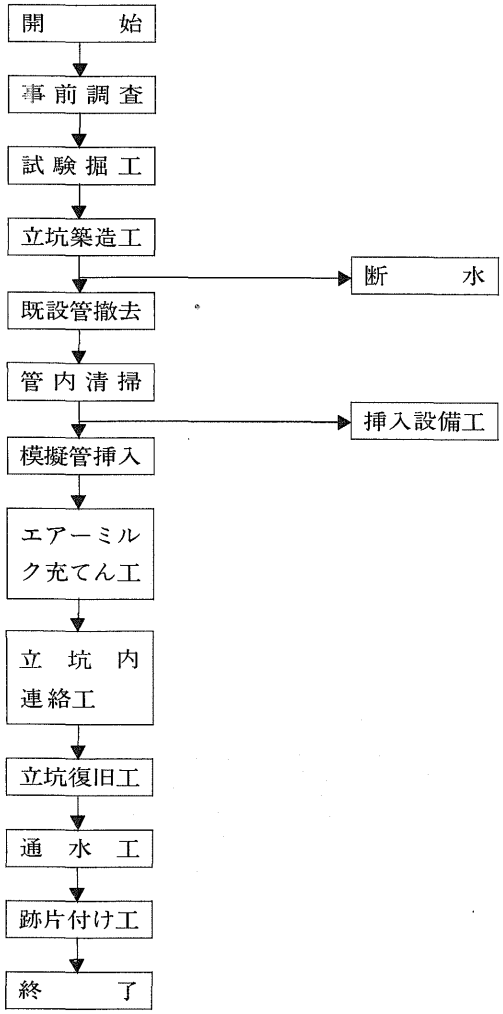
先導ソリ取付位置図



3．工事実績

1．施工フローチャート

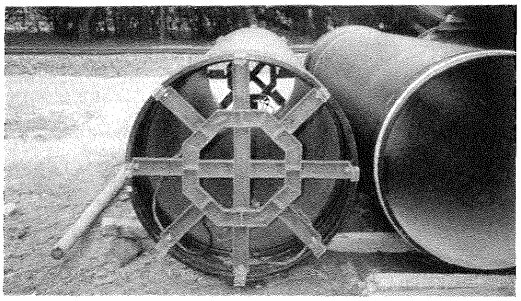
図6　施工フローチャート



2．模擬管の挿入

管挿入に先き立ち、模擬管を挿入し、その通過性を確認した。(写真1)

写真1　模擬管



3．挿入工

挿入に際し、管の先端の円周方向45°の間隔に8ヵ所に鋼製のソリを取り付け、既設管の段差をスムーズに通過するよう、また、ローリングしても支障なく挿入できるように配慮した。

この結果、すべての工区において無理なく管を挿入できた。(写真2、3)

写真2　立坑内管投入状況

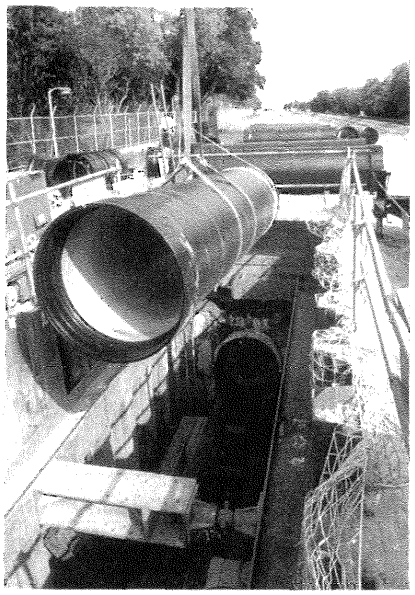


写真3　管挿入状況

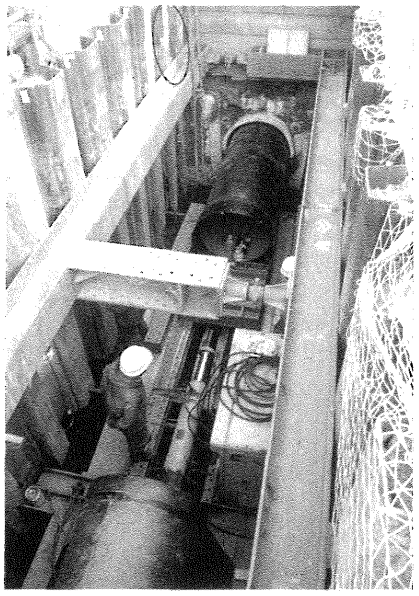


表４に最長工区の挿入力計算値および実測値を示す。

挿入は１日当たり５～７本（20～28m）と施工効率は良好であった。

表４

挿入力 / 挿入長	計算挿入力	実測挿入力	実測μ
346m (No.2 立坑→No.3 立坑)	65.4tf	86.5tf	0.66

４．エアーミルクの充てん

既設管（呼び径1100mm）と新管（呼び径1000mm）との空げきに、エアーミルクを挿入口、到達口に閉塞コンクリートを打設後、グラウトポンプにて注入した。

６．おわりに

石綿セメントをさや管としてのパイプ・イン・パイプ工法は、施工事例が少ないため所要の挿入力に懸念があったが、実績が示す通り摩擦係数換算で0.7程度であり、設計値よりも高い値を示したが、350mスパンにおいても継手許容強度に対して余裕を持ってクリアーすることができた。

営業中のパイプラインの一部を断水しての工事は、その所要工期が短いことが重要な検討要素であるが、今回採用したＰII形ダクタイル鉄管ではその特性が十分に発揮され、所要工期内で完工できた。

技術レポート 5

れき質土層へのＧＳ形ダクタイル推進管の施工事例

岡谷市水道部水道施設課
下水道主幹　**涌井秀俊**
主任　**伊藤祐臣**

１．はじめに

岡谷市は、長野県のほぼ中央に位置し、諏訪湖の西岸に面する人口６万人弱の街である。周囲は、下諏訪町、諏訪市、辰野町、塩尻市ならびに松本市の５市町に隣接している。位置は、東経138度03分、北緯36度04分で東西7.3km、南北16.7km、面積85.19㎢の行政区域となっている。恵まれた自然環境のもとに大正から昭和初期にかけては「シルク岡谷」の名声を博し、現在は精密工業都市から高度技術集積都市へと発展を続け、さらに高速道路の開通により首都圏、中京圏、北陸圏への交通の要とし、教育、文化、産業、経済などさまざまな分野で長野県の中核都市として着実にあゆみ続けている。

現在本市は「新都市開発」、「都心地区開発」、「湖畔公園整備」、「国道20号バイパス」、「塩嶺王城開発」の５大プロジェクト事業を中心に施策を進めており、来るべき21世紀に向けて、市民一人ひとりがふるさと岡谷に自信を持ち、生き生きと活動し、健康で暮らしを楽しむ「豊かな自然と調和した国際文化産業都市」をめざしている。

写真１　全景

図１　位置図

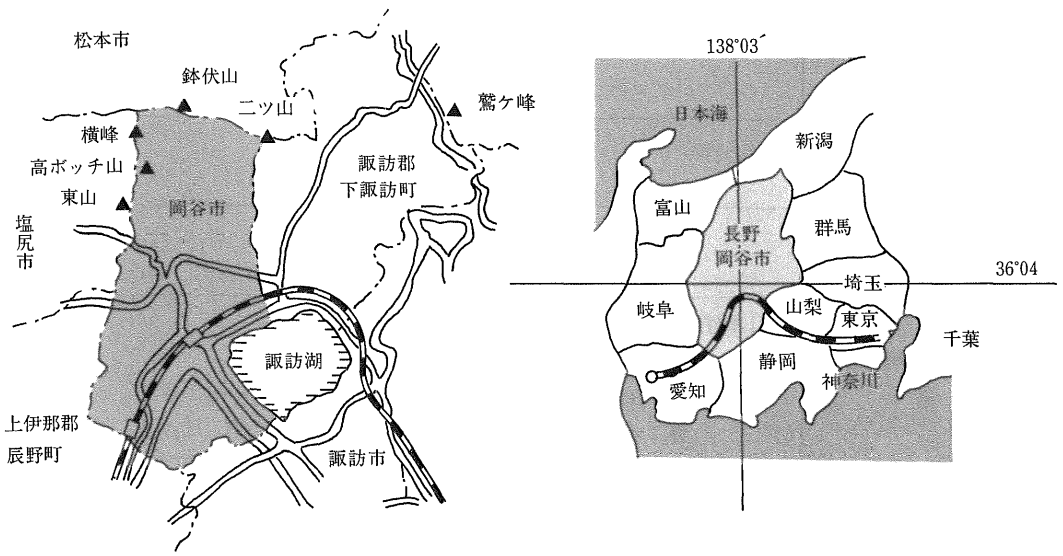
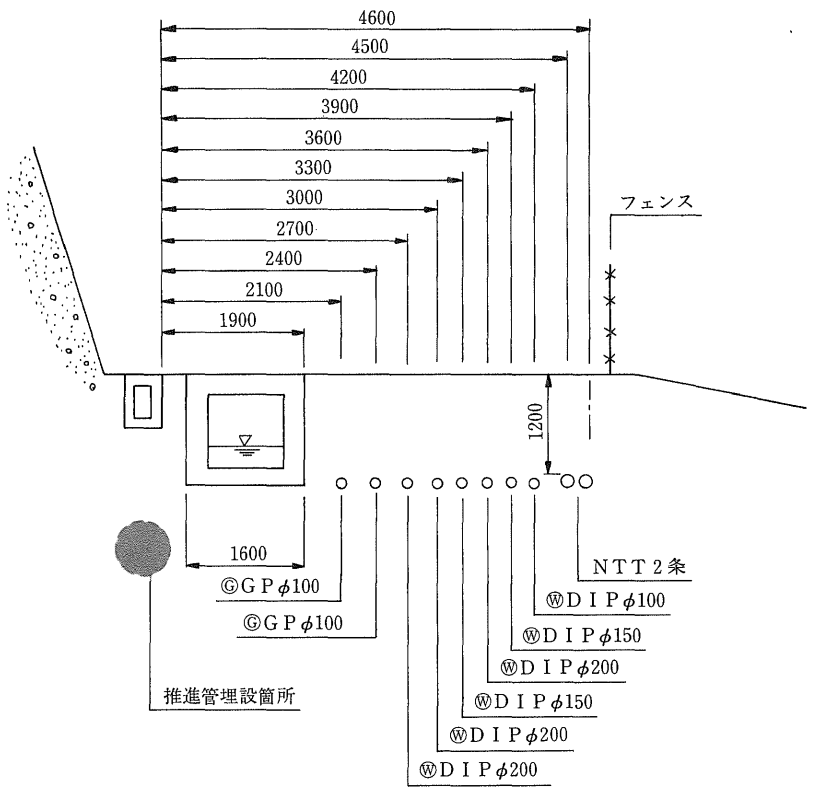


図２　施工箇所断面図



岡谷市公共下水道基本計画

計画目標年次	平成17年			
下水道計画区域	1,609.0ha			
下水道計画人口	62,000人			
計画人口密度	第1種住専：35人／ha、第2種住専：75人／ha 住　　居：40人／ha、近隣商業：80人／ha 準工業：35人／ha、工　　業：40人／ha 工　　専：0人／ha、無指定：10人／ha			
工業出荷額	452,500百万円（昭和55年価格）			
汚水量原単位等		日平均	日最大	時間最大
	家庭	450	560	840ℓ／日・人
	準工業	43.9	43.9	87.7m³／日・ha
	工業	65.8	65.8	131.6　〃
	工専	87.7	87.7	175.4　〃
	地下水	日最大家庭汚水量の20%		
計画汚水量	日平均　63,300m³／日 日最大　70,200 時間最大　116,200			日最大水量内訳 家庭 34,800m³／日 工場 28,600 地下水 6,800 計　70,200m³／日
計画水質		家庭	工場	総合
	BOD	150	176	138mg／ℓ
	SS	117	180	125　〃
降雨強度式	$I = \frac{2,910}{t+17}$　（確率年5年）			
流入時間	5分			
流出係数	第1種住専：0.45、第2種住専：0.45 住居：0.45、商業：0.60、近隣商業：0.60 準工業：0.50、工業：0.55、工専：0.50 無指定：0.35			

２．下水道事業の沿革

長野県では、天竜川流域の水質環境保全を主な目的とした「天竜川流域別下水道整備総合計画」を策定し、これに基づき諏訪湖を中心とする公共用水域の水質保全、生活環境整備のため、下水道整備を進めている。

岡谷市の公共下水道事業は「諏訪湖流域下水道事業」の一環として、昭和47年度に「岡谷市公共下水道基本計画」として立案されたもので、昭和49年に当初認可を受け、平成４年度現在、1,370haの認可計画面積のうち、約990haの整備を完了し、約204億円の投資を行い、約80％の普及率を達成している。

３．GS形ダクタイル推進管の選定理由

今回の施工箇所は、中央自動車道長野線高架橋下の山沿いの市道で、図２に示す通り地下埋設物が輻輳した部分であるため、開削による管きょの施工は不可能であった。

土質調査によるデータを参考とし、刃口元押し推進工法を選定したが、立坑部分での地下埋設物の移設についても、付近住民への影響が大きく、不経済であることから、立坑を少なくするために長距離推進を行うことを余儀なくされた。

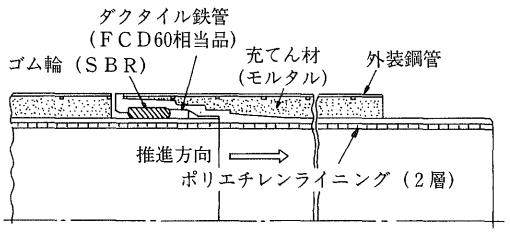
こうした状況から、管体強度が高く、外圧に対して十分な強度を有し、施工性に優れていることを条件に、長距離推進が可能であるＧＳ形ダクタイル推進管による本工法を採用するに至った。

ＧＳ形ダクタイル推進管は新製品であり、施工実績も少ないことから、採用を疑問視する声も聞かれたが、すでに採用の経験をされた地区からのアドバイスを受け踏み切ったものである。

４．使用管種について

規　格：JPDA　G　1036-1991
　　下水道推進工法用ＧＳ形ダクタイル鋳鉄管
呼び径：800㎜
管外径：880㎜
管　長：2,435m
許容耐荷力：480tf

図３　ＧＳ形ダクタイル推進管



５．推進工事の計画概要

推進工法：刃口元押し工法
工事場所：岡谷市川岸東１丁目
工事期間：平成４年８月～平成５年１月
管きょ延長：P54～P49　76.80m
　　P54～P59　88.80m
　　計　165.60m
推進延長：P54～P49　74.087m
　　P54～P59　86.087m
　　計　160.174m

土　　質：れき質土（れき径30㎜以下）
Ｎ　　値：15
内部摩擦角：30°

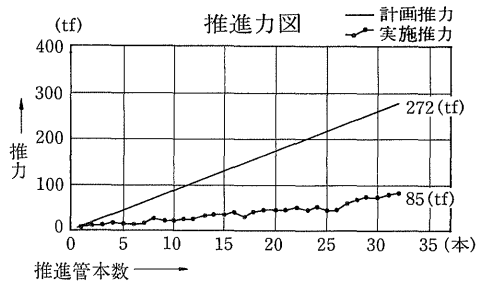
６．推進実績

（１）P54～P49

推進長		74.087m
最大推力	(計画)	272tf
	(実施)	85tf
最大誤差	(上)	20㎜
	(下)	4㎜
	(左)	5㎜
	(右)	9㎜
到達誤差	(上)	10㎜

図４　推進力管理図表

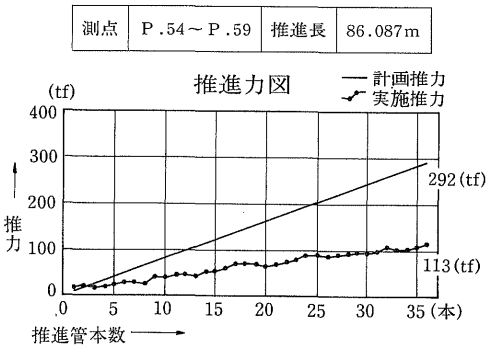
測点	P.54～P.59	推進長	74.087m



（2）P54～P59

推進長	86.087m
最大推力（計画）	292 tf
（実施）	113 tf
最大誤差（上）	10mm
（下）	50mm
（左）	13mm
（右）	8mm
到達誤差（下）	5mm

図5　推進力管理図表



最大推力（計画）の計算には下水道協会式を用いた。

写真2　推進状況

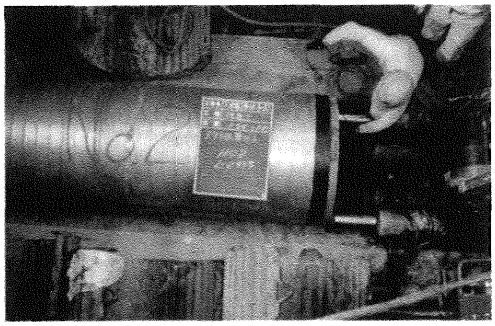


写真3　掘削状況

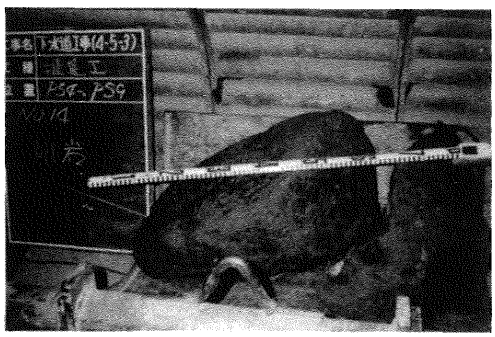


写真4　発進立坑 空伏管布設

7．考　察

今回の施工は、直線の長距離推進であり、土質が当初調査で、把んだデータとは異なる転石混じり砂れきおよび岩盤などに当たるなど施工面で苦労したが、出来形および施工精度に特に問題はなかった。

また、施工部門もGS形ダクタイル推進管の他の管種に対する施工性の優位について認めているようであった。

近年維持管理面での技術も進歩し、なるべくマンホールを少なくし経済性を図るため、長距離推進の必要性が高まるであろうと思われる。また、それに伴いカーブ推進の必要性も高まると考えられるため、許容曲げ角度など、継手の性能の向上を期待する。

8．おわりに

使用実績が少なく初めて採用する管種でもあり、疑問視する声もあったが、無事工期内に完了し、精度的にも優秀な下水道管きょが完成できたことは、関係者各位のご協力の賜物と深く感謝している。

特に、現場では小さな疑問、細かいトラブルもあったが、すぐにメーカーの即刻対応で解決し、改めて今後の採用について安心し得ると確信すると同時に、さらなるGS形ダクタイル推進管の性能向上を期待するものである。

技術レポート

1993年釧路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
技術委員　岩本利行
〃　稲田　均
〃　二星範親

1．はじめに

平成５年１月15日午後８時６分、釧路沖約30kmを震源として、北海道・東北地方などにかけて強い地震があった。

釧路では震度６（烈震）と、北海道南東部で震度４～５、東北地方で２～５、関東上信越地方で１～３を記録した。釧路では、気象台始まって以来の震度６であり、北海道内でも1982年の浦河沖地震以来の記録であった。

本報告は、地震発生後２日目から釧路市、厚岸町、帯広市、白糠町にて、水道管路の被害の調査を行った結果について述べたものである。

なお、釧路市内では、地盤亀裂などの地盤変状についても調査を行った。

2．地震の概要

発生日時：1993年１月15日20時06分
震源位置：北緯42度51分、東経144度23分
震源深さ：107km
規　　模：マグニチュード7.8
震　　度：図１に震度分布を示す。
なお、主な震度は次の通り。

震度VI：釧路
震度Ⅴ：帯広、広尾、浦河、八戸
震度IV：根室、苫小牧、室蘭、青森、盛岡、宮古

図１　各地の震度

図２に、釧路気象台（丘陵地の高台）で記録された水平、上下方向の加速度波形を示す。最大加速度は、922.2ガル(暫定値)と大きい値であった。また、港湾技術研究所が北海道開発局釧路港湾建設事務所(西港)の構内に設置していた強震計では、最大加速度は469.3ガルであった。[1]

３．釧路市の被害状況

１．概　要[2]

釧路市上水道の概要を以下に示す。

給水人口：206,472人

給水戸数：　79,676戸

配水能力：　93,620m³／日

導・送・配水管の延長距離（平成４年３月現在）

導水管　13.35km

送水管　10.166km

配水管660.401km

２．地質状況

図３に、釧路市内の沖積層厚分布と地質状況を示す。[3] これより、釧路の地形は、旧釧路川と釧路川との間の地域で、沖積層厚がかなり変化しており、旧釧路川の東部では丘陵地が広がっている。

３．管路の被害状況

導水管、送水管の被害はなかった。表１に、管路の被害一覧（平成５年２月10日現在）を示す。なお、主な被害率(配水管)として、ダクタイル鉄管は0.030件/km、石綿セメント管は0.187件/kmであった。

図４に、管路の被害分布（配水管）を示す。写真１、２に、管路の被害例を示す。

①　各管種の被害形態は次のものであった。

管　　種	被　害　形　態
ダクタイル鉄管	継手の抜け
鋳　鉄　管	管体の亀裂・折損 継手の抜け
鋼　　管	管体の窄孔・亀裂・破損 継手の破損
石綿セメント管	管体の折損 継手の抜け
ポリエチレン管	管体の亀裂・折損 継手の抜け
鉛　　管	管体の亀裂・折損

図２　釧路気象台で記録された水平、上下方向の加速度波形

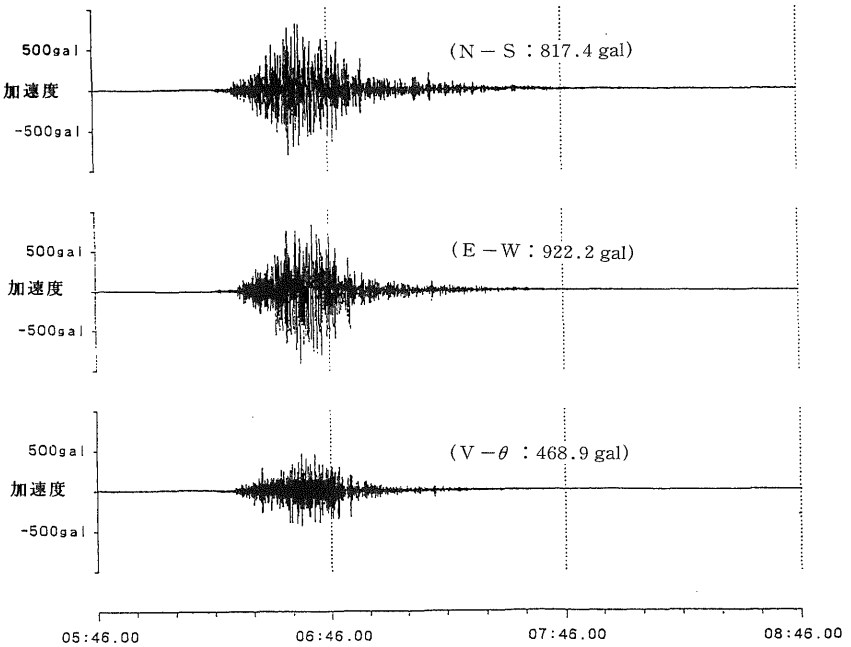
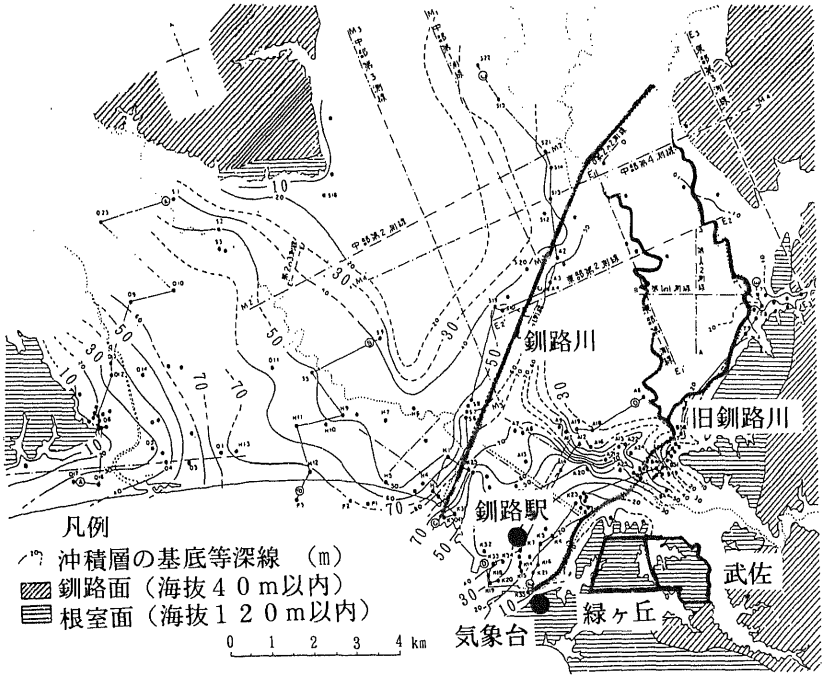


図３　釧路市内の沖積層厚分布と地質状況[3]



釧路市内の沖積層厚分布と地質状況

表１　釧路市の被害一覧

呼び径(mm) / 管種	～50	75	100	150	200	400
ダクタイル鉄管		1*	4	6	2	—
鋳鉄管		1	6	2	—	—
鋼管	14	3	2	—	—	1
石綿セメント管		1	3	1	—	—
鉛管	2					
ポリエチレン管	22					
計	38	6	15	9	2	1

注 同一箇所での被害は、１件とした。

（＊西港フェリーターミナルの被害は、呼び径75mmとして計上した。）

図４　釧路市の管路被害分布（配水管）
（Ｓ形，ＳⅡ形管路位置も示す）

② 配水管の被害の大半は、下記の場所で発生していた。

Ⓐ 緑ヶ岡５～６丁目および武佐地区の丘陵地で、切土、盛土によって造成された場所（被害の約50％）

Ⓑ 新川町、春日町、光陽町地区などの旧釧路川と釧路川との間の沖積層厚が、かなり変化している場所（被害の約30％）

③ 今回、被害が集中的に発生した上記Ⓐに示した地区に布設されていた耐震継手であるＳⅡ形呼び径300㎜の管路(図４のNo.２のライン）には、被害は見られなかった。なお、市内には呼び径100～500㎜および1000㎜のＳⅡ・Ｓ形管路が約4.2km布設されているが、被害はなかった。

４．地盤変状などについて

水道管路の被害が集中した緑ヶ岡５～６丁目・武佐地区で散見された地盤（路盤）の亀裂、移動、崩壊などや家屋の移動などについて調査を行った。(現地は、積雪状態であり、また、地盤は凍結していたものと思われるが、住民からの話によると、建物内で噴砂現象があったとのこと。参考までに、図５にその位置を示す。)

なお、緑ヶ岡５～６丁目の状況を、写真３に示す。

図５に、積雪状況の中で見られた地盤変状および家屋の移動などを示す。

図６に、家屋の移動が見られた近くの場所で採取した砂および建物内で噴砂現象があったといわれた砂の粒度分布を示す。採取砂は、日本港湾協会による液状化発生の可能性範囲[4]に入っていた。

写真１　管路被害例
(呼び径100㎜鋳鉄管、管体折損)

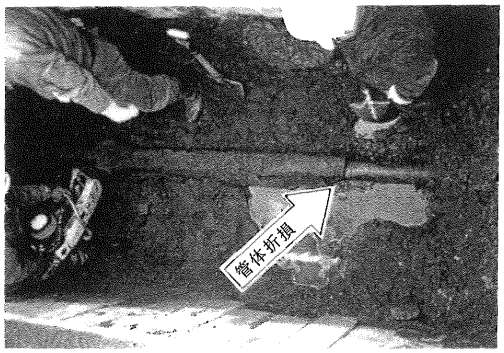


写真２　管路被害例
(呼び径75㎜鋼管、継手部破損)

また、写真４、５に斜面崩壊、家屋の移動例を示す。

これより、当地区での地盤変状に関して次のものが見られた。

① 斜面崩壊。
② 数10cmの家屋の移動。
③ 傾斜地盤で、10cm前後の地盤の亀裂。

図５　地盤変状および家屋移動など
(積雪状況の中で見られたもの)

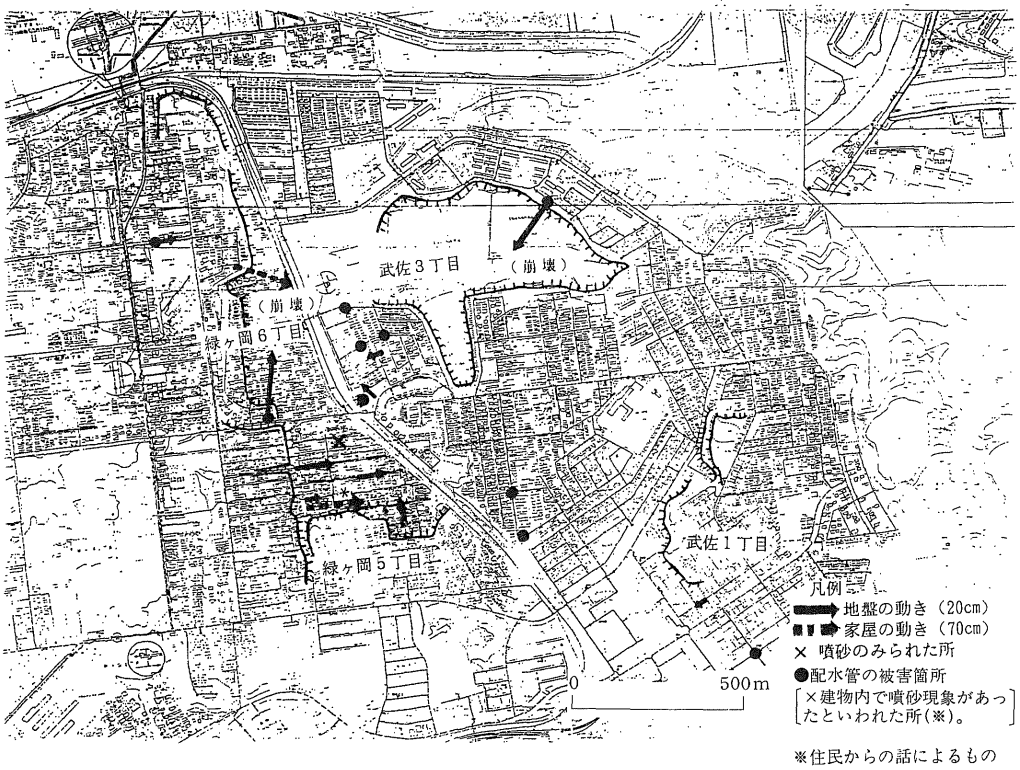
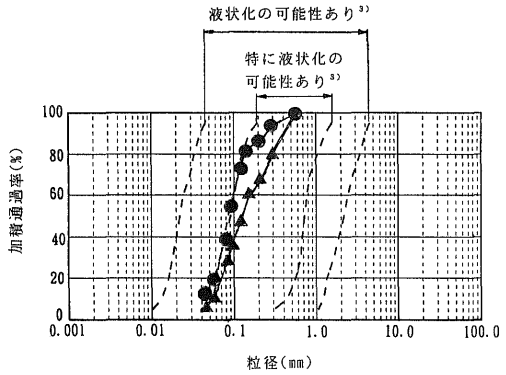


図6　現地で採取した砂の粒径分布



▲家屋の移動が見られた付近での砂
（緑ヶ岡5丁目、写真5参照）
●建物内で噴砂現象があったといわれた砂
（緑ヶ岡5丁目、図5参照）

（注）日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説、1979年

写真3　緑ヶ岡5、6丁目の状況

緑ヶ丘5丁目←→緑ヶ丘6丁目

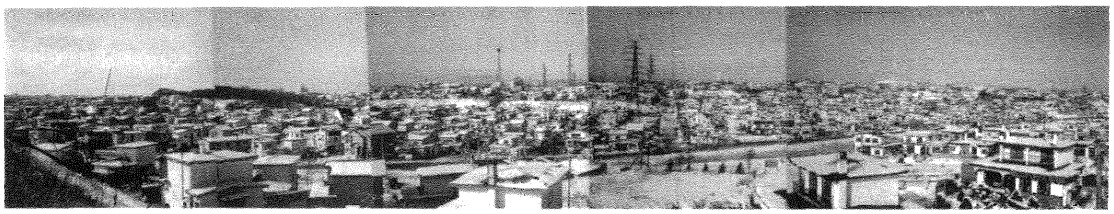
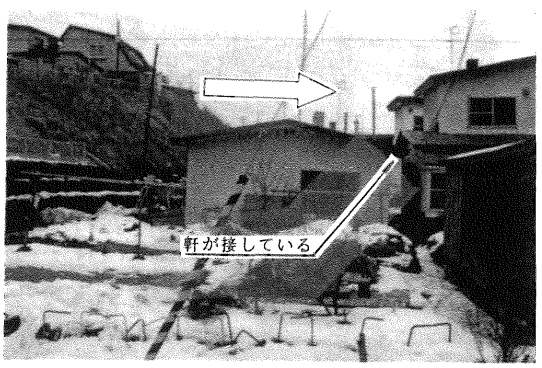


写真4　斜面の崩壊（武佐3丁目）

写真5　家屋の移動（緑ヶ岡5丁目）

（住民からのヒヤリングによると数10cm動いたとのこと）



④　家屋の基礎部で数10cmの地盤の亀裂。

当地区においては前述したように、かなり多くの地盤変状が発生しており、このことが管路の被害につながった大きな要因のひとつであったものと推察される。

4．厚岸町の被害状況

1．概　要

厚岸町上水道の概要を以下に示す。(平成3年3月現在)

給水人口：11,862人

配水能力：6,000m³/日

導・送・配水管の延長距離（平成5年2月現在)

導・送水管：　9.092km

配　水　管：77.726km

2．管路の被害状況（平成5年2月19日現在)

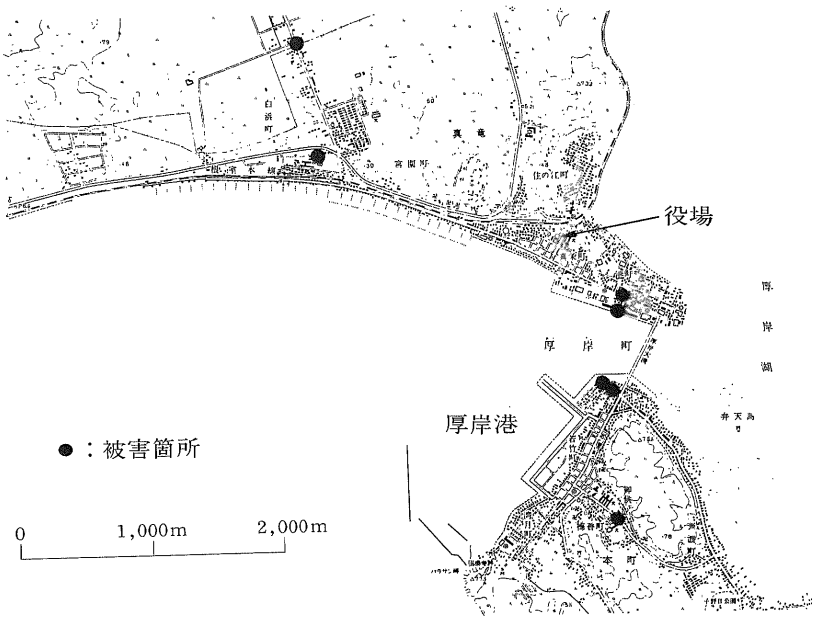
図7に、中心部での管路の被害分布（配水管）を示す。

写真6、7に管路の被害例を示す。

なお、各管種の被害形態は次のものであった。〔ダクタイル鉄管(含む鋳鉄管)は、約12km布設されていたが、被害はなかった。〕

管　　種	被　害　形　態
鋼　　管	管体の亀裂・折損
石綿セメント管	管体の折損
硬質塩化ビニル管	管体の折損 継手の破損
ポリエチレン管	管体の亀裂・折損 継手の破損

図7　厚岸町の配水管被害場所（中心部での例）



5．帯広市の被害状況

1．概　要

帯広市上水道の概要を以下に示す。(平成3年3月現在)

給水人口：163,554人

配水能力：　81,924m³／日

配水管の延長距離

配水管800.822km

2．管路の被害状況

表2に、配水管被害一覧（平成5年2月4日現在）を示す。

図8に、配水管被害場所を示す。

なお、各管種の被害形態は次のものであった。

写真６　管路被害例

(呼び径150㎜石綿セメント管、管体折損)

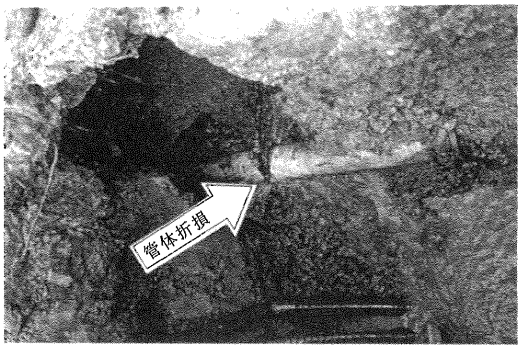


写真７　管路被害例

(呼び径75㎜硬質塩化ビニル管、継手部破損)

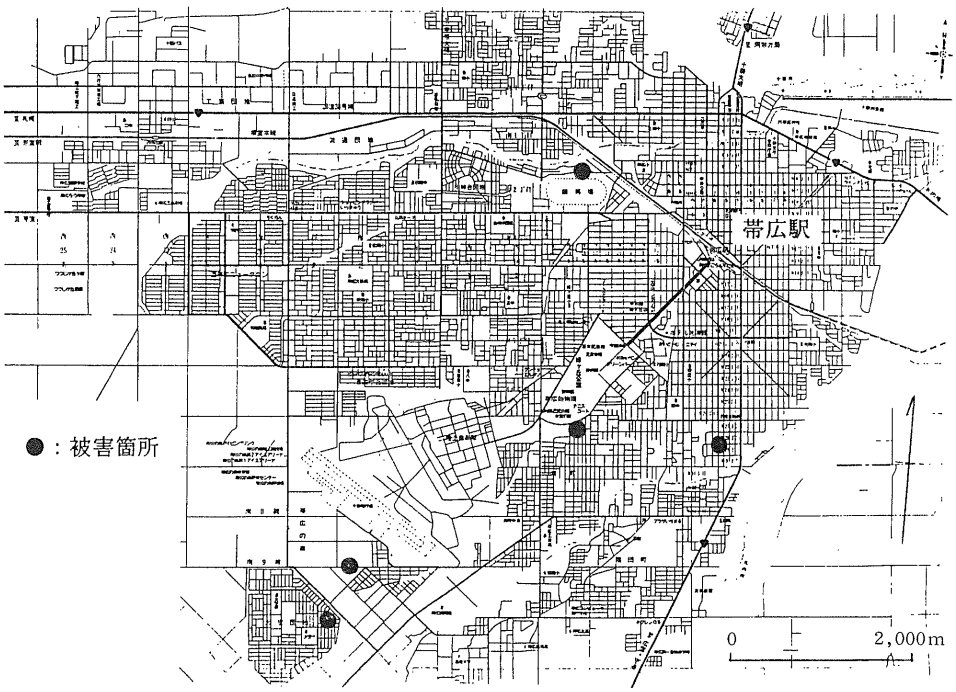
管　種	被害形態
ダクタイル鉄管	(分水栓の破損)
鋳鉄管	管体の亀裂 継手のずれ
硬質塩化ビニル管	管体の亀裂 継手の抜け

表２　帯広市の配水管被害一覧

呼び径(mm) 管　種	～50	75	100	400
ダクタイル鉄管		(1)[1)]	—	—
鋳鉄管		—	1	1
硬質塩化ビニル管	2	—	—	
計	2	1	1	1

注１）分水栓の破損。

図８　帯広市の管路被害分布（配水管）



管体破

6．白糠町の被害状況

1．概　要

白糠町上水道の概要を以下に示す。(平成4年3月現在)

給水人口：11,741人

配水能力：4,800m³／日

配水管の延長距離

配水管　62.588km

2．管路の被害状況

表3に、被害一覧（平成5年2月5日現在）を示す。〔ダクタイル鉄管は、約44km布設（含む、鋳鉄管）されていたが、被害はなかった。〕

被害率として石綿セメント管は0.336件/km硬質塩化ビニル管は0.224件/kmであった。

表3　白糠町の被害一覧

呼び径(mm) / 管種	～50	75	100	150	450
鋳鉄管		1	—	2	1
鋼管	1	—	—	—	
石綿セメント管		1	3	1	
硬質塩化ビニル管	—	1	—	—	
ポリエチレン管	6				
計	7	3	3	3	1

7．おわりに

以上、1993年釧路沖地震による釧路市、厚岸町、帯広市、白糠町の管路被害調査結果について述べた。

関係諸機関のご協力により、管路の被害状況をかなり明確に把握することができた。

今後は、この結果を踏まえ、管路の耐震研究などに活用していきたいと考える。

この調査に関し、釧路市水道部、厚岸町水道課、帯広市水道部、白糠町水道課の方々には大変お世話になった。紙面を借りて厚くお礼を申し上げる次第である。

——参考文献——

(1) 関西ライフライン研究会：釧路沖地震緊急レポート、平成5年2月24日

(2) 釧路市水道部：釧路市上水道事業の概要、平成4年4月1日現在

(3) 岡崎由夫：釧路の地質、釧路叢書、第7巻、1966

(4) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説、1979年

1993年能登沖地震による石川県珠洲市における水道管路被害調査

日本ダクタイル鉄管協会
技術委員　岩本利行
〃　福田儀一
〃　山村佳裕
〃　難波　徹

1．はじめに

平成５年２月７日午後10時27分頃、能登沖約20kmを震源として、マグニチュード6.6の地震が発生した。

石川県輪島市では震度５、北陸地方一帯で震度４～３、東北から近畿地方にかけて震度２～１を記録した。

震源地に近い珠洲市の市街地には気象台、測候所がなく地震記録は得られていないが、今回、地震による被害が集中した。

この報告は、地震発生２日後の２月９日から現地に入り、水道管路の被害状況および地盤の液状化による噴砂現象や地盤の亀裂などの地盤変状についての調査を実施した内容を取りまとめたものである。

2．地震の概要

能登沖地震の概要は、以下の通りである。

(1)　発生日時：1993年２月７日（日）
　　22時27分頃

(2)　震源位置：北緯37.7度、東経137.3度

(3)　震源深さ：約30km

(4)　マグニチュード：6.6

(5)　震度：図１に震度分布を示す。

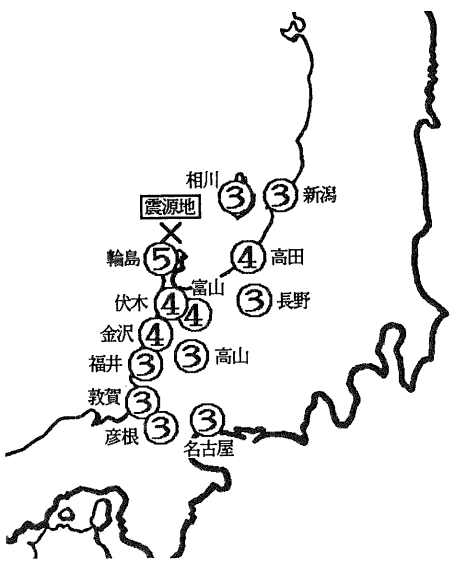
なお、主な震度は次の通りであった。

震度Ⅴ：輪島

震度Ⅳ：富山、金沢、伏木、高田

震度Ⅲ：福井、新潟、長野、敦賀、名古屋

図１　各地の震度



3．水道管路の被害状況

1．施設概要[1]

図2に水道給水区域を示す。

珠洲市は、上水道および7つの簡易水道からなっている。

以下に珠洲市の水道施設の概要を示す。

① 給水人口：上水道　15,640人
　　簡易水道　5,160人
　　計　20,800人

② 給水戸数：上水道　4,364戸
　　簡易水道　1,442戸
　　計　5,806戸

③ 配水量（平均）：上水道　4,483m³／日
　　簡易水道　1,125m³／日
　　計　5,608m³／日

④ 管路延長

〈上水道〉

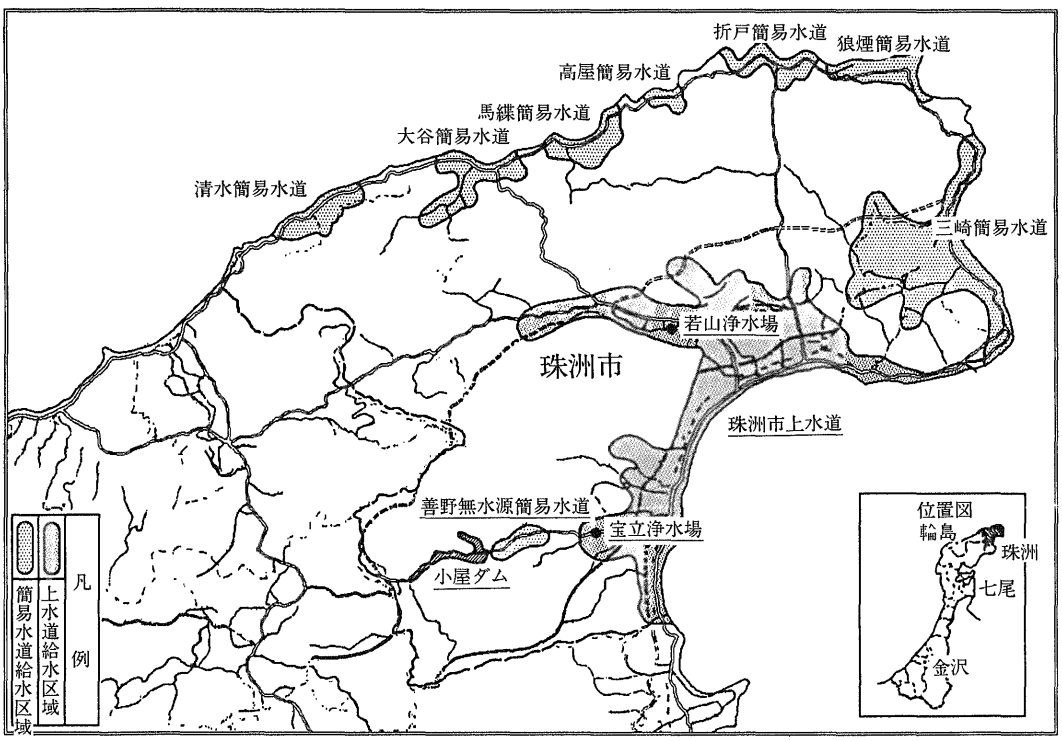
導水管：　0.664km
送水管：　17.605km
配水管：138.966km
計　157.235km

〈簡易水道〉

導水管：　7.631km
送水管：　3.025km
配水管：　60.139km
計　70.795km

（注）　珠洲市内の地震加速度については、測候所がなく不明であるが、輪島測候所では130.6 galであった。

図2　珠洲市水道給水区域



2．水道管路の被害状況

水道管路の被害は、珠洲市街地の上水道と三崎町、狼煙（のろし）町、大谷町の3ヵ所の簡易水道で発生した。

表1、2に上水道および簡易水道の被害状況の一覧（平成5年2月26日現在）を示す。

図3に、珠洲市街地の上水道の送・配水管で発生した被害地点を示す。

図4に、三崎、狼煙地区の送・配水管で発生した被害地点を示す。(大谷地区での被害は、配水管1件で、呼び径50mmの硬質塩化ビニル管であった。)

写真1、2に管路の被害状況例を示す。

被害の状況は、以下の通りであった。

〈上水道〉

① 送水管の被害は1件で、鋳鉄管(φ250)であった。

② 配水管の被害は19件であった。硬質塩化ビニル管の被害率は0.20（件／km）であり、石綿セメント管の被害率は、0.04（件／km）であった。

③ 給水管の被害件数は15件であった。

〈簡易水道〉

① 送水管の被害は3件で、鋼管(φ80)であった。

② 配水管の被害は13件で、石綿セメント管が62%であった。

③ 給水管の被害件数は8件であった。

なお、ダクタイル鉄管には、上水道、簡易水道ともに被害がなかった。

(ダクタイル鉄管布設延長は約54kmである。)

表2　水道管路（給水管）の被害状況

区分／管種	上水道 呼び径(mm)	上水道 件数	簡易水道 呼び径(mm)	簡易水道 件数
硬質塩化ビニル管	13	8	13	1
	20	2	20	5
	25	2	25	2
	28	1		
	30	1		
	小計	14	小計	8
鋼管	25	1	—	—
被害件数合計		15		8

表1　水道管路（配水管）の被害状況

区分／管種	上水道 呼び径(mm)	上水道 件数	上水道 被害率(件／km)	簡易水道 呼び径(mm)	簡易水道 件数
硬質塩化ビニル管	40	9		40	1
	50	4	—	50	3
	75	3			
	100	1			
	小計	17	0.17	小計	4
石綿セメント管	100	1		75	2
			—	100	2
				200	4
	小計	1	0.04	小計	8
鋼管	200	1	0.53	100	1
被害件数合計		19	0.12		13

図３　珠洲市街地の上水道の送・配水管被害分布

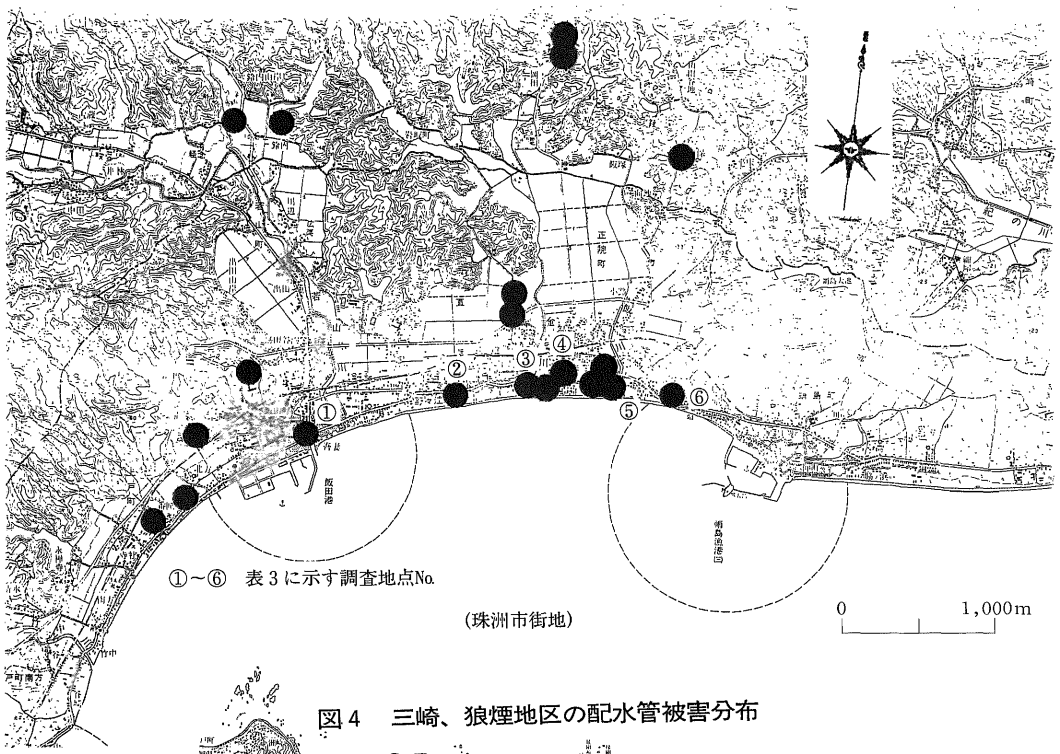


図４　三崎、狼煙地区の配水管被害分布

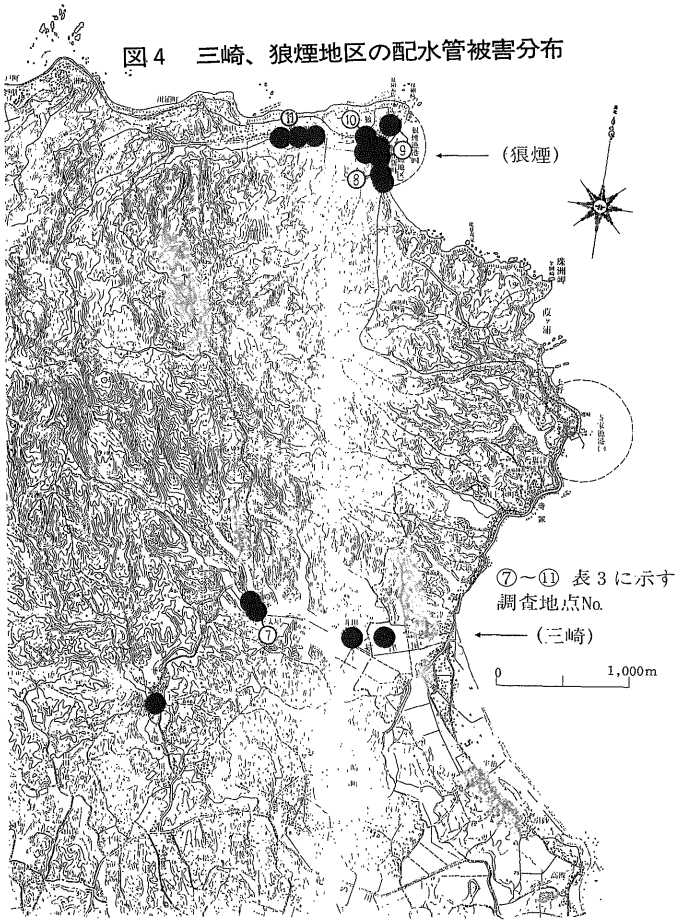


写真１　管路の被害状況例
（呼び径200㎜鋼管継手部破断、図５No.①地点）

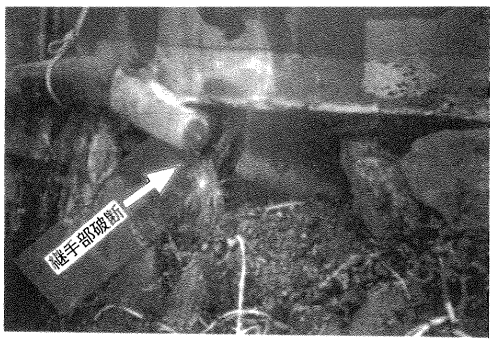


写真２　管路の被害状況例
（呼び径50㎜塩化ビニル管継手部破断、図５No.⑤付近）

４．地盤変状と管路被害との関係

１．液状化現象

１．噴砂発生地点

図５に、市街地で地盤の液状化現象のひとつである噴砂が見られた地点を示す。

また、図中に地盤、建物の水平移動量（相対変位量）が見られたものを矢印で示す。

この図から、噴砂は市内のかなり広い範囲に渡って発生していることがわかる。

２．噴砂の粒度分布

図５に示した噴砂などが見られた地点、地点および狼狽町内での砂をサンプリングし、粒度試験を実施した。

図６に粒度試験から得られた３地点での粒度分布を示す。

各サンプルともに、日本港湾協会による液状化発生の可能性範囲(2)に入っていた。

写真３　噴砂の例（正院町内）

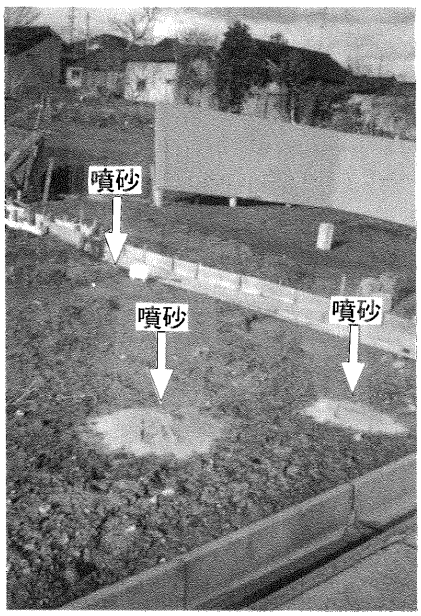
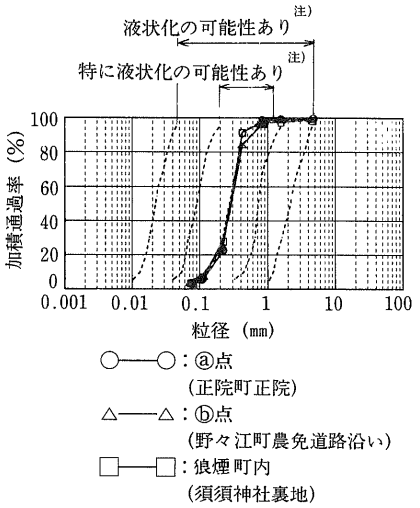


図６　噴砂地点等から採取した砂の粒度分布



注）日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同開設、1979年

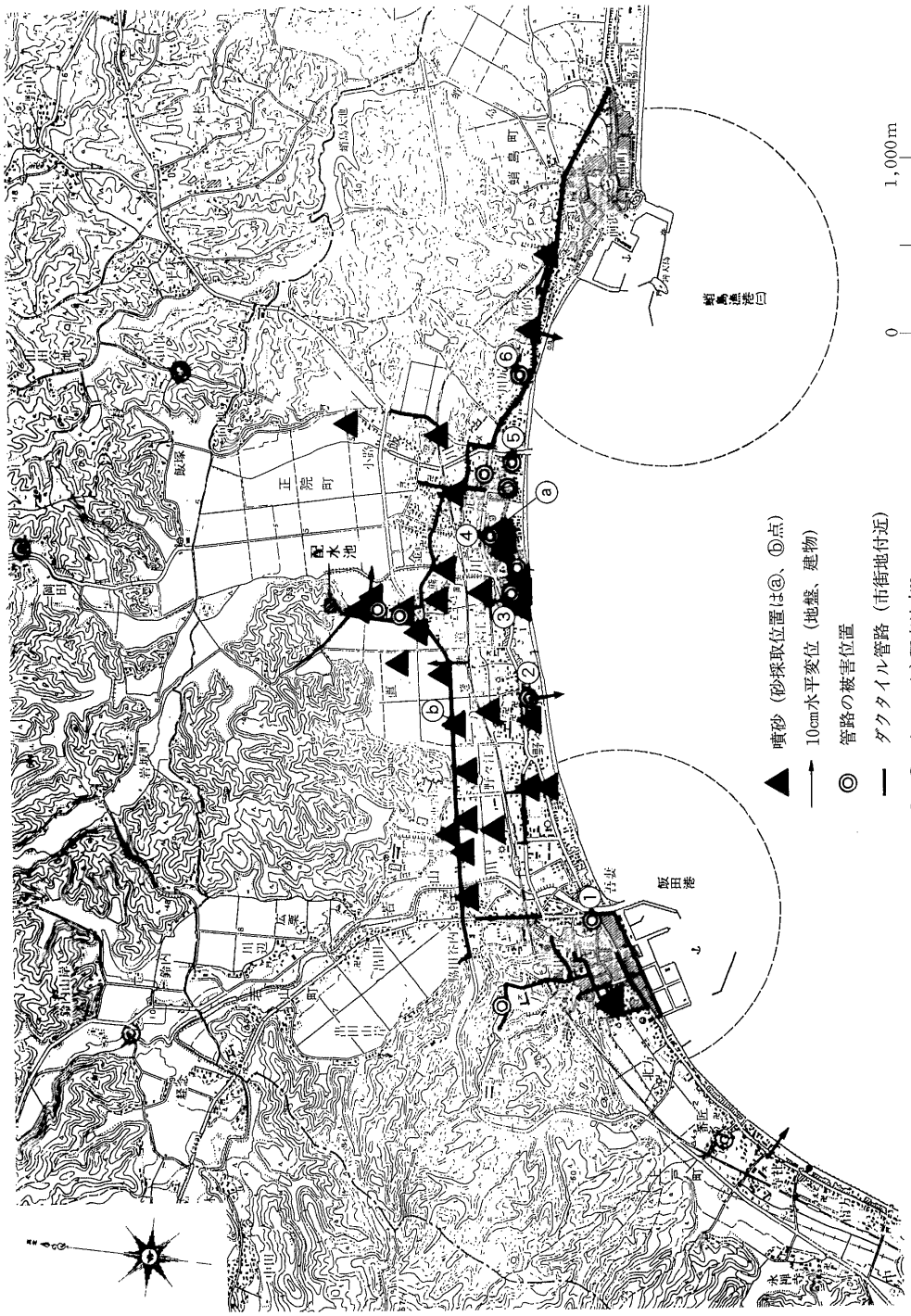


図５　噴砂および地盤変状の見られた地点

2．管路被害地点での地盤変状

表３に、管路の被害地点での地盤（路盤）の亀裂などの変状が見られた内容を一覧で示す。

写真４、５に管路被害地点での亀裂が見られた地盤変状の状況例を示す。

写真６にダクタイル鉄管が布設されていた道路での地盤変状が見られた例を示す。

管路の被害地点での地盤変状の調査より、次のことが見られた。

① 被害地点の地盤には、２～４cm程度の亀裂や沈下が見られた。

② 特に、地盤の亀裂は護岸、傾斜地盤、噴砂発生地盤、盛土地盤で発生していた。

写真４　護岸での亀裂例
（表３、調査地点No.①付近）

写真５　傾斜地盤（坂道）での亀裂例
（表３、調査地点No.⑤付近）

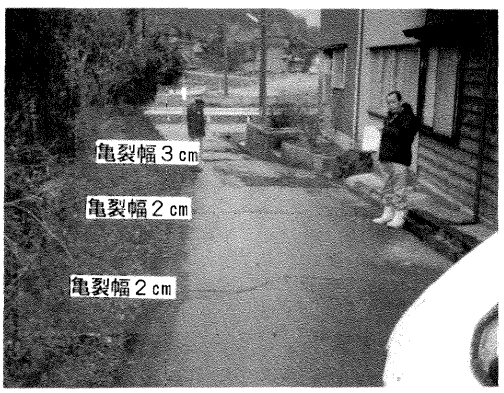


表３　管路被害地点での地盤変状一覧

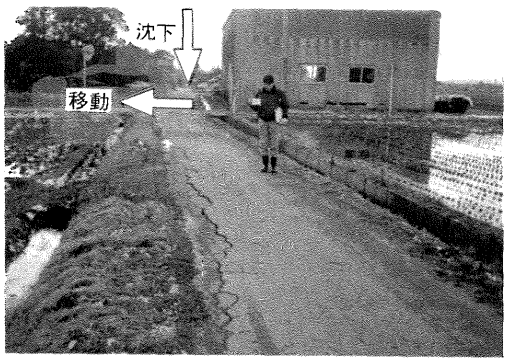
調査地点No.（注）	被害管路	地形等の状況	地盤変状等の状況
①	鋼管 φ200 (暗渠部)	護岸	2～4cm（亀裂） x：被害地点（以下同様）
②	硬質塩化ビニル管 φ40	傾斜地盤	5.5cm 2～3cm（亀裂）
③	硬質塩化ビニル管 φ40	傾斜地盤	3cm（亀裂）
④	石綿管 φ100	平坦地盤（噴砂発生地点）	1cm 2cm（亀裂） 噴砂
⑤	硬質塩化ビニル管 φ50	傾斜地盤	地面の盛り上がり3cm 2cm 2cm（亀裂）
⑥	硬質塩化ビニル管 φ40	傾斜地盤	2cm 2cm 3cm 1cm（亀裂）
⑦	石綿管 φ200	平坦地盤	1.5cm（沈下）
⑧	石綿管 φ75	平坦地盤	3cm（沈下）
⑨	鋼管 φ100 (添架部)	護岸	20cm（移動）
⑩	石綿管 φ100	傾斜地盤	地面の盛り上がり 5cm
⑪	石綿管 φ100	盛土	1cm（盛土）

（注）調査地点は、図３～５に示す。

写真6　平坦地盤での変状例（正院町）　この道路部分で、水平の移動が約14cm、地盤の沈下が約6cm見られた。

また、この付近では噴砂も見られた。

なお、この道路には呼び径350mmダクタイル鉄管が2条配管されていたが被害はなかった。



3．まとめ

以上に示した調査から、次のことが分かる。

① 市内のかなり広い範囲にわたって、噴砂現象が見られた。

サンプリングした砂は、液状化発生の可能性の高いものであった。

② 地盤変状（亀裂、移動、沈下）も、市内の各地で見られた。

管路被害地点の地盤では、2～4cm程度の亀裂や沈下が見られた。

③ 特に、地盤の亀裂は護岸、傾斜地盤、噴砂発生地盤、盛土地盤で発生していた。

④ 管路被害地点での地盤変状（亀裂、沈下など）は、市内のかなり広い範囲にわたって発生した液状化（噴砂発生）によるものも一因であろうと推察される。

5．おわりに

以上、1993年能登沖地震の石川県珠洲市における水道管路被害調査結果を示した。

関係者のご協力により、被害状況を調査することができた。

今後は、この結果を管路の耐震研究などに活用していきたいと考える。

この調査にあたり、珠洲市水道課の方々には大変お世話になり、この紙面を借りて厚くお礼を申し上げる。

（参考文献）

(1) 珠洲市水道課：平成3年度水道事業年報、1993年

(2) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説、1979年

ダクタイル鉄管第53号

平成4年10月

技術レポート 1

PII形ダクタイル鉄管による石綿セメント管の更新について

堺市水道局施設部拡張課
拡張第2係長　**山岡　剛**
技術職員　**浅尾　稔**

1．はじめに

堺市は大阪府中央部の西寄りに位置し、西は大阪湾に、北は大和川を隔てて大阪市に接し、東南方向に拡がった136.77㎢の市域は温暖な気候に恵まれており、人口約81万人を擁する大阪府下第２の都市である。

本市の歴史はきわめて古く、その起源は縄文時代にさかのぼり、５世紀の前半には日本最大の前方後円墳 —仁徳天皇陵— が築造されるなど、古くから文化が進んでいた。

室町時代には遣明船の発着港となり、当時わが国では稀な自治都市を形成し、また、堺商人を中心に茶道をはじめ香り高い文化を開花させ、経済的にも文化的にも繁栄してきた。

その後、徳川幕府の鎖国政策や大和川の付け替えによって大きな打撃を受けたものの、糸割符貿易の最高量に中世の名残りをとどめた。

明治22年４月１日、全国31市のひとつとして市制をひいて以来順調に発展を続け、戦後開発された沿岸部における堺・泉北臨海工業地帯は、わが国有数の重化学コンビナートであり、また、南部地域の泉北ニュータウンは計画人口18万人の大規模な住宅地を形成している。

現在は関西新空港の開港を控え、世界に開かれた堺市として調和と風格のある都市をめざして、21世紀に向けて都市の活性化とともに人間性を尊重する快適で住みよい新しい町づくり計画を進めている。

図１　位置図

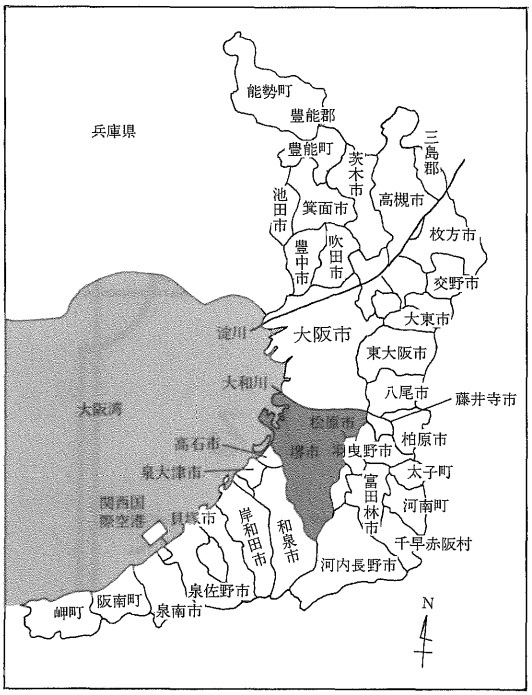
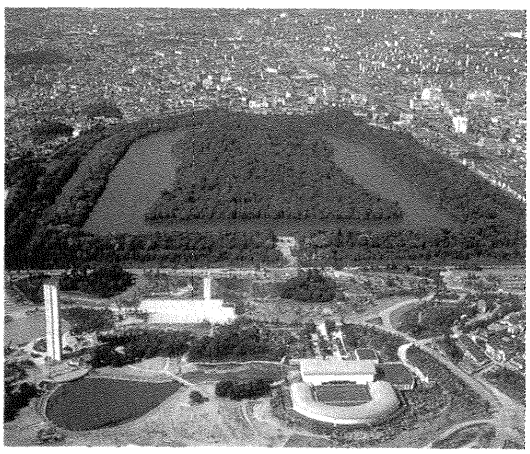


写真１　仁徳天皇陵



２．水道の歴史

当市の水道の歴史は古く、明治43年（1910年）に給水人口１万4,000人でスタートしたが、年々増え続ける水需要に対応するため15次にわたる拡張事業を繰り返して、現在では給水人口81万人、普及率99.9％を達成するに至っている。

当初、水道水源は大和川に依存していたが、その水量は乏しく、毎年のように夏季には給水制限を行わざるを得なかった。また、昭和30年代になってからの近隣の町村合併、臨海工業地帯の造成や住宅団地群建設などによって水需要は年々増加し、大和川と深井戸だけの水源では到底まかないきれず、淀川を水源とする大阪府営水道の水への依存度が高まってきた。

また、昭和53年には大和川の水質悪化が原因で取水を完全に休止したことによって、現在では水道水の99.87％を大阪府営水道から受水している。

今回紹介する800㎜石綿セメント管の受水管は、昭和39年に大阪府営水道の４次水を受水するために布設されたものの一部である。

３．更新工法の選択

当石綿セメント管路は布設から27年を経過しており、幸い大事故もなく今日に至っているが、経年劣化による強度の低下が懸念され、今回府営水道の断水時を利用して当管路の更新を計画した。

管路の更新工法としては、①開削工法、②パイプ・イン・パイプ工法、③ホースライニング工法、④インシチュフォーム工法など、さまざまな工法が開発されているが、検討の結果、

① 住宅密集地で道路幅員も狭く、付近住民へ与える影響が少ない工法である。

② 他の地下埋設物（水道・下水・ガスなど）が輻輳しており、できるだけ掘削部分の少ない工法である。

③ 工期が短く、断水および交通規制の期間が短縮できる工法である。

④ 既設管の僅かなだ行や継手部の抜け出しによる段差などに順応でき、しかも離脱することがない継手である。

などの理由により、PII形ダクタイル鉄管を使用するパイプ・イン・パイプ工法を採用することとした。

また、呼び径については必要な受水量を確保するため、呼び径700㎜とした。

図２　ダクタイル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法の概略

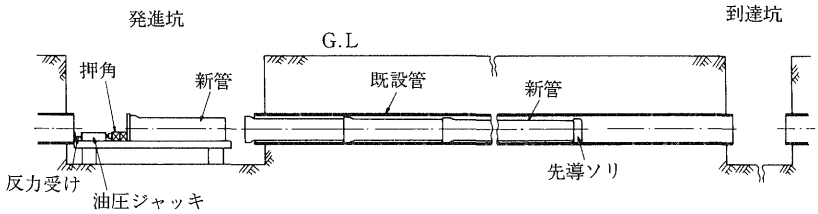
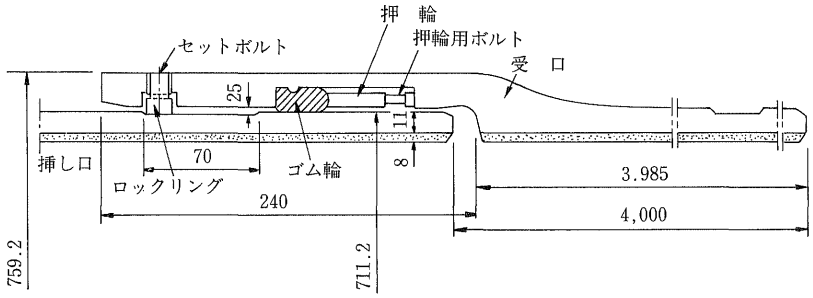


図３　ＰⅡ形直管呼び径700mm



呼び径700mmＰⅡ形ダクタイル鉄管の継手性能は下表の通りである。

表１　継手性能

項　目	性　能
離脱阻止力	105tf
抜け出し余裕量	55mm
許容屈曲角	3°
曲げ剛性	6.6tf･m
限界屈曲角	4° 25′

４．工事概略

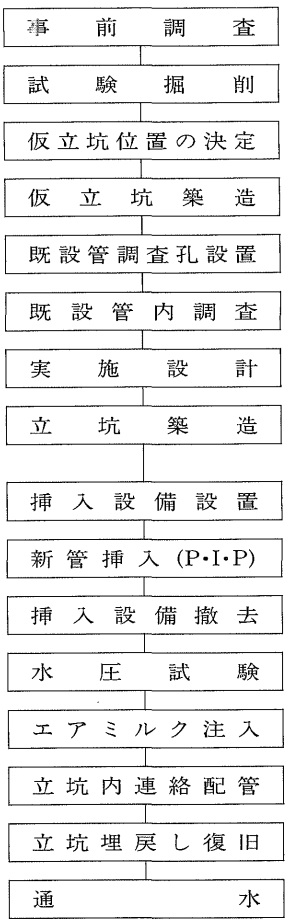
工事名：深井中町～堀上町受水管布設工事
工事場所：堺市深井中町～堀上町地内
工事期間：平成２年11月22日～
　　平成３年６月29日
工事内容：ＰⅡ形ダクタイル鉄管による
　　パイプ・イン・パイプ工事
　　ＰⅡ形呼び径700mm×4.00m
　　（３種管）
施工延長：立坑No.１～No.４
　　Ｌ＝182.4m（３スパン）
　　立坑No.６～No.７
　　Ｌ＝320.0m（１スパン）

５．工事手順

１．施工手順について

調査から通水までの施工手順は次の通り。

図４　施工手順



2．事前調査について

① 配管管理図による既設管の埋設状況の調査。

② 現地踏査による既設管の位置調査。

③ 現地踏査による交通量、住宅状況、地下埋設物、地上構造物などの調査。

④ 管路延長の路上測量調査。

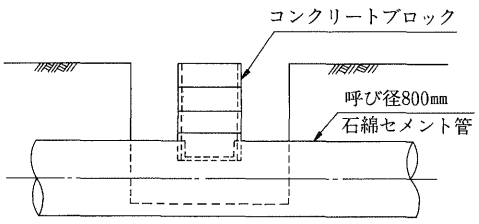
などを事前に行ったが、施工計画を立案する上で十分なものではなかったため、現地で試験掘りを実施し管路の埋設位置、深さなどを確認した。

管内の調査は断水を必要とするので実施できないため、試験掘りの結果より挿入用立坑の位置を仮定して仮立坑を設置し、断水時に管内調査を行うこととした。

3．仮立坑について

仮立坑は円形900㎜コンクリートブロックを既設管上部に段重ねして管に穴をあけ、排水、換気および調査のための管内出入口とした。その構造は図５の通りである。

図５　仮立坑



4．管内調査について

仮立坑より次の項目について調査を行った。

① 異形管の有無・使用箇所

② 胴付寸法測定

③ 継手段差測定

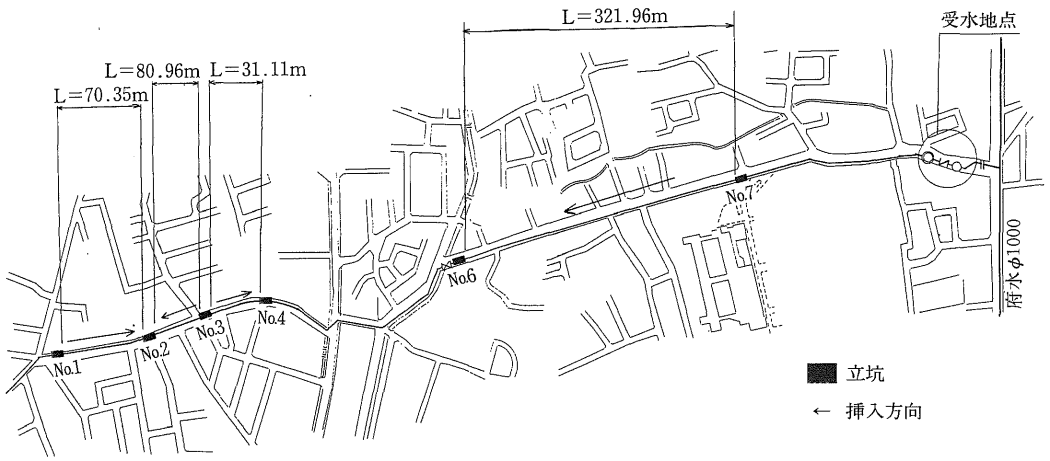
④ 管内径測定

⑤ 管長測定

調査の結果、異形管はほぼ予想通りの位置にあった。継手部の抜け出しおよび段差なども若干見受けられたが、４ｍ直管の挿入には問題のない程度であった。

写真２　仮立坑

図６　立坑位置図



5．実施設計について

管内調査結果をもとに立坑位置、配管方法などの実施設計を行った。

立坑位置を図6に示す。

6．立坑築造

試験掘りなど明確になった他の埋設物の布設替え、切り回しのあと立坑の築造を行った。

交通規制を最少限とするため、到達立坑は管が到達する直前に完成するように配慮した。

発進立坑、到達立坑の写真を次に示す。

7．新管挿入（P・I・P）

① 挿入力は次式で求められる。

$$P = \mu \cdot W \cdot L$$

ここに、P：挿入力（tf）

μ：既設管と新管との摩擦係数（0.5）

W：新管の1m当たりの重量（0.2175tf）

L：新管の挿入長（m）

計算の結果、最大34.8tfの挿入力が必要である。

写真3　発進坑

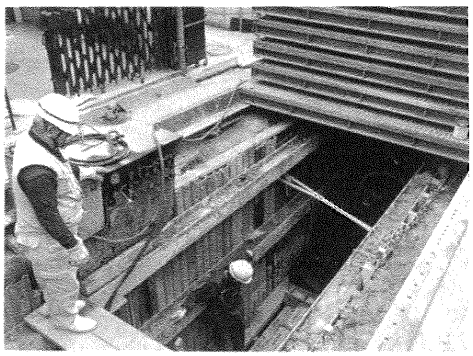


写真4　到達坑

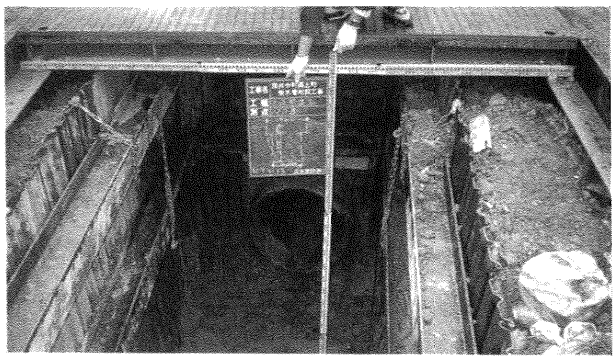


図7　挿入設備の概要

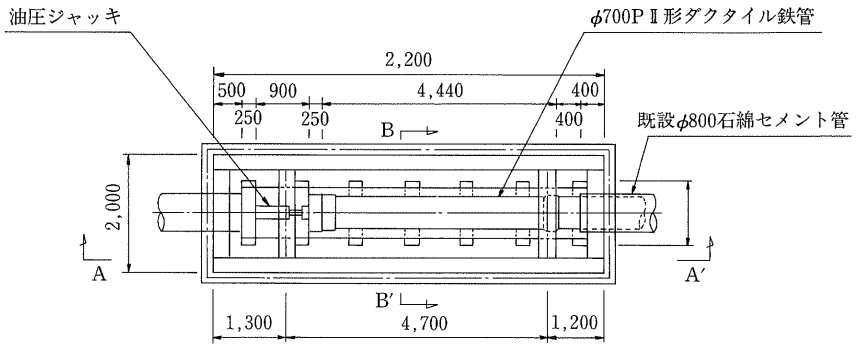
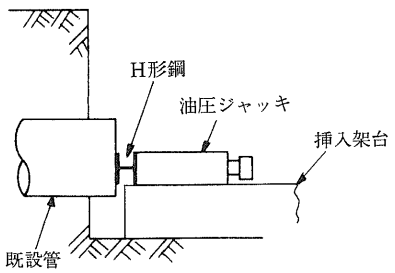


図8　反力受けの構造



② 挿入設備の概要を図7に示す。

③ 挿入架台

挿入架台はH形鋼材を使用した。

④ 反力受け

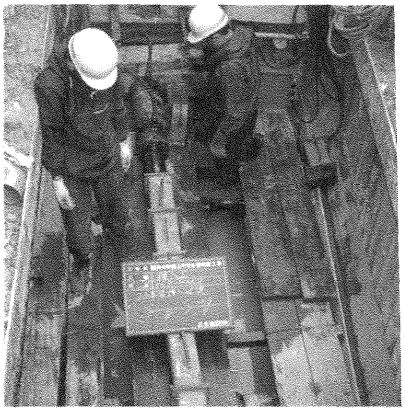
新管の挿入力を支えるために、鋼材を利用して反力受けを設置した。

⑤ 油圧装置

新管の既設管内への挿入は、油圧ジャッキを用いて推進工事と同様に押し込む方法で行う。なお、油圧ジャッキの能力

は挿入力の計算結果から50tfのものを1基使用した。

写真5　挿入設備（油圧装置）



⑥　先導ソリ

先頭の新管が既設管の継手部の段差を乗り越え、スムーズに挿入できるように先導ソリを先頭管挿し口端面に7カ所取り付けた。

8．施工実績

4スパンを連続して新管挿入したが、各スパンとも施工実績は6本～8本／日であり、順調に工事を完了することができた。

図10　試験方法

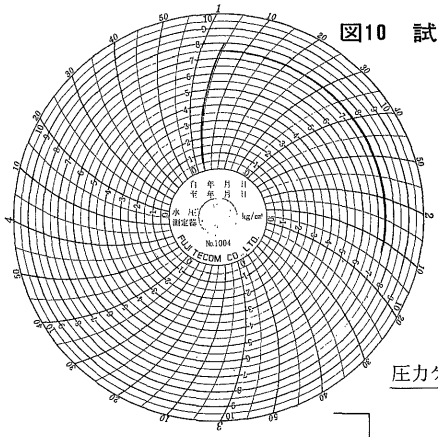


図9　先導ソリ

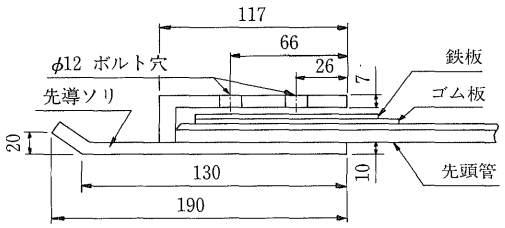
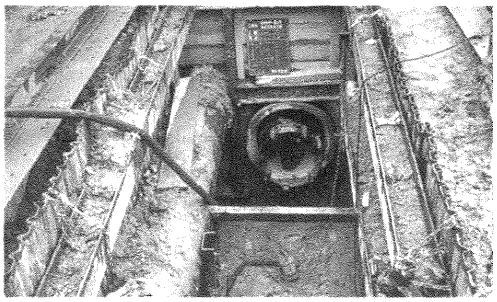


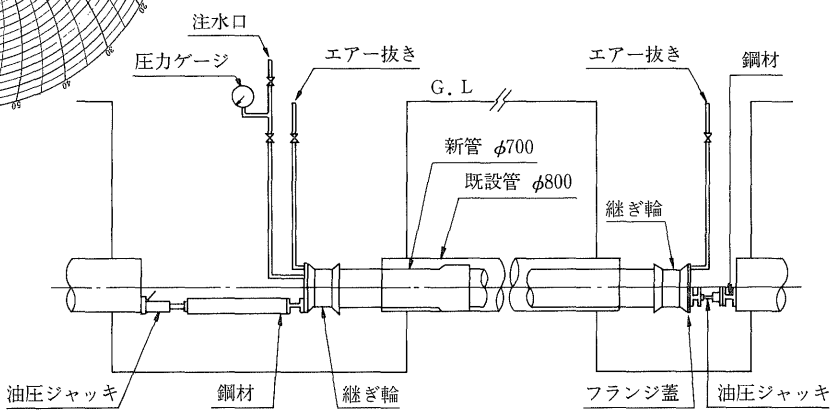
写真6　先導ソリ

写真7　到達状況



9．水圧試験について

各スパンごとに水圧試験を実施した。



試験水圧7.5kgf/㎠、保持時間１時間で圧力降下は認められなかった。

年　　度	平成２年度	工事番号	配整備第62-11号
工 事 名	深井中町～堀上町受水管布設工事		
管種･口径	φ700	延　　長	320M
注入水量	80 ℓ	試験時間	１時間00分
実施年月日	平成3年11月11日	監督員氏名	浅尾　　稔

10．エアーミルク注入

新管挿入後、既設管との間隙にセメントミルクを注入し、将来の地盤沈下などを防止する。

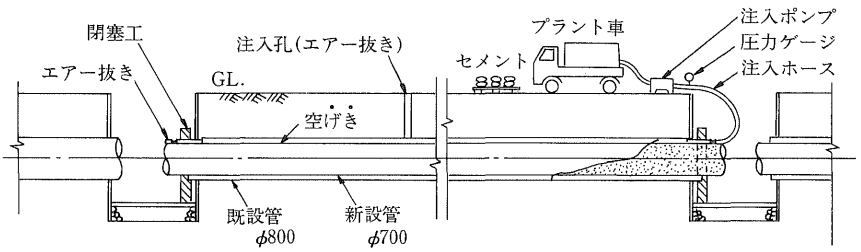
注入方法を次に示す。

エアーミルクの配合は次の通りである。

表２　エアーミルク配合表

セ　メ　ン　ト	350kg
水	196 ℓ
発　泡　剤	1.48 ℓ
空 気 含 有 率	66%
比　　重	0.58
圧　縮　強　度	147N/㎠(15kgf/㎠)

図11　エアーミルク注入標準図



６．おわりに

大阪府営水道からの受水管である石綿セメント管の更新事業として、ＰⅡ形ダクタイル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法を採用したが、順調かつ安全に、しかも経済的に施工することができた。これにより強い安全な管路による安定した受水が可能となったことは適切な選択であったと考えている。

他都市におかれても同様な老朽管路の更新を計画されているかと思われるが、更新工法の選定に際してご参考になれば幸いである。

なお、当工事に際し、設計・施工・技術指導などにご協力をいただいた関係各位に感謝する次第である。

技術レポート2

非開削工法による管路更新事業について

徳島県板野町建設水道課
課　　長　田村幸雄
課長補佐　扶川和稔
係　　長　谷口　哲

1．まえがき

板野町は、古く律令時代から都と阿波国府それに讃岐国府の3つの拠点を結ぶ南海道の分岐点に位置して、交通体系の変化とともに長い歴史を歩み、源　義経が屋島の合戦へと向かうときに選んだのも、大坂峠越えの路であったといわれている。

また、50余年前に鉄道が敷かれて以来、人々の生活幹線として利用された路は瀬戸大橋の開通に伴って、板野駅が本州と直接結ばれる特急停車駅となり、四国も阪神経済圏の仲間入りをした。

一方、四国縦貫自動車道は、平成5年の開通をめざして着々と工事が進んでおり、完成後は大量高速輸送がもたらす経済効果が期待されている。

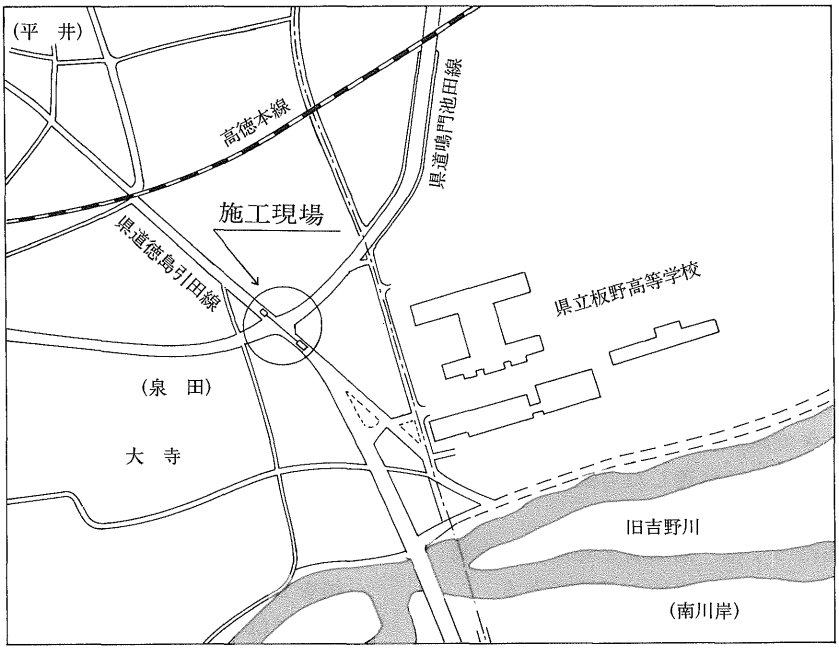
そういった中で、近代水道の歴史も100年を超え、管路施設の維持管理が水道事業の中で大きな比重を占めるようになってきた。

特に、長年月埋設された経年管は使用状況が埋設当時と大きく異なっており、通水量の増大による管径不足や交通量の増加による強度不足などのため、更新の必要に迫られている場合が多い。

当建設水道課でも、交通量が多く、舗装厚も大きい主要幹線道路に布設している石綿セメント管および塩化ビニル管の更新計画を進めている。

今回交通への影響が少ないP・A・P工法を試用し、呼び径125㎜石綿セメント管を増径して呼び径150㎜PA形ダクタイル鉄管に更新したので、その結果をここに報告する。

図１　施工現場位置図



２．工法の選定

今回計画した更新管路は、呼び径125㎜石綿セメント管、総延長144.47ｍで、そのうち64ｍが県道鳴門池田線と県道徳島引田線との交差部に布設していて舗装厚も大きく、通行量も多い所である。

特に鳴門池田線は京阪神へ直結する主要幹線道路で、夜間でも昼間と変わりなく交通規制の非常に難しい所から、開削せずにダクタイル鉄管に更新できる工法の検討を重ねて、地域住民や周辺交通への支障などの少ない P･A･P工法に決定した。

写真１　施工現場の交差点

3．P・A・P工法について

1．工法の概要

P・A・P工法は、埋設されている既設管を非開削でダクタイル鉄管に更新する方法である。工法の概略および使用機材の配置を図2に示す。

図に示すように、エアハンマを内蔵した掘進機がエアハンマの衝撃力で既設管を破砕し、これを拡径しながら地中を前進する。

同時に、掘進機の後端に接続されたダクタイル鉄管（PA形ダクタイル鉄管）が、掘進機の前進に合わせて発進立坑内のスライディングジャッキで既設管路跡に押し込まれる。

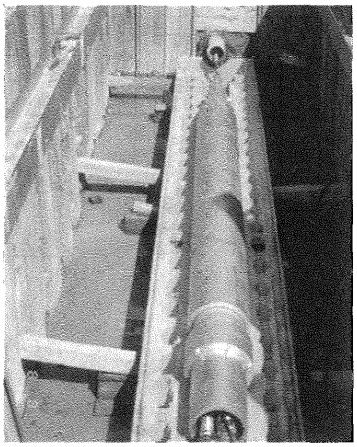
掘進機が到達立坑に達したら掘進機を回収し、管路の更新は完了する。

施工に当たっては、掘進機を発進させる発進立坑、回収する到達立坑が必要である。

発進立坑内にはガイドレール、スライディングジャッキ、立坑周辺の地上には掘進機動力源のエアコンプレッサやジャッキの油圧ユニットなどを配置し、到達立坑には定張力でけん引可能な油圧ウインチを設置する。

この油圧ウインチのケーブルは既設管の中を通って掘進機先端と結ばれており、常時一定の力でけん引するので掘進機は常に既設管路の軸線方向にガイドされ、新管が既設管路の通りに布設される。

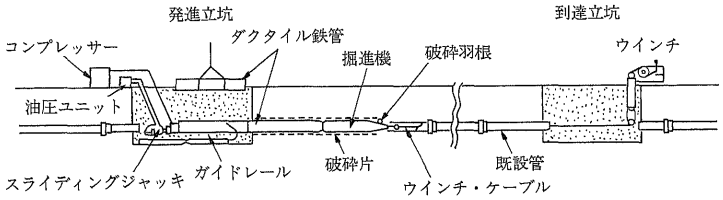
写真2　発進立坑内の掘進機



また、掘進機の頭部には油圧駆動の破砕羽根を2枚取り付けてあり、エアハンマの衝撃だけでは破砕できない継手部などの厚肉部は、これを押し広げて破砕することができる。

なお、本工法は英国ALH社のSize for Size工法をもとに開発した工法で、工期短縮や経済性の改善を主眼として、直接ダクタイル鉄管を掘進機に接続できるようにした工法である。

図2　P・A・P工法の概略図



2．工法の対象既設管路

管　種：石綿管、鋳鉄管（FC管）、硬質塩ビ管、その他不とう性管

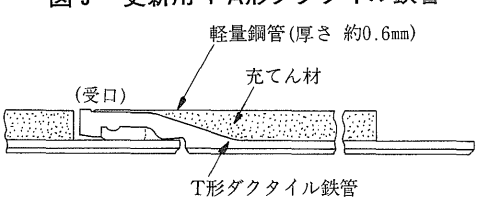
呼び径：75～250mm

3．工法に使用する新管

P・A・P工法で布設する新管には、PA形ダクタイル鉄管を使用した。なお、この管の呼び径範囲は100～250mmである。

PA形ダクタイル鉄管は、JIS G 5526に規定されているT形ダクタイル鉄管に外装を施した管で、図3に示すように外枠となる軽量鋼管とダクタイル鉄管とのすき間をモルタルで充てんした構造である。この外装により管外径は全長にわたって同一となり、ダクタイル鉄管押し込み時の抵抗を軽減させている。

図3　更新用 PA形ダクタイル鉄管



4．施工手順

基本計画作成	●既設配管図により基本計画作成
事前調査	●路面路査、試掘などの現地調査 ●既設管の布設状況（曲管、防護） ●他埋設物、構造物の有無、位置 ●環境調査（交通、住宅）
既設管詳細調査	●調査立坑設置 ●テレビカメラ挿入 ●既設管の屈曲、分岐管・特殊管の有無、位置
実施設計	●調査結果により立坑位置決定 ●実施配管設計
立坑位置	●発進・到達立坑設置
既設管切断・撤去	●断水、既設管切断・撤去、排水 ●立坑間の給水分岐は事前に解体
掘進機材設置	●発進立坑にスライディングジャッキ据え付け、掘進機設置 ●到達立坑にウインチ設置、ケーブルを掘進機先端に連結 ●コンプレッサー、油圧ユニット設置、掘進機後端にホース類接続
掘進機発進	●エアハンマの打撃・ウインチの牽引で既設管を破砕、掘進機貫入 ●貫入後ホース類増結、掘進機に先頭管接続・推進
新管接続・推進	●既設管を破砕しながら掘進・貫入、スライディングジャッキ新管推進 ●後続管を接合・ホース類増結、順次推進継続
掘進機到達	●掘進機、ホース類解体・回収 ●先頭管を所定の位置まで推進
推進完了	●両立坑の機材解体撤去
水圧試験	●水圧試験設備の設置 ●管内充水、加圧、水圧試験
立坑内配管連絡	●水圧試験水排水 ●立坑内配管接続 ●給水分岐の取り付け
立坑復旧工	●立坑埋め戻し、路面復旧
通水	●洗管、通水
更新工事完了	

4．施　工

1．工事内容

工事名称：板野高校前配水管布設替工事
工事場所：徳島県板野郡板野町大寺
（県道鳴門池田線）
工事期間：平成３年６月18日～
平成３年９月30日
更新長：Ｌ＝144.47m（内64m P･A･P工法による更新）
既設管路：呼び径125㎜ 石綿管 本舗装
土かぶり1.1m
更新管：呼び径150㎜ PA形 ダクタイル鉄管、K形ダクタイル鉄管
土　質：真土　湧水少々
発進坑：7.2m×1.5m（写真６）
到達坑：5.0m×1.4m（写真７）
更新工法：P･A･P工法

更新長144.47mのうち、開削することの困難な交差点の横断部64mをP･A･P工法で、残りの80.47mを開削工法で布設替えした。

また、更新区間内にある４カ所の給水分岐には仮設管を設け、給水を確保した。

図４　立坑　配置図

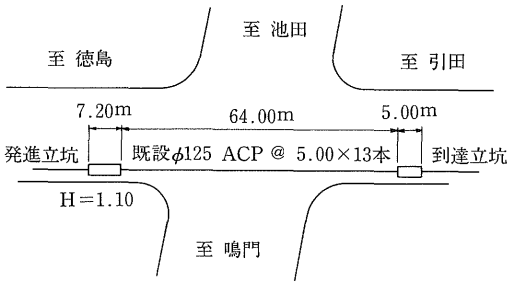


写真３　発進立坑

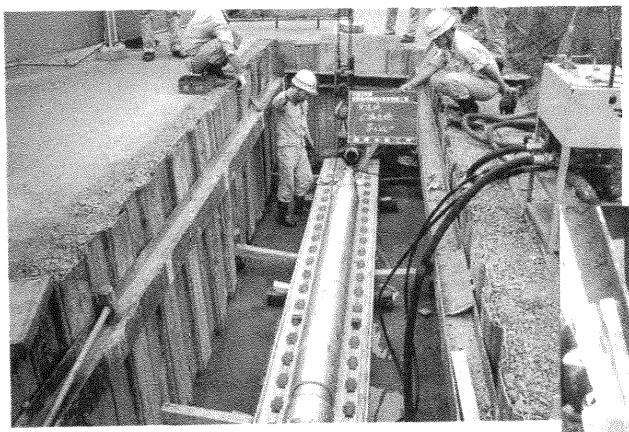
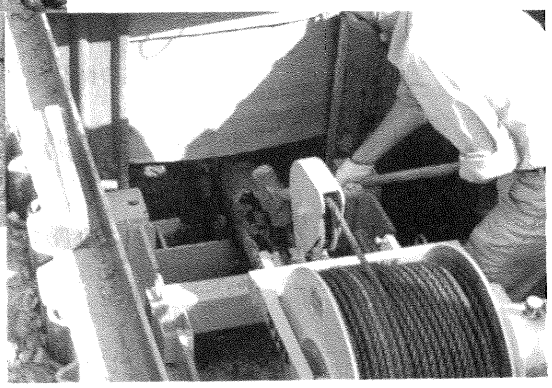


写真４　到達立坑



2．施工結果

1．全体工程

施工の全体的な工程は表１に示す通りで、計画日数よりも早く完了した。

特に懸念された交差点部については交通障害もなく短期間で施工できた。

表１　工程表

項　　目	2日	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
準　備　工															
開削部布設工															
仮　設　給　水															
発進，到達坑構築															
管　内　調　査															
機材据付，撤去															
推　進　工															
立坑内連絡配管															
立坑埋め戻し															
給水管接続															
路　面　復　旧															

2．既設管内調査

工事にあたり既設管内の事前調査を行った。調査の内容は、管路の金属物探査と埋設されたままの状態で残っている仕切弁の有無を確認するため、金属探知器と管内調査カメラを利用した。

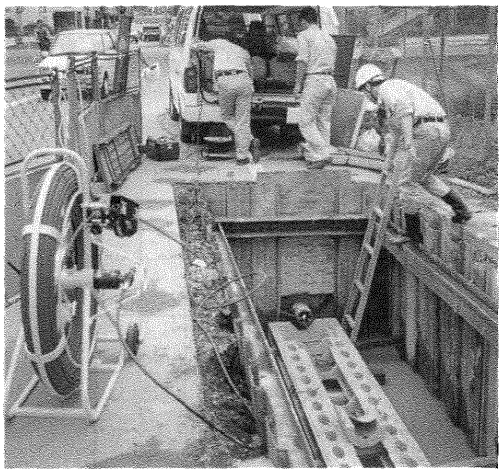
写真５は金属探知器のセンサーを挿入している状況であり、写真６は管内TVカメラを用い既設管路内の調査をしている状況を撮影したものである。

はじめに金属探知器で調査した結果、発進坑より26.5m，38.7m，47.2m，55.0mの４カ所で金属反応があった。これらの金属反応部を管内より確認するため、管内にTVカメラを通した結果、管路は４mごとに継手が確認されたが、いずれの継手部も金属反応のあった位置とは異なったので、石綿カラーで接合されていると判断した。

金属反応を示した部分は、いずれも継手部をはずれており、近接している他埋設物の影響と考えられ、心配していた仕切弁の埋め込み、異形管の使用はしていないことを確認した。

写真５　金属探知調査

写真 6　管内TVカメラ



3．推　力

更新管の推力を１ｍごとに油圧計の値を読み取り、圧力換算した。

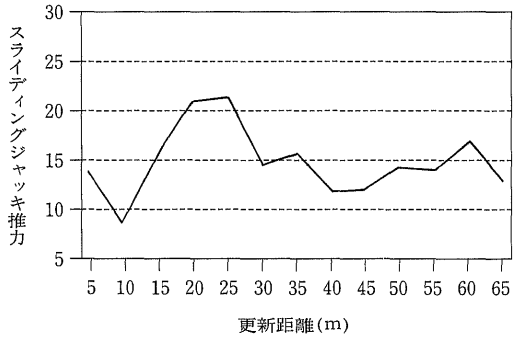
表２に示す推力は、５ｍ管１本の平均値で大きなバラツキもなく、低い値で安定しており、50tf，500㎜ストロークのスライディングジャッキで余裕をもって更新できた。

これは、掘進機がエアーハンマの衝撃力によって、既設管を破砕しながら自走するためで、かなりの長距離スパンの施工が期待できる。

表 2　PA形管挿入時の平均推力

本数	更新距離 m	ゲージ圧力 kgf/㎠	ジャッキ推力 tf
1	5	190	13.6
2	10	120	8.6
3	15	220	15.7
4	20	301	21.6
5	25	308	22.1
6	30	204	14.6
7	35	219	15.7
8	40	166	11.9
9	45	170	12.2
10	50	199	14.3
11	55	192	13.8
12	60	237	17.0
13	65	180	12.9

図 5　PA形管挿入時の平均推力



4．施工速度

更新管をユニック付きトラックに必要本数だけ積み、発進側に駐車させて、管の小運搬時間を省くようにし、一方、更新管はスライディングジャッキで後押しして、掘進機の自走を速めた。

その結果は表３に示すように、１本（５ｍ）ごとの更新サイクルが平均23分で、１時間の更新長が13ｍとなり、工事を早く終えることができた。

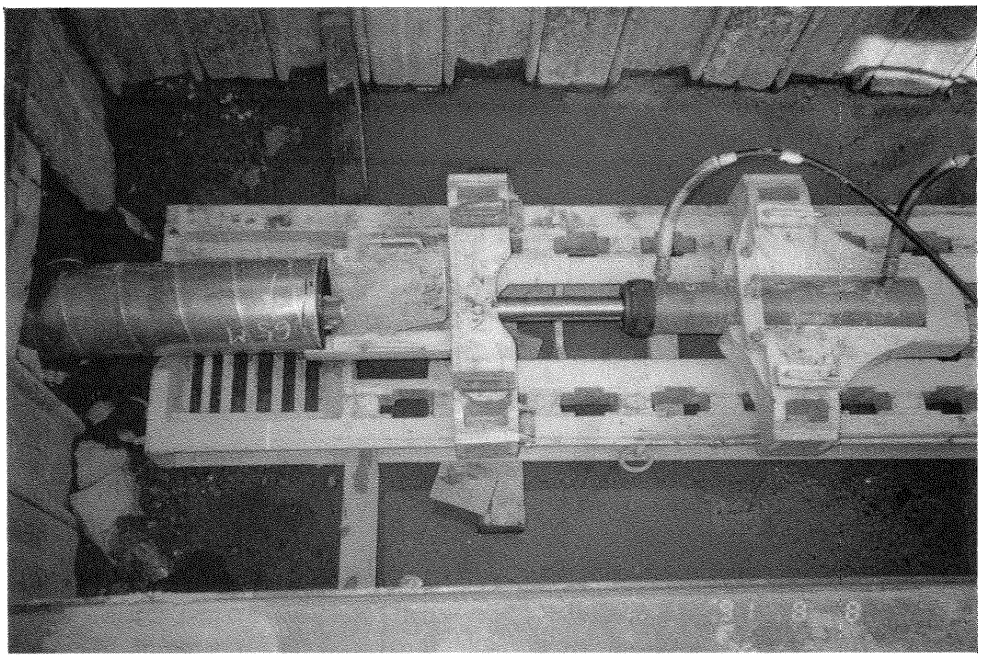
3．施工総括

本施工に当たり特に留意したことは、交通

表 3　PA形管 更新サイクル

本数	更新距離 m	更新サイクル（分）		
		接合	挿入	合計
1	5	22.41	13.37	35.78
2	10	9.70	13.00	22.70
3	15	7.68	12.81	20.49
4	20	9.53	14.43	23.96
5	25	7.59	18.32	25.91
6	30	6.72	14.60	21.32
7	35	5.89	12.80	18.69
8	40	7.76	13.32	21.08
9	45	7.30	13.75	21.05
10	50	7.51	17.53	25.04
11	55	8.02	12.88	20.90
12	60	5.47	15.69	21.16
13	65	8.18	12.44	20.62
５ｍ当たりの平均時間		8.75	14.23	22.98

写真7　PA形管の推進状況



量の多い交差点の横断であるから、交通障害を最小限にすべく工期の短縮，立坑の簡素化また、機材の配置などできるだけ交通の妨げにならないようにレイアウトして道路は終日開放し、短期間で更新した。

今回の施工は、非開削部が短距離なので、単純に費用面だけを見ると、あまり有利性は出てこないかも知れないが、このような開削工事が困難な場所においては、本工法の持つ特長が十分に活かされ、計算できない多くのメリットがあった。

さらにこれが、仮に倍の距離であった場合でも、立坑の規模，数，機材の搬入および据え付けなどに要する費用は変わらないので、長距離になればなるほど有利性は大きくなると思われる。

5．むすび

配水管の更新工事に当建設水道課として初めて非開削工法を採用し、大した支障もなく工期内に増径更新工事を完了した。

当初危惧した、沿線住民に対する支障や、交通規制の問題、復旧後の舗装の維持管理面など、従来の開削工法より低減できた。

今後、本町の開削施工の困難な場所での管路更新には同工法、または、これと同様のP･T･P工法を多用していく所存である。

維持管理時代を迎えた現在、経年管路の更新は重要な課題になりつつあり、種々の制約条件下での管路更新を計画されるとき、本報告が参考になれば幸いである。

技術レポート3

ダクタイル鉄管製流雪溝の施工について

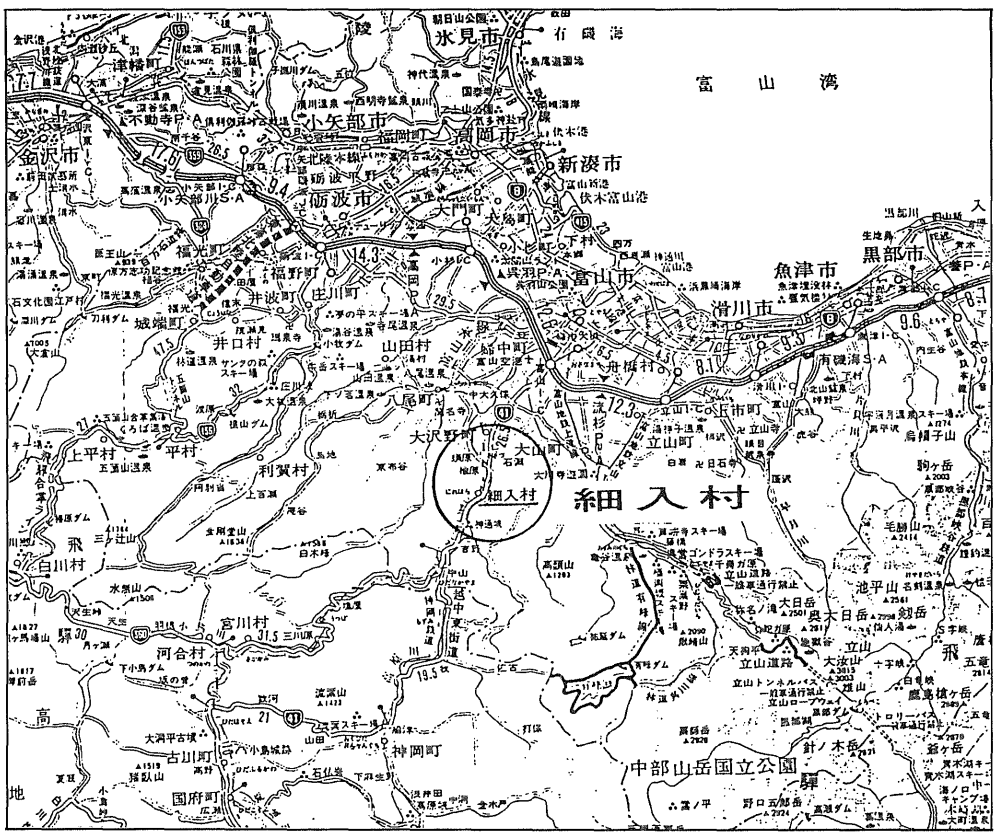
富山県細入村役場産業建設課
山口　勲
滝川和広

1．はじめに

当地は、富山県の中心を流れる神通川の上流に位置し、古くから飛騨・高山を経由して北陸地方と中部地方とを結ぶ飛騨街道（西街道）沿いの町として発達してきた。

地形的には、標高3,180ｍの槍ヶ岳を中心とする高山連峰を背にしており、年間平均積雪深1.3m、最大積雪深3.0ｍの豪雪地帯でもある。

図1　位置図



2．流雪溝の概要

流雪溝は、道路上に積もった雪を処理するため、U字溝（コンクリート製）の中に水を流し、その流水の力で投入された雪を排出する施設のことである。

当課において、流雪溝の計画を始めたのは、昭和61年からであり、これまでの延長4,175m、各戸への普及率は約50％である。

図２　流雪溝の整備地図

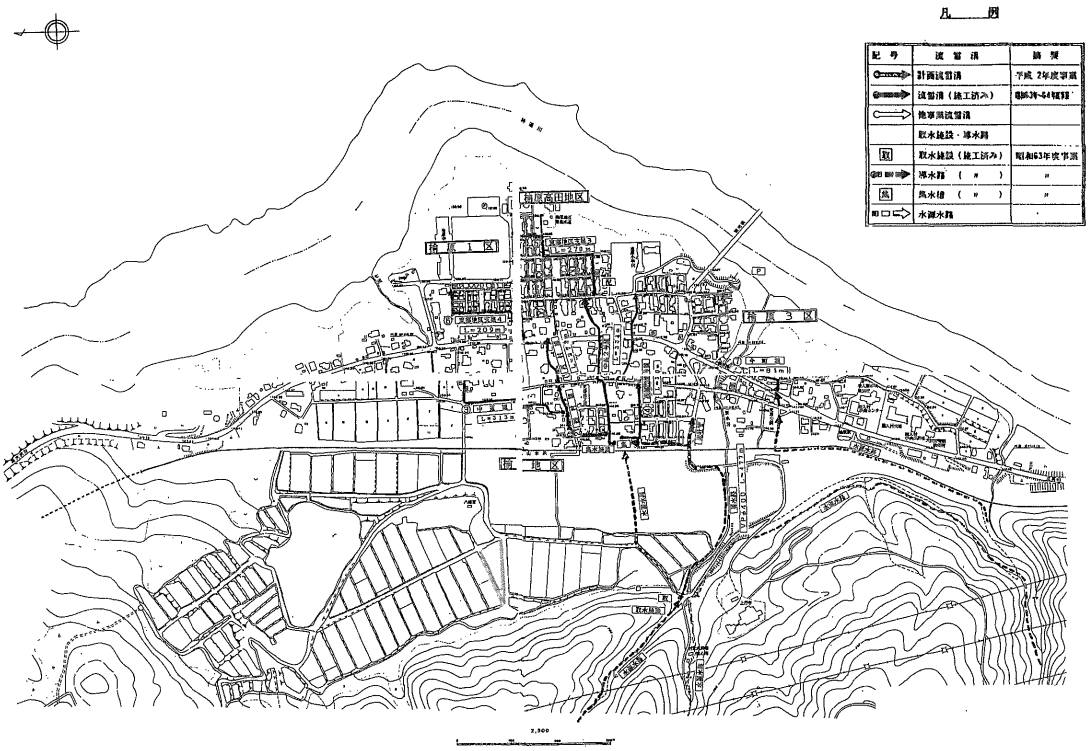
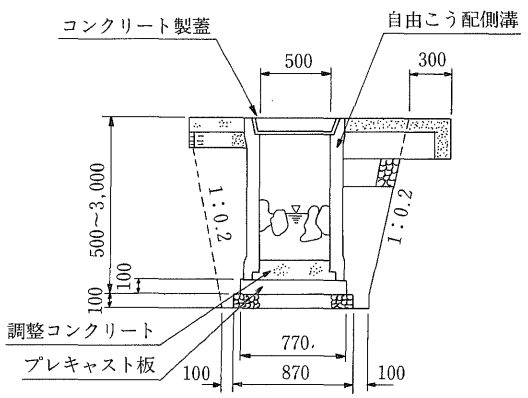


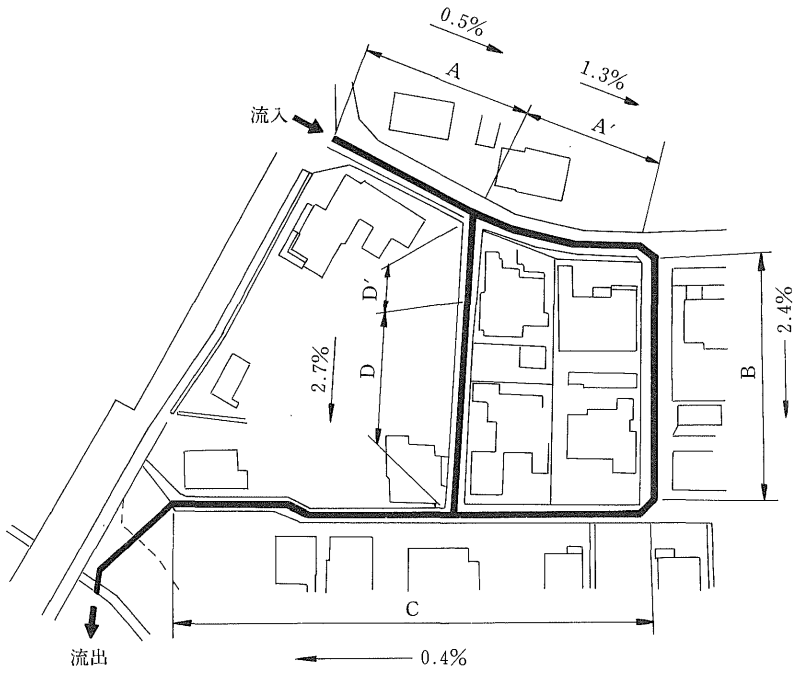
図３　コンクリート製Ｕ字溝の構造(例)



3．工事概要

(1)　工 事 名：楡原三区流雪溝工事
(2)　工事場所：細入村楡原三区地内
(3)　工　　期：平成３年10月９日～
　　平成４年２月20日
(4)　施工延長：呼び径500㎜ダクタイル鉄管(T形、K形3種)×280m
(5)　工事内容：本工事は、雪および雨水処理と１次処理された生活排水処理を兼ねて行った工事である。

図４　ダクタイル鉄管製流雪溝の管路図
(注) 図中の数字%は管路こう配を示す。



4．流雪溝の工法選定にあたって

(1)　雨水と１次処理された生活排水用下水管を流雪溝と兼用したい。
(2)　民家と隣接した生活道路であるため、車両走行時に生じる流雪溝の蓋の騒音を極力抑えたい。
(3)　90°曲がり部、合流部での雪の詰まりを解消したい。
(4)　各地区へ流雪溝用水を配分して使用するため、多量の水量が確保できない。
(5)　本工事区間は、道路こう配の変化が大きいため、U字溝では側壁の高さが幾種類にもなり、材料管理が煩雑となる。

以上の点から、施工性、経済性に優れたダクタイル鉄管製流雪溝を採用することとした。

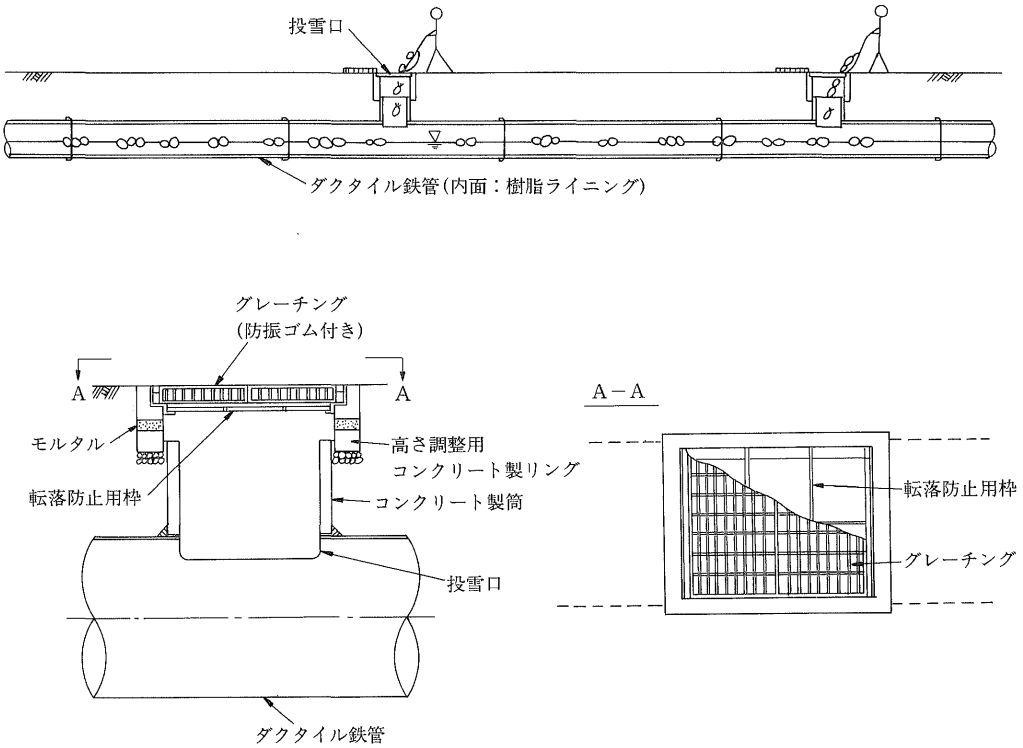
5．ダクタイル鉄管製流雪溝について

1．構　造

上水道、下水道、ガス管などで多く使用されているダクタイル鉄管の内面に、樹脂ライニングを焼き付け塗装したものである。この樹脂ライニングは、エポキシ樹脂粉体塗装であり、管内面との密着性、表面の平滑性、耐摩耗性、耐酸性に優れている。

また、投雪口部は車両走行時に騒音を生じさせないため、グレーチングとコンクリート製筒の間に防振ゴムを設けた。

図5　ダクタイル鉄管製流雪溝の構造



2．特　徴

① 流雪溝断面が円形であり、かつ内面に平滑性がある樹脂ライニングを施しているため、流雪性能に優れている。

(a) 同一水量に対する流雪量が大きい(U字溝の1.5～2倍程度)。

(b) 必要水量がU字溝に比べ少ない。

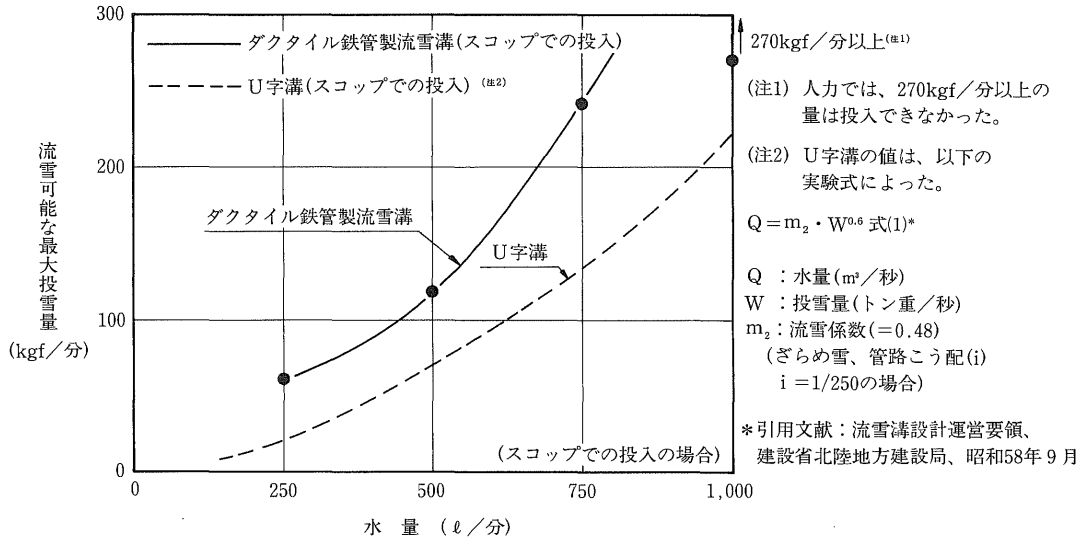
② 埋設管であるため、車両走行時の騒音が生じにくい。

③ 現場でのコンクリート打設や道路こう配による使用材料の変更などがないため、施工が容易である。

④ 雨水、生活排水および酸性の強い温泉水などを管内に流すことも可能である。

⑤ 各地区に施工された流雪溝に、水を搬送する圧送管路との連結が可能である。

図6　水量と流雪可能な最大投雪量の関係
（ダクタイル鉄管製流雪溝とU字溝の比較）



(注1) 人力では、270kgf／分以上の量は投入できなかった。

(注2) U字溝の値は、以下の実験式によった。

$Q = m_2 \cdot W^{0.6}$ 式(1)*

Q　：水量(m³／秒)
W　：投雪量(トン重／秒)
m_2：流雪係数(＝0.48)
（ざらめ雪、管路こう配(i)
i ＝1/250の場合)

*引用文献：流雪溝設計運営要領、建設省北陸地方建設局、昭和58年9月

(出典：第8回日本雪工学大会 論文集、1992.1)

6．設計、施工

以下の手順により設計、施工した。

(1)　現地調査

現地の地盤高さの測量を行い、管路こう配を決定した。管路こう配は、図4に示すように管路区間により0.4～2.7%とした。

(2)　投雪口および1次処理された生活排水の取水位置の決定

住民との協議により、投雪口は6～10mに1カ所設置すること、また、1次処理された生活排水は、各家庭から1カ所取り出すこととした。

(3)　ダクタイル鉄管製流雪溝の布設

通常行われているダクタイル鉄管の施工手順に従い、掘削、床均し、管の接合を行った。

(4)　投雪口用のコンクリート製筒の設置

ダクタイル鉄管に設けられた投雪口用穴にコンクリート製筒を設置した。

(5)　雨水および1次処理された生活排水の取水管の取り付け

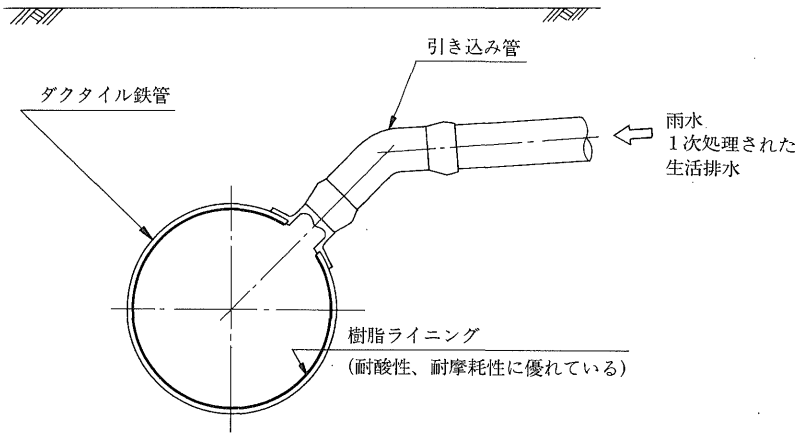
現地にて管に穿孔し、塩化ビニル製ブラケットを取り付けた。

写真1　配管状況

写真２　コンクリート製筒の設置状況

写真３　舗装完了後

図７　雨水および１次処理された生活排水の引き込み管の設置状況



(6)　埋め戻し

管頂10cmまでは砂で、それより上は発生土、砕石の順で埋め戻した。

(7)　グレーチングの設置

グレーチングの下部にコンクリート製の高さ調整用リングを敷き、道路高さと合わせて据え付けた。

(8)　舗　装

７．流雪性能について

配管施工後、管内の水量を変えたときの流雪可能な最大投雪量の試験計測を行った。

図８に、スノーダンプを用いて投雪した場合の試験結果を示す。

その結果、以下のことがわかった。

(1)　管路こう配が0.4→1.3→2.4％と大きくなるほど、同一水量での流雪処理量も大きくなる傾向があった。

(2)　水量が２m³／分あれば、管路こう配によらずスノーダンプを用いて人力で投雪可能な雪量290kgf／分を流雪処理できることがわかった。

(3)　滑らかな曲線であるため、90°屈曲部、合流部でも雪は支障なくスムーズに流れた。

また、実際に住民により、道路上に積もっ

た雪を投入したが、問題なく処理できることを確認した。

写真 4　投雪口（グレーチングの開口状況）

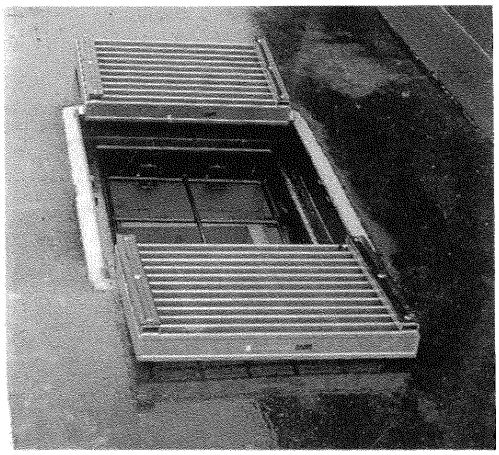


写真 5　流雪試験の状況

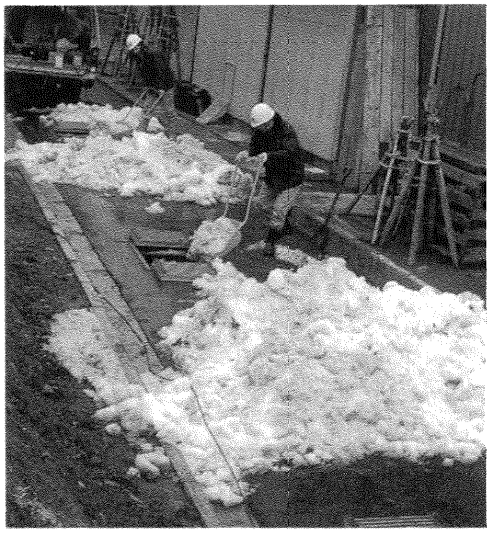
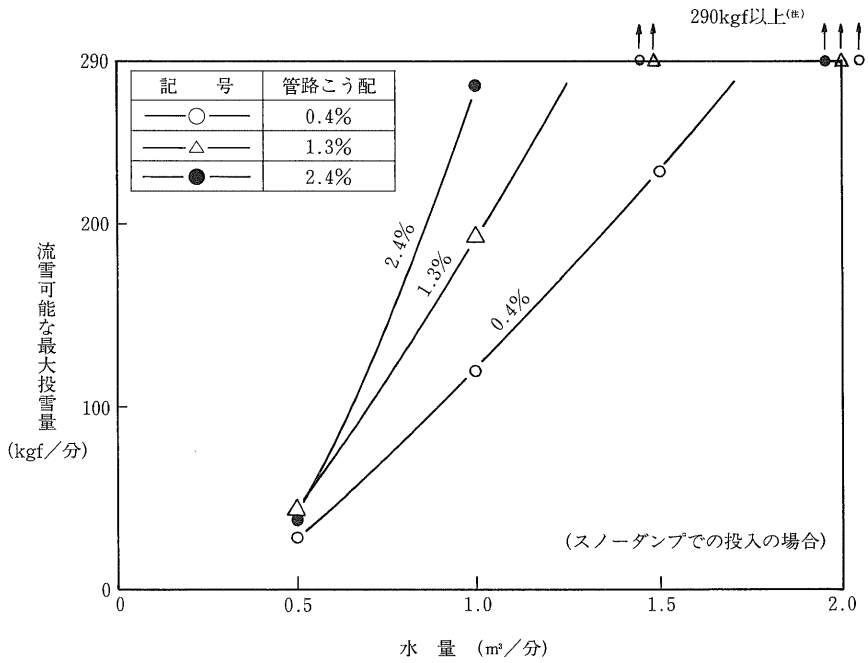


図 8　施工管路を用いた水量と流雪可能な最大投雪量の関係



(注) スノーダンプでは、290kgf／分以上の量は、投入できなかった。

8．おわりに

以上、ダクタイル鉄管製流雪溝の施工、流雪試験などについて報告した。当工法は、道路幅員が狭い場所、水量に余裕がない場所、下水管との兼用が必要な場所などでの使用が可能と思われ、今後、流雪溝の面的整備を進めていく場合の参考になれば幸いと考える。

最後に、当工法の設計、試験などについてご協力いただいた㈱クボタの方々に感謝致したい。

技術レポート4

空気注入による圧送汚水幹線の硫化水素対策

神戸市下水道局
竹中恭三
大西　修（現日本下水道事業団）
株式会社クボタ
田中直也
川崎重工業株式会社
赤松　尚

1．はじめに

下水道における下水輸送システムは、従来から自然流下方式が一般的に採用されてきた。

しかし、起伏に富んだ地形や長距離にわたり流入管の接続がない幹線の場合などには、その区間を圧送方式にすることにより、自然流下方式よりも管きょ施工費が削減され、経済的に有利となり、工期も短縮できるケースがある。神戸市下水道局、岩岡圧送汚水幹線でもこのような理由から圧送方式を採用している。

汚水の長距離圧送を行った場合、管内で酸素が供給されないため、汚水の嫌気化が進行して硫化水素が生成し、その結果、圧送管からの吐き出し口周辺で悪臭や腐食の問題が生じることが懸念される。すでに、この種の問題がいくつか報告されている[1)~3)]。

この対策として、岩岡圧送汚水幹線では空気注入システムを採用した。このシステムは、汚水ポンプを設置している岩岡ポンプ場にて圧送管内へ空気を注入し、汚水の嫌気化を防ぐことによって硫化水素の生成を抑制しようとするものである。

本報では、このシステムの効果を確認し、硫化水素の生成を抑制するために必要な空気注入量を検討した結果を報告する。

2．汚水圧送管内での硫化水素の生成

下水管路での硫化水素の生成は、スライム層や堆積物中の嫌気的雰囲気の部分で起こる。これは、嫌気性細菌である硫酸塩還元細菌が汚水中の硫酸イオンを還元する現象で、(1)式で表わされる。

$$SO_4^{2-} + 2C + 2H_2O \xrightarrow{\text{硫酸塩還元細菌}} 2HCO_3^- + H_2S \quad \cdots (1)$$

図1　汚水圧送管路内での硫化水素生成プロセス

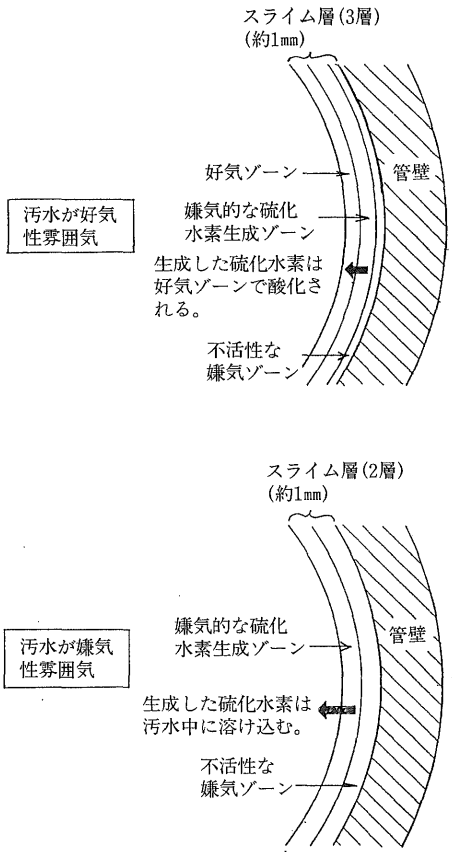
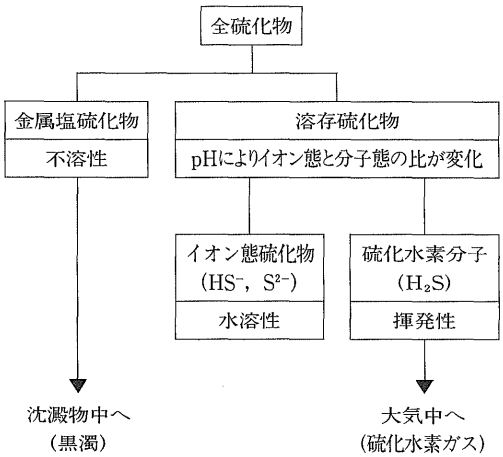


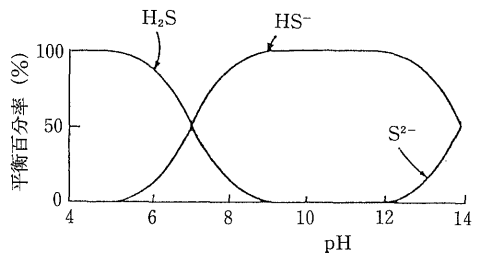
図1に示すように、汚水が溶存酸素を十分に好気的な状態であれば、スライム層の嫌気ゾーンで生成した硫化水素は好気ゾーンで酸化されて、汚水中に入ることはない。しかし、汚水が嫌気状態になれば、硫化水素は汚水中に溶け込むこととなる。

図2　汚水中の硫化物の形態



汚水中に溶け込んだ硫化水素は、(2)式の可逆的なイオン化反応を示す。そして、図2に示すようにイオン態となったもののうち一部は金属と反応して金属塩硫化物を形成し、残りは溶存硫化物として存在する。そして、これらを合わせたもの全硫化物と呼ぶ。さらに、溶存硫化物は分子態とイオン態で平衡状態となり、その存在比は図3のように汚水のpHによって変化する。

図3　硫化水素平衡へのpHの影響



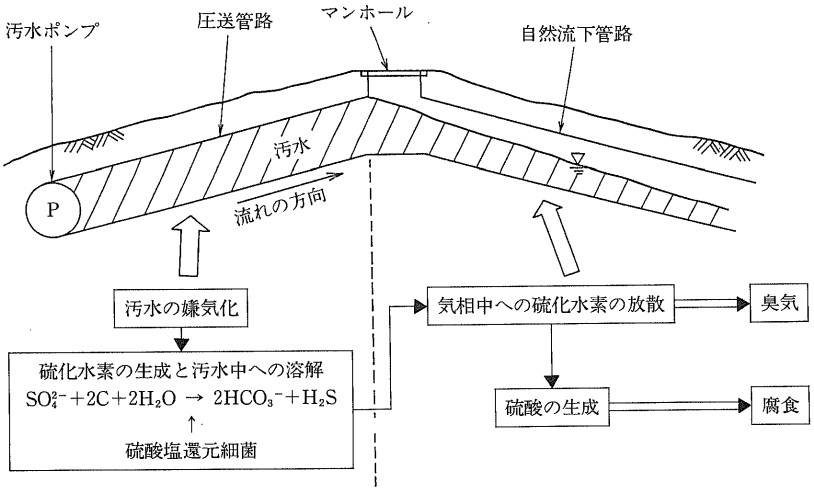
$$H_2S \rightleftarrows H^+ + HS^- \rightleftarrows 2H^+ + S^{2-} \quad \cdots (2)$$

(分子態)　(イオン態)　(イオン態)

これらの中で、図4に示すように、分子態硫化水素が圧送管路終点のマンホールや着水井などの吐き出し部分で空気中に放散される。その結果、悪臭の原因となり、さらにマンホールや自然流下管路の表面で好気性細菌である硫黄酸化細菌によって硫化水素から硫酸が生成し、腐食の原因となる。ただし、圧送管路内では、嫌気的な雰囲気なので硫黄酸化細菌による硫酸の生成は起こらず、溶存硫化物による管材料などへの悪影響の心配はない。

今回、岩岡圧送汚水幹線で採用した空気注入システムは、圧送管内へ空気を注入して、汚水の嫌気化を防ぐことによって硫化水素の生成を抑制しようとするものである。

図4　硫化水素の生成と臭気・腐食の発生



3．岩岡圧送汚水幹線の概要

岩岡地区における下水排除計画の概要を表1に示す。計画目標年次は平成12年であり、供用開始は平成2年6月である。また、下水の排除方式は分流式である。

岩岡圧送汚水幹線および岩岡ポンプ場の概要を図5に示す。圧送管路は呼び径350㎜SII形ダクタイル鉄管（内面セメントモルタルライニング）による2条管路で、延長は3,433m、管路の始点と終点のレベル差は約54mである。管路は全線上りこう配とし、途中に空気弁は設置していない。また、圧送管路の下流は自然流下管路となっている。

前述のように、汚水の長距離圧送を行った場合、圧送管内で硫化水素が生成し、圧送管路終点の汚水の吐き出し部分で悪臭や腐食の懸念があった。そこで、岩岡ポンプ場にて圧送管内へ直接空気を注入し、硫化水素の生成を抑制するシステムを採用した。岩岡ポンプ場での汚水と空気のフローを図6に示す。圧送管路への空気注入部を写真1に、圧送管路終点のマンホール内部を写真2に示す。

なお、岩岡ポンプ場への流入水は、ほとんど一般家庭からの排水である。

図5　岩岡圧送汚水幹線および岩岡ポンプ場の概要

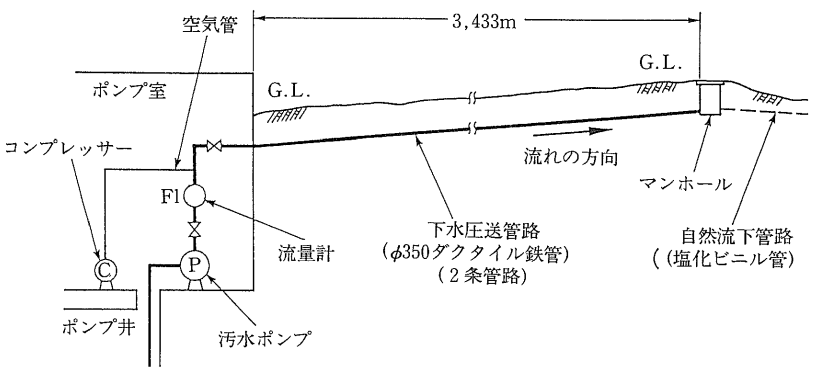
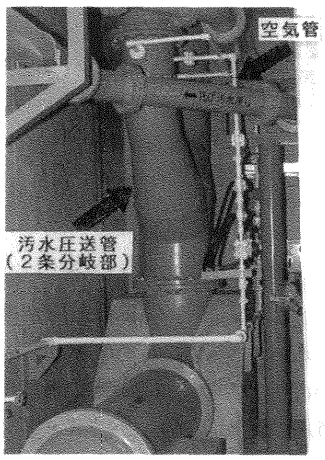


表１　岩岡地区における下水排除計画概要

項　　目	計画内容(全体計画)
計画目標年次	平成12年
下水排除方式	分流式
計画区域面積 (ha)	165
計画処理人口 (人)	21,000
時間最大計画家庭汚水量(m³/日)	19,300
時間最大計画工場排水量(m³/日)	900
時間最大計画汚水量(m³/日)	20,200

写真１　汚水圧送管への空気注入部



４．空気注入効果確認実験

１．実験方法

空気注入システムの効果確認実験を行うこととし、汚水の流量を一定にして空気注入量を変化させ、圧送管路終点のマンホール内気相中硫化水素濃度を２～５分間隔で連続測定した。

また、ポンプ場で汚水を採取し、管内滞留時間経過後、圧送管路終点で再び汚水を採取して水質を分析した。分析項目を表２に示す。

空気を注入した場合の管内滞留時間であるが、別に行ったトレーサーを用いた実験から得た実験式より算出した。この実験式を(3)式に示す。

$$T=\frac{\left(1+\frac{1.033}{1.033+P}\right)\ a\cdot Q_G\cdot Q_L+2Q_L^2}{2\left(\frac{1.033}{1.033+P}\ a\cdot Q_G+Q_L\right)\left(a\cdot Q_G+Q_L\right)}\cdot\frac{S\cdot L}{Q_L}\qquad(3)$$

図６　ポンプ場での汚水と空気のフロー

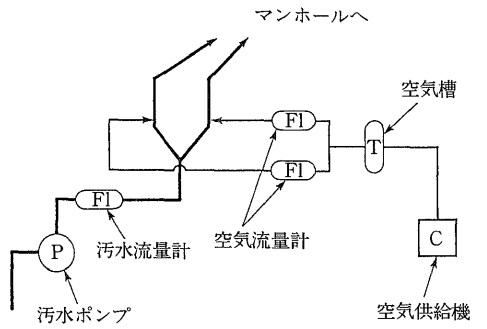


写真２　圧送管路終点のマンホール内部

表２　汚水の分析項目

分析項目	備　　考
温度	―――
pH	―――
SS濃度	JIS K0102 準拠
蒸発残留物	JIS K0102 準拠
酸化還元電位	白金電極法
硫酸イオン	JIS K0102 準拠
溶存硫化物	JIS K0102 準拠
全硫化物	JIS K0102 準拠
溶存酸素	JIS K0102 準拠
BOD	JIS K0102 準拠
溶解性BOD	JIS K0102 準拠
COD_{Mn}	JIS K0102 準拠
溶解性COD_{Mn}	JIS K0102 準拠
COD_{Cr}	JIS K0102 準拠
溶解性COD_{Cr}	JIS K0102 準拠

(注)　CODの測定方法は種々あり、COD_{Mn}が排出規準などにおける法定試験方法となっている。

$a = -0.046t + 1.41$

T：管内滞留時間（分）

Q_G：空気注入量（大気圧、汚水の温度での値）（m³/分）

Q_L：汚水の流量（m³/分）

P：空気注入部の管内圧力（kgf/cm²）

S：圧送管の断面積（m²）

L：圧送管路長（m）

a：汚水の温度による係数

t：汚水の温度（℃）

実験は供用開始から2カ月後の平成2年8月から平成3年3月にかけて行った。

2．実験結果

1．圧送管内での硫化水素の生成と空気注入の効果

圧送管路終点のマンホール内気相中硫化水素濃度の測定結果の例を図7に示す。空気を1.065m³/分（大気圧20℃に換算した値。本稿では空気注入量はすべて大気圧20℃に換算した値で表わすこととする）注入した場合、硫化水素濃度は3ppm以下であった。しかし、10月18日の18時に空気注入を停止したところ、それから8.5時間後の10月19日の2時30分頃急激に濃度が上昇した。このときの汚水の管内滞留時間は約9時間と計算されるので、汚

図7　マンホール内気相中硫化水素濃度の例

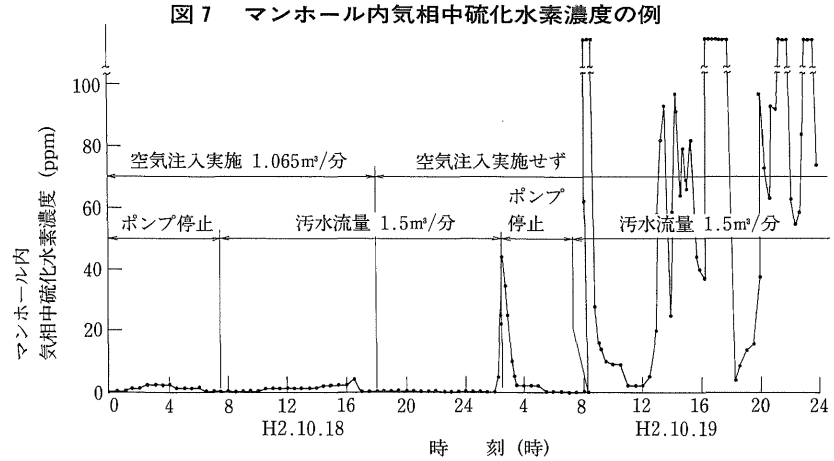


表3　全硫化物および硫化水素濃度の測定結果の例

通水管路の条数	汚水の流量 A (m³/分)	空気注入量 B (m³/分)	B/A (%)	汚水の温度 (℃)	BOD (mg/ℓ)	全硫化物 ポンプ場 (mg/ℓ)	全硫化物 圧送管路終点 (mg/ℓ)	圧送管路終点のマンホール内硫化水素濃度 (ppm)
1	1.4～2.4	0	0	28	240	0.24	2.00	10～100以上
1	1.4～2.4	0.795	33～57	28	170	0.34	0.16	0～ 10
2	1.5	0	0	24	580	0.16	2.50	20～100以上
2	1.5	0.782	52	24	270	0.26	0.37	0～ 10
2	1.5	1.065	71	24	180	0.13	0.21	0～ 3
1	1.4	0	0	21	490	0.22	1.10	10～ 30
1	1.4	0.668	48	21	310	0.23	0.30	0～ 2
2	1.3	0	0	15	320	0.16	0.86	10～ 40
2	1.3	0.725	56	15	330	0.21	0.23	0～ 2
2	1.4	1.023	73	15	220	0.28	0.25	0～ 2

（注）1．2条管路共通水の場合、1条当たりの汚水の流量および空気注入量は上表の1/2である。
2．空気注入量は、大気圧20℃に換算した値である。

水が管内を流れている間に嫌気状態となって、スライム層などで生成した硫化水素が汚水に溶け込み、マンホールで空気中に放散されたものと考えられる。このとき、ポンプが停止したので硫化水素濃度は低下したが、再びポンプが始動したあとは最大100ppm以上に達した。

圧送管路終点のマンホール内気相中硫化水素濃度および全硫化物の測定結果の例を表3に示す。空気注入を実施しなかった場合、ポンプ場での全硫化物は0.16～0.24mg/ℓであったが、圧送管路終点では0.86～2.50mg/ℓであった。また、マンホール内気相中硫化水素濃度は最大で100ppm以上に達した。これに対し、空気を汚水流量の33～73%(体積比)注入した場合、全硫化物はほとんど増加せず硫化水素濃度もピーク時で10ppm程度であった。

このことから、空気注入の効果は顕著であり、表3から汚水流量の約50%(体積比)の空気を注入すれば、夏期の汚水温度が高い時期でも硫化水素の生成を抑制できることがわかった。

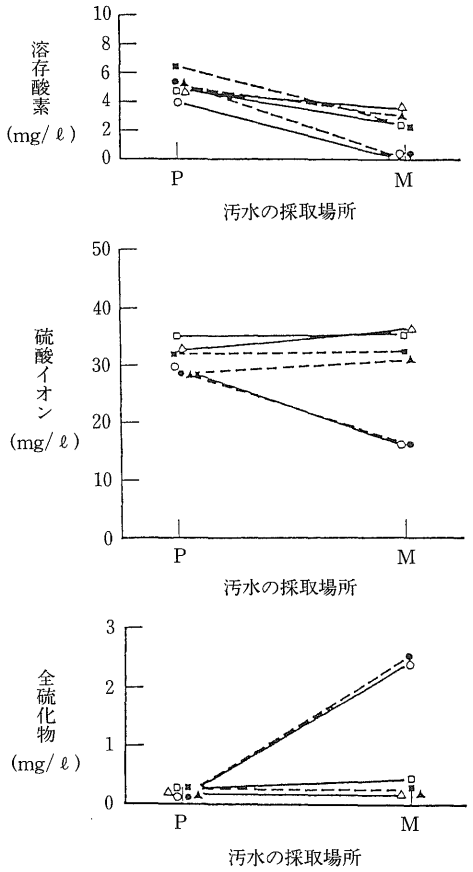
2．汚水の嫌気化と硫化水素の生成

前述のように、スライム層で生成した硫化水素は、汚水が嫌気状態であればそのまま汚水中に溶け込み、臭気や腐食の原因となることがある。したがって、汚水が嫌気状態かそうでないかが非常に重要となるが、これは汚水中の溶存酸素濃度で判定することができる。

図8にポンプ場および圧送管路終点での溶存酸素、硫酸イオン、全硫化物の測定例を示す。空気を注入しなかった場合、ポンプ場での溶存酸素は4～5.5mg/ℓであったが、圧送管内で消費されて圧送管路終点のマンホールでは0.5mg/ℓ以下まで低下した。このことから管内で汚水が嫌気状態となったことがわかる。それに伴い、硫酸イオンが減少して全硫化物が増加した。これは(1)式に示した硫化水素の生成機構を裏付けている。

一方、空気を注入した場合には、マンホールにおいても溶存酸素は2mg/ℓ以上であり、管内で好気状態が保たれていることがわかる。

図8　汚水の嫌気化と硫化物の生成および空気注入の効果



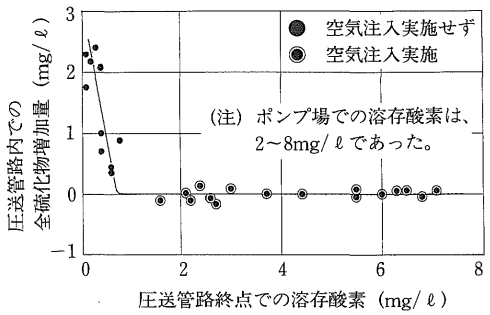
キャラクター	汚水流量 (m³/分)	空気注入量 (m³/分)
○ (9：30)	1.5	0
● (12：00)		
□ (9：30)	1.5	0.782
■ (12：00)		
△ (9：30)	1.5	1.065
▲ (11：45)		

(注)　1．キャラクターの下の( )内は、ポンプ場で汚水を採取した時刻。
2．汚水の採取場所のPはポンプ場を、Mは圧送管路終点のマンホールを示す。

したがって、硫酸イオン、全硫化物ともにほとんど変化していない。

図9に圧送管路内での全硫化物増加量と圧送管路終点での溶存酸素の関係を示す。ポンプ場での溶存酸素は2～8mg/ℓであったが空気を注入しなかった場合、圧送管路終点では0.8mg/ℓ以下に低下し、全硫化物が増加した。これに対し、空気を注入した場合には溶存酸素は1.6mg/ℓ以上で全硫化物は増加しなかった。この図から、圧送管路終点で溶存酸素を1mg/ℓ以上確保すれば、硫化水素の生成を抑制できることがわかる。EPAのマニュアルでは、溶存酸素が1mg/ℓ以上あれば硫化水素は生成しないとされているが[1]本実験結果はこれと一致した。

図9　圧送管路内での全硫化物増加量と圧送管路終点での溶存酸素の関係



5．考察

1．圧送管路内での硫化物生成速度

ここでは、空気を注入しない場合の圧送管内における硫化物生成速度の考察を行った。

これまでに、硫化物生成速度の予測式として、以下に示すEPAの式、ブーン＆リスターの式、ツイストルウェイトの式、ヤコブセンの式の4式が提案されている。

①EPAの式[1]

$$dS/dT=0.004\cdot BOD\times 1.07^{(t-20)}\cdot(1+0.393D)/D \quad \text{(4)}$$

dS/dT：全硫化物濃度の時間的変化（生成速度）（mg/ℓ・時）

t：汚水の温度（℃）

D：管径（m）

②ブーン＆リスターの式[4]

$$dS/dT=0.000912\cdot COD_{Cr}\times 1.07^{(t-20)}\cdot(1+0.4D)/D \quad \text{(5)}$$

③ツイストルウェイトの式[5]

$$S=0.576\times 10^{-6}\cdot L/D\cdot BOD^{0.8}\cdot SO_4^{0.4}\times 1.139^{(t-20)} \quad \text{(6)}$$

S：圧送管路終点における全硫化物濃度（mg/ℓ）

L：圧送管路延長（m）

SO_4：汚水中の硫酸イオン濃度（mg/ℓ）

④ヤコブセンの式[6]

$$dS/dT=a(COD_{Mnsol}-50)^{0.5}\times 1.07^{(t-20)}\cdot(4/D) \quad \text{(7)}$$

a：汚水の性状による係数

一般の汚水

$a=1.5\times 10^{-3}$

一般と食品排水の混合

$a=3.0\times 10^{-3}$

食品排水

$a=6.0\times 10^{-3}$

これらの式のうち、EPAの式、ブーン＆リスターの式、ヤコブセンの式はほぼ同じ考え方で導かれている。ここでも、この考え方に沿って実験データから予測式を導いた。

EPAによれば、スライム層からの硫化物生成速度は(8)式および(9)式から求められる[7]。

$$\phi se=M\{BOD\times 1.07^{(t-20)}\} \quad \text{(8)}$$

ϕse：硫化物フラックス（g/m²・時）

M：硫化物フラックス係数（m/時）

$$dS/dT=\phi se/R=4\phi se/D \quad \text{(9)}$$

R：水理学的径深（m）

(8)式は、次のような考え方から得られている。スライム層中の硫酸塩還元細菌は汚水中の有機物を食料源とするので有機物が多いほどよく増殖し、したがって硫化物生成速度が大きくなる。また、温度が高いほど硫酸塩還元細菌の活性が高くなるが、その影響をBODの温度補正（$BOD\times 1.07^{(t-20)}$）をすることで考慮している。

EPAの式では有機物濃度を表わす水質指標としてBODを用いているが、ブーン＆リスターの式、ヤコブセンの式ではBOD以外

の水質指標が用いられている。そこで、実測したϕseと各種の水質指標の温度補正値（水質指標×$1.07^{(t-20)}$）との相関を調査した。両者の相関係数を求めた結果を表4に示すが、6種類の水質指標のうち、相関係数がもっとも大きかったのは溶解性COD_{Cr}であった。両者の関係を図10に、得られた回帰式を(10)式に示す。

$$\phi se = 3.96\times10^{-5}\{COD_{Crsol}\times1.07^{(t-20)}\}+0.0047 \quad \cdots\cdots (10)$$

(10)式を(9)式に代入して、硫化物生成速度の予測式を求めた結果が(11)式である。

$$dS/dT = 1.58\times10^{-4}\{COD_{Crsol}\times1.07^{(t-20)}+119\}/D \quad \cdots\cdots (11)$$

これまでに提案されている4種類の予測式および(11)式による予測値と実測値の比較を図11に示す。実測値ともっともよく合致したのは、今回求めた(11)式であった。すでに提案されている4種類の内ではヤコブセンの式がよく合致した。

表4　ϕseと各水質指標の温度補正値との相関係数

水質指標	相関係数
BOD	0.706
溶解性BOD	0.348
COD_{Mn}	0.743
溶解性CODMn	0.572
COD_{Cr}	0.725
溶解性COD_{Cr}	0.814

図10　ϕseと溶解性COD_{Cr}の相関

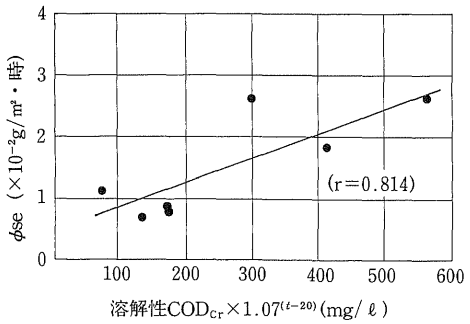
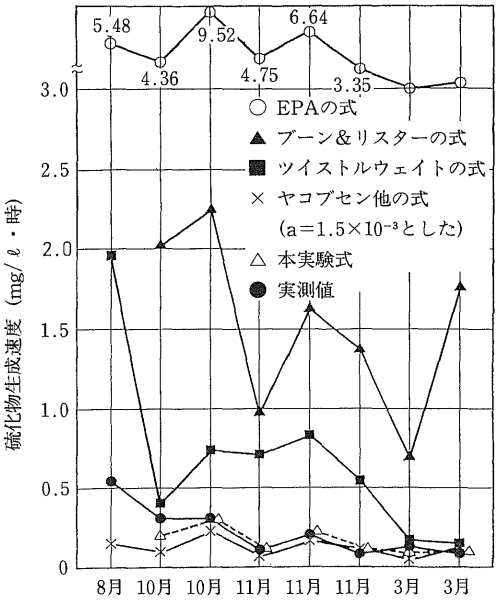


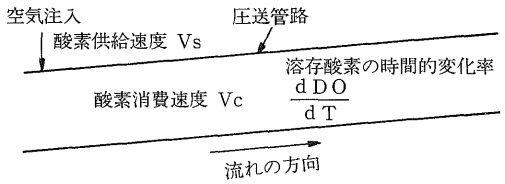
図11　硫化物生成速度の予測値の比較



2．硫化水素生成を抑制するために必要な空気注入量

圧送管路へ空気を注入した場合の圧送管路内における溶存酸素の時間的変化率の考え方を図12に示す。溶存酸素の時間的変化率は、酸素供給速度から酸素消費速度を差し引いたものと考えられる。ここで、酸素供給速度は汚水流量に対する空気注入量の比で表わすことができ、酸素消費速度は有機物濃度を示す水質指標の温度補正値で表わすことができると考えると、(12)式が得られる。

図12　溶存酸素変化率の考え方



$$\frac{dDO}{dT} = Vs - Vc$$

⇩

$$\frac{dDO}{dT} = a\frac{Q_G}{Q_L} - b\{\text{水質指標}\times1.07^{(t-20)}\}+c$$

Q_G：空気注入量、Q_L：汚水の流量
a,b,cは係数

$$dDO/dT = a\,(Q_G/Q_L) - b\,\{\text{水質指標} \times 1.07^{(t-20)}\} + c \quad \text{(12)}$$

dDO/dT：溶存酸素の時間的変化率（mg/ℓ・時）

Q_G：大気圧、20℃に換算した空気注入量（m³/分）

Q_L：汚水流量（m³/分）

そこで、dDO/dTを目的変数、Q_G/Q_Lと{水質指標×$1.07^{(t-20)}$}を説明変数として、実測データを用いて重回帰分析を行った。なお、水質指標は表4に示した6種類とした。また、dDO/dTは(13)式から求めた。

$$dDO/dT = (DO_T - DO_P)/T \quad \text{(13)}$$

DO_T：圧送管路終点での溶存酸素（mg/ℓ）

DO_P：ポンプ場での溶存酸素（mg/ℓ）

T：管内滞留時間（時間）

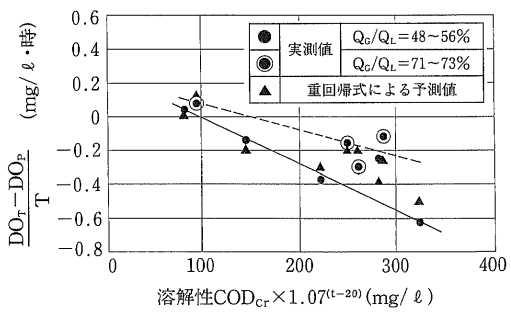
その結果、水質指標として溶解性COD_{Cr}を用いた場合に重回帰による予測値と実測値がもっともよく合致した。溶存酸素の時間的変化率と溶解性COD_{Cr}の温度補正値の関係を図13に示す。求められた重回帰式を(14)式に示す。

$$dDO/dT = 0.912\,(Q_G/Q_L) - 0.002 \cdot COD_{Crsol} \times 1.07^{(t-20)} - 0.341 \quad \text{(14)}$$

(13)式を(14)式に代入して整理すると(15)式が得られる。

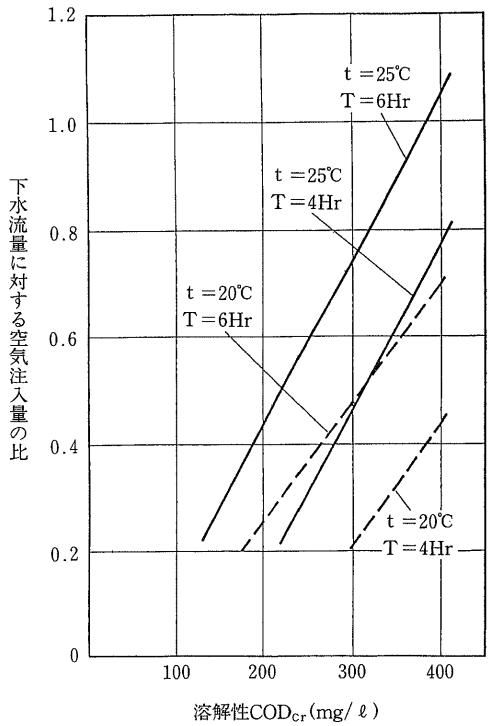
$$Q_G/Q_L = \{(DO_T - DO_P)/T + 0.002 \cdot COD_{Crsol} \times 1.07^{(t-20)} + 0.341\}/0.912 \quad \text{(15)}$$

図13　溶存酸素変化率と溶解性COD_{Cr}の関係



ここで図9から、圧送管路終点での溶存酸素が1mg/ℓ以上であれば硫化水素の生成を抑制できると判定されるので、(15)式においてDO_Tを1mg/ℓ確保できるようにQ_Gを決定すれば、硫化水素を抑制できると考えられる。Q_G/Q_Lの計算例を図14に示す。

図14　圧送管路終点で溶存酸素を1.0mg/ℓ確保するための空気注入量



(注)　岩岡ポンプ場での溶存酸素を4.0mg/ℓとした。

まとめ

神戸市下水道局、岩岡圧送汚水幹線（呼び径350㎜、延長3,433m、SII形ダクタイル鉄管による2条管路）では管内での硫化水素生成を抑制するために、圧送管内へ直接空気を注入するシステムを採用している。このシステムの効果および運転方法などについて検討した結果、以下のことがわかった。

(1)　空気を注入しない場合、圧送管路終点のマンホール内における気相中硫化水素濃度は最低でも10ppm、汚水温度が24℃のときにはしばしば100ppmを超えた。

(2)　これに対し、汚水の流量の50%以上の

空気（大気圧20℃での体積比）を注入すれば、年間を通じて硫化水素濃度をピーク時で10ppm以下に抑えることができた。

(3) 空気を注入しない場合、圧送管路始点での溶存酸素濃度は2～8mg/ℓであったが、終点では0.8mg/ℓ以下に低下し、管内で汚水の嫌気化が進行したことがわかった。また、全硫化物は圧送管路始点では0.2～0.3mg/ℓであったが、管路内で増加し終点では0.9～2.5mg/ℓであった。

(4) このときの圧送管路内における流化物生成速度と各種水質指標との相関を調査した結果、溶解性COD_{cr}との相関がもっとも高いことがわかった。

(5) 空気を注入した場合、圧送管路終点における溶存酸素濃度は1～7mg/ℓ確保でき、圧送管内での硫化物の増加は認められなかった。溶存酸素濃度が1mg/ℓ以上であれば、硫化水素の生成を抑制できることがわかった。

(6) 圧送管路内での硫化水素生成を抑制するために必要な空気注入量を求める実験式を得た。空気注入量は、汚水の流量、圧送管路始点での溶存酸素濃度、管内滞留時間、溶解性COD_{cr}および温度から求められる。

今後、実験式の検証および運用方法について検討を進める予定である。

（参考文献）

1) US EPA: Design Manual "Odor and Corrosion Control in Sanitary Swerage Systems and Treatment Plants"（日本語版：EPA設計マニュアル「下水道施設の臭気と腐食対策」，日本下水道事業団業務普及協会）

2) 三品文男，川口幸雄，堺好雄：下水圧送管内における硫化水素の生成に関する一考察，下水道協会誌，Vol.25，No.316（1988）

3) 森忠弘，古賀みな子，米倉義和，堺好雄，三品文男，立脇征弘，小泉淳一：下水管生物腐食の原因と対策(1)，下水道協会誌論文集，Vol.27，No.316（1990）

4) A.G.Boon，A.R.Lister：Formation of Sulphide in Rising Main Sewers and Its Prevention by Injection of Oxigen，Prog. Water Tech. Pergammon Press，1975

5) D.K.B.Thistlethwayte：The control of Sulphide in Swerage Systems，Butterworth Pty Ltd. Australia，1972

6) T.Hvitved-Jacobsen：Hydrogen Sulphide control in Municipal Sewers，Pretreatment in Chemical Water and Wastewater Treatment，Springer-Verlag Berlin Heidelberg，1988

7) US EPA：Process Design Manual for Sulfide control in Sanitary Sewerage Systems，1974

技術レポート5

SII形ダクタイル鉄管を使った汚水圧送計画
～古典ロマンの継承と発展を願って～

小松市建設部下水道課
主幹　**吉村外志昭**
主査　**近藤　公一**

1．はじめに

小松市は、石川県の西南部、加賀平野のほぼ中央に位置し、北西部には洋々たる日本海を臨み、東には霊峰白山を控えた石川郡、西には加賀市および江沼郡、北に能美郡、そして南には大日山を境に福井県勝山市に接し、面積約371㎢、人口約10万7,000人を擁している。

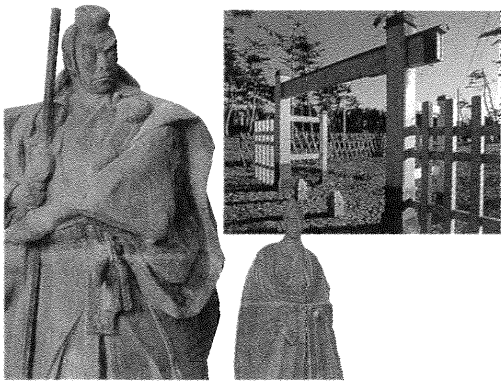
本市は、古くから城下町として栄え、安宅の関は世に名高い『勧進帳』の舞台となり、源平の争いのため幾度か戦乱の地と化し、今に残る斎藤実盛の兜などのロマンを北陸最古のいで湯とともに伝えている。

近年は小松空港から東京まで約１時間、福岡まで約１時間10分と空路にも恵まれ、地場産業である繊維・機械工業などを中心に発展を遂げており、金沢市に次ぐ県下第２の都市規模を有する南加賀地方の中核都市として、自然と活力に満ちあふれた文化産業都市をめざしており、下水道もこれに添った形で整備を進めてきた。

この間、昭和63年４月に、環境保全上急がなければならない木場潟周辺整備が、『木場潟みずぎわ作戦』として建設省のモデル下水道に選ばれた。

ここでは、『アピール下水道』の一環として、軟弱地盤地帯へ『ＳⅡ形ダクタイル鉄管』を使った汚水圧送を計画し建設しているので、その概要を報告する。

写真１　勧進帳で有名な安宅の関



2．下水道事業計画

小松市の下水道処理形態は、梯川（一級河川）により大きく2分割され、梯川右岸については、加賀沿岸流域下水道の梯川処理区小松北部処理分区として関連公共下水道により整備し、残りの梯川左岸は、小松市公共下水道中央処理区として単独公共下水道により整備する計画である。

全体計画区域は、市街化区域を中心とした2,936haであり、現在は、人口が集中している市街地、木場潟周辺の環境保全上整備を急がなければならない区域および北部の人口集中区域のトータル630haを事業認可区域として、昭和42年度より事業に着手し下水道の整備を進めている。

表1　計画概要

項目	全体計画	事業計画			
		中央処理区			梯川処理区 小松北部処理分区
		中央排水区	木場潟処理分区	松陽処理分区	
計画目標年度	平成17年度	平成10年度			平成7年度
排除方式	分流式一部合流式	合流式	分流式		分流式
計画区域	2,936ha	255ha	126ha	117ha	132ha
計画人口	106,950人	16,200人	4,890人	4,710人	4,080人
計画水量	81,000m³／日	22,000m³／日			2,400m³／日
概算事業費	102,600百万円	40,313百万円			5,045百万円

表2　下水道普及状況

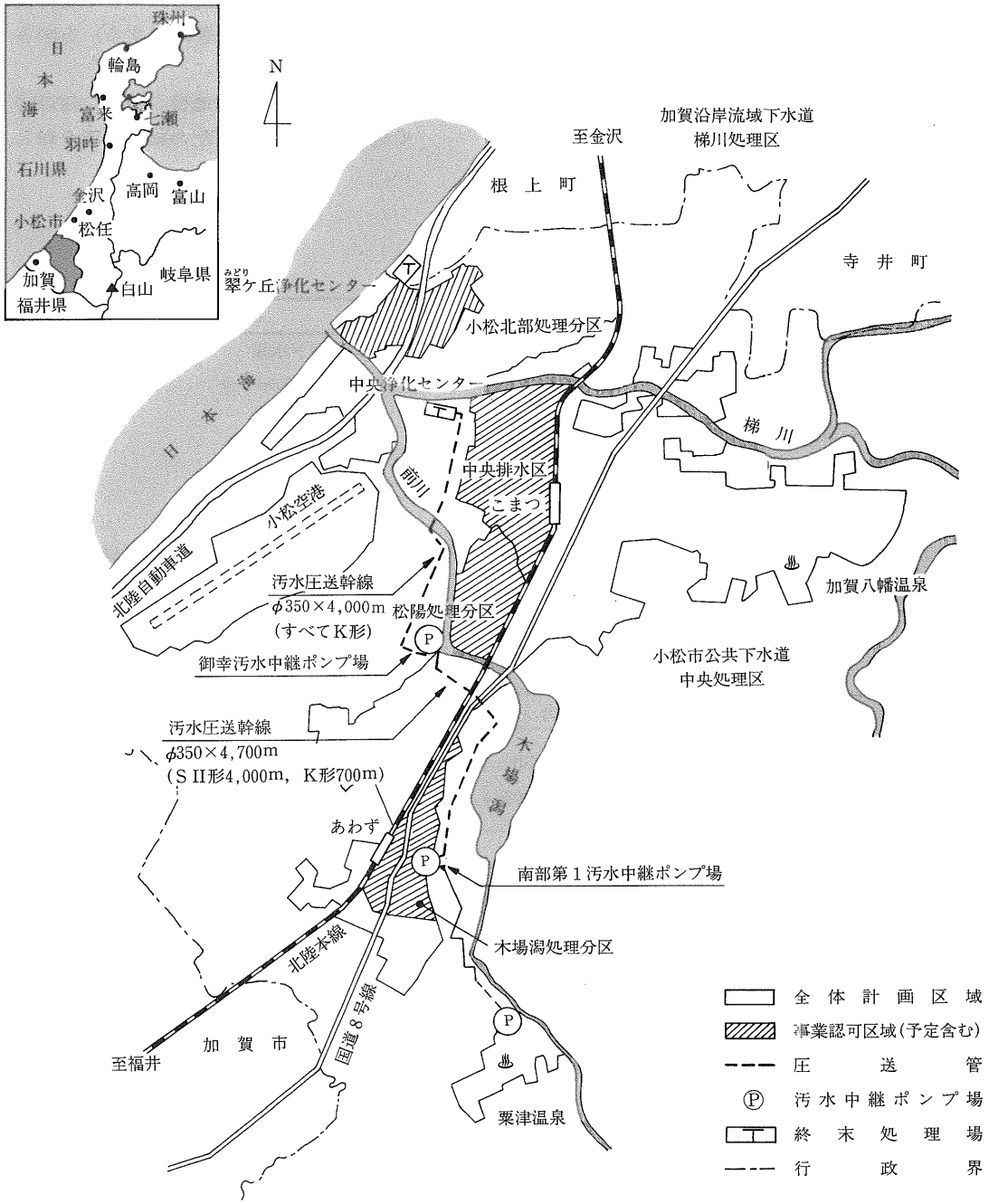
区分／年度	行政区域人口 (A) (人)	処理区域人口 (B) (人)	普及率 (B)/(A) (%)	備考
元年度末	＊ 107,083	15,765	14.7	
2年度末	＊ 107,285	17,115	16.0	
3年度末	＊ 107,325	18,152	16.9	

＊人口は、各年度3月31日現在住民基本台帳による。

写真2　中央浄化センター

図1　小松市公共下水道全体計画図

（但し、本テーマに関係のないポンプおよび幹線は除いた）



3．汚水圧送計画

1．圧送方式採用理由

① 木場潟の水質悪化が進み、早急な下水道整備が望まれ、短工期で建設する必要があった。

② 処理区域と浄化センターが離れて流送距離が長く、途中に水管橋や軌道横断・国道横断があること。また、将来建設予定の地中構造物を避けて下水道管を布設する必要があることなどから、自然流下方式での計画には無理があると判断された。

③ 流量計画から、圧送方式にして先行投資の削減（将来2条管路にする）を図ることが可能であった。

④ 木場潟付近は軟弱地盤のため、建設時や建設後の管路こう配の維持管理が難しい。

2．ポンプおよび路線計画

表3　ポンプ計画

ポンプ場名称	全体計画	認可計画
南部第1汚水中継ポンプ場	＊計画下水量 18.99m³/分 ＊ポンプ型式 水中汚水汚物ポンプ ＊ポンプ台数 φ200×3.2m³/分×2台 φ250×6.4m³/分×3台（うち1台予備）	＊計画下水量 5.58m³/分 ＊ポンプ型式 同左 ＊ポンプ台数 φ200×3.2m³/分×2台 φ250×6.4m³/分×1台（予備）
御幸汚水中継ポンプ場	同上	同上

表4　路線計画

圧送管ルート	全体計画	認可計画
南部第1汚水中継ポンプ場 ↓ 御幸汚水中継ポンプ場	φ350×4,700m φ500×4,700m	φ350×4,700m （S II形3種管4,000m K　形3種管　700m）
御幸汚水中継ポンプ場 ↓ 中央浄化センター	φ350×4,000m φ500×4,000m	φ350×4,000m （K形3種管）

3．管種の選定

比較検討管種としては、ダクタイル鉄管・鋼管・硬質塩化ビニル管などがあるが、長距離圧送管路では、ポンプ間欠運転による水撃圧が発生することや、軟弱地盤での不同沈下などを考え、管体強度・継手性能・施工性・耐久性に優れ、実績の豊富なダクタイル鉄管を採用した。

4．継手の選定

圧送管路建設予定ルートのうち、木場潟付近は軟弱地盤層と砂層が複雑に入り混じっており、過去に布設した農業パイプラインが1m程度沈下し、現在も道路の不陸状態が発生していることから、『S II形継手』を用いて耐地盤変動管路を形成することとし、比較的安定している旧今江潟の埋立地などには『K形継手』を選定した。

図２　模式断面図

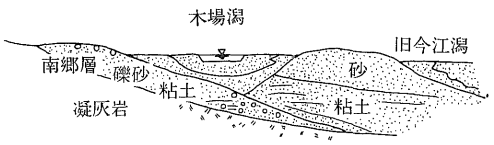


表５に軟弱地盤における建設管路の評価を示す。

５．地盤沈下に対するＳⅡ形ダクタイル管路の順応性

ＳII形継手は、伸縮可とう性と離脱阻止性能を有した鎖構造のダクタイル管路を構成することができる。この鎖構造管路が沖積層・盛土・埋立地などの軟弱地盤に建設された場合は、不同沈下などの地盤変動に容易に順応できる。

また、地盤の振動はもとより、液状化による局部的な変動にも鎖構造の特長を生かし、管路が破壊されることはない。

ここに、ＳII形ダクタイル管路が地盤沈下に対し、どのように順応するか検討した。

１．ＳII形継手（呼び径350㎜）の性能

【伸縮余裕量】

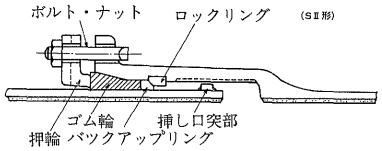
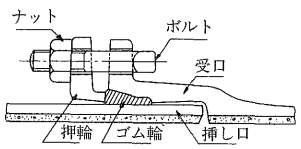
直　管：±75㎜(真直に接合した場合)

継ぎ輪：伸び余裕量　150㎜

（直管の２倍／１個）

縮み余裕量　200㎜

表５　軟弱地盤におけるダクタイル管路の総合評価

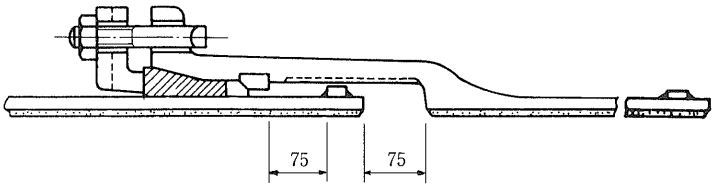
項目＼管路の種類	耐地盤変動管路（ＳII形ダクタイル管路）	一般管路（K形ダクタイル管路）
継手構造		
特徴	大きな伸縮性および可とう性を持つメカニカルタイプで、最終的には受口と挿し口がかかり合って離脱防止の役目をする。 継手の水密性はK形と同じである。	ゴム輪は、角ゴムと丸ゴム輪を一体化したもので、丸ゴム部を強く圧縮させ、継手の水密性を高めたメカニカルタイプで伸縮性および可とう性がある。
設計・施工の参考事項	●耐地盤変動用(耐震用・軟弱地盤用) ●常用圧力―特に制限なし ●離脱防止機能があるので、ＳII形用ライナを直管受口部に用いれば不平均力に対する防護は不必要である。	●一般管路用 ●常用圧力―特に制限なし ●不平均力の働く箇所には、適切な防護が必要である。
内外圧に対する安全性	◎	◎
伸縮可とう性	◎	◎
継手の離脱防止性	◎	×
施工性	○	◎
維持管理性	◎	○
総合評価	◎	△

◎非常に適している。　△使用できる場合もある。

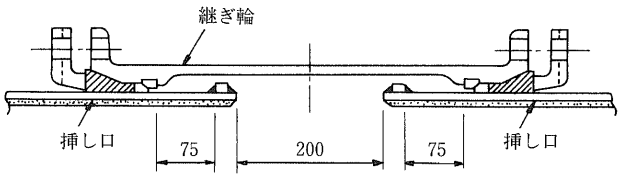
○適している。　　×適さない。

図３　標準接合図

直　管



継ぎ輪



【曲げ余裕量】

設計・施工時の許容曲げ角度：３°

【曲げ強度】

限界曲げモーメント：16.6tf-m

【離脱阻止力】

継手部の離脱阻止力：105tf以上

〈参考〉

上記離脱阻止力は、仮に埋設管の管表面と土との摩擦抵抗を１tf/㎡としたとき、管路約100m分の摩擦抵抗力に相当する。

２．軟弱地盤の沈下量の推定

軟弱地盤に管を埋設する場合は、管の重量・管内水重および埋戻し土圧などを考慮して管底分での土圧増加分を計算し、それによって沈下量を推定するのが一般的である。

木場潟周辺のボーリング調査によると、N値０～２の地盤層が10～30mと、複雑な軟弱地盤層を形成しており、急激な不同沈下が発生すると予測される。

３．不同沈下に対する順応メカニズム

ＳⅡ形ダクタイル鉄管（呼び径350㎜）の継手は、３°の許容曲げ角度を持っており、この曲げ角度の範囲内であれば、管路は継手の曲げ余裕量だけで地盤の沈下に順応することができる。

図４　継手の曲げ角度と偏位量

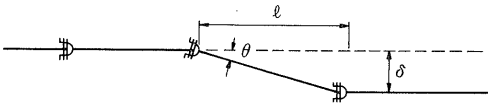


図４において、

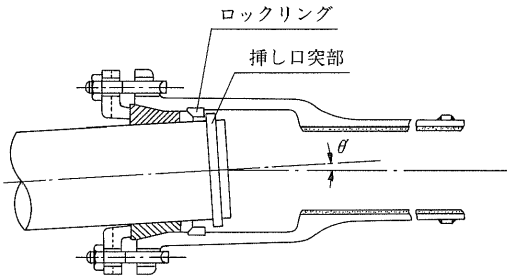
$\delta \fallingdotseq \ell \tan\theta$

ここに、δ：偏位量（順応できる沈下量）、ℓ：管長、θ：曲げ角度として順応できる沈下量を計算することができる。

たとえば、本市の場合、呼び径350㎜のＳⅡ形ダクタイル鉄管を使用するので、ℓ＝６m，θ＝３°（許容曲げ角度）であり、δ≒31.4cmとなる。

この後、さらに不同沈下が進みθ≒６°（限界曲げ角度）になれば、ロックリングと挿し口突部のかけ合わせにより、ダクタイル鉄管が鎖状につながり管路が破壊することはない。

図５　継手の離脱阻止状態



すなわち、δ≒600×tan６°≒63cm程度で、上記のような状態が予測される。

4．異形管防護

圧送管路の屈曲部・分岐部・末端の栓・バルブなどには、水圧によって管を動かそうとする力（不平均力という）が働く。このような箇所には、特殊押輪やコンクリートによる防護工を行うのが一般的であるが、軟弱地盤では防護コンクリートが管路の不同沈下を助長したり、曲げ応力を発生するため好ましくない。

一方、S II形ダクタイル鉄管は、継ぎ輪および長尺継ぎ輪以外の異形管の継手が図6のような離脱阻止形になっている。

また、図7のように所定のライナを使用することにより、直管の継手を離脱阻止形とすることができる。

6．横断部の検討

JR・国道・県道は、推進工法（3カ所）

図6　S II形異形管継手

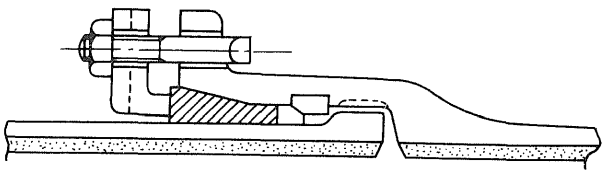


図7　S II形直管にライナを使用する場合（離脱阻止形）

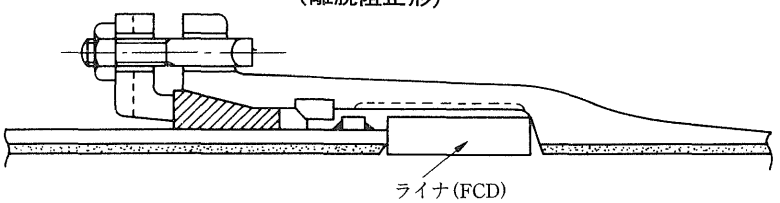
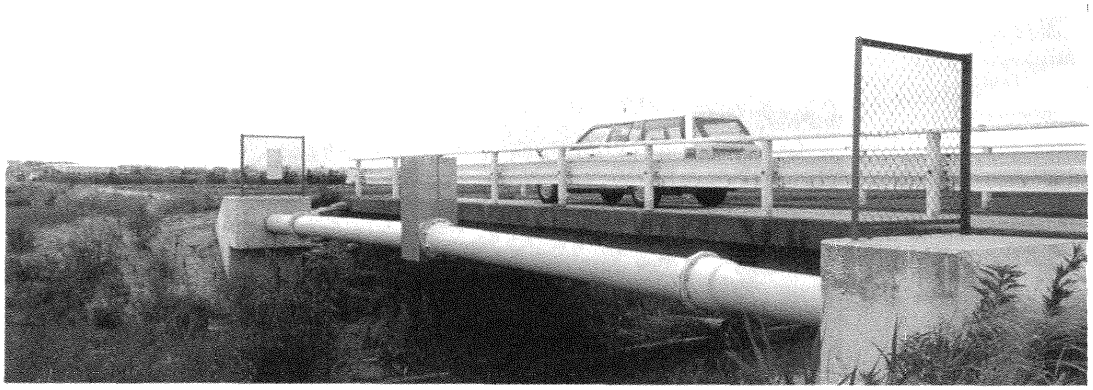


表6　横断部概要

横断箇所	横断距離(m)	工　　法
J　R	28	T形ダクタイル推進管(ℓ＝4m)を圧入方式により推進
国　道	28	同　　上
県　道	16	T形ダクタイル推進管(ℓ＝2.43m)を推進(予定)
河　川	16	FT形ダクタイル鉄管による水管橋
河　川	100	K形ダクタイル鉄管による水管橋(予定)

写真3　FT形ダクタイル鉄管による水管橋



で、河川は水管橋（２カ所）で横断する計画とし、ダクタイル鉄管で施工することとした。

4．施　　工

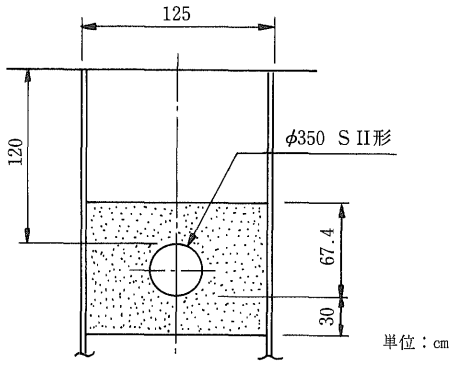
1．管基礎工

ダクタイル鉄管は、強靱である上に管厚が厚いので剛性があり、一般には特別な基礎工を施す必要はないが、軟弱地盤には施工性を考慮して30cmの砂基礎を採用した。

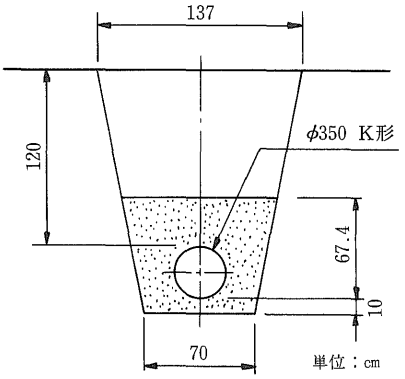
図８に軟弱地盤と普通地盤の標準掘削断面を示す。

図８　標準堀削断面図

ＳⅡ形ダクタイル管路部
（軟弱地盤）



Ｋ形ダクタイル管路部
（普通地盤）



軟弱地盤では、胴木（３カ所／本）を用いてレベル調整を行った。

写真４　ウェルポイント工

写真５　既設パイプライン調査用試堀工

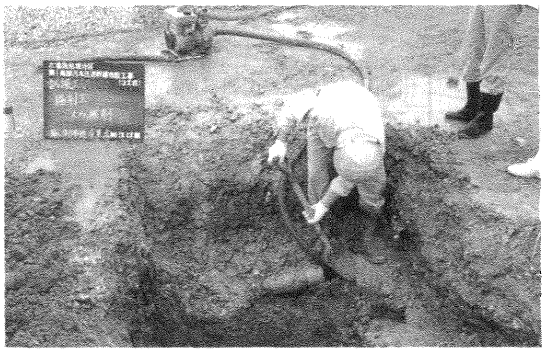
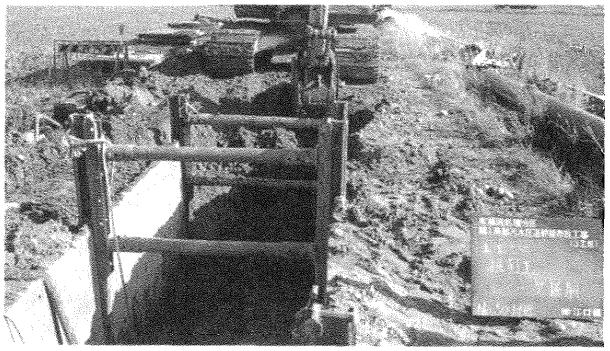


写真６　掘　削　工



2．施工管理

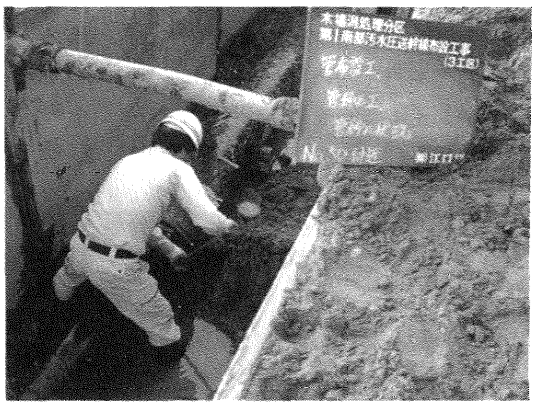
ダクタイル鉄管の重量は重いが、強靱でたわみにくいので、取り扱いは比較的容易である。

一方、S II形継手は離脱防止機構を有するため一般継手より接合部品が多くなるが、ポイントをつかめば高度な技能を必要とせず確実な接合が行えるが、より確実な施工と安全を期するため、工事開始前に職員と施工業者を対象に接合講習会を開催した。

また、現場ではチェックシートの記入を義務づけ、履歴として残すことにより、施工管理の徹底を図った。

写真7　管布設工

写真8　管接合工



3．管路水圧試験

建設された管路が、問題なく供用できることを確認するため、管内を満水にし設計水圧3 kgf/cm²をかけ、一晩経過後の水圧を確認し、2.4kgf/cm²以上であれば合格とした。

通常、試験距離は、責任範囲を明確にするため工区ごとに行うことが多いが、「施工には自信がある」との施工業者の声もあり、数工区同時（最長4,000m）に水圧試験を行ってきたが、トラブルなく現在に至っている。

なお、全線工事完了後に一括水圧試験を実施する計画である。

5．維持管理

本計画は、将来的には2条管路とするが、先行投資の削減から1期工事は単一管路として供用開始することになり、供用後の停止はきわめて難しい。

また、長距離圧送管路でもあり、万が一、事故ともなれば、その影響は計り知れない。そのため、計画段階から維持管理を考慮して検討し建設してきた。

1．初期対策

供用開始当初は、極端に流入水量が少なくポンプ運転時間が短くなる。そのため、汚水の滞留や固形物の沈でんにより硫化水素ガスの発生などの悪影響が考えられる。

その対策として、定期的にポンプ場近くの都市排水路から流水を受け入れ、高流速で管内を洗浄する計画である。

さらに、管路を健全な形で後世に引き継ぐために、管路内を建設当時のクリーンな状態で維持できないか、クリーニング方法なども検討している。

2．排泥ピット

管路内を空状態にできるよう、管路の低部に排泥ピットの築造を検討したが、排出水量が多く、環境問題も絡み適当な築造場所の確保ができなかった。しかし、万が一の場合を考え、中央排水区の合流式下水管きょへ放流できるよう計画した。

3．空気弁

汚水の超距離圧送であり、設置個数も多く

なることから、一般の空気弁に比べ維持管理が容易な下水道用空気弁を採用した。

しかし、メンテナンスフリーで維持管理できるものではなく、6カ月くらいの間隔で洗浄や機能確認が必要とのことであり、その体制で臨む計画である。

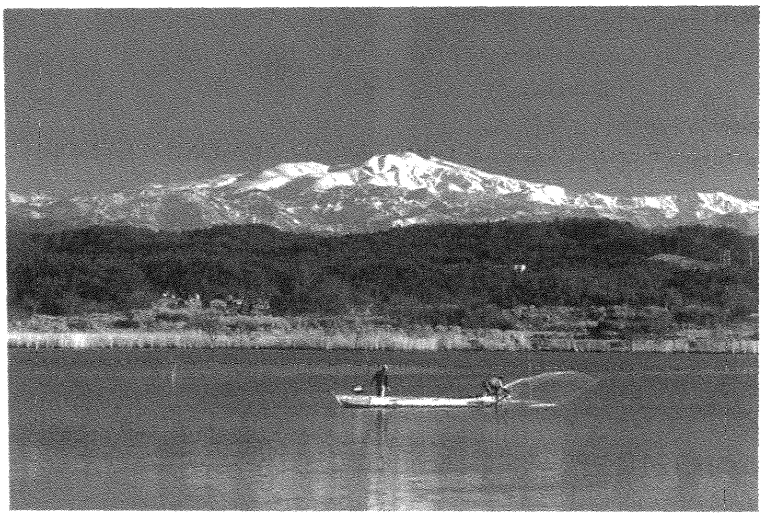
6．おわりに

汚水圧送幹線布設工事の着工に際し、木場潟周辺の道路は非常に地下水が高く、軟弱地盤であるため、初めての試みとして一部ＳII形ダクタイル鉄管を採用した。

全線8,700ｍ（φ350ＳII形4,000ｍ、K形4,700ｍ）に渡る圧送管も、平成6年3月末日の工事完成、4月供用開始まで間近に迫っている。当初は、軟弱地盤での施工性と安全面に不安であったが、スムーズに工事が進むにつれて、今後の維持管理についても自信と安心感を持てるようになってきたから不思議である。

アピール下水道『木場潟みずぎわ作戦』の完成によって、木場潟と周辺河川の水質改善が進むものと期待し、一日も早い供用開始とともに、本市の恵まれた自然の継承と発展を望むものである。

写真9 木場潟より白山を望む



技術レポート6

呼び径800mmGS形ダクタイル推進管を使用した1スパン268mの長距離推進

安城市都市開発部下水道建設課
課長補佐　**倉橋光夫**
工務2係長　**稲垣勝幸**

1．はじめに

下水道事業の活発化とともに推進工法や推進管の開発、改良が積極的に行われている。推進工事の増大とともに近年施工条件の厳しいものが多くなりつつあり、長距離推進やS字カーブなど、今までの推進工事では不可能と思われているような距離と線形の工事が要求されるようになっている。

本稿では、路線中間点でJR東海道本線を横断する1スパン268mの長距離推進工事の施工計画、施工実績について報告する。

2．安城市の概要

安城市は愛知県のほぼ中央に位置し、昭和27年5月の市政施行以来40年になる。

人口約14万6,000人、面積86.01㎢、「光と緑あふれる産業文化都市」をめざし、成長発展を続けている。

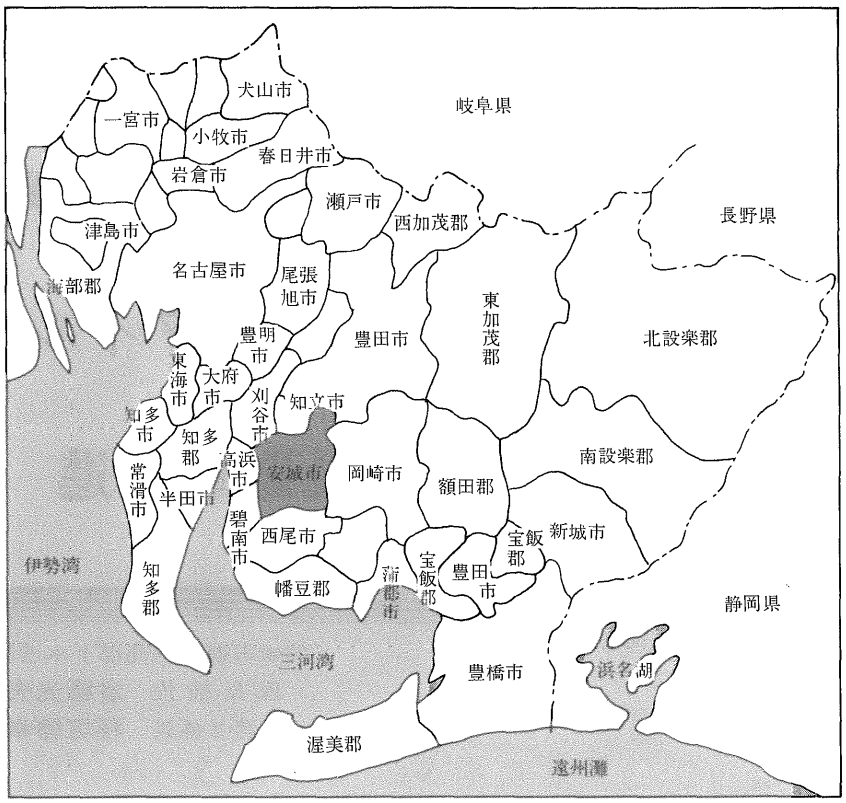
かつて、市域の大部分が安城ヶ原と呼ばれ、水利に乏しい洪積台地であったが、明治18年の明治用水の開通により「日本のデンマーク」と呼ばれる農業先進地として全国に名を広め、今も都市近郊型農業が発展している。

工業の中心は、紡績から自動車関連部門へと移行して、活発な生産活動が続いている。市街地は駅前都市改造事業によって新しい街並みが整い、近代化した商店街が活気を見せている。

毎年8月上旬の4日間「安城七夕まつり」が市街地一帯でにぎやかに開催され、100万人以上の観光客が訪れる。また、昭和63年3月に開業した新幹線「三河安城駅」周辺地区については、土地区画整理事業を進めながら、西三河地域の拠点都市にふさわしいハイグレードなふるさとの街づくりに努めている。

安城市の位置を図1に示す。

図１　安城市の位置



３．下水道事業の沿革

安城市の下水道事業は、昭和46年に下水道整備基本計画を立て、愛知県が事業主体である「矢作川・境川流域下水道」に接続する流域関連公共下水道として事業を進めているが、市域の地形状況から「矢作川」・「境川」・「衣浦東部」の３処理区に分割されている。

下水道計画区域としては、現在2,351haを都市計画決定しており、市域面積8,601 haの約1/4であり、市街化区域2,011haと、周辺の一部市街化調整区域を取り込んだものとなっている。また、下水排除方式としては、雨水、汚水を分離した分流方式を採用している。

事業については、昭和49年に矢作川処理区において事業着手以来、18年を経過し、これまで事業認可区域631haのうち約230haが整備完了し、その投資額は150億円以上となる。

愛知県施工の流域下水道の矢作川浄化センターの供用開始とも相まって、遅ればせながら平成５年４月に一部の市街地について市民待望の供用開始を迎える目処がついたことは、安城市政史上も大いに意義のある記念すべき年となるものである。今後は、今までの遅れた分を取り戻し、先進都市の下水道普及率に追いつき、追い越すためにも、なお一層の事業の推進に努力する必要がある。

４．工事概要

安城汚水幹線は、安城市公共下水道の幹線管きょであり、ＪＲ東海道線東稲荷踏切の約

150ｍ南まで完成し、現在、県道の安城・八ツ田・知立線を施工中である。

本工事は、上下流の管きょの連絡を行うもので区間延長279.4ｍ、計画呼び径800㎜であり、区間のほぼ真中でＪＲ東海道線東稲荷踏切下を横断する。

地上は、安城市の市街地の住宅や商店の立ち並ぶ交通量の多い市道である。また、路線上部にはガス、ＮＴＴ、水道などの地下埋設物が存在している。土かぶりも深いため、開削は安全性、コストおよび工期の点で不可能であり、施工には万全を期する必要があった。また、ＪＲ東海道本線下の通過日は軌道に対する変状発生を防止するため、ＪＲと協議の上で事前に取り決める必要があり、線路下の通過は沈下測量を行いながら推進することとなった。

図２　平面図

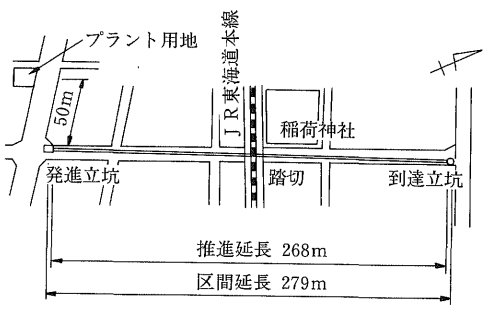


写真１　施工現場状況

《工事仕様》

①工 事 名：公共下水道築造工事　安城汚水幹線（その３）

②工　　期：平成３年６月22日～平成４年３月21日

③施工箇所：愛知県安城市朝日町地内

④線　　形：1スパン268ｍ、直線、こう配1.3‰

⑤土かぶり：6.6～8.2m

⑥土質概要：粗砂～れき混じり粗砂、Ｎ値15～20

れき径　５～20㎜が主体、最大40㎜程度

透水係数　１～10×10^{-3}cm/秒

工事場所の平面図を図２に示す。

施工現場状況を写真１に示す。

５．検討項目

１．施工工法の検討

１．工法の概要

管きょ布設工事に際し、一般的に用いられる非開削工法は次ページの通りである。

工法の選定に関しては、以下の諸条件について検討することとした。

①　道路条件（幅員、交通量、道路線形、迂回路の有無）

②　土質条件（土質の物理定数、地下水）

③　周囲環境条件（家屋の近接度、施工時の作業スペース、仮設用地の確保、騒音振動問題、地盤沈下）

④　地上および地下構造物（電気、電話、ガス、水道、雨水、架空線）

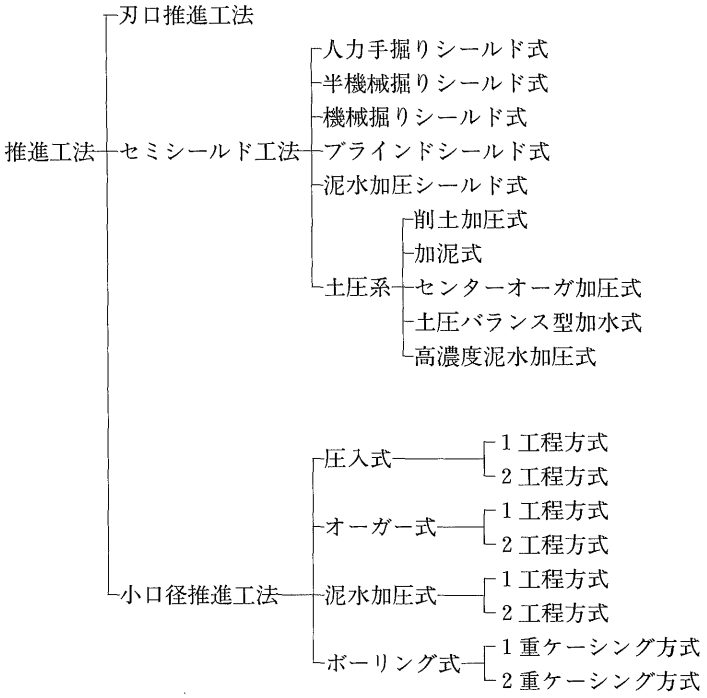
⑤　管きょ条件（管種、管径、延長、曲線施工、土かぶり）

２．工法の比較

シールド工法は長距離施工を前提としており、現在では最小仕上り内径1150㎜までしか施工できず、工事費が１ｍ当たり70万円近くにもなることから、今回のように280ｍ程度では採用される実例はほとんどない。したがって、推進工法の中で土質その他の条件に適合する工法として以下に示す工法を比較検討した。

① 刃口推進工法（全線断面薬注）
② 普通泥水加圧推進工法（坑口部のみ薬注）
③ 泥土加圧推進工法（坑口部のみ薬注）
④ 超高濃度泥水加圧推進工法（坑口部のみ薬注）

上記4種類の工法比較結果を表1に示す。



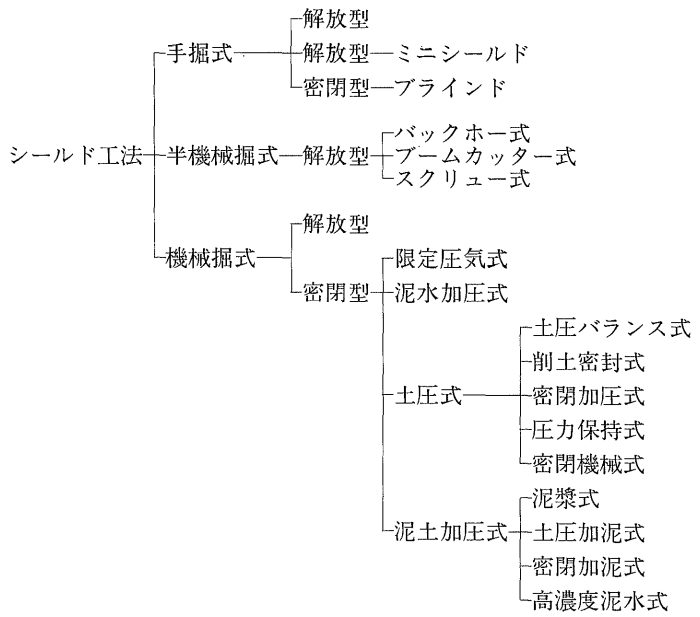


表１　工法比較結果

項目＼工法	刃口推進工法	普通泥水加圧推進工法	泥土加圧推進工法	超高濃度泥水加圧推進工法
適用土質	原則的には自立性地盤に適用するが、補助工法を併用することにより適用範囲を広くすることも可能である。	粘性土・砂質土の滞水軟弱層に適している。 玉石・礫が大きい場合は礫破砕装置を装備する必要がある。	粘性土・砂質土の滞水軟弱層に適している。玉石・礫に対しても比較的強い工法である。	透水性・流動性の高い軟弱粘土層から砂礫層・玉石地盤までほとんどの地盤に適用できる。
切羽安定機構	切羽には鋼製刃口を使用しているため地山の自立を前提としている。自立が期待できない場合には補助工法により止水と地盤改良を行う。	掘削室内に泥水を注入し、泥水圧により先端の土圧および水圧に対抗する。	泥漿と混練されたカッター圧力室内の掘削土砂の塑性受圧力と密土圧で土圧に塑性化された掘削土砂の難透水性により水圧に対抗する。	超高濃度の泥水を地山に注入し、全面に泥膜を形成し、地山の崩壊と水圧の両方に対抗する。テール部にも注入を行い周辺土圧に対抗する。
排土方法	ズリトロにより搬出。	ポンプ圧によるスラリー輸送。	ズリトロにより搬出。	礫・玉石などの固形分はズリトロ、泥水分は真空圧によるスラリー輸送。
処理設備	不要	一般に処理設備の用地を必要とする。ただし配管により処理設備１ヵ所で発進立坑数ヵ所に対応できる。	一般に全量産業廃棄物として処理するため処理設備を設置しないが、作泥設備を必要とする。したがって送排泥に必要な設備を発進立坑ごとに設置する場合が多い。	一般に全量産業廃棄物として処理するため処理設備を設置しないが、作泥設備を必要とする。したがって送排泥に必要な設備を発進立坑ごとに設置する場合が多い。
補助工法	地盤安定と止水のため全線必要。	発進および到達部のみ必要。	発進および到達部のみ必要。	発進および到達部のみ必要。
工事費	400,000円/m	320,000円/m	340,000円/m	380,000円/m
評価	当該地盤では補助工法にかかる費用が膨大となり、もっとも高価である。	処理設備などによる工事費は多いが、補助工法は安価である。一般に送排泥を循環スラリー方式で行っているので、もっとも日進量が早い。	作泥設備などによる工事費は多いが、補助工法は安価である。泥水式に比べ排土方法の違いからやや日進量が遅い。	最近開発された工法であり、実績も増えつつあるが、経済性から超軟弱および超硬質の泥水式・泥土式で困難な場合に採用すべきである。

3．工法の選定

検討の結果、経済性などを考慮して普通泥水加圧推進工法を採用することとした。

2．管種の検討

1．管種の比較

従来鉄筋コンクリートが多く採用されていたが、近年管材メーカーの技術開発により、各種の推進管が市場に出てきている。

下水道工事は長期間にわたって施工されるため、施工時期から供用開始時期までの経過年数が非常に長くなる場合がある。そのため供用開始までに管体が損傷を受ける場合があり、対薬品性、対止水性に優れた推進管が要求される。さらに推進工法の進歩により長距離推進が可能になり、耐荷力に優れた推進管が要求されるなど、要求性能が多様化している。

今回は268mを1スパンで施工するとして、それに使用する管について以下に示す推進管を比較検討した。

① 遠心力鉄筋コンクリート管
② 推進工法用ハイガードパイプ
③ 推進工法用セラヒュームパイプ
④ 推進工法用スーパーラインパイプ
⑤ ＧＳ形ダクタイル推進管

推進管比較結果を表２に示す。

表２ 推進管比較結果

管種	遠心力鉄筋コンクリート管	ハイガードパイプ	セラヒュームパイプ	スーパーラインパイプ	GS形ダクタイル推進管
材料	圧縮強度500kgf/cm²のコンクリート、混和材料、滑材、鉄筋。	圧縮強度500kgf/cm²のコンクリート、混和材料、滑材、鉄筋、ポリウレタン樹脂。	圧縮強度500kgf/cm²のコンクリート、混和材料、滑剤、鉄筋、セラミックパウダー、合成樹脂	圧縮強度900kgf/cm²のコンクリート、混和材料、滑材、鉄筋、耐アルカリ性ガラス繊維。	ダクタイル鋳鉄、コンクリート、軽量鋼管、ポリエチレン樹脂。
製造	組み立てた鉄筋を金属型枠に入れ、ミキサで練り混ぜたコンクリートを投入して遠心力、ロール転圧、振動などにより締め固める。	同左により成形後、ポリウレタン樹脂をライニングする。	同左により成形直後のフレッシュコンクリートに遠心力によりセラミックパウダーと合成樹脂からなる防食層を形成する。	内面、外面にガラス繊維を配置する以外は通常の推進管と同様である。	溶解した原料に適切な処理を行って黒鉛を球状化して鋳造する。
圧縮強度	500kgf/cm²	500kgf/cm²	500kgf/cm²	900kgf/cm²	1.2×10⁴kgf/cm²
粗度係数	0.013	0.010	0.010	0.013	0.013
内面処理	コンクリート	ポリウレタン樹脂コート	セラミック樹脂コート	モルタル	ポリエチレンライニング
対硫化水素	弱い	強い	強い	弱い	強い
剥離性能	摩耗しやすい	起こりやすい	起こりにくい	摩耗しやすい	起こりにくい
許容耐荷力	230tf	230tf	230tf	397tf	480tf※

※標準管(管厚8.5mm)の許容耐荷力

２．推進力の計算

①　計算条件

- ●呼　　び　　径：800㎜
- ●土　か　ぶ　り：Ｈ＝8.11ｍ
- ●推　進　距　離：Ｌ＝268.6ｍ
- ●土の単位体積重量：ν ＝1.9tf/m³
- ●土の内部摩擦角：ϕ ＝30°
- ●上　載　荷　量：20tfトラック

②　項目

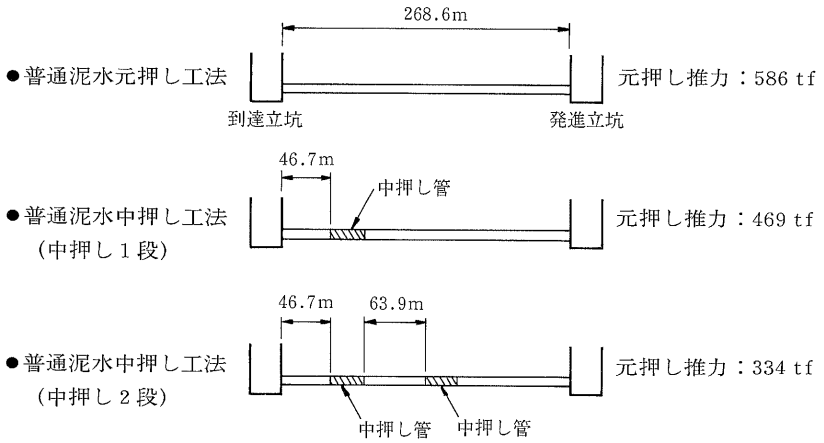
- ●普通泥水加圧元押し工法での元押し推進力
- ●普通泥水加圧中押し工法(中押し１段)での元押し推進力
- ●普通泥水加圧中押し工法(中押し２段)での元押し推進力

③　計算結果

下水道協会の修正式Ⅱで推進力を計算した。

計算結果を図３に示す。

図３　計算結果



３．管種および工法の選定

呼び径800㎜GS形ダクタイル推進管の標準管厚(8.5㎜)での許容耐荷力は480tfであるが、管厚調整により許容耐荷力を大きくすることができる。

推進力の計算結果より、許容耐荷力が 600 tf(管厚9.5㎜)のものを使用すれば、元押し推進工法で施工できる。

以上の結果から、経済性、管の品質などを考慮して、呼び径800㎜GS形ダクタイル推進管(管厚9.5㎜、許容耐荷力600tf)を用いた普通泥水加圧元押し工法を採用することとした。

ＧＳ形ダクタイル推進管の構造を図４に、また、特長を表３に示す。

図４　ＧＳ形ダクタイル推進管の構造

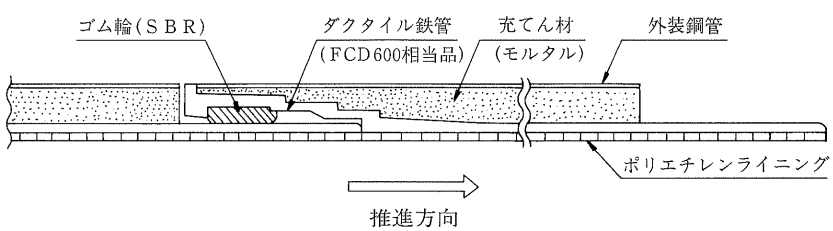


表３　ＧＳ形ダクタイル推進管の特長

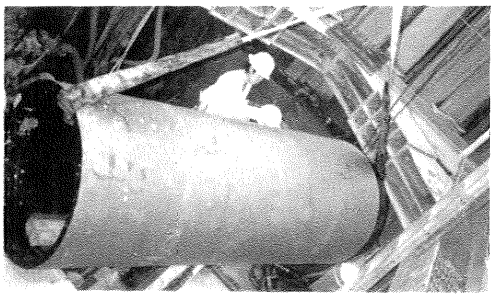
寸法・重量	管の外径や重量を１口径小さい推進工法用鉄筋コンクリート管に概略合わせた。 管の重量は、推進工法用鉄筋コンクリート管の50～60％と軽量である。
施　工　性	管の外径や有効長を推進工法用鉄筋コンクリート管に概略合わせているので、推進工法用鉄筋コンクリート管用の推進設備で施工できる。
防食性能	管の内面には、ポリエチレンなどの耐食性や耐摩耗性に優れた樹脂をライニングし、自然流下系下水管路に発生するといわれている硫化水素に対する防食性能を向上させた。
継手性能	施工時や施工後に作用すると想定される苛酷な条件下においても、内外圧1kgf/㎠の水密性能を有する。
推進性能	次の理由により、推進工法用鉄筋コンクリート管に比べ長距離の施工が行え、同じ推進力で長距離を施工できる。 ●管の耐荷力が大きい。 ●管の外径が同口径の推進工法用鉄筋コンクリート管に比べ小さいので、管に作用する摩擦抵抗力や刃口抵抗力が小さい。 ●管の重量が同口径の推進工法用鉄筋コンクリート管に比べ軽いので、管に作用する自重による摩擦抵抗力が小さい。

６．施　工

１．推進施工手順

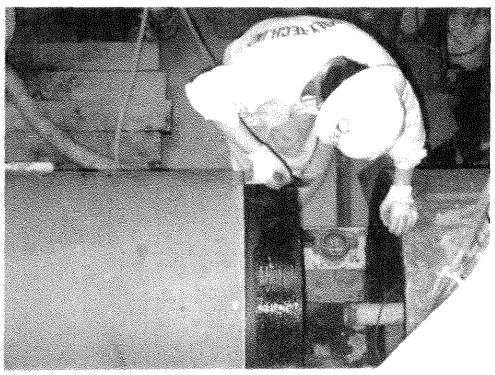
①　推進用マシンの初期掘進後、発進立坑内に管を降ろす（写真２参照）。

写真２　管の吊り降ろし



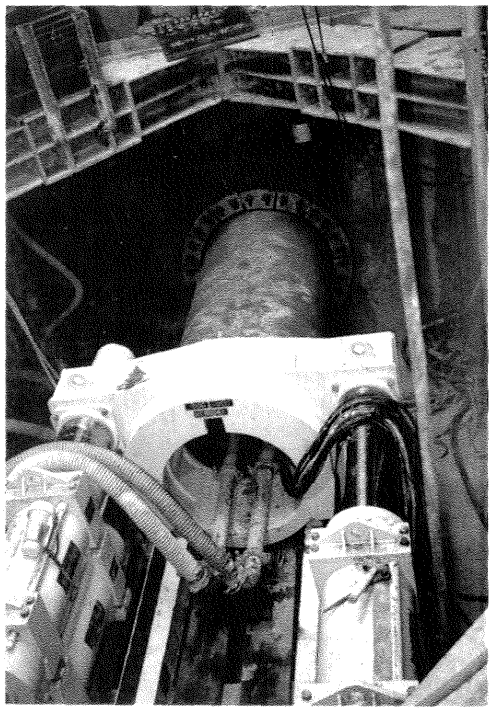
②　ゴム輪および挿し口外面を拭いた後、滑剤を塗布する（写真３参照）。

写真３　滑剤の塗布



③　推進管の受口と挿し口の芯が合っていることを確認して推進ジャッキで押し込む（写真４参照）。

写真４　推進ジャッキによる押し込み



④　①～③の作業を繰り返し、マシンが到達立坑に達するまで管を推進させる。

２．推進力

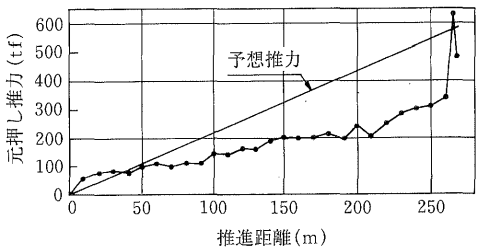
図５に推進力の推移を示す。到達立坑付近での一時的な上昇は高圧噴射注入改良ゾーンで生じたものである。全体的には実績推進力は計算値を下回った値で推移した。長距離推進ということで下記のような推進力低減対策を講じたが、その効果があったと思われる。

① 推進機械の全周に厚さ16mmの鉄板を巻き、さらに３本のカッタースポークすべてに５mmのオーバーカッタービットを装備した。

② 滑剤を積極的に注入した。

滑剤の注入は、常に全線にわたって注入できるように推進管４本ごとに注入ホースを取り付け、理論上のテールボイドの100％を注入するように管理した。

図５　推進力の推移



３．測　量

① 管の到達精度

今回採用した推進機械は、発進立坑で操作する後方制御式である。方向の制御は、マシン最後部に設置されているテレビカメラで、発進立坑から発射されたレーザーがマシンの後部にあるターゲット(８cm×８cm)のどの位置にあたるかを監視しながら行った。

通常はレーザートランシットで左右方向を管理し、上下方向はマシンのピッチングと人によるレベル測量で管理するのが一般的である。今回は、オートレベル機能を有し、こう配も設定できるレーザー測量機を使用した。その結果、運転席から左右方向と高さを同時にリアルタイムで管理することができた。到達精度は上下方向が２mm、左右方向が10mmと良好な到達精度を得た。

② 沈下について

掘進による沈下の有無の確認のため沈下測量を行った。鉄道の踏切付近ではＪＲとの協議により特に入念に測量を行ったが、全線を通じて沈下はまったく認められなかった。

７．おわりに

呼び径800mmクラスの推進工事は管内のスペースが狭く、他の呼び径に比べ作業性が悪い。たとえば、マシンの維持管理、送排泥管の保守、測量時の精度など、あらゆる面で呼び径800mmの方が他の呼び径に比べ時間がかかり、精度も悪くなる。このような悪条件の中でトラブルもなく精度良く施工ができたのは施工前にいろいろな角度から検討し、施工中も万一の推進力の増大にも対処できる予備方策として、中押しを１段設置するなど慎重に施工管理をしたためであると思われる。

推進管については、到達立坑付近で一時的に推進力が上昇したが管体にはなんら異常は見られず、ダクタイル推進管の大きな耐荷力が施工に活かされたといえる。また、施工完了後の継手部からの漏水はまったく見られず、高い止水性能が実証された。

今回のような長距離推進が下水道事業の拡大とともに、将来的にも必要とされると思われるが、今回の施工データが今後の工事の参考資料となれば幸いである。

最後に、今回の推進工事の設計、施工にご協力いただいた関係各位に改めて感謝する次第である。

ダクタイル鉄管第52号

平成4年5月

技術レポート 1

送泥システムの設計・維持管理に関する基礎調査

日本下水道事業団東京支社計画設計課
課長　金井重夫
日本下水道事業団兵庫広域処理事務所工事課
課長　伊原恒己
神戸市下水道局北下水道建設事務所
田中良穂

1．はじめに

下水道普及率の向上に伴い下水汚泥の量も年々増加しており、特に大都市圏域においては下水汚泥の処理、処分が大きな問題となっている。

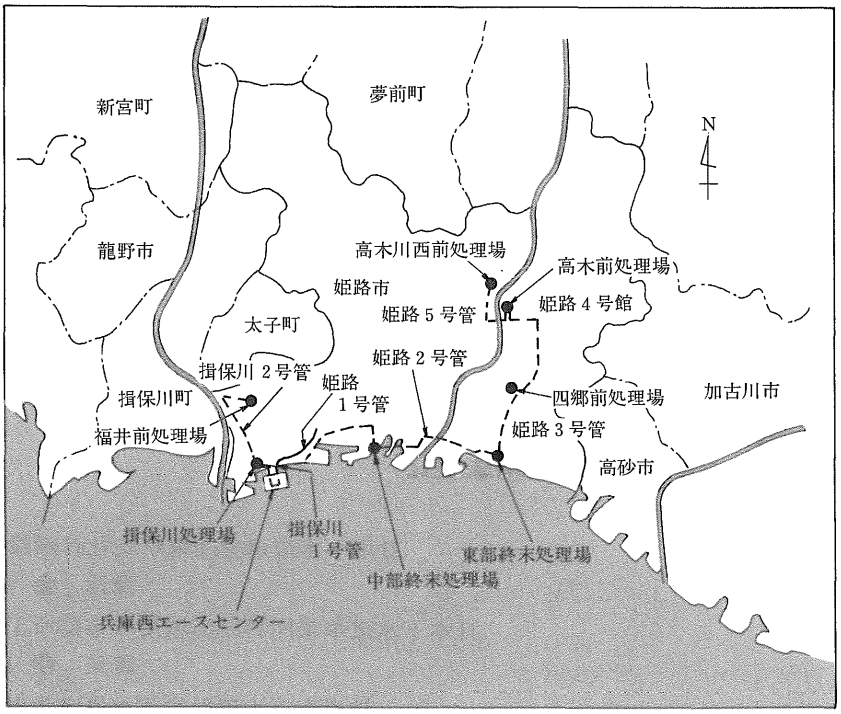
そこで、長期的、かつ広域的な視点に立って汚泥の処理、処分を行っていくために、日本下水道事業団が事業主体となり「下水汚泥広域処理事業（エースプラン）」が昭和61年度からスタートしている。現在、大阪北東、大阪南、兵庫県および兵庫西の各地域で事業を進めている。

このうち、図１に示す兵庫西地域では、兵庫県と姫路市が管理する下水処理場の汚泥を受け入れ対象とし、当初は脱水ケーキの形で搬入して焼却、溶融されるが、平成５年度以後、各処理場からの汚泥は順次、生汚泥のポンプ圧送に切り換えられる計画となっている。これらの処理場の多くは姫路市の地場産業である皮革工場からの高濃度排水を受け入れている。そのため、発生する汚泥は一般の都市下水汚泥とは物理的、化学的性質が異なり、東京都、名古屋市などで多年の実績を有する生汚泥のポンプ圧送についても、特別な配慮と対策の必要性が予想される。

そこで、本地域における送泥管路の設計と維持管理を行うための資料を得ることを目的として、表１に示す調査を行った。調査は、昭和61年度から平成元年度にかけて、姫路市下水道局Ｅ処理場に設置した実験管路および運転中の各処理場に対して行った。

本稿では、これらの調査のうち、管路本体に関わる調査だけについてその結果を報告する。

図１　兵庫西エースプランの計画図



２．水理学的調査

下水汚泥のポンプ圧送は、わが国でも東京都、大阪市、名古屋市などで約20年以上の実績があり、その設計と管理の手法はほぼ確立されている。

すなわち、管路の設計でもっとも問題となる擬塑性流体である汚泥の摩擦損失水頭の算定には、主に①ヘーゼン・ウィリアムス方式による方法、②アップバサーテヒニークの式による方法、③遠藤・金成の式による方法などがある[1]。(汚泥濃度は0.5～2.0%、最低流速は乱流域となる0.5m/秒、標準流速は1.0～1.5m/秒)

一方、本事業で対象とする汚泥は、表２に示すように汚泥の粘性に大きな影響を与えるとされている脂肪を高濃度に含み、また、皮なめし工程に起因する石灰、獣毛などを多量に含むため、一般の都市下水汚泥とかなり異なった水理学的挙動を示す恐れがある。このため、実験管路を設置し、管路設計に必要な各種のデータを得ることを目的として水理実験を行った。

１．実験管路

実験管路を図２に示す。

実験管路は大別すると汚泥貯留タンク、汚泥ポンプ（スクリュー渦巻きポンプ)、管路（ＧＬ上50cm高に露出配管、呼び径は主に200mm）からなる。

タンクに投入された汚泥はポンプで圧送され第１系列から第４系列の４つの同じ構成の管路を流れたあと、外周を形成する水理実験用管路（ダクタイル鉄管で、内面は粉体エポキシ塗装）を通り、再びタンクに戻って循環する構造となっている。第１系列から第４系列は長期送泥実験用の管路で、詳細は後述する。

２．摩擦損失水頭測定実験

1.実験方法

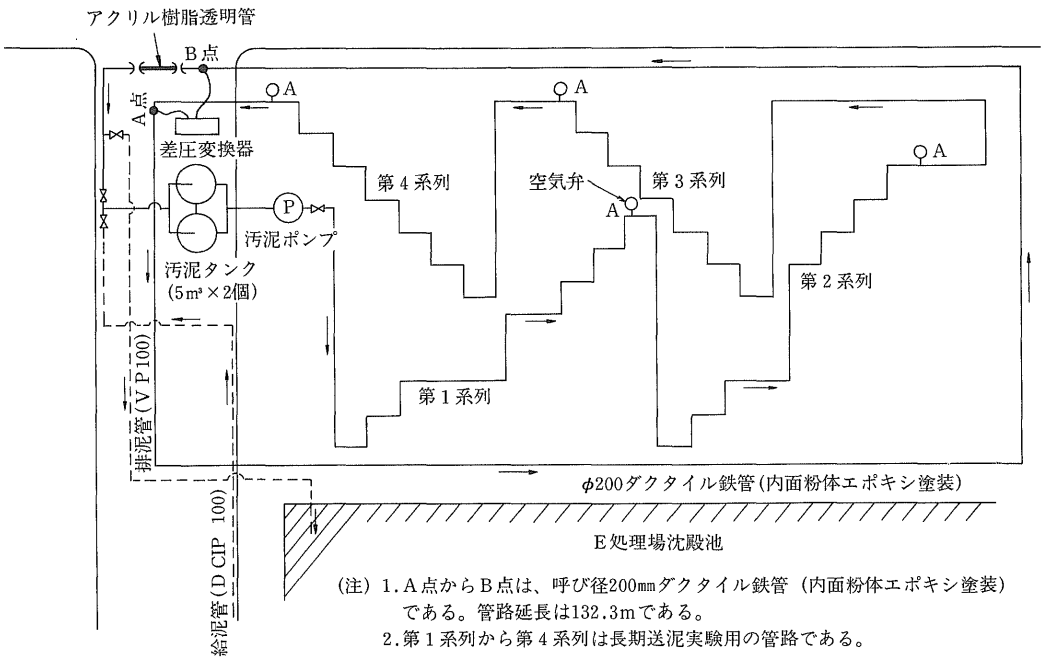
供試汚泥は、Ｂ処理場とＥ処理場から採取した汚泥および両者を４：１に混合した汚泥（以後、混合汚泥と呼ぶ)、そしてＤ処理場から採取した汚泥の４種類とし、これらを処理水で所定の濃度に希釈したものを用いた。

摩擦損失水頭の測定は、管内平均流速を変化させて、図２に示すＡ点とＢ点（管路延長

表1　調査概要

項目	目的	調査内容
1 水理学的調査	送泥管路設計のための水理学的基礎資料を得る。	管摩擦損失水頭（ヘーゼン・ウィリアムス式の係数）の測定と管内濃度・速度分布。
2 長期送泥実験	管材料、付属品などの選定に関する基礎調査資料を得る。	管内面の閉塞状況
		管内面の摩耗、腐食状況
		ゴム輪の状況
		管の強度
3 管材浸漬試験	〃	管内面のスケール生成、腐食状況。
4 既設汚泥管の調査	〃	管内面の摩耗、腐食、閉塞状況。
5 空気弁の性能試験	送泥管路に適した空気弁を選定する。	空気弁の性能、特に長期使用時の安定性。
6 ピグ工法による洗管実験	ピグによる洗浄の可能性の確認と、実施に必要な諸資料を得る。	洗浄効果 水圧、作業時間 その他（水量、排水水質）
7 前処理場汚泥濃縮槽臭気実態調査	受泥槽、ポンプ場の脱臭設備の設計に必要な資料を得る。	硫化水素、アンモニア濃度の時間変動とその他悪臭物質の濃度の計測と脱臭設備の機能。
8 前処理場汚泥pH値連続測定	汚泥ポンプ場のpH調整設備の必要性を明らかにする。	pH値の時間変動（汚泥、流入水）
9 硫化物生成状況調査	管路中での硫化水素の生成量を把握し受泥槽、ポンプ場の脱臭設備の設計資料とする。	硫化物の生成状況、硫酸塩還元菌の増殖など。

図2　実験管路の全体図



(注) 1. A点からB点は、呼び径200㎜ダクタイル鉄管（内面粉体エポキシ塗装）である。管路延長は132.3mである。
2. 第1系列から第4系列は長期送泥実験用の管路である。

表2　汚泥の分析データ[2)]

都市名	姫路市						甲市											乙県			
調査日	S62.3.19						S62.3.12											S62.3	S62.3.9		
処理場名	A	B	C	D	E	F	G	H		I			J		K	L	M	N	O	P	Q
温度 ℃	14	17.2	15.7	14.2	16.8	21	13.7	13.2	13.8	13	14	13.6	13	13.6	13.2	13.7	13.2	15.7	−	−	−
pH値	5.6	6.53	9.57	9.5	7	7.1	6.48	6.43	6.53	6.51	6.8	6.52	6.48	6.47	6.45	6.65	6.62	6.31	−	−	−
ORP mV	−176	6.53	−475	−267	−247	−326	−163	−195	−205	−221	−121	−188	−176	−280	−282	−96	−173	−210	−	−	−
アルカリ度 mg/ℓ	628	1,420	14,800	12,200	9,470	10,800	157	166	200	202	141	180	182	218	244	115	117	174	−	−	−
酸度 mg/ℓ	876	563	−	−	688	823	56.8	52.2	59.6	63.8	24	52.7	48.3	58.4	78.6	28.1	27.4	151	−	−	−
TS %	2.67	2.89	6.37	8.14	5.27	5.31	0.891	0.904	0.847	0.851	0.438	0.58	0.481	0.589	0.581	0.429	0.242	0.98	2.59	3.28	2.05
VTS比 %	75.3	76.1	61.7	69.9	71.2	73.1	78.7	80.5	80	80.2	76.3	77.7	77.2	76.7	75.4	78.9	79.4	81.4	75.7	74.7	74.6
SS %	2.3	2.3	5.3	7.2	4.6	4.7	0.841	0.855	0.787	0.791	0.404	0.521	0.436	0.538	0.522	0.403	0.194	0.83	2.1	2.8	1.7
VTS比 %	78.3	84.6	66	72.2	71.7	74.5	81.1	83	82.7	3	0.3	1	0.3	9.5	8.5	82.1	5.3	80.7	−	−	−
粗繊維50 mg/ℓ	1,980	790	5,220	14,800	5,160	4,920	2,030	1,440	1,388	1,678	970	325	465	1,243	838	1,288	998	670	−	−	−
粗繊維100 mg/ℓ	2,930	1,230	7,500	19,100	7,250	10,400	2,035	1,945	1,515	2,245	1,285	340	475	1,565	1,345	1,365	1,355	1,100	−	−	−
粗繊維200 mg/ℓ	4,200	2,430	9,130	25,200	10,400	20,400	2,445	3,680	1,660	3,075	1,485	610	620	1,830	1,750	1,890	2,005	1,770	2,010	7,500	6,300
硫化物 mg/ℓ	38.5	24.3	140	34.1	52.2	4.6	23.6	17	23.6	21.9	17.1	17.2	22.5	21	19.5	20.5	20.6	2.07	115	119	95.5
有機酸 mg/ℓ	3,200	2,300	1,910	862	3,790	239	136	108	185	179	100	123	102	143	155	75.9	51.9	154	20,701	3,790	1,970
粗脂肪 mg/ℓ	(251)	(118)	(122)	(109)	(137)	(28.2)	800	800	500	500	500	500	600	500	600	400	400	(163)	(116)	−	−
粗タンパク mg/ℓ	(419)	(606)	(356)	(378)	(307)	(20.7)	2,600	2,600	2,600	2,500	2,000	1,700	1,200	1,600	1,700	600	1,100	(337)	(239)	−	−
炭水化物 mg/ℓ	(74.9)	193.4	(64.4)	(41.8)	(72.1)	(9.42)	1,000	800	800	900	900	600	500	600	600	100	200	(71.4)	(66)	−	−
SO_4^{2-} mg/ℓ	14	570	680	660	240	380	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	46	36	29	20
NH_4-N mg/ℓ	190	470	350	220	580	37	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	20	−	−	−
D−TOC mg/ℓ	1,200	700	850	710	1,200	370	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	550	−	−	−
硫酸塩還元菌 n/ℓ	−	−	−	−	−	−	1.11×10^5	1.57×10^5	1.55×10^5	1.90×10^5	−	1.03×10^5	9.5×10^4	−	−	5.9×10^4	2.00×10^5	−	−	−	−

(　)内の単位はmg/TS 1g

132.3m)の圧力差を差圧変換器で測定する方法で行った。また、管内平均流速は超音波ドップラー型流速計で測定した。

測定は、昭和62年度から平成元年度までのそれぞれ夏期と冬期に行った。

2.結果と考察

データの整理、解析は従来から「水理公式集」、「下水道施設設計指針」で示されている簡明で取り扱いよいヘーゼン・ウィリアムス式によることとした。

ヘーゼン・ウィリアムス式の流速係数の算出は(1)式によった。

$$C_H=\frac{V}{0.35464\cdot D^{0.63}\cdot(H_f/L)^{0.54}} \quad \cdots\cdots(1)$$

C_H：ヘーゼン・ウィリアムス式の流速係数

V：管内平均流速（m/秒）

D：管内径（0.2m）

H_f：ＡＢ間の摩擦損失水頭（m）

L：ＡＢ間の管路延長（132.3m）

なお、曲がり損失は摩擦損失に比べ無視できるので、測定した全損失水頭を摩擦損失水頭とした。

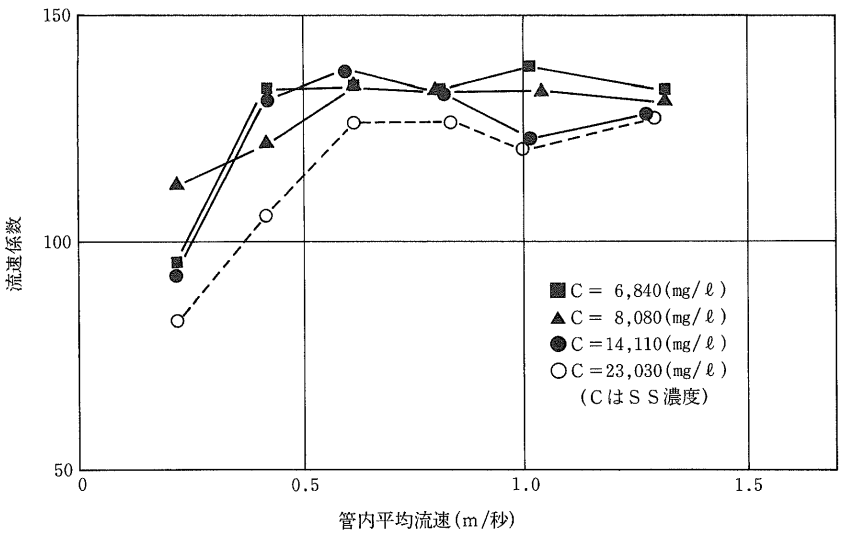
(1) 流速係数と管内平均流速の関係

流速係数と管内平均流速の関係の一例を図３に示す。

流速が0.4～0.6m／秒以上では流速係数はほぼ一定であるが、この流速以下では流速の低下とともに小さくなっており流れの形態が異なることが考えられる。

また、濃度が高いほど、流速係数が小さい。

図３　流速係数算出結果の例
（混合汚泥　昭和62年12月測定）



(2) 動水こう配と管内平均流速の関係

動水こう配と管内平均流速の関係の例を図４に示す。

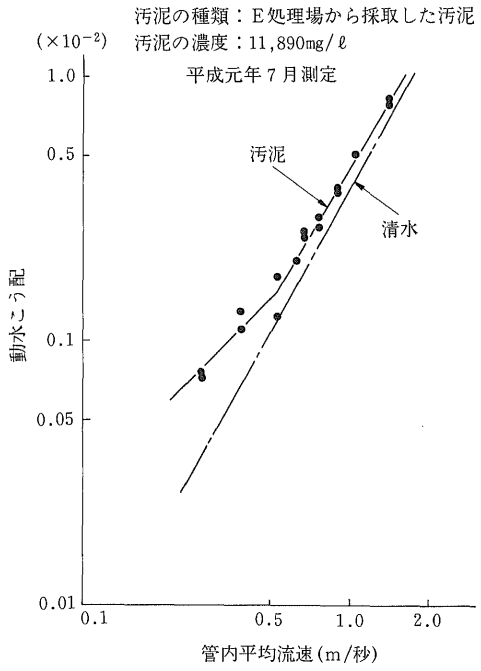
汚泥のデータが清水に平行な部分では動水こう配が流速のほぼ２乗に比例しているが、流速が0.4～0.6m／秒以下ではほぼ１乗に比例していることから、この流速以上は乱流域、以下は層流域と考えられ、流れの形態が異なっていることがわかる。

他の測定データも同様の結果であった。

(3) 流速係数と汚泥濃度の関係

昭和62年度から平成元年度の夏期と冬期に測定した全データについて、流速係数と汚泥濃度の関係をまとめた結果を図５に示す。この図には、乱流域と考えら

図４　動水こう配と管内平均流速の関係の例



(注) 清水はC_H=154(昭和61年度の測定結果)としてヘーゼン・ウィリアムスの式による計算値。

れる流速が0.6m/秒以上のデータを示した。図中、C_{HS}は汚泥の流速係数、C_{HW}は清水の流速係数を示す。C_{HW}はこの実験管路での測定で154であった。また、土木学会編「水理公式集」に示されている遠藤らの式[3]、Chouの式[4]も併記した。

夏期と冬期の流速係数を比較すると、冬期の方が５～10程度小さい。これは、汚泥の粘性が温度によって変化するためと考えられる。

本実験結果とChouの式は比較的よく合致した。

この図には明瞭に現れていないが、測定結果を詳細に検討した結果、約３年間の送泥による流速係数の経年変化は見られなかった。これは後述するが、管路解体時に管内面のスケール生成や荒れなどの、摩擦損失の増大につながる要因が見られなかった結果と一致する。

(4)　摩擦損失水頭の実験式

ここでは、東京都の調査結果[5]に沿って乱流域における摩擦損失水頭の実験式を求めた。

清水の摩擦損失水頭をH_{fw}とし、(1)式に示したヘーゼン・ウィリアムス式を変形すると(2)式となる。

$$H_{fw}=6.82\frac{L}{D^{1.17}}\left(\frac{V}{C_{HW}}\right)^{1.85}\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

先に示した図４から、汚泥の乱流域におけるデータは清水の場合の直線にほぼ平行であることがわかった。このことから乱流域での汚泥の摩擦損失水頭H_{fw}は流速の約1.85乗に比例すると考えられ、(3)式で近似できる。

$$H_{fw}=k_1V^{1.85}\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

k_1：汚泥の摩擦損失水頭係数

ここで、清水の摩擦損失水頭係数をk_2として、k_2に対するk_1の比$k_3=k_1/k_2$をとると(4)式が得られる。

$$H_{fw}=k_3\cdot H_{fw}\cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

実験結果から、k_3　$(=C_{HW}^{1.85}/C_{HS}^{1.85})$と汚泥濃度の関係を求めた結果を図６に示す。ここで、汚泥濃度は、汚泥温度10℃の粘性と同じ粘性を持つ濃度に換算したものである。換算には東京都の調査で得られている式を用いた。また、図中にはChouの式、東京都の式も併記した。

k_3と10℃に換算した汚泥濃度C_{10}との関係は(5)式で表わされる。

$$k_3=1+2.61\times10^{-5}\cdot C_{10}\cdots\cdots\cdots\cdots(5)$$

したがって、(5)式に(4)式を代入して汚泥の摩擦損失水頭H_{fW}は(6)式で求めることができる。

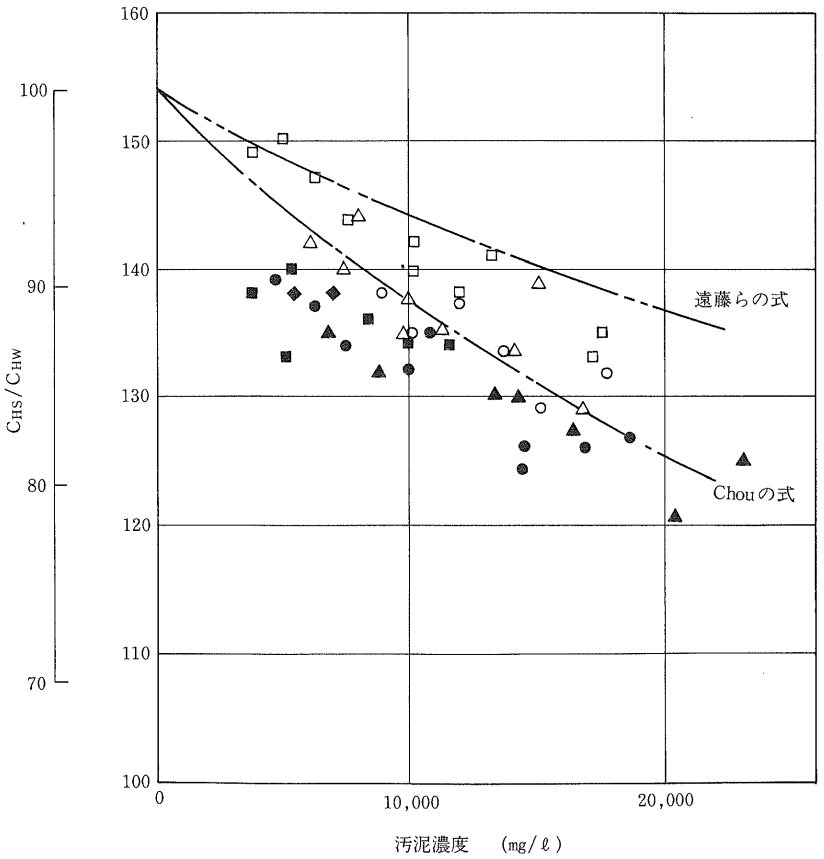
$$H_{fw}=(1+2.61\times10^{-5}C_{10})\cdot H_{fw}\cdots(6)$$

(6)式に(2)式を代入すると、乱流域での汚泥の摩擦損失水頭を求める実験式(7)式が得られる。

$$H_{fw}=6.82\frac{L}{D^{1.17}}\left(\frac{V}{C_{HW}}\right)^{1.85}\cdot(1+2.61\times10^{-5}\cdot C_{10})\cdots\cdots\cdots\cdots(7)$$

図５　流速係数と汚泥濃度の関係

汚泥の種類 ＼ 測定時期（ ）内は汚泥温度	夏　期（30～41℃）	冬　期（５～18℃）
B処理場から採取した汚泥	○	●
B処理場とE処理場の混合汚泥	△	▲
E処理場から採取した汚泥	□	■
D処理場から採取した汚泥	——	◆



（注）　流速係数は、管内平均流速が0.6m/秒以上でのデータの平均値である。

ただし、C_{10}は(8)式および(9)式から求める。

汚泥温度５～20℃のとき（東京都の報告では10～20℃）

$$C_{10}=\{1-0.023(T-10)\}^{0.37}\cdot C_T \cdots(8)$$

T：汚泥温度（℃）

C_T：汚泥濃度（mg/ℓ）

汚泥温度20℃以上のとき（東京都の報告では20～30℃）

$$C_{20}=\{1-0.015(T-20)\}^{0.37}\cdot C_T \cdots(9)$$

本実験式と東京都の式、Chouの式を比較すると、本実験式は東京都の式に比べ汚泥濃度の増加による摩擦損失の増大が大きく、Chouの与えた式と非常に近いことがわかる。

３．管内汚泥の濃度分布測定実験

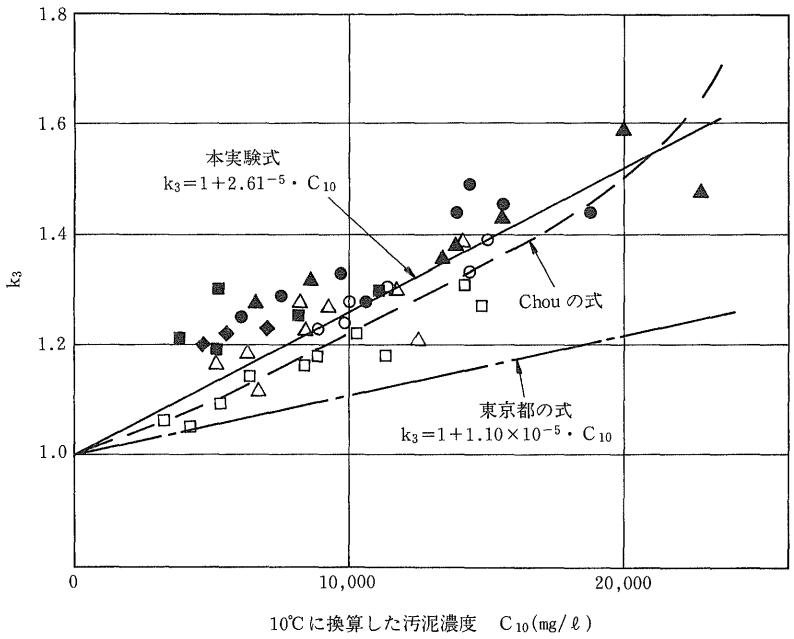
送泥管内を流れる浮遊物の挙動を明らかにするため、流速を変化させて管断面でのＳＳ濃度分布を測定した。

1.実験方法

実験は、前述の摩擦損失測定実験に用いた４種類の汚泥のうち、D処理場を除く３種類

図６　K_3と10℃に換算した汚泥濃度との関係

汚泥の種類 ＼ 測定時期（　）内は汚泥温度	夏　期（30～41℃）	冬　期（５～18℃）
B処理場から採取した汚泥	○	●
B処理場とE処理場の混合汚泥	△	▲
E処理場から採取した汚泥	□	■
D処理場から採取した汚泥	——	◆



を用いて、昭和62年夏期と冬期に行った。

管内平均流速を0.5、0.3、0.1、0.1以下、0.1、0.3、0.5m/秒と変化させ、各設定流速が安定してから15分経過後、図２のＢ点にて図７に示すNo.１～No.５の各位置で汚泥を採取し、ＳＳ濃度を測定した。汚泥の採取は図８に示す要領で行った。

管内平均流速は、超音波ドップラー型流速計で測定した。

図７　汚泥採取位置

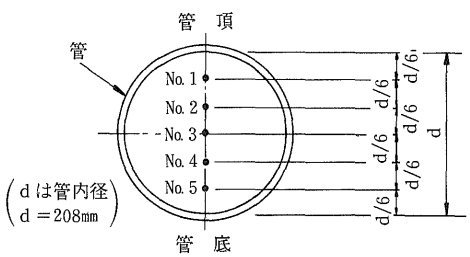
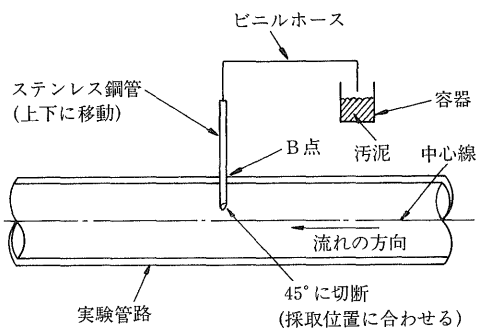


図８　汚泥採取の要領

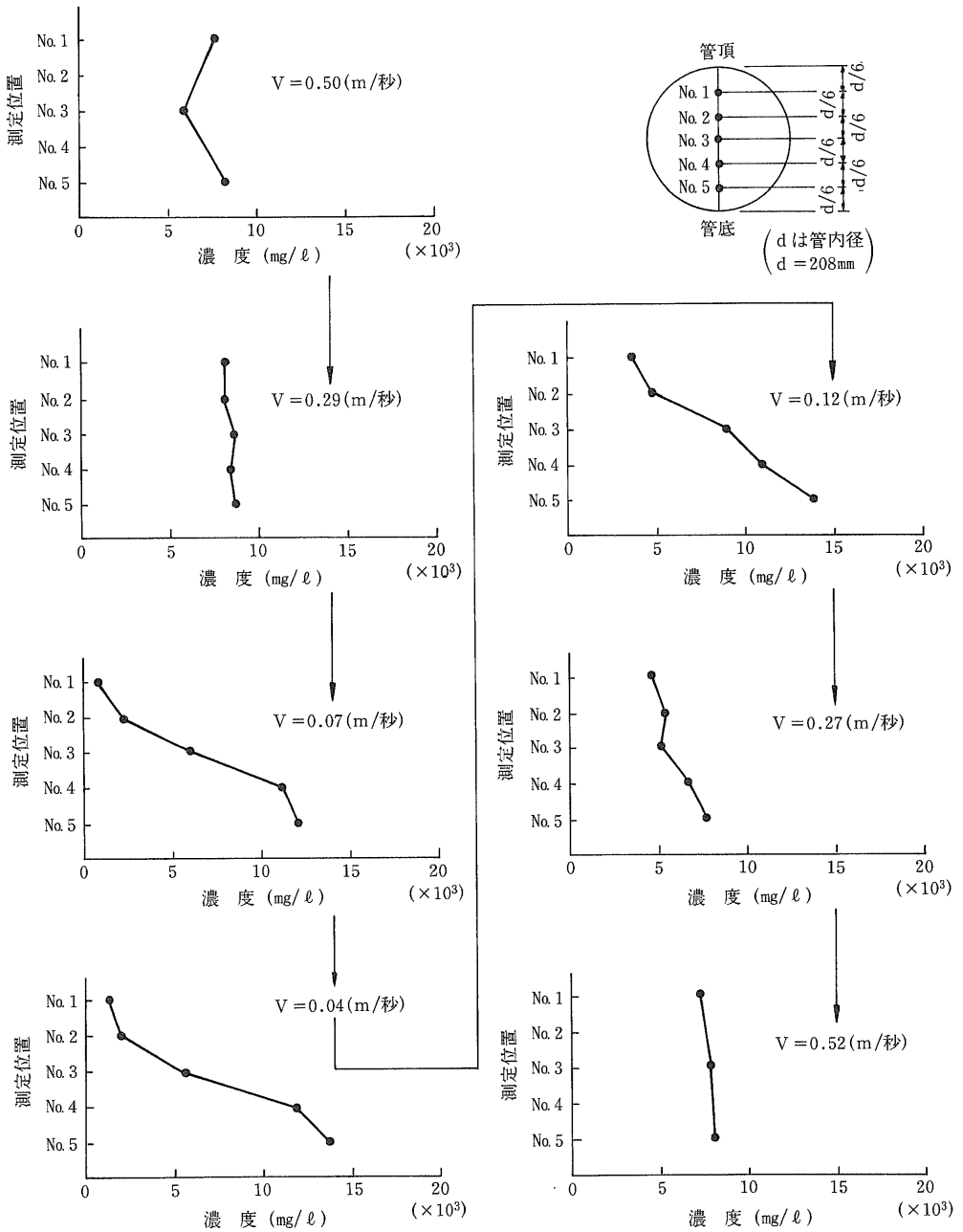


2.結果と考察

採取した汚泥のＳＳ濃度の測定結果の一例を図９に示す。

管内平均流速を小さくしていくと、0.3m／秒まではほぼ一様な濃度分布であるが、0.1m/秒で管頂が小さく管底が大きい傾向が現われている。0.1m/秒以下にするとこの傾向はよ

図９　管内汚泥の濃度分布測定結果の一例
（混合汚泥
昭和62年７月測定）



り顕著になる。次に、流速を大きくしていくと、0.1m/秒では同様の傾向が見られるが、0.3m/秒でほぼ一様な濃度分布に戻っている。実験はこの他にも前述の３種類の汚泥で、濃度が5,000～15,000mg/ℓのものでも行ったが（全体で７回）、すべて同様の結果であった。

これらの結果から、管内を流れている汚泥は流速が0.1～0.3m／秒で管底に沈殿し始め

一度沈殿した汚泥は0.3m/秒程度で再び流れ始めることがわかった。

本実験では、0.3m/秒以上の流速であれば汚泥が沈殿する現象は見られなかったが、安全を見込んで乱流に近い流れとなる0.4m/秒以上の流速で送泥を行えば汚泥の分離は起こらず、スケール付着も生じにくくなると思われる。

３．長期送泥実験

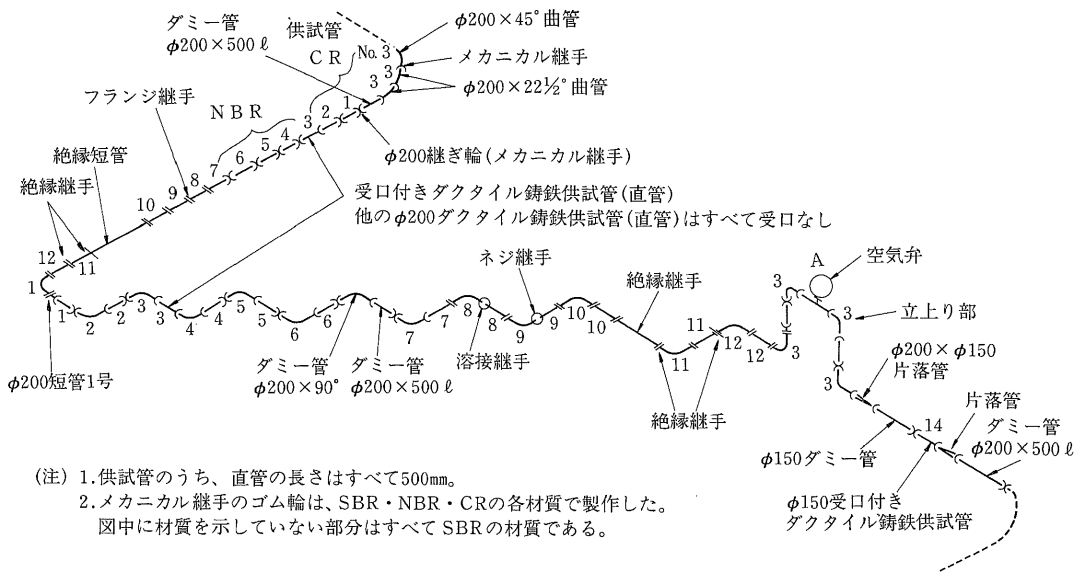
従来、都市下水汚泥などの圧送管としては主としてダクタイル鉄管（内面モルタルライニング）が用いられてきた。

そこで、兵庫西エースプランにおいてもダクタイル鉄管（内面モルタルライニング）が主要な配管材料として計画されているが、対象汚泥が特殊であることから種々の供試管について長期の供用によるスケールの付着、摩耗、腐食状況などを調査した。

１．供試材

図２に示した第１系列から第４系列の部分に、種々の管材で内面のライニングが異なる供試管を配置した。各系列はすべて同じ構造で、図10に示す通りである。

図10　各系列の詳細



(注) 1.供試管のうち、直管の長さはすべて500mm。
2.メカニカル継手のゴム輪は、SBR・NBR・CRの各材質で製作した。
図中に材質を示していない部分はすべてSBRの材質である。

供試管 No.	管　種	ライニング又は塗装
1	ダクタイル鉄管	モルタルライニング
2		モルタルライニング＋タールエポキシ塗装
3		粉体エポキシ塗装
4		ポリウレタンライニング
5		ポリエチレンライニング
6		タールエポキシ塗装
7		ピュアエポキシ塗装
8	鋼　管	硬質塩化ビニルライニング
9		ポリエチレン粉体ライニング
10		ガラスフレーク入りタールエポキシ塗装
11	ステンレス鋼管	(SUS 304)
12	強化プラスチック管	―――

また、ダクタイル鉄管のメカニカル継手用のゴム輪をＳＢＲ、ＮＢＲ、ＣＲの材質で製作し実験に供した。

２．実験方法

1.送泥方法と供試汚泥

昭和61年６月から平成元年２月の２年９ヵ月にわたり、前述の図２に示した実験管路でタンクに投入した汚泥を汚泥ポンプにより圧送、循環させた。ポンプは24時間連続運転、流速は呼び径200㎜の部分で約1.2m／秒とした。

本実験では、Ｂ処理場から採取した汚泥とＥ処理場から採取した汚泥を、５：１の割合で混合したものをＢ処理場の処理水で希釈して、ＳＳ濃度を約10,000mg/ℓに調整したものを用いた。なお、汚泥は１週間に一度、７月と８月については１週間に二度、新しいものと入れ替えた。

ただし、前述の水理学的調査の期間中は汚泥の種類、送泥条件ともに前述の通りである。

2.各供試材の調査方法

送泥を開始してから６ヵ月後に第１系列、１年後に第２系列、２年後に第３系列、２年９ヵ月後に第４系列を解体して調査を行った。調査のため、管路を解体した部分は直管を用いて再度、配管した。

調査項目は下記の３項目である。

①　供試管の内面の閉塞状況

管路解体直後に、供試管の内面および継手部での汚泥の付着状況を観察した。

②　供試管の内面の摩耗・腐食状況

各供試管について、内面のライニングまたは塗装の厚さおよび重量を測定し、実験前の測定値と比較した。ただし、ステンレス鋼管、強化プラスチック管については全厚を測定した。

また、目視で腐食状態を観察した。

③　メカニカル継手用ゴム輪の状況

各メカニカル継手用ゴム輪の外観を調査するとともに、ＳＢＲ、ＮＢＲ、ＣＲの各材質のものについて、ＪＩＳ Ｋ 6353「水道用ゴム」に従って引張試験、硬さ試験、老化試験を行った。

３．実験結果

ダクタイル鉄管、ステンレス鋼管、強化プラスチック管については、いずれの系列も汚泥の付着、摩耗、腐食は見られなかった。

鋼管については、管体直部での汚泥の付着、摩耗、腐食は見られなかったが、溶接継手部とネジ継手部において腐食が観察された。溶接継手部は、配管時に手塗りでタールエポキシ塗装を行ったが、下地処理の不十分さ、塗装の不完全さが原因と思われる。ネジ継手部は、接合時の塗装のはく落などが原因と思われる。これらの継手の場合、接合時の施工管理に万全を期す必要がある。フランジ継手には腐食は見られなかった。

ダクタイル鉄管のメカニカル継手のゴム輪を観察した結果、送泥による異常は認められなかった。

ＳＢＲ、ＮＢＲ、ＣＲの各材質のものについて行った物性試験の結果を表３に示す。この表から明らかなように、測定値はすべて規格を満足し健全であった。

４．既設送泥管の調査

兵庫西エースプランの管材料の選定に当たり、より広範な検討を行うため、前述の長期送泥実験に加えて、姫路市内の処理場で場内送泥管として使用されていたダクタイル鉄管の調査を行った。調査を行ったのは昭和62年８月である。

１．調査方法

調査した管の使用条件を表４に示す。

調査項目は下記の通りである。

①　管の内面の観察

②　モルタルライニングの中性化試験

Ｄ処理場から撤去した管について、フェノールフタレイン溶液を用いてモルタルライニングの中性化を調査した。

③　管厚測定（Ｆ処理場から撤去した管のみ）

④　管内面の付着物の分析

分析項目はpH値、F^-、$C\ell^-$、PO_4^{3-}、NO_3^-、SO_4^{2-}である。

⑤　管の断面の光学顕微鏡による観察

⑥　X線マイクロアナライザーによる管の内表面付近の元素分布分析

２．調査結果と考察

1.管の内面のスケールについて

撤去した管を写真１および２に示す。両管とも白色のスケールが付着しており、その厚さはD処理場のものが約５㎜、F処理場のものが約10㎜であった。

これらのスケールを乾燥（100℃、１時間真空乾燥）させ、１ｇを採取して純水100 mℓを加え超音波攪拌を行ったあと、フィルターでろ過し、pH値の測定およびイオンクロマト分

表３　各種ゴム輪の物性試験結果

ゴム材質	試験項目 ＼ 使用期間		6ヵ月間使用後のもの	1年間使用後のもの	2年間使用後のもの	2年間9ヵ月使用後のもの	規格値
SBR	引張試験	引張強さ(kgf/cm²)	211	211	215	214	180以上
		伸び(%)	321	320	309	315	300以上
	硬さ試験 (Hs)		70	71	71	71	70±5
	老化試験	引張強さ変化率(%)	−1	−1	0	−1	−20以内
		伸び変化率(%)	−6	−5	−6	−4	+10 −20
		硬さ変化率(%)	2	2	1	2	+7 0
CR	引張試験	引張強さ(kgf/cm²)	165	163	206	205	160以上
		伸び(%)	366	364	396	391	300以上
	硬さ試験 (Hs)		69	70	67	67	70±5
	老化試験	引張強さ変化率(%)	1	−1	2	1	−20以内
		伸び変化率(%)	−2	−2	−2	−2	+10 −20
		伸び(%)	2	1	1	2	+7 0
NBR	引張試験	引張強さ(kgf/cm²)	205	205	171	170	160以上
		伸び(%)	404	391	401	374	300以上
	硬さ試験 (Hs)		68	67	69	68	70±5
	老化試験	引張強さ変化率(%)	2	0	−1	0	−20以内
		伸び変化率(%)	−1	−1	−5	0	+10 −20
		伸び(%)	2	3	1	2	+7 0

(注) 各データは８個のゴム輪での試験結果の平均値である。

表４　既設汚泥管の使用条件

処理場名	受入れ排水	使用箇所	管種	供用年数
D	皮革排水	汚泥濃縮槽から加温装置への送泥管	・ダクタイル鉄管 ・呼び径100㎜直管 ・内面モルタルライニング	14年
F	にかわ排水主体 (皮革排水約10%)	凝沈汚泥引抜管	・ダクタイル鉄管 ・φ200×45曲管 ・内面タールエポキシ塗装	８年

析法により陰イオンの定量分析を行った。その結果を表５に示す。

白色のスケールは中性で、陰イオン濃度についてはSO_4^{2-}がやや高いが、Cl^-は特に高いとはいえず、このスケールは管の防食に役立っているものと推定される。

表５　配管内付着物の分析結果

試　料	pH値	F^- (ppm)	Cl^- (ppm)	PO_4^{3-} (ppm)	NO_3^- (ppm)	SO_4^{2-} (%)
D処理場	7	20	350	不検出	20	0.12
F処理場	7	30	60	130	20	0.17

写真１　D処理場から撤去したダクタイル鉄管（呼び径100㎜、内面モルタルライニング）

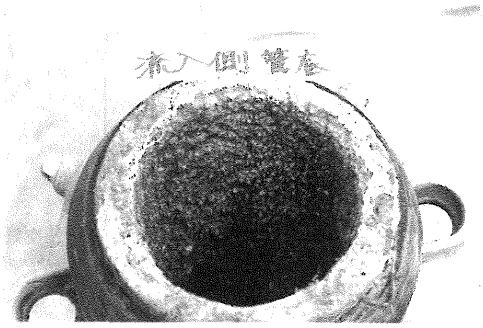
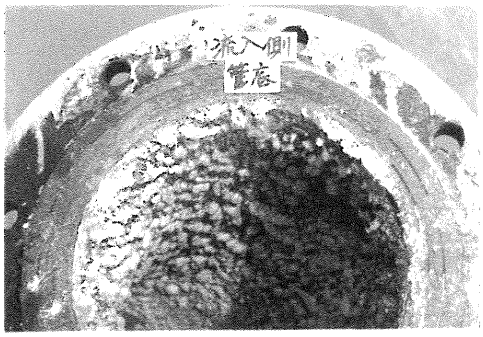


写真２　F処理場から撤去したダクタイル鉄管（呼び径200㎜、内面タールエポキシ塗装）



2.管の健全度について

D処理場から撤去した管について、スケール除去後フェノールフタレイン溶液による中性化試験を行い、モルタルライニングの健全度を調査した。

その結果、ひび割れ、はく離、劣化は見られず、ライニング、鉄部ともに健全であった。

F処理場から撤去した管については、内面のタールエポキシ塗装はほとんど残っていなかったが、目視の限りでは腐食は見られず、管厚も製造時の許容範囲内であった。ただ直径４㎜、深さ２㎜の凹部が１ヵ所見られたので、この部分について光学顕微鏡による観察と元素分析を行った。

その結果、凹部の表面に深さ20ミクロン程度の軽微な変質が認められたが、その供用年数と変質の深さから工学的には問題とならない程度の腐食と判定した。

3.まとめ

これらの調査結果から、ダクタイル鉄管（内面モルタルライニング）が、送泥管の管材として適切なものであることが確認された。

５．各種空気弁の性能実験

従来から行われてきた汚泥のポンプ圧送においては通常、水道用空気弁が用いられてきたが、汚泥の噴き出し、閉塞などの問題点が生ずるケースがあった。

そこで、各種水道用空気弁の性能調査とともに、本実験中に入手した複数の下水用空気弁の性能を調査した。

１．空気弁の種類

1.水道用空気弁の種類

実験に供した水道用空気弁は下記の４種類である（図11参照）。

①　水道用空気弁単口（呼び径20㎜）
②　水道用空気弁双口（呼び径75㎜）
③　水道用空気弁急速（呼び径75㎜）
④　水道用空気弁急速（呼び径75㎜）とストレーナ付き副弁の組み合わせ

2.下水用空気弁の種類

実験に供した下水用空気弁は下記の８種類である（図12参照）。

①　英国Ｇ社製
②　米国Ａ社製
③　国内Ｋ社製　タイプＩ
④　国内Ｋ社製　タイプII
⑤　国内Ｋ社製　タイプIII
⑥　国内Ｍ社製　タイプＩ

⑦　国内M社製　タイプII

⑧　国内M社製　タイプIII

下水用空気弁は、いずれも水道用に比べフロートと空気孔との距離を大きくとり、空気とともに汚泥が噴出しにくい構造となっている。

なお、国内K社製、M社製のタイプII、IIIはそれぞれタイプIの改良型である。

２．実験方法

E処理場に設置した実験管路（図２参照）にこれらの空気弁を設置して、作動状況の調査、内部の観察を行った。

1.水道用空気弁の調査方法

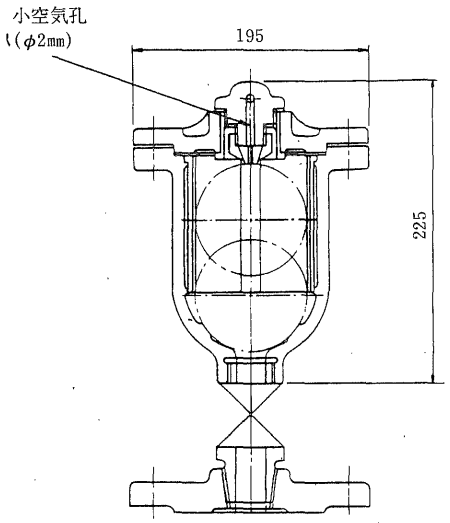
６ヵ月ごとに作動状況の調査、内部の観察を行った。

2.下水用空気弁の調査方法

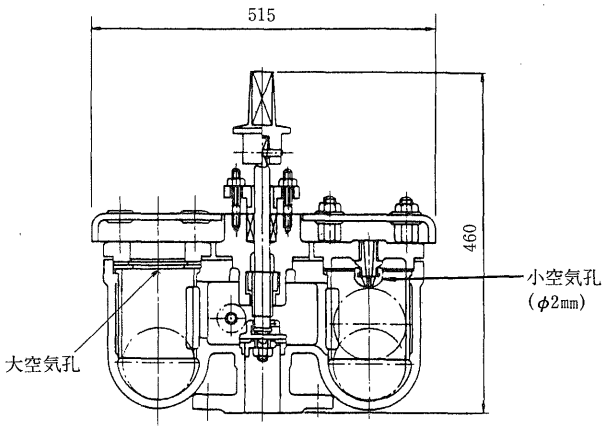
１週間に一度、ポンプのＯＮ・ＯＦＦ運転を行って吸気、排気、汚泥の漏れの有無を観察した。

また、２～３ヵ月に一度の割合で内部の観察を行った。このとき、異常があれば内部を洗浄した。

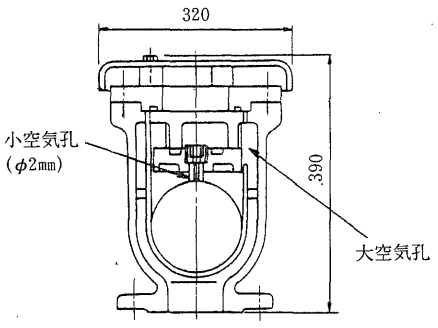
図11　各水道用空気弁およびストレーナ付き副弁の構造



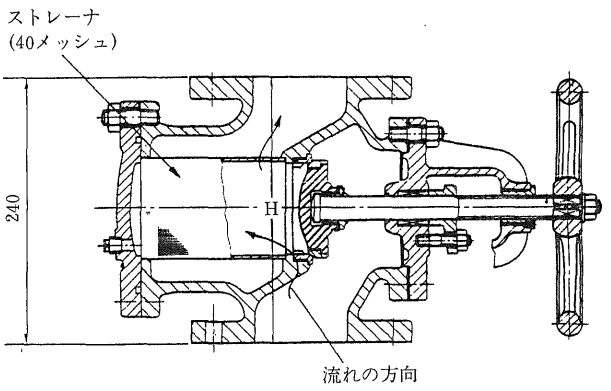
水道用空気弁単口



水道用空気弁双口

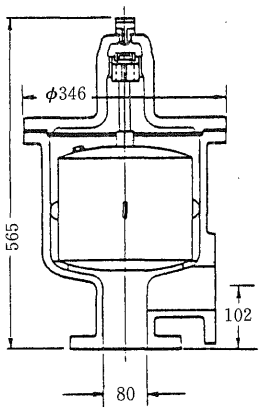


水道用空気弁急速

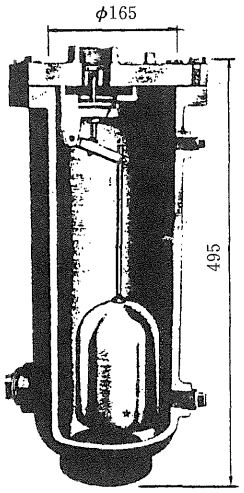


ストレーナ付き副弁
(この上に水道用空気弁急速を設置した)

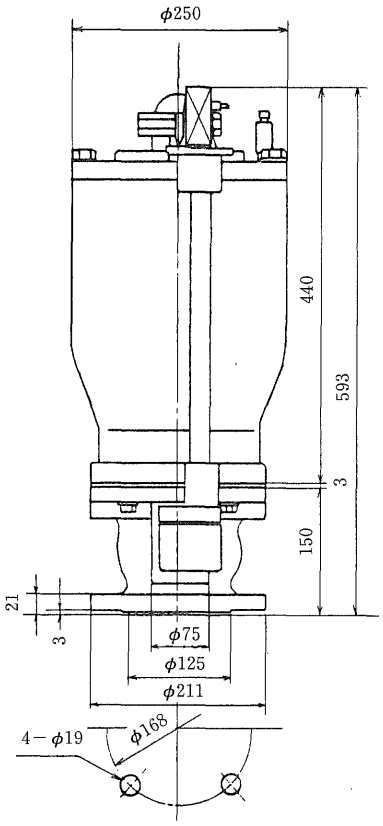
図12　各下水用空気弁の構造



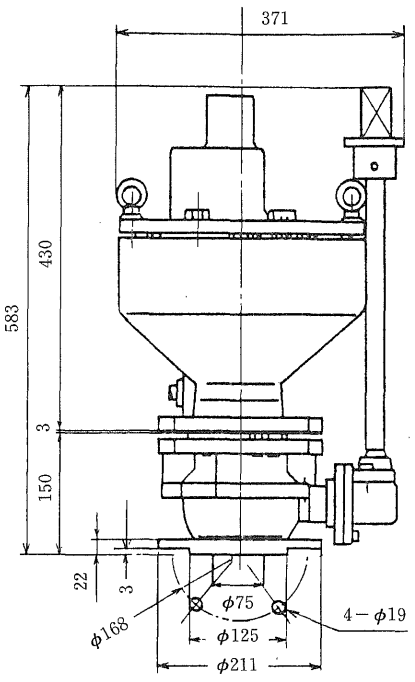
英国G社製



米国A社製



国内K社製タイプⅢ



国内M社製タイプⅢ

３．実験結果

実験結果のまとめを表６に示す。

1.水道用空気弁の実験結果

水道用空気弁は、当初からすべてのタイプで少量ながら汚泥の噴出があった。

単孔、双孔の小空気孔は約１ヵ月で閉塞して機能しなかった。大空気孔は約６ヵ月の時点でかろうじて機能していたが、内部にはスカムが充満していた。

これらの結果から、水道用空気弁は送泥管には不適切であることが確認された。

2.下水用空気弁の実験結果

下水用空気弁はすべての種類とも正常に作動中は汚泥の噴出はなく、実用に供することができると思われる。ただ、それぞれでメンテナンスの頻度に差が見られた。メンテナンスが必要な状態の例として、英国Ｇ社製の内部に汚泥が充満して作動しなくなった状態を写真３に示す。

写真３　英国Ｇ社製の内部に汚泥が充満して作動しなくなった状態（約２ヵ月間使用後）

表６　空気弁性能実験結果

空気弁種類		試験期間	観察結果	評価
水道用	水道用空気弁単口(呼び径20㎜)	６ヵ月	空気弁本体の内部には汚泥が充満しており、空気抜き孔は汚泥で閉塞していた。	×
	水道用空気弁双口(呼び径75㎜)	６ヵ月	小空気孔は閉塞していた。大空気孔は機能したが、空気と同時に汚泥も噴出した。	×
	水道用急速空気弁(呼び径75㎜)	６ヵ月	６ヵ月時点では大空気孔は機能したが、１年後では空気弁本体の内部に汚泥が充満し、小空気孔・大空気孔とも機能しなかった。	×
	水道用急速空気弁＋ストレーナ付き副弁	６ヵ月	ストレーナが閉塞したため、大空気孔が作動しなかった。小空気孔は閉塞。	×
下水用	英国Ｇ社製	約２年	約２ヵ月ごとの点検で空気弁内に汚泥が充満しており、２ヵ月以内での洗浄等の作業が必要。	△
	米国Ａ社製	約２年	約３ヵ月ごとの点検で空気弁内に汚泥が充満しており、３ヵ月以内での洗浄などの作業が必要。	△
	国内Ｋ社製　タイプⅠ	６ヵ月	約６ヵ月後に汚泥の漏れが観察された。タイプⅡの設置により撤去。	△
	〃　タイプⅡ	約１年	約９ヵ月後に汚泥の漏れが観測された。１年後では内部に汚泥が充満していた。	○
	〃　タイプⅢ	９ヵ月	設置後９ヵ月で試験終了となり撤去。この間正常に作動した。	○
	国内Ｍ社製　タイプⅠ	約１年	約３～４ヵ月で汚泥の漏れ、作動しない状況が観測された。	△
	〃　タイプⅡ	８ヵ月	設置後８ヵ月で試験終了となり撤去。この間正常に作動した。	○
	〃　タイプⅢ	８ヵ月	設置後８ヵ月で試験終了となり撤去。この間正常に作動した。	○

下水用空気弁に求められる性能としては、①吸排気能力が安定して確保されること、②汚泥の噴出がないこと、③長期間、洗浄などのメンテナンス作業が不要であることが挙げられるが、本実験結果では国内の２社の製品がこれらの条件をほぼ満たしているといえる。

６．ピグ工法による洗管実験

前述の既設送泥管の調査、各処理場の運転管理職員に対する聴取調査から、Ｄ処理場の送泥管の一部に、特に著しいスケールの生成が見られることが明らかになった。

そこで、管路のスケール除去に広く用いられているピグ工法を適用して、その洗浄効果の確認、所要圧力などの種々のデータを得ることを目的として現地実験を実施した。

１．実験管路

実験に供した送泥管路を図13に、諸元を表７に示す。

２．洗管方法

実験に用いたピグは下記の４種類である。

① ベアーピグ：ウレタン樹脂のスポンジ状のもの。

② レッドピグ：硬質ウレタンを人工皮革で覆ったもの。

③ ブラシピグ：レッドピグの表面にワイヤブラシを付けたもの。

④ スパイクピグ：硬質ウレタンの表面に鋲を打ったもの。

ピグは図13に示すＡ部よりピットに向けて圧送し、ピット内で回収した。

ピグを圧送する際に、使用水量、圧送に必要な圧力、ピグの走行時間を測定した。

３．実験結果と考察

ピット内から撤去した管を観察したところ内面にはスケールが付着しており、スケールが付着してない状態での内径98㎜に対して内径は約85㎜で、約７㎜のスケールが付着していた。スケールの表面は柔らかいが、内部はモルタル程度の硬さで、皮革工場で使用した薬品に含まれるカルシウム分が固化したものと思われる。

ピグ工法による洗管実験結果の詳細を表８に示し、以下に結果の概要と考察を記す。

① ピグ工法によって、管内面に付着したスケールをある程度除去することができることがわかった。

② 非常に硬くなってしまったスケールを除去するためには、ピグの種類および口径を変えてかなりの回数の洗管を行う必要があることがわかった。

③ ピグの圧送に必要な水圧は、2.0～8.4 kgf/㎠であったことから、揚程100ｍ程度

図13　実験管路の概要

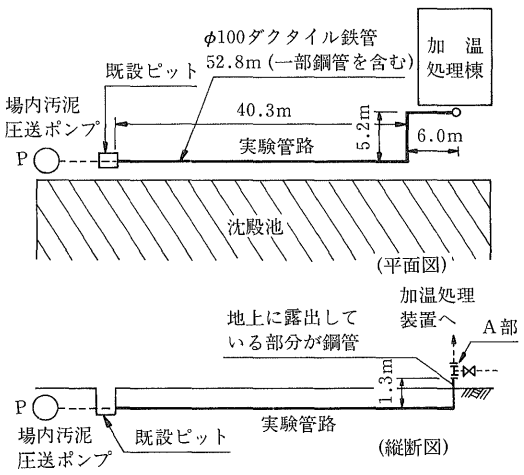


表７　Ｄ処理場汚泥管の供用履歴

管　種	呼び径、延長	供用履歴と条件
ダクタイル鉄管 内面モルタルライニング	φ100 L＝52.8m	・供用開始は昭和49年で、供用年数は約14年。 ・汚泥濃度は３～４％で、午後５時以降処理水に置換。 ・年４回ウォータージェットにより洗浄しているが、下流側（加湿装置側）は曲がりによりノズルが入らず水流による洗浄。 ・前回の洗浄は昭和63年５月で、その後５ヵ月経過。

のポンプが必要である。

④　ピグの走行速度は、0.6～1.1m／秒であった。

⑤　ピグの圧送に必要な水量は、対象管路の内容積の1.3倍程度を見込めばよい。

⑥　レッドピグの使用可能回数は１回、ブラシピグは３回程度が目安になると思われる。

表面の柔らかいスケールと、内部の硬いスケール（モルタル程度）の分析結果を表９に

写真４　管内ＴＶカメラによる内面状況
（ピットから約10m下流）

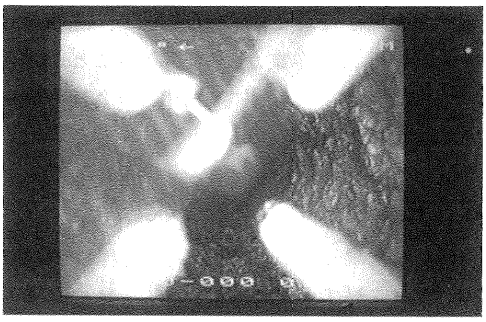


表８　ピグでの洗管実験結果の詳細

No.	ピグの呼び径 (外径mm)	ピグの種類	結果の概要	ランチャー内の最大圧力 (kgf/cm²)	ピグの走行時間 (秒)	ピグの圧送に要した水量 (m³)
1	2.5″ (71)	レッドピグ	ピグは順調に走行した。	2	70	
2	2.5″ (76)	ブラシピグ	途中で閉塞した。	5		
3	3″ (83)	ベアーピグ	これも途中で閉塞した。(反対側から圧力をかけ逆送で回収した)	5		
4	2.5″ (76)	ブラシピグ	ピグは順調に走行した。	5.2	90	0.5 (1.24)
5	3″ (85)	レッドピグ	〃	3.4	55	0.5 (1.24)
6	3″ (88)	ブラシピグ	〃	5	70	0.4 (0.99)
7	3.5″ (100)	レッドヒグ	〃	8.4	65	0.4 (0.99)
8	3.5″ (103)	ブラシピグ	〃	7.8	70	0.4 (0.99)
9	3″ (87)	スパイクピグ	途中で閉塞した。			
10	3″ (83)	ベアーピグ	これも途中で閉塞した。(反対側から圧力をかけ逆送で回収した)			
11	3.5″ (103)	ブラシピグ	ピグは順調に走行した。	7	50	0.45 (1.11)
12	4″ (108)	ベアーピグ	〃	7.6	70	0.4 (0.99)
13	3.5″ (103)	ブラシピグ	〃	7.8	50	0.45 (1.11)

ベアーピグ……スポンジのようなもの。
レッドピグ……硬質ウレタンを人工皮革で覆ったもの。
ブラシピグ……レッドピグの表面にブラシを付けたもの。
スパイクピグ……硬質ウレタンの表面に鋲を打ったもの。

( )は管路内容積に対する倍数
実験管路の容量＝0.785×0.1²×51.5m＝0.404m³

示す。成分の大部分は$CaCO_3$である。両者の間には成分上の大きな差異は見られず、硬いスケールに成層が観察されたことも考慮すれば、D処理場の定常的な管理業務であるウォータージェットによる洗浄（表7参照）で除去できなかった柔らかいスケールが、徐々に硬化したものと推測される。

表9　付着物の組成　単位　%

成　分	軟いスケール	硬いスケール
$CaCO_3$	76.86	83.45
CaO	0.56	4.43
$CaSO_4$	0.05	0.02
SiO_2	1.40	0.58
Al_2O_3	0.36	0.19
Fe_2O_3	2.85	1.00
MgO	1.14	0.98
Cr_2O_3	0.72	0.37
P_2O_5	0.23	0.21
化合水	1.88	1.33
合計	86.05	92.56
灼熱減量	48.20	44.62
吸着水	1.08	0.72

したがって、D処理場から発生する汚泥を輸送する管路については、可能な限り頻繁により効果的な方法で洗浄をすることが必要と考えられる。

また、ピグによる洗浄作業から生じた廃水の水質であるが、ＳＳ濃度は約1,500mg/ℓとかなり高いが、ＢＯＤ、ＣＯＤは約200mg/ℓ程度で公共下水道へ放流可能な水質であった。

7．おわりに

兵庫西エースプランでは皮革排水汚泥という特異な汚泥を取り扱うため、都市下水汚泥のポンプ圧送に関する設計、維持管理手法をそのまま適用するだけでは不十分であり、特別な配慮と対策の必要性が予想された。

そこで、本地域における合理的な送泥システムの設計と維持管理を図るために、基礎的な調査を行った。

その結果、これまで知見の得られていなかった皮革排水汚泥の送泥システムについて、その設計と維持管理を行っていく上で有益な種々の資料を得ることができた。

最後に、本調査に尽力いただいた姫路市下水道局殿に厚くお礼申し上げる。

〈参考文献〉

(1)　遠藤、金成：下水汚泥の摩擦損失水頭の計算法および設計計算法に関する実験的研究、下水道協会誌Vol.20、No.227(1983)

(2)　日本下水道事業団技術開発部調査（昭和61年度）

(3)　遠藤他：汚泥の管路輸送における摩擦損失水頭について、第7回下水道研究発表会講演集（1970）

(4)　Chou, T. L. :Resistance of sewage sludge to flow in pipes, proc. ASCE, SA5 (1958)

(5)　東京都下水道局：汚泥輸送に関する調査報告

技術レポート 2

河川横断部における超大口径2900mm推進工法用ダクタイル鉄管の施工について

愛知県半田土木事務所
工事課 石川照雄
田中龍次

１．はじめに

１．流域の概要

二級河川石ヶ瀬川は、愛知県知多半島の大府市と知多郡東浦町の境界を流れ、境川水系境川より衣浦湾に流入する都市河川で、全流域面積は約27.7km²である。この川は、上流部からの土砂の供給が多く、平野部へ入ってからは天井川となっている。上流部の丘陵地帯は畑が多く、下流部は市街地が多い。

石ヶ瀬川は、丘陵部の雨水を集めながら半月川、鞍流瀬川を合流し、大府市、東浦町の雨水を受けながら本川（境川）へ流入している。

その流路延長は、約5.8kmである(図１)。

２．現　況

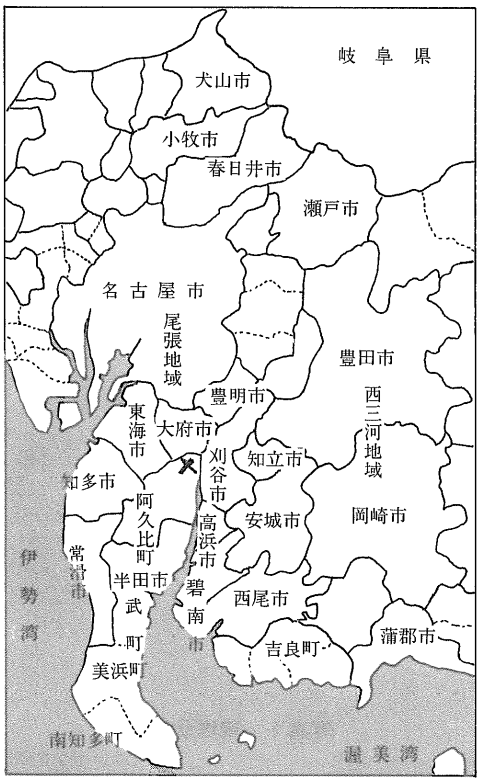
この川の上流域の丘陵部は急速な開発が進み、都市化により流出量が増大し、洪水時の影響が広範囲に及ぶ可能性が非常に高くなっている。なお、３kmより上流部では、すでに災害復旧工事が行われ、昭和58年度末には完成している。故に、下流部の早急な河川改修が要望され、河川改修計画が樹立された。

しかし、河口付近には五ヶ村川、横根川および大府江川の伏せ越しが３ヵ所存在し、河川計画に基づき河床底下げを施工すると、これら３つの伏せ越しは河底に露出することになるため、付け替え工事が必要になり、大府江川は当事務所が担当し平成２年度工事として完成した。また、五ヶ村川・横根川の２ヵ所は本県河川工事事務所西三河出張所の担当により施工中である。

３．旧伏せ越し（坎）の由来

大府市誌、東浦町誌によれば、次のように記録されている。

図１　位置図



『五か村川の築造』では、境川（尾三御境川筋）の流下堆積土砂は衣ヶ浦湾を次第に陸地化した。17世紀の中葉には横根村（大府市）地先まで河口が伸び、横根村は承応２年（1652）沿岸低地を開墾して浜新田をつくった。このため川上の大脇・近崎・北尾の３村（大府市）では低地の排水に困り、延宝５年（1677）横根村浜新田を通る排水路を開設した。これが現在の五ヶ村川のはじめである。

正徳５年、(1715)、さらに上流の東阿野村(豊明市）もこの排水路を使うようになり、横根村地先で境川に放流した。しかし、境川の堆積がさらに進み、寛政２年（1790）頃には村木村浜西新田地先に達したために、この五ヶ村川は寛政10年ごろ現大府市大府町内の砂川の下を通り、さらに村木村(現東浦町森岡)北東部で石ヶ瀬川の下を通して衣ヶ浦湾に排水するようになった。その後境川の堆積がさらに進むにつれて五ヶ村川も延長され、現在では東浦町石浜地先で衣ヶ浦湾に注いでいる。五ヶ村川の五ヶ村とは北尾・近崎・大脇・東阿野・横根の排水路であったことを示すものである。

また、別項では、横根村はその排水の悪い実情を圦普請奉行に訴え、石ヶ瀬川伏せ越しについて、横根村の悪水は別圦にするように検分と増圦普請を天保７年（1836）に願いでし、３年後にも同じ願書が出された。嘉永５年増し圦普請の許可が降りた、とある。これが今の横根川伏せ越しである。

大府江川の伏せ越しについての記述はほとんどなく、流域の一部にあたる廣惠新田の項で宝永４年（1707）尾張藩の直新田として検地が済み、通称濱田と呼ばれたが低地のため水害が多くいつしか蒲野原になった。その後の廣惠新田の村立は明らかでないが、文政９年ともいわれるからこの前後に圦が築造されたのではないかと思われる。

築造された３つの伏せ越しは、その後、たびたびの修復が重ねられ、ほぼ現在の形態になったのは五ヶ村川・横根川のそれは昭和９年３月であり、今回付け替えた大府江川は存置されていた石額に『明治40年３月竣工長圦伏越樋門』とあった(図２)。

２．施工概要

石ヶ瀬川の河川改修に伴い、大府江川の既設暗きょの真下に逆サイホン方式で呼び径2900㎜の管路を新たに設置するものである。

工　事　名：平成２年度　緊急防災対策河川工事
河　川　名：二級河川　石ヶ瀬川
工事場所：知多郡東浦町大字森岡地内
工　　法：
　立　　坑：鋼管矢板工法
　発進立坑：１ヵ所（内寸法　6.884×長10.676×高13.750）
　到達立坑：１ヵ所（内寸法 幅7.832×長6.884×高13.650）
　サイホン管：推進工法（泥土加圧式セミシールド工法）
　呼　び　径：φ2900×長4,000(推進工法用Ｕ形ダクタイル鉄管)
　推進延長：Ｌ＝100m

図２　五ヶ村川流域図(大府市誌より)

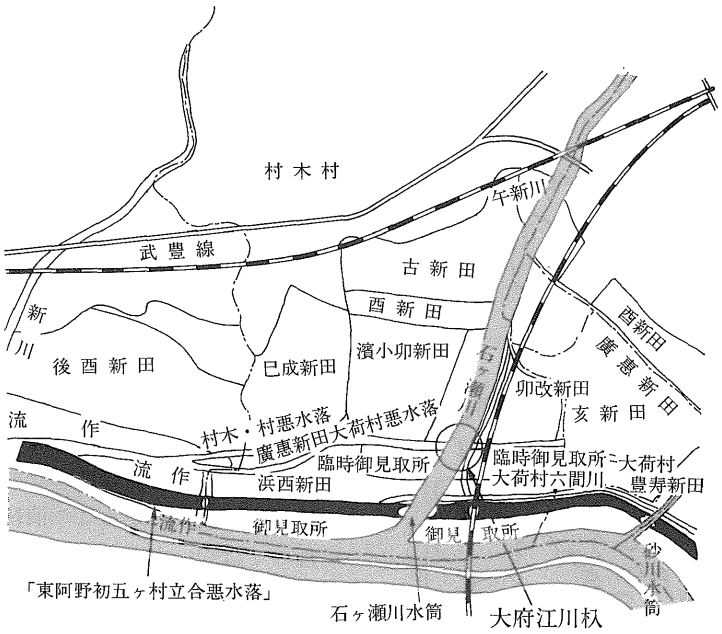


図３　現場位置図

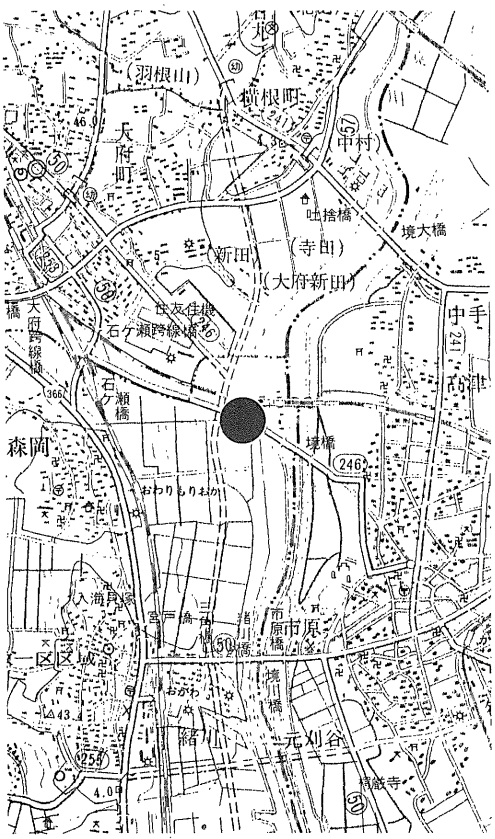


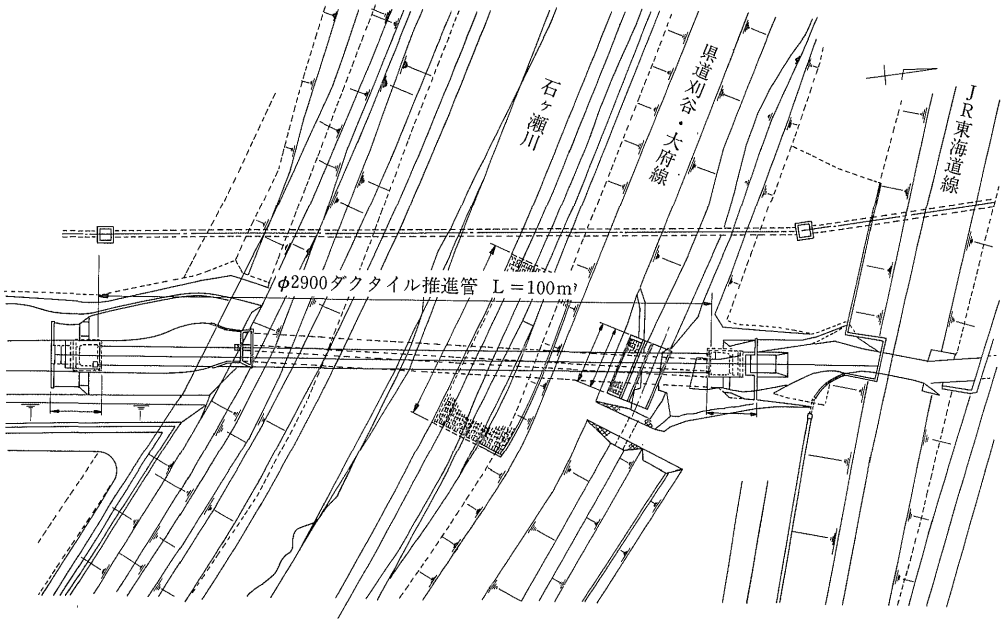
写真１　現場全景

３．推進工法用ダクタイル鉄管の採用

表1の検討結果として、コンクリートボックス工法（2.1m×1.8m×２）では、左岸堤は県道として利用され、北側にはＪＲ東海道本線があり、河川半断面通水では降雨に対して通水断面不足となり安全性が確保されない出水時に対しても安全性の確保が可能な工法として推進工法を検討した。

推進の断面をチェックし、サイホン断面を１条と汎用性のある２条施工の検討結果、推進管による超大口径2900㎜１条の泥土加圧工

図４　平面図



法を安全性、経済性、工期的にもっとも有利な工法として決定した。

当工区の河川横断推進管に要求される条件は、

（イ）　管体強度が高く、外圧に対して十分な強度を有していること。

（ロ）　継手の水密性が優れていること。

（ハ）　耐食性に優れていること。

（ニ）　地盤変動（不等沈下）に対応できること。

（ホ）　施工性に優れていること。

これらの条件をほぼ満足する管材としてダクタイル鉄管と鋼管の工事費を比較した結果鋼管の場合は可とう管２個(両側)、施工時のレントゲン、電気防食設備が必要である。ダクタイル鉄管の場合はシールドマシン改造費が必要であるが、鋼管より経済的である。

以上より施工性、経済性で有利な推進工法用ダクタイル鉄管を採用することとした。

４．推進工法について

１．地形地質

当施工位置は、ＪＲ東海道本線大府駅より東南約1.7㎞にあり、沖積低地上に位置し標高は約1.0ｍである。当地域の地層は、第４紀層（上部沖積層、下部洪積層）および基盤の第３紀層（瀬戸層群常滑累層）でなる。上層沖積層（Ｎ値＝０～５）は低い強度を示し、下層洪積層（Ｎ値＝18～51）は中位～密な地盤をなしている。推進管体の通過層は、沖積層下部の砂質土層と洪積層上部の砂れき層の境目であり、Ｎ値は５～20程度となっている。地下水位は地表下1.1ｍで高い位置にあり、地下水を豊富に含む滞水層である。

対応土質を検討の結果、泥土加圧式推進工法を選定した。

２．泥土加圧式推進工法

本工法は、カッターウイングの後部に隔壁を設けて作泥土室とし、カッターで掘削された土砂に作泥土材を注入して、練混ぜ翼で強力に練り混ぜて、掘削土砂を不透水性と塑性流動性を持つ泥土に変換し、これを作泥土室内とスクリューコンベアー内に充満する。この状態を維持して推進ジャッキの推力により作泥土室内の泥土に泥土圧を発生させ、切羽の土圧と地下水圧に対抗し、掘進量と排土量のバランスを図りながら掘進するものである。

本工法の特徴は、

（イ）　土質に対する広い適応性がある。

図５　縦断図

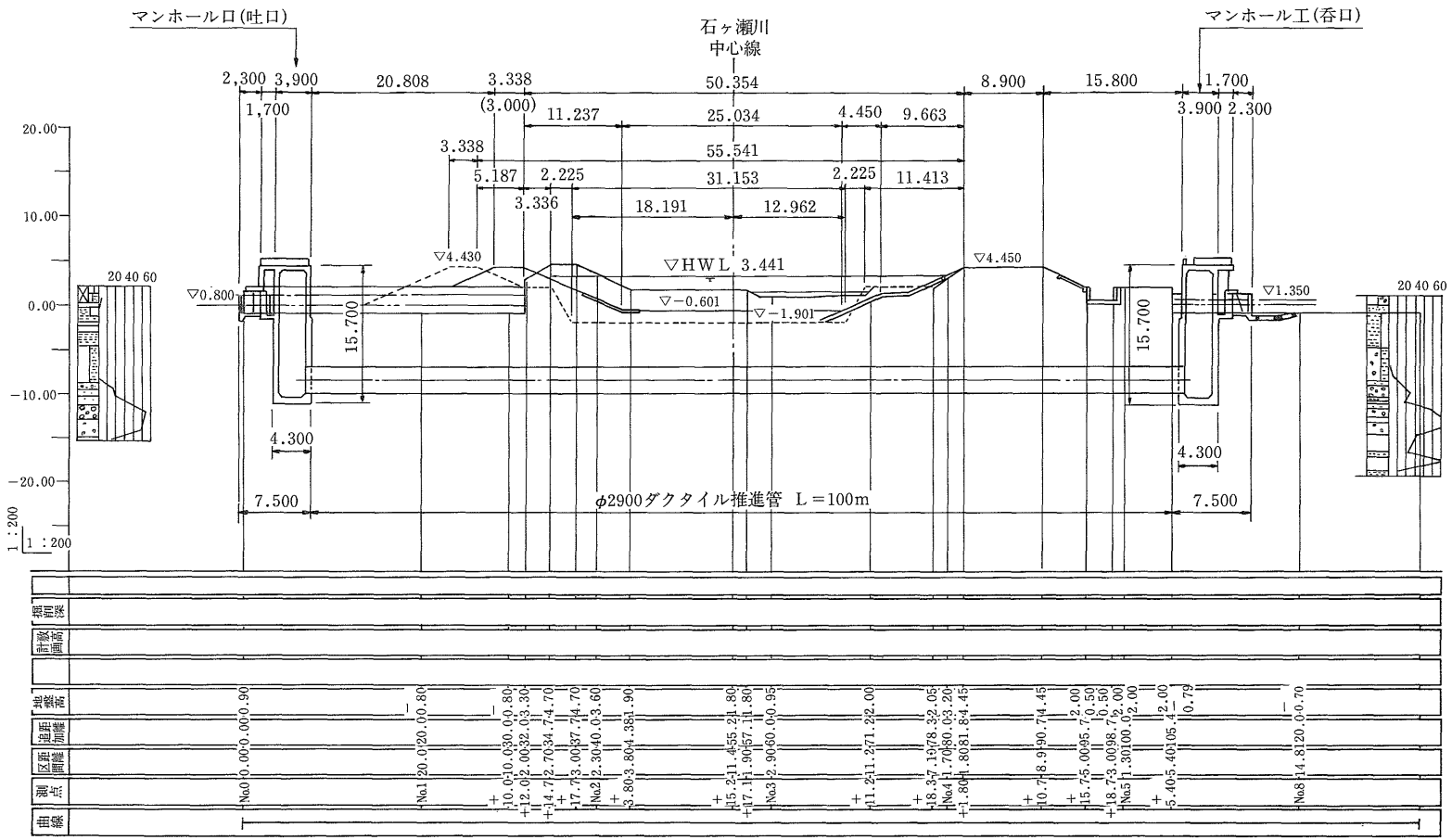
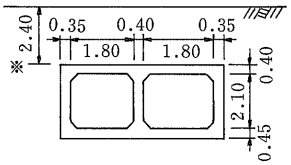
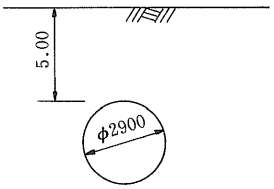
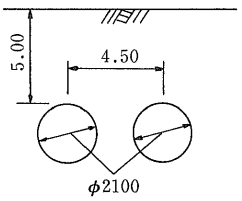

マンホール口(吐口)
石ヶ瀬川
中心線
マンホール工(呑口)
2,300 3,900 20.808 3.338 50.354 8.900 15.800 1.700
1,700 (3.000) 11.237 25.034 4.450 9.663 3.900 2.300
3.338 55.541
5.187 2.225 31.153 2.225 11.413
3.336 18.191 12.962
20.00
10.00
0.00
−10.00
−20.00
1：200
20 40 60
▽4.430
▽0.800
▽HWL 3.441
▽−0.601
▽−1.901
▽4.450
▽1.350
15.700
4.300
7.500
φ2900ダクタイル推進管 L＝100m
掘削深
計画高
地盤高
追加距離
区間距離
測点
曲線

表１　大府江川サイホン比較

工法 / 項目	(１案)コンクリートボックスによる半川締切	(２案)φ2900×１条による推進	(３案)φ2100×２条による推進
(1)断面形状	 ※2.40はカラー考慮		
(2)概算工事費 (一式当たり・単位千円)	274,000	・泥土加圧工法 290,000 ・フロンテジャッキング工法 301,000 ・普通推進(参考) 376,000	・泥土加圧工法 421,000 ・フロンテジャッキング工法 436,000 ・普通推進(参考) 589,000
(3)工法の長所・短所 1)施工実績 2)工　期 3)経 済 性 4)施工時の河積 5)改修サイホンの位置 6)県道の仮回し 7)その他	多　い ３年施工ともっとも長い もっとも経済的である 河積が出水時の1／3程度となる(３ヵ年共) 既設サイホンよりの施工距離が必要となり同位置の施工は不可能 ２ヵ年程度の期間必要	少　い ２年施工と短い 第１案よりやや高価となる 既設サイホンの取り壊し時のみ河積が問題となる(将来河川工事時に取り壊す) 既設サイホン下での施工も可能である。ただし基礎坑が短い場合 仮回し期間としては1年程度に短縮できる	同　左 2年施工であるが2案より長い もっとも高価である 同　左 同　左 同　左 マンホールの規模が非常に大きくなる
		1.推進工法としては ・泥土加圧工法 ・フロンテジャッキング工法 が考えられる。 2.普通推進は地盤が軟弱なため、薬注が必要となり水質汚染等の問題が起こるので除外する	1.推進工法としては ・泥土加圧工法 ・フロンテジャッキング工法 が考えられる 2.普通推進は左記の理由より除外する

（ロ）　残土処理に大規模処理設備を必要としない。
（ハ）　地山の沈下は最小限に抑えられる。
（ニ）　地盤改良区間を少なくできる。
（ホ）　立坑用地は従来の刃口推進工法と同程度でよい。

である。

写真２　泥土加圧式セミシールド機

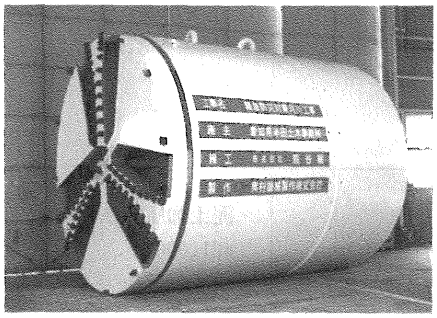
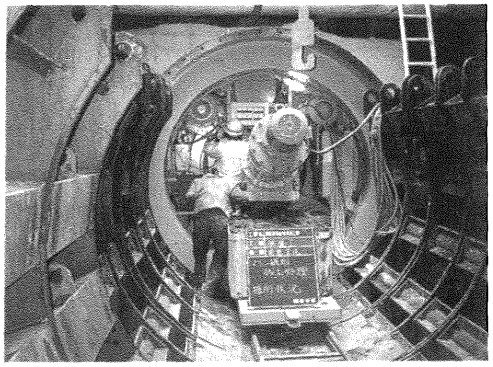


写真３　初期堀進状況



３．推進力の算定

①　初期抵抗力（F_0）

$F_0 = f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5$

f_1：シールド機外周の法線圧による抵抗（tf）

図６　呼び径2900㎜推進工法用ダクタイル鉄管

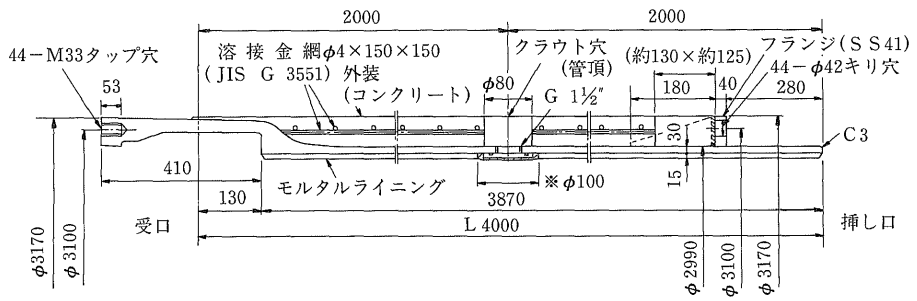
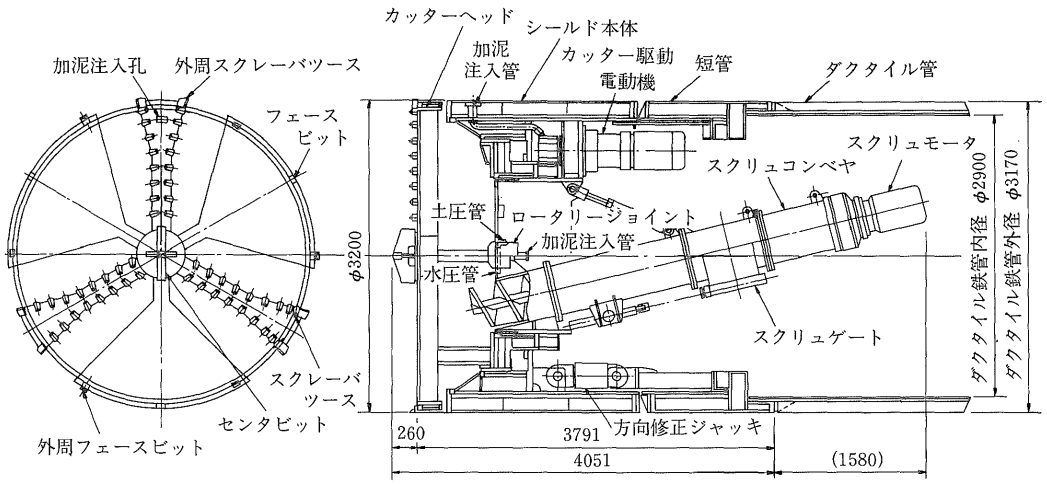


図７　呼び径2900㎜ダクタイル鉄管用泥土加圧式セミシールド機



f_2：シールド機自重による抵抗(tf)
f_3：カッターヘッド面の推力(tf)
f_4：スキンプレートの押込力(tf)
f_5：切刃水圧による抵抗(tf)

② 推進管圧入抵抗力(F_1)

$F_1 = F_2 L = (f_6 + f_7) L$

F_2：推進距離により変化する抵抗(tf/m)
f_6：管外周の法線圧による抵抗(tf/m)
f_7：管の自重による抵抗(tf/m)

③ 総推進力(F)

$F = F_0 + F_1$

以上により計算された総推進力はF=2,226 tfであり、管の許容抵抗力 Pa＝2,370 tf以下となった。

4．滑材・加泥材

本工区で使用した滑材、加泥材の標準配合（1㎥当たり）は以下の通り。

表2　滑材標準配合

オスモール30	75kg
水	0.96㎥

表3　加泥材標準配合

ワ　ッ　プ	5kg
水	1.0㎥

5．施工結果

推進工事は、初期発進と到達を除いて昼夜連続しての施工とした。推進はじめにおけるスクリューコンベアの故障、シールドマシン方向修正ジャッキのストローク検出機構のトラブルによるだ行および元押しジャッキの交換などによる作業中断はあったが、計画工程に影響を及ぼすこともなく推進作業は進んだ。しかし、推力は滑材の効果もあって低い推力で急な上昇もなく、比較的安定した上昇値で到達立坑の鋼管矢板に近接したが、到達立坑での掘進機受架台設置、到達坑口リングの設

写真4　加泥材注入プラント

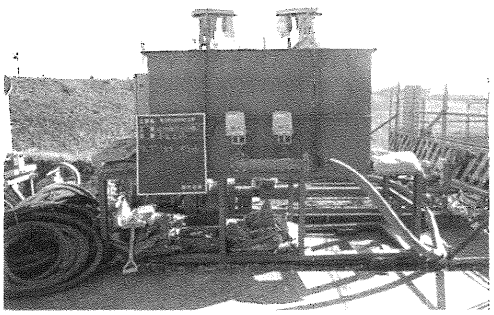
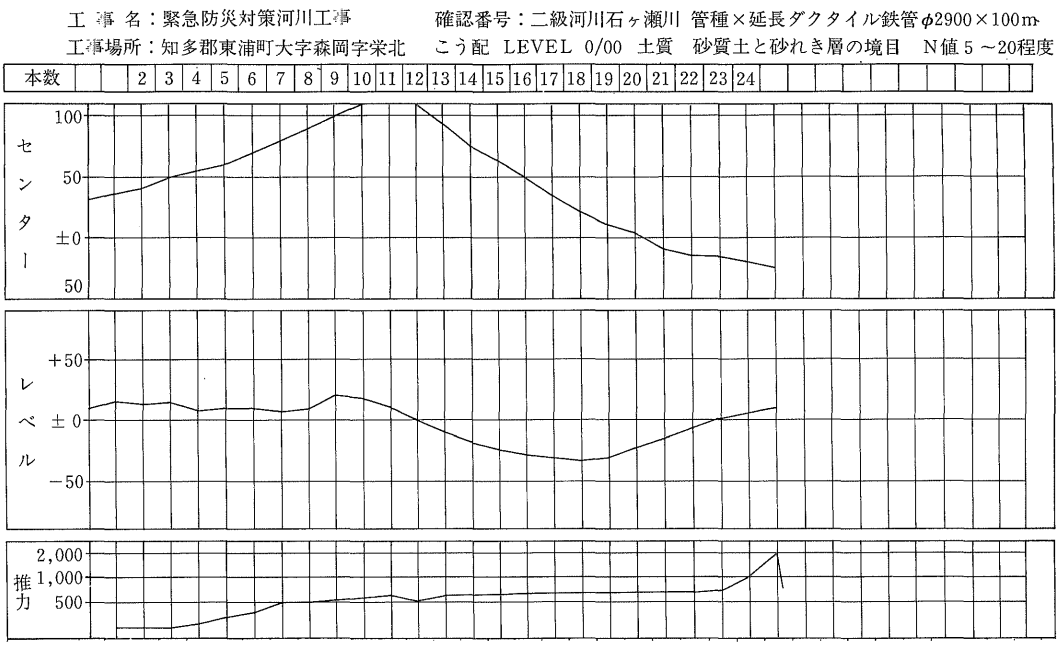


図8　出来形報告書



置および鋼管矢板切断で、工事中断による地盤の拘束力の増大を抑えることができず、掘進機押出時の地切り推力は2,000トンにも上昇した。ただし、地切り後の最終推力は800トンであった。地下水の高い滞水層ではあったが、加泥材注入効果もあり、逸水、逸泥、地山の崩壊もなく推進することができた。

写真5　先頭管吊り込み

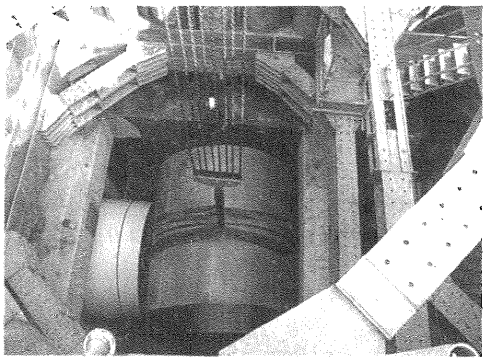


写真6　管内接合状況

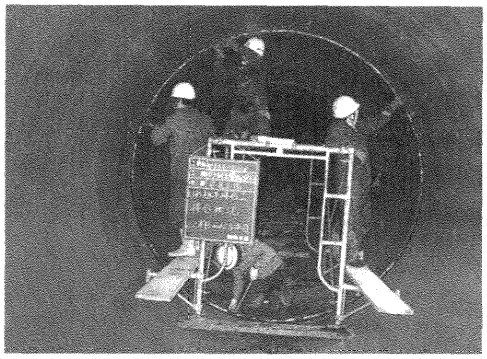
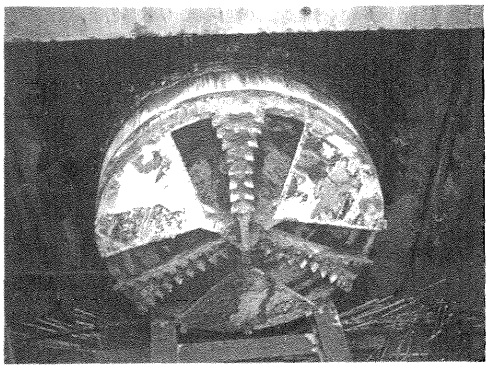


写真7　セミシールド機到達



6．おわりに

以上、超大口径ダクタイル鉄管による逆サイホン方式の水路は完成し、旧伏せ越し撤去工事を平成3年度より実施予定である。地盤不良と高地下水位および県道、ＪＲ本線接近と悪条件の中、無事完了した。

なお、施工者㈱熊谷組名古屋支店のご努力と関係各位のご協力に感謝する次第である。

技術レポート 3

尾道市における汚水の多重圧送にダクタイル鉄管を使用した事例について

尾道市都市部下水道課
課長補佐　迫田 国昭

1．まえがき

本市は広島県の東南部で山陽道のほぼ中央に位置し、東は福山市、西は三原市、北は御調郡御調町、南は瀬戸内海がある。市域は対岸向島にある向東町、東南に行政区域を隔てた浦崎町、さらに離島の百島町を含め東西14.6km、南北17.3kmで、総面積110.68km²を有している。

地形は北部に山地が多く、南部は海に面し山が海岸線までせまり、東西に帯状の市街地を形成し、山陽本線と国道2号線がその間を平行して走っている。

尾道は戦災を受けていないため古い町の面影をよく残し、狭い石畳の坂道、静かにたたずむ古寺、どこか哀愁の漂う町である。また、志賀直哉・林芙美子・徳富蘇峰など、多くの文人にゆかりの深い町でもある。由緒ある神社・仏閣も多く、千光寺がある千光寺山公園は瀬戸内の景観を一望でき、夜景の美しさでも知られており、サクラの季節は特に賑わう（写真1．参照）。

写真1　尾道市街

このほか多くの国宝・重要文化財を持つ浄土寺（聖徳太子創建）や西国寺、あるいは小林和作を始めとする尾道ゆかりの美術品を展示した市立美術館があり、寺と文学と美術の町である。尾道出身の大林宣彦監督による映画「転校生」、「時をかける少女」はノスタルジックな家並みが青春というモチーフの中に織り込まれ、尾道の不思議な魅力を表わしている。

尾道は、新大阪駅から「ひかり」で1時間36分、山陰地方へ向けての陰陽連絡道路の基点であり、天然の良港として内海交通の拠点であるとともに、本州・四国架橋、尾道・今治ルートの起点として、島しょ部四国への表玄関とし、その発展が期待される。

以下、本稿では尾道市の下水道のあゆみ、下水道計画のあらましおよび〝汚水の多重圧送システム〟を採用した久保圧送幹線の計画および設計についてご参考までに報告する。

2．下水道のあゆみ

本市が下水道計画を始めたのは、古く昭和32年に立案され計画書が作成された。

昭和48年になって日本下水道事業団（当時日本下水道事業センター）に基本計画作成の業務を委託、昭和53年に浄化センターの位置を決定するとともに、昭和54～55年に下水道計画の見直しをし、事業認可（案）を作成した。

昭和57年度において都市計画法による、都市計画決定と事業認可および下水道法による事業認可などの法手続きを進めながら管工事に着手し、浄化センターの用地の取得を続けた。

昭和60年浄化センター建設工事を日本下水道事業団に委託し、平成元年4月1日一部供用開始した。

経　緯

- ・昭和32年　下水道計画の立案
- ・昭和46年4月　機構改革で都市部下水道課設置
- ・昭和48年　下水道基本計画作成（日本下水道事業団に委託）
- ・昭和53年　浄化センターの位置を決定
- ・昭和54～55年　下水道計画の見直し、事業認可(案)の作成
- ・昭和57年12月　公共下水道都市計画決定
- ・昭和58年2月　下水道法、都市計画法、事業認可
- ・昭和58年　管きょ工事に着手
- ・昭和57～62年　尾道市浄化センター用地取得
- ・昭和60年7月　尾道市浄化センター建設工事を日本下水道事業団に委託
- ・昭和63年6月　尾道市公共下水道条例議会採択

3．下水道計画のあらまし

本市の公共下水道全体計画は20年後の平成12年を目標とし、行政人口11万人、下水道計画人口を8万人、計画汚水量6万7,000m³/日最大と定めている。

計画区域は市街化区域と将来市街化が予想される区域を対象とし、そのうち向東町と尾道側の工業地域を除いた1,200 haを全体計画区域とした。すなわち、重化学工場などのない尾道市では、生活雑排水やし尿浄化槽からの排水が河川や海の水質汚濁の主原因であり住環境改善の本命であるとし、住居、商業、準工業の各地域を重点とし、早期に下水処理を行うため工業地域は処理区域から外した。

1．汚水管きょおよびポンプ場の計画

市北部である美ノ郷町地区の二級河川藤井川沿いの汚水計画については、美ノ郷中継ポンプ場に汚水を集めて栗原幹線に圧送する計画としている。

栗原地区は、北部である松岡、向山、向ヶ峠の汚水を集めて栗原幹線で流下させ、門田、北久保、則末などを集めて西御所町まで南下させる。

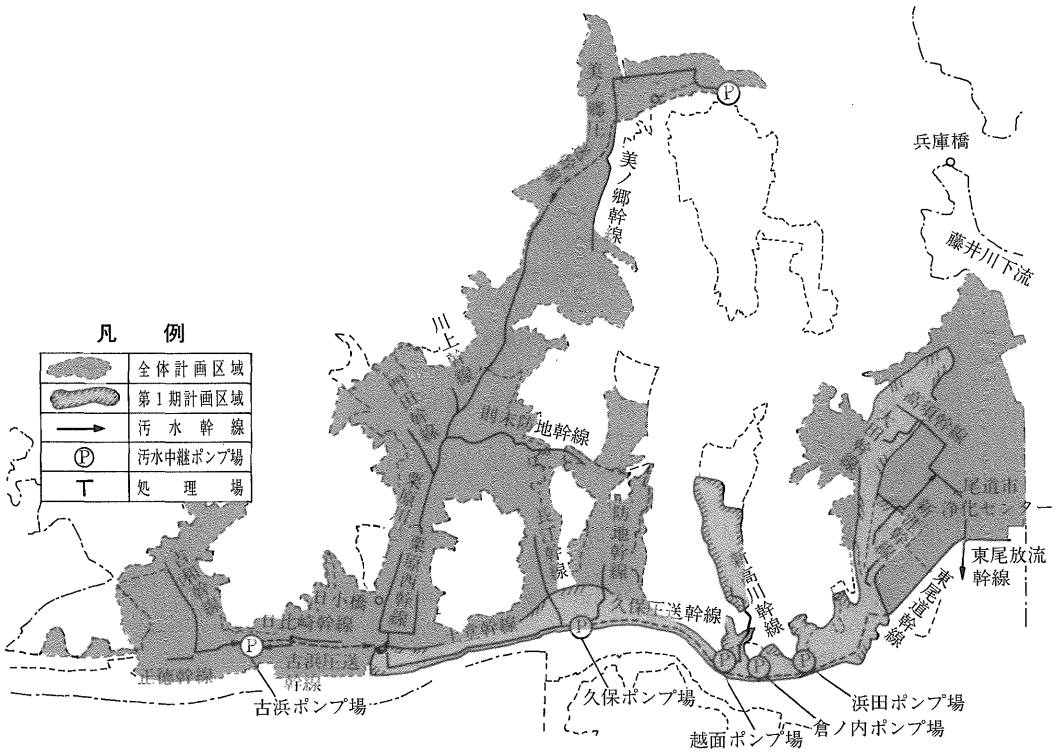
吉和地区は古浜中継ポンプ場に集めた汚水を西御所まで圧送し、栗原幹線と合流、東御所、土堂、長江を集めて久保中継ポンプ場まで自然流下させる。

久保ポンプ場から東尾道までは国道に埋設

する久保圧送幹線で圧送し、途中新高山、山波町の越面、桑田、倉ノ内、浜田、浜の汚水をそれぞれの小規模ポンプで圧入させる。

東尾道から御団地の中央を通る東尾道幹線で終末処理場まで自然流下させる。高須町地区は高須幹線と大田幹線で集水し、山波町の今免、本谷、東谷の汚水は新涯幹線で東尾道終末処理場に流入させる計画とした。

図１　尾道市公共下水道計画図(汚水)



公共下水道計画概要

項　目	全体計画	第１期計画
処理区域	1,200ha	203ha
処理人口	80,000人	18,400人
汚水量 日平均	52,000m³/日	10,000m³/日
汚水量 日最大	67,000m³/日	13,000m³/日
事業費	500億円	143億円
幹線管きょ	汚水 29.6km 雨水 18.0km	汚水 12.9km 雨水 2.9km
汚水中継ポンプ場	6ヵ所	4ヵ所
雨水ポンプ場	11ヵ所	7ヵ所

２．雨水排水計画

公共下水道は、これまでの先進都市では、汚水と雨水を同じ管で流す合流式が多かったが、最近の計画では大雨時に汚水が未処理で放流となるため問題が生じており、本市では分流式で計画した。

雨水排水計画は、現在流出している地形に沿って河川や海に流す計画としており、排水系統は変えない。

分流式になるため、一般に汚水管は末端の最小口径が200mmと小さいが、雨水管きょは比

表１　汚水幹線内訳表

		幹線名	処理区域面積(ha)	管径・幅員　延長	汚水ポンプ場	
					名称	規模
全体計画		吉和幹線		0.7～0.3m約1,380m		
		正徳幹線		0.3m　約 280m		
		日比崎幹線		0.5～0.4m約 860m		
		古浜圧送幹線	173.0	0.4m×2条約1,120m	古浜ポンプ場	φ150×3.5m³/分×1台 φ250×6.5m³/分×2台
	認可	西御所幹線	173.6	0.7m　約 170m		
		栗原西幹線		0.5～0.4m約 820m		
		栗原幹線	473.9	1.0～0.5m約4,320m		
		門田幹線		0.5m　約 510m		
		則末防地幹線		0.5～0.3m約1,420m		
		川上幹線		0.3m　約 260m		
		美ノ郷圧送幹線		0.3m×2条約2,260m	美ノ郷ポンプ場	φ200×1.85m³/分×3台
		美ノ郷幹線		0.4～0.3m約2,680m		
	認可	土堂幹線	809.7	1.4～1.2m約1,950m		
		長江幹線	46.5	0.5m　約 820m		
		防地幹線	46.8	0.5m　約 650m		
		新高山幹線		0.3～0.2m約1,240m		(久保ポンプ場)
	認可	久保圧送幹線	875.0	0.8m×2条約3,160m		φ250×4m³/分×1台 φ500×24m³/分×3台
		東尾道幹線	906.8	1.4m　約1,430m		(越面ポンプ場) φ100×0.3m³/分×2台
		新涯幹線	84.0	0.4～0.3m約1,440m		(倉ノ内ポンプ場) φ100×0.4m³/分×2台
		大田幹線	41.8	0.4m　約 530m		(浜田ポンプ場) φ100×0.4m³/分×2台
		高須幹線	287.3	0.7～0.3m約1,540m		
		東尾道放流幹線		1.5m　約 730m		

較的大きなものとなる。

計画は、最近多い集中豪雨に耐えるため、最近40年間の降雨実績をもとに、トーマスプロット法で降雨確率を７年と決めた。

また、降雨継続時間と強度をタルボット型で60分強度42㎜／時、10分間強度を100㎜／時にとり、計画流出量を合理式で算定し、それぞれ排水区の管きょの大きさや排水ポンプの能力を計画した。

第１期計画（認可）では当面、山波町の浜、浜田、倉ノ内、桑田の各地区と、久保一、二丁目を計画し、それぞれの雨水管きょおよび排水ポンプ場を計画した。

４．久保圧送幹線の計画および設計について

１．圧送方式採用の経緯

図１の計画図の通り、第１期計画区域は東西方向約5.5㎞、南北方向約300ｍと処理区が非常に細長く、また、処理場の位置が処理場として適する周辺の環境（地形、放流水域、臭気、騒音、大気汚染、美観など）を考慮して処理区東端の東尾道地区に選定された。そのため、久保幹線はきわめて流送距離が長くなった。したがって、幹線管路施設の計画に当たって、当初よりトンネル案（自然流下方式であると、管路長が長くなる場合、管の埋設が深くなるので）と汚水中継ポンプ場圧送管案との比較検討を行った。その結果経済性の面で圧送案が「第１期計画」および将来の「全体計画」ともに有利となり、また、圧送方式にすると段階施工が可能で当面の建設費が格段に安く、事業効果が早く現われるなどの理由により圧送方式を採用した。

次に、久保ポンプ場から浄化センターまでの系統図および送水量を示す。

図２　系統図

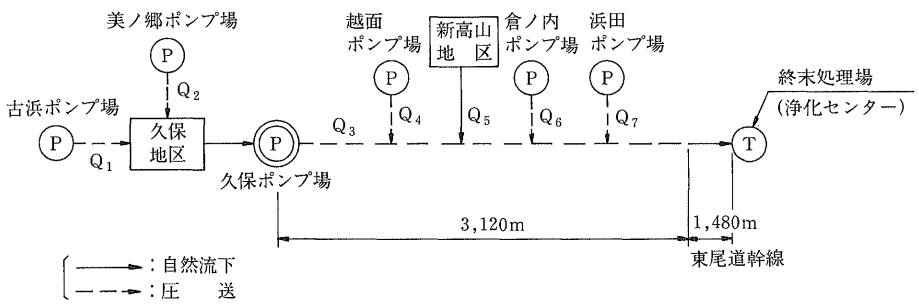


表２　久保ポンプ場の東尾道幹線への送水量　　単位　㎥/日

記号	地区またはポンプ場名	全体計画水量			概要
		日平均	日最大	時間最大	
Q_1	古浜	7,230	9,142	13,899	
Q_2	美ノ郷	2,821	3,713	5,335	
Q_3	久保	39,536	51,478	75,665	
Q_4	越面	291	340	565	
Q_5	新高山	1,528	2,014	2,889	
Q_6	倉ノ内	208	251	400	
Q_7	浜田	272	338	521	
Q_8	東尾道幹線への送水量	41,835	54,421	80,040	$Q_3+Q_4+Q_5$ Q_6+Q_7

２．圧送管の選定

全体計画水量を処理場まで効率よく輸送するためには、水理計算上800㎜×2条とする必要性があったが、下記の理由より施工上の困難が予想された国道2号については当面800㎜１本の布設を行うよう計画した〈段階施工の実施〉。

① 将来の流入水量については、排水量原単位の伸びの鈍化および面整備の遅れなどから計画値よりも少ないと予想されること。

② 全体計画水量が流入した場合においても、ポンプの性能アップを図ることにより800mm1本で圧送可能（ランニングコストは800mm2条より高価）であること。

３．初期水量対策について

汚水管きょでは、いかなる流量のときでも沈殿物が堆積しないような流速を定めなければならないが、本計画の供用開始直後（１年間程度）では、水量が非常に少ないケースが生じ、管内の浮遊物質沈積などによる閉塞が懸念されたので、その防止対策などについて以下の検討を行った。

１．久保ポンプ場の雨水系統の利用

久保ポンプ場は、汚水系統の中継および雨水系統の排水という２つの機能を有するポンプ場である。久保ポンプ場供用開始時の管内流速は、圧送管径を800㎜とすると、

$$V=\frac{Q}{\pi/4\times D^2}=\frac{\frac{900m^3/日}{86,400}}{\pi/4\times 0.8^2}=0.02m/秒$$

となり、管内最小流速（0.6m/秒）の確保は困難である。

管内最小流速0.6m/秒程度を確保するために必要な流量は、

$Q=V\times\pi/4\times D^2=0.6\times\pi/4\times 0.8^2=$
$0.30m^3/秒=18m^3/分$

したがって、管内流速0.6m/秒を確保する方法として、

┌ポンプ設備Q＝18m³/分のポンプ設置
└流入水量　Q＝0.30m³/秒の確保

上記２条件を満足する必要がある。

・ポンプ設備　Q＝18m³／分のポンプ設置について

久保ポンプ場内の汚水系統用ポンプ設備として、初期対応用として当初から、（φ400×18m³/分）を設置することで対応。

流入水量　Q＝0.30m³/秒の確保について

当ポンプ場は、雨水の排水ポンプが併設されており、雨天時において雨水を切り替えて汚水ポンプ井に流入させることで、Q＝0.30m³/秒の確保が可能。

以上の方法により、管内閉塞防止対策として雨天時に雨水を圧送管内に送り込み、フラッシュ効果により管内閉塞を防止するなどの対策案を考慮している。

２．汚水系統予備ポンプの同時駆動

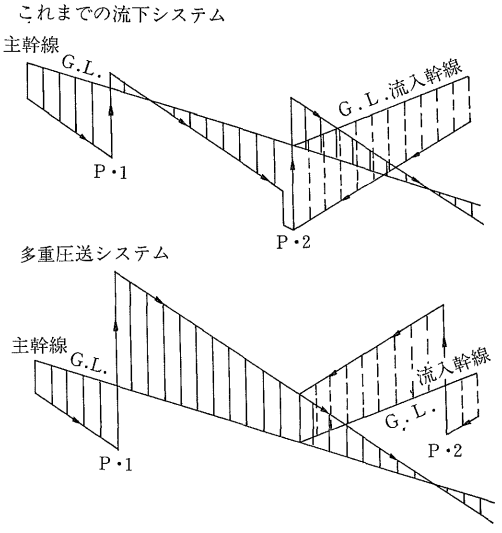
久保ポンプ場汚水系統は、常用ポンプ以外に予備ポンプを設置する計画になっており、常時においては管内閉塞防止対策として、１日数回のタイマー設定により予備ポンプを同時駆動させ、そのフラッシュ効果により管内閉塞防止を行うよう計画した。

４．多重圧送システムについて

従来、途中流入管がある場合、どうしてもその先が自然流下管になり、圧送方式が下水排除のシステムとして採用しづらい要因のひとつになっていたが、本市処理区の場合、効

(図は、「月刊下水道」Vol.13No.9亀田泰武氏の論文より抜粋)

図３　管きょ水位図



※P・1、P・2はポンプ場を示す。

率的に処理区内の下水を処理場まで輸送するためには、途中、自然流下で収集された流入管内の汚水を幹線に送り込むため、流入管に対してもポンプで圧入するシステム（多重圧送システム）を採用した。

多重圧送の概念図（水位図）を図３に示す。

また、本市の多重圧送システムでは、図２の系統図に示す通り、流入管４ヵ所のうち、新高山幹線についてはその地形、水理条件より自然流下にて圧送本管に圧入が可能であったので、いわゆる自然圧送方式を採用したことが特徴である（図４、５参照）。

図４　新高山幹線の水位図

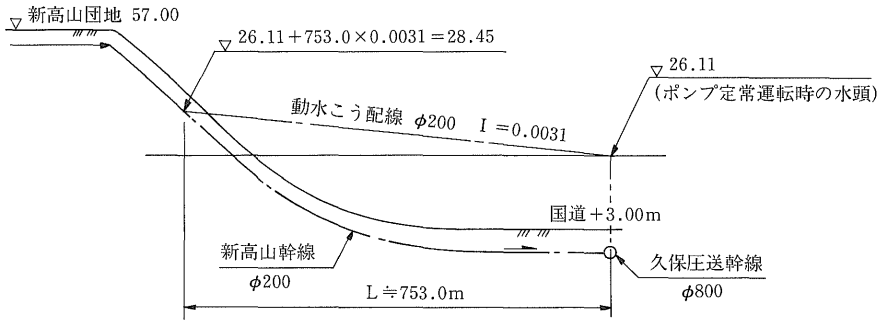
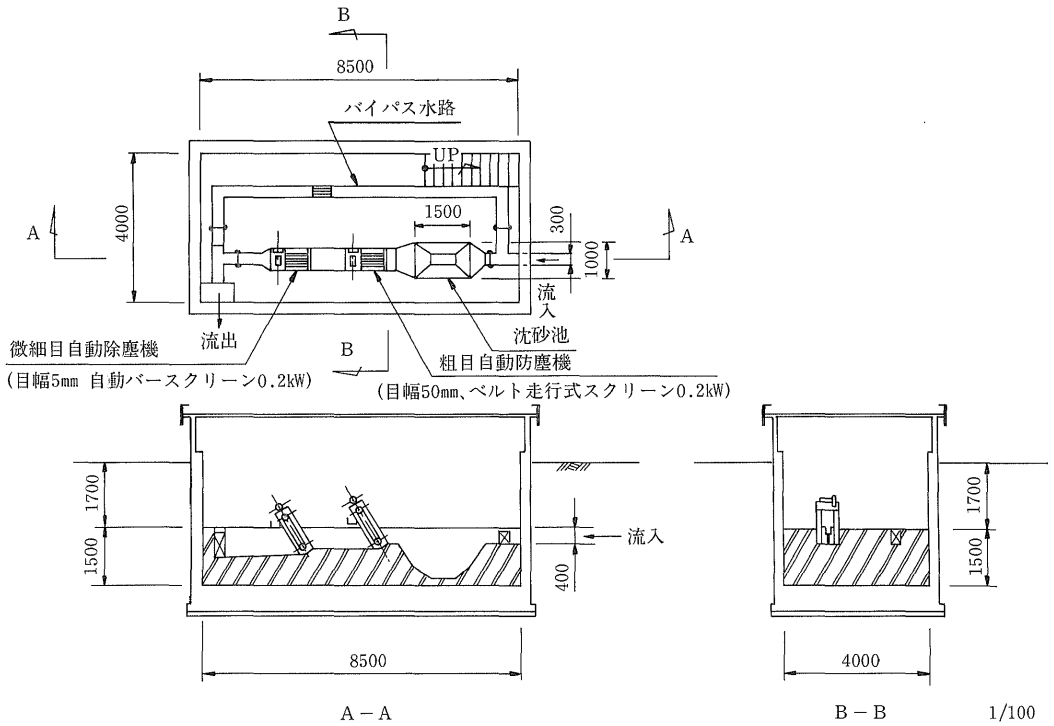


図５　前処理施設概略図



5．新高山幹線について

本市で初めてし尿と家庭雑排水を処理する小規模下水道(処理人口5,000人)が、昭和49年に稼働し始めた（新高山団地内)。しかし、今回、維持管理上の効率化などの理由で本計画公共下水道に取り組む必要があり、当幹線はその団地内の汚水を久保圧送幹線に流入させるまでの幹線であり、そのシステムは前に述べた通りである。

ここでは、新高山幹線を計画するに当たって、特に留意すべき事項として検討を行った管内閉塞の防止策について紹介する。

1．管内閉塞の要因

新高山幹線の管内閉塞を引き起こすと思われる要因として、次の点が考えられた。

(1) 初期には十分な管内流速を得ることは難しく、土砂などが堆積し易い。

(2) 幹線途中で久保圧送幹線の圧力とバランスしたT．P＋28.45m地点では管内に自由水面ができ、水に浮く夾雑物が溜まり易い。

2．管内閉塞の対策

管内閉塞の対策として、流入汚水になんらかの処理を施す必要があると考えられるが、その処理方法について以下の検討を行った。

(1) 選定条件

① 管内閉塞の要因となるし渣は除去する。

② 管内閉塞の要因となる沈砂を除去するため、沈砂池を設ける。

③ 無人の自動操作可能な設備とする。

④ 維持管理の容易な設備とする。

⑤ 周囲環境を考え、騒音、悪臭などがきわめて少ないようにする。

(2) 処理フローの検討

① 除塵設備

除塵設備として、次の機種の組み合わせが考えられる。

・粗目スクリーン＋破砕機

・粗目スクリーン＋微細目スクリーン

・細目スクリーン

各機種の組み合わせの比較を表3に示す。

除塵設備の組み合わせとして、

・汚水流入量の日変動が大きいため、流入量変動に対応可能であること。

・流出先の汚水幹線に夾雑物を極力流さないようにするため、除去効果が高いこと。

の2点に優れているB案を採用した。

決定除塵設備フロー

流入→粗目スクリーン→微細目スクリーン→流出

② 除砂設備

除砂設備として沈砂池を設ける。

沈砂池として、平行流式の沈砂池とエアレーション沈砂池があるが、エアレーション沈砂池は、

・エアレーション用のブロワーが必要。

・ブロワーの維持管理費が必要。

・ブロワー用の騒音対策。

・消泡用の処理水または上水が必要。

といった周辺設備費および維持管理費が平行流式の沈砂池に比べ高くなる。したがって、本施設では平行流式の沈砂池形式を採用した。

③ 処理フロー（前処理施設）の決定

「除塵設備」の検討および「除砂設備」の検討により、処理フローは次のように決定した（図6参照)。

流入→沈砂池→粗目スクリーン→微細目スクリーン→流出

・バイパス水路は、主水路の清掃および点検時のバイパスとして用いるが、主水路のスクリーンの目づまりによる水位上昇時には越流してバイパス水路に流入する構造とする。

・汚水中に含まれる夾雑物は、粗目スクリーンおよび微細目スクリーンにて除去する。

・粗目スクリーンおよび微細目スグリーンには自動除塵機を設置し、し渣を自動的にかき上げ、し渣カゴにて受ける。

・定期的な点検の際、し渣カゴのし渣をし渣コンテナに投入し、一時的にコンテナ

表３

	A　案	B　案	C　案
機種の組み合わせ	粗目スクリーン＋破砕機	粗目スクリーン＋微細目スクリーン	細目スクリーン
概要	汚水中の大きな夾雑物を粗目スクリーンで除去した後破砕機で水中の小さな夾雑物をさらに細かく裁断し、管内に詰まりにくくする。	汚水中の大きな夾雑物を粗目スクリーンで除去し、さらに微細目スクリーンにて汚水中の小さな夾雑物も取り除くことができる。	細目スクリーン１台にて汚水中の夾雑物を除去するため、経済的であるが、目巾が微細目スクリーンより大きいため、小さな夾雑物までは除去できない。
自動運転への対応	○	○	○
除塵機器の維持管理の容易さ	△	○	○
流入量変動への対応	△	○	○
夾雑物の除去効果	×	○	△
し渣の除去量の多少	○	△	△
機種の目幅	粗　目　50～20mm	粗　目　50～20mm 微細目　5～2mm	細目　30～10mm
機器費	粗目スクリーン　1,000(千円) 破砕機　3,000(千円) 4,000(千円)	粗目スクリーン　1,000(千円) 微細目スクリーン　1,700(千円) 2,700(千円)	細目スクリーン 1,500(千円) 1,500(千円)
評価	×	○	△

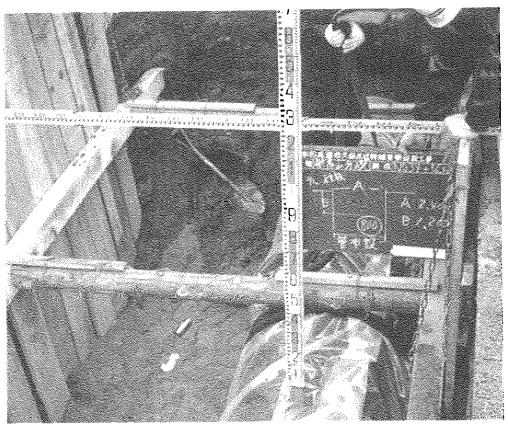
にし渣を貯留する。

・コンテナが満杯になった状態で、コンテナごとし渣をトラックなどで場外搬出しし渣のみを処分したあと、コンテナを本施設へ戻す。

６．管種の選定

下水圧送に用いる地下埋設管には、内圧、外圧が常に作用するのはもちろん、特に水撃圧（ウォーターハンマー）に対しても十分安全である必要があるので、管の選定は強度、水密性の点を重視し、圧力管としてもっとも信頼性のあるダクタイル鉄管を久保圧送幹線の800mmはもちろんのこと、新高山幹線の200mmについても水撃作用に対してもっとも強いダクタイル鉄管を採用した（800mmＴ形5種管200mmＴ形３種管）。

写真２　ダクタイル鉄管埋設工事



7．あとがき

本市ではその処理区の地形的要因（処理区形状がきわめて細長い。河川横断部が数多くある）および処理場の立地条件などより、総合的に優れる汚水の多重圧送システムを採用した。

多重圧送システムは、管路の土かぶりが浅くできることや、管路の複線化、ポンプ能力の変更(up)、あるいは当面の間必要となるポンプ場を絞れるなどの段階施工がしやすいことによる先行投資の削減効果があり、今後下水道事業の中心が中小の市町村に移っていく過程の中、着手しやすい下水道システムとして、採用される際に多少なりとも本報告がご参考になれば幸いである。

技術レポート 4

呼び径900mmダクタイル鉄管を下水圧送管の曲線推進工事に使用した事例

宮崎市下水道部下水道建設課
課長 篠原 淳輔

1．はじめに

本市は、古くて新しい町「宮崎」といわれている。それは民族発祥の神話伝説に採られて、その伝説が今なお色濃く残された古い町である（図1位置図参照）。

また、宮崎県の政治、経済、教育、文化の中枢拠点都市として発展し続けている新しい町である。

大正13年4月に宮崎市として発足して以来自然との調和のとれた都市を理念に「住みよい、住みたくなる町づくり」に努力を重ね、今や面積約286㎢、人口約29万人を擁する県都として大きく発展しようとしている。

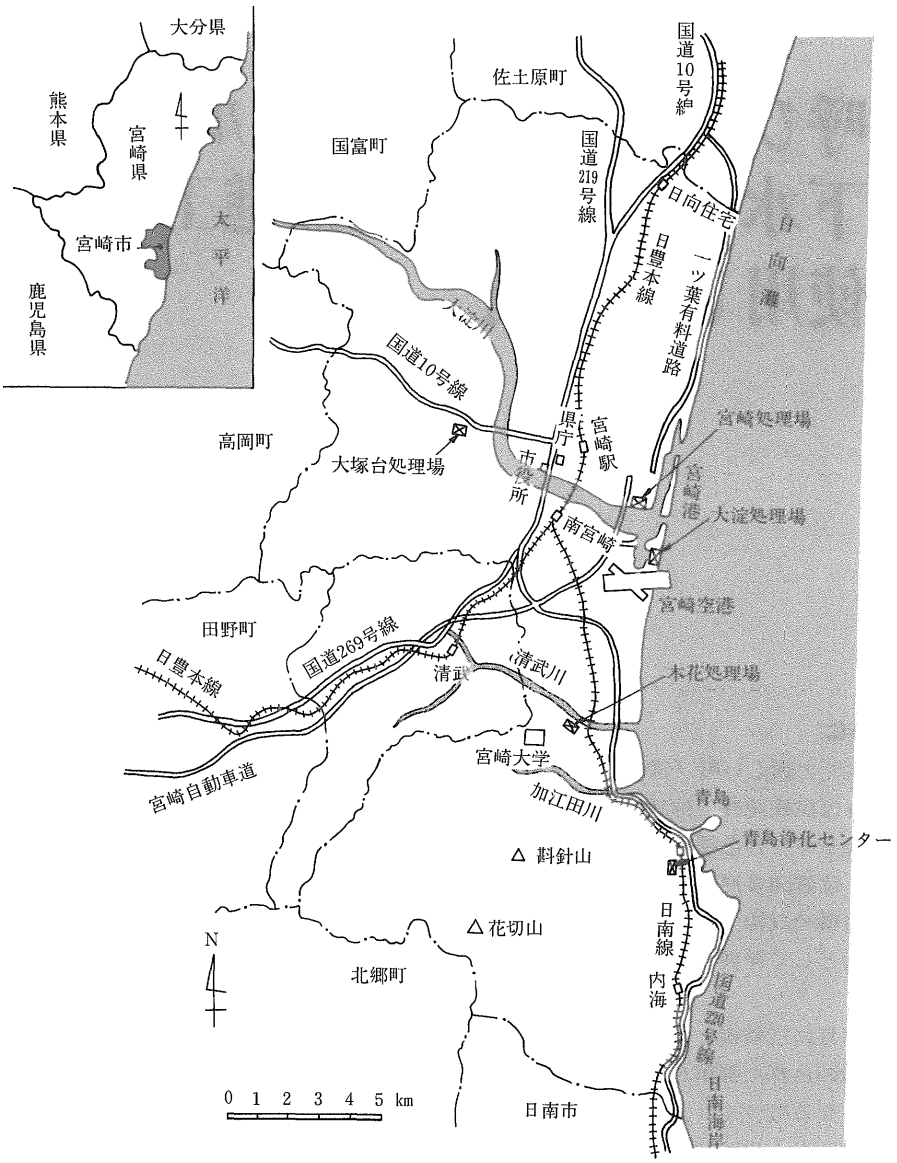
本市の下水道事業は、昭和8年に雨水排除浸水防止を目的に、大淀川両岸の中心市街地560.5 haについて事業認可を受け、管きょ整備事業を進めていたが、戦争により中断した。そして戦後、急速な市街化の発展と拡大から昭和42年鶴島地区30 ha、宮崎駅裏地区106 haを追加し、696.5 haを認可区域として整備することになった。

その後、大淀川左岸、木花学園都市、大淀川右岸沿いの一部、既成市街地、大塚台団地また、青島地区を認可区域として整備することになり、着手して以来半世紀を経た今日、宮崎市の下水道整備は着々と進み、今や下水道普及率46％までアップしている状況である。

ここで、本工事に関係のある宮崎処理区は区域計画面積1,620 haを処理すべきもので、大淀川左岸全域である。そして今回の工事は大宮(1)、大宮(2)、新別府処理分区517.0 haの汚水を檍中継ポンプ場から宮崎処理場まで圧送するものであり、宮崎主要汚水幹線の一部

約750mで、その圧送管に推進工法用ダクタイル鉄管呼び径900㎜を使用し、その圧送管ルートにおいて曲率半径148m、弧長104mの曲線推進工事を実施したので、その概要を報告したい。

図１　位置図

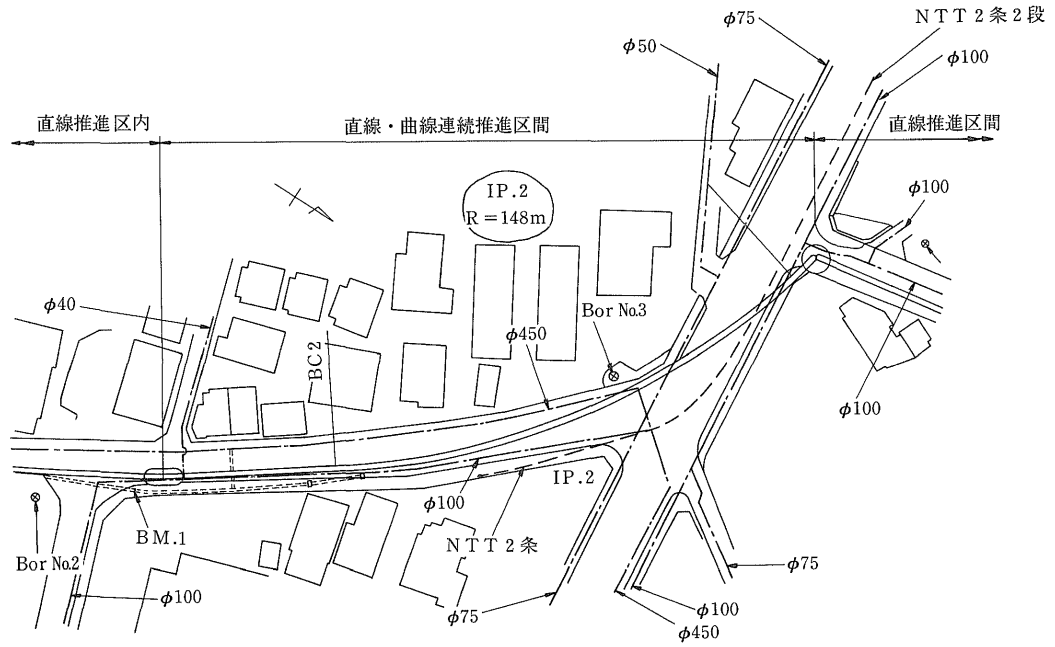


２．曲線推進工法の採用

今回の施工場所は市街地で住宅、商店などが密集した場所である（図２施工場所位置図参照)。交通事情については市道一ツ葉通線、県道島ノ内一の宮線の交差点で交通量も多く

上水道本管呼び径450㎜、枝管呼び径100㎜、ＮＴＴケーブル２条と地下埋設物もふくそうしているため開削工法は不可能であった。また、直線推進工法を採用すれば立坑数の増加で経済性に劣る点も考慮に入れ、曲線推進工法を採用したものである。

しかし、当初、全国的にも呼び径900㎜で曲率半径148m、弧長104mの曲線推進工事は、管長2.43mのヒューム管を管材としてでもあまり例がなく、管長３mで、ましてダクタイル鉄管での推進は施工の難易性から疑問視する声が聞かれたのも事実であった。しかし、現在の推進技術の進歩を信頼し、鉄管メーカーのバックアップ（技術援助）により採用に踏み切ったものである。



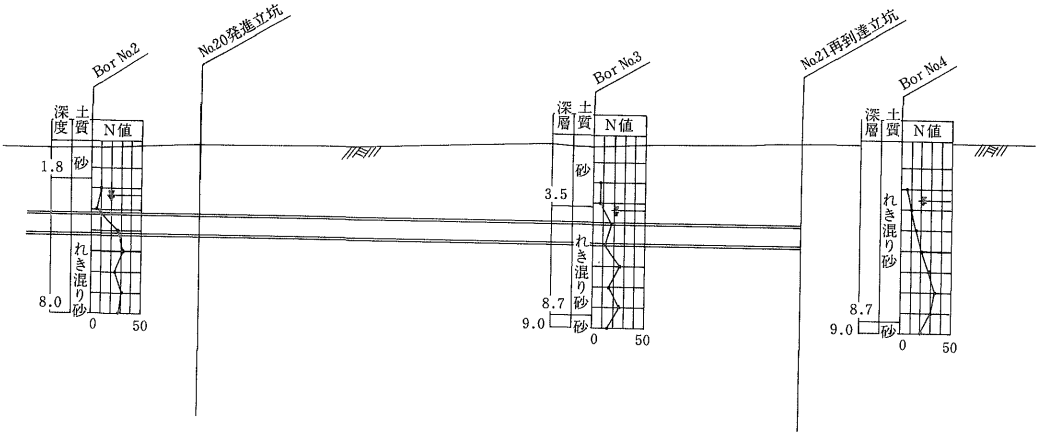
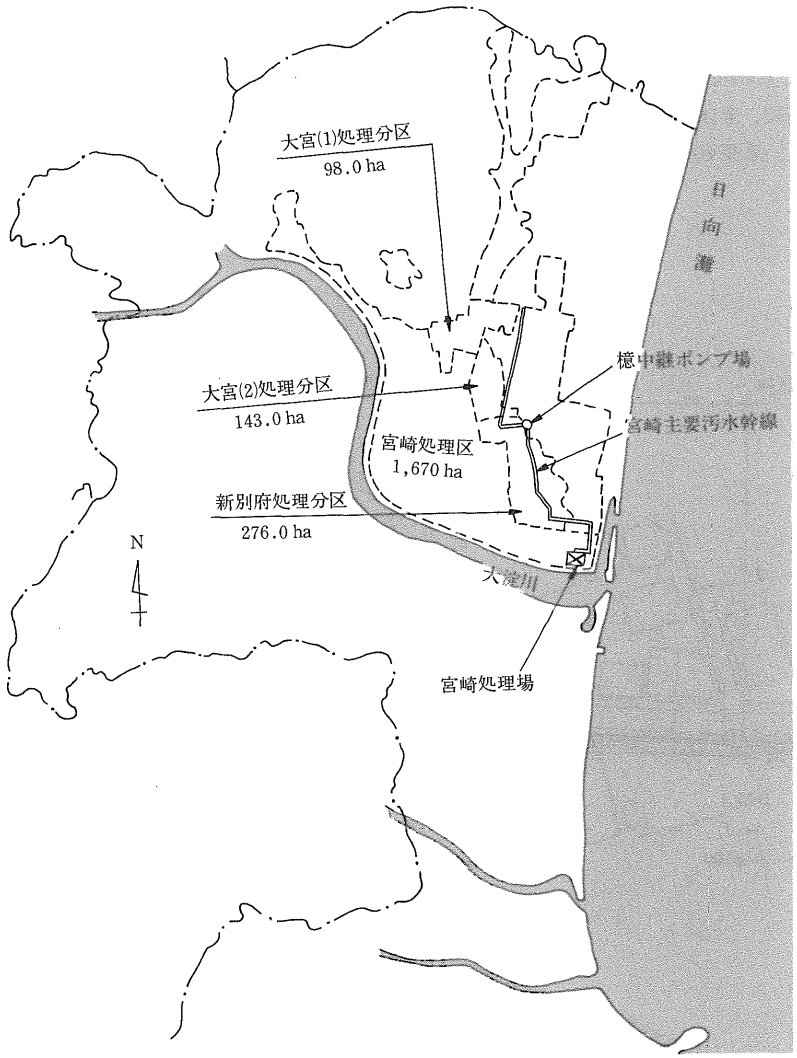


図２　施工場所位置図



３．工事の概要

本工事は、平成元年度より整備を進める宮崎主要汚水幹線の一部分であり、呼び径900㎜ダクタイル鉄管の布設延長は748.7ｍで、このうち曲線推進延長は103.8ｍである。

(1)工　事　名：宮崎主要汚水幹線４工区

(2)工事場所：宮崎市吉村町

(3)施工期間：平成２年６月21日～平成３年３月25日

(4)工事内容

①管種、規格、延長

管　　種	規　　格	呼び径	延　長
下水道推進工法用ダクタイル鉄管	JSWAS G-2	900	748.7m

②工法の内訳(泥水工法)

直線推進工法…… 603.5m

直線・曲線（曲率半径148m、弧長さ103.7m)連続推進工法…… 145.2m

(5)ダクタイル鉄管の内訳

	品　　名	形状寸法	数量
直線部	下水道推進工法用 ダクタイル鉄管 U－D形5種管	φ900×4000	151本
曲線部	下水道推進工法用 ダクタイル鉄管 U－D形5種管	φ900×3000	36本
立坑内	下水道用ダクタイル鉄管 K形5種管	φ900×6000	4本
	下水道用ダクタイル鋳鉄異形管 K形曲管	φ900	6個

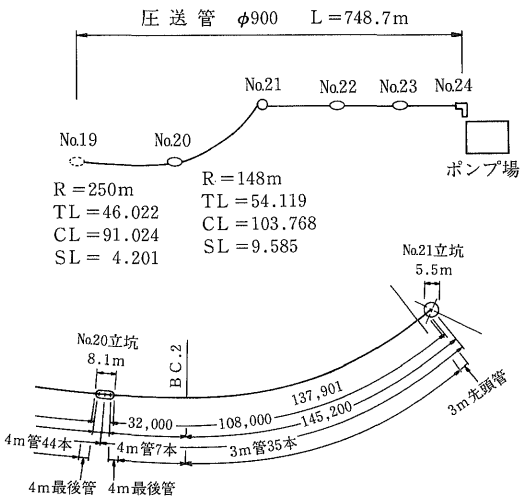
写真1　泥水加圧ミールトマシン

(6)立坑土留工

No.20　ライナプレート　小判型　3.3×8067×5.0
No.21　ライナプレート　円　型　5.5×5.0
No.22　ライナプレート　小判型　3.2×7753×5.0
No.23　ライナプレート　小判型　3.2×7753×5.0
No.24　鋼矢板　Ⅲ　型　8.5×65枚

(7)総事業費：256,200,000円(延長1m当たり34万2,000円)

(8)管路図



4．設計について

今回の曲線推進は、管路図に示すようにNo.20発進立坑から32.1m直進したあと、曲線部が103.8mあり、そしてNo.21到達立坑側に直線部が9.5mある推進であり、曲率半径が148mの推進である。推進管はダクタイル鉄管でU－D形の5種管であるが、一般に直線推進の場合は管長を4mとするが、曲線推進の場合、曲率半径R＝148mなので、管長が4mでは施工性が難しくなる。曲線推進では次の事項が基本となり、検討を行った。

1．曲線推進に伴う管路の線形

U形呼び径900㎜ダクタイル鉄管の許容曲げ角度は2″00′であり、曲率半径R＝148mでの継手部の曲げ角度を2″00′と仮定すると、管の最小有効長さ(ℓ)は次式で求められる。

$$\ell = R \times \sin\theta = 148 \times \sin 2''00' = 5.17\text{m}$$

しかし、これは許容曲げ角度による有効長さであり、開削工法であれば外部からの目視施工なのでℓ＝4mの管長で理論的には可能であるが、ここでは推進工法のため施工誤差布設後の地盤変動（地盤沈下や地震などによる）を考慮してℓ＝3mとする。

ℓ＝3mとした場合の設計曲げ角度(θ)は次式で求められる。

$$\theta = \sin^{-1}\frac{\ell}{R} = \sin^{-1}\frac{3}{148} = 1''10'$$

農林水産省構造改善局の土地改良事業標準設計第4編パイプラインによれば、設計曲げ角度として許容曲げ角度の2分の1を採用しているので、θ＝1″10′は妥当な数値であり、曲線推進部の管長をℓ＝3mと決定した。

図３　曲線推進部管路線形図

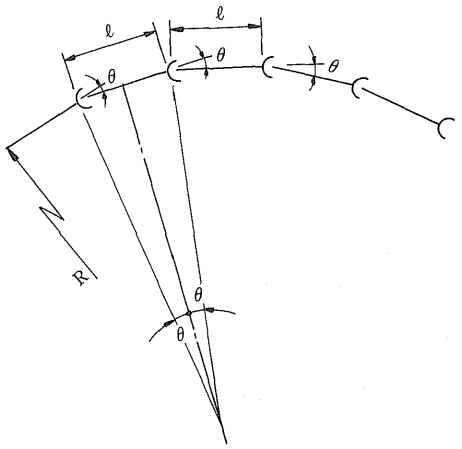


写真２　発進立坑内の推進用ダクタイル鉄管

２．曲線推進に伴う継手部の開口

通常の曲線推進の場合、管体は曲がらないので継手部が扇形に開くが、開口寸法がU形継手の許容開口寸法以内であれば安全である。

$S = D_5 \times \tan\theta$

ここに、S　：U形継手部の開口寸法　mm

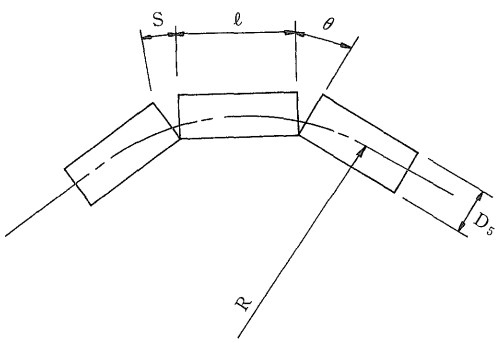
D_5：U形継手部の外形寸法　$D_5 = 1{,}043$mm

θ　：U形継手部の設計曲げ角度　$\theta = 1°10'$

したがって、$S = D_5 \times \tan\theta = 1{,}043 \times \tan 1°10' = 21$mm

呼び径900 mmのU形継手の許容開口寸法は35mmであるから十分に安全である。

図４　曲線推進に伴う継手部の開口部図



３．曲線推進に伴う拡幅掘削

通常の曲線推進の場合、管体は曲がらないので継手部と直管中央部(継手部から1.5mの位置）ではδだけ直管中央部の方が内側になる。しかし、セミシールド機の外径と推進管の外径との差がδ寸法以上であれば安全である。

$$\delta = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{\ell}{2}\right)^2}$$

ここに、δ ＝継手部と直管中央部との位置差　m

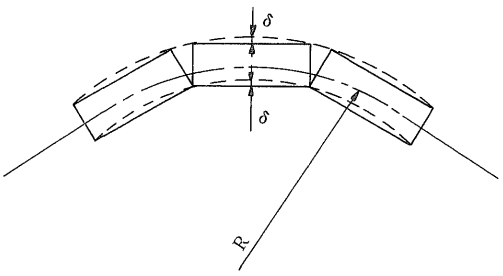
R＝曲線推進の曲率半径　R＝148m

ℓ ＝直管１本の管長　ℓ ＝３m

したがって　$\delta = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{\ell}{2}\right)^2} = 148 - \sqrt{148^2 - \left(\frac{3}{2}\right)^2} = 0.008\text{m} = 8\text{㎜}$

呼び径900㎜のセミシールド機の外径1080㎜と推進管の外径1043㎜との差は８㎜以上あるので安全である。

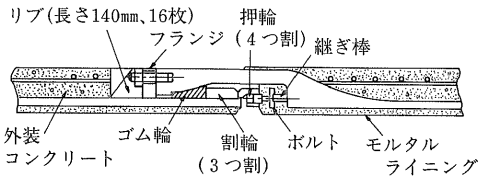
図５　曲線推進に伴う継手部と直管中央部との位置差検討図



４．推力の伝達方式

U形推進管は一般の直線推進の場合、フランジおよびリブによって推力を伝達する機構（図５　直線推進推力伝達機構図参照）になっている。したがって推進施工時には、いかに推力を管に均等に作用させるかということがポイントとなる。

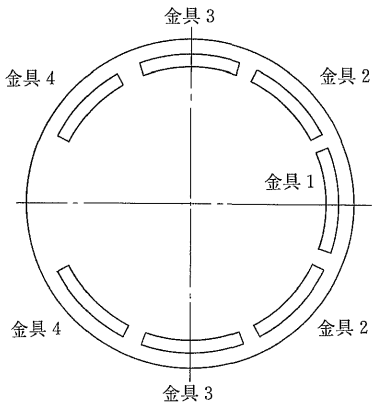
図６　直線推進推力伝達機構図

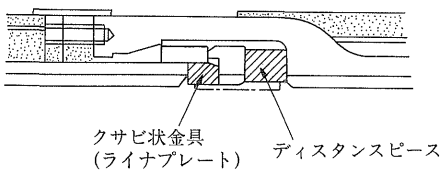


しかし、曲線推進の場合、そのままではフランジおよびリブの一部に推力が集中するので、継手部にディスタンスピースを挿入し、くさびを用いて推力を伝達する方策が必要である。(図６　曲線推進推力伝達機構図参照)。

継手１ヵ所に形状の異なるくさびを合計７個挿入し、所定の角度を得るようにセットした。

図７　曲線推進推力伝達機構図





※各金具の厚さは、計画屈曲角により異なる。

５．直線推進の推力計算

直線推進の推力計算は日本下水道協会の式（１式）、日本ダクタイル鉄管協会の式（２式）修正式Ⅰ（３式）、修正式Ⅱ（４式）、経験的簡便式（５式）があるが、いずれも300トン前後で大差はない。

$$F = F_0 + \{(\pi \cdot D_5 \cdot q + W)\mu' + \pi \cdot D_5 \cdot C'\} L \quad \text{（１式）}$$

$$F = F_0 + \pi \cdot \mu' \cdot L \{D_5(0.5q + 0.25q_1 + 0.25q_2) + 0.25W\} \quad \text{（２式）}$$

$$F = F_0 + \alpha \cdot \pi \cdot D_5 \cdot \tau_5 \cdot L + W \cdot \mu' \cdot L \quad \text{（３式）}$$

$$F = F_0 + \pi \cdot D_5 \cdot \tau_5 \cdot L \quad \text{（４式）}$$

$$F = F_0 + R \cdot S \cdot L \quad \text{（５式）}$$

ここに、Ｆ　：推進力　（tf）

F_0：初期抵抗　（tf）

D_5：外装部外径　（m）

Ｗ　：管の単位重量　（tf/m）

μ'　：管と土との摩擦係数

Ｃ　：管と土との付着力　（tf/m²）

Ｌ　：推進延長　（m）

ｑ　：管にかかる等分布荷重　（tf/m²）

q_1：管頂の側土圧　（tf/m²）

q_2：管底の側土圧　（tf/m²）

α　：管と土との摩擦抵抗の生じる範囲にかかる係数　（＝0.50～0.75）

τ_5：管と土とのせん断力　（tf/m²）

Ｒ　：外面抵抗　（tf/m²）

Ｓ　：管の外周長　（m）

６．直線・曲線連続推進の推力計算

直線・曲線連続推進の推力計算は、管周囲の地山が自立しており、かつ、管が自由に曲げられるだけの拡幅をされている本件の場合は、次式が一般によく用いられている。

$$F = F_0 + 0.8\pi \cdot D_5 \cdot \tau \ (\ell_1 \cdot K^n \cdot \lambda \cdot \ell + \ell_2) \quad \text{（６式）}$$

$$K = (\cos\theta - \kappa \cdot \sin\theta)^{-1}$$

$$\lambda = (K + K^1 + K^2 \cdots\cdots + K^n)\, n^{-1}$$

ここに、Ｆ　：推進力　（tf）

F_0：初期抵抗　14,253 tf

D_5：外装部外径　1,041m

ℓ　：曲線推進延長　103.69m

ℓ_1：到達口側直線推進延長　3.97m

ℓ_2：発進口側直線推進延長　30.17m

ｎ　：曲線推進管の本数　34本

κ　：法線力による管と地山との間のせん断抵抗率　0.5

τ　：管と土とのせん断力　0.790 tf/m²

θ　：曲線推進管の１本当たりの曲がり角度　1.16°

λ　：直線と曲線の推進抵抗比率

$$K = (\cos 1.16° - 0.5 \cdot \sin 1.16°)^{-1} = 1.010$$

$$\lambda = (K + K^1 + K^2 \cdots\cdots + K^n)\, n^{-1}$$

$$= (1.01 + 1.01^1 + 1.01^2 \cdots\cdots + 1.01^{34})\, n^{-1} = 1.21$$

したがって、

$$F = F_0 + 0.8\pi \cdot D_5 \cdot \tau_5 (\ell_1 \cdot K^n + \lambda \cdot \ell + \ell_2)$$

$$= 14{,}253 + 0.8\pi \cdot 1.043 \cdot 0.79(3.97 \cdot 1.01^{34} + 1.21 \cdot 103.69 + 30.17)$$

$$= 354\ \mathrm{tf}$$

7．推力に対する管体の安全性

推進用ダクタイル鉄管呼び径900㎜U-D形5種管の許容推力は430 tf であるから推進力354 tf の1.2倍あり、十分に安全である。

5．施工について

今回の推進工法は、セミシールド工法で行った。その中で土質、推進距離などを考慮して泥水式推進工法を採用した。

(1)　発進立坑

発進立坑は長さ8.1m、幅3.2m、深さ5mの小判形ライナプレートを設置し腹起こしは1段目高さ200×200、2段目高さ300×300を取り付け、切梁にはそれぞれ高さ100×100、高さ125×125を取り付け補強した。

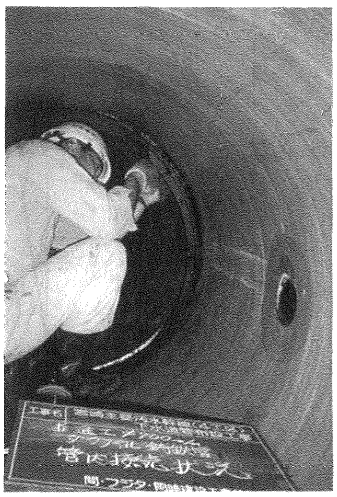
(2)　到達立坑

到達立坑は直径5.5m、深さ5mの円形ライナプレートを設置し、高さ150×150の補強リングを取り付けた。また、地下水を止水するため補助工法として薬液注入工法を採用した。

(3)　グラウト

推進管1本に付き2ヵ所のグラウト注入口を設け注入し、シールキャップで締め付けた（図7　推進管断面図参照)。

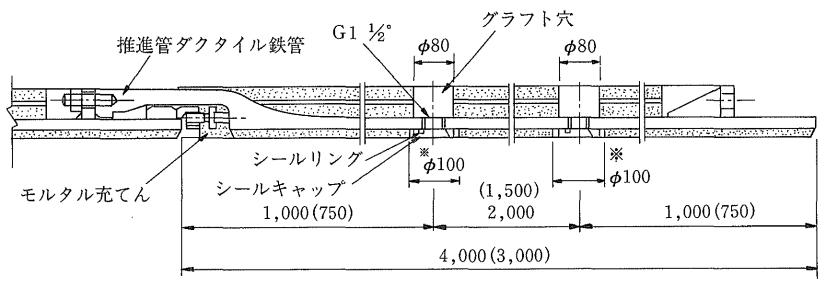
写真3　カーブ推進用ディスタンスピース取り付け



(4)施工精度

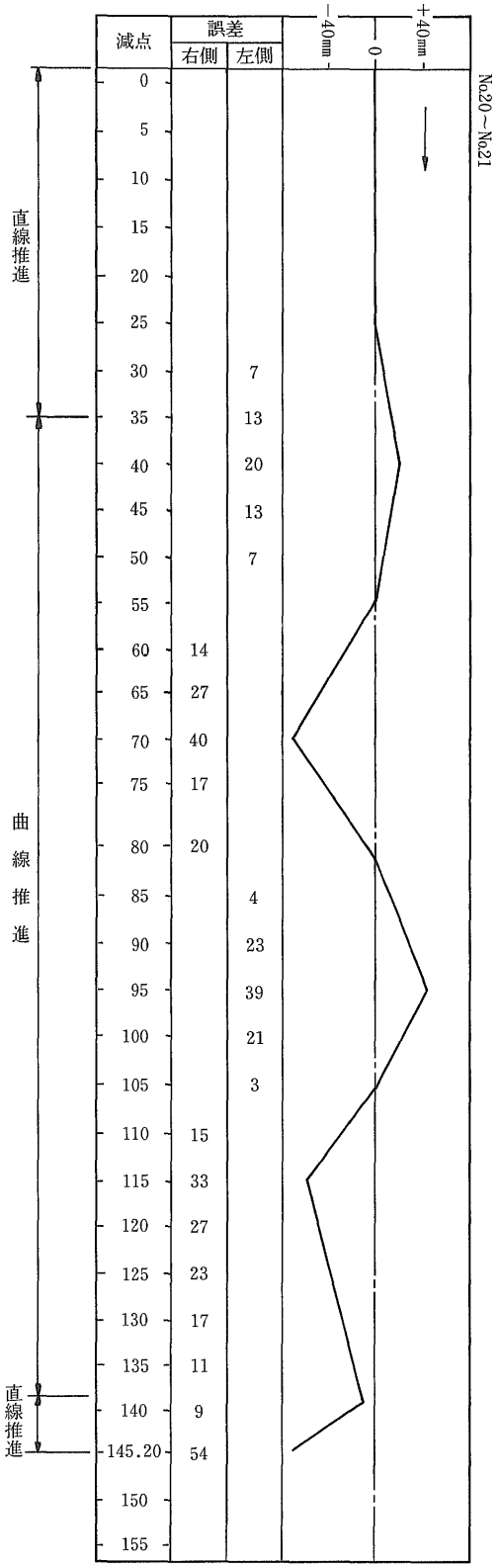
No.20発進、No.21到達の曲線推進において64㎜右側35㎜高で到達したが、これは許容誤差内と考えてよい。

図8　推進管断面図



(　)内数値は有効長3.0m管を示す。

備考 1：※印の範囲はシールキャップ締め付け後、
エポキシ樹脂で充てんすること。
2：G1 ½"は、JIS B0202(管用平行ねじ)による。



6．おわりに

今回の工事、宮崎主要汚水幹線の一部約750mで、その圧送管に推進工法用ダクタイル鉄管呼び径900㎜を使用し、その圧送管ルートにおいて曲率半径148m、弧長104mの曲線推進工事を実施した。

施工場所は市街地の交差点で交通量も多く地下埋設物もふくそうしているため開削工法は不可能であった。また、直線推進工法を採用すれば立坑数の増加で経済性に劣る点も考慮に入れ、曲線推進工法を採用したものである。

しかし、当初、全国的にも呼び径900㎜で曲率半径148m、弧長104mの曲線推進工事はあまり例がなく、ましてダクタイル鉄管での推進は、施工の難易性から疑問視する声が聞かれたのも事実であったが、現在の推進技術の進歩により思ったほどの問題もなく、工事はスムーズに運んだ。総工事費が1m当たり約34万円となり経済性もまずまずといえる。

ダクタイル鉄管は引張り強さが42kgf/㎟あるので、ポンプ圧送による静水圧と水撃圧の合計が高水圧となっても安全である。また、深い土かぶりによる大きな土圧や、浅い土かぶりにおける輪荷重にも問題がない。継手のゴム輪と管体との間には高い水密性があるので、下水の漏水や地下水の流入の心配がない。接合はきわめて簡単で1継手が数分から数10分以内で行える。通常地盤なら接合後ただちに推進工ができる。鋳鉄は鋼より電気抵抗が約4倍あるので、ダクタイル鉄管は腐食しにくい。また、内面には耐酸セメントによるモルタルライニングが施してあるので、硫化水素による損傷の心配がない。過去の実績を調べても耐用年数が長く、事故発生率が低い。大地震や地盤の不等沈下に対してよく順応する。

施工が簡単なため工期短縮にもなり、本工事を支障なく実施できた。供用からまだ1年しか経過していないが、事故も皆無であり、将来にわたり維持管理が容易であることが予想される。これから計画される関係者に参考となればと報告する次第である。

技術レポート 5

GS形ダクタイル推進管による長距離推進と温泉排水対策について

秋田県中央流域下水道事務所
工務課調査設計係長　村木幹夫
主任　宇佐美　義光

1．はじめに

最近、各地から硫化水素に起因する下水管きょや処理場の腐食の事例が多数報告されており、管きょにおいては特に圧送管の出口付近の損傷が著しい。当事務所で担当している秋田湾・雄物川流域下水道の臨海処理区では今回、この硫化水素の原因となる硫酸イオンを多量に含む温泉排水対策を兼ねて、管内面にポリエチレン樹脂ライニングを施したGS形ダクタイル推進管による長距離推進工事を行ったので、ここにその概要を紹介する。

2．臨海処理区の事業概要

秋田湾・雄物川流域下水道の臨海処理区は県内一の人口集中地区である秋田臨海部の河川、海域と八郎潟残存湖の水質保全、生活環境の改善を目的として、2市12町1村にわたる4本の幹線管きょの整備と、これに流入する汚水の浄化を行っている。昭和50年度から事業に着手し、平成3年度末で幹線管きょは、全体の80%にあたる81kmが完成している。

また、終末処理場は昭和57年度から処理を開始しており、現在6万m³／日の汚水処理が可能となっている。

3．GS形ダクタイル推進管の採用理由

秋田県の流域下水道では圧送方式を積極的に採用しており、当処理区においても幹線管きょ延長の40%に当たる39.5kmが圧送区間となっている。今回紹介する工事区間は呼び径700mm、延長約320mの自然流下区間であるが、

① 当処理区で現在供用中の圧送管の出口部分において、圧送ポンプ運転直後に最高125 ppmを超える硫化水素が検出されて

いること。

② 硫酸イオンを多量に含む温泉排水の流入が決定していること。

③ 本工事区間が圧送管の出口部分にあたること。

以上の理由により、腐食対策が必要であると判断された。

また、本工事区間の周辺環境、施工条件から、最長で約170mと150mのスパン割りの推進工事となることから、管種についてはＧＳ形ダクタイル推進管（ポリエチレン樹脂ライニング）と鉄筋コンクリート推進管（ポリウレタン樹脂、セラミック樹脂ライニングなど）について検討したが、両管ともライニングにより粗度係数が改善されることから、最終的に呼び径600mmで比較を行い、ＧＳ形ダクタイル推進管を採用した。また、マンホール内面にはセラミック樹脂ライニング（現場塗布、厚さ５mm）を実施した。

今回採用したＧＳ形ダクタイル推進管の特徴は次の通りである。

① 鉄筋コンクリート推進管と比較して耐荷力が大きい（700kgf／㎠管の強度の約1.5倍）。

② 管の有効長は、１口径小さい鉄筋コンクリート推進管の管長＋５mm、また、外径は１口径小さい鉄筋コンクリート推進管にほぼ等しいので、推進時の摩擦抵抗が小さい。

③ 管内面には、耐酸性と耐摩耗性に優れたポリエチレン樹脂ライニングが施してある。

④ 継手の水密性がよい。

⑤ 施工性がよい。

外径と有効長が１口径小さい鉄筋コンクリート推進管と等しいので、１口径小さい鉄筋コンクリート推進管用の推進設備を使用できる。

⑥ 管重量が鉄筋コンクリート推進管（呼び径600mm）の60%程度と軽量である。

⑦ ポリエチレン樹脂ライニングを２層施すことにより、粗度係数ｎ＝0.010の管内面粗度が得られる。

４．使用管種について

規　格：JDPA　G　1036－1991
　　下水道推進工法用ＧＳ形ダクタイル鋳鉄管

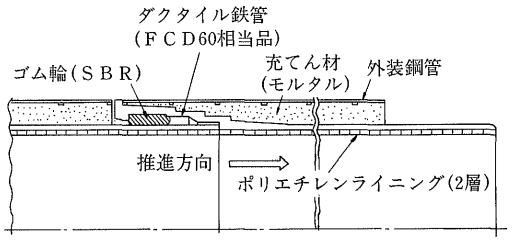
呼び径：600mm

管外径：670mm

管　長：2.435m

許容耐荷力：360 tf

図１　ＧＳ形ダクタイル推進管



５．工事概要

本工事は、山本郡琴丘町鹿渡字東小瀬川地内の湖東幹線において、平成３年度事業として実施されたもので、その概要は次の通りである。

路線延長：169.02m＋149.58m＝318.60m

推進延長：163.57m＋141.69m＝305.26m

土　　質：細砂

立　　坑：No.14－１立坑……発進立坑
　　No.14、No.15立坑……到達立坑

マンホール：２号マンホール１ヵ所
　　３号マンホール２ヵ所

推進工法：泥水式推進工法（アンクルモール工法）

６．推進実績

(1) No.14－１～No.14区間

推進長――――――163.57m

最大推力（計画）――248 tf

〃　（実施）――65 tf

最大誤差（上）――45mm

〃　（下）――0 mm

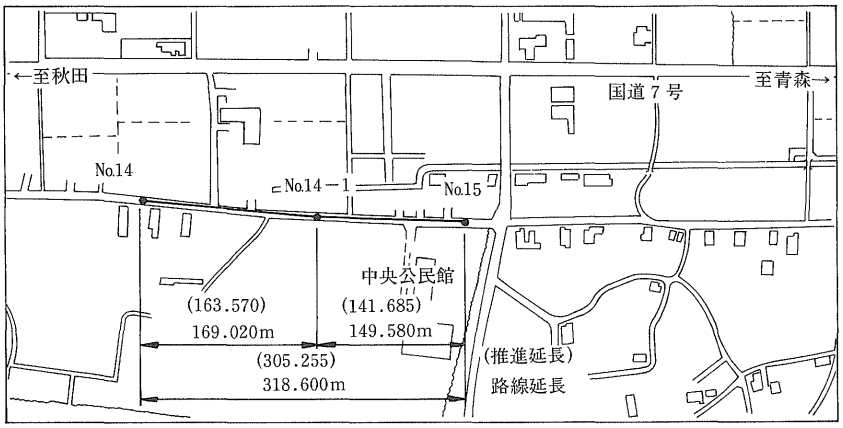
〃　（右）――0 mm

〃　（左）――30mm

到達誤差（上）――45mm

〃　（左）――30mm

図２　施工位置図



(2)　No.14－１～No.15区間

推進長――――――141.69m
最大推力(計画)――――212 tf
〃　(実施)――――45 tf
最大誤差(上)――――10mm
〃　(下)――――５mm
〃　(右)――――５mm
〃　(左)――――25mm
到達誤差(上)――――10mm
〃　(左)――――10mm

推進力（計画）の計算には、下水道協会の修正式IIを用いた。

７．おわりに

１．施工結果について

施工サイドの報告では、

① 推力については、計画より大幅に小さい値で推進できた。これは管の外装鋼管と土砂との間に減摩剤がうまく保持され管重量が軽いことと相乗効果で摩擦力を低減したものと考えられる。

② 管の接合は、鉄筋コンクリート推進管と同様なので、容易であった。

③ 実施推力が小さく、許容耐荷力に対して十分余裕があり、強度上安心して推進することができた。

以上のような結果であった。

図３　推進推力図（No.14－１～No.14）

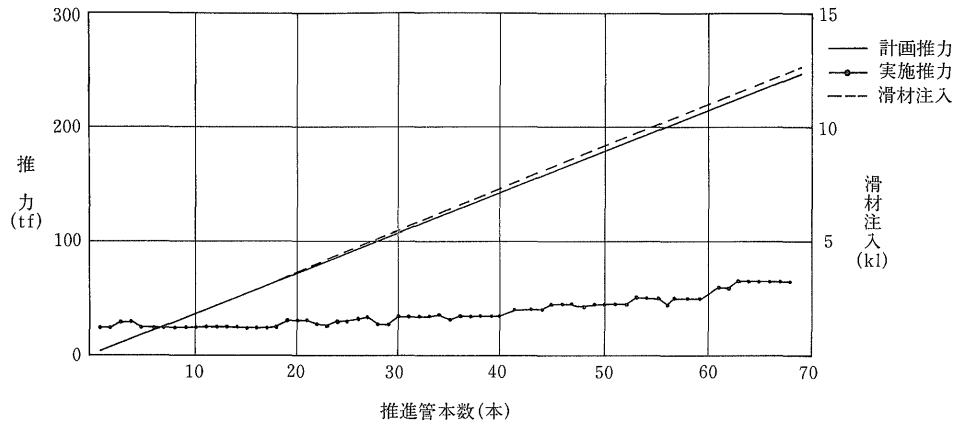
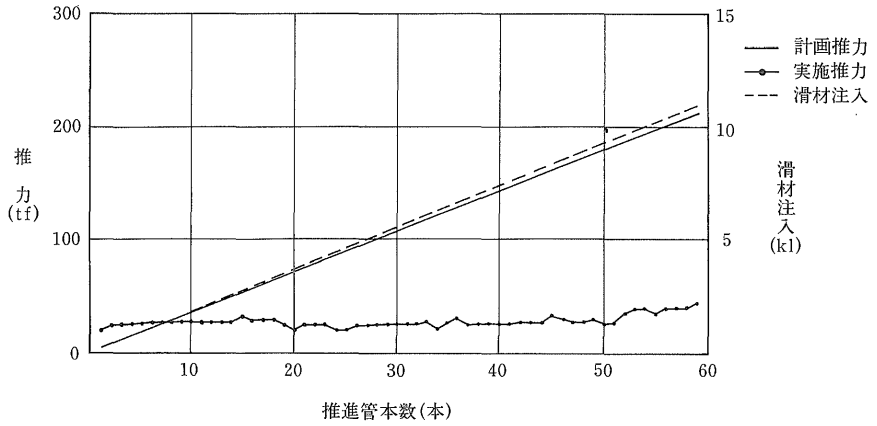


図４　推進推力図（No.14－１～No.15）



２．今後の課題

従来、小口径推進工法の推進長は、土質などにより異なるが、約100ｍくらいを標準としていた。今回の施工ではこれを約1.5倍伸ばすことができたが、今後はさらに長距離推進の必要性が高まると考えられる。

また、曲線推進施工の要望もあるので、さらに研究開発を進め、推進実績を重ねて、ＧＳ形ダクタイル推進管の性能が向上するよう望みたい。

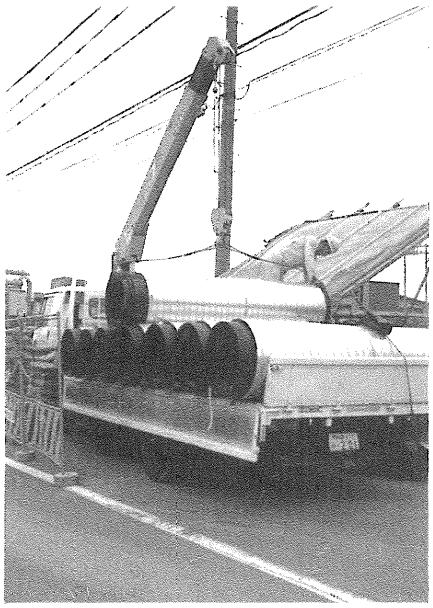


写真１　吊り下ろし

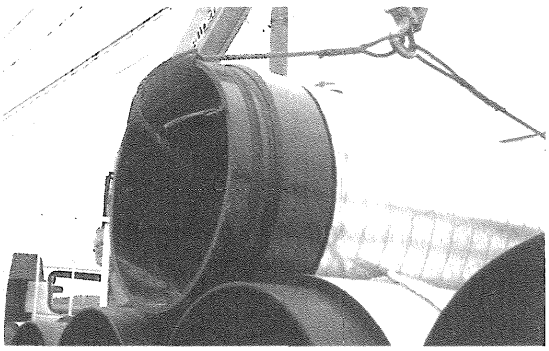


写真２　接合治具

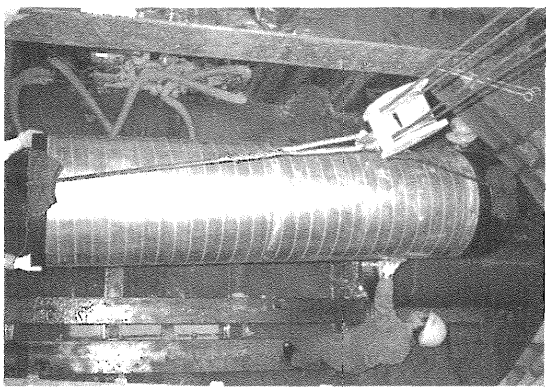


写真３　立坑への吊り下ろし

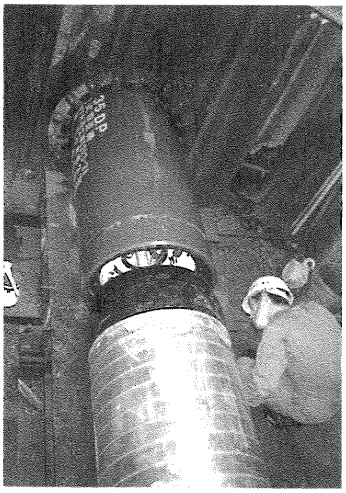


写真４　推進機とのジョイント

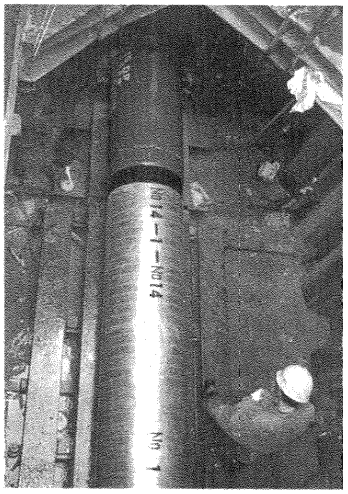


写真５　推進作業

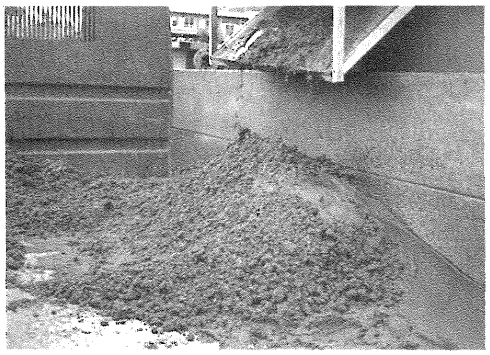


写真６　排土（細砂）

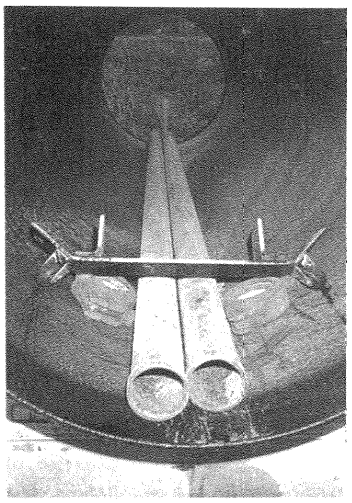


写真７　送排泥管用キャスター

技術レポート 6

ダクタイル鉄管による小口径長距離推進工事について

藤井寺市水道局工務課
課長代理 浅野俊朗
大森克人

１．はじめに

藤井寺市は、大阪平野の南東部に位置する東西4.2km、南北3.9km、市域面積8.89㎢の大阪府の中でもっとも面積の小さな市である。(図１)

市の東には金剛、二上、生駒の山並みを望み、一級河川の大和川とその支流の石川の流域に沿った緩やかな地形と緑につつまれた風光明媚な土地柄である。

また、市内には仲哀天皇を初めとする歴代皇陵や古墳、遺跡、史跡が点在し、古代河内文化の中心として栄えたことを偲ばせる。昭和53年には古墳時代に巨石を運ぶために用いられたとされる修羅がほぼ完全な状態で発見され、各方面から注目されたことは記憶に新しい。

市域面積では、全国的にも小さな都市であるが、大阪市に隣接している地の利から、大阪の住宅文化都市としての機能を備え南大阪の商業や文化の中心的な市として、著しい発展を続けている。昭和61年には市政施行20周年を迎え〝緑とゆとり、健康で人間性あふれるまち〟を基本とした全市公園化構想を策定し、住みよい町づくりを推進している。そうした藤井寺市第二次総合計画の一環として、水道事業においても第一次配水管整備事業に取り組むなど、事業の推進に努めてきた。年年多様化していくニーズに対応するべく、集中管理システム等を導入するなど、事業の推進を図り安定供給に努めている。また、配水管整備事業では既設石綿セメント管(約23km)の更新を主とした整備事業を行っている。昭和63年度より老朽管の更新を主目的に、第一次配水管整備事業に着手した（昭和63年４月１日～平成５年３月31日)。

本施工報告は、呼び径300㎜石綿セメント管

の送配水管を呼び径350㎜ダクタイル鉄管に布設替えを行ったときのものである。近年市街地における水道管布設工事は、地下埋設物の輻輳化、交通規制、工事公害（騒音、振動など）と制約されることが多く、開削工法による布設工事が次第に困難な状況となっている。本報告は、その対策として推進工法用Ｔ形ダクタイル鉄管による小口径推進工法を採用し呼び径350㎜、工事延長Ｌ＝461.4ｍを施工したので、この中の最大延長スパンＬ＝107.2ｍ（発進立坑No.３～到達立坑No.４の間）の工事の概略について報告するものである。

写直１　三ツ塚古墳出土の修羅
（大阪市教育委員会保管資料より）

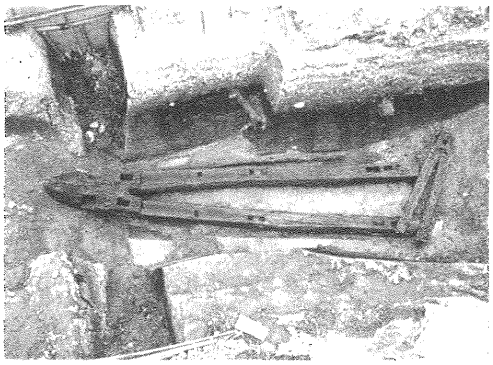
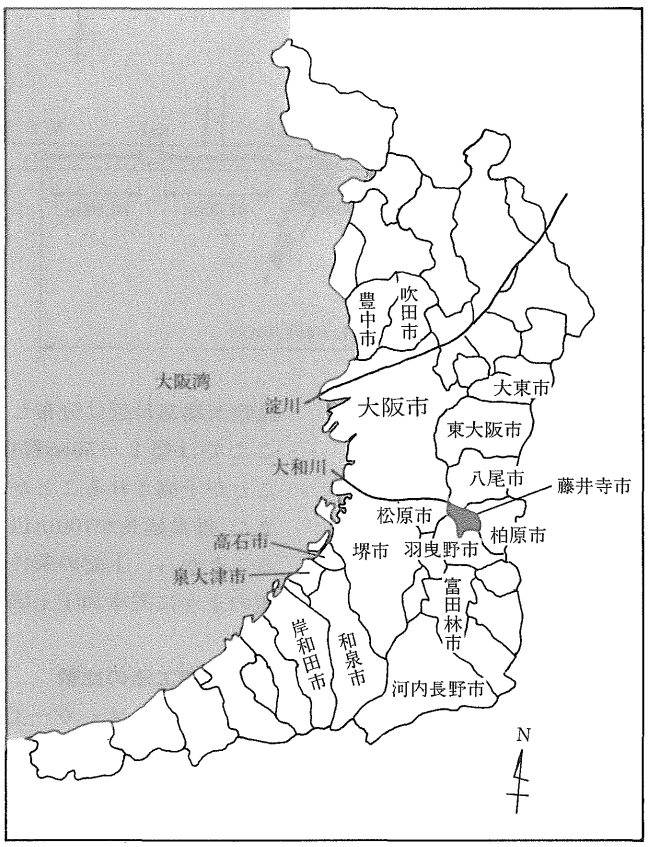


図１　位置図



２．工事概略

工 事 名：第一次配水管整備事業　道明寺六丁目（第一工区）

工事場所：藤井寺市道明寺六丁目地内（市道道明寺仲哀御陵線）

工事期間：平成２年８月～平成２年11月

工事内容：推進延長Ｌ＝461.4ｍ（６区間に分割）土かぶり　2.3～4.5ｍ
推進工法用Ｔ形ダクタイル鉄管（１種管）
呼び径350㎜（外装外径450㎜
管外径374㎜　Ｌ＝4.0ｍ）

発進立坑 2.5m×7.210m 小判型（ライナプレート）
到達立坑 2.0m×2.785m 小判型（ライナプレート）

３．使用管種について

本工事の場合は、ダクタイル鉄管により管路を構成しているので、推進部分もダクタイル鉄管によることを前提に管種を検討した結果、呼び径350㎜、１種管のＴ形推進工法用ダクタイル鉄管を採用することとした。

Ｔ形直管を鉄筋コンクリートで外装したもので、推力の伝達は挿し口部に溶接したフランジを介して行う。推進完了後は可とう性の継手となり、不同沈下に順応する。水密性はＴ形と同じである。

呼　び　径：350㎜
管　　種：１種管（Ｔ＝7.5㎜）
管　　長：４ｍ
許容抵抗力：250 ｔｆ

図２　立坑の位置
（発進No.１、３、５、６　到達No.２、４、７）

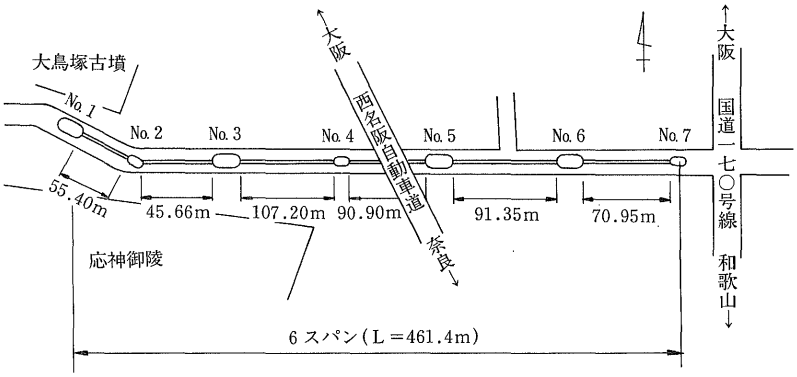
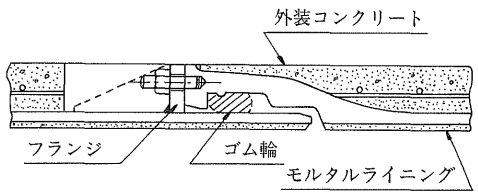


図３　Ｔ形推進工法用ダクタイル鉄管



４．工法の検討について

小口径推進工法の選定にあたり、次のような検討を行った。

１．土質調査

施工箇所の地質は、上部にTg層（洪積砂れき層）、下部にOs層（大阪層群砂層）、Oc層（大阪層群粘性土）が互層をなしている所で、埋設深さにより多少の相違が見られるものの、切羽の地質は大部分がこのOs層、Oc層であり、非常に安定した地質である。しかし、Tg層が埋設管天端部付近に分布している箇所もあり、ここでは径２～50㎜程度のれきが混入することが予測されることかられき対策も要する。また、推進延長が100ｍ以上の長距離区間もあることから、上記の条件を検討した結果、後述のように泥水加圧工法を採用することとした。

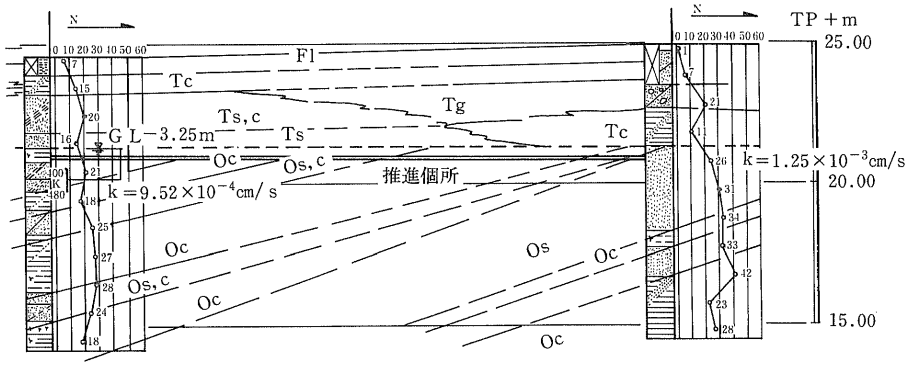
２．各種工法の比較

圧入工法、オーガー工法、水平ボーリング工法および泥水加圧工法のそれぞれについて表１のように比較、検討を行い、本工事には泥水加圧工法が適しているという結果を得た（表１）。

３．泥水加圧工法の比較

前項の検討で泥水加圧工法の選定をみたが、同工法にも種々な工法があるため、表２のように工法を２つに絞り検討を加えた結果、アンクルモール工法（偏圧破砕型環流式掘進工法）によることとした（表２）。

図４　地質図



凡　例

地質系統	記　号	土質名	N　値	記　事
人工地盤	Fl	盛土,表土	1～8	道路用、宅地用、人工投入された土砂
上部洪積段丘層(相当層)	Tc	粘性土	11～15	中位段丘堆積物相当量
	Ts,c	砂質土	20	
	Ts	砂	16～24	ほぼ水平分布全体に強風化粘土化進行している
	Ts,g	れき混り砂	12	
	Tg	砂	21	
洪積層大阪層群	Oc	粘性土	16～28	粘性土、砂質土の互層状北西へゆるやかに傾斜している
	Os,c	砂質土	20～28	
	Os	砂	31～38	
● 調査位置			k	現場透水試験

４．アンクルモール工法について

アンクルモール工法の機構と機能の概略を次に記す。

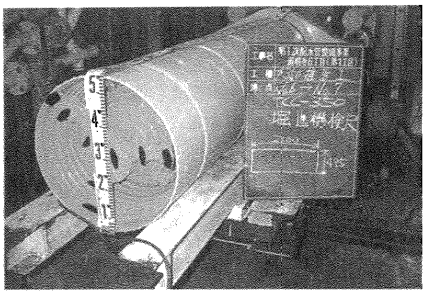
(1)　機構と工法

本システムは、シールド掘進機、元押装置、遠隔操作盤、流体輸送施設、泥水管理プラントからなっており、遠隔操作盤の所でワンマンコントロールする機構である。

(2)　掘削およびれき破砕

掘進機の先端にスポーク式カッターを備え、その直後にあるクラッシャーヘッドの偏心回転により切削とれき破砕を行う。今回Ｎ値が30以上の所で砂れき、土丹（よく締まった粘土）の土質状況から外周ビットの先端を外に出し、オーバーカットができる構造とした。

写真２　堀進機



(3)　切羽の保持

基本的には、切羽は元押推力により圧密され、主動土圧と受動土圧の範囲内で押し、地下水に対しては送泥水圧によりバランスをとって推進していく。

(4)　方向制御

操作は、機内の標示板に現れたレーザースポットと方向制御用のインジケータ

表１　各種工法の比較

項目＼工法	圧入工法		オーガー工法		水平ボーリング工法		泥水加圧工法	
方式	１・２工程方式		１・２工程方式		１工程方式		１・２工程方式	
構造	掘削：圧密 排土：スクリューコンベア 切羽の安定：圧密		掘削：カッターヘッド 排土：スクリューコンベア 切羽の安定：補助工法　カッターヘッド		掘削：ケーシング回転 排土：注水自然流出　加圧水送り排土 切羽の安定：補助工法　カッターヘッド		掘削：カッタードラム回転 排土：流体輸送 切羽の安定：泥水圧　カッターヘッド	
概要	先導管の方向制御を行いながら仮管を貫通させ、仮管をガイドとして埋設管を推進する。		先導管としてオーガーヘッドおよびオーガースクリューを装着し、その回転によって堀進、排土を行いながら仮管、埋設管を推進する。		鋼管の先端に超硬ビットを装着した鋼管本体を回転させながら推進する方法。		先導管または誘導管の先端に泥水式先導体を設備し、カッターの回転により掘削する方式である。掘削した土砂は流体輸送により地上の泥水処理設備に送られる。	
特徴	２工程方式では高精度推進が可能である。特に軟弱地盤に適している。		比較的硬い地盤にも適した工法である。 地下湧水の多い所では補助工法が必要となる。		鋼管を推進する工法であり、精度的には他工法に比べやゝ劣る。 さや管、パイプルーフなどに採用されている。		滞水砂、砂れき層には最適な工法である。 １スパン当たりの施工延長は長い。	
適応土質	粘性土 砂質土(N＜10)		砂質および粘性土 れき径(ϕ30～ϕ50)		硬質土、岩盤		粘性土、砂、砂れき土 れき径＜管径×40%	
適応呼び径および標準推進延長	ϕ250～ϕ700 L＝40m～50m		ϕ250～ϕ700 L＝40m～50m		ϕ350～ϕ1500 L＝30m前後		ϕ250～ L＝70m～80m	
修正方法	揺動ジャッキ ヘッドの回転		修正ジャッキ 先端斜切刃先をパワーレンチにより回転		偏芯方式		修正ジャッキ	
処理設備用地	不要である		不要である		不要である		必要である（50～100m²）	
工法の種類（代表的なもの）	・アイアンモール工法 ・アースアロー工法		・ホリゾンガー工法 ・オーケーモール工法 ・スモール工法 ・ホレッター工法		・ＡＨ工法 ・ＳＨ工法		・アンクルモール工法 ・スーパーミニ工法 ・テレマウス工法 ・ＰＳＤ工法	
本工事に対する適応性	適応呼び径 推進工法用(T-D形) ダクタイル鉄管 ϕ350，L=4.0m	ϕ350ヒューム管用工法で対応可能推進架台などの改良を要する。 ○		仮管方式により施工可 ○		さや管方式または置換方式ϕ600 鋼管内の配管かϕ450 鋼管との置換。 △		ϕ350 ヒューム管用堀進機で対応可能、推進架台などの改良を要する。 ○
	地質 砂れき層(Tg) れき径 5㎜～50㎜ N=20～35	不可能 ×		れき径に対応可能な機種もある ○		可能 ○		可能 ○
	地質 砂質層(Os) N=20～30	不可能 ×		可能 ○		可能 ○		可能 ○
	地質 粘性土層(Oc) N=9～24	N値より不可能 ×		可能 ○		可能 ○		可能 ○
	施工延長 107.2m（最長スパン）	不可能 ×		仮管式でも不可能 ×		不可能 ×		可能 ○
評価	地質、推進延長に対応できない。 ×		仮管方式でも施工延長には対応不可能。 ×		延長から不可能。 ×		地質、推進延長に対応は可能。ダクタイル鉄管にも対応しやすい。 ○	

表２　泥水加圧工法の比較(呼び径350㎜、ＨＰ管とする)

事項＼工法	アンクルモール工法	スーパーミニ工法
方式	１工程方式	２工程方式
特徴	偏圧破砕型クラッシャーを内蔵した堀進機によりれきを破砕しながら推進する工法。	れきを破砕するためカッターツースおよび破砕ブレードを内蔵した堀進機によりれきを破砕しながら推進する方法。 仮管推進のため長距離推進が可能。
施工呼び径	施工可能	施工可能
推進元押装置	３段モールマイスター	ダブルミニプレッシャー
れき破砕径	φ145 (許容個数　13個/㎥)	φ120 (含有率容積３％以内)
立坑の形状 (ライナプレートの場合)	発進立坑 2.5×7.21m 到達立坑 3.5m (円形)	発進立坑 2.0×2,785m 到達立坑 3.0m (円形)
日進量	7.3m (シルト、粘土を含む砂質土、N値15～30)	5.1m (N値50以下の粘性土、砂質土) 仮管　8.3m/日 ＨＰ　13.6m/日
総合比較	スーパーミニ工法は２工程方式であるため、長延長の推進が可能であるが、１工程方式に比べ日進量が少なく工費が高価となる。本工事の場合推進距離が長いスパンで約100ｍ程度であることから１工程方式で十分施工は可能である。２工程方式を採用するメリットは少ない。したがって１工程方式であるアンクルモール工法の採用が妥当である。また、れきにも十分対応は可能である。	
評価	○	△

ー、方向制御ジャッキ圧などの遠隔操作盤上に表示されるデータに基づき、機内の２組の方向制御ジャッキにより上下、左右方向に方向修正する。

本工事では、推進工法用ダクタイル鉄管（Ｌ＝4.0m）を使用するため、方向制御を容易にする目的で掘進機とダクタイル鉄管との間にダミー管（Ｌ＝2.0m）を使用した。

(5)　泥水管理

切羽の安定と掘削土の流体移動のため、通常、比重1.1～1.2の泥水を使用する。本工事では砂れきおよび土丹などの互層地盤であったため、特に泥水濃度の調整、送泥水圧の調整に十分な注意を払う必要があった。

なお、アンクルモール工法により、Ｔ形推進工法用ダクタイル鉄管を推進する場合、次の対策が必要となる。その点について以下に検討を行った。

写真３　ダミー管

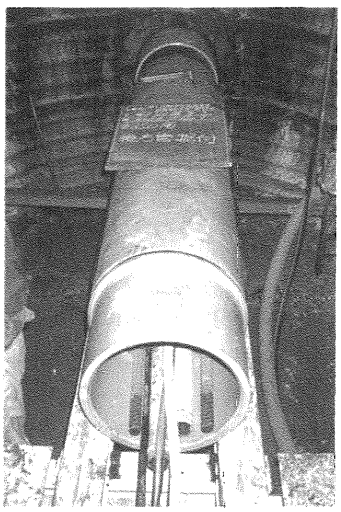
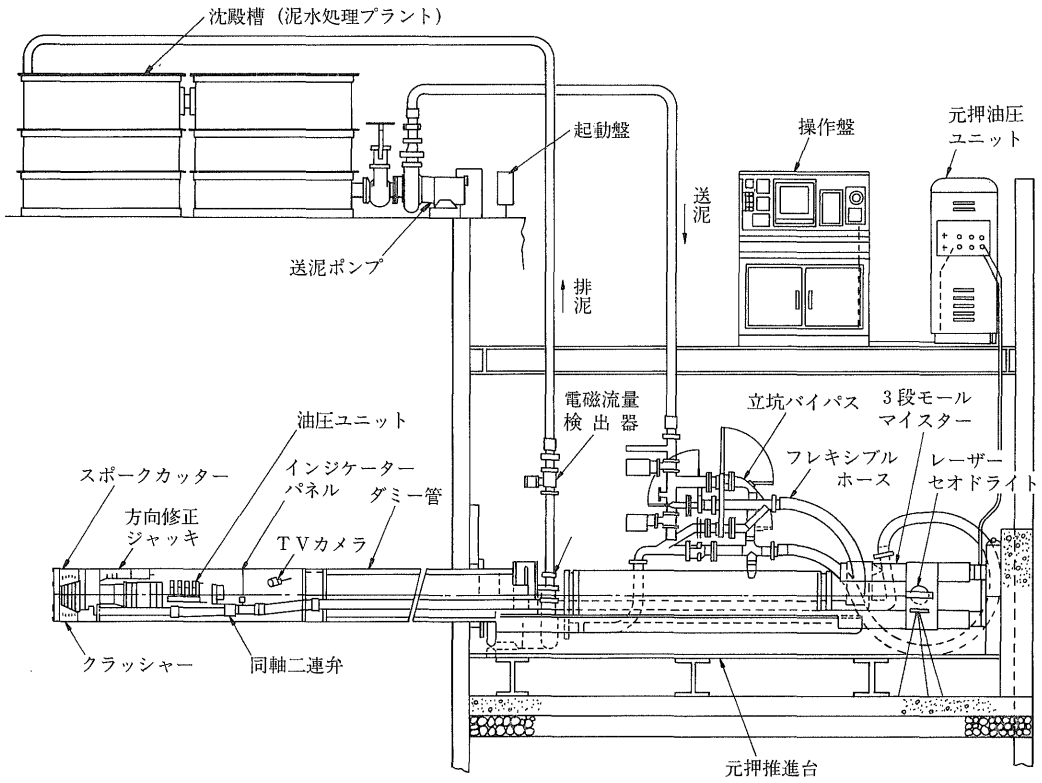


図５　アンクルモール工法系統図



仕様諸元表

クラッシャーヘッド関係			れき破砕関係			方向修正関係		
クラッシャートルク (kgf-m)	840	50Hz	破砕方式	コーン式		ジャッキ推力数		11.6×2
	700	60Hz	偏心回転数 (r.p.m)	86	50Hz	シールド修正角（度）	上下	1
回転数 (r.p.m)	3.6	50Hz		103	60Hz		左右	1.8
	4.3	60Hz	破砕処理粒径(mm)	10～20		基準標的		レーザー光線
ビット	特殊型		最大処理粒径(mm)	φ180		油圧ユニット	動力	0.4kW×4P×1台
動力	3.7kW×6P×1台		れき許容一軸圧縮強度(kgf/cm²)	2,000			ポンプ	ギヤタイプ 140kgf/cm²

(1)　埋設管の管長の差異に対する対策

アンクルモール工法の場合、推進装置がＨＰ管を対象としているため、管長の差約1.6mを余分に推進する必要がある。その対策として Ｌ＝2.0m のスペーサーを製作し使用する。

(2)　ダクタイル鉄管の内面の損傷について

アンクルモール工法の場合、管内に配管した送排泥管（50mm）の撤去を要する。撤去の際は発進立坑から引き抜きを行うが、引き抜きの際ダクタイル鉄管の内面の損傷をできるだけ防止するため慎重に行う

必要がある。

(3) 管外径差約20㎜について

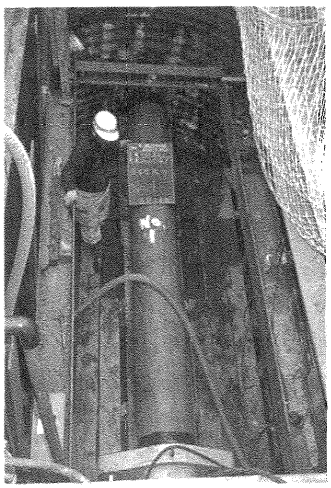
T形推進工法用ダクタイル鉄管の外径はＨＰ管と比べ20㎜小さい。その隙間としては僅かであるが、周辺地山の緩みを防止するため滑材注入を行う。

5．施　工

1．施工状況

当初の地質調査で、施工箇所の大部分が安定した粘土質砂層と想定されたので、泥水濃度を下げて推進したが、予想以上に粘土化しており、発進後30m付近では余剰泥水処理が10m／回と多くなってきたため、泥水濃度調整用に塩化ビニル管による給水装置および余剰配水設備（ノッチタンク）を設けた。この結果、土丹部においては若干の効果を示した。また、砂層、砂れき層においては、本来の機能を十分発揮し延長 107.2 ｍを無事推進することができた。

写真４　推進状況



2．施工結果

施工精度は、常に視準できる範囲内±50㎜以内で高精度で推進できた。工事完了後に水圧テストを行った結果、異常は認められなかった。なお、道路の表面観測の結果、路面沈下は認められなかった。また、ダクタイル鉄管の継手部の接合は、その都度薄板ゲージを用いてゴム輪が正しい位置にあることを確認した。

写真５　推進状況

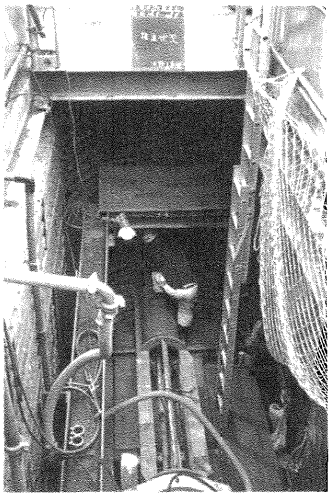


図６　ゴム輪の確認

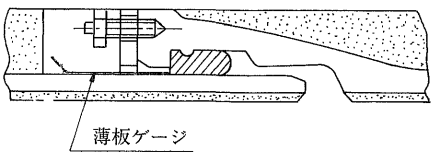


写真６　継手部チェック

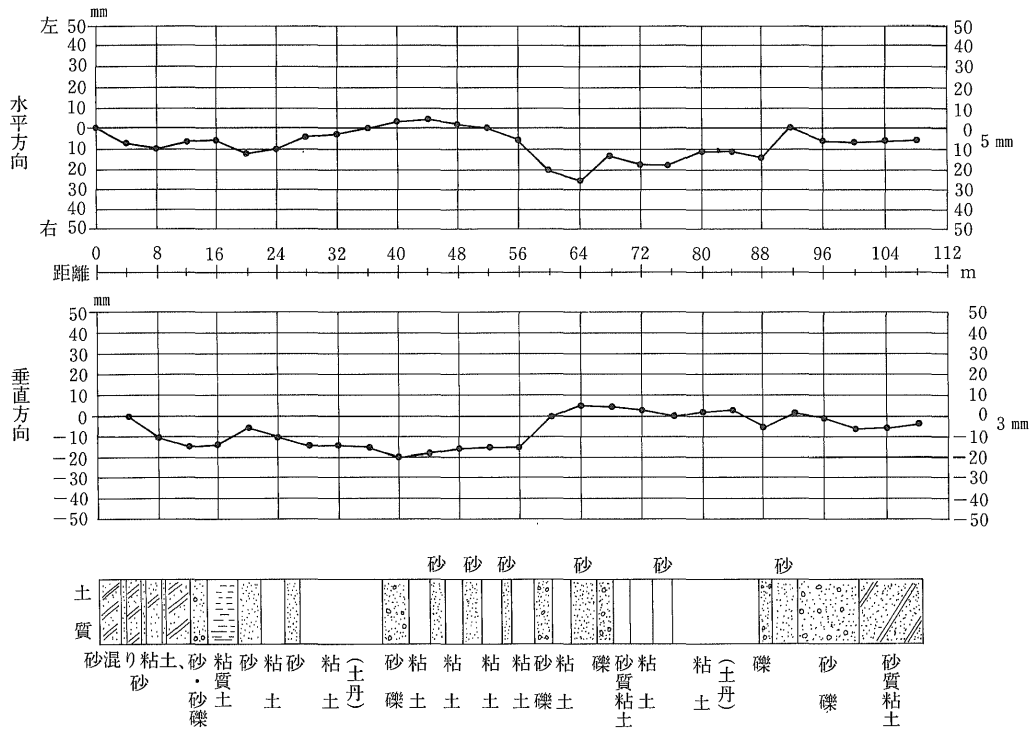
表３　施工結果

変位量(㎜)		到達変位量(㎜)		推　力(tf)		平均日進量
水平MAX	鉛直MAX	水平	鉛直	平均推力	最大推力	(m)
25	20	5	3	16.8	36.0	9.74

6．考　察

砂層および砂れき層においては、機種本来の機能を発揮して安定した推進ができたが、粘性土においては泥水処理の問題などで推進

図７　No.３～No.４間施工データ



速度が極端に落ちたこと、また、さらに長距離の推進を行うためには、排泥水をいかに回収するかなどに問題を残した。これらの解決が今後の課題と思われた。

７．おわりに

交通における制約および経済性から、立坑を築造する数はできるだけ少ない方がよいが比較的浅い地盤において推進工事を施工するには、多種の地質が互層構造を形成している場合が多いため、長距離の推進工事を行うためには、地質の調査と使用機種が重要なポイントと思われる。

最後になったが、本工事の施工にあたり、ご協力いただいた関係各位に厚くお礼申し上げるとともに、本報告が同様な工法を計画されている事業担当者にいささかでもご参考になれば望外の喜びである。

技術レポート 7

ダクタイル鉄管を用いた既設管破砕工法による呼び径150㎜管路の更新工事について

久居市水道課
課長　行方勝治
主査　波多野隆生
技師　笠井広己

1．はじめに

久居市（ひさいし）は三重県のほぼ中央部に位置し、東西に20.8km、南北に5.5km、総面積68.59㎢、人口約３万9,000人で東西に細長く、比較的平坦な丘陵地からなっており、農業および商業の中心として発達してきた。(久居の由来は、江戸時代に永久に鎮居する町として名付けられた由)。

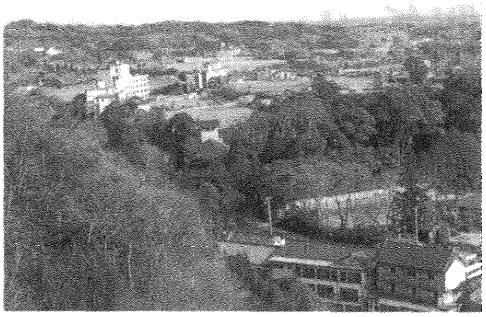
北に県庁所在地の津市と接していることや、清浄な空気となだらかな丘陵に恵まれた地勢的環境、さらには近鉄名古屋線、伊勢自動車道、国道165号線が市内を走っていることから住宅団地の建設および工業団地の造成など社会的開発が進み、三重県の中核都市として急速に発展しつつある所である。

また、当市の西部はその昔、七栗郡と呼ばれ、平安の世に清少納言が「枕草子」の中で「七栗の湯」として謳われた日本三大名泉のひとつ榊原温泉が布引連峰、青山高原の麓にいだかれ、地元はもとより関西地方をはじめ全国各地からの観光客で賑わっている。

当市の水道事業は、当時の久居町が昭和27年に津市より浄水の分水を受け、その後、市

写真１　湯元跡

写真２　榊原温泉



街地の中心へ水道を布設、昭和30年より給水人口１万2,000人、5,000m³／日で給水を開始した。その後、昭和35年度より給水区域の拡張、給水人口、給水量の増加に対し幾多の拡張を重ね、現在は第５次拡張事業に至っている。

創設から今日に至るまで「清浄」、「豊富」、「低廉」を理念として、〝安全で安心して利用できる水道づくり〟に努力を重ね、現在では水道普及率が97％とほぼ全域に及び、拡張中心から維持管理の時代を迎えようとしている。

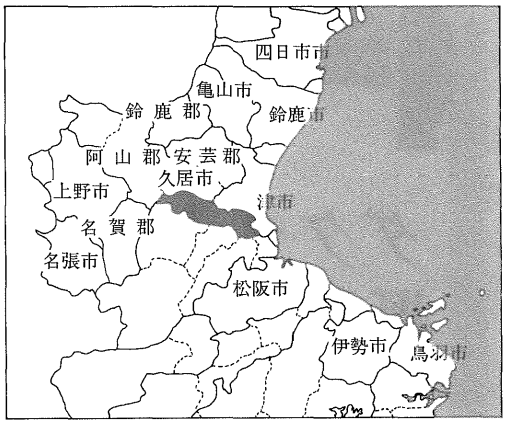
水源については現在、津市からの5,000m³/日と県企業庁の中勢水道用事業からの1万6,000m³/日を合わせて２万1,000m³／日の給水能力を持った上水道で市内を網羅している。それに東部に40m³／日、給水人口200人の小規模な木造（きづくり）簡易水道と西部に1,590m³/日給水人口2,650人の榊原簡易水道がある。

今回の配水管布設替推進工事は、榊原簡易水道の配水管の一部を更新したものである。榊原簡易水道は、昭和37年より590.8m³/日の給水を開始し、その後昭和47年度、昭和48年度の増補改良で1,590m³/日として現在に至っている。

本市の水道の今後は、市第３次総合計画に基づき、市全体の将来展望に合わせ、水は限られた資源であることから水の有効利用を促進し、節水型都市づくりも考慮した水需要予測に基づき現状の水道施設を最大限に活用しつつ、必要不可欠である老朽配水管の更生、布設替えその他の水道施設の改良工事を新しい技術の導入も考慮しながら計画的、効率的に実施しようとするものである。

次に本工事の状況を報告し参考に供したい。

図１　位置図



２．既設管破砕推進工法の選定について

道路幅員の狭い県道下に埋設されている呼び径150㎜石綿セメント管をダクタイル鉄管に更新するにあたり、交通への影響が少ない工法を調査した結果、ダクタイル鉄管による既設管破砕推進工法が適していることがわかり、以下のような理由でＰ・Ｔ・Ｐ工法を試用した。

- 管が埋設されている県道は幅員が狭く（道路幅3.8～5.0m）、送迎用のマイクロバス（温泉利用客）、路線バスなどの大型車輌が通っており、昼間の通行止めができないため、開削工法を採るとすれば夜間工事となる。
- 既設管の周辺に他企業の埋設物がない。
- 夜間の開削工事と比較して約10％の工事費の削減が図れる。
- また、工期も同様に20％短縮される。
- 同一口径に布設替えすることにより水量を確保できる。
- 工事に伴う騒音、振動が少ないと考えられた。

３．Ｐ・Ｔ・Ｐ工法の概要について

１．Ｐ・Ｔ・Ｐ工法について

Ｐ・Ｔ・Ｐ工法は、発進立坑より推進ジャッキにより既設管路部に新管（ＰＴ形または

ＵＴ形ダクタイル鉄管）を推進（圧入）する非開削管路更新工法である。図２にその概要を示す。

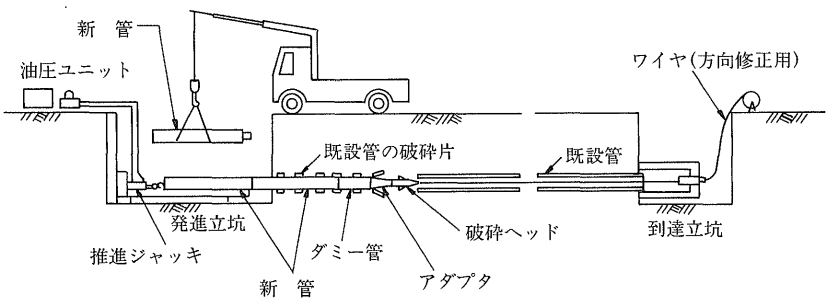
・対象管種（既設管）

鋳鉄管、塩化ビニル管、その他不とう性管。

対象呼び径

ϕ75～ϕ350

図２　Ｐ・Ｔ・Ｐ工法の概要図



２．先導部について

先導部は破砕ヘッド・アダプタおよび伸縮ダミー管から構成されており(図３)、その機能は次のようなものである。

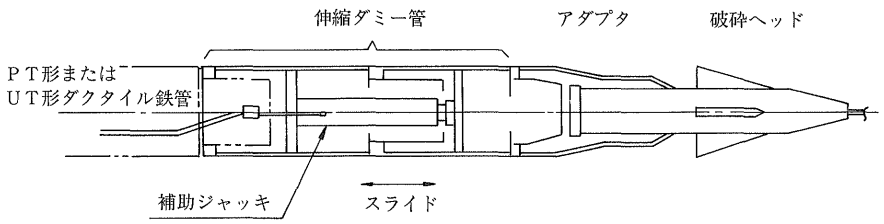
破砕ヘッド：既設管（直管部、継手部）の破砕。

アダプタ：破砕された既設管の拡径。

伸縮ダミー管：①推進方向の安定性を図る。

②内蔵された補助ジャッキは元押しジャッキの推力低減を図る。(破砕ヘッド、アダプタの推力を受け持つ)。

図３　先導部の各パーツ



３．Ｐ・Ｔ・Ｐ工法用ダクタイル鉄管の継手構造

Ｐ・Ｔ・Ｐ工法用ダクタイル鉄管にはＰＴ形とＵＴ形があり、その構造を図４、図５に示す。

１．ＰＴ形ダクタイル鉄管

通常の場合に使用される。

２．ＵＴ形ダクタイル鉄管

既設管周辺の埋設物への影響を最小限にすることができる。

図４　ＰＴ形ダクタイル鉄管

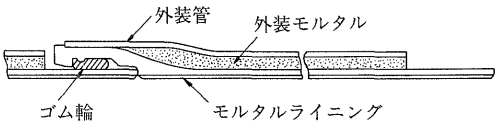
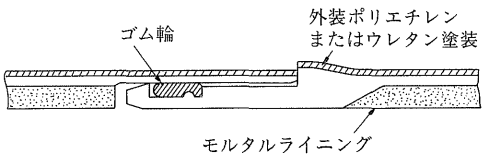


図５　ＵＴ形ダクタイル鉄管



４．Ｐ・Ｔ・Ｐ工法用ダクタイル鉄管の特徴

・継手の構造はＴ形管と同様であり、水密性能が高く、接合時間も短く、Ｐ・Ｔ・Ｐ工法用として開発された管であるため、施工性がよい。
・継手部に可とう性があるので、既設管の曲がりにも順応することが可能である。
・継手部は伸縮性、可とう性を備えており、将来の地盤変動に対しても優れた性能を期待できる。
・同一口径にて布設することで水量の確保ができる。
・ダクタイル鉄管であるので維持管理が容易である。
・推力に耐える。
・分岐ができる。
・管体の外径が他のダクタイル鉄管と同じである。

４．事前の検討について

Ｐ・Ｔ・Ｐ工法の採用に当たって、事前に以下のようなことを検討した。

１．既設配管図に基づく検討

既設配管図をもとに現地を踏査し、曲管の位置、分岐の位置、立坑の位置、他企業埋設物などの確認を行った。

その結果

曲管：２ヵ所（いずれも11¼°）

分岐：５ヵ所

他企業の埋設物はなし

が確認され、本工事は立坑６ヵ所（発進立坑３ヵ所、到達立坑３ヵ所の５スパン）で施工可能と判断した。

２．所要推力および周辺埋設物への影響範囲についての検討

所要推力および周辺埋設物への影響範囲についての数値検討を以下のように行った。

１．所要推力について

●推力計算式

$F = F_0 + F_1$

ここに、Ｆ　：総推力　(tf)

F_0：貫入抵抗力　(tf)

$F_0 = P$

Ｐ　：既設管破砕力　(tf)

F_1：管周面摩擦抵抗力(tf)

$F_1 = R \cdot S \cdot L$

Ｒ　：管外面抵抗力　(tf)

Ｓ　：管外周長　(m)

$S = \pi \cdot D$

Ｄ　：管外径　(m)

Ｌ　：推進長　(m)

表１　既設管破砕力

単位 tf

既設管種類	石綿管	石綿管の継手部	
	直管部	石綿カラー	鋳鉄継手
Ｐ	６～７	10～20	15～25

表２　管外面抵抗力

単他 tf/m²

土　質	粘土、シルト	砂 質 土
Ｒ	0.4～0.7	２～３

●数値計算

No.４立坑→No.３立坑（推進長　Ｌ＝90m）

$F = F_0 + F_1$

Ｆ　：総推力

F_0：貫入抵抗力　20tf（石綿カラー）

F_1：管周面摩擦抵抗力

$F_1 = R \cdot S \cdot L$

Ｒ＝0.7（シルト）

Ｓ＝0.732m（管外周長）

Ｌ＝90m（推進長）

$F_1 = 0.7 \times 0.732 \times 90$

$= 46.1$ tf

$F = F_0 + F_1$

$20 + 46.1$

$= 66.1$ tf〈許容抵抗力70 tf(呼び径150 mm、１種管)〉

２．周辺埋設物への影響範囲について

既設配管図および現場踏査による調査で、既設管の周辺に他企業の埋設物がないことを確認したが、念のため影響範囲について以下のような実験結果に基づき数値計算を行った。

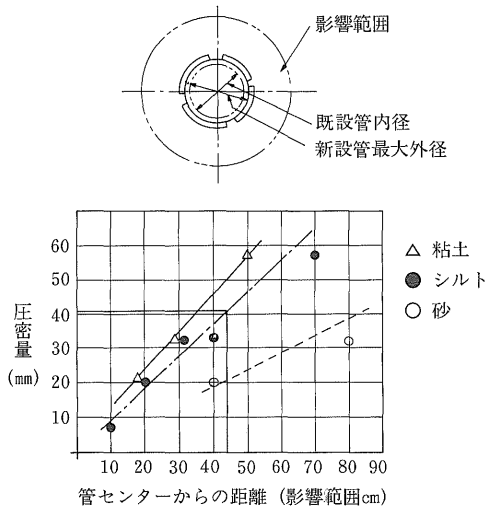
●影響範囲の考え方

既設管破砕後へ新設管を推進すると、図６に示すような周辺地盤に圧密が生じる。このときの圧密量は、次式で計算される。

$$圧密量=\frac{D_6\ (新設管最大外径)\ -D_0\ (既設管内径)}{2}$$

実験では、圧密量と周辺地盤の移動量（影響量）とは比例的な関係があり、また、圧密量が同じでも土質によって差があることがわかっており、周辺地盤が平均に5mm以上動く所までを影響範囲としたとき、圧密量との関係を示すと図6のようになる。

図6　土質別影響範囲図



● 数値計算

$$圧密量=\frac{D_6-D_0}{2}$$

D_6：233mm（新管最大外径）

D_0：150mm（既設管内径）

$$圧密量=\frac{233-150}{2}$$

$$=41.5mm$$

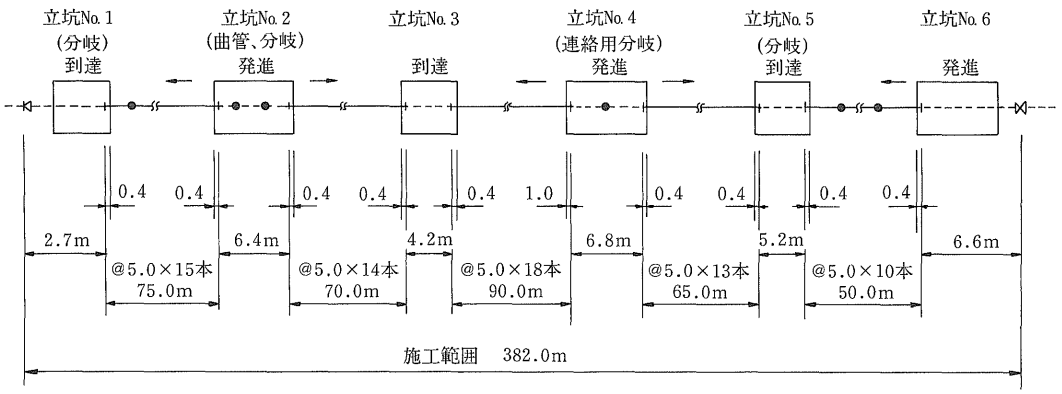
よって、影響範囲は図6から約45cmと考えられる。

以上の数値検討の結果より、使用管種は1種管（許容抵抗力70tf）とし、継手形式はＰＴ形とした。

3．立坑位置の検討

前述の検討結果をもとに曲管の位置、分岐の位置、管の許容抵抗力などを勘案の上、図7のように立坑の位置を決定した。

図7　立坑位置



5．工事概要

工 事 名：配水管布設替推進工事

工事場所：久居市榊原町字垣内地内

工　　期：自　平成3年6月29日

　　至　平成3年11月15日

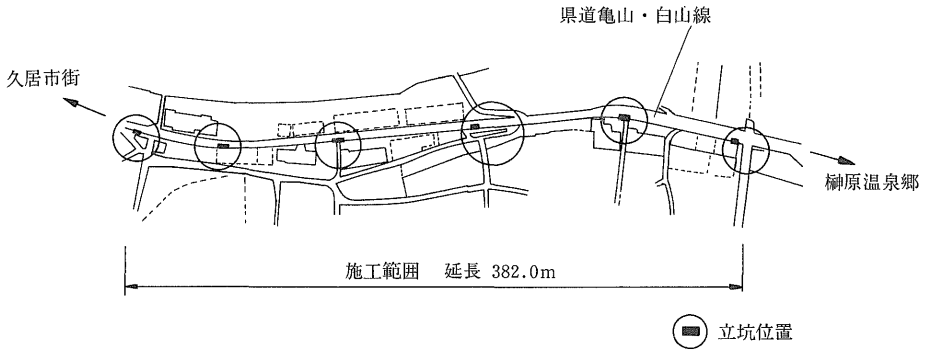
使用管種：推進部呼び径150mm ＰＴ形ダクタイル鉄管　1種管 5m管

開削部呼び径150mm Ａ形ダクタイル鉄管　3種管

施工延長：Ｐ・Ｔ・Ｐ工法　350ｍ(５スパン)
　　立坑内　32m
仮配水管延長：150㎜塩化ビニル管　400m

立 坑 数：発進立坑　３ヵ所
　　到達立坑　３ヵ所
給水管分岐：サドル分岐　φ25　１ヵ所
　　φ13　４ヵ所

図８　施工場所



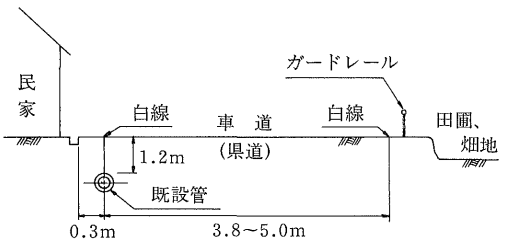
６．施　工

１．既設管の布設状況

既設管の布設状況は次の通りである。

管　　種：石綿管(ＡＣＰ)　１種管
呼　び　径：150㎜
埋 設 年 度：昭和36年度
継手の種類：石綿カラー継手
水　　圧：3.5kgf/㎠
土 か ぶ り：1.2m
分水栓の種類　：ＦＣ製サドル分水栓
既設管の位置：図９の通り

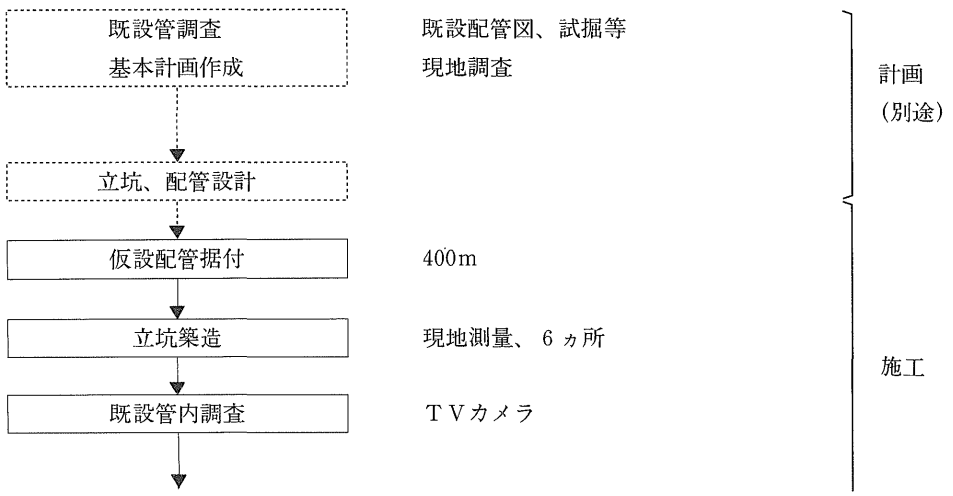
図９　既設管位置図

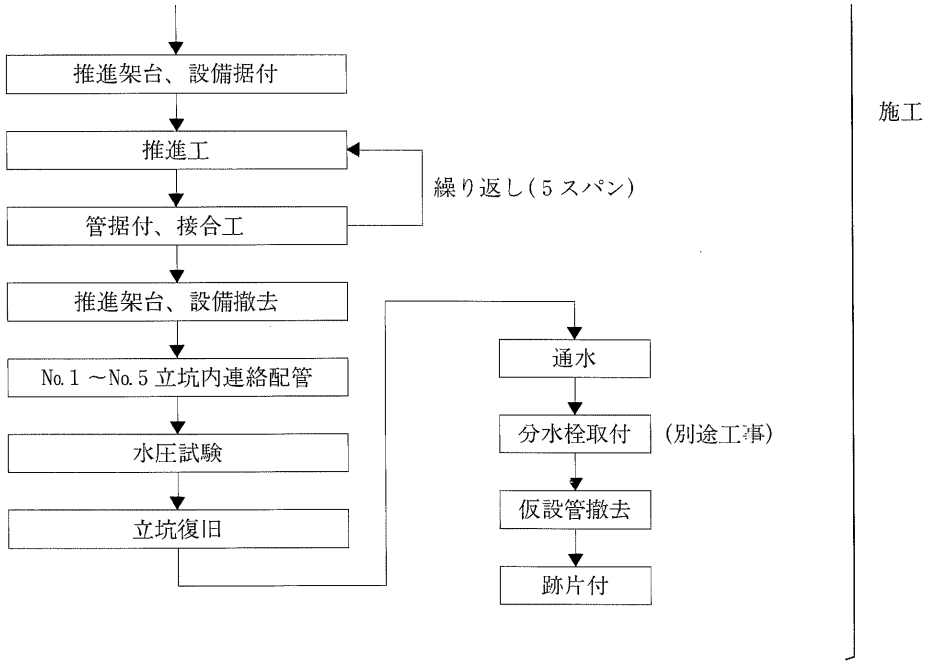


２．施工手順

施工は次のような手順で実施した。

図10　施工フローシート

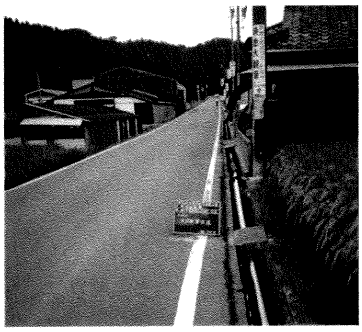




3．仮設配管据え付け

呼び径150㎜塩化ビニル管を用い露出配管とし、分岐の5ヵ所は分岐サドルとポリエチレン管で行った。

写真3　側溝内の仮設配管



4．立坑築造

1．発進立坑　3ヵ所(No.2、No.4、No.6立坑)

発進立坑の形状、寸法はＰＴ形直管（Ｌ＝5ｍ）と推進架台の寸法、推力反力板ならびに既設管の深さなどにより決定した。

No.2、No.4立坑は両発進となる立坑で、No.6立坑は片側のみの発進である。片側のみ発進のときは図11の片側の反力板がない状態である。

2．到達立坑　3ヵ所(No.1、No.3、No.5立坑)

到達立坑は連絡配管が可能なスペース（約2ｍ）があればよいのであるが、分岐箇所となる所（1ヵ所）は、作業性などを考慮して大きくした。

写真4　発進立坑

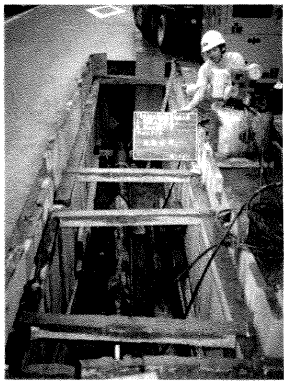


写真5　到達立坑

図11　発進立坑

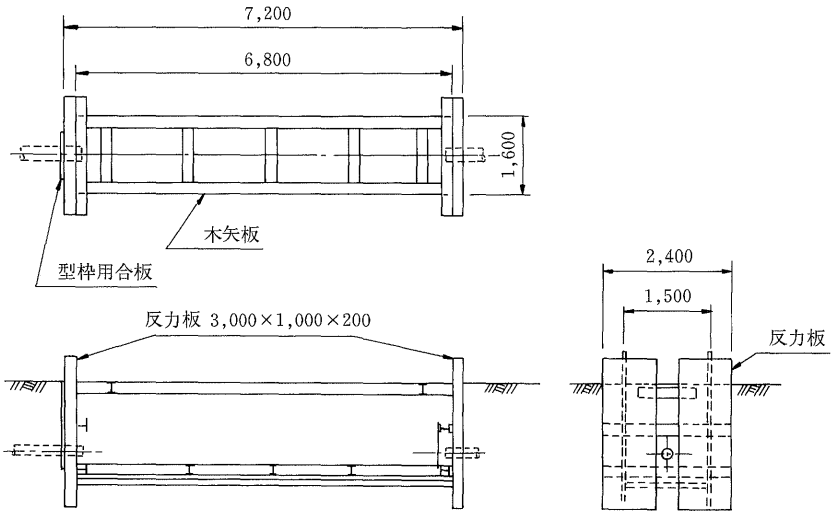
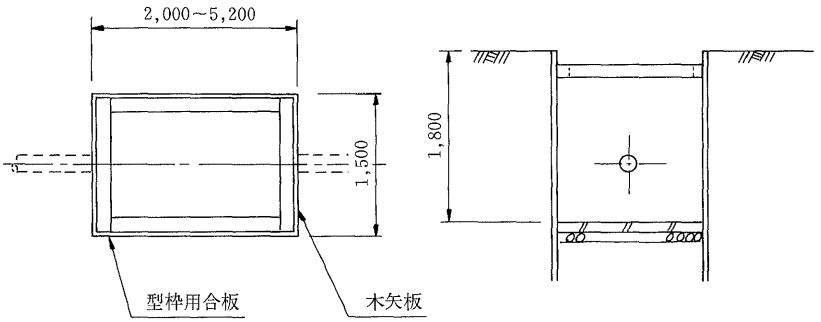


図12　到達立坑



５．既設管内調査

ＴＶカメラにより管内の状況を調査した。

調査手順は、通線後、ロープによりＴＶカメラを移動し、既設管内を調査した。

その結果から、予定外の曲管などはなく、作業に支障を来すような異常は認められなかった。

図13　管内調査略図

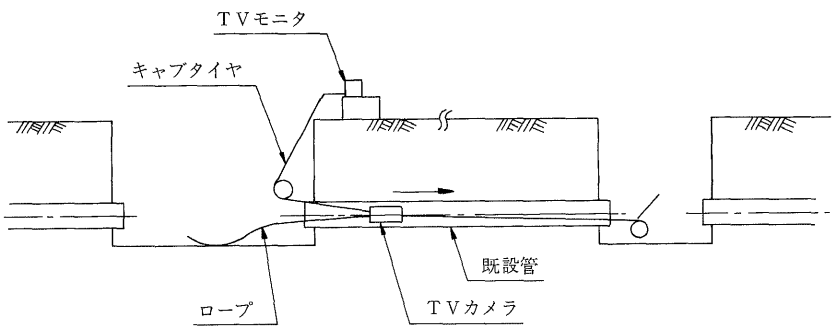


図14　発進立坑設備

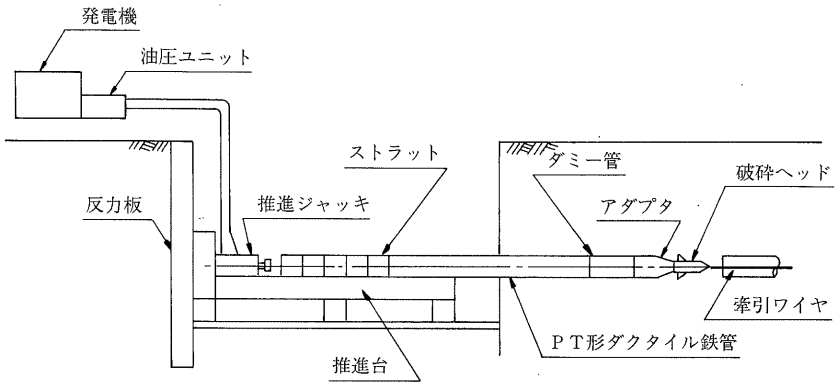
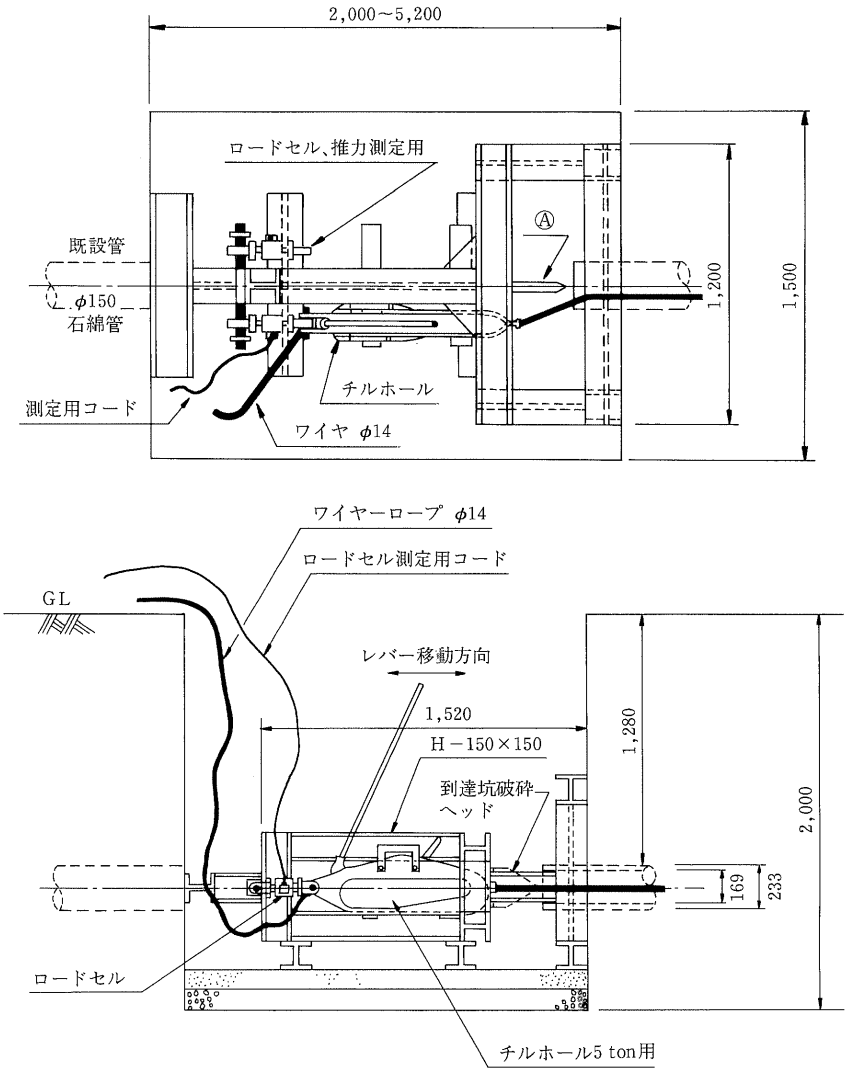


図15　到達立坑設備



６．推進架台、設備据付

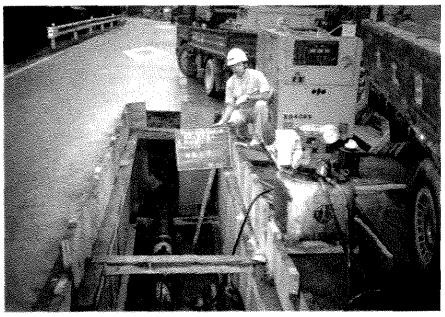
１．発進立坑内

発進立坑の設備配置および装置は以下の通りとした(図14)。

２．到達立坑側

破砕ヘッドをワイヤおよびロープで索引する索引装置を設置した(図15)。

写真６　推進設備



７．管据付・接合工

呼び径150mmPT形管の寸法は表３に示す通りである。

ＰＴ形ダクタイル鉄管を推進架台に置き、推進用ジャッキにて接続する。このとき継手挿入は中間で一度停止して、ゴム輪の位置が正規の場所にあるか確認したあと、最終位置まで挿入する。

図16　ＰＴ形ダクタイル鉄管

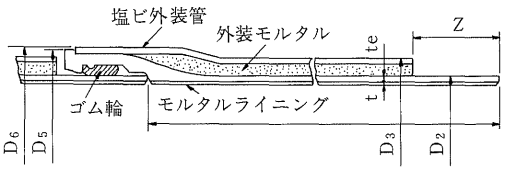
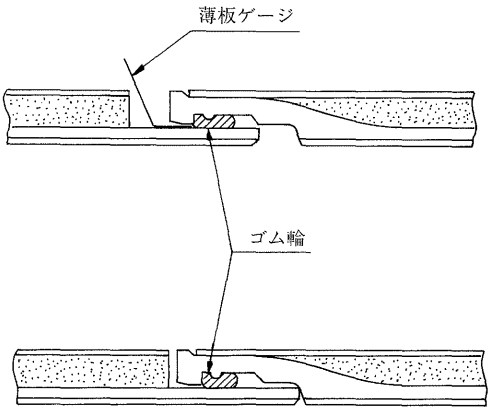


図17　ゴム輪の確認

①　中間で停止して、ゴム輪の位置を確認する



②　最終位置まで挿入する。

表３　主要寸法

単位　mm

呼び径	管厚	ライニング厚	外装管厚	各部寸法					有効長
	１種	t	te	D_2	D_5	D_6	D_9	Z	L
150	7.5	4.0	6.5	169	220	233	216	100	5,000

７．施工結果

１．全体工程

全体工程は表４に示す通りで、当初計画日数より早く完了した。

なお、路面、側溝への影響はなかった。

２．各施工区間ごとのＰ・Ｔ・Ｐ推進施工日数

各施工区間ごとのＰ・Ｔ・Ｐ推進施工日数を表５に示す。(施工はいずれも昼間作業である)

３．推力の実績

各施工区間ごとの推力は表６の通りであった。

推進は元押しジャッキのみ（100tf、500mmストローク）で行い、表６に示すように設計推力に対して実際の推力は小さい値となった。この推力は許容抵抗力（70tf１種管）より小さく、本工事では伸縮ダミー管内の補助ジャッキは使用しなかった。１ｍ当たりの推力は0.25～0.82 tf/mとなった。

※印の0.82tf／ｍは、既設管にサドル分岐（鋳鉄製）があったため推力が高くなったと思われる。

４．推進サイクルタイム

ＰＴ形ダクタイル鉄管１本当たりのサイクルタイムは次の通りであった。なお、管長は

表４　配水管布設替推進工事工程表

工事番号		施主

平成　年　月　日

担当				

施工場所　久居市榊原町字垣内地内

工期　着工　平成３年６月29日
　　完成　平成３年11月15日

工種＼月日	6月	7月						8月						9月						10月						11月			
	29	05	10	15	20	25	31	05	10	15	20	25	31	05	10	15	20	25	30	05	10	15	20	25	30	05	10	15
準備および推進管製作																												
試験掘および仮配管																												
推進立坑築造																												
既設管内調査																												
推進工																												
立坑連絡配管																												
立坑埋戻工																												
給配水管工事																												
仮設配管撤去																												
片付工																												

表５　施工区間ごとの推進施工日数

施工区間	推進延長 (m)	推進日数 (日)	日進量 (m/日)
立坑No.2→No.1	70	2.0	35.0
立坑No.2→No.3	70	2.0	35.0
立坑No.4→No.3	90	2.5	35.6
立坑No.4→No.5	64	2.0	32.0
立坑No.6→No.5	49	1.5	32.6

表６　施工区間ごとの推力表

施工区間	推進距離 (m)	最大推力 (tf)	設計推力 (tf)	m当りの推力 (tf/m)
立坑No.2→1	70	33	55	0.47
立坑No.2→3	70	33	55	0.47
立坑No.4→3	90	22	66	0.25
立坑No.4→5	64	22	48	0.34
立坑No.6→5	49	40	37	※0.82
平　均	68.4	30	52.2	0.44

Ｌ＝５ｍで、管は発進立坑の横に小運搬されていた。

管１本ごとの推進作業フローシートを図18に示す。

推力が計画より下回る状態であったので、補助ジャッキは使用せずに施工できた。

サイクルタイムを図19に示す。

５．立坑内連絡配管

Ｐ・Ｔ・Ｐ推進後、立坑内をＡ形管を用いて連絡配管を行った。連絡配管の中の空気弁仕切弁も同時に据え付けを行った。工程的には立坑No.２～No.５は両側のＰ・Ｔ・Ｐ推進が完了した時点で順次連絡配管、埋め戻しを行い、交通への影響を極力少なくするようにした。

立坑No.１、No.６では水圧試験を実施し、立会検査合格後洗管を行い、連絡配管、埋め戻しを行った。

６．分水栓取付工

仮設管は給水したままの状態で本管を通水して、分水栓を取り付けた。施工手順を図20に示す。

１ヵ所当たりの作業時間を表７に示す。

図18　管１本ごとの推進作業フローシート

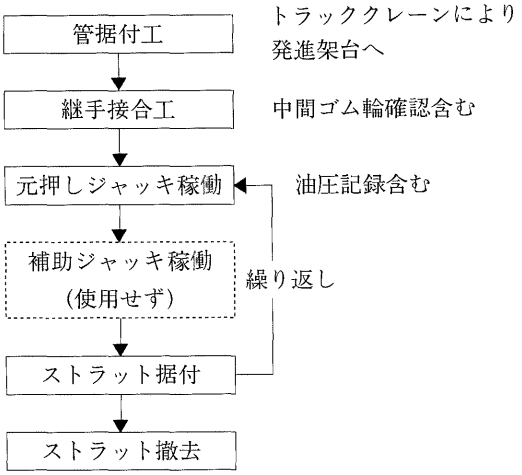
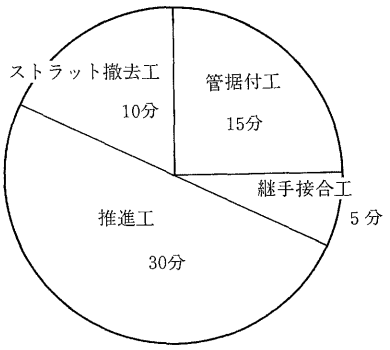


図19　管１本ごとのサイクルタイム



合計　60分/本

図20　分水栓取付工フローシート

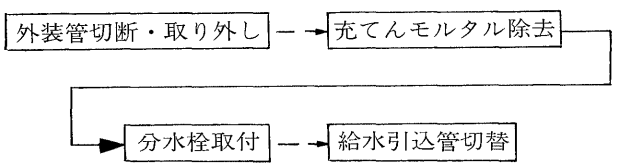


表７　分水栓取付工の作業時間

作業項目	所要時間(分)	所要時間累計(分)	使用工具他
外装管切断・取外	3		ベビーグラインダー
充てんモルタル除去	10	13	ハンマー、ヘラ
管外面塗装	1	14	補修用塗料
分水栓取付工	20	34	穿孔含む
計		34	

７．水圧試験

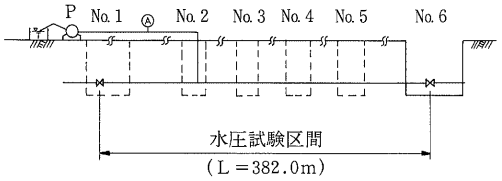
水圧試験は管路試験とし、施工区間全体を一度に行った。

①水　　圧：Ｐ＝6.5kgf/cm²

②保持時間：Ｔ＝24時間

管路には漏水など異常はまったくなかった。

図21　水圧試験概要



８．おわりに

ダクタイル鉄管を用いた既設管破砕推進工法という、本市にとって初めての新工法の採用であり、当初不測の事態を種々危惧したがなんらトラブルもなく無事工期内に工事が完了することができたことは、関係各位のご協力の賜物と深く感謝するものである。昼間開削工事による交通への影響、また、夜間工事による騒音公害、工事費のアップなどの難問題をＰ・Ｔ・Ｐ工法により一挙に解決が図れたこと、さらには同工法が特に高度な特殊作業を必要としないことなど、今後の本市の管路更新に同工法あるいは同様なＰ・Ａ・Ｐ工法を十分に活用させていただく所存である。

近年、既設管の更新が埋設環境、交通事情の両面から制約を受けて、施工がますます困難になってきているのは、本市にとどまらず全国的な傾向である昨今、Ｐ・Ｔ・Ｐ工法あるいはＰ・Ａ・Ｐ工法を用いたダクタイル鉄管による既設管の更新工法は注目に値するものといえる。

これからも、本市のような小規模の事業体においても新技術の研鑽に努め、常に新しい技術の吸収を図らなければならないと痛感した次第である。

最後に、本稿が同様な工事を計画されている事業担当者に対して、いささかなりともご参考になれば幸いである。

ダクタイル鉄管第51号

平成3年10月

1 技術レポート

熊石町アワビ養殖用海水取水管呼び径250mmSⅡ形ダクタイル鉄管海底配管工事について

北海道熊石町水産商工課
課長　山田　友彦

1．はじめに

北海道熊石町水産種苗生産センターにおいて、アワビ養殖用の海水取水管として8年前に布設した鋼管を使用していたが、腐食、波浪および転石などの影響により損傷し、取水量および水質に支障をきたす恐れが生じたため、このたび布設替えすることになった。

今回、呼び径250mmSⅡ形ダクタイル鉄管にて海水取水管の施工を行ったので、以下に紹介する。

2．熊石町の地勢

熊石町は、北海道の南部渡島半島の西海岸中央部にあって日本海に面し、東は乙部町、西は大成町、北は渡島山脈をはさんで渡島支庁管内八雲町に隣接した位置にある。

東西約20km、南北に約12kmで、総面積は220.28㎢に及び、その93％が森林資源に覆われている。

遊楽部岳などが連なる山岳を源とする相沼内、冷水、見市、平田内、関内などの各河川が日本海に注いでおり、これらの河川の清く澄んだ水は簡易水道水源として利用され、増養殖漁業、発電源などとして日常生活や地域の産業に大きな役割を果たしている。

海岸線は東西に約20km伸びており、そのうち4分の3に当たる約15kmが岩礁地帯となっている。

3．アワビの養殖について

海水の温度は冬4～5℃、夏22～23℃となるが、アワビの生育には18～20℃が最適で7℃以下で仮眠、25℃以上で死んでしまう。(社)北海道栽培漁業振興公社などにて3～4ヵ月母貝を飼育し、受精卵を取る。この種苗を15mmまで育て各市町村に売却している。

熊石町としては、この種苗を購入し半年から1年をかけ30mm(魚に食べられない大きさ)まで養殖して各漁業組合に卸す。各漁業組合は海に放流して（籠に入れる所もある）2～4年後に採取し、一般市場に出荷している。

熊石町の場合、冬の海水を温泉の熱を利用し、熱交換により18～20℃にして生育を高めている。30万個のアワビに18t/時の温水と80t/時の海水を使用している。

4．海水取水方式

海水取水方式としては、海底や陸上部から砂層に浸透する海水を取水する方式（浸透水方式）と、一般海域から導水管および導水路

で直接取水する方式（導水管、導水路方式）に大きく分けられる。

浸透水方式は、井戸による場合と集水管による場合とがある。いずれにしても、ろ過された海水が得られる利点があるが、なんの前触れもなく突然目詰まりなどがおこることがある。したがって予備の取水施設を設けることが必要となってくる。

導水管方式は、海域より海水を取水するためパイプを使用するが、そこで問題となるのは管内に生物が付着することである。主に貝類、フジツボなどの幼虫または卵が管内に付着し、これが成長するにしたがって通水能力を減少させる。したがって、取水管は定期的にポリピッグなどで管内を清掃できる構造とする必要がある。

また、導水管方式は取水する位置によって表層取水と深層取水とに分けられる。

海面下20m前後の海水の取水を表層取水という。現在日本の水産業の施設の中ではほとんどが表層取水である。今回もこの方法を用いている。表層水は水温が変化するため温度管理が難しく、冬期は温泉水または他の方法で温度を上げたり、夏場は逆に温度を下げたりする必要が出てくるが、深層取水に比べると経済的である。一般に取水地点は海岸より100m前後で、長いものになると500m近いものもある。呼び径は200～600mm程度である。

海中部は埋設が一般的であるが、海底部が岩盤である場合など、海底掘削が非常に困難であり、かつ、経済的にコスト高となるため露出配管されている場合がある。その場合は潮流などによってパイプが移動しないように、要所をコンクリートアンカーで固定する必要がある。また、スプラッシュゾーン（波打ち際）はコンクリートアンカーなどで完全に防護しなければならない。

海面下300mより深い海水を取水することを深層取水という。深層取水は無機栄養塩類が豊富で、植物プランクトンの安定培養に適している。また、低温で周年安定した海水が得られ、魚の飼育が容易であり、病原菌を含まないため、魚の養殖にとって有益である。養殖に用いた場合は、通常の表層水を利用した飼育よりも成長が早いことが知られており、普通3～4年程度で出荷するところを2年程度に短縮できる。しかしながら、海岸から数kmも配管しなくてはならないため、建設に要する費用がばく大なものになる。

5．海底配管方法

海底配管の一般的な配管方法としては、次のようなものがある。

1．引張り工法（Pulling method）

陸上で管をできるだけ長く接合して、あるいは接合しながら、その管路をアンカーした台船上のウインチで海床上に曳き出し布設する。布設海面の海象が穏やかで、数時間から数日で布設できる場合は効果的である。陸上部である程度の管を接合するため、広い敷地が必要となる。

2．浮遊・沈降工法（Floating and sinking method）

管を陸上である程度の長さ接合し、海中に進水させ、浮力タンクをつけ海面に浮かべ、曳船で布設位置まで曳航し、台船のウインチで海床上に沈降させる。

(1)　管内充水方式

管内に海水を入れて曳航していく方式で、大きな浮力タンクが必要になる。

(2)　管端密閉方式

管端部に蓋をし、管の浮力を大きくすることにより、浮力タンクは小さくてすむ。しかし、沈降させるときに管内の空気がうまく抜けないことがある。

3．布設台船工法（Lay barge method）

特別に建造した布設台船上で管を接合し、台船の一端から梯子あるいはステンガーを介し、海床上に沈降させる。

台船は管路布設予定路線を曳船によって前進する。大規模な工事に適している。

4．直接配管工法

管を1本ずつ水中へ吊り込み、潜水夫により順次接合していく。メカニカル継手などの簡単な継手でないと接合は困難である。また工期も長くなり、経済的ではない。

６．工事概要

(1)　工事名称…熊石町水産種苗生産センター海水取水管整備工事

(2)　工事場所…北海道爾志郡熊石町字平地先

(3)　工事期間…平成２年７月30日～平成２年10月30日

(4)　工事内容

(a)　使用管種　ＳⅡ形ダクタイル鉄管（１種管　t＝7.5mm）
外面　ポリエチレン被覆（t＝２mm）
内面　モルタルライニング

(b)　呼び径　250mm

(c)　延長　約260m

(d)　最大水深　約６m

(5)　計画平面図、縦断図

図１　平面図

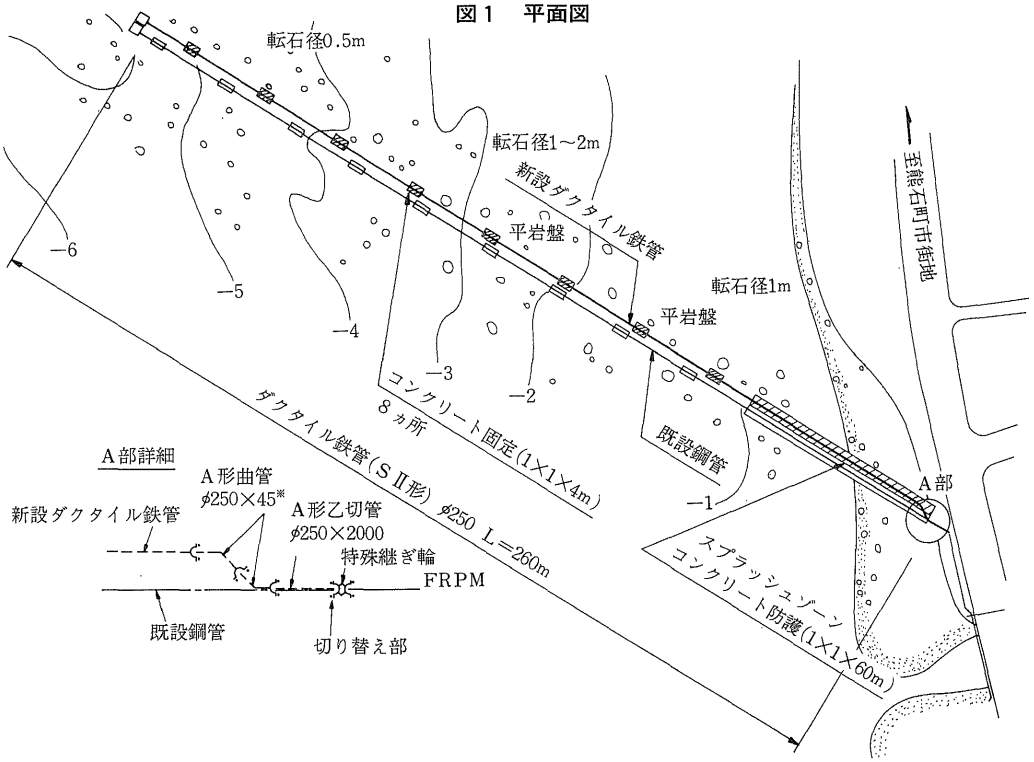
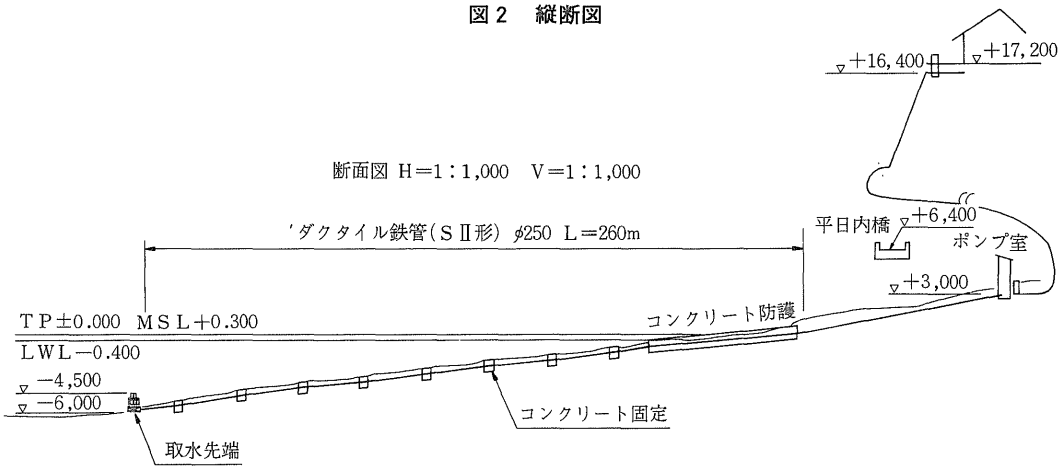


図２　縦断図



7．施工順序

本工事の場合、下記のようなことが考えられる。

- 広い敷地が確保できず、陸で管を何本も接合することができない。
- 配管延長がφ250×260mと比較的小規模である。
- 潮流、波浪の影響がある。
- 海が荒れることが予想されるので、短期間で施工しなくてはならない。

したがって、前述の浮遊・沈降工法―管端密閉方式―を応用することとした。

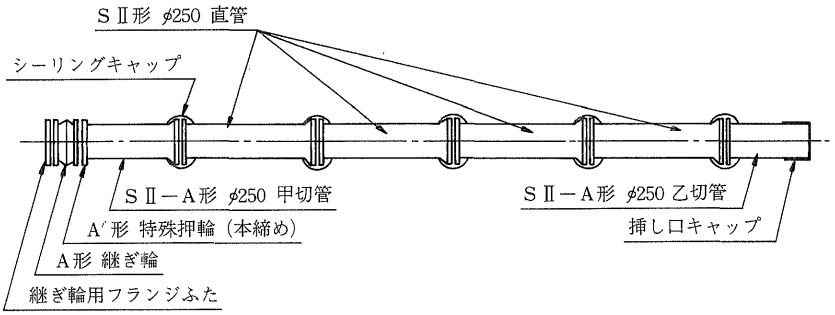
1．管の接合

管を吊り上げたときに曲げモーメントが発生するが、これにより継手部が破損することのないように、陸上で接合する管の長さは25m程度とし、これを1ユニットとする。

また、吊り上げたときに継手部が屈曲し、モルタルライニングなどに悪影響を及ぼすことが予想されるので、継手部の胴付間隔はＹ＝25mm程度とする。（通常　呼び径250mmＳⅡ形の場合　Ｙ＝60mm）

例．1ユニット（図－3）

ＳⅡ形直管	5m×4本
ＳⅡ－Ａ形甲切管	2.5m×1本
ＳⅡ－Ａ形乙切管	2.5m×1本
Ａ形継ぎ輪	1個
フランジふた	1個



2．熱収縮チューブの取り付け（写真1）

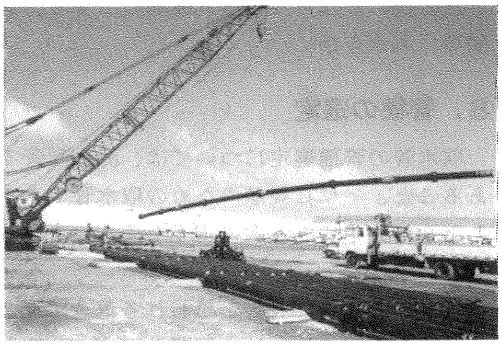
接合の終わった継手部にスペーサを装着し凹凸をなくす。その上から熱収縮チューブを被せ、バーナーで加熱収縮し管に密着させる。

写真1

3．管の積み込み（写真2）

陸で接合した管をクレーンで台船の上に積み込む。このとき管の継手に大きな曲げモーメントがかからないように十分注意して吊り上げる。

写真2



4．管布設工

台船を布設位置まで曳航し、台船上のクレーンにて海床上に吊り降ろす。水深が浅く台船が近づけず、クレーンも届かないような場所においては両端に蓋をし、浮力タンクを取り付けた管を水面に吊り降ろし、それをバックホーで布設位置まで曳航する。その後蓋を取り外し管の中に水を入れ沈降させる。

5．接合工

各ユニットを海中で継ぎ輪により接合する。接合治具（チェーンブロックなど）により管の高さを合わせ、ラチェットレンチにてボルトを締め付ける。この接合作業は海底で潜水夫によって行われるものであるので、接合の簡単なA形継ぎ輪を使用することとした。また、抜け出し防止のため特殊押輪を使用した。

6．取水部の取り付け

取水管の先端に鋼製の取水口を取り付ける。取水部は波や潮流によって動かないようにしっかりと固定する。

取水部と取水管の取り合いのフランジは絶縁ボルト・ナット、特殊パッキンにより接合する。

7．コンクリートアンカーブロックの打設

型枠（1000B×900H×4000L）を陸上で組み立て、それを継ぎ輪部に設置し、水中コンクリートを打設する。

8．既設鋼管との切り替え

取水ポンプの運転を一時止め、切り替え位置の既設鋼管と既設FRPM管の接合部を解体する。切り替え部分のダクタイル鉄管（曲管）を配管し、既設のFRPM管と特殊継ぎ輪で接合し切り替えを終える。

その後、しばらくテスト運転してから、養殖場に海水をひく。

8．管種の選定

取水管の管種選定については、海底配管であること、アワビ養殖のための取水管であることを考慮すると、次のような条件が上げられる。

アワビの種苗に有害と思われる重金属などの溶出がないこと。波の影響などにより管が抜け出さないこと。管路が継手などを有し可とう性があり、海底の地形の変化に追従できること。転石などの荷重、衝撃に耐えられるよう金属製であること。孔食、電食など腐食しにくい材質であること。施工性が優れていること。

以上のような条件から、海水取水管としてポリエチレン被覆SⅡ形ダクタイル鉄管（1種管 t＝7.5mm）を採用することとした。

9．防食方法

アワビ養殖のための取水管であるので、ジンクリッチペイント（亜鉛系プライマー）のように、アワビに有害と思われる塗料は使用できない。本工事の各部の防食方法を以下に示す。

1．SⅡ形直管（露出部）

(1) 外　面
　ポリエチレン被覆（以下PECという）
　密着性 t＝2mm

(2) 内　面
　JIS A 5314 モルタルライニング

(3) 受口・挿し口
　PEC、モルタルライニング部以外はエポキシ塗装

(4) ロックリング
　(3)と同様

2．A形、SⅡ形直管（コンクリート巻立て部—スプラッシュゾーン）

(1) 外　面
　PEC部以外はエポキシ塗装

(2) 内　面
　JIS A 5314 モルタルライニング

3．異形管

(1) 外　面
　エポキシ樹脂粉体塗装部以外はエポキシ塗装

(2) 内　面
　エポキシ樹脂粉体塗装
　ただし、挿し口外面も端部から40mmまでエポキシ樹脂粉体塗装とする。

4．継手部

継手部はＰＥＣにより防食できないため、熱収縮チューブにより被覆することとした。また、継手部の凹凸により熱収縮チューブが損傷するのを防ぐため、継手部外面にスペーサを装着した。（写真－１）

使用した熱収縮チューブのサイズは400Ａ×600mmである。

スプラッシュゾーンは、すべてコンクリートで巻き立てるので熱収縮チューブは取り付けない。

5．継ぎ輪部

継ぎ輪部は海底で接合するため、熱収縮チューブを取り付けることができないので、この部分はコンクリートアンカーを打設し、コンクリートによる防食を行った。

6．取水部との取り合い

取水部は鋼製であり、取水管とはフランジで取り合っている。そのため、ここで異種金属による腐食が起こることが予測されたので、絶縁ボルト・ナットおよび特殊ＲＦパッキンを用いて腐食を防止した。

10．おわりに

お盆すぎの日本海は海象条件が悪く、取水管布設工事は容易にははかどらなかった。波が高い日や潮の流れが速いときには台船の固定が難しく、工事はしばしば中断を余儀なくされた。

海底は平岩盤になっており、さらにその上を直径が１ｍもある転石が覆っているため、掘削工事は大変な難作業であった。掘削しても波によりその掘削溝が埋まってしまい、再び掘らなければならないこともあった。

海底での管の接合は、陸上での作業と異なりボルトを締めるときの反力が取りにくく、また、台船上のクレーンとの連携が容易でないため、管のレベルを合わせることも難しかった。それでも、１ユニットの管路を吊り上げてから接合が完了するまでの時間は１時間程度であった。１時間程度で25m 分の管路が布設できるということは、管の接合ということだけを考えれば、海底配管にしては施工性がよいといえる。

今回はモルタルライニングを使用しているので、生物の付着は少ないと考えられる。仮に生物が付着してもポリピックにより管内清掃を行えば通水能力を確保できるものと考えられる。

また、本工事でダクタイル鉄管を採用した理由のひとつは腐食に強いということであるが、海水取水管として使用するのは初めてであるので、今後も定期的に追跡調査していく予定である。

最後に、残暑の中バーナーを使っての熱収縮チューブの取り付けや、冷たい海の中での困難な作業など、大変な努力により工事を完成した業者の方々に感謝の意を表します。

2 技術レポート

新居浜市工業用水道における パイプ・イン・パイプ工法による 管路更新事業

新居浜市水道局水源管理課
課長　小野圭弘
技幹　伊藤勲
主任　土岐秀男

１．はじめに

新居浜市は、愛媛県の県庁所在地松山市から東へ50kmの所に位置し、北は瀬戸内海に面し、南は赤石山系を頂く温暖な気候に恵まれた都市である。人口は13万2,000人で、松山市に続く県下第２位の都市であり、上水道事業７万8,200m³／日と工業用水道事業５万2,080m³／日の経営を行っている。

新居浜市の工業用水道配水管は、昭和39年度から昭和40年度に布設され、総延長7,132m（石綿セメント管φ900×2,520m、φ800×556m、ダクタイル鉄管800mm×4,056m）で、需要会社へ原水を給水している。

石綿管路は昭和39年の布設から23年を経過しており、経年変化、交通量の増加に伴う材質の劣化や強度上の問題で漏水事故が多発していたため、昭和62年度に管路の更新を計画し昭和62年度から平成２年度の４カ年で布設替えを実施したので、その概要について述べる。

２．工業用水道事業の沿革

旧別子銅山を根源として繁栄してきた新居浜市は、現在では住友系企業を中心とする重化学工業の発達により、瀬戸内海有数の工業地帯を形成している。

従来、これらの企業の工業用水は、国領川の伏流水や地下水に依存していたが、相次ぐ工場の増設・拡張による使用水量の増加と南海地震による塩分の混入などのため、工業用水の地下水依存は次第に困難になってきた。こうした情勢を背景に、昭和33年度から愛媛県、新居浜市、住友共同電力㈱の三者が一体となり、別子ダムと鹿森ダムの建設、東平・山根の水力発電所および工業用水道の新設工事を中心とする国領川総合開発事業が実施されることとなった。

銅山川からの分水を強化し、新居浜地域の工業用水の確保と水力発電の増強など、水資源の有効利用を図るとともに、国領川の治水を目的として昭和41年に完成したものであ

る。

このうち、工業用水道事業については、昭和41年4月1日から操業開始。山根発電所放水路から取水し、山根配水場を経て自然流下によって海岸部工業地帯に給水している。

3．更新工法の選択

管路の更新は計画的、効率的に実施することができ、配水施設としての十分な機能の維持と作業上からも安全な工法でなければならない。

工法の選択にあたっては、更新の目的、対象管路の呼び径、延長、事業費などについての要因と(a)管路機能の確保、(b)容量の妥当性、(c)水質に対する適用性、(d)埋設環境の妥当性（施工性）、(e)更新管路の管種、呼び径、布設形態などの妥当性、(f)施工場所（幅員、家屋密集度、周辺環境）、(g)工事費などのそれぞれの項目について検討を加え、工法の決定を行った。

1．工法の種類

①開削工法、②パイプ・イン・パイプ工法、③内面ライニング工法、④パイプリバース工法、⑤ホースライニング工法、⑥インシチュフォーム工法、⑦漏水防止工法

上記の工法について検討したが、パイプ・イン・パイプ工法以外は問題点があり、対象管種をダクタイル鉄管と鋼管の2管種に絞り、パイプ・イン・パイプ工法の検討を行った。表1に比較表を示す。

その結果、トータル的には、

ⓐ　他工法に比べ、経済的に安い。

ⓑ　断水期間が他工法に比し短い。

ⓒ　耐久性、強度上、品質的にも問題はない。

ⓓ　鋼管の場合、内径700㎜では内面溶接ができず採用は不可。

ⓔ　掘削部も立坑部分のみで、付近住民へ与える影響は小さくてすむ。

などの内容により、ダクタイル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法を決定した。

2．呼び径の検討

現状の使用水量を確保するために流量の検討を行い、呼び径を決定した。

1.管路状況

図1の通り。

2.流量計算

ヘーゼン・ウイリアムスの式により、損失水頭を求め確認したあと、受水槽での圧力を一定にし、流量を求めた。計算は呼び径800㎜、700㎜の二通りを行ったが、最終的に呼び径700㎜で流量Q＝56,000㎥／日が確保できるものとわかった。

計算結果の動水こう配線図を図2に示す。

3.呼び径の選択

当初、呼び径は800㎜、700㎜の二通りを考えたが、呼び径700㎜で流量および構内圧力が確保できることが計算の結果判明したので、経済性も考慮し呼び径700㎜に決定した。

図1　管路状況

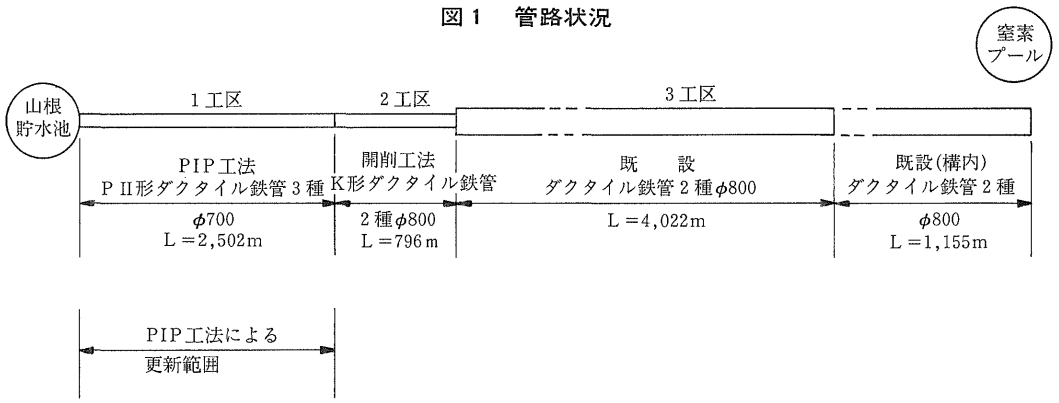
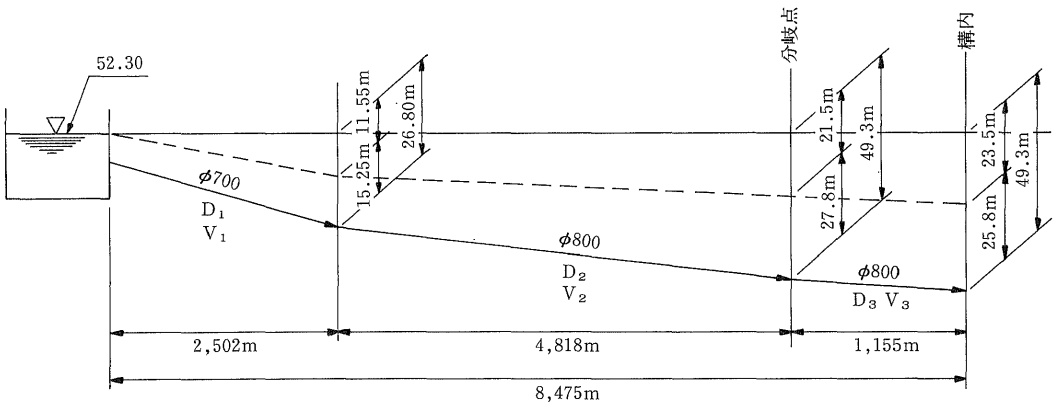


表１　比較表

工法		パイプ・イン・パイプ工法	
管種		ダクタイル鉄管	鋼管
概要		既設管路に発進坑、致達坑の立坑を設け、管を順次接合しながら既設管の中に挿入して開削することなく既設管を更新していく工法。	
内容		●開削工事が実施できない場所に適用。 ●路面復旧、既設管撤去が最小限ですむ。 ●開削工法に比し、工期が短くてすむ。 ●既設管の中に挿入するので全線の既設管撤去は不要。 ●既設管より１～２口径落ちの新管挿入となる。 ●施工長は250～500m可能。 ●特殊工法であり、施工者はかなり限定される。 ●社会意識に合った経済的で合理的な工法。	
特徴	曲管部	●対応できる。	●同　左
	腐食性	●内面モルタルライニングであり、耐腐食性は優れる。	●腐食しやすいので防食工が必要。
	継手の施工	●立坑内で施工。	●管内に人が入って溶接しなければならない。(φ700以下では採用できない)
		●特殊な資格は必要ない。	●溶接は有資格者による施工が必要。
	工程	●鋼管よりも早い。	●狭い場所での施工となり、工程はダクタイル鉄管より劣る。
	材料の入手	●１～２ヵ月	●同　左
	強度	●強度上は問題なし。	●同　左
		●伸びは鋼管に比し劣る。	●伸びは優れる。
	断水期間	●45日	●92日
機械的性質			
引張強さ		42kgf/mm²以上	41kgf/mm²以上
伸び		10%　以上	18%　以上
曲げ強さ		60kgf/mm²以上	41kgf/mm²以上
弾性係数		1.6～1.7×10⁶kgf/cm²以上	21×10⁶kgf/cm²以上
ポアソン比		0.28～0.29	0.3
硬さ		230(HB)以下	140(HB)以下
経済性(φ700)		130,000円/m	125,000円/m
評価		◎	×

図2　動水こう配線図



4．ダクタイル鉄管による パイプ・イン・パイプ工法について

パイプ・イン・パイプ工法は、立坑部以外は地表面を開削することなしに既設管の中に新管を挿入する工法である。

図3にダクタイル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法の概略を示す。

パイプ・イン・パイプ工法の特長は、過去に数多くダクタイル鉄管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) 新管にダクタイル鉄管を使用する場合、新管の接合は発進坑で行うが、その継手は伸縮、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。

(2) 幹線道路で交通頻繁、あるいは繁華街などの理由で開削ができない場所に管路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ときでもパイプ・イン・パイプ工法なら施工できる。

(4) パイプ・イン・パイプ工法を採用すると、管路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) 開削布設替えに比べて工期が短縮できる。

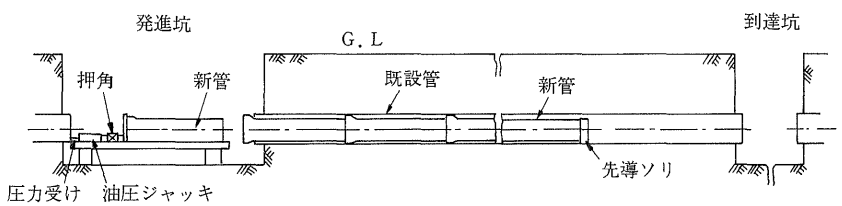
(6) 開削箇所が立坑部および連絡部だけですむため、工事施工に伴う占用部分が非常に少なくてすみ、付近住民に迷惑をかける度合が少なくなる。

5．パイプ・イン・パイプ工法の設計および事前調査

1．施工範囲の資料調査

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ことが重要である。その中でも特に曲管部分などの情報について細かく調査検討した。

図3　ダクタイル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法の概略



2．現地調査

パイプ・イン・パイプ工事の設計には、施工現場の現地調査が非常に大切であるが、主として管路の埋設状況を確認するために試験掘りを行い、曲管位置、曲がり角度、土かぶりおよび平面位置などを調査した。

3．立坑の位置および大きさ

呼び径の大きな管を立坑内に吊り込み据え付けて挿入するため、施工場所には工事に必要な立坑を築造せねばならない。

このため、ピットの位置および大きさについて以下のことを考慮して決定した。

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 パイプ・イン・パイプ用の機材が無理なく配備できる。

④ 立坑口の横に工事用車輌が無理なく駐車できること。

⑤ 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。

4．管種選定について

① 既設管路は僅かながらだ行しており、その曲がりに順応でき、しかも離脱することがないもの。

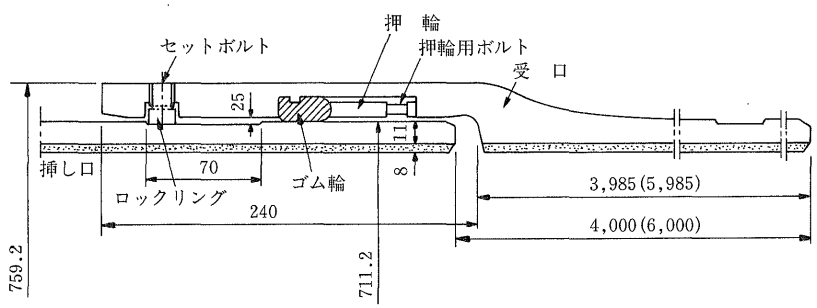
② 施工が容易で、確実性があり、強度大で耐震的であること。

③ 既設管内に無理なく挿入できる呼び径であること。

④ 電気防食対策が必要ないもの。

以上のことから、ダクタイル鉄管（ＰＩ形、ＰII形）、鋼管を比較検討した結果、ダクタイル鉄管ＰII形、３種管、呼び径700㎜、管長４ｍおよび６ｍを採用した。（図４参照）

図４　ＰII形直管呼び径700㎜



5．ＰII形の継手性能は下表の通り

継手性能

項　目	性　能
離脱阻止力	105　tf
抜け出し余裕量	55　㎜
許容屈曲角	3°
曲げ剛性	6.6tf·m
限界屈曲角	4°25′

6．パイプ・イン・パイプ工法の施工について

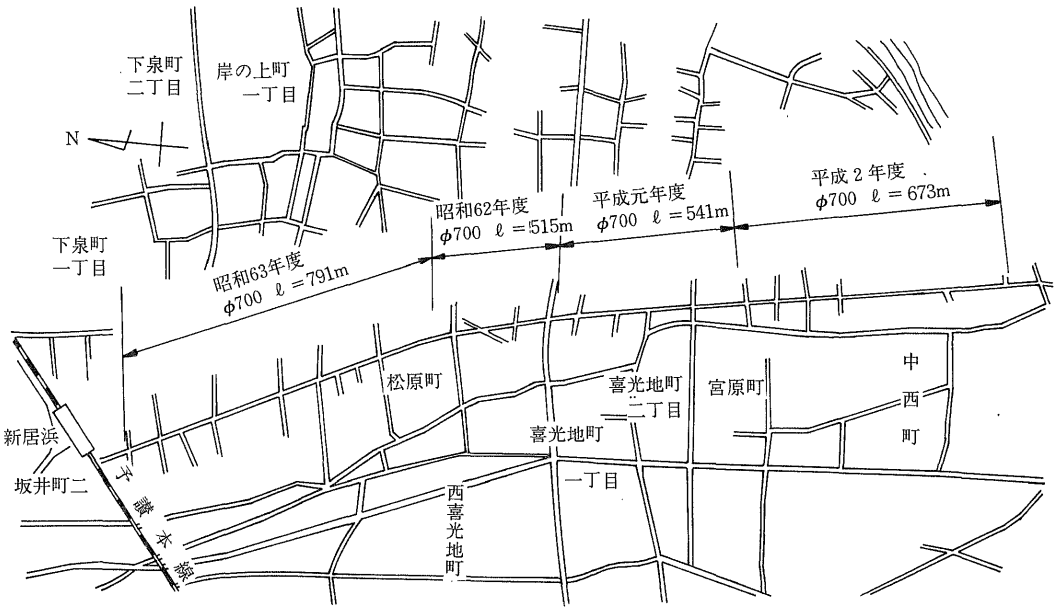
1．工事概要

中筋町（配水池）～坂井町（ＪＲ新居浜駅）の間に布設されている呼び径900㎜石綿セメント管に対して、昭和62年度～平成２年度までに施工した工事の概要は表２の通りであり、工事箇所見取図を図５に示す。

表２

施工年度	呼び径(㎜)	施工延長(m)	内　容
昭和62年度	700	515.0	ＰII形、3種管、4m、発進坑2ヵ所、到達坑2ヵ所
昭和63年度	700	791.0	ＰII形、3種管、6m、発進坑2ヵ所、到達坑1ヵ所
平成元年度	700	541.0	ＰII形、3種管、4mおよび6m、発進坑2ヵ所、到達坑1ヵ所
平成２年度	700	673.0	ＰII形、3種管、4mおよび6m、発進坑2ヵ所、到達坑2ヵ所

図 5　工事箇所見取図



2．施　工

本市のパイプ・イン・パイプ工事は、昭和62年度～平成2年度まで4年間において施工した。ここに初年度工事をとりあげ施工順序に沿って各工種を列記し、簡単に説明する。

(1)　施工現場調査

(a)　設計、図面に基づく管路測量。

(b)　現場の交通量調査。

(c)　埋設管などの調査。

(2)　立坑位置の決定

立坑位置は道路状況住宅の出入口のほか、次のような管路の環境、工事上の理由から決定した。

(a)　No.1 発進立坑……両発進坑とした。

(b)　No.2 発進立坑……工事起点であり、既設管への連絡部とした。

(c)　No.1 到達立坑……工事終点であり、既設管への連絡部とした。

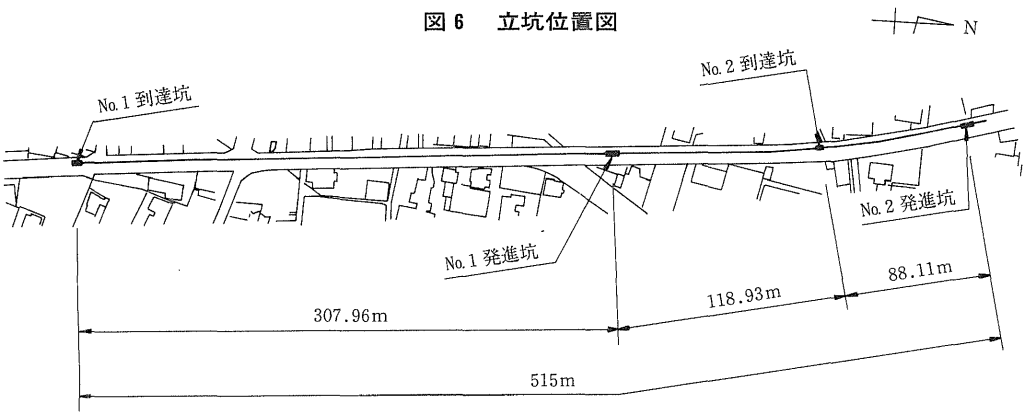
(d)　No.2 到達立坑……既設曲管部とした。

立坑位置は図6の通り。

(3)　試験掘削

立坑位置決定による試験掘削を行い、既設管埋設深さ、平面位置、障害物などの調査をし、立坑築造の確認を行った。

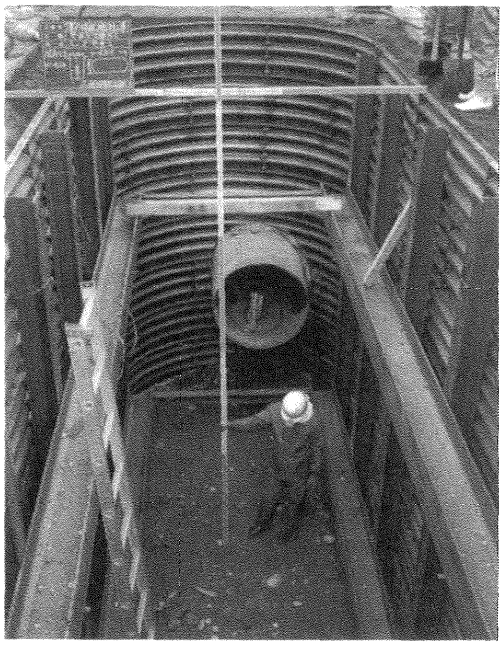
図 6　立坑位置図



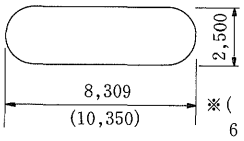
(4)　立坑築造

立坑の大きさは４項の(3)で述べたような方法で決定したが、構造はライナープレート工法とした。(写真１)

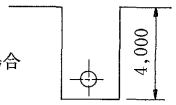
写真１　ライナープレートを使用した立坑



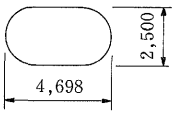
発進立坑平面図



両立坑断面図



到達立坑平面図



(5)　既設管内調査

(a)　異形管の有無

(b)　胴付寸法測定

(c)　継手段差の測定

(d)　管内径測定

(e)　管長の測定

調査結果、屈曲角最大１°59'41"であったが、呼び径700㎜ＰⅡ形、許容屈曲角は３°であり、管挿入に支障がないことを確認した。

なお、調査状況および調査資料を写真２、図７に示す。

図７　既設管調査資料

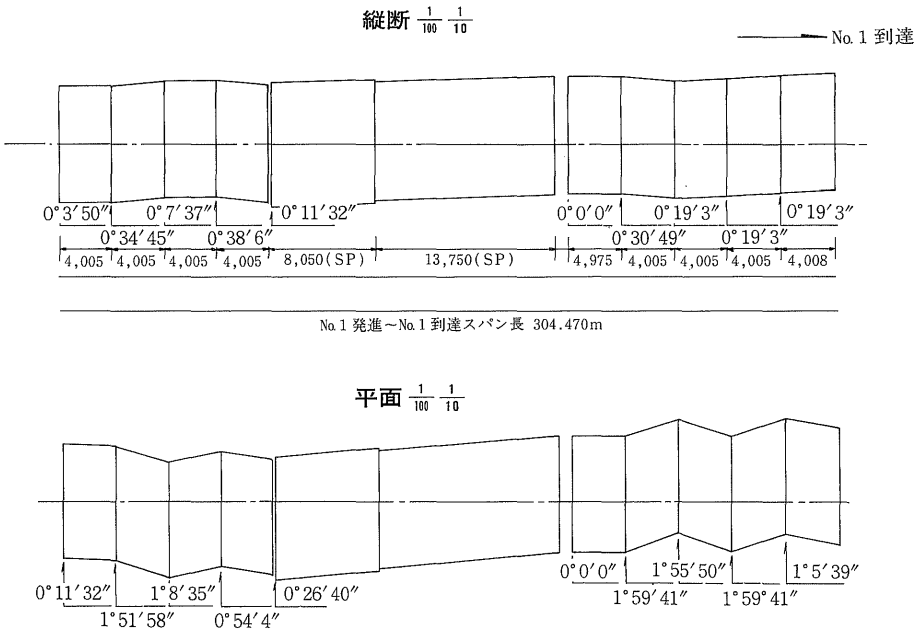


写真 2　管内調査状況

(6)　新管の挿入

挿入に先き立ち、挿入力および挿入方法を検討し、それに基づき施工した。挿入状況を図 8 に示す。

(a)　挿入力

$P = \mu \cdot W \cdot L$

ここに、

P：挿入力（kgf）

μ：既設管と新管との摩擦係数(0.5)

W：新管の1m当たりの重量(217.5kgf)

L：新管の挿入長（m）

挿入力計算値および実測値を表 3 に示す。

図 8　挿入状況図

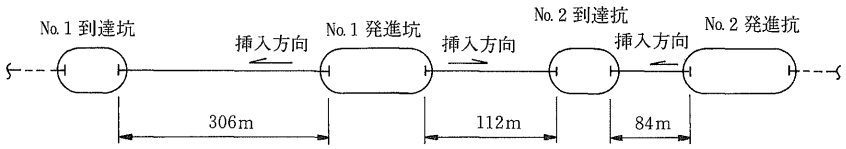


表3　挿入力計算値および実測値

挿入長 ＼ 挿入力	計算挿入力	実測挿入力	実測 μ
No. 1 発進→No. 1 到達 306m	33.3 tf	24.6 tf	0.37
No. 1 発進→No. 2 致達 112m	12.3 tf	13.4 tf	0.55
No. 2 発進→No. 2 到着　84m	9.1 tf	10.1 tf	0.55

(b)　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。レイアウトを図 9 に示す。

● 吊り込み、据え付け機械…トラック クレーン（図10、写真 3）

写真 3　管吊り込み状況

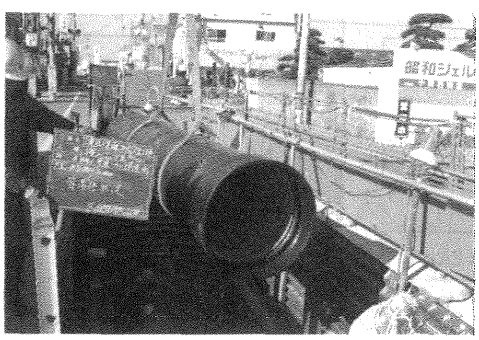


図 9　レイアウト

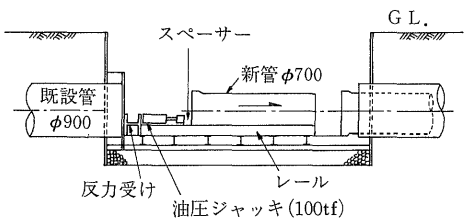


図10　吊り込み・据え付け機械

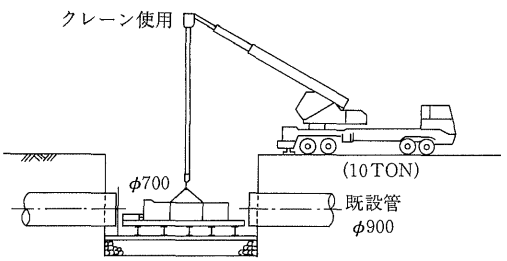


写真４　管挿入状況

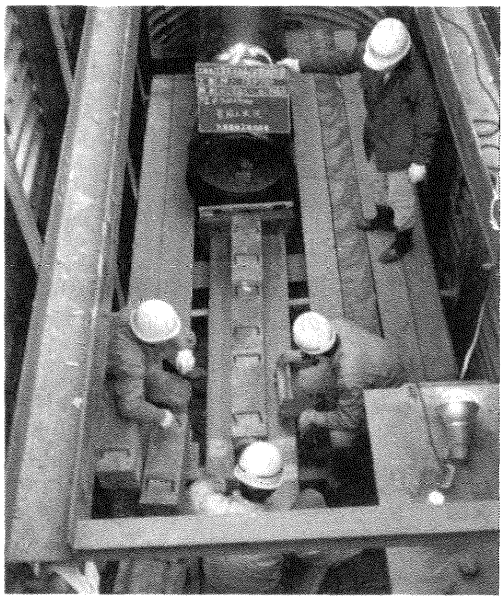
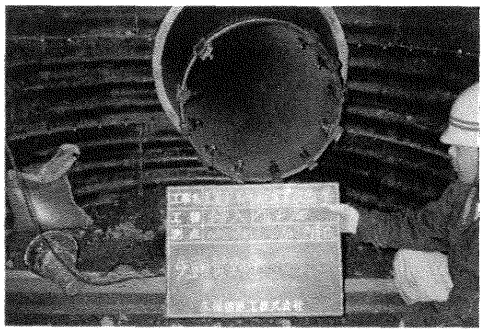


写真５　先導金具と先頭管到達状況



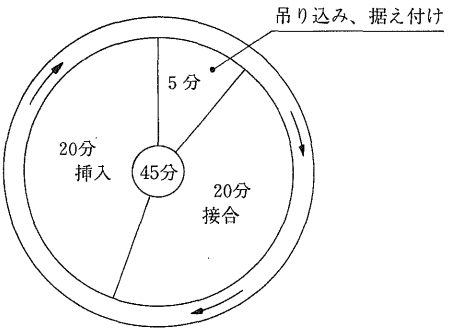
● 挿入用機器…表４

表４　挿入用機器

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	油圧ユニット	1台
油圧ジャッキ(100tf)	1台	油圧ホース	1組

(c)　呼び径700㎜ＰII形管挿入実績サイクルタイムは以下の通りであった。

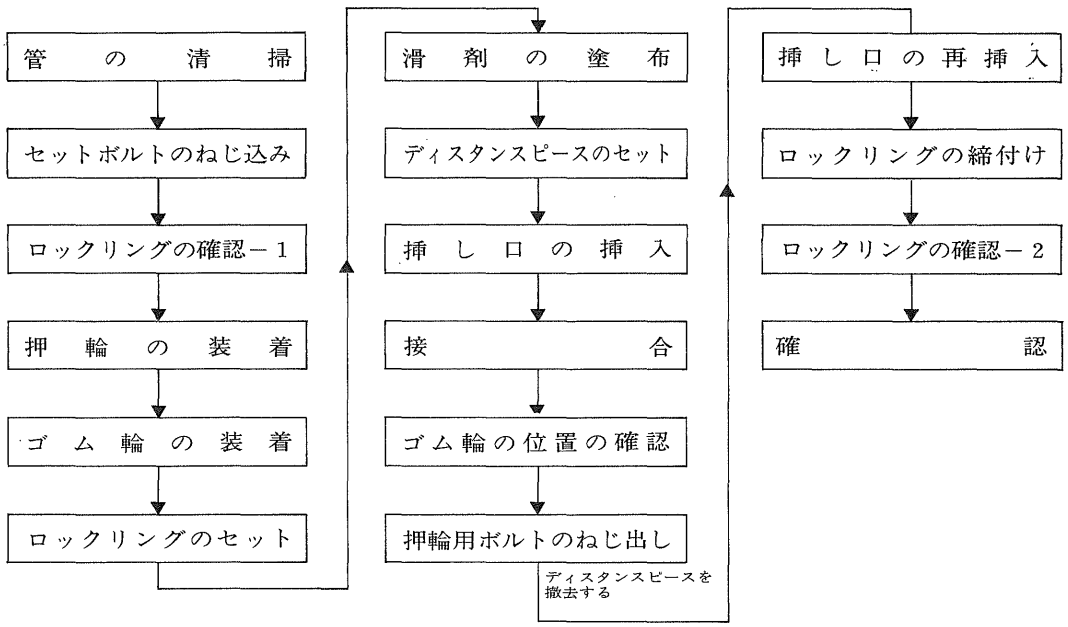
１本当たりサイクルタイム

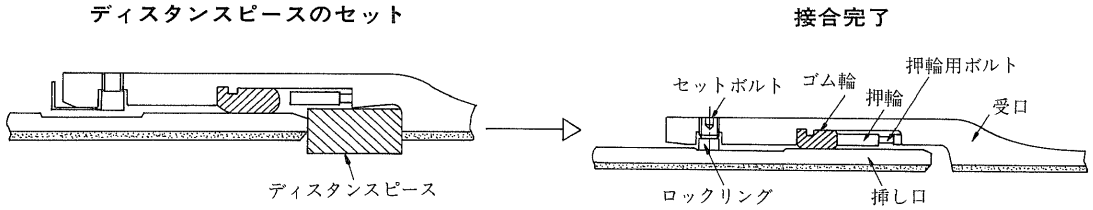


(7)　ＰII形、継手の接合

接合手順は以下の通り。

表５





(8)　水圧テスト

水圧テスト範囲は、No.１到達坑～No.２発進坑間の507mを同時に実施した。その結果は、負荷水圧4.2kgf／cm²、12時間経過後異常は認められなかった。なお、水圧テスト範囲を図11に示す。

(9)　セメントミルク注入

既設管(φ900石綿セメント管)と新管とのすき間を空洞のまま放置すると、既設管が老朽化して破損し、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、セメントミルクを注入し空洞を充てんした。充てん方法は１スパンごとに(No.１発進坑→No.１到達坑、No.１発進坑→No.２到達坑、No.２発進坑→No.２到達坑)実施した。なお、セメントミルク注入標準図を図12に示す。

(a)　セメントミルクの配合

セメントミルクの配合を表６に示す。

図11　水圧テスト範囲

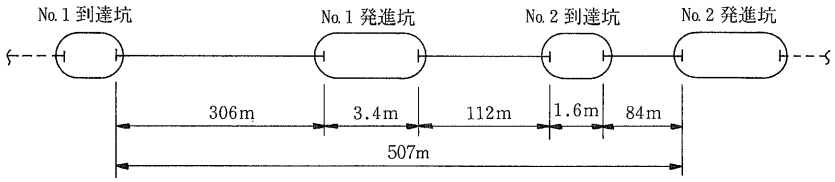


図12　セメントミルク注入標準図

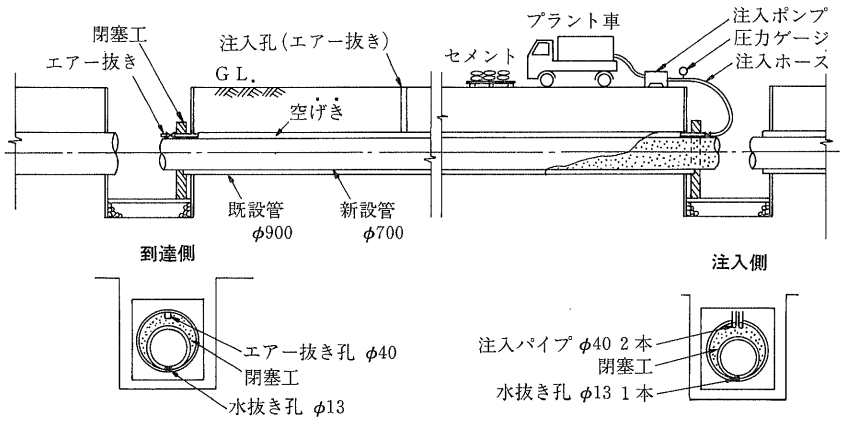


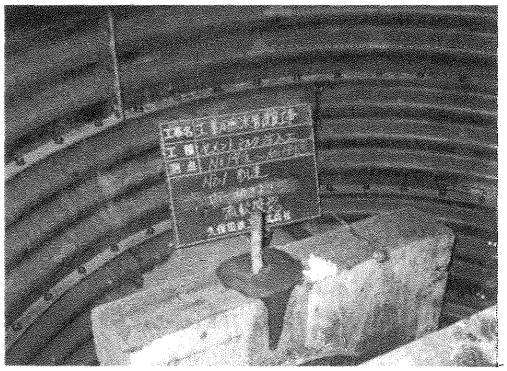
表６　セメントミルクの配合(m³当たり)

セメント	水	発泡液	空気量	比　重	フロー値	圧縮強度
(kg)	(ℓ)	(ℓ)	(%)		(mm)	(kgf/cm²)
350	196	1.48	66	0.58	180±20	15

(b) 注入の確認

注入量は123.6m³であった。注入の確認は圧力ゲージおよび発進坑、到達坑の閉塞部に設けたエア抜きより流出を確認した。

写真6 セメントミルク注入流出確認状況



なお、作業日数は4日間であった。(写真6)

7．おわりに

新居浜市工業用水道管路更新事業として、ダクタイル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法を採用し、実施したことは、経済性、維持管理、施工性、安全性など、すべての面で適確な判断であり、管路更新により安定した給水と沿線住民の不安解消、受水企業の信頼の回復に大きく寄与できたと確信するものである。

なお、4期にわたる工事が無事完了したことは設計、施工、技術指導はもちろんのこと、受水企業の断水協力など多くの関係各位のご協力によるもので、改めて感謝の意を表する次第である。

3 技術レポート

呼び径500㎜ダクタイル鉄管パイプ・イン・パイプ工法による呼び径600㎜HP導水管の更新について

呉市水道局工務部工務課
主幹　寺家喜夫
専門員　森川逸美

1．はじめに

本市の戸坂取水場は、戦前旧海軍が呉市内の海軍工廠など旧海軍施設専用に給水する目的で築造した水源地兼浄水場であったが、この水源地兼浄水場を昭和25年制定の旧軍港市転換法に基づき、昭和28年10月呉市が国から譲与を受けて、呉市民への給水と国道31号線沿いの町村への給水に活用してきた。

しかし、戸坂水系の水道施設は、約26kmに及ぶ送水管の大部分が国道31号線に埋設されており、管自体の老朽化や交通量の増大などによる管路の事故が多発したこと、また、県主導の太田川水利権の調整など、諸般の事情により昭和61年10月をもって浄水場の機能を廃止する運びとなった。この際3万5000㎥/日であった水利権のうち1万2,000㎥/日を広島市に譲渡し、残り2万3,000㎥/日を呉市内の宮原浄水場に導水することとし、取水設備を改良し、現在も稼働しているのが戸坂取水場である。

今回、この取水場の太田川堤防下（国道31号線）に布設されている呼び径600㎜導水管（ヒューム管）が老朽化し、継手部や管胴部のクラックからの浸入水が増大したため、堤防保全のため、呼び径500㎜PⅡ形ダクタイル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法で更新することにした。

本稿は、この更新工事の施工概要について報告するものである。

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。

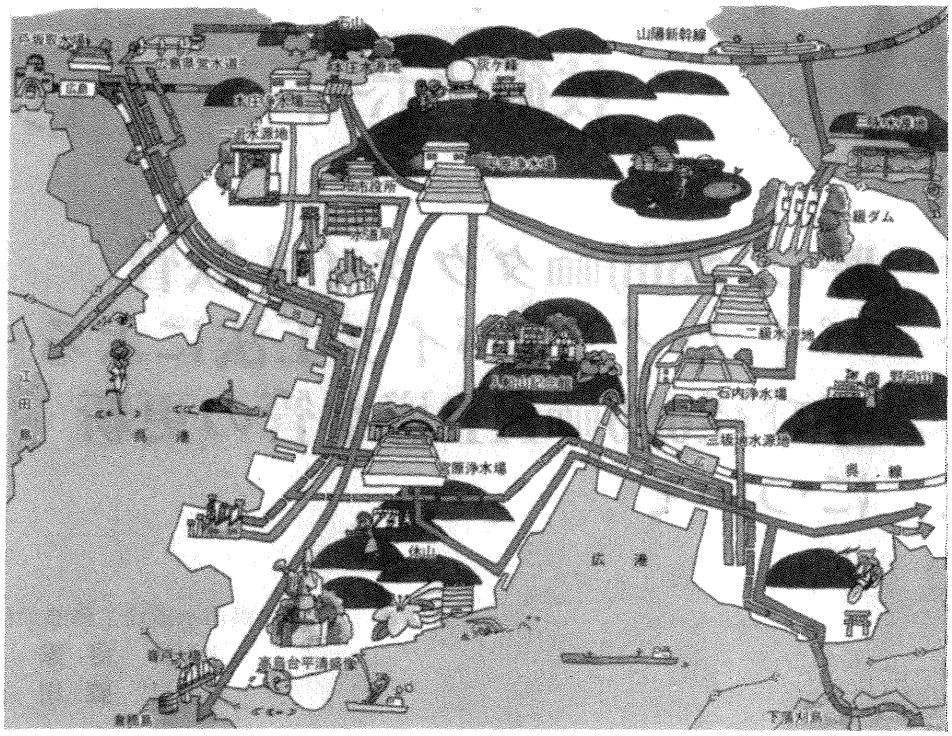
(1) 一級河川の堤防下約12mの深埋設であり、開削工法がとれないこと。

(2) 十分な強度と継手の水密性能が高いこと。

(3) 侵入水のある状態での施工が可能であること。

(4) 所定の水量（2万3,000㎥/日）が確保できること。

呉市の水道および工業用水道施設イラストマップ



(5)　沈砂池側に約４度程度の曲がり部（鋼管）があり、当該部分を通過できる管種であること。

(6)　経済性に優れること。

これらの理由から種々検討した結果、樹脂充てんやライニング工法のような更生工法ではなく、強度が高く水密性に優れたＰⅡ形ダクタイル鉄管による1口径小さい呼び径500mmのパイプ・イン・パイプ工法を採用することに決定した。

３．事前調査

本導水管（ヒューム管）は、昭和19年竣工の経年管である。以前からクラックなどが発生しているのではないかと懸念されており、今回、テレビカメラにより調査することとなった。

結果は23本の管のうち２本目、17本目、22本目の管にクラックが発生しており、特に17本目については水が全周にわたって浸入し、また、23本目の鋼管部分については、ヒューム管との継手部からの浸入水で溶出したモルタル状のものが堆積していることが観測された。

今回更新工事を実施するにあたって、調査ビデオにて以下の検討を行った。

検討の内容としては、ヒューム管の継手部の状況、管体のクラックの状況、浸入水の状況、新管挿入の可否を検討するための継手部の段差、胴付間隔のチェックなどを行った。

ＶＴＲの記録から代表的な状況を写真１～４に示す。

調査結果

継手部からの浸入水箇所	継手No.２、９、10、12、16	５ヵ所	
管体クラックからの浸入水箇所	管体No.２、17、21、22	４ヵ所	計９ヵ所

写真１　継手No 2

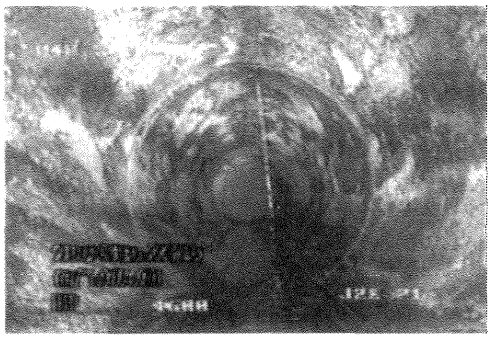


写真２　継手No12

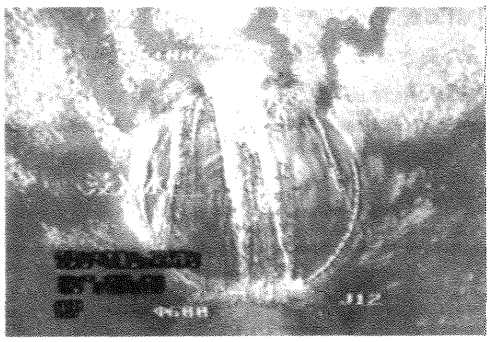


写真３　管体No17

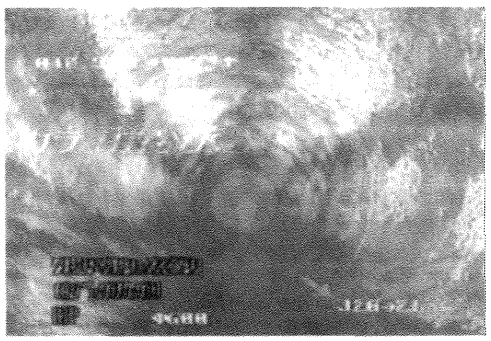
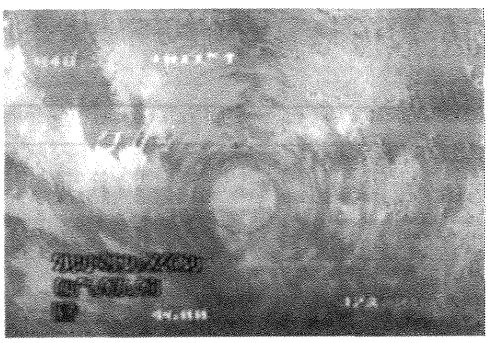


写真４　管体No21

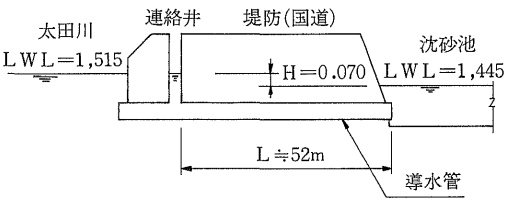


4．検討事項

１．流量計算

図１に示す水位、管路状況からヘーゼン・ウィリアムス公式により流量を求めた。

図１　水位、管路の状況



$Q=0.27853\times C\times D^{2.63}\times I^{0.54}$

$=0.27853\times110\times0.5^{2.63}\times(1.35\times10^{-3})^{0.54}=0.1396m^3/秒$

これより　0.1396×２条

$=24,122m^3/日$となる。

ここに、Q：流量（m^3／秒）

C：流速係数（=110とする）

D：呼び径（m）

I＝動水こう配＝H／L＝0.07／52＝1.35×10^{-3}

H：水位差（m）

L：管路長（m）

これより、呼び径500mm管を挿入しても、水利権相当の２万3,000m^3／日を流し得ると判断した。

２．継手の構造および性能

使用する挿入管は、パイプ・イン・パイプ工法用呼び径500mmＰⅡ形ダクタイル鉄管3種管とし、その構造を図２に、主要寸法を表１に示す。

また、継手の性能は表２に示す通りである。

図２　ＰⅡ形継手の構造

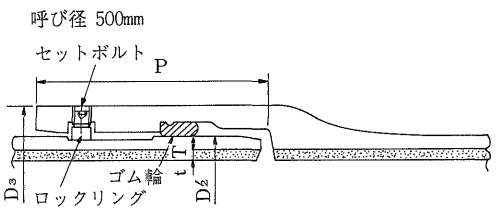


表1　各部の寸法

単位 mm

呼び径 D	管厚 T	ライニング厚 t	外径 D′₂	各部寸法	
				D_5	P
500	8.0	6.0	508.0	558.0	235.0

備考：D′₂はJIS G 3443(水道用塗覆装鋼管)の実外径と同じ。

表2　PII形継手の基準性能

呼び径	抜け出し余裕量	許容屈曲角	離脱阻止力	曲げ剛性	限界屈曲角
mm	mm	度	tf	tf·m	(参考)
500	50	4°	75	6.0	5°37

3．挿入管長の検討

既設管呼び径600mmヒューム管内の調査結果より、直管の曲げ配管による継手部の開き(胴付寸法)は最大35～40mm程度と思われ、当該部分を通過可能な挿入管長を図3に示すモデルⅠ、モデルⅡについて計算し、いずれか短い方の管長を採用するものとした。

継手部の曲がり角度は、次式で計算される。

$$\theta = \tan^{-1}\frac{\delta}{D_0} = \frac{35\sim40}{600} = 3.34^\circ \sim 3.81^\circ$$

ここに、　δ：継手部の開き (mm)

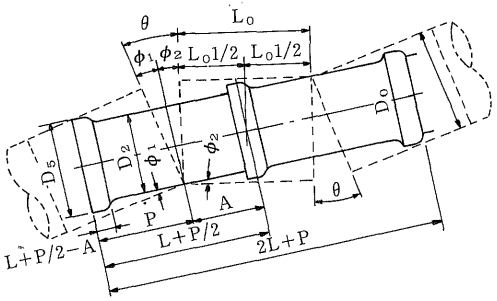
D_0：既設管の内径 (mm)

計算条件および計算結果を表3に示す。

計算結果からモデルⅠの場合、挿入可能な管の長さが2,590mmと計算されたが、設計上の挿入新管長を2.6mとした。

図3　挿入管長の計算モデル

モデルⅠ



$$L = \frac{D_0 - \alpha\cos\phi_1}{\sin\phi_1} + A - \frac{P}{2}$$

$$\alpha = \frac{D_2 + D_5}{2}$$

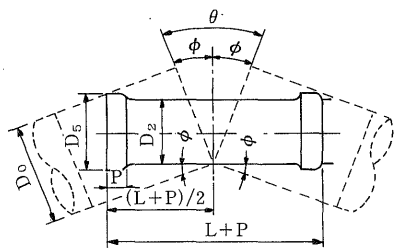
$$A = \frac{L_0}{2\cos\phi_2} + \frac{D_2 \cdot \tan\phi_2}{2}$$

$$\phi_2 = \tan^{-1}\left(\frac{D_0}{L_0}\right) - \sin^{-1}\left(\frac{D_2}{2}\right)$$

$$b = \sqrt{D_0^2 + L_0^2}$$

$$\phi_1 = \theta - \phi_2$$

モデルⅡ



$$L = \frac{2(D_0 - \alpha\cdot\cos\phi)}{\sin\phi} - P$$

$$\phi = \frac{\theta}{2}$$

(注)　L：新管の管長（有効長）

D_2：新管の管体部外径

D_5：新管の受口部外径

P：新管の受口部呑み込み寸法

L_0：既設管の管長（有効長）

D_0：既設管の最小内径

θ：既設管の曲がり角度

表3　計算条件、結果

計算条件							計算結果	
既設管寸法			新管寸法				挿入管長	
内径	屈曲角度	管長	受口最大外径	管の最大外径	受口呑込み	管長余裕代		
D_0	θ	L_0	D_5	D_2	P		モデルⅠ	モデルⅡ
mm	度	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
600	4°	2,430	561.0	509.5	235	500	2,590	2,990

4．挿入力の検討

新管を挿入するのに必要な挿入力を、管自重による既設管との摩擦抵抗力として計算する。

$$F = W \times \mu \times L$$
$$= 129 \times 0.5 \times 52 = 3{,}354\,kgf = 3.4\,tf$$
$$< 75\,tf\ (離脱阻止力)$$

ここに、Ｆ：挿入力
Ｗ：管自重（kgf/m）
μ：既設管との摩擦係数
（＝0.5とする）
Ｌ＝挿入延長（m）

既設管路には継手の屈曲部があるため、計算値より多少挿入力が上昇する可能性があるが、新管の耐荷力（離脱阻止力）に対して十分に小さいと考えられるので計算通り進めることにした。

5．施　工

工事の概要は図４に示す通りである。

パイプ・イン・パイプ工法による呼び径600㎜導水管の更新工事の施工手順を図５のフローシートに示す。

1．施工の内容

(1) 取水口部角落とし設置
河川水の浸入を止めるために太田川取水口部に角落としを設置する。

(2) 連絡井電動ゲート閉
同様に連絡井のゲートを閉め河川水の浸入を止める。

(3) 沈砂池の水替え
沈砂池に水中ポンプを設置し水替えを行い、工事を容易にする。

(4) 連絡井水中ポンプ設置
工事期間中の浸入水および非常時増水に備えて水中ポンプを工事期間中常設する。

(5) 沈砂池電動バルブ撤去
沈砂池からパイプ・イン・パイプ工事を施工するため、管端に取り付けられている電動バルブを撤去する。

(6) 整流壁ハツリ撤去
新管を挿入するための挿入用架台設置

図４　工事概要図

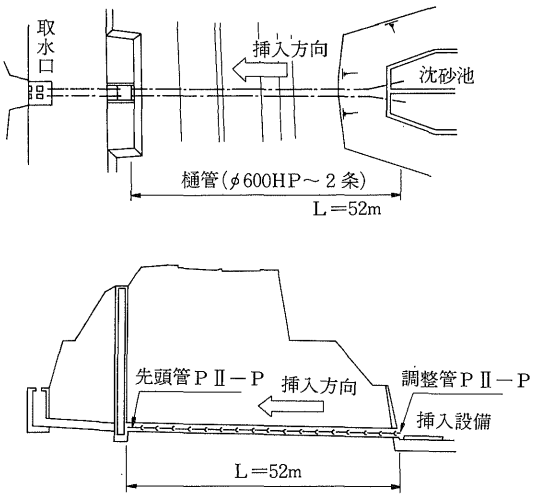
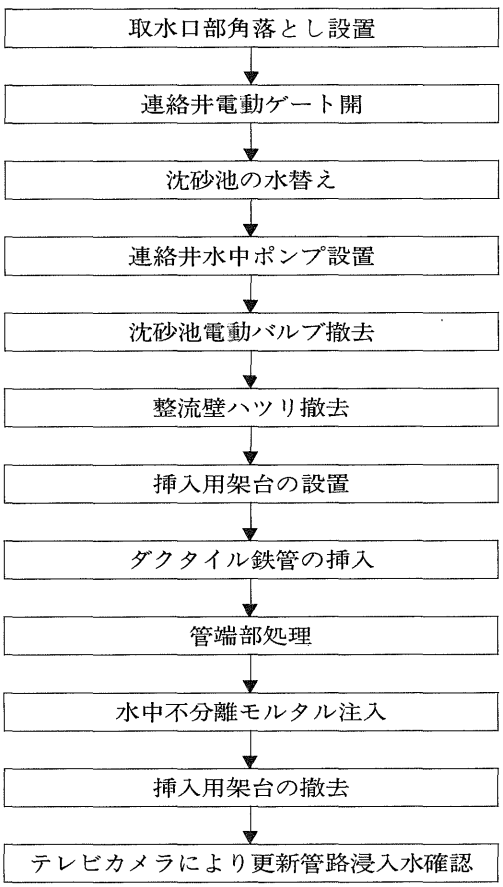


図５　導水管呼び径600㎜の更新工事（パイプ・イン・パイプ工法）の施工手順

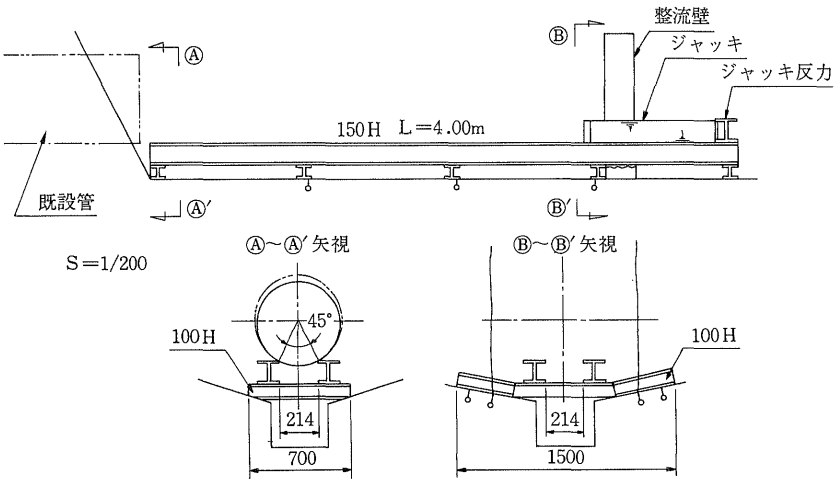


スペースを確保するために、整流壁を必要な範囲ハツリ取る。挿入工事完了後に原形に復旧する。

(7)　挿入用架台の設置

図6に示すような構造で挿入用架台を設置する。

図6　挿入用架台の構造

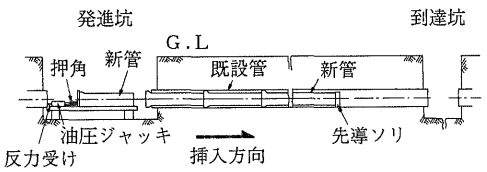


記：⚷マークは、アンカーボルト

(8)　ダクタイル鉄管の挿入（パイプ・イン・パイプ工法）

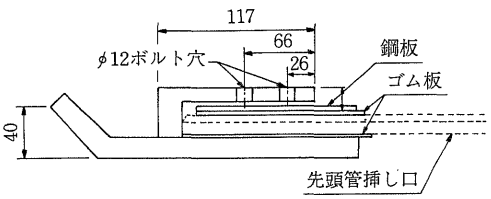
パイプ・イン・パイプ工法の概要を図7に示す。

図7　パイプ・イン・パイプ工法の概要



(9)　先頭管が既設管の継手部などに引っかからないように、先頭管には先導ソリを取り付ける。

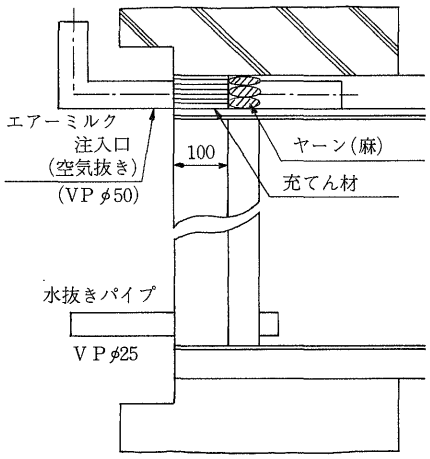
図8　先導ソリの構造



(10)　管端部処理

新管の挿入が完了したあと、水中不分離モルタルを充てんするため連絡井側および沈砂池側の両端のすき間にヤーン(麻)を詰め、その後に木片などを打ち込みモルタルが溢流しないように処理する。

図9　管端部処理方法



(11)　水中不分離モルタルの注入

将来ヒューム管の劣化などで堤体が沈下などの事故が発生しないように、既設管(φ600ヒューム管)と新管(φ500PⅡ形ダ

クタイル鉄管）のすき間に水中不分離モルタルを注入する。

図10　水中不分離モルタル注入の概要

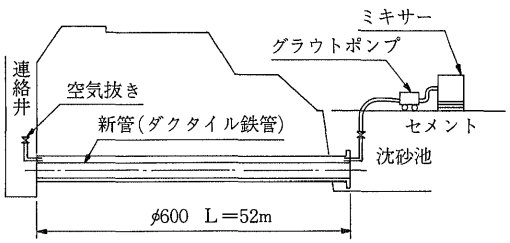


表４　配合

プレミクスモルタル kg	水 kg	水中不分離剤 kg	助剤 ℓ	圧縮強度 σ28kg/cm²
1,800	360	11	16	300

(12)　テレビカメラによる更新管浸入水確認

工事完了後、新管内にテレビカメラを通して水の浸入などの異常がないか確認する。（工事検査）

２．工事工程

施工実績工程は表５に示す通りであるが、当初予定した工程と大差なく順調に完了することができた。

６．おわりに

今回、呼び径600mm導水管更新工事にあたって、呼び径500mmＰⅡ形ダクタイル鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法を採用して実施したが、河川の堤体を傷めることなく順調かつ安全に、しかも経済的に施工することができ適切な選択であったと考えている。

他都市におかれても同様な管路が老朽化して、その更新工法の選定に苦慮されている場合もあるかと推察されるが、本稿が多少なりとも参考になれば幸いである。

表５　工事実績工程表

工事番号　　施主　　平成　年　月　日

戸坂導水管更新工事工程表

工期　着工　平成２年11月29日
　　完成　平成３年１月31日

担当				

施工場所：広島市東区戸坂千足２丁目１番２号

月日 / 工程	11月 30	12月 05 10 15 20 25	1月 31 05 10 15 20 25	2月 31 05 10 15 20 25 28	摘要
準備工	材料工場製作				
角落とし製作設置工					
沈砂池内堆積汚泥処理工					
制水弁扉撤去工（２基）			年末年始休暇		
コンクリート取り壊し工（整流壁）					
挿入架台設置工					
管挿入工					
管端部処理工（２ヵ所）					
随管内充填工					
挿入架台撤去工					
ＴＶ調査工（侵入水チェック）					
整流壁復旧工					
制水弁扉据え付け工（２基）					
角落とし撤去工					
跡片付け					
水張り作業（沈砂池）					

特記事項

4 技術レポート

白浜町における石綿セメント管更新事業について

和歌山県白浜町水道部
部長　寺前　学

1．はじめに

白浜町は、紀伊半島のほぼ中央部に位置し、面積65.53㎢、人口2万人を擁する町である。

当町の歴史は古く、道後、有馬と並んで日本三大古湯に数えられており、飛鳥、奈良朝の時代から「牟婁の温湯」「紀の温湯」の名で知られ、斎明天皇をはじめ多くの宮廷人たちが来泉し、1300年余の歴史を持つ由緒ある温泉と円月島、三段壁など多くの名所にも恵まれた温泉観光地である。

古い歴史と、自然の景観に加えて数多くのレジャー施設を有する総合リゾートゾーンとして人々の注目を集めており、青い海、白い湯煙、南国の太陽きらめく観光地として、四季を通して地元関西地方はもとより、全国各地から年間約340万人の観光客を迎えている。

図1　位置図

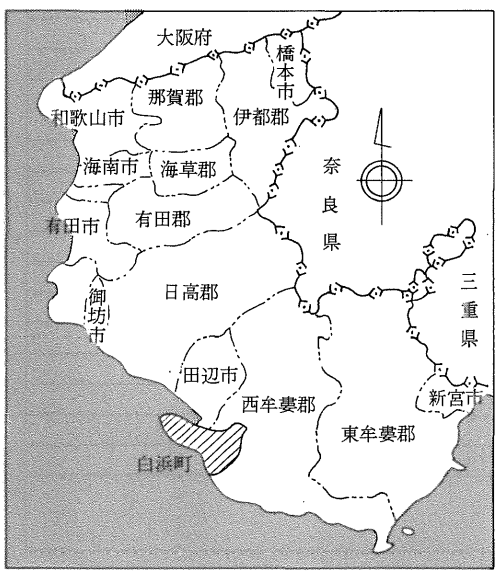


写真1　円月島

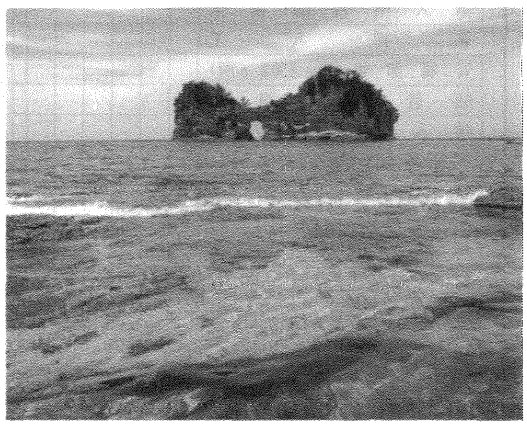


写真２　三段壁

２．水道事業の沿革

白浜温泉の発展を支える大動脈ともなっている上水道は、社運をかけた一民間会社によって創設され、完成をみたのは昭和９年のことであり、すでに半世紀の歴史を綴ってきた。

当町はもともと半島地帯であるため、飲用水のほとんどは谷の流れや溜め池に依存しなければならなかった。しかし、大正初期から自動車道の開設、国鉄紀勢線の南進、大型船の就航などによる海陸交通の発達、整備が進むに伴い、白浜温泉の開発計画が急速に進展し、必然的に保健衛生ならびに防火保安上からも飲用水の確保が温泉都市としてもっとも緊急で重要な課題として、実現を熱望する声が高まってきた。

しかし、当時の瀬戸鉛山村〔合併前〕は、水道事業を計画する財政的余裕がなく、この要望に答えることができず、代わって土地開発業者らによって昭和８年に白浜水道株式会社が創立され、８km離れた富田川から日量1,300㎥を取水し、温泉街へ給水を開始した。

そして、昭和28年公営事業として白浜町がこの水道会社を買収し、水道事業を継承した。その後、町勢の急激な発展と観光客の激増に伴い、第１次拡張事業を昭和31年から、計画人口1万7,000人、計画給水量5,990㎥の計画で実施し、昭和33年に竣工した。

その後、昭和34年７月の紀勢東西線の連絡による観光客の驚異的な増加は、水道使用量の急激な増大を呼び、拡張事業竣工後２年余にして給水量が限界点に達したため、第２次拡張事業を昭和36年から、計画人口2万3,000人、計画給水量2万3,610㎥に変更して実施、昭和40年に竣工した。

しかし、その後僅か２年目にして夏季の水道使用量は施設の最大能力に等しい2万300㎥となり、来夏からの給水が憂慮されるため各施設の拡充を図り、給水の万全を期するため昭和43年度から第３次拡張事業を、計画人口3万4,700人、計画給水量4万540㎥に変更して実施、昭和46年に完成した。

ところが、当拡張事業の完了をまたずして、全国的に土地開発が急激に進展するに伴い、全国有数の風光明媚なリゾート観光地である当町においても、宅地開発やリゾートマンションが多数計画され、水需要がますます増大することが予想されたため、昭和47年から、６ヵ年計画（竣工予定昭和52年）でもって、計画給水量を6万7,200㎥に変更し、第４次拡張事業に着手した。

しかし、昭和48年のオイルショック以来、経済、社会情勢の急激な変動により、土地開発やリゾートマンションの中断、観光客の減少など水需要は予想外に伸びず、そのため、昭和59年に当拡張事業の見直しを行った。

見直しの結果、昭和70年における１日最大給水量は、4万5,000㎥程度と予想され、当初計画では余剰水ができるため、水事情に恵まれない隣接の田辺市へ１日２万㎥の分水を行うことを決め、当初計画通り事業を施行し、平成元年度に完成した。

図２　白浜町水道施設位置図

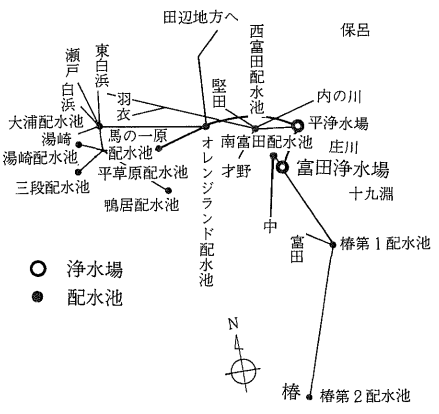
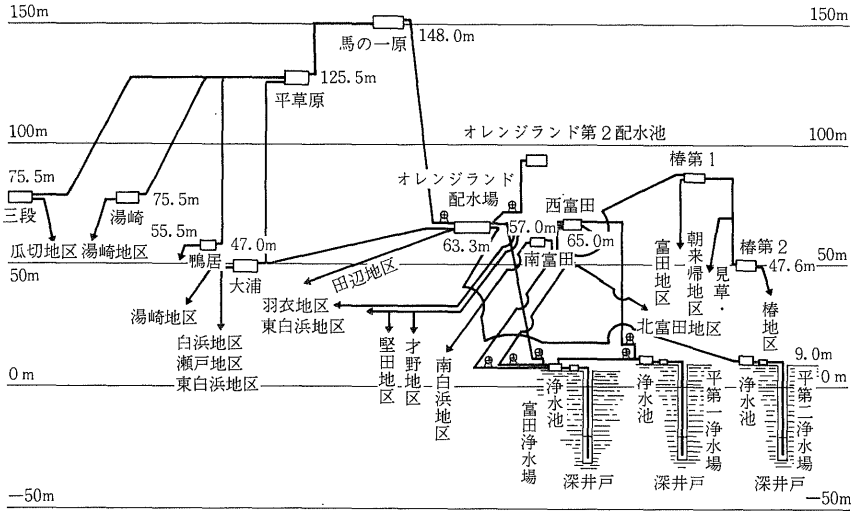


図３　白浜町下水道施設高低開係図



３．拡張事業から整備事業へ

拡張事業は、平成元年度に計画通りの完成をみたが、その間に実施した管路の整備事業について以下に述べる。

１．漏水防止対策と有収率向上の状況

当町の有収率は、表１の通り昭和56年当時は71.25％と低く、このままでは経営的にも、また、水資源の有効利用の点からも放置することができず、昭和57年に漏水調査班を編成するとともに、相関式漏水探知器を購入し、調査を進めながら漏水箇所の修理に努めた結果、昭和58年には86.77％と全国平均の82.7％を大きく上回ることができたが、その後は現状を維持していくのみで、平成７年目標有収率90％の達成は困難な状況にあり、抜本的な対策が急務となった。

表１　過去10年間の有収率の推移

年　　度	有収率 ％
昭和56	71.25
57	75.00
58	86.77
59	88.19
60	88.29
61	88.21
62	87.63
63	87.28
平成元	87.45
2	87.47

２．石綿セメント管の布設替え事業

当町において石綿セメント管は、第１次および第２次拡張事業時（昭和32年～38年）呼び径75～500mmを全長約2万6,400m布設したが、昭和55年頃から事故が頻発しはじめ、安定給水と有収率向上のために、石綿セメント管路に対してなんらかの方策が必要なことが明らかになった。

しかし、布設替えを実施するには多額の資金が必要になるため、第４次拡張事業期間中（昭和47年～平成元年）は経費の点から単独の布設替え事業は控え、下水工事などと併行した布設替えを優先したため、石綿セメント管の布設替え延長は5,900mにとどまった。表2にその間の布設替え延長を示す。

表２　石綿セメント管布設替え経過

単位 m

年　　度	布設替え延長
昭和58年度まで	779
昭和59	411
60	774
61	255
62	551
63	1,797
平成元	1,333
合　計	5,900

4．新規布設替え事業

1．現　状

当町の管布設延長は、表3の通り、平成3年4月1日現在、導・送水管で25km（φ75～φ800）、配水管で約170km（φ40～φ600）、合計約195kmである。

このうち石綿セメント管の布設延長は、表4の通り約17.2kmであり、特に呼び径300～500mmという大口径の管が延長約9.6kmと全体の56%を占めている。

これらの石綿セメント管は、すでに耐用年数を経過しており、また、起伏の激しい地形のため水圧も高く（図2参照）、漏水事故の発生も多くなっている。表5に過去の事故件数を示す。

なお、呼び径300mm、500mmの事故のうち胴体部の割れは1件のみで、他はすべて継手部の事故である。

表3　管種別布設延長〔平成3年4月1日現在〕単位 m

種　別	石綿セメント管	HIビニル管	鋼　　管	ダクタイル鉄管	計
配水管	14,965	29,670	532	125,032	170,199
導水管				2,453	2,453
送水管	2,242		692	19,613	22,547
計	17,207	29,670	1,224	147,098	195,199

表4　石綿セメント管呼び径別布設延長

〔平成3年4月1日現在〕

呼び径(mm)	延　長(m)
75	1,367
100	1,329
150	3,189
200	1,046
250	665
300	4,909
400	633
500	4,069
計	17,207

表5　石綿セメント管事故件数

呼び径 mm ＼ 年度	昭和59	60	61	62	63	平成元	計
75	5	7	2		2	1	17
100	3	2	1		1	2	9
150	3	6	1	2	2	4	18
200	2			1		1	4
250							0
300	1	2	2	2	1	1	9
400							0
500	2	3	2		2	1	10
計	16	20	8	5	8	10	67

2．新規事業の概要

第4次拡張事業の完了した平成2年度から10ヵ年の長期計画により、残存石綿セメント管を全数ダクタイル鉄管に布設替えすることとした。

事業名……石綿セメント管布設替え事業（仮称）

期　間……平成2年度～11年度

事業費……14億円（町独自財源による）

使用管種…ダクタイル鉄管A形およびK形

3．平成2年度布設替え実績

平成2年度に実施した布設替え延長を表6に示す。

表6　平成2年度布設替え延長単位 m

呼び径 mm	布設替え延長
75	553
100	68
150	868
200	579
250	241
300	66
400	0
500	918
計	3,293

５．石綿セメント管布設替え工事

１．今回実施した呼び径500㎜布設替え路線の概要

昭和36年から実施した第２次拡張事業で、布設した富田浄水場～オレンジランド配水池間の呼び径500㎜送水管（図３参照）約8,000mのうち、布設替えのすんでいない残り5,000mを計画的に取り替えることとした。

当管路は、オレンジランド配水池（10,000㎥）への重要送水幹線で、過去継手部での破損事故が多発しており、その対策が急がれていた。

平成２年度はそのスタート年であり、約900mをダクタイル鉄管で布設替えした。

写真３　呼び径500㎜布設替え道路

２．事前検討内容

１．工法と使用材料

今回布設替え予定道路は、幅員６mの幹線町道であり、交通量も多く、スムーズな施工が望まれたため、各種工法（PIP工法、PTP工法、推進工法など）を検討したが、①流量の減少が許されないこと、②地盤が岩盤であること、などの理由により、従来通りの開削工法とした。

なお、管材料は施工性がよく、耐食性もあり、強度的にも安全なダクタイル鉄管K形２種管を採用し、不平均力のかかる箇所には特殊押輪を使用するとともに、防食対策としてポリエチレンスリーブ（ＪＤＰＡ認定品）も採用することにした。

２．施工時期と工区割

すでに述べたように、当地は観光地であり、夏季シーズンの施工は困難で、シーズンの終了する９月下旬からの施工とし、年末年始をはずした昼間施工とした。

また、短期間の施工のため、工区を２分割して施工した。

３．発注方式

当町は材料確保と管理の徹底できる支給方式を採用しており、今回も材料はすべて町からの支給とした。

３．施　工

今回の呼び径500㎜送水管布設替え工事は、片側１車線の主要な町道での工事であることと、地盤が岩盤であるため、安全対策と施工の両面からかなりの制約を受けた。そのため、工事の進捗が危惧されたが、１日当たり平均２本（Ｌ＝12m）のペースで施工できた。

写真４

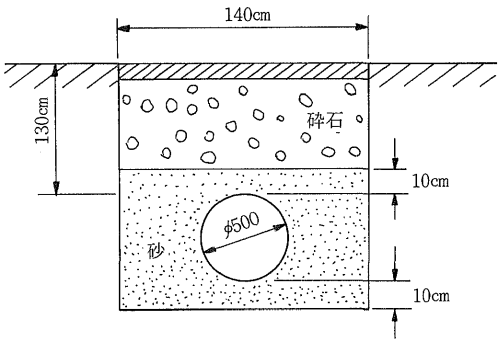


写真５

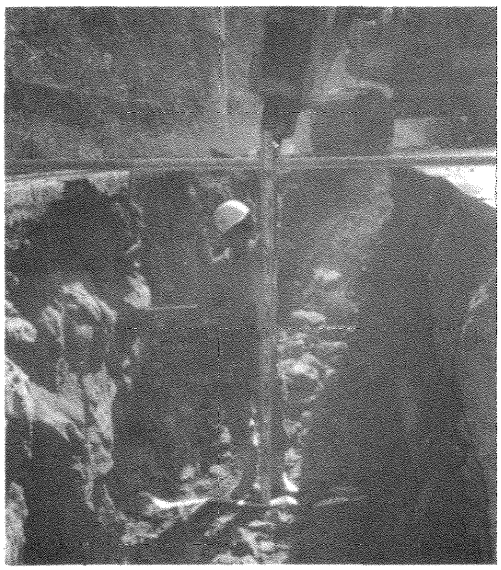
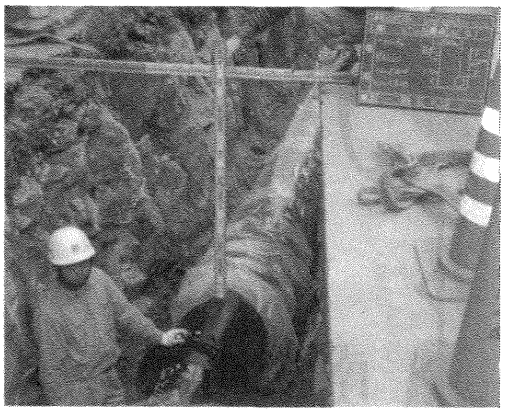


写真６



６．おわりに

平成２年度からスタートした石綿セメント管布設替事業の初年度は、当初の計画通り無事完了した。

観光地ゆえの工期的制約や岩盤による掘削工事の難渋など、種々の障害を克服しながらの工事であった。今後も多くの障害に直面するであろうが、職員全員一丸となって取り組み、スムーズな事業の推進と、早期に“ふれっしゅ水道”の達成を図りたいと考えている。

最後に、今回の工事推進に当たり、ご協力いただいた関係各位に対し改めて感謝申し上げる次第である。

5 技術レポート

南淡町でのダクタイル鉄管による管路更新

兵庫県南淡町水道課
課長　西内　桂

1．はじめに

碧い海、緑の山、光注ぐ町、兵庫県三原郡南淡町は、瀬戸内海国立公園淡路島の最南端に位置している。東は洲本市と紀伊水道に面し、南は太平洋に臨み、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。総面積87.09㎢、人口2万2,500人、給水人口は上水道で1万5,000人、簡易水道で6,000人1日平均給水量は5,700㎥/日、水道普及率は98%である。

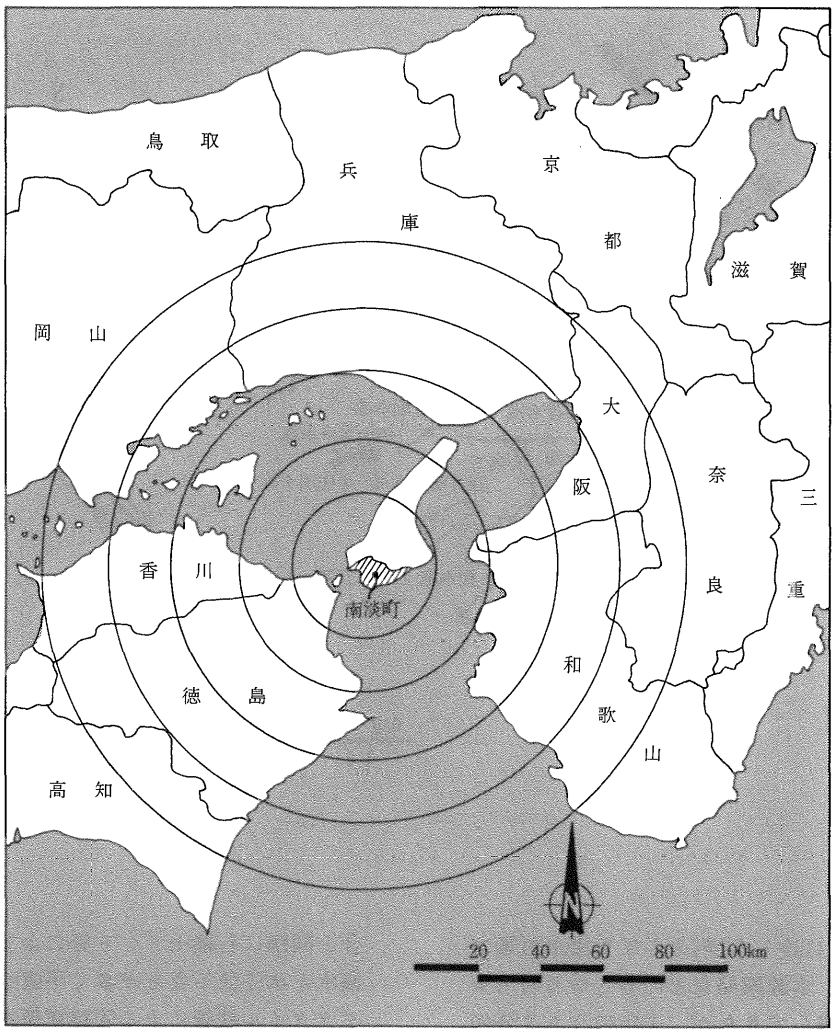
徳川時代は豊臣秀吉の家臣蜂須賀氏の領地であり、その政治下にあって南淡町の福良は藩政260余年の間、四国への南の渡り口として栄えた。しかし、昭和60年6月には大鳴門橋が開通して南淡町の門崎が本州四国連絡橋の淡路島側となり、車で僅か数分で渡れるようになった。

南淡町は豊かな歴史を誇り、淡路人形浄瑠璃や阿万風流大踊小踊をはじめ国、県の指定を受けた貴重な文化財が数多く受け継がれている。また、古代の歴史とロマンをかきたてる埋蔵文化財も数多く存在している。

沿岸部は鳴門海峡、紀伊水道を望み、岬、入江、小島、砂浜など変化に富んでおり、大鳴門橋、鳴門のうず潮、南淡海洋センター、海釣り公園、吹上浜キャンプ場、阿万海岸海水浴場、沼島など魅力ある海洋性レクリェーションゾーンとなっている。

水道事業は昭和11年の創設以来、昭和53年度まで導送配水管として石綿セメント管を主に使用してきた。しかし、石綿セメント管の耐久性や強度には問題があり、管の老朽化による漏水と水圧低下が多く発生した。そのため、昭和54年から石綿セメント管の管路更新事業を開始した。事業の実施に際して更新に使用する管種として経済性もさりながら、次

図１　位置図



世代へ可能な限りよい施設を残すという考え方を優先して検討した。

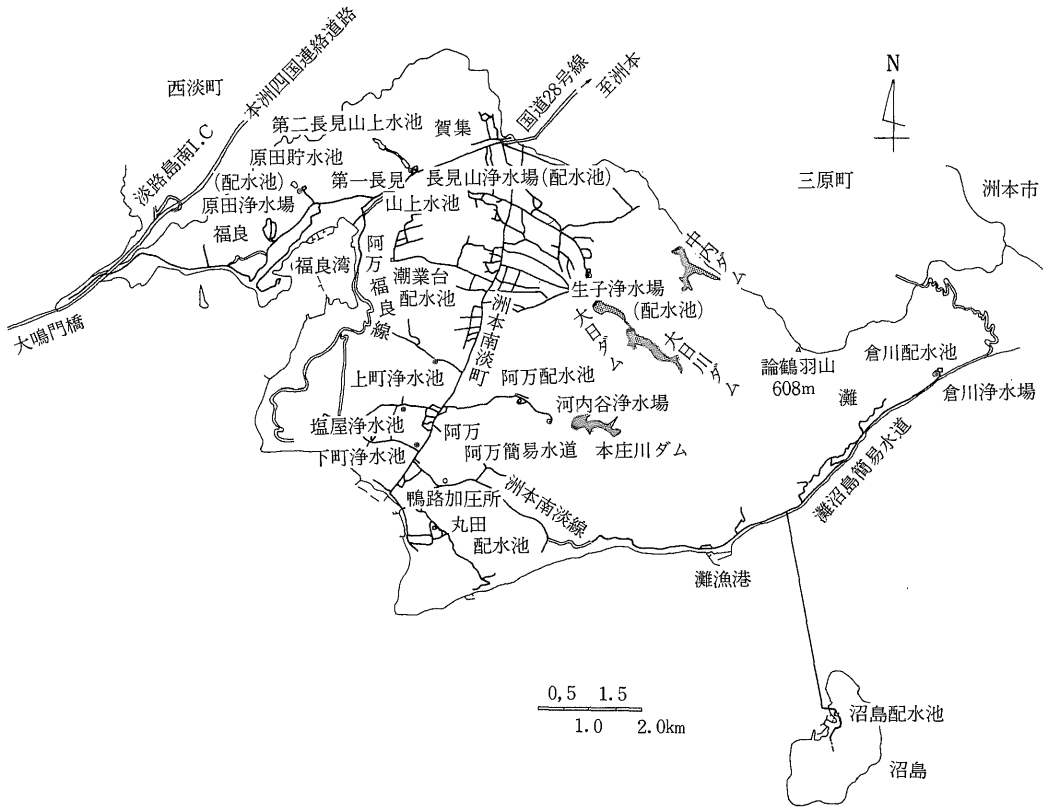
その結果、維持管理も容易で、水密性があり、耐用年数が長い強靱なパイプということからダクタイル鉄管を採用することとした。以来、今日に至るまで石綿セメント管の管路更新に、呼び径75mm以上はすべてダクタイル鉄管を使用している。水道施設の将来に高い品質の管路を残すため、少しでも役立てればと管路更新状況などいくつかの事例についてご参考までに報告する。

２．水道事業の沿革

上水道の創設は、福良地区を対象として昭和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た。昭和46年には賀集、北阿万の広域簡易水道を統合した。

創設から40数年間は、慢性化した時間給水を２年ないし３年に一度は余儀なくされてきた。特に昭和53年度には265日という長い期間にわたっての時間給水となった。各水源池は枯渇し、やむなく徳島県の小松島市や鳴門市から水運搬船を使って運搬し、１日最大運搬

図２　南淡町水道事業区域図

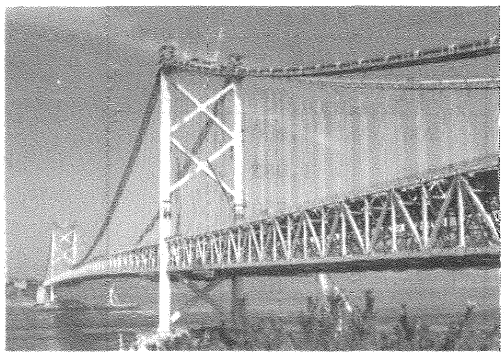


量は1,400㎥に達した。町としても渇水対策本部を設置し、水源開発などのあらゆる対応策をつくり実施してきたが、１年のうち３分の２は時間給水（最大１日６時間給水）をせざるを得なかった。そこで、どうすべきか検討の結果、昭和11年に布設した石綿セメント管による配水管は、漏水と管の老朽化による水圧低下なども非常に多く、限られた水源も有効的に活用できない状態でもあり、当時の有収水量は51％であったこともあり、配水管整備を行うことにした。それで、昭和54年４月からダクタイル鉄管による管路更新を開始し今日に至っている。現在、有収率は83％に向上した。

一方、簡易水道は阿万、仁頃、灘、沼島を対象に供給されているが、やはり上水道の場合と同様に石綿セメント管による配水管は、漏水と水圧低下などが多く平成２～４年度にダクタイル鉄管による管路更新を開始し、現在施工中である。この整備事業が完了したのち平成５年度から上水道に統合する計画である。

南淡町は、水道の水源は原田貯水池、長見山第１、２ダム、大日水系からの受水とボーリングによる地下水に頼っているのが現状である。しかし、水は町民の生活や経済、社会活動を支える貴重な資源であるとともに、地域の生活文化を育む重要な環境要素であり、今後も水源の開発、保全により安定した清浄な水を利用できるよう水道事業を進め、また、老朽管（主に石綿セメント管）の管路更新に努めていく予定である。

写真１　大鳴門橋

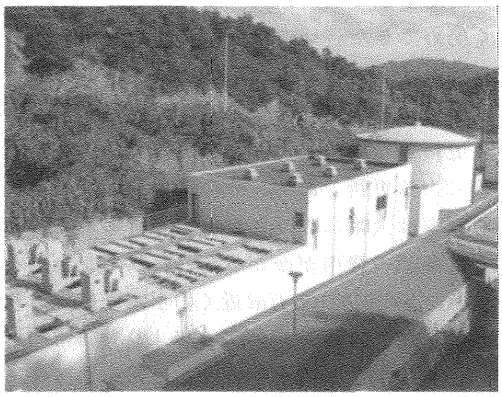


橋長1,629m の大鳴門橋の全長にわたって、本四連絡橋公団はダクタイル鉄管SⅡ形呼び径200mm配水管および100mm消火用水管の二条を添架している。

３．昭和54年度～56年度上水道の管路更新

昭和11年の創設以来、福良および賀集地区に布設された石綿セメント管を主に使用した配水管の管路更新事業としてダクタイル鉄管で布設替えした。

写真２　長見山浄水場



使用管種：ダクタイル鉄管
継　　手：A形およびK形
呼 び 径：75～450mm
延　　長：約30,000m
防食対策：　潮の干満の影響により地下水位も上下するため、管外面にポリエチレンスリーブを被せた。
　管路更新の効果：漏水が激減し、約2,000㎥の水が漏水から守られた。有収水量も51％から76％に向上した。そして、昭和56年にはあの昭和53年の異常渇水を上回る異常渇水が訪れ、島内の他の市町では２～３ヵ月の時間給水を実施したが、南淡町では安定給水を行った。

４．昭和55年度灘沼島簡易水道増補改良事業

沼島の水道は、初め深井戸を水源としていたが、昭和50年頃から塩素イオン濃度が徐々に高くなり、昭和52年には飲用には不適当な状態になった。このため昭和55年度から増補改良事業を進めた。淡路島側の灘吉野の倉川に水源を求め、最大381㎥／日の取水施設と浄水場、配水池をつくり、県道阿万灘洲本線に配水管を布設し、城方地区から海底に布設し、さらに沼島に配水池を設置し、そこから島内に配水管を布設した。

５．平成２年度～４年度阿万地区簡水の管路更新

昭和43年以来、阿万地区に布設された石綿セメント管による送配水管約28.5kmのうち、約23.0km（約81％）を３年間でダクタイル鉄管による布設替えを現在進めている。

表１　増補改良事業施工延長表

区分	管　種	呼び径(mm)	延長(m)	適　用
導水管	ダクタイル鉄管	100	60	取水施設～浄水場
送水管	ダクタイル鉄管	150	4,400	浄水場～灘城方
配水管	ダクタイル鉄管	100	1,100	沼島配水池～

表2　管路更新率表

区分	既設管(石綿セメント管)			更新管(ダクタイル鉄管)		更新率
	呼び径(mm)	布設年次	延長(m)	呼び径(mm)	延長(m)	
送水管	125	昭和43	1,630	150	700	42%
配水管	150	昭和43	1,950	200	1,950	
	125	昭和43	1,982	200	1,982	
	100	昭和43	4,848	200	750	
				150	3,698	
				100	400	
	75	昭和43	16,750	200	473	
				150	945	
				100	4,383	
				75	6,344	
	75	昭和45	1,330	75	1,330	
	150	昭和43	1,950	200	1,950	
	150	昭和43	1,950	200	1,950	
小　計			26,860		22,255	83%
合　計			28,490		22,955	81%

表3　平成2年度末の呼び径別管路延長
（簡水を含む）

単位 km

呼び径(mm)	上水道	簡易水道	合　計
50以下	30.8	8.0	38.8
75	27.8	13.7	41.5
100	7.7	6.3	14.0
125	0.6	2.3	2.9
150	13.5	3.1	16.6
200	1.5	—	1.5
250	3.3	—	3.3
300	2.2	—	2.2
350	1.0	—	1.0
400	0.1	—	0.1
450	—	—	—
総合計	88.5	33.4	121.9

6．おわりに

南淡町の水道管路更新は、昭和54年度から始まっており、石綿セメント管に代って漏水を起こしにくく、強度があり、水密性が高く耐用年数の長いダクタイル鉄管を使用し、町の財産として次の世代へ優れた管路を残すべく努めてきた。その結果、当初約80kmあった石綿セメント管が平成4年3月末には約30kmに激減する予定である。

更新した約50kmのほとんどはダクタイル鉄管による更新であり、その結果漏水は減り、有収率は大幅に改善された。更新事業には確かに多額の費用がかかるが、有収率を上げることにより年間100万㎥近くの水源が確保されたのと同じ効果があった。なによりも異常渇水時にも安定した給水を続けることができるメリットは大きい。今後も、未だ残る約30kmの石綿セメント管を完全に更新し、漏水や事故のない高度な管路を残したい。

6 技術レポート

国営宮古農業水利事業について

沖縄総合事務局
宮古農業水利事業所調査設計課
課長　八木　正広

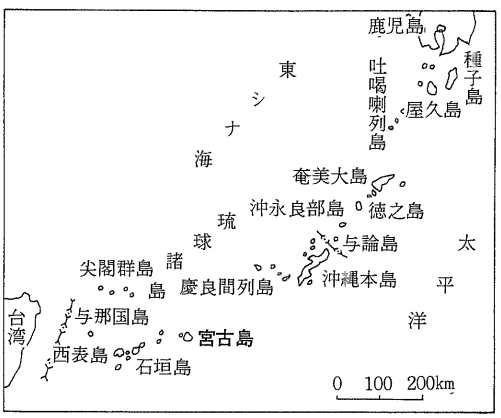
1．まえがき

宮古島は、東京の南西およそ2,000km、沖縄本島から南西約400kmに位置し、面積は159㎢、平良市、城辺町、下地町、上野村の４市町村からなる人口５万人弱の島である。(図１)

気候は、亜熱帯気候に属し、年平均気温23℃、湿度80％と高温多湿で、年平均雨量も2,200mmと多くの降水があるが、その大部分は梅雨と台風によってもたらされるため、空梅雨や台風の少ない場合は即干ばつの発生につながることとなる。戦後の干ばつで記録的なものとしては、昭和38年の137日および昭和46年の186日があるが、昭和46年の干ばつでは３月15日～9月16日の間に降水量が僅か162mmしかなく、主要作物である砂糖きびの収量も1.2t/10a(平年6.0t/10a)と、宮古島の農業は壊滅的な打撃を受けた。

これを契機に国は、昭和47年農業用地下水調査を開始し、昭和49年からは地下ダム建設の技術開発を目的として実験地下ダムの適地選定、止水壁工法など具体的な検討にはいった。これらの検討結果をもとに、昭和52年10月に城辺町皆福地点において実験地下ダム建設に着手、昭和54年３月には総貯水量70万㎥の皆福地下ダムが完成した。これにより琉球石灰岩地帯では、地下ダムが水源開発の手段として有効であり、技術的にも可能であることが確認できた。これを受けて昭和62年10月地下ダムを水源とした国営かんがい排水事業宮古地区がスタートし、平成２年２月には地下ダムに係わる工事を農用地整備公団に移管し、国営・公団営の２本立てで事業の進捗を図ることとなった。

図１　位置図



２．地形・地質の概要

宮古島は、島全体がサンゴ礁の隆起した琉球石灰岩で覆われた平均標高60m の平坦な島である。

この平坦な地形の中で、北西から南東に向かう数条の高まりが見られるが、これは断層の分布を示すものである。地層は、表面を厚さ0.7m 程度の耕土(島尻マージ：琉球石灰岩の風化土)が覆い、その下部に空隙性に富み、透水性のよい琉球石灰岩層が50～60m の厚さで堆積し、その下部に地下ダム貯留水の器となる不透水性基盤(島尻泥岩)が占めている。断層により３層がそのまま段差を生じ、不透水性基盤はＶ字谷を形成することとなった。(図２、３)

図２　宮古島の地下谷

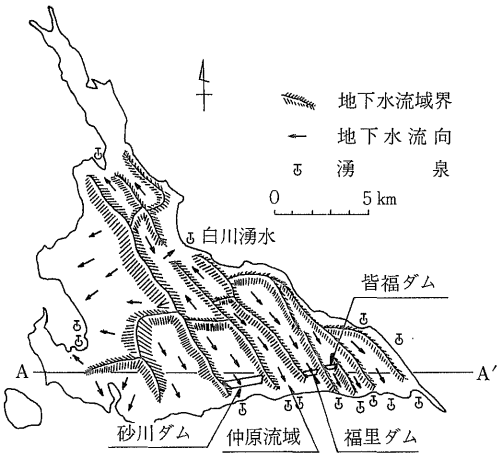
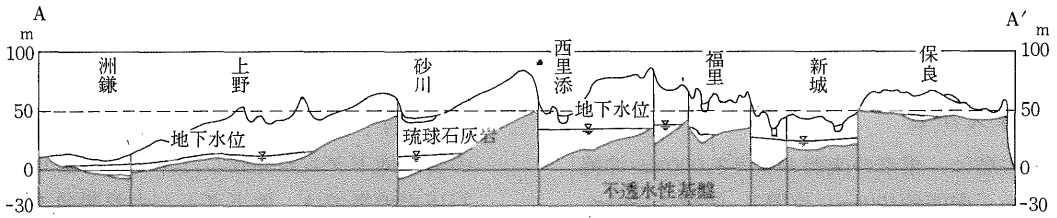


図３

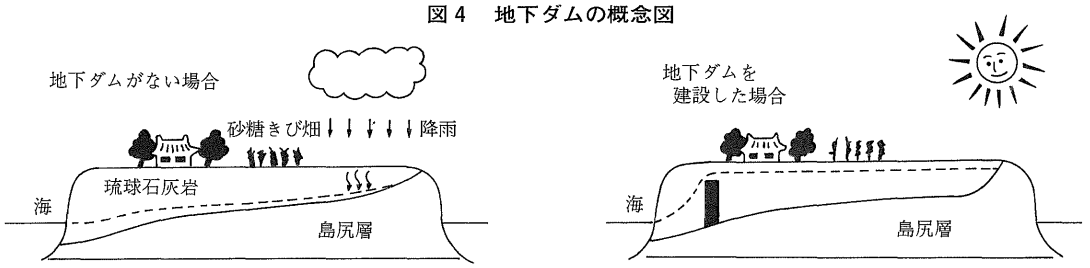


不透水性基盤標高は島の中央部がやや高く、海岸部に向かって低くなっているため、島の中央部東西方向のラインが地下水の分水嶺となっており、これより北側に降った雨は地下に浸透し、不透水性基盤のＶ字谷に沿って北海岸へ、同じく南側へ降った雨は南海岸へ流出し、海岸部で湧出することとなる。このような水はけのよい地質構造のため、降雨はただちに地下に浸透し、その結果宮古島には「川」が存在せず、一方、海岸部には無数の湧水が存在し、絶えることなく地下水を湧出させている。宮古島は年間2,200mmの降雨があり、これは全島で3.6億㎥の水量に相当するが、このうちの40％(1.4億㎥)は地下に浸透し、毎日20万㎥以上もの地下水が海岸部で湧水として海へ流出していると推定されている。

３．地下ダムの概念

宮古島の地下ダム構想は、不透水性基盤のＶ字谷を海岸付近で止水壁により締め切り、地下の琉球石灰岩の空隙に地下水を貯めようというものである。(図４)

図４　地下ダムの概念図



宮古島で建設する地下ダムの特徴としては、以下の点が上げられる。

① 止水壁が壊れた場合でも、貯留水が下流に逃げるだけで、地上ダムのように下流の人命・家屋に対する危険はない。

② 琉球石灰岩は岩盤としての強度が大きく、地下水位の上昇、下降に伴う地盤沈下、地滑りなどの心配がない。

③ 地表部は地下での貯水の影響を受けないので、今まで通りの利用ができる。

④ 直接日光が届かない地下に貯水するため、プランクトンなどの発生による水質悪化は起こらない。

4．国営かんがい排水事業宮古地区の概要

本事業は、「水無し農業」からの脱脚を図るため平良市外2町1村の8,400haの畑地に対しかんがいを行うものである。

このため国営事業では、仲原および皆福地下ダムの取水施設とパイプライン、ファームポンドなどの末端支配面積50ha以上の基幹施設を新設するほか、公団営事業では砂川および福里地下ダム（取水施設を含む）を建設し、県営事業と団体営事業では、末端の畑地かんがい施設とほ場整備を実施する（表１）。なお、地下ダムの概要は表２の通りである。

表１

	事業主体	事業内容	事業費(億円)
事業の内容	国営	用水路 135.1 km 加圧機場 8ヵ所 ファームポンド 7ヵ所 水管理施設 1式	218
	公団営	地下ダム 2ヵ所	272
	県営 団体営	末端畑地かんがい施設 8,394 ha ほ場整備 3,140 ha	400
	合計	(事業費は、昭和61年ベース)	890

表２

地下ダム名	砂川ダム	仲原流域	福里ダム	皆福ダム
止水壁型式	連続壁型 注入型	−	連続壁型 注入型	注入型
堤高(m)	49.0	−	52.0	16.5
堤長(m)	1,835	−	1,720	500
締切断面積(m²)	43,800	−	32,000	4,800
非締切断面積(m²)	42,700	−	22,300	7,000
天端標高(m)	31.0	−	46.0	33.0
越流余裕高(m)	13.0	−	4.0	8.0
流域面積(km²)	7.2	−	12.4	1.2
満水面積(km²)	4.89	−	7.00	0.90
総貯水量(千m³)	9,500	−	10,500	700
有効貯水量(千m³)	6,800	−	7,600	400
利用量(千m³)	8,800	3,600	11,000	600

※仲原流域は、常時水位が高いためダムをつくらず、直接取水する。

これによって干ばつの心配がなくなり、収量の高位安定と品質の向上を図るとともに、新しく水を使った収益性の高い作物および優良品種への切り換えが可能になり、併せて区画整理を行うことにより大型機械作業体系の確立を図り、労働力の節減を図るものである。

5．皆福地下ダムについて

皆福地下ダムは、硫球石灰岩地帯での地下ダム建設の技術開発を目的に昭和52年10月から54年３月にかけて建設された実験地下ダムである。

皆福地下ダムでは、地下水流をせき止める

止水壁を注入工法で建設した。この工法は、地上から水を通さない層（不透水層）までボーリングで穴をあけ、そこからセメントミルクなどを圧力をかけて注入する方法である。こうするとボーリング孔の周りの石灰岩は圧入されたセメントミルクによってすき間が充てんされ、水を通しにくい性質となる。穴を止水壁をつくる場所に連続的に配列することによって、地下に水を通さない止水壁をつくることができる(図５)。

こうしてできた止水壁によって、貯水域内の地下水位は一気に数mも上昇した。図６に止水壁の直上流と直下流の２ヵ所の観測地点における地下水位の変化を示す。

皆福ダム完成後実施した取水試験でわかったことは、次の通りである。

① 地下ダムは、かなり長期の無降雨のあとでも越流状態を保っており、その水利用にあたっては、満水面より上の水もかなり見込むことができる。

② 長期の無降雨のあとでも、地下水が供給され続けており、その量は1日1.2～1.7mm程度と見積られる。

③ 取水量、水位低下量などから皆福ダム貯水域の琉球石灰岩の平均的な有効間隙率（これを「貯留率」という）を計算すると10％となる。また、これから算出される皆福ダムの総貯水量は約70万㎥となる。

④ 地下水位が低下すると、取水施設の能力も低下する。

以上のような皆福地下ダムの成果を受けて、宮古島全域の畑を対象とした国営宮古地区かんがい排水事業がスタートした。昭和55年から58年に調査計画、昭和59年から61年に全体実施設計を完了し、いよいよ昭和62年から着工されることになった。

図５　止水壁建設注入孔配置図

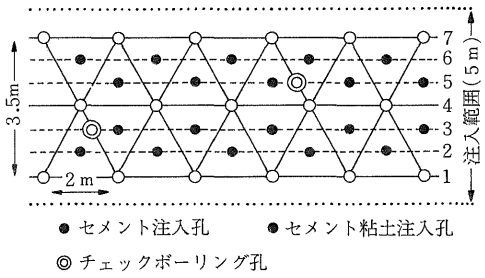
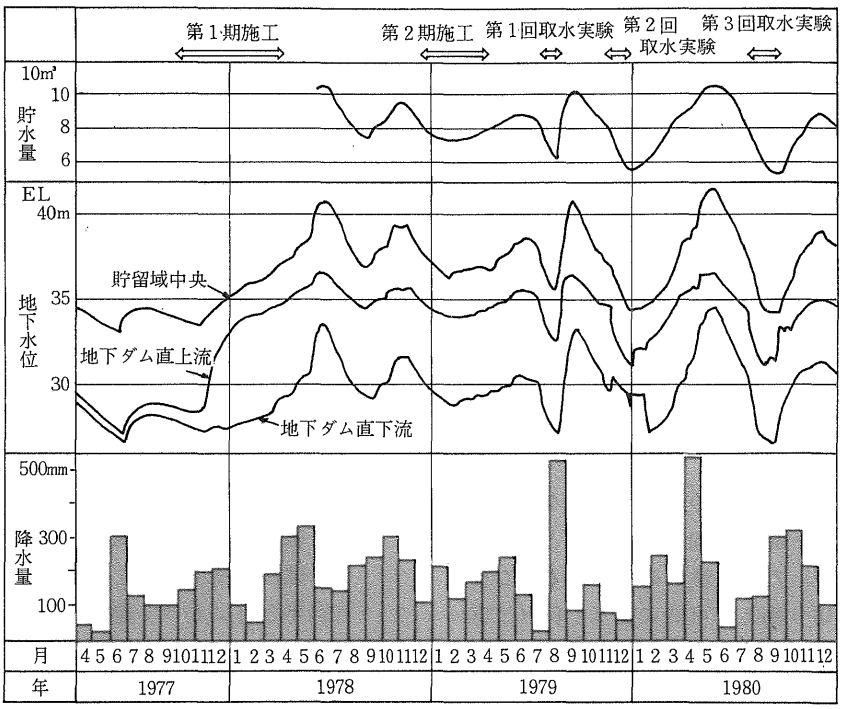


図６　皆福ダム地下水位変化図



6．砂川地下ダムについて

砂川地下ダムは、皆福地下ダムの成果を受けて昭和63年より建設工事に着手した世界的にも類を見ない大規模な地下ダムであり、現在は農用地整備公団により鋭意工事が進められている。

当地下ダムの止水壁は、ソイルミキシングウォール（Soil Mixing Wall:SMW）工法を採用しており、その施工手順を図７に示す。

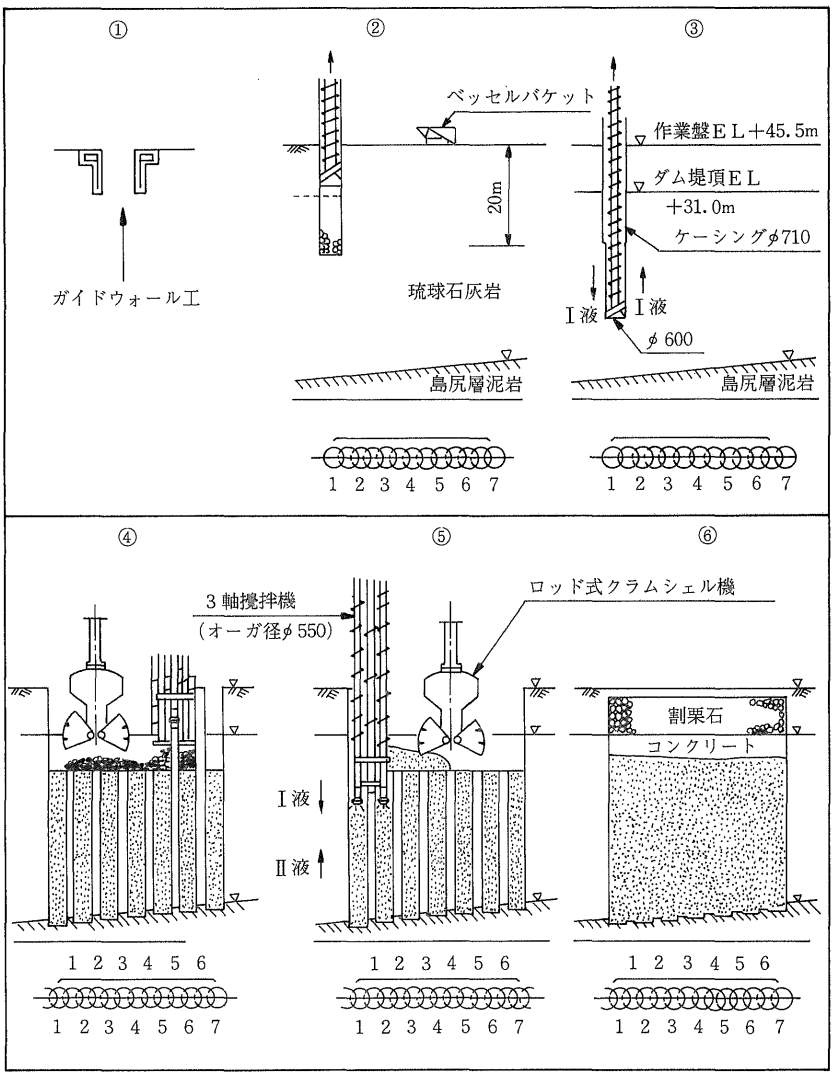
①仮　設　工：ダム軸の通りの明示、削孔錐の芯出し、錐位置における受台、表層部の崩壊防止を目的にガイドウォールを設置する。

②ケーシング削孔：ケーシング内にオーガーを挿入し、深さ20ｍまで掘削排土する。

③先行削孔：ケーシングをガイドにし、１本のオーガーで所定の深度まで注入液（Ⅰ液）を使用して90cm間隔で掘削する。排土を行わないため穴の中は破砕された琉球石灰岩とスラブ混合液が残るが強度、透水係数は期待できない。

④越流部切崩し：90cm間隔で掘削して残った部分を深さ20ｍまで掘削排

図７　止水壁作業手順図



土する。

⑤三軸削孔：即に90cm間隔で削孔された部分を三軸両側オーガーのガイドとして残った部分を所定の深度まで注入液(Ⅰ液)を使用して掘削する。

⑥越流部埋戻し：止水壁の築造は、施工時の混合工の上昇による越流部の目詰まりを防止するため設計天端より低く抑えた。そのため、設計止水壁天端までその不足分をコンクリートにて仕上げを行い、その後越流部は透水性のよい琉球石灰岩割栗石にて埋め戻す。

⑦原位置攪拌：三軸削孔が所定の深度に達したら、注入液を固化用（Ⅱ液)に切り換え、オーガー先端から吐き出し、先に破砕した琉球石灰岩および掘削用注入液(Ⅰ液)と攪拌混合する。攪拌混合されたものは次第に固化し、28日後には透水係数および強度を満足する。

工事は右岸側最深部より着手し、止水壁は全延長1,835m のうち平成２年度までに470m が完成している。

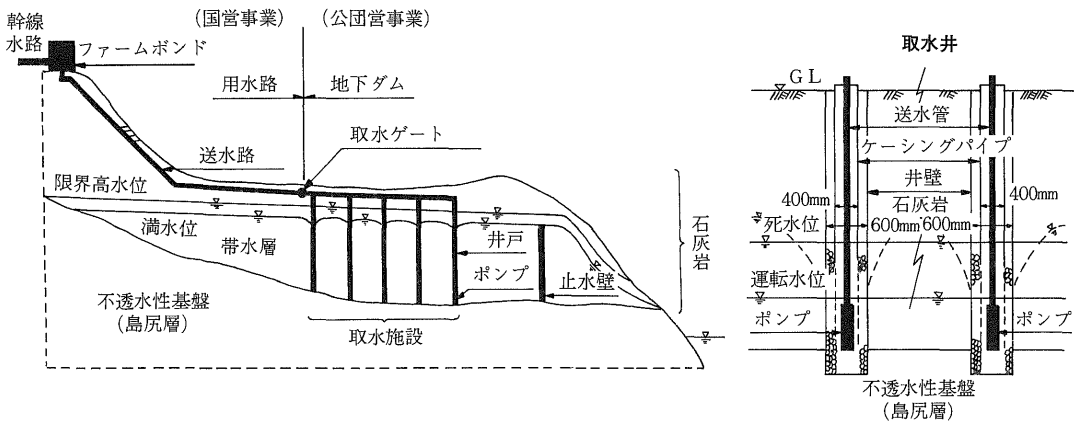
7．取水施設計画

これらの地下ダムにより地下水を貯留し、地下水位を高めたところに水中ポンプを設置する。

水中ポンプは、能力2,000㎥/日･台のものを4流域に合計254台設置する。ファームポンドまでは１本の送水管に数十台の水中ポンプをぶら下げる多点注入の直送方式で送水する。（図８)。

また、水管理、施設管理の簡便化と経済的受電の観点から､254台の水中ポンプは複数の台数ごとに群分けされ、あたかも１台のポンプを運用するようにON-OFF指令で群内の全ポンプが作動一停止を行い、期別の必要水量の変動に合わせて作動群数を変動させるシステムとしている。

図８　群井方式概念図



8．事業の進捗状況

国営事業としては、西歴2000年の事業完了を予定している。平成２年度までに事業費ベースで約20％の進捗をみており、ファームポンドは２ヵ所、管水路は8.5km(うちダクタイル鉄管部は6.5km)完成した。

この管水路は砂川ダムを水源とし、東山ファームポンドへ送水する東山送水路(φ700×約1,500m)、野原岳ファームポンドへ送水する野原岳送水路(φ900×約3,000m) ならびにファームポンドと受益地を結ぶ幹線水路である。平成元年度から布設を開始したが、施工はスムーズで順調に進捗している。管水路の標準断面図を図９に示す。また、その施工状

況を写真1～4に示す。

ダクタイル鉄管の特徴としては、

① 接合が容易で施工性がよい。

② 遠距離の海上輸送にも耐え、トラブルがない。

③ 強度に優れ、衝撃に対して安心である。

ことなどが上げられる。

図9　標準断面図

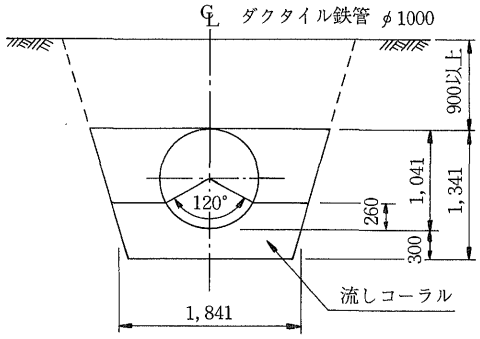


写真1　呼び径1000㎜ダクタイル鉄管置場での検査

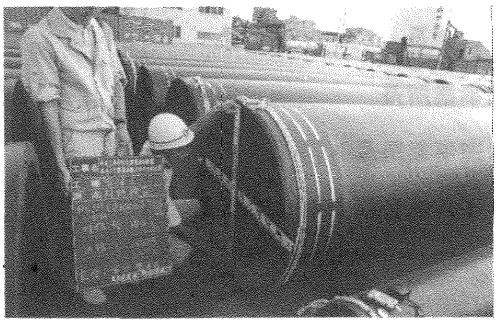
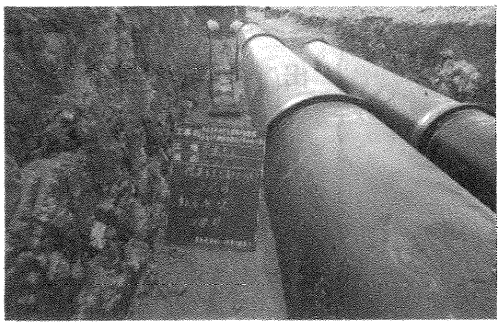


写真2　呼び径1000㎜、700㎜ダクタイル鉄管の布設

写真3　管底部のつき固め

写真4　管側部の転圧



9．おわりに

川がなく、台風銀座の宮古島、一見非常な悪条件に見えるが、地下水は豊富で地形は平坦、表層地質の島尻マージは水はけがよく、畑作に適した土壌である。

すでにウリミバエの根絶により、内地に向けて農作物の出荷は可能となり、宮古郡民あげての努力により先島離島では唯一東京直行航空便就航を果たし、東京圏の大消費地を眺んだフライト農業が実現しつつある。

さらには、大阪直行航空便も関西新空港開港に伴い実現の可能性もあり、宮古島をとり巻く経済・流通システムも1990年代に大きく変革しようとしている。このような状況の中、近年需要が増大している熱帯野菜、熱帯果樹だけでなく、野菜・果物、穀物についても、石油をたく必要のない温い気候と本事業で可能となる適期かんがいにより産地化の可能性は高く、本事業が完成する西歴2000年には一大農業立島として躍進する宮古島の姿がそこにあるのではないだろうか。

ダクタイル鉄管第50号

平成3年5月

技術レポート

都城市における ダクタイル鉄管による 管路更新事業

都城市水道局工務課
係長　堀川　渉

1．はじめに

都城市の配管網は、導・送・配水管を通じて、昭和30年の創設から昭和50年頃まで石綿管を主に使用し、配管総延長約962kmのうち、約204km（約20％）が石綿管である。そのために昭和50年代の後半から石綿管の老朽化による漏水が多発している。

このような状況の中で、とりわけ老朽化が高く、低耐圧管である石綿管の見直しが必要となった。そして、年々増加する交通量なども考え合わせ、高耐圧管で強靭性、耐久性に優れ、また、継ぎ手の伸縮、可とう性を十分発揮できるダクタイル鉄管の採用が必要となってきた。

ダクタイル鉄管の採用に当たっては、高価格なため採算性、施工性の問題点が協議検討され、第２次拡張事業を機に導・送・配水管の大口径管に使用されてきた。

さらに、第３次拡張事業では、呼び径75㎜以上の配管にダクタイル鉄管を使用し、並行して漏水多発路線と道路改良や下水道工事などとの同時施工で老朽管の布設替えを実施した。

管種としては、大口径を除いてＴ形３種管を使用している。

2．水道事業の沿革

都城市は、宮崎県の南西、鹿児島県の県境に位置し、「人が元気、まちが元気、自然が元気」のサブスローガンを掲げるウェルネス宣言都市で、市の北西に高千穂の峰と韓国岳を眺める霧島山系、東には鰐塚山を中心に東岳山系の両山系に囲まれた盆地にある。

このために両山系を源とする地下水に恵まれ、以前から飲料水として地下水（深井戸、浅井戸、湧水）を使用してきた。また、水質も良質で水道水としては全国でも「おいしい水」のひとつに選ばれている。

図１　都城市水道事業区域図

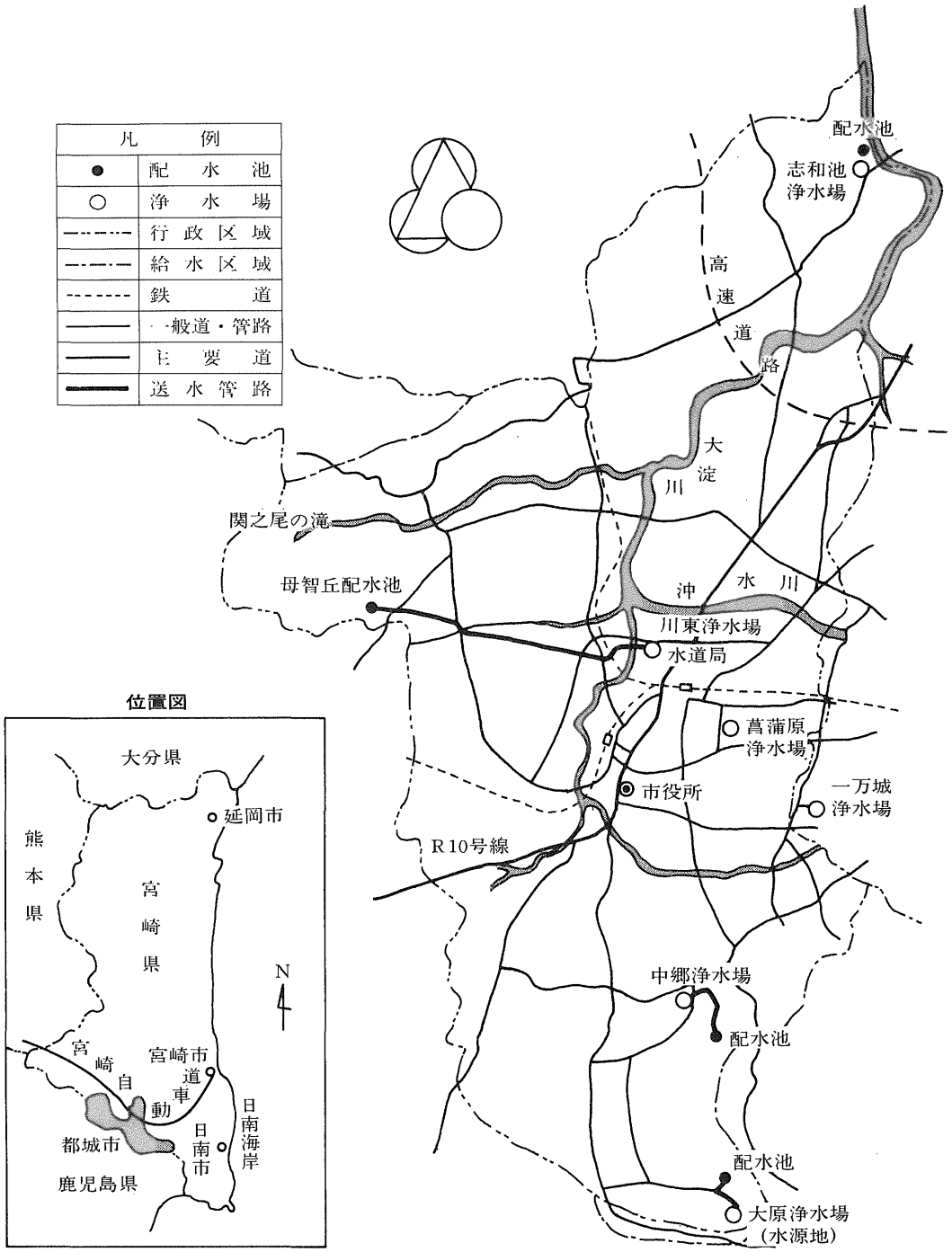
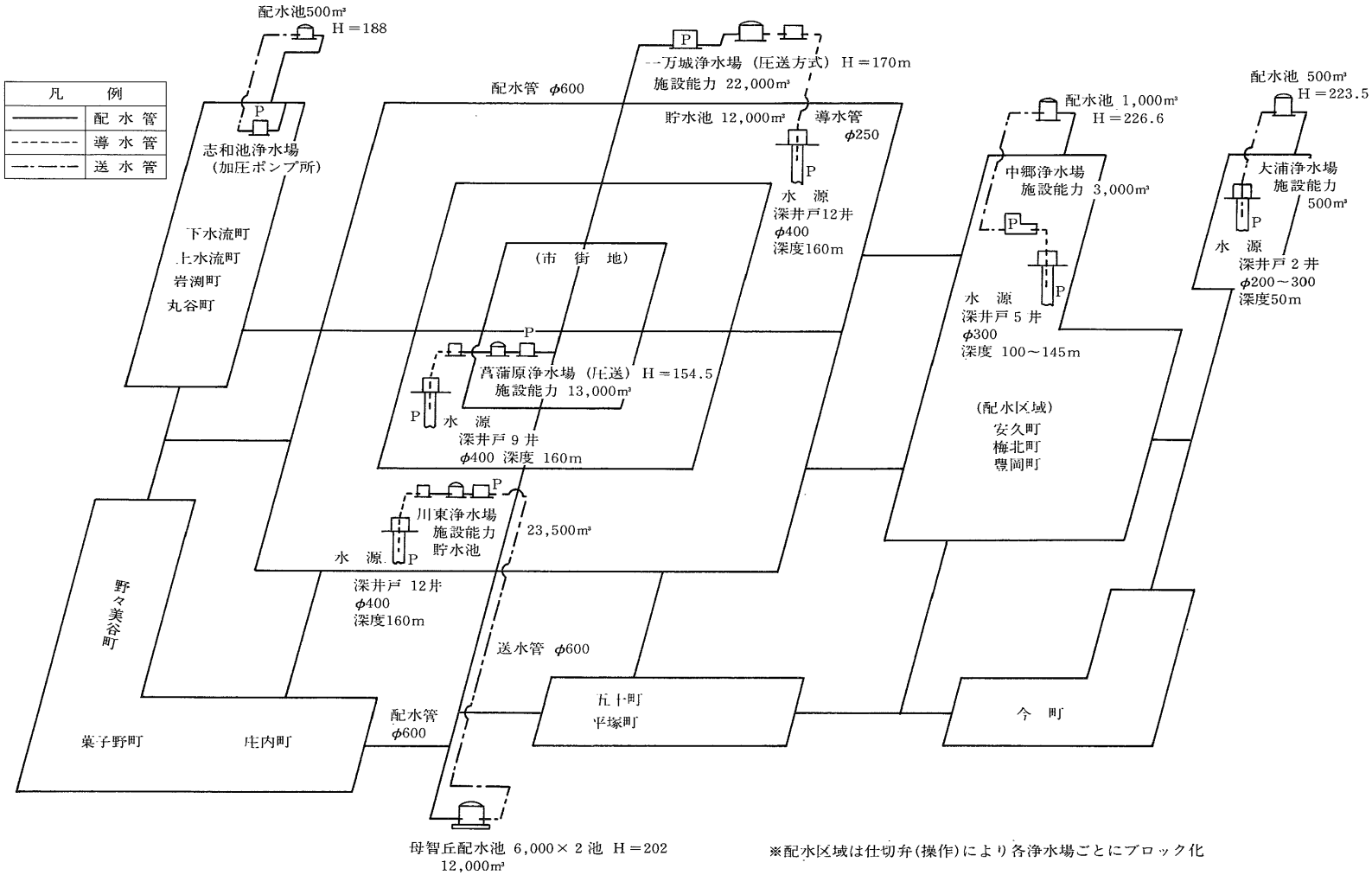


図２　都城市水道施設概略図



※配水区域は仕切弁(操作)により各浄水場ごとにブロック化

本市の水道は、この地下水（深井戸）を水源とし、創設から現在まで使用している。

創設事業（菖蒲原浄水場）は、昭和30年に給水人口４万5,000人、１人１日最大給水量200ℓ、１日最大給水量9,000トンの計画で着工し、翌年に給水開始している。

その後、市政の発展に伴い第１次拡張事業（川東浄水場）を昭和37年より給水人口７万5,000人、１人１日最大給水量240ℓ、１日最大給水量１万8,000トンの計画で実施し、昭和42年に竣工した。

さらにその後、生活水準の向上などに伴い、水の需要量は増加の一途を辿り施設能力に支障を来すこととなった。このため昭和47年度より、第２次拡張事業を実施し、併せて水道事業の広域的な運営を計るために中郷地区および庄内地区簡易水道の統合を行い、給水人口10万500人、１人１日最大給水量460ℓ、１日最大給水量４万6,150トンに計画変更し、昭和52年に完了した。

しかし、その後、創設時の水源と浄水施設（各浄水場）などが老朽化し、併せて市民生活の多様化と近代化による水需要の急激な伸びなどが重なったため、さらに施設の拡張が必要となった。

そこで、昭和55年度より第３次拡張事業の一端として一万城浄水場の建設と同浄水場系統の導・送・配水管の布設工事に着手し、昭和59年に完工した。

しかし、同時に給水区域外の造成団地より水道施設の要望が発生した。

このため市の生活環境課（一般会計）と協議調整などを行い、この区域を上水道に取り入れることとなった。

この造成団地は、上水道の給水区域から500m以上離れていたことと、自家水の浅井戸が年々水量不足になったことから、昭和63年度より第３次拡張変更事業の一端として無水源簡易水道事業の配水管の布設工事に着手し、平成元年度に完工した。

なお、昭和63年に施設能力を見直して、縮小変更した第３次拡張事業は給水人口13万5,000人、１人１日最大給水量459ℓ、１日最大給水量６万2,000トンで、現在この計画諸元に沿い、平成９年度を目標にして水道事業を進めている。

３．創設から第１次拡張事業までの配管材料

（昭和30年～41年）

本市は、昭和30年創設から第１次拡張まで、呼び径75㎜以上の配水管および導・送水管に石綿管、呼び径50㎜以下に硬質塩化ビニル管、ポリエチレン管そして一部添架に鋼管が使用された。また、拡張事業で統合した簡易水道の配水管も創設が昭和38年代であったため石綿管を使用している。

４．第２次拡張時代の配管材料

（昭和42年～52年）

昭和42年から50年にかけては石綿管がかなり布設されたが、第２次拡張事業（昭和47年～52年）の配管網（新設管）で送水管の呼び径600㎜、導水管の呼び径250㎜、そして配水管の呼び径300～600㎜の主管網にダクタイル鉄管が使用された。

また、道路改良工事や下水道工事と並行して老朽管（主に石綿管）の布設替えをダクタ

表１　管種別延長総括表

平成２年３月31日現在（単位 m）

種　別	石綿管	硬質塩化ビニル管	ポリエチレン管	鋼　管	ダクタイル鉄管	合　計
配水管	193,376	428,655	53,616	12,897	229,140	917,684
導水管	9,204	1,395	0	965	22,122	33,686
送水管	1,805	769	0	243	8,502	11,319
計	204,385	430,819	53,616	14,105	259,764	962,689

イル鉄管と硬質塩化ビニル管で行っている。そして、昭和52年に石綿管の使用を全面的に中止した。

5．第３次拡張時代の配管と更新事業

（昭和53年～59年）

第３次拡張事業（昭和55年～59年）では、呼び径75㎜以上にダクタイル鉄管を使用し、約100㎞を布設している。内訳として呼び径100～600㎜の配水管と250㎜の導水管にダクタイル鉄管が使用されている。そのうちの約20㎞が石綿管を含む老朽管の布設替えである。

6．配水管整備事業による管路更新事業

（昭和60年～平成元年）

昭和57年頃から石綿管の老朽化による漏水が多発し始めた。特に上水道に統合した簡易水道の配管に老朽化が進み、この対応（漏水調査、修繕）に苦慮した経緯がある。

このようなことで、昭和60年から配水管の整備事業に着手した。実施については、まず漏水調査などを行い、漏水路線のうち緊急度の高い路線から実施した。この結果、かなり効果（有収率）が上がっている。実績として年間約10㎞の老朽管（主に石綿管）をダクタイル鉄管に更新しているが、完了までに今後約20年間かかる見込みである。

なお、更新事業は高額の予算が必要であり、水道事業の運営に支障となることから、この件に関しては厚生省の補助基準緩和を期待したい。

表２　過去10年間の有収率実績

単位 ％

年　度	有収率	備考（事業名）
昭和55年	79.1	第３次拡張事業
56年	81.3	〃
57年	80.2	〃
58年	80.9	〃
59年	83.8	〃
60年	86.0	配水管整備事業
61年	86.8	〃
62年	87.8	〃
63年	89.5	〃
平成元年	89.9	〃

表３　配水管整備事業による石綿管の更新延長（昭和60年～平成元年）
（石綿管からダクタイル鉄管に更新）

単位 m

	更新延長	主な事業内容
昭和60年	10,585	旧中郷簡水の老朽管布設替え（送水管、配水管）
61年	13,409	同上（配水管）
62年	14,267	下水道工事との並行工事（老朽管布設管）
63年	9,092	下水道、道路改良との並行工事（老朽管布設替）
平成元年	7,682	同上
計	55,035	導水管、送水管も含む）

表４　過去５年間のダクタイル鉄管の布設延長
（配水管整備事業）

単位 m

昭和60年	61年	62年	63年	平成元年	合計
20,174	20,133	21,733	16,733	17,558	96,331

（新設、布設替え……配水管、導水管、送水管含む）

７．管路更新事業

(1)　鷹尾319号線配水管布設工事

—平成２年度—

工事内容　道路改良工事と並行して石綿管の呼び径100㎜をダクタイル鉄管の呼び径150㎜に布設替えした。

延　　長　206m

管　　種　Ｔ形３種管
（既設石綿管—昭和33年度布設）

効　　果　同時施工による舗装工事と路盤工の節減（経費節減）

写真１　鷹尾319号線での配管状況

(2)　花繰通線配水管布設工事

—平成２年度—（単独事業）

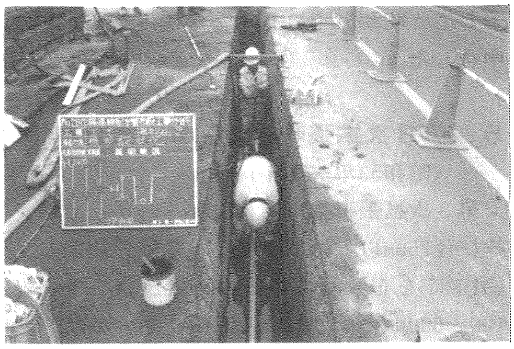
工事内容　石綿管の老朽化（漏水多発）による布設替え工事
石綿管呼び径100㎜をダクタイル鉄管の呼び径100㎜に布設替えした。

延　　長　325m

管　　種　Ｔ形３種管

効　　果　漏水防止

写真２　花繰通線での配管状況



８．今後の管路更新

本市の管路は、前にも述べた通り、石綿管（老朽管）が約200km残っており、この更新が急務となっている。今後も「強い水道」としての施設づくりを目標に管路更新を継続して実施したい。以下は、今後の更新事業に対する目標と課題である。

(1)　年間計画として、約10kmの石綿管をダクタイル鉄管に更新する。

(2)　経費の節減を図るため、公共工事（道路改良、下水道工事）などとの並行工事を推進する。

(3)　災害（地盤沈下、地震）などに強い管路づくりを実施する。（ＳⅡ形ダクタイル鉄管などの使用）

(4)　土質および水質による腐食と電食に強い配管材料の採用と防食工法の検討を行う。（ポリエチレンスリーブの採用）

(5)　道路および構造物の保全のため、開削工法と施工法の改善を図る。

最後に、この管路更新事業によって、漏水防止の効果を上げ、本市の目標である有収率94％を早期に実現したい。

また、水道事業の目的でもある「清浄で安定した水の供給」に努めたい。

2. 技術レポート

波佐見町でのダクタイル鉄管による管路更新

長崎県波佐見町水道課
施設係長　長与誠人

1．はじめに

波佐見町は長崎県のほぼ中央、東彼杵郡の北部に位置し、長崎県佐世保市、川棚町、佐賀県武雄市、嬉野町、山内町と接し、長崎県では数少ない海のない町である（図１参照）。農業を主とする第１次産業と、陶磁器を主とする第２次産業および陶磁器販売業を主とする第３次産業が中心である。

水道事業は昭和33年に創設以来、昭和47年度まで導送配水管に使用する管種として石綿セメント管を主に使用してきたが、管体強度と耐久性に問題があり、昭和48年度から石綿セメント管の管路更新を開始した。更新に際して使用する管種を検討した結果、水密性があり、管体強度が優れ、耐用年数が長いダクタイル鉄管を選定した。水道施設の将来を考えて品質の高い管路を残すことにしている。以下、当町の水道事情と管路更新状況などいくつかの事例についてご参考までに報告する。

2．水道事業の沿革

波佐見町の水道の沿革は主産業の窯業の発展と関係がある。波佐見焼は現在、和用食器の全国生産額シェアが16％で全国第３位となっている。波佐見焼は大村藩主大村喜前公が朝鮮から帰国する際に陶工李祐慶らを伴って帰国し、慶長４年（西暦1599年）波佐見村（現在は町）の村木地区に窯を築いたのが始まりである。初めは粘土で陶器を焼いていたが、川棚川をさかのぼって三股や井石に陶石を発見し、磁器の焼成に成功した。そして、明治の初期に原料が三股陶石から熊本県の天草陶石に変わり、生産量は次第に増加した。今日、年間約200億円の生産高を示している。400年の歴史と伝統を守り、手作り、手がきの高い技術が認められ、昭和53年２月に国の伝統的工芸品の指定を受けている。

陶磁器の原料を粉砕し、水槽内で水ひする（振るい分けする）のに大量の水が必要である。波佐見町は、山々に囲まれており、川棚

図１　波佐見町位置図

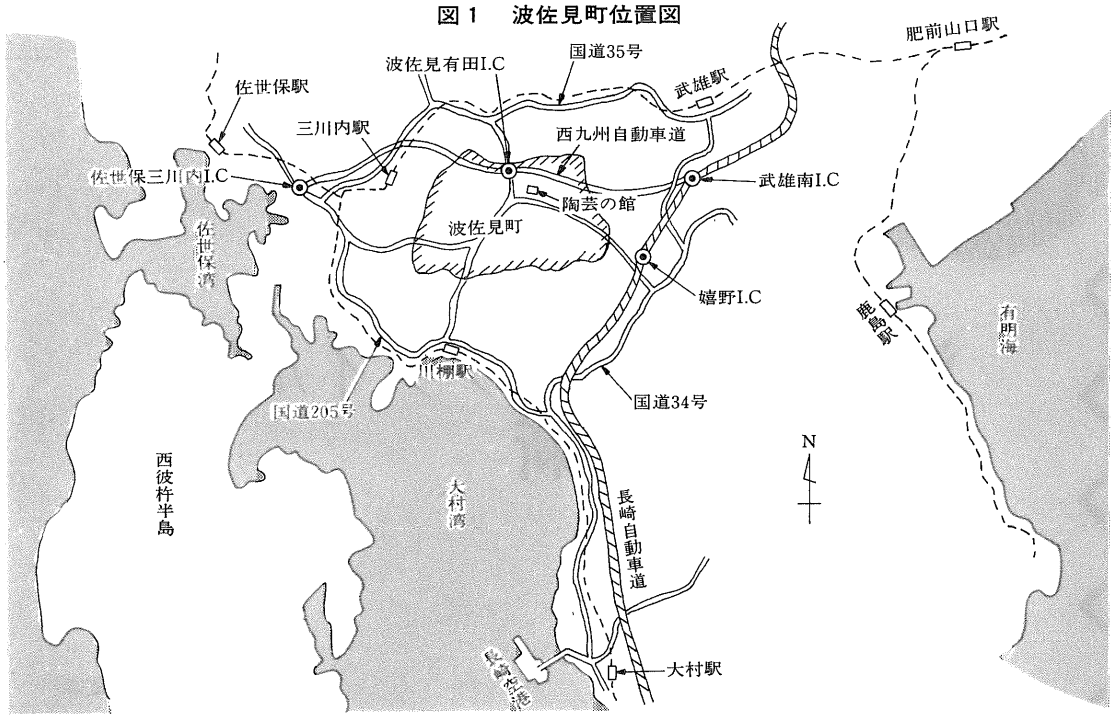


図２　湯無田浄水場施設概要

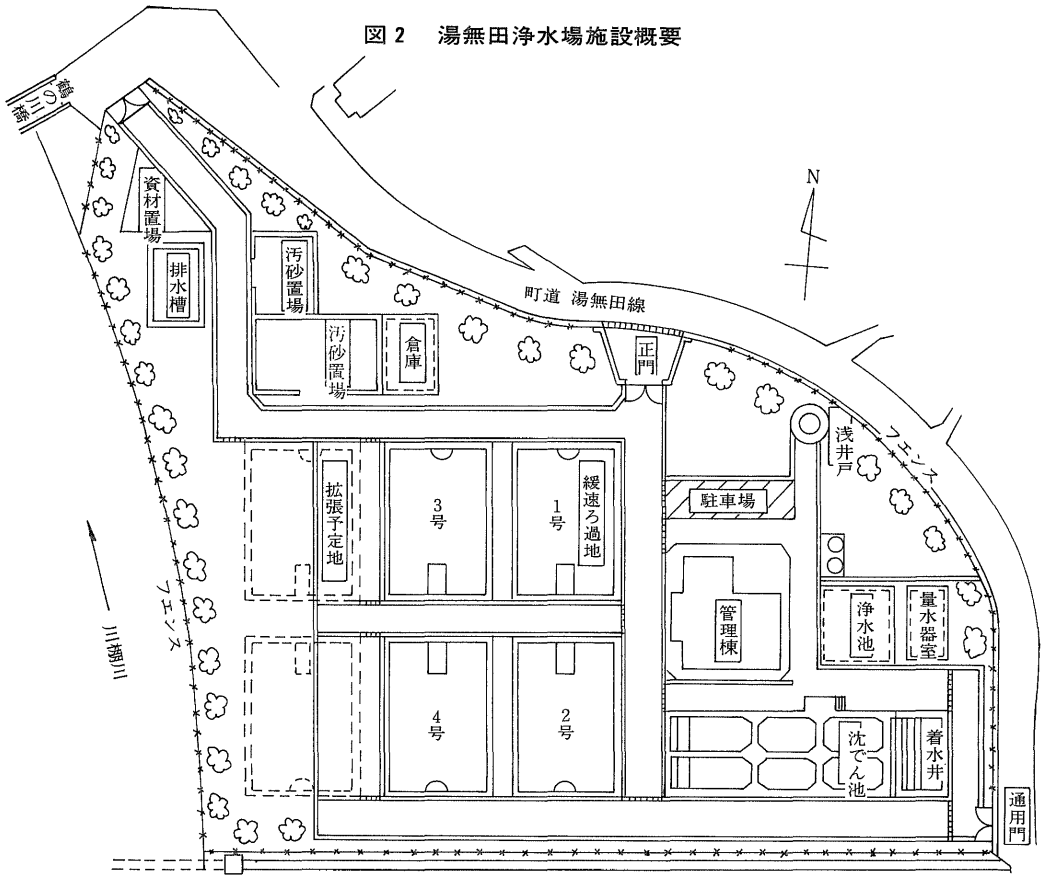
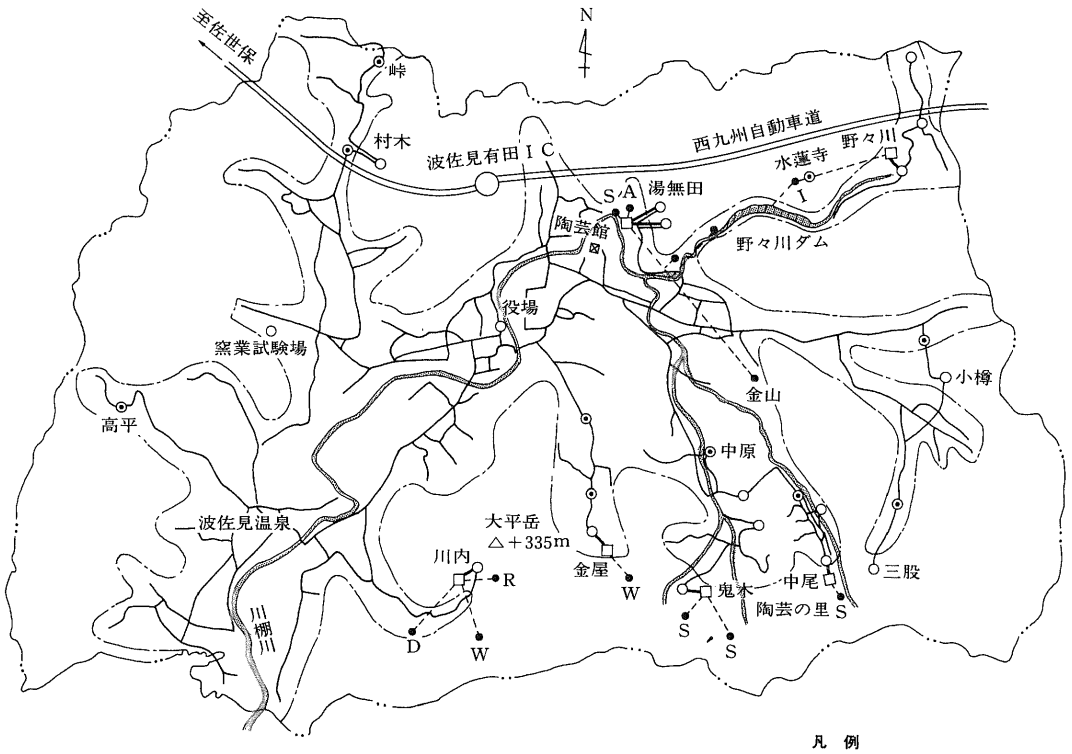


図 3　波佐見町上水道事業施設概要図



凡　例

行政区域		
上水道給水区域		
浄水場		□
ポンプ場		⊙
配水池		○
水源	貯水池	● I
	湧き水	● W
	伏流水	● R
	表流水	● S
	浅井戸	● A
	深井戸	● D
道水管		
送水管		
配水管		
河川		
ダム		
自動車専用道路		

川とその支流による豊かな水量に恵まれている。このため飲料水など住民の生活用水、農業用水、窯業用水などは河川水、浅井戸、湧水によって十分まかなわれていた。しかし、窯業の発展に伴い、過疎を知らない町として水の需要が増加してきた。これに伴って地下水の水位の低下もあり、一方では、産業排水や農薬などによって、河川や水路の流水の汚染も進行した。このようなことから、生活用水確保についての町民の要望が高まり、上水道の建設が急務となった。このような問題解決のため昭和33年に中尾郷に簡易水道を建設したのを始め、その後皿山、中央、南、東、金屋と鬼木、野々川、村木、中の原の地区に簡易水道を開設し、昭和48年以降順次上水道に統合を進めている。

水は、私たちの毎日の暮しと産業の活動を支える重要な資源で、水の安定供給は福祉向上と経済活動の発展のためにきわめて重要な課題である。そのような理由で波佐見町は、昭和55年度から３ヵ年計画による総事業費13億円で第２次拡張事業に着工し、湯無田浄水場および導・送・配水管施設を昭和57年度までに完成させた（図２参照）。

現在、上水道と簡易水道を合わせて給水人口は１万5,200人、水道の普及率は97％である（図３参照）。今後は、年次計画で水源を確保し、未給水地区の解消と老朽管（主に石綿管）の管路更新に努めていく予定である。

１．浄水施設

(1) 着水井：鉄筋コンクリート造り
内法
幅3.6×長さ12.4×高さ3.65×１池
マイクロストレーナー　　１台

(2) フロック形成池：鉄筋コンクリート造り
上下う流式
内法
幅0.7×長さ37.2×高さ2.70×１池

(3) 横流式沈でん池：鉄筋コンクリート造り
内法 幅5.9×長さ35.0×高さ4.4(有効水深4.0)×２池

(4) 緩速ろ過池：鉄筋コンクリート造り
内法 幅16.0×23.0(有効面積350m²)×４池

(5) 浄水池(兼ポンプ井)：鉄筋コンクリート造り
内法 幅10.0×長さ10.0×高さ4.5(有効水深3.0)×１池

(6) 管理棟：鉄筋コンクリート造り
１階：電気室、薬注室、滅菌室、発電機室、職員詰所
１階　計 243.0m²
２階：監視室、事務室、水質試験室、宿直室
２階　計 208.0m²
合　計 451.0m²

２．配水施設

(1) 高部配水池：Ｐ．Ｃ造り
内径 16.0m、有効水深 5.1m、有効容量 1,000m³

(2) 低部配水池：Ｐ．Ｃ造り
内径 16.0m、有効水深 5.1m、有効容量 1,000m³

３．電気計装設備

(1) 高圧受変電設備　　１式
(2) 動力、電灯設備　　１式
(3) 計装設備　　１式
(4) 非常用発電設備 200KVA　　１式

３．管路更新

昭和33年の創設から昭和47年までに使用した管材として、呼び径50㎜以下の埋設部はＴＳ形塩ビ管、露出部は鋼管（ＳＧＰ）で、呼び径75㎜以上はすべて石綿管であった。ただし、昭和39年から上越し部にダクタイル鉄管を一部使用するようになった。

昭和47年における管路総延長は約70kmあり、その大半は塩ビ管と石綿管であった。これらの管は材質強度が劣り、継手の水密性が低いので、この時期の管路の維持管理には大変な苦労があった。ちょうど基盤整備事業が行われていた関係で重機が頻繁に使用されたこともあり、多いときは１日に数回の漏水事故が発生した。

そこで、昭和48年から老朽石綿管の更新に本格的に取り組んできた。基本的には呼び径150㎜以上をダクタイル鉄管で、呼び径100㎜以下を塩ビ管で更新したが、呼び径75㎜、100㎜でも県道下や交通量の多い町道下にはダクタイル鉄管を使用した。

平成元年末までに石綿管の約半分26kmが更新された。その結果、管路の事故率は大幅に減少した。平成元年末現在の呼び径別および管種別の管路延長は表１および表２の通りである。

表１　平成元年度末現在の呼び径別管路延長

単位　km

呼び径(㎜)	導水管	送水管	配水管
50以下	2.7	3.2	38.4
75		1.6	35.7
100			17.8
125	0.4		2.8
150	1.5	0.5	9.4
200		0.4	3.4
250	2.6	0.6	6.2
300			4.8
合　計	7.2	6.3	118.5

総延長132km

表２　平成元年度末現在の管種別管路延長

単位　km

管　　種	管路延長
ダクタイル鉄管	24.4
鋼　　管	4.5
硬質塩化ビニル管	76.7
石綿セメント管	26.4
合　　計	132.0

4．管路更新事例

1．配水管布設替工事（田頭地区）

（平成２年度）

歩道の舗装切り工、素掘り掘削し、既設呼び径150㎜石綿管を撤去した。呼び径200㎜ダクタイル鉄管Ａ形３種を延長455ｍにわたって、土かぶり1.2ｍで据え付け、接合し、購入砂を埋め戻し、転圧、路盤工を行った(図４、写真１参照)。

2．横枕橋添架管取替工事

（昭和63年度）

腐食の激しい既設呼び径100㎜鋼管を撤去し、呼び径150㎜ダクタイル鉄管（Ａ形３種）延長30.84ｍを架設、接合し、橋梁板桁スティフナーに溶接で取り付けたブラケットに管を添架した（図５、６および写真２参照)。

図４　呼び径200㎜ダクタイル鉄管布設替え工断面図

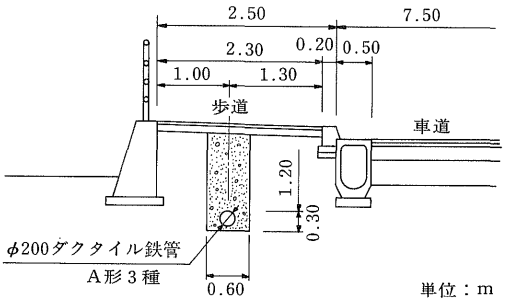


写真１　呼び径200㎜配水管(ダクタイル鉄管)

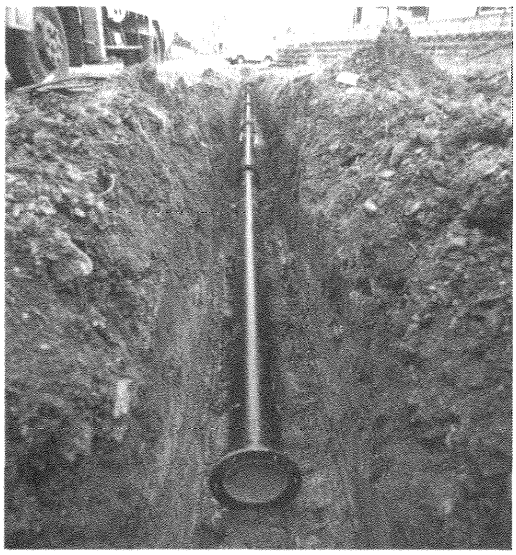


図５　橋梁添架管側面図

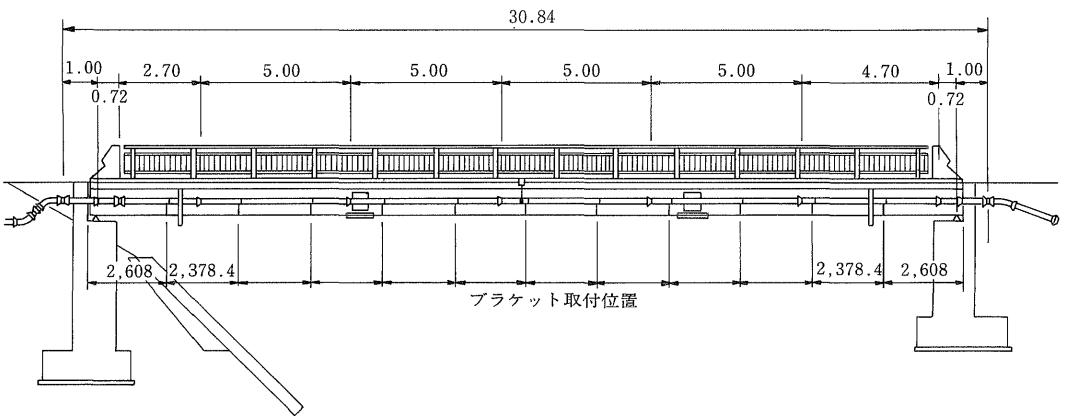


図６　添架管空気弁部詳細図

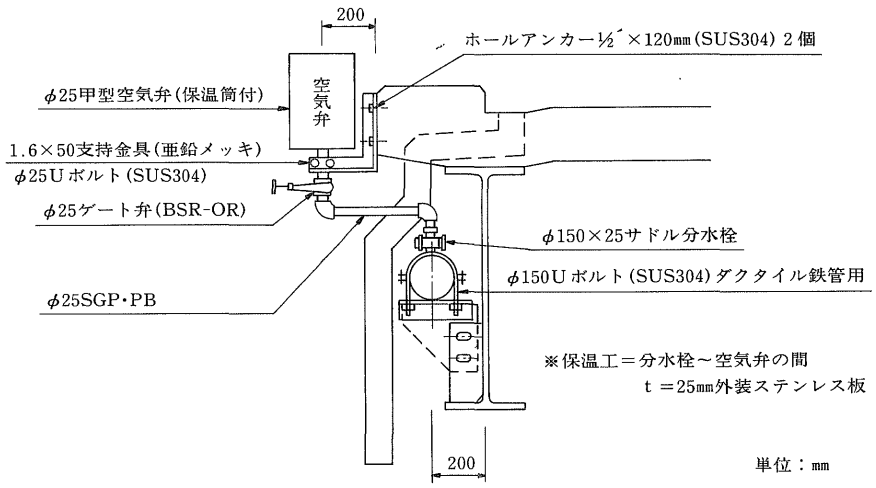
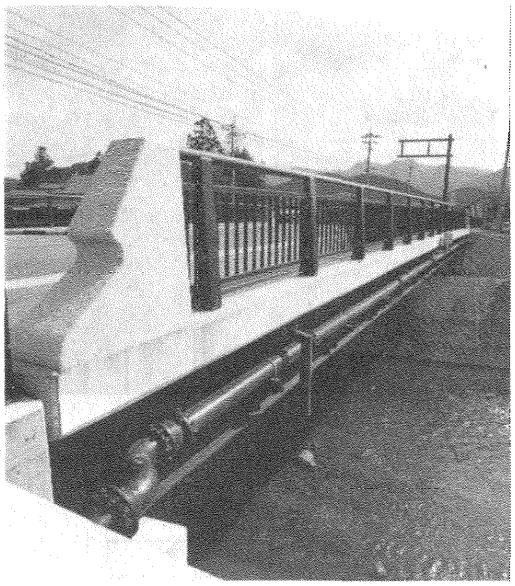


写真２　呼び径150㎜添架管(ダクタイル鉄管)



５．今後の管路更新

波佐見町の水道管路更新は、昭和48年度から強度が高く、水密性に富み、耐用年数の長いダクタイル鉄管を使用し、将来の維持管理を考えて行っている。その結果、導・送・配水管に使用されている石綿管のうち約25%（約13km）がダクタイル鉄管で更新され、管路の事故率や修繕率は大きく減少した。当初の管材料費は塩ビ管より少し割高となるが、事故の修理費や寿命の点を考慮すればダクタイル鉄管の方が有利であると考えている。

施工も簡単で、地震や地盤沈下に順応するので、今後も引き続いてダクタイル鉄管を採用し更新を行いたい。未だ残っている延長約26.4kmの呼び径75～300㎜石綿管を完全に更新し、漏水や事故の少ない高度の管路にしていきたいと思う。

3 技術レポート

四賀村における石綿セメント管更新事業について

「水道用石綿セメント管診断マニュアル」に基づいた管路診断

長野県四賀村水道課
課　長　木下辰男

1．はじめに

四賀村の上水道は、昭和34年12月1日に給水を開始して以来、配水池の増設等を経て、平成元年度末に給水人口6,209人、普及率94.4％に達した。

一方、有効率は73％と低く、厚生省の目標の90％に達していない状態である。破裂事故も多く、1年間に62件も発生した年もあった。この原因は主に創設時に使用したパイプがすべて石綿セメント管であり、布設後32年経過して老朽化が進み、かつ、交通量の増加などの悪条件が重なってきているためである。

また、破裂事故の修理では、広範囲の断水が発生し、住民に多大な迷惑をかけている。

このため、安定給水をめざして「石綿セメント管更新10ヵ年計画」を策定し、平成元年度から事業に着手した。

この計画では、10年間で10億円を投入し、現在4万3,143mに及ぶ石綿セメント管のうち、事故率の高い約80％を更新の対象とし、耐久性と信頼性が高いダクタイル鉄管に順次布設替えすることとしている。残り20％についても、10ヵ年計画完了後に布設替えを予定している。

村営事業としての10ヵ年計画を基に、平成2年度からスタートした厚生省の新規国庫補助事業制度を積極的に導入し、事故の未然防止と計画的な更新事業を実施することとした。

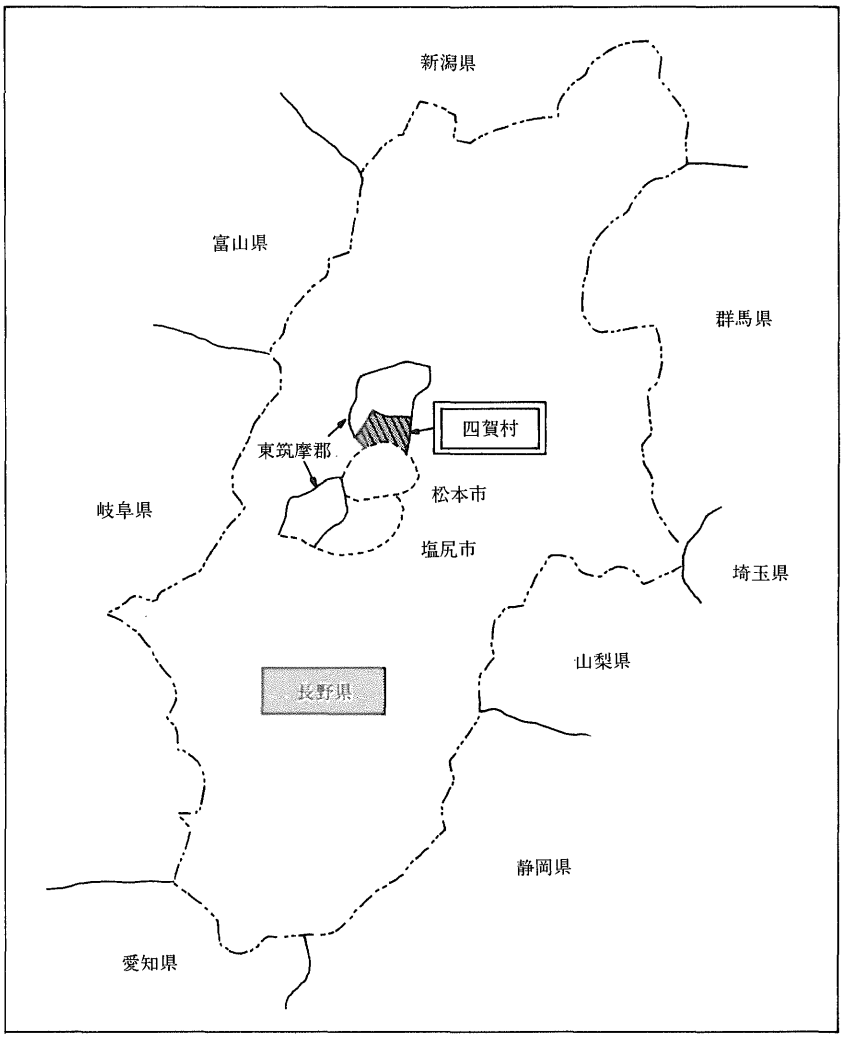
国庫補助申請のため「水道用石綿セメント管診断マニュアル」(財団法人　水道管路技術センター発行）に基づいた管路診断を実施したので、参考までに以下にその内容について報告する。

2．四賀村の概要

現在の四賀村は昭和30年4月、会田・中川・錦部・五常の4村が合併して誕生した。人口は6,577人。

地理的には、長野県松本市から東北へ17km、筑摩野山地の中央に位置し(図1参照)、村の中央部を国道143号線が横断している。

図１　四賀村位置図



面積は90㎢を有し、広大な村域の大部分は、筑摩野山地に属する山地で、古くから嶺間地方と呼ばれている。

当村は江戸時代は天領であり、交通の要所で善光寺街道と江戸街道の宿場町として栄え、現在も神社・仏閣・石仏などが数多く残っている。

主産業は稲作を中心とした農業で、養豚・養鶏も盛んで、特産物として松茸がある。

３．水道事業の沿革

地質の大部分が第三紀層に属する粘土質で、特に五常地区は地滑り地帯が多く、したがって水質が悪く飲料水としては不適当な地域が多かった。

上水道の設置を見るまでは止むなく井戸水や河川の水を利用しており、保健衛生上大きな問題であった。

このような実状から、上水道の設置は村発足以来の念願であったが、昭和32年ようやく議会の議決を経て設置に踏み切り、昭和34年給水開始、昭和41年４月には執田光・中北山地域にも給水し、遂に全村給水地域となり今日に至っている（表１参照）。

水資源は、山が浅く年間降雨量1,000㎜以下と恵まれていない。さらに、生活様式の近代

表１　給水概要と管路概要

給水概要	計画給水人口(人)	10,300
	給水人口(人)	6,209
	普及率(%)	94.4
	計画１日最大給水量(m³)	1,576
	水源の種類と比率(%)	湧水 約32 伏流水 約68
管路概要	管路総延長(m)	74,487
	イ）導水管路延長(m)	2,022
	ロ）送水管路延長(m)	10,458
	ハ）配水管路延長(m)	62,007
	石綿管路延長(m)	43,143
	石綿管路延長/管路総延長(%)	57.9

平成元年度末現在

化や産業振興、特に多頭飼育畜産に伴って上水道の需要は急速に増大してきており、現在の施設ではすでに供給は限界に達している。

4．石綿セメント管路更新10ヵ年計画の策定

創設時における管路は、すべて石綿セメント管を使用した。これらの管路は、布設後32年を経過しており、管路の老朽化に伴う事故が多発している。特に給水区域内は起伏に富んでいる関係で、配水圧力を高めざるを得ず、破裂事故の誘発につながっている。

このような事情から、21世紀に向かって安定性のある水道の構築をめざし、「石綿セメント管路更新10ヵ年計画」を策定し、平成元年度から着手した。

「石綿セメント管路更新10ヵ年計画」の概要

総事業費　10億円

工期　平成元年～平成10年の10ヵ年

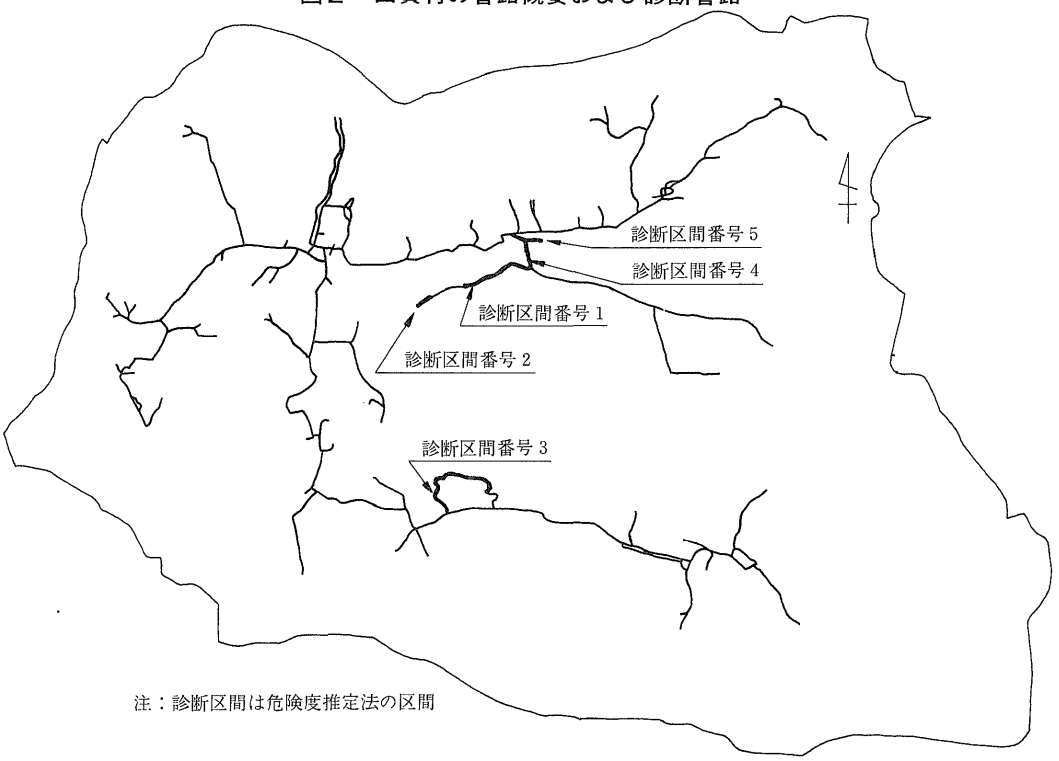
更新管路延長　約35km

5．平成２年度石綿セメント管の診断

「水道用石綿セメント管診断マニュアル」に基づいて、平成２年度布設替え予定の管路（図２参照）を図３「平成２年度の石綿セメント管診断フロー」に従って診断した。

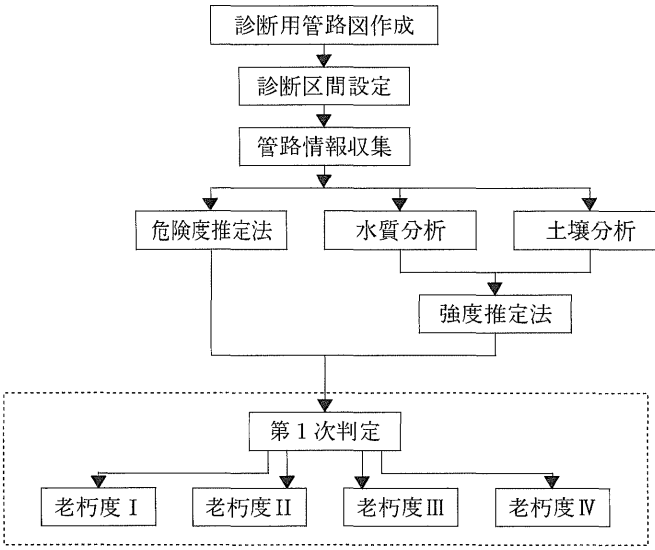
（診断は危険度推定法および強度推定法までとし、第１次判定によって老朽度ランクを判定した。）

図２　四賀村の管路概要および診断管路



注：診断区間は危険度推定法の区間

図３　平成２年度の石綿セメント管診断フロー



ここで老朽度ランクは、老朽化がもっとも進んでいるもの（老朽度がもっとも高いもの）をⅠ、老朽化がもっとも進んでいないもの(老朽度がもっとも低いもの）をⅣとする。

６．診断用管路図作成

国庫補助申請用の縮尺に合致した診断用管路図がなかったため、平成３年度以降の診断への適用も勘案し、村内全管路について「診断用管路図面」を、以下の条件に基づき作成した。

1)　縮尺は１/5,000とした。

2)　石綿セメント管路について以下のデータを記入した。
- 呼び径（㎜）
- 種類（１～４種の区別など）
- 布設年度
- 管路延長（m）

3)　石綿セメント管以外の管路については以下のデータを記入した。
- 呼び径（㎜）
- 種類（FCD、VP、SPなど）

７．診断区間設定

１．危険度推定法の診断区間設定

危険度推定法の診断区間は、連続している管路で表２に示す区分がすべて同じである範囲の管路を「１診断区間」とし、診断区間は５区間とした（図４参照)。

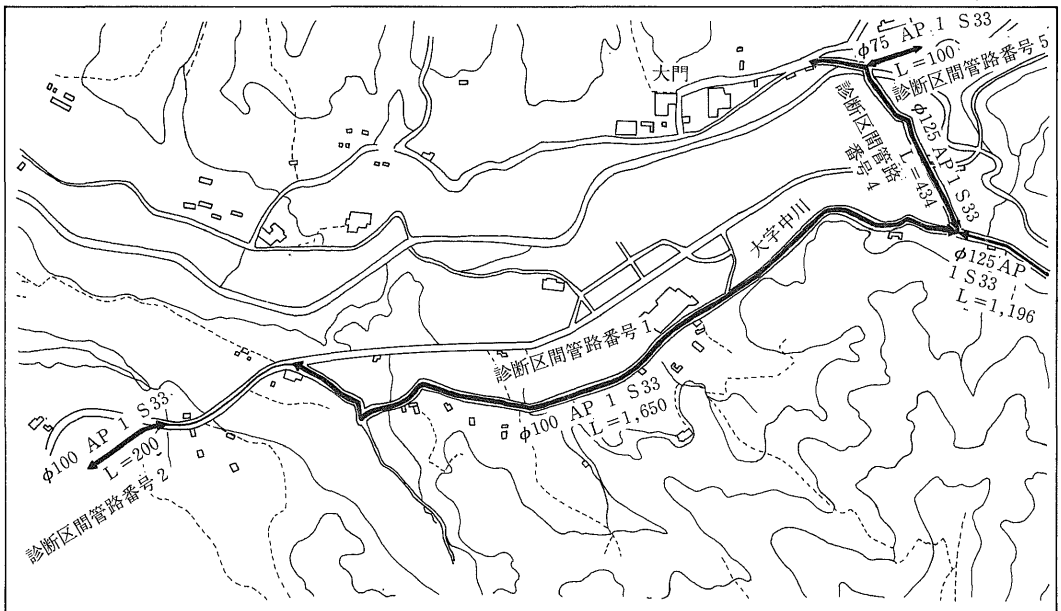
２．強度推定法の診断区間設定

強度推定法の診断区間は、連続している管路で表３に示す区分がすべて同じである範囲の管路を「１診断区間」とした。危険度推定

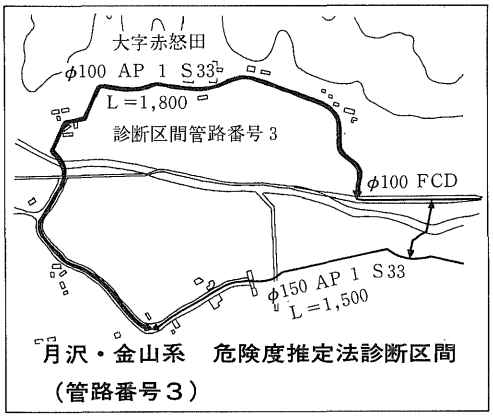
表２　危険度推定法の診断区間設定のための項目・区分

項　目	区　分
管の呼び径(㎜)	呼び径ごと(50、75、100、125、150、200……)
石綿管の種類	１～４種の区別、普通の管・塗装を施した管・鋼板巻き込み管の区別
布設年度	±２～３年以内の差異は同じ年度とする。

図４　危険度推定法診断区間設定図面（対象地域の抜粋）



大沢系　危険度推定法診断区間（管路番号１、２、４、５）



月沢・金山系　危険度推定法診断区間（管路番号３）

凡　例		
管の種類記号	石綿セメント管	AP
	ダクタイル鉄管	FCD
	ビニル管	VP
	鋼管	SP、(GP)
石綿セメント管記入例		φ100　AP　1　S33　L＝500 管の呼び径／管の種類／石綿セメント管管種／布設年度／管路延長
その他管路記入例		φ150　FCD 呼び径／管の種類

法の「診断区間番号１」を、地下水の有無で２診断区間に分割し、６診断区間とした。

また、危険度推定法と同様に診断区間設定用として、「強度推定法診断区間設定図面」を作成した。

表３　強度推定法の診断区間設定のための項目・区分

項　目	区　分
管の呼び径(mm)	呼び径ごと(50、75、100、125、150、200……)
使用年数	±２～３年以内の差異は同じ年数とする。
水道水の水質	水源・浄水場・配水系統などで区分する。
埋戻土の土質	土質(砂・シルト・粘土・ローム・その他)、地下水の有無で区分する。

8．管路情報の収集

診断対象管路について、昭和63年度～平成２年度までの３年間（１管路のみ２年間）の事故データを収集し、事故記録記入シート（表４参照）にまとめた。

さらに、事故記録記入シートの事故発生箇所がわかるように「事故発生箇所図面」を作成した。

9．危険度推定法

1．危険度推定法について

各管路ごとの過去の事故率（件/km/年）を基にして危険度を推定するものである。

「石綿セメント管診断マニュアル」で示されている診断法の中でもっとも簡便な方法で、机上の検討のみで行うことが可能で、危険度のおおまかな推定に役立つものである。

2．危険度推定法による老朽度ランク区分

診断対象管路の過去の事故率を(1)式から算出し、呼び径別に事故率を表５の老朽度ランク区分に当てはめ老朽度を求め、結果を表６にまとめた。

また、「危険度推定法による老朽度ランク区分図面」を作成し、管路を老朽度ランク別に色分けし、管路の老朽度が一目でわかるようにした。

a ＝事故件数(件)/診断区間管路延長(km)/調査期間(年)――――――(1)式

a ：事故率（件/km/年）

表４　事故記録記入シート

診断区間管路番号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
呼び径(mm)	100	100	100	125	75
調査開始年度	昭和63年	平成元年	昭和63年	昭和63年	昭和63年
事 故 No.	発生年度	発生年度	発生年度	発生年度	発生年度
1	昭和63年	平成元年	昭和63年		
2	昭和63年	平成２年	昭和63年		
3	昭和63年		昭和63年		
29	平成２年				
30	平成２年				
事故件数合計	30	2	20	0	0

表５　危険度推定法老朽度ランク区分

老朽度ランク	事故率ａ（件/km/年）				
	呼び径50mm	75mm	100mm	125･150mm	200mm以上
Ⅰ	a ≧ 8.3	a ≧3.7	a ≧3.0	a ≧1.7	a ≧1.3
Ⅱ	8.3＞ a ≧3.3	3.7＞ a ≧2.3	3.0＞ a ≧1.6	1.7＞ a ≧0.7	1.3＞ a ≧0.4
Ⅲ	3.3＞ a ＞ 0	2.3＞ a ＞ 0	1.6＞ a ＞ 0	0.7＞ a ＞ 0	0.4＞ a ＞ 0
Ⅳ	0	0	0	0	0

表６　危険度推定法判定結果一覧表

診断区間 管路番号	管路延長 (km)	呼び径 (mm)	布設年度 (年)	管　種	事故件数 (件)	調査期間 (年)	事故率 (件/km/年)	老朽度 ランク
1	1.650	100	昭和33年	1種	30	3.0	6.1	I
2	0.200	100	昭和33年	1種	2	2.0	5.0	I
3	1.800	100	昭和33年	1種	20	3.0	3.7	I
4	0.434	125	昭和33年	1種	0	3.0	0.0	Ⅳ
5	0.100	75	昭和33年	1種	0	3.0	0.0	Ⅳ

10. 強度推定法

1. 強度推定法について

管の劣化に影響を及ぼすいくつかの使用条件から、相関関係式（強度推定式）を用いて管の劣化度（残存強度）を推定するものである。

推定式に用いるデータの一部については新たに計測する必要があるものもあるが（土壌のRedox電位など）、それらが揃えば計算で管の残存強度が求まり、管路の安全性を推定できる。

推定精度は、管を直接調査する管体診断法(今回は未実施であるが、平成３年度は実施の予定)のそれには及ばないが、前の危険度推定法よりはかなりよいと考えられる。

2. 水質分析および土壌分析

強度推定式に用いる必要データについて、水質分析および土壌分析を実施した。

水質・土壌分析用サンプルの採取箇所がわかるように「水質・土壌サンプル採取地点図面」を作成した。

① 水質分析

配水系統別（大沢系および月沢・金山系の２系統）に各１ヵ所採水し、分析を行った。

② 土壌測定

診断区間内において、代表的な箇所（４ヵ所）の土壌を採取し、分析を行った。

3. 強度推定法

下記(2)、(3)、(4)式の強度推定式から石綿セメント管の残存強度を計算により求めた。

これらから求められた３つの強度を表７の老朽度ランク区分に当てはめ、３つの老朽度ランクのうち老朽度がもっとも高いランクをその区間の老朽度ランクとした。

各診断管路の強度推定式による計算値および老朽度ランクを表８にまとめた。

また、危険度推定法と同様に色分けの「強度推定法による老朽度ランク区分図面」を作成した。

表７　強度推定法の老朽度ランク区分

老朽度 ランク	曲げ強度 y_1 (kgf/cm²)	引張強度 y_2 (kgf/cm²)	圧壊強度 y_3 (kgf/cm²)
I	$125>y_1$	$115>y_2$	$250>y_3$
II	$190>y_1\geqq125$	$170>y_2\geqq115$	$375>y_3\geqq250$
III	$250>y_1\geqq190$	$225>y_2\geqq170$	$500>y_3\geqq375$
Ⅳ	$y_1\geqq250$	$y_2\geqq225$	$y_3\geqq500$

〔曲げ強度〕

$$y_1=0.43\cdot x_1-1.93\cdot x_2+14.21\cdot x_3-0.67\cdot x_6+81.9 \quad \text{(2)式}$$

y_1：曲げ強度（kgf/cm²）

x_1：呼び径（mm）

x_2：使用年数（年）

x_3：水道水のpH値

x_6：土壌の含水比（%）

表８　強度推定法判定結果一覧表

診断区間管路番号	管路延長 (km)	配水系統	地下水の有無	埋戻土質	呼び径 (mm) X_1	使用年数 (年) X_2	水道水のpH値 X_3	水道水のランゲリア指数 X_4	水道水の残留塩素 (mg/ℓ) X_5	土壌の含水比 (%) X_6	土壌のレドックス電位(mV) X_7	曲げ強度 y_1 (kgf/cm²)	老朽度ランク	引張強度 y_2 (kgf/cm²)	老朽度ランク	圧壊強度 y_3 (kgf/cm²)	老朽度ランク	老朽度ランク
1－1	0.825	大沢系	有	粘土	100	32	7.2	−3.00	0.15	54	591	129	II	170	III	442	III	II
1－2	0.825	大沢系	無	粘土	100	32	7.2	−3.00	0.15	23	557	150	II	175	III	472	III	II
2	0.200	大沢系	無	粘土	100	32	7.2	−3.00	0.15	23	557	150	II	175	III	472	III	II
3	1.800	月沢金山系	無	粘土	100	32	7.4	−1.50	0.25	36	603	144	II	156	II	415	III	II
4	0.434	大沢系	有	粘土	125	32	7.2	−3.00	0.15	54	591	140	II	185	III	442	III	II
5	0.100	大沢系	有	粘土	75	32	7.2	−3.00	0.15	54	591	119	I	154	II	442	III	I

〔引張強度〕

$y_2 = 0.62 \cdot x_1 - 4.57 \cdot x_2 + 23.09 \cdot x_3 - 15.05 \cdot x_4 + 10.65 \cdot x_5 - 0.18 \cdot x_6 + 50.5$ ―――(3)式

y_2：引張強度（kgf/cm²）

x_1：呼び径（mm）

x_2：使用年数（年）

x_3：水道水のpH値

x_4：水道水のランゲリア指数

x_5：水道水の残留塩素濃度(mg/ℓ)

x_6：土壌の含水比（%）

〔圧壊強度〕

$y_3 = -9.75 \cdot x_2 + 67.96 \cdot x_3 - 34.00 \cdot x_4 - 0.74 \cdot x_6 - 0.21 \cdot x_7 + 326.4$ ―――――(4)式

y_3：圧壊強度（kgf/cm²）

x_2：使用年数（年）

x_3：水道水のpH値

x_4：水道水のランゲリア指数

x_6：土壌の含水比（%）

x_7：土壌のRedox電位（mV）

11．第１次判定

１．診断区間のとり方

第１次判定は、危険度推定法の診断区間と強度推定法の診断区間のうち、短い方の診断区間ごとに行った。

２．判定方法

危険度推定法による診断結果と強度推定法による診断結果のうち、老朽度が高いと診断された方の結果を採用した。

３．第１次判定結果

第１次判定による老朽度ランクを表９にまとめた。

また、危険度推定法・強度推定法と同様に色分けの「第１次判定による老朽度ランク区分図面」を作成した。

表９　第一次判定結果一覧表

診断区間 管路番号 危険度推定区間	診断区間 管路番号 強度推定区間	区間設定 呼び径 (mm) X_1	布設年度 (年)	管路延長 (km)	水源配水系統	埋戻土質	地下水	種類	危険度推定法 事故件数 (件)	調査期間 (年)	事故率 (件/km/年)	危険度老朽度ランク
1	1−1	100	昭和33	0.825	大沢系	粘土	有	1種	30	3	6.1	I
1	1−2	100	昭和33	0.825	大沢系	粘土	無	1種				
2	2	100	昭和33	0.200	大沢系	粘土	無	1種	2	2	5.0	I
3	3	100	昭和33	1.800	月沢金山系	粘土	無	1種	20	3	3.7	I
4	4	125	昭和33	0.434	大沢系	粘土	有	1種	0	3	0.0	IV
5	5	75	昭和33	0.100	大沢系	粘土	有	1種	0	3	0.0	IV

診断区間 管路番号 危険度推定区間	診断区間 管路番号 強度推定区間	強度推定法 使用年数 (年) X_2	pH X_3	ランゲリア指数 X_4	残留塩素 (mg/ℓ) X_5	含水比 (%) X_6	レドックス電位(mV) X_7	曲げ強度 (kgf/cm²) y_1	引張強度 (kgf/cm²) y_2	圧壊強度 (kgf/cm²) y_3	強度老朽度ランク	第一次判定
1	1−1	32	7.2	−3.00	0.15	54	591	129	170	442	II	I
1	1−2	32	7.2	−3.00	0.15	23	557	150	175	472	II	I
2	2	32	7.2	−3.00	0.15	23	557	150	175	472	II	I
3	3	32	7.4	−1.50	0.25	36	603	144	156	415	II	I
4	4	32	7.2	−3.00	0.15	54	591	140	185	442	II	II
5	5	32	7.2	−3.00	0.15	54	591	119	154	441	I	I

12．診断結果のまとめ

第１次判定の老朽度ランクは、すべての診断区間で「老朽度ランクⅠまたはII」となり、早急に管路更新を行う必要があるという結果となった。

なお、今回診断実施の管路はすべて国の補助対象の老朽度ランクに該当した。

13．今後の管路更新計画

四賀村における「石綿セメント管更新10ヵ年計画」の管路更新の優先度は、明確な指針がなかったため、主に事故率の高いものから順次布設替えすることとしていた。

今後は、診断マニュアルに従って老朽度ランク付けを行い、管路の老朽度および重要度などを総合的に判断し、更新計画を見直す予定である。

14．おわりに

四賀村の財源は決して裕福とはいえず、今回の「石綿セメント管更新10ヵ年計画」のような大事業を、将来において再度実施することは非常に困難である。

そのため、布設替え時における新管の管種は、耐久性と信頼性が共に高いダクタイル鉄管を採用することとしている。

特に、厚生省の「ふれっしゅ水道10か年計画」で提唱されている、安定性の高い水道を構築するためには、ダクタイル鉄管は最適な管種であると考える。

今後石綿セメント管は、全国的に更新時期を迎えることになると思われるが、水道技術者が不足している中小事業体においては、更新計画策定に際し、今回の診断マニュアルは大いに役立つものと考える。

最後に、平成２年度は老朽管更新推進国庫補助事業の初年度ということもあり、四賀村は要求額の全額が認められたが、今後は補助金確保の困難も予想される。

当村では長期計画を策定しているため、補助金確保は重要課題のひとつであり、全体予算枠の拡充を切に希望している。

なお、短い工期にもかかわらず診断、設計および工事に協力してくださった関係各位に改めて感謝の意を表する次第である。

4 技術レポート

北条砂丘地区かんがい排水事業について

鳥取県倉吉地方農林振興局耕地課
課長　西山 禎一
係長　山崎 俊吉
主任　森田 秀男

1．はじめに

鳥取県北条砂丘地区は、鳥取県中央部に位置し、北条町・大栄町の２ヵ町にまたがる日本海に面した東西10km、南北1.5kmの細長い砂丘地である。

この地域は、大栄町が昭和45年に、北条町が昭和47年にそれぞれ農業振興地域に指定された平地農村地帯であり、昭和27年から段階的に砂丘畑地帯の土地改良事業を実施してきており、不毛の砂丘地に長芋・たばこ・ぶどう・らっきょなどを栽培し、砂丘特産物となっている。

地域の農産物は主として京阪神および北九州方面に出荷されているが、中国縦貫自動車道の充実に伴い輸送時間の短縮が図られ、農業立地条件は一層好転している。

県営北条砂丘地区かんがい排水事業は昭和56年度に着工し、それまでに完成していた一連のかんがい施設を自動化し、水管理作業の大幅な省力化とともに限られた水の合理的利用を図ることを目的としている。これにより、本地区の歴史的・段階的整備事業の最終目標へ到達することになる。

事業は、平成３年度に完了の運びであるが基幹水利施設についてはすでに本格的な供用を始めている。そこで北条砂丘地区の土地改良事業の歴史と本事業の概要について以下に紹介したい。

2．砂丘を拓く（北条砂丘地区の歩み）

北条砂丘は洪積世末期、中国山地の風化花崗岩が天神川を流下し日本海の漂砂となり、風力・潮流・波浪による複合作用で形成されたものと考えられている。

地区内は標高２～34mで概ね平坦であり、その砂層は地区全般にわたり数十mの深さで約90％の粗砂によって形成されている。保水力の小さい土壌で地下水位も低い乾燥砂地である。

写真１　嫁ゴロシ

旧藩時代に、鳥取藩により植林・開畑が進められたが、飛砂によりほとんど失敗した。たとえ開畑に成功しても、たちまちかんがい用水に困り、開発は進まなかったが、大正初期から桑園の経営が進められ、その後戦中・戦後の食糧難時代に入り甘ショなどが栽培されるようになった。

用水源として砂丘低位部に「浜井戸」といわれる小規模な池を掘り、これから炎天下に人力により用水を汲み上げかん水する方法に頼っていた。これは北条砂丘の「嫁ゴロシ」といわれる苛酷な労働であり、経営も集落周辺の限られた面積に止まっていた。

昭和20年代に至り、約1,000haに及ぶこの砂丘地を開発利用し、農業経営を安定させようという気運が地元で高まり、県営畑地かんがい事業として、昭和27年から着手することになった。

県営畑地かんがい事業は表１に示すように、基幹水利施設を建設するものであった。

表１　県営畑地かんがい事業の概要

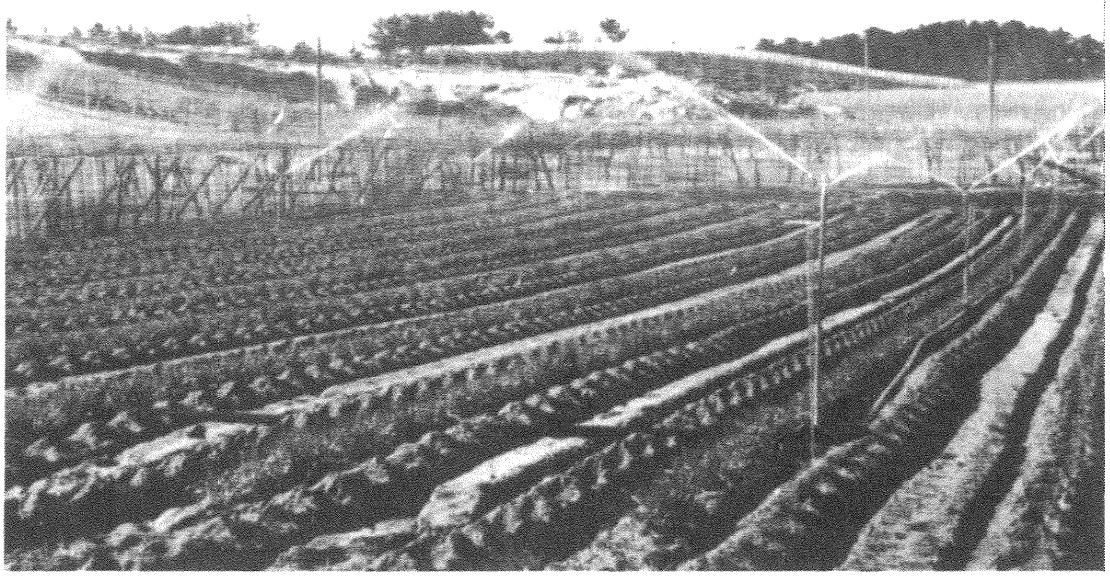
種　別	事業費	事業費(千円)	施工年度(昭和)	摘　要
頭　首　工	１ヵ所	41,671	29～30	固定堰、土砂吐角落５門 堰長 143m
揚　水　機　場	４ヵ所	56,576		
第１揚水機場	１ヵ所	20,301	31～32	ポンプ口径 700㎜渦巻、モーター 300HP１台
第２　〃	１ヵ所	12,838	33～34	ポンプ口径 450×500㎜渦巻、モーター150HP１台
第３　〃	１ヵ所	20,335	35～37	ポンプ口径 180×260㎜ 300×400㎜渦巻 モーター85kW160kW各１台
第４　〃	１ヵ所	3,102	31～33	ポンプ口径 200㎜渦巻 モーター40HP１台
用　水　路	9,144m ２ヵ所	112,460		
大幹線用水路	8,973m	106,476	27～37	開きょ、1,594m、サイフォン3,106m、暗きょ320m、700～350㎜、石綿パイプ3,953m
小幹線用水路	171m	464	33	400㎜ヒューム管
調　整　池	２ヵ所	5,520	35～37	大きさ20×60×1.8m 容量 1,980m³〃 30×12×1.1m　〃　396m³
貯　水　槽	５ヵ所	10,197	37	容量164m³、100m³、400m³、600m³、 〃 1,124m³
電気設備	１　式	15,757	31～36	送電線 8,980m、東配電線 1,970m 西配電線 2,986m
電話設備	１　式	1,710	34～37	磁石式有線電話 4,956m
そ　の　他		30,939	27～37	工事雑費、事務費、その他
計		269,610		

着手 昭和27年度　完成 昭和39年度　完成事業費 269,610千円

表２　北条砂丘地区の作物別栽培面積の推移　　単位　作付面積＝ha

作付年度	作目区分	葉たばこ	長　芋	ぶどう	すいか	大　根	らっきょ	その他の蔬菜	合　計
		作付面積	作付面積	作付面積	作付面積	作付面積	作付面積	作付面積	作付面積
昭和50年度		167	115	147	145	144	57	12	787
〃 51年度		169	120	151	115	162	66	6	789
〃 52年度		168	154	153	94	80	72	30	751
〃 53年度		148	167	136	50	108	60	73	742
〃 54年度		144	147	165	90	120	78	21	765
〃 55年度		136	149	165	67	112	66	28	723
〃 56年度		139	143	140	67	81	58	26	654
〃 57年度		132	173	165	65	55	73	43	706
〃 58年度		134	184	142	24	73	79	32	668
〃 59年度		131	196	148	23	62	80	31	671
〃 60年度		121	202	147	28	49	89	41	677
〃 61年度		120	223	147	28	76	94	17	705
〃 62年度		113.9	211.1	147.0	27.7	64.2	96.4	41.0	701.3
〃 63年度		110.5	221.0	147.0	23.4	43.8	91.0	63.7	700.4
平成元年度		92.0	172.0	147.0	21.0	58.0	69.0	98.0	657.0

※その他の野菜……白ネギ、メロン、トマト、里芋、わけぎほか



天神川を用水源とし、第１揚水機場に導水し、吐出水槽から開水路で第２揚水機場に送水する。さらに逆サイフォンで第３揚水機場まで送水し、第３揚水機で加圧された水は幹線用水路（石綿管）で末端まで配水される。

末端でのかんがい方式は第３揚水機場より上流部はぶどう園が多いのでホースかんがいとし、下流部はスプリンクラかんがいとする。これらの末端施設とその配水管は団体営事業として昭和31年度から着手した。

県営事業は昭和39年度に、団体営事業は昭和40年度に完成し、“砂丘にかんがい用水を”の願いが実現した。

北条砂丘地区の土地改良事業の第２段階として農業基盤の整備をめざして昭和42年度から県営ほ場整備事業「北条砂丘地区」・「北条砂丘II期地区」を着手し、昭和57年度に完了した。この事業の概要は次の通りである。

1.区画の構成

ほ区を散水計画による４ローテーションブロック、トラクタ作業の２日行程で考えて、短辺192～200m、長辺378～360mの7.2haとした。

2.整地工

畑の傾斜度を３°に修正した。

3.道路配置計画

幹線道路、支線道路、耕作道路合わせて７万4,309mを整備した。地区を縦貫する幹線道路は始終点を国道９号線と結ぶ幅員6.5～7.4mの道路である。

4.用水計画

畑地かんがい事業で設置された末端施設は立ち上がり給水栓までとなっており、ホース

表３　団体営畑地かんがい事業の概要

ブロック名	種別	事業量	事業費(千円)	施行年度(昭和)	摘要
江北 (66町)	揚水機場 配水路 その他 計	2ヵ所 10,802m	5,820 12,137 2,159 20,116	32 31～32	第１揚水場口径 200mm30HP１台 第２揚水場口径 150mm25HP１台 径 300～100mm石綿パイプ
国坂 (48町)	揚水機場 配水路 その他 計	1ヵ所 8,721m	3,019 10,896 2,372 16,287	31 30～32	口径 160mm15HP１台 径 250～100mmヒューム管
国坂西 (100町)	揚水機場 配水路 その他 計	1ヵ所 12,750m	5,100 20,155 4,662 29,917	33 33～34	口径 200mm40HP各２台 径 450～100mm石綿パイプ
弓原 (120町)	揚水機場 配水路 その他 計	1ヵ所 31,731m	12,982 46,371 6,117 65,470	36～38 36～38	口径 200mm60HP各１台 径 450～100mm石綿パイプ
松神 (86町)	配水路 その他 計	14,022m	26,096 1,904 28,000	35～36 35～36	径 350～100mm石綿パイプ
東園 (86町)	配水路 その他 計	17,656m	30,202 2,296 32,500	36 36	径 300～100mm石綿パイプ
由良西園 (112町)	配水路 その他 計	18,493m	35,503 3,297 38,800	37～38 37～38	径 300～100mm石綿パイプ
由良西浜 (50町)	配水路 貯水槽 揚水機場 その他 計	88,134m 1ヵ所 1ヵ所	30,359 7,171 5,487 9,153 52,170	39 40	口径 400～100mm石綿管 ポンプ口径 200mm渦巻ポンプ モーター35kW
665町	合計		283,260		

着手 昭和31年度　完成 昭和40年度　完成事業費 283,260千円

かんがいおよび移動式スプリンクラかんがいでは散水に多くの労力を要していたが、各耕区に固定式スプリンクラを設置しその軽減を図った。

5.暗きょ排水計画

標高2.5m以下の低位部は降雨により湛水または過湿となる。砂丘の特産「ながいも」については、地下水位が地表面下0.5m以上に上昇している日が1日以上続かないよう制御し湿害のないようにした。

この県営ほ場整備事業により、区画形状の改善、用排水路・道路・暗きょ排水の整備と畑地の集団化などを総合的に実施し、労働生産性を高めてきた。

3．営農省力化とかんがい自動化
—新しい県営かんがい排水事業

昭和27～57年までの事業によるかんがい施設は、砂丘畑地帯の農業基盤の整備に大きな役割を果たしてきたが、人為操作による方式であるため、栽培作物のハウス化およびローテーションの乱れによる水圧の低下などのトラブルが出てきた。これらに対処するため、かんがい施設の自動化・多目的利用と水管理の省力化および水の合理的利用を目的とした「県営北条砂丘地区かんがい排水事業」に着手し、本地区の土地改良事業の最終段階に至っている。

1．かんがい施設の自動化計画

(1)基幹制御施設

地区中央部の中央管理所から地区内に分散している基幹水利施設の集中監視制御を行う。これによって地区内の揚水機・加圧機（5ヵ所・10台）をノーマンコントロールし、地区全体の用水の配分を迅速かつスムーズに行うことができる。

一方、末端の散水についても、中央管理所から9ヵ所の散水制御盤のON・OFF監視を行う。

制御系統模式図を図1に示す。

写真2　中央管理所

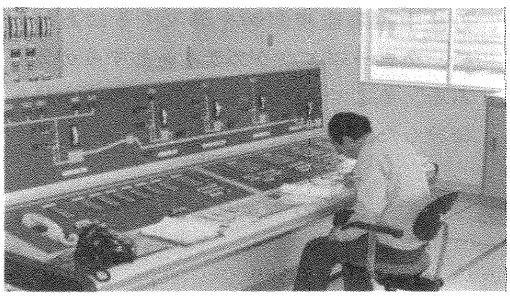
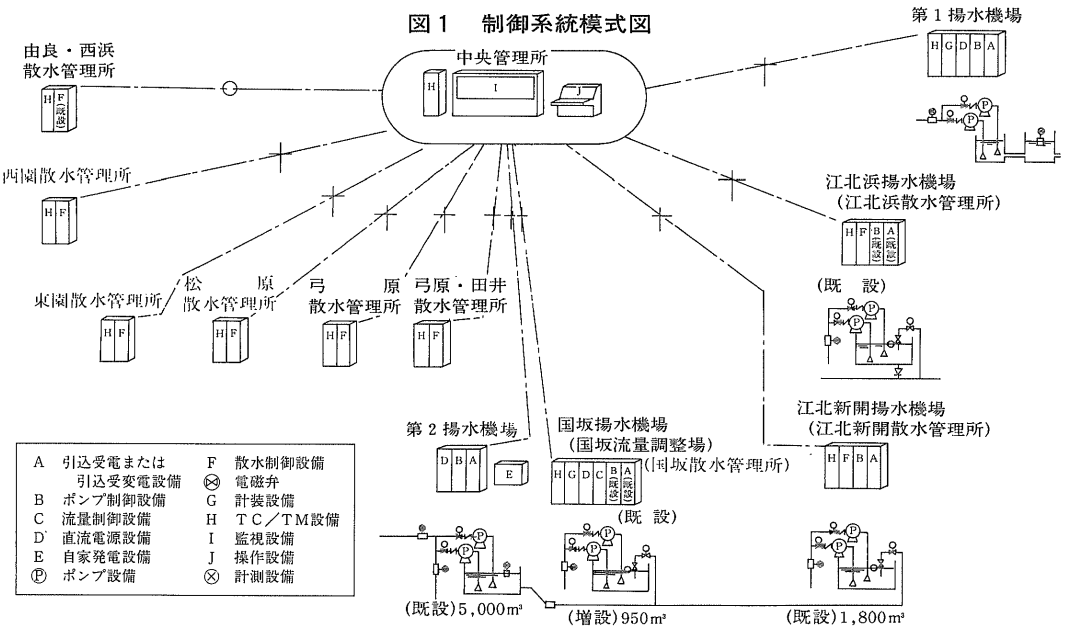


図1　制御系統模式図



(2)末端制御施設

散水管理所（９ヵ所）に設置する散水制御盤で、タイマー・飛び越しなど散水プログラムを設定し、散水バルブ開閉の自動化を行う。

２．揚水機施設

８ヵ所の揚水・加圧機場を５ヵ所に統合し台数はランニングコストの低減、故障時の危険分散を考慮して１ヵ所当たり２台とする。

そこで、制御系統模式図に示す第１揚水機場、第２揚水機場および江北新開揚水機場のポンプを更新した。

３．用水路計画

(1)１号幹線水路のパイプライン化

第１揚水機場から国坂揚水機場までの開水路については、１号分水および２号分水の集中遠隔監視制御を導入するにあたって、クローズドパイプラインとする必要がある。そこでφ800㎜×2,320ｍの管水路を布設した。

写真３　長芋の生産

(2)３号幹線水路の更新

第２揚水機場から由良西浜分水までの３号幹線水路は呼び径350～700㎜の石綿管が延長5,240ｍにわたって布設され、最大0.474㎥／秒の水を送水していた。この管路は次のような問題が生じていた。

①管はほ場の下に土かぶり１ｍの深さに埋設されているが、砂が飛散して土かぶり60cm程度の深さとなっている所も出てきた。

②表４に示すように、昭和27年当時は、桑、甘ショ、陸稲、ぶどうを主体としたかんがい計画であった。現在は桑、甘ショ、陸稲に代わり長芋やらっきょの栽培が盛んになってきている。特に長芋の栽培には深耕機を用いるため、管の埋設深さが1.4～1.5ｍ未満では障害となる。

表４　昭和27年当時の用水計画

（　）内ha

作物名	面積(町)	給水深(mm／日)	純用水量(㎥／日)	備　考
ぶどう	(101.5) 102.3	4.8	4827	潰町3町歩を除く
桑	(116.9) 117.9	5.0	5845	
甘　藷	(175.5) 177.0	6.0	10530	
すいか	(21.6) 21.8	5.0	1080	
陸　稲	(191.4) 193.0	6.3	12058	
計	(606.9) 612.0		34385	

③管路の下流部では由良町の住宅地と近接しているため、今では管路に極く接近して民家などの建設が進んできている。

以上のような問題を解決するため、管路を幹線農道などの道路に移設することとし、呼び径400～800㎜のダクタイル鉄管を布設することにした。

写真４　民家とほ場

図2　用水系統図

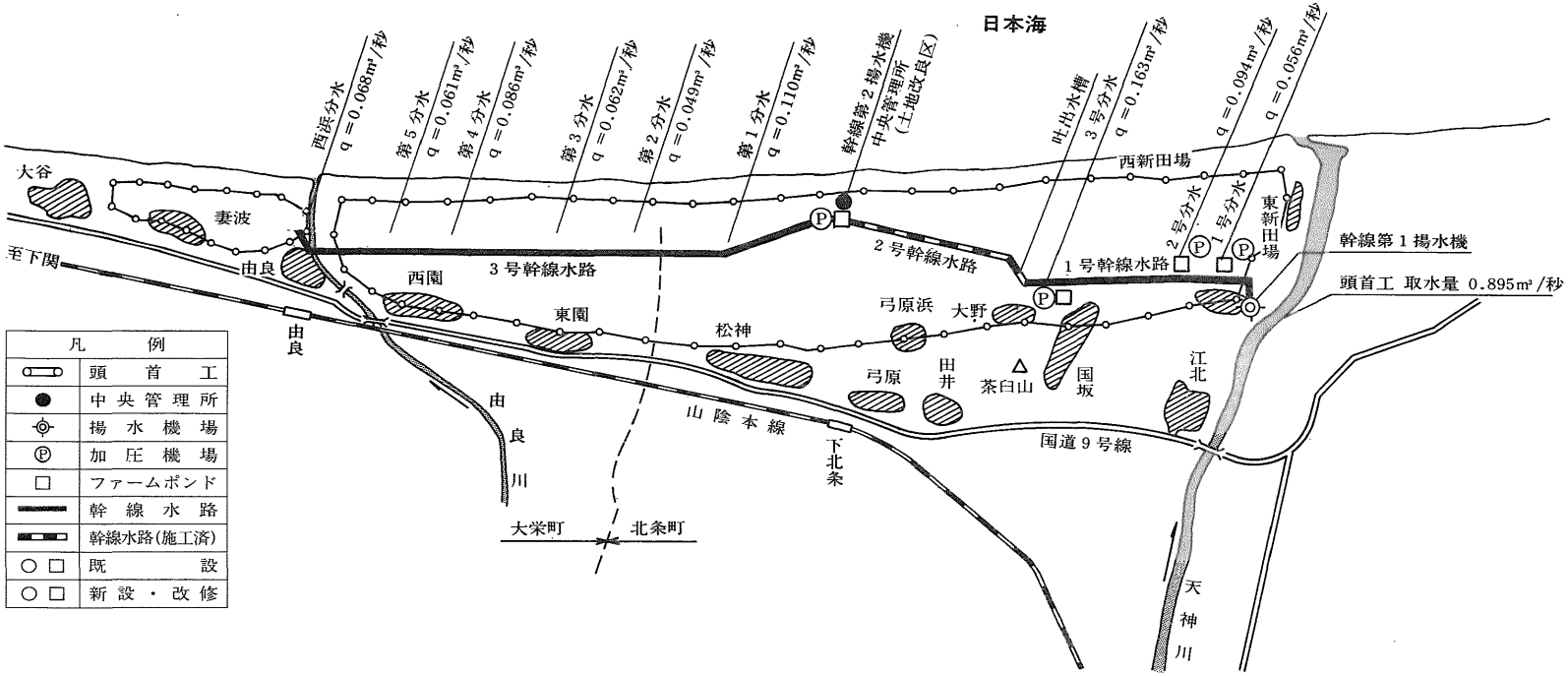

日本海
西浜分水 q＝0.068m³/秒
第5分水 q＝0.061m³/秒
第4分水 q＝0.086m³/秒
第3分水 q＝0.062m³/秒
第2分水 q＝0.049m³/秒
第1分水 q＝0.110m³/秒
幹線第2揚水機
中央管理所
(土地改良区)
吐出水槽
3号分水 q＝0.163m³/秒
2号分水 q＝0.094m³/秒
1号分水 q＝0.056m³/秒
西新田場
東新田場
大谷
妻波
至下関
由良
3号幹線水路
2号幹線水路
1号幹線水路
幹線第1揚水機
頭首工 取水量 0.895m³/秒
西園
東園
松神
弓原浜
大野
弓原
田井
茶白山
国坂
江北
由良川
山陰本線
下北条
国道9号線
大栄町
北条町
天神川
凡例
頭首工
中央管理所
揚水機場
加圧機場
ファームポンド
幹線水路
幹線水路(施工済)
既設
新設・改修

図３　県営北条砂丘地区かんがい排水事業３号幹線水路計画平面図

(3)末端用水路

末端のスプリンクラへの配管と配水管との間に電磁弁を設置した。

４．３号幹線水路の施工

３号幹線水路はポンプ圧送のパイプラインとなるので、水撃圧の数値解析を行い、それに対して安全で経済的なダクタイル鉄管を採用した。

新しいルートは由良川を渡る長さ150mのお台場大橋に管路を添架する必要があったが、ここも添架方法を検討し、ダクタイル鉄管でも添架できるという結論が得られたので写真６に示すように施工した。

写真５　お台場大橋

写真６　お台場大橋に添架した呼び径400mm T形ダクタイル鉄管

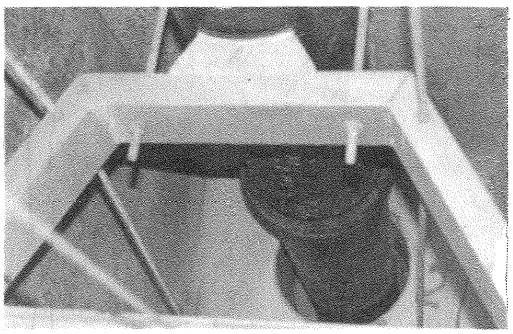
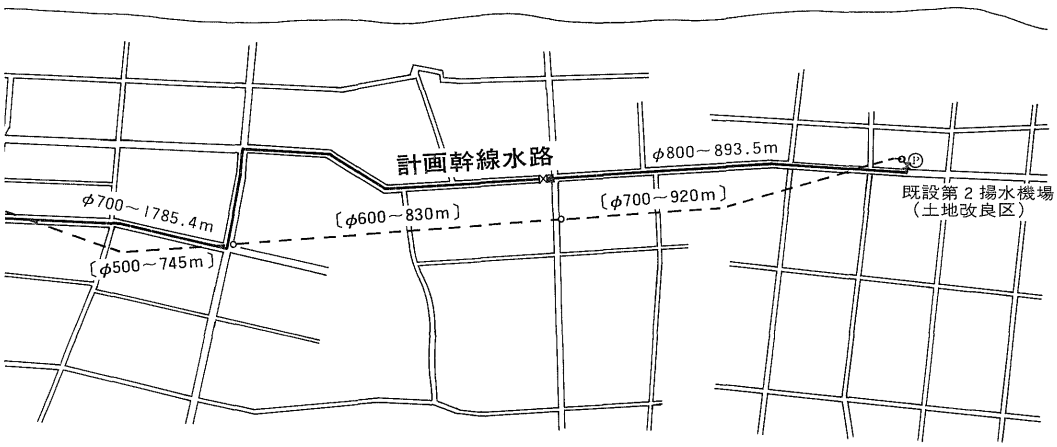


表５　水張り試験結果

通水区間			24時間後の減	換算した許容
No.	呼び径(mm)	延　長(m)	水量(ℓ/日)	減水量(ℓ/日)
①	800	894	300	3580～7150
②	700	1,048	400	3670～7330
③	700	737	453	4160～8310
	600	526		
④	600	392	250	1190～2370
	500	498		

新しい幹線水路は延長5,140mを平成元年度から２ヵ年にわたって施工し完成した。平成３年３月にこの管路の通水試験を行った。



試験は静水圧5.2kgf／㎠を負荷し、24時間放置後の減水量を測定する水張り試験と、設計水圧10kgf／㎠を負荷し、管路が耐えることを確認する水圧試験を行った。

水張り試験による減水量は、表５に示すように、農林水産省構造改善局の「土地改良事業計画設計基準　水路工（その２）パイプライン」に示す許容減水量よりも相当少ない値に止まり、また、水圧試験でも異常がないことが確認できた。

新しい施設は、平成３年３月10日から供用を開始し、順調にかんがいが行われている。

５．おわりに

昭和27年に始まった北条砂丘地区の土地改良事業の最終段階として、昭和56年から北条砂丘地区かんがい排水事業を建設し、平成３年度で完成の運びとなった。

事業には開水路のパイプライン化やポンプと幹線水路の更新、水管理の高度化など新しい課題も多く含まれていたが、これらの完成により今後、営農の省力化とかんがいの自動化が実現し、21世紀に向けて地域社会の発展に大きく貢献できるものと期待している。

ダクタイル鉄管第49号

平成2年10月

技術レポート

急傾斜地の導水管にSII形ダクタイル管を使用して

芦屋市水道部工務課
課長　青木　昭

１．はじめに

芦屋市は阪神間のやや西寄りに位置しており、西と北は神戸市、東は西宮市、南は大阪湾に面し、六甲山脈の南面に位置する傾斜地に市街地を形成している。

温暖な気候に加え、山地・平地・海岸と立体的な自然の恩恵を受け、また、交通の便利さもあり、古くから文化都市として発展してきた。

しかし本市は、昔から水源には恵まれず、飲料水にもこと欠く状態であった。昭和９年にやっと村議会で村営水道の設立が可決され、昭和13年に給水人口５万人、１日最大給水量8,250m³／日の水道が誕生した。

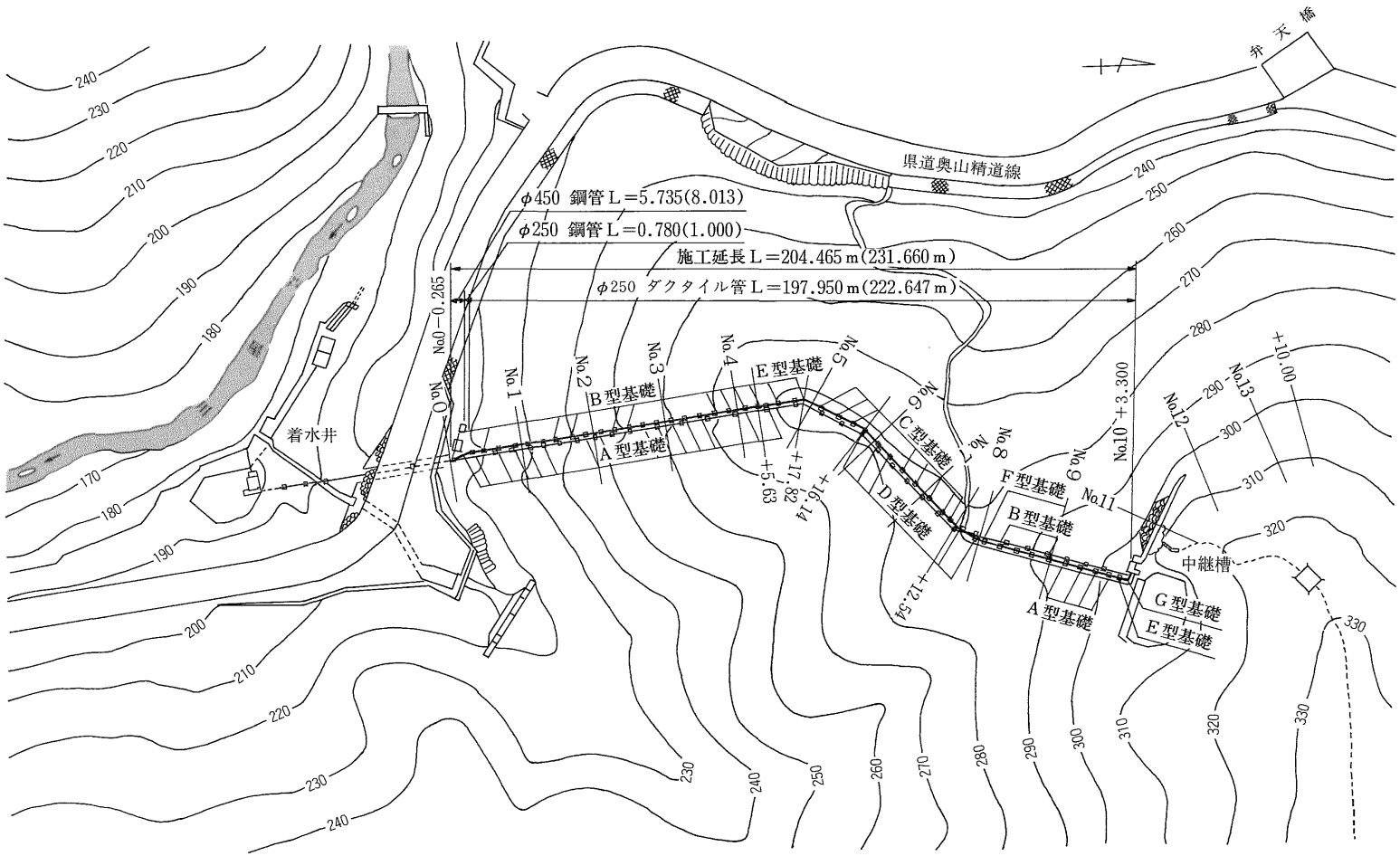
その後、災害・戦争による施設の損傷、人口の急増、生活様式の向上による水需要の増大に対処するため次々と拡張事業を重ねてきた。第４期拡張計画では自己水源として芦屋川の上流に有効容量34万6,000m³の奥山貯水池を昭和47年につくり水源の確保を図った。さらに、大阪湾の埋立による新市街地の拡大に対応するため、阪神水道企業団からの受水量の増と施設の拡充を行った。

現在は第６期拡張事業（計画給水人口10万400人、計画１日最大給水量５万1,900m³／日）に引き続き、現在施工中である沖地区埋立地（ウォータフロントを生かした住宅・文化・海洋性レクリエーションなどの機能を持った都市・面積126ha）への給水を目的とした第７期拡張事業を計画中である。

２．計画概要

第４期拡張事業において、奥山貯水池から奥山浄水場へ原水を送るため、全長3,430ｍの導水管が布設された。このうち、2,500ｍは呼び径400㎜ダクタイル管を道路敷内に布設した。残る930ｍは、大正２年に芦屋川上流に建設された水力発電所の導水施設（上流側のコ

図１　計画平面図


弁天橋
県道奥山精道線
φ450 鋼管Ｌ＝5.735(8.013)
φ250 鋼管Ｌ＝0.780(1.000)
施工延長Ｌ＝204.465ｍ(231.660ｍ)
φ250 ダクタイル管Ｌ＝197.950ｍ(222.647ｍ)
No0
No0−0.265
No1
No2
No3
No4
No5
No6
No7
No8
No9
No10
No11
No12
No13
+3.300
+10.00
+5.93
+11.82
+16.14
+12.54
A型基礎
B型基礎
C型基礎
D型基礎
E型基礎
F型基礎
G型基礎
着水井
中継槽

ンクリート暗きょと下流側の呼び径450㎜リベット鋼管からなる）を関西電力株式会社から譲り受け、奥山貯水池築造時に応急的な修復を行い、導水管路の一部に転用し現在まで使用してきた。

しかしながら、コンクリート暗きょ、リベット鋼管とも老朽化が著しく、特にリベット鋼管は山腹での露出配管のため、近年腐食による孔あきが多く取水量にも影響が出始めたため、ダクタイル管に取り替えることとした。今回はこの急傾斜地配管の事例について報告する。

写真１　リベット鋼管

３．工事概要

(1)　工事名称：奥山導水管改良工事

(2)　工事場所：芦屋市奥山町地先

(3)　工事期間：平成元年10月～平成２年３月

(4)　工事内容

(a)　導水管布設工事

ダクタイル管

呼び径250㎜　　ℓ＝222.0m

鋼　　管

呼び径450～250㎜　ℓ＝9.0m

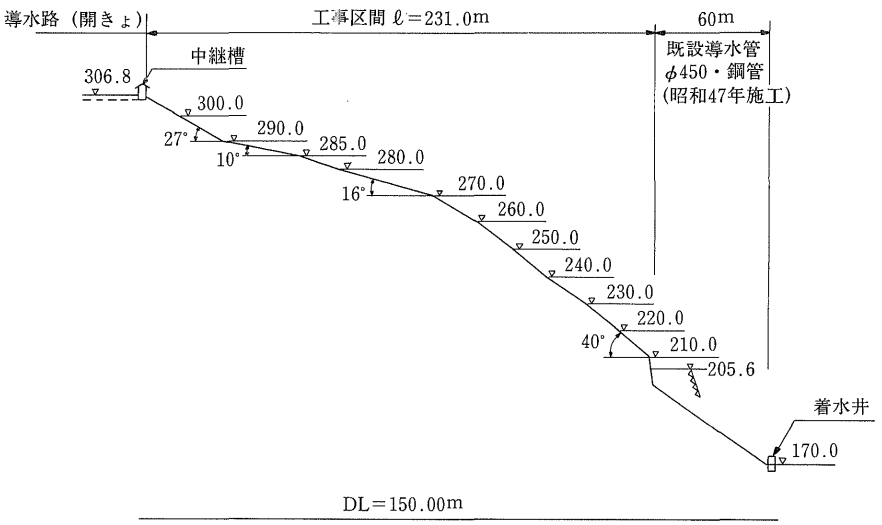
(b)　中継槽改良工事　　一式

(5)　施工方法

急傾斜地用仮設モノレール使用による露出配管布設工法

図１に計画平面図、図２に導水路縦断図を示す。

図２　導水管縦断図



4．導水路の改良方法の検討

導水路の改良に当たって、その方法は種々考えられるが、大きく分けると次のようになる。

- 改良案
  - 既設管の補修
    - パイプ・イン・パイプ工法
    - パイプライニング工法
  - 布設替え
    - 鋼管
    - ダクタイル管
    - 強化プラスチック複合管
    - 鉄筋コンクリート管
    - 塩化ビニル管

このうち、既設管の補修については、本工区の既設管はほぼ全線にわたって老朽化がひどいこと、および新管配管用スペースがあることから採用しないことにした。

1．既設管の布設替えについて

新管の管種について次の通り検討した。

前述の5管種のうち鉄筋コンクリート管については、

① 継手の止水性に問題がある。

② 曲部の配管が困難である。

塩化ビニル管については、

① 強度に問題がある。

② 紫外線に弱いため露出配管には適さない。

③ 流水中の砂による摩耗の問題がある。

以上の理由により、鉄筋コンクリート管および塩化ビニル管を除いた下記3種類の管について、管種の比較を行った。

(1) 鋼　管

(2) ダクタイル管

(3) 強化プラスチック複合管

3管種の特性を比較すると表1の通りである。

この結果、本工区にもっとも適しているダクタイル管を採用することにした。

2．急傾斜地での施工法について

本工区のような急傾斜地における管路の施工法については、次の4通りが考えられる。

① ケーブルクレーン工法

② インクライン工法

③ 移動式大型クレーン（トラッククレーン、クローラクレーン）による工法

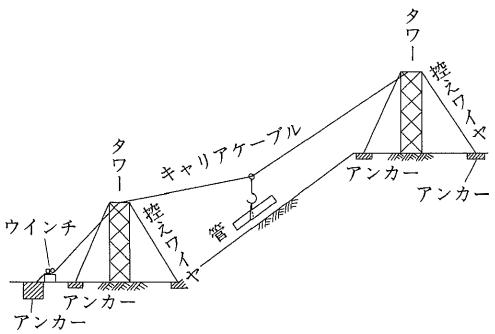
④ モノレールによる工法

次に上記4工法の概要を述べる。

1．ケーブルクレーン工法

図3に示すように、布設区間の両側にタワーおよびアンカーを設置し、ケーブルクレーンにより、管および資材の搬入を行うものである。

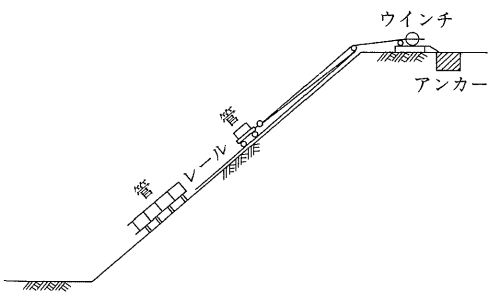
図3



2.インクライン工法

図4のように、ウインチなどのインクライン用設備により、管および資材の搬入を行うものである。

図4



3.移動式大型クレーンによる工法

斜面が比較的短く、クレーンの搬入および設置が可能な場合に、本工法が適している。

表１　特性比較表

項目　／　管種	ダクタイル管	鋼　　管	強化プラスチック複合管
1.管体強度 引張強度(kgf/㎟) 伸　び　(%) 曲げ強度(kgf/㎟) 比　重 弾性係数(kgf/㎟)	 42以上 10以上 60以上 7.15 $1.6\sim1.7\times10^4$	 41以上 18以上 41以上 7.85 2.1×10^4	 10～20 18以上 2.0 $1.3\sim2.3\times10^3$
2.耐外圧性	鋼管より撓みが小さく、鋼性が大である。	伸びが大きく、地盤沈下、温度変化に対応し易いが、反面、変形し易い。 疲労強度が高いので水撃圧、車両荷重など繰り返し荷重に対し強い。	鋼管と同じく変形し易い。 外層はポリエステル樹脂のため、衝撃力によって損傷し易い。
3.耐内圧性	高水圧に耐える。	高度に品質管理された鋼板を素材としているので信頼度は高い。	あまり高圧には適さない。
4.継手の水密性	水密性が良好で、偏心荷重にも強い。	溶接継手であるので母体同様の強度があり、漏水は考えられない。	簡単な継手構造で、一般の条件下では水密性は良好であるが、過酷な内外圧条件下では必ずしも十分とはいい切れない。
5.伸縮可とう性	伸縮可とう性がある。	溶接継手は伸縮可とう性に乏しいが、管体の伸び率が大きいので、パイプライン全体として相当の可とう性がある。	伸縮可とう性がある。
6.離脱防止性	曲管部などは、防護工または特殊継手により離脱防止を図る必要がある。	溶接継手の場合、離脱防止性は良好である。	曲管部などは、防護工により離脱防止を図る必要がある。
7.軟弱地盤への適応性	継手の伸縮可とう性により、ある程度の地盤変動に順応できる。	変位に対し、管体強度で耐える。	継手の伸縮可とう性により、ある程度の地盤変動に順応できる。
8.耐震性	継手が伸縮可とう性であるため、特に大きな地震でない限り問題はない。	地震時の地盤の歪に対し、管体の強度で耐える、いわゆる剛構造管路を形成するため、地震時の発生応力が大きくなる。	継手に伸縮性があり、ある程度の耐震性はある。
9.耐久性	鋳鉄特有の耐食性があり、一般にはモルタルライニング、エポキシ樹脂塗装を施している。露出配管の場合には外面特殊塗装を施す。	内外面ともに、コールタールエナメル塗装、タールエポキシ樹脂塗装を施している。露出配管の場合には対外的要因のため損傷を受ける恐れがある。	内外面とも耐食性は良好であるが、露出配管の場合には、紫外線により材質ならびに色の変化を生じるので屋外配管には不適である。
10.施工性	管の重量が重い点、鋼管より不利である。 継手接合が短時間で行えるので、全体的に施工時間は短くて済む。	管の重量が軽いため、管の据え付けが容易であるが、管の接合作業（溶接、塗装など）に時間を要するので、全体的に施工時間は長くかかる。	軽量のため取り扱いは容易であるが、施工の際衝撃などにより損傷する恐れがある。
工期（管工事）	40日	70日	30日
11.経済性 直接工事費での施工費の比較(比率)	1.00	1.75	0.94
12.総合評価	管体強度、耐久性、経済性（ϕ250の場合）など、ほとんどの面でもっとも適している。 本工区のように露出配管の場合、外面の耐久性（腐食、損傷など）が大きな問題であり、ダクタイル管は内外面とも耐久性があり、もっとも適している。	経済性（ϕ250の場合）に問題があり、小口径の場合は適当でない。 外面の塗覆装の損傷が問題であり、耐食性においてもダクタイル管に劣る。また、工事費が高く不適当である。	管体強度、耐久性（紫外線に対して）などに問題があり、布設場所の条件により適、不適がある。 管の材質より露出配管には不適当である。また、他の管に比べて強度が劣り、外面が損傷する可能性が大きい。
	○	×	△

図５

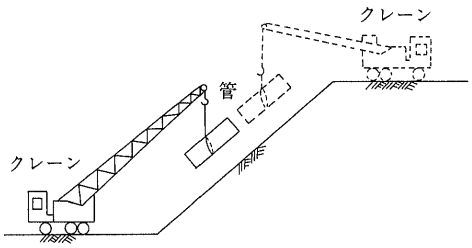
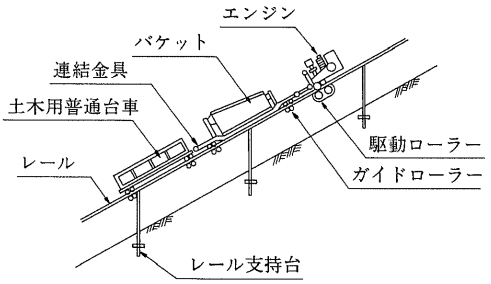


図６



4.モノレールによる工法

図６のように、レール上を２輪駆動の無人運搬機をエンジンにより走行させる工法である。

5.工法の比較検討

移動式大型クレーンによる工法は斜面が短い場合に限られるため、ここでは他の３工法について比較すると表２の通りとなった。

この結果から、本工区ではモノレールによる工法を採用することにした。

表　２

		ケーブルクレーン工法	インクライン工法	モノレールによる工法
一般的特徴	長所	１．クレーン架設が完了すれば必要な箇所から施工することが可能。 ２．斜面上の資材運搬がないので、安全性はやや良好である。 ３．斜面上の配管工事は比較的狭い範囲で可能である。	１．設置費は一般に安価である。 ２．インクライン布設箇所を配管工事に転用することができる。 ３．配管の接合調整はケーブルクレーンより行い易い。 ４．風による影響はない。	１．架設費がもっとも安い。 ２．急傾斜でもスリップすることなく、安全走行できる。 ３．各機器の現地への搬入、搬出に際して、現地条件によりクレーン車が必要の場合もある。 ４．狭い場所や急カーブの所でも設置でき、立地条件を選ばず架設できる。
	短所	１．設置費は一般に高価である。 ２．風による影響を受け易く、配管の接合調整もやりにくい。 ３．アンカとタワーの設置が難しい。 ４．施工能率はやや劣る。	１．レールの設置、撤去に時間を要するため、初期の施工能率はよくない。 ２．斜面上の配管工事はケーブルクレーン工法よりやや広い用地を必要とする。 ３．レールの設置のため、斜面上の不陸整正、掘削、または盛土が必要である。	１．積載量が制限される。 最大積載量 600kg～1500kg ２．施工能率は劣る。
本工区	設置費の比較（比率）	1.6	1.3	1.0
	総合評価	施工現場の状況より、タワーの設置が難しく、工事費がもっとも高く、本工区では適していない。	こう配の変化する場所では運転が難しく、特に水平部では下り車両が停止する可能性がある。	他の工法に比べて工事費がもっとも安く、施工が容易であり、本工区では工法として最適である。

５．導水路改良諸元の検討

1.導水路断面の検討

(1)　計画導水路

Q＝10,000m³／日

＝0.116m³／秒

(2)　導水方式

導水方式の選定に当たっては、水源～浄水場間の相互の高低関係、計画流量の大小、路線の立地条件から比較検討する必要がある。

当工区の場合、高低差が非常に大きいので、既設管と同様、管水路がもっとも適している。

(3)　管　種

前述の通りダクタイル管を採用することとした。

(4)　管　径

流量計算の結果呼び径250mmとした。

２．管布設位置の検討

管の布設位置として、

(1)　地中埋設

(2)　地上露出

の２通りが考えられる。

長所、短所を比較すれば、次表の通りである。

表３

	埋設管	露出管
長所	１．外的障害を受けない。(管体の損傷がない) ２．温度変化を受けにくい。 ３．斜面配管の場合、土の摩擦による拘束力で、安定度が大きい。	１．土工事が少ない。 ２．維持管理が行い易い。(異常時の対応が早くできる) ３．土工事が少ないので、工期が短い。 ４．工事費が安くなる。
短所	１．土工事が大きい。 ２．斜面の防護を十分に行う必要がある。 ３．腐食性の強い土壌に対して、耐久性が低下する。 ４．土工事が大きいので、工期が長く、工事費も高くなる。 ５．滑動防止のための基礎工が必要である。	１．外的障害を受け、損傷する恐れがある。 ２．温度変化などによる影響を受け易い。 ３．強固な管の受け台が必要である。

本工区は、斜面上の配管であり、下記理由により露出配管とした。

①　土工事が少ない。

②　工事期間が短い。

③　工事費が安い。

④　管布設位置は、芦屋市の共有財産所有地であり、周辺一帯も法的に規制された山林であるので、開発などによる外的障害を受ける可能性は少ない。

⑤　温度変化による影響を受けても、管の継手に伸縮性があり、伸縮量を吸収できるので問題はない。

⑥　管の受け台については、斜面上において管の重量を十分に支え得るコンクリート受け台を設けるので問題はない。

3．管の継手の検討

1.各種継手の比較

今回計画した導水管（ϕ250ダクタイル管）の継手構造として、下記の種類が考えられる。

(1)　A　形
(2)　K　形
(3)　T　形
(4)　ＳII形

検討結果をまとめれば、

(1)　いずれの継手形式も使用可能である。
(2)　継手の水密性・可とう性など、一般的性能については、いずれの継手も問題はない。
(3)　伸縮性・離脱阻止性については、ＳII形がもっとも優れている。
(4)　経済性については、T形がもっとも安く、ＳII形は少し高くなる。

2.水圧による不平均力対策

①　特殊押輪を使用する場合

埋設管路のように、土圧による管周面摩擦抵抗力や受働土圧がないため不平均力対策としての効果はなく、むしろ継手の可とう性、伸縮性をなくすことになり、使用の効果はない。

②　ＳII形ライナーを使用する場合

同様に地盤反力が取れないため一体化する効果はないが、地盤変動に対しては鎖継手としての効果が発揮され、管路の機能はある程度までは確保することができる。

③　防護コンクリートの場合

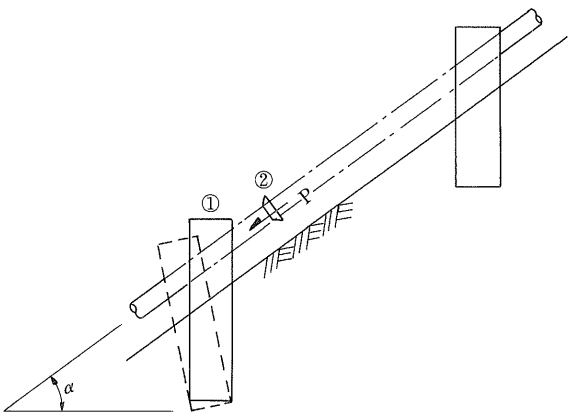
露出配管で一般的に行われる方法であり、同様に土による抵抗力は大きく期待できないので、コンクリートの重量により抵抗させる形式となり、管受け台を兼ねて設置すればよい。

以上のことから、ＳII形継手を使用し、防護コンクリートで固定するのが適当と考えられる。

3.継手の伸縮性・離脱阻止性について

今回の施工場所は急傾斜地である。特にこのような場所では、万が一基礎がずれたり、破壊された場合、管の継手に引張力・曲げモーメントが作用する。このような場合継手の伸縮量が小さければ、管は抜け出してしまう。ＳII形の場合は、他の形式に比べて伸縮量が大きく、さらに離脱阻止力も優れているため地震時の地盤変動、基礎のずれ、基礎の破壊に対しても、安全性が保たれる。

基礎のずれ、破壊の場合について、概略検討を行う。



上記のように基礎①がずれた場合、継手部②に抜出し力が作用する。管の変位量が継手の許容伸縮量以内であれば問題はないが、それ以上であれば、継手部に引張力が作用する。

$P = W \cdot \sin\alpha$

ここに、

P＝継手に作用する引張力

W＝鉛直荷重＝管の重量＋基礎の重量

＝0.30ｔ＋10.0ｔ＝10.30tf

α＝管の傾斜角＝37°

$P = 10.30 \times \sin 37°$

＝6.2tf

呼び径250mmＳII形の離脱阻止力は75tf以上あるため安全である。

4.継手の選定

継手別特性評価(急傾斜、露出配管の場合)

継手形式		A形	K形	T形	SII形
項目	水密性	○	◎	◎	◎
	可とう性	○	○	○	○
	伸縮性	○	○	○	◎
	離脱阻止性	×	×	×	◎
	耐地盤変動性	○	○	○	◎
	施工性	◎	◎	△	○
	経済性	○	○	◎	△
	総合評価	○	○	○	◎

(1) 今回の急傾斜部の露出配管には、ダクタイル管のA形、K形、T形、SII形のいずれの継手形式も使用可能である。

(2) T形は、接合時に管をまっすぐにして接合したあとに曲げ配管などを行う必要があることから、急傾斜地での配管には施工性からやや不向きである。

(3) A形、K形は、ほぼ同等の性能を有しているが、水密性能からはK形の方が優れている。

(4) SII形は、他の管種に比べて接合作業がやや複雑であるが、伸縮・可とう性、離脱防止性能、あるいは耐地盤変動性などから急傾斜部の配管にはもっとも適している。

(5) 以上を総合して、SII形継手を採用することにした。

4．管基礎の検討

管の布設位置が前述のごとく傾斜角が37°にもなるため、管基礎の設計に当たっては、道路土工「擁壁・カルバート・仮設構造物工指針」(日本道路協会) を設計基準として、①転倒、②滑動ならびに③地震時のそれぞれの安全性について検討を行っている。

なお、本基礎の特長として、管受け台・斜面崩壊の直接抑止および法面防護の基礎としての効果を十分に有する形状としている。

6．施　工

1.資材の運搬

1.工事区域の現況・特性

本工事区域は六甲山系の中にあり、保安林砂防・近郊緑地保全・風致地区などの指定を受けて良好な自然景観を保っている区域であるため、これら諸法規の内容を十分把握し、森林の保全を損なわぬよう適切な施工を行う必要がある。今回の配管ルートは傾斜角35°～40°の急傾斜山腹面と傾斜角25°の緩傾斜の尾根部分からなり、地質は黒雲母花崗岩と崩積土砂の２種類であった。

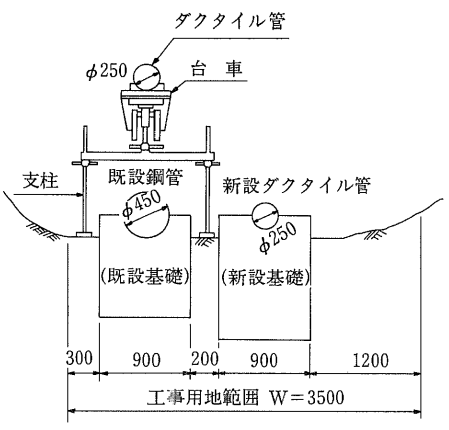
2.モノレールの設置

図７に示す要領で資材運搬用モノレールを設置した。

本工区で使用したモノレールの特長は次の通りである。

図７

モノレール施工標準断面図（Ａ－Ａ）



モノレール側面図

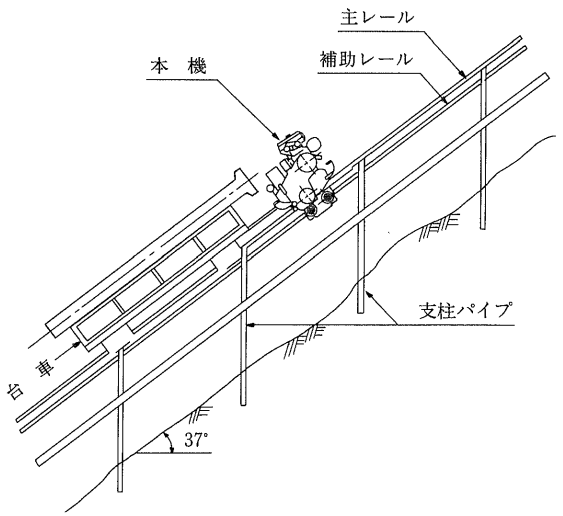
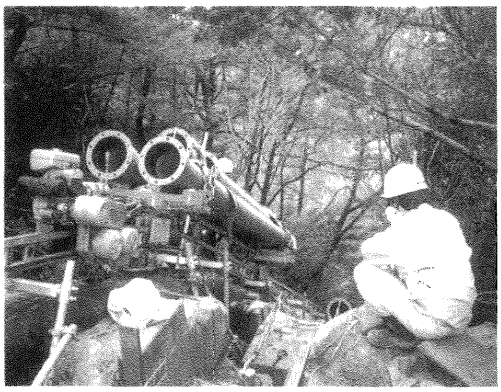


写真２　ＳⅡ形ダクタイル管の運搬



①　２輪駆動構造なので振動が少なく、しかも軽量で、1,500kgを牽引するパワーがある。

②　レールを駆動輪とローラー２ヵ所で挟着し、駆動ピンがレール穴に食い込み、45°の急傾斜でも雨天時もスリップすることがない。

③　本機はアルミ合金で軽量タイプになっており、また、台車・レール部材が分解可能なので、急傾斜地への搬入搬出が簡単である。

④　本機、各種台車とも幅が1.0m以下なので、バックフォーが旋回不能な狭い場所でも設置でき、レール10mで90°の急カーブが左右とも可能なので、立地条件を選ばず架設できる。

3.管の運搬、据え付け

管の積み込みは、工事基地にてトラッククレーンにより行ったが、布設現場での管の積み下し、据え付けは組立式三又を使用し、入力により行った。

管の据え付け図を図８に示す。

図８　管据え付け図

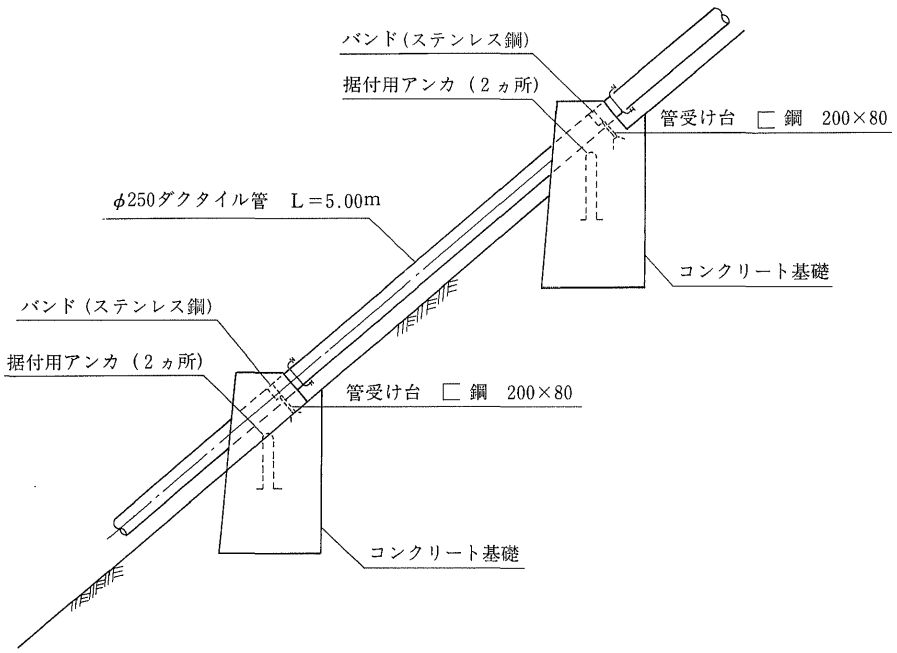
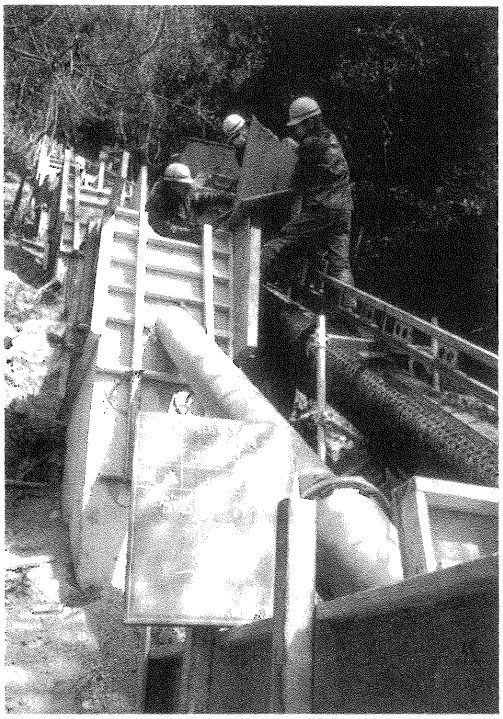


写真３　管巻き部コンクリート打設



2.施工順序

1.準備工事

(1)　準備工

①　施工箇所の状況確認

②　計画中心線、縦断測量

③　工事用機材準備

④　工事に伴う手続きおよび工事計画書提出

(2)　基地築造

①　工事用基地仮囲いおよび整地

②　工事事務所設置

③　工事用機材搬入

(3)　モノレール架設工

①　路線の確認および伐採

②　レール用支柱工事

③　モノレール布設

2.管基礎築造

(1)　掘削工

導水管基礎根入れ部の掘削工事

(2)　残土運搬工

モノレールによる残土搬出

(3)　型枠工

基礎型枠設置

(4)　コンクリート工

コンクリートポンプ車併用

モノレールで運搬打設

(5)　埋め戻し工

3.管布設工

(1)　運搬工

ダクタイル管（ϕ250　$\ell \fallingdotseq 5.0$m）をモノレールで搬入する。

(2)　据え付け

所定の位置にモノレールを停止し、ダクタイル管の荷下し、据え付けを行う。

(3)　継手工

ダクタイル管用継手材により、継手接合工事を行う。

(4)　バンド取り付け

基礎コンクリート底部に取り付けた鋼製バンドでダクタイル管を固定する。

(5)　コンクリート工

基礎コンクリート上部用型枠設置および打設を行う。

4.中継槽改良工

5.鋼管撤去工

6.植栽等復旧工

工事区域内の植栽復旧を行う。

7.モノレール架台撤去工

8.基地跡片付け

写真４　管布設後の状況

写真５　鋼管の撤去

７．おわりに

今回本市において実施した工事では、事前に土質・地層構成の調査を実施し、その結果をもとにし、なおかつ配管位置が前述のように急斜面で傾斜角が37°にもなること、および管路の重要性をも考慮して基礎断面にゆとりを持たしている。また、コンクリート基礎がずれる最悪の状態においても伸縮量が大きく、離脱防止機構を備えたＳⅡ形継手を採用することで安全が保たれる構造とした。

施工に当たっては工事中の土砂崩壊や落石防止のため、十分な法面防護を行い、掘削時の余掘りを極力避け、切盛土量を必要最小限に止めるなどの対策を施し、工事中の安全確保には細心の注意を払った。

なお本工事は、機械化の進む市街地での工事とは異なり、主要建設機械（モノレール・コンクリートポンプ車)の能力に限界があり、掘削工事のほか人力に頼る部分も多く困難をきわめたが、工事関係者の的確な現場対応とその努力により無事に工事を完了した。ここに改めて関係各位に敬意を表する次第である。

技術レポート

未給水地区解消をめざして 飯田市の水道事業

飯田市・上郷町上下水道組合水道局
水道課長　小林幸市

１．はじめに

飯田市は長野県の最南端、通称伊那谷と呼ばれる南部地方にあり、諏訪湖に源を発し、伊那谷を南流し、太平洋に注ぐ天龍川のほぼ中央に位置している。東に南アルプス国立公園、西に中央アルプス国立公園をひかえ、豊かな自然と優れた景観など、四季折々の自然美と比較的温和な気候に恵まれた河岸段丘の地に発展した城下町である。

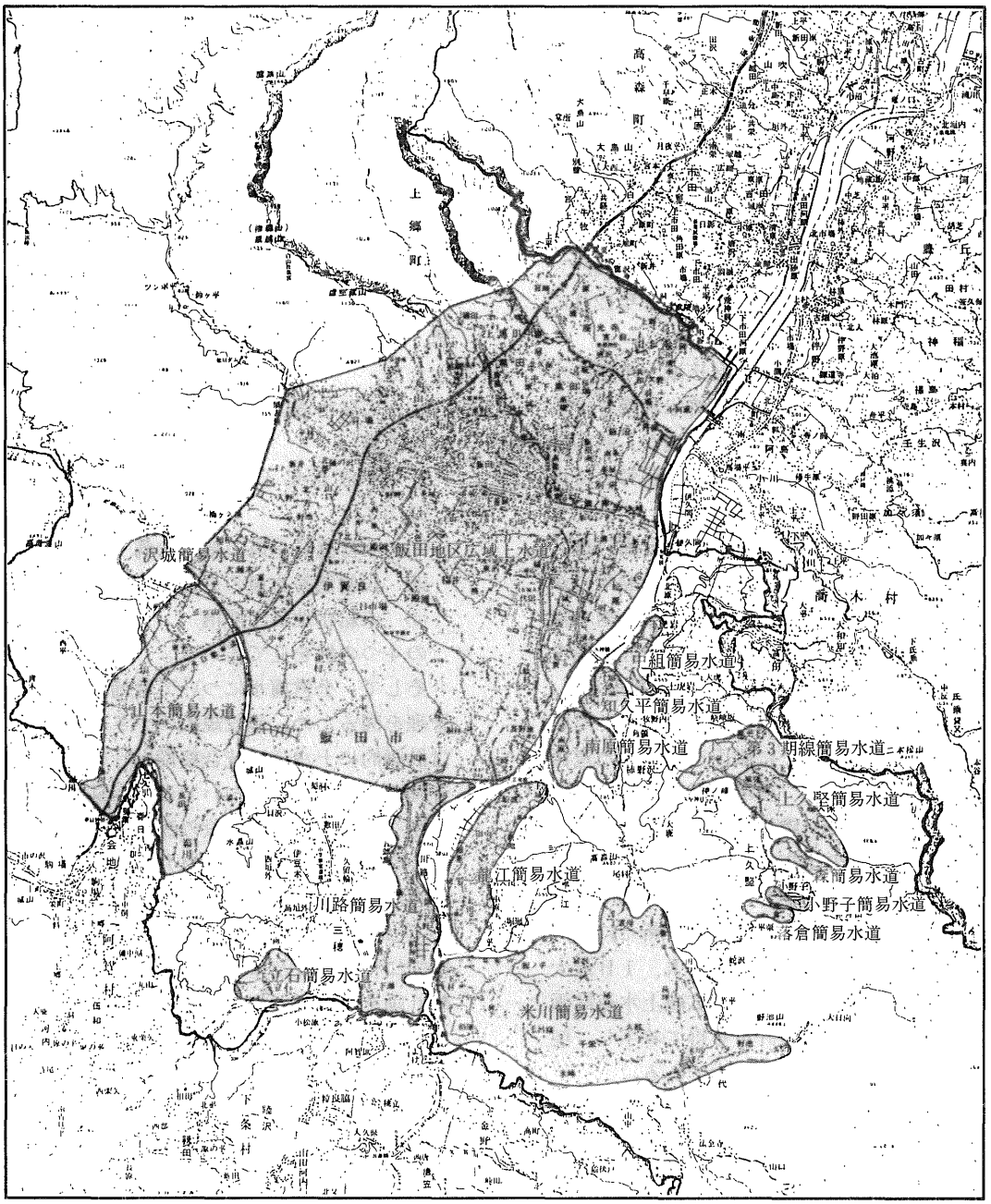
飯田の発祥は鎌倉時代に始まる。その後江戸時代に飯田町として城下町の基礎ができ、昭和12年４月に市制が施行された。その後数次にわたり近隣の町村を合併し、現在、面積298.90㎢、人口約９万2000人を有する伊那谷の行政、経済、文化の中核都市に発展し、今日に至っている。

飯田市で昭和22年市街地の大半を焼失する大火があったが、大火後はリンゴ並木に象徴されるように，都市計画のもと整然とした緑の街路は、防火モデル都市、衛生都市としても全国的に誇り得るまでに生まれ変わった。さらに、学校施設、文化施設、環境衛生施設なども急速に充実し、近代文化都市としての様相を呈している。

また、かねてより伊那谷の夜明けとまでいわれ、多くの住民の期待であった中央自動車道西宮線が昭和57年11月に全面開通となり、高速バスで東京、名古屋は日帰り圏となった。一方、近い将来東海地方とを結ぶ三遠南信自動車道の開通、さらに中央新幹線の建設も期待されており、伊那谷の中心都市として首都圏、中京圏の中間接点地域としての役割が期待されている。

写真１　リンゴ並木

図１　飯田市給水区域図


沢城簡易水道
飯田地区広域上水道
山本簡易水道
飯田市
中組簡易水道
知久平簡易水道
南原簡易水道
第３期線簡易水道
上久堅簡易水道
森簡易水道
小野子簡易水道
落倉簡易水道
龍江簡易水道
川路簡易水道
立石簡易水道
米川簡易水道
上郷町
高森町
商木村
下条村

そして、緑とロマンにあふれた活力あるリンゴ並木の町“いいだ”は、21世紀に向けてますます情報化、国際化、高齢化していく社会での町づくりのため、気軽に市民が行政に参加し、企画の段階からともに知恵を出し合える手づくりの町をめざして、個性と魅力ある都市の建設を進めている。

2．水道の概況

飯田市の上水道は、城下町であった市街地を中心として大正15年、国の許可を得て計画給水人口4万人、1日最大給水量5,840m³で、昭和2年3月事業に着手し、昭和3年12月に給水を開始している。

この水源は、現在飯田地区広域上水道の水源となっている松川からは当時水利権を得ることができなかったため、市街地から約20km離れている大平地籍の阿知川から苦労して取水をしている。

その後、水需要の増大への対応と周辺地区への給水を行うため、昭和35年から44年にかけて2次にわたり給水区域を拡張し、給水量の増加、導水管の布設替えなど施設の整備を行い、1日最大給水量1万5400m³に変更した。

また、増え続ける水需要への対応と、昭和31年の合併により新たに飯田市となった竜西地区のうち、座光寺、松尾、竜丘、伊賀良を中心とする地区と、隣接する鼎町（昭和59年に合併）、上郷町の1市2町によって広域上水道計画の話が持ち上がり、既存の上郷町営水道ならびに飯田市上水道の水源を新たに松川ダムに求め、計画給水人口10万人、1日最大給水量4万5000m³の飯田地区広域上水道計画が昭和45年3月、国の許可を得て着手し、現在、第5期創設事業を実施中である。

このほか、飯田市では簡易水道として、現在建設中の山本簡易水道を含め、公営により管理しているもの9ヵ所、民営によるもの5ヵ所、計14ヵ所設置されている。

また、住宅団地に公営によって給水している専用水道1ヵ所、営農飲雑用水施設が9ヵ所あり、これらを含めて市の水道普及率は平成元年4月1日現在81.2%である。全国平均94.2%、長野県の96.3%に比べかなり低く、県下17市の中でも最低の普及率となっており、今後の未給水地区の解消が強く望まれている。（県下17市平均水道普及率95.9%）

3．未給水地域解消計画水道整備について

現在未給水地域となっている地域は、生活様式の変化、地下水の枯渇、水質悪化などにより1日も早い水道布設の要望が強かった。しかし、地形上布設条件が悪く、加えて適当な水源が得られないため今日に至っている。

こうした中で飯田市は、昭和63年に基本構想、基本計画を策定した。このうち水道計画として、

(1) 広域水道区域内未給水地区の解消と施設整備
（平成元年4月現在広域水道普及率91.5%）
(2) 公営簡易水道の施設設備
(3) 民営簡易水道の公営化
(4) 未給水地域の解消

の4つの柱を立てている。

そして、公営簡水については効率よい運営管理を図るため、施設規模の小さな簡水などは計画的に上水道に統合整備を行い、民営で管理している簡水については、水量水質が不安定なことに加えて施設の改善が強く望まれていることから、理解と協力を得る中で公営化を図り、未給水地域についての水源対策としては、地下水を含めて新たな水源開発を積極的に行い、普及率の向上を図るよう基本構想計画を立てている。

こうした中で、今年度は市の重点施策の中に水道未給水地域の解消計画が取り上げられており、積極的に建設事業を行うこととしている。

現在、建設中の事業は山本簡水新設事業および米川簡水拡張事業があり、本年度から新たに水道未普及地域解消計画の一環として、新たに国の補助制度による無水源簡易水道事業によって、未給水地区となっている上川路地区への水道布設と、平成2年度からは沢城

簡水の拡張事業など向こう10カ年の間に未給水地区の解消に努める。また、普及率についても全国平均になるよう積極的に事業を推進していくべく計画を立てている。

現在実施している事業の概要は、次の通りである。

1．山本簡易水道新設事業

計画給水人口：4,800人

計画給水区域：飯田市山本、竹佐、箱川の各一部

計画1日最大給水量：1,508m³

水源の種別：広域上水道から受水

建設年度：昭和62年度から平成3年度までの5年間

事業費：1,418,000,000円

施設の概要：表1に示す

事業計画：図2に示す

写真2　山本簡易水道低区配水池

写真3　米川簡易水道矢伯配水池

表1　山本簡易水道新設事業の概要

種別	工種		形状・寸法	数量	備考
送水施設	大瀬木受水場		鉄筋コンクリート造り 幅4.6m×長4.6m×有効深3.0m 2池　有効容量126.9m³	1ヵ所	
	送水管		A形ダクタイル鉄管 呼び径200mm　ℓ＝1,961m 呼び径 75mm　ℓ＝　404m	2,365m	
	送水ポンプ施設			2ヵ所	
	計装設備			一式	
配水施設	配水池	高区配水池	RC造り　有効容量　120m³	1池	
		中区配水池	RC造り　有効容量　310m³	1池	
		低区配水池	RC造り　有効容量　390m³	1池	
		箱川配水池	RC造り　有効容量　90m³	1池	
	配水管		A形ダクタイル鉄管 呼び径200mm　ℓ＝1,615m 呼び径150mm　ℓ＝13,520m 呼び径100mm　ℓ＝16,730m 呼び径 75mm　ℓ＝14,650m	46,515m	
用地				3,473.17m²	

図２　飯田市山本簡易水道事業計画平面図

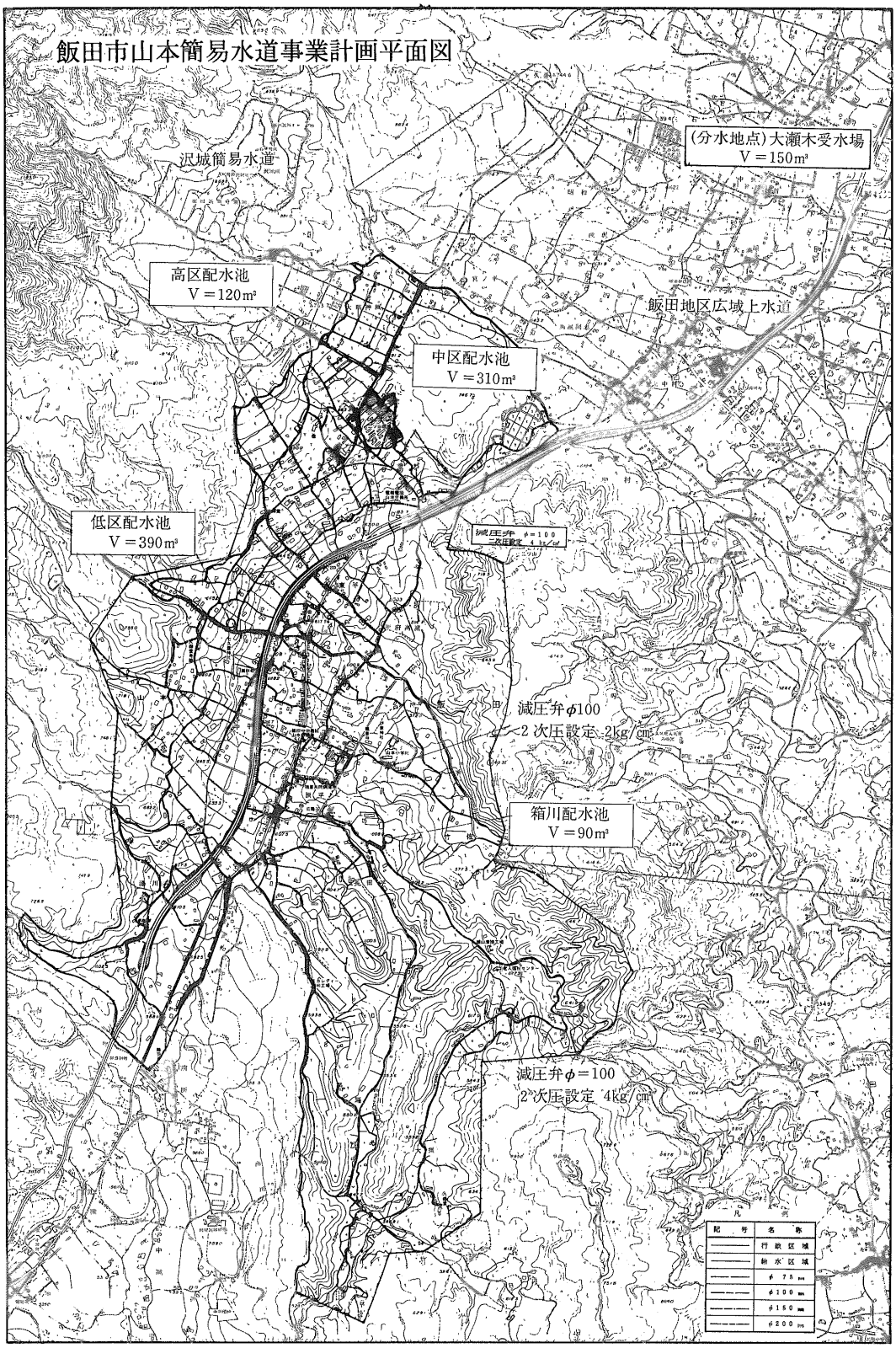


表2　米川簡易水道拡張事業の概要

種別	工種		形状・寸法	数量	備考
水源施設	取水井		RC造り　6.3m×6.2m×5.2m	1　井	
	沈砂池		RC造り　19.5m×6.65m×5.04m	1　池	
浄水施設	着水井		RC造り　1.2m×0.8m×1.8m　V=1.8m³	1　井	
	混和池		RC造り　1.2m×1.2m×1.8m　V=2.6m³	1　池	
	フロック形成池		RC造り 3.0m×3.0m×1.8m　V=16.2m³	2　池	
	薬品沈でん池		RC造り 3.0m×6.7m×3.1m　V=62.3m³	2　池	
	急速ろ過池		RC造り　1.9m×2.35m　A=4.47m²	3　池	
	浄水池		RC造り　3.0m×7.2m 有効深　2.5m　V=54.0m³	2　池	
	上屋工		RC造り　28.4m×14.0m× 3,235m　A=397.6m²	1　棟	
	電気計装設備		ポンプ施設　電気施設　計装設備	一　式	
送水施設	送水管		A形ダクタイル鉄管 呼び径150mm　ℓ=1,950m 呼び径 75mm　ℓ=1,010m	2,960m	
	ポンプおよび計装設備		送水ポンプおよび電気計装設備	一　式	
配水施設	配水池	天伯配水池	RC造り　V=320m³	1　池	
		大郡配水池	RC造り　V= 80m³	1　池	
		尾林配水池	RC造り　V= 70m³	1　池	
		萩坪配水池	RC造り　V=100m³	1　池	
		尾林上配水池	RC造り　V=120m³	1　池	
		千栄配水池	RC造り　V= 90m³	1　池	
	減圧槽		RC造り　V=31m³	5ヵ所	
	配水管		A形ダクタイル鉄管 呼び径200mm　ℓ=　727m 呼び径150mm　ℓ=12,097m 呼び径100mm　ℓ=23,905m 呼び径 75mm　ℓ=12,526m	49,255m	
用地				9,166.71m²	

2．米川簡易水道拡張事業

計画給水人口：　2,750人

計画給水区域：飯田市千代、千栄、竜江の各一部

計画1日最大給水量：　1,043m³

水源の種別：1級河川米川の表流水

建設年度：平成元年から平成8年度までの8年間

事業費：　2,300,000,000円

施設の概要：表2に示す

事業計画：図3に示す

4．管種の選定について

飯田地区広域上水道および簡易水道の布設延長、ならびに管種別布設割合は次の通りである。

図３　飯田市米川簡易水道拡張整備事業計画平面図

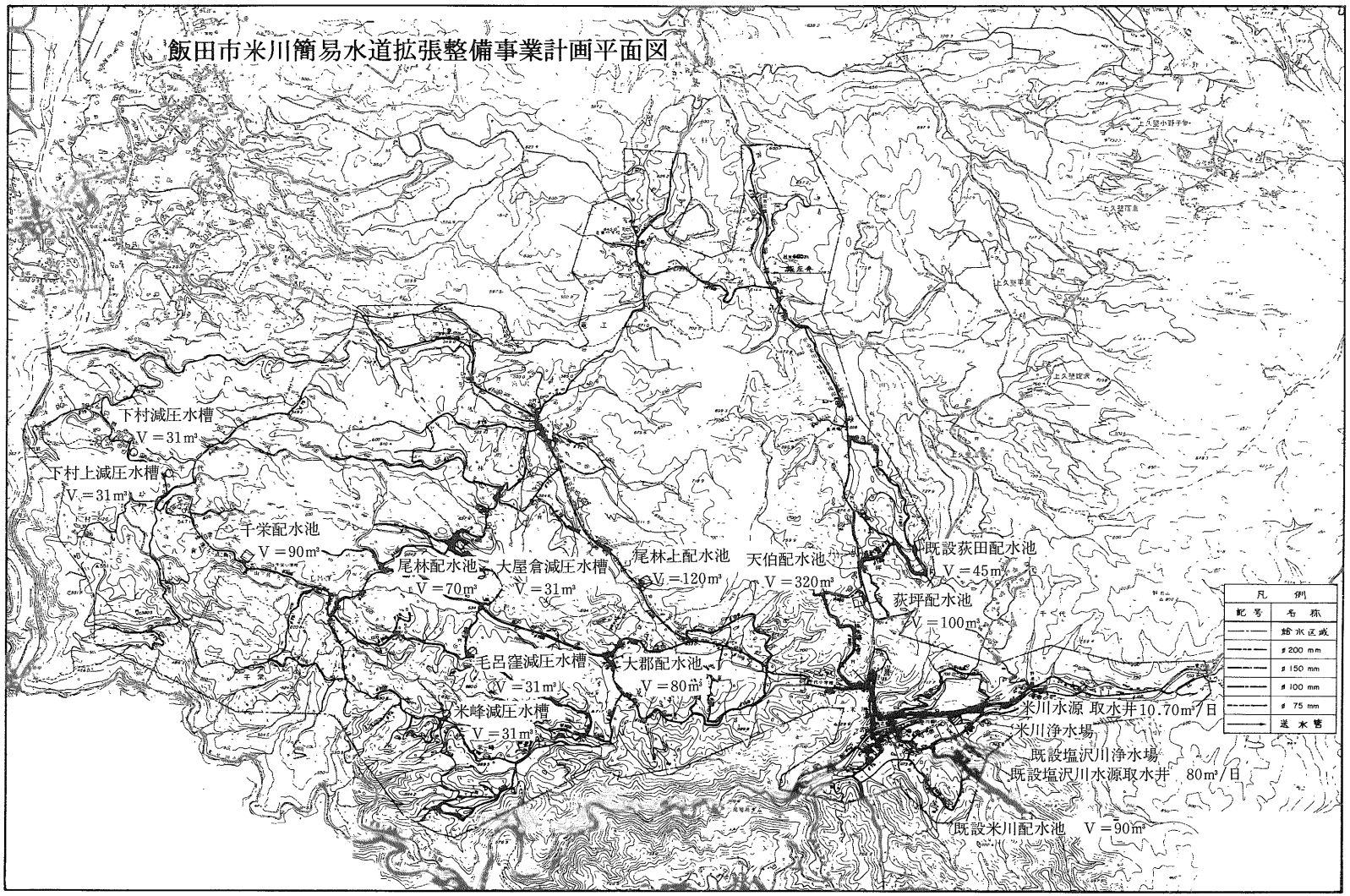


表３　導送配水管布設総延長

飯田地区広域上水道	474,700ｍ
簡易水道(公営のみ)	102,500ｍ
計	577,200ｍ

管種別布設割合

管種名	広域上水道 (%)	簡易水道 (公営のみ) (%)	計 (%)
鋳鉄管およびダクタイル鉄管	90.4	64.4	85.8
鋼管類	5.1	4.7	5.0
石綿セメント管	3.4	5.2	3.7
硬質塩化ビニル管	1.1	25.7	5.5

管種の選定に当たっては、下記事項を考慮してダクタイル鉄管１種管を選定した。

(1)　維持管理が容易であること

ダクタイル鉄管で布設されている場合、交通量の増大、道路工事などによる損傷の割り合いが少ない。また、災害などで管が露出しても重量があるため継手部の離脱の割り合いが少なく、漏水調査も金属管のため非金属管に比べ容易であるなどの利点がある。

(2)　耐用年数が長いこと

公営企業法の中で鋳鉄管の耐用年数は40年、その他のもの25年となっているが、将来交通事情など布設替えが簡単にできなくなること、布設地区は急激な都市化が見込まれないことが予想されるため耐用年数の長い管種とした。

(3)　扇状地、河岸段丘上に集落が点在しており、布設箇所は栗石や砂利など礫質を多く含んだ地層であるので破損事故を極力避ける必要がある。

(4)　飯田市は近い将来、予想されている東海沖地震防災対策強化地域として指定されており、耐震性を要求されている。

こうした中で、宮城県沖地震など、過去の地震災害データからダクタイル鉄管は地震による被害が少ない。

(5)　布設箇所の地形は高低差が大きく、管路は激しい起伏を強いられるため継手性能がよく、施工性にも優れ、高圧に対しても十分耐えること。

(6)　埋め戻しに発生土が使用できること

国・県道は道路管理者の指示により、砂の入れ替えが義務付けられているが、市道については発生土にて埋め戻しを行っている。

以上の理由からダクタイル鉄管を採用しているが、１種管を使用することについては、地震対策強化地域であることから腐食と耐久性を考慮して採用した。また、今後ＳⅡ形耐震管の使用についても現在検討しているところである。

現在話題となっている石綿セメント管については、管路延長の3.7%に過ぎず、その大半が現在建設中の米川簡易水道区域内に布設されているので、この事業の中で、ダクタイル鉄管に布設替えを予定している。

５．まとめ

飯田市においては、水道未給水地域の解消が市政の重点施策となっていることから、国および県の指導を仰ぎながら10ヵ年の計画で未給水地区の解消に向けて事業を実施していく予定である。

なお、建設に当たって管路の使用管種については維持管理、耐久性などを考慮に入れて、従来の基本方針通りダクタイル鉄管を布設していく方針である。

〔参考〕

飯田市の給水区域図

飯田市における水道設置状況表

3 技術レポート

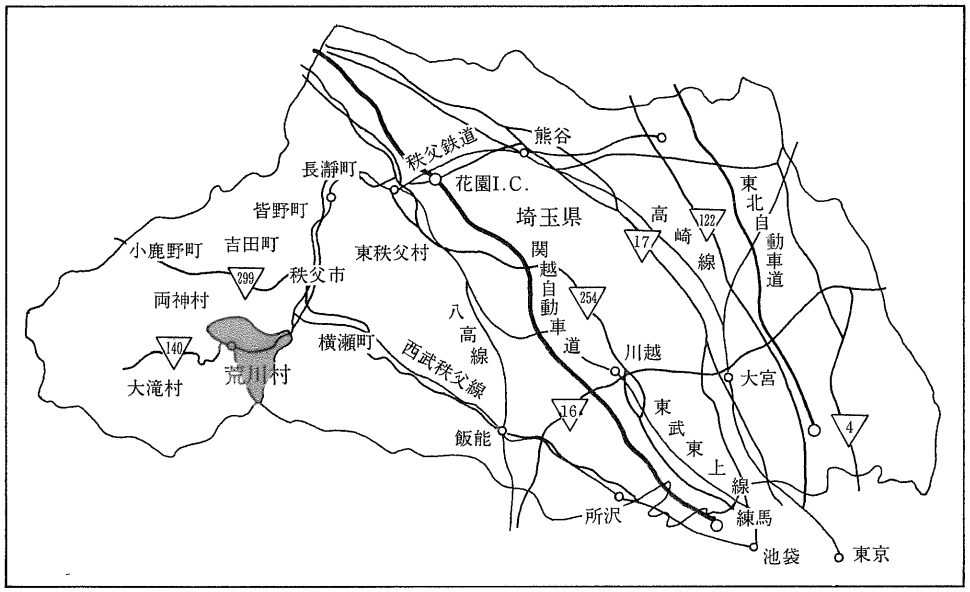
荒川村における簡易水道統合事業について

埼玉県荒川村水道課
課長　深見嘉徳

１．はじめに

荒川村は、埼玉県の西南部、秩父山地の入口に位置する、豊かな自然に恵まれた人口6,400人余りの村である。村の主たる産業は、伝統的な養蚕業や果実の生産であったが、都心から僅か90分という交通の便に恵まれたこともあり、登山、ハイキング、キヤンプ、釣りといったアウト・ドア・ライフを中心として、近年では年間30万人を超える観光客を迎えるようになってきた。そのため、村でも古くからの地場産業と観光の要素を結びつけた「日野観光農園村」や「農園村役場」などの観光拠点を設け、「都市近郊型農村」という新しい村の創造に取り組んでいる。

図１　荒川村位置図



本村の水道は、日野、安谷川、谷津川という３つの簡易水道と、大指地区の飲料水供給事業とで成り立っているが、この度、広域的に、より安定した水の供給を図るため、日野、安谷川の２つの簡易水道の統合事業を平成元年度から３ヵ年の計画でスタートさせた。以下、この事業内容について紹介する次第である。

２．事業の内容

1.荒川村の水道事業の経過

本村の水道事業は、昭和29年に上田野簡易水道事業として認可を受け、昭和30年度に上下石原地区簡易水道事業、昭和31年度に日野地区簡易水道事業、贄川地区簡易水道事業として各地区ごとに簡易水道事業を設置してきたものである。その後、給水量の増加、施設の老朽化、給水区域の拡張などにより、施設の統合を行ってきた。昭和48年には上水道事業の計画を立案したが、水源事情が非常にひっ迫しているのに加え、新規開発水源のダム建設問題が難航していたため水利権の取得ができず、上水道事業の計画を断念し、谷津川簡易水道事業のみ変更認可を受け施設の増強を図ってきた。

表　水道事業の経過

区分 / 事業名	認定年月日	計画給水人口（人）	１人１日平均給水量（ℓ）	１人１日最大給水量（ℓ）	１日平均給水量（m³）	１日最大給水量（m³）	備考
上田野簡易水道事業	昭和29年８月16日	1,250	100	150	125.0	187.5	
上下石原地区簡易水道事業	昭和30年８月16日	600	100	150	60.0	90.0	
日野地区簡易水道事業	昭和31年８月21日	510	100	150	51.0	76.5	
贄川地区簡易水道事業	昭和31年８月21日	290	100	150	29.0	43.5	
白久・贄川・小野原地区簡易水道事業	昭和39年６月８日	2,300	100	150	230.0	345.0	新設区域に贄川簡水を吸収
安谷川簡易水道事業	昭和41年５月31日	2,800	106	159	297.5	445.0	上田野簡水と上下石原簡水を統合
日野簡易水道事業変更	昭和46年７月30日	920	126	187	115.9	172.0	
白久・贄川・小野原地区簡易水道事業変更	昭和47年７月19日	2,890	130	154	364.0	432.0	小鹿野町神ノ原地区へ給水
谷津川簡易水道事業	昭和50年３月31日	3,440	300	494	1,032.0	1,700.0	白久・贄川・小野原簡水の拡張
大指地区飲料水供給施設事業	昭和55年６月24日	50	150	200	7.5	10.0	確認申請

2.統合事業の概要

現在、本村の給水人口は6,150人で普及率は95.8%に達しているが、日野地区、安谷川地区について見ると、現在の施設では供給能力が限界にきている。

そのため、今回取水点を変更し、新たに大字日野字芦ノ平地内に浄水場を建設して両地区への安定供給をめざしていく計画である。

同地区への供給能力は、現在安谷川が日量最大445m³、日野が172m³で計617m³であるが、統合後は2,210m³にまで供給量を増やし、3,733人の現給水人口（両地区合計）を4,800人とする計画である。年度別では、１年目にあたる平成元年度に導水管の布設および取水施設の設置を行い、平成２年度に浄水場の建設と国道部への配水管布設、平成３年度に支線部の配水管布設を主として行っていく。

事業名：荒川村安谷川統合簡易水道事業

総事業費：17億1,000万円

事業年度：平成元年度～平成３年度

図２　荒川村安谷川統合簡易水道事業

（一般平面図）

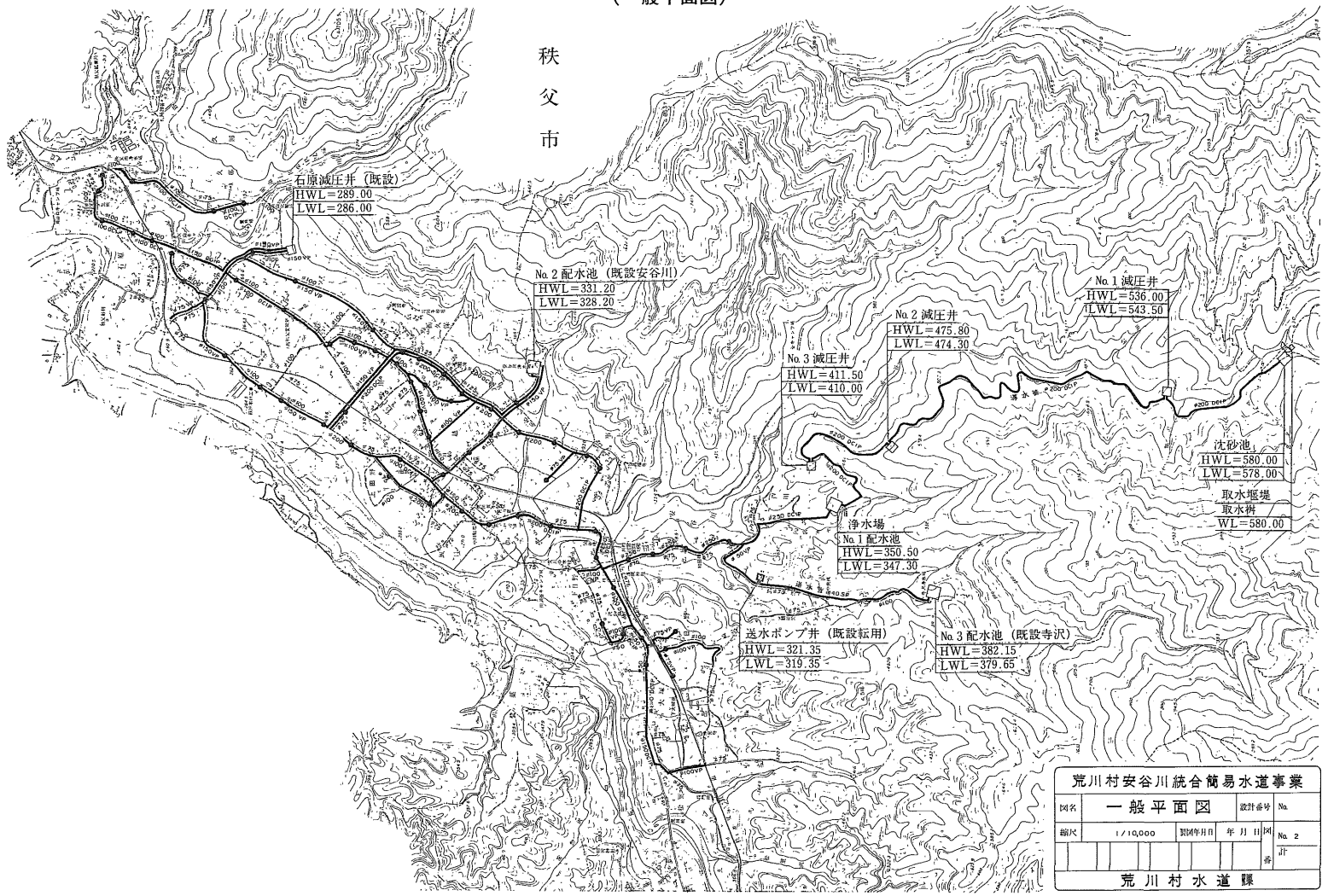
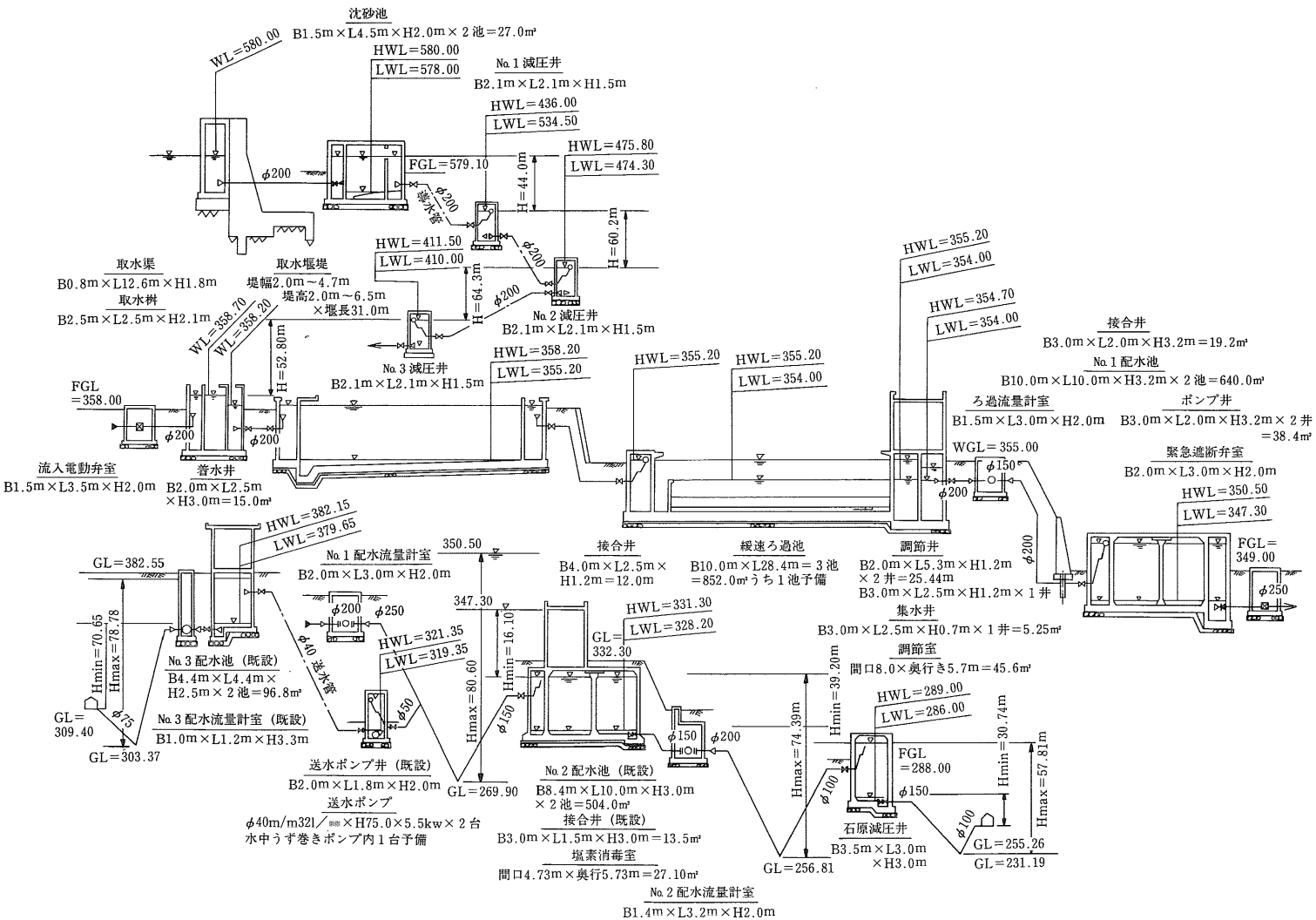


図3　安谷川簡易水道・変更計画フローチャート



荒川水系安谷川（普通河川）の表流水を取水し、導水管で自然流下により芦ノ平へ新設する浄水場へ導水する。さらに、導水した原水は、普通沈でん池から緩速ろ過池でろ過して塩素滅菌後、配水池に貯留し配水管にて大字日野、上田野、久那の３地区へそれぞれ給水する。

本施設の概要は次の通りである。

（ア）取水施設

取水地点：標高580m

取水方法：取水堰堤を築造し、上流部に取水きょおよび取水スクリーンを設置して表流水を取水する。

取水桝：１桝、ＲＣ造り

沈砂池：１井、ＲＣ造り

導水管：呼び径200㎜Ａ形ダクタイル鉄管
Ｌ＝3,883m

減圧井：３池、ＲＣ造り

（イ）浄水施設

着水井：１井、ＲＣ造り

普通沈でん池：２池、ＲＣ造り

緩速ろ過池：３池、ＲＣ造り（ろ過速度４ｍ／日）

配水池：２池、ＲＣ造り（No.１）

配水池：２池、ＲＣ造り（No.２、No.３とも既設を使用）

（ウ）送水施設

高低差の関係上、日野地区の既設減圧場を送水ポンプ場に変更し、既設寺沢浄水場内のNo.３配水池に送水して高区の給水区域へ給水する。

給水人口：100人

送水量：46㎥／日（0.032㎥／分）

ポンプ台数：２台（うち１台予備）

ポンプ容量：0.032㎥／分（5.5kw）

（エ）配水施設

本計画給水区域は、No.１配水系統（中区配水区域）、No.２配水系統（低区配水区域）およびNo.３配水系統（高区配水区域）の３給水系統に区分され、各系統とも自然流下にて給水する。

なお、No.２配水系統は、高低差の関係上減圧井（既設石原減圧井）で圧力調整を行って給水する。既設の旧安谷川、日野の簡易水道施設は、予備施設として使用する。

３．管の施工について

今回の工事にあたっては、布設場所などの諸条件を考え呼び径250～75㎜の配管にダクタイル鉄管（Ａ形１種）を採用することにした。

平成元年度においては、呼び径200㎜の導水管部について施工を行ったが、すべての区間にわたって山間部の林道での工事であり、小型トラック１台がかろうじて通り抜けられるほどの道路幅員しかない場所であった。また、主として岩盤地帯であったため、ブレーカーが先導して破砕し、それをパワーシャベルにて掘りおこしたあと１本ずつ布設し、あとから砂・土を搬入して埋め戻すという１日単位の仕事が続き、日によっては１本ないし２本しか布設できないこともあった。

４．おわりに

今回の事業により取水点が変更され、安谷川上流のイワナやニジマスの棲息するような良質の原水が得られるようになったことで、安定した水量とおいしい水の供給が実現されることとなる。今、本村を含めた秩父地区は埼玉県の広域リゾート計画により、「東京に近いグリーンエリア」として脚光を浴びてきているが、本事業により本村の水道が、それに一歩先んじた形で魅力あるものに生まれ変わっていくものと確信している。

平成元年度の工事については、関係各位のご協力により無事完了し、現在浄水場の建設に着手しつつある。前述のように、施工にあたっては困難な諸条件が多いが、今後ともみなさまのご指導を仰ぎながら平成３年度の竣工に向け努力を続けていく所存である。

技術レポート

勝山市でのダクタイル管による管路更新

勝山市上水道課
課長補佐　佐久間 謙治

1．はじめに

勝山市の水道は昭和33年の創設以来、昭和51年度まで導送配水管に使用する管種として石綿セメント管をほぼ全面的に使用してきた。しかし、昭和52年度から始まった当市の公共下水道工事と並行して石綿セメント管の管路更新を開始した。更新に際して使用する管材を種々検討した結果、水密性に富み、管体の強度があり、耐用年数が長いダクタイル管を選定した。以来、今日に至るまで石綿セメント管の管路更新に、呼び径75㎜以上はすべてダクタイル管を使用して行い、水道施設の将来に対する財産として高品質の管路を残すことができた。以下、当市の水道事情と管路更新状況など、いくつかの事例についてご参考までに報告する。

2．水道事業の沿革

北陸地方に位置する本市は、加越国境の連山をはじめとする山々と、九頭竜川およびその支流に面した狭小な平野部からなる地域である。このため飲料水など住民の生活用水は、浅井戸や湧水によって十分まかなわれていた。

しかし、昭和20年代から主産業の繊維工業が隆盛となるにつれて水の需要も増え、これに伴って地下水の水位低下も著しくなり、一方では、産業排水や農薬などによって、河川や水路の流水の汚染も進行した。このようなことから、生活用水確保についての市民の要望が高まり、上水道の建設が急務となった。

このような問題解決のため、昭和31年、立川町地係において水源井のボーリングを行い、引き続き給水区域を元町、立川町、芳野町、本町、栄町、長山町、沢町と定めて水道管の布設計画を樹て、昭和33年10月に事業の認可を得た。翌年９月には水源井として立川第１水源地を立川町地係の九頭竜川右岸に設け、昭和35年４月にその浅井戸から送水ポンプによって一部通水を開始した。その後、海抜170ｍの片瀬地係の山麓に配水池を築造し、自然流下によって配水するとともに全給水区域への配水管布設工事を施工して、昭和37年３月に創設事業として完成した。

しかし、給水人口の増加と生活水準の向上に伴って給水量が増加したことや、九頭竜川上流での九頭竜ダムの建設工事の影響により、水源井の水位が急激に低下したため、昭

図１　勝山市水道事業区域図

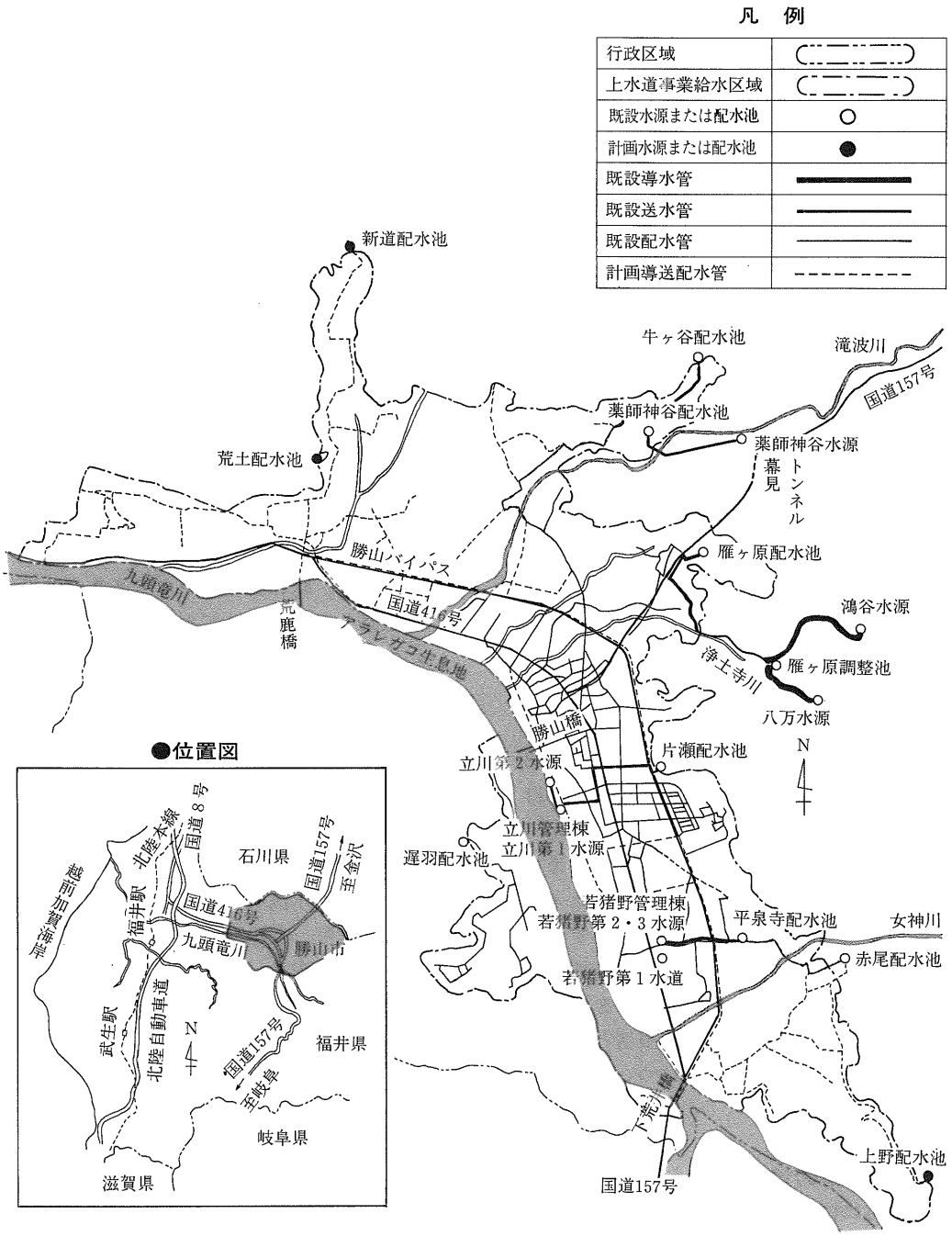
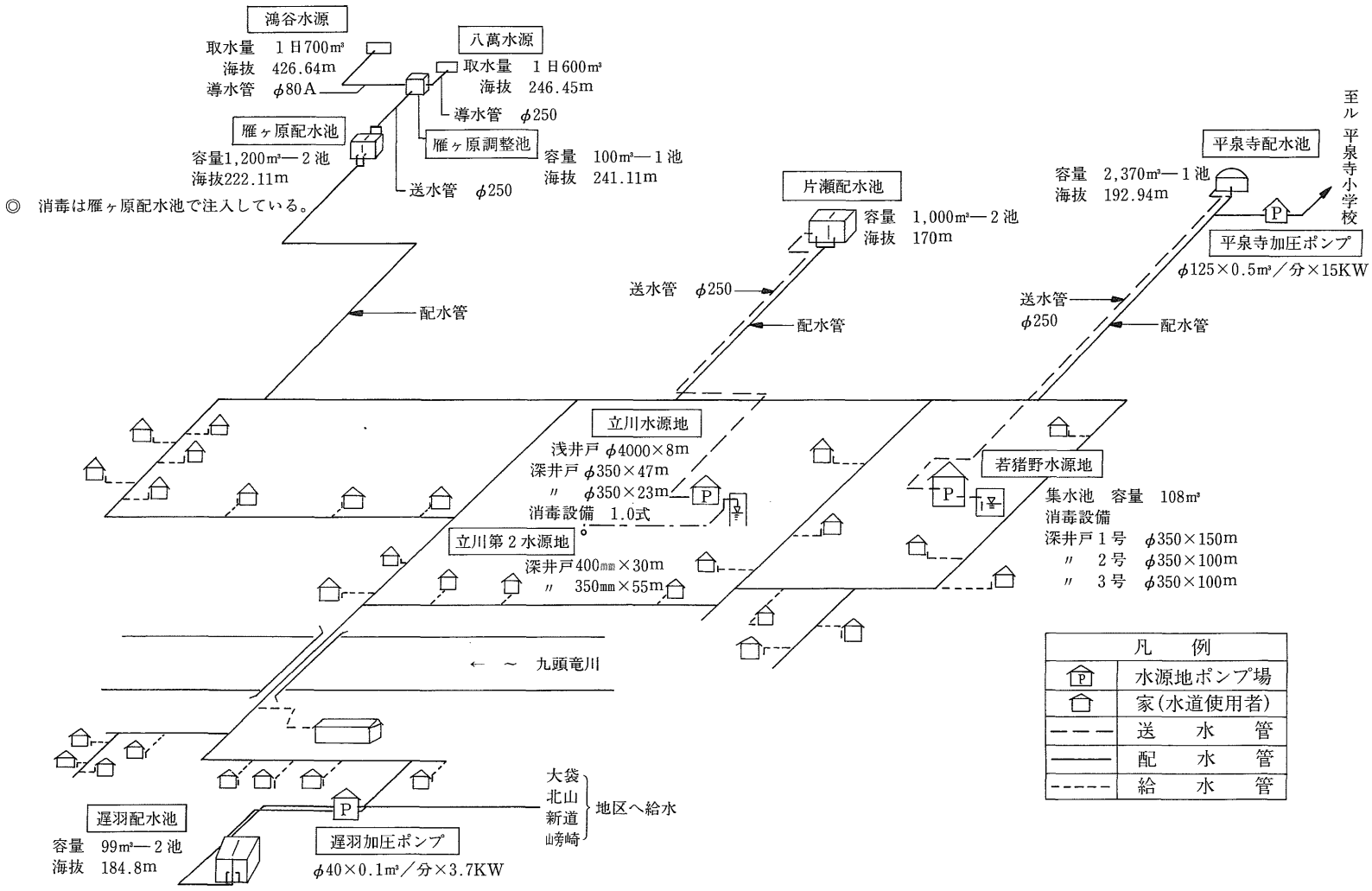


図２　勝山市上水道施設概略図



和44年度に水源井の拡張事業を実施し同年６月に完成した。

なお、市民生活の多様化に伴う水関連機器の発達は著しく給水量を増大させ、施設稼動率も限界に近くなる一方、立川第１水源地付近一帯九頭竜川の浚渫工事による河床の低下に伴い、水源井の取水能力がさらに減退した。このような事態によって新たな水源の必要性に迫られ、第３次拡張事業として昭和45年４月に着手し、その水源井を若猪野地係に設けた。また、施設内容は深井戸２井と管理棟１棟およびその配水池を平泉寺地係に新設し、これらの施設を無人化とするため立川第１水源地で監督可能な遠隔制御方式とした。なお、この拡張事業において若猪野地区も給水区域に包含して水道の供給を行った。

一方、農村部においても、時代の変遷とともに生活の都市化により水の使用量が増してきたが、土地利用の変化などもあって既存の地下水などの水源では不足が生じ、井戸の枯渇によって上水道の普及をはかることになり、昭和50年３月に第４次拡張事業の認可を得た。事業費については上水道事業会計の健全化を図るため、農村総合整備事業における営農飲雑用水施設整備事業の適用を受けて当市の北部、西部、南部のそれぞれの農村地帯を対象とした地域を給水区域とした。

昭和54年10月には、新規水源を確保するとともに給水区域をさらに拡大して計画給水人口を２万8,600人とする内容の変更を行い、この事業により停電時などにおいても使用者への飲料水供給を図れる施設として、当市の地形を活用して水源を市有林内鴻谷と村岡町浄土寺地係幡萬地籍の湧水を取水、すべて自然流下方式によって雁ヶ原配水池へ送水し、市街地北部とその近郊へ給水した。

すでに実施中の農村総合整備事業の営農飲雑用水施設整備の予定水源井も滝波川左岸に計画していたが、同河川改修工事によって水源の位置、事業の範囲および事業費、そして完成年月日の変更が必要となり、併せて観光立市をめざす当市のシンボルである越前大仏落慶後の給水量の見込も合わせて、目標年度を５ヵ年とした第５次拡張事業の認可を昭和61年３月に受けて、現在この計画に沿って水道事業を進めている。

３．昭和51年度までの管路材料

昭和34年度の創設から昭和51年度までに布設した管路は、２ヵ所の例外を除きすべて

表１　配水管管路更新延長（石綿セメント管からダクタイル管に更新）

単位　km

年度＼呼び径(mm)	75	100	150	200	250	300	350
昭和52年度	1.7	0.1	——	——	——	——	——
昭和53年度	1.6	0.8	0.6	——	——	——	0.2
昭和54年度	3.0	0.8	0.3	0.1	——	——	——
昭和55年度	1.9	0.4	0.3	——	——	——	——
昭和56年度	1.5	1.0	0.3	——	——	——	——
昭和57年度	2.9	0.8	1.8	0.1	——	——	——
昭和58年度	1.9	2.3	1.4	1.0	0.1	——	——
昭和59年度	2.8	0.6	0.9	0.4	0.1	——	——
昭和60年度	1.5	0.5	0.4	0.3	0.3	——	——
昭和61年度	3.7	0.4	1.5	0.1	——	——	——
昭和62年度	2.2	0.2	0.1	1.0	0.1	0.1	——
昭和63年度	1.7	0.2	0.1	——	——	——	——
合　計	26.4	8.1	7.7	3.0	0.6	0.1	0.2

総延長46.1km

石綿セメント管を使用してきた。昭和36年立川第1水源地から片瀬配水池までの送水管(延長2km)に鋳鉄管を、また、昭和46年に九頭竜川の勝山橋(橋長300m)の添架管に80A鋼管(SGP)を使用したが、それ以外の延長67kmにはすべて石綿セメント管を使用してきた。石綿セメント管は材質強度が劣り、水密性が低いので、この時期の管路の維持管理には大変な苦労があった。ちなみに、昭和45年度の配水管、給水装置の修繕件数は延長41.1kmで554件もあって、13.5件／kmという高い修繕率を示していた。

4．昭和52年度からの新設管路材料

昭和52年度からの拡張工事において呼び径75mm以上の導送配水管に一部を除きすべてダクタイル鉄管を使用した。昭和54～55年度に呼び径80～250mm導送配水管として耐衝撃性硬質塩ビ管、ライニング鋼管、石綿セメント管を各々1km前後布設したが、それ以外はすべてダクタイル管を使用して拡張工事を行っている。また、呼び径50mm以下については硬質塩ビ管およびポリエチレン管を使用した。昭和52年度からの拡張工事における呼び径50mm以上の導送配水管の延長は72kmに達している。

5．昭和52年8月から始まった配水管の管路更新

昭和52年8月から始まった公共下水道工事と並行して既設の配水管（石綿セメント管）の管路更新を開始し、今日に至っている。

配水管に使用されている石綿セメント管のうち約80%がダクタイル管で更新された結果、昭和63年度の配水管、給水装置の修繕率は昭和45年度の約14分の1に大きく減少した。

6．管路更新事例

(1) 配水管布設替え工事(郡幹線第2工区)
—平成元年度—

舗装切工、掘削し、既設呼び径75mm石綿セメント管を撤去した。呼び径75mmT形ダクタイル管を据え付け、接合し、管周囲には豆砂利を敷いて管を保護した。

表2 昭和63年度末の上水道呼び径別管路延長

単位　km

呼び径(mm)	導水管	送水管	配水管
50以下	——	——	19.4
75	1.6	——	35.3
100	——	——	36.8
125	0.1	——	14.8
150	0.6	1.3	10.2
200	——	——	9.8
250	0.8	4.7	5.8
300	——	0.5	2.3
350	——	——	2.8
400	——	——	0.5
450	——	——	1.7
合　計	3.1	6.5	129.2

総延長138.8km

その上に購入土を埋め戻し、中間転圧、路盤工を行った。(写真1参照)

(2) 勝山橋添架設替工事—昭和57年度—

腐食の激しい既設呼び径80mm鋼管を撤去し、呼び径150mmSII形ダクタイル管を

写真1

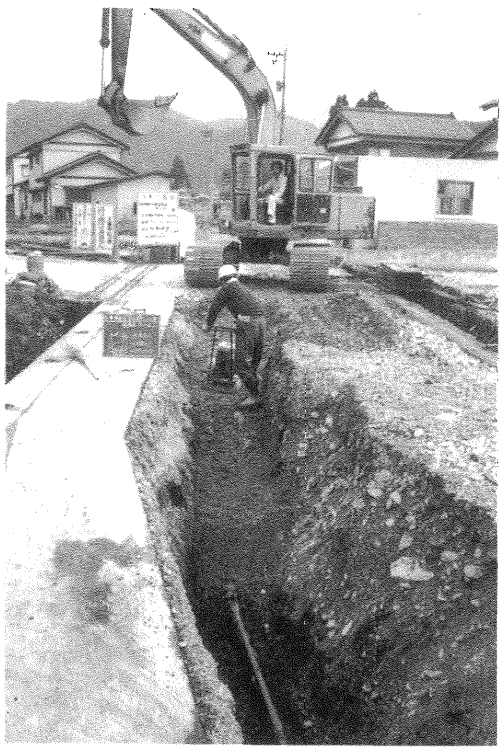
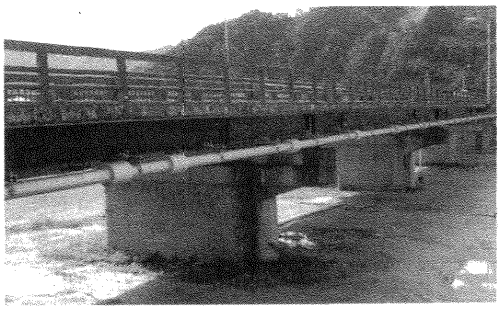


写真２



架設、接合し、継手部も含め管周囲に保温材を巻きつけた。(写真２参照)

７．今後の管路更新

勝山市の水道管路更新は、昭和52年度から公共下水道工事と並行して石綿セメント管の管路更新を、強度があり、水密性が高く、耐用年数の長いダクタイル管を使用し、将来に対して高品質の管路を残すことができた。

配水管に使用されている石綿セメント管のうち約80%がダクタイル管で更新された結果配水管の事故率や修繕率は大きく減少した。当初の管材料費はある管種より少し高価かもしれないが、事故の修理費や寿命の点を考慮すれば問題にならない。地震や地盤沈下に順応し、施工も簡単なので、今後も引き続いてダクタイル管で更新を行うことにしている。未だ残っている34ヵ所、延長8.7kmの呼び径75～300㎜石綿セメント管を完全に更新し、漏水や事故のない高品質の管路を子孫代々に残していきたいと思う。

ダクタイル鉄管第48号

平成2年5月

1 技術レポート

PII形ダクタイル鋳鉄管による長距離パイプ・イン・パイプ工事

神戸市水道局技術部
配水課管理係長　**安藤伸雄**
東部配水管理事務所　**坂口孝允**

1．はじめに

神戸市の水道は、明治33年（1900年）にわが国で７番目の近代水道として給水を開始して以来、今年で90年を経過した。この間、市域の拡大と市勢の発展に伴う水需要の増大に対処するため、水源確保と施設拡張を続けてきた。その結果、昭和60年度には全市の基幹的施設が整備され、念願の“市民皆水道”を達成した。

また、戦後の人口増加と経済成長による急激な水需要の増大は、経年化した配水管のさびなどに起因する赤水、出水不良を多発させ、それとともに破裂事故も相ついだ。そこで、拡張事業と並行して、昭和33年度から配水管改良工事に着手し、起債が認められた昭和39年度からは配水管整備増強工事と名称も改め、主として無ライニング管を対象に、第１期から現在施行中の第６期（後期）まで、この事業を継続している。

これらの結果、本市の配水管は、昭和63年度末延長3,625kmのうち、整備管延長比率（ライニング化率）が99％となり、赤水、破裂事故は激減した。

一方、工業用水道は昭和30年代、臨海埋立地への鉄鋼、機械金属を初めとする近代的産業の進出に対応して、昭和39年から給水を開

表１　配水管整備増強工事の実績と計画

〔年度〕	第１期〔S39～S43〕	第２期〔S43～S46〕	第３期〔S47～S51〕	第４期〔S52～S56〕	第５期〔S57～S61〕	第６期（前期）〔S61～S63〕	第６期（後期）〔H1～H3〕
事業量（単位：km）	169.9	242.4	199.5	234.2	145.1	20.0	23.2
事業費（単位：億円）	18.2	27.1	50.3	105.0	103.9	40.0	37.8

始した。この導・送・配水管路は昭和63年度末で延長が94kmであり、これらのうち、送・配水管呼び径33インチ、呼び径36インチの幹線は上水道の管を転用しており、英国製の鋳鉄管である。これらも水需要量の増大に対処するため、昭和46年度から改良工事を行ってきた。

このように、本市では既設管路の更新を行い、給水の安定化を図っている。

2．管路更新工法とパイプ・イン・パイプ工法

本市が現在採用している管路更新工法とその特徴および実績は、表2に示す通りである。

小口径管の管路更新は、開削工法による新管への布設替えを原則としている。その理由は以下の通りである。

① 材質をダクタイル鋳鉄管に変えることにより強度の増強を図る。

② 同口径以上に布設替えすることにより水需要に対し増強を図る。

③ 道路部分の経年給水管も同時に改良を行う。

また、呼び径400mm以上の中・大口径管は、上記①②のほかに耐震継手管の採用により、耐震性の増強を図っている。

しかしながら、近年施工条件に制約を受けることが多く、従来の開削工法での施工が困難な路線が増加しており、非開削工法をとらざるを得ない場合がある。このような場合、口径の縮小という点がクリアされれば、パイプ・イン・パイプ工法が増強の確実性、経済

表2　管路更新工法

各工法の特徴と実績(上水道配水管)　　昭和63年度末現在

工法の種類		内容	特徴	施工延長(km)
(1)新管への布設替え		主として開削工法にて強度の大きいダクタイル鋳鉄管に取り替える工法(JWWA G 113.114)	●経年管対策としてもっとも効果が高い。 ●布設替えに伴って老朽給水管の付け替えが効率的にできる。	953.0
(2)更生工事	モルタルライニング	管内面クリーニング後、モルタルを塗布	●管内面被覆層の形成により通水能力の向上と赤水対策が図れるが、管体の補強とはならない。	33.4
	エポキシ樹脂ライニング	管内面クリーニング後、二液性のエポキシ樹脂を塗布		24.0
	パイプリバース	管内面クリーニング後、既設管内にポリエチレン管を挿入	●管体の補強が図れる。	0.1
	ホースライニング	管内面クリーニング後、シールホース（ポリエステル繊維＋ポリエチレン樹脂）に接着剤を塗布し、反転させながら挿入	●多少の凸凹が生じるものの、45°曲管まで施工可。 ●ある程度の管体補強が図れる。	平成元年度施工中
	チューブライニング	管内面クリーニング後、接着剤を塗布したポリエチレンチューブを挿入	●給水管の取り出しのある管路にも対応可	0.4
(3)パイプ・イン・パイプ		既設管内にダクタイル鋳鉄管または鋼管を挿入	●二重構造となるため、管路の強度が向上。 ●管径が小さくなる。	2.2

性という点で有利である。

パイプ・イン・パイプ工法は、既設管に新管を挿入することにより更新を行うもので、パイプリバースも広義には含まれるが、中・大口径ではダクタイル鋳鉄管、鋼管が使用されることが多い。

今回、種々の制約条件の中で、次の利点があるＰII形ダクタイル鋳鉄管を採用した。

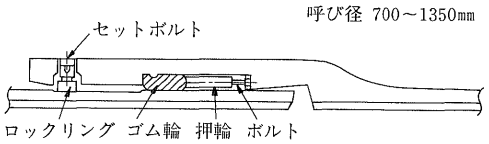
① 既設管の曲がりに対して、継手部がある程度の順応性を持っており、長距離の押し込み挿入が可能である。

② 継ぎ手作業時間が短く、工期短縮が図れる。

③ 限られたスペースの中で、施工管理が容易で、かつ作業が安全である。

以下、ＰII形ダクタイル鋳鉄管によるパイプ・イン・パイプ工法の事例を報告する。

図１　ＰII形継手部詳細図



３．施工例

１．例１　工業用水道配水管呼び径800～700mm、1,308m

この路線は、大正時代に用地買収を行いながら呼び径33インチ、呼び径36インチを布設したものであり、昭和39年より工業用水として転用しているものである。その当時、周辺はまだ田畑であったが、現在は神戸市でも有数の賑わいを見せるアーケードのある商店街になっている。

写真１　水道筋商店街

ところが、近年呼び径33インチ、36インチがともに破裂し、商店に損害を与えるなどの被害をもたらしたことから、この路線の改良工事を行うことになったものである。

１．パイプ・イン・パイプ工法の選定

破裂事故再発防止のためには、新管への更新により強度増加を図る必要があるが、本路線は商店街のため全線の開削工法の同意が得られず、また、限られた地中スペースの中に並列に布設されているため、新たな占用位置も得られないことから、パイプ・イン・パイプ工法を採用することとした。さらに、立坑設置場所に制約を受け、その間隔が約650mと長距離になったこと、およびその間に曲管は使用されていないものの、道路形状に沿って平面、縦断方向にゆるく曲がっていることが予想されたため、挿入管として継手部の伸縮、屈曲が可能なＰII形ダクタイル鋳鉄管を選定した。

２．工事概要

工事の概要は以下の通りである。

(1) 工事名
　工業用水道配水管パイプ・イン・パイプ工事

(2) 工事場所
　灘区王子町１丁目～水道筋１丁目

(3) 工　期
　昭和63年８月20日～平成元年３月31日

(4) 発進立坑
　１カ所　長13.6m×幅7.0m×高2.4m

(5) 到達立坑
　１カ所　長3.0m×幅3.2m×高2.3m

(6) 呼び径800mm挿入工事　654m　既設管呼び径36インチ

(7) 呼び径700mm挿入工事　654m　既設管呼び径33インチ

施工手順は図６のフローチャートで表され、呼び径33インチ，呼び径36インチの順に行った。以下主要項目について、その概要を述べる。

図２　平面図

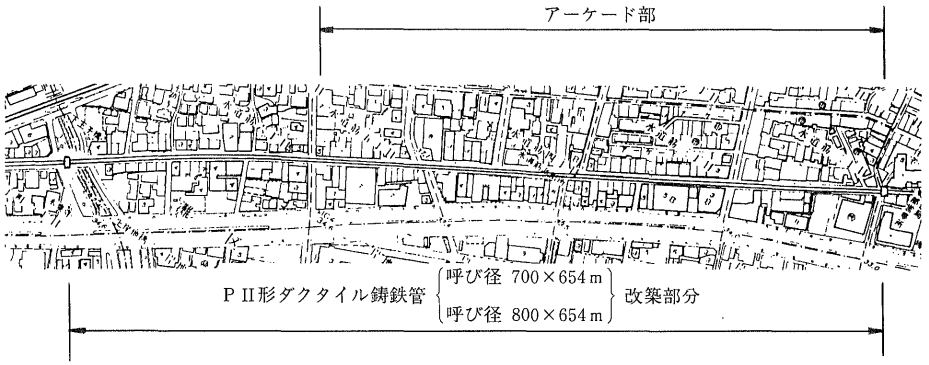


図３　縦断図

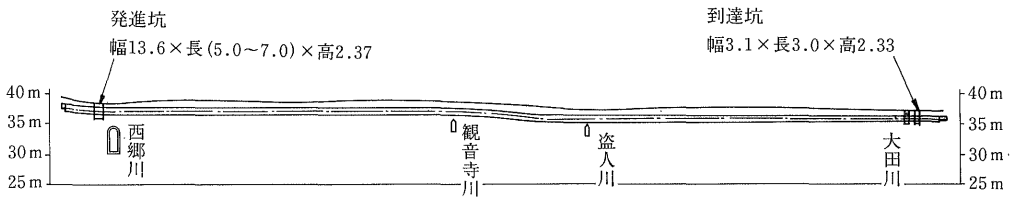


図４　発進坑断面図

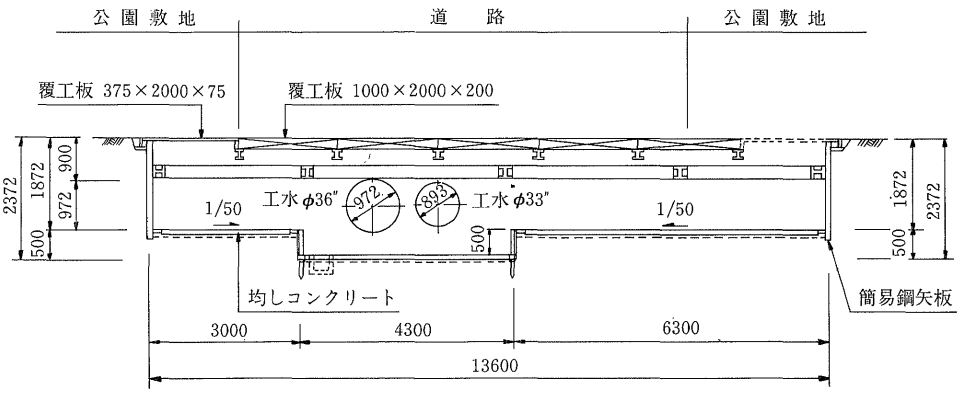


図５　到達坑断面図

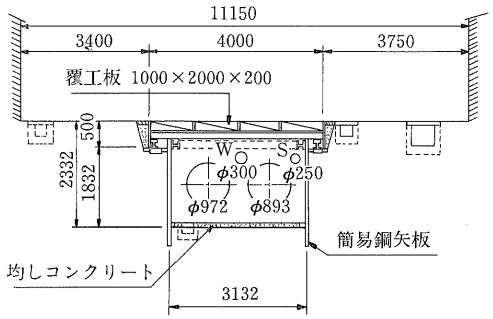


写真２　発進立坑付近

写真３　挿入状況

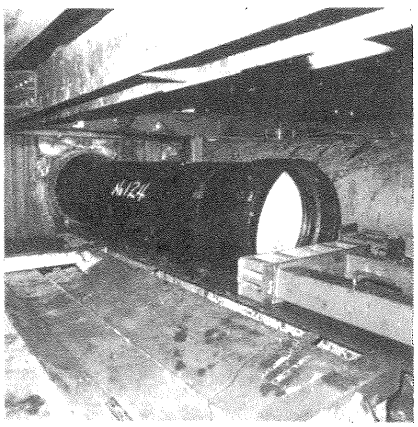
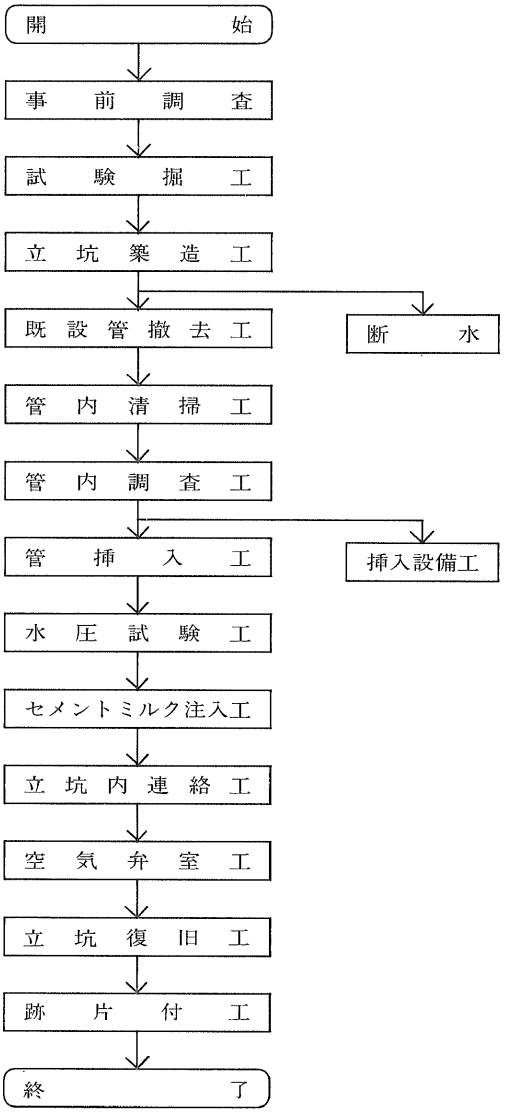


図６　施工フローチャート



３．立　坑

本工事において、地元と唯一の接点となる所は立坑である。この立坑の位置の決定は地元および関連機関との調整により以下のように決定した。

まず発進坑は、工事中であっても車両および歩行者の通行確保が至上であるため、河川敷の公園を利用して、道路の半幅ずつを開削して立坑を施工したあと覆工板を設置した。資材の搬入、撤去などは、道路から外れた側面より行うことで覆工板の開閉を省き、通行

の確保および施工の能率化を図った。

到達坑は、屈曲部手前のアーケードを外れた交差点としたが、人通りの多い幅員の狭い部分であるので、立坑設置などは夜間施工とし、覆工板を設置して、通常の作業は別途設けた点検口からとした。

また、この立坑間の距離が推進可能距離以下であることが必要であるが、後述するように可能であることを確認した。

4．管内清掃と管内調査

管挿入を容易にするため、まず管内清掃を行った。管内清掃は、赤さびの処理が容易であるスクレーパー方式とした。

スクレーパーにワイヤを付け発進側に設置したウインチで引張った。3回通過させ最後に仕上げのスワッパーを通過させた。

管内清掃に引き続き、管内目視による管内調査を行った。調査員が台車に乗りワイヤによる牽引で移動しながら、胴付間隔の測定により屈曲角度、継手部の段差、破裂跡の補修状況などを調査した。この調査により、最大屈曲角度は呼び径33インチ、呼び径36インチともに約1°で凸状に布設されていることが確認された。また、呼び径33インチの破裂跡で呼び径800mmのいわゆるミリ管による補修が行われた所は、内径796.0mm(呼び径33インチ管の内径は838mm)となっており、挿入管の受口外径部759.2mmとの差は36.8mmであるため、通過の困難性が予想されること、また、既設管の継手部には段差があったことから、グラインダーによる段差部の面取りおよびモルタルライニングの切削をあらかじめ行った。

5．模擬管の挿入

挿入管は、立坑の制限および既設管寸法が12フィート(3.66m/本)のため、4m/本の管を製作した。本挿入の前には模擬管を挿入し、その通過性をチェックした。模擬管は、4m/本の特製管を2本連結し、これにワイヤを中通しして押し込みと同様な形態とした。また、テレビカメラとライトを模擬管に設置し、その進行状況を観察したが、無事に通過し、本挿入に支障がないことを確認した。

6．PII形ダクタイル管の挿入

管の挿入は、並列した2台の100トン油圧ジャッキで圧入を行うこととした。当初の予想推力は、次のようである。

$$F=\mu \cdot W \cdot L$$

ここで　F：推　　力 (tf)
　　μ：摩擦係数 (=0.5)
　　W：管　　重 (t/m)
　　L：スパン長 (m)

呼び径700mmの場合、

$$F=0.5\times0.202\times654$$
$$=66.1\text{tf}$$

呼び径800mmの場合、

$$F=0.5\times0.251\times654$$
$$=82.1\text{tf}$$

また、挿入反力は、土留矢板の前面に鉄板を取り付け、その背面の受動土圧と矢板の背面土圧で約90トンの反力がとれるようにした。

7．挿　入

挿入に際し、管の先端に円周方向30°の間隔で12カ所に鋼製のソリを取り付け、既設管の段差をスムーズに通過するよう、また、ローリングしても支障なく進行するように配慮した。さらに、挿入時に接触面に滑剤を塗布し、摩擦抵抗の軽減を図った。

この結果、最大挿入推力は呼び径700mmで58トンと、予想を下回り、換算摩擦係数は約0.4程度であった。

次に挿入した呼び径800mmについては、事前クリーニングを管底部について特に入念に行い、さらに滑剤の使用量を多くした結果、最大推力が48トンとなり、換算摩擦係数は0.3まで低下した。

挿入推力の管理は、油圧ポンプの圧力と、あらかじめ計算して予測した当日の推力とを比較しながら、通過異常の有無や推力が過大にならないように管理を行った。

挿入は1日当たり10～15本(40～60m)と施工効率は良好であった。

8．水圧試験

挿入を完了した継手について、水圧試験を

行った。試験水圧は、試験時のモルタルへの浸透および常用水圧(約４kgf/㎠)を考慮して５kgf/㎠とし、テストバンドを継手内面に取り付け、水圧を５分間維持するかを監視することにより、漏水の有無について確認を行った。その結果、内面モルタルへの浸透以外の圧力降下は認められなかった。

９．エアーミルクの充てん

新旧の管の間隙は、水ミチや沈下の恐れがないようにエアーミルクにより充てんを行った。かなり長い距離を充てんする関係上、また、充てんをより確実に行うため、呼び径50㎜の圧送用塩化ビニル管を管内に布設し、あらかじめ新管に設置したグラウト孔から注入を行った。比重は0.5以下に抑え、挿入管の浮き上がり防止を考慮した。充てん終了後、グラウト孔はシールキャップにより閉塞した。

２．例２　上水道配水管呼び径400㎜、1,179m

当工事路線は、垂水区の市街地に配水する呼び径500㎜の配水幹線であるが、昭和32年に布設された無ライニング鋳鉄管で、破裂事故も過去に発生している。現在は、都市計画により道路は拡幅され、市街地と郊外団地とを結ぶ重要幹線となっているが、道路拡幅工事が細切れに行われてきたこと、また、配水系統として代替が効かない管路であったため、更新がなされていなかった。今回、施設の拡張などにより断水可能となり、また、市街地再開発に伴う増強のため、更新を検討した。

１．パイプ・イン・パイプ工法の選定

工法としては、開削工法がまず考えられるが、都市計画道路として拡幅された道路であり、掘削は最小限にする必要がある。また、幹線道路であるため、広範囲な交通規制の必要が生じるため、検討した結果、掘削箇所が限られ、交通への影響が少なく、しかも経済的なパイプ・イン・パイプ工法を採用することとした。

挿入管には、既設管継手部の屈曲に対応するため、ＰⅡ形ダクタイル鋳鉄管を採用したが、対応できない22½°曲管および45°曲管が使用されている位置には立坑を設けることとした。施工手順などについては前例と同様である。

２．工事概要

工事の概要は以下の通りであり、No.１～No.６立坑と、No.６～No.９立坑の２工区に分割施工を行った。

(1)　工事名

１工区（No.６～No.９立坑）垂水（福田）地区配水管布設工事No.２

２工区（No.１～No.６立坑）垂水（高丸）地区配水管布設工事No.１

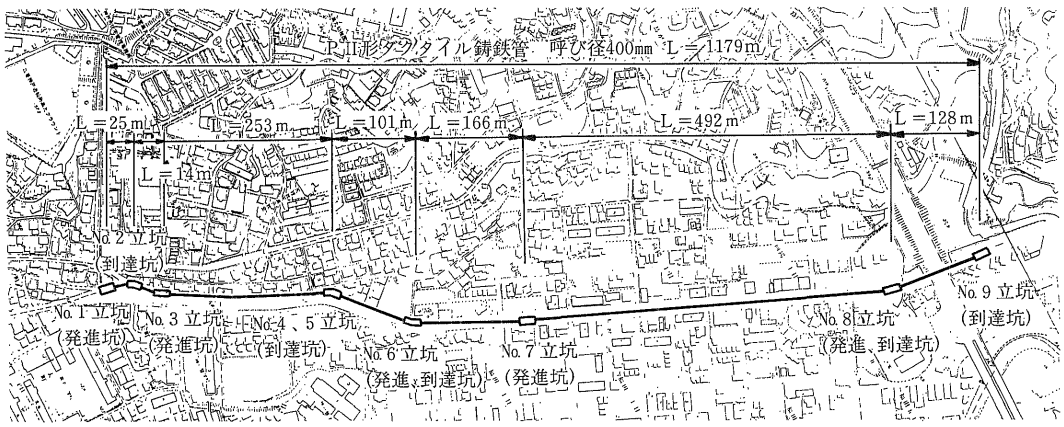
(2)　工事場所

垂水区大町３丁目～名谷町猿倉

(3)　工　期

１工区　昭和63年12月28日～平成元年８月20日

図７　平面図



2工区　平成元年4月18日～平成元年10月31日

(4) 発進立坑

5カ所　長10.0m×幅3.0m×高2.5m

(5) 到達立坑

3カ所　長6.0m×幅3.0m×高2.4m

(6) 呼び径400㎜挿入工事　1,179m　既設管呼び径500㎜

（1工区：78.6m、2工区：393m）

4．おわりに

今回、開削工法が困難な経年管路線を、PII形ダクタイル鋳鉄管による長距離パイプ・イン・パイプ工事により更新することができた。

これらの工事を通していえることは、本工法は既設管のだ行が直管継手部の屈曲程度であれば、挿入口径や挿入管1本の長さを選択することにより挿入工事が可能であり、事前の入念なクリーニングにより摩擦抵抗が軽減でき、挿入距離を延ばすことも可能である。また、継手の施工効率がよく、工事騒音も少なく、掘削箇所も立坑のみであることから、工期短縮および経済的に有利といえる。ただ、長期断水は避けられないため、事前のバックアップ対策が必要である。

さらに、縮径の問題は、今回のように既設管が無ライニングで、さびこぶなどにより通水能力が減少しているような場合は、ライニング管を挿入することにより口径が小さくなっても、通水能力はかえって増大することもある。

今後も、このような開削工法の困難な箇所は増加していくと考えられるが、それに伴い、本工法の採用も増加していくものと考えられる。

2 技術レポート

十三塚原（じゅうさんつかばる）地区畑地かんがいパイプラインとその通水について

鹿児島県加治木耕地事務所工事第２課
課　　長　的場實行
技術主査　小倉祐二

１．はじめに

鹿児島県の畑地かんがいを主軸とした農業基盤整備事業は、国営笠之原地区をはじめとし数々の実績を築いてきている。

県営畑地帯総合土地改良事業「十三塚原地区」もそのひとつであり、昭和49年に着工し建設を推進してきたが、平成２年度を迎えて無事完工の運びとなっている。そこで今回は、当地区の基幹水利施設のひとつであるパイプラインの概要について紹介し、今後の参考に供したい。

２．事業の概要

十三塚原地区は、桜島を南に望む鹿児島県中央部に位置し、溝辺町を中心に加治木町、隼人町の一部を含む畑地帯がその受益地である。

本地区は、鹿児島空港の建設に伴い、空港周辺台地（ここを十三塚原と古くから呼ばれている）の営農に大きな影響が予想されることから地域住民の強い要望により、畑地かんがいを中心とした総合的な土地改良を行い、農業構造を抜本的に改善し、地域農業の発展により農家の生活安定と向上に寄与することを目的としている。

また、水源とする竹山ダム下流への責任放流水および豊水期のかんがい不要な流量を有効に利用して発電を行い、売電により竹山ダム電気施設、揚水機などの維持管理費の軽減を図るものである。

受益面積は表１の通りであり、畑地かんがいは主として野菜、花、茶および飼料作目に対して行われる。

表２～表５に基幹水利施設の概要を示す。

表１　受益面積

普通畑	樹園地	牧草地	水　田	計
648ha	334ha	－	62ha	1,044ha

表2　水源ダム

種目		数量	種目		数量	種目		数量
堤体	型式	傾斜コア型ロックフィルダム	洪水吐時	型式	自然溢流式(側水路タイプ)	仮排水路	型式	標準馬蹄形
	堤高	54.5m		計画雨量	144mm/hr·1/100×1.2		長	(2R型)300m
	堤長	163.0m		流出率	0.8			
	堤体積	851,000m³		計画流量	467.0m³/S	地質		安山岩、角礫凝灰岩
	堤頂標高	EL 203.8m		溢流堰長	56.5m	基礎処理		グラウト ℓ=44,806m
	満水面高	EL 198.2m		敷標高	EL 198.2m	ブランケット		左岸 ℓ=185.0m
	総貯水量	2,207.千m³	取水設備	型式	斜樋	流域面積		10.53km²
	有効貯水量	1,937.千m³		取水量	1,348m³/S	満水面積		15.7ha
	有効貯水量/堤体積	2.3		取水位	198.2m～172.2m	利用回数		1.7回

表3　揚水ポンプ

種目	仕様
機場建家	鉄筋PC板造り　25.0m×10.0m×7.54m
クレーン	天井走行クレーン　3.5 ton
ポンプ型式	横軸両吸込多段渦巻ポンプ
全揚程	Ho=186.60m
実揚程	Ha=178.20m
管路流量	28.68m³/min　(9.56m³/min×3台)
管路流速	Vo=1,245m/sec
ポンプ回転数	No=1750 rpm
ポンプ効率	η =0.71
電動容量	460kW×3台
電動機型式	横軸捲線解放防滴保護型
ポンプ口径	吸込口径200mm　吐出口径300mm

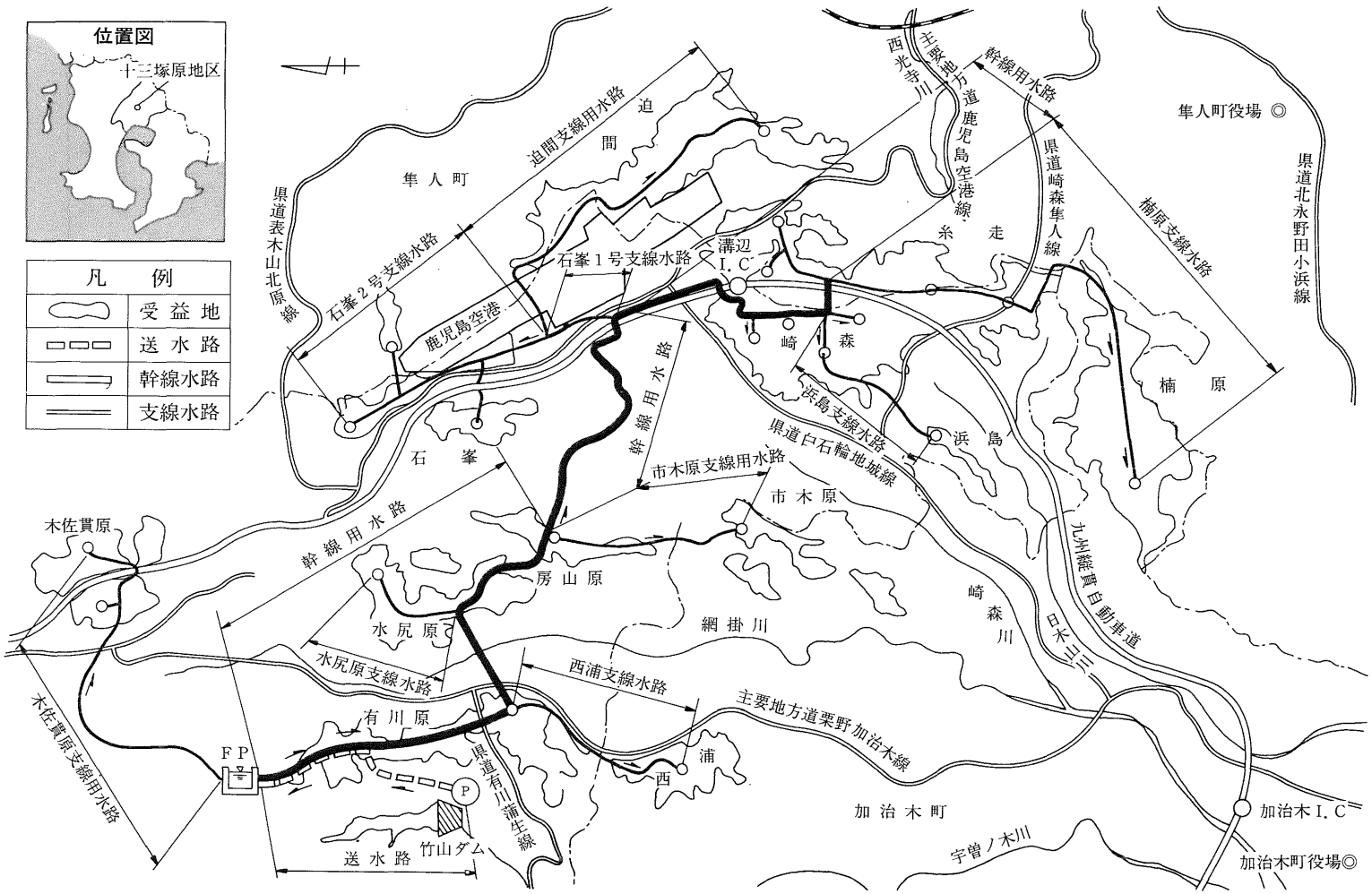
表4　送水管およびファームポンド

種目	仕様
1.送水管	
管種	ダクタイル鋳鉄管
	(2種、2.5種、3種)
管径	D=700mm
管路流量	Q=28.68m³/min
2.ファームポンド	
型式	PRC構造
容量	V=27500m³

表5　小水力発電

種目	仕様
発電形式	ダム従属式
有効落差	46.30m
最大出力	190kW
年間可能発電	
電力量	708,900kW
水車形式	クロスフロー水車 D400

図1　県営畑総十三塚原地区畑地かんがいパイプライン概要図



3．畑地かんがいパイプラインについて

十三塚原地区のパイプラインは、竹山ダムを水源（総貯水量220万7,000m³）とし、実揚程Ｈａ＝178.20mの高圧揚水ポンプでファームポンド（貯水量２万7,500m³）まで送水するφ700×2,596mの送水路とファームポンドから受益地へ配水する幹線・支線水路（延長約２万9,000m）からなる。パイプラインの概要を図１に、畑地かんがい模式図を図２に示す。

パイプラインの布設は昭和59年に始まり、送水路および幹線支線水路については平成元年に完了した。パイプラインの施工状況を写真１、２に示す。

写真１　呼び径700㎜ダクタイル管の施工(1)

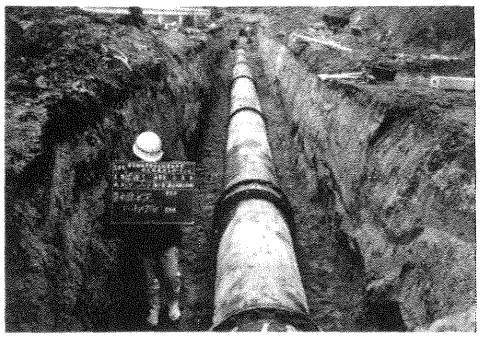
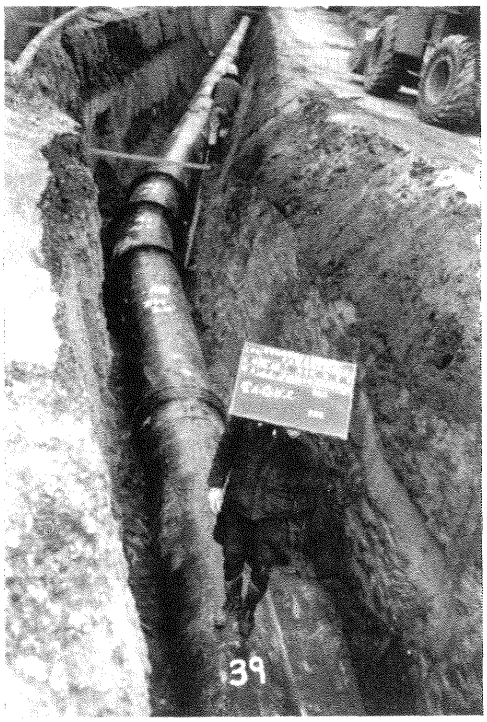
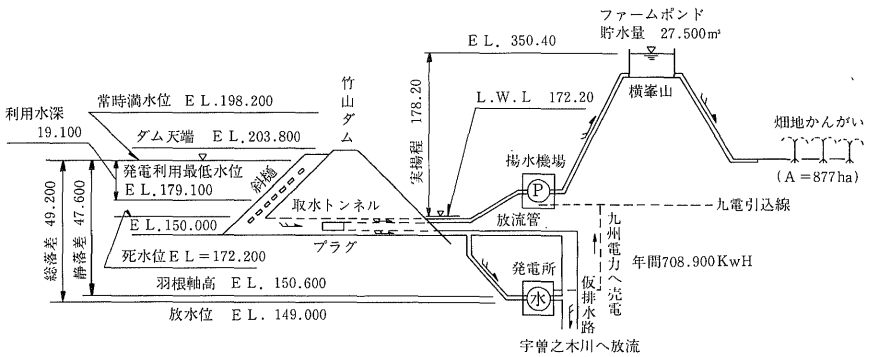


写真２　呼び径700㎜ダクタイル管の施工(2)



高水圧配管や高速道路の横断、さらに空港滑走路下横断道路での施工など、難しいと思われた箇所も無事工期通りの施工ができた。

図２　畑地かんがい模式図



4．パイプラインの通水

パイプラインの通水は、昭和63年から表６に示すような区間に区切って順次実施していった。

通水試験にあたっては、次の点について配慮している。

① 充水時の通水量は、計画流量の1/10程度以内とし、排気に十分時間をかけた。

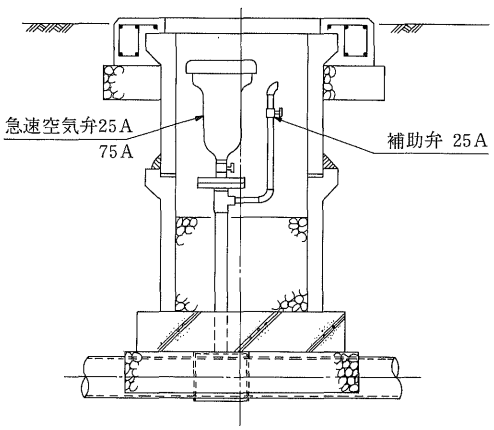
② 空気弁は図３に示す構造とし、管内充水までの排気と圧力計の取り付けのための補助弁を設けた。

③ 充水時には排泥弁を開放し、洗管を行

表６　通水試験区間

時　　期	通　水　区　間	呼び径(mm)	延長(m)	管　　種
昭和63年３月	送　水　路	700	2613	DIP、SP
昭和63年６月	幹線用水路	700、800	4865	DIP
〃	西浦支線水路	200、250	1603	DIP、VP
〃	水尻原支線水路	100～200	1470	VP
昭和63年11月	幹線用水路	600、700	2844	DIP
〃	市来原支線水路	125～200	2217	DIP、VP
平成元年２月	幹線用水路	500、600	2410	DIP
平成元年11月	浜島支線水路	350以下	1875	DIP、VP
〃	糸走２号支線水路	250～450	4917	DIP、VP
〃	楠原支線水路			DIP、VP
〃	迫間支線水路	150～350	4179	DIP、VP
〃	石峯１号支線水路	400	756	DIP
〃	石峯２号支線水路	150～250	2857	DIP、VP
〃	木佐貫原支線水路	250以下	3613	DIP、VP

図３　空気弁工の例



う。

その後濁度の状況を判断し閉鎖するが、その際は水撃圧の発生に留意してできるだけゆっくりと操作する。

④　通水に先立ち空気弁、排泥工および制水弁の点検整備を実施した。

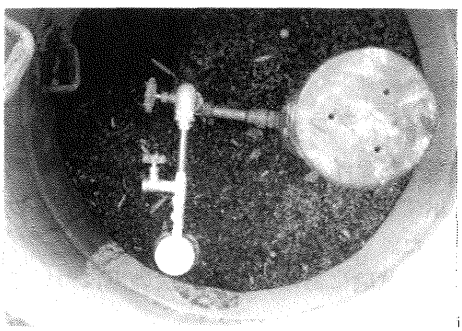
⑤　漏水試験は充水後、24時間放置し、管路の目視検査と空気弁に取り付けた圧力計による計測結果から合否を判定した。

図４および表７に送水管の通水試験における日程と人員配置を参考として示す。

通水試験においては、管内に滞留している空気の排気が重要である。充水後も補助弁を１時間程度以上開放した状態にして、そこから排気するようにした。その後補助弁を閉鎖し圧力降下を観察する。

写真３　通水試験当日の打ち合わせ

写真４
空気弁室の補助弁および圧力計の取り付け



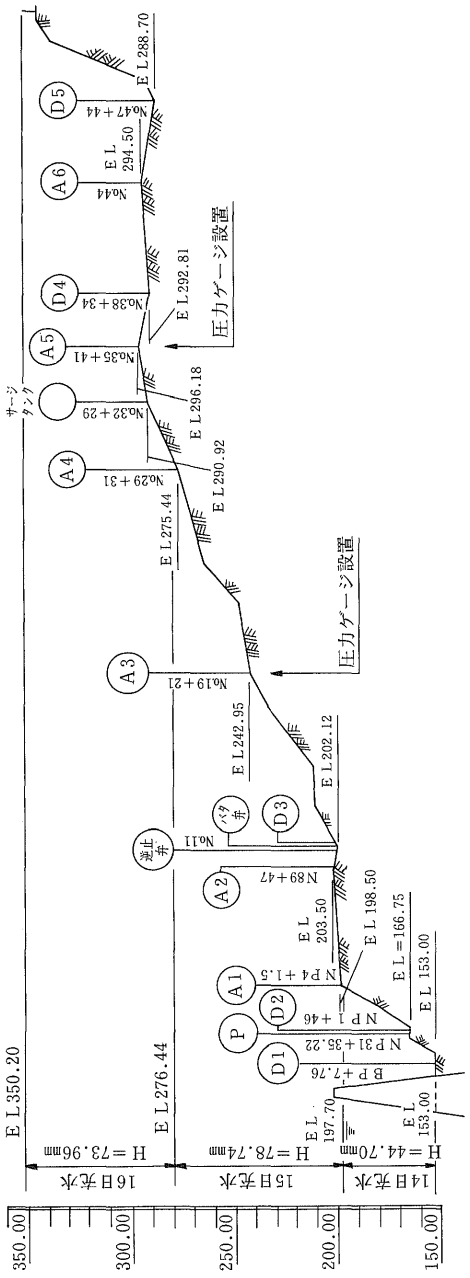


図４　送水路通水試験縦断図

測点	距離	計画高	静水圧	動水圧	人員配置	充水日
(EP)						
+M.P	2612.75	350.10	0.00		½ 2名	+16.69 No.52
52	2596.06	345.29	5.11	5.58		
51	2552.42	339.08	11.40	11.90		
50	2502.42	310.82	39.58	40.20		
49	2452.42	292.75	57.65		½ 2名	
48	2402.43	288.63	61.77	62.60		
47	2352.42	289.24	61.16	62.09		
46	2302.42	291.19	59.21	60.24		
45	2252.42	293.82	56.58	57.71		
44	2202.42	294.50	55.90	57.13		
43	2152.42	294.18	56.22	57.54		
42	2102.42	293.87	56.53	57.96	6名	
41	2052.42	293.55	56.85	58.37		
40	2002.42	293.23	57.17	58.78		
39	1952.42	292.92	57.48	59.19		
38	1902.42	292.60	57.80	59.61		
37	1852.42	294.50	55.90	57.80		
36	1802.42	296.40	54.00	56.00		
35	1752.42	295.03	55.37	57.49		
34	1702.42	293.68	56.74	58.85		
33	1652.42	292.28	58.12	60.49		
32	1602.42	287.86	62.55	65.03		
31	1552.42	282.63	67.77	70.37		
30	1502.42	277.40	73.00	75.70		+41 No.29
29	1452.42	272.62	77.78	80.58		
28	1402.42	268.34	82.06	84.97		
27	1352.42	264.07	86.33	89.34		
26	1302.42	259.72	90.68	93.80		
25	1252.42	255.35	95.05	98.27		
24	1202.42	250.78	89.42	102.74	6名	
23	1152.42	246.60	103.80	107.22		
22	1102.42	245.76	104.64	108.16		
21	1052.36	244.98	105.42	109.05		
20	1001.36	243.85	106.55	110.29		
19	951.36	240.60	109.80	113.64		
18	901.36	235.88	114.52	118.46		
17	851.36	231.15	119.25	123.30		
16	801.36	226.43	133.97	128.12		
15	751.36	211.68	138.72	142.98		
14	701.36	216.52	133.88	138.25		
13	651.36	211.36	139.04	143.51		
12	601.36	206.20	144.20	148.96		
11	536.36	202.12	148.28	153.15	⅔ 3名	
10	486.36	203.43	146.87	151.94		
9	436.36	203.40	147.00	152.07		
8	386.36	203.29	147.11	152.27	2名	
7	336.36	203.18	147.22	152.48		
6	285.49	201.90	148.50	153.87		
5	235.49	199.40	150.86	156.43		
4	192.81	198.50	151.90	157.57	2名	
3	142.81	179.70	170.70			+49 No.3
2	100.00	166.76	183.64	189.57	⅔ 2名	
No.1	50.00	156.09			½ 2名	14日 L＝191.81m
B P	0.00	153.00				B P

15日 L＝1301.61m V＝500.66m³（3時間30分）　16日 L＝119.33m V＝430.55m³（2時間30分）

表7　送水路通水試験実施日程

施設区分	作業区分	区間	延長(m)	63.3.8～63.3.13 午前	63.3.8～63.3.13 午後	63.3.14 午前	63.3.14 午後	63.3.15 午前	63.3.15 午後	63.3.16 午前	63.3.16 午後	63.3.17 午前	63.3.17 午後	63.3.18 午前	63.3.18 午後	63.3.19 午前	63.3.19 午後
パイプライン	充水	BP ～No.1＋33	83.00				←										
		No.1＋33～No.3＋49	108.81				→		13～16時30分 500.66m³								
		No.3＋49～No.29＋41	1,301.61						→		13～15時50分 430.53m³						
		No.29＋41～No.52＋16.69 (E.P)	1,119.33								←						
	点検	事前点検		←		最終点検 →											
		充水前点検						←	→								
		充水後点検								←	→	←	→				
		管内圧力測定												10～11時 ← →		10～11時 ← →	
	排泥洗管								13～16時30分 500.66m³ →		13～15時50分 430.53m³ →						11～16時 →
ポンプ	運転	充水運転〔0.0478m³/s〕							→		→						
		揚水運転〔0.159m³/s〕											13～16時 1,700m³ →		11～16時 2,800m³ →		
	点検	運転前点検						←		←							
		運転後点検															

写真５　制水弁の操作

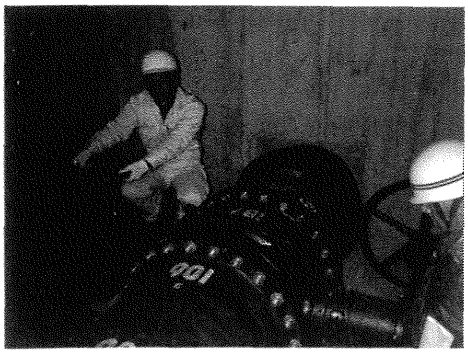


写真６　排泥工からの排水、洗管

ダクタイル管路の圧力降下の要因としては(1)モルタルライニングへの吸水、(2)残留空気による低下、(3)管路の微移動による低下がある。充水後、24時間経過した時点で、管路からの漏水がなくても上記の要因により初期圧力の60～70%程度まで降下する。その後、４日ないし１週間程度24時間後の圧力降下について測定し、ほぼ平衡となって推移すれば合格とみなせる。

本地区の通水試験においては、最終的には24時間後の圧力降下は初期圧力の５%以内にすべておさまっているという、きわめて良好な結果が得られている。これは起伏の多いパイプラインであるが、補助弁の設置や充水および排気に十分な時間をかけたことによるものと考えられる。

また、送水管は高揚程のポンプ圧送管路であるため、ポンプの運転試験や緊急遮断試験を行い、水撃圧に対する安全性およびサージタンクの作動について問題がないことを確認した。

５．まとめ

十三塚原地区の畑地かんがいパイプラインは、送水路および幹支線水路合わせて30km以上に及ぶが、６年間を費やし、その建設を完了した。また、それと並行して３カ年度にわたって通水試験を実施してきたが、高圧パイプラインにもかかわらず、空気弁工などの工夫により問題なく無事終了した。

現在、すでに供用を開始しているが、順調に推移しており、地域農業の発展に寄与していくものと期待するところである。

3 技術レポート

溜池改修工事の斜樋管(φ300)、底樋管(φ600)にダクタイル管を使用した事例について

岡山県倉敷地方振興局
農林事業部耕地課
水畑　郁夫
田中祥二郎
三好　政則

１．はじめに

既設の溜池および付帯施設が老朽化したため、溜池堤体の改修ならびに付帯施設の改修を行った。従来、斜樋および底樋管の改修はヒューム管にコンクリート全巻で改修することが一般的であったが、今回種々検討の結果、施工性および安全性からダクタイル管を採用することとした。

この阿原上池は岡山県倉敷市と西隣の金光町との隣接地にあり、山陽新幹線のすぐ北側に位置している。(図１　位置図参照)

この溜池は上池と下池からなる親子池であり、その受益地は山陽新幹線と山陽本線とに囲まれた水田42.0haであり、そこにかんがいしている。

今回阿原上池(写真１　阿原上池全景参照)の斜樋管と底樋管の管種として採用したダクタイル管（JIS G 5526・5527）は日本国内で農業用水として畑地かんがいおよび山の斜面や河川堤防横断に使用した事例は多いが、樋管として使用した例は少ないので、樋管の形式および付属設備の選定と設計の経緯などにつきご参考までに報告する。

２．工事概要

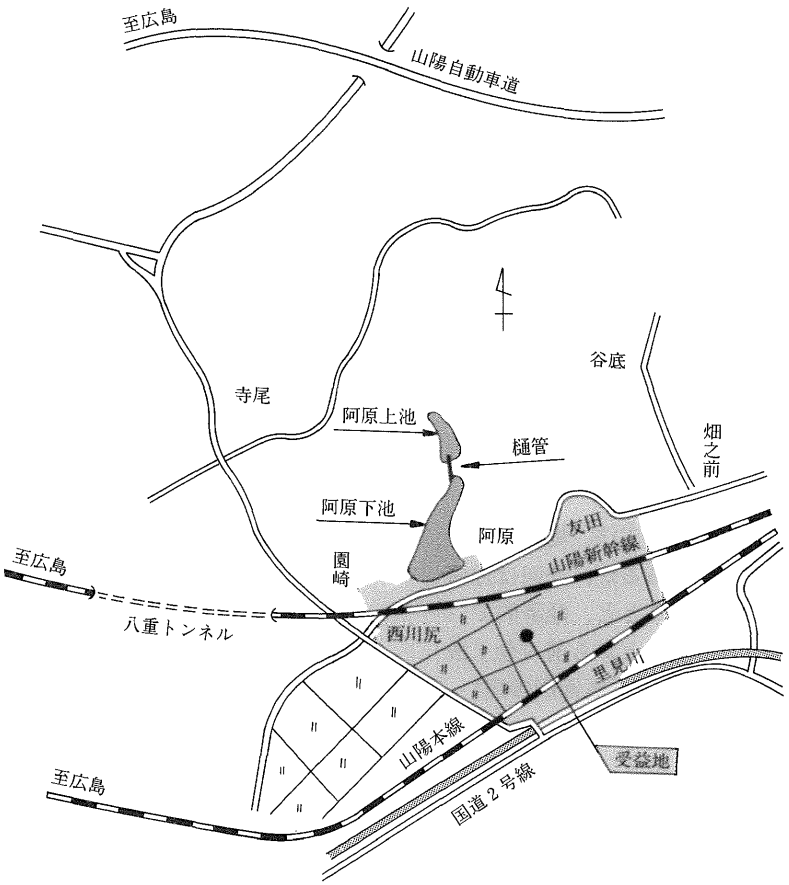
(1)　工事名称
　溜池等整備事業阿原池地区溜池改修工事

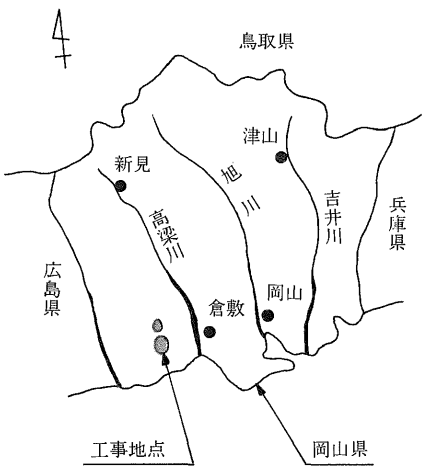
(2)　工事場所
　岡山県倉敷市玉島道越～浅口郡金光町下竹

(3)　溜池名
　阿原上池

写真１　阿原上池全景

図１　位置図





(4)　溜池主要諸元

堤　　高：10.60m

堤　　長：90.00m

貯　水　量：75,400m³

最大取水量：0.09m³/s

(5)　改修工事の内容

前刃金鋼土での改修

余水吐放水路

越流式三面コンクリートで改修

斜樋管、底樋管などの取水施設の改修

(6)　樋　管

管　体：ダクタイル管

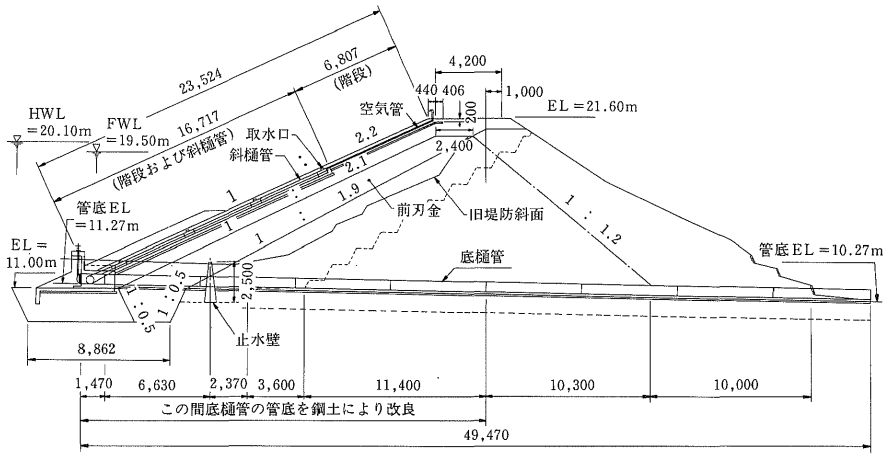
呼び径：斜樋管 300㎜

底樋管 600㎜

(7)　工事期間

平成１年６月８日～２年３月31日

図２　堤体標準断面図



３．堤体改修工事

堤体改修工法には前刃金工法、堤体グラウト工法、表面遮水工法があるが、今回は近傍に土取場の確保ができたことと、経済的で、しかも効果が確実であることから前刃金工法を選定した。(図２　堤体標準断面図参照)

(1)　堤体諸元（改修後）

堤　頂　高：	21.60m
計画最高水位（H・W・L）	20.10m
計画貯水位（F・W・L）	19.50m
呑口底高：	11.27m
基礎地盤高：	11.00m
堤　頂　幅：	5.00m
堤　　高：	11.60m
前法こう配：	1：2.2

(2)　前刃金主要寸法

天　端　幅：	2.4m
床堀り上幅：	4.3m
床堀り下幅：	2.2m
床堀り深さ：	2.0m

(3)　止水壁主要寸法

止水壁高さ：	2.5m
止水壁幅：	2.5m～3.0m

４．斜樋改修工事

池水を取り出すための取水部として斜樋管は表法の斜面に沿って一定のこう配24°27′で付け替え、周囲の地盤を十分に支持力のあるものに改良して設けた。(図３　斜樋・底樋一般配置図参照)

１．斜樋管に用いる管路

呼び径300㎜で、継手がフランジ形のダクタイル管を斜樋管路に用いた。表面取水ゲートを取り付ける部分は呼び径300㎜×200㎜の特殊Ｔ字管（写真２　特殊Ｔ字管参照）を、その他の直線部はフランジ長管、最上部にはフランジふた（写真３　フランジふた参照）を設けた。

フランジ呼び圧力は7.5Kgf/㎠とした。なお、底樋管との接続部はＫ形の片落管と90°曲管を使用した。(図４　樋管模式図参照)

写真２　特殊Ｔ形管

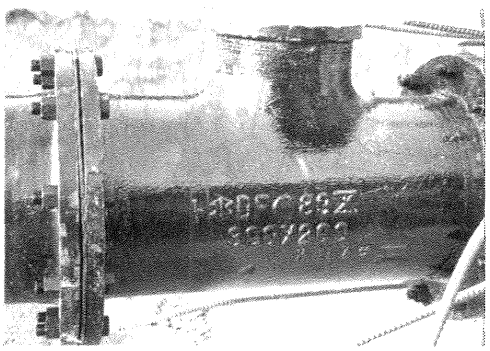
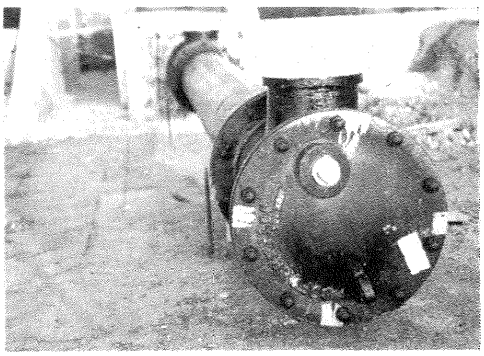


写真3　フランジふた



2.　空気管に用いる管路

呼び径50㎜で継手がフランジ形のステンレス製の管を空気管路に用いた。最下部は斜樋管路最上部のフランジふたに取り付け、最上部は空中で垂直に立ち上がり、先端のみ折り返して下向き（異物の混入を防止するため）にした。なお、空気管の目的は樋管の負圧を防止することにある。

3.　表面取水ゲートおよび操作装置

安全かつ正確に取水し、また、止水を行い得る構造の上下開閉式のスライドゲート（呼び径300㎜×200㎜の角形ステンレス製）を採用した。取水は4ヵ所とした。また、特殊T字管の枝管との継手にはシール材を使用し、水密性を保持している。

操作装置は操作が簡単で振動などを生じさせぬ構造のものとした。また、操作装置はスライドゲートを1台ごとに開閉する並列式を避け、1台の手動開閉台と1本のスピンドル(32Aステンレスパイプ）で4台のゲートを順次開く直列式を採用した。(図5　斜樋ゲートおよび操作装置図参照)

4.　鉄筋コンクリートによる防護

斜樋管は全長にわたって管の全面を鉄筋コンクリートで横80cm、縦65cmの長方形に巻き立てた。空気管は立ち上がり部分を除いて管の全体を鉄筋コンクリートで巻き立てた。

表面取水ゲートおよび操作装置の基礎部分は斜樋管の鉄筋コンクリート内に埋め込みとした。(図6　斜樋管鉄筋コンクリート防護図参照)

図3　斜樋・底樋一般配置図

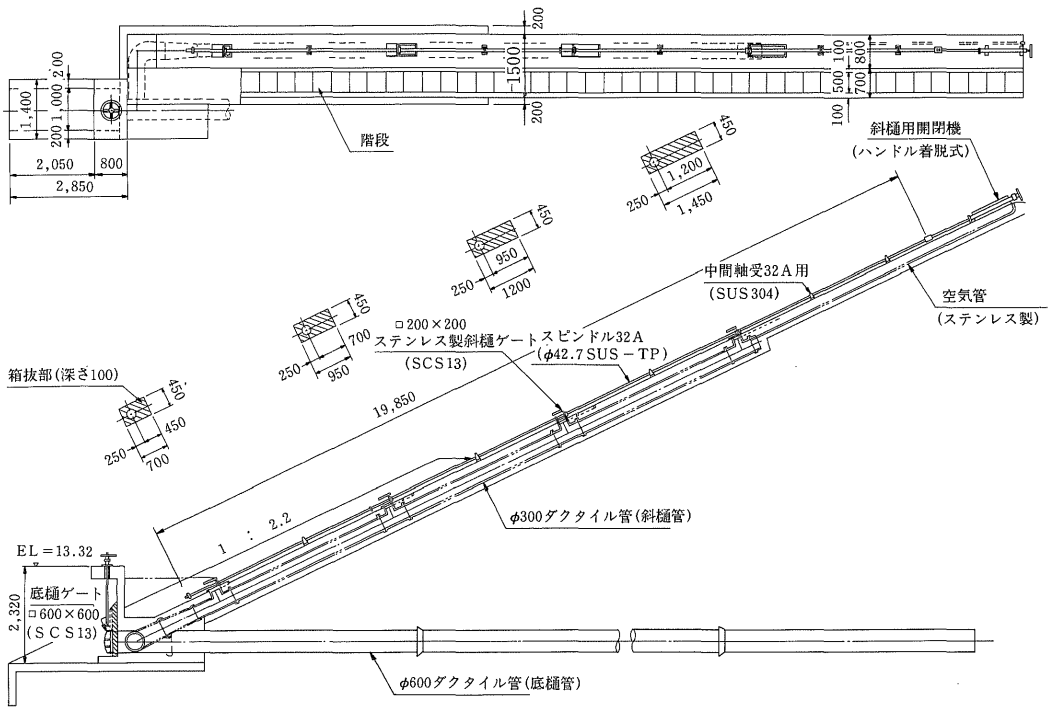
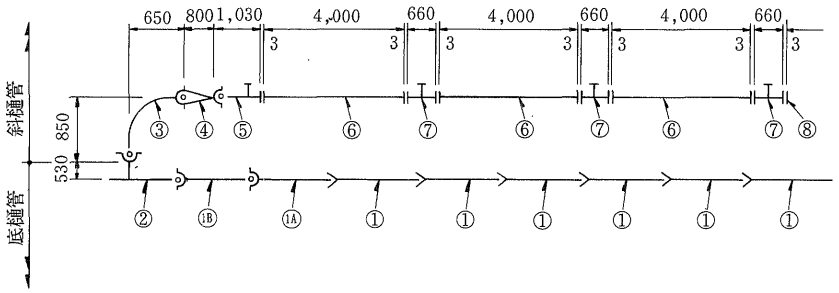


図４　樋管模式図



斜樋管材料表

品　　名	品番	形状寸法	数量
K 形 90° 曲 管	③	φ400×90°	1個
K形挿し受片落管	④	φ400×φ300	1個
1 F 特殊 T 字管	⑤	φ300×φ200	1個
両フランジ長管	⑥	φ300×4000ℓ	3個
2 F 特殊 T 字管	⑦	φ300×φ200	3個
フランジふた	⑧	φ300×φ50	1個

底樋管材料表

品　　名	品番	形状寸法	数量
T 形 1 種直管	①	φ600×6000	6本
K－T形1種直管	1A	φ600×6000	1本
K 形 1 種直管	1B	φ600×6000	1本
K形特殊T字管	②	φ600×φ400	1個

内面塗覆装

異形管：エポキシ樹脂粉体塗装(JIS G 5528)

直　管：モルタルライニング(JIS A 5314)

外面塗装

異形管、直管ともダクタイル管標準塗装
(JIS G 5526・5527)

図５　斜樋ゲートおよび操作装置図

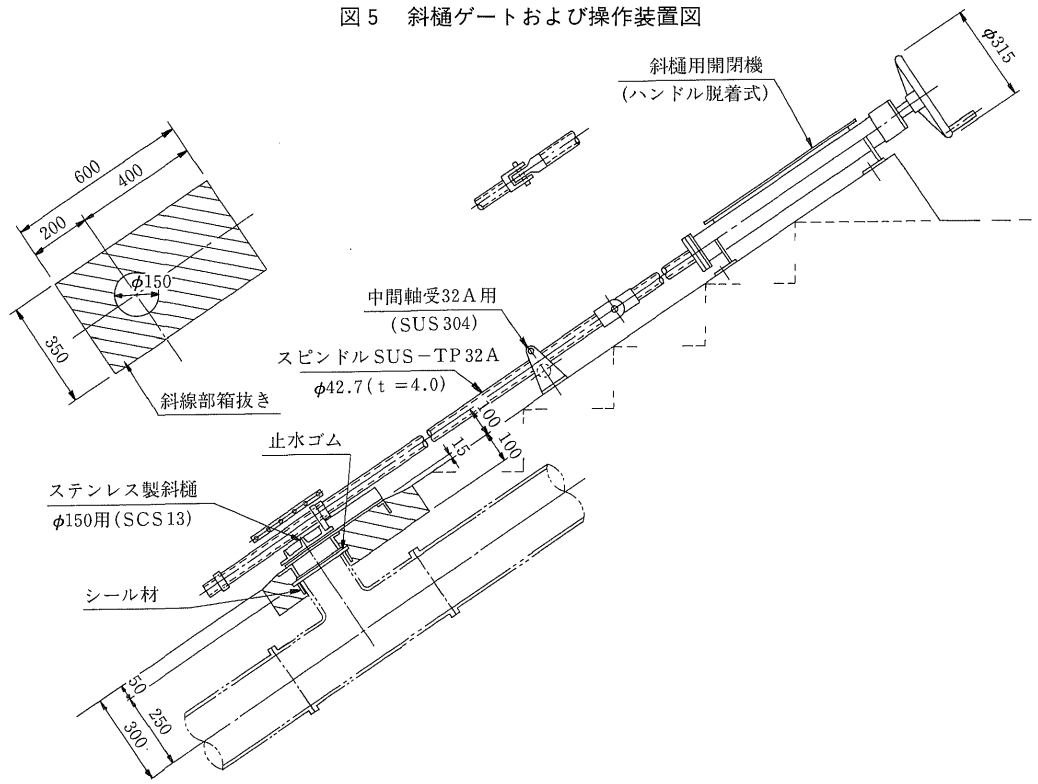
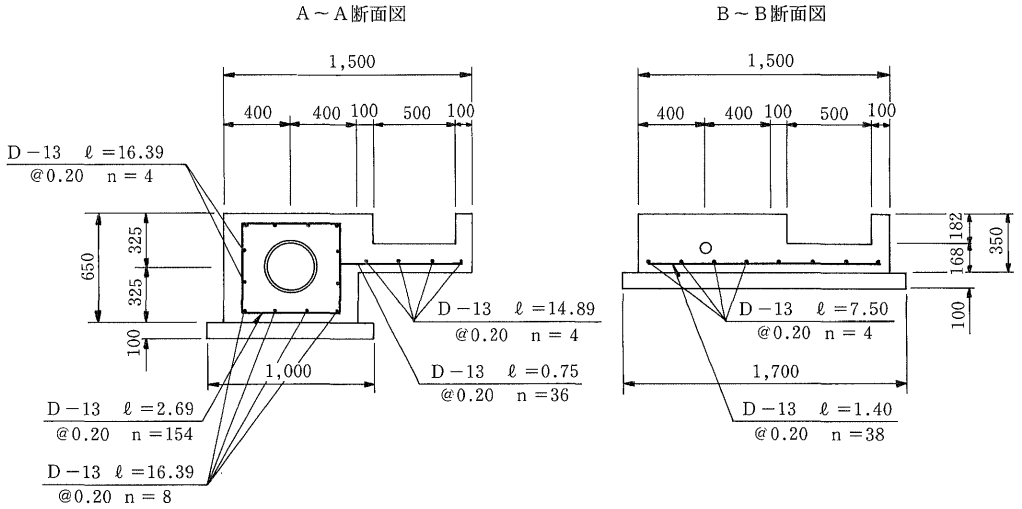


図6　斜樋管鉄筋コンクリート防護図



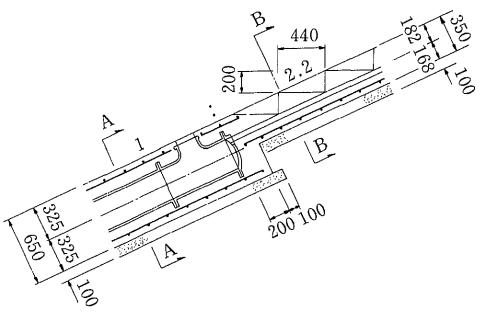


写真4　底樋管全景

5．階段工

鉄筋コンクリート製の幅50cmの階段を設けた。なお、この階段は斜樋管の鉄筋コンクリート防護と横並びの一体構造とした。

5．底樋改修工事

池水を取り入れるための導水部として、底樋管の取り替えは斜樋管から堤防をほぼ水平の一定こう配1°09′で横断し、周囲の地盤を十分支持力のあるものに改良して設けた。(図3参照)

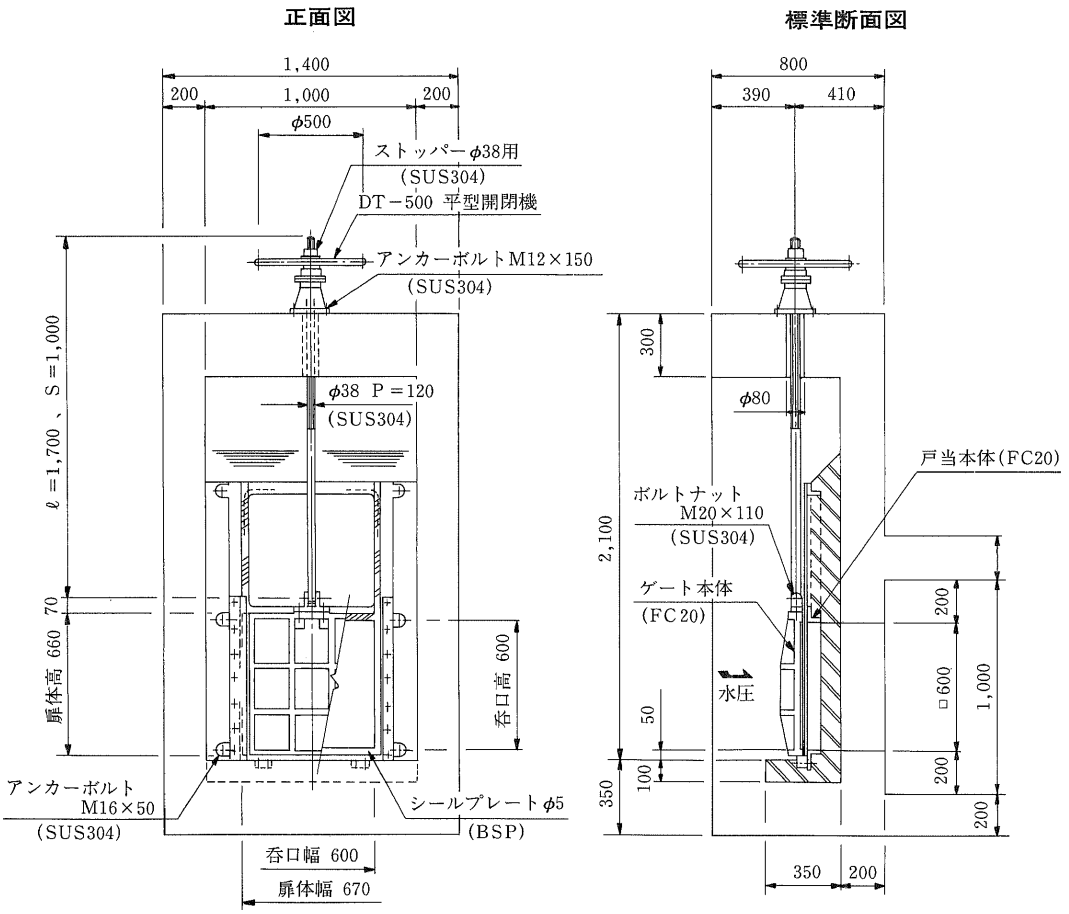
1．底樋管に用いる管路

呼び径600mmで継手がメカニカル形のダクタイル管を底樋管に用いた。T形を直部の継手に、K形を異形部および異形部と直部との連絡部の継手を用いた。底樋ゲート（土砂吐用ゲート）を取り付ける部分は特殊T字管を、その他の直線部は直管を布設した。(図4　樋管模式図参照、写真4　底樋管全景参照)

2．底樋ゲート（土砂吐用）

鉄筋コンクリート製の門柱に呼び径600mm×600mmの角形の底樋ゲートを設け、底樋管

図７　土砂吐樋門図



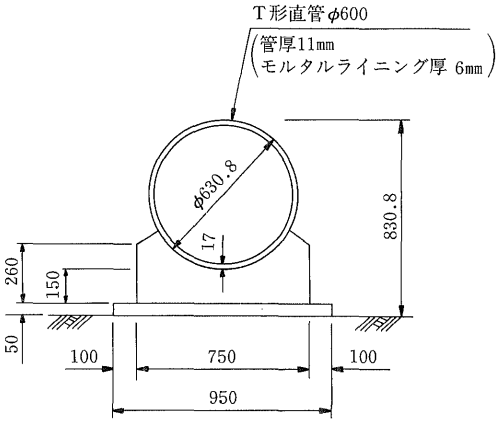
の入口に滞積する土砂を排出する。底樋ゲート（スライドゲート）にはベベルギャ巻上機を備えた開閉装置を設け、安全かつ正確に土砂を排出し、また、工事中の排水路入口として役立ち得る構造とした。ゲートの呼び圧力は５Kgf/㎠とした。開閉装置は操作が簡単で、振動などを生じさせないものを使用した。（図７　土砂吐樋門図参照）

3.　鉄筋コンクリート工

斜樋管と底樋管との接続部分は、管の全面を鉄筋コンクリートで巻き立て水圧力に対して防護した。また、底樋管の底には全面にわたってコンクリートの基礎（幅75cm）を打設した。(図８　底樋管断面図参照、写真５　底樋管のコンクリート基礎参照)

写真５　底樋管のコンクリート基礎

図８　底樋管断面図

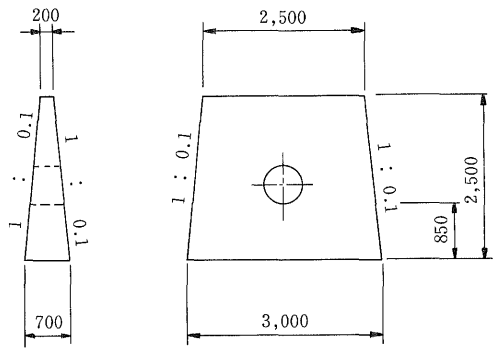


4．止水壁

堤体を開削して既設底樋管を取り除き、新管を布設することに伴う底樋管のラインに沿った漏水を防止するため、止水壁を設けた。

なお、止水壁の寸法は高さ2.5m、幅2.5m～3.0m、厚さ0.2m～0.7mとした。(図９　止水壁図参照)

図９　止水壁図



６．樋管工事上のポイント

1．斜樋管管種の選定

一般には、管材料費の安価な直管を購入し、管胴に穴を開け、ここに取水口を設けるが、ここから漏水することが多い。本件は強度が4,200Kgf/㎠のダクタイル管の特殊Ｔ字管を用い、斜樋ゲートの戸当たりとの間に止水ゴムを挟んだうえ、コンクリートで巻き立てているので水密性が十分に期待できる。なお最近、鋼管を斜樋管として選定する場合もあるが、現地で継手を溶接するため、溶接熱で管内外面の塗装が損傷し、補修が不可能な内面が腐食し易くなる。ダクタイル管を使用する場合、内面にはエポキシ樹脂の焼き付け塗装がしてあるのでその心配はない。(写真６　斜樋管内面エポキシ樹脂塗装参照)

写真６　斜樋管内面エポキシ樹脂塗装

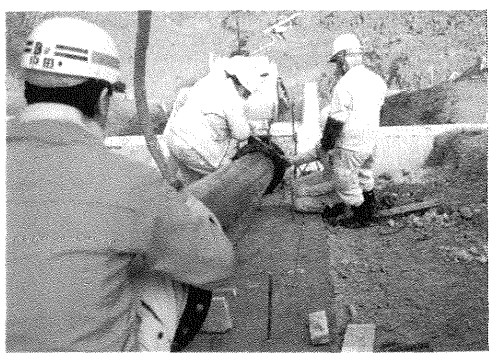
2．底樋管管種の選定

堤高が10m以上あり、最高土圧が1.0Kgf/㎠を超えるが、ダクタイル管１種管（管厚11㎜、モルタルライニング厚６㎜）を採用したので管が破壊したり、扁平することはない。継手がＴ形なので大地震や地盤沈下が生じても、１ヵ所の継手で3°00の屈曲と33㎜の伸縮が許容されるので、１本当たり31㎜の沈下または地震による横移動にも心配がない。

3．樋管据え付け作業

簡単な道具で天候に左右されず、継手作業が最高で約20分なので、他の作業に支障を来すことなくスムースに据え付けができた。(写真７　斜樋管据え付け作業参照)

写真７　斜樋管据え付け作業



７．今後の問題点および検討課題

樋管の付替工事に今回、初めてダクタイル管を使用したが、特別に問題となるものはなかった。しかし、下記の改善および検討をするなら一層使い易い管になる。

(1) 斜樋管異形管を標準化する。

(2) 斜樋管と底樋管との接続部分のコンクリートブロックを軽量化し標準化する。

(3) 斜樋管と底樋管との接続部分に、今回はコンセントリックタイプの特殊Ｔ字管を使用したため、斜樋管の管底と底樋管の管底には約10cmの段差が生じたが、エキセントリックタイプの排水Ｔ字管を使用して管底差を皆無にする。

(4) 斜樋管と底樋管が一連のパイプラインとして圧力管の働きができるよう底樋－ゲートを仕切弁とし、底樋管の最下流点で流量調節を行う。

８．おわりに

改修を要する老朽溜池は全国に約２万個あるといわれており、溜池を取り巻く環境はますます悪化の一途を辿っている。これらの点を重視して、老朽溜池および樋管整備を急ぐ必要がある。

ダクタイル管はヨーロッパでは500年以上の実績があり、鋼と同じ延性と強度があることはわかっていたが、今回これを使用してみて施工性がよく、経済性もさほど問題ではなかった。これから同様の工事をされる方々にご参考になればと願っている。

4 技術レポート

神戸市六甲アイランド〝水〟リサイクルモデル事業

神戸市下水道局計画課
課長　金　忠平

1．はじめに

下水処理水は、都市内に豊富に存在する有望な水資源であり、雑用水などに十分使用できるものである。

下水処理水循環利用モデル事業は、昭和53年の福岡市での大渇水を機に建設省の補助事業として創設されたものである。

限られた水資源を有効に利用するとともに将来の水需要に対応し、下水道の有効かつ多目的利用の推進を図ることを目的としている。

昭和52年、53年、59年の渇水の記憶が薄れようとしているが、水源の75％を琵琶湖・淀川に依存している神戸市にとって、水源の確保は重要な課題であり、処理水の再利用は新たな水源を生み出すということで期待されている。

神戸の下水道は、昭和63年度末で処理人口普及率が約95％に達しており、市内の８処理場で発生する処理水は、１億8000万m³／年にものぼる。処理水の再利用はこれまで主として、処理場内の機械用水や緑地の散水などに使用していたが、処理水を再処理し、雑用水などとして供給するのは初めての試みである。

2．六甲アイランド

市域の東部海上に建設している第２の海上未来都市、六甲アイランドは、面積580ha、計画人口３万人の規模であり、港湾、産業、都市機能を合わせ持っている。

写真１　六甲アイランド全景（完成予想）

都市機能ゾーンは、六甲アイランドの中央部で、業務・商業、住宅、文化・レクリエーションの各ゾーンから構成されており、民間活力を導入した街づくりを行っている。この都市機能ゾーン131haと周辺緑地35haを対象に処理水循環利用モデル事業（神戸市では、水リサイクルモデル事業と呼ぶ）を昭和61年度から実施し、平成２年３月29日から供用開始している。

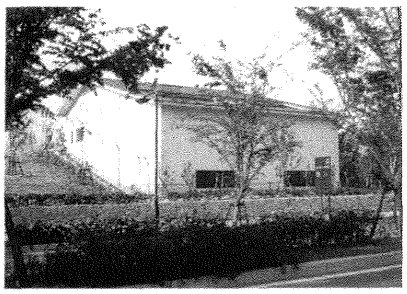
３．再処理システムと水質

公共下水道の終末処理場、東灘処理場の砂ろ過水を原水とし、六甲アイランドへの海底連絡管を経由して、島内へ送水する。この原水を「六甲アイランド水リサイクルセンター」でオゾン処理、塩素滅菌処理後、業務・商業ビルなどの雑用水として供給する。水リサイクルセンターの施設・設備の概要は、表１の通りである。

表１　六甲アイランド水リサイクルセンターの施設・設備の概要

名　　称	内　　容	今回	全体
処　理　棟	地下構造物：ＲＣ造り　地下１階 地上構造物：ＲＣ造り　地上２階　延床面積495㎡	１棟	１棟
原　水　槽	ＲＣ造り　幅2.0ｍ×長6.7ｍ×高6.3ｍ　有効容量45㎥	１槽	１槽
原水ポンプ	横軸渦巻形　100㎜×1.5㎥/分×20ｍＨ×11kW	２台	３台
ストレーナ	自動逆洗ストレーナ　90㎥/Ｈ×0.1kW	１基	２基
オゾン反応塔	ＲＣ造り　幅1.4ｍ×長2.75ｍ×高6.5ｍ　有効容量14.6㎥(水深約5ｍ)	１槽	２槽
ブ　ロ　ワ	容積形回転式水中ブロワ　50㎜×2.75㎥/分×1.0kgf/㎠×3.7kW	２台	３台
オゾン発生機	円筒多管水冷式　2.5kg/Ｈ　最大濃度　20ｇ/Ｎ㎥	１基	２基
塩素混和池	ＲＣ造り	１槽	１槽
配　水　槽	ＲＣ造り　有効容量800㎥(２分割)	１槽	１槽
配水ポンプ	横軸渦巻形　100㎜×1.2㎥/分×37ｍＨ×15kW 〃　125㎜×2.4㎥/分×37ｍＨ×30kW	２台 １台	２台 ２台
消　泡　塔	円筒形　φ0.8ｍ×3.5ｍＨ	１基	２基
排オゾン処理塔	円筒形　φ1.0ｍ×2.08ｍＨ	１基	２基

写真２　水リサイクルセンター



原水は、色度がやや高く(色度20～120度)、そのまま使用すると不快感が生ずることが懸念されたため、テストプラントを設けオゾン処理・活性炭吸着の実験を行った。その結果、オゾン注入率25㎎／ℓ、接触時間約10分で色度除去率が90％以上となることがわかった。また、発泡の抑制・殺菌効果も大きいことが認められた。

再生水の水質基準は、建設省の定めている「下水処理水循環利用技術指針（案）」の修景用水の水質を基に表２のように定めている。

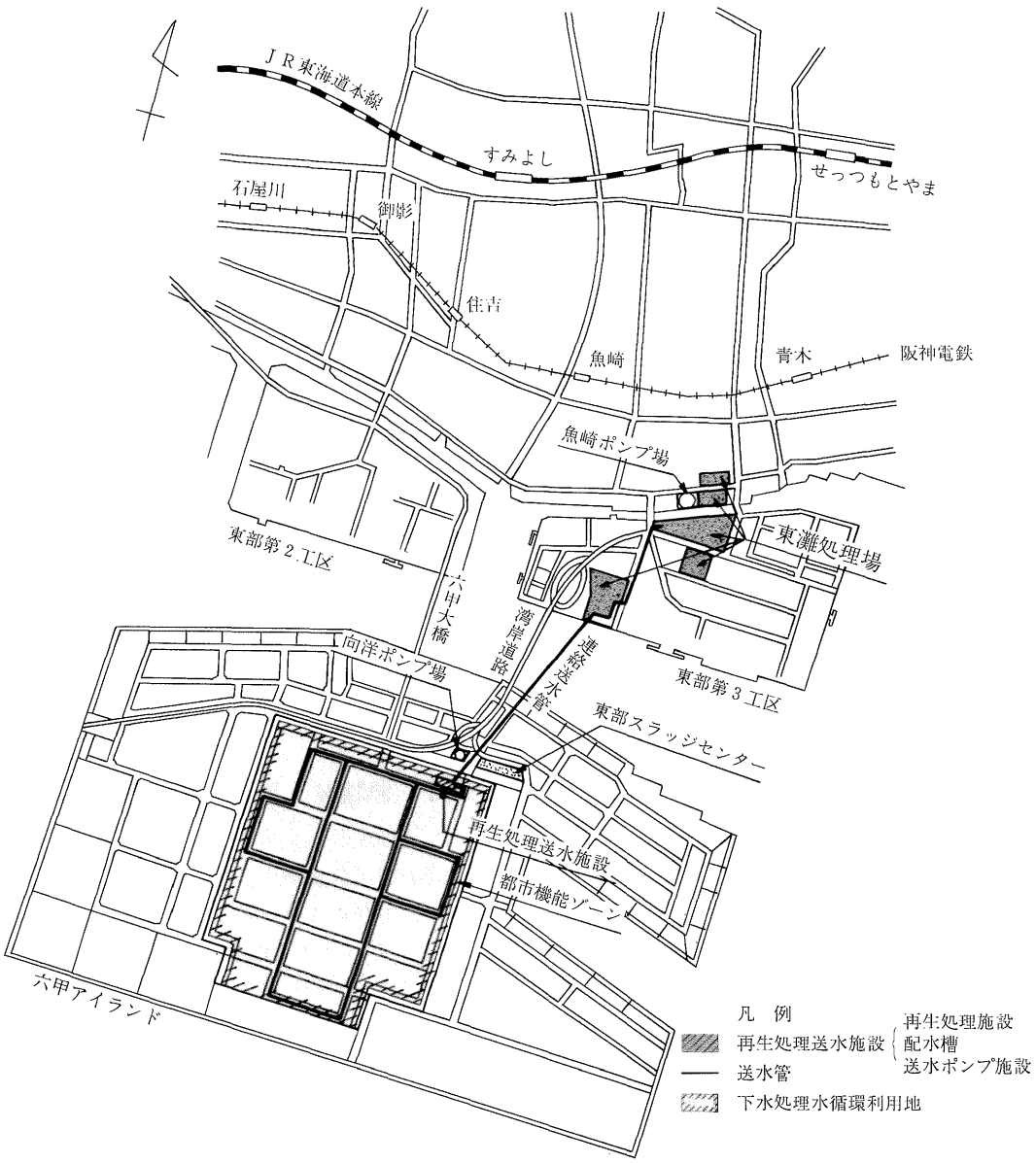
表２　再生水水質

大腸菌群数:検出されないこと	残留塩素:保持されていること
外観　：　不快でないこと	濁度　：　10以下(度)
ＢＯＤ　：　10以下(㎎/ℓ)	臭気　：　不快でないこと
ＰＨ　：　5.8～8.6	
送水水圧：送水管の末端において1.5kg/㎠を標準とする	

４．送水管

送水管のルートは、図の通りで、水の停滞を防ぐため東西の張り出し部および南端でループにしている。呼び径・延長は表３に示す。

図　下水処理水循環利用モデル事業（神戸市六甲アイランド水リサイクル事業）



事業の概要

計画水量	4,200m³/日	
水リサイクルセンター	オゾン反応塔	2基
	消毒槽	1池
	配水槽	1池
	送水ポンプ　150mm	2台
	200mm	2台
送水管呼び径300～50mm	延長	約5.6km

表３　送水管布設延長

口径・延長	呼び径 50mm	ℓ＝0.5km
	75	ℓ＝1.2km
	100	ℓ＝1.0km
	150	ℓ＝1.6km
	200	ℓ＝1.0km
	300	ℓ＝0.3km
	計	約5.6km

写真３　送水管布設状況

写真４　オゾン反応塔およびオゾン処理塔

管種の選定にあたっては、不同沈下に対応し、伸縮性、可とう性を考慮する必要がある。また、多くの地下埋設物と併設するためアンカーブロックを省略しなければならない。これらのことから呼び径300～100mmは、ＳⅡ形ダクタイル鋳鉄管（３種）とした。ＳⅡ形は呼び径100mm未満の規格がないため呼び径75mmはＫ形ダクタイル鋳鉄管（３種）、呼び径50mmは耐衝撃性硬質塩化ビニル管とし、供給先への取り出しは原則としてＴ字管としている。

ゴム輪材料は、送水する水がオゾン処理水であることから、耐オゾン性のよいクロロプレンゴム（CR）を採用している。

六甲アイランドは、新しい街づくりとして地下埋設物によって占用位置を表４のように整理しており、舗装に先行し布設されている。

表４　占用位置の分類

占用位置		原則車道	原則歩道
占用物件		下水道 ＮＴＴ 電　気 再生水	ガス 水道 ＣＡＴＶ
理由	断面積	大	小
	取出管	少	多

再生水は取り出しの管が少ないことから原則車道となっている。

５．誤接続、誤使用防止対策

誤接続を防止するため、送水管は埋設時に管天端に黄色地に文字入りの表示テープを貼り、ポリエチレンスリーブで覆い、その上からも表示テープを巻いて防止対策としている。(用途別に管塗装色を決めておけば誤接続は防ぐことができるため、また、施工の効率化も含め、管材料の製造時点での対応が望まれるところである)

そのほか、仕切弁や空気弁の弁頭キャップおよびふたの形状は水道施設とは異なったものを使用している。これらの上水と再生水の違いの対照表を表５に示す。

表５　水道と再生水の対照表

項　　目	水　道	再生水
止水栓ふた	丸形	角形
空気弁ふた	角形	丸形
止水栓弁頭キャップ	四角形	五角形
表示テープ	青色	黄色

一方、供給先である業務・商業ビルや緑地などは、不特定多数の人が使用するため誤使用・誤接続について特に配慮する必要がある。

誤使用、誤接続を防止するため構造基準（案）を定めており、その主なものは、

(1) 建築設備は、上水と再生水の二重配管が必要で、再生水系統に黄色の表示テープまたは黄色の塗装を行う。

(2) 便器付近には、「この便器の洗浄には再生水を使っています」と明示する。

(3) 手洗付き便器の使用禁止。

(4) 埋設配管にも表示テープを巻き、地表の要点に表示杭を設ける。

(5) 散水栓には、「再生水」の表示をし、カギ付きのふたを使用する。

このような措置が適正に講じられるのと同時に、適正な維持管理が行われることにより誤使用などが防止でき、良好な再生水の利用が促進されるものと考えている。

6．再生水の供給

再生水の供給先は、当初、小・中学校，ラグビー場(芝散水)，公共緑地で、平成3年度からは常設展示場，店舗，ホテル，インテリジェントビル，病院などが加わり、供給量が急増する。供給にあたっては、「利用申込」，「利用計画書」の提出のあと、供給者と利用者で「再生水の供給に関する協定書」を取りかわし、供給規程に基づき供給することにしている。

料金は、用途別料金制で、業務用が200円／m³，一般用（病院、学校、公共緑地など）が120円／m³で、ともに均一従量料金である。

7．おわりに

今、下水道は従来の目的に加え、新たな潮流として資源の有効活用および空間の多目的利用などの推進が求められている。水資源としての処理水、熱源としての処理水、下水汚泥の持つエネルギー、処理施設の有する空間などの活用が進められているが、処理水の再利用は、資源の再利用の大きな柱となるものである。

六甲アイランド“水”リサイクルモデル事業は、下水道の新しい顔づくり、多くの人々にそれをアピールするということで非常に意義深いものであり、大切に育てていきたいと思っている。

ダクタイル鉄管第47号

平成元年11月

技術レポート

S形ダクタイル鋳鉄管を送水幹線の一部に使用して ～京都府営水道～

京都府広域水道建設事務所
所長　杉田裕郷
技師　杉原久也

1．はじめに

京都府の南部地域（南山城地域）は、東は滋賀県、西は大阪府、南は奈良県に接し、淀川水系の木津川・宇治川の流域に位置している。南山城地域の宇治市、城陽市、八幡市、および久御山町における飲料水は昭和30年代に入って、同地域の人口の増加に対応した市町の自己水源による供給が困難になってきたことから、京都府は地域の水需要にあわせて水道用水を供給するために、京都府上水道計画を立て、昭和36年12月、用水供給事業経営認可、昭和39年11月天ヶ瀬ダムから取水するダム使用権を得た。

施設の建設は昭和36年4月から着手し、昭和39年12月に給水を開始し、昭和43年3月には1日最大給水量2万4,000m³の施設が完成した。

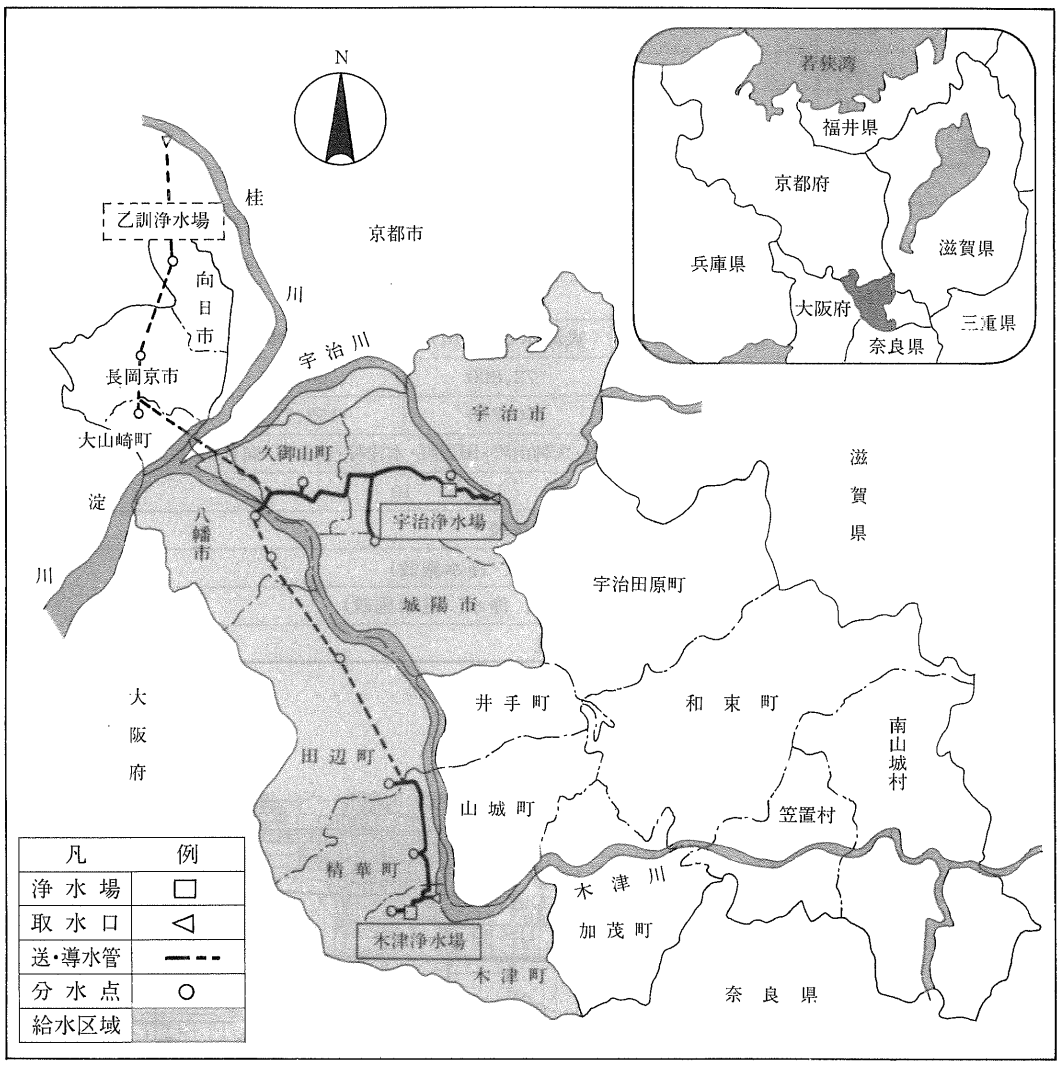
その後、昭和43年4月から第1期拡張事業昭和48年9月から第2期拡張事業に着手し、昭和53年3月に1日最大給水量9万6,000m³の施設が完成した。

一方田辺町、木津町および精華町は、昭和40年代に入って京阪奈地区の通勤圏となり、人口の増加に伴う水道水の需要増に対して、自己水源の確保が困難になったため、京都府は昭和46年3月用水供給事業経営認可、昭和46年8月木津川からの水利使用許可を得た。

施設の建設は昭和46年4月に着手し、昭和53年7月に給水を開始し、昭和54年3月には1日最大給水量2万4,000m³の施設が完成した。

昭和60年には、関西文化学術研究都市の建設や大規模住宅団地の開発により、水需要の増大が予想されるため、京都市を除く府南部地域の17市町村を圏域とした「京都府南部地域広域的水道整備計画」が策定され、昭和60年9月府議会で同意議決された。京都府企業局では、この計画に基づき、府営水道の拡充整備を推進することとし、昭和62年4月には従来の山城水道および第2山城水道を統合して、新たに乙訓地区を給水区域とする京都府営水道を設置し、昭和62年度から宇治・木津両浄水場系の送水管の接続工事に着手している。また、昭和63年4月には事業を推進するために広域水道建設事務所を開設した。

図1　計画図



2．拡充整備計画概要について

(1)　木津浄水場系の1日2万4,000m³の施設を1日7万2,000m³まで拡張を行うとともに、宇治浄水場系と木津浄水場系を接続するための送水管布設(全長15km)を行う。

(2)　乙訓浄水場系の整備を行う。

(3)　乙訓浄水場系と宇治浄水場系の接続を行う。

3．工事概要

(1)　工事名称

木津・宇治送水管布設工事（草内第1・第2工区）

(2)　工事場所

京都府綴喜郡田辺町大字草内地内

(3)　町道名

草内三山木線

(4)　工事延長

L＝510m（草内第1工区）

L＝494m（草内第2工区）

(5)　工法

全区間開削工法

(6)　使用管種

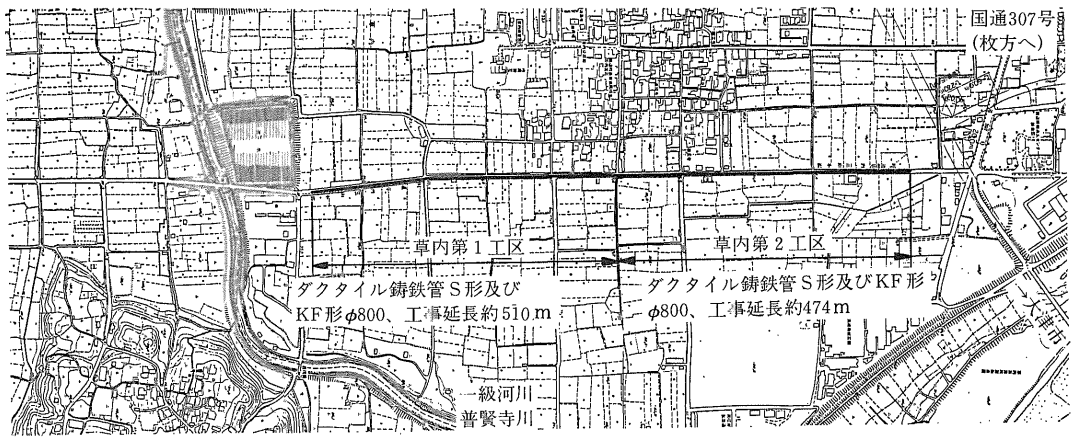
S形ダクタイル鋳鉄管呼び径800㎜(3種)

KF形ダクタイル鋳鉄異形管φ800×22½°

表１　拡充整備計画の概要

区分＼事業名	京都府水道用水供給事業			
名称	京都府営水道			
事業認可年月日	昭和62年3月31日			
目標年次	平成12年			
建設年度	昭和62年度～平成11年度			
事業費	約860億円（水源費約360億円、施設建設費約500億円）			
浄水場の名称	宇治浄水場	木津浄水場	乙訓地区浄水場(計画)	合計
計画取水量(m³／秒)	1.2	0.9	0.86	2.96
水源の種別	天ヶ瀬ダム貯留水(宇治川)	表流水(木津川)	表流水(桂川)	——
計画1日最大給水量(m³／日)	96,000	72,000	68,800	236,800
計画給水人口(人)	386,230	166,740	153,770	706,740
給水対象市町	宇治市・城陽市・八幡市・久御山町・田辺町・木津町・精華町・向日市・長岡京市・大山崎町			
市町数	10			
主要事業の実施計画	宇治浄水場系と木津浄水場系の接続			
	木津浄水場の施設拡充整備（取水、浄水施設）			
	乙訓地区の水道施設整備（取水、浄水、送水施設）			
	乙訓地区と宇治浄水場系の接続			

図２　工事箇所



４．工事上の制約条件とその対策

送水管を布設する町道（草内三山木線）には、他の管路がすでに埋設されていたり、あるいは下水道管きょの建設が予定されているため送水管の布設に対しては種々の制約条件があり、関連機関との協議ならびに建設事務所内での検討には特に留意を払った。表２に制約条件とその対策についてまとめる。

５．Ｓ形継手を採用した理由

(1)　流域下水道の建設に伴う立坑周辺部で発生すると予測される地盤の不同沈下に対して、また、予期し得ない不均一な地盤の動きにも対応できる管体および継手を有するものであること。

表2 制約条件とその対策

	制約条件	対策
流域下水道	京都府営水道が送水管を布設後、流域下水道の推進用立坑の築造が予定されており、薬注などにより周辺地盤の沈下が予想される。	送水管に不同沈下が発生することが予測されるため、S形ダクタイル鋳鉄管とする。
公共下水道	送水管の布設後、開削工法により本管・サービス管・人孔の埋設が予定されており、流域下水道の立坑部を除き道路センター側に送水管を布設する。	送水管の平面線形としては、道路センターから1,750mmの位置を管芯とする。
田辺町水道管	呼び径150mm(DIP)の既設管があり、送水管布設に支障をきたす。	送水管の布設前に不断水工法による止水と撤去を行い送水管の布設後に復旧した。(バイパス管があったので、仮配管の必要はなかった)
農業排水管	既設農業用水管が数多くあることおよび一部は切り下げを考慮する必要がある。(BOX:600×700・500×450各1ヵ所・HP:φ150×2ヵ所・φ200×4ヵ所・φ300×1ヵ所・φ400×1ヵ所・φ450×1ヵ所の計11ヵ所)	送水管と既設農業用排水管の離隔を700mmから1,000mmとする。
道路占用	送水管布設後、直ちに良質土で埋め戻し、機械により十分に締め固めを行い、仮舗装を行う。	路面沈下が予測される部分(HPの横断部など)については、セメント安定処理を行うこととする。
道路使用	工事中道路のセンターラインより反対側車線に掘削機械がはみ出すため、大型車の通行が確保できず、昼間時には大渋滞が予想される。	夜間工事(PM7:00～AM6:00)とする。

(2) 送水管を埋設する道路には流域下水道および公共下水道(本管・サービス管)あるいは田辺町の水道管が布設時期を異にして布設されるため、これらの工事のために送水管の埋設環境に変化をきたすことが予想され、これらの悪条件をも克服するものであること。

(3) 昼間は工事箇所を道路として開放する必要があるため、継手の接合・検査が短時間で効率よくできること。

(4) 維持管理面に優れ、多くの実績を有する管材であること。

(5) 次のような使用条件を満足させるものであること。

① 最大静水圧:5.54kgf/cm²

② 水撃圧:3.50kgf/cm²

③ 土かぶり:2.2m

④ 路面荷重:B交通

以上のような諸条件を基に種々の検討を行い、いずれの条件をも満足させるものとしてS形ダクタイル鋳鉄管を使用することに決定した。

図３　平面図

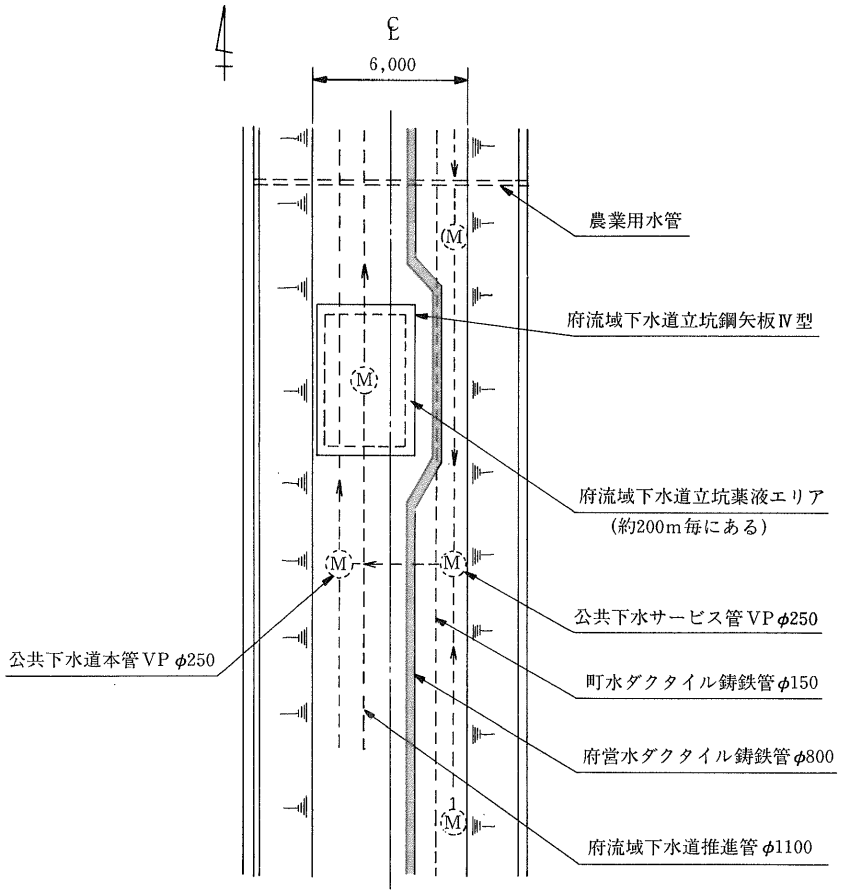
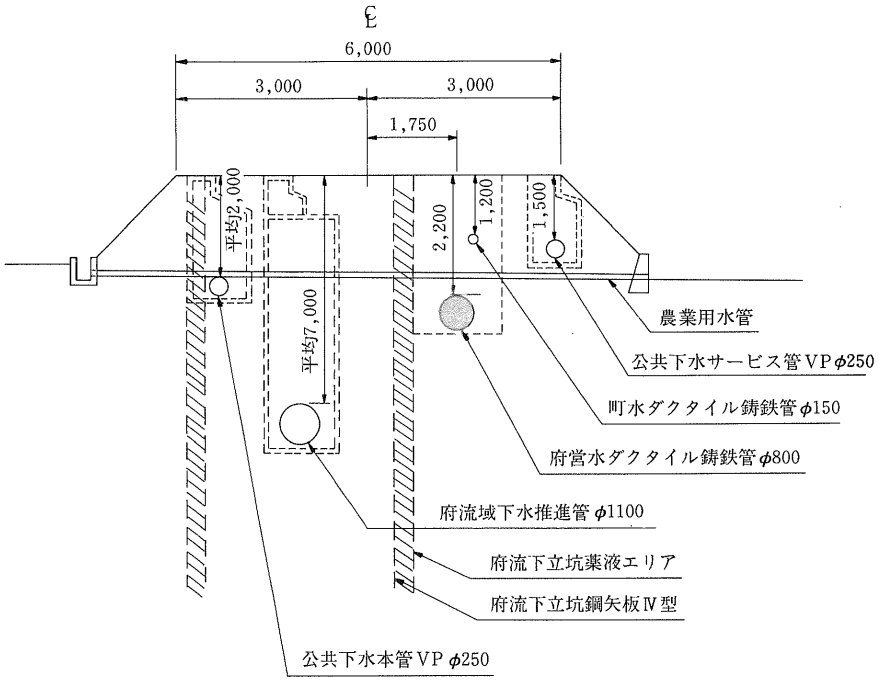


図４　標準断面図

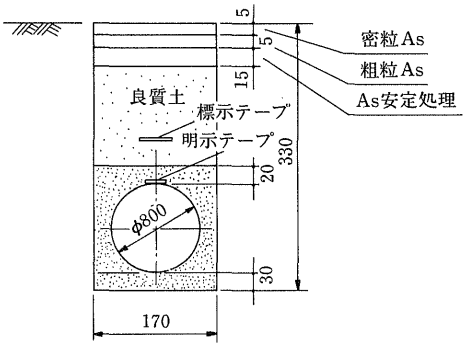


6．管の布設

当初の設計では、町道・草内三山木線の工区境から施工（草内第１工区は工区境から南進し、草内第２工区は工区境より北進）する布設計画であったが、道路使用協議で第１工区と第２工区が近接すると施工時（夜間）の片側通行区間の延長が約80mと長くなり、通行車輌に渋滞をきたすことが予測されたので草内第１工区は南端より北進することとし、草内第２工区は北端より南進することとした。このため結果的には、さきに着工した草内第２工区が早く完了し、草内第１工区側の工区境で切管長の測定を行い、継ぎ輪で接続を完了した。

図５　管布設標準図

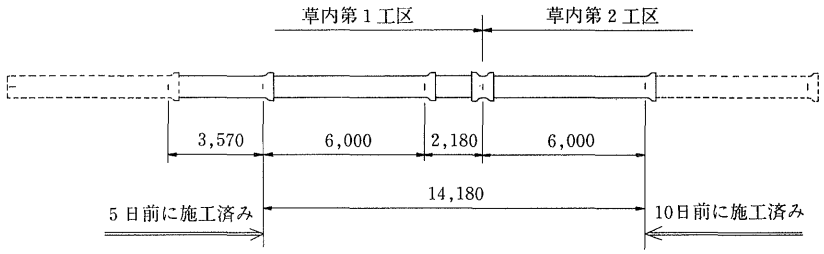
（単位cm）



※明示テープは管胴部にも
２mピッチで巻き付けている。

図６　配管図

（単位mm）



7．施工のポイント

1．施工方法

両工区間の最終接続区間は直線とし、開削延長は約14m（S形直管φ800×6,000×2本、S形乙切管φ800×2,180×1本およびS形継ぎ輪φ800×1個）で接続を完了した。

2．両工区間の管天高および切管長の測定

草内第２工区は最終接続日の10日前に、草内第１工区は最終接続日の５日前に両工区間で布設済みの管の管天高および切管長さの測定を行った。

3．S形管の挿し口加工について

S形管挿し口の現地加工は、管の性能上問題を残すものと考えたため現場では実施せず管製造メーカーにて所定の加工を行った管を現場へ搬入することとした。

4．最終の接合（せめ）について

S形継ぎ輪とS形乙切管（L＝2,180）の最終の接合（せめ）では、標準的な作業方法であるロックリング拡大器具が管内に残ることとなるため、この部分の接合にはS形乙切管の挿し口突部に特殊加工をした鉄板（T＝１mm）を３枚取り付け、S形継ぎ輪に挿入し、挿し口突部が継ぎ輪内のロックリングを越えた時点で前述の鉄板を取りはずし、その後S形継手の正規の接合作業を行い、接合を完了した。

図７　最終の接合（せめ）

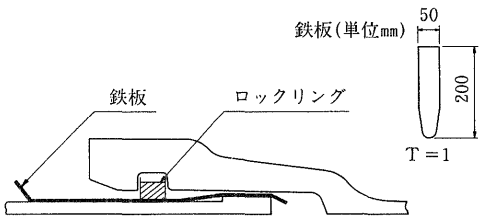
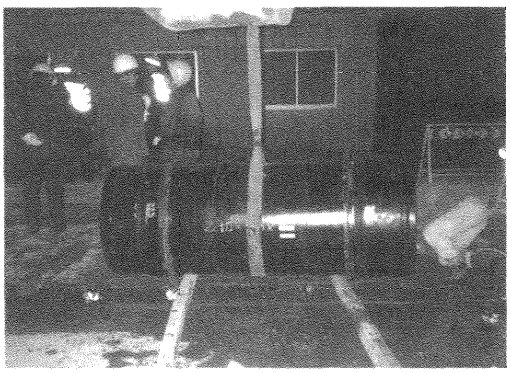


写真１　Ｓ形継ぎ輪の接合

写真２　Ｓ形乙切管



Ｓ形ダクタイル鋳鉄管の布設工事にさき立ち、Ｓ形継手の接合講習会を日本ダクタイル鉄管協会にお願いし、職員・施工業者ともども研鑽に努めた。

８．おわりに

京都府営水道の木津・宇治送水管布設工事の一部としてＳ形ダクタイル鋳鉄管を使用したことは、現場での施工性・安全性・経済性・維持管理など、すべての面で適確な判断であったと確信している。夜間施工であること、また、掘削時の深さが平均３ｍであること、木津川の氾濫域のため土質は礫混り砂・シルト混り砂礫であり、地下水位は道路面より約1.5m下で日進量が1～3本であること、送水管布設後、即日復旧など厳しい条件下で無事完了したことは、設計・施工・技術指導など多くの関係各位のご協力によるものであり、この送水管路の供用開始が待たれるところである。最後になったが、他の関連事業も順調に推移していることをご報告し、関係各位に深く感謝申し上げる次第である。

技術レポート

石切共同溝における水道管路の建設について

東大阪市水道局施設部
工務課課長代理　森田　長義
計画課計画第1係主査　榎本　弘
工務課拡張工事係主任　大前　幸伸

1．はじめに

東大阪市は大阪府の中央部に位置し、西は大阪市と東は生駒山地で奈良県と境を接しており、面積61.72㎢で、大阪府で3番目に人口の多い都市である。市内にはおでき治療の神さん「石切さん」で有名な石切神社や、正月に白熱したゲームに沸き返る高校ラガーメン憧れの花園ラグビー場などがある。

本市の水道は昭和7年、布施町で近代水道が開始されて以来、半世紀を経て、現在、給水人口54万8,000人、1日最大給水量29万5,000㎥、普及率100％の平成7年を目標年度とした第3次拡張事業を実施中で、高度情報化社会となる21世紀の大阪府東部の新都心としてさらに発展が予想され、将来の水需給を見越した節水型都市づくりをめざしている。

昭和59年「共同溝の整備等に関する特別措置法」で建設公示された石切共同溝は、一般国道308号線の西石切町内にあり、阪神高速道路の延長で現在、工事中の大阪と奈良を結ぶ第2阪奈有料道路および近鉄東大阪線の鉄道新設工事と併行して施工された。(図1、2)

当共同溝は近鉄東大阪線の新石切駅周辺の道路の掘り返し防止と、地上電柱などを撤去し、都市防災、都市景観の向上をはかるなどの多目的な道路機能を持った「幹線＋供給管共同溝」で供給管色の強いものであり、供給管共同溝のモデル事業である。

2．石切共同溝の概要

1．共同溝の必要性

鉄道の新設駅となる新石切駅周辺では、再開発化に伴う乗客数および道路交通量の増加が予想され、また、道路形態変更による地下埋設物の整理の必要性、さらに将来の需要増に対処する各公益事業体についても布設年度の異なる地下埋設工事による毎年の掘り返しが道路構造の弱体化を招き、道路交通に支障となり、付近住民の日常生活に影響を与えることが予測され、これらの総合的な解決策として、当共同溝が計画された。

図１　位置図

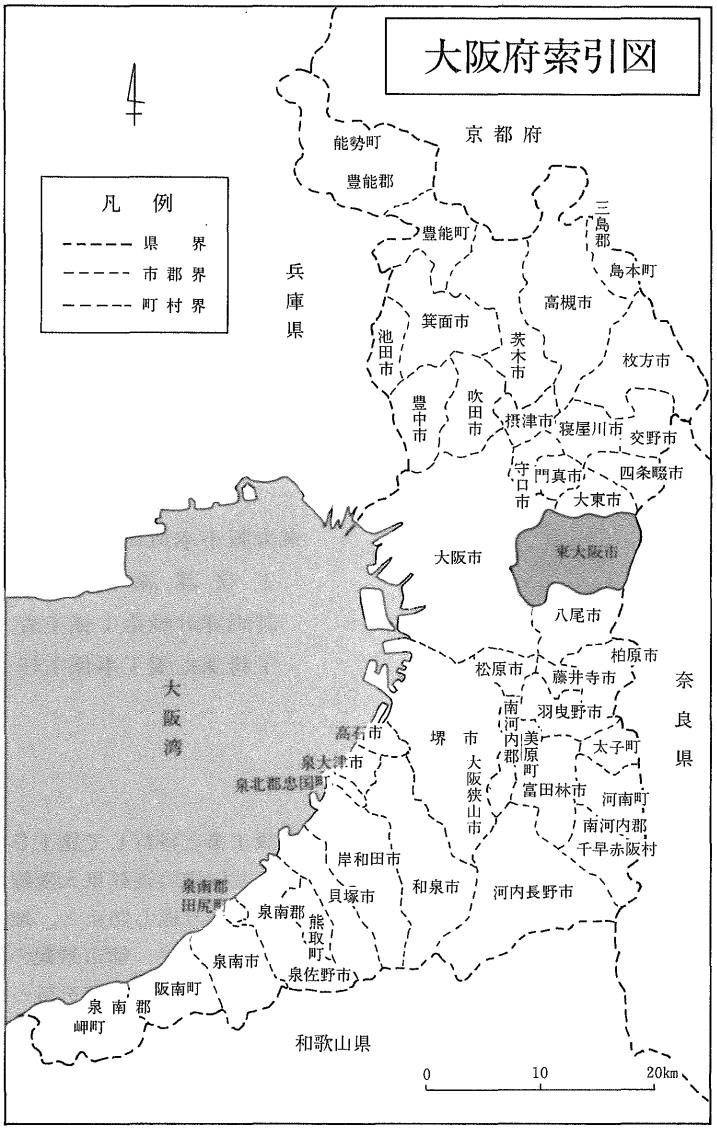
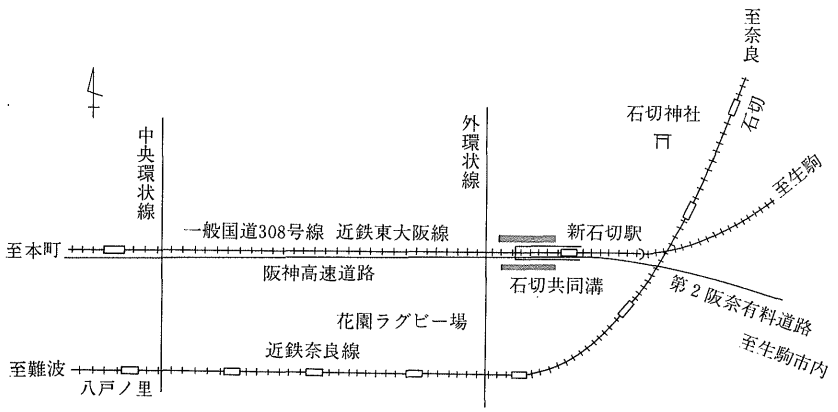


図２　付近位置図



2. 築造場所

一般国道308号線の東大阪市西石切町３丁目～５丁目の北側および南側の歩道敷。（図３、４）

図３　新石切駅付近完成予想図

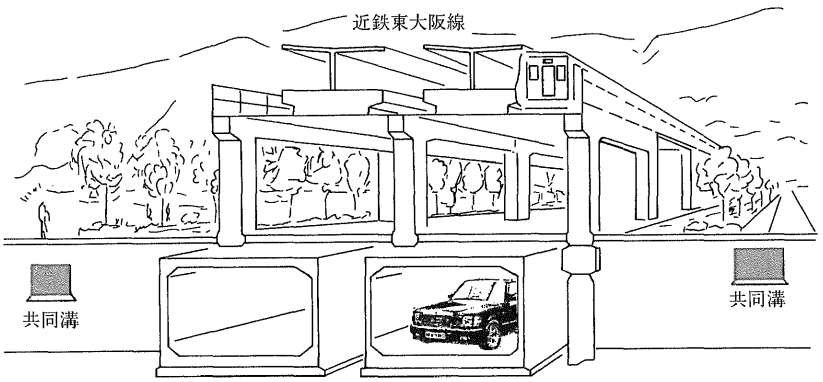
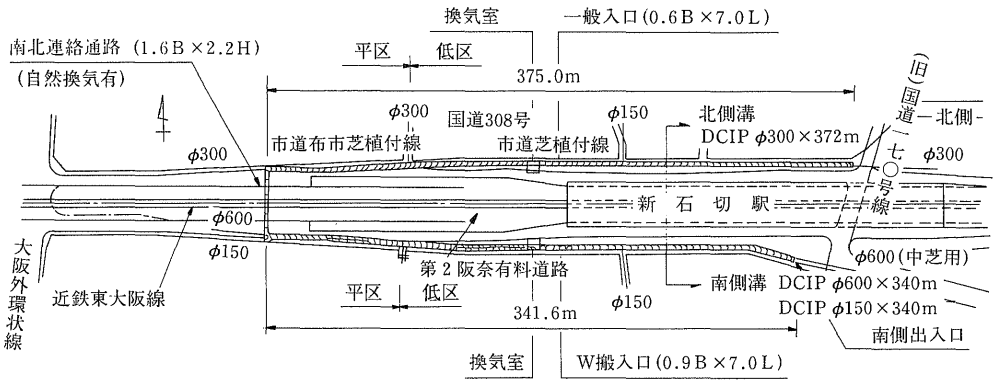


図４　石切共同溝概要図　平面図



3. 構　造

鉄筋コンクリート１連２層。延長L＝716.6m（北側溝L＝375m、内空断面幅2.3m×高さ2.0m。南側溝L＝341.6m、内空断面幅3.15m×高さ2.2m）。（図５、６）

図５　石切共同溝断面図

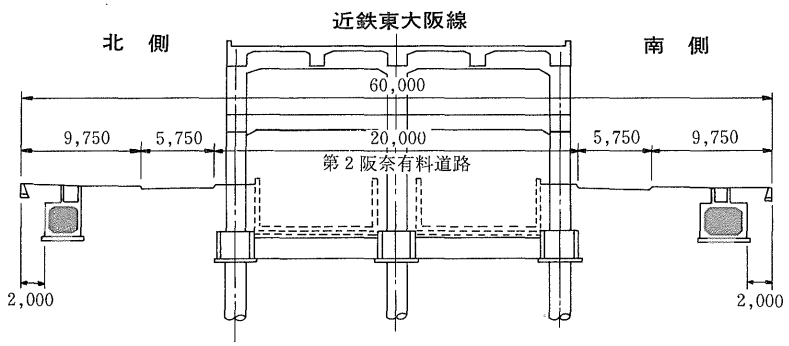
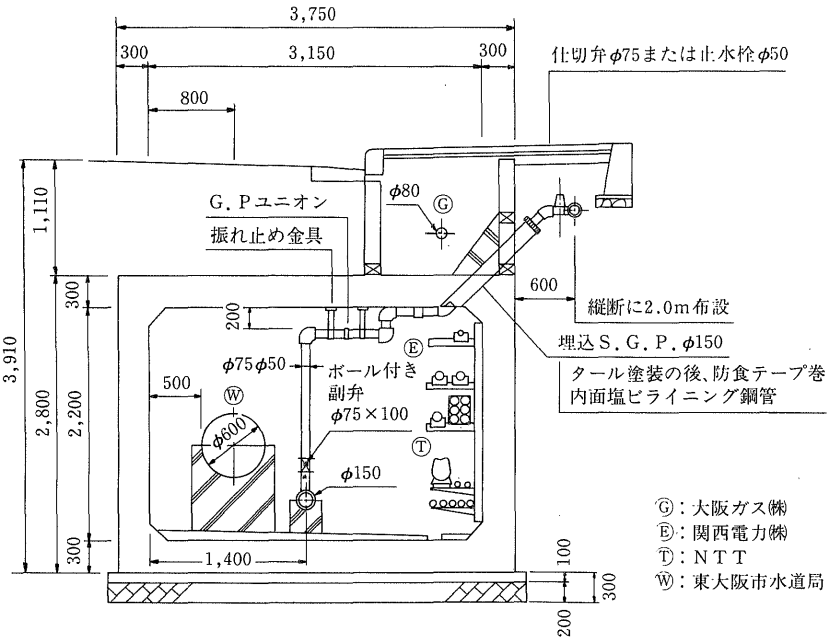
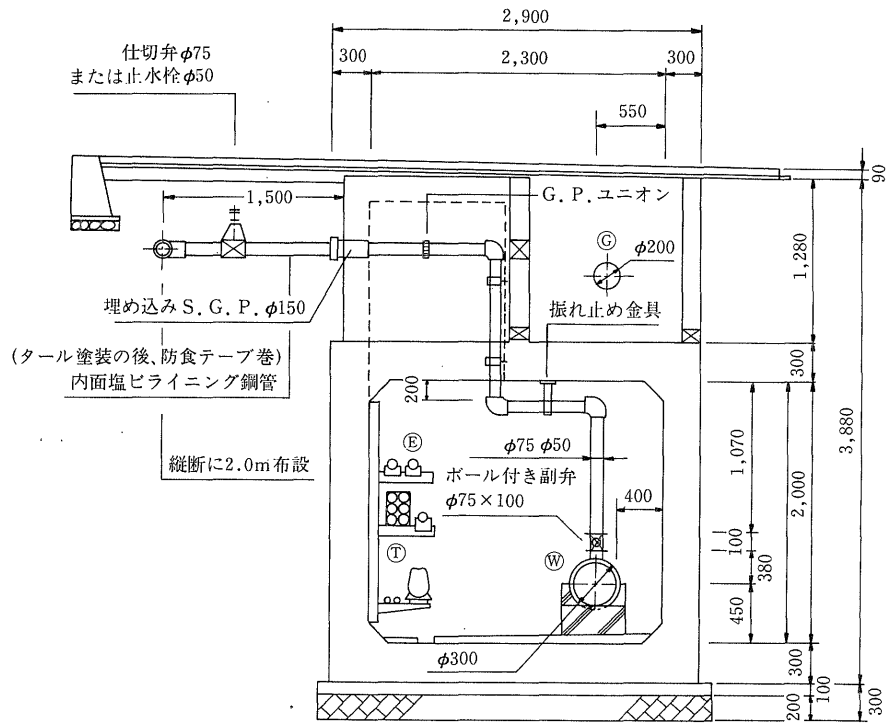


図6　共同溝詳細図

（イ）南側溝



（ロ）北側溝



4．占用者と占用物件

共同溝整備計画に工業用水道、下水道を除く、4公益事業体が参加した。(表1)

5．建設費の負担割合

共同溝の占用予定者が共同溝建設によって受ける効用から政令で定められる算出額（推定投資額に基づく）を負担し、不足分は道路管理者が負担した。(表2)

6．共同溝付帯設備

共同溝内の管理機能を高めるため、照明、換気、排水、保安などの設備がある。(表3)

7．大阪府共同溝管理規程

道路管理者は、共同溝の適切な維持管理のため、法第11条による管理規定を定めており、共同溝本体および付帯設備は道路管理者が、また、共同溝内の占用物件などは各公益事業者が管理を行うことと定めている。

表1　占用者と占用物件

占用者	占用物件		必要性
	北側溝	南側溝	
日本電信電話㈱	2条 電気通信ケーブル	4条 幹線	昼間の中継用 市外線加入者用
関西電力㈱	4条	5条	
大阪ガス㈱	φ200 低圧ガス	φ80	沿道需要のため (但し別室)
東大阪市水道局	φ300 (配水幹線) φ100～φ20 (配水小管)	φ600 (送水幹線) φ150 配水管 φ75～φ20 (配水小管)	送配水幹線 需要家給水用

表2　建設費の負担割合

負担割合 / 負担者	共同溝本体		共同溝付帯設備	
	率(%)	建設費(千円)	率(%)	建設費(千円)
道路管理者	86.9	871,653	24.5	9,347
日本電信電話株式会社	5.3	53,563	24.9	9,464
関西電力株式力社	3.2	32,475	25.3	9,660
大阪ガス株式会社	1.1	10,487	※0	(9,217)
東大阪市水道局	3.5	34,676	25.3	9,660
合計	100	1,002,854	100	※38,131(47,348)

※第11条第1項第2号ただし書きに該当

表3　石切共同溝付帯設備（南北共）

名称	型式	台数
照明器具	FL－20W－1　KDF－2B	70
〃	〃　非常用	36
誘導灯	FL－10W－1	8
水中ポンプ汚水型	φ40×70ℓ/分×7m×0.25kW	2
(排水用)	φ50×196ℓ/分×8m×0.75kW	2
〃	φ40×71ℓ/分×7m×0.25kW	2
〃	φ50×207ℓ/分×10m×1.5kW	2
片吸込シロッコ型送風機	2½×3,480m³/H×10mmAg×0.4kW	1
(強制換気用)	3×4,590m³/H×12mmAg×0.75kW	1
自動火災報知機	煙感知機　光電式2種	4
酸素ガス検知機警報器	酸素欠乏用0～25%	2

8．共同溝設計時に配管について考慮した事項

① 共同溝の構造設計時から水道局も参画しており、布設管の単位長さが５ｍ(φ150)と６ｍ(φ300、φ600)であるので、共同溝の１スパンの長さは30mとし、ダクタイル鋳鉄管の受口位置と目地が合うようにした。

② 共同溝の出口などの埋め込み配管部は、止水および構造物との一体化をはかるため、パドル付きダクタイル鋳鉄管とした。

③ 共同溝ベースコンクリート打設時に、異形管、仕切弁の設置予定箇所に防護コンクリート用のサシ筋（D13）をした。（写真１）

写真１　曲管部のサシ筋
南側共同溝　曲部(Ｈ)

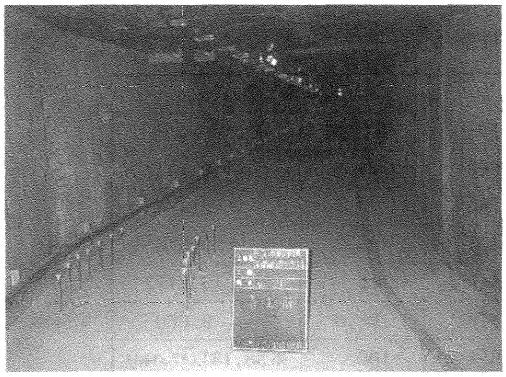
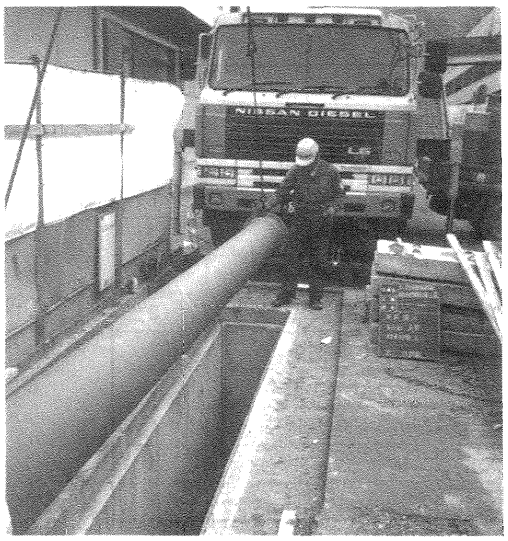


写真２　南側溝材料搬入口



④ 共同溝内の供給管取出口地点を地上に明示するため、歩道に路面表示をした。

⑤ 配管材料搬入口として、共同溝スラブコンクリートに開口部(南側溝幅0.9m×長さ7.0m。北側溝幅0.6m×長さ7.0m)を設置し、工事完了後、鉄筋コンクリート製の蓋で閉塞した。（写真２）

3．管路の設計

1．基本事項

① 標高によるブロック配水方式（平区給水区域0．Ｐ＋10m以下。低区給水区域0．Ｐ＋30m～0．Ｐ＋10m）を行っていることから、北側溝呼び径300㎜、南側溝呼び径150㎜の配水管はそれぞれ管路の途中に設けた仕切弁により平区および低区へ給水する。また、南側呼び径600㎜の管路は中区給水区域（0．Ｐ＋70m～0．Ｐ＋30m）用の送水幹線である。

② 共同溝出口の管路は不同沈下および地震対策として、Ｓ形(φ600)、ＳⅡ形(φ300、φ150)を用いた。（図７、写真３）

写真３　Ｓ形呼び径600㎜接合工およびＳⅡ形呼び径150㎜接合工

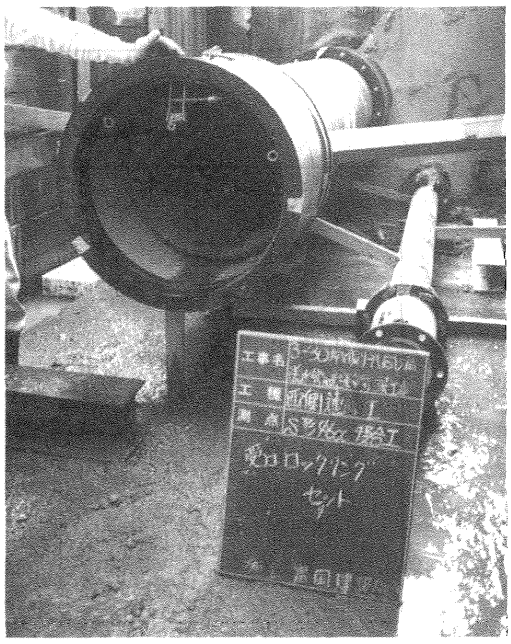
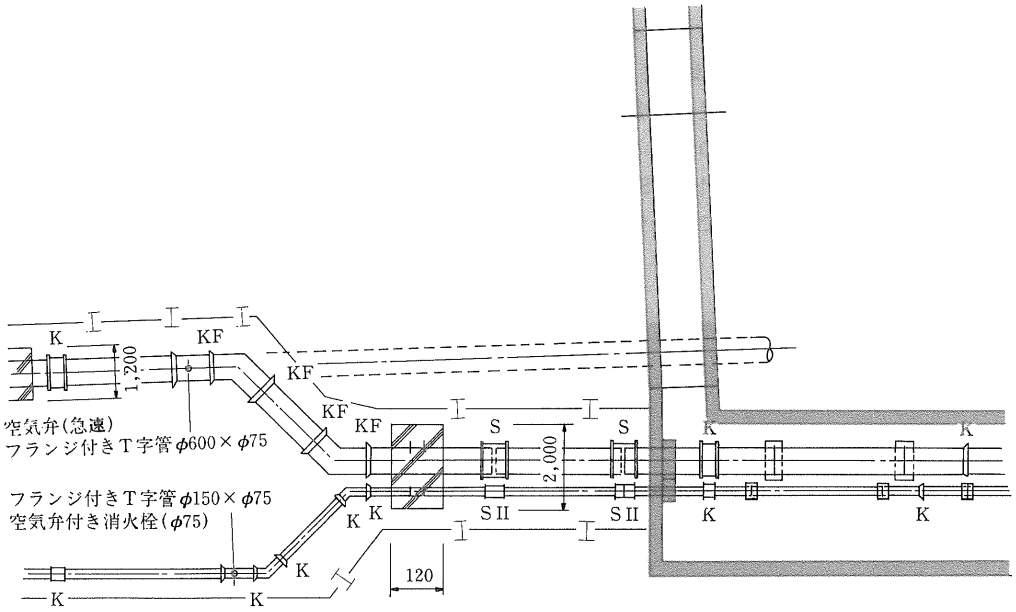


図７　南側溝西端出口の配管



2．管　種

共同溝内の使用管種は、強度および耐食性に優れ、将来の給水分岐も容易であり、共同溝前後の既設管と同じK形ダクタイル鋳鉄管とした。

3．ボルト・ナットの材質

共同溝内は高湿度となることが予想されるので、ダクタイル鋳鉄管用押輪のT頭ボルト・ナットおよび仕切弁などのフランジボルト・ナットの材質は耐食性に優れたSUS304とした。

4．弁　類

平区と低区は仕切弁で区分し、低区側には空気弁付き消火栓を取り付け、これらの開閉は地上から操作できる構造とし、さらにスラブコンクリート開口立ち上がり部の止水方法は鉄板とゴムパッキングで溝内に水の入らないようにした。

また、呼び径600mmの送水管には急速空気弁（単口φ75、16kgf/cm²用）を取り付け、さらにドレン用のT字管（KF－KFφ600×φ400）の両側にバタフライ弁呼び径600mm（16kgf/cm²用）を設置し、開閉は共同溝内で行うこととした。（写真４、５）

写真４　呼び径600mmバタフライ弁保護工

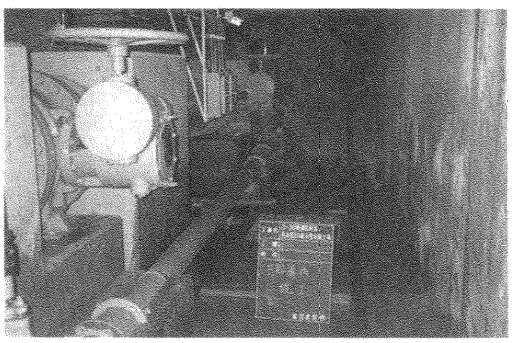
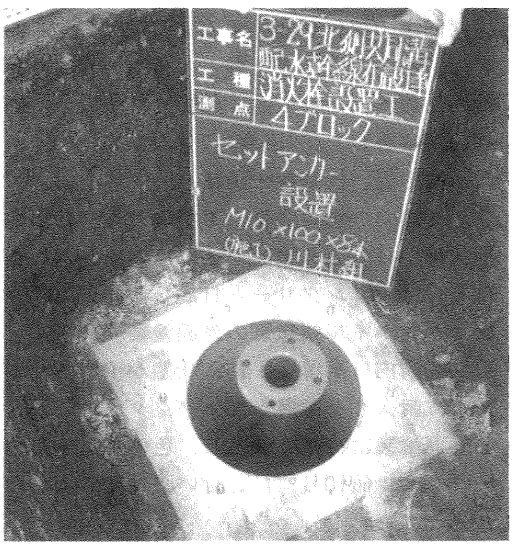


写真５　消化栓取り付け前



5. 管支持受台

共同溝内は露出配管となるので、ダクタイル鋳鉄管の重量、水重、水平震度を考慮して、重量配分上から安定もよく、受口に負荷のかからない管１本につき２ヵ所の受台とし、鋼材で支持させ、アンカーバンドSUS304（６ｔ×75㎜）をターンバックルで締め付け、管を固定し、コンクリート打設（σ_{ck}＝210kg/㎠）とした。(写真６、図８)

また、上部に軌道が通っていることおよびコンクリートマクロセルを考えて、共同溝内の鉄筋と管体とが接触することのないよう、この部分は特に施工管理を厳重に行った。

写真６　管受台

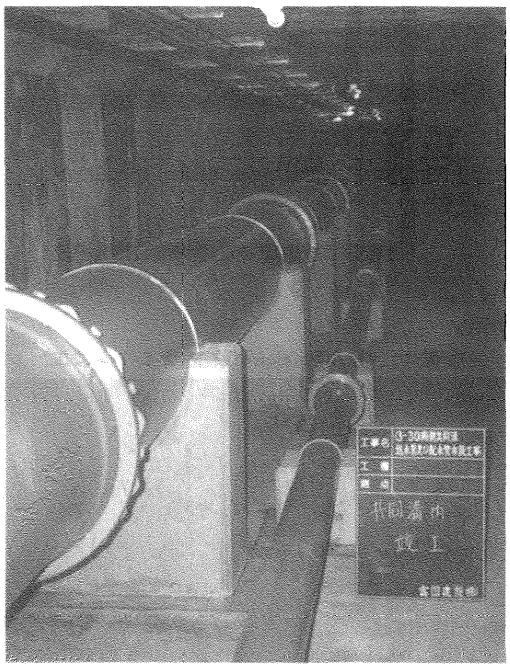
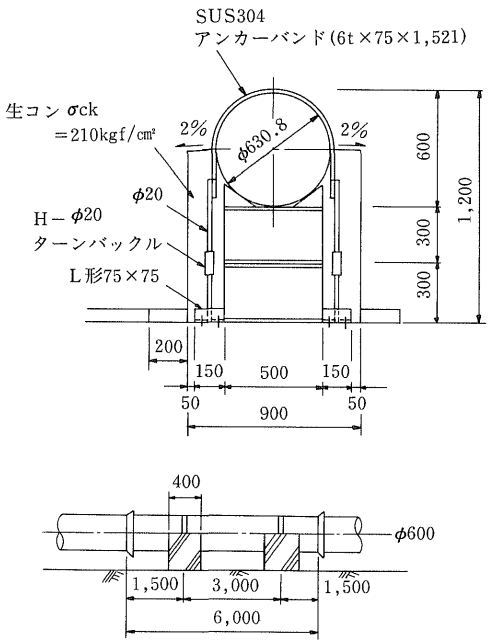


図８　管支持台



6. 曲げ配管施工

共同溝の線形が変化する場所に設置する曲管は、その角度の差を継手の持つ許容曲げ角度の½以内の角度で曲げ配管し、全数、特殊押輪で接合した。(図９)

7. 異形管、仕切弁の防護

不平均力の働く曲管、Ｔ字管および仕切弁前後は、打ち込みアンカーに鉄筋（D13）を取り付け、コンクリート打設した。(写真７)

8. ダクタイル鋳鉄管の外面塗装

共同溝内は高湿度、結露状態が予想されるため、耐久性を考慮して、ダクタイル鋳鉄管の外面塗装は特殊塗装とし、色の指定（青色―マンセル値10B 6/7）を行い、表４のような仕様とした。

写真７　曲管保護工

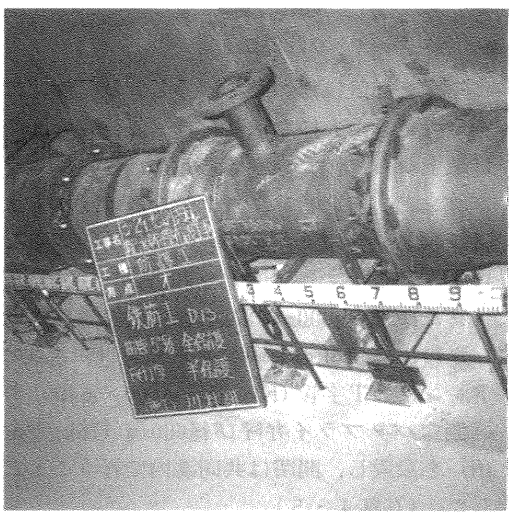


図９　曲げ配管施工

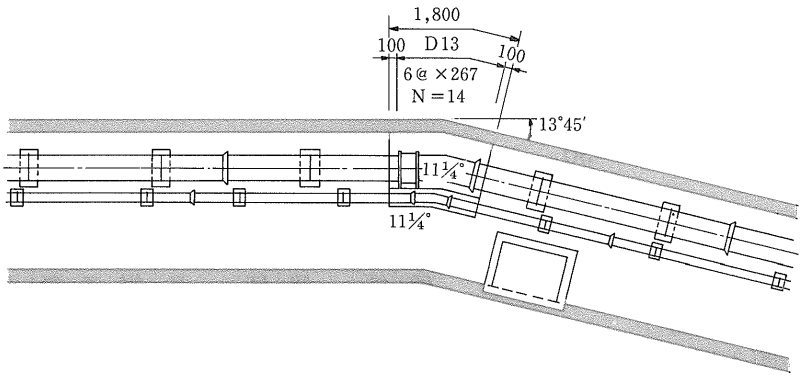


表４　ダクタイル鋳鉄管外面塗装仕様

	場所	工程	塗料名	方法	標準使用量
	工	素地調整	ブラスト	－	(g/m²)
1次塗装		下塗第1層	エポキシ系樹脂60μm	スプレー	300
2次塗装	場	下塗第2層	エポキシMIO50μm	〃	300
3次塗装	現	上塗第3層	ポリウレタン系樹脂30μm	刷毛	140
4次塗装	地	上塗第4層	ポリウレタン系樹脂30μm	〃	120

４．管路の施工

１．施工概要

南側溝の西端部で埋蔵文化財（弥生時代の方形周溝墓と思われる木棺材）が出土し、本格的な調査（平成元年３月～同年５月）のため遅延したが、中区送水幹線呼び径600㎜(中区、高区、特別高区受持給水人口４万3,000人)の共同溝両端での既設管との連絡工事（西側K形、S形φ600×16m、東側KF形、S形φ600×18m）は夜間断水時間５時間（PM９時～AM３時）で平成元年６月に無事完了した。(表５)

表５　施工概要

区分	呼び径(㎜)×延長(m)	工期
北側溝	300×372	昭和63.11～平成1.2
南側溝	600×340 150×340	昭和63.11～平成1.6

２．水圧試験

竣工後は水道局の財産となる配水施設であり、維持管理上、問題のない管路として、引き渡しを受けるため、共同溝内の新設の管路についてその水密性、安全性を確認するため、常圧（10分間常圧保持）、加圧（10分間の充水量）、水圧降下(12.9kgf/㎠から10分後の降下状態）の３項目の水圧試験を行い、良好な結果を得た。(表６)

３．ダクタイル鋳鉄管外面塗装膜厚検査

工場塗装した配水管の布設工事完了後、共同溝内で現地塗装したものについて、電磁微圧計で膜厚検査（許容値170μm以上）を実施し、良好な結果であった。(写真８)

写真８　外面膜厚検査

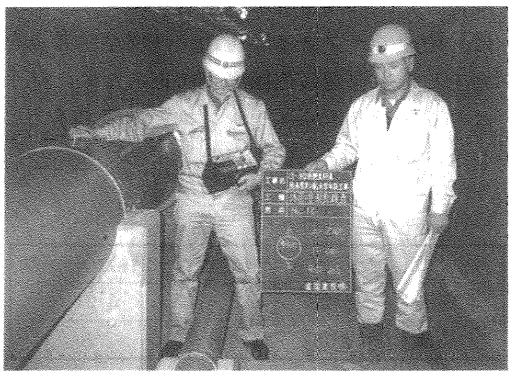


表６　水圧試験

水圧試験成績表

試験日　平成元年２月16日（木曜日）

昭和63年度　３－30

工事名　南側共同溝送水管及配水管布設工事

工事場所	管内水量	管種	口径	延長	継手段	止水栓数
西石切町５丁目190～西石切町３丁目64	93m³	K－1	φ600	330m	85	

１．常用圧力試験10分間（口径φ200以下）

時間	常圧	２分30秒	５分	７分30秒	10分	判定
13－30	2.7kgf/cm²	2.7	2.7	2.7	2.7	合格

２．加圧試験10分間（口径φ250～φ700）

時間	水圧	メーター指示数	充水量	許容充水量	判定
14－00	12.9kgf/cm²	×10	2.3ℓ	7.1ℓ	合格
14－10	12.9kgf/cm²				

３．水圧降下試験10分間（口径φ200～以下）

時間	水圧	２分30秒	５分	７分30秒	10分	判定
14－10	12.9kgf/cm²	12.9	12.9	12.9	12.8	合格

請負業者名	総合判定
富国建設	合格

残留塩素	0.7 p.p.m

５．給水管

給水管の取り出しは、北側溝では呼び径300㎜配水幹線から呼び径100㎜を不断水分岐とし、南側溝では呼び径150㎜から呼び径75㎜を同様に分岐した。

給水管の管種は硬質塩化ビニルライニング鋼管とし、外面塗装は水道用亜鉛メッキの上に、現地でダクタイル鋳鉄管の現地塗装分を施工した。管端は内面腐食防止のため、継手はリップ付きポリエチレンコア内蔵タイプとした。（表７、写真９、10）

表７　供給ゾーン

区分	配水本管	配水本管	供給ゾーン数
北側溝	φ300	φ100～φ20	21
南側溝	φ150	φ 75～φ20	20

写真９　給水管取り出し工

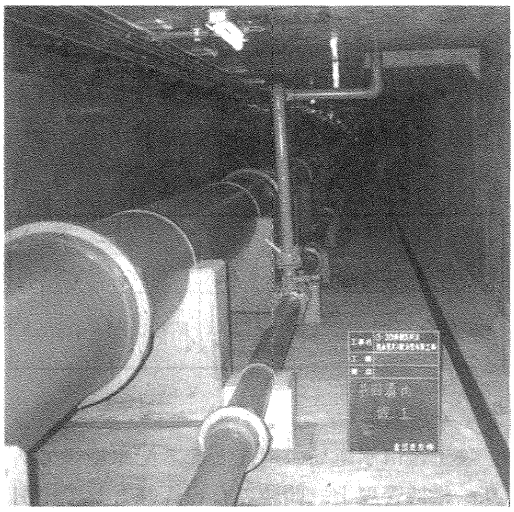


写真10　給水管取り出し工

6．石切共同溝配水管からの給水装置工事に関する要綱

石切共同溝の完成に伴い、本共同溝内の配水管から分岐した給水管および共同溝外の歩道敷き部分の給水管（予定栓）は配水小管として取り扱うことを内容とした要綱を平成元年８月に定めた。したがって、今回工事を行った共同溝よりの新たな給水申し込みについては、歩道敷内の予定栓から取り出しを行うこととなる。

7．おわりに

共同溝は都市内の限られた道路地下空間を、計画性を持って高密度に占用物件を収容する施設として意義があり、今回の石切共同溝は同一断面に幹線と供給管の施設を入れており、高度で多種、多様な情報化社会となる21世紀を11年後に迎える今、道路占用物件のあり方について、ひとつの方向を示すものと考えている。

都心部では地価の高騰に対処して都市機能を発展させるため、種々の構想が立案されており、従来とは視点を新たにして、海岸・港湾地区でも付加価値をより高めたウォーターフロント計画がなされ、また、都市部の地下空間については基幹施設の新たな築造場所として、地下50m以深のジオフロント（大深度地下利用）が考えられている。しかしながら、比較的浅い地下空間は利用価値が高く、埋設物・構造物が輻輳しているが、その部分の有効利用については、長期的視点に立った総合的な整備の必要性が今後は増してくるものと思う。

技術レポート

応急給水施設としての耐震貯水槽について

名古屋市水道局配水部
漏水防止課長　犬塚　茂樹
設　計　係　高間　博行

1．はじめに

地震などの非常時における生活用水の確保については、全国の各都市で、それぞれの地域特性にマッチした対策を立てておられるようである。

名古屋市においても、本州中部の地震多発地域に位置し、木曽三川の沖積層が市域の大部分を占めている現状を考えて、各種の対策を実施してきているところである。

この対策の中で、本市の基本的な応急給水施設設置の考え方は、「配水管の耐震化による応急給水拠点方式」によることとしている。この方式は、配水幹線から給水拠点まで、SII形ダクタイル鋳鉄管（耐震管）を布設し、応急給水用消火栓から給水する方式を主体としている。

応急給水拠点は、本市防災対策本部が指定した広域避難場所をはじめ、都市公園などの公共的施設を対象として、昭和52年度から第1次整備計画に着手し、平成元年度末までに100ヵ所の整備を完了する。ちょうど100ヵ所目にあたる〝若宮大通公園〟において、従来の消火栓方式と異なり、耐震貯水槽を設置し、併せて親水モニュメントを建設するので、その概要について報告するものである。

2．応急給水施設の整備

1．第1次整備計画（昭和52年度～平成元年度）

水道施設の震災対策については、駿河湾沖を震源地とする東海地震(マグニチュード8.0、震度5）を想定して、施設の耐震化をはかる一方、昭和52年度から平成元年度までに、徒歩可能な1kmの範囲を目標に、すべての広域避難場所をはじめ、配水場などの水道施設および都市公園などの公共的施設100ヵ所を、応急給水拠点として整備するものである。

広域避難場所	……57ヵ所
都市公園など	……17ヵ所
区役所など	……14ヵ所
水道局施設	……12ヵ所
計	100ヵ所

２．第２次整備計画（平成２年度～平成12年度）

本計画は、昭和52年度～平成元年度までの応急給水施設100ヵ所整備に引き続き、平成２年度から向こう11年間、第２次の整備を行うものである。

第１次整備計画が完了する平成元年度末見込みで、各整備済み拠点から１km以上離れた区域は、面積にして全給水区域の約28%、給水戸数にして約14%となる。平成２年度以降は、この区域の解消をはかるとともに、耐震強化区域内の収容避難場所としての小学校にも設置を予定し（ただし、整備済み拠点から300mを超えるもの）、合計80ヵ所の整備をめざすものである。

小　学　校	……50ヵ所
都市公園など	……28ヵ所
区役所など	…… 2ヵ所
計	80ヵ所

３．耐震貯水槽の概要

１．設置場所（図１参照）

第１次整備計画の最終年度として、今年度は広域避難場所、公園、区役所など合計11ヵ所を整備するが、このうち、中区の若宮大通公園内に設置する施設は、昭和52年度から数えてちょうど〝100ヵ所〟目にあたる。

若宮大通公園は、市の中心部に位置し、交通の便に恵まれ、広域避難場所にも指定されている。また、市制100周年に向けた総合整備事業として位置づけられ、「名古屋の顔」にふさわしい計画づくりが進められている。

したがって、水道局としては、市内中心部における非常用飲料水の供給能力のレベルアップをはかるとともに、応急給水施設整備の節目として、市民へのＰＲも兼ねて、ここへ貯留式タイプの耐震貯水槽を設置し、併せて親水モニュメントを建設するものである。

図１　耐震貯水槽および親子モニュメントの設置位置図

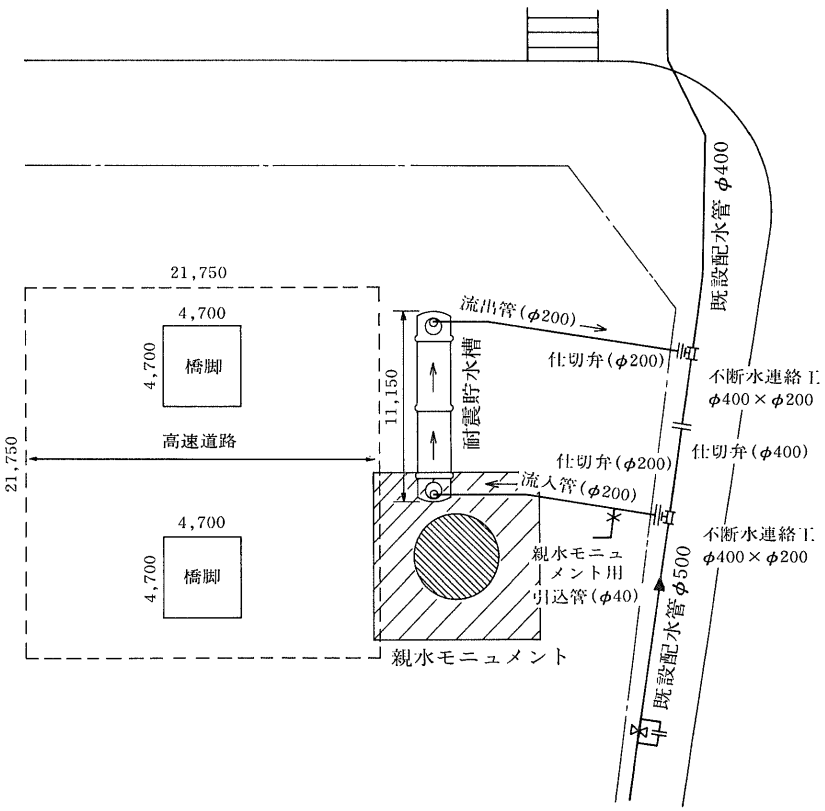
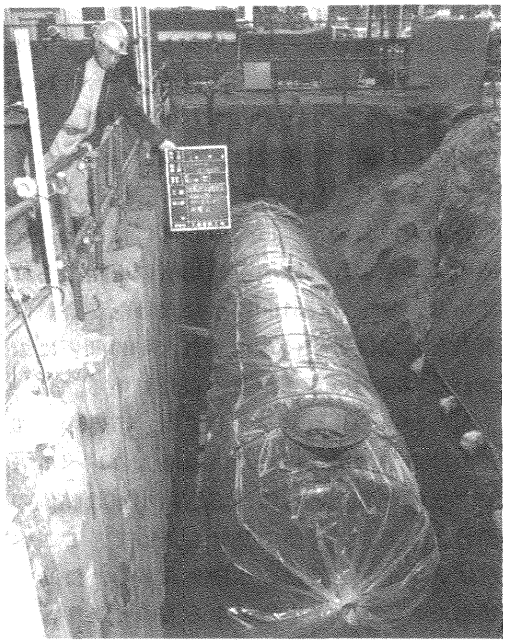


写真　耐震貯水槽の設置状況



2．貯水容量

本市では、「災害対策基本法」の規定に基づき、地震災害に対処するため、「名古屋市地域防災計画」を定め、水道局においてもこの計画に基づき、「名古屋市水道局地震対策」を策定している。

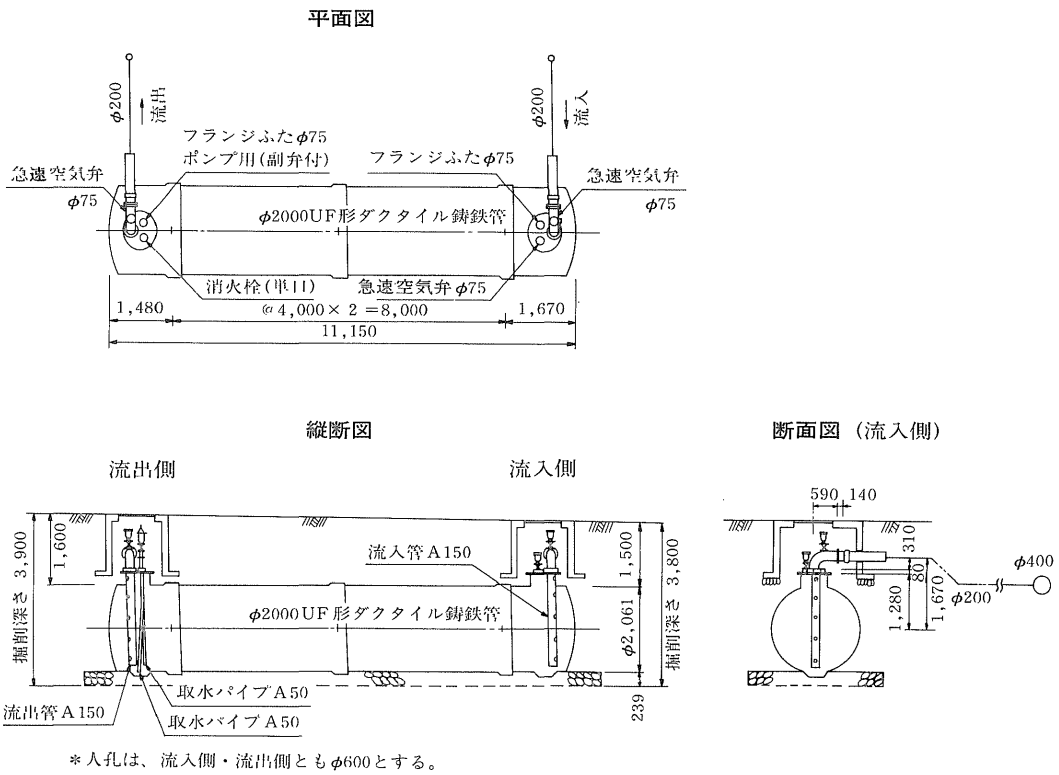
応急給水の基本水量に対する考え方は、発災から3日間程度は、生命維持のための必要最小限3ℓ/人/日を、1週間程度までは調理、洗面など最低生活に必要な水量20ℓ/人/日を、また1ヵ月程度までは最低の浴用、洗濯などに必要な水量100ℓ/人/日を確保するものとしている。

この対策に準じ、耐震貯水槽の貯水容量は、非常時に10,000人/日分の必要最小限(3ℓ/人/日）の飲料水を確保できるように30m³とした。

3．構　造（図2参照）

従来の応急給水施設は、耐震管による配管に消火栓を設置するにとどまっていたが、今

図2　耐震貯水槽詳細図



＊人孔は、流入側・流出側ともφ600とする。

回は、耐震配管の一部に大口径管を使って、貯水槽の機能も兼ね備えた施設とした。これは、本市でははじめてのケースで、従来から精力的に取り組んでいる管路の耐震化と、応急給水施設整備の延長線上で、両者を一体化させたものである。耐震管路の一部に貯水機能を付加することで、単一機能システムに対するバックアップをめざし、災害発生時の飲料水確保の信頼性を高めることができるようにした。

耐震貯水槽は、呼び径2000mmのダクタイル鋳鉄管を使った、循環式地下埋設タイプとした。接続する既設本管呼び径は400mm、流入・流出管のサイズは、呼び径200mmで、大口径管部を既設管レベル以下に配置するとともに、流入・流出側には、それぞれ急速空気弁を設け、災害時に、サイホン作用による水の流出防止をはかっている。また、給水用として、流出側人孔内に単口消火栓とポンプ用のフランジを設けている。

若宮大通公園耐震貯水槽の仕様

構　　造	貯水形(循環式、地下埋設タイプ)
材　　質	ＵＦ形ダクタイル鋳鉄管(内面モルタルライニング)
寸　　法	φ2000×11.15m
貯水容量	30m³
流入・流出管	φ200ＳⅡ形ダクタイル鋳鉄管

4．滞留特性（表１、表２参照）

この耐震貯水槽は、平常時は配水管と直結し、その一部としての機能を果たし、災害時には、貯水槽内に確保された水を緊急非常用水源として活用するものである。このため、貯水槽の耐震性を確保するとともに、貯水槽内の水は、常に清浄さを保持していることが大切である。貯水槽内では、配水管との口径差が大きく、流速が急速に低下し、水の滞留が懸念されるため、常時配水管から貯水槽内に流入する水道水が滞留域を生ずることなく、適切に循環混合され、下流配水管に流出しているか確認しておく必要がある。

したがって、耐震貯水槽における水質保持機能について確認するために、①管路の一部として機能している状態での流入・流出水、ならびに②流入をストップさせた状態での貯留水について、それぞれ一定期間、水質試験を実施した。その結果、次のような結論を得ている。

表１　平常状態での流入・流出水の水質試験結果表

採水月日		4月24日		4月25日		4月26日		4月27日		4月28日		5月1日	
試験項目＼試料		流入水	流出水	流入水	流出水	流入水	流出水	流入水	流出水	流入水	流出水	流入水	流出水
採水時刻		13:45	13:40	13:40	13:35	15:00	14:55	10:30	10:20	10:00	10:05	6:30	6:35
気温	℃	17.0		16.0		18.0		20.0		10.0		16.0	
水温	℃	13.0	13.0	13.0	13.0	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
濁度	mg/ℓ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
色度	mg/ℓ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pH値		6.85	6.86	6.88	6.90	6.88	6.90	6.94	6.90	6.94	6.88	6.82	6.88
アルカリ度	mg/ℓ	11.6	12.0	10.8	11.0	12.2	12.0	11.8	12.0	12.2	11.8	11.7	11.0
電気電導率	μs/cm	63	63	62	63	64	65	64	63	64	64	65	65
残留塩素	ppm	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5
臭気		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

(1) 管路の一部として、機能している状態での流出水の水質については、流入水の水質と比べて差はなく良好であり、貯水槽内での滞留による水質低下はないものと推定できる。

2) 流入をストップさせた状態における、貯水槽内の貯留水の水質については、5日間経過しても、健全で水道水としての条件を満たしており、災害時の非常用飲料水として十分信頼性が高いと考えられる。

しかし、短期間の調査のみによらず、今後とも継続した水質試験の実施と、季節的および年代経過による本管中間バルブの開度調整を行っていく必要があると考えている。

また、設置後1年程度経過したときには、貯水槽内の沈殿物や、内面などの状況を調査するために、貯水槽内の清掃を予定している。

表2　流入ストップ状態での貯留水の水質試験結果表

試験項目＼試料		流入停止後1日目	流入停止後2日目	流入停止後3日目	流入停止後4日目	流入停止後5日目
採水時刻		14：15	10：00	11：00	9：30	10：00
気温	℃	24.0	21.0	21.0	18.0	17.0
水温	℃	14.0	14.5	14.5	15.0	15.0
濁度	mg/ℓ	0	0	0	0	0
色度	mg/ℓ	0	0	0	0	0
pH度		6.76	6.81	6.88	6.90	6.90
アルカリ度	mg/ℓ	13.2	13.2	13.7	14.1	14.2
電気伝導率	μs/cm	76	78	79	79	79
残留塩素	ppm	0.60	0.60	0.45	0.40	0.35
臭気		ＯＫ	ＯＫ	ＯＫ	ＯＫ	ＯＫ

4．親水モニュメントの概要

1．モニュメントの考え方

親水モニュメントは、地下に埋設されている耐震貯水槽の存在を、市民へＰＲするための〝標識〟の役割を果たすものである。

また、若宮大通総合整備事業との整合性を十分はかりながら、修景的効果と遊戯的効果を併せ持つとともに、水源地域と都市の係わりや、水の重要性を連想させる水景施設とする。

敷地の条件、モニュメント設置の意義を勘案し、次のような基本的な方針に従い、検討を進めた。

① 集う人に、耐震貯水槽の存在を知らせることにより、安心感を与えるものであること。

② 見る人に、水道を連想させるイメージを持たせるものであること。

③ 活気のある都市としての、景観を積極的に創るものであること。

④ 未来を担う子供たちに、親しまれるものであること。

2．モニュメントの構成（図3参照）

モニュメントは、大きな交差点に面し、高速道路の橋脚を背にした、直径5ｍの円の中でいくつかの造形物により構成する。

その要素は、次のようである。

① 子供たちが触って遊べる、ＦＲＰでつくられた造形物。

② さまざまな位置から吹き出し、こぼれ落ちる飲んでもよい水。

③ 人とコミニュケーションできるメカニズム（タッチセンサーなどによる操作により、はじまる一連の水の動き）。

④ 水の動きと連動した電子音。

⑤ 夜間での魅力を高める照明（ライトアップ）。

図３　親水モニュメントのイメージ図

５．今後の検討課題

今回の耐震貯水槽は、採用第１号であり、また、応急給水施設整備の節目に市民へのＰＲを兼ねたものであるため、容量が30㎥と小規模なものとなった。このため、大都市における耐震貯水槽としては、いささか物足りない感じがするが、本市のように管路の耐震化を積極的に進めている状況を考慮すると、従来の消火栓方式と並行して、確実に清浄な水を確保できるという大きなメリットを備えており、条件によっては小容量といえども応急給水施設としてきわめて有効に機能すると考える。これは、ストック機能を重視した大容量の耐震貯水槽に対して、ストック機能と水質保持機能のバランスのとれた、シンプルで経済的な〝都市型〟の耐震貯水槽といえるのではないだろうか。

今後とも、キメ細かな応急給水施設の整備をめざして、平成12年度までに、さらに80ヵ所の施設を整えるが、このうち10ヵ所程度については、貯留式タイプの耐震貯水槽の設置を予定している。

整備にあたっては、次にあげるような課題を中心に検討を重ね、耐震貯水槽の採用について、地域特性を十分考慮したうえでひとつの方向性を見い出し、効果的・経済的に進めていかなければならないと考える。

①　耐震貯水槽の設置基準の明確化。
（従来方式との設置条件の区分）
②　耐震貯水槽の管種の選定。
（ダクタイル鋳鉄管と鋼管の比較）
③　水質保持機能の継続的な確保。
（メンテナンスシステムの確立）
④　非常時における貯水方法の選定。
（「緊急遮断式」採用の適否）
⑤　非常時における給水方法の確立。
（貯留水の給水方法の選定）

６．おわりに

いうまでもなく、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、被災時の市民は、不安と混乱の中で危機感をいだきながら生活を送ることになる。この市民のいだく危機感を和らげてくれる、一番の特効薬となり得るのが、生活用水の確保であり、それは市民に安心感を与えてくれるものである。このため、今後とも限られた財源の中で、より効果の上がるような応急給水をめざして、さらに検討を重ね、よりよい方策があれば採用し、市民との信頼関係の絆を一層強くしていきたいものと考えている。

技術レポート

ワンタッチ離脱防止継手を用いた既設下水道管きょ内の添架配管施工について

日本下水道事業団
金刺　敏明
田角　光夫

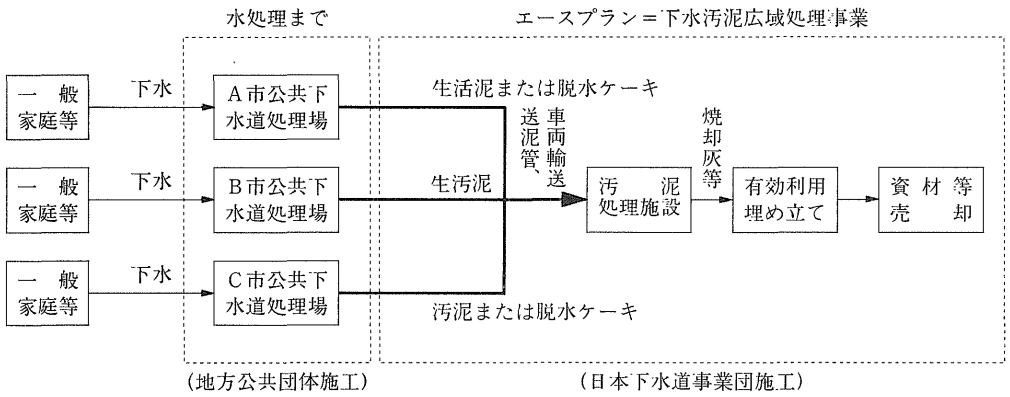
1．はじめに

現在、日本下水道事業団では、エースプラン＝下水汚泥広域処理事業を昭和61年度より実施している。

エースプランとは、当事業団が「２つ以上の地方公共団体の要請」に基づき、公共下水道または流域下水道の「終末処理場における下水の処理過程において生じる汚泥等の処理を行う」事業である。

今回、下水処理場で処理された生汚泥をエースプラン広域処理場まで圧送する管路の一部をワンタッチ離脱防止継手を使用し、既設下水道管きょ内に添架配管の施工をしたので、以下に報告する。

図１　下水汚泥広域処理事業の概念図



2．工事概要

(1)　工 事 名：兵庫東武庫川２号管建設工事

(2)　工事場所：兵庫県伊丹市～宝塚市

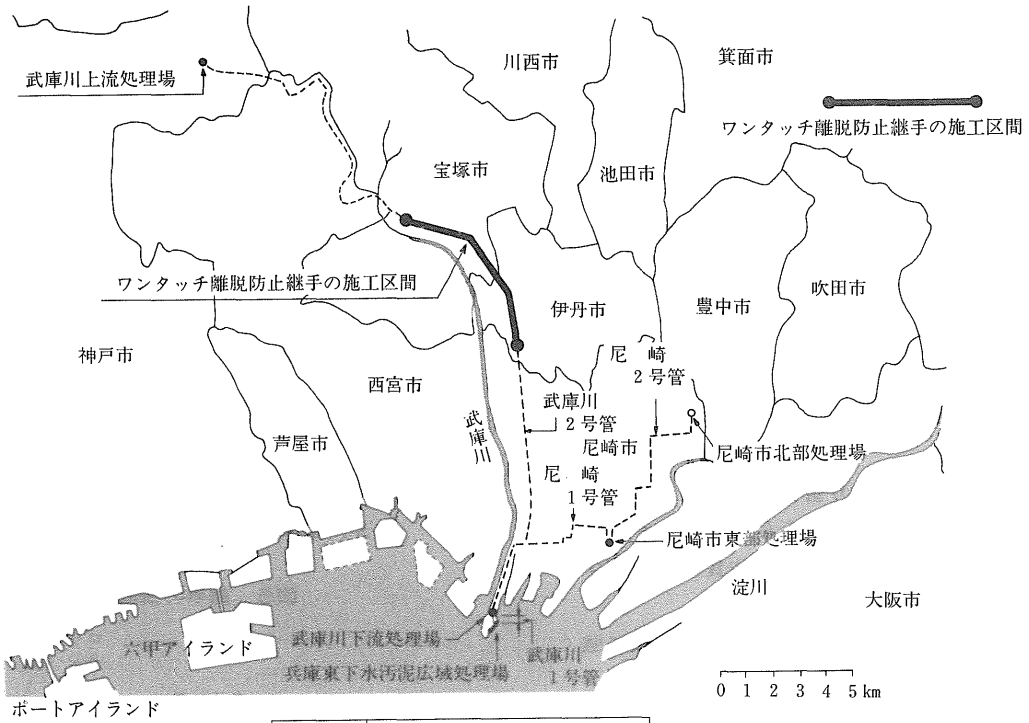
(3)　工期および施工延長

①　第１期工事：昭和63年１月13日～平成元年３月25日 ϕ200×3,460m

②　第２期工事：昭和63年11月１日～平成元年２月28日 ϕ200×2,800m

③　第３期工事：平成元年６月10日～８月31日 ϕ200×800m

図２　施工場所



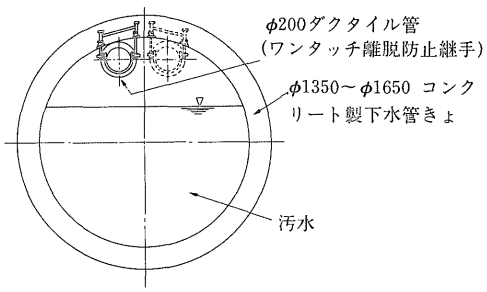
名　称	位　置	
	起　点	終　点
武庫川１号管	兵庫東下水汚泥広域処理場	武庫川下流処理場
武庫川２号管	兵庫東下水汚泥広域処理場	武庫川上流処理場
尼崎１号管	兵庫東下水汚泥広域処理場	尼崎市東部処理場
尼崎２号管	尼崎市東部処理場	尼崎市北部処理場

(4)　工事内容

シールド工法で施工した、仕上がり内径ϕ1350～ϕ1650のコンクリート製下水道管きょの中に呼び径200㎜ダクタイル管を吊り添架配管した。

(5)　計画送泥量：1,368m³/日（濃度１％）

図３　施工断面



(注)　右側の管路は、将来配管する予定である。

3．設計上の留意点

今回の配管設計では、特に配管位置、管材、吊り金具の以下の項目に留意した。

1．配管位置について

管路は、下水の流下を阻害せず計画流量を十分流しえる位置に配管すること。

2．管材について

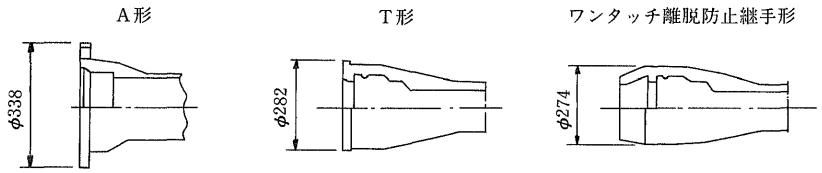
① 送泥圧は、10.5kgf/cm²と高圧であり、かつ吊り添架配管であるため、水密性に優れ、管路の変位および継手の抜け出しが生じない管材であること。

② 下水道管きょの部分的共用開始に支障を与えないよう短期間で施工する必要があり、かつ狭い場所での施工であるため施工性に優れた管材であること。

③ 下水道管きょの布設曲率(最小R＝300m）に沿った管割りが行えること。

④ シールド内添架であるので、下水道管きょの断面の阻害を最小とするため、管の最大外径が極力小さい管材であること。

図４　呼び径200㎜ダクタイル管の継手部外径



(注) 図中の値は、ダクタイル管の断面が最大となる継手部の外径寸法である。

3．管材および吊り金具について

① 管材および吊り金具は、下水から発生する硫化水素に対する防食処理を施すこと。

② 吊り金具は堅ろうで、かつ振動に強く抜け出さないこと。

4．配管設計

上記の事項を考慮し配管設計を行った。

1．配管位置

管路は、下水道管きょの管底部の位置にコンクリートで巻き立てる方法や、横方向にラック懸架する方法など、種々検討したが、最終的には下水の計画流量を十分流しえる位置で、かつ施工性も問題ない方法として、下水管きょ内の管頂部に添架する配管とした。

2．管　材

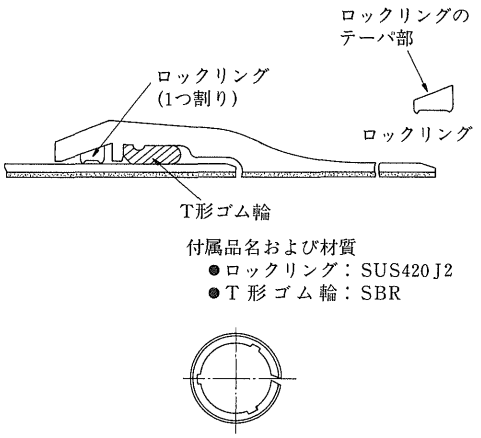
管材は、水密性、継手の離脱阻止性、施工性、外面形状などを考慮し、T形ダクタイル管(JIS G 5526、5527）に離脱防止機構を持たせたワンタッチ離脱防止継手形ダクタイル鋳鉄管とした。

なお、ワンタッチ離脱防止継手の構造および特長は次の通りである。

① 継手の構造

図５に継手の構造を示す。

図５　継手の構造図



② 継手の特長

1) 適用呼び径

φ75～φ250

2) 接合は、非常に容易である。(接合時間は、１ヵ所当たり４分程度)

3) 継手の抜け出し阻止力と曲げ剛性は、特殊押輪と同程度である。

表１　ワンタッチ離脱防止継手の許容水圧

呼び径(mm)	75	100	150	200	250
許容水圧 (kgf/cm²)	50 以上	50 以上	50 以上	50 以上	40 以上

(注)許容水圧とは、水密性に異常がなく、かつこれに相当する抜け出し力が作用したときでも、モルタルライニングに損傷を及ぼさない水圧をいう。

4)　施工時の曲げ配管が可能である。
(継手の許容曲げ角度は、2.5°以内である)

5)　外面形状が滑らかであるため、狭い所での作業やポリエチレン被覆、ポリエチレンスリーブなどの防食処理が容易に行える。

6)　現地切管は、T形継手と同様、挿し口の面取り加工のみで済む。

③　継手の性能確認試験

本継手を採用するに当たっては、下水道管きょ内の管頂部での吊り配管を想定した施工性試験、水圧試験も併せて行った。その結果を以下に示す。

1)　施工性試験

管路を水平・垂直配管する場合および吊り配管する場合の接合性および施工性について確認するため、図６、７に示す試験管路を組み立てた。

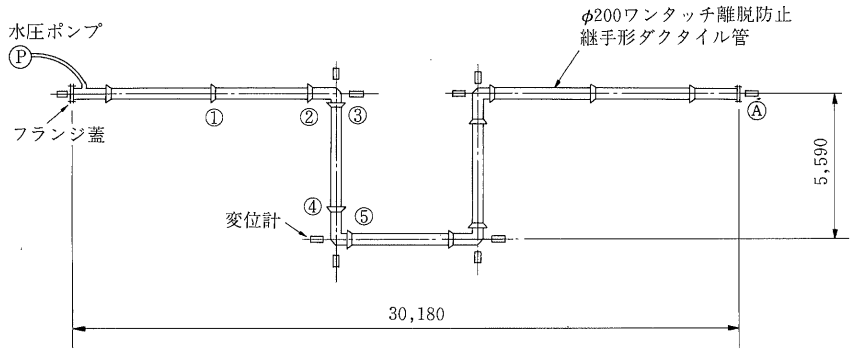
その結果、下水道管きょ内での吊り配管でも、十分施工可能であることがわかった。

2)　水平配管での水圧試験

図６に示すように、水平状態に配管した管路に水圧を25kgf/cm²負荷し、管路の水密性、管路の変位および継手部の発生応力について計測を行った。

その結果、継手からの漏洩および抜け出しは生ぜず、かつ継手部の発生応力も6.8kgf/mm²と非常に小さいことがわかった。(写真１参照)

図６　水平配管での水圧試験状況



(注)　No.①～⑤の継手には、歪ゲージを円周４ヵ所下図の位置に貼付した。

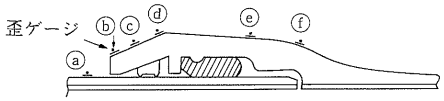
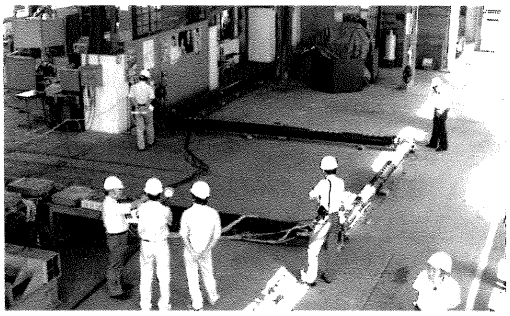


表２　水平配管での水圧試験結果

水　圧 (kgf/cm²)	鉄部の最大発生応力 (kgf/mm²)	管路の最大変位量 (mm)	管路の状況
25	6.8 継手No.①のⓑ部にて生じた	2.1 管路端部のⒶ部にて生じた	漏洩、その他の異常なし

(注)　ダクタイル鋳鉄の引張強さは、42kgf/mm²以上である。

写真１　水平配管での水圧試験状況



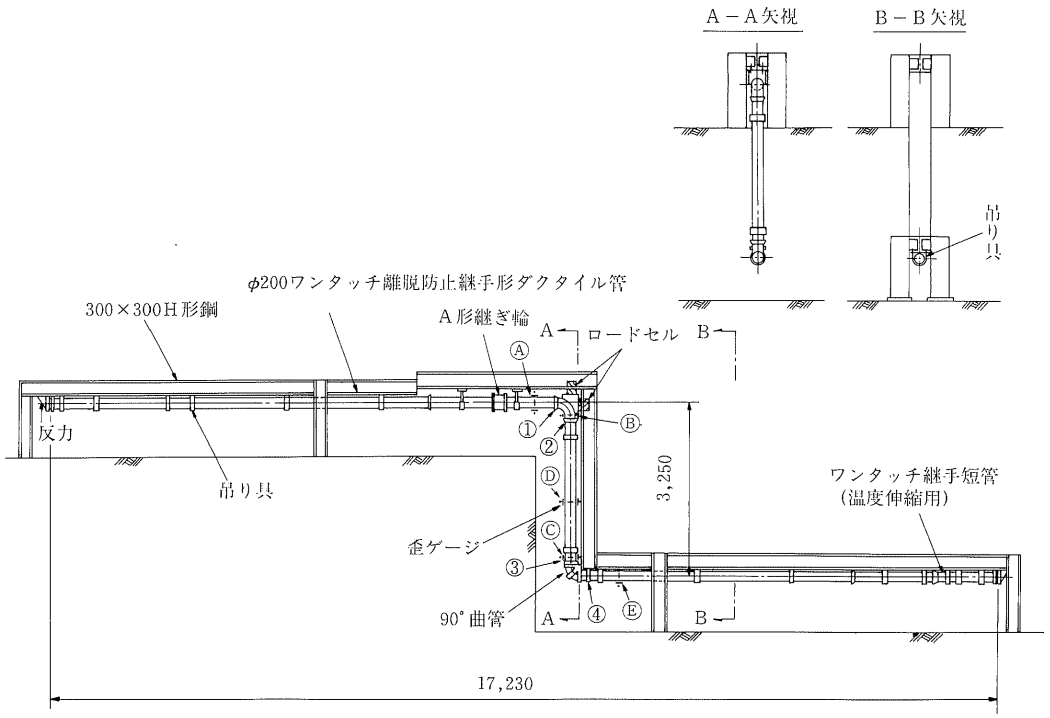
3)　垂直配管での水圧試験

図７に示すように、現地配管を想定して配管した垂直配管に水圧25kgf/cm²を連続的に、合計20回負荷し、管路の水密性、管路の変位、管体部の発生応力およびロードセルを用いて90°曲管背面のスラスト力について計測した。

その結果、継手からの漏洩および抜け出しは生ぜず、かつ管路の発生応力も4.3kgf/mm²と非常に小さく、実用上、問題がないことがわかった。

また、90°曲管背面のスラスト力（＝7.63tf）は、計算より求まるスラスト力（＝7.60tf）とよく一致することがわかった。(写真２、３参照)

図７　垂直配管での水圧試験状況



(注) 1.No.①～④の継手には、円周４ヵ所に変位計を取り付けた。
2.No.Ⓐ～Ⓔの位置には、歪ゲージを円周４ヵ所貼付した。

表３　垂直配管での水圧試験結果

水　圧 (kgf/cm²)	負荷回数 (回)	鉄部の最大発生応力 (kgf/mm²)	管路の最大変位量 (mm)	90°曲管背面のスラスト力 (tonf)	管路の状況
25	20	4.3 管路Ⓔ部の管底円周方向にて生じた	4.6 継手No.④の位置にて生じた	7.63	漏洩、その他の異常なし

(注) 1．ダクタイル鋳鉄の引張強さは、42kgf/mm²である。
2．水圧20kgf/cm²時のスラスト力の計算値は、7.60tfである。

写真２　垂直配管での水圧試験状況（その１）

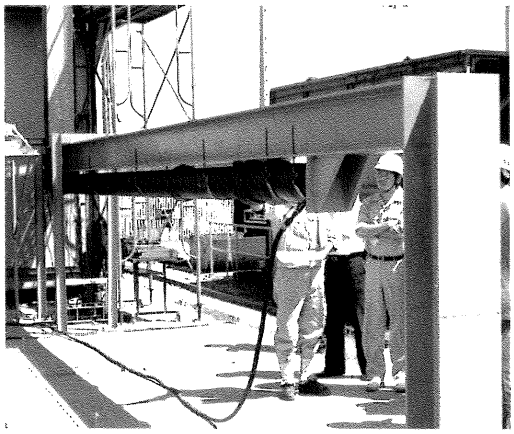
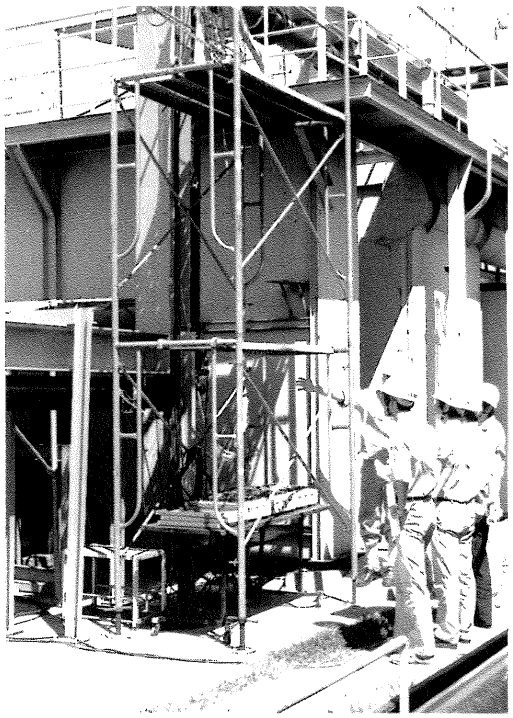


写真３　垂直配管での水圧試験状況（その２）



3.　管の塗装および内外面処理

管の塗装および内外面処理は、管の防食を考慮し、以下の仕様とした。

①　外面（下水道管きょ内に発生する硫化水素に対する防食性を考慮した）

- ●管体部：ポリエチレン被覆
- ●継手部：接合後、熱収縮性架橋ポリエチレンの被覆

②　内面（JSWAS　G－1の規格によった）

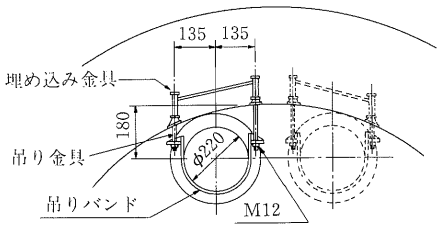
- ●直　管：セメントモルタルライニング
- ●異形管：タールエポキシ樹脂塗装

4.　吊り金具および埋め込み金具（図８参照）

- ●吊り金具は、管を吊って固定するためのものであり、次に示す埋め込み金具にねじこみ設置した。
- ●埋め込み金具は、シールドの施工時に左右の２本をタイバーで連結して、スチールフォームにセットした。

なお、吊り金具、埋め込み金具の材質は、SUS316とした。

図８　吊り金具および埋め込み金具



（注）右側の管路は、将来配管する予定である。

また、これらの金具の安定性を確認するため、下水道管きょのコンクリートの厚みを想定して作成した試験片について、引張り試験を行い、下記のような結果を得た。

①　吊り金具と埋め込み金具のボルトの引き抜き耐力は、４tf/本以上あり、設計荷重150kgfを大きく上回っていた。

また、引張り試験の最終状況は、吊り金具のボルト部でのセン断破壊であった。

②　コンクリートの材令２日で設計荷重以上の引き抜き力が得られた。

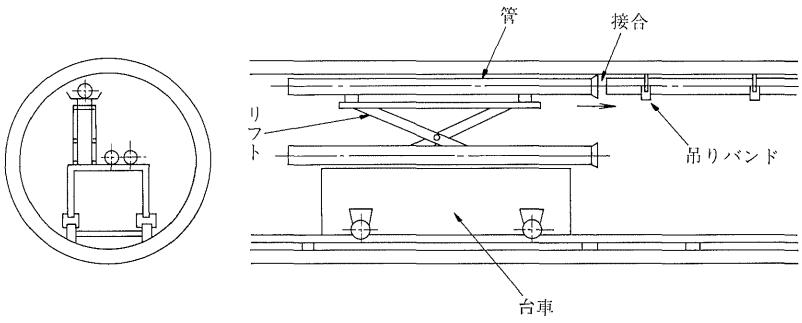
５．施工結果

施工は、以下の手順で実施した。

(1)　下水道管きょの中に簡易レールを引き、台車で管材を運搬した。

(2)　所定位置まで運搬した管材は、台車に取り付けたリフトで管頂まで持ち上げ、既設の添架配管に接合した。（図９参照）

図９　台車を利用した管の搬入状況



(3)　接合は、管外面のポリエチレン被覆に傷を与えないよう、バンド形式の接合器具を用いた。(写真４参照)

写真４　接合状況

(4)　接合完了後、継手部にはチューブ状になった熱収縮性架橋ポリエチレンを加熱して被覆した。(写真５、６、７参照)

(5)　各工期毎に、竣工検査として管路全長にわたり、試験水圧11kgf/㎠を負荷したが、管路の漏洩、抜け出しなどの異常は認められなかった。

写真５　90°曲管部の配管状況

写真６　直線部の配管状況

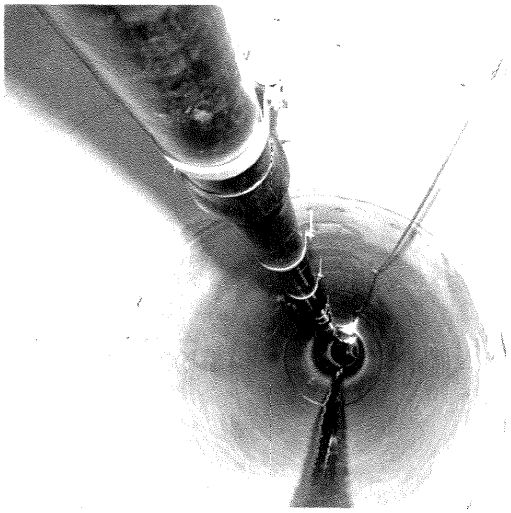
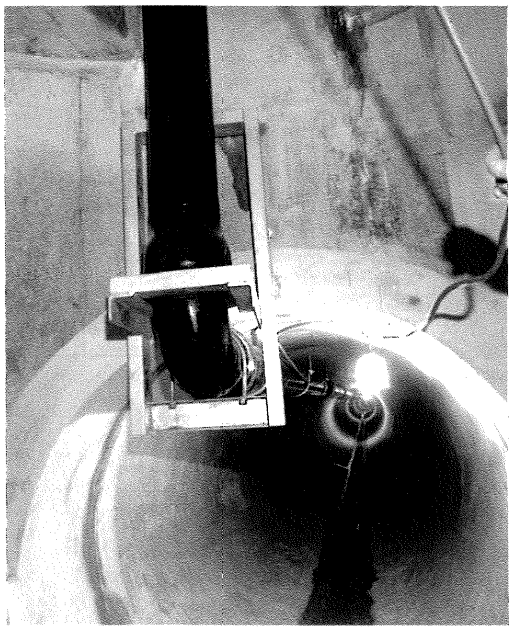


写真７　90°曲管部(立ち上がり部)の配管状況



６．おわりに

以上、市街地などで新たに管路を埋設せず、既設管きょ内に添架する工法により送泥管をスムーズに、かつ経済的に布設することができた。

また、今回の工事では、当初の設計時に懸念していた配管方法、管材などの選定についても、Ｔ形ダクタイル管に離脱防止機能が付いたワンタッチ離脱防止継手を利用することにより、無事完了することができた。

今後は、既設下水道管きょ内に直接ケミカルアンカーなどを打ち込み布設する方法についても検討し、強度および施工性などにおいて問題がなければ実施していきたい。

最後に、本工法の採用にあたり、一部の実験についてご協力いただいた久保田鉄工㈱の方々に感謝致したい。

ダクタイル鉄管第46号

平成元年5月

技術レポート

21世紀へよりよい水道をめざして出帆した、11市町村による末端給水型「八戸圏域水道企業団」63'

八戸圏域水道企業団
工務課長　**細越　勇**

1．地域の概況

八戸圏域は、青森県東南部に位置し、西側に奥羽山脈、南側に北上山地が連なり、東側は太平洋に面した地域で、八戸市、百石町、下田町、六戸町、五戸町、三戸町、南部町、名川町、福地村、南郷村、階上町の11市町村で構成されている。総面積は978㎢、総人口34万9,085人と、それぞれ青森県全体の25.9%、22.9%を占めている。圏域の中心都市八戸市は、全国屈指の漁業基地に加えて新産業都市指定による資源型工業を中軸の臨海工業都市として発展し、北東北随一の工業集積を有し岩手県北を含む周辺市町村の経済、社会、文化の拠点都市として位置づけられている。

その他の構成町村は第１次産業を主体に、それぞれの特性を生かした産業振興を推進し町村勢の発展に努めている。平成元年に当たって、地域をとりまく情勢は、通産省が１月25日、特定事業を集積、地域産業の高度化をはかる頭脳立地法（昨年６月法制化され、構想は研究所、商品開発部門など、産業の頭脳部分を地方に分散。同時に地域産業の高度化、高付加価値化の促進を目的とするもの）に基づく「八戸地域集積促進計画」を受理した。この計画は八戸地域に集積する基礎素材型産業や食品加工業を背景に、新素材、バイオテクノロジー関連産業の高度化をめざすもので八戸市市川町前山地区に「八戸ハイテクパーク」(産業支援団地16.5ha）を造成。同団地内に産業支援基礎施設である「八戸インテリジェントプラザ」を建設、併せて国の誘導により首都圏から企業の研究、商品開発部門施設の立地をはかる方針。

また、八戸地域マリノベーション計画の構想は、水産業を核とした沿岸、沖合域の総合的な地域開発が狙いで、水産物総合流通基地の充実と魅力ある漁村づくり。高生産性漁業の展開とその基礎づくり――を２本柱に据え、圏域内では八戸市、階上町、百石町が指定を受け、さらに原案では八戸港ポートルネッサンス21計画、八戸港ポートアイランド計画、八戸地域頭脳立地構想との整合性を持たせた計画の推進をうたっており、高速交通網整備の新たな展開とともに期待されている。

一方観光面では、近年フェリーの運航による北海道道南観光、三陸縦貫鉄道開通による岩手県北観光など広域観光の中継点となり、地勢はおおむね南北に台形の形状をなし、太平洋に注ぐ相坂川、五戸川、馬渕川、新井田川の4河川に沿って山岳、台地、平野などが展開しており、十和田・八幡平国立公園を近くに、名久井岳、階上岳、三戸城山、蕪島・種差海岸など、山岳から海岸に及ぶ多くの名勝、自然公園などを有している。

気候は、太平洋岸式気候で年平均気温は摂氏9度から11度、年間降雨量は1,000㎜前後であり、夏は30度を超す日が数日あるが、概してしのぎやすく、冬は東北地方の北部にありながら、降雪量は比較的少ない。春から夏にかけての偏東風と冬の西風が特徴である。

2．第1期拡張事業

1．沿　革

八戸圏域水道企業団の広域的水道事業は、昭和48年10月に生活環境審議会が行った「水道の未来像とそのアプローチ方策について」の答申を受け、「水道の広域化」を推進するために必要な具体的方策を得る目的で、昭和50年厚生省が実施した広域水道圏計画調査において、地方中核都市としてモデル調査地域に指定され、末端給水型の経営が望ましいと報告されたことにはじまる。その後、昭和52年の水道法の改正、昭和54年には青森県の水道整備基本構想が策定され、昭和55年には厚生省による「八戸市周辺地域広域水道計画調査」が実施された。こうした状況を背景として、末端給水型広域的水道事業を目途に緩急の流れはあったものの、一貫してその実現をめざし、所定の手順を経て昭和61年1月青森県知事より企業団設立の許可を得た。この際、県の「整備計画」策定の基本方針は次の通りであった。(1)経営形態としては、既存水道事業を統合し、末端給水型広域的水道事業とする。(2)今回統合される水道事業体は、新規水源開発が困難であるため、世増ダムの開発水量を享受する必要性に迫られている11市町村で構成する。(3)田子町、倉石村、新郷村の3町村については、既存水源水量も比較的豊富であることから、当面現状の体制で維持管理を行い、推移を見ながら将来整備統合を計画する。ということで、昭和61年3月25日厚生大臣の経営認可を得、4月1日八戸圏域水道企業団として経営を開始したのであるが、本来企業団のめざしたものは世増ダムの水源開発を引き当てとする計画なので、当面、現有する水源を引き当てとする昭和63年までの創設事業認可であった。

その後、世増ダムの動向に相まって、急拠経営変更の手続きをとり、昭和62年度から昭和73年度を建設年次とする21世紀をめざした第1期拡張事業と位置づけ、昭和62年12月26日厚生大臣の認可を得て現在に至っている。

2．計画の概要

1．目　的

21世紀の水道のあるべき姿をめざしてライフラインの確保、安心して飲める水の供給、おいしい水、圏域内の格差是正など、生活環境審議会答申の具体化を指向する。このため、長期的視野に立った水資源を開発し、安定した水道水の供給と需要に応じた水道施設の整備に努め、施設の維持管理体制の充実強化ならびに経営基盤の強化と相まって、未給水区域の解消などをめざし、強いライフラインによる有機的統合をはかりながら、合理的な施設の整備により運営の近代化をはかることにある。

2．基本計画

- 事業名：八戸圏域水道事業（第1期拡張事業）
- 認可年月日および指令番号：昭和62年12月26日厚生省衛第1261号
- 事業主体：八戸圏域水道企業団
- 計画目標年次：昭和75年度
- 建設年次：昭和62年度～昭和73年度（12カ年間）
- 行政区域面積：978㎢（1市8町2村）
- 給水区域面積：787㎢（1市8町2村）
- 新規水源の種別：ダム放流水（世増ダム）

●計画給水人口：393,480人
●計画１日最大給水量：176,440㎥
●総事業費：563億7,900万円

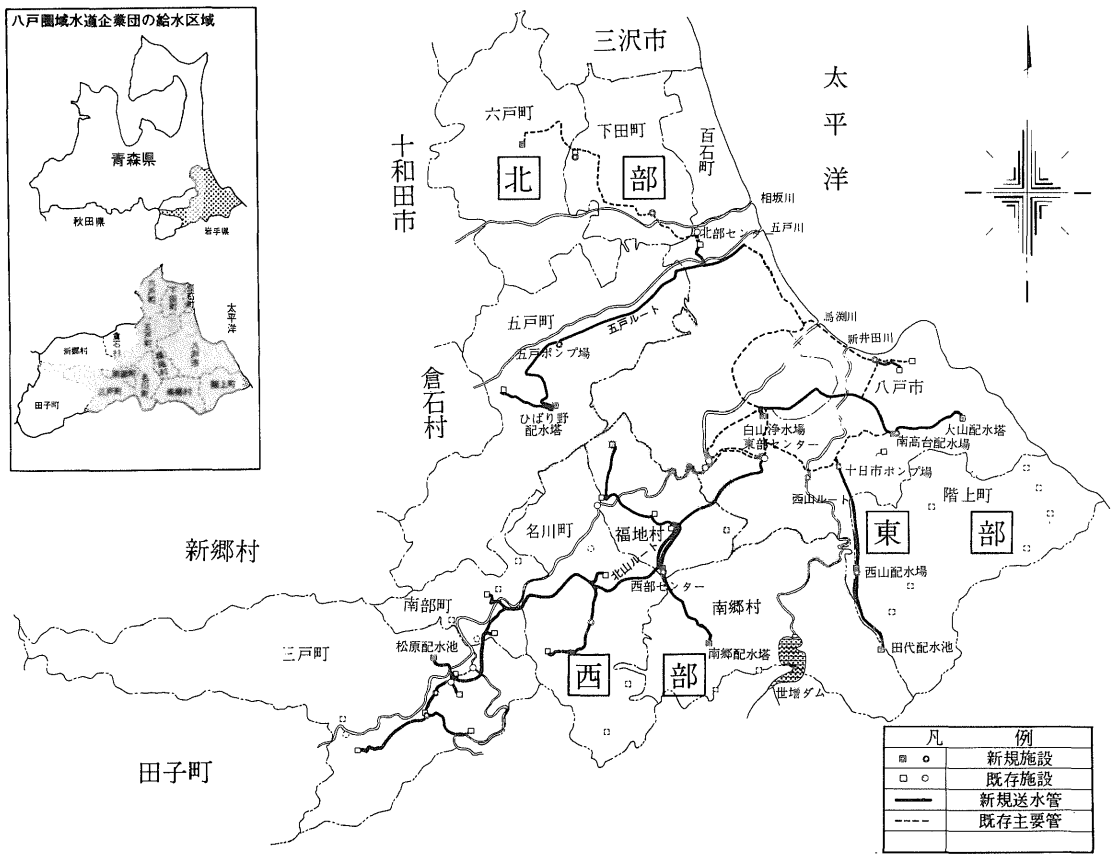
３．施設計画

圏域を３ブロックに分割し、各ブロックにサブセンターを設置する。さらに上位には管理センターを設け、既存施設を有効に活用し、施設の一体化をはかりながら整備を推進する。計画に示す通り３ブロックの位置づけは、全体的拠点と目される白山浄水場を東部センターと称し、区域範囲は主に八戸市、階上町とする。奥入瀬浄水場は北部センターと称し、区域範囲は主に百石町、下田町、六戸町、五戸町とする。西部センターは新たに福地村福田に設け、区域範囲は名川町、福地村、三戸町、南部町、南郷村とする。その上位の管理センターは東部地区にて総括するというものである。このため本計画においては、新規水源である新井田川水系世増ダムの開発に日量10万㎥を求めており、これに対応して取水、導水施設（導水管φ1000×3.3km）の整備ならびに既存の馬渕川水系白山浄水場内に新井田川水系の浄水施設を増設し、ここを中枢拠点として、圏域内の各ブロックへの安定した給水の確保、未給水区域の解消、安全な水質の確保と有効な水運用をはかるため、統合した各施設を有機的に活用しながら送水施設（管路延長約111km）および配水施設（管路延長約400km）の整備を行い、施設形態の一元化および圏域全体のライフラインの確保をはかろうとするものである。

(1)　水源

現在、馬渕川を主水源に表流水11カ所、地下水５カ所、湧水３カ所、受水１カ所に求めている。新規水源の新井田川水系世増ダムの供用が開始されるまでの間は、これらの水源

図１　八戸圏域水道企業団の給水区域



を最大限活用していき、ダム完成後は取水が不安定な水源や水質的に問題のある水源などについては随時廃止統合していく。目標年次においては、新井田川水系世増ダム、馬渕川、相坂川の表流水および三島水源と蟹沢水源の5系統から取水する計画である。

(2) 浄水施設

既存の白山浄水場に新規水源を引き当てとした日量7万5,000㎥の施設を拡充するものである。現在、それぞれの水源は日量50㎥から5万㎥まで大小18カ所の浄水施設がある。目標年次においては、新井田川水系世増ダムの水源を処理するために凝集沈でん、急速ろ過ならびに活性炭処理施設を増設した白山浄水場(馬渕川、新井田川)を基幹に、根城浄水場(馬渕川)、八木田浄水場(馬渕川)、城山浄水場(馬渕川)、奥入瀬浄水場(相坂川)および三島浄水場(地下水)、蟹沢浄水場(湧水)の7系統とする計画である。

(3) 送水施設

広範な地域に対する安全かつ効率的な供給を確保するため、各ブロックに中核となる配水池を設け、これらに対する送水ラインについては、特に安全性の高い耐震管路で計画した。

(4) 配水施設

現在、容量50㎥から1万㎥まで大小43カ所の配水池があるが、給水圧の急激な変動を避けるため既存の配水池を有効に活用しながら基幹配水池を整備する。また、配水管については未給水区域の解消、主要幹線の整備をはかるものであるが、既存施設との整合、維持管理上からの必要とされる要素などを取り入れながら、安全性を有機的に考慮していくものとする。

(5) 監視制御システム

本計画は、各施設の状況を短時間に把握するための、計装設備および集中監視設備ならびに遠隔操作設備を設け、テレメータ・テレコントロールシステムによって効率的な水運用をはかるとともに、事故および災害時の迅速な情報収集を行うものであり、地域特性および管理形態を考慮し、全域を3つのブロックに分割し、その上位に管理センターを置こうというものである。

3. 昭和63年度事業レポート

1. はじめに

先に述べたように、企業団の発足は昭和61年4月1日からで、補助金なしの創設事業として昭和63年度までの暫定認可であった。しかし、本来めざしたのは水源整備費等国庫補助金の導入であり、そのために鋭意努力の結果第1期拡張事業と位置づけ、昭和62年12月26日厚生大臣の認可を得たことから、当面、表1に示すように事業を推し進めている。

一方、圏域内の市町村には、統合した10水道事業体のほか、組合簡水・小規模水道が51カ所あり、運営の推移を見ながら統廃合していこうとするものであるが、水源の不確実化に加えて水質の悪化、安全対策、施設の老朽化対策、漏水防止対策、維持管理レベルの格差など、圏域内で抱えているこれら諸問題解消のための施策方針を如何に進めていくかが課題である。特に企業団は末端給水まで実施するため個々の普及率を持った組織統合からはじまっている。統合時の管路の状況は表2の通りである。

このようなことを直視しながら、過去に当地方で受けた最大の災害が、昭和43年5月16日の十勝沖地震(マグニチュード7.8、震度5)であった教訓に鑑み、施設の耐震性向上を基本とした。水道施設の地震対策は、日本水道協会編「水道施設設計指針・解説」および「水道施設耐震工法指針・解説」によって計画、設計、施工されるようになっており、企業団ではその一環として送水管路に耐震管(S形、SⅡ形)を採用し、実施したのでここに報告する次第である。

2. 過去の教訓

当地方では火災、津波ならびに地震による被害を受けた例があり、とりわけ、十勝沖地震時には、埋設管はもとより、耐震設計によるRCづくりの近代建築を誇っていた学校、寺院、図書館など、比較的新しい建築物の破壊が目立ち、その様相から専門家も驚くばかりであ

表1　第1期拡張事業内訳

(単位：千円)

区　分	全体事業費	昭和62年度	昭和63年度	平成元年度予定	平成2年度以降
ダム負担分	8,408,000			412,000	7,996,000
工事費	46,600,172	924,448	2,423,300	4,566,000	38,686,424
本工事費	43,210,642	873,503	2,278,200	4,520,400	35,538,539
用地費および補償費	1,879,000		42,000	600	1,836,400
調査費	835,530	50,945	103,100	45,000	636,485
工事雑費	675,000				675,000
事務費	1,370,828	31,650	74,700	160,000	1,104,478
合計	56,379,000	956,098	2,498,000	5,138,000	**47,786,902**
水源国庫補助額	4,204,000			206,000	3,998,000
特定広域国庫補助額	9,944,663	20,000	524,000	1,277,000	8,123,663
計	14,148,663	20,000	524,000	1,483,000	12,121,663
一般会計出資額(1/10)	3,824,200	6,000	157,200	424,300	3,236,700
県費補助額	2,060,000	20,000	30,000		2,010,000
企業団起債等	36,346,137	910,098	1,786,800	3,230,700	30,830,539
合計	56,379,000	956,098	2,498,000	5,138,000	**47,786,902**
事業の概要		送水管 φ500×1,182m 配水管 φ75～φ200 ×30,724m 調査費(委託) 路線測量一式	送水管 φ250～φ500 ×23,490m 配水管 φ75～φ300 ×29,480m 用地買収 西部配水所 南郷配水塔 ひばり野配水塔 五戸ポンプ場 西山配水所 十日市ポンプ場 調査費(委託) 用地測量 地質調査 実施設計 路線測量	送水管 φ150～φ500 ×20,380m 配水管 φ75～φ300×31,243m 施設築造整備 ・西部センター ・西部系送水ポンプ場 ・サージタンク ・十日市ポンプ場 ・五戸ポンプ場 ・和野前メータ室 ・北部センター ・南郷配水塔 ・ひばり野配水塔 ・西山配水所 ・五戸、坪渡、あかね、横沢 各既存配水池制御 ・遠方監視 東部センター 北部センター 西部センター 調査費(委託)一式	

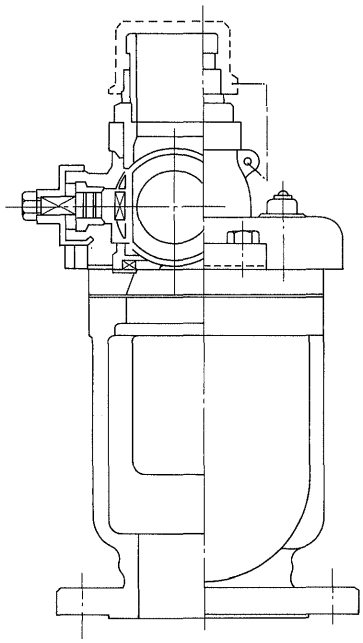
表2　統合時管路延長(呼び径75㎜以上)

管　種	管路延長(m)	構成比(%)
ダクタイル鉄管	642,000	46.6
鋳鉄管	62,000	4.5
鋼管	22,000	1.6
石綿セメント管	321,000	23.3
ビニル管	330,000	24.0
合計	1,377,000	100.0

ったといわれた。耐震設計にはなっていたものの、安全対策上なにか欠けていたのではないか。そのような背景を含めて、当該圏域の推進母体となった八戸市水道事業では、昭和47年度から着工した第2期拡張事業において都市構造の著しい整備に相まって、特に配水幹線管の地震対策として耐震構造のパイプラインを計画、一部実施した。通称「ループ配管」である。

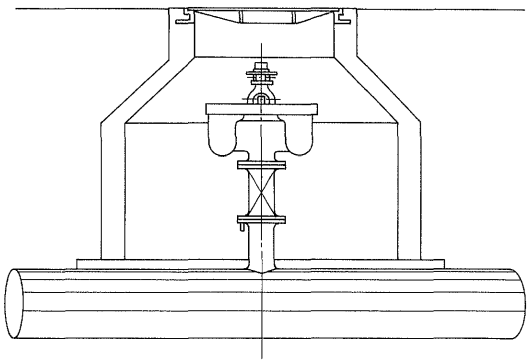
図２　球形消火栓付き双口空気弁

球形消火栓付双口空気弁



応急給水拠点取水設備

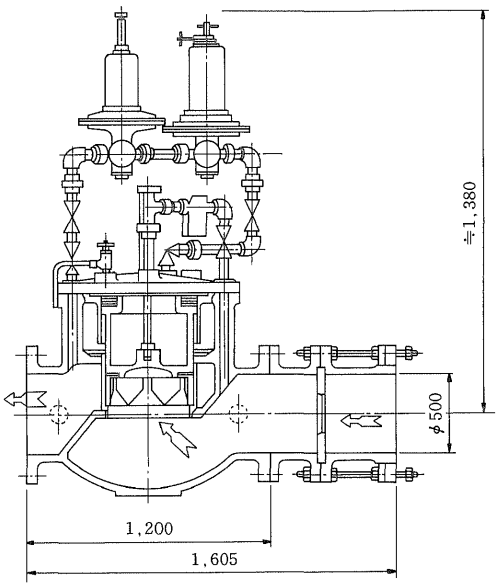
カップリングを利用して、給水設備を仮設し
応急給水の拠点とする



この構想は、八戸市都市計画循環道路（延長約18km）を利用する独特の構想で、非常時に際して給水体制（図２）が容易なこと。今は予想し得ないが、たとえば将来新たな開発地とか、広域的需要などに向けて、ループ配管路上どの位置からでも有機的に対応でき、しかも、いったん災害ともなれば応急給水の拠点として、飲料用取水が可能な水ガメに変ずるという構想である。大きな地震時でも被害が許されない管路構造ということで検討した結果、管路の問題はなんといっても継手であり、この継手の組み合わせにより地震時の管路が、ちょうど地下に埋められている鎖のように土の動きに対し伸縮し、屈曲に順応しかつ最終的にはひっかかって抜け出さないという、つまり耐震管の３大要素を具備した耐震管路形成がＳ形、ＳⅡ形、ＤＢＪ形継手の開発ならびに従来の離脱防止形継手の取り合わせによって可能となり、全国に先駆けて採用実施したものであった。

その中には、１級河川馬渕川を横断した「西水管橋」と称する単独橋があり、呼び径1000㎜のダクタイルＳ形、ダブルボールジョイントなどの組み合わせで布設され、これが水道100選に紹介されている。また、主要管路の３カ所に、地震時における挙動観測装置を設け追跡調査ならびに検証を継続的に行ってきており、学会などに発表をしてきた。次に、付帯設備の中から２例を示す。図２の球形消火栓付き双口空気弁は、緊急時には消火栓部を利用して応急給水の拠点とするものである。ループ幹線上には人孔も併せてつくられており、各水系主要本管にも計画的に設置されてきた。また、図３はループ幹線の分岐管に設置した緊急遮断方式減圧弁の例である。この先には延長1,700mに及ぶ八戸大橋（ＳＰφ500添架）がある。

図３　緊急遮断方式減圧弁



緊急遮断方式減圧弁
常用圧力：９kgf/㎠
流量｛最大 1,222㎥/時
　　遮断 2,222㎥/時
操作方法：常時→全開、緊急時→全閉
据付方法：ピット内

３．事業の内容

概要で述べたように、本格的な拡張事業は昭和63年度からはじまるといってもよく、昭和63年度～平成元年度の２カ年では、(1)白山浄水場に位置する西部系送水ポンプ場～西部センター～南郷配水塔までの施設を完成させること。(2)西山ルートを十日市ポンプ場～西山配水所までの施設を完成させること。(3)五戸ルートを五戸ポンプ場～ひばり野配水塔までの施設を完成させること、という方針のもとに推し進めている。その一環としての昭和63年度は表３に示す通り、国庫補助による送水管の先行工事と、単独起債による配水管布設工事が主なる内容である。

４．設計の特徴

主要施設の多くは丘陵地であるため高低差が大きく、その対策の一例を図４に示す。

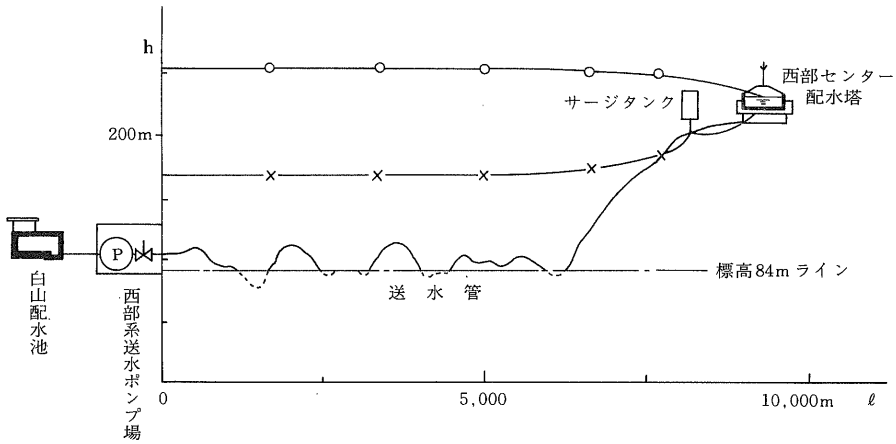
送水管路には耐震継手を配慮し、高水圧部分には２種のダクタイル鉄管を採用した。また、ウォータハンマー対策としては、フライホイール装置付きポンプを考慮、さらに緩閉

表３　昭和63年度実施の主なる内容

管　　種	呼び径(mm)	延長(m)	備　　考
送水管布設			
鋼　　管	700A	50	南高台ルート、新井田大橋々台部先行
ダクタイル鉄管　S形	500	7,610	西部ルート、2種管1,200m、3種管6,410m
ダクタイル鉄管SⅡ形	450	2,800	五戸ルート、３種管
ダクタイル鉄管SⅡ形	350	8,900	五戸ルート、３種管
ダクタイル鉄管SⅡ形	250	4,130	西山ルート、３種管
計		23,490	
配水管布設			
ダクタイル鉄管　K形	300	340	３種管
ダクタイル鉄管　K形	250	130	３種管
ダクタイル鉄管　K形	200	1,600	３種管
ダクタイル鉄管　K形	150	9,130	３種管
ダクタイル鉄管　K形	100	10,180	３種管
ダクタイル鉄管　K形	75	8,100	３種管
計		29,480	
合　　計		52,970	

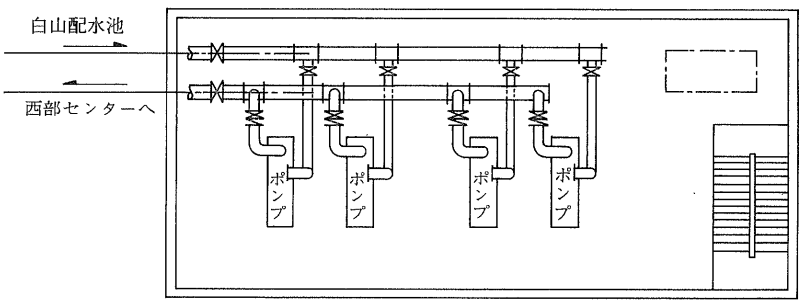
逆止弁およびワンウェイサージタンクを設けて安全性を高めた設計である。フライホイールは、慣性効果GD²を増大させ、回転数と管内流速をゆっくり変化させる狙いで設ける。緩閉逆止弁は、弁軸に油圧装置を設け、逆流時に抗して弁本体を自動緩閉して圧力上昇を軽減する狙いで設ける(図５)。ワンウェイサージタンク(図６)は、負圧発生箇所に水を押し込んで圧力の異常降下を軽減する狙いで設ける。これには死水対策および凍結防止対策として換水ポンプを設けている。

図４　ウォータハンマー対策後、最高／最低圧力線図



———	送水管 DIP φ500 S形 3種管
- - - - -	送水管 DIP φ500 2種管 ℓ=1,200m
-○—○-	最高圧力線
-×—×-	最低圧力線

図５　西部系送水ポンプ場



施設計画

ポンプ

形　　式：片吸込多段うず巻ポンプ
容　　量：φ150　2.38㎥/分　140m
電　動　機：90kw　400V　1450rpm
台　　数：４台
フライホイル：フライホイル装置付

吐出電動仕切弁

口　径：φ150
台　数：４台

緩閉逆止弁

口　径：φ150
台　数：４台

図6　サージタンク

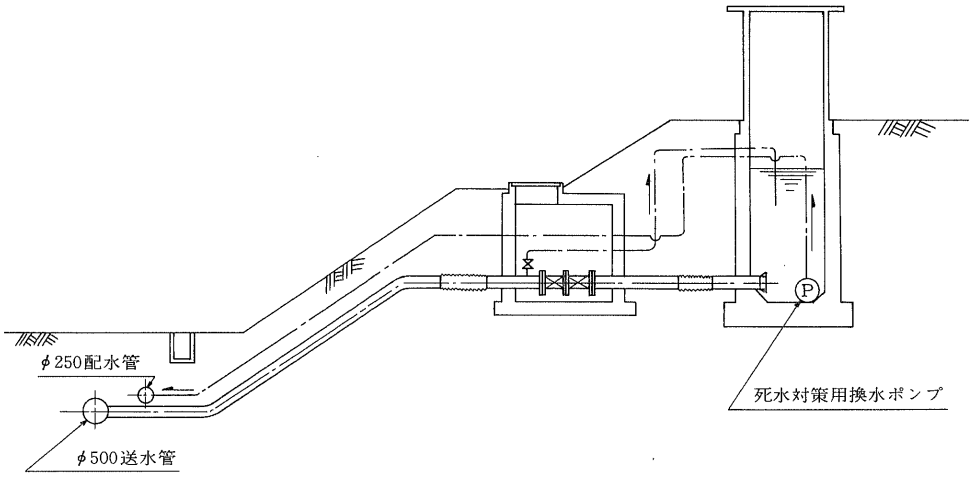


表4　行事の例

講習会名称	実施年月日	参加数	備考
一般管路の設計、施工管理	昭和61年12月11日	146人 { 企業団 32人 / 業　者114人	
K形、T形管施工技術	昭和62年4月27日～29日	200人	管の切断、加工訓練も含む
S形、SⅡ形、KF形管接合訓練	昭和63年5月30日～6月4日	133人	管の切断、加工訓練も含む 修了証書交付(128人)
同上設計、施工管理	昭和63年5月31日	95人(企業団35人)	

4．おわりに

当企業団は、「はじめに」でも述べたように末端給水型経営基盤の確立をはかるため多くの課題がある。水道は50年や100年で終わる事業ではなく、永久に継続する事業であるから、ごく僅かな期間の運営方針だけに止まらず、長期にわたるあり方ということを念頭においた施策を講じていかなければならない。とりわけ、水道施設の中での管路施設は広範囲にわたっており、建設はもとより保守保全の対応面からも、地元水道工事業者との協調・共存が不可欠である。企業団統合時の指定業者の数は、協同組合「八戸管工事協会」所属が41社（うち29社がφ75以上の管を扱える1種業者）で、「三戸郡管工事協議会」所属が34社(うち16社が1種業者）の計75社であり、つまり45社が1種業者で呼び径75mm以上の管工事に携わることになるということであるが、この中には所定の基準に合致しない業者もあった。しかし、企業団設立にあたって各事業体が指定した業者はそのまま継承することを基本に、諸般の事情を考えて3カ年の経過措置を講じたのである。したがって、業者間のギャップとか企業団のとってきた経過措置などから、企業団にとっては、当面緊急な課題のひとつに地元管工事業者育成があった。このため、ダクタイル鉄管協会の協力を得て地元で実施した行事が表4の通りである。

最後になりましたが、本誌をかりまして日本ダクタイル鉄管協会東北支部長をはじめ、多くの関係者各位の格別のご協力を得て事業も順調に進んでおりますことをご報告して、ここに厚くお礼を申し上げる次第である。

技術レポート 2

簡易水道の統合整備を進める長門町の水道事業

長野県長門町水道課
課長　小林　實

1．はじめに

長門町は、長野県のほぼ中央、霧ケ峰高原のゆるやかな北斜面に位置する緑豊かな自然に囲まれた人口5,200人余の山間の町である。

当町は東側に蓼科山系、西側は霧ケ峰より北に走る無名の連山、南側に霧ケ峰山塊と三方を山に囲まれており、その地形は標高差の大きな峡谷地帯である。

町の中心部の長久保は、かつての中山道長窪宿で、当時の面影を残した建物のほか、多くの史跡が残されている。

主産業は農業であるが、最近は観光開発が進み別荘地、ペンション村、スキー場などが開設され、観光客でにぎわっている。

本町の水道は、14の簡易水道にて構成されているが、今回町中心部の水道について統合整備をはかるため、昭和63年度より工事を進めている。以下、工事の内容について紹介しみなさまのご参考に供する次第である。

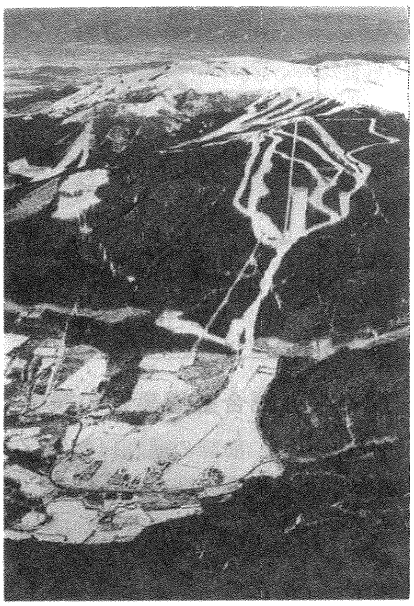
2．水道の沿革

本町の水道は、14の簡易水道にて運営され計画給水人口の合計は1万8,138人、計画給水量は1日 4,325㎥であるが、そのうち学者村・姫木平・美し松・強清水の4水道は別荘団地水道で定住人口は少ない。

したがって、現在の給水人口は5,105人で、普及率は98.1％となっている。

水道施設は、地形上の制約があるため一部

写真　たかやまスキー場

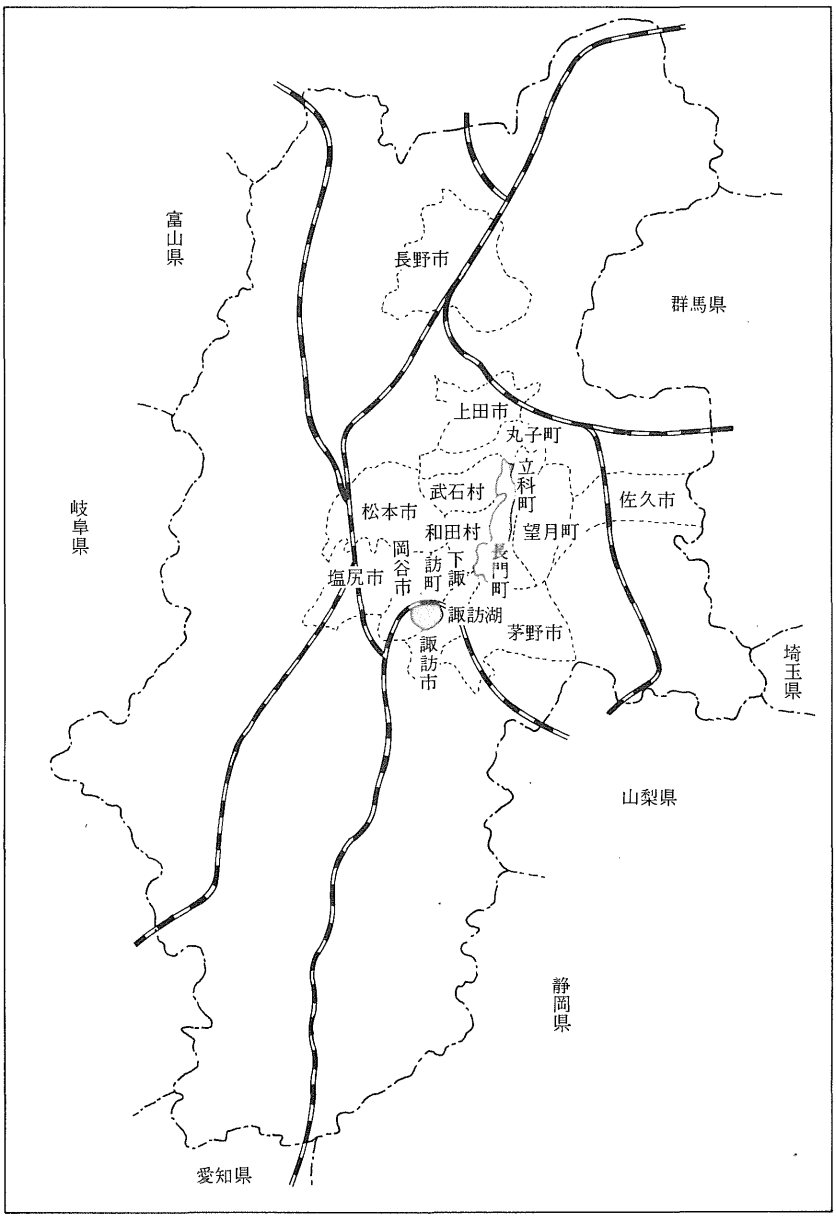


の密集地域を除き集落単位で建設されてきた。

水源は、地下水が豊富なため一部深井戸を使用しているが、ほとんどが湧水で、浄水施設としては滅菌施設のみである。

配水本管は80%以上が石綿セメント管を使用している。

図1　位置図



3．簡易水道総合整備事業の概要

当地の水道は、前記の通り14もの簡易水道が散在し、その規模、構造および建設年度も異なっているため、管理運営がむつかしい状態にある。

その上、水源地域の伐採などによる湧水量の減少、水質の悪化、大型車輌の増加に伴なう管の破裂事故の増加、ならびに漏水率が60%にも達するという深刻な問題、また、生活様式の変化に伴なう水需要の増加などにより水道施設の全面改良が必要となり、今回統合

整備事業を行うことにした。

今回の事業は既存の入大門、新屋・四泊、岩井、宮ノ上、窪城の５簡易水道を統合して大門簡易水道とし、長久保、古町の２簡易水道を統合して長久保・古町簡易水道とするものである。

水道名称	竣工年月日	計画人口(人)	計画給水量(㎥)	原　水
長　久　保	昭和33年３月	1,300	330	湧水、深井戸
新屋・四泊	〃　30年10月	280	70	湧　水
岩　　井	〃　29年４月	120	33	〃
小茂ケ谷	〃　29年10月	200	40	〃
鷹　　山	〃　62年３月	120	354	深井戸
滝　の　沢	〃　32年３月	110	16	湧　水
宮　の　上	〃　28年10月	350	100	〃
窪　　城	〃　30年３月	200	70	〃
入　大　門	〃　29年10月	450	160	〃
古　　町	〃　52年３月	2,300	385	〃
学　者　村	〃　47年12月	1,516	429	深井戸
姫　木　平	〃　45年３月	8,000	1,140	湧　水
美　し　松	〃　51年10月	2,200	1,000	〃
強　清　水	〃　48年７月	992	198	〃
合　　計		18,138	4,325	

図２

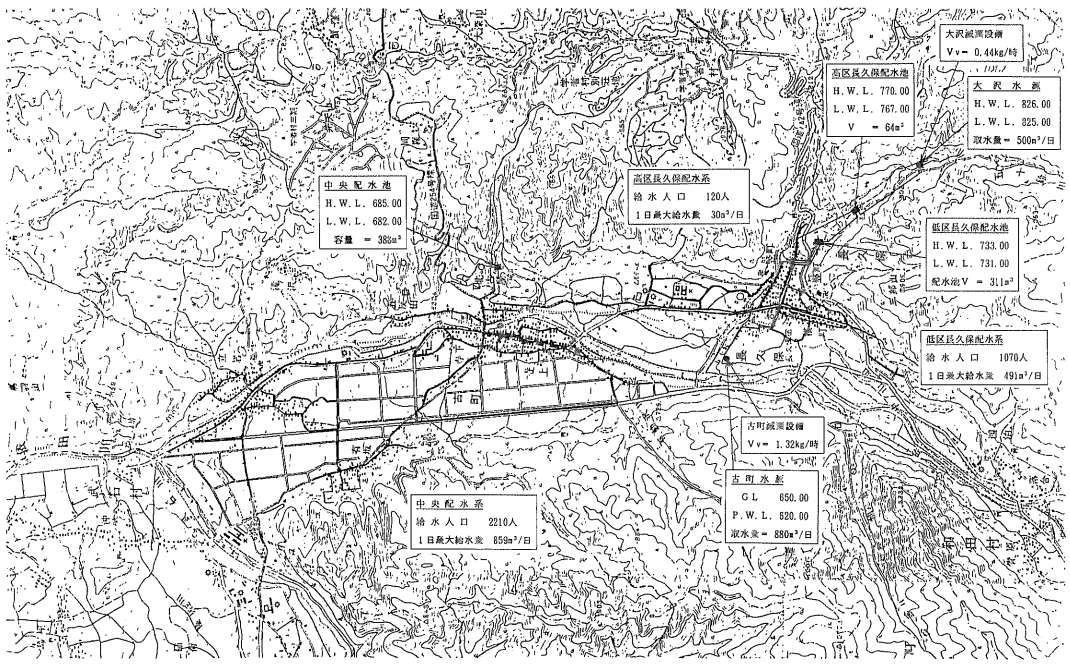
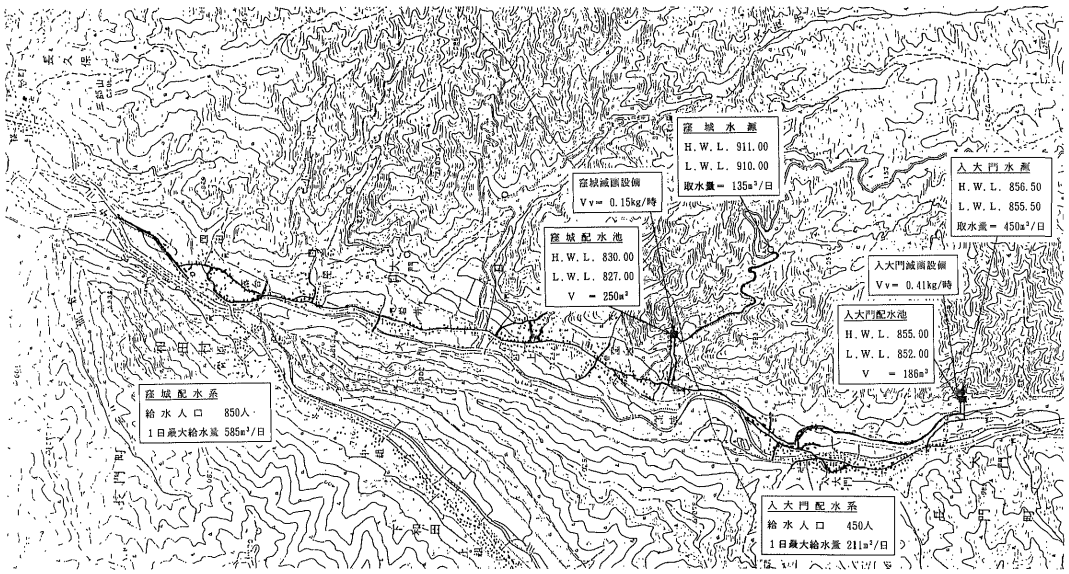


図3



1．施設概要

1．大門簡易水道

入大門水源の湧水を集水管きょにて取水、塩素滅菌後、入大門配水池から入大門地区へ給水するとともに送水管路にて自然流下で窪城配水池へ送水する。

一方、窪城水源の湧水も集水管きょにて取水、塩素滅菌後窪城配水池へ送水し、入大門系と合流させ、ここから窪城、宮ノ上、岩井、新屋・四泊、落合の各地区へ給水する。

	入大門配水系	窪城配水系	計
計画給水人口（人）	450	850	1,300
日最大給水量（m³）	211	374	585

(1)　取水施設

• 入大門水源

取水方法：湧水を集水管きょにて取水

集水管きょ：硬質塩化ビニル管

φ200×20m

集 水 井：一式

• 窪城水源　既存施設を使用

(2)　浄水施設

• 入大門系、窪城系

塩素注入設備：一式

滅菌室(RC製)：一式

(3)　送水施設

送水管路：(呼び径)　φ150

(管　種)　ダクタイル鋳鉄管

硬質塩化ビニル管

(延　長)　2,668m

(4)　配水施設

入大門配水池(RC製)　V＝186m³　一式

窪城配水池(RC製)　V＝250m³　一式

減圧弁：2カ所

配水管路：(呼び径)　φ75～φ150

(管　種)　ダクタイル鋳鉄管

硬質塩化ビニル管

(延　長)　10,555m

(5)　給水施設

給　水　管：ポリエチレン管

サドル分水：φ20×450戸

(6)　計装設備

テレメータ施設：一式

2．長久保・古町簡易水道

大沢地籍の湧水を集水管きょにて取水し、自然流下で高区長久保配水場へ導水し、塩素

滅菌後、高区配水池から高区給水区域へ給水するとともに、低区長久保配水池へ送水する。

一方、古町水源(深井戸)からポンプで低区長久保配水場へ導水し、塩素滅菌後、低区配水池へ送水し、ここで大沢水系と合流させ、低区給水区域へ給水するとともに自然流下で中央配水池へ送水し、再滅菌後、旧古町簡易水道給水区域へ給水する。

	高区長久保系	低区長久保系	中央系	計
計画給水人口(人)	120	1,070	2,210	3,400
日最大給水量(m³)	30	491	859	1,380

(1) 取水施設

• 大沢系

既存施設を使用

• 古町系

取水方法：深井戸

取水ポンプ　D＝φ100、Q＝0.61m³/分、H＝125m　1台

(2) 浄水施設

• 大沢系、古町系

塩素注入設備　一式

滅菌室(RC製)　一式

(3) 送水施設

送水管路：(呼び径)　φ100～φ150

(管　種)　ダクタイル鋳鉄管

(延　長)　4,228m

(4) 配水施設

高区長久保配水池(RC製)　V＝65m³　一式

低区長久保配水池(RC製)　V＝311m³　一式

中央配水池(RC製)　V＝388m³　一式

配水管路：(呼び径)　φ75～φ200

(管　種)　ダクタイル鋳鉄管

硬質塩化ビニル管

(延　長)　21,312m

減圧弁　2カ所

(5) 給水施設

給　水　管　ポリエチレン管

サドル分水　φ20×1,070戸

(6) 計装設備

テレメータ施設：一式

2．管種選定

管種の選定に当たり、既存管路の苦い経験から、次の点に留意した。

(1) 管の強度が大きく、しかも継手が高水圧に耐えること。

(2) 事故が少なく、維持管理が容易であること。

(3) 山間部などの配管で屈曲箇所が多くなるため施工性に優れ、かつ屈曲性能のよい継手であること。

(4) 道路幅員が狭いため、掘削幅を極力小さくできること。

(5) 岩盤地帯、田圃など地盤が変化しているため、地盤変動に順応できること。

(6) 工事中、通行車輌や地元住民にできるだけ迷惑をかけないよう、現場の施工工期をできるだけ短縮できること。

(7) 耐久性に優れていること。

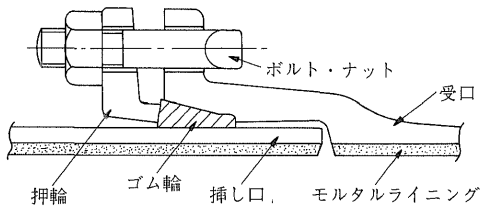
以上のような条件をもとに慎重な検討の結果、K形ダクタイル鋳鉄管を主に採用し、町道で幅員が2m以下で水圧が低い箇所に硬質塩化ビニル管を採用することにした。

3．管の仕様

当管路の直管にはK形ダクタイル鋳鉄管の3種管(JIS G 5526、内面モルタルライニング)、異形管にもK形ダクタイル鋳鉄管(JIS G 5527、内面エポキシ樹脂粉体塗装)を採用した。

異形管防護は特殊押輪を使用し、コンクリート防護は行わなかった。

図4　K形継手



4．管の布設

管を布設する場所は国道、県道および町道下で、その土かぶりは120cmを標準とした。

また、施工管理(品質、工程)の向上をはかるため、施工前に各現場責任者および配管工を集めてメーカーによる施工実技講習会を開催し、施工技術の修得をはかった。

当管路の普通地盤部では順調に施工できたが、岩盤地帯や大きな転石がある場所では、ジャンボブレーカにより破砕して施工したが1日に1本しか管が布設できない日もあった。

4．おわりに

当地の集落は前述のように大門川、依田川に沿って点在した町であるため、管を布設する道路の幅員も狭く、かつ曲がりくねっており、その上岩盤や転石も多く、施工も困難な所も多いが、関係各位の理解と協力を得て平成元年度の竣工を目標に事業を推進している。

この統合整備事業を期に、良質な水の安定供給に努力する所存である。

技術レポート 3

福岡市の下水処理水循環利用モデル事業について

福岡市下水道局計画部
部長　鬼木　寛

1．はじめに

福岡市は、人口約120万人を有する九州の政治・経済活動の中心的役割を担う都市である。

古くから、大陸との交流が盛んで、現在も国際的な経済文化など幅広い交流を推進しており、平成元年3月から171日間「海に開かれた活力あるアジアの拠点都市」をめざした「アジア太平洋博覧会」を開催し、なお一層の飛躍をはかろうとしており、今後とも市民生活や都市活動に必要な水の重要性が増すものと考えている。

2．節水型都市づくり

本市は、昭和53年に大渇水に見舞われ、市民生活や都市活動に大きな支障をきたした。地形的に水資源の乏しい本市では、大渇水を契機に、市民への節水意識の高揚をはかり、水資源の有効利用を推進する節水型都市づくりに取り組むこととなった。

このうち、水資源の有効利用のひとつとして下水処理水を雑用水に再利用する「下水処理水循環利用モデル事業」を全国ではじめて実施し、昭和54年度に着手、翌年から官公庁ビルに給水を開始し現在に至っている。

3．事業概要

本事業は、中部下水処理場の2次処理水を再処理し、主に都市業務用の水洗便所の洗浄用水として給水するものである。

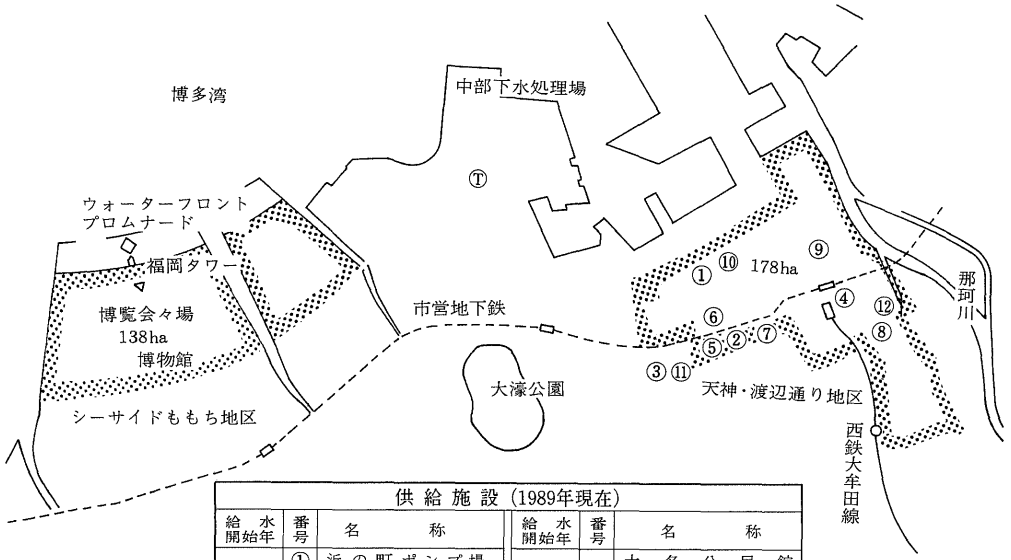
昭和55年6月に開始した第1期事業では、給水対象を12カ所の官公庁ビルに限定し、1日最大400㎥の施設能力で対応してきた。

さらに、下水処理水の有効利用を推進するために、平成元年3月から施設能力を1日最大2,000㎥に拡大するとともに、給水対象を民間ビルを含めた大型建築物にも拡げた。

これに伴い、市の中心部であり大型建築物の密集度の高い天神・渡辺通り地区(178ha)および21世紀に向けて新しい街づくりをめざしているシーサイドももち地区(138ha)を新たに給水区域として設定した。

なお、今後の需要の増加に応じて、施設能力を1日最大3,000㎥まで拡大する計画である。

図１　下水処理水循環利用モデル事業平面図



供給施設（1989年現在）					
給水開始年	番号	名称	給水開始年	番号	名称
1980年	①	浜の町ポンプ場	1981年	⑦	大名公民館 中央消防署大名出張所 大名老人いこいの家
	②	中央区役所 交通局合同庁舎	1982年	⑧	中央警察署
	③	中央市民センター		⑨	中央郵便局
1981年	④	地下鉄天神駅		⑩	法務合同庁舎
	⑤	地下鉄赤坂駅		⑪	中央体育館
	⑥	日本たばこ産業		⑫	市庁舎

4．施設概要

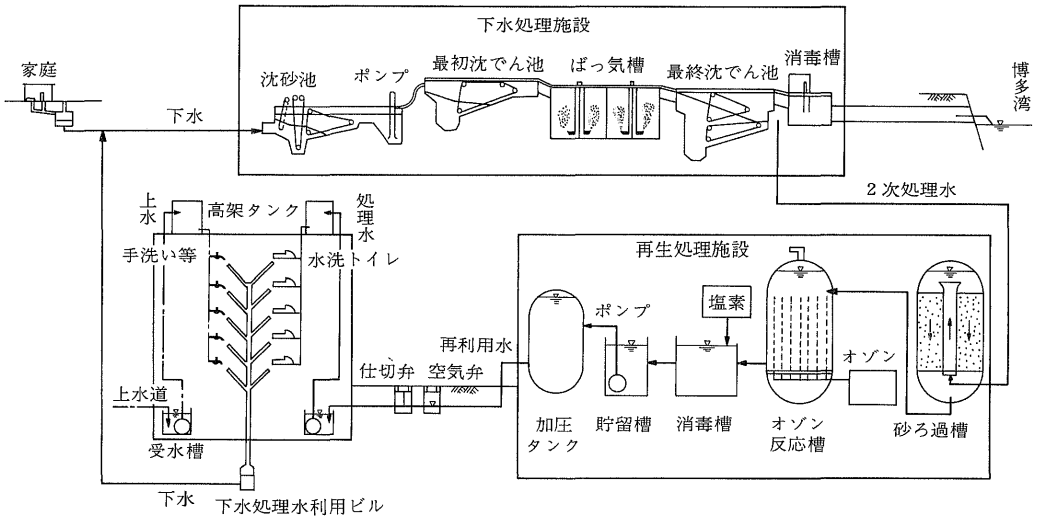
1．再生処理方式

再生処理方式の設定は、目標水質を達成すること、安定した再生水の水質を維持すること、人体に対し衛生面で問題のないことおよび利用機器に対する腐食・閉塞などの機能性の障害が生じないことにより、「砂ろ過＋オゾン反応＋塩素滅菌」とした。なお、施設概要は表１の通りである。

表１　施設概要

施設名	構造	形状寸法	能力・その他
原水槽	ＲＣ造り		滞留時間　20分以上
砂ろ過器	移動床式 ろ過器 ＳＳ製	φ2600×Ｈ5,900×３基	ろ過速度　200m/日
オゾン反応塔	ステンレス製 円塔形水槽	φ2300×5.0m×１台 φ1800×5.0m×１台	滞留時間　15分以上
オゾン発生機	水冷無声 放電式	600g/時×３台	注入率　15PPM
塩素混和槽	ＲＣ造り	幅1.0×長さ3.4× 水深3.0×３水路	滞留時間　15分以上
配水池	ＲＣ造り		1,200㎥以上
配水ポンプ	圧力タンク付き 水中ポンプ	φ100×1.8㎥/分 ×30kw×３台 φ80×0.9㎥/分 ×15kw×３台	市街地 埋立地

図２　下水処理水循環利用モデル事業フロー図



２．配水計画

配水計画については、再生処理施設に配水池を併設し、ここから天神・渡辺通り地区方面、シーサイドももち地区方面へ２系統でポンプ圧送する。

配管ルートは、給水条件を安定させ、水の停滞による水質悪化を防ぐため、経済性を考慮しながらできるだけ管網とすることとした。

３．配水管布設状況

昭和63年度末までに布設した配水管は、下記のように17.2kmとなっている。

呼び径 200mm　L＝5.8km
呼び径 150mm　L＝6.6km
呼び径 100mm　L＝2.4km
呼び径　75mm　L＝2.4km

４．配水管材料

配水管の管種については、水道管に使用されている実績、沈下などに対するジョイント部の性能などによりＴ形３種のダクタイル鋳鉄管とした。

なお、内面腐食を考慮して直管はモルタルライニング、異形管はエポキシ樹脂粉体塗装としている。

５．誤配管対策

一般に地中埋設用のダクタイル鋳鉄管の外面色は、水道管も含め黒色である。地中埋設物が輻輳する中で、配水管内の処理水が水道水に非常に似ていることから、処理水管と水道管との誤配管の危険があるため、ダクタイル鋳鉄管の外面もエポキシ樹脂黄色塗装として区別している。なお、この対策はダクタイル鋳鉄管外面の防食対策にもなっている。

また、誤配管対策としては、外面塗装とは別に

①ポリエチレンスリーブで覆い、黄色の表示テープを巻く。
②埋設位置明示のため黄色の標識テープを同時に埋設する。
③バルブ類は、「処理水」と刻印したものを使用する。

の対策を行っている。

６．配水管材料の仕様

直管……Ｔ形ダクタイル鋳鉄管（３種管）
　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 70μm
　　２次塗装―エポキシMIO塗料 50μm
　　３次塗装―エポキシ樹脂塗料 70μm
　　４次塗装―エポキシ樹脂塗料 70μm
異形管…Ｔ形ダクタイル鋳鉄異形管
　内面：エポキシ樹脂粉体塗装
　外面：直管と同じ

図３　配水管布設図

５．おわりに

今後は、本事業もモデル事業とはいえ本格化し、また、約10年経過していることなどのため事業の執行体制、特に維持管理面を中心に整備することとしており、さらに、需要者への積極的な供給対策を行っていく考えである。

技術レポート

S形ダクタイル鋳鉄管（呼び径500mm）による水管橋の架設について

和歌山市下水道部下水道建設課
技術主任　**王地　保**

1．はじめに

今回、架設された水管橋は、和歌山市公共下水道の汚水圧送管として使用するものであり、繁華街の中心地域に現在建設中の「本町中継ポンプ場」より、約600m離れた所にある自然流下式公共下水道管「広瀬一号幹線」の中間人孔まで汚水を圧送する本町汚水圧送管の一部である。（図1位置図参照）

この水管橋は、和歌山市の中心地域を流れる「市堀川」に架かる堀詰橋の橋台、橋脚に添架されたものであり、堀詰橋は市の繁華街の中心にある「京橋」と並び称せられる名橋である。橋の形式は、Ⅰ形断面並列の三径間連続鋼桁橋である。（図2堀詰橋一般図参照）

ダクタイル鋳鉄管の水管橋については、すでに他都市において数10件の事例があるが、今回、当市で架設されたダクタイル水管橋は、呼び径500mmで橋長36.1mに及ぶ長スパンであり、他に例を見ないので、今回、水管橋の形式および架設の経緯などについて報告する次第である。

2．工事概要

(1)　工事名称

和歌山市公共下水道本町流出入幹線呼び径500mm本町汚水圧送管水管橋工事

(2)　工事場所

和歌山市雑賀町～三木町

(3)　河川名

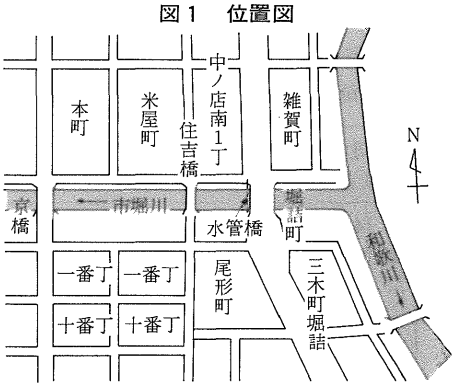
2級河川……市堀川

(4)　橋梁名

和歌山市道橋……堀詰橋

形　　式：三径間連続鋼桁橋
幅　　員：22.0m
橋　　長：36.1m

図1　位置図



最大支間長：20.0m

(5) 水管橋

管　体：S形ダクタイル鋳鉄管３種

呼び径：500mm

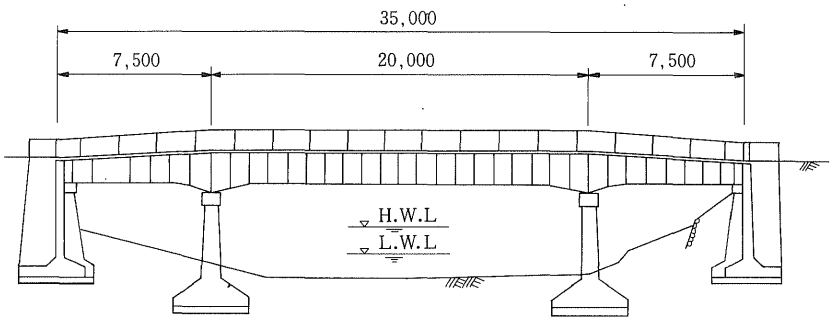
形　式：橋脚添架三径間連続橋
（中央径間はゲルバー橋形式）

(6) 工事期間

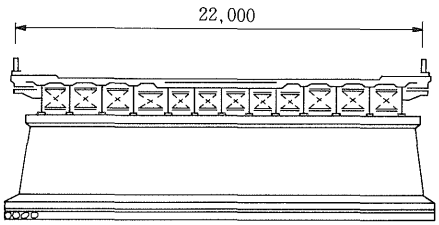
昭和63年５月23日～６月23日

図２　堀詰橋一般図

側面図



断面図



３．架設時の諸条件と対策

水管橋の堀詰橋への添架工事に関する問題点として、関係部署との協議の結果、構造上、また、管理上の制約条件が明らかになり、その対策を考慮して検討する。（表１参照）

表１　制約条件と対策

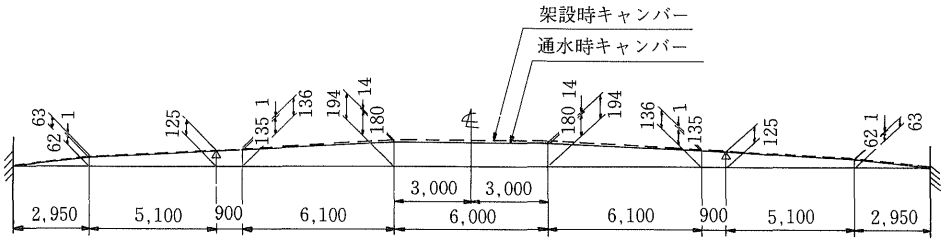
問題点	制　約　条　件	対　策
(1) 美　観	主桁と主桁の間に架設し、側面から見えないようにするなど、美観を損なわないような形状にする。（一般管理上）	主桁間にはすでに他の多くの添架管があり、ここは物理的に不可能なので、橋の横（下流側）とし、トラスなど複雑な構造は避けて簡単なパイプビーム構造とする。
(2) 管の位置	水管橋の下端が橋桁の下端よりも下に出ないこと。（河川管理上）	橋脚上に設けた管受台の位置を高くし、また、水管橋にも橋と同程度のキャンバーを設ける。
(3) 添架方法	橋梁の上部工（橋桁、地覆など）には、一切添架できない。（橋梁構造上）	橋梁の下部工（橋台、橋脚）だけを利用して添架する。
(4) 架設工法	河床から架設に必要な足場を取らないこと。（河川管理上）	橋の地覆の部分から鋼製の足場を吊り下げて架設する。
(5) 路面占用	橋梁の路面の占用は可能な限り狭い範囲とし、路面の交通に支障をきたさないこと。（道路管理上）	小さいレッカー車で作業する。

4．水管橋の形式

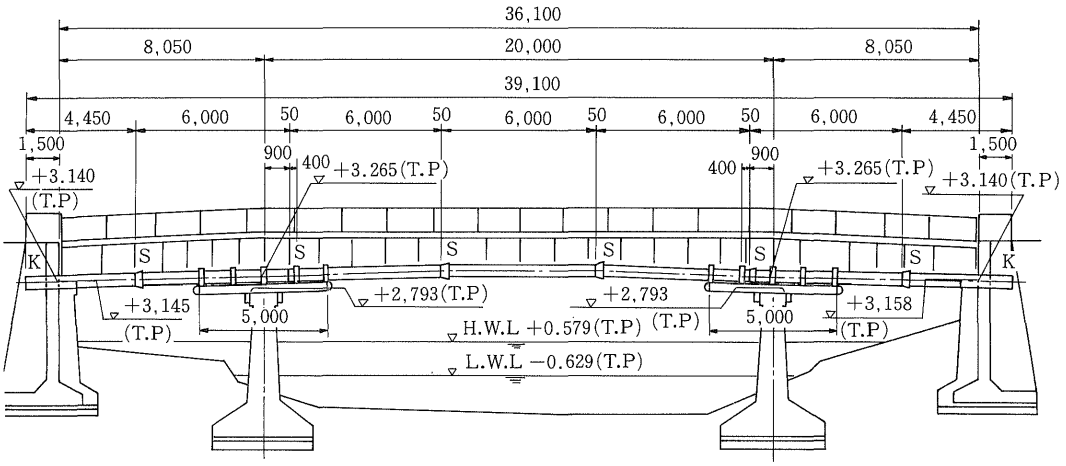
この水管橋は橋台、橋脚各２カ所の合計４点で支持された三径間の梁構造となっている。中央径間の支間がもっとも長く、この20ｍのスパンをパイプビームでクリアできるものとして、Ｓ形ダクタイル鋳鉄管梁構造とＫＦ形ダクタイル鋳鉄管梁構造の２形式が考えられる。２形式をさまざまな角度から比較して、どちらを採用すべきかを検討する。（表２参照）

図３　水管橋一般図

キャンバー図



側面図



平面図

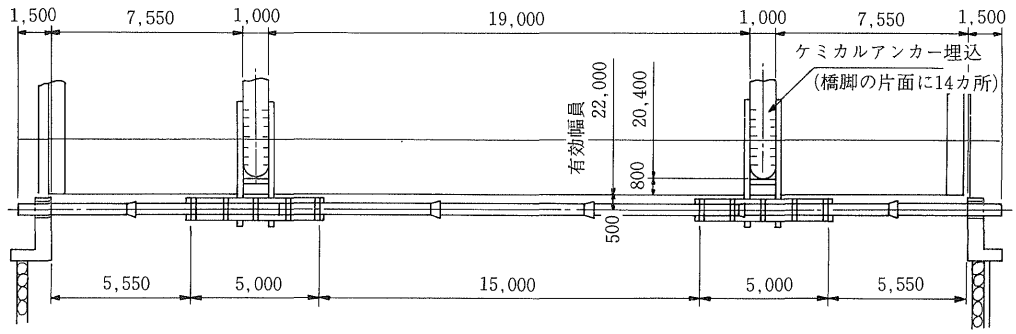


表２　梁構造２形式の比較

梁構造形式		S形ダクタイル鋳鉄管	KF形ダクタイル鋳鉄管
継手部結合		ピン結合	剛結合
下部工への添架	橋脚	少し長目の管受台を橋脚に設置し、管梁を管受台に固定する。	小さ目の管受台を橋脚に設置し、管梁を管受台で支持する。
	橋台	パラペット部を貫通し、固定する。	パラペット部を貫通し、固定する。
熱による伸縮		S形継手で吸収する。	KF形継手では、吸収できないので橋脚部分にスライド機構を設けて、ここで吸収する。
キャンバー		継手１カ所で 3°20′の屈曲が許容されているので、十分なキャンバーが取れる。	継手の屈曲角が小さいので、キャンバーは取りがたい。
重量		管体　4.2tf（内面：粉体塗装） 管受台　3.0tf 張出桁　2.0tf 合計　9.2tf	管体　6.2tf（内面：粉体塗装） 管受台　2.2tf 張出桁　2.0tf 合計　10.4tf
据え付け作業		１本ずつ吊り降ろすため、作業に少し時間はかかるが小さいレッカー車での作業となり、道路使用範囲は少ない。	水管橋を陸で組み立てて一気に吊り降ろすため、作業自体は速くなるが大きなレッカー車での作業となり、道路使用範囲は広くなる。 また、36mもの長大な梁を一気に吊り降ろすのは、施工性から見て非常に危険を伴う。
接合		１本ずつ吊り降ろして接合する。	路上での接合となる。
価格比（施工は除く）		100%	115%
実績		約70例	ほとんどなし
まとめ		採用（図３参照）	不採用

５．設計のポイント

１．管種の選定

腐食に強いこと、強度が高いこと、軽量であること、維持管理がしやすいこと、経済的なこと、周囲の景観と調和することなどの点を検討し、ダクタイル鋳鉄管を選定した。（図４参照）

図４　S形ダクタイル鋳鉄管（架設時）

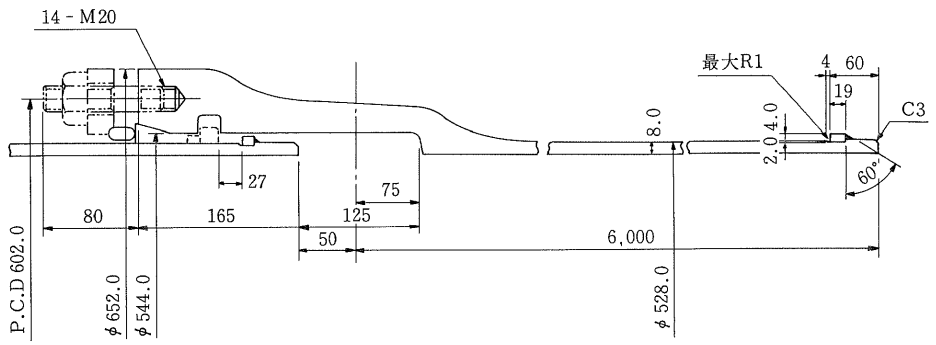
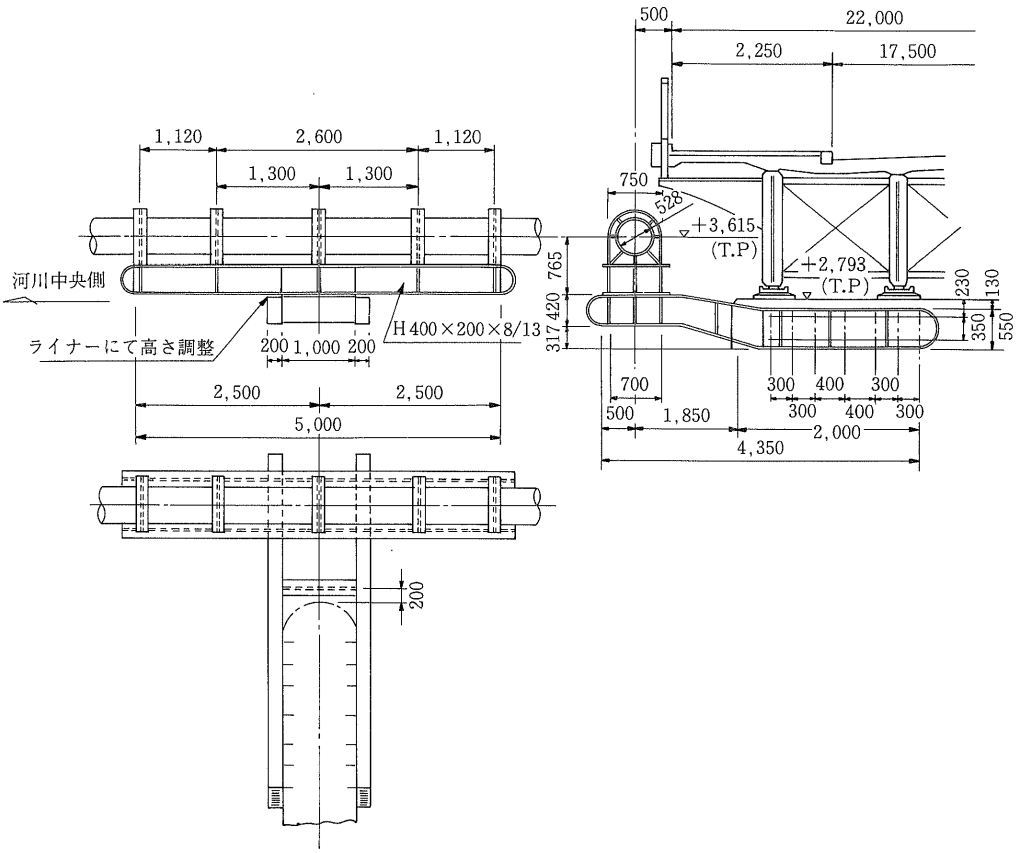


図５　張出桁および管受台



２．空気弁

一般に水管橋には中央に空気弁が必要とされるが、今回汚水専用の圧送管であり、しかも場所が市の中心街にあることから、河川管理者より空気弁は美観上、衛生上好ましくないとの指摘があった。

当初、空気弁は計画していたが、水管橋の下流約30ｍの所にこの汚泥圧送管の放流端があるので、特に問題はないとの判断により空気弁は設置しなかった。

３．橋脚部の管受台

橋脚の上面に管受台を直接載せるのがいちばん簡単であるが、スペースがないので図５のように橋脚の両側面にケミカルアンカーを埋め込んで２個の張出桁を取り付け、その張出桁の上に長さ5.4ｍの管受台を取り付けた。

また、管と管受台を強固に固定するため、管受台１個につき５個のサドルリングを設けた。

４．内外面塗装

内面は、エポキシ樹脂粉体塗装とし、汚泥に対して長期間の防食性を強めるとともに、モルタルライニングと比べて約800kgfの重量軽減を果たした。

外面は、下塗りを亜酸化鉛さび止め塗装とし、上塗りには耐候性の樹脂系塗料を塗布した。

なお、外面の塗装色は橋梁や周囲の町並みを考慮してシルバー色とした。

５．水管橋の設計条件

１．基本数値

ダクタイル鋳鉄と鋼の許容引張応力
：1,400kgf/㎠

ダクタイル鋳鉄と鋼の許容剪断応力
：800kgf/㎠

ダクタイル鋳鉄の弾性係数：1.6×10^{6}kgf/㎠

鋼の弾性係数：2.1×10^{6}kgf/㎠

ダクタイル鋳鉄と鋼の熱膨張係数

：1.0×10⁻⁵/℃
管外径：528.0mm
規格管厚（3種管）：8.0mm
設計管厚：7.0mm
管長：6.0mm
継手形式：S形
継手の伸縮量(架設時)：+27.0mm
−125.0mm
設計水圧(含水撃圧)：4.0kgf/cm²
温度変化：60℃
風荷重：200kgf/m²
地震荷重(水平震度)：Kh＝0.2
積雪荷重：なし

2．計算数値
管鉄部断面積：115cm²
管鉄部断面係数：1,473cm³
管鉄部断面二次モーメント：38,882cm⁴
管鉄部断面二次半径：18.4cm

管鉛直分布荷重：330kgf/m²
管地震時分布荷重：66kgf/m²
管台風時分布荷重：106kgf/m²

3．規格標準値
許容応力の割増し
鉛直方向、水平方向の合成：50%
円周方向、管軸方向の合成：35%

水管橋の許容たわみ率：1/350
片持梁鋼桁の許容たわみ率：1/300
単純梁鋼桁の許容たわみ率：1/500

6．施工のポイント

1．架設用吊り足場

河川管理上の制約により河床から足場を組むことができなかったので、写真1のようなZ形ハンガータイプの吊り足場を設置した。

吊り足場はH形鋼を溶接加工してZ形のハンガーをつくり、ハンガーの上部を地覆に引っかけた。約2mピッチで橋梁全長にセットし、L形鋼で長さ方向および横方向にも補強した。（写真1参照）

2．水管橋の架設

管は直管1本(長さ6m、重量0.7tf)ごとに橋の上から吊り降ろし、S形継手接合を行い、次に管底にセットしたジャッキを使って設計図通りのキャンバーに芯出しした。
（写真2参照）

写真1　吊り足場仮設

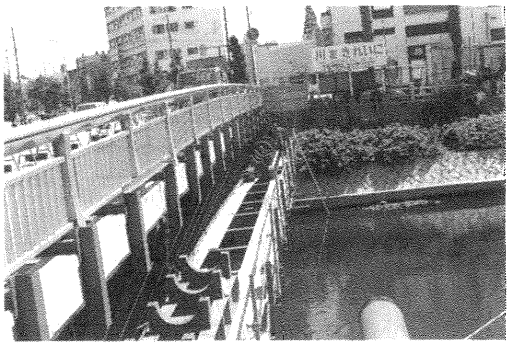
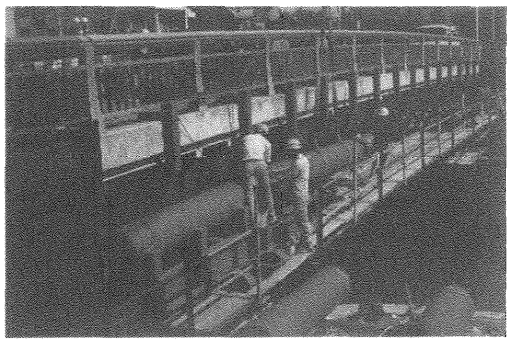


写真2　架設作業



3．キャンバー

通水時のキャンバーは梁の強度とは無関係であるが、その大小により美観と大きな関係がある。

すなわち、キャンバーを大きく取ると継手の折れ角度が目立って美観を損なう。一方キャンバーが小さ過ぎると逆キャンバーのように見えるものである。

水管橋設計基準(WSP−007)によれば、橋の全長の1/200のキャンバーが勧められている。

キャンバーの線形は放物線にするともっとも美しい梁に見える。本件のように中間に2個の橋脚がある場合、次の二次方程式で求めることができる。

$$Y=\frac{4}{200\cdot L}\cdot X^2+\frac{L}{200}$$

7. おわりに

構造的にS形継手を採用したこと、およびこのような吊り足場を考えたことにより、今回の架設作業は橋上の道路占用の面においても、また、作業性、安全性および経済性からみて、非常に効果的な作業になったものと考えている。もしどれかでも他の選定をしていたら、こうはいかなかったであろう。

この水管橋の工事はすでに完了しているが、まだ汚水圧送の用には供されていない。真の成果が見られるのは、実際に使用されてからであるが、とにも角にも水管橋は無事完成した。(写真3、4参照)

写真3　工事完了後(橋脚部)

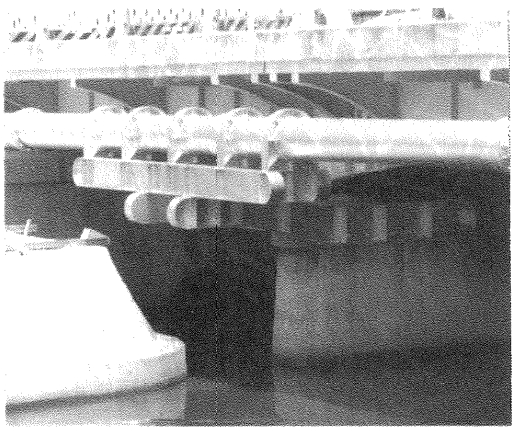
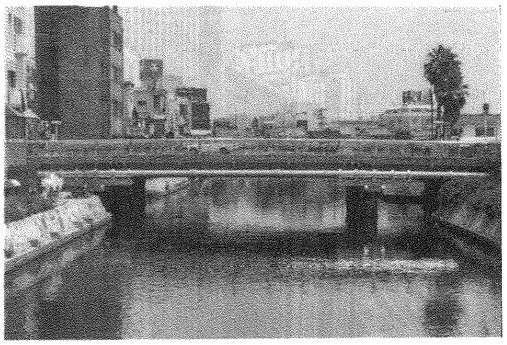


写真4　工事完了後(全景)



このような長いスパンの水管橋をダクタイル鋳鉄管で架設する場合、現在、存在する継手形式では、どの形を採用しようと、まだいろいろと問題点がありそうである。この面、業界の方も開発の余地を残しているものと思える。

いずれにしろ、今回現時点で最良のものを考え、構造的にも施工的にも発生した諸問題を解決し、無事完成したわけであり、今後この水管橋が無事汚水圧送の用に長く供せられることを願う次第である。

最後に、この水管橋の架設にあたり、施工を行っていただきました大成建設株式会社ならびに、専門的な見地から、ご助力いただきました株式会社栗本鐵工所および久保田鉄工株式会社の方々に深く感謝申し上げる。

ダクタイル鉄管第45号

昭和63年10月

技術レポート 1

市街地におけるシールド内配管（呼び径1000mmUS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
課長補佐　沼上正人

1．はじめに

本市では、給水需要の対応と改善をはかるための配水管整備および管網整備を行っている。

現在、鴨川を挟んで左岸側では京阪電鉄地下化工事（三条～七条間）に併せて配水幹線布設工事を実施中であるが、鴨川以西の既設配水幹線と連絡することにより、配水区域の変更、各浄水場の互換性をはかることができる。

今回の塩小路幹線布設工事では、鴨川横断と市街地工事の関係からシールド工法で行ったが、内配管には地盤の変動に強く、シールド内配管に適しているUS形ダクタイル管（呼び径1000mm）を使用し、延長344mの施工を行ったので、その概要を紹介する。

2．工事概要

(1)　工事場所：第８期拡張事業蹴上系塩小路幹線配水管布設工事
(2)　工事場所：京都市東山区一橋宮ノ内町～下京区上之町地内
(3)　工事期間：昭和61年４月１日～昭和62年11月末日
(4)　工事内容：シールド施工延長　L＝344m（削土密閉型シールド工法）
シールド機外径　φ2140mm
セグメント外径φ2000mm
内径φ1850mm
発進立坑（鋼矢板式）１カ所
到達立坑（深礎式）　１カ所
補助工法（薬液注入他）一式
配管工（呼び径1000mm）
延長 364.1m
(5)　平面図、縦断面図：図１参照

3．設計および検討事項

1．地形および地質、ルート選定

当工事の地質は段丘礫層、大阪層群などの洪積層が東山方面よりはり出し、鴨川による氾濫堆積層（沖積層）が薄く堆積するが、全般的に砂礫層でありかなり締まっている。最大

写真１　鴨川横断部

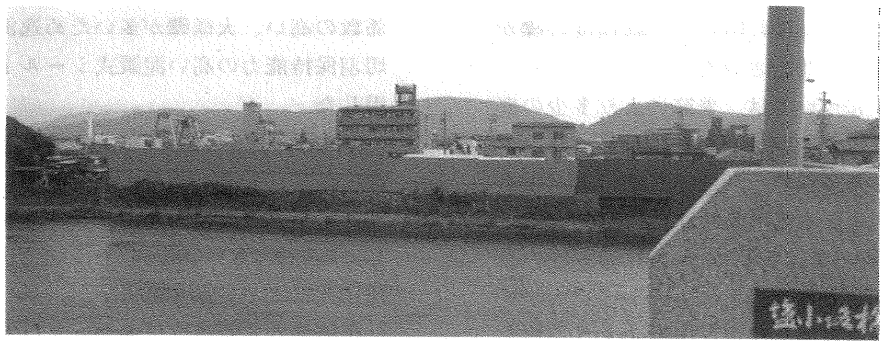
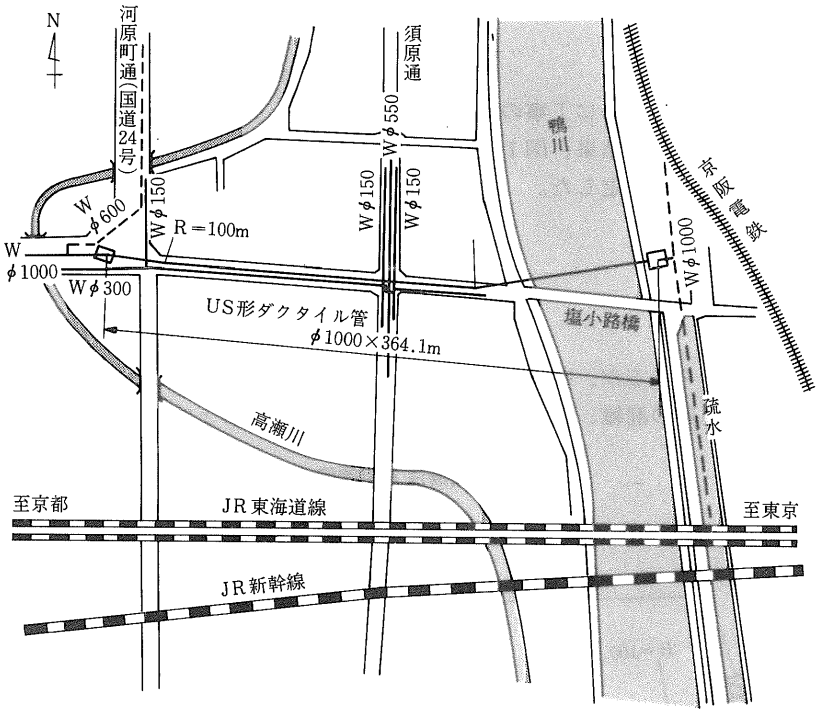
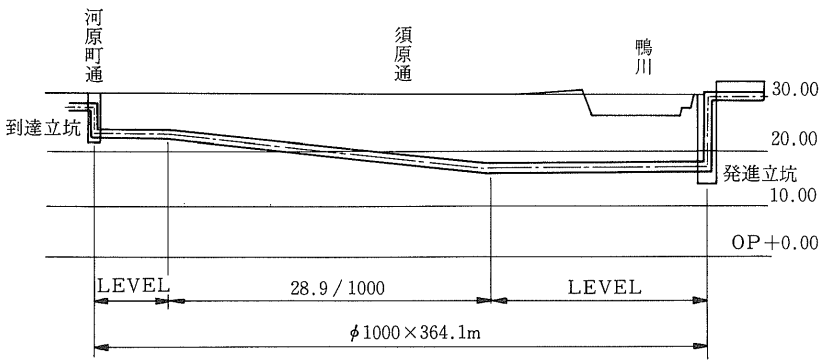


図１　平面図



縦断図



礫径は、鴨川の上、中流域に位置するため、ボーリング結果からも180～240mm程度の礫が多く介在すると想定された。

地下水位については、季節により多少の変動は見受けられるが、おおむねＯＰ＋25.4～27ｍの間と考えられ、工法の選定にもっとも重要な要素となる透水係数は1.1×10^{-1}～8.7×10^{-4}cm/秒となっており、非常に透水性の高い地質と想定された。

ルートの選定は、鴨川左岸堤防より河川を横断し、塩小路通り(市道)中央部を河原町交差点(国道24号)内までの区間である。鴨川横断については占用条件として、

① 河川の流心に直角横断。
② 橋梁の拡幅計画。
③ 橋台の影響。などのほかに工事の作業基地を含めて検討した結果、図１の平面図に示すルートに決定した。

２．工法の比較、検討

(1) 開削工法。
(2) 推進工法。
(3) シールド工法。

上記３案の工法が考えられるが、鴨川横断施工時期、市街地での交通の混雑、地域住民への工事公害などを考慮し検討の結果、透水係数の高い、大径礫が多いため逸泥の少ない切羽保持能力の高い泥漿式シールド工法を採用した。

したがって、施工は左岸の作業基地を発進坑として、右岸の橋台より上流側に向けて計画河床より５ｍの土かぶりを保ち鴨川を横断し、その後はＲ＝100ｍの急曲線で市道の中央部に入るまでレベルとする。

市道部から到達坑に向かっては28.9‰の上りこう配で施工し、国道部へ入る直前でレベルに戻す縦断ルートとした。

３．セグメントの選定

本工事においては、スチール、ダクタイル鋳鉄、コンクリートのうち、

(1) セグメント外径φ2000→小口径
(2) 加工性がよい。
(3) 安価。

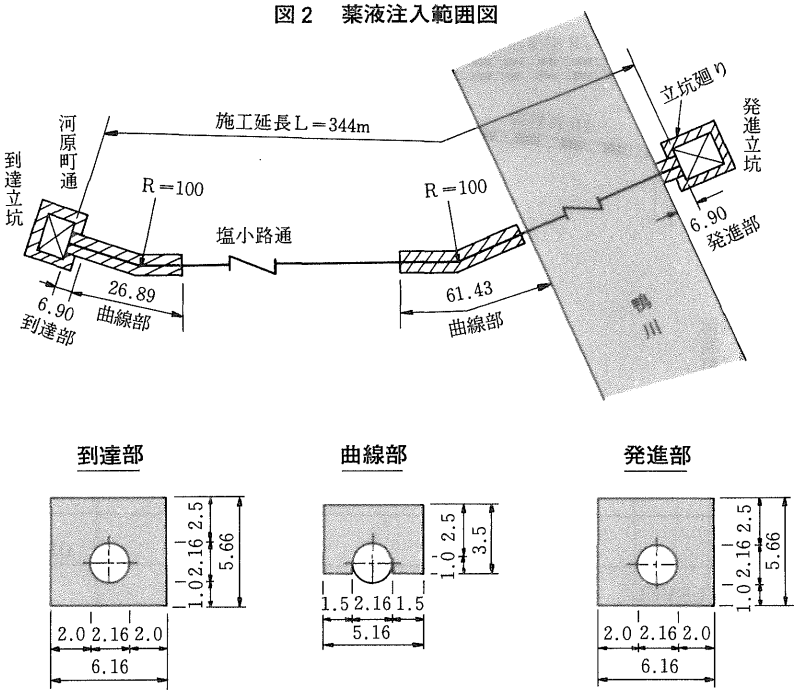
上記(1)～(3)の理由により、スチールセグメントを使用した。

４．地盤改良工

地盤改良工は、最小限範囲と急曲線掘進に供って切羽の自立に必要な範囲とした。

施工場所および断面は図２に示す。

図２　薬液注入範囲図



4．シールド内配管の検討

シールド内配管の設計にあたっては、

(1) 河川横断における地盤変動。

(2) シールド内配管での作業スペース。

(3) 曲線部配管。

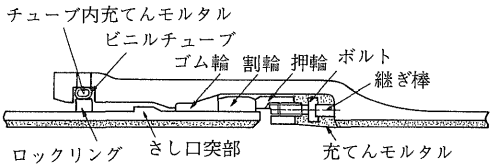
上記について種々検討した結果、US形継手ダクタイル管とした。

1．US形継手について

開削工事による埋設管には従来より耐震対策、地盤変動対策用継手としてS形、SⅡ形継手が多く使用されているが、今回採用したUS形継手はシールド内配管用として開発された内面接合、耐震継手である。

US形継手は伸縮、屈曲性があり、離脱防止機構を備えた継手である。

図3　US形継手の構造



2．特　長

(1) シールド内配管用継手であり、シールド断面が小さくできる。

(2) 耐震管路を構成し、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も適している。

(3) 曲げ配管が可能であり、シールドの屈曲に順応した配管ができる。

(4) 湿気の多い所での施工も可能であり、接合作業も安全である。

(5) 水密機構はU形継手そのものであり、高水圧に耐える。

(6) 伸縮、屈曲が可能であり、大きな抜け出し力に耐え、曲げの力に対してもある程度まで耐えることができる。

3．継手の基本性能

呼び径1000mmのUS形継手の基本性能は次の通りである。

(1) 伸縮余裕量：70mm/カ所

(2) 曲げ余裕量

設計、施工時の許容屈曲角：1°50′

地震時などの限界屈曲角：3°51′

(3) 抜け出し阻止力、耐圧縮力：300tf以上

(4) 抵抗曲げモーメント(曲げ剛性)：

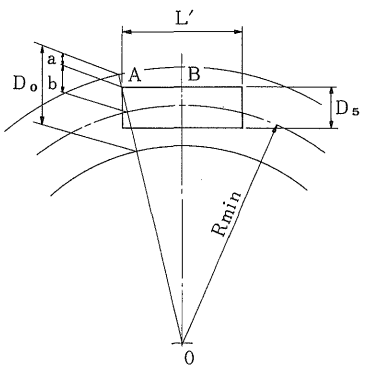
75tf・m

4．曲線部の配管検討

本工事では、配管ルートの制約から管路途中に曲率半径が100mの曲線部が2カ所あるため、当該部分について曲線配管の検討を行った。

(1) 直管の搬入可能なシールドの最小曲率半径 Rmin 計算の考え方を図4に示す。

図4



図中、

D_o：シールド内径　1850mm

D_5：管の受口外径　1183mm

L′：管の全長　6325mm

a：余裕間隙　20cm

b：$D_o/2-a$　70cm

計算式および計算結果

$$Rmin=\frac{(L'/2)^2+(D_5/2)^2-b^2}{2b-D_5}=45.4m$$

したがって、R＝100mであっても6mの直管が十分搬入可能である。

(2) 配管可能な管長：L

R＝100m部分の配管可能な管長計算の考え方を図5に示す。

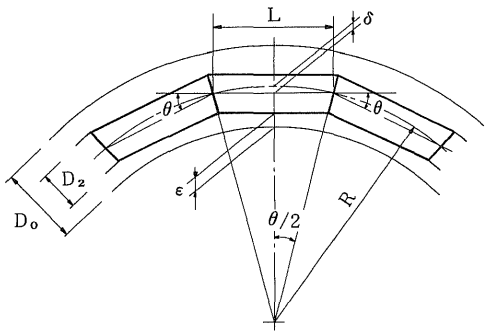
図中、

D_o：シールド内径　1850mm

D_2：管の実外径　1041mm

R：シールドの曲率半径　100m

図5



L：管の有効長

θ：継手の許容曲げ角度　1°50′

δ：シールド芯と管芯のずれ

ε：シールドと管の隙間

計算式と計算結果

$L = 2R\tan\theta/2 = 3.2\text{m}$

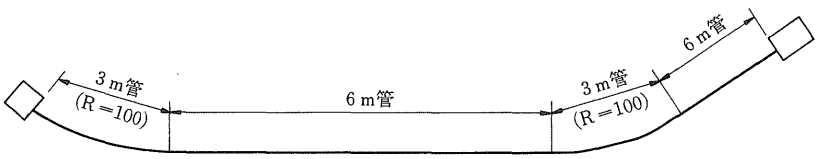
$\delta = R(1-\cos\theta/2) = 1.28\text{cm}$

$\varepsilon = 0.5(D_0 - D_2) - \delta = 36.67\text{cm}$

したがって、計算結果よりシールドの施工誤差を考慮して曲線部分には、管長L＝3.0mを使用することとした。

以上の検討の結果、本工事では図6に示すように直線部には6mの直管を、曲線部には3mの甲切管を使い分けて使用することに決定した。

図6



5．施　工

1．現地調査

土質調査は、河川氾濫原地帯の複雑な互層を的確に把握するために発進基地、鴨川右岸、到達立坑横の計3カ所を現場透水試験のほか土質調査を行い、後に水位、水質の観測孔として利用した。また、井戸調査は工事境界線より約300m範囲の用途、水位高、水質などの計測を実施した。

試掘工では、薬液注入時およびシールド掘進時において路面沈下などの影響を測定するため、埋設物の位置確認を行い、かつ沈下観測を行った。

2．発進立坑、作業基地

発進立坑は11.5m×10.5m×H－18.5mの大きさで、土留めは鋼矢板ＶＬ型 ℓ＝24.5mを使用した。鋼矢板の打設、引き抜きはプレボーリング、サイレントパイラーを使用した。支保工はH300×300～H502×475を使用し7段梁で施工した。

発進基地は鴨川左岸堤防横のため景観を損なうことのないよう万能塀で覆い、場内はアスファルト舗装をした。

写真2　発進立坑付近

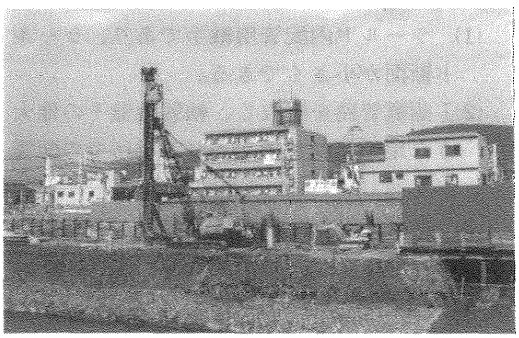
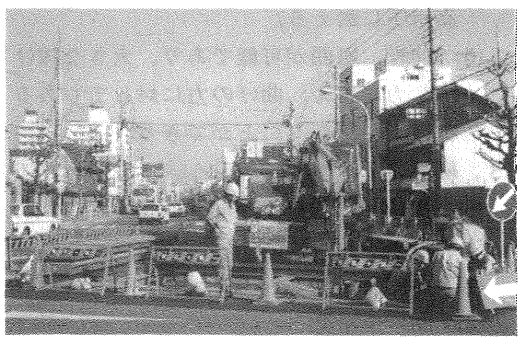


写真3　到達立坑付近



3．到達立坑

到達立坑は市街地道路の交差点に位置するため、ライナープレート矩形で4.0m×6.0m×H－11.0mとした。また、立坑上部は路面覆工を行い、夜間は路面の開放をした。

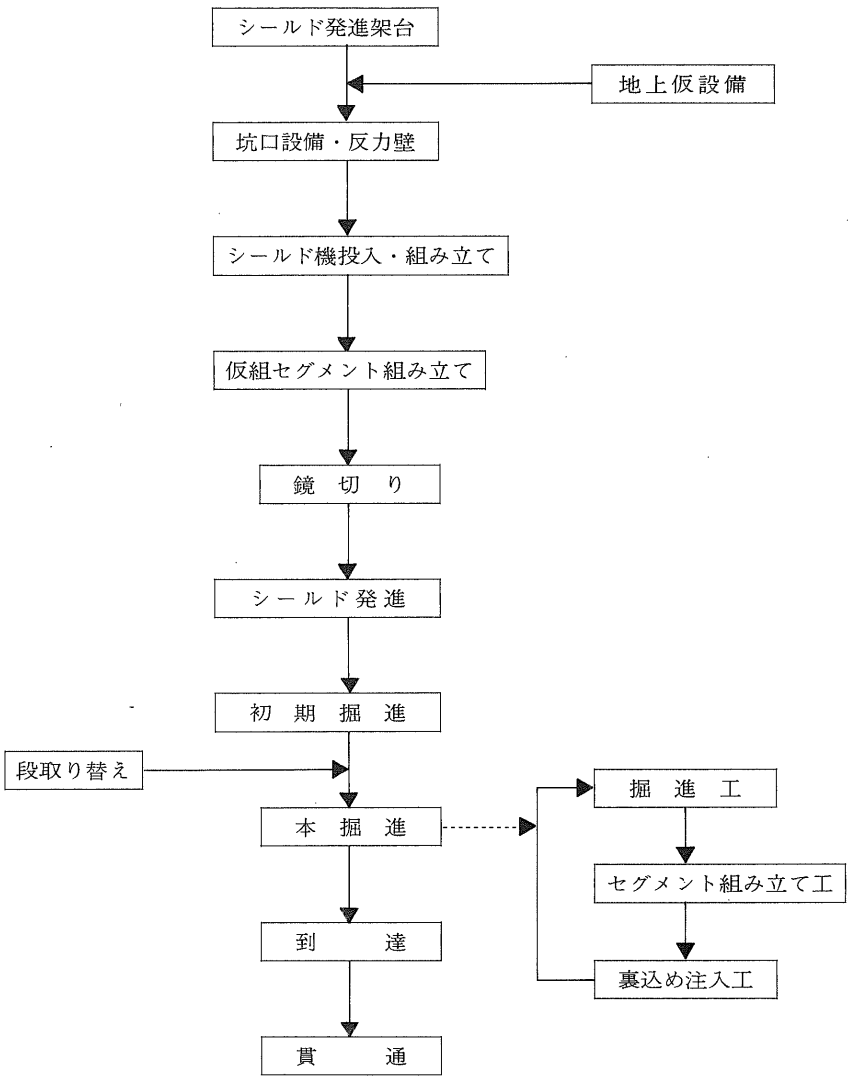
4．シールド工

シールドの施工フローを図7に示す。

(1) 初期掘進工

初期掘進長は、セグメントと地山との摩擦抵抗により必要長が決定されるが、当工事においては、後続設備などを考慮して50リング(ℓ＝37.5m)とした。

図7



初期掘進時の設備配置は、下記のように行った。

① シールド機のパワーユニットは立坑後部に設置し、本体との間は高圧油圧ホースを使用した。また、電気の制御盤も同一の場所に設置し、操作ケーブルで接続した。

② 掘削土砂の搬出は、バッテリーけん引車(2.5t＋鋼車)運搬方式とし、積み込みはシールド機のスクリューコンベ

写真４　発進坑内

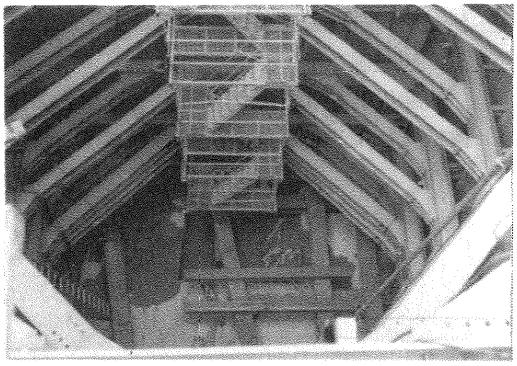
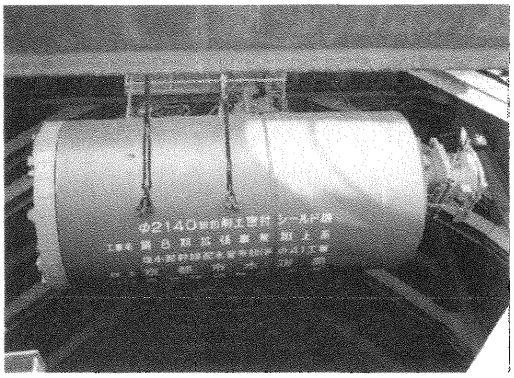


写真５　シールド機



アから平ベルトコンベアに受け、１㎥鋼車に積み込み、発進立坑で門型クレーンを使用して土砂ピットに投入した。

③　セグメントは、セグメント台車にて運搬したあと、人力にてエレクター下部へ引き込み、組み立てを行った。

④　掘進作業は、周辺環境界を考慮して昼間作業とした。初期掘進完了地点は鴨川横断の中間点に当たるため、本掘進への段取期間中および年末年始休暇中の切羽の保持には細心の注意を払った。

(2)　本掘進工

掘進土層は砂礫層主体であったが、上部はＮ値20程度のゆるい地層であるとともに、礫径もφ250程度の大礫も確認されており、透水係数も大きいため、チャンバー内の土圧の保持には細心の注意を払い管理を行った。

掘削排土された土砂はベルトコンベアで鋼車（１㎥）に積み込みバッテリーけん引車で立坑まで運搬し、立坑下土砂ピットに仮置した。

仮置した土砂は、門型クレーンに取り付けた油圧バケットで巻き上げ、立坑上の土砂ピットに処分した。

土砂の搬出は、0.4㎥級の油圧ショベルにて11トン級ダンプトラックに積み込み搬出処分した。

本掘進作業は昼夜間で行い、立坑内および地上での作業は昼間作業で行った。

特に地元住民への騒音、振動問題には注意を払い、土砂の搬出、セグメントの搬入は昼間作業で行い、夜間は立坑上部に防音シートで覆工を行った。

１日の掘進量は約５～６m（７～８リング）であった。

シールド掘進施工図を図８に示す。

５．シールド内配管準備工

(1)　施工方法

仕上がり内径1850㎜のシールド内に呼び径1000㎜のＵＳ形ダクタイル鋳鉄管を配管し、管とシールドの１次覆工（スチールセグメント）との間隙にエアーモルタルを充てんし、合わせて立坑内に垂直立ち上がり配管を行うものである。

施工フロー図を図９に示す。

(2)　シールド内点検、清掃

シールド坑内は、一次覆工完了後ただちにセグメントボルトの増締めおよび点検を行い、その後配管を施工するための中心線測量を行った。

坑内清掃にあたっては、裏込め注入残材などを人力でほぐし、鋼車にて処分のあとウォータージェットでセグメントの清掃を行った。

(3)　仮設備

①　軌条設備

軌条設備の概要は、下記に示す通りである。

- 軌条の高低差：4,822㎜
- 軌条延長：345m

図8　シールド掘進施工図

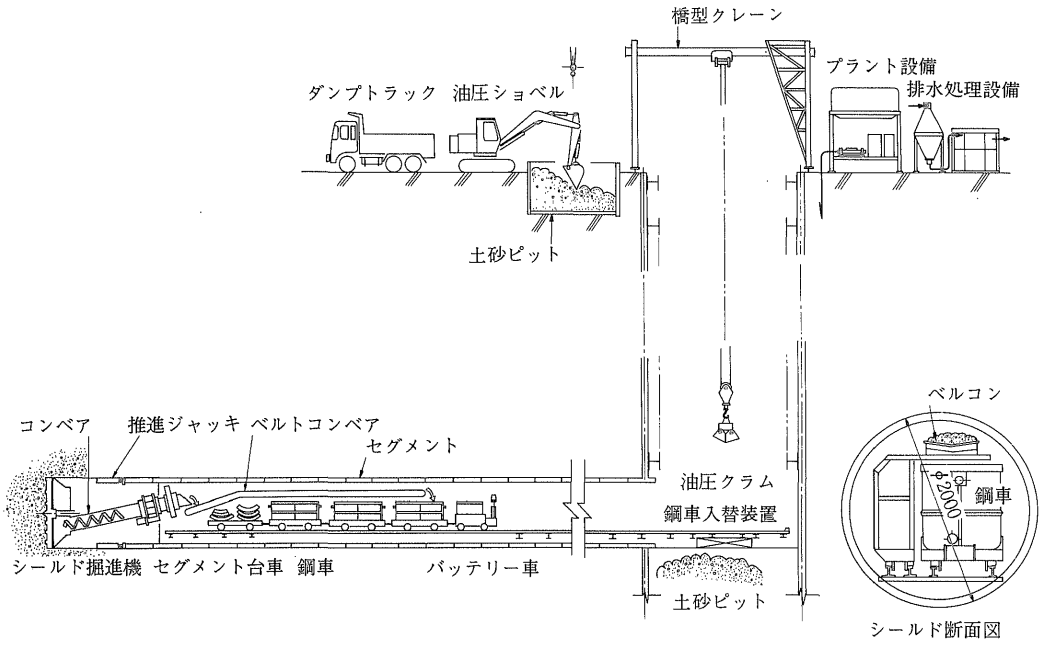
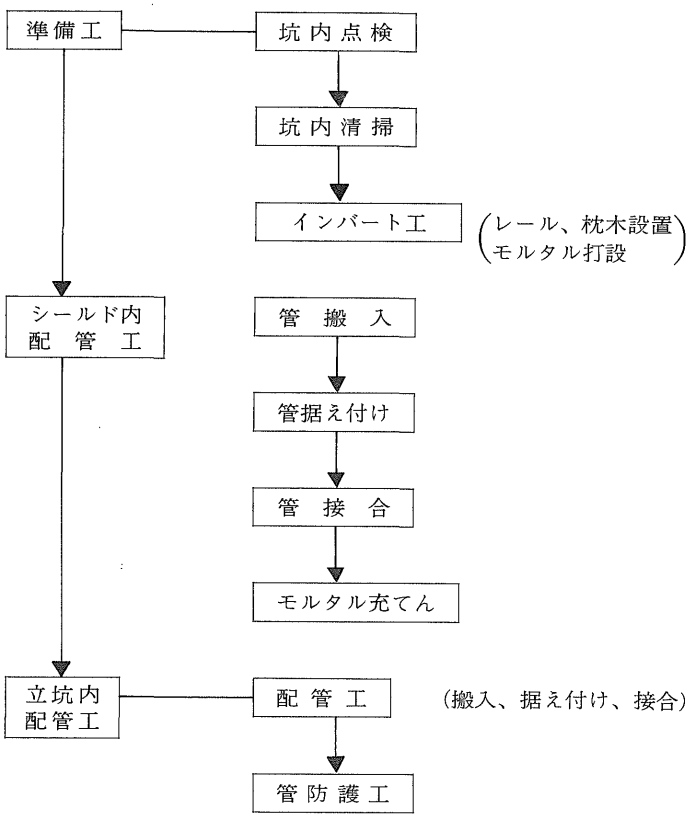


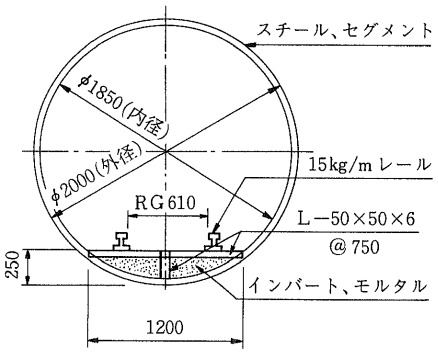
図9　施工フロー図



- 最小曲線半径：100m
- 最急こう配：28.9‰
- 軌　間：610mm
- 軌条重量：15kg/m

シールド内断面図は図10に示す。

図10



坑内清掃完了後、配管運搬用の軌条を設置し、枕木天端までモルタルを打設した。

インバートモルタルは表１の配合としたが、急こう配部分（S＝28.9‰）ではモルタルの硬化時間が遅く、天端仕上げが困難であるため凝結剤を使用した。

打設方法は、セグメントの裏込め注入時に使用した硬質塩化ビニル管（φ50）を使用し、到達側より順次施工を行った。

表１

インバートモルタル配合　1.0㎥当たり

材料名	セメント	粉末粘土	水
配合量	480kg	480kg	650kg

写真６　シールド内軌条設備状況

② 排水設備

坑内からの漏水は特に見られなかったが、シールド掘進時セグメントの清掃、中詰モルタル打設時の排水は立坑下に釜場を設け、３インチのポンプにて揚水を行った。

排水処理設備を図11に示す。

図11　排水設備フロー

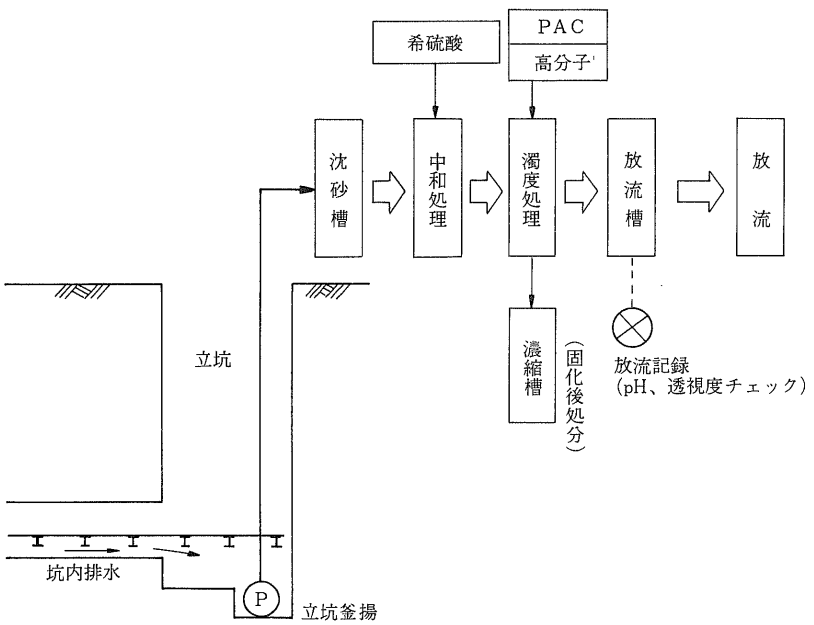
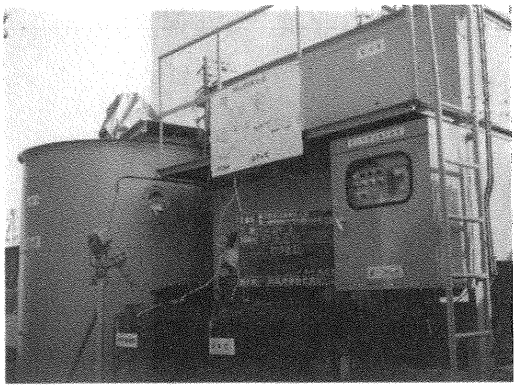


写真７　排水処理設備



６．シールド内配管工

(1)　管運搬、据え付け、接合要領

①　門型クレーン(2.8t吊り)により立坑下踊場まで管を吊り降ろし、立坑下に待機の運搬台車に載せ、バッテリーけん引車にて接合箇所へ運搬する。

運搬時にはゴム輪、割輪、押輪などの付属品も管の中に、ロックリングは受口溝内に収めて運搬する。

②　挿し口外面、受口内面はきれいに清掃をする。

③　ロックリングを挿し口外面の規定の位置に抱かせた状態でロックリング分割部の間隔を測定する。

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。チューブ端部は溝部のチューブ取り出し口から管外へ出す。

⑤　ロックリングを受口溝に預ける。

以上②～⑤までの作業を立坑下踊場で行った。

⑥　シールド内へバッテリーけん引車で搬入し、接合箇所へ到達したらセグメント金具に取り付けたチェンブロックにて管を吊り上げ高さ調整を行う。

⑦　チェンブロックで管を吊り上げた状態で、台車、レール、枕木の取り外ずし、撤去を行う。

⑧　受口に規定の胴付間隔(105mm)を得るために木製のディスタンスピースを置く。

⑨　挿し口外面、受口内面に滑剤を塗布する。

⑩　既設管に取り付けたレバーブロック、けん引車にて挿し口がディスタンスピースに当たるまでゆっくりと受口に挿し込む。

⑪　チェンブロック、レバーブロックを操作し、Ｔ定規、水準器などで微調整を行い、管の高さおよび中心線を合わせる。そして、ロックリングが挿し口に十分抱きついていることを隙間測定器具を使い確認する。

⑫　管の据え付けが完了すれば、管受台、キャンバーで固定し、横ぶれ防止のための切りばりをはめ込んで固定する。

⑬　ゴム輪に滑剤を塗布して挿し口に預ける。

⑭　割輪(３つ割)を下から順次挿入する。

⑮　押輪(４つ割)を下から順次挿入し、留め金具で固定する。

⑯　継ぎ棒を取り付け、締め付ける。

⑰　先にセットしたビニルチューブに手動ポンプにてモルタルを充てんする。

モルタルの配合は次の通り。

W	C	S	
1	2	0.7	(重量比)

チューブ内のエアーが完全に抜けたことを確認して、充てんを完了する。

写真８　管納入状況

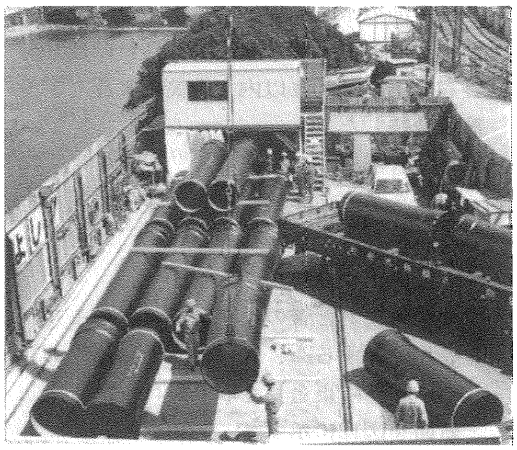


写真９　管搬入状況

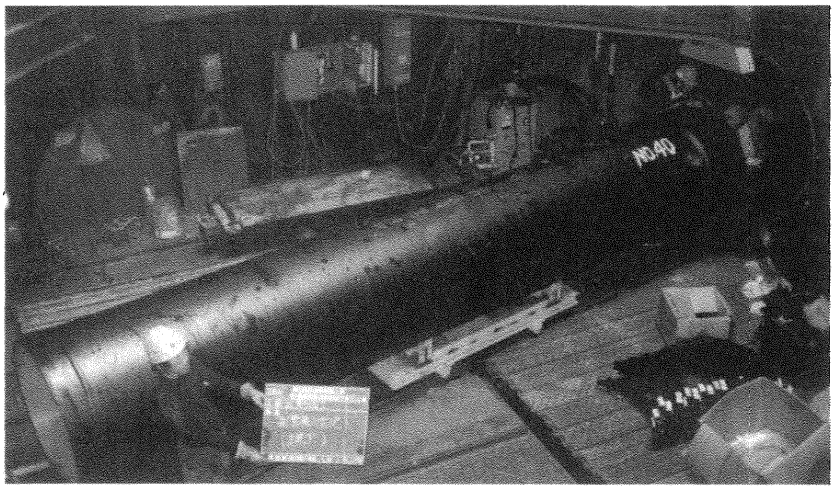
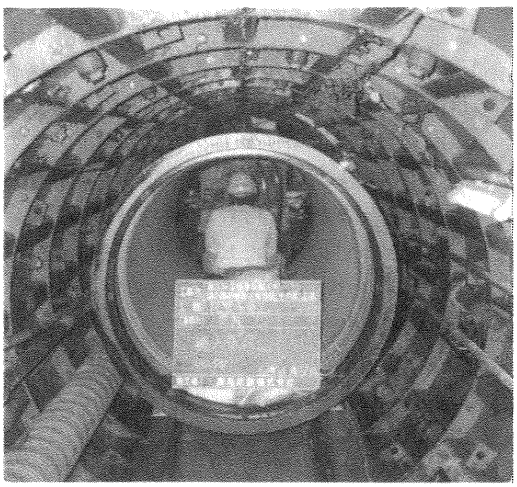


写真10　管搬入据え付け状況



(2)　接合部水圧試験

継手部の水圧試験はテストバンドを使用し、テスト水圧は３kgf/㎠、持続時間10分許容低下水圧20%以内で全箇所実施し、全箇所合格した。

(3)　接合部モルタル充てん

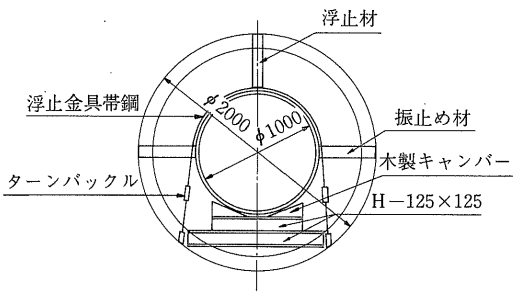
水圧テスト完了後、モルタル充てんを行った。

(4)　浮き上がり防止

セグメントと管のすき間にエアーモルタルを充てんする際、管に浮力が働くために浮き上がり防止金具を取り付けた。

断面を図12に示す。

図12　浮き上がり防止図



７．エアーモルタル充てん

シールドの１次覆工のセグメントと管との間に、エアーモルタルを充てんするものである。

また、継手構造の耐震性を損わないために、圧縮強度を10kgf/㎠程度に押さえた。

(1)　エアーモルタルの配合、物性を表２、３に示す。

表２　１㎥当たり配合

材料名	セメント	粉末粘土	起泡剤	水
配合量	240kg	240kg	2.4kg	330ℓ

表３　物　性

項目	エアー率	比　重	フロー値	一軸圧縮強度
				628日
数値	50％±2	0.83±0.02	20cm±2	10kgf/㎠程度

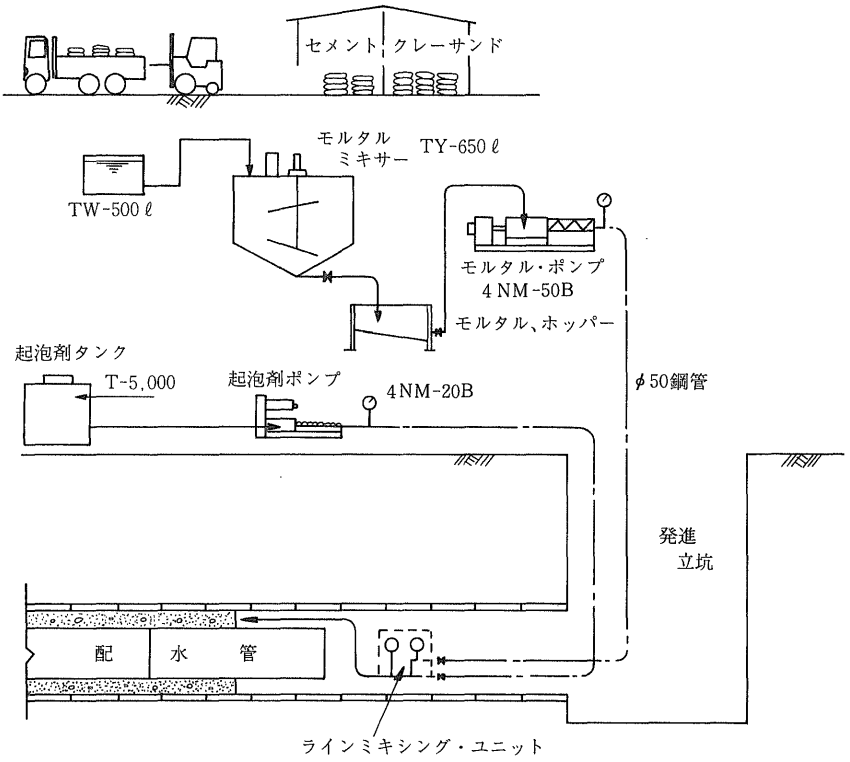
(2)　エアーモルタル注入設備

エアーモルタル注入用プラントは、作業

基地内に設置した。騒音などの地元環境を考慮して骨材、セメントのサイロ使用を断念し、セメントは袋詰を使用した。

材料を地上プラントで混練後、鋼管(φ50)にて坑内へ圧送を行った。注入設備を図13に示す。

図13　中詰モルタル注入設備



(3)　充てん方法

注入作業は約30mに区切って行い、1日の配管ペースが約5本(30m)となるので、翌日に中詰モルタルの施工を行った。打設方法は次の通り。

①　注入管(塩化ビニル管φ50)をセグメント天端に番線で固定する。注入管は2系統設置し、1系統は奥30mまで配管し、別の1系統は中間の15mまで配管する。

エアー抜きは、塩化ビニル管φ50を最上部に配管セットする。

②　エアーモルタルのせき止用として、土のうを管底部から8分程度積み上げる。

③　混練されたエアーモルタルを坑内で再度ラインミキシング装置を通して練直し注入する。

④　モルタル打設は奥から開始し、順次スパン中央部まで打ち進んだら注入管を切換えて連続して打設する。

⑤　モルタルが打設端部である程度上ってきた時点で、残りの土のうを積み完全に閉寒する。

⑥　再度、モルタル注入を行い、エアー抜きによりモルタルの溢出を確認して完了する。

断面図を図14に示す。

8．実施工程表

実施工程表を表4に示す。

表4　実施工程表

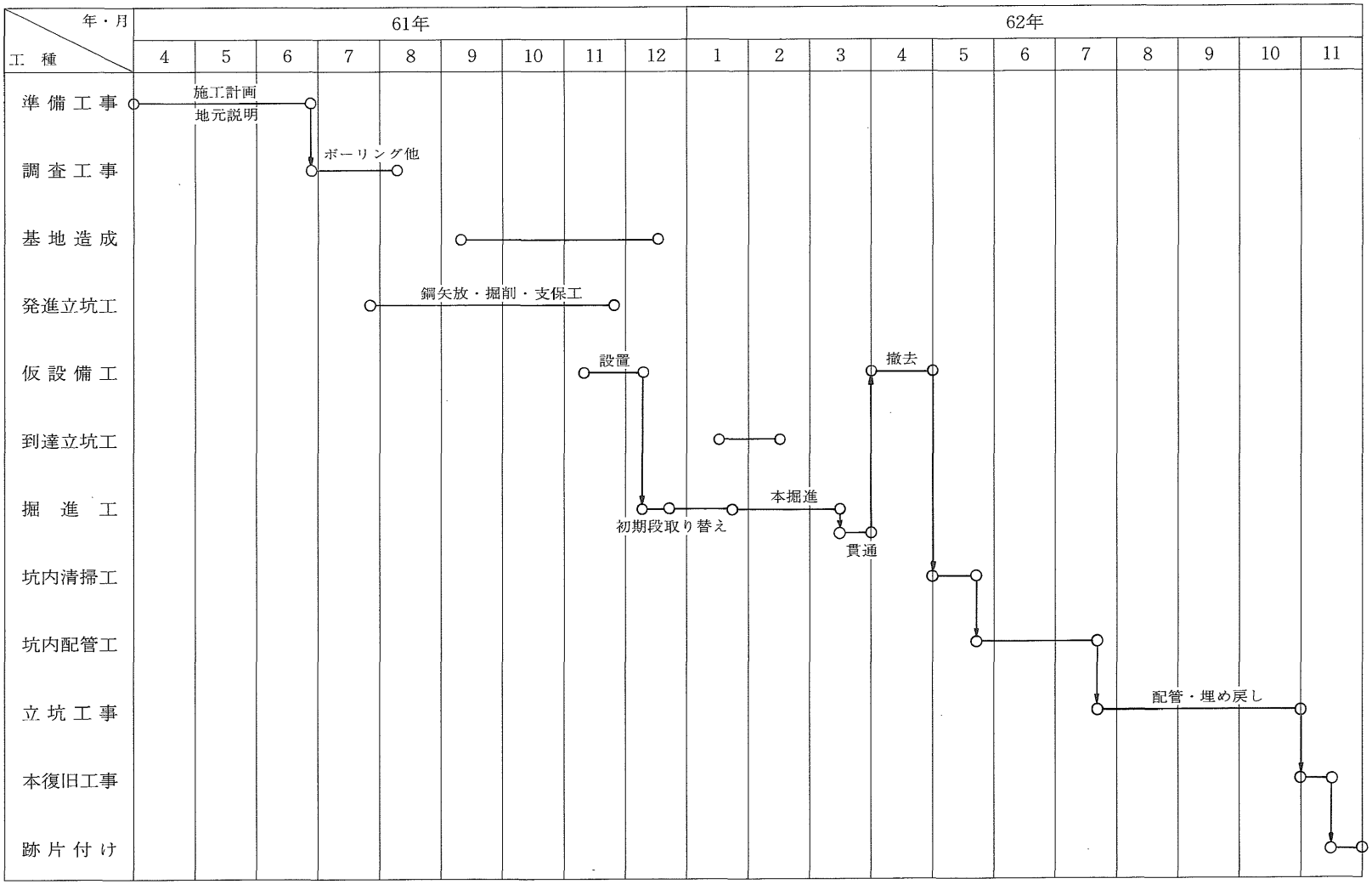
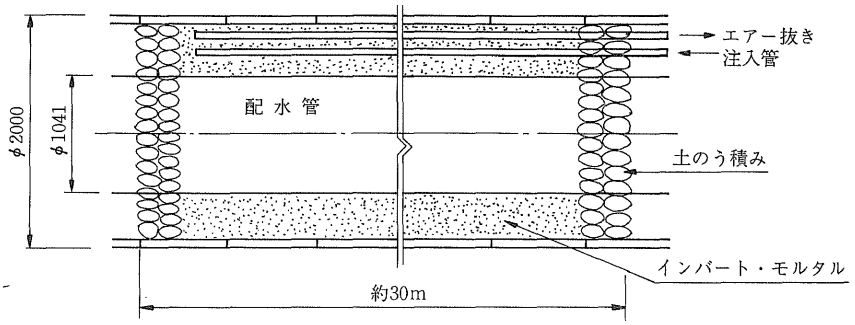
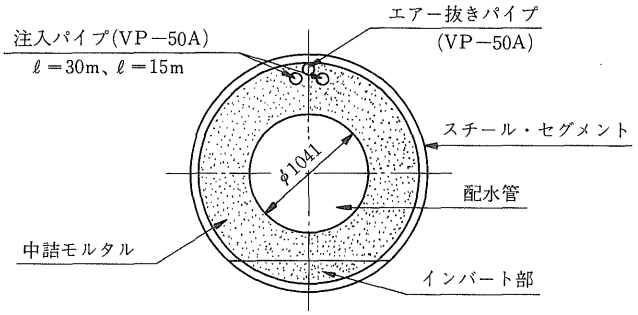

年・月
工　種
61年
62年
4
5
6
7
8
9
10
11
12
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
準備工事
施工計画
地元説明
調査工事
ボーリング他
基地造成
発進立坑工
鋼矢放・掘削・支保工
仮設備工
設置
撤去
到達立坑工
掘進工
本掘進
初期段取り替え
貫通
坑内清掃工
坑内配管工
立坑工事
配管・埋め戻し
本復旧工事
跡片付け

図14　断面図





6. おわりに

河川横断を含んだ市街地における急曲線こう配のあるシールド工法について工事概要を述べたが、限られた施工条件にもかかわらず順調に計画工程通り無事工事を完了することができた。

この資料が今後の市街地工事の参考になれば幸いである。

技術レポート 2

大口径ダクタイル管による送水トンネルの改修工事

横浜市水道局工事部設計課
課長　浅川勝彦

1．はじめに

横浜の水道は、昨年、近代水道として創設100周年を迎え、多くの方々のご協力をいただいて各種記念事業を無事終了し、101年目への第一歩を踏み出したところである。

この水道新世紀を歩み出すにあたって、本市では従来の導水施設・浄水施設・配水拠点などの各整備事業を集約して基幹施設整備事業と改め、従来からの配水管整備事業とともにライフラインとしての安定給水確保のためさらに計画的な施設の整備・拡充を進めることとした。

ここに紹介する送水トンネルのダクタイル管による改修工事は、配水拠点整備事業として昭和61年度より同62年度にかけて実施したものである。たまたま100周年を迎える年に完成を見た工事のひとつとなったが、類似工事の施工にあたり多少なりとも参考になれば幸いである。

2．送水トンネルの概要

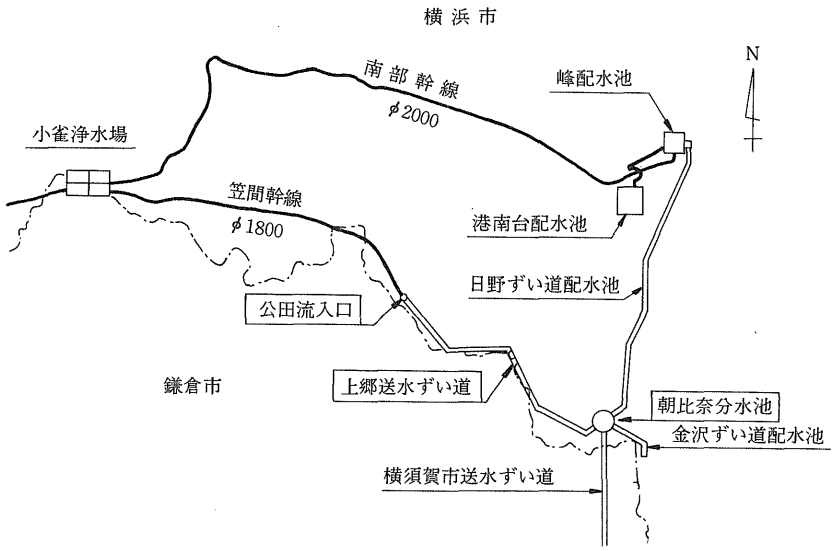
この送水トンネルは、本市と横須賀市との共同施設として、第６回拡張工事（馬入川取水事業）により小雀浄水場から横須賀市および本市の南部方面に日量48万3,900㎥を送水するため建設された施設の一部で「上郷送水ずい道」と呼び、昭和37年に完成した自由水面を有する無筋の水路トンネルである。

その位置は、本市の南西端、鎌倉市界にもあたり、標高80～120mの丘陵部を両市界の分水嶺を縫うような線形で縦貫している。

トンネルの上流は浄水場内配水池からの呼び径1800㎜の管路であり、トンネル入口には「公田(くでん)流入口」、下流出口には横須賀市ならびに本市の金沢区および港南区方面への分水地点として「朝比奈分水池」が設置されている。(図１参照)

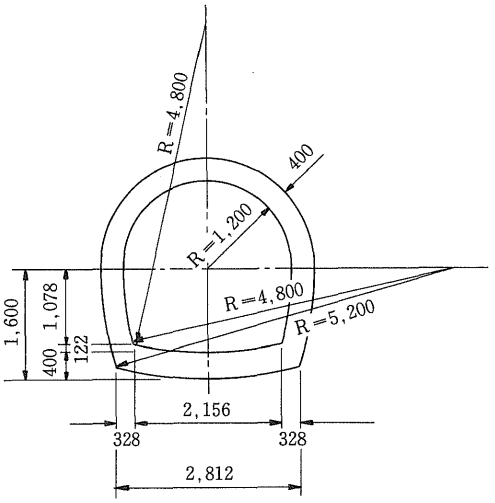
施工基面高は流入側62.0m、流出側59.6m、こう配は1/1,500で、内空断面は高さ2.4m、

図1　位置図



幅2.4mの馬てい形である。延長は3,755m、中間5カ所にR＝30mおよび35mの曲線部を有している。(図2、図3参照)

図2　断面図



地質的には、この地域は三浦半島北部丘陵地帯にあたり、当該地一帯の丘陵は新第3紀鮮新世より第4紀更新世前期(200万年～70万年前)に堆積した上総層群からなっている。トンネルの貫通する高さの地層は、火山岩滓(スコリヤ)や軽石を多量に含む凝灰質砂岩・泥質砂岩・砂質泥岩などにより形成される野島層を主体とし、その上位の凝灰質砂岩を挟む大船泥岩層に漸移する地域にあたる。

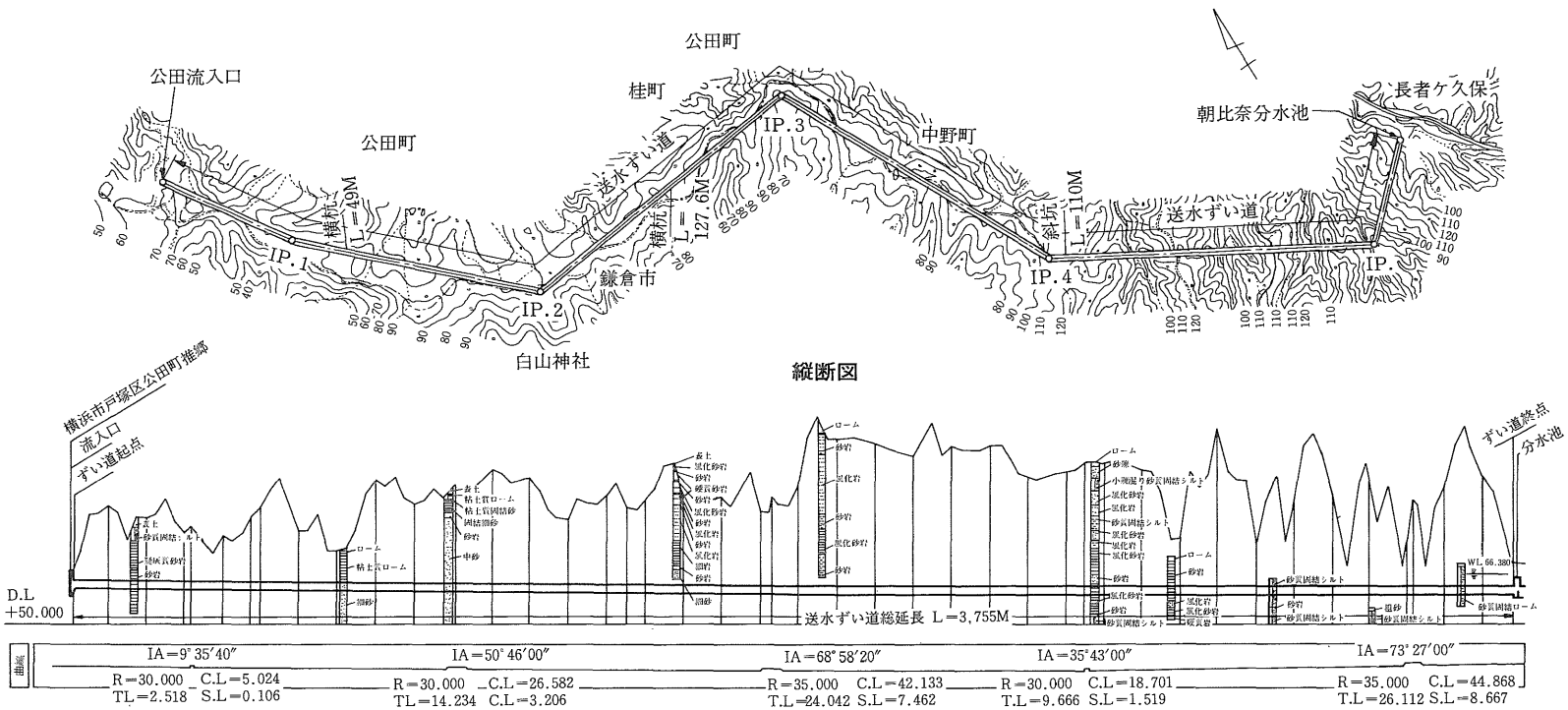
現在、トンネル路線の地表面は、流入口および分水池の近くは宅地などに造成され、中央部の大半の地域はゴルフ場として造成されている。残された地域は灌木林や畑などであるが、近くまで宅地化が進んでいる状況から開発される日も遠いことではないと思われる。

3．送水トンネルの改修

一般に地下深いトンネルは耐震性の面では安全側にあり、トンネルに変状を生ずる要因は構造や施工内容にもよるが、地質や地形・地層の構成状態に左右されることが多いといわれている。

トンネルが形体を保っているのは、覆工にかかわる土圧が応力として適正配分され、グランドアーチを形成し平衡を保っているわけである。したがって、トンネルに変状が生ずるということは、地質構成や地下水の影響によりトンネル周辺の地盤がトンネル施工時以降から変化し、平衡状態となるグランドアーチ形成の過程において覆工の断面方向または軸直方向になんらかの偏圧を及ぼすような場合と考えられる。地上部における造成工事な

図3 平面図


公田流入口
公田町
桂町
公田町
中野町
長者ケ久保
朝比奈分水池
送水ずい道
送水ずい道
横杭 L=49M
横杭 L=127.6M
斜坑 L=110M
IP.1
IP.2
IP.3
IP.4
IP.
鎌倉市
白山神社
縦断図
横浜市戸塚区公田町推郷
流入口
ずい道起点
ずい道終点
分水池
D.L
+50.000
送水ずい道総延長 L=3,755M
IA=9°35′40″
R=30.000 C.L=5.024
TL=2.518 S.L=0.106
IA=50°46′00″
R=30.000 C.L=26.582
TL=14.234 C.L=3.206
IA=68°58′20″
R=35.000 C.L=42.133
T.L=24.042 S.L=7.462
IA=35°43′00″
R=30.000 C.L=18.701
T.L=9.666 S.L=1.519
IA=73°27′00″
R=35.000 C.L=44.868
T.L=26.112 S.L=8.667

どについてもトンネルの土かぶりが少ない場合や、地質によっては無視することはできない。

一方、トンネルに変状が生じた場合は、その変状が安定したものか進行しているものかを判断することは容易ではない。特に水路トンネルのように常時内部を観察することができない施設は、これらの傾向を把握することもむつかしい状態にある。また、水を運ぶ施設においては、変状が生じた場合漏水や地下水の浸透を促す結果となり好ましいものではない。

このような観点から、当送水トンネルを改修するにあたっては、管理部門において過去の断水時に応急調査や補修を行った実績などを参考にし、今後の長期にわたる安定給水確保の上から、将来予想される水質汚染に対処するとともに覆工を補強し、併せて耐震性の向上をはかる施設として整備することとし、円形断面としての管路とすることとした。

水路トンネルを管路化することは、送水余裕量を少なくすることとなるが、当初計画の送水量が確保できる管径として検討した結果内径2000mmが必要であった。

4．内挿管の選定

内挿管の選定にあたっては、次のような条件をもって管体の種別を選定することとした。

(1) 送水必要流量を確保できる口径の管であるとともに、強度、耐久性、水密性、耐震性を兼ね備えた管体であること。

(2) トンネル延長は3,700m余りであるが、作業用立坑としては上流の公田流入口と下流の朝比奈分水池側との両端2カ所のみとする。

(3) トンネル内空断面と内挿管口径とのクリアランスは平均20cmほどであり、またトンネル路線には平面曲線（R＝30m、35m）が5カ所あるので、管体の搬入に支障のないこと。

(4) 主要送水路線であるため、内挿管工事は限られた工事期間内に完成できること。したがって、管布設(搬入、接合、検査)が迅速に安全に施工できること。

(5) 総合的に水路トンネル内の作業環境に適合した工法により、安全に経済的に施工できること。

以上のような条件をもとに、施工性・経済性・工事期間とに大別して検討を行った。

施工性の内容としては、管種の特性と接合部の検査の確実性、作業環境との適合性と安全性などについて行い、経済性については材料費・接合費・検査費などを含む施工費と、耐用年数や耐食性、維持管理の容易性などについて検討した。また、工事期間については2方向からの搬入・据え付け・接合・検査などの工程を、仮定の条件の中でサイクルタイムを設定し検討を行った。

この結果、総合的にU形ダクタイル管が本工事においては最適であることが確認された。特に、限られた空間と長距離の坑内において接合作業効率が高いこと、安全な作業環境が保持できること、接合部の検査確認が容易であり耐食上の安全度が高いこと、また、継手に可撓性や伸縮性があり、継手の再施工が管体を移動することなく施工できることなどは、経済性の面からも事後のトンネル覆工の変状などに対しても有利であると判断できるものであった。

ただし、呼び径2000mmのU形ダクタイル管は、受口部の外径が2,209mmあり、トンネル内径とのクリアランスが平均10cm弱となるため、現状のトンネル内の形状寸法など覆工の状態を具体的に調査し最終決定することとした。

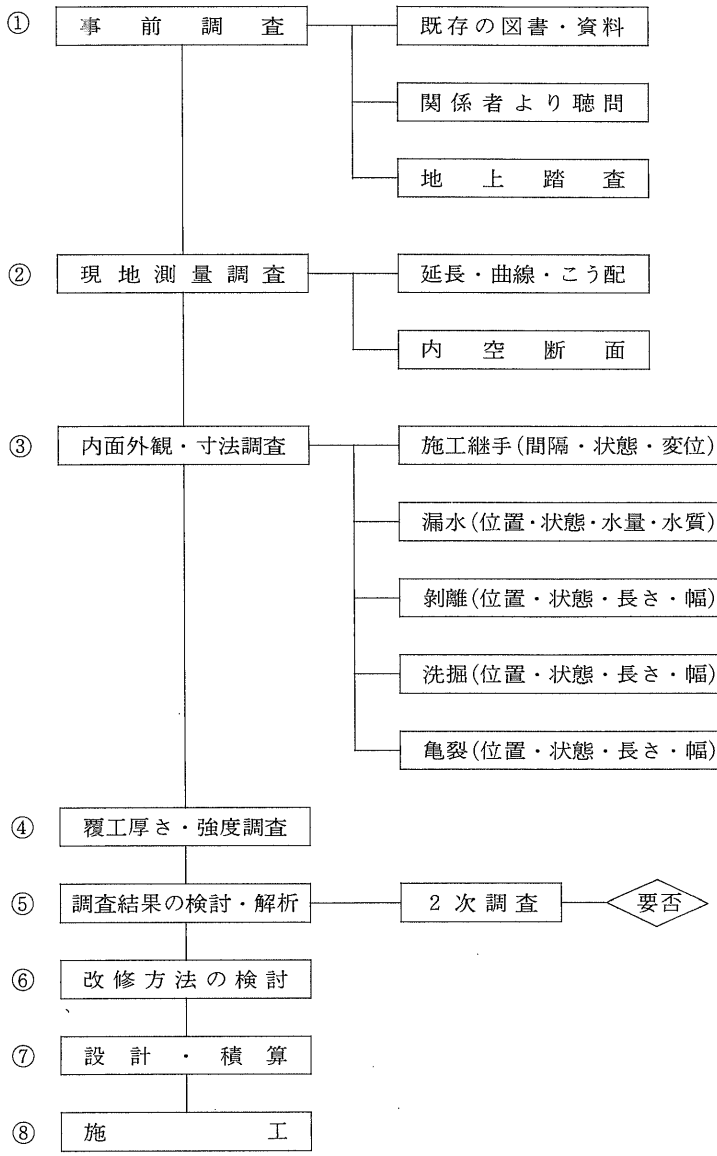
5．既設トンネルの調査

1．調査の手順

既設トンネルを調査し改修などの工事を施工する場合は、一般に表1のような手順で行われる。

表1各項のうち、①の調査は、まず現在保管されている工事完成図書などにより、トンネルの形状・寸法・線形・縦断こう配・立地条件・地質状況などを確認する。また、施工時の記録などがあれば施工方法・施工時の地山状態・湧水状況などを知るものである。次

表1　水路トンネルの調査手順



に管理記録などにより点検時の状況や今までの補修の経過などを確認する。さらに、設計・施工に携わった人、管理点検に携わった人などから考え方や実状を知り調査の参考にする。そして、これらの内容をもって現地の地上踏査を実施するというものである。

②、③および④の調査は、具体的な現場内調査であるが、これらの調査は一通りの調査を行い、その結果、問題が残れば2次的な精査を行う必要がある。

このうち④の覆工強度の調査は、シュミットハンマやコア採取、pHチェックなどにより行われるが、測定箇所については外観調査の内容などを参考にして、全延長に対し測定断面数を配分して定める。

コア採取が可能な場合は圧縮強度試験を行うが、さらに物性試験(中性化、配合など)についても一定の数量を定めて実施することが

望まれる。

覆工厚さの非破壊による探査方法には、打診音測定などによる比較的簡便な方法と、地中探査レーダーなどによる覆工外面の空隙の位置や大きさまでも測定する方法があるが、後者の方法は、費用や時間の面から２次調査の範囲に入るものと考えられる。

覆工の状態を精査するためには、トンネル軸方向に1～1.5m間隔で断面を設定し調査するが、一般的調査でも施工継手(打継ぎ)間隔に行った方がよいと思われる。

また、一断面については天端を基点として両方向に１m程度の間隔をもって測定点を設定し、前述のような打診音測定を行ったあとその結果に基づいて必要により地中探査レーダーなどによって覆工外面の空隙の状態を探査するが、この場合は縦・横とも0.5m程度のメッシュを設定し測定することとなる。

以上のような手順をもって調査を行い、その結果に基づいて対策工法を定め設計・積算に入るのが最良の方法と考えられるが、水道施設のように通常は内部に入れない運用中の施設を調査するには、思うような日程を取るのは不可能といってもよい。限られた日程の中で、所要の目的を安全にしかも確実に達成させるためには、綿密な計画を立て、必要な調査を段階的、連続的に進められるよう人員・機材の準備を整え、作業も24時間体制をもって適正な作業サイクルを設定し対応することが必要である。

２．事前調査

本トンネルの調査は、前述のように工事完成図による調査を行うとともに、当時の工事担当者および管理部門の担当者からの聞き取り調査を行った。その内容としては、トンネル掘削は流入口および分水池の両端坑口のほか、中間部に仮設の横坑および斜坑を３カ所設け、全区間を公田流入口側より４工区に分割して施工したのであるが、２工区の半ばあたりから下流は各所で出水に遭遇し、困難をきわめた現場であったとのことであり、支保工は鋼アーチ支保工を使用したこと。覆工コンクリートの打設は追め猫方式による人力施工であったこと。湧水の処理は覆工背面の側壁下部に集水管を布設し、インバート底部に木製の仮設排水溝を設けて行ったこと。また出水部の施工継手には止水板を用いたことなどが確認できた。

管理部門の担当者からは、昭和53年当時すでにトンネルに軽易な変状が生じており、止水工事を実施した経過があるということであった。

地上踏査の結果は、冒頭にも述べた通り流入口・分水池両端部分においては宅地などの造成により当初の地形と比較すると大分異なっていた。特に分水池側の解析谷と尾根とを縫うような地形部分はおおよそ90～100mの標高で造成されていた。また、ゴルフ場の地域についても同様に100～110mの標高で造成されていた。このような状況から、造成部においてはトンネルの土かぶりも相当に変わっていることが確認された。なお、谷合い部などの各所において見られた露頭からは野島層の凝灰質粗・細砂層や泥岩質層が比較的薄層の重なりであり、風化・浸食の状況からみて細砂層は比較的水に弱い層であることが推定された。

３．トンネル内調査

トンネル内の調査は、横須賀市の協力を得て冬期に水運用対策を講じ、延べ３日間の調査を実施することができた。ただし、調査中も緊急時は直ちに通水ができるような体制をとって行ったため、照明などの仮設設備も行わず十分な調査はできなかったが、次のような手順により一応の成果を得ることができた。

①　トンネル延長測定

トンネル基点より直線部は100m間隔、曲線部は５m間隔とし、測点をインバート中心に打ち、側壁標示を行って測定した。

②　管体実物大模型通過実験

呼び径2000mmＵ形ダクタイル管(管長４m)の実物大模型を流入口側のトンネル内で組み立て、全線にわたって通過実験を行った。(写真１参照)

実験の結果は、直線部において数箇所の接触部があったが、レール布設時にインバ

ートをはつりとれば通過可能であると判断された。

曲線部における接触部はなかった。

写真１

③　内空断面測定

内空断面の測定は、図４および写真２に示すような測定器具を作製して行った。

測定箇所は延長測定点と同じとし、模型通過実験により接触した部分は５m 間隔で測定した。

内空断面測定にあたっては、断面中のいずれの点を基点とするか検討を要したが、測定間隔の上からもトンネルの変状を計測できる内容ではないため、管外径とのクリアランスを確認することにとどめた。したがって、測定基点はアーチ天端部①とし、図５のR長の1.2mをとり、これをトンネル中心とし各点の実長を測定した。

図４　内空断面測定用定規

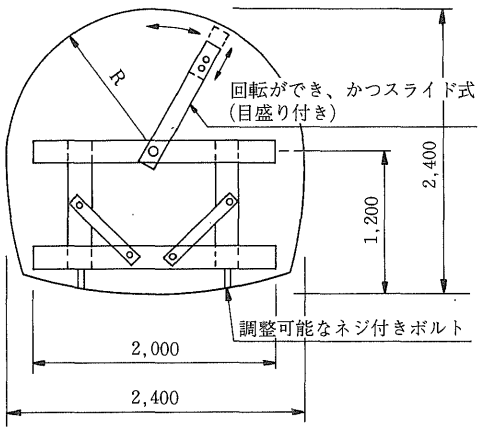
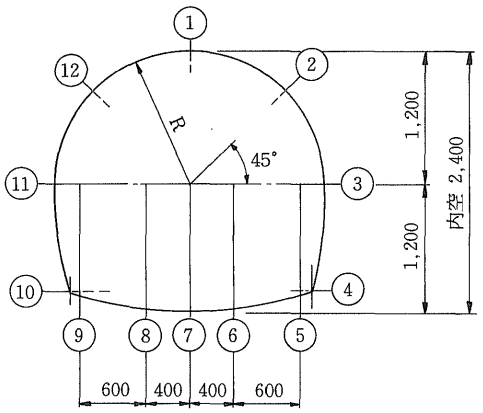


写真２

図５　内空断面測定点



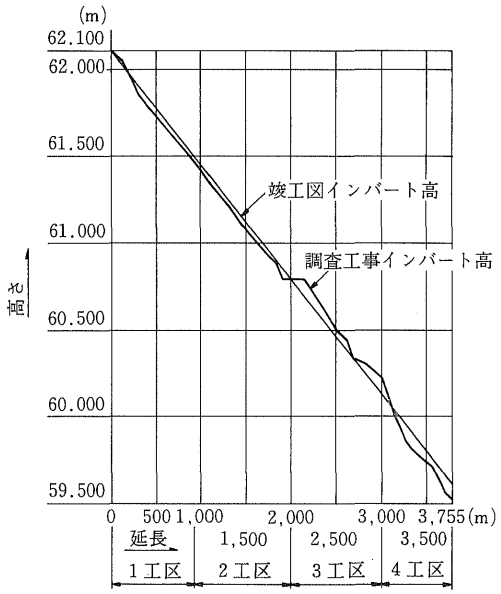
④　曲線部の測量

５カ所の曲線部については、延長測定時の５m 間隔の測点を基準としてトランシット測量を行い、この成果をもとに交角および曲率半径を算定した。

⑤　インバート縦断測量

延長測定の測点を対象に実施した。測定の成果を図６に示す。

図6　既設上郷ずい道インバート縦断測量図



⑥　内面外観調査

トンネル内面の外観調査は、写真撮影を重点に行った。調査内容としては、調査の手順で述べたように施工継手、漏水、剝離、洗掘、亀裂などを対象に異常のある箇所を撮影し記録した。

⑦　覆工面の強度測定

覆工面の強度測定は、シュミットハンマにより両側壁面は500mごとに、インバートは中央振り分けによる2点を100mごとに測定した。

シュミットハンマによる測定は、操作方法がその値に大きく影響するため、通常1点で20回以上打撃して特別な数値を除外した範囲の平均値をとるのであるが、時間の関係もあり実際には1点5回程度で測定することとなった。結果としては、100～260 kgf/㎠の範囲であった。

6. U形ダクタイル管の管種選定

1．管厚の安全検討

トンネルの調査結果をもとにしてU形ダクタイル管の管種選定を行った。

U形ダクタイル管の管種としては、次の3種を対象とした。

2種管　管厚 26.5mm

2.5種管　管厚 25.0mm

3種管　管厚 23.5mm

管種選定の計算は安全側にとってトンネル覆工を無視することとし、検討条件を次の通りとした。

以下に3種管を対象とした計算例を示す。

検討条件

呼び径　D＝2000mm（外径D_2＝2,061mm）

管　厚　T＝（3種管の場合23.5mm）

静水圧　Ps＝2.25kgf/㎠

（配水池から分水池流入管までの最大静水頭）

水撃圧　Pd＝2.25kgf/㎠

（最大静水頭が2.25kgf/㎠と少ないため「土地改良事業計画設計基準」より静水圧の100％とした。）

土かぶり　H＝60.6m

（管頂から地表面までの最大値）

土の内部摩擦角　ϕ＝40°とする。

土の単位体積重量　γ＝2.0tf/㎥とする。

管厚に対する検討

日本水道協会規格JWWA G 113・114のダクタイル管管厚計算式に準拠し、静水圧、水撃圧、土かぶりによる外圧が同時にかかるものとして管厚の安全性を検討することとした。

(1)　内圧により管に発生する引張り応力

次式により求めた。

$$\sigma_t=\frac{(1.25\cdot P_s+P_d)D}{2t}$$

ここに、

σ_t：内圧により発生する引張り応力（kgf/㎠）

P_s：静水圧（kgf/㎠）

P_d：水撃圧（kgf/㎠）

D：管呼び径（cm）

t：正味管厚（cm）

（鋳造公差として公称管厚Tの10％および腐食代2mmを差し引くものとする。）

$$t=\frac{T}{1.1}-0.2$$

3種管において

$$t=\frac{2.35}{1.1}-0.2=1.936\,(cm)$$

$$\sigma_t=\frac{(1.25\times2.25+2.25)\times200}{2\times1.936}$$

$$=261.49\,(kgf/cm^2)$$

表2に計算結果をまとめる。

表2

	2種管	2.5種管	3種管
T (cm)	2.65	2.50	2.35
t (cm)	2.209	2.073	1.936
σt (kgf/cm²)	229.18	244.21	261.49

(2) 外圧により管に発生する曲げ応力

外圧として作用する土圧は図7に示すような荷重分布とし、最大曲げモーメントによる応力は次式により求めることができる。

$$\sigma_b=\frac{6\,(K_f\cdot W_f)R^2}{t^2}$$

ここに、

σ_b：外圧により発生する曲げ応力 (kgf/cm²)

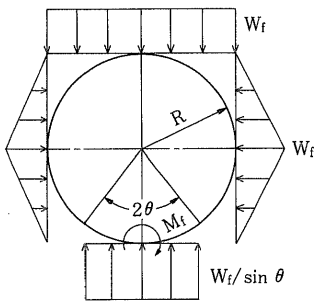
t：正味管厚

K_f：管底の支持角2θにより定まる係数
（$2\theta=90°$とすると$K_f=0.160$）

W_f：鉛直土圧 (kgf/cm²)

R：管外径半径 (cm)

図7　土かぶりによる荷重分布



① 鉛直土圧の算定

土かぶりによる土圧は、テルツァーギの緩み土圧による計算法を用いると、

$$W_f=\gamma\cdot h_o=\frac{\gamma\cdot B_1}{K\tan\phi}\left(1-e^{-K\tan\phi\frac{H_1}{B_1}}\right)$$

ここに、

K：テルツァーギ係数 (K=1とする)

$$B_1=B_o+h_1\tan\left(45°-\frac{\phi}{2}\right)\quad(m)$$

$$B_o=\gamma_o\cos\left(45°-\frac{\phi}{2}\right)\quad(m)$$

$$h_1=\gamma_o\left\{1+\sin\left(45°-\frac{\phi}{2}\right)\right\}\quad(m)$$

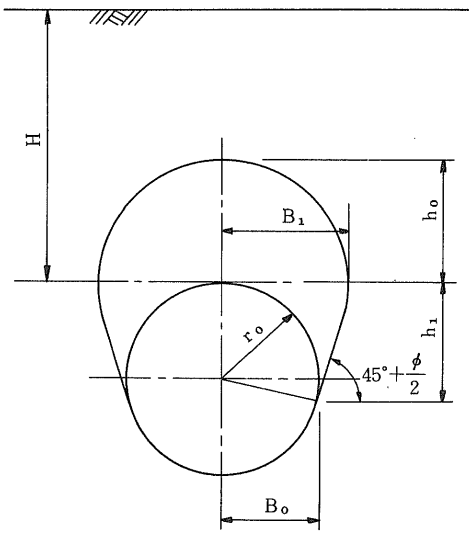
したがって、

$$h_o=\frac{B_1}{K\tan\phi}\left(1-e^{-K\tan\phi\frac{H}{B_1}}\right)\quad(m)$$

上式より、

$h_o=1.926\,(m)\quad(0.934D_2)$

図8　土のアーチ作用による緩み高さ



しかし、シールド工事用標準セグメントの計算においては、緩み高さがセグメント外径の2倍以下の場合は、セグメント外径の2倍の緩み高さをとることとしている。本検討もこれを適用し、

$h_o=2\cdot D_2=2\times2.061=4.122\,(m)$

として計算することとした。

以上から鉛直土圧は、

$W_f = \gamma \cdot h_o$

$= 2.0 \times 10^{-3} \times 412.2$

$= 0.824 (kgf/cm^2)$

② 曲げ応力の算定

外圧により発生する曲げ応力は3種管において、

$$\sigma_b = \frac{6 \times (0.160 \times 0.824) \times (103.05)^2}{(1.936)^2}$$

$= 2,241.2 (kgf/cm^2)$

表3に計算結果をまとめる。

表3

	2種管	2.5種管	3種管
σ_b (kgf/cm²)	1,721.5	1,954.8	2,241.2

(3) 合計応力の算定

以上により合計応力を求めると、内圧による引張り応力と外圧による換算引張り応力（σ_bは曲げ応力であるため引張り応力に換算するため0.7を乗ずる）とを加えることにより求められる。

$\sigma = \sigma_t + 0.7\sigma_b$

σ：合計応力 (kgf/cm²)

したがって、

$\sigma = 261.49 + 0.7 \times 2,241.21$

$= 1,830.34$ (kgf/cm²)

表4に計算結果をまとめる。

表4

	2種管	2.5種管	3種管
σ (kgf/cm²)	1,434.22	1,612.6	1,830.34

(4) 安全率

安全率を検討すると、

$S_f = S/\sigma$

ここに、

S_f：安全率

S：ダクタイル鋳鉄の引張り強さ (4,200kgf/cm²)

σ：合計発生応力 (kgf/cm²)

したがって、

$$S_f = \frac{4,200}{1,830.3} = 2.29 > 2.0$$

以上の計算結果より、内外圧に対する安全率は3種管においても2.0以上となり安全である。表5に計算結果をまとめる。

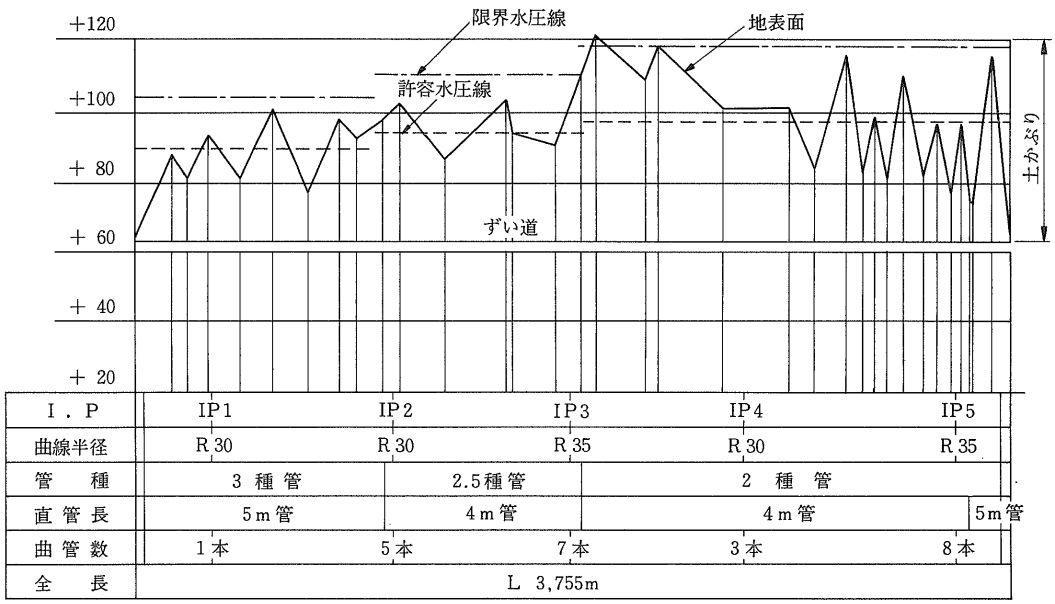
表5

	2種管	2.5種管	3種管
S_f	2.93	2.60	2.29

2．区間別の管種選定

前記の管厚検討の計算結果より、当トンネ

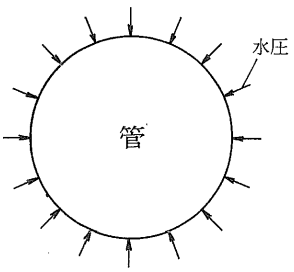
図9　管種の選定と配管計画



ルのように十分な土かぶりを有するトンネルに内挿するダクタイル管は、3種管でも安全であることが確認された。しかし、調査結果などから地下水位が高いことが想定されたため、トンネル路線の縦断図より標高に応じた水圧がかかるものとして、座屈検討における計算結果をもとに区間別の管種選定を行うこととした。(図9参照)

座屈に対する検討

前項の管厚計算式とは別に、管体に地下水圧が直接全周に作用するものと仮定して検討する。



水門鉄管技術基準の座屈応力式を用い、各管種に対する許容外圧を求める。

$$P_k = \frac{2E}{1-\nu^2} \cdot \left(\frac{t}{D_2}\right)^3$$

ここに、

P_k：限界座屈圧力 (kgf/cm²)

E：管材の弾性係数(1.6×10^6kgf/cm²)

ν：管材のポアソン比 (0.285)

t：管　厚 (cm)

(ただし、公称管厚から鋳造公差を差し引いたものとする。)

D_2：管外径 (cm)

3種管において、

$$P_k = \frac{2\times1.6\times10^6}{1-0.285^2} \times \left(\frac{2.136}{206.1}\right)^3$$

$$= 3.877 \text{(kgf/cm}^2\text{)}$$

許容外圧は、

$$P = \frac{P_k}{1.5} = 2.58 \text{(kgf/cm}^2\text{)}$$

(安全率を1.5とする)

表6に計算結果をまとめる。

表6

	2種管	2.5種管	3種管
P_k (kgf/cm²)	5.562	4.670	3.877
P (kgf/cm²)	3.71	3.11	2.58

7．配管計画

配管計画の基本は、トンネル曲線部の曲管の選定と曲線部を通過できる管長の決定である。

曲管については、特殊曲管を製作する必要も生ずることから同一曲がり角の曲管を用いることを検討した。

この結果、10°曲管（管心長は11¼°曲管と同じ)を4m直管の間に交互に使用すれば各曲線部の布設が可能であることを確認した。また、布設計画はトンネル延長のほぼ中央に大きい曲線部があることから、ここを分割点として乙切管を挿入し、両坑口に向かって布設することとして管長の検討を行った。

この結果、公田坑口側についてはI．P2の曲線部から下流は4m管、上流は5m管とすることとし、朝比奈分水池側についてはI．P5の曲線部通過が4m管でなければできないため、I．P 5までは4m管を使用し、坑口部分は5m管を使用した。(図9参照)

8．管搬入計画

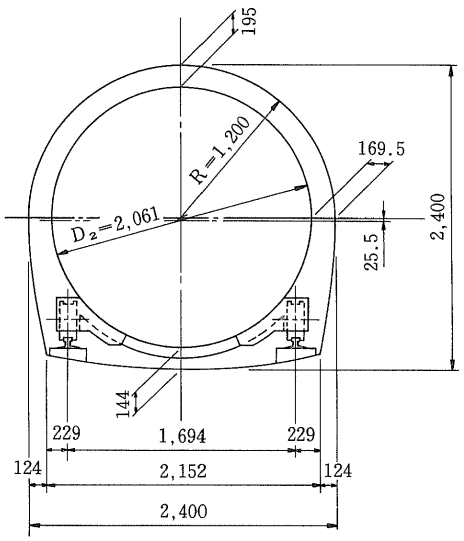
トンネルと管外径とのクリアランスが少ないため、管搬入は広軌条の特殊台車を用いることとした。

この台車の特徴は、円形の管を搬入することからトンネルのインバートを有効に利用できるようにし、荷台に弯曲を持たせ、レール面より荷台中央部を低くするとともに、車軸部を管径内に収まる範囲で最大限に広げたことと、管芯合わせができる油圧ジャッキ4基を装備していることである。また、曲率半径30、35mのカーブ走行を考慮し台車の長さも短くしている。さらに、枕木については鋼板を曲げ加工して、これにレール受台を水平に保つ金物を溶接するとともに、レール取り

付け、取りはずしを容易にし、レールゲージが一定に保たれるよう締結金具をセットしている。

なお、牽引用のバッテリーカーについてもこのレールゲージに合わせ車軸の改良を行うなど、施工の迅速性と作業の簡素化をはかっている。(図10参照)

図10　特殊台車および鋼製枕木



9．管周充てん時における各種検討

管体の据え付け後は、トンネル内周との空隙部を所要材料を用いて充てんし、管体の保持をはかることとした。

したがって、この充てん材料と施工時における管体への影響について次の事項を検討した。

(1)　曲管に働く不平均力と充てん材料の強度について。

(2)　充てん材料による浮力と浮力防止措置による管体のたわみについて。

(3)　充てん圧力による管体の座屈について。

(1)について、

不平均力については使用予定の10°曲管を対象に算定し、側壁に作用する圧力を求めた。

検討条件

管口径　2000mm

水　圧　4.5kgf/cm²

（最大静水頭が2.25kgf/cm²と少ないため水撃圧は静水圧の100%とした。）

不平均力は次式により求めた。

$P=2\cdot P\cdot A\cdot \sin\phi$

ここに、

P：水　　圧（kgf/cm²）

A：管内断面積（cm²）

ϕ：曲管中心角の½（°）

上式より、

$P=2\times4.5\times\frac{1}{4}\times\pi\times200^2\times\sin10°/2$

$=24,642.7$(kgf)

側壁に作用する応力は、

$P_1=P/A_1$

ここに、

P：不平均力（kgf）

A_1：曲管長投影面積(L×h)(cm²)

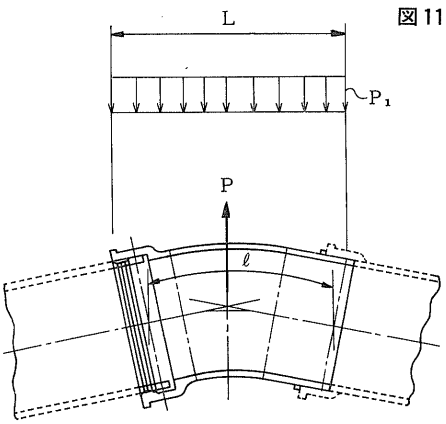
（図11に示すように90°の範囲とした）

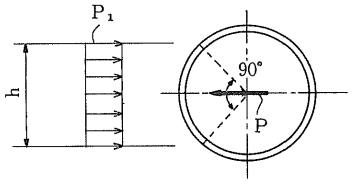
上式より、

$P_1=24,642.7/166.0\times145.7$

$=1.02$(kgf/cm²)

図11





以上の計算結果から、不平均力による側面圧力は1.5kgf/㎠程度であり、一般に使用される充てん材の強度(４週材令で地山強度相当)からみても問題のない圧力であることが確認された。

(2)について、

充てん材は基本的にはエアミルクを主体として考えたが、トンネルの調査結果からみて現場の状況に応じた対策が必要となることが想定されたため、予想される充てん材の種別ごとに管に作用する浮力を算定し、浮き上がり防止材の構造を定め、また、管のたわみ量を検算した。

①　検討条件

管体の重量　W_p=7,310kgf/本

(呼び径2000mmU形３種管 L=5.0m)

管　外　径　D_2=2,061mm

管材の弾性係数　$E=1.6\times10^6$kgf/㎠

充てん材の比重　S_g

S_g=0.7(エアミルクの場合とする)

=1.5(エアモルタルの場合とする)

=2.2(モルタルの場合とする)

②　管に作用する浮力の計算

充てん材により管に作用する浮力は次式により求める。

$P=W_w-W_p$

ここに、

W_p：管体の重量 (kgf/本)

W_w：充てん材による浮力 (kgf/本)

$=A\cdot L\cdot S_g$

A：管外径断面積

L：管　長

S_g：充てん材の比重

表７に計算結果をまとめる。

表７

管　種	２　種　管		2.5種管	３種管
管長	４ｍ管	５ｍ管	４ｍ管	５ｍ管
W_P kgf/本	6,532	7,970	6,262	7,310
W_{w_1} kgf/本	9,341	11,677	9,341	11,677
W_{w_2} kgf/本	20,017	25,021	20,017	25,021
W_{w_3} kgf/本	29,358	36,698	29,358	36,698
P_1 kgf/本	2,809	3,707	3,079	4,367
P_2 kgf/本	13,485	17,051	13,755	17,711
P_3 kgf/本	22,826	28,728	23,096	29,388

備考　表中WwおよびPにつけられた番号１、２、３は、それぞれエアミルク、エアモルタル、モルタルの場合を示す。

上表のように管体に作用する浮力は、エアモルタルおよびモルタルの場合大きい数値となるため、これらモルタル類の充てんにあたっては２回打ちすることとして再計算する。

$P=W_w-W_p$

$W_w=1/2A\cdot L\cdot S_g$

計算結果は表８にまとめる。

表８

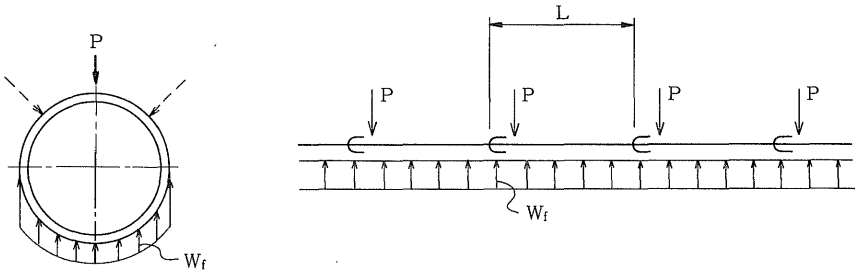
管　種	２　種　管		2.5種管	３種管
	４ｍ管	５ｍ管	４ｍ管	５ｍ管
W_{w_2} kgf/本	10,009	12,511	10,009	12,511
W_{w_3} kgf/本	14,679	18,349	14,679	18,349
P_2 kgf/本	3,477	4,541	3,747	5,201
P_3 kgf/本	8,147	10,379	8,417	11,039

③　管体のたわみ量の検算

管周充てん時の浮力による管体のたわみ量を検討する。

管に作用する浮力を図12のように等分布荷重と考え、浮き上がり防止材は管頂点1カ所で点支持するものとして検算する。

図12



管体に作用する浮力(W_f)は、上図のように作用すると考え、管のたわみ量を算出する。

この場合の管のたわみ量は次式により求める。

$$\delta = \alpha \cdot \frac{W_f \cdot R^4}{E \cdot I} \cdot K$$

ここに、

W_f：管に作用する浮力
$=P/D_2 \cdot L$

R：管外径の半径$=\frac{1}{2} \cdot D_2$

I：管の慣性モーメント$=K \cdot t^3/12$
（ただし、tは公称管厚より鋳造公差を差し引いたものとする。）

α：係　数
$=0.166$（Castiglianoの定理より誘導）

K：呼び径2000mmダクタイル管の線荷重で1点支持の場合のたわみ集中係数を適用する。（実験データに基づく）$\geqq 1.66$

上式による計算結果を表9にまとめる。

表9

管　種	2　種　管		2.5種管	3種管
管長	4m管	5m管	4m管	5m管
W_{f_1} (kgf/cm²)	0.034	0.036	0.037	0.042
W_{f_2} (kgf/cm²)	0.042	0.044	0.045	0.050
W_{f_3} (kgf/cm²)	0.099	0.101	0.102	0.107
I　(cm⁴)	1.131		0.949	0.788
R　(cm)	103.05			
δ_1　(cm)	0.58	0.62	0.76	1.04
δ_2　(cm)	0.72	0.76	0.92	1.23
δ_3　(cm)	1.70	1.73	2.09	2.64

備考　W_fおよびσに付けられた番号1、2、3は、それぞれエアミルク、エアモルタル、モルタルとする。
W_{f_2}、W_{f_3}およびδ_2、δ_3の値は半断面充てん時の値である。

許容たわみ量を管内面のモルタルライニングの付着性から管呼び径の3％以下とすると、

$\delta max = 200 \times 3/100 = 6$ (cm)

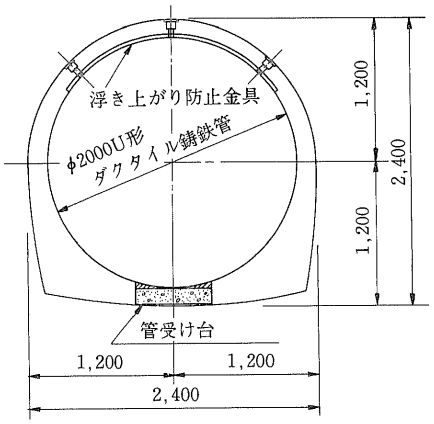
となる。したがっていずれの充てん材を用いても許容値以下となり、管体については1点支持でも安全である。

④　浮き上がり防止金具

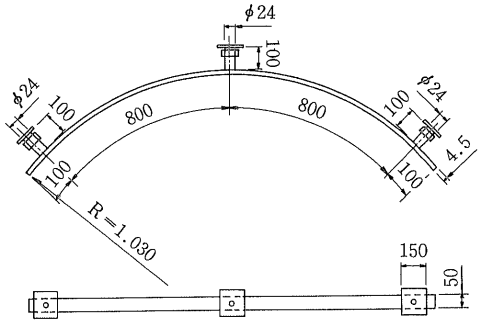
以上の計算結果のように、エアミルクに

ついては１回の充てん、モルタル類については２回の充てんを行うこととし、浮き上がり防止材は図13に示すように覆工面の強度についても考慮して３点支持の金具を用いることとした。

図13
ずい道内配管断面図



浮き上がり防止金具図



(3)について、

充てん材の注入時における管体の安全性については、外圧による限界座屈圧力が６項２の「座屈に対する検討」において検討済みであり、十分に安全である。

10．管の運搬と坑内搬入

管は現地受け取りを条件としているが、呼び径2000mmという荷姿の大きいものであるため、製造工場近くから船便によって横須賀市内の工場用地を借用して陸揚げされた。

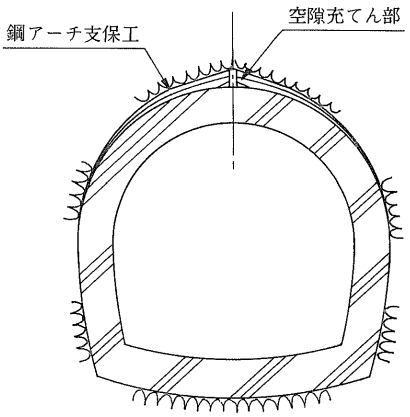
この地よりの運搬経路については、主要道路は特に問題はなかったが、住宅地内道路を通過する上流側立坑地点への通路については、地域住民の了解を得、また、関係官公庁への届け出を行って適所に監視員を配置して対応した。ロングボデーの11トン車に積載できたのは直管で１本、異形管では２本であった。

坑内搬入にあたっては、両立坑ともそれぞれに数本の管が仮置きできる用地を確保したが、坑内搬入前に管内外面、特に外面塗装を点検し、補修塗装を行い、ゴム巻きしたワイヤロープを用いて台車を吊り下ろすこととし、公田流入口については10トンの門型クレーン、朝比奈分水池側については35トンのトラッククレーンを使用した。

11．施工時における調査と対策

トンネルの覆工工事においては、クラウン部に空隙を残さないようコンクリートを充てんすることが大変困難である。この空隙は地山が軟岩層以上の強固な場合はそれほど心配しなくともよいといわれるが、地山が緩む可能性があったり、地下水などの影響を受け、地山が崩落するような土質においてはグラウトなどを行い空隙部をなくすことが必要である。

図14



当トンネルにおいては、施工時における情報や現場における内面外観調査の状況から、事前調査でできなかった空隙部の調査をアーチ部を対象に下流側の1,900m区間について実施した。

調査方法は、D社の開発による打診音解析器を用いることとした。

この解析器は、点検部を特殊なハンマで打撃し、その打診音を付属のマイクロフォンで収音するもので、打診音の音質に応じた数字が本体指示部に表示・記録される仕組みになっている。軽量であるため測定者の足場のみを確保すれば容易に調査できる。

打診の結果は、打診音値の高低により判断するものであるが、一般的に覆工周囲にすき間や空胴がなく、健全な箇所については120前後、またはそれ以上の数値を示し、覆工が比較的薄い場合や背面に空胴がある場合は50程度以下の数値となる。

調査の結果、打診音値の低い部分があったのでさらに周辺を追跡打診し、最終的には調査孔を穿って覆工厚さと空洞の大きさを確認してグラウトを行うこととした。

グラウト材については、水流があっても十分な強度を確保して固結し、事後溶解などの生じないものという条件をもって選定した。

この結果、新丹那トンネルなどにも採用されたという無機質セメント系の薬液注入工法を採用することとした。

この工法は、陶土とセメントを主体とするもので、σ_{28}=30kgf/㎠が確保でき、注入圧とゲルタイムの調整が可能であるとともに、材料分離や硬化後のアルカリ成分の溶出が少ないことが実験により確認できた。また、施工も比較的容易であって、ゲルタイムを3～5秒に調節し、1.5ショット方式により注入し、完了後は再度打診音解析器により確認のための測定を行った。その結果十分な効果が生じていることが判明した。

空隙充てんに用いた注入材の標準配合は表10の通りである。

表10　空隙充てんに用いた注入材の標準配合(1,000ℓ当たり)

A液　800ℓ		B液　200ℓ	
普通ポルトランドセメント	240kgf	————	
固結剤－A	40kgf	固結剤－B	100kgf
陶土	520kgf	陶土	80kgf
水	487ℓ	水	116ℓ

12. トンネル内配管工事

U形ダクタイル管のトンネル内配管工事は、公田流入口坑口より先行して進めた。レール布設完了後、まず中央曲線部(I.P3)を通過した地点にまず両切管を設置し、引き続き曲線部を10°曲管、4m直管と交互に配管し直線部へと移行する形で流入口側へと後進した。

下流の朝比奈分水池側坑口は、覆工背面の充てんや排水溝の整備作業を待って4m直管から搬入をはじめ、同様に坑口へと後進する方法で配管した。

管の坑内運搬・据え付け・接合などの手順は、次のように行われた。

① 運搬は特殊台車上に管の受口を前にして積載し、バッテリーカーで後押しする方法で接合位置に搬入する。

② 台車のジャッキを操作し、配管済みの管の挿し口に搬入管の受口を挿入する。

このとき管の内側においてチェーンブロックを用い、管を引き込み、抜け出し防止の措置をとる。

③ 搬入管の両側にサイドジャッキを取り付け、挿し口側を持ち上げ仮支持し、台車を引き出す。

④ 管挿し口部下側に管受台を配置し管を静かに下げて、サイドジャッキを調整して管芯合わせを行い、両側をキャンバーで固定する。

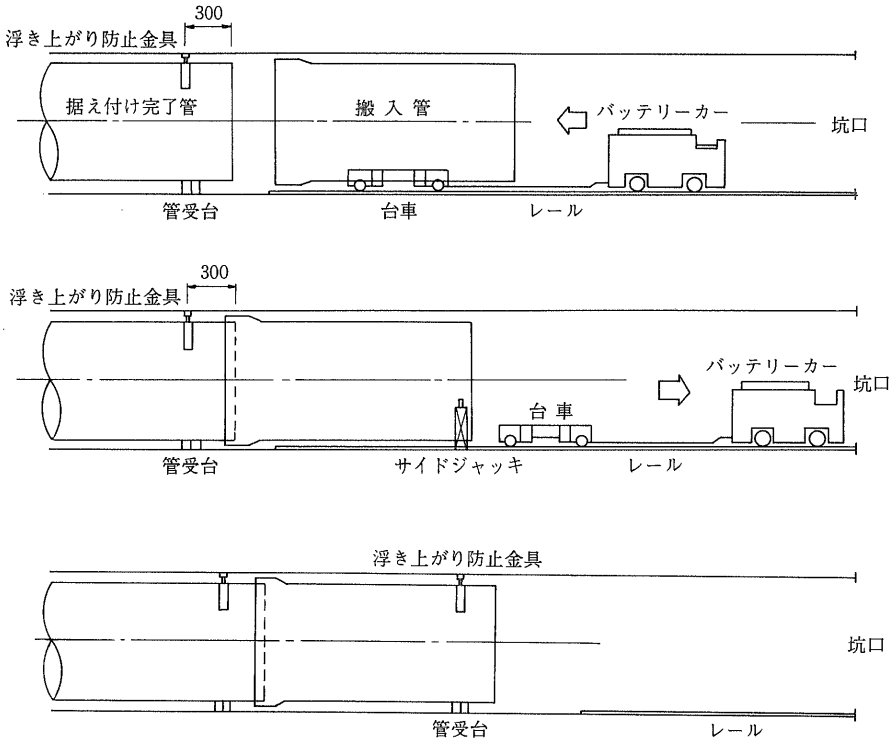
⑤ サイドジャッキとレールを撤去する。

⑥ 管挿し口側上部に浮き上がり防止金具を取り付ける。

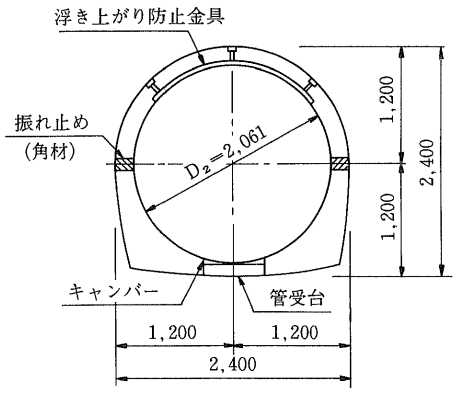
⑦ 管の接合作業に入り、台車はレールを積んで坑口に回送する。

以上の作業の要点図を図15に示す。

図15
管の搬入と接合作業の手順



配管完了図



13．管周の充てん作業

1．充てん材料と充てん部

覆工と管体との空隙部の充てんは、当初エアミルクを主体として考えていたが、覆工の変状を考慮し施工課程の中で検討を重ね、結果としては表11のような内容により実施した。

各部に使用した材料の配合・強度などは表12および表13の通りである。

中央曲線部にモルタル(σ_{28}＝150kgf/cm²)を使用したのは、トンネル延長が長いこと、ト

表11

各部名称	使　用　材　料
曲線部	中央曲線部(I.P３)はモルタル 他の曲線部はミクロサンドエアモルタル
直線部	エアミルク 中央曲線部より下流に陶土・モルタルによる遮水壁(厚さ４～５m、120m間隔)を設置
坑　口	モルタル

表12　充てん材料の配合・強度

	配合	W/C (%)	空気量 (%)	㎥当たり使用材料 (kg/㎤)				σ_{28}強度 (kgf/㎠)
				C	MorS	W	起泡剤	
モルタル	C：S 1：2	73	—	540	S 1,080	393.2	GF-600 5.40	150
ミクロサンドエアモルタル	C：M 1：1	90	33±5	420	M 420	378	0.71ℓ	50
エアミルク	C：S 1：0	53.5	62±5	400	0	214	1.42ℓ	20

C：セメント　M：ミクロサンド　S：砂　W：水

表13　陶土・モルタル標準配合(1,000ℓ当たり)

A液　800ℓ	B液　200ℓ	σ_{28}強度 30kgf/㎠ ゲルタイム 5～10秒
普通ポルトランドセメント　240kg	————	
固結剤－A　20kg	固結剤－B　50kg	
陶土　520kg	陶土　40kg	
水　534ℓ	水　108ℓ	

ンネルの変状のほぼ変化点にあたること、布設開始部であること、曲管の使用量が多いことなどを総合して安全側に採用したものである。

エアミルクは、配合表からもわかるように空気量が多いことから透水性も高く、生比重が0.7程度であるため、水の停滞する場所で充てんすると水に浮いた状態で凝結し、底部に空洞を生じたり材料分離を生ずることとなる。また、硬化したエアミルク内やエアモルタル内を通過した水はpH値が上昇することがある。このような内容を配慮し、エアミルクの充てん作業にあたっては十分に注意して施工したが、下流側においては充てん作業を継続していくうちに覆工部からの浸透水がインバート部分に集結する傾向が見られた。このため、覆工背面に使用した材料と同じ無機質セメント系の陶土・モルタル(σ_{28}＝30kgf/㎠)を使用し、一定間隔に遮水壁を設けることとしたものである。

2．各材料による充てん作業

1．　モルタル充てん

中央曲線部のモルタル充てん作業は、上流の公田流入口坑口より施工した。

モルタルは生コン工場よりミキサー車で直送し、坑内は3㎥のミキサーを台車に載せて搬入した。打ち込みはアジテータ付きのモルタルポンプを使用した。

充てん方法は、1スパンを15m程度としセメントと砂を空練りした土のうを積んでモルタルのブリージングと管体に作用する浮力を考慮し上下2層により施工した。下層の充てんにあたっては、坑内水の排除のため底部に水抜きパイプを設置し、上層の充てんにあたっては頂部にエア抜き兼用の充てん確認パイプを設置した。

2．　エアミルク・エアモルタル充てん

エアミルクおよびミクロサンドエアモルタルの充てん作業は、プラントを坑口近くに設置し、ホースワークで圧送した。長距離圧送となるため、坑内に中継機を2台設置し中継圧送した。

充てん方法は、1スパンを30m前後とし、モルタル充てんと同様な土のうを積み、底部に水抜きパイプを設けてエアミルクは1回打ち、エアモルタルは2回打ちとした。

充てん状況の確認方法は、上流公田坑口側は下りこう配であるため、土のう積み天端に設けた確認パイプから充てん材が流出することにより完了とした。下流の朝比奈

坑口側については上りこう配となるため、注入区間の最先端頂部に２芯裸線のセンサーを設置し、充てん材の上昇によってこれが導通し、土のうの手前に設けたランプが点灯することをもって確認する方法とした。

最終充てん時の注入圧は２kgf/㎠とし、土のう積み手前に圧力計を設けて監視した。

充てん材の品質管理は、地上プラント、中継機、注入管先端の各々において行い、注入管先端の管理数値をもとに地上プラントで調整した。

測定項目は、生比重、フロー値、空気量とし、注入開始時と２時間後、終了時付近の３回を基本として測定した。ただし、生比重については、注入開始時20分間隔で測定した。

また、注入完了時のオーバーフロー分を対象に供試体をつくり、σ_7、σ_{28}の各々３本により圧縮強度試験を行った。

3．陶土・モルタル充てん

遮水壁として用いた陶土・モルタルは、透水係数が10^{-6}cm/秒と高い遮水性があるため、１カ所の延長は管長にあわせ４～５mとした。

この材料は、本来が注入材であるため長距離圧送も可能であるが、１回の施工量が４m管で５㎥未満程度であることから、圧送配管を行うと管内残留によるロス量が大きいため、坑内搬送方法によることとした。

充てん作業の手順は次のようである。

① Ａ液・Ｂ液をそれぞれに地上プラントにて練り混ぜ、トンネル坑口まで別々のポンプにて輸送する。

② 立坑口で台車上に載せた運搬容器にそれぞれに積み込み、注入点までバッテリーカーで搬入する。

③ 注入点では、Ａ、Ｂ各液の容器よりサンドポンプにてそれぞれに１㎥アジテータカーに転送し、再度練り混ぜを行う。

④ Ａ、Ｂ各液のアジテータカーよりグラウトポンプにてＹ字管を通して混合注入する。充てん方法は、他の方法と同様に土のう壁をつくり、打ち込みは１回打ちとした。

ゲルタイムは３～８秒とし、注入速度は40ℓ/分以下、注入管内圧は２kgf/㎠とし、１回当たりの注入量をあらかじめ試算しておき、注入量と確認パイプにより充てん状況の管理を行った。

4．圧送管の洗浄について

以上のように管周の充てん作業は、使用材料の特性や作業量などを勘案し、ポンプ圧送による直接充てん方法と、台車輸送による現地充てん方法などとに区分して行った。

しかし、いずれの方法も管の搬入にあたっては坑内スペースがほとんどないため、これらの機材はすべて坑外に搬出しなければならなかった。

この場合、ポンプ圧送による方法は充てん作業には大変効率的であるが、撤去時には圧送管の内面を洗浄しなければならず、この洗浄水などにより坑内が乱されるのを防止する必要があった。このため、圧送管を坑内から逆洗浄することとした。

逆洗浄の方法は、坑内にビニル製水槽を持ち込んでおき、これに水を貯めてホースワークとしてのポンプ類を反転して使用したものであるが、この方法はエアミルクなどの脱漏を最小限にとどめ大変効果的であった。

5．配管・充てんの作業サイクル

各充てん材ごとの作用サイクルおよび使用場所の位置概要を表14および図16に示す。

14．おわりに

この工事は、分水池手前の丘陵部を通過するために設けられた自由水面を有する水路トンネルの改修工事であり、その機能を確保して改修することも望まれたが、過去の補修工事の内容などとともにトンネル上部周辺の開発が進んでいることから、安定給水の確保をはかるため管路化することとしたものである。したがって、流入口および分水池の一部も同時に改良工事を施工している。

トンネル内部の調査は、運用中の施設であ

表14　各充てん材の作業サイクル

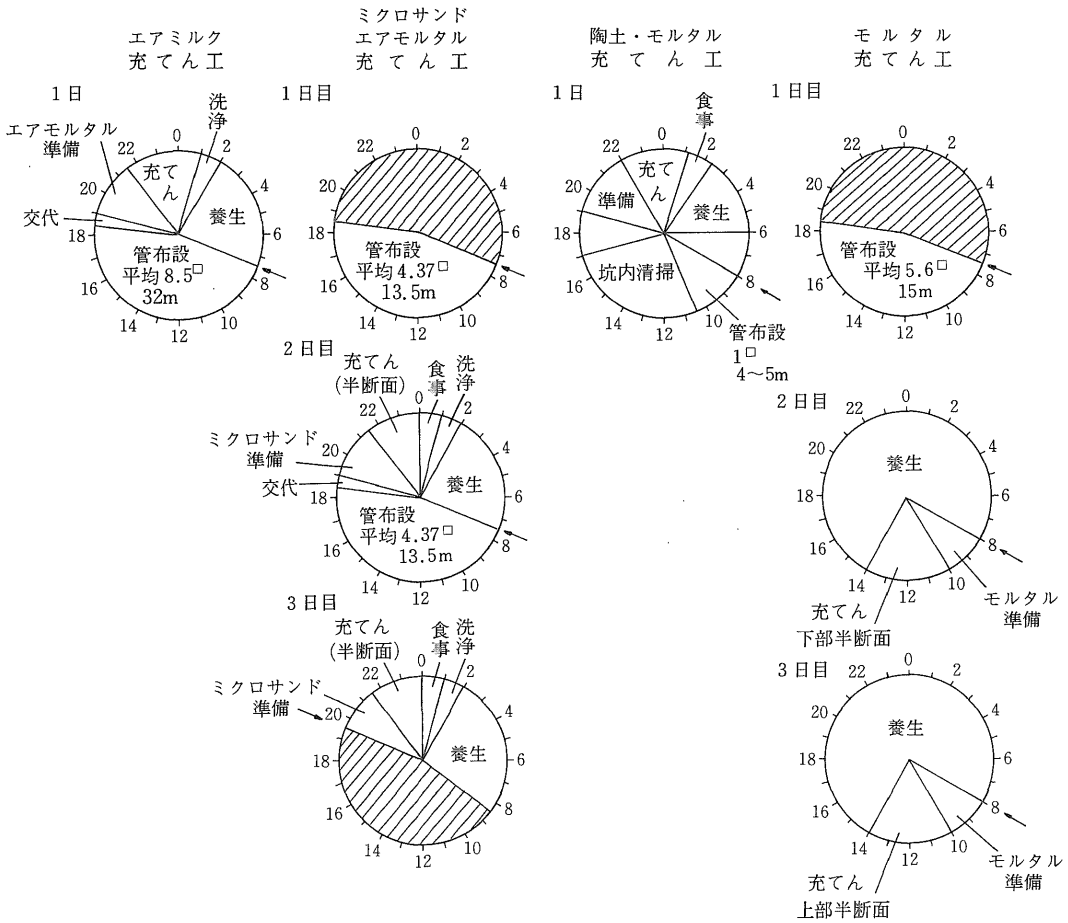
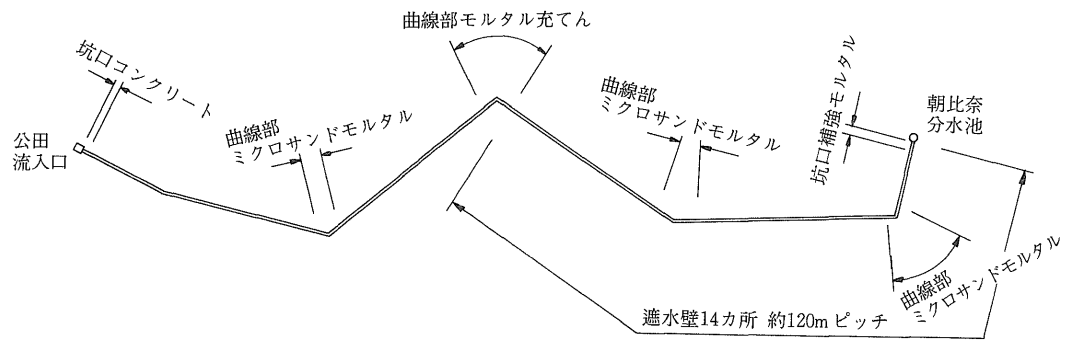


図16　各充てん材の使用状況



るため時期の選定と日程の確保の問題がありまた、調査の内容と方法についても検討が必要であった。調査結果は一応の成果を得たが、2次調査は水運用上困難であった。

トンネル変状の原因を調査内容から推測すると、大変マクロな見方であるが、地山は第4期の軟岩層で火山岩滓や軽石を多量に含む凝灰質風化砂岩を主体とする地層であり、さ

らに、トンネル施工時の状況から見ても地下水が相当あったことが伺える。このような内容からトンネル完成後、これら地下水がトンネル外周に沿って水みちをつくり、グランドアーチの形成を局部的に変動させたり、揚圧力となって働くなど、地圧応力の再配分の課程で影響を与えたのではないかと考えられる。なお、上部表層面での造成工事も下流部の比較的土かぶりの少ない部分では影響を与えているものと想定される。

このようなことから、本文では触れなかったが、トンネル下流の約1,900mの区間においては、覆工アーチ部の充てんとあわせインバート中央を取り壊わし、トンネル施工時に布設された仮排水溝を整備し、地下水位の上昇を防止する措置を講じた。なお、これら地下水の排水や充てん材などの洗浄水は、pH処理装置や濁水処理装置を設けて定時観測を行いながら放流した。地下水の排水は、管内挿工事完了後1カ月を経ずして河川放流水規準を完全に下回る数値となって安定した。

管の内挿工事は、上流公田坑口側については当初計画の作業工程により施工できたが、下流分水池側については、立坑工事や覆工外面の調査充てん作業、インバート下部の排水溝の整備などの作業を待って施工したため、上流坑口との同時施工はできなかった。しかし、管内挿工事のみの実稼動日数から見ると1日平均18.5mほどの施工となったことになる。

本工事の施工にあたっては、まず、水運用のための対策工事を行い、横須賀市および本市南部方面への送水について支障のないよう系統切替えを実施し、引き続いて管内挿工事のための作業に着手し、併せて管路化に伴う流入口と分水池の改良工事を施工した。

したがって、実質1年7カ月にわたる工事となったが、この間、横須賀市の理解ある協力をいただき、また、現地視察にあたって助言をいただいたことに対し深く感謝申し上げたい。さらに末筆ではあるが管理担当部の助力と工事に携わった施工業者の努力にお礼申し上げる。

技術レポート

5

並列区間における小口径管推進施工について

近畿農政局日野川農業水利事業所
工事第2課長　福地文男
近畿農政局五条吉野開拓建設事務所
工務官　北川孝

1．はじめに

近年、推進工法については、大口径(800mm以上）の機械化が急速に進んだが、これと相まって中・小口径(700mm以下)の技術革新が著しい。特に下水道工事の分野においては、交通事情の影響もあるが、中・小口径管の布設に機械推進工法が採用されるのが一般化しつつある。農業用水において推進工法が採用されているのは、国営規模にあっては大口径管が大部分であったが、今回大口径管と並列して小口径機械推進を実施する機会を得たので、ここに工事の経過を紹介するものである。

2．工事の概要

今回実施する別所幹線用水路は国営・日野川土地改良事業計画の一環として施工するもので、滋賀県の東南部に位置する日野川沿いの左岸側、蒲生郡日野町地先である。幹線用水路の総延長は2,120mであり、このうち一部が県営水路と平行して埋設される。今年度は、国営分1100mmと県営分(滋賀県からの受託分)500mmが延長650m並列で施工される。

路線は原則として既圃場整理地区内の農道下に埋設するものであるが、今回紹介するのは河川(1級河川出雲川)、県道および近江鉄道横断の3カ所である。(図1参照)

使用する管種として、推進区間は推進工法用ダクタイル鋳鉄管の1100mm U形5種および500mm T形3種とした。

推進延長は河川が32m、県道26m、近江鉄道26mである。図1に施工位置を示す。

3．管埋設標準断面の決定

標準埋設断面は設計基準に基づき、施工性、経済性を考慮して図2に示す通り管頂を合わせ、管間隔60cmと決定した。

並列推進を行う場合の管の間隔は、地山のゆるみなどの影響を考え十分な間隔をとることが望ましいが、ここではスペース上の制約などから開削部と同じ60cmとした。したがって、作業機械の振動などの影響を考慮して小口径機械推進工事を先きに行うとともに、施

図１　施工位置図

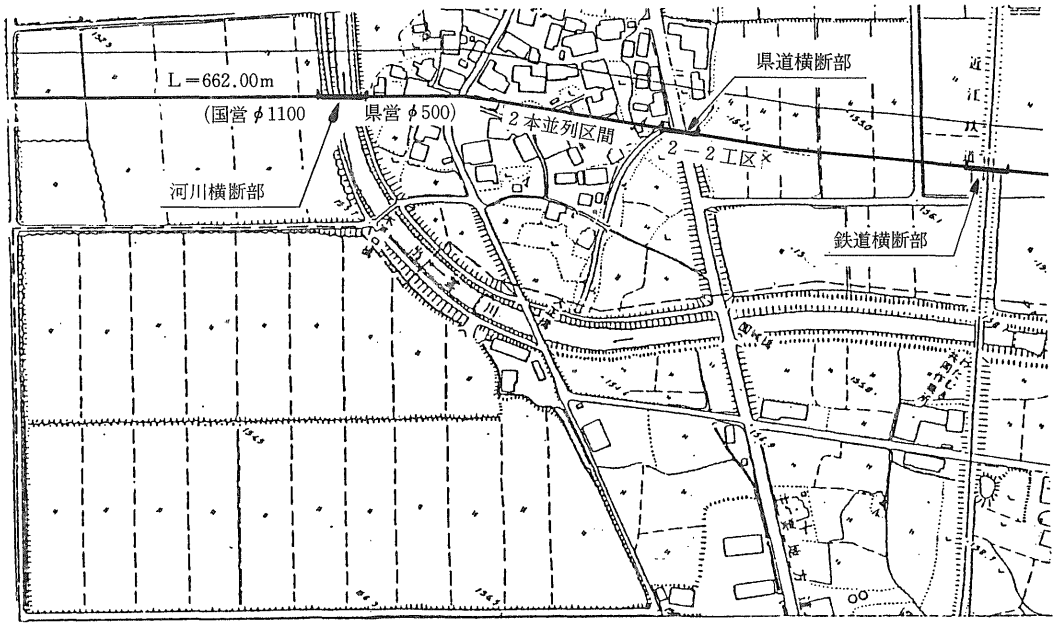
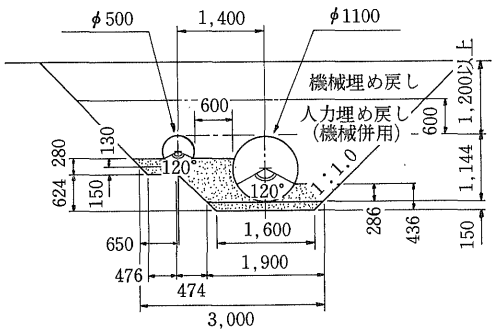


図２　管埋設標準断面図



工精度の高い工法を選定した。

4．土質状況

（図３、４、５の縦断の柱状図参照）

１級河川出雲川横断部の地質は、地質調査結果からＮ値40～50の硬質な固結シルト層、地下水は田面下－1.0ｍで、薬液注入の必要性を検討した結果、特に必要とする状態でないので削除できると判断した。

一方、県道および近江鉄道横断部は類似した土質であるが、Ｎ値20～45であり県道部より鉄道横断部の方がＮ値がやや大きいとみられる。

しかし、両場所とも推進部は中～粗砂レキ層であり、主とする土質が亜角礫（径２～25㎜、最大60㎜）で含水比が大きい。また、隣接地における昨年度の掘削では、最大粒径200㎜程度の玉石も一部みられた。

以上の結果から、県道および鉄道横断部においては、地下水も高く薬液注入を図６に示すように計画した。

5．管種選定および工法の決定

１．管種選定

推進区間の施工は

① 推進工法用鉄筋コンクリート管 800㎜をさや管として刃口推進工法により施工後、本管 500㎜をさや管内に布設するさや管工法。

② 本管 500㎜を直押しする中小口径推進工法。

が考えられる。

①のさや管工法は予想される推力より推進工法用鉄筋コンクリート管の推進抵抗力が劣り、さや管と布設管との隙間充てんが必要となるなどの理由から、経済性も考慮して②の

図 3　1 級河川出雲川横断部

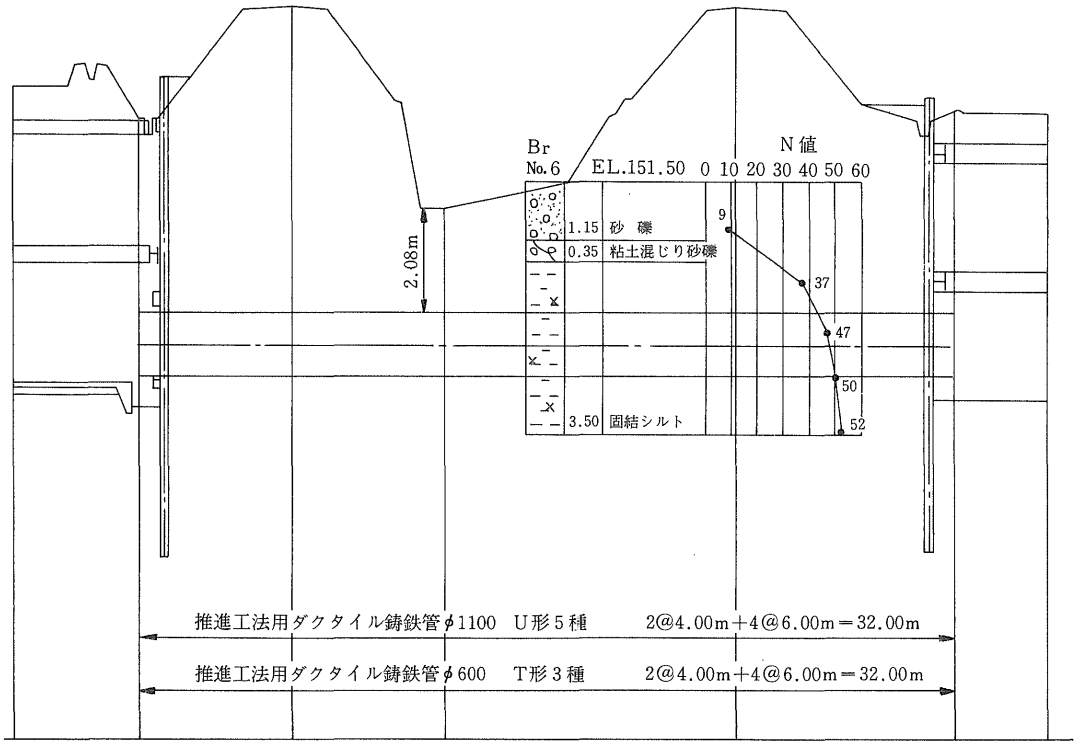


図 4　主要地方道（県道横断部）

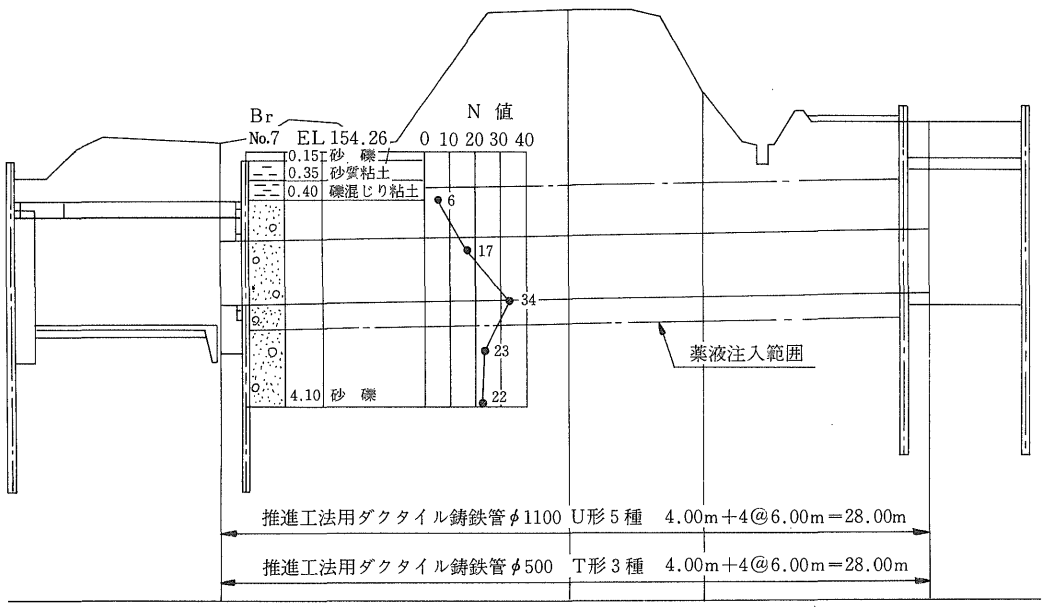


図5　近江鉄道横断部

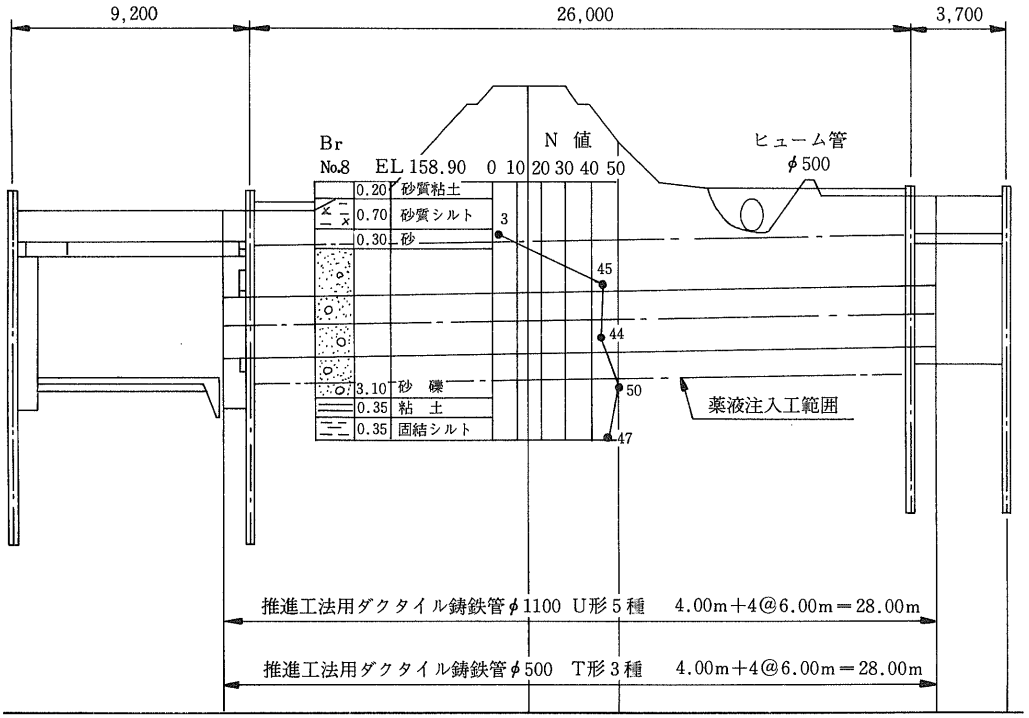
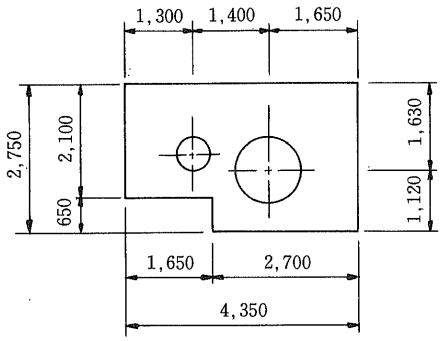


図6　薬液注入工断面図



中小口径推進工法で施工することとした。

管種の選定は表1に示す設計条件で検討を行った結果、

推進工法用ダクタイル鋳鉄管

口径 500mm T形3種管

許容抵抗力　290 tonf

とした。内外圧を考慮した強度計算も十分安全である。

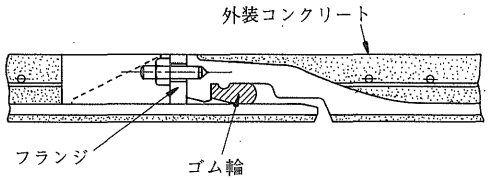
図7に推進工法用T形ダクタイル鋳鉄管の継手断面を示す。

表1　設計条件

項　　目	出雲川横断部	県道横断部	近江鉄道横断部
静　水　圧　kgf/cm²	1.1～1.4		
推進延長　m	30	26	26
土かぶり　m	6.0	4.5	4.1
N　値	47	26	47
土の内部摩擦角度	20	38	45
土の単位体積重量　tf/m³	1.8	1.8	1.8
土の粘着力　tf/m²	1.0	0	0
推　進　力　tf	178	102	152

備考　推進力の算定は「下水道推進工法の指針と解説」による。

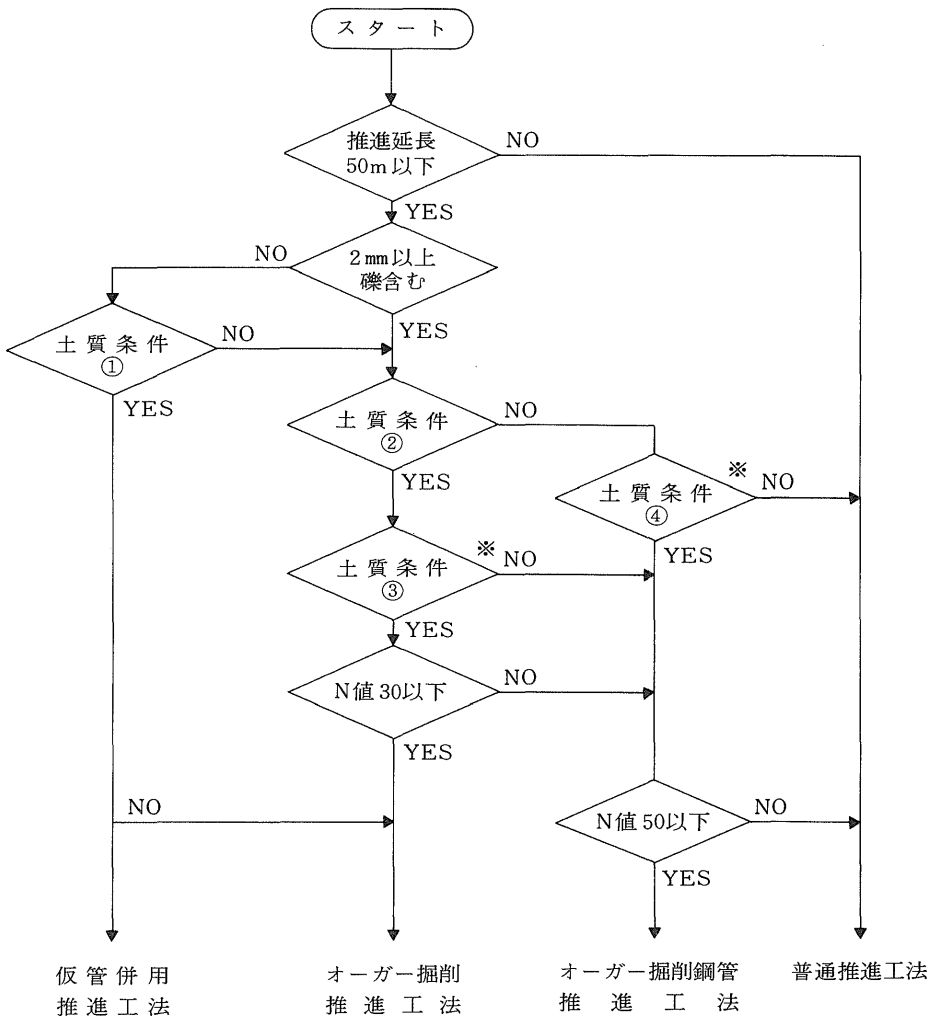
図7　推進工法用T形ダクタイル鋳鉄管



2．工法の決定

本工事の中・小口径推進工法の採用にあたっては、図8に示す中・小口径推進工法選定フローシートにしたがって検討し、最適の工法を決定した。

図8　中小口径推進工法選定フローシート



土質条件①：おおむねN値が20以下の細粒土、砂質土(土質学会の分類)である。
なお地下水位の高い砂層などで、掘削ヘッドにおいて土砂の流入が予測される地盤ではない。

土質条件②：細粒土、砂質土および細粒度を50%以上含む礫質土

土質条件③：最大礫径範囲　φ250～φ600……20mm
φ700～φ800……50mm

※＝管径を大きくして施工できるか検討すること。

土質条件④：最大取り込み玉石径……表3参照

備考　最大礫径は、ボーリングおよびベノト調査などによる礫径調査を実施すること。

表２　中・小口径推進工法検討結果

	出雲川推進	県道推進	近江鉄道推進
施工延長	32m	26m	26m
N値	45～50	17～34	44～50
土質	固結シルト	砂礫	砂礫
礫率	——	50%以上	50%以上
最大礫径	——	60mm	60mm
推進延長50m以下	YES	YES	YES
2mm以上レキ含む	NO	YES	YES
土質条件①	NO	——	——
土質条件②	NO	YES	YES
土質条件③	——	YES	YES
土質条件④	YES	——	——
N値30以下	——	NO	NO
N値50以下	YES	YES	YES
決定工法	オーガー掘削鋼管工法	オーガー掘削鋼管工法	オーガー掘削鋼管工法

6．中・小口径推進の施工について

1．推進工法用機械の選定

推進工法に用いる掘削機械については、図８のフローシートよりオーガ工法の２工程方式であるオーケーモール工法を採用した。

その理由は下記の通り。

①　土質適応性

主に砂礫および玉石層を対象としているが、刃先（ビット）の交換によって硬質地盤にも適用できる。取り込み可能な玉石の径は管径の1/3程度まで可能である。（表３参照）

表３　取り込み可能玉石最大径

鋼管呼び径 mm	れき（玉石）取り込み可能最大粒径 mm	
400	（長径）	90
450	（長径）	120
500	（長径）	140
550	（長径）	160
600	（長径）	190
700	（長径）	240
800	（長径）	290

②　施工精度

当現場は推進工区の両端は折点であり、下水道のような人孔築造はない。曲管への接合、他工区基線への連絡を考えれば、高い施工精度が要求されるが、本工法によれば刃先内部装着の発光ダイオードをトランシットにより常時観測し、変位が見られた場合はパワーレンチで斜切形の刃口を回転させ早めに修正を行うことができ、水平・垂直方向に対してきわめて精度が高い。

2．施工状況

①　土　質

N値30～50の礫質土（県道および近江鉄道横断部）

N値40～50の固結シルト（出雲川横断部）

取り込み礫の最大粒径は200mm強（写真１、２参照）で、オーガーに礫がはさまって排土できない場合は、オーガーを引き抜き、礫を撤去することもあった。

②　施工精度

施工精度は次に示す結果で、３区間とも基準値内にあり、当初期待していた精

写真１　県道横断部の排土状況

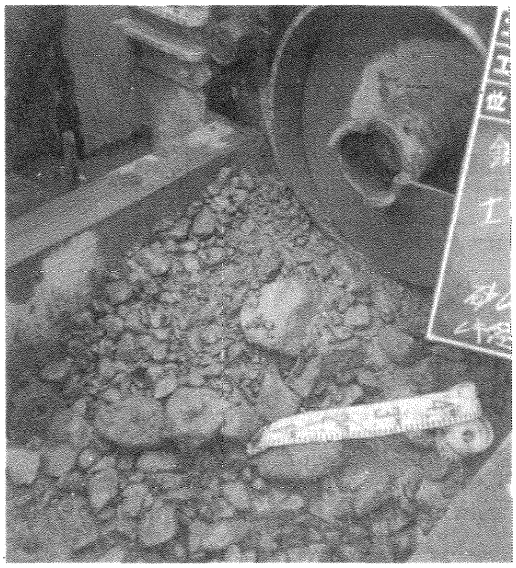


写真２　近江鉄道横断部の排土状況

度が得られた。

水平方向の変位：最大－25㎜（基準値±65㎜、規格±100㎜）

垂直方向の変位：最大±15㎜（基準値±30㎜、規格±50㎜）

各工区の施工データを図９～11に示す。

図９　県道横断部施工データ

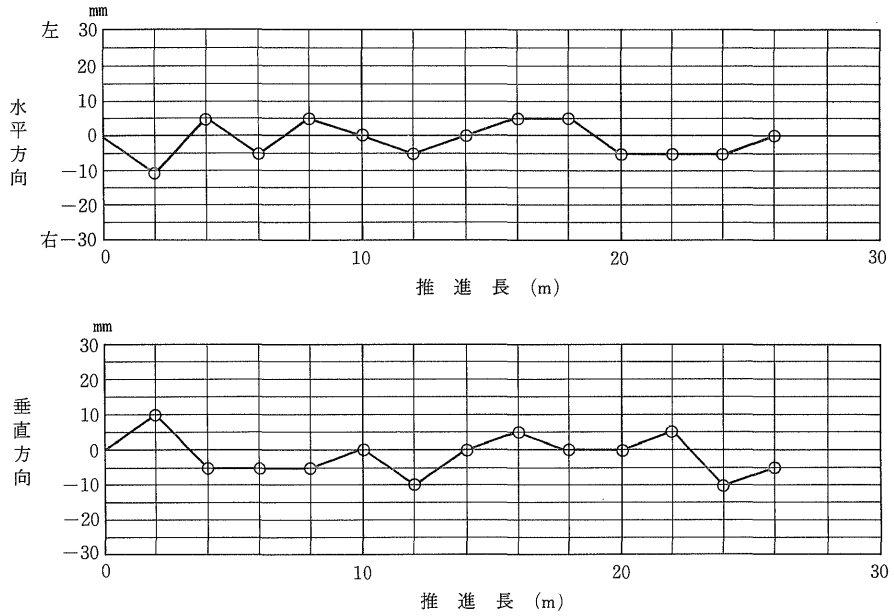


図10　近江鉄道横断部施工データ

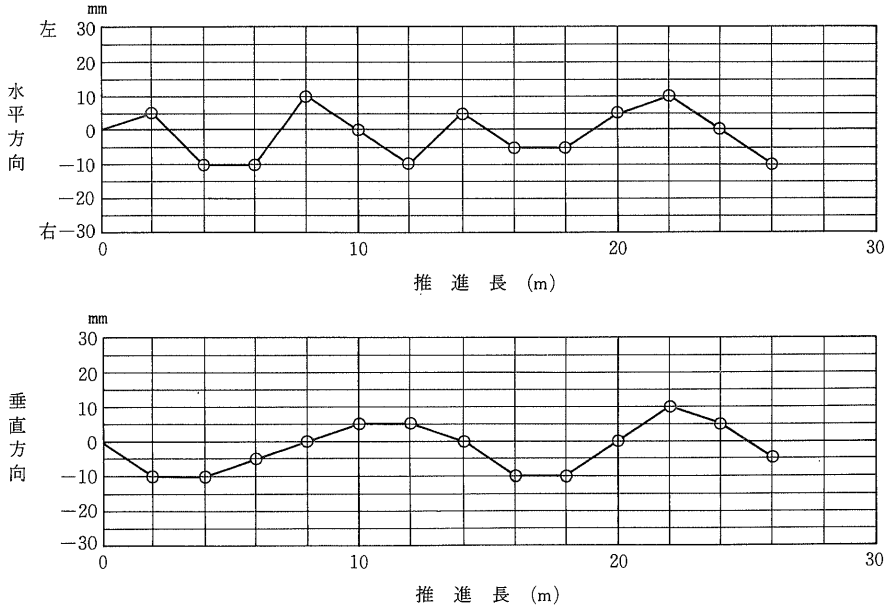
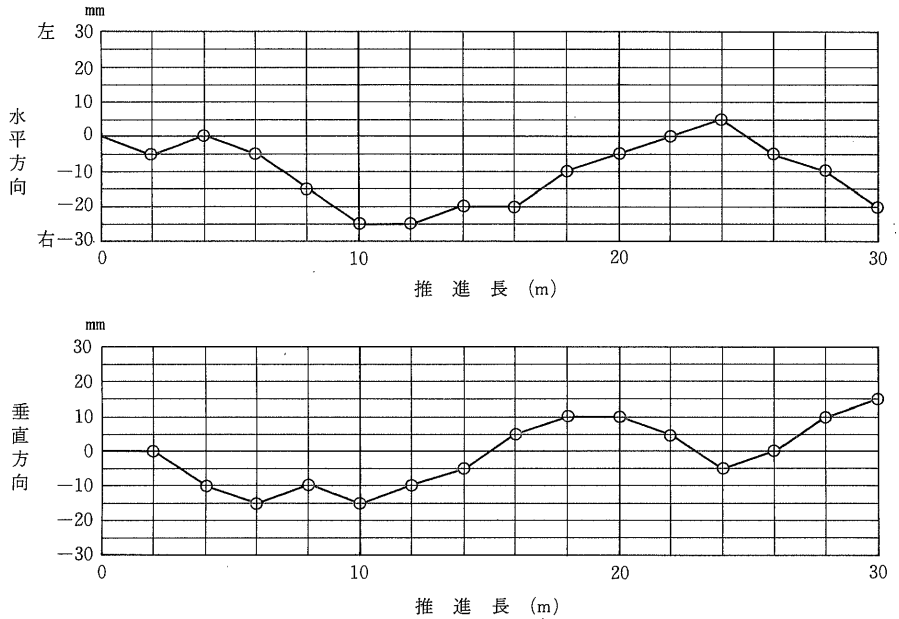


図11　出雲川横断部施工データ



③　推進速度

布設管がT形ダクタイル管であったため、接合に手間取ることもなく工事はスムーズに実施できた。

また、推進工事も大きなトラブルの発生もなく予定の日数で完了することができた。

表4に一例として、近江鉄道横断部の

施工日数を示す。

表4　施工日数(近江鉄道横断部)

作業項目	所要日数
機械設置準備	3日
推進工	5日
グラウト工	1日
撤去	2日
計	11日

7. おわりに

本工事では、中・小口径管の河川、県道および鉄道の横断部について刃口掘削推進によるさや管工法でなく、施工上の安全性および経済性を考慮して中・小口径機械推進工法を採用した。

また、工法の採用にあたって最近の中・小口径推進技術の向上に伴い、本施工の推進延長から考えて十分に高い施工精度が得られるものと判断できた。

推進工事区間の土質が固結シルトと砂礫層であったので、ホリゾンタルオーガー工法の中でも刃先を交換するだけで礫(玉石)を取り込めるオーケーモール工法で施工した。

施工は、大きな礫(粒径200mm)の排出が困難な場面も一部で見受けられたが、ほぼ順調に完了し、施工精度も十分満足できる値であった。

布設管は内外圧の条件を満たす管として推進工法用T形ダクタイル管を使用したが、接合が簡単で予定の日数で施工を終えることができた。

技術レポート

山間地域における簡易水道の普及拡大

～愛知県足助町東北部簡易水道事業の概要～

愛知県足助町水道課
課長　小野　忠
主幹　山崎博司

1．はじめに

足助町は、愛知県の三河山間地域の西部に位置しており、豊田市の東北部に隣接する都市近郊山村であり、林業と観光を主産業としている。（渓流に映える紅葉の「香嵐渓」、山の暮らし・手仕事を再現した「三州足助屋敷」には、県外からも大勢の観光客が訪れている）

当町は、192.74㎢の広範な行政面積を擁しているが、うち90％近くの面積が山林・原野地域で占められ、非常に起伏に富んだ地形をなしている。

当町の人口は、昭和25年をピークとして年年減少し、過疎化傾向を辿っているが（近年、ほぼ横這いで推移している）、昭和63年４月現在で1万1,009人であり、うちほぼ⅓の住民が町中心部に居住し、他の⅔の住民が標高80mから700mの広範な山間地域に点在して生活しており、水道施設の建設・維持管理は、平野部の都市に比し、多くの困難な問題を抱えている。

写真１　紅葉の香嵐渓

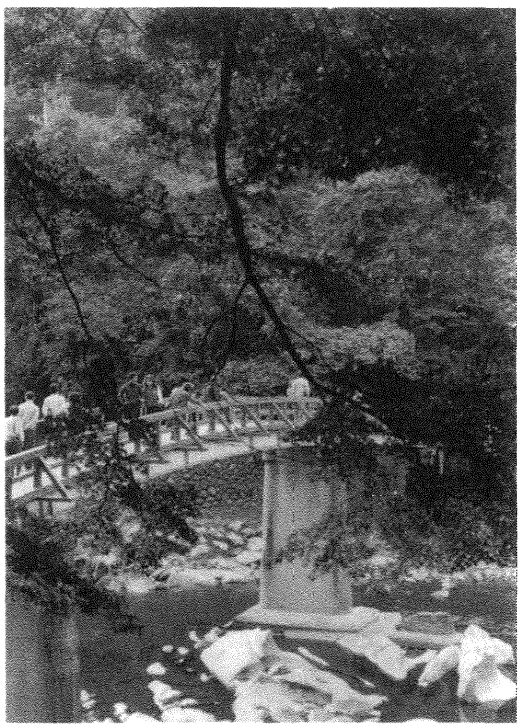
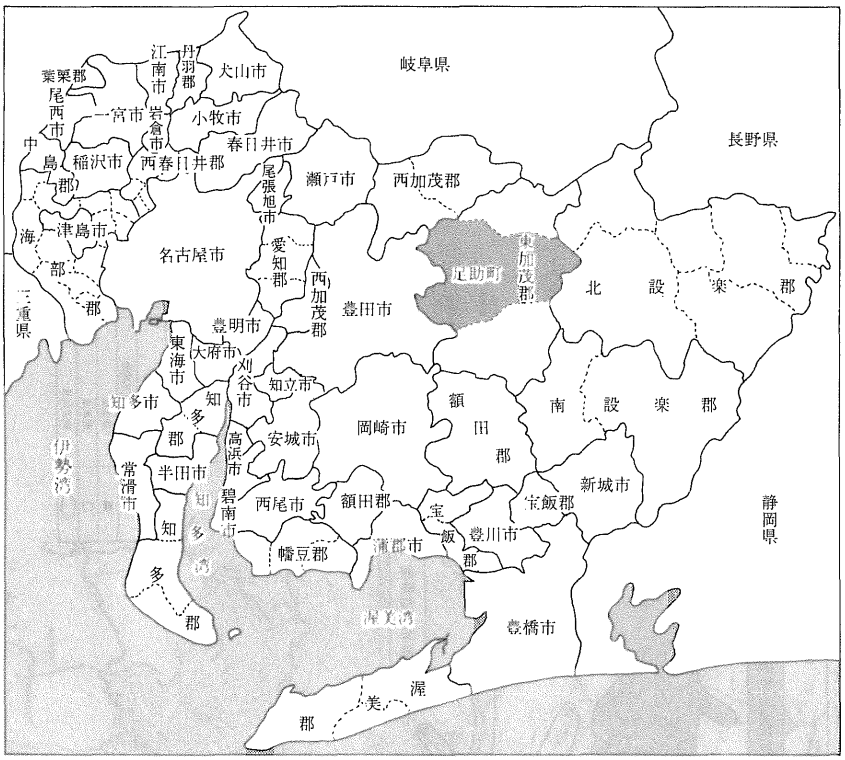


図１　足助町位置図



愛知県全体の水道普及率は、昭和61年度末で98.9％に達し、全国第５位の高い水準にあるが、三河山間地域の平均普及率は68.9％と低く、現在、関係町村では精力的に水道施設の整備を進めている。

２．足助町簡易水道事業の現況

当町では、現在４簡易水道事業と１飲料水供給施設の５系統の施設により、約5,300人の住民に水道を供給しており、昭和62年度末の普及率（給水人口／行政区域内人口）は48.1％となっている。（本年６月から、昨年度施工地域の給水を開始したことにより、現時点での普及率は54％に達し、過半数の住民が簡易水道を利用できることとなった）

当町の最初の水道事業である中央簡易水道事業は、町中心部を給水区域として、昭和37年２月に給水を開始し、すでに26年経過している。

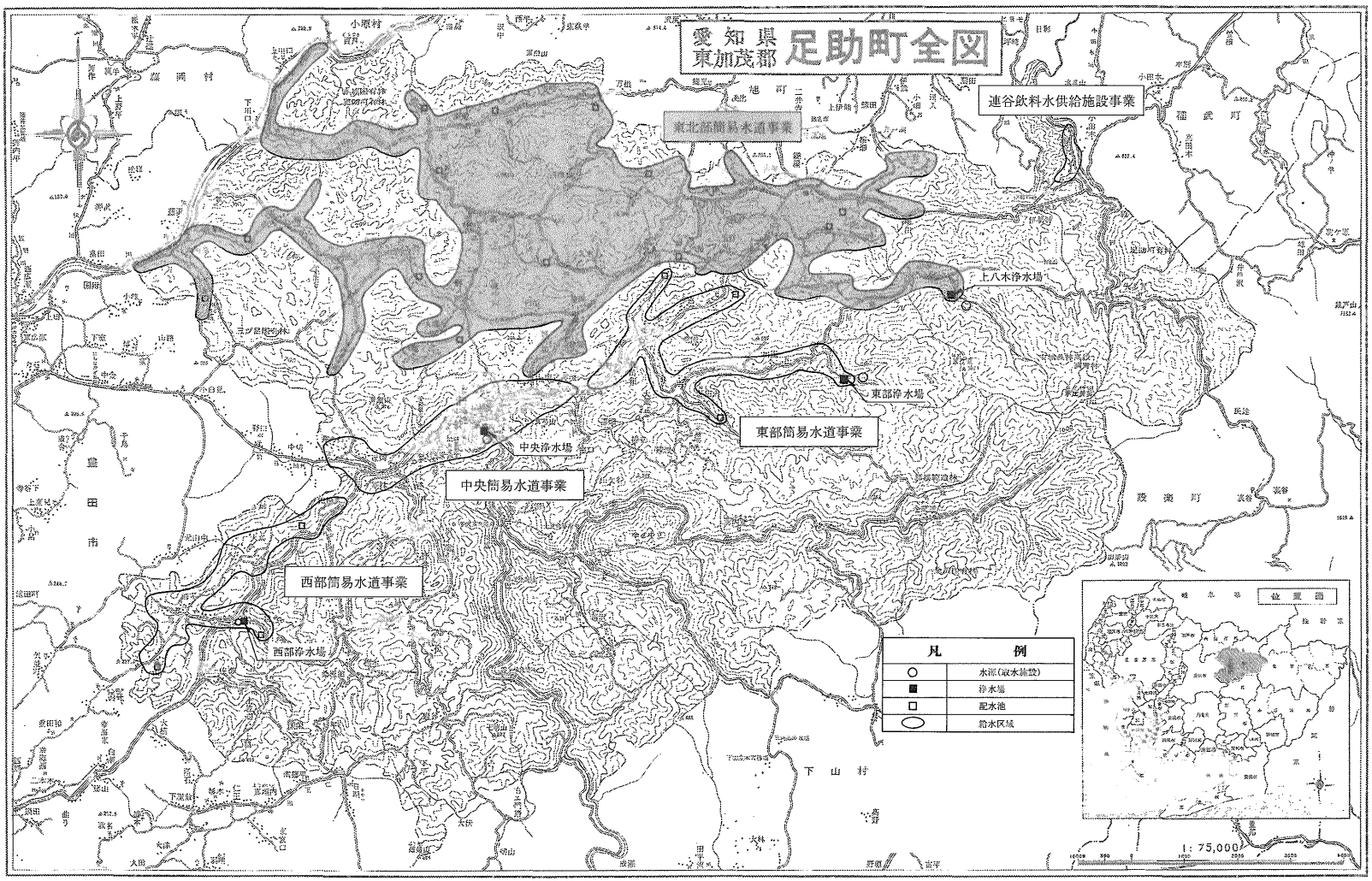
しかしながら、その後の周辺部における水道施設の建設は、前述の困難な地形や諸般の事情により、相当遅れることとなった。

現在、水道未普及地域においては、住民は沢水や井戸水を生活用水として使用しているが、水質が飲用不適のものや水量不足の所もあり、より多くの住民に衛生的な水を供給し、生活基盤を確保するため、２番目の事業として東部簡易水道事業を昭和54～56年度に施工し、さらに昭和59年度に連谷飲料水供給施設事業、昭和59～60年度に西部簡易水道事業を相次いで完成させた。

また、現在昭和61～65年度の５カ年計画で東北部簡易水道事業を急ピッチで推進している。

本事業においては、特に特殊な工法や資材は採用しておらず、読者の方々に参考となる点はほとんどないと思われるが、本稿が山間地域における簡易水道事業について理解していただく機会となれば幸いであり、以下に本事業の概要をご紹介する次第である。

図２　足助町簡易水道事業給水区域図



足助町簡易水道事業の概要

項目＼事業名		中央簡易水道	東部簡易水道	連谷飲料水供給施設	西部簡易水道	東北部簡易水道	計
計画1日最大給水量(㎥/日)		1,500	190	25	197	1,115	3,027㎥/日
計画給水人口		5,000	830	69	740	3,440	10,079人
施工年度		昭34～36 昭45改良	昭54～56	昭59	昭59～60	昭61～65	
給水開始年月日		昭37・2・1	昭56・7・1	昭59・8・1	昭60・8・1	昭62・6・1	
水源		表流水	表流水	他町より浄水を受水	浅井戸	表流水	
施設数	浄水場(箇所)	1	1	—	1	1	4ヵ所
	配水池(箇所)	—	3	2	3	13	21ヵ所
	ポンプ場(箇所)	1	—	—	2	4	7ヵ所

3. 東北部簡易水道事業の概要

現在、当町の重要事業のひとつとして推進している東北部簡易水道事業は、町北部の広範な地域(町面積の3割近い約55㎢)を給水区域としており、昭和61～65年度の5カ年計画で施工中であるが、その概要は次の通りである。

なお、本事業の完成時には、普及率は約80%に達し、住民の生活基盤の確保・公衆衛生の向上はもとより、過疎化傾向の歯止めにも寄与するものと期待されている。

① 計画1日最大給水量：1,115㎥/日
② 計画給水人口：3,440人
③ 工　　期：昭和61～65年度
④ 総事業費：約30億円
⑤ 施設概要

(ア) 取水施設
- 水源：百々川(普通河川)表流水
- 取水堰堤：鉄筋コンクリート造り
- 沈砂池：鉄筋コンクリート製半地下式　1池

(イ) 導水施設
- 導水管：φ150×270m

(ウ) 浄水施設
- 着水井：1井
- 沈でん池：普通沈でん池　2池
- ろ過池：緩速ろ過池　4池(うち予備池1池、ろ速＝4.0m/日)
- 浄水池(場内配水池)
  容量＝225㎥(112.5㎥×2池)
- 色度除去装置：1基
- 滅菌設備：一式
- 電気計装設備：一式

(エ) 配水施設
- 配水池：11カ所、容量＝24～240㎥
- 配水ポンプ場：2カ所
- 増圧ポンプ場：4カ所
- 配水管：(呼び径) φ25～φ200mm
  (管種) ダクタイル鋳鉄管
  鋼管
  塩化ビニル管
  ポリエチレン管
  (延長) 約101.5km

(オ) 関連施設
- 有線テレメータ監視設備など

写真2　取水堰堤・沈砂池

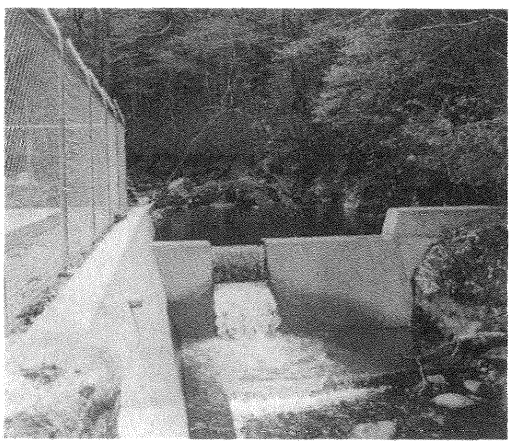


写真３　上八木浄水場全景

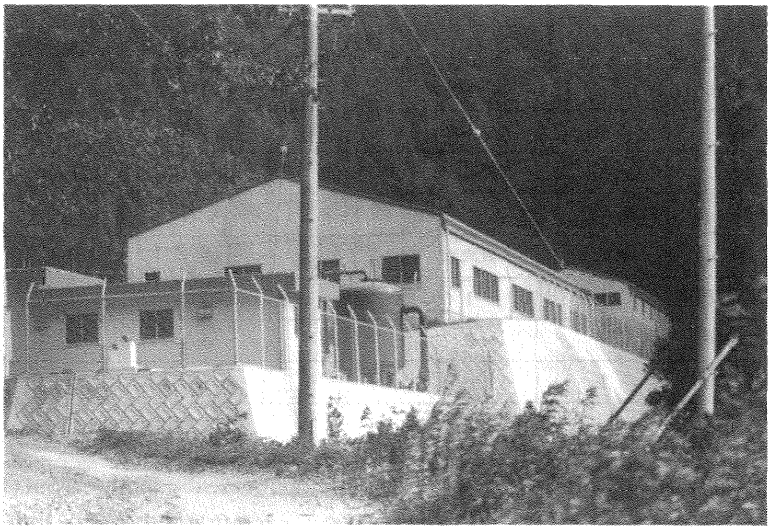


写真４　上八木浄水場緩速ろ過池

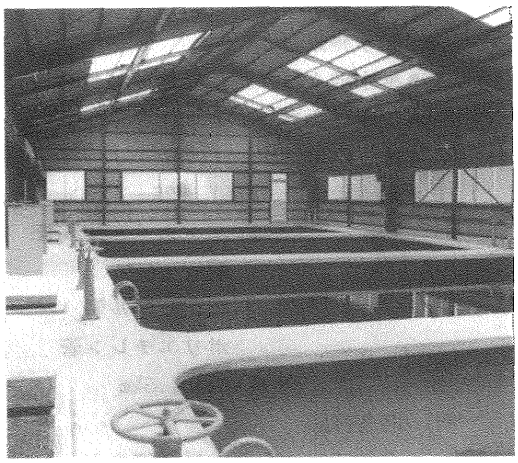


写真５　五反田配水池

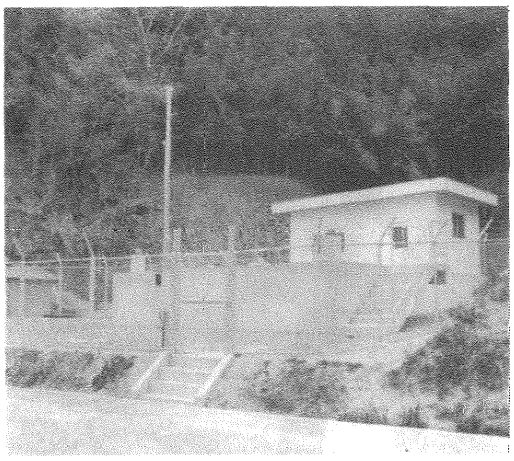
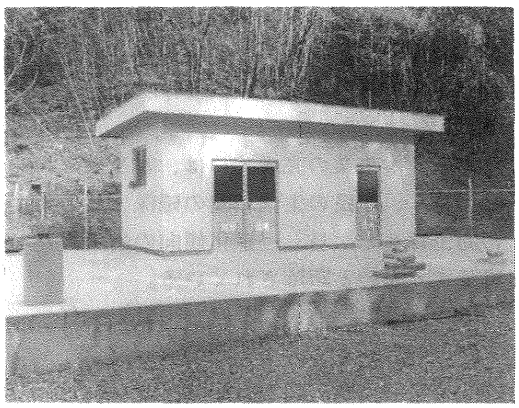


写真６　永野配水池



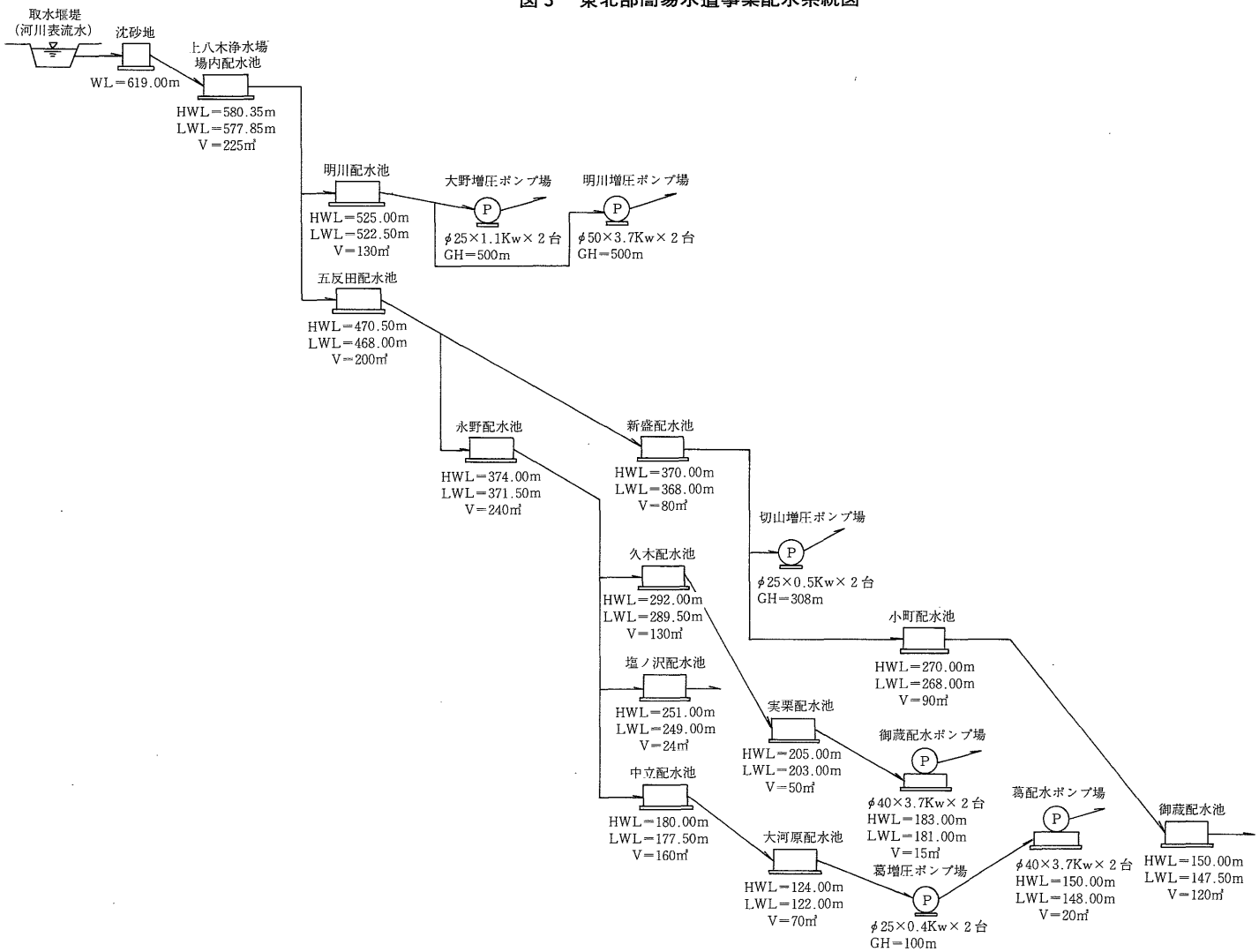
4．東北部簡易水道事業施工上の留意点・特徴

本事業施行に際しては、山間地域における簡易水道事業に共通の諸問題とともに、いくつかの留意点・特徴などがあるが、次のような事項が列挙される。

① 本事業の給水区域は、前述のごとく広範囲にわたるうえ、小集落が点在していること、また、標高が約100m～600mの位置にあり、標高差が約500mもあることなどの諸条件を考慮して、区域内を14の配水区に区分し、大部分を自然流下方式(一部末端部はポンプ圧送)としている。

② 給水区域は、前記のごとく標高差が大

図３　東北部簡易水道事業配水系統図



きいため、配管路の途中に適宜、配水池・減圧水槽・減圧弁を設置することにより水圧を下げ、通常(普通圧)の管弁類を使用する。(高圧管などの使用は極力避ける)

③ 本事業の配水管布設総延長は100kmを超え（給水人口1人当たりの管延長は約30m)、また、配水管の口径は消火栓設置の必要上、ひと回わり大きいものを使用している管路が多いため、管内滞留時間が長くなり、浄水場から遠い箇所における残留塩素の減少およびpH値の上昇が予想される。

残留塩素の減少対策として、各所の配水池に薬品(次亜塩素酸ナトリウム)を追加注入できるよう適宜滅菌設備を設置しまた、pH上昇対策としてダクタイル鋳鉄管は内面エポキシ樹脂粉体塗装(JIS G 5528) を施すとともに、配水池軀体内部にエポキシ樹脂塗膜防水を施工している。（この結果、末端給水栓においても原水とほぼ同一のpH値が得られている)

④ 山間地域においては、水道関係技術者が少ないため、維持管理業務をも考慮して、なるべく特殊な資材・工法などの採用を避ける。(ダクタイル鋳鉄管は、オーソドックスなA形とした)

⑤ 山間寒冷地であるため、沈でん池・ろ過池には上屋を設置し、水路横断管（水管橋)はすべて保温材を取り付けている。

また、細かい点ではメータ・ボックスは防寒型のものを使用し、甲止水栓は不凍バルブを採用している。

⑥ 少数の職員で、建設工事から維持管理・日常の事務処理までを行わねばならず、また、浄水場・配水池などは、すべて無人施設であるため、役場内で常時各施設の稼動状況を監視・記録できるように、有線(NTT専用回線)テレメータによるデータ・ロガーシステムを採用している。

5. おわりに

本事業は、山間地域の幅員の狭い道路での施工が多いこと、随所に存在する岩盤の掘削を行わねばならないこと、また、各施設築造のための用地の確保が困難なことなど、いろいろと苦労する問題が多いが、関係各位の多大のご協力・ご指導を得て、昨年度までに浄水場・配水池(2カ所)の築造と、約26kmの配水管布設を終え、施工済区域については給水を開始している。

現在、3年度目の工事を施工中であるが、今後ともみなさまのご協力を得て、諸問題を解決しながら昭和65年度末完成を目途として事業を推進していく所存である。

技術レポート

5

管路端部に用いる栓の改良について

東京都水道局給水部設計課
課長　吉野良英

1．はじめに

工事現場における安全対策と事故防止は、現場を担当する者にとって最大の課題である。

しかし、現場従事者のちょっとした気の緩みや機器類の操作の手違い、作業に対する不慣れなどによって事故が発生していることも、また事実である。

水道工事において発生する事故内容についてみると、一般建設工事に類似しているものと、水道工事特有のものとがある。水道工事特有なものとしては、管路および管路の付属設備に起因して発生しているが、中でも特に現場従事者の死傷事故に結びついているものが、水道管端部に設置されている栓である。

管路端部に栓を設置する場合は、ある期間そのままの状態にしておくケースが多い。このような場合、漏水防止および管路維持上の観点から、制水弁に接続して直管１本程度を埋設し、この端部に栓を設置する方法が一般的に用いられている。

この制水弁を完全に閉止すれば、制水弁と栓の区間は、大気圧そのままの状態である。しかし、制水弁の締め忘れや閉止不良の場合、制水弁と栓の区間へ上流側の水が浸入し、空気が徐々に圧縮されることとなる。したがって、このような状態にある栓を取りはずすため、プラグまたはＴ頭ボルトを緩めると、圧縮された空気の力で栓またはプラグが抜け飛び思わぬ事故となる。

本来大気圧である区間が、圧縮された空気溜りとなっていることによって発生する事故を未然に防止するため、圧縮空気の確認ならびに安全でしかも誰れもが簡単に操作できる空気抜きおよび水抜き装置が必要となる。

近年、市街地の道路は都市化の影響を受け埋設物が輻輳し、水道をはじめ他企業埋設物も定められた道路占用位置に埋設することが非常に困難な状況となってきている。

このため、水道管布設途中において、短期的ないしはある程度長い期間、工事を中止し

なければならないケースも多く発生している。この場合、水道事業者としては、暫定的に管路端部に栓を設置したあと通水し、需要者に対する迷惑を最小限にとどめる措置をはかることが一般的である。

ちなみに、東京都水道局で年間購入している栓は約2,000個(表1)と、かなりの数となっている。

この栓による事故を未然に防止するため、その構造について安全性、施工性の観点から種々検討を行い、これをもとに模型を試作し実験を行ったところ、満足な結果が得られたので報告する。

表1　栓の購入実績

(昭和62年度)

呼び径(mm)	購入数量(個)			計
	T形	A形	K形	
75	30	220		250
100		640		640
150		400		400
200		270		270
250		120		120
300		150		150
350		30		30
400			32	32
450				
500			54	54
600			53	53
700			16	16
800			16	16
900以上			20	20
計	30	1,830	191	2,051

2．現在使用している栓の構造

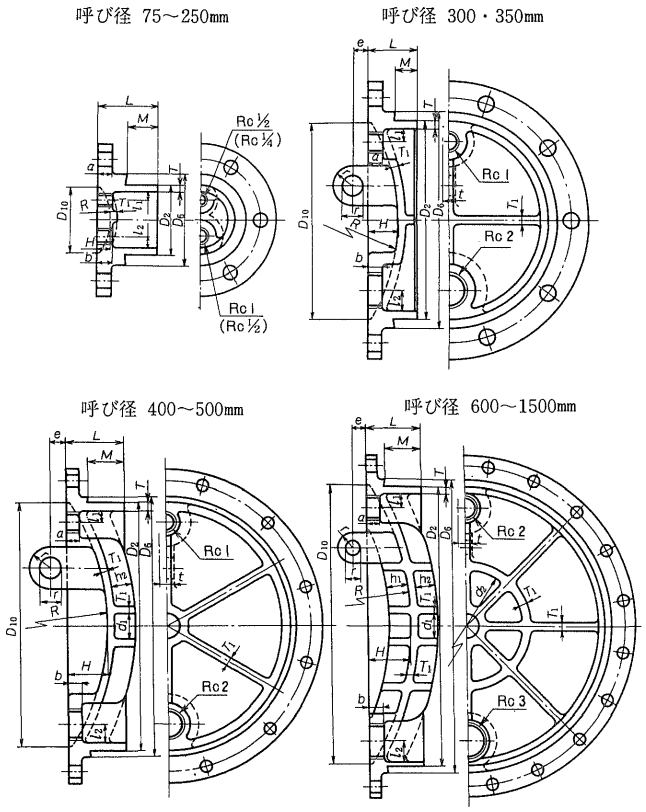
現在使用している栓の構造は図1に示すように、空気抜き用および排水用(水抜き用)プラグ付きの栓となっている。このタイプの栓は、表2に示すように昭和57年頃から使用されだしたもので、それ以前の小口径のものにはプラグが取り付けられていなかった。このことにより、管端部に継ぎ輪を使用し栓を設置した場合には、その栓の取りはずし時に神経を使わないと、事故が発生することもあった。

この事故を防止するため、現在のプラグ付き栓が開発されたわけであるが、その歴史は未だ浅い。

表2　A形、K形プラグ付き栓の変遷

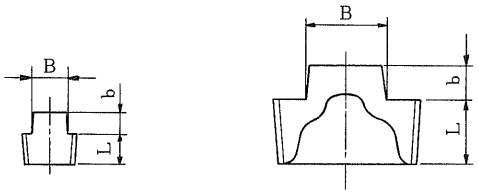
規格		対象口径(mm)	昭和 40年 50年 60年	主な改訂点
JWWA	G 103	600～900	34	
	協会内規 1968年	600～900	43	ダクタイル鋳鉄管の採用
	G 114	75～1500	57	プラグ付き栓の追加(75～500mm)
JIS	G 5527	600～900	49	
	G 5527	75～1500	57	プラグ付き栓の追加(75～500mm)
東京都購入仕様書	昭和49年版	600～1500	49	
	昭和59年版	75～1500	59	プラグ付き栓の追加(75～600mm)

図1　A形、K形栓



空気抜き用および排水用プラグは、「JIS B 2301ねじ込み式可鍛鋳鉄製継手」(表3)を使用しており、ねじ部にはテーパが付いている。この形式を採用した理由としては、ねじ部の水密性を確保するために使用したものと考えられる。しかし、このプラグは、ねじ部にテーパがついていることおよびねじ部寸法が短い(呑み込み深さが浅い)という、安全性および施工性上の問題を抱えていた。

表3　プラグの寸法



単位　mm

呼び	頭部(四角)		ねじ部
	二面幅B	高さ b	長さL(最小)
1/8	7	7	8
1/4	9	8	11
3/8	12	9	12
1/2	14	10	15
3/4	17	11	17
1	19	12	19
1 1/4	23	13	22
1 1/2	26	14	22
2	32	15	26
2 1/2	41	18	30
3	46	19	34
3 1/2	54	21	35
4	58	22	40
5	67	25	44
6	77	28	44

3．改良の必要性

栓には上段に空気抜き用、下段には排水用のテーパねじ加工プラグが設置されているが、このプラグを取り付けるときに水密性を高めるため、ねじ部にシールテープを巻き付けている。

このプラグ付き栓を管路端部に設置し、ある期間使用し栓を解体する際には、上段の空気抜き用プラグを緩め、管内の残留圧力を消滅させたあと、排水用プラグを取りはずし排水を完了し、T頭ボルトをはずして栓を解体するという手順となる。

しかし、プラグにはシールテープを巻き付け堅く締め付けてある関係で栓とプラグがさび付き易く、プラグの取りはずしにはかなりのトルクを必要とする。また、この栓を再使用するケースも多いため、プラグねじ部を清掃して再度シールテープを巻き付けるなど、この再生にはかなりの手間がかかる。

プラグはテーパねじのため、空気抜き作業中、あまり緩めすぎると突然抜けて飛び出す(抜け出し防止機構がない)など、管内部の残留空気圧低下の確認が非常に困難となっている。

特に現場での栓取りはずし作業には時間的制約があり、急いでいる場合や栓の取り扱いに不慣れな者が扱った場合には、作業手順を間違えて急激にプラグを緩めるとプラグが抜けて飛び出し、事故がときどき発生している。

このため、管路内残留圧力の確認が容易にでき、作業中でも突然抜けて飛び出さず操作性のよいプラグの開発が強く望まれていた。

4．改良点

栓の改良にあたり、種々のアイディアがあったが、最小の改良で最大の効果を発揮させることに主眼を置いた。

改良の基本的考え方としては、栓本体の構造は従来通りの形とし、空気抜き用および排水用プラグ部分に注目し、改良することとした。

改良案としては、まず実現可能な2通りの案を考えた。

第1案としては、現在のプラグをコック(バルブ)式に一部構造変更する方法であり、第2案は、プラグのテーパねじを平行ねじに改良し、プラグの内部に空気の通り道を設ける方法である。

第1案は、コック操作で管路内圧力を取り出せる簡便さはあるが、土中に埋設された場合の防護、改良コストなどの問題が生じ、第2案は、単にプラグの改良程度ですむことから、この改良案(以下シールボルトと呼ぶ)について詳細に検討を加えた。

シールボルトは図2のような構造であり、従来との相違点は

(1)　シールボルトのねじ部に、管の内部と外部に通ずる空気抜きおよび排水用の貫通穴(中空ボルト)を設けることにより、管内の減圧がスムーズに行え、また、残留圧力の確認を容易に行えることとした。貫通穴は排水時などの摩擦抵抗ならびに強度などの面から、入口から出口まで同一の径とした。

(2)　現在のプラグは、テーパねじとなっているため、プラグを緩めすぎると突然抜けて飛び出すことがあったが、シールボルトを平行ねじとしたため、ねじ部は任意の長さに選定でき、空気抜きおよび排水用の穴が栓の外部に全部露出してもねじ部は内部に残るよう長くつくり、操作の際にも抜けて飛び出さないようにした。

(3)　現在のプラグは止水のため、ねじ部にシールテープなどのシール材を用いていたが、平行ねじとした関係と操作性向上の観点から、ねじ部にシールテープなどを用いず、シールボルトにシール用丸ゴム輪(シールリング)を装置した。

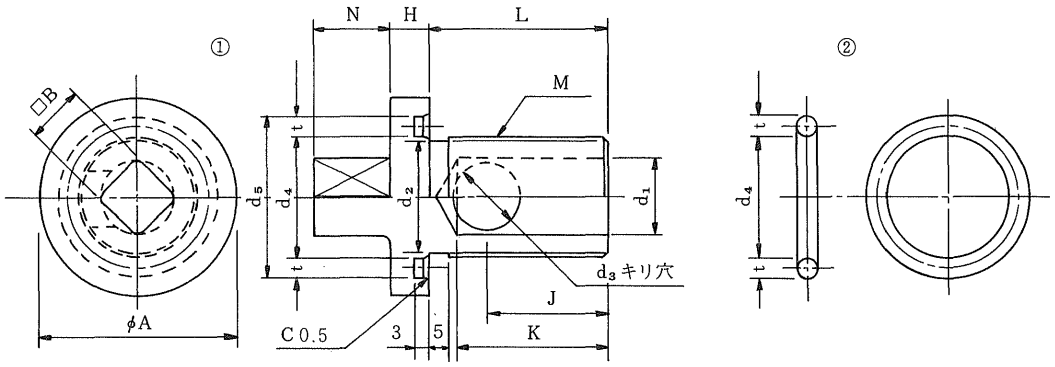
(4)　シールボルトと栓のさび付きを防ぎ、シールボルトの開閉操作がスムーズに行えるよう、材質をSUS 403とした。

などである。

このシールボルトの開閉状況を図3に示す。

Aの状態は、シールボルトが栓に締め付けられた状態で、管内圧力はシールリングでシールされている。

図2　シールボルトの構造図

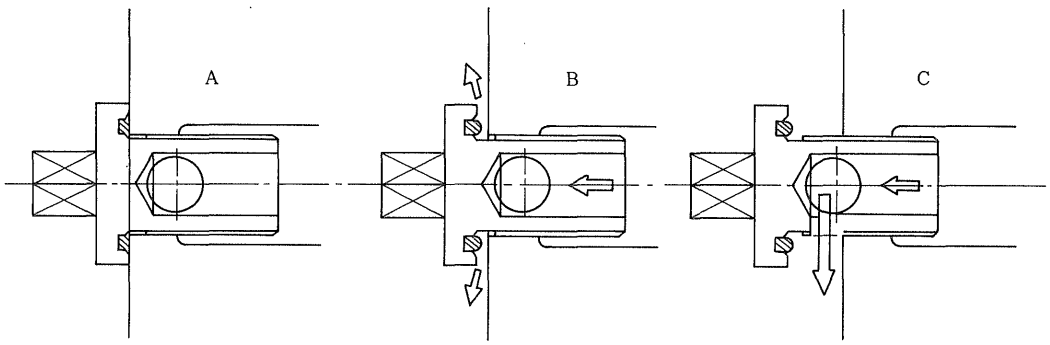


品番	部品名称	材質
1	シールボルト	SUS 403
2	シールリング	SBR

単位　mm

ネジの呼び	シールボルト													シールリング	
M	L	A	B	N	H	J	K	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	t	t	d_4
1/4	40	35	20	20	10	25	30	6	11	6	19	29	5.0	5.0	19
1/2	50	40	〃	〃	〃	35	40	12	18	12	21	31	〃	〃	21
1	60	55	25	25	15	40	50	20	30	20	35	45	〃	〃	35
2	80	80	〃	〃	〃	50	70	40	56	40	60	71.4	5.7	5.7	60
3	110	110	30	30	20	70	100	60	84	60	90	101.4	〃	〃	90
1 1/2	60	70	25	25	15	40	50	20	44	20	50	60	5.0	5.0	50

図3　シールボルトの開閉状況



Bの状態は、シールリングが栓から僅か離れた状態で、管内の圧力はねじ部を伝わって少しずつ抜ける。この際、空気の通過音あるいは石ケン水の塗布、糸の振れなどによって管内圧力の有無が確認できる。

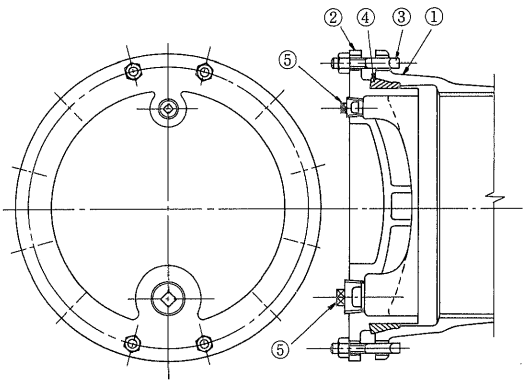
Cの状態は、空気抜きおよび排水用の穴が露出した状態で、管内の空気および水は、この穴を通って減圧および排出される。

5．栓の比較

図4は新旧の栓を比較したものである。図示の通り、栓本体は構造的には変更しておらず、空気抜きおよび排水用プラグを中空の平行ねじとしたシールボルトに変更しただけである。

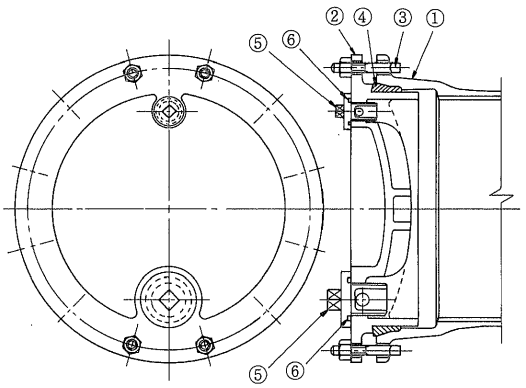
図4　栓の新旧比較図

旧タイプ



品番	部品名称	材質
1	受口	FCD
2	栓	FCD
3	T頭ボルト・ナット	FCD
4	ゴム輪	SBR
5	プラグ	FC

新タイプ



品番	部品名称	材質
1	受口	FCD
2	栓	FCD
3	T頭ボルト・ナット	FCD
4	ゴム輪	SBR
5	シールボルト	SUS403
6	シールリング	SBR

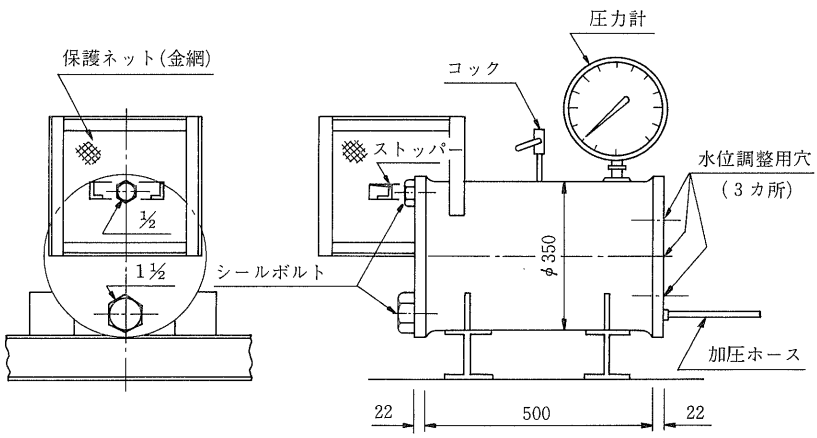
このように変更した場合、当初考えていたような安全性および操作性が確保できるかどうかを確認するため、模型を試作し、性能試験を実施することとした。

6．改良形栓の性能試験

1．試験の目的

試験は、机上で考案したような改良点の性能が十分発揮するかどうか、シールボルトの

図5　試験装置



装置性ならびにシールボルトによる排気性、排水性を試みるとともに、その効果およびその時点でのシールボルトの挙動に主眼を置き図５に示す試験装置で実験することとした。

なお、現在使用されている栓に装着されているプラグは、呼び½″～３″程度である。試験にあたっては、呼び½″、１½″のシールボルトを使用することとした。

２．試験方法

(1)　装着試験

ＳＢＲ製シールリングの当たり面に滑剤(管継手用滑剤)を塗布した場合と塗布しない場合について、シールボルトの締め付けトルク、締め付けた場合のシールリングの状態およびシールリングの耐久性について試験する。

①　締め付けトルクの測定

呼び½″と１½″のシールボルトに内径21mm、内径50mmそれぞれのシールリングを装着し、面間が0.3mm以下の状態(シールリングの圧縮率は34%程度である)になるまで締め付ける。このときのトルクを測定する。

②　シールリングの締め付け状態

面間0.3mm以下になるまで締め付けたときのシールリングの状態を観察する。

③　シールリングの耐久性

面間0.3mm以下の状態になるまで締め付けたあと、シールリングの圧縮状態を解放する操作を３回繰り返し、シールリングを取り出し、損傷の程度を調査する。

(2)　排気(減圧)試験

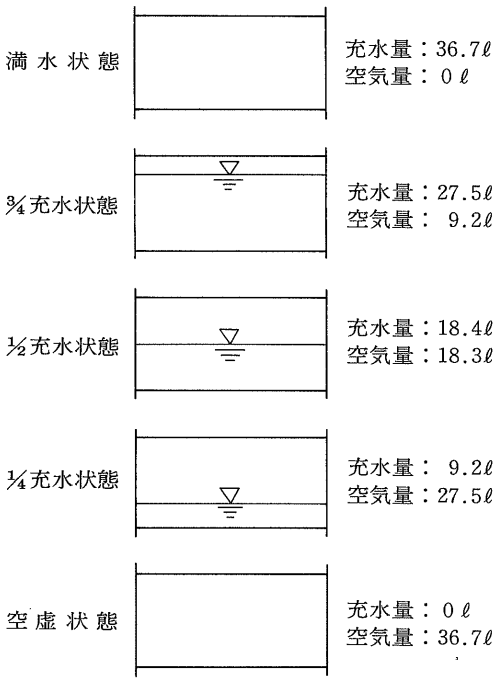
図５の試験装置を用い、装置内の水の状態を満水状態、¾充水状態、½充水状態、¼充水状態および空虚状態の５タイプに分け、それぞれ7.5kgf/㎠まで加圧してシールボルトの水密性、シールボルトの開操作後大気圧になるまでの時間および減圧時のシールボルトの挙動について試験を行う。

なお、シールボルトは呼び½″を用い、空気穴は片穴、両穴の２種類について行う。

①　水密性

7.5kgf/㎠まで加圧したあと、締め付け部に石ケン水を塗布し、空気漏れの有無を確認する。

図６　排気試験充水状態



②　大気圧となるまでの時間を測定

シールボルトを緩め、空気が抜けはじめてから圧力計の指示値が０kgf/㎠になるまでの時間を測定する。なお、シールボルトが緩みはじめてからシールボルトの空気穴が完全に露出するまで連続的に操作する。

③　減圧時のシールボルトの挙動調査

圧力降下中のシールボルトの回転、ガタツキなどの挙動を調査する。

７．性能試験結果

１．装着試験結果

試験結果は表４に示す通りである。

シールリングに滑剤を塗布した場合は、塗布しなかった場合に比べ締め付けトルクは小さく、傷も発生しにくいという結果が得られた。

したがって実際に使用するにあたっては、滑剤の使用を義務付ける必要がある。

なお、同時に参考のためシール材として平

ガスケットを使用して試験したが、締め付けトルクが大きく、平ガスケット面に損傷が発生するなど、シールリングの方が優れていることが判明した。

表4　試験結果

シールボルトの呼び	シール材名	滑剤の有無	締め付けトルク (kgf-cm)	締め付け部の状態 すき間(mm)	締め付け部の状態 その他	3回締め付けたあとのシール材の状態 (キズなどの程度)	備考
½″	シールリング	使用	200	0.3	異常なし	異常なし	1) 滑剤は管継手用滑剤を使用した。 2) シールリングのすき間0.3mmは34%、平ガスケットのすき間1.5mmは50%のゴム圧縮率に相当する。
		使用せず	720	0.3	〃	微少なすりキズ発生	
		〃	620	0.3	〃	〃	
1½″	シールリング	使用	500	0.3	異常なし	異常なし	
		使用せず	900	0.3	〃	〃	
1½″	平ガスケット	使用	700	1.5	ガスケットはみ出し	〃	
		使用せず	1,800	1.5	〃	はみ出した部分の円周上にクラック発生	
		〃	1,750	1.5	〃	すりキズ発生	

2．排気(減圧)試験結果

7.5kgf/㎠まで加圧しても空気、水の漏洩がなく水密性は良好であった。また、減圧時に片穴のものは、空気の排出方向が一方向となるため、シールボルトの回転を想定したが、なんら回転、ガタツキなどの発生もなく、減圧性も良好な結果が得られた。

理由は不明であるが、空気穴は片穴の方が両穴より減圧時間が短かった。(表5)

なお、実用化にあたっては、シールボルトの強度の面から片穴の方が有利と思われる。

また同時に、シールボルトの頭に空気穴の位置を表示することにより、より一層安全がはかれるものと思われる。

表5　試験結果

充水状態	加圧値 (kgf/㎠)	水密性	圧力降下所要時間 片穴 kgf/㎠	片穴 秒	両穴 kgf/㎠	両穴 秒	摘要
満　水	7.5	異常なし	5.9→0	12	7.4→0	24	穴が露出するまでに圧力が0 kgf/㎠となった。
¾充水	7.5	〃	7.4→0	12	7.4→0	13	〃
½充水	7.5	〃	7.4→0	18	7.4→0	22	〃
¼充水	7.5	〃	7.4→0	20	7.3→0	30	〃
空　虚	7.5	〃	7.4→0	22	7.3→0	33	〃

注)1．圧力降下時の圧力が、加圧値(初期圧力)より低下した原因は、空気は抜けていないがシールボルトを操作したためである。
2．呼び½による試験結果である。

8．まとめ

プラグ付き栓を使用するようになっても、まだ死傷事故が発生している。この事故を絶滅すべく、種々のアイディアを出し検討して

きたが、開発コストも安く、確実に安全性が確保できるシールリング付きシールボルトを考案し、確認試験においても良好な成果が得られた。

この改良した栓が早急に実用化されることにより、今までの水道界で懸案となっていた栓操作時における手違い、不慣れなどによる事故が未然に防止可能となり、栓の安全性、操作性が格段に向上するものと確信する。したがって、この改良した栓が早急に製品化されることを強く希望するものである。

また、このシールリング付きシールボルトは、本誌で報告した管路端部の栓のみでなく管路布設時に生ずる凸部や伏せ越し部での吸排気・排水をはじめ、ガス管および油輸送管などの管路類ならびに圧力タンクの吸排気・排水などにも幅広く応用されるものと期待している。

なお末筆であるが、この栓が実用に供するかどうかの確認試験にご協力いただいた久保田鉄工株式会社東京本社パイプエンジニアリング部ならびに当局関係職員に、本紙上を拝借して心から謝意を表わすものである。

ダクタイル鉄管第44号

昭和63年5月

技術レポート 1

札幌市水道局庁舎・緊急貯水槽について(設計と建設)

札幌市水道局拡張部
工事課長　辻口宏紀
工事2係長　五十嵐寛
工事2係　原田政明

1．はじめに

札幌市水道は、昭和12年の創設以来50年を経過し、昭和62年10月現在、給水人口154万人、給水普及率97.8%となり、今日に至っている。年々増大する給水需要に対応すべく、これまで7期にわたる拡張事業を重ねてきたところである。高普及時代の到来といわれる今日、ライフラインとしての水道の役割は大きく、その確保にあたり本市においても種々施策を立案し、施行してきているところである。中でも現在施行中の第7期拡張事業においては、原水調整池の建設、浄水場の相互連絡管の敷設、配水池容量の増強、ブロック配水システムの整備拡充、緊急貯水槽の建設などを積極的に進めている。災害時にも強い水道施設づくりの一環として、本市水道局庁舎と併せて建設した緊急貯水槽について、その基本的な考え方および施工概要について報告するものである。

2．基本構想

1．ストック機能の充実

水道は一般にフローの施設体系である。しかし水道が飲料水確保の唯一の手段となってきている今日、安全かつ安定した飲料水を供給するためには、おのずと水道システムにストック機能のプロセスを盛り込み、その充実をはかることが不可欠になってきている現状にある。本市のように市街地が比較的平坦な地域に展開されている場合、ストック機能を有する配水池などは高地区に建設されるのが通常であり、市街地にストック機能を期待できないのが実情である。本市が今回建設した緊急貯水槽は、まさしくこの市街地におけるストック機能の確保のための施設であり、平常時の安定給水機能の向上はもちろんのこと、災害時においても、市民生活上欠くことのできない安全な飲料水を確保しようとするものである。

2．災害対策機能の充実

過去の災害例などからも明らかなように、発生頻度の比較的高い風水害に対しては、土砂崩れなどによる二次災害を除いて、水道施設は比較的その影響は受けにくい。しかし、発生頻度は低いものの地震による被害は、前者に比較して大きいことがわかる。地震発生時には浄水場や配水池などの施設よりも給・配水管の受ける影響は大きく、水量、水圧の低下、濁水の発生など、広範囲に及ぶのが特徴である。幸いにも本市においては、このような緊急事態に遭遇したことはないが、震災対策として本市では、施設の耐震化、老朽管の更生・更新、ブロック配水システムの導入により管網の強化などをはかり、災害に強い水道システムの構築を進めているのである。

3．水質保持機能の確保

水道システム内にストック機能と、量的安定化をはかると同時に水質保持機能を充実させ、質的安定性を確保しなければならないことはいうまでもない。たとえば、配水池における残留塩素の低下にみられるように、滞留による水質の劣化の問題は、ストック機能の充実向上と相反して派生する問題点である。この解決のためには、本市では緊急貯水槽は通常配水管として使用し、水質劣化に対処しようとしたのである。

3．水道局庁舎緊急貯水槽の概要

1．建設位置（図1参照）

本市水道が昨年（昭和62年）創設50周年を迎えたことにより、これを契機とし、水道局独自庁舎を本市のほぼ中央に位置する大通東11丁目に地上4階、地下2階、塔屋2階の鉄骨鉄筋コンクリート造りで建設した。この庁舎の建設に併せて、緊急貯水槽を同じ敷地内に建設したものである。この緊急貯水槽は、今後建設予定の緊急貯水槽のモデルケースであり、今回建設した緊急貯水槽は、水道局庁舎を中心とした半径2㎞圏内の人口12万人の緊急時飲料水を確保しようとするものである。

2．必要容量

本市では市域に関わる防災に関して「札幌市地域防災計画」を策定している。この中では、本市およびその周辺に発生した過去の地震の状況などから、本市に影響を及ぼす地震として、

図1　緊急貯水槽平面図

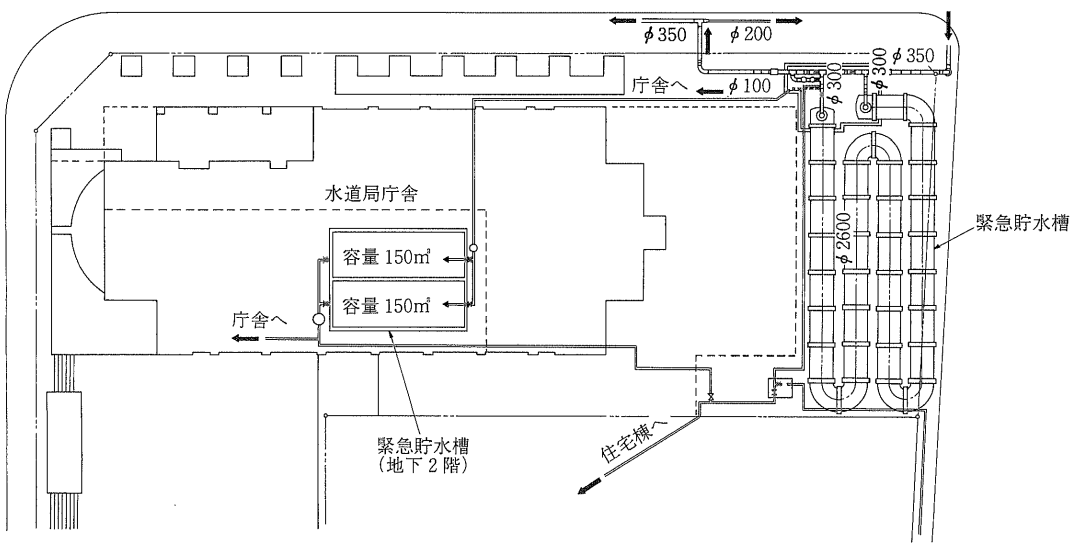


写真１　庁舎全景

ⅰ．十勝沖地震(海洋型巨大地震)
　　Ｍ８級、震央距離300㎞
ⅱ．石狩湾地震(直下型中級地震)
　　Ｍ７級、震央距離70㎞
の２つの地震を想定している。

水道では、この計画を受け「札幌市水道局震災対策計画」を策定している。管路復旧までの間、飲料水の確保が心要となるが、昭和70年給水人口184万人に対し第１段階として必要最小限の飲料水３ℓ/人/日を３日間、第２段階としてある程度の生活用水を加えた20～25ℓ/人/日を３日間、合計６日間で79ℓ/人を必要水量として、総量14万5,440㎥の緊急用水源を確保する計画としている。この計画に準じ、本庁舎緊急貯水槽は第１段階の必要最小限の飲料水を確保しようとするもので、給水人口12万人に対し３日間で１人当たり９ℓ必要なことから、緊急貯水槽容量を1,000㎥に決定した。

３．構　造(図２参照)

本庁舎緊急貯水槽は、屋外地中に埋設した大口径ダクタイル鋳鉄管による圧力方式緊急貯水槽700㎥と、屋内地下２階に建設した庁舎受水槽と兼用のＲＣ造りの自由水面方式緊急貯水槽300㎥とからなっている。屋外の管路による貯水槽は、敷地内の敷設スペースの制約からコンパクトに配列するため、90度曲管で折り返し４列並列とし、流入・流出部を弁室１ヵ所に集約した構造とした。

(圧力方式緊急貯水槽)
有圧密閉型、呼び径2600㎜　ＵＦ形ダクタイル鋳鉄管、延長：133m、容量：700㎥

(自由水面方式緊急貯水槽)
水面解放型、ＲＣ貯水槽(12.9×5.2×2.5)m×２槽　　容量：300㎥

図２　緊急貯水槽構造図

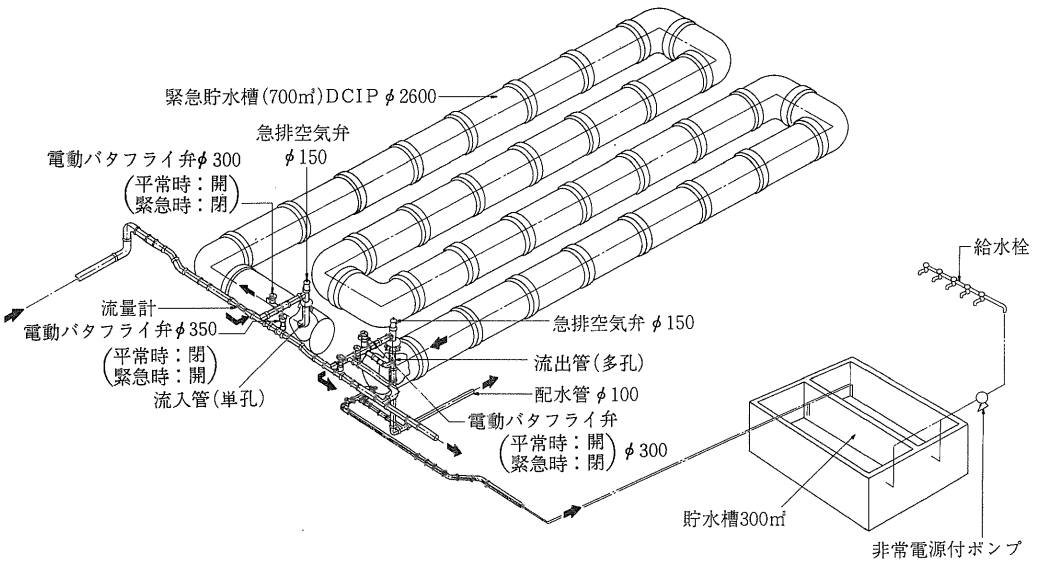


写真２　管敷設状況

４．水道局庁舎緊急貯水槽の特徴

１．運転・管理

本庁舎併設の緊急貯水槽は、運転・管理上、次のような特徴がある。

１つは、災害時には水道局の対策本部が本庁舎に置かれ技術職員など、水道技術関係者が多数集まることができ、それらの判断により緊急貯水槽の状況把握および運転管理方法を決定することができることである。

２つは、災害時にあっても本庁舎機能維持確保のため、自家発電設備を有しており、緊急貯水槽の流入・流出電動弁の動力は確保されるのである。また、受水槽に貯留された飲料水を非常給水する場合、平常時に庁舎の給水に供しているポンプを非常用給水ポンプとして利用し、庁舎地下にある受水槽からポンプ揚水することによって非常給水を円滑に行えるようにしてある。

３つには、本庁舎緊急貯水槽の維持管理は、水道局勤務経験者で構成されている水道サービス協会の職員が24時間体制で行っており、平常時・災害時を問わず、きわめて高い維持管理能力が期待できることである。

２．異常感知機能

配水管網に重大な影響を与えると考えられる震度５以上の地震発生の場合、本市水道局では24時間連続監視している配水センターや水道サービス協会職員が感知でき、各種報道機関からも速やかに地震情報は得られる。

緊急貯水槽では、管路の被害状況が必要な情報であることから、地震の震度は特に計測しないこととした。地震により管路が折損、抜け出しなどの被害を受けた場合、流量、流速には必ず影響を及ぼす。このため、流量を配水管路異常に対する必要情報と考え、流量計を設置し、通常と異なる値を示した場合を異常として感知する警報システムを採用した。流量のみとしたのは、現段階では本庁舎緊急貯水槽に至る配水管の系統が比較的新しく、また、毎年濁水防止のための洗管などを実施しており、流量異常による高流速がただちに濁水などの発生につながることはないと考えられるからである。しかし、先に述べた通り、量の確保と同時に質の確保が不可欠である。

このため将来的には、濁度計、残塩計などの水質計器を設置し、よりきめの細かい管理体制の確立をはかる必要があると考えられる。

３．滞留防止対策（図３参照）

圧力方式緊急貯水槽は、平常時は配水管として使用することから、配水管との口径差が大きく流速が急減すること、また、管敷設スペースの制約から４列のだ行形状を呈しているため、模型による水理実験にて滞留防止策の検討を行った。その結果、流入管は単孔式下噴出型で、流出管は多孔式全面集水型として管内滞留防止をはかった。また、この実験により、貯水槽容量の約5倍分で管内水が全部入れ替わることも確認できた。（図４参照）

図３　流出入管断面図

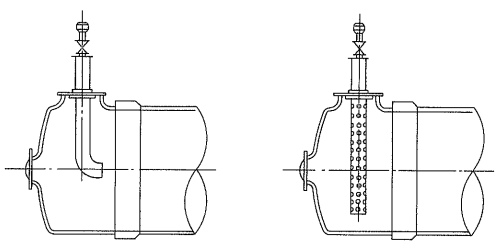
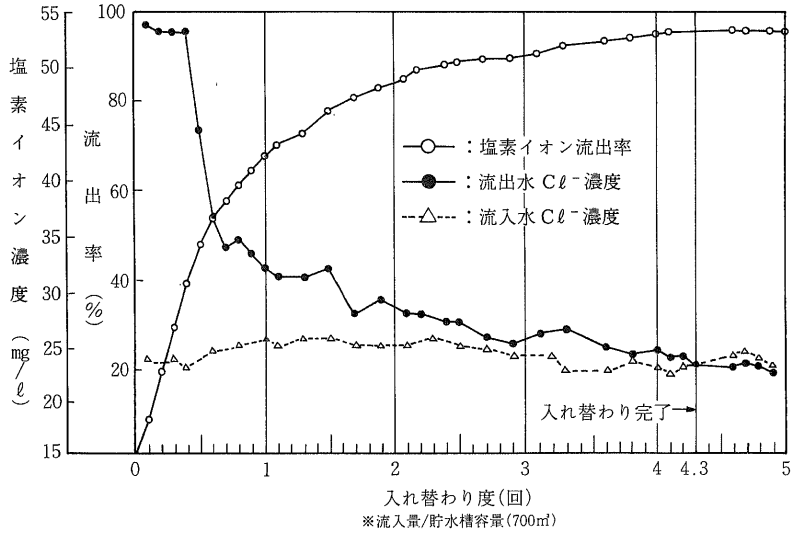


図4　流出パターン



工事竣工後、この模型実験結果を確認すべく実際管路を使っての水質変化、槽内の水の入れ替わり状況の確認を行った。この結果は、模型実験とほぼ同様の結果が得られ、３日間の非常給水時の槽内貯留水の水質変化については、残留塩素を0.1ppm以上確保するのに十分な日数であり、飲料水としての水質が保証されることも明らかとなった。槽内水の入れ替わりについての調査でも、貯水槽容量の4.3倍の水量で完全に入れ替わったと判断され、模型実験の約５倍とほぼ同様の結果となった。

5．おわりに

本市では来るべき21世紀へ向け、長期的水源の確保、給水サービスの充実をテーマに高普及時代に伴う質の向上をはかっていきたいと考えている。今回建設した緊急貯水槽をモデルケースとして、順次各所に緊急貯水槽を建設していく計画であるが、今回の緊急貯水槽はもちろん、今後建設していく貯水槽も災害時においても平常時と同様に、清浄な飲料水を市民に供給できるものでなくてはならず、それらのことが実現できて、はじめてテーマにある「給水サービスの充実」につながると確信している。そのためには、ストック機能をより充実させ、ブロック配水システムとの調和をはかりつつ、適正な配水管としての管理をしていくことが必要であると考えている。

また、災害時における管路異常などの検知機能と緊急貯水槽を含めた水道施設全般のトータル管理システムの構築を、今後の課題として捉え、ライフラインの確保をはかっていく計画である。

2

広島市における供給ゾーンのある供給管共同溝の建設

広島市水道局
配水課設計係長　寄元正勝
中工事事務所工事係（旧所属配水課）　畑村和雄
安佐南工事事務所工事係　川地光春

1．はじめに

広島市は、西中国山地国定公園の冠山にその源を発し、先の環境庁より発表された「名水百選」に選ばれた太田川（中流域）の下流デルタに発達した都市である。昭和55年には人口が約100万人に達して、全国で10番目の政令都市に指定され発展を続けている。

市の北西部に通じる国道54号線は、沿線の宅地開発に伴って都市化が著しく、慢性的な交通渋滞を引き起こしている。これを解消するために、安佐南区緑井より市街地の中心部である中区基町までの約8.5kmに、バイパス（祇園新道）を建設省が建設中である。

祇園新道の標準断面は図1の通りで、全幅が50mで中央には北西部の団地群と市中心街を高架で結ぶ「新交通システム」が交通渋滞を解消する切札として建設される。上り車線には幹線共同溝が、両側の歩道には供給管共同溝がそれぞれ建設される。

2．供給管共同溝

延長：約4.0km（両側歩道計）
断面：縦2.0m×横3.2m　RC造り

祇園共同溝計画位置図

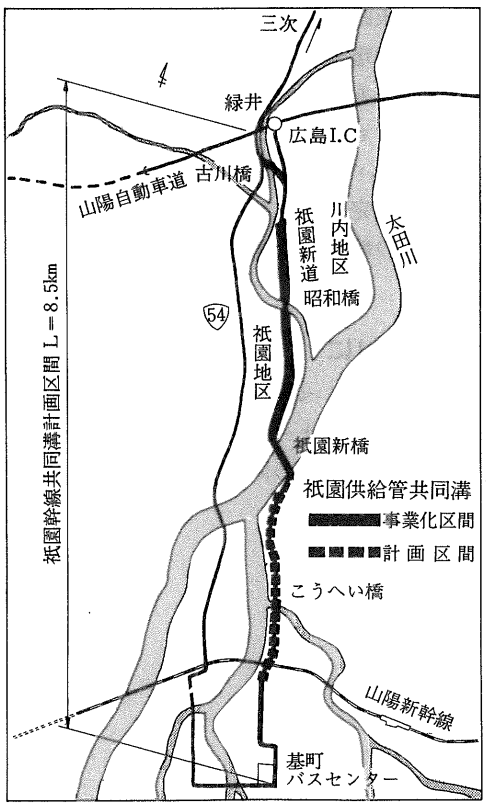
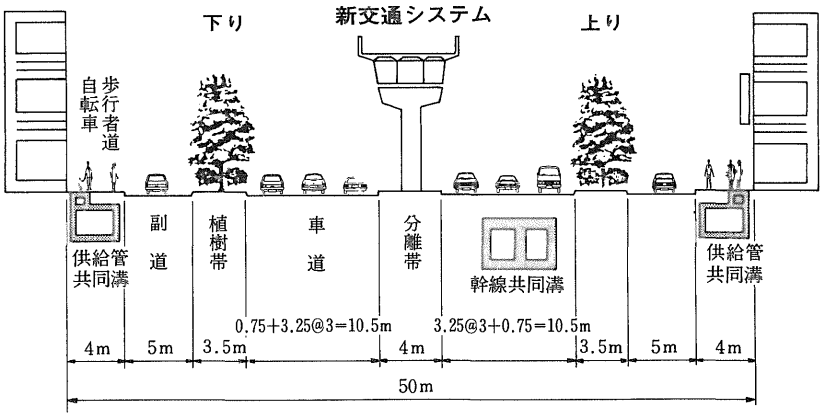


図１　祇園新道の標準横断図



入溝公益事業者

広島市下水道局：雨水管、汚水管

広島市水道局：配水管 ϕ150

日本電信電話(株)：通信ケーブル

中国電力(株)：電力ケーブル

広島ガス(株)：ガス管

（ガスは別室）

沿道の需要者のためのライフラインを収容する供給管共同溝は、「道路の掘り返し」や「電柱」がなくなり、都市美化や防災に役立つばかりでなく、占用空間の有効利用や施設（配水管など）を目視して維持管理ができる効果がある。

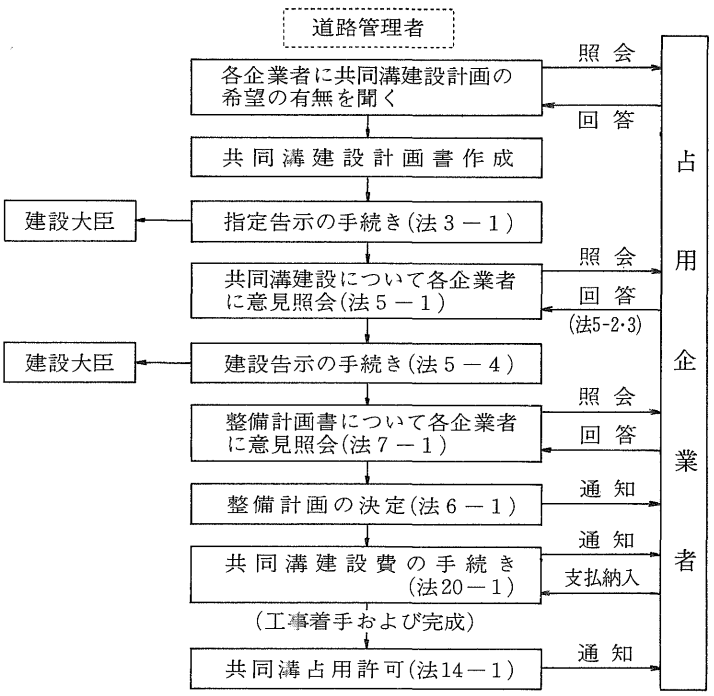
本共同溝のように新設道路での先行的な建設は、全国でも例はなく先進的な試みである。また、任意の沿道からの需要に応ずることのできる構造や、将来の需要を見越して建設される公益施設などは、画期的な事業である。

以下、この供給管共同溝の建設に伴う配水管の敷設について報告する。

3. 共同溝建設の手続き

祇園供給管共同溝の手続きおよび建設費の負担は、「共同溝の整備に関する特別措置法」に基づいて行われた。その手続きは、表１の通りである。

表１　共同溝整備手続きの流れ



4．共同溝の断面

共同溝の断面を検討するに当たっての基本的条件、すなわち、

- 公益事業者の入溝希望の施設をすべて収容し、維持管理や分岐作業の空間が十分に確保でき、歩道内に建設できること。
- 沿線の具体的な立地計画がないため、将来生じる需要に対し、任意の地点への供給ができる構造にすること。
- ガスは別室とし、下水道は自然流下方式にすること。
- 公益施設(給水管など)の宅地への引き込み工事は、道路(歩道)を掘削することなくできること。

等々をすべて満たすべく検討した結果、決定された標準断面は図２の通りである。

任意の地点からの供給要望に応ずるために共同溝の民地側の壁に図３のように１m×１m厚さ15cmの窓状の薄壁部（供給ゾーン)を1.5m間隔に設けた。この供給ゾーンは無筋構造とし、せん孔可能になっている。

図２　共同溝の標準断面

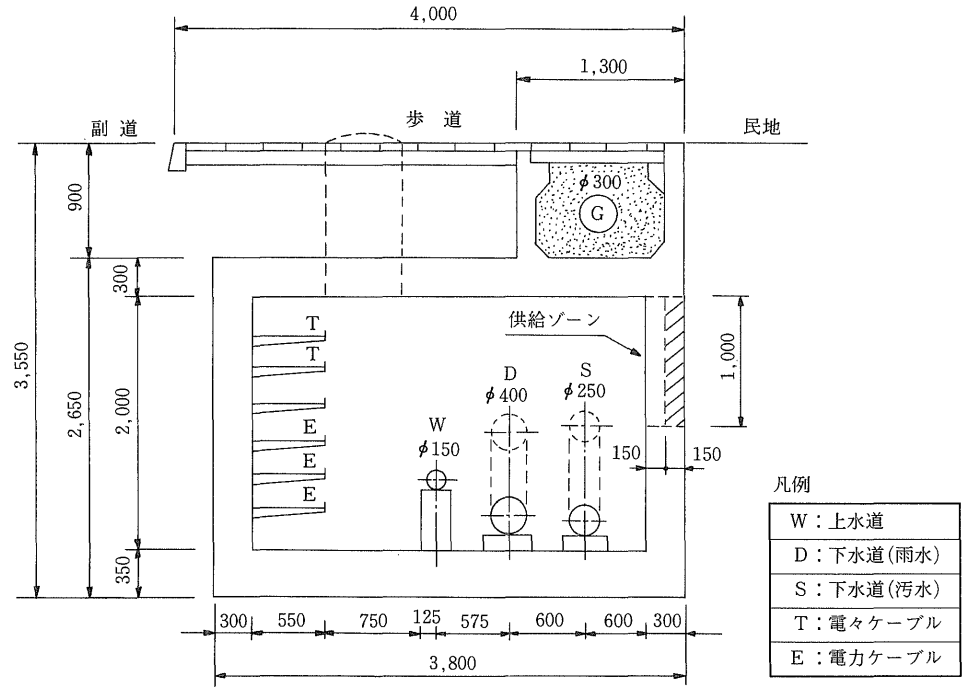
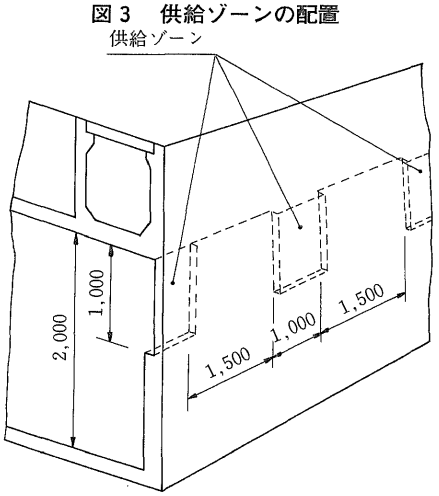


図３　供給ゾーンの配置



5．付属構造物

(1) 資材投入口

共同溝内への資材(配水管)を投入するために、約200m間隔にφ900のマンホールを設け、５mの管体をトラッククレーンにより吊り降ろしのできる構造の投入口を設けた。(写真１)

設置数　22カ所

(2) 換気口

側道と本線の間の緑地帯に1.7m角の上屋を建設し、共同溝とはカルバートボックスまたはヒューム管で連絡し、自然換気口

と強制換気口が交互に設けられた。(写真2)

設置数　23カ所

写真1　配水管投入状況

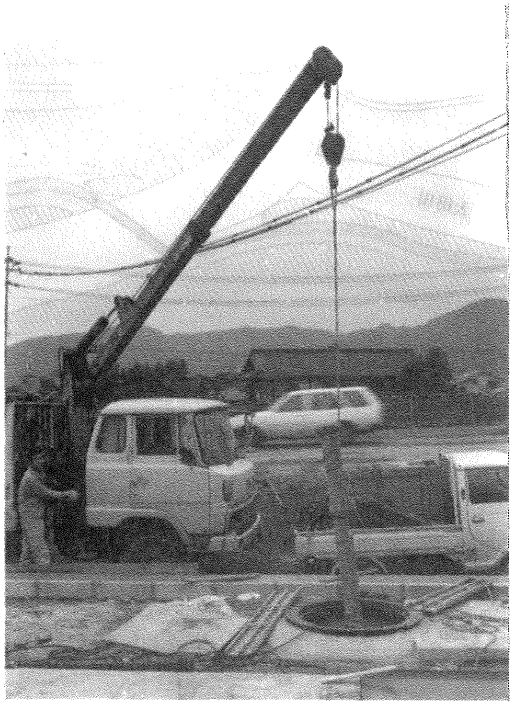


写真2　排気口

(3) 排水ピット

共同溝内の溜り水を集水するために0.5～2.0㎥の排水ピットをつくりポンプで排水する。

設置数　25カ所

(4) 特殊断面

供給施設の分岐や共同溝が他の地下埋設物を避ける場合、そのほか道路構造上やむを得ぬ場合は、必要に応じて標準断面を変形して特殊断面として対応した。

6. 配水管の設計

1. 口　径

祇園新道が建設される地区は、広島菜の作付けを中心とした都市近郊型の農村地帯で、虫食い状態に宅地化が進んでいる広島市の郊外地区である。祇園新道は、この地区のほぼ中央を縦断する形で建設され、市中心部より約5kmの位置に当たるため、将来は市街化することが予想される。

沿線地区の開発想定を建設省に求めた結果図4の提示があった。この想定により、配水量を推定して配水管の口径を150㎜と決定した。なお、共同溝内の配水管と地区の既設配水管とは、37カ所で連絡して管網となるようにした。

2. 管　種

管種については、耐衝撃性および給水の分岐工事の対応性などを検討し、過去他の共同溝で使用実績のあるダクタイル鉄管とした。

3. 継　手

(1) 直線部

共同溝は、原則として1ブロックを直線で建設され、曲がりは施工継手の目地部の調整によってなされる。したがって配水管は、直線配管が可能であり、不平均力の発生が考えられないので、T形継手とした。

(2) 異形管や弁栓類付近

不平均力が発生する曲がり部や分岐部および弁栓類の前後は、将来の補修作業時の抜け出しなどに備えるために、SⅡ形継手とした。

4. 共同溝の施工継手部

共同溝が不同沈下する恐れがあるので、図5のように施工継手を挟んでSⅡ形継ぎ輪を設置した。

図４　建設省より

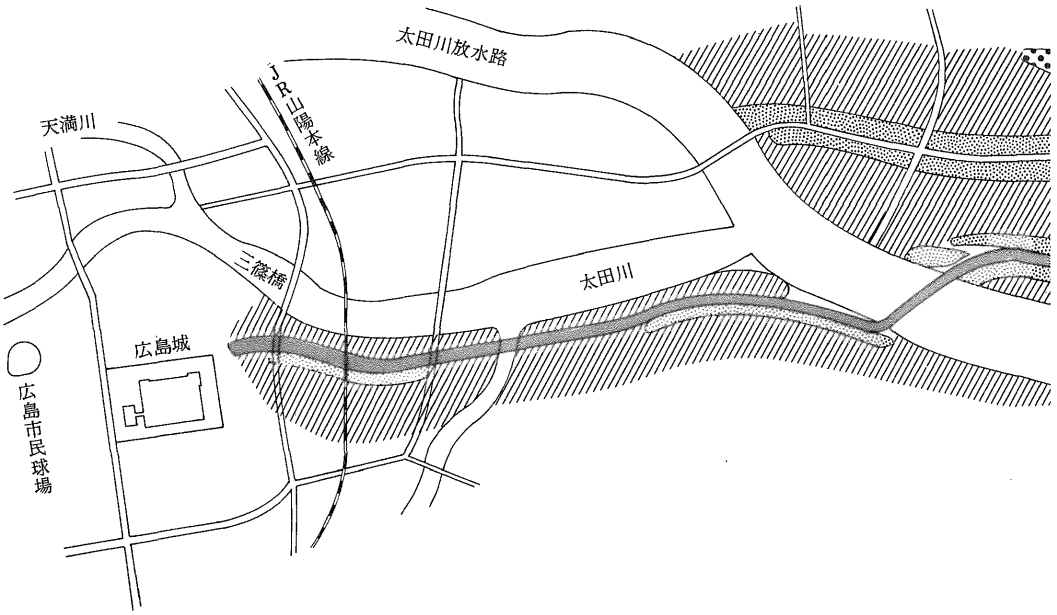


図５　共同溝施工継手部の配管

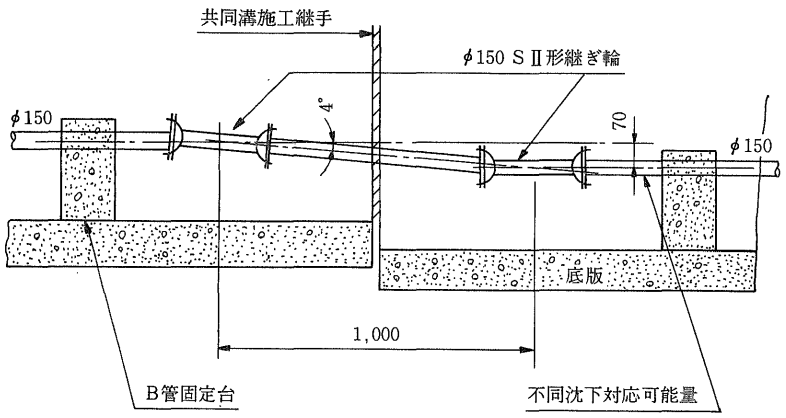
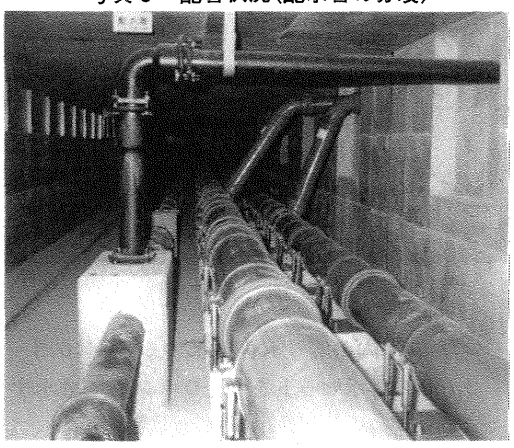


写真３　配管状況（配水管の分岐）



５．塗　装

■内面塗装

直管部：モルタルライニング

異形管部：エポキシ樹脂粉体塗装

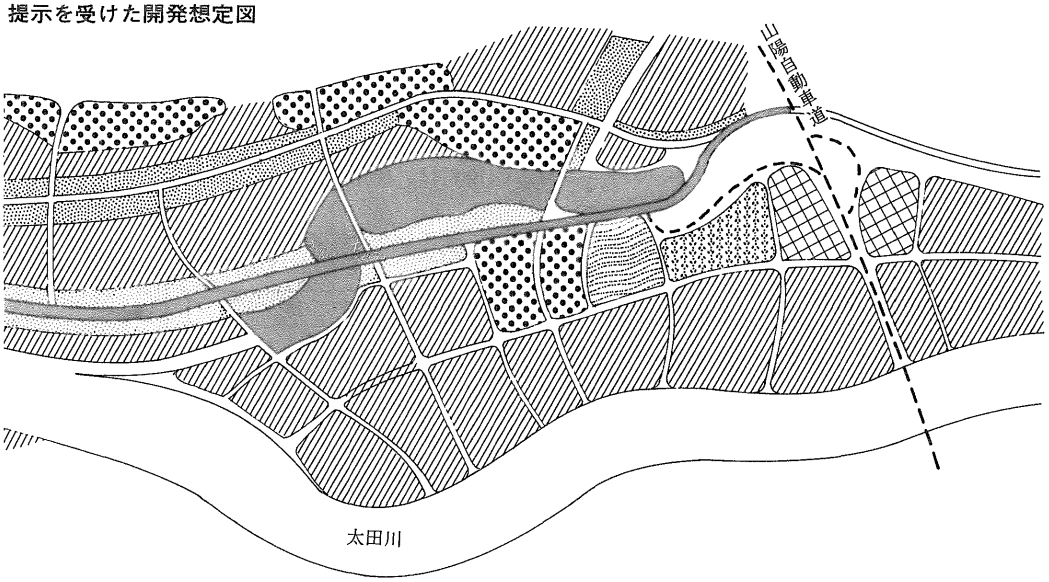
■外面塗装

特殊塗装（タールエポキシ樹脂塗料）

外面塗装については、次のことを考慮した。

- 露出配管であり、常時外気と触れるので結露現象により塗装の劣化が促進される。
- 沿線の需要者からの供給要望の都度、各公益事業者が分岐工事をするために関係

提示を受けた開発想定図



凡　例

	名　称	備考
	住　宅　地	
	シビック ショッピングセンター	
	木工 家具卸売センター	
	スポーツ、レクレーション	
	農用物流センター	
	業務地区沿道サービス群	
	地区公園・緑地	

者の出入りが多く、損傷を受ける機会が増すので、塗膜を強化する必要がある。

- 建設後のメンテナンス作業が密室で、困難なために、長期間耐える必要がある。

特殊塗装(ライニングを含む)については、

- タールエポキシ樹脂塗装
- エポキシ樹脂塗装
- ポリウレタン樹脂塗装
- ポリエチレン被覆(密着性、非密着性)
- 自己融着防食テープ

などについて、水質に与える影響、防食性、経済性、作業性、メンテナンスなどの塗装機能と、配水管の継手接合、給水管の分岐作業、配水管の補修や分岐作業時の資材の確保などの管の機能の両面より比較検討した。また、供試体により耐久性や付着性などについて試験を実施した。

検討の結果、すべての条件をほぼ満たしている「タールエポキシ樹脂特厚塗装」とした。塗膜が運搬や共同溝への搬入で損傷を受ける恐れがあるので、工場で塗装のあとに樹脂ネットと麻布で梱包して輸送することにした。

6．仕切弁

内外面エポキシ樹脂粉体塗装されているソフトシール仕切弁を試験的に使用した。仕切弁の操作は、継ぎ足しスピンドルを取り付けて歩道上より操作ができる構造とした。

また、通常の仕切弁と区別するために、鉄蓋に「ＳＳ」(写真５)の文字を入れた。

表２　タールエポキシ樹脂特厚塗装の仕様

塗　料

管及び付属品の外面塗装は、JIS　K　5664(タールエポキシ樹脂塗料)に規定する１種を用いて塗装するものとする。

この場合、塗膜の厚さは最低 210μm を塗装するものとする。

ただし、工場塗装に付き、エポキシM.I.O.塗料は、使用してはならない。

塗装後の品質及び試験方法

塗装後の品質及び試験方法は、下表の規定に適合しなければならない。

塗装後の品質及び試験方法

試験項目	品　　質	試　験　方　法
外　　観	有害なきず、異物の付着などの欠点がなく、表面は滑らかであること。	目視による。
塗膜の厚さ	塗装膜厚は210μm以上とすること。	電磁微厚計又は他の適当な方法により管の両端の任意の位置をそれぞれ２カ所測定する。
付　着　性	はくりのないこと。	テストハンマーで塗装面を軽くたたいて、はくりの有無を調べる。

写真４　仕切弁

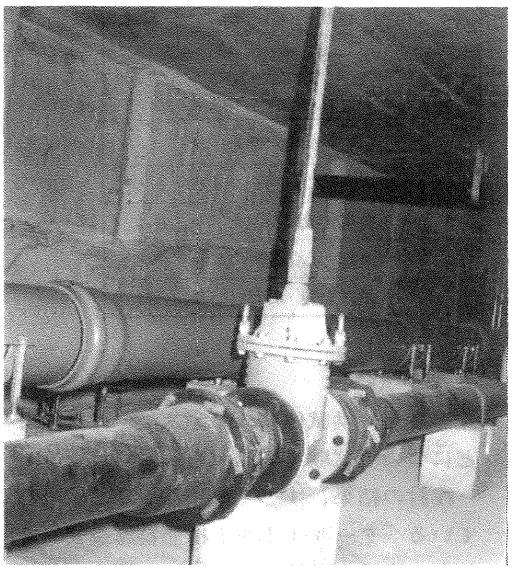


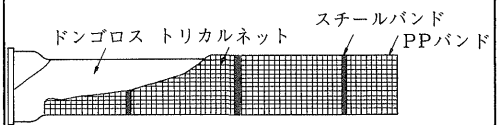
写真５　鉄　蓋

梱　包

管外面をドンゴロスにて包装し、さらにその上をトリカルネット(ポリエチレン製)で保護する。トリカルネットは、ＰＰバンド及びスチールバンドにて固定する。

(直管の例)

図６　配水管の荷姿



※受口部は、ドンゴロス(２重巻)包装のみとする。

７．消火栓

長尺のφ100両フランジ管で立ち上げ、φ100×φ75の片落補修弁を取り付け町野式消火栓を付けた。消火栓はφ600のマンホールに収容し、共同溝内に入ることなく操作および補修作業ができる構造とした。

写真６　鉄　蓋

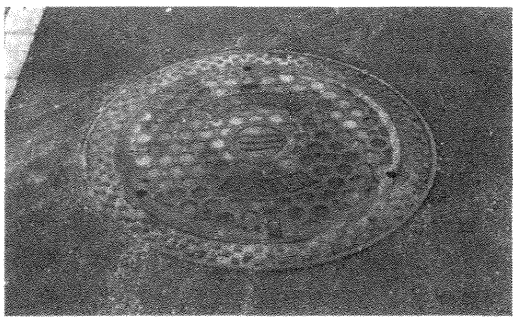
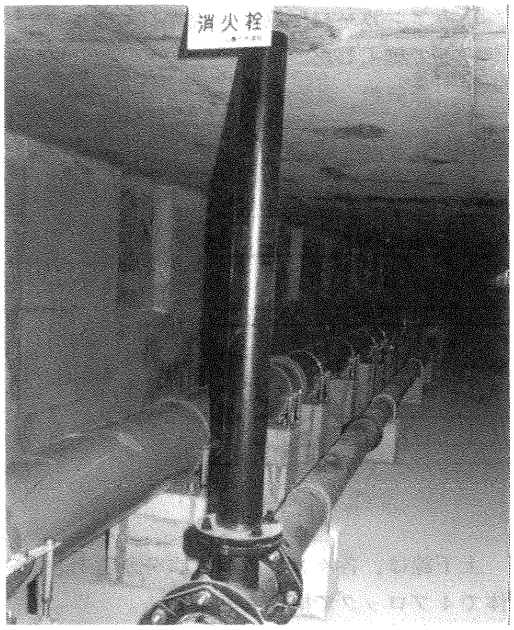


写真７　消火栓



８．管固定台

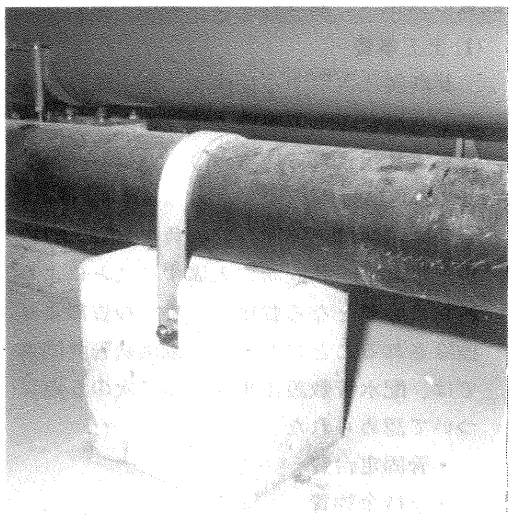
管固定台は基本的なA（写真８）およびB（写真９）の２種類と、特殊台（曲がり、分岐、消火栓、仕切弁など）の３種類に大別される。

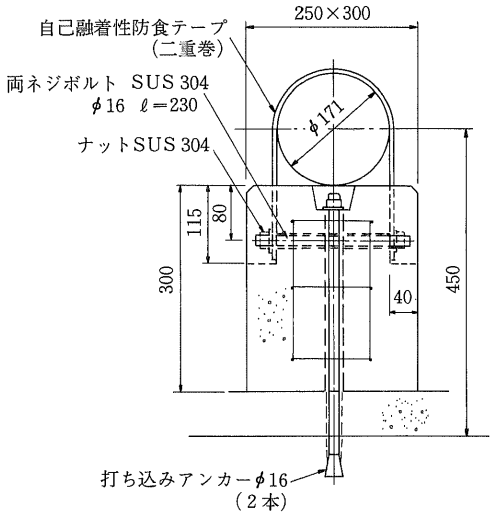
(1) A管固定台

直線部の配管に設置するもので数がいちばん多く、工場製作とし、現場では打ち込みアンカーボルト・ナットで組み立てる方式とした。

設置数　1,060カ所

写真８　A管固定台



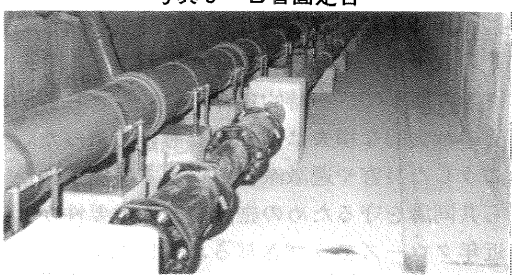


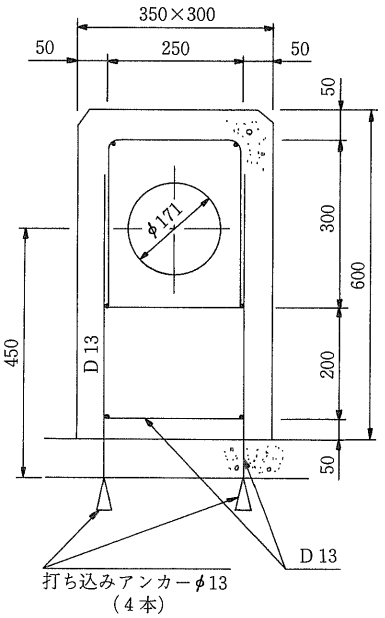
(2) B管固定台

共同溝の施工継手部に設置するもので、打ち込みアンカーに配筋して現場打ちコンクリートで施工した。

設置数　355カ所

写真９　B管固定台



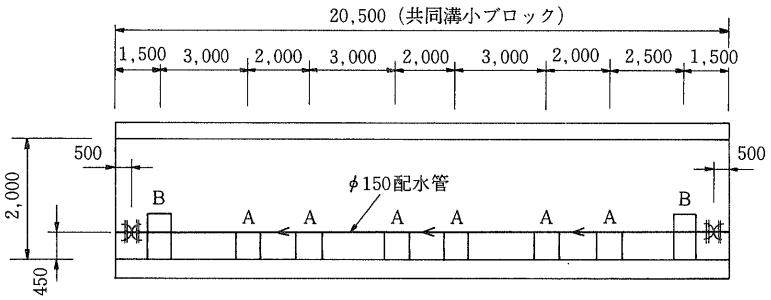


(3)特殊管固定台

曲がり、分岐(写真3)、仕切弁(写真4)、消火栓(写真7)、その他の固定台の必要な箇所に目的によって形状を変化させ、打ち込みアンカーに配筋して現場打ちコンクリートで施工した。

設置数　208カ所

図7　A、B管固定台の配列



7．付帯設備

付帯設備は、共同溝および公益施設の維持管理や新設工事の作業の安全確保と、共同溝の防災を考慮して整備するものである。

昭和59年に、東京のとう道で発生したＮＴＴの火災は、高度に発達した情報ネットワークを寸断して、一時的に都市機能がマヒし、その社会的な損失はぼう大なものであった。こうした災害や過激派などによる破壊工作から共同溝を守るための施設整備の重要性が、近年クローズアップされるようになった。

建設省は、付帯設備の整備計画をするに当たり、各公益事業者の要望をアンケート方式で調査した。

公益事業者間では、入溝する物件の違いから付帯設備の整備する項目について、多少の意見の相違があったが、表3のように決められた。

なお今回整備しない付帯設備については、必要に応じて順次整備を進める方針である。

8．配水管の敷設工事

祇園供給管共同溝

上り線 2,033m
下り線 1,999m　} 計 4,032m

共同溝に入溝する配水管

150mmダクタイル鉄管

上下線は、各々2ブロックに分割され、全体で4ブロックで構成されている。

配水管の敷設工事は、昭和61～62年度に各ブロックを1工区として施工した。

共同溝本体の工事は、用地買収の遅れで一部で遅れた区間があったが、予定の期間内に敷設工事を完成することができた。

9．建設費

共同溝の手続きおよび建設費の負担は、3項で述べたように共同溝法によった。

1．推定投資額(A)

事業主体の建設省に対して支払う共同溝建設費の負担は、表5のように算出する。

(1)土工事費

共同溝に占用する物件を、地下埋設で施工した場合の土工事費で積算の条件は、建設省より示される。(表6)

(2)新規必要経費

共同溝法による建設費の負担(第20条)の規定により、共同溝に入溝することにより新たに必要となる費用は、推定投資額より控除されることになる。祇園供給管共同溝では、配水管敷設工事に対して次の5点について認められた。

- 管固定台費
- 支持金物費

表3　付帯設備の概要　　○印　当初整備項目

検討項目	整備項目	設置数	施設の概要
自動通報設備	○		建設省国道事務所へNTT回線を使用して監視盤へ標示する。
自動火災報知設備	○	163カ所	煙感知機を天井に取り付ける。
異状浸水警報設備	○	25カ所	共同溝内の排水ピットに異状浸水センサーを取り付ける。
可燃ガス検知設備	×	——	
侵入監視設備	×	——	
酸欠検知警報設備	×	——	
油感知警報設備	×	——	
表示設備	○	31カ所	共同溝出入口に表示盤を設置して入溝の都度、手動で操作する。
受配電設備	○	8カ所	中国電力の売電を受電。
排水設備	○	25カ所	口径40㎜、容量0.1㎥/分、揚程4～6m、0.25kw　2台を自動交互。
換気設備	○	21カ所	共同溝内の換気をファンより自動運転、入溝時に手動操作で運転可能である。
標識	○	一式	地名番地、電源境界、頭上注意、消火器などの標示板を設置。
消火設備	○	40個	約100m間隔に消火器を設置。
給水設備	×	——	
照明設備	○	520カ所	20Wの蛍光灯を約8m間隔に取り付ける。
鍵	○	一式	出入口、換気口に取り付ける。

表4　共同溝建設工事の工程表

区分	工事名	昭和60年度 4月 9月 3月	昭和61年度 4月 9月 3月	昭和62年度 4月 9月 3月	備考
共同溝工事	共同溝建設工事	←――	L＝4,032m ――	――→	建設省施工
	付帯設備工事			L＝4,032m ←――→	建設省施工
配水管敷設工事	下り線(4－1工区)		L＝1,265m ←――→ (96日)		広島市水道局施工 祇園地区
	下り線(4－2工区)		←――	L＝734m ――→ (157日)	広島市水道局施工 川内地区
	上り線(4－3工区)			L＝1,334m ←――→ (120日)	広島市水道局施工 祇園地区
	上り線(4－4工区)			L＝699m ←――→ (90日)	広島市水道局施行 川内地区

表5　建設負担金の算出

建設負担金（A＋B）		
	推定投資額(A)	土工事費 －新規必要経費 ＋間接費 計
	付帯設備費(B)	

- 継ぎ足し金物費
- 共同溝継手部の継ぎ輪工事費
- 配水管外面の特殊塗装費

(3) 間接費

事務費その他の経費

表6　推定投資額の積算条件

項　目	歩道部　L＝3,892m	車道部　L＝140m
土かぶり	1.2m	2.0m
工　法	開削、軽量鋼矢板工法	開削、鋼矢板Ⅱ型工法
埋戻土	全量砂の入替	全量砂の入替
路面復旧	砂利道(新設道路のため)	切込砕石0.1m アスファルト仮舗装0.05m
施工時間帯	昼間施工	夜間施工
工事用道路	幅4.0m、厚0.1m切込砕石	幅4.0m、厚0.1m切込砕石

2．付帯設備費(B)

付帯設備の整備に要する費用は、公益事業者(上水道、下水道、ＮＴＴ、中国電力)と建設省の5者が均等に負担する。なお広島ガスは、別室に収容されているために付帯設備費の負担はしない。

以上が建設負担金の算出の概要である。

共同溝の総建設費は約30億円で、このうち40パーセント強が公益事業者の負担となった。

3．配水管敷設工事費

共同溝内の配水管敷設工事費は、材料費(ダクタイル鋳鉄管)と、工事費の合計、約1億3,000万円を要した。

以上が、共同溝入溝に必要な建設費である。

建設負担金と共同溝内の配水管敷設工事費のほかに、共同溝建設のための既設、給配水管の仮設や移設をも含めた本事業の投資額は約4億円となった。

祇園新道は新設道路であるので既設の給配水管の仮設、移設に要した費用は比較的少額に収まったが、市街地における事業の場合には、これらにかなり多額の投資を要するものと思われる。

10．給水装置

1．分　岐

共同溝内は、作業スペースが狭いうえに、防災上エンジン駆動による作業が難しいためϕ25～ϕ50の給水管の分岐は人力による作業が可能なサドル付分水栓とした。

2．管　種

露出配管となるために、共同溝内の工事用資材の運搬や作業などによる接触の事故防止のために鋼管とした。

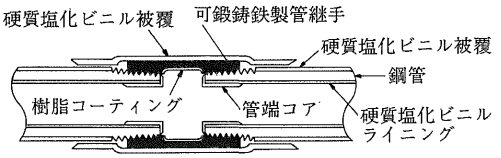
なお、赤水の発生原因となる管内面の腐食、結露などによる管外面の腐食を防止するために、内外面とも硬質塩化ビニルで被覆した。

硬質塩化ビニルライニング鋼管

(SGP－UD)

を使用することにし、切管端面には硬質塩化ビニル製の防食管端コアを挿入することにした。(図8)

図8　給水管管端コア



SGP-VDおよび外面被覆継手

3．工　事

図9のように配管する、共同溝の側壁が官民境界となっているために、歩道を掘削することなく民地の掘削のみで給水管の引き込み工事を行った。

写真10　供給ゾーン

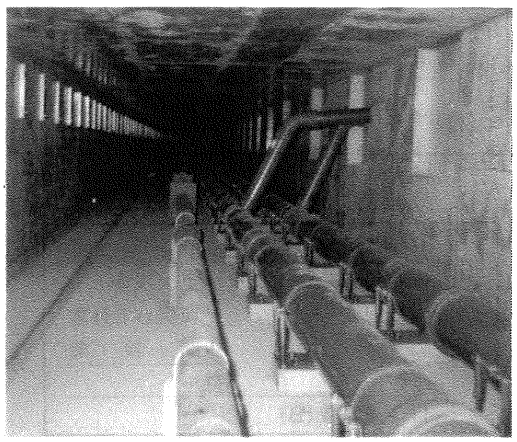
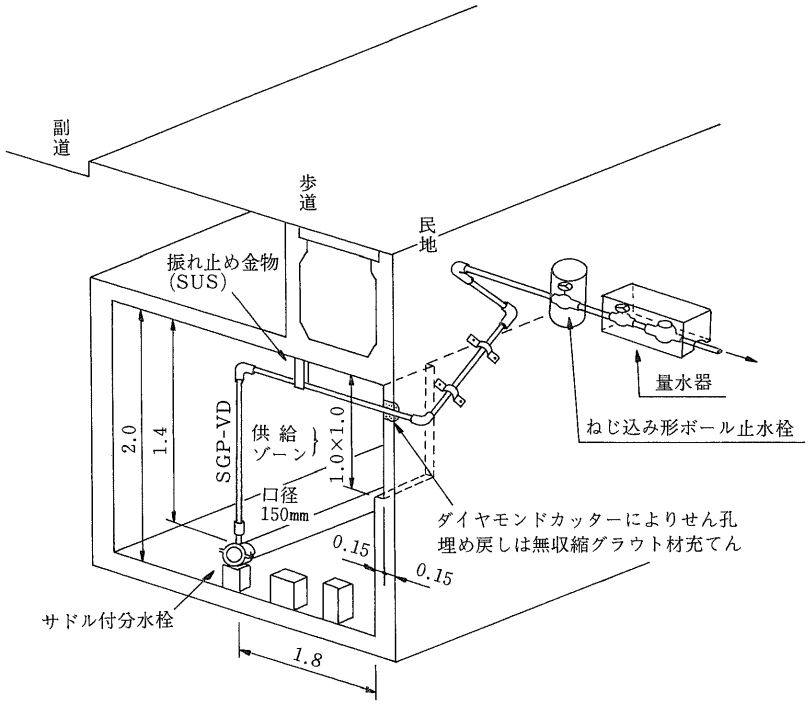


図９　給水工事概念図



11．むすび

以上述べた供給管共同溝は、昭和56年度より計画され、昭和63年４月より供用開始される。

供給管共同溝は、掘り返し防止、無電柱化および都市美化などに貢献する。今後は、時代のすう勢として発展すると思われる。

しかし、共同溝の建設費にかかる公益事業者の負担などの経済性、入溝する配水設備および給水装置の技術開発、ならびに共同溝の防災対策などの課題がある。これらの点については道路管理者、公益事業者などの関係者と協議しながら、研究し解決する必要があると思われる。

技術レポート 3

やすらぎの田園郷に ダクタイル管による簡易水道事業

広島県佐伯町建設課
課　長　畠中典一
水道係長　正木宏紀

1．はじめに

水と緑のやすらぎの郷、自然がいっぱいの佐伯(さいき)町。本町……広島県佐伯郡佐伯町は広島県西部の山間地に位置する面積約196㎢、人口約1万600人の町である。

行政区面積は広島県下で9番目の広さを有するが、その87%は林野で占められていることから、農林業を基幹産業としている。水と緑に恵まれた万古渓、羅漢渓や自然美あふれる大峰山、羅漢山、そのほか小瀬川ダム、ぶどう園、くり園あるいは岩倉温泉等々、自然を町内いたる所で満喫できる町として県下にその名を知られている。広島、岩国あるいは大竹などの都市から車で約50分という地の利も幸いして、これらの都市の奥座敷としても脚光を浴びている所である。

前述のように町域が広く、住居が点在していることから、水道の普及ははかばかしくなく(現在の普及率約58%)、約40%の住民は主に井戸水に頼っている。環境衛生の向上、防火施設の整備など、生活文化の向上のためにも水道の普及は不可欠なものであり、また、未普及地域の住民の待ち望むところである。

このような状況下における当町の簡易水道事業の概要を以下に紹介し、みなさまのご参考に供する次第である。

2．事業概要

当町の簡易水道施設は、昭和34年に発足した永原地区での事業が最初である。その後、逐次施設の増強拡大に努め、現在は約58%の普及率を見るに到っている。今回の事業は

1）給水区域の拡張
2）基幹的施設の改良

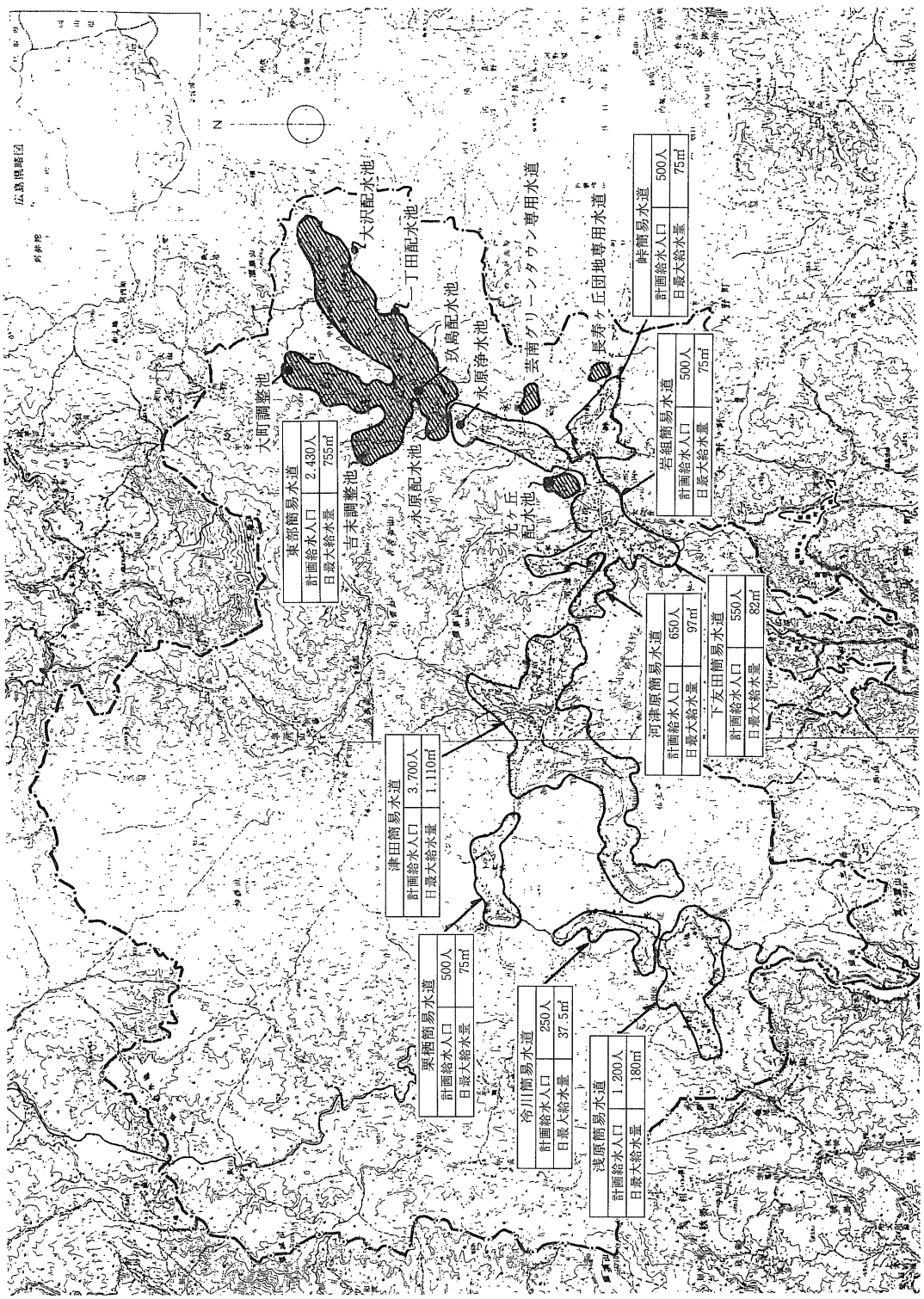
を目的として、全町民の期待を担って実施する運びとなった。

事 業 名：佐伯町東部簡易水道事業
総事業費：約10億円
事業年度：昭和60年度～63年度
事業内容：1）給水区域拡張（玖島地区および光ケ丘団地）
2）基幹的施設改良（永原簡易水道）

計画給水人口：2,430人
1日最大給水量：755㎥/日

なお、本事業が完成した暁には水道普及率は約81%になるものである。

図1　拡張工事位置図



3．施設の概要

豊富な地下水に恵まれていることから、取水は浅井戸により行うこととしたが、水質分析の結果、遊離炭酸が認められたので、充填塔型のエアレーション設備を設置している。なお各施設は自動制御による無人運転方式としている。

写真１　浄水場、管理棟

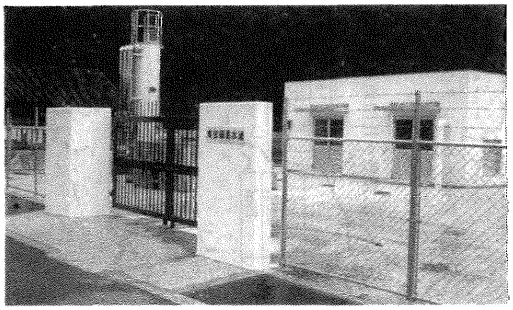


写真２　取水ピット

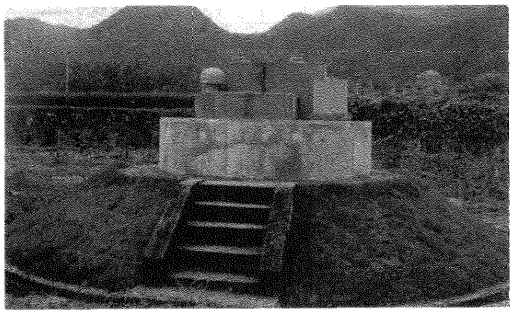


写真３　エアレーション設備

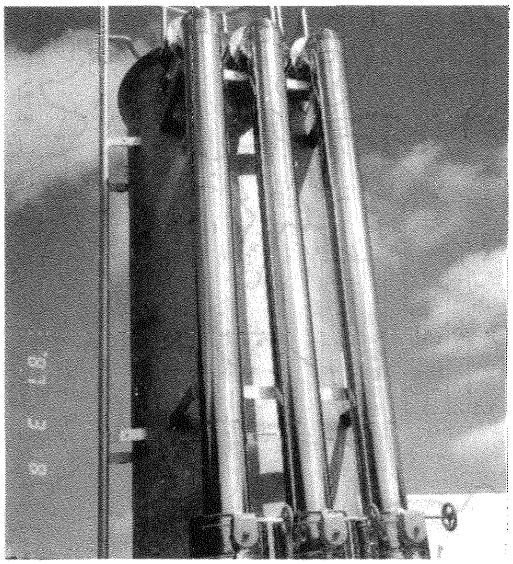
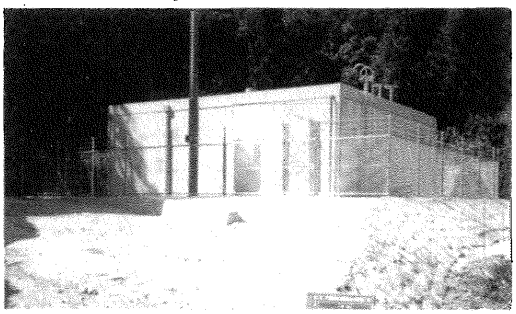


写真４　配水池



(1)　取水施設

- 取水地点

  佐伯町永原地内

- 取水方法

  浅井戸……３基

  直径 4.0m×深さ6.0m：２基

  直径 2.0m×深さ5.7m：１基(既設)

- 計画取水量

  755㎥/日

(2)　浄水施設

- 滅菌設備……１式
- エアレーション設備……１式

  充填塔型、直径 1.0m×高さ 4.0m

- 浄水池……２池

  容量：31㎥

(3)　送水施設

- 送水ポンプ……10台(うち５台予備)
- 加圧ポンプ……４台(うち２台予備)

(4)　配水施設

- 配水池……５池

  容量：55.5～254.8㎥

- 調整池……２池

  容量：33.75～34.50㎥

(5)　発電施設

- 発電設備……４基

  出力　40KVA×１基

  出力　20KVA×３基

(6)　管理施設……１棟

(7)　管路施設(ダクタイル管)

- 送配水管

  φ200……786m

  φ150……6,160m

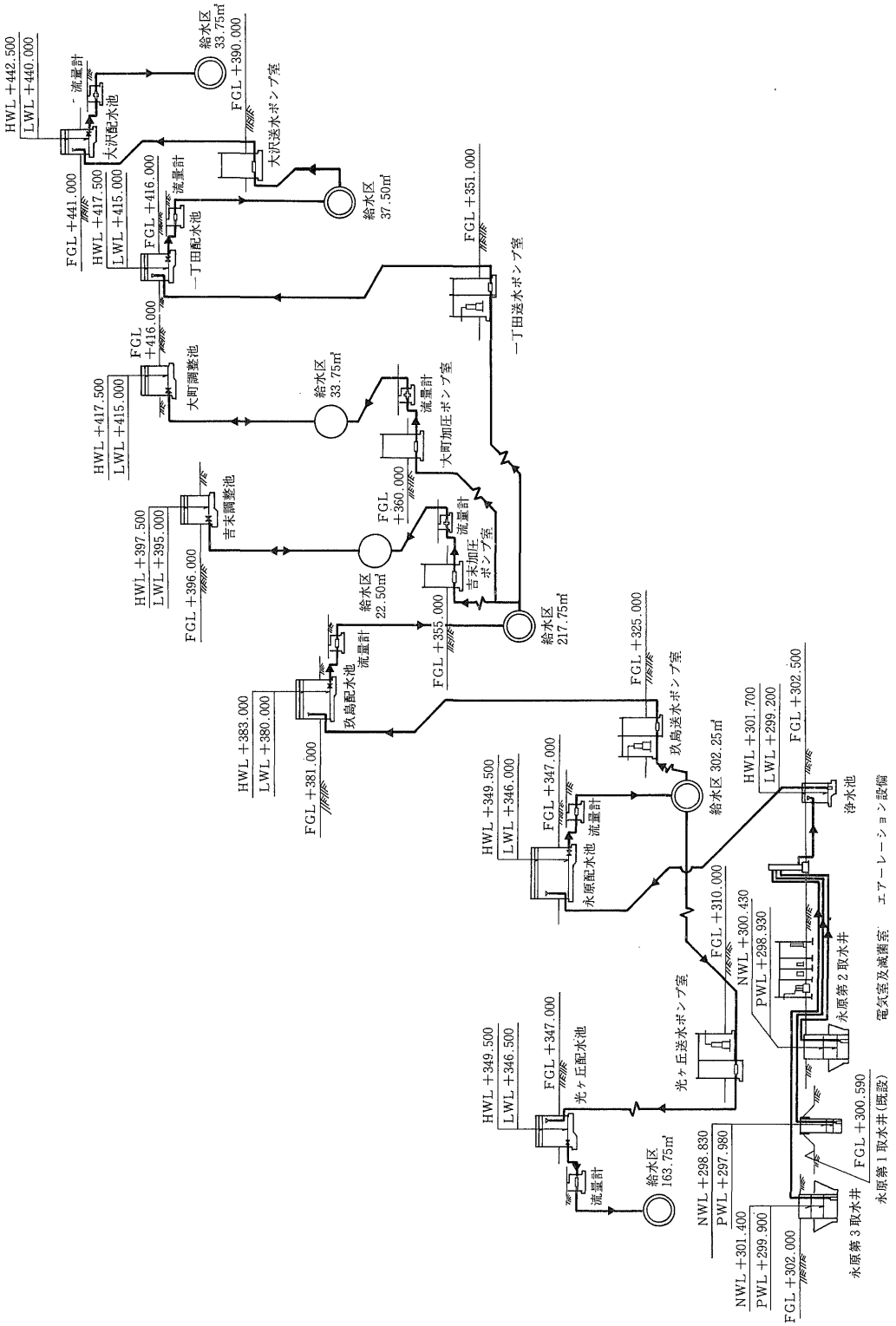
  φ100……8,897m

  φ75……868m

(8)　その他

当給水区域は山間地であるため、標高差は約140mにも及ぶ。そのため、一部加圧ポンプを使用しているが配水池、調整池を合計7池設けることにより配水管路は自然流下方式により給水するものである。

図2　水位系統図



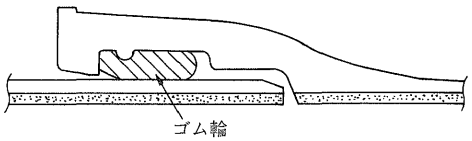
4．管種選定

管種の選定に当たっては、パイプラインは生命線であり、その選定には特に留意するとともに下記のような条件を満たすものとした。

(1) 管路が広範囲にわたるため、強度が大で、事故が少なく、維持管理が容易であること。
(2) 山間部、沢筋などの配管で屈曲個所が多くなるため、施工性が優れていること。
(3) 全体的に道路幅員が十分でないため、掘削幅は極力狭くでき、施工工期の短縮がはかれること。
(4) 冬期の寒波にも十分耐えられること。
(5) 地盤の変化に柔軟に追従できること。
(6) 耐久性に優れていること。
(7) 耐震性をも有していること。

以上のような条件を基に慎重な検討の結果T形ダクタイル管を採用することとした。

図3　T形継手



5．管路の仕様

当管路の直管はT形ダクタイル管の3種管(JIS G 5526、内面モルタルライニング)を異形管はT形ダクタイル鋳鉄異形管 (JIS G 5527)で、内面はエポキシ樹脂粉体塗装(JIS G 5528)を採用した。

なお、本管路では予め土壌調査を実施した結果、一部の地域において腐食性の土壌が認められたので、より安全を期する目的で全面的にダクタイル管用ポリエチレンスリーブ(JDPA Z 2005)を使用することとした。

異形管防護は一部の個所においてコンクリート防護によったほかは、特殊押輪による防護を標準とした。

バルブについても水質への影響を考慮して内外面エポキシ樹脂粉体塗装のソフトシール弁としている。

6．管の敷設

管を敷設する場所は県道、町道下で、その土かぶりは100～120cmを標準とした。また、河川の横断部分など、架空となる個所は冬期における管路の凍結を防止するためウレタンによる保温工を行っている。

写真5　ポリエチレンスリーブ工

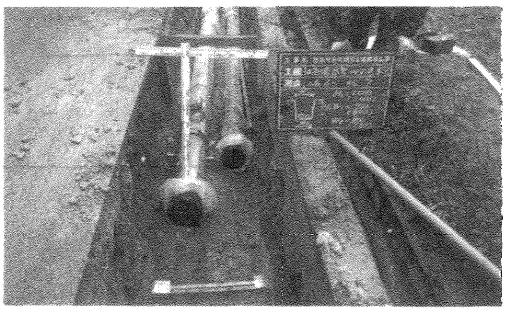
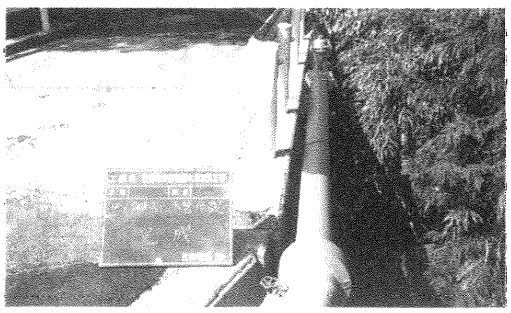


写真6　保温工



7．むすび

当地は前述のように山間地に位置し、渓谷に沿って発展している町であることから、管路を敷設する道路幅員も狭く、そのほかの施設の用地もその地形上から施工の困難な個所が多々あるが、関係各位のご尽力により昭和63年の完成に向けて工事は順調に推移しているところである。

本事業の完成により本町も約81%の水道普及率をみることとなるが、今後も(1)町民皆水道の達成、(2)老朽管路の更新、(3)町内に散在する施設の統合と連絡管の敷設等々、いくつか課題を残しており、職員一同これら課題の解決のため全力を傾注する所存でありますので、関係各位のなお一層のご協力とご指導をお願いしたい。

ダクタイル鉄管第43号

昭和62年10月

技術レポート

呼び径600mmPⅡ形ダクタイル管によるパイプ・イン・パイプ工事について

福岡市水道局給水部
施設課長　松村　晋
技術吏員　大原賢一

1．はじめに

福岡市の水道は、大正12年に施設能力１万5,000㎥/日、給水人口3万5,000人に対し給水をはじめてからすでに60有余年を経過した。その間水の需要は、人口の増加、市勢の発展、生活様式の近代化などにより急増の一途をたどってきた。地理的に水に恵まれない本市としては、給水を開始したときから水源を市外に求めなければならないハンディを背負い、急増する水需要に対応するため18回に及ぶ拡張事業を実施し、現在では62万8,400㎥/日の施設能力を備え、116万人の市民に対して給水するまでになった。

一方、管整備事業については、昭和40年に第１次管整備事業を策定して以来、都市の発展とともに地域的給水量の増加や給水区域の郊外への膨張などにより配水系統が変化していることから、積極的な配水強化への取り組みが望まれ、昭和61年度末までに配水管の総延長2,888kmに及ぶ管網を形成するに至った。

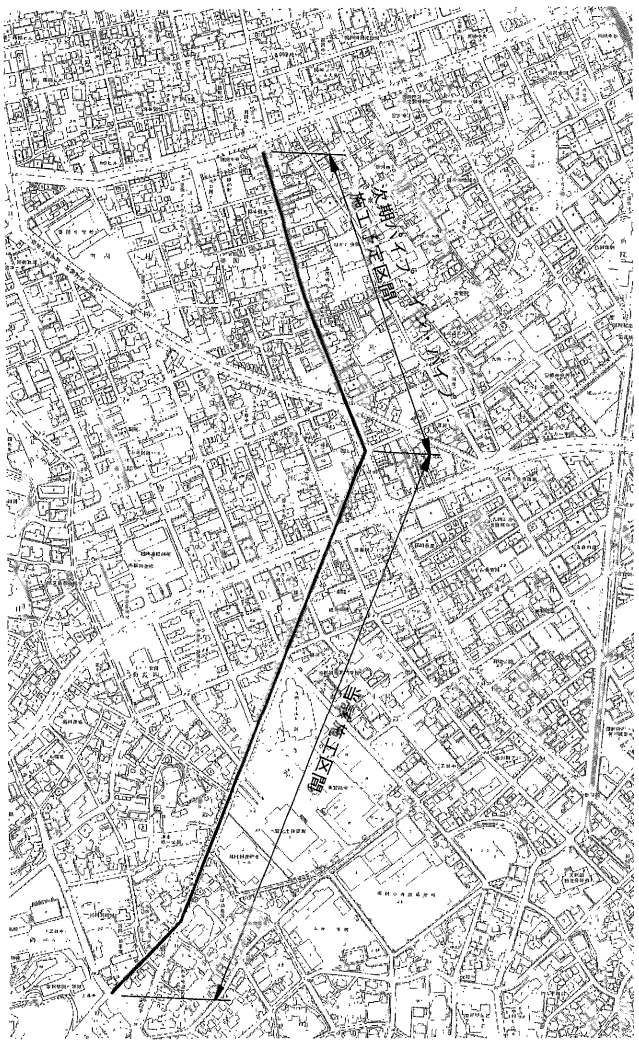
第６次までの管整備事業では、給水装置新設に対応した配水管の新設、増径工事および赤水や折損事故など、安定給水の障害となる老朽管の改良工事を基本に行ってきたが、第７次の管整備事業では、第６次以降に残る老朽管の完全解消をはかる敷設替工事190.4km、大口径を含む配水管の新設工事を118km施工し、より健全な配水体制の確立をめざしている。

今回、老朽管更新工事の一環として30インチ(内径750mm)普通鋳鉄管の中に呼び径600mmＰⅡ形ダクタイル管を挿入するパイプ・イン・パイプ工事を施工したので、ここにその概要を報告するものである。

2．64歳の配水管改良工事について

昭和53年の福岡市水道史上、希れに見る大渇水を契機に、配水ブロック計画による配水本管の整備および配水コントロールシステムの導入などで、他の配水系統または他の配水ブロックからの配水が可能になったことによ

図1　施工場所位置図



り、改良工事についても今まで障害となっていた断水、出水不良、赤水などの問題が解消できるようになった。

本配水管路線は大正12年、福岡市水道創設以来の管で、敷設されて60有余年を経過しており、近年とみに漏水事故が一部の地区で発生したのを期としてとらえ、昭和60年度、管の基礎調査を行い、その結果総合的に判断して今回の改良工事に至ったものである。

3. パイプ・イン・パイプ工法の採用にあたって

① 本ルートは市街地であり、道路幅員が狭く、交通量が多いので開削工法が採りにくい。

② 本ルートは幹線道路であり、地下埋設物が輻輳しているため、敷設替えのスペースがない。

③ 既設管をさや管とするため、立坑を除く部分は他の埋設物に影響を与えることがまったくない。

④ 道路交通、付近住民への工事公害が少なくてすむ。

⑤ 開削工法より工期が短縮でき、経済性も優れている。

⑥ 既設管がある程度直線的に埋設されている。

以上の点から施工性、安全性、経済性に優れている本工法を採用するに至った。

4．管種選定について

管種の選定については、

(1) 既設管路は僅かながらだ行しており、その曲がりに順応でき、しかも離脱することがないもの。

(2) 電気防食対策が必要ないもの。

(3) 耐震的であるもの。

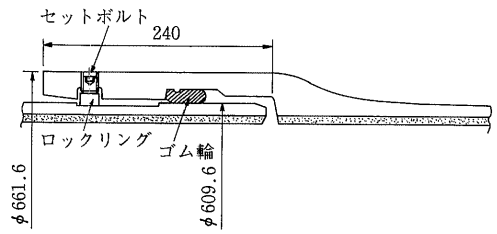
(4) 施工性に優れているもの。

(5) 接合部の防食が不要なもの。

(6) 作業の安全性がより高いもの。

以上のことから鋼管、ダクタイル管（ＰⅠ形、ＰⅡ形）で比較検討し、ＰⅡ形ダクタイル管を採用することにした。

図２　呼び径600mmＰⅡ形ダクタイル管



5．工事概要

(1) 工事名……配水管整備事業　中央区浄水通～薬院地内配水管敷設工事

(2) 工事場所…福岡市中央区浄水通～薬院地内

(3) 工　期……自　62年３月12日
　　至　62年８月８日

(4) 施工延長

No.１立坑：呼び径 600mm Ｋ形ダクタイル管　12.6m

１工区：呼び径 600mm ＰⅡ形ダクタイル管　123m

No.２立坑：呼び径 600mm Ｋ形ダクタイル管　5.9m

２工区：呼び径 600mm ＰⅡ形ダクタイル管　292.9m

No.３立坑：呼び径 600mm Ｋ形ダクタイル管　6.7m

３工区：呼び径 600mm ＰⅡ形ダクタイル管　429.5m

No.４立坑：呼び径 600mm Ｋ形ダクタイル管　7.0m

立坑部：呼び径 600mm Ｋ形ダクタイル管　32.2m

挿入部：呼び径 600mm ＰⅡ形ダクタイル管　845.4m

計 877.6m

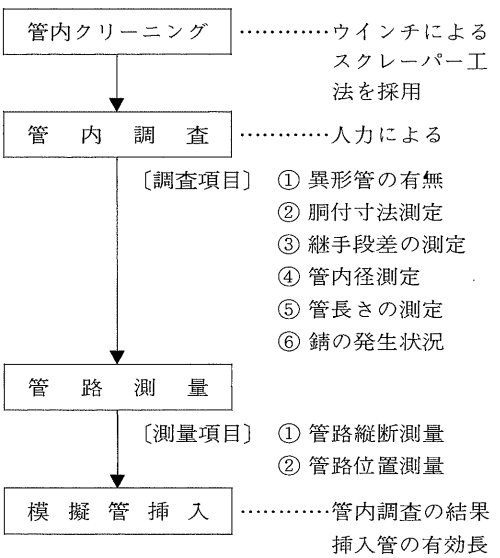
6．施　工

(1) 管内調査

本管路は大正12年に施工された管路で、非常に古く、施工時の配管資料はほとんどない。

そのため、施工の万全を期すべく60年度より管路の現況調査を実施した。(ただし、３工区の56mについては工事と同時に調査)

調査の手順および項目は、次の要領により実施した。



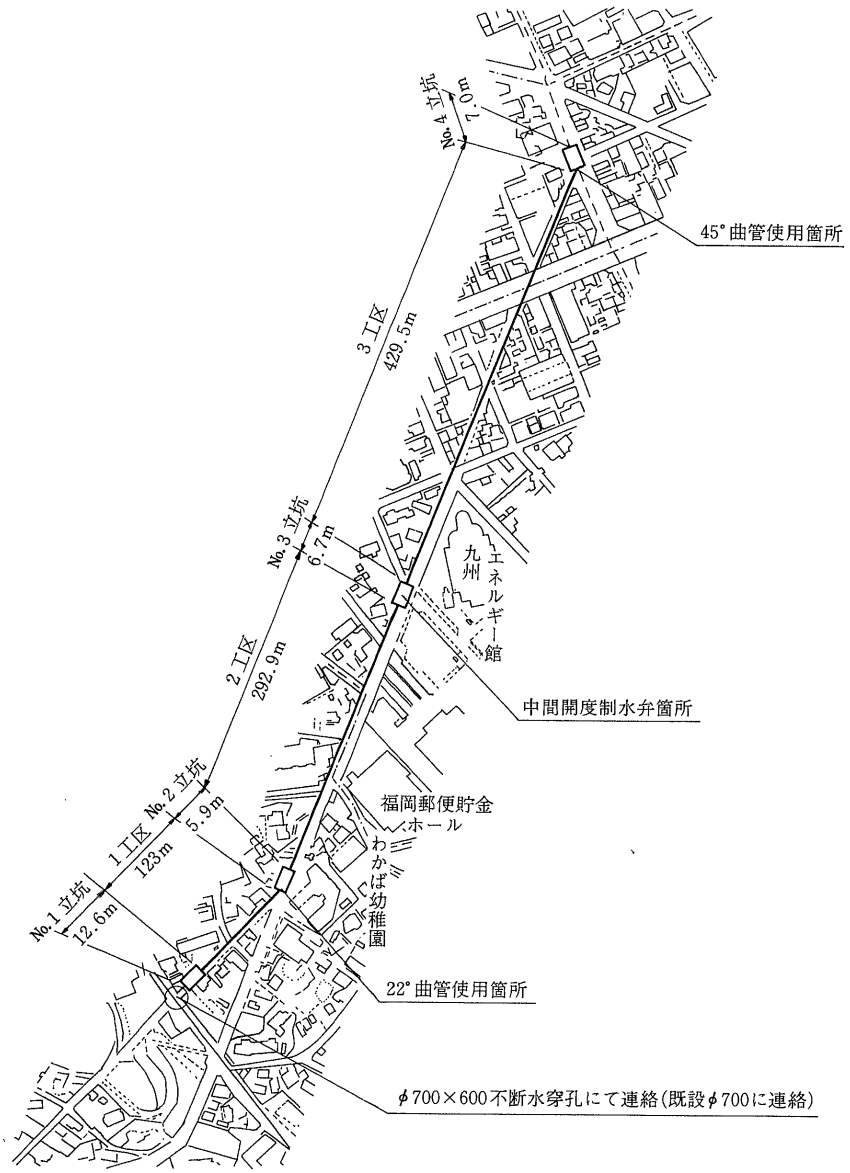
以上の調査の結果、途中に22°½曲管1カ所、横型制水弁(数パーセントの開)1基、10インチの分岐管1カ所と泥吐管が確認できた。

継手の状況はパイプ・イン・パイプ工法に支障をきたすような異状な継手はなかった。また、模擬管挿入もスムーズに施工できた。(曲管、制水弁を除く)

(2) 立坑位置と立坑レイアウト

立坑位置は道路の地形的な状況のほか、次のような管路の環境、工事上の理由から決定した。

図3　施工場所略図



① No.1 立坑…本工事の工事起点であり既設管への連絡部であった。

② No.2 立坑…曲管（22°½）使用部であった。

③ No.3 立坑…制水弁の撤去の必要があった。

④ No.4 立坑…工事の終点であり、既設管への連絡と分岐連絡があった。

したがって、挿入方向と挿入長さは、

No.1 立坑→No.2 立坑（1工区）　123m

No.2 立坑→No.3 立坑（2工区）　292.9m

No.3 立坑→No.4 立坑（3工区）　429.5m

に決定し施工した。（図3参照）

写真1　スクレーパーおよびプロンジャー

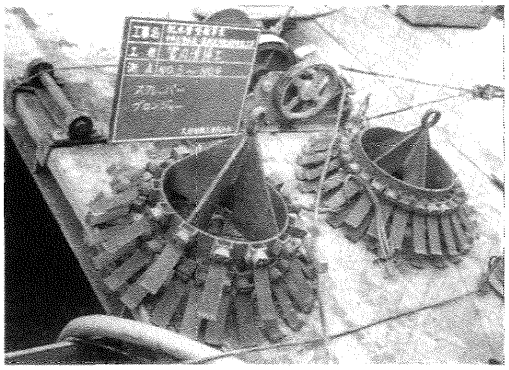


写真2　模擬管

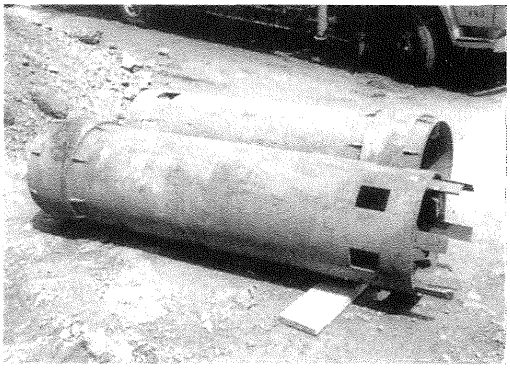


写真3　No.2立坑内部

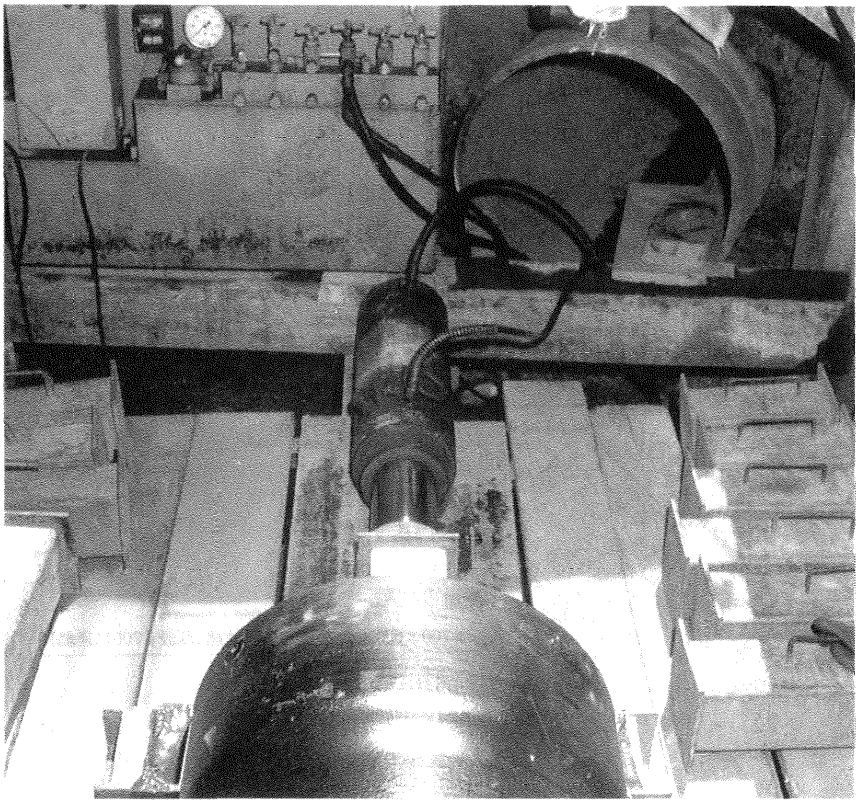
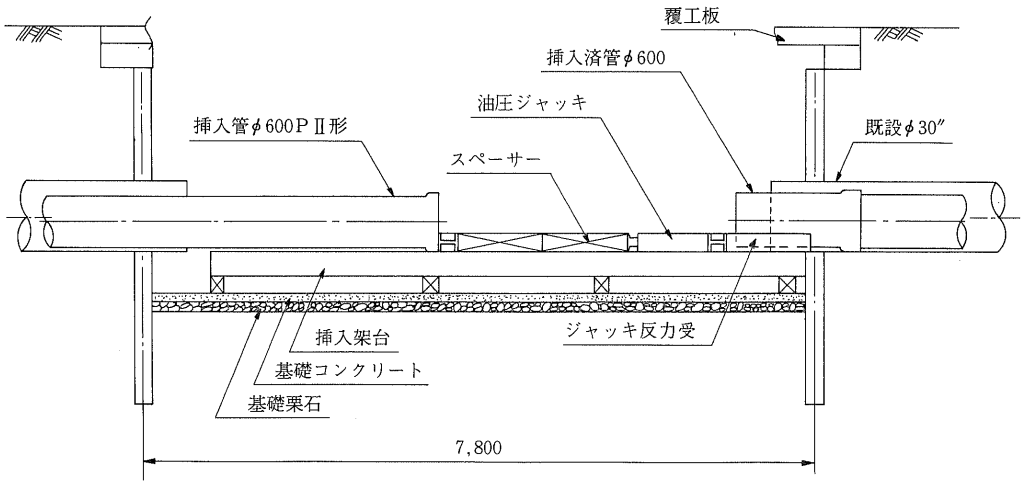
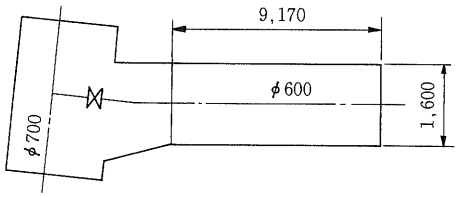


図４　発進・到達立坑レイアウト

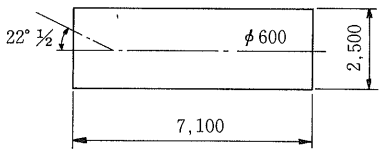


各立坑寸法図

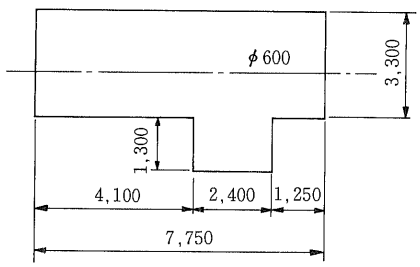
No. 1 立坑



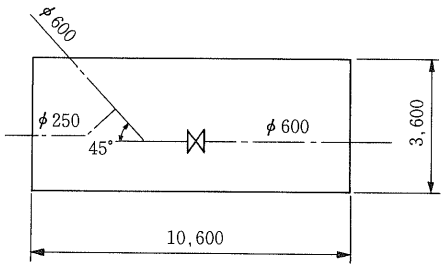
No. 2 立坑



No. 3 立坑



No. 4 立坑



(3)　管挿入工事

①　挿入力

挿入力の検討は次式で計算した。

$$P = \mu \times W \times L$$
$$= 0.5 \times 0.165 \times 429.5$$
$$= 35.43\,tf$$

ここに、

P：挿入力（tf）

μ：既設管と新管の摩擦係数（0.5）

W：管の単位長さ重量（0.165tf/m）

L：挿入長さ（m）

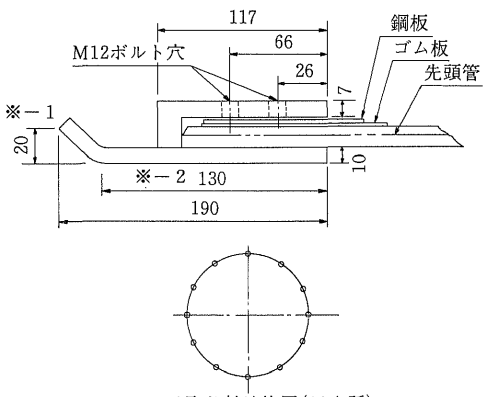
今回の工事に使用したジャッキは、挿入力、ジャッキストロークならびにラムスピードから100tf油圧ジャッキ１台を使用した。工事中に記録した最大挿入力は19.7tf（３工区最後管）で非常に少ない挿入力で施工できた。

②　挿入先導ソリの取り付け

挿入先導管へのソリの取り付けは、管のローリングを考慮して管全周に取り付け施工した。

挿入管の先頭管には、次図のような鋼製のソリを取り付けた。

図5　先導ソリ



ソリ取り付け位置(12カ所)

※－1　20㎜～管内調査の結果、継手部分の段差は10㎜以下であった。
※－2　130㎜～継輪部分の通過を考慮した。

③　挿入結果

管挿入工事の施工量は表1の通りで、立坑付近の交通環境、天候、作業時間の長短によりバラツキがあるが、本工事の平均挿入数量は10本/日程度であった。

写真4　先導ソリ

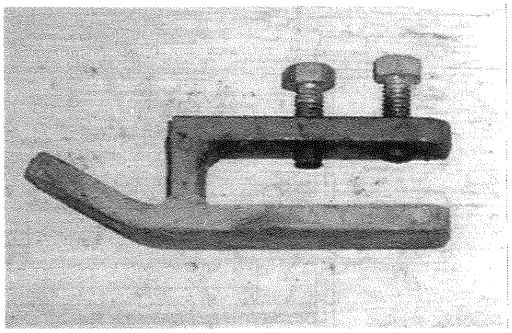


写真5　先導ソリの取り付け

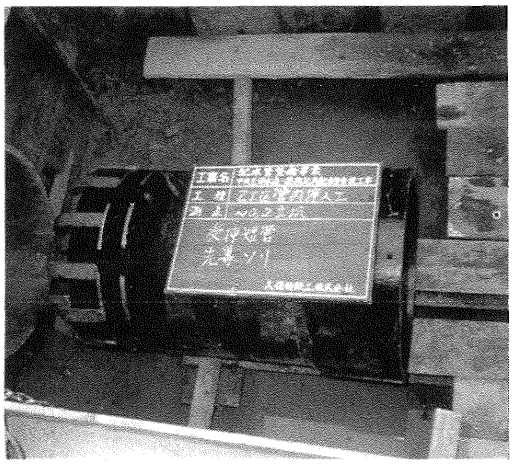


表1　挿入工事施工結果表

施工日	1工区		2工区		3工区	
	本数(本)	延長(m)	本数(本)	延長(m)	本数(本)	延長(m)
1	5	20	12	48	4	16
2	14	56	15	60	10	40
3	12	48	15	60	10	40
4	—	—	15	60	10	40
5	—	—	15	60	15	60
6	—	—	2	12	13	52
7	—	—	—	—	7	28
8	—	—	—	—	15	60
9	—	—	—	—	10	40
10	—	—	—	—	7	28
11	—	—	—	—	7	28
計	31	124	74	300	108	432
平均	10.3本/日	41.3m/日	12.2本/日	50m/日	9.8本/日	39.2m/日

※上表は直管のみであり、延長は立坑部内に出ている長さも含まれる。

(4)　水圧試験工

管挿入工事完了後、各工区ごとに水圧試験を実施した。管挿入到達口にメカ栓を取り付け、抜け出し防護を行い、充水し、加圧ポンプで5 kgf/㎠まで加圧し漏水の有無を確認したが、各工区とも異状は発見されなかった。

(5)　エアモルタルの注入

既設管(30″)と新管(φ600)との空隙にエアモルタルを注入した。管の水圧試験完了後、挿入口、到達口に閉塞コンクリートを打設、グラウトポンプにて注入した。1、2工区は比較的距離も短かく、片方からの注入で施工できたが、3工区は管路の長さこう配から考えて両立坑から注入を行い、設計量の注入を行うことができた。

(6)　その他の工事

①　断水区間の短縮

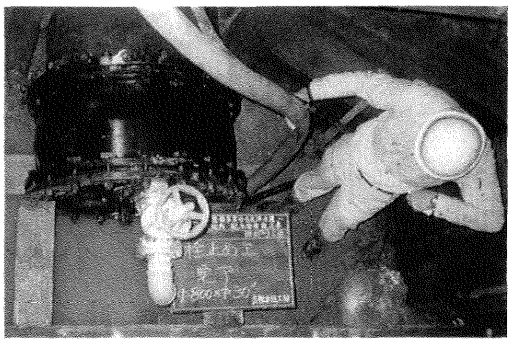
本市にとって当工事区間(877.6m)を断水することは、制水弁の位置から実断水延長は2,335mとなり、この間には天神地区、警固地区および薬院地区と、市内でも有数の大使用量地区であること。また、第4立坑の位置に薬院地区の注入点があり、夏季の大需要時期を迎えるにあたり、断水区域を極力狭くするため断水区間を区切りながら施工した。

②　既設配水本管との連絡工事について

本工区の始点側については、既設は呼び径700mmの配水本管から呼び径500mmを分岐し、30インチに連絡されていたが今回呼び径700mmより不断水穿孔で呼び径600mmを取り出し連絡工事を行った。

また、終点側については既設管が30インチのためφ600×φ800のK形挿し受片落管と異口径継ぎ輪φ800×φ30″を使用し連絡工事を行った。

写真6　栓止め工



7. おわりに

本市では、前述したように大正12年に敷設された配水管で、しかも福岡市の都心に給水している管の改良工事は大きな課題であった。

既設管の基礎調査をもとに種々検討したが、地理的に厳しい条件の中、既設管を利用し、内挿する工法はあらゆる面でメリットがあると考えられる。このような背景にあって、今回はじめてパイプ・イン・パイプ工法を採用したが、決定にあたっては、他工法をも含めて慎重に検討し、施工性・安全性・経済性などから挿入工法を採用、管種については挿入工法用に開発されたPⅡ形ダクタイル管を採用することにした。

施工の結果は大きな問題もなく、順調に完工できたことを報告するとともに、同様な計画の参考になれば幸いである。

2 技術レポート

大井川広域水道用水供給事業における送水トンネル内呼び径1500mmダクタイル管敷設工事について

静岡県大井川広域水道企業団

1．まえがき

静岡県大井川広域水道企業団は、昭和52年度に大井川下流地域約60万人に生活用水を供給するため、静岡県と14市町によって設立された。

もともと、地域内の生活用水は、各市町ごとに上水道、簡易水道により供給されてきたが、水源は島田市などごく一部で表流水を利用しているほかは、総べて地下水に依存してきた。

しかし、近年地下水の過剰揚水により、水位低下や水質悪化が著しく、加えて人口や産業の大きな進展もみられ、将来の水需要に対応することが困難な状況にある。このため、水量的に安定した水源を確保し、広域水道による供給が、地域で切望されてきた。

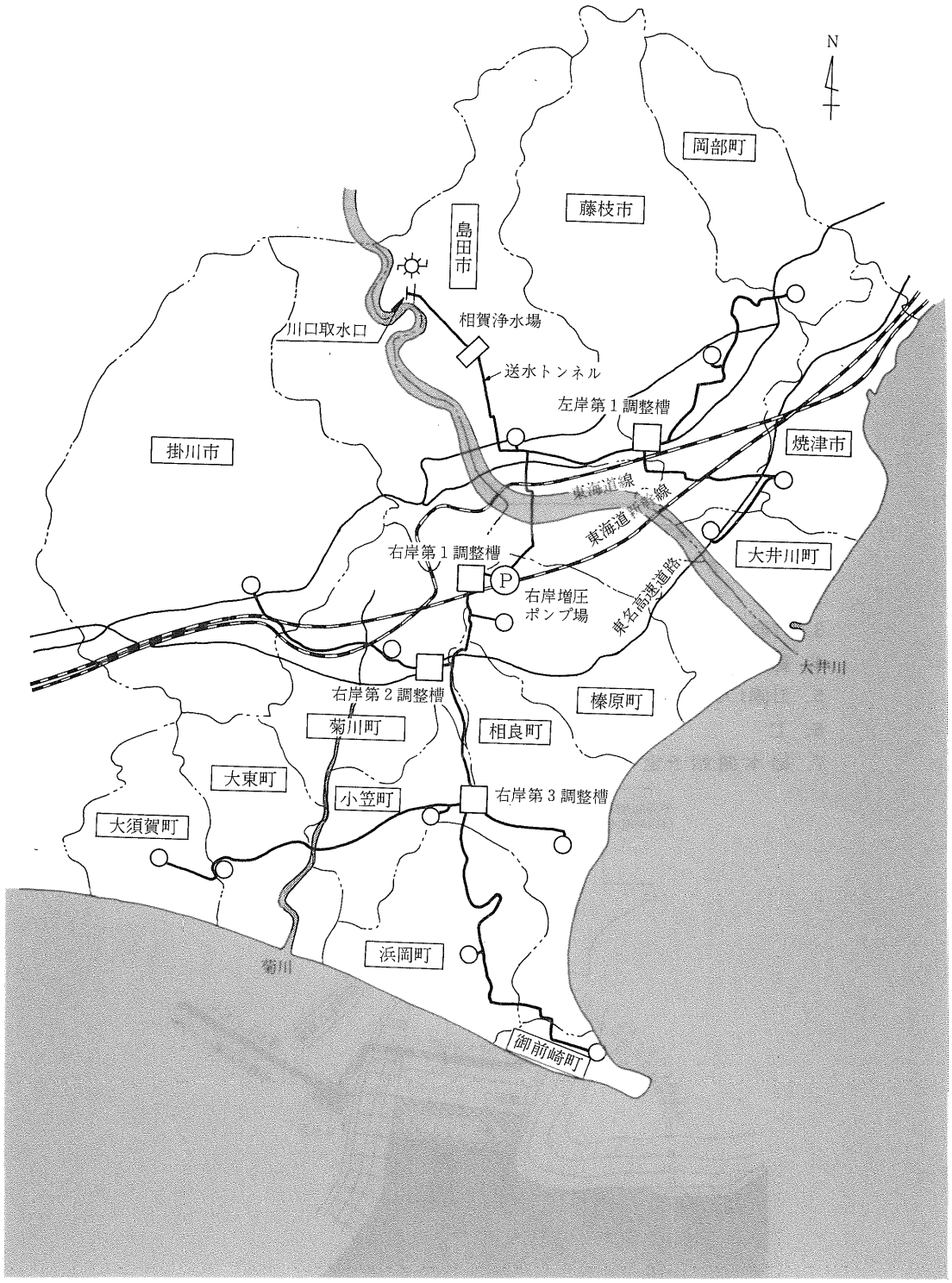
大井川広域水道の水源は、南アルプスを源とし、駿河湾に注ぐ1級河川大井川に、建設される建設省の多目的ダム「長島ダム」に求め、新設の相賀浄水場から人口増加の著しい藤枝、焼津、島田市をはじめ、従来から水事情に恵まれない掛川、小笠および榛南地域の4市10町に、1日最大16万700㎥を供給する計画となっている。

現在、ほぼ創設工事も完成に近づき、昭和63年度の一部通水を目指して、鋭意送水管敷設等残工事を実施しているが、創設工事のなかでも、特に重要で、施工上苦心した、送水トンネル内呼び径1500mmダクタイル管敷設工事について、その概要を報告する。

2．事業の概要

水源を1級河川大井川水系、本川根町梅地地先の長島ダム（多目的ダム）に求め、下流部島田市川口にある中部電力川口発電所の下流で、上水6.0㎥/秒、農水3.045㎥/秒、計9.045㎥/秒を共同取水口で取水する。上水の取水量は当面1期分2.0㎥/秒であり、川口取水口から島田市相賀地区の浄水場までの間は、導水トンネルによる自然流下で導水する。相賀浄水場で薬品沈でん、急速ろ過、塩素消毒などの浄水プロセスを経た水道水は、送水トンネル内の送水本管を通り、途中2ヵ所でポンプアップし、以降は自然流下で14市町の受水池へ送水する。

図１　大井川広域水道用水供給事業施設計画平面図



給　水　量　（第１期）

単位 ㎥/日

給水区域	給水人口	給水量		
		計	自己水源	大井川広域水道
藤枝市	132,700	73,000	50,100	22,900
島田市	74,500	44,400	29,900	14,500
焼津市	126,600	101,500	66,200	35,300
大井川町	25,300	10,000	9,000	1,000
岡部町	12,000	6,600	5,100	1,500
掛川市	76,000	45,000	10,300	34,700
小笠町	13,900	7,700	1,900	5,800
菊川町	29,400	20,600	6,800	13,800
大東町	21,300	13,600	4,500	9,100
大須賀町	12,900	6,800	1,000	5,800
浜岡町	23,100	14,700	3,000	11,700
榛原町	17,700	10,700	9,700	1,000
相良町	27,500	14,300	11,700	2,600
御前崎町	10,900	8,400	7,400	1,000
合　計	603,800	377,300	216,600	160,700

●計画の基本諸元

1．取　水　量　　2㎥/秒　172,800㎥/日
2．給　水　量　　1日最大　160,700㎥/日　（取水量×0.93）
3．行政区域内人口　70年推計　621,900人
4．給　水　人　口　70年推計　603,800人
5．計画1人1日当たり最大給水量　625ℓ/人/日
6．工　　期　昭和52年度から昭和62年度
7．給水開始予定　昭和63年４月

図２　取水口

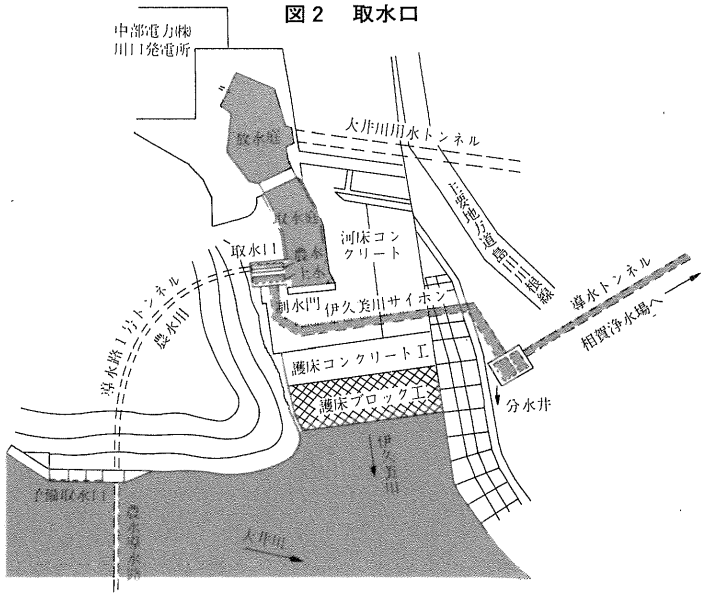
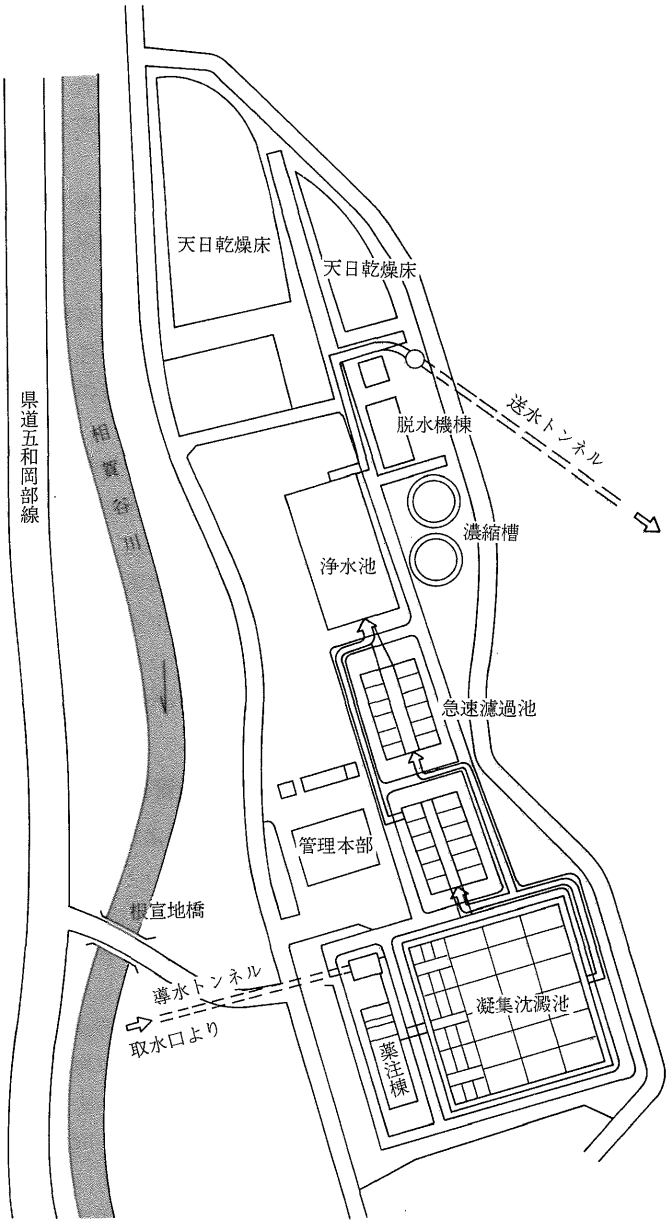


図３　相賀浄水場



３．送水トンネルの概要

相賀浄水場から島田市伊太地先に至る送水トンネルは、延長約2.6kmの長大トンネルである。トンネル断面は、幅2.7m×高さ2.65mの馬蹄形である。

その掘削には、苦労を重ねたが、特に硬い岩質のため、日本に数台しかないというジャンボ掘削機を採用した。地質は非常に複雑で頁岩、蛇紋岩、砂岩の互層となっており、極端な場所では、20mごとに地質が変化した所もあった。

送水トンネル内には、呼び径1500㎜ダクタイル管を敷設し、幅約70cmの点検用歩廊を設ける点検通路方式を採用した。

写真１　送水トンネル

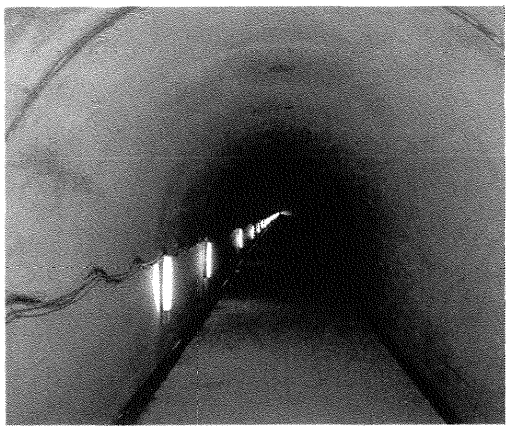


写真２　敷設完成状況

４．送水トンネル内配管敷設概要

１．設計条件

送水管路の設計条件は次の通りである。

(1)　呼び径　1500mm
(2)　静水圧　3.4kgf/㎠
(3)　水撃圧　3.4kgf/㎠
(4)　トンネル施工内径　直径2.7m
(5)　立坑径　直径6.8m

２．管種選定

本送水管の管種比較条件としては、次の事項を原則とした。

(1)　内圧に対しての安全性
(2)　呼び径に対しての適合性
(3)　環境に適合した施工性
(4)　水質に対する安全性
(5)　経済性

これらの事項を考慮し、あらゆる角度から比較検討した結果、いろいろな管種の中からダクタイル管が、

(1)　継手部に可撓性があるので、トンネル内での施工性がよい。
(2)　周辺環境の影響を受けにくく、作業環境がよい。
(3)　工期が大幅に短縮できる。
(4)　耐食性がよく、施工後の安全性に優れている。
(5)　耐用年数、維持管理費などを総合的に比較すると、経済性に優れている。

以上のことから送水管の使用管種はダクタイル管を採用することとした。

５．配管設計

１．管および管受台の仕様

管は狭いトンネル内での施工性を考慮し、U形ダクタイル管とし、内面はモルタルライニング（JIS A 5314）、外面はタールエポキシ樹脂塗装とした。

管受台はH形鋼を使用し、管とH形鋼の間には、ゴム板（厚さ３㎜）を敷いて管外面に損傷を与えないようにした。管固定バンドと管との間にも、同様の配慮をした。管受台は直管１本６ｍにつき受口側１ヵ所で支承することにし、管固定完了後、コンクリート巻き立てとした。

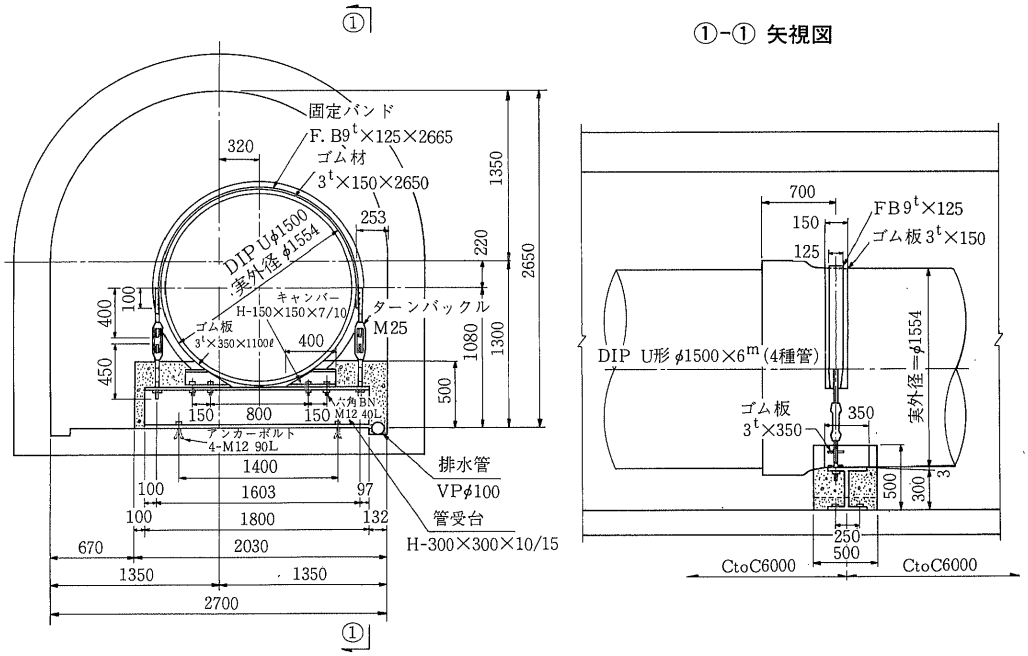
２．管厚計算

静水圧＝3.4kgf/㎠（P_s）
衝水圧＝3.4kgf/㎠（P_d）
許容引張応力＝2,100kgf/㎠（σ_a）
より、必要管厚(t)を計算する。

$$t=\frac{(1.25P_s+P_d)}{2\sigma_a}=\frac{(1.25\times3.4+3.4)}{2\times2,100}$$

$$=0.273(cm)$$

図４　標準断面図



これに腐食代、鋳造公差を見込み、

T＝2.73＋2.0＋1.0＝5.73(㎜)

よって、規格管厚より４種管(T＝16.5㎜)を使用する。

３．受台で支承された管の安全性

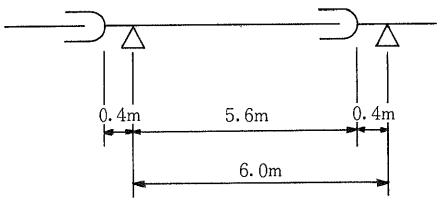
直管１本当たり、管受台を１ヵ所設けた場合の管の安全性を検討する。

(1)　荷重（W）

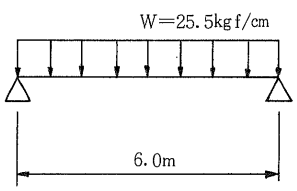
管体重量＋管内水量

＝4,697＋10,603

＝15,300kgf



$$W=\frac{15,300}{600}=25.5\text{kgf/cm}$$



(2)　曲げモーメント(Mmax)

$$Mmax=\frac{W\cdot\ell^2}{8}$$

$$=\frac{25.5\times(600)^2}{8}$$

＝1,147,500kgf-cm

(3)　発生曲げ応力(σ_b)

$$\sigma_b=\frac{Mmax}{Z}$$

$$=\frac{1,147,500}{24,044.8}$$

＝47.7kgf/㎠＜σ_{ba}＝3,000kgf/㎠

σ_{ba}：ダクタイル鋳鉄の許容曲げ応力

Z　：断面係数

$$Z=\frac{\pi}{32}\cdot\frac{D_2{}^4-D_1{}^4}{D_2}$$

$$=\frac{\pi}{32}\times\frac{\{(155.4)^4-(155.4-2\times1.3)^4\}}{155.4}$$

＝24,044.8㎤

D_1：管内径

D_2：管外径

したがって、４種管で安全である。

４．管の温度変化による伸縮量

(1)　温度変化

温度変化は、－20℃～＋20℃の範囲とする。

(2)　管の伸縮量（$\triangle\ell$）

管１本当たり（ℓ＝6.0m）

$\triangle\ell=\alpha\cdot\triangle t\cdot\ell$

$\alpha=1.0\times10^{-5}$

$\triangle t=(+20)-(-20)=40℃$

$\triangle\ell=1.0\times10^{-5}\times40\times600=0.24cm$

呼び径1500mm、U形継手の許容伸縮量は4.0cmであり、安全である。

6．施　　工

本工事は、トンネル内の狭い場所での工事であるので、第１日目は管運搬、管据付け、接合および管受台施工、第２日目は水圧テスト、型枠組み立ておよびコンクリート打設と、1サイクル2日間の工程で、U形直管L＝６m、４本、敷設長さ24m、管受台４ヵ所をトンネル中央の工区境より各坑口に向かって施工した。

また、延長2,667m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、管運搬、接合などに使用する機器は排気ガスなどを排出するものは使用せず、電動式などを使用した。

１．トンネル内配管材料運搬

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し、そこからトンネル内に運搬する。坑口よりトラッククレーンを使用して、管をナイロンスリングによる２点吊りで吊り上げ、トンネル入口のバッテリーロコにけん引された管運搬台車に吊りおろす。積み込みを完了した台車は2km/時程度の安全な速度で、配管据付け場所まで管を搬送する。

写真３　立坑よりの管吊りおろし状況

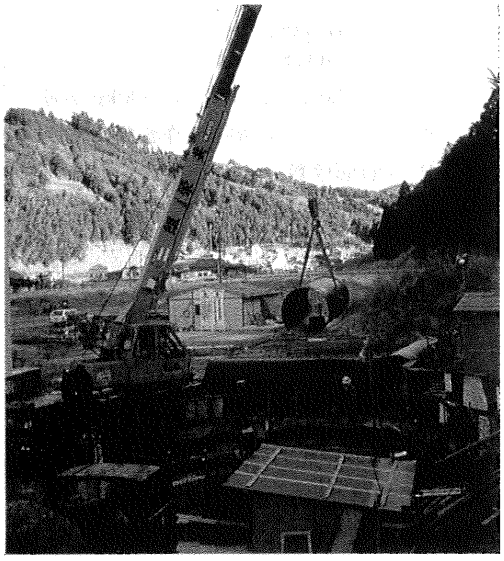


写真４　立坑よりの管吊りおろし状況

（U形 φ1500×6000mm）

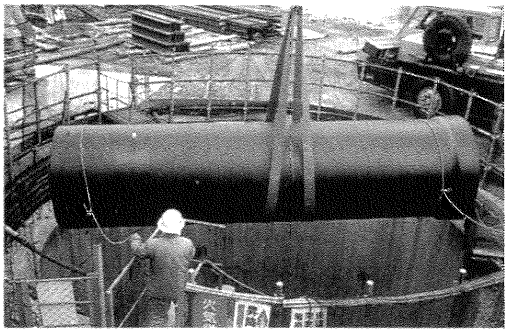


写真５　台車への管吊りおろし状況

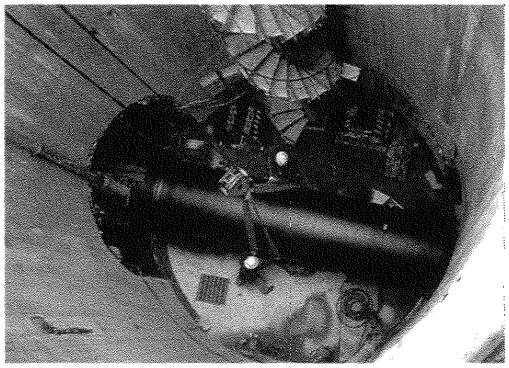
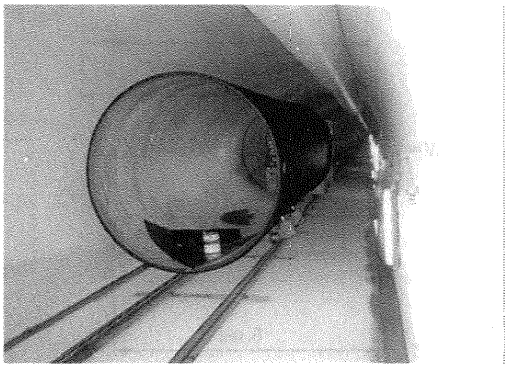


写真６　管運搬状況



2．管据付け、接合

管据付けの前に、管の伸びを考慮して測量を行い、管据付け位置の芯出し、管受台の墨出しを行い、管受台固定用のアンカーボルトの穿孔、取り付けをしておく。管受台はＳＳ41、H形鋼（300×300×10×15）製で、あらかじめ工場で加工されたものを使用し、現場ではアンカーボルトによるトンネルスラブへの取り付けのみとした。

台車に乗せられた管は、据付け場所ですでに据付けられた管の受口（または挿し口）に台車にセットされた４本のジャッキで微調整しながら静かに挿入される。次に台車を引き抜くため、仮受台をセットし、台車引き抜き用ジャッキにて管を持ち上げ、台車を引き抜く。そして、管受台（あらかじめ芯出しされた位置にライナー調整してある）をセットし、管を下げて仮受台を撤去する。

正しい位置にセットされ、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「U形ダクタイル管接合要領書」に基づき行った。

写真７　管受台セット状況

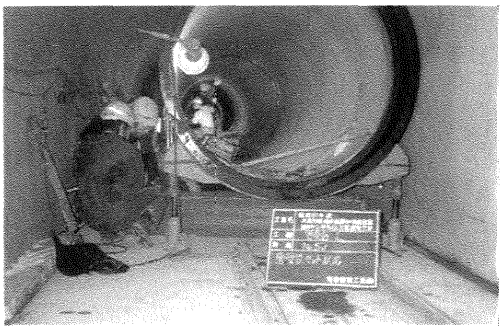
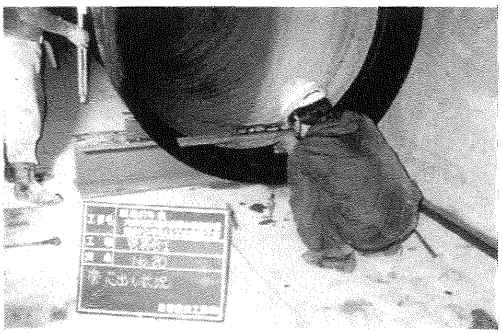


写真８　管芯出し状況



3．水圧テスト

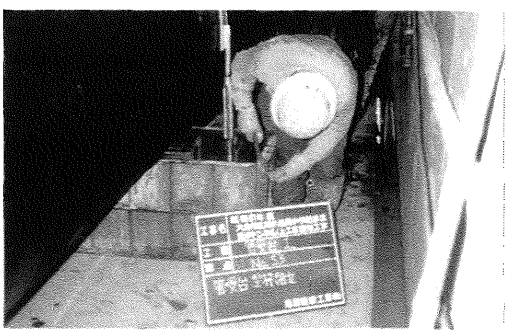
接合完了後、継手ごとに管内面テストバンドにより水圧テストを行い、接合の良否の確認を行った。参考までに、そのサイクルタイムは１口当たりおよそ次の通りであった。

ゴムリングセット	5分
押え板セット	10分
ボルト締め付け	15分
テスト準備	10分
充水	5分
水圧テスト（5.0kgf/cm²）	5分
片付け	10分
	計60分

4．管受台工事

管の接合が完了すれば、管固定バンドにて管を固定する。その際、管の外面に傷をつけないよう、管と固定バンドとの間にゴム板（厚さ3mm）をはさんだ。管受台巻き立てコンクリート用型枠は、打設効率を上げるため、あらかじめ鋼板製でつくっておき、現場では組み立て、バラシのみとし、転用した。コンクリートは生コンを使用し、仮設軌条上のプレスクリートに積み替え、トンネル内の運搬打設は６トンバッテリーロコと2.0m³プレスクリートを使用した。（コンクリート圧縮強度　σ_{ck}＝180kgf/cm²）

写真９　管受台用型枠組み立て状況



7．あとがき

幸い特にトラブルもなく、所定の工期内に送水トンネルおよびトンネル内の送水管敷設工事を完成することができたことは、施工に当たりご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住宅の密集、交通事情、そして工事に対する住民の公害意識の高まりなど、工事環境がますます多様化してきている。本工事においても例外ではなく、送水トンネルの立坑工事では騒音とか震動の対策に非常に頭を悩ました。

その意味からも、施工工期が短く、施工時に騒音の少ないダクタイル管を採用したことは正しい選択であったと考えている。

本稿が同じようなトンネル内配管敷設工事をされる各位の参考になれば幸いである。

写真10 敷設完了状況

技術レポート

吉野川北岸農業水利事業 パイプ・イン・トンネル工事 設計と施工について

中国四国農政局
建設部水利課長　武田明寅
計画部補助土地改良係長　金光譲二

1．はじめに

本報文は、本誌「ダクタイル鉄管」No.39にて報告した吉野川北岸農業水利事業幹線末端区間パイプライン工事(13.6km)のうち、トンネル工事となった区間に関するものである。4トンネル区間(計2km)は、一般的なコンクリート覆工タイプのトンネルではなく、パイプ・イン・トンネル(トンネル内挿式圧力管路)工法として内挿管にダクタイル鉄管を採用した工事であり、中でも最長となった平山トンネル(890m)を例にとり、ここにその設計および施工実績について紹介するものである。

よって、事業の全体概要などについては、前述のNo.39の報文をご参照願いたい。

2．幹線水路末端区間の設計について

幹線水路末端区間は、幹線水路全延長 $\ell=68.5$km のうち、$\ell=13.6$km(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㎥/秒と上流に比べて相当小さくなり、水路形式は管水路としている。

1．管水路形式

管水路形式については、下記に述べる諸条件よりクローズドタイプとした。

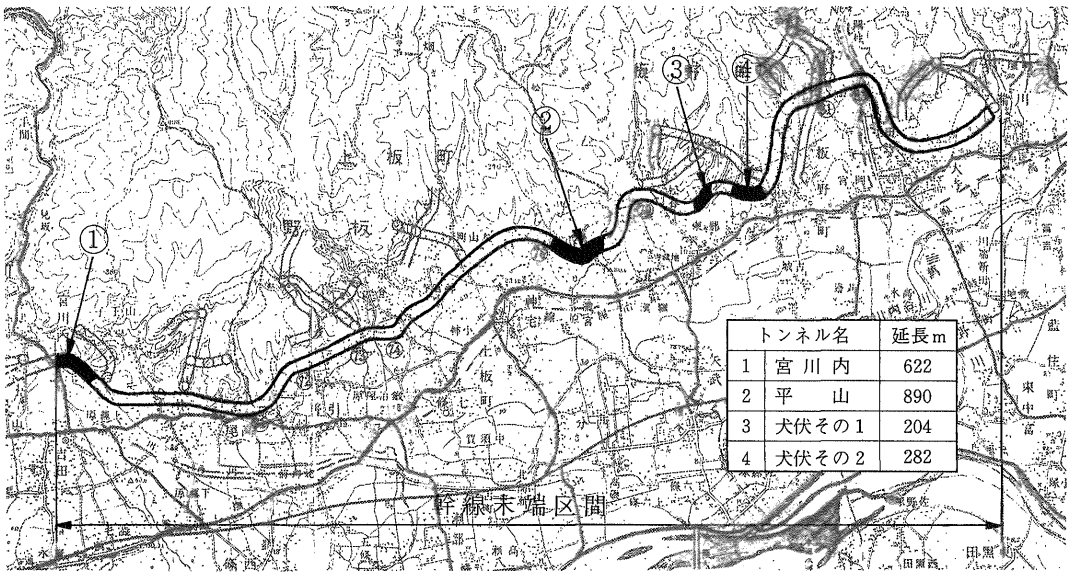
① 幹線水路末端部で需要に即応した供給システムとする必要がある。
② 無効放流がなく節水型である。
③ 応答性がよく、調整池との一体利用、有効利用がはかれる。

2．路線の決定

主として道路下埋設としたが、計画動水位(エネルギーライン)より高位となる区間は周辺の地形状況、水理・維持管理・施工性および経済的条件などを総合的に比較検討し、耕地下・河川下、ならびにトンネル区間とした。

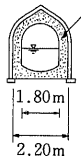
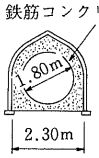
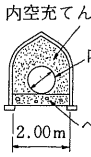
図1にトンネル区間を図示する。

図１　幹線末端区間・トンネル位置図



３．パイプ・イン・トンネル(トンネル内挿式圧力管路)の設計

表１　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	無筋コンクリート  	鉄筋コンクリート  	内空充てん工(エアーモルタル) 
水理	●トンネル施工断面は、コンクリート覆工ができる最小断面とする。 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。	●設計内圧が平山、犬伏(1)、犬伏(2)トンネルで4.4kgf/㎠、5.2kgf/㎠、4.7kgf/㎠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できる最小断面とし、トンネル内には、前後のパイプラインと同口径のパイプを内挿する。トンネルと管との空隙は充てん材にて充てんする。 ●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	●トンネルのみでも内挿管より高価である。非常用余水吐などを加えると、さらに高価となる。	●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

1．トンネル型式の選定

表1に示すように、クローズドタイプの管水路区間内におけるトンネル形式としては、C案の内挿式圧力管路がもっとも優れているので、これを採用した。(表1参照)

2．トンネル掘削断面の決定

トンネル掘削断面は通水量が小さく(0.353㎥/秒：平山トンネル)、水理条件のみを満足する断面(内挿管径 700mm)とすると、作業環境が劣悪となり、保安対策に問題を生じる。

このため、本区間のトンネル掘削断面は労働安全衛生規則第205条を遵守し、掘削を機械施工できる最小断面とした。(図2参照)

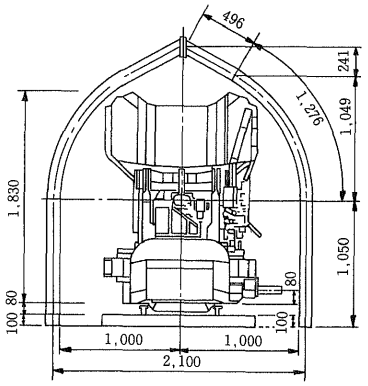
土地改良事業標準設計第3編トンネル（解説書）によると、トンネルの側壁内面間隔の最小値は2.0mとなる。

3．トンネル内挿管の管種選定(表2参照)

表2に示す通り、作業性・安全性・充てん材との適合性・経済性を総合的に検討し、ダクタイル鋳鉄管(T形)を採用した。

図2　トンネル断面に占める各種機械

(1) ロッカショベル (0.18㎥)



(2) ズリ鋼車 (2.0㎥)

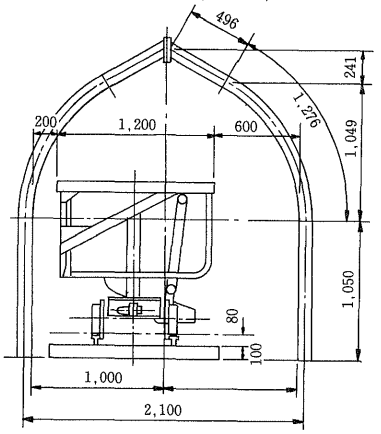


表2　内挿管種比較表(管径 700mmの場合)

項目＼管種	ダクタイル鋳鉄管	強化プラスチック複合管(FRPM管)	PC管
作業性	管重量はPC管に比べ軽く、搬入には問題ない。敷設作業性に優れる。 ○	管重量はいちばん軽く、搬入は便利である。敷設作業性に優れる。 ◎	管重量は重く、搬入に手間がかかり、破損の危険性が大きい。敷設作業性に劣る。 △
安全性	ジョイントの信頼性はNo.1。耐内圧も非常に高い。 ◎	ジョイントの信頼は特に問題ない。 ○	ダブルスピゴットタイプであり、特に問題ない。 ○
充てん材との適合性	エアモルタル・砕石のどちらも使用可能。 ◎	管の常用温度は45°以下とされており、エアモルタル充てん時の温度上昇(60～70℃)に悪影響がある。砕石充てんが適している。 △	エアモルタル・砕石のどちらも使用可能。 ◎
経済性	管本体はやや高いが、敷設費が安く、トータルでは若干安価である。	管本体はやや安いが充てん工が高くなり、トータルではやや高価である。	管本体はやや安いが、トンネル内の敷設費が高く、トータルでは若干高価となる。
評価	① 採用	③	②

4．内挿管の管体構造計算

① 設計条件

a) 内挿管はダクタイル鋳鉄管とする。

b) トンネル支保工の荷重受け持ちは無視する。

② 鉛直土圧

鉛直土圧は、a)トンネル支保工にかかる緩み高さと、b)テルツアギーのアーチアクションの緩み高さを比較し、大きい方の値をとり計算する。

a) 支保工にかかる緩み高さ

タイプC　$H_o=1.0\cdot De$

タイプD　$H_o=2.0\cdot De$

(H_o+H_1=土かぶり)　　単位　m

De	タイプC			タイプD		
	H_o	H_1	H_o+H_1	H_o	H_1	H_o+H_1
2.60	2.60	1.43	4.03	5.20	1.43	6.63

b) テルツアギーのアーチアクションの緩み高さ

$$H_o=\frac{B}{K\cdot\tan\phi}\cdot\left(1-e^{-K\cdot\frac{H}{B}\cdot\tan\phi}\right)$$

$$B=B_o+h\cdot\tan\left(45^\circ-\frac{\phi}{2}\right)$$

ただし、

H：土かぶり

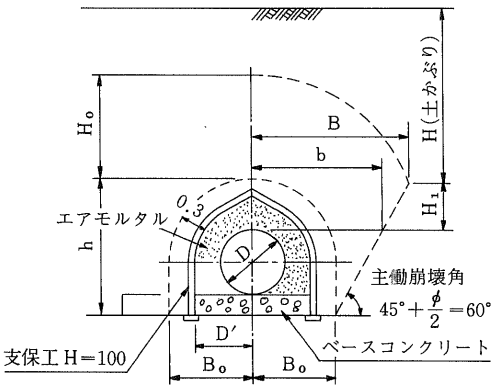
H_o：緩み高さ

B：土圧影響幅

K：係数（K＝1.0）

ϕ：内部摩擦角（$\phi=30^\circ$）

e ：自然対数



トンネル＼項目	D	D′	B_o	h	B	H	H_o	H_1	H_o+H_1	b
平山トンネル	0.70	1.00	1.30	2.38	2.67	50	4.63	1.43	6.06	2.00

以上より、トンネル支保工にかかる緩み高さはH＝6.63m、テルツアギーのアーチアクションの緩み高さはH＝6.06mであり、大きい方の値としてH＝6.63≒6.70mを土かぶりとして採用する。

③ 受働抵抗係数　e′

トンネル内はエアモルタルで充てんされる。この場合の受働抵抗係数e′は次式による。

$$e'=\frac{E_s}{2(1-\gamma^2)}=\frac{3000}{2(1-0.5^2)}=2{,}000\,\mathrm{kgf/cm^2}$$

ここに、

E_s：(300～500)F

F：圧縮強度（10kgf/㎠）

γ：ポアソン比（0.5）

故に、モルタルの場合

e′＝2,000kgf/㎠とする。

④ 管体構造計算

管体の構造計算は前記の条件により電算機で行い、表３の結果を得た。

⑤ 使用管種の決定

以上の検討計算の結果、得られた使用管種は下記の通りである。

ダクタイル鋳鉄管　DCIP　５種管（φ700）T形

設計たわみ率：0.099＜3.0　（%）

……OK

許容内圧：21.3kgf/㎠＞4.4kgf/㎠

……OK

表3　管体構造計算結果

設計条件	$2\theta=180°$	H=670cm	HE=0.327	$C_c=9.125$	$C_d=1.882$	$C_{cx}=1.672$	$C_{dw}=0.941$	$W_T=0.500$	$W_V=0.941$	$W_w=0.000$
管種	DD1	DD2	DDX	MM1	MM2	MM3	MM4	MMX	TX	TTX	HH
1.0cL 1種	0.071	0.000	0.098	307.594	10.397	4.068	−271.805	50.254	0.990	0.398	43.993
1.5cL	0.071	0.000	0.098	307.935	10.415	3.908	−272.811	49.445	0.950	0.395	41.776
2.0cL	0.071	0.000	0.098	308.360	10.436	3.707	−273.994	48.509	0.900	0.392	38.982
2.5cL	0.071	0.000	0.099	308.786	10.458	3.506	−275.097	47.654	0.850	0.389	36.160
3.0cL	0.072	0.000	0.099	309.213	10.480	3.304	−276.122	46.874	0.800	0.387	33.303
3.5cL	0.072	0.000	0.099	309.639	10.501	3.102	−277.075	46.167	0.750	0.384	30.403
4.0cL	0.072	0.000	0.099	310.066	10.523	2.899	−277.959	45.530	0.700	0.382	27.450
4.5cL	0.072	0.000	0.099	310.494	10.545	2.696	−278.776	44.957	0.650	0.380	24.431
5.0cL 5種	0.072	0.000	0.099	310.921	10.567	2.492	−279.536	44.444	0.600	0.378	21.329

注）HX：管頂までの深さ(cm)、HE：等沈下面から管頂までの深さ(cm)、C_c：突出形の土圧係数、C_d：溝形の土圧係数、C_{cw}：突出形の鉛直土圧強度(kgf/cm²)、C_{dw}：溝形の鉛直土圧強度(kgf/cm²)、W_T：垂直土圧公式による鉛直土圧強度(kgf/cm²)、W_V：計算で使用する鉛直土圧強度(kgf/cm²)、W_w：路面荷重強度(kgf/cm²)、DD1：鉛直土圧強度によるたわみ量(cm)、DD2：路面荷重強度によるたわみ量(cm)、DDX：計算によるたわみ率(%)、MM1：鉛直等分布荷重による曲げモーメント(kgf·cm/cm)、MM2：管内水重による曲げモーメント(kgf·cm/cm)、MM3：管自重による曲げモーメント(kgf·cm/cm)、MM4：側面水平荷重による曲げモーメント(kgf·cm/cm)、MMX：最大曲げモーメント(kgf·cm/cm)、TX：規格管厚(cm)、TTX：内外圧による必要管厚(cm)、HH：設計条件による許容設計内圧(kgf/cm²)、

5．トンネル内空充てん工の検討

トンネル掘削断面と管路の間の空隙は充てんしなければならない。ところで、その充てん材としては、①トンネルズリ、②砂、③クラッシャーラン、④エアモルタル、⑤コンクリートが考えられるが、①は品質が不均一、②は湧水による流失、③は主として施工性が悪く、トータルコストの上昇が見込まれ、⑤は長スパンの圧送やコストに問題があることから、施工性・安全性・経済性などを比較検討の結果、④のエアモルタルを採用した。

エアモルタルの利点は、

- 作業性がよく、矢板背面への充てん度がもっとも期待できる。
- 坑外プラントより圧送が可能である。
- 偏圧に反応し、管体への衝撃を緩和するため安全性もよい。
- トータルコストも安価である。

などである。

6．その他の検討事項

上記以外の検討事項を下記に示す。

- ベースコンクリート打設理由
- 管敷設サイクルおよび敷設労務の検討
- 管・土のう材料運搬工法の検討
- 管浮上防止策の検討
- 充てん工法・労務などの検討
- エアモルタル種類および工法の検討
- エアモルタル圧送の検討

以上を総合検討の上、「パイプ・イン・トンネル設計積算基準」を作成した。

4．工事の施工

平山トンネル工事は、第Ⅰ期 L＝890mトンネル掘削とベースコンクリート打設。第Ⅱ期 呼び径700mmダクタイル鋳鉄管敷設とエアモルタル充てん工。に分けられるが、以下には、工種別に概要を述べることにする。

工事の施工については、当事業所にて「トンネル内挿管工事施工管理要領」を作成し、管理を行った。

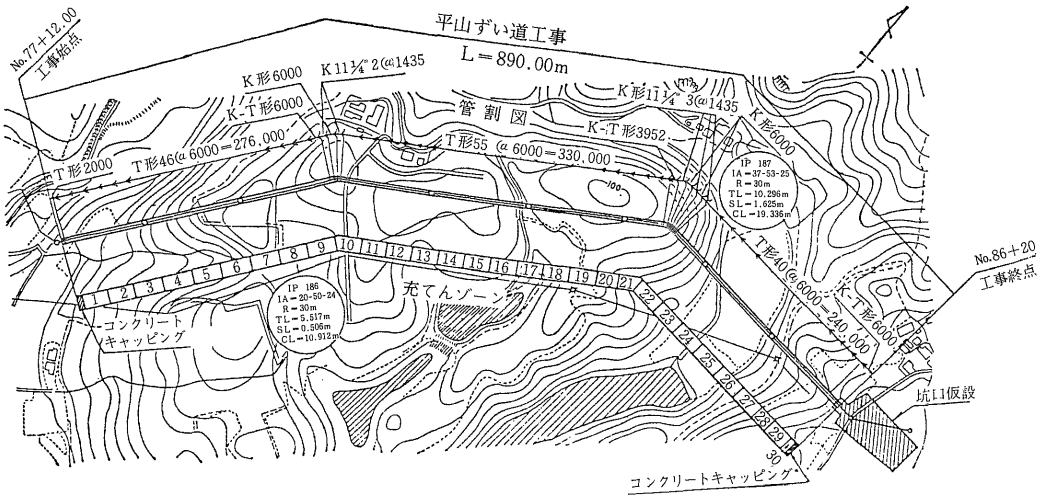
1．掘削工

本トンネル部の地質は砂岩・泥岩互層をなす白亜系和泉層群で、東西に中央構造線に伴う断層群の活動によって著しく破砕されて暗灰ないし灰色を呈し、また、地表より風化を受けた部分は褐色を呈している。実際に5カ所の破砕断層部では多量の出水をみて、切羽が自立せず、鏡張りを行い進行スピードが落ちた。このほか、松矢板のほかにレールを補強材として打ち込んだり、支保工を狭めたりして掘り進めた。また、想定の10ℓ/秒/kmを超えた湧水のために、ドレーンのみでは排水できず、別途ポンプにて排水を行ったりして、ベースコンクリート打設に影響しないよう処理した。

2．ベースコンクリートの打設

管や土のうなどの運搬は、バッテリカーと

図３　平山トンネル工事平面図



これに連結した運搬台車で行うため、Ⅰ期工事でベースコンクリートを打設した。また、このとき管の浮力防止の金具(バンド)の固定用のアンカーボルトを、内挿管１本（６ｍ定尺)当たり２組入れ、厚さ15cmで打設した。

３．内挿管敷設工

内挿管の運搬は、小型のバッテリカーに連結した運搬台車を使用した。採用の理由としては、ⓐ無騒音、ⓑ無排気、ⓒトンネル内走行性能良、ⓓ稼働・充電時間と作業サイクルの一致などが挙げられる。

次に作業手順を示す。

① 坑外にて運搬台車にダクタイル鋳鉄管をトラッククレーンを使用して積み込む。

② トンネル内を走行して配管位置まで運搬する。

③ トンネル支保工に取り付けたチェーンブロックにて管を吊り上げ、台車を撤去する。

④ 管を吊るした状態のまま、芯出しを行う。

⑤ 受口・挿し口の清掃、Ｔ形ゴム輪のセット、滑材の塗布を行う。

⑥ 既設管にスリングチェーン、敷設管にフックをかけ、レバーブロック２基で管を受口に引き込む。(この間も敷設管は天井よりチェーンブロックで吊るしたままとする)

⑦ 敷設管の受口下に土のうを敷設し、高さを調整しながら吊り下ろす。

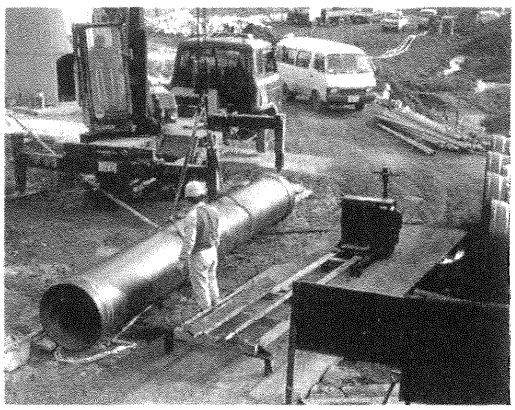
⑧ ジョイント間隔、Ｔ形ゴム輪位置などのチェックを行う。

⑨ １本２カ所の浮上防止金具(バンド)を設置する。

⑩ この間、運搬台車は次の管の運搬や土のうの運搬に用いる。

管敷設能力は、内挿管敷設総本数155本(K形曲管・切管を含む。図３参照）を実作業日数(エアモルタル充てんによる休止日を除き)32日で敷設し、平均4.84本＝27.8m/日で敷設完了した。２カ所の曲管部分もスムーズに敷設することができた。

写真１　管積み込み状況



4．エアモルタル充てん工

次にエアモルタル充てん工を図４に示す。

管敷設工と充てん工とは交互作業とし、充てん工は上下２段階施工とする。

敷設工・充てん工の交互作業について、管敷設のみ先行させるとエアモルタル充てんゾーンに設置する隔壁(土のう積)の搬入が困難となり、また、敷設する管自体を坑内の通気

図４　トンネル内挿管充てん工標準工程図

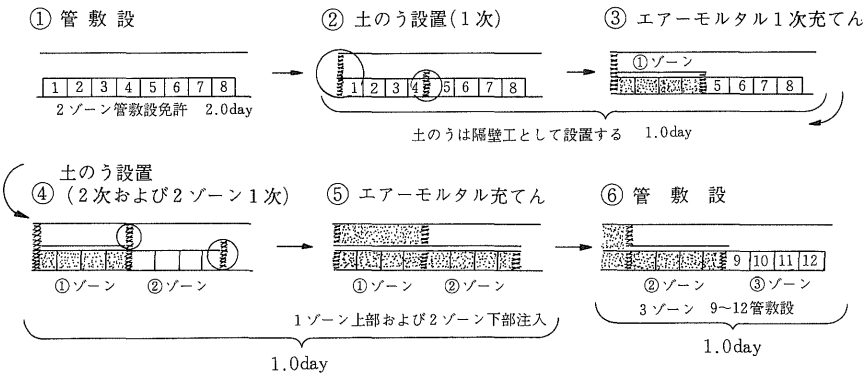
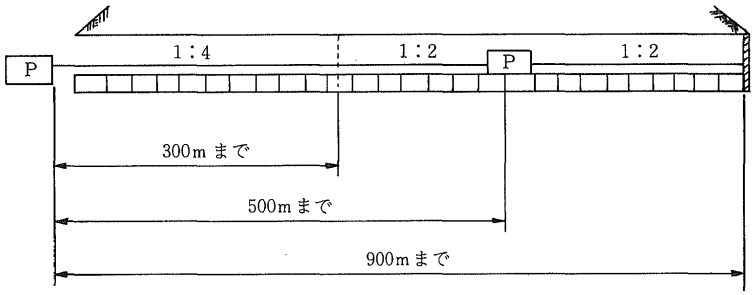


図５　エアモルタル圧送距離別配合表



圧送距離	C：S	摘　要
300m まで	配合　1：4	中継ポンプなし
300～500m まで	配合　1：2	中継ポンプなし
500～900m まで	配合　1：2	中継ポンプ設置

写真２　エアモルタルプラント状況

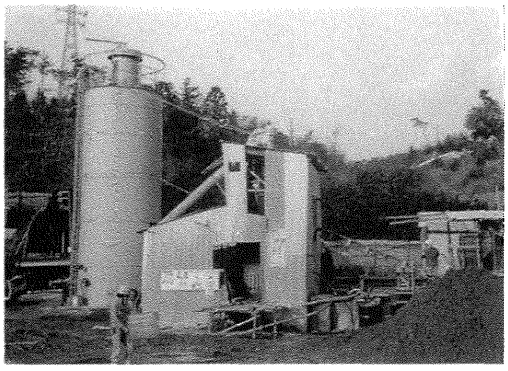


写真３　下部充てん状況

・換気管として利用しているため、管の先行によりエアモルタル充てん場所付近の酸素が不足する恐れもあり、両者バランスをとりながら進行させた。

エアモルタル充てんは、坑外にエアモルタルプラント(写真2参照)を設置し、圧送した。

また、最大圧送距離が約900mあるので、約500m地点のチェリーピッカ拡幅部を利用し、中継プラントを設置した。

各ゾーン隔壁工には砂中詰の土のうを使用、最上部に注入パイプとエア抜きパイプを設置した。

エアモルタル圧送の場合、圧送距離によってモルタル配合の変化、消泡率の変化をきたし、また、中継ポンプの設置を効率的に行わなければならず、想定ケースにつき、比較検討のうえ経済的・適切な配合を決定している。

① エアモルタル品質管理

エアモルタル圧送では特に消泡率が0～10%と長距離ほど大きく、フロー値は消泡率に伴い小さくなっている。管理面では、各ゾーン実績値を確認した。

② 吐土圧

長距離は29kgf/㎠、短距離は19kgf/㎠にて圧送を行い、上部充てん後のエアモルタル吐土圧は3kgf/㎠以上とすることで管理を行った。

③ 吐土量

500mを超えた中継ポンプ区間では平均150ℓ/分、500m未満の近距離では平均250ℓ/分で設計値とほとんど差異を生じなかった。

④ エアモルタルの充てん量

1ゾーン当たりの充てん量は設計値に比べ108～134%(トータルでは116%)となったが、この原因としては、トンネル掘削時の余掘や任意の待避所、拡幅部への充てんなどであって、これについては不可抗力による数量増ではないため、設計数量の変更は行っていない。

また、この実績より概ね良好な空気充てん状況にあると判断をしている。

5．おわりに

以上、パイプ・イン・トンネル（内挿式圧力管路）工法の設計・施工例として、平山トンネル工事について述べてきたが、トンネル掘削時においては多量の湧水を伴ったにもかかわらず、最小掘削断面であったことが幸いし、排水強化、全面鏡張りなどの実施により予定工期内に無事貫通することができ、また、内挿管・充てん工については、施工性のよいT形ダクタイル管を採用したことに加え、狭いトンネル空間での安全作業に特に留意して施工したことで、支障なく順調に完成させることができた。

これにより通水したかんがい用水を合理的かつ有効に活用して、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。

最後に、本報文が当地区と同様の工法を計画している事業担当者に対して、いささかなりとも参考になれば幸いである。

———○———○———

注：本報文は「農業土木学会誌」No.54(10)に掲載されたものを、改訂・追補したものである。

ダクタイル鉄管第42号

昭和62年5月

技術レポート 1

東播用水農業水利事業 中央幹線水路における 長距離推進工事概要について

近畿農政局東播用水農業水利事業所
西神支所長　藤田利雄
工事係長　林地章好
工事係員　西川泰史

1．まえがき

東播用水農業水利事業は、かんがい排水および農地開発を一体的に実施し、農業従事者の確保、農地の流動化による経営規模の拡大生産の組織化を可能にする豊かな農業基盤をめざす国営総合かんがい事業であり、また、事業地域内および周辺における都市化による人口増大に対応する水道用水を確保、供給する共同事業でもある。

本事業地区は、昭和36年に兵庫県により予備調査がはじまり、昭和38年から国営による地区調査、全体実施設計を経て昭和45年着工以来、事業の実施は農林水産省近畿農政局が直轄で行っており、その事業量はわが国有数の規模を有するものである。

2．地域の概要

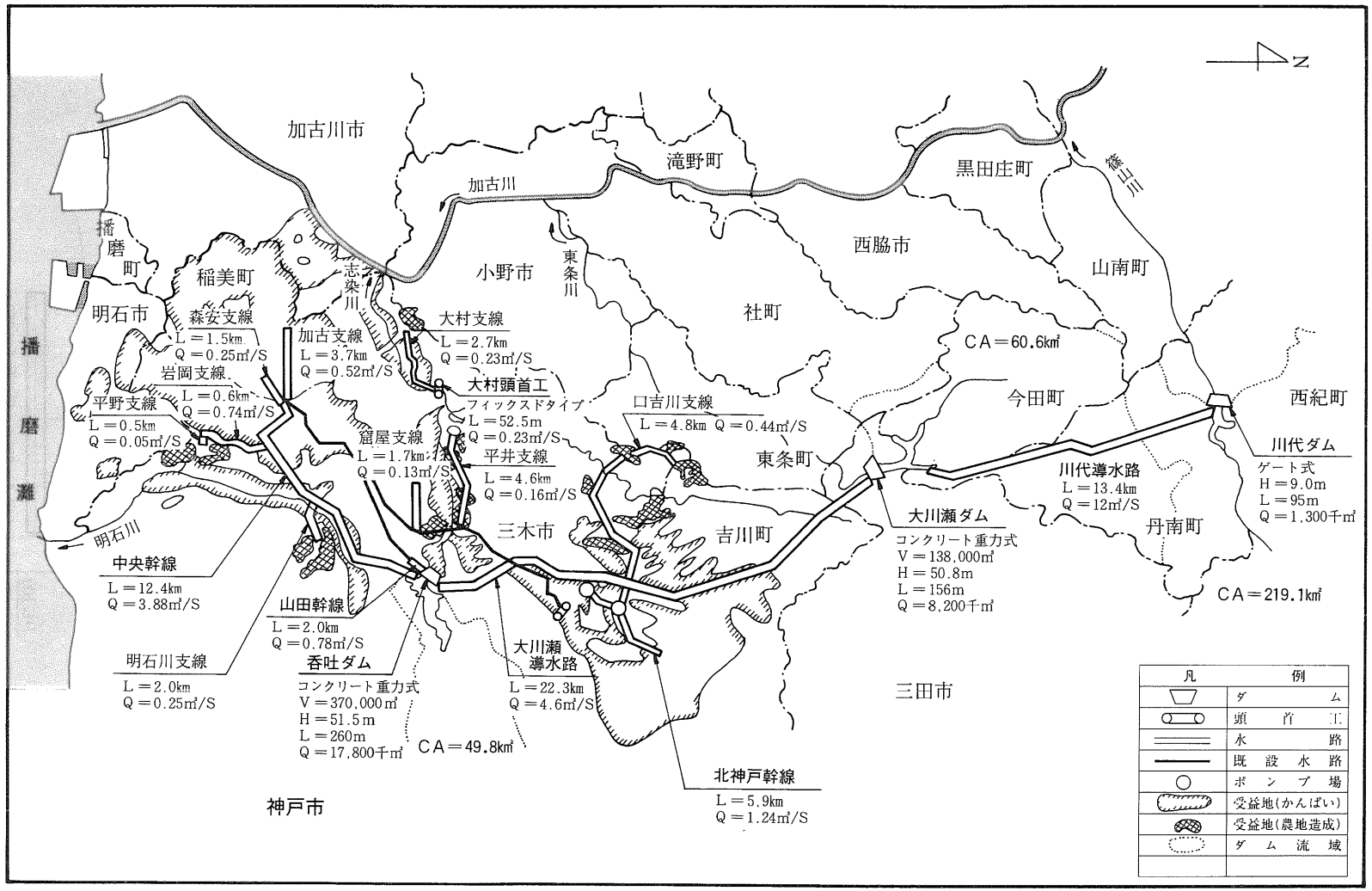
本地域は、兵庫県南部に広がりを持つ沖積平野および洪積台地で形成された播磨平野東部と、裏六甲の緩傾斜丘陵の沢沿いに発達した棚田を主体とする北神戸地域からなる都市近郊と、これに連なる農業地帯である。

この地域の気象条件は概して温暖（年平均気温15℃）であるが、瀬戸内式気候に属するわが国でも有数の寡雨地帯（年平均降水量1,300mm）である。そのため、古く中世から築造されはじめたため池は、平地部のみならず中山間地に至るまで大小数千カ所が現存し、また明治中期には淡河川、山田川を水源とする大疎水事業が行われるなど独特の利水開発、慣行が採られ、零細ではあるが意欲的な農業が営まれてきている地域である。

3．事業の概要

本事業は、既成田畑約7,200haへの用水補給により用水不足を解消し、未利用の山林約440haの農地造成とその用水確保および水道用水27万7,000㎥（日量最大）を供給するために加古川支流篠山川に川代ダム、同東条川に大川瀬ダム、同美の川（志染川）に呑吐ダムとこれらを直列に結ぶ導水路を基幹水源施設として建設し、これらのダム群から用水を配水

図１　事業概要図


N
加古川市
滝野町
黒田庄町
篠山
播磨町
稲美町
加古川
西脇市
山南町
志染川
小野市
東条川
明石市
社町
播磨灘
森安支線
L＝1.5km
Q＝0.25㎥/S
加古支線
L＝3.7km
Q＝0.52㎥/S
大村支線
L＝2.7km
Q＝0.23㎥/S
CA＝60.6㎢
岩岡支線
L＝0.6km
Q＝0.74㎥/S
大村頭首工
フィックスドタイプ
L＝52.5m
Q＝0.23㎥/S
口吉川支線
L＝4.8km Q＝0.44㎥/S
今田町
西紀町
平野支線
L＝0.5km
Q＝0.05㎥/S
窟屋支線
L＝1.7km
Q＝0.13㎥/S
平井支線
L＝4.6km
Q＝0.16㎥/S
東条町
川代ダム
ゲート式
H＝9.0m
L＝95m
Q＝1,300千㎥
川代導水路
L＝13.4km
Q＝12㎥/S
明石川
三木市
吉川町
大川瀬ダム
コンクリート重力式
V＝138,000㎥
H＝50.8m
L＝156m
Q＝8,200千㎥
丹南町
中央幹線
L＝12.4km
Q＝3.88㎥/S
CA＝219.1㎢
山田幹線
L＝2.0km
Q＝0.78㎥/S
明石川支線
L＝2.0km
Q＝0.25㎥/S
呑吐ダム
コンクリート重力式
V＝370,000㎥
H＝51.5m
L＝260m
Q＝17,800千㎥
大川瀬導水路
L＝22.3km
Q＝4.6㎥/S
三田市
CA＝49.8㎢
北神戸幹線
L＝5.9km
Q＝1.24㎥/S
神戸市
凡例
ダム
頭首工
水路
既設水路
ポンプ場
受益地(かんばい)
受益地(農地造成)
ダム流域

する施設として、幹線および支線水路ならびに河川放流を取水する頭首工を設けて、受益地域の農地および水道用水の原水供給地点に供給するものである。

4．工事概要

本工事は、呑吐ダムから末端までの約12kmの中央幹線水路工事の一部である。（図１参照）

推進工事の概要は、下記の通りである。(図２参照)

１工区……延長 225m （うち推進延長 187m） 中押し２段

２工区……延長 250m （うち推進延長 237m） 中押し３段

管　種：推進工法用ダクタイル鋳鉄管
呼び径1350mm(U形) L＝6m/本

土かぶり：８～５m

1．地質、概要

本計画地区においては、国道175号線横断部(Br No.1)と大鳥喰池上流(Br No.2)でボーリング調査を実施している。その結果を地質柱状図として次に示す。調査結果より、Br No.１ではＧＬ－7.0～－7.9m間に礫混り砂質シルトを夾在しているが、そのほかはシルト質砂礫であり、Br No.２ではGL－7.0～－8.4mにシルトが夾在し、そのほかはシルト質砂礫である。したがって、このシルト層は連続していると思われる。

また、現場透水試験はBr No.３（大鳥喰池内)、Br No.４(大鳥喰池下流）でシルト質砂礫部で実施しており、その結果は、

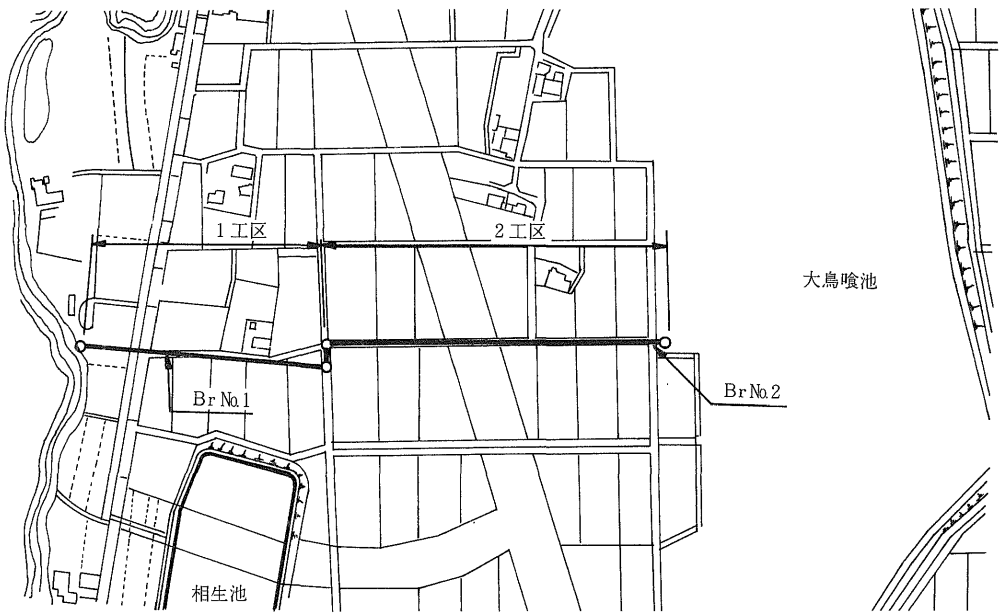
Br No.３　GL－5.0～－5.5m
$k = 7.47 \times 10^{-4}$cm/s

Br No.４　GL－3.15～－3.65m
$k = 8.94 \times 10^{-5}$cm/s

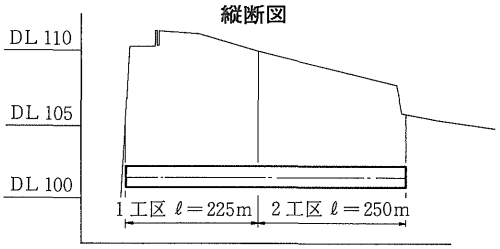
である。

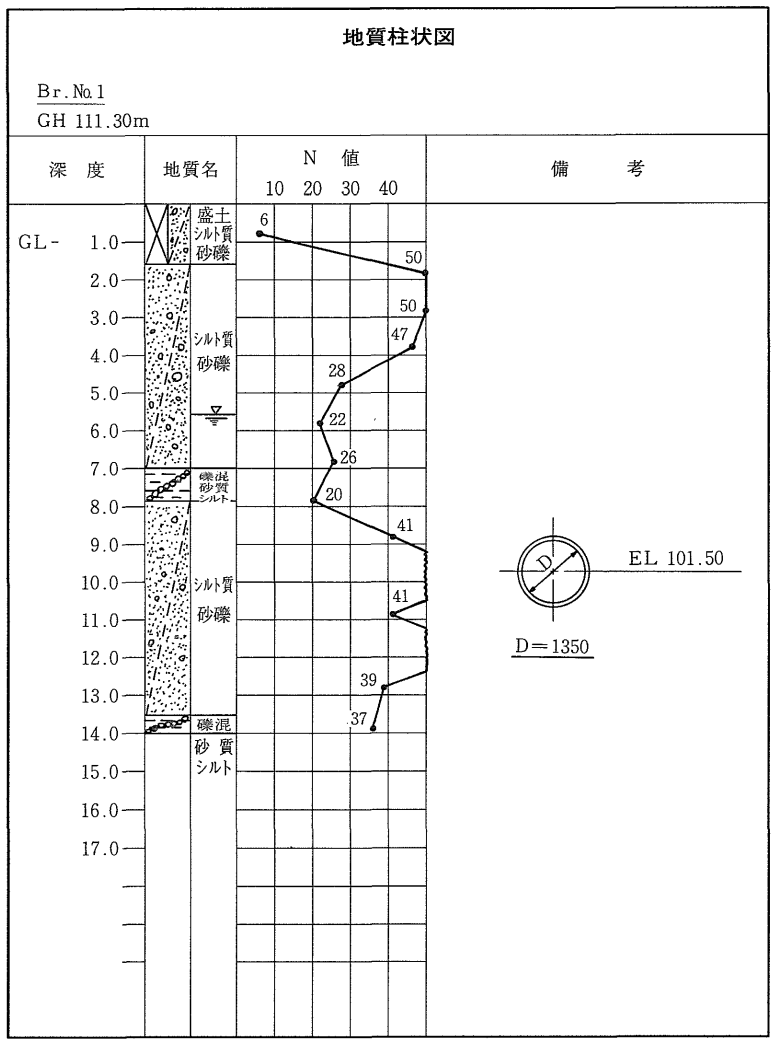
5．設　計

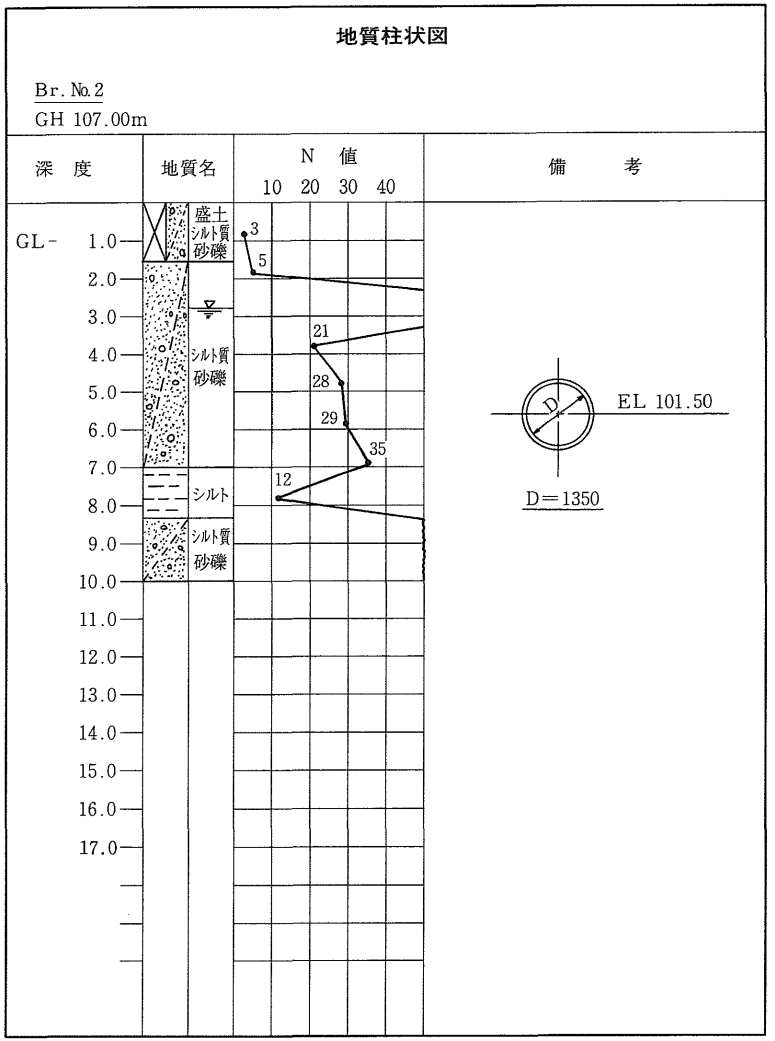
図２　平面図



縦断図




地質柱状図
Br.No.1
GH 111.30m
深 度
地質名
N 値
10 20 30 40
備 考
GL-
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
9.0
10.0
11.0
12.0
13.0
14.0
15.0
16.0
17.0
盛土
シルト質
砂礫
シルト質
砂礫
礫混
砂質
シルト
シルト質
砂礫
礫混
砂 質
シルト
6
50
50
47
28
22
26
20
41
41
39
37
EL 101.50
D
D＝1350


地質柱状図
Br.No.2
GH 107.00m
深 度
地質名
N 値
10 20 30 40
備 考
GL-
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
9.0
10.0
11.0
12.0
13.0
14.0
15.0
16.0
17.0
盛土
シルト質
砂礫
シルト質
砂礫
シルト
シルト質
砂礫
3
5
21
28
29
35
12
EL 101.50
D
D＝1350

2．埋設工法の決定

工法として推進工法、シールド工法などの非開削工法（Case 1）と開削工法（Case 2）を比較、検討した。

計画区間内には、国道175号線横断があり開削工法（Case 2）の場合、仮回し道路が必要である。また、配管ルート付近に民家があり、開削工法の場合路線を修正し水田側に移動させなければならず、用地補償（地上権設定）が必要となる。

社会性では、それぞれ長・短所があり一概にはいえないが、開削工法（Case 2）の場合土留工設置、土工事、コンクリート工事など重機の出入りが頻繁となり、周辺住民に与える影響は大きい。

非開削工法の場合、立坑工事と管材搬入、掘削土処理程度でCase 2と比較すれば周辺住民に与える影響は少ない。

施工性は、開削工法の場合、土留工内の工事であり施工性が悪い反面、明り施工であることからより確実な施工が可能である。

推進工法も現在の社会情勢より採用が多くなり、技術的にも進歩しており確実な施工が可能となっている。計画地区の地質は土質による補助工法（地下水低下、地盤改良、その他）の採用は必要ないと思われ、施工的には問題がないと考えられる。

経済性では、

Case 1 ……推進工法の場合 384千円/m

Case 2 ……鉄筋コンクリート巻立工法 449千円/m

となり、Case 1 が経済的に有利である。

以上より、本計画区間の埋設工法は推進工法とする。

3．非開削工法の比較および選定

路線の状況、施工区間の延長、土質条件と地下水の状況、工期、必要な補助工法の計画も含め、安全・確実でかつ経済的に有利な工

工法比較表

項目＼工法	刃口推進工法		セミシールド工法		シールド工法	
最小口径	呼び径　800mm	○	呼び径　1200mm	○	呼び径　1500mm	×
最大延長	元押し 50～100m 中押し工法 200～250m	○	施工性より 150～500m	○	延長に制限なし	○
曲線設定	設定困難	○	単純な場合のみ可能	○	設定可能	◎
蛇行修正	推進中の刃口の操作による。	○	推進中のシールドジャッキ操作による。	○	1次覆工および2次覆工で可能。	○
操行性	やや不良 刃口に方向修正用のジャッキを装備することにより、セミシールドの機能を具備することができる。	○	やや良好	○	良　好	◎
施工精度	やや不良	○	やや良好	○	良　好	◎
工　期	推進完了と同時に通水可能。 短期間	◎	推進完了と同時に通水可能。 短期間	◎	2次覆工のため 長期間	○
設備規模	小規模	◎	中規模	○	大規模	△
経済性	安　価	◎	比較的 安　価	○	高　価	△
総合比較	計画区間に合った工法である。	◎	設備規模による経済性が刃口推進より劣る。	○	計画管径が最小管径より小さい。 経済性　高価	×

法を選定するための比較表を前頁に示す。

以上より刃口推進工法を採用することとし施工延長が長いことから中押し工法を補助工法として採用する。

4．設備計画（2工区推進延長237.0mの例）

a. 推定推進抵抗値

$F = 189 + 7.57 \cdot L$

（下水道協会式より推定）

ここで、F：理論上の推力（t）

L：推進延長

b. 管材の許容耐荷力

管材：推進工法用ダクタイル鋳鉄管

呼び径1350mm（U形）

許容耐荷力：5種管…760t

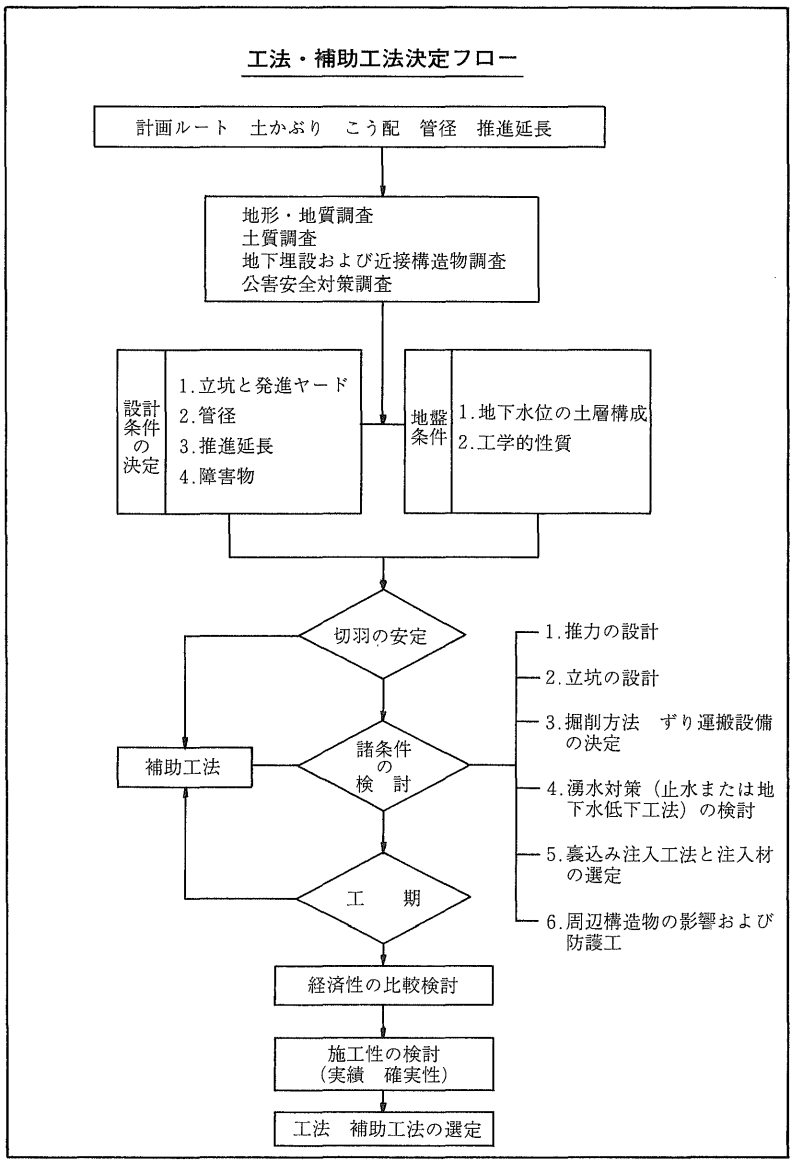
：1～4.5種管…920t

（JDPA G 1029推進工法用ダクタイル鋳鉄管の解説による）

c. 最大設備能力

元押し、中押しともにジャッキの配置計画より次の組み合わせについて検討する。

なお、元押しジャッキは理論上の40%増中押しジャッキは20%増しとする。



(i)　元押し設備

①　100tf×８台＝800tf

（理論上 570tf以下）

②　150tf×６台＝900tf

（理論上 640tf以下）

(ii)　中押し設備

①　50tf×12台＝600tf

（理論上 500tf以下）

②　50tf×14台＝700tf

（理論上 580tf以下）

d. 設備別推進延長

(i)　元押し設備

①　100tf×８台（理論上 570tf）

570÷7.57＝75.3m

(12@6.00m＋2.572＝74.572)

②　150tf×６台（理論上 640tf）

640÷7.57＝84.5m

(13@6.00m＋2.572＝80.572)

(ii)　中押し設備

①　50tf×12台（理論上 500tf）

第１段目　(500－189)÷7.57＝41.1m

(６@6.00＋4.00＝40.00m)

第２段目以降　500÷7.57＝66.1m

(10@6.00＋2.572＝62.572)

②　50tf×14台（理論上 580tf）

第１段目　(580－189)÷7.57＝51.7m

(８@6.00＝48.0m)

第２段目以降　580÷7.57＝76.6m

(12@6.00＋2.572＝74.572m)

e. 推進延長、管割り、中押し段数の決定

①　推進延長

路線線形、立坑配置より推進延長 ℓ ＝237.0mとし、設備力は次の通りとする。

元押しジャッキ 100tf×８台

中押しジャッキ　50tf×12台×３段設置

②　管割り

40.0＋62.572×２段＋74.527＝239.716m

U－K 4.0m　１本

U－U 6.0m　38本

中間スリーブ管　３本(2.572m/本)

参考（設備力の組み合わせによる最大推進長）

ケース１　元押し 100tf×８台＋中押し50tf×14台×３段

74.527＋48.00＋74.572×２段＝271.581m

ケース２　元押し 100tf×８台＋中押し50tf×12台×３段

74.527＋40.00＋62.572×２段＝239.671m

ケース３　元押し 100tf×14台＋中押し50tf×14台×３段

80.572＋48.00×74.572×２段＝277.716m

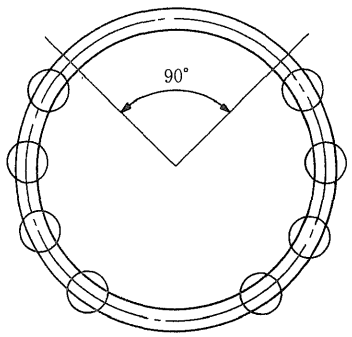
ケース４　元押し 100tf×14台＋中押し50tf×12台×３段

80.572＋40.00＋62.572×２段＝245.716m

以上よりケース２の組み合わせとする。

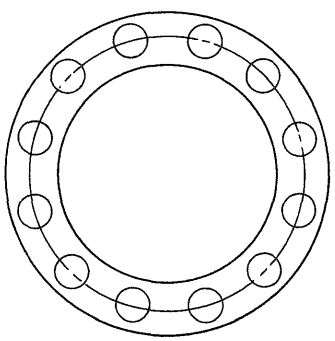
元押しジャッキ配置計画（φ1350）

100tf×８台（φ230）



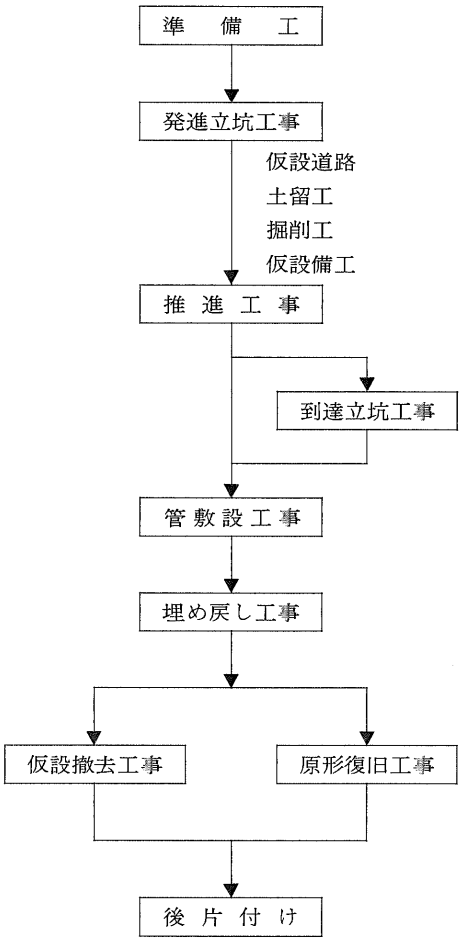
中押しジャッキ配置計画（φ1350）

50tf×12台(φ175)



6．施　　工

本工事の施工順序は、次のフローチャートに示す通りであり、施工状況を写真により示す。なお、施工管理図に示すように非常に精度よく工事は完了した。



7．あとがき

以上、埋設深さの深い本工事については、ダクタイル鋳鉄管による推進工法を採用したことは施工状況、地元対応、各種テスト結果からみて適切な選定であったといえる。

国営東播用水農業水利事業も、呑吐ダムが試験たん水を開始し、昭和62年度には試験通水を行い、昭和63年度供用開始に向け待望の水を播磨平野に送るべく努力しているところである。

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。

写真１　立坑工（アースオーガ併用圧入工法）

写真２　管推進工（刃口推進工法）

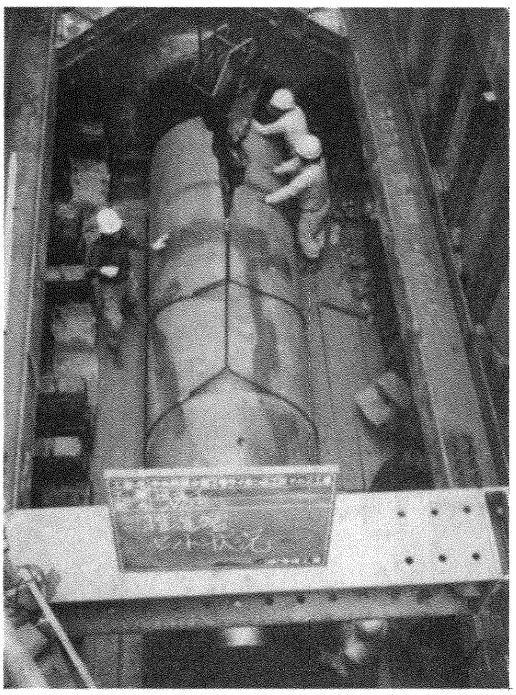


写真３　滑剤注入工

写真４　中押工

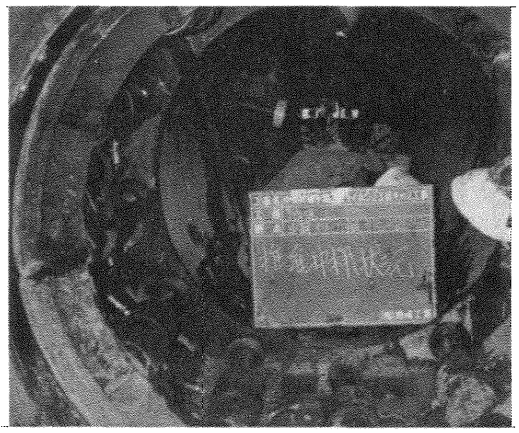


写真５　切羽の状況

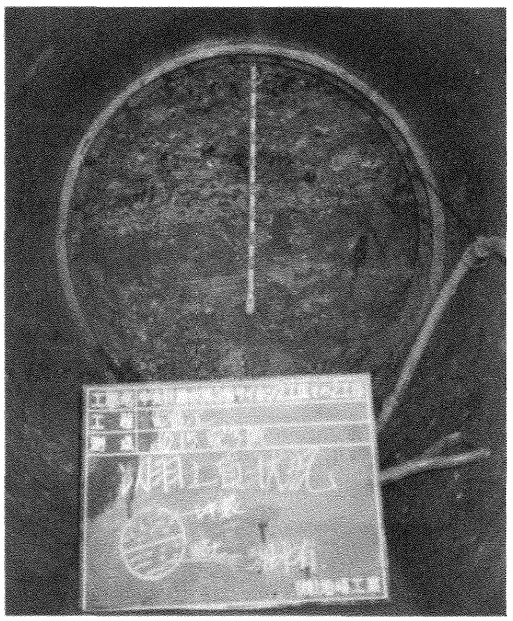
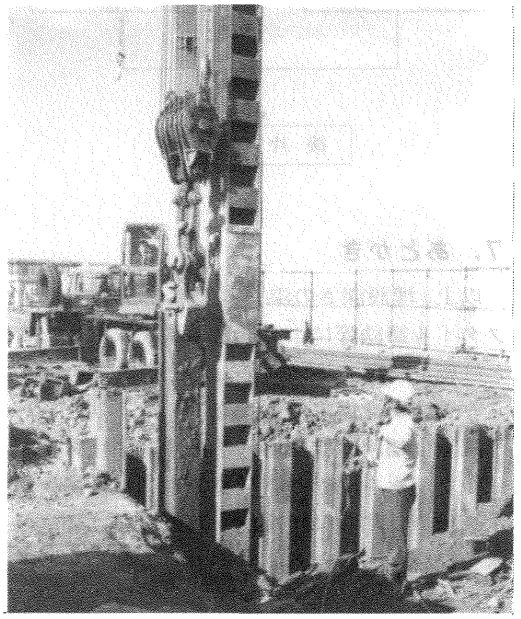


写真６　裏込め注入工

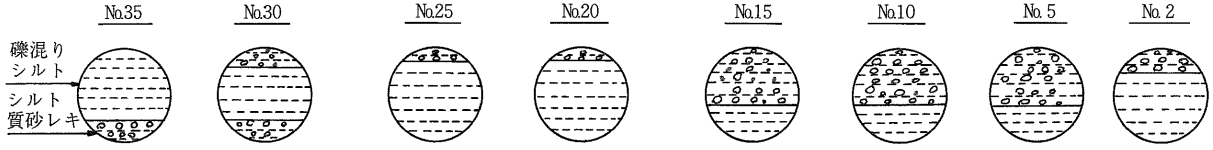
写真７　継手水圧試験

写真８　立坑撤去



推進管出来形成果表（２工区の例）

管番号	発進 39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	S-3	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	S-2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	S-1	4	3	2	到達 1
中心線のズレ（mm）＋50 0 −50 左右																																										
基準高（mm）＋50 0 −50 高低																																										
推力（tf）元押	540	520	500	480	480	460	600	580	560	540	560	560	540	540	520	500	580	560	560	540	540	520	600	560	560	530	520	540	540	540	560	540	520	480	400	370	360	320	290	320	305	260
推力（tf）中押1	320	320	320	320	320	320	320	330	340	340	330	330	330	330	340	330	320	330	330	320	320	320																				
推力（tf）中押2	480	480	480	490	490	480	470	480	480	470	480	480	500	480	480	460																										
推力（tf）中押3	480	480	480	500	480	480																																				
土質	No.35			No.30			No.25			No.20			No.15			No.10			No.5			No.2																			
湧水	無	有少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少	少
酸素濃度（%）	21.0	20.8	20.8	20.6	20.6	20.7	20.6	20.4	20.5	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.1	19.8	20.2	20.0	19.9	19.8	19.9	19.3	19.4	19.8	19.4	19.9	19.9	19.8	19.4	19.6	19.4	19.2	19.8	19.6	19.4	19.4	19.6	19.8	19.4	19.6	19.4



推進力の管理基準値

元押し、中押し共にジャッキの配置計画は、次の組合せとする。尚元押しジャッキは、理論上の40%増、中押しジャッキは20%増しとする。

1) 元押し設備
150t × 6 台＝900t
（理論上640t 以下）

2) 中押し設備
50t × 12台＝600t
（理論上500t 以下）

技術レポート 2

呼び径300mm管による長距離パイプ・イン・パイプ工事について

長浜水道企業団
工務課長　中川辰夫
技　　師　前浜直樹

1．はじめに

当長浜水道企業団水道事業は、昭和36年度に長浜市水道事業として、計画給水人口６万人、１日最大給水量１万5,000㎥/日、目標年次昭和55年度として計画された。しかし、工事着手前になって、近隣の近江、虎姫両町との共同事業案が成立、計画給水人口7万6,000人、１日最大給水量１万9,000㎥/日、目標年次昭和55年度に計画変更し、昭和38年度に長浜、近江、虎姫上水道組合を設立、同年事業に着手した。

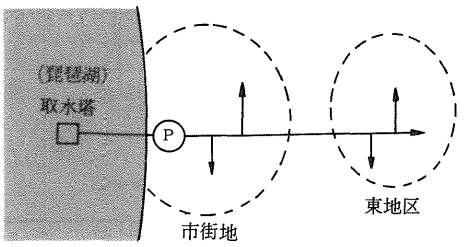
事業は順調に進展し、昭和39年10月一部給水開始、昭和42年４月法改正により長浜水道企業団と改称、昭和44年１月、名越、布勢両簡易水道を吸収し、昭和45年３月創設事業の完成をみた。

その後、昭和47、48年頃より水需要が増加しはじめたために当初計画の拡張事業を早め昭和50年度に計画給水人口７万8,000人、１日最大給水量２万8,080㎥/日、計画目標年次昭和56年度とし、琵琶湖総合開発計画に基づく水源対策工事をも併せて第１期拡張事業計画を立案、昭和52年度より事業に着手、昭和56年３月完成、続いて１日最大給水量４万4,100㎥/日、計画目標年次昭和65年度とした第２期拡張工事を施工中である。

今回、平方幹線においてϕ300×608mのパイプ・イン・パイプ工事を施工したので、ここに報告する。

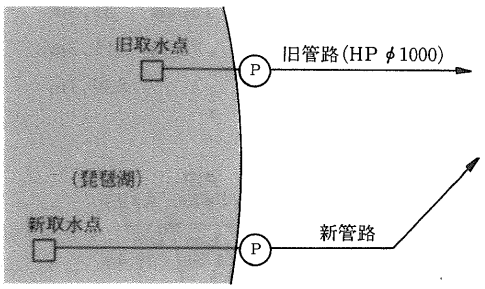
2．配水幹線整備計画について

長浜水道企業団の配水管網は、約309km(昭和60年度現在）であるが、最近の長浜市街地の中心的地域が市域の東部に移行しつつある中で、配水本管の多くは南北に敷設されてお



り、東西の配水本管の敷設が必要となってきた。

このような環境の中でルート選定中であったが、水資源開発公団の琵琶湖総合開発に伴い、湖水面が最大２m現在より低下するために、長浜南部土地改良区の管理する農業用水管では取水できなくなった。そして、新しく取水地点を設け、新管が敷設され、旧管路はモルタル充てんし廃止されることとなった。



この農業用水管は、呼び径1000㎜のヒューム管で、昭和25～26年に敷設されたもので、国鉄北陸本線、国道８号線および同バイパスなどを横断している。この呼び径1000㎜ヒューム管を利用できれば、軌道や国道下横断工事の負担がなくなることに着目し、長浜南部土地改良区と話を進め、無償で利用させていただくこととなった。

３．パイプ・イン・パイプ工法採用について

前項の背景のもとに、次のような理由で本工法を採用することとした。

(1) 本ルートは道路幅が狭く、市街地を通過するため開削工法が採りにくい。
(2) 国鉄軌道横断、国道下横断部が管路途中にあり、新たに推進工事を施工すれば工事規模が大きくなり経済的負担も嵩む。
(3) 道路交通、付近住民への工事公害（騒音、振動など）が少ない。
(4) 配水本管が既設ヒューム管で保護されるため、維持管理面での効果がある。
(5) 非開削工法であり、短工期の施工ができ、安全性、経済性に優れている。
(6) 付近の既設埋設物、構造物などに影響を与える心配がまったくない。

このような点から、既設農業用水管を再利用することにより施工性、安全性、経済性のいずれの面からも、大きな効果が期待できる。したがって、呼び径1000㎜ヒューム管の中に配水本管呼び径300、250㎜を挿入するパイプ・イン・パイプ工法を採用することとした。

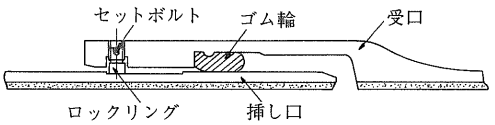
４．管種選定について

使用管種については、鋼管、ダクタイル管について検討を加えたが、下記の理由でＰⅡ形ダクタイル管を採用することとした。

(1) 鋼管は、溶接継手であるため、溶接部の内面塗装に問題があり、将来腐食の心配が残る。
(2) 長年月経過した既設管路は蛇行が予想され、新管挿入時に追従できる継手構造でなければならない。
(3) ＰⅡ形ダクタイル管は、伸縮・可撓性および離脱防止機構を備えており、耐震管路を構成し、将来の地盤変動対策としても優れた性能を期待でき、維持管理が容易である。
(4) ＰⅡ形ダクタイル管は、Ｔ形管と同様の継手構造であり、水密性能が高く、接合時間も短く、パイプ・イン・パイプ工法用として開発された継手であるため、施工性もよく短工期で施工ができる。
(5) 電気防食対策が不要である。
(6) 管路更新工法としての実績も多く、信頼性が高い。

などである。

図１　ＰⅡ形継手の構造図



ＰⅡ形継手の性能

伸縮余裕量：50㎜（φ300の場合）
許容曲げ余裕量：4°（φ300の場合）
離脱阻止力：45tf以上（φ300の場合）
水密機構：Ｔ形継手と同一機構
保証水圧：100kgf/㎠
（管体、継手とも）

5．工事概要

(1) 工 事 名　呼び径1000㎜既設管(HP)内呼び径300、250㎜ダクタイル管挿入工事

(2) 工事場所　長浜市平方町地先

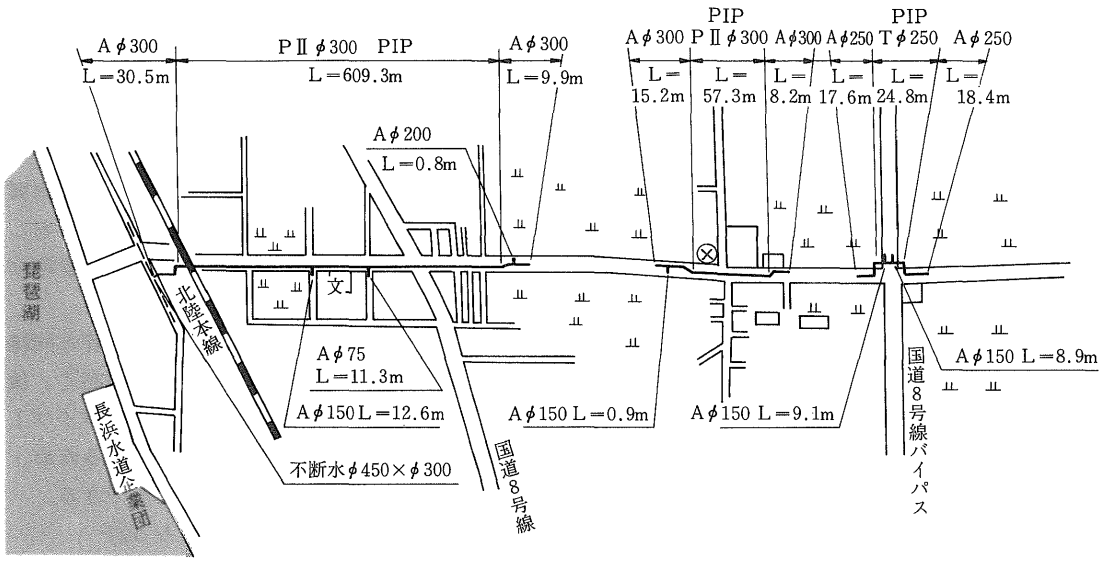
(3) 工　　期　自　昭和61年８月５日
　　至　昭和62年５月25日

(4) 使用管種
　挿入部　呼び径300㎜　PⅡ形　１種管　４ｍ管
　挿入部　呼び径250㎜　T 形　１種管　５ｍ管
　開削部　呼び径75～300㎜　A 形　１種管

(5) 施工延長

挿入部	呼び径 300㎜	609.3m
〃	〃	57.3m
〃	呼び径 250㎜	24.8m
開削部	呼び径 300㎜	68.1m
〃	呼び径 250㎜	36.0m
〃	呼び径 200㎜	0.8m
〃	呼び径 150㎜	31.5m
〃	呼び径 75㎜	11.3m
総延長		839.1m

図２　施工場所概略図



6．施　　工

1．管内調査

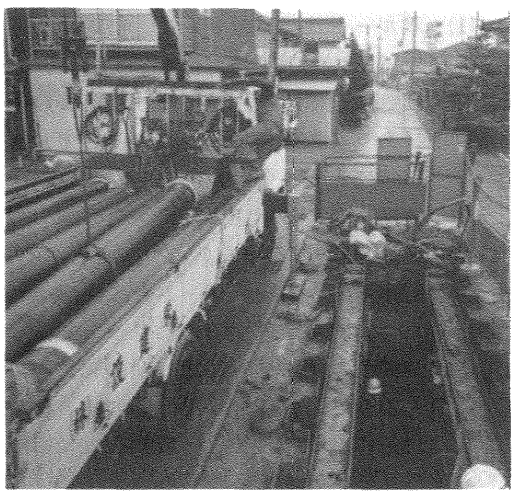
既設管は敷設されて40年近く経過しており当時の敷設環境からみてほぼ直線的に敷設されているものと思われるが、経年変化により不同沈下、あるいは管内面が劣化していることも考えられる。または、予期しない曲がり部などが存在することもあり、管内調査を実施した。

調査の結果、新管の挿入に支障のあるような変位、継手の段差、曲がり部などはなく、当初設計の通り施工できることが確認された。

2．管内清掃

既設管は、農業用水路のため琵琶湖の原水

写真１　管吊り込み状況



を送水していたため、管底部に深さ10cm程度のヘドロが堆積しており、管内残留水も多い所で深さ30cmほどあった。

ヘドロは、管挿入時に先端に溜ると挿入抵抗となり、また、新管内に入り込むことも考えられるので、これを除去するため管内を清掃した。清掃の方法は、土のうにロープを取り付け人力で数回引き出し、新管挿入に支障を来たさない程度までヘドロを立坑内へ取り出し、立坑よりバキュームカーで処分した。

3．立坑の寸法、発進立坑のレイアウト

① 発進立坑、中間立坑および到達立坑の寸法を図3に示す。

② 発進立坑のレイアウトは、図4に示す。

図3　立坑寸法

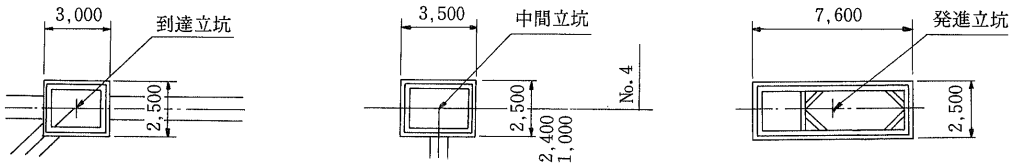
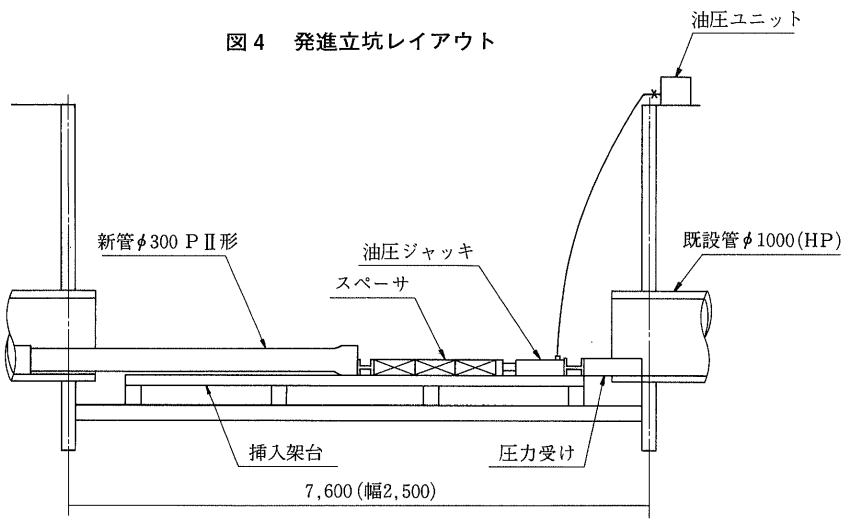


図4　発進立坑レイアウト



4．新管の挿入

① 挿入力の検討

挿入力は、次式で計算される。

$$P = \mu \times W \times L$$

$$= 0.5 \times 0.0706 \times 608 = 21.7\text{tf}$$

ここに、

μ：既設管と新管の摩擦係数

W：管の単位長さ重量

L：挿入長

したがって、余裕をみて100tf油圧ジャッキを1台使用することにした。

挿入結果は、最大挿入力16.1tf、換算摩擦係数0.37であった。

② 挿入本数および作業時間

挿入本数、延長は表1、1日当たり作業サイクルは表2の通りであった。

表1　挿入施工結果

施工日	本　数	延長 m
1	13	52
2	19	76
3	20	80
4	20	80
5	22	88
6	20	80
7	21	84
8	17	68
計	152	608
平　均	19	76

表２　１日当たり作業サイクル

工　種	時 間 帯	所要時間
作業準備工	8：30～ 9：00	30分
新管挿入工	9：00～12：00	180分
昼休憩	12：00～13：00	60分
新管挿入工	13：00～18：00	300分
後片付け	18：00～18：15	15分
	8：30～18：15	585分

したがって、新管挿入所要時間は

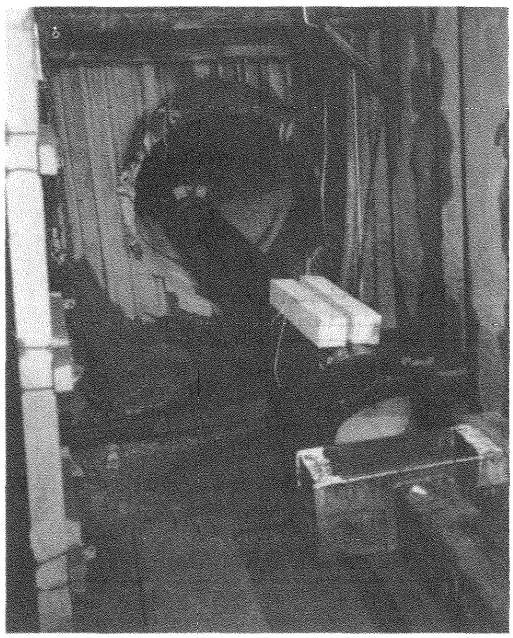
１日当たり挿入作業時間　480分

１本当たり挿入所要時間　25.3分

であった。

ただし、ロックリングは事前にセットしたため挿入時間には含まない。

写真２　管挿入状況



５．管の浮き上がり防止

新管と既設管の間隙には、土地改良区でエアモルタルの充てんをするので、新管が浮き上がったり、蛇行したりするのを防止するために、木材(バタ角、桟木、キャンバーなど)で図６、写真３に示すような要領で、管１本当たり１カ所防止材をセットした。

なお、この防止材の搬入は、挿入新管に番線で取り付けて挿入時に持ち込んだ。

図５　浮き上がり防止材の搬入方法

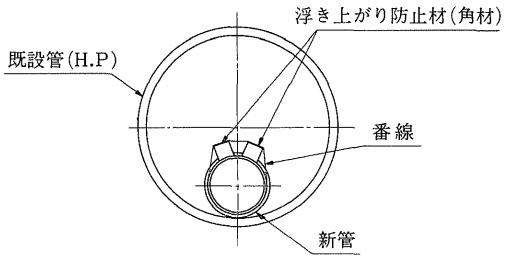


図６　浮き上がり防止材の取り付け状況

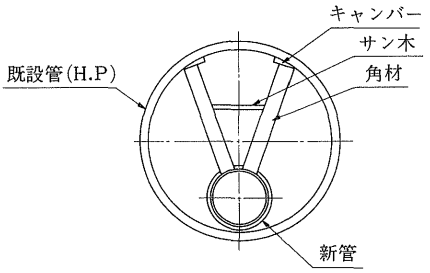
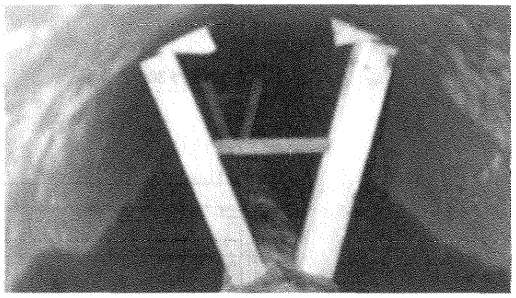


写真３　浮き上がり防止材の取り付け状況



６．水圧試験

挿入完了した新管の水圧試験は、充水方式による管路水圧試験を行った。

水圧試験要領の概要を、図７に示す。

試験水圧は11kgf/㎠で５分間保持したが、圧力降下などの異常は認められず、確実な施工ができたものと判断された。

写真４　水圧試験状況

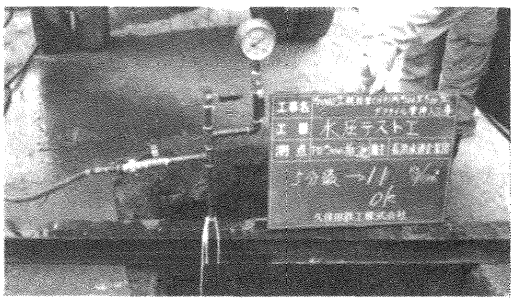
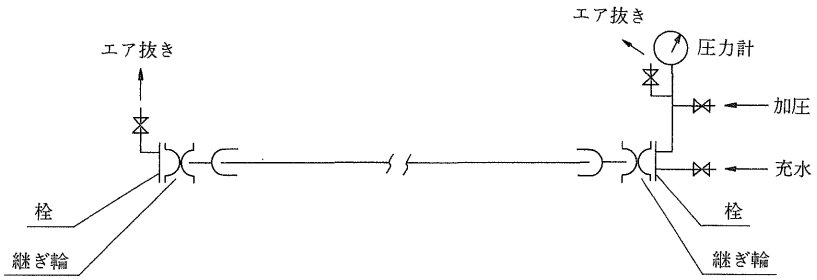


図７　水圧試験要領の概要



７．分　岐

今回のパイプ・イン・パイプ工事の特徴は長距離の挿入であったことと、途中に配水管の分岐が呼び径150㎜、100㎜の２カ所あったことである。

分岐箇所を発進、あるいは到達坑とした場合、

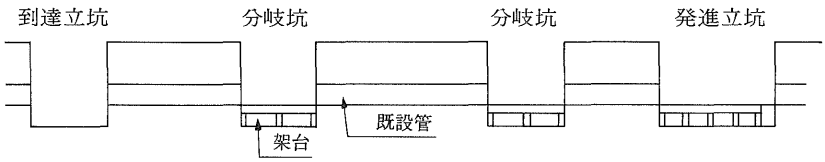
(1)　交差点に大きな立坑を設置しなければならない。

(2)　挿入設備箇所が増えるため、工事費が割高となり、かつ工期が長くなる。

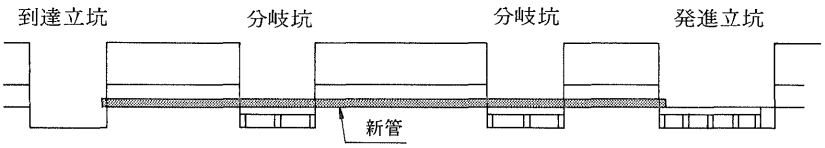
などから、予め小さな分岐坑を設置し、挿入管が通過できるようにH鋼で架台を組んで、新管を608m挿入した後、当該箇所の新管を切断し、分岐管を取り出す工法を採用した。図８にその方法を示す。

図８　分岐管の取り出し方法

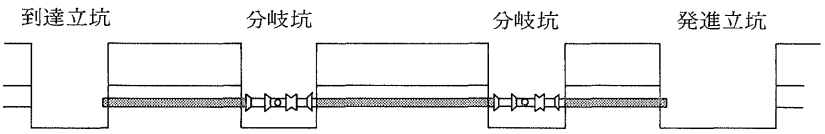
①　立坑の設置および架台の設置

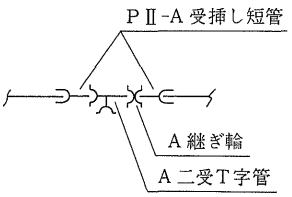


②　新管挿入



③　分岐管の取り出し





8．その他の挿入工事について

① φ300×56m区間

住宅密集部についても、道路状況などから同様に、PⅡ形ダクタイル管によるパイプ・イン・パイプ工事を施工した。

この区間は、2日間で挿入を完了し、特に問題はなかった。また、水圧試験は、立坑前後および分岐管をも含めて充水、加圧して実施したが、圧力降下などの異常もなく施工できた。

② φ250×30m区間

この区間は、国道8号線のバイパス横断部であり、開削工法が採れないため既設管をさや管として利用できることは大きなメリットがあり、口径は小さいがパイプ・イン・パイプ工法で施工した。

なお、使用したダクタイル管は、PⅡ形管には呼び径250㎜がなく距離も30mと短いのでT形管を挿入した。

この区間は、1日間で挿入を完了し、特に問題はなかった。また、水圧試験は立坑前後および分岐管をも含めて充水、加圧して実施したが、圧力降下などの異常もなく施工できた。

9．既設配水本管との連絡工法について

本工区の上流側は、呼び径450㎜の既設配水本管と連絡したが、既設配水本管は断水することができないため、φ450×φ300の不断水穿孔工法で施工した。

平方幹線の通水は昭和62年度となるため、不断水連絡部の仕切弁は全閉にしている。

7．おわりに

長浜水道企業団では、前述したように配水本管の東西幹線の整備が大きな課題であった中で、長浜南部土地改良区の農業用水管の廃止管を無償で利用できることは、あらゆる面でメリットが大きく、配水本管を内挿する工法、管種について種々検討してきた。

このような背景の中で、今回はじめてパイプ・イン・パイプ工法を採用し、なおかつ、口径は小さいが608mという長距離であることから、採用に当たっては他工法をも含めて慎重に検討を加え、施工性、安全性、経済性、将来の維持管理面などから、挿入工法用に開発されたPⅡ形ダクタイル管を採用することとした。

施工の結果は、大きな問題もなく順調に完工できたことを報告するとともに、同様な計画の参考になれば幸いである。

本工事に、多大なご協力をいただいた長浜南部土地改良区の方々には、紙面を借りてお礼申し上げる。

技術レポート 3

十和田湖の水とヒメマスを守る下水道建設

青森県十和田土木事務所
下水道係長　毛内浩次
技　　師　米田勝浩

はじめに

歌人九条武子に「琅玕(ろうかん)の玉をとかしていまだ足らず　なに秘めたるや　この湖のいろ」と歌われた十和田湖は、その清澄な湖水、湖周と唯一の自然流出である奥入瀬渓流の景観が「十和田湖八幡平国立公園」ならびに「特別名勝および天然記念物十和田湖および奥入瀬渓流」に指定されるなど、東北はもとよりわが国の代表的な自然の景勝地になっている。

しかし、近年この地域の観光開発に起因して流入する汚水の増加などにより、湖の汚濁が進み、自然保護および水質保全の観点から具体的な施策の実施が望まれていた。

このような状況をふまえ青森・秋田両県は昭和55年度から十和田湖特定環境保全公共下水道事業を実施してきたところ、昭和61年度に建設省から事業の緊急性を認められ、「神秘な湖水とヒメマスを守る下水道」と銘打ったモデル下水道事業が採択された。こうした中で第１期計画は昭和65年度を目標に現在工事が進められている。

この報告書は、モデル下水道事業の計画概要と青森県側で実施されている管きょ工事の一部について報告するものである。

1．事業計画概要

1．事業概要

事業主体……青森県、秋田県(関係町：十和田湖町・小坂町)
計画面積……236ha(青森県134ha、秋田県102ha)
計画人口……65,000人(青森県58,000人、秋田県7,000人)
計画汚水量……9,500㎥/日(日最大)（青森県7,400㎥/日、秋田県2,100㎥/日)
幹線管きょ延長……約20.4km（⊙100～⊙700)

中継ポンプ場……11カ所
浄化センター……1カ所(青森県十和田湖町大字奥瀬字十和田地内)
浄化センター面積……4.98ha
処理方法……標準活性汚泥法
事業費……全体計画　約100億円
　　認可計画　約70億円(第1期計画　約65億円)
計画年次……全体計画　昭和70年度
　　認可計画　昭和67年度(第1期計画　昭和65年度)

2．計画汚濁負荷量および水質

項目		観光客			定住者および従業員	総合	備考
		野営場	宿泊客	日帰り客			
日最大人口		1,950人	12,360人	47,690人	2,700人	64,700人	
1人1日当たり汚水量(ℓ/人・日)	日平均	100	350	22	300	——	
	日最大	130	470	30	400	——	
	時間最大	390	1,410	90	1,200	——	
1人1日当たり汚濁負荷量(g/人・日)	BOD	58	58.9	19.2	69	——	
	COD	29	23.3	7.0	34.5	——	
	SS	52	31.7	9.8	62.1	——	
	T−N	12.4	11.1	3.1	13	——	
	T−P	1.9	1.4	0.28	2.2	——	
水質(mg/ℓ)	BOD	580	168	873	230	※ 268	地下水水質は0とする。※は秋期最大(最悪水質)汚水量7,239㎥/日
	COD	290	67	318	115	※ 107	
	SS	520	91	445	207	※ 156	
	T−N	124	32	141	43	※ 48	
	T−P	19	4	13	7	※ 6	
日最大発生負荷量	汚水量	254㎥/日	5,810㎥/日	1,431㎥/日	1,080㎥/日	※9,433㎥/日	※地下水量 858㎥/日
	BOD	113kg/日	728kg/日	916kg/日	186kg/日	1,943kg/日	
	COD	57kg/日	288kg/日	334kg/日	93kg/日	772kg/日	
	SS	101kg/日	392kg/日	467kg/日	168kg/日	1,128kg/日	
	T−N	24kg/日	137kg/日	148kg/日	35kg/日	344kg/日	
	T−P	4kg/日	17kg/日	13kg/日	6kg/日	40kg/日	

3．施設計画

(1) 幹線管きょ

区間	全体計画	認可計画		備考
		青森県	秋田県	
休屋〜宇樽部　幹線	⊙300〜⊙700mm　約L＝4.6km	L＝4.6km	L＝4.6km	共同施設
子ノ口〜宇樽部　幹線	⊙110〜⊙400mm　約L＝6.0km	L＝5.7km		
小計	約L＝10.6km	L＝10.3km	L＝4.6km	
大川岱〜休平　幹線	⊙150〜⊙300mm　約L＝9.8km		L＝4.2km	
小計	約L＝9.8km		L＝4.2km	
合計	約L＝20.4km	L＝10.3km	L＝8.8km	

(2) ポンプ場

施設名	全体計画	認可計画		備考
		青森県	秋田県	
休屋第1ポンプ場	揚水量4.50㎥/minポンプ2台(1台)	2台(1台)		共同施設
休屋第2ポンプ場	揚水量4.50㎥/minポンプ2台(1台)	2台(1台)		〃
休屋第3ポンプ場	揚水量4.50㎥/minポンプ2台(1台)	2台(1台)		〃
子ノ口ポンプ場	揚水量0.8 ㎥/minポンプ2台(1台)			
宇樽部ポンプ場	揚水量2.2 ㎥/minポンプ2台(1台)	2台(1台)		
大川岱第1ポンプ場	揚水量0.9 ㎥/minポンプ2台(1台)			
大川岱第2ポンプ場	揚水量0.45㎥/minポンプ3台(1台)			
鉛山第1ポンプ場	揚水量0.9 ㎥/minポンプ2台(1台)			
鉛山第2ポンプ場	揚水量0.45㎥/minポンプ3台(1台)			
発荷ポンプ場	揚水量0.9 ㎥/minポンプ2台(1台)		2台(1台)	
中ノ平ポンプ場	揚水量0.9 ㎥/minポンプ2台(1台)		2台(1台)	

( )は予備

(3) 浄化センター

施設名		全体計画	認可計画	備考
建築施設	管理本館	1棟	1棟	共同施設
	脱水機棟	1棟	1棟	〃
	ケーキヤード	1棟	1棟(暫定分棟)	〃
水処理施設	水処理上屋	1式	1式	〃
	最初沈でん池	4池 矩形射流式	2池	〃
	エアレーションタンク	8池 旋回流式	4池	〃
	最終沈でん池	4池 矩形射流式	2池	〃
	消毒施設	定量ダイヤフラムポンプ3台	3台	〃
	砂ろ過設備	4基	2基	〃
	汚水貯留槽	2槽	1槽	〃
汚泥処理施設	汚泥濃縮槽	1槽	1槽	〃
	汚泥貯留槽	4槽	1槽	〃
	脱水設備	2台 遠心脱水機	1台	〃
	脱臭設備	1式	1式	〃
放流施設	放流きょ	浄化センター～相坂川十和田橋		〃
		⊙300～⊙500mm L＝約18.6km	L＝約18.6km	

2. 管きょ工事

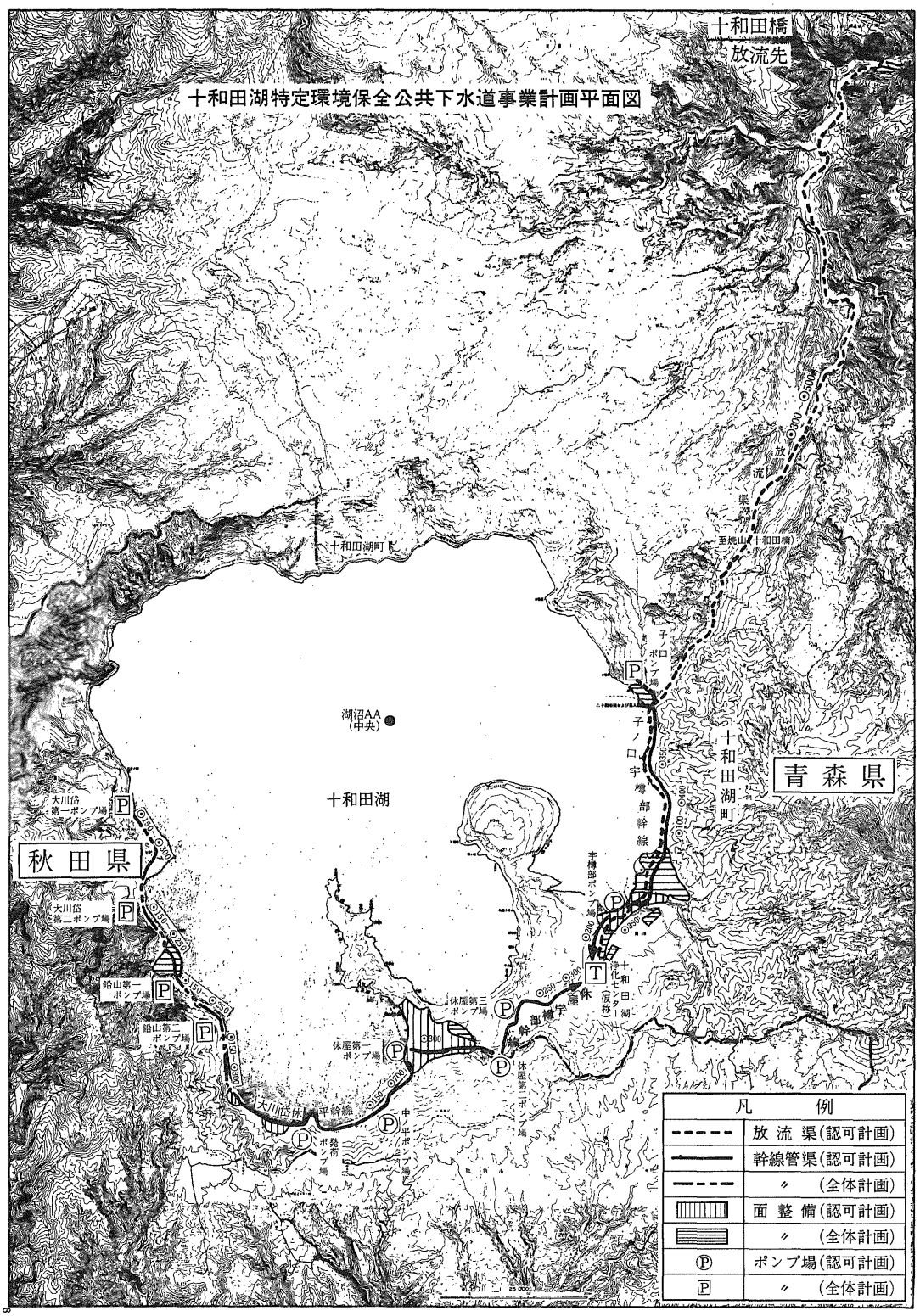
1. 施工範囲

本報告書は、認可計画(第1期計画)にある汚泥圧送管(L＝20.4km)、浄化センターからの処理水放流管(L＝18.6km)のうち、子ノ口および宇樽部ポンプ場からの汚泥圧送管(L＝4.6km)と処理水放流管(L＝5.2km)について、昭和61年度に施工した管路工事について報告するものである。

第1期計画における処理区域は休屋地区のみである。このため子ノ口、宇樽部ルート汚泥圧送管を建設する必要性はない。しかし汚泥圧送管は小口径管であり、処理水放流管と同一レベルで敷設が可能なことにより、将来工事の手戻りがないように今回同時施工とした。

2. 汚泥処理水の輸送方式

この計画処理区域(休屋地区)は、十和田湖に流入する河川に発達した扇状地にあり、集落地内の地表面こう配は大きいが各地区間地盤高さに大差がなく、かつ各地区間を結ぶ道路は起伏が大きい。このため汚泥輸送管路は


十和田湖特定環境保全公共下水道事業計画平面図
十和田橋
放流先
放流渠
至焼山（十和田橋）
十和田湖町
子ノ口ポンプ場
子ノ口宇樽部幹線
湖沼AA（中央）
十和田湖
十和田湖町
青森県
秋田県
大川岱第一ポンプ場
大川岱第二ポンプ場
鉛山第一ポンプ場
鉛山第二ポンプ場
休屋第一ポンプ場
休屋第三ポンプ場
休屋第二ポンプ場
宇樽部ポンプ場
宇樽部幹線
十和田湖浄化センター（仮称）
大川岱休平幹線
中平ポンプ場
発荷ポンプ場
凡例
放流渠（認可計画）
幹線管渠（認可計画）
〃（全体計画）
面整備（認可計画）
〃（全体計画）
ポンプ場（認可計画）
〃（全体計画）

各計画処理区域に中継ポンプ場を設けた圧送管路とした。したがって、中継ポンプ場の数は11カ所にも及び、管路延長の割合には多く1カ所当たり2.55kmの割合になっている。

また、この計画処理区域の地域特性として夏期、秋期の観光シーズンと冬期の流入汚水量の変動がきわめて大きい（観光シーズンのピーク時9,500㎥/日、冬期1,700㎥/日）。このため、処理施設が負荷変動にも強い処理方式を要求されるのと同時に、管路についても維持管理が容易で、かつ、安全な管材の選定が設計上の重要なポイントであった。

処理水放流きょは、宇樽部ポンプ場と休屋第1ポンプ場のほぼ中間で、標高のもっとも高い地域に位置する浄化センターから、子ノ口を通り奥入瀬渓流に沿って国道102号、103号線に埋設し、十和田橋に自然流下にて放流する。ただし、管敷設高は動水こう配線より低いため、管は有圧管路となる。

3．管径の決定

(イ) 汚泥圧送管

固形物の沈でんを防止するため、管内流速1.00m/sec程度を目標にして呼び径を決定した。

ポンプ場	計画流入量 (㎥/min)	ポンプ容量 (㎥/min)	呼び径 (m)	管内流速 (m/sec)
子ノ口ポンプ場	0.40	0.40	0.10	0.85
宇樽部ポンプ場	2.12	2.20	0.20	1.17

(ロ) 処理水放流管

標高差の小さい処理場から子ノ口橋間約5.6kmで、自然流下が可能なように呼び径を決定した。

標高差＝(浄化センター放流水位)－(子ノ口橋下流最高地盤高)

＝431.50－406.83≒24.7(m)

損失水頭と標高差のチェック

損失水頭(△h)＝I・L

I：動水こう配

(Hazen-Williamsの公式)

$I=10.666\cdot C^{-1.85}\cdot D^{-4.87}\cdot Q^{1.85}$

C：流速係数　130

D：呼び径　(m)

Q：流　量　0.1074(㎥/sec)

L：距　離　5,600(m)

呼び径 (m)	動水こう配 (I)	損失水頭 (m)	標高差 (m)	判定
D＝0.30	0.00743	41.6	＞24.7	NO
D＝0.35	0.00351	19.7	＜24.7	OK

よって放流管の呼び径は350㎜とする。このときの流速(V)は

$$V=\frac{0.107}{\frac{\pi}{4}\times 0.35^2}=1.12(\mathrm{m/sec})$$ である。

3．ダクタイル鋳鉄管の採用経緯

1．各管種の比較

通常圧力管でよく使われる管種は、

(1) 硬質塩化ビニール管　(以下VP)

(2) 鋼　管　(以上SP)

(3) ダクタイル鋳鉄管　(以下DCIP)

である。

VPは他の管に比べて管材料費が安く、管重量が軽いことから施工性に優れているといえる。一方安全性においては衝撃に弱く、温度低下によるぜい化があり、他の管種より安全性に劣る。また、今回敷設場所が国道103号線であり、道路管理者の埋設許可が取りにくいこと、放流管路、圧送管路は下水道施設のメイン施設であり、安全性を重視してVPの採用は避けた。したがってSP、DCIPについて下記地域特性を考慮してその特性を比較した。なお、DCIPについては日本下水道協会規格「JSWAS　G-1」を比較対象とした。

〔考慮すべき地域特性〕

1．山間、寒冷地であり、積雪も多いため施工期間が限られる。

2．湖岸、沢筋に沿って配管するため継手に柔軟性が必要である。

3．管埋設場所は自然環境が厳しいため事

故が少なく、維持管理が容易であること。

〔内外圧に対する安全性〕

引張り強度、伸び率、降伏点ともほぼ同じ値を示し優劣はつけ難い。DCIPの継手の水密性についてもJSWAS G-1では「管体強度と同等」とあるので問題はない。

〔防食性能〕

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物を有しており、かつ、水質が不安定であり、多量の有機物など溶解質を含んでおり、防食性能には特別の配慮が必要であると考えた。この点においてSPは小口径管の場合、内面塗装が困難である。ダクタイル鋳鉄管については汚水によるゴムの老化が懸念されたが、生し尿、汚水、処理場水などの浸責試験データーを調べたが、SBR系ゴムがもっとも優れた性能を示しており「JSWAS G-1」規格のゴム輪は問題はないと思われた。

また、腐食性がもっとも強いといわれている海水の輸送用パイプとして、モルタルライニングを施したダクタイル鋳鉄管が多くの実績を有するところからDCIPのモルタルライニングは長期の耐久性を有するものと考えた。

〔施工性〕

SPは現場溶接のため、熟練した溶接技術者が必要であり、工事は複雑な工程を要するため工期がかかる。DCIPは雨天、湧水などの悪条件下でも施工は容易であり、接合は簡単であり、接合後直ちに埋め戻しができる。このため工期の短縮を要する施工条件下での工事に適する。

〔経済性〕

DCIPは管材費、工事費ともSPに比し安価であった。

〔総合判定〕

上記工事条件、管性能を考慮した結果、汚泥圧送管路として多くの実績があり、施工性の優れたダクタイル鋳鉄管を採用することとした。

2．ダクタイル鋳鉄管の接合形式

「JSWAS G-1」にはA形、K形、T形、U形、フランジ形が定められている。下水圧送管にはK形管が使われることが多いが、今回は直線配管が多いこと、経済的であること、施工性がよいことから直管はT形を、異形管については呼び径250mm以下はT形、300mm以上はK形を採用し、異形管の前後の継手には離脱防止金具を使用した。

3．管厚決定

1）計算条件

岩盤地帯では、岩盤に直接支持されることを想定し、管底支持角度を0度として、下記条件にて管厚計算を行った。(以下、径び径350mmの例をあげる)

呼び径　350mm
静水圧　2.9kgf/㎠
衝水圧　2.9kgf/㎠(静水圧の100%)
土かぶり　1.2m
路面荷重　20Tonトラック2台　同時通過
地盤条件　堅固な地盤に管をのせる

2）管厚計算式

JSWAS G-1の解説のダクタイル管管厚計算式に準ずる。この計算式は静水圧、水撃圧土かぶり、路面荷重を同時に考慮し、かつ、静水圧に対して2.5、水撃圧、土かぶり、路面荷重に対して2の安全率を見込んでいる。

また、腐食に対する余裕代2mm、鋳造上の余裕代10%(最低1mm)をも見込んでいる。

$$t=\frac{1.25P_s+P_d+\sqrt{(1.25P_s+P_d)^2+8.4(K_fW_f+K_tW_t)S}}{2S}\times D$$

$T=1.1\times(t+2)$　$(t+2\geqq 10mm$ の場合)
$=t+2+1$　$(t+2<10mm$ の場合)
t：正味管厚　mm
T：公称管厚　mm
正味管厚に腐食代、鋳造上の余裕を加えたもの
P_s：静水圧　kgf/㎠
P_d：水撃圧　kgf/㎠
K_f：土かぶりによる土圧分布によって定まる係数

W_f：土かぶりによる土圧　kgf/cm²

K_t：路面荷重による土圧分布によって定まる係数

W_t：路面荷重による土圧　kgf/cm²

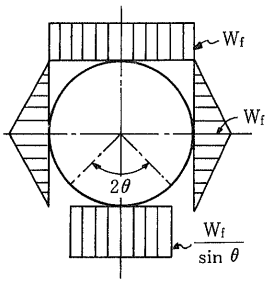
S：ダクタイル鋳鉄の引張り強さ　kgf/cm²

D：呼び径　mm

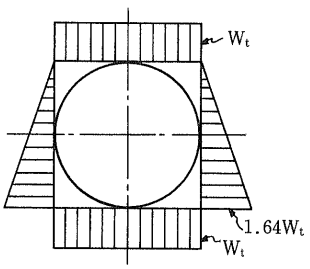
土圧分布および係数 K_f、K_t

土圧分布を下図のように仮定する。

土かぶりによる土圧分布



路面荷重による土圧分布



2θ：管底支持角

このとき、係数 K_f、K_t は次のようになる。

K_fの値

位置 ＼ 2θ	0°	40°	60°	90°	120°	180°
管　頂	0.145	0.140	0.132	0.120	0.108	0.096
管　底	0.433	0.281	0.223	0.160	0.122	0.096

K_tの値

管　頂	0.076
管　底	0.011

3）計算結果

(イ)　土かぶりによる土圧（W_f）

土かぶりが浅い場合は垂直公式を用いる。

垂直公式

$W_t=\gamma H$

$=1.8\times10^{-3}\times120=0.216\text{kgf/cm}^2$

γ：土の単位体積重量

$\gamma=1.8\times10^{-3}\text{kgf/cm}^2$

H：土かぶり

H＝120cm

(ロ)　路面荷重による土圧（W_t）

ブーシネスク式と用いる。

$W_t=1.5\cdot\alpha\cdot P$

$=1.5\times4.14\times10^{-5}\times8000=0.497\text{kgf/cm}^2$

α：管呼び径、土かぶりにより定まる係数

350mmで土かぶり1.20mのとき

$\alpha=4.14\times10^{-5}\text{cm}^{-2}$

P：トラック1台後輪重量　kg

$P=\frac{4}{5}\times\frac{1}{2}u$（u：トラック重量）

$=\frac{4}{5}\times\frac{1}{2}\times20{,}000=8{,}000\text{kgf}$

(ハ)　管　厚

本条件の場合は、管底での計算の方が厚くなる。

$$t=\frac{(1.25\times2.9+2.9)+\sqrt{(1.25\times2.9+2.9)^2+8.9\times(0.433\times0.216+0.011\times0.497)\times4200}}{2\times4200}\times350$$

$=2.75\text{mm}$

$\therefore T=2.75+3.00=5.75\text{mm}$

したがって、３種管(T＝6.5mm)を用いれば、強度的には安全である。

(ニ) たわみに対する検討

ⅰ）土かぶりによる垂直たわみ（δ_v）

$$\delta_v = K \cdot \frac{W_f \cdot R^4}{E \cdot I}$$

$$= 0.122 \times \frac{0.216 \times 17.5^4}{1.6 \times 10^6 \times \frac{0.55^3}{12}}$$

$$= 0.111\text{cm} = 1.11\text{mm}$$

R：管半径

$$R = \frac{35}{2} = 17.5\text{cm}$$

E：ダクタイル鋳鉄の弾性係数

$E = 1.6 \times 10^6 \text{kgf/cm}^2$

I：慣性モーメント

$$I = \frac{b \cdot t^3}{12} = \frac{0.55^3}{12}$$

k：土圧分布により定まる係数

前述の土圧分布のとき、次のようになる。

2θ	0°	40°	60°	90°	120°	180°
k	0.122	0.111	0.100	0.084	0.070	0.058

ⅱ）路面荷重によるたわみ（$\delta_{v'}$）

$$\delta_{v'} = 0.03 \cdot \frac{W_t \cdot R^4}{E \cdot I}$$

$$= 0.03 \times \frac{0.497 \times 17.5^4}{1.6 \times 10^6 \times \frac{0.55^3}{12}}$$

$$= 0.063\text{cm} = 0.63\text{mm}$$

合計たわみ

$$\delta = \delta_v + \delta_{v'} = 1.11 + 0.63 = 1.74\text{mm}$$

これは管呼び径の0.5％に相当する。モルタルライニングにヘアクラックが入るのは、呼び径の３％以上たわんだ場合であり、呼び径の0.5％のたわみでは問題はない。

したがって、上記計算の結果、３種管と決定した。

4．施　工

1．管の基礎

管を敷設する場所は十和田湖、奥入瀬渓流に沿って築造された国道102号、103号線であり、地質は複雑に変化している。

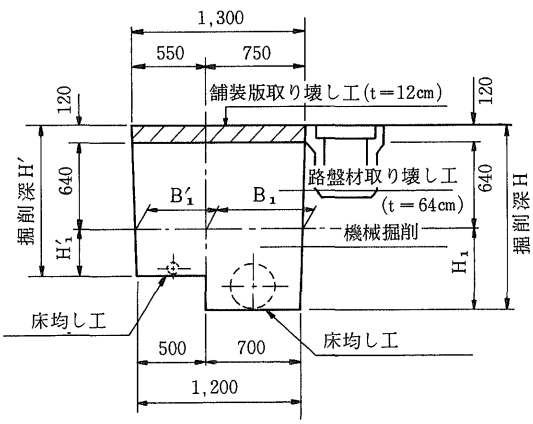
ダクタイル鋳鉄管は管体強度が優れているため、通常地盤では管基礎は設けなかった。岩盤掘削箇所は、管厚計算の結果では管の支持角が０度でも３種管との結果を得ていたが岩盤凸部が管底に当たり集中荷重を生じ、管

管敷設断面

一　般　部

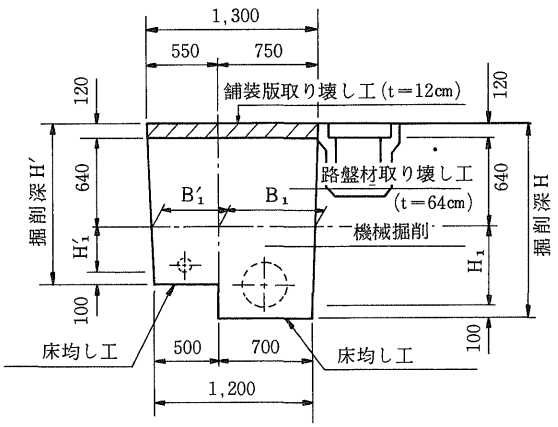
1/30

掘　削　工



掘　削　工（粘性土）

（第８工区
No.106
～No.111＋17.78m）



の損傷を起こす危険があるので安全のため10cmの砂基礎とした。

また、粘性土地盤のN値は2～3と低く、T形管の施工を容易にするため岩盤掘削箇所と同様の管基礎を設けた。

2．空気弁室

空気弁は排気、吸気の性能のよい急排気型の空気弁とした。さらに空気弁がゴミなどで作動不良になることも考えられるので、ストレーナ付き空気弁を設置した。また、空気弁室はストレーナの清掃ができる大きさにし、空気弁室の鉄蓋内面には凍結対策として発泡ウレタンフォームを吹き付けた。

3．許容曲げ角度

複雑な地形では、継手部で曲げ配管を余儀なくされた。ダクタイル鋳鉄管の許容曲げ角度は、

φ350（K形）：4°50′
φ300（K形）：3°20′
φ200（T形）：5°00′
φ100（TT）：5°00′

とあるが、上記の値の½以下の曲げ角度で施工できた。

5．あとがき

T形ダクタイル鋳鉄管の採用ははじめてであったが、水圧テストも無事終わりこの管種選定に自信を深めている。

汚泥輸送方式は基本的にはポンプ圧送であるが、起伏の多い特性を利用し一部自由水面を持つ、自然流下方式の予定地もある。しかしながらこの方式は土工量が多く、パイプの呼び径も大きくなり、必ずしも経済的とはいい難いところもある。また、「閉鎖系水域である十和田湖への汚水流入を許さない」とする事業の基本方針からみても、安全性について再検討を考慮中である。

以上、下水道事業計画の概要とダクタイル鋳鉄管の採用経緯を中心に、T形ダクタイル鋳鉄管の使用例を簡単に紹介した。この下水道事業の第1期計画は昭和65年度の運転開始を目標に事業を実施中であるが、本事業の完成により国の宝である十和田湖の清澄な湖水が永遠に守られることを願うものである。

技術レポート 4

太閤が夢を馳せた台地で ダクタイル管による簡易水道事業

佐賀県鎮西町水道課
課　長　世戸靖治
技術技監　中園六人

1．はじめに

「太閤が睨みし海の霞かな」…月斗。文禄・慶長時代の朝鮮出兵の折、太閤秀吉が前進本拠地として築城した名護屋城～太閤が抱いた夢や光茫のロマンを秘める古城である。鎮西町は、この太閤ゆかりの名護屋城跡のほか、多彩な観光名所が点在する風光明媚な所である。

本町は、佐賀県の北西部、唐津市より西へ16kmの所に位置する。北西面に玄海灘を抱き人口は約8,500人、総面積は39.17㎢で、その約70％が丘陵地や山で形成されている。

本町の基幹産業は農・水産業であり、特に本町北部は農業振興計画に基づき、酪農業を中心とする農村モデル地域を形成している。また、観光地としても年間約65万人の観光客が訪れる名護屋城跡および数々の武将陣屋跡の名所旧跡や美しい海岸線を有する玄海国定公園がある。同公園内には全国的にも珍しい海中展望塔もあり、海中散歩が楽しめ、夏にはキャンプ地・海水浴場としてにぎわう町である。

この地方は、「上場(うわば)台地」と呼ばれる玄武岩台地を地盤に持っており、雨量も少ないことから河川はあまり発達していない。今回事業を実施した打上地域は、この上場台地開発地域の小集落が点在する所である。この地域は未給水区域で、住民は今まで浅井戸や谷間水を飲用水などに利用していたのである。しかし、夏期にはこれらの水は底をつき渇水に悩まされることも多く、水道施設の建設が急がれていた。

以下に、本事業の概要と管種選定などについて紹介し、みなさまのご参考に供する次第である。

2．事業概要

これまで本町の水道施設は、昭和30年度に名護屋簡易水道が設置され、その後昭和42年度に離島地域にも施設が完成した。しかしながら、打上地域は前述の通り、未給水地域で夏期には渇水に悩まされていた。今回の打上

簡易水道事業は、この区域に簡易水道を建設することにより、豊富な飲料水の供給を行い環境衛生の改善、生活文化の向上に寄与し、さらに防火施設の完備により住民の生活安定をはかるものである。また、同事業の完成により、本町の水道普及率はほぼ100％に達し、「21世紀に向かいさらに大きく羽ばたく鎮西町」をめざしている。

事　業　名：鎮西町打上簡易水道施設整備事業
総事業費：約16億円
事業年度：昭和58年度～60年度
給水区域：鎮西町行政区域のうち14区域（町総面積の約60％を占める）
計画給水人口：3,860人
1日最大給水量：1,274㎥/日

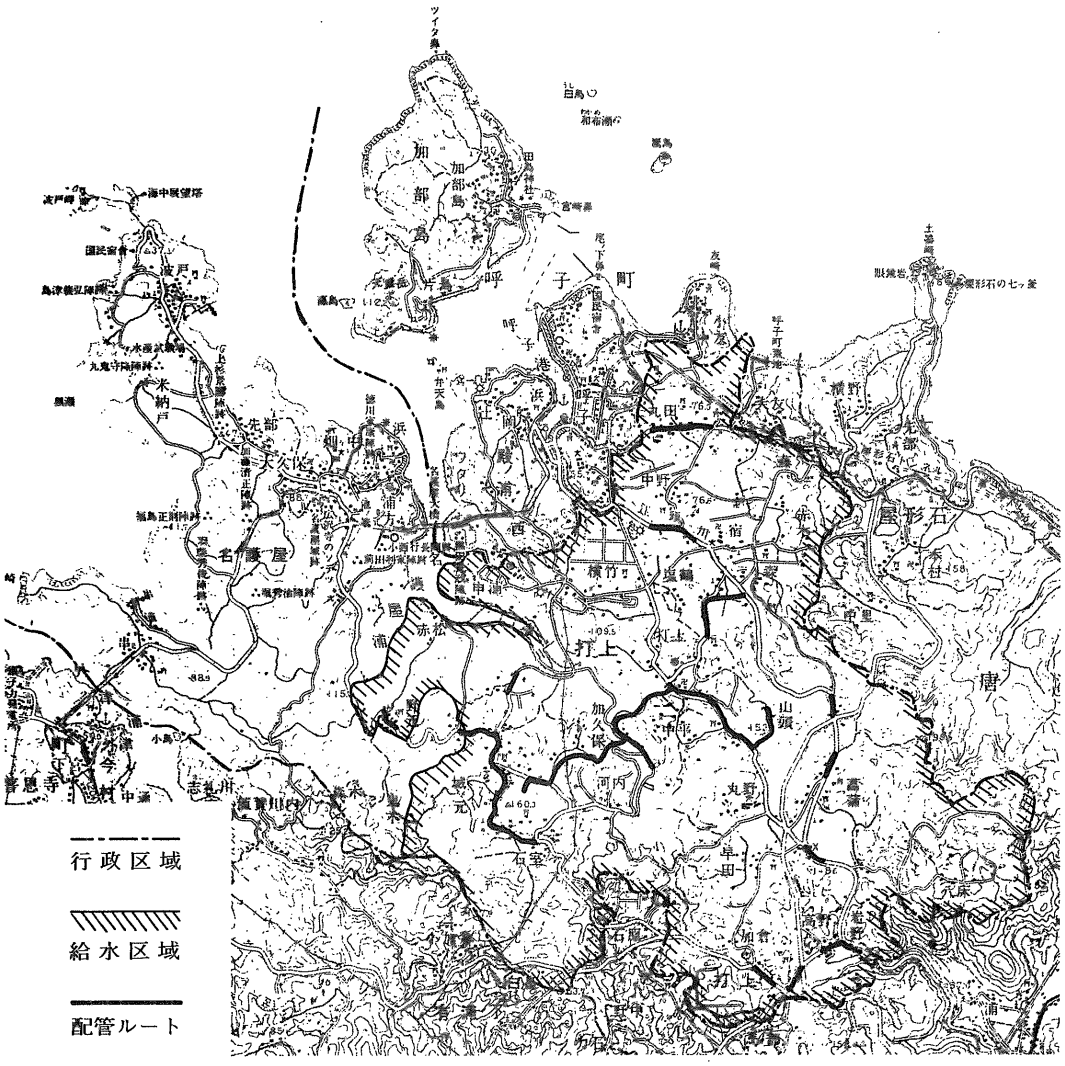
3．施設の概要

各施設はいずれも自動制御による無人運転ができるシステムを構成しており、役場水道課のデーターロガー装置と直結している。

(1) 取水施設
- 湯川表流水　1,400㎥/日

(2) 浄水施設
- 原水貯水槽　4,200㎥　1池

図1　ダクタイル管配管ルートおよび給水区域



- 活性炭反応槽　19.6㎡　3池
- 急速ろ過池　9.15㎡　2池
- 浄水池　94㎡　1池
- 薬注室　1棟
- その他浄水設備　1式

(3) 送水施設

- 送水ポンプ　3台
  横型多段渦巻ポンプ
  0.442㎥/min×180m×30kw

(4) 配水施設

- 配水池　3池
- 調整池　8池

(5) 集中管理センター　1棟

(6) 管路施設(ダクタイル管)

- 導水管　φ200×522m
- 送水管　φ150×1,960m
- 配水管　φ200～φ75×2,252m
- 消火栓　99基

写真1　浄水場全景

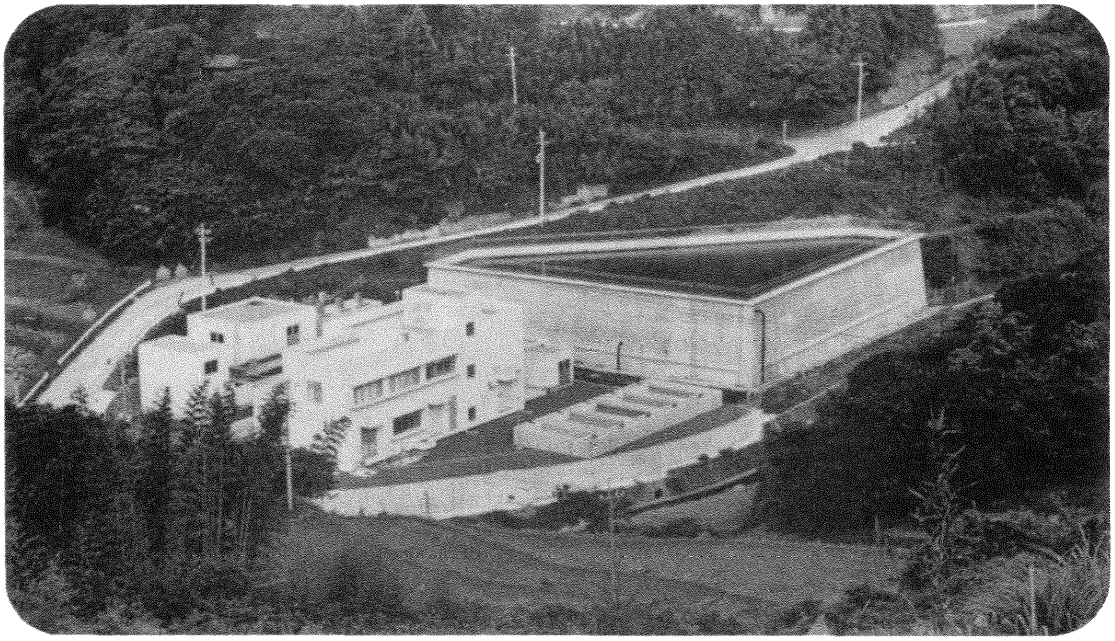


写真2　配水池　容量：339㎥

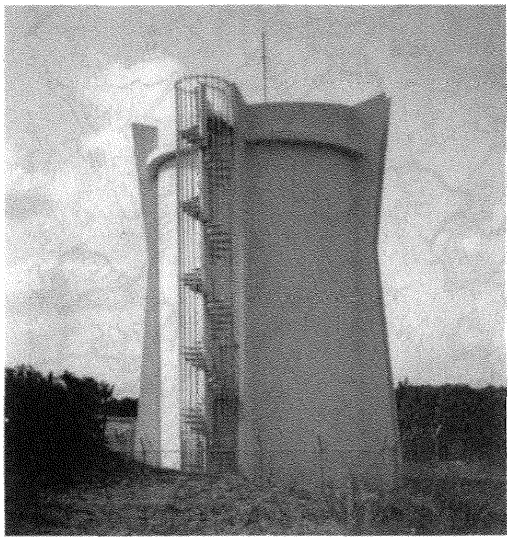


写真3　調整池　容量：25㎥

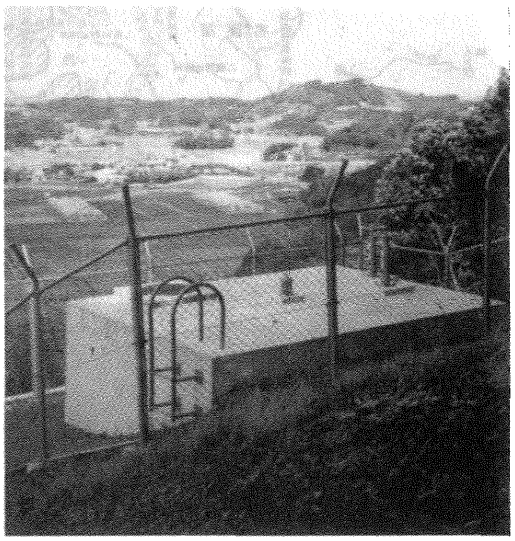


写真４　水質計

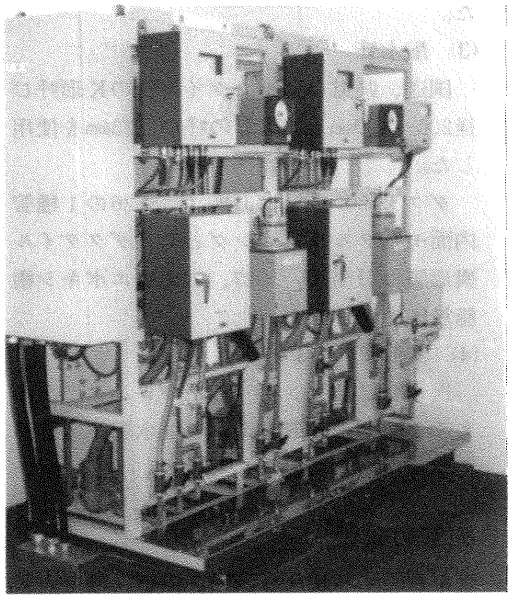


写真５　中央監視室

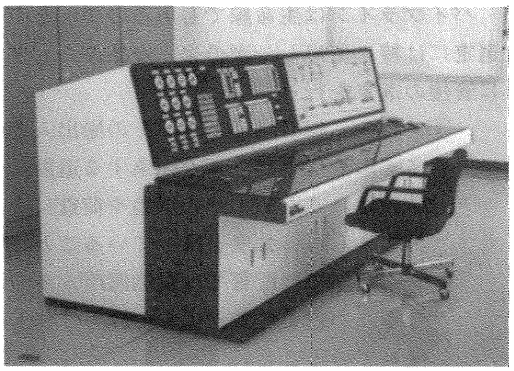
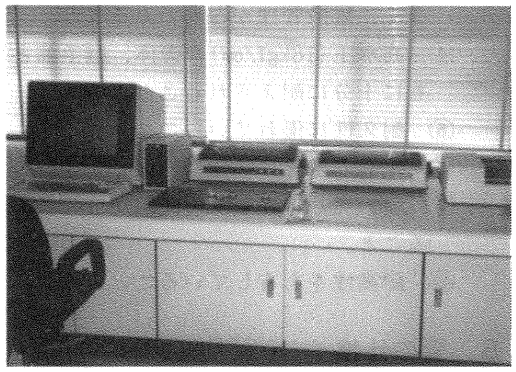


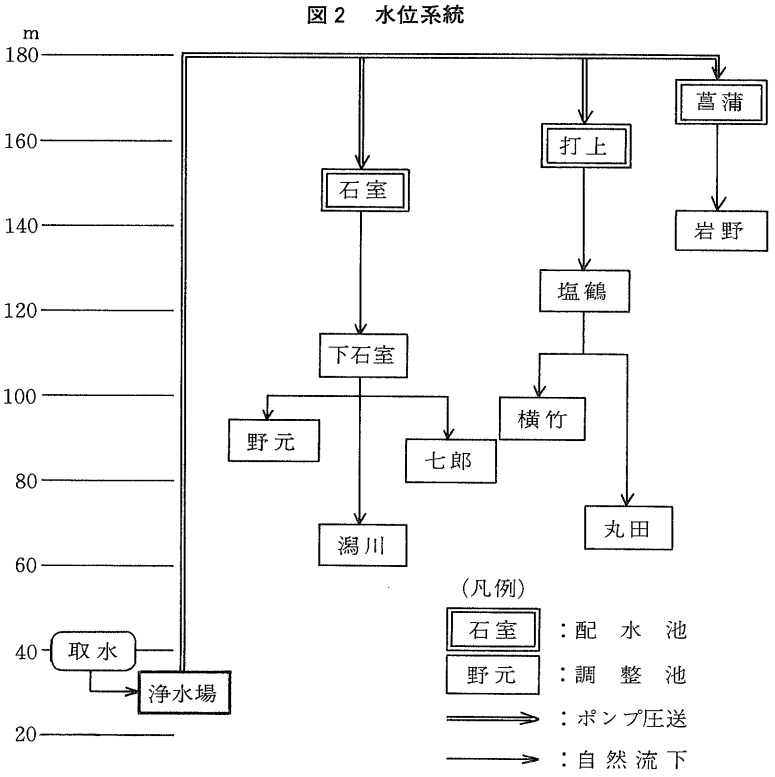
写真６　データーロガー装置



(7)　その他

当給水区域は丘陵地であるため高低差が大きく、その差は約170mにも及ぶが、減圧弁を用いず配水池、調整池を合計11池設けることにより自然流下方式で給水する。

図２　水位系統



4．管種選定条件

パイプラインは生命線でもあるので、その選定には特に留意し、次のような条件のもとに管種の選定を行った。

① 町内に採石場があり、その搬出入で多くの大型トラックが往来する道路に敷設されるため、その振動や荷重に十分耐えられる強度を持っていること。

② 山間部での配管では屈曲個所が多くなるため継手性能がよく、施工性にも優れていること。

③ 管路が広範囲にわたるため事故が少なく、維持管理が容易であること。

④ 高水圧(18kgf/㎠)に管体、継手部ともに十分に耐えられること。

⑤ 耐久性に優れていること。

⑥ 地盤の変化に柔軟に追従できること。

⑦ 埋め戻しに在来土の使用が可能であること。

⑧ 耐震性をも有していること。

5．管の仕様

諸条件を勘案のうえ、それぞれについて技術検討を行い、以下のような仕様とした。

(1) 導水管

「耐久性」にもっとも重点を置いてダクタイル管のK形呼び径200mmとした。

(2) 送水管

「高水圧」にもっとも重点を置いてダクタイル管のK形呼び径150mm及び75mmとした。

(3) 配水管

国道、県道にはダクタイル管のK形呼び径200～100mm及びT形の呼び径75mmを使用した。

ダクタイル直管はJIS G 5526の1種管内面モルタルライニングとし、ダクタイル異形管はJIS G 5527、内面はエポキシ樹脂粉体塗装とした。

(4) 異形管防護

送水管路はコンクリートブロックによるものとし、導水管路および配水管路は特殊押輪を用いることとした。

6．管の敷設

管を敷設する場所は国道、県道、町道および農道にわたるが、管の標準土かぶりは次のようにした。

国道、県道……120cm

町道、農道……60～100cm

なお町道、農道に限り埋め戻しに在来土を用いた。図3にその一例を示す。

施工技術の向上と安定を目的として実技指導などの講習会を10回にわたり実施し、関係者全員でその技術の習得を行った。

なお山間部における施工では、当初の予想通り岩盤が多く、その破砕を行いながらの難工事となった。

図3　町道地内配水管敷設例

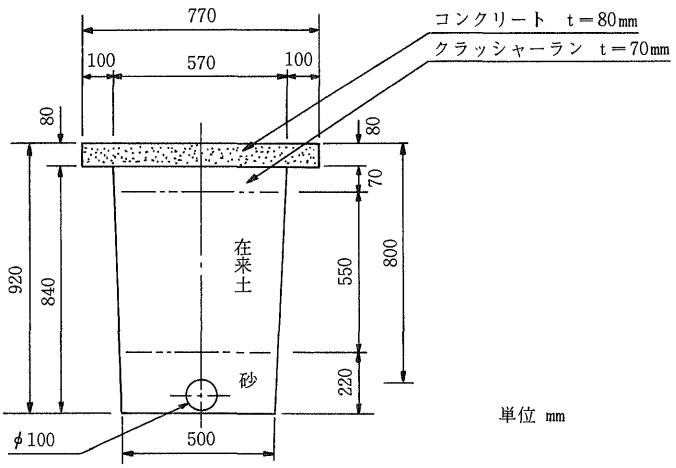


写真７　岩盤掘削

写真８　呼び径150㎜敷設

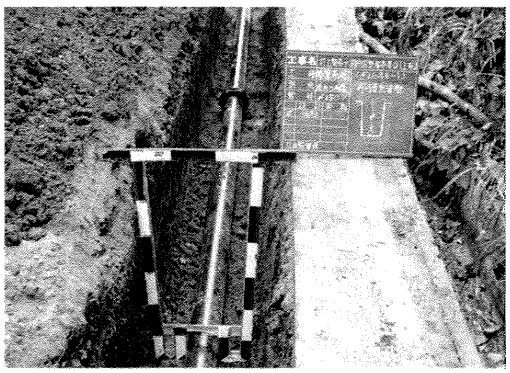


写真９　異形管防護のコンクリート打ち

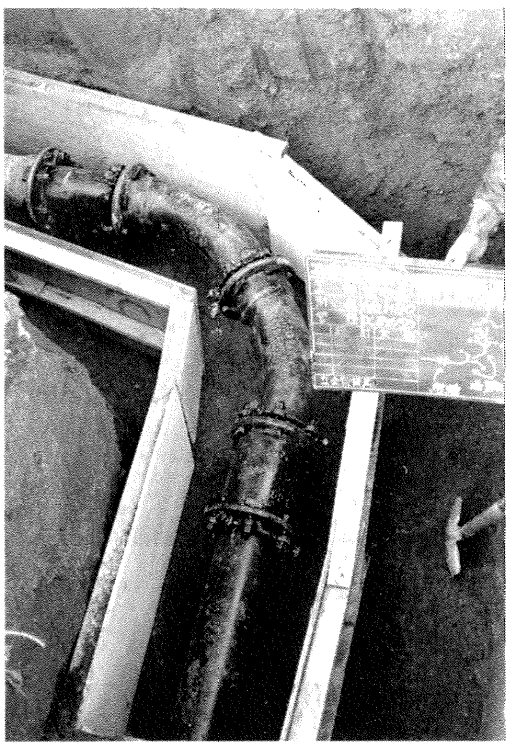
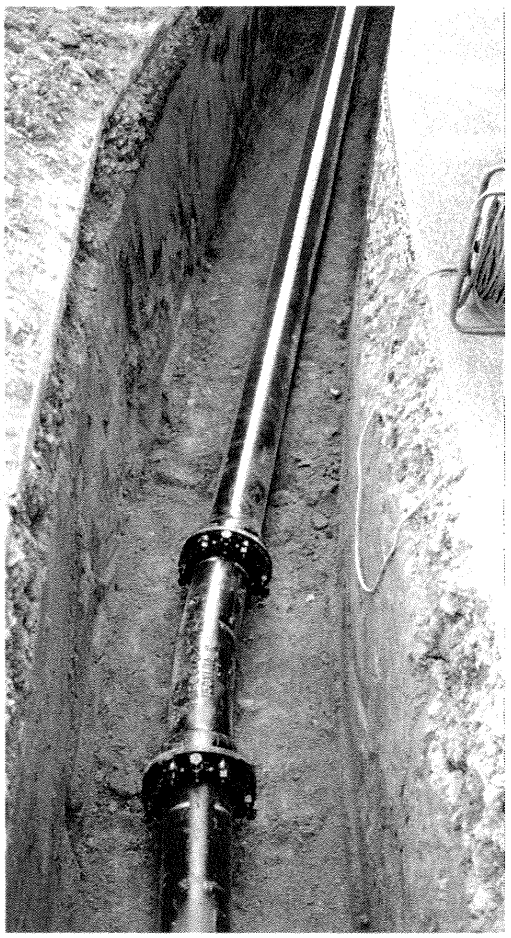


写真10　11¼°ベンド



７．むすび

このたびの打上地域での簡易水道事業の完成により、全町民の長年の悲願であった町民皆水道の夢が達成された。このことは住民の生活環境の向上だけでなく、鎮西町全体の活性化と発展に大きく寄与するものと期待される。

今後はさらに水道ライフラインの充実のために、離島を含め町内に散在する施設間に連絡管を敷設することおよび原水貯水量のアップなどについての検討が必要と考えている。

最後になったが、本事業が予定通り竣工できたのは構想計画の段階から設計、施工へとすべての面において関係各位の多大のご協力とご指導の賜物であり、本誌をお借りして厚くお礼申し上げる。

ダクタイル鉄管第41号

昭和61年10月

技術レポート 1

超大口径ダクタイル鋳鉄管による導水路の改修

東京都水道局建設部
設計第1課長　峯尾正臣

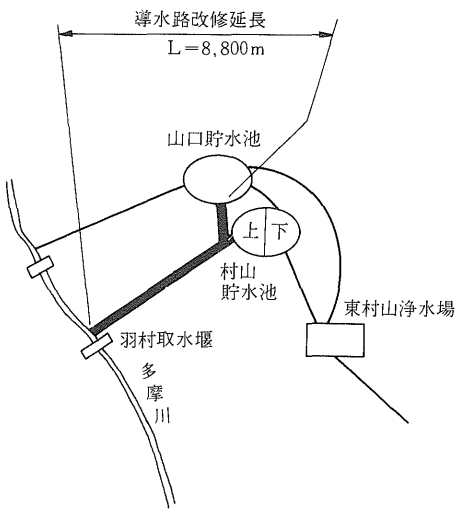
1．はじめに

水道の社会的使命は、いうまでもなく常に安全な水を安定して供給することにある。

そこで、東京都では、将来の水道需要の増加への対応とともに、既存の施設を総合的、体系的に整備し、施設としての機能をより充実させるために、現在、送配水施設整備事業・第4次利根川系水道拡張事業・多摩水道施設拡充事業・浄水施設整備事業を鋭意推進している。

ここで紹介する多摩川の羽村取水堰から村山・山口貯水池に至る羽村線導水路の改修工事は、浄水施設整備事業の一環として実施しているものである。

図1　導水路路線図



2．改修工法ならびに管種の選定

本導水路は、幅3.34m、高さ3.34m、延長8,800mのコンクリート製馬てい形導水路で、築造以来60年余も経ており、既に全線にわたって老朽化が進み、コンクリートがところどころで崩壊しているほか、長年にわたる流水により、インバートコンクリートは大部分が摩耗した状態となっている。

そこで、これまでにも特に悪化した部分については、内面にコンクリートを巻き立て応急補修を行っており、その延長は870mに及んでいる。このような状況から、早急に抜本

的な改修を行うこととなったものである。

本導水路の改修工法の選定にあたっては、立地条件などのため次の前提条件および施工条件を満たすものを比較検討した。

(1) 前提条件

① 所定の流量を確保すること。

② 強度・耐久性・水密性・耐震性などが十分得られる構造であること。

(2) 施工条件

① 断水期間が5カ月以内であること。

② 施工中に供用を開始する必要が生じた場合には、短期間に通水できること。

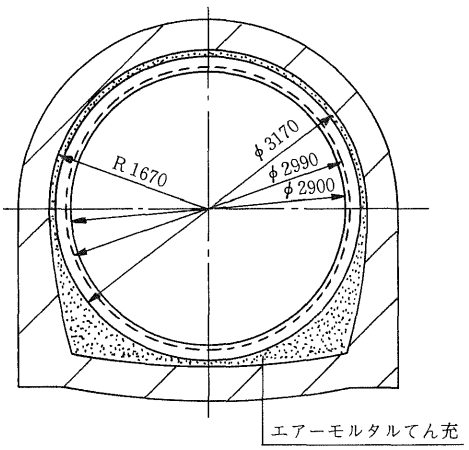
③ 1工区当たりの施工延長は、おおむね1,000mを超えること。

④ 応急補修により、断面が不整形かつ狭隘となっている所があること。

⑤ 導水路内は、漏水が多く作業環境が悪いことなど。

以上の条件を満たすものとして、コンクリート巻き立て工法をはじめ各種の工法を比較検討した結果、既設導水路内に新管を挿入しエアーモルタルを注入するパイプ・イン・トンネル工法が最適との結論に達した。

図2　改修断面図

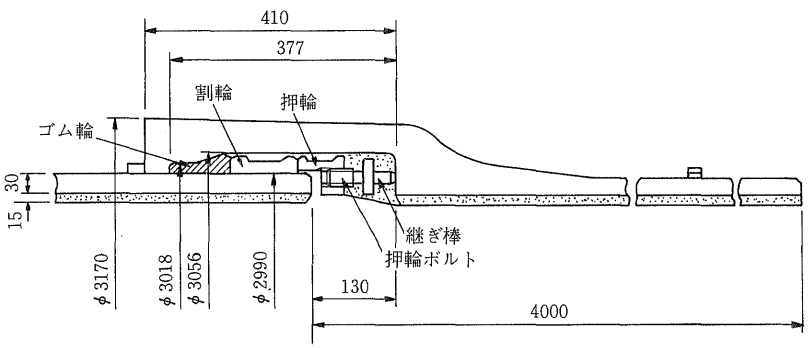


また、管種の選定にあたっては、前記の前提条件および施工条件から、呼び径2900mmU形ダクタイル鋳鉄管を採用することとした。

3．U形ダクタイル鋳鉄管の採用

U形ダクタイル鋳鉄管の採用にあたり、次のような検討および試験を行った。

図3　呼び径2900mmU形継手の構造と主要寸法(単位mm)



(1) 管体応力および管厚の検討

管体に加わる荷重条件は下記の通りとする。

① 既設導水路の強度は考慮せず、ゆるみ高さに相当する土圧を用いた。

② 管が大口径であることから管自重を考慮した。

③ 地下水位が高いため、外水圧を考慮した。

以上のことから、次式によって管応力を求め管厚を決定した。

● 土圧による発生応力：σ_1

$$\sigma_1 = 0.7 \times \frac{6\,(K_f \cdot W_f)\,R^2}{t_1^2}$$

K_f：管底の支持角によって定まる係数

W_f：ゆるみ高さによる土圧(kgf/cm²)

R：管半径（cm）

t_1：管厚（cm）

● 管自重による発生応力：σ_2

$$\sigma_2 = 0.7 \times \frac{0.492 W_d \cdot R}{t_1^2}$$

W_d：管自重（kgf/cm）

前記σ_1、σ_2に対し次式により所定の安全率を持つ管厚t_1を求める。

$(\sigma_1 + \sigma_2)N = 4,200 \text{kgf/cm}^2$

N：安全率

● 外水圧により求める管厚：t_2

E・Amstutzの式より

$$P_k = \frac{\sigma_N}{\frac{R}{t_2}(1 + 0.35\frac{R}{t_2} \cdot \frac{\sigma_F' - \sigma_N}{E_s'})} \cdot \frac{1}{S_f}$$

P_k：最大外水圧（kgf/cm²）

σ_N：円周方向直応力（kgf/cm²）

$$\sigma_F' = \mu \cdot \frac{\sigma_F}{\sqrt{1 - \nu_s + \nu_s^2}} \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

$$\mu = 1.5 - 0.5 \cdot \frac{1}{(1 + 0.002\frac{E_s}{\sigma_F})^2}$$

$$E_s' = \frac{E_s}{1 - \nu_s^2} \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

E_s：ダクタイルの弾性係数（kgf/cm²）

ν_s：ポアソン比

σ_F：ダクタイル鋳鉄の降伏点（kgf/cm²）

S_f：安全率

前記のt_1とt_2に対し、腐食代2mm、鋳造公差10%を考慮して、公称管厚は$T = (t_1 + t_2 + 2)1.1$によって求め30mmとした。

(2) 製品検査

素管寸法・質量検査・水圧試験およびモルタルライニング、接合部品の検査を行ったが表1に示すように特に問題となるような点はみられなかった。

表1　製品検査結果

項　　目	結　　果
素管の外観・形状および寸法検査	いずれも許容差内寸法であった
素管の質量検査	許容差内の質量であった
素管の水圧試験	水圧20kgf/cm²、15秒負荷で異常なし
モルタルライニングの検査	ライニング、シールコート、外面塗装異常なし
接合部品の外観・形状寸法検査	いずれも許容差内寸法であった

(3) 材料試験

図4に示す試験片採取位置から各種試験片を採取し、引張試験をはじめ各種材質試験を行った。その結果を表2に示す。

結果はいずれも規格値(JIS規格)を満足しており、前記(2)の結果と合わせて、呼び径2900mmU形ダクタイル鋳鉄管の製造上における問題点はみられなかった。

図4　試験片採取位置

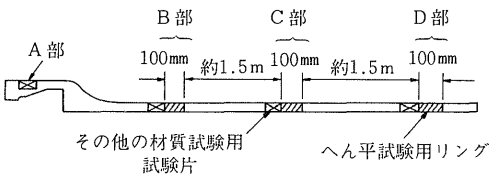


表2　材質試験結果

項　　目		結果 A	結果 B	結果 C	結果 D	備考（規格値等）
引張試験	引張強さ(kgf/mm²)	46	45	45	45	42kgf/mm²以上
	伸び（%）	18	18	21	26	10%以上
硬さ試験（ブリネルHB）		155	150	152	152	230HB以下
へん平試験			良	良	良	¾Dのへん平量(725mm)
顕微鏡試験		良	良	良	良	引張試験片より採取
化学分析試験		良				C、Si、Mn、P、S、Mgを分析

(4) 継手性能試験

継手性能試験は、次の4項目について行った。

① 真直水圧試験

U形継手を管軸を一致させた状態で接合し、継手外部より水圧15kgf/㎠を5分間負荷した後、継手部からの漏洩の有無を調べた。

② 曲げ水圧試験

U形継手を1°、2°、3°（φ2900U形継手の限界曲げ角度）と屈曲させ、それぞれに水圧15kgf/㎠を5分間負荷した後、継手部からの漏洩の有無を調べた。

③ 曲げ接合後の水圧試験

管軸を1°30′（φ2900U形継手の許容曲げ角度）曲げた状態で接合し、水圧15kgf/㎠を5分間負荷した後、継手部からの漏洩の有無を調べた。

④ 耐外圧試験

図5に示すように、継手部に水圧15kgf/㎠を負荷した状態で偏心荷重を載荷し、継手部の変形量の測定および継手部からの漏洩の有無を調べた。

その試験結果は表3に示す通りであり、この継手は十分な性能を有していることを確認した。

図5　耐外圧試験方法

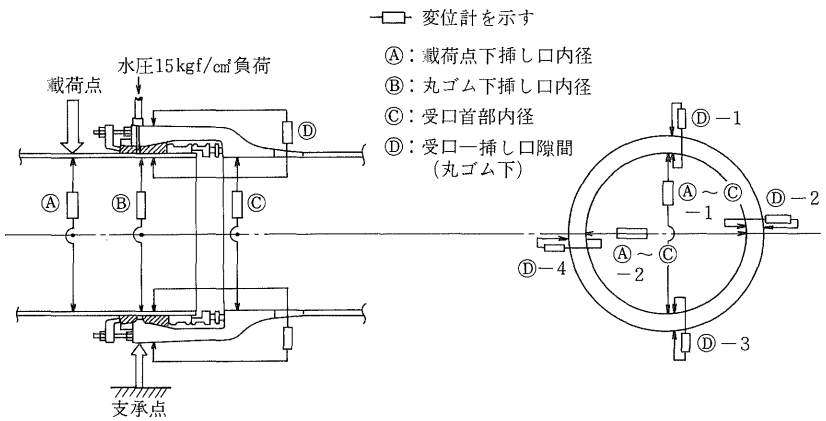


表3　継手性能試験

試　験　項　目	結　　果
真　直　水　圧　試　験	水圧15kgf/㎠、5分間負荷異常なし
曲げ水圧試験（1°、2°、3°）	水圧15kgf/㎠、5分間負荷異常なし
曲げ接合後の水圧試験（1°30′）	水圧15kgf/㎠、5分間負荷異常なし
耐外圧試験(受口支承—挿し口載荷)	90Tonf 載荷、漏洩、変形など異常なし

(5) 施工性試験

工事現場での配管施工は、

① 導水路内への管の搬入

② 継手の接合

③ テストバンドによる水密性の確認

④ 継手部のモルタルてん充

が行われるが、事前に②③④について各作業に要する人員・時間などを調査した。

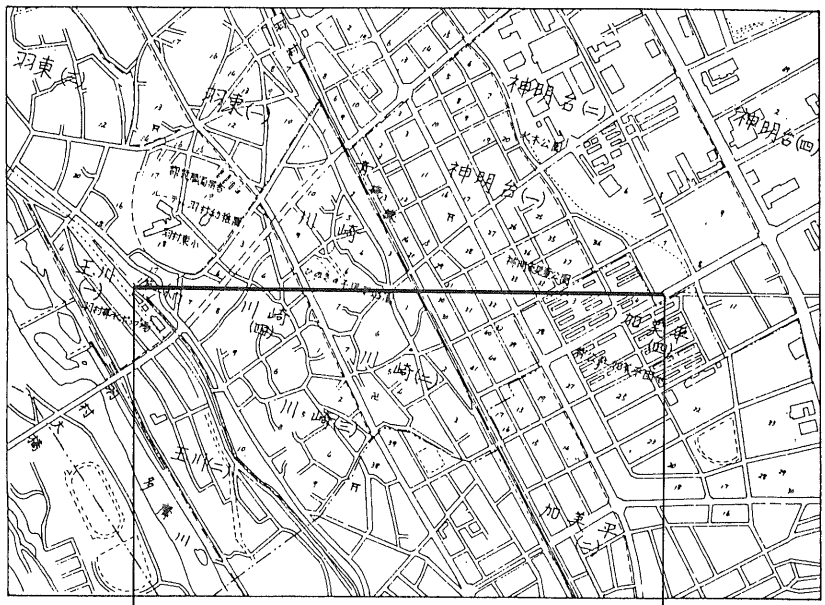
その結果、呼び径2600mmU形ダクタイル鋳鉄管を使用した場合に比べると、呼び径にほぼ比例して人員・時間とも大きな値となっている。しかし、この値は施工上支障のない程度であると判断した。

4．工事概要

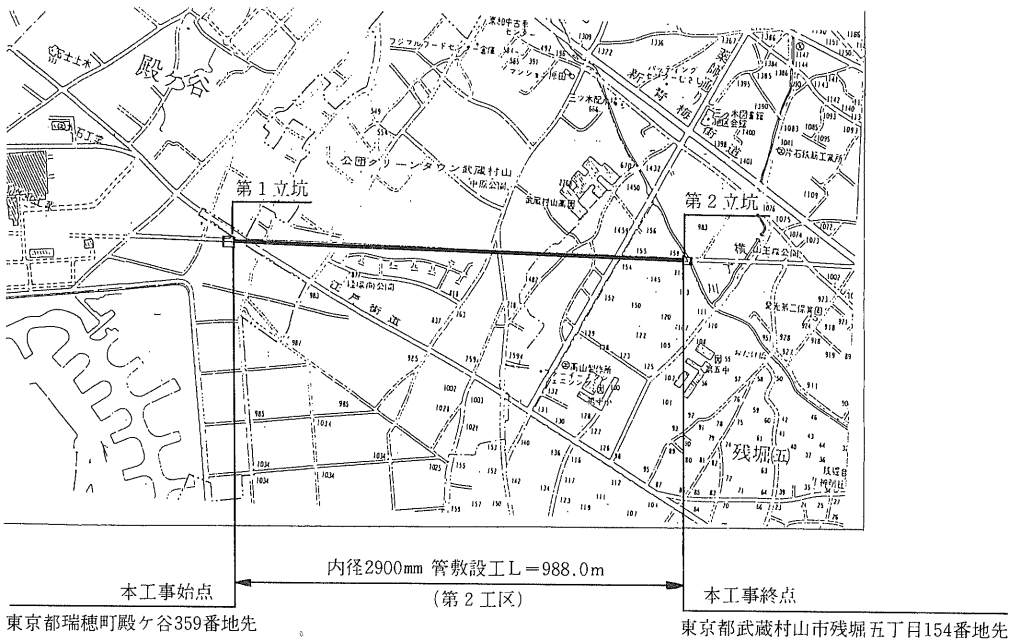
羽村線導水路の改修工事は、全長 8,800m のうち、昭和60年度は次の工区について実施した。

図6　工事場所

第1工区



第2工区



(1) 第1工区

工事場所：羽村取水堰～羽村町神明台四丁目地先間

工事期間：昭和60年12月～昭和61年5月

工事内容：導水路内配管（FCDU φ2900
ℓ＝1,155m）

(2) 第2工区

工事場所：瑞穂町殿ケ谷地先～武蔵村山市残堀五丁目地先間

工事期間：昭和60年12月～昭和61年5月

工事内容：導水路内配管（FCDU φ2900
ℓ＝980m）

5．施　工

(1) 管搬入立坑

立坑は、導水路内へ管を搬入するため、管の運搬に便利なように道路に隣接した箇所を選定した。1工区は、羽村取水堰を管の搬入口とし、2工区は次年度以降のことも考慮して施工区間の両側に管搬入立坑を設けた。

なお、先に行った土質調査から、導水路は第四紀洪積砂礫層に築造されており、礫径も最大100～200㎜の石が多く混入していることが確認されている。

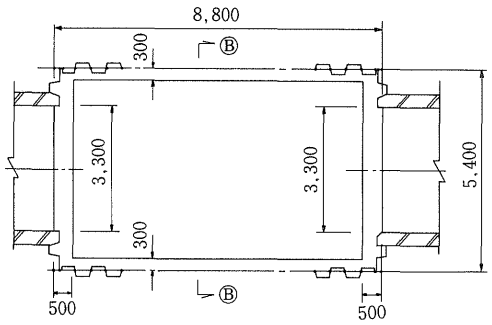
このような土質資料および次年度以降の立坑利用計画などから、立坑の土留は鋼矢板をダブルオーガーによる中掘工法で施工した。

(2) 導水路内の補修

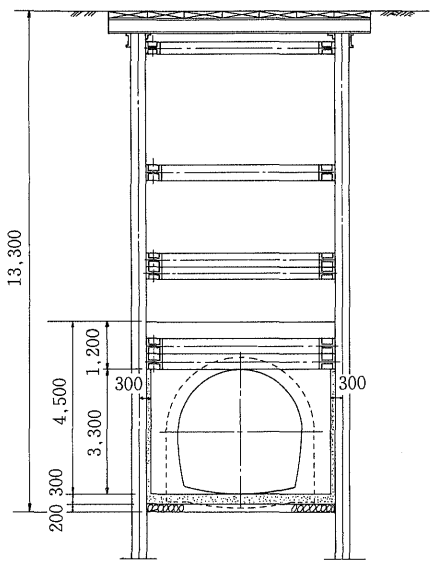
① 一般部

洗掘された導水路のインバート部は、コンクリートにより不陸を修正した。また、導水路のコンクリート打ち継ぎ目、ひび割

図7　管搬入立坑図

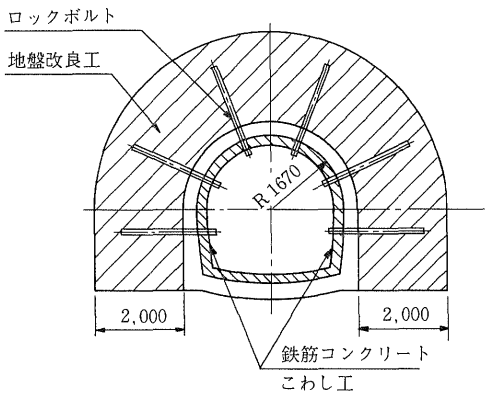


Ⓑ－Ⓑ断面



れ箇所などからの漏水は、配管後注入するエアーモルタルの流出を防止するため止水した。

図8　薬液注入およびロックボルト断面図



② 応急補修部

応急補修部は、導水路内から薬液注入を行って地山の改良をするとともに、ロックボルトにより既設導水路壁面を地山に固定し、所定の内空を確保するため応急補修用の鉄筋コンクリートの取り壊しを行った。

(3) 運搬設備

導水路内面とU形ダクタイル鋳鉄管との間隔は片側85mmしかないので、管運搬用台車は特殊な芯出し兼用台車を使用した。また、軌条は導水路の断面、管受口外径、軌条および台車の高さからレールゲージを1625mmとし、導水路のインバートに設置した。

(4) 配　管

管の搬入・配管（接合、モルタルてん充・水圧試験)は、下記のような手順で行った。

立坑内管吊り下し

低床トレーラーにより、立坑まで運搬された管を門型クレーンおよびトラッククレーンにて立坑内に待機した管運搬用特殊台車に吊り下してセットする。

導水路内管運搬

導水路内の所定の据え付け位置まで管をバッテリーカーにより運搬する。

管芯出しおよび据え付け

管運搬特殊台車にセットされた4本の芯出し用油圧ジャッキにより芯出しをした後、管を据え付ける。

軌　条　撤　去

管の挿し口をジャーナルジャッキにより持ち上げ台車を引き抜き、その部分のレールを撤去する。

撤去後、所定の位置に管台を設置し、ジャーナルジャッキを下げる。

浮　力　防　止

工アーモルタル打設時に発生する管の浮き上りを防止するため浮力防止材を取り付ける。

管　の　接　合

接合手順に従い継手の接合を行う。次に内面テストバンドによって水圧試験を行い、漏水の有無を確認する。

図９　導水路断面とレールおよび特殊台車の位置図

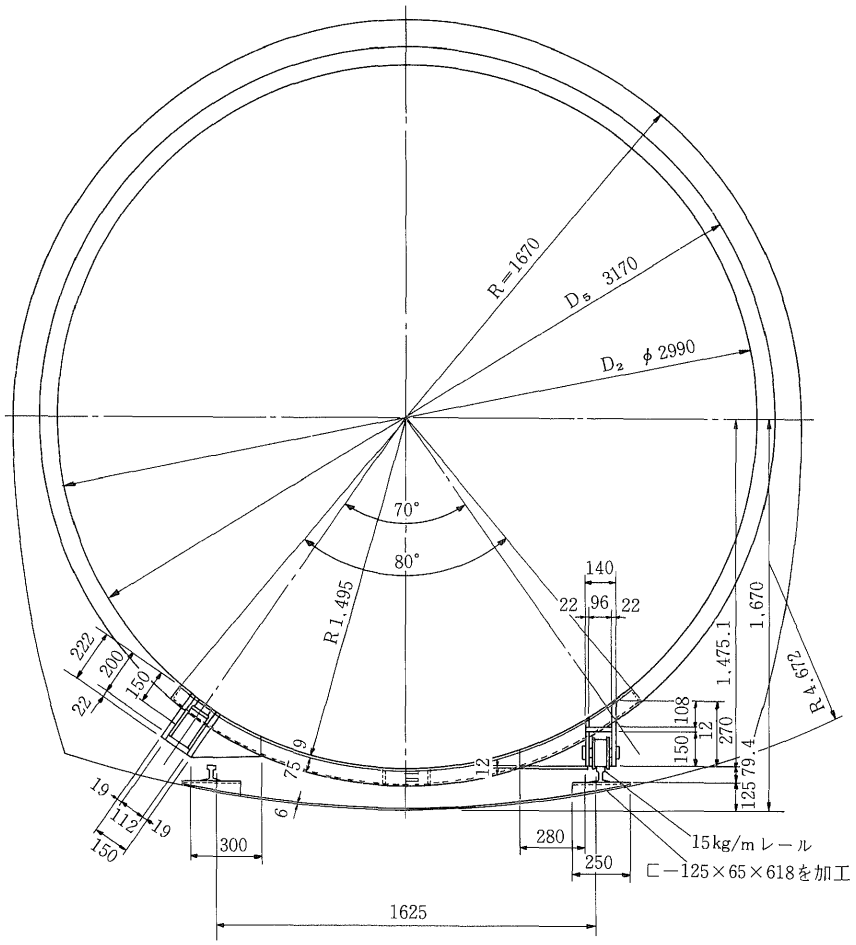


写真１　運搬状況

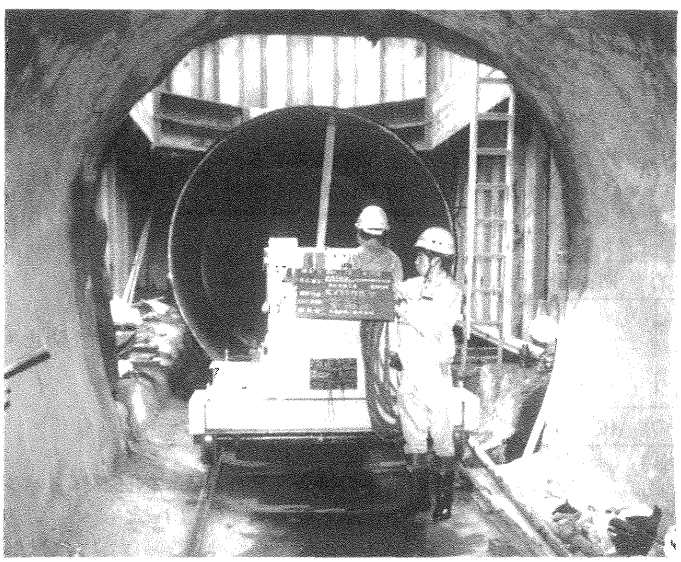
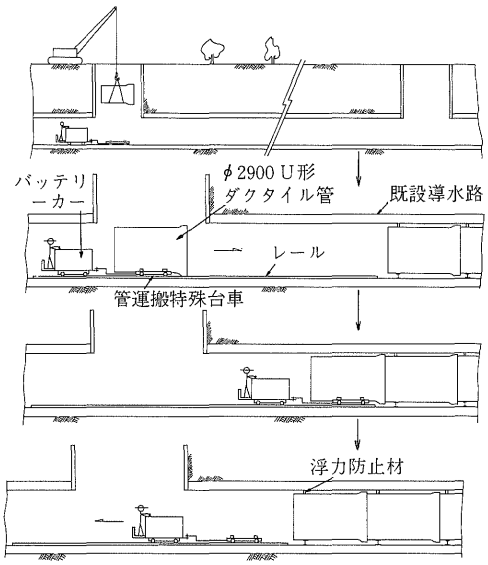


写真２　配管完了

図10　配管施工図



(5) エアーモルタルのてん充

導水路内に呼び径2900㎜のダクタイル鋳鉄管を配管する前に、導水路内にあらかじめφ50㎜の吐出管を敷設しておく。

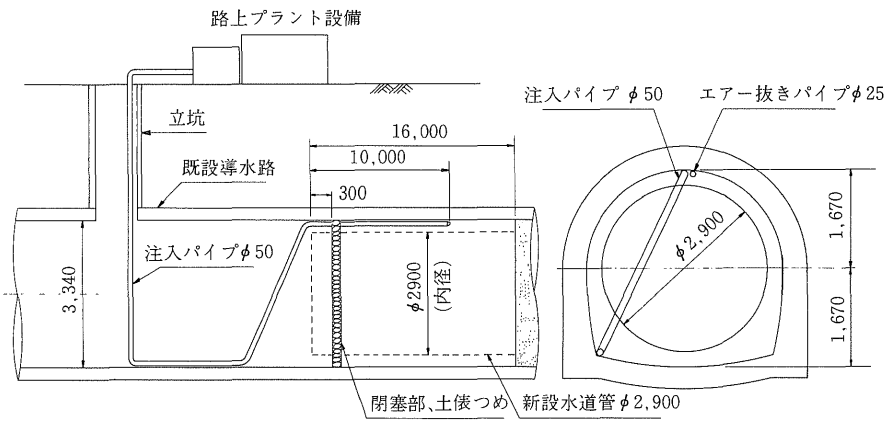
吐出口は、16m間隔に導水路上部に設けておき、地上に設置したプラントから注入パイプを通してエアーモルタルを導水路内壁と管との間隙部に注入を行った。

表４　エアーモルタル配合表

圧縮強度	空気量	水セメント比	単位量 セメント	単位量 発泡液	単位量 混練水
20 kgf/㎠	62 %	62 %	400 kgf	1.42 ℓ	248 ℓ

フロー値 180±20㎜　　圧縮強度 $\sigma = 20 kgf/cm^2$

図11　エアーモルタル注入図



エアーモルタルの流出防止は、土のうを管と導水路内壁の間に積み上げ、導水路上部の空気抜き兼てん充確認用塩化ビニル管からエアーモルタルが流出してくるまで注入し完了した。

6．おわりに

本工事は、羽村線導水路改修工事のうちの一部を実施したものである。

本来、この種の工事は、仮導水路あるいは新しい導水路を築造してから改修工事を施工するのが一般的である。

しかし、都市化が進む中で、市街地に新たに用地を取得することは難しく、また、道路占用を考慮しても交通量の増大、大規模埋設物の輻輳などのために導水路を新設することは大変困難である。

この解決策として、今回、短期間に長い延長を狭隘で漏水などのある悪条件の下で、安全・確実に、しかも効率的な施工をはかるためにパイプ・イン・トンネル工法を採用したものである。

その結果、特に大きな問題もなく無事完成できたことは幸いであった。

最後に、施工関係各位のご協力に深く感謝する次第である。

技術レポート 2

清流と緑のふるさとに ダクタイル管で水道建設

兵庫県宍粟郡一宮町建設課
副課長　春名卯太郎

1．はじめに

“清流と緑のふるさと…いちのみや”である兵庫県宍粟(しそう)郡一宮町は、別名“播磨一宮”の名で親しまれ、播磨国最古の開拓神、伊和大神(大国主命)の本拠地として古くから栄えた町である。

当地は姫路市の北方44km、中国山地の山間部に位置する林業の町で、神戸市、姫路市に次ぐ県下で3番目の広い町は(面積：約214㎢、人口：約13,000人)、清流が岩をかむ景勝福知渓谷をはじめ、豊かな水と緑につつまれている。

しかしながら、町域が広く、その約92%が山林地帯のため、水道の普及はむつかしく(現在の普及率：約33%)、大半の家庭では沢水や井戸水に頼らなければならず、一部では季節による水量の不足、あるいは近年の水質の悪化もみられる。

このような水の不便を解消するとともに、消火栓などの消防水利をさらに充実させるため、簡易水道の実現に漕ぎつけることになり送・配水管路には全面的にダクタイル管を採用して、現在急ピッチで施工中である。

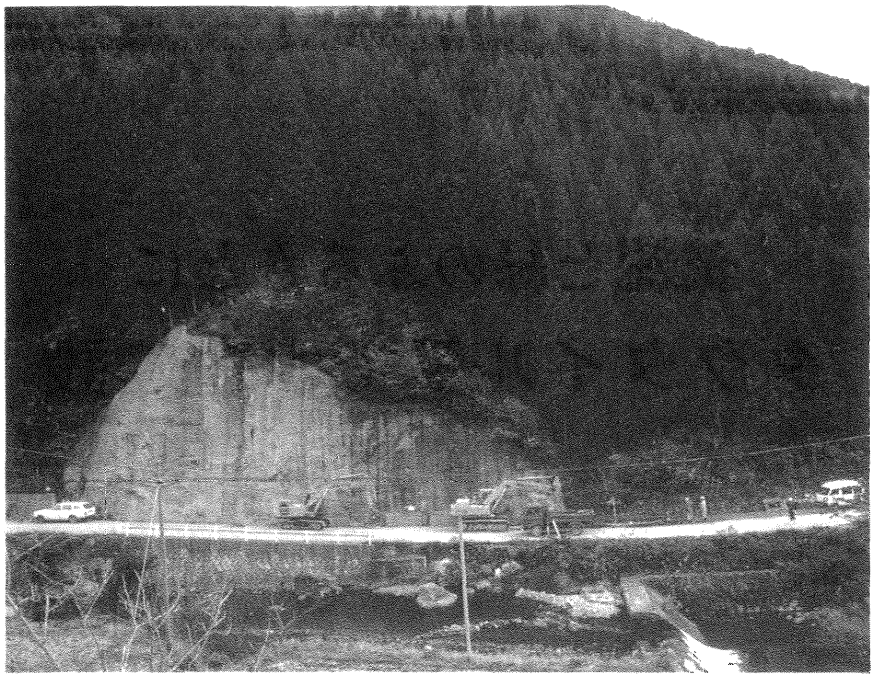
ここに、本事業の概要を紹介し、みなさまのご参考に供する次第である。

2．事業概要

本事業名は下三方簡易水道事業と呼び、揖保川沿いの地下水を水源とした浅井戸からなる取水施設、急速ろ過機などからなる浄水施設、ポンプおよび送水管路からなる送水施設、配水池・減圧槽および配水管路からなる配水施設、給水管などによる給水施設、さらに電話線を利用した集中管理施設などが含まれている。工事は昭和60年度より開始し、拡張および増補改良事業と基幹的施設改良を併せて行い、昭和62年10月完成をめざす。総事業費は約12億円、1日最大給水量は 356㎥、普及率を45%に向上させる。

さらに、本事業をスタートに将来10カ年で全町整備を目標とし、普及整備をはかる計画である。

写真1　工事全景



3．施設内容

(1) 取水施設

• 取水地点

一宮町西深地内

• 取水方法

浅井戸　直径4.00m×深さ7.00m

取水ポンプ　2台

• 計画取水量

最大取水量 356㎥/日×1.1＝392㎥/日

(2) 浄水施設

横流薬品沈でん池　2池

急速ろ過機　2基　139m/日

浄水池　RC製　15㎥

ろ過ポンプ　2台

塩素注入設備　一式

(3) 送水施設

送水ポンプ　2台

送水管路(ダクタイル管)φ150×1,812m

(4) 配水施設

配水池　7カ所

減圧槽　4カ所

減圧弁　1カ所

加圧ポンプ　2台×7カ所

配水管路　φ200×1,100m

(ダクタイル管)φ150×7,285m

φ100×2,862m

φ 75×6,857m

(5) 給水施設

サドル分水　φ20× 20戸

φ13×350戸

給水管には水道用軟質ポリエチレン管を採用。

(6) 計装設備

ケーブル敷設

CV-MAZV　約 900m

CVV-MAZV　約3,000m

集中管理センター　1カ所

4．水位系統

当事業の給水区域は高低差が大きく、標高475mから標高210mにわたり、その差は265mにもなる。

したがって、配水系統には加圧ポンプ場、減圧槽、減圧弁などの施設が数多く必要となった。

図1　施設位置図

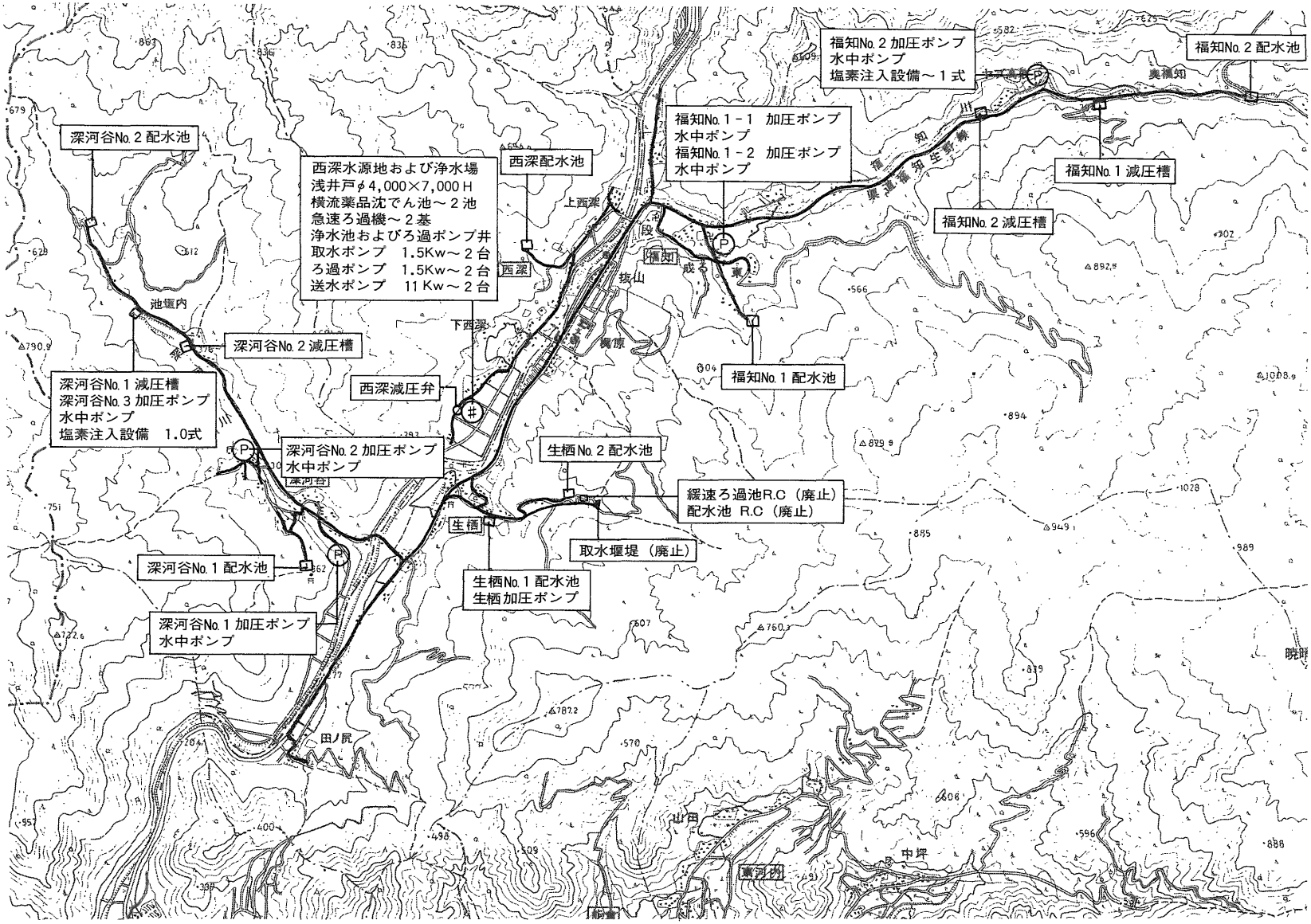
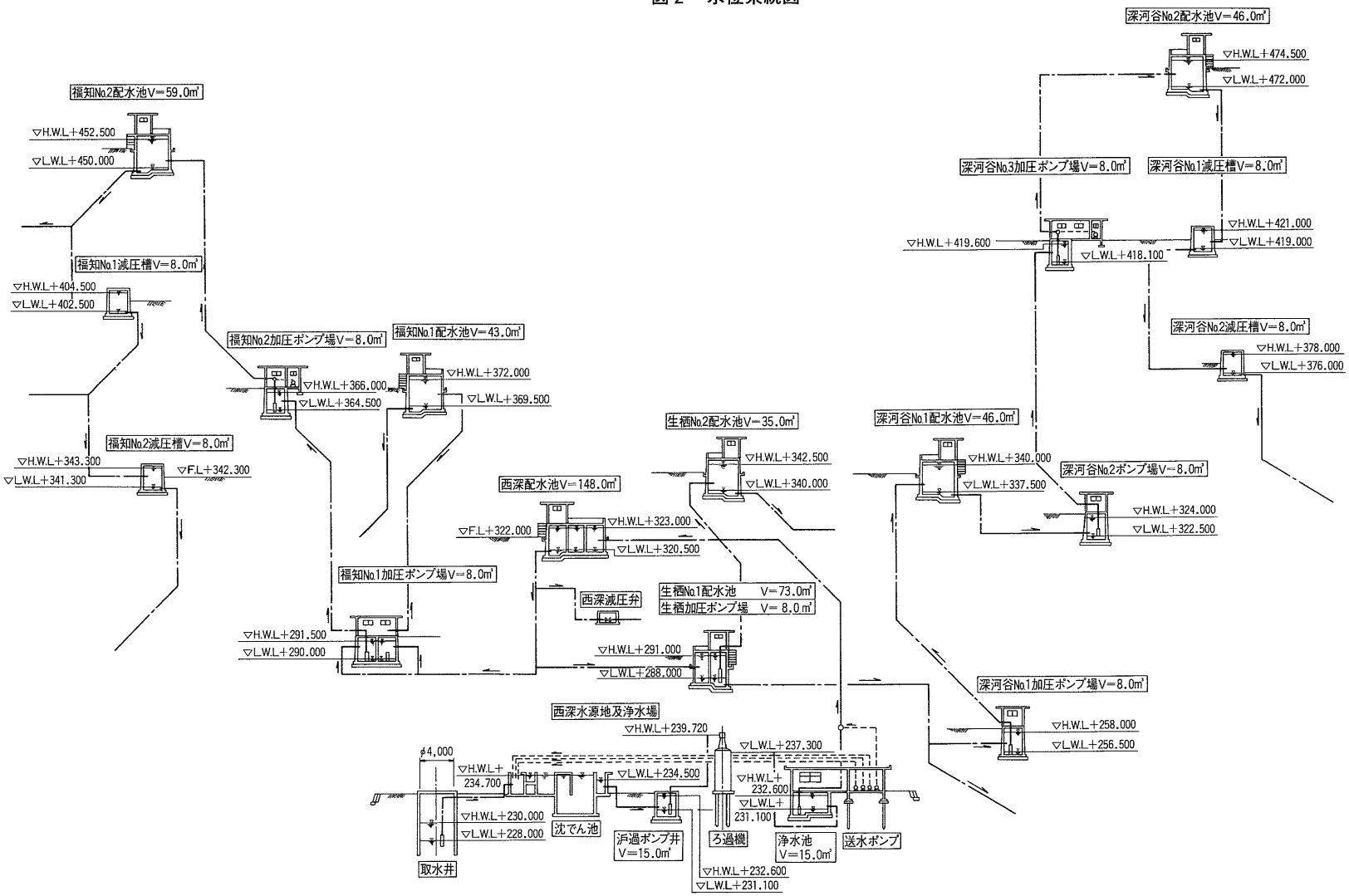

福知No.2 加圧ポンプ
水中ポンプ
塩素注入設備～1式
福知No.2 配水池
奥福知
福知No.1－1　加圧ポンプ
水中ポンプ
福知No.1－2　加圧ポンプ
水中ポンプ
福知No.1 減圧槽
福知No.2 減圧槽
深河谷No.2 配水池
西深配水池
西深水源地および浄水場
浅井戸φ4,000×7,000H
横流薬品沈でん池～2池
急速ろ過機～2基
浄水池およびろ過ポンプ井
取水ポンプ　1.5Kw～2台
ろ過ポンプ　1.5Kw～2台
送水ポンプ　11Kw～2台
上西深
西深
福知
坂山
下西深
池垣内
深河谷No.2 減圧槽
福知No.1 配水池
深河谷No.1 減圧槽
深河谷No.3 加圧ポンプ
水中ポンプ
塩素注入設備　1.0式
西深減圧弁
深河谷No.2 加圧ポンプ
水中ポンプ
生栖No.2 配水池
緩速ろ過池R.C（廃止）
配水池 R.C（廃止）
生栖
取水堰堤（廃止）
深河谷No.1 配水池
生栖No.1 配水池
生栖加圧ポンプ
深河谷No.1 加圧ポンプ
水中ポンプ
田ノ尻
山田
中坪
東河内

図２　水位系統図


深河谷No.2配水池V＝46.0㎥
▽H.W.L＋474.500
▽L.W.L＋472.000
深河谷No.3加圧ポンプ場V＝8.0㎥
深河谷No.1減圧槽V＝8.0㎥
▽H.W.L＋421.000
▽H.W.L＋419.600
▽L.W.L＋419.000
▽L.W.L＋418.100
深河谷No.2減圧槽V＝8.0㎥
▽H.W.L＋378.000
▽L.W.L＋376.000
福知No.2配水池V＝59.0㎥
▽H.W.L＋452.500
▽L.W.L＋450.000
福知No.1減圧槽V＝8.0㎥
▽H.W.L＋404.500
▽L.W.L＋402.500
福知No.2加圧ポンプ場V＝8.0㎥
▽H.W.L＋366.000
▽L.W.L＋364.500
福知No.1配水池V＝43.0㎥
▽H.W.L＋372.000
▽L.W.L＋369.500
福知No.2減圧槽V＝8.0㎥
▽H.W.L＋343.300
▽L.W.L＋341.300
▽F.L＋342.300
生栖No.2配水池V＝35.0㎥
▽H.W.L＋342.500
▽L.W.L＋340.000
深河谷No.1配水池V＝46.0㎥
▽H.W.L＋340.000
▽L.W.L＋337.500
深河谷No.2ポンプ場V＝8.0㎥
▽H.W.L＋324.000
▽L.W.L＋322.500
西深配水池V＝148.0㎥
▽F.L＋322.000
▽H.W.L＋323.000
▽L.W.L＋320.500
福知No.1加圧ポンプ場V＝8.0㎥
西深減圧弁
生栖No.1配水池　V＝73.0㎥
生栖加圧ポンプ場　V＝8.0㎥
▽H.W.L＋291.500
▽L.W.L＋290.000
▽H.W.L＋291.000
▽L.W.L＋288.000
深河谷No.1加圧ポンプ場V＝8.0㎥
▽H.W.L＋258.000
▽L.W.L＋256.500
西深水源地及浄水場
▽H.W.L＋239.720
▽L.W.L＋237.300
φ4,000
▽H.W.L＋234.700
▽L.W.L＋234.500
▽H.W.L＋232.600
▽L.W.L＋231.100
▽H.W.L＋230.000
▽L.W.L＋228.000
沈でん池
沪過ポンプ井
V＝15.0㎥
ろ過機
浄水池
V＝15.0㎥
送水ポンプ
取水井
▽H.W.L＋232.600
▽L.W.L＋231.100

5．管種選定

当管路の管種を選定するに当たり、次のような条件が満足されるものであるよう留意した。

① 管路が広範囲にわたるため、強度が大で事故が少なく、維持管理が容易な管であること。

② 雪は比較的少ないが寒風が強く、厳しい地中凍結に耐えられること。

③ 沢筋への配管など、至る所で屈曲せざるを得ず、継手性能がよく、その施工もスムーズに行えること。

④ 岩盤が多く、地盤は複雑に変化しているため、地盤変動にも柔軟に追随できる管であること。

⑤ 全体的に道路幅員が狭いため、掘削幅を極力小さくできること。

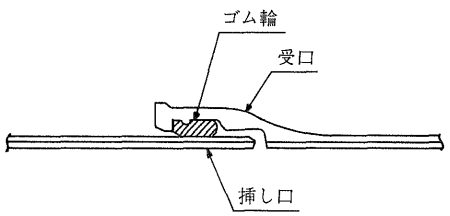
⑥ う回路もほとんどないので、工事中、通行車両や地元住民にできるだけ迷惑をかけぬように、現場の施工工期を短縮できること。

種々の、そして慎重な検討の結果、長寿命かつ施工性に優れたT形ダクタイル管を採用することにした。

6．送水管および配水管の仕様

当管路の直管にはT形ダクタイル管（JIS G 5526、1種管、内面モルタルライニング）、異形管にもT形ダクタイル管（JIS G 5527 内面エポキシ樹脂粉体塗装）を採用し、異形管の前後の継手には特殊押輪を使用して、アンカーブロックを省いた。

図3　T形継手



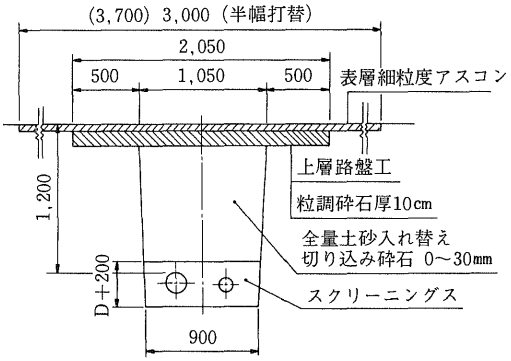
なお、本管路では予め土壌調査を行い、腐食性の強い土壌においては、必要に応じてポリエチレンスリーブを管体に被覆して防食対策とした。

7．管敷設断面

管を敷設する場所は県道、町道、農道などで、管の土かぶり深さは0.90m～1.20mを標準とするが、岩盤地帯では土かぶり深さを0.60mとし、管の回りを全面コンクリート巻き立てとした。また、岩盤地帯以外の一般部でも巨大な転石や礫が多いので、管保護のためスクリーニングスによる管巻きとした。

なお、道路幅員は2車線から1車線と狭くなっている箇所もあるので、道路の表層復旧幅は二通りの寸法を採用した。

図4　県道（一般部）管敷設標準断面図（並列の場合）



(注)（ ）内数字は2車線道路幅員に適用する。

図5　県道（一般部）管敷設標準断面図（単独の場合）

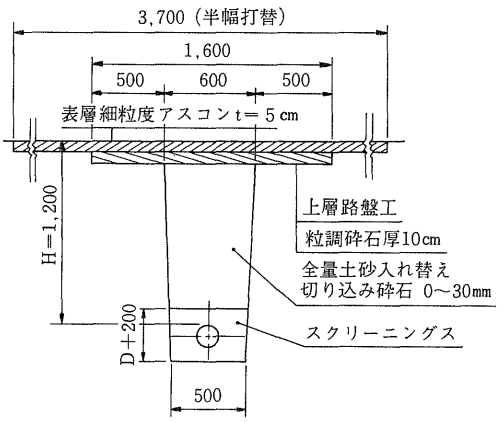
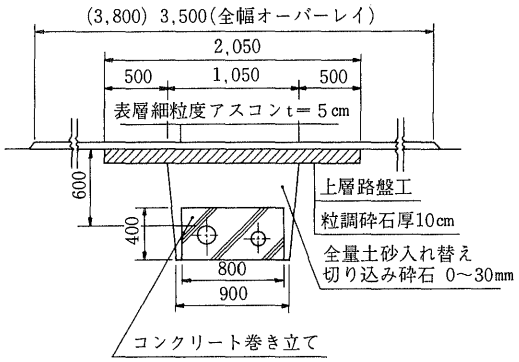


図６　県道(岩盤部)管敷設標準断面図



(注)（　）内数字は２車線道路幅員に適用する。

図７　町道(一般部)管敷設標準断面図

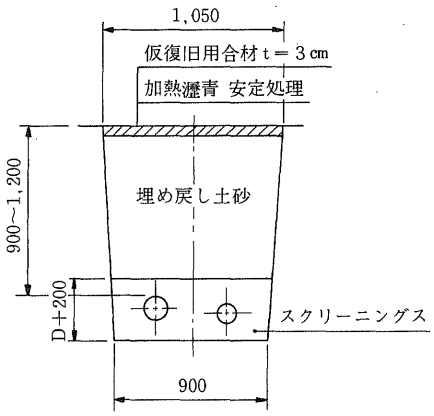
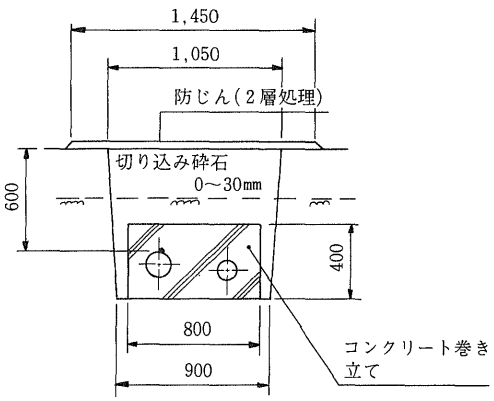


図８　町道(岩盤部)管敷設標準断面図



８．送・配水管路の施工

施工管理(品質、工程)の向上をはかるため施工前には各現場責任技術者を集めてメーカーによる技術講習会を開催し、施工技術のレベリングを行い管理技術の研究も行った。

当管路の普通地盤部では順調に施工できたが、予想外の岩盤地帯や、大きな転石の出現する所が多く、その掘削には苦労している。

人家に近い所ではダイナマイト発破もできないため、ジャンボブレーカー（アイアンブレーカー）や西ドイツ製の「ダルダ」と称する油圧ブレーカー（岩にドリルで穿孔し、その孔の中にくさびを挿入し、それを油圧500 kgf/㎠で膨張させて岩を破砕するもの）を使用しているが、１日に１本の管も敷設できぬ日も多々ある。

写真２　岩掘削

写真３　配水池への立ち上がり配管

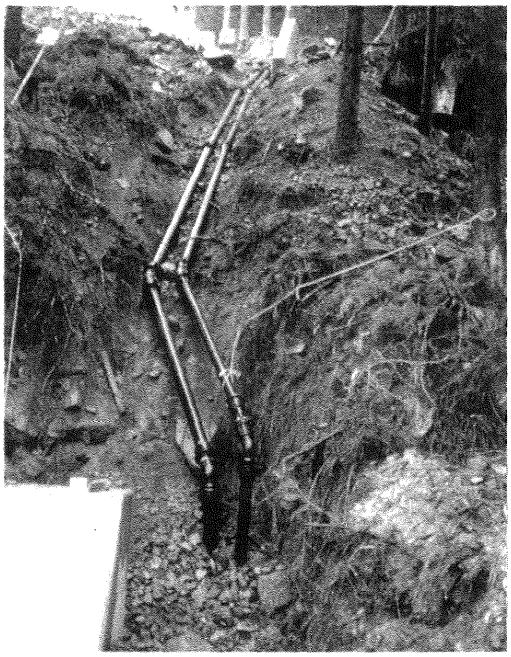


写真４　仕切弁据え付け

写真５　スクリーニングスによる埋め戻し

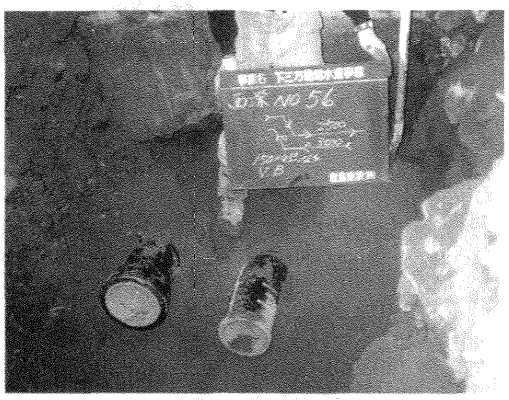


写真６　コンクリート巻き立て

９．おわりに

当地は渓谷に沿って発展してきた町であるため、管を敷設する道路幅員も狭く、配水池などの用地も地形上から施工のむつかしい箇所が多く、さらに硬岩や転石が多く出現し、いろいろと困難に直面してきたが、その都度関係各位の理解と協力を得て、本事業の進捗も約60％に達した。

これから向こう１年間、来年10月の竣工をめざしてさらに努力・奮闘する覚悟でありますので、関係のみなさまのご理解とご協力をさらにお願いし、本報告に関してご助言をいただければ幸いである。

ダクタイル鉄管第40号

昭和61年5月

技術レポート 1

浄水場間連絡幹線のパイプ・イン・パイプ工法による更新について

京都市水道局工務課長
進 士 暢 夫

1．はじめに

京都市の水道を語るには、近代水道百選の選定を受けた“琵琶湖疏水”(明治23年)と、日本最初の急速ろ過法を採用し、築造された“蹴上浄水場”(明治45年)を抜きには語れない。

その浄水場内で、第6期拡張事業（昭和32年～37年）の増補改良工事で敷設され、東山山麓南禅寺～銀閣寺方面へ給水している配水幹線(吉田幹線φ700)の鋼管部分で電食の影響と思われる破損箇所が見つかった。これにより本市では、安定給水確保の点からも配水管整備事業の中でも重点施策である経年管対策と併せて、災害時における浄水場間の連絡配水幹線網の整備、地震対策などの方針に基づいて浄水場内の管路整備を行った。

敷設替えを必要とする鋼管部分は、蹴上浄水場と九条山浄水場間の京阪電鉄軌道敷および幹線道路敷を横断してさや管内に敷設されている。このため、この既設管(φ700)およびさや管(φ900)を利用し、パイプ・イン・パイプ工法(以後PIP工法という)で計画し、現在まだ施工中であるが、本工事の状況を報告し大方の参考に供したい。

2．PIP工法の採用理由について

(1) 緊急を要するため、早期完成をはかる必要がある。

(2) 幹線道路および京阪電鉄京津線の横断を伴うため、各管理者の許可条件などで制約がある。

(3) 九条山浄水場側では、道路幅員が狭くまた、浄水場の取水施設および京都御所水道管などの地下埋設管が輻輳している。

(4) 地形的にも非開削工法となる。

以上各種条件、経済性などを勘案して既設横断管のうち、両端の管路(図3)を利用してPIP工法で敷設替え(φ600×2条)を行った。なお、併せて高区連絡用の横断管用さや管内には水質試験所用の原水モニタリング管も敷設した。

図１　付近見取図

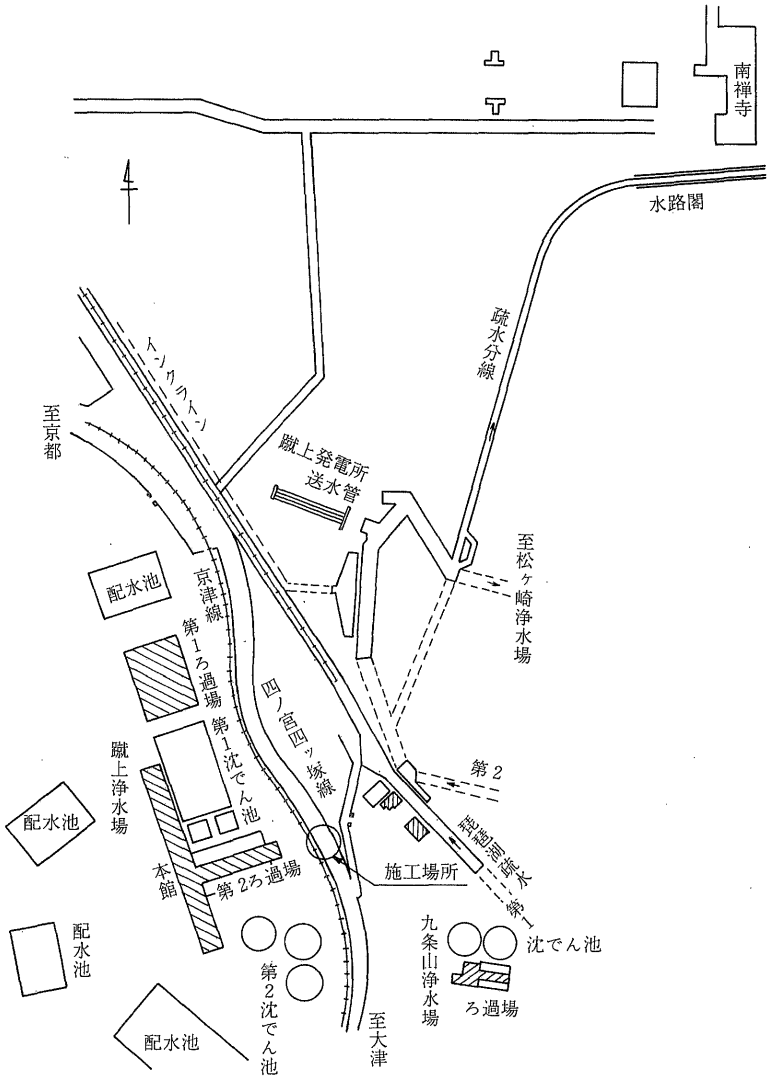


図２　京津線横断図

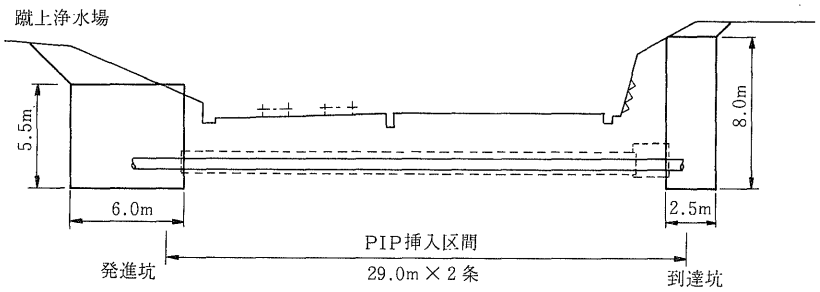
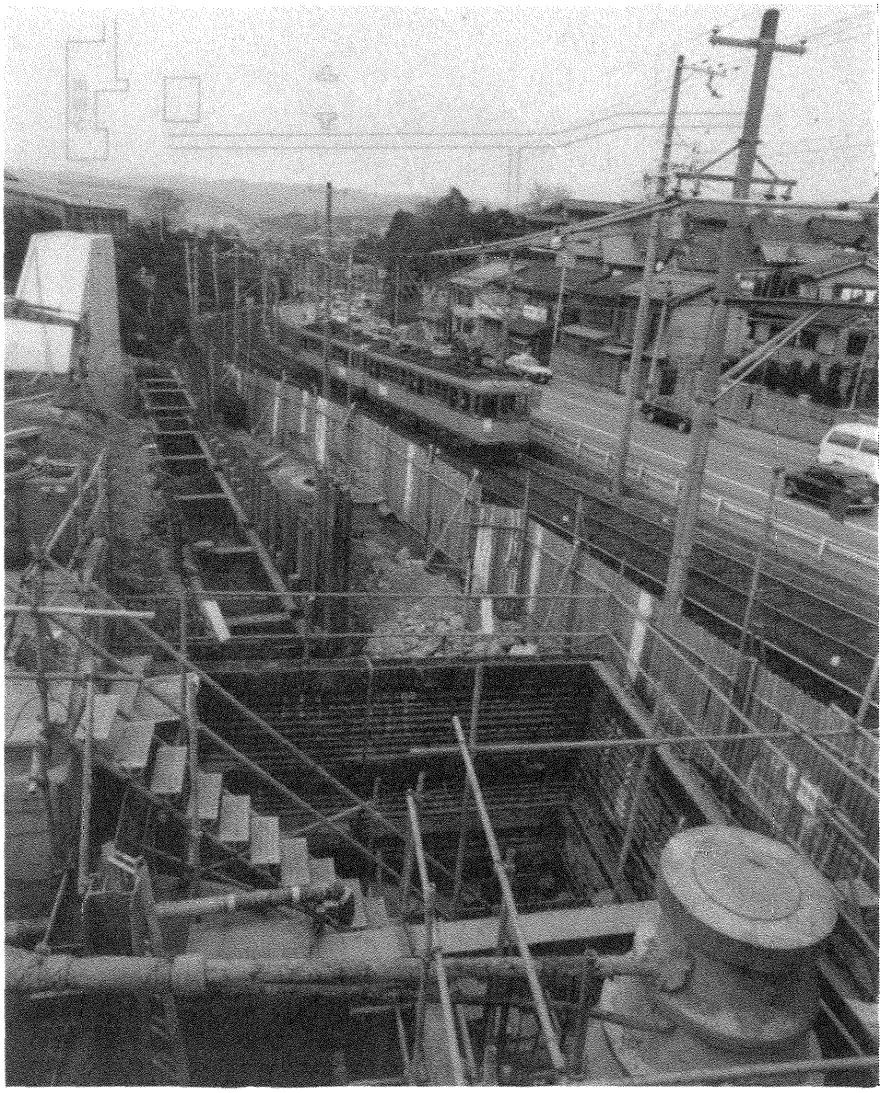


写真１



３．設計前の検討事項

吉田幹線(φ700)は、蹴上浄水場より時間平均400～550㎥/時で給水しているが、これを断水して敷設替えができるか否かは、設計上において経済性、施工期間の面から大きな比重を占めるため、事前に十分検討する必要があった。

●検討事項

(1)　他の浄水場(松ケ崎、九条山)からの応急給水には水量、水圧、濁水などに問題があり困難である。

(2)　鋼管部分の腐食の程度およびその原因となる迷走電流の調査ならびに対応策。

(3)　災害時にも対応できる最高区系、高区系の管路および付属施設の整備の必要。

以上の調査検討結果に基づき、

a)　蹴上浄水場内の最高区吉田幹線を２系統化。

b)　吉田幹線の配水本管はバイパス管を設置し敷設替えする。

c)　蹴上、九条山浄水場間の最高区と高区の連絡および弁類の整備をはかる。

d)　付近の埋設管を含めた総合的な電食対策を講じる。

4．設計方針の決定

検討事項、立地条件などから吉田幹線を別途の位置に新しく敷設することは経済性、施工期間などについて適性を欠くため、既設の横断管路を整理しバイパス管方式で不断水で敷設替えすることとした。また、新しく敷設替えする管材は電食による影響の少ないダクタイル鋳鉄管を使用し、併せて電食防止対策を講ずることとした。

●設計施工の基本的条件

(1) 幅８ｍの中に４条の横断管が埋設されており、施工用地条件より蹴上浄水場側を発進ピットとする。

(2) 九条山浄水場側は、工事場所が狭いため吉田幹線、高区連絡管各々のさや管部分の到達口は深礎工法によるピットとする。

(3) 九条山浄水場から山科方面に給水している配水本管を、仮配管によって一時蹴上高区連絡管から分離する。

(4) 蹴上～九条山連絡管(φ600)を先に敷設替えし、吉田幹線として一時使用する。この場合呼び径 900mm ヒューム管内の呼び径 600mm 鋼管を蹴上浄水場側から引き出し、ＰⅡ形ダクタイル２種管を挿入する。

図３　平面図

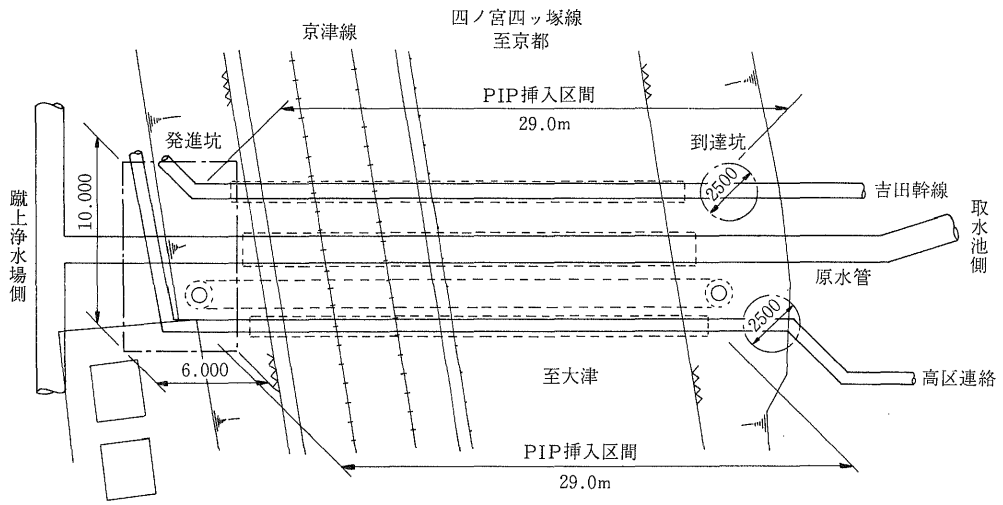
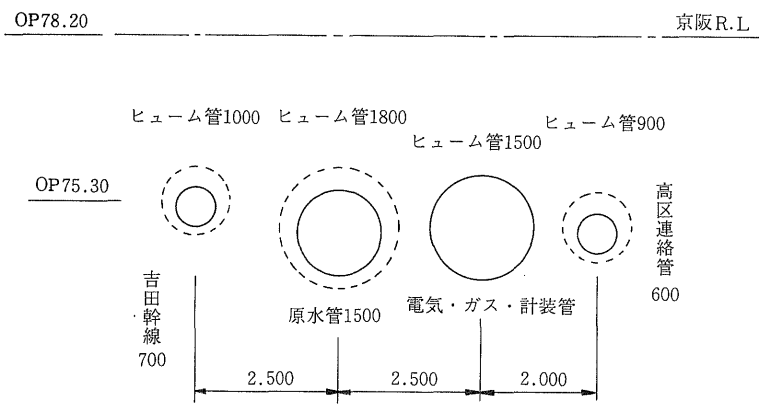


図４　横断管配置図

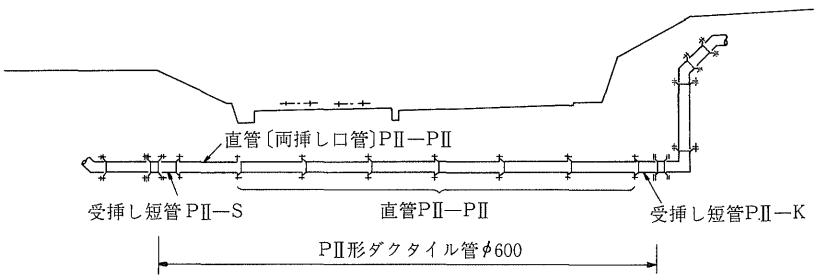


(5)　高区連絡管に吉田幹線を切り回し後、呼び径700mm既設鋼管内に1口径落とし(φ600)のPⅡ形ダクタイル2種管をPIP工法で敷設する。

(6)　(5)が完了した時点で、再び連絡管での給水を吉田幹線に切り替える。

(7)　横断管の軌道敷および道路敷以外の両端部からの配管は、受挿し短管を用いてK形管と接続する。

図5　PⅡ形ダクタイル管配管図



5．施　工

軌道および道路敷の既設横断管路を利用して、吉田幹線(φ700)内に呼び径600mmを、連絡管(さや管φ900)内には呼び径600mmおよび75mmをPIP工法で施工する。

図6　高区連絡管

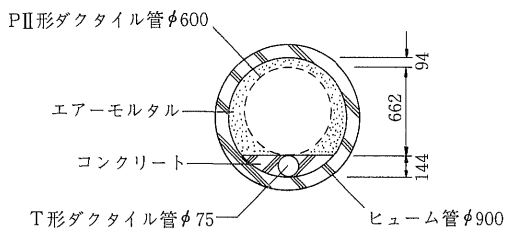
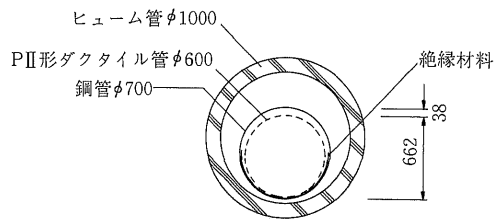


図7　吉田幹線配水管



エアーモルタル仕様

セメント	350kg
水セメント比	56
発泡液	1.48ℓ
空気含有率	66%
圧縮強度	15kg/cm²

●施工順序

(1)　立坑設置

a)　発進立坑を用地条件のよい蹴上浄水場内に既設横断管路(4条)を支障なく囲むよう設定し、角型深礎工法で施工し、ライナープレート外部および底部を薬液注入で地盤の安定をはかった。

b)　到達立坑は、九条山側に円形深礎工法で各々2カ所の立坑を設置し、道路に近接するため石垣、法面の安定をはかる目的で薬液注入を施工した。

(2)　薬液注入工

a)　注入率：$\lambda = \rho \times \alpha$

ρ：地盤間隙率（%）

α：注入填充率（%）

b)　注入量：$Q = V \times \lambda$

V＝注入対象範囲容積

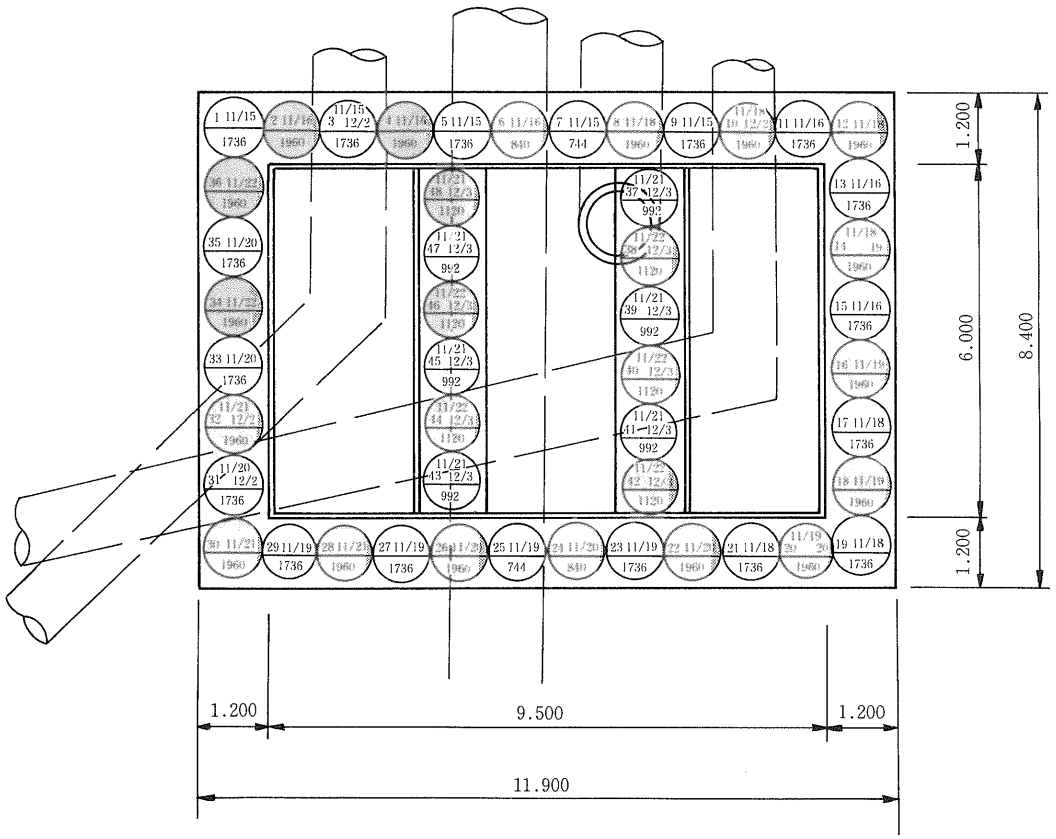
λ＝注入率

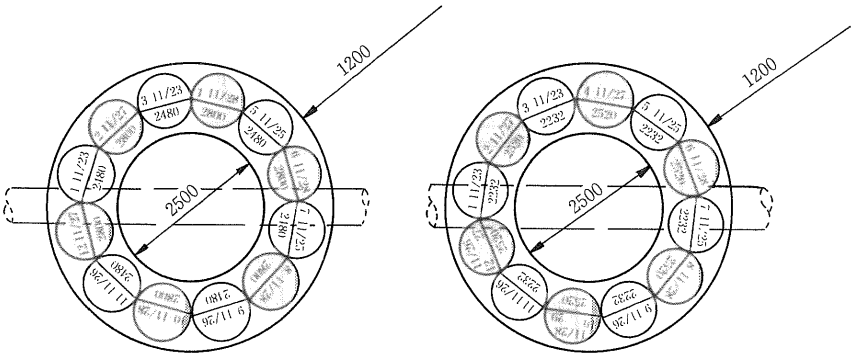
(3)　迷走電流を測定するため、既設連絡管の両端を立坑内で切断する。

(4)　さや管内の鋼管は、発進立坑内へ引き出し切断撤去する。

(5)　最初に水質試験用の原水サンプリング

図８　薬液注入工事平面図





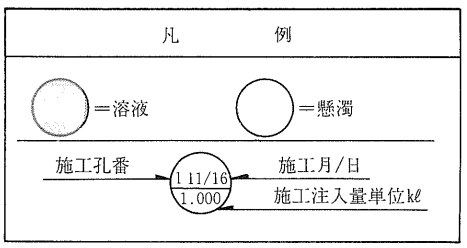


図９　発進坑

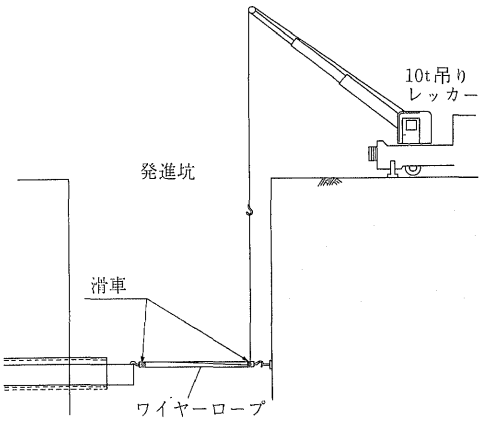
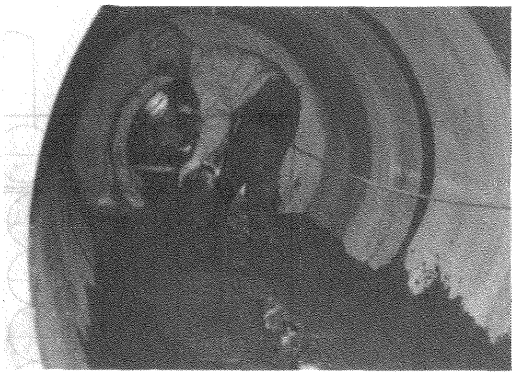


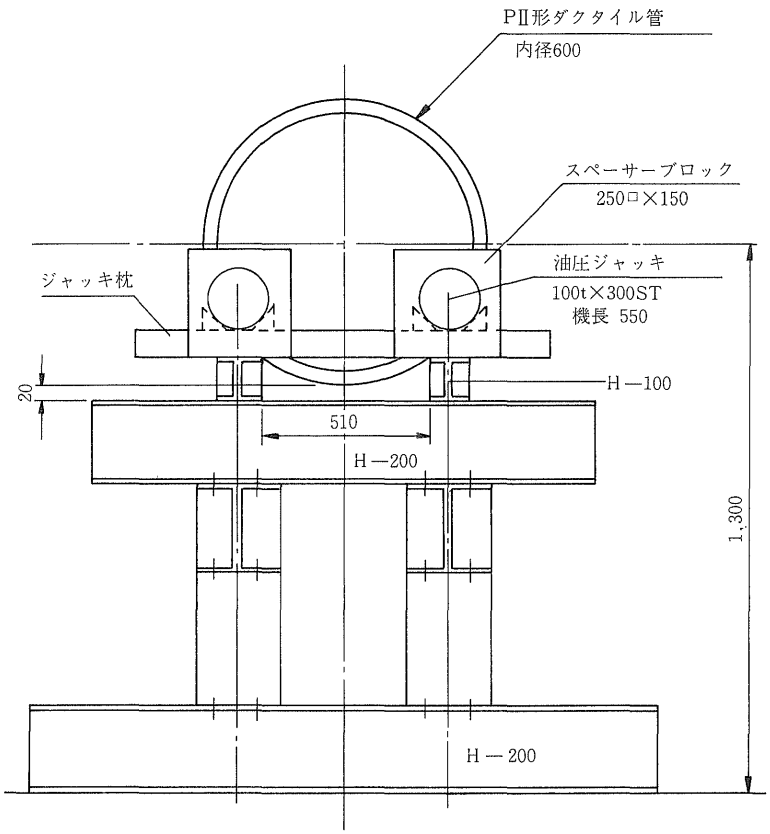
写真２　原水サンプリング管敷設。コンクリート防護。Ｔ形ダクタイル管呼び径75㎜。



管（φ75×4.0ｍＴ形ダクタイル３種管）をさや管内に敷設し、コンクリートで防護する。

(6)　最初の管の挿し口に先導管を取り付け発進立坑より油圧ジャッキ２台で押し込み、特に継手部のロックリングが挿し口の溝に正しく装着されているかを確認す

図10　推進架台



るため、分割部の間隔をチェックしながら慎重に施工した。なお、これに使用した管はダクタイル鋳鉄管 ϕ600×4.0m PⅡ形ダクタイル2種管である。

(7) PⅡ形ダクタイル管からK形ダクタイル管への継手は、発進、到達両立坑部、さや管外部で、受挿し短管および継ぎ輪を使用して接続した。

(8) さや管内への管挿入終了後、到達部のさや管と管の間隙を閉塞し、発進立坑よりエアーモルタルを填充した。(図6、7)

写真3　先導管

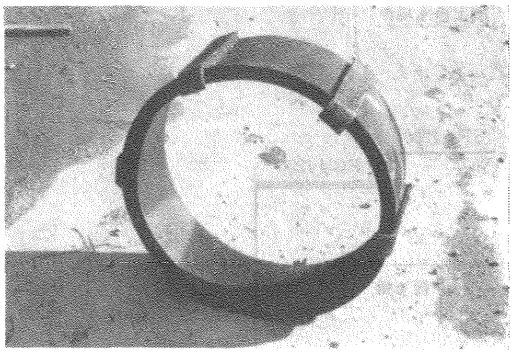


写真4　呼び径600㎜推進工事中

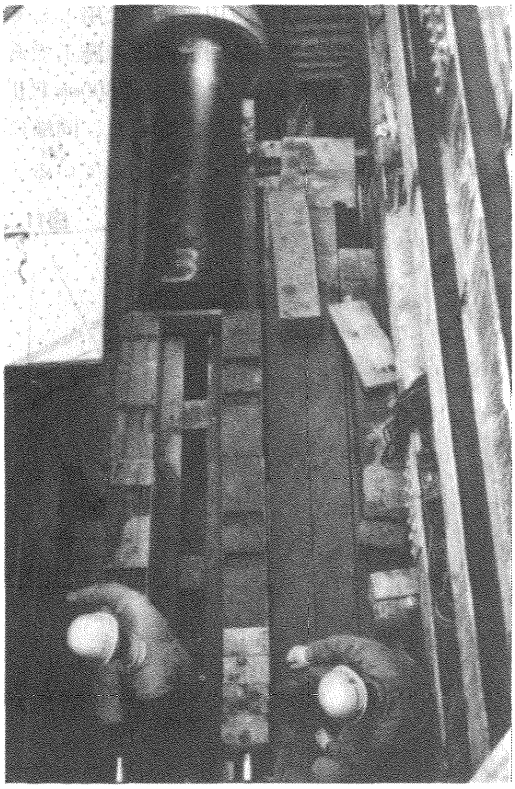
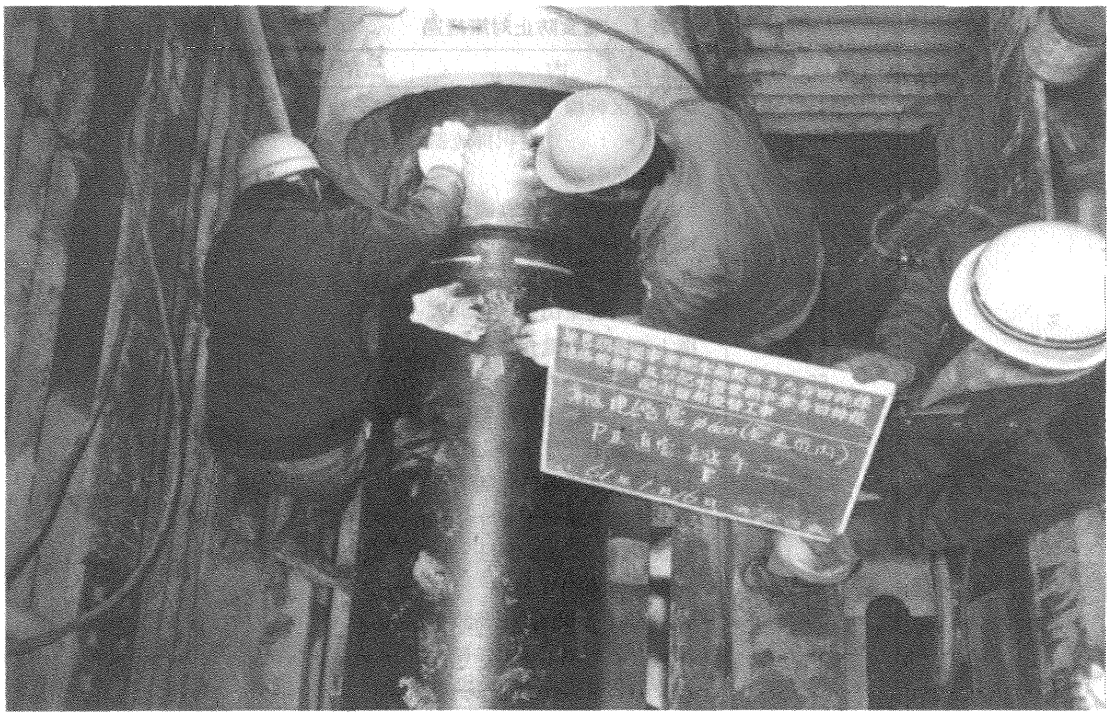


写真5　PⅡ形ダクタイル管の接合



通水前に管内に充水(24時間)し、漏水の有無の確認完了後、既設吉田幹線の代用として使用した。なお、新設吉田幹線は未施工であるが、呼び径700㎜鋼管内に呼び径600㎜ＰⅡ形ダクタイル管をPIP工法で配管し、同様にエアーモルタル填充とすることとしている。

6．電食防止対策

蹴上浄水場からの各配水幹線は、京阪電鉄(三条～淀屋橋線、三条～浜大津線)の軌道敷を横断しているため、本市では昭和46年から電食調査および防止対策を実施している。

表１に示す通り、吉田幹線および連絡幹線

図11　現状の電気防食

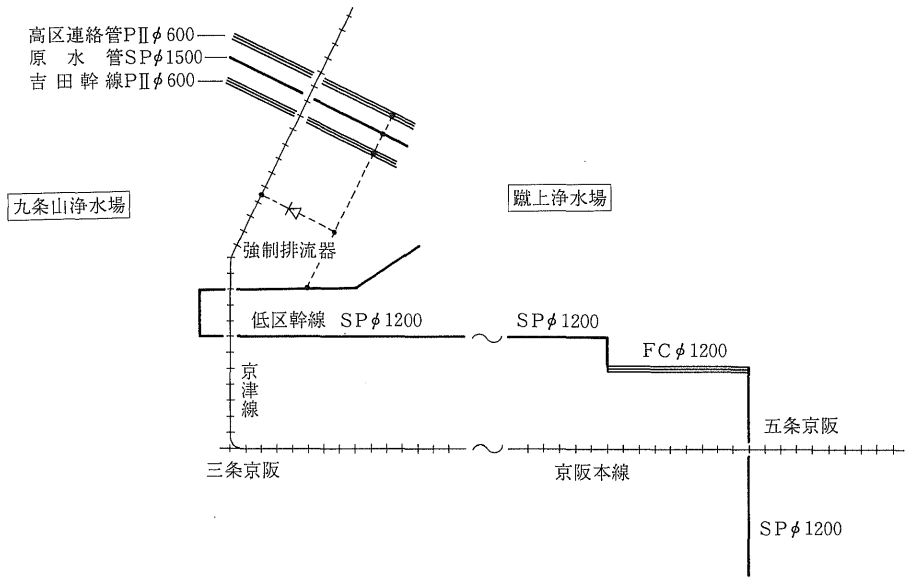


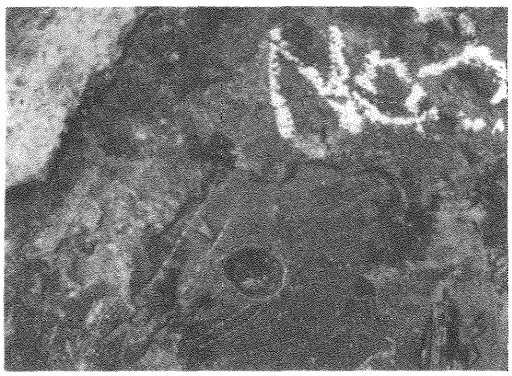
表１　電食防止対策経過

年　月	内　容
昭和44.6	蹴上低区幹線　電食調査
45.3	〃　選択排流器設置
	五条低区幹線　〃
47.3	蹴上低区幹線　電食調査
	蹴上最高区吉田幹線　電食調査
49.3	九条山系(吉田連絡管、原水管)選択排流器設置
51.3	蹴上系、九条山系電食調査
52.10	蹴上浄水場内電食調査
55.3	蹴上系電食調査
56.11	大阪ガス　強制排流器設置(設定25A)
	レール電圧５Ｖ上昇
56.12	関西電力外部電源設置
57.10	蹴上系統　電食調査
58.12	京阪電鉄　京都線昇圧(600V→1,500V)
	京津線(600V)と分離
59.3	蹴上低区　強制排流器設置(設定70A)
60.3	九条山系を蹴上系に接続(分流20A)
	九条山系選択排流より強制排流に変更

は、敷設時から10数年後に電食防止処置を講じているため、それ以前に被害を受けていたものと推定される。

当時の鋼管は、内外面ともコールタールエナメルで厚く塗覆装されており、撤去管について調査すると、被害を受けた箇所は軌道および道路横断部のさや管内に敷設している所ではほとんど見当たらず、浄水場内での埋設管に多く見られた。

写真6　腐食箇所



通常、埋設管の腐食原因を大別すると、直流電気鉄道軌条からの漏れ電流や、その他の直流電気設備の電流による電食と、埋設管自身または周囲土壌の環境に起因する土壌（自然）腐食に分けられる。

本工事での発進立坑および到達立坑の土壌電気抵抗率からは、中位～緩慢の腐食性が認められた。

表2　土壌関係測定結果

測定場所	土壌電気抵抗率(Ω-cm)	pH
発進坑	12,000、13,000 6,000、 4,900 8,200	6.8 6.6
到達坑	20,000、36,000 17,000、16,000	8.6

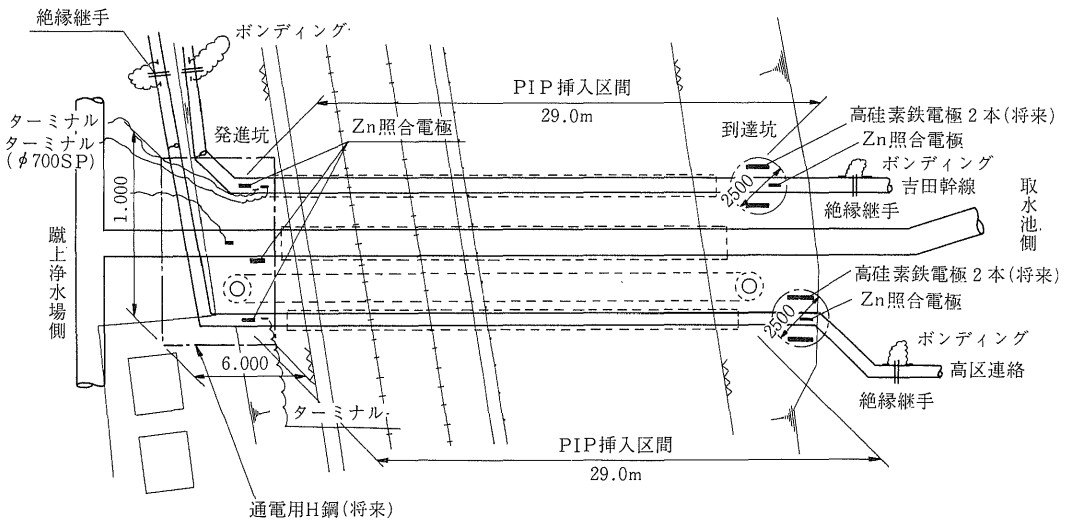
（参考資料）
鋳鉄管、鋼管、ダクタイル管の固有抵抗値

（μΩ-cm）

鋳鉄管（ねずみ鋳鉄）	70～120	0℃
鋼　　管（半硬鋼）	18.8～19.2	20℃
ダクタイル管(球状黒鉛鋳鉄)	55～66	20℃

以上の結果から、本工事での埋設管の電食防止対策は次のように考えた。ダクタイル管の電食は「参考資料」に示す通り、鋼管に比べてほとんど影響はないが、PⅡ形ダクタイル管の継手部のロックリングを介して管路は一体化され流電可能となる。このため、将来被電食埋設管の状況変化にも対応できるよう

図12　電食防止工



に(外部電源法)継手部に絶縁ボルトを使用しまた、高硅素鉄電極棒およびZn照合電極を設置した。

現在の強制排流方式を当面継続するため、絶縁継手箇所はボンディングを施し地表近くまで配線し、切断時の便をはかった。

7．おわりに

以上、今回の工事は軌道敷幹線道路横断部の短い区間にPIP工法を採用し、現在順調に施工進行中である。

既設管内への1口径落とし配管、さや管内の既設管を引き抜いての親子配管、併せて電食防止対策などを緊急工事の中で、PIP工法を採用することにより早期に達成できるとともに工事費の軽減をはかることができた。

この資料が管路整備計画のうえで参考になれば幸いである。

技術レポート ②

東北農政局最上川中流農業水利事業 馬見ケ崎川導水路における 呼び径1200㎜ダクタイル管路について

(中小水力発電所水圧管路への適用)

東北農政局最上川中流農業水利事業所
所　長　井上明夫
工事課長　戸島祐喜
工務官　石谷津一

1．はじめに

ダクタイル管はパイプラインとして、昭和30年代から上水道・農業用水などで使用され多くの実績を持っている。その中でも、土地改良事業に使われた7kmに及ぶ幹線パイプライン（導水路）が、すべて市街地を通過する例はきわめてまれであり、さらに国営事業実施中に土地改良施設を利用した小水力発電事業も合わせて行ったのは全国でもはじめてのケースである。

ここでは、当導水路に適用することとなったダクタイル管路について、管種の選定、工事工法などについて実施例を紹介する。

2．事業の概要

最上川中流農業水利事業は、山形県を縦断して流れる最上川のほぼ中流右岸に位置する山形市および2市1町にまたがる(図1) 4,970haの水田にかんがい用水を供給する事業である。

本地区の主要水源は、最上川および馬見ケ崎川であり、そこに頭首工を築造して地区内に導水し、用水量を確保する計画である。

そのうちのひとつ馬見ケ崎川合口頭首工からは最大3.25㎥/秒の取水を行い、約300m下流で1.10㎥/秒を分水し、残り2.15㎥/秒を約7kmのパイプラインで導水し、山形市の西部南館分水工で中部幹線用水路に連絡する。(図2)

なお、本パイプラインには110mの標高差があることから、水力エネルギーの有効利用を考え、農山漁村電気導入促進法に基づき最大1,430kwの発電を行い、地区内の農業生産力の増大と農業従事者の生活文化の向上をはかることを目的として発電事業も同時に計画した。

発電事業の概略は次の通りである。

目的：土地改良施設の持つ水力エネルギーの有効利用と維持管理費の負担軽減。

事業主体：株式会社山形発電（最上川中流土地改良地区9割出資）

図1　位置図

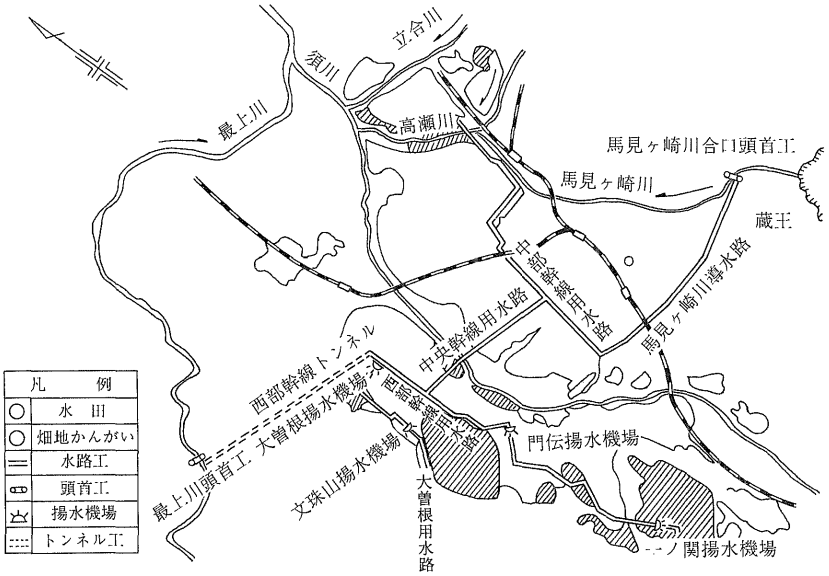
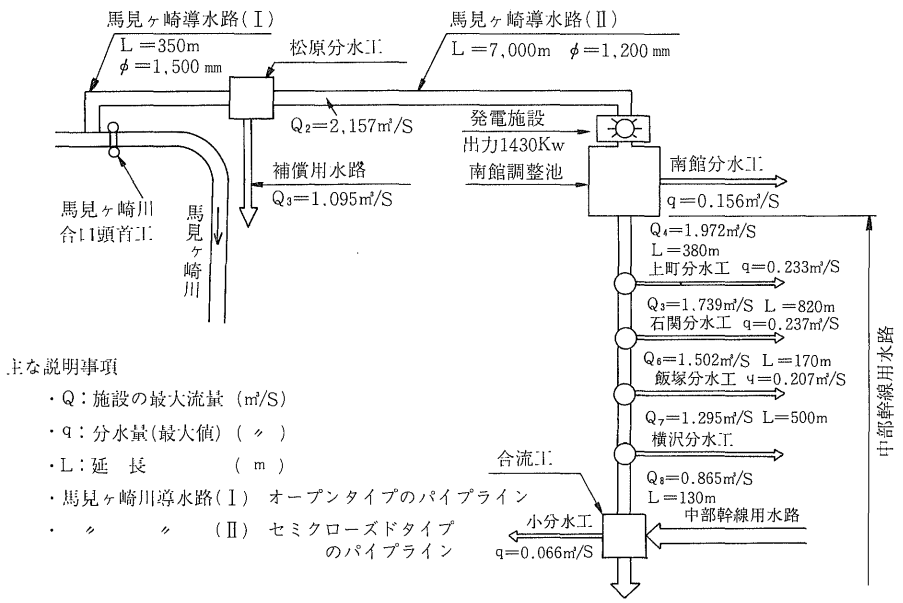


図2　計画用水系統模式図



設備内容：水車―(ペルトン水車)
　　発電機―同期発電機(6KV)
　　最大出力　1,430kw
　　発生電力量―約6,000MWH

発生電力の利用：土地改良区の管理棟に一部使用し、残りは東北電力㈱へ売電。

3．路線および工種の概要

1．路線の概要

この馬見ケ崎川導水路は、山形市中心部の市街地南側の都市街路を利用し、東から西へ横断する。その間国道(国道13号線、国道112号線、国道348号線)を3カ所、奥羽本線1カ

所と交差する。

この道路は片側2車線計4車線、中央分離帯および両側に歩道を有する幹線道路である。そこで、管種選定に当たっては安全性を最重要視し、かつ短期間に施工完了可能なものを検討した。

2．設計、施工面での重点項目および工種の概要

(1) 交通量の多い道路であるので、交通規制を最小限にとどめ、かつ工事の安全性を十分確保できる構造および施工方法を検討した。

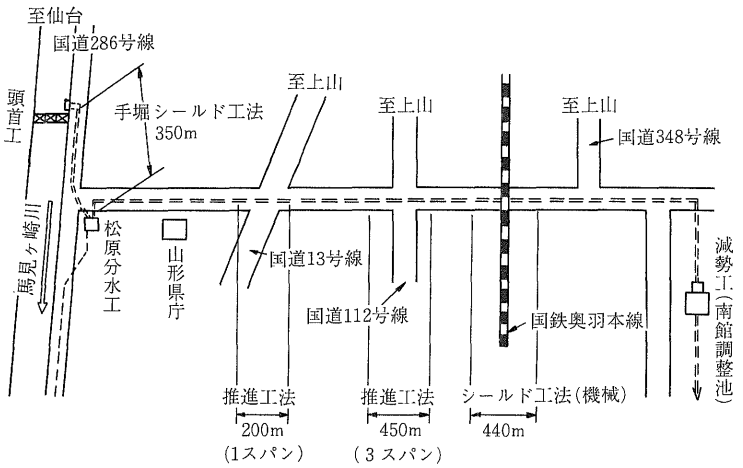
(2) 冬期(12～3月)には道路を開放する必要があることから、できるだけ短期に工事を完了するため、工区割を容易にする構造を選定した。

(3) 市街地を通過することより、将来とも地盤沈下や地震時にも十分対応でき、かつ維持管理が容易な構造であるものを設計した。

以上のことから、国鉄(奥羽本線)、国道(山形バイパス)、県道、地方道などとの交差部および交通量の多い所は、シールド工法および推進工法とし、他は開削工法とした。

主な工種は(図3)による。

図3　路線計画図および工種



※上記以外に、交通量の多い交差点は、推進工法とする。(40～80m程度が18ヵ所)

4．水理計画および管種の選定

1．導水路の水理計画

(1) 馬見ケ崎川導水路(Ⅰ)は、馬見ケ崎川に設けた頭首工より取水し、オープンタイプのパイプラインにて松原分水工(開放型水槽)に流入する。

(2) 馬見ケ崎川導水路(Ⅱ)は、松原分水工より下流約7kmのクローズドタイプのパイプラインであり、末端には減圧弁(φ700のスリーブ弁)を設置し、中部幹線用水路の需要に応じて、流量調整ができる機能を有している。

(3) 管径の決定は、土地改良事業計画設計基準(水路Ⅰ〈その2〉)より、設計流速の標準値の範囲で決定した。(設計流速の標準値V＝1.3～2.0m/秒)

導水路(Ⅰ)……Qmax＝3.25㎥/秒

管径D＝1500㎜　V＝1.84m/秒

導水路(Ⅱ)……Qmax＝2.15㎥/秒

管径D＝1200㎜　V＝1.90m/秒

(4) 発電水車はペルトン形を選定した。通常、この馬見ケ崎川導水路の落差(H)、流量(Q)域では、フランシス水車が妥当であるが、前述した通り管路の安全を第

図４　水理縦断模式図

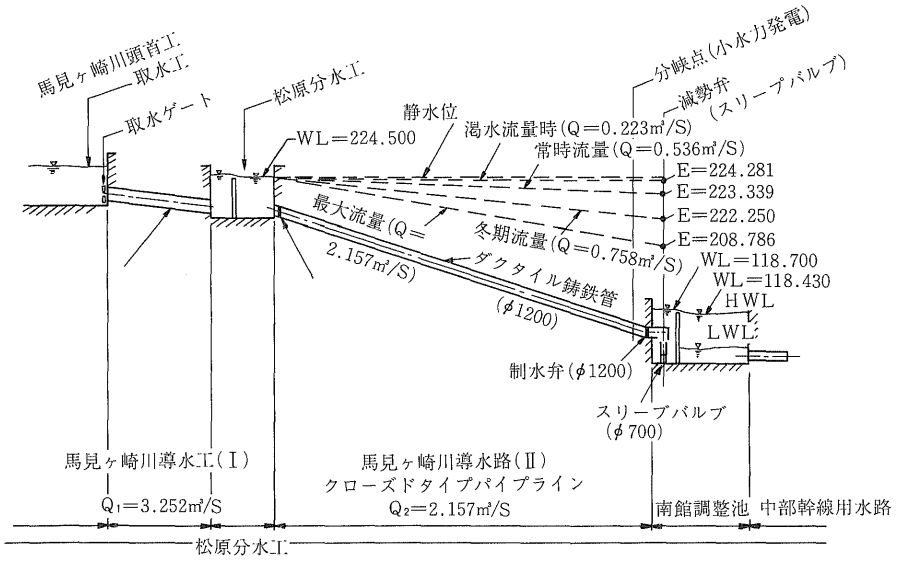
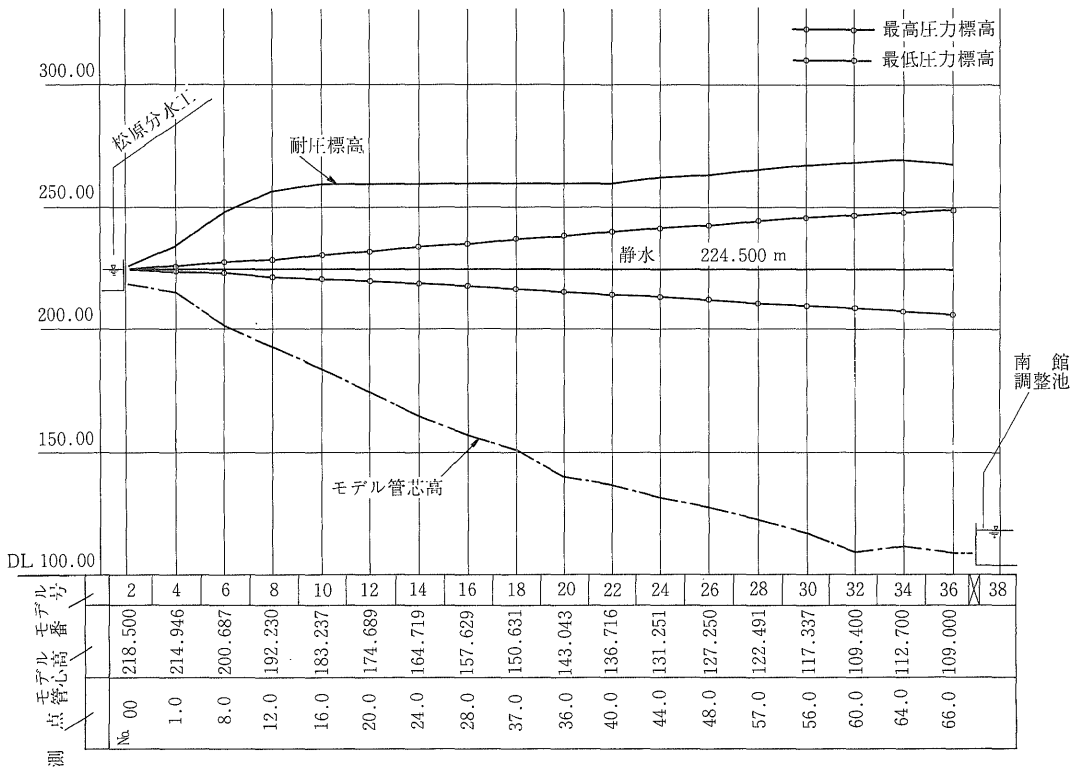


図５　馬見ケ崎導水路最高・最低圧力標高



一義に考え、水車の無負荷運転時にも圧力上昇をきたさないペルトン水車を選定した。この水車の特徴は、ニードルの開閉時間により、その水圧上昇高(水撃圧)を抑えることができる点にある。

したがって、今回使用するペルトン水車のニードルは、その開閉時間を90秒で設計されていることより、発生する水撃圧は経験則の方法（土地改良事業計画設計基準水路工〈その２〉による）から求めた値より小さくなる。

２．管種の選定

当パイプラインの管種選定については、全線にわたり県管理の国道(286号線、348号線)である主要道路下に埋設することと、内水圧が大きい(静水頭で約100m)ことを特に重視し下記の設定条件ならびに機能を満足する管種を選定した。

(1) 場所的に見て補修が困難であることから、漏水および管体の破損がないこと。

(2) 埋設地盤が礫層で固く、矢板の打ち込みが不可能で堀削幅が広くなり、しかも交通量も多いことから早急に接合および埋戻しができるなど、施工性がよいこと。

(3) 都市化が進むにつれて、河川水質の汚染が進行するものと予測されるが、これに対して十分に耐え得る管種であること。

(4) 交通量の増加に伴い、埋設管に対する振動の影響が増大されるが、この振動に対して十分安全であること。

(5) 管敷設の施工方法が開削工法、推進工法、シールド工法と多種にわたるが、これらの工法に十分対応できる管種であること。

(6) 発電に際し、通産省令で定めた水力発電用水圧鉄管材料として認められるものであること。

(7) 将来予想される地盤沈下や地震にも十分に耐えられる管種であること。

以上の項目を満足する管種として、ダクタイル管および鋼管の２管種を検討した結果、鋼管は現場での溶接に時間を要し、施工期間が長くなる反面、ダクタイル管は施工性に優れ、高内水圧での使用実績も多く、管体としての性能、耐震性にも優れているため、当導水路ではダクタイル管を採用することとした。

３．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出し、さらに中小水力発電所水圧鉄管の地中埋設管としての管厚計算式(水門鉄管No.136号「中小水力発電所水圧鉄管用新規材料について」に掲載されている管厚計算式を使用)を用いて安全性を確認した。

以下算定式（土地改良事業設計基準による式）

$$t=\frac{0.5DH+\sqrt{(0.5DH)^2+16.8\delta a\cdot M}}{2\cdot\delta a}$$

ただし、

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/cm）

δa：ダクタイル管の許容引張応力度（kg/cm²）

以上の計算式を使用し、各測点ごとに計算し、これをまとめて最終的には、さらに腐食代および公差余裕を見込んで管種を決定した。

以下に試算例の結果を示した。

(1) 試算条件

- 管種：ダクタイル管
- 口径：D＝1200mm
- 内圧：Ps(静水圧)＋Pd(水撃圧)
  ＝０～15kgf/cm²
- 土かぶり深さ：H＝1.50m
- 土の受働抵抗係数：e′＝35kgf/cm²
- 管底の支持角：90°
- 土の単位体積重量：$\gamma=1.8\times10^{-3}$kgf/cm²
- 路面荷重：30トントラック２台同時通過

(2) 試算結果

内圧(kgf/cm²) ＼ 土かぶり(m)	0	5	10	15
1.5	３種	３種	３種	２種
2.0	３種	３種	３種	２種

(注) 土地改良事業計画設計基準……σa＝1,890kgf/cm²

5．施　工

1．施工の概要

馬見ケ崎川導水路は、全線国道および都市街路下に埋設されるが、その道路下には土かぶり1.2mで水道管、ガス管および電気、電話ケーブルなどが輻輳して埋設されているため道路管理者と協議のうえ、最小土かぶり1.50mとして縦断計画を行った。また、国鉄線、国道、県道および地方道との交差は避けられず、これらを横断するため全路線を開削により施工することは、交通対策上困難である。

したがって、これらの横断箇所は、推進工法およびシールド工法(国鉄奥羽本線横断部)により施工を行った。

その中で推進工法は、国道横断を含めて18カ所となった。また、特にスパンの長い箇所では中間スリーブ管を併用した。

2．開削工法について

(1)　工事の概要

本工事の開削による施工部分は、県管理の国道で、周辺は商店、学校、病院などの都市施設および住宅が密集する市街地内の工事であるため、道路中央部幅600cmの範囲で施工するよう決められたため土留工を併用した。

土留施工時における振動、騒音、交通対策などを考慮し、工事用機械、機材の選定を含め開削工事における土留工法については、基本方針として、公害防止法に準拠しつつ検討した。

(2)　施工方法

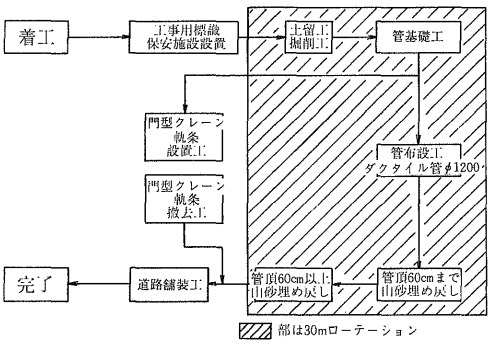
①　バックホーにて掘削後、建て込み式簡易矢板工法で矢板を建て込み、ただちに掘削または山砂で裏込めをして土留を行ってから管敷設を行う。

②　管の敷設方法は、10トンの門型クレーンにてダクタイル管を吊り込み敷設する。

管埋設後、従来の舗装と同等の舗装で復旧する。

③　工事のフローチャート

図6　工事のフローチャート



④　施工の標準断面は図7による。

図7　施工標準断面図

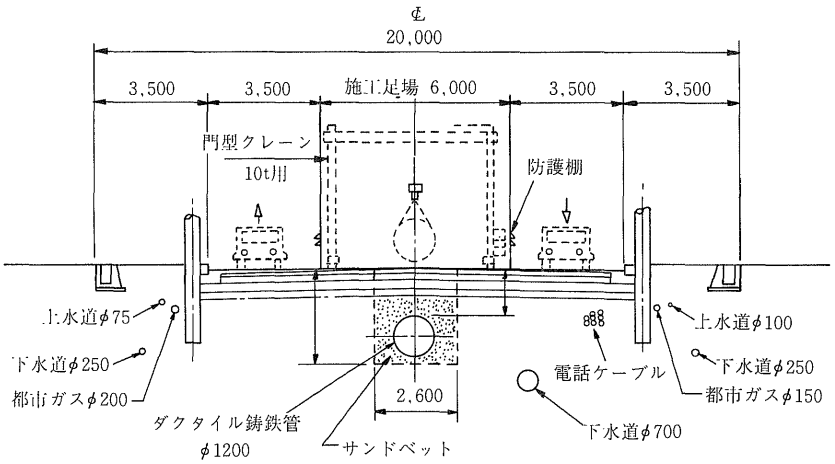
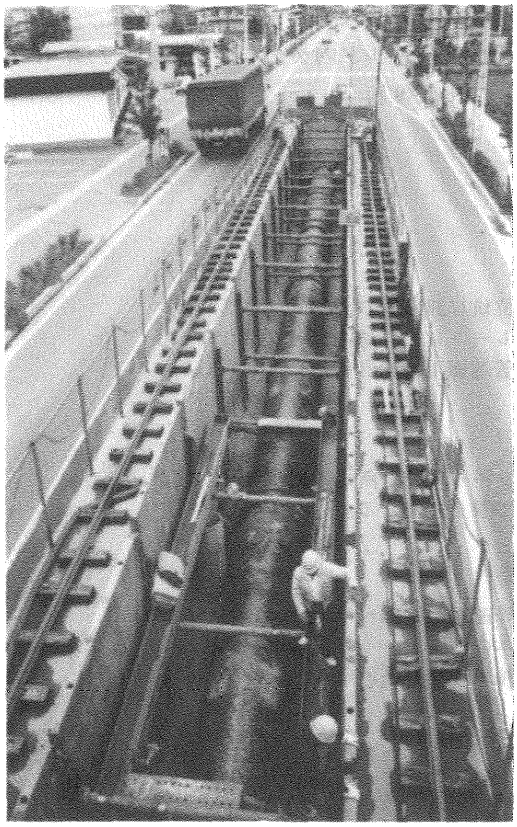


写真１



3．シールド工法について

(1)　工事の概要

当工事は、山形市美畑町地内に位置し、国道348号線に沿って国鉄奥羽本線と交差する場所にある。

シールド通過箇所の土質は、シールド機頂部で砂質シルト層、シールド底部付近では砂礫層が堆積しており、礫径200～300㎜程度の礫が混入している。

また、全体として地質が扇状地堆積物としての砂礫層が主なため、地下水位もＧＬ－1.5m程度と高い。

以上のような土質状態の中を交通量の大変多い国道下、鉄道下を通過するため、地盤沈下を最小限に抑えなければならない。

したがって、このような条件下で安全かつ経済的に優れたシールド工法として泥土加圧式シールド工法を選定した。

- シールド延長……Ｌ＝440m
- セグメント延長……Ｌ＝441m
- セグメント内径……φ1844㎜
- 管敷設工……φ1200㎜Ｕ形ダクタイル管（５種管）Ｌ＝440m
- エアーモルタル充てん工……Ｌ＝440m

図９　シールド内ダクタイル管敷設標準断面図

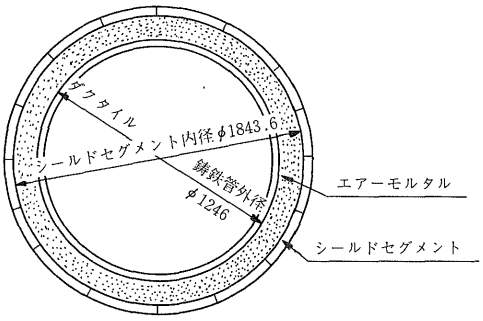
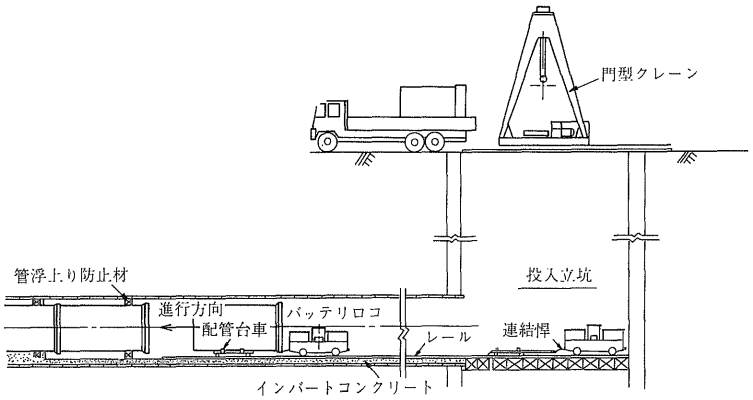


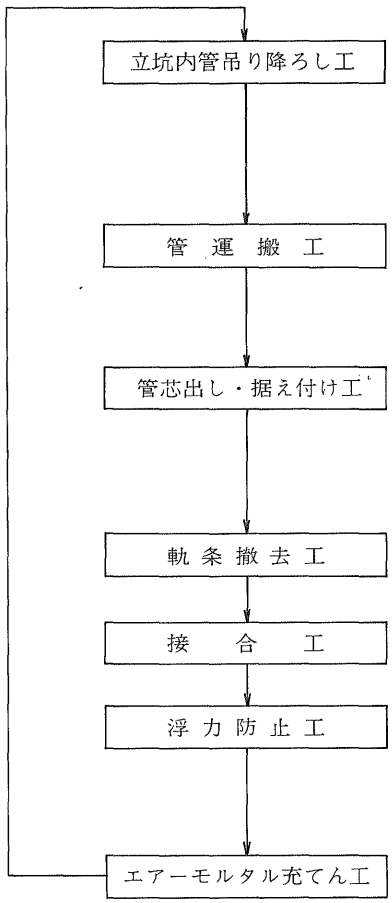
図８　シールド内配管レイアウト図



・地盤改良工……立坑部において、砂礫層への不透水化および安定化を目的として薬液注入工法（無機溶液型水ガラス系の瞬結タイプを二重管ロッド２ショット方式）で施工した。

・薬液注入量 V＝114,440ℓ

(2)　シールド内ダクタイル管配管手順（図８、９）



● 立坑に設置された５トン吊り門型クレーンにて立坑内に管を吊り降ろし管運搬用特殊台車にセットする。

● シールド内の所定の据え付け位置まで管を運搬する。

● 管運搬用特殊台車にセットされた４本の油圧ジャッキを操作し、芯出し後、管を据え付ける。

● 管の接合を行う。

● エアーモルタル打設時に作用する浮き上がり防止のため、管浮力防止材を取り付ける。

● 管を固定させるためにエアーモルタルを充てんする。
● １スパン24mごとに打設した。

以上の作業手順を繰り返し配管した。

４．推進工法について

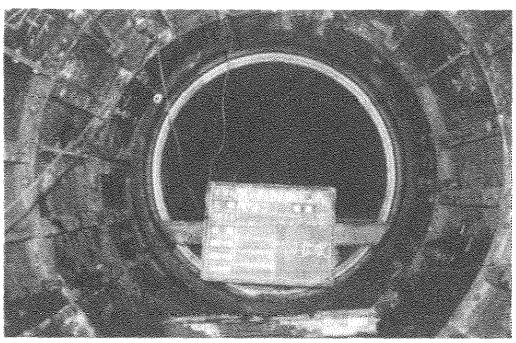
(1)　地質概要および施工計画

本地域は、馬見ケ崎川の流域であることから砂礫、玉石、転石が不整で沖積層を形成している地域である。

地下水位はＧＬ－2.00m前後にあり、管埋設予定より高い位置にある。

したがって、推進工法を行う場合、立坑は鋼矢板の打ち込みが不可能であり、ライ

写真２

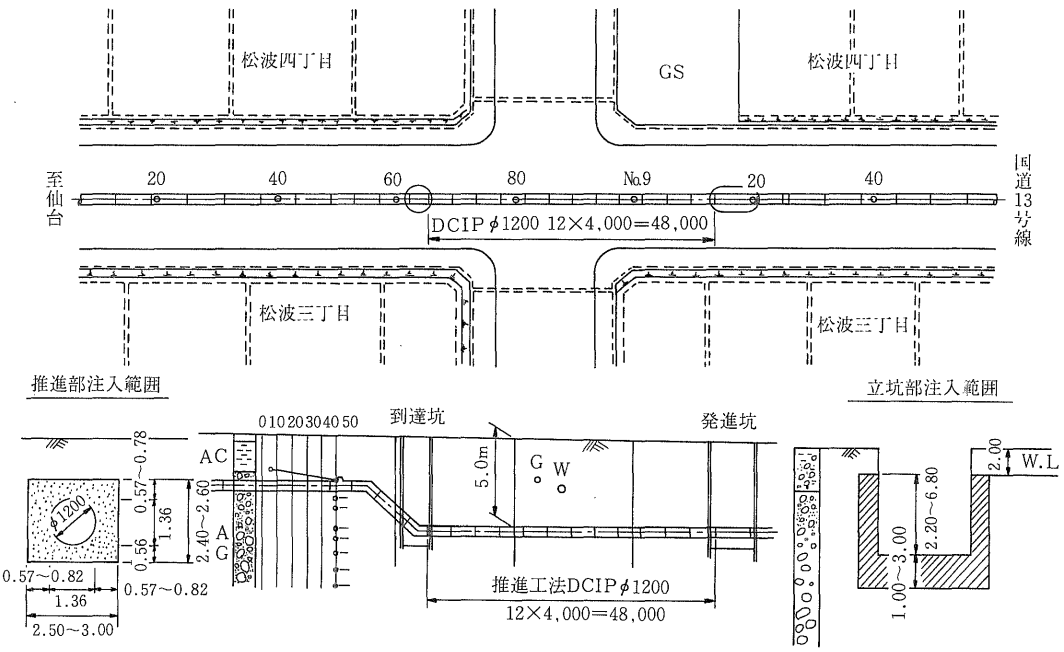


ナープレート小判型で計画した。

管体の推進にあたり、地山の崩壊と地下水の止水対策が必要であり、補助工法として全断面に薬液注入を行って対処することとした。

(2) 推進工法の施工結果の参考例(図10)

図10　推進工一般縦平面図



① 工事内容

- 推進管…呼び径1200mm推進工法用ダクタイル管
- 推進延長…ℓ＝48m
- 補助工法…薬液注入工法で対処し、水ガラス系を使用した。(２重管ロッド瞬結工法)
- 使用機械…元押しジャッキ100トン、400ストローク４基、1,200ストラット、橋型定置式クレーン(５トン)
- 土質…全体が礫層で、大きさ200～500mmの玉石が主で、時折り1,000mm前後の転石が現われた。

② 施工結果と考察

推進工は、切羽において玉石の取り除き作業が主となり、管内掘削と同時に元押しジャッキ（100トン400ストローク４基）で管を押し込み、切羽の崩壊を防止した。また、時折り1,000mm程度の転石が出るため、切羽で削岩機を用いて破砕し管内トロ車にて搬出した。

転石、玉石があるため掘削面が平坦でないので、管の偏位に細心の注意を払って推進した。

地下水が高く礫層ではあったが、薬液注入効果も十分であり、湧水、地山の崩壊もなく、かつダクタイル管の継手部の施工性を十分に生かすことにより、短い工期で推進することができた。

推進精度は、許容誤差内であって、蛇行は小さく路面および他の地下埋設物に障害は起こらなかった。

推進力および管の施工誤差は図11の通りである。(写真３)

図11　推進工施工管理図

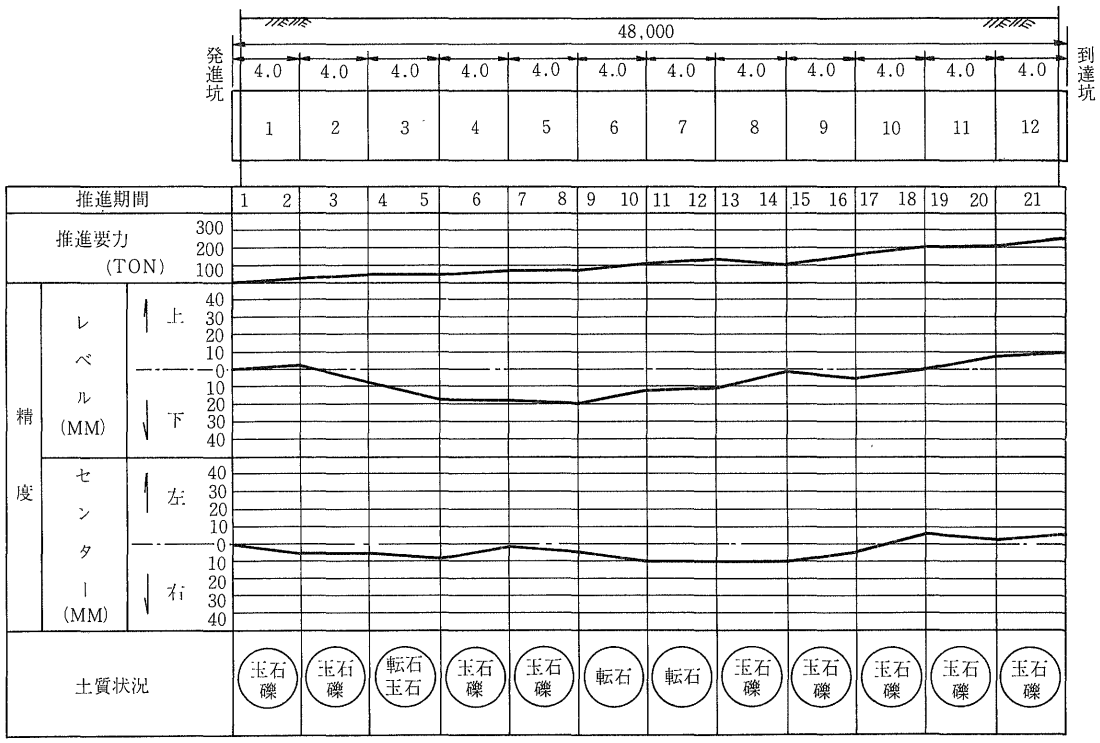
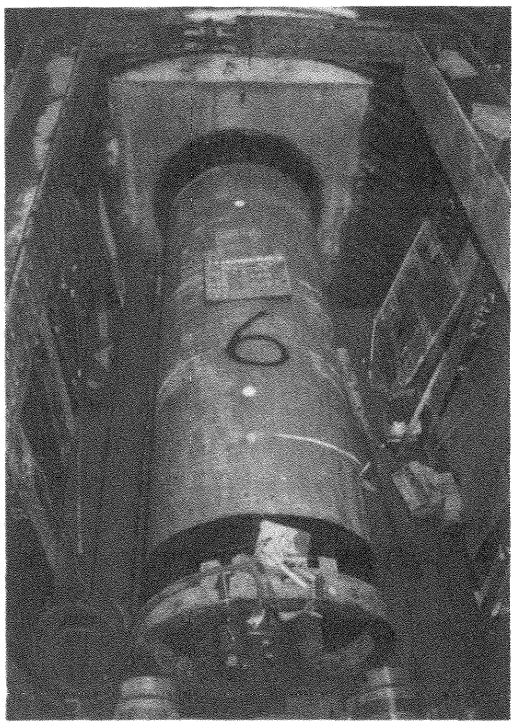


写真３



６．あとがき

以上、市街地を通過する農業用パイプラインの工事概要について述べたが、過日行われた各種テスト結果からみて、ダクタイル管を採用したことは適切な選定であったといえる。

約１週間を費して行った充水および漏水テストでは、パイプラインの止水度は完全に近いものであった。

引き続き通水および実機テストを行い、昭和61年春のかんがいに向け万全を期しているところである。

なお、国営最上川中流農業水利事業は、昭和61年度で完了することとなるが、本導水路の機能が十分発揮され、また、発電事業の適切な運営により、土地改良施設の維持管理費軽減など農業経営の向上に寄与することを願うものである。

（筆者　石谷津一工務官は、本年４月１日付で東北農政局村山北部農業水利事業所に異動された）

技術レポート ③

河川横断部における推進工法用ダクタイル管の採用について

明石市下水道部建設課設計係主査
宮本　武

1．はじめに

明石市では「海峡公園都市」の実現をめざして、自然と調和した潤いと安らぎのある都市環境づくりのため、さまざまな施策に積極的に取り組んでいる。とりわけ本市の下水道の歴史は古く、明治42年に事業の調査に着手し、同44年に下水道築造認可を受け、大正元年から３年に実施した第１期事業がそのはじまりである。

昭和７年から11年までの第２期拡張工事の完了により、第１期事業と合わせて約230haが整備済となった。

戦争による中断の後、昭和28年から33年までの第３期拡張工事では、林地区約21haが整備された。

昭和34年から開始された第４期拡張工事では、管きょ網の整備とともに処理場の建設に着手し、昭和46年６月に船上処理場が簡易処理を開始し、その後昭和47年11月からは高級処理を開始して、終末処理場を伴う本格的な公共下水道としての体制を整えることになった。

昭和47年度に下水道使用料、昭和48年度に受益者負担金の賦課徴収をそれぞれ開始し、市民にも応分の負担を求めながら市の最重点施策のひとつとし、整備事業を進めているところである。

当該工事の施工区域は二見処理区に属しており、二見処理区では周辺地区の浸水対策と汚水の圧送のための西岡ポンプ場が昭和52年９月から稼働した。また、昭和56年４月には二見処理場の第１期工事が完成し、おおむね瀬戸川以西、山陽電鉄以南の地域について処理を開始している。(図１に明石市公共下水道整備計画を示す)

今回の工事は、瀬戸川左岸区域の下水道整備を目的とした幹線管きょの敷設工事であり河川横断部(河川区域)にダクタイル管を採用

図１　明石市公共下水道整備計画図（昭和60年４月現在）

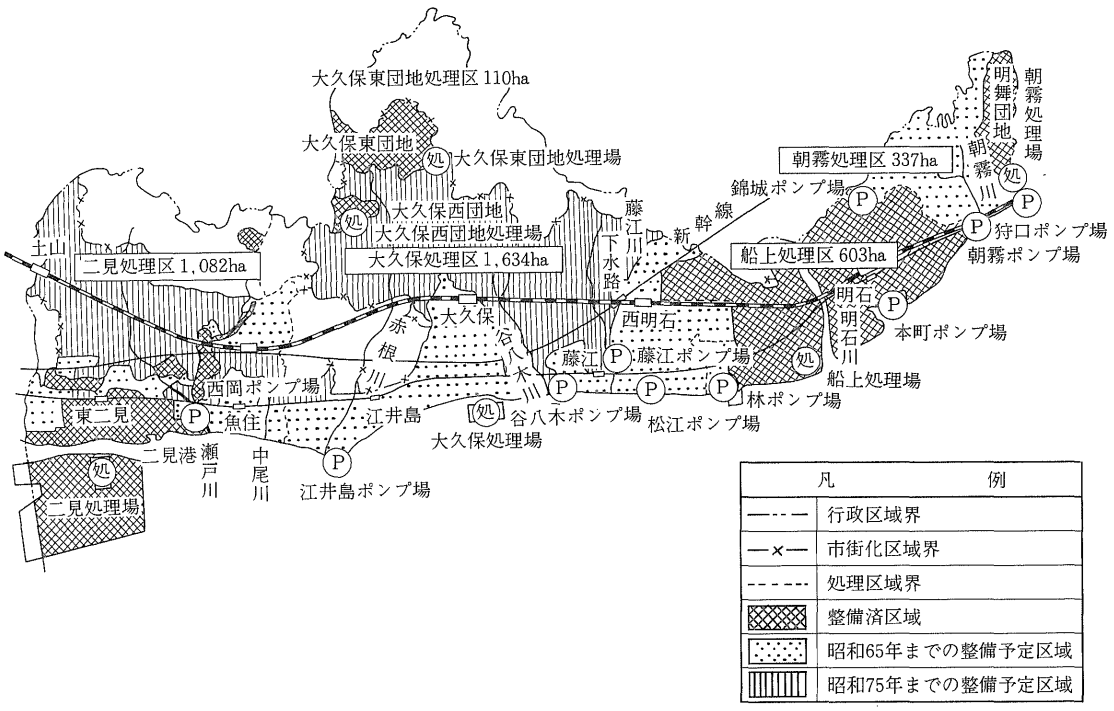
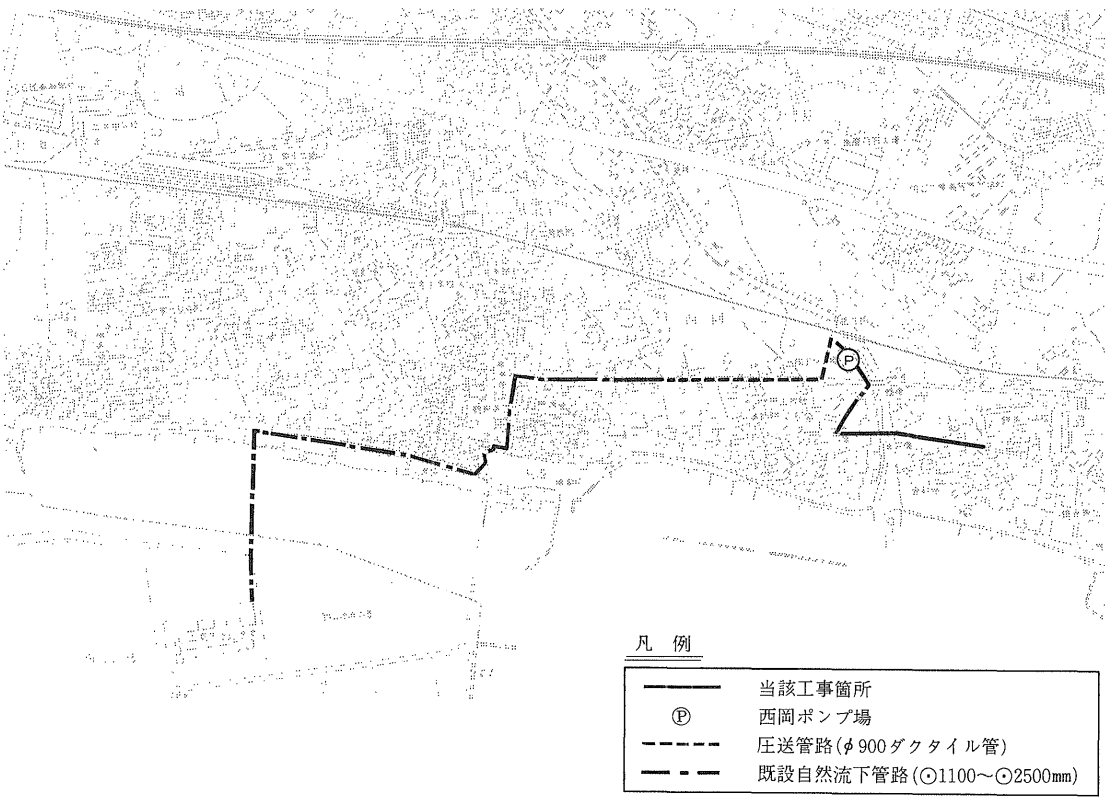


図２　位置図



したので、その理由および施工性について報告するものである。

2．河川横断管路の概要

1．管路の役割

瀬戸川左岸区域の汚水および播磨灘の潮位、河川の計画水位の関係上、一部強制排水を余儀なくされる地区の雨水を、自然流下で河川下を横断し西岡ポンプ場へ流下せしめる管路である。

西岡ポンプ場へ流入した汚水は、国道250号線に沿ってポンプ圧送し、その後は自然流下で二見処理場へ、また、雨水については西岡ポンプ場から公共水域の瀬戸川へ放流するものである。

2．推進工事区間（推進工法用ダクタイル管を使用）

写真１　推進工法用ダクタイル管により横断した河川（瀬戸川）

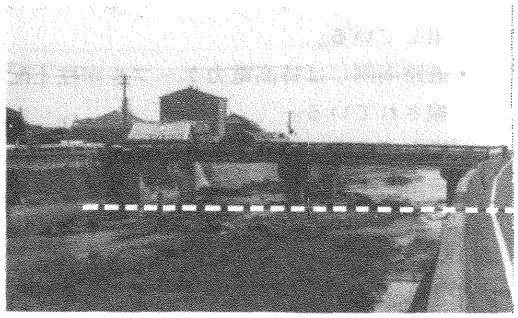
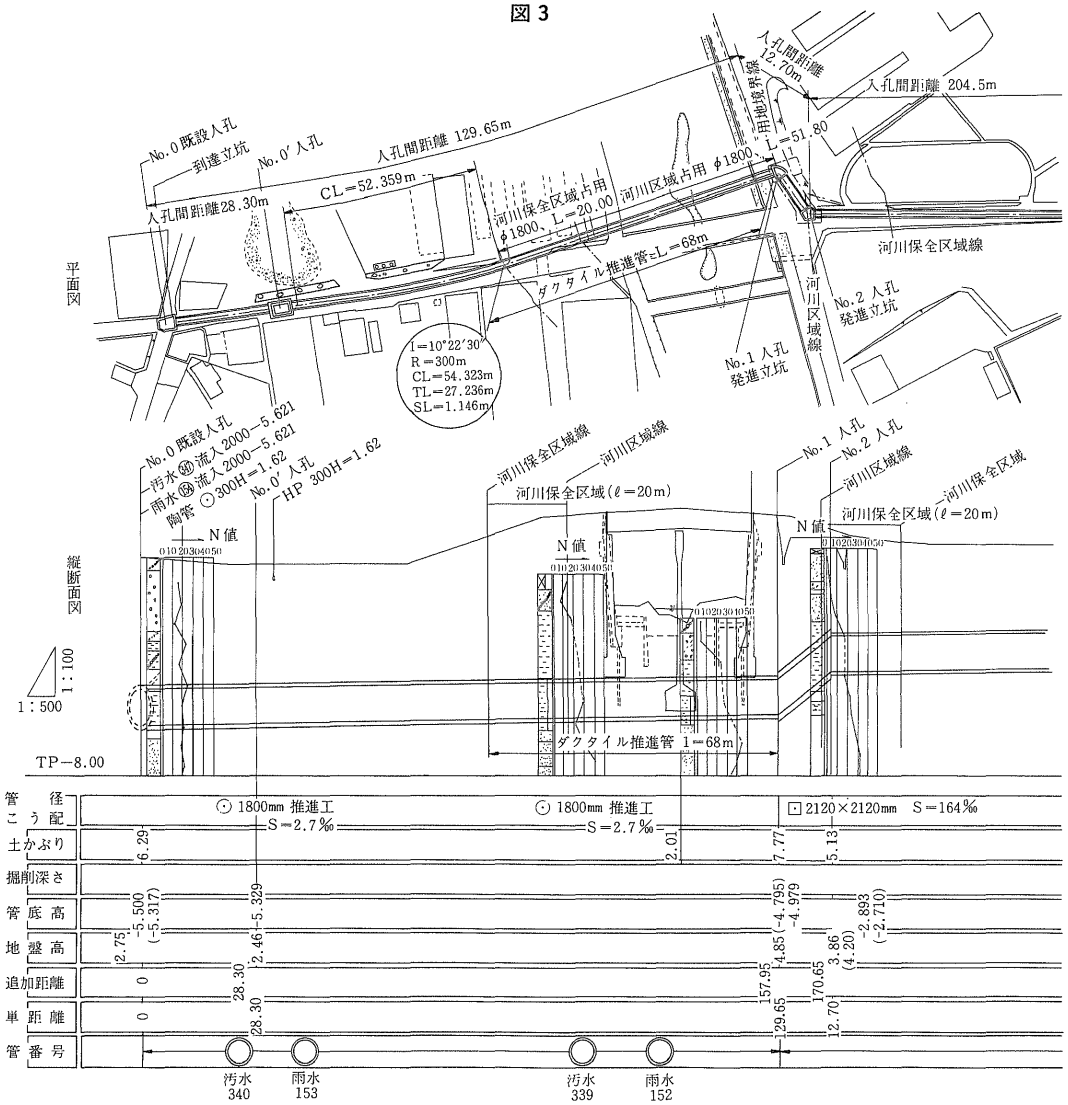


図３



3．管路設置条件

(1) 地上の制約

- 道路幅員は3.5～4.0mと狭く、地域の重要な生活道路であり、また、工事への唯一の進入路となっている。
- 道路沿線に酒造会社があり、地下水を利用している。
- 道路南側には特高電力ケーブルが柱上配線されている。
- 橋台、橋脚が障害となり、管路の方線は河川の上流側にとらなければならない。
- 錦浦小学校区の指定通学路となっている。
- 河口付近ではノリの養殖を行っている。

(2) 地下の条件

- 管路縦断部は洪積粘土層である。（N値20～30）
- 洪積粘土層の下は洪積砂層があり、その透水係数は$K=3\sim9\times10^{-2}$cm/秒である。また、粘土下端から＋2.0～3.0mの被圧水頭を持っている。
- 下流既設管のレベルより住吉橋の橋台橋脚が障害となり、直下は推進できない。
- 両岸とも護岸底部には止水矢板が設置されており、管路計画レベルでは管径の½までが障害となる。
- 河床部において、現地盤で土かぶりが2.5m(計画河床より2.0m)と浅い管路である。

4．管断面の決定

汚水および雨水を各々単独で自然流下方式により施工することは、前項の管路設置条件から不可能であるために同一管路の複断面形式を検討した。

管断面は雨水の占める割合が大きいため、なるべく汚水管径を小さくすることを考え、汚水管の管材は硬質塩化ビニル管を採用した。

外管については表１～２に示す計画流量、流量計算結果から呼び径1800mmを採用した。

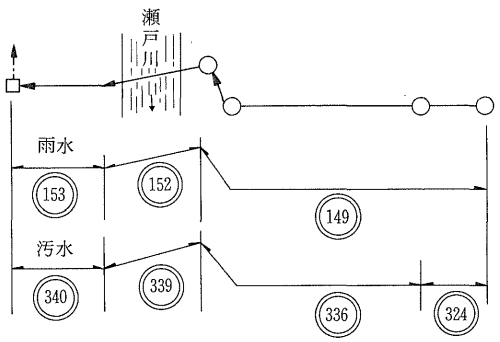
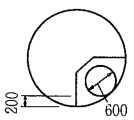
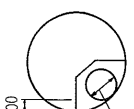


表１　流量および断面の関係(汚水・雨水の同一複断面の場合)

		管番号	計画流量 (㎥/s)	断　面	こう配 (‰)	断面能力 (㎥/s)	余裕率 (%)
雨水	認可計画	⑭⑨	2.263	⊙ 1500	1.3	2.607	15
		⑮②	2.597	⊙ 1500	2.1	3.319	28
		⑮③	3.051	⊙ 1650	2.1	4.279	40
	実施計画	⑭⑨	2.659	◠ 1800	2.5	3.100	17
		⑮②	2.659	◠ 1800	2.7	3.223	17
		⑮③	3.069	◠ 1800	2.7	3.223	5
汚水	認可計画	③②④	0.208	⊙ 700	1.9	0.406	95
		③③⑥	0.245	⊙ 700	1.9	0.406	66
		③③⑨	0.247	⊙ 700	1.9	0.406	64
		③④⓪	0.358	⊙ 800	1.7	0.551	54
	実施計画	③②④	0.211	⊙ V□ 600	2.5	0.420	99
		③③⑥	0.247	⊙ V□ 600	2.5	0.420	70
		③③⑨	0.247	⊙ V□ 600	2.7	0.437	77
		③④⓪	0.247	⊙ V□ 600	2.7	0.437	77

表2　同一複断面としたときの流量計算結果

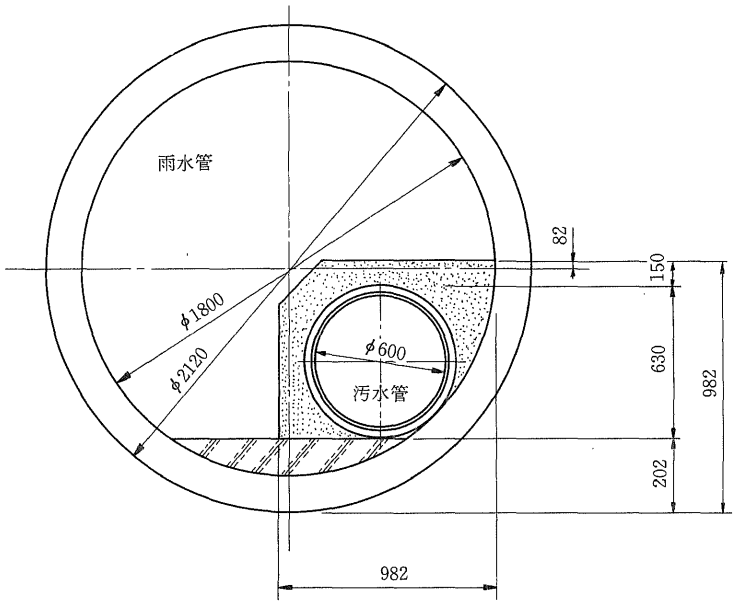
粗度係数 { 塩化ビニル管 n＝0.010
モルタルライニング管(ダクタイル管)
およびヒューム管 n＝0.013

仕上り内径 (mm)	形状	管番号	雨水 こう配 1.9‰ V m/s	雨水 こう配 1.9‰ Q m³/s	雨水 こう配 1.9‰ 余裕率(%)	雨水 こう配 2.5‰ V m/s	雨水 こう配 2.5‰ Q m³/s	雨水 こう配 2.5‰ 余裕率(%)	雨水 こう配 2.7‰ V m/s	雨水 こう配 2.7‰ Q m³/s	雨水 こう配 2.7‰ 余裕率(%)	汚水 こう配 2.5‰ V m/s	汚水 こう配 2.5‰ Q m³/s	汚水 こう配 2.5‰ 余裕率(%)	汚水 こう配 2.7‰ V m/s	汚水 こう配 2.7‰ Q m³/s	汚水 こう配 2.7‰ 余裕率(%)
1650		雨水 ⑭⑨ 汚水 ㉝⑥	1.46	1.916	不足	1.67	2.200	不足	1.74	2.287	不足	1.49	0.420	71			
		雨水 ⑮② 汚水 ㉝⑨	1.46	1.916	不足	1.67	2.200	不足	1.74	2.287	不足				1.55	0.437	78
		雨水 ⑮③ 汚水 ㉞⓪	1.46	1.916	不足	1.67	2.200	不足	1.74	2.287	不足				1.55	0.437	77
1800		雨水 ⑭⑨ 汚水 ㉝⑥	1.56	2.700	2	1.79	3.100	17	1.86	3.223	21	1.49	0.420	71			
		雨水 ⑮② 汚水 ㉝⑨	1.56	2.700	2	1.79	3.100	17	1.86	3.223	21				1.55	0.437	78
		雨水 ⑮③ 汚水 ㉞⓪	1.56	2.700	不足	1.79	3.100	1	1.86	3.223	5				1.55	0.437	77
2000		雨水 ⑭⑨ 汚水 ㉝⑥	1.68	3.933	48	1.88	4.410	66	1.96	4.585	72	1.49	0.420	71			
		雨水 ⑮② 汚水 ㉝⑨	1.68	3.933	48	1.88	4.410	66	1.96	4.585	72				1.55	0.437	78
		雨水 ⑮③ 汚水 ㉞⓪	1.68	3.933	28	1.88	4.410	44	1.96	4.585	49				1.55	0.437	77

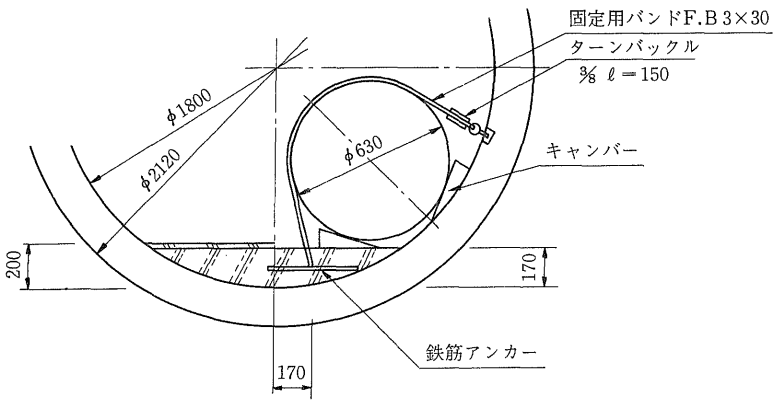
雨水計画流量			汚水計画流量		
管番号	⑭⑨	2.659m³/s	管番号	㉝⑥	0.245m³/s
〃	⑮②	2.659 〃	〃	㉝⑦	0.245 〃
〃	⑮③	3.069 〃	〃	㉞⓪	0.247 〃

以上の結果より、
㊐ 1,800mm、こう配 I＝2.5‰と
I＝2.7‰とする。

5．複断面の形状



6．汚水管据付図



3．推進工事の概要

(イ) 工事名称：二見第4号汚水および瀬戸第5号雨水幹線管きょ敷設工事

(ロ) 工事場所：明石市魚住町西岡字浜各地内

(ハ) 呼び径：1800㎜

(ニ) 延　長：400.0m

(ホ) 流下方式：自然流下

(ヘ) 完成工期：昭和61年6月30日

4．河川横断部でのダクタイル管の採用

当該工区でもっとも重要な位置を占める河川横断推進管は、

(イ) 管材料の強度が高く、継手の止水性が優れていること。

(ロ) 推進の元押し側となるため、大きな推力に耐えるものであること。

(ハ) 腐食に強く、地盤変動(不等沈下)に対応できる管材であることが要求される。これらの条件をほぼ満足する管材として、今回は最終的にコンクリート推進管と推進工法用ダクタイル管の組み合わせによる推進工法を採用した。

その管路のうち河川横断部分68mに推進工法用ダクタイル管（管長４m、17本）を採用することにした。

この推進工法用ダクタイル管の特長は下記の通りである。

(イ) 許容抵抗力が大きいので長距離推進に使用できる。

(ロ) 管体強度が高く、外圧に対して十分な強度を有している。

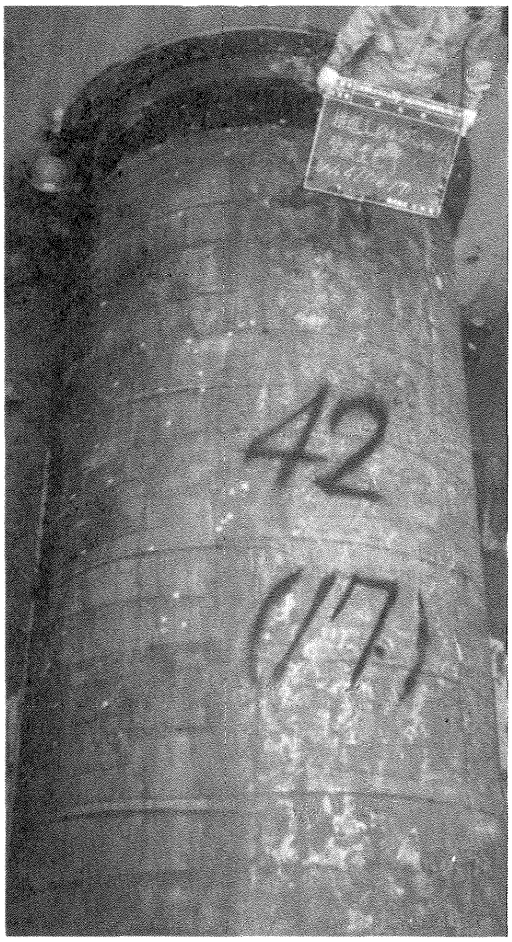
(ハ) 継手の水密性が高く、漏水または地下水侵入の恐れがない。

(ニ) 永久構造物として耐久性や耐食性に優れた実績が示されている。

(ホ) 各継手部が曲げ性能を持つので方向修正ができる。

(ヘ) 地盤変動（不等沈下）に対応できる構造である。

写真２　推進工法用ダクタイル管全景



5．推進工法用ダクタイル管の形状

長距離推進の先行管である呼び径1800mmコンクリート推進管外径は、(D＋２T)＝2,120mmである一方、推進工法用ダクタイル管の規格外径寸法はD_5＝1,990mmでコンクリート推進管外径より小さくなっている。そこで推進工法用ダクタイル管の外装寸法をD_5'＝2,120mmに製作し、コンクリート推進管外径と同一寸法にした。

コンクリート推進管と推進工法用ダクタイル管の接続は、コンクリート推進管は埋め込みカラー形の形状となるため、推進工法用ダクタイル管先頭の挿し口部をその形状のものに製作した。２本目以降はU形推進工法用ダクタイル管継手による接合となる。

写真３　推進工法用ダクタイル管受口側

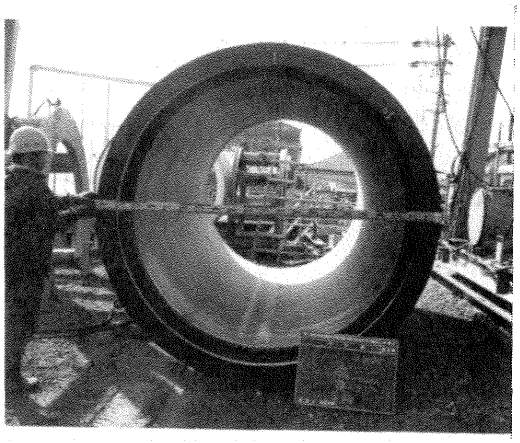


写真４　推進工法用ダクタイル管（先頭管）

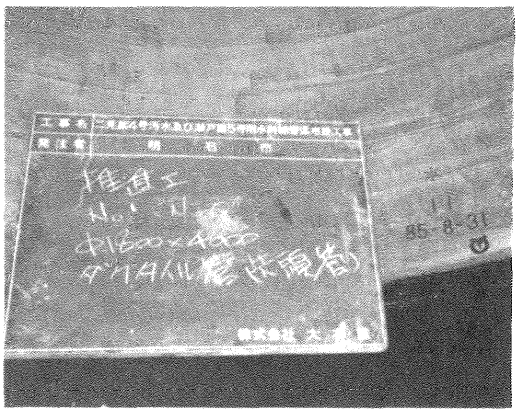
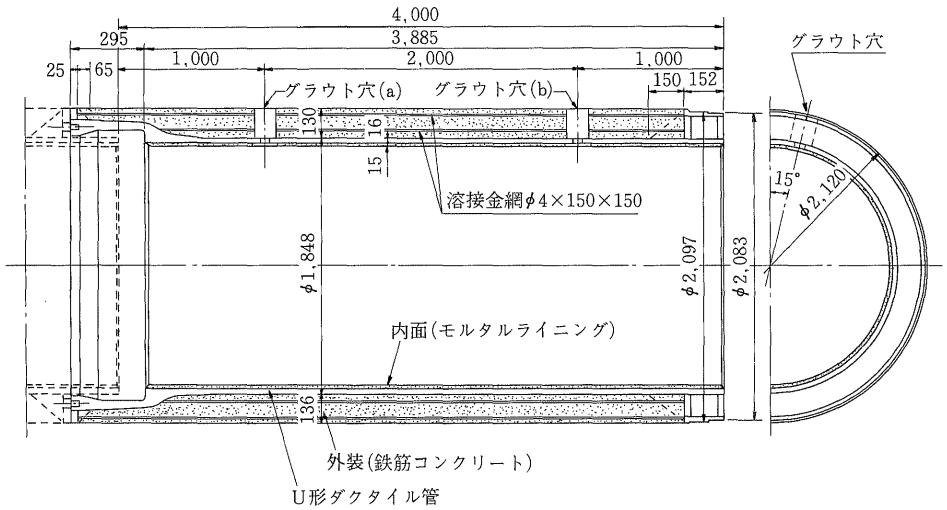


図４　推進工法用特殊Ｕ形ダクタイル管（先頭管）



6．推進工事・施工状況

長距離推進掘進機は、最近開発が進んで種種のものが使用され報告されている。

当工区においては、地質上および河川床下推進工事などを考慮して検討の結果、泥水加圧式推進工法を選定した。

現在、瀬戸川左岸発進立坑(No.1)から右岸(No.0′)立坑に向かって河川下を慎重に推進し貫通し終えたところである。

1．泥水加圧式推進工法

泥水加工システムは、セミシールド機の回転切削部の隔壁前部を泥水で満たし、カッターで掘削した土砂を攪拌装置で泥水流とし、パイプによってずい道外に搬送、坑外のプラントで土砂と泥水に分離する。この泥水は再びシールド切羽に流させ、泥水圧を加え、切羽の安全をはかりつつ掘削するシステムである。

図５　泥水加圧式推進工法概要図

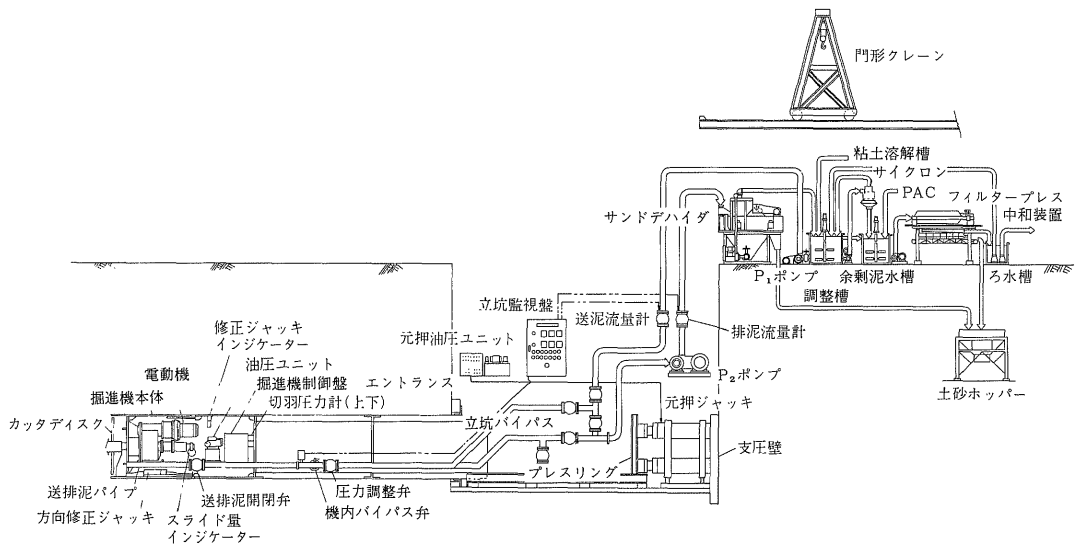


写真５　泥水式セミシールド掘進機(内部)

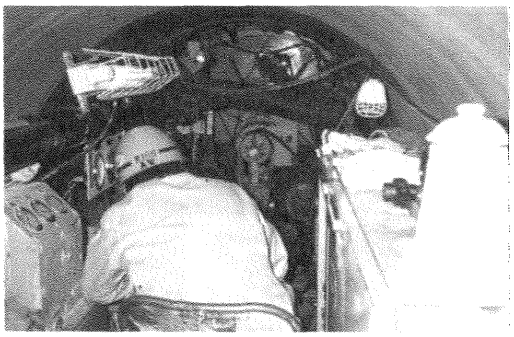


写真６　泥水処理設備

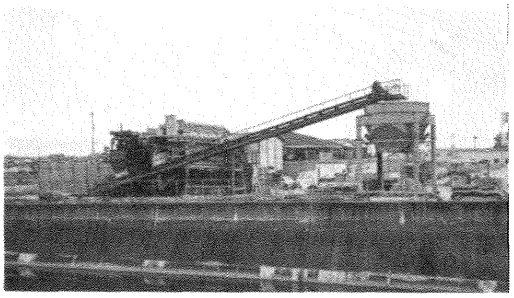


写真７　推進工法用ダクタイル管接合状況

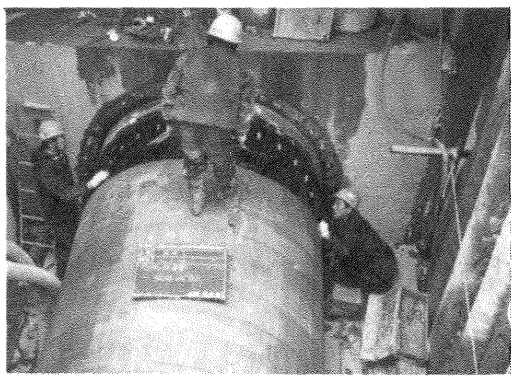


写真８　推進工法用ダクタイル管
継手部滑剤、塗布状況

写真９　推進工法用ダクタイル管
Ｕ形継手内面接合状況

写真10　推進管内面(発進側)

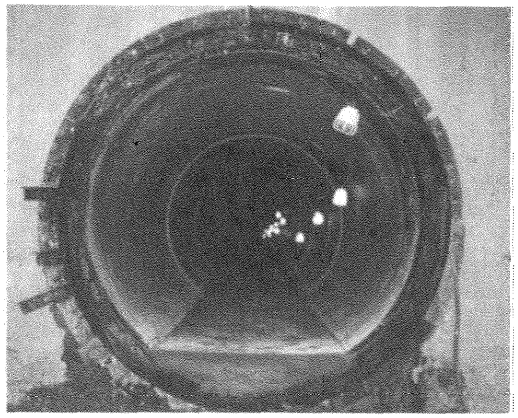
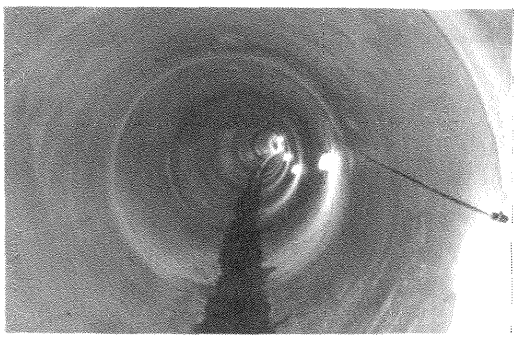


写真11　推進管内面



7．おわりに

本工事は現在施工中であり、後日機会があれば工事の実績報告ができれば幸いと思うとともに、実施設計に当たりご協力いただいた関係各位に感謝するものである。