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

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

ダクタイル鉄管第39号

昭和60年10月

技術レポート1

奈良県営水道 中央幹線送水ずい道の 計画と施工について

奈良県水道局業務課長
葛木　弘

1．はじめに

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

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

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

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

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

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

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

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

2．送水ずい道の概要

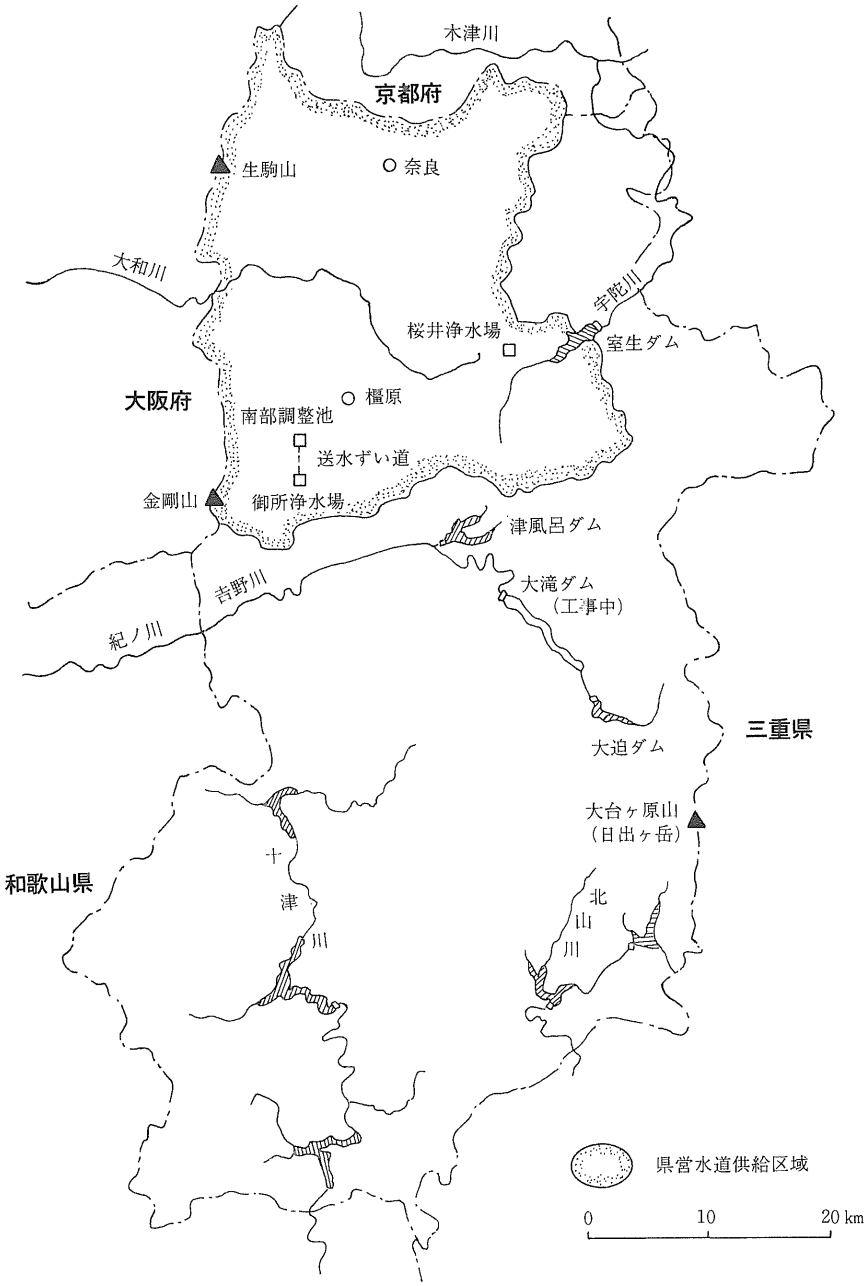
1．送水ずい道の役割

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

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

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

図1　位置図



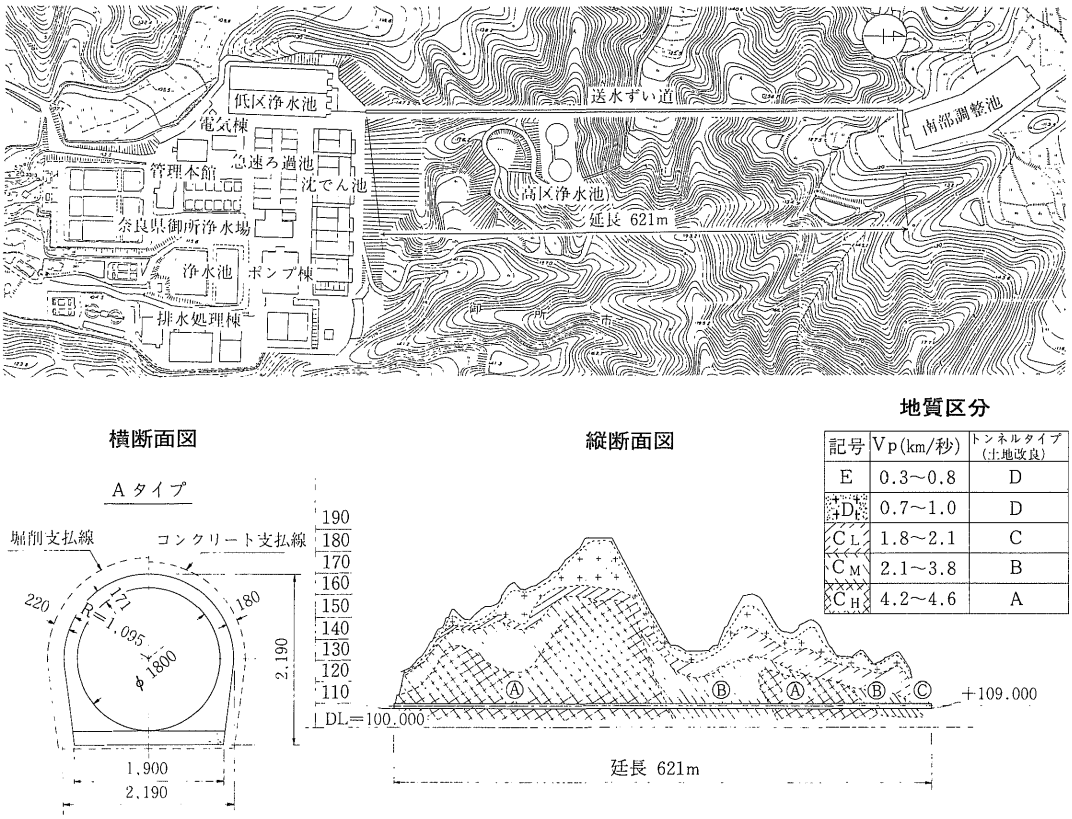
域が全体で27市町村あるうち、18市町村にも及び、また、計画日最大給水量約20万㎥を送水する主要幹線である。さらに本トンネルは浄水場からの最初の流出管にあたるので機能上も、きわめて重要な送水施設といえる。

2．地形および地質概要

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

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

図2　送水ずい道概要図



3．ずい道の基本計画

1．工法の選定

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

トンネル案は、

(1)地勢上、あるいは、地元からの制約・規制条件がより少ないこと。

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

(3)地質が比較的良質な岩盤で、地山の安定度が高いこと。

(4)工期が1カ年で完成できる見通しである

ので、施設拡張計画に適合すること。

(5)用地費、損失補償などがほとんど不要で建設費がむしろ割安となること。

2．基本事項

次に、トンネルの基本事項を示す。

(1)計画通水量　常時Q＝2.3㎥/秒
　　最大Q＝3.0㎥/秒

(2)トンネル径　D＝2.190m(R＝1.095m)

(3)トンネル延長　L＝621m

(4)トンネル土かぶり　H＝76～18m
　　(坑口部除く)

(5)トンネルこう配　レベル

(6)トンネル断面　底部水平馬蹄型

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

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

(8)トンネル掘削工法　山岳工法

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

図3　標準馬蹄型および底部水平断面型図

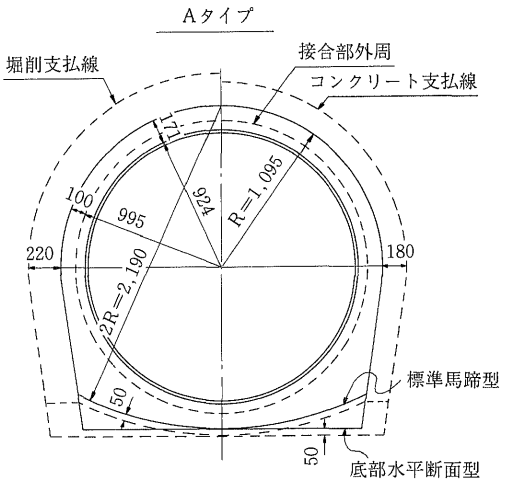


図4　底部水平幅の検討図

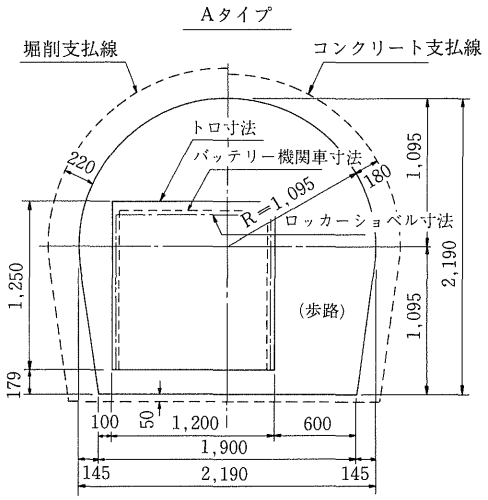
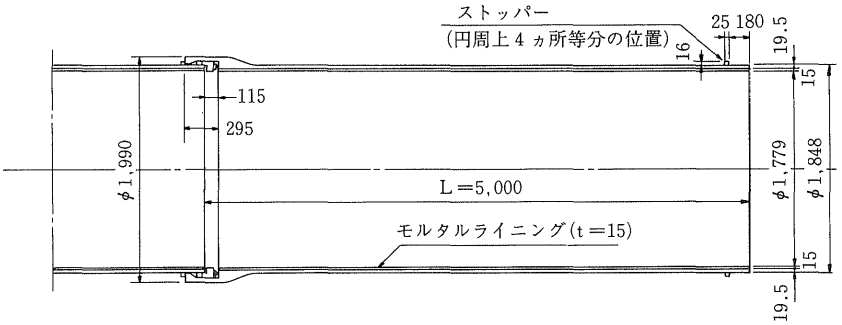


図5　U形ダクタイル鋳鉄管(4種管)詳細図
(JIS　G　5526－1982)



4．ずい道の施工計画

1．トンネル掘削

(1)作業時間

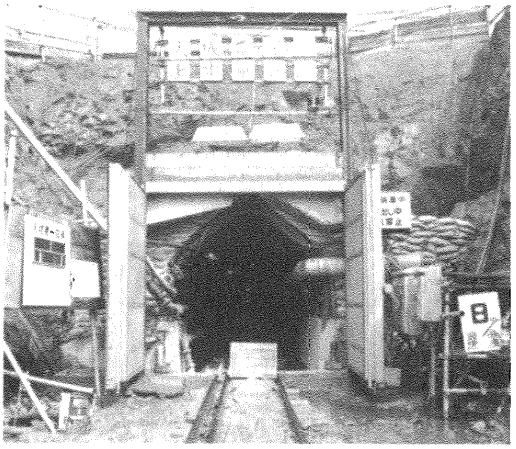
作業名	交代制
坑外作業	1日1方(昼)
坑内作業	1日2方(昼・夜)
覆工作業	1日1方(昼)

(2)掘削方式

掘削方式はトンネル規模(仕上がり径1.8m)から全断面掘削方式とする。

ここでは、トンネルの大部分を占めるA区分の例を次表に示す。

写真1　坑口(浄水場側)



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

写真2　切羽の地山

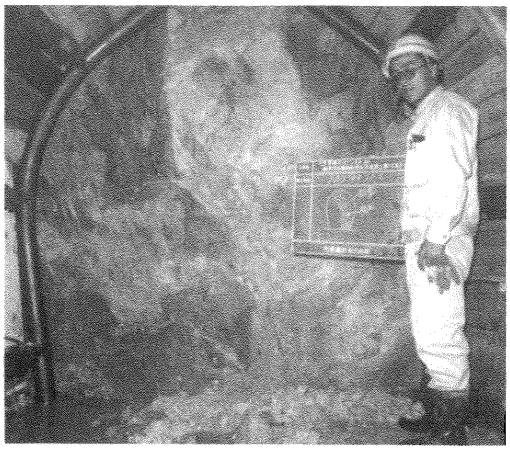


写真3　掘削A区分

(3)1発破当たり掘削標準サイクルタイム

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

写真４　掘削Ｂ区分

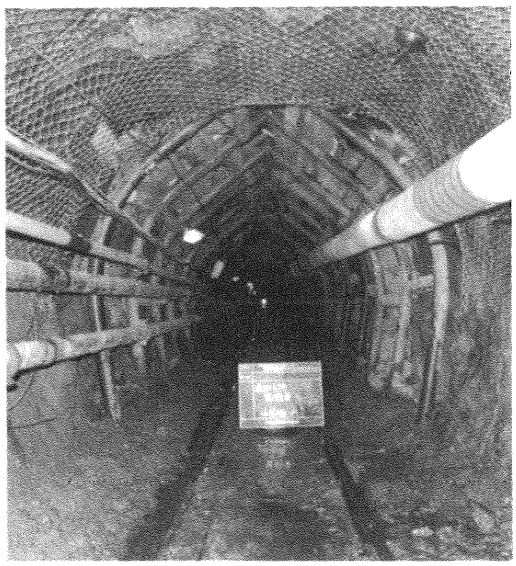
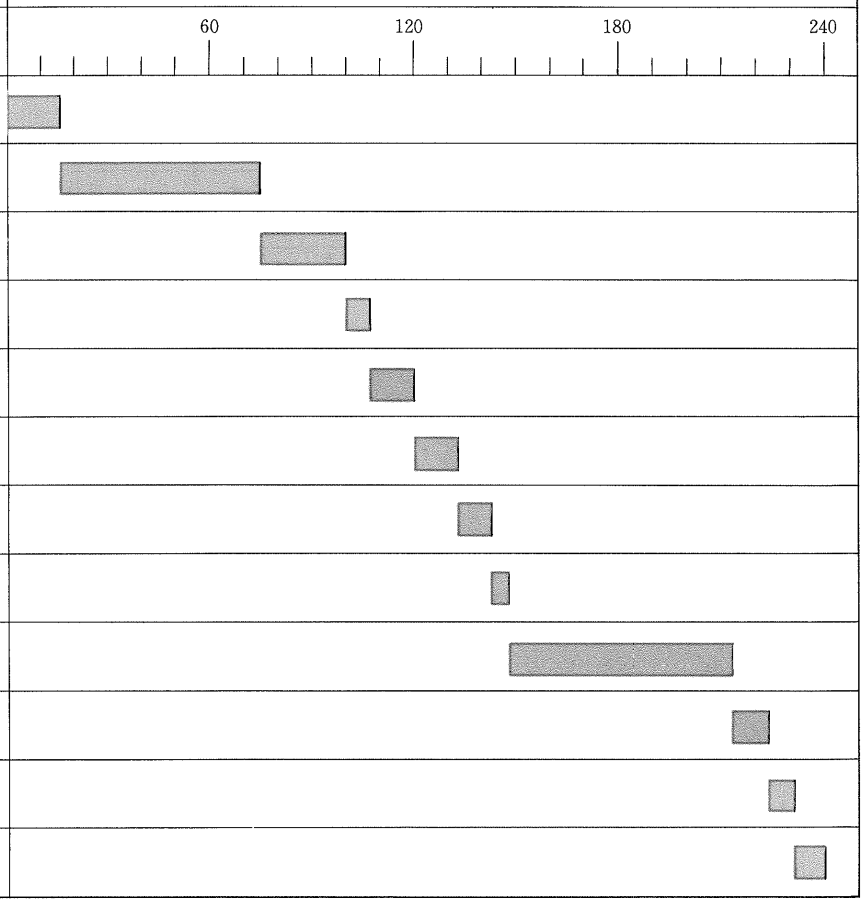


写真５　掘削Ｃ区分

表１　１発破当たり掘削標準サイクルタイム

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



2．日当たり掘進長

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

$$=\frac{600-20}{240}=2.4回$$

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

写真6　穿　孔

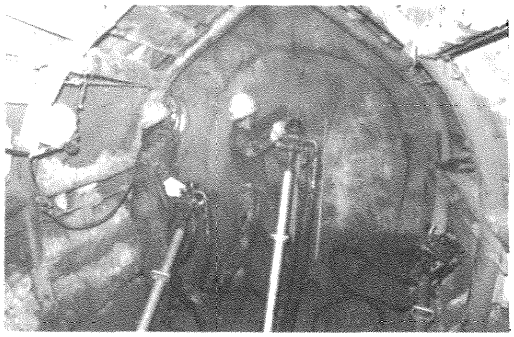
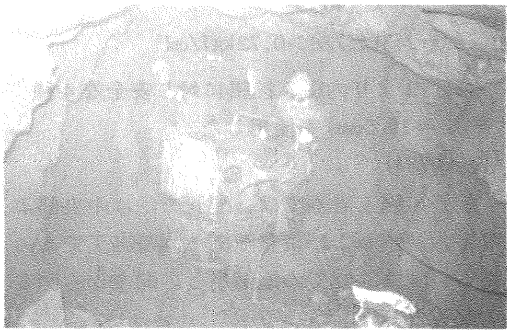


写真7　ズリ出し



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

3．覆　工

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

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

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

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

写真8　エアミルク注入プラント

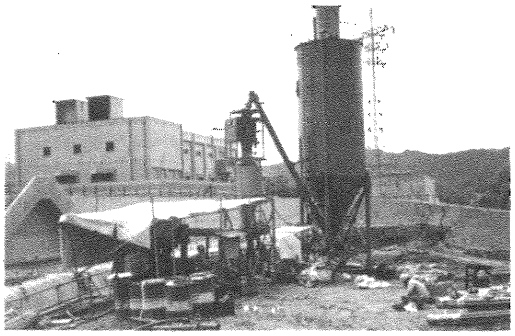


写真9　エアミルク注入配管

次に、エアミルク覆工には、エアミルクと

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

次に、エアミルクの一般的配合を示す。

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

5．トンネル内配管

1．管種選定

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

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

なお、管種は4種管とした。

2．管の安全性検討

設計条件は次の通りである。

呼び径D＝1800mm

半　径R＝ 900mm

内　圧P＝1.0kgf/cm²

外　圧P′＝0.72kgf/cm²（地圧：0.72kgf/cm²、エアミルク充てん圧：0.5 kgf/cm²）

管　厚T＝19.5mm（4種管）

正味管厚t＝15.73mm（公称管厚から鋳造公差と腐食代を差し引いたもの）

(1)内圧に対する安全性

内圧により発生する応力（σ_t）

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

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

σ_a＝ダクタイル鋳鉄管の許容引張応力

(2)挫屈に対する安全性

挫屈応力はBryanの式を用いる。

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

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

P_k＝挫屈圧力

m＝ポアソン数

E＝ダクタイル鋳鉄管の弾性係数

n＝凹みの数、2とする。

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

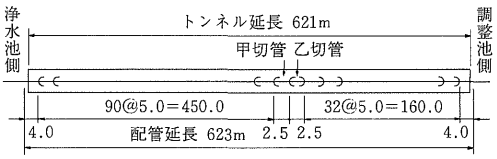
$$=2.3\text{kgf/cm}^2>0.72\text{kgf/cm}^2$$

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

3．管割り

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

図6　管割り図



4．管の運搬、据付け

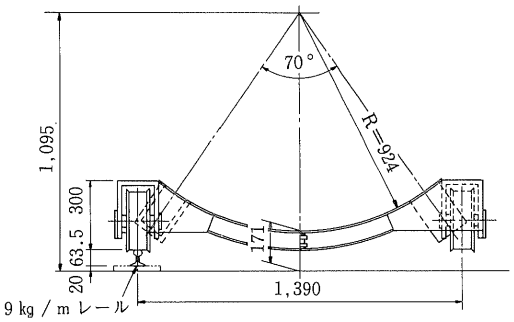
管運搬は軌条台車方式とするが、汎用芯出し台車を使用した場合、レールを敷き変え、台車を下げても、レール下面が241mm必要となり、設計ライニング厚171mmより70mm高くなる。

以上から、汎用芯出し台車を使用してトン

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

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

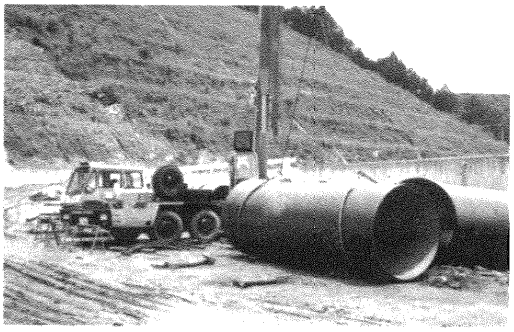
図７　呼び径1800㎜ダクタイル管トンネル内配管用台車図



〔施工手順〕

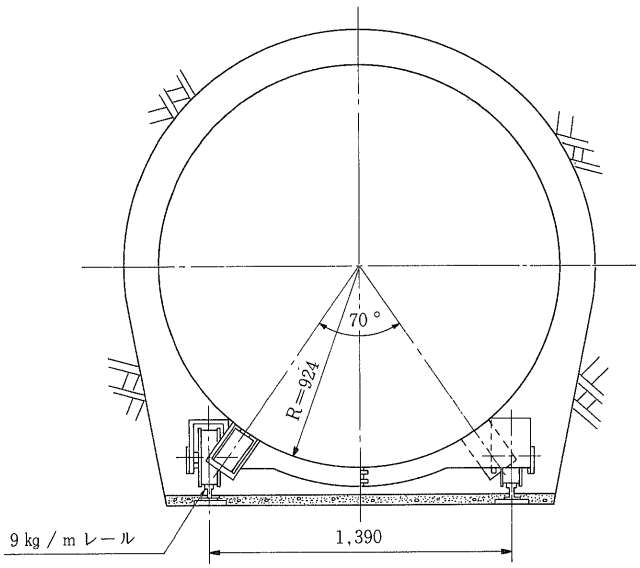
①管の搬入は、トラッククレーンにより坑口に吊り下ろす。(写真10)

写真10　クレーンによる管吊り込み



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

図８　管運搬



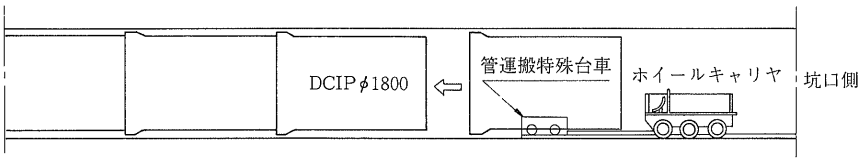


写真11　台車へ吊り下ろし

写真12　管運搬特殊台車

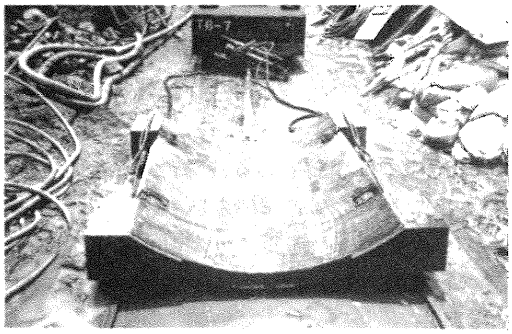
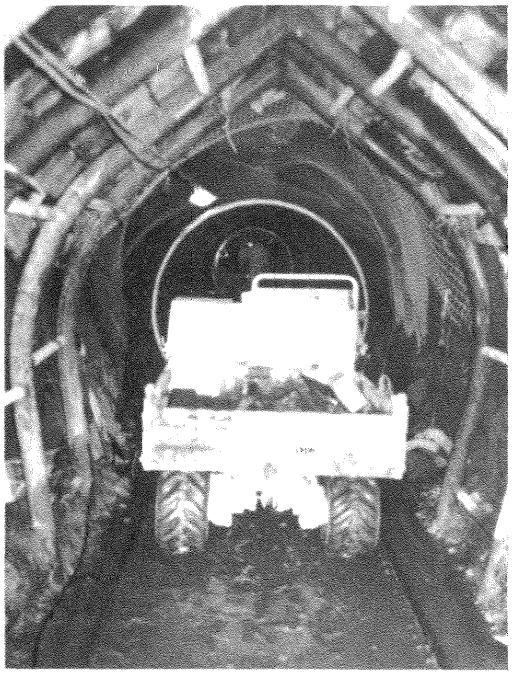
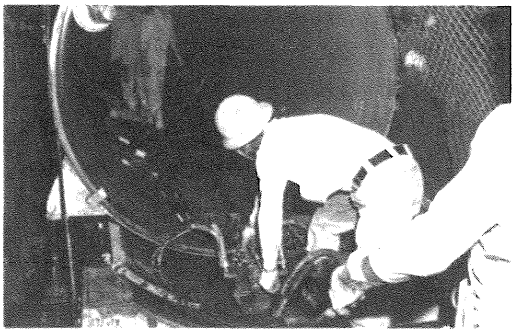


写真13　キャリヤー



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

写真14　管据付け



④挿し口外面、受口の内面およびゴム輪の全周を清掃し、滑剤を塗布する。

⑤けん引車を前進させ、受口を既設管挿し口に挿入する。

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

写真15　管受台

⑦2台の手動ジャッキにて微調整を行い、管を計画線に合わせる。

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

図９　管の固定

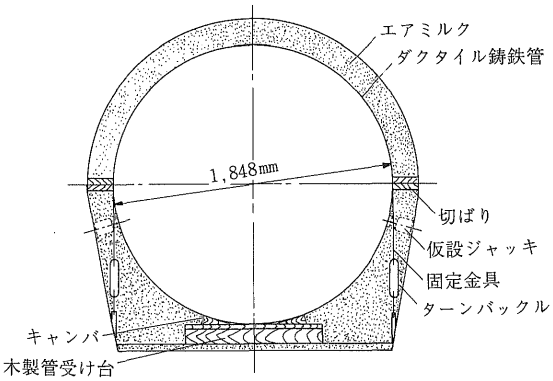
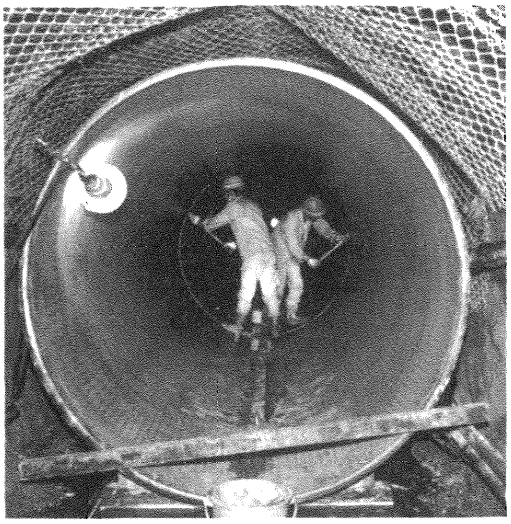


写真16　管の固定



⑨据付け完了後、通常の内面継手による管の接合を行う。(写真17)

5．エアミルクの充てん

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

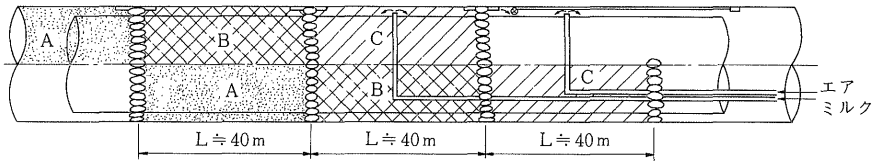
写真17　管の接合

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

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

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

図10　エアミルク充てん図



6．施工管理

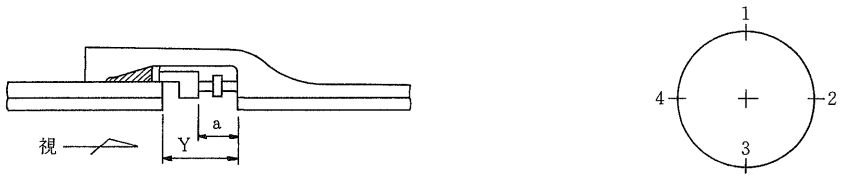
(1)継手の胴付間隔

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

表２　胴付間隔のチェック表

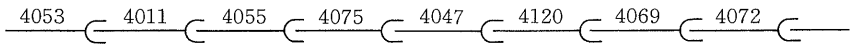
U形継手チェックシート

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



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

備考



施工日	施工		現場代理人	
年　月　日			点検員	

(2)水圧試験

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

(3)配管実施工程

１班当たりの配管実績は平均８本/日であり、当初予定の進捗が得られた。

①管布設１サイクルタイム

（表３）

②日工程表

（表４）

表3　管布設1サイクルタイム

1サイクルタイム

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

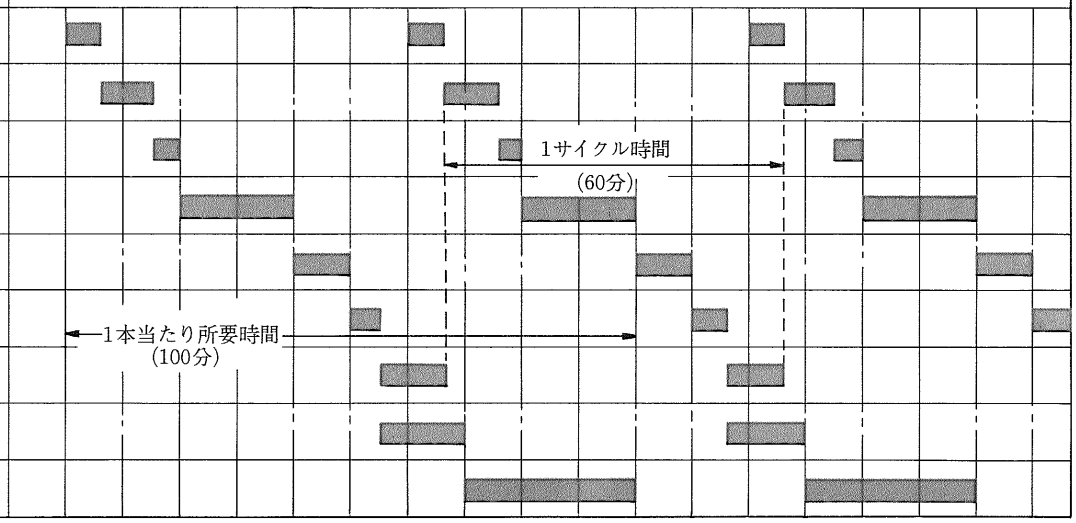


表4　日工程表

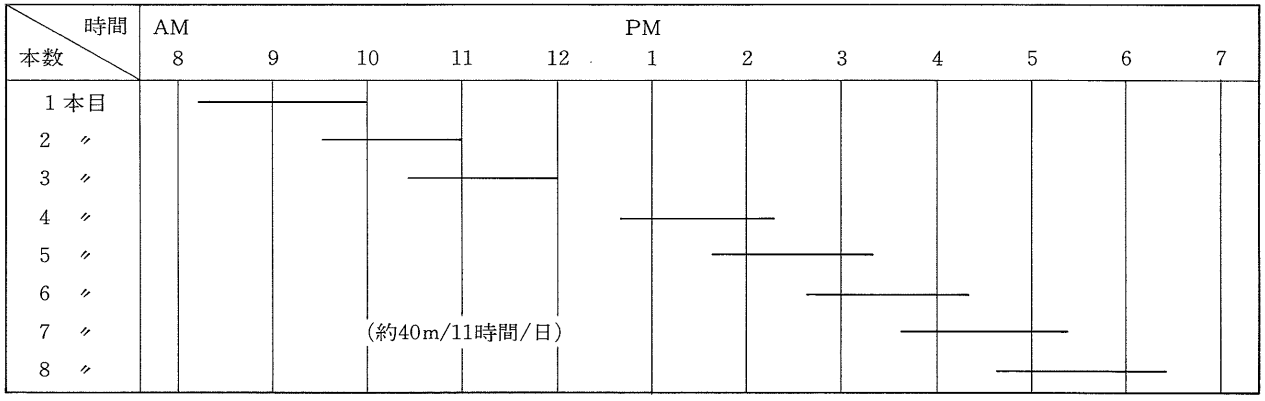


写真18　Y寸法チェック

写真19　水圧試験

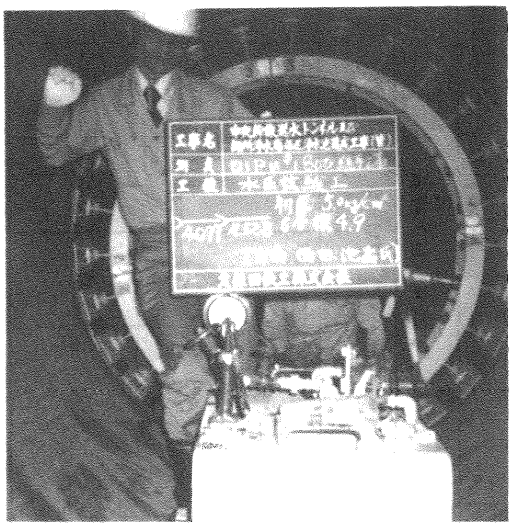


写真20　配管完成

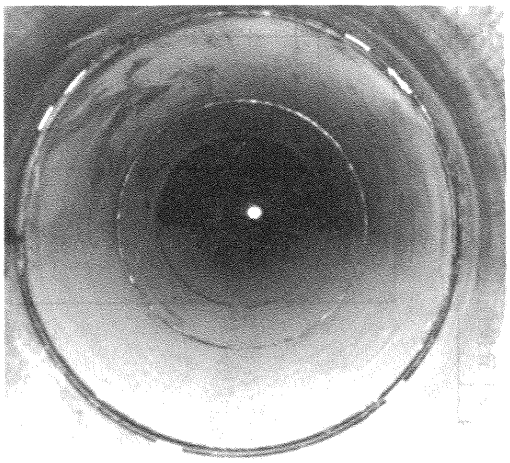


表5　水圧試験

5 kgf/cm² 5分間保持結果報告書

管種・口径　U形　1800mm　12カ所

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

6．おわりに

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

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

技術レポート2

呼び径400mm管による パイプ・イン・パイプ工法について

名古屋市水道局配水部南配水事務所
所　　長　高島　昇
工事係長　海老名　勲

1．はじめに

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

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

次に、本工事の状況を報告し参考に供したい。

2．本工法採用の理由について

本工法を採用した理由について次に述べる。

(1)交通量が非常に輻輳している。(写真1)

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

写真1

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

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

(5)経済性の面で敷設替え工法よりも本工法は優れている。

3．事前に調査、検討した事項

(1)既設管の状況

既設管は昭和29年製の呼び径500㎜高級鋳鉄管である。

管の仕様は、

管の種類：呼び径500㎜(普通圧管)

直 管 長：4ｍ

継手形式：印ろう継手

異形管は、継ぎ輪甲が1個あった。

(水平および垂直の曲管はなかった)

(2)交通量の調査

交通量の調査結果は表1の通りである。図1に現場付近の見取図を示す。

(3)作業時間帯および工事占用区域について

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

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

表1　交通量調査結果

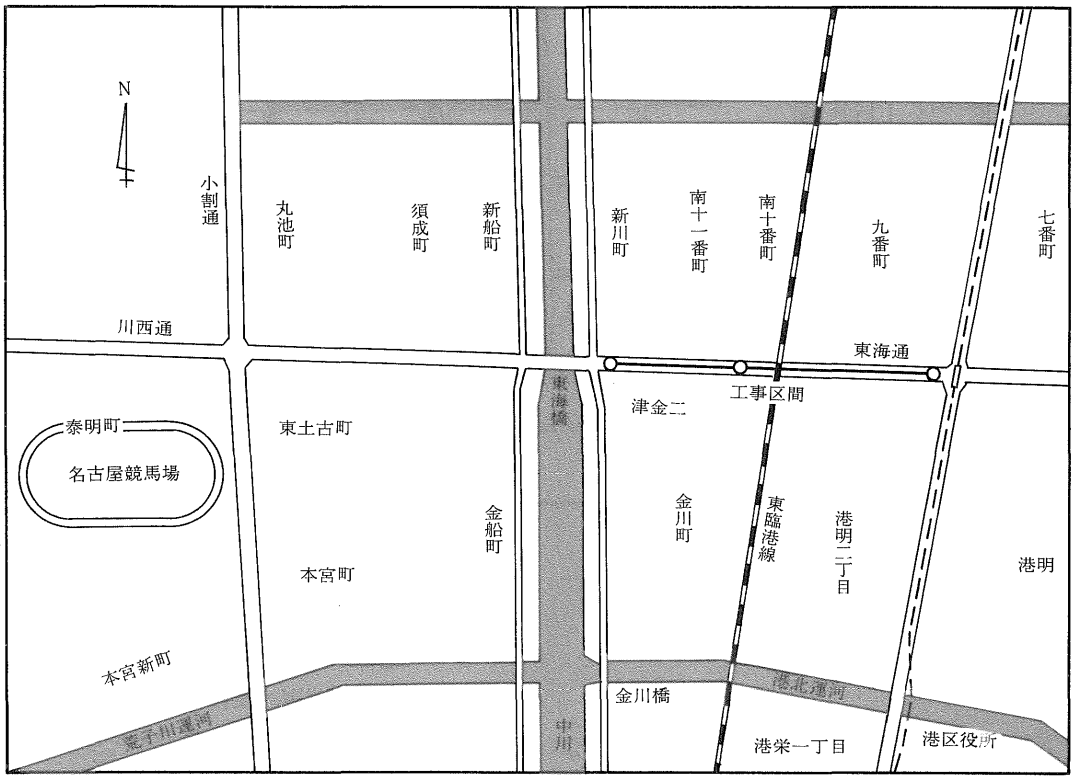
観測地点			港区東海通4丁目
区間延長 (km)			2.4
総幅員(路面幅) (m)			24.5
平均車道幅員 (m)			13.3
車線数 (ℓ)			4
歩道の有無			0
中央帯の有無			0
バスレーンの有無			0
歩行者類(人/12H)			1,267
自転車類(台/12H)			1,983
動力付二輪車類(台/12H)			993
自動車類(台/12H)	乗用車類	乗用車	11,189
		バス	379
		計	11,568
	貨物車類	小型貨物	6,359
		普通貨物	2,332
		計	8,691
	合計		20,259
	方向別交通量	上り	9,734
		下り	10,525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

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

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

(調査日：昭和58年10月　月、金、土、日、祝祭日を除く平日)

図１　現場付近見取図



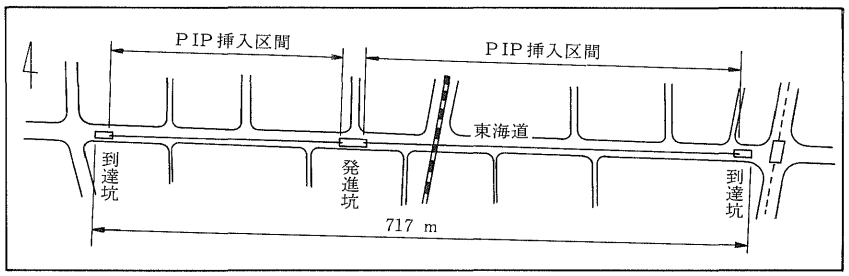
(4)立坑の位置について

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

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

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

図２　立坑の位置図

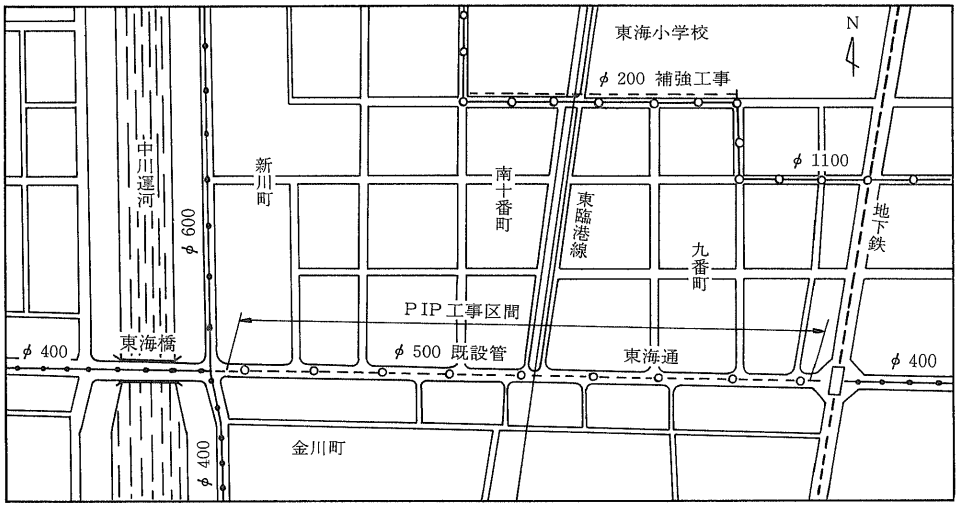


(5)管網の補強について

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

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

図３　管網補強工事図



(6)挿入力の推定

管の挿入工事に必要な最大挿入力の予想を次式で行った。

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

ここに、

F：最大挿入力（kgf）

μ：既設管と内挿管との摩擦係数（0.5）

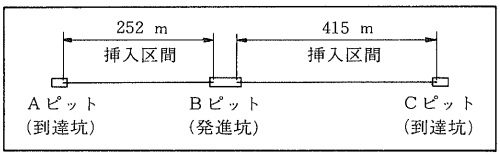
W：内挿管１ｍ当たりの重量（94.05kgf/m）

ℓ：挿入長（m）

立坑の位置および各スパンの挿入区間長は、図４の通りである。

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

図４　挿入区間長



4．内挿管の仕様

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

1）挿入が確実で施工性が優れていること。

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

3）できるだけ既設管に近い呼び径であること。

4）本工事区域は耐震強化区域であること。

(1)内挿管の仕様

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

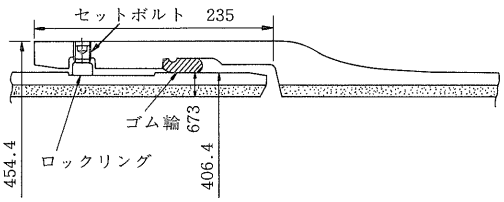
ＰⅡ形ダクタイル鋳鉄管

呼び径 400mm　２種管

直管長　４ｍ

ＰⅡ形継手の構造を図５に示す。

図５　呼び径400mmＰⅡ形継手の構造



(2)継手の性能

呼び径 400mm PⅡ形継手の性能は以下の通りである。

(イ) 離脱阻止力　60tonf

(ロ) 抜け出し余裕量　50mm

(ハ) 許容曲げ角度　4°

(ニ) 限界曲げモーメント　4.1tonf-m

5．施　工

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

施工順序として、

1）立坑の占用区域の設定。

2）立坑の設置工事。

3）既設管内のクリーニング工事。

4）模擬管の挿入工。

5）新管の挿入工事。

6）水圧試験。

7）すき間充てん工事。

8）発進坑および到達坑の連絡配管工事。

9）路面仮復旧工事。

の手順で行った。

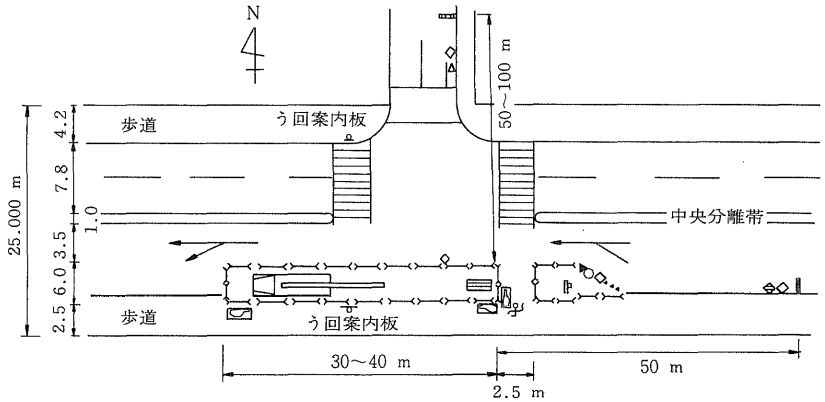
以下、各項について記述する。

(1)立坑付近の占用区域の設定について

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

立坑付近の占用区域は図6の通りである。

図6　占用区域図



(2)立坑の設置

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

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

(3)既設管内のクリーニング

1）錆こぶの状況

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

図7　発進坑図

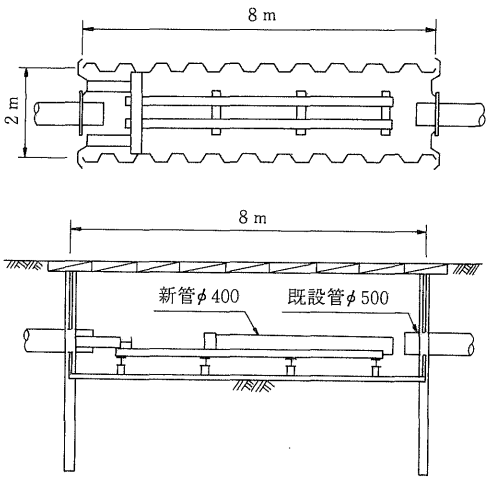


図８　到達坑図

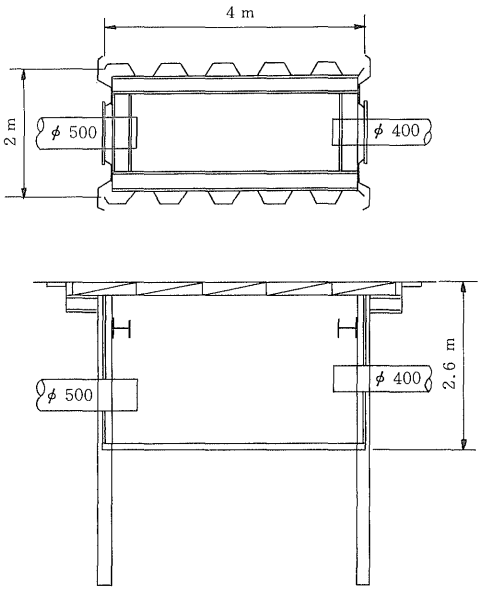


写真２　錆こぶの状況

挿入区間全体の錆こぶ量は約５㎥であった。

２）管内クリーニング

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

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

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

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

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

図９　クリーニング施工図

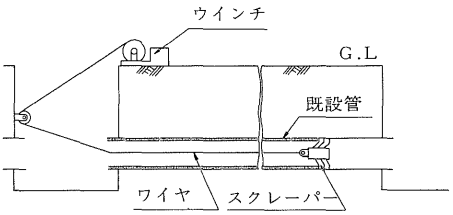


写真３　スクレーパー本体

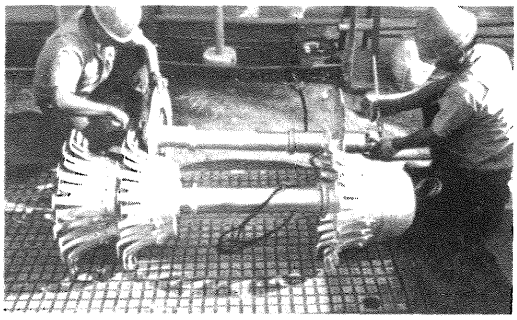
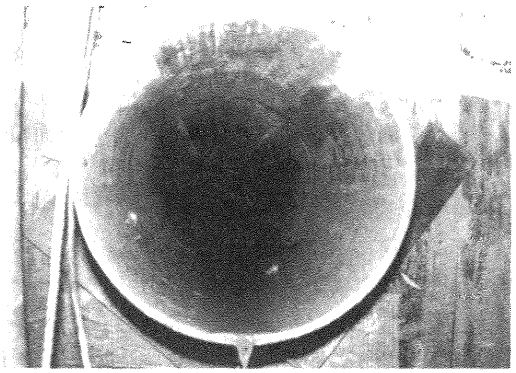


写真４　クリーニング施工後の状況

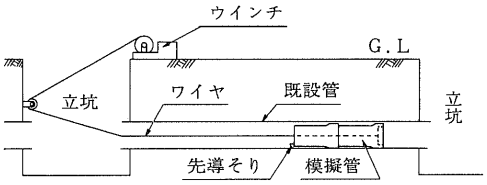


(4)模擬管の挿入

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

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

図10　模擬管の挿入状況図



(5)新管の挿入

1）挿入方法

新管の挿入方法は、

①油圧ジャッキによる押し込み方式。

②ウインチなどによる引き込み方式。

の2方法があるが、本工事では①の方式を採用した。その理由としては、

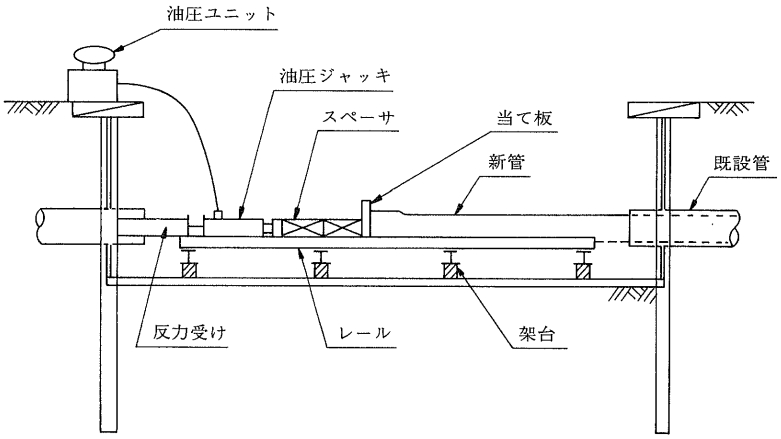
㋑挿入区間（1スパン411m）が長いため引き込み方式では、使用するワイヤロープが長くなり、作業能率が低下する。

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

2）挿入設備

発進坑における挿入設備の配置を図11に示す。

図11　挿入設備配置図



3）先導そり

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

図12　新管挿入図

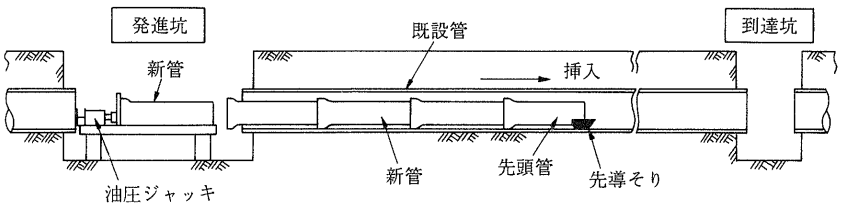
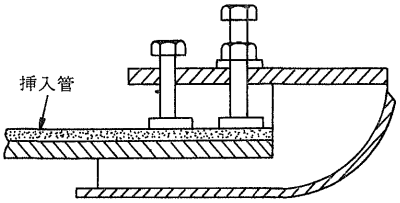


図13　先導そり



4）挿入力の測定結果

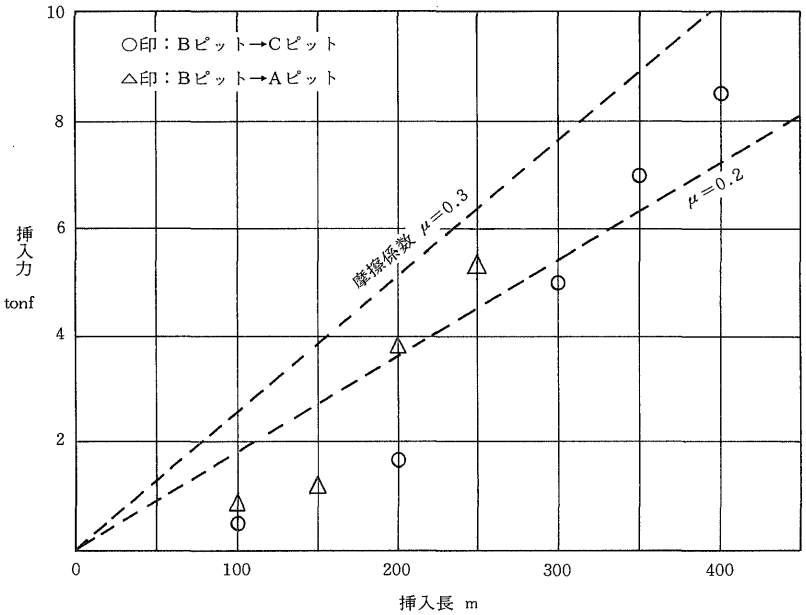
最大挿入力は、前述のように19.5tonfと予想されたので、挿入用機具としては余裕を見て100tonf油圧ジャッキ1台を使用した。各施工区間において挿入長と挿入力とを測定した。その測定結果の最大値とこれから計算した摩擦係数を表2に示す。

表2　挿入力測定結果

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

新管の挿入途中の挿入力の経過を図14に示す。

図14　挿入力―挿入長の推移



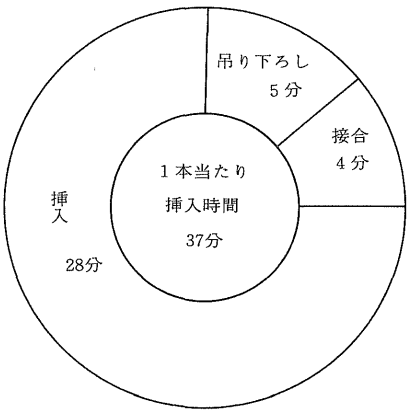
5）挿入時間

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

表3　1サイクルの作業時間　単位分

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

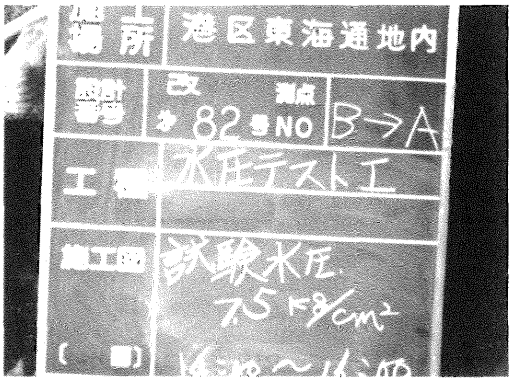
図15　1本当たり挿入時間



(6)水圧試験

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

写真5　水圧試験



(7)すき間充てん工事

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

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

エアセメントミルクの配合および圧縮強度を表4に示す。

表4　エアセメントミルクの性状

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

(8)立坑部連絡配管

立坑部の連絡配管は、図17、18に示すように施工した。

(9)路面復旧

路面復旧は仮復旧を行った。

図16　すき間充てん図

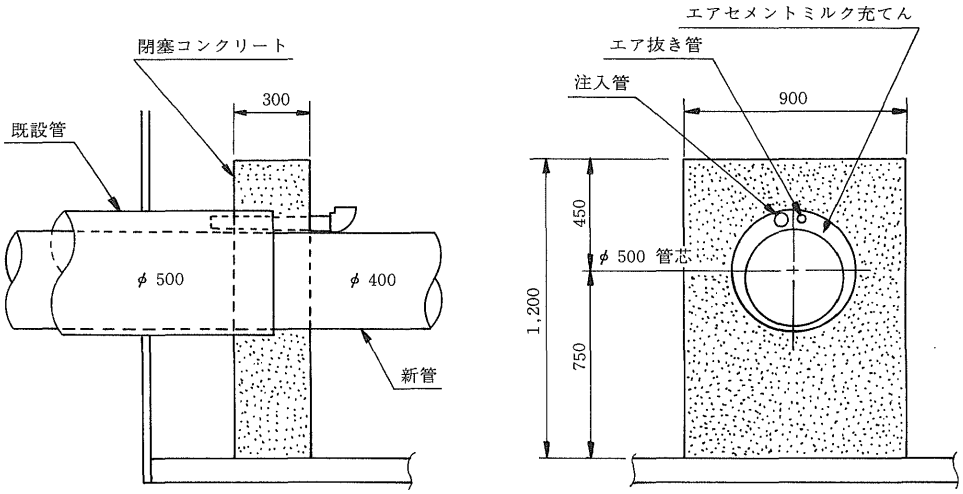


図17　A・Cピット内配管図

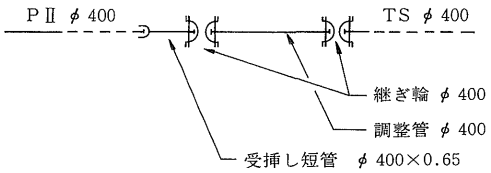
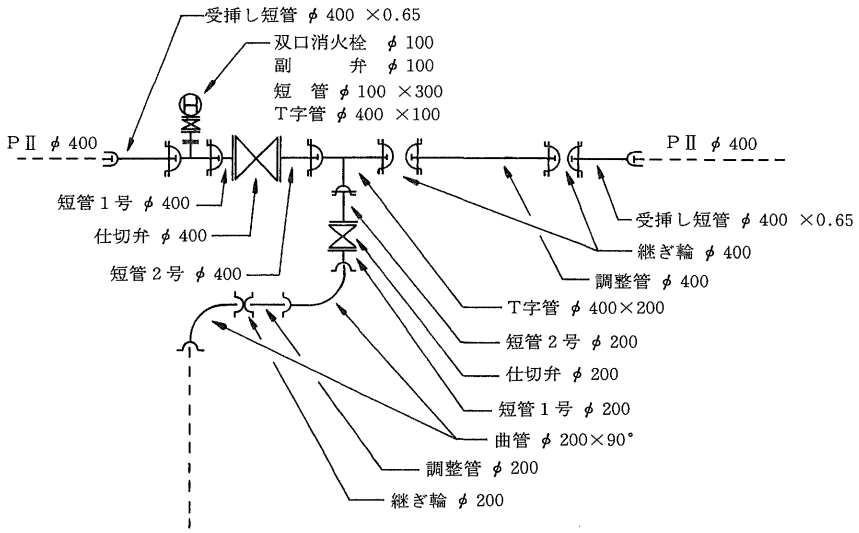


図18 Bピット内配管図



6. おわりに

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

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

技術レポート3

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

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

1．まえがき

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

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

2．地区の概要

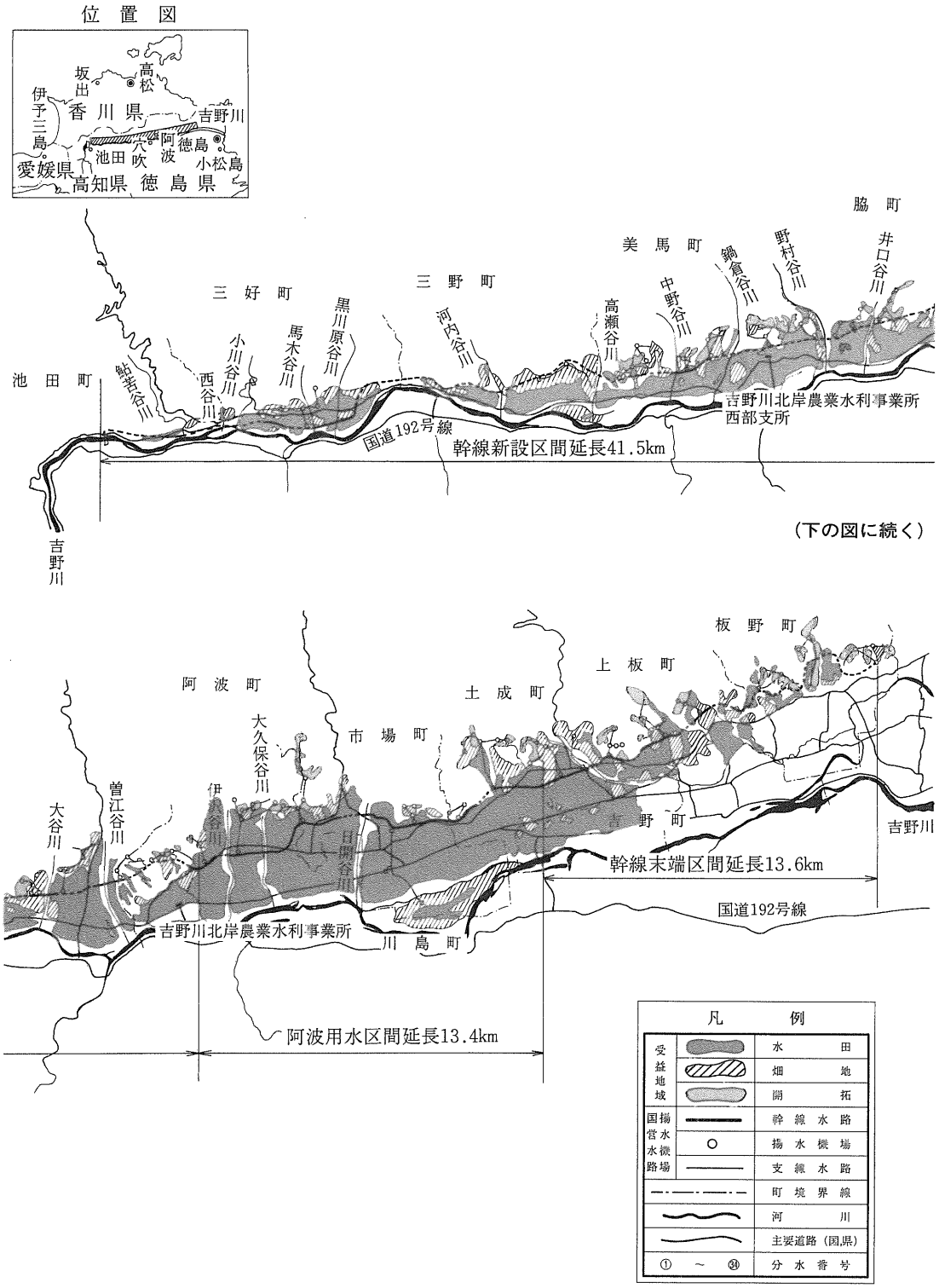
本地区は、徳島県を貫流する“四国三郎”で名高い吉野川の北岸、阿讃山麓傾斜部に位置し、東西約74kmに及ぶ帯状の地形であり、関係町は池田町から板野町に至るまでの5郡12カ町である。

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

3．事業の概要

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

図１　吉野川北岸地区概要図



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

写真1　池田ダムおよび取水口

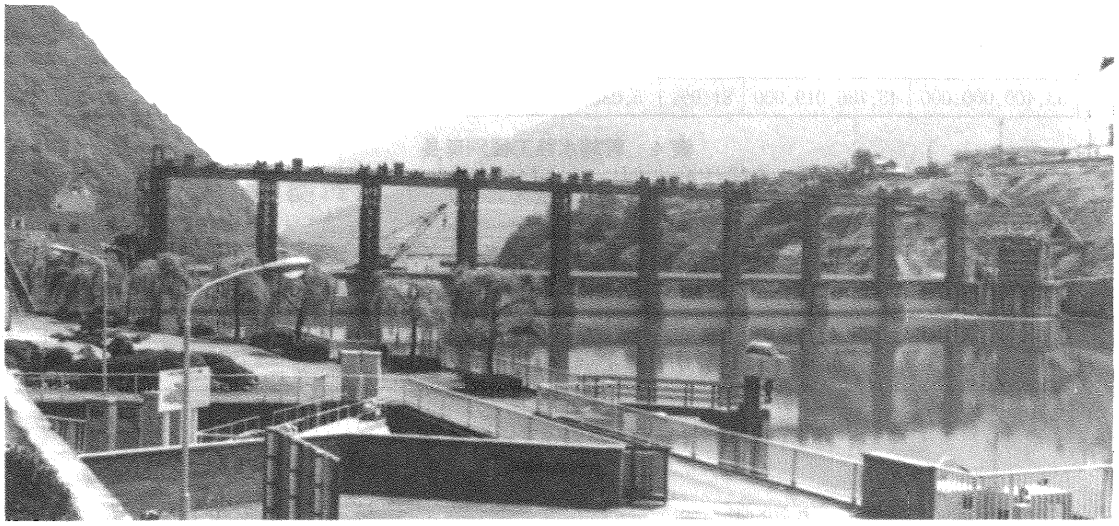


表1　事業目的別面積　　単位 ヘクタール

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

関係農家戸数　12,840戸

表2　町別受益面積　単位 ヘクタール

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

1．主要工事計画

本事業の主な工事内容は下記の通りである。

幹線水路延長　ℓ＝68.5km
支線水路　ℓ＝93.1km（パイプライン）
揚水機場　69カ所
農地造成　220ha
支線道路　27.4km
（表4および図2参照）

2．事業の進捗状況

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

よび幹線末端区間を併せて ℓ =11.4kmの施工が予定されている。

事業全体の進捗率は60年度事業費ベースで表3の通りである。

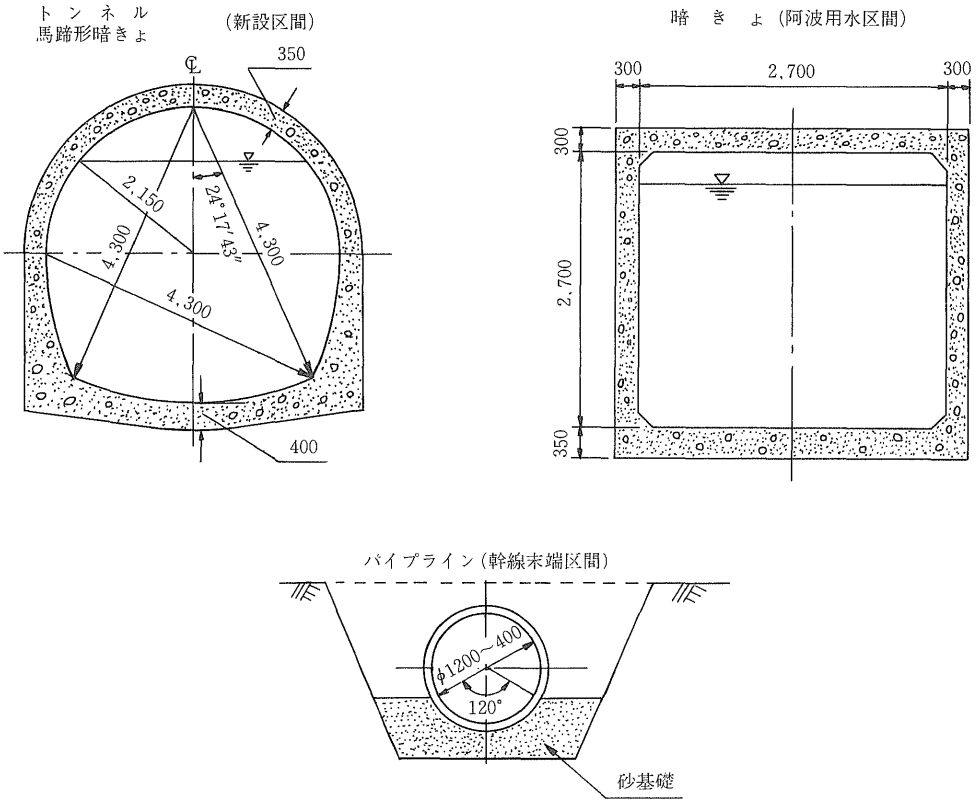
表3　事業進捗状況

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

表4　幹線水路工種別延長

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

図2　水路標準断面図



4. 幹線末端区間

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

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

は全線既製管を使用した管水路としている。

1．管水路形式

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

① 幹線水路末端部で需要型の供給システムとする必要がある。

② 無効放流がなく節水型である。

③ 応答性がよく、調整池との一体利用、有効利用がはかれる。

表5　パイプラインの各形式の特長

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

評価　◎：最適　○：適　△：難　×：不適

2．路　線

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

表6

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

路線選定に際しての留意事項を下記に示す。

① 現況地形に沿ってなるべく直線とし、

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

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

③ 道路・河川など重要施設を横断する場合は、原則として直角交差とする。

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

⑤ 県営分水位置との整合性をはかる。

3．管種選定

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

① 内外圧の荷重に対して十分安全であること。

② 良好な水密性を持っていること。(特に継手部)

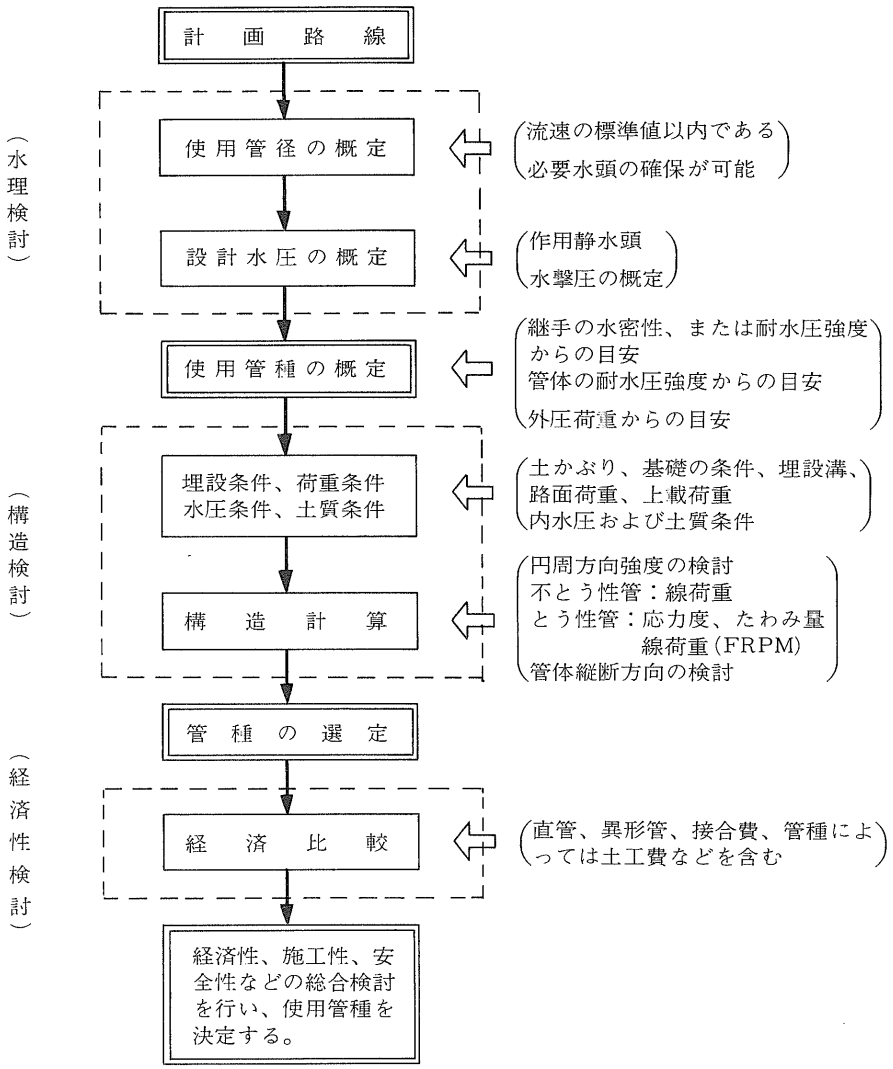
③ 水の流れに対する抵抗が少ないこと。

④ 耐久性・耐食性に富むこと。

⑤ 施工性・経済性に優れていること。

管種選定の手順をフローチャートで示すと図3の通りである。

図3　管種選定手順



管種選定にあたっての基本的な設計条件は下記の通りである。

イ．水理設計

① 使用公式――ヘーゼン・ウィリアムス公式

② 設計流速

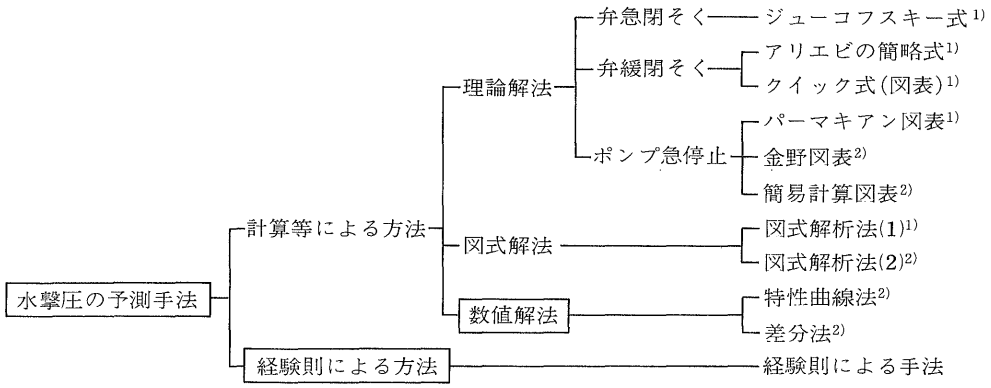
管　径　mm	設計流速　m/秒
200～ 400	0.9～1.6
450～ 800	1.2～1.8
900～1500	1.3～2.0

③ 各種損失水頭

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

④ 水撃圧の検討

数値解法および経験則による



注 1) 摩擦損失水頭を省略している。
　 2) 摩擦損失水頭を考慮している。

ロ．構造設計

① 埋設深

a) 道路下埋設（道路管理者と協議のうえ決定する）

公道下――――――1.2m以上（道路法施行令第12条第3項）

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

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

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

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

e) 地下水位が高く浮上する恐れのある所では管体が浮上しない深さとする。

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

ただし、

H：最小土かぶり（m）

D_c：管外径（m）

D：管内径（m）

S：安全率（1.2とする）

γ_s：埋戻し土の飽和単位体積重量（tf/m³）

γ_p：管材の単位体積重量（tf/m³）

② 最大敷設こう配

砂基礎――――15°以下

コンクリート基礎――――15°以上30°未満

30°以上については基礎形状について別途検討する。（露出配管）

③ 内圧――――設計内水圧＝静水圧＋水撃圧

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

6．その他の荷重

⑤ 路面荷重について

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

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

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

3）歩道――――0.05kgf/cm²を最小とし、道路管理者との協議による。

耕作道――――0.03kgf/cm²（大型自動車の入らない耕作道）

⑥ その他の荷重について

耕地――――0.15kgf/cm²

山林・原野――――0.03kgf/cm²

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

⑧ 内部摩擦角　θ＝30°

以上の設計条件を踏まえて検討の結果

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

図4　広域農道下埋設区間標準断面図

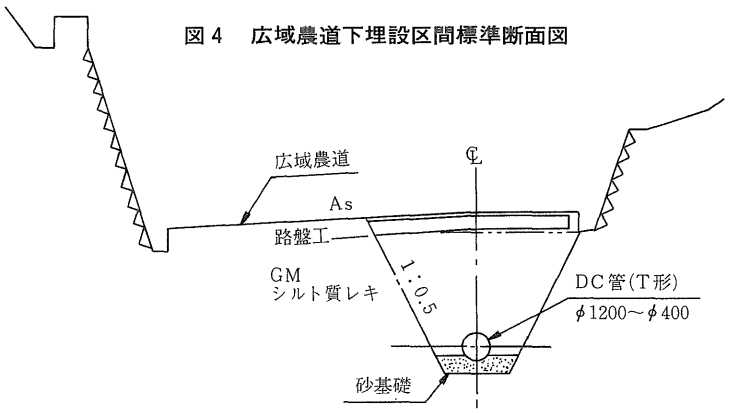


写真２　管仮置き状況

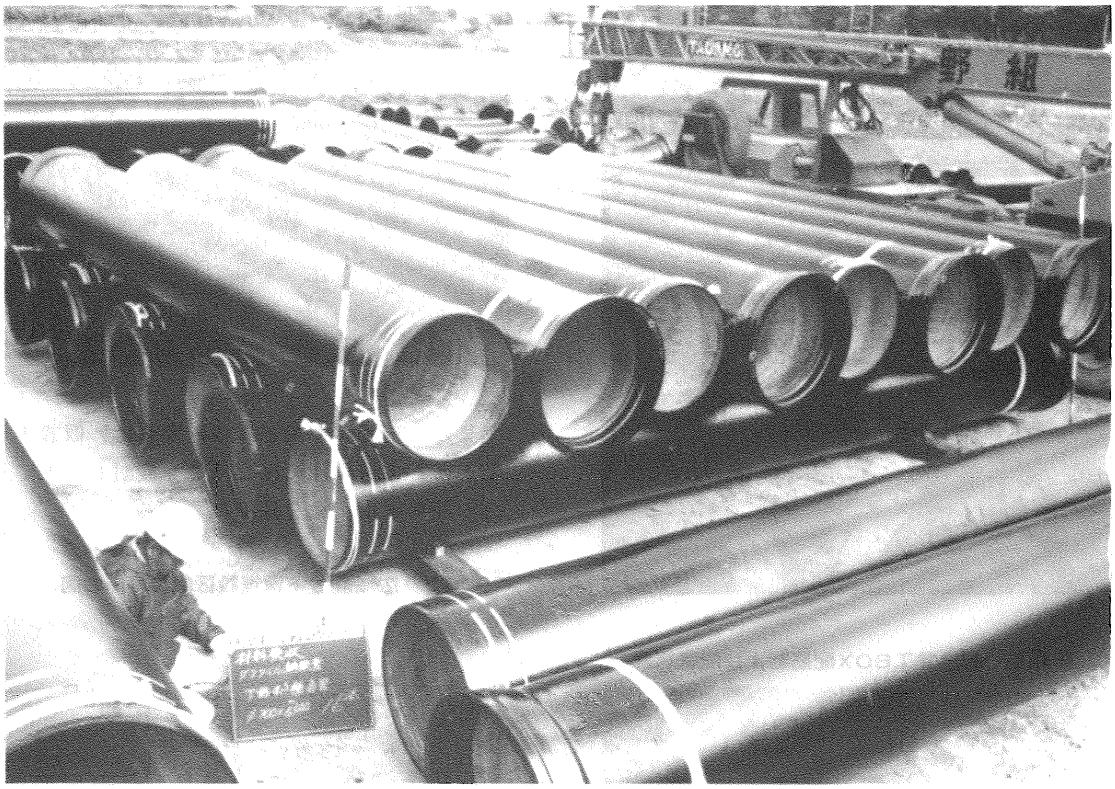


写真３　管吊り込み状況

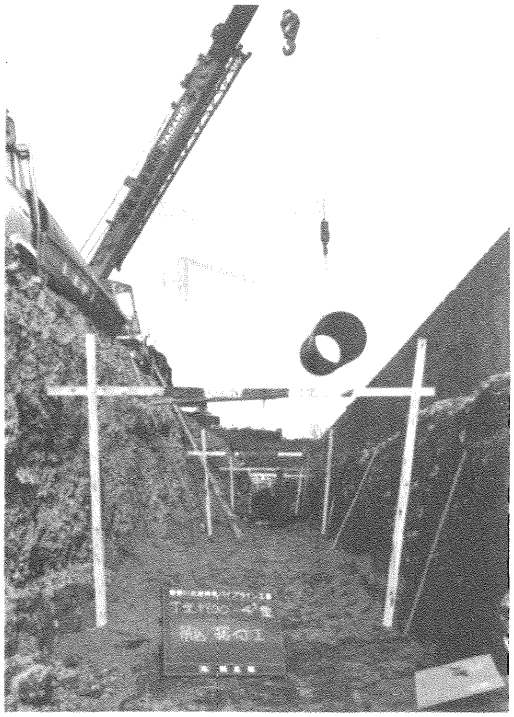


写真４　曲線配管状況

写真５　既設横断構造物保護状況

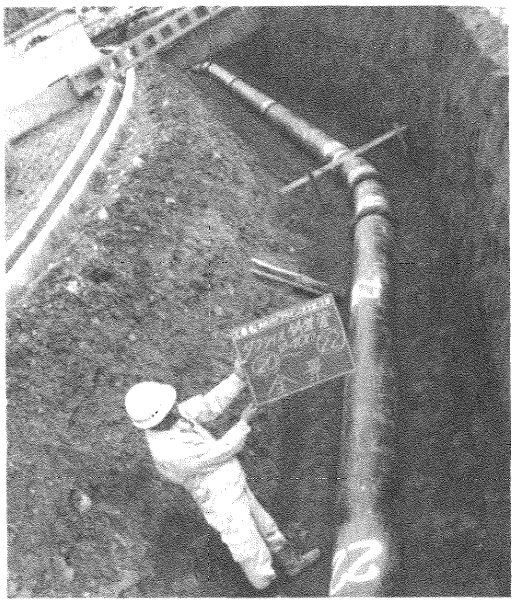


写真６　制水弁工BOX配筋および配管状況

写真７　分水工配管状況

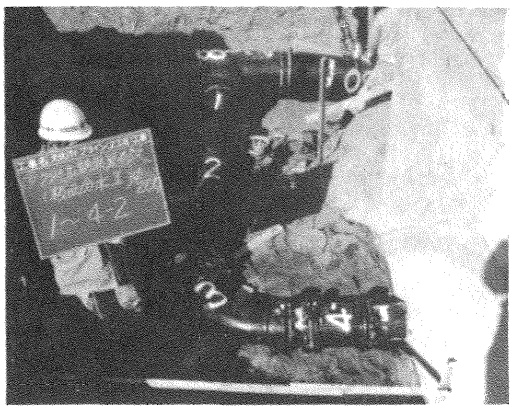
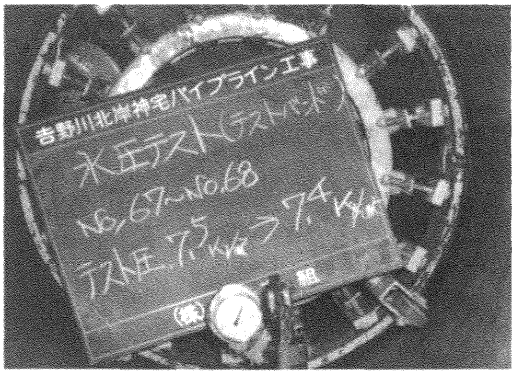


写真８　水圧テスト状況



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

図５　広域農道下深埋設区間標準断面図

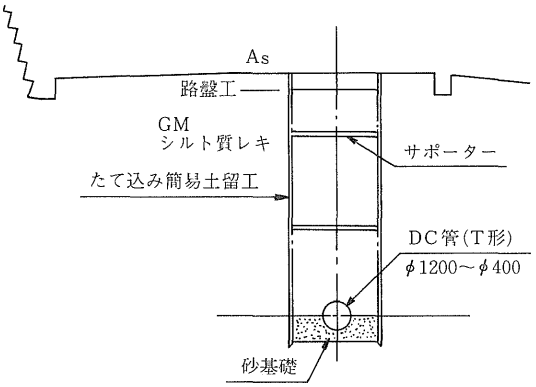


図６　簡易土留め組み立て図

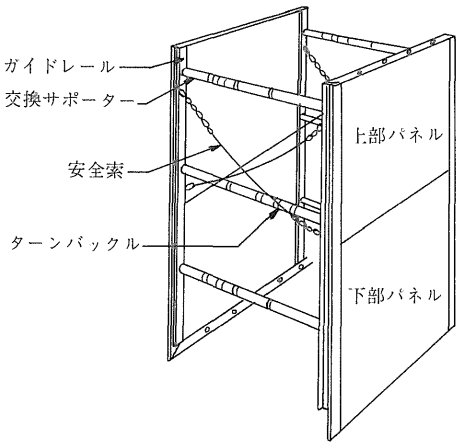


写真９　たて込み土留め工施工状況

４．その他、広域農道下以外の区間についての管種・工法選定について

① 河川横断区間

河川横断方法には、伏せ越しと水管橋の２タイプが考えられる。

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

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

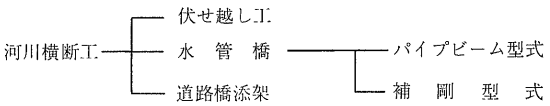
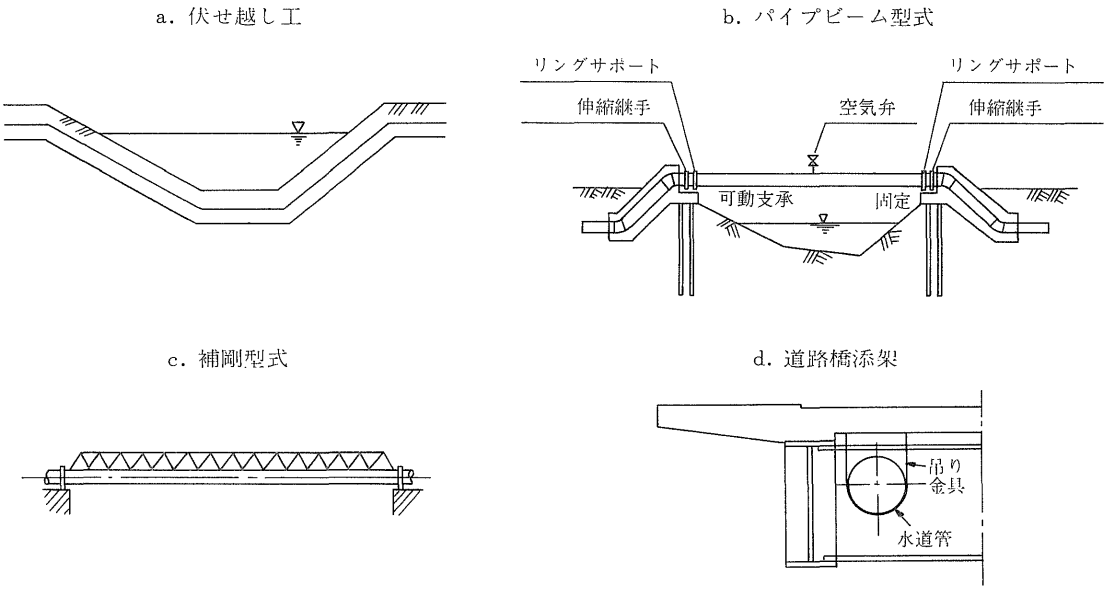


図７



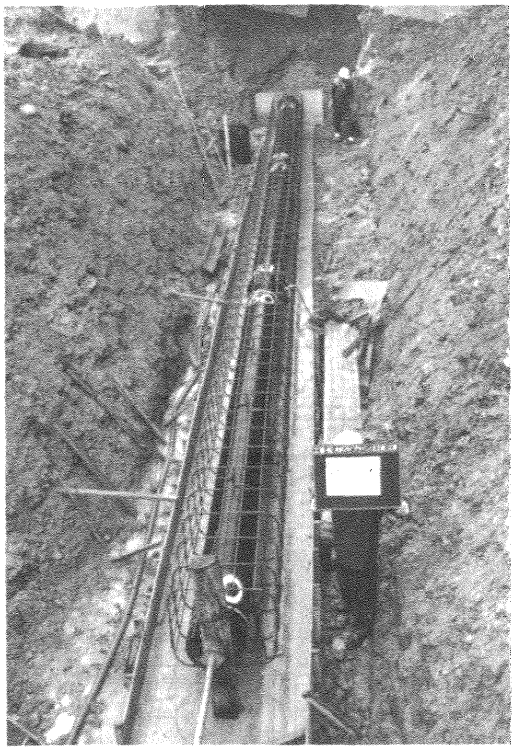
a) 伏せ越し工

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

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

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

写真10　河川横断伏せ越し工施工状況



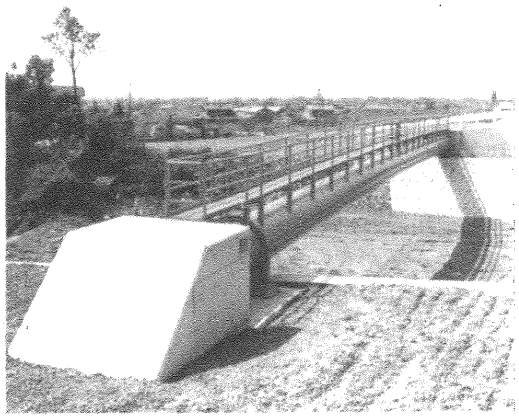
b) 水管橋

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

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

(ii) 使用する管種は鋼管を採用している。

写真11　水管橋(SP)



② トンネル区間

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

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

a) トンネル型式の選定

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

a) 自由水面を有する開水路方式

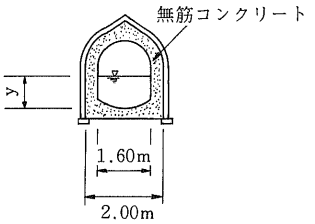
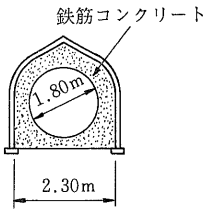
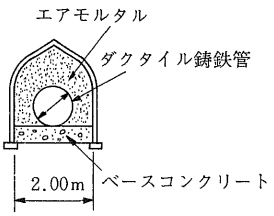
b) 圧力トンネル方式

c) トンネル内挿管路方式

が考えられる。

それぞれの特徴を表に示すと下表（表　　7）の通りである。

表7　トンネルの通水方式比較表

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

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

b) トンネル内挿管の管種選定

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

内挿管ずい道の設計・施工については

図8　トンネル内挿管標準断面図

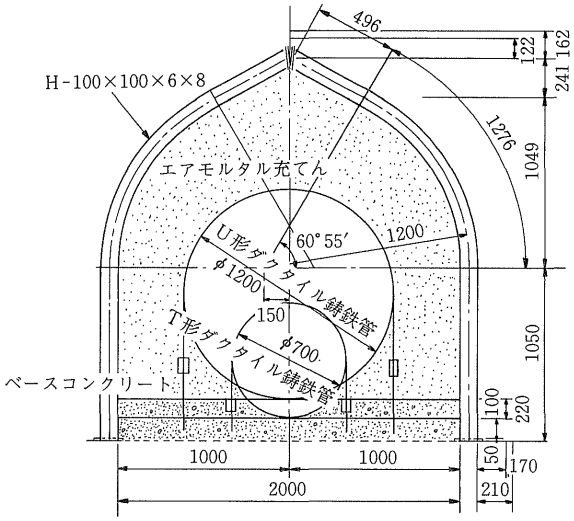
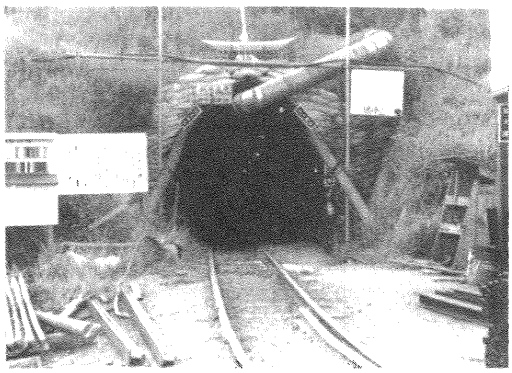


写真12　内挿管ずい道坑口状況



別途詳細に発表を行いたいと考えておりここでは簡単な記述に止める。

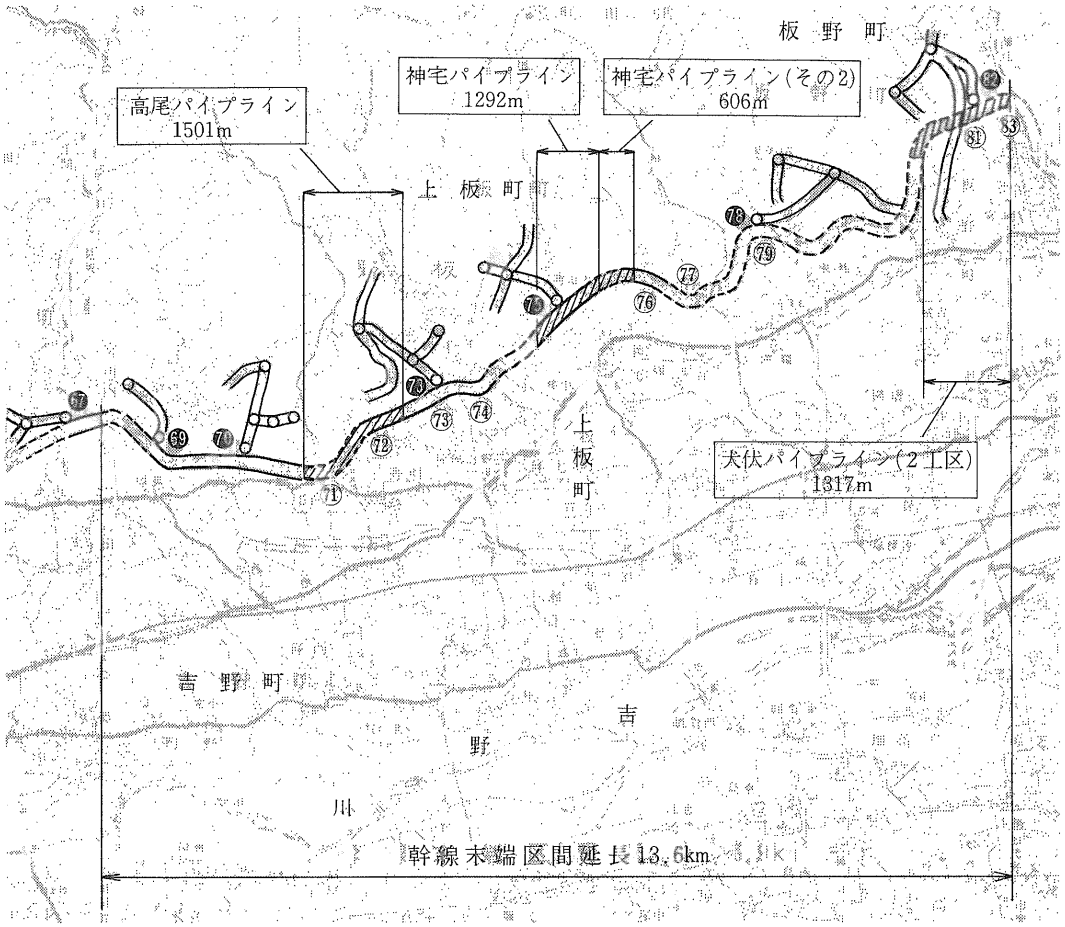
トンネル内挿式圧力管路の標準断面は図８に示す通りである。

５．幹線末端区間の実施状況

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

未施工の区間においても、60年度鋭意実施を行う予定である。

図９　幹線末端区間実施状況



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

5．おわりに

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

＊　＊　＊

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

技術レポート4

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

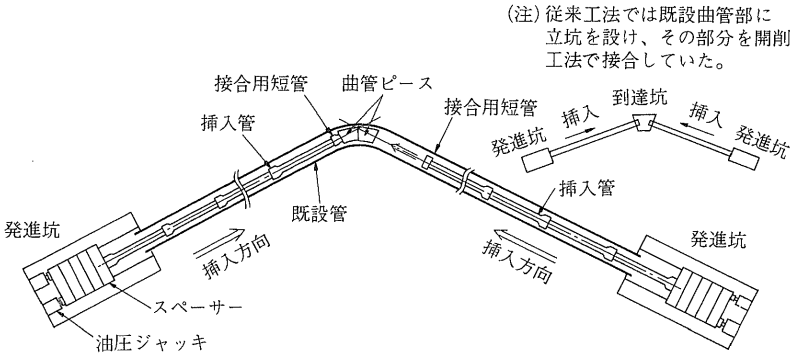
日本ダクタイル鉄管協会
技術委員　中島　鋭
〃　仁木彬隆
〃　桜井祥己
〃　豊福理夫

1．はじめに

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

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

図1　管内ドッキング工法の概略図



2．ダクタイル管による管内ドッキング工法

1．管内ドッキング工法に用いる継手の構造

管内ドッキング工法に用いる継手には、次の機能が必要と思われる。

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

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

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

図２　管内ドッキング工法用ＰⅢ形継手の構造

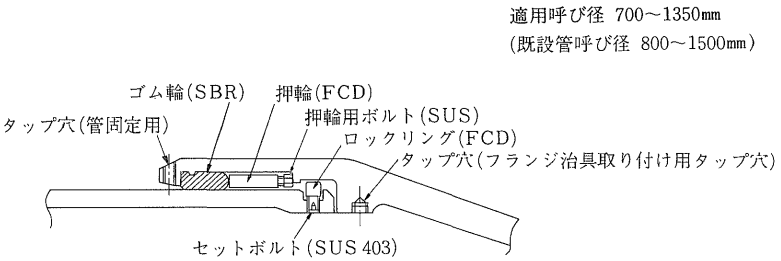


表１　ＰⅢ形継手の主な性能試験結果

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

※１．１エレメント当たりの据え付け、接合時間は模擬管路の配管状態により若干変化した。
※２．呼び径700mmの抜け出し力105トン、呼び径1350mmの抜け出し力208トンは以下に相当する力である。
0.15×D（呼び径：mm）トン、たとえば、0.15×700＝105トン

2．管内ドッキング工法のエレメントの種類とその機能

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

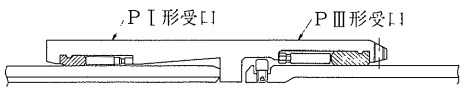
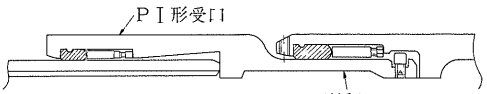
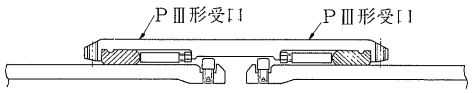
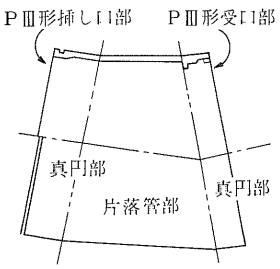
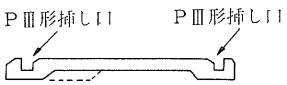
① 一部のエレメントには既設管の詳細な寸法の調査後に、その長さに合わせて切管により管長を調整できる機能を持たせてある。

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

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

できる。

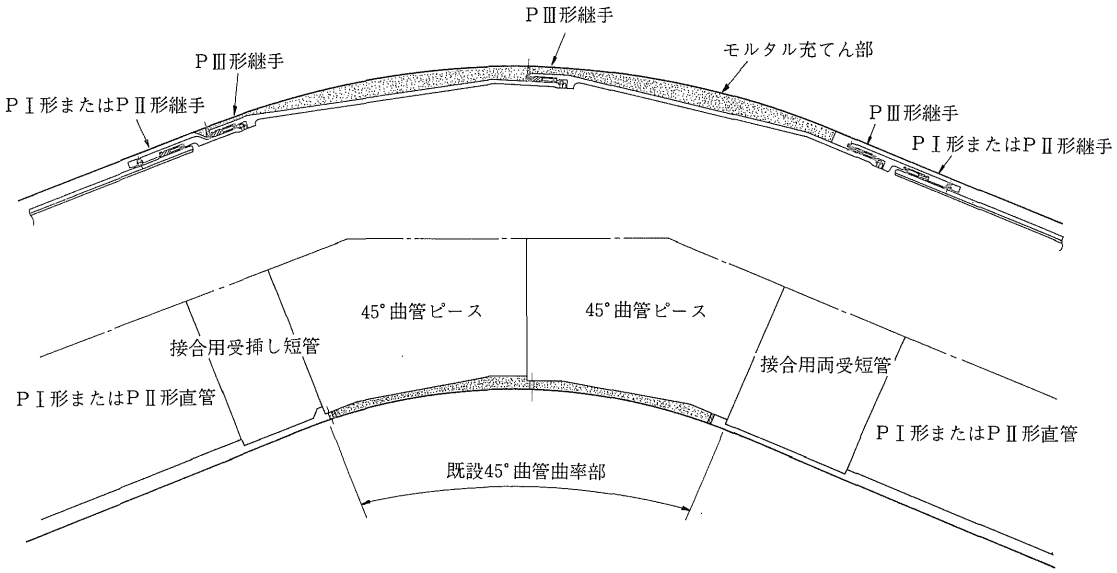
表２　管内ドッキング工法に用いる主なエレメントの種類と機能

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

３．施工手順

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

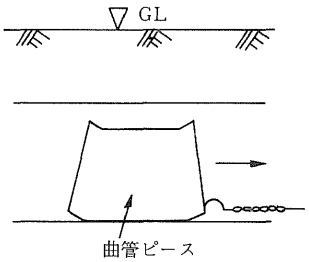
図３　施工完了状態



〔施工手順〕

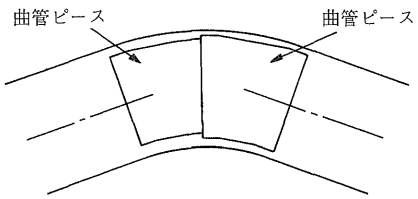
(1)　曲管ピースを所定位置まで運搬する。

図４　曲管ピースの運搬状況



(2)　曲管ピースを所定位置に据え付ける。

図５　曲管ピースの据え付け状況

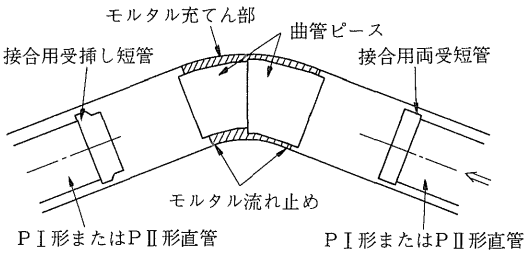


注※１．曲管ピースの箇数は既設管の角度により異なる。

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

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

図６　モルタル充てん状態および直管内挿状態



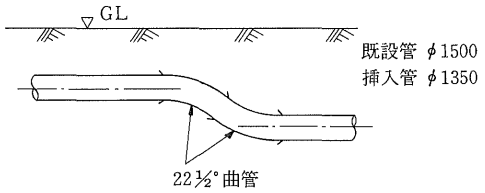
(5)　曲管ピースと接合用短管をＰⅢ形継手部で接合する。

４．おわりに

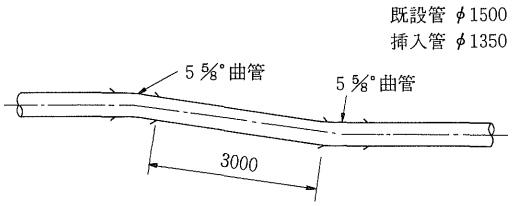
ここに紹介したダクタイル管による管内ドッキング工法は、パイプ・イン・パイプ工法の補助工法であり、この工法を適用することによりパイプ・イン・パイプ工法の長所をさらに向上させることができると考えられる。なお、施工例としては図７に示す３カ所の実績があり、安全、確実に施工できることが確認されている。

図7　施工例

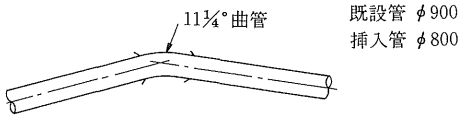
(1) 呼び径1500mm、22½°曲管2個による垂直曲管部



(2) 呼び径1500mm、5⅝°曲管2個による水平曲管部



(3) 呼び径900mm、11¼°曲管による水平曲管部



〈参考〉

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

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

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

ダクタイル鉄管第38号

昭和60年5月

技術レポート

中口径（呼び径500mm）T形ダクタイル管の布設について

姫路市水道局建設課
建設係長　**樫本建治**

1．はじめに

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

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

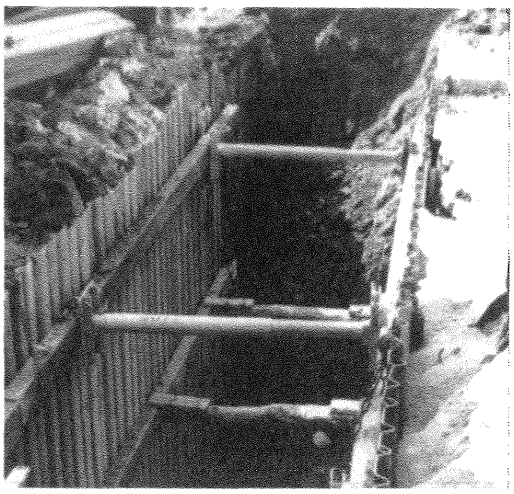
ずい道配水池は、昭和61年度末に完成する予定である。また、送配水管は総延長で15.8kmを布設する計画で、すでに7.0km布設している。

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

2．現地の状況

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

写真－1



写真－2

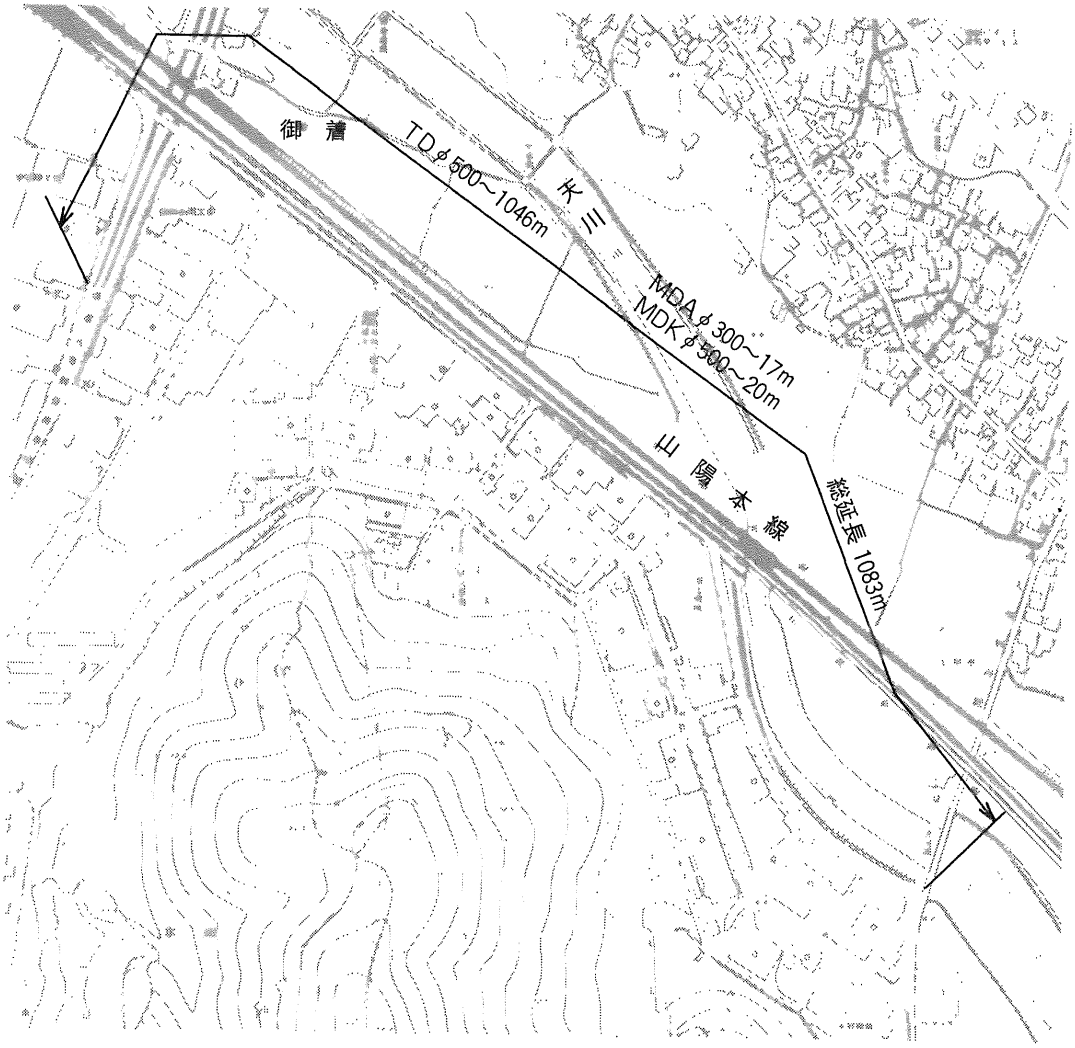
このようなことから、このルートは迷走電流による配管などの電食ならびに工場廃液などの地下浸透による土壌の酸性化や、付近の土質から判断して腐植土、粘土質の土壌である確率が高いことが心配された。

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

その調査結果は次の通りである。

〈ルート位置〉

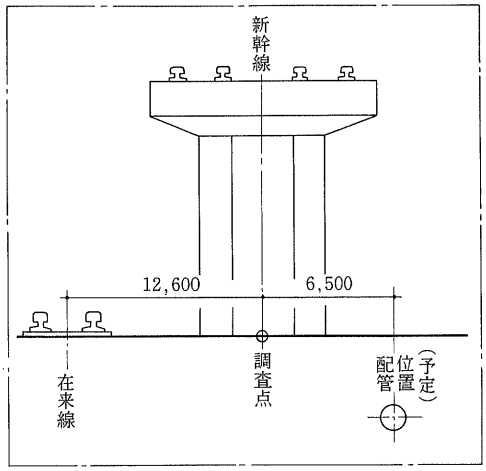
図－1　位置図 S＝1/5000



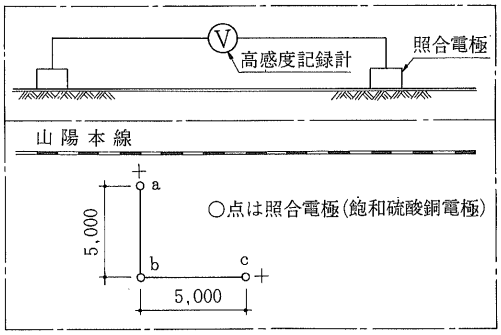
1．迷走電流の調査

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

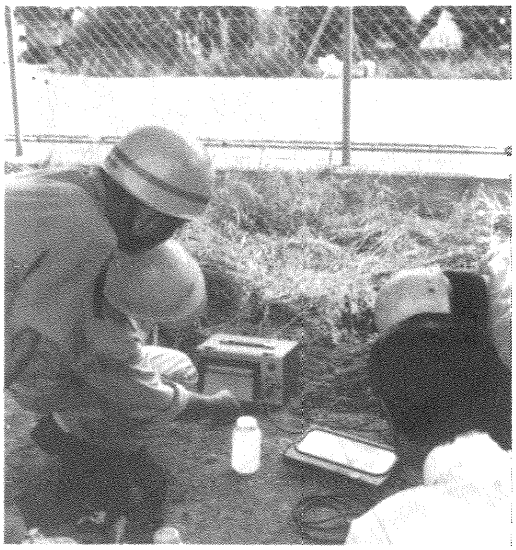
図―2



調査方法



写真―3

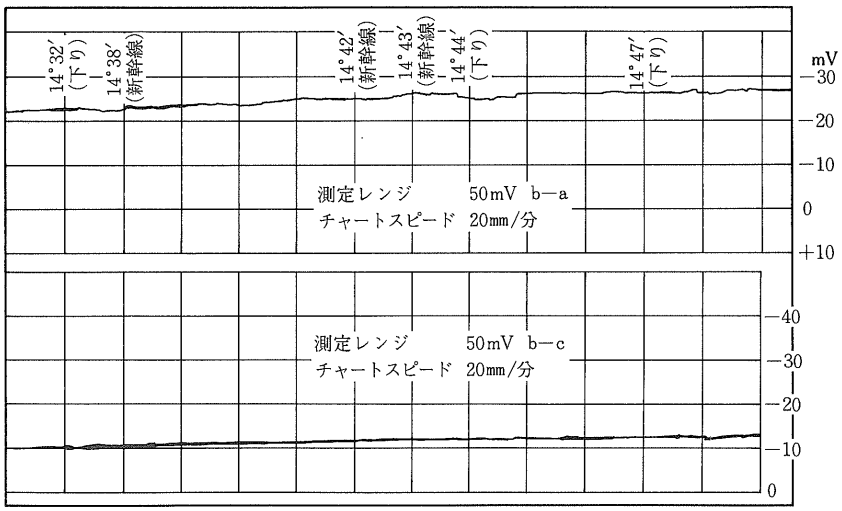


表―1　電位勾配からみた迷走電流の大きさ

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

（電食防止研究委員会資料より）

図―3　S/S測定チャート



測定結果

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

2．土壌調査

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

調査項目は次の通り。

○腐食性に関する項目

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

① 調査結果

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

○土壌抽出水に関する項目

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

② 調査結果

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

ANSIによる土壌の腐食性評価

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

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

腐食性評価を表—2に示し、評価結果を表—3に示す。

表—2　ANSIによる土壌の腐食性評価

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

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

表―3　ANSIによる土壌の腐食性評価結果

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

（注）比抵抗の評価については、比抵抗(2)を採用した。

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

3．T形管の採用

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

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

〈採用理由〉

(1)　布設場所が海岸部であること。

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

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

写真―4

(4)　経済性に優れていること。

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

(5)　施工性に優れ、工事期間が短縮できること。

(6)　施工場所がほぼ直線であること。

4．工事概要

(1)　工事名称　姫路市水道局大塩幹線布設工事

(2)　施工場所　姫路市御国野町御着

(3)　施工期間　昭和59年10月11日着工
　　昭和59年12月19日完工

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

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

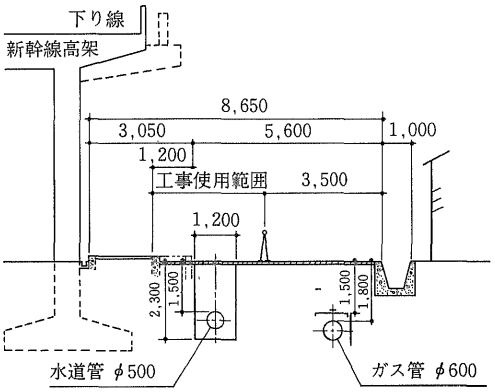
5．施工方法

1．工事制限

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

型トレーラー通行可能幅3.5mを確保しなければならなかった。

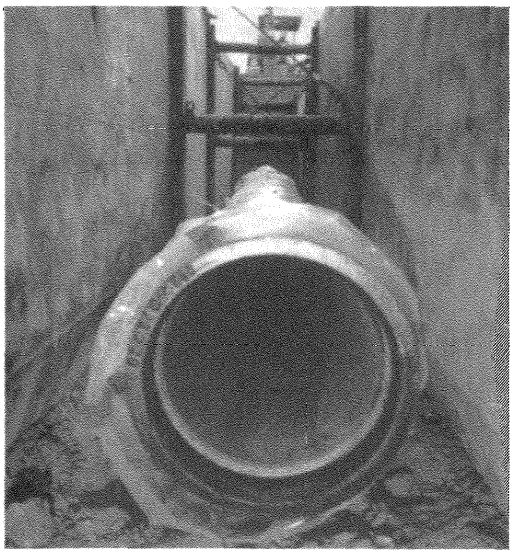
図―4　A工区標準断面



2．施工要領

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

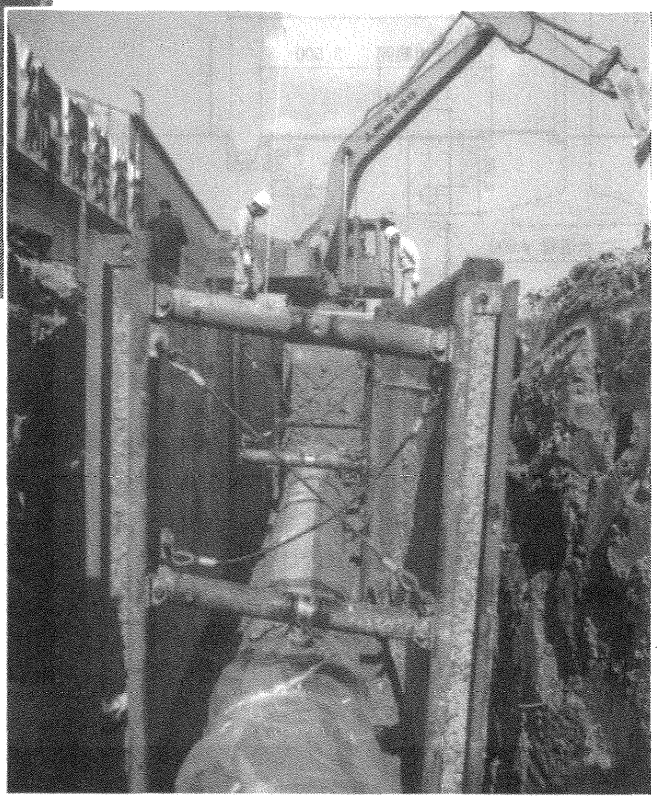
写真―5



写真―6

写真－7

写真－8



6．あとがき

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

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

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

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

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

技術レポート2

呑吐ダム堤体内監査廊での ダクタイル鋳鉄管工事について

近畿農政局東播用水農業水利事業所
呑吐支所長　黒澤　純
試験係長　水坪秀紀

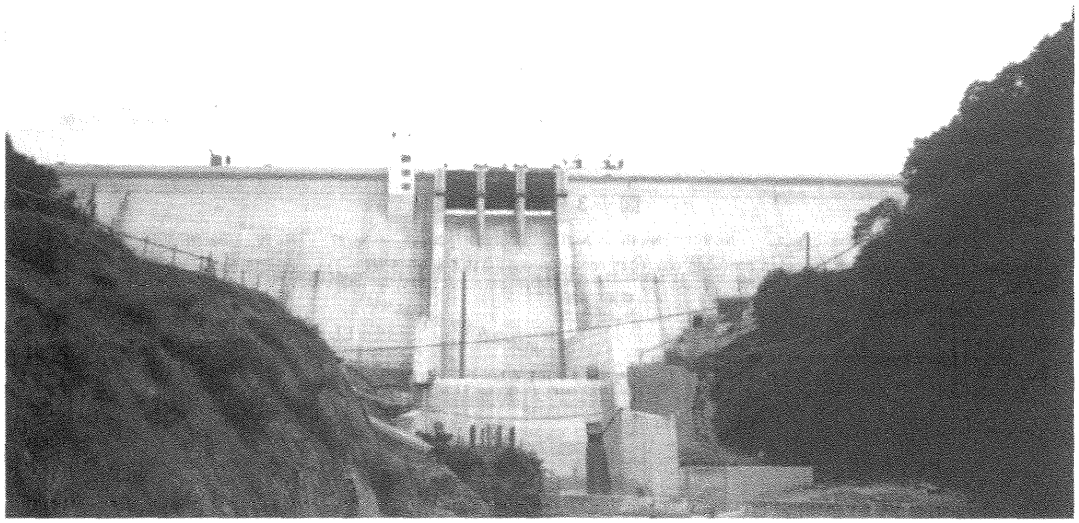
1．はじめに

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

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

このダム工事の一環として、ダム堤体内に

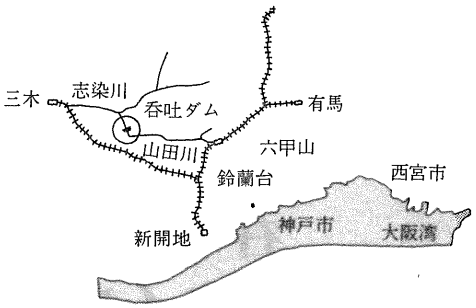
写真―1　ダム全景



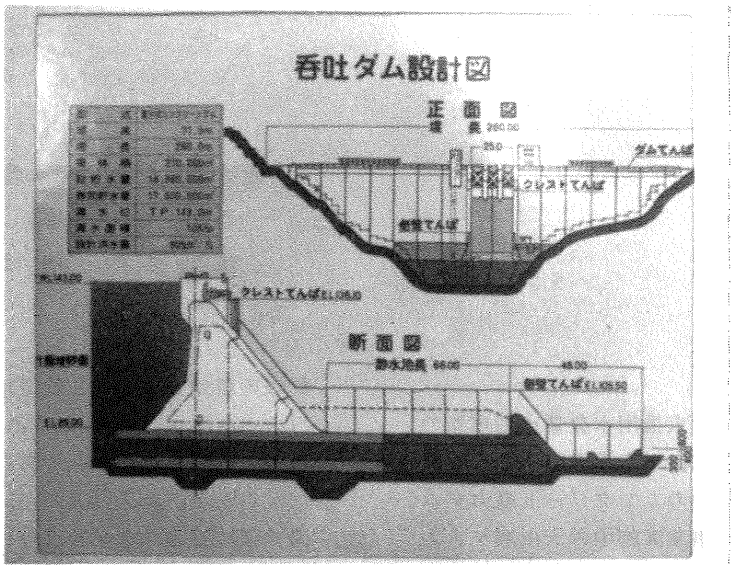
農業用水を横断させることが必要であり、本堤内サイホン工事にダム構造上および管理上の観点から、監査廊内での露出配管工法を採用した。

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

図―1　呑吐ダム位置図

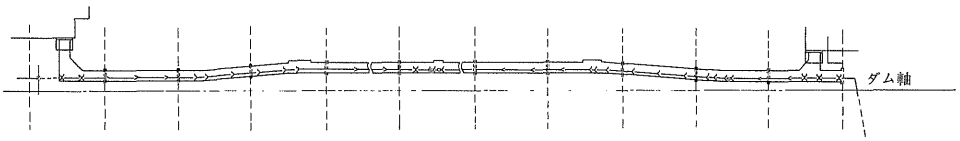


写真―2　ダム設計図

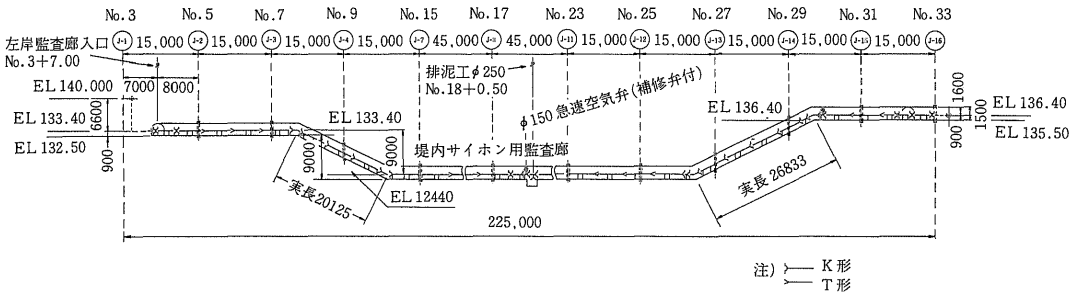


2．ダム堤体内監査廊配管の概要

図―2　配管平面図



図―3　配管縦断図



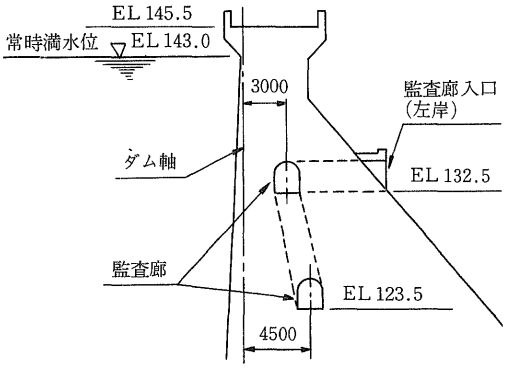
(1) ダクタイル鋳鉄管　呼び径　1000mm

(2) 延　長　219.3m { 直 線 部　172.32m / 左・右傾斜部 46.98m }

(3) 傾斜角度　約27°

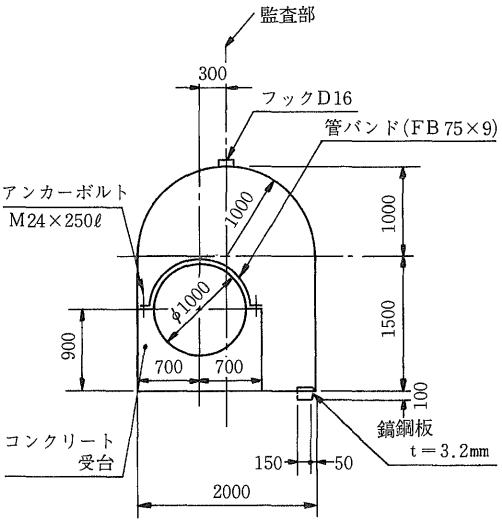
(4) 監査廊位置および標準断面

図－4　監査廊位置図



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

図－5　監査廊標準断面図



3. 配管設計

1. 管　厚

① 内水圧から求める管厚

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

ここに、

T_1：内水圧から求める管厚cm

P：設計水圧　5 kgf/cm²

D：呼び径　1000mm

σ：ダクタイル鋳鉄の許容引張応力 1,890kgf/cm²

t_1：設計管厚　cm

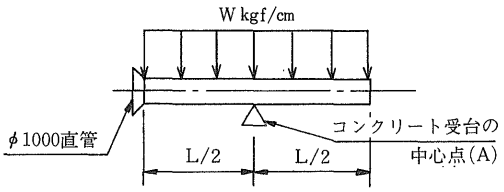
t_2：腐食代　0.1cm

t_3：鋳造公差　0.1cm

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

② 外圧(自重)から求まる管厚

図－6　軸方向曲げモーメント検討図



$$M_{max} = M_A = \frac{WL^2}{8}$$

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

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

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

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

D_2：管外径　cm

D_1：管内径　cm

ここに、

Z：管の断面係数　cm³

M_A：A点の軸方向曲げモーメント kgf-cm

W：自重による等分布荷重 13kgf/cm(管重および水重)

L：管　長　600cm

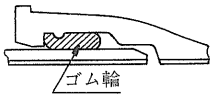
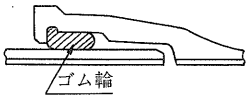
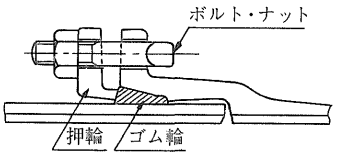
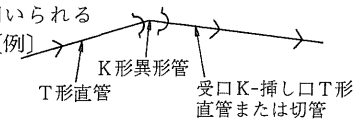
$$\therefore T_2 = \frac{13 \times 600^2}{2 \times \pi \times 100^2 \times 1{,}890} + 0.1 + 0.1 = 0.24\text{cm}$$

$T_1 > T_2$であるから、必要管厚は0.33cmとなる。

したがって５種管（T＝11mm）とする。

２．継手の選定

表―１　継手の特性比較表

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

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

３．管受台の選定

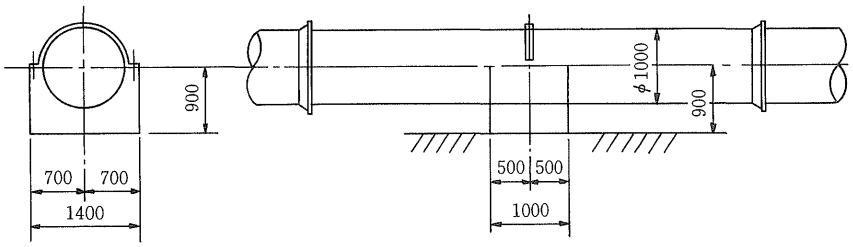
管受台の選定は露出配管の重要なポイントであり、受台の形式によってパイプラインの安全性、施工性、経済性、美観に大きな影響を与えるので、次の５種類について比較検討を行った。

表―2　受台比較表

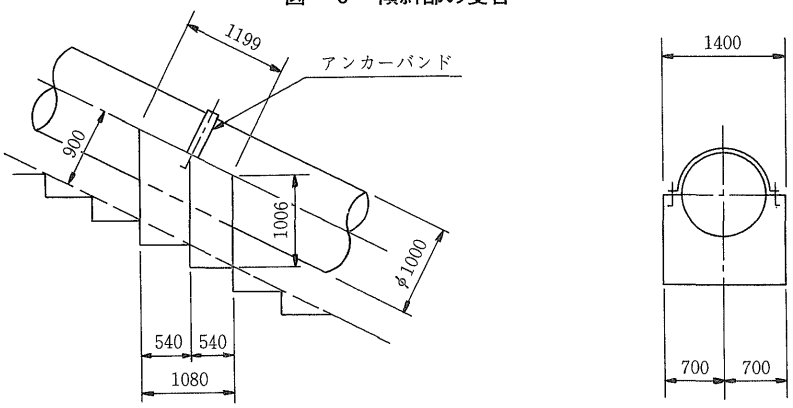
受台の種類		略図
A	管路をコンクリートで全巻きにする。	
B	管1本について2カ所コンクリート受台で半巻き	
C	管1本について1カ所コンクリート受台で半巻き（受口部）	
D	管1本について1カ所コンクリート受台で半巻き（管中央部）	
E	管1本について2カ所リングガーダー方式	

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

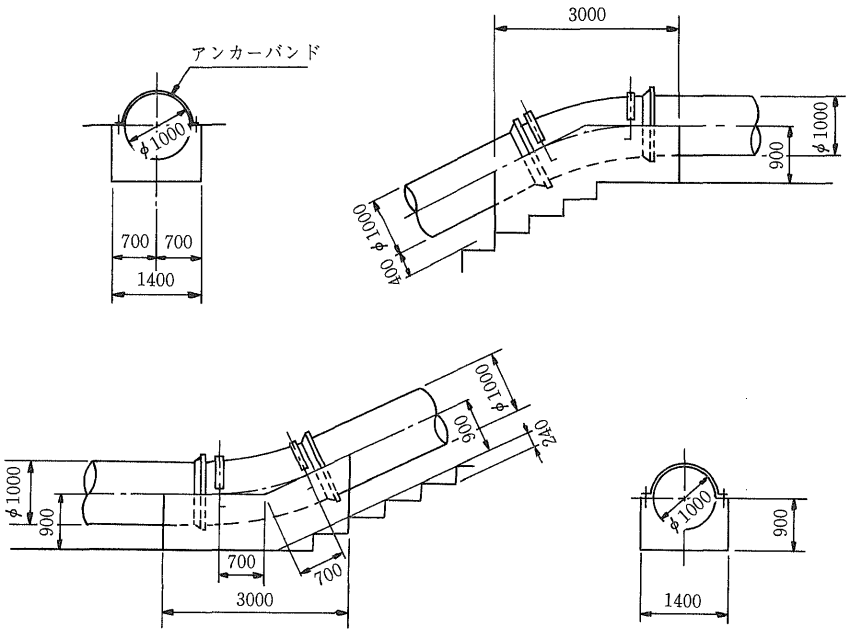
図―7　水平部の受台



図―8　傾斜部の受台



図―9　曲管部の受台



4．管体の安定性の検討

① 管と管受台との付着力(傾斜受台部)

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

ここに、

σ_3：管と受台との付着力　kgf/cm²

F：滑る力　$F=W\cdot L\sin\theta$

W：13.0kgf/cm²(鉛直震度0.15)

L：管長　600cm

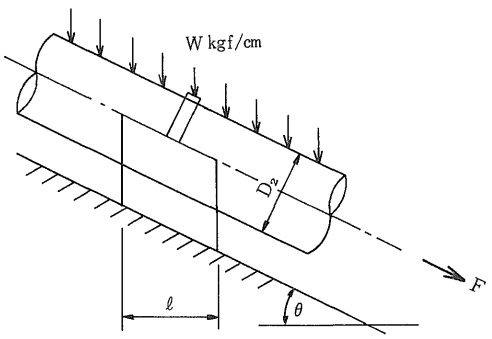
θ：傾斜角(27°)

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

D_2：管外径　104cm

ℓ：受台の幅(安全を見て100cm)

図―10　傾斜部受台の滑動力検討図



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

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

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

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

② 地震時の軸方向転倒の検討（水平受台部）

図―11において、0点回りの転倒モーメントM_1は、

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

ここに、

H_1：地震時水平荷重　3.38kgf/cm
（水平震度 0.3）

W_1：平時鉛直荷重　11.27kgf/cm

L：管長　600cm

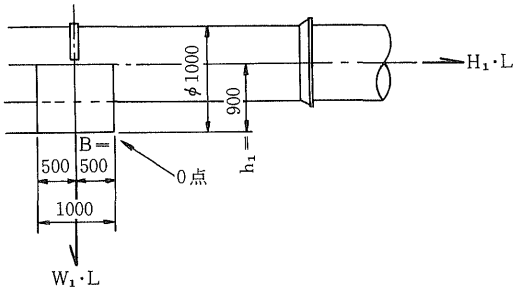
h_1、B：図―11より　$h_1=90$cm
B＝50cm

$\therefore M_1=3.38\times600\times90-11.27\times600\times50$
$=-15,580$kgf・cm

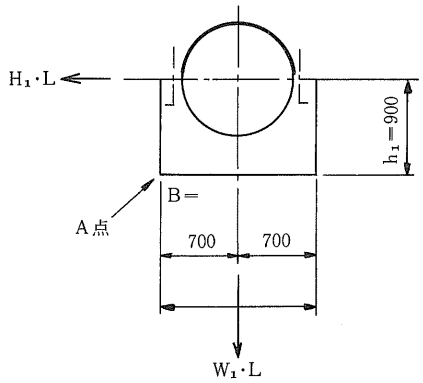
$M_1<0$であるから、転倒はあり得ない。

③ 地震時の軸直角方向転倒の検討（水平受台部）

図—11　水平部受台の軸方向水平力検討図



図—12　水平部受台の軸直角方向水平力検討図



図—12において、A点回りのモーメントM_2は、

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

$$= 3.38 \times 600 \times 90 - 11.27 \times 600 \times \frac{104}{2}$$

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

$M_2 < 0$であるから、転倒はあり得ない。

この計算にもバンド締付力および付着力は無視した。

5．防食設計

① 管内面

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

また、異形管にはタールエポキシ樹脂塗料を塗布する。(JWWA K 115)

② 管外面

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

③ 管受台

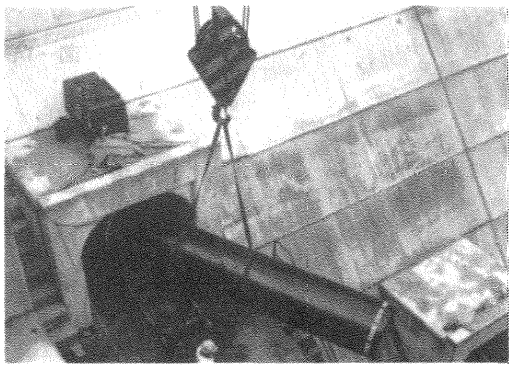
鋼製受台はさびやすいのでコンクリート製受台とし、管固定用鋼製バンドは全面タールエポキシ樹脂塗装とする。

4．配管据付け

1．監査廊内への管搬入方法

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

写真—3　搬入口での吊り込み作業

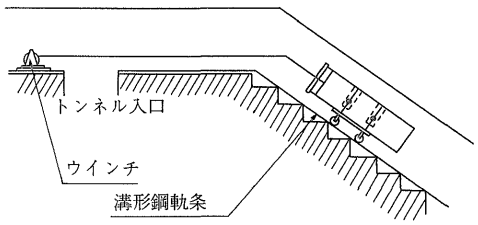


写真—4　専用台車

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

写真―5　傾斜部簡易軌条

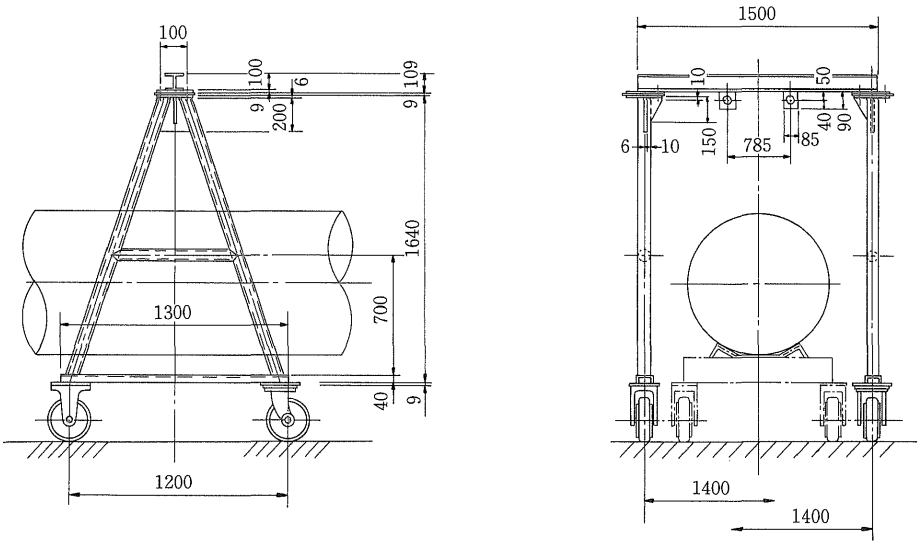
図―13　傾斜部簡易軌条による巻き降し



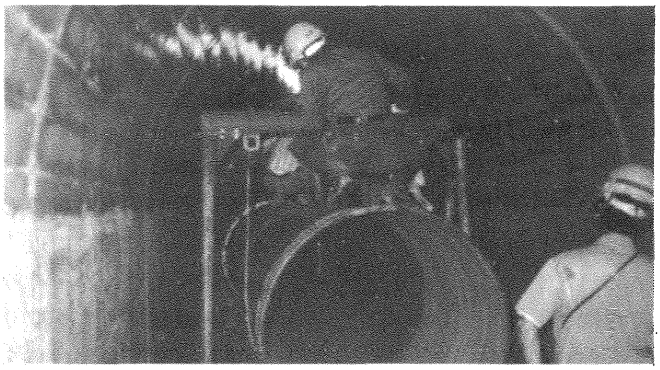
2．管の接合作業

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

図―14　接合芯出し治具



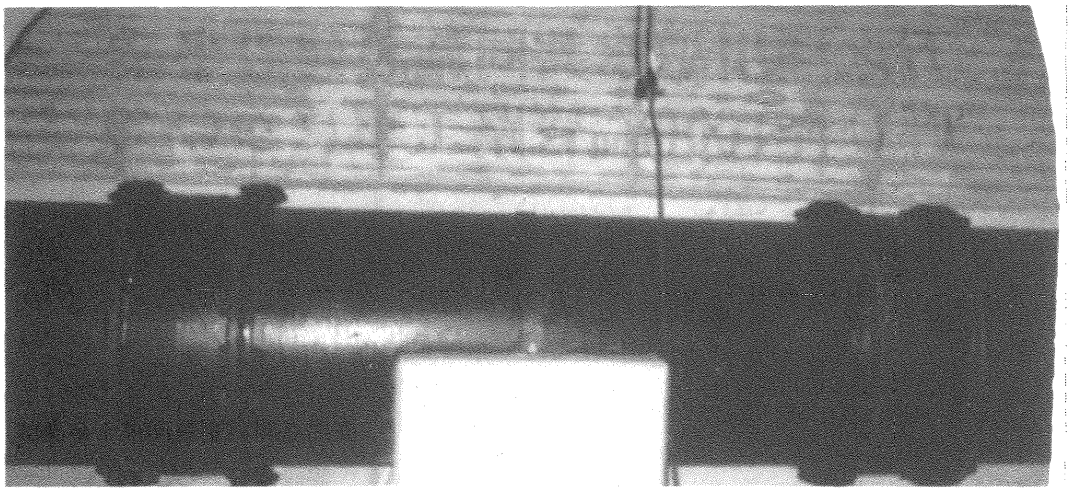
写真―6　芯出し治具による継手接合



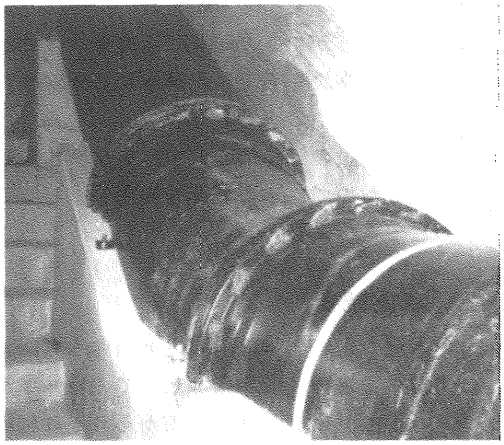
3．管受台の築造

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

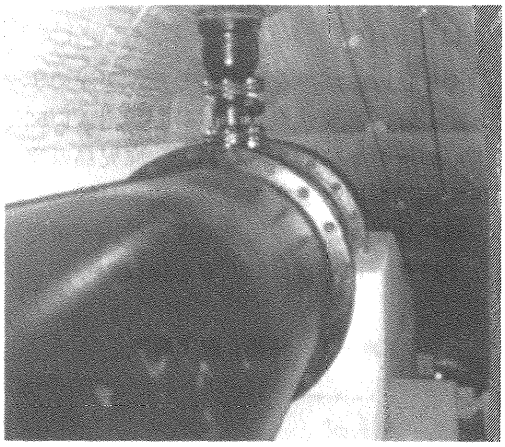
写真―7　水平部受台



写真―8　曲管部受台(傾斜面底部)



写真―9　曲管部受台(傾斜面頂部)



4．管外面の仕上げ塗装

工事が全部完了した後、管外面をタールエポキシ樹脂塗料で仕上げ塗装した。

5．おわりに

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

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

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

技術レポート3

万之瀬川導水共同施設建設事業 呼び径1000mm管路工事について

鹿児島開発事業団導水事業部
建設課長　大 村 耕 一

1．はじめに

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

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

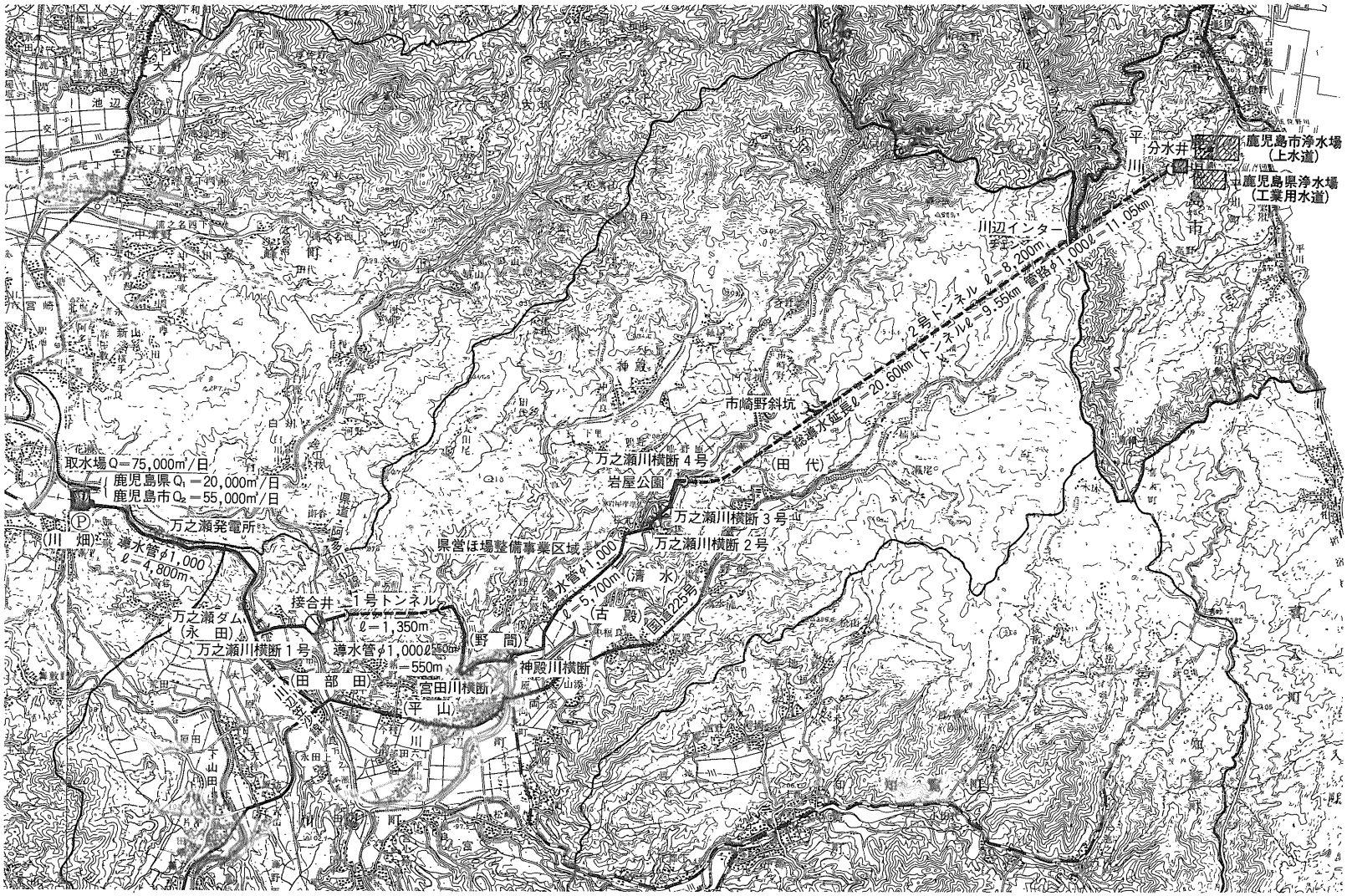
写真－1　桜島と鹿児島市

2．事業概要

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

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

図―1　導水施設位置図


取水場Q＝75,000m³/日
鹿児島県Q₁＝20,000m³/日
鹿児島市Q₂＝55,000m³/日
万之瀬発電所
(川　畑)
導水管φ1,000
ℓ＝4,800m
万之瀬ダム
(永　田)
接合井
1号トンネル
ℓ＝1,350m
万之瀬川横断1号
導水管φ1,000ℓ550m
＝550m
(田　部　田)
宮田川横断
(平　山)
(野　間)
神殿川横断
(古　殿)
導水管φ1,000
ℓ＝5,700m
(清　水)
国道225号
万之瀬川横断2号
万之瀬川横断3号
県営ほ場整備事業区域
万之瀬川横断4号
岩屋公園
(田　代)
市崎野斜坑
総導水延長ℓ＝20.60km
2号トンネル ℓ＝8,200m
(トンネルℓ＝9.55km　管路φ1,000ℓ＝11.05km)
川辺インター
(平　山)
分水井
鹿児島市浄水場
(上水道)
鹿児島県浄水場
(工業用水道)

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

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

3．施設内容

1．取水施設

① 取水地点

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

② 取水方法

- 取水門方式による自然取水

③ 1日最大取水量

75,000㎥/日（合計）

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

④ 環境基準類型

B類型（水道3級）

2．導水施設

① 導水距離

20.60km（合計）

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

② 導水方法

- ポンプ圧送方式（取水場～接合井間）

ポンプ：17.4㎥/分×4台（フライホィール付き）

全揚程：100m

L_1＝4.80km（23％）‥‥呼び径1000mm

- 自然流下方式（接合井～分水井間）

L_2＝15.80km（77％）

- 6.25km‥‥‥‥呼び径1000mm
- 9.55km‥‥‥‥トンネル

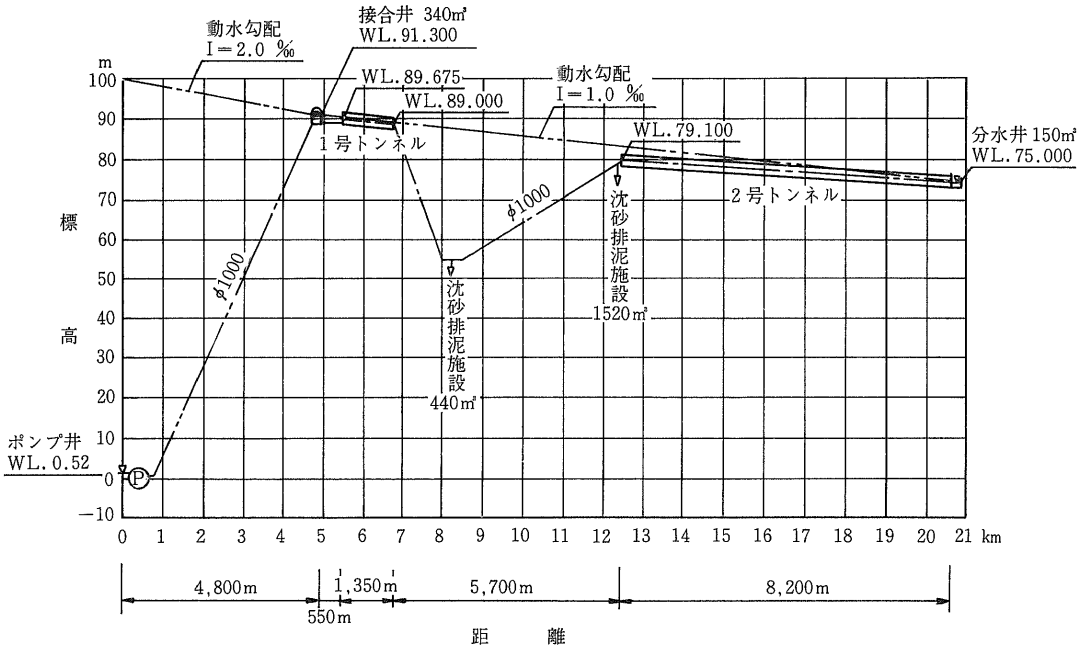
③ 導水路トンネル

9.55km（合計）

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

- 動水勾配：1/2000

図―2　万之瀬川導水水位高低図



④　導水管路

11.05km(合計)

7.90km(71%、ダクタイル管)
3.15km(29、鋼管)

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

⑤　付帯施設

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

4．事業経過

①　昭和48年6月
鹿児島県および鹿児島市共同の万之瀬川導水計画を策定。

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

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

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

⑤　昭和57年8月12日
鹿児島開発事業団に導水事業部が発足。

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

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

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

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

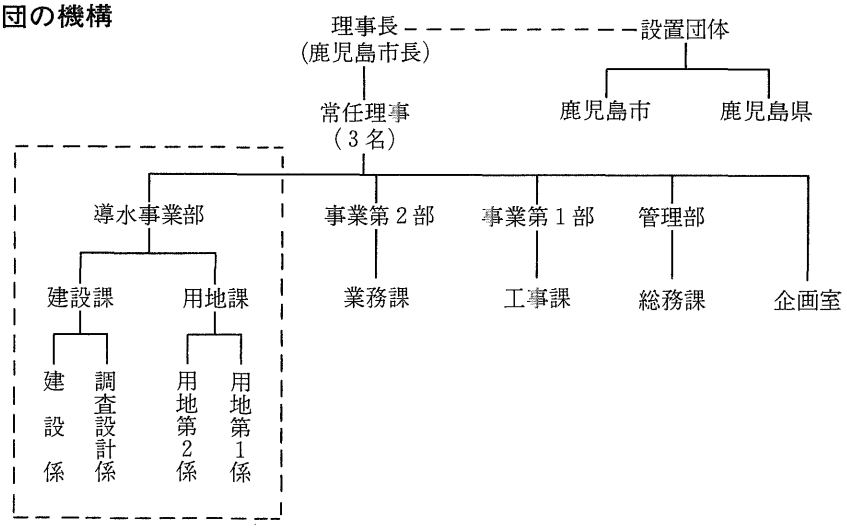
⑩　昭和58年1月
導水施設の実施調査・設計に着手。

⑪　昭和58年12月
導水施設工事に着工。

⑫　昭和59年5月
2号トンネル築造工事に着工。

⑬　昭和59年12月
導水事業に伴う用地買収を概ね完了。

5．事業団の機構



6．管種の選定

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

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

(i) 掘削幅を極力狭くしなければならない。

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

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

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

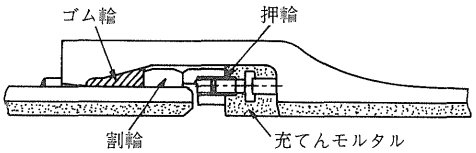
7．導水管路(ダクタイル管)の仕様

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

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

図―3　U形継手

U形(内面継手)



特長

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

用途

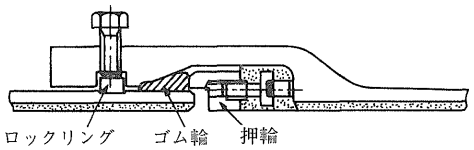
トンネル内用および狭開削溝用

適用範囲

呼び径 700～2600mm

図―4　UF形継手

UF形



特長

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

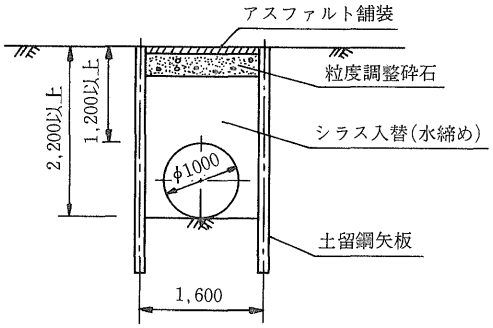
用途

離脱防止用

適用範囲

呼び径 700～2600mm

図―5　管布設標準断面図



8．導水管路(ダクタイル管)の施工

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

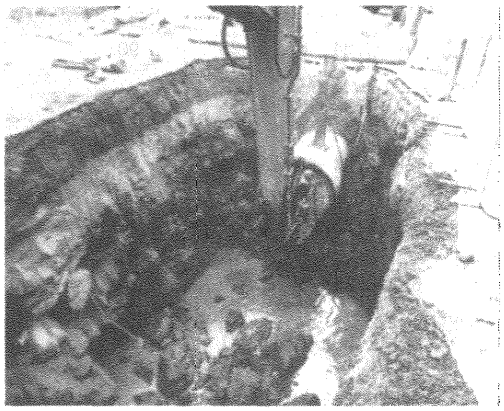
このような岩盤地帯では、会所掘りがほとんど不要であるU形管は断然有利であり、また、外面継手に比べて接合作業時に外部からの危

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

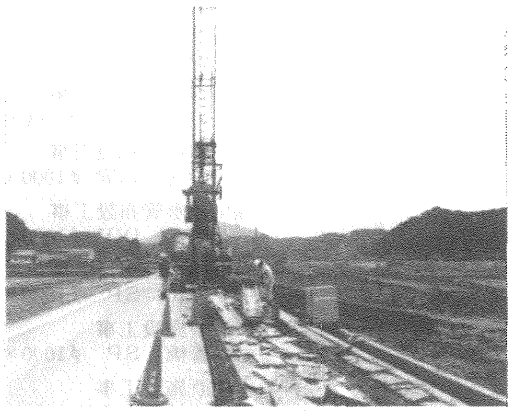
継手５カ所に１カ所の割合でテストバンドを用いて水圧テストを行っており、5.0kgf/㎠の水圧をかけ、５分後に4.0kgf/㎠以上を保持すれば合格としている。

写真－2　管仮置き

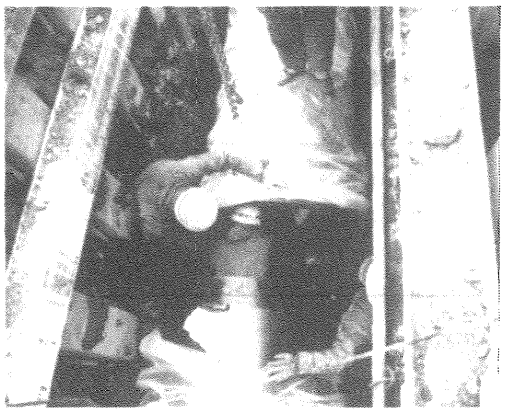
写真－3　岩盤掘削



写真－4　鋼矢板打ち込み



写真－5　管受口、挿し口清掃



写真－6　管接合

9．事業の進捗状況

本事業の各工事の進捗状況は次の通りである。

表―1　事業の進捗状況　　(昭和60年２月末現在)

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

10．おわりに

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

本報告がみなさまのなんらかのご参考になれば幸甚に思う。