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

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

ダクタイル鋳鉄管第17号

昭和49年10月

技術レポート

伊豆半島沖地震による水道管路被害調査

日本鋳鉄管協会技術専門委員会
委員　仁木彬隆
委員　北条貞宗

1．はじめに

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

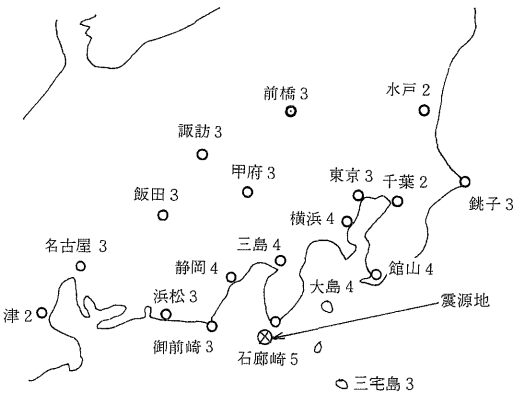
この地震は、震源地が伊豆半島南端の約25km沖で、深さが20kmと浅い直下型であったため、地震波が下から突き上げ局所的被害を大きくした。

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

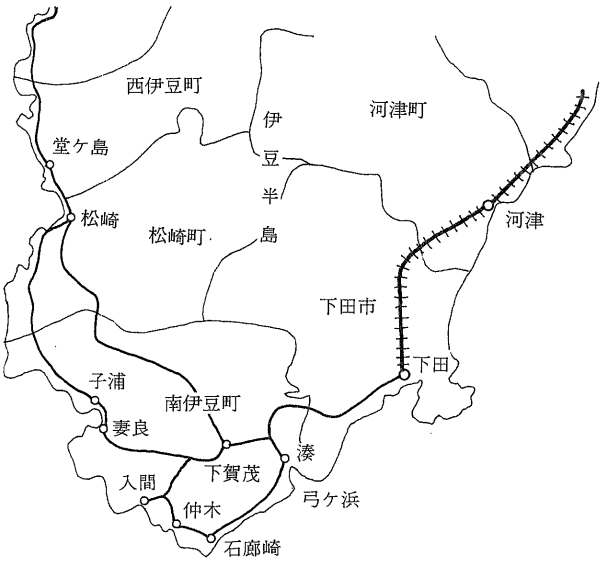
2．地震の概要

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

図―1　各地の震度



図－2　調査市町位置



3．被害状況

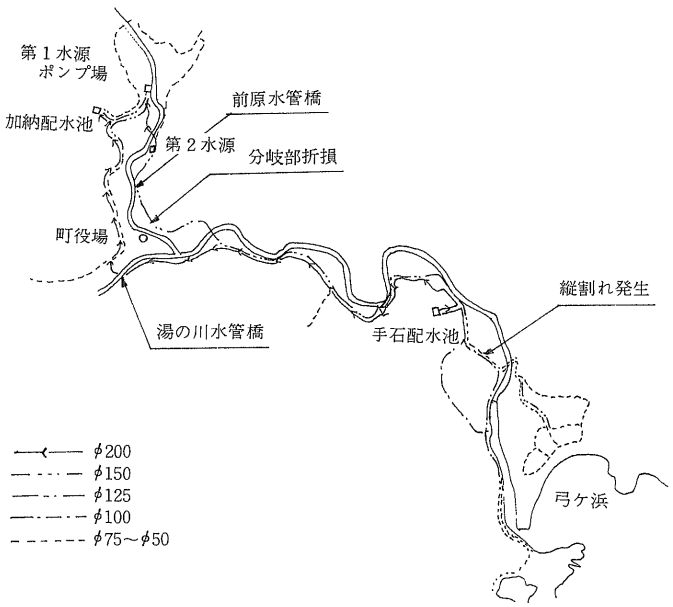
1）南伊豆町

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

(1)　南伊豆町上水道

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

図－3　南伊豆町上水道配管図



被害状況

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

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

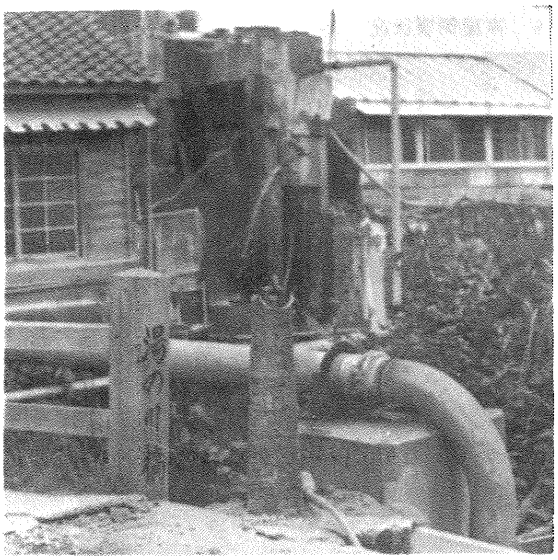
なお、250φ～400φダクタイル管が拡張工事で埋設されていたが、被害は見られなかった。

写真－1　100φ石綿管の縦割れ

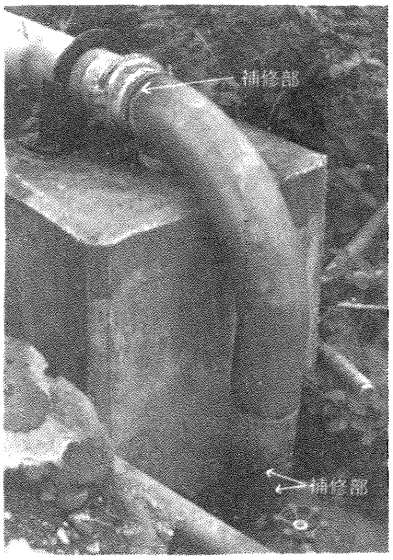
手石地区の田甫の中に盛土造成された農道に埋設されていた石綿管の管頂で、軸方向割れを起こした。この管は、昭和42年に布設された1種管であった。

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

写真－2　湯の川橋200φ水管橋



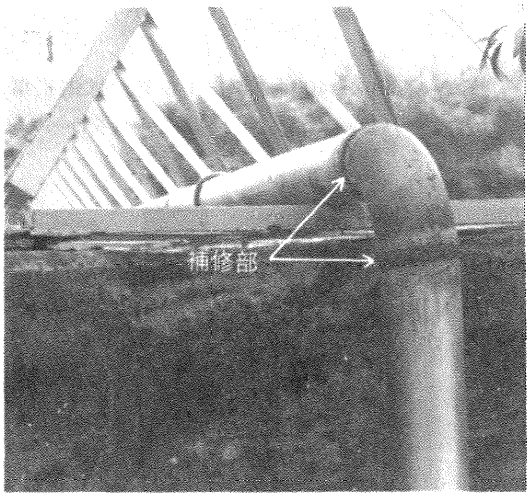
写真－3　湯の川橋水管橋橋台部



スパン約10m

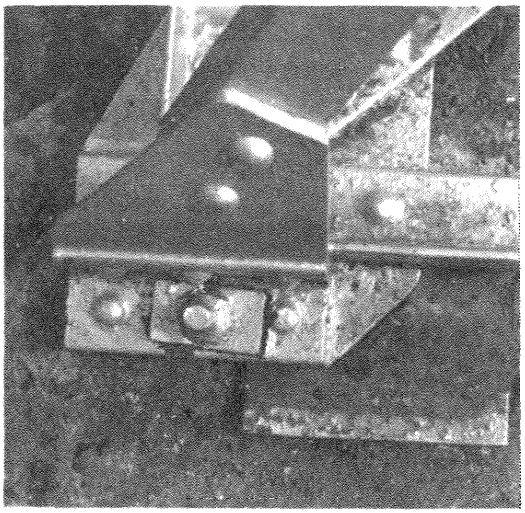
橋台の大きさ 1,000B×1,000L×3,000H。リングガーダーが橋台と共に70mm前方へすべった痕跡が管に残っている。　溶接部の折損は補修されていた。

写真－4　前原水管橋



125φ鋼管がトラス橋に添架されている。
曲管部は補修されたものである。

写真－5　前原水管橋トラス橋支持部



トラス橋が軸方向に80mm、軸直角方向に30mm移動した。

(2)　仲木簡易水道

給水人口　339人
使用管種および口径　塩ビ管50φ、鋼管50φ～80φ

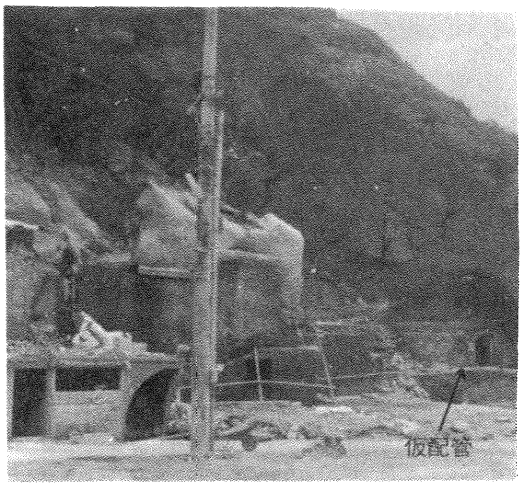
被害状況
土砂崩れによる家屋倒壊および火災により全面的に配水管の折損事故が発生した。鋼管は、ねじ継手のねじ部が引きちぎられたり、折れたりしていた。

塩ビ管の露出配管により仮復旧がなされていた。

写真－6　家屋倒壊状況

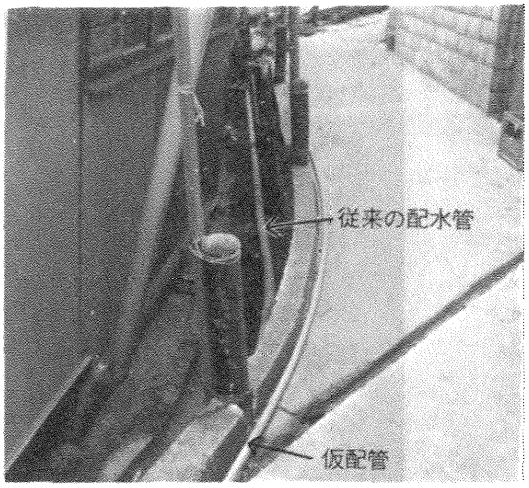
3階建ての鉄筋コンクリート建築の1階が圧壊された。

写真－7　仮配管状況



焼け跡に50φ塩ビ管で仮配管していた。

写真－8　仮配管状況



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

写真－9　バルブ破損

80φバルブのねじ継手部が折損していた。

写真－10　鋼管折損

80φ鋼管のねじ継手部が折損していた。

(3)　入間簡易水道

給水人口　　288人

使用管種および口径　鋼管100φ、塩ビ管

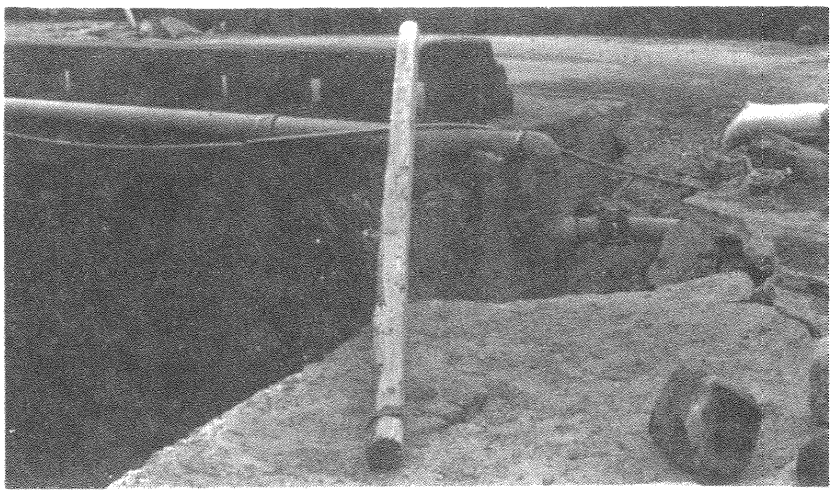
被害状況

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

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

仮復旧は50φ塩ビ管で行われていた。

写真－11　添架橋



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

(4)　妻良簡易水道

給水人口　　527人

管種および口径　石綿管50～75φ、鋼管25φ

被害状況

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

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

被害状況

いずれも土砂崩壊による配水管の折損事故が発生した。

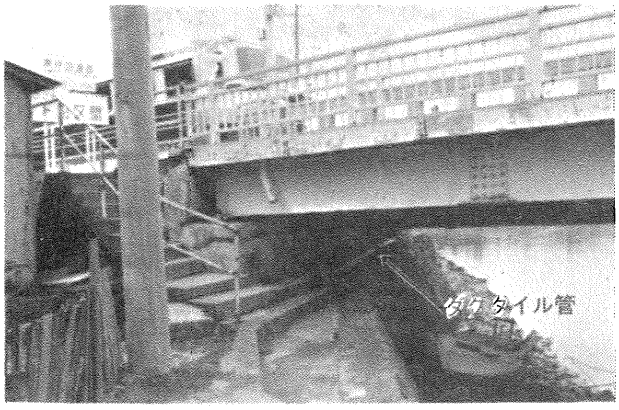
写真－12　石廊崎の土砂崩れ

石垣に沿って塩ビ管で仮配水していた。

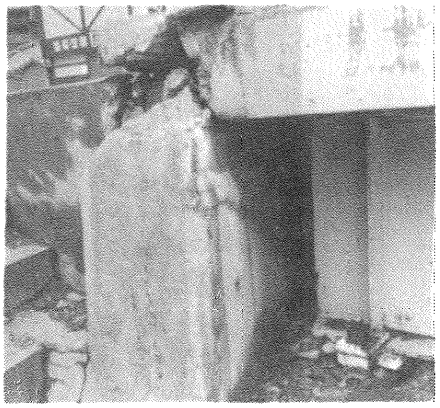
2）下田市

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

写真－13　下田橋(人形橋)



写真－14　下田橋破損部



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

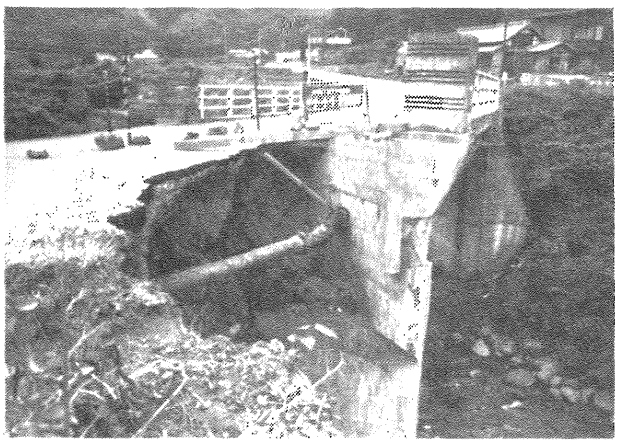
3）河津町

水道施設に被害はなかった。

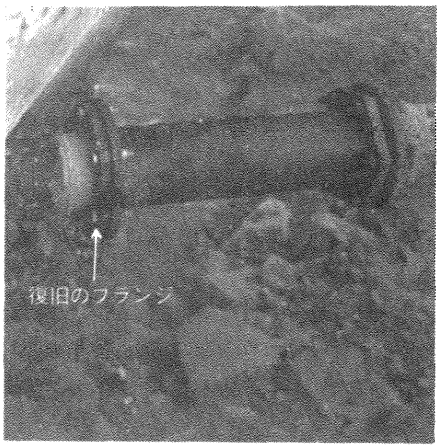
4）松崎町（給水人口　約10,000人）

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

写真－15　嵯峨野橋



写真－16　嵯峨野橋送水管復旧状態



スパン　約21m

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

5）西伊豆町

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

写真―17　洋蘭センター前

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

その真下に300φダクタイル管が布設されていたが異状なかった。

まとめ

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

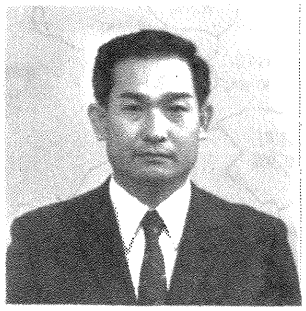
また、今回の調査で共通していた点は、従来から指摘されているように水管橋等の橋台が管路と異なった動きをし、管路に何らかの被害を与えていたことと、分水栓と給水管との接続部などに力が集中して漏水を起こしていたことがあげられる。

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

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

寄稿

滋賀県の広域水道事業



滋賀県企業庁工務第一課参事
増田正直

1．滋賀県水道の現状

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

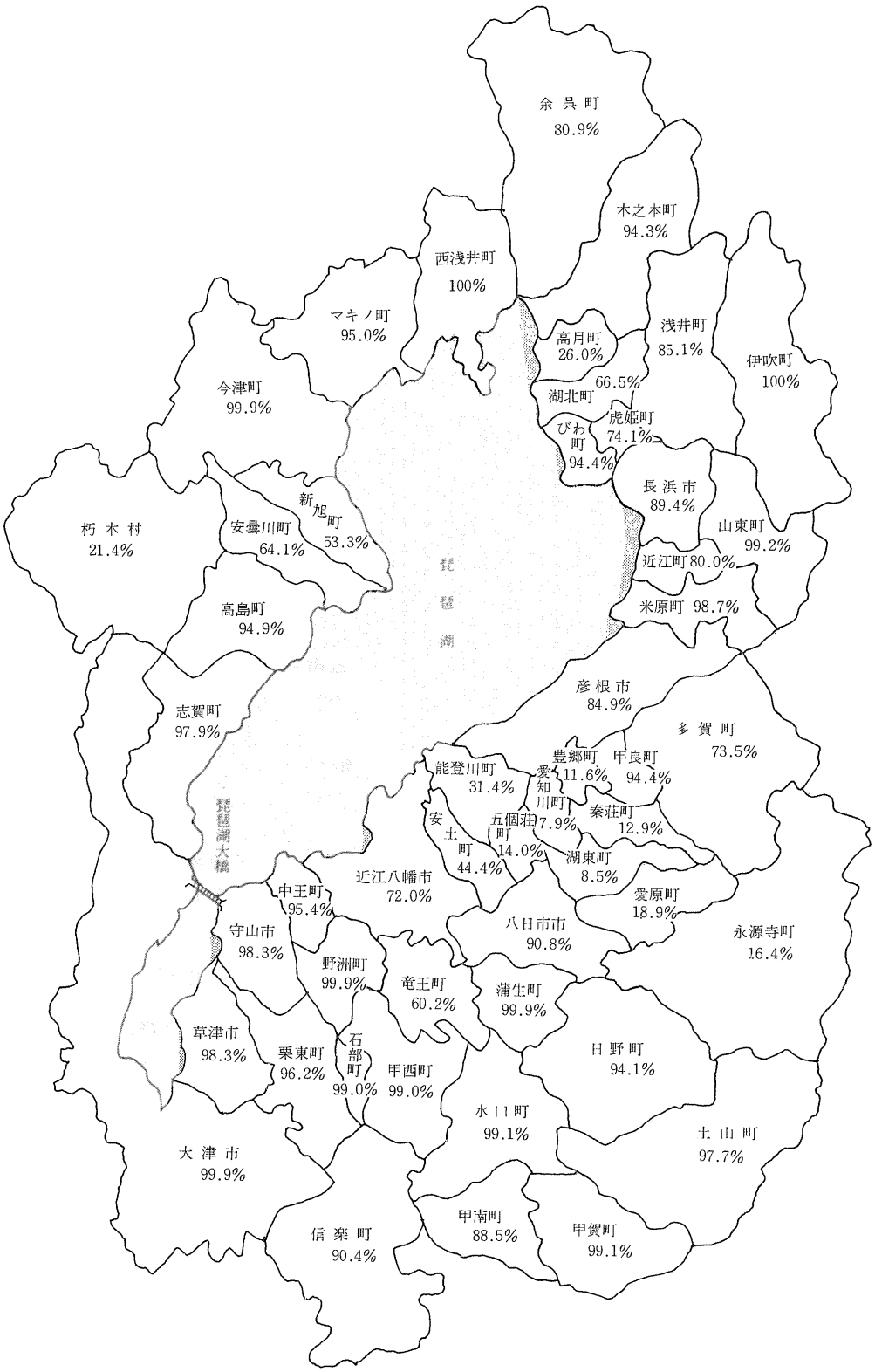
総人口に対する普及率は85％で平均して毎年２～３％の増加を示してきている。１人１日当り最大使用水量を上水道についてみれば、昭和43年には324ℓで昭和47年には419ℓと、かなり高い伸び率を示しているが、簡易水道では220ℓ程度で横ばいの状態である。

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

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

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

図－1　市町村別普及率


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

(1) 総 括 表

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

(注：水道用水供給事業　1カ所は含まず)

(2) 上 水 道

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

(3) 簡易水道

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

(4) 専用水道

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

2．琵琶湖総合開発と広域水道

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

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

3．事業の内容

河　川

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

河川改修　　40河川　　直轄野洲川

ダ　ム

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

6ダム（青土、芹川、姉川、高時川、北川、宇曽川）

砂　防

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

砂　　防　62河川

地すべり　2地区

下水道

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

また、終末処理場は、公共下水道に見合う施設を整備する。

（注）流域下水道＝2以上の市町村にわたる区域の下水道

公共下水道＝市町村単位の下水道

上水道

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

6地区（大津、湖南、中部、彦根、長浜、高島）

33市町

工業用水道

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

4地区（南部、中部、彦根一期拡張、彦根二期）

土地改良

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

用水改良　25,807ha程度

排水改良　2,400ha程度

ほ場整備　20,000ha程度

造　林

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

再造林　1,200ha程度

拡大造林　27,500ha程度

林　　道　25路線

治　山

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

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

湖岸緑地

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

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

集団施設地区

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

2カ所　安曇川　あやめ

周遊基地

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

5地区（大津、彦根、長命寺、南小松、今津）

文化観光施設

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

土地公有化

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

16カ所　305ha

湖周道路

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

なお、国道161号線バイパスについては湖周道路の一環として建設を促進する。

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

港　湾

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

大津、彦根、南小松　外

水　産

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

(水産)振興事業・資源維持
(漁港)漁港の修築　4港

し尿処理

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

12地区　50市町村

環境保全

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

公団事業

琵琶湖治水

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

水資源開発

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

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

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

4．滋賀県営広域水道の概要

1）滋賀県南部上水道用水供給事業

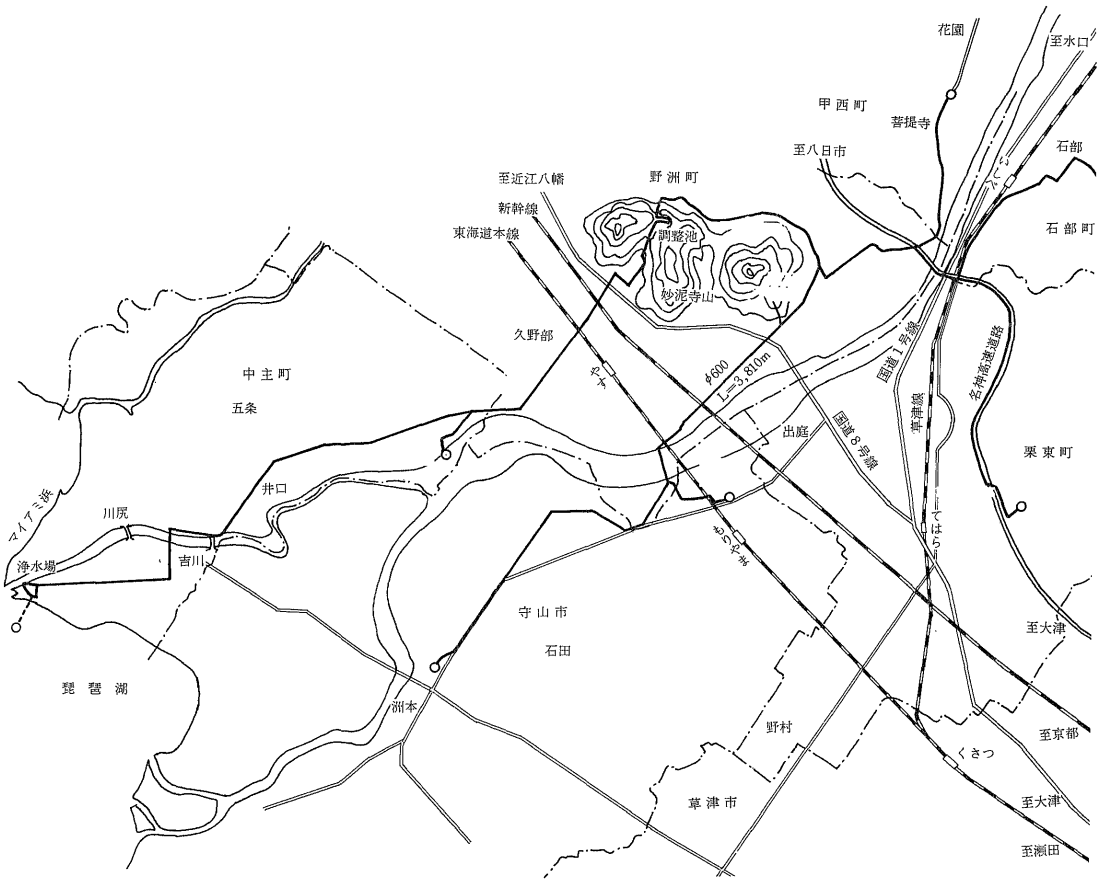
①　地域の概要

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

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

本対象地域で現在琵琶湖から取水している水道事業はない。

図－2　南部用水供給事業計画概要図



② 給水対象市町および年度別給水量

単位：㎥/日

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

③ 最終年度における受給水計画

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

④ 水道施設の概要

水　源

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

取水先端

内径4.3m、高1.2m、鋼板製

取水管

φ1,350㎜　ℓ＝460m

導水ポンプ

上水・工水共同施設

幅（長辺13.0m、短辺5.0m）、長さ18.5m

有効水深3.0m　V＝256.5㎥　T＝約２分

ＲＣ造　１池

導水管

φ1,350㎜　ℓ＝約50m

導水ポンプ

φ500㎜　Q＝32,975㎥/min　H＝9.0m

90kw

５台（内予備１台）　上水・工水共同施設

脱臭処理池

幅20.0m　長さ30.0m　水深4.0m

V＝3,000㎥　T＝48分　RC造り　１池

急速かく拌池

3.5m×3.5m×4.5mH２連

有効容量90.65㎥　T＝1.2分　RC造り

緩速かく拌池

幅23.0m　長さ12.0m　深さ4.0m　２池

RC造り　有効容量1987㎥　T＝約35分

急速ろ過池

全自動開放型重力式　ろ過面積　27.3㎡

ろ過速度137m/日　24池　RC造り

塩素混和池

幅5.0m　長さ8.0m　深さ4.0m

V＝120.0㎥　T＝約２分　RC造り　１池

浄水池

幅20.0m　長さ25.0m　有効水深4.0m

V＝2,000㎥　RC造り　２池　T＝1.1時間

汚水池

幅10.0m　長さ15.0m　深さ４m

V＝600㎥　RC造り　１池

１次濃縮槽

V＝3,800㎥　１池　RC造り

V＝1,300㎥　１池　RC造り

脱水機

加圧脱水機　１式

送水ポンプ

φ1,000mm　ℓ＝12,040m

送水ポンプ

φ300mm　Q＝11,625㎥/min　H＝124.0m

370kw　６台(内予備１台)

調整池

トンネル式　ℓ＝200.0m　V＝11,250㎥

送水管

φ200mm

〜　ℓ＝26,800m

φ1,000mm

⑤　給水開始予定

昭和51年４月（１部給水）

⑥　工　期

昭和47年度から昭和53年度

2）滋賀県中部上水道用水供給事業

①　地域の概要

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

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

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

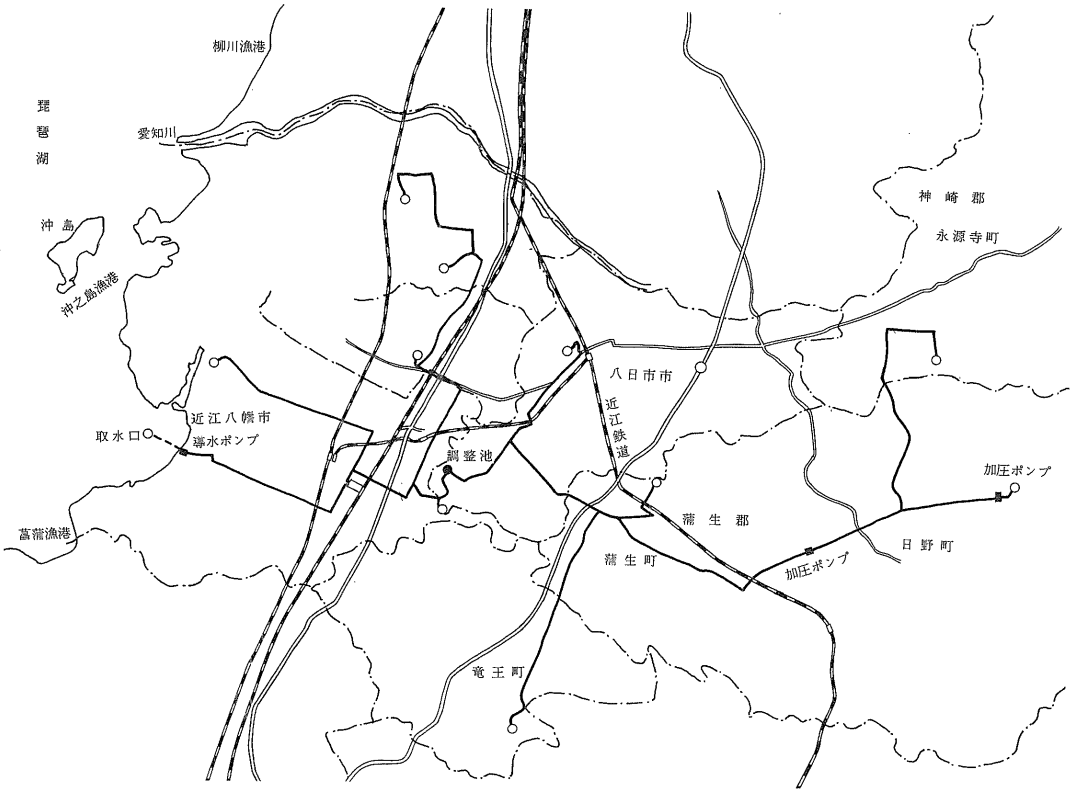
②　給水対象市町および年度別給水量

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

③ 最終年度における受給水計画

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

図－3　中部上水道用水供給事業計画図



④　水道施設の概要

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

⑤　給水開始予定

昭和52年4月

⑥　工　期

昭和49年度〜昭和54年度

寄稿

北九州市の下水圧送管

北九州市下水道局設計課長
中島幸雄

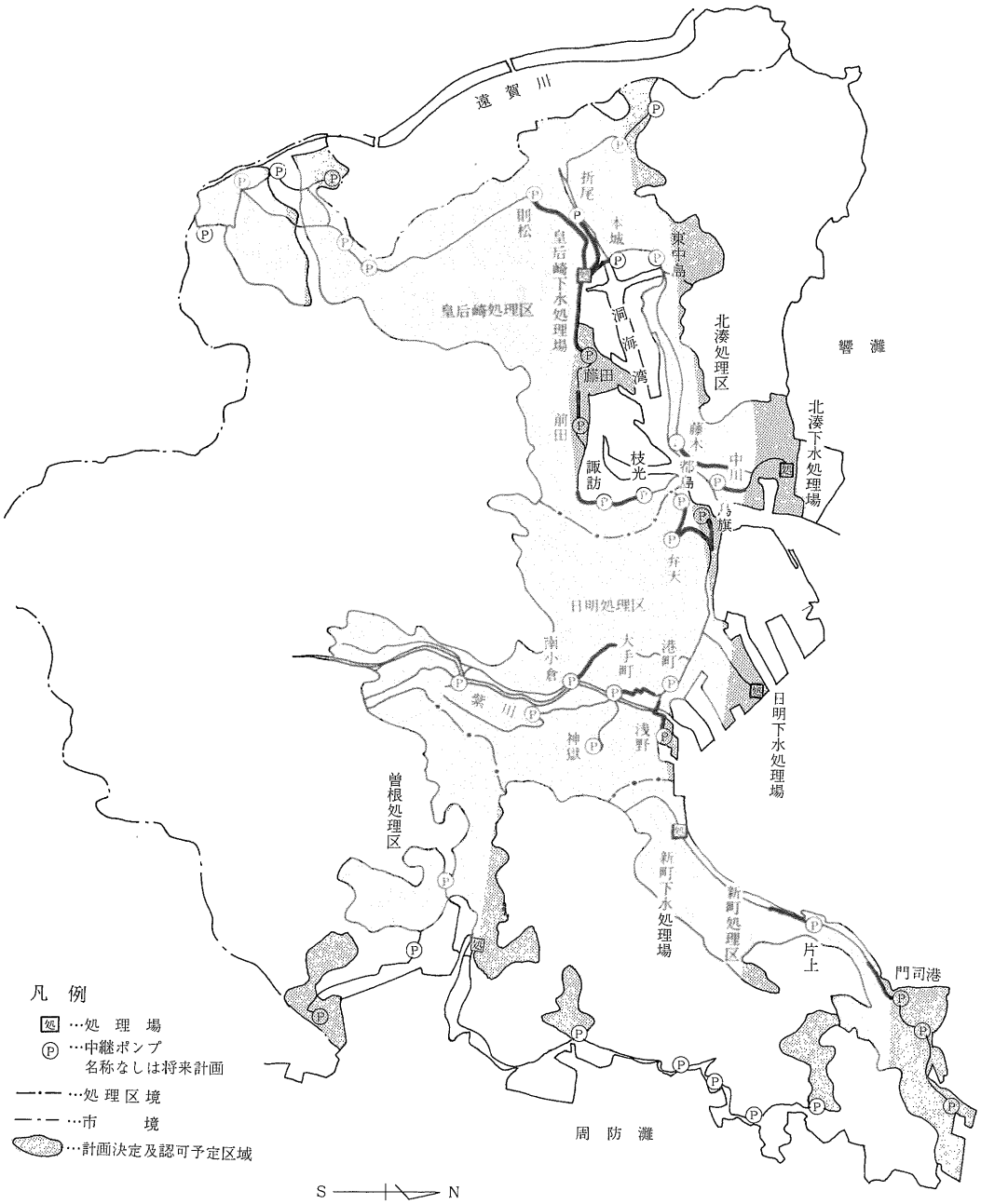
まえがき

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

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

本市の広さは、東西32.5km南北33.5km、面積465.63km²であり、その大部分は、東北部の企救山塊と中央部から南部にのびる福智山系その他の山地で占められ、これらの山系は、最高900mと比較的低い山群の連続である。これらを源とする河川は、小倉区を南北に貫流する紫川の他は、１km前後の小河川が大部分である。その流域と河口で形成されている沖積平野の一部で農業が営まれ、北部の洞海湾周辺を中心とした臨海部で重工業が発達し、これに伴って、市街地は工業地帯と背後の山群に挟まれた形で、東西に帯状に形成されており、近時の都市発展につれて、八幡、小倉区の南部が住宅地となってきた。

図－1　施設概要図



1．下水道の沿革

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

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

昭和38年第１期６カ年計画の認可により始まった。

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

表－１　事業計画

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

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

表－２　下水道計画（処理区別）

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

注：(　) 計画値

２．中継ポンプ場と下水圧送管

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

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

表－3　中継ポンプ場

処理区	ポンプ場名称	ポンプ場所在地	運転開始年月日	排水能力 雨水ポンプ 口径	能力	揚程	馬力	台数	汚水ポンプ 口径	能力	揚程	馬力	台数
新町処理区	門司港	門司区港町	S 48.5	1,100㎜	150 ㎥/分	8.0m	420ps	1	300㎜	11.2㎥/分	15.0m	50kw	2
				800	75	8.0	160	1					
		門司区小森江	S 49.4				210	1					
	片上	片上		—	—	—	—	—	400	18.6	8.1	45	3
日明処理区	浅野町	小倉区浅野町	S 49.4	1,500	340	7.0	750	1	450	26.5	18.4	110	2
				1,000	140	7.3	350	2					
	神獄	〃 明和町	S 51.4	1,100	180	—	—	2	450	31.0	—	—	5
			予定	1,500	322	—	—	4					
	城野	〃 篠崎町	計画中	1,300	212.9	—	—	3	400	21.1	—	—	
				800	91.4	—	—	3					
	北方雨水	〃 北方川久保	〃	1,200	177.1	—	—	5	—	—	—	—	—
	南小倉	〃 篠崎町	S 48.4	—	—	—	—	—	300	11.0	25.0	75	2
	港町	〃 東港町	S 46.4	1,500	315.0	8.5	900	1	500	35.0	15.0	125	3
				900	105.0	8.5	310	1					
	大手町	〃 大手町	S 45.4	1,300	240.0	6.0	520	1	450	36.4	14.0	110	1
				1,500	320.0	5.8	620	1	700	71.5	14.0	240	2
				700	65.0	6.2	150	1					
	鳥旗	戸畑区鳥旗	S 34.9	1,000	107.0	2.0	80	2	200	4.5	11.0	55	1
									200	8.7	17.5	75	1
	弁天	〃 弁天町	S 39.3	1,350	220.0	3.1	260	1	300	11.5	16.6	60	3
				1,350	262.0	2.8	375	2					
	都島	〃 牧山	S 41.3	700	68.6	4.7	115	1	300	11.0	7.5	22	3
				800	85.0	4.8	135	1					
皇后崎処理区	枝光	八幡区枝光町	S 44.4	—	—	—	—	—	150	2.3	13.0	15	3
									200	4.5	13.0	26	1
	諏訪	〃 諏訪町	S 44.4	—	—	—	—	—	300	9.4	23.5	60	4
	前田	〃 前田町	S 41.4	—	—	—	—	—	400	20.3	16.0	80	3
									350	13.6	16.0	55	2
	藤田	〃 藤田殿町	S 38.2	1,200	180.0	2.1	130	3	500	33.0	17.0	130	2
				800	90.0	2.4	70	2	400	21.0	17.0	80	1
	則松	〃 則松	S 50.4	1,500	325.0	—	—	3	400	25.0	—	—	4
			予定	800	90.0	—	—	2					
	東中島	〃 本城	S51.4予定	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	折尾	〃 折尾	S 50.4	1,000	121.0	—	—	1					
			予定	700	61.0	—	—	2	350	17.3	—	—	3
	本城	〃 洞北町	S 50.4	500	29.0	—	—	2	400	21.0	—	—	4
			予定	700	58.0	—	—	1					
北湊処理区	中川通	若松区本町	S 42.4	1,000	109.7	2.4	96	3	150	3.2	7.5	7.5	2
	藤ノ木	〃 古前町	S 49.4	—	—	—	—	—	350	16.0	20.0	55	4

表－4　圧送管概要

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

1）門司港中継ポンプ場系

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

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

(1)栄川横断（3.3×1.6ボックスカルバート）

土被り　4.5m

推進長　推進用ダクタイル鋳鉄管U形（内径800mm）

L＝4m/本×5本＝20m

推進口　6.0m（長）×2.8m（幅）×5.6m（深）

到達口　3.0m×2.0m×5.5m

支圧コンクリート　1.5m（幅）×1.7m（高）×0.6m（厚）

土質　礫交り砂質粘土

推進部N値　7～10

竪坑は、土留として普通鋼矢板Ⅱ型7.5mを使用した。

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

内容は(1)と同じであったが、土被りは3.5mと浅く推進した。

(3)清滝川横断（1.6×1.6ボックスカルバート）

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

土被り　3.8m

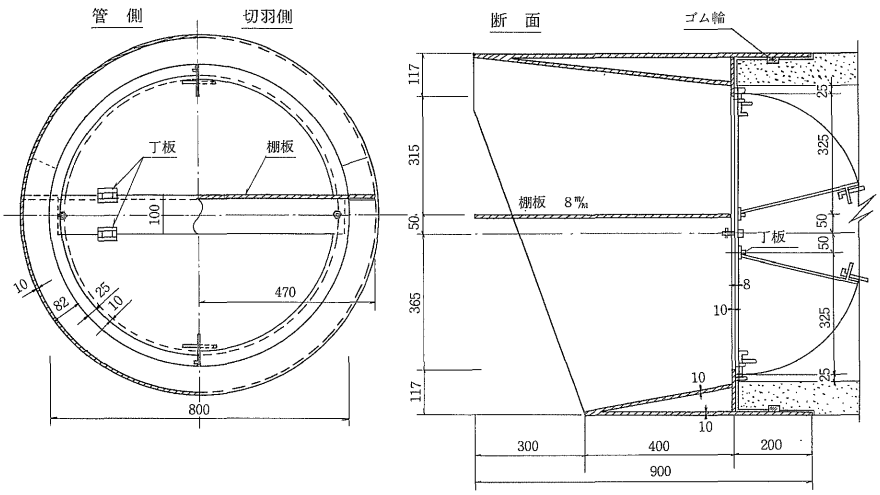
推進長　推進用ダクタイル鋳鉄管U形（内径800mm）

L＝4m/本×18本＝72m

他は(1)と同様である。

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

図―2　刃口金物



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

２）片上中継ポンプ場系

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

３）浅野町中継ポンプ場系

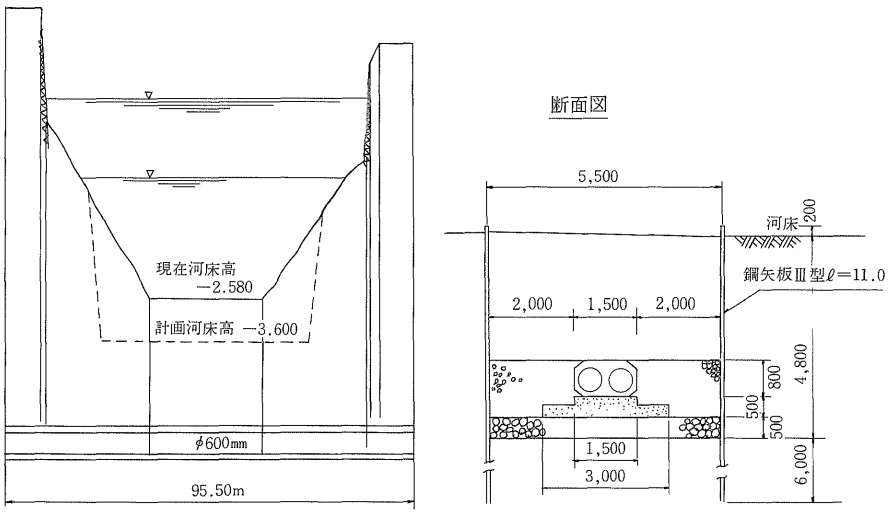
紫川、砂津川、神獄川に挟まれた平坦な商業地区を、浅香幹線および魚町幹線に合流式として、下水を収容して当ポンプ場に流下し、雨水は響灘に放流し、汚水は板櫃の旭町幹線までポンプ加圧送水し、その後、自然流下で勝山幹線を経て、港町中継ポンプ場へ流入するものである。

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

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

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

図―３　縦断面図



4）神獄中継ポンプ場系

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

5）城野中継ポンプ場系

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

6）港町中継ポンプ場系

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

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

7）南小倉中継ポンプ場系

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

8）大手町中継ポンプ場系

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

9）都島中継ポンプ場系

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

10）弁天中継ポンプ場系

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

11）鳥旗中継ポンプ場系

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

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

12）枝光中継ポンプ場系

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

13）諏訪中継ポンプ場系

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

14）前田中継ポンプ場系

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

15）藤田中継ポンプ場系

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

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

16）則松中継ポンプ場系

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

17）折尾中継ポンプ場系

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

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

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

18）本城中継ポンプ場系

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

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

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

19）中川中継ポンプ場系

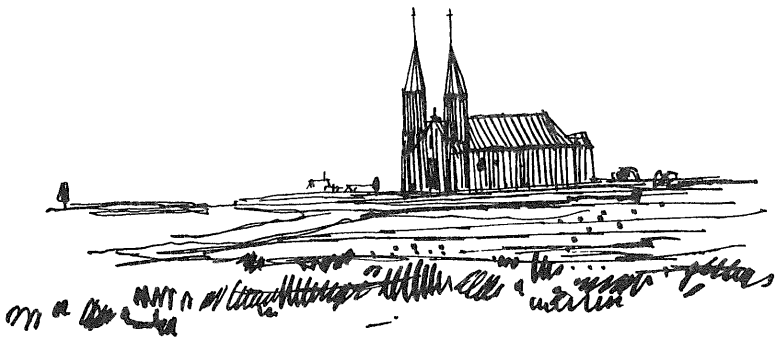
高塔山から海岸線に向ってゆるやかに傾斜し、それに新地幹線が設けられ、汚水を収容して若松港岸壁付近に設けられた当ポンプ場に流下し、ポンプ加圧して浜町２丁目若松区役所前の若松主要幹線まで送水され、北湊処理場へ自然流下により導かれるものである。圧送管は、内径350mmダクタイル鋳鉄管A形２種を517.3m車道下土被り1.2mの開削施工で布設された。

20）藤ノ木中継ポンプ場系

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

あとがき

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

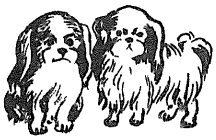


発行年	号数	タイトル	著者	概要
1974年	No.16	U形ダクタイル鋳鉄管（φ2200mm）の並列推進工事の概要	埼玉県企業局 水道建設事務所 工事第一課長　藤田　恒二 保全課長　長尾　政秋	地下水源に依存してきた埼玉県の水道は、首都圏の発展に伴って人口が急増、水需要は著しく上昇し地下水位の低下と地盤沈下を来たした。そこで給水対策と地盤沈下防止のため、昭和36年度から東部第一工業用水道事業をはじめ中央第一水道など、生活用水と工業用水を河川表流水に求め活発に事業を進めている。本稿は、現在建設中である西部第一水道事業の日量50万㎥の導水管として計画されたものである。この導水管は、2200mmφ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

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

ダクタイル鋳鉄管第16号

昭和49年5月



技術レポート《1》

U形ダクタイル鋳鉄管（φ2200mm）の並列推進工事の概要

埼玉県企業局水道建設事務所
工事第一課長　藤田恒二
保全課長　長尾政秋

1．はじめに

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

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

2. 管種ならびに工法の選定

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

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

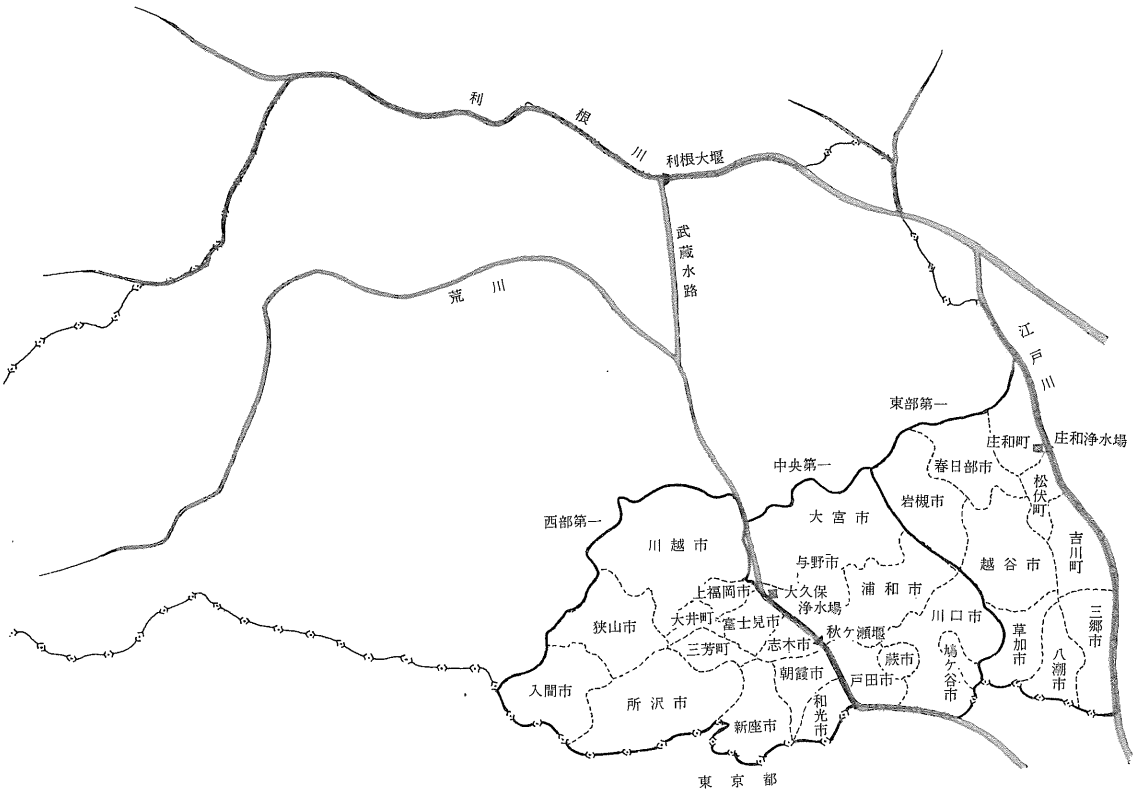
工法については、中央第一の創設工事のときには管径1,800㎜２条を延長1,400m程、開削工法で布設したが、用地および借地などで難行したのと、施工上で予想以上に難行したために、今回は地盤改良による開削工法、あるいはシールド工法または普通推進工法と検討し、前記の用地問題も含め、工費はもとより、工期の点で泥水式推進工法を採用した。

3. 工事概要

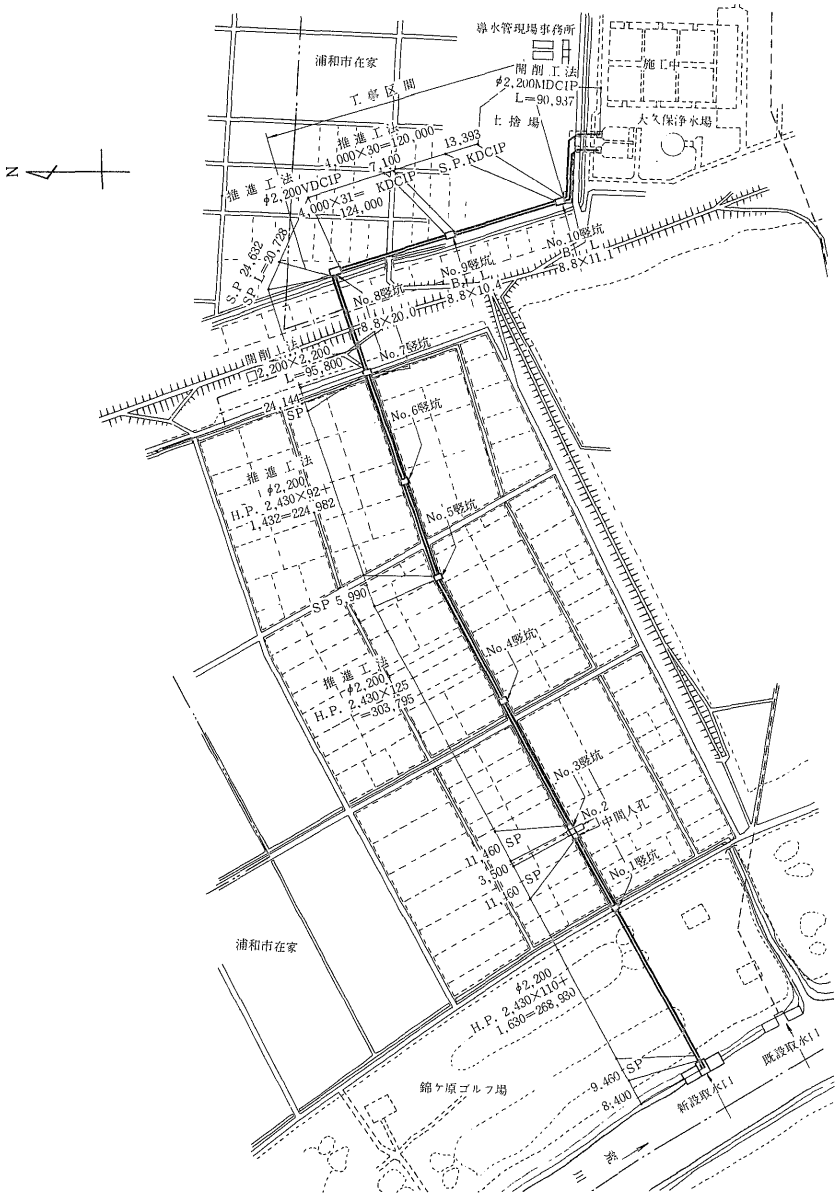
本工事は、埼玉県企業局が西部第一水道用水供給事業計画の一環として、取水口から荒川の原水を取り入れるため、２連に布設する内径2,200㎜のダクタイル鋳鉄管内を自然流下で現在施工中の大久保浄水場へ導水する工事である。

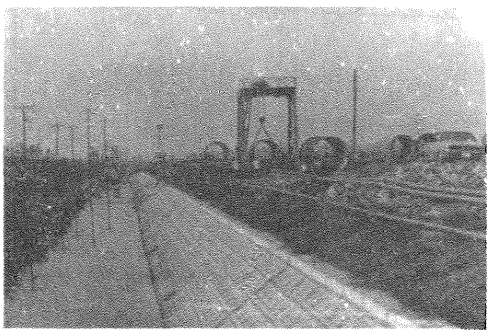
この導水管は、ダクタイル鋳鉄推進管を使用し、推進工法にてϕ 2,200㎜×278.8m×２連を布設する。

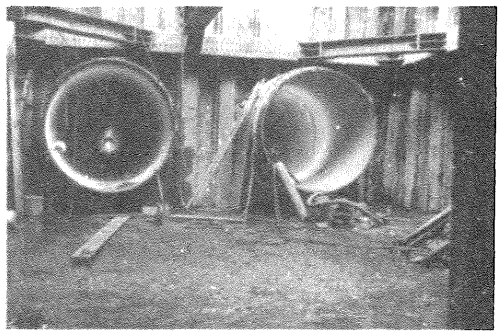
図－１　埼玉県事業別給水地域図



図－2　48西第205号導水管布設および送水管布設工事現場一般平面図







4. 土質と問題点

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

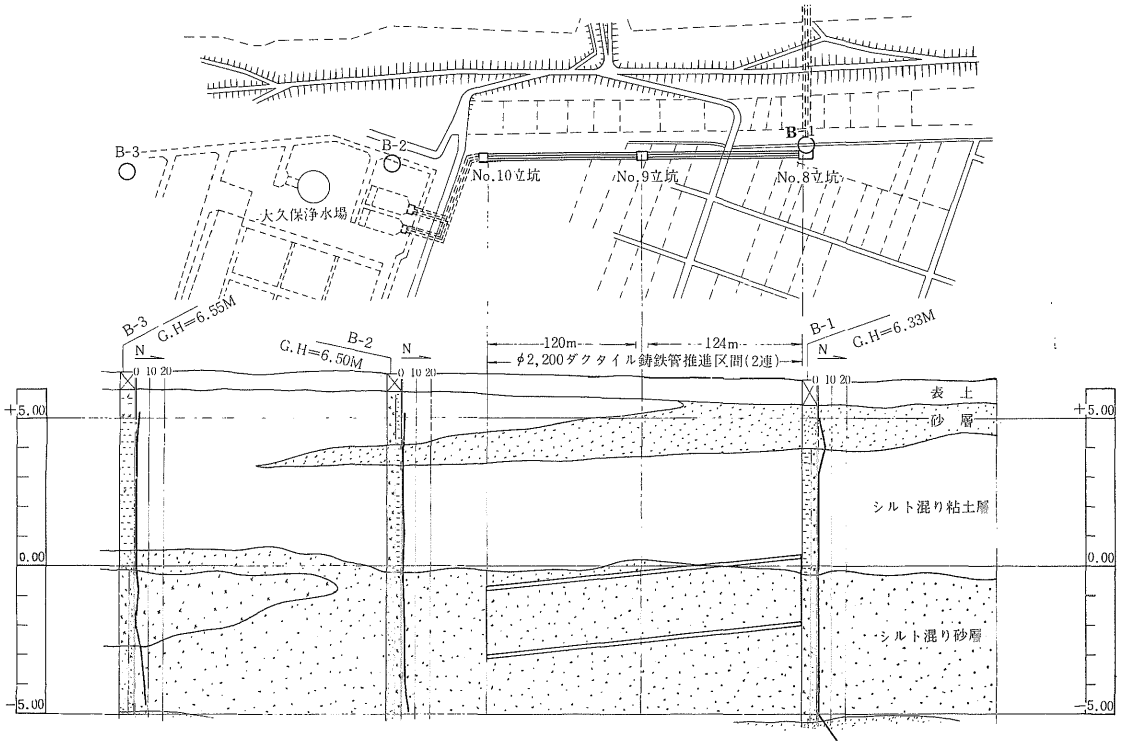
とくに、今回の管を布設する地点は、上部シルト層とゆるい砂層をはさんだサンドイッチ部で、N値0～5、含水比65%以上、飽和度95%以上と非常に鋭敏比が高く、また、地下水の高い地盤である。なお、砂層は粒径の均一な細中砂であり、透水係数1×10^{-3}cm/sec以上で透水性に富んだ地盤で自立性に乏しく、クイックサンド的に崩壊が起こりやすい地質である。

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

なお、この地質において推進工事を施工するには、大きな問題点があった。

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

図－3　調査位置平面図および地層縦断図



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

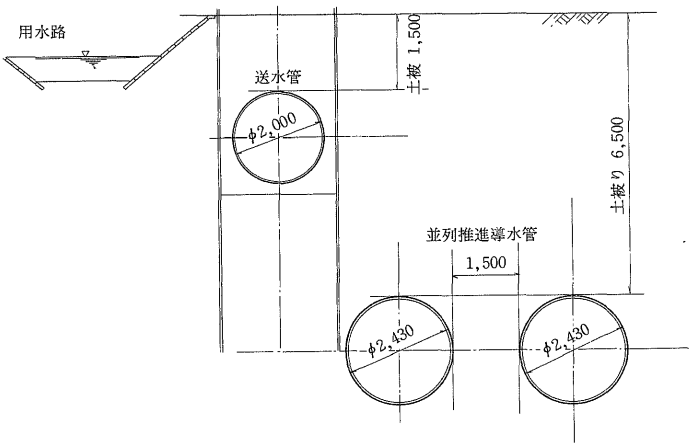
第３に、実質工期が10月末～12月末の３カ月であるので、推進工事期間を11月～12月の２カ月間とし、推進１スパンを15日の工程とした。

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

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

以上のような種々の条件のもとに、入念に施工した。

図－４　並列推進施工断面図



５．施　工

１）泥水加圧式推進工法とシールド機械

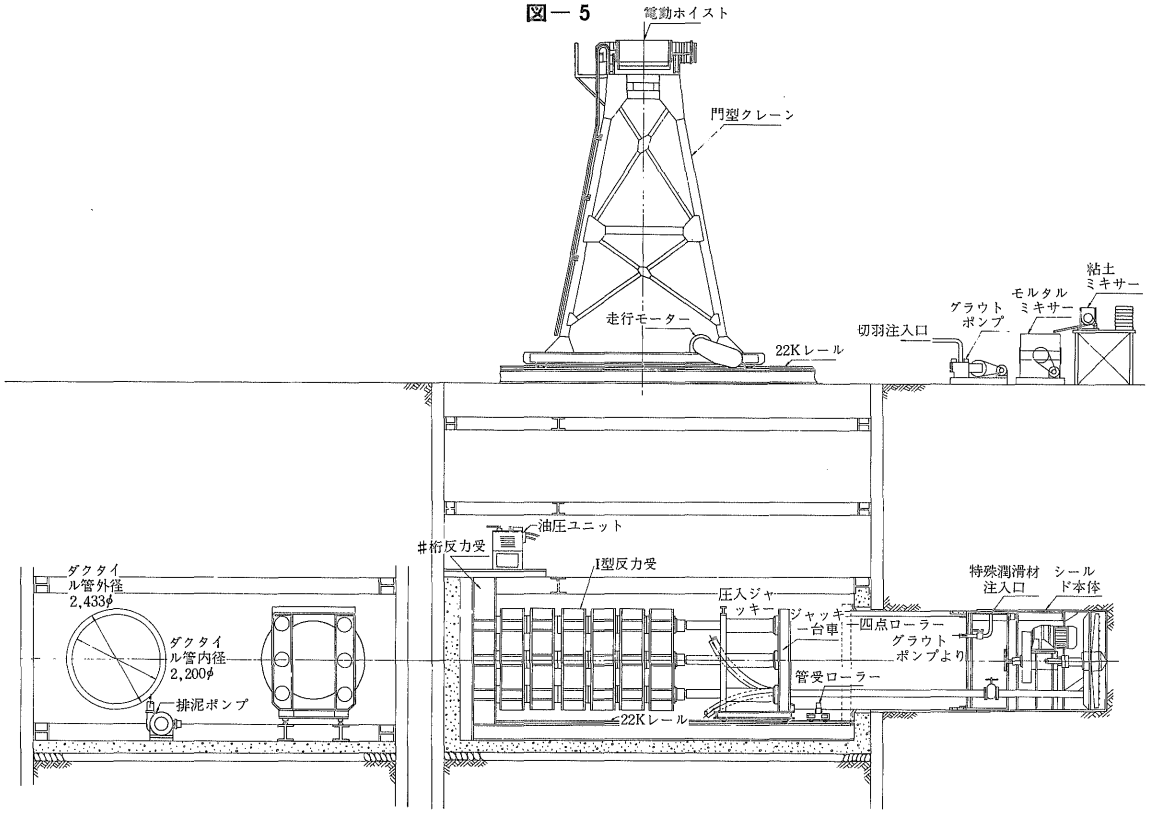
本工法は、メカニカルシールドを用いた泥水加圧環流式推進工法で、前面の掘削室に加圧した泥水を送り地山の地下水をこの加圧水で抑え、かつカッター板で切羽の地山を押えながらカッター板の回転によって、地山を切崩し、加圧泥水の環流によって、掘削した土砂をトンネル外に流体輸送するメカニカル機構である。

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

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

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

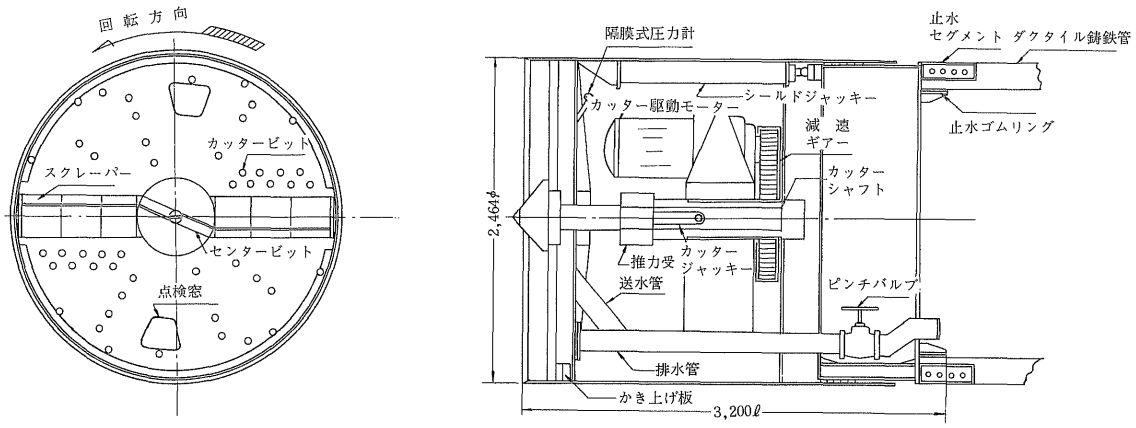
図－5



機械仕様表

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

図－6　全体組立（2464φOCMS－Aシールド）



仕様表

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

① カッター板とカッタースリット

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

② カッター回転とトルク

掘削土が細砂と考え、回転トルクは、

経験式　$T=D^3\times0.5$より

7.7t-m(15kw×2台)と設計したが、実績では75～80%であった。

③ シールド単管とダクタイル鋳鉄推進管の接合部の止水性

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

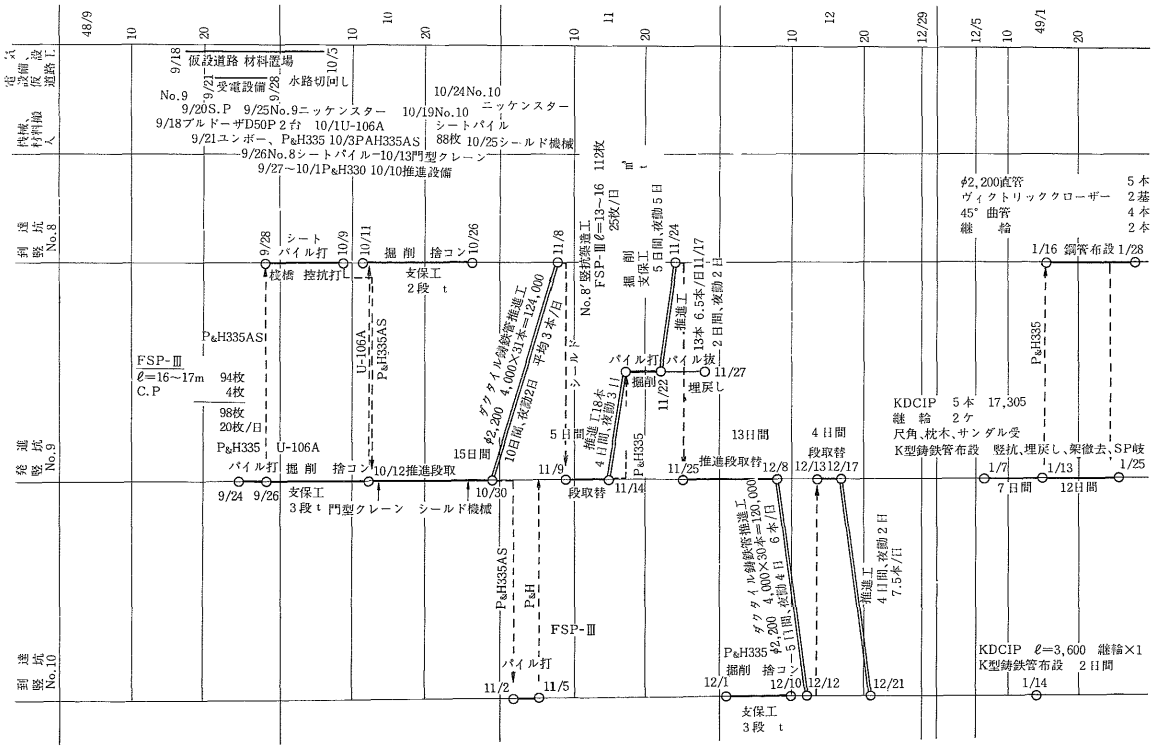
2）施工サイクルと施工実績

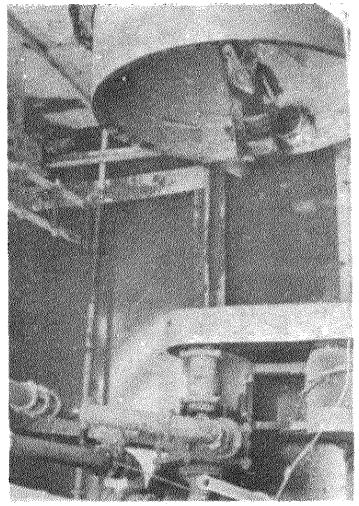
推進段取りを含め、推進期間は、実質2カ月間と限られていたので昼夜連続施工とした。実績表のごとく、機械のトラブルがあったにもかかわらず順調に予定どおり終了した。

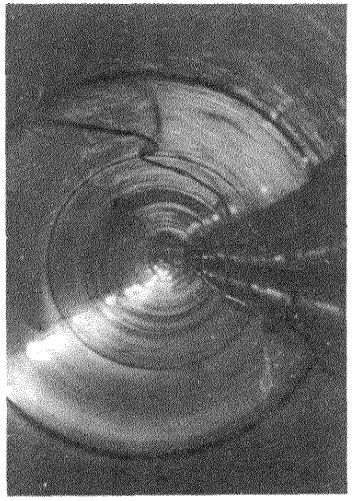
作業員が慣れてくるにしたがい能率も上昇し、1スパン(30～31本)を約5～6日間で貫通した。また、掘進速度は平均25～28m/日、最大40m/日であった。ダクタイル鋳鉄推進管の接合では、外周フランジボルト合せ、および建込みに30分、管内のボルト締付けに約1～1.5時間必要であった。ダクタイル鋳鉄推進管1本の推進時間が3時間と比較すれば、接合に要する時間が大きなウエイトを占めている。

今後この継手部の時間の短縮が、また改良が大きな課題となると思う。

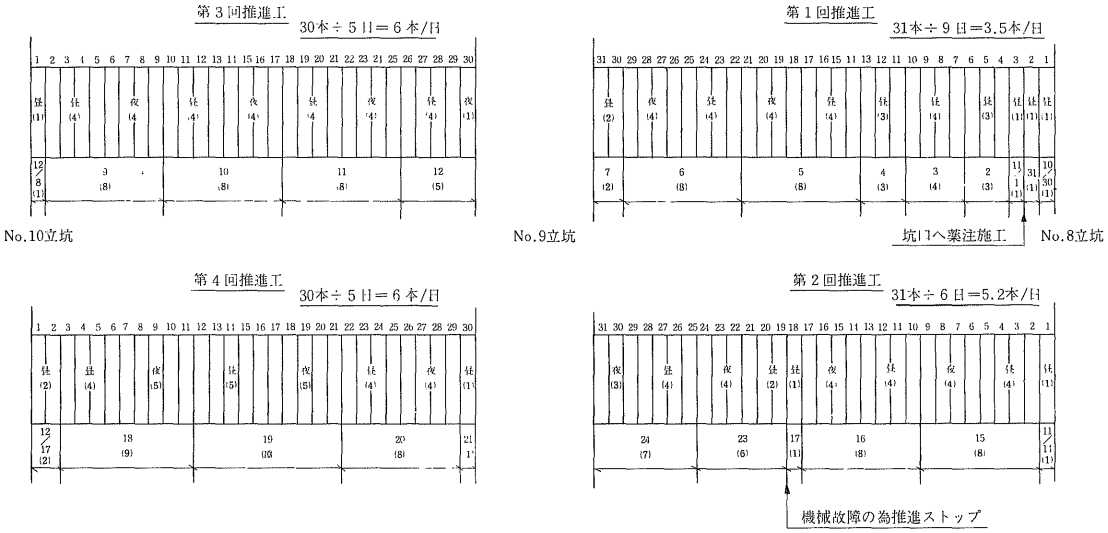
図－7　工程表


48/9
10
20
10
10
20
10
11
20
10
12
20
12/29
12/5
10
49/1
20
電気、水道、仮設道路工
9/18 仮設道路 材料置場
9/21 受電設備
9/26 水路切回し
10/5
機械材料搬入
No.9
9/20S.P 9/25No.9ニッケンスター 10/19No.10 ニッケンスター
9/18ブルドーザD50P 2台 10/1U-106A
9/21ユンボー、P&H335 10/3PAH335AS
10/24No.10 シートパイル
88枚 10/25シールド機械
9/26No.8シートパイル−10/13門型クレーン
9/27〜10/1P&H330 10/10推進設備
到達坑 No.8
9/28 シートパイル打
10/9 校橋 控抗打し
10/11 掘削 捨コン
10/26 支保工 2段 t
11/8 No.8'竪抗築造工 FSP-Ⅲ ℓ=13〜16 112枚 25枚/日
掘削 支保工 5日間、夜動5日
11/24 推進工 13本 6.5本/日 11/17 2日間、夜動2日
11/27 埋戻し
1/16 鋼管布設 1/28
φ2,200直管 5本
ヴィクトリッククローザー 2基
45° 曲管 4本
継輪 2本
P&H335AS
FSP-Ⅲ
ℓ=16〜17m 94枚
C.P 4枚
98枚
20枚/日
U-106A
P&H335AS
ダクタイル鋳鉄管推進工 φ2,200 4,000×31本=124,000 平均3本/日
10日間、夜動2日
シールド
推進工18本 4日間、夜動3日
P&H335
バイル打 掘削
バイル抜
P&H335
KDCIP 5本 17,305
継輪 2ケ
尺角、枕木、サンダル受
K型鋳鉄管布設 竪抗、埋戻し、架徹去、SP岐
発進坑 No.9
P&H335 U-106A
バイル打 掘削 捨コン
10/12推進段取
15日間
5日間
13日間
4日間
段取替
推進段取替
1/7 1/13 1/25
7日間 12日間
9/24 9/26 支保工 3段 t 門型クレーン シールド機械
10/30 段取替 11/14 11/25 12/8 12/13 12/17
ダクタイル鋳鉄管推進工 φ2,200 4,000×30本=120,000 6本/日
5日間、夜動4日
推進工 4日間、夜動2日 7.5本/日
P&H335AS
P&H
FSP-Ⅲ
バイル打
11/2 11/5
到達坑 No.10
P&H335 掘削 捨コン
12/1 12/10 12/12 12/21
支保工 3段 t
KDCIP ℓ=3,600 継輪×1
K型鋳鉄管布設 2日間
1/14

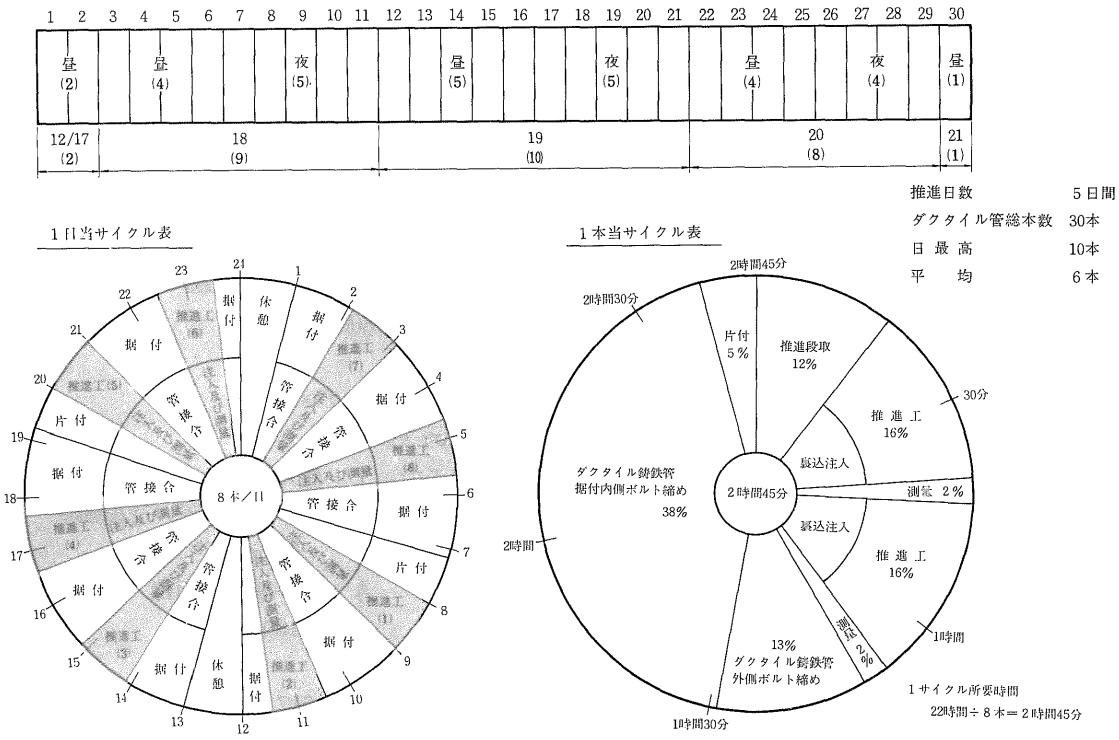




図－8 推進実績表



図－9 第4回目推進工サイクル表

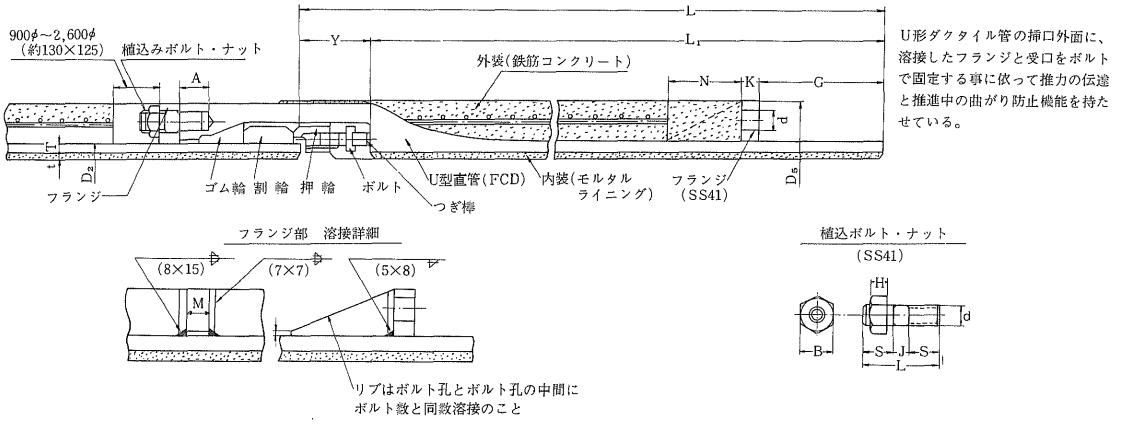


3）ダクタイル鋳鉄推進管

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

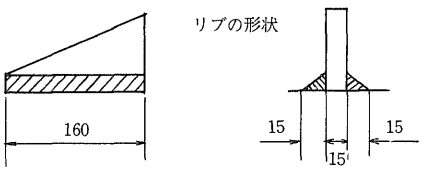
また、圧入力に対してジャッキ能力に不安があったので、土圧減少をはかるために減摩材の裏込め注入を推進中に連続して施工した。1スパン30本のダクタイル鋳鉄推進管の先頭から1～2本目、15～16本目、および27～28本目（約60mに1カ所）の3カ所にφ50mmの注入孔を設置した。この注入孔は、推進後の地山固定用モルタル注入孔にも使用した。

図—10　φ2,200U形ダクタイル管図



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

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



リブ溶接部の許容推力は、

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

ここで、n：継手部1個所当りのリブの枚数36枚

A：リブ1個所当りの断面積

$A = 2 \times 15 \times 160 = 4{,}800\,mm^2$

σ：溶接部許容応力

$\sigma = 10\,kg/mm^2$

$F = 36 \times 4{,}800 \times 10$

$= 1{,}730\,t$

管体の安全性については

$T = \sigma c \cdot A$

ここで、T：最大圧縮力

σc：ダクタイル管の圧縮強さ

$70\,kg/mm^2$

A：管の鉄部断面積

$180{,}517\,mm^2$

代入して、

$T = 70 \times 180{,}517 \times 10^{-3}$

$= 12{,}636\,t$

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

4）並列推進工における圧入力と裏込め注入工

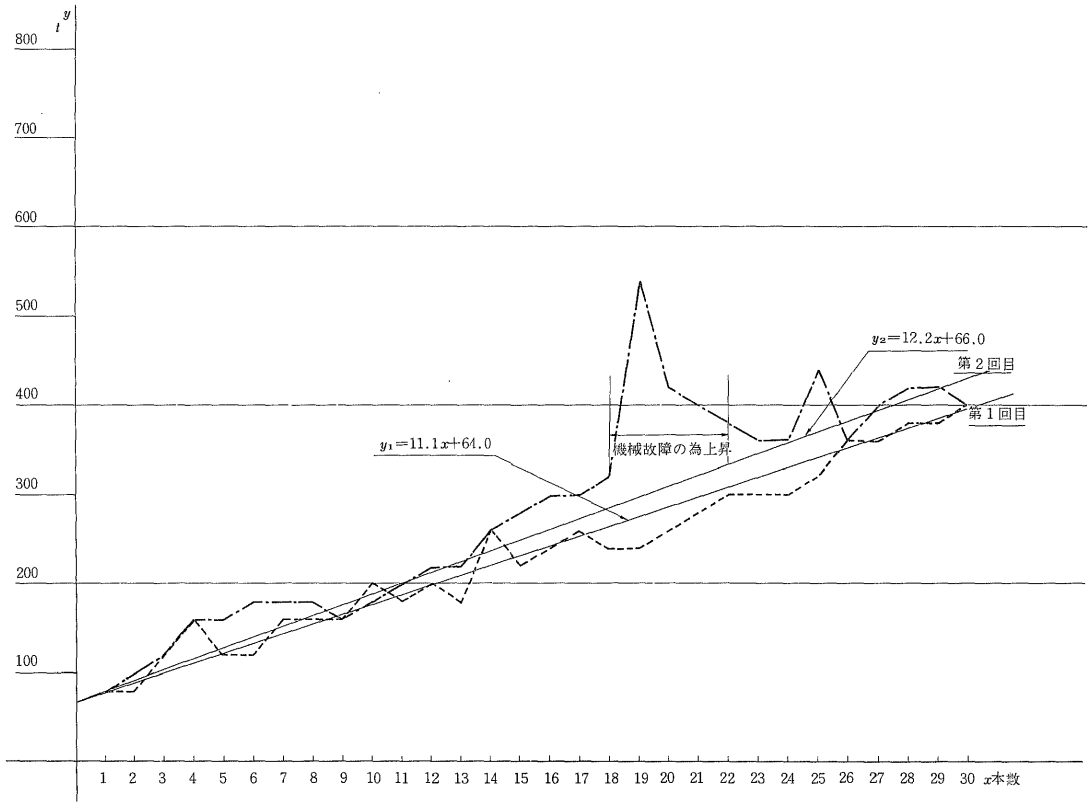
圧入力について、4スパン全部に対していえることは、計算値よりも少なかったことである。並列推進については、1回目と2回目では圧入力に変化が見られ、また、裏込め注入工の影響も大きいことがわかる。

次に、各スパンに対して比較検討する。

① 第1回推進工と第2回推進工

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

図—11　第1回目・第2回目圧入力表



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

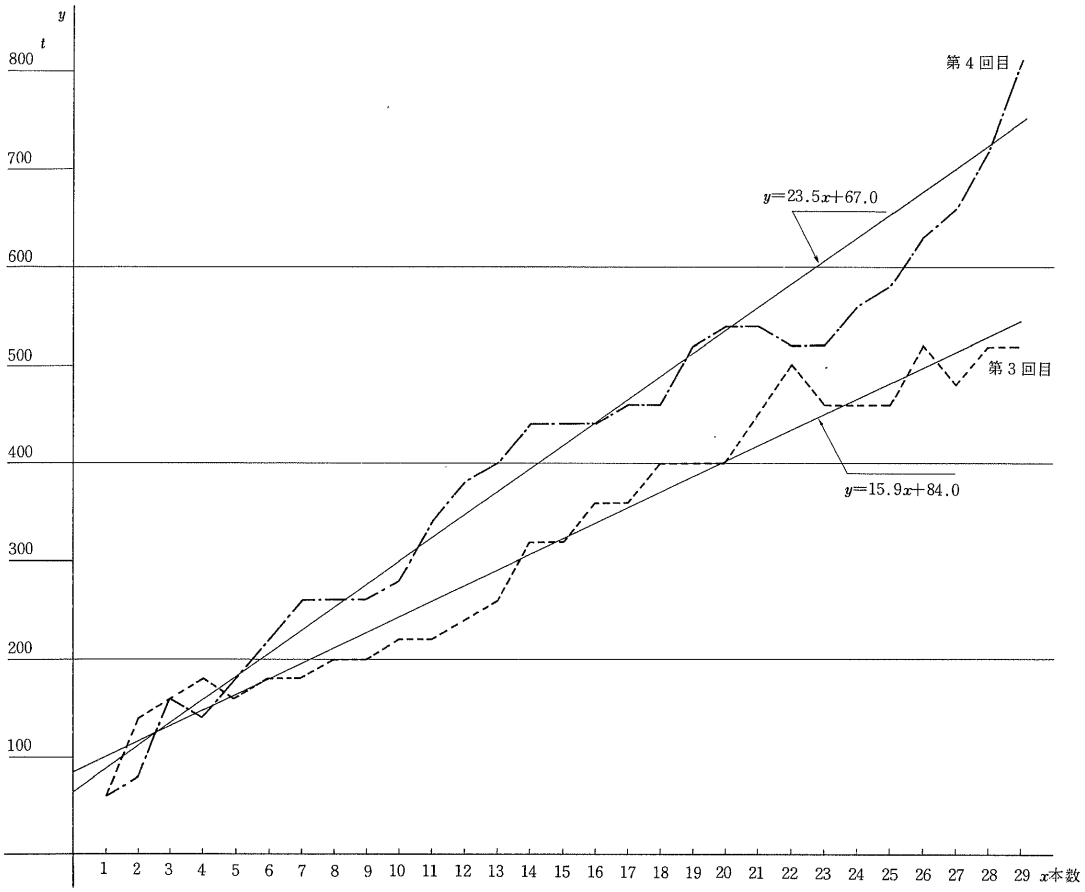
本数	平行推進による増加屯数	平行推進による増加率
5	7.5t	6.28%
10	13.0	7.43
15	18.5	8.03
20	24.0	8.39
25	29.5	8.65

平均増加率 7.8%

② 第3回推進と第4回推進工

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

図—12　第3回目・第4回目圧入力表



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

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

③　並列推進工における圧入力の計算

1．計算条件

(イ)　土被り高さ：6.5m

(ロ)　土の単位重量：1.6t/㎥

(ハ)　載荷重：0

(ニ)　土の内部摩擦角：30°

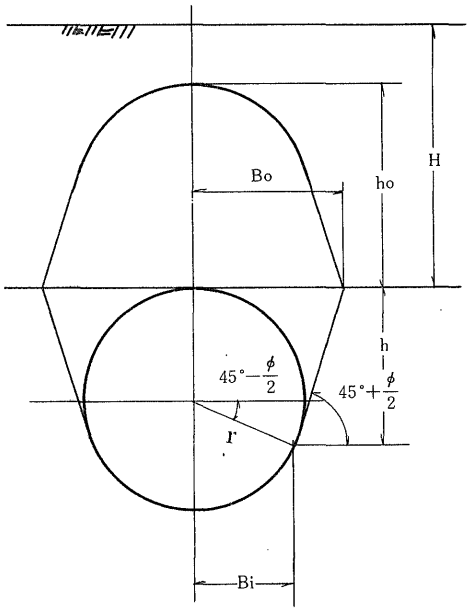
(ホ)　シールド機械自重：18.0t

(ヘ)　シールド機械外径：2.46m

(ト)　シールド機械長さ：3.15m

2．ゆるみ高さの計算

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



$$Bi = r \cdot \cos\left(45° - \frac{\phi}{2}\right)$$
$$= r \cdot \cos 30°$$
$$= 1.065\text{m}$$
$$h = r\left\{1 + \sin\left(45° - \frac{\phi}{2}\right)\right\}$$
$$= r\,(1 + \sin 30°)$$
$$= 1.845\text{m}$$
$$Bo \doteqdot Bi + h \cdot \tan\left(45° - \frac{\phi}{2}\right)$$
$$= 1{,}065 + 1{,}845 \cdot \tan 30°$$
$$= 2.13\text{m}$$
$$ho = \frac{B_o}{K \cdot \tan\phi}\left\{1 - e^{-k\left(\frac{H}{B_o}\right)\tan\phi}\right\}$$
$$= \frac{2.13}{1 \times 0.577}(1 - 0.172)$$
$$= 3.0\text{m}$$

3． 平均土圧の計算

鉛直土圧　$P_1 = r_t \cdot h_o$

r_t：土の単位体積重量

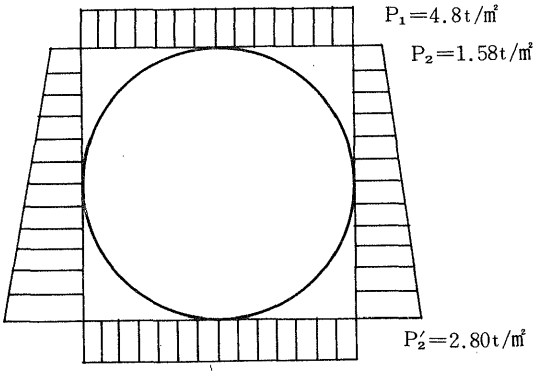
$= 1.6 \times 3.0$

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

水平土圧　主動土圧係数

$$K_A = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi}$$
$$= 0.33$$
$$P_2 = K_A \cdot r_t \cdot h_o$$
$$= 0.33 \times 1.6 \times 3.0$$

土圧分布



$$= 1.58\text{t/m}^2$$
$$P_2' = K_A \cdot r_t\,(h_o + D)$$
$$= 0.33 \times 1.6\,(3.0 + 2.46)$$
$$= 2.88\text{t/m}^2$$
$$P_V = 4.8\text{t/m}^2$$
$$P_H = (1.58 + 2.88)/2$$
$$= 2.23\text{t/m}^2$$

平均土圧　3.54t/m^2

4． 圧入力の計算と摩擦係数の算出

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

(イ)　シールド本体スキンプレートと地山の摩擦力

$$F_1 = \mu\{2(P_V + P_H) \cdot L \cdot D + G\}$$
$$= \mu\{2(4.8 + 2.23)3.15 \times 2.46 + 18.0\}$$
$$= 127 \cdot \mu$$

μ：土とスキンプレートの摩擦係数

P_V：鉛直土圧　t/m²

P_H：平均水平土圧　t/m²

L：シールド機械長　m

D：シールド機械直径　m

G：シールド機械自重　t

(ロ)　シールド本体切羽貫入抵抗力

$$F_2 = D \cdot \pi\ell\,(P_V \tan\phi + C)$$
$$= 2.46 \times 3.14 \times 0.2\,(4.8 \times 0.577 + 3.0)$$
$$= 8.91$$

ℓ：フード部貫入長　m

D_1：シールド内径　m

C：土の粘着力　t/m²

(ハ)　シールドスキンプレート押込抵抗力

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

P'_H：水平受働土圧　　t/㎡

(ニ)　切羽全面の閉塞抵抗力

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

(ホ)　シールド機械抵抗力

$$F_{s}max=F_1+F_2+F_3+F_4$$
$$=127\mu+8.91+0.88+10.14$$
$$=127\mu+19.93$$
$$=80\,t$$

故にスキンプレート摩擦係数$\mu=0.47$

(ヘ)　ダクタイル鋳鉄管の圧入抵抗

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

D：ダクタイル鋳鉄管外径 m
L：推進延長 m
P：平均土圧
f：摩擦係数

(ト)　最大圧入力より摩擦係数の算出

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

故にダクタイル鋳鉄管と地山の摩擦係数 f=0.294

5．第1回から第4回推進工における圧入力と諸係数の比較

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

5）ダクタイル鋳鉄推進管の継手と蛇行性

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

6．まとめ

今回施工した並列推進工事で考えられることとは、

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

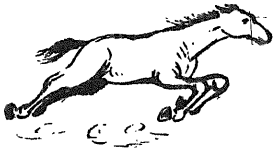
② 推進管のメガネ間隔であるが、今回は、1.50m(φ2,200管径の61%に当たる)で施工したが、竪坑の推進設備などで許される範囲、また地山によっては、1.00mまでは可能であると思う。

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

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

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

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



技術レポート《2》

大阪市における水道鋳鉄管の更生ライニング

大阪市水道局給水部配水課

はじめに

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

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

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

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

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

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

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

最近の管工事により撤去された配水小管の旧管の調査結果を表－3に示す。

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

表－1　大阪市導送配水管延長　　昭和47年度末

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

表―2　大阪市導送配水管新旧管内訳表　　昭和47年度末

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

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

表－3　旧管の調査結果

口　径	行政区	布設年次	圧壊試験	引張試験	硬さ試験		サビこぶ最大高さ
					外　面	内　面	
			kg/mm²	kg/mm²	HB	HB	mm
4″	北	明　治	13.9	12.9	114	121	40
8″	福　島	〃	12.6	17.8	165	159	24
5″	西	〃	12.4	12.4	193	185	33
6″	大　正	〃	10.6	9.5	154	143	40
4″	浪　速	〃	14.4	17.3	165	193	37
5″	此　花	大　正	11.4	22.7	171	148	20
4″	生　野	〃	13.1	12.7	125	138	41
5″	西淀川	〃	10.6	11.7	軟い	92	5
6″	天王寺	〃	17.5	15.2	117	117	26
3½″	東淀川	〃	15.1	15.0	129	129	45
4″	大　淀	〃	11.5	10.4	114	117	45
6″	住　吉	〃	14.0	13.6	138	125	40
5″	東　成	〃	14.2	14.4	134	125	30
5″	城　東	〃	10.4	14.8	138	143	25
5″	東住吉	〃	13.8	14.6	138	138	55
6″	阿倍野	〃	14.0	14.3	125	117	35
4″	旭	〃	15.8	15.6	138	134	35
5″	都　島	昭和２年	9.98	13.6	129	104	43

1．大阪市における配水管ライニングの沿革

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

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

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

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

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

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

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

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

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

の進捗のブレーキとなった。

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

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

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

2．配水管ライニング用エポキシ樹脂

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

埋設水道管のライニング用エポキシ樹脂として要求される性状は、

① 水質への影響として
- 水質的に安定し無害であること

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

などである。

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

表－4　大阪市における配水管ライニング実績

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

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

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

表－5　配水管ライニング用のエポキシ塗料の組成　（重量百分率）

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

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

塗装片の水質試験の結果を表－6に示す。

表－6　塗装膜の水質試験結果

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

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

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

試験項目	試験方法・条件	判　定
色　調	外観・色調	有光沢ピンク色
比　重	混合物　20℃	1.58
固型分	混合物　20	100％
粘　度	混合物　25℃	94ポイズ
硬化性	指触硬化　25℃	30分
	硬　化　25℃	2時間
接着強度	剪断接着強度	85kg/cm²
	はくり　強度	35kg/cm²
硬　度	鉛筆硬度	4H
耐屈曲性	5mmφ	合格
耐衝撃性	500g×50cm×½φ	合格
可　撓　性	エリクセンテスト 5mm	合格
耐磨耗性	1kg荷重　1000回転	1.51g
粘　着　性	50g/cm²　40℃×2hrs	合格
耐洗滌性	2500回	合格
耐　電　圧	直接上昇法	25000V/mm
体積固有抵抗		1.67×10⁶Ωcm
耐塩素ガス	塩素蒸気 40℃　2ケ月	異常なし
透　水　度	3kg/cm²水圧	0.2gm
耐温水性	60℃　水道水　6ケ月	異常なし
耐　酸　性	20℃　10%Hcℓ　6ケ月	異常なし
耐アルカリ性	20℃　10%NaOH　6ケ月	異常なし
耐塩水噴霧性	500hrs	異常なし
耐溶剤性	20℃　ベンゾール 6ケ月	異常なし
耐　候　性	ウェザオメーター　500hrs	異常なし

3. 配水管ライニングの施工法

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

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

標準工程図を図－1に示す。

工事の順序に従ってその施工法を説明する。

① 掘さく工

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

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

② 仮バルブの挿入

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

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

③ クリーニング工

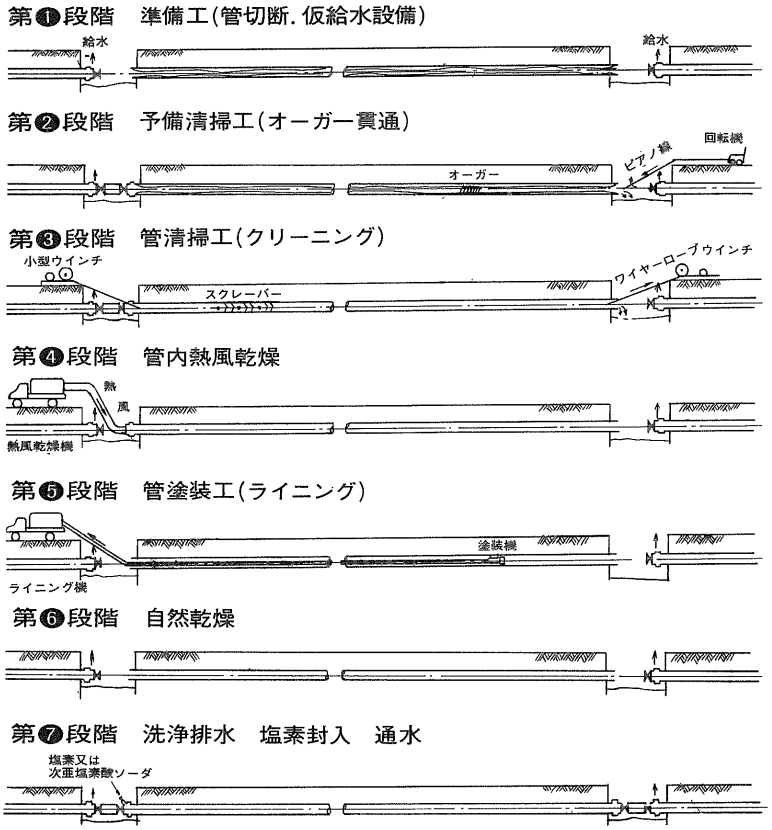
施工区間の片側の仮バルブをはずし、ピアノ線の先端につけたオーガーを高速度で回転させながら管内に送りこむ。さびこぶの一部は削られて流出し、ピアノ線は施工区間を貫通する。つぎに、ピアノ線を引き抜くが、この時にワイヤーロープを引き込む、このワイヤーロープにスクレーパーを取りつけて、ウインチにより引っぱり内面のさびこぶをかき取る。これを7～8回くりかえして完全にさび取りをし十分水洗する。さらに、ワイヤーブラシを回転またはけん引して、下地の仕上げを入念に行なう。

④ 管内乾燥

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

図－1　配水管ライニング標準工程図

掘削・クリーニング・ライニング・埋戻（仮復旧共）一貫施工



図－2　配水管ライニング工事工法説明図

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

に水が残っていないかチェックする。

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

⑤　塗装工

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

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

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

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

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

⑥　塗膜養生（硬化）

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

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

⑦　洗浄排水、消毒、通水

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

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

⑧　その他

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

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

あとがき

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

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

①　二液配合比率

②　硬化養生時間

③　雰囲気温度

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

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

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

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

◇参考文献◇

① 大阪市水道局「新ライニング工法による水道管の更生」都市問題研究　昭和47年７月（都市問題研究会）

② 西山利夫「大阪市における配水小管の再生塗装」水道協会雑誌　昭和47年８月（日本水道協会）

③ 西山利夫「配水管」昭和48年４月25日（大阪水道工業会）

技術レポート《3》

地震と管路について
〈その2〉

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

1. はじめに

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

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

2. 振動実験装置

(1) 概　要

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

野外で、地盤を振動させる方法には、ダイ

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

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

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

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

(2) 諸　元

- 振動する地盤の大きさ

幅	0.8m
高さ	0.5m
長さ	10m

- 振動条件

波と進行方向	装置長手方向に正弦疎密波
波長	0～100m
設定加速度	0～400gal
周期	0.4～1.2sec
振幅	0～±76mm
地盤の発生歪	0～±4500×10^{-6}
土質	砂、粘土など任意
土圧	0～0.4kg/cm^2
供試管	50ϕ～100ϕ×10m 材質は任意

3. 地震時の管路挙動把握のための振動実験

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

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

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

(1) 管体発生歪について

Ⅰ) 実験1：地震動が波長100mの疎密波と仮定した時の振動実験

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

(イ) 実験方法

供試管　0.6t×50ϕ×2mと7m

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

表－1　実験に用いた砂の粒度分布

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

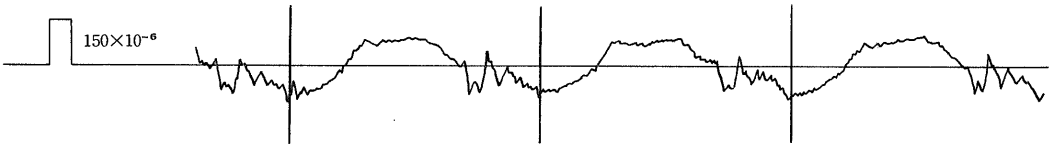
(ロ) 実験結果

管体歪、管体加速度、および土の歪の実測波形の一部を図－1～9に示す。

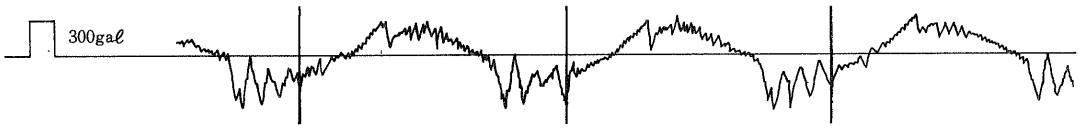
表－2　実験条件の組合せ

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

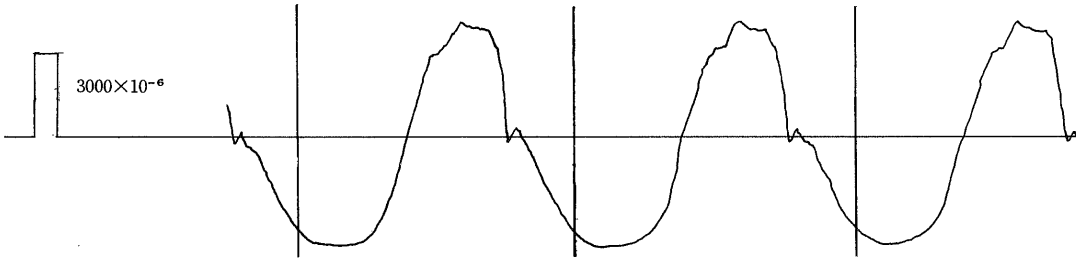
図－1　No.－1の管体歪



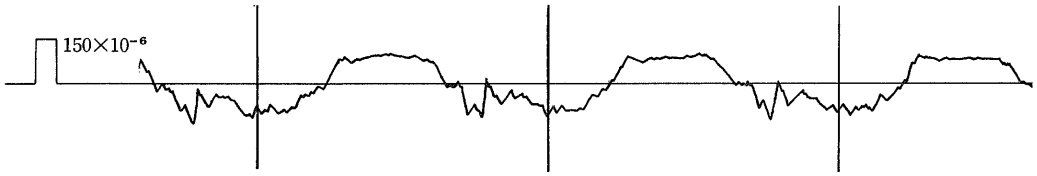
図－2　No.－1の管体加速度



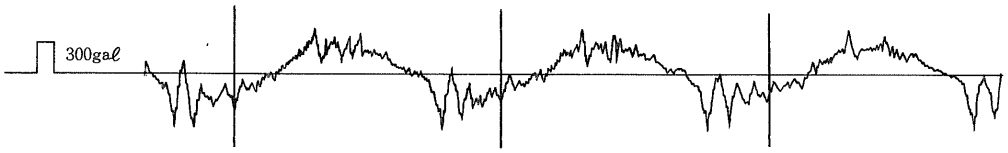
図－3　No.－1の土歪



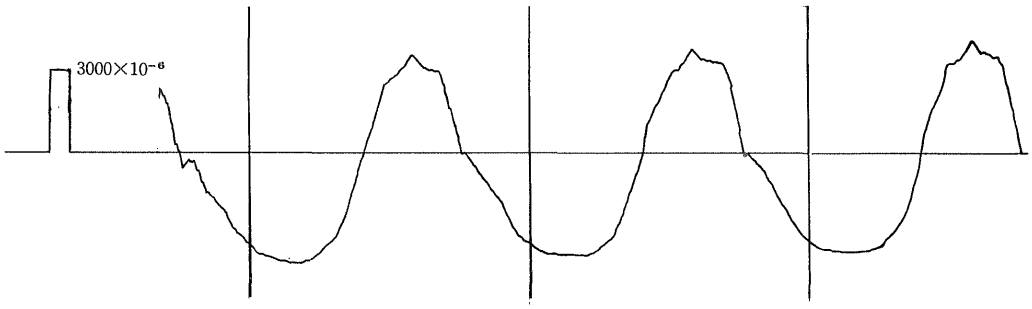
図－4　No.－2の管体歪



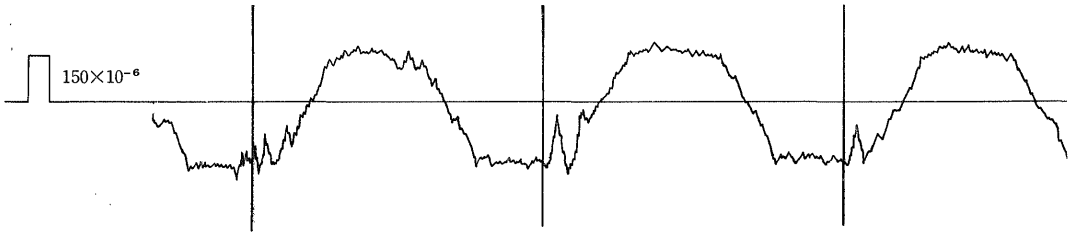
図－5　No.－2の管体加速度



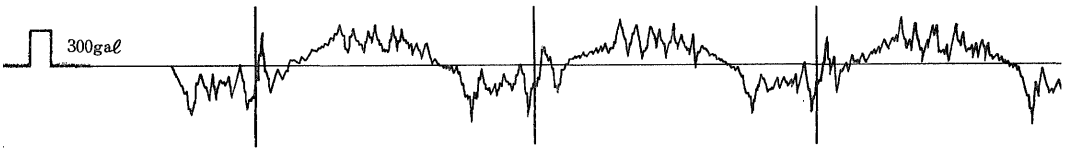
図－6　No.－2の土歪



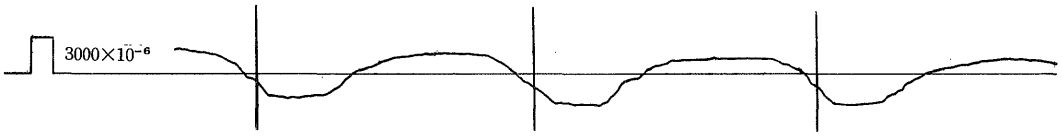
図－7　No.－6の管体歪



図－8　No.－6の管体加速度

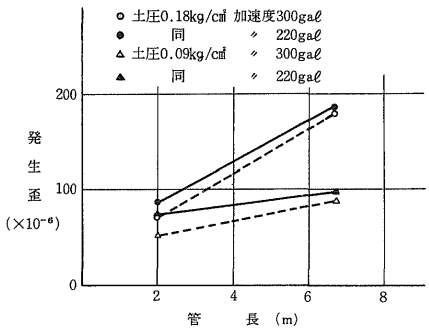


図－9　No.－6の土歪



管体歪について、管長ならびに土圧との関係を図－10に示す。

図－10　管長、土圧、加速度と発生歪



この結果、次のことがわかった。

(a) 管体加速度は、ほぼ設定加速度が得られた。

(b) 土歪は圧縮、引張りが交互にくり返された。

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

さらに検討するため次の実験を行なった。

II）実験2：同じく波長18mでの振動実験

発生歪の軸方向分布、管長が半波長を越え

る場合、土圧が大きい場合などの関係を求めるため次の条件で実験した。

（イ）実験方法

供試管　0.6t×50φ×2m、3.9m、10m

半波長　9 m

振幅　±5 mm

加速度　20gal

周期　1 sec

土の発生歪　±1700×10^{-6}

土質　実験1と同じ

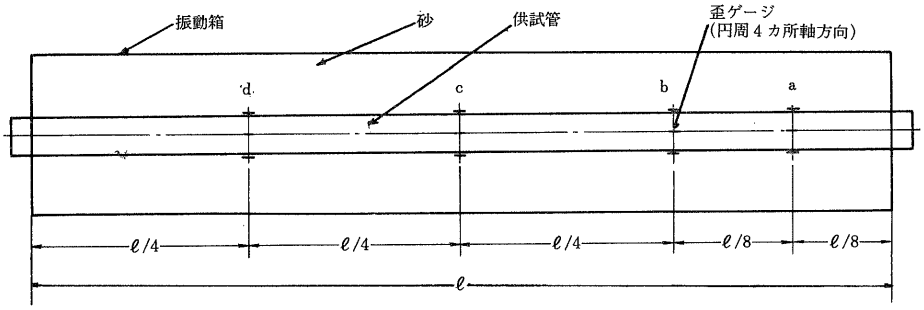
実験条件の組合せ（表－3）

歪ゲージの位置（図－11）

表－3　実験条件の組合せ

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

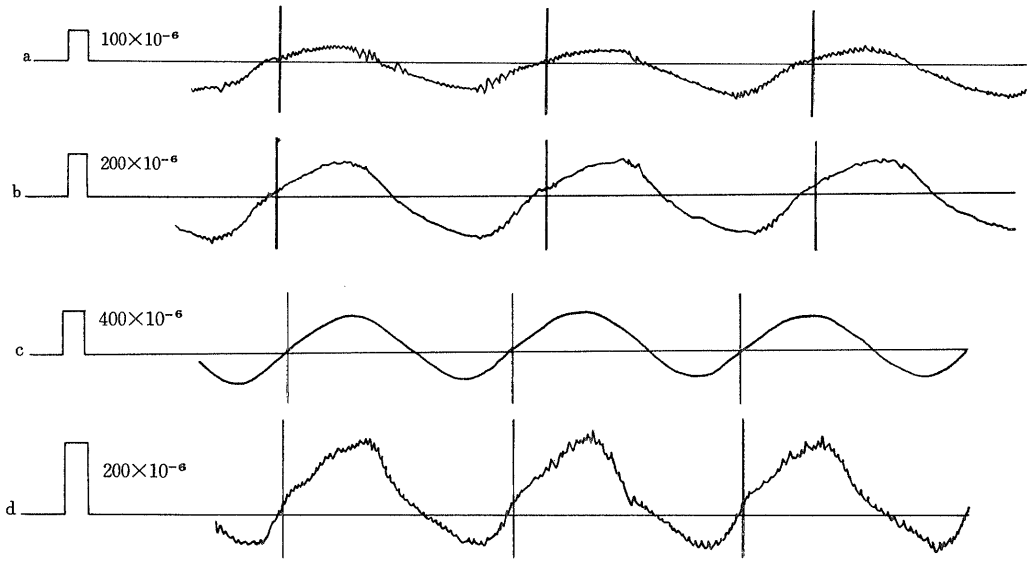
図－11　管体歪ゲージの位置



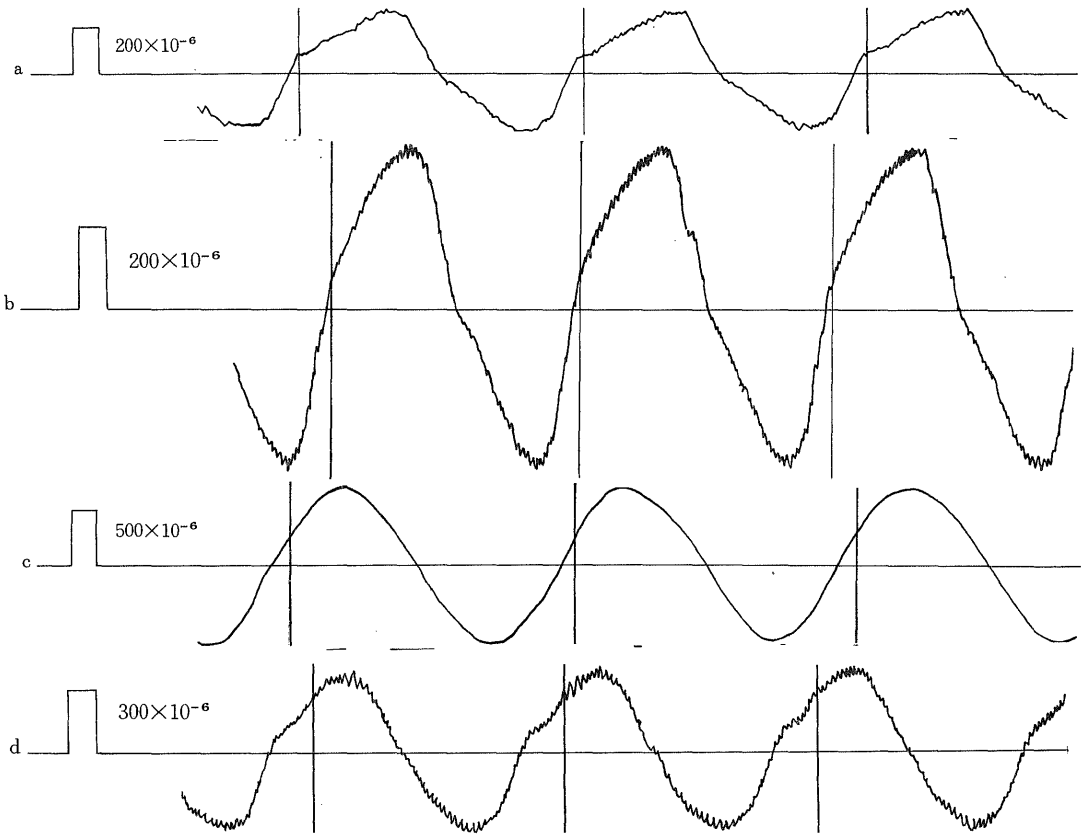
（ロ）実験結果

管体歪の実測波形の一部を図－12、図－13に示す。

図－12　No.－6の各位置での管体歪

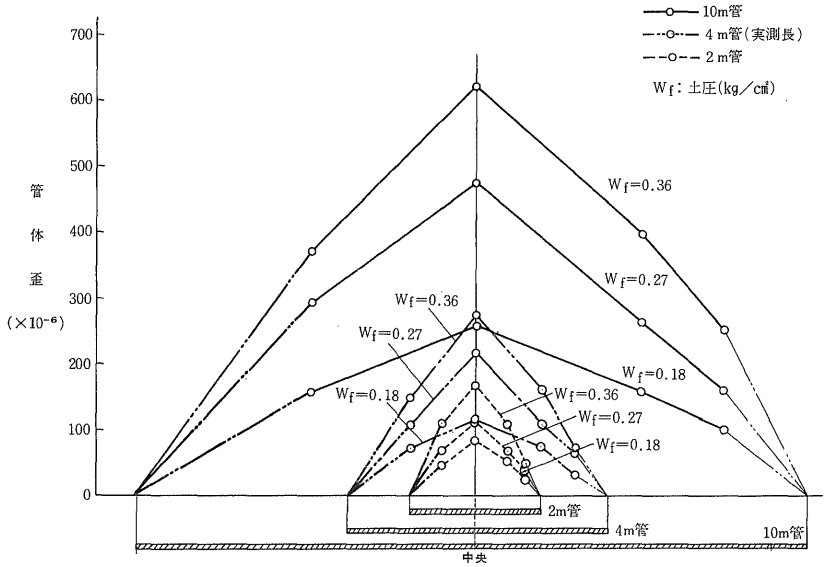


図－13 No.－9の各位置での管体歪



管長、土圧と各位置での最大歪との関係を示すと図－14になった。

図－14 最大歪の軸方向分布



これより次のようなことがわかった。

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

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

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

Ⅲ) 考　察

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

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

(a) 管1本の長さが半波長より短い場合

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

(b) 同じく半波長より長い場合

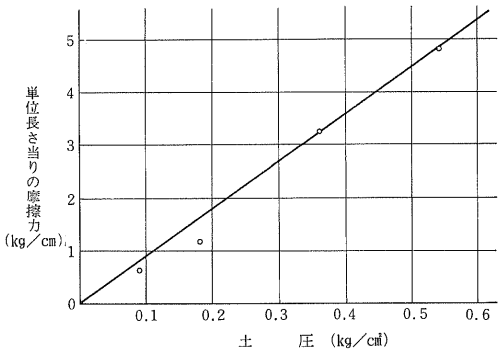
$$\varepsilon_p=\frac{foL}{4EAo}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

ただし　fo＝mf

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

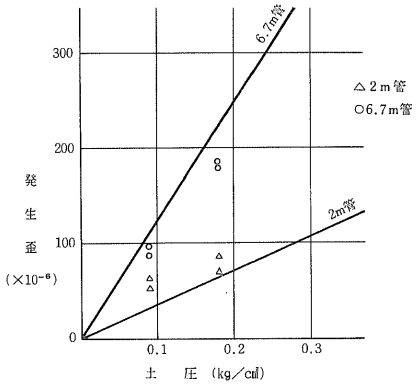
fを静的実験で求めると図－15のようであった。

図－15　砂の中での埋設管の摩擦力

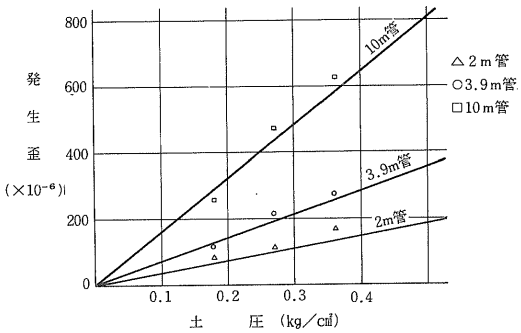


以上の数値を用いて計算した値と実測値を比較したのが図－16(実験－1)、図－17（実験－2）である。直線が計算値を、点が実測値を示しているが、両者はよく合致しているといえよう。なお、mの値は別の摩擦実験から0.8とした。

図－16　発生歪の計算値と実測値(実験1)



図－17　発生歪の計算値と実測値(実験2)



(2) 継手の伸縮量について

Ⅰ) 実験3：地震動が波長100mの疎密波と仮定した時の振動実験

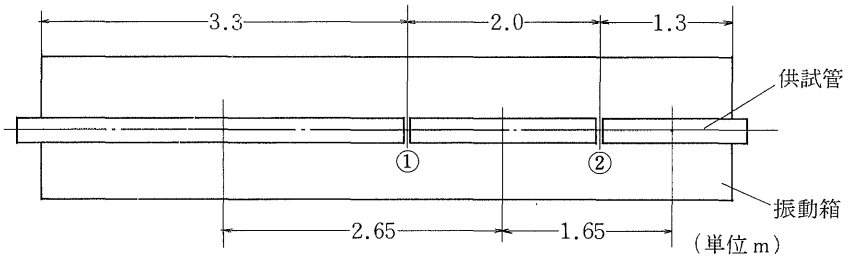
先の実験1と同時に、継手の伸縮量を計測した。

(イ) 実験方法

実験条件　すべて実験1と同じ。

管の配置（図—18）

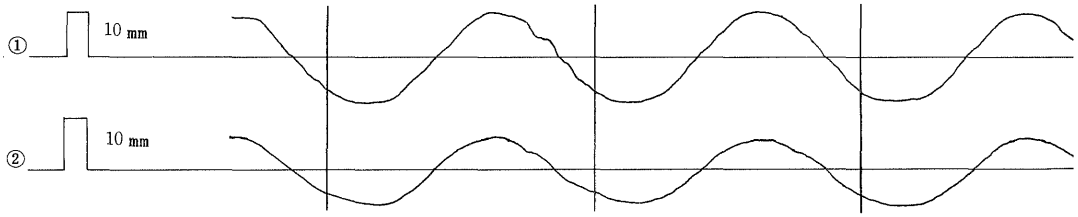
図—18　供試管の配置（実験3）



(ロ) 実験結果

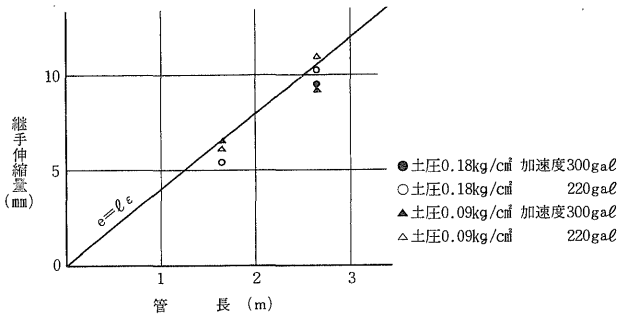
継手伸縮量の実測波形の一部を図—19に示す。

図—19　継手の伸縮量（実験3）



管長ならびに土圧との関係を図—20に示す。

図—20　管長、土圧、加速度と継手伸縮量（実験3）



この結果、次のことがわかった。

(a) 継手伸縮量の波形はきれいな正弦波を示した。

(b) 土圧、加速度にはあまり関係なく、管長に比例していた。

さらに長尺管の場合を検討するため、次の実験を行なった。

Ⅱ) 実験4：同じく波長18mでの振動実験

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

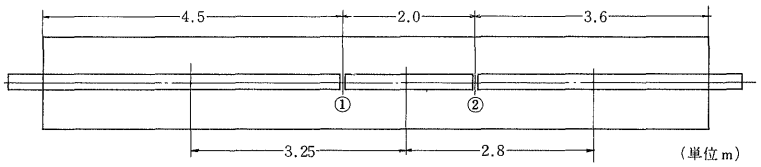
(イ) 実験方法

実験条件　実験2と同じ。

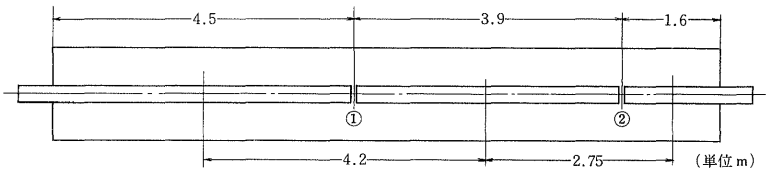
管の配置　2m管の場合（図—21）

3.9 m管の場合（図—22）

図－21　2m管の場合の供試管の配置（実験4－1）



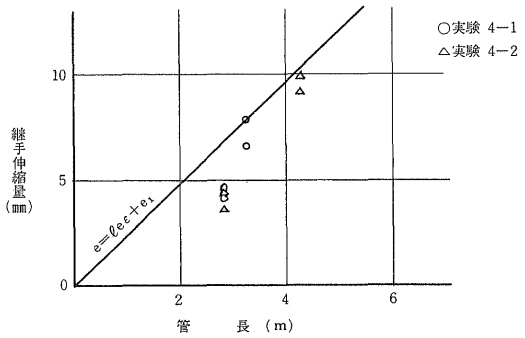
図－22 3.9m管の場合の供試管の配置（実験4－2）



(ロ) 実験結果

管長と継手伸縮量の関係を図－23に示す。

図－23　管長と継手伸縮量（実験4）



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

Ⅲ）考　察

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

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

ただしeは継手の伸縮量、ℓは管長、εは土歪、ε_pは管体歪とする。

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

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

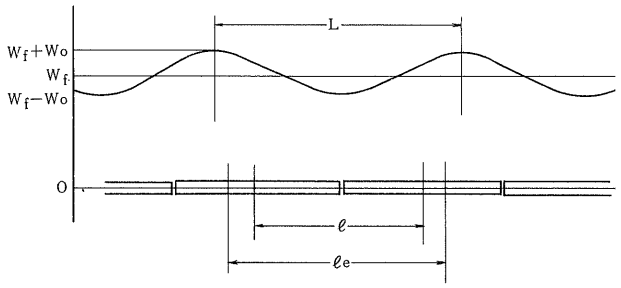
(4)式を用いて求めた値を図－20の実線で示したが、よく合致しているといえよう。この場合のℓは継手をはさむ管中心間距離、εは振動箱の平均歪とした。

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

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

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

図—24 土圧分布と相当管長



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

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

ただし $h=-\frac{1}{4}-\frac{\ell}{L}$

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

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

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

4. まとめ

今まで述べた4つの振動実験の結果から、次のようなことがいえよう。

(1) 管体発生歪について

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

(b) 摩擦力は土圧にほぼ比例する。

(c) 最大発生歪の計算は、管が軸方向に辷るとした場合、次式で求められる。

① 地震動の半波長より短い管

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

② 地震動の半波長より長い管

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

ただし fo＝mf

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

(2) 継手の伸縮量について

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

(b) 最大伸縮量の計算は次式で求められる。

① 地震動の半波長よりかなり短い管

$e=\varepsilon\ell$

② 地震動の半波長前後の長い管

$e=\varepsilon\ell e$

ただし、eは継手の最大伸縮量、εは土歪、ℓは管長、ℓeは相当管長

5. おわりに

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

〈終〉

寄　稿
〈2〉

根室地域広域農業開発事業 農業用用水事業の概要

北海道開発局釧路開発建設部
根室中部農業開発事業所
副長　川向　勲

1．地域開発の基本方針

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

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

2．地域の現況と計画

1）地域全体の指標

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

2）戸別経営の指標

（昭和47年度計画）

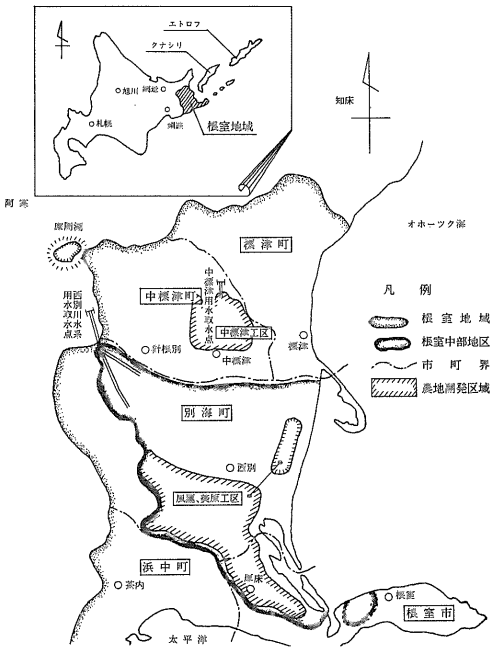
区分 / 項目	現況 酪農	計画 既在酪農	計画 入植酪農	計画 入植複合	計画 入植肉牛
家族人員　（人）	5.4	5.0	5.0	5.0	5.0
労働人員　（人）	2.4	1.8	1.8	1.8	1.8
牧草畑　（ha）	30.0	45.0	50.0	53.0	60.0
主要家畜　（頭）	乳牛 27	乳牛 61	乳牛 68	乳牛 48	肉牛 213
	成牛 17	成牛 45	成牛 50	成牛 35	哺育牛 64
	育成牛 10	育成牛 16	育成牛 18	育成牛 13	育成牛 149
				肉牛 65	
				哺育牛 20	
				育成牛 45	
トラクター　（台）	0.5	1.0	1.0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

3．事業内容

（昭和48年3月）

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

図－1　根室中部地区位置図



4. 農業用用水事業の目的

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

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

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

5. 西別川水系（根室中部地区）

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

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

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

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

③ 配水ブロックを別海、風蓮、根室の３ブロックに分ける。

④ 各ブロックについては、配水区域および標高、配水管路の安全性などを考慮して複数以上の配水池を設ける。

⑤ 管路は受益農家の位置および維持管理を考慮し、主として既設道路および計画道路沿に配管を計画した。また、送水管からの直接給水はできる限りさけるよう配水管を計画した。

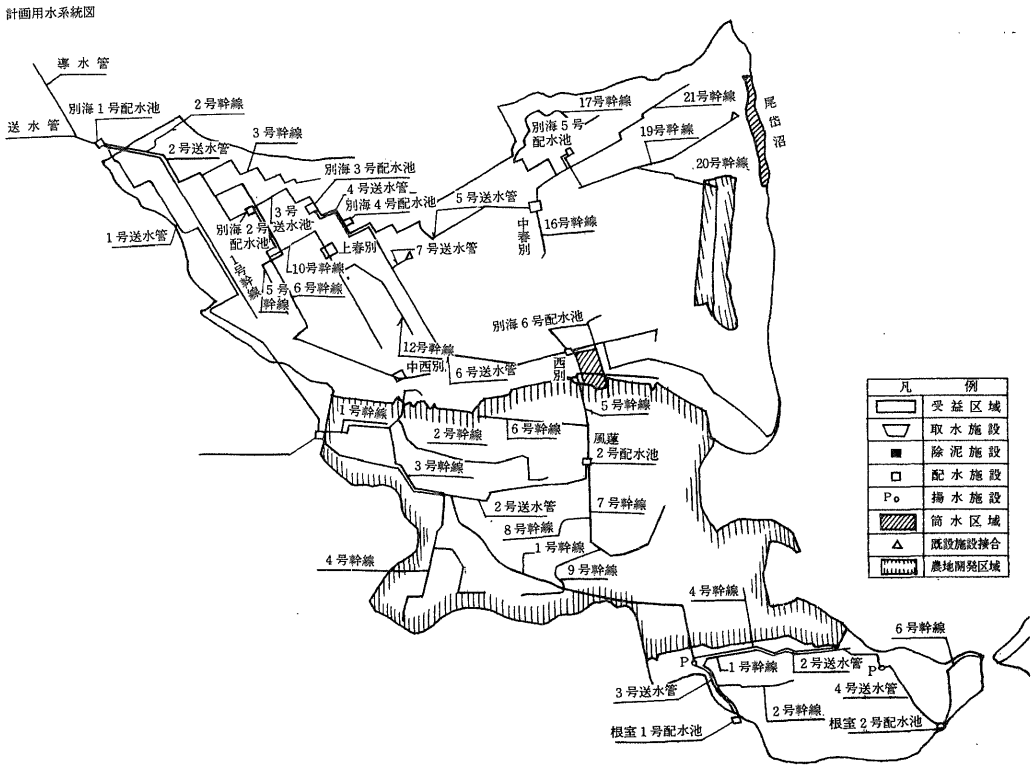
1）計画水量

(1) 計画１日最大使用量　20,876㎥/day

(2) 市町村別用途別計画１日最大使用量

市町名	用　途	配水区域名	日最大使用水量	摘　要
別海町	農業用	本別、上春別	5,606㎥/day	計画農用地面積　18,025ha
		美原、豊原、中春別	5,007	〃　16,100
		美原、西別	1,598	〃　5,137
		上風蓮、奥行	5,561	〃　17,882
		計	17,772	〃　57,144
	簡易水道	上春別	52	計画給水人口　283人
		中西別	24	〃　124
		中春別	112	〃　643
		別海	676	〃　4,000
		尾岱沼	450	〃　2,500
		計	1,314	〃　7,550
	計		19,086	
根室市	農業用	厚床	614	計画農用地面積　3,665ha
		和田、別当賀	650	〃　2,091
		計	1,790	〃　5,756
	計		1,790	
合計			20,876	
	農業用		19,562	計画農用地面積　62,900ha
	簡易水道		1,314	計画給水人口　7,550人

図－2　西別川水系



(3)　使用量の計算基礎

〈基礎諸元〉

1戸当り経営面積50haを想定

乳牛の飲用水：45ℓ/日頭

フン尿量：37.5ℓ/日頭

（放牧時50%、舎飼時100%）

年間フン尿量（1頭当り）

放牧時：37.5ℓ×0.5×154日＝2,888ℓ

舎飼時：37.5ℓ×1.0×211日＝7,913ℓ

計　10,801ℓ/年頭

〈飼養頭数〉

乳牛の飲用水：成換56.0頭

成牛50頭育成牛18頭を用水換算

乳牛フン尿用水：成換58.9頭

成牛50頭育成牛18頭をフン尿換算

〈計画用水量〉

営農用水

45ℓ/日頭×56.0頭＝2,520ℓ/日

肥培かんがい用水

29.6ℓ/日頭×58.9頭×6＝10,461ℓ/日

（稀釈倍数7倍）

計画日粗用水量

12,981×1.2＝15,577ℓ/日

単位面積当り粗用水量

単位面積当り日最大使用水量

15,577ℓ/日÷50ha＝311ℓ/日ha

2）工事概要

(1)　取水施設

取水カ所は標茶町字虹別で西別川支流コトンナイ川より取水をする。

形　式	堤　高	堤　長		取水位	取水量	渇水量
		固定部	可動部			
コンクリート直線型動式	m 2.10	m 12.10	m 1.90	E.L. m 200.10	㎥/s 0.2762	㎥/s 0.56

(2) 揚水機

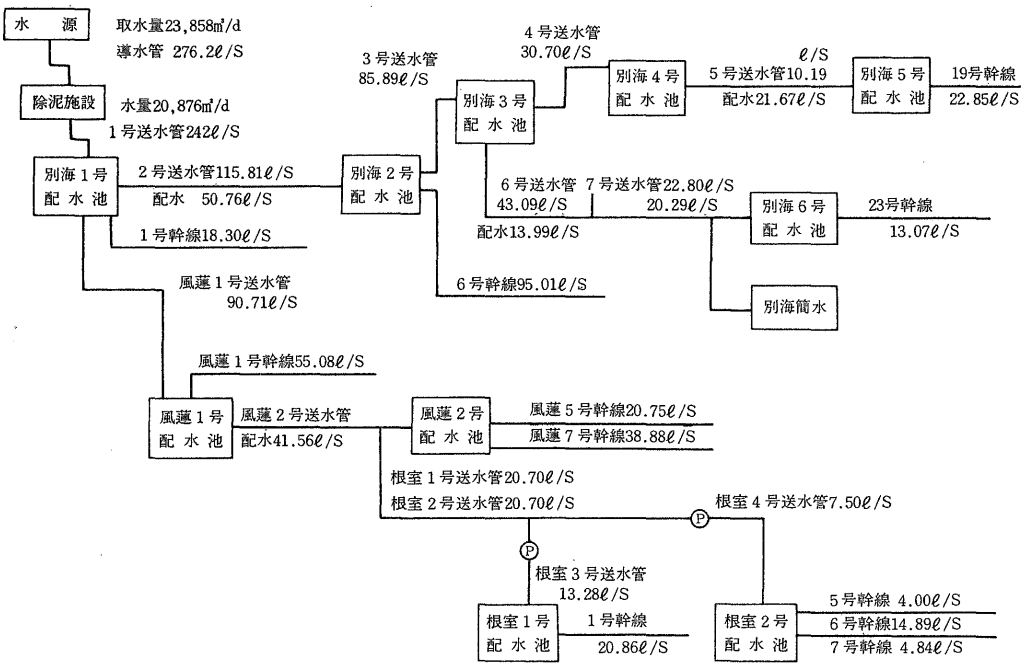
項目 / 名称	かんがい面積	揚水量	揚程		揚水機			原動機		
			実揚程	全揚程	型式	口径	台数	型式	動力	台数
根室1号揚水施設	ha 3,665	㎥/s 0.0132	m 50.30	m 65	多段式タービン	m/m φ80	本機1台 (1台)	電動(発動機)	15kw (28)	1台 (1台)
根室2号揚水施設	2,091	0.0075	63.80	85		φ65	本機1台 (1台)	電動(発動機)	11 (28)	1台 (1台)

注（　）は予備用である。

(3) 除泥施設

施設名 / 項目	貯水量	最大通水量	数量	構造・規模	その他構造
防塵施設		㎥/s 0.2762	1式	防塵池 B=10m L=14m～2池 R.C 沈澱池 B=10m L=14m～2池 R.C	
除泥施設	437.6㎥	0.2416	1	貯水池 B=10m L=12m～2池 R.C	自動急速沪過機、上家電気設備、電源設備等

図－3　配水系統模式図



(4) 配水池

名称＼項目	かんがい面積	貯水量	日給水量			構造	流入管	流出管
			農業用	簡水	計			
	ha	m³	m³/日	m³/日	m³/日		mm	mm
別海1号	9,759	2,261	3,035	—	3,035	R.C	φ600	φ600、400、250
〃 2号	8,266	1,650	2,571	76	2,647	〃	350	500、400
〃 3号	9,901	1,738	3,079	—	3,079	〃	400	450、300
〃 4号	6,199	1,067	1,928	112	2,040	〃	300	350
〃 5号	2,163	562	673	450	1,123	〃	200	300
〃 6号	2,974	463	925	676	1,601	〃	200	200
風蓮1号	7,331	1,360	2,280	—	2,280	〃	350	350、 350
〃 2号	10,551	1,641	3,281	—	3,281	〃	300	300、300
根室1号	3,665	570	1,140	—	1,140	〃	150	200
〃 2号	2,091	383	650	—	650	〃	150	250、150、100
計	62,900	11,695	19,562	1,314	20,876			

(5) 管路

管路名＼項目	通水量	延長	管種	径
導水管	0.276m³/s	4,463m	D.C.I.P	φ600～400mm
別海1号～7号 送水管	0.242～0.010	72,530	〃	600～200
風蓮1号～2号 〃	0.091～0.024	51,300	〃	400～300
根室1号～4号 〃	0.021～0.008	53,300	〃	250～150
別海1号～23号幹線配水管	95.01～1.24ℓ/s	222,870	A.P.およびV.P.	500～75
風蓮1号～9号 〃	55.08～1.24	100,000	〃	350～75
根室1号～8号 〃	20.86～1.24	76,850	〃	250～75
別海1号～77号支線配水管	4.29～1.24	83,600	〃	150～75
風蓮1号～36号 〃	6.05～1.24	74,360	〃	200～75
根室1号～21号 〃	4.24～1.24	34,450	〃	150～75
計		773,723		

3）事業量、事業費

工程	単位	事業量	事業費	摘要
取水施設	式	1	16,926千円	
導水施設	m	4,463	105,155	防塵池、沈澱池を含む
除泥施設	式	1	149,061	
送水施設	m	177,130	1,221,579	
揚水施設	カ所	2	14,902	
配水池	〃	10	236,331	
幹線配水管	m	399,720	1,031,102	
支線配水管	〃	192,410	262,596	
給水分岐	式	1	7,898	
管理施設	〃	1	24,615	
塩素減菌施設	〃	1	18,720	
テレメーター計装施設	〃	1	462,839	
諸経費	〃	1	1,014,978	
計			4,542,000	

6. 中標津地区

この地区の全体設計は現在取纏め中であり、概貌を記す。

計画対象農家数155戸、農用地面積5,600haに配水する農業用用水施設計画で、武佐川支流クテクンベツ川の標高295m付近を取水源とし、取水量2,000㎥/dayを導水管3,000mをもって除泥施設に導水し、除泥減菌後武佐、開陽、西開陽、俣落川左岸、俣落川上流の5区域に配水するが、俣落川上流区域を除き各配水区域に配水池を計画し、管路は導水管、送水管および高地部の第5幹線配水管の一部をダクタイル鋳鉄管とし、他の配水管は石綿セメント管を主体とした。

1）工事概要

(1) 取水施設

取水方式：砂防ダム形式のダムにより堰上げ取水井による取水

取 水 量：2,000㎥/day

(2) 除泥施設

沈澱池：2池構造 B＝5.00m L＝22.00m H＝3.00m

除泥池：緩速方式沪過速度4.03m/day 3池構造 B＝12.00m L＝18.00m

貯水池：B＝4.00m L＝9.10m H＝3.00m

(3) 配水池

項目／名称	貯水量	構造	規模
	㎥		B m L m H m
1号配水池	145	R.C	4.00×6.00×3.00
2号 〃	215	〃	4.00×9.00×3.00
3号 〃	167	〃	4.00×7.00×3.00
4号 〃	185	〃	4.00×8.00×3.00

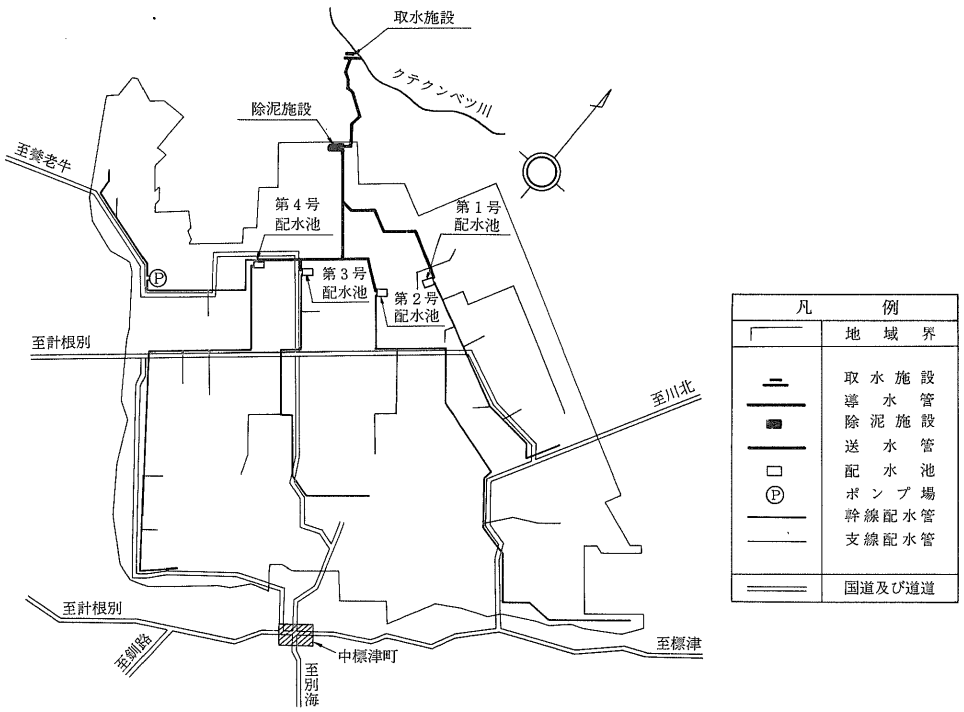
(4) 管 路

項目／管路名	延長	摘要
導水管	3,000m	
送水管	13,270	減圧2カ所
配水管	78,650	減圧3カ所 加圧1カ所
計	94,920	

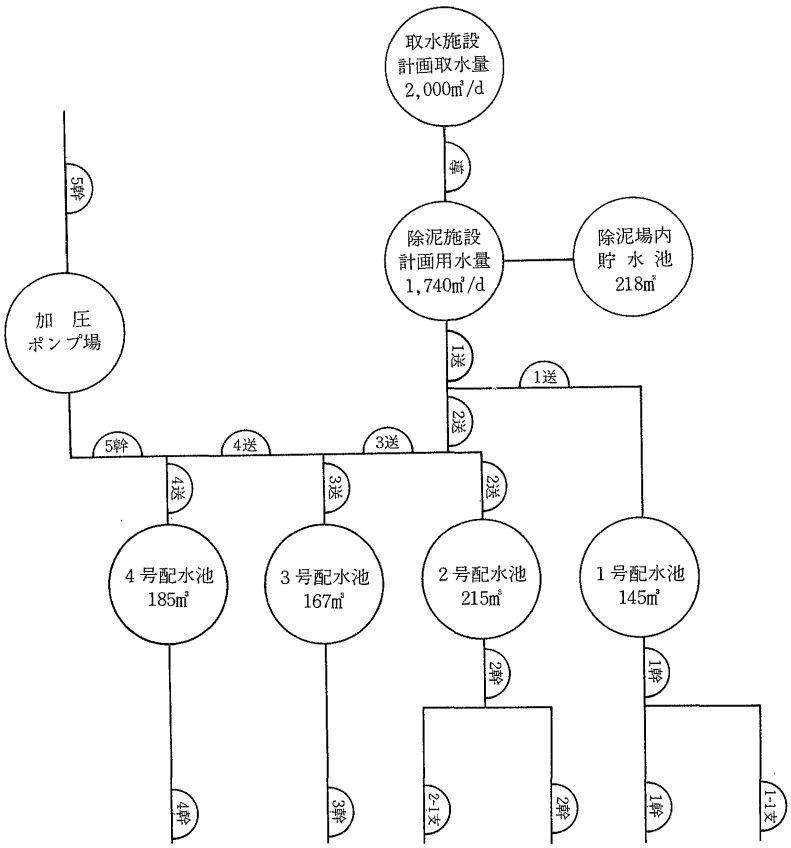
7. 工 期

昭和48年度～昭和55年度（8カ年）

図－4 中標津地区計画概要図



図－5　配水系統図



8．管種選定

管路の種別は導水管、送水管、幹線配水管、支線配水管、給水管に分かれ、その重要性を管理面からみれば記載順序となることはいうまでもない。

昭和48年6月17日根室半島沖地震でこの地方は震度Ⅴを記録し、管路は石綿管の折損が生じた（この地震被害調査報告はダクタイル鋳鉄管No.15に記載されている）。

また、当地域の既在配管施設の事故原因の多くは、重機の走行による埋設管の折損である。これらのごとく管体強度の面から重要度の高い導水管、送水管にメカニカル形ダクタイル鋳鉄管の3種管を採用した。

経済性からみると、管径500㎜でほぼ石綿管と同価格であり、管径が小さくなるに従って石綿管が安くなる。

モルタルライニング管については、鋳鉄管は鋳鉄特有の鋳肌と材質本来の耐食性から長期間の耐久性を維持されるが、長年月の間に管内面に錆コブが生成発達して徐々に管径を縮少し、あるいは赤水の原因となっていることは幾多の事例より明らかであるが、モルタルライニングを施こされており、外国においてはすでに40数年の実績をもち、その耐久性、密着性は良好であり、すぐれた内面防食性が実証されている。

また、モルタルライニングによる断面縮少については、普通鋳鉄管とモルタルライニング鋳鉄管の流速係数Cはそれぞれ$C=100$、$C=130$であり（農業土木学会設計基準）、等動水勾配を与えると流量比は$C=100:C=130$ (1：1.3) となり、また、ヘーゼン・ウイリアムス公式において摩損水頭比例係数は$C=100$を1とすれば$C=130=0.6155$となるので、以上の結果から比較し断面も経済性にもモルタルライニングにより断面縮少しても良い結果が出たので、これを採用した。