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

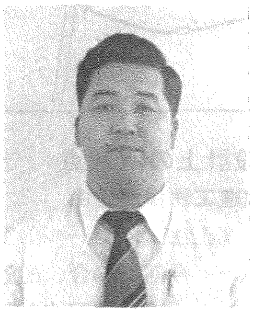
発行年	号数	タイトル	著者	概要
1976年	No.21	耐食性酸化被膜処理ボルトナット	日本鋳鉄管協会 技術専門委員会 委員　長尾　正三	地下埋設管路の継手部に使用されているボルトナットが、各地の腐食性土壌中において異常腐食を起して問題となっている。この原因の究明と対策が行われているが、一般的に酸化被膜処理ボルトナットが市販されるようになっている。本論では、ボルトナットの異常 腐食の原因と防止対策の原理を説明している。
		福井県の水需給と3事業	福井県企業庁 公営事業部水道課長 山岸　亨	福井県の生活用水および工業用水の現況を報告するとともに、福井県が県として実施している①県営第一工業用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

ダクタイル鋳鉄管第21号

昭和51年10月

技術レポート ❶

北千葉広域水道企業団 φ2,000mm推進管用 中間スリーブ管採用事例



北千葉広域水道企業団建設課長
本 堂 文 規

Ⅰ. はじめに

千葉県の西北に位置する東葛飾地域および東京湾岸沿いのいわゆる京葉臨海地域は人口の都市集中化を東京都からの流入人口ならびに京葉工業地帯の発展等々により近年、著しい都市化の形態を早めており、当然水の需要も急増している状況にある。

北千葉広域水道企業団はこれからの地域の中、1県7市2町（県営水道区域、松戸市、野田市、柏市、流山市、我孫子市、習志野市、八千代市、関宿町、沼南町）に水道用水を供給する事業として昭和48年3月1日に設立された。

当事業は総事業費1,165億7,000万円を投入して完成目標年次昭和55年度まで8カ年を要して1日最大供給量53万4,200㎥を供給するものであるが、各地区における水需給の関係から昭和53年7月には一部通水(13万4,000㎥/日)を余儀なくされているのである。

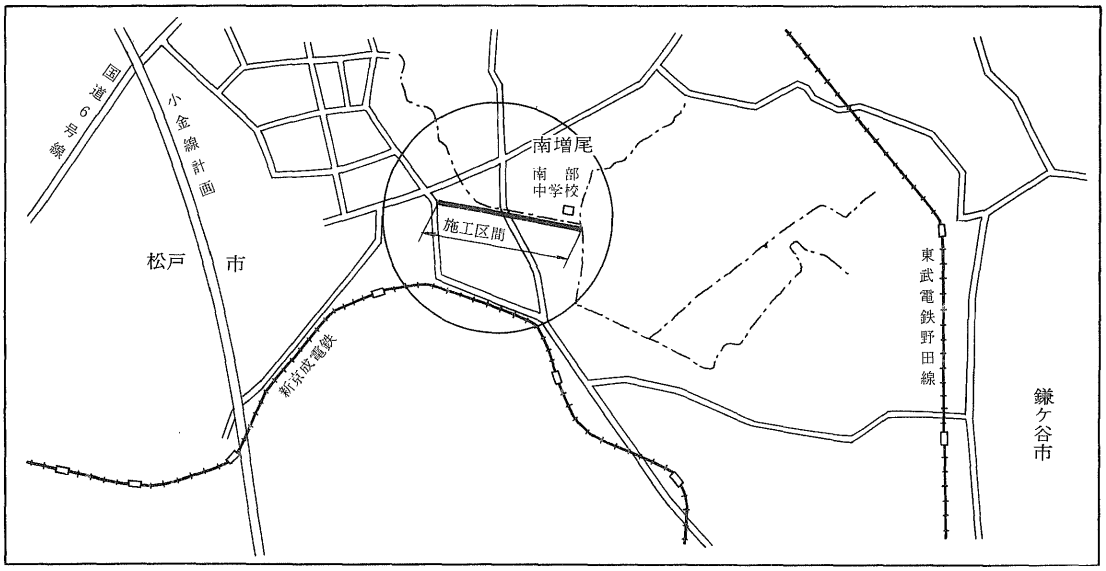
このような実情のなかで送水管路総延長は約101.5kmを有するが、その中φ2,000mmは約15kmを布設し、完成時1日最大53万4,200㎥を送水する本管である。昭和53年1月完成をめざして現在鋭意事業推進中であり、これまで約8kmを着手し、その中の一部家屋が連たんし、道路巾員が少なく、朝夕の交通量の多い個所(延長1,126m)に推進工法として推進用中間スリーブを使用したものであり、この事例をここに報告するものである。

Ⅱ. 工事概要

本工事は流山～柏線φ2,000mm布設工事約15kmの一部として行われたものである。

布設された工事現場の平面図を図－1に示したが、ここはバス路線であるうえ道路巾4mと狭く、また周囲には中学校、養護学校、民家もあるので開削工法がとれず、したがって非開削工法で行うことにした。

図－1　流山～柏線φ2,000㎜布設工事現場平面図（推進工事部分）



Ⅲ．設計上の留意点

1．推進工法採用理由

非開削工法にはシールド工法と推進工法とがあるが、今回の場合、配管路線が直線区間であること、途中に竪坑を設ける場所があること、工期が早いこと、さらに経済面でシールド工法と比べて割安であることなどの理由から推進工法を採用することにした。

2．工　区

総延長1,126mを用地、借地、周囲の環境状況を考慮して９工区にわけ施工することにした。図－２に工区割りを示した。

3．管種の決定

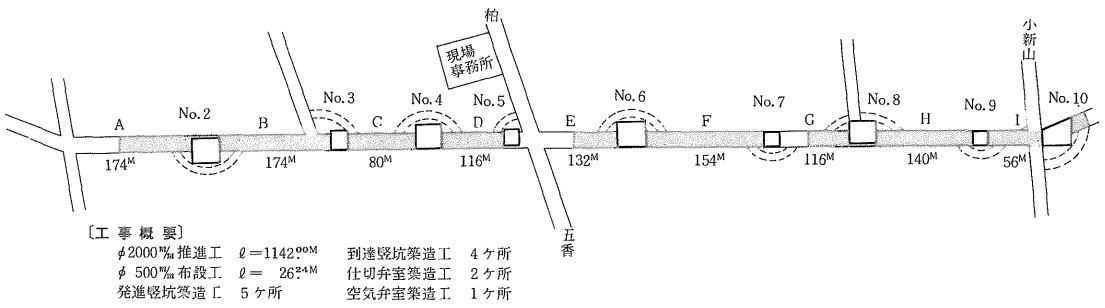
推進工法には鞘管方式と直押方式とがあるが、鞘管方式の場合φ2,000㎜管より径の大きい鞘管を先に推進しなければならず、４ｍ道路にはこれ以上の大きな管を推進するのは不可能であり、また経済的にみても直押しと比較してはるかに高くなる。したがって直押方式で施工することにした。

直押方式に適する管種としてはダクタイル管と鋼管の２種類があるが、工期の面、施工性の面を考え合せてダクタイル鋳鉄管に決定した。

4．推進工法用Ｕ形ダクタイル管

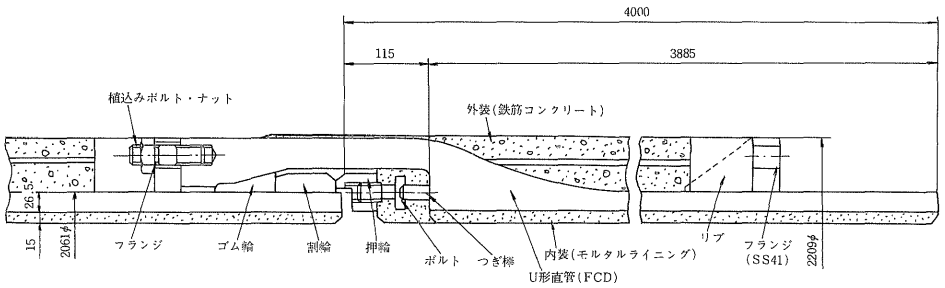
この推進工事に使用したダクタイル鋳鉄管は図－３に示した通りＵ形管の挿口外面に溶接したフランジ、リブと受口をボルトで固定

図－２　北千葉送水管φ2,000㎜推進工区割り



することによって挿口と受口が一体化し、曲げ強さを持つとともに推力も伝達される構造になっている。一方、管体部は鉄筋コンクリートを巻きたてて受口部と挿口部の外径を同一にしてある。

図－3　推進工法用ダクタイル管の構造



5．推力の計算

(1) 計算条件

① 口　径　φ2,000mm

② 土被り　4.70m

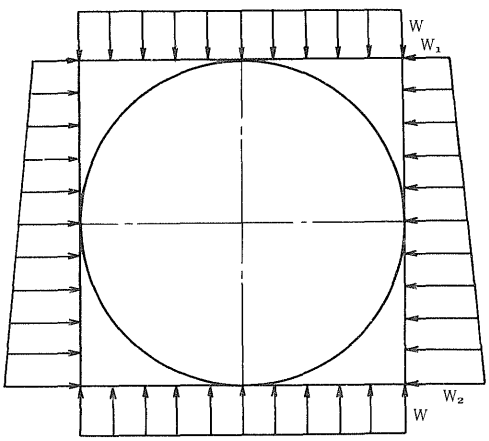
③ 土の単位体積重量　1.8t/m³

④ 土　質　関東ローム層

(2) 推力の計算

管に作用する土圧分布を図－4の通りとして計算する。

図－4　土圧分布図



W：垂直土圧
W₁、W₂：側圧

推力は土のアーチ作用も考慮して計算した。なお先導管はセミ・シールド工法用のものを用いたので先端(刃口)抵抗は考えない。

$$P=\frac{\pi}{2}D\mu L\left\{W+\frac{1}{2}(W_1+W_2)\right\}+\frac{\pi}{4}Wg\mu L$$

P：総推力

D：管外径　D＝2209φ

μ：管体と土との摩擦係数　μ＝0.4

L：推進長　L＝174m

Wg：推進管の単位長さあたりの重量

Wg＝2754.75kg/m

$$P=\frac{\pi}{2}\times2.209\times0.4\times174\times\left\{5.99+\frac{1}{2}(1.74+2.89)\right\}+\frac{\pi}{4}\times2.755\times0.4\times174=2{,}156\text{ton}$$

計算結果から推進長174mの場合、推定推力が2,156トンということになり、推進工法用U形管の許容抵抗力1,720トン（補強リブ使用）では強度的に不足であり、推進が不可能となる結論が得られた。

この対策としては推進長の距離を短かくするか、または特殊工法を検討するかの2通りしか考えられない。

推進長を短かくすることはこの現場の状況からみてできず、したがって長スパン推進の施工ができる工法の開発検討を行った。

その結果、中間スリーブ管を使用施工すれば推進長174mは推進可能との見通しが得られた。

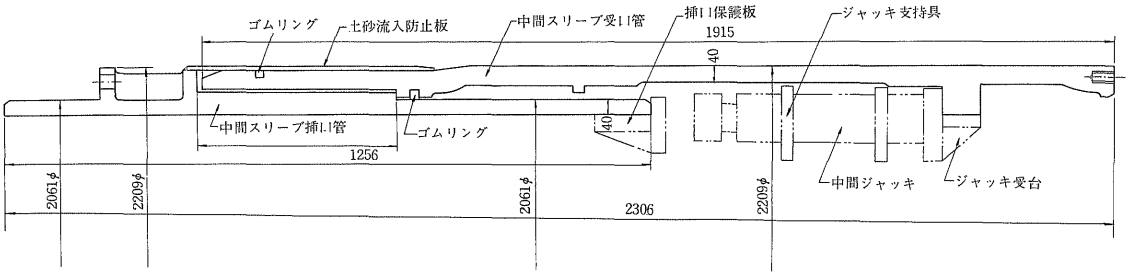
6．中間スリーブ管

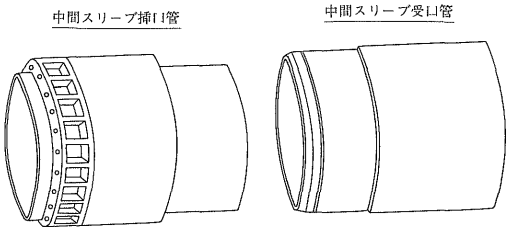
(1) 構　造

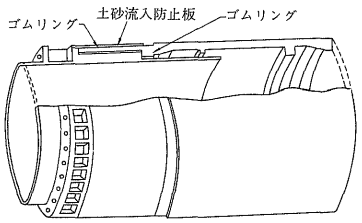
図－5に示したように中間スリーブ管は挿口管と受口管とからなり、これらを接合

して使用するものである。中間ジャッキは　　受口管の内側にセットする。

図－5　中間スリーブ管の構造







写真－1　中間スリーブ管組立

(2) 中間スリーブ管の施工

中間スリーブ管の操作方法作動図を図－6に示した。まず中間ジャッキを操作させ、中間スリーブ受口管より先に接合されている管路を推進させる。続いて中間ジャッキをもどし中間スリーブ挿口よりあとに続く管路を発進坑内の元押ジャッキで推進させる。この時、元押ジャッキで推進する長さは中間ジャッキ1ストローク分と同じ長さとする必要がある。この操作をくり返し行い所定の長さの推進を行うものである。

(3) 中間スリーブ挿口管と受口管との接合

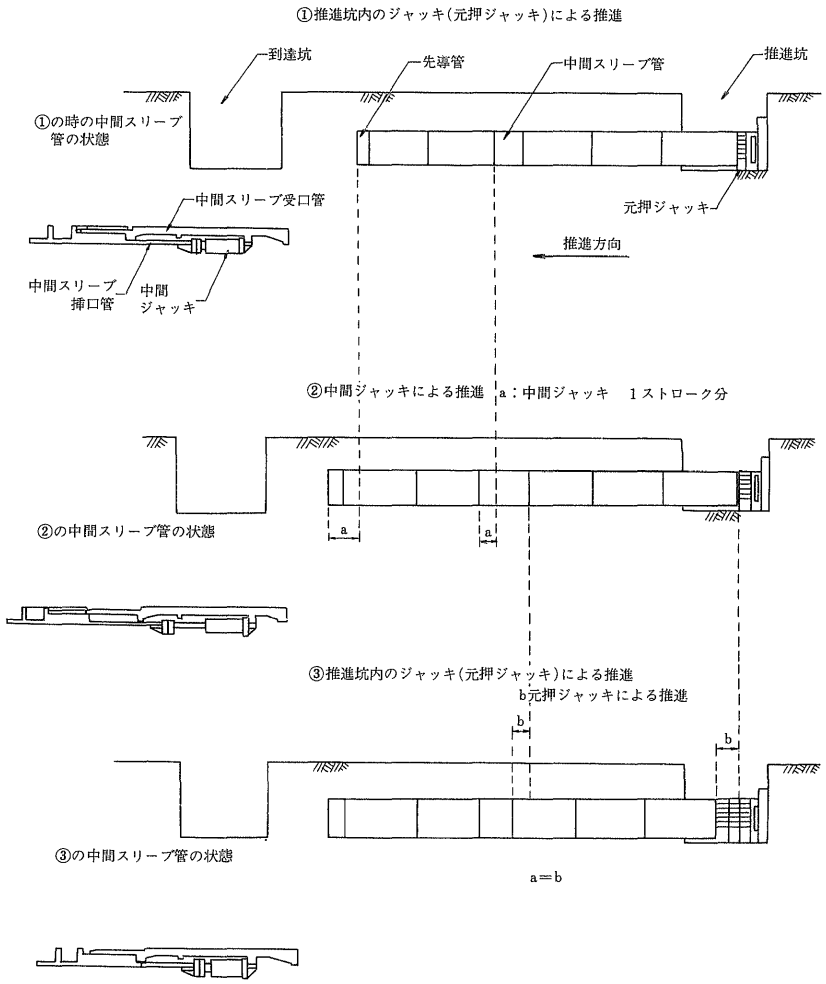
中間スリーブ管を用い所定の推進工事を完了した後、挿口管と受口管と接合を行う。推進完了後、中間ジャッキをとりはずしU形管の継輪の接合と同じ方法、すなわち中輪を用いてこの部分の接合を行う。接合完了後の状態を図－7に示した。

(4) 中間スリーブ管の挿入位置

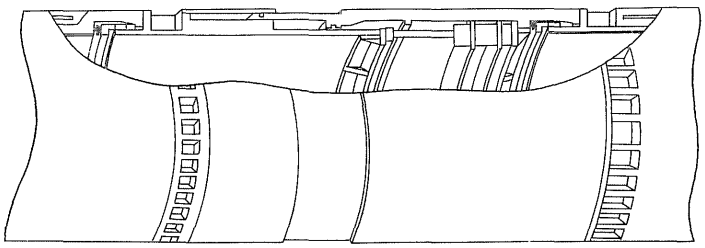
補強リブ付き推進工法用U形管の推力に対する許容抵抗力は1,720トンと先に計算された推力2,000トンに比べて不足している。この不足分を中間スリーブ管にもたせればよいわけであり、その意味から中間スリーブ管のもつ許容抵抗力を検討する。

中間ジャッキは管内にセットするので取付ける個数によってはズリ出しなどの作業性が悪くなることもあり得る、またセット数が少ないと中間スリーブ管の役目を果さ

図－6　中間スリーブ管の作動

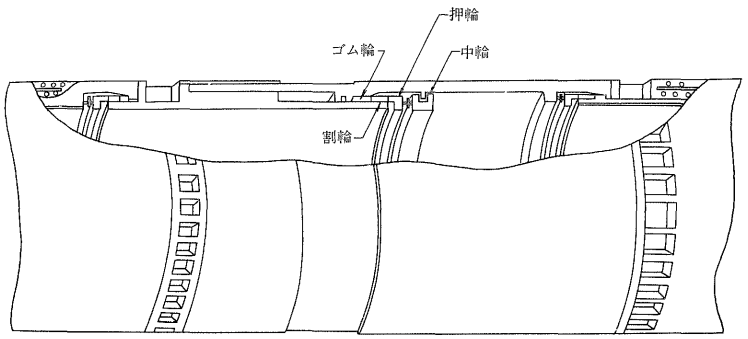


中間ジャッキを作動させている時



図－7　中間スリーブ管の接合

推進完了後挿口管と受口管とを接合させる



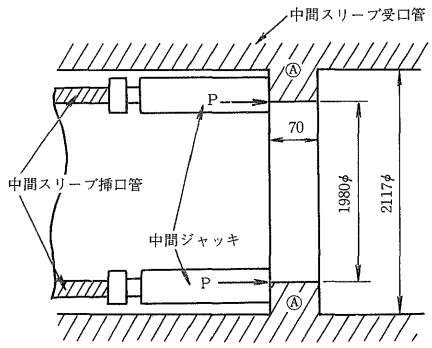
なくなる。そこでこれらを考え合せ今回の場合は100トンジャッキを均一に8台を取付けることにした。したがって中間スリーブ管は最大800トンの推力が作用することになる。

①中間スリーブ管のジャッキの反力凸部の検討。

Ⓐ（図－5の構造図参照）の強度。

図－8のように800トンの荷重が反力凸部の先端に円周均一に作用したとして計算する。

図－8　中間ジャッキの反力凸部



反力凸部Ⓐに発生する曲げ応力σは次式で計算する。

$$\sigma=0.1\times\frac{P}{t^2}=0.1\times800,000\times\frac{1}{7^2}$$

$$=1632.6\text{kg/cm}^2$$

P：推力　P＝800ton

t　：凸部厚さ　70mm

一方ダクタイル鋳鉄管の曲げ強さ5,700kg/cm²以上であるから、強度的には安全である。したがって、100トンジャッキ8台の取付けは強度的には問題ないことになった。

②中間スリーブ管の挿入位置

中間スリーブ管は推進中での推力不足をおぎなうためにジャッキの台数を増やすことはできない。そこで100トン程度の推力の余裕を持たせた挿入位置を決定する必要がある。今700トンの推力でどの程度の長さを推進できるかを計算し挿入位置を決定する。

推進長は次式より計算する。

$$L=\frac{P}{\frac{\pi}{2}D\mu\left\{W+\frac{1}{2}(W_1+W_2)\right\}+\frac{\pi}{4}Wg\mu}$$

$$= \frac{700}{\frac{3.14}{2}\times 2.209\times 0.4\left\{5.99+\frac{1}{2}(1.74+2.89)\right\}+\frac{3.14}{4}\times 2.755\times 0.4}$$

$= 56.5\text{m}$

中間スリーブ管の挿入位置は先導管から60mの位置、すなわち推進工法用U形管15本のあとに挿入することにした。なお残りの114mについて上述と同様の方法で推力計算すると1,315トンとなり、十分U形管の許容抵抗力内に入る。

以上の検討結果より中間スリーブ管内のジャッキは100トン用のものを8台取付ける。また挿入位置は先導管から15本目(60m)あとに挿入することにした。

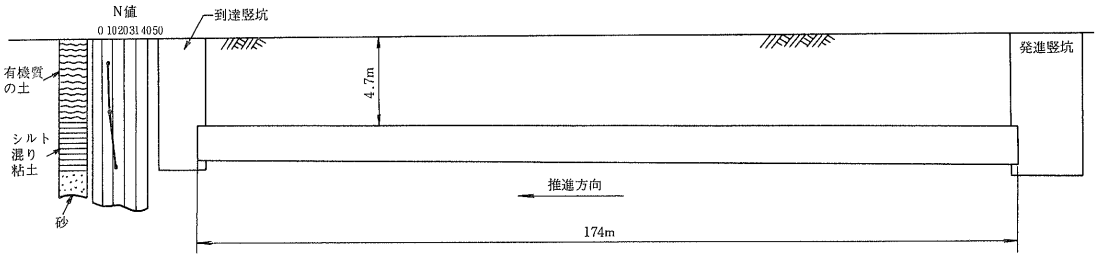
Ⅳ. 施　工

9工区の工事の中、中間スリーブ管を使用した第1工区についてその工事例を紹介する。

1. 土　質

図－9に柱状図および縦断図を示したが、土質はシルト混り粘土、N値15～20という状態で切羽も自立しており推進には比較的適した土質であった。

図－9　柱状図および縦断図

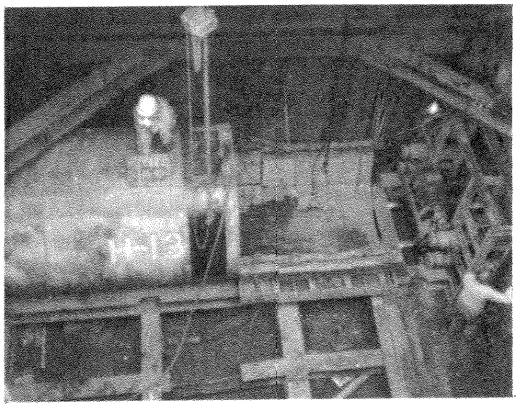


2. 工事状況

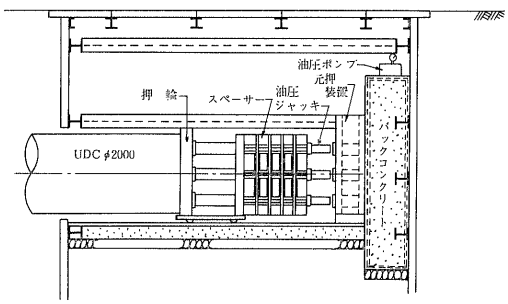
(1) 発進竪坑

竪坑は巾10m、長さ9.5m、深さ8mの大きさにした。巾が10mと広いのは管を吊り下す位置と推進する位置が異なるためであり、管はいったん吊り下した後、竪坑内のクレーンで推進位置まで移動させる方法をとった。なお竪坑は道路の部分は覆工板を設置し交通に支障のないようにした。反力板は厚さ1.5m、高さ5m、巾3.8mでH鋼入りのコンクリート板とした。

写真－2　発進竪坑



図－10　発進竪坑内のレイアウト



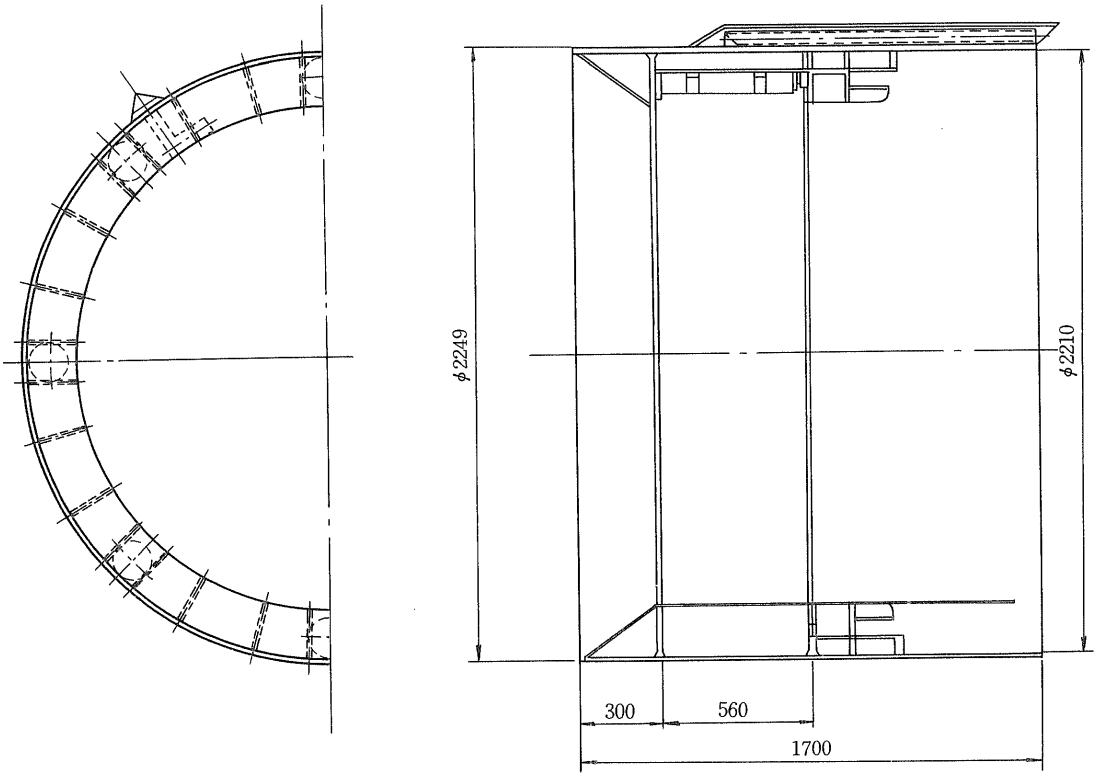
(2) 先導管(刃口)

先導管はセミ・シールド方式のものを採用した。

(3) 推　進

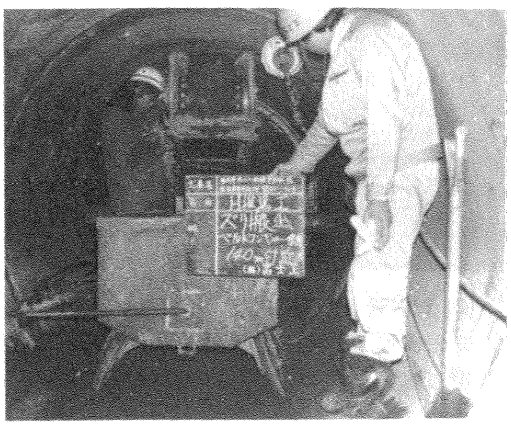
セミ・シールド方式の先導管を管の挿口に取付け元押ジャッキにより刃口を地中に喰い込ませながら土砂をベルトコンベヤーおよびズリ台車を用いて管外に搬出し、こ

図－11　先導管構造図



れをクレーンで竪坑外の廃土置場に運び出した。

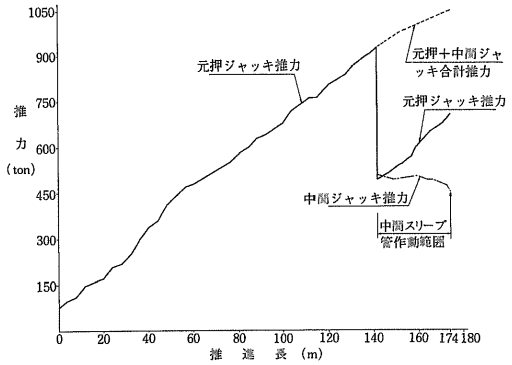
写真－3　ズリ出し



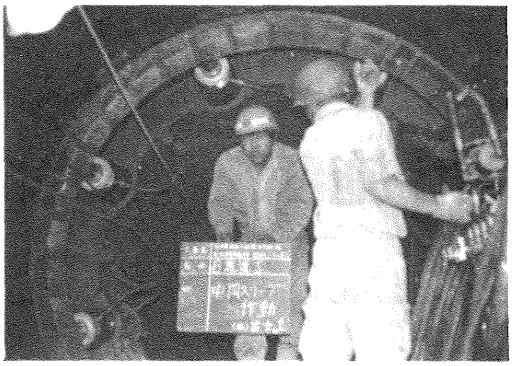
次に推力の推移を図－12に示したが、最大推力（元押ジャッキと中間ジャッキの合計）は1,044トンと計算値の約半分であった。これは推進中に地盤から地下水がしみ出てきて、これがちょうど滑剤の役目を果し摩擦係数が計算値の半分程度になったものと思われる。

中間ジャッキは36本推進完了したあと操作を開始した。中間ジャッキの操作には作業員1名を中間スリーブ管内に配置し、元

図－12　推進長―推力の関係



写真－4　中間スリーブ管の作動

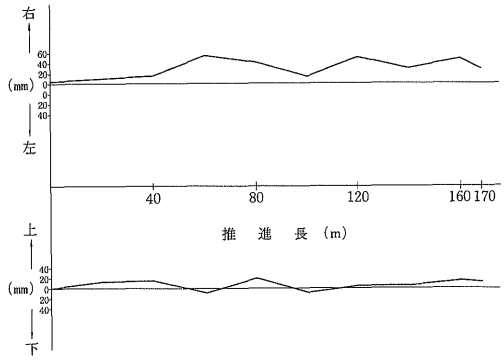


押ジャッキとの連絡をトランシーバーで行いながら工事を進めた。また中間ジャッキ用油圧ポンプは竪坑内に置き油圧は鋼製の細い管を中間スリーブ管まで配管した。

(4) 推進結果

推進完了後の水平方向、垂直方向の偏位を図－13に示した。管路の偏位は左右方向では右へ58㎜、上下方向では上方向へ20㎜であり、推進の精度としては非常によい結果が得られた。これはこまめな管路の計測とそれに伴う方向修正によるものであり、推進工事が成功するか否かは計測が非常に重要であることが再認識された。

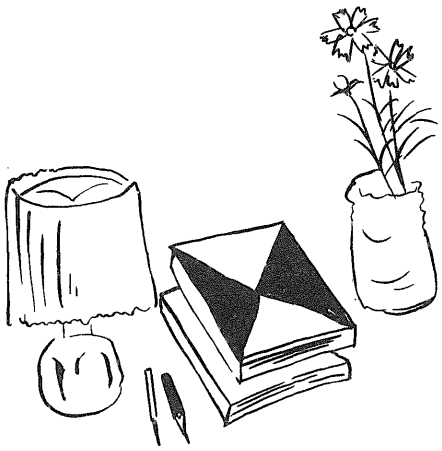
図－13　推進長―管路偏位量



V. おわりに

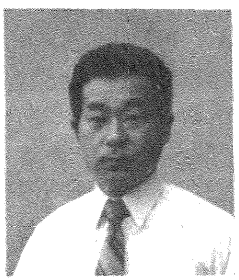
中間スリーブ管を使用した長スパン推進工事例をご紹介した。ダクタイル鋳鉄管を推進管として使用した推進工事はすでに各都市で行われており、実績も多数報告されている。しかし中押しによるダクタイル鋳鉄管の推進工事はいまだその例をみないものであった。その意味からも多少の疑問点もあったが見事に成功した。推力ははじめの計算値と比べて約半分という値であり、結果的には安全サイドで推進工事を施工することができた。土質調査をより正確に行い、管に作用する推力を適確につかむことができたなら、まだまだ推進長を延ばすことができたものと思われる。

今回の工事では推力的に考えるとまだ余裕があり、200m以上の推進も可能であった。これからはますます長スパンの推進工事が要求されるであろうと思われるが、これがなんらかの参考になれば幸いである。



技術レポート ❷

耐震管路の設計施工



神奈川県内広域水道企業団
工事部設計課設計第２係長
小 林 隆 則

1．はじめに

神奈川県内広域水道企業団の送水管路線の中、平塚市内において沖積低地で非常に軟弱なシルト層がある。

このように軟弱なシルト層は地震による地盤の変形が大きく、しかも非常に複雑であることは知られているが、埋設管の地震時の挙動は円周方向より軸方向の方が大きいといわれている。従来使用されてきたＫ形、Ｕ形といった継手構造は地震時に地盤の歪が局部的に集中した場合、離脱する恐れがある。

また、離脱防止継手としてＫＦ形、ＵＦ形が採用されてきたが、これは継手部が完全に固定されてしまっているため、地震時の地盤の大きな歪に対して管本体に大きな応力が生ずる。そこで、地震時の地盤変動に順応できさらに不等沈下も吸収でき、かつ最終的には抜け出さない柔軟な継手構造であることが要求される。

このため本企業団では耐震管路とするため鎖構造耐震管路であるＳ形ダクタイル鋳鉄管を採用するに至った。

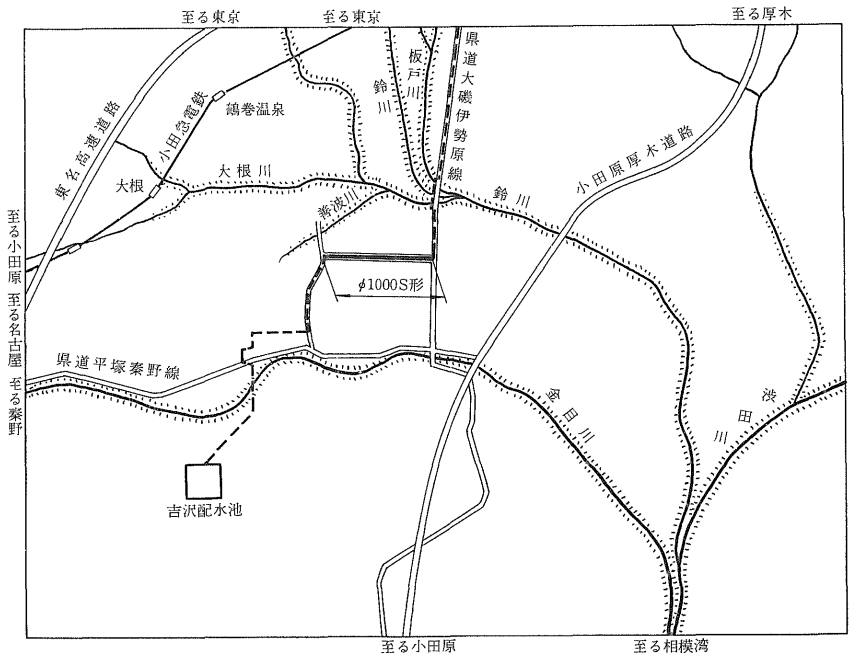
以下内径1,000㎜Ｓ形ダクタイル鋳鉄管の採用に至るまでの継手の選定、施工結果について述べる。

2．送水管施設の概要

当企業団は酒匂川の総合開発によって新たに生みだされる145万4,800㎥/Ｄの水道用水を神奈川県、横浜市、川崎市、横須賀市の各水道事業者に送水するが、送水管路は３系統あって本耐震継手採用の送水管路は伊勢原浄水場系統の中、伊勢原浄水場（伊勢原市日向）から平塚吉沢配水池（平塚市吉沢）間の大磯系送水管路の一部である。

布設場所　神奈川県平塚市北金目地内
口　　径　1,000㎜
延　　長　約1,000m

図－1　送水管路の概要



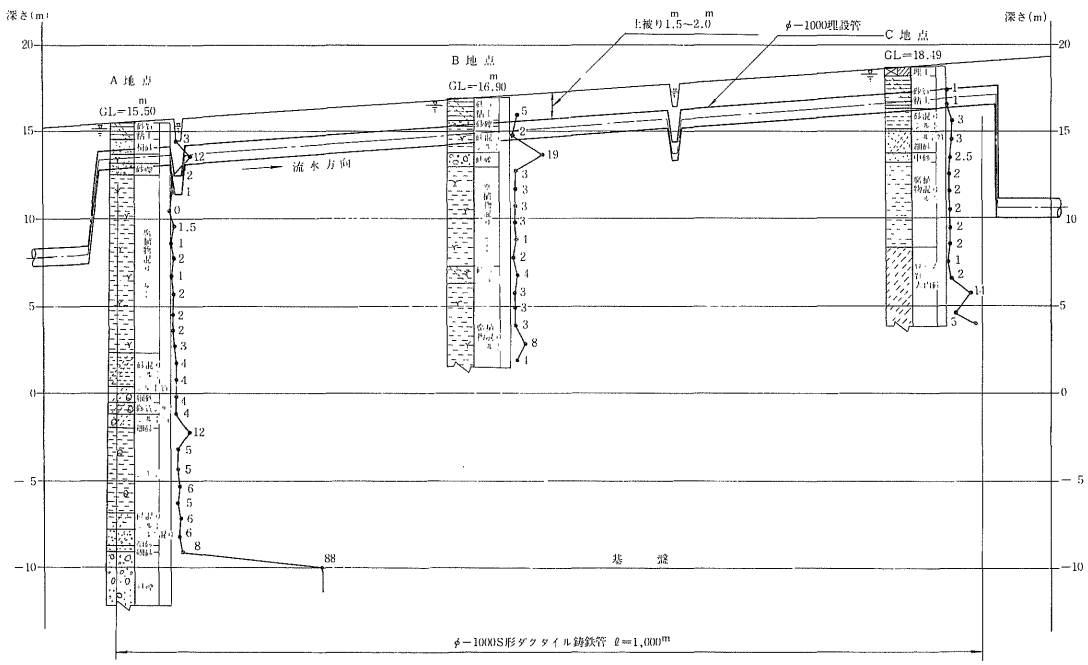
3．送水管埋設地帯の地盤について

神奈川県のほぼ中央部を相模川が流れているが、本送水管路線はこの相模川の西方７km

において相模湾に注いでいる金目川の河口より上流約７km地点に位置している。

地形的には図－１の通り、標高30m前後の

図－2　送水管路縦断図



伊勢原台地の南部で西方から流れている善波川、板戸川、大根川などの諸河川と鈴川との合流点と、金目川の間にはさまれた沖積低地で、標高は16m～19mで西方に向ってゆるやかな上り勾配となっている。

土質調査の結果は図－2のようになっており、大きく3層に区分される。最上層部（地表～標高13m）は現在耕土となっている粘土でN値は0～3で、それから下の標高2m区間までは貝殻を含む細砂層と腐植物混りシルト層でN値は1～4である。

さらに下層は貝殻を含むシルト層でN値は5～6でそれより下層はN値の大きい砂礫層である。これらの地層から細砂層は貝殻を含んでおり海成層と考えられ、また腐植物混りシルト層は海がやや退きこの地域が湖沼性の沼沢地になっていたことを暗示するが、いずれにしても当地域の沖積層はかなり層相の変化の激しい軟弱なシルト層である。

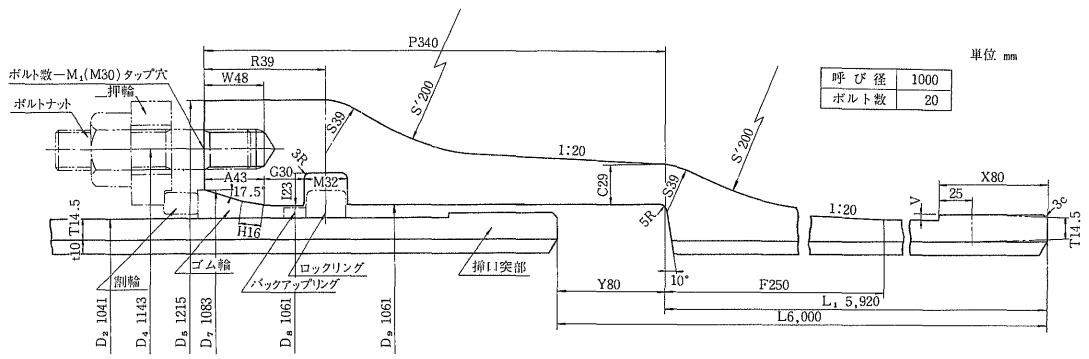
4．管の仕様

内径1,000mmS形ダクタイル鋳鉄管の仕様は次の通りである。

内　径	1,000mm
管　長	6,000mm
管　厚	鉄部　14.5mm
	ライニング部　10mm
内　圧	15kg/cm²
	〈9.5+5.5(水衝圧)〉
土被り	2.0m
路面荷重	T－20　2台同時通過
地　質	シルト質
継手伸縮代	±80mm

なお、製作管ならびに継手構造は図－3の通りである。

図－3　S形ダクタイル鋳鉄管製作図



5．管路の設計

管路の設計方法は次のような考え方とする。地震波が基盤より表層に伝播することにより地盤が励震し歪を生ずる。表層内にある管が地盤と一諸に挙動するものと仮定することにより管に発生する最大応力を計算することができる。

しかし、ダクタイル鋳鉄管の継手は伸縮可撓性があるので管に発生する応力はそれぞれの継手に吸収をさせるものとすると、地盤の最大歪を吸収することのできる継手の伸縮量を求めればよい。

その他、温度変化、曲げ配管、不等沈下による必要な継手の伸縮量を求め加算すると1口当りに必要な最大伸縮量を求めることができる。すなわち、必要最大伸縮量(e)は

e＝①＋②＋③＋④　となる。

① 地震時の継手の伸縮量
② 温度変化による継手の伸縮量
③ 曲げ配管による継手の伸縮量
④ 不等沈下による継手の伸縮量

eの値を満足し得る継手構造を選定し、さらに管に発生する応力と地震時の継手部屈曲角について検討を加えるものとする。

以下は詳細設計である。

(1) N値

図－2の土質調査結果より基盤は－10m地点にあり、地表面より基盤までの間の平均N

値は次の通りである。

N値＝3.5

(2) 地震波の伝播速度　v_s

埋設地盤の地震波の伝播速度はＰＳ検層などで実測して求めるのが正確であることはいうまでもないが、種々の実験結果のデータからＮ値とv_sの関係が求められている。

この中、「耐震工学」岡本舜三(オーム社)によると

Ｎ＝3.5の場合　v_s＝97m/sec

(3) 表層の厚さ　H

ボーリング結果より

H＝29mとする。

(4) 卓越周期　T

$$T=\frac{4H}{v_s}$$

$$=\frac{4\times29}{97}=1.20\text{sec}$$

(5) 最大加速度　A

75年周期の地震動の限界加速度分布の期待値から400galとする。

(6) 地盤の最大歪　ε

$$\varepsilon=\frac{1}{2\pi}\cdot\frac{T\cdot A}{v_s}$$

$$=\frac{1}{2\pi}\cdot\frac{1.2\times400}{9700}$$

$$=7880\times10^{-6}$$

(7) 継手の最大伸縮量　e

①地震時の継手の伸縮量　e_1

$e_1=\varepsilon\ell$

ε：地盤の最大歪

ℓ：管長　6,000mm

$e_1=7880\times10^{-6}\times6{,}000$

$=47.28$mm

②温度変化による継手の伸縮量　e_2

$e_2=\alpha T\ell$

α：ダクタイル管の熱膨脹係数10×10^{-6}/℃

T：温度変化量　30℃

ℓ：管長　6m

$e_2=10\times10^{-6}\times30\times6{,}000$

$=1.8$mm

$\fallingdotseq\pm1.0$mm

③曲げ配管による継手の伸縮量　e_3

$e_3=D_2\sin\theta$

D_2：管外径　1,041mm

θ：継手の許容撓角(1°50′)

$e_3=1041\sin 1°50'$

$=33.3$mm

$=\pm16.7$mm

④不等沈下による継手の伸縮量　e_4

地震などを考慮した継手の必要伸縮量は

①＋②＋③＝±65mmである。

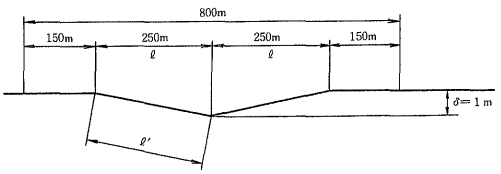
今、耐震継手の最大伸縮量を±80mmとすると、±80−(±65)＝±15mmの伸縮余裕量となる。

$e_4=\pm15$mm

したがって、この差の±15mm１本が布設後に不等沈下が起ったと考えた場合の伸縮余裕量となる。実際には曲げ配管はすべての継手について行われるものではないので、不等沈下に対する伸縮余裕量はさらに大きいといえるが、ここでは±15mmとして次の二つの場合の条件を仮定して管路の安全性について検討する。

ｉ) スパン800mとしてその中央部500mの間において１mの不等沈下が生じたと仮定した場所

図－４



図－４において

$\ell'=\sqrt{250^2+1^2}=250.00199$m

したがって軸心の伸び$\triangle\ell$は

$\triangle\ell=\ell'-\ell=1.99\text{mm}\fallingdotseq2$mm

一方、ℓ＝250m間における伸び余裕量は

$$15\text{mm/本}\times\frac{250}{6}=625\text{mm}$$

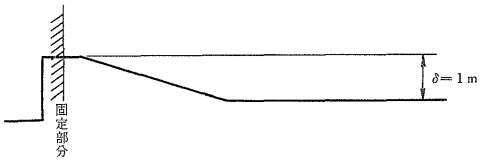
であり、沈下に対する軸心の伸びを十分吸収できる。また、万一この伸びが１カ所の継手に集中したとしても安全率とし

て　$S=\frac{15}{2}=7.5$

となり十分安全である。

ii）固定部分との境界部において不等沈下が生じた場合

図－5



直管1本で吸収できる沈下量は

$\delta_1=6\times\tan 1.65^\circ$

$=0.173\text{m}$

$=17.3\text{cm}$　である。

同様に計算すると

直管3本で吸収できる沈下量　69.1cm

直管5本で吸収できる沈下量　156.0cm

となる。

すなわち、直管5本でもって仮定条件の1m以上の沈下量を十分吸収することができる。これは均等に継手が曲がった場合であるが、いずれかの継手に集中したとしても1,000φS形継手の抜出阻止力は327トン以上であるのでけん引可能な長さは摩擦抵抗力が2.25t/㎡なので約44mとなり、十分安全である。

$f=7.36\text{t/m}$

けん引可能な長さ　$\ell=\frac{327}{7.36}=44.4\text{m}$

直管本数　$n=\frac{44.4}{6}=7.4\text{m}\rightarrow 7\text{本}$

(8) 継手の選定

地震と不等沈下を考慮した継手の伸縮量をまとめると次のとおりである。

地震時の継手の伸縮量　$e_1=47.28\text{mm}$

温度変化による継手の伸縮量　$e_2=1.00\text{mm}$

曲げ配管による継手の伸縮量　$e_3=16.70\text{mm}$

不等沈下による継手の伸縮量　$e_4=15.00\text{mm}$

したがって継手の伸縮量eは

$e=e_1+e_2+e_3+e_4$

$=\pm 79.98\text{mm}$　となる。

一方K形、U形、S形継手の伸縮余裕量は次の通りである。

K形　±36mm

U形　±37mm

S形　±80mm

したがって、離脱防止機構のないK形、U形継手では抜け出す恐れがあるのでS形継手を採用することに決定する。

(9) 管に発生する応力

地震時の管体応力は実測によれば円周方向より軸方向の方が大きいことが知られているが、大地震では地盤の歪の方が大きい。その差をすべったと仮定しその摩擦力を考える。摩擦力による管の応力を次式で求める。

$$\sigma_p=\frac{\pi\cdot D\cdot f_d\cdot \ell}{2A_o}$$

σ_p：地盤との摩擦力による管の応力

D　：管外径

f_d　：地震時の単位面積当りの動的な摩擦力

ℓ　：管長

A_o：管の鉄部断面積

$f_d=\mu\gamma Hm$

$=0.5\times1.8\times10^{-3}\times250\times0.85$

$=0.191\text{kg/cm}^2$

$$\sigma_p=\frac{0.191\pi\times104.1\times600}{2\times419.8}$$

$=44.7\text{kg/cm}^2<4{,}000\text{kg/cm}^2$

したがって、1,000φ2種管に発生する応力は44.7kg/cm²でダクタイル管の引張強さ4,000kg/cm²に比べて小さく十分安全である。

(10) 地震時の継手部の屈曲角

$$\alpha=\frac{\ell A}{v^2}$$

$$=\frac{600\times400}{9700^2}=8.8'<1^\circ50'$$

S形継手の許容撓角 1°50′に比べてはるかに小さく問題はない。

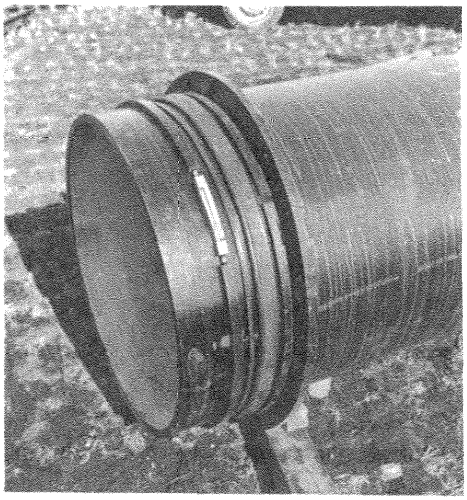
6．継手施工

本送水管の埋設場所は市道の中で、付近は水田地帯で家屋に接近もしていなかったので作業は非常に順調に進んだ。

管の運搬、据付けなどはK形管の場合と同

様であり、特に会所掘りは人が管底に入れる程度に深く掘ることが必要であるが、12月～2月の渇水期の施工であったため湧水に悩まされることもなかった。また、ロックリングの挿入はロックリング拡大器の使用により短時間に装着ができ、特殊継手構造のため接合時間の延びることが心配されたが、技術的にも特に問題はなく、工事は順調に完成をしすでに送水を開始している。

写真－1　継手部付属品セット状況



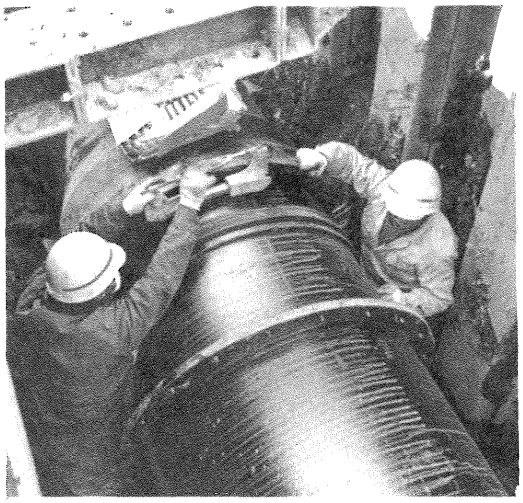
写真－2　管体吊下し

7. むすび

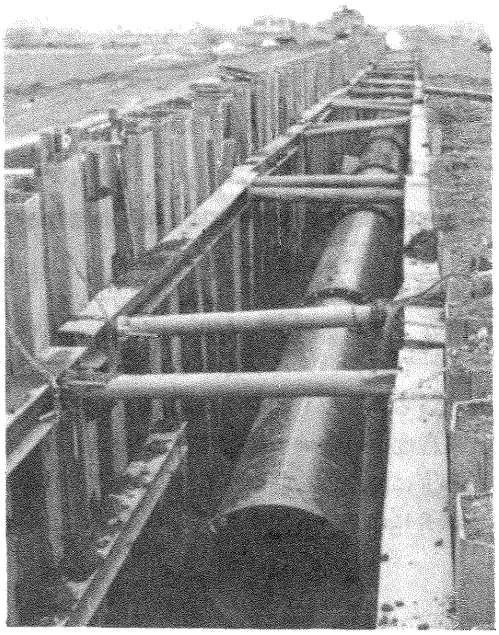
以上述べてきたように、本送水管路の埋設地付近は軟弱なシルト質地盤で地震時には地盤の挙動が大きいと想定されるため、耐震管路としあわせて不等沈下による影響も考慮したものである。

継手の必要伸縮量を計算した結果、従来使われてきた継手構造では伸縮余裕量が不足するため離脱防止機構を備え、そして伸縮余裕量も大きいS形ダクタイル鋳鉄管を採用し耐震管路とした。なお、工事は順調に進み施工結果は良好であった。

写真－3　ロックリングの締付け



写真－4　接合完了



技術レポート ❸

地震と管路〈その4〉

D.B.J継手について

日本鋳鉄管協会技術専門委員会

委員長　宮岡　正
委　員　宮本　宏
委　員　根本行康
委　員　難波強介

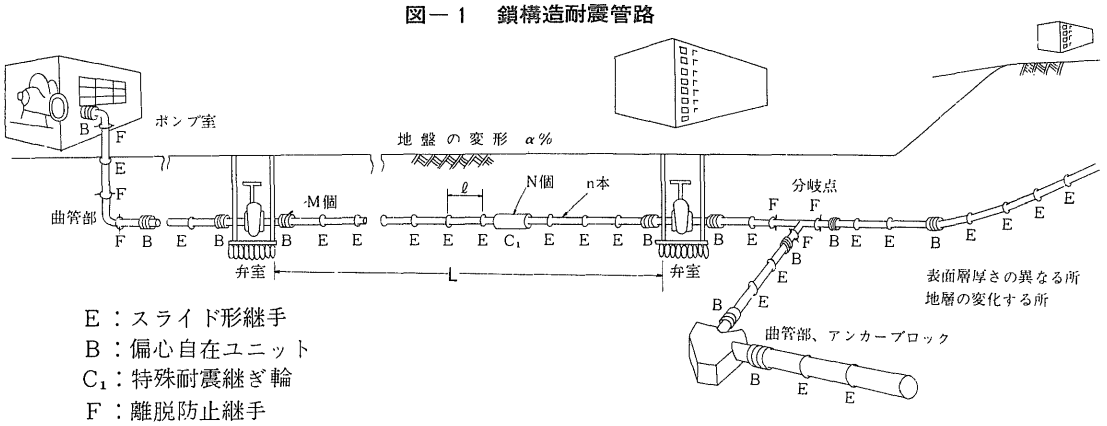
Ⅰ．はじめに

現在、ダクタイル管の継手はA形、K形、U形、T形といったメカニカル形式が使用されている。これらの継手は中程度の地震や、ある程度の軟弱地盤地帯などでは、水密性を損わずに伸縮、屈曲が可能なことから管および継手に大きな応力を生ずることなく、地盤変動を吸収しうる。その意味で、これらの継手を使用した管路は柔構造管路というべきものである。

しかし近年、大きな地震、極端な軟弱地盤などで生ずる地盤変動にも耐えうる安全な管路を求める声が強くなってきた。

これらの要望に応えるものとして図－1に

図－1　鎖構造耐震管路



E：スライド形継手
B：偏心自在ユニット
C_1：特殊耐震継ぎ輪
F：離脱防止継手

示すような鎖構造管路という構想がある。

この管路では、各継手は鎖のように自由に伸縮、屈曲し、かつ最終的には大きな抜出力に耐える機能が要求される。これに適した継手として主に直線管路部に用いる継手(S形)を先に報告したが、今回は建物とのとりあいなどのいわゆる不等沈下の起るところ、また非常に大きな地盤変動が起るところに使う継手(D.B.J)について、これの概要、機能試験結果、施工要領を述べる。

Ⅱ. 概　論

1. 概　要

(1) 名　称

大屈曲継手形ダクタイル管

略称D.B.J……Double. Ball. Joint の略

(2) 呼び径

500φ～1500φ

(3) 許容曲げ角度

15°

(4) 管種

特殊

(5) 従来の管との互換性

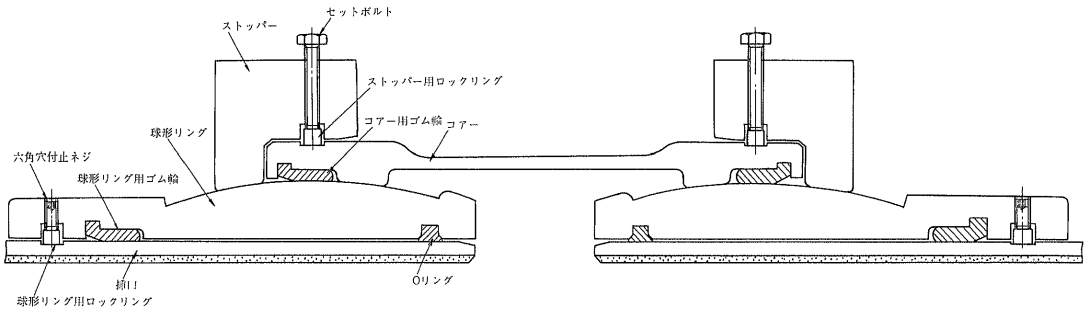
KF形、UF形との接合が可能

2. 継手構造

(1) 構造

図－2 に構造を示す。

図－2　D.B.Jの構造



この継手の機構を分類すると次のようになる。

① 回転機構

D.B.Jを2組でユニットにして、大きな回転が可能である。

② 離脱防止機構

ロックリングをかけ合せることにより離脱を防止する。この機構はKF形、UF形離脱防止継手と同等の強度を持つ。

③ 水密機構

水密機構は、現在使用されているダクタイル管と同等の性能を持つ。

(2) 継手部品の材料

① コアー

JIS G 5502(球状黒鉛鋳鉄品)のFCD 40またはFCD 45とする。

② 球形リング

JIS G 5502(球状黒鉛鋳鉄品)のFCD 40またはFCD 45とする。

③ ストッパー

JIS G 5502(球状黒鉛鋳鉄品)のFCD 40またはFCD 45とする。

④ ロックリング

JIS G 5502(球状黒鉛鋳鉄品)のFCD 40またはFCD 45とする。

⑤ セットボルトおよび六角穴付止ネジ

JIS B 1180(六角ボルト)およびJIS B 1177(六角穴付止ネジ)による。材質はSS 41とする。

⑥ コアー用ゴム輪および球形リング用ゴム輪

JIS K 6353(水道用ゴム)の2種1号とする。

⑦ Oリング

JIS K 6353(水道用ゴム)の2種1号乙2とする。

(3) 特徴

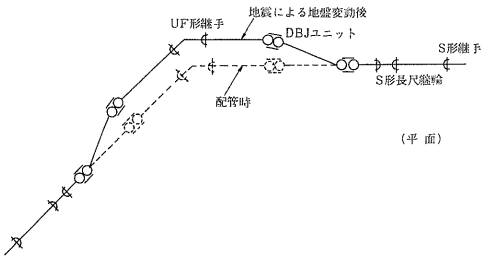
① 配管設計面

1．耐震性が要求される管路に適用できる。
2．軟弱地盤、その他大きな地盤変動が予想される場所での配管に適用できる。

配管例

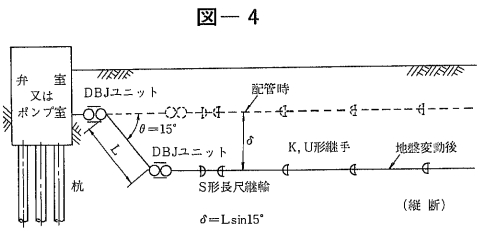
S形継手を併用することにより耐震管路を構成することができる。

図－3



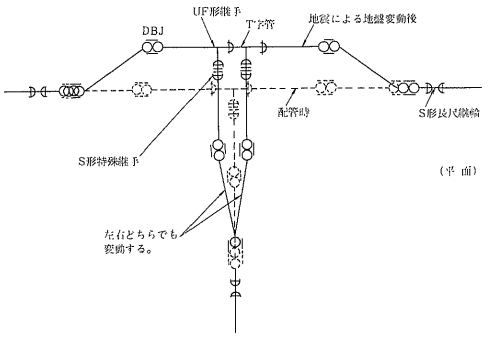
大きな地盤変動が要求される管路に適用できる。

図－4



T字管のまわりに使用して大きな地盤変動を吸収する。

図－5

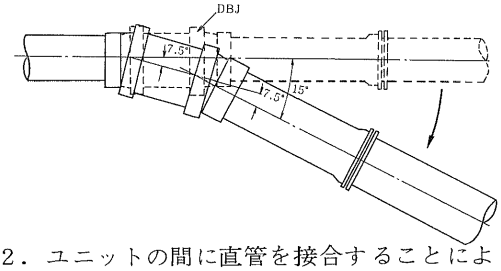


② 継手性能面

1．高圧に耐える。
2．大きな偏心を吸収できる。
3．大きな抜出し力に耐える。
4．大きく曲がる。最大許容曲げ角は15°である。
5．大きな曲げの力に耐える。
6．耐外圧性に富む。

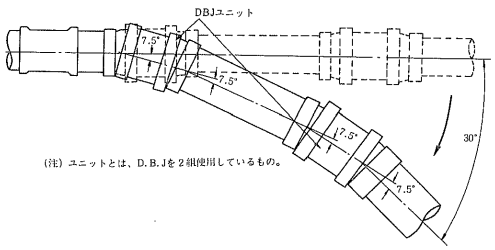
1．管体に大きな応力が発生することなく15°は曲がる。

図－6



2．ユニットの間に直管を接合することにより、より大きな地盤変動を吸収することができる。

図－7



図－8の場合の偏心量を1000φ管について記すと次のようになる。

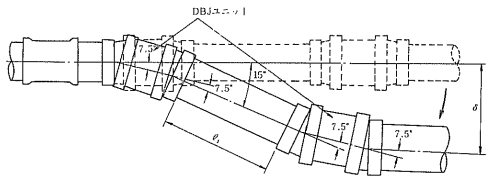
1000φ管の場合の偏心量

直管の長さ ℓ_1 (m)	曲がり角（度）	地盤偏心吸収量 δ (m)
4	15	1.30
6	〃	1.80
8	〃	2.30
12	〃	3.35

③ 施工面

1．雨中、湿気の多いところでの施工も可能である。
2．接合後直ちに埋戻しできる。

図－8



Ⅲ．500φ、1000φ、1500φ機能試験

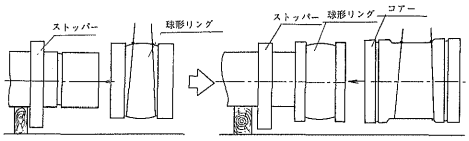
1．接合試験

500φ、1000φ、1500φのD.B.J の接合試験を実験室内で行った。

作業は図－9に示すように、まず直管挿口にゴム輪、ロックリングをセットした球形リングを挿入し、セットボルトにより挿口と球形リングを一体化した。

引続き内側にロックリング、ゴム輪をセットしたコアーを一体化された球形リングに挿入、ストッパーをセットし接合を完了した。

図－9　接合試験方法

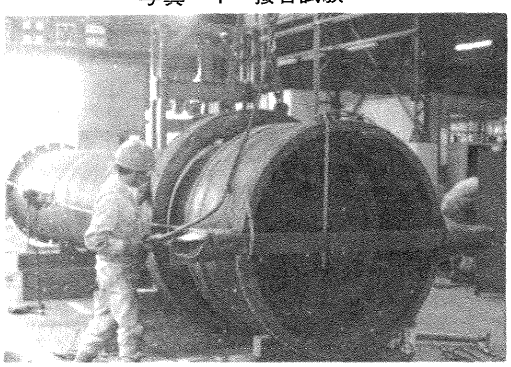


作業時間の測定結果は表－1に示す通りである。

表－1　接合試験結果

呼び径 / 接合手順	500φ	1000φ	1500φ
挿口外面と球形リング内のゴム輪に滑剤を塗る。挿口に球形リングを挿入し、セットボルトで締付け、挿口と球形リングを一体化した。	25分	46分	46分
球形リング外面およびびコアー内側にセットしたゴム輪に滑剤を塗る。コアーを一体化した球形リングに挿入、ストッパーをセットし、接合完了した。	20分	44.3分	30分
計	45分	1時間18分	1時間16分
作業員数（名）	2	2	3

写真－1　接合試験

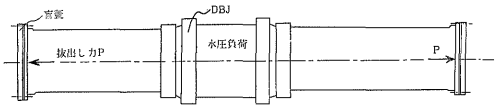


2．抜出し試験

D.B.J に水圧、地震などにより大きな抜出し力が作用した場合、直管挿口と球形リングのところはロックリングで、球形リングとコアーはロックリングを介したストッパーでこれを阻止する構造となっている。

ここでは抜出し力に対する性能を確認した。

図－10　水圧抜出し試験方法



(1) 抜出し試験最終結果

500φは50kg/cm²、1000φは30kg/cm²、1500φは20kg/cm²、水圧を負荷させた。

結果は表－2に示す。

表－2　水圧抜出し試験結果

管呼び径 (mm)	負荷水圧 (kg/cm²)	抜出し力 (Ton) ※	継手部の状況
500	50	150	漏洩、その他異常なし
1000	30	335	〃
1500	20	464	〃

(注) これ以上の水圧は盲板の関係でかけられなかった。

※抜出し力 P

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

p：水圧　D：球形リング外径

上記抜出し力は、仮りに埋設管と土との周面摩擦力を1 Ton/m² とした場合、

500φ……抜出し力 150Ton＝
管路　90.5m 分の摩擦

1000φ……抜出し力 335Ton＝
管路 102.5m分の摩擦

1500φ……抜出し力 464Ton＝
管路　95m 分の摩擦

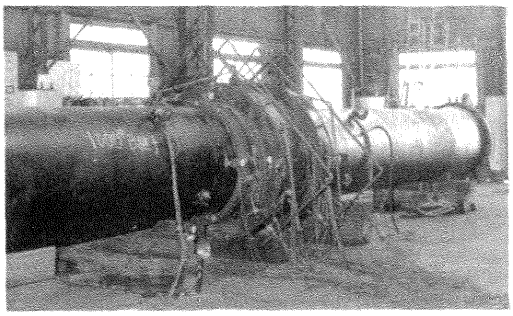
に相当する。

すなわち、地震など、管が管軸方向に動く時、上記管路長に相当する管を引張れるということになる。

(2) 抜出し力－抜出し量の関係

図－11に挿口と球形リングのところ、図－

写真－2　抜出し試験



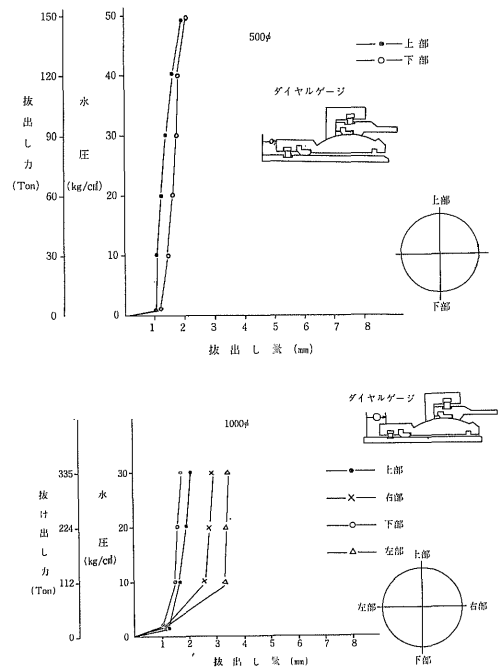
12に球形リングとストッパーのところの測定結果を示す。

いずれも水圧負荷により抜出し力が作用すると継手のガタの分だけ抜出したあと離脱防止機構が働いていることがわかる。

挿口の球形リングの部分のバラツキは試験開始時、管の継手の状態が完全に真直になっていなかったためである。

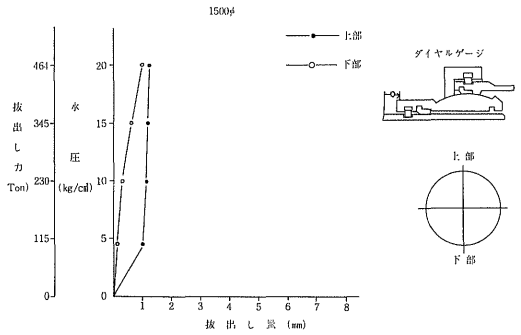
球形リングとストッパーの部分のバラツキは、球形リングとストッパーの間で多少回転したためである。

図－11　抜出し力－抜出し量（挿口と球形リング）

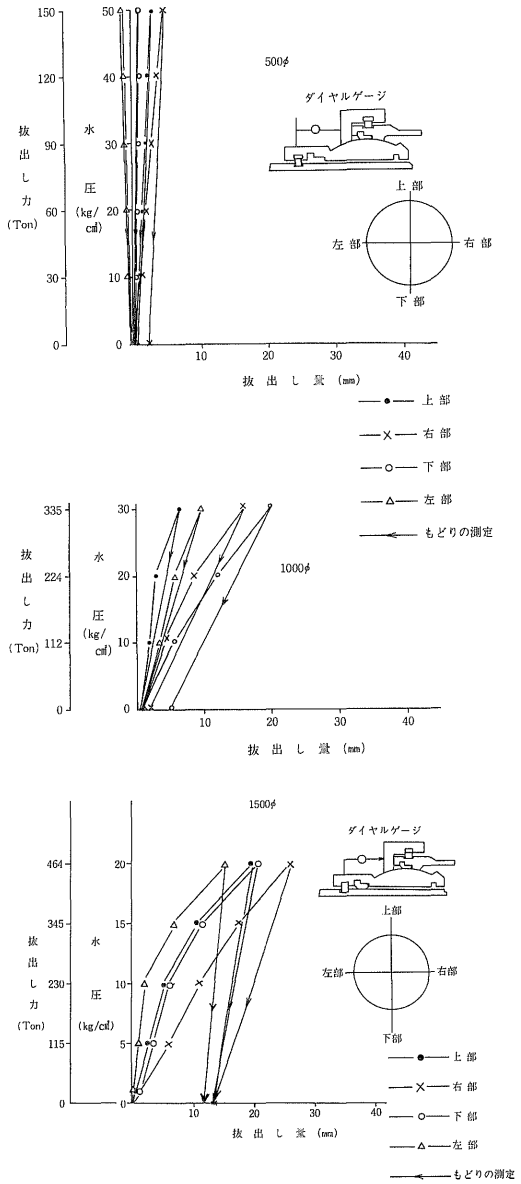


(3) 抜出し力－歪の関係

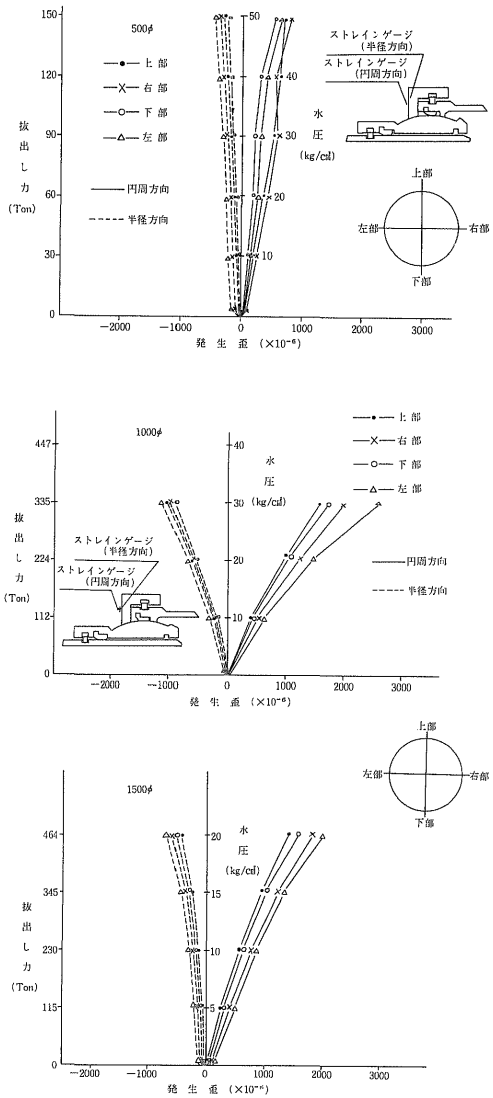
図－13、14に示す。いずれも測定応力の中大きいものを抜粋した。



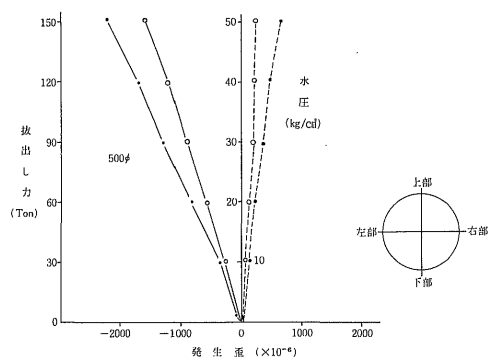
図－12　抜出し力－抜出し量
（球形リングとストッパー）

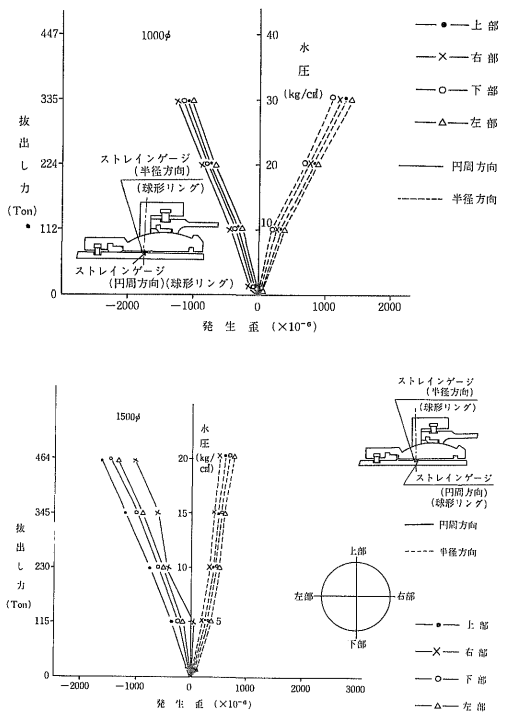


図－13　抜出し力－歪の関係(ストッパー)



図－14　抜出し力－歪の関係(球形リング)



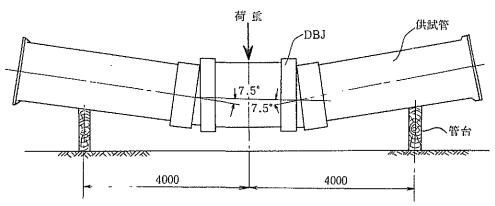


3．曲げ強度試験

地盤偏心により、大きな曲げモーメントがD.B.Jに作用した場合、どの程度の強度に耐えるかを確認するため、曲げ試験を行った。

試験はD.B.Jを最大許容曲げ角度 7°30′まで曲げた状態で曲げモーメントを作用させた。

図－15　曲げ強度試験方法



(1) 曲げ強度試験最終結果

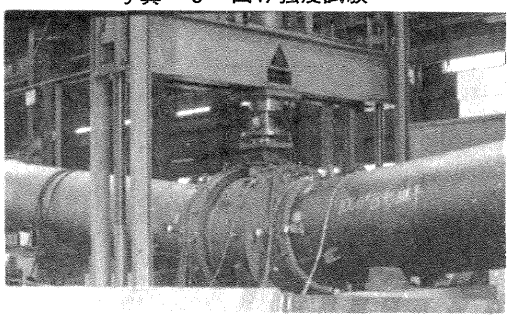
試験はD.B.Jの曲げ角度を片側7.5°曲げてから荷重を負荷した。

表－4　曲げ強度試験結果

管呼び径 (mm)	荷　重 (ton)※	曲げモーメント (ton m) ※	継手部の状況
1000	90	162	破断など異常なし
1500	90	157	〃

※試験機、試験装置の関係で、これ以上の荷重、曲げモーメントは作用させられなかった。

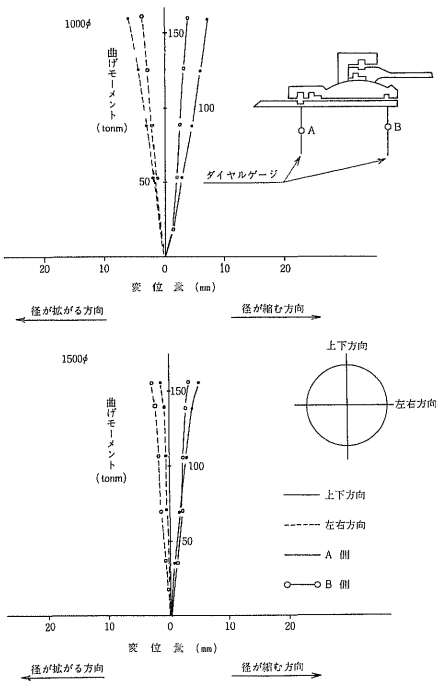
写真－3　曲げ強度試験



(2) 曲げモーメント―変位量の関係

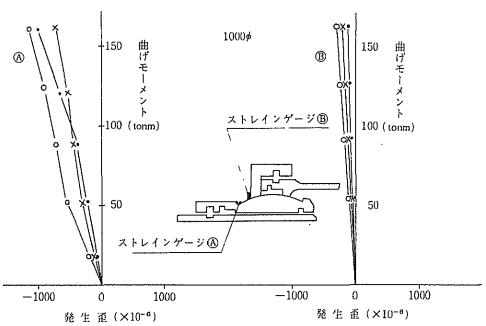
測定結果を図－16に示す。

図－16　曲げモーメント－管の変位量



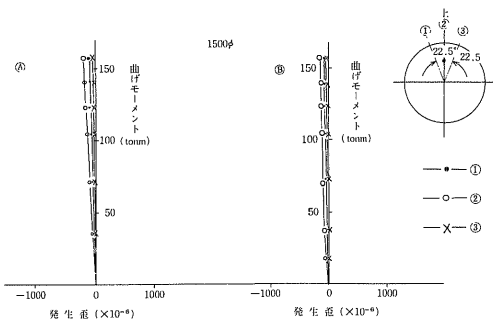
管径の変位量はいずれも口径の３％以下であるので、モルタルライニングに悪影響はない。

図－17　曲げモーメント－歪



(3) 曲げモーメント―歪の関係

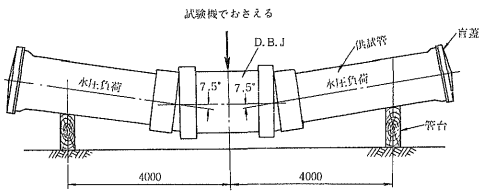
測定結果を図－17に示す。



4．曲げ水圧試験

D.B.J に曲げモーメントと同時に内圧が作用した時の強度、水密性能を調べるため、曲げ水圧試験を行った。

図－18　曲げ水圧試験方法



(1) 曲げ水圧試験終了結果

D.B.J を7°30′曲げた状態で、1000φは水圧30kg/mm²、1500φは水圧20kg/cm²まで負荷させた。

表－5　曲げ水圧試験結果

管呼び径 (mm)	継手１個所の曲がり角度	負荷水圧 (kg/cm²)	継手部の状況
1000	7°30′	30	漏洩、その他異常なし
1500	7°30′	20	〃

※負荷水圧は、水圧抜出し試験と同じとした。
（盲蓋の関係でこれ以上の水圧はかけられなかった）

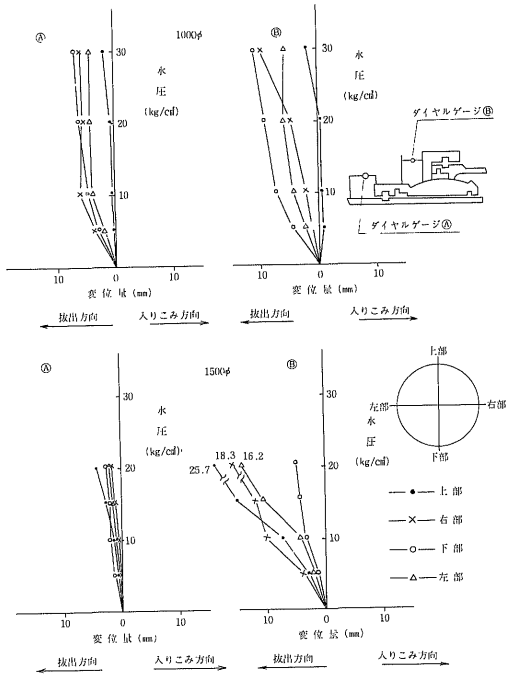
(2) 水圧―変位量の関係

図－19に測定結果を示す。

いずれもⒷ側は曲げ強度試験のそれに比べて大きいが、これは水圧負荷による抜出し力により、継手が抜け出そうとしているためである。

この程度の抜出し量では、水密性にはなんらの異常も発生しない。

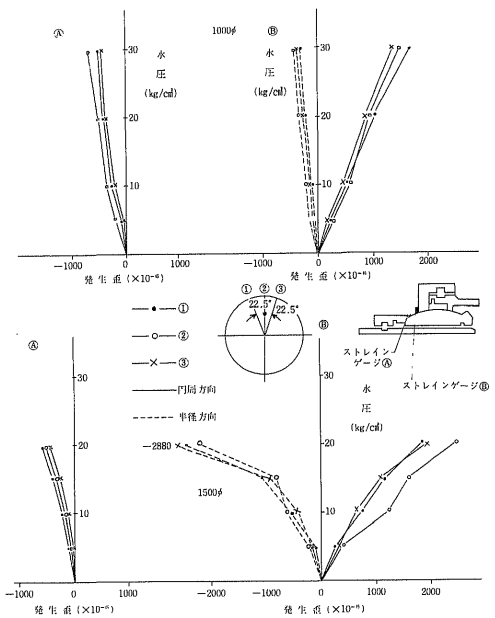
図－19　水圧－変位量の関係



(3) 水圧―歪の関係

図－20に測定結果を示す。

図－20　水圧－歪の関係



Ⅳ．継手接合要領

1．ストッパーの清掃

ストッパーの球面部、ロックリングの入る溝、セットボルトの入るねじ孔に付着している油、砂などの異物をウエス、ワイヤーブラシ、ヘラなどで取り除く。

2．ストッパー用ロックリングの預け入れ

(1) コアー溝内にロックリングを預け（これの外面全周に帯鋼をかけ、荷造用鋼帯絞り器で鋼帯を締め上げ)、リング内面全周を完全に溝内に圧着せしめた状態でロックリング切断面(切れ目)の間隔を測定し、解体する。

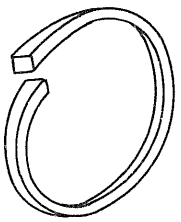
(2) セットボルトをストッパー溝の内面までねじこむ。

(3) ロックリング切断面をコイル状に重ね合せストッパー溝内に預け入れる。

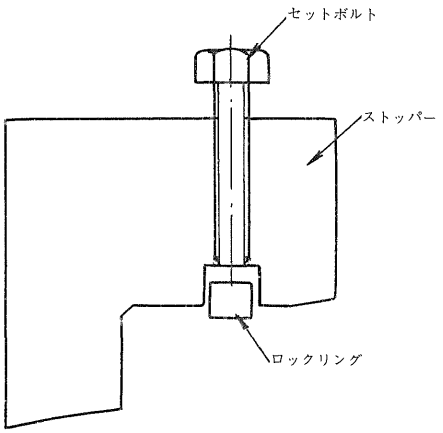
3．ストッパーの預け入れ

ロックリングの入ったストッパーを管挿口

図－21　ロックリングの重ね合せ



図－22　ロックリングの預け入れ

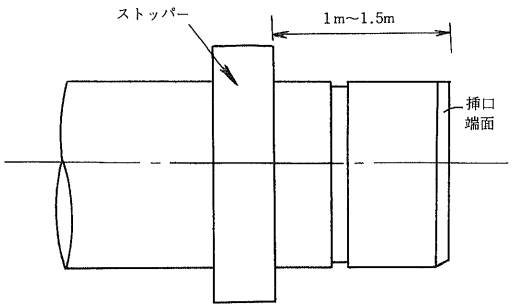


にあずける。この時、球形リングと管挿口の接合作業の邪魔にならないよう挿口端面より最低１m～1.5m離すこと。

4．管挿口および球形リングの清掃

挿口外面（挿口溝および挿口端面より約１m程度)、球形リングの球面、ゴム輪の入るところ、ロックリングの入る溝、セットボルト

図－23　ストッパーの預け入れ



の入るねじ孔、Oリングの入る溝に付着している油、砂などの異物をウエス、ワイヤーブラシ、ヘラなどで取り除く。

5．球形リング用ロックリングの預け入れ

(1) 挿口溝内にロックリングを預け（これの外面全周に帯鋼をかけ、荷造用鋼帯絞り器で鋼帯を締め上げ)、リング内面全面を完全に溝内に圧着せしめた状態でロックリング切断面(切れ目)の間隔を測定し解体する。

(2) 六角穴付止ネジを球形リング溝の内面までねじこむ。

(3) ロックリング切断面を、ストッパー用ロックリングと同様(図－21)コイル状に重ね合せ、球形リング溝内に預け入れる。

その際ロックリングの切断個所はねじ孔の間隔のもっとも狭い所の中間になるよう注意する。

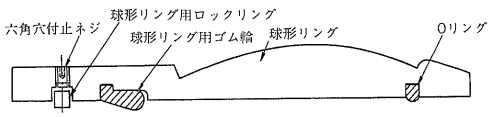
6．ゴム輪の挿入

球形リング用ゴム輪を球形リングのゴム輪挿入個所に挿入する。

7．Oリングの挿入

Oリングを球形リングのOリング挿入溝に預け入れる。

図－24　ロックリング、ゴム輪、Oリングの挿入

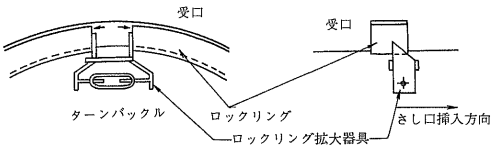


8．球形リングの挿入

(1) 球形リング用ロックリングの拡大

ロックリングを球形リングに預け入れると自重によって図－24に示すようにロックリングの上側の一部がたれ下り、さし口の挿入ができないので図－25に示すような器具を用いてロックリングが受口溝内に全周完全に納まるようにする。

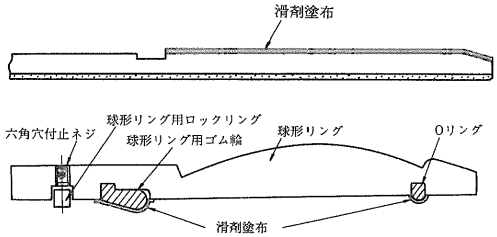
図－25　ロックリング拡大器具



(2) 滑剤(濃い石けん水)の塗布

接合を容易にするために、滑剤（濃い石けん水）を挿口、ゴム輪、Oリングに塗布する。

図－26　滑剤の塗布



(3) 球形リングの芯出し、挿入

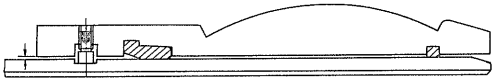
球形リングの芯出しを行い挿口に挿入する。この時挿口先端がロックリングの部分をこえる時、ロックリング拡大器具は自動的に管内面に撤去され、さらに深く挿口を挿入すればロックリングが挿口溝内に自動的に落ち、挿口を抱く形になる。

図－27　挿口の挿入

(4) 球形用ロックリングの締付け

ロックリングが挿口溝に完全に納まっていることを確認した後、六角穴付止ネジを締付ける。六角穴付止ネジを締付ける順序は、ロックリングの切断個所と反対側から順次切断面に向って挿口を抱き締めるように締付ける。その際、球形リングと挿口の隔間(r寸法)を全周ほぼ均等にするように六角穴付止ネジで調整する。

図－28　セットボルトの締付け



9．球形リング用ロックリングの確認

六角穴付止ネジを完全に締付けた状態で外面から球形リングと挿口の隙間を除いて、ロックリングの切断面の間隔を測定する。5－(1)の項で測定したものと同じか、または小さい数値が得られればロックリングは完全にさし口溝にかけ合わされているとみてよい。

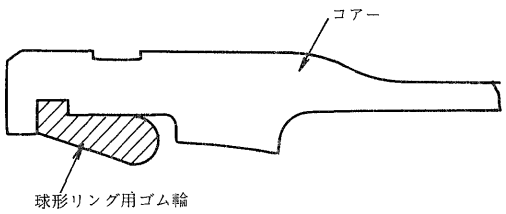
10．コアーの清掃

コアーの球面部、ゴム輪の入るところに付着している油、砂などの異物をウエス、ワイヤーブラシ、ヘラなどで取り除く。

11．コアー用ゴム輪の挿入

コアー用ゴム輪をコアーのゴム輪の挿入個所に挿入する。

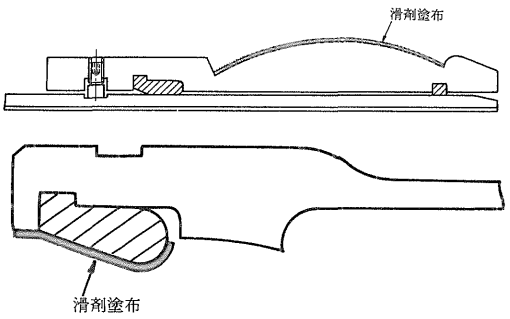
図－29　ゴム輪の挿入



12．滑剤(濃い石けん水)の塗布

滑剤(濃い石けん水)を球形リングの球面、コアーのゴム輪の部分に塗布する。

図－30　滑剤の塗布



13．コアーの芯出し、挿入

コアーの芯出しを行い、球形リング（球形リングは挿口とロックリングで一体化されている）に挿入する。

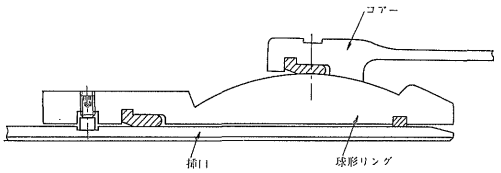
コアーを所定の位置まで挿入しても、ゴム輪の弾性により抜出してしまうこともあるので、コアーと球形リング部はストッパーを取付けるまで一時的に固定する。

14．ストッパーの固定

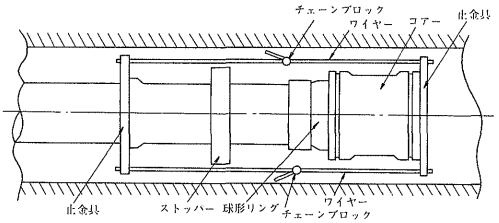
(1) ロックリングの拡大

2の項で管に預け入れたストッパーのロックリングを拡大する。この場合のロックリング拡大器具は図－34のものを使用する。

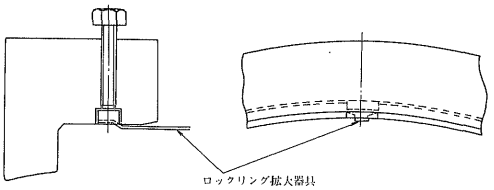
図－31　コアーの挿入



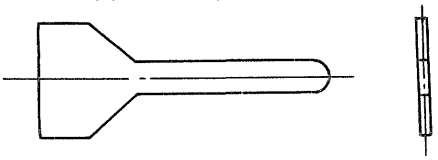
図－32　コアー固定方法



図－33　ロックリングの拡大



図－34　ロックリング拡大器具



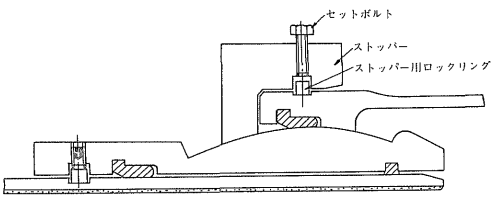
(2) ストッパーの芯出し、挿入

ストッパーの芯出しを行い、コアーに挿入する。ロックリング拡大器具はロックリングがコアー溝に入ったら、人力でロックリング拡大器具を取り除く。

(3) ストッパー用ロックリングの締付け

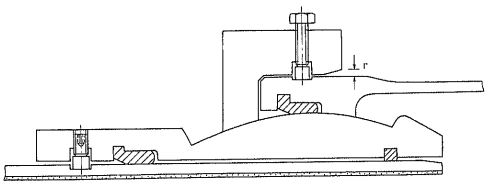
ロックリングがコアーの溝に完全に納まっ

図－35　ストッパーの挿入



ていることを確認した後、セットボルトを締付ける。セットボルトを締付ける順序はロックリングの切断個所と反対側から順次切断面に向ってコアーを抱き締めるように締付ける。その際、ストッパーとコアーの隔間(r 寸法)を全周ほぼ均等にするようにセットボルトで調整する。

図－36　セットボルトの締付け



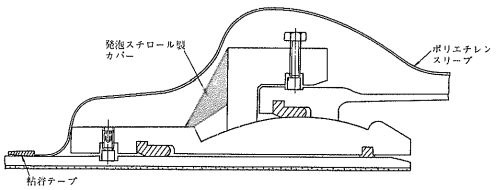
15．ストッパー用ロックリングの確認

セットボルトを完全に締付けた状態で、外面からストッパーとコアーの隙間を覗いてロックリングの切断面の間隔を測定する。2－(1)項で測定したものと同じか、または小さい数値が得られればロックリングは完全にコアーの溝にかけ合わされているとみてよい。

V．球面部の防護

埋設後、球面部に土砂が入りこみ、継手が設計通り屈曲しなくなる場合、また球面部が腐食する場合が考えられるので、この部分は発泡スチロール製のカバーを取付け、その上からポリエチレンスリーブをかぶせる。

図－37



技術レポート ❹

耐食性酸化被膜処理ボルトナット

日本鋳鉄管協会技術専門委員会

委員　長尾正三

地下埋設管路の継手部に用いられているボルトナット類が、管体がほとんど健全であるにもかかわらず、異常腐食を起し問題になるという事例が近年、各地の腐食性土壌中において散見されるようになってきた。

この現象は欧米においてもかなり前から気付かれており、原因の究明、対策の研究などが行われていた。またわが国においても同様の研究がなされ、対策として一般的には酸化被膜処理ボルトナットが市販されるようになっている。ここでボルトナットの異常腐食の原因と防止対策の原理を説明し、今後の対策の一助といたしたい。

1．腐食の原理

土壌中に埋設された金属の腐食は電気化学的反応に基づいて進行する。この電気化学的反応が生ずるためには、発生原因としての電位差と、環境としての電気抵抗の二者が不可欠の要素になる。

(1)　電位差：金属組織の均一性、表面状態の不均一性、応力分布、埋設環境の一均一、異種金属galvanic action.

(2)　電気抵抗：埋設環境の比抵抗

この中、電位差が存在したとしても電気抵抗が高ければ腐食反応は進行しない。すなわち、埋設土壌の比抵抗が高い条件下では腐食しないが、塩分を多く含むような比抵抗の低い土壌中では腐食が進む可能性があることになり、今まで経験した腐食事故はすべて比抵抗の低い土壌中で発生している。（土壌の腐食性判定方法）

2．過去のボルトナットの腐食についての研究

米国のNational Bureau of Standardsは、その刊行物Circular 579(April 1957)にて次の如く報告している。

地下埋設管路の継手に用いられた軟鋼および鋳鉄製のボルトは、腐食性の激しい土壌中

で、特にネジ切りした部分で腐食する場合が多い。これらの損傷による取替えの費用は高くつくために、NBSは埋設試験場においてボルト試験片の埋設を開始した。1924年にはシエラダイジングボルト(滲亜鉛ボルト)、鉛メッキボルト、裸鋼ボルトを7カ所に、1932年にはマリアブル鋳鉄、高強度鋼、軟鋼ボルトを別の4カ所に、さらには1939年には木炭銑鋳鉄、軟鋼ボルトが他の14カ所に埋設された。これらの試験場の土壌条件は強腐食性Severely Corrosiveから腐食性moderately Corrosiveにまたがっている。

この試験は約10年間継続され、得られた結論は次の如くであった。ボルト材質によって特に耐食性の差は認められなかった。シエラダイジングボルト、次いで鉛メッキボルトがやや耐食的であった。土壌の腐食性が激しい場合はボルトの腐食は激しく、土壌が腐食性でない場合はボルトも腐食が少い。

次いでNBSではボルトが管体が損傷を受けるよりもはるかに短期間で腐食されることから、通常の応力腐食および端部効果には腐食のみならず、管体との局部電池作用galvanic actionが大きな原因と考え、実験室的研究を行い、次の結論に達している。

1) このようなガルバニックアクションをなくするためにはボルト材料として管体よりも陰極的な材質を用いるべきである。

2) ただし、電位が異なる材質を組み合せて用いた場合には、陽極的な材料に対して過度の腐食を発生さす可能性がある。

3) しかしながら、上記2)の傾向はその材質の分極特性によって大いに変り、土壌中に埋設された鉄管の場合は陰分極が大きいため、これらのボルト材料が鉄管に対して陰極的になった場合には、管体との面積比が小なることもあって、管体には有害な腐食は発生させない。

4) 管体に対して陰極的な材質としてはNi、Cuの如き合金があり、1%Cu、1%Cu1%

表－1　NBSによる各種ボルト材料の鋳鉄押輪との組合せ

(試験片土中埋設試験結果一覧表)

	Galvanic current		ボルト－押輪間開路電位差		ボルトの重量減		組合せに基づく重量減少率
	平　均	最　終	100日後	368日後	組合せ	単独試片	
	mA	mA	mV	mV	%	%	%
1%Cu鋳鉄	1.15	1.45	115	130 (−674mV)	5.6	28.5	81.4
	1.11	1.28	120	150	4.9		
1%Ni 1%Cu	0.70	1.20	30	115 (−661)	10.3	25.6	64.4
	0.76	1.10	50	115	7.9		
2%Ni 1%Cu	1.76	1.85	160	260 (−657)	3.4	33.8	89.7
	2.09	1.60	270	245	3.6		
Plain鋼	1.09	1.03	55	95 (−670)	7.5	16.4	53.7
	1.32	1.27	80	120	7.7		
Cr-Ni-Cu鋼	0.78	0.73	60	47 (−661)	6.1	19.7	64.0
	0.47	0.54	40	27	8.2		
Ni-Cu鋼	1.04	0.86	140	70 (−654)	4.8	14.2	73.2
	1.35	1.20	140	130	2.8		
高合金鋳鉄	0.47	1.00	250	180 (−506)	0.66	8.8	93.1
	0.83	1.28	230	295	0.57		
Ni-Cu合金	2.06	1.34	380	420 (−368)	0.23	0.95	80.0
	2.15	1.60	400	445	0.15		

Ni、2%Ni 1%Cuなどの低合金ボルト、15%Ni6.6%Cu2.6%Crの高合金ボルト、70%Ni30%Cuボルトなどが挙げられ、いずれも大幅に腐食減量が低減している。

以上の如きNBSの研究に追随して多くの研究者がボルトナットの腐食防止対策の研究を行っており、それらの集大成の一つとして、米国の鋳鉄管のメカニカルジョイントの国家規格が次の如く改正されている。

3. メカニカルジョイントボルトの米国規格の改正

アメリカにおける鋳鉄管のメカニカルジョイントの国家規格は、1953年にASA A 21.11 Mechanical Joint for Cast Iron Pressure Pipe and Fittings として規定されており、この当時は、ボルトナットとしては高張力鋳鉄High strength Cast Ironボルトと規定されていたに過ぎない。この規格が1964年に改正されてASA A 21.11—1964 Rubber Gasket Joint for Cast Iron Pressure Pipe and Fittingsと名称も変更されたが、この改正ではボルトナットの耐食性を向上さすためにHigh strength Cast Iron の場合には0.5%以上のCu銅を合金すること、またはHigh strength Low alloy steelの場合はNi 0.25%以上、Cu 0.20%以上、Ni+Cu+Cr 1.25%以上含むことを規定し、管体や押輪に対してボルトナットが陰極的になるような処置を持っていることが示される。

4. 鋳鉄管メーカーにおける研究

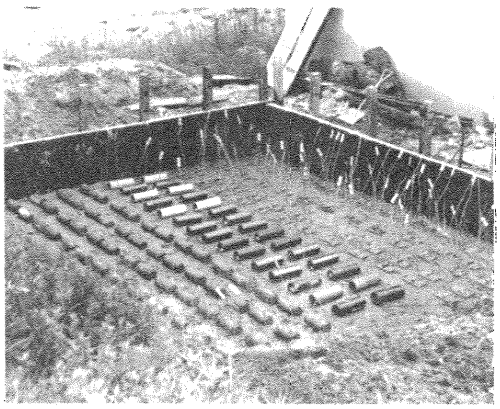
ボルトナットの異常腐食の原因が管体とボルトの局部電池 galvanic actionによるものであると仮定したうえで、管体に対して陰極的になるようにボルトナットに対策するため、

1) 合金化、 2) 表面処理、 3) 塗装

の3方面から調査した。

実験方法としては、これらの供試ボルトを単独および管体と組み合せた状態で、各種土壌中、水中に埋設し、それぞれの電位およびgalvanic電流の経時変化および重量減少を測定した。図—1に埋設実験場の一例を示す。また図—2に埋設試験における管体および各種ボルトの電位変化の測定結果を示す。

図—1　各種ボルトナットの土壌埋設腐食試験状況(砂土中、埋戻し前)

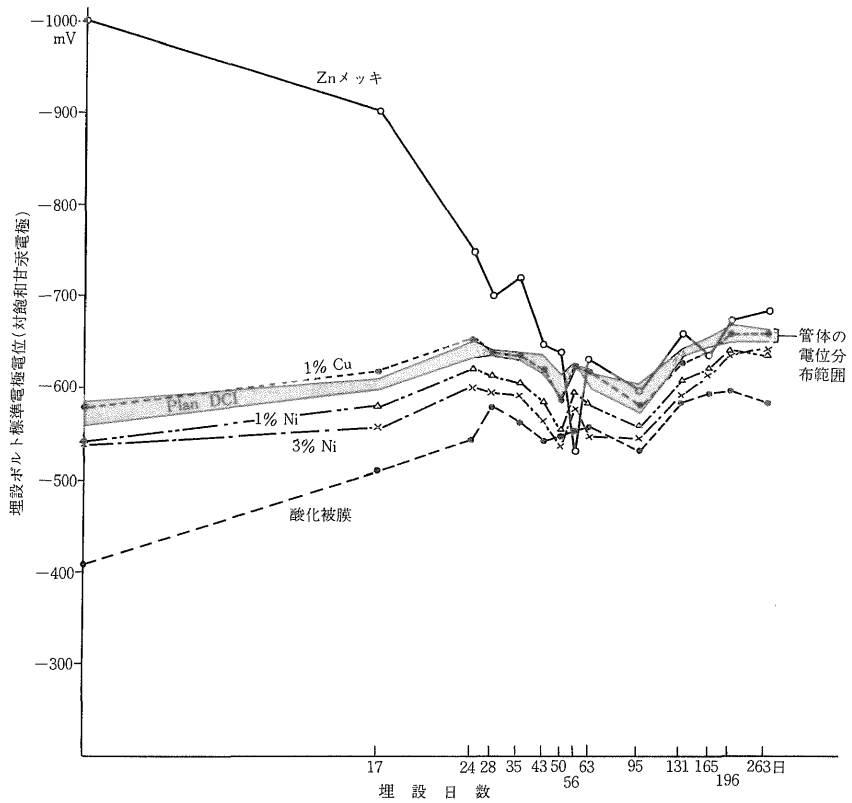


この電位測定結果から見て分るように、管体自体はその土壌との接触状況などに応じてかなり広範囲に電位がバラツイており、このバラツキ以上に電位が高くないとボルトナットは耐食的とはいい得ないことになり、そのための耐食対策はかなり範囲が狭くなってい

表—2　各種ボルトの土壌中組合せ腐食試験結果

	砂		粘土		山土	
	6ヶ月	1年	6ヶ月	1年	6ヶ月	1年
Plain DCI	0.820gr	1.690gr	2.170gr	3.170gr	2.250gr	2.819gr
1%Cu DCI	0.790	1.625	2.320	4.151	2.970	3.850
1%Ni DCI	0.267	0.802	1.320	2.519	1.170	2.125
3%Ni DCI	0.228	1.160	1.186	1.762	1.630	2.378
Znメッキ DCI	1.830	2.241	1.455	2.561	3.635	6.870
酸化被膜 DCI	0.201	0.188	0.360	0.560	0.470	0.729
マリアブル	0.850	0.966	2.009	2.560	2.150	3.215

図－2　粘土中埋設



るが、得られた結論を括めると次のようになる。表－2参照。

1）合金化元素としては銅Cu、クロムCr、ニッケルNi、亜鉛Zn、錫Sn、アンモチンSb、鉛Pb、カドミウムCd、などを調査検討した結果、もっとも確実な効果を発揮するのはNiであり、1％以上の添加で略々陰極的になる。Cuはある時には効果が認められるが、その効果にはバラツキがあり、確実とはいい得ない。その他の合金元素の効果は認められなかった。

2）表面処理として亜鉛メッキ、シエラダイジング、鉛メッキ、クロマイジング、Hiメッキ、酸化被膜処理などを検討した結果、電位的な経時変化、外観変化、重量減少の面から調査した結果、クロマイジング、酸化被膜処理がボルトナットの防食処理としてもっとも確実であることが認められた。

3）塗装としては黒ワニス塗装、鉛系防錆塗料、ジンクリッチペイント、タールエポキシ塗料、エポキシ粉体塗装などを検討したが、塗装がボルトの防食に非常に有効なことが示された。

耐久性のある防食塗装としてはタールエポキシ塗料、エポキシ粉体塗装が優れていることが示されたが、さらに有効な対策としてジョイントにボルトナットをセットして後、補修塗装をタール系塗料で行うことが、特にネジ部、ナットの防食に効果のあることが示された。

以上の如き具体的な防食対策についての実験と併行してボルトナットの異常腐食の原因を追求したが、腐食は電気化学的な反応により発生するが、土壌中の鉄系金属の腐食では陰極面積と陽極面積の比率によりその腐食速度が定まり、この比率が大である時には陽極部に激しい腐食が生じ、逆の場合はたとえ腐食が生じても、あまり極端な腐食は生じない。

メカニカルジョイントのボルトナットの土壌腐食は、ちょうどこの面積比が大なる場合

に相当しており、なんらかの原因によってボルトナットが鉄管や押輪に対して陽極となり、面積比率が極端に小さいため、この局部電池や腐食電流がボルトナットに集中して流出するため、異常な腐食が生ずることが確認された。

このようにボルトナットが鉄管、押輪に対して陽極（電位が低くなる）になる理由は次の事項が挙げられる。

(1) ボルトナットがネジ加工されるため、ネジの部分の電位が低下する。

(2) ボルトナットの加工、取扱い時に端部が傷付き易く、それらの部分の電位が低下する。

(3) 鉄管、押輪が比較的確実に塗装されているのに対して、ボルトナットの塗装は一般に非常に薄くしか塗装されず耐久性が劣ること、およびジョイント施工時に塗装が剝ぎ取られ易く、そのため電位が低くなる。

このような理由に基づき、ボルトナットが管体の犠牲になって選択的に腐食されることが解明され、前述の欧米の研究の結論が確認された。

5．酸化被膜処理ボルトについて

ボルトナットが管体に対して陽極的になる原因の一つとしてネジ加工を挙げたが、具体的にその現象を説明すると次のようである。

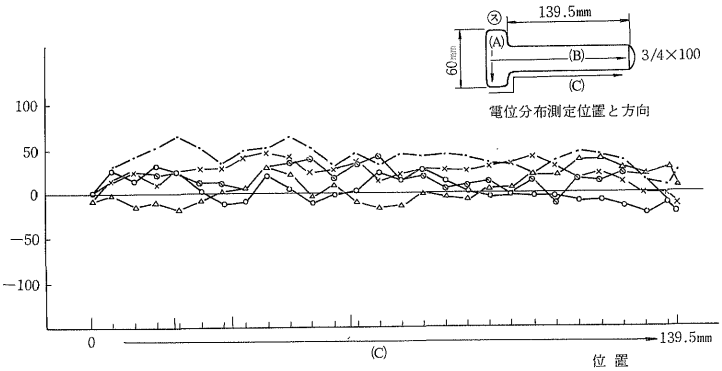
ボルトナットは

鋳造→焼鈍→タンブラー処理（焼鈍スケール除去）→ネジ切加工

の如き工程で製造される。

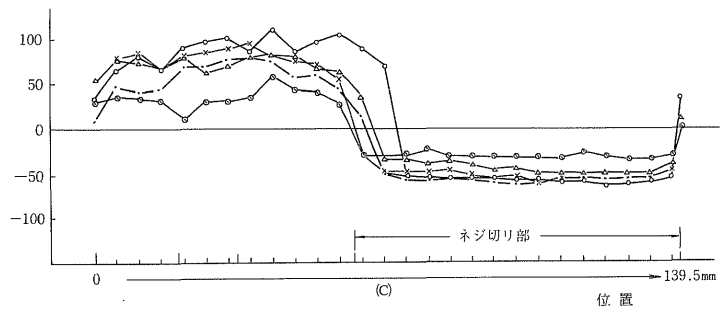
これらのそれぞれの段階で表面状態により、種々の電位分布が生ずるが、前三段のタンブラー処理までではあまり大きな電位差は発生しない。（図－３参照）　しかるにネジ切加工

図－３　タンブラー処理（ネジ加工前）ボルトの電位分布測定結果

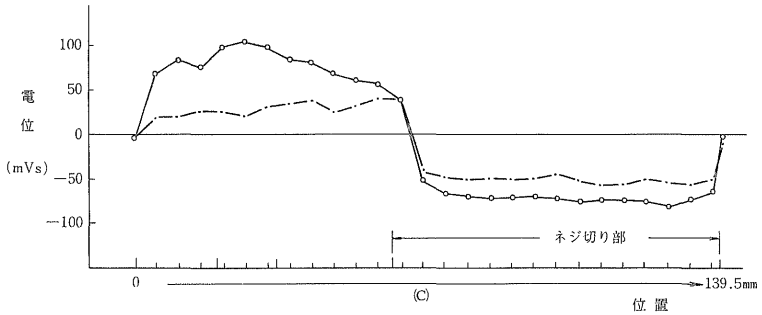


することによって、ネジ部内電位が極端に低下し、100mV以上もの電位差が発生する場合もある。このネジ加工による電位低下は加工方法が旋盤加工、転造加工のいずれの場合でも生じており加工方法によっては差はない。（図－４、５参照）

図－４　旋盤加工ボルトの電位分布測定結果



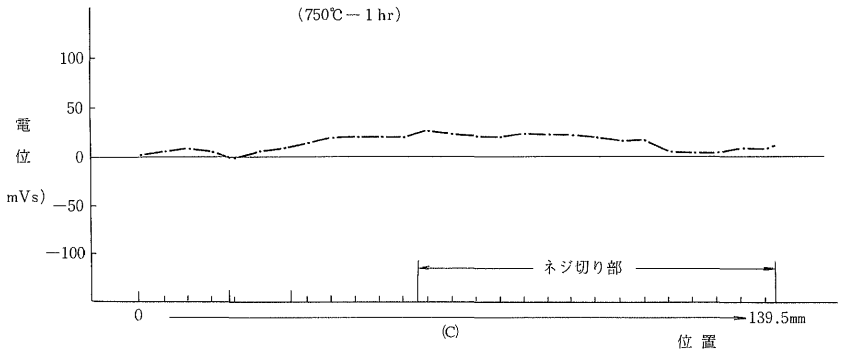
図－5　転造加工ボルトの電位分布測定結果



このように大きな電位差を生じたボルトを継手にセットして土中に埋設すると土壌条件が電気伝導度が高く、腐食性が激しい場合には、電位の低いネジ加工部が集中的に腐食されることになる。

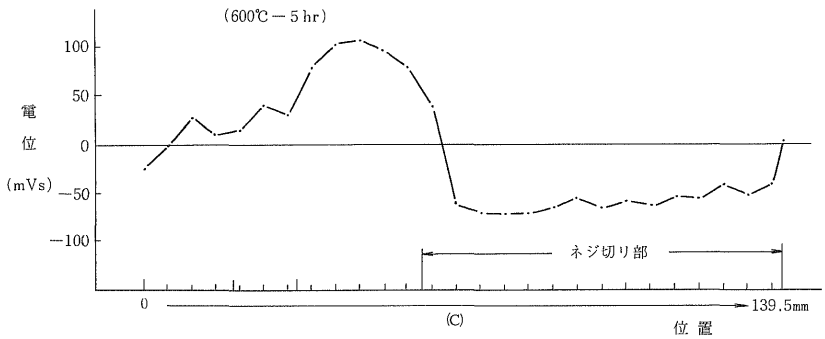
以上の如き加工処理によって大きな電位差を発生したボルトを加熱して表面を酸化被膜処理してやると図－6にみられる如く、表面の電位は均一化され局部腐食の危険は解消するとともに、ボルトナットの電位自体が高くなり、鉄管に対して100mV以上貴な電位を示すようになるので、陰極的にボルトナットが防食される効果が得られ、先に述べた土中埋設試験での結果を根拠づけている。

図－6　加熱酸化処理ボルトの電位分布測定結果



なお加熱温度を加工処理歪みを除去するに十分である600℃ほどで長時間処理をした時のボルトの電位分布を図－7に示すが、この間から歪みが除去されていても電位の大きな不均一は解消せず、電位の不均一は歪み（または応力）によって生ずるのではないことが示される。

図－7　歪取り焼鈍後のボルトの電位分布測定結果



この加熱処理の温度としては、ボルトナットの機械的性質に影響を及ぼさない範囲で750～850℃が最適である。

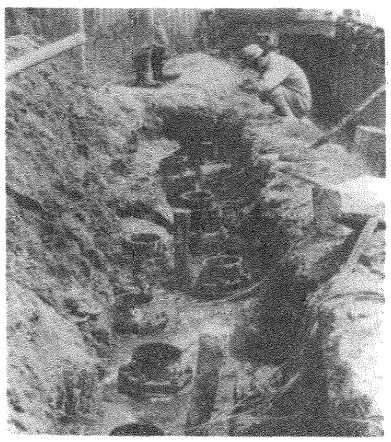
このようにして得られた酸化被膜処理をしたボルトを200mmφ鉄管と組み合せて土壌中で埋設腐食試験した結果を表－3に示す。

表－3　200mmφメカニカルジョイント鋳鉄管に組合せた酸化被膜処理ボルトナットの埋設腐食試験結果

	ボルト種類		組合せ管体の種類	腐食減 (gr)	最大孔食深さ (mm)		備考
	酸化被膜の有無	塗装の有無			人工傷部	その他の部分での孔食	
ボルト単独埋設	無	無	—	0.241	0	0	
		塗装	—	0.133	0	0	P※
	酸化被膜付	無	—	0	0	0	
		〃	—	0.068	0	0	P
		〃	—	0	0	0	P
		塗装	—	0.027	0.38	0	P
		〃	—	0.061	0.16	0	P
		〃	—	0		0	
200φ DCI メカニカルジョイント管体に組合せ埋設	無	無	No. 1 塗装	11.243		1.69	
		塗装		1.082	0	0.59	P
		〃		1.344	0	0.51	P
	酸化被膜付	無	No. 2 塗装	0.714		0.48	
		塗装		0.485	0	0.16	P
		〃		0.435	0.09	0	P
	無	無	No. 9 塗装なし	2.130		0.33	
		〃		2.310	0.13	0.25	P
		〃		2.277		0.46	
	酸化被膜付	無	No. 10 塗装なし	0.590		0.21	
		〃		0.569	0.02	0.05	P
		〃		0.100			

※P　ボルトの頭部に3mmφのドリルにて孔を開け人工傷を付ける。

図－8　200mmφメカニカル鋳鉄管―ボルトナット組合せ埋設試験状況



鉄管に組み合せてボルトナットが土中に埋設した場合、次のような組み合せが考えられる。

- 鉄管が塗装され、ボルトが塗装されていない場合
- 鉄管が塗装され、ボルトも塗装されている場合
- 鉄管が塗装されていず、ボルトは塗装されている場合
- 鉄管もボルトも塗装されている場合

これらの組合せで鉄管が塗装され、ボルトナットが塗装されていない場合に異常な集中腐食が生ずることが、この表から明瞭に示さ

れる。

酸化被膜処理したボルトナットは、いずれの場合も防食効果を発揮しているが、この場合でも、塗装の効果がはっきり示されている。

従来、メカニカルジョイントを施工する場合に、ボルトナットの塗装をガソリンで洗い落したり、焼いて剝がしたりすることが一般的に行われている傾向があるが、これはこの実験結果からも分るように、ボルトナットの腐食を促進することにつながっており、厳に禁止する必要がある。

なお、ボルトナットの塗装は、ネジ部で塗料が固着してナットが離れにくいという傾向があるため、これを避けるためにできるだけ塗装を薄くする傾向もあったが、これは塗料の耐久性を著しく損う原因でもあり、ボルトナットの塗装が防食のための一つの重要なポイントとなっている。

これらの点を解決する処置として、現在行われている方法は、ボルトナットに支障のない程度にまで厚くタール系の塗装を施し、その後塗装を侵さない潤滑油を塗布するものであり、この対策により塗料の固着問題は略々解消されたと考えられるので、接合時にボルトナットの塗料を除去する作業は絶対に行わないように指導いただくようお願いしたい。

さらにこのボルトナットの塗装を高級化し長期防食性能を保持せしめ、ボルトナットの固着を防止する塗装としてエポキシ樹脂の粉体塗装ボルトナットが開発され、一部で実用化されている。

6．耐食性ボルトナットの仕様化

上述の酸化被膜処理をした耐食性ボルトナットが実用化され、東京都水道局、横浜市水道局の仕様として多数納入されている。

なお日本鋳鉄管協会においてもJCPA G 1001、1002“K型ダクタイル鋳鉄管”付属書2 K形ダクタイル鋳鉄管用ボルトナットに、この酸化被膜処理ボルトナットが取り入れられるようになっており、今後は広く実用化される気運にある。表－4にこの仕様書改訂案を示す。

表　4

呼び径75～2600㎜水道用ダクタイル鋳鉄管用付属品（A形・K形）

適用規格（JCPA G 1001、1002）

2．材料及び製造方法

2.1　ボルト・ナットの材料及び製造方法はJIS G 5502（球状黒鉛鋳鉄品）のFCD 40又はFCD4545あるいは、JIS G 5702（黒心可鍛鋳鉄品）のFCMB 35又はJIS G 5704（パーライト可鍛鋳鉄品）のFCMP 45による。

2.2　ボルト・ナットはねじ加工後、密着性のある酸化被膜を生成させるため、温度750℃以上で適当な時間加熱保持する。

3．塗　装

3.1　塗　料

塗料は防食性に優れ、使用上有害な成分を含まないもので、乾燥後は水に溶けず寒暑によって異常をきたさないものでなければならない。

3.2　塗装方法

3.2.1　ボルト・ナットは塗装前にさび、そのほかの付着物を除去する。

3.2.2　ボルト・ナットの塗装は、加熱酸化被膜生成処理後に行うものとし、使用する塗料に適した温度で塗料液中に浸したのち引きあげて、十分に液滴を落した大気中で乾燥させる。

3.2.3　潤滑油は塗装後、ボルト・ナットに塗布する。

3.3　潤滑油

3.3.1　ボルト・ナットは固着を防止するため塗料に悪影響を及ぼさない潤滑油を用いなければならない。

4．形状、寸法及び許容差

4.1　ボルト・ナットの形状及び寸法は付図による。

4.2　ボルト・ナットのねじは、JIS B 0205（メートル並目ねじ）による。

4.3　ボルト・ナットの各部寸法の許容差は表1による。

表　1　　単位：mm

適用される管の呼び径	ボルトの呼び	許容差 A	B	C	E	F	G	H	適用される管の呼び径
75	M16	＋制限しない −2.0	±1.0	+5.0 0	+5.0 −2.0	＋制限しない 0	+3.0 0	0 −1.0	75
100～600	M20							0 −1.5	100～600
700・800	M24							0 −2.0	700・800
900～2600	M30								900～2600

5．品　　質

5.1　ボルト・ナットはJIS G 5502のFCD 40又はFCD 45あるいはJIS G 5702のFCMB 35又はJIS G 5704のFCMP 45の規定に適合するもので、6.1の試験を行った場合表2の荷重に耐え、永久変形を生じないものでなければならない。

表2　試験荷重

ボルトの呼び	試験荷重（kg）
M16	4,200
M20	6,600
M24	9,500
M30	15,200

5.2　ボルト・ナットの外面はなめらかで、こぶ、きず、鋳ばり、鋳巣など有害な欠点がなく、組織が均一でなければならない。きず、鋳巣などに対して加工してはならない。

5.3　ボルト・ナットの塗装後の仕上がり面は、あわ、ふくれ、はがれ、塗りだまり、塗り残し、異物の付着、著しい粘着、その他欠点がなく、表面はなめらかで寒暑によって異常を生じないものでなければならない。なお、6.3の試験を行った場合、はがれ、さびを生じるものであってはならない。

5.4　ボルト・ナットの酸化被膜厚さは0.03mm以上なければならない。

6．試験方法

6.1　ボルト・ナットは組合せた状態でボルトの頭部とナットを適当な方法でつかみ、引張試験で表2の荷重まで引張る。

6.2　材料の引張試験、つち打試験及び破壊試験はJIS G 5502、JIS G 5702又はJIS G 5704による。

6.3　塗装後の仕上がり面は、常温において3％の食塩水に6時間浸す。

6.4　ボルト・ナットの酸化被膜試験はボルト・ナットの中央部を軸線上に切断した部分を用いて行い、顕微鏡又は拡大鏡で調べる。

7．検　　査

7.1　ボルト・ナットの検査は、外観、形状、寸法、機械試験、塗装後の仕上り面及び酸化被膜厚さ試験について行い、その成績が4及び5の規定に適合すれば合格とする。ただし、注文者が必要でないと認めたときは試験の一部を省略することができる。

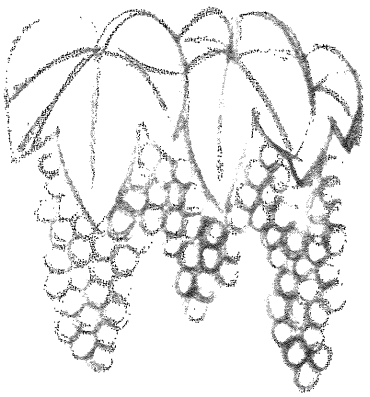
7.2　外観、形状、寸法及び5.3の塗装後の仕上り面の検査は一本ごとに行う。

7.3　機械試験及び6.3の試験は製品1,000本6.4の試験は製品2,000本、又はその端数を1組とし、各組からそれぞれ2本の試料をとって行う。ただし、1組の本数は注文者において増減することが

できる。

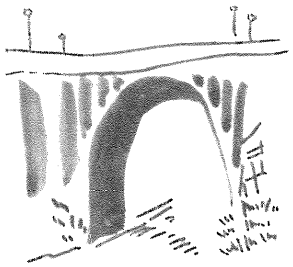
8．表　　示

ボルトには、その頭部の適当な箇所に製造業者の略号及びSの記号を明示しなければならない。



寄　稿

福井県の水需給と３事業



福井県企業庁公営事業部水道課長
山岸　亨

1．水利用の現況

(1) 生活用水

昭和50年３月31日現在、本県の水道給水人口は63万1,042人で、県人口77万2,276人に対する普及率は81.7%であるが、上水道は大野市を除く６市と８町に普及しており、その他は主として簡易水道である。

全県の生活用水使用状況は、１日平均給水量19万8,838㎥/D、最大給水量は26万6,406㎥/Dである。１人１日当りでは平均315ℓ、最大422ℓとなっている。水源は90%を地下水、伏流水に依存している。

(2) 工業用水

昭和49年県工業統計によると、従業員30人以上の事業所における全県の工業用水使用量は90万3,100㎥/Dであり、このうち淡水は85万4,600㎥/D、海水が４万8,500㎥/Dである。さらに淡水使用量の中、回収水を除く補給量は53万3,000㎥/Dである。

業種別の工業用水使用量では、化学が43.7%、次いで本県の基幹産業である繊維が29.2%と、この両業種でもって実に72.8%を占めている。

また水源別でみると、地下水、伏流水への依存度がきわめて高く、淡水補給水量の83.5%を占め、地表水は僅かに2.3%にすぎない。近年、節水面で重視されている回収水の再利用については、合理化対策の進んだ敦賀市の62.8%を除いてはきわめて低率である。県平均では36.5%となっており、全国平均の63%に比し大きな開きがある。

生活用水現況（昭和49年）

地区	需要圏	給水人口(人)	普及率(%)	1日最大給水量(㎥)	1日平均給水量(㎥)	1人1日最大給水量(ℓ)
奥越		37,091	48.4	13,251	9,818	357
福井・坂井	福井	231,894	97.6	133,120	100,944	574
	坂井	98,833	95.6	39,602	27,437	401
	吉田	20,030	97.7	7,141	5,244	357
	美山・池田	8,764	71.7	1,277	1,282	146
	計	359,521	96.2	181,140	134,907	504
南越	武生・鯖江	121,240	81.9	40,481	31,868	334
	朝日・織田	14,461	82.4	4,529	3,248	313
	越前・河野	9,778	86.9	3,651	2,991	373
	計	145,479	82.3	48,661	38,107	334
嶺南	敦賀	47,178	80.5	12,561	11,311	266
	美方	11,123	47.7	1,998	1,729	180
	小浜	26,152	57.0	8,050	2,389	308
	大飯	4,498	25.7	745	577	166
	計	88,951	61.2	23,354	16,006	263
全県		631,042	81.7	266,406	198,838	422

工業用水現況（昭和49年）

（単位 ㎥/D）

地区	需要圏	使用総量	淡水			海水
			計	補給水量	回収水	
奥越	—	47,686	47,686	46,025	1,150	—
福井・坂井	福井	135,277	135,277	129,817	5,460	—
	坂井	69,388	69,388	69,378	10	—
	吉田	1,021	1,021	1,021	—	—
	美山・池田	87	87	87	—	—
	計	205,773	204,752	200,303	5,470	—
南越	武生・鯖江	164,815	164,815	130,756	36,259	—
	朝日・織田	2,865	2,865	2,861	4	—
	越前・河野	64	64	64	—	—
	計	167,744	167,744	133,681	34,063	—
嶺南	敦賀	475,842	427,842	159,094	268,748	48,000
	美方	1,148	1,148	540	608	—
	小浜	3,708	3,708	3,708	—	—
	大飯	1,215	715	345	370	500
	計	481,913	433,413	163,687	269,726	48,500
全県		903,116	854,616	563,696	310,409	48,500

２．将来の水需要

(1) 生活用水

水道の普及、生活水準の向上に伴って、生活用水の需要は次第に増加する傾向にあるが本県の昭和60年における需要量は平均給水量で現在の1.7倍、33万㎥/D（最大45万3,000㎥）に達する。水道普及率は98％に向上し、１人１日平均給水量は418ℓ、最大573ℓに達すると見込まれる。

特に都市部においては、人口の集中、雑用水などの利用拡大によって使用量が増加し、７市における新規需要は最大13万2,000㎥/D全県の新規需要量の71％を占めることとなる。

(2) 工業用水

昭和60年における工業用水の淡水補給水量は、全県で約135万㎥/Dと現在の2.4倍に達するものと想定される。新規需要の発生は、福井・坂井および福井臨海需要圏において44万2,000㎥/D、武生・鯖江需要圏で22万2,000㎥/D、その他既存工業集積地域の敦賀需要圏および奥越地区で4万3,000㎥/Dが想定され、全県では約80万3,000㎥/Dの新規補給水量が必要となる。

現在、工業用水水源は地下水、伏流水に多くを依存しているのが現状である。しかし近年、地下水の過剰揚水による地下水障害ならびに地盤沈下が著しく、新規需要の水源として地下水に期待することは困難である。そこで今後の水源対策として、水使用の合理化はもちろんのこと、多目的ダムによる水源の確保などの計画が実施されつつある。

３．県営第一工業用水道事業

(1) 概　況

鯖江地区は福井県の中央部越前平野の南端に位置し、中央部を北流する日野川沿いに発達した地域で、県庁所在地である福井市とともに県の中核工業地帯を形成している。本地区内では、古くから繊維工業、化学工業をはじめ特産工業として、眼鏡枠、漆器、和紙な

生活用水将来需要（昭和60年）

地区	需要圏	給水人口（人）	普及率（%）	１日最大給水量（㎥）	１日平均給水量（㎥）	１人１日最大給水量（ℓ）	昭49年１日最大給水量（㎥）	新規需要量最大（㎥）
奥越	—	78,900	98.1	36,300	25,500	460	13,251	23,049
福井・坂井	福井	264,200	100.0	191,300	143,600	724	133,120	58,180
	坂井	109,800	99.7	55,400	38,500	505	39,602	15,798
	吉田	20,200	100.0	9,800	7,600	485	7,141	2,659
	美山・池田	12,700	97.9	4,000	2,600	312	1,277	2,723
	計	406,900	99.8	260,500	192,300	640	181,140	79,360
南越	武生・鯖江	145,200	97.0	83,900	59,300	578	40,481	43,419
	朝日・織田	17,500	100.0	5,800	3,900	331	4,529	1,271
	越前・河野	10,200	90.3	4,400	3,500	436	3,651	749
	計	172,900	96.8	94,100	66,700	545	48,661	45,439
嶺南	敦賀	51,500	91.9	19,500	14,700	378	12,561	6,939
	美方	21,700	97.7	10,800	7,500	498	1,998	8,802
	小浜	41,900	92.7	19,000	14,500	453	8,050	10,950
	大飯	16,600	100.0	12,700	9,100	765	745	11,955
	計	131,700	93.7	62,000	45,800	471	23,354	38,646
全県		790,400	97.9	452,900	330,200	573	266,406	186,494

注．給水人口の100人未満および１日給水量の100㎥/D未満は四捨五入した。

工業用水(淡水)将来需要（昭和60年）

（単位 ㎥/D）

地区	需要圏	淡水需要量	補給水量	回収水量	昭和49年補給水量	補給水新規需要量
奥越	—	138,800	89,500	49,300	46,025	43,475
福井・坂井	福井	536,600	344,900	191,700	129,817	215,083
	坂井	238,900	156,400	82,500	69,378	87,022
	吉田	38,500	25,100	13,400	1,021	24,079
	美山・池田	100	100	—	87	13
	福井臨海	140,000	140,000	—	—	140,000
	計	954,100	666,500	287,600	200,303	466,197
南越	武生・鯖江	611,300	353,100	258,200	130,756	222,344
	朝日・織田	6,000	3,900	2,100	2,861	1,039
	越前・河野	800	500	300	64	436
	計	618,000	357,500	260,600	133,681	223,819
嶺南	敦賀	613,500	227,000	386,500	159,094	67,906
	美方	2,000	1,000	1,000	540	460
	小浜	11,500	5,600	5,900	3,708	1,392
	大飯	500	400	100	345	55
	計	627,500	234,000	393,500	163,687	69,813
全県		2,338,400	1,347,500	991,000	543,696	803,304

どが発達しているが、最近になって、重化学工業化を図るとともに、過密対策としての工業の地方分散の誘導地域とするため、東部工業団地186万㎡の造成がなされた。

本地区における工業用水の需要は、昭和50年には4万7,000㎥/D、昭和54年には5万8,000㎥/D程度と見込まれており、これを賄うための水源としては、地下水が約2万㎥/Dまでしか取水可能でないため、他は工業用水道に依存する必要がある。このため、本工業用水道が昭和47年度より新規に着工され、水源は付近を流れる日野川の広野ダムに求め、鯖江市上鯖江地係において4万3,200㎥/D取水し、送水ポンプにより水落町の配水池へ圧送し、ここから自然流下により鯖江市周辺の工業団地などの各企業へ給水するもので、昭和50年12月1日より一部給水を開始した。

水　　源：日野川、県営(多目的)広野ダム
給水量：40,000㎥/D
給水先：鯖江市および隣接市町村
総事業費：1,993,312,000円
工　　期：昭和46年度～昭和50年度
給水開始：昭和50年12月(一部給水)
　　昭和53年4月(全部給水)

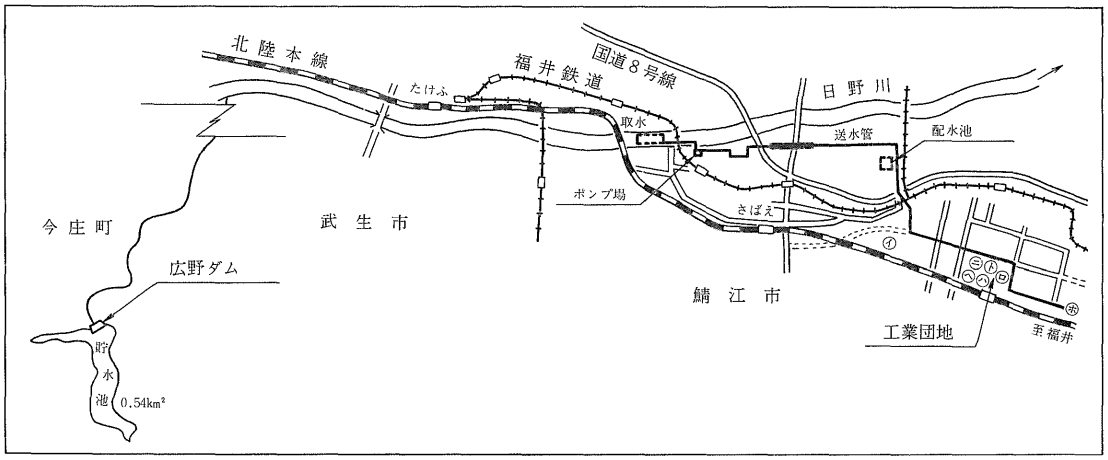
4．福井臨海工業用水道事業

(1) 概　況

福井地方は北陸の中でも京阪神、中京地域にもっとも近く、また中国大陸との貿易のうえからも有利な地域にあるが、今までは米と繊維を中心とした後進的な地位にあった。しかし、最近の過密分散、工業再配置構想に基づいて近代的な工業開発を図るべく、福井県は三里浜砂丘地帯を中心とした「福井臨海工業地帯造成計画」を策定し、着々とその開発を進めてきた。50年度末現在で2,000万㎡の土地造成もほぼ完了し、非鉄金属、機械、食料品工業などの立地が予想され、一部工場の進出が決定している状況にある。

この地域における工業生産額は、昭和60年には年間約4,660億円と見込まれ、これに対応して工業用水の需要量も日量約14万㎥に達す

(2) 県営第一工業用水道事業計画概要図



(3) 県営第一工業用水道施設概要

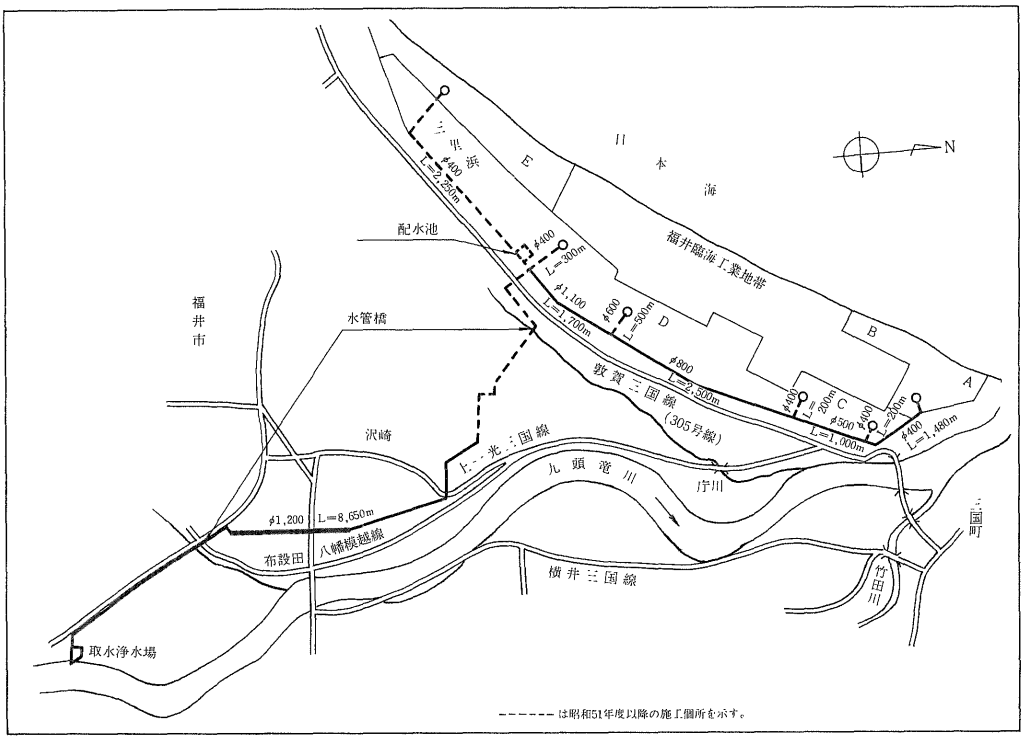
種別		形状内容
取水施設	集水埋渠	有孔ヒューム管　φ1,200mm　L 420m
	導水路	ヒューム管　φ1,200mm　L 245m
	取水ゲート	鋳鉄製ゲート　φ1,200mm　1門
送水施設	管理事務所	鉄筋コンクリート造２階建　延面積 409.7㎡
	送水ポンプ井	鉄筋コンクリート造　12m×7m×10m　1井
	流入ゲート	鋳鉄製ゲート　φ1,200mm　1門
	送水ポンプ	水中モーターポンプ　φ350mm×150kw×34m×16.7㎥/min　3台
	送水管	鋼管　φ800mm　L 1,845m 鋳鉄管　φ800mm　L 1,576m
配水施設	配水池	鉄筋コンクリート造　15m×30m×5m　1池
	配水管	鋳鉄管　φ700mm　L 1,303m 〃　φ450mm　L 2,805m 〃　φ400mm　L 401m 〃　φ300mm　L 3m 〃　φ200mm　L 197m 〃　φ150mm　L 675m

ることから本工業用水道が着工されたものである。本工業用水道は水源を九頭竜川の自流に求め、新たに築造する浄水場で処理を行った後、約８km離れた配水池までポンプ圧送をもって送水し、以下自然流下により各企業へ給水しようとするものである。

昭和53年４月１日一部給水開始を目途として、昭和48年度に着手、昭和50年度末までに沈でん池、浄水池、配水池、管理本館の築造送水管の埋設、水管橋の架橋、取水・送水ポンプの設置などの１期工事をほぼ完了し、昭和51、52年度で取水工、導水工、配水管布設を行う予定である。

水　　源：九頭竜川表流水
給水量：140,000㎥/D
給水先：福井臨海工業地帯
総事業費：8,876,648,000円
工　　期：昭和48年度～昭和58年度
給水開始：昭和53年４月１日(一部給水)
　　昭和59年４月１日(全部給水)

(2) 福井臨海工業用水道布設事業計画概要図



(3) 福井臨海工業用水道施設概要

種別		形状内容
取水施設	取水口	巾28.4m×長さ25.5m　テンターゲート3基　2m×8m 樋門巾 6.8m×長さ 2.6m　スルースゲート2門　1.8m×1.8m
	導水路	2連函渠型式 5.6m×2.9m　P.C管　φ1,800mm×2条×28m 樋管　鋼管 φ1,800mm×2条×38m
	ゲート室	RC造 7.2m×6.8m　スルースゲート2門　1.8m×1.8m
	沈砂池	分水口　長さ21m×巾6.8m～29.8m 沈砂池　37.3m×34.6m ポンプ室　15m×34.6m（内5m×34.6mは除じん室）
	取水ポンプ	φ500mm×34.84㎥/min×10m×90kw×4台
浄水施設	着水井	電磁流量計室　RC造　3.6m×6.3m 着水井　RC造　9.0m×13m
	沈でん池	RC造　38.6m×39.6m
	浄水池	RC造　41.1m×24.6m
	送水ポンプ	φ500mm×φ350mm×32.41㎥/min×54.5m×415kw×4台
	管理本館	鉄筋コンクリート造　2階建一部地下　延面積 1,870㎡
送水施設	送水管	鋳鉄管、鋼管　φ1,200mm　L 8,868m
	水管橋	鋼管　φ1,200mm　L 30m（七瀬川） 〃　〃　L 31.4m（片川）
配水施設	配水池	RC造　40m×28m　2池
	配水管	鋳鉄管（予定）　φ1,350mm×φ150mm

5．坂井地区水道用水供給事業

(1) 概　況

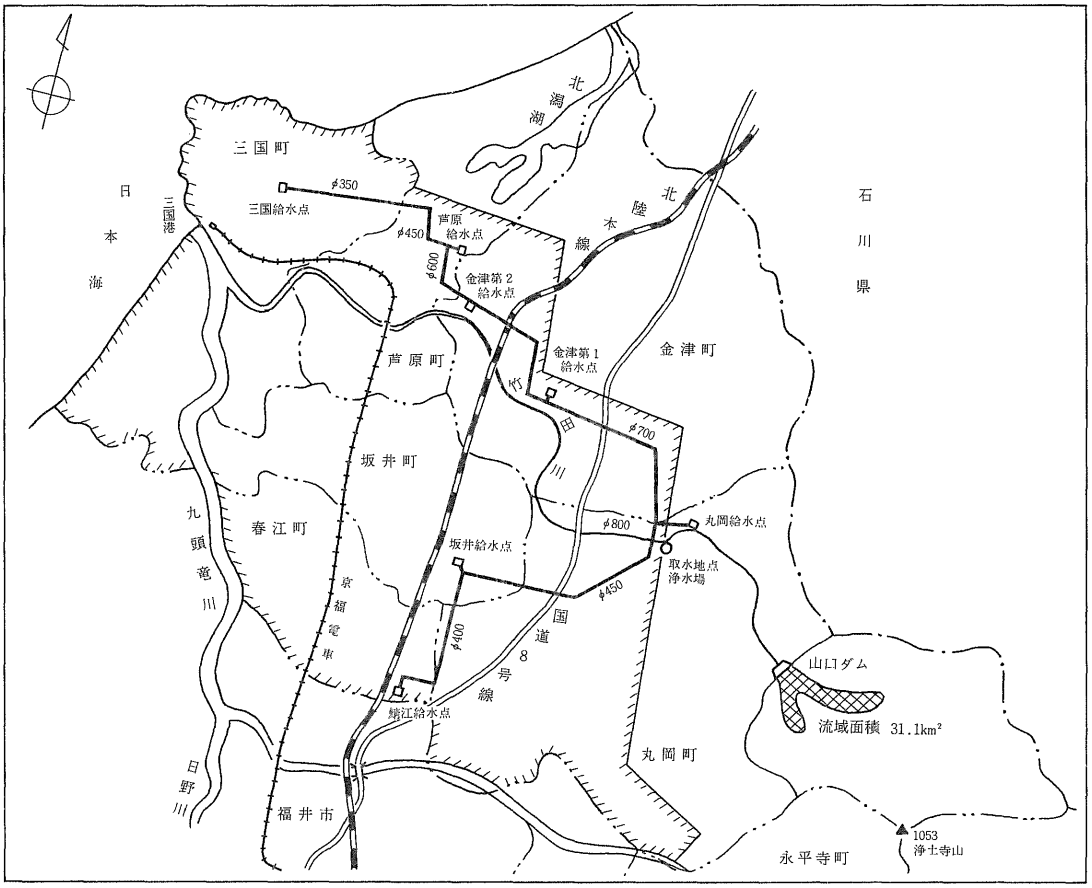
本計画地区は福井市の北部に位置し、日本海、九頭竜川ならびに石川県境の山地に囲まれた地域である。

三国、芦原の両町は、芦原温泉および東尋坊などの全国的にも有名な観光地を有し、交通機関の発達とともに観光客が急増している。また、本地区の各町は、福井市の衛星都市化ならびに臨海工業地帯の造成などにより人口の増加が見込まれ、加えて近年の経済成長による生活環境の高度化により、１人当りの使用水量は増加し、水の需要量も増加の一途をたどっている。しかし、本地区は水源に恵まれず、各町単独事業による水源開発は経済的にみて困難であるところから計画されたものである。

水源は竹田川総合開発事業の一環として建設予定の山口ダムに求め、取水された水は取水井、沈砂池、フロック形成池、ろ過池、沈でん池と次々に浄水され、ポンプ井より２系統送水される。

水　　源：竹田川県営(多目的)山口ダム
取 水 量：47,500㎥/D
給 水 量：44,175㎥/D
総事業費：6,531,680,000円
工　　期：昭和48年度～昭和55年度
給水開始：昭和55年４月１日(一部給水)
　　昭和67年４月１日(全部給水)

(2) 坂井地区水道用水供給事業計画概要図



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

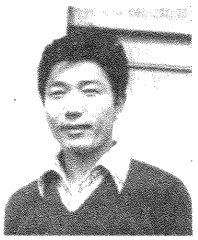
ダクタイル鋳鉄管第20号

昭和51年5月

技術レポート1

北海道音別町φ500mmK形管軟弱地盤配管について

音別町水道課
小嶋廣行



技術レポート1

1．まえがき

音別町工業用水道事業では、現在取水設備、配水設備、送水管路がほぼ完成し、一部通水中である。

そのうち送水管路として、φ500mmダクタイル鋳鉄管（3種）を約5.7kmに採用した。管路は軟弱地盤を通り、特に泥炭地もあるのでその沈下について計測調査を行った。

以下事業の概要と現在までの調査結果について報告する。

2．音別町工業用水道事業の概要

(1) 工事計画の概要

① 計画の概要

音別川流域中音別の左岸区域に滞水する地下水21,600㎥/日を取水し、導水ポンプ、導水管にて配水池に導水し、配水ポンプにて工業用水20,000㎥/日を工業用地およびその周辺に給水する。

② 基本計画

取　水　量　21,600㎥/日
1日最大給水量　20,000㎥/日

(2) 施設の計画概要

① 取水施設

a. 深井戸―径 800mm×深10.0m～7井
取水量 2,160×7＝15,120㎥/日

b. 浅井戸―径 5.0m×深 8.0m～2井
取水量 3,240×2＝6,480㎥/日

② 導水施設

a. 導水ポンプ……φ150mm水中ポンプ―各井1台設置

b. 導水管……φ200mmダクタイル鋳鉄管
ℓ＝2,180m
導水量　工業用水 21,600㎥/日

③ 配水施設

a. ポンプ機械室……鉄筋コンクリート造
334㎡　1棟

b. 電気計装機械設備…受・配電、配水、制御、流量調整、自家発電機

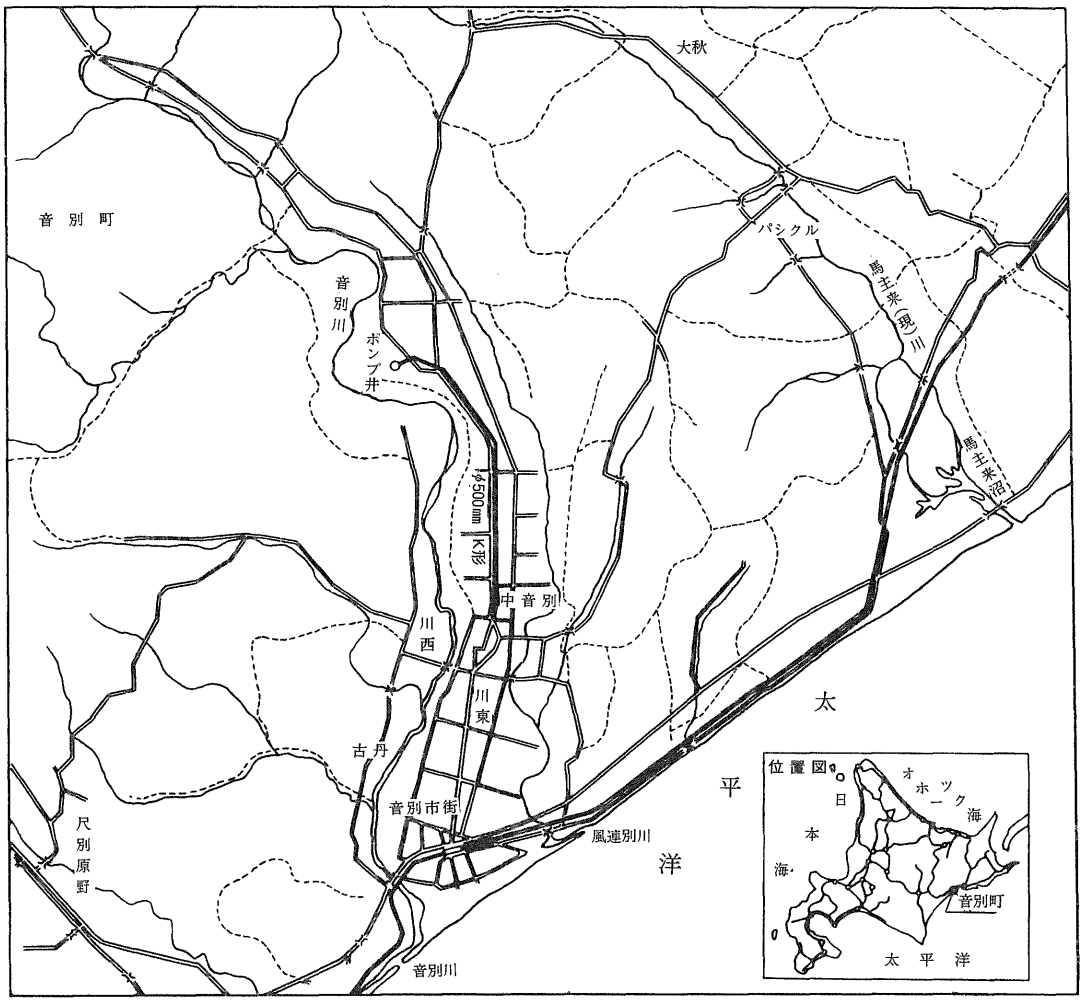
c. 配水池……鉄筋コンクリート造り

内法 巾15.0m×長20.0m×有効水深3.0m～2池、有効容量1800㎥、給水量の2時間分とする。流量測定、流量調整のため巾3.0m×長1.5m×深2.7mの着水井を併設する。

d. 配水管……配水ポンプにて工業団地へ配水する。ダクタイル鋳鉄管
第3種K形　内径 500㎜
ℓ＝5,739m

3. 送水管路埋設地帯の地盤について

図－1　管路の概要



この地帯はN値2～0という軟弱な地盤である。管路中A地点は若干の泥炭があり、その下層に腐植物混りのシルトがある。B地点は腐植物混入の軟粘土の下層にシルトがある。C地点は泥炭の下層に粘土がある。といった地層になっており、C地点はA・B地点に比較して悪いといえる。

この地方の泥炭層はオボレ谷が海岸砂州で閉されて生じたもので、地図で見るとオボレ谷は中音別の北部付近まで入り込んでいたものと想像される。

すなわち、現在の地盤は音別川および風連

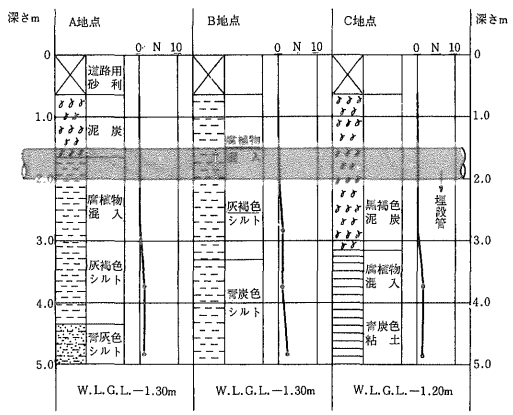
別川の流入土砂で、オボレ谷が埋立てられて生じたものである。

川による流入土砂の量は少く、海岸流による砂州の形成の方が早かったためオボレ谷は湾口で砂州によって閉され、砂州より内側のオボレ谷部分は一時湖沼化されたものと思われる。ついでこの湖沼は川の流入土砂と周辺丘陵地よりわずかづつ運びこまれる微粉土砂で次第に埋られ泥沢化し、ついには水生植物でおおわれたのち泥炭化したものと思われる。

したがってボーリングの結果にも示すように、表層部に泥炭層があり、下部は軟弱な粘土層となっている。

また、馬主来川(パシクル川)流域も同じような地帯の形成過程を示しており、湖沼化し、一部はパシクル沼となり、一部は泥炭化し、水生植物でおおわれている。

図－2　土質調査結果



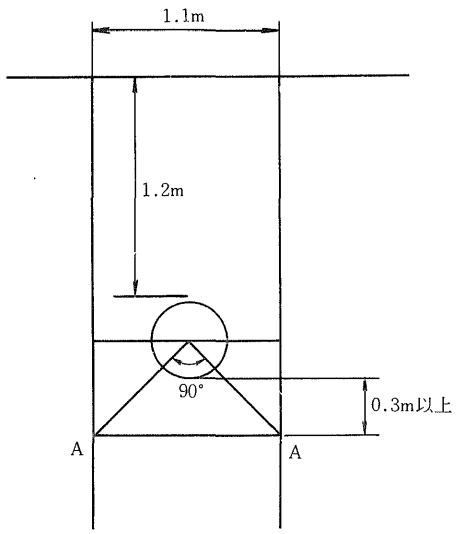
4．管路の設計施工

軟弱地盤に管を埋設する場合の設計施工上の問題としては、管路の沈下と曲管部および弁室の防護とがある。これについては、次のように行った。

(1) 砂基礎

施工時の芯出作業や接合作業中に地盤がゆるみ、正しい施工ができにくいので砂基礎とした。

また、砂基礎は管荷重が下層に均一にかかるようにその深さを0.3m以上とした。



(2) 管路の沈下検討

軟弱地盤に管を埋設する場合、管の重量、管内水重、埋戻し土の重量等によって管底部での土圧(荷重)が増加すると、それ以下の地盤は圧密されて管路は地盤とともに沈下する。土質調査の結果、一番条件の悪いC地点について計算した。

① 管底での増加荷重

管底の砂基礎面A-A面での増加荷重△Wは次式で求めた。

$$\triangle W = (W_2 + Wp) - W_1 \quad \text{(1)}$$

ここで

△W：増加荷重(土圧)

W_2：A-A面までの埋戻し土の重量

Wp：管重(管内水重を含む)　3種管

W_1：A-A面までの掘削土の重量

土の単位体積重量

種別	敷砂	盛土	泥炭	粘土	埋戻し土
γ(t/m³)	1.8	1.6～1.8	1.0～1.1	1.4～1.5	1.3

C地点(No.96)での管路1m当りの増加荷重△W′として求める。

$$W_2 = \left\{(1.1\times0.55-\frac{\pi}{4}\times0.5^2\times\frac{1}{2})\times1.8\right\} + \left\{(1.1\times1.45-\frac{\pi}{4}\times0.5^2\times\frac{1}{2})\times1.3\right\}$$

$$= 2.86\,\text{t/m} \quad \text{(2)}$$

$W_p = 0.32\,t/m$

$W_1 = (1.1\times0.65\times1.6)+(1.1\times1.35\times1.0)$
$= 2.6\,t/m$

(2)式より

$\triangle W' = 2.86+0.32-2.63 = 0.55\,t/m$

土圧△Wに換算すると

$\triangle W = 0.55\div1.1 = 0.5\,t/m^2 = 0.05\,kg/cm^2$

② 沈下量の計算式

沈下量の計算式は種々のものがあるが、いずれも土の圧密量を求めている。

$$\delta = m_v \cdot \triangle W \cdot I\sigma \cdot H \quad \text{——————} \quad (2)$$

ここで

δ：沈下量

m_v：載荷面(A-A)以下の体積変化率 cm^2/kg

土の体積変化率

種　別	泥　炭	粘　土	シルト
m_v (cm^2/kg)	0.3～0.7	0.1～0.3	0.01～0.02

△W：載荷面での増加荷重 $0.05\,kg/cm^2$

$I\sigma$：深さによる影響値

地盤の圧密量は載荷点から深くなるほど少くなる。

その減少を$I\sigma$で示す。

H：圧密層(軟弱層の深さ) cm

HとIσの関係

H	0-B	B-2B	2B-3B	3B-4B	4B-5B	5B-6B
$I\sigma$	1	0.55	0.30	0.21	0.16	0.13

B：載荷巾(=1.1m)

③ 沈下量の計算(C地点)

A-A面よりH＝1.15mまでの泥炭層の圧密量δ_1は

$\delta_1 = m_{v_1} \cdot \triangle W \cdot I\sigma \cdot H_1$ において

$m_{v_1} = 0.7\,cm^2/kg$

$\triangle W = 0.05\,kg/cm^2$

$I\sigma_1 = 1$、$H_1 = 115cm$

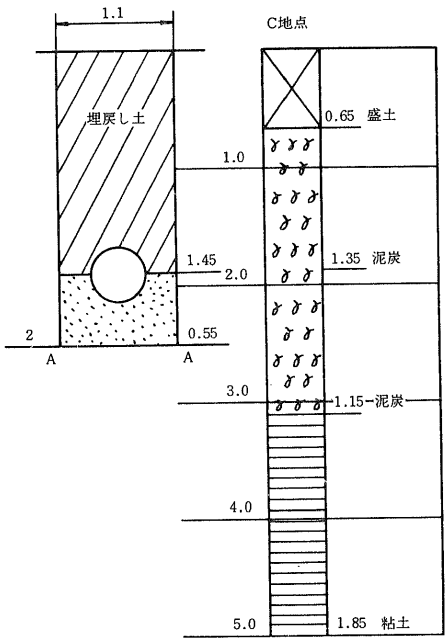
$\sigma_1 = 0.7\times0.05\times1\times115 = 4.025cm$

泥炭層以下 5.5m (H＝B～5B) までを粘土層と仮定した場合の圧密量σ_2は

$\sigma_2 = m_{v_2} \cdot \triangle W \cdot I\sigma_2 \cdot H_2$ において

$m_{v_2} = 0.3\,cm^2/kg$

$\triangle W = 0.05\,kg/cm^2$



$I\sigma_2 = 0.55+0.30+0.21+0.16+0.13 = 1.35$

$H = 5.5\div5 = 1.1m = 110cm$

$\therefore \sigma_2 = 0.3\times0.05\times1.35\times110 = 2.227cm$

全体の沈下量(圧密量)δは

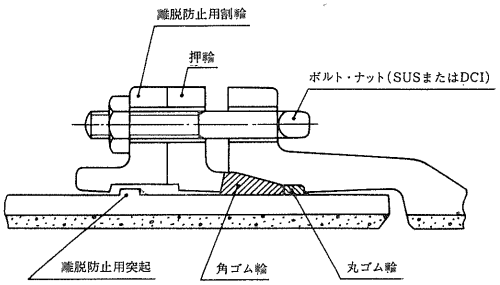
$\delta = \delta_1+\delta_2 = 4.025+2.227 \fallingdotseq 6.3cm$

以上の計算の結果、一般管路についてはK形継手で十分順応できるが、異形管部、弁室等については不等沈下をさけるために次のようにした。

(3) 異形管部

異形管には不平均力がかかり、抜け出そうとする。一般にはコンクリートブロックで固定し、管路の安全を計るが、今回はコンクリートの代りに抜け出しを防止する継手としてFN形離脱防止継手を用いた。

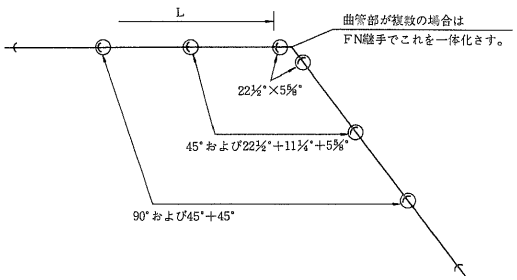
図－3　FN形離脱防止継手



異形管部での使用個数は、次のようにした。

FN継手の使用個数の基準（設計水圧4.8kg/cm²）

曲り角度	22½°＋5⅝°	45°	90°
使用個数（片側）	1	2	3
1体化長さ Lm	6	12	18



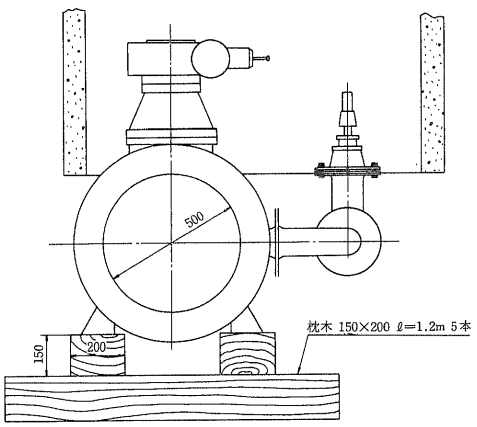
ただし、45°＋直管＋45°は45°に準ずる。

また、立上り部は1本増す。

(4) 弁室

弁室は不等沈下を防ぐために、浮き基礎として弁体を枕木で支持した。また弁の両端近くに継輪をもってくるようにした。

図－4　弁体の支持方法



(5) 施工

工事は約2km毎に3工区に別けて行った。

各工区とも、地盤としては掘削が容易で、機械掘りでほとんど垂直な溝ができた。また粘土層、泥炭層ともに含水率は大きいようであったが、掘削－管吊下し－芯出－接合－埋戻しというように順調で、1日40m～60mの工程で施工することができた。

泥炭層はN値0で自沈という地質であるが、溝底はちょうどマットのように弾力があり、φ500mmの管を降してもめり込むようなことはなく、軟弱地盤だから特に施工しにくいということはなかった。

5．管路の沈下量の測定

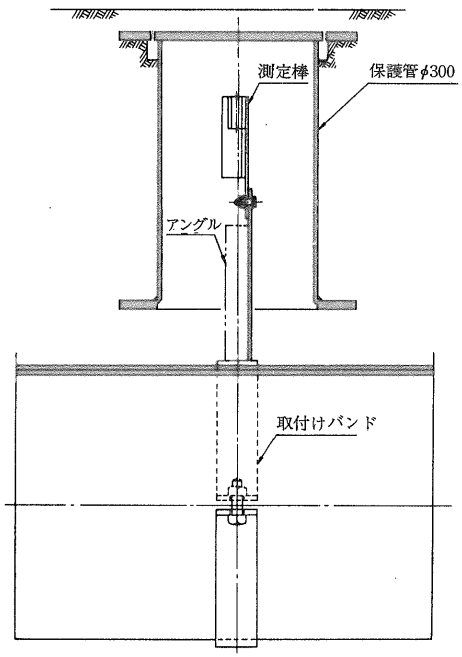
(1) 測定個所

A地点（No.20）、B地点（No.46）は管路としては比較的良好な地盤なので、B地点で弁類を含めて6カ所について測定した。C地点（No.96）は、泥炭層で比較的悪い地盤なので空気弁を含めて25カ所測定した。

(2) 測定方法

管接合後、図－2に示す測定装置を取付け、基準点（BM）に対する変位を測定した。測定にはレベルおよびスタッフ（箱尺）を用い、埋設後定期的に測定し、沈下がほぼ停止する時点まで測定する。

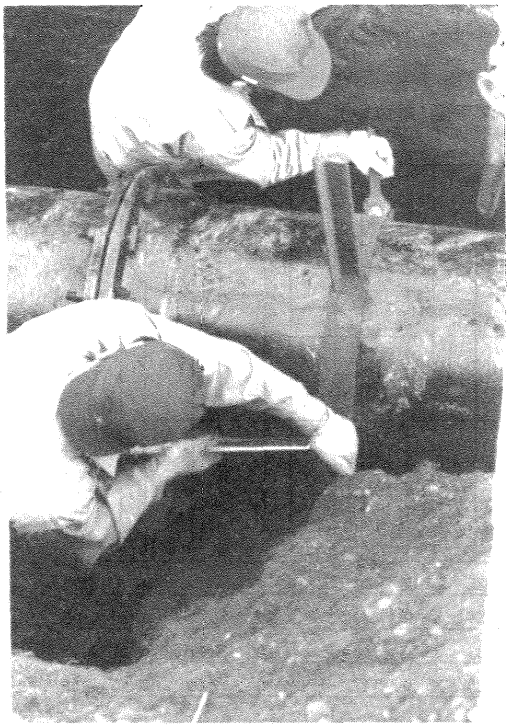
図－5　測定装置



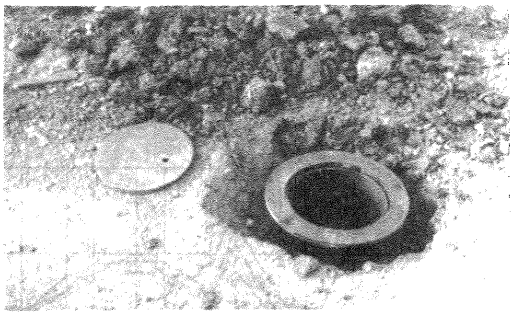
(3) 測定結果

図－6、7、8に示す。

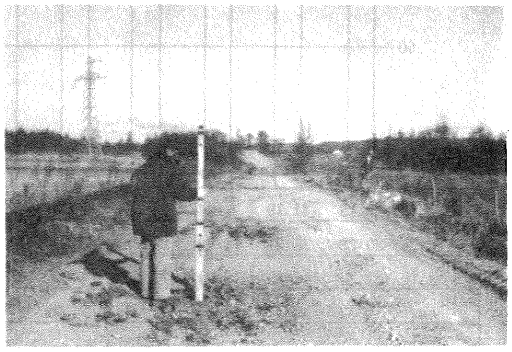
写真－1　継手部に測定用バンドを取付けている



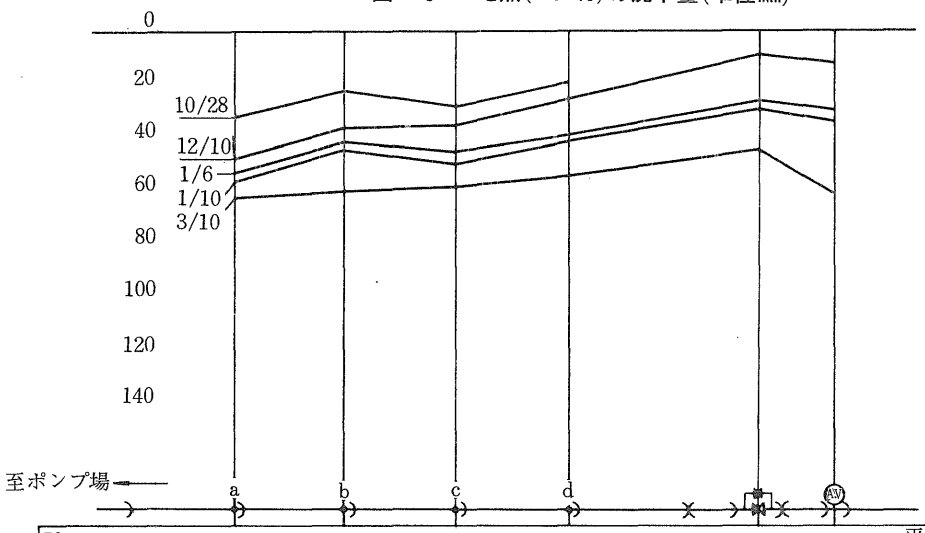
写真－2　サヤ管をセットし、埋戻し後測定のために掘り起したもの



写真－3　測定中、両側は牧草地、道路上はトラックが通るが、都会のようには多くない



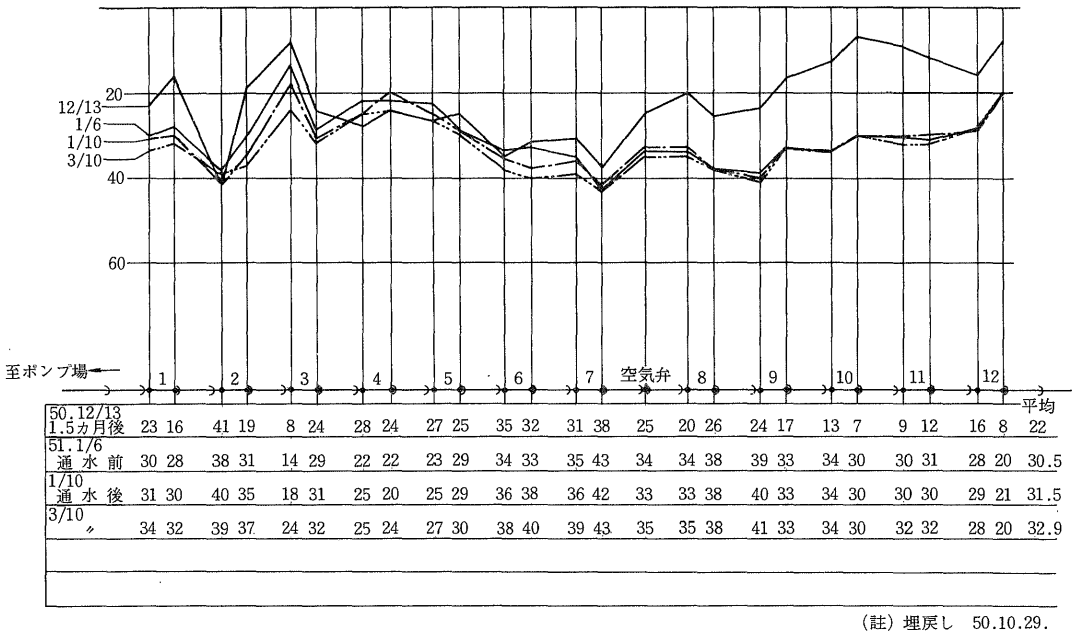
図－6　B地点(No.46)の沈下量(単位mm)



50. 10/28 3週後	32	22	28	19			平均(バルブ除く 25.25
12/10 2カ月後	48	36	35	25	8 10	12	36
51. 1/6 通水前	53	41	45	39	26	30	44.5
1/10 通水後	56	44	49	41	29	34	47.5
3/10 通水後	63	60	58	54	44	61	58.8

(註) 埋戻し 50.10.6

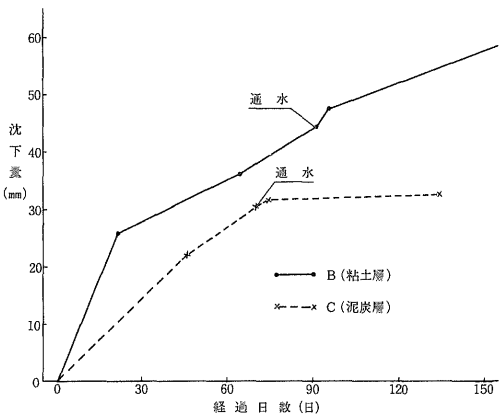
図－7　C地点(No.96)の沈下量(単位mm)



50.12/13 1.5カ月後	23	16	41	19	8	24	28	24	27	25	35	32	31	38	25	20	26	24	17	13	7	9	12	16	8	22
51.1/6 通水前	30	28	38	31	14	29	22	22	23	29	34	33	35	43	34	34	38	39	33	34	30	30	31	28	20	30.5
1/10 通水後	31	30	40	35	18	31	25	20	25	29	36	38	36	42	33	33	38	40	33	34	30	30	30	29	21	31.5
3/10 〃	34	32	39	37	24	32	25	24	27	30	38	40	39	43	35	35	38	41	33	34	30	32	32	28	20	32.9

(註) 埋戻し　50.10.29.

図－8　沈下の傾向(平均値)



6. むすび

現在までの沈下量で60～70％は沈下が進行していると考えられ、ほぼ計算値に近い。ただし厳冬の間、路面が凍結しており、その影響がどのように出るか今後の計測によって確めたい。

現在のところ、沈下は各地点で若干の変動はあるが、ほぼ均一に沈下しているといえる。弁室と管との間の不等沈下もほとんど無視できる程度で、K形継手の可撓性から考えてまったく問題はない。

当初、泥炭層の方が沈下が大きいと予測していたが、その逆の結果が出ている。また、粘土層では沈下は進行中であるが、泥炭層ではほぼ停止の状態となっている。このようなことから、沈下は泥炭層の種類、層厚、埋設管の口径、管厚、盛土の有無、施工方法等にもよるが、ダクタイル管路で行えばあまり心配する必要はないといえる。

施工もダクタイル管は迅速に接合、埋戻しができたので、地下水位以下ではあったが掘削が楽にできたので、一般の施工とほとんど変りないスピードでできた。

技術レポート２

折居川分水路工事管渠部にダクタイル鋳鉄管（φ2000）を使用した事例について

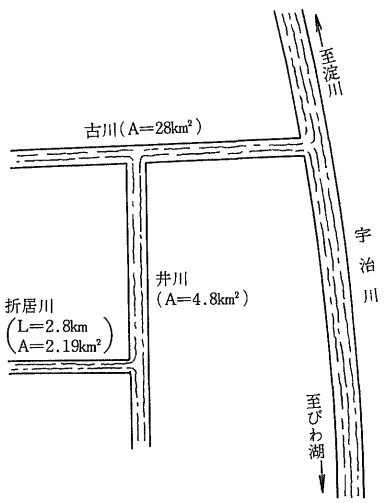
宇治市建設部都市整備課長
忠田　環

技術レポート２

１．計画概要

折居川（普通河川）は、一級河川淀川水系宇治川左支古川（A＝28km²）の右小支井川（A＝4.8km²）の上流部左小支で、流域面積A＝2.19km²、流路延長2.8kmの急流小河川である。

図－１



本計画は、折居川の現況と近年急激に進む流域の都市化、ならびに土地利用計画に対応する将来の治水対策を勘案の上、種々比較検討の結果、現況水系折居川のピーク流量をカットし、一級河川宇治川に直接放流させるもので、これにより既存水系下流沿道における道路冠水、宅地浸水の解消を図り、今後の土地利用の有効な計画を樹立させるためこの分水路計画を樹立した。

(1) 流域面積

	面　積
市街化区域	0.684km²
調整区域	0.650km²
計	1.334km²

(2) 計画雨量

- 計画日雨量　R_{24}＝250.2mm
  （京都気象台観測明治25年～昭和40年岩井法による100年確率）
- 到達時間内降雨強度

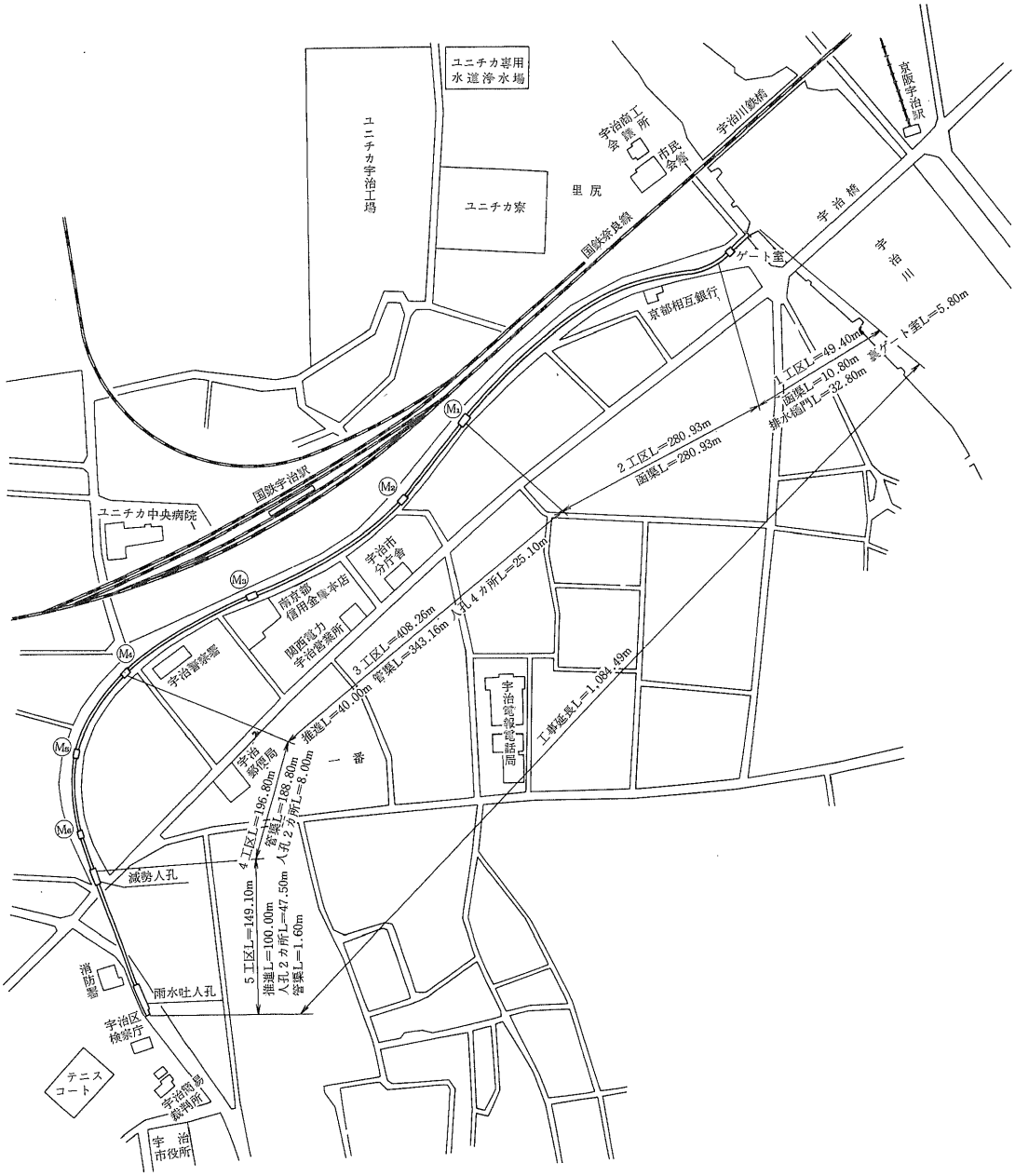
京都曲線による60分雨量51.2mm/m

- 計画分流量　Q＝15.6㎥/sec
- 最大流速　管渠：5.44m/sec

函渠：1.96m/sec

(3) 流　路

図－2　平 面 図



・排水樋門
　R.C BOX：H2.5×W3.6
　1連：L＝27.00m
　川表、川裏門扉設置
・函渠(圧力水路)
　R.C BOX：H2.5×W3.6　L＝291.73m
・管　渠
　ダクタイル鋳鉄管：φ2000(U形4種)
　　L＝533.56m
　ダクタイル推進鋳鉄管：φ2000(U形4種)
　　L＝40.00m
　ダクタイル推進鋳鉄管：φ2000(U形3種)
　　L＝100.00m
・人　孔　6カ所
・減勢人孔　1カ所
・雨水吐人孔(分水点)　1カ所

(4) **総工事延長**　L＝1,084.49m
(5) **工事名**　折居川分水路新設工事
(6) **工事場所**　宇治市宇治・里尻・妙楽・宇文字・若森・一番・琵琶地内
(7) **排水位置**　宇治川左岸50.7km

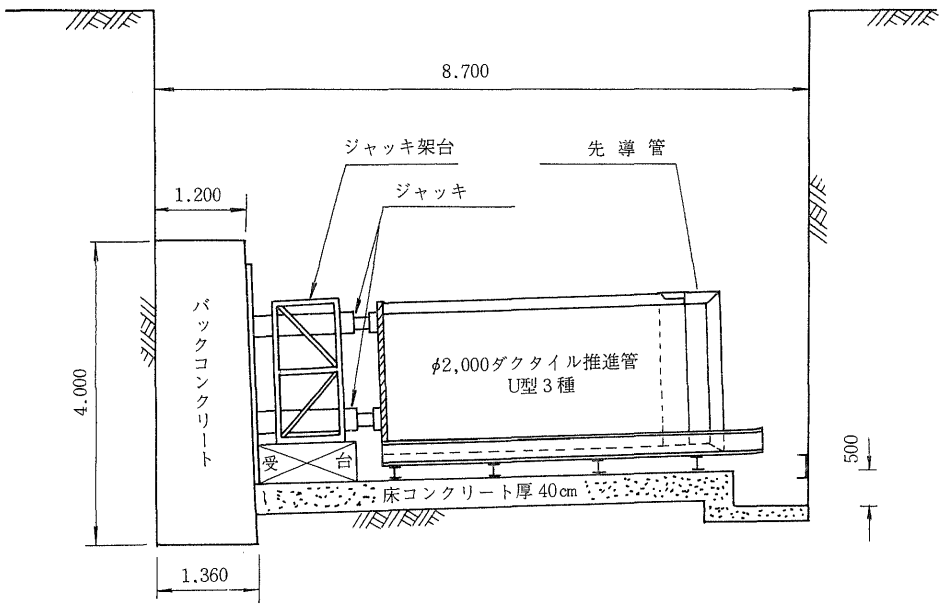
2．推進工事

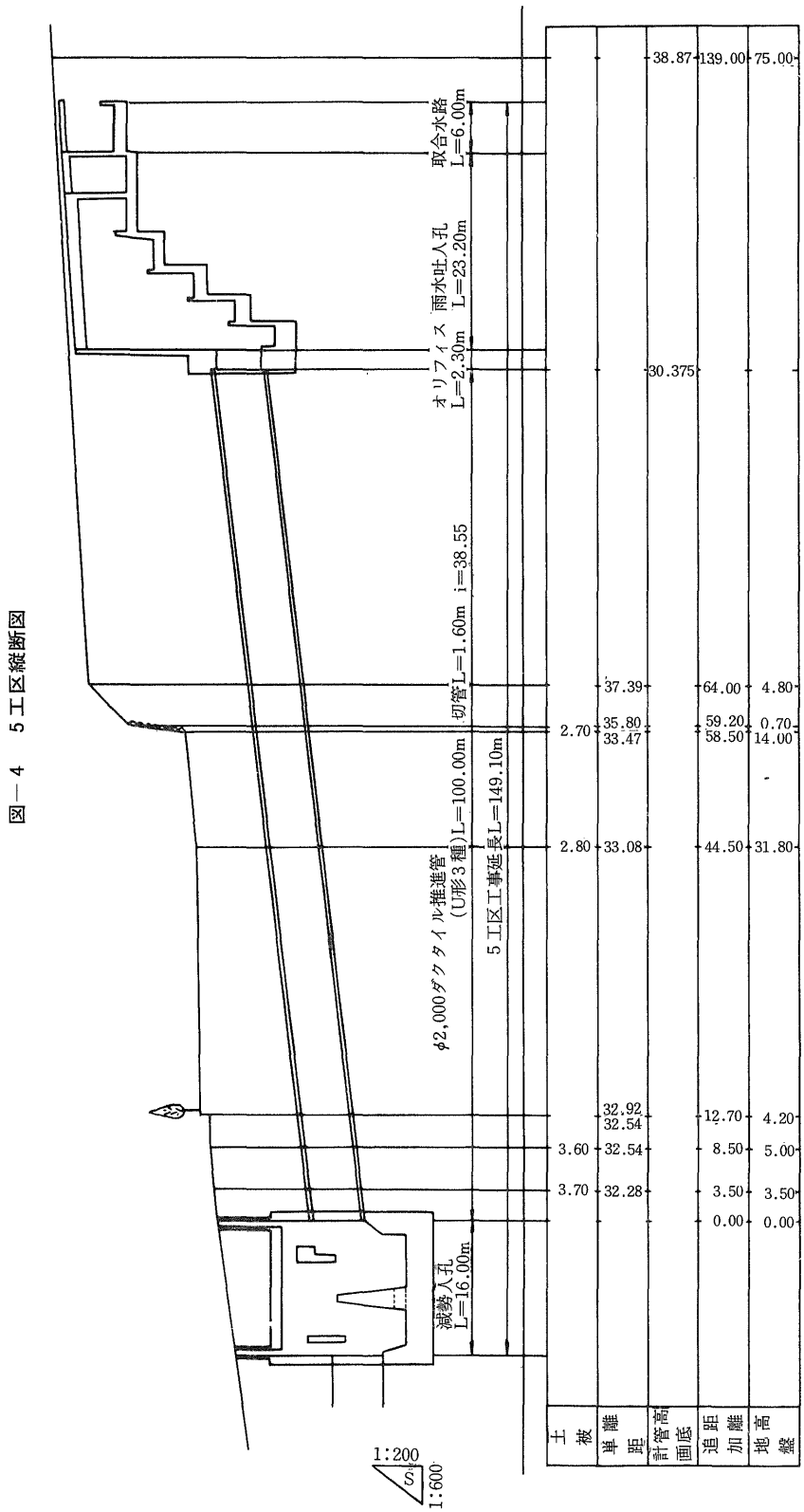
今回の工事において、推進工事は3工区(ダクタイル推進管φ2000U形4種、L＝40.00m)、5工区（ダクタイル推進管φ2000U形3種、L＝100.00m)と2カ所で施工したが、ここでは5工区推進延長100mについて以下簡単に記述する。

(1) **工事状況**

a.推進口ピット……図3　ピット図
　　図4　5工区縦断図

図－3　ピット図




取合水路 L=6.00m
雨水吐人孔 L=23.20m
オリフィス L=2.30m
切管L=1.60m i=38.55
φ2,000ダクタイル推進管 (U形3種)L=100.00m
5工区工事延長L=149.10m
減勢人孔 L=16.00m
1:200
1:600
土被
単離距
計管高画底
追距加離
地高盤
38.87 139.00 75.00
30.375
37.39 64.00 4.80
35.80 59.20 0.70
2.70 33.47 58.50 14.00
2.80 33.08 44.50 31.80
32.92 12.70 4.20
32.54
3.60 32.54 8.50 5.00
3.70 32.28 3.50 3.50
0.00 0.00

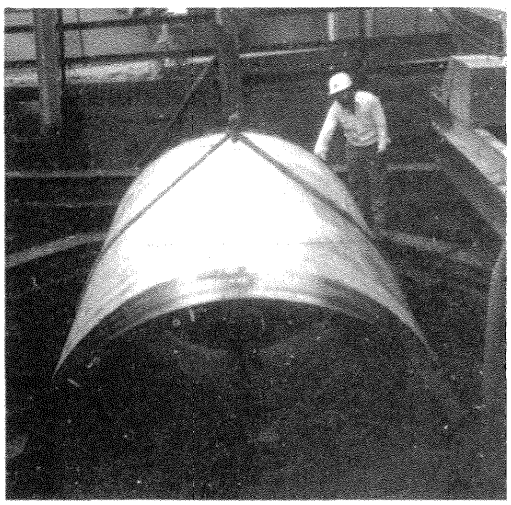
図－4　5工区縦断図

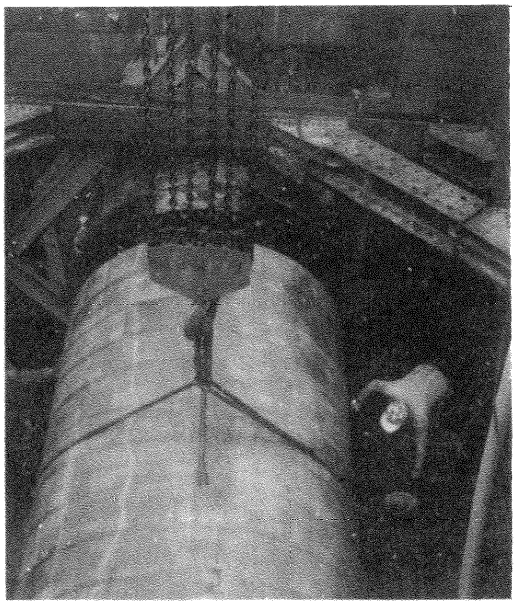
推進口ピットと沿道家屋が余りにも接近しているため、アースオーガーにより穿孔し、H型鋼を建込み横矢板により押込口、到達口を掘削。

バックコンクリートは幅5.800×高4.000×厚1.200の鉄筋(φ16mm、@200)コンクリートとし、床には厚40cmのコンクリートを打設した。

b.接　合

管の接合については橋型走行クレーン(15トン吊り)によりピット内に吊り下した管を先行管の受口部に推進ジャッキにより挿入し、U形推進管の接合手順に従い接合した。



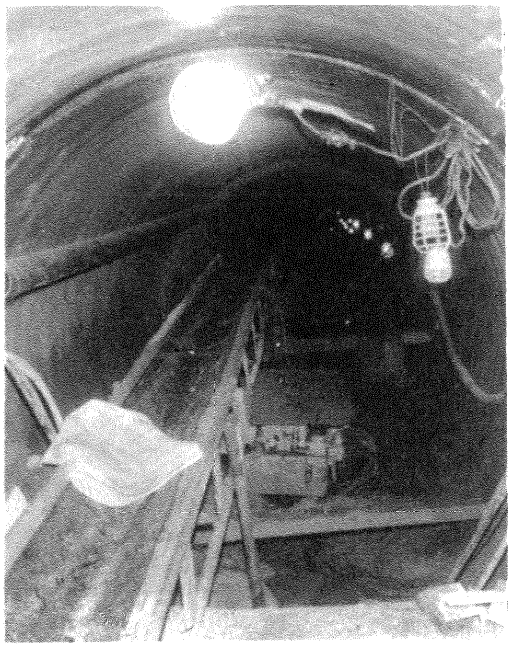


c.推　進

押込口床コンクリートの上にガイド(H鋼300×300)を敷き、この上を推進管が進行するようにした。

推進はジャッキにより刃口を地中に押し込み、崩落した土砂を人力でベルトコンベヤーに乗せ押込口バケットまで運搬し、前記の橋型クレーンにて搬出した。

なお、計算推進力が1,100トンと非常に大きくなるため、表－1配合の減摩剤を使用し、計画推進力を910トンとした。



なお推進による管路の偏位は、先導管に2台の管路修整用ジャッキを取付け、このジャッキにて管路修整を行った。

表－1　減摩剤配合表（1㎥当り）

水	ベントナイト	ハイゲル	マットオイル	CMC
0.9㎥	100kg	20 kg	40ℓ	2.0kg

(II) 工事結果

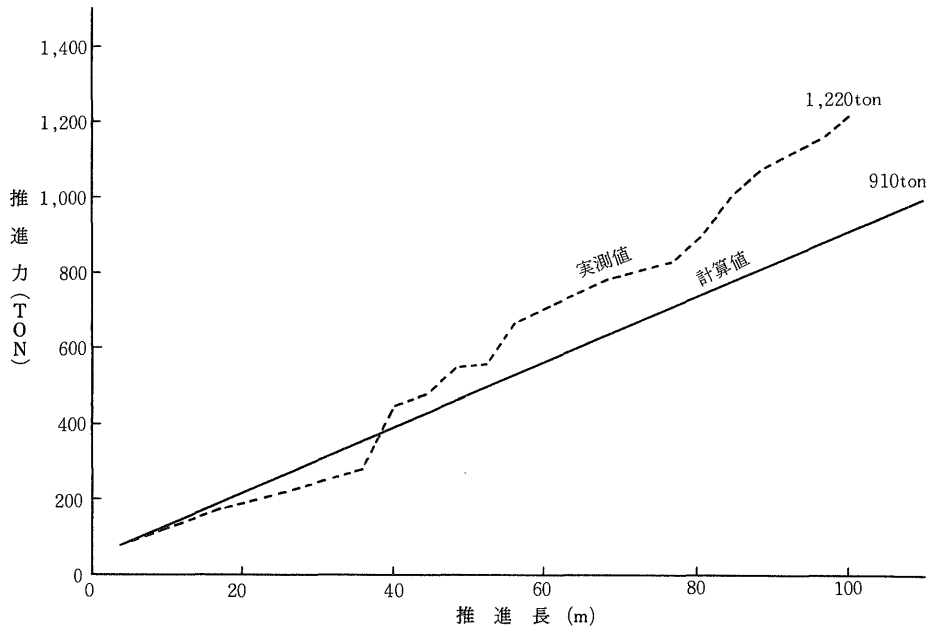
a. 推進力

油圧ポンプ圧力計より推進力を測定。推進力最大は1,220トンを記録した。

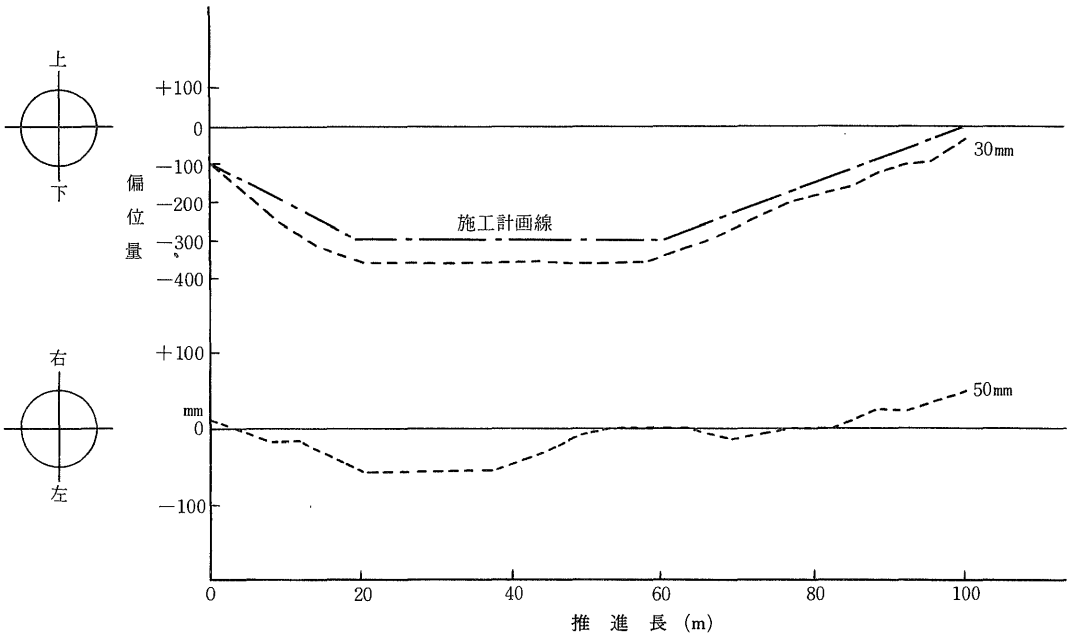
b. 管路の偏位

設計勾配が38.55%、延長100mのため、設計勾配線より管路が上昇しないよう施工計画線を設定し施工。このため中間部で垂直36cmの差はできたが、到達点では垂直3cmとなり、設計勾配に対しゆるい弓形のカーブを画いた。

表－2　推進力－推進長



表－3　管路偏位量－推進長

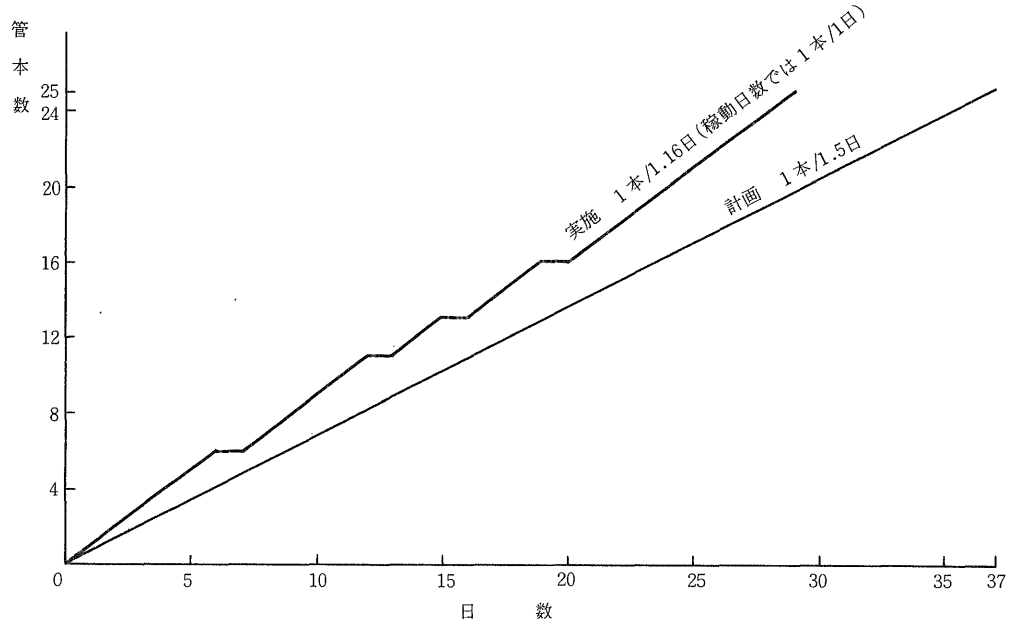


また、水平方向では右へ5cmの偏位となり、どちらも十分満足すべき値である。

c.施工日数

施工日数は29日、稼動日数25日、平均1.16日で1本推進、実質では1日1本の推進。

表－4　施工日数



3．むすび

本市においてダクタイル鋳鉄管の大口径を使用した分水路方式は今回が初めてであり、管種選定においてはダクタイル管の腐食、摩耗、将来国鉄の電化による電食など種々試験結果を元に耐久性、経済性を検討のうえ、ダクタイル鋳鉄管を採用し、掘削巾に有利なU形を使用することにした。なお、推進工100mについて推進精度は十分満足できる値となったが、推進力の大幅な増加は今後長延長推進工事を施工するにあたり、十分検討すべき問題である。推進力増加の原因は土質の不均一減摩剤の種類、配合、また施工などと種々考えられるが、このような原因の解決は非常に困難である。今後推進長の増大を図り、また安全に確実な推進工事を施工するためにも中押用管の早期開発が第一であると考える。

技術レポート３

高時幹線水路、田川サイホン（ダクタイル管押込み）工事について

近畿農政局湖北事業所
小森武彦
田中大作

技術レポート３

１．概　要

高時幹線水路は、雨水口である高時頭首工より、浅井町内保に至る延長12,353ｍの水路であるが、浅井町高畑地区内で、南北に流下する田川（１級河川）を横断する。

横断地点における田川は、川幅約4.0m、三面コンクリート張りで改修工事が完了しているが、天井川となっている。

当河川横断の施工方法については、河川仮廻しによる開削工など種々あるが、次の点よりダクタイル管による押込み工法を採用した。

①　施工性がよい
②　工事が天候に左右されない
③　工期が短期間である
④　地表の構造物、立木の現況を損わない

推進工法用ダクタイル管については

①　水密性に富んでいる
②　耐食性に富んでいる
③　管本体、継手とも、推進力、曲げモーメントに対して十分強度を持っている。
④　継手の接合作業が容易である。

しかしながら、現在では推進工工事の実績資料（歩掛り）などが見当らず積算書はいつも頭を悩ませているのが実状である。

今回、田川サイホン工事について実績を調査したのでここに報告し、今後の施工に少しでも参考になれば幸いである。

２．工事内容

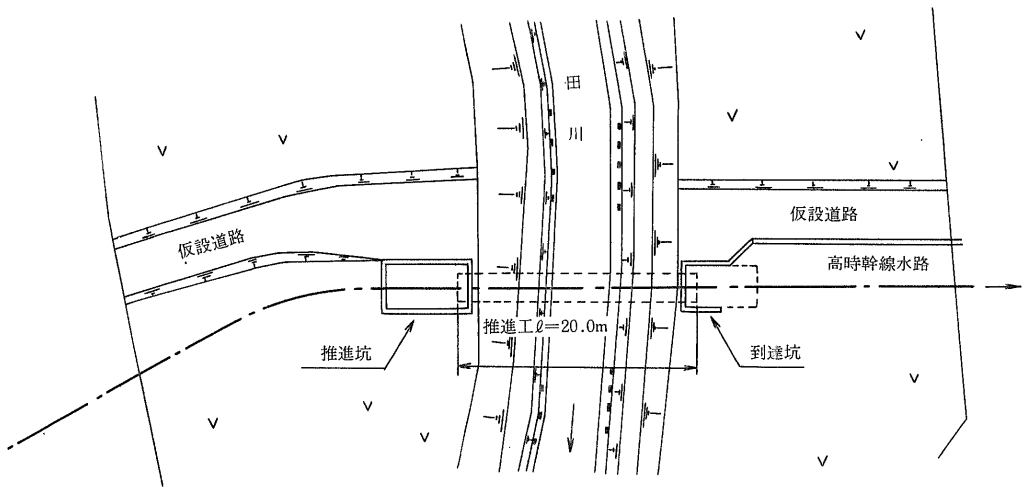
工事場所　滋賀県東浅井郡浅井町高畑地区
工事名　高時幹線水路高畑工区工事
　　田川サイホン
推進管　口径2,000㎜、Ｕ形推進工法用
　　ダクタイル管（４種）管長4.00m
推進延長　20.0m

３．施　工

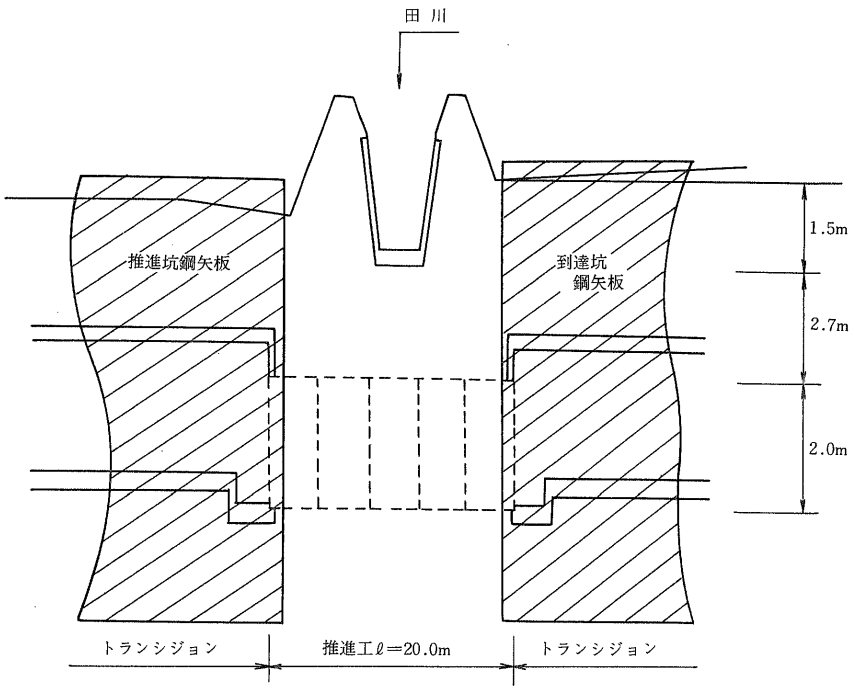
（３－１）　工事着手前の調査、検討事項

(1)　施工個所の管理者との協議（河川）
(2)　土質調査

田川推進工平面図　S＝1/500



縦　断　図　S＝縦1/100、横1/500



(3)　地下埋設物の調査(水道、電話ケーブル)

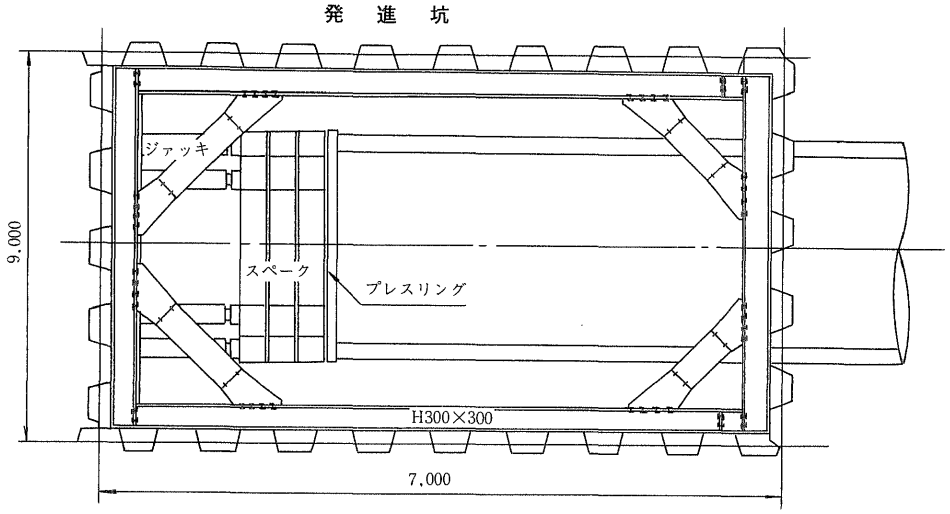
(4)　土質、推進延長、土被りなどによる推力の算定

(5)　推力に対する管体の安全性の検討

（3－2）　推進坑(発進口)

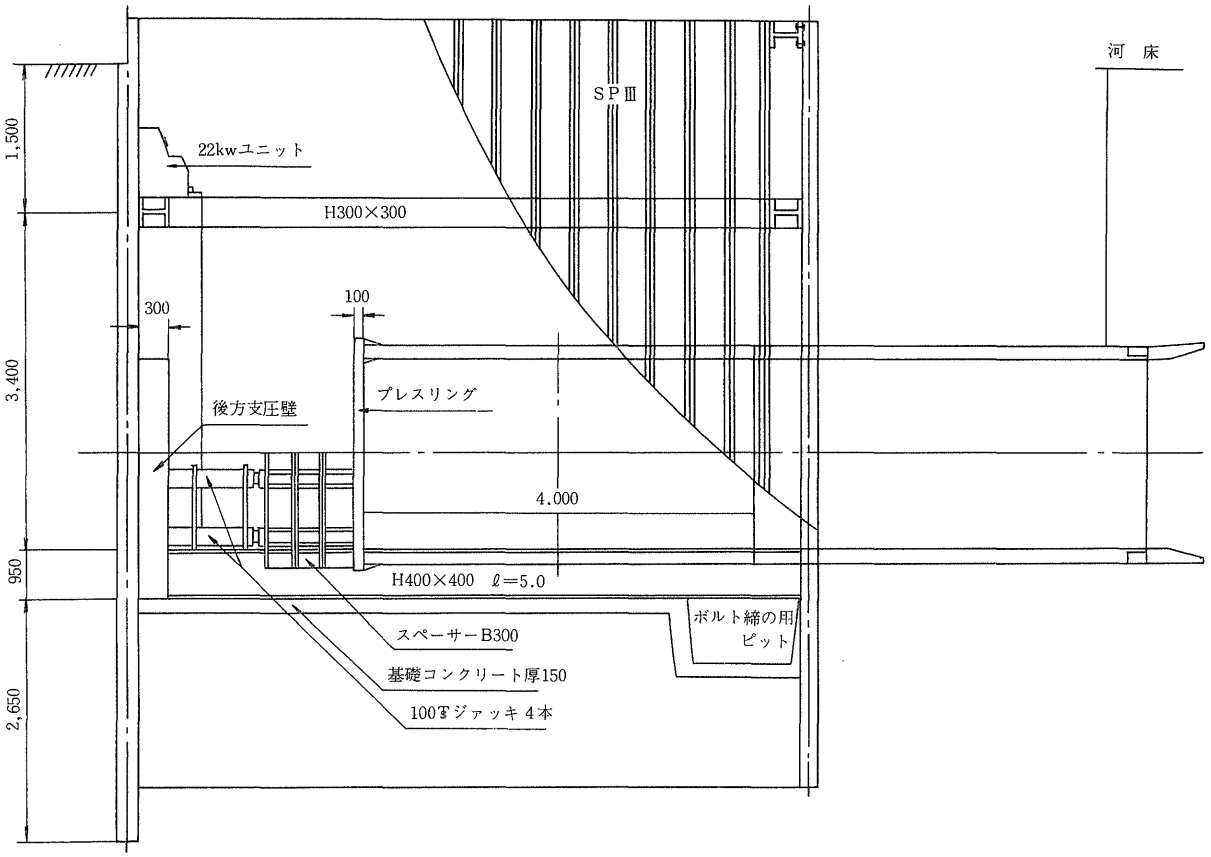
推進坑は幅4.00m、長さ7.00m、深さ5.00mで全面に鋼矢板(Ⅲ型)を使用した。推進坑の背面には反力台として厚さ0.30mのバックコンクリートを打設した。反力台は、推力に十分耐え、推力によって変形、変位をしないよう、堅固なものでなければならない。

発　進　坑



材　料　表

鋼　矢　板	Ⅲ　型	54
〃	コーナー	2
腹　　起	H300×300　6.0m	2
〃	〃　4.0m	2
火打ピース		8
〃　梁	H300×300×1.0	4
ボ　ル　ト	φ22	112
ブラケット		8



（3－3）　推進方法

管体の先端に同一径の刃口を固定し、油圧ジャッキを操作して管体を前方の地中に喰い込ませ、土砂を堀削(コールピック)し、ベルトコンベアーにて管外搬出した。

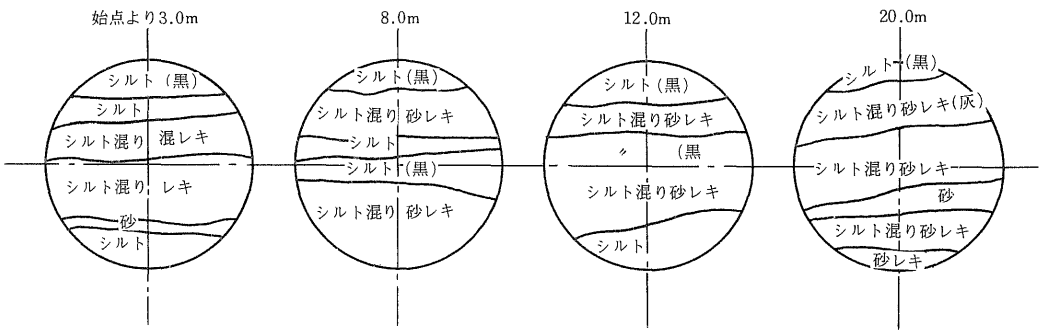
（3－4）　地　質

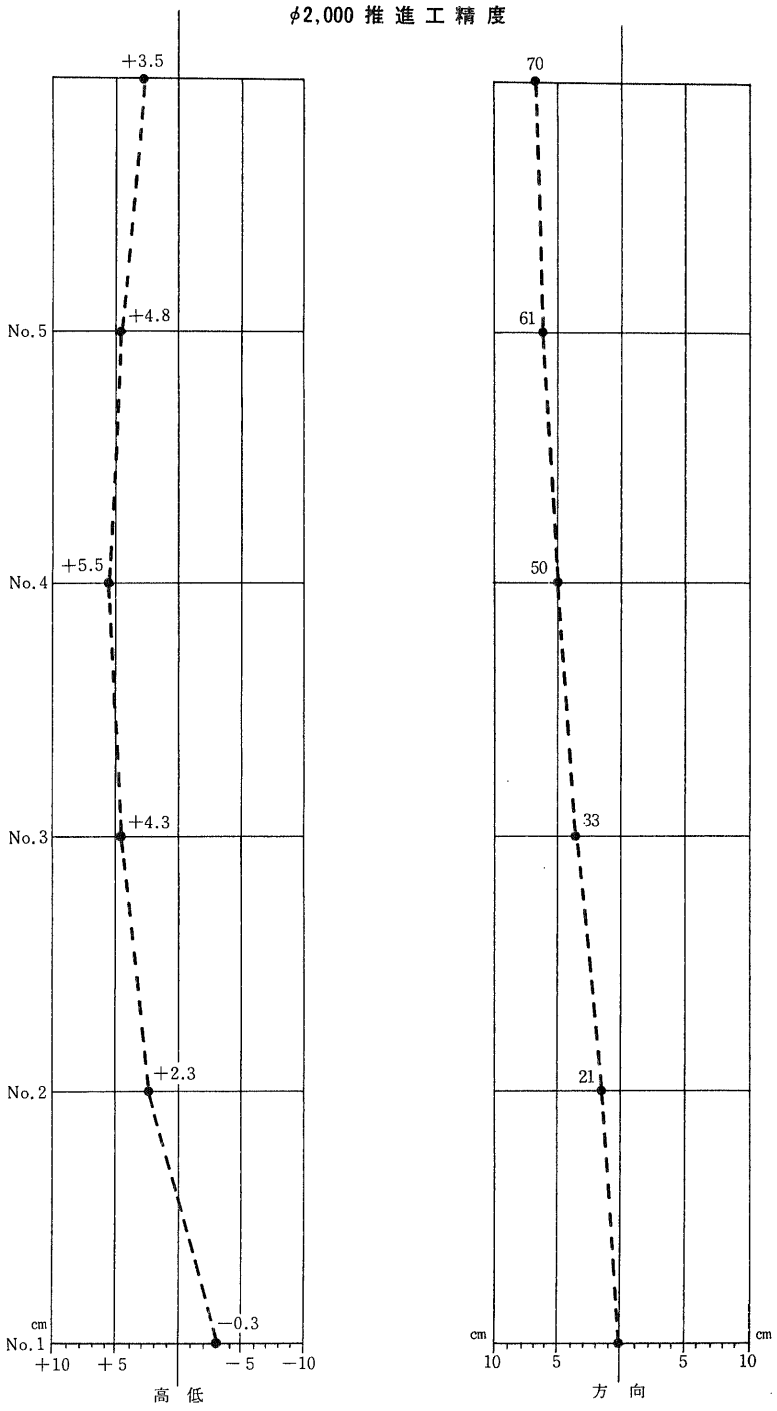
管体の天端は、田川河床下 2.0m の地点次図のようにシルト層が大半で、湧水はなく、スムーズな推進ができた。

（3－5）　推進実績

管No.	管下し	芯出し	接合	押込	合計	推力 最高	推力 平均	備考
No.1	20分	分	5分	6時間20分	6時間45分	ton 80	ton 50	118時間25分÷18m＝395分/m
2	30〃	30〃	2時間00〃	20〃00〃	23〃00〃	120	100	
3	15〃	15〃	1〃40〃	29〃30〃	31〃25〃	150	120	420/395＝1.06m/日(1日＝7時間)
4	25〃	20〃	1〃20〃	26〃15〃	28〃10〃	180	160	
5	15〃	20〃	1〃30〃	27〃00〃	29〃05〃	240	220	
計	1時間45分	1時間25分	5時間35分	109時間05分	118時間25分			
内務配置	指令　1人(特作) 出し　2人(　工) 〃　2人(普作)		接合工4人 (特作) 雑役　1人 (普作)	推進　2人 (特作) ジャッキマン 2人(　工) バケット土砂入 1人(普作) ホイスト操作 1人(〃) 雑役　1人 (〃)				

地　質　図　ϕ＝2,000mm



4. 問題点

湧水、砂利層などの場合は地盤を安定させる補助工法が必要となるので、十分な事前調査が必要である。