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

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

ダクタイル鉄管第59号

平成7年10月

技術レポート 1

尼崎市防災センターとダクタイル鉄管製耐震貯水槽

～阪神・淡路大震災に遭遇して～

尼崎市消防局次長
消防監 近成(ちかなり)義男

Technical Report

1. はじめに

尼崎市は、大阪平野の西部、兵庫県の東南端に位置しており、総面積49.69km^2、人口約50万人の都市である。

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

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

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

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

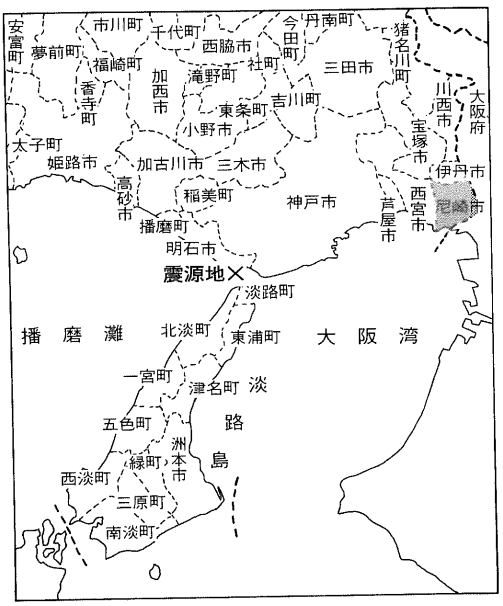
戦後の尼崎は、戦災および1960年（昭和25年）のジェーン台風による高潮などの被害を克服し、工業都市として再建された。その反面、高度経済成長下にあっては、大気汚染をはじめとする公害が激化したが、公害防止を重点施策のひとつとして取り組む中で、青空と緑が取り戻されようとしている。また、北部農村地域の市街地化が進み、大阪や神戸のベッド・タウンともなった。

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

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

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

図1　位置図



2. 尼崎市防災センターの建設

1.　防災センターを建設するに至った経緯

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

そのカルテの中では、

①　尼崎市は地盤が深層部まで軟弱であること。

②　人口密度、木造建ぺい率が高いこと。

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

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

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

2. 防災センターの基本方針

1.　自主防災体制の強化を図る

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

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

2.　防災活動拠点の整備を図る

災害発生時に防災活動の拠点として活動することができる機能をも備える。

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

・災害に備えて、応急資機材や災害復旧に係

わる水・非常食・医薬品の備蓄を図る。

・活動部隊として、中消防署との複合施設とする。

3. 防災センターの構想から完成までの過程

尼崎市防災センターの構想から完成を見るまでの過程は大略次のようであった。

・昭和55年：消防局に防災センター建設構想策定委員会を設置。

・昭和56年：防災センター建設に係わる基本構想の策定業務を委託。

・昭和57年：防災カルテを作成。
市幹部会に構想概要を説明。

・昭和58年：国土庁に補助申請。

・昭和59年：防災センターに係わる設計完了。
ダクタイル鉄管製耐震貯水槽、容量100m³を設置。(防災センター)

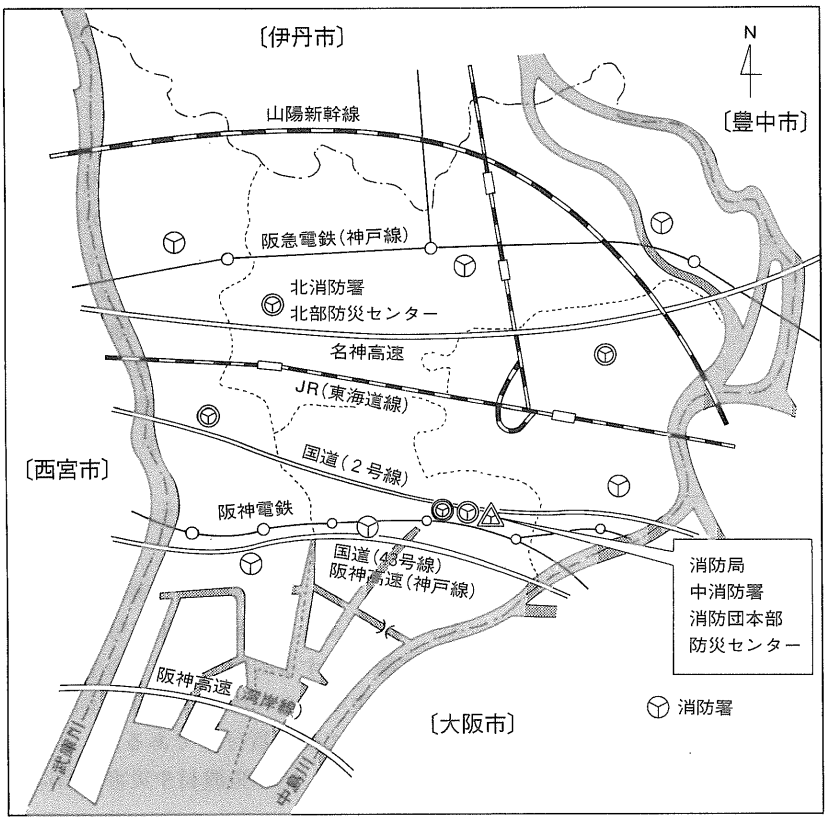
・昭和61年：防災センター完成。
消防局本部機構の移転。
中消防署の開設。

・平成元年：ダクタイル鉄管製耐震貯水槽、容量100m³を設置。(北部防災センター)

・平成2年：北部防災センター完成。
北消防署の開設。

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

図2　防災センターの位置図



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

写真1　防災センター

写真2　北部防災センター

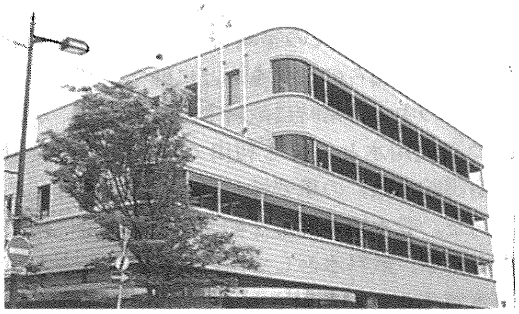


写真3　備蓄庫

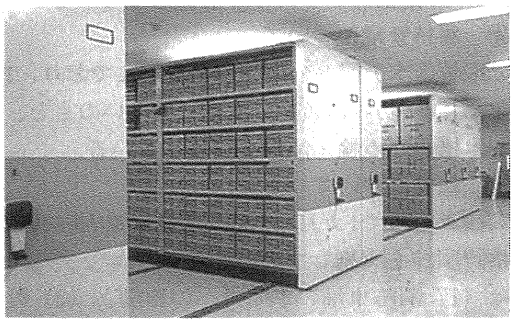
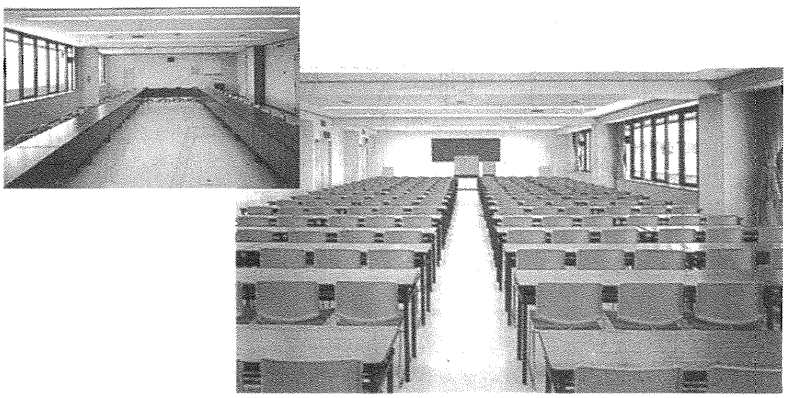


写真4　医薬品管理庫

写真5　地震体験室

写真6　防災実験室

写真7　会議室・多目的ホール



3. 防災センターでの耐震貯水槽

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

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

●1人1日3ℓ

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

① 貯水方法について

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

② 緊急遮断弁について

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

③ 接続管について

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

④ 維持管理について

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

⑤ 訓練について

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

⑥ 耐震貯水槽の概要

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

図3　防災センターの耐震貯水槽

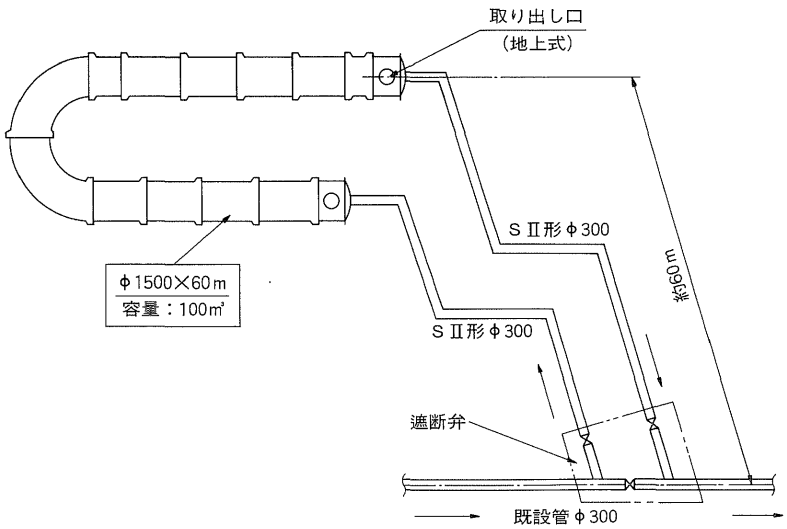


図4　北部防災センターの耐震貯水槽

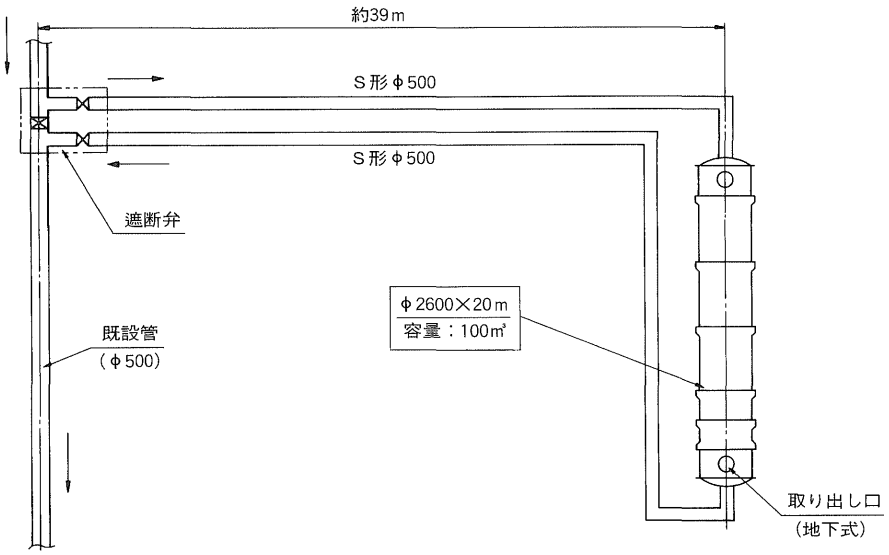


表1　耐震貯水槽の概要

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

4. 阪神・淡路大震災時における防災センターと耐震貯水槽の利用状況

1. 防災センターでの利用状況

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

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

2. 北部防災センターでの利用状況

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

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

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

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

表2 阪神・淡路大震災時の利用状況

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

5. 震災時にダクタイル鉄管製耐震貯水槽を供用しての所感

① 貯水槽内の水質について

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

② 貯留水の用途について

今回のような大災害時には、飲用（生活用水を含む）専用とすべきである。

消火用水は、防火水槽と河川水によることが前程である。

③ 貯水槽が消防署に併設されていたことについて

以下のようなことから、貯水槽の設置個所としては最適であった。

(i)　消防署員はプロフェッショナルである。

(ii)　24時間体制であるので、発災時にも即対応できた。

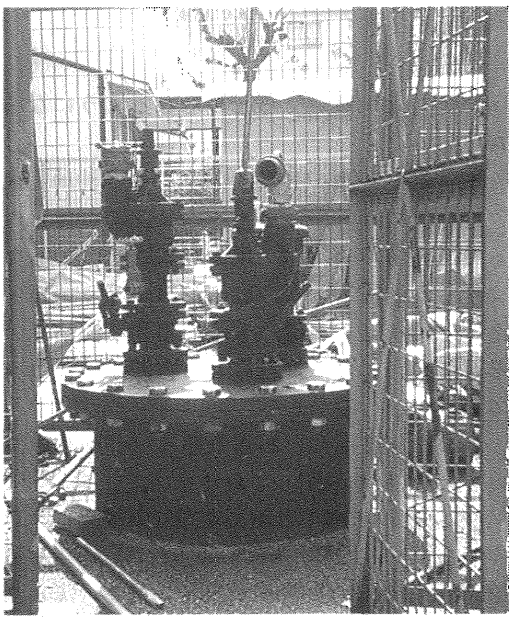
(iii)　平常時にも、繰り返し訓練を実施しているので、マニュアル通りの対応ができた。

(Ⅳ)　一般市民への給水も24時間対応することが可能であった。

④　貯水槽の取出口について

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

写真8　地上式の取出口
（尼崎市防災センター）



⑤　貯水槽の設置場所について

(i)　水質が年間365日を通じて、飲用に適することが保障されること。

・水道本管に直結されていることと、定期的な点検・清掃が行われること。

(ii)　避難指定場所は、水の運搬といった面から有効ではある。

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

⑥　その他

可搬形浄化装置について

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

5.　まとめ

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

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

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

技術レポート②

三陸はるか沖地震における S形ダクタイル鉄管の挙動について

八戸圏域水道企業団
工務部長　細越　勇

Technical Report

1．はじめに

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

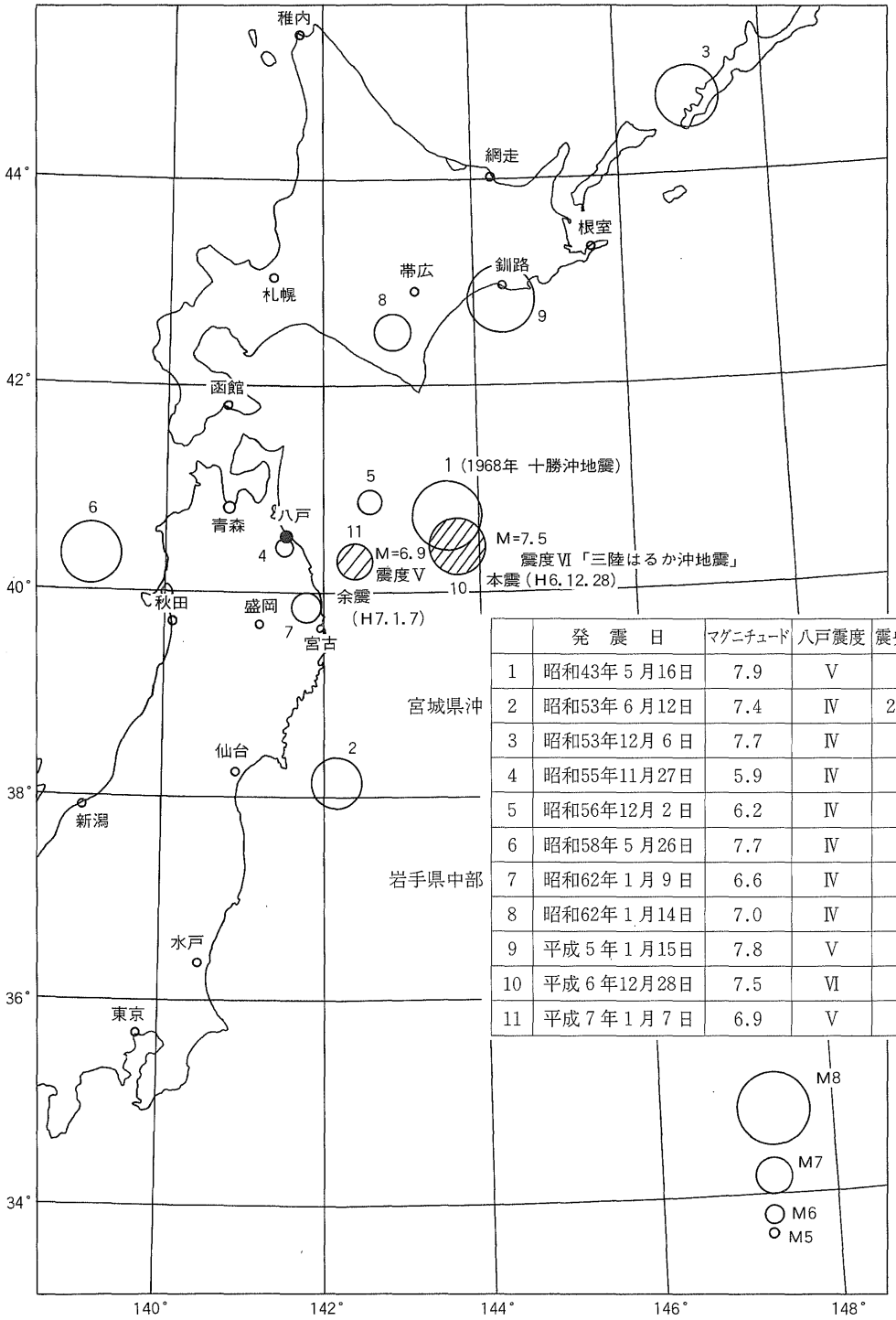
今回の三陸はるか沖地震を地震予知連絡会の特定部会では、プレート境界型と断定、「教科書のような地震だった」と評したように、北米プレートと太平洋プレートの境界、つまり日本海溝付近外側地震帯が地震の巣であって、プレートテクトニクス（海洋底拡大説）説がよくあてはまり、当地では約30年周期に大きな地震がくるといわれるようになった。

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

本論に入る前に、耐震管路ループ構想について図2により説明しておきたい。

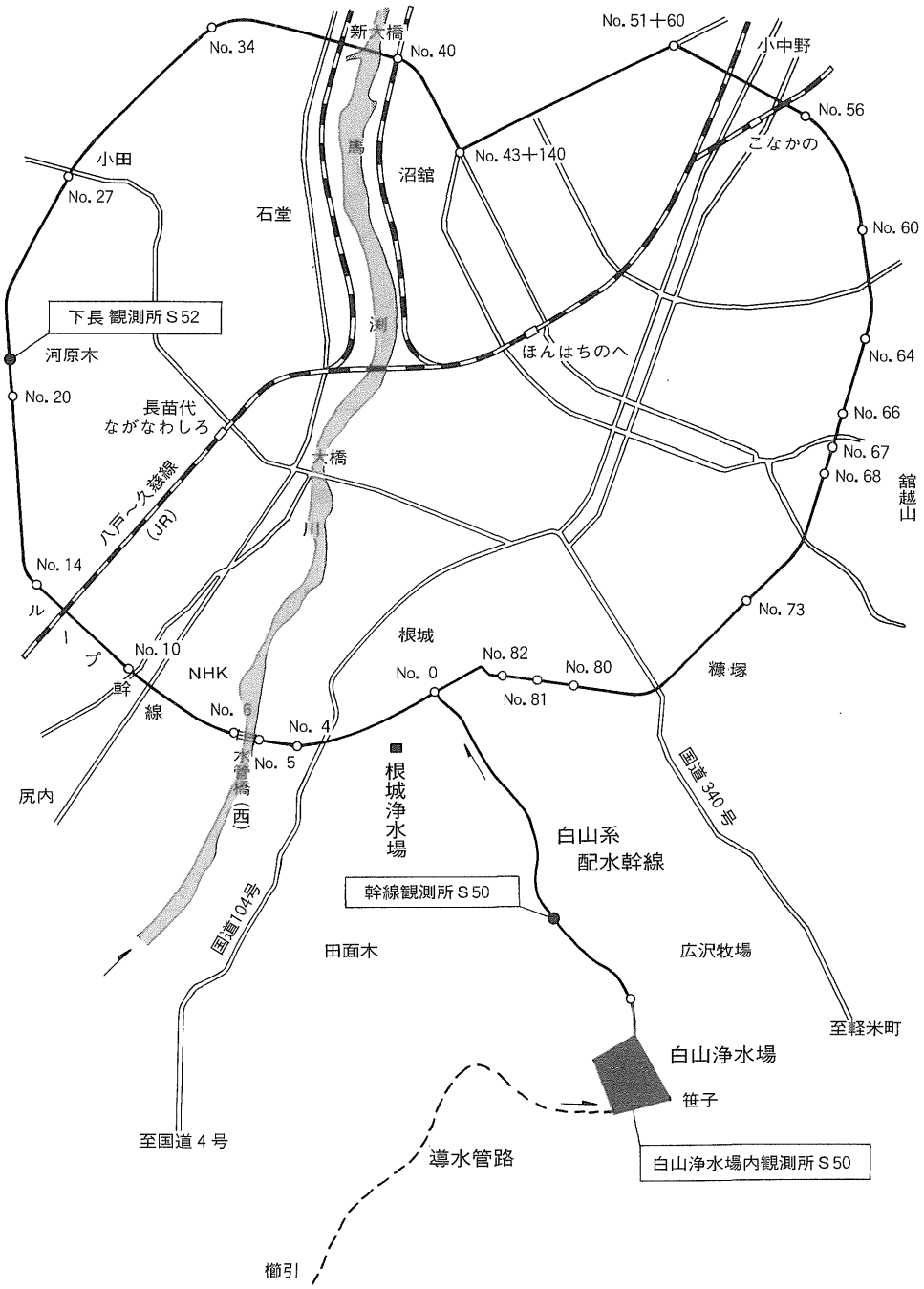
図2は八戸市都市計画循環道管路構想で、この形態をループ配水管路と称し、八戸市上水道第2期拡張事業（昭和47～58年）において、当時の管理者田辺一政氏の卓越した指導のもとに、ある企業と共同で調査検討のうえ実施した耐震管路である。この構想は、都市計画循環道路（延長約18km一部未完成）を利用する独特の

図1　震源位置　　八戸震度Ⅳ以上の記録



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

図2　八戸市都市計画循環道路配管構想図



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

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

2. 水道施設の被害

1.　地震の諸元

1.　本震の地震名：「平成6年（1994年）三陸はるか沖地震」

①　発生日時：平成6年12月28日21時19分20.9秒

②　震源位置：北緯40度27分、東経143度43分（八戸の東約200㎞）

③　震源深さ：ごく浅い（10～20㎞）

④　規　　模：マグニチュード7.5

⑤　八戸震度：Ⅵ

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

①　発生日時：平成7年1月7日7時37分

②　震源位置：北緯40度18分、東経142度24分（八戸の東北東約80㎞）

③　震源深さ：30㎞

④　規　　模：マグニチュード6.9

⑤　八戸震度：Ⅴ

3.　八戸気象台で観測された加速度と周期

表1

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

2.　被害の概要

1.　概　況

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

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

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

表2 本震（平成6年12月28日午後9時19分）

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

※TU:濁度

表3 余震（平成7年1月7日午前7時37分）

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

※TU:濁度

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

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

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

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

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

2. 水道管網の被害

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

図4に管路の現況および主要な管路網を示す。

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

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

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

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

図3　道路漏水箇所の分布

図4　耐震管路の現況

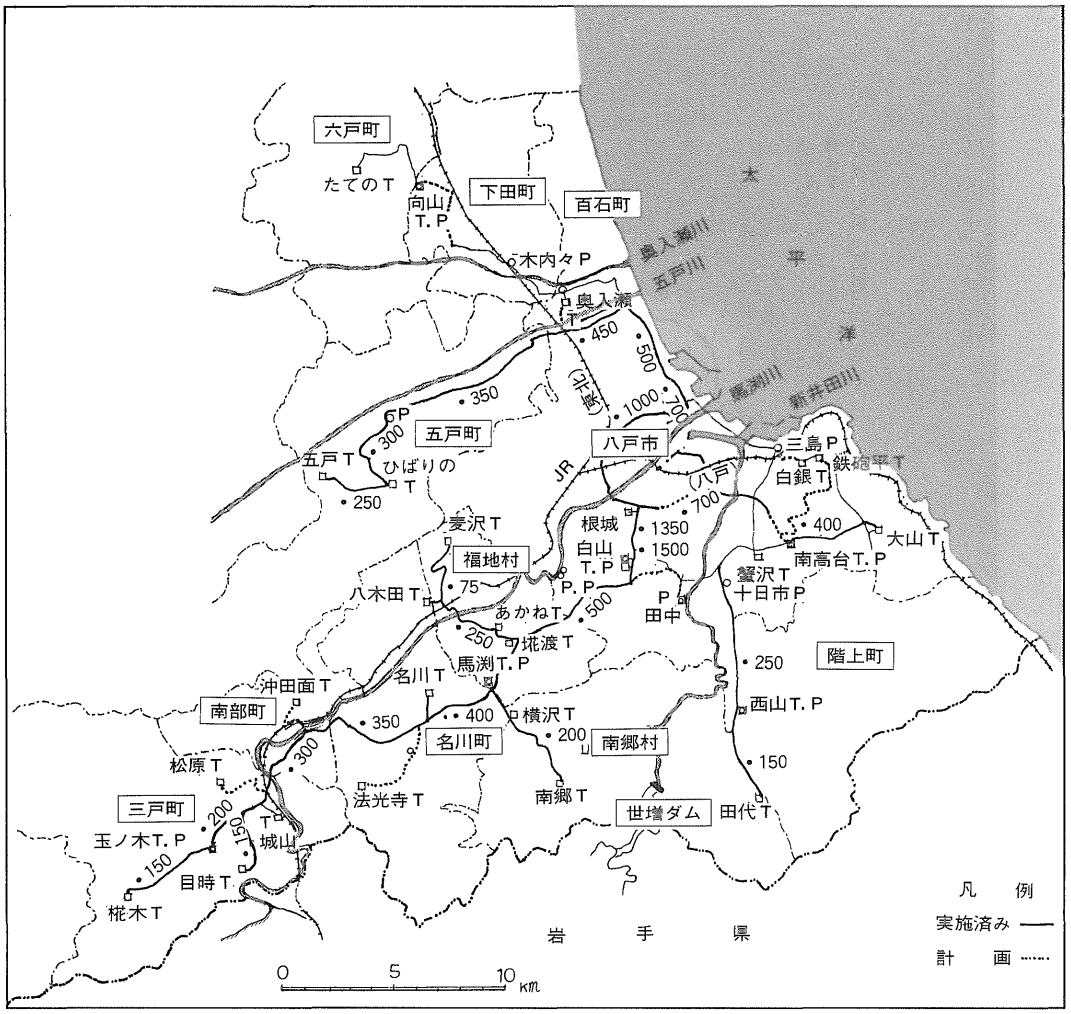


写真1　道路漏水による陥没
（吹上1丁目吹上小学校前）

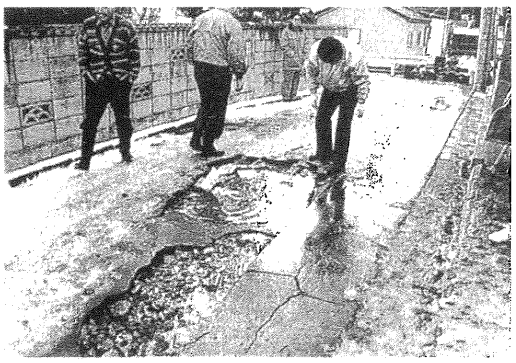


写真2　道路漏水による陥没（吹上1丁目）

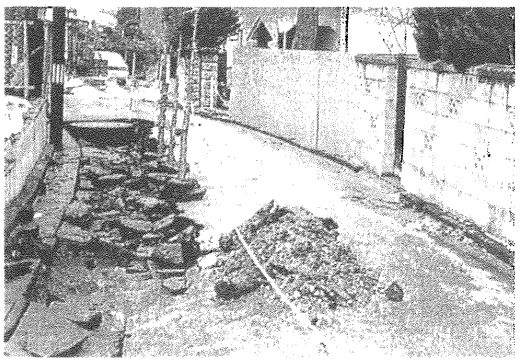


表4　導水、送水、配水管の管種別延長

※管路延長　呼び径75mm以上　（単位　km）

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

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

表5　耐震管路

●配水管　（単位　m）

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

●送水管　（単位　m）

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

（単位　m）

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

れる。写真8(1)～(3)は給水管の被害の典型例である。

3.　企業団で記録された埋設管の挙動観測結果

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

1.　観測装置および地盤

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

表6 管種別被害状況集計表

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

写真3　道路漏水
（吹上1丁目南部タウン付近）

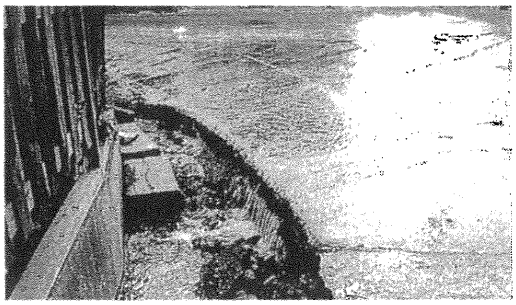


写真4　橋梁添架水道管の湾曲と漏水
（国道104号線大橋　φ350鋼管）

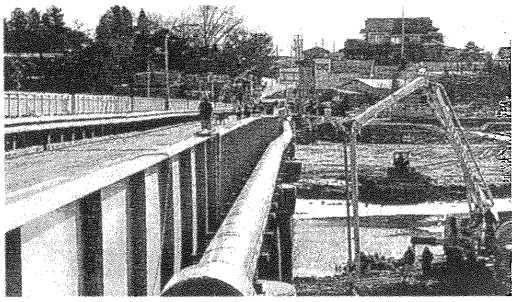


写真5（1）　配水本管印ろう継手からの漏水
（吹上1丁目みちのく銀行前、φ400CIP）
本管の老朽管の漏水はこの例が多い

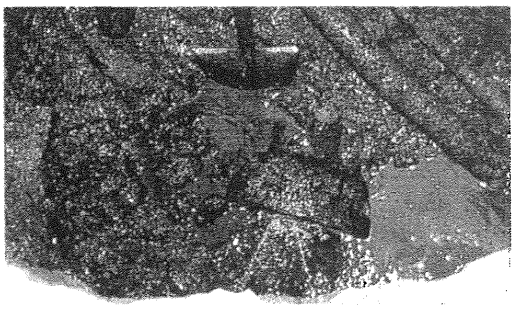


写真5（2）　復旧作業の様子

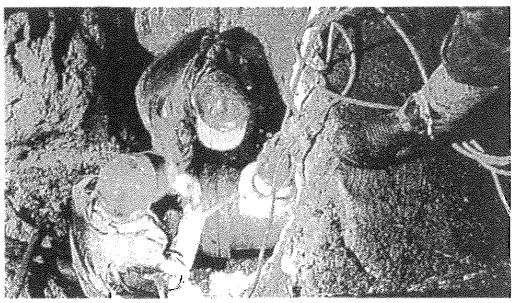


写真5（3）　漏水防止金具をかぶせて修理

写真5（4）　修理完成

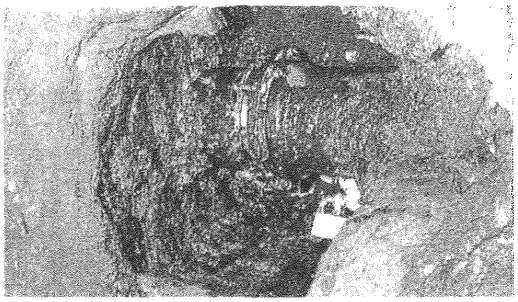


写真6（1）　配水本管の特殊な被害
（尻内町笹ノ沢、DIP—K形）

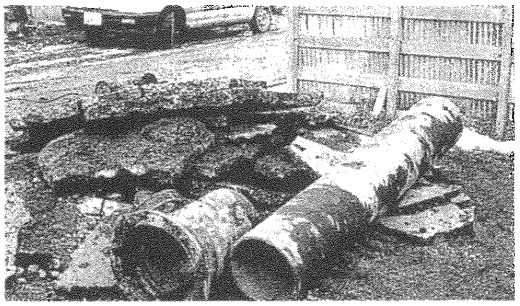


写真6（2）　漏水によるジェット状の水に土砂が混じって噴射し、管体外部から穴をあけたものと推定される。埋設後2年くらい

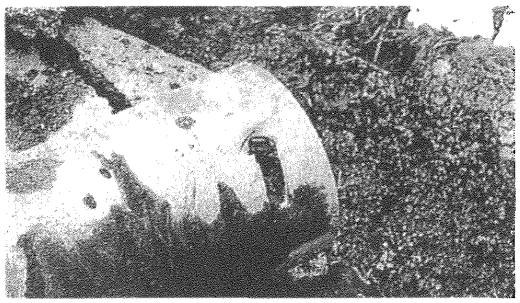


写真6（3）　修理完成

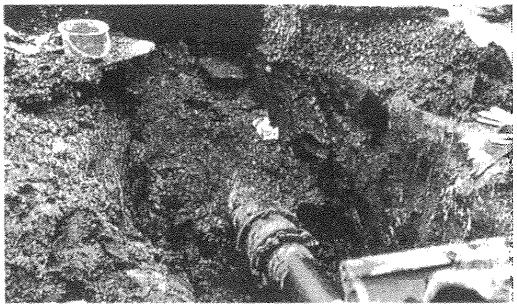


写真7　配水枝管の継手部分の折損
（硬質塩化ビニル管）
もっとも多く見られた例である
（漏水件数の約70%）

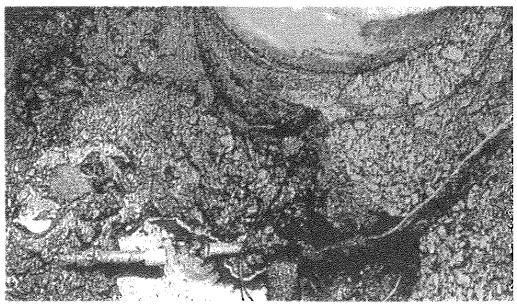


写真8（1）　分水栓以降の給水管のビニル
継手部分折損（堤端ヤマハビル前）

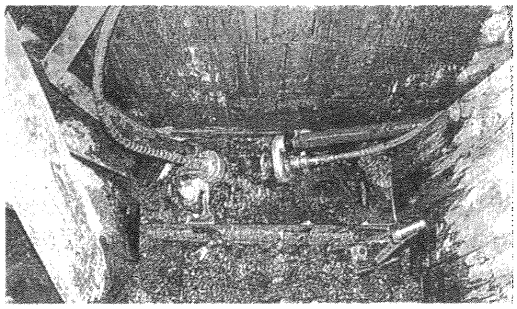


写真8（2）　復旧作業の状況

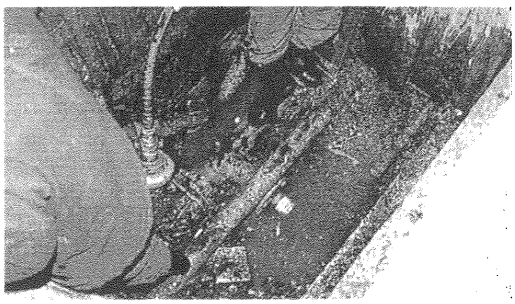


写真8（3）　折損箇所の状況

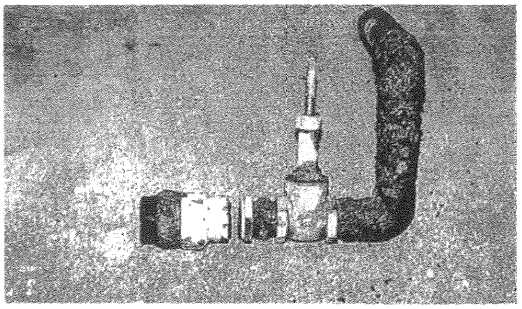


写真9　ループ耐震管路上からの応急給水車
への補給（下長、φ1000）

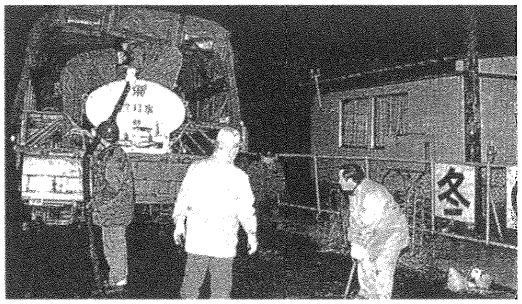


写真10　運搬給水の状況（湊小学校）
陸上自衛隊からの応援も得た

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

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

2. 記録波形

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

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

表7に、これらの結果をまとめて釧路沖地震と比較して示す。

表7　1993年釧路沖地震との比較（下長観測所）

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

3. 地盤歪みについて

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

$\varepsilon=8.81\times v^{1.07}\times10^{-6}$（$v\geqq1$cm／s、相関係数＝0.94）……（1）

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

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

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

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

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

4. あとがき

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

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

図5 下長観測所

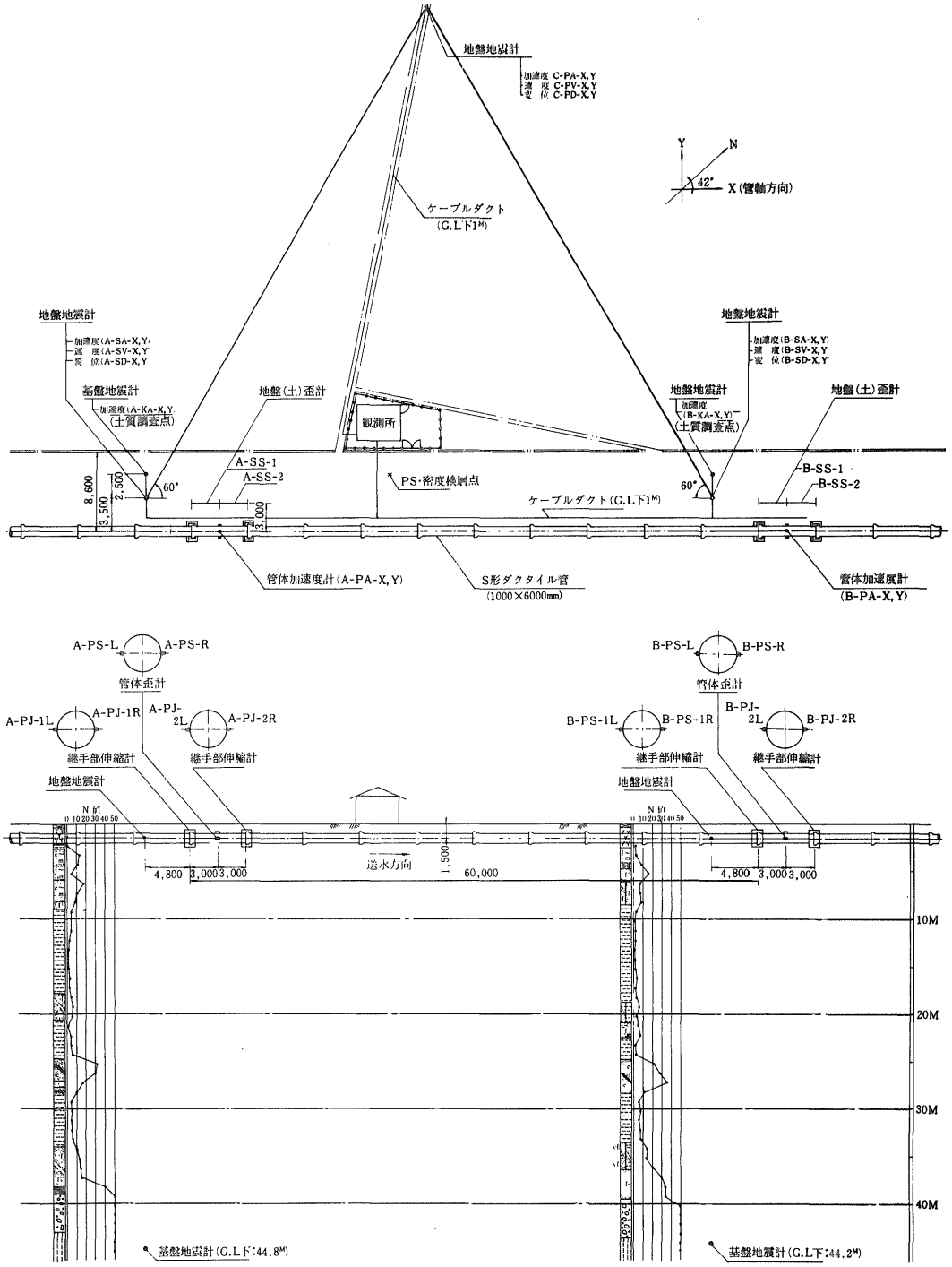

地盤地震計
加速度 C-PA-X, Y
速 度 C-PV-X, Y
変 位 C-PD-X, Y
Y
N
42°
X(管軸方向)
ケーブルダクト
(G.L下1M)
地盤地震計
加速度(A-SA-X, Y)
速 度(A-SV-X, Y)
変 位(A-SD-X, Y)
基盤地震計
加速度(A-KA-X, Y)
(土質調査点)
地盤(土)歪計
観測所
A-SS-1
A-SS-2
PS・密度検層点
ケーブルダクト(G.L下1M)
8,600
2,500
3,500
2,000
60°
地盤地震計
加速度(B-SA-X, Y)
速 度(B-SV-X, Y)
変 位(B-SD-X, Y)
地盤地震計
加速度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

図6　三陸はるか沖地震記録波形（本震：抜粋）

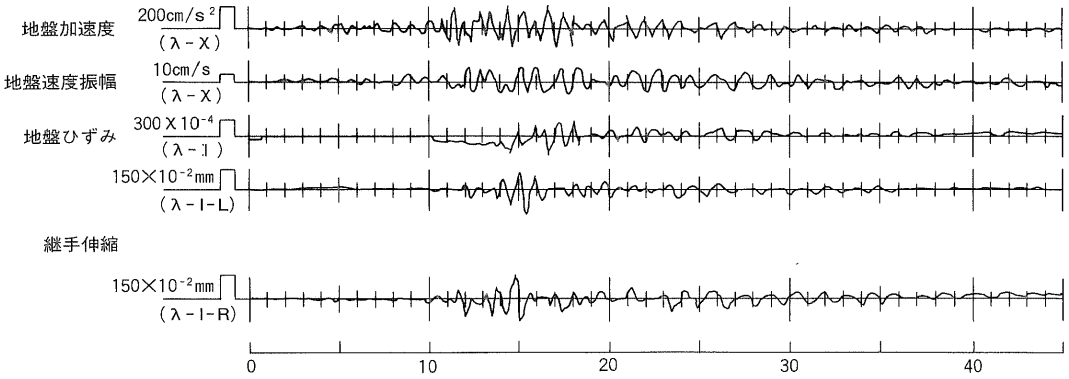


図7　三陸はるか沖地震記録波形（余震：抜粋）

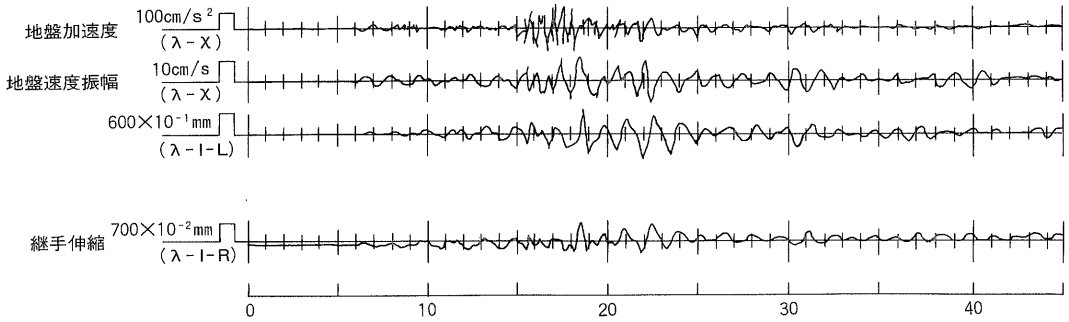


図8　地盤加速度のフーリエスペクトル（本震）

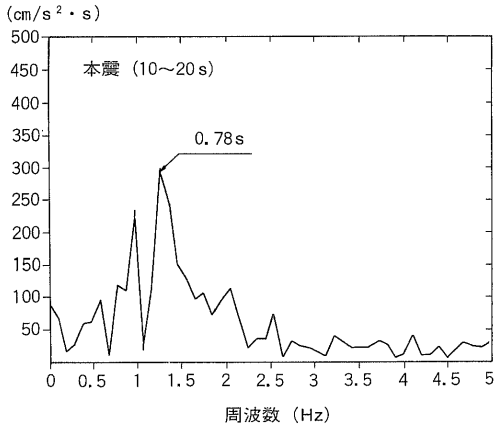


図9　地盤加速度のフーリエスペクトル（余震）

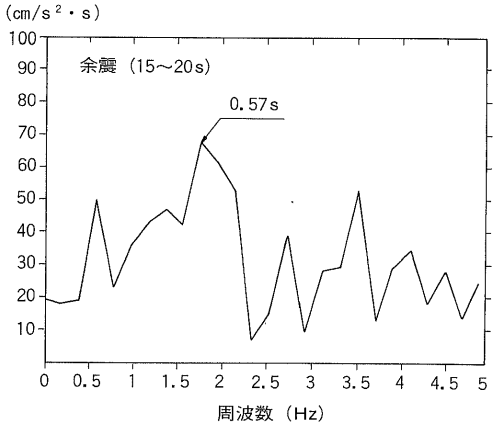


図10　最大地盤歪みと
最大地盤速度振幅の関係

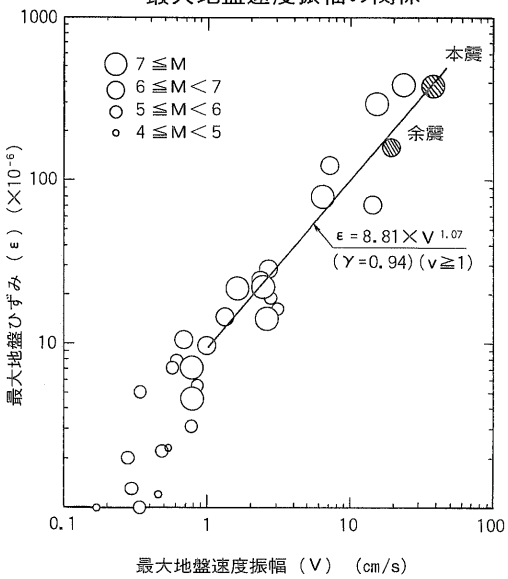


図12　最大地盤歪み（ε）と震央距離（△）
マグニチュードの関係

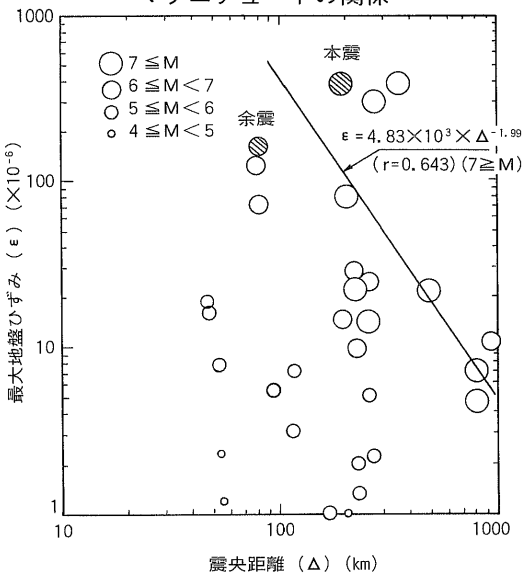
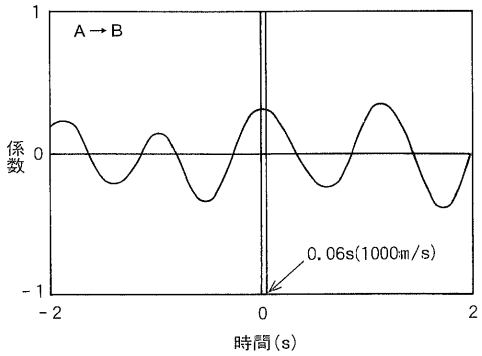


図11　地震波の伝播速度の分析結果（本震）
（相互相関法、地盤速度振幅、A→B）



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

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

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

技術レポート③

河川横断部における GSS形ダクタイル推進管の施工事例（呼び径400㎜）

長岡市土木部下水道工事課
技師　中川信行

Technical Report

1. はじめに

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

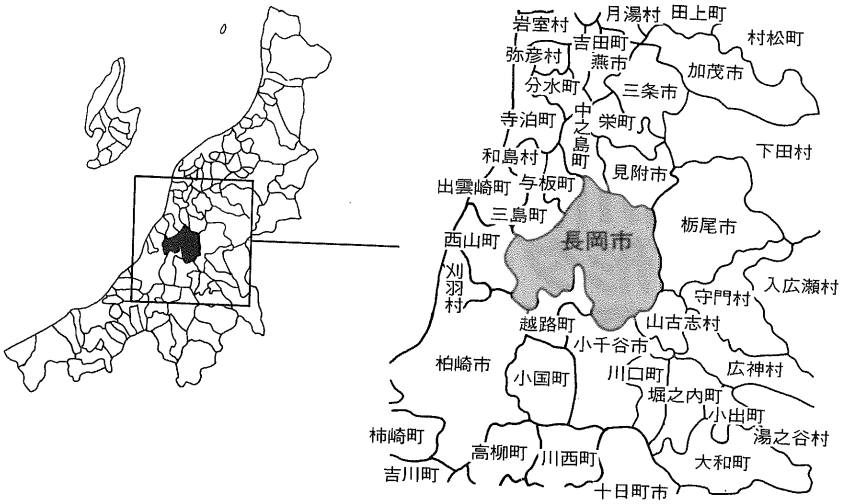
また、本市のまん中には日本一の信濃川が悠々と流れており、毎年この河川敷で行われる大花火大会は、夏の風物詩となっている。

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

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

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

図1　長岡市の位置



2. 下水道事業の沿革

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

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

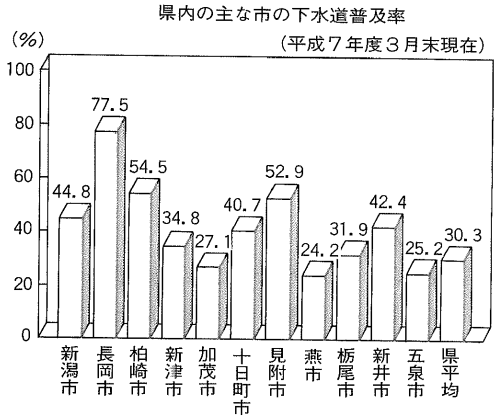
川西地区（市街化区域）では、県の流域下水道にあわせて面的な下水道整備を進め、昭和60年7月に処理を開始した。

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

3. 工事概要

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

表1　長岡市の下水道普及率



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

図2　位置図

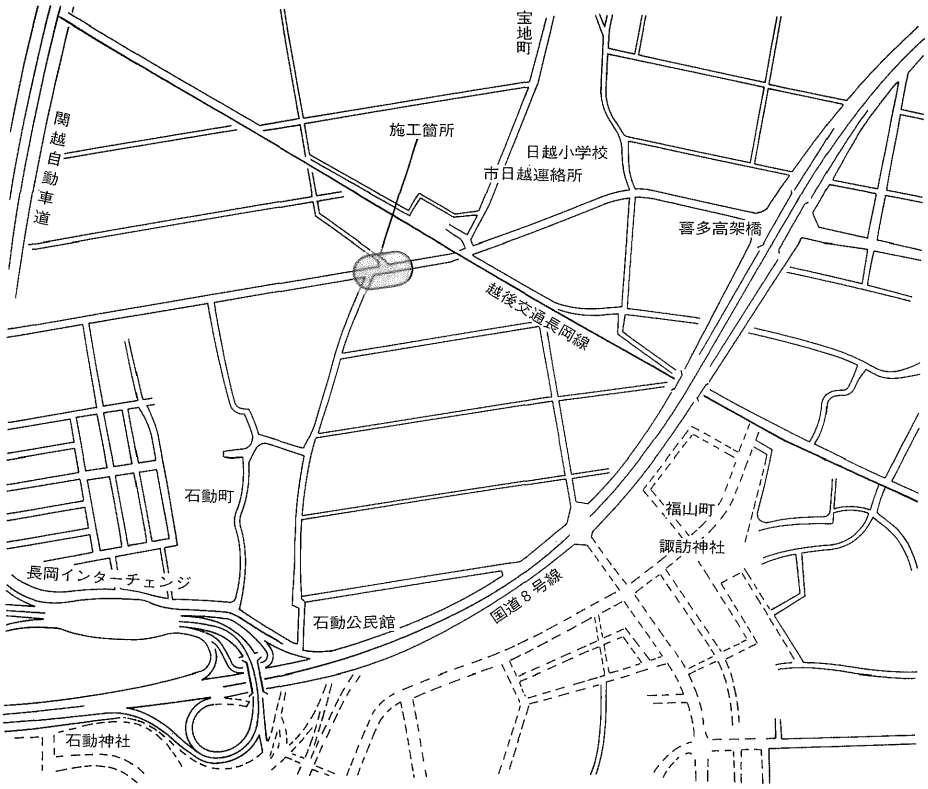
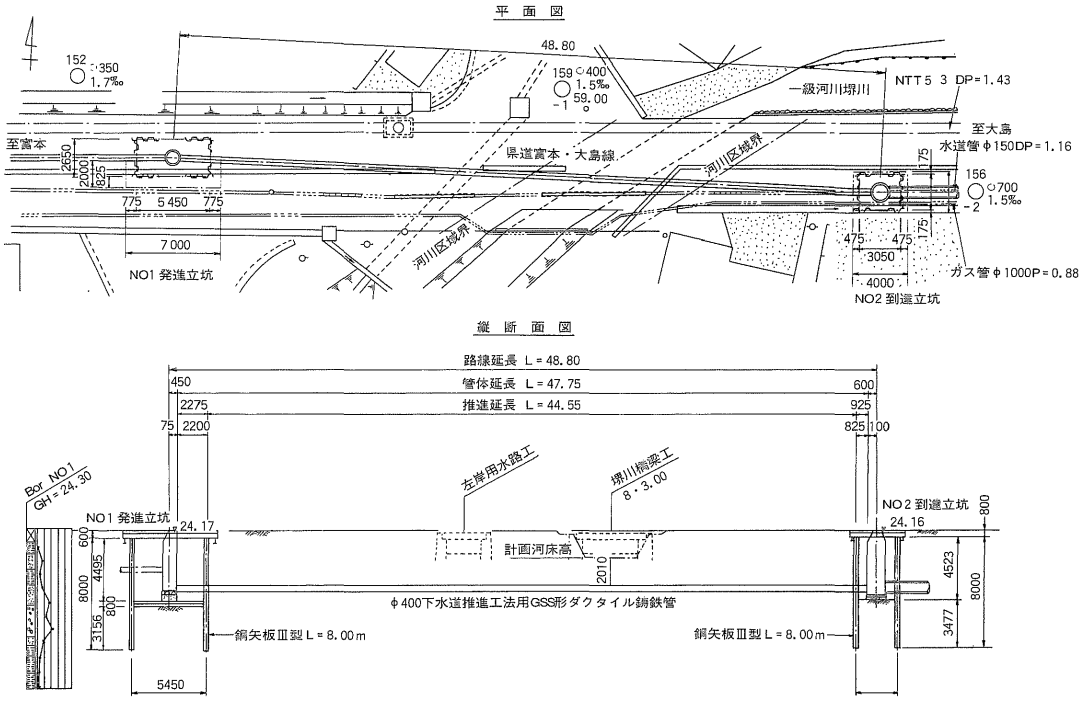


図3　堺川下越し部詳細図

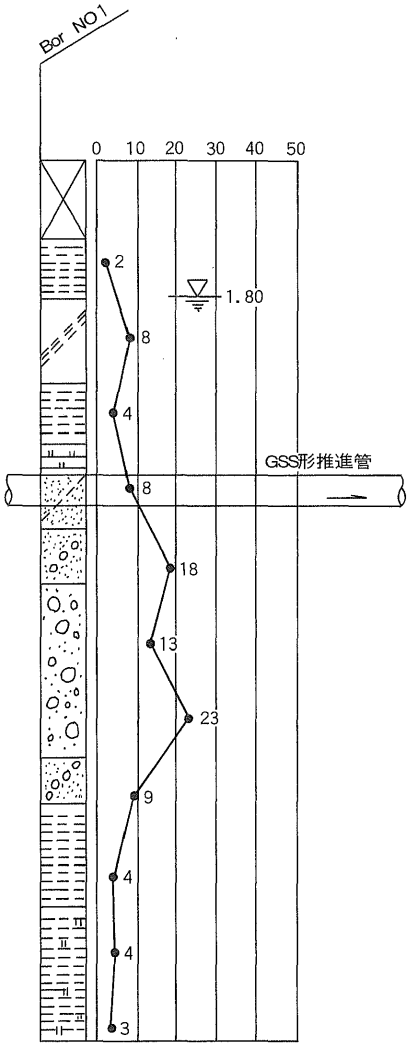


4. 推進工法の検討

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

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

図4　土質柱状図



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

5. GSS形ダクタイル推進管の採用理由

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

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

② 内圧、外圧に対して優れた水密性を有しているもの。

③ 管本体の継手部分が伸縮し、屈曲するもの。

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

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

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

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

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

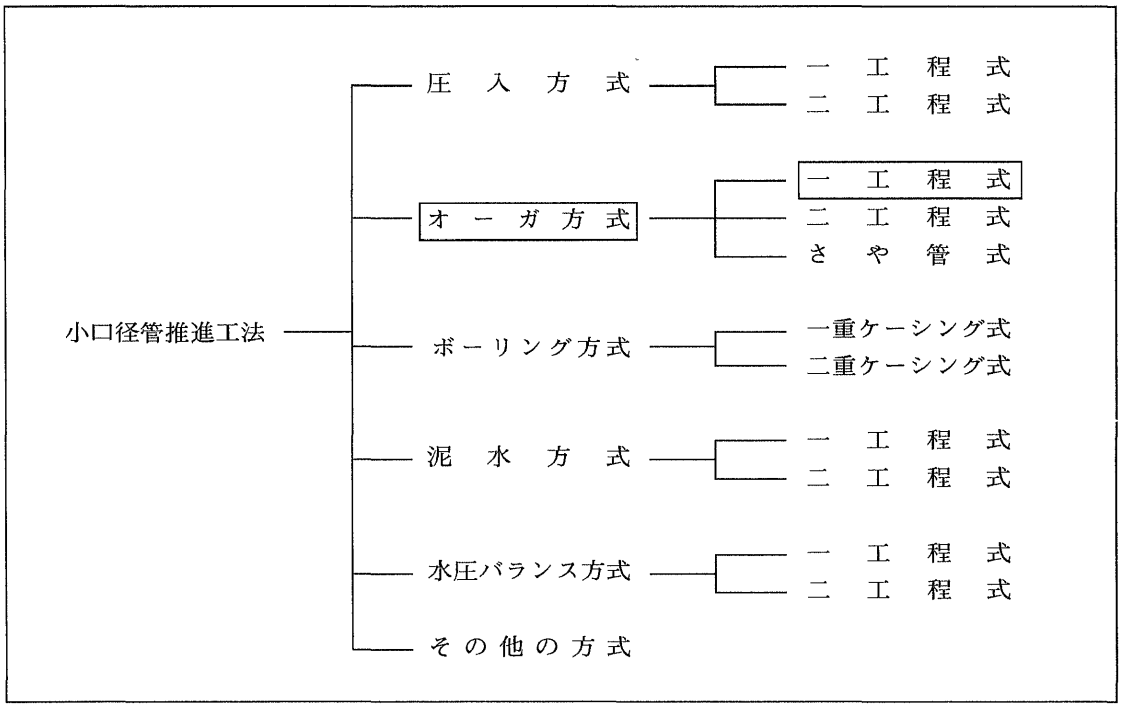
（参考）GSS形の採用実績

・東京臨海副都心建設㈱

呼　び　径：300～1000mm

総推進延長：3,720m

表2　主な工法の分類



総スパン数：80スパン

・茨城県霞ケ浦流域下水道事務所

呼　び　径：600mm

推進延長：68m

河川横断箇所に採用

6.使用管種について

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

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

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

(4) 呼び径：400mm

(5) 管外径：470mm

(6) 管　長：2,435㎜（標準管）

(7) 許容耐荷力：1,900kN

(8) 許容伸縮量：24.5mm

(9) 許容離脱阻止力：675kN

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

図5　GSS形ダクタイル推進管の継手構造

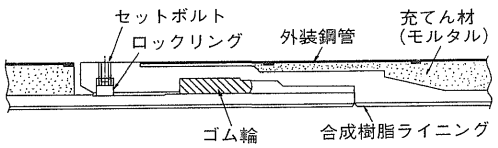


表3　河川横断管種の比較表

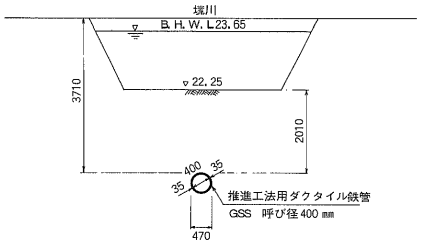
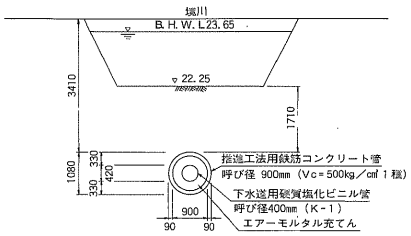
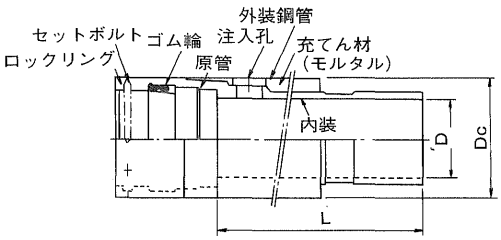
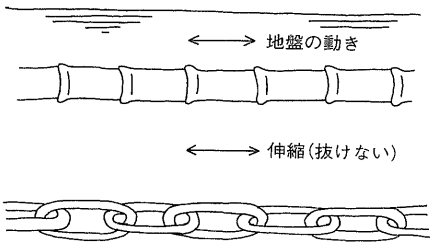
	第1案：推進工法用ダクタイル鋳鉄管（φ400自然流下用）		第2案：推進工法用鉄筋コンクリート管（φ900）＋塩ビφ400		備　考
略　図	 ※発進・到達立坑を設置し、推進工法により塩設管を築造する方法である。 ※管延長　約51m		 ※発進・到達立坑を設置し、推進工法により塩設管を築造する方法である。 ※管延長　約51m （最小部材厚30cmを確保）		
計画河床からのクリアランス	2.01m　…　OK		1.71m　…　out		2.0m以上必要
水密性	内圧、外圧に対して優れた水密性を有し、侵入水や漏水の心配がない。(約2kgf／cm²の水圧まで水密性を有する)	◎	ゴム輪の圧縮量が小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

図6　管の主な寸法



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

図7　管の継手性能



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

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

7. 推進工事実績（No.1～No.2）

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

8. おわりに

(1) 施工結果について

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

② 推進精度に関しても、まったく問題がなかった。

(2) 今後の課題について

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

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

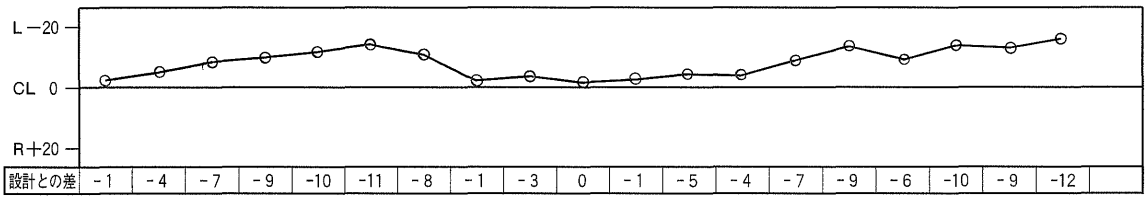
② マンホールとの接続部において、寸法調整のため管を切断した際に、外装鋼管の切断粉がマンホールに付着してしまい、なかなかそれが取れなかった。コンクリート系の管材と違い、鉄系の管材であるので相応の配慮が必要であると思った。

図8　推進工出来形管理図表
工事名　公下補西第18号公共下水道工事

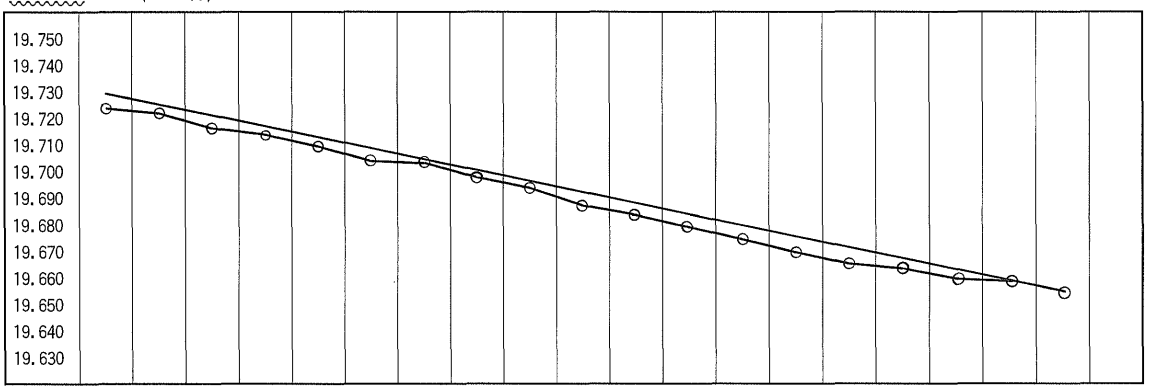
NO, 1～NO, 2	
呼び径	φ 400mm
管　種	ダクタイル鉄管

設計値 ———
実測値 ○———○

センター

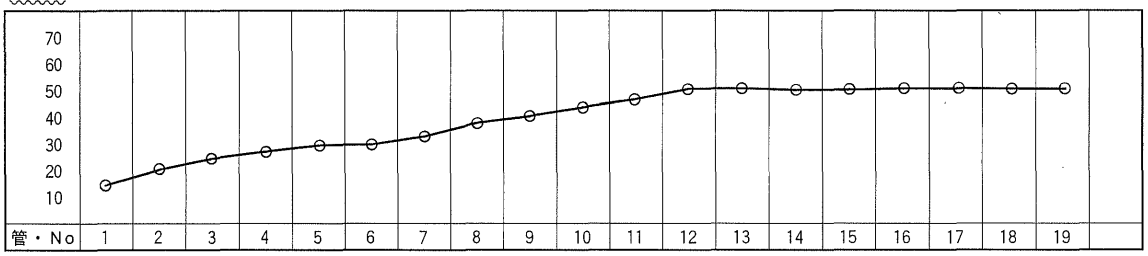


レベル　(−1.5%)



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

推力



(3) 感　想

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

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

写真1　推進機械（オーガ方式）

写真2　オーガスクリューとケーシング

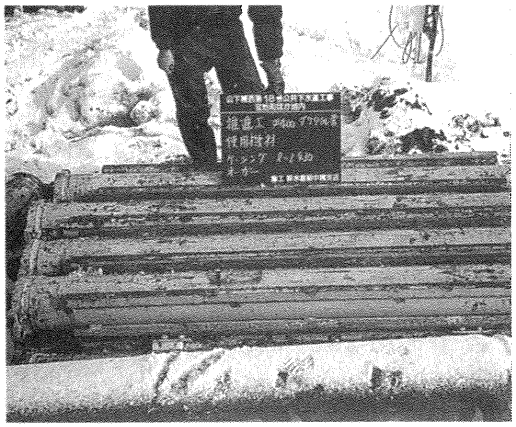


写真3　GSS形　標準管

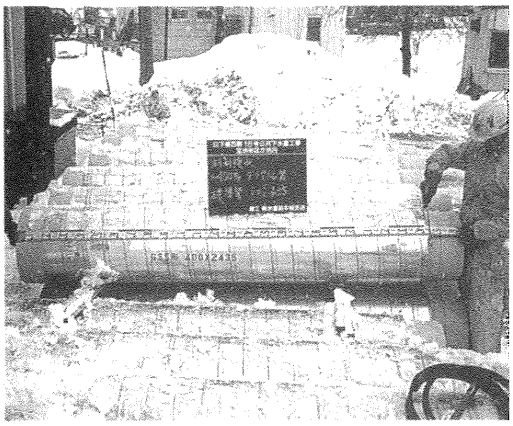


写真4　GSS形　先頭管

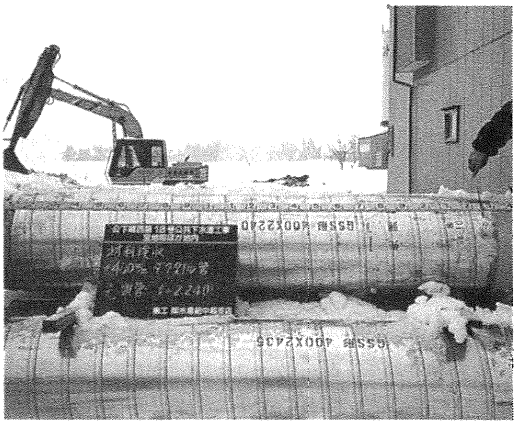


写真5　ロックリング拡大器とゴム輪位置確認

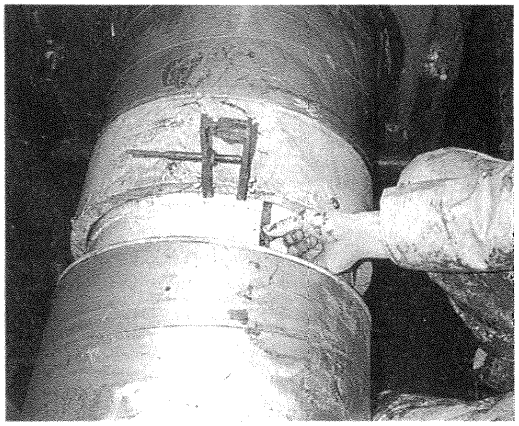


写真6　六角レンチによるセットボルトの締め付け

写真7　推進作業状況

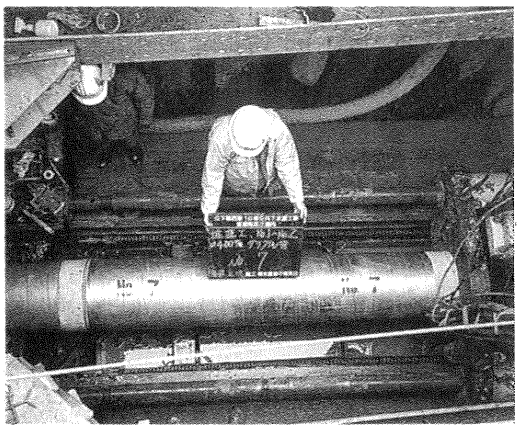


写真8　推進作業状況

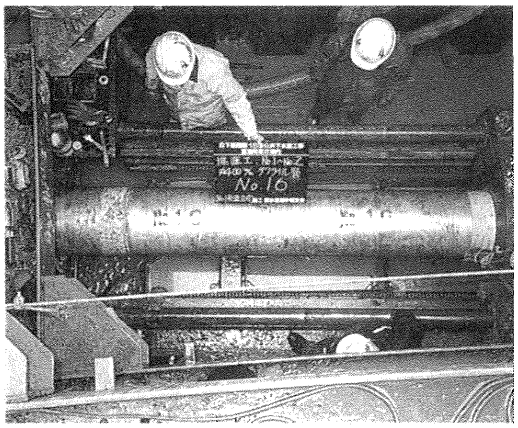
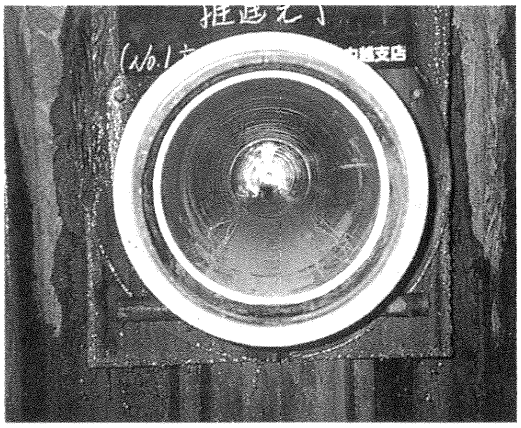


写真9　管接合状況

写真10　推進完了状況



技術レポート④

宮崎県佐土原町浄化センター放流渠の施工報告

日本下水道事業団大阪支社
九州南部工事事務所
専門役　押領司重昭

Technical Report

1. はじめに

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

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

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

2. 佐土原町の概要

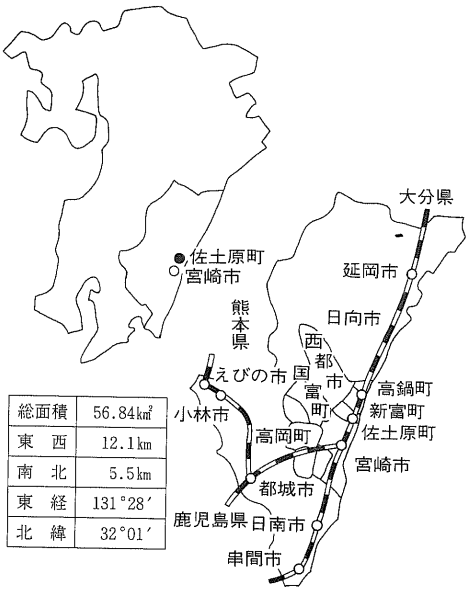
本町は、宮崎県の中央部海岸沿いに位置し、総面積56.84km²、東西12.1km、南北5.5kmの長方形の地勢で、その中を2つの河川が流下し、海岸沿い一帯は平坦な平地が開け、中央部および西部は、標高60～106mの丘陵山系で台地を形成する傾斜地に山林が存在する。（図1参照）

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

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

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

図1　佐土原町位置図



3. 下水道事業の概要

1.　公共下水道事業計画の概要

本町の公共下水道事業計画の概要を表1に示す。

2.　佐土原町浄化センターの概要

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

なお、施設配置図を図2に、第1期の完成状況を写真1にそれぞれ示す。

4. 放流渠施工について

1.　放流渠の概要

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

表1　佐土原町公共下水道事業計画概要表

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

2.　放流渠の構造

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

図2　施設配置図

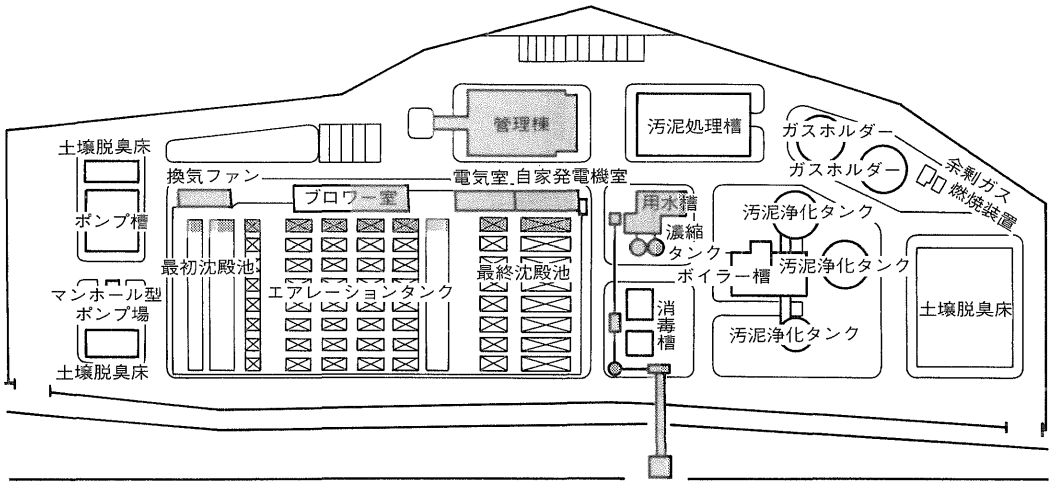


写真1　第1期施設完成写真

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

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

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

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

3.　放流渠（推進工法区間）の施工

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

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

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

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

●施工方法の検討

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

本工事では、表2の検討結果より泥水推進工

図3　放流渠縦断面図

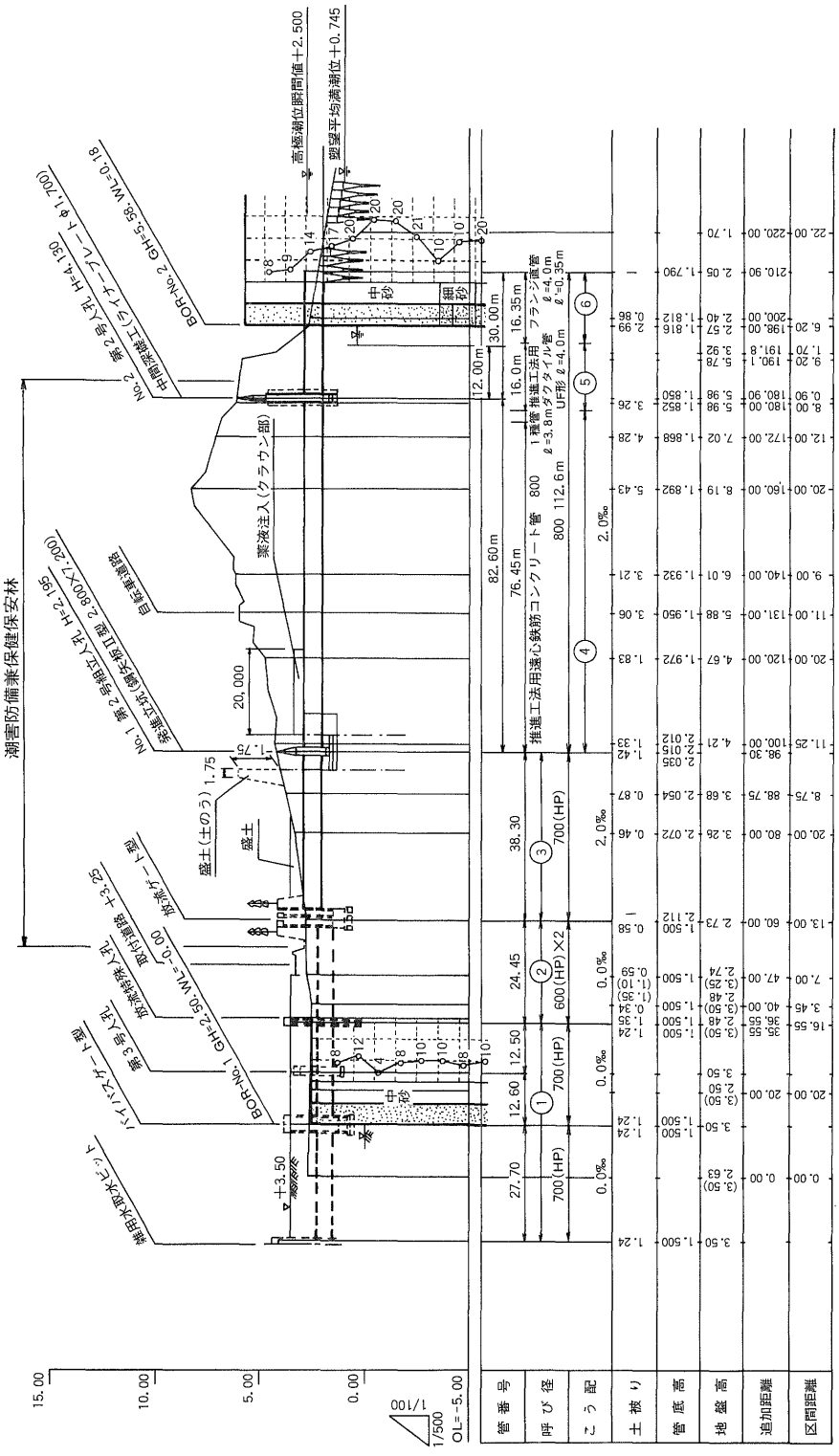
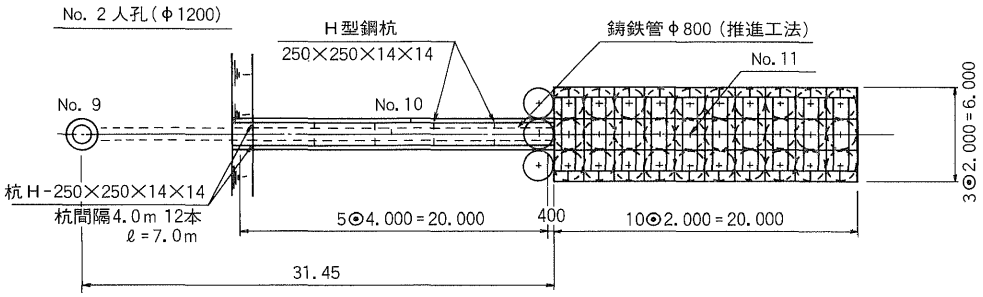

潮害防備兼保健保安林
高極潮位瞬間値＋2.500
満潮平均満潮位＋0.745
BOR-No.2 GH=5.58 WL=0.18
No.2 第2号 入孔 H=4.130
中間深度工(ケイソン工 φ1.700)
薬液注入(クラウン部)
自然堤防
No.1 第2号 入孔 H=2.195
薬液注入(鋼矢板工法 2.800×1.200)
盛土(土のう) 1.75
盛土
BOR-No.1 GH=2.50 WL=-0.00
水深ケーソン
既存土留堤 土3.25
第3号 入孔
水深深度入孔
インバイトケーソン
農用水路水門
中砂
細砂
推進工法用遠心鉄筋コンクリート管 800 112.6m
1種管 推進工法用 ℓ=3.8m ダクタイル管
フランジ直管 ℓ=4.0m
UF形 ℓ=4.0m ℓ=0.35m
700(HP)
600(HP)×2
2.0‰
0.0‰
82.60m
76.45m
30.00m
16.35m
16.0m
12.00m
38.30
24.45
12.60
12.50
27.70
20,000
+3.50
15.00
10.00
5.00
0.00
1/100
1/500
OL=-5.00
管番号
呼び径
こう配
土被り
管底高
地盤高
追加距離
区間距離

表2　各工法の比較検討一覧表

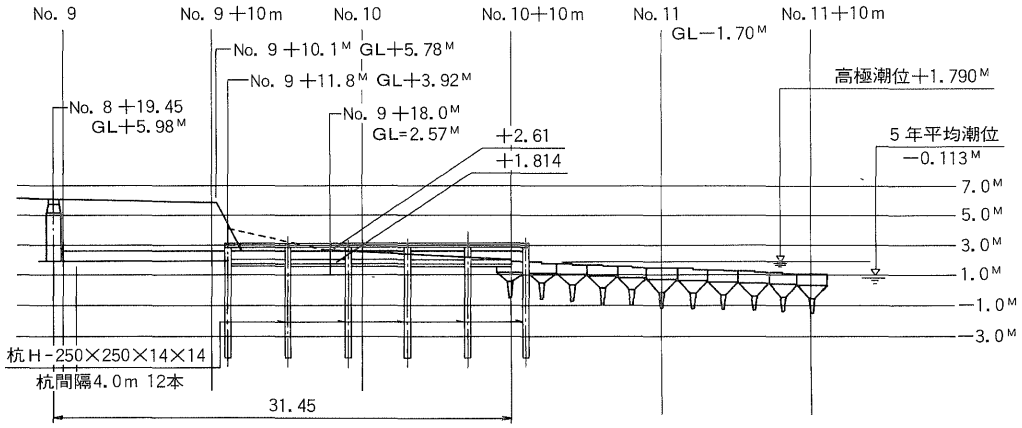
		泥水推進工法	刃口推進工法＋補助薬注 （薬液注入工割増）	刃口推進工法＋補助薬注 （路線部立木伐採）	超泥水推進工法
工法の概要		・泥水式推進機で切刃の安定を保たせながら、管を推進施工する。	・クラウン部の薬液注入工において、保安林の立木が障害になり、薬液注入が不十分になる箇所は改良厚・幅の割増を行う。	・推進路線上に生息する立木を幅3～4ｍ伐採し、仮設道路および足場を設けクラウン部の薬液注入工を施工する。	・超泥水推進機で切刃の安定を保たせながら、管を推進施工する。
各工法の本工事への適用性	利　点	・立木の伐採や薬液注入などの補助工法を用いる必要がない。	・地下に雑木などの障害物が存在し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

図4　吐口部構造図

平面図



縦断面図



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

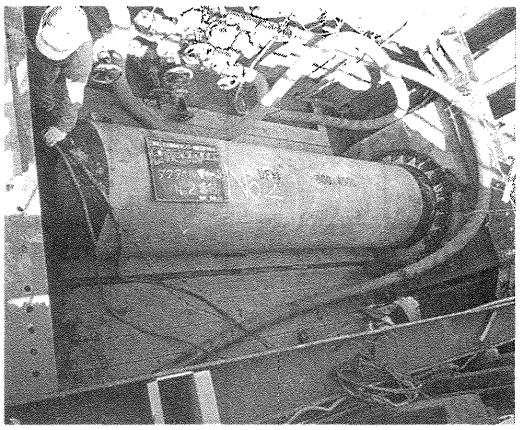
地下障害物に関しては、埋木および保安林の松の根について懸念されたが、開削部分③の施工状況から埋木はなく、松の根も比較的浅いことが確認された。

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

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

泥水推進工の施工状況を写真2に示す。

写真2　泥水推進工の施工状況



5. まとめ

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

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

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1994年	No.58	液状化対策としてのS形ダクタイル鉄管	千葉県水道局 技術部建設課　主査 武田　祐幸 千葉南配水工事事務所　副主査 田中　浩二	千葉市の南部地区の開発事業が進み、今後多くの水需要が見込まれている。本論では、今回の工事区間が砂質堆積物を主体とする位置でもあり、地震が起きると液状化になる可能性が高い地域であるため、継手が伸縮可とう性を有するS形ダクタイル鉄管が採用され、順調に工事が進捗した、と述べている。
		ボルトレスU形推進工法用ダクタイル鉄管による呼び径1800mm泥水カーブ推進工事について	名古屋市水道局 建設部 建設課工務係 馬渕　幸男 建設工事事務所工事第一係 伊東　新治	本誌第55号に同テーマで報告されているが、今回は単曲線を挿入した線形を持つカーブ推進工事ついて報告されている。工事は建設中の春日井送水幹線の始点にあたる所で、超泥水加圧推進工法を採用し、坑口からの泥水や滑材の漏れ、穴に礫などが挟まって推力の上昇を低減するためにボルトレスＵ形推進工法用ダクタイル鉄管が採用された。本論では、4m管を使用するということで懸念された問題点があったが、それについても問題なく施工できた、と述べている。
		甲南町における老朽管の更新事業について	滋賀県甲南町 産業建設部 水道課長　山本　益男 課長補佐　渡辺　久雄	甲南町では、管路の構成は石綿セメント管が主流で、昭和50年頃まで使用していた。しかし、59年頃から“管体の折れ”、“継手部のゴム輪の飛び出し”といった事故が顕著に現われ出した。時期的に人口増による水道施設全般の見直しを行い、将来計画を立案していたときでもあったため、ダクタイル鉄管への管路更新事業をスタートさせた。本論では、昭和60年度よりスタートさせた更新事業は進捗率約82%で、目標通り平成12年度末で石綿セメント管をゼロとするよう気を引き締めて、更新事業に対処している、と述べている。
		橋梁添架の老朽管を呼び径300mmダクタイル鉄管に取り替え	敦賀市 水道部　上水道課課長 池田　良二郎	敦賀市内の松原橋に添架している配水管が老朽化したため、同口径のダクタイル鉄管に取り替えたが諸準備したことによって、作業性、安全性、経済性からみて効果的な作業であったし、断水時間も当初の8時間30分が4時間も短縮できたのは、取り替えを各径間ごとに3回に分けて行った結果である、と述べている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1994年	No.58	1995年兵庫県南部地震での地盤変状(埋立地)および水道管路被害状況調査概要＜速報＞	日本ダクタイル鉄管協会 技術委員会 兵庫県南部地震調査部会	平成7年1月17日午前5時46分に発生した兵庫県南部地震は、マグニチュード7.2、大都会での直下型大地震であった。協会の調査部会で地盤の変状を調べたが、神戸市のポートアイランド・六甲アイランドでは液状化現象が発生し、地盤沈下や亀裂が見られた。そのほか深江浜や芦屋市の芦屋浜でも同様な現象が見られたと報告している。また、水道管路被害状況であるが、液状化地盤や軟弱地盤、造成地などで被害が見られたが、S形、SⅡ形の耐震継手は、そういった場所に布設されていたが、問題は発生しておらず、その有効性が実証された、と本論では述べている。

ダクタイル鉄管第58号

平成7年5月

Technical Report 1

技術レポート

液状化対策としての S形ダクタイル鉄管

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

1.はじめに

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

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

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

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

2.地質の状況

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

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

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

3.液状化の検討

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

図1　位置図

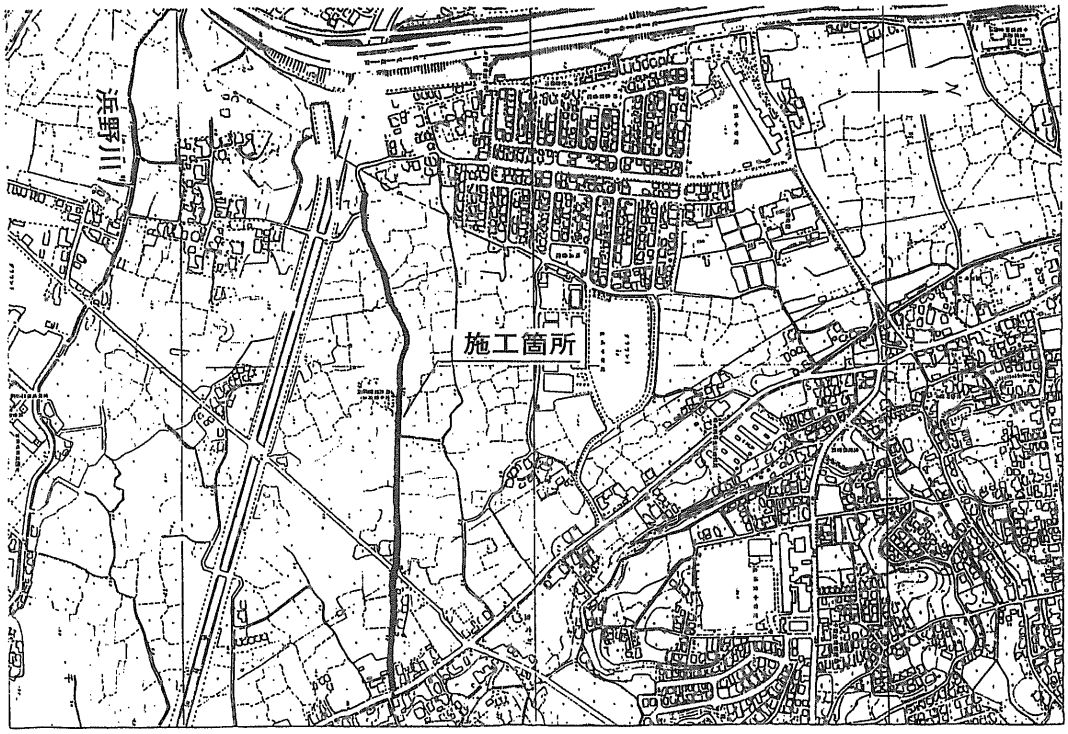


図2　五井～千葉線系統図

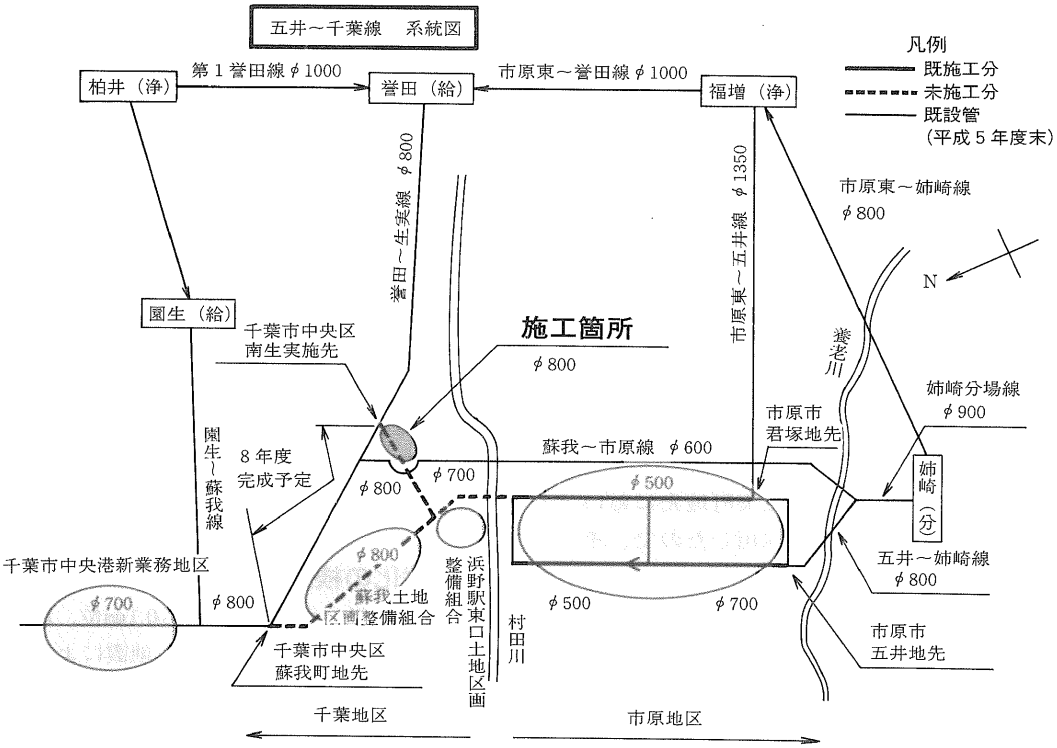


図3　ボーリング位置図

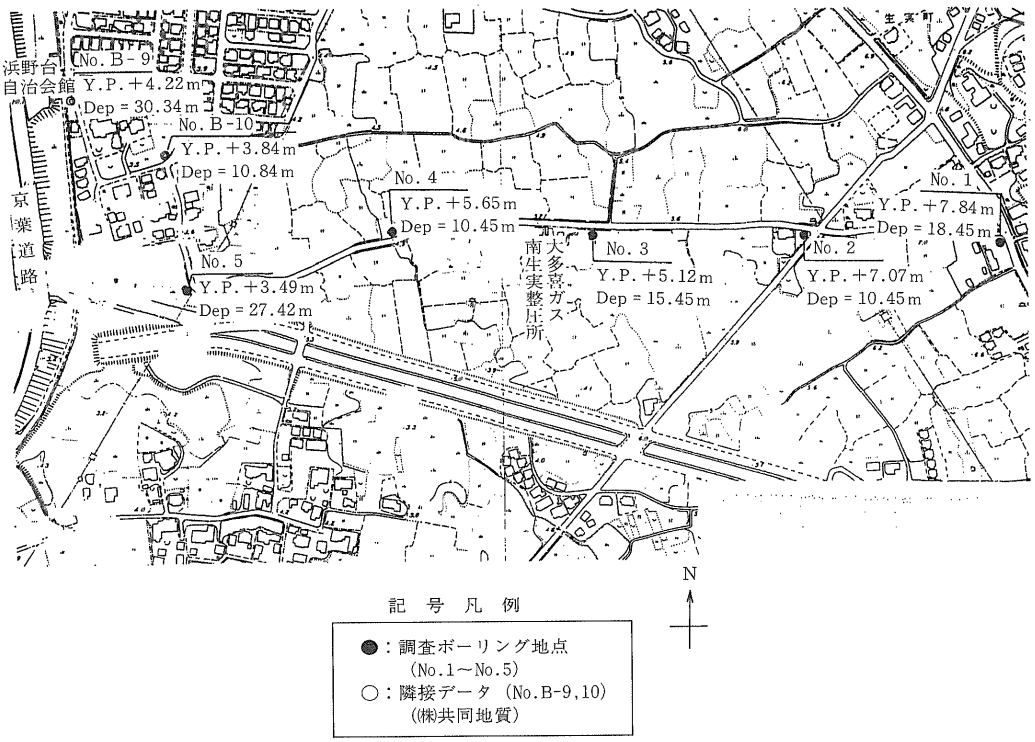
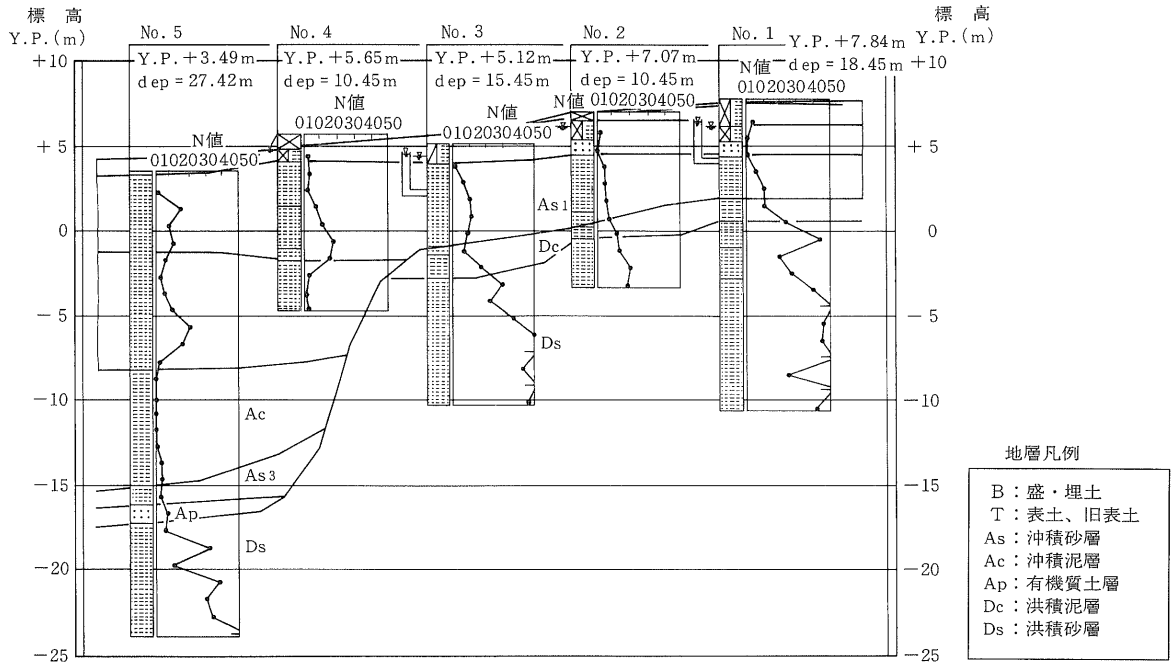


図4　液状化危険層想定図



化が起きる可能性が高い地域である。

液状化の検討は、「道路橋示方書・同解説」V.耐震設計編により行った。

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

設計水平震度は　Ks＝Cz×Cg×Ci×Kso＝0.18

地域別補正係数　Cz＝1

地盤別補正係数　Cg＝1.2(Ⅲ種地盤)

重要度別補正係数　Ci＝1

検討の結果を次に示す。

1)　ケース1　hw＝1.70m（孔内水位）

地震により液状化する可能性の高い層

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

N値　：標準貫入試験から得られるN値

σv　：全上載圧

σv'　：有効上載圧

D_{50}　：土の平均粒径

FC　：細粒分含有率(%)(粒径74μm以下の土の質量百分率)

R　：動的せん断強度比

γd　：地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数

L　：地震時せん断応力比

F_L　：液状化に対する抵抗率

2)　ケース2　hw＝0.70m（孔内水位）

深度（m）	N値	σv	σv'	D50	FC	R	γd	L	FL
1	2	0.19	0.09	0.134	27	0.23	0.99	0.37	0.63
2	15	0.38	0.18	0.154	16	0.44	0.97	0.37	1.21
3	8	0.57	0.27	0.154	17	0.33	0.96	0.36	0.92
4	11	0.76	0.36	0.150	18	0.37	0.94	0.36	1.03
5	6	0.95	0.45	0.147	19	0.29	0.93	0.35	0.81
6	3	1.14	0.54	0.150	17	0.22	0.91	0.35	0.64
7	6	1.33	0.63	0.166	14	0.26	0.90	0.34	0.77
8	10	1.52	0.72	0.150	13	0.32	0.88	0.33	0.95
9	21	1.71	0.81	0.263	12	0.36	0.87	0.33	1.09
10	16	1.90	0.90	0.150	15	0.36	0.85	0.32	1.12
11	2	2.08	0.98	0.112	36	0.21	0.84	0.32	0.65
12	0	2.25	1.05	0.025	75	0.33	0.82	0.32	1.04
13	0	2.42	1.12	0.025	75	0.33	0.81	0.31	1.05
14	0	2.59	1.19	0.025	75	0.33	0.79	0.31	1.07
15	1	2.76	1.26	0.025	75	0.39	0.78	0.31	1.29
16	1	2.93	1.33	0.025	75	0.39	0.76	0.30	1.30
17	3	3.10	1.40	0.025	75	0.44	0.75	0.30	1.47
18	4	3.27	1.47	0.040	65	0.41	0.73	0.29	1.40
19	3	3.46	1.56	0.070	50	0.30	0.72	0.29	1.05
20	7	3.63	1.63	0.020	80	0.50	0.70	0.28	1.79

4.液状化対策の検討

液状化対策としては、次のような方法がある。

1)　液状化の発生そのものを防止する方法

イ　圧密工法・サンドコンパクションパイル
　　・ロッドコンパクション

ロ　地盤改良・深層混合処理
　　・薬液注入

ハ　ドレーン工法・ウエルポイント
　　・グラベルドレーン

ニ　締め切り工法・シートパイル
　　・地中連続壁

2)　液状化の発生による浮き上がり沈下を防止する方法

イ　杭・アンカーの使用による抵抗

ロ　コンクリート防護による抵抗

3)　液状化の発生による浮き上がり沈下に対応する材料の使用

イ　耐震用管、伸縮可とう管の使用

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

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

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

なお、継手の性能は以下に示す通りである。

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

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

5.地震による継手伸縮量

1) 設計条件

ア 管 種 φ800ＤＩＰ

（D_2=836㎜、L=6.0m、T=12㎜）

イ 土かぶり h=1.5m

ウ 土の単位体積重量 r=1.6t／m^3

エ 土 質 沖積砂層（平均N値=6）

オ 基 盤 （N=50までの深さ）

H=28m

カ 設計加速度 A_0=250gal

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

2) 計 算

ア 地震時の計算

（ア）せん断波の伝ぱ速度：Vs（m／s）

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

（イ）地盤の固有周期：T（s）

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

H：基盤までの深さ 28m

Vs：せん断波伝ぱ速度 90.19m／s

（ウ）表層地盤の地震動の波長：L（m）

$$L=Vs\times T=90.19\times 1.22=110.00\text{m}$$

（エ）地盤の変位振幅：U_h（㎝）

設計想定加速度が指定された場合の地盤の変位振幅

（U_h）は次の式により求める。

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

T：地盤の固有周期 1.22s

A_0：想定加速度 250gal

よって管位置の地盤の変位振幅は、

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

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

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

h'：管心土かぶり

H：基盤までの深さ

（注）応答スペクトル法によると、

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

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

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

T ：地盤の固有周期

Sv ：単位震度あたりの応答速度

Kh'：水平震度

$$Kh'=3/4\times\triangle 1\times K_0=3/4\times 1.0\times 0.2=0.15$$

$\triangle_1$：地域係数

K_0：標準設計水平震度

この変位振幅に対する地盤の加速度は、

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

これは設計加速度250galに満たないので、U_h=9.36㎝を採用する。

（オ）地盤の剛性係数（kg／cm^2）

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

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

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

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

（カ）地震による継手部の相対伸縮量：U_j（cm）

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

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

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

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

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

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

K_{g1}＝398.45（剛性係数）
$E=1.6\times10^{6}$kg／cm²（弾性係数）
A＝282.774cm²（管の鉄部断面積）
ℓ＝600cm（管長）

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

$$=0.8437$$

よって
U_J＝1.556cm

（キ）地震による継手部の屈曲角度：θ_i(rad)

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

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

（ク）地震時の管軸方向合成応力度：
σxkgf／cm²

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

6.その他の継手の伸縮量

1) 内圧による継手伸縮量：e_i

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

ここに

ポアソン比	ν＝0.28（ダクタイル鉄管）
内　　圧	Pi＝11.0kgf／cm²
外　　径	D＝83.6cm
管　　厚	t＝1.09cm 公称管厚（12.0mm） 鋳造公差（10%）を考慮
管　　長	ℓ＝600cm
弾性係数	$E=1.6\times10^{6}$kg／cm² （ダクタイル鉄管）

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

2) 自動車荷重による継手伸縮量：e_0

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

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

D　：管外径（83.6cm）

K_v：鉛直方向地盤反力係数（1.0kg／cm^2）

E　：弾性係数（1.6×10^6kg／cm^2）

I_p：管の断面2次モーメント（$2.407\times10^5cm^4$）

Z_p：管の断面係数（$5.753\times10^3cm^3$）

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

$=0.032$cm

3)　温度変化による継手伸縮量：e_t

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

α　：ダクタイル鉄管の線膨張係数（1.1×10^{-5}／℃）

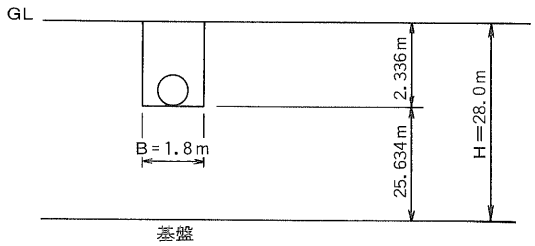
$\triangle T$：温度変化（20℃）

ℓ　：管長（600cm）

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

4)　不等沈下による継手伸縮量：e_d

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



増加荷重　$\triangle p=0.033$kgf／cm^3

（現地盤が管と水と埋め戻し土に置き換わったものとして計算）

よって、沈下量$\triangle\delta$は、

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

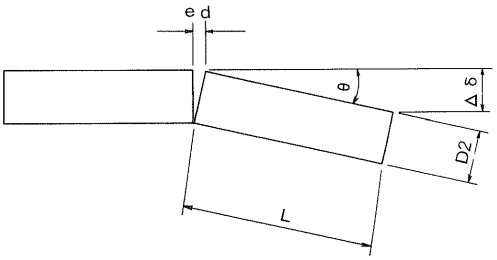
$0.1\times0.033\times2563.4=8.46$cm

m_v：体積変化率（0.1）（腐植土を含む緩い砂、粘土）

H　：管底から基盤層までの深さ（25.634m）

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

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



5)　曲げ配管による継手伸縮量：e_r

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

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

$=1.581$cm

θ：許容曲げ角度の1／2＝2°10′／2＝1°05′

7.まとめ

以下に、計算結果の集計（表）を次ページに示す。

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

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

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

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

Technical Report 2

技術レポート

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

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

1.はじめに

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

2.工事概要

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

今回の工事概要は次の通りである。

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

(2)施工期間：自　平成6年1月31日
至　平成6年10月31日

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

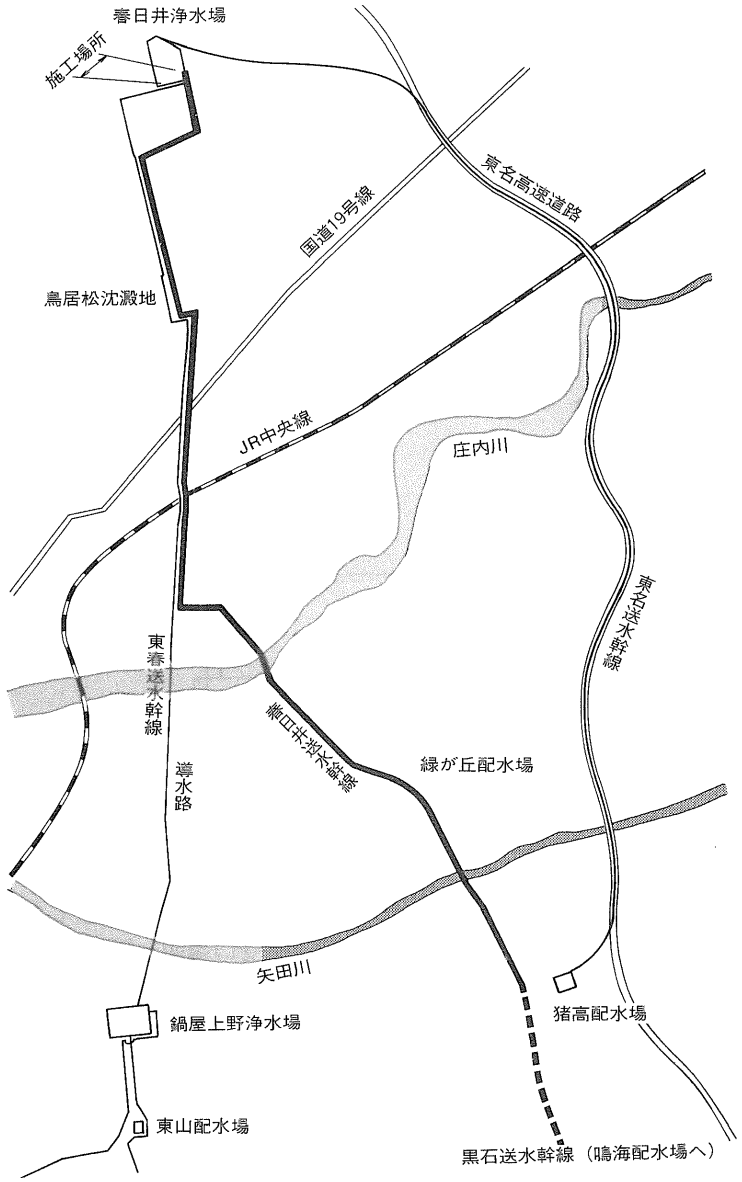
(4)挿入曲線：単曲線　R（曲線半径）＝832.75m　CL（曲線長）＝80.00m　IA（交角）＝5°30′

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

(6)推進工法：泥水加圧推進工法（超泥水加圧推進工法）

(7)立坑築造：小判形ライナープレート（4m×9m）

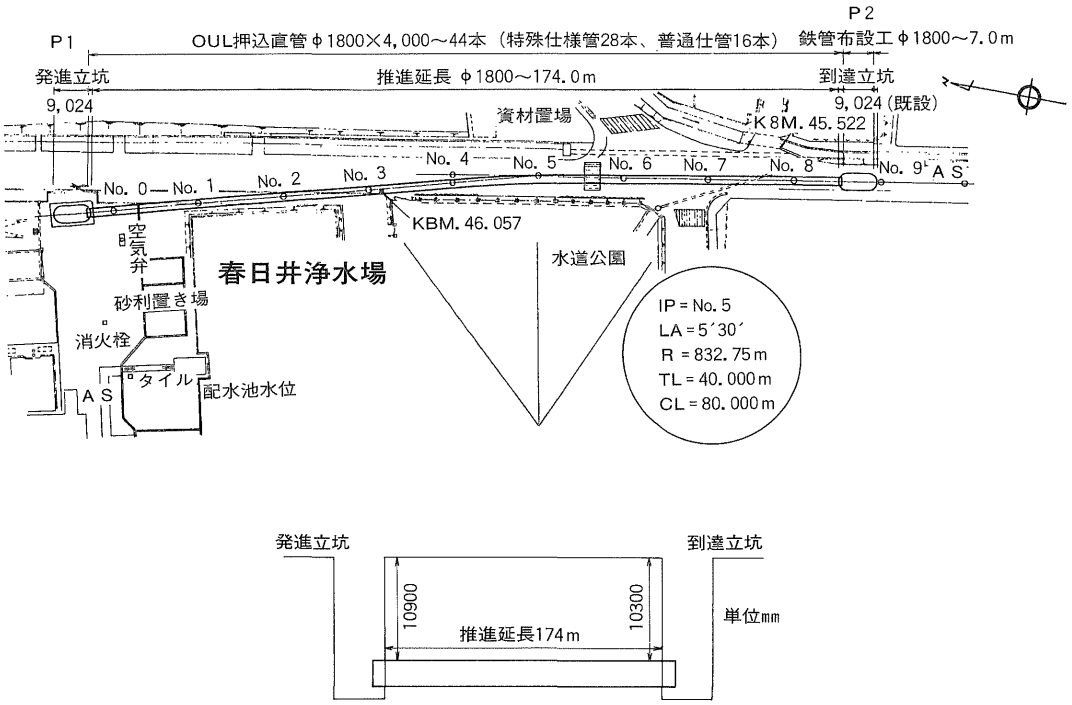
図1　春日井送水幹線ルート図



3.推進工法の概要

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

図2　施工平面図、縦断図



層にも連続して確実な施工ができる特長がある。

4.U形推進工法用ダクタイル鉄管の改良

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

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

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

図3　超泥水加圧推進工法概略図

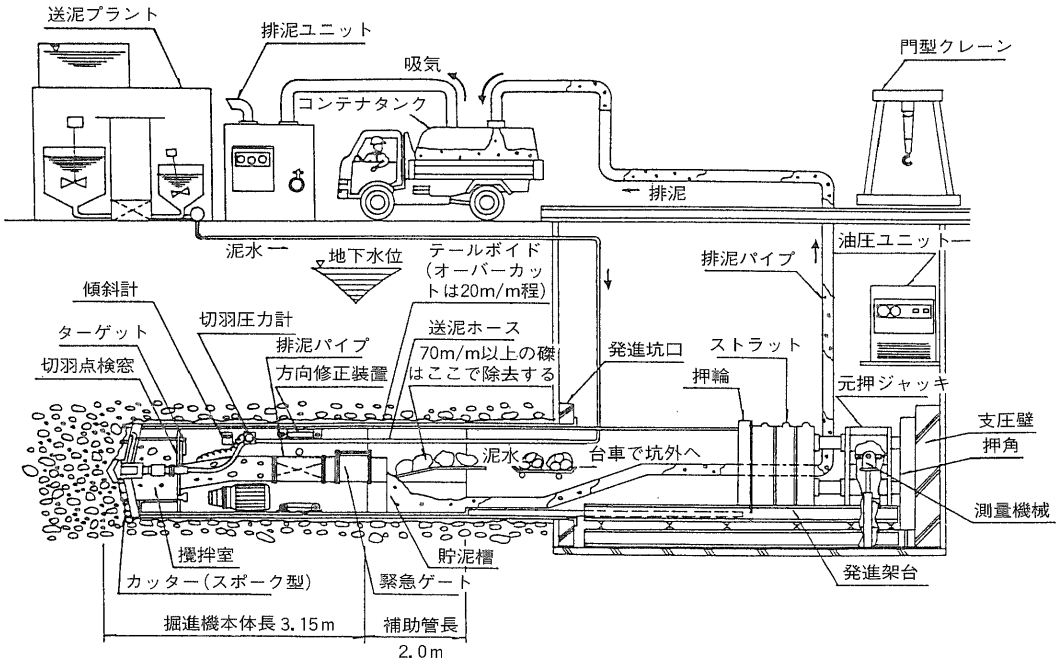
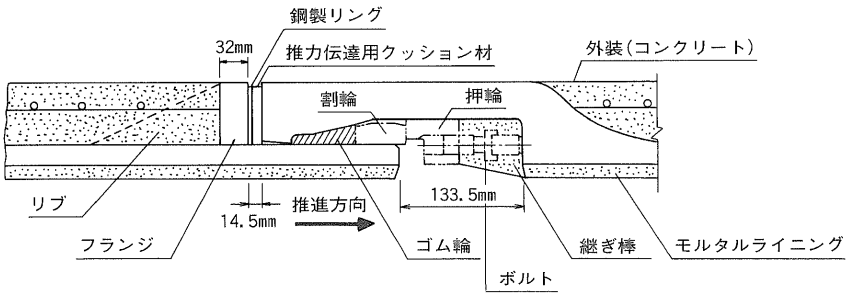


図4　ボルトレスU形推進工法用ダクタイル鉄管（クッションリング設置）



た。

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

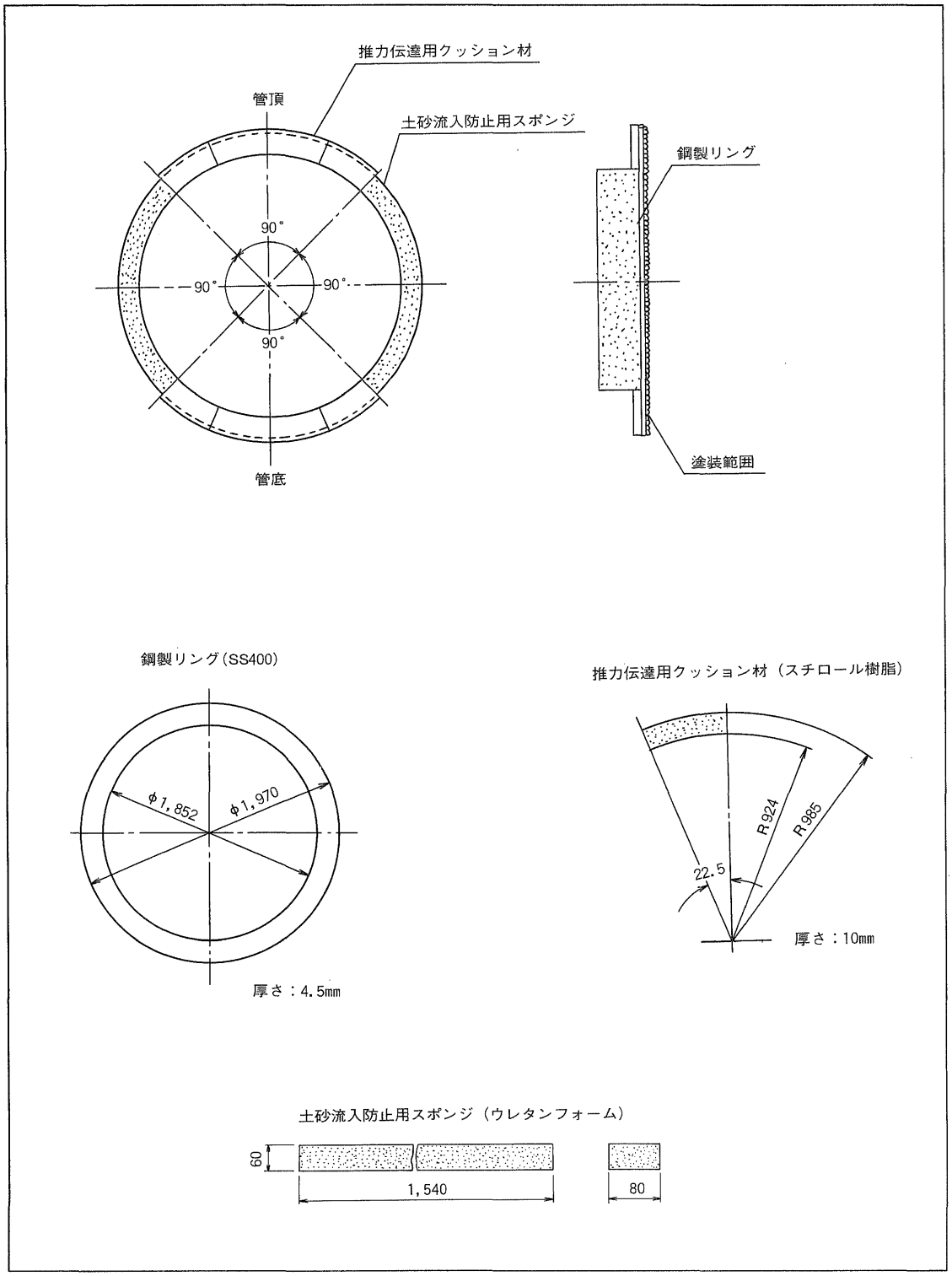
5.施工結果

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

1.日進量

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

図5 クッションリング構造図



手数の減少が日進量の増加に寄与したものと考えられる。

2.施工精度

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

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

3.推　力

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

結果としては、ほぼ設計通りであり満足のいくものであった。

4.屈曲角度

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

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

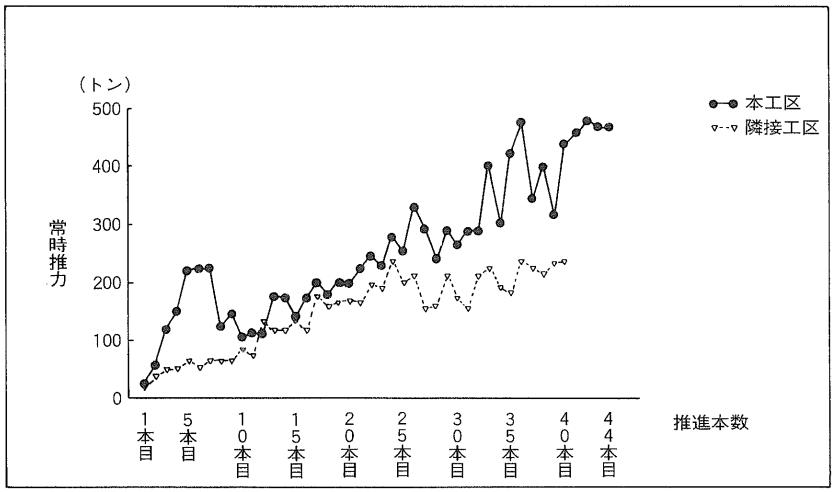
表1　施工結果

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

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

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

図6　常時推力



もあるため、十分な検討が必要である。

5.ローリング角度

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

曲線部を通過中の管体の挙動の特徴としては、下記の通りである。

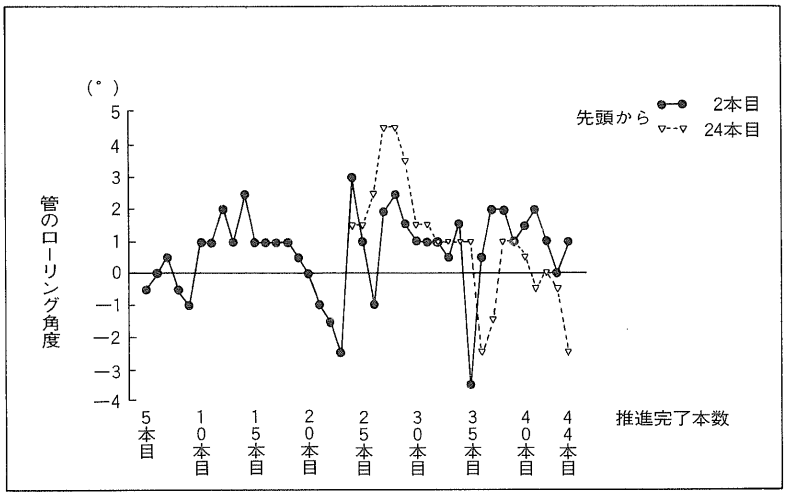
(1) 推進機が曲線部へさしかかったときには、一時的にすべての管体が+方向(最大+方向へ4.5°)を示した。

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

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

推進完了後においては、最大+方向で3.5°、−

図7　管のローリング角度測定例



方向で2.5°であり、全ローリング量では最大7°であった。

6.水圧試験

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

6.おわりに

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

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

写真1　ボルトレスU形推進工法用　ダクタイル鉄管（受口側）

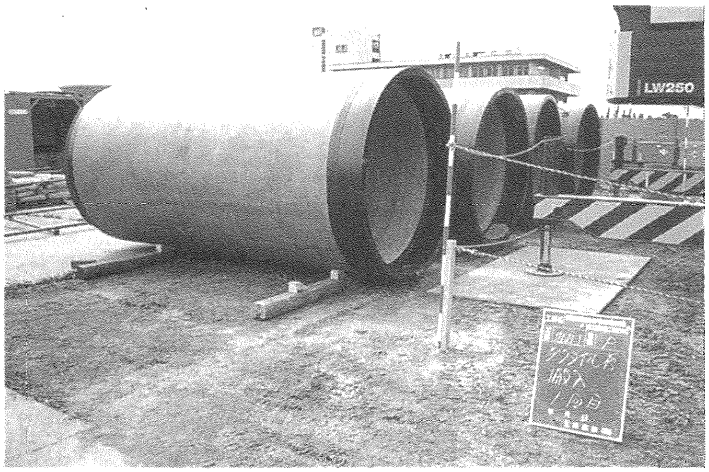


写真2　ボルトレスU形推進工法用ダクタイル鉄管（挿し口側）

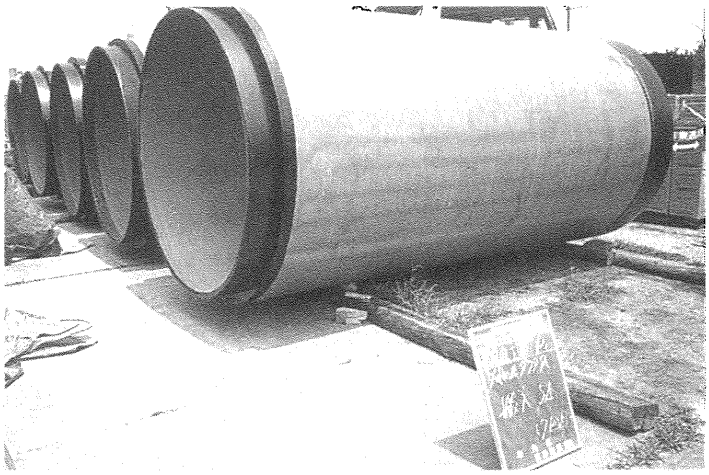


写真3　クッションリング設置状況

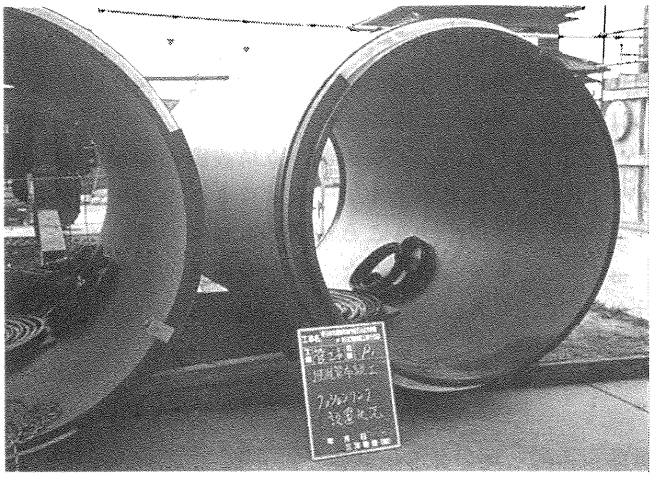


写真4　先頭管撤去状況

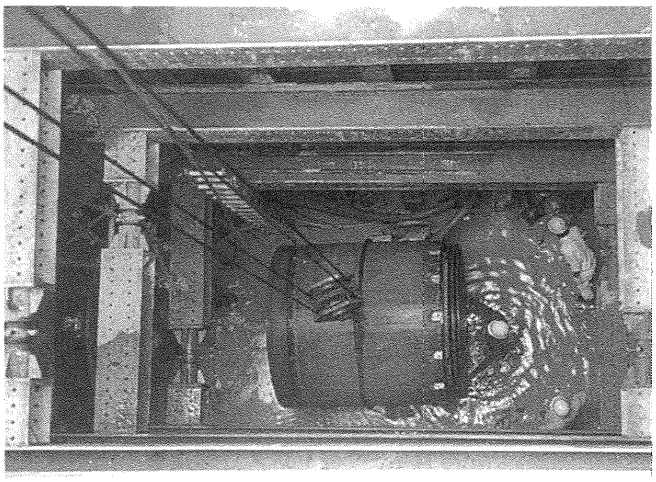
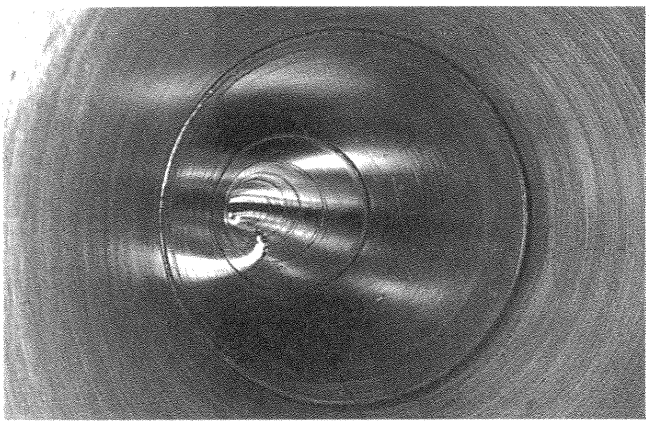


写真5　推進管内状況



Technical Report 3

技術レポート

甲南町における老朽管の更新事業について

滋賀県甲南町産業建設部
水道課長　山本益男
課長補佐　渡辺久雄

1.はじめに

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

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

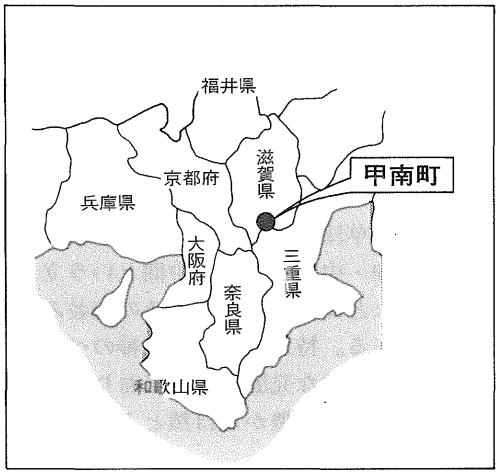
そもそも当地では、太古より山岳信仰による山伏修験が盛んであり、それが甲賀忍者の起源であるといわれている。京の都に近いことから当時の交通の要所であった当地では、京より逃げ込んでくる貴族や敗北した落武者の格好の潜伏地であった。そんな侵入者から身を守るため、住民たちは武装し、自衛のためにこの土地ならではの山岳武術を身につけていき、甲賀流忍術を確立していった。

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

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

写真1　甲南町新庁舎

図1　甲南町位置図



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

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

2.水道事業の沿革

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

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

3.老朽管の更新事業について

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

1.石綿セメント管の事故

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

2.石綿セメント管の更新事業に着手

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

3.更新時の使用管種

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

表1　平成5年度の配管延長

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

4.更新事業費

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

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

表2　平成5年度更新事業費内訳（概算）

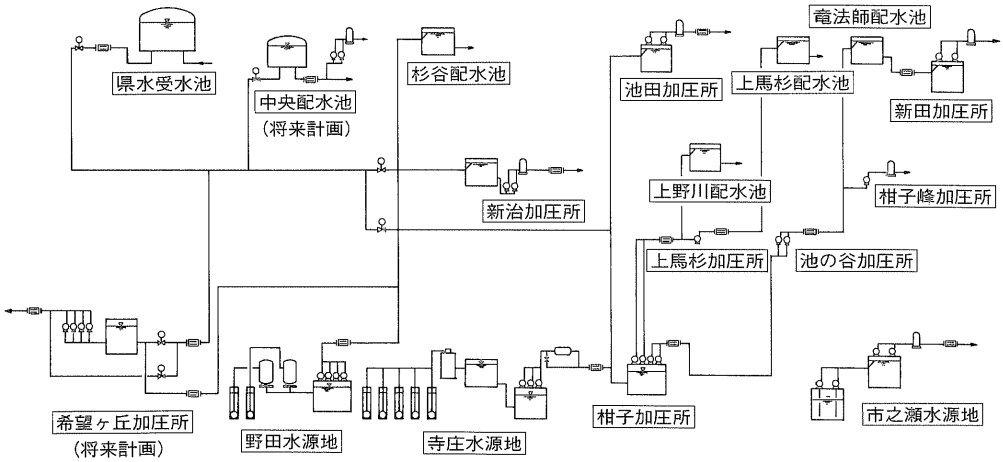
内訳	金額（万円）	比率（%）
厚生省補助	3,550	27.1
自治省補助	50	0.4
起　　債	8,000	61.1
自己資金	1,500	11.4
合　　計	13,100	100

※石綿セメント管の更新距離は3,113mである。

5.更新事業の推移

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

図2　甲南町上水道フローシート図



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

4.より高水準の水道をめざして

●中央監視制御システムの導入

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

●ダクタイル鉄管製耐震型緊急用貯水槽の設置

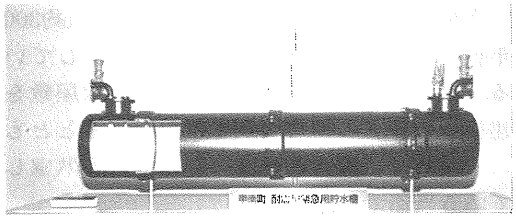
行政区内の整備事業と町制発足50周年に合わせて、老朽化が進み手狭まとなった役場に替えて新庁舎を建設することとなった。町民の命の水を預かる水道課としても、この機会に町民に水道をアピールし、水道に対する理解を深めてもらうよい方法はないかと種々方策を模索していた。その折りに参加した日本水道協会の全国総会（於北海道苫小牧市）においてダクタイル鉄管製の耐震型緊急用貯水槽（呼び径1500㎜）の実物に出会ったことが、耐震型緊急用貯水槽をダクタイル鉄管で設置するきっかけとなった。

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

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

写真2　ダクタイル鉄管製耐震型緊急用貯水槽

写真3　耐震型緊急用貯水槽のミニチュア



●エポキシ樹脂粉体塗装管の使用

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

●給水栓のサイズについて

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

●その他

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

5.まとめ

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

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

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

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

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

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

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

〈余談〉

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

写真4　給水状況

写真5　忍術屋敷（望月家）

Technical Report 4

技術レポート

橋梁添架の老朽管を呼び径300㎜ダクタイル鉄管に取り替え

敦賀市水道部
上水道課課長　池田良二郎

1.はじめに

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

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

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

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

2.敦賀市の上水道施設概要

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

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

●導水管

φ300㎜	ダクタイル鉄管	L＝ 204.8m
φ250㎜	ダクタイル鉄管	L＝ 748.1m
φ200㎜	ダクタイル鉄管	L＝2,682.45m
	石綿セメント管・鋼管	L＝ 4,011.7m
φ150㎜	ダクタイル鉄管	L＝ 7.9m
φ 75㎜	亜鉛メッキ鋼管	L＝ 319.5m
	計	7,974.45m

●送水管

φ300㎜	ダクタイル鉄管	L＝ 501.5m
φ250㎜	ダクタイル鉄管	L＝ 1,053.0m
φ200㎜	ダクタイル鉄管	L＝ 35.0m
φ150㎜	ダクタイル鉄管	L＝ 3,002.8m
φ100㎜	ダクタイル鉄管	L＝ 444.0m
	計	5,036.3m

●配水管

φ600㎜	ダクタイル鉄管	L＝ 194.90m
φ500㎜	ダクタイル鉄管	L＝ 1,679.90m
φ400㎜	ダクタイル鉄管	L＝ 539.01m
φ350㎜	ダクタイル鉄管	L＝ 4,427.20m
φ300㎜	ダクタイル鉄管	L＝10,600.20m
φ250㎜	石綿セメント管・鋼管	L＝ 4,001.00m
	ダクタイル鉄管	L＝ 2,121.90m
φ200㎜	石綿セメント管・鋼管・塩ビ管	L＝21,792.60m
	ダクタイル鉄管	L＝ 7,240.34m
φ150㎜	石綿セメント管・鋼管・塩ビ管	L＝ 35,122.30m
	ダクタイル鉄管	L＝13,347.00m
φ100㎜	石綿セメント管・鋼管・塩ビ管	L＝ 99,003.90m
	ダクタイル鉄管	L＝23,190.50m
φ 80㎜以下	石綿セメント管・鋼管・塩ビ管	L＝80,795.30m
	ダクタイル鉄管	L＝13,526.40m
	計	317,582.45m

3.松原橋の構造概要

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

4.管種の選定

1.管の規格・管種
①管の規格：JIS　G　5526
ダクタイル鋳鉄管
JIS　G　5527
ダクタイル鋳鉄異形管
②管　　種：3種管
③継手形式：Ｋ形、ＫＦ形

2.防　食
①直管内面：モルタルライニング
②直管外面：標準塗装
③異形管内外面：標準塗装
④急速空気弁内面：エポキシ樹脂粉体塗装
⑤急速空気弁外面：標準塗装
⑥管吊り金具　下塗：さび止め2回
上塗：フタル酸系2回
⑦防食テープ　下地処理：マスチック No.59ペースト
フランジ部吊り金具部充てん材：マスチックNo.59－M

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

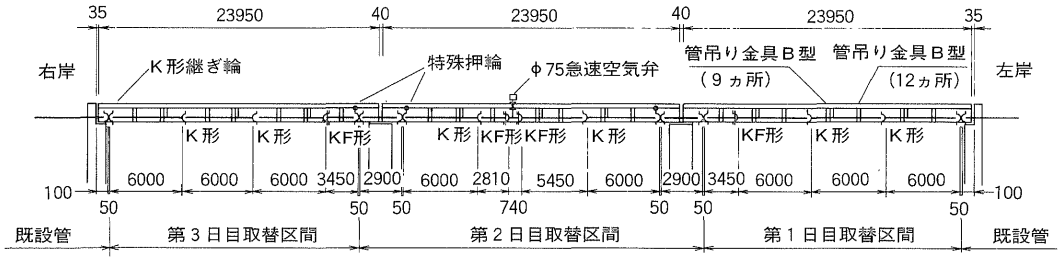
5.呼び径300㎜老朽管撤去および ダクタイル鉄管取付工事

(1) 工事範囲

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

取り替えに伴う断水時間を最小にするため一径間ごとに取り替えた。（図1参照）

図1　呼び径300mmダクタイル鉄管添架工事側面図



(2) 足　場

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

図2　一般部吊り足場断面

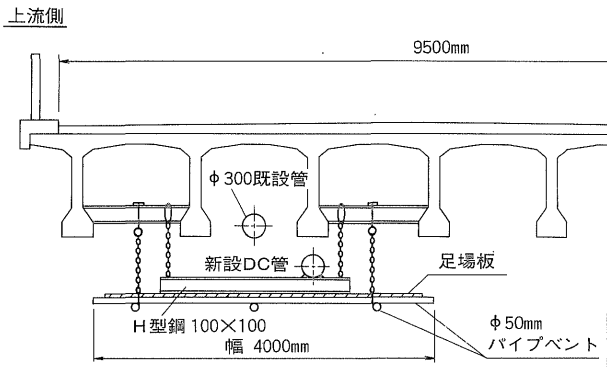
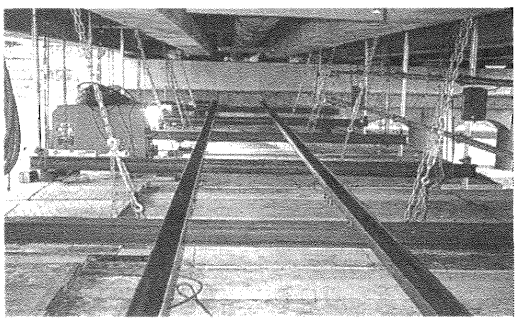


写真1　吊り足場

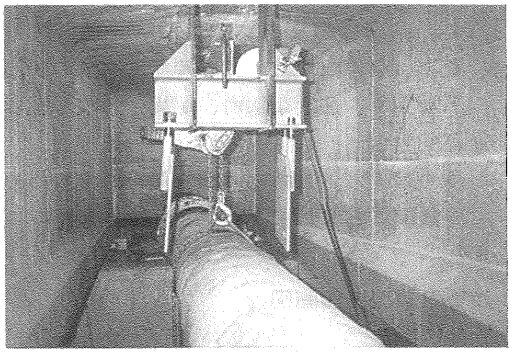


(3) 管吊り金具の事前取り付け

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

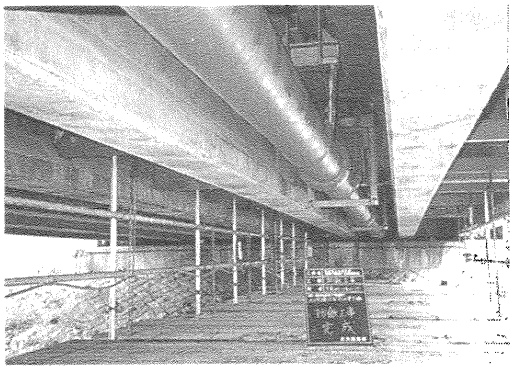
のさび落とし、塗装、切断位置のマーキング、孔開け、吊り金具（管バンドを除く）の取り付けを行った。（写真2参照）

写真2　管吊り金具Ａ型



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

写真3　管吊り金具（手前Ａ型、向側Ｂ型）

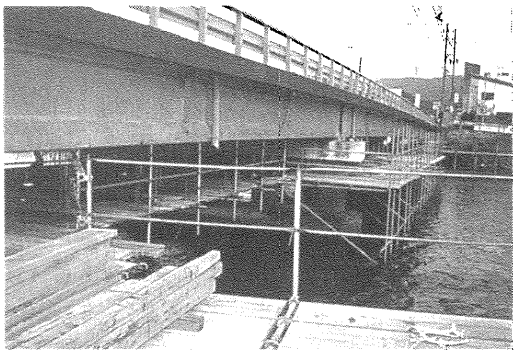


(4) ステージング

① 右岸側上流および左岸側上流にパイプベントを用いてステージングを設けた。

② 中央径間部にパイプベントを用いてステージングを設けた。（写真4参照）

写真4　ステージング



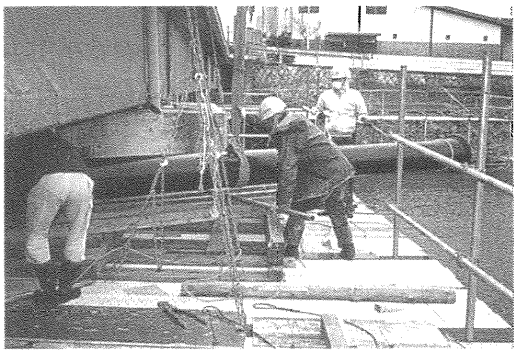
(5) ダクタイル鉄管の搬入、小運搬、接合

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

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

③ ダクタイル鉄管を各径間ごとに、既設管の真下より約1ｍ下流側で接合した。

写真5　管吊り込み



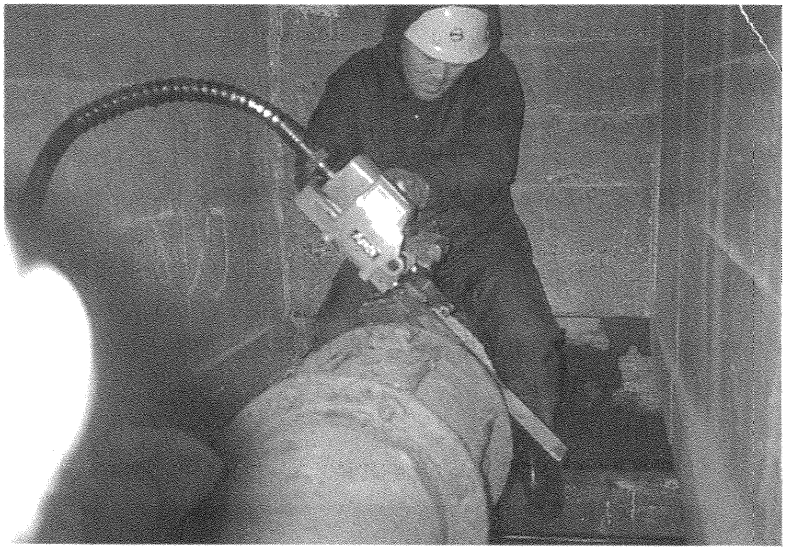
(6) 老朽管の取り外し、撤去

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

② 続いて既設吊り金具を切断した。

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

写真6　既設管の切断



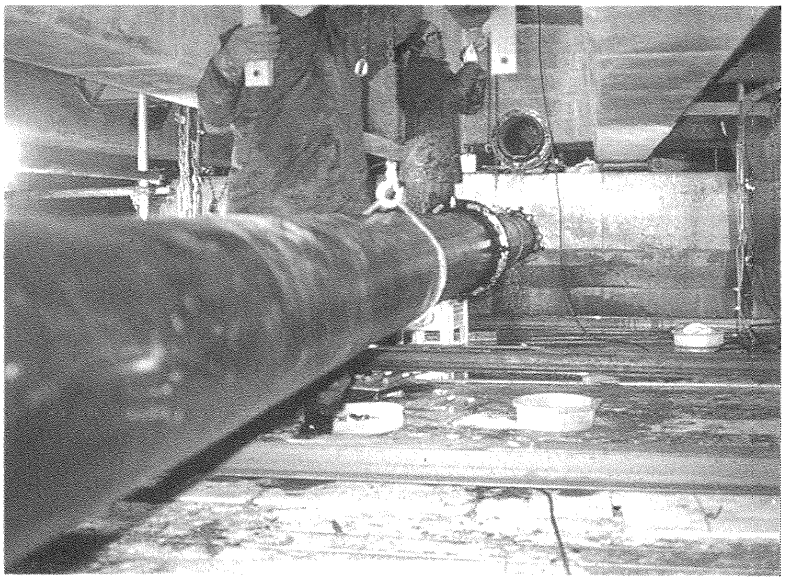
④　ダクタイル鉄管の取り付けが完了したあと、ステージングを通って撤去した。

(7) ダクタイル鉄管の添架

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

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

写真7　ダクタイル鉄管と取り替えのための吊り上げ



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

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

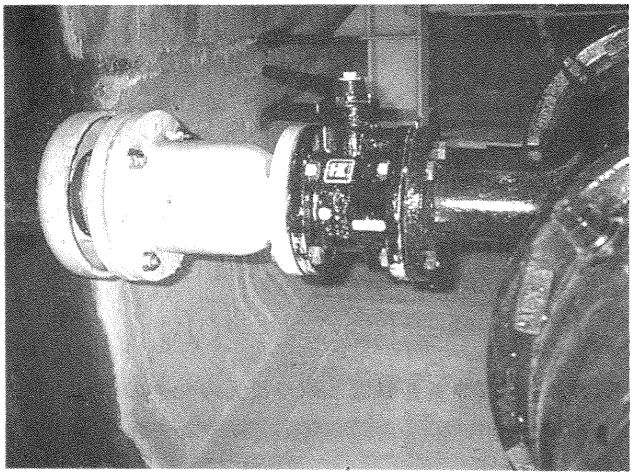
⑤ 側径間の管路と既設管との連絡も継ぎ輪で接続した。

6.おわりに

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

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

写真8　呼び径75㎜急速空気弁、モノタイト補修弁



Technical Report 5

技術レポート

〈速報〉

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

日本ダクタイル鉄管協会技術委員会
兵庫県南部地震調査部会

1.地震の諸元

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

2.地震動の大きさ

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

3.地質構造

神戸市～西宮市間の地質図（含む、活断層）を図4に示す。

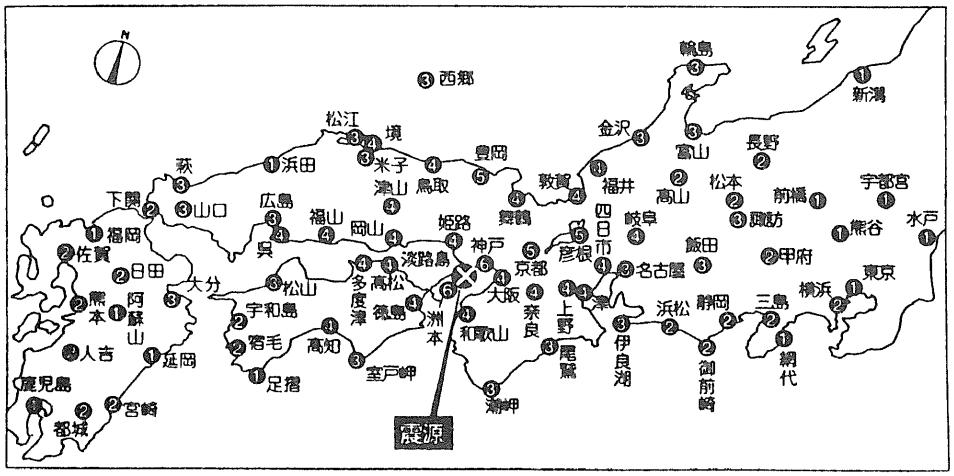
4.液状化発生地盤での地盤変状調査結果

1.ポートアイランド
六甲アイランド（神戸市）
地盤の液状化が発生し、写真1～4に示すように、40～60㎝の地盤沈下や、地盤に8～20㎝程度の亀裂が見られた。
なお、ポートアイランド内で採取した砂は、日本港湾協会による液状化発生の可能性範囲に入っていた[5]。（図5参照）

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

3.芦屋浜（芦屋市）
当場所も写真8、9に示すように、1m程度の護岸のはらみ出しや10～60㎝程度の地盤亀裂が見られた。
深江浜および芦屋浜地区で見られた地盤亀裂の大きさなどの状況を図6に示す。

図1　震度分布（気象庁発表）[1),2)]



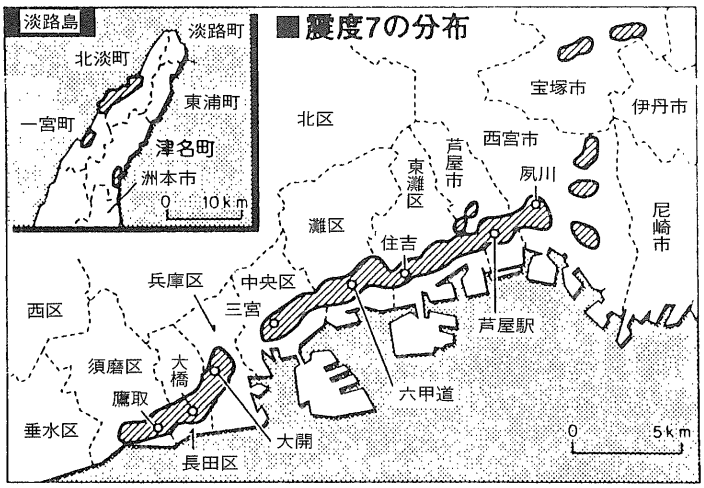


写真1　地盤沈下状況
（沈下量40～60cm、ポートアイランド）

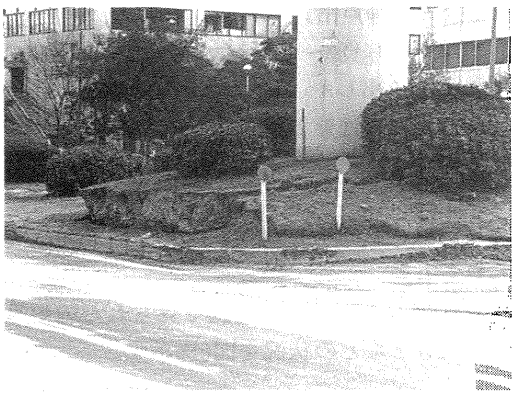


写真2　地盤亀裂状況
（亀裂幅8cm、ポートアイランド）

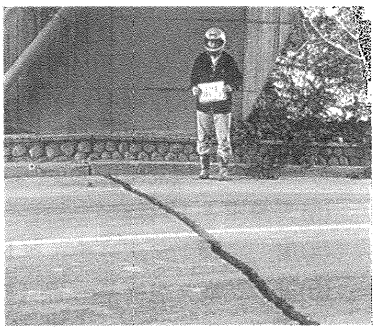


写真3　地盤亀裂状況
（亀裂幅20cm、六甲アイランド）

図2　最大加速度[3)]

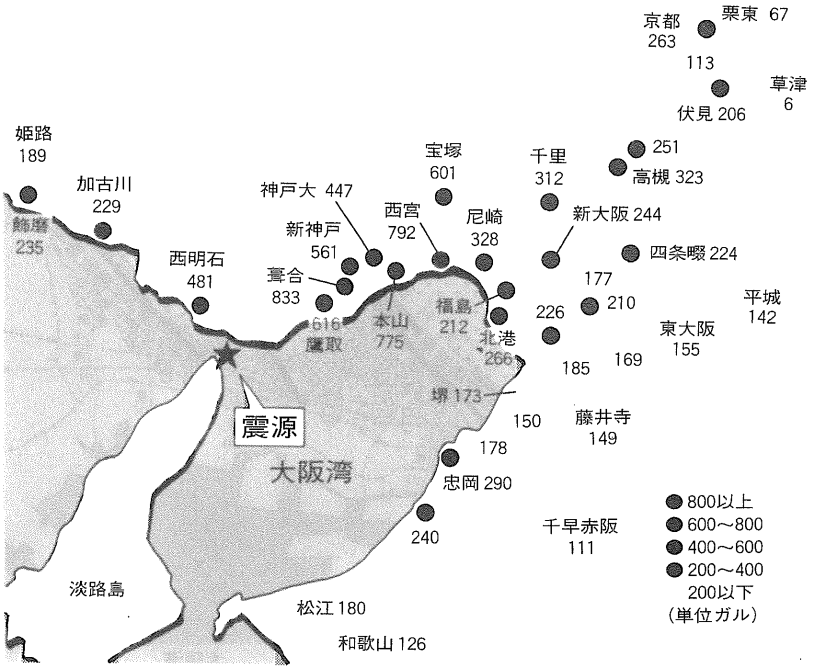


図3　加速度記録波形（神戸海洋気象台）

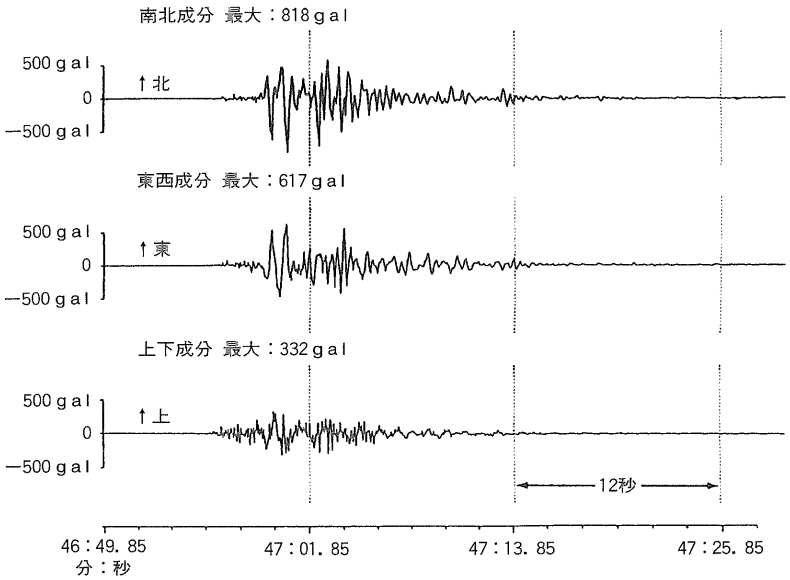


図4　神戸市～西宮市間の地質図[4)]

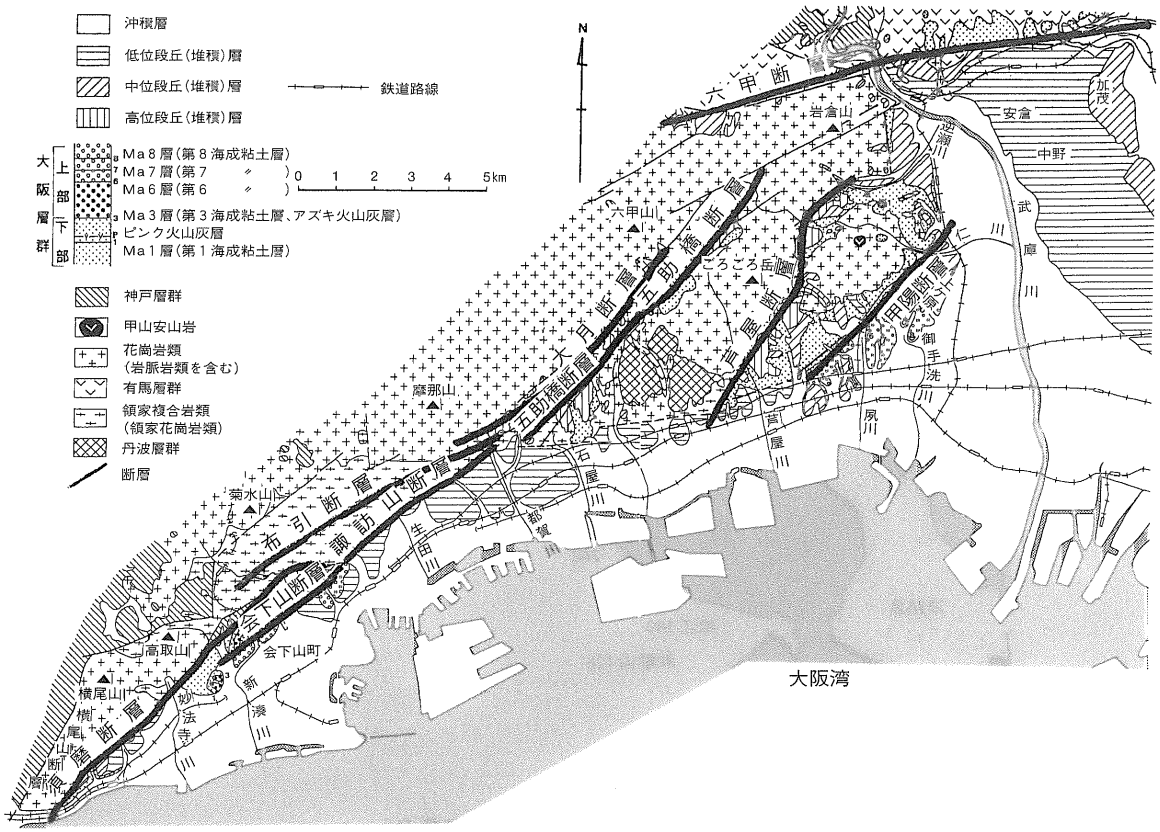
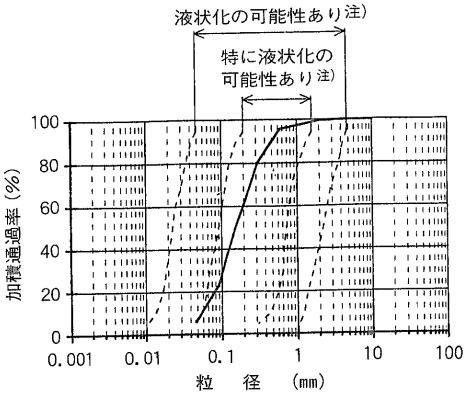


図5　噴砂地点から採取した砂の粒土分布
(砂の採取場所：ポートアイランド港島中町4丁目)



注）日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説、１９７９年

写真4　護岸のはらみ出し状況
(六甲アイランド)

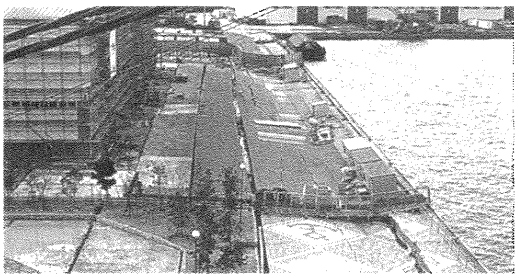


写真5　護岸のはらみ出し状況（深江浜）

図6　深江浜および芦屋浜地区の地盤亀裂の大きさと方向

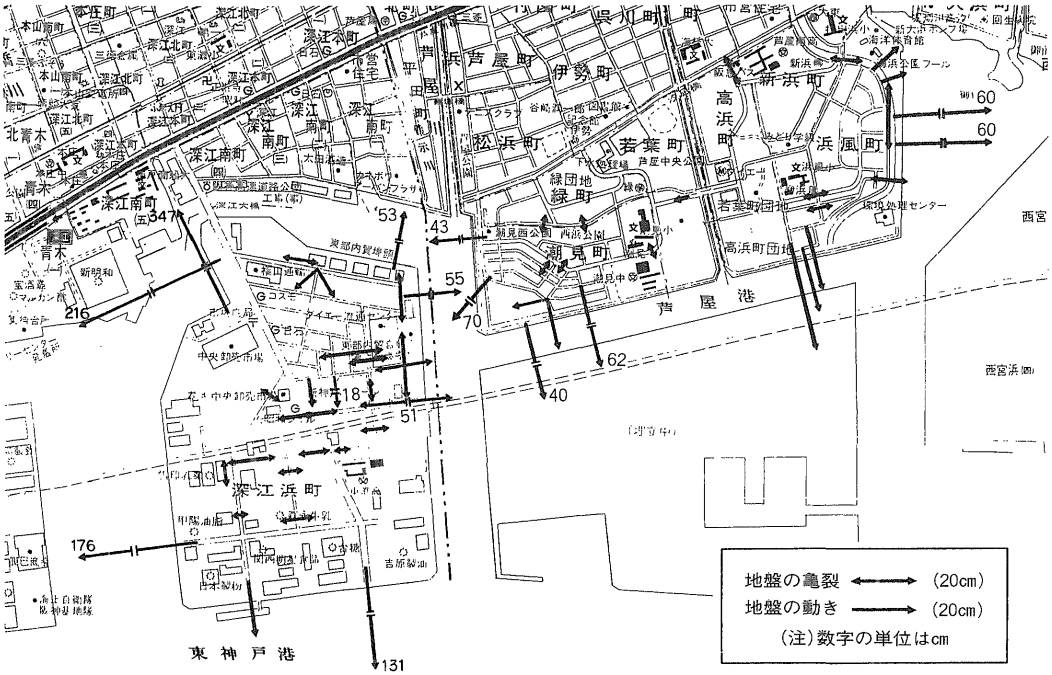


写真6　地盤の沈下状況
(沈下量40～50cm、深江浜)

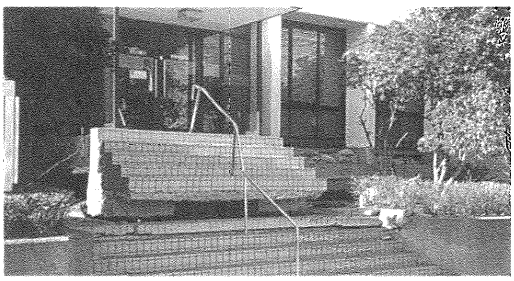


写真7　地盤亀裂状況
(亀裂幅36cm、深江浜)

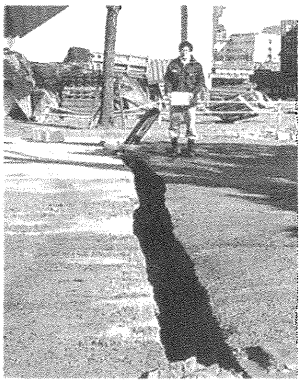


写真8　地盤亀裂状況
(亀裂幅35cm、芦屋浜)

写真9　地盤亀裂状況
(亀裂幅60cm、芦屋浜)

5.管路被害状況例

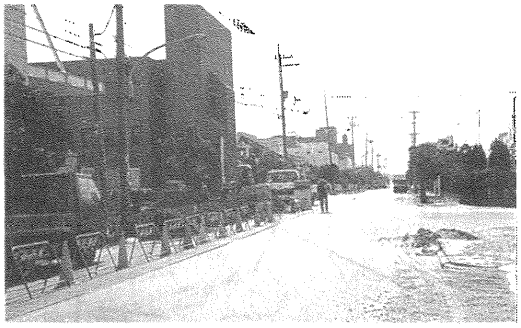
管路の被害状況例を以下に示す。

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

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

管路の被害状況を写真10～15に示す。

写真10　液状化した地盤での被害例
（FC φ200 T字管折損）



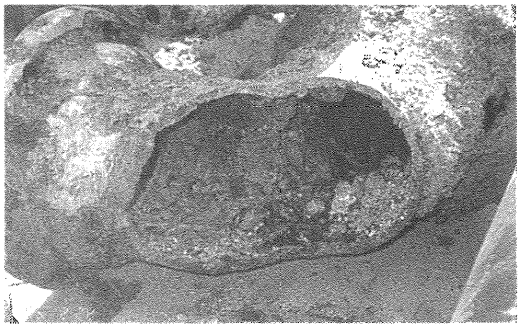


写真11　造成地での被害例
（FC φ450継手部破損）

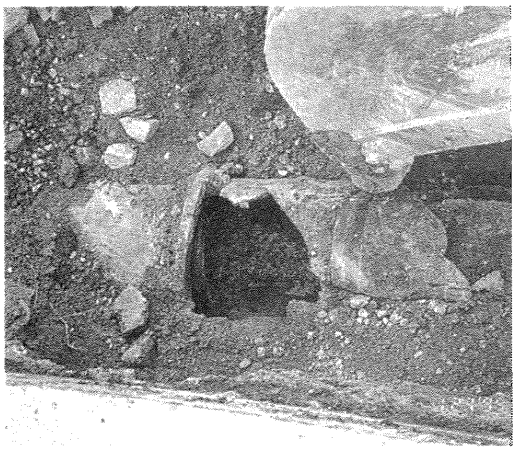
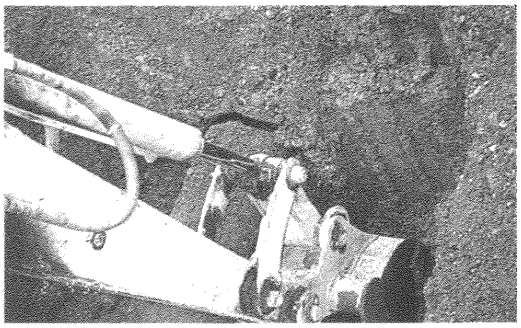


写真12　傾斜地での被害例
（FC φ300折損）



6.耐震管路について

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

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

図7　SⅡ形、S形継手（耐震継手）の構造

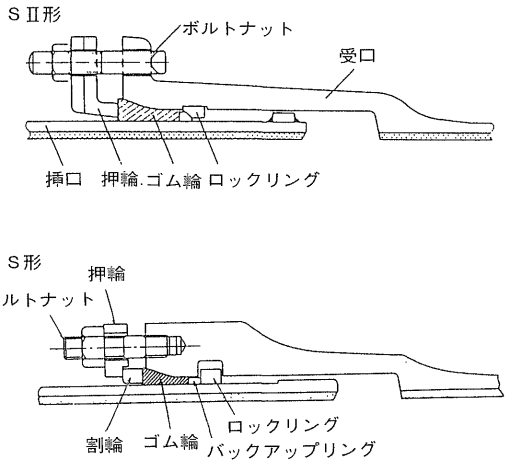
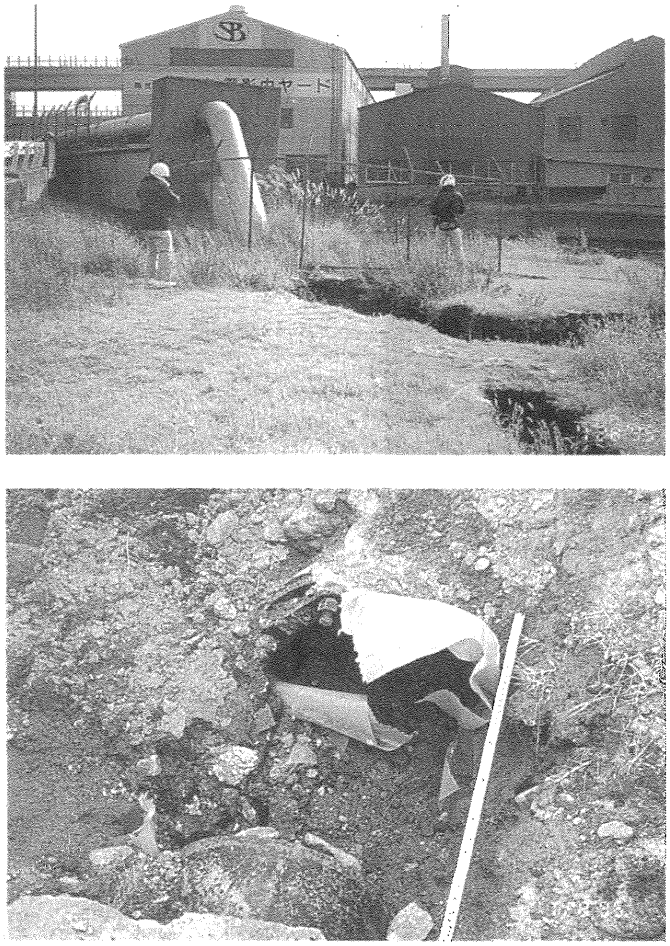


写真13　護岸のはらみ出しに伴う被害例（DIP φ300継手離脱）



7.おわりに

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

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

写真15 構造物の取り合い部の被害例
(FC φ200折損)

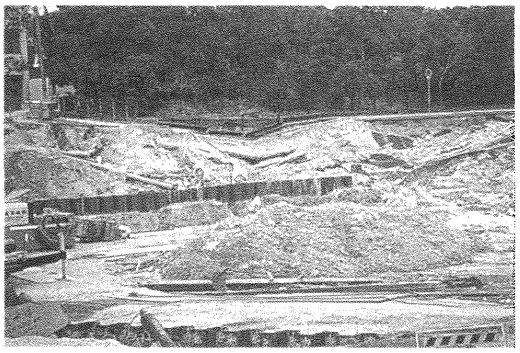
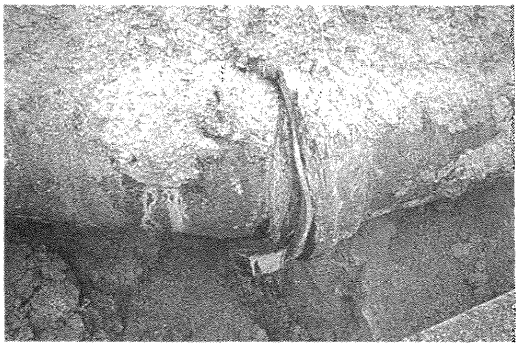



写真14 盛土の崩壊に伴う被害例
(FC φ450継手部抜け)