発行年	号数	タイトル	著者	概要
1996年	No.61	飲料用耐震性貯水槽について	広島市水道局 建設部　建設設計課　課長 宮本　博義	広島市の全市域の中で、もっとも人口が集中している地域が軟弱な砂層からなっている液状化危険地帯でもある。阪神・淡路大震災を教訓に、水道施設の耐震化を図っているが、完全な耐震化は困難である。そのため、市民の生命や財産を守るためには貯水槽の設置は必要不可欠である。水道局庁舎の建設を機に、同敷地内の駐車場下に飲料用耐震貯水槽を建設した。これをモデルとして、平成11年までにすべての広域避難場所32ヵ所に設置することにしているが、本論では平常時においては配水管として機能するため、材質はダクタイル鉄管としたが、広島市では、「災害に強いまちづくり」に取り組むこととしており、水道局でも積極的に参画していきたいと結んでいる。
		農村地区に耐震性貯水槽を設置	福井県松岡町 産業経済課　課長 森山　慎一郎	昭和23年6月28日に福井地震を経験している松岡町も、平成7年1月17日の阪神・淡路大震災を契機に、60㎥型のダクタイル鋳鉄製貯水槽2基を設置した。本論はその経過報告であるが、選定にあたってはダクタイル鋳鉄製貯水槽と鋼管製貯水槽とを比較した結果、 施工性・地域性・トータルコストなどを考えてダクタイル鋳鉄製貯水槽とした、と述べている。
		油木ダム水力発電用導水管にダクタイル鉄管を使用して	北九州市水道局 建設部　設計課 桧原　覚	油木ダムは今川上流部に、かんがい用水、工業用水、上水道用水の供給を目的に県営多目的ダムとして建設された。北九州市は、このダムから1日平均2万7900㎥の水道用水を取水しているが、既設の第一滅勢池は同ダムからの流水をホロージェットバルブで減勢し、放流させる構造である。この第一減勢池から発電所が設置される第二減勢池までのRC製暗渠内にダクタイル鉄管を導水管として採用した経緯を本論では述べている。採用理由としては、工期の短縮化、水圧に対し十分安全である、内面防食が優れている、多くの使用実績がある、などであるが、検査運転でも水圧鉄管本体に振動などは計測されなかったと結んでいる。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1996年	No.61	21世紀に向けての管路の整備	鳥取市水道局 工務課　主査 雁津　孝行	平成4年度から第8回拡張事業に着手している鳥取市は、配水池、送配水管路の拡充・整備にあたっている。過去に大地震に見舞われた鳥取市は、阪神・淡路大震災の教訓を取り入れて、平成7年度より幹線管路の耐震化も同時に図っている。本論では、配水管布設工事について、その計画の背景と施工概要を述べているが、本工事でS形、SⅡ形ダクタイル鉄管を採用した。が、管路の耐震化だけでなく、将来計画および維持管理についても配慮した計画・設計を行ったと結んでいる。
		ため池等整備事業におけるダクタイル推進管(底樋管)の施工事例	奈良県 南和土地改良事務所　次長 岩本　和夫 奈良県 農林部耕地課　課長補佐 乾　義昭	最近のため池の現状は、小規模集落を中心とした所有形態が多い、未整鋪ため池が数多い、農業者の高齢化、兼業化などでため池の維持管理が粗放化、都市化によるため池の形態が変わり、安全度が低下している。などの理由から、老朽ため池を改修する必要性が発生した。本論では、姫谷上池地区の底樋管の改修工事をダクタイル推進管を使用して実施した工事概要を述べている。管材としてU形ダクタイル推進管を推進部に、T形ダクタイル鉄管を開削部に使用したのは、管体強度が高い、外圧に対して十分な強度がある、継手の水密性に優れている、耐食性・施工性に優れている、耐用年数が長いなどの理由からである。そして、底樋管にダクタイル鉄管を使用したが、管の特性、施工性に問題もなく、工期の短縮が図れた、と結んでいる。
		阪神･淡路大震災による耐震形ダクタイル鋳鉄管路の挙動調査	神戸市水道局 技術部配水課　係長 三浦　久人	平成7年1月17日早朝に発生した阪神・淡路大震災によって、上水道管路にも多大の被害をもたらした。特に、液状化発生地区や軟弱地盤など、地盤変状が大きな場所で管路被害が多く見られた。しかし、人口島で使用されていた耐震形ダクタイル鉄管には被害が生じていないが、本論では、ポートアイランドと六甲アイランドに埋設されていた耐震管路が今回の地震でどのように挙動したかをテレビカメラを通して計測調査した結果を述べている。その結果として、地盤変状を継手の伸縮・離脱防止機能で吸収し、耐震継手の機能を十分発揮したと結んでいる。

ダクタイル鉄管第61号

平成8年10月

Technical Report
技術レポート 1

飲料用耐震性貯水槽について

広島市水道局建設部建設設計課
課長　宮本博義

1. はじめに

広島市は、瀬戸内海に面した人口110万人の都市であるが、面積のほとんどが丘陵地で平地は全市域の16%にも満たず、政令指定都市の中でももっとも平地の少ない都市である。その平地も軟弱な砂層からなっており、「液状化危険地帯」であり、そこに人口が集中しているという現状である。

本市では、現在、第7期水道拡張事業（Ⅱ期）および第6次配水設備整備事業などを施行中で、水道施設の耐震化やバックアップ機能の強化を図っているところである。中でも耐震継手管は、全国に先駆けて昭和54年度から使用しており、現在、阪神・淡路大震災を教訓に、さらなる使用範囲の拡大を実施しているところである。

しかし、水道施設の完全な耐震化は、現実には困難であり、地震が発生すれば、水道施設の被害は避けられないものと考えられる。

したがって、水道施設の機能が回復するまでの間、飲料水を確保するための貯水槽は、市民の生命や財産を守るために必要不可欠であり、拠点的に確保することが必要である。

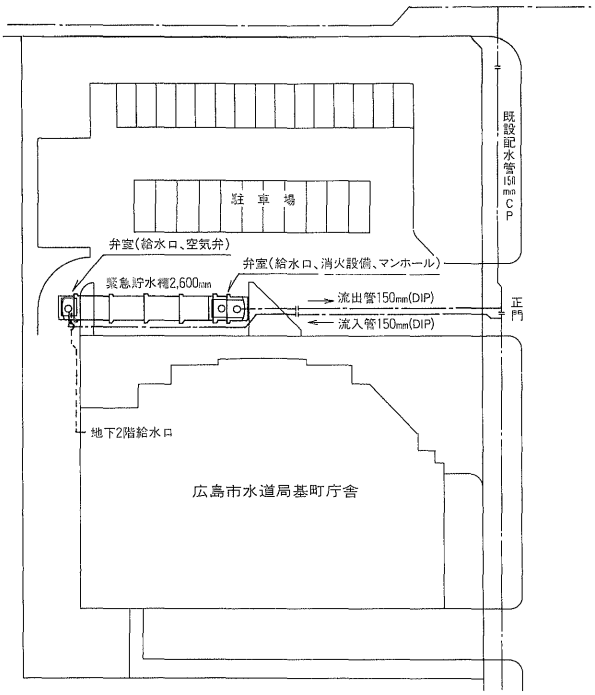
このような観点から、水道局において、飲料用耐震性貯水槽を設置したので、その概要を述べる。

2. 設置に至った経緯

平成4年度から平成6年度にかけて、水道局庁舎を本市のほぼ中央に位置する中区基町に地上13階、地下2階、塔屋2階の鉄骨造りで建設した。この庁舎の建設に併せて、飲料用耐震性貯水槽を同じ敷地内の駐車場に建設したものである。

現在、水道局はこれをモデルとして、耐震性貯水槽を消防局の依頼で建設しており、平成11年までにすべての広域避難場所（32ヵ所）に設置することとなっている。（平成7年度5基建設済み）

図1　飲料用耐震性貯水槽位置図（100m³型）



3. 施設の諸条件に関する検討

(1) 容　量

広島市地域防災計画において、生命維持に必要な水量は、1人1日当たり3ℓとしており、今回設置した飲料用耐震性貯水槽は、城南通りと100m道路に挟まれた区域の住民約1万1000人を対象とし、3日間供給できるよう容量を100m³とした。

(2) 形状、形式、材質

この飲料用耐震性貯水槽は、配水管直結循環式とし、平常時は配水管として機能するので地下埋設横型パイプ式（有圧密閉型）とした。

本市の配水管の材質は、経験的に維持管理が容易なダクタイル鉄管を採用しており、飲料用耐震性貯水槽は平常時において配水管として機能するため、材質はダクタイル鉄管とした。

(3) 滞留防止

飲料用耐震性貯水槽は、配水管の口径差が大きく流速が急速に低下し、貯水槽内の水が滞留する恐れがあり、水質の劣化防止が重要な課題である。

そこで、飲料用耐震性貯水槽の設置にあたり、その付近の配水管路の流況調査を行い、その結果、1日当たりの流入量は140m³以上、残留塩素濃度は0.47mg/ℓであった。この流入量の場合、1日平均残留塩素濃度減少量は最大0.22mg/ℓと推定され、流出管の残留塩素濃度は約0.25mg/ℓを確保できると考え、建設に着手した。

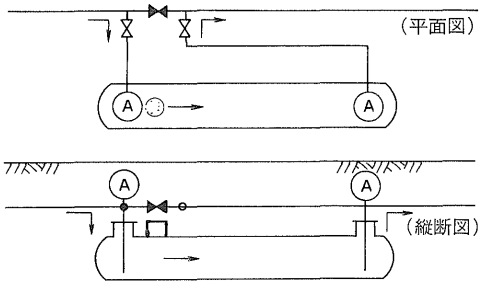
また、飲料用耐震性貯水槽設置後、追跡調査も行い、残留塩素の減少量は、0.06～0.22mg/ℓであり、pH値の上昇もなく、平常時でも問題がないことを確認した。

(4) 非常時対応

非常時の貯水方式は、流入流出口を飲料用耐震性貯水槽の上方に設け、流入流出側にそれぞれ仕切弁・空気弁を設け、サイフォン作用による水の流出防止を図り、弁を手動操作して貯水する自然貯水（サイフォンブレイク）方式を採用した。因に、この

方式は維持管理が容易であり、建設費も安価である。

図2　自然貯水（サイフォンブレイク）方式



(5) 非常用給水設備

飲料用耐震性貯水槽からの給水方法は、エンジンポンプおよび手動ポンプによる方法に加えて、庁舎地下2階に給水口を設置し、自然流下により直接給水タンク車に給水できる二方向給水方式とした。

4. おわりに

本市では、平成7年・8年度の2ヵ年で、阪神・淡路大震災を教訓とした「大規模地震被害想定調査」を実施しており、被害想定や地域防災計画を見直すとともに「災害に強いまちづくり」に取り組むこととしており、水道局でも積極的に参画することとしている。

命の水を預かる水道マンとして、災害発生時の初動体制の確立といったソフト面の拡充は無論のこと、基幹施設の耐震化、緊急時の給水拠点の確保など、早急に総合的な施策を講じる必要があるところである。

こうした水道界共通の課題に対して、各事業体ではその歴史、地域の特性により、必ずしも同一の施策を展開することとはならないため、本市では、これらの課題に対して“将来の広島市水道事業はどうあるべきか”について委員会を設置し、現在鋭意検討中である。

写真1　吊り込み状況

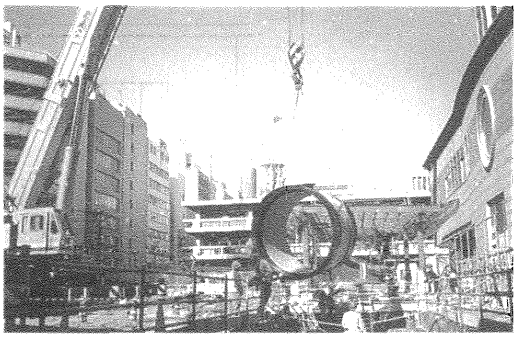
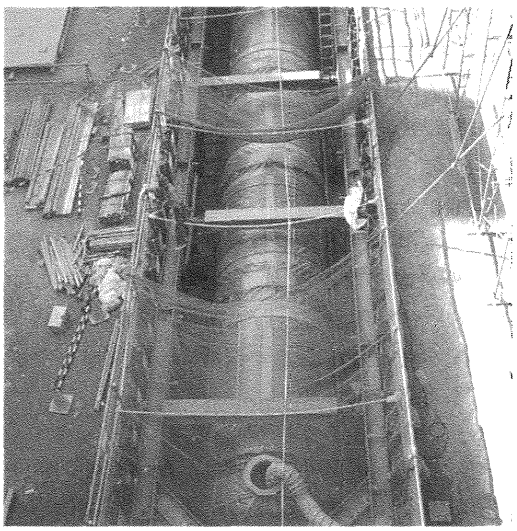


写真2　据付け状況

写真3　工事全景



Technical Report

技術レポート 2

農村地区に耐震性貯水槽を設置

福井県松岡町産業経済課
課長　森山慎一郎

1. はじめに

山々には緑があふれ、数多くの古墳には太古のロマンが眠っている。清らかな九頭竜川には若鮎が踊り、川面を銀色に輝かせる。静かで落ちついたわが松岡町も、昭和23年（1948）6月28日の福井地震を経験している。それ以来震災対策のひとつとして防火水槽の設置が進められてきたが、平成7年（1995）1月17日の阪神・淡路大震災を契機に、一層の地震防災対策が推進されることになった。

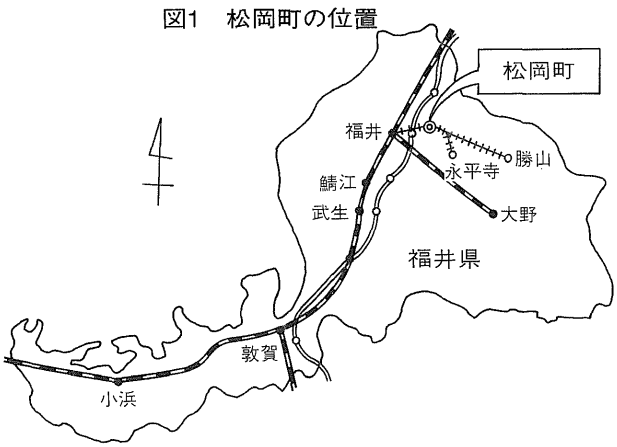
今回、平成7年度に農林水産省の補助によって、60m³型のダクタイル鋳鉄製貯水槽（耐震用・緊急用）2基を設置したので、ここに報告する次第である。

2. 松岡町の地勢

本町は福井市の東方約8km、越前平野の東端に位置し、南北に細長く約9.3km、東西に約4.3km、面積18.62km²である。

南部は三方山に囲まれて足羽郡美山町に、東は永平寺町、西は福井市に接している。北部には九頭竜川が横断し、その北には海抜20mの平坦地が続き、丸岡町に接している。

図1　松岡町の位置



本町は奈良時代に江上郷と呼ばれ、その後芝原庄ともいわれていた。松岡という地名は

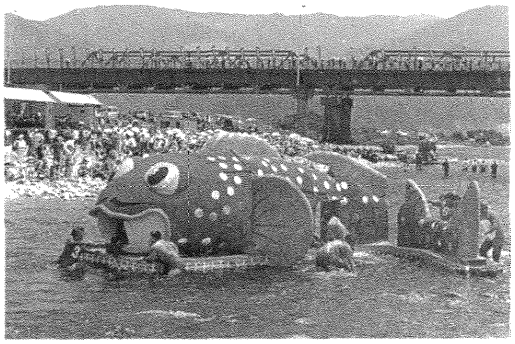
ずっと新しく、江戸時代に入ってからとされている。

正保2年（1645）徳川家康の曽孫、松平昌勝公が初代「松岡」藩主に封ぜられたのが命名の由来と伝えられている。その後、2代目藩主昌平公が福井藩主になり、松岡藩が廃藩となるまでの76年間が松岡5万石の城下町の時代であった。

明治22年（1889）2月、町村制の実施で松岡村として発足し、昭和5年（1930）2月、はじめて町制を敷いた。その後、昭和30年（1995）3月31日に松岡町、五領ケ島村および吉野村の町村合併により新しく松岡町が発足し、現在人口は1万人を越えている。

平成4年（1992）には福井県立大学が開学し、国立福井医科大学などを含め「学術研究の中枢」として位置付けられるとともに、学生が集う生き生きした「学園都市」にもなりつつある。

写真1　九頭竜川で手づくり筏流し



3. 事業概要

本町では農村地区の農業集落における生活環境の整備を図るために、農村総合整備モデル事業を昭和63年（1988）に計画スタートさせ、生産性の高い農業の育成と高福祉農村の建設をめざしている。

本事業の中で推進している主な事業項目を上げると、農業集落道整備、農業集落排水施設整備や集落防災安全施設整備などがある。

本町の消防水利施設は、防火水槽と消火栓を中心として計画的に整備されてきてはいるものの、充足率はまだ低く、特に農村地区では市街地よりも10%余りも充足率が低いのが現状である。

このため、本事業では防火水槽の整備を集落単位で進めることにより、農村地区での充足率を高め消防水利の確保を図ることが、大きな柱のひとつになっている。

また、今回設置した貯水槽は、災害時の消防水利と飲料水確保の両方を目的としたもので、町防災計画の見直しを踏まえて、当初計画に新たに追加された事業である。これにより、「災害に強い農村づくり」の一助になるものと大いに期待されている。

なお、この事業費に対しては、国（農林水産省）および福井県から補助金を受けることができる。

4. 貯水槽の概要

1. 設置場所

今回、農村2地区に貯水槽1基ずつ計2基の設置を計画したが、その具体的な設置場所の選定に当たって、次の点を考慮して決定した。

① 災害発生時に避難地となること。
② 水道の配水管が近くにあること。
③ 貯水槽の保守・点検・整備などの維持管理が容易であること。

よって、吉野地区にある吉野小学校校庭と兼定島地区にある農業構造改善センターの駐車場に決定した。

2. 貯水容量

災害発生に備えて、消火用水として40m³（1m³/分×40分）および非常用飲料用水として20m³（3ℓ/人/日×3日間とすれば約2,200人分）、合計60m³を確保する。

5. 貯水槽の選定

貯水槽を選定するに当たり、飲料兼用型として実績の多いダクタイル鋳鉄製貯水槽と鋼管製貯水槽との比較を行った。その比較結果を表1に示す。

図2　貯水槽の設置場所

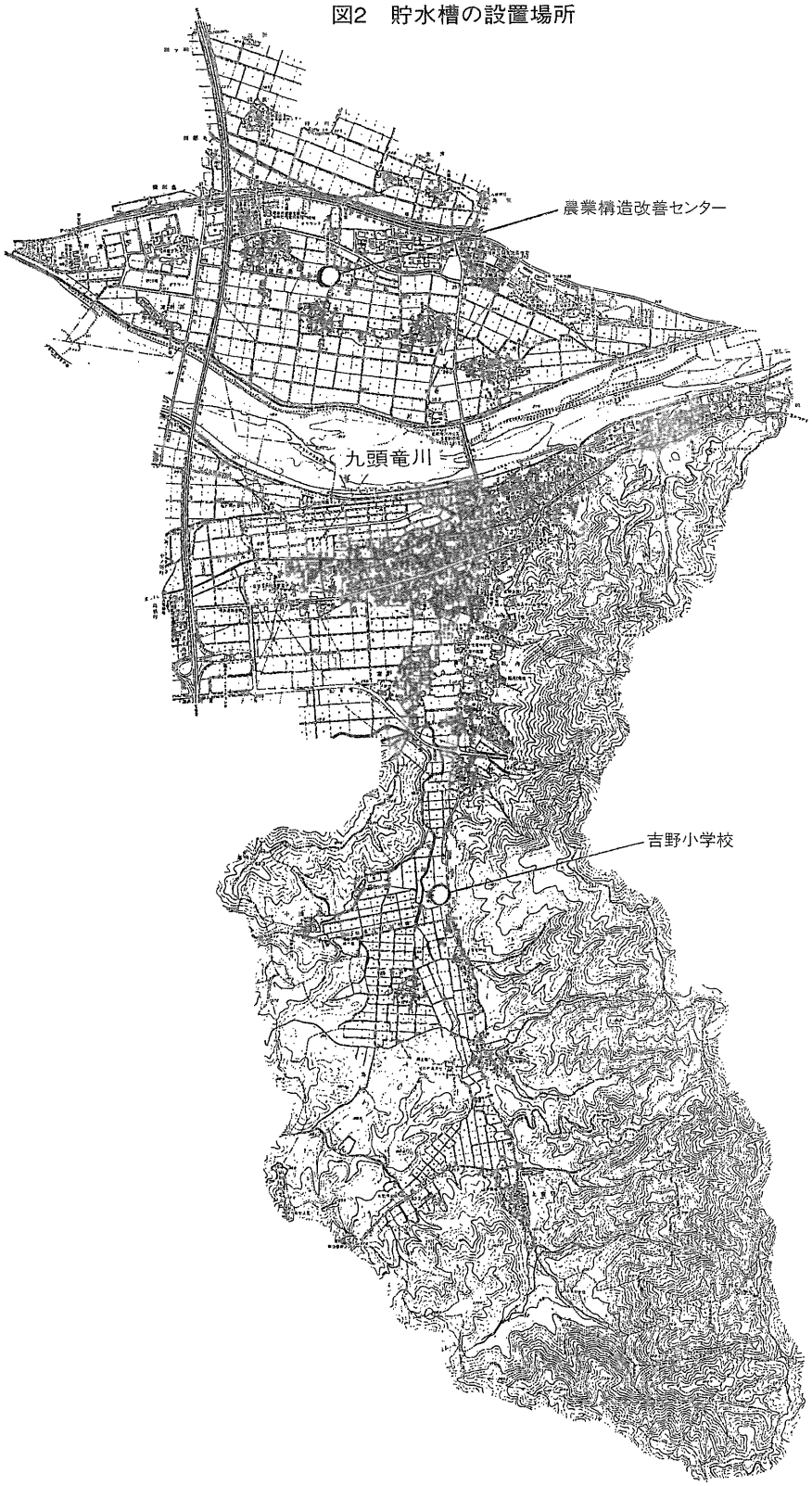


表1　ダクタイル鋳鉄製貯水槽と鋼管製貯水槽との比較

種別／項目	ダクタイル鋳鉄製貯水槽	鋼管製貯水槽
材質	ダクタイル鋳鉄　FCD	一般構造用圧延鋼材　SS400 水輸送用塗覆装鋼管　STW400
材料強度	引張強さ　4280kgf/cm^{2}以上 伸び　10%以上 弾性係数　1.6×10^{6}kgf/cm^2 曲げ強さ　6000kgf/cm^{2}以上 比重　7.15	引張強さ　4100kgf/cm^{2}以上 伸び　18%以上 弾性係数　2.1×10^{6}kgf/cm^2 曲げ強さ　4100kgf/cm^{2}以上 比重　7.85
最大呼び径	ϕ2600mm	ϕ3500mm
耐震性および継手の性能	材料強度も十分であり、耐震性大。継手は離脱防止継手を使用し、一体構造とする。	材料強度も十分であり、耐震性大。継手は溶接接合する。
水密性	継手はゴム輪により強固にシールするため、水密性良好。	継手は溶接施工であるため、水密性良好。
水の非停滞性	各種実験により確認済である。	各種実験により確認済である。
防食	（内面）モルタルライニングであるため、セメントのアルカリ性により鉄部を不動態化する。よって長期的な防食性能は高い。 （外面）標準仕様はエポキシ系塗装であるが、腐食性の土壌に対しては、土壌の判定基準に基づくポリエチレンスリーブ法が確立されており、長期的防食性能が期待できる。	（内面）標準仕様は、水道用液状エポキシ系塗装で塗装厚0.3～0.5mm以上。 （外面）一般的に工場部分は、アスファルトビニロンクロス、現地部分は水道用ジョイントシールなどが採用されており、保護シートにて塗覆装の保護を行っており、長期的防食性能が期待できる。電食に対する配慮が必要である。
施工性	接合は機械的な接合であるため、簡単な接合工具を使用することにより短時間で施工ができる。	接合は溶接接合であり、溶接設備と高度な技術を要するが、小容量のものは運搬できる範囲で1製品として工場製作し、現地溶接をなくすことが可能。
耐用年数（法定）	40年	25年
経済性	材料費が高く、工事費が安い。	材料費が安く、工事費が高い。

以上、比較の結果、本町においては施工性・地域性・トータルコストを重要視して、ダクタイル鋳鉄製貯水槽を選定した。

6. 貯水槽の設計

1. 規格・仕様・条件

貯水槽の設置場所・地盤などを考慮して、選定した貯水槽の規格・仕様などは次の通りである。

・規　　格：JDPA（日本ダクタイル鉄管協会）G 1041 ダクタイル鋳鉄製貯水槽（耐震用·緊急用）
・容　　量：60m^3　分散型（直線形）
・呼び径：2000mm
・長　　さ：20.04m（直管4m×3本＋5m×1本、帽、栓）
・管　　厚：19.5mm
・継　　手：LUF形
・水　　圧：静水圧7.5kgf/cm^2＋水衝圧5.5kgf/cm^2＝13.0kgf/cm^2
・土かぶり：1.5m
・水平震度：0.4
・防食対策：管外面にポリエチレンスリーブを使用

・遮 断 弁：緊急遮断弁は使用せず、手動式の仕切弁と空気弁を設置

2. 配置・構造

貯水槽の配置を図3と図4に、構造を図5に示す。

図3　吉野小学校校庭内の貯水槽配置

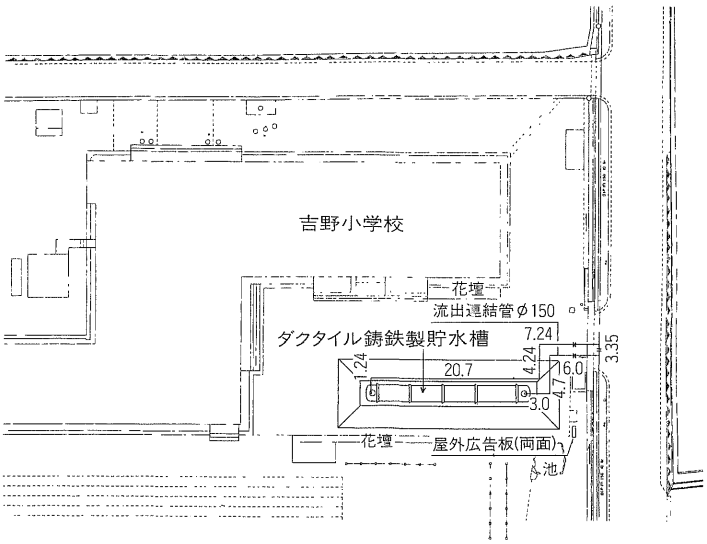


図4　農業構造改善センター駐車場内の貯水槽配置

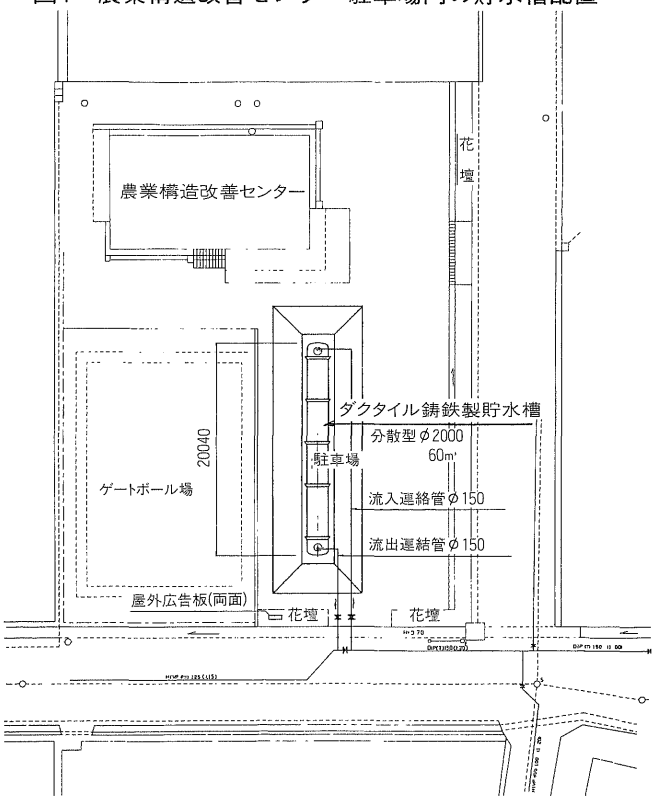
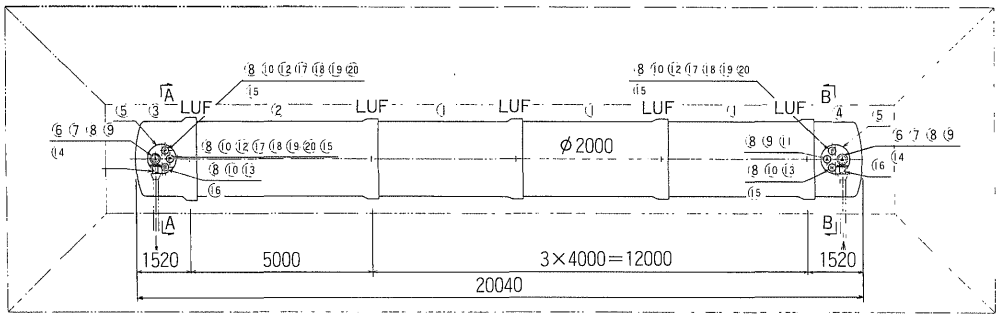
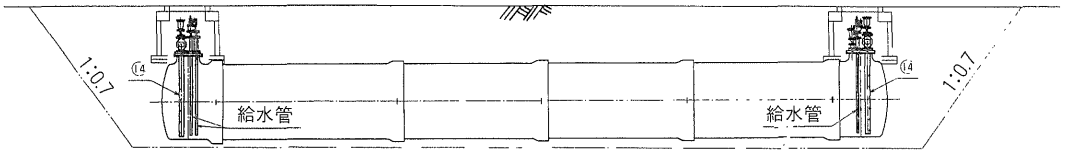


図5　貯水槽の構造

平面図



縦断図



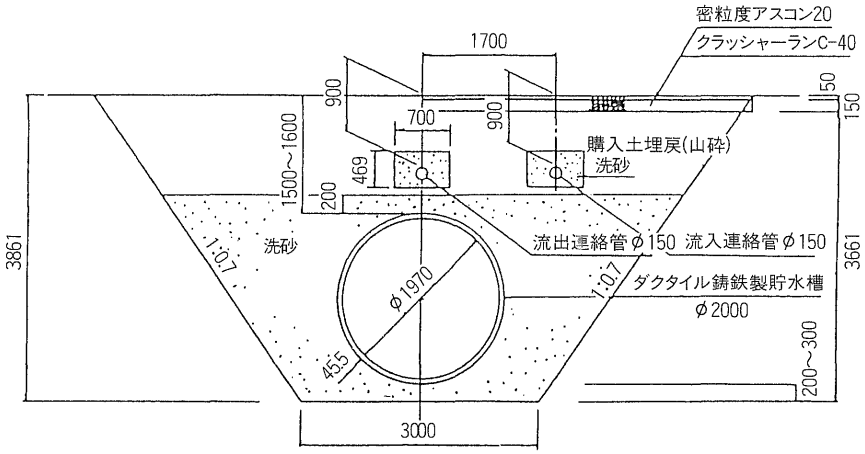
3. 強度安全性検討

貯水槽の強度安全性検討には、JDPA（日本ダクタイル鉄管協会）の資料T−38「ダクタイル管による耐震貯水槽」および日本水道協会の「水道施設耐震工法指針・解説」を参考にして検討した。なお、その内容については本文中では割愛させていただき、検討項目のみを次に示す。

(1) 平常時の検討
- 管体の強度検討
- 継手部の離脱強度検討
- 地下水による浮力に対する検討

(2) 地震時の検討
- 内圧による軸方向応力の算定
- 自動車荷重による応力の算定
- 温度変化による応力の算定
- 不同沈下による応力の算定
- 地震による応力の算定
- 軸方向応力度の加算

図6　掘削工



7. 貯水槽の工事

1. 掘削工

貯水槽設置2ヵ所の地盤は、付近の過去のボーリングデータから見ると、吉野小学校は礫混じりシルト層と風化岩層で地下水位はGL−1.7m、農業構造改善センターはシルト混じり砂層と砂礫層で地下水位はGL−4.9mである。したがって、場所も広く使えるために、掘削工は素掘りとした。

2. 砂基礎工

貯水槽を縦断的に100mmのこう配を付けるために、貯水槽下部の砂基礎の厚さを片側200mm、他方を300mmとした。

図7　砂基礎工

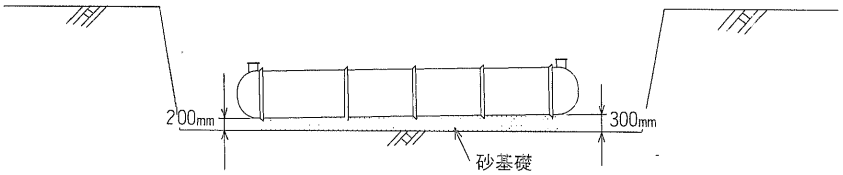


写真2　砂基礎転圧工

3. 管布設工

管の布設には20Tクレーン車を使用した。

写真3　管布設工

4. 埋戻し工

砂基礎工と同様に、管頂＋200mmまでは砂を用いて、200mmごとに振動転圧機によって締め固めながら、管の両側を均等に、かつ丁寧に埋め戻しを行った。

写真4　埋戻し転圧工

5. 管接合工

LUF形継手の接合は管内より人力によって行い、貯水槽本体の布設・接合は3日間で施工できた。

写真5　継手の胴付間隔のチェック

6. 水圧テスト

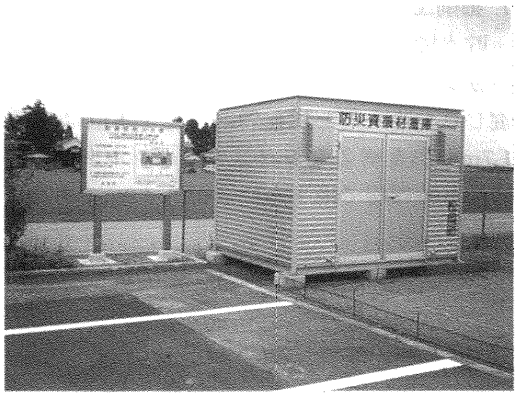
貯水槽本体の水圧テストには、継手部に内面からテストバンドを用いて、監督員の立会のもとに、5.0kgf/cm²の水圧をかけ、5～10分後に4.0kgf/cm²以上あれば合格とした。

8. 維持管理

貯水槽には常時上水が流入・流出するものであり、上水道の配水管の一部施設となるものであるから、貯水槽の維持管理は本町の水道課主導ですることになった。

現地には案内板を立て、防災資機材倉庫を設置して給水ポンプ・ホース・給水栓などを保管して、万一に備えている。

写真6　案内板と防災資機材倉庫



9. おわりに

今回、2基のダクタイル鋳鉄製貯水槽がスムースに設置できたのは、本町の水道課をはじめ消防署などの関係各位ならびに福井県のご指導・ご協力があったからである。

また、工事施工に当たっては吉野小学校、農業構造改善センター、施工会社およびメーカーの方々に大変ご協力をいただいたので、ここに謝意を表する次第である。

今後、各自治体において農村地域における防災計画の見直しが行われ、農村総合整備事業をはじめとした各種農業関係補助事業の中で、耐震性貯水槽の設置がますます増えることを念じ、かつ本文がみなさまのご参考になれば幸甚である。

Technical Report

技術レポート 3

油木ダム水力発電用導水管にダクタイル鉄管を使用して

～上水道システムにおける未利用エネルギーの有効活用～

北九州市水道局建設部
設計課　桧原　覚

1. はじめに

北九州市はほぼ東経131°、北緯34°、九州の東北端に位置し、総面積482.94km²、人口101万9562人（平成7年10月1日現在）の都市である。

現在、平成17年度を目標年次として、「北九州市ルネッサンス構想」すなわち、めざす都市の方向についての基調テーマならびに5つの分野における将来のあるべき姿を示す都市像を定めたもの、の第二次実施計画を推進中である。

・基調テーマ：
「水辺と緑とふれあいの“国際テクノロジー都市”へ」

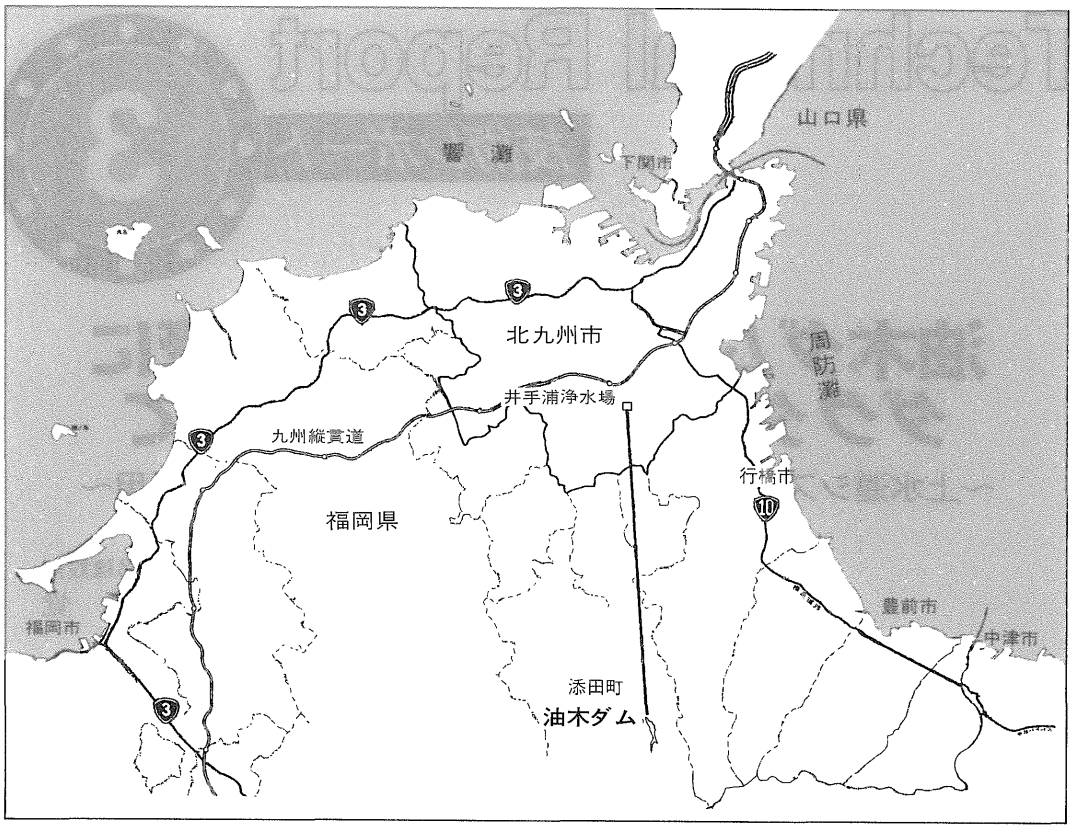
・5つの都市像：
緑とウォーターフロントを生かした快適居住都市
健康で生きがいを感じる福祉・文化都市
あすの産業をはぐくむ国際技術情報都市
海にひろがるにぎわいの交流都市
未来をひらくアジアの学術・研究都市

・第二次実施計画：
計画期間　平成6年度～平成10年度
当初計画　558施策に取り組む

本市の水道事業は、旧門司市が明治44年に一部の給水を開始して以来80余年の歴史を有している。その間、都市の発展に伴い若松（給水開始明治45年）、小倉（同大正2年）、八幡（同昭和5年）、戸畑（同昭和6年）の旧各市においても相次いで水道事業を創設し、それぞれ独自に市民の水需要に対応してきた。

昭和38年2月、旧5市が合併して本市が発足したが、その間、水道事業は幾多の変遷を経て、翌年昭和39年1月新たに北九州市水道局として発足し、現在、給水能力71万m³/日を有する水道事業に成長した。

図1　北九州市と油木ダム



2. 事業計画の概要

1.目的

油木ダムは昭和38年度から昭和46年度にかけ、福岡県の東部に位置する二級河川今川水系の今川上流部に、洪水調整、かんがい用水、工業用水および上水道用水の供給を目的とした県営の多目的ダムとして建設された。

本市は現在、この油木ダムから1日平均2万7900m³（平成6年度）の上水道用水を取水し、井手浦浄水場まで送水しているが、同ダムから油木導水路トンネル始点まで最大81.6mの遊休落差が生じており、既設の第一減勢池は、幅6m、高さ5.3m、長さ23mのRC構造物で、同ダムからの流水をホロージェットバルブ口径500mmで減勢し、放流させる構造であった。

これらの水道施設に残存している水力エネルギーの有効活用を図ることにより、水道事業の省エネ対策および長期的な経営の健全化に資するため、小水力の自家用発電を計画したものである。

2. 油木発電について

油木ダムからの上水道用水の取水量および貯水位について、過去10ヵ年（昭和57年度～平成3年度）の資料を収集整理し、発電所の水路設計および設備容量を確定する基準となる最大使用水量を決定した。

3.中小水力開発指導事業補助金について

平成3年度に、油木発電所建設の調査費の軽減を図るため、（財）新エネルギー財団を通じた国庫補助制度（補助率50%）を活用し、指導45号として「基本設計」を実施した。また、翌年には、基本設計の結果に基づいて、同様の制度を活用し実施設計を行った。

①指導事業の内容

・水路のルート選定

・取水地点流量等流量資料の整備

図2　油木ダムおよび発電所

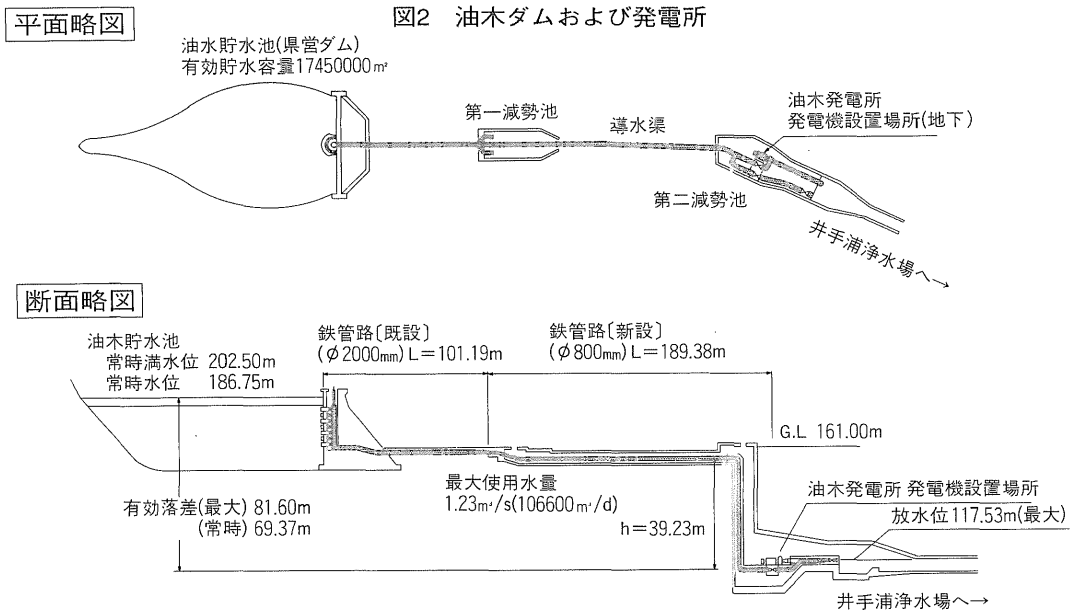


表1　流況表

(m³/s)

	最大流量	35日流量	60日流量	豊水量(95日)	平水量(186日)	低水量(275日)	渇水量(365日)	最小流量	年平均
昭和57年	0.89	0.87	0.86	0.85	0.76	0.48	0.02	0.02	0.68
昭和58年	1.13	0.95	0.93	0.87	0.71	0.57	0.38	0.37	0.73
昭和59年	1.08	0.75	0.70	0.68	0.60	0.46	0.00	0.00	0.56
昭和60年	0.89	0.84	0.71	0.69	0.47	0.32	0.27	0.27	0.51
昭和61年	1.18	0.82	0.78	0.73	0.56	0.48	0.30	0.23	0.62
昭和62年	1.22	1.12	1.09	0.97	0.89	0.82	0.00	0.00	0.78
昭和63年	1.23	1.12	1.09	0.95	0.84	0.56	0.28	0.27	0.81
平成元年	1.14	0.94	0.84	0.82	0.70	0.47	0.30	0.27	0.67
平成2年	1.23	0.96	0.94	0.85	0.35	0.30	0.00	0.00	0.54
平成3年	1.04	0.97	0.95	0.87	0.82	0.70	0.40	0.25	0.78
計	11.03	9.34	8.89	8.28	6.70	5.16	1.95	1.68	6.68
平均	1.10	0.93	0.89	0.83	0.67	0.52	0.20	0.17	0.67

図3　流況曲線図

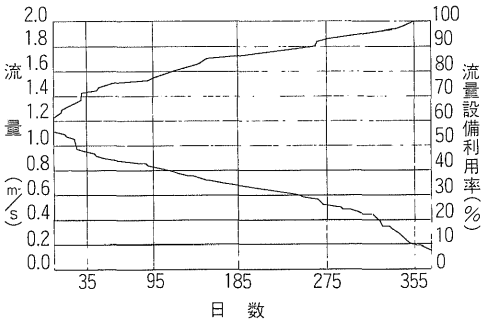
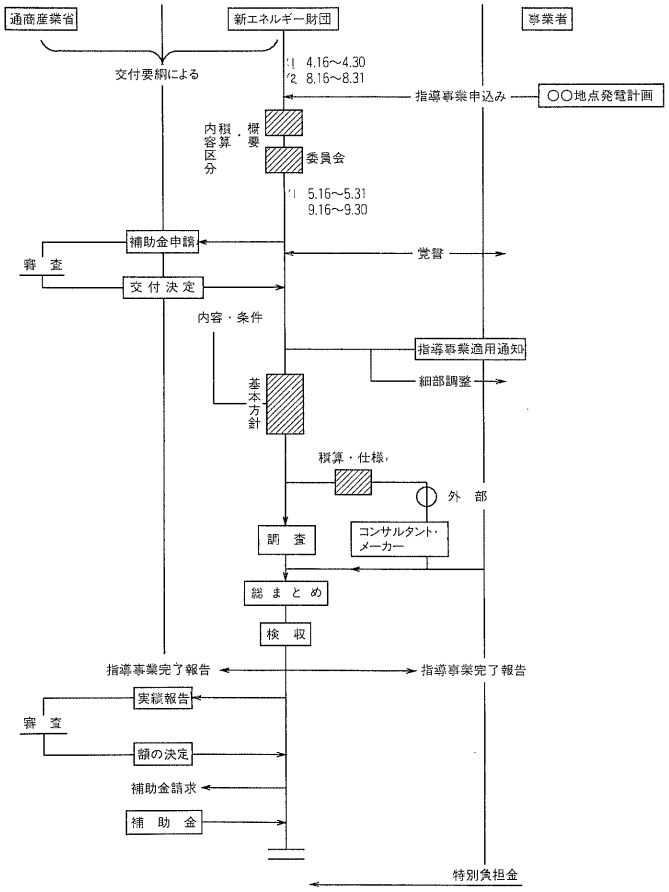


表2　発電計画および発電施設

最大出力		780KW
最大使用水量		1.23m³/s
最大有効落差		81.60m
水圧管路		L=290m φ2000～φ800
水車	形式	横軸フランシス水車
	出力	832KW
	回転数	1200rpm
発電機	形式	横軸三相同期発電機
	容量	820KVA
	電圧	6.6KV
発電方式		ダム水路式
年間可能発電電力		3,345,000KWH
運転開始年月		平成8年4月
全体事業費		591百万円

・使用水量の決定と電力量の算定
・主要構造物の設計
・水車、発電機の選定
・計画諸元の算出、関連の現地調査
・施工計画と工事工程
・工事費の積算と経済性評価
・経営計画（新たに公営電気事業、自家用電気工作物の設置を計画する者）
・その他高度な技術調査に関する検討

図4　中小水力開発促進指導事業補助に係るフロー



4. 中小水力発電開発補助金について

建設についても、平成6年度および7年度に国の補助制度（補助率20%）を活用し施工を行った。

①中小水力発電開発費補助の対象費用

・土地に係る費用
・建物に係る費用
・水路に係る費用
・貯水池に係る費用
・調整池に係る費用
・機械装置に係る費用
・諸装置に係る費用
・備品に係る費用
・無形固定資産に係る費用
・共有設備に係る費用
・実証試験費
・総経費

②交付申請期間

・第1回　平成6年5月16日～5月31日

・第2回　平成6年9月16日～9月30日

・第3回　平成7年1月16日～1月31日

③交付申請書の提出先

補助事業が実施される場所を管轄する官庁：九州通商産業局

3. 新設導水管について

1. 計画概要

基本設計条件を表3に示す。

表3　設計条件

貯水池水位（HWL）	203.600m
水車中心標高（EL）	118.800m
導水管全長（L）	291.368m （新設管：228.422m）
導水管呼び径（D）	φ2000～φ300 （新設管：φ800～φ300）
最大使用水量（Q）	1.23m^3/sec

放流渠として使用されている第一減勢池から、発電所が設置される第二減勢池までのRC製暗渠内に導水管（水圧管）を布設する。当初、配管工事に伴う断水可能期間は65日と制約され、その間、以下の作業を完了しなければならなかった。

しかし、結果的には建設工事中に生じた渇水対策のために仮設導水管を併設し、作業を進めた。

・既設構造物内の測量・清掃および改修（投入孔の設置ほか）

・暗渠内横引き配管と約40mの立坑（シャフト）内配管

・発電所内の大量のベースコンクリート打設

・配管に伴う異形管防護工および架台コンクリートの設置

・各種付帯設備（減勢弁、空気弁、流量計）の据付け

2. 管路縦断と水利特性

図5　管路縦断

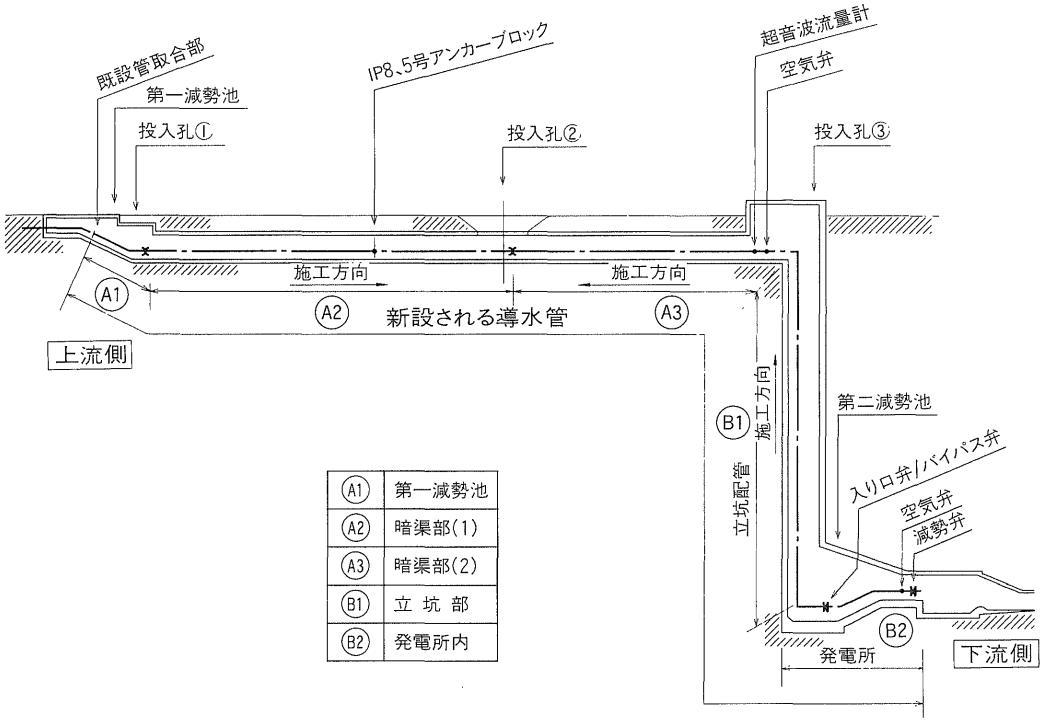


表4 水利特性（新設導水管）

管路位置	第一減勢池 (A1)	暗渠内（1） (A2)	暗渠内（2） (A3)	立坑内 (B1)	発電所内 (B2)
呼び径（D）	φ800（φ550）	φ800			φ800～φ300
管路長（L）	19.582m	119.040m		39.233m	30.985m
	合計：228.422m				
静水頭（PS）	47.04m	47.17m		86.40m	86.40m
衝水頭（Pd）	3.37m	19.10m		23.57m	25.28m
最大総水頭（P）	—	—		—	111.68m
流速（V）	2.45m/s				4.35m/s

3. 管種選定

対象管種として、①ダクタイル鋳鉄管（JIS G 5526）、②鋼管（JIS G 3457）、③強化プラスチック複合管（JIS A 5350）の3つの管材を取り上げ、比較検討を行った。その結果、経済性には大きな差は見られなかったので、次の理由により最終的にダクタイル鉄管を選定した。

a）メカニカル継手の優れた施工性により、工期の短縮化が図れること。

b）設計水圧11.2kgf/cm²に対し、十分な安全性が確保できること。

c）継手形式の選択肢が広く、用途別に経済的な選定が可能なこと。

d）立坑内配管については、KF形継手の採用により、施工性、異形管防護工に有利に対応できるとともに、内面防食問題において優れていること。

e）作業環境に左右されることが少なく、また、安全対策が容易なこと。

f）JWWA規格に対応し、かつ、多くの使用実績があること。

4. 付帯設備

主な付帯設備は以下の通りである。今回、減勢弁設備としては空中放流に適した微小開度でもキャビテーションによる壊食が発生しにくいジェットフローゲートを採用した。

4. ダクタイル鉄管による配管施工

1. 管材の使用区分

施工性、異形管防護工を考慮して次の通りとした。

2. 配管施工上のポイント

立坑、発電所周りの配管工事は、狭く、足場が悪い条件下での作業が強いられるため、工期確保の上でネックとなることが予想された。そのために、工区を既設水路内（A1、

表5 付帯設備

	仕様	用途	設置場所
ジェットフローゲート（減勢弁）	φ300電動外ネジ方式 SUS304	発電を行わない場合、バイパス管を経由し、減勢池に放流させる際の減圧制御用	バイパス管路末端
スプリング式空気弁	φ150 鋳鋼製（リミットスイッチ付き）	充水時の排気および大量吸気時の負圧防止対策	同　上
バイパス弁	φ800 FCD450	バイパス管路の締切用および充水時の締切弁	同　上
超音波流量計	—	流量測定	導水管

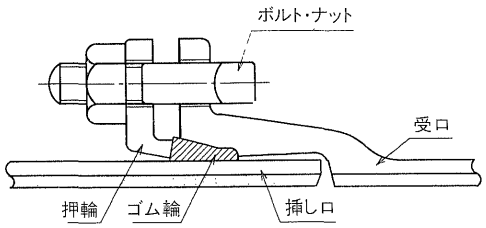
表6　使用区分

管路位置	第一減勢池 (A1)	暗渠内（1） (A2)	暗渠内（2） (A3)	立坑内 (B1)	発電所内 (B2)
呼び径（D）	φ800 (φ550)	φ800			φ800～φ300
継手形式	K形管（3種）＋特押	K形管（3種）		KF形管（特厚）	K形管（3種）＋特押
フランジ継手	JIS 7.5K RF形			JIS 16K GF形	
内面塗装	直　管：モルタルライニング（JIS A 5314） 異形管：内面エポキシ樹脂粉体塗装（JIS G 5528）				
外面塗装	水道用ダクタイル鋳鉄管合成樹脂塗料（JWWA K 139）				
異形管防護工	特押＋アンカーブロック方式			離脱防止継手＋AB併用	特押＋AB併用
管支持方式	コンクリート架台			振止金具＋コンクリート充てん	コンクリート充てん

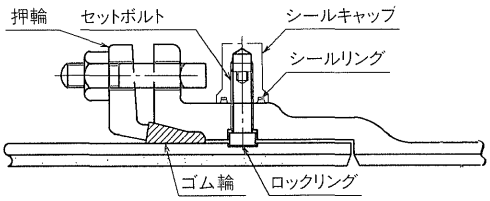
（注）AB：アンカーブロック方式

図6　継手構造

K形（呼び径 75～2600mm）



KF形（呼び径 300～900 mm）



A2、A3）と立坑・発電所内（B1、B2）の2つに大別し、これらが同時に着手できることを条件とした。図7に作業のフローシートを示す。

資機材の搬入のための投入孔の設定も工程短縮のポイントとなった。最終的には図5に示すように3ヵ所設置し、各々の工区で単独に作業ができるようにした。

また、これらの工区境においては、連絡配管が可能となるようにあらかじめ配慮し、円滑な施工を心掛けた。

作業前には既設の水路および減勢池内の事前点検、測量、清掃を実施した。竣工後約25年が経過し、計画通りの作業が行えるか若干の懸念があったが、結果的にはほぼ満足できる状況にあった。

3. 立坑および発電所内配管について

最初に発電所周りの配管を行った。立坑部との取り合い箇所を除き、ひねり接合を含む施工を行ったわけであるが、この部分は仕上がり後、すべてコンクリート基床中に巻き込まれるため、特別な異形管防護工が不要となり、K形継手（ただし、特押併用）で対応した。

約40mの垂直配管を行う立坑部は、今回の工事中、もっとも慎重な施工が要求された箇所であった。底部の曲管を起点に下から上へと順次接合を繰り返し、最後に発電所部分と連絡のあと、施工を完了した。

立坑部では頂部の異形管（90°曲管部）防護工が設計上のポイントとなった。

図7　フローシート

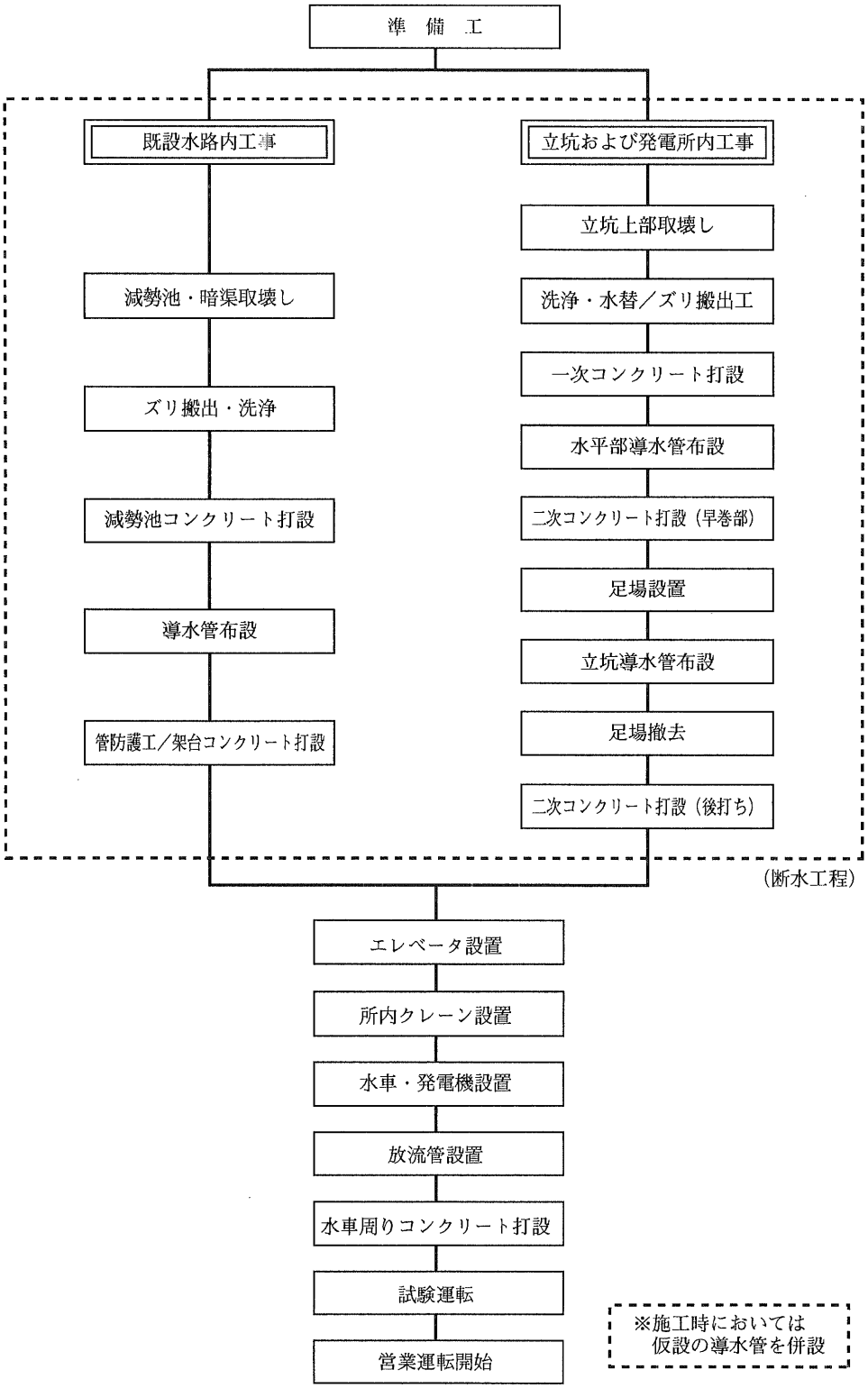

準　備　工
既設水路内工事
減勢池・暗渠取壊し
ズリ搬出・洗浄
減勢池コンクリート打設
導水管布設
管防護工／架台コンクリート打設
立坑および発電所内工事
立坑上部取壊し
洗浄・水替／ズリ搬出工
一次コンクリート打設
水平部導水管布設
二次コンクリート打設（早巻部）
足場設置
立坑導水管布設
足場撤去
二次コンクリート打設（後打ち）
（断水工程）
エレベータ設置
所内クレーン設置
水車・発電機設置
放流管設置
水車周りコンクリート打設
試験運転
営業運転開始
※施工時においては
仮設の導水管を併設

図8　立坑内配管仮設図

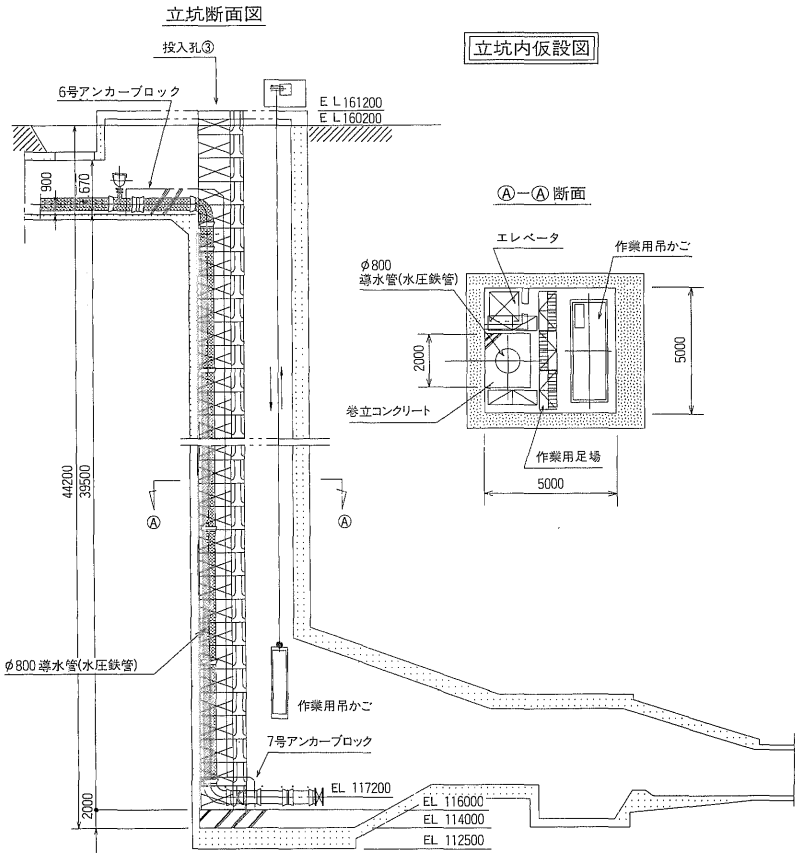


写真1　立坑内配管

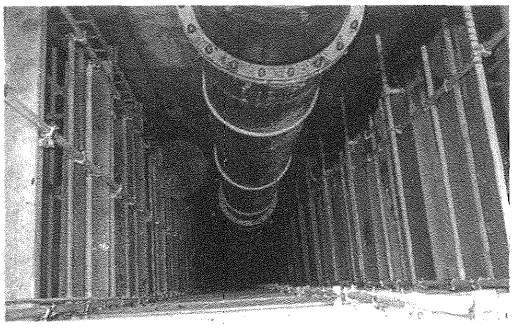


写真2　発電所内配管

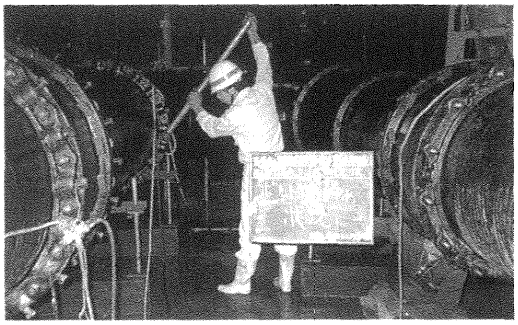


図9に示すように、この箇所は背部に反力を得るものがない。そこで対策として、KF形離脱防止継手を採用した。これにより、6号アンカーブロック工（図9参照）に作用する負荷を軽減し、かつ、水路底版とこれらブロックを緊結することにより、合理的な防護工設計を可能とした。

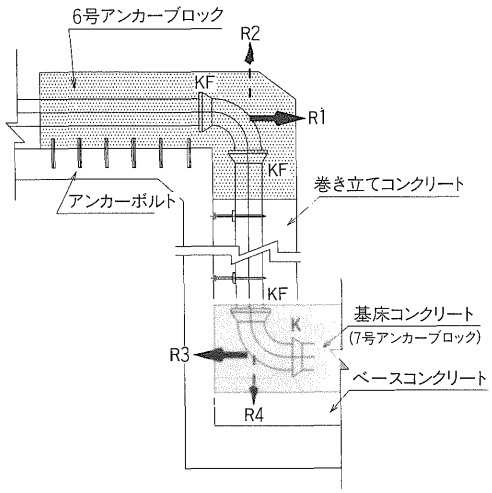
また、立坑部は直管1本ごとに3ヵ所の振れ止め金具を設け、さらに通水試験後コンクリート巻き立てを行った。

4. 異形管防護工

表6に示すように、内圧に対する異形管防護工は工区ごとに使い分けた。また、露出配管のため、これらアンカーブロックは原則として水路床版と緊結ボルトによる定着を行った。

立坑部は図9に示すように、KF形継手を併用することにより、不平均力R2、R4の発生を抑止し、作業性の改善を図るとともに、アンカーブロックへの負荷の軽減を行った。

図9　立坑部の異形管防護工



5. おわりに

今回報告した「油木発電所」の建設は、「ます渕発電所」に次ぐものであり、関係省庁において特定水利使用ならびに工事計画の許可を受けたものである。

また、発電開始に先き立ち、九州通商産業局公益事業部発電課による電気工作物の使用前検査（平成8年3月28日および29日の2日間）を受けたが、運転中、水圧鉄管本体には著しい振動などは計測されなかった。

（平成8年7月10日に出力780kw時で水平振動0.02mm、垂直振動0.038mmを計測した。）

本市においては、平成6～7年の異常渇水時に約1ヵ月間の給水制限を余儀なくされたが、その間、当油木ダムよりの取水を中断することができず、発電所建設中には、導水渠（ボックスカルバート水路）の中に仮設の導水管を布設するなどの対策により継続的な取水を図った。また、第二減勢池の立坑は内空5m×5mと狭く、作業に困難が伴ったが、水圧鉄管、水車および昇降装置などの諸設備を無事据付けることができた。

最後に、本事業の実施に関し、ご協力を賜った関係各位に心より感謝の意を表します。

Technical Report
技術レポート 4

21世紀に向けての管路の整備

鳥取市水道局工務課
主査　雁津孝行

1.はじめに

鳥取市は鳥取県東部に位置し、わが国最大の鳥取砂丘を形成した千代川の下流部に開けた人口14万5000人の市である。

豊かな緑の山並みと美しい山陰海岸に囲まれた県都として、政治・経済・文化などあらゆる面で山陰の中核都市として着実な歩みを続けてきている。

本市の上水道事業は水源を宇倍野村（現、国府町）美歎に求め、大正元年に給水人口5万人の計画で着工され、大正4年から給水を開始した。その後、周辺町村の合併や生活水準の向上など、使用水量の増加に対応して数次の拡張工事を実施してきた。この間には、大洪水（大正7年9月）、大地震（昭和18年9月10日ー鳥取地震、M7.4、死者1,210人）、大火災（昭和27年4月17日）など幾多の苦難に遭遇してきたが、市政の発展とともに歩み続け、市民生活の向上と産業文化の振興に多大なる役割を果たしてきた。

現在は、今後の使用水量、給水人口の増加などに対応するため、平成4年度から第8回拡張事業（計画給水人口18万人）に着手しており、配水池および送配水管路の拡充・整備にあたっている。本市は過去に大地震に見舞われた経験があり、また、昨年1月17日に発生した阪神・淡路大震災の教訓を取り入れ、これを基に平成7年度より幹線管路（一般に、管径150mm以上）の耐震化も同時に図っていくこととした。

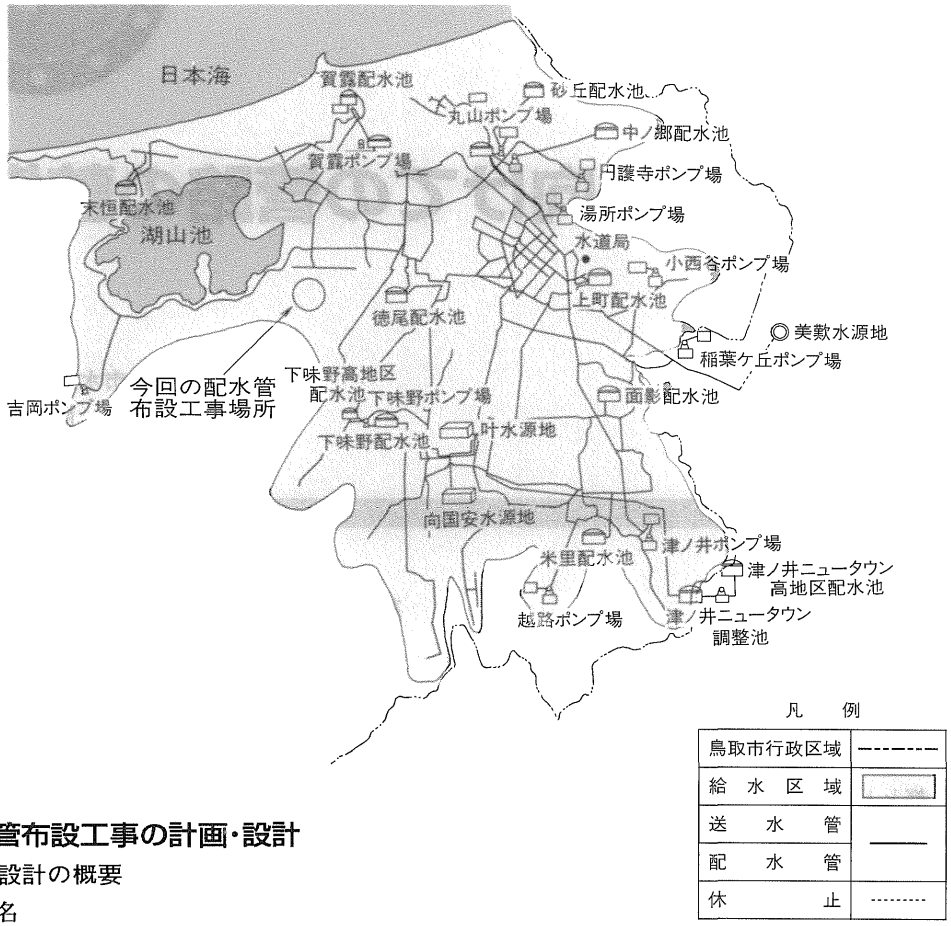
本報では、平成7年度に本市郊外で実施した配水管布設工事について、計画の背景および施工の概要を報告する。なお、本工事は配水池建設を予定している将来計画を考慮して設計されたもので、かつ、上記の耐震化構想に基づきS形、SⅡ形ダクタイル鉄管にて施工したものである。

2. 水道施設の概要

本市の水道は、市内（県東部）を流れる1級河川である千代川の伏流水を主な水源としており、8系統の送水施設および11ヵ所の配水池により市内各所に配水している。

図1に本市の水道施設の概要を示すとともに、表1に管路延長の詳細を示す。

図1　水道施設の概要



3. 配水管布設工事の計画・設計

1. 計画・設計の概要

1. 工事件名

◇桂見地内配水管布設工事

（S形ダクタイル鉄管呼び径600mmの布設が主）

◇桂見・布勢地内配水管布設工事

（SⅡ形ダクタイル鉄管呼び径350mmの布設が主）

2. 工事目的

本工事実施箇所（図1参照）は本市水道給水区域の周辺部にあたり、団地造成や運動公園建設などが現在盛んに行われている地域である。そのため、給水区域の拡大および給水量の増大に対処すべく、配水管網の拡張・整備を行うものである。

3. 布設管路

本工事で布設した配水管路の概略図を図2および図3に示す。

なお、布設延長の詳細は次の通りである。

表1　導・送・配水管延長

（単位m）

呼び径＼区分	導水管	送水管	配水管	合　計
40mm以下		503.0	78,907.8	79,410.8
50			61,260.4	61,260.4
75		3.0	68,033.7	68,036.7
100		879.1	232,968.9	233,848.0
150		1,642.0	131,937.3	133,579.3
200		709.0	66,728.2	67,437.2
250		7,602.0	37,078.0	44,680.0
300		6,292.0	22,360.9	28,653.4
350	363.0	9,435.0	20,481.2	30,279.2
400		3,644.2	3,463.3	7,107.5
450	22.0		3,428.0	3,450.0
500		4.0	2,110.0	2,114.0
600		16,365.0	4,223.7	20,588.7
700			1,902.5	1,902.5
800	1,873.0			1,873.0
900	131.0			131.0
1000	117.2			117.2
1200	459.0			459.0
合　計	2,965.2	47,078.8	734,883.9	784,927.9

（平成7年3月31日現在）

◇桂見地内配水管布設工事

S形ダクタイル鉄管　φ600×約145m
（一部KF形ダクタイル鉄管を使用）
KF形ダクタイル鉄管　φ600×約 20m
SⅡ形ダクタイル鉄管　φ350×約 14m
SⅡ形ダクタイル鉄管　φ300×約 14m
SⅡ形ダクタイル鉄管　φ250×約 13m
K形ダクタイル鉄管　φ150×約　6m
SⅡ形ダクタイル鉄管　φ100×約 10m
合計　約 222m

◇桂見・布勢地内配水管布設工事

SⅡ形ダクタイル鉄管　φ350×約406m
SⅡ形ダクタイル鉄管　φ250×約 10m
SⅡ形ダクタイル鉄管　φ100×約　8m
合計　約 424m

図2　桂見地内配水管布設工事管路概略図

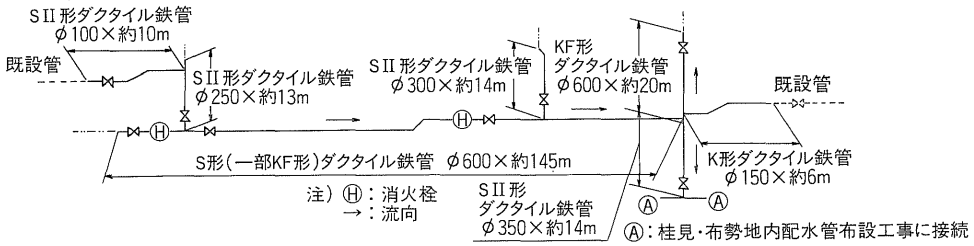
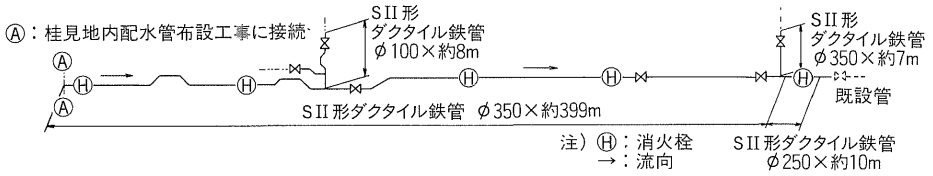


図3　桂見・布勢地内配水管布設工事管路概略図



2. 計画・設計において配慮した点

本工事の計画・設計にあたっては、配水管整備の将来計画および布設後の維持管理などを考え、次の点に配慮して行った。

1. 将来計画への配慮（管径設定）

今回布設する配水管は、既設配水管網の末端部に新たに造成される団地向けである。団地の計画人口から検討すると、既設配水幹線から分岐して造成地に向かう新設配水管に必要な呼び径は250mmであり、これを新たに布設すれば既存の配水管と重複して布設する箇所があるため、この部分の増径も考慮しなければならなかった。

しかしながら、将来、本地区に配水池を新設することが計画されており、その場合、今回布設する部分が配水池直下の配水幹線となる予定である。現時点の条件のみで設計・施工した場合、数年後に再度掘削して増径工事を実施しなければならないことから、配水池新設という将来計画に沿った設計とすることとし、呼び径600～350mmを主体とした管路とした。

また、団地造成が完了した際のことを考え、既設道路箇所などには分水用の分岐取り出し部を事前に設けておくこととした。

さらに、布設場所である主要地方道において水路のボックス化の計画があるため、その予定箇所については施工の障害とならない位置に管路を布設することとした。

2. 高水準管路形成への配慮（管路耐震化）

本市においても、過去に大地震に見舞われた経験があることから、昨年1月に発生した阪神・淡路大震災の教訓を取り入れ、今回布設する配水管には主にS形、SⅡ形ダクタイル鉄管を用いて管路の耐震性を強化することとした。

3. 維持管理への配慮（制水弁の多数設置）

管布設後の維持管理面を考え、管路は専用管路を布設するのではなく、将来計画に沿った単線で布設するとともに管網を形成し、現状よりも制水弁の設置箇所を多くすることにより、断水箇所（区域）を少なくするよう配慮した。具体的には、分岐部の前後にはできる限り制水弁を設けるようにした。

4. 工事の実施

1. 管布設場所

道路横断箇所は別として、原則的には歩道下に管路を布設した。

2. 掘削断面

標準掘削断面を図4、5に示す。

なお、掘削部は簡易鋼矢板による土留めを行った。

図4　標準掘削断面（呼び径600mm）

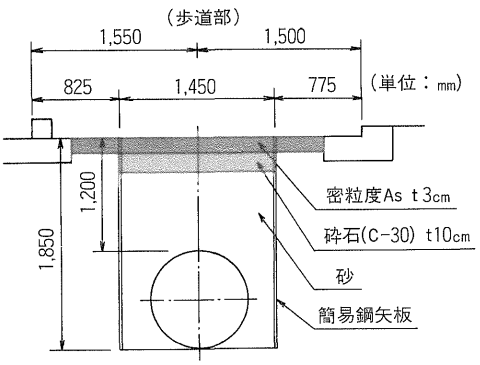
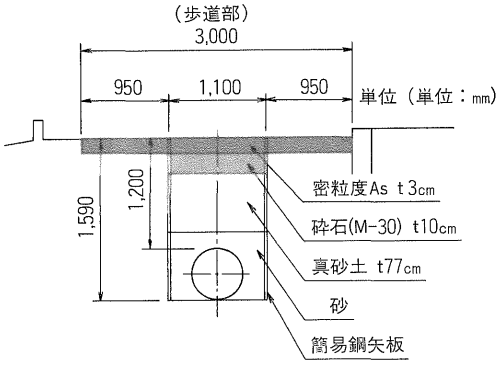


図5　標準掘削断面（呼び径350mm）



3. 施工状況

施工状況を写真1、2に示す。

写真1　管布設状況（呼び径600mm）

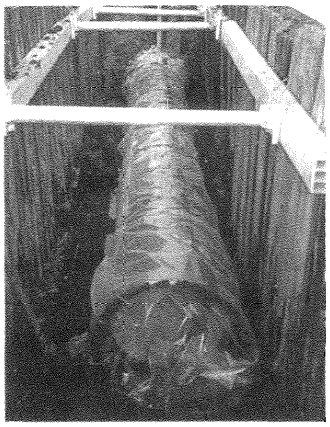
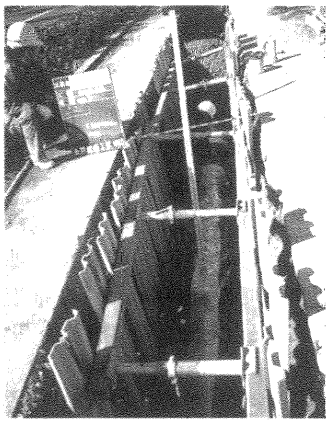


写真2　管布設状況（呼び径350mm）



5.おわりに

本市では、現在実施中の上水道基本計画に沿って、昨年1月に発生した阪神・淡路大震災の教訓を取り入れ、平成7年度より幹線管路の耐震性強化を図っていくこととした。

今回その一環として実施された、主にS形、SⅡ形ダクタイル鉄管を用いた配水管布設工事において、管路の耐震化だけでなく、将来計画および維持管理についても配慮した計画・設計を行ったので、その概要について報告した。

今回の報告が、21世紀に向けての高水準管路整備方策の一助となれば幸いである。

Technical Report

技術レポート 5

ため池等整備事業における ダクタイル推進管(底樋管)の施工事例

奈良県南和土地改良事務所
次　　長　岩本和夫
奈良県農林部耕地課
課長補佐　乾　義昭

1. はじめに

奈良県の農地面積の2／3を占める大和平野地域とその周辺部は瀬戸内気候に属し、年間降水量は1,300～1,400mmの寡雨地帯であり、しかも本地域を流下する中小河川は、平野面積に比較して山地流域面積がきわめて小さいため、恒常的な用水不足に悩まされてきた。

このため、用水確保には多大の苦労が払われ、古代より多くのため池が築造されてきた。このように、大和の農業は水を求めての歴史であり、ため池依存度の高い水利構造となっている。

ため池築造の歴史は古く、古代に始まり、古事記、日本書記にも登場し、万葉集、枕草子にも奈良のため池を歌ったものがある。

その後ため池は、中世、近世とその数を増やし、特に平地部のため池は大和の皿池として有名で、また、丘陵地では小さい坪地が存在している。

また、最近のため池の現状を列記すると次の通りである。

①水利慣行に縛られた小規模な集落中心とした所有形態が多い。

②江戸～明治期に作られたため池が多く、未整備ため池が未だ数多くある。

③農業者の高齢化、兼業化、農業所得の低迷などから、ため池の維持管理が粗放化している。

④都市化の進展、混住化に伴い、管理が困難化している。

⑤都市化による流域の開発が進展し、洪水の流出形態が変わり、ため池のピーク流入量が増大し、安全度が低下している。

以上のことから、老朽ため池改修の必要性が増大しており、今回、姫谷上池地区の底樋管改修工事（呼び径800mm）を推進工法にて実施したので、以下に工事概要を報告する。

2. 工事概要

(1) 工事名称
　ため池等整備事業

(2) 工事場所
　五條市霊安寺町

(3) ため池名
　姫谷上池

(4) 受益面積
　水田：53ha
　畑：2ha

(5) 底樋改修工法
　推進（圧入）工法

(6) 立坑
　発進立坑：長さ＝7.4m
　幅＝2.6m
　到達立坑：なし

(7) 底樋管
　総延長　L＝50m
　推進部＝28m
　・U形推進工法用ダクタイル鉄管
　・ϕ800×4,000mm
　開削部＝22m
　・T形ダクタイル鉄管
　・ϕ800×6,000mm

図1　位置図

3. ため池改修計画

表1～表4に、各施設の改修計画諸元を列記する。

4. 改修内容

各項目別に、現況と改修補強工法との対比を表5に示す。

表1　ため池諸元

型　式	堤　高（m）	堤体積（千m^3）	貯水量（千m^3）
均　一	12.4	29	65

表2　堤体

余裕高（m）	天端幅（m）	法面こう配	法面保護工
1.60	4.5	上流1：2.2 下流1：1.7	張りブロック

表3　取水施設

斜　樋			底　樋			取水量（m^3/s）
構　造	径	長さ（m）	構　造	径	長さ（m）	
スライドゲート	φ200×3 φ300	12.53	ダクタイル鉄管	φ800	50.25	0.1057

表4　余水吐

計画洪水量（m^3/s）	越流水深（m）	余水吐能力（m^3/s）	構　造	越流幅×門
9.257	0.80	9.267	コンクリート越流式	6.0×1

表5　改修内容

項　目	現　況	改修補強工法
取水施設	取水施設は木樋で老朽化が著しく取水困難で、管理に苦労している。	改修断面に合わせスライドゲート3孔底樋φ800ダクタイル鉄管を推進工法で改修する。
余水吐	老朽化したコンクリート水路で断面不足を生じ危険である。	コンクリート三面張り越流式に改修する。
堤　体	堤体に断面不足を生じ、また、余裕高、天端幅の不足を生じ危険である。	さや土にて設計基準断面を確保し、張りブロックにより制波する。

写真1　余水吐部（現況）

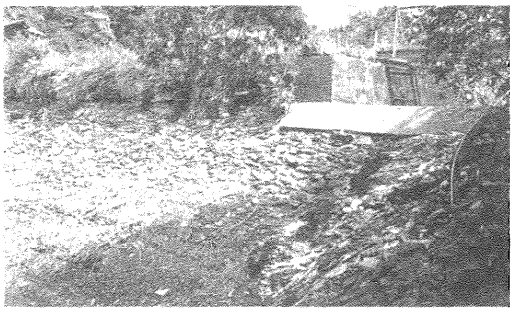


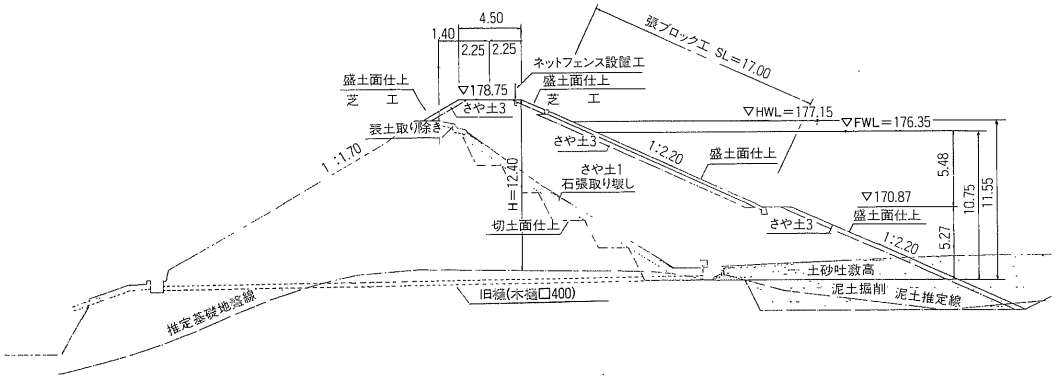
写真2　堤内状況（現況）

5. 底樋改修工法の選定

一般的に、改修工法としては、開削工法、推進工法、挿入工法（旧樋管に新管を挿入）などがあるが、おおむね8m以上のため池になると、大量の土工量になる開削工法に比べ推進工法は経済的に安価になるとともに工期の短縮、工事が気象条件に左右されないなど有利である。

当地区においても、堤高は12.4mであり、経済性を考慮して推進工法を採用した。

図2　標準断面図



6. 底樋管に使用した管路

底樋管に要求される条件として、

①管体強度が高く、外圧に対して十分な強度を有すること。

②継手の水密性が優れていること。

③耐食性に優れていること。

④地盤変動（不等沈下）に対応できること。

⑤施工性に優れていること。

⑥耐用年数が長い材質であること。

以上の条件を満足する管材として、種々検討の結果、推進部には推進工法用ダクタイル鉄管（U形推進工法用管）を、開削部にはT形ダクタイル鉄管を使用することとした。

図3　U形推進工法用ダクタイル鉄管

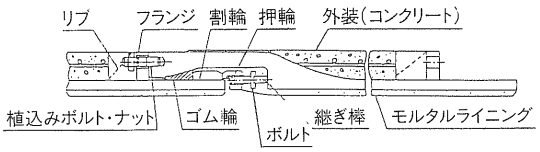
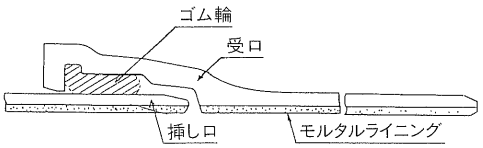


図4　T形ダクタイル鉄管



7. 底樋管改修工事

推進工法による改修工事においては、通常、下流側に発進立坑を設け、上流側に向かって圧入を行う。また、旧樋管は、底樋管内のヘドロを清水で押し流し、下流側にグラウト用パイプを設置し、上流側には空気抜きを管頂部に設置後、充てんを行い、両端部はコンクリートで閉鎖した。

開削部は、管路に沿ったミズミチを作らないため、最小のコンクリート厚で全巻き構造とし、側面は盛土となじみをよくするために

こう配（1：0.05）をつけた。さらに、呑口ボックス部には土砂吐ゲートを設置し、底樋管に沿う浸透水を防止するため、止水壁を設けた。

図5　発進立坑

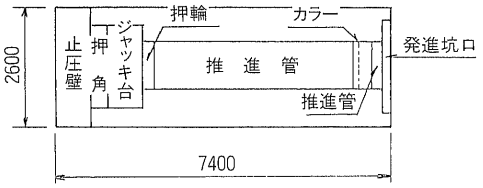


図6　底樋巻き立て

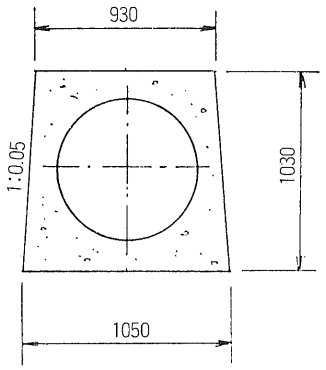


図7　土砂吐（鋳鉄製スライドゲート□600×□600）

正面図　　側面図

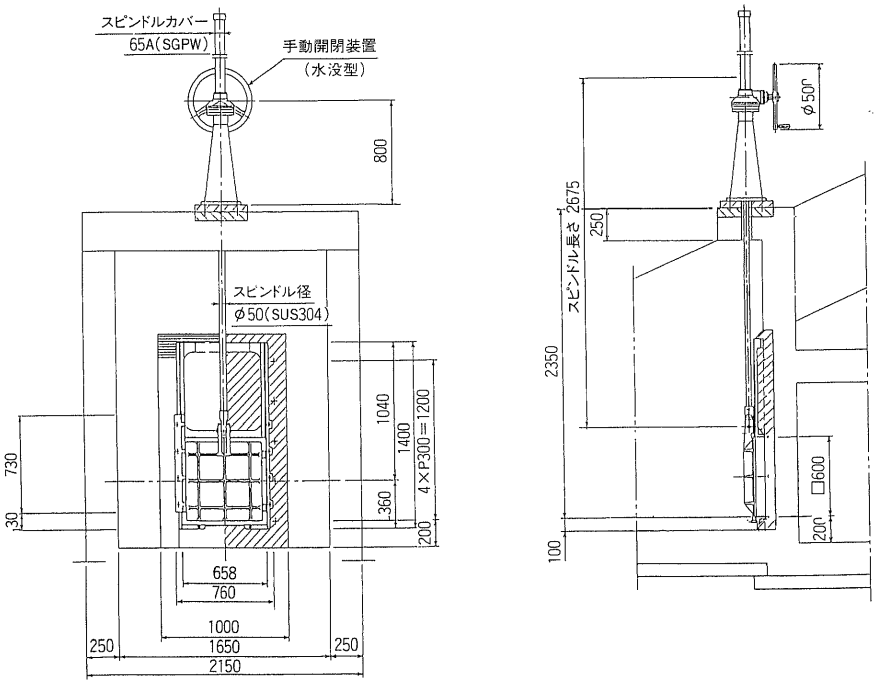


写真3　底樋改修状況

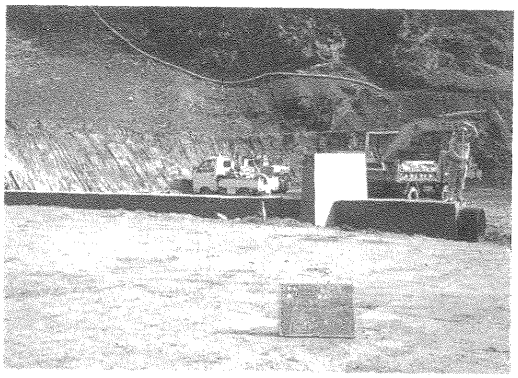
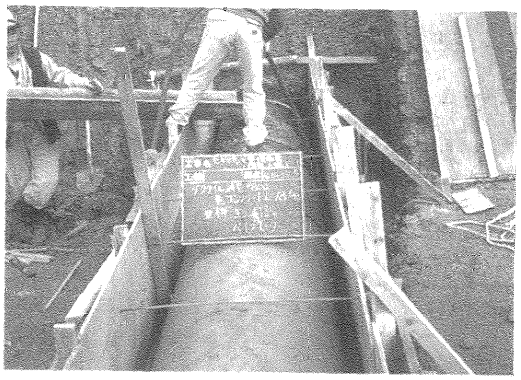


写真4　底樋巻き立て状況



8. 斜樋管改修工事

斜樋管（SGP 300 A）よりの取水は、スライドゲート方式とし、3孔取水（鋳鉄製斜樋バルブ ϕ 200）とした。

また、負圧防止のため通気管（SGPW 50 A）を設けた。

図8　斜樋配置図

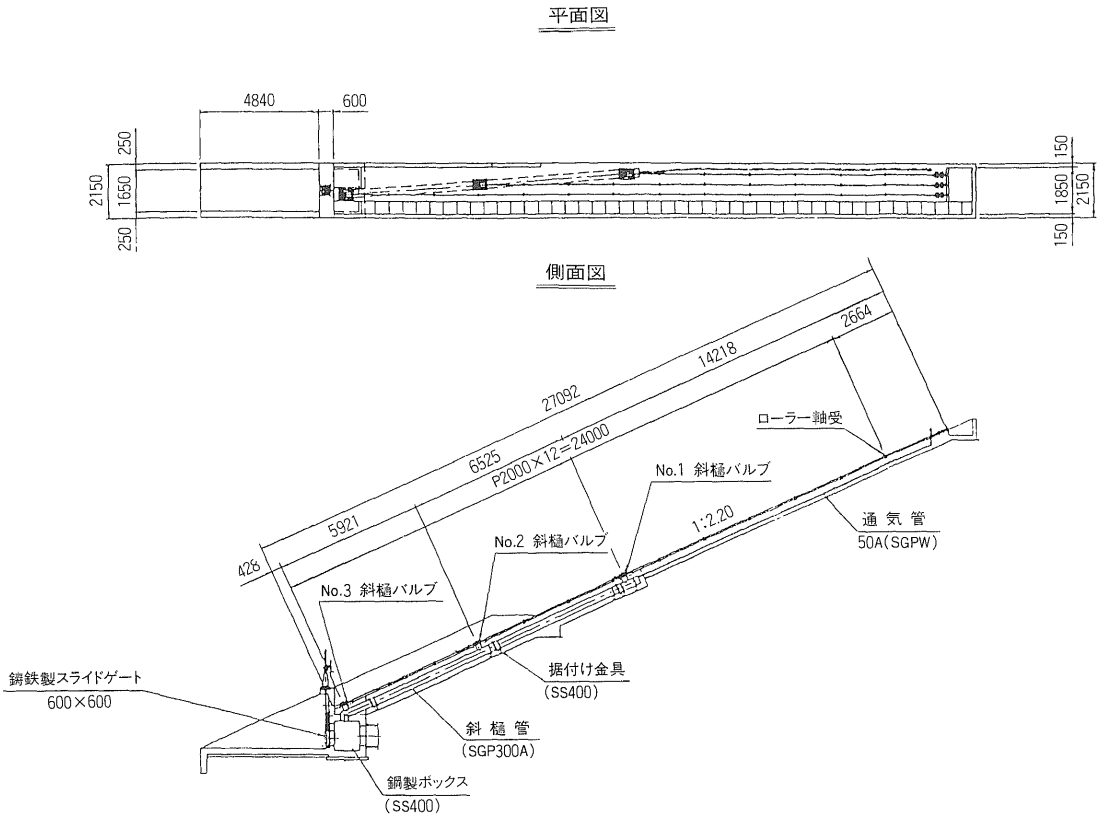
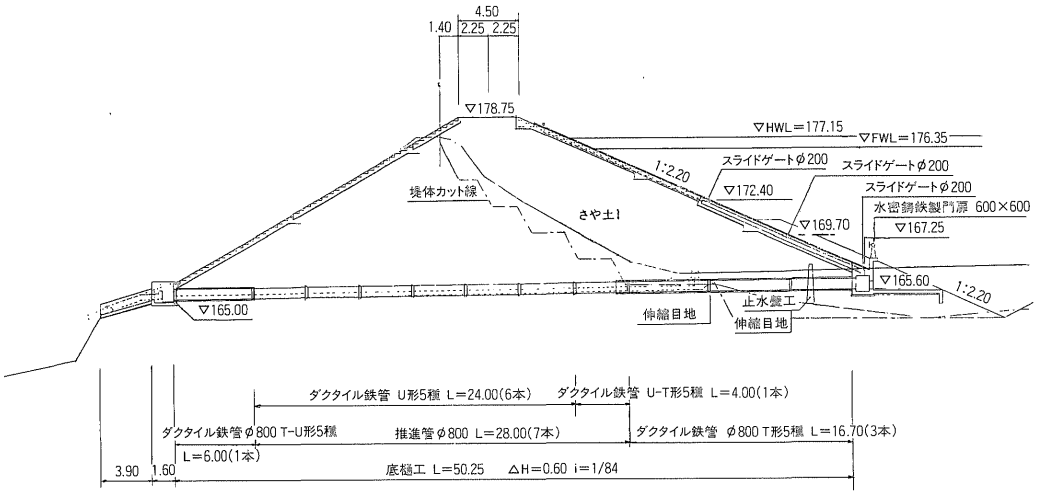


図9　取水施設工一般図



9. おわりに

ため池は、先人達の偉大な遺産であり、また、多くの農民のたゆまない努力により守られてきた貴重な地域の財産である。

また、ため池の必要性として列記すると次の通りである。

①大和平野における年間降水量が少なく、吉野川分水（十津川・紀ノ川土地改良事業）の完成後においても、引き続き農業用水の安定確保には、ため池への依存は不可欠である。

②水田面積の減少、転作田の増加があっても、水路維持用水、機械化、水利秩序の再編、配水構造の近代化などを考えるとき、ため池の果たす役割は大きい。

③ため池は、地域の水辺空間、憩の場として位置付けられる。

今回、底樋管にダクタイル鉄管を使用したが、管の特性および施工性に問題がなく、また、工期の短縮も計れた。

ダクタイル鉄管は、引張り強さが420N/mm^{2}以上あり、外圧に対しても十分な強度を有しており、過去の実績（パイプライン）においても事故の発生率が低く、耐用年数も長いといえる。

腐食の面を考えても、ダクタイル鉄管は、材質上腐食されにくい特性を有しており、地盤の不等沈下に対してよく順応し、底樋管としての機能を満足するものと考える。

本施工例が、これから同様の工事をされる方々に参考になれば幸いである。

Technical Report 技術レポート 6

阪神・淡路大震災による耐震形ダクタイル鋳鉄管路の挙動調査（ポートアイランド、六甲アイランド）

神戸市水道局技術部配水課
係長　三浦久人

1. 目的

阪神・淡路大震災によって、神戸市では上水道管路は配水管で約1,800件、給水管で約9万件の被害が生じた。管路被害は、主に液状化発生地区や軟弱地盤など地盤変状が大きな場所で多く見られたが、液状化を起こした人工島を中心に約250km使用されていた耐震形ダクタイル鉄管（S、SⅡ形）には被害は生じなかった。

今回、液状化が発生したポートアイランドと六甲アイランドに埋設されていた耐震管路が、当地震により、どのように挙動したかを確認するため、管内にテレビカメラを挿入し継手の胴付き隙間を計測した。

また、当地区の濱田教授等[1]の航空測量による地盤変状からの管軸方向地盤歪みと管路挙動の関係についても併せて分析したので、以下に示す。

2. 調査の概要

1. 調査方法

調査地点に立坑を設け、断水、切り管後管内にテレビカメラを挿入し、管継手部の胴付き隙間（図1のa、b寸法）を円周4ヵ所（上下左右）の位置で計測した。

図1　耐震継手の構造

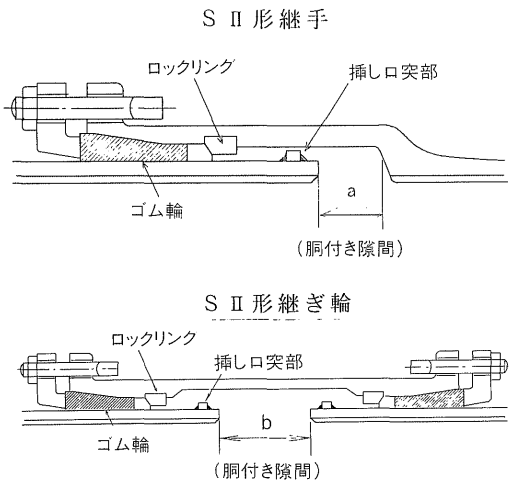
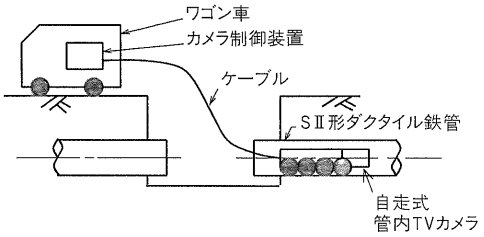


図2　調査状況



2. 調査場所

ポートアイランドおよび六甲アイランドの各2ヵ所の管路について調査を行った。

1. ポートアイランド

①港島6丁目：φ300SⅡ形管路×ℓ53.8m
（昭和55年布設）

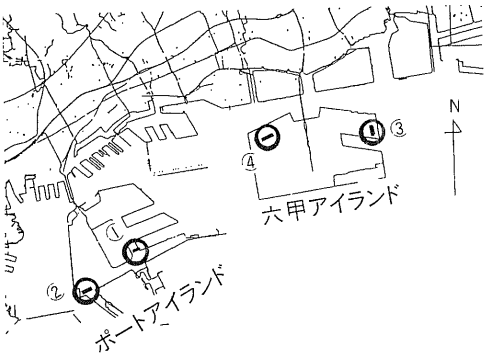
②港島1丁目：φ200SⅡ形管路×ℓ108.5m
（昭和63年布設）

2. 六甲アイランド

③向洋町東3丁目：φ300SⅡ形管路×ℓ198.1m
（昭和63年布設）

④向洋町西3丁目：φ200SⅡ形管路×ℓ180.8m
（昭和59年布設）

図3　調査対象地区



3. 調査結果

1. ポートアイランド　港島6丁目
（φ300×ℓ53.8m）

・図4に測定管路図を示す。
・図5に管路起点からの距離と継手伸縮量および管路伸び量の関係を示す。
・図6に管路近傍の地盤変位を示す。
・図7に管路近傍の管軸方向平均地盤歪みを示す。なお、この地盤歪みは参考文献2）で示されているものと同様の方法で求めた。
・参考までに、管路近傍の地盤状況（地盤クラックなど）のスケッチを図8に示す。

これらより、次のことが判る。

① 継手No.1～5は継手伸縮量から離脱防止機構が働いていると考えられ、耐震機能を発揮していた。

なお、この継手No.1～5付近には幅12cm～17cmのクラックが塀に生じていた。

② また、この測定区間内で、管路は44cm伸びており、管路の伸び率は0.8%であった。

③管路測定区間近傍の平均地盤歪みは1.7%であった。

図4　測定管路図

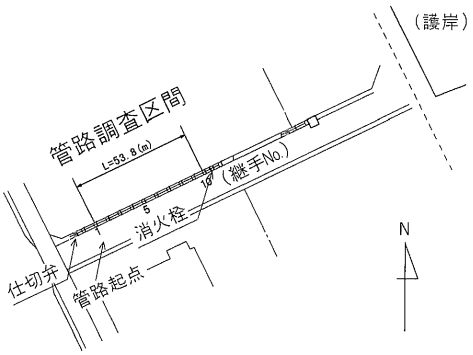
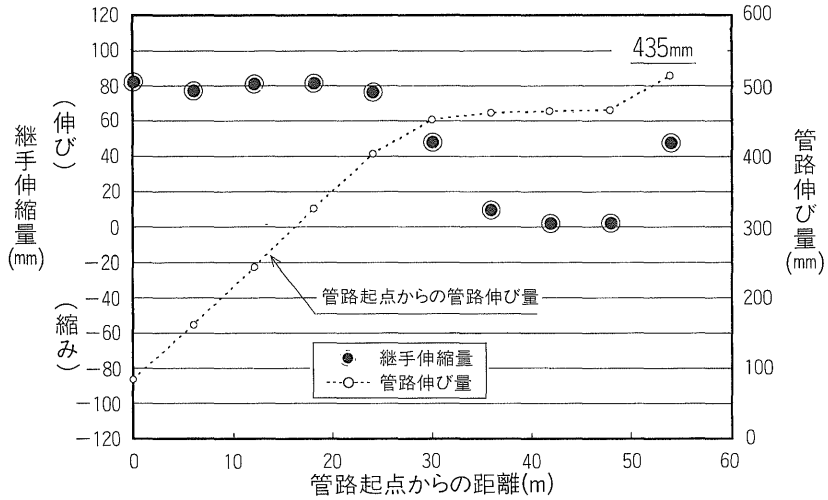


図5　管路起点からの距離と継手伸縮量および管路伸び量の関係



(注) 1)　継手伸縮量は、接合時の胴付き隙間量が規定値（Y）であったものとして、継手胴付き隙間量の測定値からY寸法を差し引いて表したものである。（以下、同様）

（接合時の規定胴付き隙間量）

ϕ200mm直管（Y=60mm）

ϕ200mm継ぎ輪（Y=200mm）

ϕ300mm直管（Y=75mm）

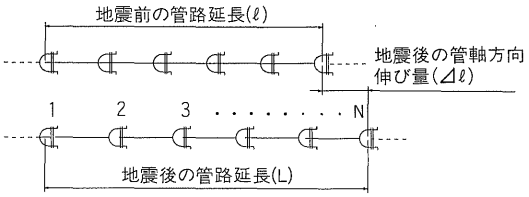
2)　管路の管軸方向伸び率（α）とは、測定管路全体が伸縮した比率を表したものであり、以下の式により求めた。

なお、他の測定区間も含めて、管路は起点から終点までの区間ですべて伸びていた。

$$\alpha\,(\%) = \frac{\text{管路の管軸方向伸び量}\ (\Delta\ell)}{\text{管路延長}\ (L) - \text{管路の管軸方向伸び量}\ (\Delta\ell)}$$

$$= \frac{0.435}{53.8 - 0.435}$$

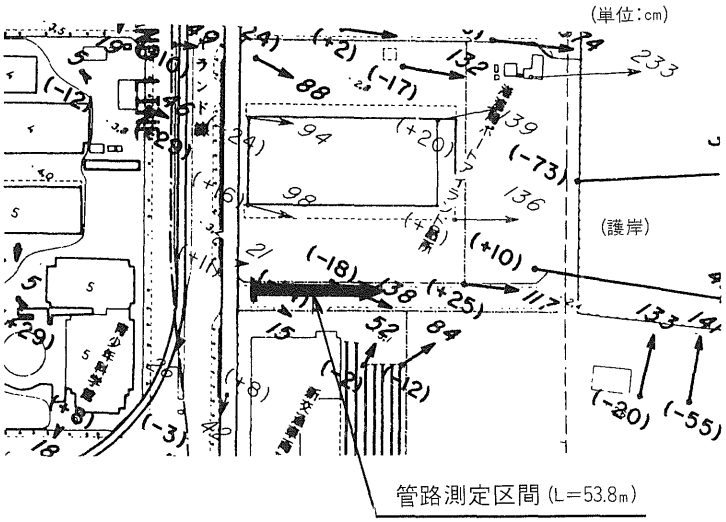
$$= 0.8\ (\%)$$



$$\text{管路の管軸方向伸び量}\ (\Delta\ell) = \sum_{n=2}^{N} kn$$

kn：管路起点からn番目の継手伸縮量

図6　管路近傍の地盤変位[1)]　（航空測量による値、以下同様）



(注) 図中の凡例は下記の通り（以下同様）

84　水平変位量

(−12)　垂直変位量

図7　管路近傍の管軸方向地盤変位および平均地盤歪み

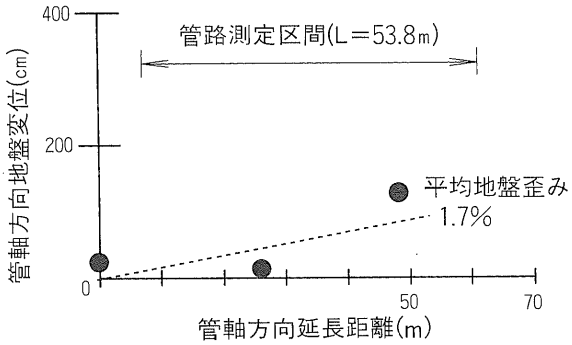
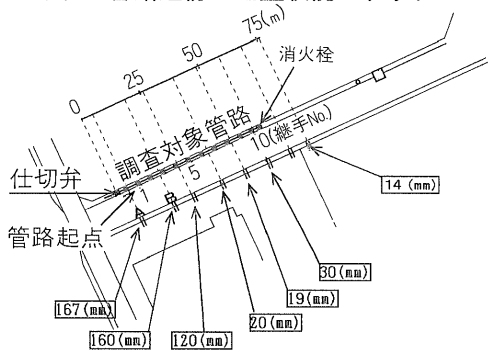


図8　管路近傍の地盤状況スケッチ



(注) 四角の囲み数字は地盤のクラック幅を表す。(以下同様)

2.ポートアイランド　港島1丁目

(ϕ200×ℓ108.5m)

- 図9に測定管路図を示す。
- 図10に管路起点からの距離と継手伸縮量および管路伸び量の関係を示す。
- 図11に管路近傍の地盤変位を示す。
- 図12に管路近傍の管軸方向平均地盤歪みを示す。
- 図13に管路近傍の地盤状況（地盤クラックなど）のスケッチを示す。

図9　測定管路図

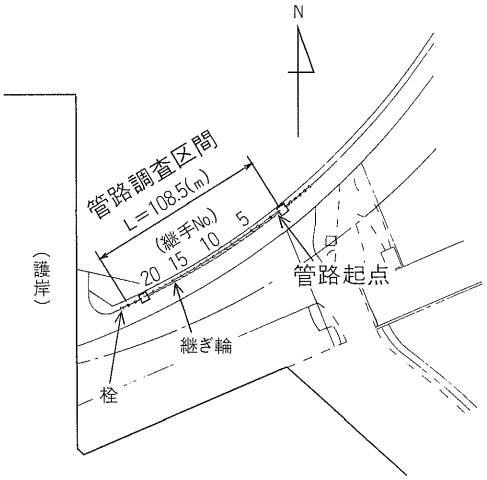
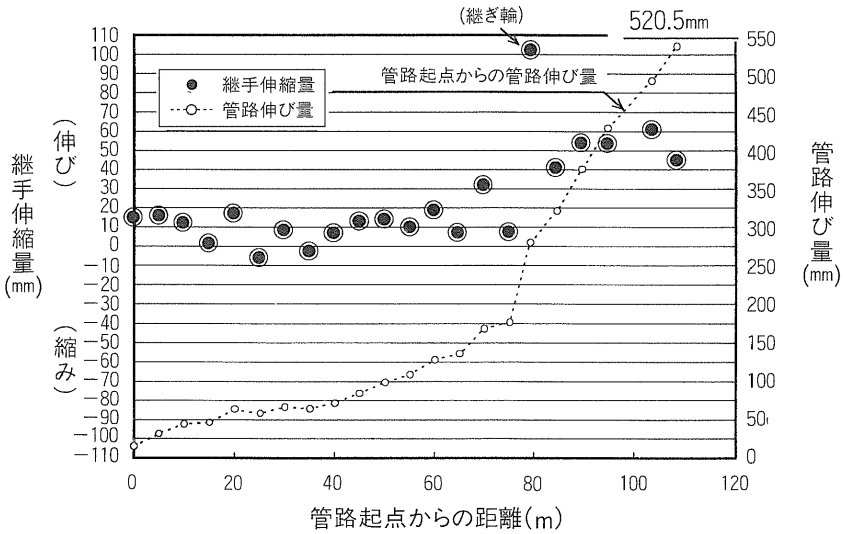


図10　管路起点からの距離と継手伸縮量および管路伸び量の関係



これらより、次のことが判る。

① 護岸に近い管路末端付近には、約38cmの地盤クラックがあり、それらの地盤変状を、その近傍の継手No.17～22の伸縮機能で吸収していると思われる。

② この測定区間内で、管路は52cm伸びており、管路の伸び率は0.5%であった。

③ 管路測定区間近傍の平均地盤歪みは、1.1%であった。

図11　管路近傍の地盤変位[1)]

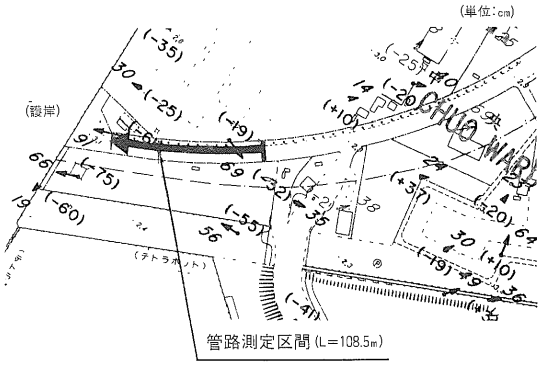
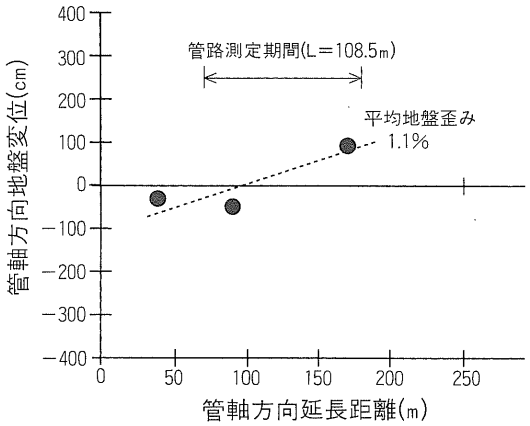


図12　管路近傍の管軸方向地盤変位および平均地盤歪み



3. 六甲アイランド　向洋町東3丁目

（ϕ300×ℓ198.1m）

・図14に測定管路図を示す。

・図15に管路起点からの距離と継手伸縮量および管路伸び量の関係を示す。

・図16に管路近傍の地盤変位を示す。

図13　管路近傍の地盤状況スケッチ

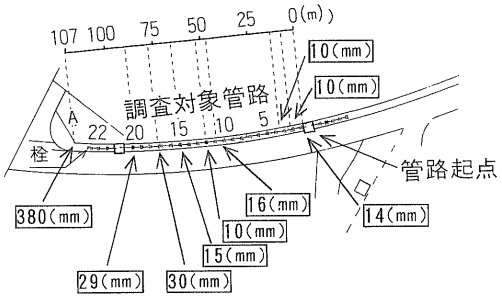
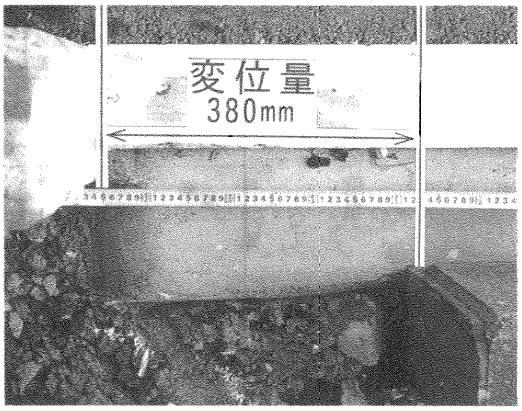


写真1　管路末端付近（地点A）のコンクリートブロックの変位状況



・図17に管路近傍の管軸方向平均地盤歪みを示す。

・図18に管路近傍の地盤状況（地盤クラックなど）のスケッチを示す。

これらより、次のことが判る。

① 地盤変位やクラックなどの地盤変状を継手の伸縮機能で吸収していると思われる。

② また、この測定区間内で、管路は45cm伸びており、管路の伸び率は0.2%であった。

③ 管路測定区間近傍の平均地盤歪みは、0.55%であった。

図14　測定管路図

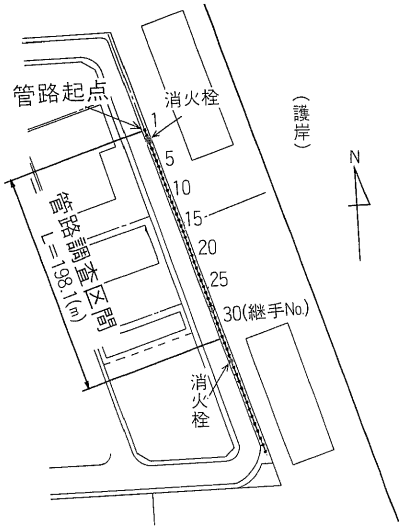


図17　管路近傍の管軸方向地盤変位および平均地盤歪み

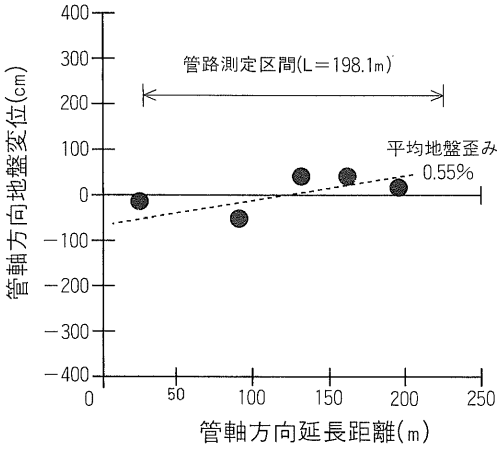


図15　管路起点からの距離と継手伸縮量および管路伸び量の関係

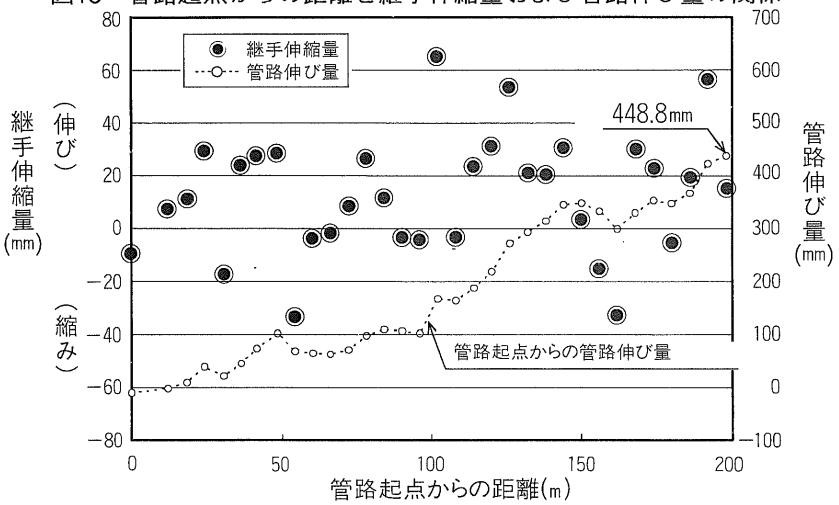


図16　管路近傍の地盤変位[1)]

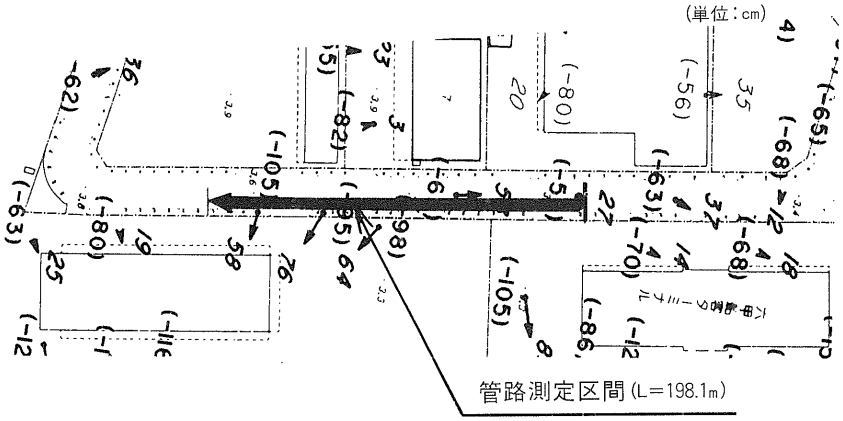
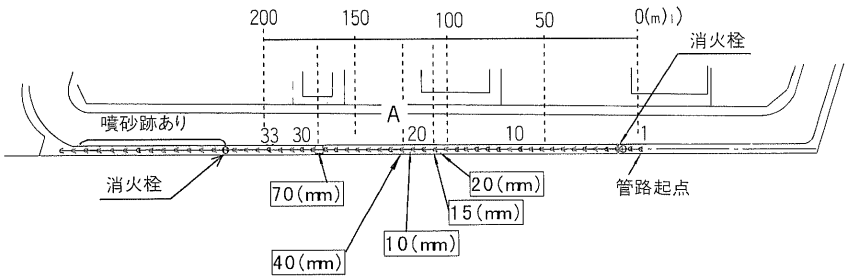


図18　管路近傍の地盤状況スケッチ



4. 六甲アイランド　向洋町西3丁目
（ϕ200×ℓ180.8m）

当測定地区では、航空測量による値は示されていないが、現地調査によると管路に沿って地盤のクラックがかなり見られた。

・図19に測定管路図を示す。
・図20に管路起点からの距離と継手伸縮量および管路伸び量の関係を示す。
・図21に管路近傍の地盤状況（地盤クラックなど）のスケッチを示す。

これらより、次のことが判る。

① 特に、継手No.8～No.13付近（延長約20mの区間）には、噴砂の痕跡も認めら

図19　測定管路図

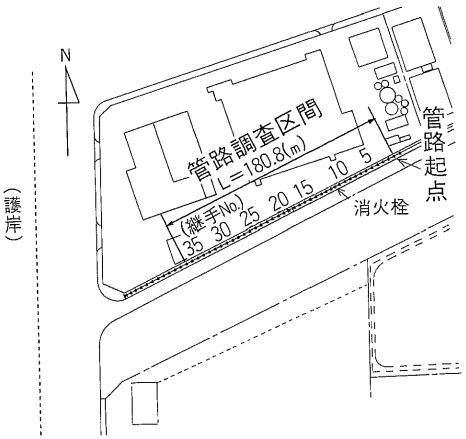


図20　管路起点からの距離と継手伸縮量および管路伸び量の関係

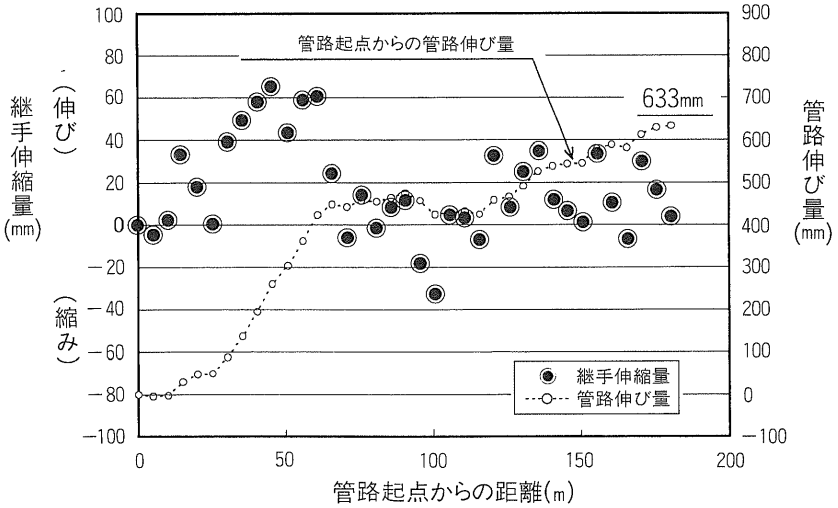


図21　管路近傍の地盤状況スケッチ

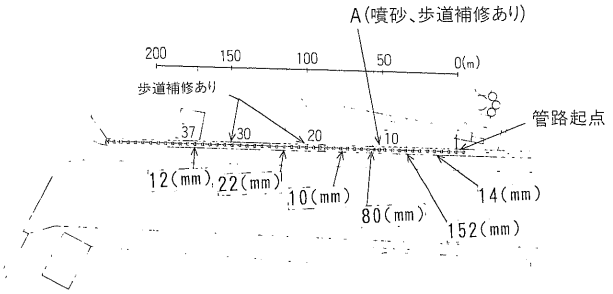
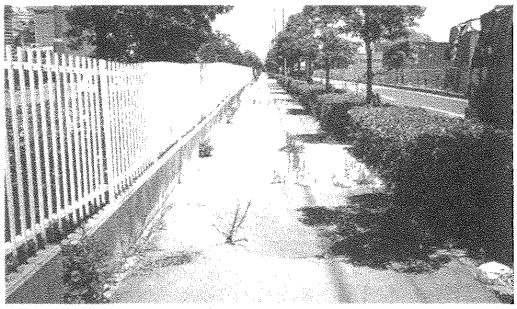


写真3　地点Aの地盤クラック状況
（クラック幅＝15cm）

れ、幅8cmと15cmの地盤クラックが生じていたが、これらの地盤変状を継手の伸縮機能で吸収していると思われる。

② 今回の測定区間内で、管路は63cm伸びており、管路の伸び率は0.3%であった。

写真2　地点Aの路面状況
（フェンスが上下に波打っている）



4. まとめ

阪神・淡路大震災により、大きな地盤変状が生じたポートアイランドと六甲アイランドに埋設されていた耐震管路の挙動調査を実施した。また、地盤変状および管軸方向地盤歪みとの関係についても分析した。その結果、次の主な知見が得られた。

(1)　耐震管路は当地震による地盤変状（含む地盤クラック）を継手の伸縮・離脱防止機能で吸収しており、耐震継手の機能を十分発揮していると思われる。

(2)　管路の管軸方向の伸び率は、地震により発生した地盤歪みに比べ、約1/2～1/3の値であった。（表1参照）

表1　管路挙動と地盤歪みの関係

調査地点	管　種 呼び径	管路延長 (m)	管路の管軸方向 伸び量 (m)	管路の管軸方向 伸び率 (%)	管軸方向 平均地盤歪み (%)
ポートアイランド 港島6丁目	SⅡ形 φ300	53.8	0.44	0.8	1.7
ポートアイランド 港島1丁目	SⅡ形 φ200	108.5	0.52	0.5	1.1
六甲アイランド 向洋町東3丁目	SⅡ形 φ300	198.1	0.45	0.2	0.55
六甲アイランド 向洋町西3丁目	SⅡ形 φ200	180.8	0.63	0.3	〔航空測量[1]のデータなし〕

(参考文献)

1) M. Hamada, R. Isoyama and K.Wakamatsu　：The 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake-Liquefaction, Ground Displacement and Soil Condition in Hanshin Area, Association for Development of Earthquake Prediction and The School of Science and Engineering, Waseda University, 1995

2) （社）日本水道協会：1995年兵庫県南部地震による水道管路の被害と分析、平成8年5月。

3) （社）日本水道協会：兵庫県南部地震による水道施設の被害状況調査について（その2）、水道協会誌第65巻第4号（第739号）、平成8年4月。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1996年	No.60	東京臨海副都心共同溝内の配管施工報告	東京臨海副都心建設株式会社 建設部有明工事事務所 所長　大野　皓一郎 課長補佐　久永　敏美 調査役　岡本　角	本誌第56号に掲載した「臨海副都心共同溝内管路にダクタイル鉄管を使用して」の続編で、総延長73kmにも及ぶS形、SⅡ形ダクタイル鉄管の配管工事概説である。東京臨海副都心は、多心型都市構造への転換、国際化・情報化の進展への対応、多機能を備えた理想都市の形成を開発目標とし、9種類のライフライン施設を共同溝内に収納している。この配管工事では、同時進行的に工事を行っていた電気、ガスなどの業者との工事工程の調整や安全施工の工夫、改良など、多くの関係者の助言、協力のもとに進めていった。本論では、共同溝システム整備の最終段階である配管工事は、世界でも例をみない最大級工事であったと述べている。また、東京地方に大規模地震が発生しても耐震対策によって大きな被害を受けず、稼働してくれることを確信している、と結んでいる。
		北伊勢工業用水道におけるS形ダクタイル鉄管の採用について	三重県企業庁 北勢水道事務所　工務部長 奥山　俊雄	北伊勢工業用水道第1期事業は、四日市臨海部の工場に給水するため、布設替え工事としてS形ダクタイル鉄管を使用した。S形ダクタイル鉄管を採用した理由は、地盤の不同沈下を吸収できる、地盤変状に耐える、耐食性に優れている、ことなどである。本論では、三重県の工業用水道としては初めてS形ダクタイル鉄管を採用したが、東海大地震が危慎されている当地域であり、阪神･淡路大震災でのS形、SⅡ形管路のような効果を期待していると述べ ている。なお、三重県では工業用水道施設の耐震化は、拡張･改良を行っていくうえで重要な柱のひとつであり、今後も耐震化に向けて積極的に取り組んでいきたいと結論づけている。

発行年	号数	タイトル	著者	概要
1996年	No.60	国営大山山麓総合農地開発事業によるダクタイル鉄管の施工報告	農林水産省中国四国農政局 大山山麓開拓建設事業所 工事第一課長 葭井　功治	昭和47年、農林水産省は水源確保を含めた国営総合農地開発事業として、大山北部から西部山麓にかけての丘陵地帯で本事業を実施した。事業は1市7町を対象に、野菜や酪農などを導入して経営規模の拡大、地域農業の発展を目的としたものである。本論は、設計水圧、布設条件、他地区での過去の実績などを考慮し、また、経済性･施工性に優れていることからT形ダクタイル鉄管を採用したと述べている。そして、今後は河川の伏せ越しや急斜面配管を実施していくが、これらの施工事例については機会があれば次号以降で報告して、施工技術の向上に寄与していきたいとしている。

ダクタイル鉄管第60号

平成8年5月

Technical Report 1
技術レポート

東京臨海副都心共同溝内の配管施工報告

東京臨海副都心建設株式会社
建設部有明工事事務所
所　　長　大野皓一郎
課長補佐　久永敏美
調 査 役　岡本　角

1.はじめに

東京臨海副都心は、①多心型都市構造への転換の推進、②国際化・情報化の進展への対応、③多様な機能を備えた理想的な都市の形成という3つを開発目標とするプロジェクトである。今日の経済的社会的な急激な変化を考慮して、今後の開発フレーム、開発スケジュールなどについて見直しが行われる可能性もあるが、平成7年度末までの始動期整備は当初の計画通りに完成した。

未来型都市である臨海副都心では、9種類のライフライン施設を共同溝内に収納している。

本レポートは、モデル工区を対象とした「臨海副都心共同溝内管路にダクタイル鉄管を使用して」（井龍；本誌第56号）に引き続き、総延長約73kmに及ぶダクタイル鉄管の共同溝内配管工事の概要を報告するものである。

2.臨海副都心の共同溝内圧送管

1.共同溝内の収容施設

平成7年度末までに整備された共同溝のルートを図1に示す。これは計画延長25kmの約60%、15.6kmが整備されている。この共同溝内には上・中・下水道、ごみ収集、電気、ガス、地域冷暖房、通信、情報通信の9種類の機能が収納されている。共同溝標準断面と配管占用位置を図2に示す。

このうち、ダクタイル鉄管は、上・中・下水道管に使用しており、その総延長は約73kmである。共同溝内の配管状況を写真1に、種別ごとの配管延長を表1に示す。

なお、共同溝を健全な状態に維持、保全し併せて防災、管理を万全に行うための施設として光ファィバーを利用した集中監視を行っている。管理機能としては火災感知、侵入感知、ガス感知、避難路などのほか浸水、入溝管理がある。管理センターは、当地域のテレコムセンター内に設置されている。

図1　共同溝整備ルート

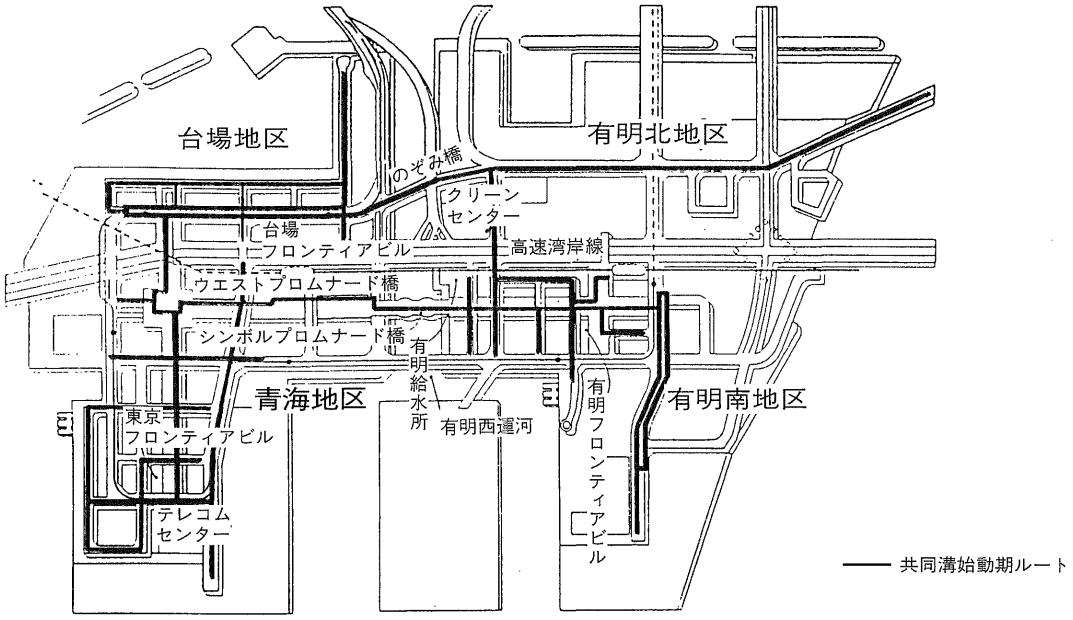
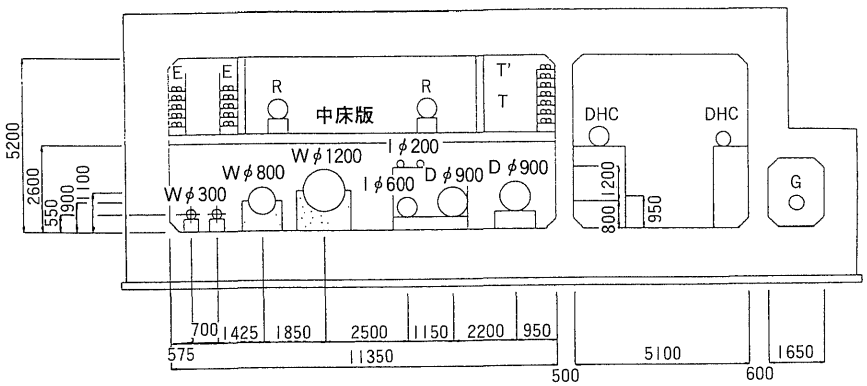


図2　共同溝内配管標準断面図

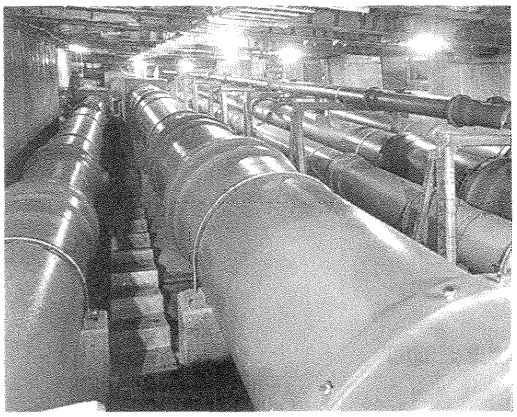


W：上水管　I：中水管　D：下水管
G：ガス管DHC：地域冷暖房用熱供給導管　R：ごみ収集管
E：電力ケーブル　T：通信ケーブル　T'：情報通信ケーブル

表1　共同溝内上・中・下水道管配管延長

種別		呼び径（㎜）	布設延長（m）	管体数量（本）
水道	送水管	1200	2,524	650
	配水本管	400、500、600、700、800、1000	8,034	2,460
	配水小管	75、100、150、200、250、300、350	21,044	9,600
	小計		31,602	12,710
中水道		100、150、200、250、300、400、450、500、600	25,688	11,450
下水道	汚水管	150、200、300、400、450、500、600、700、900	12,322	6,870
	汚泥管	250	2,943	720
	小計		15,265	7,590
合計			72,555	31,750

写真1



2.　整備工程

台場モデル工区の終了後、平成6年8月から平成7年5月の間に全区域を6工区に分けて整備した。各工区の月別の配管施工班数を表2に、1班の標準人員構成を表3に示す。

共同溝内の水系圧送管路は、上・中・下水道の3種類であるが、以下では管径、管材などの多様性、耐圧性能などから、上水道管を中心に基本要件および施工特性について述べる。

表2　ダクタイル管配管工事月別施工班数

工区名／月	台場 その2	青海 その1	青海 その2	有明北	有南 その1	有南 その2	合計 施工班
8月	3	2	2		1	1	9
9月	3	2	3	1	3	1	13
10月	3	5	5	1	3	1	18
11月	2	7	7	2	3	2	23
12月	1	7	7	3	3	4	25
1月	1	7	6	4	3	4	25
2月		4	6	5	3	4	22
3月			3	3	3	2	11
4月				1	1	2	4

表3　1班の標準人員構成

工　　種	作業内容	構成人員	(人)
材料の小運搬	材料置場から投入口までの運搬	クレーンオペレーター	1
〃	〃	玉　掛　け	1
〃	〃	トラックの運転手	1
運　搬	投入口から接合現場までの運搬	クレーンオペレーター	1
〃	〃	モノレールオペレーター	1
〃	〃	玉　掛　け	2
〃	〃	普通作業員	2
アンカーボルトセット	架台取り付け用アンカーボルトセット	〃	1
架台の取り付け	管類を載せる架台のセット	〃	3
配管・接合	管の接合	配　管　工	3
		合　　計	16人

3.共同溝内管路の基本要件

1.上・中・下水道管の設計水圧

上・中・下水道管の水圧は、表4に示す通りである。

表4　上・中・下水道管の水圧

単位　MPa(kgf／cm²)

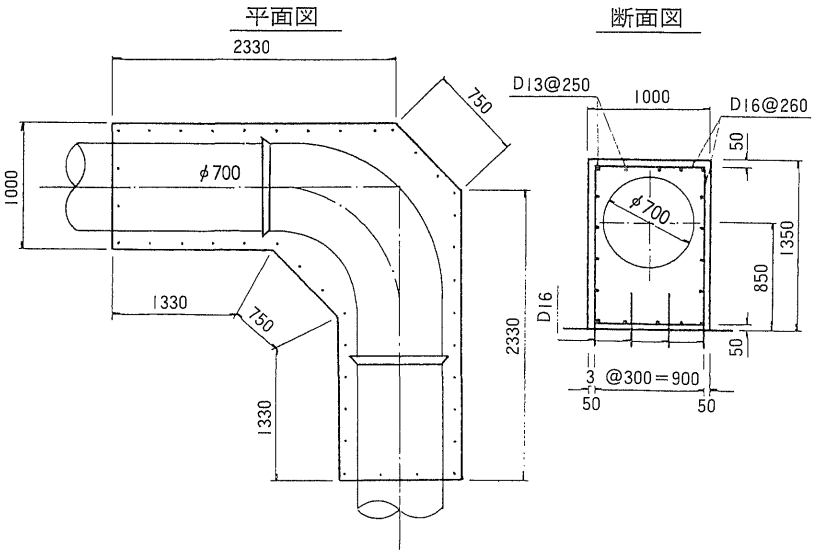
種　　別		使用圧力	供給圧力
水道	配水本管	0.74 (7.5)	GL面で0.245 (2.5)
	配水小管		GL面で0.196 (2.0)
中水道		0.74 (7.5)	GL面で0.049 (0.5)
下水道 汚水・汚泥管		0.74 (7.5)	―

2.異形管防護の基本的考え方

曲管、T字管などの異形管は、管内水圧の不平均力を受けて管体が移動する恐れがあるため、鉄筋コンクリートブロックによる防護を行っている。上水道配管において、当工事規模の露出配管は前例がないため、異形管防護の構造、強度などについては慎重な検討を行い設計されている。図3に呼び径700㎜×90°曲管防護構造例を示す。

異形管部をコンクリートブロックで防護することにより、異形管部に作用する不平均力を共同溝底版に伝え、管の移動を阻止するものとする。また、縦断防護については、コンクリート

図3　呼び径700×90°曲管防護図



ブロックとアンカーとの付着で抵抗する。

3.管受台の基本的考え方

管受台は管体、水重などの鉛直荷重および地震時の水平荷重によって発生する転倒モーメントに対して安全でなければならない。そのため、管受台はアンカーボルトで共同溝底版と一体化している。管受台の耐力は水平震度0.5以上で、地震時の転倒モーメントおよび横に滑動する力に対してはアンカーボルトの引張り抵抗力と剪断抵抗力とで対抗させる構造となっている。

なお、受台の構造については、配水本管は実績のある鋼製受台を巻き込んだ場所打ちコンクリートとし、配水小管についてはレジンコンクリート製のプレキャスト製品とした。

4.管路の耐震対策

① 管路の耐震性

管路の耐震性を向上させるために、管種は強度、耐衝撃性、施工性などを総合的に考慮してダクタイル鉄管としたが、複雑な部分はやむを得ず鋼管やステンレス鋼管を一部において使用した。

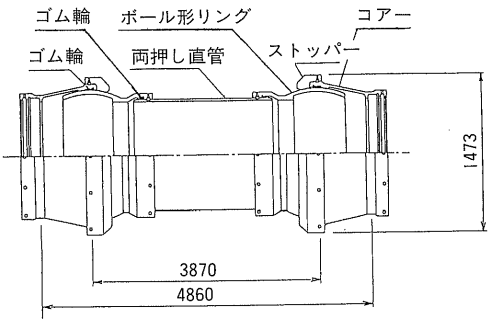
また、水道用配管については、水密性、可とう性、伸縮性に富み、大きな離脱阻止力を持つS形・SⅡ形の耐震継手を採用し、曲管部などについてはKF形などの離脱防止継手と鉄筋コンクリート防護工を併用した。

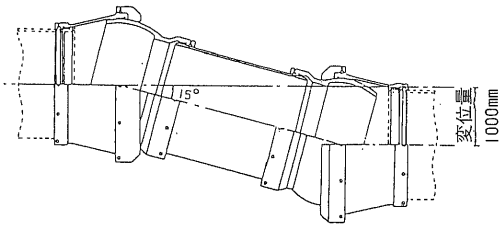
さらに、約30mごとに設けてある共同溝のエキスパンションジョイント部では、水平、鉛直方向の変位は継手の曲げ角と許容伸縮量で、また、共同溝の最大変位である軸方向100㎜の変位についても継手の伸縮量を利用して吸収する構造とした。水平、鉛直方向の変位対策としてエキスパンションジョイント部に切管を挟み、軸方向変位対策としてはエキスパンションジョイント部前後の管体を管受台に固定しない構造としている。ただし、エキスパンションジョイント部前後の直線部が短い場合など、本構造によりがたい箇所については、鋼製やゴム製の可とう伸縮管の設置により対応した。

なお、切管の長さは、管径によって許容の伸縮量、曲げ角が異なるため一様ではないが、呼び径700㎜を例にとれば、切管寸法2,300㎜、許容曲角2°30′で水平、鉛直方向の許容変位量は100㎜である。

このほか、共同溝内水道配管と地中に埋設された水道管との連絡箇所においては、地盤の不同沈下などに伴う継手の抜け出しや管の破損防止を図るため、大きな可とう性と継手離脱防止機能を持った可とう伸縮管などを使用した。青海地区の既設水道管連絡箇所で使用した呼び径1000㎜ボール式ダクタイル鋳鉄可とう管ユニットの構造概要を図4に示す。

図4　ボール式ダクタイル鋳鉄可とう管ユニット概要図（呼び径1000mm用）





② 防護コンクリートおよび管受台のアンカーボルトなどの強度確認

防護コンクリートのアンカー鉄筋と管受

台のアンカーボルトの強度は、管路の耐震性を確保するための重要な要素である。所定の設計強度が得られるか、実際の施工に先き立って共同溝躯体と同じ強度23.5N／mm²（240kgf／cm²）のコンクリート版を製作し、設計条件で打設したアンカー鉄筋とアンカーボルトについて引張試験と剪断試験を行った。また、共同溝内の実施工のアンカーについては、引張試験と剪断試験を実施し、短期許容引張力と短期許容剪断力の強度があることを確認した。

供試体試験の結果を表5に、アンカー鉄筋D16剪断試験状況を写真2に示す。

写真2

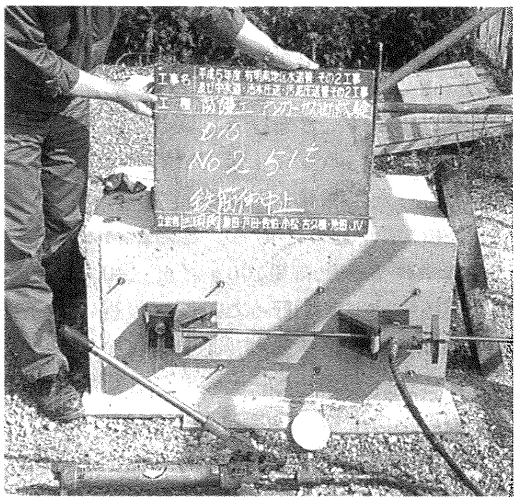


表5　管受台アンカーボルトおよび防護コンクリートアンカー鉄筋試験結果一覧

種類		管受台		防護コンクリート	
アンカー材		M12	M16	D13	D16
引張試験	短期許容引張力（kgf／本）	1,810	3,080	1,810	3,080
	試験本数（本）	18	18	18	18
	引張荷重の範囲（kgf／本）	3,240～3,600	7,400～9,000	4,600～6,400	7,300～9,800
	引張荷重平均値（kgf／本）	3,540	8,280	5,360	8,320
	破壊状況	ボルト切断	ボルト切断	コンクリート破壊	コンクリート破壊
せん断試験	短期許容せん断力（kgf／本）	1,470	2,740	2,650	4,170
	試験本数（本）	17	17	6	6
	せん断荷重の範囲（kgf／本）	2,600～2,900	4,900～7,700	3,800～4,000	4,500～5,100
	せん断荷重平均値（kgf／本）	2,690	5,340	3,900	4,800
	破壊状況	ボルト切断	ボルト切断	鉄筋伸び	鉄筋伸び

5.防食対策

① 塗装

ダクタイル鉄管の外面塗装は、共同溝内の配管が露出配管であること、配管場所の湿度が比較的高いこと、塗装が難燃性であること、着色塗装が可能なことなどを総合的に勘案して、ダクタイル鉄管外面特殊塗装（ＪＤＰＡ　Ｚ　2009の4Ｃ）とした。塗膜厚は規格より20μｍ厚い180μｍ以上とし、上塗り2層については、現地までの搬送の間に受ける擦過損傷を考慮して現地で塗装した。

この塗装は、管体表面が乾燥した状態で行うことになっているが、共同溝内は季節によって湿度が非常に高くなり、管体表面が結露状態になる恐れがあった。そこで、塗装を管体表面が湿潤状態で行う場合に備えて、以下の対策を講じた。

まず、一般的な無溶剤型エポキシ樹脂塗料を管体表面の相対湿度が80％、90％（結露水なし）、90％（結露水あり）、100％の4ケースについて塗装実験を行った。こ

の結果、前者の2ケースについては異状は見られなかったが、後者の2ケースでは白い斑点が発生した。

そこで、管体表面が結露状態であっても、ウェス拭きを行う程度で塗装に異状が発生しない結露面塗装用塗料の研究・開発を行った。開発した結露面塗料の配合は、表6に示す通りである。この塗料の有効性について、塗布量100g／㎡（40μm）で現地塗装実験を行った結果、目視による異状はなく、クロスカットテープテストの成績も良好であった。しかし、きめ細かな工程調整により、管路表面が乾燥した状態の時期を選んで塗装を行ったため、結果的には開発した結露面塗料は実験工区で使用したのみであった。今後の同様な場所での塗装に活用できれば幸いである。

表6　結露面塗装用塗料の配合

	成　分	重量百分率
主　剤	着色顔料	20.0
	低粘度液状エポキシ樹脂	50.5
	添加剤	4.5
硬化剤	疎水性エポキシ樹脂硬化剤	25.0
計		100.0

なお、ダクタイル鉄管の内面塗装は、赤水対策、残留塩素減少対策を考慮して、ＪＩＳ　Ｇ　5528によるダクタイル鉄管内面エポキシ樹脂粉体塗装を採用した。ただし、呼び径1000㎜以上については生産能力の制約からセメントモルタルライニングとした。

②　電食防止対策

防護コンクリートの鉄筋とダクタイル鉄管との接触をなくすため、マクロセル腐食防止チェックシートを作成し、接触の恐れが高い箇所にはゴム片やビニルホース片を半割りにしたものを取り付けるなどの対策を講じた。

また、ステンレス鋼管とダクタイル鋳鉄製仕切弁との異種金属接合部のボルト・ナットは、ボルト外周部には絶縁材を貼付し、ボルト頭部とナットの内側には樹脂座金を挟み込みこんだ絶縁処理を行った。

4.配管施工

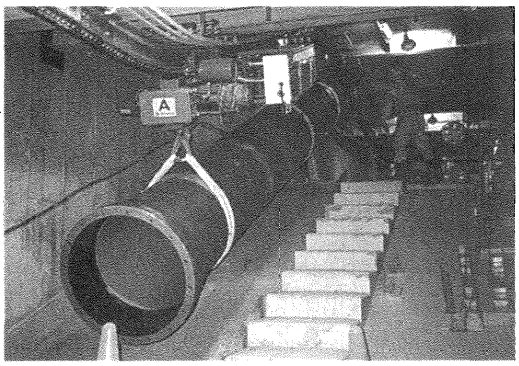
共同溝内の配管工事は、共同溝が完成した工区から順次開始したが、15.6㎞におよぶ共同溝全線にわたっての配管工事の実質的工期は、約10カ月（平成6年8月～7年5月）ときわめて短い期間であった。限られた工期内で配管を完成させるために、次のような方策を講じた。

1.管材運搬工の工夫

共同溝内の管材運搬工は、モデル工区でのモノレール方式、軌条方式の実績から効率性と管重量などを配慮して、基本的には床版に軌道を設けて台車による運搬とした。ただし、搬入口直下部の横引き部や床版の起伏の著しい場所などにおいては、上床スラブにＩ形鋼の軌条梁を取り付け、電動ホイスト2台によるモノレール方式を採用した。また、作業スペースが比較的広い場所では、小型のフォークリフトを使用して管材運搬を行った。モノレール方式による管材運搬状況を写真3に示す。

さらに、呼び径1200㎜配管において、平坦部約1.8㎞間については油圧ジャッキ付配管台車

写真3



を用いて管運搬、心出しおよび接合を行った。Ｓ形継手は、その構造が複雑なため他の継手形式と比較して接合に時間を要するが、油圧ジャ

図5　搬入口資材投入作業の概要図

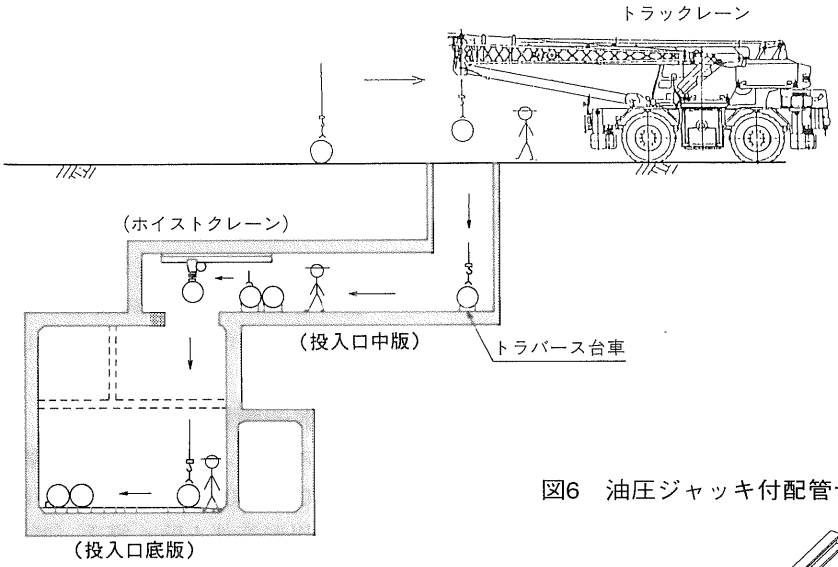
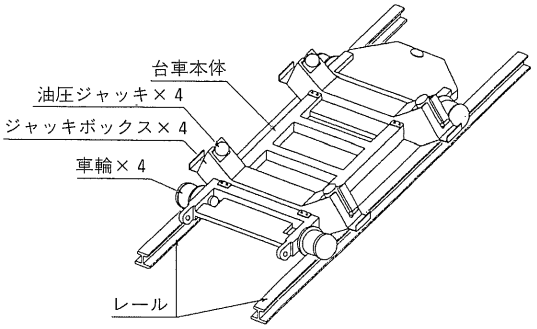


図6　油圧ジャッキ付配管台車



ッキ付配管台車の活用により、段取替日数を除けば延べ日数65日間（日進量27m）で配管工事のクリティカルパスとなっていた当該区間の施工を終了した。図5に搬入口資材投入作業の概要を、図6に油圧ジャッキ付配管台車の概要を示す。

2.配水小管受台へのプレキャスト製品使用

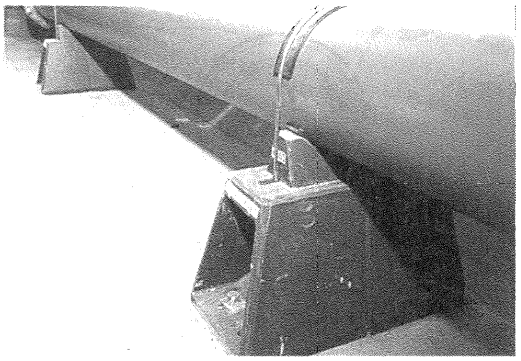
共同溝内配管に伴うコンクリート工は、狭いスペースで型枠組み立てを行わなければならないこと、1カ所当たりの打設量が少ないこと、打設場所が離れていることなどが原因となって、多くの時間を要する作業となる。

そこで、配水小管の受台にレジンコンクリート製のプレキャスト製品を使用した。レジンコンクリートは、砕石、砂などの骨材および充填材を樹脂（レジン）だけを用いて結合したコンクリートで、圧縮強度78.4N／mm^2（800kgf／cm^2）、曲げ強度14.7N／mm^2（150kgf／cm^2）以上の強度を有し、その強度特性を活かして製品の軽量化が図られている。呼び径350㎜用管受台の重量も約59kgfと比較的軽く、作業効率の大幅な向上につながった。写真4に呼び径350㎜用レジンコンクリート製管受台の設置状況を示す。

3.管材ヤードと加工場の整備

配管工事を滞りなく進めるためには、管材の

写真4



現場への搬入をスムーズに行うことが重要である。管材料が1本でも不足した場合、その時点で工事が中断するケースが少なからずある。そこで、配管工程を詳細に検討し、必要な管材を拾い出して事前に準備しておくための管材ヤードを、現地に最大時で約20,000㎡確保した。

また、調整用の切管加工などが迅速に行えるようにするために、約2,500㎡の加工作業場を管材ヤードに近接して設営した。

4.安全対策

共同溝内配管工事の特色は、作業空間が狭く、また、明るさが十分でないこと、隔壁、中床版に管の貫通孔や資材投入用の開口部があること、さらに管材など工事用資材の一切がクレーンの吊り降ろしによる搬入口からの投入となること、搬入口間約150ｍについては共同溝内での管材運搬が必要なことなどである。

このような作業環境で予想される事故は、貫通孔や開口部からの転落や墜落事故、資材投入時における合図不徹底や玉掛け不備による飛来落下事故、狭隘な場所での重量物運搬などに伴う挟まれ事故などである。

そこで、共同溝内配管工事の安全対策として、上下同時作業の禁止、貫通孔や開口部周囲への仮設柵の設置、アンカーボルト突出部へのつまづき防止のための黒と黄色の縞テープによる明示などをしたほか、搬入口からの資材投入・搬出に際しては、地上と共同溝内部との合図への無線機使用、パトライト点灯やブザー警報による搬入口下部への立入り注意措置、作業中止時の搬入口養生などを行った。

なお、共同溝内配管工事を安全に進めるための方策の1つとして、ごみ収集、地域冷暖房工事を含めた共同溝内配管工事の請負者を中心に、橋梁添架管、直埋配管工事請負者も加えた13のＪＶで構成する「配管工事安全協議会」を設け、監督署の安全対策の受講、月1回の現場パトロールなどを実施した。

5．水道管路の水圧試験

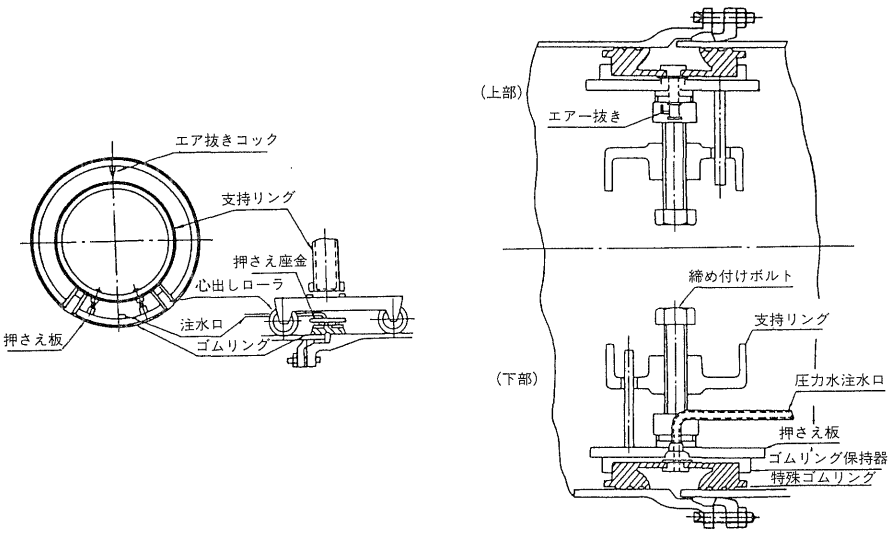
1.テストバンドによる水圧試験

呼び径1200㎜送水管と呼び径1000㎜配水本管の異形管部を除く継手（呼び径1200㎜375口、呼び径1000㎜51口）について、充水前にテストバンドを用いて水圧試験を実施した。試験水圧は、0.5MPa（5.1kgf／cm²）を初期圧力として負荷し、5分経過後に0.4MPa（4.1kgf／cm²）以上の圧力を保持していることを確認したが、5分後の計測結果は0.48～0.45MPa（4.9～4.6kgf／cm²）の範囲内であった。テストバンドの構造を図7に示す。

2.管路水圧試験

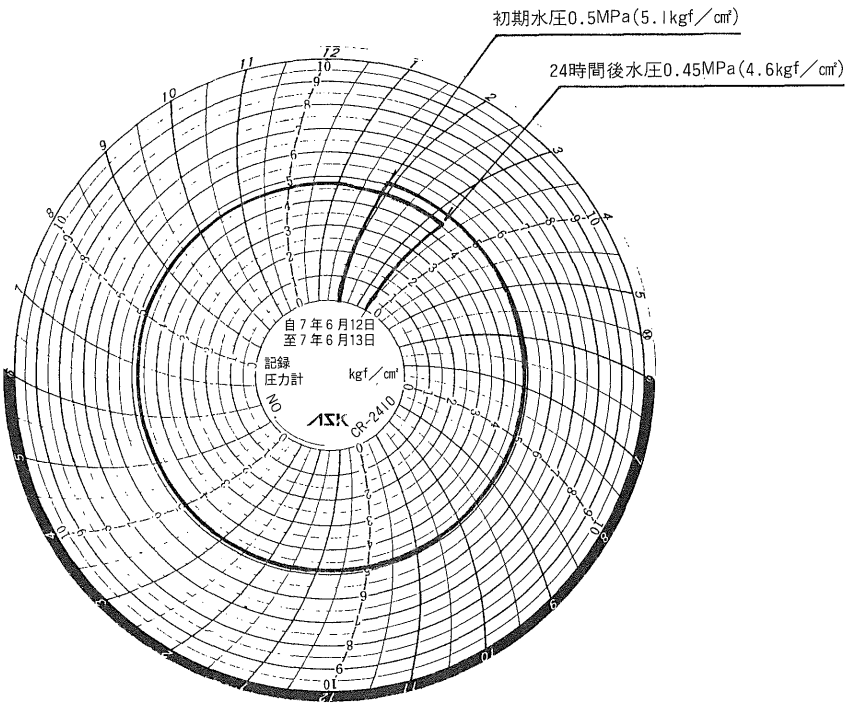
管路水圧試験は、まず予備加圧として初期水圧0.5MPa（5.1kgf／cm²）を負荷し24時間放置

図7　水圧テストバンド構造図



後の水圧低下量を確認する。次に、本加圧として再び0.5MPa（5.1kgf／cm²）まで加圧し、24時間放置後の水圧低下量を計測する。許容圧力低下量の設定は、使用水圧、内面塗装、継手構造、試験区間延長などを考慮して、初期水圧0.5MPa（5.1kgf／cm²）に対して30％以内の低下量である0.35MPa（3.6kgf／cm²）以上としたが、本加圧24時間後の水圧値は、0.49～0.43MPa（5.0～4.4kgf／cm²）の範囲で、最大で14％の低下量であった。呼び径1200㎜木場ルート送水管の本加圧時の自動記録圧力計チャートを図8に示す。

図8　呼び径1200㎜送水管本加圧時の水圧チャート



・1kgf／㎠＝0.0980665MPa

3.管路水撃作用実証試験

本工事は、新設管路延長が比較的長いので、管路の水撃作用の実証試験を行い、空気弁など関連施設の機能効果と配水施設の安全性について確認した。

試験内容は、停電事故などにおけるポンプ急停止時の管路内圧力変動の測定および管路異状有無の確認である。試験は、給水所内の緊急給水槽をサージタンクとして使用した場合における小ポンプ（29m³／分×52m）の単独停止と小ポンプ2台の同時停止について実施したほか、条件がより厳しいサージタンクを使用しない場合の小ポンプ単独停止の3ケースについて行った。試験結果を表7に示す。

表7　管路水撃作用実証試験結果

（上段最高圧・下段最低圧kgf／cm²）

サージタンク	ポンプの状態	管内圧力				流量（m³／h）	管路点検結果
		給水所内	台場地区	青海地区	吐出圧（m）		
使用	小ポンプ1台停止	4.0 2.4	2.0 1.7	2.0 1.3	40.5	2,600	異常なし
	小ポンプ2台同時停止	6.1 2.4	2.4 1.7	3.4 1.3	61.5	3,200	異常なし
未使用	小ポンプ1台停止	4.0 —	2.0 1.5	2.2 0.7	40.5	2,570	異常なし

6.おわりに

未来型副都心である臨海副都心のライフラインを安全、効率的に確保する共同溝システム整備の最終段階である配管工事は、その規模、多様な管種の配管の集中施工であり、世界でも例をみない最大級の工事であった。この配管工事を実施するにあたっては、同時進行的に工事を進めていた電気、ガス、地域冷暖房事業者などとの加工、ヤード、資材搬入口、工事工程などの調整および安全施工の工夫や改良など、多くの関係者の助言や協力のもとに進めていった。工事の最盛期には、職員、作業員など連日500人を超える人員が施工に関わった。

本工事施工中に発生した阪神・淡路大震災のライフライン被害は記憶に新しい。臨海副都心地区の共同溝システムによるライフラインは、将来、東京地方に大規模な地震が発生した場合でも、各種の耐震対策により大きな被害を受けずに稼働することを確信するものである。

本配管工事に関係されたみなさまに工事が無事終了し、供用開始していることをこのレポートを借りて報告するとともに、深く感謝する次第である。

最後に、このレポート作成するにあたり㈱クボタ、㈱栗本鐵工所などの関係者から、多くの資料提供をいただいたことを申し添える。

〈文献および資料〉

1.臨海副都心開発事業化計画　東京都　1991.3
2.臨海副都心防災基本計画　東京都　1992.11
3.水道施設設計指針・解説　日本水道協会　1991.3
4.水道施設耐震工法指針・解説　日本水道協会　1980.6
5.「ダクタイル鉄管」第56号　日本ダクタイル鉄管協会　1994.5
6.ダクタイル管路　設計と施工　日本ダクタイル鉄管協会　1993.9
7.便覧　日本ダクタイル鉄管協会　1994.3
8.東京臨海副都心共同溝内における鉄管外面特殊塗装
ー結露面塗装の開発ー　大野ほか4名
第47回全国水道研究発表会講演集（予定）

Technical Report 2
技術レポート

北伊勢工業用水道における S形ダクタイル鉄管の採用について

三重県企業庁北勢水道事務所
工務部長　奥山俊雄

1.はじめに

四日市市は、三重県の北部に位置する北勢地域の中心都市で、古くから万古焼、漁網などの地場産業が盛んであった。戦前は繊維工業が発展し、その後、軍需工場の立地が盛んになり、昭和14年に第二海軍燃料廠が建設されたのを契機に重化学工業化に向け進み始めた。

昭和27年に四日市港が特定重要港湾に指定され、昭和30年代に入ると燃料廠の跡地をはじめとして数多くの石油化学コンビナートが形成されて、わが国有数の重化学工業地帯として飛躍的な発展を迎えることとなった。

工業用水の需要もこの頃から増加し始めた。当時大部分の工場は、主として地下水を利用していたが、揚水量の増加に伴って地下水位が低下し、地盤沈下に対する影響が心配されるようになったため、用水不足の解消と産業の発展を促進し、かつ地盤の保全を図る目的で昭和29年1月から最大給水量5万m³／日の県営四日市工業用水道事業の建設に着手し、翌30年9月に給水を開始した。

続いて、昭和31年度に制定された工業用水法による地下水取水規制地域の指定を受け、その代替水源として北伊勢工業用水道第1期事業の建設に着手した。その後、昭和37年の工業用水法の改正によって地盤沈下に対する指定地域の拡張など地下水汲み上げの規制が強化され、昭和40年代に入ると、経済の高度成長に伴って既存工場の設備投資が活発となり、同時に新たなコンビナートも形成され始めた。さらに、北勢地域は名古屋圏の西部にあり、大阪圏にも近いため、自動車道などの産業基盤が整備されたことに伴って企業の立地条件も整ってきたことから、重化学工場だけでなく輸送用機械や電気、食品などの企業の進出も相次ぐこととなった。このため、急増する工業用水の需要に対応すべく、三度の拡張を重ねてきた結果、現在では最大88万5000m³／日の給水能力を有し、四日市市、鈴

鹿市を中心とする3市3町を給水区域として、65社77工場に給水するに至っている。

北伊勢工業用水道事業の概要図を図1に、事業概要を表1に示す。

図1　北伊勢工業用水道事業概要図

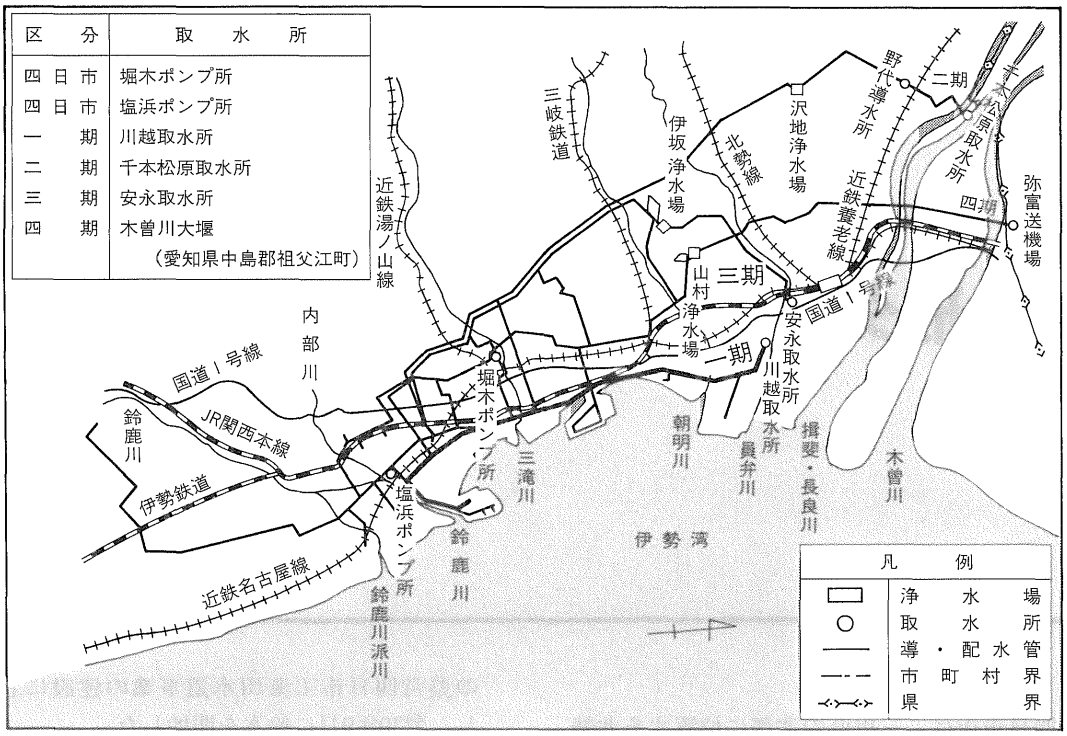


表1　北伊勢工業用水道事業

（平成7年4月1日現在）

事業名	給水区域	給水工場数	水源	給水能力（m³／日）	契約給水量（m³／日）	給水開始時期	工期
四日市	四日市市	65社77工場	三滝川 鈴鹿川	50,000	835,430	昭和31.4.1	昭和28～30年度
北伊勢第一期			員弁川	45,000		33.4.1	31～32
北伊勢第二期			長良川	250,000		39.4.1	33～39
北伊勢第三期	四日市市 三重郡楠町		員弁川	180,000		43.10.1	38～42
北伊勢第四期	桑名市、四日市市、鈴鹿市、三重郡朝日町、川越町、楠町		木曽川 （木曽川総合用水）	360,000		52.3.1	45～57
合計		65社77工場		885,000	835,430		

2．北伊勢工業用水道第1期事業の改良について

今回、S形ダクタイル鉄管を使用して布設替え工事を実施した北伊勢工業用水道第1期事業は、四日市臨海部の工場に給水を行うため、水源を二級河川員弁川水系の員弁川に求め、最大給水量を4万5000m³／日として昭和31年度から工事を実施し、昭和33年4月に給水を開始した事業である。施設の概要を表2に示す。

表2　北伊勢工業用水道第一期事業

施設名	名　称		概　要	数　量
取水施設	集　水　管		有孔ヒューム管　呼び径1200～600mm	622m
導水施設	導　水　管		鉄筋コンクリート管　呼び径1200mm	71m
	貯　水　池		鉄筋コンクリート造　長さ22.5m　幅27.9m　深さ6.5m	1池
配水施設	配水ポンプ		渦巻ポンプ　Q＝11m³／分　H＝60m　出力＝180kW　4台 渦巻ポンプ（うち、1台　250HP　エンジン付）　1台 Q＝24m³／分　H＝60m　出力＝500HP	5台
	配水管	鋳鉄管	呼び径800～75mm （うち、呼び径800mm配水本管　11,267m）	16,051m
		鋼　管	呼び径800～150mm	60m

当施設は築後40年近く経過し、配水管については間もなく法的耐用年数を迎える。このため、最近では老朽化による維持管理費用の増大や漏水の発生により安定給水の支障となっている。加えて、配水管が埋設されている道路状況も布設当時に比べ道路の拡幅、交通量の増大、通行車輛の大型化などによって大きく様変わりし（写真1参照）、維持管理も非常に困難な状況になってきているため、早急な対策を迫られている。

写真1　現状の国道23号線

これらの状況のもと、平成7年度より北伊勢工業用水道第1期改築事業に着手し、特に四日市市霞ケ浦町から大脇町にかけて国道23号線に埋設されている呼び径800mm配水本管（FC管、継手形式B形、延長3,000m）は、重要度が高い上に老朽化が顕著であるため、平成7年度から3カ年計画で布設替え工事を実施することとなった。

3．S形ダクタイル鉄管の採用について

1.布設替えルートの選定

ルート案としては、次に示す3ルートが考えられた。

①国道23号線

②国道23号線以西の市道

③国道23号線以東の埋立地

ここで、現在の埋設位置である国道23号線は、前章でも述べた通り維持管理が非常に困難であるため、歩道部も含めて布設替えルートから除外した。また、23号線以西は市街化された密集地で他の埋設物も多いため、新たに呼び径800mmの管を併設するスペースが確保できない。したがって、23号線以東の霞ケ

浦緑地内が有力候補となり、管理者である市と協議を重ねた結果、緑地外周園路への布設の承諾が得られたため、平成7年5月から7月にかけて約1,200mの布設を行ったところである。（写真2参照）

布設替えの対象範囲と今回決定した布設替えルートを図2に示す。

写真2　管布設状況

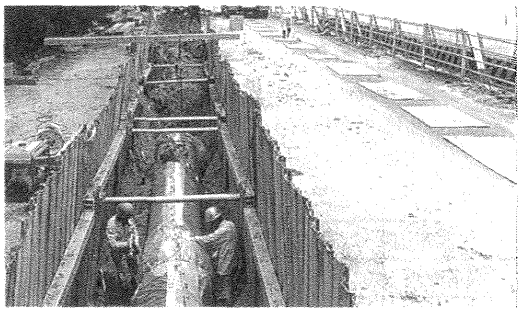
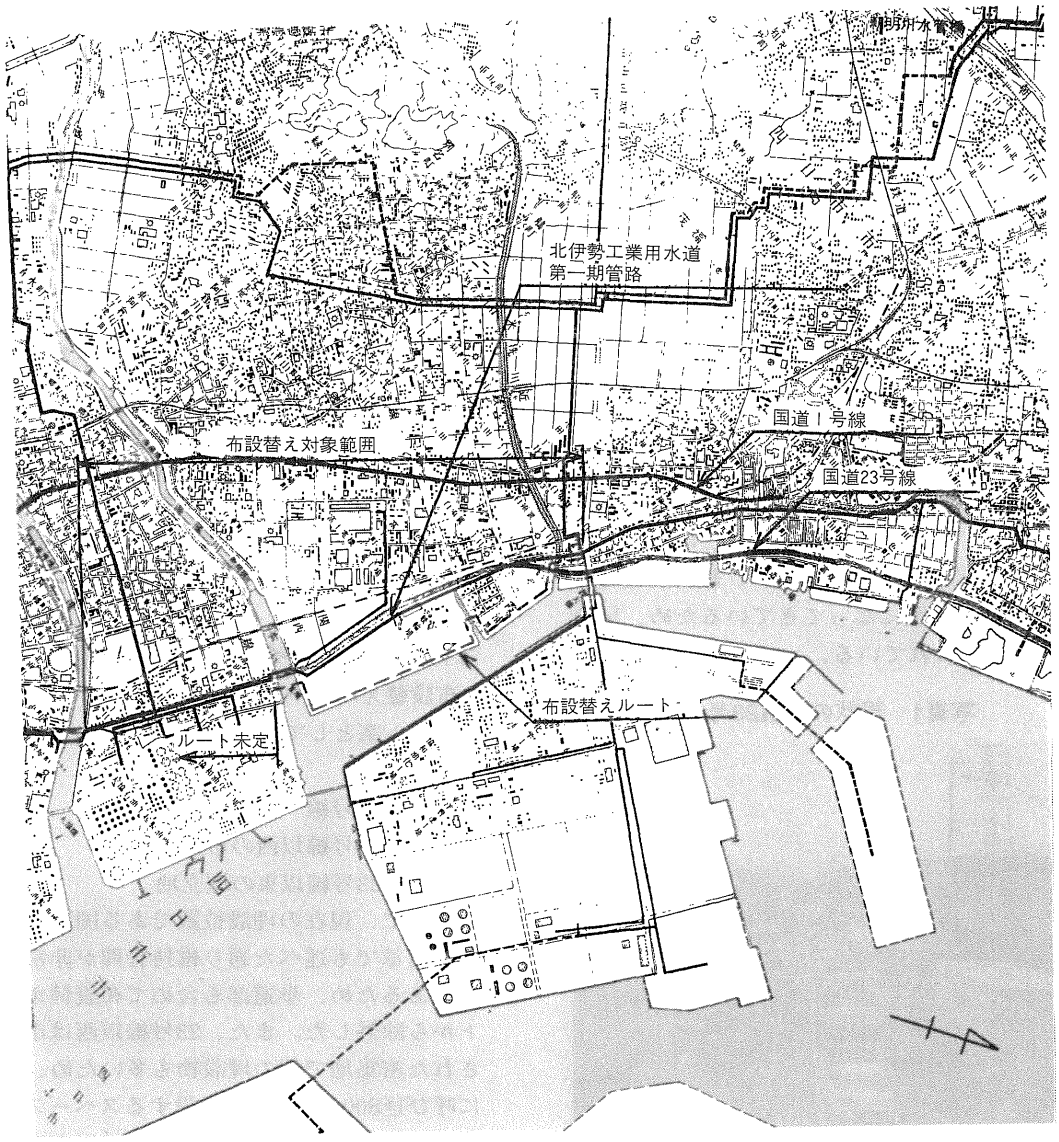


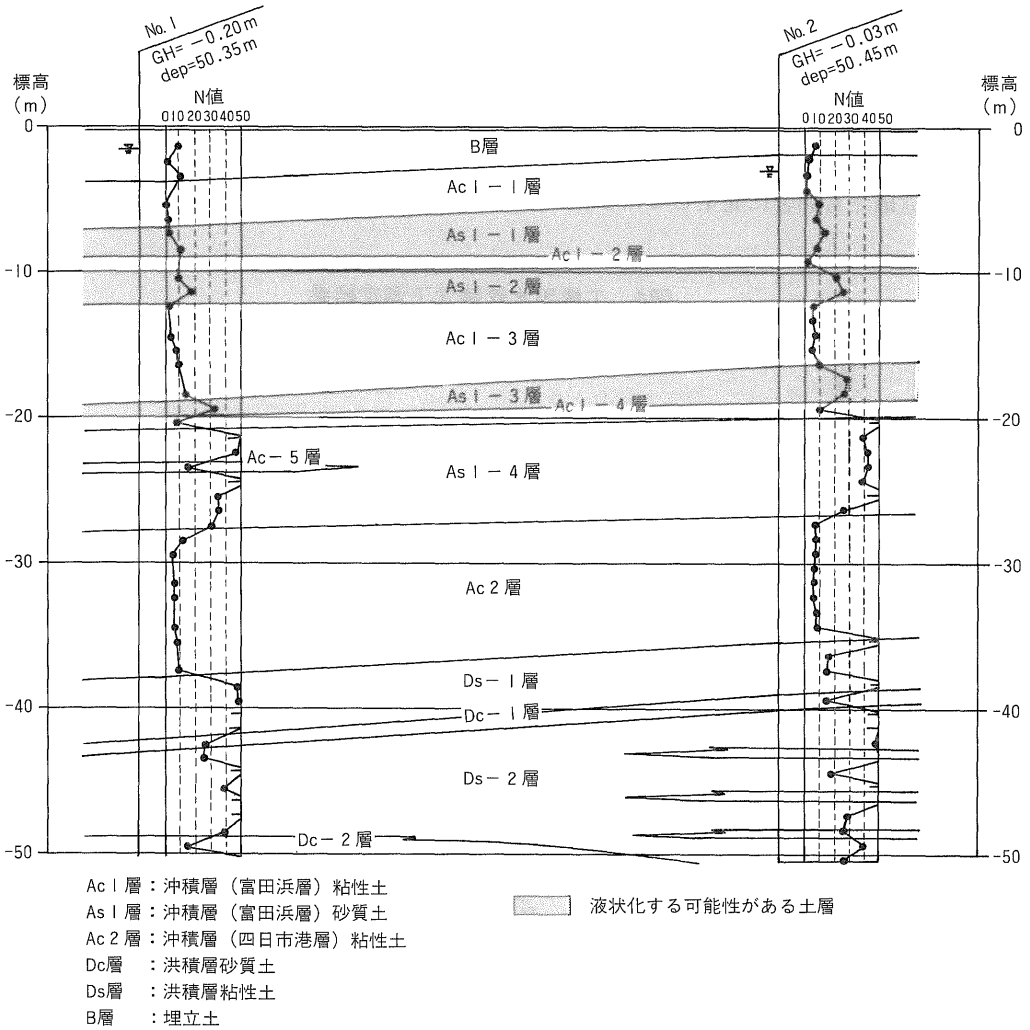
図2　布設替え対象範囲と布設替えルート



2.埋設地盤の状況

配水管の布設に先き立ち、原位置試験および室内試験により地盤の地質調査を行った。地層の想定断面図を図3に示す。地表面から約4mまではN値10程度の粘性土混りの粗砂による埋立土であり、その下にN値0～2の非常に軟弱な粘性土層とN値10程度の砂質土層が入り交じった富田浜層が約20m存在している。地下水位は地表面下1.4mと高い。さらに、埋設位置は海岸に面しており土壌腐食の可能性もあるため、サンプルを採取し、土壌調査も実施した。これらの調査結果より以下のことが明らかとなった。

図3　地層想定断面図



1.地震時の地盤の液状化およびこれに伴う地盤変状の可能性

図3によると、当地盤は地下水位が高く、N値の小さい土層があるため、地震時に液状化の発生する可能性が考えられた。したがって、道路橋示方書・同解説のV耐震設計編に準拠し、液状化の検討を行った。検討結果を表3に示す。これより、As1−1からAs1−3

の各土層については液状化の可能性が高いと判定された。

液状化が発生すると、間隙水圧の上昇に伴って液状化地盤内の間隙水が砂とともに噴砂現象として地表に噴出した結果、液状化した土層は圧縮され地表が沈下する。このため、液状化しない地盤との境界において大きな不同沈下が発生する可能性がある。また、土粒子間の有効応力が失われて、地盤が液体と同じように挙動するため、非常に緩い地表こう配であっても斜面下方に向かって数メートルにわたり地盤が水平に移動（側方流動）することがある。これらの地盤変状は、昨年の阪神・淡路大震災でポートアイランドなどの兵庫県下の埋立地でも顕著に発生している。

表3　液状化検討結果

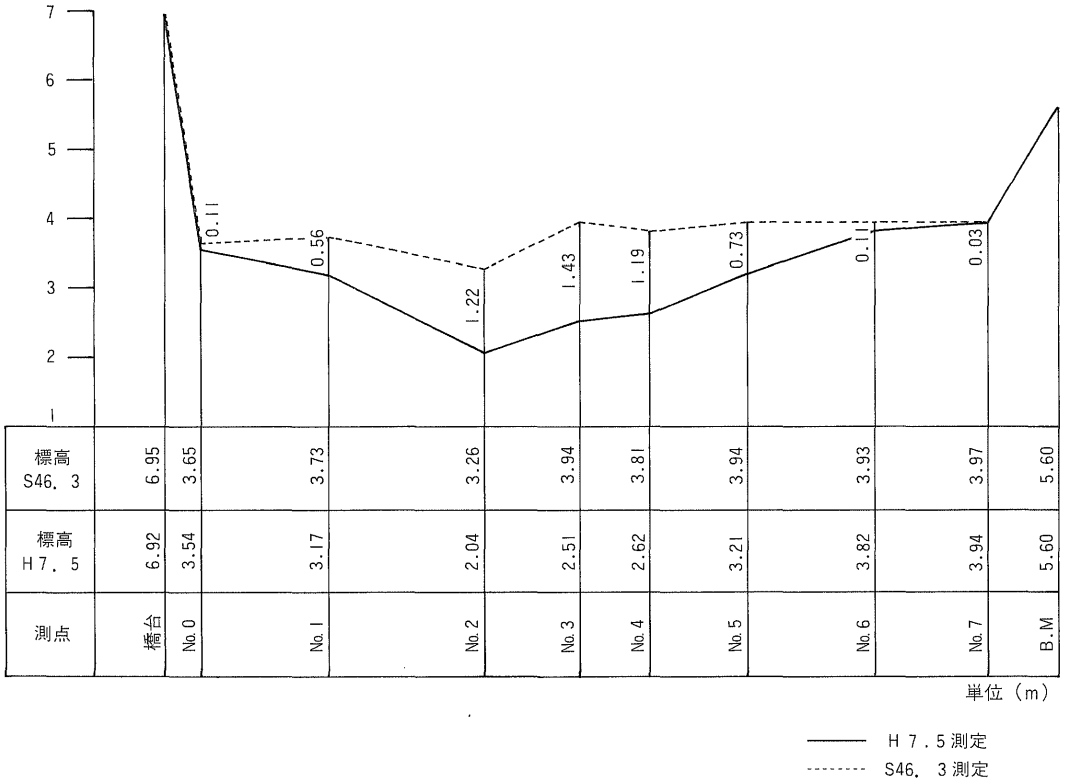
ボーリングNO.	液状化層（GL－m）	液状化抵抗率 F_L
NO.1	4.80～6.70	0.781～0.951
NO.2	5.80～7.70	0.620
	9.70～12.00	0.623～0.911
	14.70～15.80	0.907

備考：液状化抵抗率 F_L が1以下の層は液状化すると判定する。

2.地盤沈下の可能性

当埋立地と隣接する埋立地に昭和46年に布設した工業用水管路の沈下測定結果を図4に示す。これによると管路には最大1.4mの不同沈下が発生している。近年では、地盤沈下も沈

図4　工業用水管路沈下測定結果



静化しているが、なお緩慢ではあるが不同沈下は進行している。

3.土壌の腐食性

工業用水道施設設計指針にのっとり、ＡＮＳＩ　21.5（アメリカ国家規格）に示される腐食性評価方法により、現地の土壌を評価した結果を表4に示す。

これより、これらの土壌は腐食性土壌と判定された。

表4　ＡＮＳＩ　Ａ　21.5による土壌の腐食性評価結果

試料NO.	比抵抗（Ω・cm）		ｐＨ		Redox電位（ｍＶ）		水分（%）		硫化物		ＡＮＳＩ評価合計点数
	値	点数	値	点数	値	点数	値	点数	値	点数	
1	300	10.0	7.8	0	427	0	62	2	検出	3.5	15.5
2	180	10.0	7.2	0	211	0	42	2	検出	3.5	15.5
3	170	10.0	6.5	0	499	0	34	2	検出	3.5	15.5

備考：合計点数が10点以上のものは、腐食性の土壌と判断する。

3.管種選定

1.埋設管の条件

上記のような地盤に埋設する管の条件としては、以下の項目が考えられる。

①平常時の地盤の不同沈下を吸収できること。

②地震時の地盤の不同沈下や側方流動などの地盤変状にも耐えうること。

③耐食性に優れていること。

2.管種選定結果

これより、当地盤に埋設する管は耐震性を強く要求される。このため、対象管種は、Ⅰ）Ｓ形ダクタイル鉄管、Ⅱ）鋼管＋伸縮可とう管の2管種に絞って、前項の条件をすべて満たし、かつ経済的な方を選定した。比較検討結果を表5に示す。

表5　管種比較表

項目		Ⅰ）Ｓ形ダクタイル鉄管	Ⅱ）鋼管＋伸縮可とう管
仕様		呼び径800mm （ｔ＝11mm、3種管） 内面モルタルライニング	800Ｂ＋伸縮可とう管 （ｔ＝7mm） 内面エポキシ樹脂塗装
継手		Ｓ形	溶接
水密性		○	○
耐震性	弾性域[1]	◎	◎
	塑性域[2]	◎	○
耐食性		○（ポリエチレンスリーブ法）	○（電気防食法）
施工性		○	△
維持管理		○	△
経済性		◎	○
総合評価		◎	○

注1)　地盤変状（亀裂、崩壊、流動など）が発生せず、地盤の動きが弾性的である場合を示す。

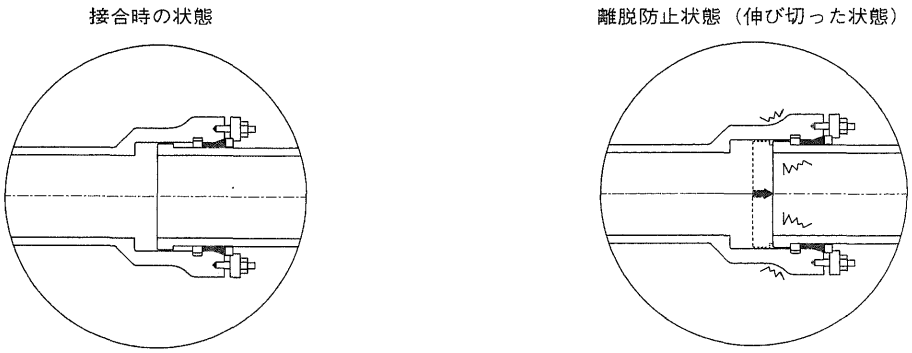
2)　地盤に亀裂、崩壊、流動などの塑性変形が発生する場合を示す。

これより、当地区はＳ形ダクタイル鉄管を採用することとした。

4. Ｓ形管路の地盤変位吸収性能

Ｓ形ダクタイル鉄管は、継手部に大きな伸縮余裕代と最大まで伸び出したあと抜け出しを防止する離脱防止機能を持つため、管路は継手が自由に伸縮、屈曲して地盤変状に順応し、最終的には伸び出したあとロックリングと挿し口凸部が引っ掛かって（図5参照）、隣接する管を次々と引き込み、いわば地中に埋められた鎖のように管路のつながりを保持することができる。

図5　Ｓ形継手の離脱防止機構

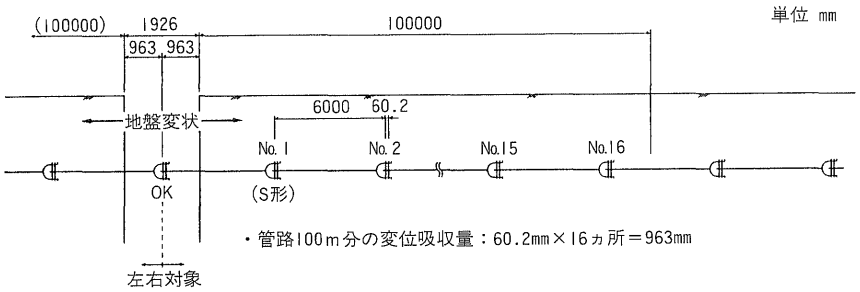


1.管軸方向

図6に、管軸方向の地盤変状（亀裂）が発生した場合の呼び径800mmＳ形管路の変位吸収状況例を示す。

Ｓ形継手は管路100m分の管と土の摩擦力に耐えるだけの離脱防止力を持つため、（継手1カ所当たりの伸び出し余裕代）×（100m間の継手箇所数）だけの地盤変位を吸収できる。したがって、この例における変位吸収量は、（60.2mm／継手）×（16カ所）より963mm（約1m）となる。図の左側も同様の配管であれば、両側の管路200m分で約2mの変位を吸収できることになる。

図6　呼び径800mmＳ形管路の管軸方向の変位吸収状況例



2.管軸直角方向

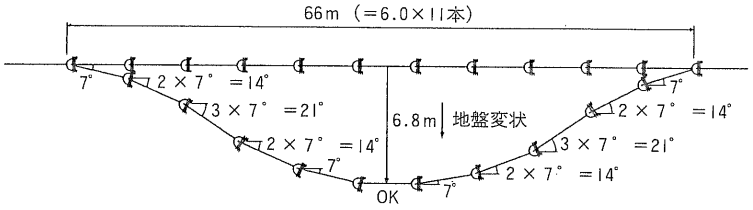
図7に、管軸直角方向の地盤変状（地盤沈下、側方流動）が発生した場合の呼び径800mmＳ形管路の変位吸収状況例を示す。

Ｓ形継手は、地震時には配管時の許容曲げ角度の2倍から3倍程度（呼び径800mmＳ形の場合は許容曲げ角度2°10′、最大7°）まで屈曲することができる。

したがって、この例における変位吸収量は、以下の計算より6.8mとなる。

$$
\begin{aligned}
Hmax &= L\times(\tan\theta+\tan2\theta+\tan3\theta+\tan2\theta+\tan\theta) \\
&= 6.0\times(\tan7^\circ+\tan14^\circ+\tan21^\circ+\tan14^\circ+\tan7^\circ) \\
&= 6.8\mathrm{m}
\end{aligned}
$$

図7　呼び径800mmＳ形管路の管軸直角方向の変位吸収状況例



5.Ｓ形管路の地震に対する有効性

阪神・淡路大震災は史上初めて震度Ⅶの地域が認定された激震であった。その被害状況からみて、改めてライフラインの耐震化の再検討が強く求められているところである。日本水道協会などの水道施設の被害調査によれば、管路の被害は特に地盤に亀裂、崩壊、液状化による側方流動などの地盤変状が発生した場所で多発しており、このような場所ではダクタイル鉄管であってもＡ形、Ｋ形、Ｔ形などの一般管路に継手の抜け出しによる被害が発生している。一方、Ｓ形、ＳⅡ形鎖構造管路には被害は発生しなかった。特にポートアイランドなどの埋立地では、大規模な地盤の液状化現象が発生し、島全体が40～50cm程度沈下し護岸は数メートルの側方流動が発生したが、埋立地内に布設されていた合計99.6kmのＳ形、ＳⅡ形鎖構造管路は無傷であり、現在も問題なくその機能を果たし続けているとのことである。

4.おわりに

今回、三重県の工業用水道としてはじめてＳ形ダクタイル鉄管を採用して布設替えを行った。

当地域は東海大地震が危惧されており、しかも当該箇所は地盤が軟弱で不同沈下の進行、かつ地下水位が高い埋立地であり、地震時には液状化も懸念されているため、当管路には阪神・淡路大震災におけるポートアイランドなど埋立地でのＳ形、ＳⅡ形管路のような効果を期待するものである。

本県において、工業用水道施設の耐震化は、拡張、改良を行っていく上で重要な柱のひとつであると考えている。工業用水道としての重要性を再認識して、今後も引き続き施設の耐震化に向けて積極的に取り組んでいく考えである。

Technical Report 3
技術レポート

国営大山山麓総合農地開発事業によるダクタイル鉄管の施工報告（第1報）

農林水産省中国四国農政局
大山山麓開拓建設事業所
工事第一課長　葭井功治

1.はじめに

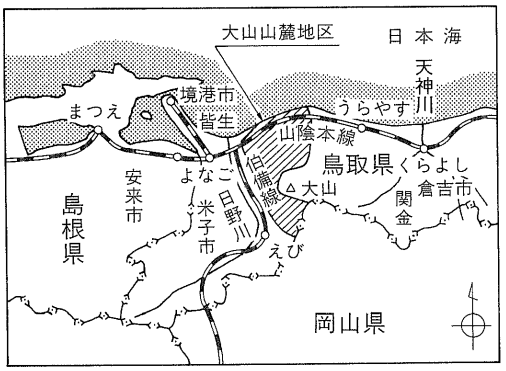
本事業実施地域は、鳥取県西部に位置し、山陰の主峰大山（標高1,711m）の北部から西部山麓にかけての丘陵地帯である（図1参照）。この大山山麓一帯は、元陸軍軍馬補充部の放牧地として利用されていたが、大正初期に軍馬補充部が大陸に移転したことに伴い地元に払い下げられ、開墾助成法が公布された大正8年頃から散在的に小規模な開墾が行われていた。

その後、昭和16年に制定された農地開発法に基づいて設立された「農地開発営団」により昭和17年3月から開拓事業が始められたが、第2次世界大戦突入などの影響により終戦まで余り進まず、同営団は昭和22年に閉鎖した。同営団閉鎖後、農林省が直轄事業として建設工事を継承し、1,609haの開畑、入植464戸、増反1,401戸を実施した。

本事業は、その後なお多くの開拓適地が残っていることから調査がなされ、水源確保も含めた国営総合農地開発事業として農林水産省により昭和47年に着工したものである。

なお、着工後の社会情勢、農業情勢の変化に伴い、平成2年3月に計画変更を行っている。

図1　位置図



本報告では、事業で実施するパイプラインの施工事例について報告することとしている

が、今回は主にパイプラインなどの全体計画について報告し、次回以降で技術的施工事例を報告する。

2.事業概要

本事業は、鳥取県西部の中山町、名和町、大山町、淀江町、米子市、岸本町、溝口町および江府町の1市7町を対象とし、430haの農地造成と介在する既耕畑37haの区画整理を併せて行うとともに、既耕畑1,768haの畑地かんがいを行い、梨、野菜、酪農などを導入して経営規模を拡大し、地域農業の発展を図ることを目的としている。

1.主要工事計画

畑地かんがいを行うために、江府町下蚊屋および助沢に有効貯水量344万m^3、堤体積60万m^3、堤頂長210mの中心遮水ゾーン型フィルダムを建設し、パイプラインにより受益地まで送水することとしている。

なお、用水路の形式については、次の諸理由からセミクローズタイプ、パイプラインによる送水とした。

① スプリンクラーかんがいなどで、水頭を有効に利用できる。

② オープンタイプに比して管径を細くできる。

③ 無効放流がなく節水型である。

④ 応答性がよく、調整池との一体利用・管理が容易である。

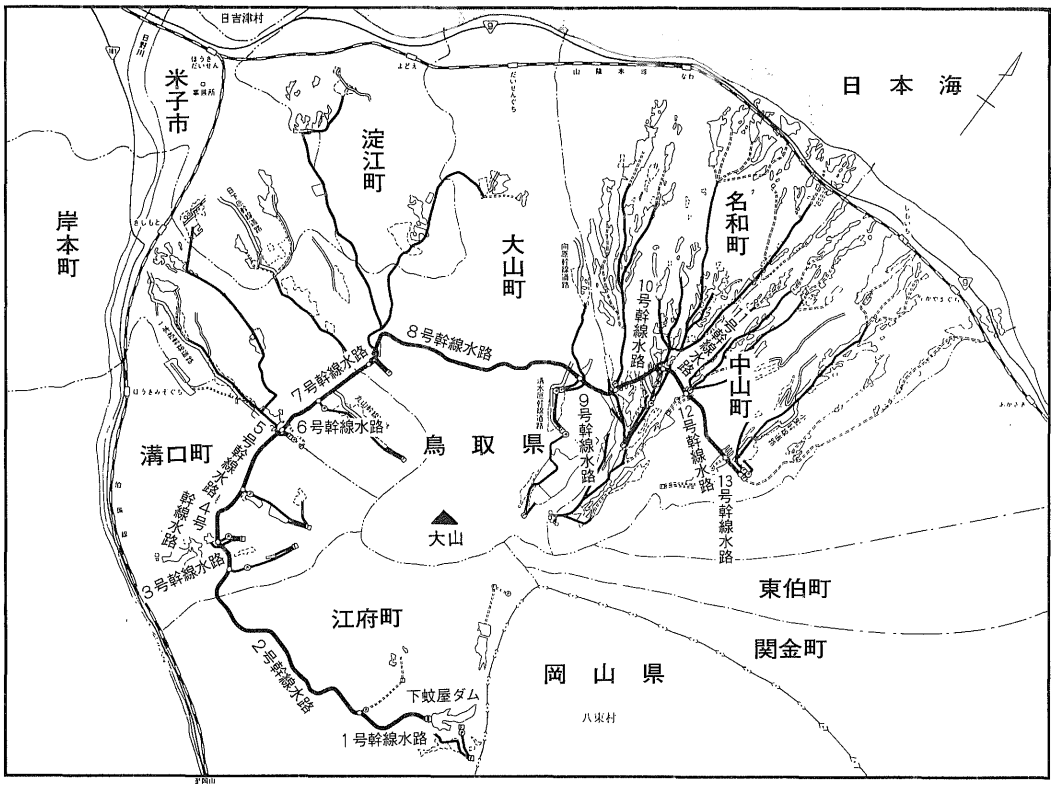
表1に主要工事の一覧を、また、図2にパイプラインの概要を示す。

写真1　農地造成地
団 地 名：一本松
施工年度：昭和55年度
営農作目：キャベツ

表1　主要工事

工　種	規　模	数　量	備　考
下蚊屋ダム	中心遮水ゾーン型フィルダム	1カ所	堤　高 55.5m 堤体積 599,000m^3 有効貯水量 3,440,000m^3
用水路　幹線 支線	φ900～400㎜ φ500～ 75㎜	31.9㎞ 106.1㎞	
揚水機場		10カ所	
農地造成		430ha	
区画整理		37ha	
道路　幹線 支線		16.9㎞ 19.4㎞	

図2　パイプラインの全体計画図



凡例	
	農地造成
	畑地かんがい
	ダム
	国営水路(幹線水路)
	国営水路(支線水路)
	県営水路
F	ファームポンド(国営)
F	ファームポンド(県営)
P	揚水機場(国営)
P	揚水機場(県営)
○	分水工
	既設頭首工

2.事業の進捗状況

昭和47年度の着工（同年10月1日事業所開設）以来、工事は順調に進んでおり、平成6年度より下蚊屋ダムに着手し、平成7年度までに農地造成はほぼ完了し、幹線用水路（ダクタイル鉄管呼び径900㎜）は4.7㎞完成している。

事業全体の進捗率は、平成7年度事業費ベースで表2の通りである。

表2　事業進捗状況

総事業費（平成7年）	平成6年度まで		平成7年度事業費	平成7年度まで進捗率
	事業費	進捗率		
38,800,000,000円	19,710,385,000円	48.7%	4,695,244,000円	60.3%

3．路線選定

水路は主として、本事業で実施中の農道もしくは公道下に埋設されるが、大山を取り巻くように施工していくことから、一部では耕地や山間地への埋設を計画している。

なお、路線選定に際して留意している事項を以下に示す。

① 現況地形に沿ってなるべく直線とし、できるだけ短い距離を通すよう配置する。

② 施工・施設管理上、路線の位置を極力道路沿いに計画する。

③ 道路・河川などを横断する場合は、原則として直角交差とする。

④ 分水工など、地表に出る構造物の設置位置は、交通や耕作に支障のないよう考慮する。

⑤ 県営水路分水位置との整合性を図る。

4．管種管径選定

1.選定手順

管種選定の手順を以下に示すが、使用管種としては、設計水圧、布設条件および他地区でのこれまでの実績を考慮し、ダクタイル鉄管（ＤＣＩＰ）、強化プラスチック複合管（ＦＲＰＭ）および鋼管（ＳＰ）などの中から選定した。

なお、ダクタイル鉄管についてはＫ形、Ｔ形などが考えられるが、基本的には経済性・施工性に優れたＴ形を使用した。

〈手順〉

①各管種の呼び径の概定（水理設計）

動水こう配などの検討を行い、それぞれの管種の呼び径を概定する。

②設計水圧の概定

送水方式（自然流下、ポンプ圧送）などにより、設計水圧を概定する。

③使用管種の概定

管呼び径、設計水圧から、管の規格に基づき使用管種を概定する。

④管厚の選定（構造設計）

概定した管種について構造設計の検討を行い、使用する管厚を選定する。

⑤使用管種の決定

経済性、施工性、安全性および維持管理性などの検討を行い、使用管種を決定する。

なお、本地区では、所定の水頭が確保できるもっとも経済的な管種管径の検討を、線形計画法により設定した。

2.設計条件

構造設計の主な設計条件を以下に示す。

〈構造設計条件〉

①土かぶり

公道下埋設：1.2ｍ以上

山間地埋設：0.7ｍ以上

（凍結深を考慮）

耕地下埋設：0.7ｍ以上

（凍結深を考慮）

河川下埋設：2.0ｍ以上

②内　圧

設計内水圧＝静水圧＋水撃圧

③外　圧

外圧については、1)埋戻し土による土圧、2)路面荷重による土圧、3)管体自重、4)管内水重、5)その他荷重、6)基礎反力を考慮した。

このうち、路面荷重については、道路管理者との協議により決定した。

また、その他荷重については、道路以外部分での地表面荷重（耕地でのトラクター重量など）を考慮し、次の値を用いた。

耕　地：0.5tf／㎡

山間地：0.3tf／㎡

④管底支持角

$2\theta=120°$　（砂基礎）

⑤管の埋設形式

通常は溝形とした。

なお、土質条件や地下水位などによって矢板施工が必要な場合は、別途検討とした。

⑥土の単位体積重量

$\gamma=1.8\mathrm{tf}/\mathrm{m}^3$

⑦土の受働抵抗係数

$e' = 28 kgf/cm^2$

⑧土の内部摩擦角

$\theta = 30°$

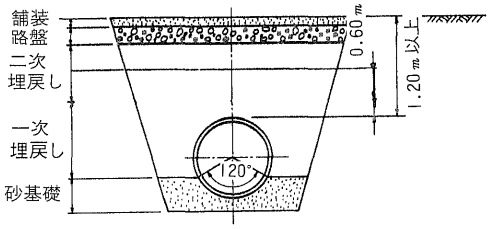
5．標準的な施工

道路部分は、片側通行止めもしくは全面通行止めで実施しており、標準施工図を図3に示す。また、施工状況を写真2～3に示す。

なお、一般的な埋戻し材の材質を次に示す。

・砂基礎
　砂
・一次埋戻し
　発生土など
・二次埋戻し
　発生土など
・路盤、舗装
　材質、厚さは道路管理者と協議する。

図3　道路部分の標準断面



6．おわりに

本事業で実施するパイプラインは大山を鉢巻状に施工していくことから、今後の施工では、河川の伏せ越しや急斜面部での配管を行わなければならない。

次報以降でそれらの施工事例を報告し、ダクタイル鉄管の施工技術の向上に寄与していきたいと考えている。

写真2　管布設状況

写真3　管接合状況