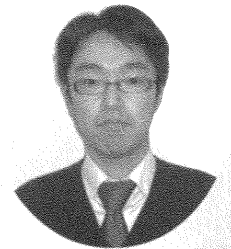


Technical Report 01

技術レポート

大阪市水道局における事業継続計画 (BCP: Business Continuity Plan) の策定について



大阪市水道局 工務部計画課
担当係長(震災対策) 相良 幸輝

1.はじめに

平成23年3月11日に東日本を襲った東北地方太平洋沖地震は、マグニチュード9.0という未曾有の巨大地震であり、これにより発生した津波と相俟って、多くの町が壊滅的な被害を受けた。また、地震・津波による直接的な被害に加えて、電力・燃料不足や物流の停滞等による市民生活や社会活動へ対する様々な支障が各地で報告された。

この実例が示すように、大規模地震の発生等により、甚大な被害が生じた際には、水道局自身も被災し、ヒト、モノ、情報等、利用できる資源に制約が生じることが考えられる。

そのような中であっても、水道事業者は、地域防災計画や災害対応マニュアルに基づき、速やかに応急対策をしなければならず、その一方で、市民生活に密着する行政サービスの提供や基幹業務など、通常業務の一部は継続して実施することも求められる。

大阪市水道局では、このような大規模災害の

発生等により利用できる資源に制約があるとともに業務内容や業務量が平常時と大幅に異なる「非常時」においても、「応急給水や応急復旧等の応急対策(非常時に新たに発生する業務)」と「非常時にも継続すべき通常業務」を合わせた「非常時優先業務」を適切に実施し、水道事業の継続あるいは早期再開を実現するために、その戦略計画として、平成22年5月に事業継続計画(BCP)を策定した。(図1)また、併せてこれを

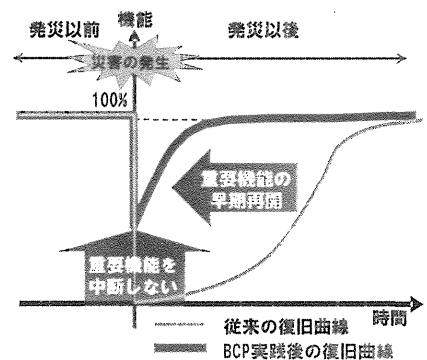


図1 事業継続計画の概念図

継続的に改善していくため、事業継続マネジメントシステム(BCMS)を導入し、現在、全局的に運用している。

2.事業継続計画策定の背景

大阪市の水道事業は、明治28年に我が国で4番目の水道事業として創設以降、豊かな市民生活や高度な都市活動を根底から支える都市基盤である水道事業の重要性に鑑み、国内外で発生した災害等の危機事例で得られた教訓をその時々に取り入れながら、危機管理体制の拡充・強化に努めてきた。

とりわけ、平成7年の阪神・淡路大震災は、それまでの想定を大きく超える都市直下型地震であったため、こうした直下型地震に対しても早期復旧が可能な水道づくりが行えるよう、平成8年3月には、「大阪市水道・震災対策強化プラン21(基本構想)」(以下、プラン21という。)を策定し、施設・管路の耐震化や配水池の建設、施設運転用自家発電設備の設置等、各種震災対策に取り組んできた。また、併せて、災害対策マニュアルの大幅な拡充や、大規模水道事業体をはじめ様々な外部機関と相互応援体制・情報連絡体制を構築するなど、ハード・ソフト両面から総合的な対策を進めることで、災害対応能力の向上に努めてきた。

一方、大阪市の地域水道ビジョンに当たる「大阪市水道・グランドデザイン」(平成18年4月)の策定にあたっては、平成17年に国(内閣府)が事業継続ガイドラインを策定するなど、事業継続マネジメントに関する社会的機運が高まってきたこと等を勘案し、危機管理戦略の施策の一つとして「事業継続マネジメントの推進」を掲げ、危機管理に関する諸施策を総合的に捉えつつ、リスク発生時でも水道事業を継続あるいは早期再開を実現できる体制を構築するべく、本市がこれまで実施してきたハード・ソフト両面にわたる危機管理対策を経営戦略的視点に立った「事業継続計画」として策定することとした。

事業継続計画の策定にあたっては、事業継続マネジメントが比較的新しい概念であり、水道事

業体における事業継続計画の策定手法が確立していないことから、平成20年度から京都大学と策定手法に関する共同研究を行い、京都大学防災研究所林春男教授に監修して頂いた。

計画の策定にあたっては、組織内の各所属から代表者を集め、ワークショップ形式で検討を行った。これにより、組織内のステークホルダーからの多様な意見や知見・経験を検討結果に盛り込むとともに、非常時対応について考える機会を与えることで、人材育成を図り、組織全体の災害対応能力を向上させることとした。

3.事業継続計画の概要

行政機関においては、従来から、災害対策基本法第36条等に基づく防災業務計画等を策定し、危機に備えてきた。防災業務計画は、災害応急対策業務の実施体制、実施事項及び実施方法等を定めることに重点をおきながら、災害の予防段階から復旧・復興段階までの対応計画を取りまとめたものであり、防災対策に係る業務内容等を定めることに主眼を置いたものである。これに対し、事業継続計画は、非常時優先業務の合理的な抽出、利用可能な資源に制約がある中で、資源配分の合理化、事業継続のボトルネックとなる部分の特定及び対策実施、そして緊急時の対応力を高める組織マネジメントの改善にも主眼を置いているという特徴を有している^り。

大阪市水道局では、事業継続計画の策定にあたり、最も大規模な被害を及ぼすと想定される地震である「上町断層帯地震」をリスクとして想定することで、全庁的な危機管理能力の向上を目指し、他のリスクにも準用可能な事業継続計画とすることとした。

また、発災から復旧までの目標復旧期間の設定については、阪神淡路大震災における被災後の応急的な水供給に対する要望の経時変化等を勘案し、プラン21で設定した大阪市水道局の応急給水の目標(表1)に従うこととした。さらに、応急復旧にあたっては、その時々に必要な水量を確保しながら、重要な配水管から順次復旧し、1ヶ月を目途に復旧を完了することとしている。

表1 応急給水の目標

震災直後	: 水缶の備蓄等により、震災直後の飲料水を確保
震災後3日間	: 飲料水、医療用水等、生命の維持のための必要最低限の水を確保
震災後4日目以降	: 生活用水、都市活動用水を順次増量確保
震災後1ヶ月を目処	: 通常量の確保（復旧完了）

事業継続計画では、この段階的に設定した目標復旧期間内に必要な業務を非常時優先業務として抽出するとともに、人的資源の分析やサプライチェーン分析を行うことで、非常時優先業務の実施に向けた体制及び環境づくりに向けた対策を取りまとめている。（図2）

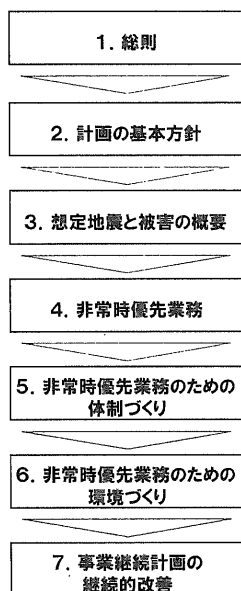


図2 事業継続計画の概要

4.非常時優先業務

4-1 非常時優先業務の抽出

事業継続計画の策定の第1ステップとして、事業を継続するために最低限必要な業務であり、詳細な分析の対象となる「非常時優先業務」の抽出を行った。非常時には、応急給水をはじめとする、「非常時に新たに発生する業務」が生じるため、「通常業務」を平常時と同様の体制で継

続することはできない。よって、実施する「通常業務」を限定するため、「通常業務」を、「非常時も継続すべき業務」と、「非常時にはやむなく中断する業務」に分類した。分類に当たっては、平常時の業務を網羅している事務分掌を用いた。また、「非常時に新たに発生する業務」については、従来の災害対策の範疇で検討されているものであり、基本的には災害対策マニュアルから抽出した。

この「非常時に新たに発生する業務」と「非常時も継続すべき通常業務」を合わせて、「非常時優先業務」として抽出した。（図3）

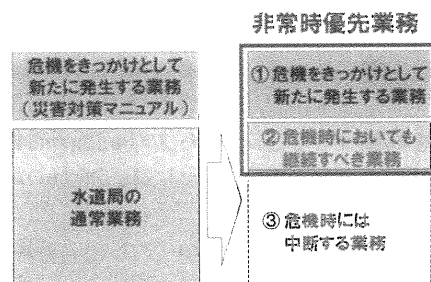


図3 非常時優先業務

4-2 非常時優先業務の階層化・構造化

抽出した非常時優先業務を非常時に管理しやすい形で記述するために、非常時対応を発災から復旧完了までの一つのプロジェクトとして捉え、プロジェクトマネジメント（Project Management:PM）の枠組みを採用した。プロジェクトマネジメントとは、プロジェクトを成功に導くための総合的な管理手法であり、プロジェクトマネジメントを行う上で重要な作業が、Work Breakdown Structure（以下、WBSという。）を作成することである。

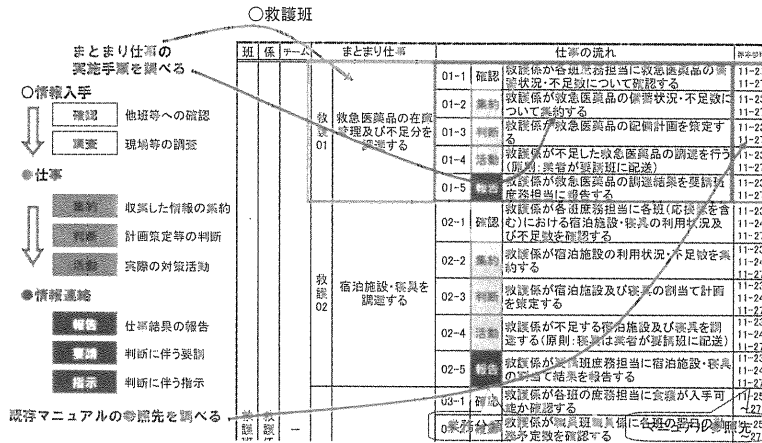


図4 WBSの例

WBSとは、プロジェクトを階層的に詳細化し、業務を構造化することで、マネジメントを容易にするものである。抽出した非常時優先業務に対して、既存の災害対策マニュアル及び平常業務の要綱・規定等を基に、WBSによる階層化・構造化を行った。WBSを作成するツールとしては、竹内ら²⁾が提案したBFD手法を使用し、ワークショップにより非常時優先業務全体について業務プロセス分析を行い、WBSを作成した。(図4)

また、WBSに記載している業務のまとめりに時系列の概念を追加したProject Management Sheet(以下「PMS」という。)を作成した。(図5)

これらのWBS・PMSは、これまでの災害対策マニュアルと比較し一覧性が高いため、事業継続計画に掲載することでマニュアルの検索性向上を図った。

5.非常時優先業務のための体制づくり

非常時優先業務を実施するための体制づくりとして、業務執行体制の枠組みを整理するとともに、人的資源配置の分析を行った。加えて、職員参集基準や権限の代行者についても明記した。

5-1 ICSに従う業務執行体制

Incident Command System(以下「ICS」と

7. 救護班

班	係	チーム	WBS番号	まとめり仕事	開始要件	実施目標							入力WBS番号 出力WBS番号
						24時間前	3日	1週間	2週間	1ヶ月			
救護班	救護係	-	救護01	救急医薬品の在庫管理及び不足分を調定する	発災～調査								各班07
			救護02	宿泊施設・医薬品を調定する	初発活動終了後～調査								各班08
			救護03	医薬品の在庫を調定する	初発活動終了後～調査								各班10
			救護04	気候等の労災関係業務を期	初発活動終了後～調査								各班07
			救護05	防犯対策活動中の事故を期	発災～調査								各班07、各班15
			救護06	水道部各職員の実業診断を	初発活動終了後～調査								各班01
			救護07	共通業務業務	発災～調査								各班16

担当班・
チーム名

実施すべき
まとめり仕事

ガントチャート
TIME

受信元、発信先
DATA

実施手順
はWBSを
参照

ガントチャートを参考に、発災後の経過時間を勘案しつつ、行動する内容を決定する

—— 実施すべき期間
..... 必要に応じて実施

仕事のつながりは
他班のPMSを参照

図5 PMSの例

いう)は、危機対応を5つの機能の集合体としてとらえ、危機対応に加わる全ての組織が、この組織運営を採用することで相互の連携性を高めるものであり、事実上の世界標準として受け入れられるまでになっている³⁾。(図6)



図6 ICSの概念図

大阪市水道局においても、災害発生時の組織をICS機能別に構造化し、それぞれの役割や指揮命令システムを明確にしたうえで、指揮調整機能(水道部本部)の参謀として総合調整機能を位置付け、各組織の情報集約効率化を図ることとし、その有効性を机上訓練で確認した。

5-2 要員の確保

組織の事業継続にあつては、危機事象発生により増大する業務に対して、組織の限られた人的・物的資源を有効に活用するとともに、必要に応じて、関係機関に応援要請を行い、危機へ立ち向かう体制を迅速に構築することが重要となる。

大阪市水道局では、経営効率化の観点に立

った計画的な人員削減に取り組んでいるが、一方で、大規模災害等が発生した場合は多くのマンパワーが必要となることが想定されることから、他都市の水道事業者等と災害時の相互応援協定を締結するなどして、人的・物的資源が不足する事態に備えてきた。

また、大阪市水道局では、これまで、応急復旧や応急給水といった特定の業務に対して、大阪市地域防災計画に示される市の想定地震に対して管路の被害予測を実施するとともに、シミュレーションを行い、必要な人員についての分析を行っている⁴⁾。しかしながら、この分析は特定の業務を対象としていたため、通常業務を前提に配置されている組織内のマンパワーをどの程度災害時体制として再配置できるかについては想定していなかったことから、事業継続計画では、PMSを用いて非常時優先業務全体について、時系列で業務量分析を実施することで、危機発生時において組織が実施すべき全体業務量を把握し、災害時に組織が必要な人員数を推定した。

また、直下型地震等の大規模災害が勤務時間外に発生した場合、交通機関のマヒ等により、職員が参集するのに時間を要することが想定されることから、各職員の自宅から職場までの徒歩での移動時間の調査結果や、負傷等により参集出来ない職員の割合を想定し、参集する職員数についても時系列で分析し、必要な人的資源と比較した。(図7)

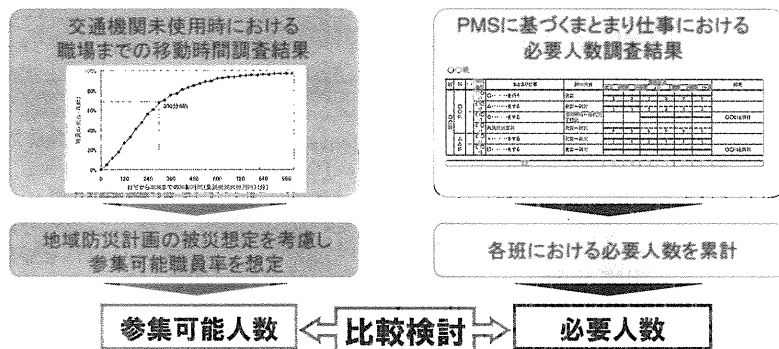


図7 参集可能人数と必要人数の比較

各復旧フェーズごとにPMSを基に分析した必要人員数と参集人的資源分析により推定した参集職員数との比較結果を図8に示す。

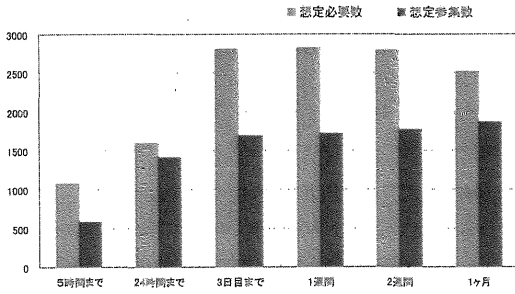


図8 想定必要人数と想定参集人数の比較

この結果から、初期活動段階（発災から24時間以内）は、職員の参集に伴い、徐々に参集可能人数と必要人数の乖離が少なくなるが、復旧段階（発災から24時間以降）では、対策活動の本格化により、人的資源が大幅に不足することが確認された。

また、人的資源分析をICSの機能別で実施した。大阪市水道局の非常時優先業務の特徴として、事案処理部門が大きな割合を占めるため、これを①取・浄・配水場管理、②管路復旧、③応急給水の3つに大別するとともに、これに④指揮調整者を補佐するスタッフ業務を行う機能（情報作戦機能、庶務・財務機能、資源管理機能）を加えた4部門に業務及び人員を分割して想定必要要員と想定参集要員を比較することで、部門間での職員の再配置方針を検討した。

各部門における参集数と必要数の差分を集計したものを図9に示す。

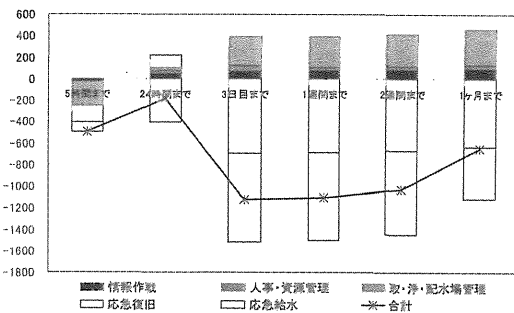


図9 人的資源の充足度 (機能別)

この結果より、発災当日においては、初期5時間までは全ての部門で人的資源が不足するが、24時間までに応急給水を除き人的資源が充足することが示唆された。

また、復旧が本格化する発災から24時間以降はスタッフ業務及び取・浄・配水場管理は人的資源が充足するが、応急復旧及び応急給水に関しては、人的資源が大幅に不足することが示唆された。

また、所属間での人的資源の応援を行わない場合は、人数が最大で1500名程度不足するが、所属間の人的資源を再配置することで、局内から400名程度応援が可能となり、不足数が4分の1程度改善することが示唆された。この結果より、各所属の応援可能人員を比較的専門的知識の不要な応急給水活動の応援に充てることで、応援要請規模の縮小や応急対策活動の充実を図ることができると考えられる。また、従来であれば応急給水要員として、800名程度を外部に依存する計画であったが、応急給水に関する外部依存度を50%程度低減できることが推定できた。

6. 非常時優先業務のための環境づくり

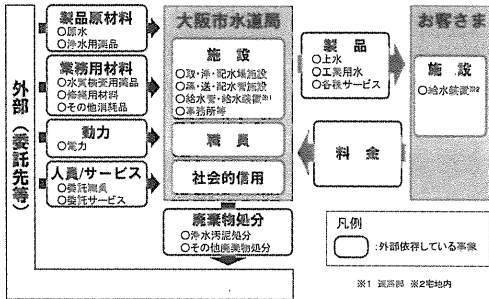
非常時優先業務のための環境づくりとして、サプライチェーン分析に基づく外部へ依存している物的資源の確保状況を整理するとともに、業務執行に必要な執務環境の分析を行った。

6-1 物的資源の確保

非常時優先業務を実施にあたり、外部（委託先等）へ依存している物資等の事象を抽出し、その機能が停止した場合の代替策の有無や事業継続可能時間を分析した。（図10）

その結果、水道事業の継続に必要なものについては概ね確保しており、サプライチェーンが停止しても、即座に事業中断につながらないということを確認できた。また、ダクトイル鉄管等の管路復旧用資機材を概ね5日間相当確保するなど、応急対策用活動実施に必要な物的資源についても一定量確保していることを確認した。

一方、災害時における一部業務委託先の人員確保や、一部の職場で事務消耗品の在庫の



水道事業の継続に必要なもの	応急対策活動実施に必要な資材・要員等
<ul style="list-style-type: none"> ○原水 ○浄水用薬品 ○電力 ○浄水汚泥処分 ○水質検査用薬品 ○委託業務先の人員 ○事務用消耗品 	<ul style="list-style-type: none"> ○取・浄・配水場施設復旧に関するもの ○応急復旧・応急給水に関するもの ○事務機器修理に関するもの ○ネットワーク復旧に関するもの ○応急対策活動用資金

図10 外部依存している事象

不足を改善する方向性を確認した。

6-2 事業継続のための執務環境

災害時でも非常時優先業務を効率的に実施するためには、本庁舎はもとより、各事業所において、施設の耐震化や設備の転倒防止、電源の確保等、あらかじめ業務の遂行に必要な安全対策や保全措置が講じられなければならない。災害時において非常時優先業務が開始および継続できる環境が整うか検証するため、執務環境の確保状況について調査・分析した。(図11)

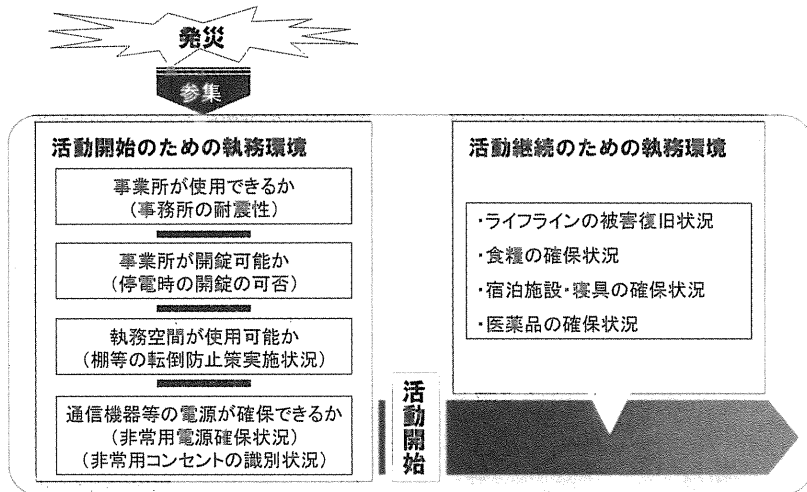


図11 執務環境の分析手順

分析の結果、一部事業所の耐震化等、対策が不十分な箇所については、順次改善していくこととした。

7.事業継続計画の継続的改善

事業継続計画に基づいて、各種非常時優先業務を効果的に遂行していくためには、全職員が事業継続の重要性を共通の認識としてもち、組織の文化として定着させることが重要であり、これを組織だてて管理・運用する事業継続マネジメントシステムを構築することが効果的である。

そこで、大阪市水道局では、事業継続計画の策定と併せて事業継続マネジメントシステムを導入し、これに基づき、平常時から事業継続計画や災害対応体制の継続的改善を図り、災害対応能力の高い組織づくりを推進している。(図12)

事業継続マネジメントの推進にあたっては、平成5年に設置した災害対策委員会を事業継続マネジメントの推進機関と位置づけて体制強化を行った。

また、災害時に必要な能力の分析に基づく研修・訓練メニューにより、習熟度を踏まえた段階的なスキルアップが図れるよう、研修・訓練プログラムを構築し、事業継続に関する研修・訓練の体系化を行った。

その他、事業継続に係る文書管理の分担や、



図12 事業継続マネジメントシステムによる継続的改善

年間スケジュール等も整理し、PDCAサイクルに基づく継続的改善を図ることとしている。

8.おわりに

大阪市水道局では、平成22年5月に事業継続計画を策定し、併せて事業継続マネジメントシステムを導入してから、約1年間運用する中で、計画策定作業において明らかとなった各種懸案の解消に努めるとともに、教育・訓練を実施し、その結果を計画にフィードバックするなど、改善を図ってきた。今後も、管路耐震化等のハード整備を着実に推進することはもとより、事業継続マネジメントシステムの年間計画に基づき、災害対策にかかる各種研修・訓練を行い、災害時の事業継続にかかる組織風土の醸成と職員のスキルアップ、実践力の向上を図るとともに、東北地方太平洋沖地震の知見を計画に盛り込むなど、更なる災害対応体制の強化に努めてまいりたい。

- 1) 内閣府 防災担当:中央省庁業務継続ガイドライン第1版,pp.9-10,2007.
- 2) 竹内一浩,林春男,浦川豪,井ノ口宗成,佐藤翔輔:効果的な危機対応を可能とするための『危機対応業務の「見える化」手法』の開発—滋賀県を対象とした適用可能性の検討—,地域安全学会論文集,No.9,pp.111-120,2007.
- 3) 林春男,牧紀男,田村圭子,井ノ口宗也:組織の危機管理入門—リスクにどう立ち向かえばいいのか—,丸善株式会社,pp.107-108,2008.
- 4) 山下涼,山野一弥,宮崎博明,村上貴志:水道管路の被害予測に関する研究(Ⅲ),第60回全国水道研究発表会公演集,pp.516-517,2009.

Technical Report 02

技術レポート

嵐山町における新耐震管GX形ダクタイトイル鉄管（呼び径100）の採用と管路耐震化に向けた取り組みについて

嵐山町上下水道課・水道担当
主任 栗原 淳



1.はじめに

嵐山町は、埼玉県のほぼ中央、都心から60km圏に位置し、東に東松山市、滑川町、西に小川町、ときがわ町、南に鳩山町、北に寄居町、深谷市、熊谷市に接し、東西2.5km、南北12kmと南北に細長い地形をなし、面積は29.85km²である。地形的には、町の周囲を標高約90～100mの山稜が連なり、全体として起伏に富み、平坦地は比較的少ないといえる。



図1 嵐山町の位置

歴史的には、平安末期から鎌倉時代にかけて、木曾義仲や畠山重忠などの武士が活躍した土地であり、「いざ鎌倉」という言葉にもあるように、早くから交通路が整備され、それと共に宿のにぎわいもみせていた。明治22年、古里・吉田・越畑・勝田・広野・杉山・太郎丸の7カ村が七郷村に、菅谷・志賀・平沢・遠山・千手堂・鎌形・大蔵・根岸・將軍沢の9カ村が菅谷村となり、昭和30年4月にこの2村が合併して菅谷村へ、更に昭和42年4月に町制を施行して町名を「嵐山町」と改めた。町名の由来は、昭和3年に我が国最初の林学博士である本多静六博士が、都幾川と槻川の合流地とその上流の景勝地を訪れ、その眺めが京都の嵐山に似ているところから命名されたものである。

2.嵐山町水道事業の沿革

嵐山町の水道事業は、昭和38年6月27日埼玉県指令38公衛第3599号付けで埼玉県知事の認可を得て、昭和39年簡易水道として始まっ

た。当時の給水人口は4,200人、計画1日最大給水量は695m³/日であった。その後、人口の増加と町の発展と共に事業の拡大を行い、最近では花見台工業団地の立地による水需要の増加に対応するため、第3次拡張工事を実施した。

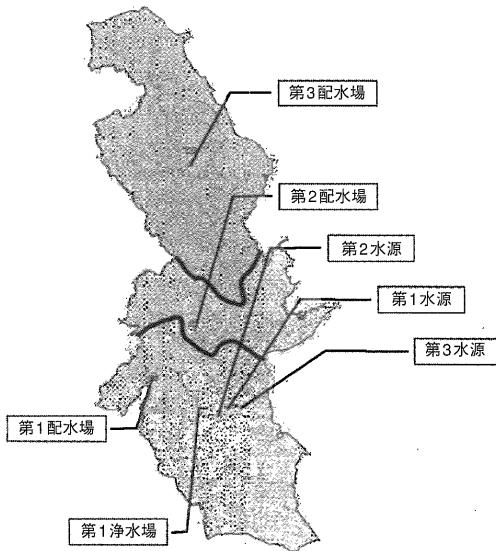


図2 嵐山町の水道配水区域

表1 嵐山町水道事業の経緯

事業	認可年度	目標年度	給水人口(人)	計画1人1日最大給水量(L/人/日)	計画1日最大給水量(m ³ /日)
創設	S38年	—	4,200	150	695
第1次拡張事業	S46年	S49年	20,000	300	6,000
第2次拡張事業	S54年	S60年	18,500	511	9,453
第3次拡張事業	H4年	H12年	25,000	592	14,800

嵐山町は、町長が水道事業管理者の職務を行っており、水道事業の管理者の権限に属する事務を処理するために上下水道課をおいている。上下水道課は、課長以下合計12名、上水道担当は、2名の副課長の下に管理担当2名、施設担当3名、合計7名である。このほかに上水道では、平成17年度からメーター検針・受付・徴収・開閉栓等の業務を民間に委託している。

3.当町の水道事業基本計画

水道事業基本計画は、「第4次嵐山町総合振興計画後期基本計画」に基づき、今後の嵐山町の水道事業の根幹をなすべき計画である。自己水源の環境を保全し、安全かつ安定した給水に努め、健全な事業経営の確立を図るための水道事業計画を策定した。



図3 嵐山町水道事業基本計画

本計画では、嵐山町水道事業の中長期的な基本計画を策定するため、平成29年度を目標年度として計画を策定した。その内容は、水道事業の施設、経営、維持管理状況の分析・評価を行い、課題を抽出した上で将来に向けての経営目標を設定し、この経営目標を具現化するための施設整備計画、経営効率化計画、災害対策計画、事業化計画を策定した。これからの水道事業経営の基本的な考え方となる水道事業の運営方針は「町民に安全で安定した水を供給することであり、これを実行していくための施策として経営面では「サービス水準の向上と経営基盤の強化」、施設整備面では「計画的、効果的な整備と高水準化」に努めることが必要である。これを実行するために、従来から採用しているK形から、継手施工性の向上とともにK形並みのコストで耐震管布設が可能、かつ、長寿命が期待できる新耐震ダクタイル鉄管GX形を採用し、施工現場での検証を行った。

4.GX形の構造と特長

図4に直管、図5に異形管の継手構造を示す。継手は受口溝内にセットされたロックリングと挿し口突部が掛り合う離脱防止機構を有している。直管は受口内部のくぼみと新たに開発されたゴム輪(Twin Bulb)により接合時の挿入力をT形並みに低減、その効果として接合時間の短縮や掘削幅が呼び径100K形の場合に比べ15cm狭い50cmとなることで掘削土量とともに土木工事費の低減が図れる。異形管は新開発のメタルタッチ構造により、ボルトナットの締め付け本数がK形の半数となり、締め付けもインパクトレンチで可能となるなど施工性が飛躍的に向上した。更に、ポリエチレンスリーブ被覆無しで長寿命化が期待できる新たな外面耐食塗装が施されており、ライフサイクルコストでも優位と考えている。

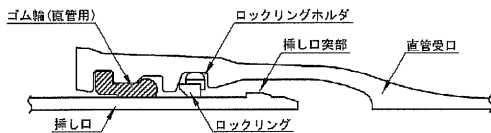


図4 GX形直管の継手構造

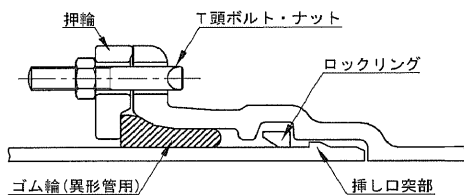


図5 GX形異形管の継手構造

5.工事概要

本工事は、配水管網整備及び管路の耐震化計画の一環として、水道需要の増加に伴い既設管路を拡径し安定給水を図るために、関越自動車道を横断する県道熊谷小川秩父線と、県道と交差する町道1-3号に呼び径100 GX形を布設した。工事の状況を写真1～6に示す。

工事件名:県道熊谷小川秩父線・町道1-3号配水管布設工事(1工区)

工事場所:埼玉県嵐山町越畑地内

契約工期:平成22年9月30日から平成23年1月31日まで

工事概要:呼び径100 GX形ダクタイル鉄管、延長=289m

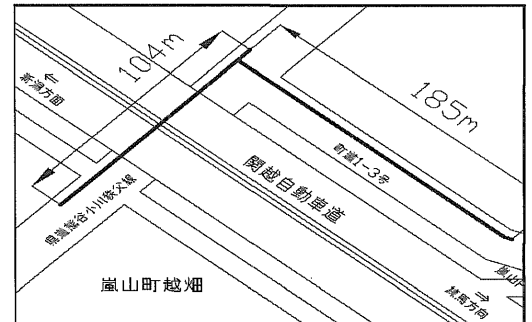


図6 工事場所



写真1 工事現場状況

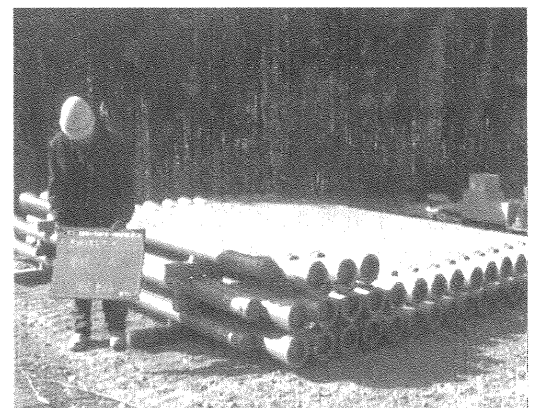


写真2 材料検査

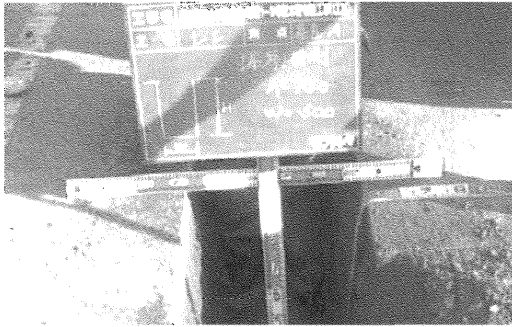


写真3 掘削断面(土被り95cm、掘削幅50cm)

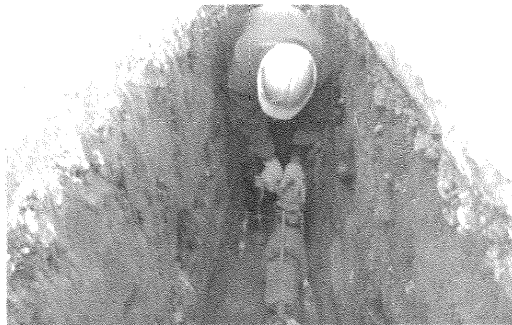


写真4 GX形直管接合

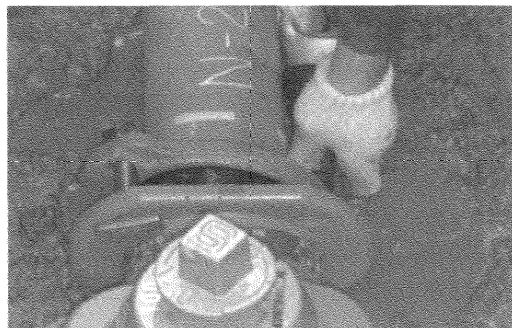


写真5 GX形異形管接合

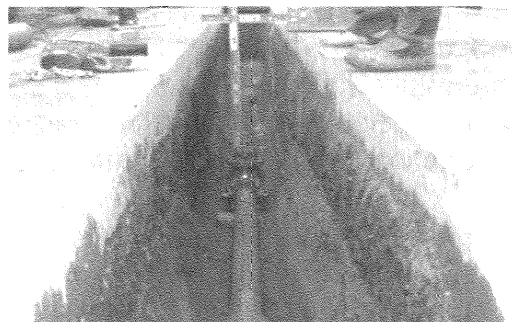
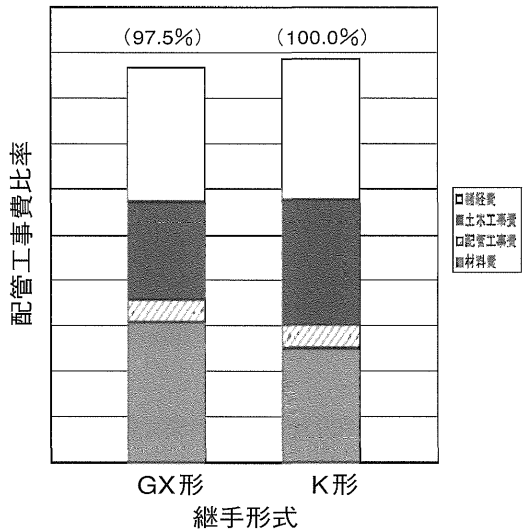


写真6 GX形布設状況

6. 経済性の検証

GX形の採用検討に際して、K形との配管工事費の試算を事前に行った。その結果、K形を100%とした場合、GX形は97.5%とK形に比べGX形のコストが2.5%ほど抑えられる結果が得られ、K形並みのコストで耐震管であるGX形の布設が可能であることを検証できた。

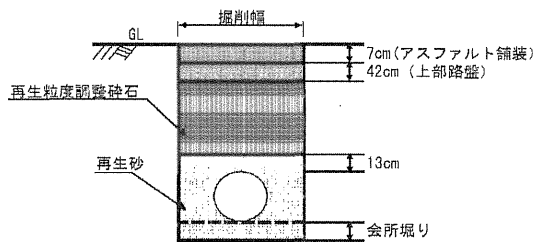


備考) 管の仕様

GX形:S種管/内面エポキシ樹脂粉体塗装
(ポリエチレンスリーブ被覆なし)

K形:3種管/内面エポキシ樹脂粉体塗装
(ポリエチレンスリーブ被覆あり)

図7 呼び径100 GX形とK形の配管工事費比較(延長 L=289m)



備考) 呼び径100 GX形の掘削幅:50cm
呼び径100 K形の掘削幅:65cm

図8 標準掘削断面

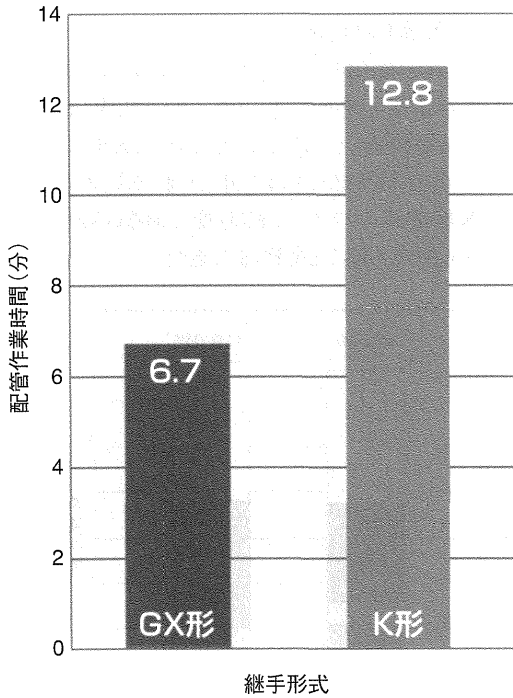


図9 呼び径100 配管作業時間比較(直管)

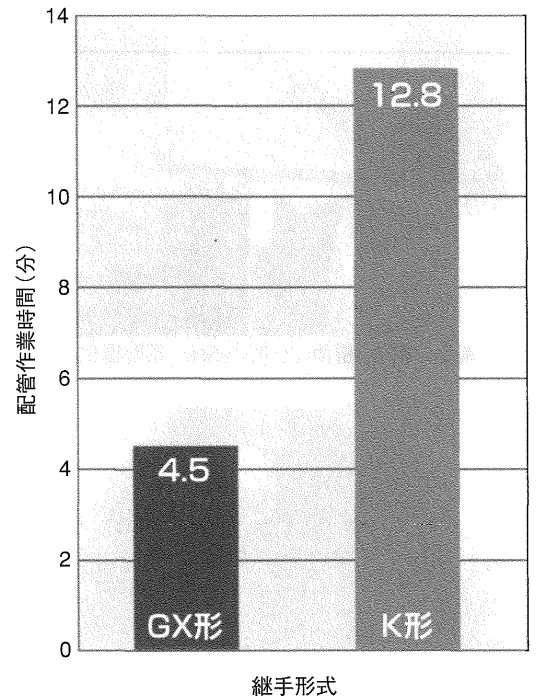


図10 呼び径100 配管作業時間比較(異形管)

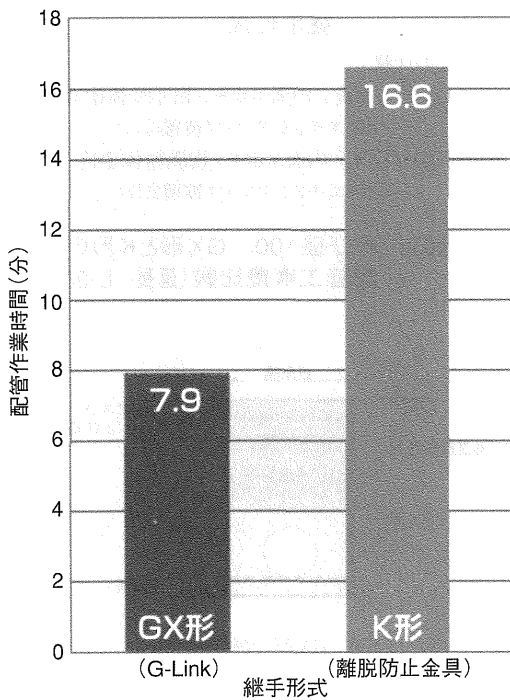


図11 呼び径100 配管作業時間比較(G-LinkとK形離脱防止金具)

7. 施工性の比較

GX形配管作業時間(材料・工具の準備から接合後のチェックシート記入までの時間)の計測を行い、K形との比較を行った。この結果、直管・異形管ともGX形の配管作業は、従来のK形より15cm狭い50cmの掘削幅でも、約5分から8分とK形の2分の1程度で完了し、GX形での耐震管布設がK形以上に容易に施工できることを確認できた。

8. 耐震施策とGX形採用による効果

水道事業経営の運営方針である「町民に安全で安定した水を供給する」ことを実行するため、低コストでの耐震管布設と長寿命化を期待できるGX形の採用により、以下に示す施策を推進していく。

①計画的な管路施設の高水準化の推進

厳しい財政状況の中、ライフサイクルコストに優れた耐震性を備えたGX形採用により管路の機能向上を行う。更にGX形が備えている長寿命化

の効果で、将来的な管路更新時期の大幅延長が期待できる。

②災害・非常時対応の強化

過去の大規模地震でも被害のない耐震形ダクタイル鉄管と同等の継手性能を持ったGX形を布設することで地震等自然災害が発生しても町民に対し安定した給水を行える。

③水道サービスの充実

計画的な拡張事業により全ての町民への水道水供給を目指す上でも、施工の早いGX形は工事による生活環境の住民負担軽減が可能である。更に、施工現場における耐震管布設工事のPR(工事看板の掲示等)で町民に対し水道事業方針を開示していくことも検討する。

9.おわりに

呼び径100 GX形の施工を行った結果、K形並みのコストでGX形の布設も可能となり、更に現場施工ではK形より狭い50cmの掘削幅でも継手接合の容易性を確認できた。加えて、新技術の外面耐食塗装による長寿命化でライフサイクルコストを考慮した費用対効果が大いに期待できる。したがって、今後もGX形で施工条件の異なる工事箇所の検証も引き続き行い、管網整備とともに管路の耐震化を積極的に推進していく。

Technical Report 03

技術レポート

新耐震管GX形ダクタイトイル鉄管の 施工について

東京都水道局 多摩水道改革推進本部
調整部 技術指導課 工務係 高橋 尚子



1.はじめに

東京の水道は、明治31年に近代水道として通水を開始して以来、最も重要な都市基盤施設の一つとして、都民生活と首都東京の都市活動を支えてきた。

このうち、多摩水道改革推進本部は所管する多摩地区について、広域的な施設整備や安定的な施設管理による給水安定性の向上に取り組んできている。

我が国は世界有数の地震国であり、最近でも新潟県中越沖地震や岩手・宮城内陸地震などで多数の世帯で断水が生じるなど、水道施設にも多大な被害を受けている。東北地方太平洋沖地震においても、都内で漏水事故が相次いだ。

相模湾から南東方向に伸びる相模トラフ沿いにおけるマグニチュード7程度の地震の発生が高い確率(30年以内70%程度)で予測されており、さらなる大規模地震発生の切迫性が指摘されている。

前述したような地震が首都直下で発生した場

合、都内においてより大規模な断水被害の発生が想定されている(図1)。

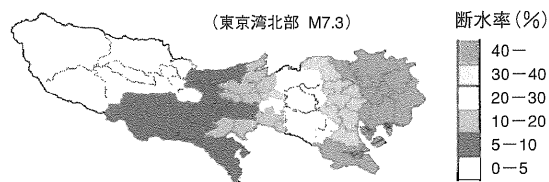


図1 震災時における断水率の想定
(出典:「首都直下地震による東京の被害想定」平成18年 東京防災会議)

このような被害を減らすべく、東京都水道局は、平成7年1月に発生した阪神・淡路大震災を教訓として、NS形等の耐震継手ダクタイトイル鉄管を平成10年度から全面的に採用している。

また、水道管路の耐震継手化を布設年次の古いものから順次進めており、平成20年度末時点における管路の耐震継手率は24%となっている。

「東京水道経営プラン2010」における主要施策の1つ「水道管路の耐震継手化緊急10ヵ年

3. 施工概要

本工事の概要を表1に、工事場所を図7に示す。本工事場所は強腐食性の海成粘土地帯であり、ポリエチレンスリーブを被覆して施工を行った。

表1 工事の概要

工事件名	多摩市山王下二丁目一番地先 配水小管布設替工事	
工事場所	多摩市山王下二丁目1番地付近 (多摩市道歩道)	
契約工期	平成22年12月6日～平成23年2月23日	
工事概要	布設替工事(延長:150m)	
	撤去	呼び径150 T形(S52年布設)
	新設	呼び径150 GX形

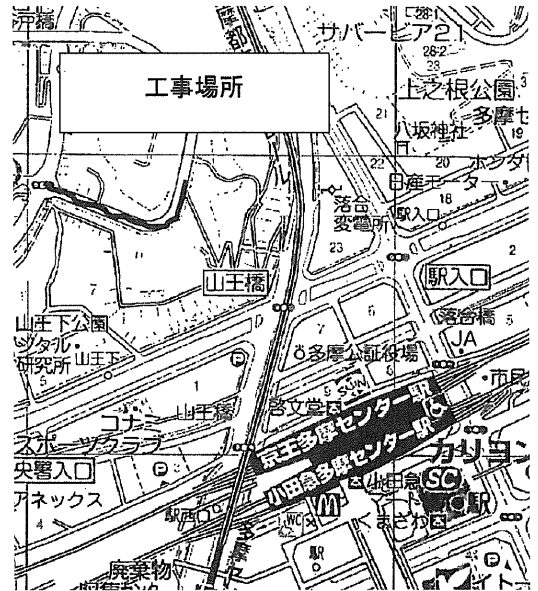


図7 工事場所

4. 接合作業幅および土被り

呼び径150の布設替の場合、東京都水道局の標準掘削幅(矢板込み)は75cmである。

今回の施工は布設替工事であるが、GX形の特徴である狭い掘削幅での施工性を確認するために、施工延長約150mのうち約25mの区間において、接合作業幅(矢板間の内法寸法)を50cmに設定(パターン①)した。その他の延長125m区間については、既設管の土被りが深いため、接合作業幅を60cm～70cmに設定(パターン②)した。

また、既設管の土被りは80～190cmであり、新設管の標準土被りは80cmとした。

本施工における接合作業幅および土被りの概要を表2および図8に示す。

表2 接合作業幅および土被り

パターン	掘削溝幅 (cm)	接合作業幅 (cm)	矢板の有無	矢板厚 (cm)	土被り (cm)
①	60	50	あり	5	80
②	70～80	60～70	あり	5	80

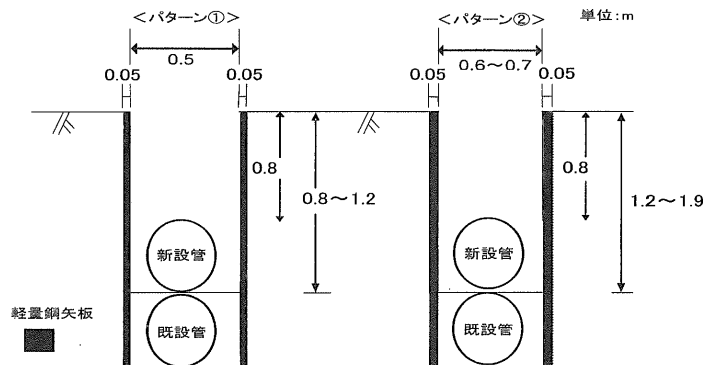


図8 接合作業幅および土被りの概要

5. 施工状況

施工における施工状況を写真1、2に示す。接合作業幅60cmにおいては、接合は従来通り問題なく行われた。接合作業幅50cmにおいては、作業中に掘削溝の側面に作業員の肩が当たる場面もあったが、接合作業が中断するようなことは無く、問題なく接合することができた。



写真1 直管接合状況 (接合作業幅50cm)



写真2 直管接合状況 (接合作業幅60cm)

6. 施工性調査結果

各接合作業幅および各接合パターンにおける接合の可否を表3に示す。また、表4に接合に使用した接合工具を示す。全てのパターンの接合において接合作業が中断するようなことが無く接合することができた。

表3 各接合パターンにおける接合可否

接合作業幅 (cm)	接合パターン		接合可否
	受口	挿し口	
パターン① 50	直管	直管	○
	異形管	直管	○
パターン② 60~70	直管	直管	○
	直管	異形管	○
	異形管	異形管	○
	異形管	直管	○
	P-Link		○
G-Link		○	

表4 接合に使用した接合工具

接合パターン		GXベルト	レバーホイスト (0.8tf)	インパクト レンチ	トルク レンチ	備考
受口	挿し口					
直管	直管・ 異形管	○	○			
異形管	直管・ 異形管			○		
直管	P-Link	○	○		○	P-Linkの取り付けは陸組み
異形管	G-Link			○	○	

また、本施工で計測したGX形(呼び径150)の直管1継手当たりの接合時間(管の清掃から接合器具の取外しまでの)測定結果とNS形を比較した結果を図9に示す。なお、比較対象となるNS形測定結果は、試験場にて陸組みで接合した際の結果を引用した。

この結果、GX形の接合時間は陸組みをしたNS形よりも掘削幅50cmにおいて約3割減となっている。このことは、NS形と比べて接合工具が簡素化されたことによる効果(工具取付け時間の減少等)だと推察できる。以上のようなことから、GX形の施工性の改善効果を確認できた。

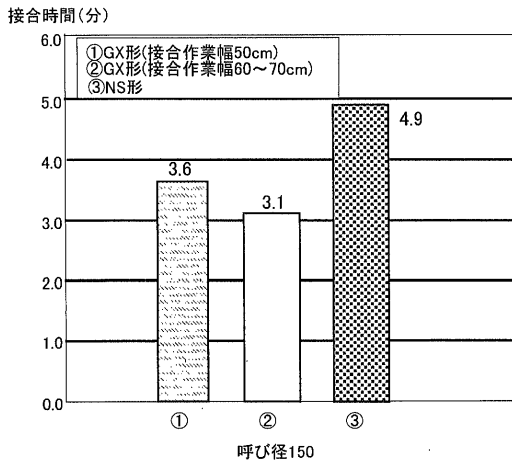


図9 直管の接合時間の比較(呼び径150)

7. 経済性の検証

本施工区間における、GX形およびNS形の直接工事費を試算して、両者の経済性の比較を行

表5 経済性の比較条件

項目	条件
工種	GX形、NS形とも新設工事
管路延長	150m
土被り	80cm
比較管種	GX形、NS形
対象呼び径	150
掘削幅	GX形:50cm NS形:60cm
分水栓の有無	無し
ポリエチレンスリーブ	GX形、NS形ともに有
管材料の数量	GX形:本施工の管割図より積算 NS形:本施工の管割図をNS形に置き換え後、積算
管切断	GX形はキールカッターまたはエンジンカッターを、NS形はキールカッターを使用したものとした。歩掛については、「東京都配管工事積算基準(開削編)」および「全国簡易水道協議会発行の「平成22年・水道事業実務必携」の国庫補助事業歩掛表から算出した。

った。経済性の比較条件を表5に示す。

また、切管にGX形・NS形ともにキールカッターを用いた場合とGX形にエンジンカッターを用いた場合の2ケースでの比較を行った。(東京都ではタッピンねじ式専用工具は使用していない)経済性比較結果を図10に示す。

経済性比較の結果、NS形のコストを100%とした場合、GX形のコストは、切管をキールカッターで行うと2%、エンジンカッターで行うと4%削減することが確認できた。(NS形およびGX形にポリエチレンスリーブを被覆した場合の比較結果)

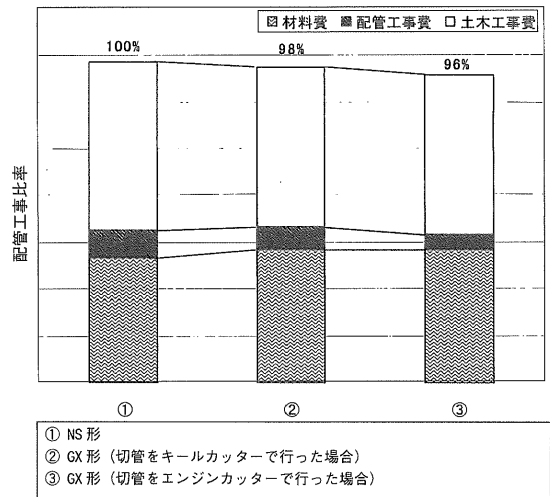


図10 経済性比較結果

8. おわりに

今回、新耐震管であるGX形ダクトイル鉄管(呼び径150)の施工を行い、その施工性や経済性の検証を行った。この結果、以下に示す通りGX形は接合作業幅50cmでも接合が可能で、NS形よりも施工性、経済性ともに優れていることが確認できた。

- ① GX形は、接合作業幅50cmでも接合可能であった。
- ② GX形は、NS形より接合時間が短い点で施工性が向上していた。
- ③ GX形の直接工事費は、NS形に比べ低減可能であることが判った。

浅埋設で土留めが無い場合は、掘削幅50cmで接合可能であるが、東京都水道局では配管施工時には土留めを必ず行っている。土留めを行う場合、接合作業幅は掘削幅よりも狭くなる。以上のようなことから、掘削幅50 cmについては、施工時の配管工の施工性や経済性の観点から、今後慎重な検討を行う。

小平市においても、新設呼び径150の施工を平成23年2月に実施し、今後23区内においても来年度施工を予定している。

これらの施工の結果を踏まえて、施工性の改善やコスト縮減さらには長寿命の期待ができるGX形の本格採用の検討を進める予定である。

東北地方太平洋沖地震発生に伴い、東京都水道局においても、震度5強～6の地震を受け、大災害時の混乱、相次ぐ漏水事故発生を経験した。今後いつ起きるかわからない首都直下地震に備え、対応体制を整えるとともに、予防策として一刻も早い水道施設の耐震化を進めるために、耐震技術・施工性・経済性の向上が望まれる。

Technical Report 04

技術レポート

室蘭市における 呼び径100 GX形ダクタイトイル鉄管 の採用事例について

室蘭市水道部建設課水道工事係
技師 岩上 慎二



室蘭市水道部建設課水道工事係
技師 中田 悠樹



1. 室蘭市の概要

室蘭市は、北海道の中心的な重化学工業都市として発展してきたものづくりの町である。工業としてのイメージが強いため、初めて訪れた人は太平洋に面する海岸線を見て感嘆の声を上げる。なかでも「地球岬」は朝日新聞社主催の北海道自然100選で得票第1位となり、一躍全国区の知名度となった名所である。

また、国内有数のイルカや鯨ウォッチングポイントとして有名で、時にはシャチに出会うこともできる。さらに室蘭港に架かる白鳥大橋は、東日本最大の吊り橋で、夜になると風力発電を利用したライトアップ・イルミネーションにより昼間の光景よりも一層輝きを増す。このように暮らしと産業、観光が一体となったまちづくりを進めている。

2. 水道事業の沿革

室蘭市は明治5年に開港して以来、河川や伏流水に恵まれないため、わずかな湧き水と井戸に飲料水を頼っていた。その後、人口が増えると水

の量が不足し、飲料に適する水も非常に限られていた。

このため、明治35年に鷲別川を水源に選定し、水道施設の計画がたてられたが、時期が早すぎるとされ実現しなかった。大正3年10月1日には、すでに布設されていた企業の施設水道管を取水源とした町営水道が国から認可された。これにより大正4年から水道工事を始め、大正5年1月1日に給水を開始した。これは、全国30番目、全道4番目の水道施設である。

その後、4期にわたる拡張事業を行い、現在に至っている。

3. 水道事業の現状と課題

3.1 管路施設の現状と課題

本市の人口は、昭和44年の約18万3千人をピークに減少が続いている。また、最近の節水意識の高まりや、少子高齢化の進展、経済環境の低迷などから、今後も水使用量の伸びを期待することは難しい。その一方で、水道施設の老朽化

対策、災害に強い水道施設づくりは水道事業にとって最重要施策である。

ここで、代表的な業務指標（以下、PI）を用いて本市の管路に係る現状と課題を以下に示す。

(1) 経年化管理路率 (PI 2103)

本市における法定耐用年数を超えた管路の割合は、平成20年度で25.9%となる。

今後、さらに更新時期をむかえる管路が急増する見込みである。近年、老朽化に起因する大規模な漏水事故が各地で相次いでいる。このような状況のなか、漏水事故等を未然に防ぐ目的で、将来を見据えた更新事業の平準化の検討が必要である。

(2) 管路の耐震化率 (PI 2210)

本市における管路の耐震化率の推移を図1に示す。

平成20年度における耐震化率は9.1%（使用実績が少なく十分に耐震性能が検証されるには未だ時間を要する管種は除外した）である。本市では昭和43年の十勝沖地震以降、大きな地震は起きていない。一方で、政府の地震調査委員会が今後30年以内に震度6弱以上の地震が発生する確率を2005年3月に公表した（図2）。ここで本市の発生確率は0.1%未満と低い数値で予想されている。しかし、兵庫県南部地震を引き起こした「野島断層」について、同じ方法で地震発生直前の状態を検討した場合、発生確率が0.4

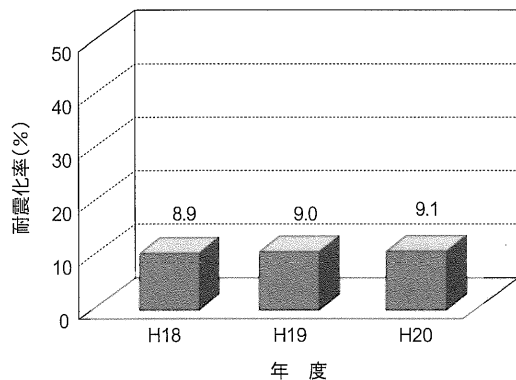


図1 導・送・配水管路の耐震化率の推移

%程度（最大で8%）だったと報告されている。さらに、近年頻発する集中的な豪雨の影響により道路の路肩が崩壊し、埋設されていた水道管の継手部が離脱して漏水にいたった事例も他都市で報告されている。これらのことから、予期できない地震対策はもちろんのこと、異常気象対策として水道管路の耐震化率をさらに向上させる必要がある。

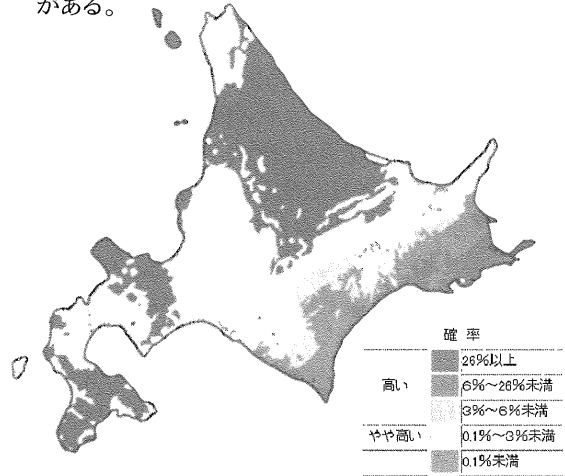


図2 今後30年以内に道内各地で震度6弱以上の地震が発生する確率（出典：地震調査研究推進本部HPより）

(3) ダクトイル鉄管・銅管率 (PI 5102)

本市における既設管管路構成比を図3に示す。

最も構成比率が高いダクトイル鉄管は昭和38年頃から採用している。

母材強度に視点をあてた本指標は71%と他

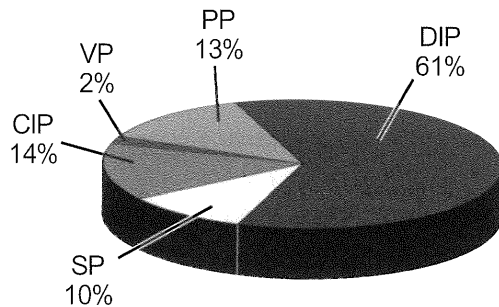


図3 管種別管路延長比率

都市と比較すると高い。過去の被災経験から鉄系管路比率が高くなると、その数値に反比例し地震時の事故割合が減少することが実証されている。そのため最も脆弱な管種からダクトイル鉄管等に更新を行うとともに、一旦被害を受けると影響の大きい大口径管や代替ルートのない路線等についても配慮する。

3.2 危機管理の強化

前述で示したように、本市における現状と課題を把握したうえで、目指すべき将来像を描き、その実現のための方策等を含めた「室蘭市水道ビジョン」を平成22年9月に策定した。そのなかで、複数の目標と施策の基本方針を掲げている。そのひとつに「安定した水の供給」がある。本市としては、以下の項目をとおり災害に強い水道システムの構築に努める。

- ① 今後急増する老朽化した管路について将来を見据えて更新事業の平準化を検討する。
- ② 老朽化した水道施設の計画的かつ効率的な整備をすすめ、更新にあわせた管路の耐震化を図る。
- ③ 管路更新の際には、ダクトイル鉄管等の鉄系管路で更新を行うことで、災害時においても被害率を抑制し、断水期間を低減させる。

4. GX形ダクトイル鉄管採用の経緯

本市では、平成17年度から主にNS形ダクトイル鉄管を用い、基幹管路の耐震化を進めている。このような状況のなか、本市の配水管改良工事において、施工性や耐久性等の性能が改善された新耐震管(GX形ダクトイル鉄管)を将来的な新耐震管の採用に向け、主に施工性を検証するため試験的に採用することとした。

5. GX形ダクトイル鉄管の施工

5.1 工事概要

本施工現場の概要を表1、水道管布設現場の属性を表2に示す。

表1 工事概要

工事名	輪西町2丁目配水管改良工事
工事場所	室蘭市輪西町2丁目9番地先
工期	平成22.12.16～平成23.2.18
呼び径	100
管種	GX形(S種管)
内面仕様	エポキシ樹脂粉体塗装
施工延長	62m

表2 布設現場の属性

土被り ^{注)}	1.2m
掘削溝幅	50cm(素掘り)
地下水	管底部から認められた
外気温	-3℃(施工開始日に測定)

注) 市内における凍結深度は平成11年に国からの通達により見直しを行い、基準土被りを1.2mから1.0mに変更し、平成13年度から適用している。但し、本布設現場では既設管位置から1.2mとした。

5.2 GX形ダクトイル鉄管の施工性

GX形ダクトイル鉄管は、本施工現場が北海道内において初採用であった。厳寒のなかにも関わらず、管布設作業は大きなトラブルもなく完了した。また、施工業者からのヒアリングをもとに、主な意見を以下に述べる。

① 接合

NS形と同じ呼び径での比較はできないが、レバーホイストの管頂1点引きでの接合においても挿し口の挿入は容易であった。

② 曲げ接合

掘削溝内では不意な地下埋設物に出くわすことがあった。このとき、多少曲げた状態での接合作業が許容されることで作業性は向上した。

③ 切管

エンジンカッターを用い切断するだけであり、専用の切断・溝切機が不要のため、作業は容易であった(写真1)。

④ ポリエチレンスリーブ

ポリエチレンスリーブの装着作業が不要なため、スリーブが損傷しないよう掘削溝内での細心の注意が必要なく安心感があった。

⑤ 作業性

K形よりも狭い溝幅内で、埋設深度も深く、地下水も認められ、ガス管などの地下埋設物も露出したため配管作業は苦勞することがあった(写真2)。

しかしながら、異形管を含めた配管は陸組みしたのちに溝内に吊り降ろすなどの工夫をすることで、作業性を改善した(写真3)。

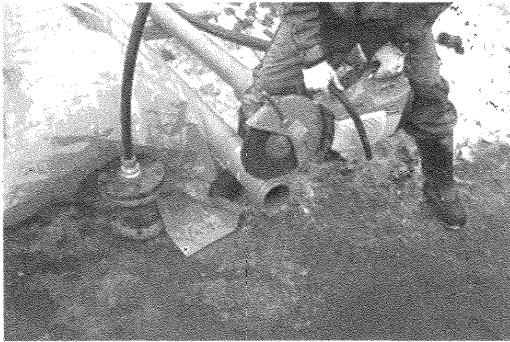


写真1 挿し口の切断作業



写真2 直管の接合作業



写真3 切り回し配管の陸組み状況

6.おわりに

今回、GX形を実際に施工して検証できたことはNS形に比べ施工スピードは速く、掘削埋戻しにおける道路への影響は少なくなった。ただし、狭い溝幅内での作業ということで、軟弱地盤等では地山の崩落対策も必要だと感じた。また、切管作業においては、挿し口加工が不要で、スリーブレスということもあり全体的に作業速度は速かった。

一方、設計に関してはGX形異形管の種類がNS形とは多少異なることがあり、使用材料に注意する必要がある。

本市では、今後の具体的採用は再度検討を重ねていくが、施工性が向上していることや、外面には亜鉛系合金溶射に封孔処理を施した耐食層を形成しており、一般的な埋設環境においてポリエチレンスリーブ未装着でも長寿命が期待できることなどからGX形に期待している。

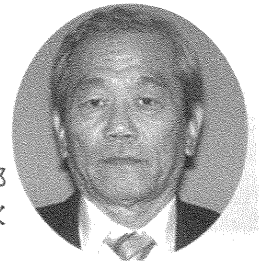
今回の試験採用について厳寒の中、無事に施工完了できたことは、北海道内でのこれからの施工例として、参考にしていただきたい。

Technical Report 05

技術レポート

信頼性の高い水道構築・次世代に 継承していく木津川市水道を目指して

～呼び径150 新耐震管GX形ダクタイル鉄管の施工～



木津川市上下水道部
水道工務課 担当課長 池田 元次

1.はじめに

木津川市は、平成19年3月12日に、人口66,490人、京都府で15番目の市として、木津町・加茂町・山城町の3町が合併して誕生した。本市を構成する3町には多くの国宝・ロマン溢れる文化財、みどり豊かな里山や農地、伝統など先人から受け継がれてきた魅力ある資源が大切に守られてきた。また、未来に誇れる最先端の科学技術を有する関西文化学術研究都市を擁している。このような素晴らしい魅力ある本市は、「水・緑・歴史が薫る文化創造都市 ～ひとが輝き ともに創る 豊かな未来～」を都市の将来像として、新しい魅力あふれる文化創造都市の構築を目指している。

市の人口について、過去10年間の推移をみると、各地区(旧町)における増減はあるものの市全体では増加傾向にあり、今後も開発団地による社会増が見込まれ、更なる増加が予測される。

本市は、近畿のほぼ中央、京都府南部の山城地域に位置し、北は井手町、和束町、東は笠置

町、西は精華町、南は奈良市と境を接し、京都・大阪の中心部から30km圏内にあり、北東側と南東側に山地が広がり、その間をぬって木津川が中心部を東から西に、そして西端部で大きくカーブし、北へ向かって流れ、木津川に沿った地域に平野部が広がっている。木津川からは京都府営水道が取水しており、本市の主要な水道水源となっている。総面積は85.12km²である。



図1 京都府 木津川市 位置

表1 木津川市の水道事業

事業名	創設年	変更認可(最終)	拡張回数	給水人口	1日最大給水量
木津地区上水道事業	昭和10年	平成3年3月	第9次	50,000人	24,300m ³ /日
加茂地区上水道事業	昭和40年	平成2年5月	第4次	17,000人	7,700m ³ /日
山城地区上水道事業	昭和38年	昭和47年11月	第3次	12,000人	4,200m ³ /日
瓶原簡易水道事業	昭和43年	平成2年7月	第2次	2,480人	868m ³ /日

2. 木津川市水道事業の沿革

現在、本市においては、上水道事業が3事業、簡易水道事業が1事業の合計4事業により市民に給水している。

水道事業については、新市発足時に「木津町上水道事業」を「木津川市木津地区上水道事業」として、「加茂町上水道事業」を「木津川市加茂地区上水道事業」として、そして「山城町上水道事業」を「木津川市山城地区上水道事業」として事業名の変更を行い、運営している。また、簡易水道事業については旧加茂町瓶原簡易水道事業を合併前のままの形態で引き継ぎ「木津川市瓶原簡易水道事業」に事業名を変更して運営している。

また、給水量について過去10年間の推移をみると、人口と同様に地区毎の微少な増減はみられるものの、市全体としては緩やかな増加傾向を示しており、今後もこの傾向は続くものと予測されている。なお、現在、3上水道事業を1上水道事業に統一すべく木津川市水道事業基本計画及び地域水道ビジョンを策定し変更認可申請を行う予定となっている。

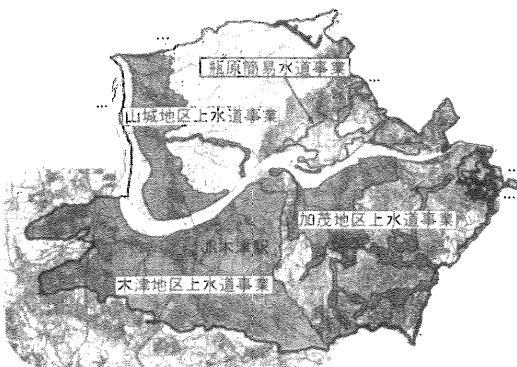


図2 木津川市の水道事業

3. 上水道事業の技術の継承

本市は、先にも述べたとおり、現在、3上水道事業、1簡易水道事業で運営している。合併時の各水道事業の技術継承および技術向上ため、平成19年5月にSQC会議(技術職員スキルアップ会議)を立ち上げ、月1回水道技術の研修及び問題討議の場としている。

本市の水道事業は4年余りと歴史は浅いが、旧町の水道の諸先輩方の智恵とたゆまない努力の結晶が詰まったすばらしい水道施設を、新しい都市「木津川市」が引き継ぎ、また、後輩たちに引き継がなければならない。現在の木津川市は、UR都市機構が開発している木津中央地区の配水管の新設工事と、過去の建設拡張の時代に布設した老朽した管路の更新・経年劣化した施設の更新整備を行なっていかなければならない。とりわけ、水道施設の中でも大きな比重を占める水道管路の更新事業については、施工性・耐震性・耐食性に強い管路で老朽管路の更新を行なっていかなければならないと考えている。

今回、日本ダクタイル鉄管協会が次世代鉄管として新耐震管GX形ダクタイル鉄管を規格化し、本市としても次世代に引き継ぐ技術として、SQC会議で研修、検討し、平成22年度に施行する導水管の一部区間に試験採用することにした。

4. GX形ダクタイル鉄管による宮ノ裏地区配給水管布設替工事(導水管部分に採用)

4.1 施工位置

木津川市宮ノ浦地区に埋設されている配水

管および給水管と併せて、昭和40年代に布設された宮ノ裏取水場から浄水場まで呼び径150導水管が老朽化により布設替えの時期を迎えた。

平成22年度の布設替え工事(3工区分)において、NS形ダクタイル鉄管(以下、NS形)による配管設計が完了し工事発注されていたが、今回、GX形ダクタイル鉄管(以下、GX形)に変更し施工した。

4.2 GX形の採用理由

本市では現在、水道管路の布設にNS形を採用しているが、今回、前述の工区において、GX形を試験採用することにした理由を表2に示す。

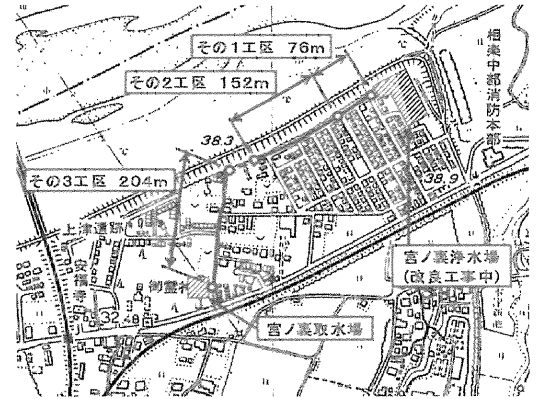


図3 施工箇所位置

表2 GX形の採用理由

施工性	<ul style="list-style-type: none"> NS形に比べ接合挿入力が軽減され、直管についてはレバー・ホイスト1台で可能であり施工性が良い。 異形管の受口がメカニカル構造であり、ショートボディの異形管が接合し易い。また、受口端部と押輪がメタルタッチであり、T頭ボルトナット締め付け時のトルク管理が不要である。 切管時の溝切り加工、挿し口突部形成が不要であり、切口を防食塗装した後、切管ユニットのP-Link、G-Linkを取り付けるのみであり、切管時間の短縮が実現できる。 本現場においては、既設管の漏水事故がないことや、協会が示す腐食性マップを参考に、ポリエチレンスリーブが不要な地区と判断し、施工時の被覆の手間を省ける。
耐震性	<ul style="list-style-type: none"> GX形の耐震性能がNS形と同等である。 離脱防止力:3DkN、継手伸縮量:管長の±1%、許容屈曲角:4°
長寿命	<ul style="list-style-type: none"> GX形には、新しい外面耐食塗装が施されており、NS形に比べると長期の耐用年数を期待でき、腐食性土壌の地盤が多い本市にとって非常に有効である。
経済性	<ul style="list-style-type: none"> 本現場において、NS形とGX形の布設工事費(管材料費、配管工事費、土木工事費)を算出し比較した結果、GX形の方がイニシャルコストを縮減できる。イニシャルコストの比較結果を図6、図8、図10に示す。 さらに、GX形がNS形に比べて、長期耐用年数を期待できることを考慮すると、ライフサイクルコストに優れている。

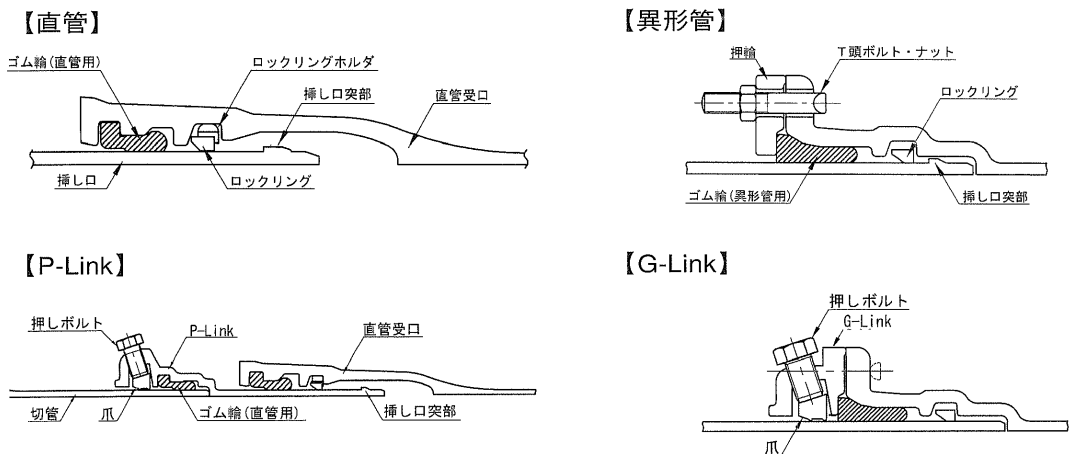


図4 GX形の継手構造および切管ユニット

4.3 工事の概要

(1) 宮ノ裏地区配給水管布設替工事(その1)

呼び径:150/布設延長:76m/対象管路:導水管

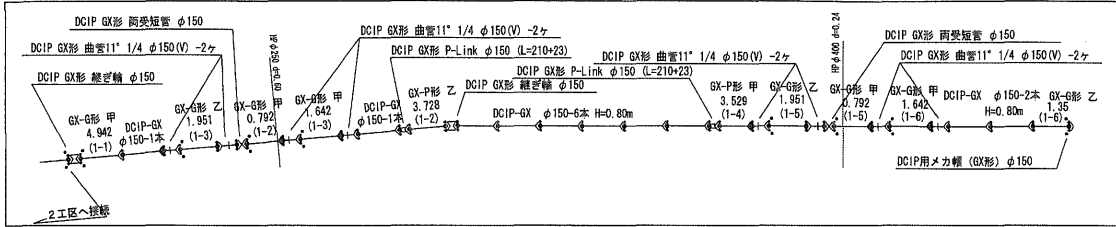
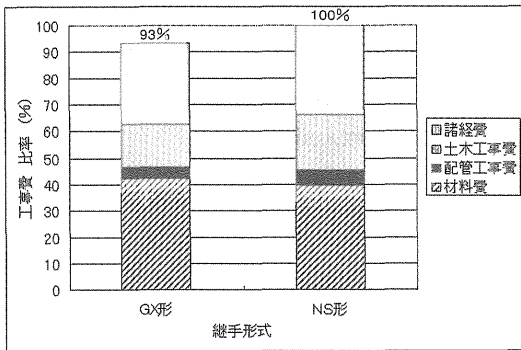


図5 GX形による管割図(その1工区)



備考) 管厚:1種管(GX形、NS形共)
 内面塗装:モルタルライニング(GX形、NS形共)
 ポリエチレンスリーブ:GX形無し、NS形有り
 掘削幅:GX形50cm、NS形70cm

図6 GX形とNS形のイニシャルコスト経済比較結果(その1工区)

(2) 宮ノ裏地区配給水管布設替工事(その2)

呼び径:150/布設延長:152m/対象管路:導水管

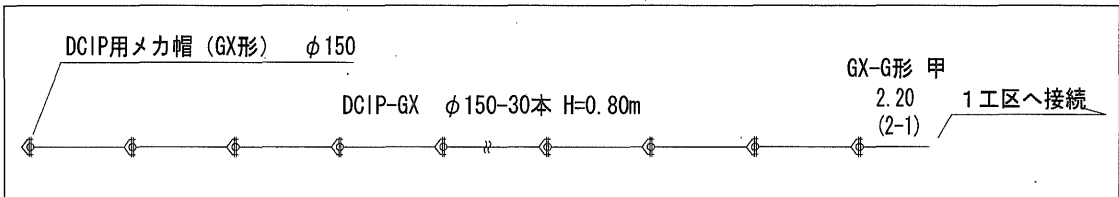
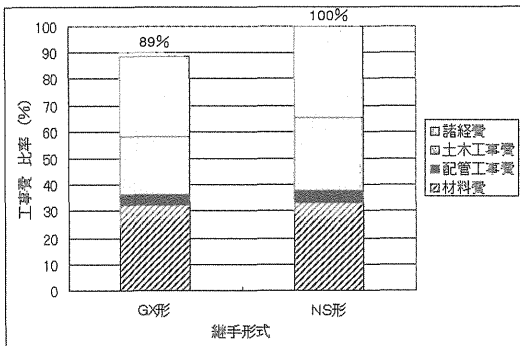


図7 GX形による管割図(その2工区)



備考) 管厚:1種管(GX形、NS形共)
 内面塗装:モルタルライニング(GX形、NS形共)
 ポリエチレンスリーブ:GX形無し、NS形有り
 掘削幅:GX形50cm、NS形70cm

図8 GX形とNS形のイニシャルコスト経済比較結果(その2工区)

(3) 宮ノ裏地区配給水管布設替工事(その3)

呼び径:150/布設延長:204m/対象管路:導水管

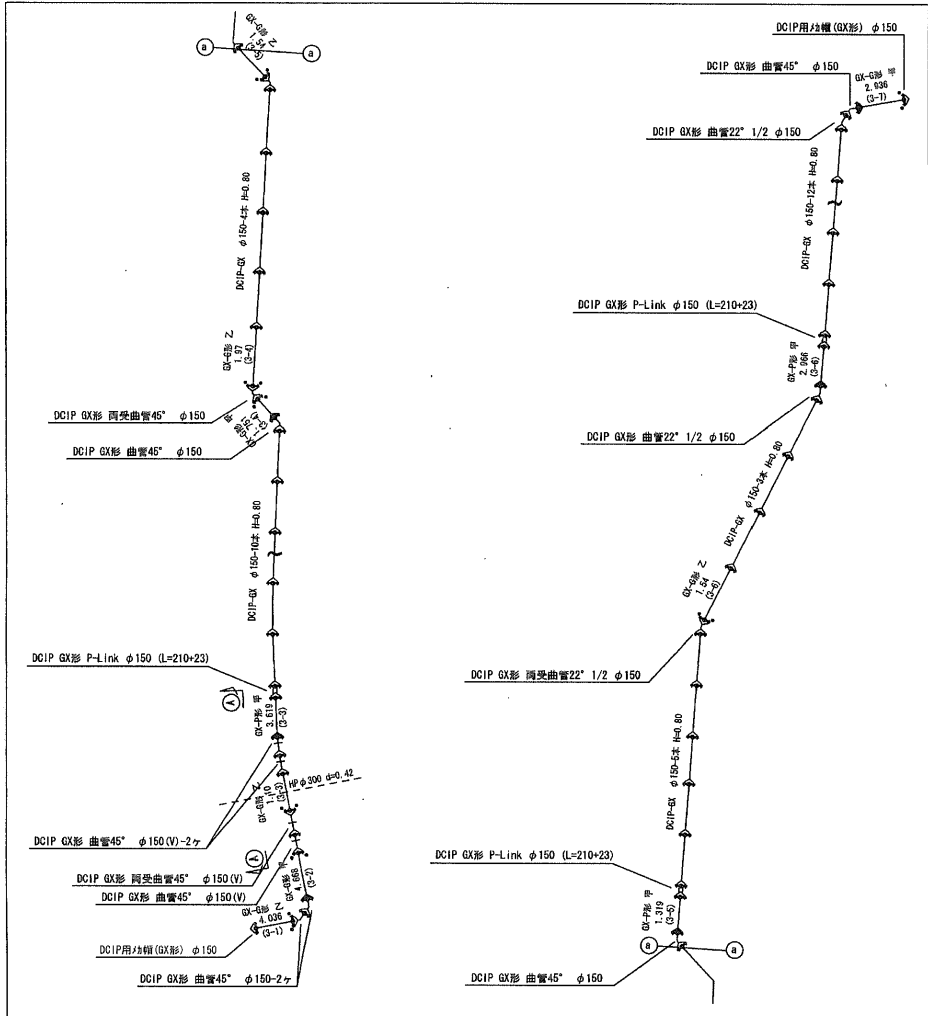


図9 GX形による管割図(その3工区)

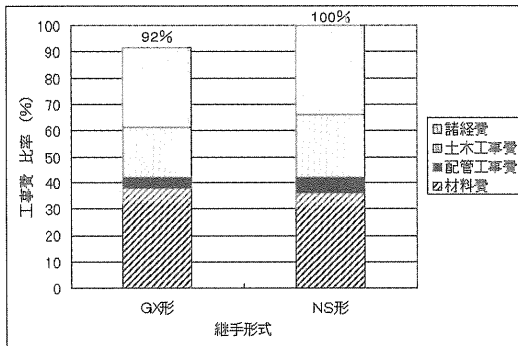


図10 GX形とNS形のインシャルコスト経済比較結果(その3工区)

備考)管厚:1種管(GX形、NS形共)
 内面塗装:モルタルライニング(GX形、NS形共)
 ポリエチレンスリーブ:GX形無し、NS形有り
 掘削幅:GX形50cm、NS形70cm

4.4 GX形による施工結果

本工事において、全3工区とも順調に施工は完了した。

今回、導水管(呼び径150 GX形ポリエチレンスリーブ無し)と配水管(呼び径200 NS形ポリエチレンスリーブ有り)の2条配管を施工したが、GX形の施工は、表1に示す採用理由にもある通りNS形に比べると優れており、スピーディに施工できることが確認できた。また、施工会社の評判も良かった。特に、切管については、NS形のような溝切り加工が無く、切断のみとなり、P-LinkおよびG-Linkの取り付けで完了する点は評価できる。

なお、異形管のG-Linkと普通押輪、直管のGX形ゴム輪とNS形タイプIIゴム輪との取扱いに注意が必要であるが、配管工への指導を行えば問題なかった。



写真1 呼び径150GX形の吊り込み状況

5.おわりに

今回、呼び径150 GX形を施工した結果、設計については、NS形と比べて新たな異形管や切管ユニットがあるものの、管内水圧による不平均力対策の一体化長さの考え方も同じであり、特に問題はなかった。

また、施工については、NS形に比べると直管およびメカニカル継手である異形管の接合性の良さや管理の容易性、切管時の溝切加工が不要など作業性の良さ等を確認した。

今後は、平成23年3月11日に発生した「東北地方太平洋沖地震」を踏まえ、いつ起きるかわからない地震に備え、早期に水道施設の耐震化を進めて行くために、長期の耐用年数と低コストを実現し、かつスピーディに施工できるGX形の施

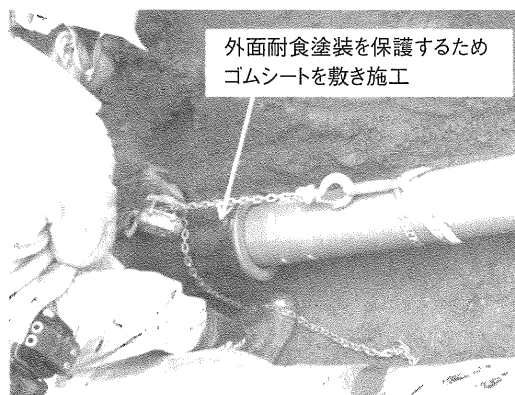


写真2 呼び径150GX形の接合状況

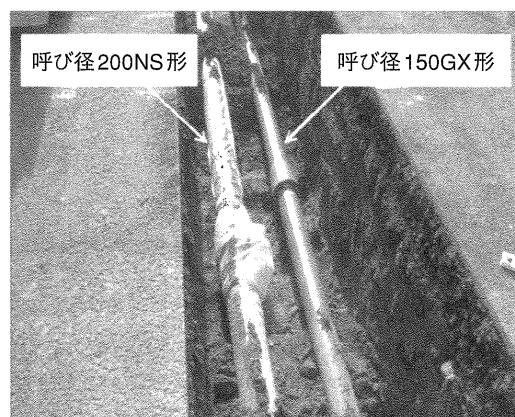


写真3 呼び径150GX形の据付完了
(配水管呼び径200NS形との2条配管)

工結果をSQC会議で討議し、配水管への採用を段階的に進め、信頼性の高い水道の構築、次世代に継承していく水道を目指していく。

また、水道事業は、近年の節水意識の向上などによる給水収益の減少や、水道事業基本計画の推進のための事業資金の投入等、厳しい経営の時代に入ってきている。今後、更新整備・建設改良事業を着実に進めていくため、計画の精査とより一層のコスト意識をもって、市民に「安心・安全・低廉」な水道水の供給に向け努力していく。

Technical Report 06

技術レポート

京都市新山科浄水場導水施設の耐震化について

呼び径2200US形ダクタイトイル鉄管の採用

京都市上下水道局
水道部施設課長
盛田 茂樹



1. はじめに

水道は、市民生活に欠かすことができない重要なライフラインの一つであり、地震等により大きな被害を受け大規模な断水が長期間続くと市民の日常生活や社会活動に大きな支障をきたすとともに、都市の復興にも大きな影響を及ぼすこととなる。

そこで、被災しても断水しにくい水道システムの構築は、水道事業に携わる者の命題の一つであり、また、断水してもできる限り短期間のうちに応急給水と応急復旧ができ、日常生活に必要な水を安定して供給できる水道システムを構築しておくことが必須である。

京都市は、原水として琵琶湖の水を疏水によって導き、日本で最初に急速ろ過方式を採用した蹴上浄水場を始め、松ヶ崎浄水場、山ノ内浄水場及び新山科浄水場の4浄水場があり、合計で日量95万1千 m^3 の施設能力を有している。今回、この内最大の能力を持つ新山科浄水場における地震対策上課題となっていた高架式水路橋

を有する導水施設の耐震化工事を実施したので以下に紹介する。

2. 本市水道施設の耐震化

本市では、平成15年10月に策定した「京都市第3次地震被害想定」において、京都盆地の東側にある花折断層を震源とした地震が最も大きな被害を発生させると想定しており、最大で震度7、市内の広い地域で震度6強の地震が予想されている。

新規に整備する基幹水道施設については、平成20年3月に告示された「水道施設の技術的基準を定める省令の一部を改正する省令」に基づきレベル2地震動にみまわれても、機能を保持できる耐震性能を有するように整備している。

既設浄水施設については、大地震に対して倒壊または崩壊のリスクを低減する耐震補強を行うことにしており、平成9～10年度には耐震診断を踏まえて重要度の高い管理本館の耐震補強を実施した。しかし、水道施設の耐震化は多額の

表1 工程表

(新山科浄水場導水きよ改良工事)

	平成20年		平成21年										平成22年							
	3~12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
着水井及び新設接合井築造工																				
導水管布設工																				
不断水接続工(仮止水壁)																				
導水きよ撤去工																				
検査(国土交通省近畿地方整備局)																				

費用が必要であり、すべてを直ちに耐震化することは困難であることから、優先順位を定め計画的に実施するための水道施設耐震化計画を策定中である。

水道システム全体の地震対策としては、個々の浄水施設や配水施設の耐震化はもとより、琵琶湖疏水路の補強等による取水・導水施設機能の強化、給水の相互融通を可能とする浄水場間の連絡幹線の布設などを順次進めており、ネットワーク化とバックアップ機能構築によりリスクの低減を図ることとしている。

3. 新山科浄水場

(1) 浄水場の概要

新山科浄水場は、本市東部山科区の南西に位置し、昭和45年11月に日量15万m³の施設能力を有する施設として完成し、その後の水需要の増大に伴い順次拡張して、平成9年3月には日量36万2千m³の本市最大の浄水場となった。また、給水区域は、主に下京区、南区、伏見区、山科区(北部を除く)で、現状では本市の総給水量の約40%を受け持っている。

原水は、区北部の日ノ岡において琵琶湖疏水から取水し、区内の西側山麓に沿って南下する約4kmの導水トンネルで浄水場西側の着水井まで自然流下で運ばれ、浄水場内の導水きよに到達する。

現在、少子高齢化や節水器具の普及、また長引く景気低迷により本市における全給水量は平成3年度をピークとして右肩下がり減少しており、将来においても水需要の低迷が予想されるた

め施設能力の見直しを行う予定である。平成24年度末には山ノ内浄水場を廃止し3浄水場体制とすることとしており、新山科浄水場は本市給水量の約47%を受け持つことになる。そのため、新山科浄水場の導水施設の耐震化は本市の安定給水を確保するために喫緊の課題となっている。

(2) 改良前の導水きよの状況

導水きよは、浄水場西側の着水井から浄水場内の第1接合井を結ぶ鉄筋コンクリート造の馬蹄形中空構造物(長さ61m)であった。浄水場西側の導水トンネル到達点(地盤高さ:OP+80.7m)から市道(道路地盤面:OP+73.5m)、浄水場

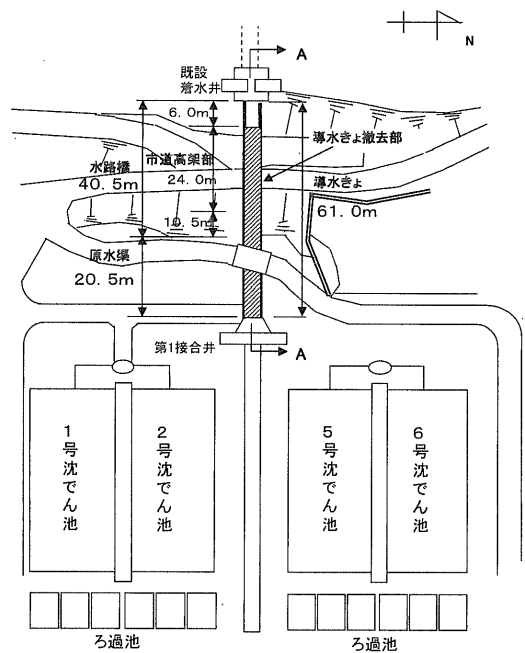


図1 導水きよ平面図

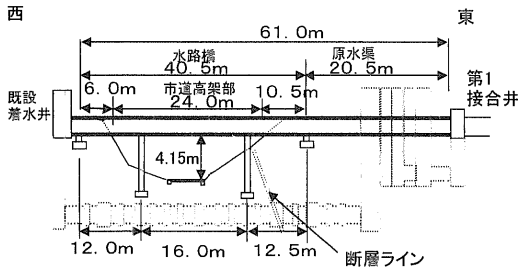


図2 導水きよA-A断面

(地盤高さ:OP+79.5m)に至る谷状の地形の区間約24mは、道路面上約4mの高さで最大スパン16mの高架式となっていた(図1、図2参照)。

注) OP:大阪湾最低干潮位

(3) 導水施設の耐震化の考え方

新山科浄水場の導水トンネル及び導水きよは建設後約40年が経過していた。その内、導水きよは断層を跨いでいることが判明しており、レベル2地震動にみまわれた場合崩壊する可能性がある。その場合、取水停止だけではなく流出した原水による二次災害の発生も想定されることから対策が特に急がれていた。導水トンネル及び導水きよをすべて耐震化するには、代替の導水トンネルを掘る必要から多額の費用と年月がかかるため、最も危険な導水きよ部分の耐震化を優先した。

具体的には、給水停止が生じないように工事を進めるため新たに接合井を設け、導水きよと平行して耐震性のある導水管を布設連絡を行うこ

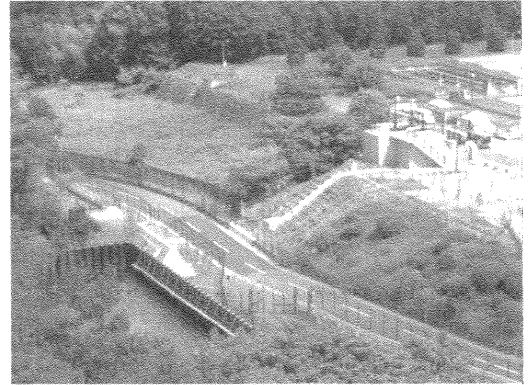


写真2 撤去後鳥瞰

ととした。また、浄水場内に将来の第2導水トンネルの接続を考慮した着水井を築造することにより、導水施設の2系統化と既設導水トンネル耐震化の布石とした。

なお、導水きよは撤去し、崩壊による二次災害の防止を図った。

(4) 導水きよ改良(導水きよ撤去及び導水管布設)工事

既設着水井と既設第1接合井の間、約61mのうち約40.5mが水路橋構造となっている導水きよ(縦3.4m横2.9mの馬蹄形)の代わりに、既設着水井北側に隣接して新しく着水第1接合井を築造するとともに浄水場内に新着水井を築造し、耐震管により両施設を接続することで導水きよに代わる導水ルートを構築した(図3、図4、図5参照)。

新着水井と第1接合井の接続は、第1接合井

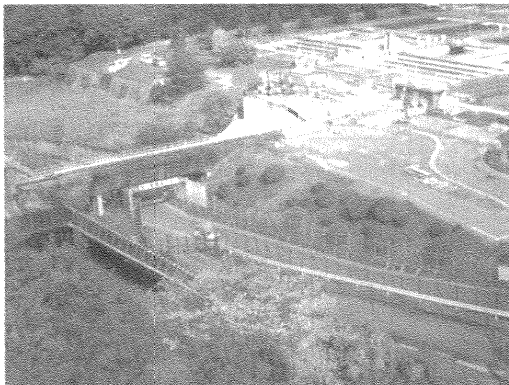


写真1 着工前鳥瞰

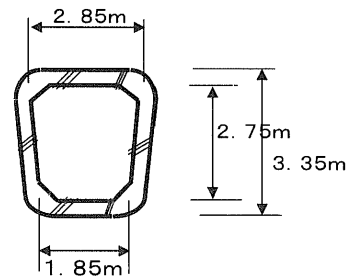


図3 導水きよ水路橋部断面

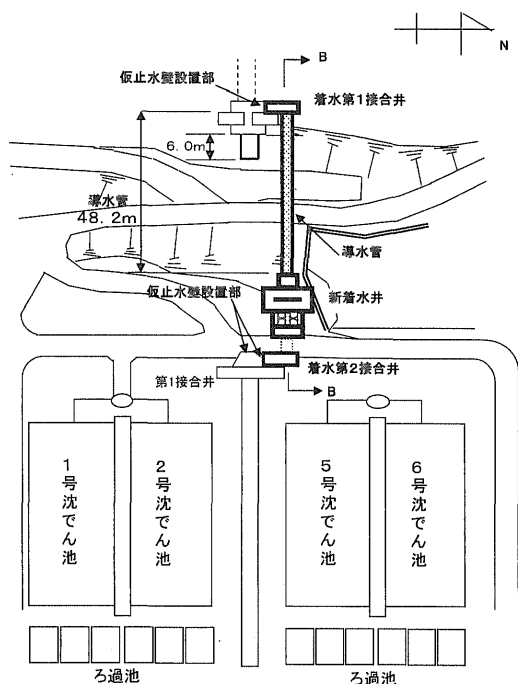


図4 導水管平面図

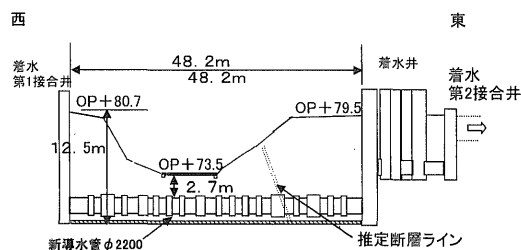


図5 導水管B-B断面

の北側に隣接して着水第2接合井を増設して、新着水井と連絡した。また、導水管ルート上に断層があることが判明していることから耐震管採用によりこの対策とした。

(5) 工事内容と特徴

本工事の設計条件と工事概要は、以下の通りである。

〔設計条件〕

取水量：日量32万 m^3 の取水が可能とする
 新設着水井：将来の第2導水トンネルの接続を考慮した構造とする



写真3 着工前



写真4 撤去後

導水管：地下構造とし耐震性を有し、接続箇所は不断水で行う

その他：敷地は第1種風致地区に指定されており、景観に配慮する

〔工事概要〕

工事名／新山科浄水場導水きよ改良工事

施工場所／京都市山科区勸修寺丸山町

着工／平成20年3月25日

完成／平成22年6月30日

施設／着水第1接合井

形状：長方形

構造：鉄筋コンクリート造

長さ7.8m×幅3.0m×

深さ6.8～16.3m

着水井

形状:長方形

構造:鉄筋コンクリート造

長さ13.3 m×幅10.0 m×

深さ7.7 ~ 16.3 m

着水第2接合井

(既設第1接合井に増設)

形状:長方形

構造:鉄筋コンクリート

長さ9.1m×幅2.8 m×

深さ3.4 ~ 6.8m

配管／導水管

形式:US形 呼び径2200mm

着水第1接合井～新着水井

(L=48.2m)

新着水井～着水第2接合井

(L= 7.7m)

設備／コントロールバルブφ1800mm×2

(その他ゲート類は、別途設備工事で施工)

以下に、工事の特徴的な内容について施工の流れに沿って説明する。

①US形管の採用

新設導水管は、経済性を考慮して掘削幅ができるだけ小さくなるように、内面継手の耐震管であるUS形ダクタイル鉄管(以下、US形管)、呼び径2200を採用することにした。

また、管外面の腐食対策としてポリエチレンスリーブを被覆することとした。

なお、呼び径2200US形管は、定尺直管長4mで質量が約9000kg(1種管)となることから、現場での運搬や土留め切梁の間を容易に吊り込みができるよう、呼び径2200×有効長1820mmという有効長より呼び径が大きい形状(工場切管加工)としたが、受口部分の外径は2445mm、管全長は受口長を入れると2215mmとなり、質量は直管1本あたり約5000kgとなる(図6参照)。

②導水管の埋設

導水管の埋設は、最も浅い市道部においても将来配水管を布設するスペースを確保するため、土被り約2.7mとしたので、掘削深さについては約5.5mになり、着水第1接合井築造部付近で

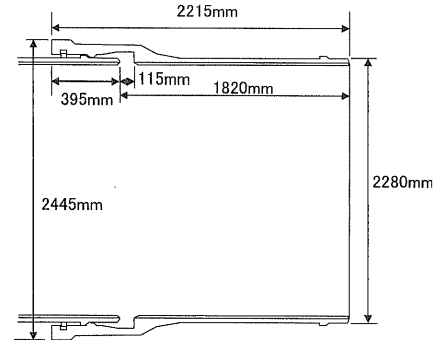


図6 呼び径2200US形管概略図



写真5 導水管の吊り込み

は、敷地地盤の起伏から約12.5mとなった。

土留めはプレボーリング工法によるH鋼(H-300×300)親杭横矢板とし、支保については切梁、腹起しとした。掘削幅を土留め芯間で3.9mとし、腹起し(H-400×400)を取り付けると有効幅が



写真6 浄水場導水管呼び径2200US形管

2.8mとなるはずだったが、土留め親杭の設置ラインが転石等の影響から、前記有効幅を確保できない箇所もあったため、配管の吊り降ろし作業は土留め支保との離隔に余裕がなく神経を使った。あと0.5mほど余裕のある掘削幅にしておくべきであったと考える。

掘削は当初順調に進捗したが、床付けまであと0.5m余りにせまったところ地下水湧出により床付け部分で地盤が軟弱化し管の据付が困難になったため、作業足場確保も兼ねて無筋のコンクリート(18-8-20BB)を30cmの厚さで打設した。

配管作業は、配管の呼び径2200もあるため上部作業用の足場を設けて施工を行なった。配管作業は、順調に完了した。

③仮止水壁の設置方法

新設導水管ルートとの接続は既設着水井から分岐して行すが、第1接合井に接続する作業は浄水処理を継続しながら行う必要があった。上流側の着水第1接合井と既設着水井の接続部分(開口内法 幅1.9m×高さ4.65m)、下流側の第1接合井と着水第2接合井の接合部分(開口内法 幅2.7m×高さ3.05m)については、既設流水側に鋼製角落しにより仮設の仕切り壁(以下、「仮止水壁」という)を設置し止水してから、既設鉄筋コンクリートの壁をワイヤーソーで切り取り、その後仮止水壁を撤去するように計画した。

仮止水壁の設置は潜水夫による水中作業とした場合、その安全を確保するために原水流速を毎秒0.4m以下にする必要があった。新山科浄水場の給水状況から勘案すると、夜間であっても導水きよの流速が毎秒0.4m以下にするには取水を一時停止する必要があった。したがって、夜間から翌朝まで取水停止が避けられないことから、約4kmの導水トンネル内を排水してから施工できないか検討したが、排水、取水再開の作業だけでかなりの時間が必要となり施工時間がほとんど確保できないことが判明したため、導水トンネル内の原水を排水せずに潜水夫による施工とした。

④取水停止と短い作業時間

作業時間は給水量の少ない夜間としたが、取水の停止作業及び復帰作業の時間を除くと、午前0時から午前5時の5時間しか確保できなかった。また、取水停止は、浄水処理の停止と疏水の流量調整等が生じるため連続して行うことが困難であることから、毎週木曜日のみの作業となった。

浄水場が取水停止を行うには、ろ過池流出弁の全閉、ろ過池洗浄の停止、沈でん池排泥の停止、凝集剤及び次亜塩素酸ソーダ等薬品類の停止等の作業や疏水の流量を絞る作業が発生することから、浄水場や疏水を管理している疏水事務所との連携が不可欠だった。

仮止水壁の設置は、平成21年3月26日から4月30日にかけて着水第1接合井部分から開始したが、夏場の水需要期に取水停止を行うと安定給水に支障がでる可能性があったため、一旦中断し第2着水接合井部分は給水量が減少してくる9月中旬に再開せざるをえなかった。

上流側の着水第1接合井との接続部分、下流側の第1接合井と着水第2接合井の接合部分及び第1接合井と導水きよ接続部分の計3箇所に仮止水壁を設置したが、作業時間が短いため3箇所全ての仮止水壁設置・撤去に延べ14回の取水停止作業を行うこととなった。

角落し接合部にはゴムパッキンを挟み止水することにしたが、作業に支障がでない程度の漏水量で済むのか懸念があったことから、漏水しそうな箇所についてはパテ詰めを追加した。これらの処置により漏水はほとんど無く、その後の工程に影響は無かった。

⑤既設導水きよの止水

第1接合井と導水きよ接続部分については、仮止水壁設置後、導水きよが接続していた開口部にφ16mmの樹脂アンカーを250mmピッチでダブルに打設し、鉄筋コンクリートの壁(厚さ60cm)を構築して閉塞するようにした。

なお、既設着水井と導水きよ接続部分については、既設着水井からの流出管(φ1800mm×2条)の流出弁にフランジ蓋を取付け止水した後、

既設着水井点検用階段が取付けてあるため残置した導水きよ(長さ6m)の切断部分を、鉄筋コンクリートの壁(厚さ40cm)で閉塞した。

⑥国土交通省による検査

導水施設の工事は、「淀川水系琵琶湖等における水利用に関する水利使用規則」に基づく申請案件により、着水井よりも上流が国土交通省への申請対象となった。

既設導水きよ撤去は、着水井よりも下流であったが、今回工事で新しく場内に着水井を築造することから申請に含めることにした。このことにより、導水管ルート完成時の一部完成検査と導水きよ撤去後の完成検査を受検することになった。

導水管ルートを供用開始しないと導水きよを撤去することができず、使用を開始するには、国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所の検査を受検し合格しなければならなかった。

申請時の図書に一部変更を生じたが、原水流水部分に影響しない天端スラブの開口の寸法や図面表記の軽微な修正等であったため、平成21年10月下旬より琵琶湖河川事務所の助言を受けながら変更申請の手続きを行うとともに、導水管ルートの一部完成検査についても協議を行った。工事の工程上どうしても年末までに導水管ルートを切替え、平成22年1月より導水きよの撤去に着手するつもりだったが、変更申請の承認がされない一部完成検査の受検ができないため、琵琶湖河川事務所に早期の事務手続きを要望

した。通常なら、5ヶ月ほどかかる承認手続きを1ヶ月でしていただくことができ、工程の進捗を図ることができた。

12月11日導水管ルートの一部完成検査を受検し無事合格することができ、年明けから仮止水壁の撤去作業を行い、平成22年2月には導水きよ高架部分の撤去に着手することができた。

⑦導水きよの撤去

導水きよ撤去は、市道高架部24mを切断ピース重量が10t未満になるよう、約1.2m間隔に大型クレーン(50t)で吊りながらワイヤーソーで切断することにし、残りの31mは大型圧搾機で取壊すことにした。当初昼間のみの作業とし、夜間については監視員を配置し監視するという考えもあったが、市道部を跨いでいることから、一度作業を開始するとバランスが崩れ不測の事態を生じる可能性も考えられたため、市道を全面通行止めにして24時間体制で安全を確保しつつ、できるだけ早期に撤去するよう配慮した。

平成22年2月23日午前9時から切断作業を開始し、昼夜休むことなく続け26日未明で無事撤去できた。

なお、切断時間は1箇所当たり約2時間かかり、切断箇所は22箇所となった。

切断された導水きよは、輪切り状のまま10tダンプの荷台に載せ、時速5km以下で慎重に浄水場内に運びこみ粉碎シガラ処分した。



写真7 導水きよ輪切り

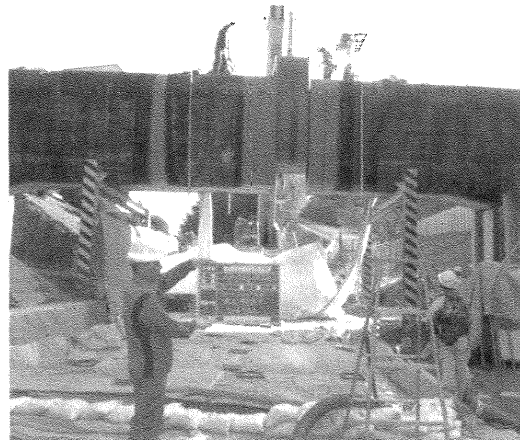


写真8 導水きよ切断中

4. おわりに

本工事は平成22年6月に完了し、7月22日に国土交通省の完成検査に合格した。

設備工事についても8月に無事完成することができ、新たな導水管の供用を開始して順調に施設を運用している。

本市では平成19年12月に策定した「京（みやこ）の水ビジョン」において、「地震等の災害に強

い上下水道施設の整備」を重点推進施策の1つに掲げ、厳しい財政状況のもと水道施設の耐震化に取り組んでいる。

今後は、残された課題である新山科浄水場の導水トンネルの2系統化などの優先度の高い取組を積極的に進めるとともに、効率的、効果的に地震に強い水道施設の整備を推進していく。

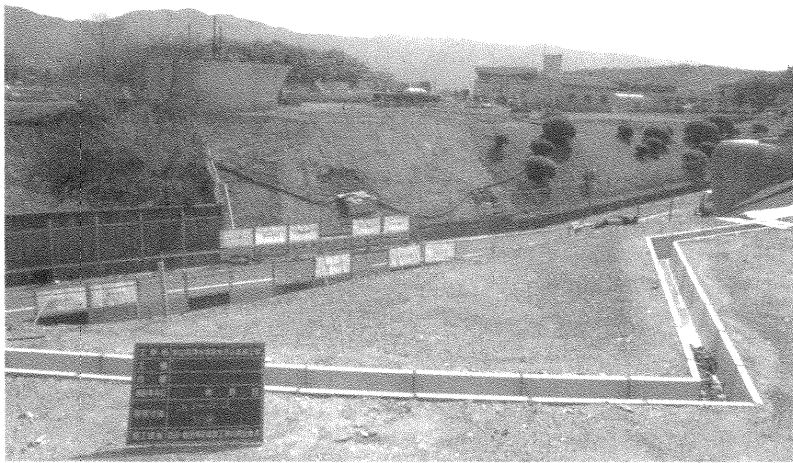


写真9 撤去後

Technical Report 07

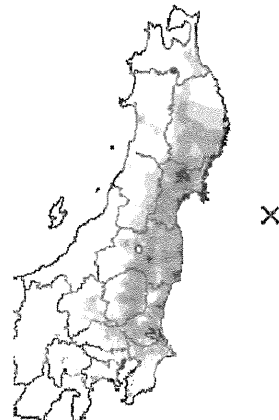
技術レポート

2011年東北地方太平洋沖地震での地盤変状 及び水道管路被害状況調査結果(速報)

日本ダクトイル鉄管協会技術委員会
東日本大震災復旧・復興対策本部

1. 地震の諸元¹⁾

- (1) 発生日時:2011年3月11日 14時46分
- (2) 震源地:三陸沖(牡鹿半島の東南東、約130km付近)
(北緯 38度6.2分, 東経 142度51.6分)
- (3) 震源深さ:24km
- (4) 規模:マグニチュード(M)9.0
- (5) 震度:震度6弱~7(岩手県、宮城県、福島県、栃木県、茨城県、群馬県、埼玉県、千葉県)
震度マップ(気象庁発表)を図1に示す。



震度 4 5弱 5強 6弱 6強 7

図1 震度マップ¹⁾

2. 地震動の大きさ

震度7を記録した宮城県栗原市の加速度波形(南北成分)と、震度6強を記録した宮城県仙台市の加速度波形(南北成分)を図2に示す。

3成分合成の最大加速度は、栗原市で2933gal、仙台市で1808galであった。

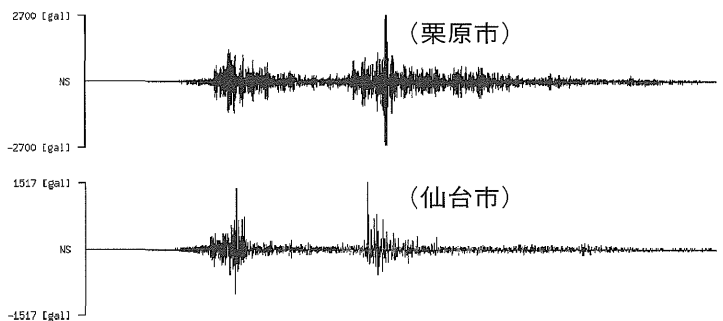


図2 加速度波形²⁾

3.水道管路の復旧日数の状況

(1)断水戸数

4月14日現在の復旧戸数は204万戸で、断水は22万戸である。また、応急給水は、4月2日8時現在において、日本水道協会による給水派遣要請に対し、全国404の水道事業者において合計517台を確保、259台の応急給水車を派遣されている。

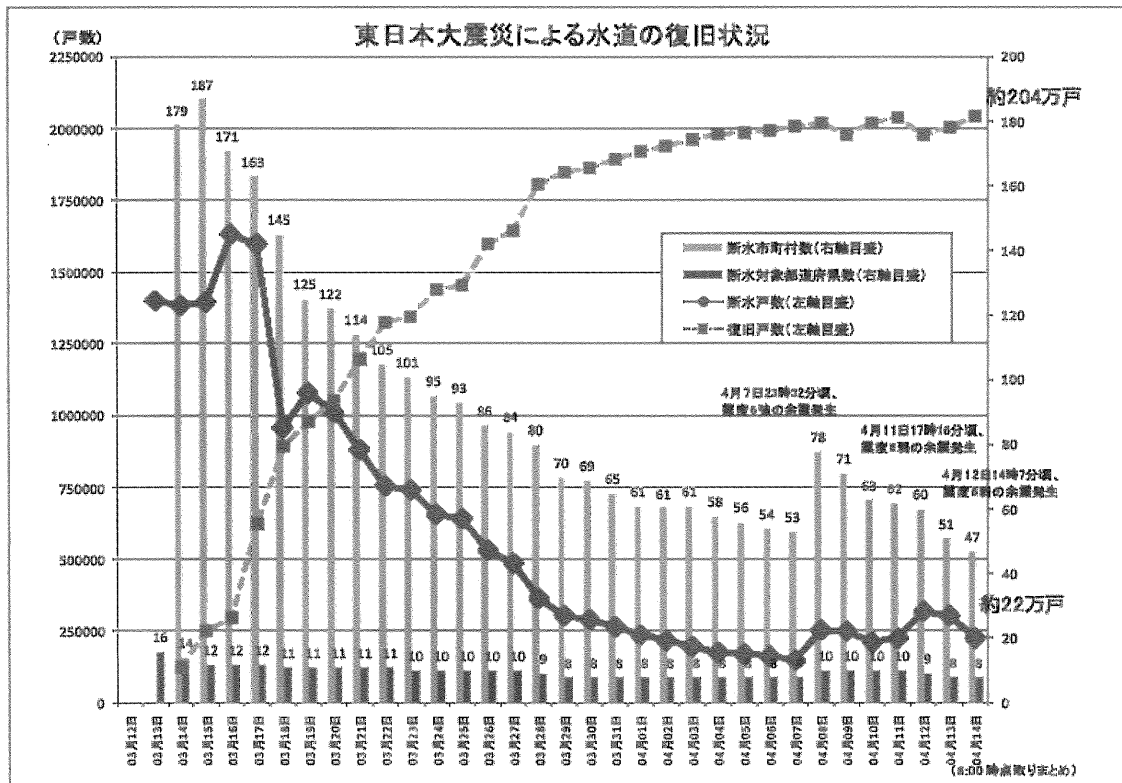
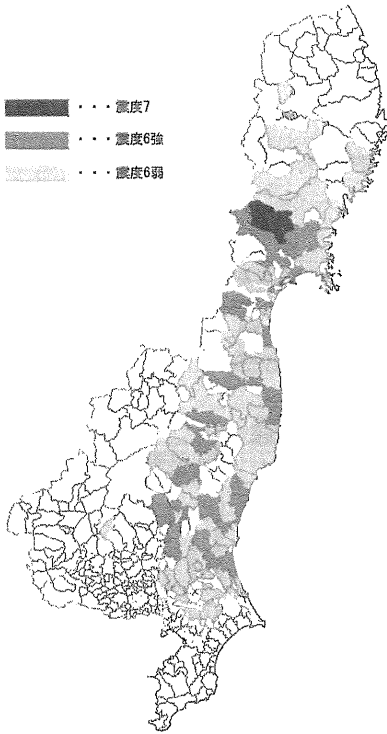
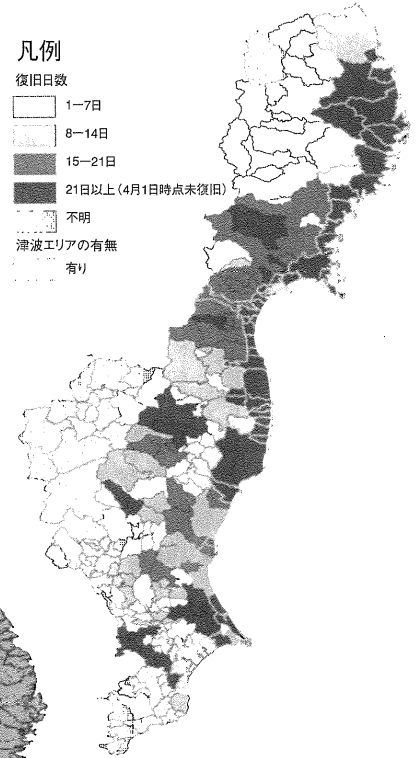


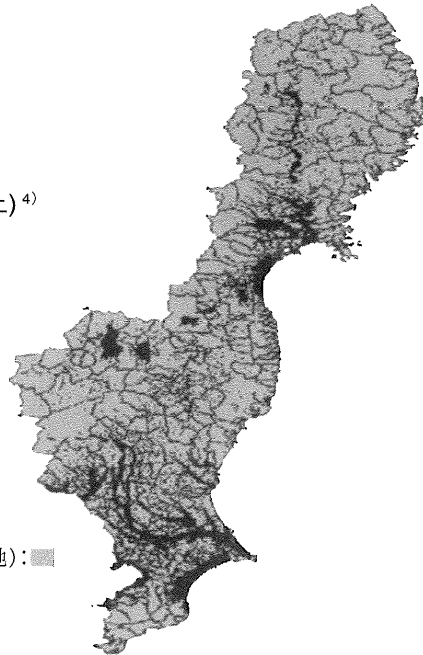
図3 復旧状況の経過(3月12日～4月14日)³⁾

(2) 復旧日数と地震動

震度マップ(震度6弱以上の地域)を図4、市町村別の復旧日数を図5に示す。今回の地震は、震度の大きに関わらず、復旧日数が長いことが分かる。特に、津波の影響を受けた地域や用水供給及び浄水施設等の被害により復旧が遅れている地区が多く見受けられた。また、震度に関わらず液状化等、地盤の悪いところでは比較的復旧が遅れている地域もある。表層地盤を基に作成した液状化の可能性の高い地域を図6に示す。

図4 震度マップ(震度6以上)⁴⁾図5 復旧日数⁵⁾

- 液状化の可能性の低い地域
(表層地盤:大地、丘陵地、山地): ■
- 液状化の可能性の高い地域
(上記の地盤以外): ■

図6 液状化の可能性の高い地域⁶⁾

4. 地盤状況調査結果

主な被害地域での地盤状況調査結果を以下に示す。

今回の地震においては、液状化による地盤変状に加え、沿岸部では津波による被害も認められた。代表的な例を以下に示す。

- 液状化によるマンホールの浮上(190cm)が見られた(写真1)
- 堤体道路の沈下による道路橋との大きな段差(140cm)がみられた(写真2)
- 盛土部が崩壊していた(写真3)
- 液状化による噴砂が見られた(写真4)
- 津波により橋や道路が流されていた(写真5)



写真1 マンホール浮上



写真4 噴砂跡

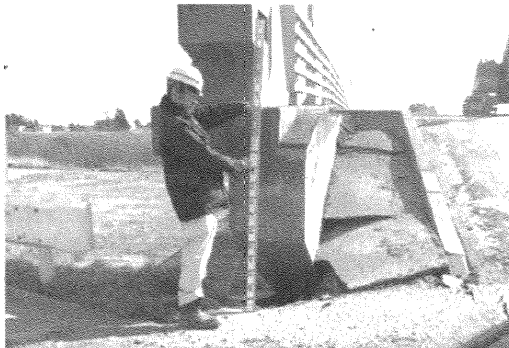


写真2 橋脚取付部沈下



写真3 盛土部の崩壊



写真5 津波による道路流失

5.管路被害状況例

管路の被害状況例を以下に示す。

その結果、「4.地盤変状調査」と下記の管路被害状況例より、現在(4月11日現在)、被害状況の全体は把握されていないが、阪神淡路大震災や中越沖地震等の過去の地震被害と同様に、管路の被害は主に次のところで生じていた。

- ① 液状化地盤、軟弱地盤(埋立地など)
- 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、津波による被害を受けた箇所)
- ⑤ 盛土部(盛土の崩壊に伴うもの)
- ⑥ 構造物の取り合い部

管路の被害状況を写真6～9に示す。



写真6 軟弱地盤での呼び径400K形継手の抜け



写真7 液状化による貯水槽(鋼製)の浮き上がり

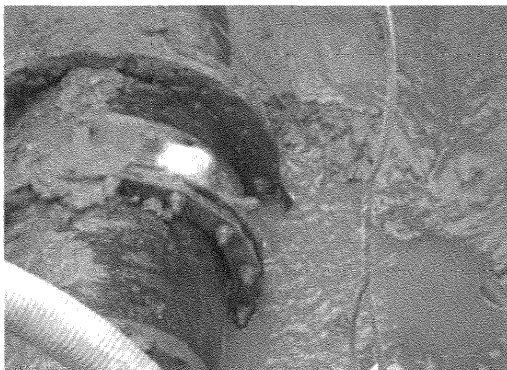


写真8 構造物との取り合い部での呼び径500短管1号のフランジ継手漏水



写真9 構造物との取り合い部での呼び径2400鋼製可とう管の抜け⁷⁾

6. 耐震管路について

耐震継手(NS形、S形等)は、今回被災を受けた地域で1857km(図4に示す震度6弱以上の市町村、平成20年度版水道統計)使用されていたが、耐震継手に問題が発生しておらず⁹⁾、その有効性が実証された。

特に、今回津波被害を受けた地域においては、護岸付近で大きな地盤変状もおこったが、そのような地域においても耐震継手が耐えていることなどが判った。津波被害を受けた地域に埋設されていた耐震管の事例を写真10、11、地盤沈下している地域に埋設されていた耐震管の事例を写真12、13に示す。



写真10 呼び径300NS形管
(津波による洗掘箇所:被害なし)



写真11 呼び径350NS形管橋梁添架
(津波による洗掘箇所:被害なし)



写真12 呼び径900S形管埋設箇所
(地盤沈下箇所:被害なし)

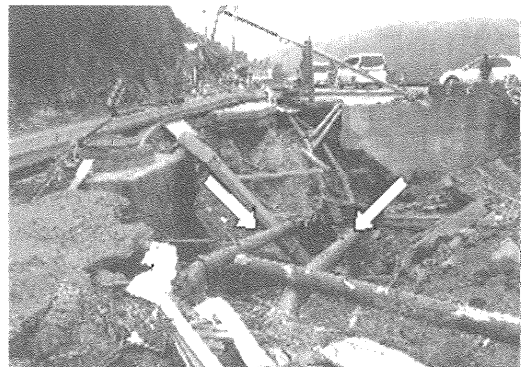


写真13 呼び径300NS形管
(地盤沈下箇所:被害なし)



現地探訪



大阪市水道局(水道記念館)を訪ねて

● 記念館夜景

水道記念館



● 宮内浄水統括担当部長

第62回日本水道協会全国水道研究発表会が5月18日から20日まで大阪市の国際交流センターで開催されます。大阪市は、地理的に水道局の水源となっている淀川の河口に開けており、近畿地方の政治・経済・文化・交通の中心都市として発展してきました。古くは瀬戸内と京を結ぶ水運の要を担い、江戸時代には「天下の台所」と称されていました。

今回の現地探訪では、開催地である大阪市水道局の水道記念館を訪ねました。水道記念館では宮内浄水統括担当部長に創設からこれまでの経緯、現在重点的に取り組まれている事業、水道記念館の展示など幅広くお話いただき、大阪市の魅力を語っていただきました。



● 柴島浄水場

—大阪市水道局の創設からこれまでに至るまでの経緯をお話いただけますでしょうか。

宮内 「水の都」と呼ばれる大阪は、淀川をはじめとする河川水に恵まれ、水道ができるまでは、直接、川の水を生活用水として利用していました。

しかしながら、明治初期に、コレラなどの伝染病の流行や大火災が続発したことにより、衛生面・防火面から水道創設を望む声が高まった

ことから、当時の大阪市全体の予算の3倍の資金を費やし、明治28年11月13日に、わが国4番目の近代水道としてスタートしました。

創設当初は、旧淀川左岸の桜の宮に水源池を設け、大阪城内の配水池から自然流下により給水を行っていましたが、その後の市勢の発展に伴う水需要の増大に対応するため、9回の拡張事業を実施し、淀川を水源とする柴島浄水場・庭窪浄水場・豊野浄水場による合計施設能力243万/m³/日の供給体制を有するに至りました。



● 庭窪浄水場



● 豊野浄水場

その後、量的拡張の時代から質的向上を含む維持管理時代に転換してからは、設備の更新・近代化に取り組むとともに、平成12年3月には、政令指定都市では初めて高度浄水処理水の100%市内全量給水を開始しました。

さらに、より高度な水道水の安全管理、品質管理を目指して、平成17年12月26日には、水質試験所において全国で初めて水道GLPの認

定を取得するとともに、平成20年12月27日には、公営の水道事業者として世界で初めて食品安全管理の国際規格であるISO22000の認証を取得しました。

—高度浄水処理についてコメントいただけますでしょうか。

宮内 かび臭や塩素注入によってトリハロメタンを生成するものになる前駆物質を取り除き、より安全で良質な水をお届けするために、これまでの急速ろ過方式にオゾンと粒状活性炭による処理工程を加えたものが大阪市の高度浄水処理です。

大阪市では、砂ろ過処理の前後二段階でオゾン処理を行い、最後にGAC(粒状活性炭)処理を

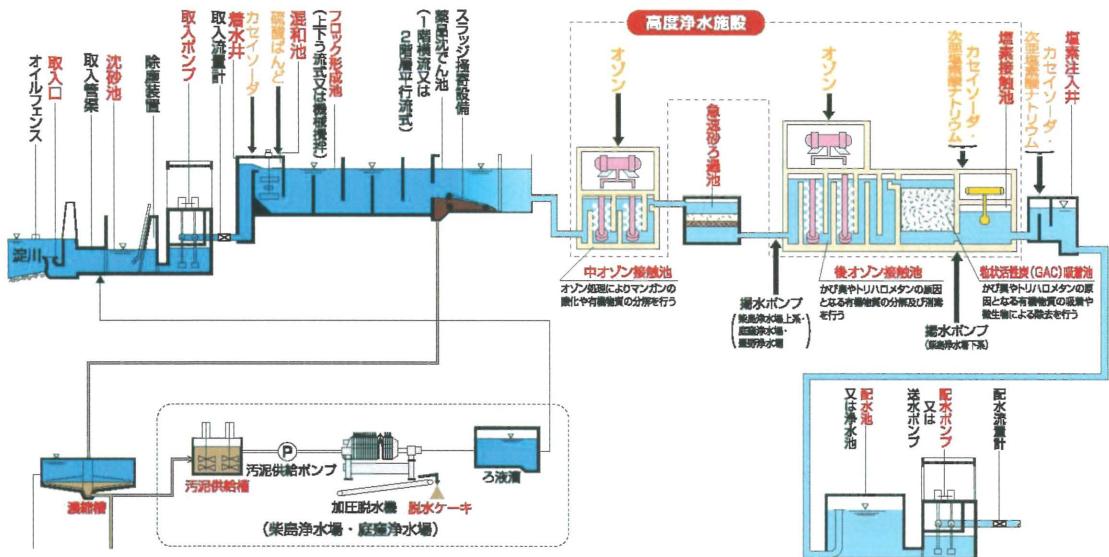


●大阪市水道発祥之地記念碑

浄水処理システム

本市では、かび臭等の異臭味の除去及びトリハロメタンの低減を含む総合的な水道水質の改善を目的として、従来の凝集沈下及び急速ろ過処理を主体とする浄水処理にオゾン及び粒状活性炭処理を付加した高度浄水処理を導入している。

■浄水場の処理系統図





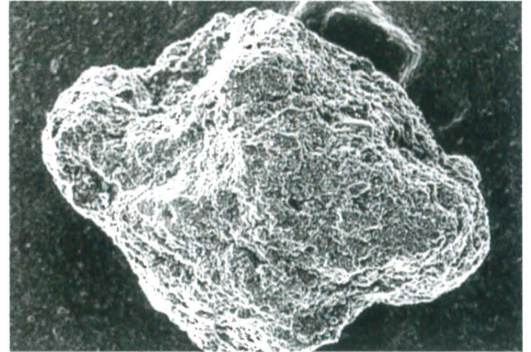
● オゾン処理

行う方式を採用しています。これにより、かび臭などの異臭味は完全になくなり、トリハロメタンも大幅に減少させることができるほか、クリプトスポリジウム等の病原性微生物に対する安全性の向上が期待できるなど、総合的な水道水質の改善を図ることができます。

—水道局では、「おいしい水計画」を立ち上げられているようですが、具体的にはどういったものでしょうか。

宮内 「おいしい水計画」は、水道水の「おいしさ」をキーワードとして、お客さまとの双方向コミュニケーションの充実を図りながら、製品である水道水はもとより、日常業務についてもより一層の品質向上に取り組むことによって、「お客さま志向の水道づくり」を全局的に推進することを目的としています。

各種のPRイベントやボトル水「ほんまや」の販売、ISO22000の認証取得も「おいしい水計画」の取り組みの中で生まれてきたものであり、現在も、「PR・コミュニケーション戦略」「技術戦略」「意識改革戦略」の3つの戦略のもと、21件のアクションプランに取り組んでいると



● 活性炭

ころです。

—柴島浄水場の総合管理棟にISO22000の掲示を見たのですが…。

宮内 ISO22000は、安全な食品をお客さまに提供するためのマネジメントシステムを構築・運用する際の要求事項を定めたもので、平成17年9月に発行された世界共通の規格です。ISO22000では、安全管理の手法として、HACCPという手法を採用しており、これをISOのマネジメントシステムを使って組織的・継続的に改善を図りながら、安全管理を行うものです。

大阪市では、「おいしい水計画」の一環として水道局が供給する水道水、工業用水、ボトル水



「ほんまや」の品質管理を一元的に行う水安全管理システムを構築し、外部認証機関の審査を経て、平成20年12月27日にISO22000の認証を取得しました。現在、このマネジメントシステムに基づいて整備したマニュアル等による業務の標準化を図るとともに、局部長級のトップマネジメントを頂点とする水道局業務全体の管理と継続的改善に取り組んでいるところです。

一ボトル水「ほんまや」は様々なメディアに取り上げられていますね。

宮内 先ほど申し上げましたとおり、大阪市では、平成12年3月から高度浄水処理水を市内全域に供給しています。この高度浄水処理水を、より多くの方に直接お飲みいただき、その安全性とおいしさを実感していただくため、平成19年3月から販売を開始いたしました。

「ほんまや」の販売にあたっては、「おいしい水



計画」の推進スタッフが「①大阪らしさ ②目立つ ③特に、女性にも手にとっていただきたい」のコンセプトでボトルデザインを企画するとともに、販路の拡充についても本市の関係部局の協力を仰ぎながら、1件1件、個別にお願いすることに取り組んできました。さらに、区民まつりなど、本市が主催、協賛する多くのイベントに積極的に参加し、販売とPRに取り組んできました。

こうした職員の努力の甲斐もあって、「ほんまや」の累積販売本数は、平成22年12月31日



● イベント開催時における「ほんまや」のPR



現在で、約73万本となっています。もし、地下鉄の駅売店などで「ほんまや」を見かけられた際には、是非お買い求めいただき、大阪市の水道水のおいしさを実感していただければと思います。さらに、震災の応援にも活用されています。

—インタビューしているこの水道記念館は展示内容などが見ていて飽きないように造られていますね。

宮内 水道記念館は、大阪市の水道通水100周年記念事業の一環として、市民に親しまれる水道を目指し、市民と水道を結ぶコミュニケーションの場として、平成7年11月25日に開館しました。

水道記念館の建物は、大正3年から昭和61年まで主力ポンプ場として活躍した「旧第1配水ポンプ場」(平成11年に有形文化財として国に指定登録)を保存活用したもので、赤れんがと御影石との調和が美しい景観を造りだしています。

館内には、粒状活性炭の形状や性質・浄化処理の働きをゲーム感覚で学ぶ「活性炭惑星たんけん」や、子どもたちがオゾンになってバーチャルタイプのステージで飛んだり跳ねたりしながらオゾンの働きを学ぶ「オゾンレンジャー」など、水道の歴史や水とくらしの関わりだけでなく、浄水処理のしくみについても楽しみながら学んでいただけるよう、参加体験型の展示を多く取り入れています。さらに、水源環境・水質保全への関心を深めてもらうため、淀川に



● 記念館内部で「ほんまや」をPRする宮内部長



だく「淡水魚教室」など、様々なイベントを開催していますので、機会があれば是非ご参加していただければと思います。

—柴島浄水場内に新たな施設を建設されているとお聞きしたのですが。

生息する淡水魚などの水生生物の飼育、展示や平成18年度からはホテルの飼育・公開を行っています。

また、水道記念館では、高度浄水処理水で新春らしく御抹茶をご賞味いただく「新春お茶席」や、小学生を対象に淀川流域に生息する生物を通じて水環境について理解を深めていた

宮内 わが国の水道事業の経営環境は、近年厳しさを増していますが、大阪市もその例外ではありません。水道局では、平成18年2月に「水道局長改革マニフェスト」を策定し、健全かつ持続可能な経営体質の確立を目指した取り組みを進めてきており、平成23年3月に策定した「大阪市水道事業・中期経営計画」においても、引き続き業務の見直しや委託化を含む職員数の削減等により、一層の経営効率化に取り組むこととして



● 記念館内の展示を説明する宮内部長



現地探訪

います。

また、こうした取り組みの一方で、業務の質の確保と技術の継承を可能とする少数精鋭型の業務執行体制を構築していくため、平成2年に設置した職員研修施設をリニューアル中であり、平成23年度内に全体が完成する予定です。

この研修施設は、取水から給水に至る各分野の実技研修が実施できる体験型研修施設を備えており、水道管路に関するトータルな運営ノウハウを総合的に習得できるものです。局内の人材育成だけでなく他都市や大学等研究機関との連携を図りつつ、わが国や海外の水道事業を担う人材を育成するなど、広域的な研修拠点の役割も担っていきたいと考えています。

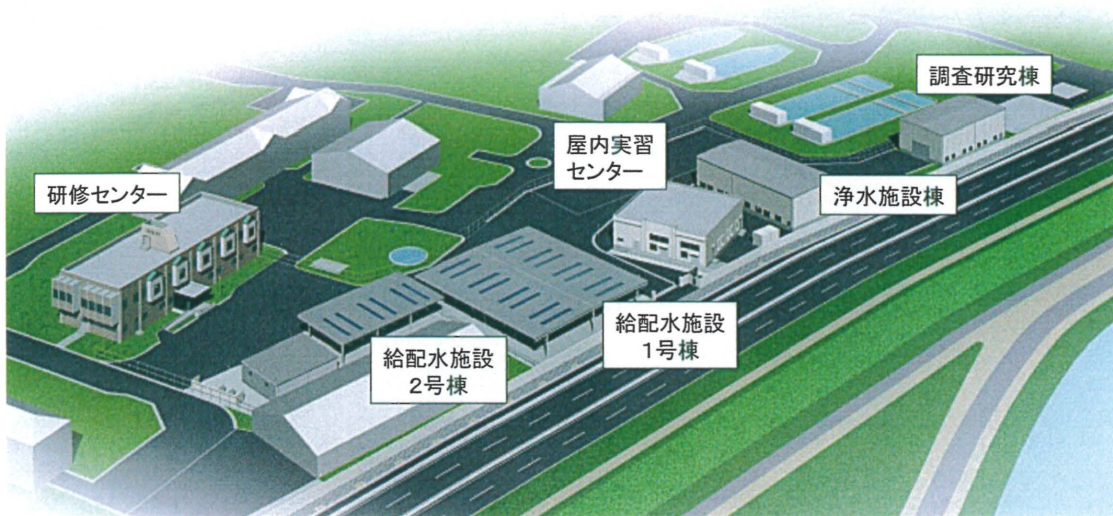
—最後に研究発表会で大阪に訪ねられる全国の水道人に、大阪市のPRをお願いします。

宮内 大阪は古くから政治・文化の中心地のひとつとして、わが国の歴史上大きな役割を果たしてきました。市内には、旧石器時代や縄文・弥生時代の遺跡、古代の難波宮跡をはじめ大阪城跡、適塾跡など、貴重な文化遺産が多くみられます。

また、大阪歴史博物館やなにわの海の時空館、大阪市立東洋陶磁美術館やワッハ上方(大阪府立上方演芸資料館)など多くの歴史・文化施設もございますので、大阪にお越しの際には、こうした大阪の歴史と文化にも触れていただければ幸いです。

宮内部長からは、水道局の斬新的な取り組みを聞かせていただきました。そのコメントからは、大阪市の水に対する飽くなき探究心が感じられました。

■体験型研修施設(仮称)■



リレー
エッセイ

東南アジアにみる水意識について

お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科 准教授 大瀧雅寛

家庭用水使用量の海外調査を研究テーマの一つとしていることもあり、このところ東南アジアの国々の家庭を訪問する機会が多い。炊事、洗濯、トイレといった用途毎に、どの位の水を使用するのか小型メータを各蛇口に設置して測定するという調査を行っている。そのため、ご協力いただく一般家庭の内部に入り込める機会が得られるので、その土地の人々の水利用状況を実際に目にする事ができるという非常に貴重な経験をさせていただいている。このような経験を通して強く印象づけられたことの一つは、水に対する文化や意識が、我が国と大きく異なっていることである。

調査に訪れたのは、タイのチェンマイ市とコンケン市、ベトナムのハノイ市であるが、いずれも都市中心部は公共水道を使い、郊外では公共水道と私設水道（自家製井戸など）、雨水といった複数水源を使っている状況である。その中で特に印象深かったのは、タイのチェンマイ、コンケン郊外における水の使い方であった。元々この地域には、付近に河川がなく、近場の地下水と天水（雨水）に頼らざるを得ないという状況である。しかし地下水は地質上鉄分が高いところが多く、ろ過処理等を行ってはいるものの、上手く除去できているとは言い難い。また天水はお天道様の機嫌によるので、十分な量をいつも確保できるわけではない。

この様に水量が十分に確保されない地域の人々の、水に対する意識の高さに大変驚かされた。天水は口にする水、地下水はそれ以外の用途に、という使い分けを行うことは言うに及ばず、自分の庭に自家製のろ過塔を作るといった技術や、溜めた水で皿を洗い、その水で庭の水まきをする、といった節水意識が何気なく普段の生活に組み込まれているのである。洗濯機はあるものの基本的には手洗いで、洗濯機は脱水機として使う、という人も少なからずいる。入手可能な水の水質を考えて、その用途を分けるといった能力や、如何にして水を使わずに過ごすかといった能力は、蛇口をひねれば、飲料可能な水が無限に出てくる現在の日本では、ほぼ失われた能力なのかもしれない。

このところ、我が国では節水機器の普及や、雨水の利用、水に対する意識の向上など話題にのぼることが多いが、私が訪問したタイの人達の意識レベルまで達することはあり得ないのだろうと思う。勿論だからといって我が国で



水道の供給量を絞って、失われた能力を呼び起こせと主張したいわけではない。水が少ない生活というのは、ふんだんに使える生活に比べて不便なことは当然であり、そこに住んでいる人達にしてみれば、一刻も早く水道が通って水が不自由なく使えることが望みである。ハノイ近郊のある家に訪れたとき、偶然にも「今日からウチに公共水道が通じた」というお祝い会に出くわしたことがあり、我々が水関係者だと知って歓待してくれたことがあった。

水が来るといのは、こんなにお祭り騒ぎなものなのだと思ったが、水道普及率がどんどん上がっていった大正から昭和初期の日本では、至る所でこういった場面に出会えたのであろう。ただその後、「水が使える暮らし=良い暮らし」といった価値観で水洗トイレ、シャワーといった西洋式の生活様式が広まり、元々持っていた水を賢く使う力や水への意識が薄れていったことは否定できない。

今、中国、ベトナムといった国々への水ビジネス展開が国をあげて進められており、いくつかの途上国地域において、我が国が水道普及率の向上に貢献することも多くなるであろう。これまでの途上国援助のように、水道を作りました、というだけで終わるのではなく、我々が水道普及によって失ってしまったもの、それにより生じている現在の問題、といった経験を伝えることも、途上国の今後の水利用の展開について貢献することのできる要素なのではないか。そういったことをタイやベトナムの人々から教えられたような気がする。

誌上講座

GX形ダクトイル鉄管(呼び径75~250)の設計について

1.はじめに

前号において、新耐震管GX形ダクトイル鉄管(呼び径75~250)の概要について紹介した。

今回は管路の設計を行うための基本事項について紹介する。

2.管路設計のための基本情報

GX形の管路設計はNS形の設計と基本的に同じ部分が多いが、一部にGX形特有の設計方法が必要となる。ここではNS形と異なる主な内容について述べる。

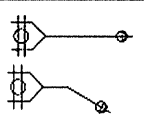
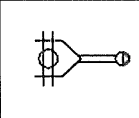
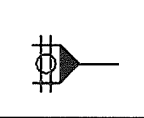
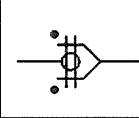
2.1 管の種類

GX形の管の種類を表1に、配管図の作成時に使用する管の記号を表2に示す。

表1 GX形の管の種類

直管	管の種類(記号)	1種管(D1) S種管(DS)
	有効長	75,100: 4m 150~250: 5m
異形管	二受T字管 片落管 曲管 (90°、45°、22 1/2°、11 1/4°) 両受曲管(45°、22 1/2°) フランジ付きT字管 浅層埋設形フランジ付きT字管 うず巻式フランジ付きT字管 継ぎ輪 両受短管 乙字管(H=300、450) 帽	
切管ユニット	P-Link(直管用) G-Link(異形管用)	

表2 管の記号

直管・異形管		P-Link	
直管受口 (ライナ使用時)		G-Link	

2.2 NS形との相違点

(1) 直管

① 管厚の変更

表3に示すように、直管の管厚においてS種管を新たに規定した。S種管は従来の3種管に比べ、呼び径75、100において若干最小管厚が小さくなるが、負荷が大きい土被り60cmの浅層埋設でも十分な安全性が確保できる。したがって、一般的な使用条件では3種管と同等に取り扱うことができる。

表3 直管の管厚

呼び径	GX形		従来	
	1種管 (mm)	S種管 (mm)	3種管 (mm)	
75	7.5	6.0 [+規定せず -1.4mm]	6.0 [+規定せず -1.0mm]	
100		[+規定せず -1.0mm]		6.5 [+規定せず -1.5mm]
150	6.0			
200				
250				

② 切管方法の改善

NS形では、切管時に切管用挿し口リングを使用して挿し口突部を形成する。そのため、切管に溝切り加工が必要であり、切管用は1種管を使用する必要があった。今回、GX形では切管ユニット(P-Link、G-Link)が追加され、このユニットを使用することで、切管用にS種管を使用することができる。

切管ユニットには、P-LinkとG-Linkの2種類がある。P-Linkは切管挿し口を直管受口と接合する場合に、G-Linkは切管挿し口を異形管受口と接合する場合に使用する。

また、継ぎ輪部にG-Linkを使用することで離脱防止を図ることができ、異形管部の不平均力に対する管路の一体化範囲に使用することができる。

(2) 異形管

GX形では、両受短管と乙字管が新たに規格化された。両受短管は、配管時の方向転換や残管利用を図るため使用する。また、継ぎ輪と異なり異形管との接続もできる。

乙字管は、2個の曲管をS字に接続する様な箇所に使用し、施工時間の短縮や経済性の向上が期待できる。

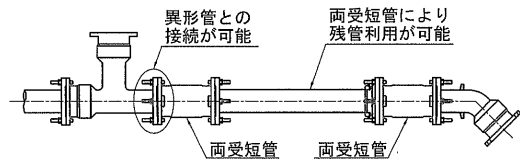


図1 両受短管使用例

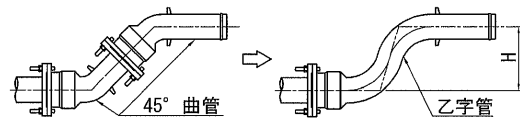


図2 乙字管使用例

3. 管路設計について

3.1 管の有効長

鎖構造管路の管路長は、管の有効長を基準に算出する。管の有効長は、図3に示すように接合状態における一方の挿し口端部から他方の挿し口端部までの長さを表している。

GX形直管の場合は、有効長のなかに受口内の入り込み量となる標準胴付寸法(Y寸法)が含まれており、たとえば定尺直管であれば、この有効長が呼び径によって4m、5mとなっている。また、甲切管の場合は、このY寸法を含めた管長となるように管を現場加工する。

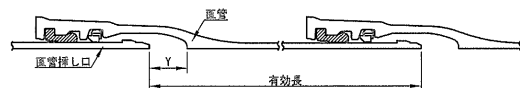


図3 管の有効長

3.2 管路延長算出時の留意点

(1) ライナを使用したGX形直管の受口

図4にライナを使用したGX形直管の継手構造を示す。ライナを装着するとライナの軸方向長さAと標準胴付寸法Yの差の分だけ挿し口が伸び出した状態で離脱防止継手となる。有効長は挿し口端部を基準に決定するため、ライナを使用することによって管路長はこの(A-Y)寸法分だけ長くなることになる。したがって、配管設計はこの寸法を考慮して行い、設計図にも明記しておく必要がある。GX形にライナを使用した場合の伸び量を表4に示す。

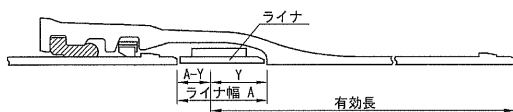


図4 ライナを使用した継手

表4 ライナの使用による伸び量

単位:mm

呼び径	ライナ幅 A	標準胴付 寸法Y	ライナによる 伸び量 (A-Y)
75、100	74	45	29
150~250	99	60	39

(2) 継ぎ輪

継ぎ輪内の挿し口の間には、図5に示す標準胴付寸法(y1寸法)を確保する。これは、地震時の入り込み量や既設管撤去時に管をずらすための間隔に相当するもので、配管設計時に考慮する必要がある。

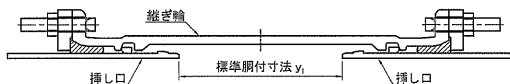


図5 継ぎ輪

表5 継ぎ輪の標準胴付寸法

単位:mm

呼び径	y1
75	190
100	200
150	240
200	250
250	250

(3) 両受短管

図6に継手構造を示す。両受短管の内側には壁があり、配管設計時に考慮する必要がある。

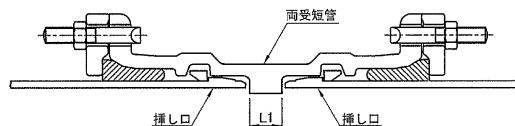


図6 両受短管

表6 両受短管の有効長

単位:mm

呼び径	L1
75~250	20

(4) P-Link

GX形直管の切管部を直管受口に接合する場合、切管部にP-Linkを取り付ける必要がある。図7にP-Linkを使用した場合の直管の継手構造を示す。

P-Linkの挿し口の胴付寸法は、通常の直管受口の標準胴付寸法Yよりy2だけ長くなることになる。有効長は挿し口端部を基準とするため、P-Linkを使用することにより管路長は、図7に示すようになる。したがって、配管設計はこの寸法を考慮して行い、設計図にも明記する必要がある。P-Linkを使用した場合の伸び量を表7に示す。

また、ライナを使用した場合は、(1)ライナを使用したGX形直管の受口に示す図4と同様な状態となるためy2寸法を考慮する必要はない。

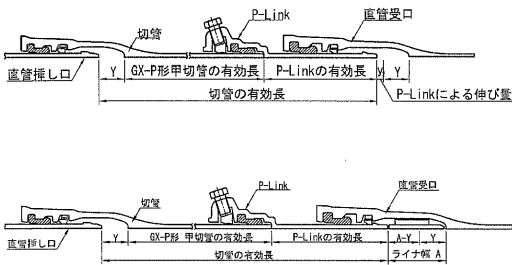


図7 P-Linkを使用した継手

表7 P-Link使用による伸び量

単位:mm

呼び径	P-Linkの有効長	P-Linkによる伸び量 y_2
75	180	17
100	180	20
150	210	23
200	220	22
250	220	23

3.3 一体化長さの設計

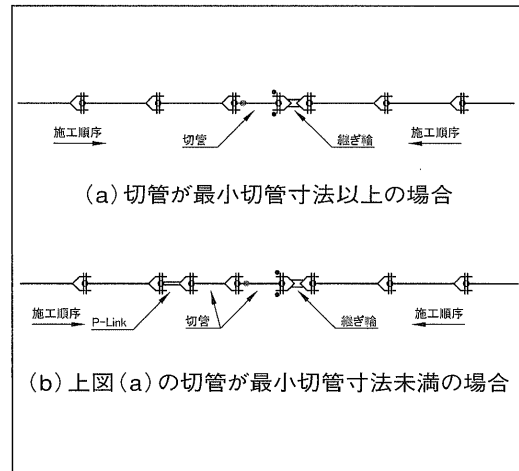
管路の異形管部には、水圧による不平均力が作用するため、離脱防止継手による管の一体化、または防護コンクリートによって異形管防護をする必要がある。

GX形の一体化長さは、NS形と同じであり、曲管とT字管部の一体化長さを早見表から選定する。片落管や管端部については、別途一体化長さを算出する。

3.4 管路の寸法調整

(1) 直線配管時の寸法調整

配管施工時は、測量誤差や現場条件による種々の制約などによって寸法調整が必要になる。GX形の場合は、切管を使用して現場での寸法調整が可能である。このため、寸法調整が必要となる箇所には、設計段階から切管を適切に配置しておくようにする。直線配管時の寸法調整の例を図8に示す。

図8 直線配管時の寸法調整の例
(せめ配管の場合)

(2) 異形管前後における寸法調整

異形管前後の寸法調整は、施工順序にもよるが原則として異形管および仕切弁の前後の管で行う。この場合、多少の長さ調整があった場合でも必要な一体化長さが不足しないように、あらかじめ一体化長さに余裕を見ることが望ましい。異形管前後における寸法調整の例を図9に示す。

ここで、継ぎ輪を一体化長さの範囲内に設置する場合、継ぎ輪の伸縮および屈曲を防止するためにG-Linkを用いる。なお、継ぎ輪に異形管の挿し口を接合することは、ゴム輪の正常な接触面の確保ができない問題注)や継ぎ輪の移動により異形管の接合用フックと押輪が接触による破損や漏水の原因となるなど、水密性の観点から不都合であるため避けなければならない。

注) 異形管の挿し口は管端部から受口深さ程度までの間で外径が管理されている。したがって、継ぎ輪に異形管の挿し口を受口深さ以上に挿し込んだ場合、ゴム輪の正常な接触面が確保できないため十分な水密性が確保できないことがある。

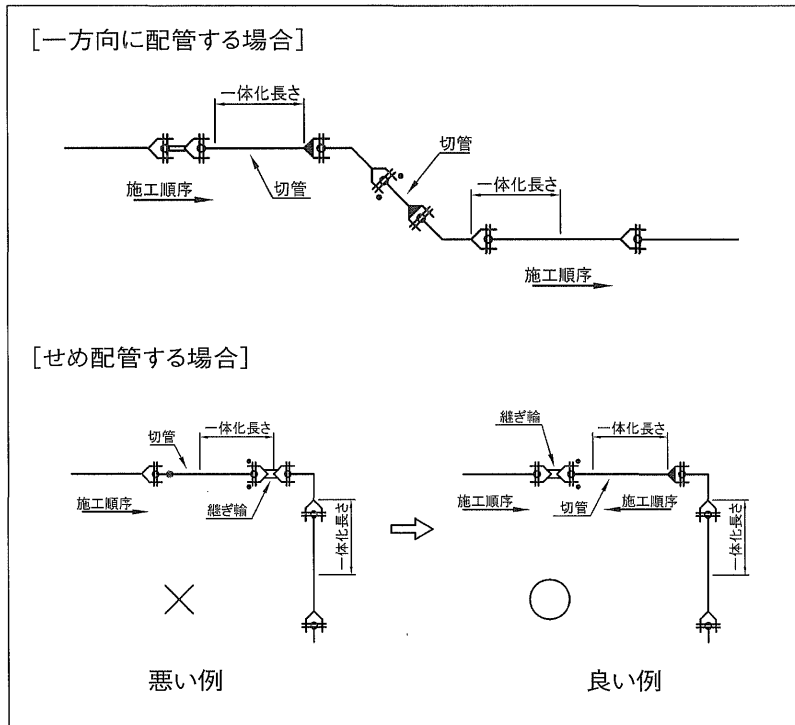


図9 异形管前後における寸法調整部の例

4. 既設管との接続方法

既設管の継手形式が異なる挿し口(NS形等)において、切断することが可能な場合のGX形との接合方法を表8に示す。

ダクタイル鉄管の外径は継手に依らず同一である。既設管との取り合いは既設管の直管部分を切断するか、既設の挿し口を用いてK形挿し口を準備し、P-Linkもしくは継ぎ輪や异形管とG-Linkの組み合わせにより、離脱防止構造として配管する。なお、GX形受口ののみ込み寸法が他の継手と異なるため、特に可撓管や不断水分岐などのK形用の挿し口と接続する場合には、G

X形継手に必要な寸法が確保できるか確認を行う。

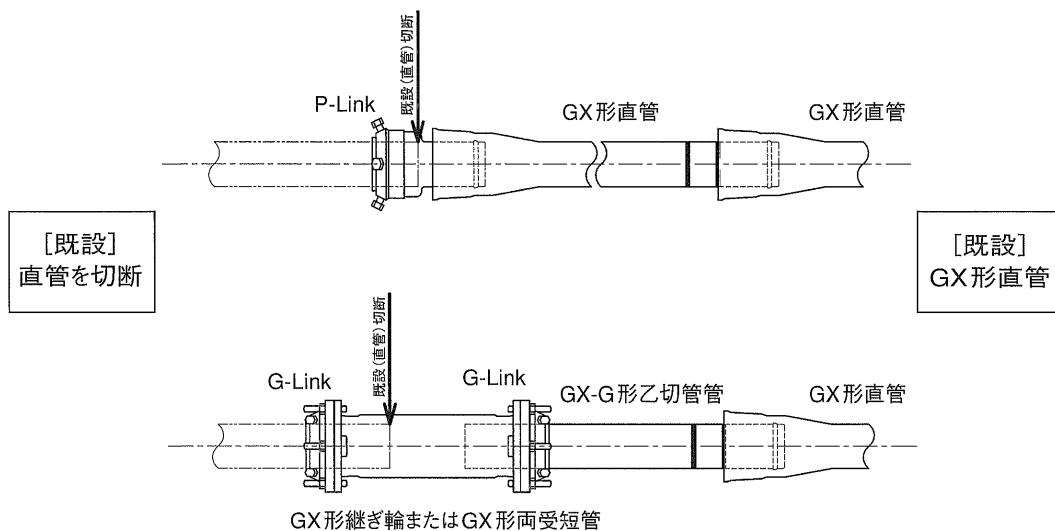
また、連絡箇所不平均力が作用する場合は管路の一体化等の適切な対策を講じる。

5. おわりに

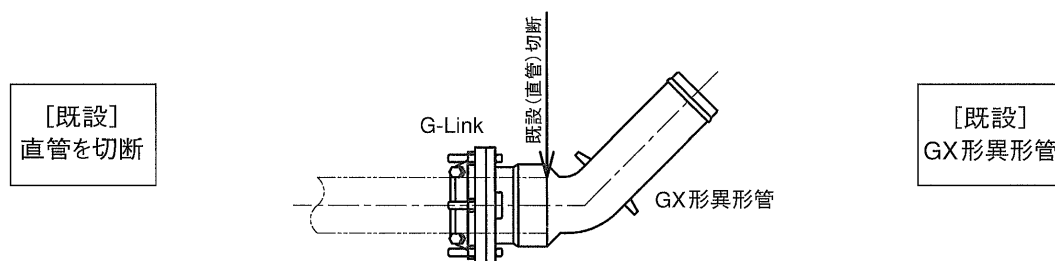
本講座において、GX形ダクタイル鉄管管路の設計におけるポイントについて説明した。詳細な設計方法については、ダクタイル鉄管協会技術資料「GX形ダクタイル鉄管管路の設計」(T-57)が当協会ホームページからダウンロードできるので、参照いただきたい。

表8 既設管との接続方法

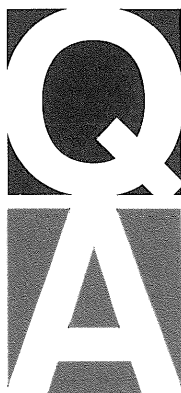
(1) 既設を切断し、GX形直管受口を接合する場合



(2) 既設を切断し、GX形異形管受口を接合する場合



ダクティル鉄管に関する 素朴な疑問集 (その21)



GX形ダクティル鉄管はどのようにして長期耐久性が期待できるのでしょうか？

GX形ダクティル鉄管の長期耐久性について、管外面、管内面、ゴム輪、ボルト・ナットの各項目について説明します。

1. 管外面

GX形の管外面には外面耐食塗装が施されています。この外面耐食塗装は、「亜鉛系合金溶射＋封孔処理＋合成樹脂塗装」から構成されており、直管、異形管、P-Link、G-Link、押輪等に適用しています。

GX形は、一般的な埋設環境(山地を除く国土の95%)においてポリエチレンスリーブを装着せずに、耐食皮膜の寿命が70年以上、鉄部の寿命が30年以上とし、長期の寿命が期待できるよう防食設計しています(図1-1参照)。これらは、全国約3000地点での腐食に関する調査データや実験室における促進試験結果を基に推定した結果です。

推定結果のうち、促進試験結果より求めた各種防食期間を紹介します(表1-1参照)。「亜鉛溶射皮膜の防食期間」は、腐食性の強い環境(海水環境)では2年以上で、腐食促進試験(複合サイクル試験)では約3日でした。「外面耐食塗装の防食期間」は腐食促進試験で120日以上であることから、亜鉛溶射の35倍以上となり、この結果、腐食性の強い環境での「外面耐食塗装の防食期間」は70年以上となります。

以上より、外面耐食塗装は一般的な埋設環境(国土95%)において長期の耐久性が期待できるものと推定されます。

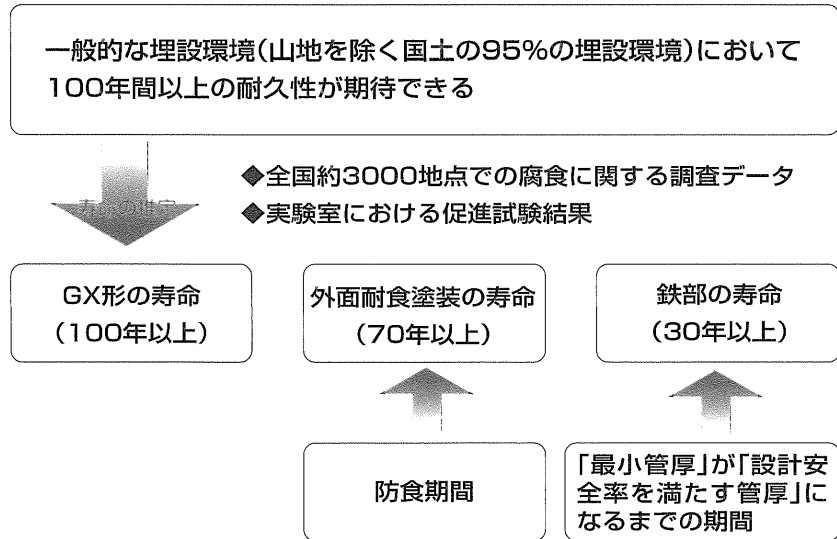


図1-1 GX形の寿命の考え方

表1-1 外面耐食塗装および亜鉛溶射皮膜の防食期間

	腐食性の強い環境(国土95%以内を想定)での防食期間	腐食促進試験 ¹⁾ での防食期間
〔従来〕亜鉛溶射皮膜 (溶射量130g/m ² 、 塗装なし、傷なし)	2年以上 (実験値)	約3日 (平均実験値)
外面耐食塗装 (溶射量325g/m ² 、 塗装あり、傷あり)	70年以上 (推定値)	120日以上 (実験値)

注1)複合サイクル試験(JIS K 5600-7-9サイクルA)

2. 管内面

2-1 エポキシ樹脂粉体塗装

約20年間使用された経年エポキシ樹脂粉体塗装管について、粉体塗膜の性能を調査し、耐久性を評価しました。

①付着強さ、吸水率およびインピーダンスは、新品の値と同等であり、粉体塗膜の劣化兆候は認められませんでした。

②塗膜表面からの塩素浸透深さは20 μ m以内と塗膜表層のごく浅い部分にしか浸透しておらず、優れた耐久性を有することを確認しました。

図2-1に示すように、塗膜の厚さは300 μ m以上と規定されていることから、粉体塗膜は長期の耐久性を有するものと推定されます。

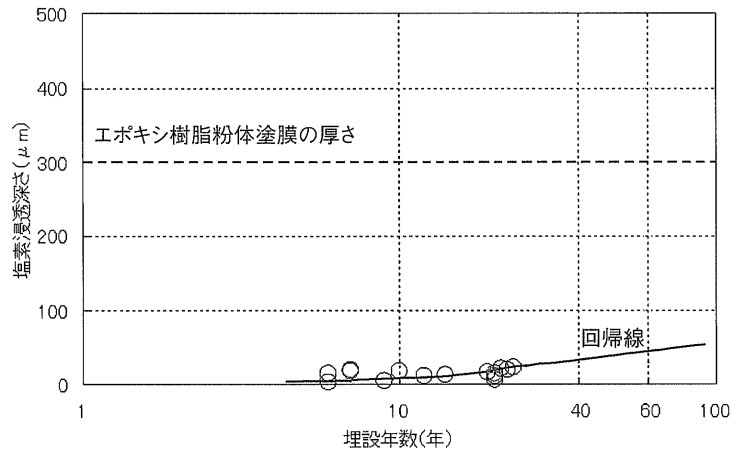


図2-1 経年エポキシ樹脂粉体塗膜の塩素浸透深さ¹⁾

【出典】1) 内面エポキシ樹脂粉体塗装ダクタイトル鉄管について〔JDP A T47〕(日本ダクタイトル鉄管協会)

2-2 モルタルライニング

直管の内面は、1950年代半ば以降、主としてモルタルライニングが施され、長期間の使用実績があります。

横浜市水道局では、老朽化したダクタイトル鑄鉄管の更新計画を策定する際の耐用年数推定の知見を得るため、管内面のモルタルライニングの中性化について各種試験を行っています²⁾。その結果、中性化したモルタルライニングは、管への振動によるクラックや剥離、防食性能に関して、中性化していないものと比べても顕著な差は確認されず、中性化してもすぐに発錆することがないため、管路への影響は少ないと報告しています。また、老朽管の更新計画策定の際に根拠とすべきモルタルライニング管の耐用年数は、モルタルライニングが完全に中性化するまでの期間を考慮して、シーラコートありの小口径管では埋設後100年程度が妥当であると提案しています。

以上のことから、シーラコートのあるモルタルライニングが完全に中性化するまでの期間および中性化後も一定の防食機能が期待できることを考慮すると、モルタルライニングは一般的な水質において長期の耐久性を有すると考えられます。

ただし、モルタルライニングが中性化する期間は、水質条件により大きく異なります。遊離炭酸が多い等、侵食性の強い水質の場合、早い期間でモルタルライニングが中性化する場合がありますことに留意する必要があります。

【出典】2) 横浜市水道局：「ダクタイトル鑄鉄管のモルタルライニングの中性化と機能劣化に関する研究」

3. ゴム輪

一般的にゴムの劣化要因には以下の項目があるとされています。

- ①紫外線による劣化
- ②酸素による劣化
- ③オゾンによる劣化
- ④熱による劣化

通常、地中埋設されている水道管路では、①～④の影響はほとんどないためゴムの劣化は極めて緩慢であると考えられます。実際に40～50年使用されたゴム輪の物性にほとんど変化がなく、水密性も確保されていることを確認しております(図3-1参照)。

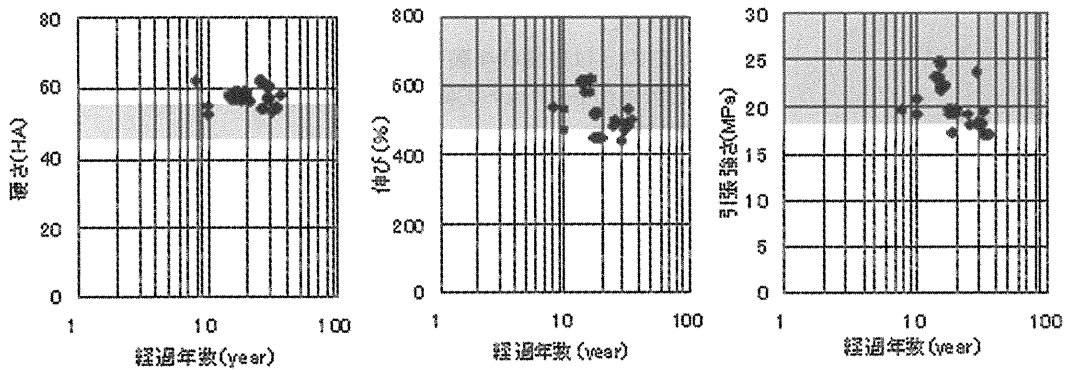


図3-1 長期間使用されたゴム輪の物性(着色部は規格値)

上記①～④の影響の他に応力によるゴム輪の永久変形があります。G×形ゴム輪の水密機構はバルブ部(直管)、丸部(異形管)の圧縮により発揮されるため、長期間使用すると圧縮応力によりゴム輪が永久変形します。

図3-2に実際に約0.5～30年間使用されたT形ゴム輪の圧縮永久ひずみを示します。実測データから推定した100年後の圧縮永久ひずみは約45%であり、許容圧縮永久ひずみの80%よりも十分に小さい値であるため、長期的に水密性を確保できると考えられます。

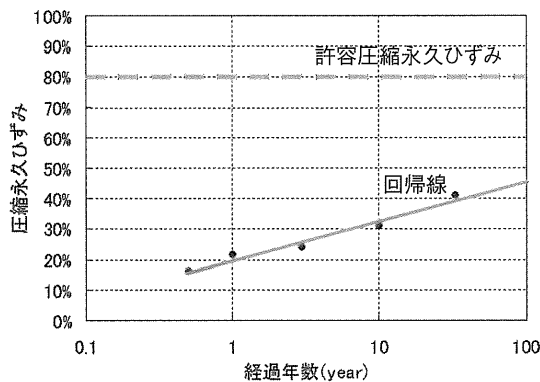


図3-2 T形ゴム輪の圧縮永久ひずみ

G×形ゴム輪の長期耐久性は加熱促進試験により評価しています。加熱促進条件は実際に長期間使用されたT形ゴム輪の圧縮永久ひずみと、加熱促進試験後のT形ゴム輪の圧縮永久ひずみを比較し算定しました。

G×形ゴム輪を接合状態で100年相当加熱促進した結果、圧縮永久ひずみは約40%であり、T形と比べて永久変形しにくいことが判りました。また、100年相当加熱促進後のG×形ゴム輪で水密試験を実施しましたが漏水はなく、長期的に水密性能を保持できることを確認しています。

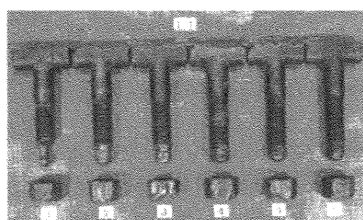
4. ステンレス鋼製(SUS304)ボルト・ナットの寿命について

SUS304製ボルト・ナットは主にS形やSⅡ形で使用されはじめ、約20年が経過しました。

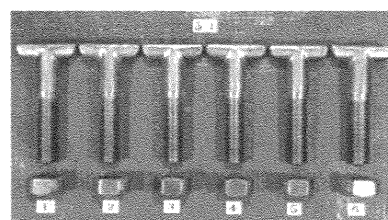
これまでのSUS304製ボルト・ナットの調査事例と、参考としてSUS403製ボルト・ナットの調査事例を以下に示します。

(1) 調査事例Ⅰ³⁾

腐食性の強い粘土(最大ANSI評価18.5点、酸性土壌)に、ポリエチレンスリーブを装着せずに6年間埋設しました。酸化皮膜付きダクタイル鋳鉄製は、ボルト先端部やナット角部で腐食が認められました。一方、SUS304製は発錆もなく良好でした(写真4-1参照)。



〔酸化皮膜付きダクタイル鋳鉄製〕



〔SUS304製〕

写真4-1 埋設実験結果(酸性土壌に6年間埋設)

(2) 調査事例Ⅱ〔参考:SUS403製ボルト・ナットの事例⁴⁾〕

埋立地において腐食性の強い粘土質の土壌(最大ANSI評価13.5点、海水の影響あり)に、ポリエチレンスリーブを装着していない状態でSUS403製のボルト・ナットを20年間埋設しました。ボルトのネジ切り部や頭部角、ナットの角部等に、若干の腐食が発生していましたが、大きな腐食は認められませんでした(写真4-2参照)。

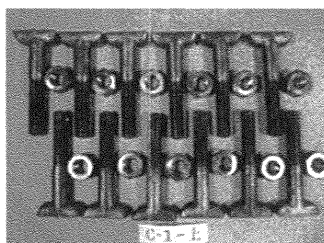


写真4-2 埋設実験結果(埋立地に20年間埋設)

(3) 調査事例Ⅲ⁵⁾

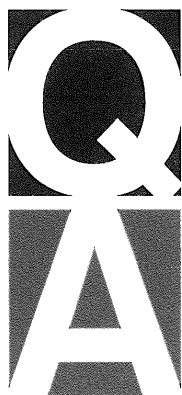
各種ボルトの耐食性を評価するために、各種試験を100日間行いました。表4-1に示すように、塩水噴霧試験や3% NaCl浸漬試験では、SUS304製ボルト・ナットの腐食減量はSUS403製の100分の1～200分の1程度でした。

表4-1 耐食性試験(100日後)における腐食減量(wt%) [一部抜粋]

ボルト	塩水噴霧	3%NaCl
SUS304製	0.026	0.003
SUS403製	2.204	0.663

以上より、SUS403製ボルト・ナットは埋立地に20年間埋設後も大きな腐食は認められず、また塩水に関する腐食促進試験でもSUS304製ボルト・ナットの腐食減量はSUS403製に比べて極僅かであることから、SUS304製ボルト・ナットは長期の耐久性が期待できるものと推定されます。

- 【出典】 3) 日本ダクティル鉄管協会：「いわき市水道局殿 外面被覆材及び各種ボルト・ナットの耐食性調査埋設実験(6年後調査結果報告書)」、平成12年12月
 4) 玉瀬充康(大阪市水道局)：「ダクティル鋳鉄管の各種内・外面塗装埋設実験(その4-埋設20年後および追加埋設実験10年後の調査結果)」、水道事業研究 第148号、大阪市水道局、平成16年10月
 5) 喜多川真好、道浦吉貞：「冷間鍛造ステンレスT頭ボルト・ナット」、栗本技報、pp.25-31(1993)



GX形ダクティル鉄管の外面耐食塗装に傷がついても大丈夫なののでしょうか？

小さな傷※がついた場合には、外面耐食皮膜中の亜鉛合金が傷部を守り、長期の耐久性が期待できます。それより大きな傷がついた場合には、期待する防食性能が得られません。

なお、小さな傷やそれより大きな傷がついた場合の補修方法については、「GX形ダクティル鉄管 接合要領書」をご参照ください。

※小さな傷:管外表面1m²当たり15cm²以内の傷、かつ幅5mm以内の傷

傷部に対する防食性を確認するため、試験片に鉄地にまで達する傷を付け、複合サイクル試験を行いました。図1に示すように、外面耐食塗装は傷部に対して良好な防食性能を示しています。これは、図2のように、傷がつき、鉄地が露出しても、この部分を守るために矢印のように電流が流れて亜鉛がゆっくと溶出することにより、傷部に亜鉛化合物が堆積し、保護皮膜を形成するためです。

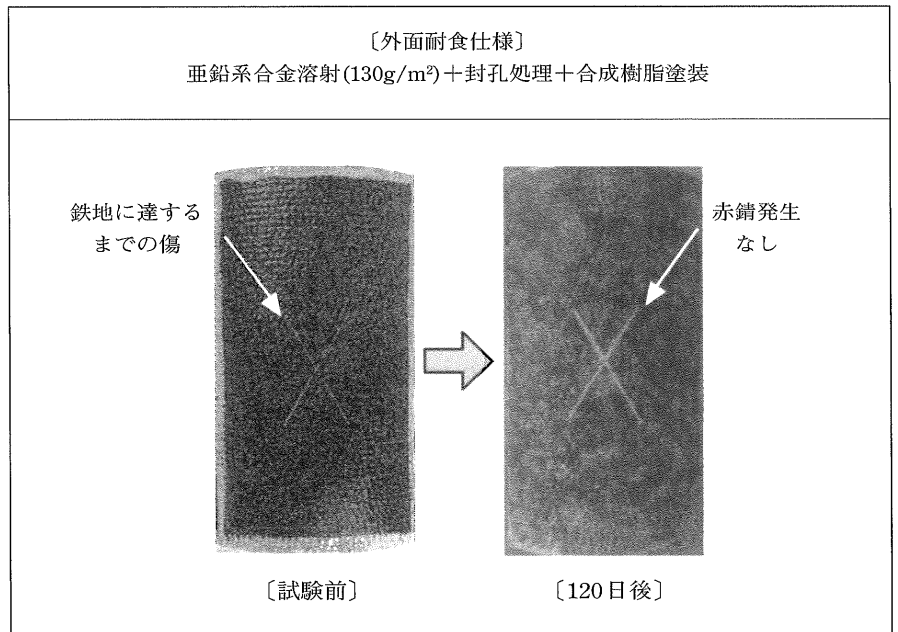


図1 複合サイクル試験*結果

(* JIS K 5600-7-9 サイクルA: 塩水噴霧2h→乾燥4h→湿潤2hのサイクル)

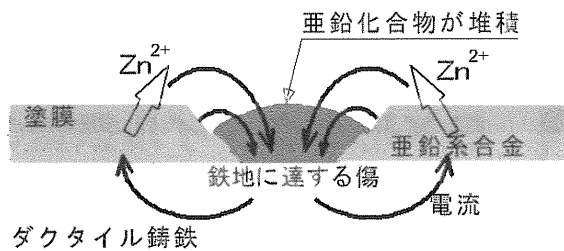
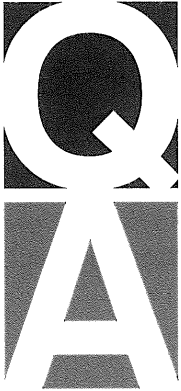


図2 傷部の防食メカニズム



GX形ダクタイトイル鉄管は、なぜ狭い掘削幅で施工ができるのですか？

GX形ダクタイトイル鉄管は、新しい継手構造で施工性を大幅に向上したことにより、NS形に比べ狭い掘削幅での施工が可能となっています(図1、表1)。GX形ダクタイトイル鉄管における管路布設時の掘削幅削減に関わる施工性向上のポイントを表2に示します。

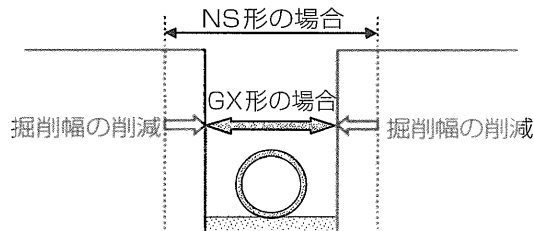


図1 掘削幅の比較

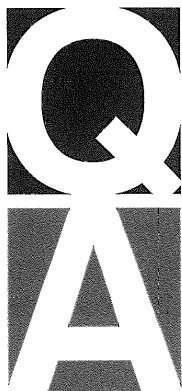
表1 掘削幅(土留めなし)

呼び径	掘削幅(cm)		
	GX形	NS形	T形
75	50	60	50
100	50	65	50
150	50	70	50
200	55	75	50
250	60	80	50

表2 管路布設時の掘削幅削減に関わる施工性向上のポイント

施工性向上のポイント	内容
直管の接合	GX形ゴム輪の採用で継手接合時の挿入力を大幅に低減させたことにより、1台のレバーホイストでの継手接合が可能となりました。
異形管の接合	メタルタッチ押輪の採用により、T頭ボルト締め付け時のトルク管理が不要となり、インパクトレンチによる締め付け作業が可能となりました。 なお、G-Link押ボルトのトルク管理については、柄の短いトルクレンチを使用することにより作業可能となります。

GX形管路布設に必要な掘削幅はT形管路布設時と同じ、あるいはそれ以上あります。これまで、T形管路での埋め戻しが問題なく行われていることから、GX形管路においても掘削幅削減の影響を受けることなく埋め戻しを行うことができます。



GX形の接合や切管挿し口加工に必要な工具は、NS形と同施工に使用するものと変わるのでしょうか？また、共用できるのでしょうか？

GX形の施工に必要な工具は「GX形ダクトイル鉄管接合要領書」に示されています。それら工具を、NS形と共用できるものと新規準備が必要な工具とに分けると以下のようになります。

1.GX形の接合に必要な工具

(1)NS形呼び径250以下の施工と共用できる工具

- ① プラスチックハンマ
- ② スリングベルト(4本):吊り具として使用しているナイロンスリングで代用が可能です。
- ③ レバーホイスト(0.8tf用 2個):管との接触部はゴム板などで養生してください。
- ④ ラatchetレンチ(異形管用)
- ⑤ ロックリング絞り器

(2)新規に準備が必要な工具

- ① ゴム輪位置チェックゲージ(直管、P-Link用):厚さ2mm-4mm
- ② インパクトレンチ(異形管用)
- ③ ユニバーサルジョイント(異形管用):屈曲角30°
- ④ 隙間ゲージ(異形管、P-Link用):厚さ0.5mm
- ⑤ ロックリング拡大器(異形管用)

2.GX形の切管に必要な工具

GX形の切管は、P-LinkやG-Linkを用いる方法と、NS形と同様に切管用挿し口リングを使用して、挿し口突部を形成する方法とがあります。P-LinkやG-Linkを用いる方法では全てNS形の施工工具と共用できます。

(1)P-Link、G-Linkを用いる場合

- ① 切断機
- ② グラインダ・面取りヤスリ
- ③ トルクレンチ:トルク100N・m

(2)切管用挿し口リングを使用する場合

1)NS形呼び径250以下の施工と共用できる工具

- ① 専用の溝切機・切断機
- ② 挿し口リング拡大器
- ③ シャコ万力
- ④ 専用ストップ付ドリル刃
- ⑤ ドリル
- ⑥ グラインダ・面取りヤスリ

- ⑦ プラスドライバ(呼び番号2番)
- 2) 新規に準備が必要な工具
 - ① チェックゲージ

3.GX形の解体に必要な工具

- (1) NS形呼び径250以下の施工と共用できる工具
 - ① 解体矢
 - ② 特殊割押輪
 - ③ 油圧ジャッキまたはだるまジャッキ
 - ④ 解体矢打込みキャップ
 - ⑤ ハンマ
- (2) 新規に準備が必要な工具
 - ① 薄板(P-Link、G-Link用)

なお、管を吊る時は、従来管と同様にナイロンスリングやゴムチューブなどで被覆されたワイヤーロープを用いてください。