

Technical Report 05

技術レポート

「地下空間を有効利用した推進 工事における水道管挿入工事」 の実施事例

静岡市上下水道局
水道部水道管路課
主査
切石 貴之



1.はじめに

静岡市上下水道局では、静岡市上下水道事業第3次中期経営計画に基づき、将来にわたり安定した水の供給を実現するため、異常渇水時には、安倍川水系と興津川水系の水を相互に運用する水の相互運用事業北部ルート事業を現在実施している。

その事業内容と施工事例を紹介する。

2.目的・経緯

静岡市清水区（旧清水市）の給水使用量の約8割は、その水源を2級河川興津川の表流水に依存している。興津川は、過去3度の異常渇水が発生しており、清水区（旧清水市）では、水道の圧力不足や給水制限を余儀なくされ、2度、県の工業用水から緊急受水を受

けた経緯がある。平成15年度の合併を機に、旧静岡市・清水市両地区の水の相互運用を図ることにより、安定した給水システムを構築することとし、平成17年度には、「水道事業基本構想・基本計画」および市長のマニフェストに、現在では、平成27年度に策定した「しずおか水ビジョン」の政策目標「危機管理の強化」を実現するための政策の1つに位置付けられている。

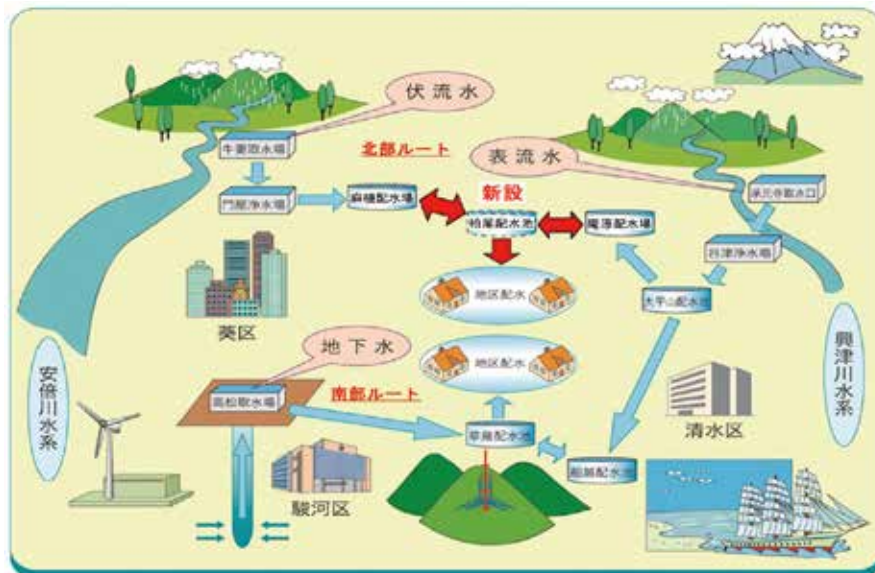


図1 水の相互運用事業図

3.北部ルート事業の概要

北部ルート事業は、静岡市葵区牛妻で取水した1級河川安倍川の伏流水を門屋浄水場を経由して麻機配水場から清水区柏尾に新設した柏尾配水池に送る送水管（呼び径 400×12.2 km）、静岡市清水区承元寺町で取水した2級河川興津川の表流水を清水谷津浄水場・大平山配水池を経由して、庵原配水場から柏尾配水池に送る送水管（呼び径 500×6.2 km）、柏尾配水池から清水区高部地区周辺に地区配水するための配水本管（呼び径 500×2.7 km）の合計 21.1 kmを整備する事業である。

4.工事概要

- ・鉄管布設工 呼び径 400（送） 232.6 m
- ・鉄管布設工 呼び径 500（送） 232.7 m
- ・鉄管布設工 呼び径 500 232.6 m
- ・仕切弁設置工 呼び径 400 1 基

- ・仕切弁設置工 呼び径 500 2 基
 - ・さや管推進工 呼び径 1500 194.9 m
- 今回紹介する工事は、2本の送水管と配水本管の計3本を同一道路内に同時布設する工事である。この中で、河川下を通過するために非開削工法（推進工法）を採用し、呼び径 1500 のさや管内にダクタイル鉄管（延長約 195 m）を3本挿入するものである。

5.非開削工法(推進工法)の採用

当工事区間内には普通河川神ノ沢川があり、この河川を渡る方法について、まずは、開削工法で河川の下越し横断（7m程度）を行うことについて検討した。布設するダクタイル鉄管3本はいずれもNS形管を考えた。（図2）

開削工法での施工は、掘削断面から考えて鉄管3本を布設する作業スペースや将来計画を踏まえた河川構造物との離隔確保や掘削深さが深いことなどの理由で困難であると判断した。

次に非開削工法（推進工法）で河川通過を検討した。

推進工法については、経済性、施工性、施工規制による地元への影響、各管理者から許可承諾を得られる規格構造を考慮し、検討した。

経済面を考慮した場合、推進区間は最低限必要な河川下横過分（推進12m程度）となるが、これでは立坑の設置位置が河川の両脇の道路部になるため、施工期間中、全面通行規制が想定された。本道路は地元住民の主要道路であり、可能な限り地元への影響を最小限にしてほしいなどの要望があったため、再度調整を行い、推進延長を194.9 mとした。これにより主要道路の確保と、迂回路も選択できるようになった。

次に、占用許可若しくは承諾を得られる規格、構造について検討した。検討にあたっては、道路および河川管理者との協議の結果、道路管理者からは、既設橋梁の架け替えを行う場合には、耐震構造として杭基礎などが必要になる可能性が高く、今回施工するさや管が将来支障とならないようにすること、河川管理者からは、河川横過の場合、最深河床から2+1.5 Dとするよう条件がだされた。

本工事では、ダクトイル鉄管3本を挿入するのに必要な大きさを検討した。挿入する鉄管は、当初、一般的な耐震管であるNS形管を検討したが、さや管径を極力最小限にしたいことと挿入時における管の離隔や施工性を考慮し、PN形管を採用した。PN形管を採用したことにより、さや管（推進管）径は1500 mmとなった。（写真1）。

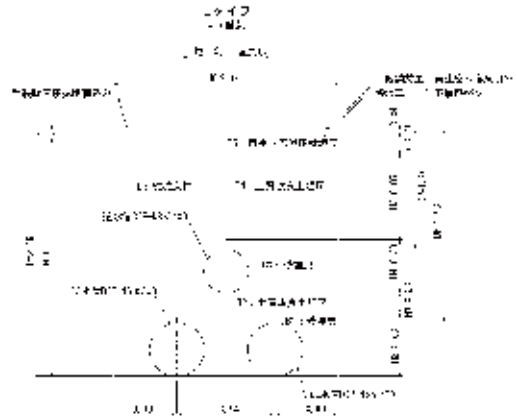


図2 土工標準

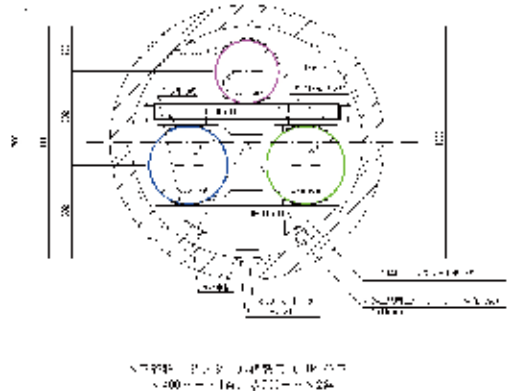


図3 さや管内配置図



写真1

6. さや管内管挿入工

推進工の発進立坑の大きさが幅 4.0m × 長さ 7.2 m であり、支障壁や坑口、推進管（さや管）の余長、管挿入に必要な作業スペースなどを考慮した結果、PN形管の標準長 4m を採用した。

到達立坑の大きさは、推進機の搬出や管 3 本を坑内で立ち上げることなど離隔や作業スペースを考慮し、鋼製ケーシングφ 3000 とした。

管の挿入は、図 4 のように架台の上に 3 本 / 1 セット（管 4m / 本）を全部で 50 回繰り返し挿入作業を行なった。

挿入のみの作業日数としては、14 日間、1 日平均 3.5 回挿入し、日当たり施工量は、1 日平均 14m 程度となった。

1 回 4m / 本を挿入するのに必要な実作業時間は 2 分程度であるが、管挿入以外に管の荷卸しや、管を 3 本架台にセットする時間、管の接合作業に時間を要した。

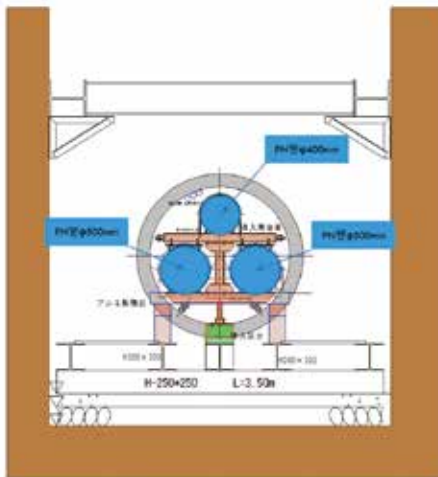


図4 PN形管3本同時挿入断面図



写真2

7. 管挿入の作業手順と工夫

挿入工について、作業手順と工夫した点を紹介する。管を据付ける前の状態を写真 3 に示す。この様な状態で仮置き台を 2 か所設置した。（写真 4）。この仮置き台の上に呼び径 500 の管を置き、管が転がらないようにキャンバーを設置し、押し込み作業を始めるまでの仮置き場とした。仮置き台を設置したことにより、さや管内に押し込んである管との高さ調整をはじめ、管の接合や架台設置など、効率よく作業を進めることができた。

PN形継手のロックリング挿入作業でも、仮置き台が役立ち、効率的に作業することができた。呼び径 500 の接合作業完了後、呼び径 400 を乗せるための架台をセットするが、ここでも押し込み作業を行う時に管が揺れたり、ずれたりしないように固定する工夫を行った。

また、高さの調整と管の固定作業、均等にバランスをとり、確実に作業を行うために工夫したのが、配管技術者や作業員が管挿入用のレールを跨ぐように管下に入って作業するスペースを確保したことである。（写真 5, 6）。これらの工夫により、安全性、施工性および効率性を確保することができた。

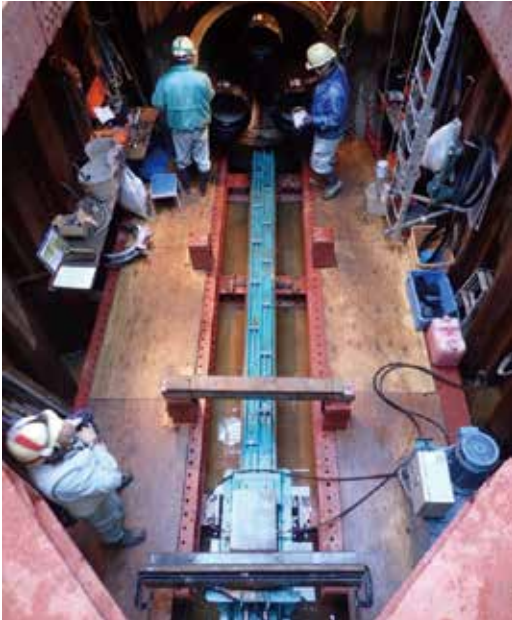


写真3



写真4



写真5



写真6

本市の過去の施工実績では、さや管呼び径 800 に 500 のPN形管を延長約 200 m 挿入、さや管呼び径 600 に 400 のPN形管を約 100 m 挿入（写真7）、呼び径 1000 のさや管に 400 と 300 のPN形管を並べて約 70 m 挿入（写真8）、また、大口径では、呼び径 1350 のさや管に 1100 のPN形管を約 110 m 挿入した実績はあったが、今回のようにさや管内に 3 本挿入した実績ははじめてである。

今回の様に管3本を同時挿入する施工については、全国的にも例が少なく、受注者をはじめ、関係者の協力のもと、過去の経験を踏まえ、安全かつ確実に効率の良い作業方法を繰り返し検討を重ね、無事に完了することができた。

1本挿入
(HP600mmL=98.9m
PN400mm)



写真7

2本挿入
(HP1000mmL=70.1m
PN400mm・PN300)



写真8

8. 管の挿入推力

今回の挿入作業を行う上で、懸念していたのは、管重量や管とさや管との摩擦抵抗により推力が想定以上に上昇し、施工途中で管を挿入する（押しきる）ことができなくなる状況になることや限界以上の推力で管を挿入する（押す）ことであった。

そこで、施工前に想定推力の算出を行なった。

○管挿入における推力の計算

発進立坑～到達立坑区間 L=196.00 m

※推進延長 195.0 m+挿入短管 0.5 m×2(発進・到達)

①管の重量 $W=W1(\phi 500)+W1(\phi 400)+W2(\phi 500)+W2(\phi 400)+W3$

W：管の総重量 (t)

W1：直管部の重量 (t)

W2：継手部凸部の重量 (t)

W3：外面バンド(挿入用台車)の重量 (t)

管の総重量 $W=50.27+18.29+5.03+1.89+3.06=78.54$ tとなる。

②想定推力

$$f = \mu \cdot W \cdot S = 0.1 \times 78.54 \times 1.3 = 10.21 \text{ t}$$

f：想定推力(tf) μ ：摩擦係数(車輪有り)

W：管の総重量 S：安全率

※圧力ゲージの読値について

圧力ゲージの仕様は 100MPa

油圧ジャッキ断面積 = 28.84cm²

$X(\text{Mpa}) \times 28.84(\text{cm}^2) \div 100 = \text{推力}(t)$

～計算例～ 目盛読値 Xが35の場合

$$35.4 \times 28.84 \div 100 = 10.21 \text{ t}$$

となり最高推力となる。



写真9



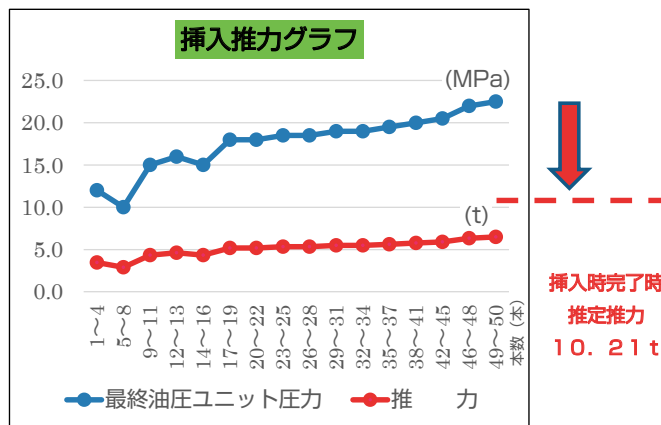
写真10

毎回、推力を確認しながら、挿入作業の推力管理を行なった。

この想定推力計算を基準に管の挿入時の挿入推力を確認しながら入作業を行ったところ、

想定していた推力 10.21 tまで推力が上昇することなく最大で6~7t程度の推力で約 195 mを無事に押し込むことができた。(表1)

表1 挿入推力グラフ



今回、挿入時における懸念を解消するため、受注者をはじめ、材料メーカーとも相談し、検討を繰り返した結果、写真11、12のような鋼製架台やガイドレール、摩擦抵抗が少ない車輪を

使用することとした。これにより、挿入時における摩擦抵抗やブレ、ゆがみなどが抑制され、バランス良く均等に推力を伝達できたことが、想定推力を下回った要因ではないかと考える。



写真11 架台



写真12 ガイドレール

9.最後に

本事業は、いつ発生するかわからない、異常湧水や災害などを想定し、できるだけはやく完成することを目標としてきました。しかしながら、新たに整備した施設や管も時間が経過すれば老朽や破損などが発生し、維持修繕が必要となる。

静岡市では、今後、施設や管の老朽化更

新をはじめ、複線化を考慮した事業計画を予定している。また、漏水や断水、市民生活に大きく影響する自然災害はいつ起こるかわからないため、迅速な工事の完成、事業の促進が安心、安全な上水道の供給に繋がると信じて整備を進めて行きたいと考えている。



水のキャラクター しずみい