

JR 軌道下における上下水道管の共同溝推進施工報告

Construction Report on Waterworks and Sewerage Pipes Installed in Common Utility Tunnel underneath Japan Railway Tracks

相川浩司* 秀島安則* 池上直巳* 末松康成** 斉藤昌彦***

Koji Aikawa, Yasunori Hideshima, Naomi Ikegami, Yasunari Suematsu, Masahiko Saito

本報告はJR軌道下を推進し、さや管内に上水道管・下水道管を同時施工した共同溝による管布設施工事例である。

西佐賀水道企業団では老朽管更新事業としてJR軌道下に推進工事を計画していたが、協議の中で下水道管と同一さや管内に推進することとした。通常は立坑の共同利用程度で別途に推進施工するのが一般的であるが、一歩進めて共同溝として同時施工した。経済性の面から共同溝の断面は、下水圧送管路の安全対策を考慮した最小断面とした。また、管理の面でも更新方法の検討を行い、既設の外管を活用し内管のみ押し抜くことができる工法も検討課題として考慮した。本稿では、これらを可能とした挿入方法および狭小断面における充填材の選定とそれらを用いた施工事例について報告する。

This paper reports on the construction results of waterworks and sewer pipes by insertion into a casing pipe that had been installed beforehand as a multi-purpose utility tunnel underneath the Japan Railway tracks. The plans of the Water Service of the Western Saga were to install a distribution main underneath JR track by pipe-thrusting as a renewal method for aged pipes. As a consequence of negotiations, it was decided to insert waterworks and sewerage pipes into a common incasing pipe. Generally, thrusting is used to install waterworks and sewerage piping in a common vertical shaft. In this case, a construction method that simultaneously inserts both pipes into a multi-purpose utility tunnel was selected.

From the perspective of economical efficiency and in consideration of safety in sewerage pumping, the minimal section of sewerage pipe was adopted. Moreover, replacement method was also examined in respect of management, and a method of construction that utilizes existing outside pipe and extracts only the inner pipe by pushing was also taken into consideration. This paper reports on the filler selected for the insertion method and narrow section that made this project possible and the methods of installation used.

1. 施工方法の検討

施工方法の選定においては、下記の点に注意して検討した。

- ・ 工事費の縮減
- ・ 掘り返し工事の防止
(工事施工期間中の地域住民への負荷軽減)
- ・ 経済性を考慮し、共同溝断面の最小化
- ・ 狭小断面に適した充填材の選定

1.1 当初施工計画

当初はJR軌道下において、上水道については、さや管をφ400鋼管、上水道管をφ200NS形ダクタイル鉄管(EPS工法¹⁾)、下水道については、さや管をφ200鋼管、下水道管をφ150塩ビ管と、上下水道を別々に施工する計画であった(図1)。

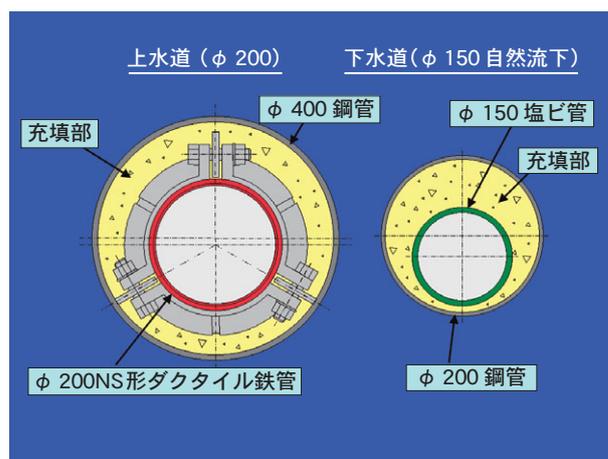


図1 当初施工計画

1.2 工事費の縮減および掘り返し工事の防止

工事費の縮減と掘り返し工事の防止の為、共同溝としてさや管を推進し上下水道管の同時施工を検討した。

* 西佐賀水道企業団

** ビー・エス・ティ(株)

*** 鉄管事業部 鉄管研究部

1.3 共同溝断面の最小化

下水道を自然流下式から圧送式に変更することにより、内挿管をφ150塩ビ管からφ75ポリエチレン管に縮径することとした。また、下水圧送管路の安全対策を考慮し保護管を設けることとした。なお、保護管はEPS工法の管挿入用サドルバンドを利用して設置することを検討した。

下水道用保護管は、サドルバンドの突起部を避けて設置することを検討したが、設置位置が内挿管の斜め上となったため管挿入時にローリングの懸念があった(図2の左)。そこで、サドルバンドの管頂部にあるボルトを利用して保護管固定バンドを設置・固定することとした(図2の右)。

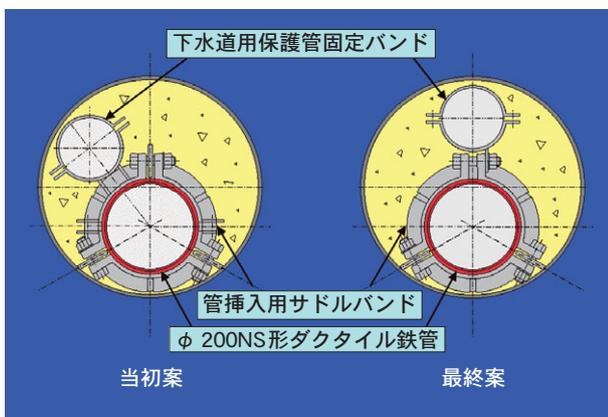


図2 下水道用保護管の固定

以上の検討結果から、さや管をφ500鋼管、上水道管はφ200NS形ダクタイル鉄管、下水道用保護管をφ125鋼管、下水道管をφ75ポリエチレン管とすることで、上下水道管を同時施工が可能な共同溝の断面を最小化することができた(図3)。

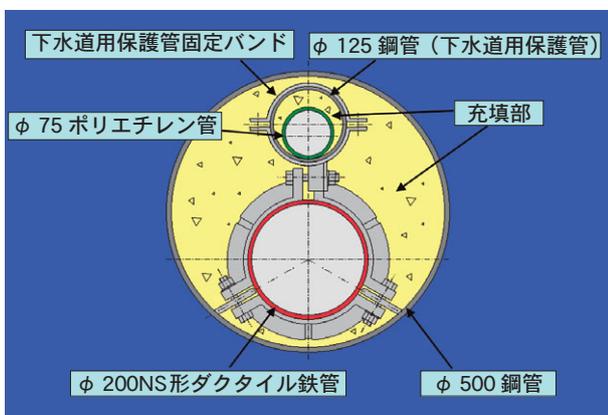


図3 共同溝最小断面の検討結果

1.4 経済性

経済性の比較検討結果を表1に示す。

上水道と下水道で立坑を共同利用し、同時施工することによる工事費の縮減効果が大きく、直接工事費の総額としては上下水道を別々に施工する当初案に比べて30%の工事費縮減となった。

表1 経済性比較検討結果

	当初案		最終案	
	上水道	下水道	上水道	下水道
推進工	100	100	97	33
発進立坑	100	100	50	50
到達立坑	100	100	50	50
工事総額	100		70	

※上下水道を別途に単独施工した場合の合計工事費を100とした。

1.5 充填材の選定

充填材の選定においては、下記の点に注意して検討を行った。

- ・高流動性
(下水道保護管と下水道管の空隙へも充填できる)
- ・硬化による発熱が少ないこと
(内挿管への熱影響が少ない)
- ・低強度であること
(更新時、さや管を活用し、内挿管のみ引き抜くことが可能な強度)

1.5.1 各種充填材の比較

一般的なエアモルタル、エアミルクおよび流動化充填材(スーパーフロー工法²⁾)の比較結果を表2に示す。

表2 各種充填材比較結果

	流動化充填材 (スーパーフロー工法)	エアモルタル (汎用)	エアミルク (汎用)
流動性	○	△	△
低強度における品質管理 ^(注1)	○ (0.1~0.5N/mm ²)	△ (1.0N/mm ² 以上)	△ (1.0N/mm ² 以上)
硬化熱	低い	高い	高い

(注1) 材齢28日における一軸圧縮強度

各種充填材を比較検討した結果、優れた流動性を有し、硬化熱が低く、かつ低強度での品質管理が可能なスーパーフロー工法を採用することとした。

2. 工事概要

本工事の概要を以下に示す。

a) 工事場所

佐賀県佐賀郡久保田町北田地内(JR長崎本線軌道下)

- b) 工事延長
30.0 m
- c) 共同溝
φ500鋼管、3.0 m×10本
- d) 上水道 内挿管
φ200NS形ダクタイル鉄管、3.0 m×10本
(モルタルライニング、1種管)
- e) 下水道 保護管
φ125鋼管、3.0 m×10本
- f) 下水道 内挿管
φ75ポリエチレン管、30 m
- g) 線形
直線、レベル
- h) 計画充填数量
上水道：約4.1 m³、下水道：約0.1 m³

工事概要図を図4に示す。

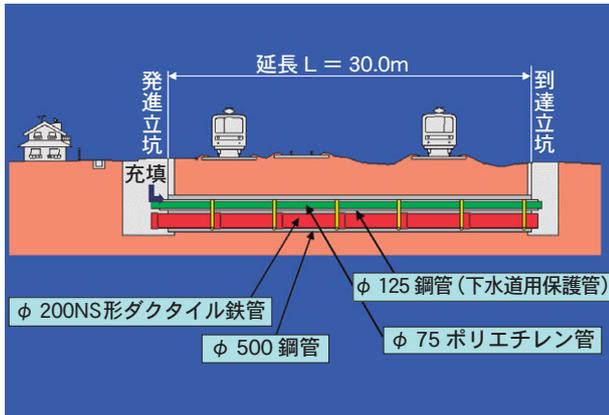


図4 工事概要図

3. 施工結果

3.1 現場の状況

施工現場の状況を図5に示す。

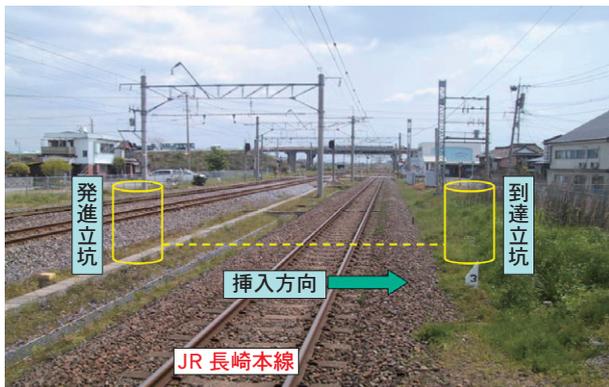


図5 現場状況

3.2 工程

工事の工程を図6に示す。

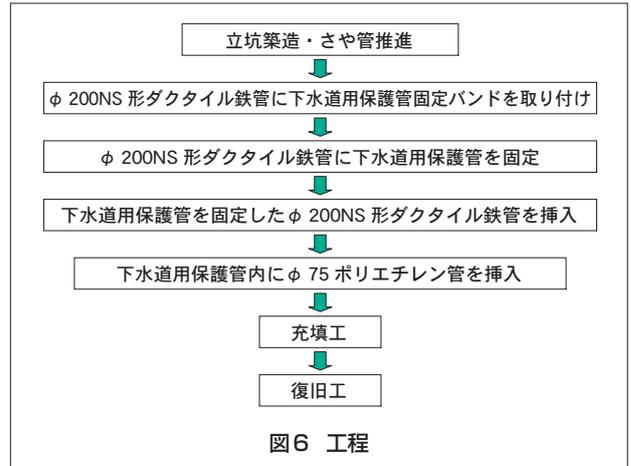


図6 工程

3.3 下水道用保護管固定バンドおよび保護管の固定

下水道用保護管固定バンドの仮組み状況を図7に、保護管の固定状況を図8に示す。

図8に示すように、サドルバンドのボルト部を利用して保護管固定バンドを取付け、保護管を固定した。

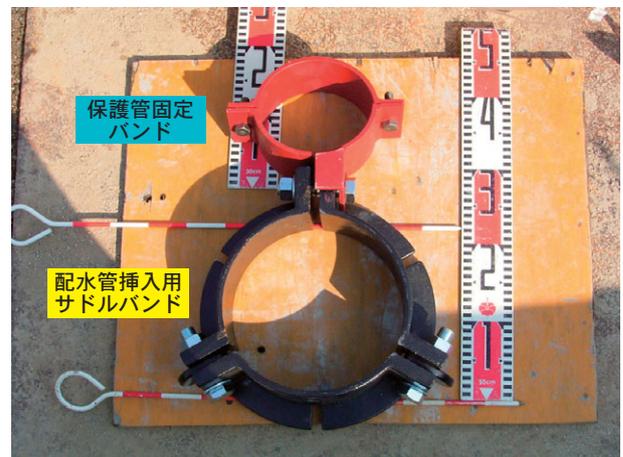


図7 保護管固定バンドの仮組み状況



図8 下水道用保護管の固定状況

3.4 管挿入工

管挿入のために発進立坑の後方に管挿入用立坑を築造し、φ200 NS形ダクタイル鉄管を接合すると共に下水道用保護管を固定しながら1本ずつ同時に挿入した。管挿入は発進立坑内壁に反力受けを設け、レバブロックを用いて行なった。管挿入状況を図9および図10に示す。

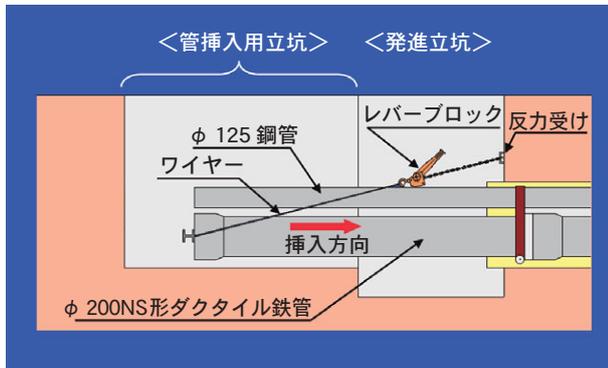


図9 管挿入工



図10 管挿入状況

3.5 下水道管の挿入

上水道内挿管と下水道用保護管の挿入が完了した後、保護管内にφ75ポリエチレン管を発進立坑側から挿入した。

管挿入工の完了状況を図11および図12に示す。

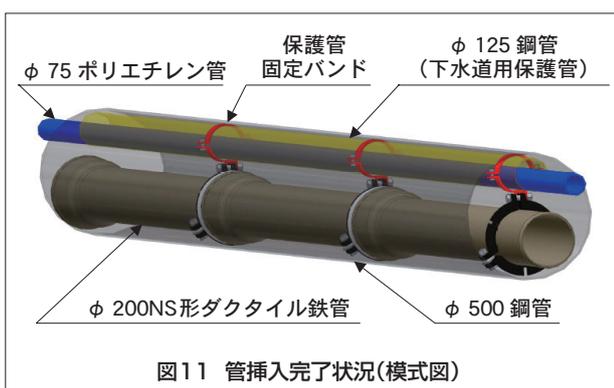


図11 管挿入完了状況(模式図)

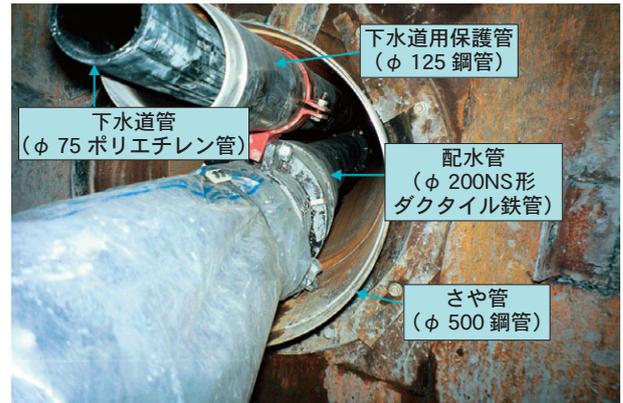


図12 管挿入完了状況(発進立坑側)

3.6 閉塞工

本施工では、上水道の空隙と下水道の空隙の両方について充填を行なうため、それぞれの空隙について注入管とエア抜き管を設置した。なお注入管は閉塞工端部から約300 mmの位置まで差込んだ。また到達立坑側の閉塞工はエア抜き管のみ設置した。閉塞工の外観状況を図13および図14、15にそれぞれ示す。

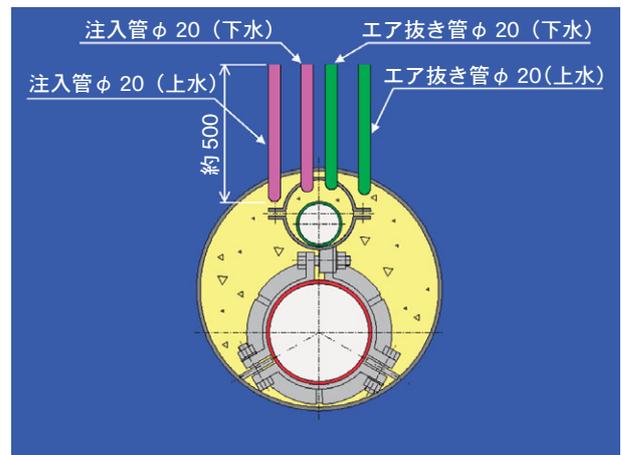


図13 閉塞工

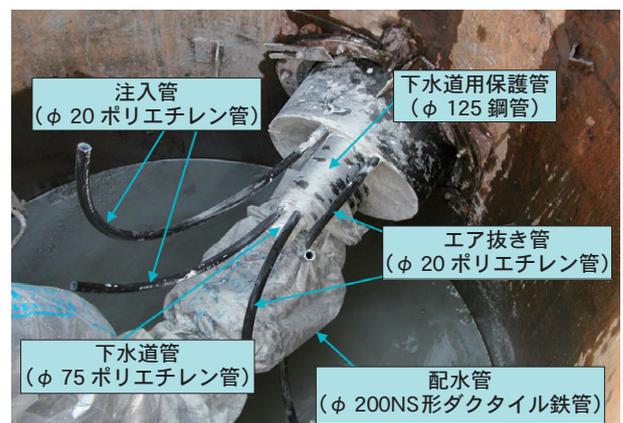


図14 閉塞工(発進立坑側)

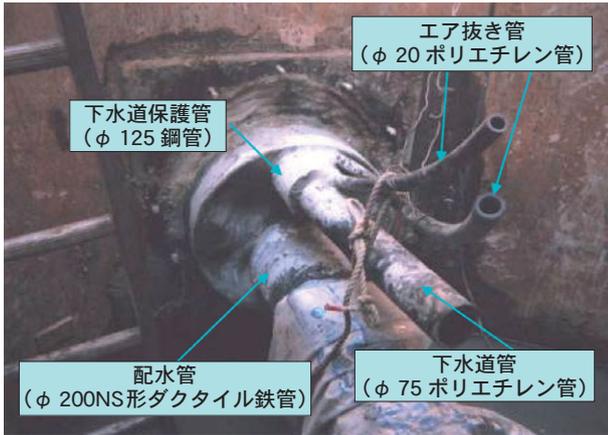


図15 閉塞工(到達立坑側)

3.7 充填工

3.7.1 充填材

本施工に用いた充填材の配合を表3に示す。

本充填材は、セメント、スーパーフロー工法用流動化材、水から構成されており、充填材中の約90vol%が水という配合である。

表3 充填材の配合

セメント (kg)	流動化材 (kg)	水 (ℓ)	練上り量 (ℓ)
200	50	916	1,000

〔セメント：普通ポルトランドセメント
流動化材：スーパーフロー工法用流動化材〕

3.7.2 充填設備

本充填施工に用いた設備・機器を以下に示す(図16)。

- a) 水タンク : 1.2 m³ × 1 基、0.8 m³ × 1 基
- b) ミキサー : 上下2槽式ミキサー
混練容量200リットル × 2台
- c) 注入ポンプ : モルタルポンプ × 1台
注入能力 1.2 m³/h
- d) 注入ホース : φ25 耐圧ナイロンホース × 15 m



上下2槽式ミキサー



注入ポンプ

図16 充填材混練および注入設備

3.7.3 充填材の混練および注入手順

充填材の混練は1バッチ当たりの容量を200リットルとして行なった。1バッチ当たりの配合を表4に、混練フローを図17に示す。

表4 1バッチ当たりの充填材の配合

セメント (kg)	流動化材 (kg)	水 (ℓ)	練上り量 (ℓ)
40	10	183	200

〔セメント：普通ポルトランドセメント
流動化材：スーパーフロー工法用流動化材〕

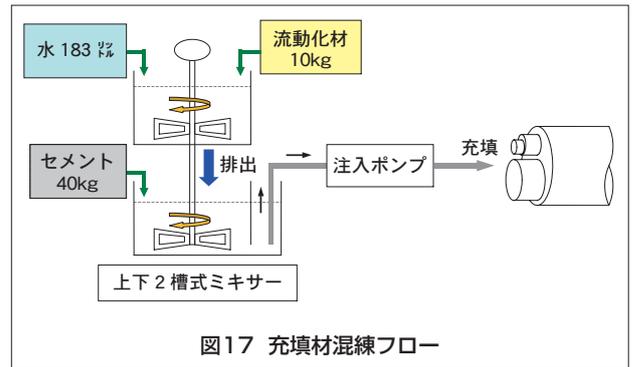


図17 充填材混練フロー

以下に混練および注入手順を示す。

- a) 2槽式ミキサーの上段攪拌槽に183リットルの水を計量する。
- b) 流動化材10 kgを計量し、上段攪拌槽の水を攪拌しながら投入し、約3分間混練する(図18)。
- c) 混練が完了した流動化材スラリーを下段攪拌槽へ排出する。
- d) セメント40 kgを計量し、下段攪拌槽の流動化材スラリーを攪拌しながら投入し、約2分間混練する(充填材の混練が完了。図19)。
- e) モルタルポンプを用いて注入する。



図18 流動化材スラリー混練状況



図19 充填材混練状況

3.7.4 充填材の品質管理

3.7.4.1 管理基準

充填材の品質管理基準を表5に示す。

表5 充填材の品質管理規準

管理項目	基準	備考
比重	1.17 ± 0.03	マッドバランス
コンシステンシー (注2)	3秒以下	JSCE-F541「充填モルタルの流動性試験方法」
強度 (注3)	0.1 ~ 0.5N/mm ²	JSCE-F541「充填モルタルの圧縮試験方法」

(注2) 混練直後のJ₁₄漏斗によるフロータイム

(注3) 材齢28日における一軸圧縮強度

3.7.4.2 品質管理

充填材の品質管理を以下の項目について行なった。

a) 比重

混練直後の充填材の比重をマッドバランスを用いて測定した。測定状況を図20に示す。比重は1.17であった。



図20 比重測定

b) コンシステンシー

充填材の流動性確認を目的として、混練直後の充填材のコンシステンシー試験を土木学会規準JSCE F 541-1999「充填モルタルの流動性試験方法」に基づき、J₁₄漏斗のフロータイム計測により行ない、3回測定の平均値を採用した。測定状況を図21に、測定結果を表6に示す。コンシステンシーは2.47秒であった。



図21 コンシステンシー試験

表6 コンシステンシー試験結果

	J ₁₄ 漏斗フロータイム (秒)	管理基準
1回目	2.50	混練直後 3秒以下
2回目	2.45	
3回目	2.47	
平均	2.47	

c) 一軸圧縮強度試験

φ50×100mmhのサミットモールドを用いて供試体を3本作成し、材齢28日における一軸圧縮強度の測定を行ない、3本の平均値を採用した。供試体作成状況を図22に、強度試験状況を図23に、強度測定結果を表7に示す。強度試験の結果は、0.107 N/mm²であった。



図22 強度試験供試体作成



図23 強度試験状況

表7 強度試験結果

	一軸圧縮強度 (材齢28日、N/mm ²)	管理基準
1本目	0.102	0.1 ~ 0.5 N/mm ²
2本目	0.111	
3本目	0.109	
平均	0.107	

3.7.5 充填の確認

充填の確認は、到達立坑側および発進立坑側のエア抜き管からオーバーフローした充填材の比重を計測することにより行なった。オーバーフローした充填材の採取状況を図24に、比重測定結果を表8に示す。

このように、オーバーフローした充填材の比重が混練直後の充填材比重(1.17)とほぼ同等となっていることを確認し、充填施工を完了した。



図24 オーバーフローした充填材の採取状況(到達立坑側)

表8 オーバーフローした充填材の比重測定結果

採取位置	上水道の空隙充填材	下水道の空隙充填材
発進立坑側	1.17	1.17
到達立坑側	1.15	1.17

※混練直後の充填材比重：1.17

3.7.6 充填数量

計画充填数量と実施工数量を表9に示す。ほぼ計画通りの数量が充填できたことを確認した。

以上述べてきたように、管挿入工、充填工ともスムーズに完了し、その後埋め戻し復旧工を行い、工事を完了した。

表9 充填数量

	充填数量 (m ³)	備考
計画	4.2	上水道の空隙：4.1m ³ 下水道の空隙：0.1m ³
実施工	4.2	

4. さや管を活用した引き抜き工法に関する検討

維持管理の面では効率的・経済的な更新工法が望ましいことから、本施工事例を参考として、さや管と内挿管の空隙に低強度の充填材を用いることにより、既設のさや管を活用し、内挿管のみ引き抜くことができる工法について検討を行った。

4.1 引き抜き力の検討

4.1.1 付着応力の測定

φ100×200 mmhのサミットモールド内を貫通するようにφ20鋼管をセットし、サミットモールドと鋼管の空隙に設計強度の異なる充填材を注入し供試体を作成した(n=3)。供試体の概略図を図25に示す。室内で28日間養生後、鋼管のみ引き抜いた際の荷重と、鋼管と充填材の接触面積から付着応力を算出した。また、一軸圧縮強度と付着応力の関係についても調査した。実験状況を図26に、実験結果を表10および図27に示す。

本実験では一軸圧縮強度が約0.1~0.2 N/mm²と低強度域についてのみの検討であったが、この強度域では一軸圧縮強度と付着応力がほぼ比例していた。

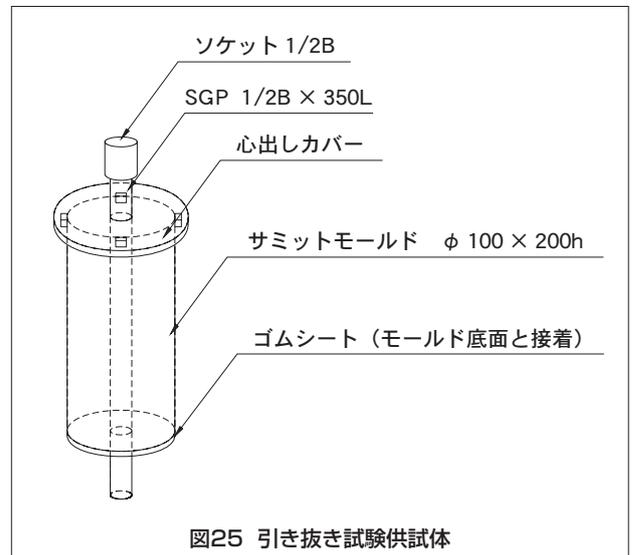


図25 引き抜き試験供試体



図26 引き抜き試験状況

表10 付着応力測定結果

供試体 No.	鋼管外径 (mm)	充填材高さ (mm)	接触面積 (mm ²)	引き抜き力 (N)	付着応力 (N/mm ²)
①	21.75	200.0	13,670	200.0	0.015
②	21.80	200.0	13,700	430.0	0.031
③	21.85	200.0	13,730	308.0	0.022

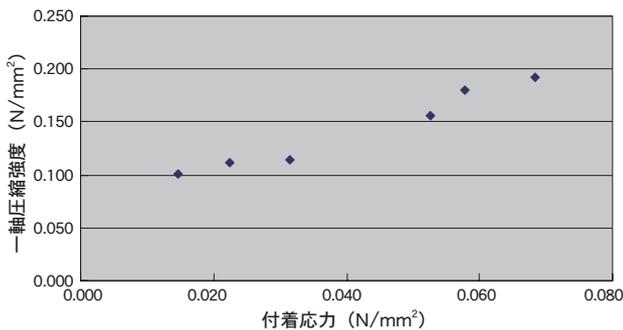


図27 一軸圧縮強度と付着応力の関係

4.1.2 実管の引き抜き力算出

実管の引き抜き力は下記の式により算出した。

$$P = A \times \sigma$$

P: 引き抜き力

A: さや管内面と充填材の接触面積

σ : さや管内面と充填材の付着応力

本施工条件において、試験で求めた付着応力を用いて算出した結果を以下に示す。実管の引き抜き力は約1,067 kNであった。

工事延長 : 30 m

さや管の実内径 : 0.492 m

$$A = 0.492 \times \pi \times 30 \div 46.4 \text{ m}^2$$

$$\sigma = 0.023 \text{ N/mm}^2$$

$$P = 46.4 \times 0.023 \div 1,067 \text{ kN}$$

4.1.3 引き抜き工法(案)

引き抜き工法(案)の一例を図28に示す。この案は、旧到達立坑側に反力受けとなる杭基礎を設けて、PC鋼棒を内挿管内に通して、ジャッキにより引き抜くというものである。今後も経済性に優れた効率的な更新工法に関する様々な検討を行っていきたいと考える。

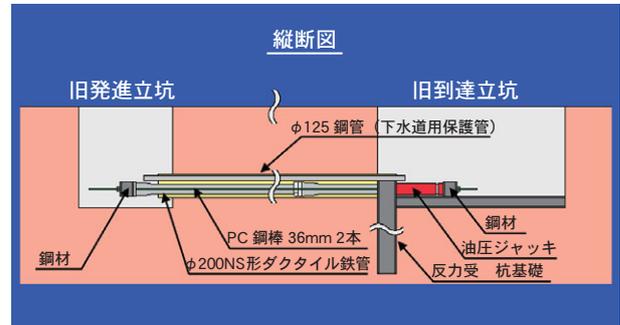


図28 引き抜き工法(案)

5. おわりに

本施工は、JR軌道下に上下水道管路を共同溝によって同時施工したことによる工事費の縮減、および道路掘り返し工事に対する住民等の批判が厳しい中での良好な費用対効果を得た施工事例である。また、本施工を可能とした挿入方法とスーパーフロー工法の選定も妥当であったと考える。本施工事例が上下水道管路建設におけるコスト縮減ならびに更新事業の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 山本吉彦、下保哲二：耐震管用さや管内配管工法の開発、クリモト技報No50、pp40-51、2004.3
- 2) 赤木洋二、齊藤昌彦、大久保敦、小室泰寛：スーパーフロー工法(流動化充填材)の開発、クリモト技報No53、pp18-24、2005.9
- 3) 相川浩司、秀島安則、池上直巳：JR軌道下における上下水道管の共同溝推進施工報告、第57回全国水道研究発表会講演集、pp380-381、2006.5

執筆者

相川 浩司

Koji Aikawa

西佐賀水道企業団



秀島 安則

Yasunori Hideshima

西佐賀水道企業団



池上 直巳

Naomi Ikegami

西佐賀水道企業団



末松 康成

Yasunari Suematsu

平成6年入社

ダクタイトイル管の設計・施工に従事



斉藤 昌彦

Masahiko Saito

昭和63年入社

ダクタイトイル管の研究・開発に従事

