

長距離・急勾配の配水管布設工事における推進・シールド併用工法の施工実績

鹿島建設(株) 正会員 ○菅谷基規 和田信博
横浜市水道局 高本泰規

1. はじめに

横浜市水道局では、昭和 35 年に布設した口径 600mm の水道管が 50 年以上経過し、更新時期を迎えていることから、「横浜市水道事業中期経営計画」に基づき、老朽管の更新事業（耐震管路化）を進めている。

本工事（表－1）は、この事業の一環として横浜市南区別所 5 丁目～港南区最戸 1 丁目の約 1.3km の水道管の布設において、推進工（スパン 1）および推進・シールド併用工（スパン 2）で築造するさや管内に水道本管を挿入，更新するものである（図－1）．本稿では，推進・シールド併用工区間で用いた「ECO SPEED SHIELD 工法¹⁾」（以下 ESS 工法と呼ぶ）の施工実績について述べる。

2. 施工概要

(1) 平面・縦断線形および土質概要

図－1 に全体路線平面，図－2 に推進・シールド併用工区間の縦断線形，および想定土質縦断を示す。

推進・シールド併用工区間の平面線形は，延長 733m で全体の約半分の 365m が曲線区間（R=145, 200, 250m）となっている．また，縦断勾配は発進から約 150m までは上り 0.76%，その後は地表面の傾斜に合わせて上り 5.0%の急勾配となる．

土質は，発進立坑から約 340m までは硬質な洪積粘性土層（N 値 20～40 程度）であるが，先行施工した推進工区間の施工実績から沖積粘性土層との層境に礫層（最大礫径 270mm）が介在することが想定された．また，約 340m 以降は洪積砂質土層（N 値 50 程度）に変わり，到達手前の約 130m 区間は洪積礫質土層（最大礫径 60mm）になることが想定された．

このように本工事は，線形，土質とも非常に難易度の高い厳しい施工条件である。

(2) ESS 工法の概要

ESS 工法は，推進管耐力の限界，または推進工法では施工できない急曲線手前までを推進工法で，そこから先は立坑不要でシールド工法に切り替えて施工するものである。

①掘進機

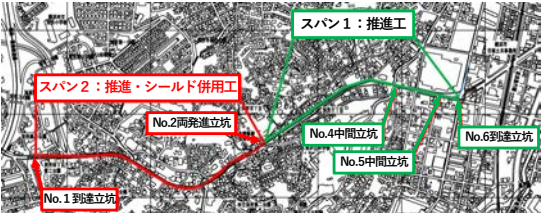
本工事で使用した掘進機の外観を写真－1，仕様を表－2 に示す．ESS 工法の掘進機にはシールドジャッキなどのパワーユニットを内蔵し，後続台車を不要としていることが大きな特徴である．その反面，機長が長くなるため，中折れが 4 段の構造となる。

②軌条設備

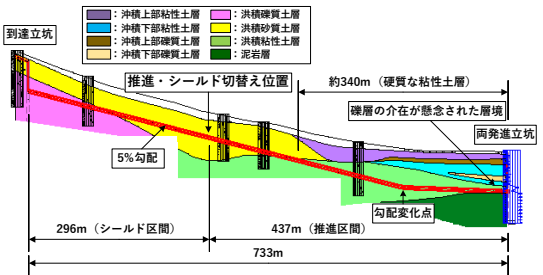
推進施工時は発進立坑からの元押しのため大きな材料の坑内運搬は無い．一方，シールド施工時にはセグメントの運搬が必要なため，セグメント内径 1,100mm の超小口径対応の特殊なバッテリーロコを使用した（写真－2）．また，掘削機内が超狭小でセグメント組立て用のエレクタを装備できないため，セグメント運搬台車にエレクタを装備してセグメント組立てを行った．

表－1 工事概要

工事名	別所線口径 600mm 配水管 布設替工事（その 2）
企業者	横浜市水道局
施行者	鹿島・宮内建設共同企業体
工 期	2017.10.11～2021.3.31
工事場所	横浜市南区別所 5 丁目～ 港南区最戸 1 丁目



図－1 全体路線平面図



図－2 縦断線形および想定土質縦断図



写真－1 掘削機

キーワード 推進シールド併用工法，ESS 工法，長距離，急勾配

連絡先 〒231-0011 神奈川県横浜市中区太田町 4-51 鹿島建設(株)横浜支店土木部 TEL 045-641-8827

③推進工法からシールド工法への切替え

推進・シールド切替え部の状況を写真-3に示す。ESS工法では、推進管・鋼製セグメント接続用の特殊先導管を掘進機のテール内にあらかじめ挿入し、これにシールドジャッキを押し当てて推進工を施工する。推進工法からシールド工法への切り替えは、シールドジャッキを伸ばし、出来た空間にセグメントを組立ててシールド区間の掘進・組立てを開始できる。つまり、掘進機に関しての段取り替えはほとんど不要である。一方、坑内軌条の設置などの段取り替えには約2ヵ月を要した。

表-2 掘進機の主な仕様

寸法	掘削外径：φ1,500mm マシン外径：φ1,450mm 機長：10,110mm
テールシールド	2段、テールグリス手動注入
シールドジャッキ	400kN×950mm×26MPa×4本 総推力1,600kN
カッタ	62.8kN・m、5.6回転/min、 電動モータ駆動
中折れ装置	4段、1.0°/段
排土方式	泥濃式（真空吸泥式）
重量	22t



写真-2 特殊バッテリーロコ

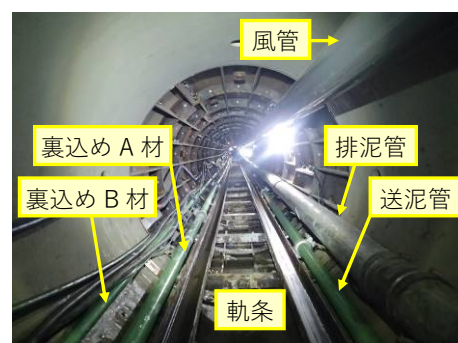


写真-3 推進・シールドの切替え部

3. 施工実績

(1)掘進進捗

図-3に全体の掘進進捗図を示す。推進工は、2019年8月27日に鏡切りを行い、約3ヵ月後に437mの推進を完了した。推進開始直後と完了前を除いた昼夜施工期間では、ほぼ「4本/日（推進管の長さ2.43m/本で約9.8m/日）」の進捗だった。

一方、シールド掘進工は、2020年1月11日に掘進を開始し、約3ヵ月間で296mの掘進・組立てを行った。シールド区間では平面曲線と縦断勾配変化のある推進工の施工完了部の内部（内径φ1,100mm）でセグメント運搬と組立てを行うため、セグメント幅が0.75m（4分割）と推進管長さの1/3以下である。したがって、「1日平均5.5リング」の進捗であるが、距離にすると「1日平均4.1m」と日掘進量は推進区間の半分以下だった。

(2)推進力の実績

図-4に元押し推進力の設計値と実績値の推移を示す。推進開始から約40mまではシルト混じり粘土～礫混じり粘土であり、おおむね設計どおりの推進力だった。約40mからは硬質な粘性土が出現し、これが約375m（当初想定では約340m）まで続いたが、この間の推進力の増加は緩やかであった。これは、この硬質な粘性土の自立性が高いために推進管があまり締め付けられず、推進力を抑えられたものと考えられる。約375m以降は土層がシルト混じり砂～礫・シルト混じり砂～砂へと変化して推進力も増大したが、最大値は到達間際の2,472kNであり、設計値2,782kNの90%程度に抑えることができた。なお、縦断勾配の変化点付近である150m地点から滑材を使用した。

の推進力だった。約40mからは硬質な粘性土が出現し、これが約375m（当初想定では約340m）まで続いたが、この間の推進力の増加は緩やかであった。これは、この硬質な粘性土の自立性が高いために推進管があまり締め付けられず、推進力を抑えられたものと考えられる。約375m以降は土層がシルト混じり砂～礫・シルト混じり砂～砂へと変化して推進力も増大したが、最大値は到達間際の2,472kNであり、設計値2,782kNの90%程度に抑えることができた。なお、縦断勾配の変化点付近である150m地点から滑材を使用した。

4. おわりに

本工事では、砂礫を含む多様な地盤を長距離掘進するだけでなく、平面曲線や勾配変化、5%の急勾配区間での推進、およびシールド工という非常に難易度の高い厳しい施工条件であった。しかし、事前の入念な施工計画、施工管理によりトラブル無く無事に到達することができた。本施工実績が今後の同種工事の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) ECO SPEED SHIELD (ESS) 工法協会, <http://www.eco-speed-shield.com/kouhou/kouhou02.html>, (2021年1月31日参照)
- 2) 小池裕之・菅谷基規：砂礫地盤における推進工法施工事例－別所線口径600mm配水管布設替工事（その2）－, 基礎工 Vol.48, No.1, pp96-99, 2020.1.

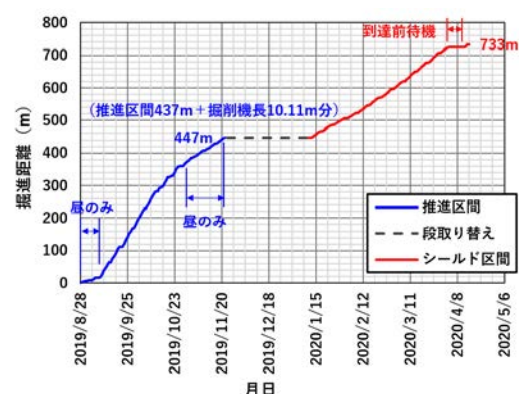


図-3 全体の掘進進捗図

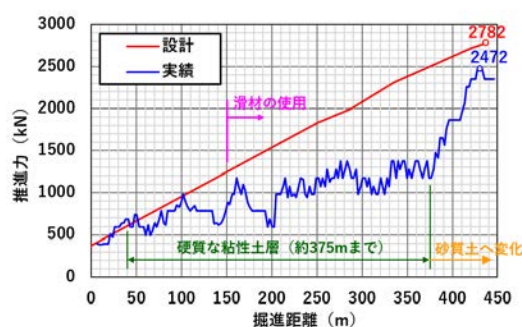


図-4 元押し推進力の推移（設計・実績）