

# 月刊推進技術



<https://micro-tunneling.com>

月刊推進技術

検索



公益社団法人

日本推進技術協会

<https://suisinkyo.or.jp>

特集

## 地下パイプライン

### 整備に活躍する推進工法

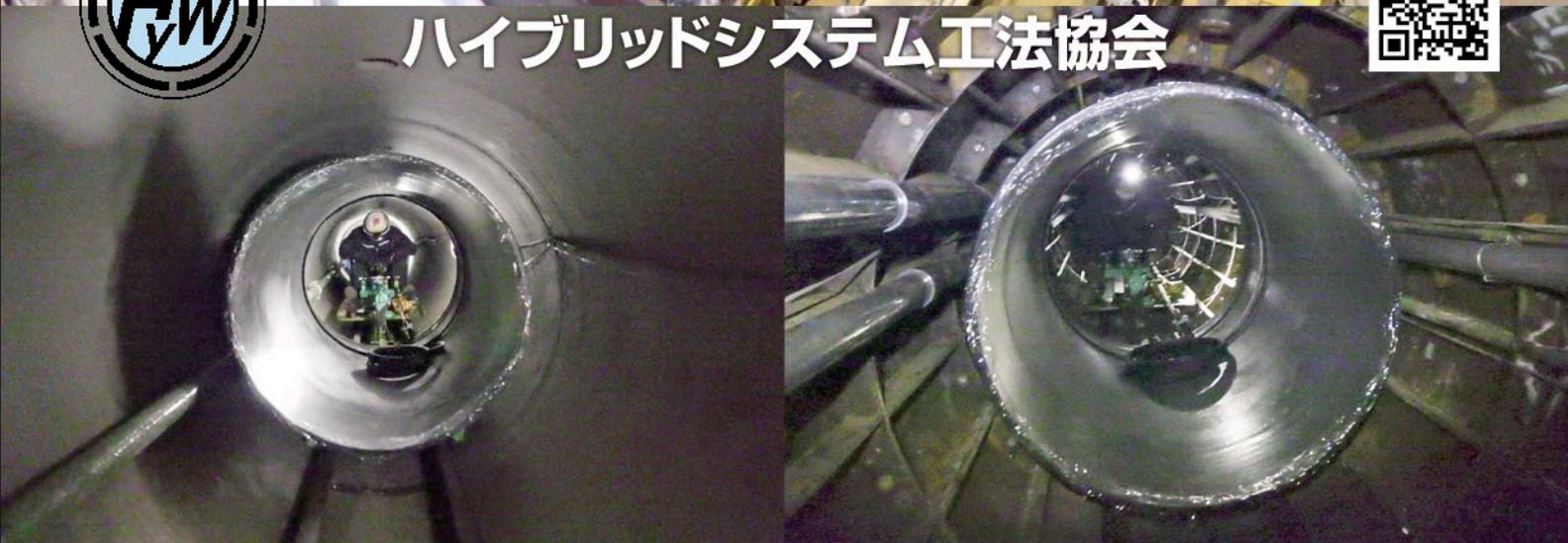
# 11

Vol.37 No.11  
2023(令和5年)



HyBrid System of Water Supply

ハイブリッドシステム工法協会



解説

# 水道事業における耐震化に取り組むハイブリッドシステム(HyW)工法



すえまつ やすなり  
末松 康成

ハイブリッドシステム(HyW)工法協会  
事務局長



まさき よしと  
正木 義人

ハイブリッドシステム(HyW)工法協会



ひわだ やすひろ  
檜皮 安弘

ハイブリッドシステム(HyW)工法協会

## 1 はじめに

水道施設の耐震化が求められている中、厚生労働省発表資料では、基幹的な水道管のうち、耐震性のある管路の割合が41.2%、浄水施設の耐震化率39.2%、配水池の耐震化率が62.3%となっており、依然として低い状況である。厚生労働省は、引き続き水道事業者等に対して、技術的あるいは財政的な支援を行い、耐震化率の向上に向けて取り組んでいる。また、南海トラフ地震や首都直下地震といった発生が予想される大規模地震等の自然災害に対しても、国の取り組みとして、国土強靱化基本計画および国土強靱化年次計画2023が策定され、水道施設においては、基幹管路の耐震適合率を2028年度末までに60%以上に引き上げる目標が掲げられている。さらに、近年の大規模地震の発生確率の増加、異常気象の頻発・激甚化等を踏まえて、2025年度末の耐震適合率目標が54%に引き上げることとしている。

ハイブリッドシステム工法協会では、基幹管路と呼ばれる導水管や送水管、配水管等の耐震化工事に携わってきたが、管路の耐震化率は、都道府県や水道

事業主別で見た場合、進捗に大きな開きがある。このような状況下、基幹管路の耐震化は、ますます需要が見込まれるが、基幹管路の耐震化工事では、交通障害や周辺環境の視点から開削工事が困難な場合や、対象更新管路自体が長距離、急曲線、急勾配施工等を含んでいることが多い。従来は、推進工法等を用いてさや管（一次覆工）を構築し、本管（二次覆工）をさや管内に挿入するパイプインパイプ工法が多く採用されていた。パイプインパイプ工法のさや管は、推進技術の進歩により、長距離施工、急曲線施工、急勾配施工等に対応できるが、本管の挿入が困難である。そのため、本管より6～7口径拡張した（例えば、本管呼び径800に対してさや管呼び径1650以上）シールド工法で構築したトンネル内に配管するシールド内配管工事が行われてきた。当協会によるハイブリッドシステム工法（以下、本工法）は、推進・シールド併用方式を用いてさや管を本管の3口径アップの口径で敷設し、本管は特殊な設備を用いた持込または押込工法により、長距離、急曲線区間を含む路線であっても、さや管内での敷設が可能である。本稿では、この工法を用いた施工事例について報告する。

## 2 工法の概要

### 2.1 一次覆工(推進・シールド併用方式)について

本工法は泥濃式を採用しており、推進工法区間では、通常の推進工法に比べてテールボイドが大きくなることから、特殊な固結型滑材を注入して、ゲル体がテールボイド内で任意に変形することによって、劣化を抑制し、テールボイドの保持を行う。また、推進工法区間の施工完了直後に、裏込め注入を行うことで、地盤沈下を抑制

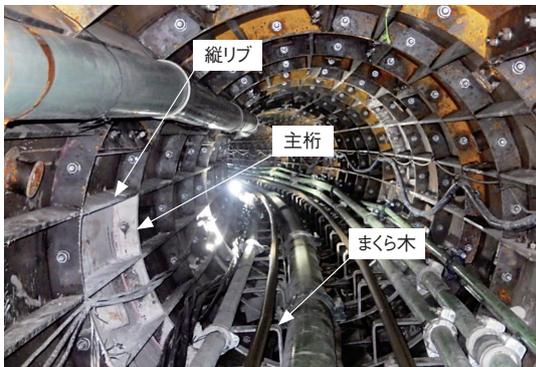


写真-1 スチールセグメント

する。一方、シールド工法区間では、裏込め注入を掘進同時注入とすることで、地盤沈下を抑制する。

また、セグメントは、独自のスチールセグメントを使用する(写真-1)。通常、縦リブはL字構造となっているが、当工法ではストレートとし、主桁と同じ高さにする事で、まくら木が任意の位置に設置が可能である。また、耐震構造としている。

泥濃式の採用理由は、下記の通りである。

- ①泥濃式は、推進工法の中でも豊富な実績を挙げており、土質適用範囲が広い
- ②掘進機内に取り込まれた排泥を真空ポンプによって、連続的かつ迅速に坑外に搬出できる
- ③玉石を径によるものの丸呑みが可能な場合は、ビットの磨耗が軽減できる
- ④発進基地の必要面積が小さく、車上プラントや発進立坑内に機器を設置し、コンパクトな施工エリアで可能である。図-1に概要図、図-2にシステム図を示す。

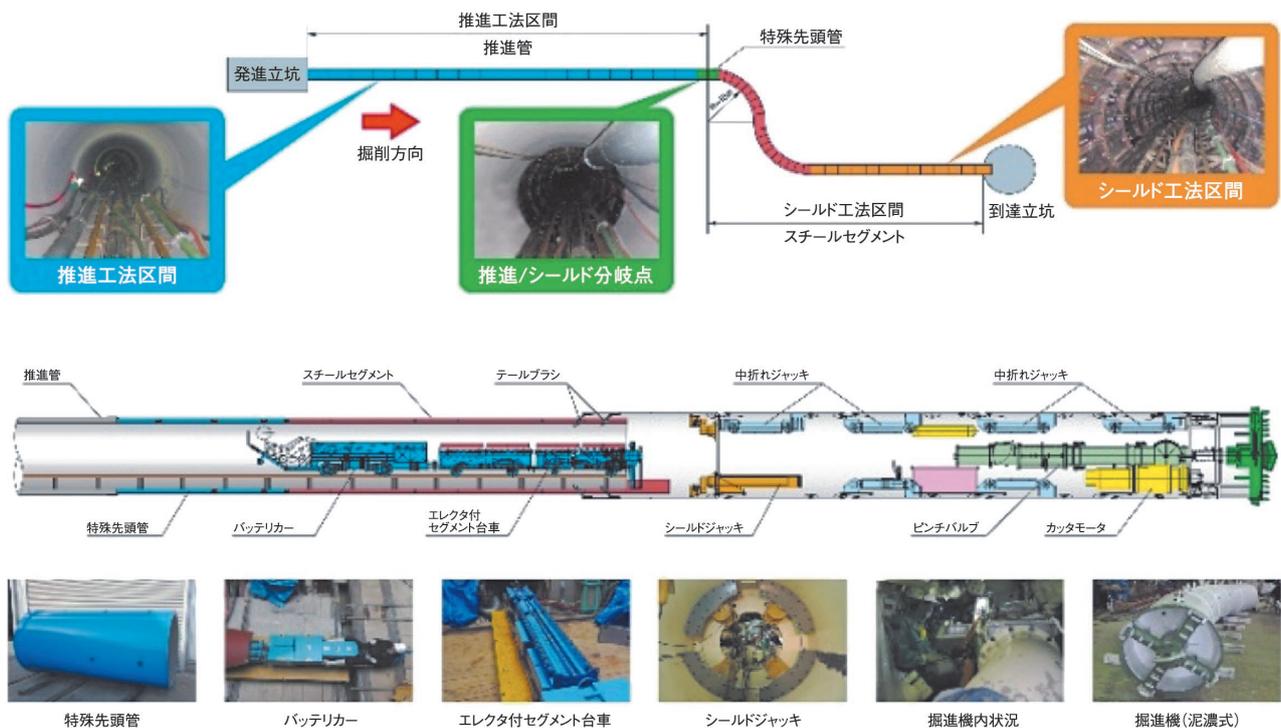


図-1 一次覆工の概要図

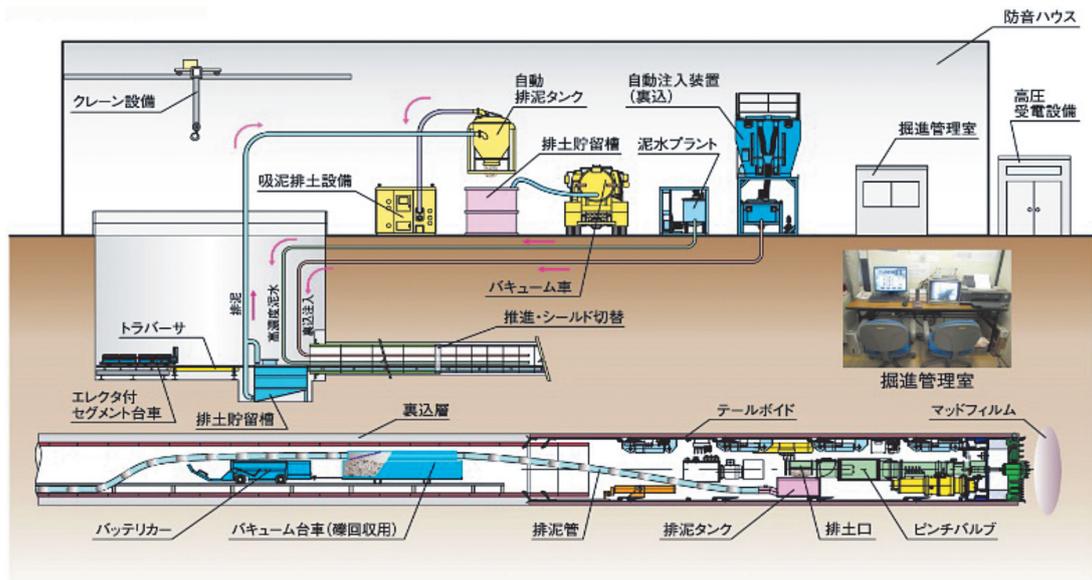


図-2 一次覆工のシステム図

## 2.2 一次覆工(推進・シールド併用方式)の特長

推進・シールド併用方式の特長は、以下の通りである。

- ① 仕上り内径 1,000mm 以上であれば、1スパン 1,000m 以上、急曲線 R=15m の施工が可能
- ② 推進工法からシールド工法への切替えのために中間立坑を設ける必要がなく、かつ掘進機内で行うため切替えが容易
- ③ 掘進機内からビット交換および障害物の撤去が可能
- ④ 全区間をシールド工法とする場合に比べて、経済性に優れている
- ⑤ シールド工法に切替えることで、推進力の上昇・地盤沈下・長期休止等への懸念事項が軽減される

## 2.3 二次覆工(持込方式)について

内圧管となる水道管路を持込工法で敷設し耐震性を確保するため、本管はPN形ダクタイル鉄管を用いる(図-3)。さや管内にPN形ダクタイル鉄管を持ち込んだ後、さや管内で継手の接合を行うが、必要となる最小さや管口径は、本管外径に管の運搬時に必要な若干のクリアランス分を増径したさや管口径で設定している(表-1)。

さや管内への本管の敷設は、急曲線を通過しなければならず、また当該急曲線部は、配管上は曲管と切管との組合せとなる場合が多いため、PN形ダクタイル鉄管を1本ずつ確実にさや管内の所定の位置まで運搬し、

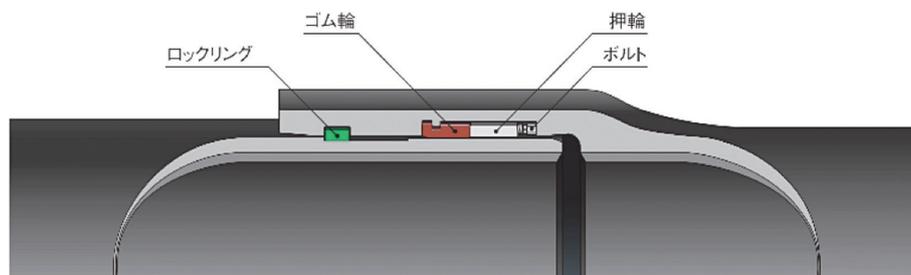


図-3 PN形ダクタイル鉄管(耐震管)説明図

表-1 本管と最小さや管の組合せ

本管呼び径	700	800	900	1000	1100	1200	1350	1500
さや管最小呼び径	1000	1100	1200	1350	1500	1650	1800	2000

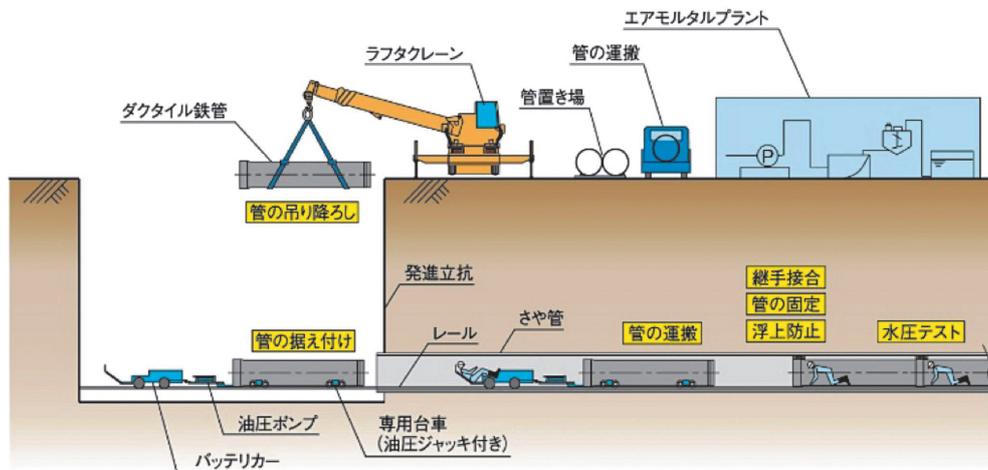


図-4 二次覆工のシステム

さや管内で本管の継手接合を行う持込方式を採用した(図-4)。

### 3 施工事例

#### 3.1 施工事例1

##### (1) 施工概要

施工場所：大阪府内  
 さや管：呼び径1000(推進・シールド併用)  
 管種：推進区間 鉄筋コンクリート管  
           シールド区間 スチールセグメント  
 本管径：700(PN形ダクタイル鉄管)  
 掘削延長：460.68m(推進区間 135.82m)  
 土被り：7.25m  
 地下水位：GL-2.19m  
 土質：砂・シルト  
 N値：5.5  
 礫率：9.6%  
 最大礫径：60mm  
 線形：水平曲線R=250、15、1,000、1,000m  
           縦断曲線R=1,000m  
 その他：到達立坑φ2,500mm  
           勾配1.2%

##### (2) 本工事の課題

本工事の課題は、下記のとおりであった。

①発進ヤードが狭い

②軟弱地盤でのR=15mおよび縦断曲線R=1,000mの施工

③到達立坑φ2,500mmから掘進機を回収

④管長4.0m管の曲線区間(R=15m)通過

##### (3) 本工事への対策と結果

本工事への対策と結果は、下記のとおりであった。

①発進ヤード内に設置した防音ハウスの寸法は、6m×42mと縦長であったが、天井クレーンの可動域・搬入車両・設備配置を工夫し、施工が行えた。

②掘進機の性能をR=10m対応とすることで、問題なくR=15mの急曲線施工が行えた。また、掘進機下部の注入孔より可塑性を充填し、勾配変化点での反力不足による精度不良を抑制できた。

③掘進機のフード部を切断撤去し、9分割により、到達立坑から回収が行えた(図-6)。

④さや管と本管の口径差が3口径で、R=15mを4.0m管が問題なく通過できた(写真-2)。

#### 3.2 施工事例2

##### (1) 施工概要

施工場所：兵庫県内  
 さや管：呼び径1100(推進・シールド併用)  
 管種：推進区間 鉄筋コンクリート管  
           シールド区間 スチールセグメント  
 本管径：800(PN形ダクタイル鉄管)  
 掘削延長：1,233.29m(推進区間 416.34m)  
 土被り：4.22m

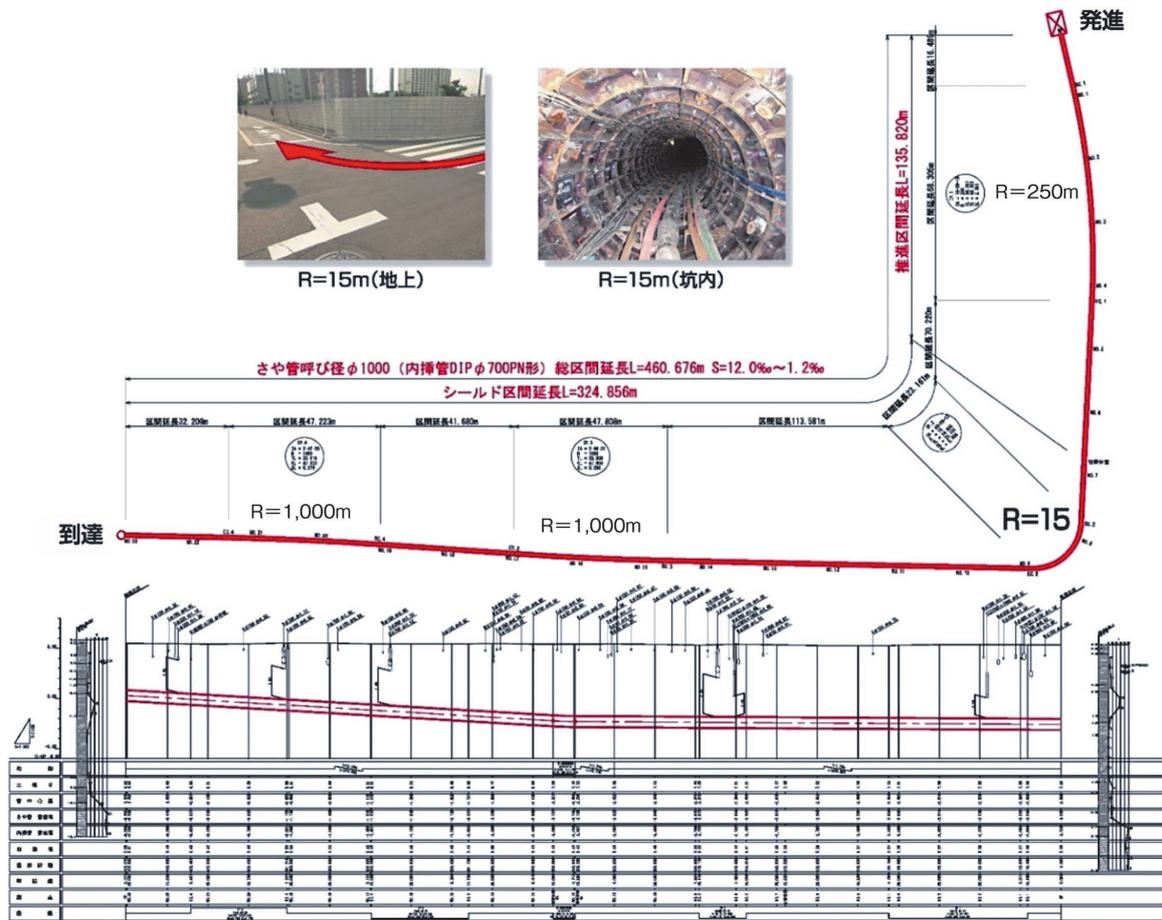


図-5 施工概要図

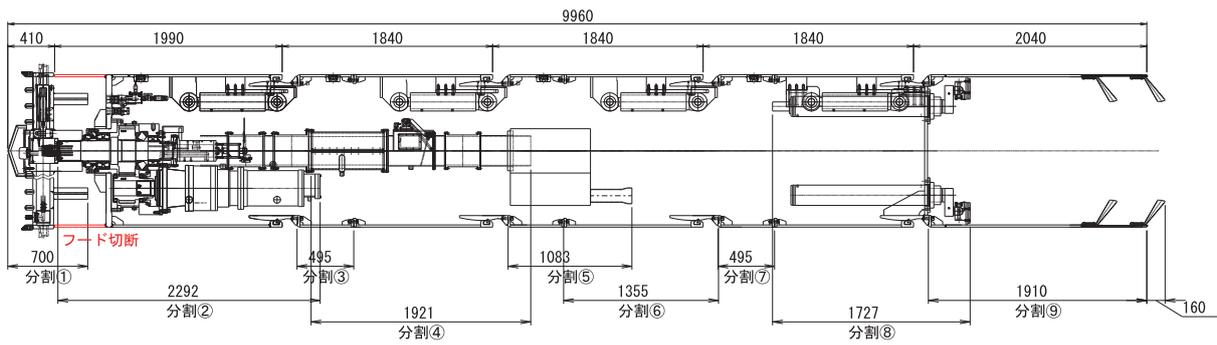


図-6 9分割の掘進機図



写真-2 R=15m通過状況

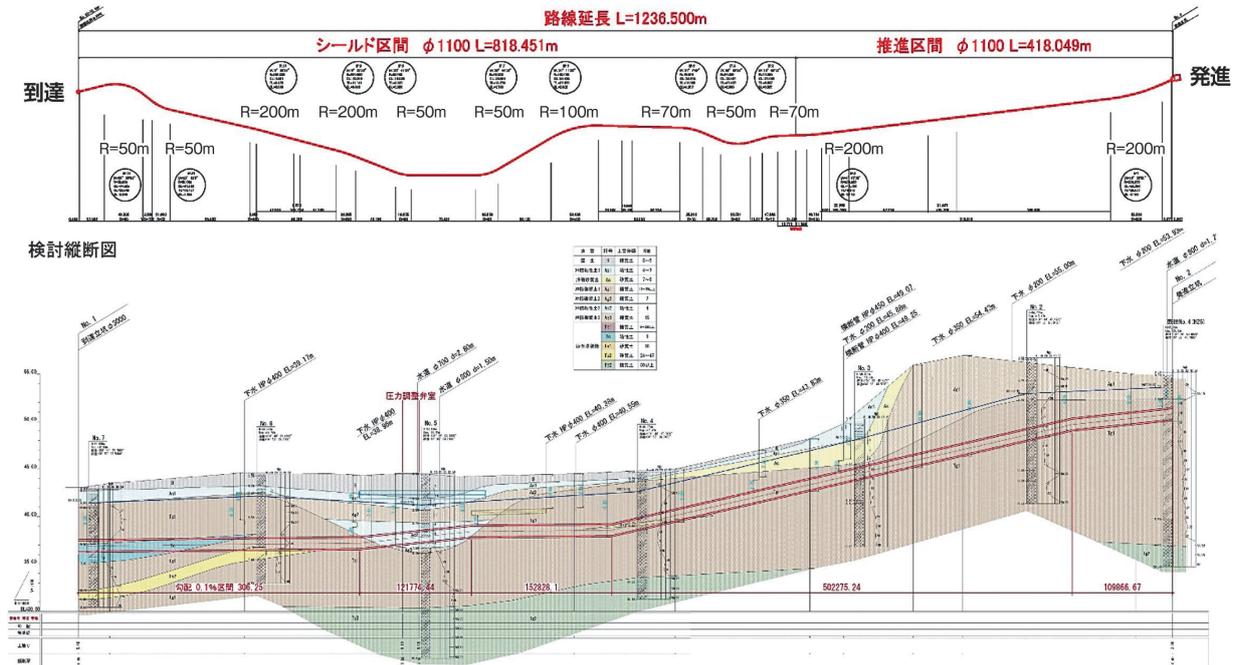


図-7 施工概要図

地下水位：GL - 2.25m

土 質：砂礫

N 値：29.1

礫 率：26.2% (実施60%)

最大礫径：300mm (実施φ350mm 以上)

線 形：R=50×5、70×2、100、200×4m

そ の 他：最大勾配5.0%

(2) 本工事の課題

本工事の課題は、下記のとおりであった。

- ①巨礫・玉石の出現 (写真-3)
- ②長距離に伴う排泥の吸引 (高低差13m以上)
- ③急勾配での本管の敷設



写真-3 取り込んだ玉石

(3) 本工事への対策と結果

本工事への対策と結果は、下記のとおりであった。

- ①巨礫・玉石が出現する可能性が高いことから、中間立坑でビット交換が行える構造とし、中間立坑でビット交換を行い無事に到達できた (写真-4)。



写真-4 上段発進時・下段ビット交換



写真-5 新型バッテリーカー

- ②最も能力が高い吸泥排土装置132kW（108m<sup>3</sup>/min）を使用することで、最後まで吸引できた。
- ③保有していたバッテリーカーに比べ、牽引能力が2倍（最大牽引重量2t）の新型バッテリーカー（写真-5）の開発と管接合時に使用する治具の改善により、急勾配区間でも無事に管が敷設できた。バーチカルカーブでは、管運搬台車の引き抜きにはほとんど余裕がないため、治具の改良が重要であった。

### 3.3 施工事例3

#### (1) 施工概要

施工場所：大阪府内

さ や 管：呼び径1000（推進・シールド併用）

管 種：推進区間 鉄筋コンクリート管

シールド区間 スチールセグメント

本 管 径：700（PN形ダクタイル鉄管）

施工延長：1,201.56m（推進区間 377.50m）

土 被 り：11.72m（高低差32m）

地下水位：GL-7.14m（一部無水層）

土 質：粘土・シルト・砂

N 値：32

礫 率：11.3%

最大礫径：90mm

線 形：R=300×3、200×7、100×2、80×4、50m

そ の 他：勾配3.5%

#### (2) 本工事の課題

本工事の課題は、下記のとおりであった。

- ①推進区間での推進力の制御
- ②無水層での施工
- ③高低差32m

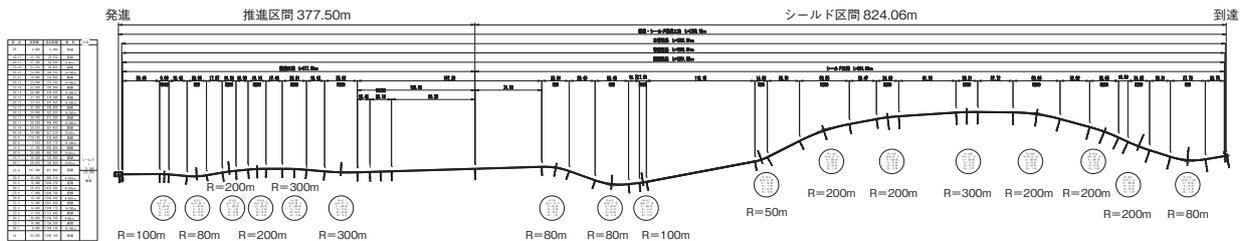


図-8 路線概要図

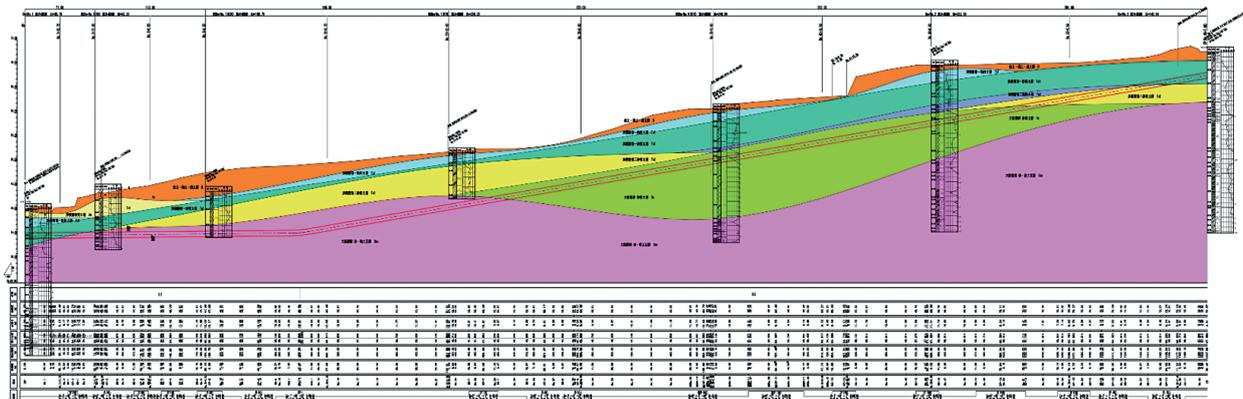
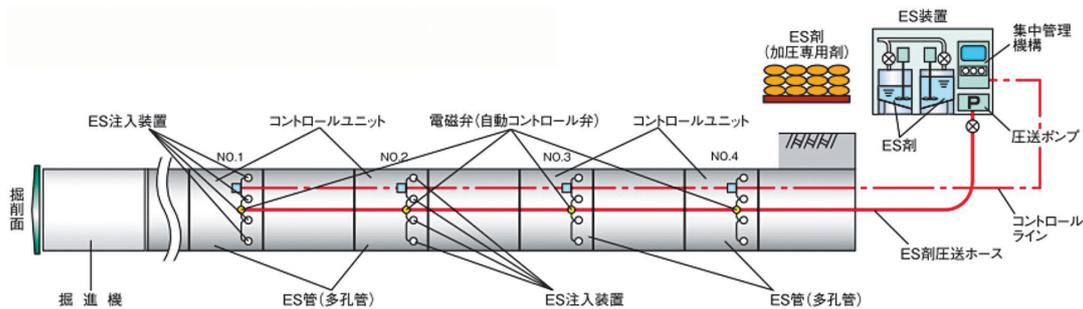


図-9 土質想定図



ESシステムは、ES装置、ES管、ES注入装置、ES剤から構成される。ES管外周の全方位に向かってES剤を注入することで、低推進力を維持できる推進力低減システムである。

図-10 推進力低減システム図

### (3) 本工事への対策と結果

本工事への対策と結果は、下記のとおりであった。

- ①発進直後にR=100mおよびR=80mがあり、推進力の上昇が懸念されたが、推進力低減システムの働きにより、設計推進力よりも低い推進力で切替え位置に到達できた（図-10）。
- ②無水層は、含水比が低いため、泥水材の注入率を増やし、排泥の分離を抑制することで、排泥管内の閉塞がほとんど起こらなかった。ただし、ビットの摩耗は想定以上であった（写真-6）。
- ③新型バッテリーカー（写真-5）を使用したことで、一次覆工および二次覆工ともに問題なく、施工が行えた。



写真-6 ビット状況

## 4 おわりに

冒頭でも述べたように国土強靱化に伴い基幹管路の

耐震化の需要が高まっており、非開削による管路更新を必要とされている水道工事について紹介した。推進工法で施工不可となる工事では、これまでは、本管の6～7口径アップの推進工法やシールド工法による施工が必要であったが、当工法の登場により、さや管径を本管の3口径アップで施工することが可能となった。また、当工法では一次覆工に推進工法とシールド工法との併用工法を採用することによりさらなる工期短縮・コスト縮減が武器となると考えられる。

しかし、このような技術があっても、技術を継承できる現場監督や施工者がいなくなるとは、将来が危ぶまれる。今後も、未来を担う若者達に興味を持ってもらい、もっと多くの方々に知っていただくと同時に、土木・推進業界に携わっていただけることを切に願う。

最後に、今回の施工事例に関して、発注者各位、元請け各位をはじめとして、関係者各位の皆様にご多大なご指導やご協力をいただいたことに誌面を借りて心からお礼を申し上げます。

### ○お問い合わせ先

ハイブリッドシステム工法協会

[事務局]

〒550-0014 大阪市西区北堀江1-1-18

四ツ橋イーストビル6F（ヤマトガワ(株)内）

Tel：06-4395-5014 Fax：06-6533-5997

<http://www.hyw.jp/index.html>

E-mail：info@hyw.jp