

解説

水道事業における ハイブリッドシステム(HyW)工法の施工事例



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

これまで厚生労働省が管轄していた水道行政は、2024年度より国土交通省と環境省に移管することになり、大きな転換期を迎えている。

水道行政が国土交通省へ移管されるようになった背景としては、水道の維持に赤信号がともっていることが挙げられる。すなわち、近年は施設の老朽化が深刻で、年間2万件を超える漏水や破損事故が発生しており、災害に伴う長期断水も多い。さらに、人口減少や節水志向の普及などから水道の収入が低下し、施設の更新が進まない一因となっており、現在の更新ペースだと130年かかるといわれている。

このような状況下で、水道行政の国土交通省への移管により、老朽施設の更新促進だけでなく、下水道などの水道以外の社会資本との連携や、災害等での上下一体となった整備が期待できると考えられている。

一方、推進業界を取り巻く環境においては、高齢化や労働人口の減少に伴う人材不足で長時間労働が常態化している課題を抱えている。また、2024年問題では「時間外労働の罰則付き上限規制」や2023年4月から中小企業に適用開始された「時間外労働に関連する割増賃金引き上げ」が大きな課題となっている。

ハイブリッドシステム(HyW)工法協会では、基幹管路と呼ばれている導水管や送水管、配水管等の耐震化に携っているが、管路の耐震化率は、都道府県や水道事業者別で見た場合、進み具合に大きな開きがある。そのため、基幹管路の耐震化事業は、ますます需要が見込まれる。しかし、基幹管路の耐震化工事では、交通障害や周辺環境の保全の観点から開削工事が困難な場合や、更新対象管路が長距離、急曲線、急勾配施工等を含んでいることが多い。

従来、推進工法等を用いてさや管を構築(一次覆工)し、本管をさや管内に挿入(二次覆工)するパイプインパイプ工法が多く採用されている。パイプインパイプ工法では、推進技術の進歩により、長距離・急曲線・急勾配施工に対応できても、本管の挿入が困難となる場合がある。そのようなケースでは、本管より6~7口径(サイズ)拡径した(例えば、本管呼び径800に対してさや管φ1,650mm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。

しかし、ハイブリッドシステム工法(以下、本工法)では、長距離、急曲線区間を含む管路の更新においても、例えば、本管呼び径800に対してさや管1,100mmを推進・シールド併用方式で築造し、本管敷設はそのような狭小スペースにおいても、超低床専用台車や特殊な接合治

具を用いることで施工可能としている。

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

本工法の一次覆工は、推進・シールド併用方式であり、泥濃式を採用している。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いため、固結型滑材(可塑剤)のゲル体が一度崩壊するとテールボイドの劣化が想定される。そこで、EC剤を添加することで、ゲル体に弾性を持たせることにより、崩壊しにくくなる。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。

泥濃式の採用理由は、下記の通りである。

- ①泥濃式推進工法は実績が多く、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

て、連続的かつ迅速に坑外に搬出できる

- ③玉石を丸呑みすることで、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、コンパクトな施工が可能である。現場状況により、車上プラントや発進立坑内に機器の設置が可能である

図-1に一次覆工のシステムイメージ、図-2に一次覆工の概要を示す。

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仕上り内径は最小1,000mmから、1スパン1,000m以上、超急曲線R=15mの施工が可能である
- ②推進工法からシールド工法への切替えが容易である。また、そのために中間立坑を設ける必要がなく、切替えは掘進機内で行う
- ③掘進機内からビット交換および障害物の撤去が可能である
- ④一部に推進工法区間を設けることで、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、長期休暇による推進力の上昇や急曲線部での推進管の破損等の懸念事項が軽減される

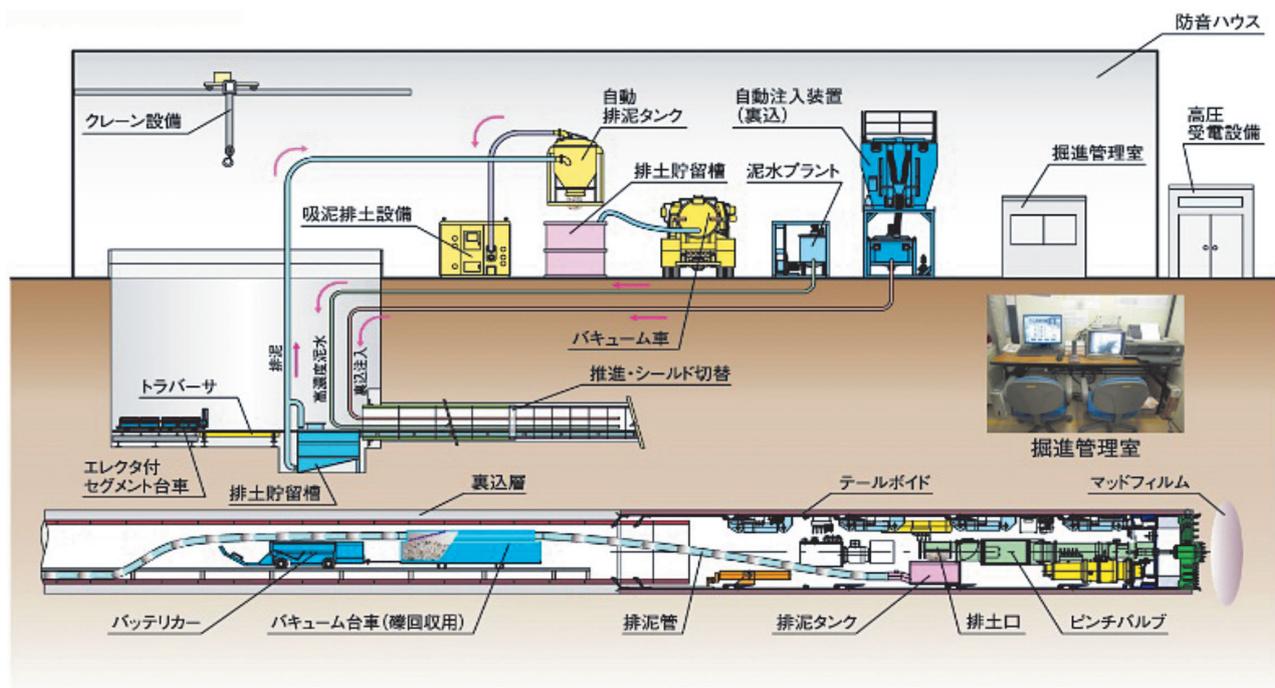


図-1 一次覆工のシステムイメージ

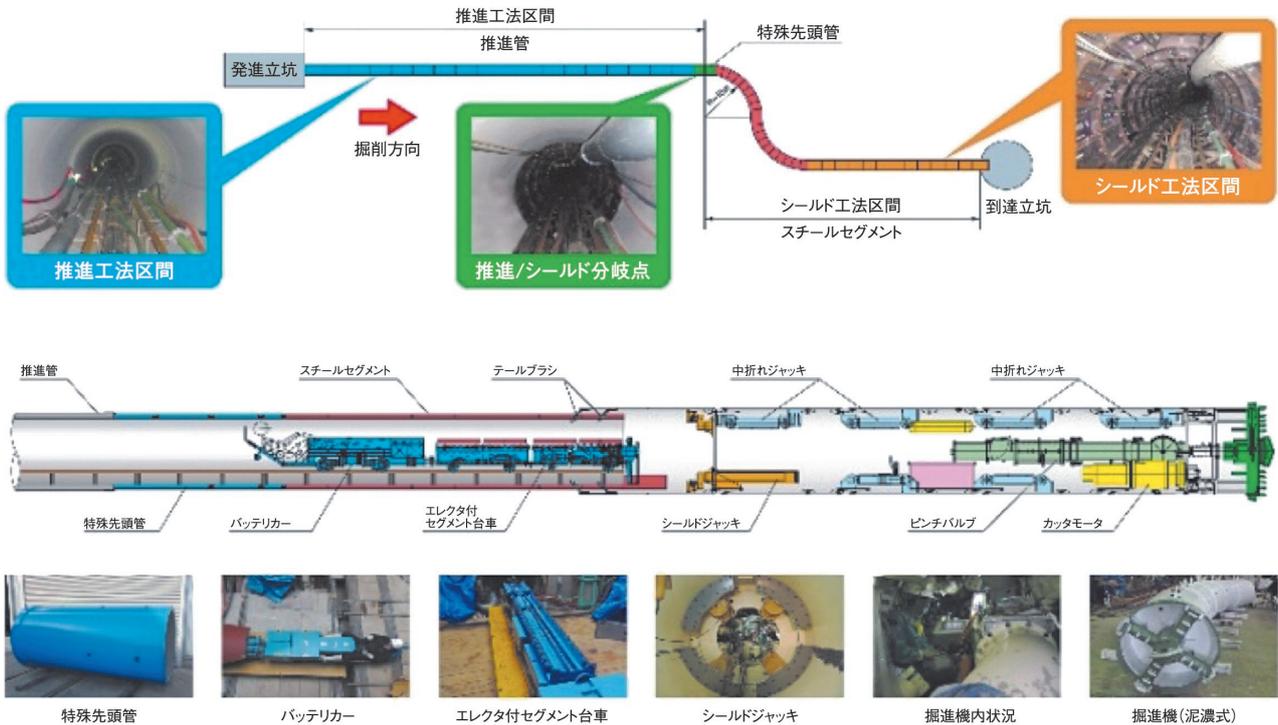


図-2 一次覆工の施工概要

2.3 二次覆工（持込方式）について

水道管路は有圧のため、本管には水道管路で実績のあるPN形ダクトイル鉄管を用いる（図-3）。さや管内にPN形ダクトイル鉄管を専用の運搬台車で持ち込んだ後、さや管内で継手の接合を行う。さや管の口径は、本管の受口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することで設定しており、本管呼び径に対して、さや管最小呼び径は、3口径（サイズ）アップとしている。

さや管内への本管の敷設において、急曲線区間の配管は曲管と切管との組み合わせとなる場合が多く、直線区間は管1本あたりの管長が最も長い直管となる。そ

れらすべての本管は、急曲線部を通過しなければならない。このため、PN形ダクトイル鉄管を1本ずつ確実にさや管内の所定の位置まで運搬し、さや管内で本管の継手接合を行う持込方式を標準としている（図-4）。

3 施工事例

3.1 施工事例

(1) 施工概要

施工場所：兵庫県内

さや管：呼び径1000（推進・シールド併用）

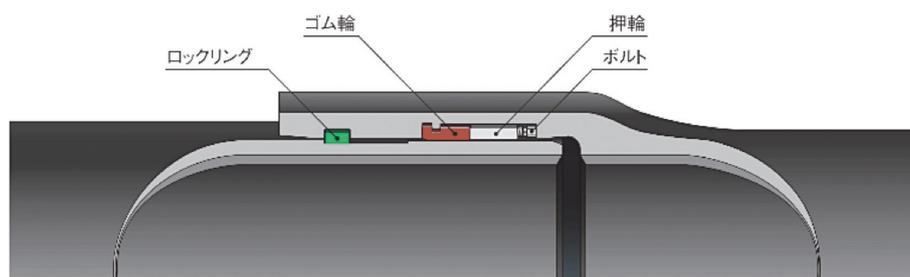


図-3 PN形ダクトイル鉄管（耐震管）説明

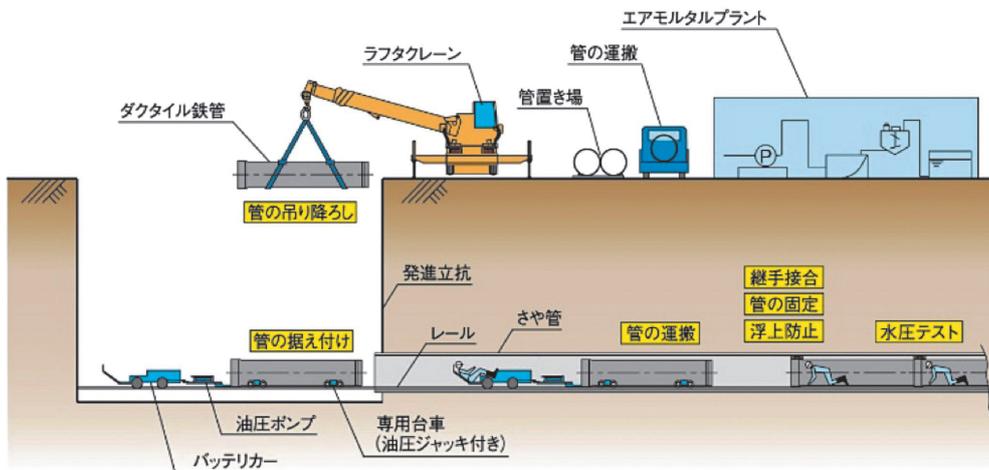


図-4 二次覆工のシステム

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：呼び径700 (PN形ダクタイル鉄管)
 掘削延長：1,234.268m (推進区間 442.820m)
 土 被り：7.72m
 地下水位：GL-5.98m
 土 質：砂礫・岩盤 (砂岩・頁岩)
 N 値：60
 礫 率：38.15% (実施70%程度)
 最大礫径：90mm (実施350mm)
 線 形：水平曲線 R=600、500、500、100、
 100、100、50、500m (図-5)
 縦断曲線 R=400m

そ の 他：勾配17‰下り⇒3‰下り
 河川横断
 機内ビット交換3回

(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・玉石層と岩盤層の互層
- ②機内ビット交換
- ③一次覆工の出来形による本管の割付
- ④縦断曲線区間の本管敷設
- ⑤R=50m区間の本管敷設

①・②は一次覆工、③～⑤は二次覆工の課題を示す。

(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。

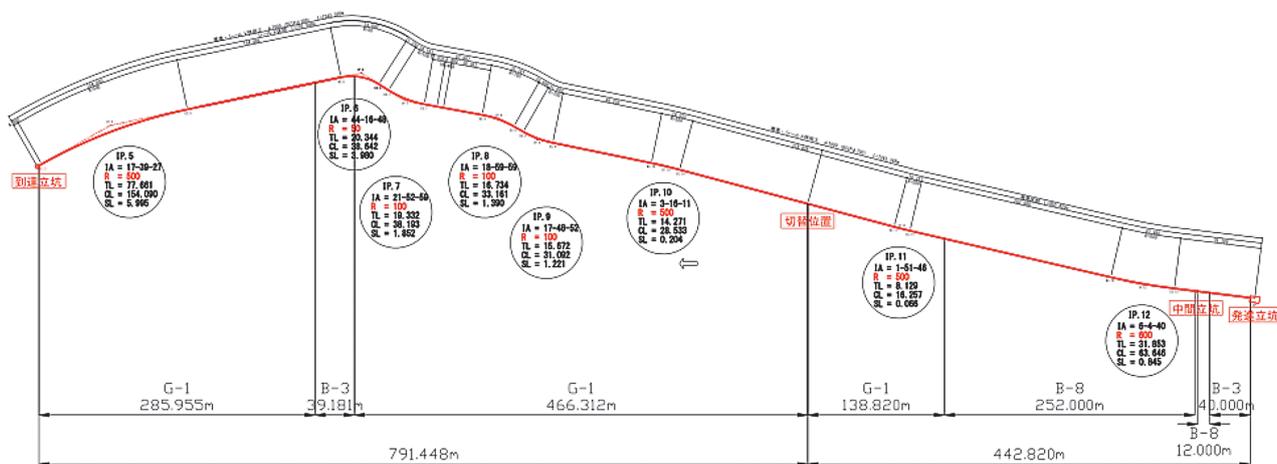


図-5 路線概要

①巨礫・玉石層と岩盤層の互層への対策

当初は、岩盤（砂岩・頁岩）が主体であるとのこと
から、写真-1の左側の面板を選定していたが、巨礫・
玉石が確認されたため、中間立坑にて右側の面板に変
更した。また、岩盤（砂岩・頁岩）に有効であるグリッ



写真-1 面板の構造

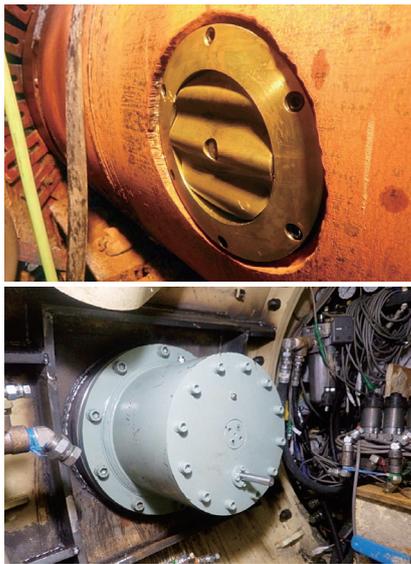


写真-2 グリッパ(上：中間立坑内 下：掘進機内の状況)

パ（掘進機のローリング防止）を取付けた（写真-2）。
その結果、無事に到達することができた（写真-3）。

②機内ビット交換への対策

機内ビット交換が円滑に行えるように、人がチャンバ内
に入れる構造とした。センタ軸の取り外しが可能で、チャ
ンバ内に吊り具が取付けられるようにした（図-6、写
真-4）3回のビット交換を経て、無事に到達することが
できた。



写真-3 到達状況



写真-4 ビット交換状況（チャンバ内）

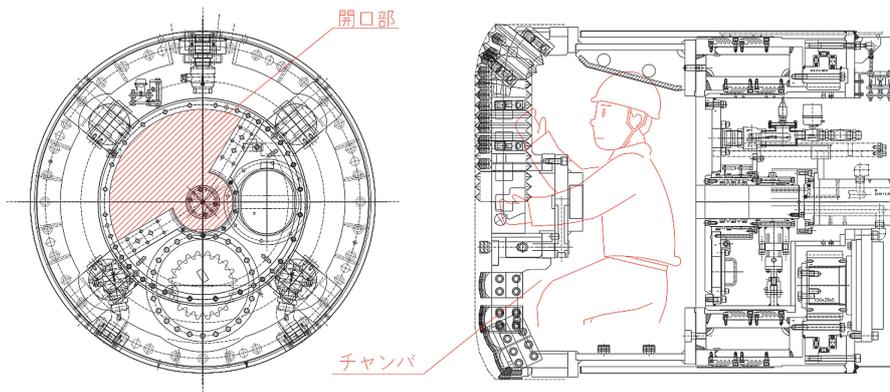


図-6 開口部とチャンバ

③一次覆工の出来形による本管の割付への対策

一次覆工の出来形によっては、本管の管長が変更になる場合がある。そのため、本管の最終割付は、一次覆工完了時の測量データを基にした管長の検討後に作成することで、問題なく本管の敷設が行えた(写真-5)。



写真-5 本管の敷設状況

④縦断曲線区間の本管敷設への対策

本管の継手接合作業の完了後、運搬台車の引き抜き作業時に本管を一時持ち上げる必要がある。一般部では問題ないが、縦断勾配が変化する緩和曲線内では、本管とさや管が干渉する可能性がある。そのため、縦断測量データを基に作業図を作成し、干渉の有無を確認した後、施工を行ったため、問題なく本管の敷設が行えた。

⑤R=50m区間の本管敷設への対策

急曲線区間の本管の配管には、曲管と短管(切管)を測量結果に合致するよう組合わせて用いる必要がある。一次覆工の出来形によっては、切管長さが変わる場合がある。測量データを基に、曲管と切管長さの組合わせの検討を行った後に管割付図を作成し、さらにさや管と本管との干渉の有無を確認した後、施工したため、問題なく本管の敷設が行えた。

推進工法区間の推進力は、設計3,765kNに対して、実施2,548kNと約68%であった。精度は、レベルが-25mm、センターが右10mmであった。また、シールド工法区間の到達制度は、レベルが+24mm、センターが左20mmであった。

4 おわりに

冒頭でも述べたように、水道事業は転換期を迎えており、今後は国土交通省が水道事業に関する基本方針の策定や事業の許認可、老朽化対策、耐震化などの施設整備等を担うことになった。これまでの基幹管路の耐震化工事では、非開削による管路更新が要求され、かつ施工延長や線路上の問題により、推進工法で施工不可となる工事では、本管の6~7口径(サイズ)アップのシールド工法による施工が必要であった。本工法の登場により、さや管径を本管の3口径(サイズ)アップで敷設することが可能となった。また、本工法では一次覆工を推進工法とシールド工法との併用工法を採用しているため、工期短縮・コスト縮減が可能であることから、今後の強みになると考えられる。

しかし、高齢化や労働人口の減少に伴う人材不足、時間外労働の罰則付き上限規制、時間外労働に関連する割増賃金引き上げ等の課題を克服しなければ、技術を継承できる現場監督や施工者がいなくなり、将来が危ぶまれる。また、未来を担う若者達が推進工法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(HyW)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

E-mail: info@hyw.jp

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