

小口径長距離シールドにおける仮設備の検討及び施工実績

(株)フジタ 正会員 ○中村多聞 山中幸司
平野高嗣 春田俊哉

1. はじめに

高知市は南海地震対策として、針木浄水場から九反田配水所までの約10kmの送水幹線を、既設管とは別ルートで耐震管を敷設する送水幹線の二重化を進めている。全体事業計画上、本工事にて施工する5工区は、このうちの約2,216mを泥土圧シールド工法で築造するものである。当工区の施工条件として、一次覆工完了後に発進立坑を次工区へ引き渡す必要があった。本稿では、期日内に工事を完了するために行った一次覆工の掘進方法の検討と、施工実績について報告する。

2. 工事概要

工事概要を表-1に示す。本工事の特徴は下記の通りである。

表-1 工事概要

- (1) 泥土圧シールド工法
- (2) 小断面シールド（シールド外径φ2,030mm
セグメント外径φ1,900mm, 内径φ1,744mm）
- (3) 長距離シールド（管渠延長2,216m）

工 事 名	送水幹線二重化（5工区）管渠築造工事
工 事 場 所	高知市百石町四丁目～九反田
工 期	平成28年1月22日～令和2年3月14日
発 注 者	高知市上下水道局 水道整備課
工 事 概 要	シールド工（泥土圧シールド） 鋼製セグメント、内挿管（ダクタイル鋳鉄管）

3. 現場の課題

一次覆工完了後に、本工事の発進立坑を次工区へ引き渡す条件となっており、工程厳守が課題であった。2,216mあるシールド路線の掘削対象地盤は、発進位置がN値=0～3の軟弱粘性土層であるが、到達手前でN値=20～40の火山灰層へ変化する（図-1,2参照）。異なる地質条件の中、全線を通して高い日進量を維持しながら施工することが必要とされた。この課題に対して検討し、実施した対策について述べる。

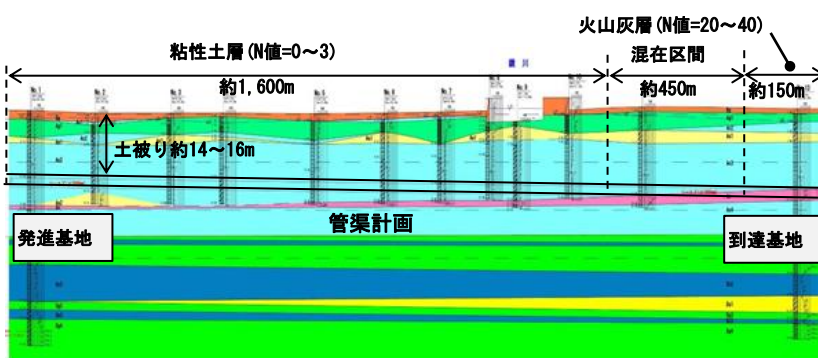


図-1 路線縦断面図



図-2 路線平面図

4. 効率的な掘進方法の検討

日進量確保のため、次の3点について検討を行った。

- (1) 坑内掘削土搬出設備に土砂圧送ポンプの採用
- (2) 掘削添加材の検討
- (3) 幅広セグメントの採用に対する搬送装置の開発

4.1 土砂圧送ポンプの採用

シールド工事の掘削土砂搬出方法は、掘削土砂運搬車を使った軌道方式が一般的である。しかし掘進距離が約1,000mを超えると、掘削土砂運搬車の待機時間が生じ日進量が下がる。別の土砂搬出方法であるポンプ圧送方式は、切羽から土砂ピットまでを土砂圧送管でつなぐことで、連続的に土砂を搬出できる。そのため、掘進延長が伸びても高い日進量を維持できる。本工事の対象地盤は大半が軟弱な粘性土であるため、土砂搬出方法

キーワード 泥土圧シールド, 小断面, 長距離施工, ポンプ圧送, 添加材, セグメント搬送

連絡先 〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-25-2 SYDビル (株)フジタ 土木本部 TEL 03-3796-2278

をポンプ圧送方式に変更した。これにより、坑内土砂圧送設備配置計画と、圧送を可能とする掘削添加材の検討を行った。掘削添加材の検討については次節で述べる。

圧送ポンプ必要台数は、ポンプの吐出圧力と、全路線における圧送管内の圧力損失を比較して算出した。圧力損失は後続台車間、シールド坑内、発進立坑及び地上部の3区間に分けて算出した。掘削土砂は火山灰を想定した。後続台車の圧送ポンプも含めて必要台数は4台という計算結果が出た。一方、能力不足により圧送管を閉塞させた時の工程遅延の影響は大きいことから、1台追加した5台で全路線を土砂圧送することにした。図-3に坑内ポンプ配置状況を示す。

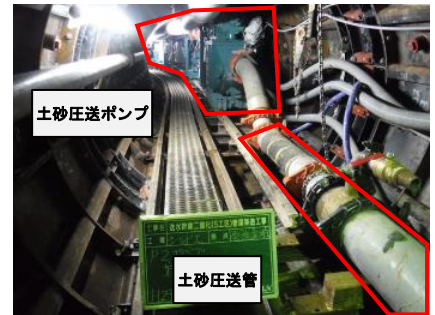


図-3 ポンプ配置状況

4.2 掘削添加材の検討

一般的に土砂圧送ポンプは掘削土にシルト分・粘土分（バインダー分）またはこれに代わる代替物質（作泥材）が約30%以上含まれることが必要とされている。到達直前に出現する火山灰層は、シルト分・粘土分が少ないため、圧送に必要な塑性流動性が阻害され、閉塞を起こす可能性がある。そのため、火山灰層における添加材の適合を事前に確認する必要があった。掘削添加材は、カッターチャンバー内の土砂の塑性流動性及び不透水性を確保して切羽の安定を図るとともに、圧送性向上に加え圧送管内での分離抵抗性も優れていなければならない。一般に用いられる添加材は、鉱物系、界面活性剤系、高吸水性樹脂系、水溶性高分子系の4種類ある。今回は到達直前の火山灰層を土砂圧送するため、鉱物系と水溶性高分子系で比較を行った。材料の合否については目視による塑性流動性と材料分離性の確認、ベーンせん断抵抗値の測定で判断した。ベーンせん断抵抗値は塑性流動性を数値で評価するための試験である。試験の結果、鉱物系（142kg/m³配合 15%添加）が最適であった（表-2参照）。

表-2 添加材評価結果

掘削添加材配合	水溶性高分子系 (2kg/m ³)	水溶性高分子系 (4kg/m ³)	鉱物系 (142kg/m ³)
注入率	20%	40%	15%
ベーンせん断値	2.47kPa	1.41kPa	1.21kPa
目視・手触り	塑性流動化無し 掘削添加材が不足状態	塑性流動化良好 水と土砂が分離する傾向有り	塑性流動化良好 水と土砂が分離する傾向無し
評価	×	△	○

4.3 幅広セグメントの採用に対する搬送装置の開発

一次覆工の日進量向上のため、直線区間のセグメントを標準の750mmから900mmに幅広化した。セグメントは、一般的に船積み状態で坑内搬送を行うが、土砂圧送ポンプの横を通過する際に、直線区間のスプリングラインの位置でも離隔が20mm程度しか確保できず、急曲線区間は通過不可能であった。そのため、発進立坑部でセグメントを引起し、切羽で横倒しをする作業が必要となったが、本工事の断面で使用可能な既存の設備は無かった。このことから、セグメントを安全に立坑部から切羽へ運搬する装置を開発する必要があった。今回開発作製したのは、狭隘なシールド坑内でもセグメントを転回することができる、油圧式回転機構付きのセグメント搬送装置である。油圧ユニットは、坑内に新たなスペースを設けることなく配置が可能な小型のものを作製した。セグメント搬送装置を図-4に示す。

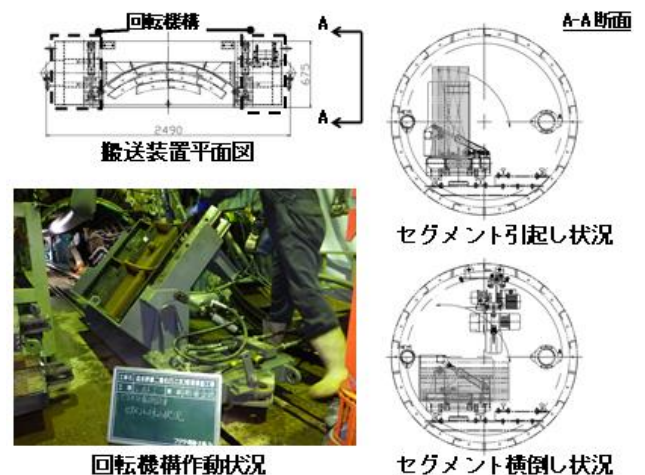


図-4 セグメント搬送装置

5. おわりに

今回は小断面シールドでの土砂圧送とセグメント幅広化の同時提案により、検討課題も大きくなったが、これらを克服することにより最大月進405.2mを達成し、当初工程より約2箇月短縮した。これにより、次工区への発進立坑引渡しが無事完了した。今後も工程短縮のため仮設備計画を課題とする工事が増えると思われるが、これが同種工事の参考となれば幸いである。