

崩壊性の高い砂層における泥水・泥土複合式シールドの計画

大成建設株式会社 正会員 ○長光 憲一郎

大成建設株式会社 正会員 加藤 秀一

東京電力パワーグリッド株式会社 正会員 出雲 力斗

1. はじめに

東京電力パワーグリッド(株)では、千葉印西エリアの電力需要増加に対し、地中送電ケーブル敷設用トンネルを、新京葉変電所から新設変電所までシールド工法で新設する工事を計画している。そのうち本工事は施工延長約 6.3km を、工期短縮を目的として、シールド機外径 4.59m のマシン 2 台により同時施工を行うものである。トンネル覆工は、内径 4.0m の RC セグメント（一部 HB セグメント）である。

シールド掘進部の地層は、崩壊性の高い砂層と、一部区間では洪積粘土層が介在する特殊な地盤であり、かつ当施工地域では可燃性ガスが発生する可能性があるため、防爆構造が必要である。これらの条件に対応するため採用した、泥水・泥土複合式シールドの設備計画について報告する。

2. 課題および問題点

本工事における課題および問題点を以下に示す。

(1) 長距離を短時間で掘進する必要がある

シールド 1 号機は、掘進延長が約 3.8km であり、本掘進における月進目標は 500m である。達成するためには掘進速度 100mm/min が必要となることから、掘進速度を確保しやすい泥水式が有利となる。

(2) 掘削対象土質が崩壊性の高い砂層である

掘削対象地層の大半が、細粒分含有率 4.5%、均等係数 1.6 (Ds4 層) 等の、切羽の安定を保つことが困難な砂層である。これを泥水式シールドで高速掘進する場合、泥水の性状（比重・粘性等）を良質な状態に保つのが困難であるため、泥土圧が有利となる。

(3) 掘削対象土層から可燃性ガスの発生が懸念される

当施工地域では可燃性ガスが発生する可能性があるため、密閉した状態で土砂搬送を行う必要がある。掘削対象土質より、流体輸送方式が最善である。

(4) シールド路線の近傍に多数の井戸が存在する

シールド切羽の安定を保つために加圧された泥水

が、シールド路線近傍に点在する井戸の水質や揚水量に変化を及ぼす可能性があるため、逸泥しづらい泥土圧が有利となる。

これらの課題を解決するため、泥水・泥土複合式シールドを採用し、泥水式での掘進を基本としながら、切羽の安定や取り込み土量の計測結果により、適宜泥土圧に切り替えが可能な設備を計画した。

3. 泥水・泥土複合式シールド

(1) 泥水・泥土複合式シールドマシン

図-1 に泥水式掘進時の泥水の流れを、図-2 に泥土圧掘進時の泥水の流れを示す。

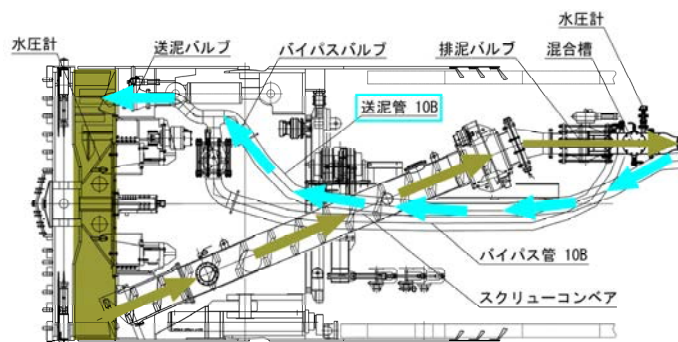


図-1 泥水式掘進時の泥水の流れ

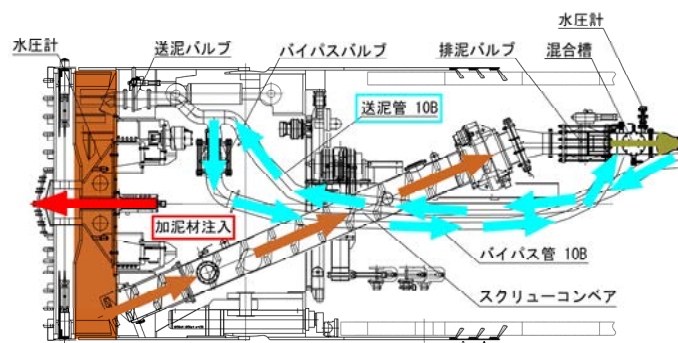


図-2 泥土圧掘進時の泥水の流れ

泥水式掘進時、地上からの送泥水は、送泥バルブを通過して、チャンバーへ入り掘削土砂と混ざってスクリーコンベアを排泥管代わりにして、地上へ排出される。切羽水圧管理は、チャンバーに設置した水圧計の値を流体輸送の操作で調整する。

キーワード 泥水・泥土複合式シールド、崩壊性砂層、高速施工、長距離、可燃性ガス

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設株式会社土木本部土木技術部都市土木技術室 TEL043-243-1615

泥土圧掘進時、地山へ加泥材を注入しながら掘進し、スクリーコンベアで土砂を排出する。地上からの送泥水は、チャンバーには入らずバイパス管を通り、混合槽にてスクリーコンベアで排出された土砂と混合され、そのまま排泥管を通り、地上へ排出される。切羽土圧管理は、チャンバーに設置した土圧計の値をスクリーコンベア回転数とゲートバルブ開度により調整する。加えて混合槽に設置した水圧計の値を流体輸送の操作で調整し、混合槽内水圧とチャンバー内土圧の圧力差を調整することで、取り込み土量の管理も行う。

混合槽の詳細を図-3、および写真-1に示す。

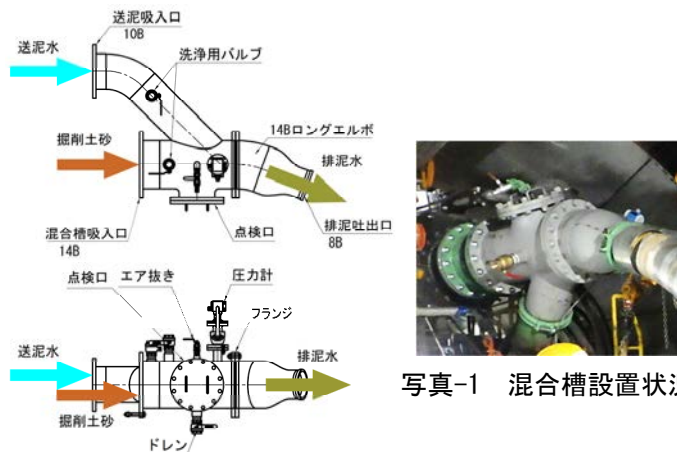


図-3 混合槽詳細図



写真-1 混合槽設置状況

(2) シールドマシンの特長

カッターヘッドは、泥水式と泥土圧の両方に対応できる形状とした。特長を以下に示す (図-4 参照)。

- ①山留効果として面板を配置
- ②土砂を均等にとりこめるようスリットを配置
- ③山留効果を損なわない最大限のスリット幅を確保
(カッター開口率：40.6%)
- ④面板補強材を設置し、そこにビットを配置することで、中央から外周への土砂の流れの促進、およびビット配置の分散化による粘性土の付着を防止

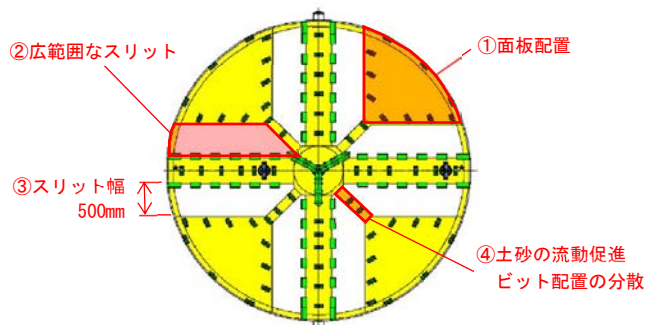


図-4 カッターヘッド (シールド1号機)

カッタービットは、掘進速度 100mm/min を確保するため、長距離高速施工の実績がある切削タイプの強化

型先行ビット (超硬チップの大型化) を採用した。

カッター回転数を 2.0rpm (低トルクモード時) とし、粘性土の密着防止を考慮した上で必要パス数を確保することで、切込み量を 20mm 以下に抑えている。

カッター装備トルクを 2,318kN-m (トルク係数 $\alpha=24$) と、泥土圧としても大きな値に設定したが、5m 程度のシールド機外径でこのカッタートルクを実現するため、駆動方式は中央支持方式とした。

推進機構について、装備推力を 24,050kN とし、必要総推力 14,465kN に対し、余裕率 1.66 を確保した。かつ伸長速度を全数作動時 100mm/min、引き速度を 1,500mm/min (4 本同時作動時) とした。

(3) 流体輸送設備

掘進速度 100mm/min の土砂を排出するため、排泥流量 7.0m³/min を送泥管 10B、排泥管 8B で循環させる。

スラリーポンプは、坑内空間も考慮し SPD6-200 型を採用した。送泥側に最大 2 台、排泥側に最大 6 台を、掘進の進捗に合わせて順次設置していく。

また、掘削対象の砂層には硬度が高い石英が多く含まれているため、摩耗対策として、排泥管に材質 STK590Mn の耐摩耗鋼管を使用する。

(4) 泥水処理設備

掘進速度 100mm/min、日進リング数 31.5R、フィルタープレス稼働時間 24 時間を条件として計画した。

振動ふるいの必要台数は、処理流量 7.0m³/min、回収量 0.75m³/min の PDS-15 型が 3 台であるが、バックアップ機を 1 台追加して合計 4 台とし、掘進しながら 1 台を整備することを可能とした。

フィルタープレスも同様に、バックアップ機を 1 台追加し、16m³プレス 3 台で施工する計画とした。

調整槽は必要容量が 107m³ であるのに対し、高速施工において送泥水の比重・粘性の調整が間に合わないことが想定される。そこで 150m³ 水槽を 2 基配置し、1 つの水槽で掘削を行っている間に、もう 1 つの水槽で比重・粘性を調整し、泥水性状が管理基準を外れた場合、速やかに調整槽を切り替える計画とした。

4. おわりに

本工事では過去に例を見ない、崩壊性の高い砂層における泥水・泥土複合式シールドの長距離高速施工を実現するための計画を行った。本計画が類似条件でのシールド施工計画の参考となれば幸いである。なお、掘削完了後に、あらためて実施報告を行う予定である。