

巨礫混じりの砂礫層における長距離シールド施工

株式会社奥村組 正会員 ○秦 裕彰 正会員 吉田 英典 正会員 倉田 和彦
 仙台市建設局 下水道事業部 管路建設課 松田 太士

1. はじめに

仙台市では、東日本大震災にともなう地盤沈下により、浸水リスクの高まった原町東部地区をはじめとする各低地において、浸水対策事業が急ピッチで進められている。当事業の一環である原町東部雨水幹線工事1は、両発進立坑よりシールド工法にて上流側（延長2,798m）を掘進、中間立坑でのビット交換を経て、到達立坑、シールド機を回収・整備した後、両発進立坑に再度投入して、下流側（延長1,756m）を施工する工事である。シールド機外径はφ3,330mm、土被りはいずれも約30mである。

シールド機の選定について、当初は泥水式が計画されていたが、追加の土質調査により、礫径φ500mm以上の巨礫が確認されたことから、巨礫に対応可能な泥水・泥土圧兼用のハイブリッド形式に仕様変更した。平成29年3月末現在、上流側のシールドが完了したところであり、本稿では、上流施工を通じて顕在化した問題点ならびに下流側に向けた対策について報告する。

2. 土質条件およびシールド機の仕様変更

施工場所は、後背湿地や自然堤防が分布した宮城野原平野と称される低地である。シールド対象土層は、主に洪積砂礫層（Dg）であり、上部に粘性土、砂質土、砂礫の互層からなる沖積層が堆積している（図-1）。洪積砂礫層（Dg）のN値は50回以上、礫は硬質であり礫率は最大80%、透水係数は 10^{-2} cm/sec オーダである。

シールド機の仕様について、礫径φ500mm以上の巨礫に対応するため、1) カッターヘッドを面板形から変則スポーク形（開口率34%）に変更、2) 先行および外周ビットの形状を全てシェルタイプに変更、かつサイズアップ、3) ローラーカッター：4基の新設、4) カッターヘッドの支持方式を中間支持からセンターシャフトに変更、5) 軸なしリボン式スクリーコンベヤーの新設、6) クラッシャーの大型化、7) 添加材注入装置の装備など、泥水式を基本としつつ、泥土圧でも掘進可能な掘削機構とした（図-2）。また、坑内での掘削土砂の搬出は流体輸送方式とした。

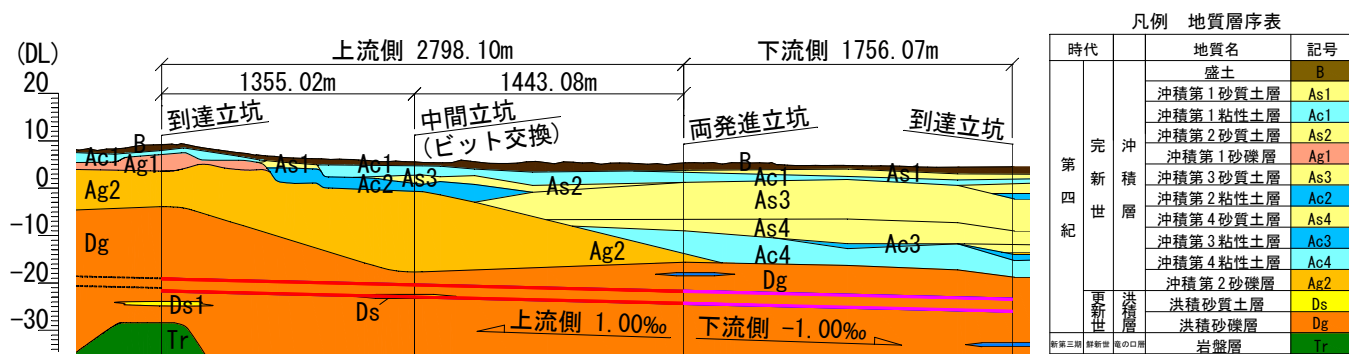


図-1 土質想定図

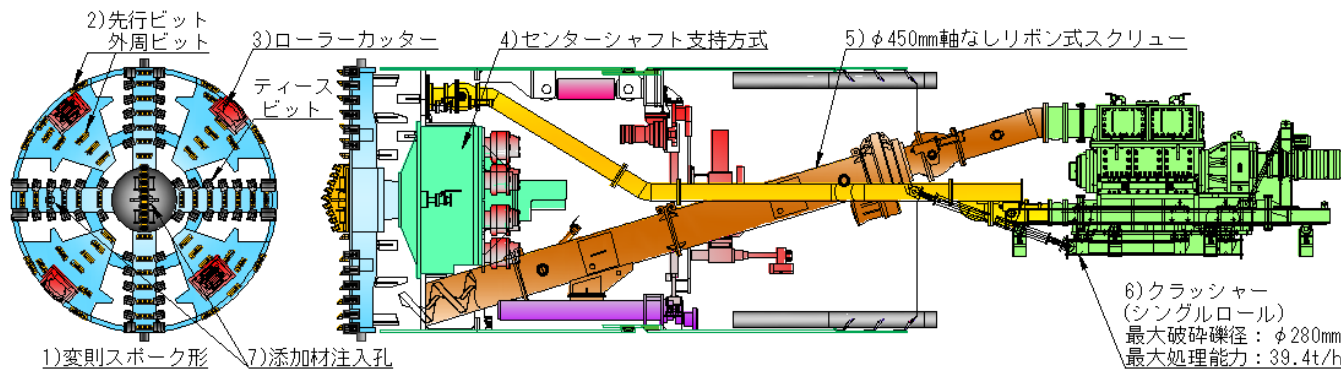


図-2 泥水・泥土圧兼用ハイブリッド型シールド機

キーワード：シールド，長距離，巨礫，砂礫層，閉塞

連絡先：〒981-8525 宮城県仙台市青葉区堤通雨宮町 2-25 (株)奥村組東北支店 TEL 022-273-9918

3. 上流側の施工実績（顕在化した問題点等）

巨礫混じりの砂礫層を掘進するにあたり、スクリーコンベヤーとクラッシャーを繋ぐ配管において、巨礫停滞による閉塞が懸念された。従って、塑性流動化させた土砂で配管内を充満させた方が、巨礫をクラッシャーまでスムーズに送り込むと考え、まずは泥土圧にて掘進を開始した。当路線における土の粒度分布は図-3のとおりである。発進より中間立坑までは、礫率が比較的中位の（40～60％）区間であったことも幸いし、大きな閉塞もなく進捗は月進最大370mとなった。

中間立坑でのビット交換後、添加材の使用量削減を目的に、掘削方式を泥水式に切り替え再発進した。当初は礫率50％程度の区間であり、泥土圧と比べて、推力、カッター圧力ともに低位で推移（図-4）し順調に掘進していたが、礫率80％の区間に入ると、泥水の比重と粘性が著しく低下、泥水プラントでの増粘剤添加による調整では追いつかなくなった。その結果、断面サイズが変化する排泥バルブおよび可とう管において、巨礫が挟まる閉塞が頻発した（写真）。加えて、礫衝撃の影響と予想されるティースビットの脱落にも見舞われ、面板開口制限サイズ以上の巨礫を取り込むようになり、更なる閉塞を誘発し、進捗は月進100mまで落ち込んだ。そこで、泥土圧と同様に、ベントナイトに高分子系添加剤をショットしたものを切羽に注入しながら掘進したところ、一定の泥水比重と粘性を維持できるようになり、閉塞回数は大きく減少した。

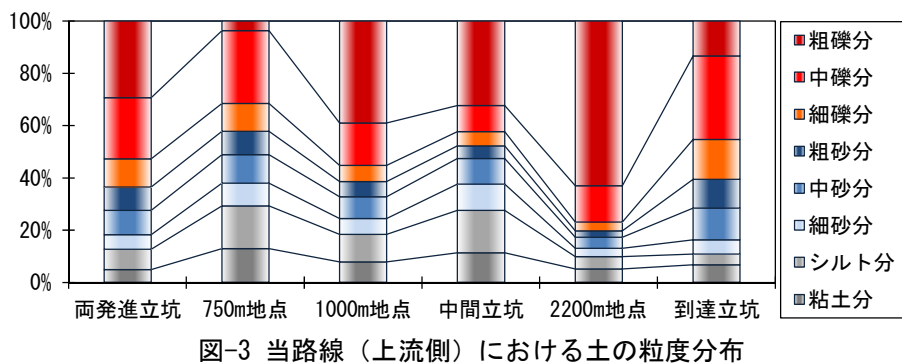


図-3 当路線（上流側）における土の粒度分布



写真 巨礫によるバルブ閉塞

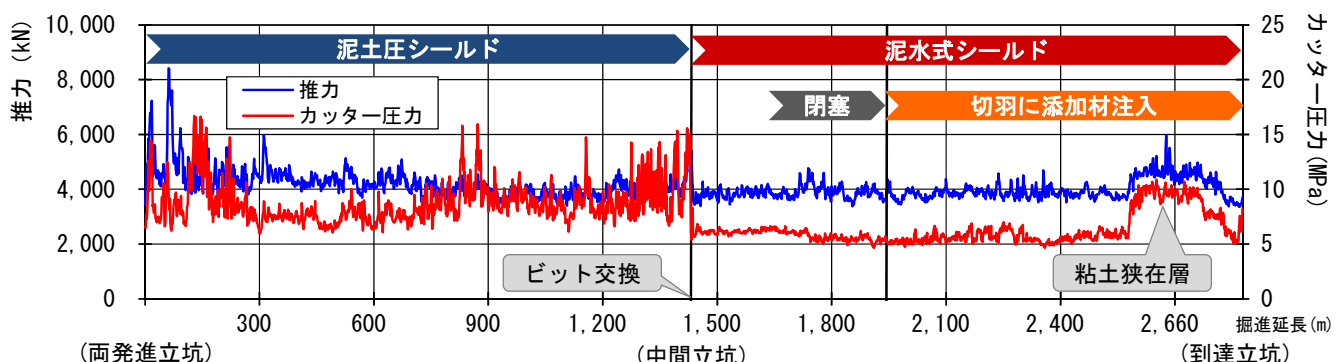


図-4 ジャッキ推力、カッター圧力の経時変化

4. 下流側の施工に向けた対策

以下に、下流施工に向けた主な対策を列挙する。

- (1) ティースビットについては、礫の衝撃に耐えるよう、ボルト固定に加えて、母材と面板の接合部を全て溶接する。
- (2) スクリーコンベヤー後方の排泥バルブ等での巨礫立ち上がり防止対策として、面板の開口率を34％から29％に狭め、取り込み可能な礫サイズを370 mm×300 mmから300 mm×200 mmに縮小する。
- (3) また、排泥バルブに直結する配管について、四方に小口径バルブを設置し、バルブに挟まった巨礫をロッド（鉄棒）で突き倒すための開口を設ける。
- (4) 多量の礫を含む泥水の循環により、摩耗の激しかったスクリーコンベヤーのケーシングについて、内部に硬化肉盛溶接を施す。
- (5) シールド機を回収次第、カッタービットの摩耗量を分析（摩耗係数の見直し等）することにより、超硬チップの素材変更の必要性等を検討する。

5. おわりに

上流側では巨礫閉塞に悩まされたが、切羽における圧力変化を最小限に止める等の管理を徹底し、幸いにも地上部に影響を及ぼすことなく到達することができた。近年のシールドは大深度化、長距離化、大断面化に移行してきており、今後は掘進断面に巨礫を含む地層を施工する機会が多くなると予想される。本報告が同種工事の参考になれば幸いである。