

巨礫が点在する硬質砂礫地盤での泥土圧シールド工の施工実績とトラブル対策

佐藤工業・深松組・高工JV 正会員○萩原 奈々・倉田 学・児玉 ひと美
仙台市建設局 下水道事業部管路建設課 猪股 渉

1. はじめに

原町東部雨水幹線トンネルは内径 $\phi 2000$ mm, 延長 $L=1939$ m, 平均土被り約 30m のシールドトンネルである。路線内の地質は巨礫が点在する砂礫地盤であると想定された。本報告では巨礫が点在する硬質砂礫層かつ高水圧下でのシールド工事に際して計画した内容および発生したトラブルと実施した対策を報告する。

2. 地質概要

トンネル路線内の土質は礫質土主体であり、シールドが掘進する GL-30m 付近は N 値 50 を超える粘土混じり砂礫層で 5~30 mm 程度の礫が主体である。透水係数は 10^{-3} cm/sec ~ 10^{-4} cm/sec オーダーで透水性は低い土質と想定された。なお、工事着手事に行った大口径ボーリング調査ではシールド機通過深さで $\phi 450$ mm 程の巨礫が確認された。

3. 巨礫が点在する硬質砂質地盤に向けた計画

本工事は内径 $\phi 2000$ mm の小断面施工となることを踏まえ、シールド機の掘削、排土機構の基本的な考え方を以下のとおりとした。

- ① 小断面シールド機に配置可能な最大径のスクリーコンベアを計画配置する。
- ② 上記スクリーコンベアを通過できないサイズの巨礫に対しては、カッターヘッドにて通過規制を施しディスクローラーカッターにて破碎後、チャンバーに取り込む構造とする。

以上の2点を考慮し、スクリーコンベアは内径 $\phi 446$ mm, カッター面板は開口率 46% として、それぞれの最大通過礫径を $\phi 460 \times 300$ として計画した。

4. 初期掘進におけるトラブル

初期掘進を開始し掘削土は想定したとおり 200 mm ~ 300 mm 程度の巨礫を含む細粒分の少ない土砂だった。高水圧の地下水の流入もあり、土砂は奮発を繰り返し排土の性状は液状となった。加泥材は計画していた粉体高分子添加材（以下 SP-A II）を 5kg/m³ 配合 31% の注入率で添加していたが、掘削土の塑性流動性が確保できず排土は完全に礫分と水分と細粒分が分離した性状だった（写真-1）。図-1 に填発時の切羽土圧データを示す。



写真 - 1. 排土の性状（SP-A II 使用）

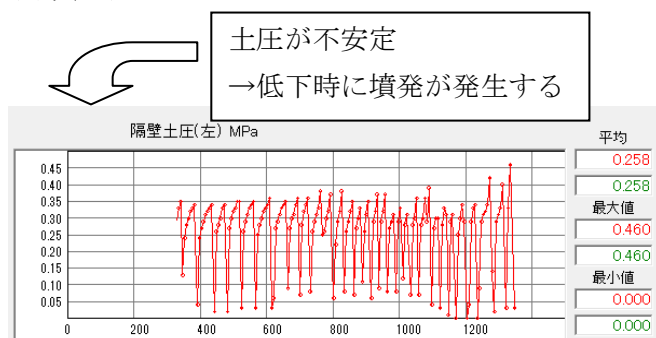


図 - 1. 奮発時の切羽土圧データ

5. 填発トラブルへの対応と結果

填発が生じる原因として、チャンバーへの地下水流入が多く加泥材が希釈されている状況にあるということが想定された。そこで SP-A II より高い粘性と吸水性を持つ SP-A III を 5kg/m³ で水希釈したものの使用を試みた。

【キーワード】 巨礫, 高水圧下, 填発トラブル, 加泥材, 塑性流動化

【連絡先】 〒103-0023 東京都中央区日本橋本町 4-12-19

佐藤工業株式会社 東京支店

TEL 03-3661-5662 FAX 03-3661-1298

SP-AⅢを使用することで排土の水分量が若干減り排土の性状は液状からコンベアに乗る状態にまで改善したがスクリーゲートを開けた瞬間にたちまち土砂が流れ出る状態で、依然として切羽土圧を保持することが困難であった（写真-2）。排土の塑性流動性の確保ができず、ベルコンでの排土の搬送が困難な状況が続いた。そこでベルコンによるズリ鋼車への搬送方法をスクリーゲートに鋼管を配管し取付けたエアホースからエアを吐出し圧送する方法に切り替えた（写真-3）。これにより土砂のこぼれが無くなったことで施工量は上昇した。しかし一方で配管上部にエアのみが走り、配管内が細かい砂礫で閉塞する現象が度々起こるようになり、最終的にはスクリーコンベア内が礫で閉塞状態となった（写真-4）。



写真-2. 排土の性状（SP-AⅢ使用）

写真-3. 配管による土砂圧送

写真-4. スクリーコンベア閉塞状況

6. 加泥材の再検討と結果

スクリーコンベアの閉塞解除と並行して加泥材の配合試験を繰り返し配合を再検討した。配合試験の結果、SP-AⅢに細粒分を補うことを目的としたベントナイト溶液を混合したものが最も効果的であると判断できた。閉塞解除が成功し加泥材は SP-AⅢ（8 kg/m³）+ベントナイト溶液（90Kg/m³）=1:4 の配合を添加率 30% で使用し掘進を再開した。結果、ようやく塑性流動性を保持した排土に近付き初期掘進は完了した。

7. 本掘進の結果

本掘進では前述した配合の加泥材を排土の性状を確認しながら添加率 30%～40%で調整した。排土の性状は初期掘進と比較すれば良いものとなったが依然として不安定な状態であり切羽の土圧保持が非常に難しい状況であった。排土の安定した塑性流動性の確保のため様々な加泥材を試した結果、アクリル系パラフィン系油脂界面活性剤を主成分とした水溶性分子樹脂の添加剤である SP-H が地山に適合することが分かった。水で単純混合したものを 9～12kg/m³ の配合で排土の性状を見極め調整することで安定した掘進が可能となった。最適な加泥材の選定に成功したことで 300 mm 程の巨礫の取り込みおよび排出も可能となり、目標であった最大月進量 250m/月を確保できた。添加剤変更後の排土性状を写真-5 に掘進データを図-2 に示す。



写真-5. 排土の性状（SP-H 使用）

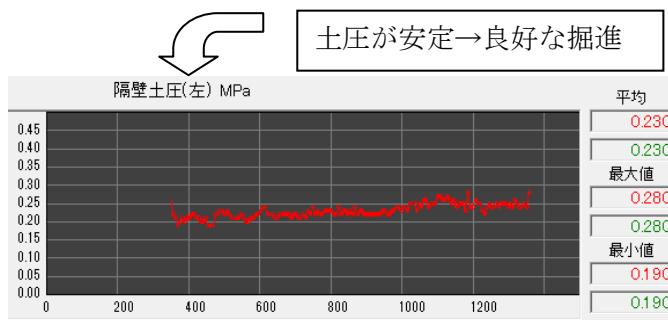


図-2. 加泥材変更後の切羽土圧データ

8. まとめと課題

今回の施工は、泥土圧シールド工の基本となる排土の塑性流動性の確保に苦労した事例であった。日々の掘進データの分析と、繰り返し行った加泥材配合試験により最適な添加剤を選定することで掘進は安定した。類似する条件下での施工計画に当工事の事例が参考になれば幸いである。