

大深度・高水圧・軟弱地盤を抱えた土質条件下における シールド発進時の技術的課題とその対策

大成建設株式会社 正会員 ○宮口 往久, 飯島 知哉, 青木 孝平, 中村 凌太郎

1. はじめに

本工事では、インフラ整備および安定性向上を図る事業の一環として、茨城県北東部（茨城県ひたちなか市～水戸市）を流下し、一級河川である那珂川の河床下を横断するシールドトンネルを構築した。当該地域の大きな特徴として、海岸沿いおよび河川の流域に沿って沖積層が分布しており、シールド路線は、那珂川の河口付近に位置し、沖積層が特に厚く分布していた。完成後のインフラ設備およびシールドトンネルの安定性、施工時の安全性を考慮し、大深度下でのシールドトンネル構築が必要となった。

2. シールド発進部概要

シールド発進部は、土被り 46.7m、シールド中心における間隙水圧 0.49MPa、シールド発進上部に層厚 4m の礫層 (Dg) が存在し、その上部には約 40m の軟弱粘性土層 (Ac1～Ac2) が存在していた。また、発進時の縦断勾配は 3.19% の下り勾配であった。なお、発進立坑にはアーバンリング工法を採用し、シールド発進方法には SEW 工法を採用した。シールドは泥水泥土圧複合式シールド機を採用し、発進時には泥水式シールド工法にて発進した。

3. シールド発進時における技術的課題

安全で確実なシールド発進を実現させるため、いくつかの技術的課題を解決する必要がある。本稿ではその一部を記載する。図-1 にシールド発進部概要および技術的課題を示す。

①SEW 工法におけるシールド発進時の掘進速度は、1mm/min 程度の低速掘進となり、排泥管閉塞を繰り返す。発進上部に存在する層厚 4m の礫層への逸泥する懸念があった。また、発進時には立坑築造時の立坑フリクションカット部が水ミチとなり逸泥する可能性があった。さらに、FFU による配管閉塞の早期解消および発進坑口部の早期安定に念頭をおいた掘進管理が必要であった。

②0.49MPa という高水圧下での発進であったため、発進時の切羽水圧はさらに高圧となる。切羽水圧がエントランス背面に回り込み、エントランスコンクリートにクラックが発生し、切羽水圧保持が困難になることを想定した。

③3.19% の下り勾配発進であったため、シールド機は通常の発進時よりもさらに下方へ下がりやすい傾向となる。掘進時のジャッキ選択は上向き使用が主体となることが想定され、立坑内に仮組みしたセグメントに浮き上がり力が生じ、掘進が不能となる懸念があった。

4. 技術的課題への対応策とその結果

懸念された技術的課題への対応策とその結果を示す。

キーワード シールド発進, 大深度, 高水圧, SEW 工法, 逸泥防止, 下り勾配発進

連絡先 〒163-6008 東京都新宿区西新宿 6-8-1 大成建設(株) 東京支店土木部 TEL 03-5381-5368



図-1 シールド発進部概要および懸念事項



写真-1 並列式礫取り箱

①発進時の逸泥防止を目的とし、発進上部の礫層および砂層にはダブルパッカー工法による薬液注入を行った。改良範囲は層厚 5m、シールド軸方向改良長 5m とした。層厚は礫層とその下部に存在する砂層を対象とし、シールド軸方向改良長は、FFU 切削時における礫層の地山崩壊を想定し、その影響範囲を 45° とした。また、掘進断面下部に存在する砂層に関しては、注入範囲から除外した。これは、シールド掘進断面上半部に泥岩層が介在していることから、下半部の砂層から上部への逸泥がないものと想定した。薬液注入後、礫層の透水係数は、 10^{-4} m/s から 10^{-5} m/s オーダーに低下した。中位～低位の透水性へ改善されたことから、逸泥防止としての機能は十分であると判断した。

立坑フリクションカット部はアーバンリングのコンタクトグラウト工によりグラウト材を充填しているが、再度立坑坑内からグラウト材を補足注入することで、地山とアーバンリング間の間隙をなくし、水ミチを遮断した。

FFU 切削時の低速掘進対策として、閉塞解除時間の短縮および掘進時間の確保を行った。FFU 切削片を回収する礫取り箱を並列式に設置し、掘進中にも閉塞解除が行え、掘進時間の確保が可能となるよう工夫した。その結果、閉塞解除時間は単列式では約 7 分/回かかっていたが、並列式では約 3 分/回となり、2 倍以上の掘進時間が確保可能となった。写真-1 に並列式礫取り箱を示す。

②高圧の切羽水圧がエントランス背面に作用し、エントランスコンクリートにクラックが発生しないようエントランス最上部に圧抜き管を設置したことに加え、コンクリート打設時の型枠を鋼製とし、打設後も残置した。打設後、天端部を鋼板で覆い、アーバンリングと溶接固定し、溶接部は検査を行い、エントランス全体の止水性を確保した。エントランスコンクリート全面を鋼板にて覆うことで、万が一エントランスコンクリートにクラックが発生した場合でも逸泥をなくし切羽水圧の保持が可能となった。写真-2 にエントランス設置状況を示す。

③仮セグメントの浮き上がりを防止し、シールド推力を確実に反力壁へ伝達するため、仮セグメント上部に浮き上がり防止鋼材を門型に設置し、後胴から仮セグメントが出てきた直後にキャンバーで間詰めを行った。写真-3 に浮き上がり防止鋼材設置状況を示す。さらに、仮セグメントのスキンプレートに開口を設け、セグメントリング間のボルト穴を利用し、鋼材にて仮セグメントと発進架台をボルト締結し、浮き上がり防止とした。写真-4 に発進架台とのボルト締結状況を示す。

5. まとめ

技術的課題への対応策を講じた結果、大深度・高水圧・軟弱地盤を抱える厳しい条件下からシールド機を円滑に発進することができた。シールド発進時に実施した対策の一部しか記載していないが、本稿が今後の同種工事の一助となれば幸いである。



写真-2 エントランス設置状況



写真-3 浮き上がり防止鋼材設置状況



写真-4 発進架台とのボルト締結状況