

高強度地盤改良内における土圧シールド長距離掘進

- その1 問題点とその対策 -

西松建設(株)国際事業本部 正会員 ○村川 徳尚, 國井 剛
 西松建設(株)国際事業本部 正会員 星 光二郎, 亀山 克裕
 西松建設(株)国際事業本部 正会員 草野 孝三

1. はじめに

シンガポール地下鉄トムソンイーストコーストラインのうち T228 工区では、2本の単線トンネル(掘削外径 φ6,710mm, 総延長 1,367m)を1台の土圧シールド機により高強度地盤改良帯(圧縮強度約 1MPa)りおよび河川直下ではマリクレイ(海成粘土層)の掘削を行った。主な特徴とし、本工事では高強度地盤改良帯を、総延長で 677m, 最大で 283m 区間を連続し、掘削する必要があった。地盤改良帯の掘進においては、過去にこれほど長い距離の施工実績は、ほとんどなく困難が予想されたが、予想される問題に対し事前対策を講じることで、無事工事を終えることができた。本稿では、想定された課題、実施した対策およびその結果について報告するものである。

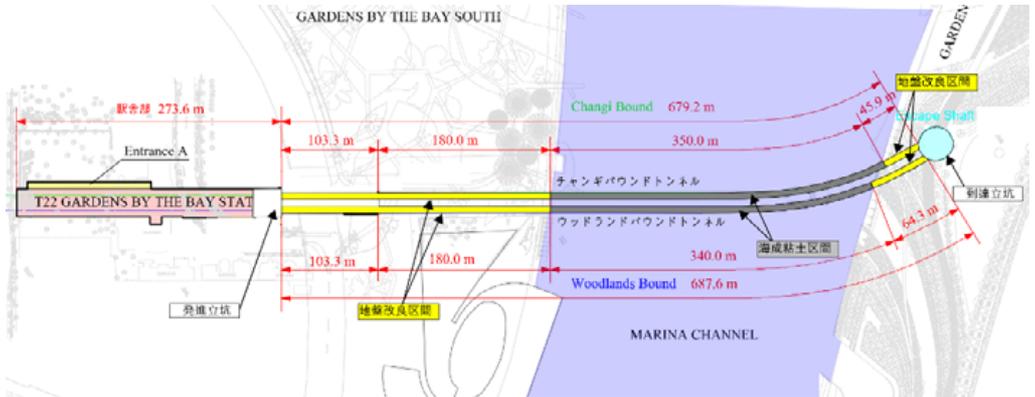


図-1 トンネル平面図

はマリクレイ(海成粘土層)の掘削を行った。主な特徴とし、本工事では高強度地盤改良帯を、総延長で 677m, 最大で 283m 区間を連続し、掘削する必要があった。地盤改良帯の掘進においては、過去にこれほど長い距離の施工実績は、ほとんどなく困難が予想されたが、予想される問題に対し事前対策を講じることで、無事工事を終えることができた。本稿では、想定された課題、実施した対策およびその結果について報告するものである。

2. 掘削対象地盤

当該地は埋立地でマリクレイ層(図-2)の圧密が進行中であり、トンネルの長期沈下を抑制する

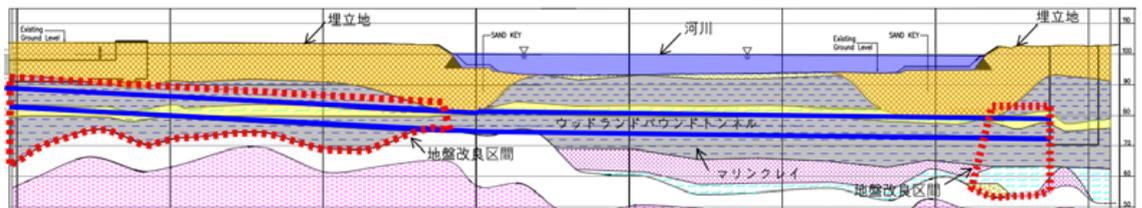


図-2 地質縦断図(ウッドランドバウンドトンネル)

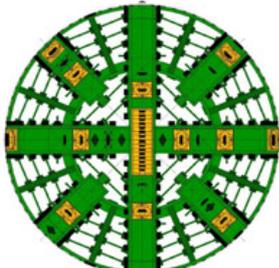
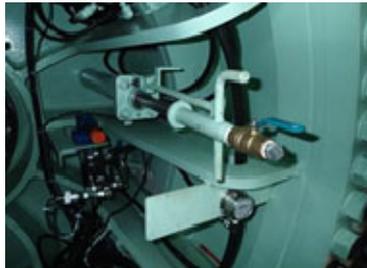
る目的で、トンネル掘進に先駆けてトンネル掘進断面以深までの地盤改良が実施された。過去にも例がほとんどない地盤改良地盤中の長距離掘進においては、(1) 地盤改良帯を掘削するためカッタヘッド面盤へのセメント改良土の付着による閉塞、(2) セメント改良土がチャンバー、スクリー内で再固結・閉塞による排土不能の可能性、(3) 掘進中にセメントの反応熱によりトンネル坑内の温度が上昇し作業環境の悪化、などが予想された。

3. 技術的課題への対応策

1) シールド機設計において

シールド機計画段階において、長距離地盤改良区間の掘削対応策とし、カッタヘッド面板開口率を当初計画 30%から 42%へ変更した。また、チャンバー内閉塞時の対策とし、20MPa 対応の高圧洗浄用ポートを2本、前胴に設置した(表-1)。なお、予

表-1 シールド機設計時における変更点

面板正面図(開口率変更後)	高圧洗浄用ポート
	

キーワード シールド, 高強度地盤改良, TBM 設計, 加泥材, 坑内温度
 連絡先 〒105-6310 東京都港区虎ノ門 1-23-1 虎ノ門ヒルズ森タワー10階 西松建設(株) 国際事業本部 TEL03-3502-7693

期せぬ大塊取り込み防止のため、必要に応じ脱着式のグリズリーバー(邪魔板)を Cutterヘッドに搭載したが、取付が必要な状況には至らなかった。

2) 加泥材の試験施工

加泥材の試験施工は、改良土再固化および材料分離に対する各性状の把握、基本配合の決定を目的に実施した。表-2に示すケース1(加水のみ)の場合、約3時間後、改良土が再固化する性状が顕著に見られた。この試験施工から、再固化防止および材料分離に効果的かつ経済面で優れたケース3の基本配合(遅延剤と気泡剤を各27%, 13%添加)を施工に適用することとした。

図-3は、ウッドランドバウンドにおける高強度地盤改良帯掘進時の1リング当たりの遅延剤と気泡剤の実際の添加量、赤色破線は上述した計画添加量を示す。実施工では、リング別で排土性状を確認しながら流動性を確保した。なお、写真-1に遅延剤30%、気泡剤25%を添加した際の排土性状を示した。掘削時においては、面盤およびチャンバー閉塞の懸念に対し、排土性状を確認しながら添加量を適切に調整したことにより、大きな問題は発生しなかった。

3) 坑内の温度上昇への対策

掘削土の発熱による作業場環境の悪化が懸念された。そのため図-4に示すチラー設備(324kW)を後続台車に設置した。高強度改良帯掘削中のチャンバー内温度は50度近くにおよんだが、坑外で33度の外気を熱交換システムにより23度へ冷却・送風することで、作業場が高温となる状況は発生しなかった。

4. まとめ

シールド機を使用し高強度地盤改良帯を長距離に亘り、掘削を行う前例のない特殊性に対し、改良土の面盤・チャンバー内での閉塞、坑内温度の上昇が懸念された。前述した対策により施工時では、面盤閉塞もなく、坑内温度を適切に保ち無事掘進を完了することができた。シンガポールでは、マリンクレイ層の圧密沈下抑制を目的にペーパードレーン工法などを採用することがあるが、本工事においては、より信頼性の高いセメント改良による沈下対策を実施したのちに、トンネル掘削を施工した。本報告が今後、同様の工事において参考になれば幸いである。

参考文献 1) 吉田ら: 近接土留めへの影響を考慮した機械攪拌工法地盤改良の施工(その1), 土木学会第72回年次学術講演会第6部門, 2017

表-2 改良帯試料を用いた試験施工から得られた排土特性

Case	加泥剤	考察
1	水のみ	添加率40%で掘削に必要な塑性流動性を得ることができるが、練混ぜ開始後、1時間で硬化が始まり3時間で再固化した。また土と水分の材料分離が見られた。
2	遅延剤	添加率33%で掘削に必要な塑性流動性を得ることができ、遅延剤の効果により再固化を防止できた。また、材料の分離傾向が見られた。
3	遅延剤+気泡剤	添加率27%(遅延剤)+13%(気泡剤、5倍発泡)で必要な流動性を得るとともに、再固化を防止できた。
4	ペントナイト溶液+遅延剤	添加率20%(ペントナイト溶液)+30%(遅延剤)で掘削に必要な塑性流動性を得ることができ、遅延剤の効果により再固化を防止できた。また材料の分離は見られなかった。
5	クレーショック+遅延剤	添加率40%(遅延剤)+20%(クレーショック)で必要な塑性流動性が得られ流動性も確保できた。

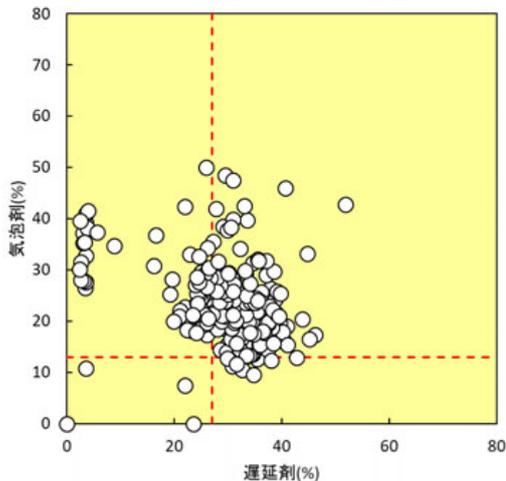


図-3 遅延剤と気泡剤添加量



写真-1 排土性状

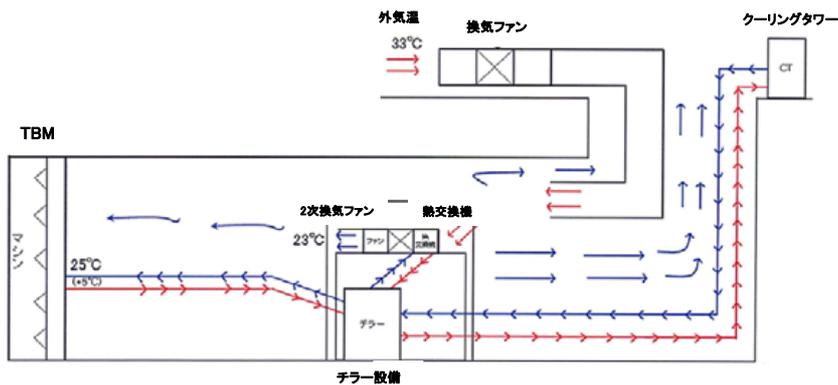


図-4 チラー設備概略