

シールド河川横断に伴う護岸基部改良工 — その2 曲がり削孔施工管理 —

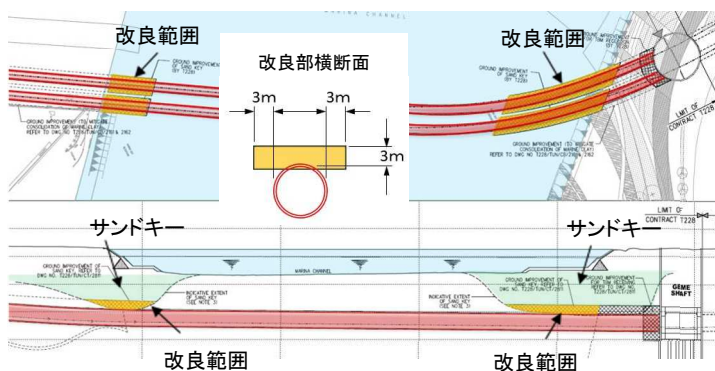
西松建設(株)国際事業本部 正会員 ○山崎 宏

西松建設(株)国際事業本部 正会員 村川 徳尚

西松建設(株)国際事業本部 正会員 草野 孝三

1. 地盤改良の目的

シンガポール地下鉄 T228 工区のうちトンネル部は、泥土圧シールド工法にて河川直下を横断する。河川両岸にある護岸は、軟弱な海成粘土層を浚渫後、海砂にて置換した基礎構造（以降、サンドキー）となっており、トンネル掘削断面の天端付近に出現する。トンネル掘削時に土砂の噴発や裏込め材が河川へ漏出するリスクを低減させるため、トンネル直上 3m、トンネル外側左右 3m の範囲において、サンドキーの地盤改良が求められた（図－1）。



図－1 サンドキー位置

2. 施工方法と注入材の選定

(1) 工法の選定

工程、施工性、経済性、環境負荷の面から比較検討を行い、陸上部からの削孔と改良が可能となる、曲がり削孔による二重管ダブルパッカー方式の薬液注入工を採用した。

削孔管理システムは、削孔計画線形に対する削孔位置の計測、表示、記録を行う。削孔位置は、ツールズに設置したジャイロによるリアルタイム計測と削孔3~9m毎に行う挿入式傾斜計による高精度位置計測による補正を組み合わせる。これらの情報は、削孔機に装備されているモニターにより、リアルタイムに確認できるため、削孔長に対して1/300以上の精度の高い削孔が可能である。



写真－1 削孔機

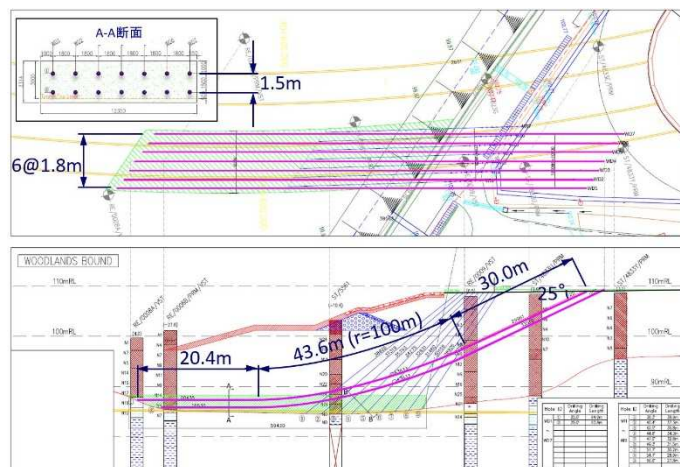
(2) 注入材の選定

現地盤で試験施工を行い、要求品質に対して最も適したアルカリ系溶液型注入材を採用することとした。詳細は「その1」¹⁾を参照されたい。

3. 施工計画および施工管理

(1) 削孔配置

曲り削孔の配置を図－2に示す。試験施工より、透水係数を向上させるためには、注入材を土中に確実に浸透させることが重要であること、また削孔精度を勘案して、削孔間隔を試験施工の2.0mより狭くし、平面的に1.8m間隔に7本、縦断的に上下2層1.5m間隔とした。



図－2 削孔配置図

キーワード シールド、河川横断、砂地盤、環境負荷低減、曲がり削孔、高強度薬液注入

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

(2) 施工管理

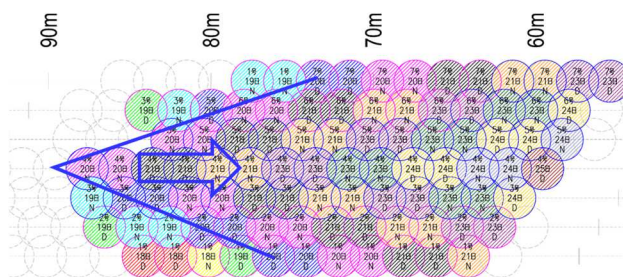
削孔は、リアルタイムモニターで位置を確認・微調整しながら行った。併せて、削孔6mごとに挿入式傾斜計により削孔位置を修正した。

注入方法は、ゲルタイムを30分、注入速度は毎分15ℓに設定した。また、注入1巡目は注入率40%の量管理とし、2巡目は終圧が0.5MPaとなるように、圧管理で注入した。

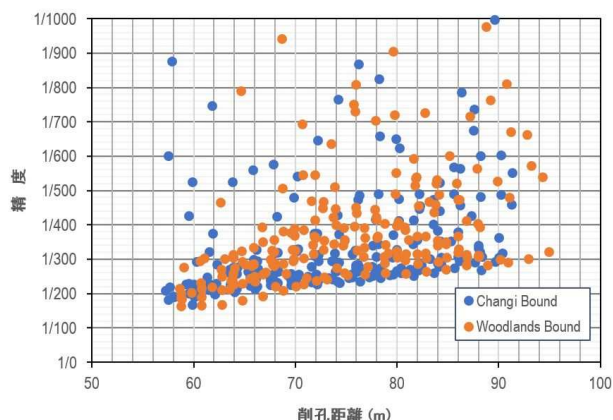
【削孔精度確保の工夫】：掘削機の据付け精度を向上させるため、測量用参照点を複数設けた。また表層近くは石などの障害物が多いため、ロータリーパーカッションタイプの削孔機で削孔を行い、直線部の削孔精度確保を図った。

【流量管理の工夫】：アルカリ系注入材は配合比率によるゲルタイムや強度への影響が大きいため、両液とも流量計を通し、常に規定の比率で薬液が注入されていることを確認しながら注入を行った。

【注入順序の工夫】：試験施工の結果より、注入材の拡散を抑えることが透水係数の向上に有効であると考えた。そこで、上層を先行して注入した。平面的には、地下水を排除しながら注入を進める目的で片押し注入とした。さらに横方向への注入材拡散を抑制する目的で、図－3のように両端を先行注入し、注入がV字に進むように管理した。



図－3 注入順序概念図



図－4 削孔精度実績

4. 施工結果

(1) 削孔精度

削孔距離に対する精度は1/200～1/300以上であった。また削孔距離に関わらず、ほぼ300mm以内の誤差に収まっていた（図－4参照）。

(2) 注入実績

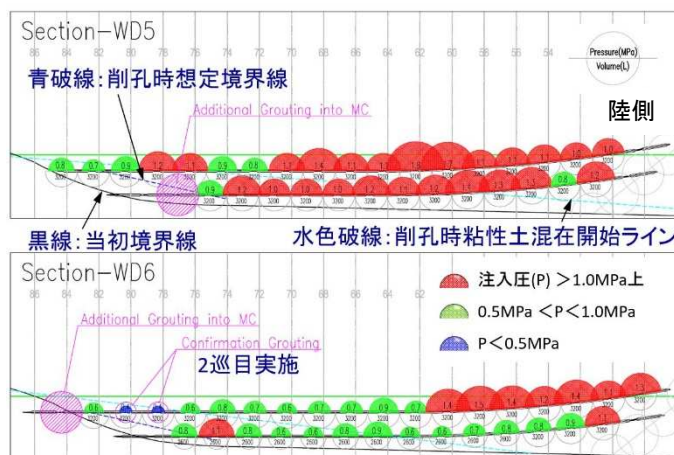
注入1巡目を終えた時点での注入量と注入圧を図－5に示す。注入材の拡散によって終圧が管理値の0.5MPaより低い値を示している上層の2か所を除き、終圧は管理値を上回っており、注入順序の工夫により注入材が確実に改良範囲に浸透、かつ留まることが確認できた。なお、管理値に達しなかった上記2ヶ所においては2巡目を注入し、終圧が0.5MPaを超えたことを確認している。

(3) 品質確認試験結果

コアサンプルにより採取した改良体のせん断強度と現場透水試験の結果を表－1に示す。良好な削孔精度と注入材の浸透状況、注入順序の工夫による注入材の拡散制御により、すべて要求値を満足した。

5. まとめ

試験施工の知見を実施工へ反映させることで、改良体の品質が向上し、高いせん断強度と不透水性を達成することができた。2017年12月上旬に当該トンネルは、護岸に影響を与えず無事掘削が完了している。



図－5 注入量－圧力マップ

表－1 品質確認試験結果

項目	要求値	平均	最大	最小
せん断強度 Cu (kPa)	300	469	734	302
透水係数 (m/s)	2×10^{-8}	1.43×10^{-8}	1.69×10^{-8}	0.92×10^{-8}