

固結粘土層を介在した玉石・砂礫層におけるシールド施工結果

西松建設(株) 正会員 ○須崎 貴裕
坂野 陽一

1. はじめに

従来シールド機のほとんどは、施工に関するあらゆる諸条件を考慮して仕様が決定され、個々に設計、製作される。その中でもカッターフェイスは、ボーリング調査から得られた地質調査、土質試験結果や既往の文献を参考に、仕様、形状を決定し製作されている。

当稿では、玉石・礫対応型のカッターフェイスに装備した泥土圧シールド機で、想定外の固結粘性土層を介在する玉石・砂礫層を掘削した施工結果について報告する。

2. 施工概要

某工事は、全長約 2.7km のシールドトンネルを 1 台のマシンにて、発進立坑を挟んで約 1.6km (上流側) と約 1.1km (下流側) の 2 本のトンネルとして構築するものである。施工概要を表-1、路線平面図を図-1 に示す。

表-1 施工概要

工事名	相模原市大島～城山町谷ヶ原地内送水管敷設 (シールド) 工事 公共
施工延長	上流側：L=1,601.550m, 下流側：L=1,137.500m
シールド	φ2,130mm 泥土圧式シールド
セグメント	外径φ2,006mm、桁高75mm、幅750mm、300mm (急曲線部)
土被り	6.9m～18.0m
掘削対象地山	礫層、(一部固結粘土層、頁岩層)
ビット交換	上流 2 回+1 回、下流 1 回



図-1 路線平面図

3. 地質概要

ボーリング調査によって得られた地質の概要を図-2 に示す。想定では主として礫層 (Dg 層：玉石混じり砂礫層・粘土混じり砂礫層または砂礫層) であり、上流側の一部区間に固結粘性土層 (Dc 層：固結シルト層) および岩盤層 (Ks-k 層：頁岩層) の存在が予想された。

下流に関しては、一様に礫層 (Dg 層) が予想された。

4. 想定外の固結粘性土層の出現

先行して掘削した上流側において、発進から 60m～230m の間にて、想定外の固結粘性土層に遭遇し、カッタートルク及び推力が増大したため進捗が 1～3R/方と落ち込んだ。

原因は開口スリットの閉塞やチャンバー内閉塞が考えられ、対策工が必要となったが、シールド直上にある老朽化した久保沢隧道への影響が懸念された。そこで影響範囲外まで前進することとしたが、その間に再び Dg 層に変わったことで状況は好転し、対策は不要となった。

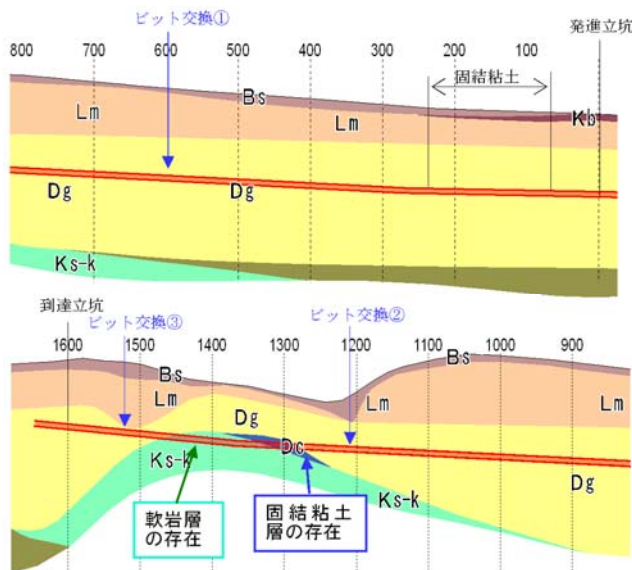


図-2 地質概要図 (上流側)

キーワード 複合地盤、礫層 (Dg 層)、カッターフェイス、ビット摩耗

連絡先 〒105-8401 東京都港区虎ノ門 1-20-10 西松建設(株)関東土木支社 TEL03-3502-7556

5. カッタービット交換工について

上流側のカッタービット交換箇所は推定摩耗量から、1 回目を 600m 地点、2 回目を 1 210m 付近とした。

1 回目のビット交換では、2 回目のビット交換箇所まで Dg 層が続くと想定し、摩耗したローラービット等を交換した。

2 回目のビット交換では、その直後からの固結粘性土層、軟岩層に対応するため、ローラービット交換の他、予め準備しておいたツールビット、スクレーパービットを粘性土対応型に交換した。

結果として、固結粘性土層はほぼ想定通りの 1 250m～1 300m の間に出現したが、進捗は 2～3R/方と期待通りには伸びなかった。

その後に想定された軟岩層は僅かで、大部分は Dg 層であったが、進捗は平均 4R/方と低迷した。1 400m 付近からは、巨礫によるスクリー閉塞が頻繁に発生してさらに進捗は落ち、約 1 530m 地点において、カッタービットおよび面板部の摩耗・損傷により掘進不能となった。急遽薬液注入工を行った上で、緊急の第 3 回目のカッタービット交換および面板部を一部補修し、残り約 80m の掘進を完了した。

上下流合計 4 回のビット交換時におけるローラービットの推定摩耗量とその実測値の比較を表-2 に示す。

表-2 から分かるように第 3 回目のカッタービット交換時においては、ローラービットはじめ他のビットや面板部に大きな摩耗・損傷を認めた。

これは、発進立坑～1 200m 付近で得られたシュミットロックハンマー試験における玉石の強度が 100MPa 以下であったのに対し、チャンバー内の玉石強度の大半が 200～500MPa であったことから、チップインサート型ローラービットの適応強度とされる 100MPa を大きく超えていたためと考えられる。

6. 下流側再発進に向けた対応と結果

上流側到達後シールド機は整備工場へ輸送し再整備を施した。

整備工場にて損傷の状況を確認し、下流側掘削に向けたマシンの再整備内容を決定した。表-3に主な整備内容を示す。

また、マシン製作時、上流到達後および再整備後のカッターフェイスの状況を写真-1に示す。

下流側に関しては、既設ボーリング間に追加ボーリング調査を行った結果、固結粘性土層は確認されず、また、採取されたコアによる試験から、含まれていた玉石強度は 100MPa 以下であることを確認したので、ビット形式は上流側検討時と同様の砂礫対応型とした。

結果として、約 1.1km の施工に際し、固結粘性土層も出現せずに、予定位置でビット交換を行い、平均 8R/方の進捗で平成 25 年 1 月に無事到達した。

7. おわりに

緊急のビット交換工の他にも交換工を施すための地盤改良や、破損した面板本体の整備等、整備工場における再発進に向けたシールド機整備にも予想以上のコストと日数を費やすこととなった。

今回の玉石強度は想定外であったが、固結粘性土層の事前の把握に加えて、玉石強度を事前に把握し、その摩耗量を反映したビット交換計画ができれば、今回のような事態には至らなかったと考える。

今後同様な工事では、局所的な地層変化や玉石強度の事前の把握に加え、掘進中に排土された玉石の強度把握も行うことで、ビット欠落や面板欠損等、シールド機が致命的な損傷を被る前に対応策を施すことが重要である。

表-2 推定摩耗量と実績比較 (ローラービット)

(上流1回目 600m)						
ビット番号	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
実績摩耗量(mm)	12.0	12.0	13.0	14.0	13.0	16.0
推定摩耗量(mm)	7.3	10.2	11.9	13.4	14.3	14.5
(上流2回目 1210m時)						
ビット番号	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
実績摩耗量(mm)	8.0	11.0	13.0	13.0	14.0	16.0
推定摩耗量(mm)	7.9	11.1	13.0	14.5	15.5	15.7
(上流3回目 1530m時)						
ビット番号	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
実績摩耗量(mm)	破損	破損	破損	破損	破損	破損
推定摩耗量(mm)	6.6	9.3	10.9	12.2	13.0	13.2
(下流1回目 580m時)						
ビット番号	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
実績摩耗量(mm)	5.0	5.0	7.0	8.0	7.0	8.0
推定摩耗量(mm)	4.9	6.9	8.1	9.1	9.7	9.8

表-3 シールド機再整備内容

●カッターヘッド部	
・摩耗部分の除去・加修	・面板の硬化肉盛
・固定先行ビット交換・増設	・旋回ベアリング交換
・脱着可能ビット全数交換	・破損した取付ビット
・土砂シール交換	・台座の復旧
●スクリーコンベア部	
・ケーシング摩耗部分の交換・補強	・スクリー羽根の欠損部分の交換・補強
その他	
・シールドジャッキ・中折ジャッキ整備	・土圧計交換 等

写真-1 カッターフェイス状況



左上 上流掘進前
(マシン製作時)
左下 上流到達時
右上 マシン再整備後