

巨石混じり砂礫層を掘進する泥土圧シールドのビット摩耗低減対策および施工実績

清水・門倉・西特定建設工事共同企業体
清水建設株式会社

正会員 ○中澤 優, 岩居 博文, 西田 洋介
正会員 松本 修平

1. はじめに

酒匂川流域下水道箱根小田原幹線工事は、神奈川県小田原市の一部および箱根町の下水道未整備区域に延長 9.3km の下水道幹線を 9 工区に分割して整備するもので、当工事はそのうち第 4 工区(延長 648m)をφ 2,130mm の泥土圧シールドにより構築する。土被り 7～9m、掘進土層は、粘土・シルト分が極めて少ない（細粒分含有率 1.6%）地下水位以浅の巨石混じり沖積砂礫層で、最大径φ 1.5m の玉石の出現が想定された。図-1 に地質縦断図を、写真-1 に立坑掘削時に出現した巨石を示す。本報告では、シールド掘進時のビット摩耗低減対策と施工実績を述べる。

2. 技術的課題と対応

当初設計では、ローラカッタの限界摩耗量(14mm)に対する掘進可能距離は 84mと算定され、延長 648m を掘削するにあたり、 7 回のビット交換を行うことになっていた(図-1 参照)。しかし、無水礫層では想定以上に摩耗が進行する懸念があり、また、当工区が国道 1 号線直下で沿線の民家に近接しており、ビット交換回数をできるだけ少なくしてビット交換時の地山崩壊リスクや周辺環境への影響低減が求められたことより、掘進前に下記のビット摩耗低減対策を実施した。

- ①カッタヘッド…カッタヘッド形状をセミドーム形とし、12 インチチップインサート型ローラカッタを 11 個（外周部シングル 6 個，ツイン 2 個，内周部強化ツイン 3 個）配置した。また、スリットの最大幅を 280mm とし、スリット幅以下の礫分は機内に取り込むことでビットの負担を軽減する構造とした(写真-2 参照)。
- ②添加材…細粒分の乏しい礫層地盤に対し実績のある高吸水樹脂系添加材を選定し、スポークから注入する方式とした。

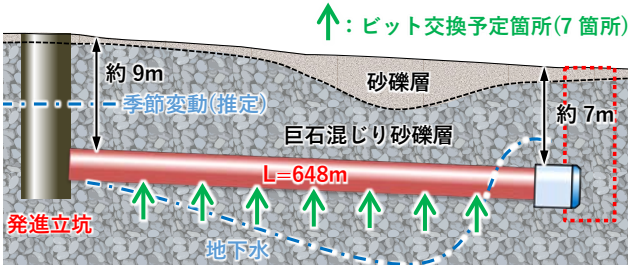


図-1 地質縦断図(ビット交換予定箇所)



写真-1 立坑掘削時巨石状況

また、シールド機外殻の摩耗低減および土砂の流動性補填のために、高粘性可塑状充填材を併用し、シールド機外周およびチャンバーに注入する方式とした。添加材の配合を表-1 に示す。



写真-2 カッタヘッド

表-1 添加材配合表

添加材		
物性	高吸収樹脂系添加材	高粘性可塑状充填材
注入量	40%	5%

3. 施工管理

掘進時の施工管理値を以下に示す。

- ①切羽圧：発進立坑掘削時に、地下水がなく、地山が自立していたことを確認したことから、変動圧相当分として 15～35kPa で管理した。
- ②総推力：ローラカッタの耐力（125.4kN/個）を考

キーワード 泥土圧式シールド, 巨石, 玉石, ビット摩耗, ビット交換

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 清水建設(株) 土木技術本部 シールド統括部 TEL 03-3561-3892

慮して、上限値を設定（2450kN）とした。

③掘進速度：推力が上限値以下になるように、掘進速度を制御した（平均 9~18 mm/分）。

④添加材注入：高吸収樹脂系添加材はスポークより切羽に注入し、排土状況を確認しながら高粘性可塑状充填材をシールド機外殻およびチャンバーに注入した。

4. 施工実績

（1） 1回目ビット交換(84m 地点)：ローラカッタの摩耗量は最大で 4mm と限界摩耗量 14mm に対して 29%であり，目立った摩耗や損傷等は見られなかった（写真-3 参照）。これより 2 回目のビット交換を，当初計画の 2 倍の 168m掘削後に行うこととした。

（2） 2回目ビット交換（252m 地点）：ローラカッタの最大摩耗量は 7mm（限界摩耗量比 50%）であり、1 回目の実績から想定される範囲内であった。そこで、3 回目ビット交換は当初の 3 倍の 252m掘削後に行うこととした。（図-2 参照）

（3） 3回目ビット交換（504m 地点）：ローラカッタの最大摩耗量は 10mm（限界摩耗量比 71%）であり、一部に超硬チップの損傷（破損、脱落）が認められたが、摩耗は全周一様で、偏摩耗等は見られなかった。

（4） 摩耗係数：ビット交換時のビット摩耗量および摺動距離より式 1 により摩耗係数を求めた（表-2 参照）。

$$k=T\times10^{-3}/\lambda=2\pi\times R\times L/(10\times Pe\times \lambda), Pe=V/N$$
（式 1）

k: 超硬チップの摩耗係数 (mm/1000km)
T: ビット摩耗量 (mm)
 λ : 摺動距離 (km) R: ビットの取付半径 (m)
L: 掘進距離 (m) Pe: ビットの切込深さ (cm/rev)
V: 掘進速度 (cm/min) N: カッタ回転速度 (rpm)

摩耗係数は、23~35(*10⁻³mm/km)であり，当初想定していた値の 19~29%となった。

摩耗量が当初計画より小さかった一因として下記の理由が考えられる。

- ①（添加材）添加材により，無水礫層地盤掘削土に適切な塑性流動性が得られ，摩耗低減効果があった。（添加材使用量 45%）
- ②（施工管理）適切な添加材注入，掘削土性状およ

び推力管理により，ローラカッタが偏摩耗・破損することなく回転した結果，カッタ全周一様に摩耗し，摩耗量が低減した。また，円滑な掘進により掘削時間が短くなり摺動距離が低減したことも寄与したと考えられる。



写真-3 3回目ローラカッタ摩耗状況

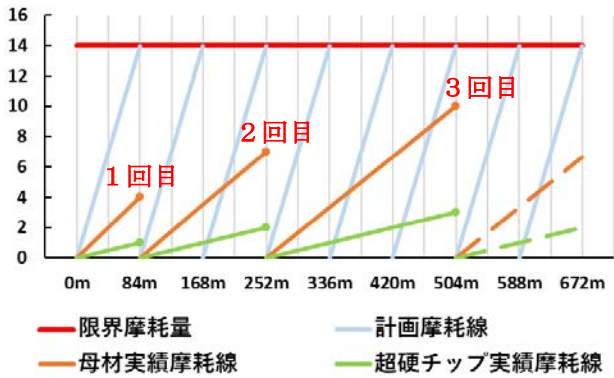


図-2 ローラカッタ摩耗予測

表-2 摩耗係数算出結果

	掘進距離 (m)	掘進速度 (mm/min)	摺動距離 (km)	実績摩耗量 (mm)	摩耗係数 (*10 ⁻³ mm/km)
計画	84	14.70	116.17	-	120.5
1回目	84	9.77	174.80	4.0	22.9
2回目	168	14.92	228.85	7.0	30.6
3回目	252	17.90	286.28	10.0	34.9

5. おわりに

本工事では，地下水位以浅の砂礫層掘進というビットの摩耗には厳しい条件での施工であったが，効果的なビットの選定および配置，有効な添加材の使用，適切な掘進管理により，3 回のビット交換で到達することができた。本稿が類次条件下におけるシールド工事の一助になれば幸いである。