

砂礫層の河川横断シールドにおける掘進効率の向上対策

戸田建設(株) 正会員 ○堀 昭
 コマツ 岩切 満行
 (株)立花マテリアル 足立 達彦

1. はじめに

本工事は、1級河川大井川の河床下12mを泥土圧式シールド工法で横断する農業用水トンネル(大井川サイホン)の築造工事である。掘進距離はL=893mであり、当初標準案では河川内に築島後、地盤改良を行い途中1回の人力によるビット交換が必要とされていた。そこで今回、機械的なビット交換方式の採用により、893mを一気に掘り抜く施工方法をVE提案し、受注に至った工事である。本論文は、その施工結果について報告する。

2. 地質条件

本工事における掘進対象土層は、大井川右岸部から中央、左岸部まで、全線沖積砂礫層(Ag)である。この砂礫層の土質は、玉石混じり砂礫層によって構成されており透水性および崩壊性の高い地盤である。地下水位はGL-2.3~4.7mで、原河川水位と同様であることが確認されており、透水係数は $10^{-2} \sim 10^{-1}$ cm/secである。事前ボーリング調査によると、礫径φ20~60mm、最大玉石径φ300mm、礫の含有率は70%以上(最大で90%以上)、玉石の一軸圧縮強度は平均で220N/mm²(最大440N/mm²)が計測されている。

また、バインダー分0.075mm以下の細粒分については、数%であり、最大でも5%程度である。今回、大口径ボーリングを2ヶ所実施しており、その際には確認されていないが付近での施工実績より、今回想定する最大玉石径はφ500mm、一軸圧縮強度は300N/mm²と設定し、シールド機の設計を行った。

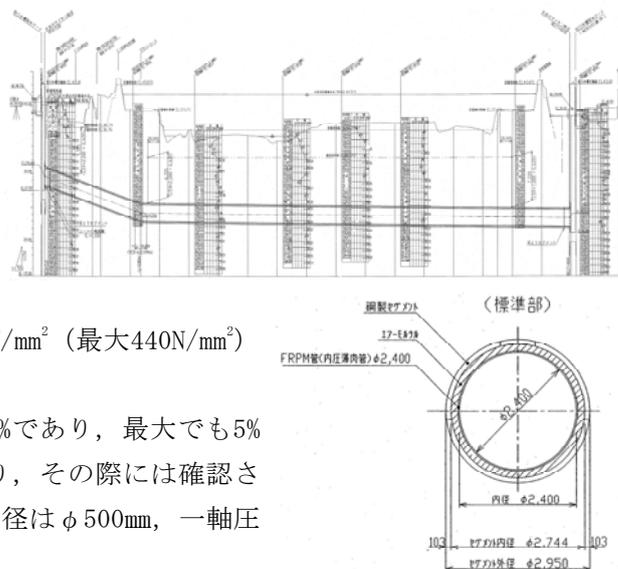


図-1 シールド計画縦断面図および標準断面図

3. シールド機

本工事におけるシールド機は施工条件を考慮し、図-2に示すコンセプトで製作した。また、今回採用したビット交換方式は、従来岩盤層における曲線施工時のオーバーカットに使用される格納式ディスクカッターを、シールド機前面に5基装備し、機械式ビット交換としての機能を持たせた新技術である。格納式ディスクカッターの機構を図-3に示す。本方式は面板下に格納したディスクカッターを遠隔操作により押し出すもので、ビット交換位置の自由度が増すと共に、標準案の河川内作業をすべて無くすことにより、環境負荷を大幅に低減した。

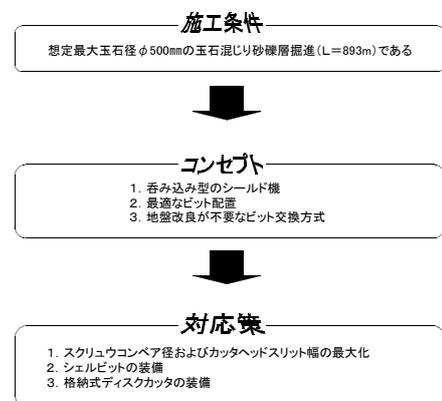


図-2 シールド機製作コンセプト

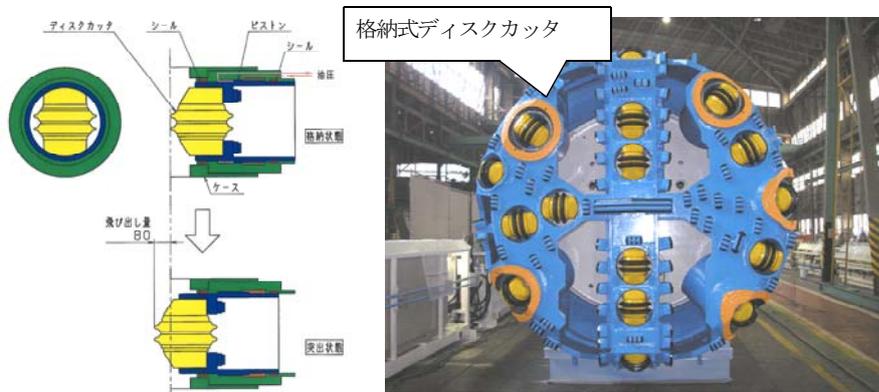


図-3 格納式ディスクカッター機構図

キーワード シールド 河川横断 ビット交換 掘進用添加材

連絡先 戸田建設(株)名古屋支店土木工部工事課 〒461-0001 名古屋市東区泉1-22-22 TEL052-951-8543

4. 掘進実績

本工事における土質条件では、掘進用添加材として気泡単独では対応不可能であり、補助添加材が必要とされた。そこで、気泡材を主体とし、当初「気泡+クリーンSP-AⅡ（アクリル系高粘性ポリマー）」を使用した。スクリーコンベア閉塞が度々引き起こされ、掘進効率の低下を招いた。この要因として、地山にバインダー分が極めて少なく、また当初想定500mmを超える玉石の存在や高い礫率により、クリーンSP-AⅡでは補助添加材としての掘削土砂の塑性流動化が適正に行えないものと判断した。

そこで、礫に絡みつく強度のあるバインダー分の多い補助添加材であれば、スクリーコンベア内のスムーズな掘削土砂の移動が可能となると判断し、高粘性ベントナイト溶液とアクリル系高分子をショットさせると高粘性ベントナイト溶液がゲル化する「TB-S+SP-H」（以後TB-Sと称す）の組み合わせが最適であると考え、掘進用添加材を「気泡+TB-S」に変更した。排土状況の違いを写真-1、2に示す。これにより、玉石に補助添加材が良く絡み、排土がスムーズになるとともに閉塞現象も回避でき、日進量も稼働日当たり12~14m/日確保できるようになった。また、二次的な効果として機械的負荷も少なく掘進することが可能となり、当初予定の696リングよりも先の753リングで格納式ディスクカッターを押し出した。



写真-1 気泡 40%+クリーンSP-AⅡ 20%



写真-2 気泡 40%+TB-S40

5. 摩耗実績

実測したビットの摩耗量・摩耗係数を表-1、2に示す。当初想定していた値よりも、いずれも小さい値となっている。この要因としては、以下のことが考えられる。

①まず第一に、今回採用した掘進用添加材による摩耗低減効果が挙げられる。特に、気泡によるベアリング効果が遺憾なく発揮されたものであると考える。

②ビット摺動距離が、想定値638.6kmに対し、実測値では525.5kmであり、想定摺動距離の82%（カッター切り込みが大きい）であったことが、摩耗量を小さくする要因のひとつであると考えられる。

なお、カッターの切込量が大きかったことは、後述する礫の丸呑み率が高かったことを示すことにもなる。

③カッターヘッドの開口を大きく取り、大口径のスクリーコンベア（φ600mm）を設置したことで、玉石を丸呑み排出することができたこと。また、φ500mmを超える玉石の出現があったものの、出現比率が比較的少なかったことが、ディスクカッターで玉石を破砕する負担を軽減し、小さい摩耗量及び低摩耗係数の結果につながったと考えられる。

④本シールド機のビットの配置は、ディスクカッター（面板からの出代80mm）+シェルビット（面板からの出代70mm）+ツールビット（面板からの出代55mm）の3段差配置とし、ディスクカッターで地山を先行破砕することにより、シェルビット及びツールビットの摩耗低減効果を図った。これによる効果が想定よりも高く、シェルビット及びツールビットの摩耗が、より一層低減されたものと考えられる。

6. まとめ

今回得られた最大の成果は、「気泡+TB-S（高粘性ベントナイト+アクリル系高分子）」という新しい掘進用添加材の組み合わせを見いだせたことである。また、格納式ディスクカッターにおいても問題なく作動させることができ、その有効性を確認した。

表-1 実測摩耗量一覧表

名称	摩耗限界値	摩耗量
ディスクカッター	11mm	0.0~2.5mm
ツールビット	15mm	0.0~3.5mm
スクレーパビット	15mm	1.0~6.0mm
シェルビット	30mm	0.0~10.0mm

表-2 実測摩耗係数一覧表

ビットの種類	想定摩耗係数 ($\times 10^{-3}$ mm/km)	実測摩耗係数 (平均値) ($\times 10^{-3}$ mm/km)	想定摩耗係数に対する 実測摩耗係数 (平均値)の割合(%)
ディスクカッター	25.7	2.6	10
ツールビット	15.9	4.4	28
スクレーパビット	15.9	5.7	36
シェルビット	23.8	8.9	37