

河川直下を縦断して掘進する連続多急曲線シールドの施工

安藤ハザマ 正会員 ○井上隆広, 清水真人

福岡県那珂県土整備事務所 土井拓郎

安藤ハザマ・大豊・環境施設特定建設工事共同企業体 荒東伸一, 小柳涼平

1. はじめに

高尾川地下河川築造工事(企業者:福岡県那珂県土整備事務所)は、近年被害が頻発する二級河川御笠川水系高尾川の床上浸水対策特別緊急事業として、仕上がり内径φ5.0m、延長1,034mの地下河川トンネルを構築するものである。住宅が密集した市街地において蛇行する中小河川を縦断占用し、R/D≒3の連続する超急曲線施工や、硬質な風化花崗岩の掘進といった非常に厳しい難条件下でのシールド工事であった。悪戦苦闘の結果、河川直下で当初の計画にはない2回のビット交換とカッター面板等の改造を実施し、諸々の機械故障やトラブルを克服して無事に掘進を完了することができた。本稿では、そのシールド掘進状況について報告する。

2. 路線および地質

路線は河川区域内に収めるよう計画され、シールド平面線形は河川の蛇行に沿って連続する多数の急曲線（R=16m～60m、27箇所）で構成されている。そのため、シールドの操作性向上およびセグメントの施工時荷重への対策が課題になる¹⁾。また、縦断線形は下り3.34%の一定勾配で、土被りは9.3～14.4mである。

施工場所は、博多湾に注ぐ河川中流域の扇状地性の地形であり、周辺の丘陵地には基盤岩として中生代白亜紀の早良花崗岩が分布している。一般に地表部の花崗岩は著しく風化作用を受け、いわゆる“まさ化”が進んで土砂状になっていることが多い。当該地点の地質調査結果からも、シールド断面は概ね N 値 50~300 を示す D_H 級の風化花崗岩が分布し、一部の区間で掘削断面の下半に C_L 級相当の風化花崗岩が出現する場合があると想定された²⁾。

3. シールド機

本工事では、外径φ6.14mの泥土圧シールドを適用した。主な仕様を表-1に、全体構造を図-1に示す。

表-1 シールド機的主要仕様

シールド仕様	
伸長速度	50mm/min
総推力	38,850kN
単位面積当りの推力	1.312kN/m ²
シールドジャッキ	1,850kN×1,150st×35MPa×21本
中折れ仕様(R=16m)	
中折れジャッキ	2,000kN×900st×35MPa×6本
	2,000kN×1,150st×35MPa×10本
最大中折れ角	左右: 13.5°
	上: 1.0°
	下: 0.5°
カッター仕様	
駆動トルク	4,743(常用)/7,114(瞬時最大)kN・m
α 値	20.5(常用)/30.7(瞬時最大)
回転速度	0.91rpm
コピールカッター仕様	
コピールカッタージャッキ	165kN×300st×21MPa×4本

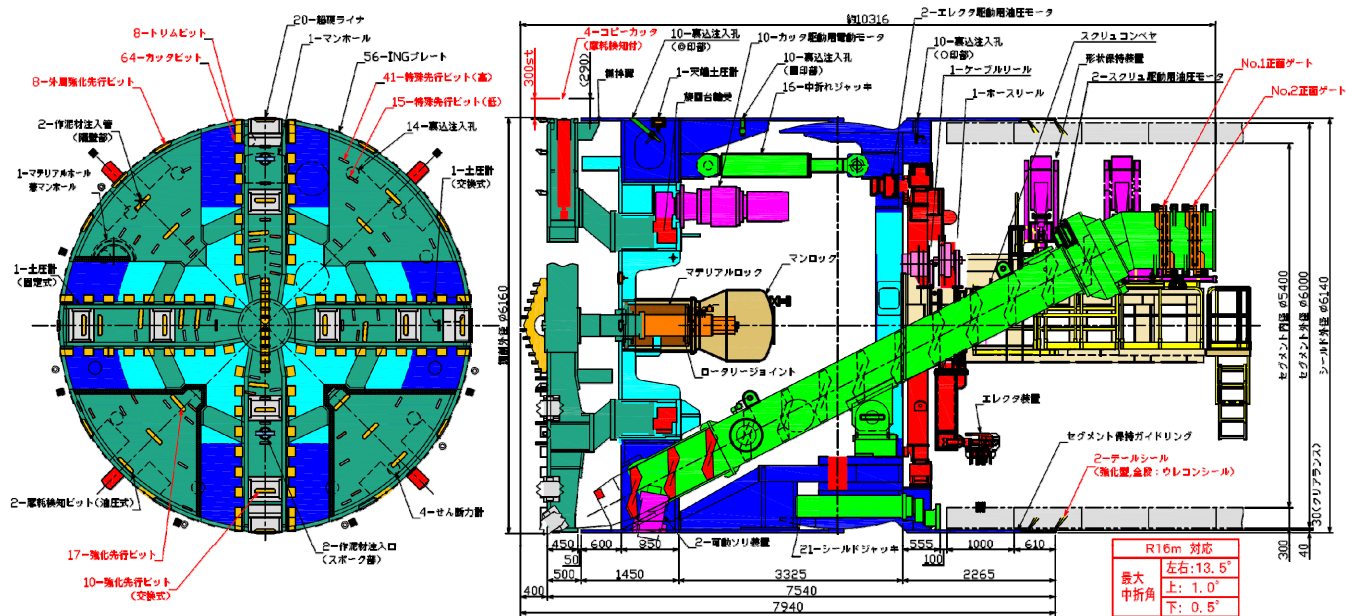


図-1 シールド機の全体構造図

キーワード: 泥土圧シールド, 河川占用, 急曲線, 風化花崗岩, ビット交換, 面板改造

連絡先: 〒160-0004 東京都港区赤坂 6-1-20 (株)安藤・間 建設本部 TEL03-6234-3671

カッターは、前述した地質条件（硬質な土砂相当）のもと、強化型先行ビットによる切削を主体としビット交換は不要と判断された。なお、万が一の風化花崗岩のコアストーンの出現や到達時の NOMST 切削に備え、一部に交換式の強化型先行ビットを採用した。また、大きな岩片の取り込み制限とビット配置スペースの確保のため、面板型のカッターフェースを採用した。

また、連続する急曲線の施工に対して操作性の向上や余堀り量の低減、テールクリアランスの確保のため、セグメント幅を最大 1.0m に抑制し、K ピースを半径方向挿入型としてシールド機長をできる限り短縮した。さらにコピーカッターのストローク(300 mm)に余裕を持たせるとともに、硬質地盤で酷使することを考慮して装備数を 2 台から 4 台に増強した。また、ジャッキ圧力制御による偏心モーメント生成方式(FLEX システム)を適用し、姿勢制御の精度向上と施工時荷重の低減を図った。また、急曲線施工におけるテールシールドのトラブル防止のためウレタン充填式のテールブラシ、裏込め硬化遅延型のテールグリスを使用し、河川下での施工を考慮してスクリーゲートを二重化した。

4. 掘進状況

図-2 に掘進状況を示す。発進後の約 60m 地点で、著しいカッタートルクの増大と掘進速度の低下に陥った。ビットの早期摩耗と面板、チャンバーの閉塞を推測し、計画的に 2 ヵ所（136m 地点、542m 地点）でビット交換を行うことに変更した。1 回目の交換時にカッター中心部に掘削土砂の閉塞が確認され、強化型先行ビットの増設と高低差配置、面板の改造（開口率のアップ）、カッター中心付近への攪拌翼の追加等を実施した。

しかし、その後の掘進においても高トルク、低掘進速度は解消されず、2 回目の交換時に概ね予測計算どおりのビット摩耗が観測された。ただし、掘削土砂の閉塞や固着は全く無い。そこで、シュミットロックハンマーにより原位置地山の強度試験を実施し、事前の調査結果を大きく上回る圧縮強度（平均 16MPa）が確認された。風化岩においては、ボーリングによるコアサンプルでは強度の低下が生じ、正確なデータが得られていないと推察される。

なお、当初は細粒分を含む硬質地盤に適した添加材として気泡材を選定し掘進を開始したが、風化花崗岩の亀裂等を通じた漏気が観察され、1 回目のビット交換以降は高分子系（凝集剤、邂逅剤、界面活性剤）とベントナイトを併用した添加材に変更し、掘進状況や排土性状に応じて材料の種類と添加量を試行錯誤して使用した。しかし、高トルク傾向は依然として解消されず、カッタートルクの増大原因は想定を超える地盤の強度と、添加材が浸透せずに含水量の小さい岩盤切削ブリの、ダイレイタンシーに伴う攪拌抵抗の増大と推察された²⁾。

5. おわりに

今回、風化花崗岩のシールド掘進における高トルクの一因として、ボーリング調査結果より地盤強度が大きい可能性と含水量の小さい切削ブリの特性が示唆された。今後の同種工事の参考となれば幸いである。

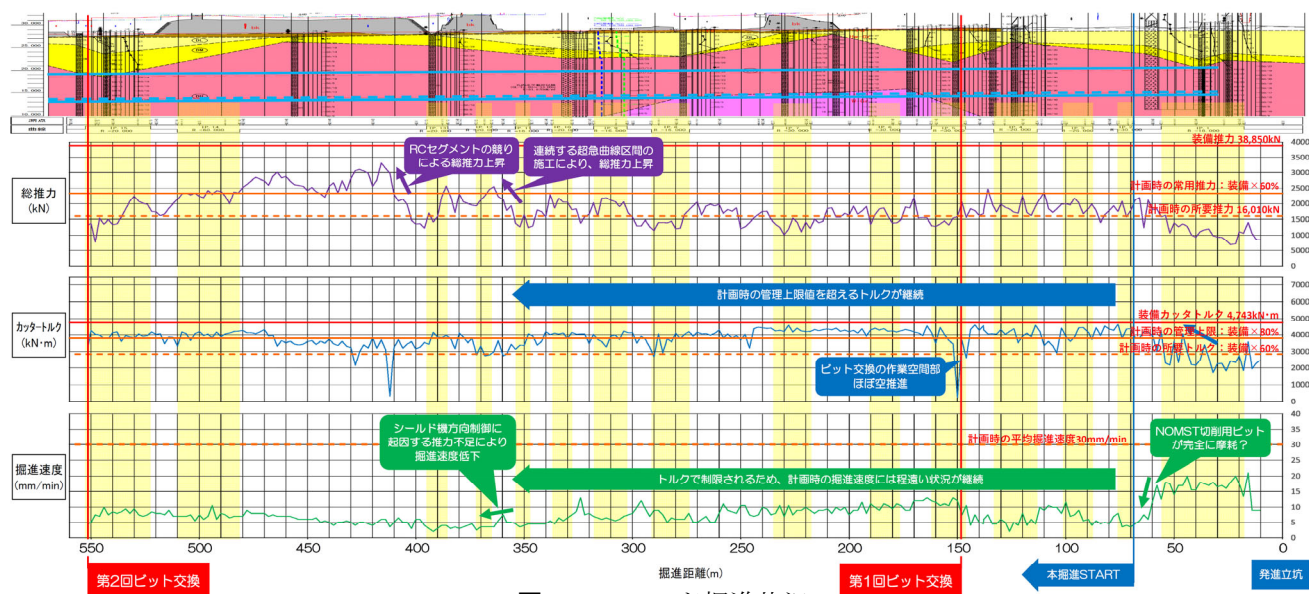


図-2 シールド掘進状況

参考文献1)石堂ほか:連続する急曲線施工におけるセグメントの施工時荷重対策,第75回年次学術講演会,2020.9

2)粥川ほか:泥土圧シールドによる風化花崗岩の掘進と土質特性,第75回年次学術講演会,2020.9