

φ1,000mm を超える巨石の点在する砂礫層における泥土圧シールドの施工

戸田建設株式会社 正会員 ○後藤 芳隆
戸田建設株式会社 館川 裕次

1. はじめに

本工事は、群馬県みどり市大間々町の浸水被害を軽減させるため内径φ1,800mmの雨水幹線を泥土圧シールド工法（掘進延長827m）により築造するものである。掘削地山は渡良瀬川の形成した砂礫混じり玉石層DG（大間々扇状地砂礫層）であり、1.0m前後の高強度（ $q_u=150\sim250\text{ N/mm}^2$ ）の巨石、玉石を多数含むN値50以上の密実な地盤である。地下水は到達立坑側のボーリング調査において立坑床付高で確認しているが、その他の箇所においては確認していない。図-1に地質縦断面図、写真-1に出現する巨石状況を示す。シールド掘進での巨石破碎時の負荷は大きく、地盤振動とローラーカッターの摩耗・損傷が発生した。本文では、これらの施工実績について述べる。

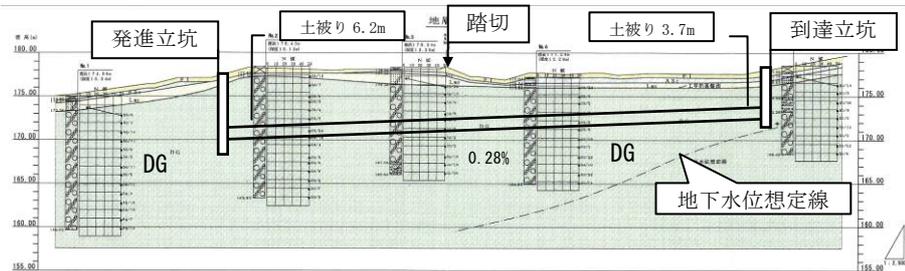


図-1 地質縦断面図



写真-1 鏡切時に発生した巨石

2. シールド機の計画

切羽に出現する巨石はローラーカッターにより破碎するが、ローラーカッターの負担を極力軽減するため、できるだけ大きな径で取り込み排土することとした。面板の開口寸法は、スクリーコンベヤの太さや後続のベルトコンベヤの設置スペースの関係から最大径をφ280mmとした。また、地山に地下水が無くスクリーコンベヤからの噴発の恐れが無いことから、礫の閉塞が生じた場合、容易に対処できるようにスクリーコンベヤの長さを極力短くした。表-1にシールド機仕様、図-2にシールド機を示す。

表-1 シールド機仕様

掘削機構	カッターヘッド	形式	セミドーム型
	カッター	支持方式	外周支持方式
		開口率・寸法	33%、最大径φ280mm
推進機構	シールドジャッキ	トルク	常用640kN・m 最大960kN・m
		トルク係数	$\alpha=48.1$
		駆動方式	電動機 30kW×4P×400V×4台
排土機構	スクリーコンベヤ	回転数	1.8rpm
		総推力	4,800kN (1,088kN/m ²)
		No.1中折れジャッキ	1,200kN×100st×28MPa×4本
	No.2中折れジャッキ	1,200kN×75st×28MPa×4本	
	スクリー	リボン式	φ450×500P×L2.85m
	想定礫径	φ300mm×φ400mm	
	排土能力	25m ³ /H	
	トルク	23.0kN・m	

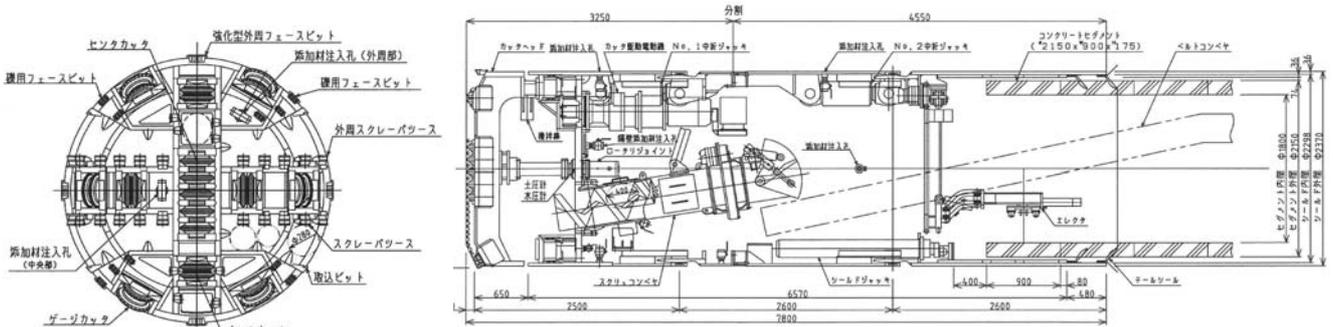


図-2 シールド機 正面図・側面図

3. 掘進実績

3.1 切羽土圧と礫の破碎

掘削する地山に地下水が無く、N値50以上と非常に安定していることから、発進直後の切羽土圧はチャンバー内に添加材が満たされる程度の値（0.01MPa）で掘削を開始した。しかし、小さい礫や粘土シルト分を先に取り込み、巨石の間に隙間を作り巨石を動き易くさせ、破碎できず巨石を暴れさせて前面や天端部に空洞を作る傾向が

キーワード 泥土圧シールド 巨石 地盤振動 カッター交換
連絡先 戸田建設(株)関東支店土木工部工事課 〒330-0063 さいたま市浦和区高砂 2-6-5 TEL048(827)1373

チャンバー内の点検により確認された。切羽土圧を 0.01~0.02MPa 程度上げて掘進したところ、巨石の動きを拘束することができ、ローラーカッターの食い込みが良くなり破碎が順調になった。

3.2 添加材

粒径 5cm 以上の礫を除く土砂には粘土シルト分を 15%程度含んでいるが、巨石を含む地山全体に対する粘土シルト分の割合は極端に少ない。そこで、最大 30cm 程度に破碎した礫を含む掘削土に粘土シルト分を増やすことを目的にベントナイト液を添加材として加えて流動性を確保し、カッターの摩耗低減を目的として気泡材を添加した。写真-2 に排土状況を示す。



写真-2 排土状況

3.3 ローラーカッターの交換

当初、ローラーカッターの交換回数は、カッターの限界摩耗量を 10mm とした許容転送距離から、6 回と算定し、掘進延長 120m 程度に 1 回交換する計画であった。しかし、実際は、巨石破碎時の衝撃による損傷が激しく 8 回の交換を要した。交換前の傾向は巨石を破碎できず推力が上昇し、掘進速度が低下する。さらに取り込み土量が増加し、カッターヘッドの過電流回数（トリップ回数）が増加する状況を示した（図-3 参照）。

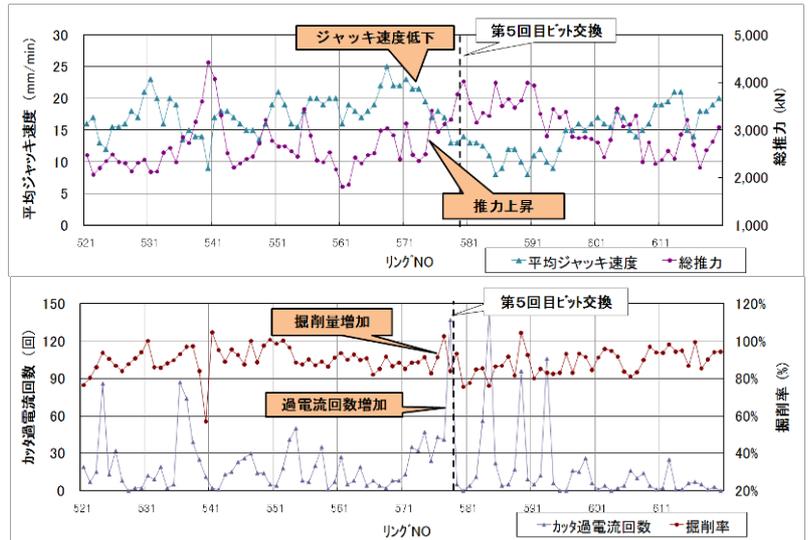


図-3 ローラーカッター交換時の傾向

ローラーカッターの損傷は、超硬チップが欠けたり変形して母材の摩耗が急速に進行するパターンと衝撃によりローラーカッター内部のベアリングが変形し回転不良となるパターンであった。写真-3 から写真-5 にローラーカッターの損傷状況を示す。



写真-3 使用前



写真-4 超硬チップ変形



写真-5 母材摩耗

3.4 地盤振動

掘進中、路上において地中から雷の鳴るような振動が常時感じられた。環境基準値以下であったが、夜勤の朝まで続く振動は、近隣住民の生活環境を乱す

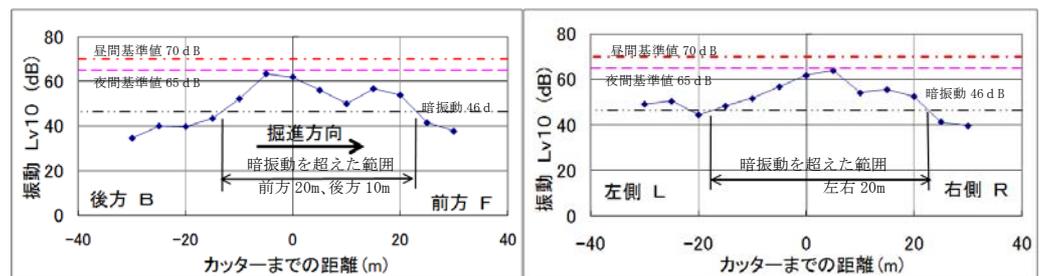


図-4 振動測定結果 (土被り 3.7m、測定時刻 20:30 から 22:00)

ことになるため、深夜 24:00 までの掘削とし近隣の理解を得て施工した。図-4 に坑口より 780m 地点の交差点において実施した振動測定の結果を示す。掘削位置（カッター位置）から前後左右方向に 5m 間隔で測定し、振動の伝わる範囲を調査したものである。暗振動（非掘削時、シールド機カッター直上で測定）は 46dB であった。暗振動を上回った範囲は、概ねシールド機前方、左右方向は約 20m、後方は約 10m であった。

4. おわりに

高強度の巨石が点在する砂礫層におけるシールド掘進は、地下水が無い場合でも切羽に土圧をかけ巨石を拘束することで破碎が容易となった。ローラーカッターの損傷原因は、摩耗に因るものではなく衝撃に因るものが多かった。到達時に面板状況を確認したところ、溶接固定したビット等は母材をわずかに残すのみであったことから、さらに長距離の掘進を行う場合、固定式ビット等の交換等を計画検討する必要があることがわかった。