

## 解説

# 岩盤推進における カッタヘッドの検討と 掘削添加材注入量の検討

わきた きよし  
脇田 清司

ジオリード協会会長  
株式会社ウイングス代表取締役

## 1 はじめに

岩盤、玉石地盤掘削に対し、密閉型推進工法での必須条件は掘進機が高い回転トルクを有することですが、ビット形状やカッタ回転数、面板開口率、この3点が噛み合わないと掘削効率が上がりません。また、岩種、玉石の大きさ、一軸圧縮強度によって、ビット形状と面板の顔を決定することは可能ですが、対象土質が変化すると、掘削効率（適正な日進量等）が大きく低下します。この時に最も重要な対処は掘削添加材の注入量です。掘削添加材の注入量を維持させると、排泥量が増大し、現場コストが跳ね上がるので、設計変更の協議をする必要があり、承諾していただかないと掘削添加材の量を維持できないという問題が発生します。掘削添加材の量を維持しても、大きくは、元押速度は上がりません。しかし、これを無視し、掘削添加量を減ざると、掘進機のビット摩耗以外に、ベアリングやシール等の損耗がすすみます。ローラビット、カッタビットの摩耗率は計算できますが、掘進機駆動部のベアリング、シール等の損耗は、おおよその寿命はあるものの、外見だけでは交換時期の判断は難しく、グリス注入頻度以外でも、掘削添加材の注入量次第では、予想以上に損耗がすすむ場合があります。特に呼び径が大きい、外周駆動の掘進機は、シールの当り面等にチャンバ内の発熱も悪影響を及ぼすこともあり、「掘削添加材の注入量」の観点も含め、岩盤推進に

おけるトラブル事例を検証してみたいと思います。

## 2 トラブル事例

以下に岩盤推進の工事概要（図-1）とその現場におけるトラブル事例を紹介します。本現場は、既に他工法で発進立坑から167m掘削後、何らかの理由により、推進不能となり、中間立坑を築造後、掘進機を回収し、泥濃式エスエスモール工法で、残りの距離を掘進することになりました

工事概要：呼び径1100泥濃式推進（ $L_1$ は他工法）  
 $L_1 = 163.644\text{m}$ （中間立坑築造し回収）  
 $L_2 = 251.122\text{m}$ （エスエスモールで再発進）  
 $(\Sigma L = 414.7\text{m})$

土質：硬質土（1）～（2）

頁岩、礫岩、砂岩

一軸圧縮強度：4.8MN/m<sup>2</sup>（発進側）

2.8MN/m<sup>2</sup>（到達側）

### 2.1 掘進機選定理由

設計図書には、本工事の土質が、頁岩層主体で一軸圧縮強度4.8MN/m<sup>2</sup>以下というデータがありました（表-1）。砂岩、礫岩が混在してはいるものの、高いトルクで積極的に大きな開口で取り込んでやれば、過去の経験値から元押速度は、4～5mm/minは出せるものと判断しましたが、補助対策として、粘性土分の付着を

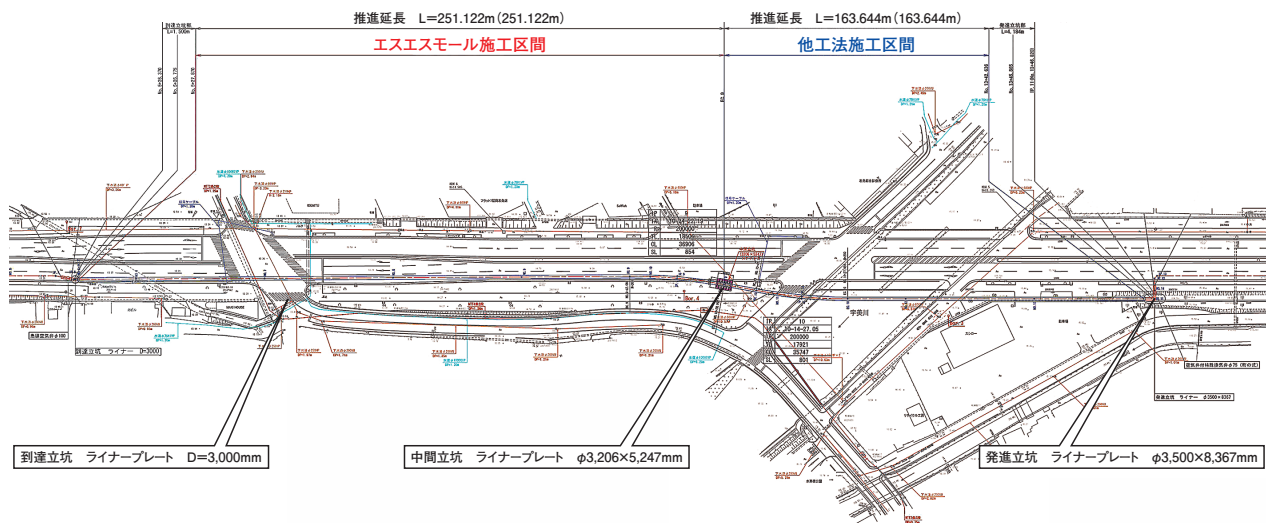


図-1 推進施工平面

表-1 一軸圧縮試験結果

岩石の一軸圧縮試験				
調査名				
試験期日	2022年10月24日	整理担当者	藤下 亮一	
試料番号	No. 7+40	BC. 9	発進立坑	到達立坑
深 度	管心 GL-9.6m	管心 GL-10.8m	管心 GL-10.5m	管心 GL-9.4m
高 さ h (cm)	10.08	10.16	10.07	9.21
直 径 D (cm)	4.71	4.40	4.73	4.47
断 面 積 $A = \frac{\pi}{4} D^2$ (cm <sup>2</sup> )	17.4	15.2	17.6	15.7
体 積 $V = A \cdot h$ (cm <sup>3</sup> )	175.4	154.4	177.2	144.6
細 長 比 $\gamma = h/D$	2.14	2.31	2.13	2.06
破 壊 時 の 最 大 荷 重 P (KN)	3.6	2.5	8.4	4.4
一 軸 圧 縮 強 度 $\sigma C = \frac{P}{A}$ (MN/m <sup>2</sup> )	2.1	1.6	4.8	2.8
一 軸 圧 縮 強 度 補 正 値 $\sigma C$ (MN/m <sup>2</sup> )				
ぜ い 性 度 $B r = \frac{\sigma_c}{\sigma_t}$				
自 然 状 態 の 重 量 W (g)	382.2	413.1	405.3	314.6
単 位 体 積 重 量 $\gamma = W/V$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.179	2.676	2.287	2.176
破 壊 形 状				

抑え、取込効果を上げるため、以下のような装備を追加しました。

- ①チャンバ内に攪拌翼を2本装備
- ②加泥材の注入口をチャンバ内に1個（2B）増設
- ③排泥管前部（ピンチバルブより切羽側）に注入口（1B）を装備

今回の提案する掘進機の性能諸元は呼び径1100の専用機がないため呼び径1000の巨礫破碎型掘進機のシールド外殻部を拡大して呼び径1100用とした（図-2、写真-1）。

- カッタ形式：スポーク型（中間ビーム支持）
- カッタモータ：15kw×440V×2台
- カッタトルク：常用54.0kN-m 回転数 5.0rpm
- トルク係数：23.0

このような掘進機の仕様であれば、<sup>かいこうざい</sup>解膠剤（付着防止を目的とした材料）を含んだ掘削添加材を注入しながら、面板前とチャンバ内の閉塞を減らしていけば想定の日進量で推進できるものと考えています。対象土質の強度が10MN/m<sup>2</sup>以上であれば、ローラビットを装備した面板の方が掘削効率が低いとは思いますが、本現場のような5MN/m<sup>2</sup>前後の頁岩、泥岩層では、開口率の大きい切削方式のビットの方が、安定した掘進ができるものと判断しました。

## 2.2 推進開始

当初の計画通り、日進量1.2～1.5m前後で掘進でき