

## 岩盤を対象とした密閉型シールドにおける地質評価手法の検討

— 豊平川水道水源水質保全 導水路新設工事その2—③—

(株)鴻池組技術研究所 正会員 ○高馬 崇 (株)鴻池組東京本店 樋口 伸朗  
 (株)鴻池組土木技術部 正会員 加藤 卓男 (株)鴻池組東京本店 深井 正行  
 (株)鴻池組東京本店 小澤 伶和 札幌市水道局 藤田 将輝

### 1. はじめに

前回の報告<sup>1)</sup>では、掘削ずりの岩石同定や岩盤圧縮強度の測定のほか、シールドの掘進データである推力、トルク、カット切込み深さ等から算出した値を用いた地山評価手法を密閉型シールド工法に適用した。その結果、掘進データから算出した値が地山の地質変化や岩盤強度特性を反映することを確認した。

今回、掘進 10mm ごとの掘進データから掘削体積比エネルギーと推定岩盤強度のデータの変動傾向を分析し、詳細な地質分布の推定を実施した。加えて、2つの推定岩盤強度の比から求めた値と、掘削地山およびシールド周辺の地山状況との相関性を考察し、地質評価の指標となり得るかを検討した。

### 2. 工事概要・地質概要

本シールド工事の工事概要を表1に示す。

表1 工事概要

| 工事名称 | 豊平川水道水源水質保全 導水路新設工事その2                                |
|------|---|
| 発注者  | 札幌市水道局  |
| 施工者  | 鴻池・道興特定共同企業体  |
| 工事場所 | 札幌市南区定山溪温泉東1丁目  |
| 工期   | 2015年3月～2019年12月                                      |
| 工事内容 | ・密閉型シールド工法(泥土圧式・流体輸送併用)<br>・掘削外径:φ2730mm・施工延長:L=3286m |

設計段階で想定されていた地質区分(図1)と、掘削ずりの岩石同定、岩石・岩盤の圧縮強度の測定値や掘進データからの算出値より推定した地質区分(図2)との間には相違する部分や、想定されていない破碎帯などが確認された<sup>1)</sup>。



図1 豊平川シールドの地質縦断図(設計時)



図2 岩石同定結果と掘進データに基づく地質区分

### 3. 掘削体積比エネルギーと推定岩盤強度による地質分布の推定

#### (1) 掘削体積比エネルギーと推定岩盤強度の算出

カットトルク  $T_R$  [MN・m] , 水圧を控除した総推力  $F_N$  [MN] , カット切込み深さ  $p$  [m] の各掘進データ (1リング(1m)ごとの平均値) とトンネル掘削外径  $D$  [m] から掘削体積比エネルギー  $S_E$  (図3) を算出した。また、 $T_R$  ,  $F_N$  ,  $p$  の各掘進データから岩盤強度を推定する算式を用いて、推定岩盤強度(推力)  $\sigma_c(F_N)$  と推定岩盤強度(トルク)  $\sigma_c(T_R)$  をそれぞれ算出した。算出に用いた式を以下に示す<sup>1)</sup>。

$$\text{掘削体積比エネルギー [MPa]} : S_E = 8 \times T_R / (p \times D^2)$$

$$\text{推定岩盤強度(推力) [MPa]} : \sigma_c(F_N) = C_1 \times F_N / p$$

$$\text{推定岩盤強度(トルク) [MPa]} : \sigma_c(T_R) = C_2 \times T_R / p^{1.5}$$

$C_1$  ,  $C_2$  : シールドの諸元より求めた定数 (※本事例では、安山岩分布域の安定した掘進データを基に  $C_1$  ,  $C_2$  を設定)

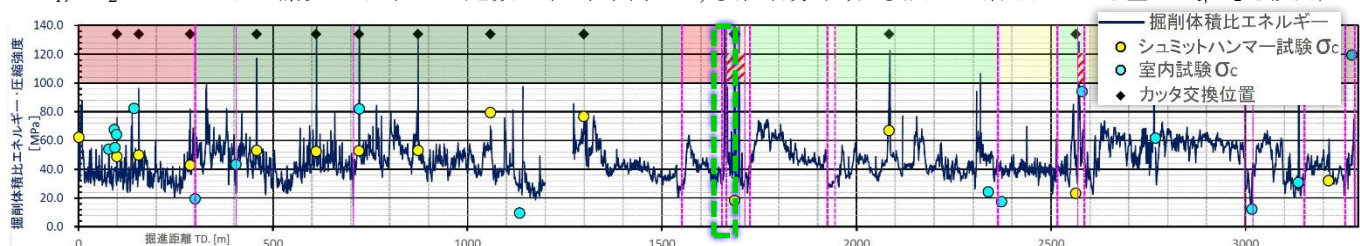


図3 掘削体積比エネルギーと岩盤強度測定値

キーワード 密閉型シールド 地質評価 掘削体積比エネルギー 推定岩盤強度  
 連絡先 〒305-0003 茨城県つくば市桜 1-20-1 株式会社鴻池組技術研究所 TEL:029-857-2000

## (2) 掘削体積比エネルギーと推定岩盤強度による地質分布の推定

地質境界を有する TD.1630~1670m (図 3 緑色破線) 区間において、掘進 10mm ごとのデータから掘削体積比エネルギーと推定岩盤強度を算出し、グラフ化した(図 4, 図 5)。それぞれの曲線の変動傾向と岩石同定結果を総合的に判断し、以下の 5 つの区間において地質区分を推定した。それぞれの区間の特徴を以下に示す。

- 1630~1645m: TD.1555m 付近より続く石英斑岩の分布区間である。
- 1645~1653m: 石英斑岩から凝灰角礫岩への漸移部分であり、地層境界に相当する区間と推定した。
- 1653~1656m: 凝灰角礫岩の分布区間であり、推力・トルクともに比較的安定して掘進している。
- 1656~1661m: 砂岩頁岩互層の分布区間であり、凝灰角礫岩との漸移的な区間は短いと推定した。
- 1661~1670m: 砂岩頁岩互層の分布区間だが  $\sigma_c \cdot \sigma_c$  とともに大きく変動しており、脆弱部(破砕帯?)であると推定した。この区間は脆弱部掘進に対応したマシン操作時の特異なデータであり、実際の岩盤強度を反映していないと考えられる。

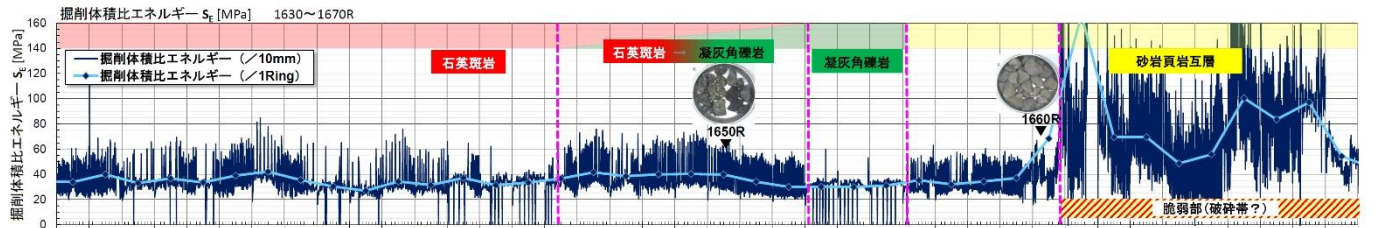


図 4 掘削体積比エネルギー ( $S_E$ ) と 推定地質分布 (TD.1630~1670m)

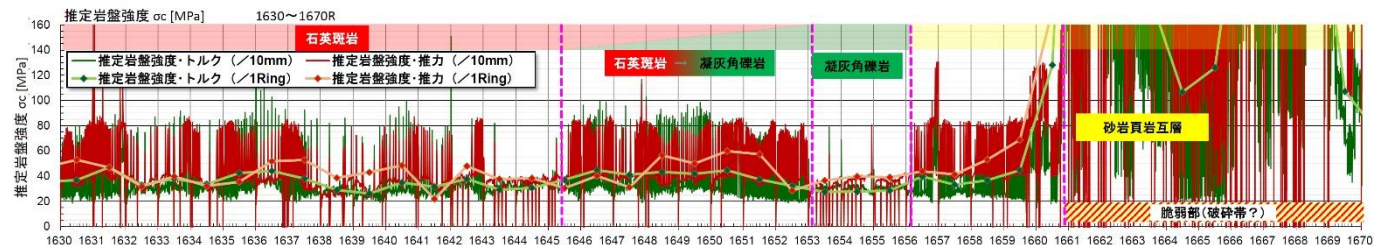


図 5 推定岩盤強度 ( $\sigma_c(F_N)$ ,  $\sigma_c(T_R)$ ) と 推定地質分布 (TD.1630~1670m)

## 4. 推定岩盤強度の比によるシールド周辺の地山状況の推定 (図 6)

2つの推定岩盤強度の値は同一の岩盤を掘進するデータから算出されるため、概ね同一の値になる。しかし、2つの値が同一ではなく、地山の岩盤強度値を反映していない区間がある。そのような区間では、シールド周辺の地山状態(脆弱部の掘進、シールドへの拘束圧の作用等)を反映して推力やトルクの値が変化していると考えられる。2つの推定岩盤強度の比(図 6 青線)が、地質評価(地山状態の推定)の指標となるかを検討した。

### (1) 推定岩盤強度比 $\sigma_c(F_N)/\sigma_c(T_R) < 1.0$ (推力算出値<トルク算出値)

切羽で崩落などの異常が起きてカット前面に切羽反力以外の大きな力が働いており、カットに負荷が掛かってトルクを増大させて回転しながら前進する必要があるため、 $\sigma_c(T_R)$ が大きくなると考えられる。

### (2) 推定岩盤強度比 $\sigma_c(F_N)/\sigma_c(T_R) > 1.0$ (推力算出値>トルク算出値)

シールドの周囲に大きな力(地山との摩擦や拘束圧)が働いており、その大きな力に抵抗するために通常の掘進時よりも推力を増大させて前進する必要があるため、 $\sigma_c(F_N)$ が大きくなると考えられる。

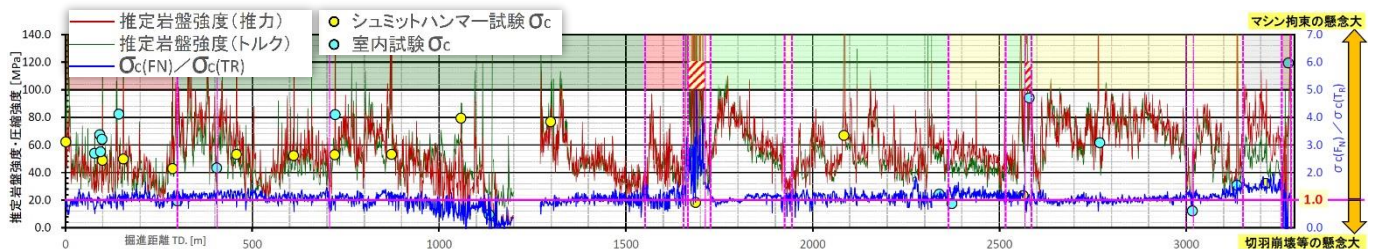


図 6 2つの推定岩盤強度と推定岩盤強度比 ( $\sigma_c(F_N)/\sigma_c(T_R)$ )

## 5. まとめ

今回、掘進データの分析から地質境界や脆弱部などの地質分布や、推定岩盤強度比によるシールド周辺の地山状態の推定が可能であることを確認した。今後は、掘進データを用いた地質評価手法の確立を目指す。

参考文献 1) 高馬ほか; 岩盤を対象とした密閉型シールドにおける地質評価事例, 第 74 回土木学会年次学術講演会, III-177, 2019