

掘削体積比エネルギーを用いた泥水式シールドの掘進管理指標の検討

西松建設株式会社 西日本支社 正会員 ○外館 麻里佳

西松建設株式会社 西日本支社 安村 秀樹

西松建設株式会社 西日本支社 内山 明日香

西松建設株式会社 技術研究所 正会員 高原 裕介

1. はじめに

シールド工法では掘進時の土圧や掘進速度、排土量といった複数の掘進データを掘進管理指標として評価し、掘削地山の変化やシールド機の特성에 応じて適切に掘進制御を行うことが一般的である。しかし、大深度や岩盤掘削で地山性状の変化が激しい場合など、従来の掘進データを判断して制御、管理を行うことが困難な場合が想定され、これを補うために新たな掘進管理指標が必要と考えられる。

本稿では、TBM 工法で一般的に用いられる掘削体積比エネルギーという指標をシールド工法の施工データに適用し、地山性状や進捗の変化等との関連性を調べ、新たな掘進管理指標の検討を行った内容を報告する。

2. 検討対象現場

今回検討の対象としたのは、神戸市須磨区の全長約 3.7km を泥水式シールド工法（シールド機外径 φ2,480mm、掘削外径 φ2,530mm）にて掘進し、一次覆工を新設する工事である。

当該工事の地質縦断図を図1に示す。掘削対象の地質は神戸層群砂岩、神戸層群泥岩、神戸層群礫岩、花崗岩となる。一軸圧縮強度は234～12,400kN/m²と地質によって大きく変化する。透水係数は10⁻⁶～10⁻⁹ m/secである。カッタービットは交換可能な換装型を採用し、岩盤強度により交換を予定している。

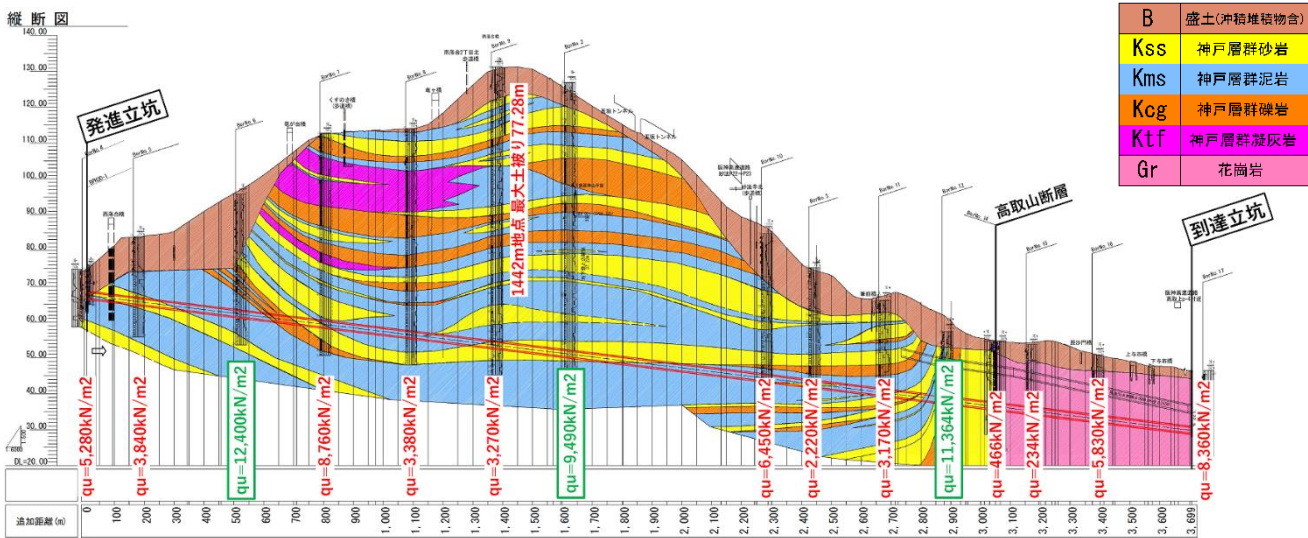


図 1 地質縦断図と一軸圧縮強度

3. 掘削体積比エネルギーについて

掘削体積比エネルギー (S_E) とは、「単位体積の地山を掘削するために要したエネルギー量」を意味しており、TBMや削岩機等の効率や掘削地山の性状を評価する指標として広く用いられているものである。今回対象としたシールド機における掘削体積比エネルギーについては、掘削時の回転エネルギー等を用いて式(1)で求めた。

$$S_E = \{8 \times (Tr - Tr_{initial}) / (p \times D^2)\} \times 10^{-3} \quad \cdots \text{式 (1)}$$

S_E : 掘削抵抗 (回転トルク) から求めた掘削体積比エネルギー (MJ/m³) , Tr : 計測されたカッタートルク (kN・m) , $Tr_{initial}$: 無負荷時カッタートルク (kN・m) , p : 1 回転当たりのカッター貫入量 (m) , D : シールド機直径 (m)

キーワード：泥水式シールド, 施工管理, 掘削体積比エネルギー

連絡先：〒540-8515 大阪府中央区釣鐘町 2-4-7 西松建設株式会社 西日本支社 TEL:06-6942-1190

4. 計測結果

掘進開始から初期掘進区間の 190m 付近までの掘削体積比エネルギーと掘進データ（総推力、トルク、掘進速度）の比較図を図 2 に示す。掘進開始後の 30m 前後、100m 以降で掘削体積比エネルギーの上昇を確認した。これらの区間では総推力、トルクの上昇や掘進速度の低下が確認され、掘削効率が著しく低下した。掘削体積比エネルギーが上昇した要因として地山変化が考えられる。30m 付近では想定外の玉石が確認され、また 100m 以降では泥岩が確認され、掘削時に泥水と混合、攪拌されて泥濁化し、カッターヘッド全面に固着してスリットの開口部が閉塞状態となったと考えられる。実際に 190m 時点でカッターヘッドの状態を確認したところ、図 3 に示すスリット位置において写真 1 のように掘削土で閉塞している状態であった。また、掘進開始後 145m 付近での掘削体積比エネルギーの下降は、掘削抵抗の低下により掘進速度を上げられたことによるものである。

従来は、総推力、トルク、掘進速度の個別の変化から判断していたが、掘削体積比エネルギーを用いると掘削抵抗やその変化を総合的に評価できるものとする。

掘削体積比エネルギーと総推力・トルク・掘進速度の比較

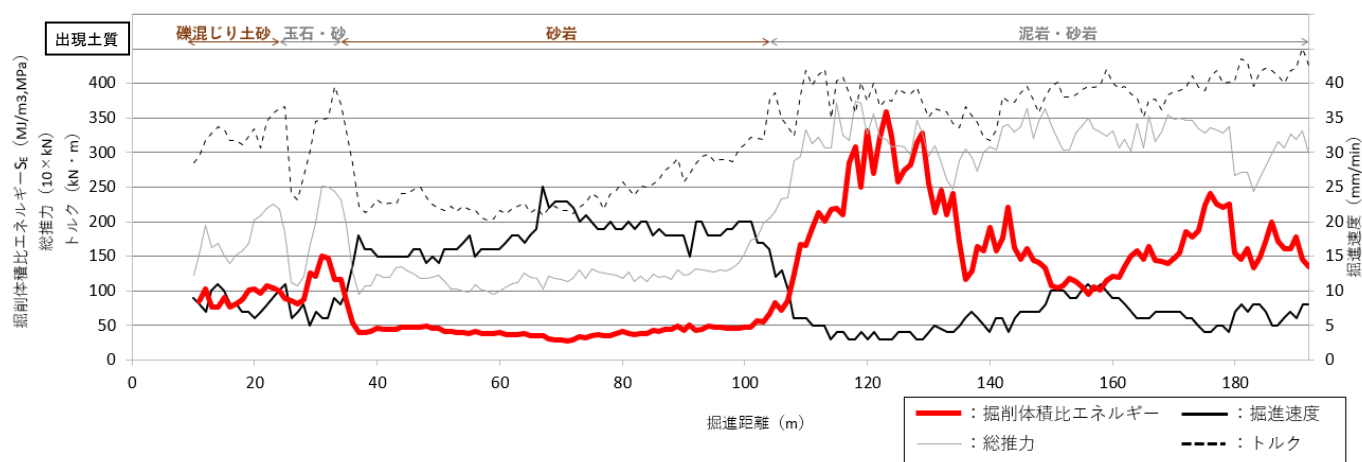


図 2 掘削体積比エネルギーと総推力・トルク・掘進速度の比較図

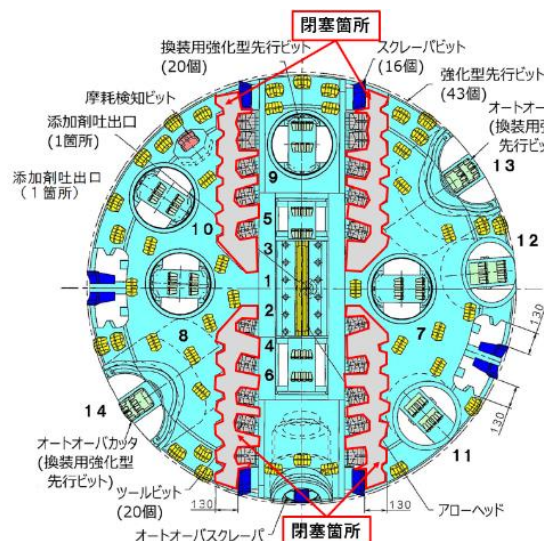


図 3 カッターヘッド閉塞箇所



写真 1 スリット閉塞

5. まとめ

泥水式シールド工法において掘削体積比エネルギーに着目し、各掘進データや地山性状を比較した結果、地山性状の変化やカッターヘッドのスリット閉塞という掘削効率が変化すると考えられる事象との関連性が確認された。掘削効率を変化させる要因としては上記以外にカッタービットの摩耗や掘削地山からの拘束などが想定されるが、今回使用した初期掘進のデータではデータ数が少ないため、今後の検討課題である。今後、データを収集、蓄積して施工実績と比較し、新たな掘進管理指標を得るための検討を進める所存である。