

硬質な花崗岩における小断面 TBM の施工実績

前田建設工業(株) 正会員 ○佐藤 芳宣 田邊 茂
前田建設工業(株) 椎橋 孝一郎 中町 翔一

1. はじめに

広島県が進めている「県営水道送水強化整備事業」のひとつである、広島水道用水供給事業二期トンネル整備工事(海田～矢野工区)(以下、本工事とする)は、新設導水トンネルにより、呉市方面への送水ルートの二条化を行うものである。本工事では、発進立坑よりダブルシールド型 TBM(掘削径 ϕ 2700mm)にて L=4,472m のトンネル掘削を行う。本稿では、小断面(5.7m²)かつ硬質である広島花崗岩を対象とした小断面 TBM の施工実績について述べる。

2. 工事概要

施工場所：広島県安芸郡海田町東海田

～広島市安芸区矢野町

工事延長：4,492m(TBM[Tunnel Boring Machine]工法,
掘削径 ϕ 2700mm)

線形：縦断勾配：0.052%，最小曲率半径：R=200m

発進立坑(内径 ϕ 11m)：H=63.2m

地質：硬質の広島花崗岩質岩

ディスクカッタ(以下,DC)：ダイス鋼 15.5インチ N=19 個(摩耗限界=15mm)

カッタヘッド回転速度：12rpm



<図1 TBM 全景>

3. 工事の課題

本工事では、計画時において準岩盤強度：25～70N/mm²程度の広島花崗岩を対象とする。掘進の初期段階より、計画地山強度を大きく超える岩盤が出現し、掘進速度の停滞が生じた。加えて、度重なる DC の交換が頻発したことで、純掘進時間が低減し、工程遅延が発生した。各 DC 毎で異なる摩耗傾向及びカッタライフの適正評価が、カッタ交換計画について必須となることから、「掘進データに基づいた DC の摩耗量管理による工程確保」を本工事での課題とする。

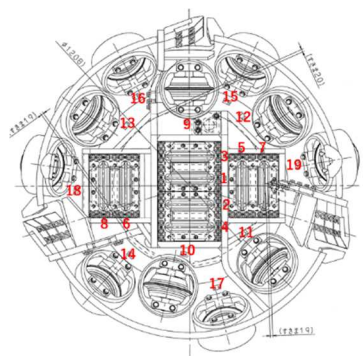
以下にこれまでの施工実績を示す。

2020年1月31日時点 掘進延長 L=1,000/4,472m

総 DC 交換個数 N=168 個

コア(ϕ 45mm,L=90mm)による一軸圧縮試験最大値>300N/mm²を確認

当初計画では、掘削後の露出坑壁をファイバーモルタルにて吹付(標準部位:CH パターン t=2cm)を実施



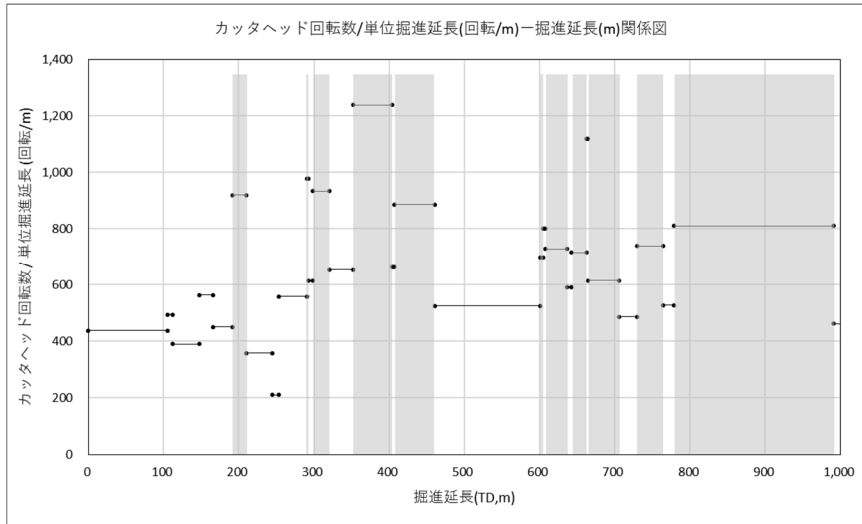
<図2 DC 配置図>

4. 支保パターンの選定、掘進データの分析、

想定以上の硬質な花崗岩の出現区間では、発注者との協議のもと、支保を不要とする B パターンとして新

キーワード TBM, 硬質花崗岩, 小断面, ディスクカッタ

連絡先 〒730-0045 広島県安芸郡海田町東海田 前田・国土・河井共同企業体 TEL:082-562-2030



＜図3 単位掘進延長当りのカッタヘッド回転数（回転/m）
-掘進延長(m)関係図＞

たに設定し、吹付を実施しないものとした。Bパターン(図3-着色部)では、1m当りのカッタヘッド回転数が平均700～800(回転/m)となる。

[標準部位:CHパターンでは400～600(回転/m)程度]

特に掘進延長 TD360～400m 付近ではこの値が1,250(回転/m)となり、DCの交換頻度が最大となった。調査の結果、700(回転/m)以上の場合、DCの摩耗が著しく進展すること、さらにDCの中央部(No.1～4)、最外部(No.17～19)にその傾向が大きく表れることが確認された。

5. DC 摩耗量の推算

DC 摩耗限界までのトンネル掘進延長(m)は、下式により推定される。(TBM ハンドブック p224)

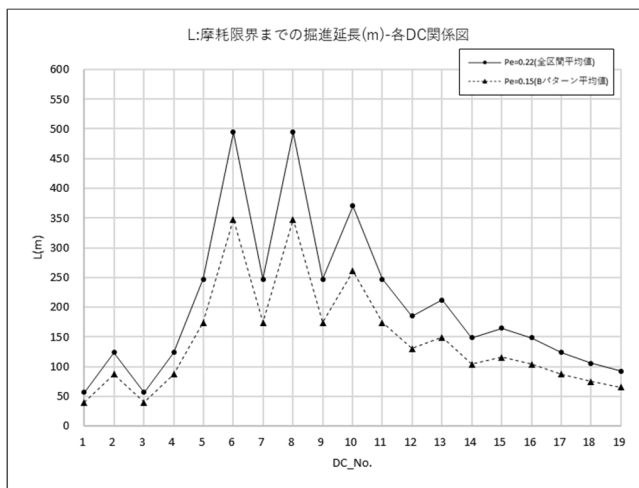
$$L=10Pe\lambda/2\pi R$$

L:DC摩耗限界までのトンネル掘進延長(m)

Pe:DC貫入量(cm/rev)

λ :DC摩耗限界までの転動距離(km)

R:DC取付半径(m)



＜図4 各DC摩耗限界までの掘進延長(m)-各DC関係図＞

図4.5での結果により、DCの交換作業予定日及び個数の計画をより事前に行うことが可能とした。交換作業を集約することで交換延べ日数の短縮、及び他部位のメンテナンス作業を同時期に集中して行うことで、純掘進時間の確保、施工量の向上につなげている。

今後、更なるデータの集計・岩石の成分試験等を通じ、より詳細な摩耗傾向の検討と分析を行う予定である。掘進データの集計を基に、更なる工程回復と硬岩におけるTBMの施工実績の蓄積について取り組んでいく。

	当初設計	実施工
Pe(cm/rev)	0.95	0.22
λ (km)	630	373
R(m)	1.365	1.365
L	698	96

＜図5 L比較表(当初設計-実施工)DC_No.19＞

上式に従い、図4に各DC(No.1～19)における摩耗限界までの掘進延長Lを示す。

各DC毎の λ (実測集計値)及び2つの代表的なPeの数値(全区間平均値、Bパターン区間での平均値)の集計により、各DCのLを算出した。これにより、B及びCHパターンの掘進延長に応じた各DCの交換目安を推算するものとした。

次に、図5にDC_No.19(最外部)での当初設計