

## 小土被り花崗岩を貫く安永川トンネルの TBM のカッタ摩耗実績

鹿島建設 正会員 ○越川 俊幸 末吉 功一 堀部 貴宏  
 正会員 山本 拓治 岩野 圭太 小泉 悠 佐藤 一成  
 豊田市 落河 崇征 山下 浩一  
 東京大学 正会員 福井 勝則

### 1. はじめに

これまで岩石の摩耗能との関連性や二次破碎など TBM のディスクカッタ (以降, カッタ) の摩耗に関する研究<sup>1)</sup>が進められてきたが, TBM 適用工事数の減少から, 施工に伴うカッタ消費量や摩耗量のデータ蓄積は未だ不十分である. 本論では, 愛知県豊田市の新設河川トンネル工事 (安永川トンネル) の導坑先進工法として適用した  $\phi 6.8\text{m}$  の TBM の掘進に伴うカッタ摩耗実績を報告する. 本工事では, 掘削延長 1860m の路線上で主体が堅硬な花崗岩であるが, 土被りが全線ではほぼ 1~2D 以下であり, TBM 天端部のみ崩落地山となる区間, 旧沢地形部で地上からの地盤改良区間を掘削する等, 非常に特殊な施工条件であることが特徴的である.

### 2. TBM 緒元

写真 1 に適用したオープンタイプ TBM の全景, 表 1 に TBM の主な仕様を示す. 図 1 に TBM 面板のカッタ配置を示す. 本 TBM には合計ゲージカッタ 2 個, 中心にダブルカッタ 8 個を含む合計 48 個の 17 インチカッタを装備している. カッタは通常使用される SNCM 鋼ではなく, 高価だが耐久性に優れるダイス鋼を採用した.

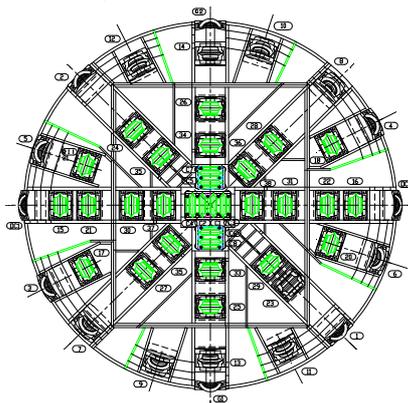


表 1 TBM 仕様

掘削径	$\phi 6.82\text{m}$
TBM 本体長	約 17.8m
TBM 総重量	本体約 550t
カッタヘッド回転数	0.5~7回/分
カッタヘッドトルク	最大 5753kN・m
スラスト力	最大 12,124kN
掘進速度	最大 100mm/min
カッタ仕様	17インチ×48個

写真 1  $\phi 6.8\text{m}$  オープン型 TBM 図 1 TBM 面板のカッタ配置

表 2 カッタ交換の管理摩耗値

名称	カッター名	交換 管理摩耗値
ゲージカッター	G1, G2	10mm
インナーカッター	#1, #2	20mm
	#3-#38	20mm

### 3. カッタ摩耗量実績

本 TBM 掘削は, TBM 振動の周辺住環境への影響を考慮する区間を除き, 昼夜稼働をしており, 2 回/日を基本として全カッタの摩耗量を専用ゲージで計測する. 表 2 に示すようなカッタ種類毎に定めた管理摩耗値に達した場合, カッタを交換しており, 全線で合計 183 個交換した.

図 2 にゲージカッタ (G1) を含む 5 つの代表的なカッタについて TBM 進行 (TD) に伴う累積摩耗量を示す. いずれのカッタについても, 全延長 1860m ではほぼ一定の勾配で直線的に摩耗量が増加していることがわかる. TD460-540 (区間 80m), TD1050-1120 (区間 70m), TD1330-1380 (区間 50m) については, 深層混合等, 地上からの地盤改良を実施した区間であったが, カッタの摩耗の増加傾向に顕著な変化は見られなかった.

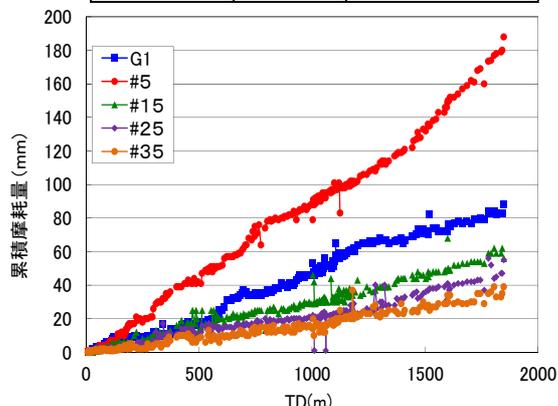


図 2 各カッタの進行に伴う累積摩耗量

キーワード TBM, ディスクカッタ, 摩耗, 二次破碎

連絡先 〒471-0873 愛知県豊田市秋葉町 6-46-1 一級河川安永川トンネル新設工事事務所 TEL0565-37-3635

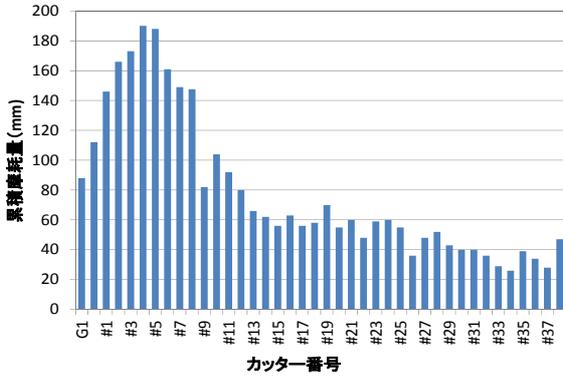


図3 カッタ毎の累積摩耗量

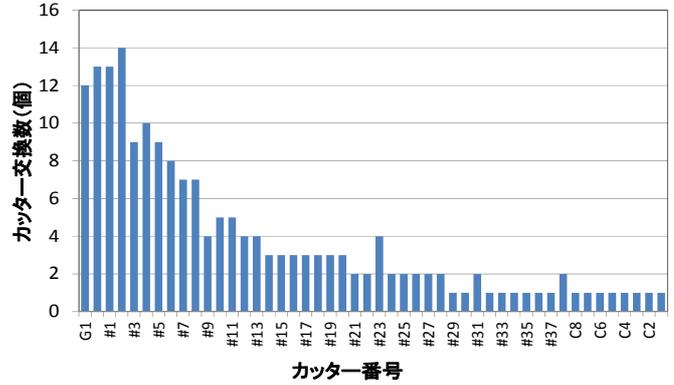


図4 カッタ毎の交換数

図3および図4には、各カッタの累積摩耗量と交換数を示す。図3では#1~#8のカッタの累積摩耗量が多くなっているが、それに呼応するように図4に示すカッタ交換数も交換管理摩耗値の小さいゲージカッタおよび累積摩耗量の多い#1~#8のカッタの交換数が際立っている。

図5に摩耗1mm当たりの転動距離を示すが、図3に対応するように#1~#8のカッタの値が小さくなっている。これらカッタは外周部に近く、面板の取付け半径が小さい箇所に位置することにより力学的負荷を受けていること、およびカッタヘッドの開口部分と重複し、ずり取込口で大きな岩塊の二次破碎による影響も受けていると考えられる。

4. カッタ交換実績

図6にTBM進行(TD)に伴う1カッタ交換当りの掘削体積を示す。掘削当初はばらつきがみられるものの、次第になだらかに落ち着き、最終的には371m<sup>3</sup>/個となった。表3に他TBM施工実績との比較を示した。比較したトンネルの地質はいずれも花崗岩主体であり、掘削径もほぼ同等であるが、他トンネル現場と比べ単位掘削量はやや高い値を示した。

図7に積算基準(SNCM鋼)を当初想定岩級に当てはめた予測カッタ数と実績数の比較を示す。カッタ材質の相違を考慮せねばならないが、数量はほぼ一致した。但し本現場では、同一切羽中でも天端は崩落地山、それ以下は堅硬な花崗岩となる区間が多く、支保パターン選定は天端地質に合致させたため、実績支保パターンを積算基準に当てはめた数量は、実績と乖離する。

5. おわりに

TBM適用工事数の減少もあり、TBMの施工データは非常に貴重なものと言える。本件はカッタ摩耗・交換数について簡単な整理に留まっているため、今後は、地質との関連やスラストや回転数等、TBM掘削時の機械データとの関連性を含めた評価を行っていく必要がある。

参考文献

- 1)小泉悠ほか; TBM施工におけるディスクカッタの摩耗と二次破碎, 土木学会論文集C Vol. 65 No. 4 951-962 2009. 11.
- 2)日本道路公団監修; 日本道路公団 土木工事積算基準 平成15年版 2003

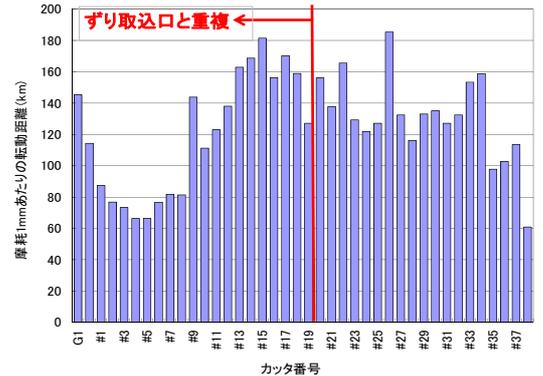


図5 カッタ摩耗1mm当たりの転動距離

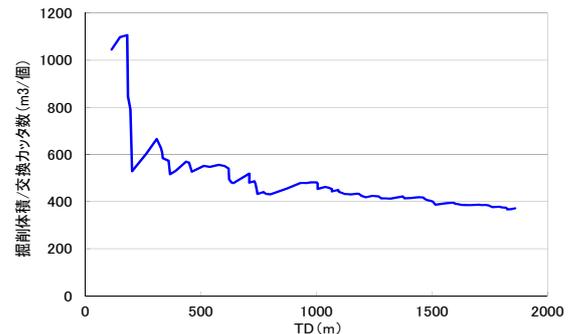


図6 カッタ1交換当りの掘削体積

表3 カッタの単位掘削量の比較

	単位掘削量 (m <sup>3</sup> /個)	掘削径 (m)	延長 (m)	地質	カッタ材質
安永川トンネル	371.3	6.8	1860	花崗岩	ダイヤモンド
Aトンネル	224.4	5.0	3692	花崗岩	SNCM鋼、ダイヤモンド、ロビンスHD
Bトンネル	200.3	5.0	2469	花崗岩	ダイヤモンド、ロビンスHD
Cトンネル	391.2	5.0	3646	花崗岩・砂岩・泥岩	SNCM鋼、ダイヤモンド、ロビンスHD

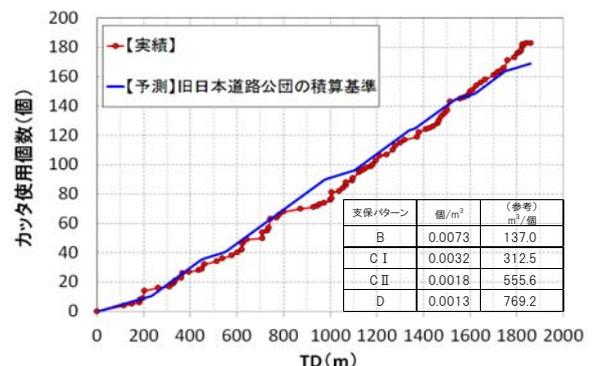


図7 カッタ総個数の実績と予測