

異なる岩種における TBM 機械データの傾向

西松建設(株) 中部支店 正会員 ○亀山 克裕
西松建設(株) 平野 實

1. はじめに

山岳トンネルの掘削手法の1つとしてTBM(Tunnel Boring machine)工法を採用する場合がある。この工法はカッターヘッドに取付けられたディスクカッターを岩盤に押し付けることでカッター間の隣接破砕によるチップング作用により掘削を行うものである。本稿では、対象とする地山条件に応じた最適な推進速度を把握するための手掛かりとして、TBM工法が採用された3トンネルにおける代表的岩種を対象に、掘削時の機械データから得られるPenetration Rate(貫入量)とカッター1個あたりに作用する荷重の比較を行うとともに、支保パターン別のField Penetration Index¹⁾の関係について着目した。

2. 対象岩種および機械データ

今回の検討には、TBM工法が採用された3現場における濃飛流紋岩・花崗斑岩・鈴鹿花崗岩・砂岩地山の掘削データを使用した。収集したデータは、同一の実施支保パターン・岩種別に平均値としてまとめた。なお、当該現場のTBMカッターヘッド径はφ4.5～5.0m、カッターヘッドに装備されるディスクカッターは平型、17inである。

3. ディスクカッター押付荷重と貫入量の関係

ディスクカッター1個あたりに作用する荷重は(1)式で求めることができる。

$$\text{Thrust per Cutter} = (F_n - F_1 - F_2) / N_c \quad (1)$$

ここで、

Thrust per Cutter：カッター1個あたりに作用する荷重(kN/個)

F_n ：総スラスト力(kN)

F_1 ：TBM本体摩擦抵抗(kN)

F_2 ：後続台車牽引抵抗(kN)

N_c ：カッターヘッドに取り付けられたディスクカッター个数(個)

図1～4は、(1)式で求めたディスクカッター1個あたりに作用する荷重と貫入量の関係をそれぞれの岩種において実施支保パターン別にまとめたものである。ここで、濃飛流紋岩・鈴鹿花崗岩・砂岩においては、支保パターンD I時に貫入量の低下が顕著に現れている。これは、掘削時の切羽の自立が困難なことにより、掘削中の取込み量が増加するため、スラスト力を低下させる操作が行われるためである。この事象は西松²⁾が断層破砕帯付近でのTBM運転管理の中で述べている。ただし、花崗斑岩掘削時には、カッター1個あたりの荷重の増大とともに、貫入量は比例的に減少しており、傾向としてはディスクカッターを用いた室内試験結果に近い形となっている。つまり、結果として比較的切羽の自立性が良好な岩盤掘削を行ったと言える。また、当該現場において使用したTBMに搭載されるディスクカッター1個あたりの許

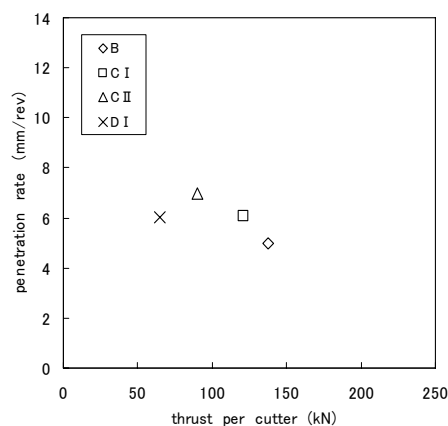


図1 濃飛流紋岩

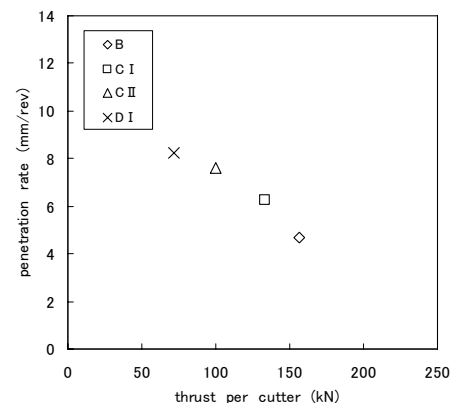


図2 花崗斑岩

キーワード TBM, ディスクカッター押付力, 貫入量, FPI

連絡先 〒458-0801 名古屋市東区泉2丁目25-13 西松建設(株) 中部支店 TEL 052-931-8471

容荷重はすべて 216kN であり、実際の掘削時の作用荷重を比較すると、鈴鹿花崗岩中における B・C I パターン掘削時はほぼ許容荷重最大での掘削が行われている。それ以外の 3 岩種掘削中のカット荷重は、許容荷重に対し 7 割程度の荷重しか作用しておらず、TBM オペレータの操作方法、連続ベルコンのズリ搬送能力、ディスクカッタの偏磨耗等、複数の要因による結果であると考えられる。

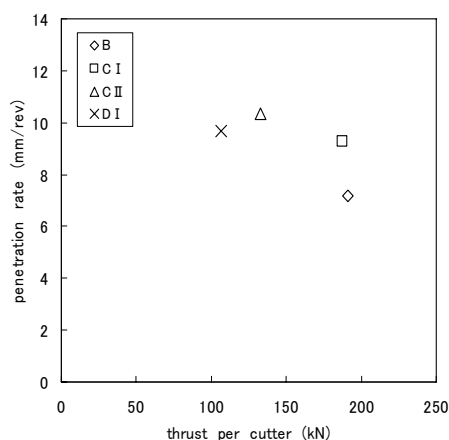


図3 鈴鹿花崗岩

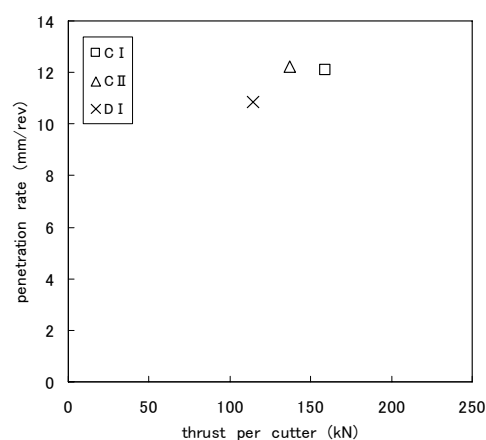


図4 砂岩

4. 支保パターンと FPI の関係

掘削後の地山評価により決定された支保パターンと(2)式で求めた FPI を比較した結果を図5に示す。

$$FPI = (F_n - F_1 - F_2) / (N_c \times \text{Penetration Rate}) \quad (2)$$

ここで、

FPI : Field Penetration Index(kN/mm/rev)

F_n : 総スラスト力(kN)

F_1 : TBM 本体摩擦抵抗(kN)

F_2 : 後続台車牽引抵抗(kN)

N_c : カッタヘッドに取り付けられたディスクカッタ個数(個)

Penetration Rate : 貫入量(mm/rev)

支保 B パターン時には、岩種の違いにより FPI の値に違いはあるものの、C I、C II、D I パターンにおいては砂岩を除き FPI の値はほぼ同等のものとなった。これは、岩種を問わず貫入量に応じ同等のディスクカッタ荷重が岩盤に作用したためと考えられる。ただし、砂岩掘削時の C I パターンは、他の岩種と異なる傾向を示しており今後、この要因については検討を要する。

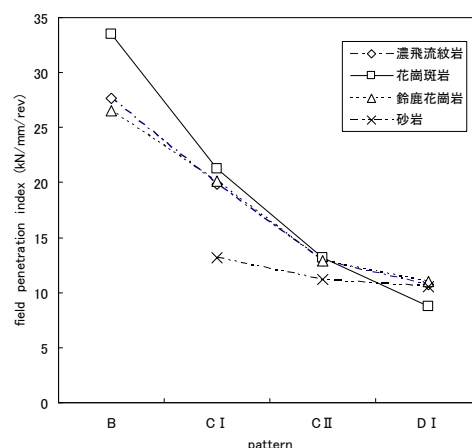


図5 支保パターンと FPI の関係

5. まとめ

今回 3 現場の代表的岩種を対象とし、貫入量・FPI について統計を行った結果、岩種は異なるが同等の FPI 値を岩盤に作用させている結果となった。現段階では、4 種類の岩種による比較であるが、今後 TBM を最速で掘削するための運転操作方法を、岩盤中の亀裂間隔、岩石物性条件等、複数の要因を考慮し検討を行う必要がある。また、より多くの FPI データを蓄積することで、カット許容荷重を上限とした場合の最適な貫入量の把握が出来るものとする。

参考文献

- 1) P.Nelson, T.D.O'rourke, F.H.Kulhawy : 24th U.S.Symposium on Rock Mech, 227, 1983
- 2) 西松裕一 : 断層破碎帯付近での TBM の運転管理, トンネルと地下, 45-52, 2000