

III-110 施工事例からみたTBMのディスクカッター摩耗量に関する考察

西松建設 正会員 ○平野 享
 西松建設 正会員 稲葉 力
 西松建設 正会員 石山宏二
 山口大学 正会員 中川浩二

1. はじめに

中硬岩を掘削するトンネルボーリングマシン（以下TBMと略す）に装備されるディスクカッターの摩耗は激しく、トンネル全体の掘削能率と掘削コストに影響を与える主因の一つと考えられる。ディスクカッターの摩耗特性はTBMの設計と掘削する岩盤の状態に左右されると推測される。そこで本研究では実際の施工事例を対象としてTBMの機械要因と地質条件に対するディスクカッターの摩耗特性を分析した。

2. 現場の状況と使用したTBM

施工事例のトンネルは香港島をほぼ直線状に縦断する全長5.7kmのトンネルである。トンネルの坑口付近を除く全ての区間をTBMを用いて掘削した。トンネルの掘削後に坑壁を観察したところ、全区間にわたってトンネル近傍の岩盤は細粒ないし中粒の花崗岩が大部分を占めており比較的均質で新鮮な岩盤と考えられた。表1は使用したTBMの諸元である。図1はディスクカッターの配置を表す。

表1 TBMの諸元

掘削径	4.8m
掘削ストローク	1.8m
最大スラスト力	10MN
最大回転トルク	1530kJ
回転速度	11.5r.p.m.
ディスクカッター径	19inch
カッターロード	32t/ring

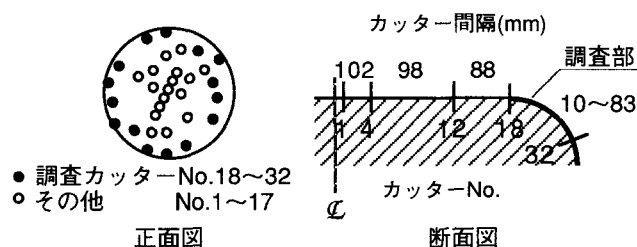


図1 カッターの配置

3. 分析の方法

ディスクカッターの摩耗量、TBMの機械要因ならびに坑内地質状態の3つのデータはそれぞれ採取頻度が異なっていた。そこで掘削距離の重みをつけた平均化处理により採取頻度をそろえてから各項目間の相関を調べた。ディスクカッター摩耗量とはカッター交換時に測定されたカッター刃先の摩耗高さである。摩耗高さはカッターの局所的なチップングを無視し平均的な刃先の位置より求めた。偏摩耗の見られたカッターは摩耗のメカニズムが異なると考えられるので、また中心寄りのカッターNo.1~17は比較的交流数が少なく摩耗高さの調査回数も少ないのでそれぞれ今回の分析から除外した。TBMの機械要因は1掘削シフト間の平均的な値である。坑内地質状態はトンネル距離程1mごとのシュミットハンマー反発度と亀裂密度である。TBM機械要因のうちスラスト力とトルクは全部で32個あるディスクカッターに加わる力の総和である。ペネトレーションレートは1シフトの掘削距離をTBMの掘削時間で除して得た。坑内地質状態のうちシュミットハンマー反発度は切羽に向い左側のS.L.上で同一点を10回打撃したときの平均値とした。亀裂密度は、坑内壁面のスケッチにおいて切羽に向い左側のS.L.と交わる亀裂を対象として、1シフトの掘削区間+前後5mの区間に現れる亀裂本数を区間長で除して得た。前後の5m区間は切羽面と斜交する1つの亀裂面が切羽に影響する幅を考慮したものでスケッチより5mと見積もった。

4. 分析の結果と考察

図2は転走距離とカッター摩耗高さの関係である。転送距離が短いほど摩耗高さのばらつきが大きくなるが全体的に正の相関を持つ。カッター交換時に摩耗状況を観察したところ主要な摩耗は局部的に見て均一ではない細かなチッピングと呼ばれる破損を重ねたものであった。摩耗がチッピングの繰返しであると考えると早期交換のカッターほど数少ない大きなチッピングを経験しているといえる。チッピングの発生は不連続的なので経験したチッピングが少ないほど摩耗高さのばらつきも大きくなると考えられる。図3は転走距離と単位転送距離あたりのカッター摩耗高さ（以後摩耗速度と呼ぶ）である。交換直後は急速に摩耗するがその後は一定の摩耗速度に収束することが示されている。交換直後のカッターは非交換のカッターと比較して刃先が高くスラスト力を余分に受けるためと思われる。図4は摩耗速度とシュミットハンマー反発度との関係、図5は摩耗速度と亀裂密度の関係である。図4では負の相関、図5ではどちらかといえば正の相関の傾向にあり岩盤が脆弱なほど摩耗速度が速いことを示している。図6～8は摩耗速度のTBM機械要因の3項目との関係を示す。図6のスラスト力との相関はほとんどない。図7、8よりトルクならびにペネトレーションレートに対しては正の相関が推測される。これは従来考えられていたようにカッターに加わる負荷が大きいほど摩耗速度が高いことを示す。

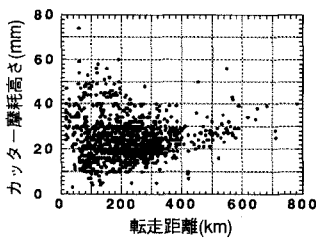


図2 転走距離特性

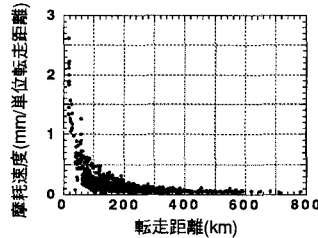


図3 摩耗速度特性

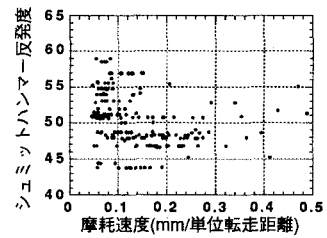


図4 ハンマー反発度との関係

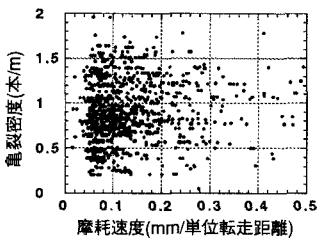


図5 亀裂密度との関係

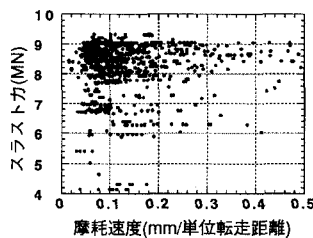


図6 スラスト力との関係

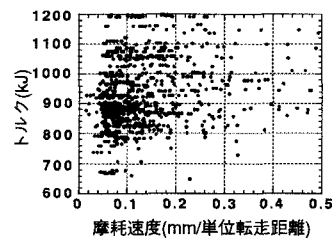


図7 トルクとの関係

5. おわりに

過去に実験や解析でディスクカッターの切削特性やメカニズムを研究した例では1個ないし数個のカッターによる切削が題材となることが多かった¹⁾²⁾。現状ではこれらの結果と施工事例との関係がはっきりしない。今後はTBM施工時に何らかの切削特性や切削メカニズムを仮定した積極的な計測が必要と考えている。

参考文献

- 1) Sanio, H. P. : Prediction of performance of disk cutter in anisotropic rock, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. 22, pp.153-161, 1985.
- 2) Gong F. : Tool Force and Twist Exerted on TBM Gauge Cutters, Proc. 25th Symp. Rock Mech., Comt. Rock Mech. J.S.C.E., pp.301-305, 1993

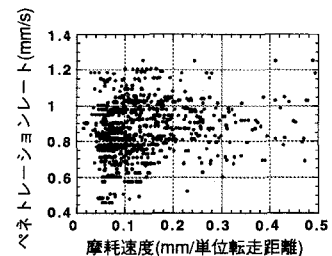


図8 ペネトレーションレートとの関係