

TBM 施工におけるディスクカッタの摩耗に関する検討事例

鹿島建設株式会社 正会員 ○小泉 悠 日本原子力研究開発機構 正会員 津坂 仁和
 大阪大学大学院 正会員 谷本 親伯 鹿島建設株式会社 正会員 宮嶋 保幸

1. はじめに

TBM 施工におけるディスクカッタの総摩耗量は、岩盤の掘削に伴う一次破碎摩耗と、切羽とカッタヘッドの間に溜まった掘削ずりが再破碎される「二次破碎現象」に伴う二次破碎摩耗との総和であると考えられる¹⁾。この概念のもと、本研究では、全ディスクカッタを3グループに区分し、そこでの摩耗量および掘削断面積に着目することで、一次破碎摩耗量および二次破碎摩耗量を新たに定義した。そして掘削径 5.0m の TBM により花崗岩を掘削した施工事例において、それらの値を算出し、積算摩耗量および実施支保区分との関係について考察した。

2. 一次破碎摩耗量および二次破碎摩耗量の定義

既報¹⁾で述べたように、カッタヘッドに取り付けられた全ディスクカッタは、掘削条件の差異に基づいて、センターカッタ、掘削ずりの取り込み範囲外にあるインナーカッタ（インナー(内周)カッタと称する）、取り込み範囲内にあるインナーカッタおよびゲージカッタ（インナー(外周)・ゲージカッタと称する）の3つに区分され、カッタ番号と各ディスクカッタの単位掘削体積当りの摩耗量の関係は図-1に示すようになるものと考えられる。ただし、同図中において a_p は一次破碎摩耗量(mm/m³)、 a_x は力学的負荷に起因するディスクカッタ摩耗量(mm/m³)、 a_s は二次破碎摩耗量(mm/m³)であり、カッタヘッド中心からの取り付け半径は、カッタ番号とともに増加する。すなわち、すべてのディスクカッタで同程度生じる一次破碎摩耗量に加え、センターカッタでは力学的負荷に起因する摩耗が、インナー(外周)・ゲージカッタでは二次破碎に起因する摩耗が生じる。以上に基づいて考えると、センターカッタ(1~ l 番カッタ)、インナー(内周)カッタ(m ~ n 番カッタ)、インナー(外周)・ゲージカッタ(o ~ p 番カッタ)の掘削断面積をそれぞれ A_I (m²)、 A_{II} (m²)、 A_{III} (m²)とすると、任意の掘進長 L (m)に対し、インナー(内周)カッタの総摩耗量および掘削断面積に着目することで、一次破碎摩耗量 a_p が次式により定義される。

$$a_p = \sum_{i=m}^n a_i \cdot \frac{1}{L \cdot A_{II}} \quad (1)$$

ここで a_i は i 番カッタの摩耗量(mm)である。次に、図-1に示すように、これに等しい一次破碎摩耗量がインナー(外周)・ゲージカッタでも生じるものとする、その一次破碎摩耗量の総和は、一次破碎摩耗量 a_p 、インナー(外周)・ゲージカッタの掘削断面積 A_{III} 、掘進長 L の積として定義され、インナー(外周)・ゲージカッタの総摩耗量とその値との差により、二次破碎摩耗量の総和 z_s (mm)が次式により求められる。

$$z_s = \sum_{i=o}^p a_i - a_p \cdot A_{III} \cdot L \quad (2)$$

二次破碎摩耗量の総和 z_s を全掘削体積で除することで、式(3)により二次破碎摩耗量 a_s が定義される。そして、二次破碎摩耗量が総摩耗量に占める割合 r_s (以下、二次破碎摩耗率と称する)が、式(4)により求められる。

$$a_s = \frac{z_s}{(A_I + A_{II} + A_{III}) \cdot L} \quad (3)$$

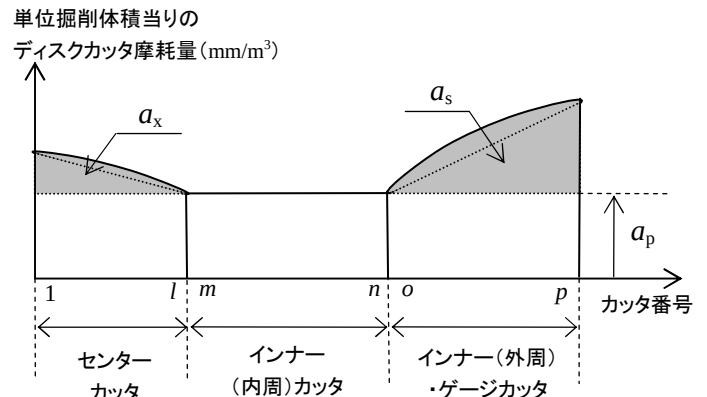


図-1 ディスクカッタの取り付け位置と単位掘削体積当りの摩耗量の関係を表す模式図

$$r_s = \frac{z_s}{\sum_{i=1}^p a_i} \times 100 \quad (4)$$

なお、二次破碎摩耗量と同様に、力学的負荷に起因するディスクカッタ摩耗量が求められるが、6つの施工事例の分析結果から、その値が総摩耗量に占める割合は10%を上回ることがないため、その影響は無視できると考えた。

3. 対象事例における一次破碎摩耗量、二次破碎摩耗量および二次破碎摩耗率の推移

一次破碎摩耗量、二次破碎摩耗量および二次破碎摩耗率を、掘削径 5.0m のオープン型 TBM により、花崗岩地山を掘削した施工事例に適用した。同事例で掘削対象となった花崗岩の岩石物性は、一軸圧縮強度 100~170MPa、石英含有率 25~35%であった。使用された TBM のカッタヘッドには 35 個のディスクカッタが装備されるが、このうちインナー(内周)カッタは 9~24 番カッタ、インナー(外周)・ゲージカッタは 25~35 番カッタであった。図-2 に、

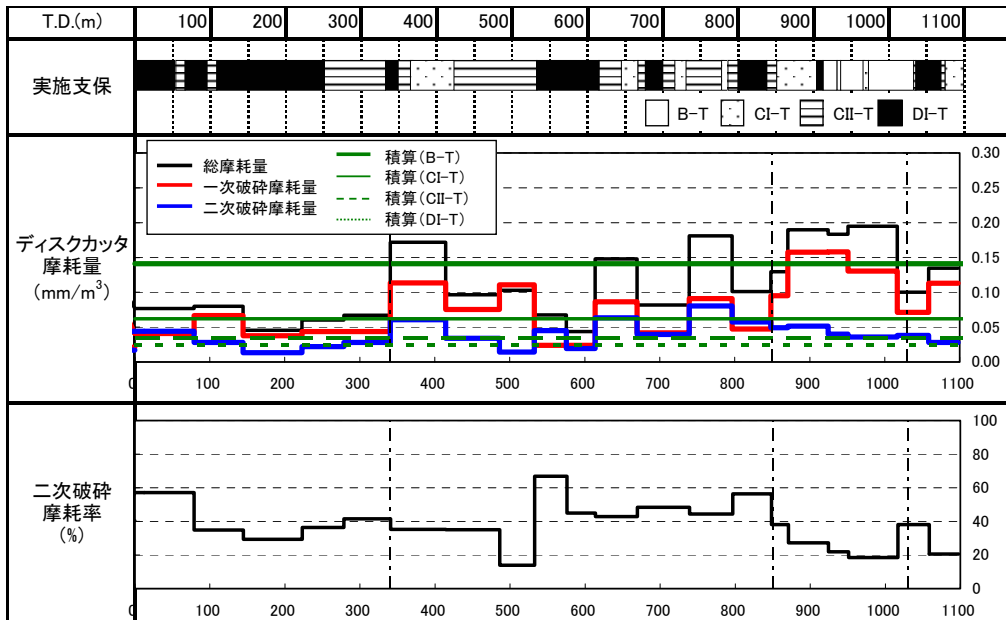


図-2 対象事例における実施支保区分、ディスクカッタ総摩耗量、一次破碎摩耗量、二次破碎摩耗量および二次破碎摩耗率の推移

対象事例の T.D.0~1,100m における実施支保区分、ディスクカッタ総摩耗量、一次破碎摩耗量、二次破碎摩耗量および二次破碎摩耗率の推移を示す。比較のため、旧日本道路公団²⁾が定める支保区分ごとの積算摩耗量 (B-T: 0.141, CI-T: 0.062, CII-T: 0.035, DI-T: 0.025(単位はいずれも mm/m³)) を併記した。はじめに一次破碎摩耗量の推移に着目すると、地山が軟質で実施支保区分が CII-T~DI-T であった T.D.0~350m(A-1 区間)でその値は 0.03~0.05mm/m³、一部で支保区分 CI-T も選定された T.D.350~850m(A-2 区間)で 0.03~0.10mm/m³、き裂が少なく実施支保区分が主に B-T であった T.D.850~1,030m(A-3 区間)で 0.15mm/m³ 程度であり、対象事例における一次破碎摩耗量は、積算摩耗量におよそ等しい。この一次破碎摩耗量に、最大で 0.05mm/m³ 程度の二次破碎摩耗量が加わることによって、対象事例におけるカッタ総摩耗量は積算摩耗量を上回っていた。そして二次破碎摩耗率の推移に着目すると、その値は、軟岩主体の T.D.0~850m(A-1~2 区間)で 30~40% であり、硬岩主体の T.D.850~1,030m(A-3 区間)では 20% 程度に低下していた。

4. まとめ

本研究では、TBM 施工におけるディスクカッタの総摩耗量を、一次破碎摩耗量および二次破碎摩耗量のそれぞれに区別して議論する上で必要となる定義式を提案し、両摩耗量の定量的評価を可能とした。同指標の適用結果から、本論文で研究対象とした事例においては、積算摩耗量と同程度の一次破碎摩耗量に、二次破碎摩耗量加わることによって、ディスクカッタの総摩耗量が過剰となっていたことが分かった。そして二次破碎摩耗率は、実施支保区分が CII-T~DI-T の不良地山区間で 30~40%、実施支保区分が主に B-T の硬岩区間で 20% 程度であった。ただし、ここで示された結果は、TBM 施工の一例を扱ったものに過ぎず、今後、同指標を他の施工事例にも適用していくことで、ディスクカッタの摩耗に関する様々な問題を解明していく所存である。

参考文献

- 1) 小泉悠・谷本親伯・津坂仁和・上野宇頭・宮嶋保幸：TBM 施工における二次破碎に起因するディスクカッタの摩耗，第 62 回年次学術講演会講演概要集，pp.271~272，2007.
- 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 年度版，2003.