

VI-63 ディスクカッタによる岩石破碎に関する研究

日本鋼管株式会社 正会員 戸井田浩 鈴木光夫 松下利幸

1. まえがき

近年都市土木におけるシールド工法の拡大に伴って、河川の流域などで巨礫を含む礫層が、また地域によっては岩盤層が工区に含まれる場合が増加している。そこで筆者らは、このような工区を対象とするシールド掘進機のカッタフェイス部の設計上必要な基礎データを得るため、ディスクカッタによる岩石破碎の特性を実験的に調べている。ここではその結果の概要を紹介する。

2. 試験装置及び試験方法

図1に試験装置の構造を示す。試料(岩盤または模擬礫層)をセットした試料枠が水平方向に走行できるようになっている。その上方にはディスクカッタを装着したツール固定枠があり、試料に対して押圧を加えることができる。また、ディスクカッタを試料面上で旋回させる機能も持っている。図2には今回の実験で用いたシングルタイプ及びツインタイプの供試ディスクカッタを示す。また表1に供試岩盤の主要物性を示す。試験に当っては、すべての検出量を電気信号に変換して記録、解析している。

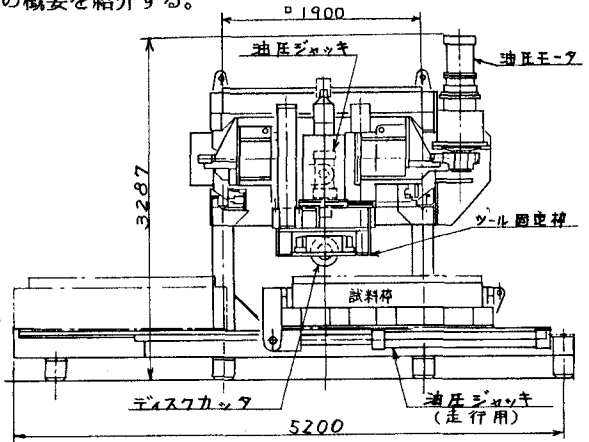


図1 カッタ試験装置の構造

3. 試験結果及び考察

3-1. ディスク間ピッチの影響

ディスク間ピッチは破碎状態に影響を及ぼす重要な因子である。本試験では前述のシングルタイプカッタを用いて試料面にまず破碎溝を1条作成し、次にそれに並行隣接する破碎溝をもう1条作成するという方法を使った。そして溝間ピッチを20~80mmの範囲で変化させ、その影響を調べた。その結果の一例を図3に示す。8mm程度の切込深さに対して破碎幅従って破碎量がピッチ=約20mm(ピッチの最適点)で極大となっており、ピッチ=約70mm(ピッチの限界点)以上で単独溝の場合に近づいていく傾向がある。即ち、ピッチ=約70mm以下では隣接溝間で岩盤表面の剝離破壊が進行し易く、単独溝の場合に比較してかなり破碎量が増加する。この図は花崗岩の場合を示すが、安山岩の場合にも同様の傾向がみられる。また、ピッチ=70mmのツインディスクカッタを用いて同時に2条の破碎溝を作成してみると、

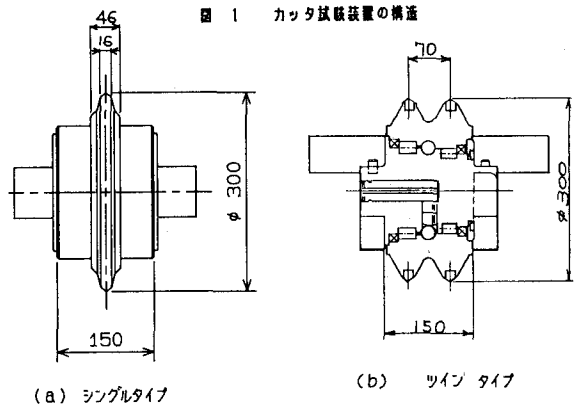


図2 供試ディスクカッタ

表1 供試岩盤の物性

物性 岩種	吸水率 %	密度 g/cm ³	圧縮強度 kgf/cm ²	引張強度 kgf/cm ²	弾性係数 m/s
嵐山花崗岩	0.478	2.637	1648	109.2	9490
甲府安山岩	0.631	2.762	1157	106.4	4786

注1. 各物性値は、平均値を表す。

1条ずつの場合に比べてさらに隣接溝間での相互作用が強まり、破砕量が増加することがわかる。

3-2. 押圧荷重と切込深さの関係

シールド機の掘進速度を考える上で押圧荷重と切込深さの関係を把握する必要がある。図4に花崗岩に対してツインタイプディスクカッタを適用した場合を示す。切込深さ10mm以上で荷重の増加率が低下しているのは、カッタの刃先形状に対応した現象である。実験値はロックスポロウの理論式ともかなりよく一致しているのがわかる。

3-3. 押圧荷重と破砕量の関係

前項の考察を一步進めて押圧荷重と破砕量の関係を求めてみる。図5は花崗岩をツインディスクカッタで破砕した場合である。この図から、押圧荷重P (tf)と破砕断面面積A (cm²)との間にはほぼ次の関係が成立する。

$$A = 3.0 \times 10^{-4} \times P^{2.7}$$

即ち、図4と比較すると押圧荷重の増加に伴って、切込深さの増加速度よりも破砕幅の増加速度の方が大きくなっていくことがわかる。このような性質は、一般に岩種によって異なっている。

3-4. 押圧荷重と転動抵抗係数の関係

転動抵抗係数 β 即ち走行抵抗荷重Qと押圧荷重Pとの比の性質を知ることは、シールド機の所要トルクを決定する上で極めて重要である。図6に花崗岩及び安山岩について β を実験的に求めた例を示す。本図より、 β は岩種や押圧荷重との相関があまりなくてほぼ $\beta = 0.2 \sim 0.4$ となっていることがわかる。前出のロックスポロウの理論式によると、ディスクカッタの直径をD (mm)、切込深さをt (mm)とすれば

$$\beta = 1 / \sqrt{(D/t) - 1}$$

となる。この式からは β が切込深さの影響をあまり受けないことが知られるが、これは実験結果とも一致している。

4. あとがき

以上で紹介した岩盤試験の他模擬礫層試験も行なっており、比較的ゆるい砂地盤でも礫割裂に必要な支持力が得られること興味深い結果を得ている。今後は岩石破砕量とディスクカッタ摩耗量との関係等カッタの耐久性に関する研究も進めて行きたいと考えている。

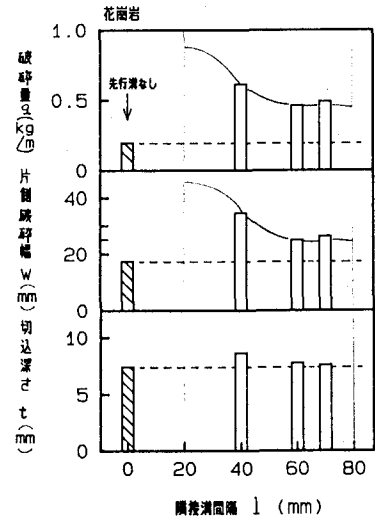


図3 隣接溝が研砕性及び影響

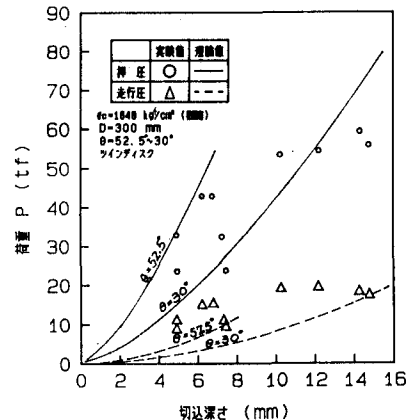


図4 荷重と切込深さの関係

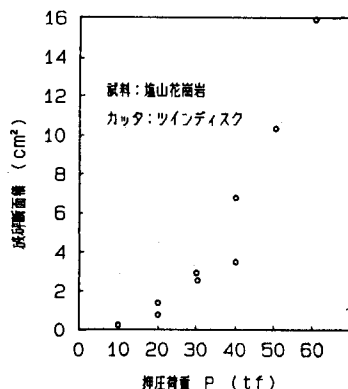


図5 押圧荷重と破砕量の関係

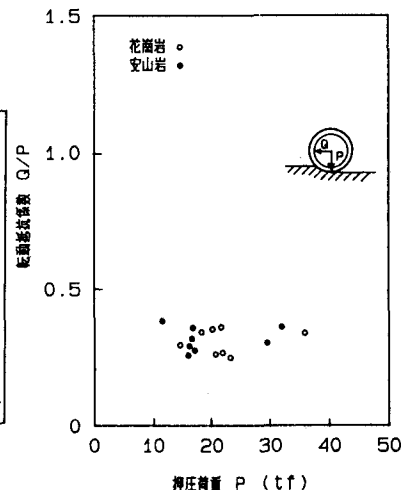


図6 押圧荷重と転動抵抗係数の関係