

VI-11 ディスクカッタビットによるモルタルの掘削特性

愛媛大学工学部 フェロー 室 達朗
愛媛大学大学院 学生会員 ○石城 龍彦
日立建機（株） 正会員 若林 優輔

1.はじめに 本研究では、ディスクカッタビットの刃先位置である切込み幅とその貫入速度を種々に変化させて、セメントモルタルに対して非定常掘削実験を行い、その際に生じた破壊すべり線上に作用する応力分布および掘削等価幅を 2 次的に考察することにより明らかにした。

2. 実験装置および供試体 非定常掘削実験に使用した実験装置概略図を図-1に示す。実験装置は、上部に設置した最大推力 50kN、ストローク 35cm のウォームギアジャッキに、出力 0.2kw、回転数 0 ～ 28.5r.p.m.の無断変速機付きモータの動力を伝えることでディスクカッタビットを一定の貫入速度 0 ～ 0.017cm/s の範囲で貫入させることができる。そして、出力 1.5kw のモータの動力を減速機を通して供試岩石を載せたターンテーブルに伝えることで、半径 10cm の円周上を掘削速度 1.83cm/s で非定常掘削を行うことのできる仕組みである。ディスクカッタビットの形状は、直径 15cm、幅

1.5cm、刃物角度 $\alpha = \pi/6, \pi/4, \pi/3$ rad である（図-2）。擬似軟岩供試体として一軸圧縮強度が約 1.0kN/cm^2 となるようなセメントモルタルを配合設計した。その配合設計は、水セメント比を 187%とし、単位水量を 34.3kN/m^3 、単位セメント量を 6.43kN/m^3 、単位細骨材量を 10.76kN/m^3 とした。よく混合攪拌した後に鋼鉄製円形容器に打設し、3 日間室内養生した後に掘削実験に供した。表-1にモルタル供試体の力学特性を示す。

3. 非定常掘削力 切込み幅 $S_F = 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0\text{cm}$ の 5 通り、貫入速度 $D = 0.003, 0.006, 0.009\text{cm/s}$ の 3 通り、刃物角度 $\alpha = \pi/6, \pi/4, \pi/3\text{rad}$ の 3 通りの各組合わせにおいて、モルタル供試体に対して掘削を行い、供試体破壊時のディスクカッタビットに作用する掘削力 F_r, F_z (kN) および破壊線と供試体側面のなす角度である破壊角度 ψ の測定を行った。その概略図を図-3に示す。

数多くの実験結果より、破壊すべり線は同図に示すような直線で近似することが可能であり、破壊領域は三角形の岩石塊になることが判明している。破壊すべり線 AB に作用する垂直応力 σ_a の分布は同図に示す記号を用いて

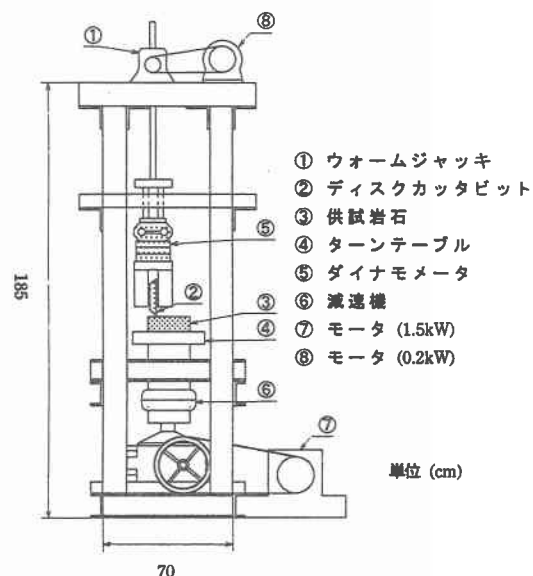


図-1 非定常掘削試験機

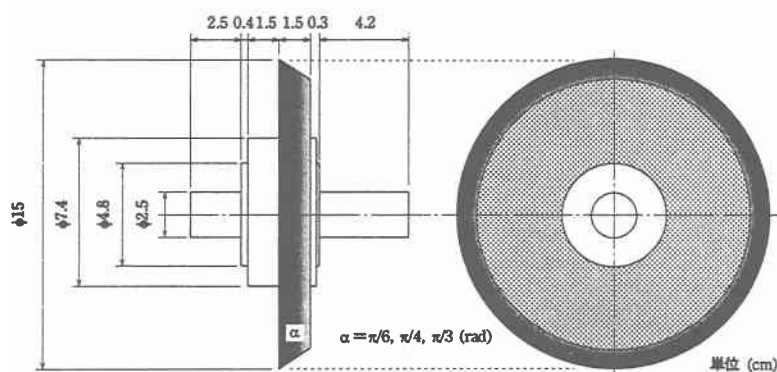


図-2 ディスクカッタビットの形状寸法

表-1 モルタル供試体の力学特性

供試体		モルタル
見かけ比重	G_n	2.07 ± 0.03
真比重	G_s	2.47 ± 0.04
自然含水比	$W \%$	13.38 ± 0.69
吸水率	$W' \%$	12.65 ± 0.28
一軸圧縮強度	$S_c \text{ kN/cm}^2$	1.066 ± 0.115
圧裂引張強度	$S_t \text{ kN/cm}^2$	0.142 ± 0.024
ショア硬さ	H_s	10.11 ± 2.37
超音波伝播速度	$V_p \text{ m/s}$	2590 ± 39

次式で示される。

$$\sigma_n=\sigma_0(\lambda/L)^n=kS_t(\lambda/L)^n \quad \cdots \cdots \cdots (1)$$

ここに、 n は応力分布指数であり、既往の研究¹⁾により軟岩に対して $n = 1.7$ で最適化されている。破壊すべり線に作用する垂直力 T とせん断力 S は、掘削等価幅 B (cm) と応力係数 k の関数で示され、ディスクカッタビットに作用する掘削力 F_y 、 F_z と釣り合い関係にある。ここで、掘削等価幅とは掘削破壊片を 2 次的に考慮するためにある代表値に換算したものと定義する。掘削等価幅 B (cm) と応力係数 k は次式より算定される。

$$k=\frac{\sqrt{m}(n+1)(F_y\cos\psi-F_z\sin\psi)}{F_z(\mu\sin\psi-\cos\psi)-F_y(\sin\psi+\mu\cos\psi)} \quad \cdots \cdots \cdots (2)$$

$$B=\frac{F_y}{S_tL\left\{(\sqrt{m}+\frac{\mu k}{n+1})\sin\psi-\frac{k\cos\psi}{n+1}\right\}} \quad \cdots \cdots \cdots (3)$$

ここに、

$$m=\frac{S_c^2}{4S_t(S_c-3S_t)} \quad \cdots \cdots \cdots (4)$$

$$\mu=\frac{S_c}{4\sqrt{m}S_t}-\frac{\sqrt{m}S_t}{S_c} \quad \cdots \cdots \cdots (5)$$

である。算定結果を図-4、5に示す。掘削等価幅は切込み幅の増加に対して減少傾向を示している。これは、切込み幅の増加に対する掘削破壊片の体積に相似関係が見られなかったことを顕著に示している。そして、応力係数 k は、掘削等価幅 B と対称的に切込み幅の増加につれて増加する傾向が見られる。これは、切込み幅の増加により破壊の生じる貫入量が増加することによりディスクカッタビットに作用する掘削力、つまり破壊すべり線に作用する垂直応力が増大するためである。掘削等価幅 B (cm) および応力係数 k を貫入速度 D (cm/s)、切込み幅 S_p (cm) について回帰した結果を次式に示す。

$$B=8.193D^{0.318}S_p^{-0.273} \quad (R=0.789) \quad \cdots \cdots \cdots (6)$$

$$k=0.034D^{-0.563}S_p^{0.940} \quad (R=0.863) \quad \cdots \cdots \cdots (7)$$

R は重相関係数である。

4. 結論 モルタルに対する掘削等価幅および破壊線に生じる応力を決定する応力係数は、式(6)(7)で表現することができる。今後の課題としては、ディスクカッタビットのすくい面および逃げ面に作用する応力分布の推定を行う。

5. 参考文献 1) 室達朗，深川良一，藤田克美：軟岩に対する比切削抵抗と定常掘削力の発生機構，土木学会論文集、第 424 号/III-14、pp.125 ～ 133，1990 年 12 月。

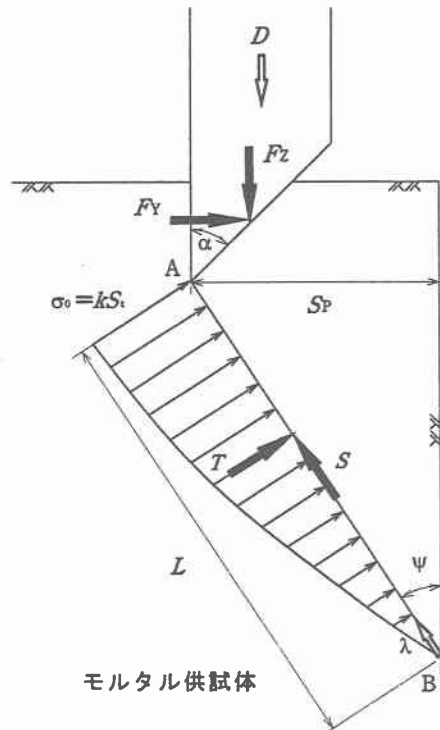


図-3 破壊領域に作用する諸力

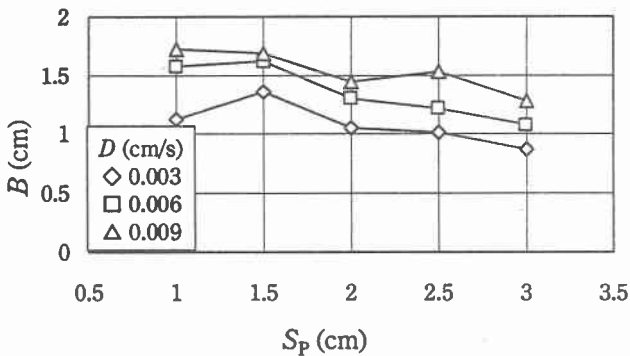


図-4 掘削等価幅 B と切込み幅 S_p の関係

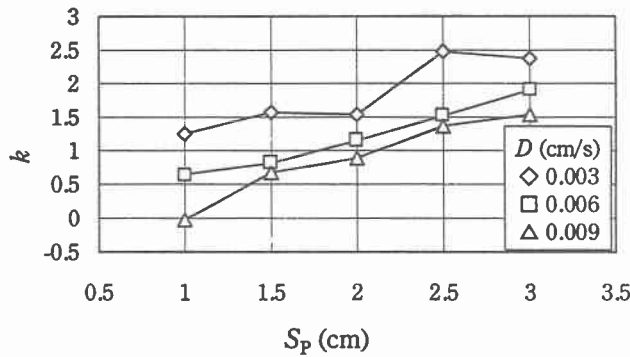


図-5 応力係数 k と切込み幅 S_p の関係