

大林組技術研究所 正員 齊藤二郎
同 同 芳賀孝成
同 同 ○松尾龍之

1. まえがき

前報では300mmのブレードビットでモルタルを掘削した場合の削孔特性を 単位体積を掘削するのに要したエネルギー、すなわち消費比エネルギーを比較することによつて検討したが、今回は2種類のローラービットの削孔特性について前回と同様3種類の強度からなる模型地盤を掘削してそのエネルギーを求め、衝撃破砕試験でもとめたモルタルの破砕エネルギーや一軸圧縮強度との相関性などを調べた。

2. 回転掘削の考え方

ローラービットの回転掘削運動はブレードビットの場合と同様に切削刃による圧入と、回転方向の2つの作用の組合わせと考えることができる。すなわち掘削に要する仕事は推力F (kg)とトルクT (kg-m)によつてなされる。今、回転速度N (r.p.m)、掘削断面積A (cm²)掘進速度V (cm/min)とすれば1分間になされる仕事は

$$P_0 = (FV + 2\pi NT) / 10.2 \quad (\text{joules/cm}^3) \dots (1)$$

である。他方1分間に掘削される体積はAV (cm³)であるので比エネルギーEは次式より求める。

$$E = \{ F/A + (2\pi/A)(NT/V) \} / 10.2 \quad (\text{joules/cm}^3) \dots (2)$$

3 実験方法

実験は軟質地層用の3Sビット（写真-1）と超硬質用の3VHビット（写真-2）の2種類のビットを用いて行ない表-1に示す3種類の強度のモルタルからなる模型地盤を掘削した。実験条件はNを18 rpm一定とし、Fを500～2500kgの範囲で5段階に変化させ、各々の推力で10cm掘削して掘削時間、消費電流、掘削ずりの粒径を測定した。

試料	一軸圧縮強度	引張強度	比重	ショール硬度	弾性波速度
A	375 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	26 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	2.10	34	3.38 km/sec
B	214	15	1.91	26	2.90
C	130	8	1.89	16	2.21

表-1 被削試料の工学的性質

4. 実験結果と考察

4.1 比エネルギーEとビット推力Fの関係

一般に岩石を破砕する時、破砕エネルギーが大きくなるとEは減少し、ある限界値を越えるとほとんど定常になるといわれている。実験で求められたEとFの関係を図-1に示した。Fが大きくなるとEは減少する値向を示しているが、まだ定常値を示すまでには到っていない。

4.2 比エネルギーの定常値E_{min}

(2)式のEは2つの成分に分けて考えることができる。すなわち推力によるものE_t=F/Aと回転によるものE_r=(2π/A)(NT/V)である。実験した結果E_r≫E_tとなるので、EはトルクTと1回転当り掘進長V/Nの関数になる。掘削ずりの排出が完全で十分大きな推力を

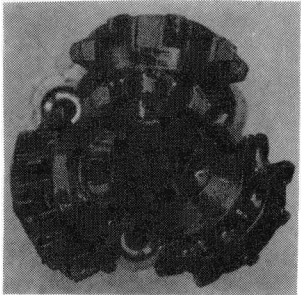


写真-1 3Sビット

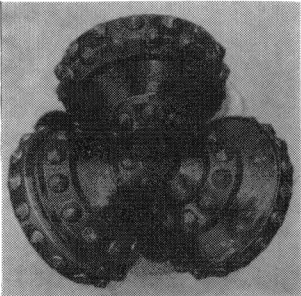


写真-2 3VHビット

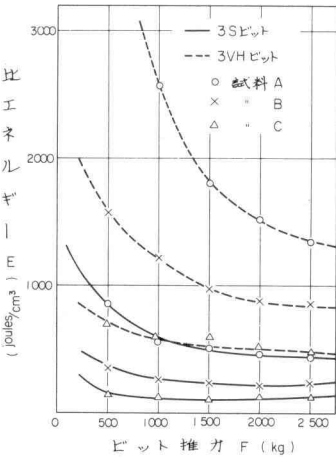


図-1 EとFの関係

与えてやるとこの比は一定となり、比エネルギーはE minを示す。実験よりこの関係を求めたのが図-2である。図ではTとV/Nがまだ比例関係になっていないが、推力が十分大きな範囲で両者の比を推定してやればE minが求まる。このように推定して得たのが表-2である。

ビット	試料A	試料B	試料C
3 S ビット	183	69.7	26.1
3 VH ビット	331	209	122

表-2 TとV/Nの関係より求めたEminの推定値(joules/cm³)

4.3 比エネルギーEと一軸圧縮強度σ_cの関係

Eの単位(joules/cm³)は(kg-cm/cm³)であり、σ_cの単位(kg/cm²)と次元が等しく両者の間に密接な関係が期待できる。図-3に実験で求めたこれらの関係を示しているが両対数目盛で直線となつている。また3 S ビットのE min/σ_cの値は3.2~5.0の範囲にある。すなわち能率のよいビットで理想的な掘削が行なわれた場合はE min/σ_cの値が1に近くなると思われる。

図-4にσ_cが100~1000kg/cm²の範囲にある花崗岩を1.3 m径のMRビットで掘削した現場実績を示している。

4.4 被削試料の理論的破碎エネルギー

E minの値は理論的に得られる破碎エネルギーの最少量であるが、この値は被削試料の性質のみによるものである。Bondは次の関係式によつてこの値がほぼ求まることを多くの岩石破碎データから得ている。

$$E = \sqrt{D_0} E_0 / \sqrt{D_g} \quad (\text{joules/cm}^3) \dots (3)$$

この式でEは無限大からD₀(μ)の大きさに岩石を破碎するのに必要な比エネルギー、D_gは破碎後の粒子の大きさである。

現在筆者らが提案している衝撃破碎試験でこの値は簡単に得ることができる。(表-3) 実験で推定したE minはこの理論値よりもかなり大きくなるがこれは消費される仕事の量によるもので、例えば必要以上に小さな破片に砕いた場合やビットと被削物との摩擦、あるいは機械的損失に消費される仕事によるものであろう。

粒子の大きさ	試料A	試料B	試料C
0.1 mm	1.4	1.6	2.4
1.0	4.4	5.1	7.6
10.0	1.4	1.6	2.4

表-3 被削試料の理論的破碎エネルギー (joules/cm³)

5. あとがき

以上2種類のビットについて比エネルギーの定常値と被削物の一軸圧縮強度や破碎エネルギーとの相関関係を調べたが、推力が小さかったために正しいE minの値を見出すことができず推定によらざるを得なかつたためこれらの間の正確な関係が求められなかつたが、密接な関係が存在することが確かめられた。今後実験を引き続き継続し、更に現場での掘削データを集めてこの関係をもつと明確に解明してゆきたい。

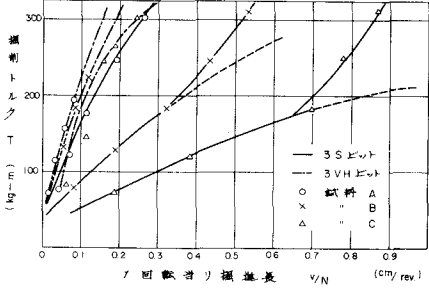


図-2 TとV/Nの関係

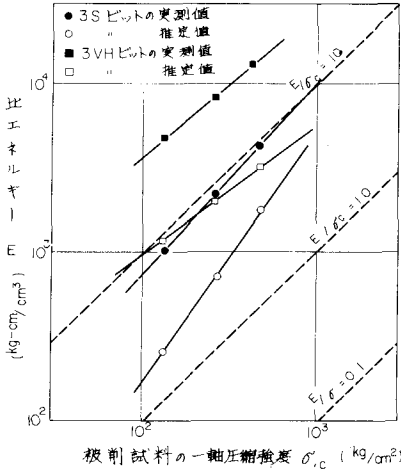


図-3 Eとσ_cの関係

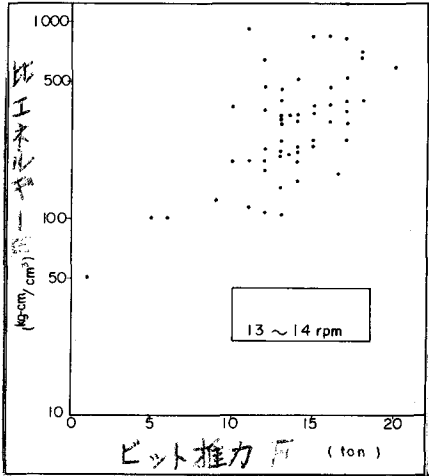


図-4 MRビットによる現場実績