

回転打撃式ドリルの穿孔速度と岩石物性の関係

愛媛大学工学部 正 員 室 達朗
愛媛大学工学部 正 員 河原 荘一郎
愛媛大学大学院 学生員 ○渡邊 公浩

1. まえがき 手持式ハンマドリル（回転打撃式：1,050W）を用いて、10種類の岩石及び現地岩盤において穿孔試験を行い、穿孔速度と岩石物性値との相関性について比較を行った。更に、現場における実機削岩機を用いた穿孔試験の結果の一例について述べる。

2. 岩石に対する穿孔試験 (1) 試験方法 穿孔試験には、愛媛、高知、兵庫の3県より採取した砂岩、石灰岩、頁岩、流紋岩、花崗岩及び珪岩からなる10種類の岩石（No. 1～No. 10）を使用した。試験方法は、一辺約1mの立方体の岩石に対しハンマドリルを鉛直に手で支持して穿孔を行った。試験の様子を図1に示す。ドリルビットは、全長500mmで口径は16, 19, 22, 25, 28, 32mmφの6種類の一文字ビットを使用した。ドリルビットの先端より2cm, 7cm位置に印を付けておき最初の2cmは岩石の風化を考慮に入れ口切りとし、2cmから7cm位置までの5cm間の穿孔所要時間をストップウォッチで測定し穿孔速度を求めた。また、穿孔試験時の岩石に対する打撃力及び押付力をロードセル（1tf用）を用いて測定した結果、図2に示すように打撃力4.6kgf 押付力24.4kgfであった。

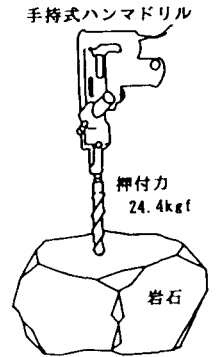


図1 穿孔試験

表1 岩石試験結果

試 験 内 容	岩石番号 NO.1	岩石番号 No.3
みかけ比重	2.593 ± 0.011	2.681 ± 0.016
真比重	2.668 ± 0.004	2.725 ± 0.007
自然含水率 (%)	0.302 ± 0.055	0.204 ± 0.043
含水率 (%)	0.660 ± 0.095	0.382 ± 0.076
ショア硬さ	84.9 ± 3.1	77.8 ± 3.1
超音波伝播速度 (m/s)	3201 ± 148	3737 ± 150
ロサンゼルス磨り減り減量 (%)	15.19	23.02
圧裂引張強度 (kgf/cm ²)	107 ± 18.7	88 ± 15.8
軸圧縮強度 (kgf/cm ²)	3109 ± 315	1680 ± 166
ポアソン比	0.218 ± 0.017	0.360 ± 0.052
弾性係数 (kgf/cm ²)	(2.7 ± 1.2) × 10 ⁵	(1.8 ± 0.3) × 10 ⁵
プロトジャコノフ指数	23.99	12.89

(2) 試験結果 岩石物性については、表1に岩石試験結果の一例を示す。これらの結果をもとに、縦軸に穿孔速度を横軸に岩石物性値をとりその相関性を検討した。但し、穿孔速度にはその差が岩種によって最も大きく現れた口径32mmの穿孔速度 V_{32} (cm/min) を用いた。その結果、図3, 図4, 図5に示すように穿孔速度は、ショア硬さ H_s , ロサンゼルス磨り減り減量 U (%), 圧裂引張強度 σ_t (kgf/cm²) との相関性が強い事が判明した。 H_s , σ_t の増加と共に V_{32} は減少し、 U の増加と共に V_{32} は増加するという傾向にある。 H_s は、古くから回転穿孔、打撃穿孔における穿孔速度を示す一つの目安として用いられているが、 U は衝撃に対するもろさを意味し、 σ_t は、打撃穿孔時の岩石の引張破壊に対する抵抗力を表現している。つぎに、この H_s , U , σ_t , ドリルビットの口径 D (mm) と穿孔速度 V (cm/min) の関係を重回帰分析した結果、以下の (1), (2), (3) 式

$$V = 1.15 \times 10^4 H_s^{-0.483} D^{-1.82} \quad (R = 0.89) \quad (1)$$

$$V = 7.37 \times 10^2 U^{0.225} D^{-1.82} \quad (R = 0.86) \quad (2)$$

$$V = 1.16 \times 10^4 \sigma_t^{-0.477} D^{-1.82} \quad (R = 0.90) \quad (3)$$

なる関係で与えられる事が判明した。過去のデータ¹⁾と比較してこの場合、 V は D の1.82乗に比例して減少している。

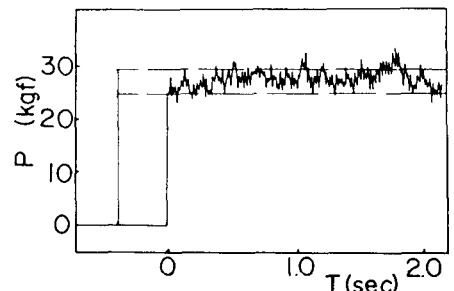


図2 押付力と打撃力の試験結果

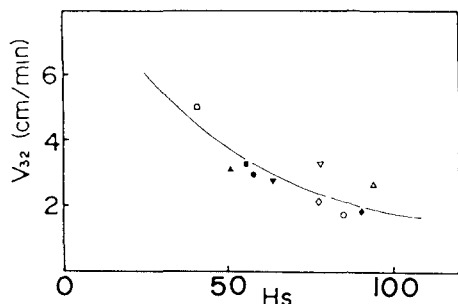


図3 穿孔速度 V_{32} と H_s の関係

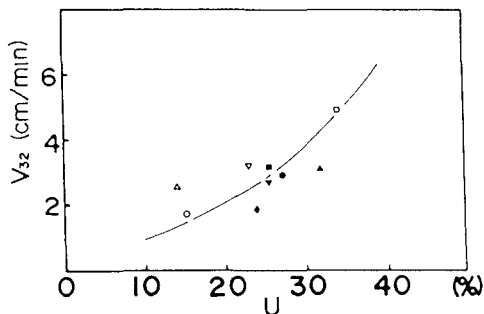


図4 穿孔速度 V_{32} と
ロサンゼルスすり減り減量 U の関係

つぎに、実験式の検定を行ったものの一例を図6に示す。

少しばらつきはあるが、測定値は比較的实验式にのっているといえる。また、この実験式(1),(2),(3)を利用し、本研究に使用したハンマドリルを標準として岩石の穿孔性の尺度を V をもって表す事ができる。

3. 岩盤に対する穿孔試験

(1) 手持式ハンマドリル ハンマドリルを用いて岩盤に対する穿孔試験を行い、その穿孔速度と当該岩石に対するものとの比較を行った。岩盤の岩石物性は岩石番号No. 3に相当し、岩盤の弾性波速度 V_p は1,936(m/s)、亀裂係数 C_r は0.73である。その結果、図7に示すように岩盤に対する V の方が岩石のものより2〜3割程速いという事が判明した。亀裂の多少による差が出たためであると考えられる。

(2) 実機削岩機 現場A(岩石番号No. 1)、現場B(岩石番号No. 3)において実機削岩機を用いた穿孔試験を行った。現場Aにおける V_p は560(m/s)、 C_r は0.97で、削岩機には回転打撃式削岩機Ⅰ型(空気消費量: 13.5 m³/min, シリンダ内径: 120mm)を使用した。D=65, 100mmの2通り試験した結果、 V_{65} は48.0(cm/min)、 V_{100} は20.7(cm/min)であった。つぎに、現場Bにおいては、回転打撃式削岩機Ⅱ型(空気消費量: 6.4 m³/min, シリンダ内径: 95mm)を使用し、D=38mmについて試験した結果、 V_{38} は167(cm/min)であった。今後は、削岩機の打撃エネルギーや岩盤の諸特性を考慮に入れて実機削岩機の穿孔性の究明に努める方針である。

4. あとがき 回転打撃式ドリルの岩石に対する穿孔速度は、ショア硬さ、ロサンゼルスすり減り減量、圧裂引張強度の影響を大きく受けており、ビット口径の1.82乗に比例して減少するという事が判明した。また、岩盤に対する穿孔速度は、亀裂の発達程度の影響を受け、亀裂の無い岩石に対するものより一般に増大する。

参考文献 1) 日本材料学会編: 岩石力学とその応用, 丸善, PP. 325-340, 1964.

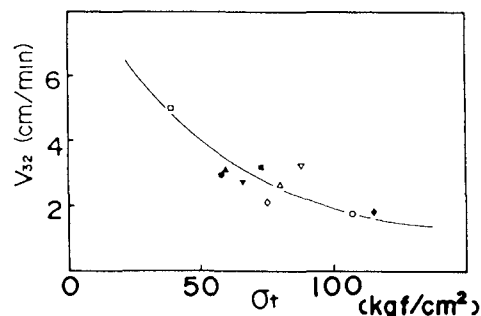


図5 穿孔速度 V_{32} と圧裂引張強度 σ_t の関係

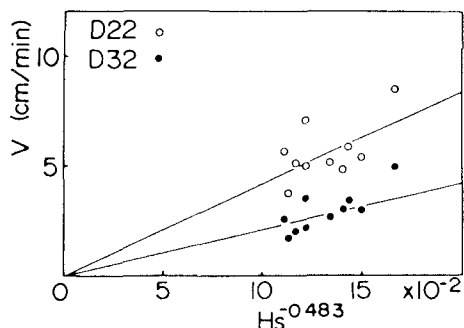


図6 実測値と実験式の関係

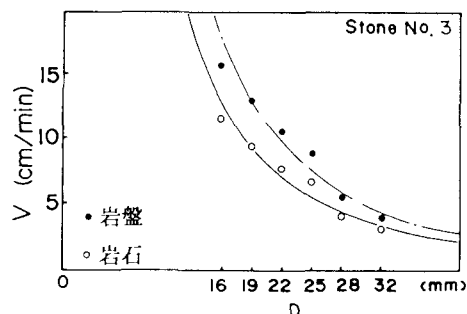


図7 岩石及び岩盤に対する穿孔速度 V と
ビット口径 D の関係