

火成岩の衝撃破壊特性について

愛媛大学工学部 正会員 室 達朗
 愛媛大学大学院 学生会員 ○吉川 和男
 松山市役所 正会員 柳原 信也

1. はじめに

岩盤の機械化掘削は掘削機の自動化、高能率化、安全性の向上に必要不可欠である。脆性材料である岩石に、衝撃力による掘削が有効であることは周知の事実である。本研究の目的は、岩盤の機械的掘削において基本的な指標となる岩石の耐衝撃性を明らかにすることである。そのために、重錘落下試験により岩石円柱供試体のせん断衝撃値及び曲げ引張り衝撃値を求めた。また加速度計を用いて、供試体破断時の加速度波形も測定した。

2. 岩石供試体及び切断刃

本研究で使用した岩石は、兵庫県淡路島岩屋産の花崗斑岩と愛媛県伊予三島市富郷産の橄欖岩である。二つの岩石の力学的特性を Table.1 に示す。岩石はコアボーリングマシンとコアカッターを用いて、各実験に合わせて適当な長さの直径 30 mm の円柱型に整形した。切断刃は、大きさ 70 × 50 × 10 mm であり、先端には超硬合金チップ G1 を埋め込んである。

3. 実験装置

実験装置には、過去にゴム材の耐衝撃性の研究に用いた重錘落下試験機¹⁾を岩石用に若干改良を加えたものを用いた。改良点は、重錘と切断部であり、重錘については形状は変えないまま質量を 20.9kgf から 1.82kgf に軽量化した。また切断部は、この研究のために新たに衝撃せん断試験用、衝撃曲げ引張り試験用の2種類の切断部を用意した。それぞれの詳細図を Fig.1 と 2 に示す。切断部は、重錘が載荷板上に落下する事により、供試体を破断する仕組みになっている。曲げ引張り試験用切断部は、支点間 8 cm であり、支点には超硬を使用している。そして供試体が破断した時にはガイドが上ぶたに当たり、超硬刃が基盤に衝突するのを防止する仕組みになっている。

4. 実験方法及び結果

改良を加えた重錘落下試験機を使用し、それぞれの岩石供試体を用いて衝撃せん断及び曲げ引張り試験の2種類の試験を行った。実験は、任意の落下高さから数十回重錘落下を行い、その落下高さでの破壊確率 P を求めることによって行った。実験結果は、破壊が二母数 Weibull 分布をなすと考えて次式を用いて回帰した。

$$P = 1 - \exp \left[- \left(\frac{h}{a} \right)^b \right] \quad (1)$$

ここで、a, b は定数である。上式を用いた回帰分析の結果を Fig.3 に示す。また花崗斑岩及び橄欖岩の衝撃せん断試験での落下高さに対する破壊確率 P について、それぞれ次に示す式と相関係数を得た。

岩石名	花崗斑岩	橄欖岩
見かけ比重	2.59	3.09
吸水率 (%)	0.61	0.38
一軸圧縮強度(kgf/cm ²)	1726	1960
圧裂引張強度(kgf/cm ²)	125	128
せん断強度(kgf/cm ²)	262	279
弾性係数(kgf/cm ²) × 10 ⁵	1.93	1.73
Shore 硬さ	90	52

Table.1 岩石の力学的特性

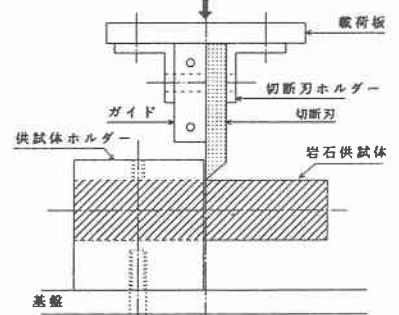


Fig.1 実験装置・切断部(せん断試験)

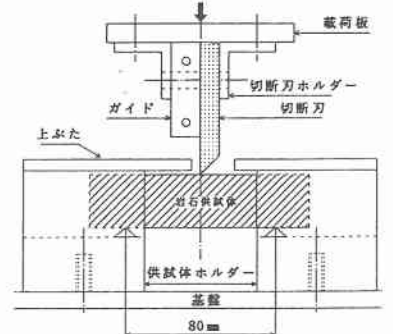


Fig.2 実験装置・切断部(曲げ試験)

$$\text{花崗斑岩} \quad P = 1 - \exp \left[- \left(\frac{h}{66.5} \right)^{3.62} \right] \quad (r=0.911) \quad (2)$$

$$\text{橄欖岩} \quad P = 1 - \exp \left[- \left(\frac{h}{78.6} \right)^{2.48} \right] \quad (r=0.911) \quad (3)$$

また、同様に Fig.4 に示す衝撃曲げ引張試験についてはそれぞれ以下に示す式と相関係数を得た。

$$\text{花崗斑岩} \quad P = 1 - \exp \left[- \left(\frac{h}{35.9} \right)^{2.33} \right] \quad (r=0.989) \quad (4)$$

$$\text{橄欖岩} \quad P = 1 - \exp \left[- \left(\frac{h}{39.3} \right)^{1.79} \right] \quad (r=0.961) \quad (5)$$

次に供試体が破断する時の衝撃値としてせん断衝撃値 E_s (kgf-m/cm²)、曲げ引張り衝撃値 E_b (kgf-m/cm²) をそれぞれ以下の式で定義する。

$$E_s = \frac{M \cdot H_c}{A} \quad (6)$$

$$E_b = \frac{M H_c L}{4 Z} = \frac{8 M H_c L}{\pi d^3} \quad (7)$$

ここで、M: 重錘の自重 (kgf)、 H_c : 落下高さ (m)、A: 供試体の荷重方向における断面積 (cm²)、L: 支点間の距離 (cm)、Z: 供試体の断面係数 (cm³)、d: 供試体の直径 (cm) である。

供試体が確率 99% で破断する限界落下高さ²⁾での衝撃値は、花崗斑岩のせん断及び曲げ引張り衝撃値はそれぞれ 0.260、0.919 (kgf-m/cm²)、橄欖岩についてはそれぞれ 0.380、1.261 (kgf-m/cm²) であった。

5. 岩石供試体破断時の加速度

供試体破断時の加速度を測定するために、加速度計を埋め込んだ重錘と切断刃を一体化したものを、先に示した2種類の切断部に落下させてみた。Fig.5 はその波形を示したものである。最大衝撃力及び力積はせん断試験で橄欖岩 176 (kgf)、0.386 (kgf·sec)、花崗斑岩 134 (kgf)、0.288 (kgf·sec) 曲げ引張り試験で橄欖岩 66.4 (kgf)、0.139 (kgf·sec)、花崗斑岩 49.2 (kgf)、0.104 (kgf·sec) であった。

6. まとめ

- ・花崗斑岩、橄欖岩の衝撃破壊確率に Weibull 分布を用いてせん断衝撃値 E_s 及び曲げ引張り衝撃値 E_b を算定した結果、橄欖岩の方がいずれの場合も大きく強度との相関が高い。またいずれも E_b の方が E_s より大きな値を得た。
- ・岩石円柱供試体のせん断及び曲げ破断時の衝撃加速度測定を行ったが、その最大加速度、力積はいずれの場合も橄欖岩の方が大きな値を得た。

参考文献

- 1) 河原・室：建設機械用ゴム材の耐カット性の評価，愛媛大学工学部紀要，第14巻，1995
- 2) 室・河原・石山・土屋：シールド掘進機の刃先の耐衝撃性に関する研究，テラメカニックス，第14号，1994

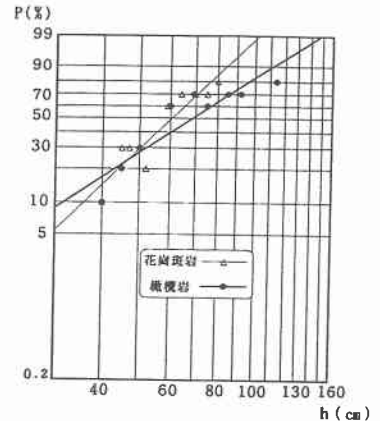


Fig.3 落下高さ h に対する破壊確率 P (せん断試験)

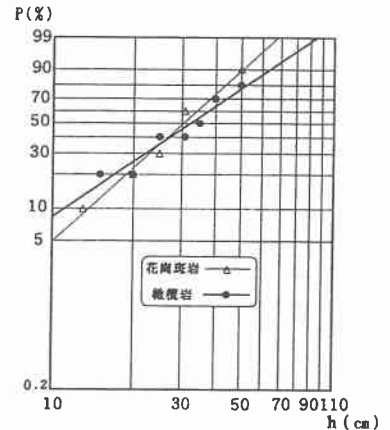


Fig.4 落下高さ h に対する破壊確率 P (曲げ引張り試験)

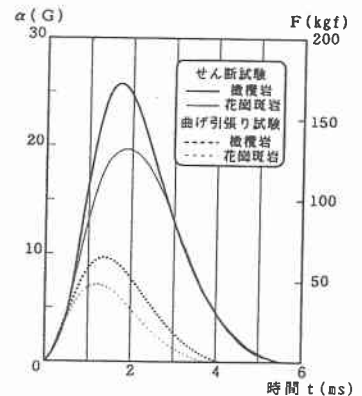


Fig.5 供試体衝撃破断時の加速度 α 及び衝撃力 F ($h > H_c$)