

Ⅵ-2 岩石のリッパチップによる振動切削特性

愛媛大学大学院

学生会員○橋本 敏徳

愛媛大学工学部

フェロー 室 達朗

(株)ユニオン土木設計

正会員 青木 宏至

1.はじめに 過去の研究報告から刃物に振動を加えた掘削方式は非常に有望であることが示されている。本研究では振動切削実験装置を用いて大谷石の振動切削実験を行い、振動切削における重要なパラメータである振動周波数、振動振幅、切削速度の影響について検討する。

2.実験装置および供試体 本実験装置は実験装置本体、油圧システムで構成されている。実験装置本体の概略図を Fig.1 に示す。実験装置本体には、様々な振動を生み出すアクチュエータ、切削刃、切削する際刃に作用する諸力を測定するロードセル、供試体を固定し切削刃に送る供試体送りテーブルが備え付けられており、切削刃をその場で振動させ、そこへ供試体送りテーブルに載せた供試体を送り込むことによって、振動切削を行う仕組みである。テーブル送り速度は $0.35 \sim 2.00 \text{ cm/s}$ の間で調節することができ、その速度を切削速度とする。切削刃には、刃幅 1 cm 、刃物角 $\pi/4 \text{ rad}$ の小型リッパチップを使用した。ロードセルで測定可能な項目は切削抵抗の水平成分と作用モーメントである。これらから、切削抵抗の鉛直成分を算出している。油圧システムでは、振動周波数 $0 \sim 500 \text{ Hz}$ 、振幅 $0 \sim 1.0 \text{ cm}$ の範囲で設定することができる。また、供試体には寸法 $25 \times 25 \times 25 \text{ cm}$ 、一軸圧縮強度 10.3 MPa の大谷石を使用した。

3.実験方法 実験は上記に示す実験装置を用い、振動周波数 f 、振幅 a 、切削速度 V を様々に変化させながら行う。今回の実験では、まず始めに、 $f=0, 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 \text{ Hz}$ の 12 通り、振幅 $a=0.07, 0.09, 0.1, 0.15, 0.2, 0.3, 0.4, 0.6, 0.8, 1 \text{ cm}$ の 10 通りで実験を行い、最も有効な組み合わせを見い出す。ただし、各振動周波数における最大振幅は、 2 Hz から順に $1, 1, 1, 0.8, 0.6, 0.3, 0.2, 0.15, 0.1, 0.09, 0.07 \text{ cm}$ である。その有効な切削条件に対してそれぞれ、 $V=0.35, 0.5, 0.65, 0.8, 0.95 \text{ cm/s}$ の 5 通りで実験を行う。また、すくい角 $\alpha = \pi/6 \text{ rad}$ 、切削深さ $z=1.2 \text{ cm}$ で一定とした。測定項目は切削抵抗の水平成分と鉛直成分と切削土量であり、切削抵抗はロードセルで測定しレコーダに記録する。切削土量は切削断面に供試体送り速度を乗じて算出する。

4.実験結果 Fig.2 に切削刃に作用する諸力を示す。ここで、切削抵抗を F 、その水平成分、鉛直成分をそれぞれ主分力 F_x 、背分力 F_z とし、それぞれの矢印の方向を正とした。Fig.3、Fig.4 は無振動・振動切削実験の測定結果の一部で、切削時間 t と主分力 F_x

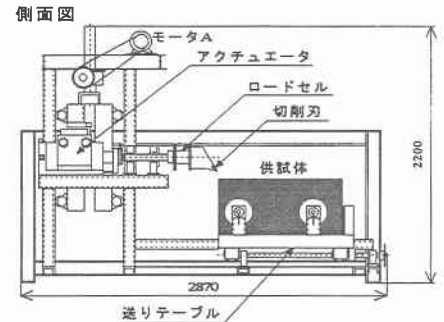


Fig.1 実験装置概略図

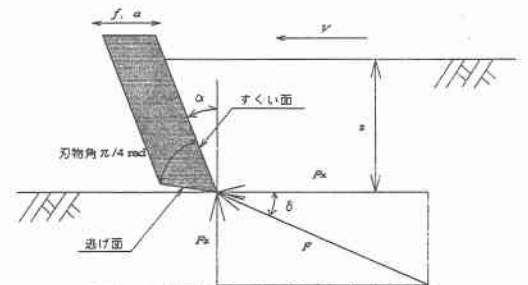


Fig.2 切削刃に作用する諸力

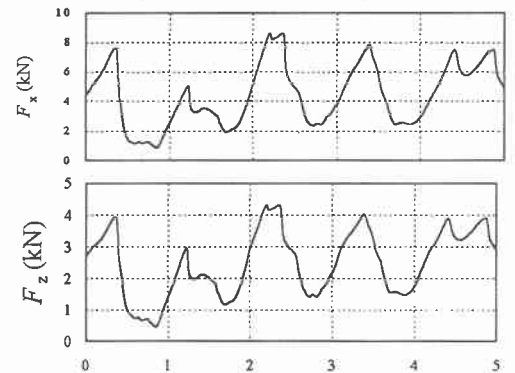


Fig.3 無振動切削実験測定結果
 $f=0 \text{ Hz}, a=0 \text{ cm}, z=1.2 \text{ cm}, V=0.35 \text{ cm/s}$

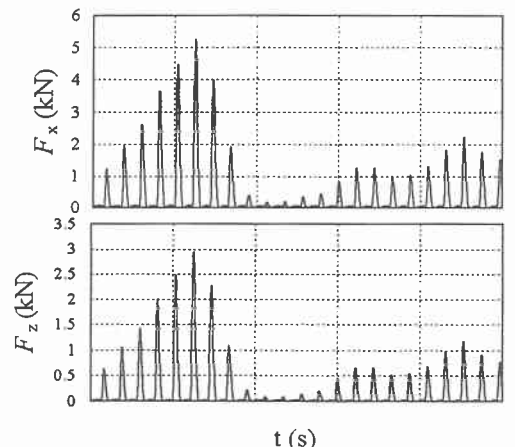


Fig.4 振動切削実験測定結果
 $f=8 \text{ Hz}, a=0.8 \text{ cm}, z=1.2 \text{ cm}, V=0.35 \text{ cm/s}$

と背分力 F_z の関係を示したものである。ここで、実際に供試体を切削しているのは、主分力 F_x の正の値であり、正の部分の面積を切削に使われた仕事量 W (kNcm) と仮定し、切削した時間 t (s) とし、切削に使われた仕事率 P (kNcm/s) を次式により定義する。

$$P = W / t \quad (1) \quad \text{本実験における切削土量の測定に}$$

関して、切削溝の幅方向のチッピング現象が顕著ではないため、切削土量 Q (cm³/s) は、切削深さ z (cm)、供試体送り速度 V (cm/s)、刃幅 B (cm) により次式で定義する。

$$Q = z \times V \times B \quad (2) \quad \text{上述の仕事率 } P \text{ を切削土量 } Q \text{ で除}$$

することによって、単位体積を切削するのに必要な仕事量として表すことができる。これを比エネルギー S_E (kNcm/cm³) とし、次式のように定義する。

$$S_E = P / Q \quad (3) \quad \text{比エネルギー } S_E \text{ の値が小さければ、}$$

単位体積を切削するのに必要な仕事量が小さいということであり、より燃費のよい切削であると判断できる。

Fig.5 は一例として $V=0.35$ cm/s における比エネルギー S_E と振動周波数 f の関係を示したものである。 $f=30$ Hz まで S_E は f の増加とともに減少し、 $f=30$ Hz において最小値を示し、その後 f とともに緩やかに増加する傾向が見られる。

Fig.6 は $V=0.35$ cm/s における比エネルギー S_E と振動振幅 a の関係を示したものである。 S_E は a の増加に伴い緩やかに減少し、各振動周波数における最大振幅でほぼ最小の値を示す傾向が見られる。

Fig.7 は $f=20$ Hz における比エネルギー S_E と切削速度 V の関係を示したものである。振動切削では V が S_E に及ぼす影響はあまり見られない。無振動切削では、 S_E は V の増加とともに増加する傾向を示す。

次に、振動切削に重要なパラメータである振動周波数、振動振幅、切削速度、この3つのパラメータより構成される速度比¹⁾ (無次元量) の概念を導入し検討する。速度比 λ は次式のように定義される。

$$\lambda = 2\pi \frac{f \cdot a}{V} \quad (4)$$

Fig.8 は比エネルギー S_E と無振動切削時における比エネルギー S_{E0} の比 S_E/S_{E0} と速度比 λ の関係を示す。 λ の増加に伴い S_E/S_{E0} の値は減少する傾向を示す。

5.まとめ 以上のことから、本研究において無振動切削と比較して振動切削は非常に有効であることが確認できた。また、振動切削において大谷石には最適な切削条件が存在することが確認され、速度比を大きく、すなわち切削速度を小さく、振動周波数と振動振幅の積を大きくするほど最適な切削ができることが確認できた。

参考文献 1) 金須正幸, 福地博, 伊藤義夫, 加藤弘道: 土の切削における振動効果の機構解明, 弘前大学農学部学術報告, No.48, pp.1~20, 1987.

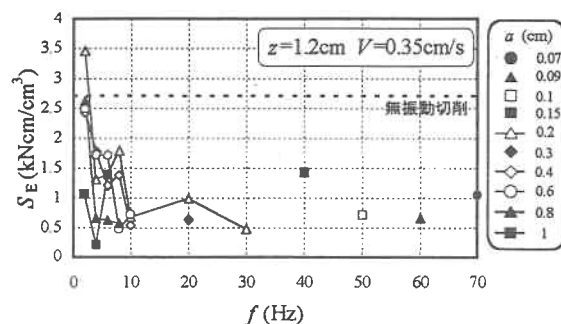


Fig.5 比エネルギー S_E と振動周波数 f の関係

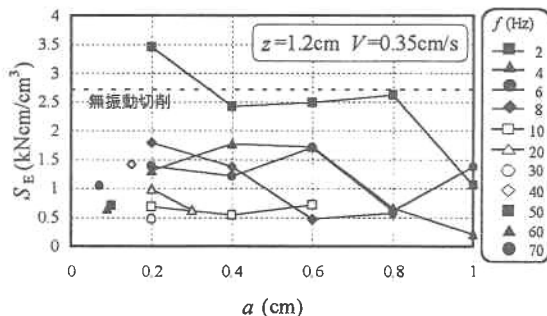


Fig.6 比エネルギー S_E と振動振幅 a の関係

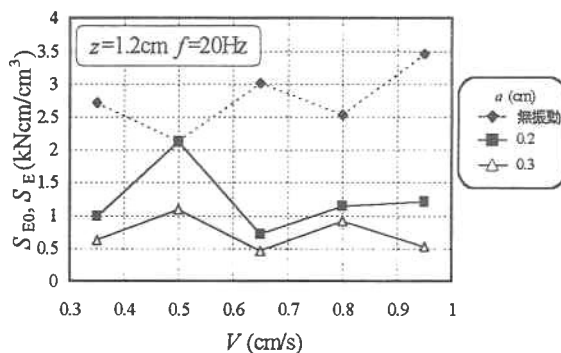


Fig.7 比エネルギー S_E と切削速度 V の関係

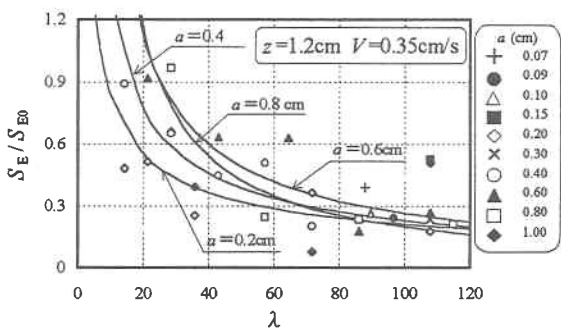


Fig.8 S_E/S_{E0} と速度比 λ の関係