

京都大学工学部 正員 畠 昭治郎
京都大学工学部 正員 岡村 徳見
京阪神急行電鉄 正員 山本 光一

1. まえがき

バイトビットによる岩石掘削実験は多く行なわれているが、これらの実験のほとんどは定常な、二次元単一切削である。本研究は、これらの実験で不明確な問題を明確にしようとするものである。

試験試料	I	II	III	IV
圧縮強度 kg/cm^2	14.4	47.6	88.8	106.6
引張強度 kg/cm^2	2.33	8.18	14.5	19.2

表-1 試験結果

2. 実験試料および実験方法

実験に使用した試料は、セメントモルタルで、寸法は、 $400\text{mm} \times 400\text{mm} \times 100\text{mm}$ である。強度は、7日強度を4種類に配合を変えたもので、実際の強度試験の結果は表-1に示す通りである。

実験装置は、図-1に示すもので、①は、油圧シリンダーで、ストロークは150mm、②は、台車移動用油圧シリンダーで、ストロークは550mm、移動速度は43.8 cm/min 、③は、ビットで、すくい角 30° 、 45° 、 60° 、刃幅15mm、30mm、45mmの9種類のバイトビットである。なお、にけ角は 5° で一定とした。④は、試料、⑤は、台車、⑥は、切削抵抗測定用のロードセルである。

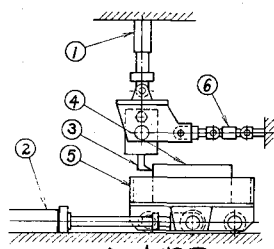


図-1 実験装置

実験方法は、試料を台車に固定し、油圧シリンダー①で切削深さを一定に保ち、油圧シリンダー②で台車を前進させて切削する。

なお、実験では、切削抵抗は、その水平分力しか測定しなかったため、切削抵抗水平分力を切削抵抗と呼ぶ。

3. 実験結果と考察

実験結果を図-2～図-6に示した。図中の記号は、○はすくい角 30° 、●は、 45° 、◇は、 60° の結果である。

図-2は、切削抵抗と切削深さの関係を表わしている。切削深さが10mmの場合はすしはるつきがみられるが、すくい角が大きくなるにつれて、切削抵抗は減少している。すくい角一定の時、切削抵抗は、切削深さの増加とともに増大している。増加の割合は、すしずつ大きくなる傾向がみられ、ある切削深さを越えると大きく増加し、ばらつきが多くなる。この切削深さは、刃幅によって異なり、刃幅45mmでは40mm、刃幅30mmでは30mm、刃幅15mmでは20mmである。このように切削抵抗の増加傾向が変化するの、破研が三次元的になるからであると考えられる。

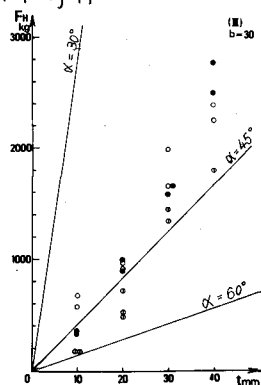


図-2

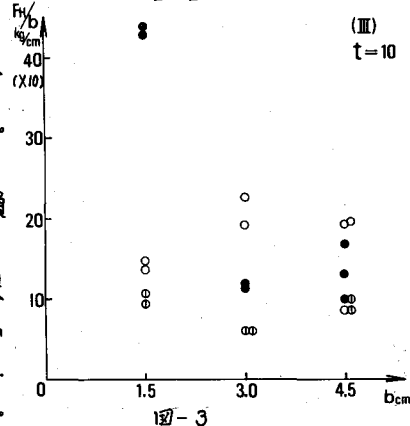


図-3

図-3～図-5は、単位刃幅当りの切削抵抗と刃幅の関係を表わしている。切削深さが10mmの場合には、単位刃幅当りの切削抵抗は、各刃幅とも同じような値を示している。切削深さが20mmでは、刃幅30mmと45mmと同じような値を示しているのに対し、刃幅15mmでは非常に大きな値を示している。切削深さが30mmでは、刃幅の狭い程、単位刃幅当りの切削抵抗は大きくなっている。

この結果から、切削深さが刃幅の $\frac{2}{3}$ 程度になると切削抵抗は刃幅に比例しなくなってくる。このことは、前述した切削抵抗と切削深さの関係とも一致する。この比例関係からはずれてくるのは、破砕が三次元的影響が強くなるからであると考えられる。したがって、切削深さが刃幅の $\frac{2}{3}$ までは二次元破砕と考えられる。

図-6は、一次破砕の切削抵抗に対する二次破砕の切削抵抗の割合である切削抵抗比と切削深さの関係を表わしている。切削深さ10mmでは、切削抵抗比が1より大きいもののみみられるが、20mm、30mmでは1より小さくなっている。図から切削抵抗比は0.8～1.0であると考えられる。

4. 解析 (図-7参照)

- i) 刃先から自由面に向って走る亀裂線は円弧である。
- ii) 亀裂線に垂直に働く応力は、引張応力である。
- iii) 亀裂始発点での亀裂の方向は、水平方向である。

以上の仮定を設け、点Bに関する回転モーメントの釣合式で、破砕は、 α に関してFが最小のところでおこるものとして、切削抵抗 F_H は次式で表わされる。

$$F_H = S_t \cdot b \cdot t \cdot \cos(\alpha - \delta) \cdot \frac{1 + \cos(\alpha - \delta)}{\sin^2(\alpha - \delta)} \quad (1)$$

ここで、 S_t : 引張強度、 b : 刃幅、 t : 切削深さ
 α : すくい角、 δ : 金属と試料の間の摩擦角

(1)式によって計算した結果を図-2に実線を示した。

すくい角 45° 、 60° は、二次元的範囲ではよい近似を示している。すくい角 30° では、計算値と実験値に差がみられるが、これは、すくい角が小さくなると、刃面からの力Fの方向が水平に近くなってくるので、実際には、点Bまでは亀裂が入らず、途中の点までしか破砕しないものと考えられる。

5. あとがき 本研究では、実際の岩石については実験を行なえなかったが、今後、さらに研究を進めて行きたい。

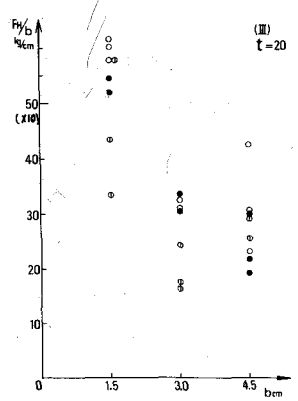


図-4

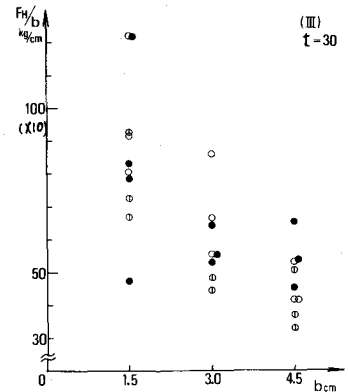


図-5

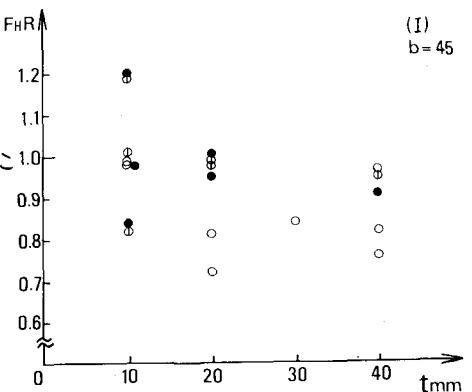


図-6

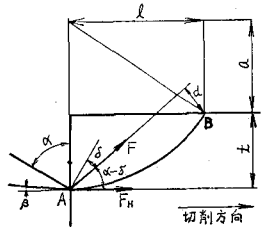


図-7 切削モデル