

## ぜい性材料の切削について

准員 昌 昭 治 郎\*

## ON THE CUTTING OF BRITTLE MATERIALS

(JSCE March 1953)

Shōjirō Hata, C.E. Assoc. Member.

**Synopsis** In this paper, the author has studied the cutting mechanism of brittle materials and as an example, made some fundamental experiment of cutting using cementblocks and lump of coal.

**要旨** もろい材料の切削機構をしらべ、一例としてセメントブロック及び石炭の切削について基礎実験を行ったものである。

## 1. 緒言

金属の切削機構に関しては古くより多くの人びとによつて研究が進められ、最近にいたつていちじるしい発達を遂げた塑性理論が導入されて一応解決されつつある。しかし乾燥した粘土、石炭、岩石のようにもろい材料の切削機構に関してはあまり研究されていない。一方炭鉱方面においては採炭技術の進歩とともに連続採炭の重要性が叫ばれ、わが国においてもピック採炭にかわりコール・カッタやコール・ブレーナによる機械化が企図されている。かような情勢に際し、もろい材料の切削機構研究の第一歩としてセメントブロックを用いて基礎実験を行い、これと併行して石炭について切削条件と切削抵抗との関係を明らかにし、機械設計に必要な資料を求めることを目的として実験を行った。

## 2. 試験片及び実験装置

**a) 切削材料** もろい材料と金属材料との大きな相違点はじん性であり、前者は後者に比し圧縮強度  $\sigma_c$ 、引張り強度  $\sigma_T$  ともにはるかに低いが、ことに  $\sigma_c/\sigma_T$  の値が金属と異なりいちじるしく大きい。また金属は等方等質とみなされるが、石炭、岩石などは異方性を示し、その機械的強度は方向によつていちじるしく異なる場合がある。本文では実験材料としてセメントブロック及び石炭を用いた。セメントブロックはセメント：石灰重量混合比 2.5 : 1、水分全量の 53% のもので次のごとき強度を示す（養生期間 10 日）。

圧縮強度  $\sigma_c = 75.0 \text{ kg/cm}^2$

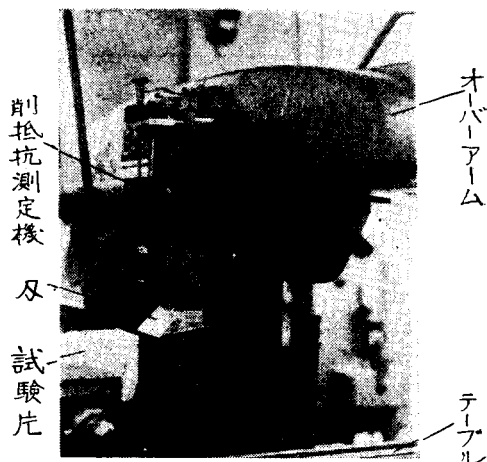
引張強度  $\sigma_T = 8.5 \text{ "}$  (圧裂試験による)

$\sigma_c/\sigma_T = 8.83$

石炭は三井鉱山田川鉱業所で採取したものをを用いた。

**b) 実験装置** 写真-1のごとく万能フライス盤の

写真-1 実験装置

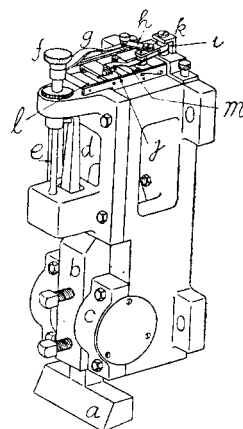


テーブル上に試験片を固定し、オーバーアームに刃物をそなえた切削抵抗測定機をとりつけたもので、テーブルを上下させて切込み深さを変え、切削速度はテーブルの送り速度を適宜使用した。変速範囲は 19~2120

mm/min である。切削

抵抗測定機は図-1に示すもので刃物aに生ずる切削抵抗による微小変位がb,dのてこ装置によつて拡大されて振れ棒eに偏心的に加えられ、eの振れ量がさらにg,h,jのリンク機構で拡大されてその変位量がペンlによつて、ローラmにて送りだされる記録紙上にえがかれる。この変位をあらかじめ検定しておけば切削抵抗が測定される。この装置では一方向すなわち切削方向の成分

図-1 切削抵抗測定機



a: 刃物, b: 刃物固定部, c: 同軸受  
d: レバー, e: トーションバー, f: 同頂部, g, h, i, j: レバー, k: ピボット  
l: 記録ペン, m: 記録紙送りローラ

\* 京都大学大学院研究奨励学生, 工学部土木工学教室

しか測定できないがその後写真-2のごとく同様の機構で切削方向及びこれに直角方向の2成分を同時に記録しうるものを設計製作した。刃物は軟鋼に高速度鋼を付け刃し、焼き入れを施した図-2に示すごとくシ

写真-2

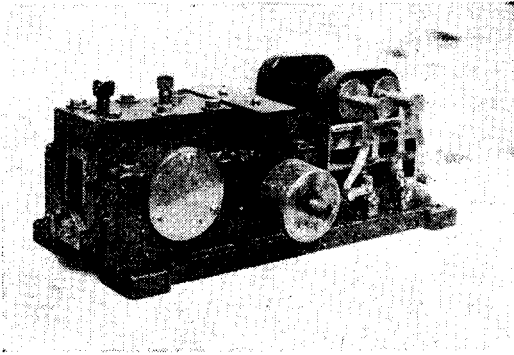
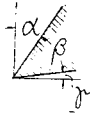


図-2 刃先形状

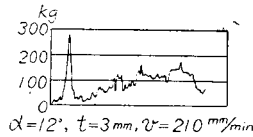


ングルカッティングエッジで、すくい角 $\alpha$ の異なるもの数種を用いたが、二番角 $\gamma$ は切削抵抗にはあまり影響を及ぼさぬと

考えられるから、 $10^\circ$ に一定した。

3. 実験結果と考察

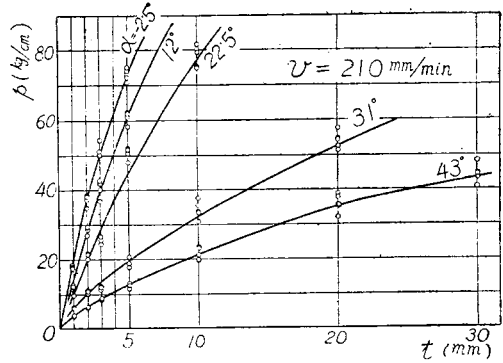
a) 切削抵抗 セメントブロックの切削抵抗測定記録の一例を図-3に示す。図より明らかなように金属の場合と異なり切削抵抗の時間的変動がはげしい。これは材料のもろさによるもので、切削初期においては抵抗は切刃全面に様にかかるため最大値を示すが、亀裂が入ると同時にほとんど0にまで下り、以後亀裂、削り屑発生をくり返し切削抵抗が変動しつつ増大するが、切削面は凹凸を有しもはや切刃全面にわたって様にかかることはないから最初の値よりも大きくなることはないと考えられる。以下比較の便宜上切削抵抗としてはこの最大切削抵抗をとつた。



$\alpha=12^\circ, t=3mm, v=210\text{ mm/min}$

i) 切込み深さと切削抵抗：セメントブロックについて切刃単位長さ当りの切削抵抗  $p$  (kg/cm) と切込み深さ  $t$  (mm) との関係を図-4に示す。 $t$ が増せばもちろん  $p$ は増加するが直線的ではなく、 $p$ の増加の割合は  $t$ が大となるに従い減少する。これは金属あるいは土壌などと非常に異なる点で(金属では  $t$ に比例し、土壌では  $p^2$ に比例すると考えられる)、破壊が主として引張りによつて起るためであらうと思われる。この傾向はすくい角 $\alpha$ の大きいほどいちじるしい。これは後述するように、すくい角が大きいほど引張りによつ

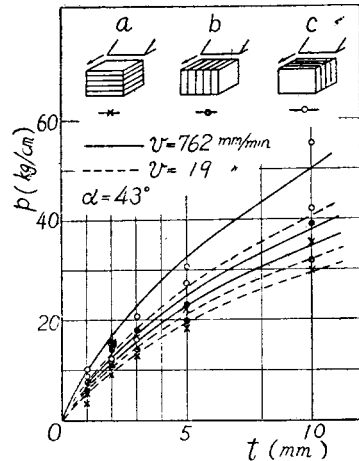
図-4 切込み深さと切削抵抗(セメントブロック)



て破壊されやすくなるためであらう。

石炭は異方質であるから切削抵抗が切削方向によつて変化するであらうことが予想される。よつて図-5のように

図-5 切込深さと切削抵抗(石炭)



- a 切刃を層に平行におき層に平行に切削する、
- b 切刃を層に直角におき層に直角に切削する、
- c 切刃を層に平行におき層に直角に切削する

の3方向に切削した。図より切削抵抗はaが最小でcが最大、bはその中間にあり、やはり  $t$ が大となるに従いその増加度は減少している。実際炭坑においてコールプレーナで削る際はbの場合が多い。

ii) 刃物のすくい角と切削抵抗：図-6はセメントブロックに対するすくい角 $\alpha$ (度)と切削抵抗  $p$  との関係を示す。すくい角が増すと切削抵抗は減少するがこれは次のように考えられる。すくい角及び切込み深さによつて切削破壊状態が変化するようすを調べると図-7のようになる。すくい角の小さいときは同図Aのようになり圧縮剪断により破壊され、すくい角が大きくなるとBのごとく引張り破壊により切断されると

図-6 すくい角と切削抵抗 (セメントブロック)

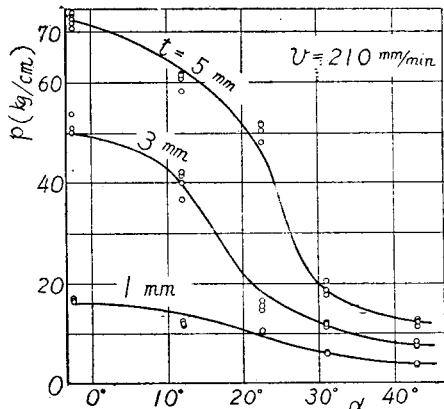
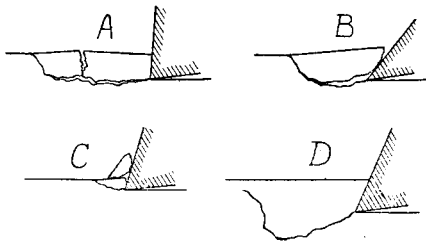


図-7 切削破壊状態 (セメントブロック)

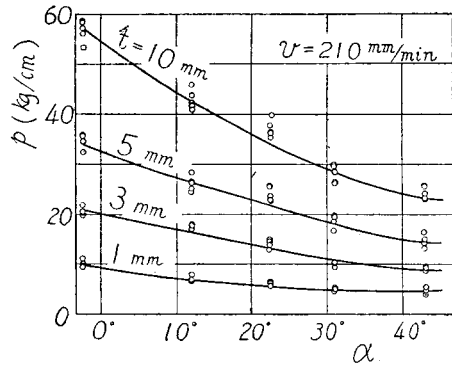


考えられる。この場合切込み深さの小さいときはすくい角の影響はあまりあらわれずCようになるが、切込み深さが大となればすくい角の大きが大きくひびき、また亀裂も下向きに入りやすくなる(同図D)。前述のようにセメントブロックなどは圧縮強度が引張り強度に比しはるかに大きいからBよりAの方が、すなわちすくい角の小さい方が切削抵抗が大きいと考えられる。また図-6を見ると切込み深さ大なる場合、すくい角10~20°において抵抗が相対的にちじるしく減少しているが、これはこの付近で切削破壊状態が前記AよりBへ移行するためであろうと考えられる。さらに図-6において注目すべきことは、すくい角が40°以上では切削抵抗があまり変化しないことで、刃物の強度摩擦などの点から考えてこの付近にすくい角の実用限度があるのではないと思われる。

石炭についてもすくい角の増加とともに切削抵抗が減少しており、大体40°以上では曲線がゆるくなっているが、図-6のごとき大きな変化は現われていない(図-8)。これは使用した石炭の組織が複雑で、平行な主層のほかにこれに直交して縦横に細かい層が走っており、このため切削破壊状態において図-7のような変化が見られず、いつも層に平行にはがれていくからであろう。

iii) 切削速度と切削抵抗：切削抵抗は金属において

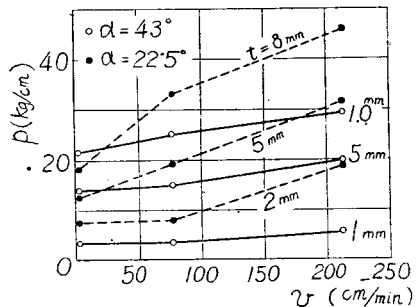
図-3 すくい角と切削抵抗 (石炭) 層に平行



は切削速度にほとんど無関係と考えられているが、セメントブロックでは図-9のごとく切削抵抗pは切削速度v(cm/min)とともに増すがその増加度はいちじるしくはない。そしてこの影響はすくい角が小さく、切込み深さが大となるほどいちじるしいようである。

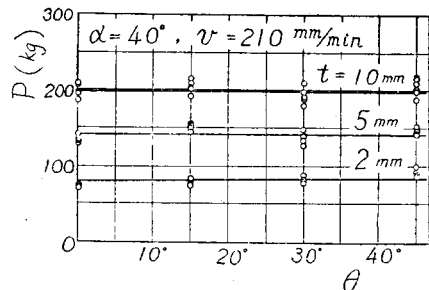
石炭についても図-5より明らかなごとく同様の結果がえられた。

図-9 切削速度と切削抵抗 (セメントブロック)



iv) 傾斜角と切削抵抗：コールプレーナ等実際の切削機械は切削方向に対し刃をななめに傾けて切る場合が多い。この傾斜角θが切削抵抗にいかなる影響を及ぼすか、試験片中より広い刃を用いて切削巾を一定にして実験すると図-10のように全切削抵抗P(kg)は傾斜角θの値には無関係にはぼ一定である。換言す

図-10 傾斜角と全切削抵抗



ると切削面積（切削巾×切込み深さ）単位当りの切削抵抗は傾斜角に無関係である。このことよりまた次のことがいえる。すなわち本実験に用いられた切削速度の範囲内では、切刃単位長さ当りの切刃に直角方向の切削分力  $p_n$  は傾斜角に無関係に一定である。何とな

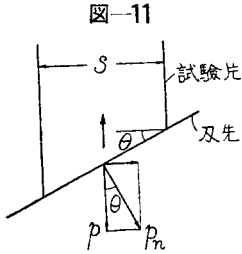


図-11

れば 図-11 において全切削抵抗  $P$  は

$$P = p \cdot s / \cos \theta$$

また  $p_n = p / \cos \theta = P / s$

いま  $P, s$  とともに一定であるから  $p_n$  は  $\theta$  に無関係に一定である。これは切削速度に比し破壊亀裂

の進行速度がはるかに大きいため常に切刃に直角方向に破壊されるためであろうと思われる。

石炭についても同様な結果が得られた。結局傾斜角を変えても同一切削巾に対する全切削抵抗は一定であるが、この時はただ衝撃的な荷重の変動が少なくなり、滑らかな切削が行われるものと考えられる。

#### 4. 結言

以上もろい材料としてセメントブロックを用いたと

きの切削機構を実験観察し金属との相違を述べた。その結果材料のもろさを利用して引張り破壊により切削することが有利であり、そのためには刃物のすくい角をできるだけ大にすることが望ましいが、刃物の強度等の点より  $40 \sim 45^\circ$  くらいが適当と思われる。なおもろさの特性として切込み深さを大にしてもそれほど抵抗が過大にならぬゆえ、切削面積を大きくとつても能率は低下しない。また切削速度が大となつても切削抵抗はそれほど大とならぬ。これらを総合して単位時間当りの切削量を増加させるほど効率はよくなると考えられる。

次に石炭について、この実験は切込み深さ約 3 cm 程度までの場合であるから、実験のコールプレーナの切込み深さ 15~40 cm の場合にも上述の結果が適用できるかどうか問題であるが、コールプレーナの実測結果として比較して判断すると大体この結果が適用できると考えられる。

終りに本実験に御指導頂いた村山教授、奥島教授、会田助教授及び御協力頂いた大森助手に深謝の意を表す。  
(昭.27.10.16)

UDC 625.18 : 656.212.5

## 重力操車場の設計について

正員 工学博士 江 藤 智\*

### DESIGN OF GRAVITY YARD

(JSCÉ March 1953)

Dr. Eng., Akira Etō, C.E. Member

**Synopsis** Formerly the author made public his theoretical and experimental studies about essential items regarding the design of gravity yards, such as braking function of car-retarders, running resistance of freight cars, reasonable arrangement of sorting tracks and profile of flow-down tracks.

But, in this paper, the author describes only how to determine the profile of flow-down tracks in gravity yards.

**要旨** この報文は重力操車場の設計に必要なカーリターダの制動能力、貨車の走行抵抗、仕訳線の合理的配線並びに流下線の縦断形などについておこなつた実験及び理論的研究の結果をまとめたものであるが、ここにはそのうちの流下線の縦断形決定についてだけ記述する。

#### I. まえがき

重力操車場においては、到着線に到着した貨車群をいつたん停止リターダーによつて留置し、その群の散転を開始しようとするとき、リターダーをゆるめて貨車を1ないし数輛ごとにしかも連続して転落勾配中に

転走させる方法をとる。したがつて到着線すなわち流下線の縦断形としてはいかなる貨車の固有条件及び外的条件に対しても自力で流下し、運転に支障なくしかも工費及び維持費が小なることを要する。もちろん縦断形の勾配をすべて貨車の最大出発抵抗に打ち勝つ程度にすれば自力で流下するが、上記必要条件から必要かつ充分なる範囲において、できるかぎり緩勾配とすべきであり、ここにおいて縦断形の合理的決定が問題となるのである。この報文ではまず与えられた走行距離対走行抵抗曲線( $\alpha-r$ 曲線と記す)より基本となる縦断形の勾配を求め、これに諸種の条件による補正をおこなつて流下線の一般形を決定する方法を考究する。

\* 日本国有鉄道理事、施設局長