

## 土の振動切削について

正員 村山 朔郎\*  
 正員 畠 昭治\*\*  
 准員 斎 藤 実\*\*\*

## SOIL CUTTING WITH OSCILLATING BLADE

By Dr. Eng. Sakuro Murayama, C.E. Member, Shojiro Hata, C.E. Member, and  
 Minoru Saito, C.E. Assoc. Member

**Synopsis :** In this paper the authors investigated on the mechanism of soil cutting with oscillating blade and get following results.

- i) Suitable frequency of oscillating blade was over 1000~1500 cycle per minute for sandy soil used.
- ii) Total cutting energy with oscillating blade was 20 percent less than that without oscillation.
- iii) Oscillating energy formed about 6.2 percent of total cutting energy.

**要旨** 本文では、振動切削について室内実験を行い、砂質土に対しては、適当な振動数は1000~1500 cpm 以上であり、所要馬力は、無振動時にくらべ、約20%減少することを明らかにし、実際面への適用の可能性を示した。

## 1. 緒言

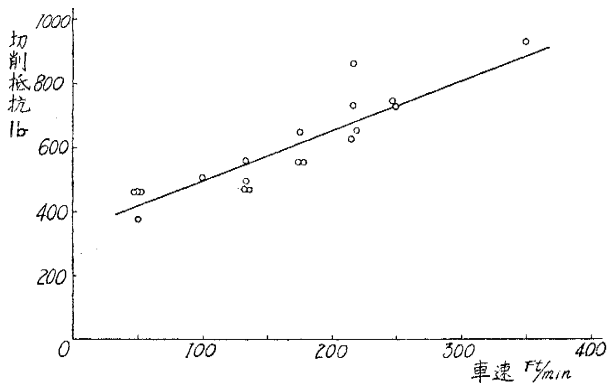
土の切削については、従来かなり研究が行われているが、固定刃に関するものが多く、刃を振動させるような特別な場合については研究されていない。

著者等は振動切削に関して、昭和29年度文部省科学研究費の補助をうけて研究を始めたが、最近にいたりカリフォルニア大学においても、同様な研究、すなわち、耕作機械の刃に振動装置をとりつけた振動切削実験<sup>1)</sup>が行われたことを知った。米国の実験においては、振動切削は無振動切削にくらべて、その切削抵抗、全所要馬力が減少することが解明されているに過ぎず、振動特性についてはまだ明らかにされていない。よつて本文においては室内実験により明らかにした、振動数特性についてとくに記すこととする。

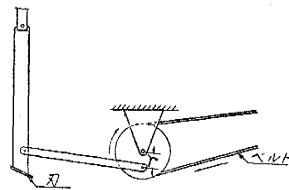
## 2. カリフォルニア大学における実験

カリフォルニア大学において振動切削実験に用いた土は、粘土質ロームおよびシルト質ロームで、その無振動時の切削抵抗—車速曲線は、図—1の直線で表わされている。

図—1 切削抵抗—車速曲線



図—2 振動切削に使用した刃

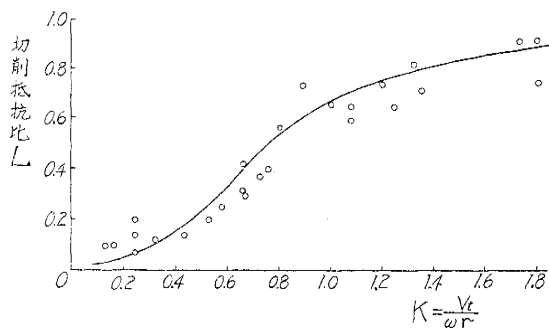


\* 工学博士，京都大学教授，工学部土木工学教室      \*\* 京都大学助教授，工学部土木工学教室  
 \*\*\* 京都大学助手，工学部土木工学教室

1) J.T. Gunn & V.N. Tramontini; Oscillation of Tillage Implements, Agricultural Engineering, Vol 36, No. 11, Nov. 1955, p. 725.

振動切削に使用した刃は 図-2 に示されるように、クランクで駆動され、前後方向に振動する。実験結果によれば、振動時の切削抵抗の減少の割合は車速によつて左右され、車速  $V_t$  と最大振動速度  $\omega r$  ( $\omega$  は角速度、 $r$  はクランクの回転半径) との比を  $K(=V_t/\omega r)$  とすると、 $K$  が小さいほど切削抵抗の減少度が大きい。また振動時の切削抵抗と無振動時の切削抵抗との比  $L$  との関係は 図-3 のようになつており、 $K$  の値が大きくなると  $L$  が 1.0 に接近して行くことがわかる。一方、所要馬力は振動時が無振動時より約 10% 減少している (図-4 参照)。

図-3 L-K 曲線



以上がカリフォルニア大学の実験の概略であるが、この研究は土の種類がロームであるので、振動により内部摩擦の減少をはかるというよりも、むしろ衝撃切削であること、従つて機械各部材の応力が大きくなること、振動が前後方向であること、振動数特性が明らかにされていないことなどの点において、まだ研究すべきことが多い。

### 3. 本研究の実験装置および方法

切削抵抗、所要馬力には振動数、車速および振動力などが重要な影響をおよぼすから、これらの量を種々変化させて、その効果について知る必要がある。このために 図-5 に示すような実験装置を製作使用した。①は刃の上下装置で、任意の位置で固定できる。②は刃の上下装置①にボルトで固定されたワックで、バネとヒンジにより③、④の刃部を吊っている。③は位相可変式の two-mass 型振動機 (自重 4.4 kg, 最大振動力 100 kg, 振動数 630~2400 cpm) である。振動機は 1/8HP 変速モータにより、フレキシブル・シャフトをかいして駆動し、この実験においては上下方向に振動させた。④は高さ 300 mm, 幅 150 mm, 厚さ 10 mm の切削刃で、ワック②に固定する。⑤は切削抵抗測定装置である。これは 図-6 に示すように、試験機の前部に設けた 2 支点間 (支間 310 mm) に平鋼 (30×400×10) をかけわたし、その中央にフックをかいしてロープをとりつける。平鋼には電気抵抗線ひずみ計を両面にはりつけ、ロープ牽引時、この平鋼にかかる曲げモーメントを電磁オシロで記録し、その値より切削抵抗を求めた。⑥は長さ 3600 mm, 幅 900 mm, 深さ 600 mm の土槽で、両側壁上に敷いたレール上を試験車が走行するようにした。牽引ロープは 3 HP の三相交流モータの回転を無段変速機により減速させてドラムで巻きとつた。車速の変化範囲は 3.5 m/min~19 m/min である。用いた砂質土は鴨川砂で、その粒径範囲は 0.1~5.0 mm である。

図-5 実験装置

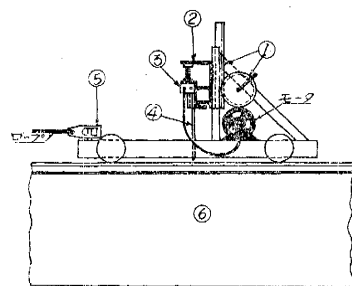
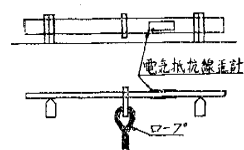


図-6 切削抵抗測定装置



実験は土槽の砂質土に所定締固め (含水比 12%, 乾燥密度  $1.83 \text{ g/cm}^3$  および含水比 1.5%, 乾燥密度  $1.72 \text{ g/cm}^3$  の 2 種類) を行つた後、切削刃を土中に入れ (切削深さは 100 mm に一定した)、一定の車速で振動数を変えながら行つた。なお、振動数エネルギーはモータの所要電流とモータの抵抗とを測つて算出した。

### 4. 実験結果

無振動時の切削抵抗-車速曲線は 図-7 に示すように、乾燥密度の大きいものも小さいものも、切削抵抗は車速に無関係に、ほとんど一定となつている。

次に刃を振動させたときの切削抵抗-車速曲線を 図-8 に示す。図のように、切削抵抗の値は、車速の大きく

なるに従つて増大するが、車速がある程度以上になると、抵抗値は一定値に近づく傾向がある。本実験においては、切削抵抗値が一定になる車速は7~10 m/minであつた。この傾向は土の密度が異なつても同様であつた。

図-9は切削抵抗-振動数曲線である。この場合は、振動数が高くなると抵抗値は下つて一定となる。そして、抵抗値が一定となるとき振動数は、車速の大きいほど高くなる。

次に所要馬力(振動切削の場合は振動機の所要馬力を加算してある)について、図-10および図-11に示す。図-10は所要馬力-車速曲線であるが、もし、切削抵抗の値が車速に無関係に一定であれば、振動機の所要馬力を無視すれば(これは計算によれば車速の大きいとき、全所要馬力の数%である)、所要馬力は原点を通る直線で与えられる。しかし、実際は図-8のように、車速の小さいときは、抵抗も小さいので、図-10の直線よりは下に現われるはずである。ただし、振動機所要馬力は、車速に無関係に一定であるので、車速の小さいときは、その影響が大きくなり、そのため、図-10のように、所要馬力の値は車速の小さいときでも、原点を通る直線から、そう大きく外れることはない。

図-11は所要馬力比-振動数曲線である。ここに、所要馬力比というのは、振動時と無振動時の所要馬力の比であるが、図-10のように、所要馬力と車速との関係は、ほとんど、原点を通る直線で表わされるから所要馬力比は、振動数が一定ならば、車速に無関係に一定の値となる。従つて、この図にプロットした各点は、実験に用いた車速をすべて表わしているわけである。これらの図でわかるように、所要馬力は振動数が高くなるほど減少する。

5. 考察

カリフォルニア大学の試験では、無振動時の切削抵抗が、速度とともに増大するような土を用いて行つたので、振動時にも同様な結果が得られたものと考えられる。

しかし本実験では、無振動時の抵抗が速度に無関係であるにもかかわらず、振動切削時には、その抵抗が速度とともに増加し、速度がある程度以上大きくなると一定値に近づく。このことについては、次のように考えら

図-7 切削抵抗-車速曲線

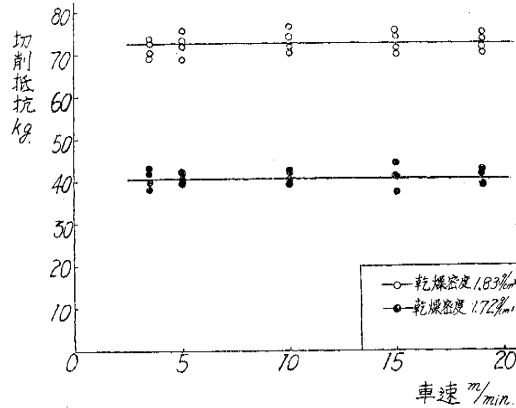


図-8 切削抵抗-車速曲線

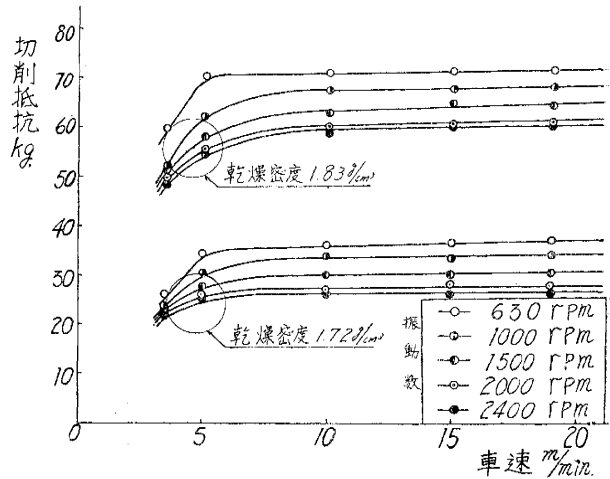
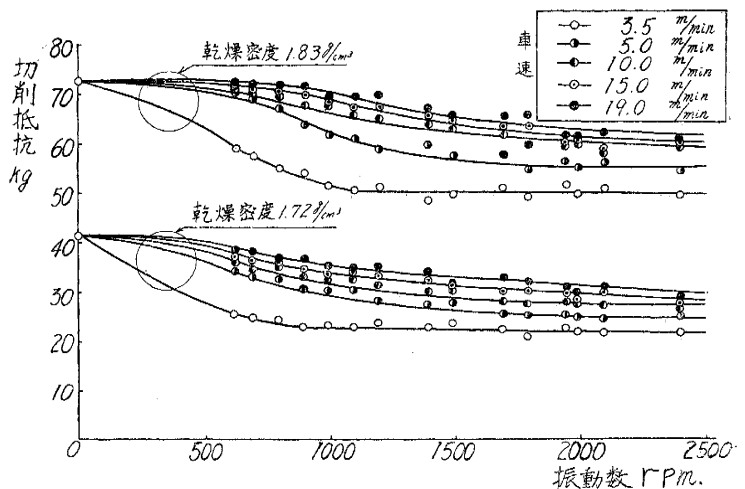


図-9 切削抵抗-振動数曲線



れる。

砂質土の場合の切削抵抗の大小は、他の条件が同じであれば、土の内部摩擦の大小によつて決まる。

振動は内部摩擦を減少させるが、そのおよぼす範囲は車速に無関係に一定であると考えられる。切削速度（車速）が小さいときは、刃の前進によつて刃前方の土が圧縮されるよりも、振動によつてゆるめられる方が早く、従つて、内部摩擦の非常に小さい土を切ることになり、滑り面も水平面に対して大きい角度をもち、切削抵抗は小さい。

速度が大きくなると、刃の前進が早いいため、振動でゆるめられた土も、ある程度圧縮され、従つて内部摩擦はやや大となり、すべり面の水平に対する傾きが小さくなり、抵抗が大きくなる。さらに速度が増すと、上の現象の中、刃前面の圧縮がさらに大きくなり、振動の影響があまり働かぬようになる。しかし、無振動時よりはいく分か内部摩擦が減少するので、抵抗もいく分小さく現われ、しかも無振動時の抵抗を越えることは考えられないから、速度が大となれば一定値に近づくものと考えられる。そしてこれは振動エネルギーの大きいほど、一定値になるときの切削速度が大きく、その一定値もまた低い事実を説明している。

また、本実験では、振動数を種々変えてみたが、最適振動数の存在は明らかでなく、1000~1500 cpm あたりから、よく振動が効き出すが、振動エネルギーの大きいほど、効果が大きいことがみられた。

### 6. 結 論

本実験でわかつたことは、砂質土に対しては、振動切削用の振動数は1000~1500 cpm 以上が適当であり、切削速度が小さいほどその効果が大きい。しかし、速度を大にした場合には、それに応じて、振動エネルギーを大きくすれば、相当の効果を上げることができ、本実験に用いた最大速度、19 m/min においても、全エネルギーは無振動時に比して、20% 少なくなつている。従つて、振動を用いて切削することは相当有利であり、とくに切削速度の低いものにおいて有効である。また計算によれば、全エネルギー中に占める振動エネルギーは全体のわずか6.1% であるから、これに対する適切な機構を用いれば、実際面への適用性はきわめて大きいといえよう。

また、本論文には省略して記さなかつたが、振動方向を変えた場合、すなわち、この報告では上下方向であつたが、これを前後方向にした場合でも、振動数特性はほぼ同様であつた。

終りに、本研究に関して文部省科学研究費助成金を受けたことを感謝する。

図-10 所要馬力—車速曲線

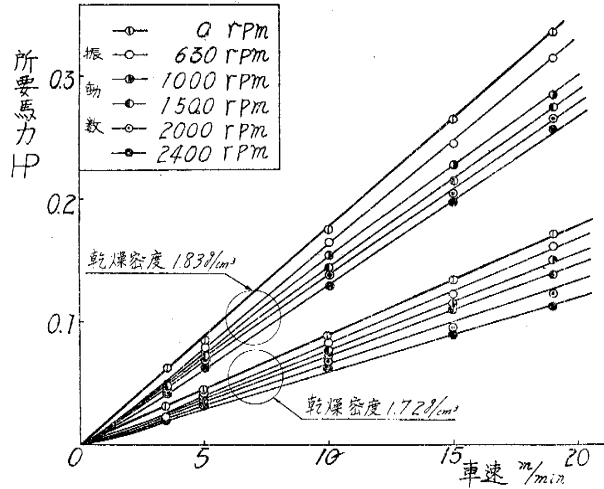


図-11 所要馬力比—振動数曲線

