

II-16 土の振動切削について

京都大学 正員 畠 昭治郎

土を切削するとき、切削刃に振動を与えると切削抵抗が減少することは、さきに砂質土の場合について発表したが¹⁾、その原因については、振動によって土の内部摩擦が減少するためであろうと考えた。しかし、その後の実験によると、軟粘土や固結乾燥粘土のごとく、振動を加えても内部摩擦がほとんど変化しないと考えられるような材料を切削する場合にも、砂質土の場合と同様の振動切削効果が存在することが明らかとなり、上述の内部摩擦の考察のみでは説明できないことがわかった。これを説明するために次のごとく考える。

いま、切削刃に振幅 a 、角速度 ω の単振動を切削方向に平行に与えるものとすれば、任意の時刻 t における刃先の変位 x は、 $x = vt + a \sin \omega t$ であらわされる。ここには v は平均切削速度である。図-1 はその 1 サイクルを取出して画いたものであるが、行程 0-1 および 3-4 などは新しい部分を切削するが、1-2 では刃は後退して全く切削せず、2-3 においては一度削ったところを重複して切ることになる。この各行程中に作用する切削抵抗の値は、それが切削速度に無関係に一定 ($=F$) であると仮定すると、図-1 下部に示したごとくになる。ただし、行程 2-3 においては、切削抵抗がもとの土のものと異なる²⁾と考えられるので、 γF ($1 \leq \gamma \leq 0$) とおく。そうすると、振動時の平均切削抵抗と無振動時の切削抵抗との比 γ は、図-1 下部の斜線を施した部分の面積と $F \times T$ (T は 1 サイクルの時間) との比であらわされることになる。図-2 はこの比 γ と $a\omega/v$ との関係を示し、 γ をパラメータとして図示したものであるが、振動切削時の抵抗が、振動数の増加とともに減少し、切削速度の増加とともに増大するという実験結果を、定性的にはよく説明している。

実験に用いた土は、①砂質土、②ローム、③軟粘土、④固結粘土、⑤砂利まじり固結地表土の 5 種類であり、切削用刃は、①および②に対しては、幅 150 mm、すくい角 60°、にげ角 30° の平刃を、その他に対しては、幅 30 mm、すくい角 40°、にげ角 10° のものを用いた。結果の一例として、①、②および④の土に対するものを図-3 に示す。測定値は図-2 と同じ方法で整理し、プロットしてある。この図より明らかなごとく、①砂質土では $\gamma=1$ 、すなわち一度削ったところも抵抗値に大差のな

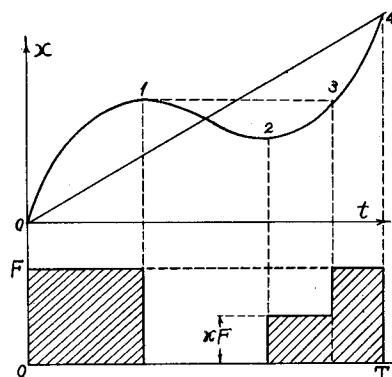


図-1

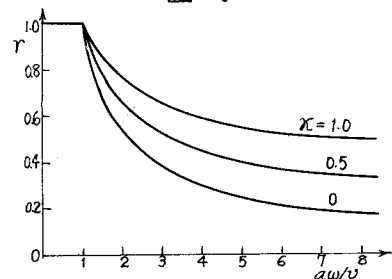


図-2

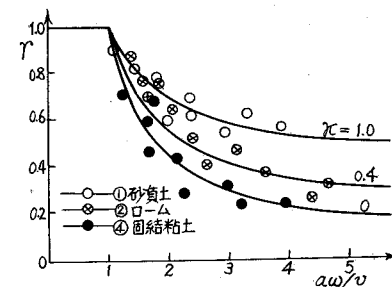


図-3

いことを示し、②ロームでは $\gamma=0.4$ 、④固結粘土においては $\gamma=0$ となつて、一度削ったところは全然抵抗がないことを表わしており、この γ の値は妥当なものと考えられる。ただし、②ロームについては、 aw/v の小さい範囲においては計算値より大きな値をもっているが、これは切削抵抗が切削速度に無関係に一定ではなく、速度の増加とともに増大するためであらうと考えられる。この傾向は③粘土において最も著しい。これは粘土の切削抵抗が、その切削速度により大きく影響されるためである。

次に切削所要馬力について検討してみる。振動切削時の所要馬力は、切削馬力と振動馬力との和からなるが、実測の結果によれば、振動馬力はさきわめて少なく、切削馬力に比して無視しうるので、結局所要馬力は平均切削速度に比例するこゝとなり、振動時と無振動時の所要馬力比と振動数との間には、平均切削速度には無関係に一定の関係が成立する。

一例として固結粘土に対するものを図-4に示す。かよう

に、振動数の増加とともに所要馬力は急激に減少するが、1500 cpm になると減少の度が減り、一定値に近づく。この場合は34%まで低下しており、適当な振動を加えることにより、1/3の馬力で同じ切削仕事をするこゝとなり、振動効果のきわめて大きいことみわかる。

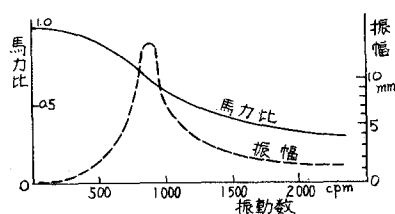


図-4

前述の解析は定振幅強制振動を加えた場合についてであ

るが、本実験に用いたものは起振力一定の強制振動であるため、刃部と支える機構、刃にかゝる抵抗および振動数によってその振幅が異なる。固結粘土についての一例を図-4の点線に示す。図中850 cpm付近にあらわれる共振現象は、刃部支持機構によるもので、土の種類による影響はほとんどわからない。また、所要起振力にも限界値があり、本実験装置においては、(単位切削幅) × (単位切削深さ) 当り 20 kg/cm^2 以上の起振力を与えても、切削抵抗値にはほとんど変化がなかった。

次に振動時刃先にかかる最大抵抗値を、電気抵抗線ひずみ計を用いて実測した結果、衝撃抵抗が相当大きいと考えられる固結粘土においても、衝撃最大値は無振動時の最大抵抗に比べて約10%高い程度で、繰返し応力による疲労については考慮せねばならないが、部材を極端に大断面とする必要はないことがわかった。

その他、実験で得られた数量的な結果を要約すると、

- (1) 振動切削時の切削抵抗は車速が大きくなるに従って増大するが、車速がある程度以上になると抵抗値は一定に近づく。このときの車速(切削速度)は砂質土に対して $7\sim 10 \text{ m/min}$ 、固結粘土で約 6 m/min 、地表土に対して約 7.5 m/min である。
- (2) 切削抵抗は振動数の増加に従って減少するが、振動数がある程度以上になるとその減少度が小さくなる。そのときの振動数は砂質土およびロームに対して約 1500 cpm、固結粘土に対して約 2300 cpm である。

以上を総合すれば、振動切削は砂質土のみならず各種の土に対して有効であり、適切な設計製作、施工を行えば、実用性はきわめて大きいものと考えられる。

註1) 村山翔郎・畠昭治郎・斎藤実：土の振動切削について 土木学会論文集 第57号(昭33・7) 20~23。