

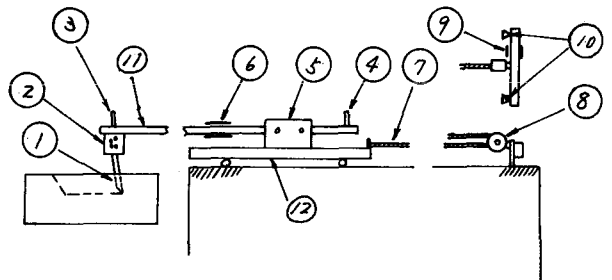
京都大学工学部 正員 高 昭治郎
 同 同 〇 岡村 億 見
 住友建設株式会社 増田 年 紀

1. まえごえ

建設の機械化を合理的に推進するためには、建設機械の作業部分に働く力と正確に把握しなければならぬ。ここでは、粘性土の掘削に関して、切削抵抗と支配する切削強度指数との説明を行おうとともに、切削深さ成切削距離と無関係に一定である「定常切削」と、ショベル、ドラグラインにみられるように、切削中の切削深さ成変化する「非定常切削」とについて、切削機構に関する実験的研究を行なった結果について報告する。

2. 実験装置、実験方法および試料

掘削試験に用いた実験装置は図-1に示すようなもので、图中、切削刃①(刀幅 $B=5\text{ cm}$)は、切削刃取付け部のセンを適当に差し変えることにより、同一の刃ですくい角を0度、20度、30度、40度に容易に変えることができる。そしてこれを取付けのアーム⑪を設置した台車⑫はロープ⑦を介して巻取軸に巻き取られて走行する。巻取軸とモーターとの間はウオーム減速機による減速し、さらに、ベルトプーリーの径を変えしることによって変速する。切削速度は、 0.6 cm/sec 、 1.67 cm/sec 、 6.65 cm/sec の3段階に変えることができる。



① 切削刃 ② 刀の取付け部 ③ 載荷板 ④ 固定止
 ⑥ 鉛直計測ゲージ ⑦ ロープ ⑧ 滑車 ⑨ 水平力計測ゲージ
 ⑫ 支承 ⑩ アーム ⑪ 台車

図-1

图中⑤のセン二本で固定すれば定常切削ができ、一本にすればアームすなわち切削刃は上下可動で非定常切削を行なうことができる。非定常切削の場合、切削時に刃先にかかる推力を調整するため④の部分にカウンターウエイトをぶく。切削抵抗水平分力はゲージ⑦によって台車のけん引力として測定し、切削抵抗鉛直分力はゲージ⑥でアームの曲げモーメントとして測定した。土槽は幅23 cm、長さ100 cm、高さ30 cmで、切削時における土の盛りあがりや土の動きが土槽の側壁および底面に影響されないよう考慮した。

実験方法は粘性土に空気が入らないように注意してやり返し、表面が平らになるよう成形した後、定常切削の場合には、切削刃が適当な切り込み深さを保つように土槽の下に一定厚さのゴム板をしき、ゴム板の枚数によって切削深さを変化させた。非定常切削の場合には、アームを水平にしたとき刃先が粘性土の表面に接するように土槽を固定し、切削刃を静かにおろして台車をけん引した。

実験に使用した試料は粘性土で、あらかじめよく振り返し、実験中の含水比が一定(31.4 ~ 31.6%)になるように細心の注意を払った管理した。粘性土の粒度組成は、粘土分32%、シルト分48%、細砂分20%で、液性限界5.0%、塑性限界23.4%、塑性指数27.1%、比重2.67である。

3. 実験結果と考察

3-1 切削強度指数 c_s

図-2に示したように、この実験に用いた粘性土では c_s が深さ z に無関係に一定値 ($c_s = 0.47 \text{ kg/cm}^2$) となっている。従来の研究によれば、多くの粘性土では c_s のあまり大きくない範囲で c_s の値は一定であるとされている。すべての粘性土について、これが成立つかどうかは疑問であるが、実際問題としては、切削時と同じ深さで c_s 値を測定することによって、定常切削、非定常切削時の切削抵抗値をよく表現することが出来る。

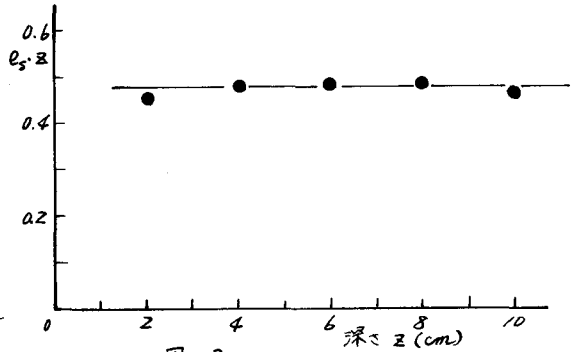


図-2

3-2 定常切削

すくい角 α と切削速度 v をパラメーターとして、切削深さ z に対する切削抵抗水平分力 H_x および切削抵抗鉛直分力 V_x の関係を図-3、図-4に示す。ここで、 H_x, V_x の値は刃前面の盛り上り土の影響を除いたものである。(図-5)。

水平分力は切削深さの増加とともに正比例して増大するが、一方、すくい角の増加とともにそれはわずかに減少している。鉛直分力の方向は上向きを正とする。

鉛直分力 V_x は、すくい角がゼロのときは切削深さが増加するに従ってわずかに増大するが、すくい角が 10° の度以上になれば切削深さが増加するにつれて鉛直分力は放物線的に減少し、ついには負の値をとるようになる。このため刃先と土中に引込石傾向がみられる。同様に切削速度をパラメーターとした場合も、すくい角をパラメーターとした場合と同じように、水平分力は切削深さの増加とともに正比例して増大し、

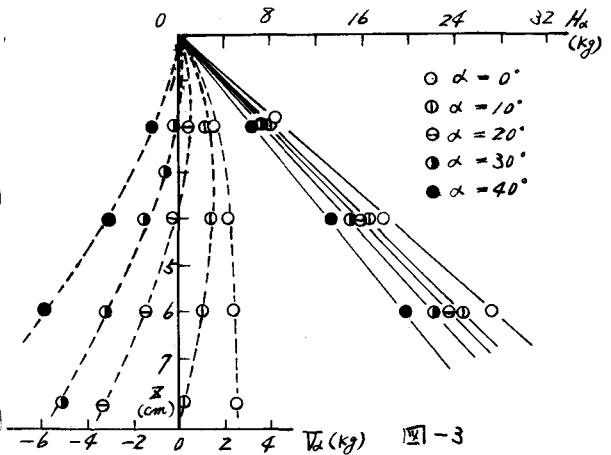


図-3

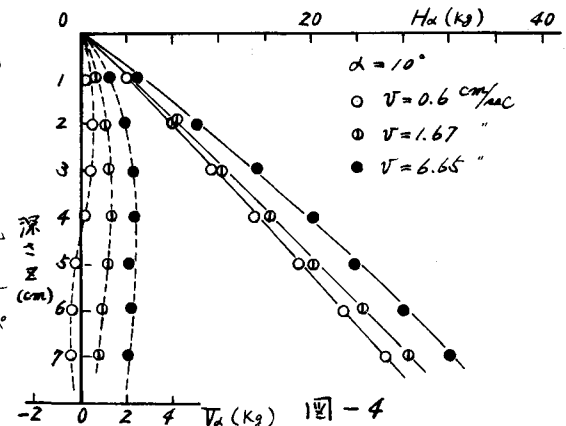


図-4

切削速度の増加とともに水平分力もわずかに増大している。また、鉛直分力の場合も、水平分力の場合と同様に切削深さが増加するにつれて放射線的に減少している。図-6は、水平分力と鉛直分力の関係を示したもので、すくい角が大きければ、鉛直分力が負の方向へ増大し、地盤へのくい込みが促進される傾向を併せて示している。これらの水平分力と深さとの関係から、すくい角がαのときの水平分力 H_x とすくい角がゼロのときの水平分力 H_0 の比 (H_x/H_0) とすくい角α (ラジアン) の関係を示すと図-7のようになり

$$H_x = H_0 \times 10^{-m\alpha} \quad (m=0.21)$$

なる実験式が成立する。よって、一般に水平分力に対する実験式としてつぎのよう関係式

$$H_x = A_v \cdot B(e_s \cdot z) / 10^{-m\alpha} \cdot z$$

が考えられる。ここで、係数 A_v は切削速度 v の増加関数であるが、本実験では、速度 $v=0.6 \text{ cm/sec}$ のとき $A_v=1.6$ 、 $v=1.67 \text{ cm/sec}$ のとき $A_v=1.85$ である。また鉛直分力に対する実験式として図-6よりつぎのよう関係式

$$T_x = C H_x + D$$

が考えられる。ここで、 C および D は実験条件によって異なる係数である。

3-3. 非定常切削

この場合切削力の鉛直方向には図-8と示すように、鉛直荷重 N 、切削鉛直分力 T_x' およびくい込み抵抗 F が作用すると考えられる。くい込み抵抗 F (図-8) は、切削深さ成切削中変化する非定常切削のときには必ずあらわれる抵抗で、慣性力を省略した近似的割合を考えると、

$$N = F + T_x'$$

なる関係が成り立つ。くい込み抵抗と切削深さとの関係を示すと図-9のようになる。

定常切削水平分力 H_x と非定常切削水平分力 H_x' について考察するとつぎのよう関係が考えられる

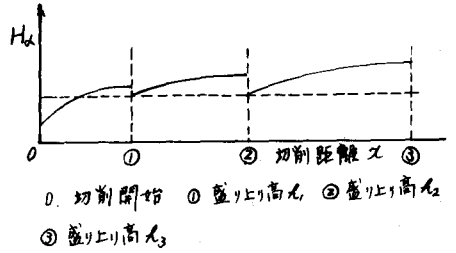


図-5

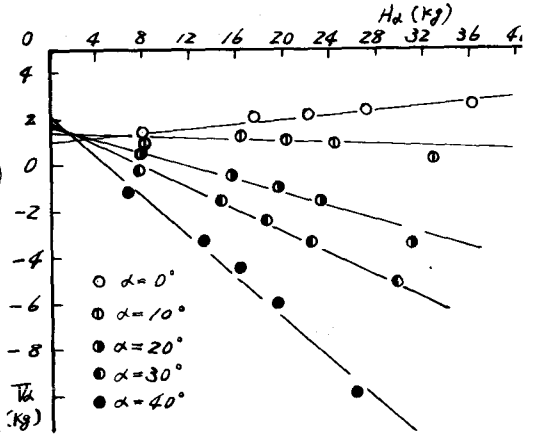


図-6

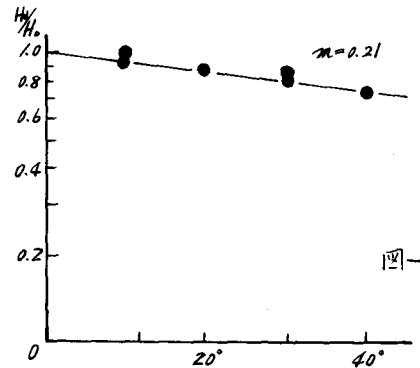


図-7

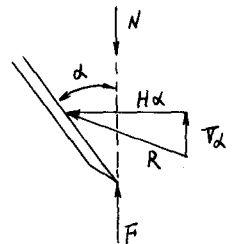


図-8

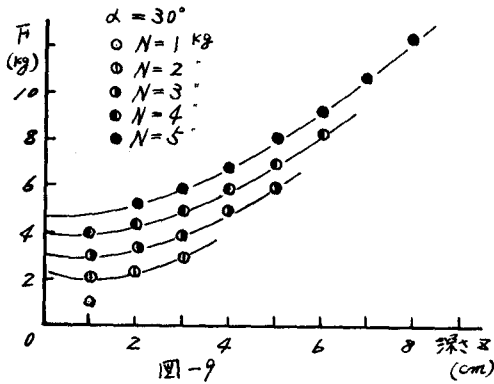


図-9

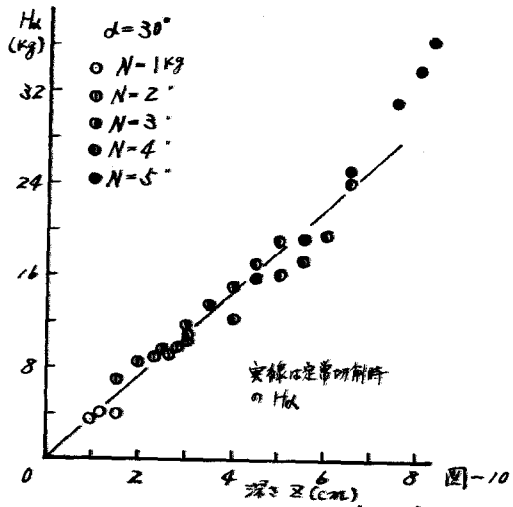


図-10

$$H_x' = H_x + \mu F$$

ここで、 μ は刃面と工の間の摩擦係数である。実験結果(図-10)でもわかるように定常切削時より非定常切削時の水平力がいくらか大きくできる傾向がみられる。

図-11はくい込み係数と切削深さの比(F/Z)と切削距離の微小部分と切削深さの微小部分の比(dx/dz)との関係について示したもので、これを実験式としてつぎのよう関係式

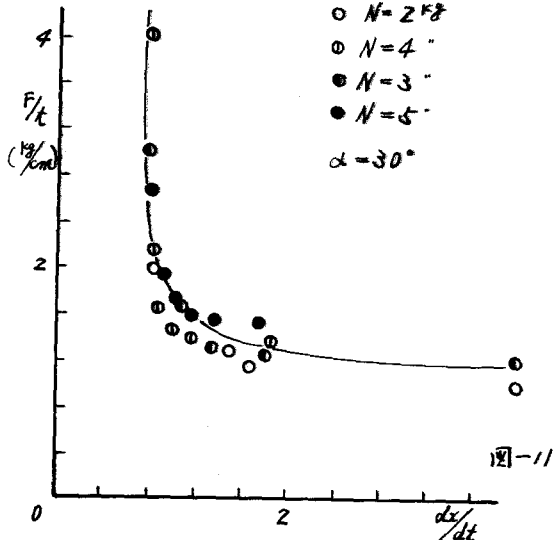


図-11

を考えることができる。非定常切削の直分力 H_x' についても定常切削で求めた実験式によりつぎのよう関係式

$$H_x' = A_v \cdot B \cdot C (e_s \cdot Z) 10^{-m\alpha} + D$$

を考えることができる。

この両式で K , C , D は実験条件によって異なる係数、 B は刃幅 (5 cm)、 e_s はくい込み係数で図-1より算出するとすくい角30度の場合 0.044 kg/cm^2 となる。

4. おわりに

まだ数多くの実験により検討しなくてはならない点があるが、以上の実験結果によつて得られた式により、種々の切削機械の刃先の運動や切削機構を解明する上の一助とされば幸である。