

掘削工具の碎石による摩擦機構について

京都大学工学部	正員	畠 昭治郎
福井大学工学部	正員	室 達郎
日本道路公団	正員	○西田 行宏
日本道路公団	正員	松本 信吾

1. まえがき

定常掘削状態の平刃の玄武岩碎石（高槻産）による摩擦、摩擦実験を現場に近い状態で行なった。その大要を報告する。なお、すくい角 α 、横すくい角 β （図-1）を変化させた場合、 $\alpha=\beta=0$ の場合と掘削面積が等しくなるように測定値に補正を加えた。

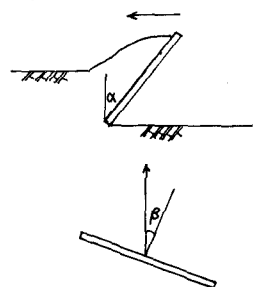


図-1

2. 平刃表面の碎石の動き

平刃表面の場所により碎石の動きに違いがあるため、平刃中央部の動きについて述べる。すくい角、横すくい角を大きくすれば碎石の間隙、流動速度は大きくなる。横すくい角 β と流動角 θ 、流動速度 v の関係を図-2,3)に示す。

3. 平刃に作用する掘削抵抗

平刃に作用する掘削抵抗は垂直成分（垂直面圧）と接線成分（摩擦力）に分解される。平刃の端部では碎石の流れが急変し乱れを生じるため、平刃中央部に作用する力をとりだし測定した。すくい角 α 、および横すくい角 β を変化させた場合の垂直面圧 P 、摩擦力 f の変化を図-4,5)に示す。

i) すくい角 α を変化させた場合の垂直面圧 P 、摩擦力 f

$$P/P_0 = \frac{10^{-mx}}{\cos\alpha + \sin\alpha \tan\delta} \quad , \quad f_\alpha = P_\alpha \cdot \tan\delta_\alpha \quad (1)$$

$\alpha, 0$ はすくい角 $\alpha, 0$ の場合を表わす。

δ : 摩擦角

m : 正の常数

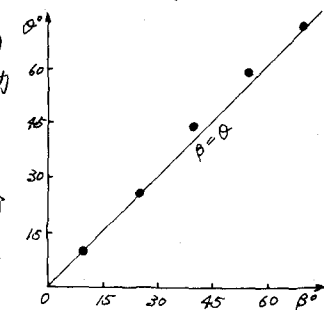


図-2

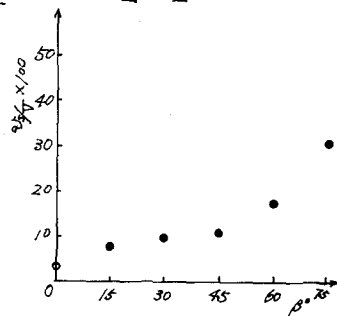


図-3

ii) 横すくい角 β を変化させた場合の垂直面圧 P 、摩擦力 f 、

$$P/P_0 = -C\beta + 1 \quad , \quad f_\beta = P_\beta \cdot \tan\delta_\beta \quad (2)$$

$\beta, 0$ は横すくい角 $\beta, 0$ の場合を表わす。

δ : 摩擦角

C : 正の常数

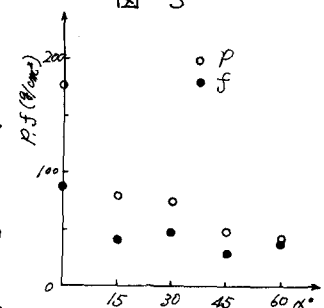


図-4

摩擦力 f の方向と刃面上の鉛直線とのなす角度を摩擦力方向角 ψ とする。摩擦力方向角と横すくい角の関係を（図-6）に示す。（図-1）と比較すると、碎石の流動方向と作用する摩

擦力の方向 ψ が一致していない。横すくい角 β が小さい場合は摩擦力方向角 ψ が流動角 ϕ より大きく、横すくい角が大きくなると逆転している。その原因は碎石粒子間に作用する粒子間力が存在するためと考えられ、粒子間力と摩擦力の合力の方向が流動方向となると思われる。

4. 固定平刃の摩擦

平刃の端部では金属エッジ部の効果のため摩擦量は中央部に比べ大きくなる。このため碎石の流れの定常的な中央部の摩擦量の変化について述べる。すくい角 α 、横すくい角 β を変化させた場合の単位摩擦量の変化を(図-7)に示す。

今、摩擦量は他の摩擦条件が一定であれば垂直面圧と正比例関係にあると仮定する。横すくい角を変化させた場合の単位摩擦量を垂直面圧で割った値と、流動速度の関係(図-8)に示す。

$$\frac{m_{\alpha}}{m_0} \cdot \frac{p_0}{p_{\beta}} = \left(\frac{v_{s\beta}}{v_{s0}} \right)^n \quad n: \text{定数} \quad (3)$$

(この場合は $\beta = 2.5$)

$\beta, 0$ は横すくい角 $\beta, 0$ を表わす。

一点づれているがこれは横すくい角が 70° の場合であり、他の因子、たとえば表面上の碎石ガルーズとなり単位面積に接触する粒子数が減少する、などの影響をおもわれる。

一個の砂粒子に作用する垂直面圧を p 、 $p \tan \delta$ を摩擦力とする。そして単位距離流動した時の金属の摩擦量を m とする。

m は砂粒子の形状、物理的性質、流動速度、金属の表面状態、物理的性質に関係する。

$$m = f_m(p) \quad (4)$$

また、金属の微小正方形 $(dx)^2$ を考え摩擦量 m 、接触する砂粒子数 n 、垂直面圧 p 、摩擦力 $p \tan \delta$ 、流動速度 v_s とする。粒子数 n は粒子間力、垂直面圧に関係する。摩擦量 m は(5)式で表わされる。

$$m = n \cdot f_m(p_n) \cdot v_s \quad (5)$$

5. あとがき

講演会では金属の端部における摩擦量増大の原因、つまりエッジの効果、乾燥、水浸状態の碎石を相手とした場合の摩擦の差異について述べる。

なお、本研究は、昭和45年度科学研究費を受けたものである。

参考文献

- 1) 畠 昭治郎 掘削機構の解明 (1) 建設の機械化 第135号

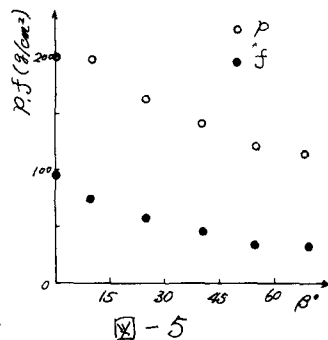


図-5

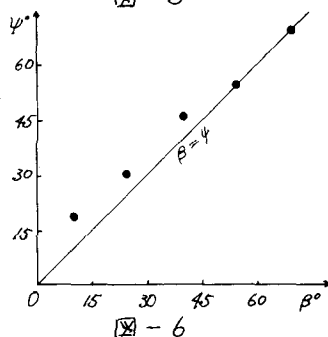


図-6

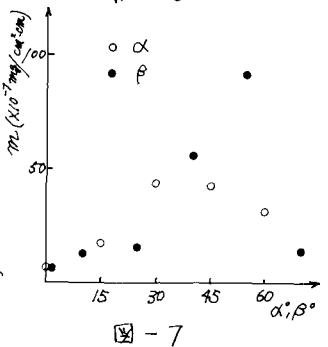


図-7

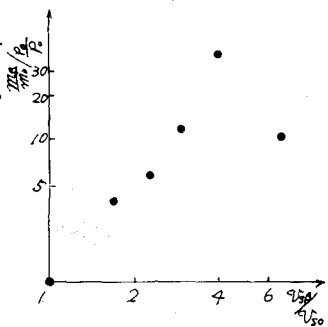


図-8