

砂粒子による金属面の摩擦特性について

京都大学工学部 正員 畠 昭治郎
 京都大学工学部 正員 室 達朗
 京都大学大学院 学生員 安岡伸之

1. まえがき

定常切削機構の切削部分を対象とする場合、個々の土砂の状態によって金属と砂との間の摩擦、摩擦を考へる必要があると考えられる。本文では特に砂粒子が流動する場合の砂粒子による金属面の摩擦特性および摩擦特性について考察を行ったものである。

2. 実験方法

実験に用いた切削支持具は図-1に示すとおりである。これを引つがき柵、土面均し板、ローラーを備えた回転台車に取りつけ、試料土を整地、転圧しながら連続長時間の摩擦実験をおこなった。ペーパー・ゲージで金属板に働く切削抵抗(R_x)の分力 N 、 F を分離測定し、切削幅(B)、切削深さ(t)、横すくい角(α)に対し各々求め、摩擦係数を算出した。(図-2参照)

試料土としては、琵琶湖口底から採取した砂を用い、金属板(切削)は厚さ3mmの鋼板を用いた。摩擦量の測定には、一定距離走行後、鋼板の摩擦損量を秤量200g、感量1mgの直示天秤によって数十mgの大きさで測定した。

3. 実験結果とその考察

1) 摩擦係数の算出

金属板(切削)に働く切削抵抗(R_x)を図-2のように分解して考え、

$$\alpha' = \angle AOB = \tan^{-1} \frac{F}{N} \quad \text{--- (1)}$$

$$\delta' = \angle BOF = \tan^{-1} \left(\frac{F}{\sqrt{N^2 + F^2}} \cdot \tan \alpha \right) \quad \text{--- (2)}$$

とする。ただし、 α = 横すくい角(金属板の走行方向と金属板とのなす角度) 次に金属面に垂直な力($N = R_x \cos \delta' \cos \alpha'$)と砂が金属面を流動する方向の力との比の値より、金属面と砂粒子との間の摩擦角(δ)を算出し、摩擦係数(μ)の値を求めると、

$$\mu = \tan \delta = \frac{\sqrt{\sin^2 \alpha' + \tan^2 \delta'}}{\cos \alpha'} = \tan \alpha' \cdot \sec \alpha \quad \text{--- (3)}$$

となる。(ただし、 $\tan \delta' = \tan \alpha \cdot \sin \alpha'$)

2) 摩擦量

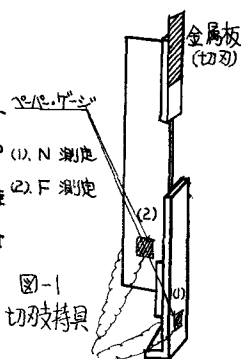


図-1

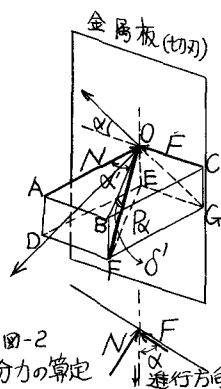


図-2

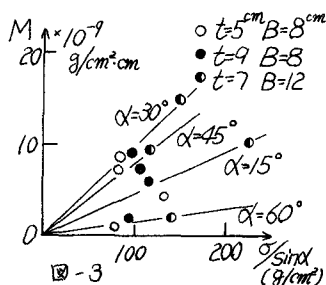


図-3

摩耗量は走行距離、平均的面圧を $\sin\alpha$ で除した値に、切削深さ (t)、切削幅 (B) とに無関係にほぼ比例する。(図-3 参照)

ただし M は単位面積 (切削部分の面積) 当り、単位摩擦距離 (走行距離) 当りの摩耗量である。また、 M を $\sin\alpha$ で除した値 (比摩耗量) と横すくい角 (α) との関係は図-4 のとおりであり、 $\alpha=30^\circ$ のとき、ピークを示すことがわかる。

一般に摩擦係数 (μ) は、砥粒と純金属との間の摩擦特性と同様に砂粒子の場合もひっかき摩耗と考えると、ひっかきの項 μ_p 、転着の項 μ_a 、ころがりの項 μ_r に分解できる。

すなわち、
$$\mu = f_s \times (\mu_p + \mu_a) + f_r \times \mu_r \quad \text{--- (4)}$$

となる。 f_s : 砂粒子が金属面上で滑動する割合、

f_r : 砂粒子が金属面上で転動する割合、

μ_r (ころがりの項) は他の項と較べると無視できるほど小さいから、式 (4) をかきかえると、

$$\mu = f_s \times (\mu_p + \mu_a) \quad \text{--- (5)}$$

また、砂粒子が金属刃面上を転動しないと考えると、式 (5) の

$$f_s = 1 \text{ とすると、} \mu = \mu_p + \mu_a \quad \text{--- (6)}$$

となる。 μ_p は横すくい角 (α) と比摩耗量と同様の関係があると仮定し、図-5 の μ 、 μ_p を実線のごとく延長する。ここで実験値 (実線) と実線部分との間の斜線部分が、砂粒子が金属刃面上を転動した結果と考えられる。

ゆえに、比摩耗量が、ひっかき (μ_p) の項に一次的に比例すると考えて得た実験式は、

$$\frac{M}{\sin\alpha} = (\mu_p - \mu_0) \cdot k_1 \quad \text{--- (7)}$$

となる。式 (7) をかきかえると、

$$M = k_1 \cdot (\mu_p - \mu_0) \cdot \frac{\sigma}{\sin\alpha} \quad \text{--- (8)}$$

摩耗量が面圧力と摩擦係数 (ひっかきの項) の 1 乗に比例する研摩紙上での各種純金属の摩耗実験の結果と一致する。

4. あとがき

本報告は、1 種類の鋼板に対する砂粒子の流動による切刃 (切削部分) の摩耗特性について考察をおこなったものである。レガるに実際の掘削部分の条件を考えたとき、切削強度が大きく (高面圧)、また砂粒子の拘束度の高い場合も必要となる。これらを今後の研究課題として考えていきたい。

