

# 堆積土砂による金属材料の摩耗特性について

京都大学工学部 正員 畠 昭治郎  
 福井大学工学部 〇正員 室 達朗  
 藤 田 組 正員 栗山 保

1. まえがき 土作業において、自然に堆積した土砂を掘削、運搬する場合の作業部分の摩耗特性を究明することは、施工の合理化を達成する上にきわめて重要な問題である。本文では、土砂粒子の締め固め度が小さく、土粒子相互の移動が比較的自由な堆積土砂について、砂粒子と金属材料との間の摩耗特性、主として摩擦係数、接触面圧と摩耗量との関係および摩耗量の締め固め含水比による影響について実験的考察を行なう。

2. 摩擦係数、接触面圧と摩耗量との関係 試料土は琵琶湖砂(粒度分布は  $m=0.70^{mm}$ ,  $\phi=0.244$  の対数正規分布をなす細砂)を使用し、その含水状態は乾燥状態から水浸状態にいたるまで種々の含水比  $w$  に対してローで転圧締め固めを行なった。堆積土砂による金属材料の摩耗面に作用する垂直面圧  $p$ 、摩擦力  $f$  および摩擦係数  $\mu (=f/p)$  を実測するために、 $H_v=120$  の軟鋼を供試体(摩耗面積  $4.0\text{ cm}^2$ )とし、これを図-1(a)に示す支持具にとりつけ進行方向となす角度  $\alpha$  および掘削深さを自由にかえうようにし、供試体に作用する  $p$  および  $f$  はそれぞれ供試体と支持具とを連結する測定棒に貼ったストレインゲジによって分離測定しうる装置を作成した。金属面上を砂粒子が走行する方向と水平軸となす角度  $\alpha'$  は、堆積土砂の拘束度によって変化するが、完全乾燥および水浸状態においては  $\alpha' \equiv \alpha$  となる。しかし、図-2に示すように、 $w=4.0\%$  に対する  $\alpha'$  は深さ  $D$  の増加とともに減少し、一般につぎの実験式が成立する。

$$\alpha' = m \cdot \alpha \quad (m=0.91 \sim 0.94) \quad (1)$$

一例として、 $w=4.0\%$ ,  $\alpha=60^\circ$ ,  $D=15\text{ cm}$  に対する粒子の痕跡を写真-1に示す。摩擦力  $f$  は、粒子の走行する方向に作用するが、その大きさは乾燥砂および水浸状態にある場合には、深さとは無関係にその最大値は、 $\alpha=30$ 度近傍において発生する。しかし、 $w=4.0\%$  においてはかなり拘束度は増大し、深さの増加にともなうその最大値は  $30$ 度よりも増大する傾向にある。つぎに、垂直面圧  $p$  は一般に、深さとともに増大するが、同一深さに対しては、 $p$  は  $\log \alpha$  に比例して増大している。金属の摩耗量は、土槽において供試体を一定速度で一定の距離走行させた後、その重量変化を測定した。摩擦係数および摩耗

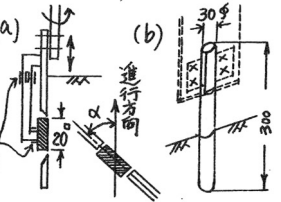


図-1 供試体とその支持具

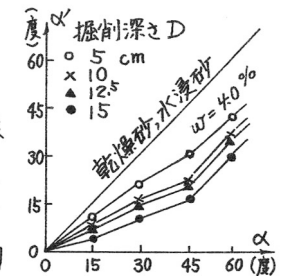


図-2  $\alpha'$  と  $\alpha$  の関係

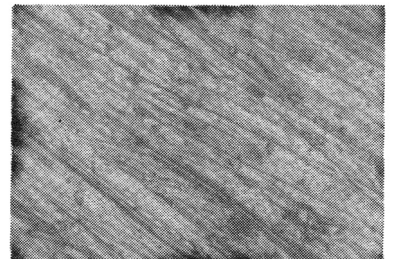


図-3 摩擦係数、摩耗量と  $\alpha$  との関係

写真-1 砂粒子の痕跡例

量と角度 $\alpha$ との関係は、図3に示すように、30度において砂粒子による金属のひっかかり効果が最も顕著にあらわれたものと考えられる。すなわち、摩耗量は一般に、摩擦力 $F$ に比例すると考えられるが、金属の種類によりある程度の摩擦係数 $\mu$ 以上でないでと摩耗しない限界があるので、摩擦係数と垂直面圧の関数として表現すると次式が成立する。

$$M = k(\mu - \mu_0)^n p^p \quad (2)$$

しかし、図において明らかなように、含水状態の変化によって、摩耗量の絶対値はいちぢるしく異なる。これは、遊離した金属が母材から脱落する割合が、含水状態によって大きく異なるものと考えられる。なお、 $w=4.0\%$ に対しては供試体前面に静止した土塊が発生し、摩耗せず摩耗量の測定が不能となった。

3. 締め固め含水比による摩耗量の変化 前述の琵琶湖砂を使用し、図1(b)に示す直径30mmφ、長さ300mmの炭素鋼(焼入れ処理によって各種の硬度を有す)について、締め固め含水比および走行速度を変化させた場合の摩耗特性について実験を行なった。図4は、試料土の締め固め曲線を示す。締め固め含水比を変化させた場合の速度効果は、図6に示すように、乾燥砂に対しては速度による影響は小さく、含水比が増大し最適含水比の近傍において速度効果は最も顕著に発揮される。これは、最大掘削抵抗に対して整理を行なったものであるが、最大掘削抵抗と摩耗量の関係は比例関係にあり、速度効果は摩耗量に対しても成立する。図5は、一定速度に対する締め固め含水比を変化させた場合の種々の硬度に対する金属の摩耗特性を示したものである。なお、最大掘削抵抗 $F_{max}$ は、金属供試体に作用するすべての摩擦力で受けもたれると解釈すると摩耗量 $M$ と $F_{max}$ の間に一般に次式が成立する。

$$M = k(F_{max} - F_0) \quad (3)$$

ここに、 $k$ は実験の諸条件によって定まる定数であり、 $F_0$ は、摩耗を生ぜしめない限界掘削抵抗である。この関係を、含水比 $w=1.2\%$ 、 $4.0\%$ および $10.0\%$ における最大掘削抵抗と単位摩耗量について、 $H_v$ をパラメータとして図7に示した。

4. あとがき 堆積土砂による金属の摩耗量は接触面圧および摩擦係数と関係があり、また、締め固め含水比と摩耗量、含水比と速度効果との間に重要な関係があることを明らかにした。これらの摩耗機構解析を行なうことにより、最大掘削抵抗と摩耗量との間にはきわめて密接な関係があることを実証する。図7 単位摩耗量と最大掘削抵抗の関係

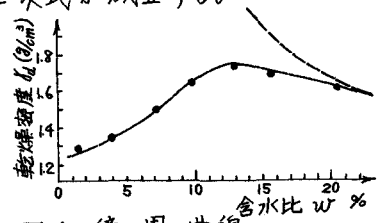


図4 締め固め曲線

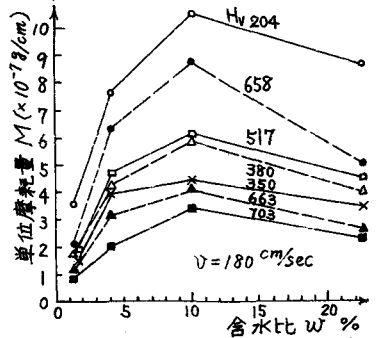


図5 単位摩耗量と含水比の関係

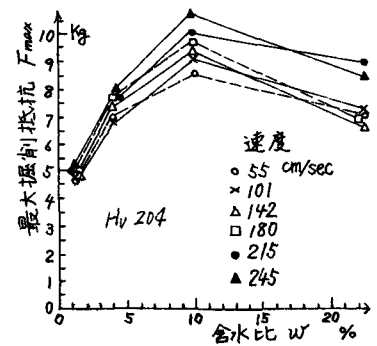


図6 最大掘削抵抗と含水比の関係

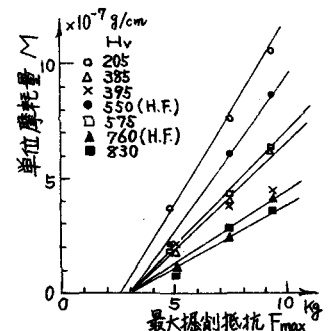


図7 単位摩耗量と最大掘削抵抗の関係