

京都大学工学部 正員 富 昭治郎
同 正員 〇室 達 朗

1. まえがき 土工機械の作業部分の摩擦に最も大きな影響をおよぼすと考えられる固結した砂質土と鋼板との間の摩擦特性について、鋼板の硬度を増加させた場合および高面圧で試験した場合の摩擦抵抗および摩擦量を実測するとともに、これらの間に実験式をたて、さらに理論的な考察を加えた。

2. 摩擦試験装置および方法 試験装置の概略は図-1に示すとおりである。鋼製回転テーブル上には、厚さ約7cmの固結した砂質土を円環状型枠内に充てんし、テーブルとともに回転させ、その上に摩擦試験片をおき、種々の載荷圧に対して摩擦させる。摩擦試験片取り付け枠は砂質土と試験片との間の摩擦抵抗を測定するために一端をヒンジで固定し、他端を1トン用引張計に連結して、2個の摩擦抵抗力の反力をとり、差動変圧器をおして直接オシログラフに自記させる構造とした。砂質土は、砂粒子を相互に固定して土粒子のひっかかり作用による鋼板の摩擦量が大きくなるように、ソイルセメントとして用いた粒度配合のよい礫混り砂についてセメント含有量を6%とし、その土の最適含水比において、円環状型枠内に締め固め、7日間養生した後乾燥状態で試験した。金属板としては鋼板を使用し、厚さ1mm、14cm×15cmの矩形板とし、無処理および熱処理によって、硬度を増加させたものについて行なった。摩擦量の測定には、一定距離走行した鋼板の損耗量について秤量200g、感量1mgの天秤によって数mgまで測定した。

3. 実験結果および考察 鋼板の摩擦量と走行速度による関係については、一定の面圧について試験した結果、走行速度が10~30 cm/secの範囲ではほとんど変化しないことがわかる。これは、同時に測定した摩擦抵抗がほとんど変化しないことから裏付けられる。したがって、以下の実験においては鋼板の走行速度を10 cm/secとして一定に保った。鋼板の硬度については、ヴィッカース硬度で300, 400 および 700 のものについて、摩擦量の変化を測定するとともに、鋼板とソイルセメントとの面圧を増加させた場合の摩擦係数および摩擦量について実測した。その結果は図-2に示すとおりであり、摩擦量は鋼板が単位距離移動する場合の単位面積あたりの摩擦損量として表わし、それぞれ12回の測定値の平均値としてプロットしたものである。この際、測定値のバラツキは平均±5%であった。図から明らかなように、一定の面圧に対しては、鋼板の硬度が増加するとともに摩擦量は減少しており、また、面圧の増加とともに摩擦量の増加率は減少していくことが判明した。一方、同時に測定した摩擦抵抗については、図-3に示すように、摩擦抵抗は面圧の増加とともに正比例して増大するので、面圧に対して直線式で表わすことができる。また、鋼板の硬度の増加とともに、その摩擦係数は、わずかに減少している。いずれの場合にもこれらの関係が原点を通らないのは、ソイルセメント上を鋼板が通過する際、土粒子の破碎による目づまりのために、土粒子によるひっかかり作用以外にある程度の付着力が作用するものと考えられる。また、目づまりによる影響を知るために、破碎粒子を完全に除去し、つねに新鮮試料上を鋼板が通過する状態にして同じ試験を行なった結果、

図-1

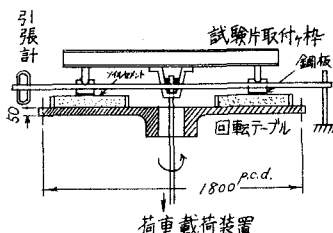


図-2,3の破線で示すとおり、摩擦抵抗は原点を通る直線となり、摩擦係数は増大する。また、摩擦量はひきき作用の増大とともに増加するが、その増加率は面圧の増加とともに減少している。さて、図-2,3から一定面圧に対する摩擦量と摩擦係数の関係を求めると図-4のようになり、いずれの面圧に対しても摩擦量 M は摩擦係数 μ に比例し、 $\mu = \mu'$ (図-4において各直線の摩擦係数軸上の切片)において摩擦量は0に達している。一方、図-2において、摩擦量が面圧 p の α 乗に比例するとし両対数軸上に再プロットすると、いずれの場合にも α は一定(この場合 $\alpha \approx 0.8$)となるので、摩擦量と摩擦係数および面圧の間には、実験式としてつぎのような関係式をたてることができる。

$$M = K(\mu - \mu') p^\alpha \quad (1)$$

ここに、 K, α は定数であり、いまこれを理論的に説明するために、まず面圧 p のうち、 fp を n 個の固着砂粒子で、 $(1-f)p$ を破碎粒子で受けもたれているとする。また、1個の砂粒子によるひききみぞの断面積を A 、みぞから排除され再付着した相当断面積を A' とする。さらに、全体の摩擦係数を μ とし、砂粒子によるひきき摩擦係数を振起しの項 μ_p と凝着項 μ_a との和であるとし、破碎粒子による付着摩擦係数を μ_0 とし、また μ_p によって砂粒子により鋼板に与える流動応力を p'_m 、鋼板の面積を B とすると、 $\mu_p fpB = nAp'_m$ 、 $\mu_p B = fpB(\mu_p + \mu_a) + (1-f)pB\mu_0$ また、 ρ を鋼板の密度、 β を砂粒子の破碎にともなう摩擦のひきき作用が途中で低下する場合の低減率として、 $\beta = K'p^{\alpha'}$ と仮定すると、 M は次式で表わされる。

$$\begin{aligned} M &= n\rho(A - A') \cdot \beta / B \\ &= \rho/p'_m \cdot \beta p(1 - A'/A) \cdot \mu_p(\mu - \mu_0) / (\mu_p + \mu_a - \mu_0) \\ &= K(\mu - \mu_0) \cdot p^\alpha \end{aligned} \quad (2)$$

ここに、 μ_a, μ_p は砂粒子の形状によって決定される定数であり、 $\mu_0, A'/A$ および ρ/p'_m を一定であると仮定すると、上記に示すように摩擦量 M は摩擦係数 μ と面圧 p の関数となり実験式(1)と一致する。

4 あとがき セメントで固結した砂質土による鋼板の摩擦については、その摩擦量を支配するものは摩擦係数および面圧であり、それらの間には実験式(1)なる関係があることが判明した。面圧の増加とともに、鋼板の摩擦抵抗は直線的に増加するのに対し、摩擦量の増加率が減少することは特記すべきことであり、これは粒子の破碎による目づまりの影響ではなく、摩擦によって土粒子が破碎されるために、摩擦に最も大きな影響をおよぼすひきき作用が低下するためであると考えられる。また、解析の際 $\beta = K'p^{\alpha'}$ と仮定したが、 α' がさらに高面圧に対しても一定値をとるかどうかについても検討を要する。さらに、摩擦抵抗が低下しないのは、これが単にひきき作用だけでなく他のつり合い抵抗などにも帰因すると考えられる。

