

VI-61

高接触圧条件下における水と鋼のみかけの摩擦係数

秋田工業高等専門学校 正員 榎 国夫
 N T T 小樽 正員 小林正樹
 竹中工務店 正員 上田貴夫
 北海道大学工学部 正員 佐伯 浩

1. はじめに

水と諸材料間の摩擦係数を明らかにすることは、例えば傾斜構造物に作用する水力といった水盤と構造物の間の相互作用を明らかにする上で重要な課題である。しかし今までの摩擦係数に関する実験は、大きな実験材料面に水を押しつけて摩擦係数を求める方法であった。本実験は側方が拘束された水盤上に、鋼板を高接触圧で押しつけた状態で鋼板を移動させた時の摩擦係数を調べたもので、厳密に言えば、この時の鋼材に作用する力は接触面での摩擦力と鋼板の前面での水盤表面を削る力(Bulldozing Force)との和と考えることができる。このような問題は水盤上をを滑走するソリ等のような場合や、水盤を摩擦力の減少に利用するような場合に相当であると考えられる。また、水そのものも変形を拘束することにより強度を高めることも可能で、そのような場合、重量物の移動に水を利用することも可能である。本研究は、変形を拘束した状態の水盤上を高接触圧の条件下での移動する鋼板の摩擦を取り扱ったものである。

2. 実験装置及び実験方法

実験装置を図1に示す。鉛直荷重は油圧ポンプ、油圧ジャッキを用いて鋼製プレートに載荷し(30tonまで可能)荷重をロードセルで測定する。また沈下量は1/100mmのオーダーまでダイヤルゲージで測定した。水平荷重も同様に油圧ポンプ、油圧ジャッキを用いロードセルで測定した。

供試体は、十分に強度のある縦400mm、横122mm、高さ70mmの鋼製の箱に約1,200ccの淡水を入れ、下部から水が成長していく様に側面と表面を断熱材で覆って低温室内で作成した。こうして作成された水は、ほぼ三軸状態に近いものである。供試体の箱はローラーの上に置き鉛直荷重をかけ、ある沈下量に達すると供試体に水平荷重をかけ摩擦力を測定した。なお、ローラーの摩擦係数は、予備実験で300kgf~1tonfの荷重に対して0.001以下で今回の実験においてはほとんど無視できるものであった。

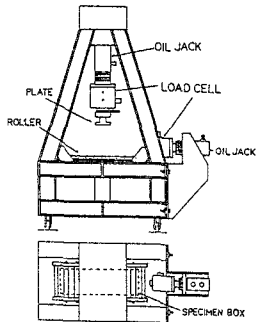


図1 実験装置

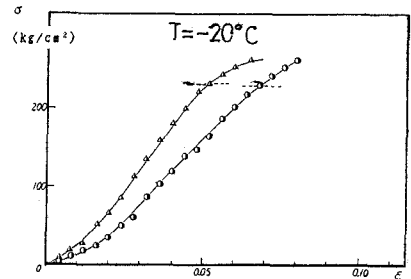


図2 接触圧と初期歪の関係

3. 実験結果

1)初期弾性状態: 図2は鉛直応力(接触圧)と初期歪との関係を示したものである。水温は-20°C、応力速度は1.19kgf/cm²/secである。図から明らかに、変形の初期においては直線的な変化を示し、ある応力以上にな

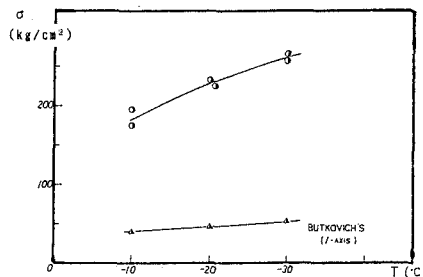


図3 降伏応力と水温の関係

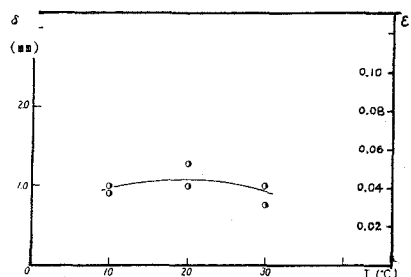


図4 降伏点における沈下量と水温の関係

ると直線から曲線に変化する。この点を降伏点とみなす。また図3は水温 T と降伏応力 σ との関係を示したものである。大きい降伏応力を示す曲線が今回の実験で、水温の低下に伴い強度が増加している。また図中の下に示したのはButkovichが行った一軸圧縮試験の結果である。今回の試験による三軸状態での強度は一軸圧縮状態に比べ4.5~5.0倍程度大きいといえる。よって側方を拘束することにより、降伏強度は大きくなり大きな荷重に耐えられることになる。また、図4は応力速度が $1.19\text{kgf/cm}^2/\text{sec}$ での降伏点における沈下量と水温の関係を示したものである。パラツキはあるが沈下量が 1mm (歪が 0.04) 前後で降伏している。このように薄板 (厚さ÷幅 $=0.2$) で三軸が拘束されるような場合の降伏時の歪は約 0.04 でその降伏強度は一軸圧縮の4~5倍となることが明かとなった。

2) 長期載荷による水の沈下量: -10°C において長時間にわたって載荷した時の水の歪を示したのが図5である。降伏荷重よりも小さな荷重をかけて載荷時間と歪との関係を調べた。載荷初期は急激な歪の変化がみられるが、約30分後くらいからは時間に比例した変化を示している。この様な結果は -20°C 、 -30°C でも同様な結果となる。これは水が粘弾性をの性質をもつということを示している。今回の結果から沈下量を支配する要因は水温と荷重と載荷時間であり、長時間載荷では、載荷板の沈下量も大きくなり、見かけの摩擦係数も増大することになるので、水盤を摩擦係数低下のために用いる場合、長期載荷をしないようにすることが重要である。

3) 摩擦係数: 図6 (a) (b)はその沈下量(δ)とみかけの摩擦係数(μ)の関係を示している。(a)は -5°C 、(b)が -10°C の場合である。みかけの静止摩擦係数は沈下量が大きくなるに従い増加している。これは載荷板が氷の表面を削るためであると考えられる。しかし、みかけの動摩擦係数については -5°C では沈下量が大きくなるにつれ増大するが、 -10°C では沈下量の大きさに関係なく一定である。また -10°C 以下で、みかけの摩擦係数が一定となるのは、一つには氷の上に乗上げて進んでいくため、もう一つには沈下量が多いということは載荷時間が長く破壊の範囲が広がり、せん断抵抗や掘り起こし抵抗が小さくなり、横方向の動きに対する抵抗が小さくなるためと考えられる。また水温とみかけの摩擦係数の関係を図7に示す。みかけの静止・動摩擦係数ともに水温の低下に従い増加している。これは接触圧が大きいため、みかけの静止摩擦においては氷盤の破壊からくるせん断力の影響、みかけの動摩擦においても表面を浅くではあるが掘り起こしながら滑ることによるせん断力の影響が考えられる。

図8に各水温に対する見かけの動摩擦係数と接触圧の関係を示す。降伏応力よりも小さな範囲では見かけの動摩擦係数は接触圧に無関係にほぼ一定と見なされる。

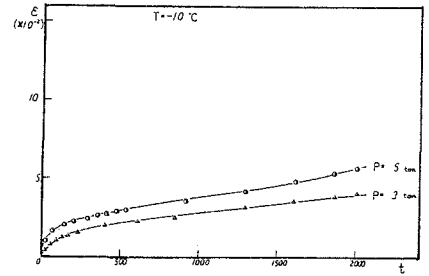


図5 長時間載荷による水の歪

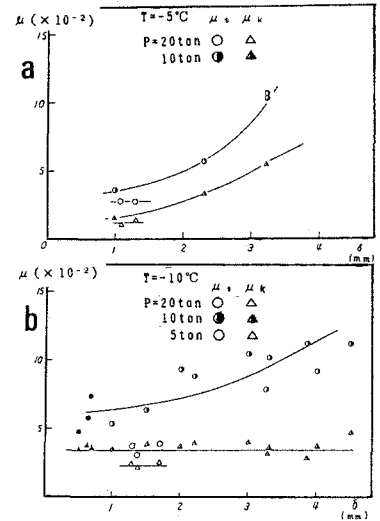


図6 沈下量と見かけの摩擦係数

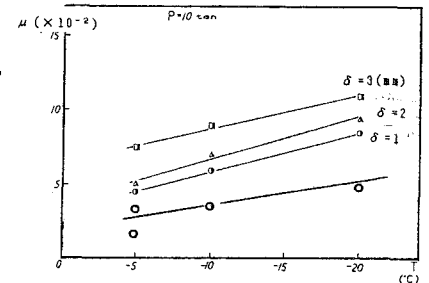


図7 水温と見かけの摩擦係数

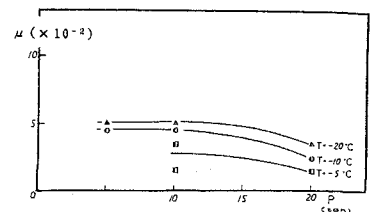


図8 接触圧と見かけの摩擦係数