

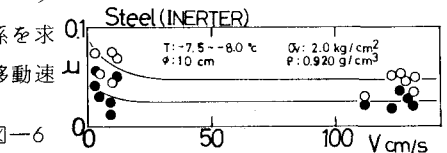
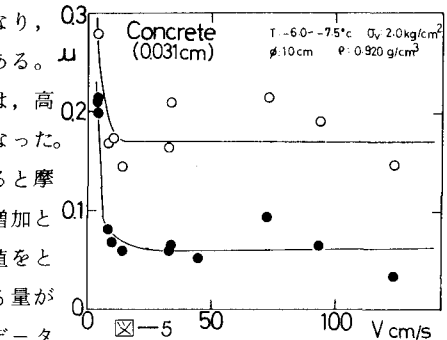
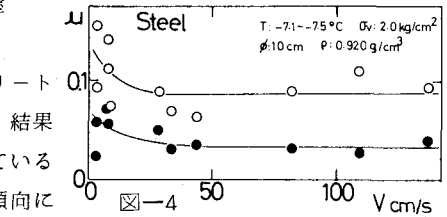
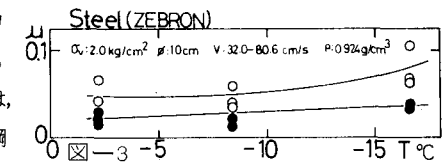
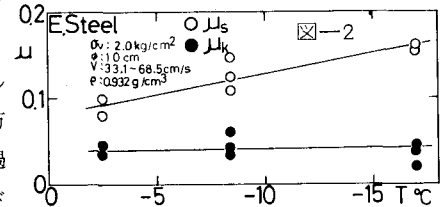
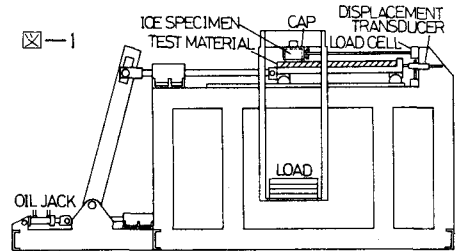
北海道開発局 正員 ○福本 淳
 北大工 小野 敏行
 北大工 正員 佐伯 浩

§ 1 前書 寒冷地の河川や湖沼に建設される水理構造物のうち、特に傾斜型の構造物、例えば斜杭やCONE型構造物に作用する水力を見積る場合には、それらの構造物に用いられる材料と氷との間の摩擦係数が明らかにされねばならない。本研究は、淡水氷と各種土木材料間の高速摩擦試験を行ない、水中と空気中試験の比較、温度特性、速度効果、材料板の表面形状と摩擦係数との関連などについて調べたものである。

§ 2 実験方法 高速試験装置は図1に示すように、キャップをかぶせた水の供試体をロードセルからロッドを用いて固定し、材料板を置いた台車を油圧ジャッキにより、てこの原理を応用して、高速で移動させる方法である。荷重は従来通りキャップ上方からぶら下げる方法をとった。また、低速試験装置については過去の報告(1)を参照していただきたい。供試体は、淡水氷をコアドリルで直径10 cmの円筒形に整形したものを用いた。材料板は、コンクリート板が、中央粒径0.031 cm, 0.021 cmの骨材を用いたものと鋼板の型枠に接したなめらかな表面のものの3種類、鋼板は、表面処理していない鋼板(黒かわ)、表面に細かい溝をつけた鋼板、水理構造物に最も適しているZEBRONとINERTER160を塗った鋼板の4種類を用いた。

§ 3 摩擦係数と氷温との関係 使用した材料板は、コンクリート(0.031 cm)、鋼(黒かわ、溝有り、ZEBRON)の4種類である。結果を図2、図3に示す。移動速度の違いによる差が多少は影響しているものの、全体的には摩擦係数は氷温が低下すると若干増加する傾向にあることがわかる。これは氷温が低下すると氷の強度が大きくなり、接触面の凸凹がけずられるときに大きな力が必要となるためである。

§ 4 摩擦係数と移動速度との関係 本実験の主目的の1つは、高速での摩擦試験であり、7種類全部の材料板について実験を行なった。その結果は図4～図6に示すように、秒速20～30 cmより速くなると摩擦係数がほぼ一定値になっていて、それより低速では、速度の増加とともに摩擦係数が低下していることがわかる。摩擦係数が一定値をとる理由は、移動速度が大きくなると水が材料面の凸凹に貫入する量が一定になるためと考えられる。また、あまり高速での試験ではデータのばらつきが大きくなるため、摩擦係数と移動速度以外との関係を求める実験では、摩擦係数が一定になりつつある秒速30 cm程度の移動速度で行なうのが最も適していると思われる。



§ 5 摩擦係数と鉛直応力との関係 コンクリート(0.031cm)と鋼(黒かわ)の2種類の板を使用し、荷重は3段階に変えて実験を行なった。結果を図7、図8に示す。Amontonの法則に述べられているように、応力と摩擦係数は無関係、すなわち、応力を増加させても摩擦係数は変化しないとされているが、コンクリート板の静止摩擦係数を除いてこのことが確かに言える。コンクリート板の静止摩擦係数が鉛直応力の増加に伴って大きくなっているのは、コンクリート板表面の凸凹が大きくデータがばらつきやすいことや板の凹部に氷がくいついたためと考えられる。

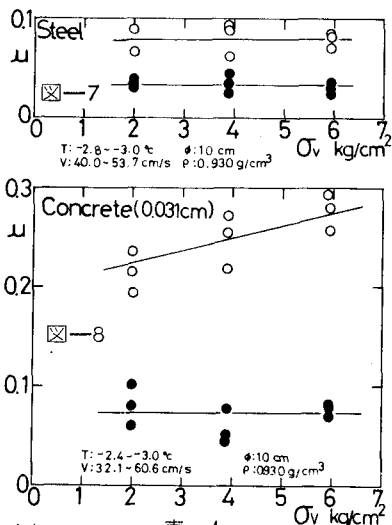
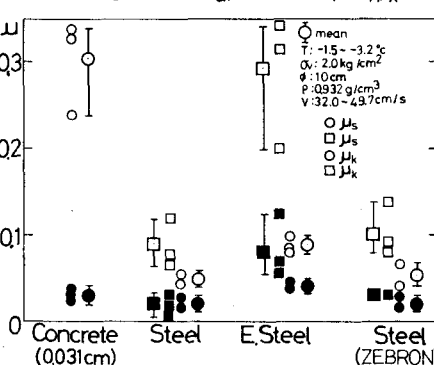
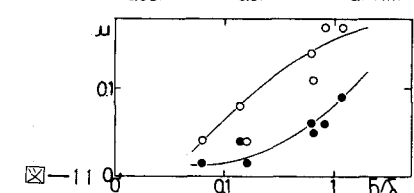
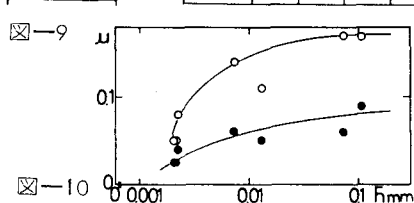
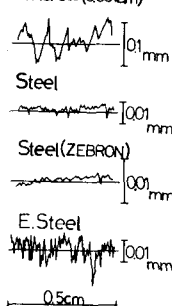


表-1

Material	$\bar{h}$ mm	$\bar{\lambda}$ mm	$\bar{h}/\bar{\lambda}$	$\tan\theta$
Concrete 0.031cm	0.0740	0.0903	0.8195	0.410
Concrete 0.021cm	0.1075	0.0912	1.1787	0.333
Concrete smooth	0.0074	0.0120	0.6167	0.840
Steel ZEBRON	0.0020	0.0313	0.0639	17.19
Steel INERTER	0.0022	0.0134	0.1642	14.84
Steel	0.0022	0.0157	0.1401	6.68
E Steel	0.0132	0.0203	0.6502	1.57



§ 6 摩擦係数と材料板表面の粗さとの関係 過去の実験では、材料の分類を全て材質で行ってきたが、この分類では材質のばらつきや各材料間の違いが明確でないため、他の実験との比較研究ができない。そこで粗度計を用いて材料板の表面形状を測定し、摩擦係数との関係について調べてみた。図9から表1のように $\bar{h}$: 平均波高, $\bar{\lambda}$: 平均波長, $\bar{h}/\bar{\lambda}$: 平均波形勾配, $\tan\theta$: 先端角の正接を求めた。その結果、波高、波形勾配、先端角が摩擦係数と関連のあることがわかった。すなわち、波高、波形勾配の増加とともに摩擦係数は増加し、先端角の増加とともに摩擦係数は減少する(図10~図11参照)。これから、材料板の表面の粗さが摩擦係数に大きく影響していることがわかる。

§ 7 水中摩擦試験 材料板と水の供試体の間に水膜がある場合、この水膜によって摩擦係数にどのような影響が出てくるのかを調べた。材料板を淡水を満した鋼の箱の中に入れて、他の条件は同じにして同様の試験を行なった。図12のように、個々の試験についてはある程度のばらつきが見られるが、全体的には水中試験による影響はほとんど見られないことがわかった。

§ 8 まとめ 試験結果をまとめると、①移動速度が増大するとともに摩擦係数は減少し、秒速20~30 cmを越えると一定値となる。②鉛直応力と摩擦係数は無関係である。③水温が低下すると摩擦係数は若干増加する傾向がある。④材料板の表面の粗さ、特に、波高、波形勾配、先端角に摩擦係数は影響される。⑤水中においても摩擦係数はほとんど変化しない。⑥淡水水と海水において差は見られない、などとなる。淡水水と海水に差が生じない理由であるが、海水の結晶中には塩水の玉であるBrainが存在し、摩擦によってBrainが壊れ、材料板と水の供試体との間に水膜ができるということと、Brainの存在により接触面積が減少することとが、淡水水との大きな違いであり、これは水中試験による結果とAmontonの法則(摩擦係数は接触面積に影響されない)ということから解明できる。全体的に、摩擦係数は材料板の表面の粗さにより大部分が決まり、水温が若干の影響を与えることで決まるものと考えられる。

参考文献: (1)山田、佐伯、尾崎「海水と土木材料間の摩擦係数について」第35回土木学会年次講演会