

II-391

海水の摩擦・凍着における氷のせん断効果

パシフィックコンサルタンツ(株)正会員 寺島貴志
 “ 正会員 中澤直樹
 北海道大学工学部 正会員 佐伯 浩

1. はじめに

氷と構造物表面間の摩擦係数や凍着強度は、構造物に作用する氷力を評価する上で重要な影響因子である。そして、これら摩擦力や凍着力は、構造物材料表面の凹凸に埋まった氷のせん断によって生ずるものである。本研究は、氷と構造物材料表面間の摩擦係数や凍着強度と氷のせん断の相互作用について実験的に明らかにしたものである。Fig.1に氷の摩擦と凍着の概念図を示す。

2. 氷のせん断におけるせん断速度の影響

海洋構造物材料として一般に用いられる鋼板と氷の間の摩擦係数と凍着強度について、それぞれ作用速度の影響をFig.2とFig.3に示す。摩擦係数では、作用速度範囲0.04~150cm/secにおいて動摩擦係数(μ_k)と静止摩擦係数(μ_s)共に、作用速度(V)が増加するにつれて摩擦係数は減少し、一定値に近づく結果となった。Fig.3に示す凍着強度においては、作用速度0.003~10mm/secにおいて、凍着強度は作用速度0.1mm/secにおいて大まかなピークを示しており、それ以降は減少傾向を示している。

Fig.4に氷の直接せん断強度(τ_s)とせん断速度($\dot{\delta}_s$)の関係を示す。氷のせん断強度はせん断速度0.1mm/secで最大値を示し、それ以降は減少傾向を示している。これらはFig.3に示す凍着強度と作用速度の関係と一致している。更に、せん断強度と凍着強度の0.1mm/sec以降の減少傾向とも一致している。

3. 材料表面粗さと氷のせん断

著者等は氷と構造物材料間の相互作用の研究を通して、氷の摩擦係数と凍着強度は構造物材料そのものの他に、材料表面の状態に大きく依存することを明らかにした。Fig.5とFig.6に海水の摩擦係数と凍着強度に与える材料表面の凹凸の波高の影響を示す。摩擦係数と凍着強度共に材料表面粗さの平均波高($\bar{h}$)が大きくなる程増加している。この結果は、波高の小さいいわゆる滑らかな表面は、力の作用時において氷のせん断が少ないため小さい摩擦係数及び凍着強度を示し、

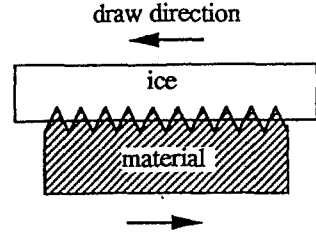


Fig.2 Ice-material interaction: the frictional resistance and the adfreeze bonding in ice shear.

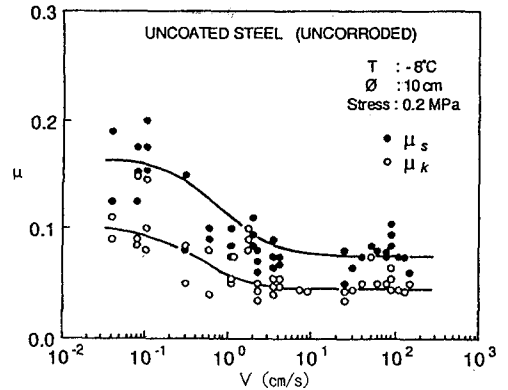


Fig.2 Effects of relative velocity for uncoated steel (uncorroded).

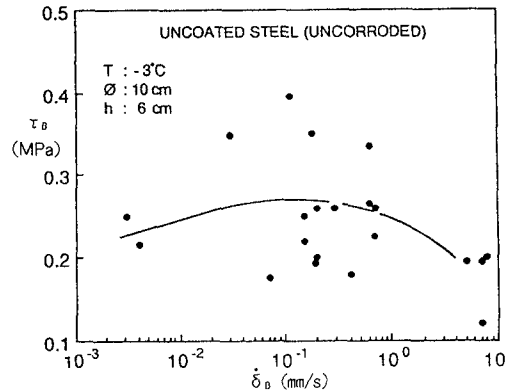


Fig.3 Effects of push out velocity on adfreeze bond strength for uncoated steel (uncorroded).

波高が大きい程氷のせん断が大きいことを示している。

4. 構造物材料と凍着強度

海水と各構造物材料の凍着強度を氷温をパラメータとてFig.7に示す。全ての材料において、氷温の低下とともに凍着強度は増加する。これは、氷温の低下とともに氷のせん断強度が増加する結果と一致する。又、同じ材料であっても、表面をペイント塗装した鋼管（coated steel）は、表面処理をしない鋼管（uncoated steel）よりも非常に小さい値を示している。同様に、表面の粗いコンクリートは大きな凍着強度を示し、表面をLDPE（low-density-polyethylene）で表面加工した鋼管は小さい値を示している。

5. 結 論

物質間の摩擦力や凍着力は物質間のせん断によって生ずるところが大きく、特に氷と構造物材料間のように、一方が他方に対して強度が小さい場合は、強度が小さい物質のせん断強度に大きく依存する。従って、氷と構造物材料間の摩擦係数や凍着強度特性は本研究で示したように、氷のせん断強度特性と同様の挙動を示す。更に、接触面において氷のせん断面積の大きい表面の粗い材料表面程大きな摩擦係数及び凍着強度を示すことが明らかにされた。

参考文献

- Saeki, H., Ono, T., Niu en Zong and Nakazawa, N. (1984b) "Experimental Study on Direct Shear Strength of Sea Ice," Proceedings, International Symposium on Snow and Ice Processes at the Earth's Surface, IGS, Sapporo.
- Nakazawa, N., Terashima, T., Saeki, H. and Ono, T. (1993) "Factors Influencing the Coefficient of Friction Between Sea Ice and Various Materials," Proceedings, International Conference on Port and Ocean Engineering Under Arctic Conditions (POAC 93), Hamburg, Germany.

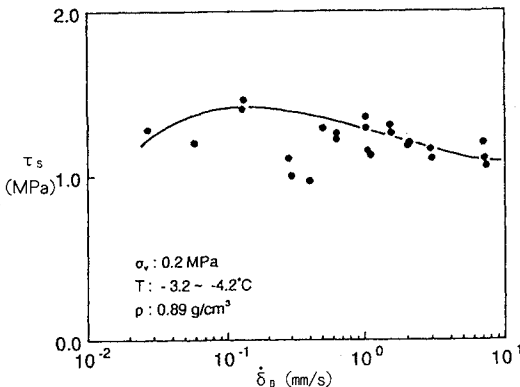


Fig.4 Effects of shear velocity on the shear strength.

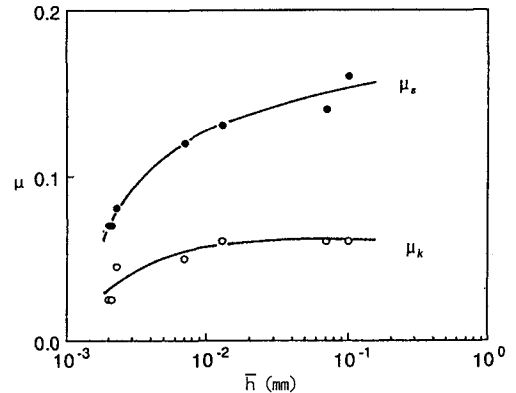


Fig.5 Relation between coefficients of friction and mean wave height of irregularities ($\bar{h}$). Each dot is the mean of about five test data.

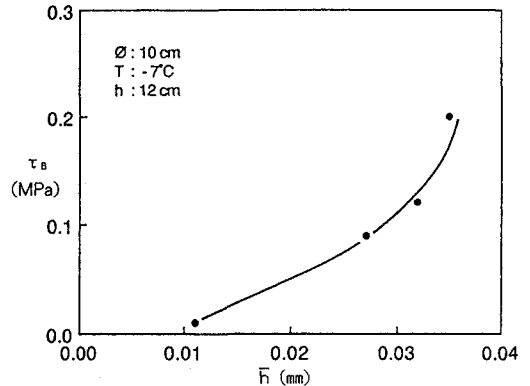


Fig.6 Relation between adfreeze bond strength and mean wave height of irregularities ($\bar{h}$). Each dot is the mean of about five test data.

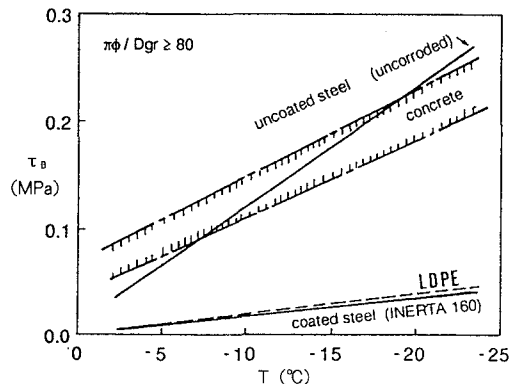


Fig.7 Adfreeze bond strength of sea ice for concrete, uncoated steel (un corroded), coated steel (INERTA 160) and LDPE (low-density-polyethylene).