

Ⅱ-46

Ice Gouging のための海氷と砂の摩擦係数について

八戸工業大学 ○石崎 智一、水野正樹、三浦一夫

八戸工業大学 正会員 竹内貴弘

八戸工業大学 正会員 佐々木幹夫

1. はじめに

結氷する海域特有の現象で、風や海流などにより移動する氷盤が海底面を削り取る作用を Ice Gouging という。これにより埋設されたパイプラインや、海洋構造物に与える影響が懸念されている。海氷より地盤に伝わる荷重を推定するためには、海氷と砂の摩擦係数が必要となる。高橋ら(2002)や三浦ら(2003)の室内摩擦実験により、摩擦係数に影響する因子が限定されてきた。それらの結果を基に今回の実験では、融解温度付近を試験条件とし、次の項目についての検討を行った。

①砂の粒径が摩擦係数に与える影響が大きいため砂の粒径の範囲を拡大した。②氷の径が与える影響の検討を行った。③摩擦係数のデータはばらつくことが予想されるため、同一条件での実験を 60 回程度行い分布状況の把握を行う。④空気中と水中での摩擦係数を比較し水の影響を検討した。⑤砂と氷の接触面の圧力分布を平面圧力パネルにより計測し、各条件による接触状態の変化を調べた。

2. 実験方法

実験では、氷供試体の温度と塩分濃度は、結氷する海域の海水とほぼ同じ温度 $T = -2.5^{\circ}\text{C}$ 付近、塩分濃度を約 5ppt とした。氷と砂の相対速度 $V = 1.2\text{cm/s}$ とし、これらを基本の条件として次の要素を変化させた。まず、砂の粒径(ϕ)を、($\phi = 0.106\text{mm}$ 、 $\phi = 2\text{mm}$ 、 $\phi = 8.207\text{mm}$)の 3 種類用意し、氷供試体の直径も 3 種類($d = 5\text{cm}$ 、 $d = 10\text{cm}$ 、 $d = 20\text{cm}$)、用意した。鉛直圧力(σ)は($\sigma = 0.035$ 、 0.0697 、 0.1389 、 0.2255 、 0.451MPa)と変化させた。

各供試体の作成方法を示す。氷供試体はまず、所定の水槽(100cm×90cm×45cm)に高さ 25cm まで 15ppt の塩水を入れ、 -15°C で一週間ほど放置する。その後、各直径のコアドリルで抜き取り端面を形成し氷供試体とした。砂供試体は、試験中の砂の移動、変形、洗掘状態となることを防ぐため、厚さ 1cm のゴム板にスプレーボンドで貼り付けた。

実験は図-1 に示す摩擦試験機で行った。コンプレッサーで圧縮した空気をレギュレーターで調整し鉛直荷重を与えている。計測は変位計とロードセルで水平荷重を 100Hz で測定した。また、平面圧力パネルセンサーを用いて氷と砂の接触面の圧力分布測定を行った。荷重の時間変化を計測することができ、圧力発生ポイントの合計から真の接触面積を推定した。図-2 には、 $\phi = 0.106\text{mm}$ $d = 10\text{cm}$ 水無しという条件で行った実験の様子を示す。

3. 実験結果・考察

図-3 は、水の有無の比較と摩擦係数の確率分布である。正規分布を示し水の効果により摩擦係数が減少していることがわかる。次の図-4 は、粒径毎に圧力を変化させたものである。圧力が大きくなるとともに

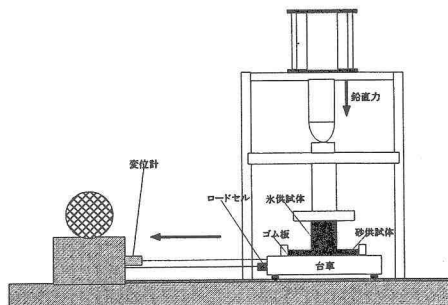


図-1

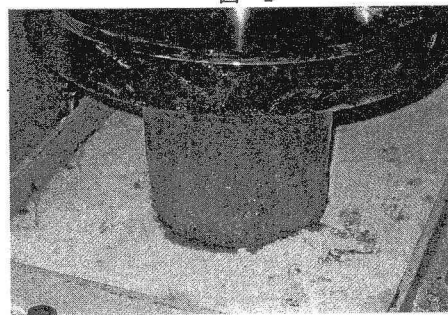


図-2

摩擦係数は緩やかに下降し、砂の粒径による差が減少している。図-5は、砂の粒径と氷の径以外は同一条件で行い、横軸には砂の粒径(ϕ)を氷の径(d)で除した値(ϕ/d)を使った。グラフから砂の粒径の増加に伴う摩擦係数の上昇と、氷の径の増加による摩擦係数の減少が確認される。また、(ϕ/d)が摩擦係数と比例する様相を呈している。最後に平面圧力パネルによる、圧力分布図を示す。圧力が発生している点を真の接触面積とし、鉛直圧力に比例して接触面積は増大するが、その増加割合は小さい。また、粒径が大きくなると接触面積は減少しているが一部で高い応力が発生していることが観察できる。

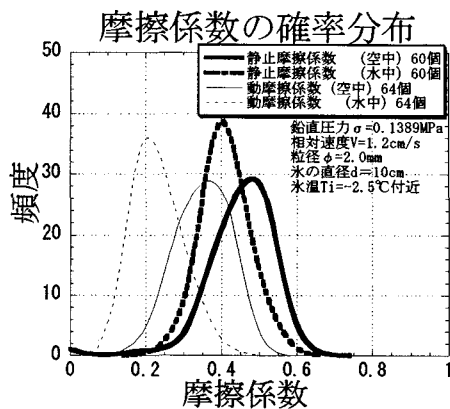


図-3

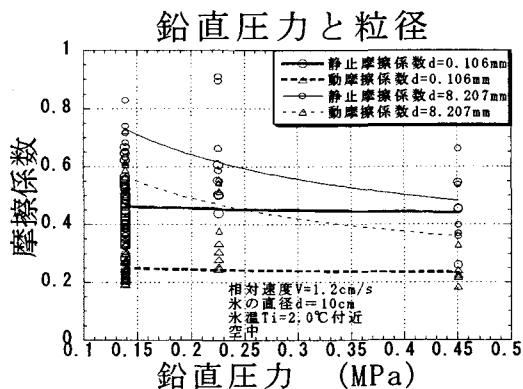


図-4

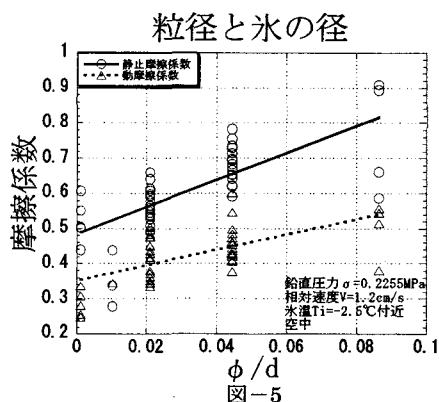


図-5

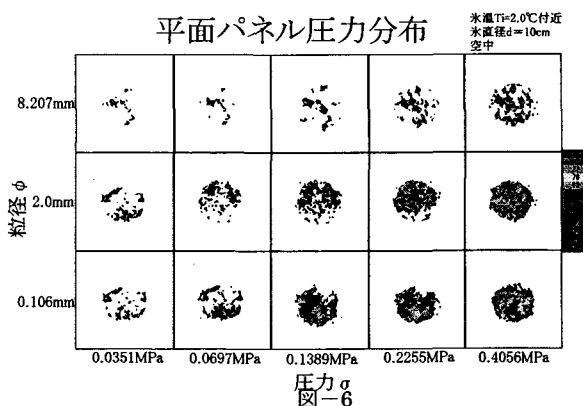


図-6

4. まとめ

氷は氷と砂の接触部で潤滑作用を起こし、せん断抵抗を減少させていると推察される。鉛直圧力を増大させた結果、粒径に関わらず摩擦係数は減少している。これは、鉛直圧力の増加に比して、接触面積の増加が些少であると考えられる。粒径による効果を見てみると、接触面積は減少しているにも関わらず摩擦係数は増大している。これは、応力集中により掘り起こしの効果が増したため摩擦力が大きくなったと考えられる。氷の径が増すことにより摩擦係数は減少しているのだが、真の接触面積増加が小さいためと推察する。これらのことから摩擦機構は、せん断と掘り起こしに因る凝着説と考えられる。

5. 参考文献

- 1) 高橋ら(2003), "塩氷と砂の摩擦係数", 寒地技術論文・報告集, Vol. 18, pp. 186-190.
- 2) 三浦ら(2003), "融解温度付近での砂と氷の摩擦係数", 寒地技術論文・報告集, Vol. 19, pp. 371-376.
- 3) 田中久一郎(1985), "摩擦のおはなし", (財)日本規格協会.