

II - 7 1 傾斜構造物による氷板の破壊パターンについて

岩手大学工学部

学生員 ○伊藤正博

学生員 前田智春

正 員 平山健一

正 員 堺 茂樹

1 はじめに

氷海構造物には、大きな氷圧力が働く。作用する氷圧力を計算する場合に氷の破壊モードの位置づけは極めて重要であり本研究においてはエチレングリコール模型氷を用いて平板斜面構造物の押し込み実験をおこない、構造物の傾斜角 α と速度 V と氷板と斜面構造物との摩擦係数 μ をパラメーターとして、破壊モードの分類を行うことを目的とする。

2 実験方法

実験は長さ 1.6m、幅 1.0m、深さ 0.5m、の木製の水槽の天端に二本のレールを介して斜面部が 5° づつ可変する平板（幅 20cm）が付いた台車を取り付け、これを減速機を用いて任意の回転数とすることが可能なモーターにより定速度で移動させることにより行った。斜面構造物に作用する氷圧力は鉛直方向と水平方向に取り付けられた 2個の load cell により分力を測定した。

（図-1 参照）

本実験では、氷板の破壊モードに影響を及ぼすパラメーターとして下記のパラメーターを考え、それぞれ組合せを変えつつ実験した。

氷板と斜面構造物との摩擦係数	；	$\mu=0.064, 0.1, 0.25, 0.3$
斜面構造物の移動速度	；	$v=0.2\sim 1.4\text{cm/s}$
構造物の斜面角度	；	$\alpha=75^\circ, 80^\circ, 85^\circ$

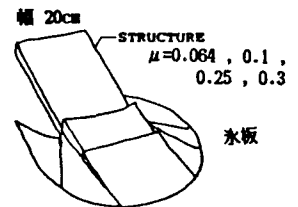


図 - 1

3 実験に使用された氷板

今回の実験に使用された氷板は、エチレングリコール濃度1.2 %の水溶液を使用した。この水溶液氷は尿素水で問題であった氷の二重構造の影響が少なく弾性係数と曲げ強度との比が大きく模型氷として適しており、経済的と言われている

本実験では、室温 -10°C で8時間をかけて厚さ2cmの氷板を作製した。本氷板の曲げ強度は40kPa,弾性係数は60000kPaである。

4 実験の結果

4-1氷板の破壊モードの分類

氷板の破壊モードを大別すると次の三つに分類することが出来る。(1)圧縮破壊モード(2)座屈破壊モード(3)曲げ破壊モードである。

(1)の圧縮破壊モードは、構造物の近辺の氷板のみが破壊するモードであり、(2)の座屈破壊モードは、氷板が不安定な状態となり突然面外変形を起こして破壊するモードであり、(3)の曲げ破壊モードは、氷板が構造物に乗り上げるようにして起こるモードである。これらの破壊モードの識別は、視察によって行い、ビデオにより確認した。図-2は、各傾斜角に付いて、摩擦係数(μ)と至み速度($\varepsilon=v/3d$)に対する破壊モードマップである。図を見ると分かるように至み速度が遅く、また構造物の摩擦係数が小さい所で、その構造物を斜面としてとらえている時に起こる曲げ破壊モードが生じた。また至み速度が早く、摩擦係数が大きいところでは構造物を鉛直なものとして捕らえている圧縮破壊モード、及び座屈破壊モードが生じる。

また、構造物傾斜角が小さくなるほどその境界線は高歪速度、高摩擦側による。

図-3は、図-2の傾斜角度が85° の物だけを取り出したものであるが、低歪速度、低摩擦側で曲げ破壊モードと圧縮破壊モード、座屈破壊モードとの境界線がみられ、更に $\varepsilon=8 \times 10^{-3} \sim 1.4 \times 10^{-2}$ の間で圧縮破壊モードと座屈破壊モードの混合したところから圧縮破壊モードだけの地域へ移ることが解った。また図-2, 図-3では、歪速度を $\varepsilon=V/3D$ として計算をしているが、 $\varepsilon=V/2D$ として計算すると田口等の実験結果とほぼ等しい値が出てくる。

傾斜平板に働く水平力 H と鉛直力 V 、の比は次式で与えられる。

$$H/V = (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) / (\cos \alpha - \mu \sin \alpha)$$

左辺の項が負になる場合が圧縮破壊と曲げ破壊の境界とされているが、本実験に関しては必ずしも限界点を表していないことが解った。

4-2 氷荷重

圧縮破壊モードが生じた場合の氷荷重を次式によって無次元化してみる。

$$F/Dh\sigma_c = C_g \sqrt{5(h/D)-1}$$

C_g : 断面形状係数
 σ_c : 氷の圧縮強度
 D : 模型幅

$C_g=1, \sigma_c=100\text{kPa}$ とすると実験値と式の右辺による計算値とはほぼ一致する。

次に、座屈破壊モードの場合の氷荷重を次の無次元表示によって実験値を無次元化したものとを比較してみる。

$$\text{無次元座屈荷重} = F/(DKL^2) \quad K: \text{水の単位重量}$$

実験値は、SodhiのFEM解のFrictionless（構造物と氷板との間の境界条件が全く拘束されないと言う条件の基で導かれた解）よりも、さらに下回った。しかし、柳沢等による実験においても同様な傾向がみられる。

次に曲げ破壊モードに付いて鉛直力を無次元化したものと、摩擦係数(μ)のグラフを図-4に示す。

図-4からは、曲げ破壊での無次元垂直曲げ荷重は一定と考えられているが本実験においては摩擦係数が増大すると共に増加傾向がみられた。

5 参考文献

田口義明等

氷板の破壊モードと氷荷樹に関する一考察

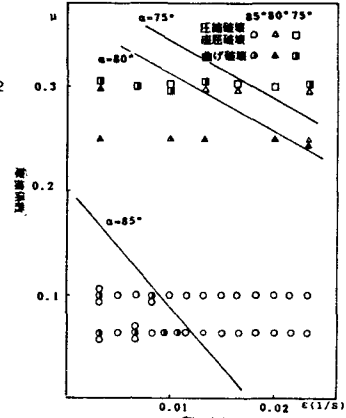


図-2

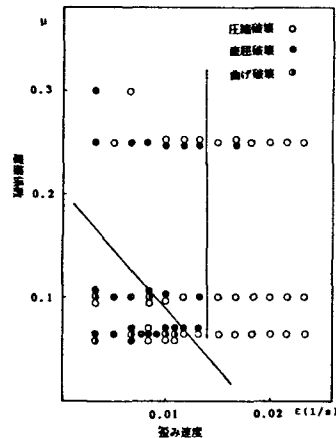


図-3

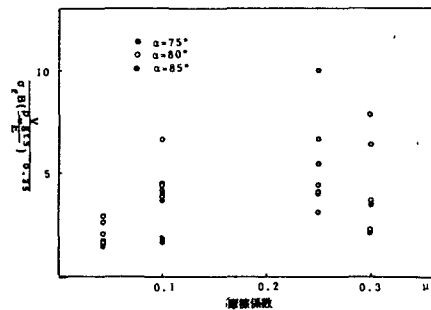


図-4