

尿素模型氷エチレングリコール模型氷の比較検討について

岩手大学工学部 学生員 ○ 井上 厚
 学生員 坂本典正
 正 員 平山健一

1 はじめに

氷海域構造物の模型実験において使用されている模型氷は、現在、尿素氷が主流をしめているが、この尿素氷は、不規則な結晶構造を持つ上層と柱状構造を持つ下層の二層を有する点で、実際の海水とは構造的に異なっており、荷重の載荷方向により曲げ強度が変化する。エチレングリコール（EG）水溶液から作られた模型氷は、上層部が極めて薄くなることが確認されている。（参考文献(1)参照）本研究では、模型実験におけるEG氷の特性について検討した。

2 実験設備及び測定方法

岩手大学工学部土木工学科に設置されている低温実験室は、冷却ファンによって室内を強制的に対流させて冷却させることが可能である。冷却能力は最大 -20°C 程度であるが加熱機能は備わっていない。模型氷作成用の水槽は木製で、長さ1.5 m、幅1.0 m、深さ0.5 mである。水槽の周囲は、40 mmの断熱材で保温されている。模型氷の作成については昨年度の東北支部論文（EG/AD/S 模型氷の2,3の特性）に詳しく述べているが、結氷直前の水面に微細な霧を噴霧することで均質な柱状構造を作ることとを目的とした wet seeding を行い、0.6 % EG水溶液を約 -15°C の温度のもとで8時間の冷却成長を行い、30 mmの氷厚を目標とした。その後冷却装置（ファン）を停止させデフロスターを作動させて室温を上昇させ、氷温を約 0°C に保ち、300分間の warm up による氷強度の変化を調べた。氷強度は曲げ強度と弾性係数について調べられたが、前者は氷板から片持ち梁を作成しこの梁先端に荷重を載荷しその破壊荷重より弾性理論を用いて評価した。氷板の弾性係数の測定については、氷板を破壊せずに弾性係数を測定することが可能であることから、Sodhi により提案された平板たわみ法により評価した。これは、水槽の氷板中心近くに集中荷重を載せて、そこに生ずる氷板のたわみを測定するもので、たわみと特性長の関係は FEM により計算を行った。特性長とEの関係は次式で表わせる。

$$L = \left(\frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)\rho_w g} \right)^{1/4}$$

3 実験結果

模型氷の tempering は混入物質の濃度を調整する方法や、氷温を上昇させる warm up などがあるが前者は前報(参考文献(1)参照)でまとめられている。その結果、EG濃度が0.3 %～2.0 %の濃度の変化に対し曲げ強度が200(KPa)～50 (KPa)に変化することが明らかになった。

EG 0.6 %の氷板の warm up 期間中の曲げ強度の変化を調べた結果が図-1.2 に示している。この時載荷は上方向で、氷厚は $h=20\text{ mm}$ 、 40 mm であった。この図から $h=20\text{ mm}$ については60(KPa)～

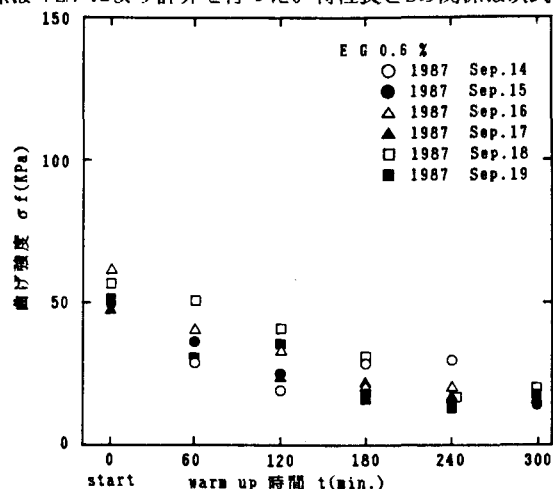


図-1 warm up に対する曲げ強度 (pull試験 $t=20\text{ mm}$)

15(KPa)に、 $h=40$ mmについては75(KPa)~25(KPa)に各々低下していることがわかる。さらに載荷方向に関係なく120~180分以後は15(KPa)程度のほぼ一定した値となっていることがわかる。

次に弾性係数 E は0.6 %EG水溶液から作られた氷厚 $h=40$ mmのものについて調べられた。この結果を図-3に示している。warm up 開始前の弾性係数は $E=90$ (MPa)程度であり、300分経過後は $E=25$ (MPa)程度まで低下していることがわかる。

また、warm up 期間中の弾性係数が曲げ強度と比較して早く減少する傾向がみられたことは従来の模型氷(尿素氷等)の欠点の一つである。(参考文献(2)参照) すなわち warm up 経過とともに E/σ の値が減少する傾向がみられた。

0.6 %EG氷について warm up 時間と E/σ との関係を調べた結果が図-4に示している。warm up 開始前の E/σ は約1200であるが、warm up 期間中、その値はほぼ一定の値(1200 ± 300)に保たれていることが分かる。この点においてもEG氷は尿素氷に比べて改善されていることが確認された。

4 まとめ

1) EG氷の上層部は極めて薄くなることが分かった。2) 濃度に対する強度は、尿素氷に比べて約1割強程EG氷の方が低いことが分かった。[尿素濃度1.0 % $\rightarrow \sigma_u=80$ (KPa)、EG濃度1.0 % $\rightarrow \sigma_e=68$ (KPa)] 3) warm up に対する曲げ強度は尿素氷に比べてEG氷ははやく低下することが分かった。4) 弾性係数もEG氷でははやく低下することが分かった。5) E/σ は、EG氷ではほぼ一定であることが分かった。

5 参考文献

- 1 平山健一 他 :EG/AD/S模型氷の2,3の特性
(昭和61年度東北支部技術研究発表会論文集 p.148)
- 2 K.Hirayama : "PROPERTIES OF UREA-DOPED ICE IN THE CRREL TEST BASIN"
U.S.Army CRREL Report 83-8
- 3 G.W.Timco : "A NEW TYPE OF MODEL ICE FOR REFRIGERATED TOWING TANKS"
Cold Regions science and Technology 12(1986)

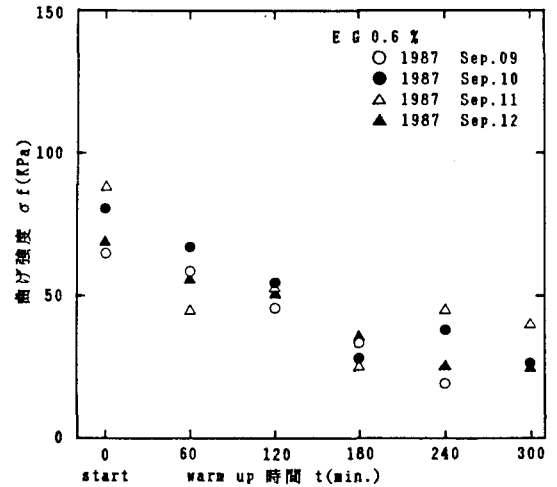


図-2 warm up に対する曲げ強度 (pull試験 $t=40$ mm)

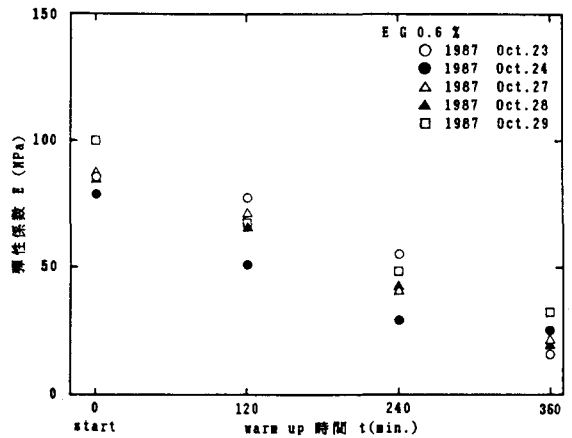


図-3 warm up に対する弾性係数

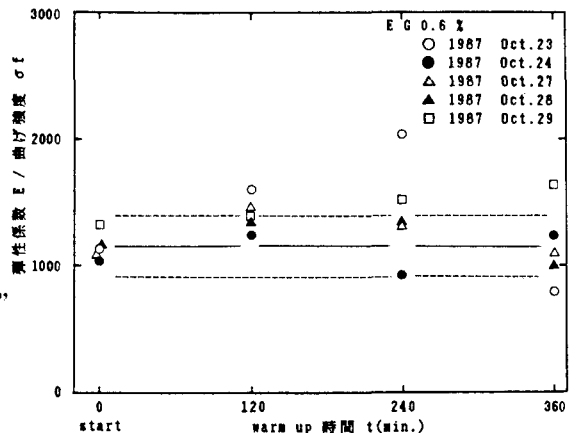


図-4 warm up に対する弾性係数と曲げ強度の比