

北大工学部 学生員 阿部 茂
正員 佐伯 浩
竹中土木(株) 正員 小野 邦夫

1. 緒言

着者は、オホーツク海沿岸の海水および流氷における力学的性質について研究してきたが、本文はその研究の一環として海洋、海岸構造物に作用する氷圧算定の基礎となる氷厚および海水強度の時間的変化を取扱う。

2. 実験方法

本実験は、1975年2月、1976年2~3月、1977年1~3月にサロマ湖富武士において、サロマ湖内および常呂海岸から採取した試料を用いて軸圧縮試験を行なった。圧縮試験の供試体は直径10cm、高さ20cmの円筒形供試体で、歪速度 $\dot{\epsilon}$ は最大強度を示す 0.003 sec^{-1} である。同時に供試体密度 $\rho \text{ g/cm}^3$ 、塩分量 $S\%$ 、氷温 $T^\circ\text{C}$ を測定した。

3. 実験結果と考察

(1) 圧縮強度 σ_n と密度 ρ の関係 田畑やPeytonの結果から、海水の強度に及ぼす因子として、海水の結晶の形と大きさ、気泡量、気孔量、Brine量、氷温、荷重速度等があげられるが、Brine量を表すものとして塩分量 S を測定し、気泡量、気孔量を代表するものとして密度 ρ を測定し、圧縮強度 σ_n との関係を調べると、塩分量 S と圧縮強度 σ_n には、直接的には明瞭な相関が見られなかったが、密度 ρ と圧縮強度 σ_n は、氷温 T をパラメータとして、近似的にFig.1の様な直線的関係を示す。

(2) 塩分量 S と経過日数の関係 現地観測により、'75、'76年度は1月10日頃、'77年度は前年12月30日頃、ほぼ一面結氷をみている。流氷は11月下旬から12月上旬にかけて北部オホーツク海で結氷したものと仮定し、塩分量 S と結氷してから試験を行なうまでのおおよその経過日数との関係をFig.2に示す。塩分量 S は経過日数に伴い急激な減少を示すが、40日を過ぎるとその減少率は小さくなる。この様な海水中の塩分量の脱落はBrine量の重力による落下、氷温低下に伴うBrine細胞の収縮によるBrineの一部放出、温度勾配によるBrine細胞の移動等によると考えられる。

(3) 密度 ρ と経過日数の関係 Fig.3に密度 ρ と経過日数との関係を示す。密度 ρ は経過日数に伴いほぼ直線的に減少し、流氷(結氷後70~80日)においても、ほぼ同程度の値を示す。これは、サロマ湖内の海水と流氷とは本質的には大きな違いはなく経過日数が異なるものであると考え得る。

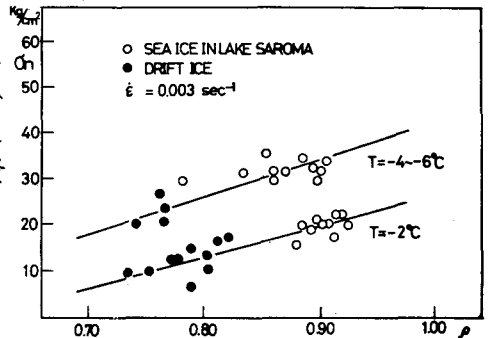


Fig 1

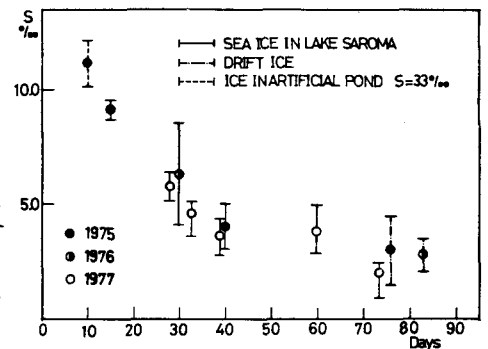


Fig 2

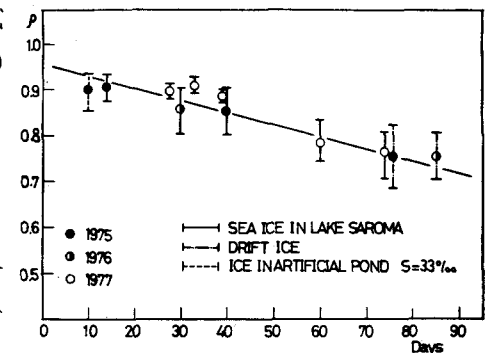


Fig 3

(4) 圧縮強度 σ_n と経過日数 試験において、圧縮強度 σ_n は時間と共に減少してくる。これは海水の密度の減少とよく対応している。密度 ρ と圧縮強度 σ_n の関係、密度 ρ と経過日数の関係より圧縮強度 σ_n と経過日数との関係を Fig. 4 に示す。これは結氷直後に最大強度を示し、経過日数に伴い直線的に減少する。

(5) 氷圧力と経過日数 氷圧力の算定には、各国で様々な算定公式を使用しているが、著者らは海水の杭構造物に及ぼす氷圧力として次式を提示している。

$$F = 5.0 \cdot \sigma_n h D^{0.5}$$

但し F : 氷圧力 (kg), σ_n : 圧縮強度 (kg/cm^2), h : 氷厚 (cm), D : 杭口径 (cm)
この式では、氷圧力は圧縮強度 σ_n と厚さ h に比例する。また、氷厚と積算寒度に関して次の様な実験式を得ている。

$$h = 1.31 (\Sigma T)^{0.61}$$

但し h : 氷厚 (cm), ΣT : 積算寒度 ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{day}$)

この式に '79, '80 年度別沿岸の気温をモデル化したものを Fig. 5 に示す。沿岸氷の場合、結氷してから 70~80 日程度で最大氷厚を示し、以後は気温の上昇により氷の融解が生じ、氷厚は減少する。Fig. 4 より圧縮強度 σ_n は経過日数に伴い減少し、Fig. 5 より氷厚は経過日数に伴い増加する。以上の事実より $\sigma_n \times h$ は経過日数の関数として表わされる。この関係を Fig. 6 に示す。この圧縮強度 σ_n と氷厚 h の積の最大値は必ずしも氷厚最大の時ではない。海洋、海岸構造物に及ぼす氷圧力の設計外力を見積る場合 σ_n , h 各々の最大値から求める方法もあるが、 $\sigma_n \times h$ の最大値をもって算定するのが適切であると考え、Fig. 6 より $\sigma_n \times h$ は結氷後 50~60 日すなわち 2 月下旬から 3 月上旬にかけて最大値を示し、下方氷温 -2°C で約 650 kg/cm^2 , $-4 \sim -6^{\circ}\text{C}$ で $1200 \sim 1300 \text{ kg/cm}^2$ を示す。海水の大部分は海中に没している為、海水温は水温の影響を強く受ける。海水塩分量 33% のオホーツク海では、結氷温度は約 -1.7°C で、海水底面においてこの温度を保つ。また北大低溫研の調査によるとオホーツク海沿岸の海水温は大部分 $-1.5 \sim -4.0^{\circ}\text{C}$ であるという報告がある。さらに気温により -4°C 以下に冷却されるであろう上面の氷は、ごく表層であり、かつ下層部 Mosaic Ice と異なり、Granular Ice であり、その強度は弱い。そのため、海水全体の氷温として安全側をとって -4°C とすると、氷圧力算定における $\sigma_n \times h$ の最大可能値は 1300 kg/cm^2 程度である。しかし流氷の場合は、それがどの地点で、どの時期に結氷し、どの様な成長条件におかれたのか正確に把握することができない。流氷に関しては、今後さらに詳細な研究が必要である。

参考文献

佐伯・斎藤・浜中・尾崎 海岸構造物に作用する海水の力に関する研究(1)(2) 第 22, 23 回 海講論文集
北大低溫科学研究所 低溫科学

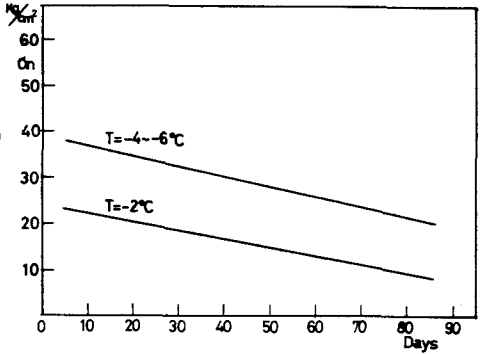


Fig 4

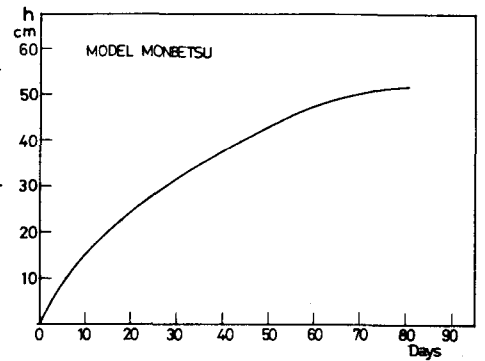


Fig 5

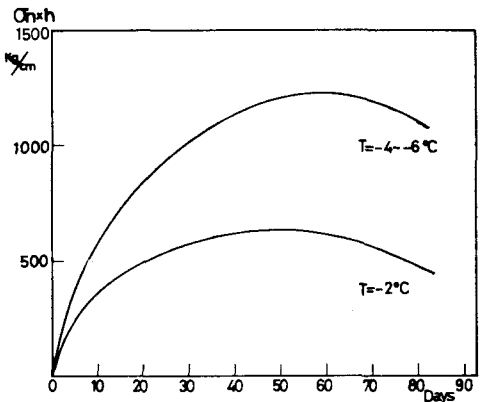


Fig 6