

海氷の一軸圧縮試験

京都大学大学院 学生員 伊藤 一

1) 序

高緯度地方において、凍結した海氷を交通路として利用する要請は強い。この際、安全確実な輸送を目的として、海氷の強さを正確に決定することが工学的に重要な課題とされている。海氷の強さを決める式はすでにズーボフやワイマン等によって提案されているが、いずれも全面的には信頼されていない。海氷の強さを正確に決定し得ない主要原因の一つに、海氷の性質をあるわす諸数値が不明確であることが挙げられる。すなわち、海氷の性質は幾何学的・物理的・力学的・化学的に著しく不均質であるが、その変動幅は時間・水平・鉛直いずれの方向に対しても大きく、数値解を求めるにあたって採用すべき値が明確に定まらない。また従来の数値測定は北極地方のものが主で南極地方のものは少ない。南極の海氷を対象として強度解析を行なう時に、北極で得た数値をそのまま用いていいかどうか疑問である。本研究は、北極の海氷と南極の海氷がどの程度同一視できるかという問題と、南極の海氷がどういった不均質さを持つかという問題の実験的解明を目的とする。海氷の強さを決定する因子は多数にのぼるが、ここでは力学的因子を取り上げることとし、一軸圧縮試験を行なった。

2) 実験の概要

昭和基地近傍の海氷(南緯69°,東経40°)をハンドオーガーを用いて、直径7cmの内筒状コアとして採取した。海氷厚は55cm、全層1年氷であった。この供試体を数日戸外に放置した後成形して試験を行なった。その期間の日最高・日最低・日平均気温をFig. 1に示す。図中Sは供試体採取日、Tは試験日、☆は試験時室温を示す。供試体は表面からそれぞれ10, 20, 30, 40cmの深さを中心に4層にわけ、(以下10cm層、20cm層……と呼ぶ。)各層を4つの角柱に成形した。角柱の高さは5.7cm~2.4cm、断面積は6.67cm²~4.14cm²であった。密度は上の層から順に0.85、0.90、0.88、0.85であった。

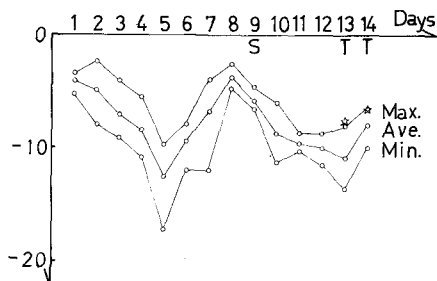


FIG.1

圧縮方向は原位置での鉛直方向とした。圧縮はモーターにより2.4mm/minと9.5mm/minの2種類の一定速さとしたが、プルベイングリングの変形が大きく、至速さは一定ではない。

3) 実験結果

応力-歪曲線の一例をFig. 2に示す。すべての応力-歪曲線はa, bいずれかのタイプに属したが、bタイプは40cm層の供試体のみにみられた。aのグラフから、応力と歪がほぼ比例していることがわかる。応力-歪曲線は傾きを大きく減さないまま破壊によって終る。また、曲線の初期の部分にくるべ後半では傾斜が増加するのが認められる。一方

6のグラフの特徴は応力が最大になっても急激に破壊せず、序々に応力が減少している。この場合にも前半の応力が増加する部分がやはりロッキング現象をあらわしている。

Fig-3には最大応力とその時の歪を示した。Fig-4には最大応力と深さの関係を示した。40^{cm}層の最大応力が著しく小さいことがわかる。20^{cm}層だけは圧縮速度によって最大応力が異なる。

Fig-5には変形係数を示す、aは最大応力の点と原点とを結んだ割線係数を、bにはロッキングを起した後の曲線の接線係数を示してある。

4) 考察

原位置における海氷は上方が低温、下方が高温となり、平均0.1^{cm}程度の鉛直方向温度勾配があったと考えられるが、採取後Fig-1のような状態に放置しておいたので、試験時には同一温度になっていたとみなすことができる。また各層の密度に大きな差はみられず、このような条件で行なった試験の結果は図示したように供試体によって異なった。

最大応力は40^{cm}層が目立って弱い。これは鉛直方向の一般的な不均一ではなく、40^{cm}層が最深部にあることに起因すると思われる。すなわち海水が海氷になつてからの経過時間が強さに影響を与えるものと思われる。しかし最大応力は深さに従つてなめらかに増加しているわけではなく、強度増加の速さはある期間経過後低下する、これを考慮して、強度解析の際には実際の氷厚ではなく実効氷厚を用いる必要がある。

最大応力の変動幅は20~100^{kg/cm²}である。この値をズーボフの値とくくると、淡水についての12.4~123^{kg/cm²}の範囲に入っているが、海氷に関する平均値42.1^{kg/cm²}や人工塩氷の13.4~35.6^{kg/cm²}にくくべて大きい。

変形係数のうち、破壊までの経過を調べたのには割線係数が、破壊直前の状態を調べるためには接線係数がそれぞれ有効であるが、これらの値は700~2000^{kg/cm²}および900~4000^{kg/cm²}の範囲にあり、ズーボフの弾性係数49,000~96,000^{kg/cm²}やワイマンの22,000^{kg/cm²}と大きく異なる。

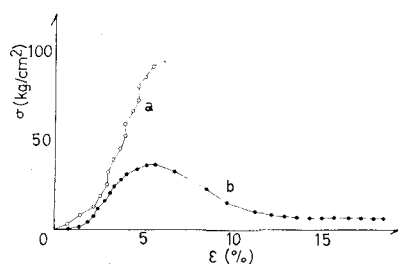


FIG. 2

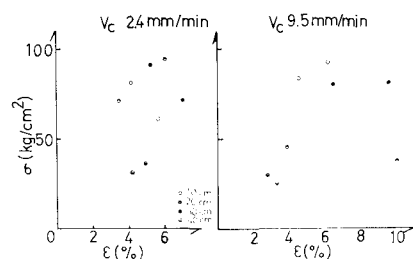


FIG. 3

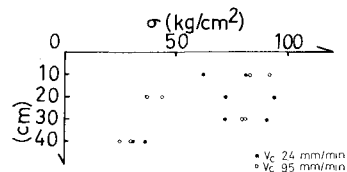


FIG. 4

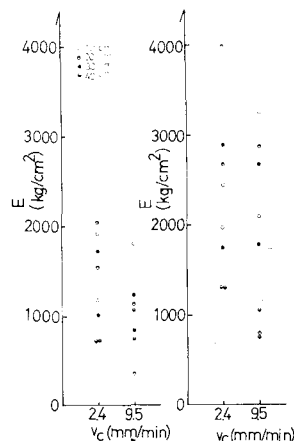


FIG. 5a

FIG. 5b