



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	海水の一軸圧縮強度に及ぼす試料の長さの効果
Author(s)	納口, 恭明; NOHGUCHI, Yasuaki; 田畑, 忠司 他
Citation	低温科学. 物理篇, 38, 129-133
Issue Date	1980-03-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18397
Type	departmental bulletin paper
File Information	38_p129-133.pdf



海水の一軸圧縮強度に及ぼす試料の長さの効果^{*,**}

納 口 恭 明

(北海道大学大学院 理学研究科)

田 畑 忠 司

(低温科学研究所)

(昭和54年10月受理)

I. はじめに

一軸圧縮試験において、試験機の加圧板と試料の両端との接触状況によって、強度に大きな影響を及ぼすことがある。圧縮に伴って試料は横へひろがろうとするが、試料の両端と加圧板との間の摩擦によってこれが拘束される。したがって、このような摩擦力の大小によって破壊強度にちがいがでてくる。又、加圧板や試料両端の整形の程度によって試料に応力集中が起り、試験結果に影響を及ぼすことがよく知られている。

気泡を含んだ氷について Haynes と Mellor¹⁾による実験では、加圧板として鋼鉄を用いた場合では、試料の長さが長くなると破壊強度の値は低下し、一方、じゅうぶんに短くなると摩擦による拘束力の影響のために破壊強度は増加するという結果が得られている。

海水はその内部に液体であるブラインを多量に含むなど特有の構造を持っており、淡水氷と異なる結果が得られる可能性がある。そこで、1979年2月に北海道オホーツク海沿岸のサロマ湖において、試験機の加圧板と海水試料との間の摩擦の効果等を調べるために、海水の一軸圧縮強度の測定を、試料の長さや試料と加圧板との接触状況をかえて行った。

II. 測定方法

試料の採取ならびに整形は、これまで著者らが行ってきたのと同様に^{2,3)}、コアドリルと電動式の丸鋸によって行った。試料は主に、氷板に水平な円筒形試料と鉛直な円筒形試料とを用いた。この円筒形試料は直径が79 mmであり、長さは約50 mm, 80 mm, 120 mm, 160 mm, すなわち直径との比にして最小0.6から最大2までである。又、試料の長さに応じて圧縮試験機の加圧板の変位速度をかえ、各試験において歪速度がほぼ同じ値(約 10^{-3} /sec)になるようにした。

試験温度は結氷点付近の -2°C と -16°C の2通りに設定して実験を行った。 -2°C の場合、試料を整形した後もしばらくの間結氷温度の海水の中に入れておいて試料の温度が一様に

* 北海道大学低温科学研究所業績 第2181号

** 北海道大学低温科学研究所 流水研究施設 研究報告 第86号

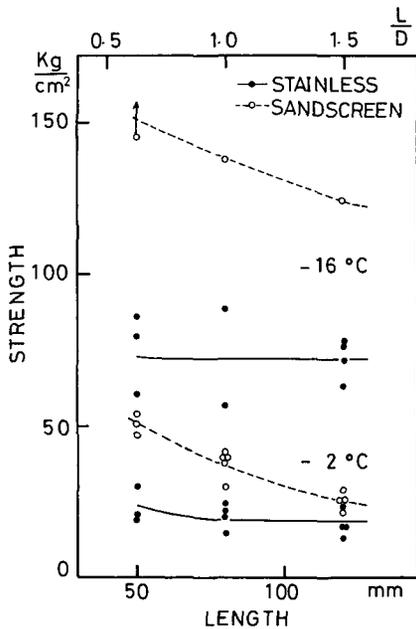
なった段階で実験を行った。又、 -16°C の場合は、試料を採取した日の夜間で、しかも気温と試料温度がともに等しくなった時点で実験を行った。すなわちこの時の気温が -16°C であった。

試料の両端と圧縮試験機の加圧板との接触状況をかえるために、その間にステンレス板をはさんだ場合と、著者らが北極海で行った圧縮試験⁴⁾ で用いたのと同じサンドスクリーン板という摩擦の大きなものをはさんだ場合の2通りについて試験を行った。ステンレス板は容易に入手できる金属材料としては氷との摩擦係数がかつとも小さく⁵⁾、逆にサンドスクリーンは間隔 1 mm ほどの格子に金剛砂を塗布した研磨板できわめて摩擦が大きい。

III. 実験結果

1. 鉛直試料

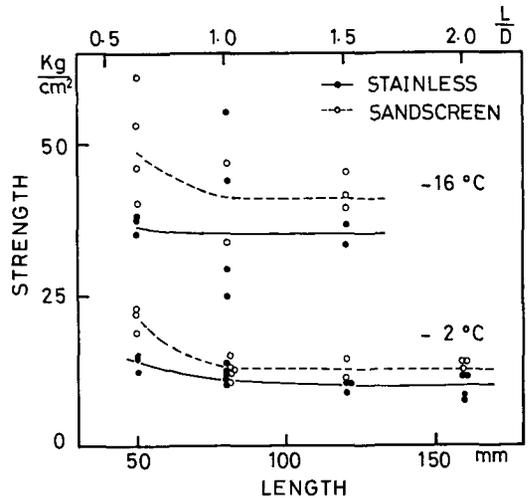
第1図は鉛直試料の試験結果である。横軸は試料の長さであり、図中の白丸と破線はサンドスクリーンをはさんだ場合の試験結果であり、黒丸と実線はステンレス板をはさんだ場合のものである。 -2°C の場合も -16°C の場合も常にサンドスクリーンをはさんだ場合の方がステンレスの場合よりも大きな破壊強度を示した。しかも、その差は試料の長さが短くなるにしたがって大きくなる。試料の長さに対する破壊強度の依存性は、ステンレスの場合はほとんど見られないのに対して、サンドスクリーンの場合、試料が短くなるにつれて強度は急に増加する。特に長さが 50 mm (縦横比 0.6) の場合では、その破壊強度はステンレスの場合の約 2 倍の大きさになった。



第1図 鉛直試料の長さや圧縮強度の関係 (白丸・破線はサンドスクリーン、黒丸・実線はステンレス) 横軸の上は直径と長さの比

2. 水平試料

第2図に水平試料の試験結果を示す。水平試

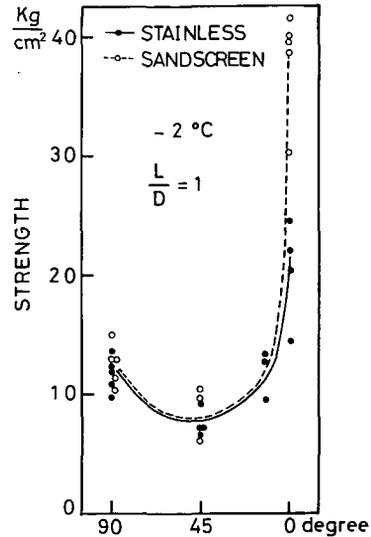


第2図 水平試料の長さや圧縮強度の関係 (白丸・破線はサンドスクリーン、黒丸・実線はステンレス) 横軸の上は直径と長さの比

料の場合も鉛直試料の場合と同様に、 -2°C でも -16°C でもサンドスクリーンをはさんだ場合の方がステンレスをはさんだ場合よりも大きな破壊強度を示した。しかしその差は鉛直試料の場合ほど著しくはない。サンドスクリーンをはさんだ場合の試料の長さに対する圧縮強度の依存性は、縦横比が1以上ではほとんど現われず一定であるが、縦横比が1よりも小さくなると強度は急に大きくなる傾向を持つ。このように、サンドスクリーンをはさんだ場合は、試料の長さに対する強度の依存性が鉛直試料の場合とやや異なる。一方、ステンレス板をはさんだ場合の試料の長さに対する圧縮強度の依存性は、鉛直試料の場合と同様に、ほとんど見られない。ただし縦横比が1よりも小さいところでやや強度の増加が見られる。

3. 圧縮方向

第3図は圧縮方向と圧縮強度の関係を示す。横軸は鉛直方向と円筒試料の長軸、すなわち圧縮方向とのなす角度を示す。したがって0度は鉛直試料であり、90度は水平試料である。試料の温度は -2°C であり、試料の縦横比は約1である。図中の白丸と破線はこれまで同様サンドスクリーンをはさんだ場合を表わし、黒丸と実線はステンレスをはさんだ場合を表わしている。サンドスクリーンを用いた場合とステンレス板を用いた場合の破壊強度の差は第1・2図からもわかるように鉛直試料(0度)では大きく、水平試料(90度)では小さい。また45度でも両者の差は小さい。



第3図 圧縮方向と圧縮強度の関係 (白丸・破線はサンドスクリーン、黒丸・実線はステンレス)

IV. 考 察

サンドスクリーンを用いて試料との間の摩擦による拘束力を大きくした場合の、水平試料と鉛直試料の圧縮強度の試料の長さに対する特性は、それぞれの破壊形式によって説明することができる。ステンレスを用いた、加圧板と試料端の間の摩擦力のあまり大きくない場合の一般的な破壊の様子を第4図に示す。鉛直試料の場合の破壊時の主な破断面は圧縮方向に対して平行であったので、この破断面にはこれに直角な引っ張り力が作用していることになる。したがって、試料の両端面における摩擦による拘束力が大きくなるにつれて横へのひろがりがおさえられ、その結果破壊は起りにくくなり破壊強度は増加する。特に試料が短くなるにつれて、試料全体にこの拘束力が及ぶために、強度は試料の長さの減少に伴って増加するのである。これに対して、水平試料の場合の主な破断面は第4図に示したように圧縮方向に対してある角度をなしており、この破断面にはそれに沿うようなせん断力が作用していることがわかる。しかも、この破断面の一端は試料の側面にある。この破壊形式では、試料の両端における摩擦による拘束力の影響は受けにくく、又、強度はあまり試料の長さには依存しないことになる。第3図および第1図に示されているように、圧縮方向に対して平行な破断面を生じる鉛直試料での

みサンドスクリーンとステンレスとに大きな差が生じているのはこのためである。しかし、水平試料の場合でも、縦横比が1よりもじゅうぶん小さいところでは、この斜めの破断面の一端が必ず加圧面と接触している試料の端面に現われる。このような状況では摩擦による拘束の効果によって強度は増加することになる。

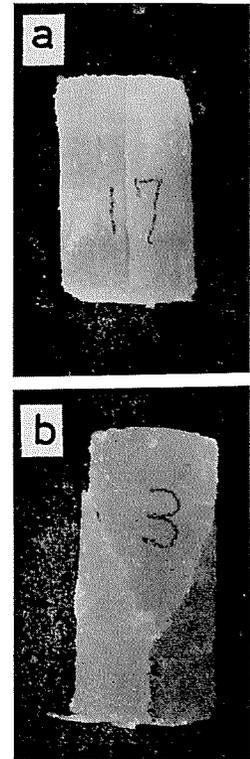
サンドスクリーンはステンレス板に比べてはるかに大きな摩擦抵抗力を海水試料との間に生ずるが、それと同時に、格子状構造をしているためにその凹凸によって応力集中を起す可能性がある。しかし測定結果で示されたように、サンドスクリーンを用いた方がステンレス板を用いた場合よりも大きな破壊強度を示したということは、このような応力集中による破壊効果は現われていないことを意味する。第5図は海水の断面写真であり、黒く見える部分が氷以外のブラインや気泡などの非固体部分を示している。海水の場合、このように純氷の部分以外にブラインや気泡などの非固体部分をじゅうぶんに含み、そのためにサンドスクリーンの凹凸による応力集中の効果が表面上現われてこなかったものと考えられる。

気泡を含んだ多結晶氷についての Haynes と Mellor の結果によると試料の両端や試験機の加圧面の整形の状況によって圧縮強度がかわり、又、特に加圧板が固体の場合には試料の長さに対する強度の依存性は著しい。しかし海水の場合、ステンレスを用いた時にはあまり長さによる影響は現われてこなかった。しかも特に縦横比1以上の長さではその効果は見られない。このことは、ステンレス板を加圧面とした時には、応力集中や両端の拘束の効果があまり大きくないことを意味する。これは短冊状の氷の小片とその間に液体のブラインを含む海水に特有の結果であるのか、あるいは淡水氷でも成り立つかどうかについては今後の検討が必要である。

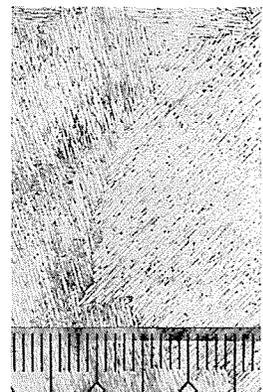
V. ま と め

海水の一軸圧縮強度に及ぼす試料の長さの効果を、試料の両端と試験機の加圧板との接触の状態をかえることによる効果を考慮に入れて調べた。試料と加圧板の間には氷との摩擦が小さいステンレス板をはさむ場合と極端に摩擦が大きいサンドスクリーンをはさむ場合の2通りについて実験を行った。その結果次のことがわかった。

- (1) ステンレス板をはさんだ場合には、破壊強度の試料の長さに対する依存性はあまりなく、特に縦横比1以上では一定である。
- (2) サンドスクリーンを用いた場合はステンレスを用いた場合よりも大きな強度を示す傾向がある。



第4図 a: 鉛直試料と
b: 水平試料の破壊後の写真



第5図 海水の水平断面の写真

(3) 鉛直試料に関しては、サンドスクリーンを用いた場合、その摩擦拘束力によって試料が短くなるにつれて急激に強度は増加し、縦横比 0.6 ではステンレスを用いた場合と比べて 2 倍程度の大きさになった。

(4) 水平試料ではサンドスクリーンを用いた場合でも縦横比 1 以上の試料では長さの効果はみられないが、それよりも比が小さくなると急に強度は大きくなる。

おわりにのぞみ、試料採取の際に多大の御助力を頂いた大学院生金田安弘君・伊豆田久雄君ならびにサロマ湖において始終御協力を頂いた滝沢隆俊助手・大学院生斎藤隆君に感謝いたします。

文 献

- 1) Haynes, F. D. and Mellor, M. 1977 Measuring the uniaxial compressive strength of ice. *J. Glaciol.*, **19**, 213-223.
- 2) 納口恭明・田畑忠司 1977 海氷の圧縮破壊. 低温科学, 物理篇, **35**, 221-231.
- 3) 納口恭明・田畑忠司 1978 海氷の繰り返し圧縮による破壊. 低温科学, 物理篇, **37**, 63-68.
- 4) 納口恭明・青田昌秋・田畑忠司 1978 北極圏海水調査 IV. 一軸圧縮強度の測定. 低温科学, 物理篇, **37**, 131-139.
- 5) Tusima, K. and Tabata, T. 1979 Friction measurements of sea ice on flat plates metals, plastics and coatings. *The 5th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions 1*, 741-755.

Summary

Friction between a load platen and the end plane of a specimen exerts an influence on uniaxial compressive strength. The effect on it of a radial restraint due to a frictional resistance becomes greater as the length of the specimen decreases.

Uniaxial compression tests were made on sea ice of Lake Saroma to obtain the relations of the compressive strength with the length of a specimen and a frictional resistance between a load platen and the end of the specimen. Between a load platen and the end of the specimen a sandscreen was placed to generate a large frictional resistance, while a stainless steel sheet was placed to generate a small one. Specimens were cylinders 79 mm in diameter, whose length-to-diameter ratios were 0.6-2. The strain rate of 10^{-3} /sec was used for all tests. Test temperatures were -2°C and -16°C .

The results of tests on a vertical core, which is normal to the ice sheet, and a horizontal core, which is parallel to it, are shown in Figs. 1 and 2 respectively. Obviously the strength measured by using a sandscreen was larger than that obtained by using a stainless steel sheet at each length. When the stainless steel sheet was used, the compressive strength had little dependency on the length-to-diameter ratio. When a sandscreen was used, the compressive strength of vertical cores increased with decreasing ratio, while the strength of a horizontal core also increased with decreasing length when the ratio was less than 1, but it was constant when the ratio was more than 1.