

北海道大学工学部 学生員 竹内 貴弘
 北海道大学工学部 小野 敏行
 北海道大学工学部 正 員 佐伯 浩

1. 目的

直立海洋構造物に作用する氷力 F を求める式には、APIの式、ソ連の式、AASHOの式、カナダのBridge Code等の式、実験式としては、佐伯の式、平山の式、中島の式、理論式では、Reinickeの式、Croasdaleの式、Michelの式、また貫入試験のそれぞれを組み合わせて作ったKorzhavinの式等多数が報告されている。しかし、過剰の氷力を与えたり、構造物の代表径 W が小さい場合にしか適用できないものもある。今回の研究において特に問題となるのは、氷力 F に關係する因子の W 、氷厚 h 、一軸圧縮強度 σ_c の中で σ_c の決め方であり、どういう供試体を用いたという試験法であるかという事。第二に、氷と構造物の相対速度 v により氷力 F は異なる値を示し、その扱い方をどうするか。第三に、最近では構造物がslenderなものからmassiveなものへと変化し、大きな W について考慮する必要性が生じた事である。これらの三つの問題について、 v と W の値によって氷力式をどのようにすべきを考察することにした。

2. 考察

佐伯の式は、

$$F = C \cdot \sqrt{W} \cdot h \cdot \sigma_c \quad \text{--- (1)}$$

C は構造物の断面形状による係数(円形は5.0, 矩形は6.8, 交角 90° の楔形は4.5)で、 W は構造物の最大幅、 h は氷厚、 σ_c は一軸圧縮強度である。まず σ_c は、至速度 $\dot{\epsilon}$ の関数であり、 $\dot{\epsilon}$ は貫入速度 v と W の関数でMichelの式 $\dot{\epsilon} = v/4 \cdot W$ で示される。よって σ_c は v と W に依存する。しかし、 W は構造物を建設する場所により決定されるが、 v の値を決定するのは大変であるから σ_c は従来の一軸圧縮試験により別に求め、その時の条件としては最大の σ_c を与える 1×10^3 より 3×10^3 の範囲で行う。供試体の高さは20cm, 径10cmの円柱形を用いることとする。したがって、 σ_c は一定にしておいて v の値に応じて F の値を変えてやるために、(1)式に係数 K (Force factor)をかけることとする。よって、

$$F = K \cdot C \cdot \sqrt{W} \cdot h \cdot \sigma_c \quad 0 < K < 1 \quad \text{--- (2)}$$

ここで、実際の氷板は、 $0 \sim 1.5$ ノット($0 \sim 70$ cm/sec)と中々く変化し、沖では速く岸では遅いという特徴がある。また、(1)式は W/h が小さく、 W も小さい条件で求めた式であるから、第三の問題点であるmassiveな構造物すなわち W の値が大きい場合にはどうすれば適応できるかという事になる。そこで、例として最大の氷力 F を与える $\dot{\epsilon} = 3 \times 10^3$ の値を用いて $v = 70$ cm/secの時 $\dot{\epsilon} = v/4 \cdot W$ より $W \approx 58$ mぐらいで氷力最大で、 W がそれ以上でも以下でも(2)式から求めることとなる。同様に、 $v = 10$ cm/secでは $W \approx 8$ mで氷力最大で、それ以外なら(2)式から求める。しかし、最近の構造物は、 W が100~150 mになってきており $\dot{\epsilon} = v/4 \cdot W$ の分母が大きくなり、 v は $0 \sim 70$ cm/secであるから $\dot{\epsilon} = 3 \times 10^3$ より小さくなり、(1)式だと過剰の F を与えることになり(2)式の意味が出てくる。そこで、 F

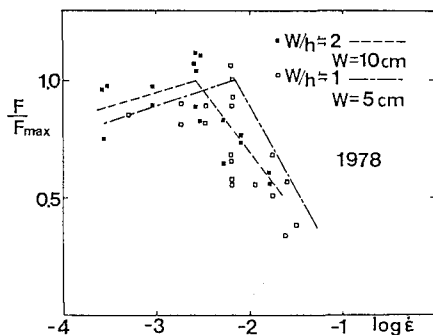


図 1

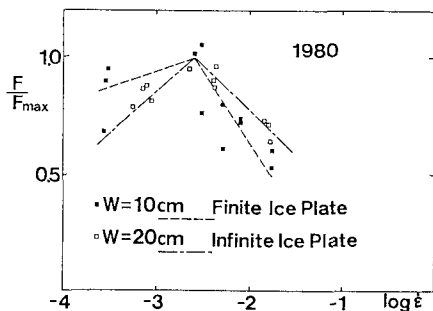


図 2

ととの関係を調べることとする。図1は、1978年に氷力測定装置によってアスペクト比 W/h を、2.0と1.0の二通りについて調べたもので、 $\log \dot{\epsilon} = -2.5$ ぐらいでピークをもつことが分りその時を1として書かれたグラフであり、それぞれの $\dot{\epsilon}$ に対して $0 < F/F_{max} < 1$ の範囲で変化し F_{max} の何割に相当するかを知ることが出来る。図2も同様であるが、 $W=20\text{cm}$ の時は実際の氷板(無限氷板)を使った現地試験の結果であり、 $W=10\text{cm}$ は氷力測定装置による値である。これらとを比べることにより室内試験の精度の高さを示し、図1と同様に $\dot{\epsilon}$ に応じて F_{max} の何割に相当するかを知ることが出来る。次に、図3は、Michel and Paradis (1976年)、Michel and Carter (1972年)らが測定した結果であるが、その値を用いて縦軸を F_{max} で割って図1,2と同様に $\dot{\epsilon}$ との関係が求められるように書き換えたものである。これによると、 $-8 < \log \dot{\epsilon} < -1$ という広い範囲にわたっており、縦軸を対数とすると図のようなピークをもつ曲線となる。さらに $\log \dot{\epsilon}$ の範囲を広げるために衝撃試験の結果を載せる。図4がそうであり $V=740\text{cm/sec}$ と一定であることから W の値に応じて $\dot{\epsilon}$ が求まり($1.09 < \log \dot{\epsilon} < 1.79$)、限界線 $F=3.6\sqrt{W \cdot h \cdot \sigma_c}$ と $F=5.0\sqrt{W \cdot h \cdot \sigma_c}$ の両式から $F/F_{max}=0.72$ が求まる。以上の4つの図を1つにまとめたのが図5である。ここで縦軸を K

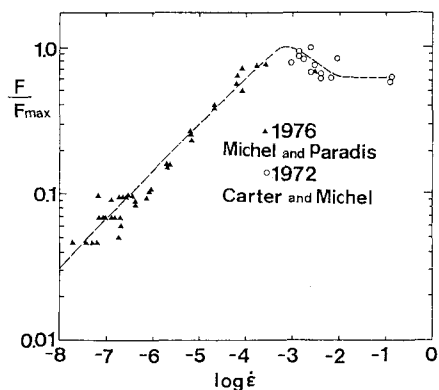


図 3

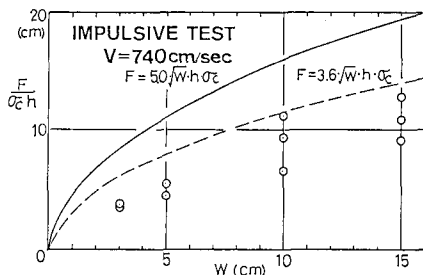


図 4

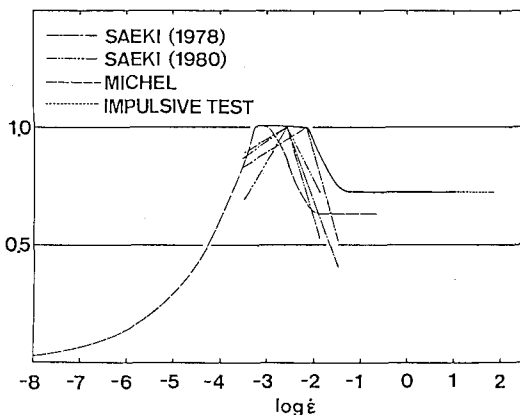


図 5

($=F/F_{max}$)とした。この K は(2)式のものと同じであって Force factor のことである。また、 $\log \dot{\epsilon} < -3.3$ では Michel の線、 $\log \dot{\epsilon} > 1$ では衝撃試験による線、その間は5つの線を包む更線で結んだ。

以上により、一軸圧縮試験により σ_c を求め、 V と W が分かれば $\dot{\epsilon}$ が計算され $\log \dot{\epsilon}$ の値によって図5から K が決定する。例として、 $W=100\text{m}$ $V=0\sim 10\text{cm/sec}$ なら $\dot{\epsilon}=0\sim 200025$ で $\log \dot{\epsilon} < -3.6$ によって図5から最大の K がおおよそ0.82と求められる。あとは(2)式から氷力 F をえる。もし、 $W=100\text{m}$ $V=0\sim 70\text{cm/sec}$ なら $\dot{\epsilon}=0\sim 0.00175$ で $\log \dot{\epsilon} < -2.76$ よりピークまで達し $K=1$ より(1)式から氷力 F をえる。

参考文献

佐伯浩；海氷の強度特性と海岸・海洋構造物の耐氷設計法に関する研究 1983

B.Michel and N.Toussaint；Mechanisms and Theory of Indentation of Ice Plates 1977