

## II-39 モデル氷の圧縮強度試験に関する実験

岩手大学工学部 学生員○福士 一之 学生員 前田 智春  
 学生員 田口 準 正員 笹本 誠  
 正員 堺 茂樹 正員 平山 健一

### 1 はじめに

氷の一軸圧縮強度試験は、通常、円柱、角柱等の供試体を用いて行われるが、氷厚の薄い模型氷の場合、供試体を抜くことは困難である。本研究では、厚さの薄い模型氷の圧縮強度指標を得るために、図1に示すように氷板をコの字型に整形し、その先端に水平に載荷する方法を提案し、試験条件（氷厚 15, 20, 30mm、幅 7~15cm、長さ 5~70 cm）が、破壊載荷荷重を氷桁の断面積（桁幅×氷厚）で割って得られる圧縮強度指標に及ぼす効果を実験的に求めた。

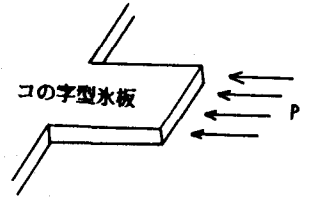


図1 整形された氷板

### 2 実験に使用された氷板の性質

本実験で使用した氷板は、エチレングリコール水溶液 1.2%より製氷された。氷板曲げ強度 ( $\sigma_f$ ) は手鋸で片持ち桁（氷厚を  $h$  として、桁長  $6\sim 7h$ 、桁幅  $1\sim 3h$ ）を整形し、上方向、下方向の二方向測定した。曲げ強度は表1のように与えられた。氷の弾性係数は平板載荷法により求めた。弾性係数は表1に示される。本実験の模型氷の結晶径は  $1\sim 2\text{ mm}$  であった。

表1 曲げ強度と弾性係数

氷厚(mm)	曲げ強度 (kPa)		弾性係数(Mpa)
	下方向	上方向	
15	13.4	14.2	20.3
20	17.7	23.3	25.9
30	24.5	34.9	96.2

### 3 実験結果及び考察

#### (1) L/B の効果

図2は、幅 10 cm の場合の試験片の長さとの比  $L/B$  と圧縮強度指標  $\sigma$  の関係を示す。どの氷厚の場合も  $L/B$  が大きくなるにつれて指標が減少し次第に一定値に近づく傾向があり、 $L/B$  が 2 程度以上では強度が変化しないことが分かる。

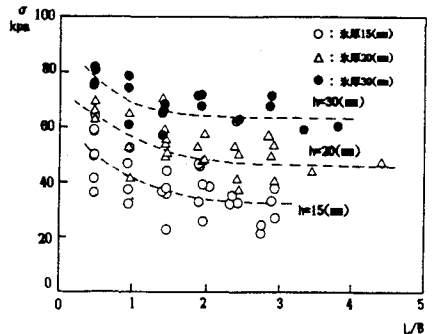


図2 L/B と圧縮強度指標 ( $\sigma$ ) の関係

#### (2) 長さの効果

図3は、幅 10 cm の試験片での圧縮強度指標  $\sigma$  と  $L/h$  の関係を示す。  $L/h$  が大きくなるにつれて強度が減少し、  $L/h$  が 15 程度以上になると一定となる傾向がみられる。

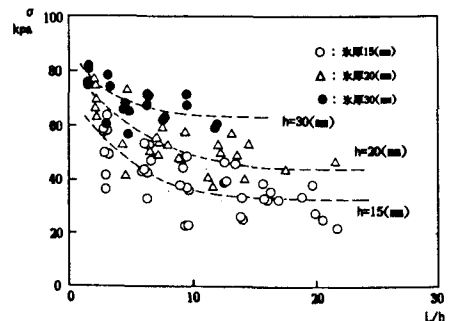


図3 L/h と圧縮強度指標 ( $\sigma$ ) の関係

#### (3) 幅の効果

図4は、氷厚 15 mm、  $L/B$  が 2.5 以上、  $L/h$  が 15 以上のデータについて圧縮強度指標  $\sigma$  と  $B/h$  の関係を示す。図より氷厚が一定の場合、幅に関係なく強度はほぼ一定に

なっている事が分かる。

#### (4) $\sigma/\sigma_f$ の関係

圧縮強度指標  $\sigma$  と曲げ強度  $\sigma_f$  の関係を図5に示す。Timco によると圧縮強度  $\sigma_c$  と  $\sigma_f$  の比は約 2.5 となっており、今回の実験では  $\sigma/\sigma_{fpush}$  は約 2.5 となり同様の関係を得た。

#### (5) 破壊モード

上記の実験データは氷板の破壊モードに関係なくプロットしてあるが、氷厚が 15, 20mm の氷板ではほとんど座屈破壊が卓越し、L/B が小さいところでは圧縮破壊が生じた。氷厚が 30 mm の氷板では、L/B の値が 3 より小さい範囲でせん断破壊が生じた。

座屈荷重  $P$  は桁の両端の境界条件と桁の長さ  $L$  および厚さ  $h$  に依存することが知られているが、無次元座屈荷重  $P/(BKL_b^2)$  と  $L/L_b$  の関係 ( $L_b$ : 特性長、 $B$ : 桁幅、 $K$ : 単位体積重量) を示したのが図6である (Hetenyi)。氷厚 15, 20 mm の実験値を示したのが図中の○印である。これによると座屈荷重は FC の理論解に相当しており、一端固定、他端摩擦無し of 的荷条件となっている。

### 4 結論

本実験では提案された圧縮強度指標値は L/B が 3 以上、L/h が 20~50 の範囲で試験片の寸法によらない、ほぼ一定の値が得られることが明らかになった。本報告で提案された方法は、その指標値を得るため利用できるものであろう。模型氷板に対する強度試験片の寸法は極力小さくすることが望ましいが、模型氷の結晶径が通常数 mm であることを考慮すれば、試験桁の幅は 5~10cm にすることが適当であろう。

今後、本提案の圧縮強度指標と一軸圧縮強度の関係を実験的に検討する必要がある。また、氷強度を縮小しなければならぬ模型氷では座屈破壊が生じ易くやすく、氷板の座屈破壊荷重と一軸圧縮強度の関係についても検討が必要である。

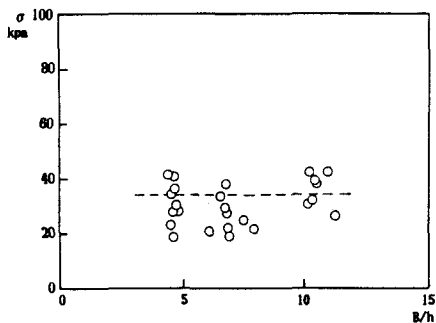


図4 B/h と圧縮強度指標 ( $\sigma$ ) の関係

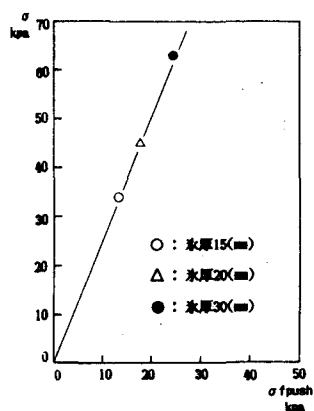


図5 曲げ強度 ( $\sigma_f$ ) と 圧縮強度指標 ( $\sigma$ ) の関係

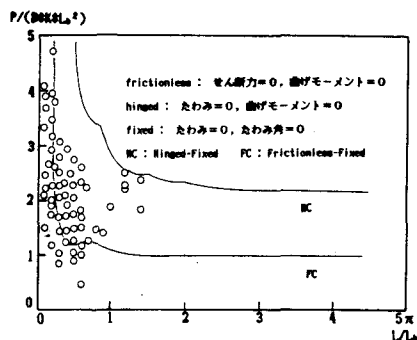


図6  $L/L_b$  と無次元座屈荷重  $P/(BKL_b^2)$  の関係

参考文献 K.kato : Theoretical and experimental study of in-situ uniaxial compressive strength

G.W Timco : EG/AD/S について

Sodhi : A REVIEW OF BUCKLING ANALYSES OF ICE SHEETS