

円錐型構造物に働く氷圧力一輻の効果

岩手大学 工学部 学生員 ○ 及川都男
 岩手大学 大学院 学生員 小原一哉
 岩手大学 正 員 平山健一

1, はじめに

流水域にある海洋構造物は波力をうわまわる流水力を受けることが知られている。そこで構造物が安全に保つためには、構造物と流水板の衝突面に十分な強度を持たせる必要がある。海水の曲げ強度は圧縮強度の1/3以下であるため、円錐型構造物のような傾斜面を持つ構造物によって氷板を曲げ破壊させることが望ましい。本報告は、岩手大学低温実験室で尿素氷を用いて行われた円錐型構造物に働く氷圧力に対する輻の効果述べ、他実験値と比較・検討を行うと同時に、円錐型構造物に働く水平力に関する実験公式を提案している。

2, 実験装置と方法

低温実験室は内部寸法が3.8×1.8×2.1mで熱交換コイルが天井全面に設置されており冷気が一様に降下するために実験室内の温度分布は一様である。室内には図-1の様な寸法を持つ木製の水槽が置かれ、その上部には円形レールが設置してあり、そのレール上を4個のベアリングによって支えられた台車が移動する。台車には、模型構造物と荷重計が取り付けられており、図-1に示すように氷圧力の水平分力と垂直分力を計測することができる。また、台車は交流モーターにより、8mm/sの一定速度で移動させて実験を行った。模型の円錐型構造物は木製で表-1のような寸法を持っており、その表面は木工用ラッカーで加工してある。模型氷としては、0.6%の尿素溶液を用い、WET-SEEDINGして室温-9℃で成長させ、WARM-UP 後実験を行った。

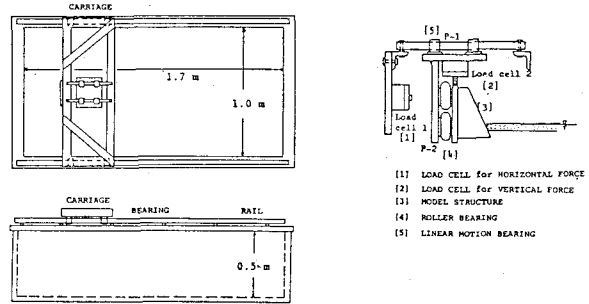


FIG.1 EXPERIMENTAL SET-UP (ICE TANK, CARRIAGE, FORCE MEASURING UNIT)

Inclination angle (°)	Height (cm)	Top dia. D_t (cm)	Bottom dia. D_b (cm)
60	9.0	4.0	14.5
60	9.0	7.0	16.5
60	9.0	13.0	22.5
60	9.0	21.0	30.5
60	9.0	30.0	40.5

TABLE 1 DIMENSION OF MODEL STRUCTURES

氷板の表面結晶径は約2mmで、2層構造を持ち氷厚 $t = 1.9 \sim 2.3$ cm 曲げ強度 σ_b は約 0.4 kg/cm^2 、弾性係数 E は約 260 kg/cm^2 であった。

3, 実験結果

実験は約25枚の氷板について実施した。氷板の破壊パターンは貫入が進むにつれて氷板が構造物の斜面に沿って上方へ押し上げられ、4~6本の半径方向のクラックが生じ、この間、構造物に作用する力は増加し、円周方向クラックが発生し破壊に至る。図-2

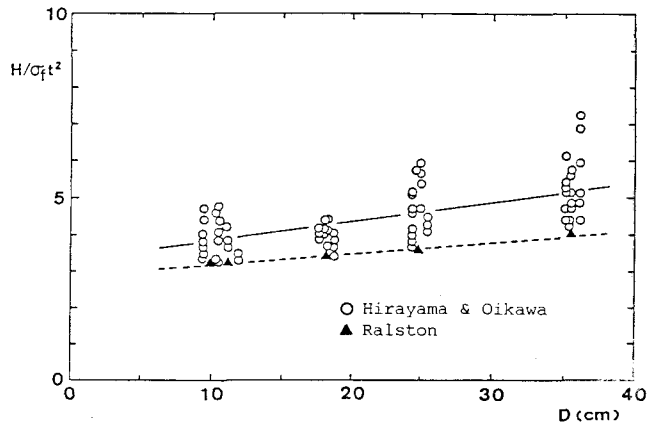


FIG. 2 RELATION BETWEEN $H/\sigma_b t^2$ AND Diameter

は本実験結果を示したものであるが、これより構造物直径の増加の割合に比べ水平力の増加の割合が小さいことが分かる。その関係式は次式で示される。

$$H / \sigma_v \cdot t^2 \propto D^{0.22} \quad (1)$$

4, 実験結果の考察

氷圧力-幅の関係については、既にRalston、Afanasev、Edwards& Croasdale等によって研究成果が発表されており、本実験値とRalston及びAfanasevの結果とは類似の傾向を持つことが確認され、直径Dに氷圧力が比例するとしているEdwards& Croasdaleの実験値と本実験値とは、やや異なった傾向を示すことが分かった。なおここでは、本実験値と理論値との比較のためにRalstonの理論値を図-2に載せた。構造物直径の増加の割合に対し水平力の増加の割合が小さい原因として次のような理由が考えられる。

氷板の曲げ強度が一定で、しかも構造物の傾斜角度が一定の場合、構造物直径の大小によらず構造物が一定量氷板に貫入すると構造物先端付近のWedgeから順に曲げ破壊を起こすものと思われる。従ってContact・factor を考えてみると構造物直径が増加するにしたがってContact・factor が減少することが予想される。つまり、構造物幅に占める氷板との接触幅の割合が少なくなる分だけ水平力が減少して現われているのではないと思われる。しかし、この原因については今後なお一層の裏付けが必要となるであろう。

円錐型構造物に働く水平力Hには、次のようなパラメーターが関与していると考えられる。

- α : 構造物の水平に対する傾斜角 μ : 氷と構造物間の動摩擦係数 t : 氷厚
- ν : 氷のポアソン比
- σ_v : 氷の曲げ強度
- E : 弾性係数
- v : 台車の移動速度
- D : 構造物の幅
- z : フリー・ボード

今、台車の移動速度が衝撃力や氷の塑性変形を無視できる範囲にあり、氷板を破壊するために必要な力が卓越すると仮定すると、 z と v を除いた次式のような無次元量の関係式が得られる。

$$\frac{H}{\sigma_v t^2 \xi} = K \left(\frac{D}{l_c} \right)^\beta \quad (2)$$

ここで、 K 、 β は定数で l_c は氷の特性長であり、次式によって計算される。

$$l_c = [E \cdot t^3 / 12 \cdot \rho \cdot g (1 - \nu^2)]^{0.25} \quad (3)$$

また ξ は構造物の傾斜面と氷板との摩擦を示すパラメーターで、次式により求められる。

$$\xi = (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) / (\cos \alpha - \mu \sin \alpha) \quad (4)$$

(2)式では氷の特性として、 t 、 l_c 、 σ_v を入れ、 E 、 ν は間接的に特性長 l_c の中に含まれる。本実験結果に加えて氷の特性が与えられている他の実験結果を(2)式に従ってプロットしたものが図-3であり、これより円錐型構造物に働く水平力に関する式を得た。

$$\frac{H}{\sigma_v t^2 \xi} = 2.38 \left(\frac{D}{l_c} \right)^{0.34} \quad (5)$$

直立柱構造物の場合、氷圧力は $D^{0.5}$ に比例するといわれているが、円錐型構造物の場合氷圧力に与えるDの効果が小さい結果となった。

[参考文献]

平山・小原：円錐型構造物の氷圧力計算式と模型実験値の比較検討，日本造船学会 s 59.6.13

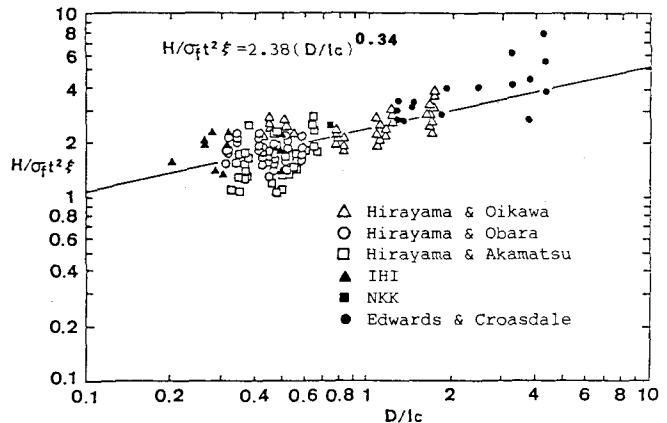


FIG.3 RELATION BETWEEN $H / \sigma_v t^2 \xi$ AND D / l_c