

II-371 傾斜型構造物に作用する氷力式の評価

パシフィックコンサルタンツ 正員 寺島 貴志
 パシフィックコンサルタンツ 正員 中澤 直樹
 北海道大学工学部 正員 佐伯 浩

1. はじめに

傾斜型構造物に作用する氷力の算定式は現在まで数多く提案されているが、提案式における諸数値の評価の違い等により算出される氷力にも大きな違いがあり、また、各式の適用においても不明確な点が多い。

本研究では、これら傾斜型構造物に作用する氷力の算定式を紹介し、その支配因子を明らかにすることにより、実用へのアプローチを試みたものである。

2. 傾斜型構造物の作用する水平氷力算定式

1) 水平氷力算定式

傾斜型構造物に作用する水平氷力は図1に示す様に、Ice breaking forceとIce ride-up forceの2つに分けられる。表1に現在まで提案されている円錐形構造物に作用する氷力の算定式を示す。これによると一般にIce breaking forceは次式で表わされる。

$$F = A \cdot \sigma f \cdot h^2 \cdot \tan \alpha \quad (1)$$

ここで、Aは定数、 σf は氷盤の曲げ強度、hは氷厚、 α は水平面と構造物とのなす角を表す。(1)式に示す様に、Ice breaking forceは、氷盤の曲げ強度と傾斜角に依存する。また、氷盤と構造物表面の間の摩擦の要素は定数Aに含まれている。

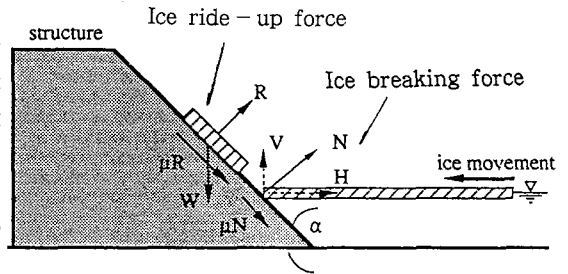


図1 傾斜型構造物に作用する氷力の概念図

表1 円錐形構造物に作用する氷力算定式及び計算例

氷 力 算 定 式		計算例1(D=3m)			計算例2(D=20m)		
		Breaking	ride up	total	Breaking	ride up	total
a) U. S. S. R. SN 76/66 Code	$A \sigma f h^2 \tan \alpha$	86		86	86		86
b) AASHTO&CSA	$C_p b h$	423		423	2,820		2,820
c) C. L. P	$m \sin^2 \alpha \sigma_c b h$	381		381	2,538		2,538
d) Edwards&Croasdale	$1.6 \sigma_c h^2 + 6.0 P_a g D h^2$	112	18	140	112	120	232
e) Afanasev et. al. (1971)	$(S_r / 1.931)^{0.8} \sigma_c h^2 \tan \alpha$	58		58	104		104
f) Hirayama&Obara (1986)	$2.43 (D/L)^{0.8} \sigma_c h^2 \tan(\alpha + \beta)$	130		130	250		250
g) Saeki et. al. (1979)	$1.65 h^2 \sigma_c \tan \alpha$	74		74	74		74
h) Haynes&Sodhi	$1.78 \tan(\alpha + \beta) h^2 \sigma_c$	152		152	152		152
i) Brooks (1981)	$0.284 \sigma_c h^2 + 5.47 p_i g h^{1.7} D^{0.3} + 7.97 p_i V D^2$	20	22	42	20	247	267
j) I. H. I (1978)	$2.37 \tan(\alpha + \beta) h^2 \sigma_c$	203		203	203		203
k) Korzhavin (1971)	$C_m K b h \sigma_c$	34		34	224		224
	$C_t \tan \alpha b h \sigma_c$						
	$1.1 k (\tan \alpha) / (\sin \beta) b h \tau_c$						
l) Danys&Bercha (1976)	$m \cos^2(\pi/2 - \beta) b h \sigma_c$	140		140	931		931
m) Croasdale (1978)-2D	$0.68 \sigma_c (p_a g h^3 / E)^{0.2} C_c + 2 b h p_a g C_c$	8	5	13	55	191	246
n) 2D. Analysis (adjusted)	$0.68 \sigma_c (p_a g h^3 / E)^{0.2} C_c + 2 b h p_a g C_c$	31	5	36	31	191	222
o) Ralston (1977)	$A_c (A h^2 \sigma_c + A_p p_a g h^2 D^2 + A_p p_a g h (D^2 - D_c))$	150	4	154	221	160	381
p) Tryde (1975, 1977)	$C_c \sigma_c b h$	55		55	378		378
q) Nevel-3D (1972)	$1/3 \{1.05 + 2(a/1.) + 0.5(a/1.)^2\} \tan(\alpha/2) \sigma_c h^2$	14		14	90		90
r) Gerard&Lipsett (1978)	$K_c \sigma_c h^2$	61		61	61		61

ここに、 D :structure diameter at waterline, b :width of structure, h :ice thickness, E :Young's Modulus, α :angle of the slope from the horizontal, β :included angle at the point of the wedge in the horizontal plane, L_c :characteristic length of ice sheet, σ_f :flexural strength of ice, μ :coefficient of friction between ice and structure surface.,

2) 摩擦と傾斜角の影響

一般に、傾斜角が 70° 以上の場合、氷盤はクラックが発生して破壊し、 70° 以下の場合には曲げにより破壊する(佐伯ら:1979, Bercha ando Danys:1976)。したがって、傾斜角が 70° 以上の場合には、垂直な構造物と同じように氷力を算定することができる。一方、傾斜角が小さく、氷盤と構造物との摩擦係数が大きい場合には、氷盤は曲げよりもクラックや歪により破壊する場合がある。よって、Ice breaking forceの算定に際しては、氷盤の曲げ強度だけではなく、氷盤と材料間の摩擦係数が重要である。

3) 構造物の幅の影響

表1に各算定式において、 $D=3m$ (水位面における構造物の直径)と $D=20m$ の場合の計算結果を示す。これによると、構造物の幅が狭い場合、Ice ride-up forceはIce breaking forceに対してはほぼ無視することができるが、構造物の幅が広い場合には無視できない。したがって、構造物の幅が狭い場合には、Ice breaking forceのみを考慮した算定式を適用することができるが、構造物の幅が広い場合には、2つの氷力を考慮した算定式を適用する必要がある。

3. 水平氷力算定式の比較

式(1)に示した様に、氷力を算定する際には、氷盤の圧縮強度、氷と構造物との摩擦係数、構造物の傾斜角、氷力の種類、形状係数等を十分に考慮する必要がある。ここで、表1の各氷力算定式によると、曲げ強度についてはf), g), j) の算定式では実験により考慮されている。摩擦係数については、d), f), g), h), j) の算定式では考慮されている。また、d), i), m), n), o) の算定式については、Ice ride-up forceも含まれている。

4. 結論

傾斜型構造物に作用する氷力算定式の適用する際に、留意すべきことを要約すると次の様である。

- 1) 傾斜型構造物に作用する水平氷力は2つに分けられる。すなわち、氷盤が構造物に接して破壊する時に作用するIce breaking forceと、氷盤が構造物に乗り上げる時に作用するIce ride-up forceの2つである。
- 2) 幅の狭い構造物の場合、Ice ride-up forceは非常に小さい。場合によっては、Ice breaking forceのみを考慮した算定式を適用することができる。
- 3) 幅の広い構造物の場合、Ice ride-up forceは大きな値となることより、2つの氷力を考慮した算定式を適用する必要がある。
- 4) Ice breaking forceは氷盤と構造物とのなす角と摩擦係数に依存することより、氷力を小さくする方法として、①構造物材料として、氷に対して小さい摩擦係数の材料を用いる②氷盤との接触面における傾斜角の小さい構造型式が望ましい。
- 5) 氷力算定に際しては、平山・小原, 佐伯ら, I.H.I, Ralstonの算定式の実用性が高い。特に幅の広い構造物に対しては、Ralstonの3次元理論の実用性が高い。

== 参考文献 ==

- 1) 中澤, 竹内, 小野, 佐伯: 海洋構造物に作用する氷力式の評価, 第11回海洋開発シンポジウム, 1986年
- 2) 中澤直樹: Study On Factors Influencing The Ice Forces On Structures, 北海道大学学位請求論文(1991)