

砕氷船の所要馬力について

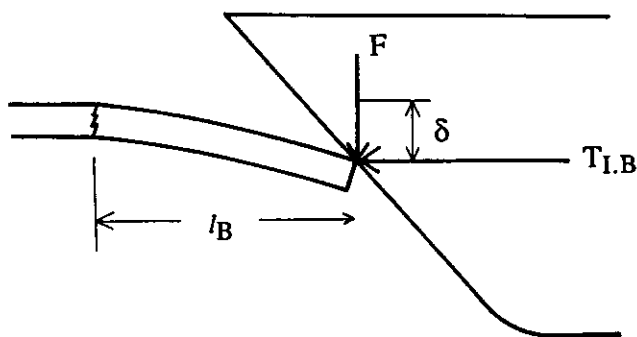
1983. 7. 18 別所 正 利

内 容 目 次

1. 砕氷のための動力と砕氷効率
2. 縦ゆれ周期と速度

1. 砕氷のための動力と砕氷効率

氷は船の推力を受けて図のように下方に力 F を受け、丁度 δ だけ変位した時 ℓ_B だけ割れるものとする。



力 F が氷を割るためになす仕事は

$$\frac{1}{2} F \delta \quad , \quad \dots\dots\dots (1.1)$$

ℓ_B だけ割れるから単位長さだけ割る為の仕事は

$$R_{PIB} = \frac{F \delta}{2 \ell_B} \quad (\text{kg}) \quad , \quad \dots\dots\dots (1.2)$$

所要動力は船速を V として

$$P_{IB} = \frac{F \delta V}{2 \ell_B} = R_{PIB} \cdot V \quad , \quad \dots\dots\dots (1.3)$$

一方推力 T と F は (0.4) 式より

$$F = \eta_F T \quad , \quad \eta_F = \cot \theta \frac{1 - \mu \tan \theta}{1 + \mu \cot \theta} \quad , \quad \dots\dots\dots (1.4)$$

船が砕氷のために費した動力を P_{DIB} とすると砕氷のための推力

$$V T_{IB} = \eta_P P_{DIB} \quad , \quad \dots\dots\dots (1.5)$$

砕氷の為の所要動力 (1.3) と P_{DIB} の比を砕氷効率となづけると

$$\eta_{IB} = \frac{P_{IB}}{P_{DIB}} = \frac{\eta_F \eta_P}{2} \left(\frac{\delta}{\ell_B} \right) \quad , \quad \dots\dots\dots (1.6)$$

具体的に「しらせ」をとりあげ、氷については 2 次元理論を使用して見積って見る。

「しらせ」 $L = 134 \text{ m}$, $B = 28 \text{ m}$, $d = 9.75 \text{ m}$
 $\Delta = 18,600 \text{ t}$, $30,000 \text{ HP}$ (1.7)
 艀水切角 $\theta = 21.3^\circ$

さて氷の方は 2 次元理論によれば § 1 氷厚 t に対し

$$\frac{F \delta}{2 B \ell_B} \doteq 0.48 \frac{\sigma_f^2}{E} t = 1.25 t \quad , \quad \dots\dots\dots (1.8)$$

今は $\sigma_f = 5 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$, $E = 9.5 \times 10^8 \text{ kg/m}^2$ と仮定する。

それ故

$$R_{PIB} = \left\{ \begin{array}{ll} 35 \text{ kg} & \text{for } t = 1 \text{ m} \\ 70 \text{ kg} & \text{for } t = 2 \text{ m} \end{array} \right\} \quad \dots\dots\dots (1.9)$$

なお § 1 の計算より

氷厚(t)	F / B	ℓ_B	δ	ℓ_B / δ
1 m	770 kg/m	18.5 m	.060 m	308
2 m	1,820	31.3	.086	364

一方、(1.4) に $\theta = 21.3^\circ$, $\mu = 0.1$ とすると

$$\eta_F \doteq 1.96 \doteq 2 \quad , \quad \dots\dots\dots (1.10)$$

それ故 (1.6) より $\eta_P \doteq 0.5$ としても

$$\eta_{IB} \doteq \left\{ \begin{array}{ll} \frac{1}{600} & \text{for } t = 1 \text{ m} \\ \frac{1}{700} & \text{for } t = 2 \text{ m} \end{array} \right. \quad \dots\dots\dots (1.11)$$

砕氷の為に必要な船の動力は $V = 3 \text{ m/s}$ とすると

$$P_{DIB} \doteq \left\{ \begin{array}{ll} 60,000 \text{ kg-m/sec} = 600 \text{ kW} & \text{for } t = 1 \text{ m} \\ 150,000 \text{ kg-m/sec} = 1,500 \text{ kW} & \text{for } t = 2 \text{ m} \end{array} \right. \quad \dots\dots\dots (1.12)$$

この値は小さすぎるように思われる。

因みに流体抵抗 R_W を

$$R_W = C_D \frac{\rho}{2} B d V^2, \quad \dots\dots\dots (1.13)$$

の形で表わし $C_D = 1$ とおくと $V = 3 \text{ m/s}$ として

$$R_W V = \frac{\rho}{2} B d V^3 = 376,000 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s} \div 3,760 \text{ kW}$$

となり、軸馬力から見てかなり妥当な値のように思われる故(1.12)のさらに3倍位が現実に近い値であろうか。

また今は平均値で論じてしまったが、実際にはエンジンの荷重は大きく変動するからその余裕を見ているのだろうか。

いづれにしても砕氷に必要なパワーは想像を絶する位小さく、一方船の推力で氷にのし上げて割る形式の砕氷効率は大変悪い事だけは確かであろう。

2. 縦ゆれ周期と速度

砕氷しながら航走する時は略固有周期で縦ゆれと横ゆれをしているようである。

これは一度氷がわれると艀が沈み、次に艀が上がった時氷の上にのし上げるからであろう。

一方氷板にぶつかるゝ抵抗が大きゐであろうからこの点から適正な速度は、縦ゆれ固有周期を T_P とすると

$$V \div \ell_B / T_P, \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

「しらせ」の場合 $T_P = 6 \sim 7 \text{ sec}$ と考えられる故、氷厚 1 m の時 $V \div 6 \text{ kts}$ となる。

この事から逆に強制的に縦ゆれをさせて砕氷する事が考えられるがそのゐに必要な強制モーメントは明らかに氷の反力 F かける半船長で大変大きくなる。

F は高々数十トンで、氷が割れるまでの時間は船の固有周期に比較すればほんの瞬間にすぎない故、最も実際的な方法としては船首前方に上下に動く砕氷装置をとりつけてこれで周期的に割りながら進むのがよからう。それに必要な動力は今度は(1.3)に機械効率を考えたものでよく極めて小さいと考えられる。

また流体抵抗についても船と氷板の間の氷が楽に動ける位の隙間があればずっと小さくなると考えられるから少し船幅より広く割っておけばよい。

その装置の砕氷周期を T_I とすれば適正速度は(1.3)同様に表わせる。

あるいは適正速度はプロペラ・トルク or スラストに大きい周期的変動が出ないように選ぶと考えるゐよからう(?)。

いづれにしてもこの場合は動的問題となるので運動を考えねばならず、周波数又はインディシャル応答試験が必要とならう。