

排水量型高速船型の研究

R/14

内容

1. 没水体の極値向題 1
2. 没水体型 船型 5
3. 影響線 7
4. 雑論 9-9

1. 浸水体の極値問題

$z = -T$, $-l < x < l$ の直線に $\frac{V}{4\pi} A(x)$ の doublet 分布を配置した抵抗は次式で与えられる。

$$R_w = \frac{\rho}{\pi} k_0^4 V^2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} l \frac{-2k_0 T \sec^2 \theta}{|f(k_0 \sec \theta)|^2} \sec^5 \theta d\theta, \quad (1.1)$$

$$f(p) = \int_{-l}^l A(x) e^{-ipx} dx, \quad (1.2)$$

2.12 V : 流速, T : 吃水, $l = \frac{L}{2}$: 船長

$A(x)$: 近似的に横切面積, $k_0 = \frac{2}{V^2}$, ρ : 密度
 近似排水容積 ∇_0 ($k_0 L = \frac{1}{F^2}$)

$$\nabla_0 = \int_{-l}^l A(x) dx, \quad (1.3)$$

$A(x)$ は次のように展開出来るものとする。

$$A(x) = \frac{1}{\sin \theta} \sum_{n=0}^{\infty} a_n' \cosh n \alpha, \quad x = l \cos \theta, \quad (1.4)$$

$$\nabla_0 = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sum a_n' \cosh n \theta d\theta = \pi a_0', \quad (1.5)$$

$$f(p) = \sum_n a_n' \int_0^{\frac{\pi}{2}} l \frac{-ip l \cos \theta}{\sin \theta} \cosh n \alpha d\theta = \pi \sum_{n=0}^{\infty} (-i)^n a_n' J_n(k_0 l \sec \theta), \quad (1.6)$$

と作るから \dots 新しく。

$$F(k_0 l \sec \theta) = \sum_{n=0}^{\infty} (-i)^n a_n J_n(k_0 l \sec \theta), \quad (1.7)$$

$$a_n = a_n' / a_0', \quad (a_0 \equiv 1) \quad (1.8)$$

とあいて

$$f(k_0 r \cos \theta) = \nabla_0 \bar{F}(k_0 L r \cos \theta), \quad (1.9)$$

よって

$$R_W = \frac{\rho g}{\pi} k_0^3 \nabla_0^2 \int_0^\pi e^{-2k_0 L r \cos^2 \theta} |F(k_0 L r \cos \theta)|^2 \cos^5 \theta d\theta, \quad (1.10)$$

$$\therefore R_W / \rho g \nabla_0 = \varepsilon_W, \quad \nabla_0 / L^3 = f_0, \quad (1.11)$$

とあいて

$$\Gamma \equiv \frac{\varepsilon_W}{f_0} = \frac{(k_0 L)^3}{\pi} \int_0^\pi e^{-2k_0 L r \cos^2 \theta} |F|^2 \cos^5 \theta d\theta, \quad (1.10')$$

(1.7) を代入し

$$F_{n,m} = \frac{(k_0 L)^3}{\pi} \int_0^\pi e^{-2k_0 L r \cos^2 \theta} J_n\left(\frac{k_0 L}{2} r \cos \theta\right) J_m\left(\frac{k_0 L}{2} r \cos \theta\right) \cos^5 \theta d\theta, \quad (1.12)$$

(-i)^{n-m}

なる積分を導入すると

$$\Gamma = \sum_n \sum_m a_n a_m F_{n,m}, \quad (1.13)$$

これを与えられた ∇_0 と r の関数で $\frac{\partial \Gamma}{\partial a_n}$ とするに

$$\frac{\partial \Gamma}{\partial a_n} = 0 \quad (a_n \neq a_0) \quad (1.14)$$

とすれば、

$$\sum_{m=0}^{\infty} a_m F_{n,m} = 0, \quad m=1, 2, \dots \quad (1.15)$$

よって $F_{n,m} = 0$ for $(n+m)$ 奇数であるから上式は

常に実数値をとる。

また 造波抵抗は前後対称の時, つまり $a_{2n+1} = 0$ (の最小値) となる事がわかっているから 最小値を求める為だけになり、
偶数項のみとすればよい。

しかし得られる船型の船尾があまり太くても 最小波抵抗の面で不利であるので その時は 例えは

$$A(-l) = 0, \text{つまり} \sum_n^{\infty} a_n = 0, \quad (1.16)$$

のような条件を附加して必要がある。
→ 前後非対称分布考慮

先ず 対称の場合は

$$\sum_0 a_{2n} F_{2n, 2n} = 0, \quad (n=3, 4, 6, \dots) \quad (1.15') \quad F_{2n, 2n} = F_{2n, 2n}$$

であるから (1.13) に代入すると

$$r_{\text{even}} = a_0^2 F_{00} - \sum_{n=1} a_{2n}^2 F_{2n, 2n}, \quad (1.17) \quad (a_0=1)$$

反対称の場合には $a_{2n+1}/a_1 = b_{2n+1}$ とおきなおす ($b_1 \equiv 1$ とする)

$$\sum_{n=0} b_{2n+1} F_{2n+1, 2n+1} = 0, \quad (2n+1=3, 5, 7, \dots) \quad (1.15'')$$

を解いて

$$r_{\text{odd}} = a_1^2 \left[F_{11} - \sum_{n=0} b_{2n+1}^2 F_{2n+1, 2n+1} \right] \quad (1.17'')$$

$$\sum_0 a_n = 0 \text{ であるから} \quad \sum_0 a_n = 0$$

$$a_1 \sum_0 b_{2n+1} = - \sum_0 a_{2n},$$

つまり

$$a_1 = - \frac{\sum_0 a_{2n}}{\sum_0 b_{2n+1}}, \quad (1.18)$$

從 \rightarrow 2

$$r = r_{\text{even}} + r_{\text{odd}}$$

(1.19)

と訂算出来了。

2. 没水体型船型

実用上は没水体では其合が悪いので、それと造波抵抗の等しい船型を考えよう。

その半幅曲線 $\eta(x, z)$ は次式のように与えられる。

$$\eta(x, z) = \frac{A(x)}{2T} Z(z) - \frac{A'(x)}{2\sqrt{gT}} Z(z), \quad (2.1)$$

$A(x)$ は前節の横断面曲線、 $Z(z)$ は

$$Z(0) = 0, \quad Z(-T) = -T, \quad (2.2)$$

のよう任意の関数であり、最も簡単なものは

$$Z(z) = z, \quad Z'(z) = 1, \quad (2.3)$$

水線面積を広くした場合は例として

$$Z(z) = az + \frac{a-1}{T} z^2, \quad Z'(z) = a + \frac{2(a-1)}{T} z \quad (2.4)$$

$$Z'(0) = a, \quad Z'(-T) = a - 2(a-1) = 2-a$$

として $2 > a > 1$ とすれば $(Z'(-T) > 0)$ が望ましいので、少し水線面積を大きく出来る。

もっと高次の項をとれば、もっと水線面積を広く出来るが、この場合 $a > 0$ のようにしておかなくてはならないから、実際には計算して見なければならぬ。

排水容積は

$$2 \int_{-l}^0 \int_{-T}^0 \eta(x, z) dx dz = \int_{-l}^l A(x) dx = V_0, \quad (2.5)$$

と考えられる。

(今は $A(x)$ として前節の可変としたので直接 (2.1) の表現は成立せず
 求積積分不可能であるけれども $A(\pm l) = A'(\pm l) = 0$ のような
 関数群に対して成立する (2.1), (2.5) 式が (近似的に成立す
 る) と仮定する)

最終的には流線追跡によって船型を定めるもの
 とする。

速度ポテンシャルは

$$\phi(x, y, z) \approx \frac{V}{4\pi T} \int_{-l}^{+l} A(x') \left[\frac{\partial}{\partial x'} \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) - \frac{\partial}{\partial x'} \left(\frac{1}{r_0} \right) \right] dx' + \frac{V}{4\pi} \int_{-l}^{+l} A(x') \frac{\partial}{\partial x'} S^*(x-x', y-y', z+z') dx', \quad (2.6)$$

$$r_1^2 = (x-x')^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2, \quad r_2^2 = (x-x')^2 + (y-y')^2 + (z+z')^2,$$

$$S^*(x, y, z) = S(x, y, z) - \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right),$$

3. 影響線

このようにして得られる船型が最良であるかどうか
つまり、さらに建造抵抗を減らす事が出来るかどうか、あるいは
必要に応じて変形するとしてどのような変形が建造抵抗
にどのような影響するかを検討する為には影響線
を計算してみれば良い。

さて点 $(x, 0, z)$ で ^{断面的に容積を} Δ だけ船体がふくらむとすると
建造抵抗は (1.1) から (2) のように与えられる。

$$R'_w = \frac{\rho g K_0^3}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} e^{-k_0 z \sec^2 \theta} \left[f(k_0 z \sec \theta) + v \left(\frac{+k_0 z \sec^2 \theta - i k_0 x \sec \theta}{x} \right)^2 \right] \times \sec^2 \theta d\theta, \quad (3.1)$$

従って $R'_w = R_w + \Delta R_w$ とし ΔR_w の 2 次の項を無視すると、
英給能

$$G(x, z) \equiv \frac{\Delta R_w}{\rho g v} = \frac{K_0^3}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} e^{-k_0 (z-x) \sec^2 \theta} \left[f(k_0 z \sec \theta) e^{i k_0 x \sec \theta} + \frac{v}{f(k_0 z \sec \theta)} \frac{-i k_0 x \sec \theta}{x} \right] \times \sec^2 \theta d\theta, \quad (3.2)$$

と存る。これを影響関数 (又は線) と呼ぶ。

(1.7), (1.9) を代入すると

$$G(x, z) = \frac{K_0^3}{\pi} v_0 \sum (-i)^n a_n \int_0^{\frac{\pi}{2}} e^{-k_0 (z-x) \sec^2 \theta} \left[J_n(k_0 z \sec \theta) e^{i k_0 x \sec \theta} + (-1)^n e^{-i k_0 x \sec \theta} \right] \times \sec^2 \theta d\theta$$

$$\frac{G(x, z)}{(v_0/L^3)} = \sum a_n G_n(x, z), \quad (3.3)$$

$$G_n(x, z) = \frac{(k_0 L)^3}{\pi} (-i)^n \int_0^{\frac{\pi}{2}} e^{-k_0 L (1-z) \cos \theta} J_n(k_0 L \cos \theta) \left[e^{i k_0 x \cos \theta} + (-1)^n e^{-i k_0 x \cos \theta} \right] \times \\ \times \cos \theta d\theta, \quad (3.4)$$

この $G(x, z)$ を 縦断面線源として計算してあげればよい。

つまり $G > 0$ ならば "ふくらませると道は増え残はふくら" と

増えたと減る。 $G < 0$ ならば "元の道" と

極小値の時は

$$G(x, z) = \text{const.} > 0, \quad (3.5)$$

"あるが", そのようになるとはいないはず"である。

[恐らく前後端で小さく, また水線近くで"大きい値"をとるであろう]

A. 雑録

i) うんと高速では $r \rightarrow \frac{\kappa_0 L}{2\pi} \left(\frac{L}{r}\right)^2$ のようになると考えられる
 ので“吃水は深ければ”深い程良いと考えられるが、そうすると
 幅が狭くなり、横復原性が少くなる。

また Y_B が大きくなると表面積が増えて摩擦抵抗が大きくなる。

ii) 船型は船首尾の^{大きい}球状部を有すると考えられる
 が、_{2つ}船尾部がふくらみすぎると粘性抵抗が
 大きくなるせもあるから、その時はその対策を考える
 必要がある。

その一つは f_1 で“のべ”たように $A(-l) = 0$ のように
 反対称な分布を考える事であるが、これは^{逆は}粘性抵抗
 が格段に増大するという欠点があるので、その時は
 中局的な(つまり $A(-l) \neq 0$)方法を考えるべきかも知れない。

$$A(x) \approx \frac{2 \left(\frac{PE}{L}\right)^2}{\pi i \rho} \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos n\pi x \quad \dots \dots \dots$$

$$T = \left(\frac{T}{L}\right) \times L = 2 \left(\frac{T}{L}\right) \quad \dots \dots \dots$$

1) 2式より Test する

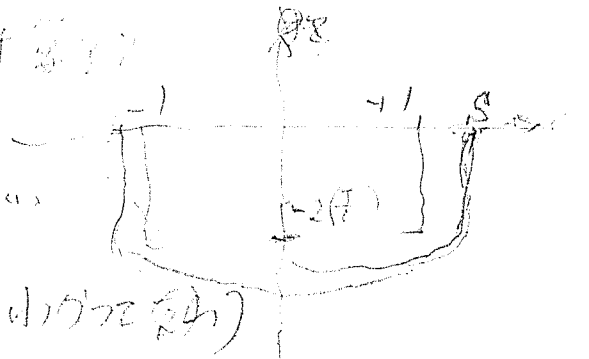
$$\phi = \frac{V}{4\pi T} \iint A(x') \frac{\partial}{\partial x'} \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) dx' dy' z'$$

$$\phi \xrightarrow{x \gg 1} \frac{V}{4\pi T} \left(\iint A(x') \frac{\partial}{\partial x'} \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) dx' dy' z' \right) + \left[\frac{x-x'}{r_1^3} + \frac{x-x'}{r_2^3} \right] \dots \dots \dots$$

$$u = -\phi_x, \quad v = -\phi_y, \quad w = -\phi_z$$

$$\text{全 } U = -1 + u \quad \dots \dots \dots$$

2) $y=0$ の (x,z) 面での流速分布



この場合は「船み食」があるか？

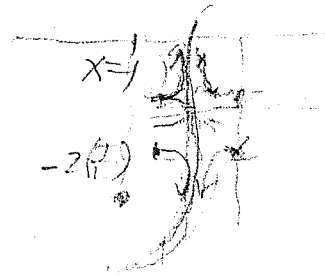
一般には (2) の場合は「船み食」は少ない

3) $y=0$ の面の物体表面流速が「船み食」

その線に沿って $y=0 > 0$ 離れた所から遠ざかる

4) 例として (2.6) の 加減消去法を無視して $y=0$ の場合
 1) まず $y=0$ の層から始める。

この場合 $y=0$ の層から始める。



5) 線型近似

6) 線図の作製