

透波抵抗の影響関数の計算

電力分布 $p(x, y)$ による透波抵抗は

$$R_W = \frac{k_0^2}{\pi \rho U^2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} |F|^2 \sec^3 \theta d\theta, \quad (1)$$

$$F(p, q) = \iint p(x, y) e^{i(p x + q y)} dx dy, \quad (2)$$

$$p = k_0 \sec \theta, \quad q = k_0 \sec \theta \sin \phi$$

2'5 3'5 4'5 の場合

$$R_W = \frac{k_0^2}{\pi \rho U^2} \iint p(x, y) p(\xi, \eta) P_5(k_0 x - \xi, k_0 y - \eta, 0) dx dy d\xi d\eta, \quad (3)$$

$$P_5(x, y, 0) = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos(x \sec \theta) \cos(y \sec \theta \sin \phi) \sec^3 \theta d\theta, \quad (4)$$

今

$$p(x, y) = \rho_0 C_B Z(x, y),$$

C_B : 方形係数.

$$x = \frac{1}{2} x', \quad \xi = \frac{B}{2} \xi', \quad B/L = 2$$

$$\frac{1}{4} \iint Z(x', y') Z(\xi', \eta') dx' dy' d\xi' d\eta' = 1, \quad (5)$$

$$r = \frac{R_W}{\rho_0 U^2 / 4} = \frac{(k_0 L)^3}{16\pi} \iiint Z(x', y') Z(\xi', \eta') P_5\left(\frac{k_0 L}{2} x' - \xi', \frac{k_0 L}{2} y' - \eta', 0\right) dx' dy' d\xi' d\eta',$$

$$k_0 L = 2K$$

$$= \frac{K^3}{2\pi} \iiint Z(x', y') Z(\xi', \eta') P_5(K x' - \xi', K y' - \eta', 0) dx' dy' d\xi' d\eta', \quad (6)$$

△

$$P(x, y') = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} Z(x', y') P_0(kx', ky' - y, 0) dx' dy', \quad (8)$$

と仮定

$$r = \frac{1}{2} \iint Z(x, y) P(x, y') dx dy', \quad (9)$$

Z が ΔZ だけ増えた時の r の増分 Δr

$$\Delta r = \iint \Delta Z(x, y') P(x, y') dx dy', \quad (10)$$

と仮定したので P を累影響関数と呼ぶ。

所以 P_0 は往方不可能なこの意味では新築である。

そこで ΔZ のように考える。

尚以下 x, y, x', y' を (1) 節をとりて考える。

x 方向に船幅を $2N$ 等分, y 方向に船幅 (Max) を $2M$ 等分し
各要素の中心値で一定とする。

$$\iint dx dy \int_{x=x_0-\frac{a}{2}}^{x_0+\frac{a}{2}} \cos(p(x-\frac{a}{2})) dz \int_{y=y_0-\frac{b}{2}}^{y_0+\frac{b}{2}} \cos(q(y-\frac{b}{2})) dy$$

$$= \iint_{x=x_0-\frac{a}{2}}^{x_0+\frac{a}{2}} \frac{dx dy}{pq} \left[\sin p(x-x_0-\frac{a}{2}) - \sin p(x-x_0+\frac{a}{2}) \right] \left[\sin q(y-y_0-\frac{b}{2}) - \sin q(y-y_0+\frac{b}{2}) \right]$$

$$= \frac{1}{p^2 q^2} \left[\cos p(x_0-x_0+a) - \cos p(x_0-x_0) - \cos p(x_0-x_0) + \cos p(x_0-x_0-a) \right] \\ \times \left[\cos q(y_0-y_0+b) - 2\cos q(y_0-y_0) + \cos q(y_0-y_0-b) \right]$$

$$= \frac{4}{p^2 q^2} [\cos p \overline{x_n - x_r} - \cos p \overline{x_n - x_l} \cos p a] [\cos q \overline{y_m - y_\mu} - \cos q \overline{y_m - y_\mu} \cos q b]$$

$$= \frac{4}{p^2 q^2} \cos p \overline{x_n - x_r} \cos q \overline{y_m - y_\mu} (1 - \cos p a)(1 - \cos q b), \quad (11)$$

$$p = K \sin \theta, \quad q = K \lambda \sec^2 \theta \sin \theta$$

よって (12) は

$$r = \sum_{n,r} \sum_{\mu,m} Z(x_n, y_m) Z(x_r, y_\mu) G(x_n, y_m; x_r, y_\mu; K, \lambda; a, b) \quad (12)$$

$$G(x_n, y_m; x_r, y_\mu; K, \lambda; a, b)$$

$$= \frac{K^3}{2\pi} \cdot \frac{4}{K^4 \lambda^2} \cdot \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos p \overline{x_n - x_r} \cos q \overline{y_m - y_\mu} (1 - \cos p a)(1 - \cos q b) \frac{\cos \theta \sin \theta}{\lambda \sin^2 \theta} d\theta$$

$$= \frac{8}{\pi K \lambda^2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos p \overline{x_n - x_r} \cos q \overline{y_m - y_\mu} \sin^2 \frac{pa}{2} \sin^2 \frac{qb}{2} \frac{\cos \theta \sin \theta}{\lambda \sin^2 \theta} d\theta, \quad (13)$$

したがって

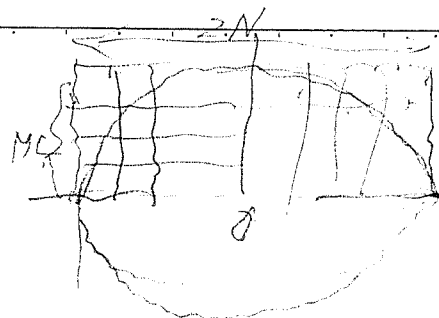
$$r(x_n, x_r) = - \frac{\partial r}{\partial Z(x_n, x_r)} = \frac{2}{\lambda^2} \sum_{\mu, m}^{2N, 2M} Z(x_r, y_\mu) G(x_n, y_m; x_r, y_\mu), \quad (14)$$

$$a = \frac{2}{2N} = \frac{1}{N}, \quad b = \frac{2}{2M} = \frac{1}{M},$$

$$x_n = -1 + (n - \frac{1}{2})a, \quad y_m = -1 + (m - \frac{1}{2})b,$$

$$x_n - x_r = (n - r)a, \quad y_m - y_\mu = (m - \mu)b$$

逆伝抵抗の計算精度の面
から等分割は不利だけれど
計算は簡単になる。



左右対称性を考えると (13) の結果

$$G^* = \frac{16}{\pi K \Omega^2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \underbrace{\cos p \overline{x_n - x_m}}_{\cos p \overline{mb}} \underbrace{\cos q y_m \cos q y_n}_{\cos q \overline{mb}} \sin \frac{ka}{2} \sin \frac{kb}{2} \frac{\cos \alpha \alpha}{\sin \alpha \alpha} d\alpha \quad (15)$$

と (12) おける y の片側だけを考慮すればよい。

$$p = K \alpha \cos \theta, \quad q = K \lambda \sin \theta \sin \alpha$$

比較の爲に薄い船の場合も考えておこう。

$$R_W = \frac{\rho g K^3}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} |F(K_0 \cos^2 \theta, \theta)|^2 \cos^4 \theta d\theta, \quad (16)$$

$$\bar{F}(k, \theta) = \int_{-T}^0 \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} \eta(x, z) e^{kx - i k x \cos \theta} dx dz, \quad (17)$$

注意

$$\eta(x, z) = \frac{B}{2} C_B H(x', z') \quad (18)$$

$$x = \frac{L}{2} x', \quad z = -T z', \quad T/L = t$$

$$\nabla = 2 \iint \eta dx dz = \frac{\nabla}{2} \int_0^T \int_{-1}^1 H(x', z') dx' dz' \quad (19)$$

$$\nabla = L B T C_B$$

$$\bar{F}^*(k, \theta) = \int_0^T \int_{-1}^1 H(x', z') e^{-k T z' - i \frac{B L}{2} x' \cos \theta} dx' dz' \quad (20)$$

よって $\bar{F}(k, \theta) = \frac{\nabla}{2} \bar{F}^*(k, \theta)$

$$r = \frac{R_W}{\rho g \nabla^2 / 2} = \frac{8 K^3}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} |\bar{F}^*(K_0 \cos^2 \theta, \theta)|^2 \cos^4 \theta d\theta, \quad (21)$$

$$K = \frac{K_0 L}{2}, \quad K_0 T = 2 K t,$$

$$(x, T x', z' \text{ と } x, z \text{ と } z' \text{ の関係})$$

$$r = \frac{8}{\pi} K^3 \iint H(x, z) dx dz \iint H(x, z) dx dz \int_0^{\frac{\pi}{2}} e^{-2K(z+z')} \cos^4 \theta d\theta, \quad (22)$$

今 x 方向に船長を $2N$ 等分し, z 方向に $\frac{L}{2}$ を M 等分して

$$a = \frac{L}{2N} = \frac{1}{N}, \quad c = \frac{F}{M} = \frac{2t}{M}, \quad (23)$$

H は x の要素の中央値で要素に一定とする。

とすると

$$r = \frac{1}{2} \sum_{n, m} H(x_n, z_m) P(x_n, x_m) \quad (24)$$

$$P(x_n, x_m) = 2 \sum_{\nu, \mu} H(x_\nu, z_\mu) G(x_n, z_m; x_\nu, z_\mu) \quad (25)$$

$$G(x_n, z_m; x_\nu, z_\mu) = \frac{8k^2}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 \theta d\theta \cdot I \quad (26)$$

$$I = \int_{z_m - \frac{a}{2}}^{z_m + \frac{a}{2}} dz \int_{x_n - \frac{a}{2}}^{x_n + \frac{a}{2}} dx \int_{z_\mu - \frac{a}{2}}^{z_\mu + \frac{a}{2}} dz' \int_{x_\nu - \frac{a}{2}}^{x_\nu + \frac{a}{2}} dx' e^{-2k(z+z') \sec^2 \theta} \cos(K \overline{x-x'} \sec^2 \theta)$$

$$\int e^{-kz} dz = \frac{e^{-k(z-\frac{a}{2})} - e^{-k(z+\frac{a}{2})}}{-k} = \frac{2e^{-kz} \sinh \frac{ka}{2}}{k} \quad , k = 2kt \sec^2 \theta$$

$$= \frac{1}{kt \sec^2 \theta} \sinh \left(\frac{ka}{2} \sec^2 \theta \right)$$

$$I = \frac{4}{k^2 \sec^2 \theta} \frac{1}{k^2 \sec^2 \theta} e^{-2kt(z_m+z_\mu) \sec^2 \theta} (\cos K \overline{x_n-x_\nu} \sec^2 \theta) \times \sinh^2(Kt \sec^2 \theta) \sin^2 \left(\frac{ka}{2} \sec^2 \theta \right) \quad (27)$$

$$\therefore G(x_n, z_m; x_\nu, z_\mu) = \frac{32}{\pi k^2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 \theta \sinh^2(Kt \sec^2 \theta) \sin^2 \left(\frac{ka}{2} \sec^2 \theta \right) \times$$

$$e^{-2kt(z_m+z_\mu) \sec^2 \theta} \cos(K \overline{x_n-x_\nu} \sec^2 \theta) d\theta \quad (28)$$

$$\frac{\partial r}{\partial H} = P \quad (29)$$

圧力分布の場合の(15)と(28)から計算していき

(15)を

$$G^* = \frac{16K}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos(K\bar{x}_0 - \bar{x}_0 \sec \theta) \sin^2\left(\frac{Ka}{2} \sec \theta\right) \times I_B \cos \theta d\theta, \quad (15')$$

$$I_B = \frac{1}{K^2 \lambda^2 \sin^2 \theta} \cos(K\lambda y_M \sec \theta \sin \theta) \times \sin^2\left(\frac{Ka}{2} \sec \theta \sin \theta\right), \quad (30)$$

(28)を

$$G = \frac{16K}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos(K\bar{x}_0 - \bar{x}_0 \sec \theta) \sin^2\left(\frac{Ka}{2} \sec \theta\right) \times I_T \cos \theta d\theta, \quad (28')$$

$$I_T = \frac{2}{K^2 b^2} e^{-2Kt(\frac{1}{\sin \theta} + \frac{1}{\cos \theta}) \sec \theta} \sinh^2(KAc \sec \theta), \quad (31)$$

$K\lambda b$, Ktc が $\frac{1}{2}$ より小さいと

$$\left. \begin{aligned} I_B &\xrightarrow{b \rightarrow 0} \frac{b^2}{4} \\ I_T &\xrightarrow{b \rightarrow 0} 2c^2 e^{-2Kt(\frac{1}{\sin \theta} + \frac{1}{\cos \theta}) \sec \theta} \xrightarrow{Kt \rightarrow 0} 2c^2 \end{aligned} \right\} \quad (32)$$

I_T は電圧変動の割合より I_B の変動の割合より

より大きくなる $I_T > |I_B|$ と考えられる。

FEB.7 '91

No.

Date

$$x = x_m - x_v, \quad y = y_m - y_v$$

$$\cos p x \sin^2 \frac{p a}{2} = \frac{1}{2} \cos p x (1 - \cos p a)$$

$$= \frac{1}{4} [2 \cos p x + \cos p x + a + \cos p x - a]$$

$$\cos p y \sin^2 \frac{p b}{2} = \frac{1}{4} [\cos p y - a - 2 \cos p y + \cos p (y + a)]$$

$$= \frac{1}{4} [(1 - \cos p y - a) - 2(1 - \cos p y) + (1 - \cos p y + a)]$$

$$- \sum_{v=1}^{2N} Z(x_v, y_v) \cos p x - x_v \sin^2 \frac{p a}{2}$$

$$= \frac{1}{4} \sum_v Z(x_v, y_v) [\cos p x - x_v - a - 2 \cos p x - x_v + \cos p x - x_v + a]$$

$$= \frac{1}{4} [Z(x_1, y) \{ \cos p x - x_1 - a - 2 \cos p x - x_1 + \cos p x - x_1 + a \}$$

$$+ Z(x_2, y) \{ \cos p x - x_2 - a - 2 \cos p x - x_2 + \cos p x - x_2 + a \}$$

$$+ Z(x_3, y) \{ \cos p x - x_3 - a - 2 \cos p x - x_3 + \cos p x - x_3 + a \}$$

$$+ Z(x_4, y) \{ \cos p x - x_4 - a - 2 \cos p x - x_4 + \cos p x - x_4 + a \}$$

$$+ Z(x_{2N-1}, y) \{ \cos p x - x_{2N-1} - a - 2 \cos p x - x_{2N-1} + \cos p x - x_{2N-1} + a \}$$

$$+ Z(x_{2N}, y) \{ \cos p x - x_{2N} - a - 2 \cos p x - x_{2N} + \cos p x - x_{2N} + a \}$$

$$= \frac{1}{4} [Z(x_1, y) \cos p x - x_1 + a + \{ -2Z(x_1, y) + Z(x_2, y) \} \cos p x - x_1$$

$$+ \{ Z(x_1, y) - 2Z(x_2, y) + Z(x_3, y) \} \cos p x - x_2$$

$$+ \Delta_x^2 Z(x_3, y) \cos p x - x_3 + \dots$$

$$+ \{ -Z(x_{2N-1}, y) - 2Z(x_{2N}, y) \} \cos p x - x_{2N}$$

$$+ Z(x_{2N+1}, y) \cos p x - x_{2N+1}$$

No.

Date

$$I = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos(Kx \sec \theta) \{1 - \cos(Ky \sec \theta \sin \theta)\} \frac{\cos \theta}{\sin^2 \theta} d\theta$$

$$J(\overline{Kx-3}, \overline{Ky-4}) = K^4 \int_{-\infty}^{\overline{3}} d\overline{3} \int_{-\infty}^{\overline{x}} d\overline{x} \int_{\overline{y}}^{\overline{y}} d\overline{y} \int_{\overline{y}}^{\overline{y}} d\overline{y} \cdot P_{-5}(\overline{Kx-3}, \overline{Ky-4}, 0)$$

$$= \int_{-\infty}^{\overline{K3}} d\overline{3}' \int_{-\infty}^{\overline{Kx}} d\overline{x}' \int_{\overline{Ky}}^{\overline{Ky}} d\overline{y}' \int_0^{\overline{K4}} d\overline{y}' \cdot P_{-5}(\overline{Kx-3}', \overline{Ky-4}', 0)$$

$$P_{-5}(x, y, 0) = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos(x \sec \theta) \cos(y \sec \theta \cos \theta) \sec^5 \theta d\theta$$

$$J = \int_{-\infty}^{\overline{K3}} d\overline{x}' \int_{\overline{Ky}}^{\overline{Ky}} d\overline{y}' \cdot \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin(\overline{Kx-3} \sec \theta) \sin(\overline{Ky-4} \sec \theta \cos \theta) \frac{\sec^3 \theta}{\sin \theta} d\theta$$

$$= \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos(\overline{Kx-3} \sec \theta) \left\{ \cos(\overline{Ky-4} \sec \theta \cos \theta) - 1 \right\} \frac{\sec^3 \theta}{\sin \theta} d\theta$$

$$K^4 \sin^2 \theta (K^2 \sec^4 \theta \cos^2 \theta)$$

$$T(x, y) = \frac{1}{\pi K} \iint \frac{\partial^4}{(\partial \overline{3}^2 \partial \overline{y}^2)} \Sigma(\overline{3}, \overline{y}) J(\overline{Kx-3}, \overline{Ky-4}) d\overline{3} d\overline{y}$$

$$\Delta x \Delta y T(x, y) = \frac{1}{\pi K} \Sigma \Sigma [\Delta_{\overline{3}}^2 \Delta_{\overline{y}}^2 \Sigma(\overline{3}, \overline{y})] J(\overline{Kx_n - x_n}, \overline{Ky_m - y_m})$$

