

波浪中における円柱の相互干渉

大阪市立大学工学部 正会員 永井 莊七郎

同 工 正会員 倉田 克彦

1. まえがき

波浪中の1本の円柱に働く波力に関しては、これまでに数多くの研究がなされてきた。例えば、円柱直径が波長に比して小さい場合については Morison et al. その他数多くの研究が、円柱直径が波長に比して大きい場合については, MacCamy and Fuchs, 山口, 永井らによって、さきに円柱が砕波力を受ける場合については合田による研究がある。波浪中に円柱が2本以上ある場合のそれぞれの円柱に働く波力については比較的この研究例は少ない。

本研究においては、波浪中に2本の円柱が並べられた場合、それぞれの円柱に働く波力を理論的に検討したものである。

2. 理論的検討

図-1に示すように、水深から水面上まで直立した直径の異なる2本の円柱が波浪中にある場合、それぞれの円柱に働く波力は次のようにして求まる。

微小振幅波理論を用いて、直角座標 (x, y, z) あるいは (x', y', z') の代りに円筒座標 (r, θ, z) あるいは (S, ϕ, z) によって入射波の速度ポテンシャルを表わせば

$$\left. \begin{aligned} \phi_i &= -\omega \frac{H \cosh k(A+z)}{2 \sinh kh} \cdot e^{-i\omega t} \sum_{\lambda} i^{\lambda} J_{\lambda}(kr) e^{i\lambda\theta} \\ \text{あるいは} \\ \phi_i' &= -\omega \frac{H \cosh k(A+z)}{2 \sinh kh} \cdot e^{ikb} \cdot e^{-i\omega t} \sum_{\lambda} i^{\lambda} J_{\lambda}(kS) e^{i\lambda\phi} \end{aligned} \right\} (1)$$

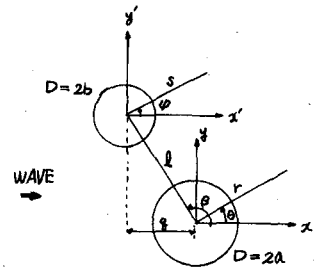


図-1 波浪中の2本の円柱

となる。

入射波によって円柱OおよびO'から生ずる散乱波の速度ポテンシャル ϕ_{ro} および $\phi_{ro'}$ が MacCamy の方法にならって求めることができる。この ϕ_{ro} , $\phi_{ro'}$ を有する散乱波はそれぞれの円柱O'およびOへの入射波となるので、新たに円柱O'およびOから生ずる散乱波の速度ポテンシャル $\phi_{so'}$ および ϕ_{so} が求まる。同様に、 $\phi_{so'}$ および ϕ_{so} を有する波を入射波とした場合に円柱OおよびO'から生ずる散乱波の速度ポテンシャルを ϕ_{xo} および $\phi_{xo'}$ とすれば、円柱OおよびO'の近傍の波動の場の速度ポテンシャル ϕ および ϕ' は次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \phi &= \phi_i + \phi_{ro} + \phi_{ro'} + \phi_{so} + \phi_{so'} + \phi_{xo} \\ \phi' &= \phi_i' + \phi_{ro'} + \phi_{ro} + \phi_{so'} + \phi_{so} + \phi_{xo'} \end{aligned} \right\} (2)$$

但し、この場合、円柱O $[\phi]$ およびO' $[\phi']$ については、すべて (r, θ, z) および (S, ϕ, z) 座標に書き表わす必要がある。

円柱O およびO'に働く波力 F および F' に関して次のような式が得られる。

$$C_{H2} = \frac{F_{MAX}}{w_0 H \frac{2 \tanh kh}{k^2}} = A(ka) X_0(a, l, \beta) \quad (3)$$

$$A(ka) = \frac{1}{\sqrt{J_1'^2(ka) + Y_1'^2(ka)}} \quad (4)$$

$$X_0(a, l, \beta) = 1 + \frac{1}{2} \cdot i \cdot e^{i\beta} \sum_{\nu} \frac{J_{\nu}'(kb)}{H_{\nu}'(kb)} \cdot (-i)^{\nu} \cdot e^{i\nu\beta} \cdot \{ H_{\nu+1}^{(0)}(kl) \cdot e^{i\beta} - H_{\nu-1}^{(0)}(kl) \cdot e^{-i\beta} \} \\ + \frac{1}{2} \sum_{\lambda} \frac{J_{\lambda}'(ka)}{H_{\lambda}'(ka)} \cdot i^{\lambda+1} \cdot e^{i\lambda\beta} \sum_{\mu} - \frac{J_{\mu}'(kb)}{H_{\mu}'(kb)} \cdot H_{\lambda+\mu}^{(0)}(kl) \cdot \{ H_{\mu+1}^{(0)}(kl) \cdot e^{i\beta} - H_{\mu-1}^{(0)}(kl) \cdot e^{-i\beta} \} \quad (5)$$

$$C_{H2}' = \frac{F_{MAX}}{w_0 H \frac{2 \tanh kh}{k^2}} = A(kb) X_0'(b, l, \beta) \quad (6)$$

$$A(kb) = \frac{1}{\sqrt{J_1'^2(kb) + Y_1'^2(kb)}} \quad (7)$$

$$X_0'(b, l, \beta) = 1 + \frac{1}{2} \cdot (-i) \cdot e^{i\beta} \sum_{\lambda} \frac{J_{\lambda}'(ka)}{H_{\lambda}'(ka)} \cdot i^{\lambda} \cdot e^{i\lambda\beta} \cdot \{ H_{\lambda+1}^{(0)}(kl) \cdot e^{i\beta} - H_{\lambda-1}^{(0)}(kl) \cdot e^{-i\beta} \} \\ + \frac{1}{2} \sum_{\nu} \frac{J_{\nu}'(kb)}{H_{\nu}'(kb)} \cdot (-i)^{\nu+1} \cdot e^{i\nu\beta} \sum_{\mu} - \frac{J_{\mu}'(ka)}{H_{\mu}'(ka)} \cdot H_{\nu+\mu}^{(0)}(kl) \cdot \{ H_{\mu+1}^{(0)}(kl) \cdot e^{i\beta} - H_{\mu-1}^{(0)}(kl) \cdot e^{-i\beta} \} \quad (8)$$

X_0, X_0' の第1項は円柱が1本の場合に相当し、第2項および第3項が円柱が2本あるために生じる円柱の相互干渉を表わす項である。この C_{H2}, C_{H2}' を円柱が2本ある場合の見掛けの質量係数と称する。直径が同じ円柱 ($a=b$) を2本、波の進行方向と直角および平行に並べた場合の C_{H2}, C_{H2}' を $l/D = 1.0 \sim 50, D/L = 0.02 \sim 1.0$ の範囲について計算した結果を要約すると次のとおりである。

- (1) 波の進行方向に直角および平行に並べられた場合の後方円柱については、 $D/L = 0.02 \sim 1.0$ の範囲では $l/D \geq 3 \sim 4$ になれば隣接円柱の影響(円柱の相互干渉)はほぼ無視できる。
- (2) 波の進行方向に平行に並べられた場合の前方円柱については、 $D/L < 0.1$ の範囲では、 $l/D \geq 3 \sim 4$ になれば円柱の相互干渉はほぼ無視しうるようになるが、 $D/L = 0.1 \sim 1.0$ の範囲では $l/D = 10 \sim 20$ 程度まで円柱の相互干渉の影響がある。

