

任意断面柱体列に作用する波力

大阪市立大学工学部 正会員 角野 昇八 小田 一紀
 茨木市 正会員 ○井筒 清和
 東洋建設 (株) 正会員 芳田 利春 村本 哲二

1) まえがき 柱体列を有する構造物は海洋や海岸等にひろくみられ、したがって、その構造物に働くであろう波力の大きさを知ることは、設計上重要な問題と思われる。この種の研究はこれまで、数多く行われているがその断面の多くは円柱列を対象としたものに限られていた¹⁾。著者らは既に、MAE法²⁾を適用して任意断面を有する柱体列周辺の水利特性の解析を行っているが、今回、その速度ポテンシャルより抗力項を無視した場合の波力を算定し、若干の理論的考察を加えたのでここに報告する。

2) 任意断面柱体列作用波力 スリットを有する柱体列構造物に対してMAE法を適用する時、その内的解において速度ポテンシャル Φ は次式のように表せる。

$$\Phi(x, y, z, t) = \{(x-C)U_{\max} + C_0\} \cosh k(h+z) / \cosh kh \cdot \exp(-i\sigma t) \quad (x < 0) \quad (1)$$

$$\Phi(x, y, z, t) = \{(x+C)U_{\max} + C_0\} \cosh k(h+z) / \cosh kh \cdot \exp(-i\sigma t) \quad (x > 0) \quad (2)$$

ここに、 C は blockage coefficient と呼ばれる理論定数、 C_0 は複素定数、 $U_{\max}$ はスリットを離れた一様流部の速度振幅、 h は水深、 $k=2\pi/L$ 、 $\sigma=2\pi/T$ (L :波長、 T :周期)である。これらの速度ポテンシャルを介して柱体列を挟む前後領域における圧力を次式により算定し

$$p = -\rho \cdot \partial \Phi / \partial t - \rho g z \quad (\rho: \text{流体密度、} g: \text{重力加速度}) \quad (3)$$

更に、その圧力差を求めると、次式を得る。

$$\Delta p = -2i\sigma\rho \cdot C \cdot U_{\max} \cdot \cosh k(h+z) / \cosh kh \cdot \exp(-i\sigma t) \quad (4)$$

波力 F は上式を水深方向及び幅方向に積分することによって、次式より求められる。

$$F = \int_0^D \int_{-h}^0 \Delta p \, dz \, dy \quad (5)$$

ここに、 D は柱体列間隔である。また、これまでの研究により、式(4)中の $U_{\max}$ と入射波の水平水粒子速度振幅 $u_{\max}$ との間には、次式のような関係が成り立つことが解っている。

$$U_{\max} = u_{\max} \cdot (k^2 C^2 + 1)^{-1/2} \quad (u_{\max} = gkH/2\sigma, H: \text{波高}) \quad (6)$$

したがって、柱体列中の1本の柱体に作用する波力 F は式(4)～式(6)より求めることができ、その時間的最大値 $F_{\max}$ は次式のように与えられる。

$$F_{\max} = \rho g \cdot H \cdot D \cdot C \cdot (k^2 C^2 + 1)^{-1/2} \tanh kh \quad (7)$$

さて、柱体列の波力特性を調べるために、 $F_{\max}$ と単独の柱体に働く波力との比を考えてみることにする。単独の柱体に働く波力としてはモリソン公式の慣性項のみを考慮すると、その時間的最大値 $F_{0\max}$ は次式で与えられる。

$$F_{0\max} = \rho g \cdot A \cdot C_n \cdot H/2 \cdot \tanh kh \quad (8)$$

ここに、 A は柱体の基準面積、 C_n は質量係数である。

Shohachi KAKUNO, Kazuki ODA, Kiyokazu IZUTSU, Toshiharu YOSHIDA, Tetsuji MURAMOTO

したがって、それらの比は波高や水深には無関係な形で次式のように与えられる。

$$F_{\max}/F_{0\max}=2 \cdot D \cdot C / (A \cdot C_H) \cdot (k^2 C^2 + 1)^{-1/2} \quad (9)$$

式中のCが求められれば任意断面形状における柱体列作用波力を求めることができる。Cは円柱列、角柱列、平板列については既往の解が求められているため、ここでは上記3種の柱体列について考察を行う。

3) 計算結果 図-1～図-3には円柱列、角柱列、平板列それぞれの $F_{\max}/F_{0\max}$ と開口率 $2a/D$ ($2a$:スリット幅)および D_0/L (D_0 :柱体の代表径)との関係を示した。これによると $F_{\max}$ は断面形状によらず、ほぼ $2a/D=0.6$ 付近から列としての影響を受け始めるようである。また、 D_0/L によって開口率の減少に伴う最大波力の増加の割合は異なっており、断面形状によらず D_0/L が小さくなるほどその増加率は大きくなる傾向がある。

この種の既往の研究として Spring & Monkmeyer の円柱列に関するものを挙げることができるが、図-4にその計算値³⁾と本理論による値との比較を行う。図によると、特に開口率の小さな領域において両者の理論値にはかなりの差異を認めることができ、 $2a/D=0$ における $F_{\max}/F_{0\max}$ の値は、Spring & Monkmeyerによると $F_{\max}/F_{0\max} \approx 4.2$ であるが本理論では $F_{\max}/F_{0\max} \approx 6.4$ となっている。本理論による $2a/D \rightarrow 0$ の極限值を考える時、それは式(7)において $C \rightarrow \infty$ とすることにより得られ

$$F_{\max} = \rho g \cdot H \cdot D / k \cdot \tanh kh \quad (10)$$

である。この値は水深 h の水域の D の幅に作用する重複波圧合力に一致していることより、本理論の方がより妥当性は高いように思われる。

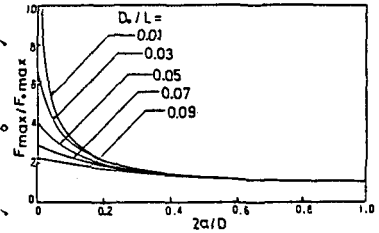


図-1 開口率と波力比の関係(円柱列)

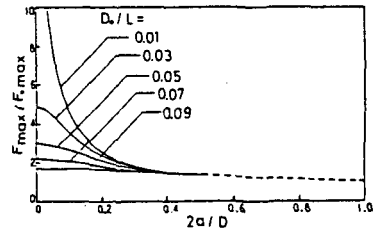


図-2 開口率と波力比の関係(角柱列)

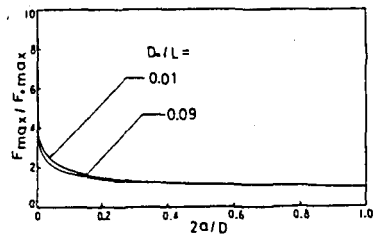


図-3 開口率と波力比の関係(平板列)

＜参考文献＞

- 1) Spring H. and Monkmeyer L. : Interaction of plane waves with vertical cylinders, 14th ICCE, pp.1828-1847.
- 2) 角野 昇八 他: 任意断面柱体列による波の反射率および透過率の境界値問題解析, 土木学会論文集 第369号/II-5 1986.
- 3) Chakrabarti, S.K. : Interaction of water waves with cylinder barrier, ASCE, Vol.103, WW1, 1977.

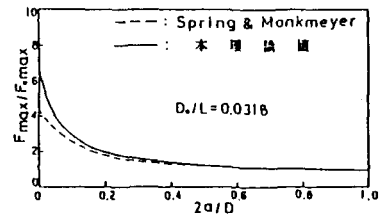


図-4 既往の解との比較