

浮遊円柱に働く波力

大阪市立大学工学部 正員 倉田克彦
 大阪市立大学大学院 学生員 ○ 日吉 功

1. まえがき

海洋構造物に働く波力に関する研究の一環として、著者は2本の水底から直立した円柱が比較的狭い間隔で並べられている場合について、円柱に働く波力に関する円柱の相互干渉を理論的および実験的に検討した結果を報告してきた。これは、いわゆる着底式構造物に関するものであって、構造物の設置水深が深くなった場合に多く用いられる、いわゆる浮遊式構造物については、これらの結果をそのまま適用できない。

本報告は、浮遊式構造物の模型として、2本の直径が同じ浮遊円柱（下端が水底まで達しておらず、上端が静水面上に突出している円柱）が比較的狭い間隔で並べられている場合について、円柱に働く波力に関する円柱の相互干渉を調べようとするものである。

2. 実験の概要

実験に用いた水槽は、幅3.0m、深さ0.8m、長さ42mの水平床を有するモルタル仕上げのものである。直径 $D=10$ cm および30cmのアクリル樹脂製の円柱を、図-1に示すように配列して、円柱を水底から直立している場合と、円柱下端が水面下25cm（水深の半分）にある場合（浮遊円柱）とについて、表-1に示す条件の下で実験をおこなった。

表-1 実験条件

円柱直径 D (cm)	円柱下端 h_d (cm)	中心間隔 l/D	波長 D/L	波高 H/D
10	50	1.5, 2.0	0.027	1.0
	25	3.0, 4.0	0.039	1.4
		6.0	0.066	1.3
30	50	1.5, 2.0, 3.0	0.30	0.3
	25	1.5, 2.0, 3.0	0.20	0.4
		4.0, 6.0	0.10	0.2

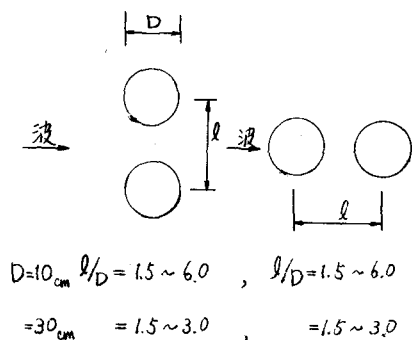


図-1 円柱の配列

測定した波力より、円柱の見掛けの質量係数 C_M 、抗力係数 C_D 、および最大波力係数 C_{Mmax} を次のように定義した。

$$C_M = \frac{F_{Mmax}}{\frac{\pi}{8} \omega_0 D^2 H \left\{ \tanh kh - \frac{\sinh k(h-h_d)}{\cosh kh} \right\}} \quad (1)$$

$$C_D = \frac{F_{D \text{ MAX}}}{\frac{1}{16} w_0 D H^2 \frac{2kh + \sinh 2kh - \sinh 2k(h-h_d)}{\sinh 2kh}} \quad (2)$$

$$C_{\text{MAX}} = \frac{F_{\text{MAX}}}{w_0 H D h_d} \quad (3)$$

ここで、 F_{MAX} ：円柱の中心を通り波の進行方向と直角な鉛直断面において、波面が静水面を切る時刻より、次式で求まる位相のずれ δ だけ遅れた時刻に円柱に働く波力、 F_D ：上記の断面内で波の山あるいは谷になった時に働く波力、 F_{MAX} ：円柱に働く波力の最大値。

$$\delta = \tan^{-1} \frac{J_1'(ka)}{Y_1'(ka)} \quad (4)$$

式中、 $k = 2\pi/L$ ：波数， $J_1(ka)$ 、 $Y_1(ka)$ ：1次の第1種および第2種ベッセル函数

3. 理論解析

2本の浮遊円柱の周囲の波動の速度ポテンシャルを、波を微小振幅波として求め、円柱に働く波力の表示式を導き、円柱の見掛けの質量係数 C_x を次式のように得た。

$$\begin{aligned} C_x = & \frac{1}{k a} \left\{ 2J_1(ka) - H_1'''(ka) \cdot \left\{ (A_1 + A_{-1}) + (C_1 + C_{-1}) \cdot e^{-ikl'} \right\} \right\} \\ & - \sum_{m=1}^{\infty} K_1(\lambda_m a) \cdot \frac{1}{\lambda_m a} \cdot \frac{\sin \lambda_m h - \sin \lambda_m (h-h_d)}{\sinh k h - \sinh k (h-h_d)} \left\{ (B_1 - B_{-1}) + (D_1 - D_{-1}) \cdot e^{-ikl'} \right\} \\ & + \left\{ \sum_{j=-\infty}^{\infty} \left[\sum_{m=1}^{\infty} I_1(\lambda_m a) \cdot \frac{1}{\lambda_m a} \cdot \frac{\sin \lambda_m h - \sin \lambda_m (h-h_d)}{\sinh k h - \sinh k (h-h_d)} \right] \cdot \left\{ B_1 \cdot K_{j-1}(\lambda_m l) \cdot e^{-i\beta} - B_{-1} \cdot K_{j+1}(\lambda_m l) \cdot e^{i\beta} \right\} \right. \\ & \left. - \frac{1}{k a} \left\{ C_1 \cdot H_{j-1}^{(2)}(kl) \cdot e^{-i\beta} + C_{-1} \cdot H_{j+1}^{(2)}(kl) \cdot e^{i\beta} \right\} \cdot J_1(ka) \right\} \cdot e^{-ikl'} \quad (5) \end{aligned}$$

ここで、 $A_1, A_{-1}, \dots, D_1, D_{-1}$ は積分定数で、境界条件、連続条件より定められる。

$H_n'''(ka)$ 、 $I_1(ka)$ 、 $K_1(ka)$ は、第1種ハンケル函数、第1種および第2種の変形ベッセル函数であり、 λ_m は

$$\frac{0^2}{g} = -\lambda_m \tan \lambda_m h$$

より定まる。(図-2参照)

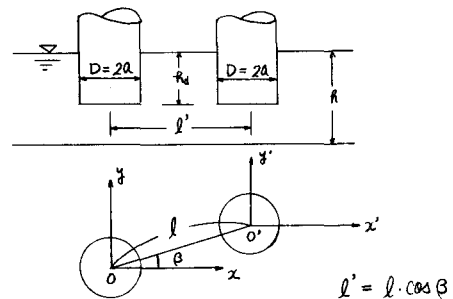


図-2 2本の円柱