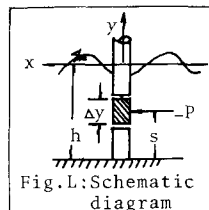


II-392 複数円柱に作用する合成波力に関する実験

琉球大学工学部 正員 河野ニ夫
日本テトラポットKK 学生員 長田紀晃
大日本土木KK 学生員 玉城 讓

1) はじめに

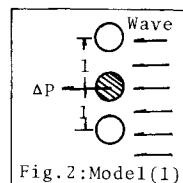
直立円柱に作用する波力に関する研究は従来より多くなされている。しかし、その大部の研究内容は抗力係数や質量係数の性質を明らかにすることが主な目的とされている。本実験は進行波の中に置れた直立円柱に作用する波力そのものに注目し、抗力と質量力の関係、および合成波力とその成分波力の関係を明らかにしたものである。



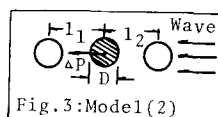
2) 実験内容の概要

二次元造波水路(長さ20m, 幅0.8m, 高さ1m)の中央に図1に示す波力測定用円柱を固定し、図2, 3に示す様に列の円柱と波の進行方向と直角方向に配列した時の円柱に作用する波力と測定した。図1で $\Delta y = 5\text{cm}$ の波力受正部は上部円柱の下端に銅板はねで固定し、その変位と直流増幅器でビジュグラフに記録した。実験の諸元を表1に示した。表の中でD(直径)は5cm, R, H, Lはそれぞれ波数, 波高, 波長を示す。

Model (1)					Model (2)				
D/L	S/h	kR	H/L		D/L	P/L	S/h	kR	H/L
0.91	0.553	0.47 ~4.47	0.01 ~1.15		0.71 ~0.91	0.742	0.44 ~8.05	0.007 ~0.13	



円柱と波の進行方向と直角方向に配列した時の円柱に作用する波力と測定した。図1で $\Delta y = 5\text{cm}$ の波力受正部は上部円柱の下端に銅板はねで固定し、その変位と直流増幅器でビジュグラフに記録した。実験の諸元を表1に示した。表の中でD(直径)は5cm, R, H, Lはそれぞれ波数, 波高, 波長を示す。



3) 解析と実験結果および考察

合成波力(実測波力)と ΔP , 抗力係数と C_D , 質量係数と C_M とし、波動としてStokes波の第2近似解までと考えると、 C_D と C_M は波の各位相($\theta = R\pi - q\pi$)に対し次式で求められる。

$$C_{D1} = \frac{2 \cdot \Delta P(\theta = 0)}{\rho \cdot D (U_1 + U_2)^2 \Delta y}, \quad PP_1 = \frac{T(U_1 + U_2)}{D} \quad (1)$$

$$C_{D2} = \frac{2 \cdot \Delta P(\theta = \pi)}{\rho \cdot D (U_1 - U_2)^2 \Delta y}, \quad PP_2 = \frac{T(U_1 - U_2)}{D} \quad (2)$$

$$C_{D3} = \frac{\Delta P(\theta = 7\pi/4) - \Delta P(\theta = \pi/4)}{\rho \cdot D \cdot U_1^2 \Delta y}, \quad PP_3 = \frac{T U_1}{D} \quad (3)$$

$$C_M = \frac{2\{\Delta P(\theta = 7\pi/4) + \Delta P(\theta = \pi/4)\}}{\rho \cdot \pi D^2 (\dot{U}_2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \dot{U}_1) \Delta y}$$

以上の式で、 ρ は水の密度、 U_1, U_2 および $\dot{U}_1, \dot{U}_2$ はStokes波の第1次と第2次の近似値に対する水粒子速度や加速度の振幅である。PPはPeriod・Parameterであり、KC数を示すと考えてよい。以上の関係に対する実験値を図4.1~4.2に示した。図によると、2本の円柱と接近させた場合の抗力係数は1本の円柱の場合と異なっている。とくに、Model(1)の場合の接

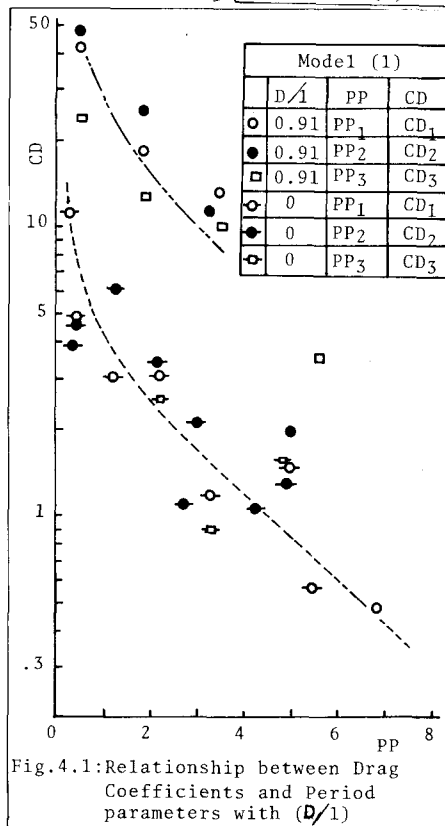


Fig. 4.1: Relationship between Drag Coefficients and Period parameters with (D/L)

近効果は大きい。

なお、図中の鎖線は便宜的に平均値と思われるものと示したものである。

次に、抗力と質量力および合成波力との関係を考察してみる。微細振幅波理論によると、次式が得られる。(河野：海岸水理学，森北出版，P256)

$$\frac{|A_P|}{|A_M|} = \frac{8}{3\pi^2} \frac{CD}{CM} \cdot PP \quad (4)$$

上式で左辺は抗力と質量力の振幅比を示す。

ΔP はFourier級数の助けとかりて次式になる。

$$\Delta P = \frac{1}{2} \frac{\pi^2 D^2 H}{T^2} \frac{\cosh k(h+y)}{\sinh kR} \cdot CM \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{|A_P|}{|A_M|}\right)^2} \cdot \cos(\theta + \gamma) \cdot \Delta y \quad (5)$$

$$\tan \gamma = \frac{3\pi^2}{8} \frac{CM}{CD} \frac{D}{H} \frac{\sinh kR}{\cosh kR} = \frac{3\pi^2}{8} \frac{CM}{CD} \frac{1}{PP} \quad (6)$$

上式で、 γ は波形と合成波力のPhase shift (rad)を示すもので $\gamma > 0$ のとき Phase lag を示すが、本実験では Model 2 に対し $\gamma > 0$ の場合が支配的であった。さて、 ΔP の値は式(4)の関係が明らかになれば求められる。これらに関し、実験値と整理したもの、図4.3～4.5である。

図4.3と4.4では CD/CM の値は円柱接近の効果は見られないが、PPによって整理できると考えられる。図4.5は式(4)から計算した値と実線と示してあるので原理的には実線と各実験のPlotは一致すべきと思われる。

図4.5と式(5)を考慮すると ΔP はこの実験条件の範囲内ではほぼ質量力によって支配されることがわかる。

謝辞：この研究を行なうにあたり、文部省から下記の科学研究費(研究代表者 東京大学 元良誠三教授)による補助を受けた。ここに記して謝意を表す。

文部省科学研究費補助金特定研究(1)「海洋生物過程」(課題番号 511903)

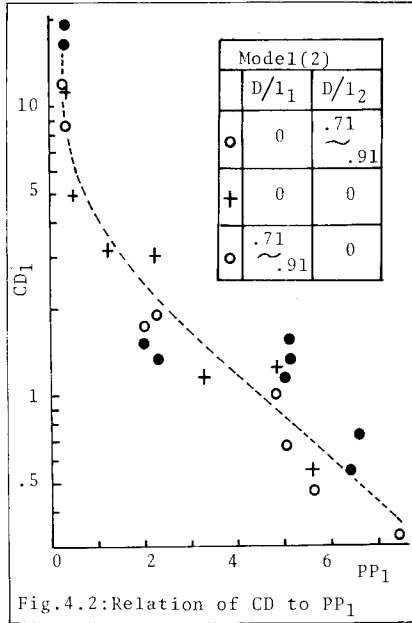


Fig.4.2:Relation of CD to PP₁

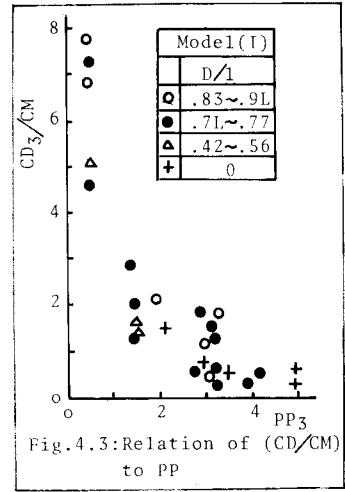


Fig.4.3:Relation of (CD/CM) to PP

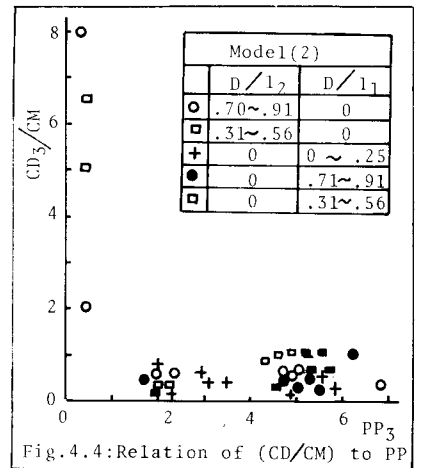


Fig.4.4:Relation of (CD/CM) to PP

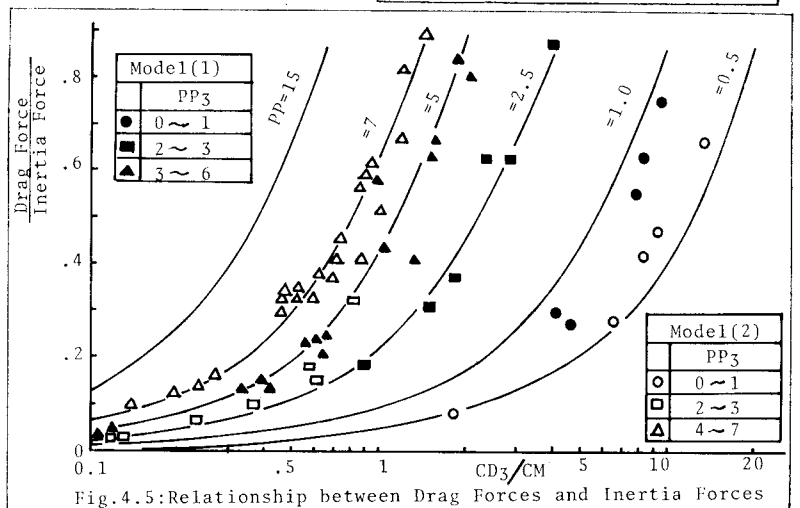


Fig.4.5:Relationship between Drag Forces and Inertia Forces