

円柱に作用する合成波力の研究

宮崎大学 工学部 正員 河野二夫

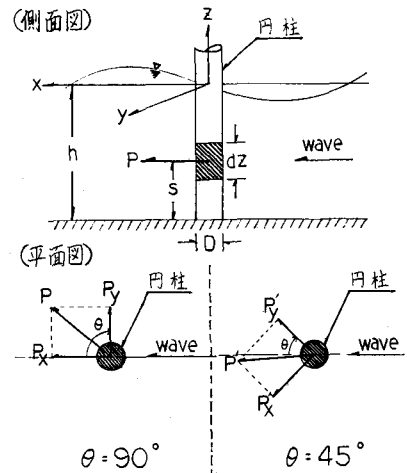
宮崎大学 工学部 学生員 黒木一寛

1. はじめに

海洋構造物の基本的形状である円柱物体に作用する波力に関し、著者らは波の進行方向に作用する直方向力と波の進行方向に直角水平方向からなる合成波力を考え、とくに、水面波形と波力波形の位相差の関係や合成波力ベクトルについて実験的研究を実施してきた。これまでの研究結果によると、揚力と直方向力の比率はKC数が4付近で極小になることや、KC数が4付近で揚力の波形周波数は異なることなどを明らかにした。本論文は、以上の結果に対し、さらに実験を加えることにより、上記の内容について再検討した結果について報告したものである。

2. 実験装置と実験方法

実験は、幅0.6m、長さ15m、高さ1mの二次元造波水槽の中央付近に直径 $D=5.6\text{cm}$ の円柱を設置して行なった。円柱は3つの部分から成っている。まず、水底に円柱を固定し、その上部に鉛直微小長さ $dZ=5\text{cm}$ の波力受圧部円柱がある。この受圧部円柱は其の上部円柱に2枚の直交した板バネによって固定されている。そしてそれぞれの板バネにはゲージが貼り付けてあって、2方向の変位が同時に計測できるようになっている。本実験では、板バネの変位可能な方向 θ を波の進行方向に対し $\theta=45^\circ$ と $\theta=90^\circ$ の場合を行なった。図・1で $S=22.7\text{cm}$ である。水深 $h=40\text{cm}$ 、 50cm とし、周期と波高を変えて実験を繰り返した。板バネの水中固有振動数はそれぞれ 15.2Hz と 11.4Hz であったので波力に対する振動増幅率は無視した。実験に対する諸元を表・1に示した。



図・1 実験装置および座標系

3. 実験結果と考察

1) 水面波形と波力波形の位相関係 ($\theta=90^\circ$)

図・2に時間 t に対する水面波形と波力波形の略図を示した。水面波形の峰の位置から極値波力が発生するまでの位相差 Γ_1 、 Γ_2 や S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 などについて調べた。

a) 直方向力の極値の発生位相差

Γ とKC数の関係を示したものが、図・3である。KC数が大きくなるに従って Γ_1 は増加し、 Γ_2 は散らばりが大きくなっている。

b) 揚力の極値の発生位相差

S とKC数の関係を図・4に示した。図・4には揚力の振動数が水面波形の振動数の2倍に対応するものだけを示してある。図に示した全体的傾向としては、 S_1 と S_3 はKC数が大きくなるにつれて減少していく。 S_4 と S_2 は散らばりは大きい、全体には一定の傾向を示している。 $(S_1 + S_4)$ 、 $(S_2 + S_3)$ はKC数が大きくなるに伴って減少する傾向を示している。

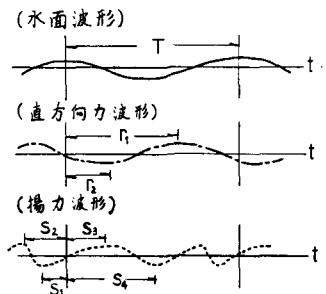
A) $\theta=45^\circ$

波の周期 T	0.78 ~ 2.92 sec	KC数	0.67 ~ 12.17
波高 H	3.30 ~ 13.95 cm	Re数	2700 ~ 16900

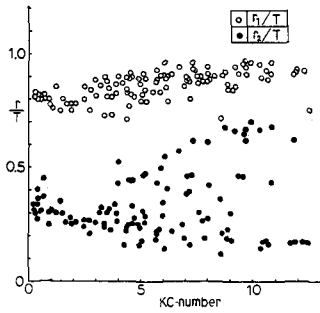
B) $\theta=90^\circ$

波の周期 T	0.86 ~ 3.27 sec	KC数	1.82 ~ 14.61
波高 H	3.25 ~ 14.38 cm	Re数	3850 ~ 16900

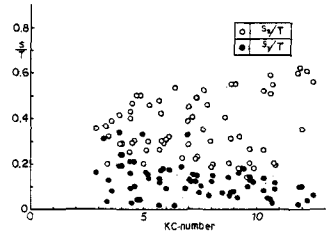
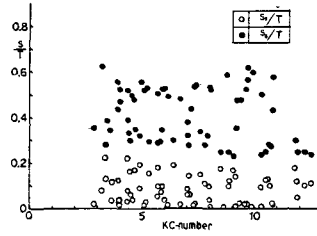
表・1 実験に対する諸元



図・2 極値波力の発生位相差



図・3 Γ とKC数の関係

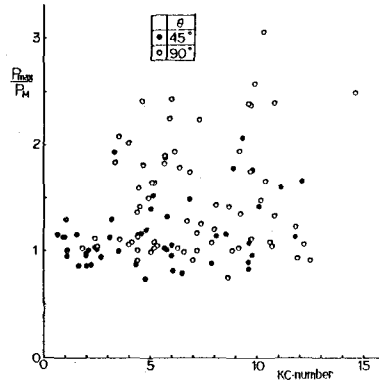


図・4 S とKC数の関係

2) 最大波力(合成波力の最大値)

a) 最大波力の大きさ

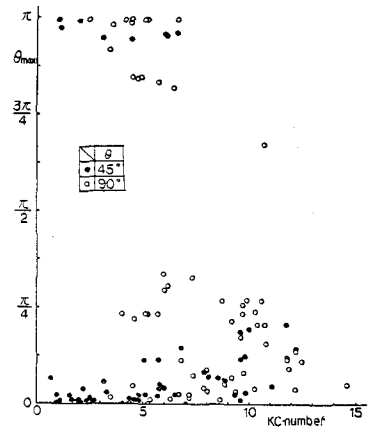
図・5は、図・1に示すように板バネの変位方向 θ が 45° と 90° の場合に対する合成波力 $P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2}$ 、あるいは $P' = \sqrt{(P\bar{x})^2 + (P\bar{y})^2}$ の最大値 P_{max} と P_M の比と、KC数との関係を示したものである。ここで P_M は微小振幅波理論で計算される質量力で質量係数を1とした時の値である。 P_{max}/P_M は、KC数が3付近から急に大きな値をとるようになり、KC数が10付近ではさらに増大している。これは、この付近で揚力が増大するたれと思われる。



図・5 P_{max} とKC数の関係

b) 最大波力の作用方向

図・6は、図・5と同様に θ が 45° と 90° の場合に対し P_{max} の作用する方向を波の進行方向を基準にした角度を θ_{max} としてKC数との関係を示したものである。KC数が大きく



図・6 θ_{max} とKC数の関係

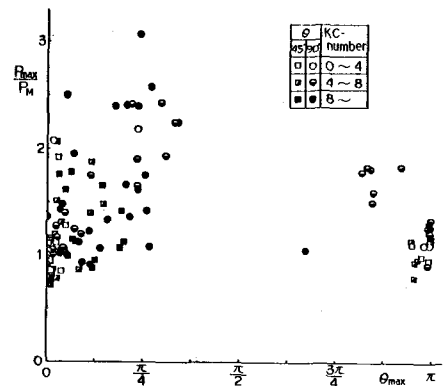
なるとともに、 θ_{max} は $\frac{\pi}{2}$ に近づいている。このことからもKC数が10付近で揚力が直方向力に対して大きくなっていることがわかる。

c) 最大波力の大きさと作用方向の関係

P_{max} と θ_{max} の関係が図・7に示されてある。 θ が $\frac{\pi}{4}$ に近づくにつれて最大波力は大きくなっている。

4. 結び

KC数が10付近で合成波力は大きくなるという従来の結果は、今回の実験でも把握できた。しかし、KC数が大きくなるに伴って、実験値が散らばる理由については十分に解明できなかった。



図・7 P_{max} と θ_{max} の関係