

(Ⅱ - 4) 波力に対する直円柱の振動応答について

防衛大学校土木工学教室 学生○上大迫淳

〃 〃 正員 林建二郎

〃 〃 正員 藤間功司

〃 〃 正員 重村利幸

1. はじめに

波動場における柱状弾性構造物の波の進行方向波力に対する応答振動問題においても、流体と振動物体との相互作用効果を十分に考慮する必要がある¹⁾。本研究は、波動場に鉛直に設置された円柱(直円柱)の振動応答特性と、波の進行方向に作用する波力モーメント及び減衰定数との関係を調べ、上記相互作用効果に対する検討を試みたものである。

2. 実験装置および方法

実験は、長さ39.6m、幅0.6m、高さ0.8mの二次元造波水槽を用いて行った。使用した円柱体の概略を図-1に示す。試験円柱には、外径 $D=1.9$ cm、長さ $=73.7$ cmの亚克力パイプを用いた。円柱内には、外径 $=0.9$ cm、長さ $=80.6$ cmの丸鋼を心軸円柱として挿入した。円柱体の質量を調整するために、心軸円柱の上部には荷重円盤が取り付けられている。試験円柱の下端は、水路方向と直角な両端をピボットの的に水槽床部に置かれている、試験円柱支持板に接続されている。試験円柱の上部は、水路方向に引っ張りバネを用いて弾性的に支持されている。従って、試験円柱は波の進行方向にのみロッキング振動する。静水面の位置における円柱の振動変位 x_h に比例する引っ張りバネの伸張合力を測定するために、バネ支持用のアルミ製フレームは三分力計に取り付けられている。

実験水深 d は40cmである。実験に先立ち試験円柱体の減衰自由振動実験を空中および静水中($d=40$ cm)で行い、空中および静水中における固有振動数 f_{na} 、 f_{nw} および減衰定数 h_{ta} 、 h_{tw} をそれぞれ調べた。静水中における円柱の固有振動数 f_{nw} は1.06hzであった。応答振動量を規定する重要なパラメーターの一つである円柱体のMass Ratio値²⁾ $me/\rho D^2$ (me : 円柱体の換算単位長質量、 ρ : 水の質量、 D : 円柱径)は47である。

実験では、静水面位置におけるKeulegan-Carpenter数(CKC)を約6に固定し、作用波周波数 f_w ($0.96 < f_w/f_{nw} < 1.05$)の変化に対する振動応答特性を調べた。また、バネ定数の非常に高い引っ張りバネを用いて、試験円柱を静止的に設置した場合(静止円柱)の作用揚力モーメントの測定を、上記と同様な波浪条件下で行なった。

3. 実験結果および考察

円柱体の空中および静水中における減衰自由振動記録例より、減衰する円柱体の各半振幅量 X_{hi} に対する減衰定数 h_{ta} (空中)、 h_{tw} (水中)を対数減衰法を用いて調べた。 h_{ta} および h_{tw} と X_{hi}/D の関係を図-2に示す。 X_{hi}/D の増加に伴う h_{tw} の増加は、円柱振動量 X_{hi} が大きくなると発生する円柱後流渦による圧力抵抗によるものと考えられる。

水位変化 η と円柱振動量 x_h の位相差 ϕ (a)、及

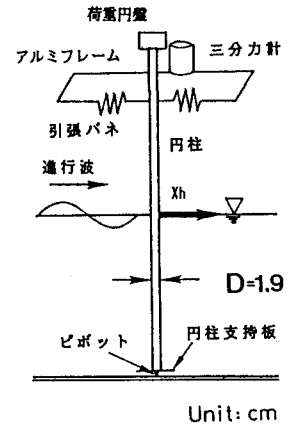


図-1 実験装置

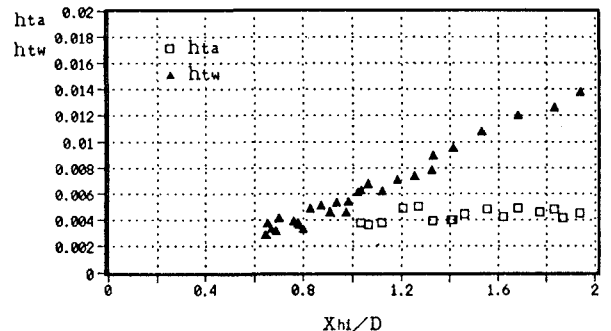


図-2 減衰定数と X_{hi}/D の関係

び η と作用モーメントFXMの位相差 $\phi(b)$ の f_w/f_{nw} に対する変化特性を図-3にそれぞれ示す。

実験で得られた応答振動量 X_h/D (X_h : x_h の平均振動振幅値) および x_h とFXMの位相差 $\phi(c)$ ($\phi(c) = \phi(a) - \phi(b)$) の f_w/f_{nw} に対する変化特性を図-4、図-5にそれぞれ示す。

本試験円柱に対する振動方程式の線形解によると、円柱の応答振動量 X_{hc} および x_h とFXMの位相差 $\phi(c)$ は次式でそれぞれ与えられる²⁾。

$$X_{hc} = FXM(1) / K_m / [(1 - (f_w/f_{nw})^2)^2 + (2htw \cdot f_w/f_{nw})^2]^{1/2} \quad (1)$$

$$\phi(c) = \tan^{-1} [2htw \cdot f_w/f_{nw} / \{1 - (f_w/f_{nw})^2\}] \quad (2)$$

ここに、 $FXM(1)$ はフーリエ級数表示された作用揚力モーメントFXMの作用波周波数成分、 K_m は全剛性マトリックスである。

(2)式で示される $\phi(c)$ と f_w/f_{nw} の関係を、減衰定数 htw をパラメータとして図-5に示す。実測値 $\phi(c)$ は、 $htw=0.01$ とした計算値 $\phi(c)$ でほぼ近似されている。 $htw=0.01$ なる値は、共振振動量の実測値 $X_h/D=1.65$ に対応する静水中における htw の値(図-2参照)とほぼ一致していることは興味深い結果である。

静止円柱に作用する波力モーメントFXMの実験値をフーリエ-解析しその作用波周波数成分を(1)式中の $FXM(1)$ に代入し、式中の htw を0.01として得られた X_{hc}/D の値を図-4に▲印で示す。実験値と計算値の一致は良好である。

4. おわりに

今回用いた解析方法によると円柱振動と流れとの相互作用効果は、今回の実験条件下においては認められなかった。今後は、円柱の振動速度および加速度の影響を波力算定において考慮する解析法¹⁾をも併せて行い、さらに詳しい検討を行いたい。

参考文献

- 1) 吉原、Venkataramana; たわみ性円柱に作用する波力、流体抵抗力、第41回年講、pp.667-668、1989
- 2) 林ら; 波動場における直円柱の渦励振動について、第32回海講論文集、pp.633-637、1985。

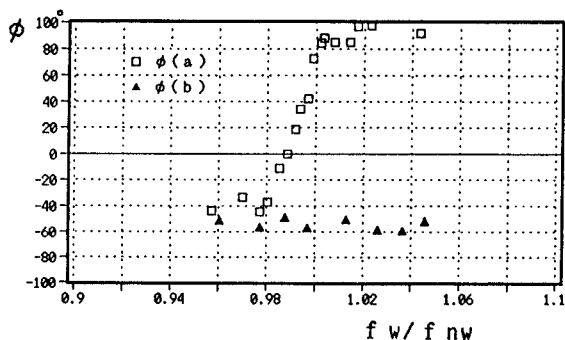


図-3 $\phi(a)$ 、 $\phi(b)$ と f_w/f_{nw} の関係
(□ 実験値 $\phi(a)$ 、▲ 実験値 $\phi(b)$)

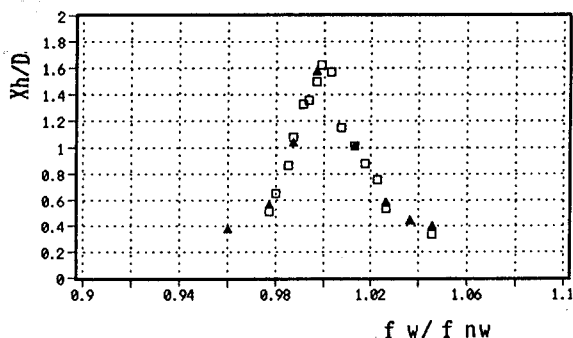


図-4 X_h/D と f_w/f_{nw} の関係
(□ 実験値 X_h/D 、▲ 計算値 X_{hc}/D)

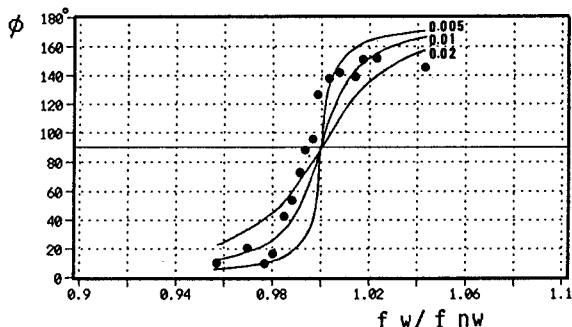


図-5 $\phi(c)$ 、 $\phi(c)$ と f_w/f_{nw} の関係
(● 実験値 $\phi(c)$ 、— 計算値 $\phi(c)$)