

防衛大学校土木工学教室

成澤 幹宏

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作用揚力に対する応答振動（渦励振動）問題においては、流体と振動する構造物との相互作用効果をも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直円柱の共振時における応答振動量と、それを支配する主要パラメータの一つである減衰定数との関係を調べ、上記相互作用効果を検討したものである。

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。実験に使用した円柱体の概略を図-1に示す。試験円柱（外径 $D=2\text{cm}$ 、真ちゅう製）の下端は、水路方向両端をピボットの的に水槽底部に置かれている試験円柱支持板（ $15 \times 20 \times 0.5\text{cm}$ 、アクリル板）に接続されている。試験円柱の上部（底面より $l=65\text{cm}$ ）は、水路方向に対して直角な両方向（揚力方向）にそれぞれ引張バネを用いて弾性的に接続されている。従って、円柱は揚力方向にのみロッキング運動する。引張バネのそれぞれの他端は、三分力計に取り付けられている鉄製フレームで支持されている。鉄製フレームに作用するバネの伸張合力（=円柱の振動量と比例）を、この三分力計を用いて検出することにより、円柱振動量を検出することが可能である。

アルミ板（導電板）と電磁石により構成される電磁減衰器を円柱上端に設けている。円柱の構造減衰定数は、電磁石に流す電流を変圧器を用いて変化させることにより調整可能である。

実験水深 d は40cmである。実験に先立ち、試験円柱の静水中自由振動実験（水深 $d=40\text{cm}$ ）を、電磁減衰器への作用電圧 V の各値（ $V=0\text{v} \sim 100\text{v}$ ）に対してそれぞれ行った。減衰自由振動記録より、静水面位置における円柱の各振動半振幅量 Y_h に対する減衰定数 h を対数減衰法を用いて算定した。

試験円柱の水中固有振動数は $f_{nw}=1.23\text{Hz}$ である。

実験では、静水面位置におけるKeulegan-Carpenter数（SKC）を約12に固定し、作用波周波数 f_w を変化（ $0.478 < f_w/f_{nw} < 0.522$ ）させた。また、バネ定数の非常に高い引張バネを用いて、試験円柱を静止的に設置した場合（静止円柱）の作用揚力特性も、上記と同様な波条件下で測定した。

3. 実験結果および考察

静水中における自由振動実験で得られた、無次元円柱振動量 Y_h/D と減衰定数 h との関係を図-2に示す。図中、□印は減衰器への作用電圧 $V=0\text{v}$ の場合、+印は $V=100\text{v}$ の場合である。作用電圧 $V=100\text{v}$ の場合の h は、 $V=0\text{v}$ の場合に比べて約0.005増加している。 Y_h/D の増加にともなう h の増加は、流体減衰力によるものと考えられる。

渦励振動特性におよぼす減衰定数の影響を示すために、 $V=0\text{v}$ と $V=100\text{v}$ の場合における Y_h/D と周波数比 f_w/f_{nw} との関係をそれぞれ図-3に示す。 $V=100\text{v}$ の場合の h は、 $V=0\text{v}$ の場合に比べて約0.005増加している（図-2参照）。その結果、共振時（ $f_w/f_{nw}=0.5$ ）における Y_h/D の値は、0.7（ $V=0\text{v}$ の場合）から0.5（ $V=100\text{v}$ ）に減少していることが認められる。

図-4は、減衰器への作用電圧を0vから100vの間10vごとに変化させた場

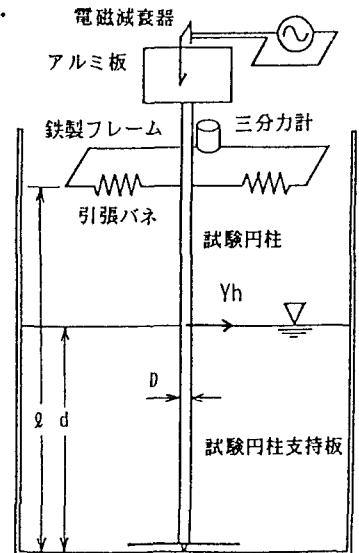


図-1 実験装置

合の、各電圧値における、共振時の Y_h/D の値と、減衰定数 h の関係を示したものである。本試験円柱に対する振動方程式の線形解によると、円柱振動量 Y_h/D は、(1)式で示される¹⁾。

$$Y_h/D = (FLM/K)/2h \quad (1)$$

式中、 K は全剛性マトリックス、 FLM は、振動円柱に作用する揚力によるピボット点まわりのモーメントである。

共振時の作用波とほぼ同一の波を静止円柱に作用させた場合の FLM と、作用波の水位変化 η の測定記録例を図-5に示す。図-4に示されている計算曲線は、図-5に示されている FLM 波型の卓越周波数($=f_l=f_w/2$)成分値と、本試験円柱の K の実測値および静水での自由振動実験で得られた h の実測値を(1)に代入し得られたものである。

図-4より、a) Y_h/D の実験値は(1)式による Y_h/D の計算値よりも小さい、b) Y_h/D の実験値は、(1)式に示されているように減衰定数 h に反比例して減少していない(例えば $h=0.005$ の場合、実験値 $Y_h/D=0.7$ 、 $h=0.001$ の場合実験値 $Y_h/D=0.5$)ことが認められる。このことは、振動円柱に作用する揚力は、円柱振動量の関数として変化すること(流れと構造物の相互作用)を示していると考えられる。

4. まとめ

減衰定数と共振振動量の関係から、流れと構造物の相互作用効果を評価した。今後は、円柱の振動にともない変化する円柱後流渦挙動の観察や、振動円柱に作用する揚力の直接測定などを行い、波動場における流れと構造物の相互作用問題に対するさらに詳しい検討を加える予定である。

最後に実験装置の準備、使用にあたり協力頂いた白浜和樹技官に深く感謝致します。

参考文献

1) 林建二郎, J.R.Chaplin; 波動場で渦励振動している直円柱に作用する揚力評価について, 第33回海岸工学論文集, pp.511~515, 1986.

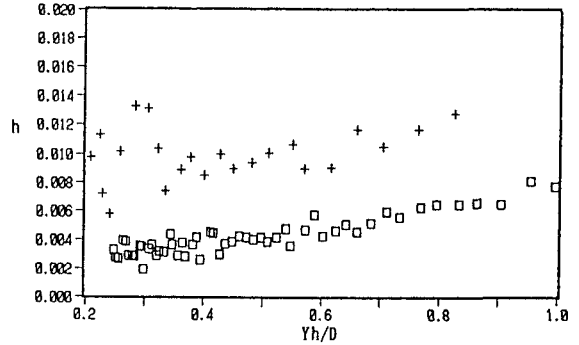


図-2 減衰定数 h と Y_h/D の関係 (□ $V=0v$, + $V=100v$)

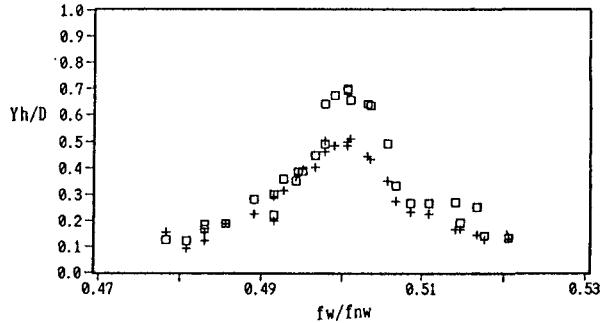


図-3 Y_h/D と f_w/f_{nw} の関係 (□ $V=0v$, + $V=100v$)

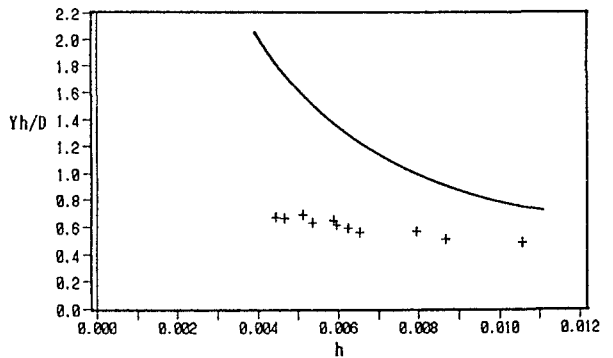


図-4 Y_h/D と h の関係 (—計算値 +実験値)

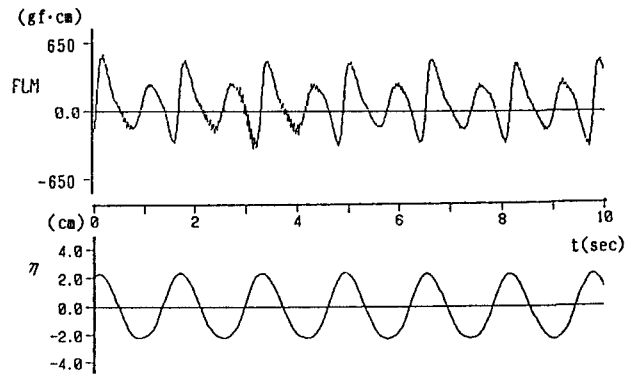


図-5 揚力によるモーメント FLM と作用波の位相関係