

II-294

一様振動流中における円柱の揚力に対する振動応答に関する実験

防衛大学校土木工学教室 正員 林 建二郎

正員 重村 利幸

白浜 和樹

1. はじめに

柱状海洋構造物の設計においては、作用揚力に対する構造物の振動応答特性をも十分に考慮する必要がある。しかし、その特性は、現象の複雑さのために規則波中における直円柱の場合さえもまだ十分に把握されていないようである¹⁾。

筆者等は、複雑な波動場特性を簡潔に表現している、一様振動流中に設置された円柱の揚力に対する振動応答特性を調べる実験を行ってきた。前報²⁾では、作用揚力の周波数変化に対する円柱の振動応答特性に関する結果を報告した。本報は、KC数の変化に対する円柱の振動応答特性に関する結果を報告する。

2. 実験装置および方法

実験は、不規則波造波装置内の水平方向に正弦運動する振動シリンダー上に固定された、鉄製枠ガラス張り水槽（長さ=60cm、幅=30cm、高さ=35cm）を用いて行った（振動流発生装置）。実験装置の概略を図-1に示す。自由表面波の発生を防ぐために水槽上面は、アクリル板で覆われている。水槽内に設置されているアクリル製試験円柱（外径 $D=2\text{cm}$ 、長さ=33cm）の上部は、水槽上面のアクリル板内に設けられているスリット孔（幅=5mm、長さ=30cm）を通る板バネを介して、水槽上の三分力計に固定されている。実験においては、水槽の振動変位量 η および、三分力計に作用する揚力方向の力成分 FL の測定を行った。

本実験で行った測定ケースを表-1に示す。Case A1, A2 は、水槽振動方向の剛性は大きであるが、それと直角な揚力方向の剛性は小さい板バネを使用した場合である（振動円柱）。円柱の揚力方向水中固有振動数は $fnw=1.03\text{Hz}$ 、水中減衰定数は $tw=0.08$ である。Case B1, B2 は、両方向とも、円柱の振動量が無視できるほど大きな剛性を有する板バネを使用した場合である（静止円柱、 $fnw=10.8\text{Hz}$ ）。Case A1 および Case B1は、振動流周波数を $fnw=0.5\text{Hz}$ に固定した場合のKC数の変化に対する、静止円柱に作用する揚力および、振動円柱の振動応答特性をそれぞれ調べたものである。Case A2 およびCase B2は、 Fw を 0.3Hz に固定した場合である。

3. 実験結果および考察

測定記録例を図-2に示す。図中 a), b)は、三分力計で検出された FL の変動波形を示す。a)は静止円柱の場合、b)は振動円柱の場合である。c)は、水槽の振動変位波形 η を示す。

図-3は、ゼロアップクロス法による FL 波形の振幅値 FLA と、KC数との関係を各測定ケースごとに示したものである。Case B1, B2の FLA は、静止円柱に作用する揚力の振幅値に相当する。しかし、Case A1, A2の FLM は、振動円柱に作用する揚力ではなく、この振動系における揚力方向支点反力の振幅値に相当する力である。したがって、この振動系を線形な一質点系で近似すると、 FLA と円柱の揚力方向振動量とは比例の関係にある。図中、右側の縦軸は、 FLA の値より概算した円柱自由端での揚力方向振動振幅量 $2Y_h$ と円柱径との比 $2Y_h/D$ を示す（Case A1, A2の場合のみ適用）。

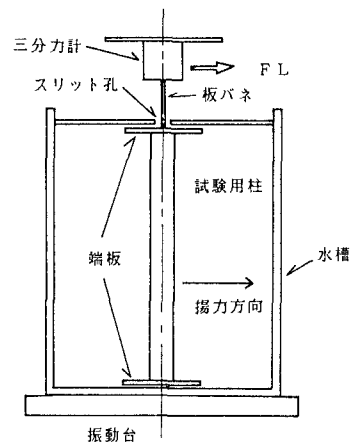
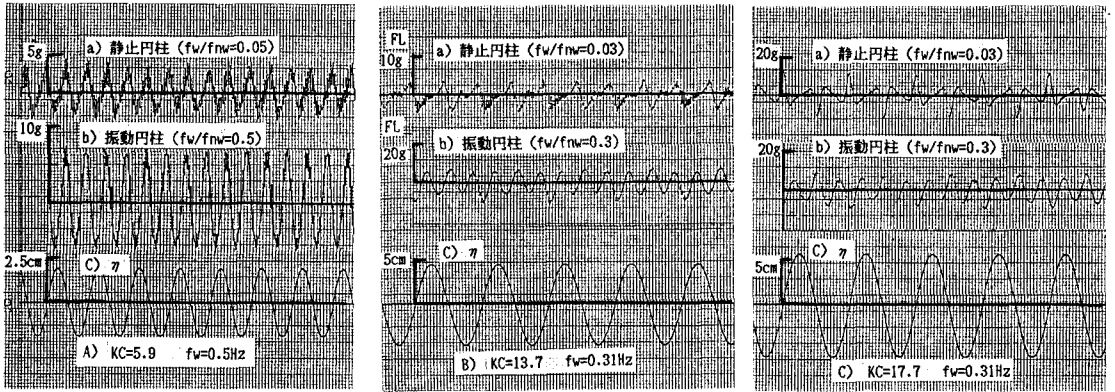


図-1 実験装置の概略

表-1 実験条件

	fnw	fw	fw/fnw	KC
Case A1	1.03Hz	0.52Hz	0.50	4-22
Case A2	1.03	0.31	0.30	4-24
Case B1	10.79	0.52	0.05	4-24
Case B2	10.79	0.31	0.03	4-24



図一 測定記録例

ゼロアップクロス法により、FL波形の周波数 f_l を算定した。図-4は、振動流周波数 f_w に対する f_l の比 f_l/f_w の KC 数に対する変化を示す。A) は円柱が静止している場合、B) は円柱が振動している場合である。

図-2のa) および図-4より、本装置を用いて得られた静止円柱に作用する揚力の変動波形、および周波数比 f_l/f_w の KC 数に対する変化特性は、一様振動流上での他の結果（例えば 3））と良く類似していることがわかる。

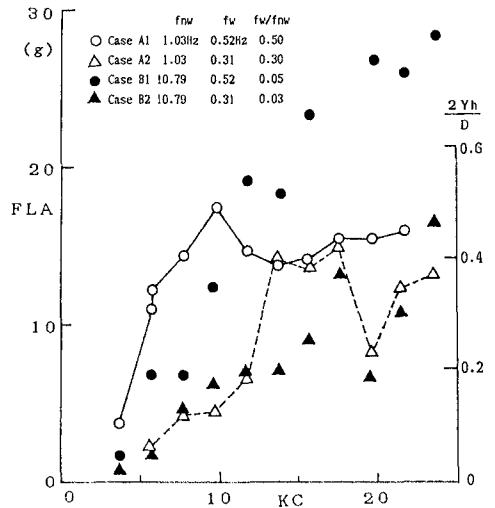
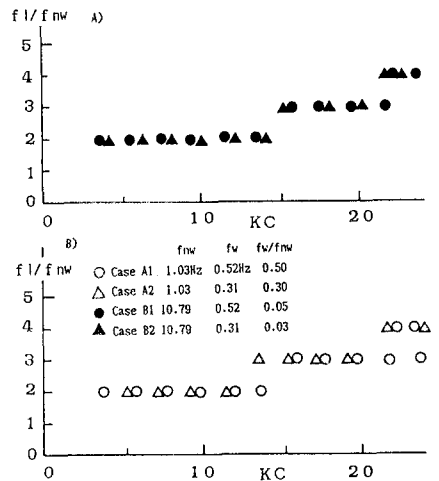
図-3より、振動円柱のFLM は、静止円柱のFLM より、 $F_w=0.5\text{Hz}$ の場合は $6 < KC < 10$ の範囲で、 $F_w=0.3\text{Hz}$ の場合は $14 < KC < 18$ の範囲でそれぞれ大きくなっていることが認められる。これは、これら KC 数の領域では、揚力周波数 f_l が円柱固有振動数 f_{nw} に近づく結果、共振現象が生じていることを示している。

図-2および図-4より、FL波形の周波数比 f_l/f_w の KC 数に対する変化特性は、振動円柱の場合も静止円柱の場合と同様であることが認められる。しかし、 $F_w=0.3\text{Hz}$ 、 KC 数=13.7 の場合、静止円柱の f_l/f_w は2であるにもかかわらず、振動円柱の f_l/f_w は3である場合も認められた（図-2b)参照）。この理由については、現在検討中である。

最後に、実験を行うに際し御協力を頂いた岩崎 守卒研究生（現在、防衛庁）に厚く謝意を表する。

参考文献

- 1) 林、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回海講論文集、1986。
- 2) 林、岩崎、重村：振動流中における円柱の渦励振動に関する実験、第15回関東支部講演概要集、1988。
- 3) 池田、中村、山本：振動中におかれた円柱に作用する流体力と渦の関係、第27回海講論文集、1980。


図一 3 FLA および $2Yh/D$ と KC 数の関係

図一 4 f_l/f_w と KC 数の関係