

II-362

振動流中で渦励振動している円柱の振動応答特性について

防衛大学校土木工学教室 ○ 学生員 荻原洋聡
 " 正 員 林建二郎
 " 正 員 藤間功司
 " 正 員 重村利幸

1. はじめに

定常流中における円柱の作用揚力に対する振動(渦励振動)の特徴については、円柱の振動と流れの相互作用の結果、共振領域が広がるLocking-on現象や、共振時の作用流体力が静止時の場合と比べて変化すること等を挙げることができる。一方、波動場における、円柱の渦励振動現象においても同様の相互作用効果が生じているものと推測されるが、その点についてはまだ十分には把握されていないようである。この流れと物体の相互作用効果は、海洋構造物の作用波力(揚力)に対する応答振動(渦励振動)問題においても、十分に考慮する必要がある。その第一段階として、筆者らは先に¹⁾、一様振動流中における円柱の渦励振動変位の実験値と、線形振動方程式による推算値との比較を行った。本研究は、減衰項の非線形性を考慮した振動解析を行い、上記相互作用問題を検討したものである。

2. 実験装置及び概要

実験は、水平方向に正弦振動する振動台上に固定された鉄枠製ガラス張り水槽を用いて行った(振動流発生装置)。水平に設置された試験円柱(外径 $D=3\text{cm}$ 、長さ 49cm)は、支点と引っ張りバネによって支持されており、主流速 U の方向(X 方向)と直角な方向(Y 方向)にのみ振動可能である。また、支点を剛結すれば円柱の振動を拘束することができる(固定円柱)。試験円柱に作用する流体力(ΔF_X , ΔF_Y)の測定を行うために、小型2分力計に片持梁型式で接続されたセグメント円柱(外径 $D=3\text{cm}$ 、長さ 3cm)が試験円柱内に設けられている。実験ではまず、共振時における渦励振動特性の KC 数に対する変化を調べた。振動流周波数 f_w は試験円柱の水中固有振動数 f_{nw} の $1/2$ に固定した。 KC 数の範囲は $4\sim 19$ である。次に、同様の作用振動流中に設置された固定円柱に作用する流体力の KC 数に対する変化特性を測定した。

3. 振動系モデル及び振動方程式

Y 方向にのみ振動する本試験円柱の振動モデル及び座標系を図-2に示す。 M , C , K は、円柱の質量、減衰係数、バネ係数である。 F_Y は円柱に作用する外力である。円柱が水中で振動している場合には、円柱振動に伴う新たな流体外力や流れと振動円柱との相互作用が生じるために、これら各諸量を的確に評価することは困難である。

試験円柱の振動方程式は、(1)式で示されると仮定する。

$$\ddot{y}_h + 2\zeta \omega \cdot 2\pi \cdot f_{nw} \cdot \dot{y}_h + (2\pi \cdot f_{nw})^2 \cdot y_h = \Delta F_Y / m_{ew} \quad (1)$$

式中、 y_h は試験円柱の Y 方向振動変位量である。 m_{ew} は水中における試験円柱の換算単位長質量である(試験円柱の水中付加質量を含む)。 f_{nw} , $\zeta \omega$ は水中における試験円柱の固有振動数及

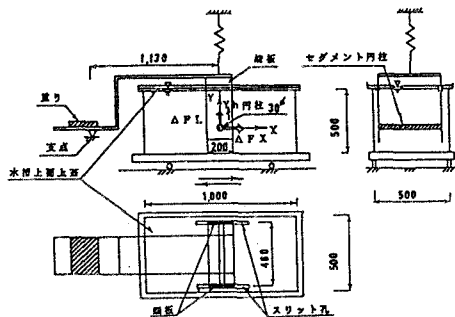


図-1 実験装置

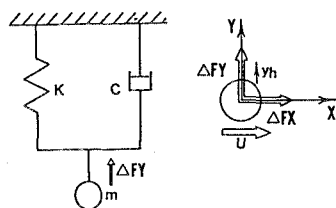
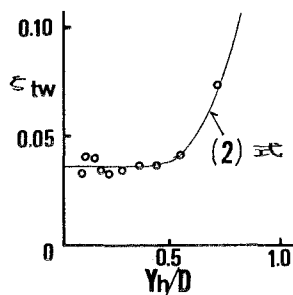


図-2 振動モデルと座標系

図-3 $\zeta \omega$ と Y_h/D の関係

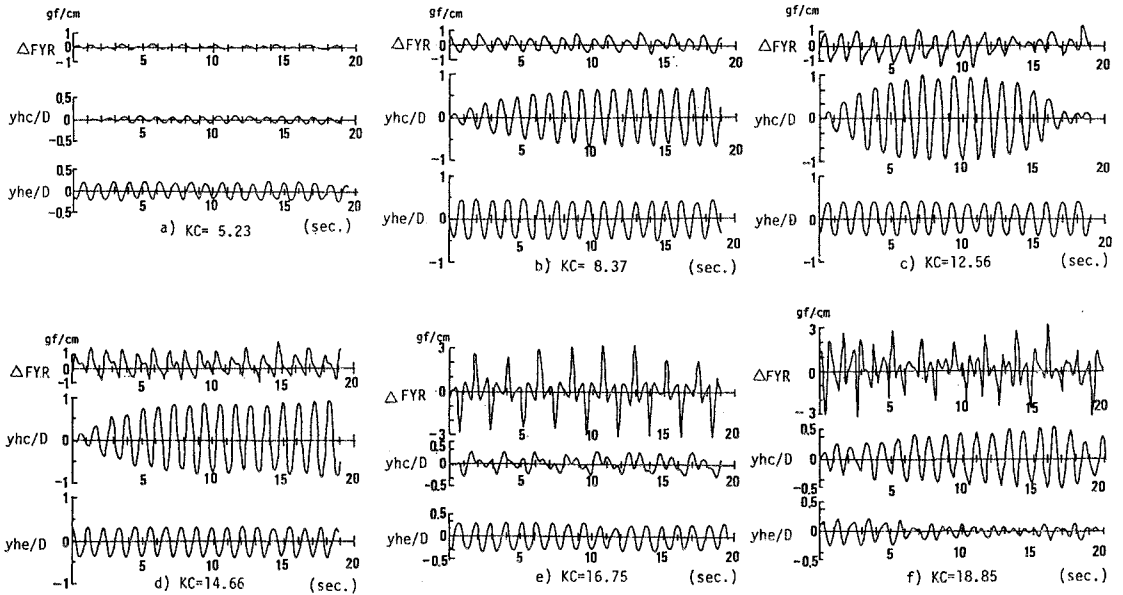


図-4 FYR, yh/D, yhc/Dの時間変化例 (KC=5.2, 8.4, 12.6, 14.7, 16.8, 18.9)

び減衰定数である。 ΔFY は、試験円柱の単位長に作用するY方向外力である。上記の円柱振動に伴う新たな流体外力や相互作用が生じる結果、これら諸量は現密にはyhの関数と考えられる。

4. 結果及び考察

静水中における減衰自由振動実験より試験円柱の mew 、 fnw 、 ζtw を算定した。 $mew=8.87 \rho D^2$ 、 $fnw=0.46\text{Hz}$ であった。 ζtw と円柱振動振幅量Yhとの関係を図-3に示す。 ζtw とYhの関係を示す実験式として(2)式が得られた。

$$\zeta tw = 0.035 + 0.25(Yh/D)^{5.7} \quad \text{---(2)}$$

KC=5.2, 8.4, 12.6, 14.7, 16.8, 並びに18.9の場合における

無次元応答振動量yh/D（実験値）の時間変化を図-3、a)-f)にそれぞれ示す。これら図中には、同じ振動流中に固定的に設置された試験円柱（固定円柱）に作用するY方向流体力 ΔFYR の時間変化、及びこの ΔFYR と(2)式で示される減衰定数を(1)式に代入して得られた無次元振動変位yhc/D（計算値）の時間変化が同時に示されている。実験値の平均片幅振幅値をYhebとする。上記計算値の最大片幅振幅値をYhcmとする。フーリエ解析による ΔFYR の共振周波数成分値（=振動流周波数 fw の2倍周波数成分）及び(2)式を(1)式の ΔFY 、 ζtw に代入して得られた片幅振幅値をYhcfとする。これらの無次元値Yheb/D、Yhcm/D並びにYhcf/DのKC数に対する変化特性を図-5に示す。KC=5.2の場合、実験値yheは計算値yhcよりも大きくなっている。これは、円柱振動と流れの相互作用により渦励振動円柱に作用するY方向流体力は、固定円柱に作用する場合よりも増加されていることを示している。KC=8.4の場合、実験値は計算値は大体一致している。KC>10では、実験値は計算値よりも小さくなっている（KC=16.8の場合を除く）。KC=12.6における計算値yhcにはうなりが生じている。KC>16における固定円柱に作用する流体力 ΔFYR では、3倍周波数成分が卓越している。KC=16.8の場合、実験値は2倍周波数成分と共振しているが、計算値は2倍周波数成分とは共振していない。一方、KC=18.9では、計算値は2倍周波数成分と共振しているが、実験値は共振していない。

参考文献 1) 荻原、林、藤間、重村：第17回関東支部技術研究発表会講演概要集、pp.114-115、平成2年3月

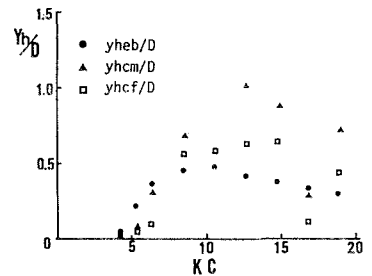


図-5 振動振幅とKC数の関係