

(Ⅱ-20) 振動流中における円柱の渦励振動特性について

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

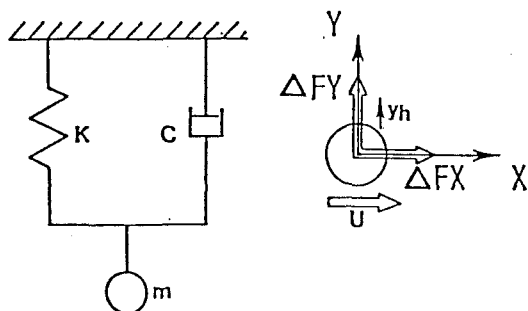
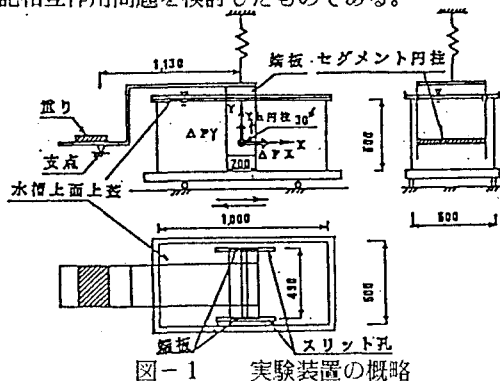
1. はじめに

一様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、共振領域が広がること（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。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¹⁾。

本研究は、その第一段階として、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い、一様振動流における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²⁾）。水平に設置された試験円柱（外径 $D=3\text{cm}$ 、長さ $=49\text{cm}$ ）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（振動円柱）。また、支点を剛結すれば円柱の振動を拘束する事ができる（固定円柱）。試験円柱に作用する流体力（ $\Delta F_X, \Delta F_Y$ ）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 $=3\text{cm}$ ）試験円柱内に設けられている。実験では先ず、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4～18である。次に、同様な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。試験円柱の振動方程式は、(1)式で示される³⁾。

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

式中、 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び減衰定数である。 ΔF_Y は、試験円柱に作用する y 方向外力である。静水中における試験円柱の減衰自由振動実験より得られた m_{ew} 、 $\zeta \omega$ 、 f_{nw} の算定値は、 $m_{ew}=8.87\rho D^2$ 、 $\zeta \omega=0.03$ 、 $f_{nw}=0.46\text{Hz}$ であった。

4. 計算結果及び考察

KC=8.37 及びKC=14.88の場合における無次元振動応答量 y_h/D (実験値)の時間変化を図3-a)、b)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) に作用する流体力 ΔFY の時間変化、及びこの ΔFY と上記減衰定数の算定値 $h_{tw}=0.03$ を(1)式に代入して得られた無次元振動変位量 y_h/D (計算値)の時間変化が同時に示されている。これら各値の時間変化は、水槽振動変位 a ($da/dt=U$)の位相変化を基準としている。

KC=8.37の場合は、計算値 y_{hc} の振幅 (Y_{hc}) は、実験値 y_h の振幅 (y_h) と大体一致している。一方、KC=14.88の場合には、 Y_{hc} は Y_h の約3倍となっている。

図-4は、 Y_h/D 及び Y_{hc}/D のKC数に対する変化特性を示す。4<KC<7の範囲では、計算値 Y_{hc}/D は実験値 Y_h/D より若干小さい値を示している。一方、7<KC<18では、 Y_{hc}/D は Y_h/D より非常に大きな値を示している。このことは、円柱振動と流れの相互作用効果により、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、4<KC<7の範囲では若干増加していることと、7<KC<20の範囲ではかなり減少していることを示している。

KC数が小さな範囲で、振動時の円柱に作用する流体力が増加する原因としては、固定円柱からの円柱交流渦の発達が円柱振動と流れの相互作用により促進されたためと思われる³⁾。

参考文献

- 1) 林、成澤、重村、藤間：波動場で渦励振動している直円柱と波の相互作用について、
海岸工学論文集第36巻、PP.699-703,1989.
- 2) 林、荻原、藤間、重村：振動流中で渦励振動している円柱の作用流体力評価について、
土木学会第44回年講、PP.634-635,1989.
- 3) 林、荻原、藤間、重村：振動流中で渦励振動している円柱と流れの相互作用について、
水工学論文集、1990.

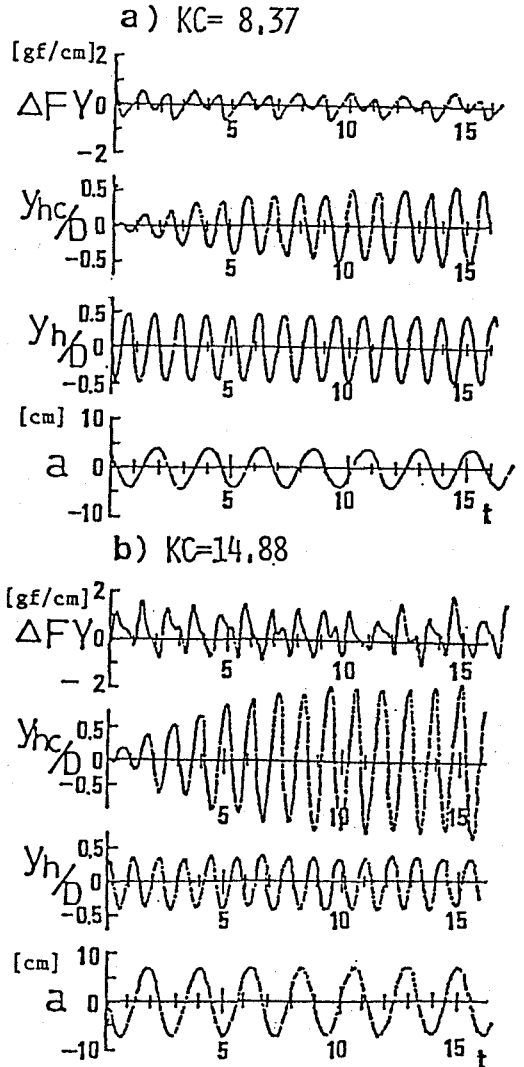


図-3 振動変位量の実験値 y_h と計算値 y_{hc} の比較

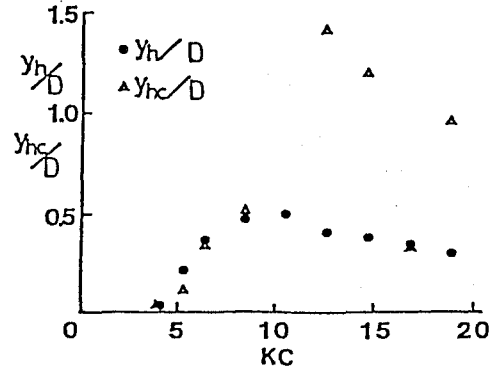


図-4 振動片変位量(y_h/D 、 y_{hc}/D)とKCの関係