

(Ⅱ - 43) 振動流中で渦励振動している円柱に作用する流体力について

防衛大学校 学生員○檜垣 太

〃 正会員 林建二郎

〃 正会員 藤間功司

〃 正会員 重村利幸

1. はじめに： 本研究は、海洋構造物の渦励振動時において生じる流れと構造物との相互作用現象を明らかにする事を目的として、振動流中で渦励振動している円柱に作用する流体力の周波数比（= 円柱固有周波数/振動流周波数）変化特性を調べ、円柱固定時の場合との比較を試みたものである。

2. 実験装置および実験方法： 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。実験装置の概略を図-1に示す。支点と引っ張りバネを用いて、水槽内に水平設置されたアクリル製試験円柱（外径 $D=3.0\text{cm}$ 、長さ $=48\text{cm}$ ）は、鉛直方向（Y方向、揚力方向）にのみ振動する。円柱に組み込まれた二分力計を用いてセグメント円柱（長さ $=3.0\text{cm}$ ）の単位長さあたりに作用するX方向、Y方向の流体力 ΔF_x と ΔF_y を計測した。自由水表面の動揺を防ぐために水槽上面に上蓋を設けた。円柱は上蓋内に設けられたスリット孔（幅 $=20\text{mm}$ ）を通る2枚の端板（長さ $=40\text{cm}$ 、幅 $=5\text{cm}$ 、厚さ $=2\text{mm}$ ）で支持されている。実験は、Keulegan-Carpenter数（KC数）を10および25に固定し、振動台の振動周波数 f_d （= 振動流周波数）を変化させて行った。周波数比 f_{nw}/f_d の範囲（ f_{nw} ：円柱の水中固有周波数（ $f_{nw}=1.03\text{ Hz}$ ））は1~10とした。また、比較のために同円柱を固定した場合に作用する流体力も同様に計測した。

3. 実験結果および考察： 円柱の渦励振動量 y の実効値を Y_{rms} 、最大片巾振幅を Y_{max} とする。振動円柱に作用する ΔF_x と ΔF_y の実効値をそれぞれ ΔVF_x および ΔVF_y とする。ただし ΔVF_y は二分力計で計測されたY方向の力からセグメント円柱部の慣性力（=セグメント円柱部の質量*振動加速度）を引いたものである。円柱固定時の ΔF_x と ΔF_y の実効値を ΔRF_x 、 ΔRF_y とする¹⁾。

図-2 a), b), c) は $KC=10$ 、図-3 a), b), c) は $KC=25$ の場合である。図-2 a) と図-3 a) に、 KC 数を10および25に固定している時の円柱振動量 Y_{rms}/D および Y_{max}/D の周波数比 f_{nw}/f_d に対する変化特性を示す。 $KC=10$ の時は、 $f_{nw}/f_d=2$ 近傍で応答振動量の顕著なピーク値が生じ、円柱が揚力の第2次周波数成分と共振している事を示している。 $KC=25$ の時は $f_{nw}/f_d=3, 4, 5, 6$ において応答振動量のピーク値が生じ、円柱が揚力の第3, 4, 5, 6次周波数成分と共振している事を示している。その最大値は $f_{nw}/f_d=4$ で生じている事が分かる。

図-2 b) と図-3 b) に、固定時と振動時における ΔF_x の周波数比 f_{nw}/f_d に対する変化特性を示す。 $KC=10$ の場合、 ΔVF_x は円柱の応答振動量が著しく大きくなる周波数比 $f_{nw}/f_d=2$ 近傍でピーク値を示し、 ΔRF_x より大きな値となっている。振動量が小さい範囲では、 ΔVF_x は ΔRF_x とほぼ同じ値を示している事が分かる。 $KC=25$ の場合も同様に、 ΔVF_x は円柱の応答振動量が著しく大きくなる周波数比 $f_{nw}/f_d=4, 5, 6$ 近傍でピーク値を示し、 ΔRF_x より大きな値となっている。振動量

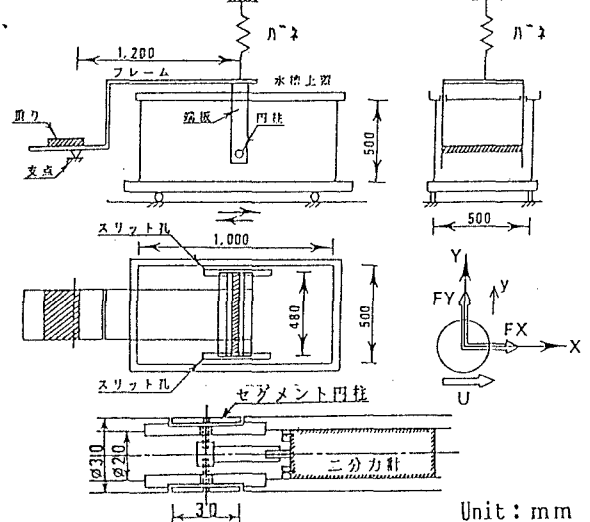


図-1 実験装置の概略

が小さい範囲では、 ΔVF_x は ΔRF_x とほぼ同じ値を示していることが認められる。

図-2 c) と 図-3 c) に、固定時と振動時における ΔF_y の周波数比 f_{nw}/f_d に対する変化特性を示す。KC=10の場合、 ΔVF_{ya} は $1.85 < f_{nw}/f_d < 2.05$ で円柱の応答振動量が大きくなり、周波数比 $f_{nw}/f_d = 2$ 近傍で、 ΔRF_y の値より大きくなる。逆に周波数比が $f_{nw}/f_d < 1.9$ および $2.05 < f_{nw}/f_d < 2.25$ では、 ΔVF_{ya} が ΔRF_y より小さくなっている事が分かる。KC=25の場合、 ΔVF_{ya} は円柱の応答振動量が大きくなる周波数比 $f_{nw}/f_d = 4, 5, 6$ 近傍で、 ΔRF_y の値より大きくなっている。 $2 < f_{nw}/f_d < 3.6$ の範囲で ΔVF_{ya} が ΔRF_y より小さくなっている事が認められ、 $f_{nw}/f_d > 6.5$ の範囲では ΔVF_{ya} と ΔRF_y の値がほぼ同じである事が分かる。

4. おわりに： 渦励振動円柱と流れとの相互作用効果によるこれら流体力の増加現象に対する更に詳しい考察を行うために以下の解析を行っている。 1) ΔRF_x および ΔVF_x の評価式としてモリソン式を適用した場合の抗力係数、質量係数の算定。 2) ΔRF_y および ΔVF_y の周波数分析 (フーリエ解析)。

参考文献

- 1) 林建二郎, 藤間功司, 重村利幸, 荻原洋聡(1993): 振動流中における円柱の渦励振動特性と流れの相互作用現象, 海岸工学論文集, 第40巻, pp. 841-845

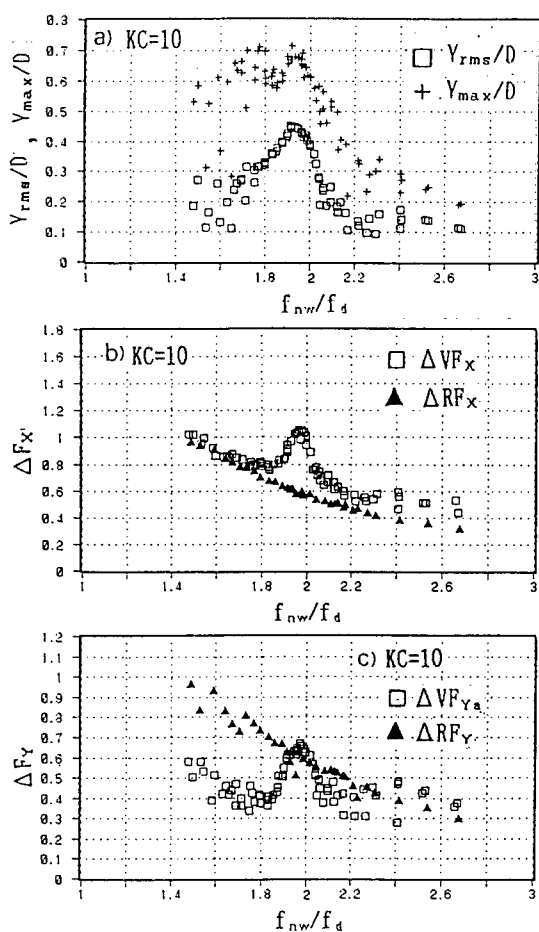


図-2 振動量、 ΔF_x および ΔF_y と f_{nw}/f_d の関係

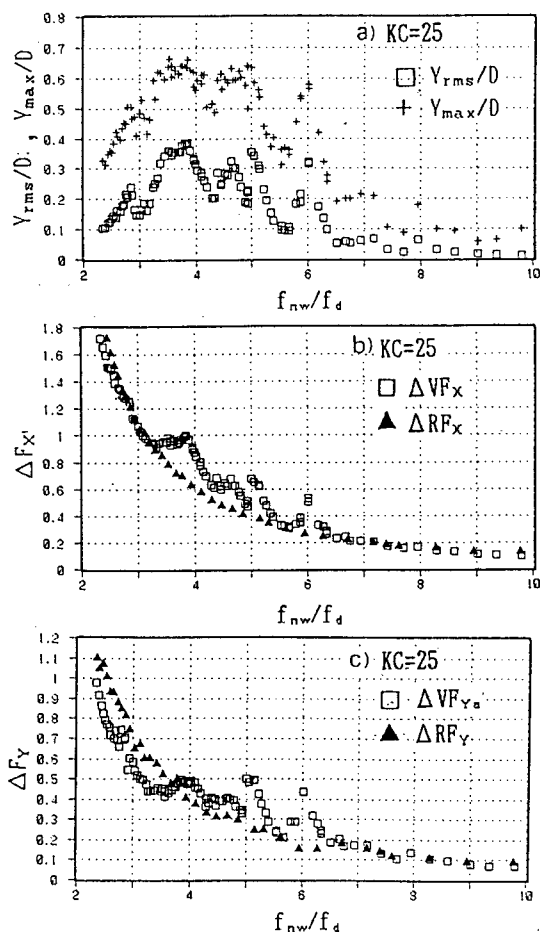


図-3 振動量、 ΔF_x および ΔF_y と f_{nw}/f_d の関係