

## (Ⅱ - 6) 振動流中における渦励振動円柱まわりの流れの特性について

防衛大学校土木工学教室 学 生○田中賢一  
 " " 正 員 林建二郎  
 " " 正 員 藤間功司  
 " " 正 員 重村利幸

### 1. はじめに

本研究は、波動場における柱状海洋構造物の作用揚力に対する応答振動（渦励振動）問題において重要な流れと物体との相互作用現象を明らかにすることを目的として、一様振動流中で渦励振動している円柱（渦励振動円柱）、および静止している円柱（静止円柱）周辺の流速計測を行い、それぞれの円柱まわりに生じる流れの循環を評価したものである。

### 2. 実験装置および方法

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（振動流発生装置）。実験装置の概略および用いた座標系を図-1、図-2に示す。

図に示すように、バネ及び支柱を用いて水槽内に水平設置された試験円柱（外径 $D=19\text{mm}$ 、長さ $=48\text{cm}$ ）は、水槽の振動方向と直角な方向（揚力方向）にのみ振動可能である（振動円柱）。水槽の振動に伴って生じる水槽内自由水表面の動揺を防ぐために、水槽上面にはアクリル板製上蓋を設けた。試験円柱の

両端は、この上蓋内に設けられたスリット孔を通る2枚の端板（幅 $=25\text{cm}$ 、高さ $=35\text{cm}$ 、厚さ $=2\text{mm}$ ）で支持されている。試験円柱の振動変位 $y$ の測定には、光学式変位計を用いた。試験円柱を静止的に設置（静止円柱）する場合に、バネおよび支柱が取り外された端板上部を3分力計に接続した。

実験に用いた振動流の周期 $T$ は $1.78$ 秒、最大主流速度 $U_m$ は $10.7\text{cm/秒}$ である。従って、 $KC$ 数は $10$ 、 $\beta$ 値（ $=\text{Re数}/KC$ 数）は約 $200$ である。 $KC=10$ の場合、振動流の半周期ごとに非対称性の強い後流渦が再現性良く形成され、振動流周波数の2倍なる周波数を有する揚力の時間変動が比較的規則的に生じる<sup>1)</sup>。水中自由減衰振動実験より得られた試験円柱の水中固有周期 $T_{nw}$ は $0.89$ 秒であった。従って、試験円柱は、この振動流中では共振状態で振動している。

円柱まわりの流速測定にはレーザー・ドップラー流速計を使用した。円柱まわりに生じる流れの循環計測に用いた閉曲線、及び流速測定点を図-1の座標系内に示す。流速出力信号、水槽変位出力信号、振動円柱の振動変位出力信号および静止円柱に作用する揚力出力信号は、サンプリング周波数 $50\text{Hz}$ 、サンプリング数 $2000$ でAD変換しフロッピーディスク内に記録した。

### 3. 結果および考察

位相平均法を用いて得られた静止円柱の場合における、a)  $X=-15\text{mm}$ 、 $Y=20\text{mm}$ （A点）、及びb)  $X=10\text{mm}$ 、 $Y=-20\text{mm}$ （B点）での水平方向（ $X$ 方向）流速成分 $u$ の位相変化を、図-3 a), b)に示す。図中、 $\nabla$ 、 $\square$ 、 $\times$ 印は、各位相 $t/T$ におけ

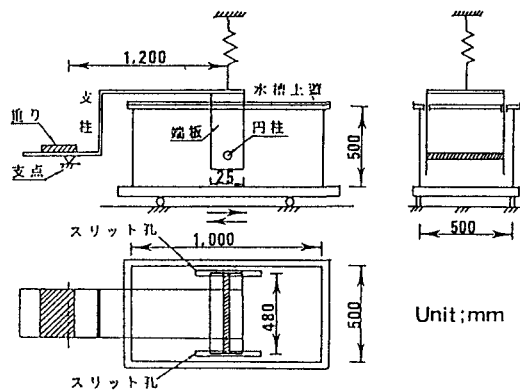


図-1 実験装置の概略

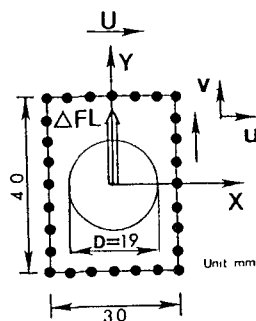


図-2 座標系

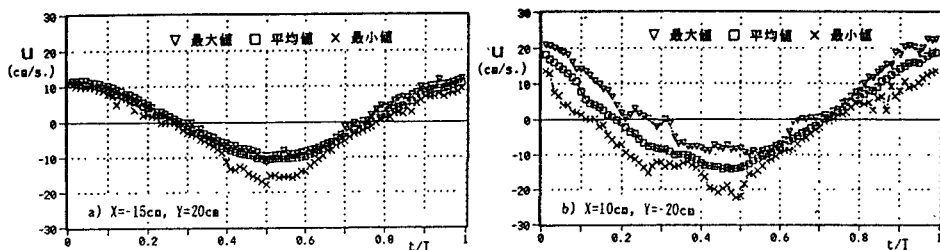


図-3 流速の位相変化例

る最大値、平均値、最小値をそれぞれ示す。本実験では、円柱の下側 ( $Y < 0$ ) に強い後流渦が放出形成される場合であったので、B点の流速変動はA点より激しいことが認められる。X方向の主流速度が最大となる位相を  $t/T=0$  とする。

静止円柱および振動円柱の各場合、 $t/T=0.3$  および  $t/T=0.7$  における閉曲線上の接線方向流速成分の大きさと方向を図-4 a), b) に示す。 $t/T=0.7$  では、静止円柱と振動円柱の場合では流れが大きく異なっていることが認められる。

主流速度  $U$  および振動円柱の振動量  $y$  の位相変化を図-5 a) に示す。閉曲線上の接線方向流速成分を閉曲線に沿って積分して得られた循環  $\Gamma$  の位相変化を図-5 b) に示す。図中、○印は静止円柱時の循環  $\Gamma_s$ 、●印は振動円柱時の循環  $\Gamma_v$  を示す。ただし、時計方向の回転を循環の正值とする。 $t/T=0.75$  の近傍において  $\Gamma_s$  と  $\Gamma_v$  は大きく異なっていることが認められる。

一様定常流れにおいて成立するクッタ・ジュウコフスキーの式が振動流の場合にも近似的に適用できると仮定すると、円柱の単位長さ当りに作用する揚力  $\Delta FL$  は次式で与えられる<sup>2), 3)</sup>。

$$\Delta FL = \rho \cdot U \cdot \Gamma \quad \text{--- (1)}$$

式中、 $\rho$  は流体の密度である。(1)式に、図-5 a), b) に示されている主流速度  $U$  および循環 ( $\Gamma_s$ ,  $\Gamma_v$ ) を代入して得られた揚力を  $\Delta FL_s$  (静止円柱の場合)、 $\Delta FL_v$  (振動円柱の場合) とし、その位相変化を図-5 c) に示す。図中には、三分力計を用いて計測された静止円柱に作用する揚力の実測値  $\Delta FL_m$  を実線で示す。大胆な仮定による近似式にもかかわらず、(1)式による計算値  $\Delta FL_s$  と実測値  $\Delta FL_m$  の一致度は良好であることは興味深い。

#### 参考文献

1) Williamson, C.K., J.F.M., 1985, Vol.155, pp.141-174.

2) Obasaju, E.D., J.F.M., 1988, Vol.196, pp.467-494.

3) Hayashi K., Proc. 21st Coastal Eng. ASCE, 1988, pp.914-928.

図-4 閉曲線上の流速分布例

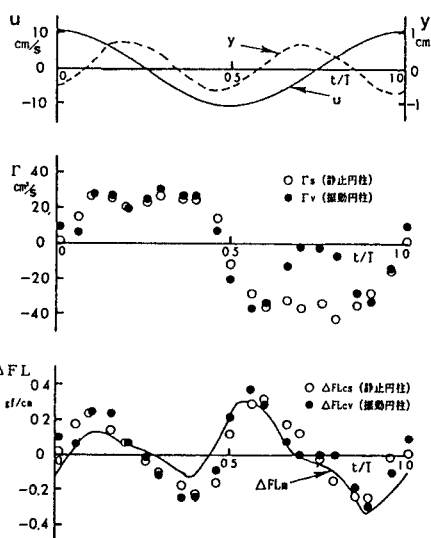


図-5 循環及び揚力の位相変化