

II-282

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

防衛大学校 土木工学教室 正員 林 建二郎
 学生員 荻原 洋聡
 正員 藤間 功司
 正員 重村 利幸

1. はじめに

波動場における柱状弾性構造物の作用揚力に対する応答振動(渦励振動)問題においては、流体と振動する構造物との相互作用効果をも考慮する必要がある。本研究は、複雑な波動場特性を簡単に表現した一様振動流を用いて渦励振動している円柱に作用する流体力の評価を行い、上記相互作用効果を検討したものである。

2. 実験装置及び方法

実験は、水平方向に正弦運動する振動台上に固定された鉄枠製ガラス張り水槽(長さ=1m, 幅=0.5m, 高さ=0.5m)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。図に示すように、支点と引っ張りバネを用いて、水槽内に水平設置された試験円柱(外径 $D=3\text{cm}$, 長さ=46cm)は、水槽振動方向と直角方向(Y方向、揚力方向)のみに振動可能である。試験円柱の両端は、水槽上面の亚克力板内に設けられたスリット孔(幅=8mm)を通る2枚の端板で支持されている。試験円柱に作用する流体力を測定するために、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=3cm, 長さ=3cm)が試験円柱内に設けられている。円柱振動量 y は、光学式変位計を用いて計測した。

実験に先立ち、水中自由振動実験を行い、試験円柱の水中固有振動 f_{nw} 、及び減衰定数 ht を求めた。 $f_{nw}=0.92\text{Hz}$, $ht=0.04$ であった。Mass ratio値は $me/\rho D^2=8.7$ (me :換算単位質量 $=0.08\text{gf}\cdot\text{s}^2/\text{cm}^2$)である。本実験で行った測定ケースを表-1に示す。

CASE A1では、KC数($=\pi Am/D$, Am :水槽振動量(全振幅量))を8.4に固定し、振動台周波数(=振動流周波数 f_w)を変化させた。CASE A2では、 f_w を 0.46Hz ($=f_{nw}/2$)に固定し、KC数を変化させた。CASE B2は、試験円柱を静止(静止円柱)させ、CASE A2と同様の実験を行ったものである。また、CASE A2及びCASE B2の実験においては、水槽内にアルミ粉を散布し、ビデオカメラを用いた流れの可視化を行い円柱後流渦の挙動観測を行った。

3. 実験結果及び考察

図-2に、CASE A1の実験で得られた円柱振動量の平均片幅振幅値 Y_h の無次元値 Y_h/D と周波数比 f_w/f_{nw} の関係を示す。図より、KC=8.4の場合、作用揚力周波数 f_l は f_w の2倍であるので、共振点は $f_w/f_{nw}\approx 0.5$ で生じていることが認められる。図-3 a), b)は、KC=8.4及び16.8の場合における、共振時($f_w/f_{nw}=0$)

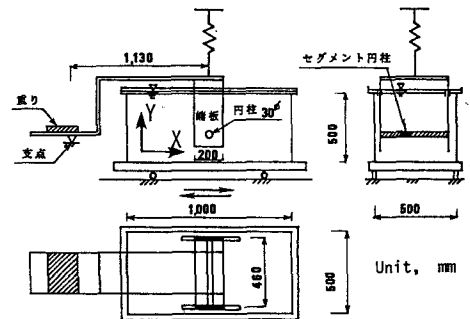
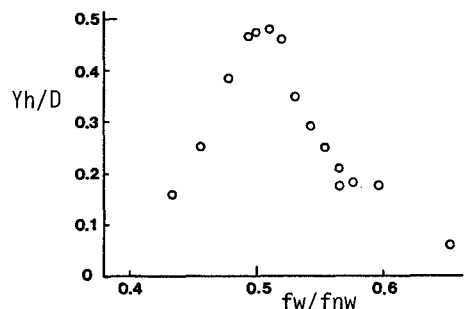


図-1 実験装置の概略

表-1 測定ケース

	f_{nw}	f_w	KC数
CASE A1	0.92Hz	0.4~0.6Hz	8.4
CASE A2	0.92Hz	0.46Hz	4.2~18.9
CASE B2	$f_{nw} >> 0.92$	0.46Hz	4.2~18.9

図-2 Y_h/D と f_w/f_{nw} の関係(KC=8.4)

.5) 及び静止時の円柱部分長に作用する流体力 (ΔF_L ; Y 方向成分 (揚力)、 ΔF_X ; X 方向 (主流方向) 成分) の位相変化 t/T (t : 時間, T : 主流振動周期 $=1/f_w$) を比較したものである。共振時の ΔF_L は円柱の振動に伴い生ずるセグメント円柱の慣性力成分を取り除いている。これら図中には、振動台の変位量 a_x 及び円柱振動量 y_h の位相変化も同時に示している。図より、共振時には ΔF_X が顕著に増加していることが認められる。

図-4 は、無次元値 y_h/D と ΔF_X の増幅率 M (M = 共振時の ΔF_X の平均振幅値 / 静止時の ΔF_X の平均振幅値) の KC 数に対する変化を示したものである。図より、 KC 数約 6~10 の範囲で ΔF_X は著しく増幅されていることが認められる。

図-5 は、 $KC=8.3$ の場合における共振時と静止時の円柱後流渦の観測例を示したものである。これらの図は、振動台振動量が最大 (振動主流流速=0) の位相 $t/T=1/4$ の場合である。これら図より、共振時には、1) 円柱後流渦の移動距離が大きくなっていること (水平方向 (X 方向=主流方向) に約 1.3 倍、垂直方向 (Y 方向=揚力方向) に約 2 倍)、2) 円柱の振動による別の後流渦が円柱近傍に発生していることが認められる。円柱後流渦強度の評価は行っていないが、共振時における ΔF_X の増加は、これら後流渦挙動の相連によるものと推測できる。

4. おわりに

以上は、渦励振動時における円柱振動と流れの相互作用効果を、作用流体力と後流渦挙動の面から評価したものである。共振時には、主流方向の流体力が増加することが確認できた。今後は、振動円柱に作用する揚力評価法に対する検討及び、後流渦強度変化の評価等を併せて行いこの種の相互作用効果に対するさらに詳しい検討を行う予定である。最後に、実験およびデータ整理にご協力を頂いた白浜和樹技官及び後藤一郎研究科学生に厚く謝意を表す。

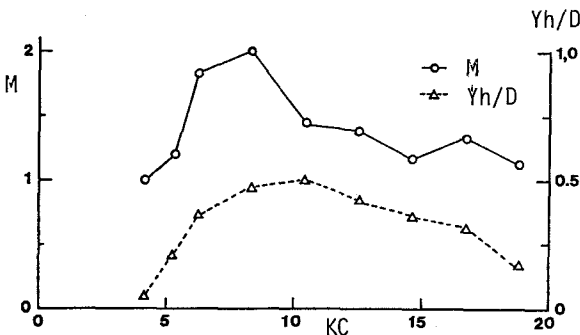


図-4 増幅率 M , y_h と KC 数の関係

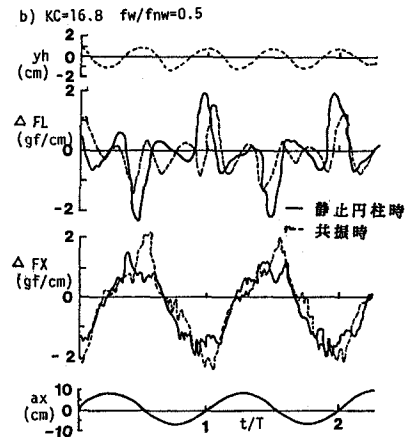
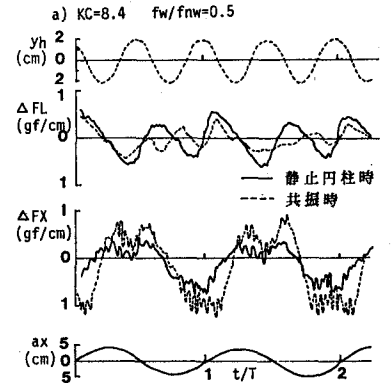


図-3 ΔF_L , ΔF_X の位相変化

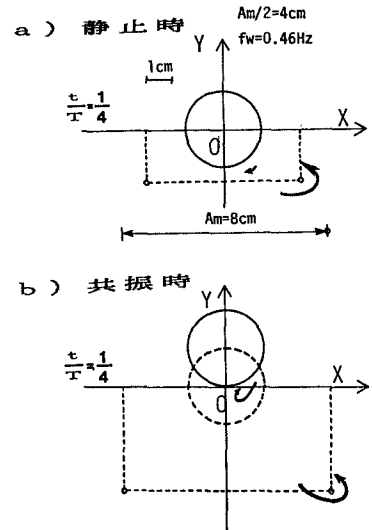


図-5 後流渦パターンの模式図 ($KC=8.3$)