

I - 474

振動物体後流の速度変動の位相

金沢大学工学部 正員 岡島 厚

東洋建設（株） 山田昭洋

1. まえがき

渦励振などの励振現象は物体と流れの干渉によって生ずる。従って、流れの変動と振動物体の変位との間の位相差は、加振振幅や振動数によって変化し、励振現象の発生機構を解明するにあたり、重要な資料となる。本研究では、風洞内において表1に示すような矩形柱や円柱の供試模型を図1のようにそれぞれ流れと直角方向に強制振動させ、後流速度変動の測定を行う。そして物体が静止物体のストローハル数近傍で振動する際、流出渦振動数が強制振動数に固定されるlock-in現象、また後流速度変動と物体の振動変位の位相差の加振振動数に対する変化に注目する。

2. 実験装置と方法

実験装置の概略を図2に示す。エッフェル型風洞を用い、振動装置には往復スライド・クランク機構を用い、無段変速付きモータにより振動数を制御し、振幅量は任意に変えられる。流速変動測定は、I形熱線プローブ流速計を用いてFFTアナライザーに取り込み、周波数解析を行った。また同時に、強制振動の変位をレーザー変位計により測定し、変位と速度変動のクロススペクトルから位相差を求めた。

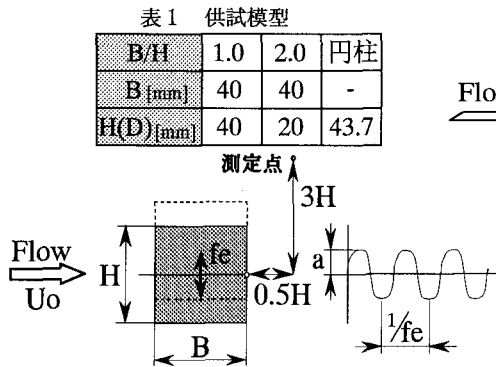


図1 振動模型略図と測定点

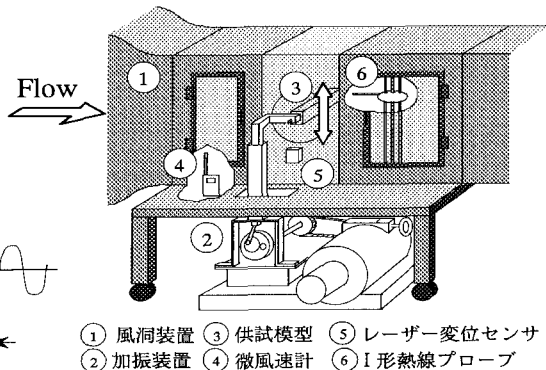


図2 実験装置概略図

3. 実験結果と考察

図3～10に強制振動数 f_e の静止模型の後流渦振動数 f_o に対する比 f_e/f_o と、強制振動変位をパラメータにして流速の位相差 $\Delta\phi$ の関係を、それぞれの供試模型について示す。

(1) $B/H=1$ 断面柱：図3～6に振幅 $a/H=5, 10, 15\%$ のlock-inの様相および位相を示す。図のように、 $f_e/f_o=1$ 付近で、急激に約 270° 位相遅れを示し、 $f_e/f_o=1.7$ 付近の狭い領域で、unlock状態となり、モード変化する。 $f_e/f_o=2$ 以上では緩やかに位相変化する。この様相は文献1と異なる。また、unlockとなる f_e/f_o 値は振幅 $a/H=10, 15\%$ ではほぼ同じで、 $a/H=5\%$ では $f_e/f_o=1.2\sim 2$ でunlockとなる。この現象は、文献2などのギャロッピング振動、渦励振、非線形性の強い低風速域励振の各現象の発生、挙動に対応している。

(2) $B/H=2$ 断面柱：図7, 8に示すように振幅 $a/H=10, 20\%$ による違いは少なく、 $f_e/f_o=0.5\sim 2.5$ の比較的広い f_e/f_o 領域でlock-inしている。位相は $f_e/f_o=0.5$ 付近から急激に遅れ、 $f_e/f_o=1$ 付近では位相変化は緩やかである。この場合の位相変化の様相も、ギャロッピング振動、渦励振、低風速域励振の各現象の発生によく対応している。

(3) $B/H=0.5$ 断面柱： $B/H=1$ と同様、 $f_e/f_o=1$ 近傍で位相が急激に遅れるが、振幅 a/H が小さいほど位相遅れの変化が激しい。

(4) 円柱：円柱後流のlock-in領域と位相変化を図9, 10に示すが、lock-in領域は $f_e/f_o=0.4\sim 1$ 付近の比較的狭い振動数域で、位相は $f_e/f_o=1$ で約 180° 急激に遅れ、渦励振発生に対応している。特に、 $f_e/f_o < 1$ の低風速域で、位相変化は殆ど認めらず、文献1の結果とは著しく相違している。

4. まとめ

円柱や矩形柱などのブラフな物体の流体力学的不安定振動の観点から、振動物体周辺流れの挙動、特に後流周波数のlock-in現象および変動速度の位相変化を調べ、以下の結論を得た。

(1) 円柱および断面比 $B/H=0.5$ などAfter bodyの短い物体では、lock-inする振動数領域は $f_e/f_o=1$ 付近の狭い領域に限定されるが、After bodyの長い $B/H=2$ 断面柱のlock-in領域は $0.25\sim 2.5$ で広く、 $B/H=1$ 断面柱の場合 $f_e/f_o=0.5\sim 3.5$ のlock-in領域の内、振幅に依存するが、ほぼ $f_e/f_o=1.2\sim 2$ でunlockし、位相変化する。

(2) 振動数に対する後流中の速度変動の位相変化は、文献2の変動揚力の位相変化とよく対応した。

参考文献

1. A. Ongoren and D. Rockwell, J. Fluid Mech., vol.191(1988)pp.197-224.
2. 溝田、岡島、土木論文集、327(1982.11)pp.49-60.

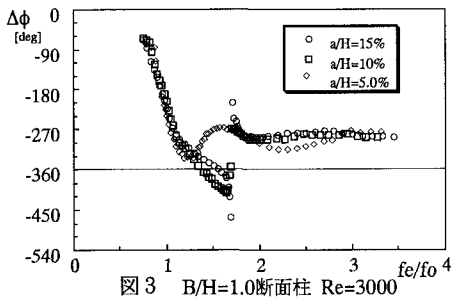


図3 B/H=1.0断面柱 Re=3000

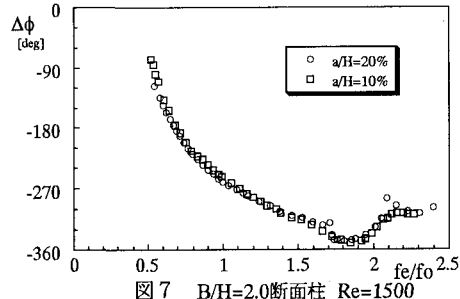


図7 B/H=2.0断面柱 Re=1500

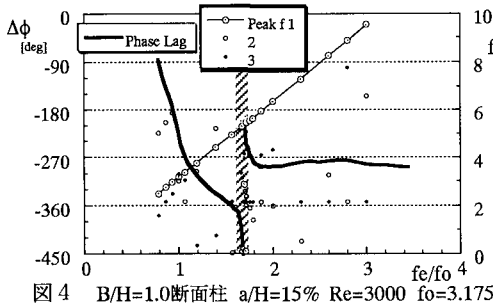


図4 B/H=1.0断面柱 a/H=15% Re=3000 $f_o=3.175$

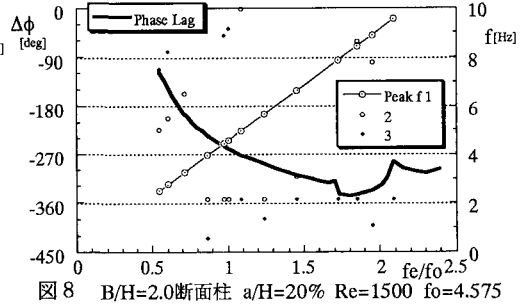


図8 B/H=2.0断面柱 a/H=20% Re=1500 $f_o=4.575$

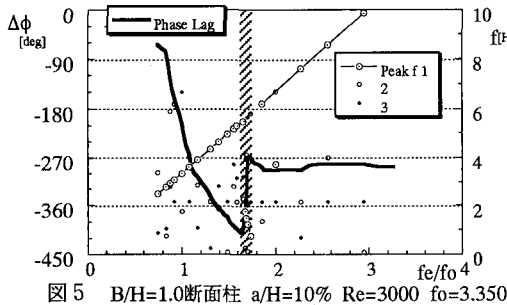


図5 B/H=1.0断面柱 a/H=10% Re=3000 $f_o=3.350$

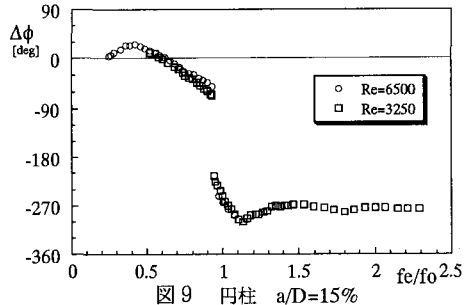


図9 円柱 a/D=15%

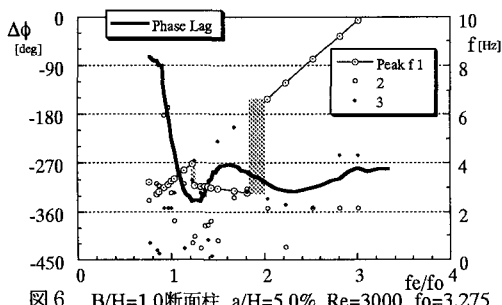


図6 B/H=1.0断面柱 a/H=5.0% Re=3000 $f_o=3.275$

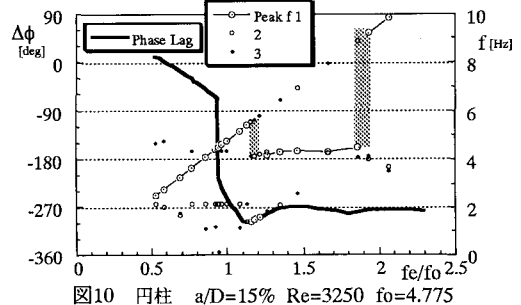


図10 円柱 a/D=15% Re=3250 $f_o=4.775$