

○ 埼玉大学工学部 学生員 牧角 修
 埼玉大学工学部 正 員 池田 駿介
 埼玉大学工学部 正 員 浅枝 隆

1. 緒論

一様流中に置かれた物体のカルマン渦による振動は弾性支持された円柱等の場合多くの研究がなされているが、今回我々はアドバルーンや流速計を水中で曳航した場合等の運動を調べるために、一様流中に球を吊した実験を行った。

種々の球について実験した結果、球は流れ方向には流速に比例した一定の変位を示し、流れと直角方向にはこの系の固有振動数で振動し、その振動振幅は多少変動するものの平均値をとればほぼ流速に比例していることが知られた(図1)。我々はこの流速と直角方向の振動現象に着目し、まずスモークワイヤー法により球のまわりの流れの可視化を行った(写真1,2)。この可視化は固定した球について行なったものであるが、写真より渦が球から剥離していることが観察でき、流速と直角方向の振動現象はこの渦に起因するものと考えられる。しかし、球の振動はその固有振動数に左右されており、渦の発生周波数と固有振動数の間にどのような関係があるかを調べるためにモデル化実験を行った。

2. 実験方法及び実験

実験は上記実験とも50cm×50cmの測定部断面をもつエッフェル型低乱風洞を用いた。主流方向の乱れ度は流速10m/s以下の場合一様流速 U の $\pm 0.2\%$ 以内である。まず、流速と直角方向の振動をモデル化するために直径9cmの球をモーターによって強制振動させる装置を制作し、熱線流速計及びAD変換機能を有するコンピューターを用いて剥離渦の発生周波数をスペクトル解析によって決定した(図2参照)。熱線流速計のプロブを図3に示すように球の後部の渦に反応するような乱流域の中に置き球を固定した場合と強制振動させた場合について、風速、強制振動数、振動振幅を変化させて実験を行った。なお実験を行ったレイノルズ数 Re は $10^4 \sim 10^5$ の範囲で、スペクトル解析はMEM及びブラックマン・ターキー法を用いた。

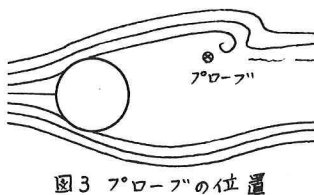


図3 プロブの位置

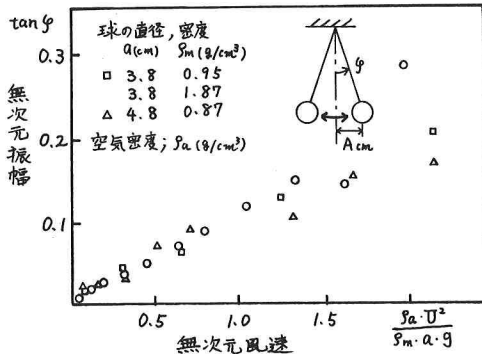


図1 振動振幅と流速の関係

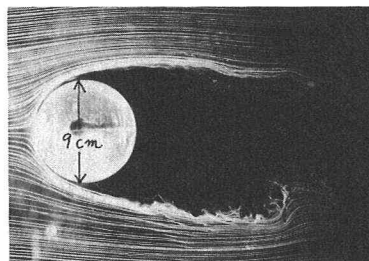


写真1 静止球から剥離する渦
 $U = 3.6 \text{ m/s}$

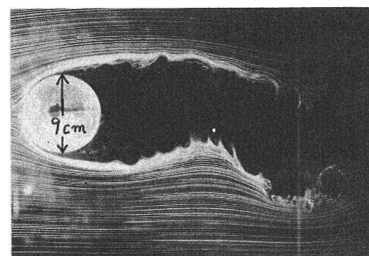


写真2 静止球から剥離する渦
 $U = 5.7 \text{ m/s}$

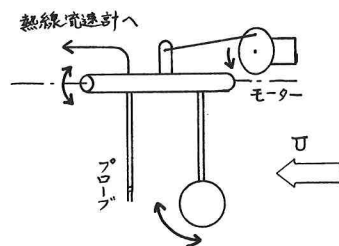


図2 強制振動装置

3. 実験結果及び考察

まず固定球の場合について、これは一様流中に静止している球が動きたすまでにどのような周波数で渦が発生しているかを調べるために行なったものであるが、代表的なスペクトル図は図4のようになり、これらの

図に共通している特徴は10Hz前後に鋭いピークが見られることである。これらのピークの周波数よりストローハル数 S をそれぞれ求めると、この Re の範囲ではほぼ0.2となった(図5)。これは一般に知られている円柱の $S=0.2$ と一致し、円形断面である球のストローハル数も円柱と同様にほぼ0.2であると言える。

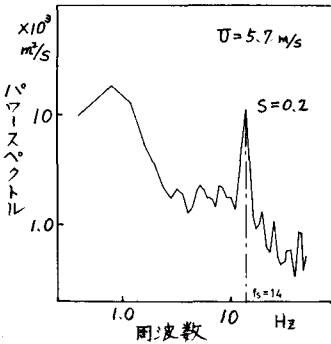


図4 固定球から発生する渦のパワースペクトル

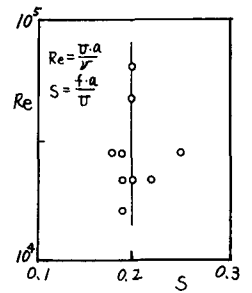


図5 ストローハル数とレイノルズ数との関係

次に球が固有振動数で振動している場合の渦の発生周波数を調べるために行った球を強制振動させた場合、代表的なスペクトル図は図6のようになり、これは明らかに球を固定した場合のスペクトルとは異なっている。低周波部のピークは強制振動数 f_N に集中しており、 $S=0.2$ となる周波数 f_s にもピークが見られるが f_N のピーク値が f_s のピーク値より卓越している。また、実験を行った Re の範囲において Re の小さいうちは f_N のピーク値と f_s のピーク値との差は大きく開いているが、 Re が大きくなるとその差が小さくなっている(図7)。これは Re が小さいうちは安定した振動を示すが、 Re が大きくなると振動振幅が大きく変動する実際の現象の一つの要因と言える。また Re が大きくなる、つまり流速が大きくなると平均スペクトル値は大きくなっており、流速に比例して

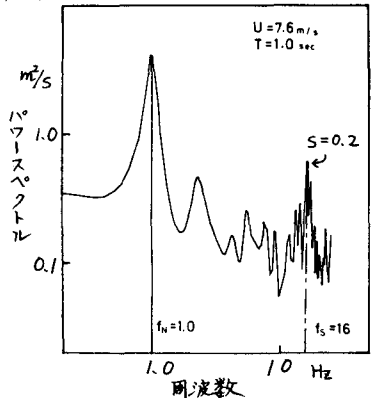


図6 振動球から発生する渦のパワースペクトル

て流速と直角方向の平均振幅が大きくなる理由が説明できる。また、同一流速において振幅が変化する現象について調べるため振幅のみを変化させて同様な実験を行ってみると、図7のようになり f_s におけるスペクトルピーク値の変化はあまり大きくないが f_N におけるピーク値は振幅に比例して大きくなっている。振幅に比例して f_N で振動させようとする渦による揚力が大きくなっていることが知られる。

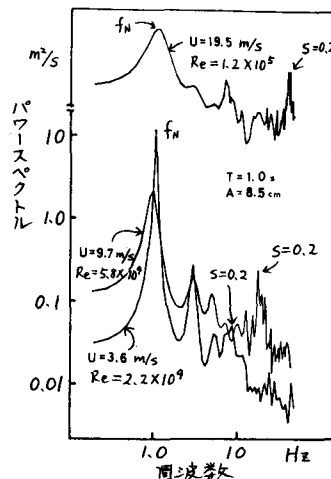


図7 振動球において流速を変化させた場合のパワースペクトル

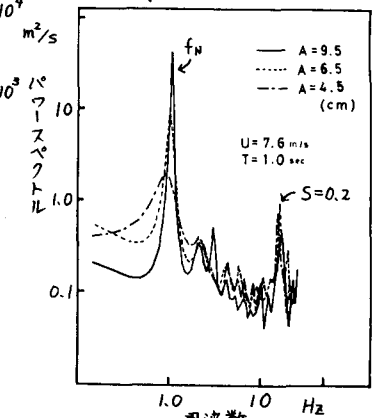


図8 振動球において振幅を変化させた場合のパワースペクトル

4. 結論

1) 一様流中に吊るされた球は流体による抗力を受けて流れ方向に変位し、剥離

渦による交番揚力を受けて流れと直角方向に振動する。そしてその振動数は固有振動数となる。2) 球の振動振幅はその平均値をとれば流速に比例するが、これは渦による揚力が流速に比例して大きくなるからである。3) 球から剥離する渦の発生周波数は、静止球の場合ストローハル数が0.2となる周波数になる。4) 振動している球の場合渦の発生周波数は強制振動数のものが卓越するが、振幅が大きい程が流速が小さい程 $S=0.2$ に対応する渦によるエネルギーの割合が増加する。

参考文献

溝口武人・岡島厚;土木学会論文報告集第327号