

II-319

低KC数における振動流中の円柱に作用する流体力

山口大学 正員 斎藤 隆
建設技術研究所 平田幸靖
日本水工設計 浦川和久

1. まえがき

振動流中あるいは波動場に置かれた円柱に作用する流体力に関しては数多くの研究によつて知見が得られているが、揚力が抗力と同程度となるKC数が20以下の流体力係数あるいは流れと流体力の位相差についての実験結果に大きな散乱が見られ、その原因は渦放出過程が重要な役割をもつとされているが、未だ十分に解明されていない。本研究は、流体力係数の散乱原因を明かにすることを目的に、同時測定した抗力と揚力から合成流体力の時間的変化を検討し、その結果を確認する可視化実験を行なったものである。

2. 実験装置と実験方法

実験水槽の概要は図-1に示したもので、右側円筒内のフロートを上下さすことば振動流を発生させる。円柱を設置する前に測定断面における流速分布がほぼ一様であることを確認している。実験断面での平均流速は反対側の円筒内に設置された可変抵抗器に連結されたフロートの変位より算定した。

流体力の測定装置は図-1に示してある。流体力測定円柱の上下には壁面境界層の影響を除くため厚さ20mmのダミー円柱が設置されている。流体力測定円柱は断面が7mm×7mmで長さ20mmの真鍮角柱の上端に結合されている。流体力は真鍮角柱の根元の四面に張り付けた4枚のPN半導体ゲージで測定した。流体力測定系の固有振動数は約1.5kHzであり、実験時におけるゲージの歪は $10^{-6} \sim 10^{-7}$ の範囲である。

3. 実験結果とその検討

抗力ならびに揚力の変動のスペクトル解析から卓越周波数を求めてKC数に対して描点したのが図-2、3である。両図の下部には第一、第二卓越周波数におけるスペクトル比を棒グラフで示している。なお、図中の縦線は半周期間における水粒子の移動距離が円柱径の2.5x整数倍であることを示したものである。図-2において、KC=8~14の範囲で同程度の二つの卓越周波数が存在する。この範囲での渦の放出個数が1~2で、渦放出が不安定と推測される範囲である。紙面

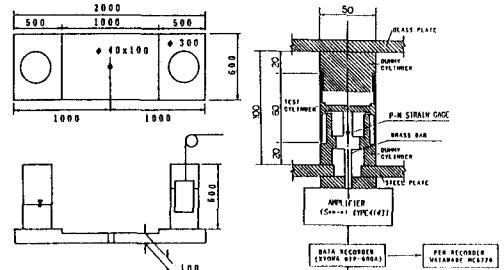


図-1 実験装置と流体力測定装置

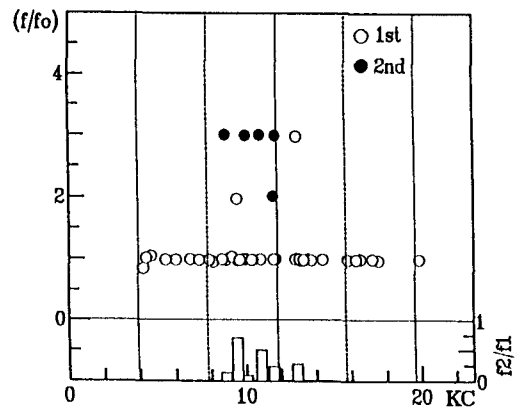


図-2 抗力変動の卓越周波数

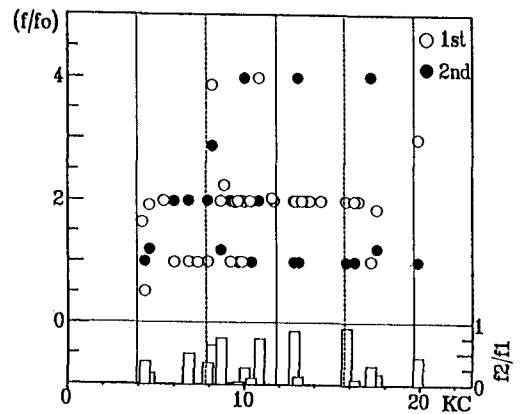


図-3 揚力変動の卓越周波数

の都合で割愛しているが、揚力係数値が二分される様に散乱が極めて大きいKC数の範囲と一致している。

揚力の卓越周波数をみると、振動流の2倍の周波数と同程度の変動強さをもつ1/2と4倍の周波数の変動が存在する。一描点を除くと振動流の4倍の周波数である変動がKC=8~14の範囲で見られ、抗力の変動で2つの卓越周波数が存在する範囲と一致している。

抗力係数と同様に合成流体力係数 C_s を定義して、1000波の各周期において最大となる合成流体力の平均値を描点したのが図-4である。図の描点を大雑束に観ると、図-5に4種類の描点で示したように分けることが出来る。同図には、同位相の抗力と揚力を平均して、一周期間の平均流体力の変化を示した図が挿入されている。図-6は図-5の最大合成流体力の作用角を同じ種類の描点で示したものである。両図から、合成流体力係数の値が大きい場合には、その作用方向は $5^\circ \sim 10^\circ$ と小さく、合成流体力の一周期間での変化は水平な ∞ を描いていて、揚力は小さい。一方、合成流体力が小さい場合は、その作用方向の角度は $20^\circ \sim 40^\circ$ と揚力が大きく、合成流体力の一周期間での変化はU字上でループを描く軌跡をとる。

円柱表面での渦の形成から放出するまでの過程を電解沈澱法での可視化実験の結果、KC数が小さい場合には、円柱下流の剥離点で形成された渦がその場所では放出されずに流れが反転する直前から円柱表面を反転方向に移動し、形成された位置とは反対の位置から放出される。したがって、放出された渦の回転方向は一樣流に置かれた円柱からの放出渦とは逆回転である。このような渦の生成から放出までの過程が円柱の両側面で行なわれるが、両者が対称な状態である場合には、大きな揚力は生じない。生成される渦の規模が異なると、放出直後に大きい渦と円柱表面との間に主流と同程度の強い流れが誘起されることで、接近流れの方向が大きく傾いている。この結果として、非対称な渦の圧力低下だけでなく、接近流速の大きな傾きによつて大きな揚力が生じることになる。接近流速の傾きによる揚力を概算すると、測定された揚力とほぼ同程度であつて、揚力の要因と推定される。

4. まとめ

円柱の両側面における渦の生成から放出までの過程が対称な場合と非対称な場合とが、初期条件で規定されることが流体力の散乱原因と考えられる。

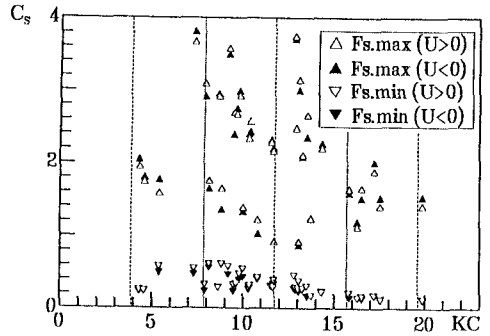


図-4 最大合成流体力係数

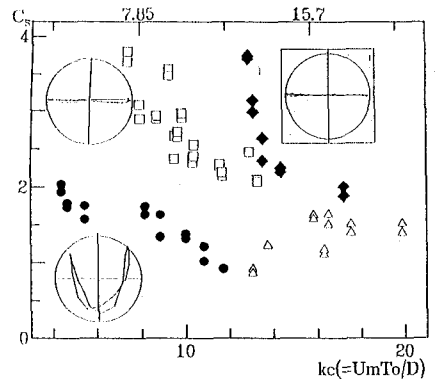


図-5 最大合成流体力係数

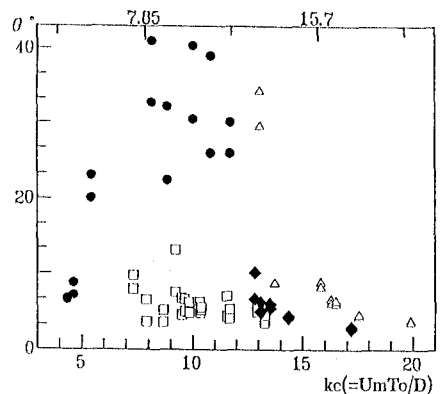


図-6 最大合成流体力の作用角