

山口大学 本 憲一郎
山口大学 斎藤 隆

直円柱に作用する流体力の直方向力を評価するMorison式についての研究は数多くなされてきたが、その式の妥当性については種々議論のあるところであることが多くの研究者によって指摘されている。

本研究は、直方向力の位相関係を明らかにし、Morison式による流体力の計算値と実測値とを比較検討するものである。

図-1は円筒水槽水位変化より求めた流速変動と直方向力の変動との両者が最大となる時の位相差をKC数に対して描点したものである。図中の破線は抗力・質量係数との比が一定であるとしてMorison式より求めた位相関係である。しかし、流速変動及び直方向力の両者が零になる時の位相差については描点の挙動と上の位相関係との一致が良好でないためMorison式より

$$\theta = \cos^{-1} \left[\frac{1}{4} \left(\frac{\pi^2 C_m}{2 C_d} \frac{D}{U_m T} \right) + \sqrt{\left(\frac{\pi^2 C_m}{2 C_d} \frac{D}{U_m T} \right)^2 + 8} \right] - 90^\circ$$
$$\frac{\pi^2 C_m}{2 C_d} \frac{D}{U_m T} \geq 1 \quad \theta = -90^\circ$$

を算出し、実験描点と示したのが図-2である。KC数が10以下の場合には兩位相差ともに $0.5 < C_m / C_d < 2.0$ の範囲に描点が存在するが、KC数が10を越えると、最大流速時には $2.0 < C_m / C_d < 4.0$ の範囲、最大加速時の方は $C_m / C_d < 0.5$ の範囲に描点が存在している。1

周期内で位相差が時間的に変化していると考えられる。 図-2 最大加速時の直方向力の位相関係
 $T=3.73\text{SEC} / K.C=13.4 \quad T=6.21\text{SEC} / K.C=25.7 \quad T=5.40\text{SEC} / K.C=35.1$

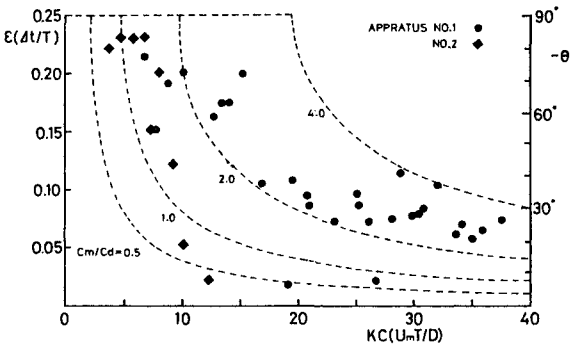


図-1 最大流速時の直方向力の位相関係

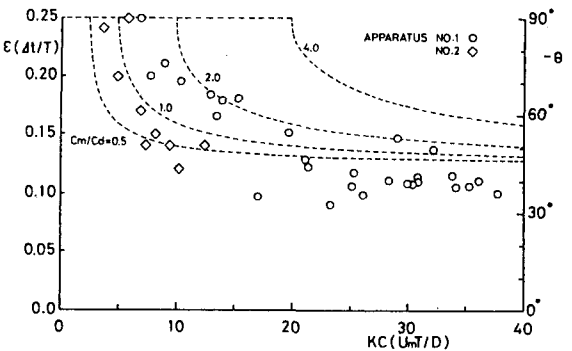


図-2 最大加速時の直方向力の位相関係

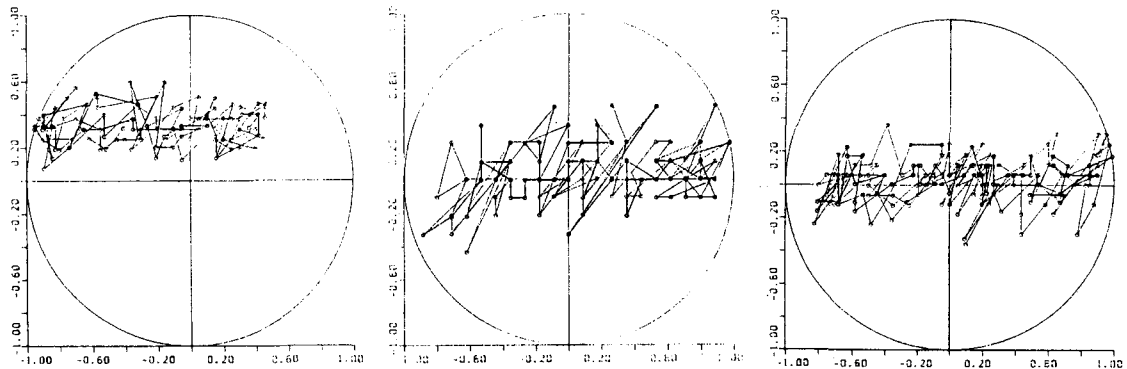


図-3 合成流体力の作用方向特性

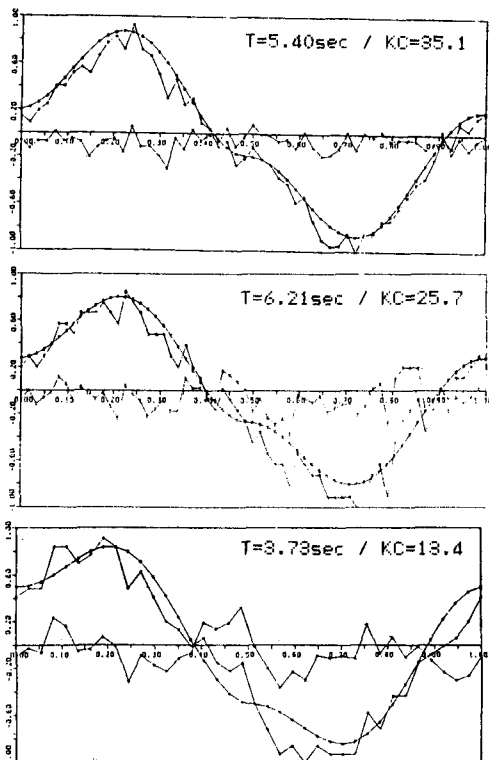


図-4 直方向力の計算値と実測値との比較

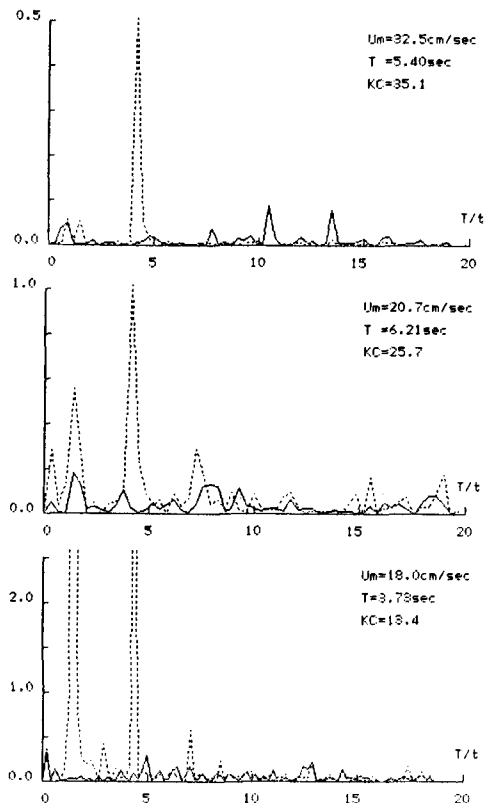


図-5 直方向力の差と揚力のスペクトル

図-3は横軸に直方向力、縦軸に揚力を共に最大合力で規格化し、3周期間の流体力の挙動を示したもので、図中の円は最大合成力を示し、円中心と描点とを結ぶ線分は作用方向を、その長さは合成流体力を示す。KC数が大きい時($30 < KC$) 描点の分布は横軸に対して対称であり、揚力の作用方向は激しく変化しているが、KC数が小さくなると、揚力の直方向力に対する割合は40%程度と大きくなり、作用方向が一方に偏在している。

図-4は本実験から得られた直方向力より8波長分につきフーリエ平均を用いて算出した効力・質量係数をMorison式に代入した計算値と実測値ならびに両者の差を1周期間について示したものである。KC数が大きい時($30 < KC$) 計算値と実測値との一致は良好であるが、KC数が小さくなるほどその差は大きくなり、特に流れの反転前に大きくなっている。実測値の変動はKC数が大きいほど小さく、図-3の描点のようにほぼ均一な分布となるが、KC数が小さくなると、円柱周辺から放出されきれない残存渦の影響で直方向力の変動は大きくなり、この渦が反転流に乗ってどちらか一方の円柱側方を通ることによって揚力の偏在が起こると考えられる。また、円柱周辺の残存渦は流れの反転時に円柱に向かって最大流速と同程度の流れを誘起するため振動流の流速変動より先行する流体力の挙動を起こすと考えられる。振動流の往復の流れが異なるため円柱からの渦の放出の度合も異なり図-3における描点の左右の偏在が生じ、図-4の実測値の最大値の相違が生じる。

図-5は直方向力の計算値と実測値との差のスペクトルならびに揚力のスペクトルを示したものである。図の縦軸は最大平均流速で、横軸は振動流周期で規格化してある。直方向力に関する差は振動流周期の周波数の1.5倍ないし4.5倍の周波数が卓越しており、揚力の卓越周波数と一致していない。KC数が大きい場合には4.5倍周波数が卓越しており、KC数が小さくなるにつれて1.5倍周波数が卓越してくる傾向がある。揚力を起こす因子と直方向力の変動を起こす因子とは同じものではないと言える。