

振動流中の円柱周辺の流況と直方向力の挙動について

○ 山口大学 学 本 憲一郎
山口大学 正 斎藤 隆
三洋コンサル 正 山崎 耕嗣

直立円柱に作用する波力の直方向力を評価するMorison式中の質量係数、抗力係数に関しては、数多くの実験的研究がなされ、色々と検討がなされているが、後流渦を伴うきわめて複雑な現象であるため、未だこれらの係数値については、多くの疑問点が残されている。たとえば、後流渦と揚力との関係は 木らによって調べられているが、後流渦を直方向力との関係については、幾人かの人によって間接的に検討されているだけである。

本研究は、直方向力の測定とポリスチレン粒子による流れの可視化を同時に行ない、直方向力と後流渦との関係を把握しようとしたものである。

図-1 は円筒水槽水位変化により求めた流速と直方向力の変動波形を示したものである。すべての場合について、直方向力の変動が流速変動より

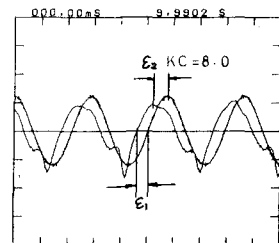


図-1 流速と直方向力の変動波形

先行しており、この傾向はKC数が小さいときほど顕著である。同図中に示した流速ならびに直方向力が零になる時の位相差 ϵ と両者が最大を示す時の位相差 ϵ を求めて、KC数に対して描点したものが図-2 である。図中の破線は抗力係数と質量係数との比が一定であるとしてMorisonの式より求めた位相関係である。同図中の実線は、SarpkayaのU字管調和振動流の実験結果より求めた位相角である。KC数が15 以下においては ϵ と ϵ との差は殆んどないものとみてよいが、KC数が20を越えると、両者の差は増して20程度にも達する。本実験における7~10波のフーリエ平均して求めた C_m/C_d の値はSarpkayaの実験結果とほぼ一致していたが、図中の黒描点と実線とから明らかなように、位相差は大幅に異なっていて、後流渦の放出が制約されているKC数=10~25における位相差の違いが大きいことが注目される。

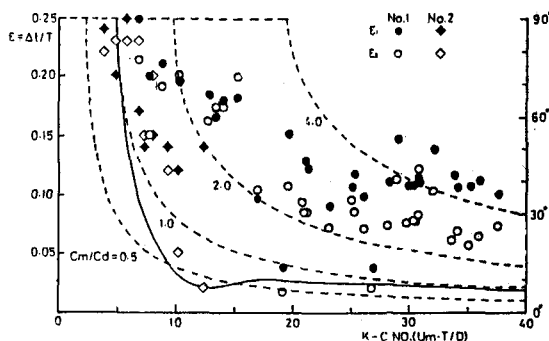


図-2 直方向力の位相関係

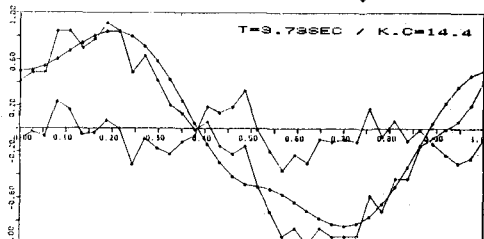
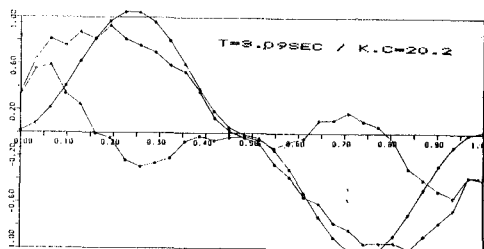
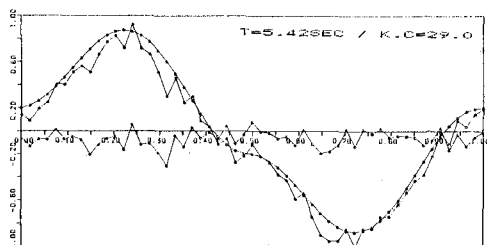


図-3 直方向力の実測値とMorison の式による計算値及びその差

図-3は、本実験より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抗力係数と慣性係数をMorisonの式に代入した計算値と実測値ならびに両者の差を1周期間をとり出して図示したものである。KC数が30程度以上の場合、実測値の変動も小さく、実測値と計算値とは比較的一致していて両者の差も実測値の変動程度である。しかし、KC数が小さくなるほど、実測値と計算値との差は大きくなり、流れの逆転時にその差が大きくなっている。これは、KC数が30程度以上の場合円柱後流域に発生する渦が主流によって円柱から遠ざけられるが、KC数が小さくなると円柱後流域に発生した渦が円柱付近に残存するため反転した流れに影響を与えるからと考えられる。

図-4は、ポリスチレン粒子を混入し可視化を行ない1周期分についてトレースしたものである。図中において破線は代表的な流れ脈を示し、描点は渦の存在位置を示し、同じ渦については同一の描点記号を用いて示している。(a)は流れが反転する1/4周期間のものである。円柱後流域に渦が発生し、その渦は円柱後方で左右に振動しながら発達すると同時に左上方に前段階に放出された渦が流れに乗って円柱に近づき、円柱前方の流れ方向を変化させている。(b)は最大流速発生前後の1/4周期のもので、円柱後流域の渦は完全に放出されてなく、前段階で放出された渦が円柱側方に存在して、円柱周辺の流れは複雑な挙動を呈している。(c)は流れの反転と同時に完全に放出されていなかった後流渦による流れによって、円柱側方に新たな渦が発生している。(c)で円柱側方で発生した渦が放出されると同時に円柱後流域に新たな渦が発生する。新たに発生した渦は円柱後方で振動しながら発達していた。このように円柱周辺の流れは、流れの反転前における渦による流れが誘発されていて、KC数が小さいほど、円柱前方の流れは渦によって誘発された流れの影響を強く受けて、渦の放出も円柱の一方に偏って行なわれる。

今後、直方向力について実測値と計算値との差の周波数解析、その差と揚力との関係を明らかにし、直方向力にも影響を及ぼす渦の量的評価を行ない、Morisonの式において必要とされる渦による項について検討していく所存である。

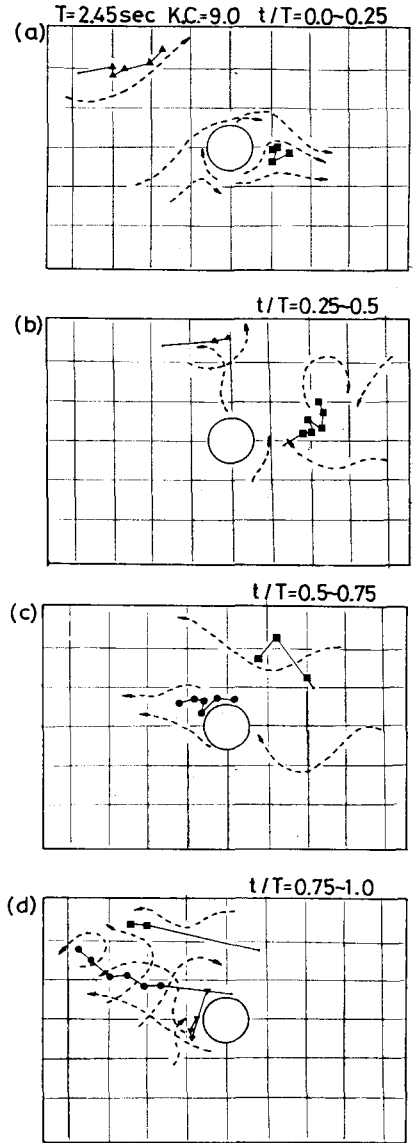


図-4 流況のスケッチ

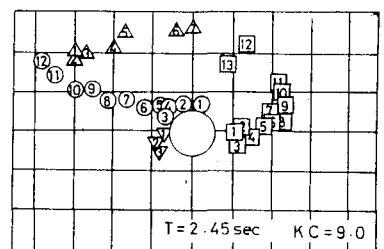


図-5 1周期内の渦の存在位置