

振動流中の円柱に作用する流体力の挙動について

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

振動流中の物体に作用する流体力については、波動場に設置される海洋構造物に作用する波力の機構などを解明することを目的として数多くの研究がなされてきたが、波動現象に伴う現象の複雑さや波力に関する要素が多いため最も単純な直円柱に対してさえ的確な値が与えられていない。揚力の出現条件と円柱後流渦パターンならびに円柱に作用する流体力の挙動について榎木・中村らの研究によって検討されたが、後渦の強さなど定量的な把握は未だ十分とは言い難い。後流渦が主として揚力との関係でとられているが、振動流場では放出された渦が反転流によって移動するので、本研究はその渦による合成流体力への影響について検討するものである。

図-1に実験装置の概略図を示す。装置の試験断面は58cm×10mm及び58cm×10cmの2種の矩形断面で、水路上壁は流れの可視化のため10mmのガラス板、底面はペンキ塗布後コンパウンド処理の8mm滑面鉄板である。

図-2に水深10cm用の流体力測定装置を示す。水深10mmの場合、円柱上下端の周辺に沿ってできる襟巻型の渦と円柱表面との間に小さな渦が並んでできているのが観察されたため、その渦の流体力に対する影響を軽減させるため円柱上下端と壁との間に厚さ10mm、径5cmの円板を入れた。

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描点したものである。図中の円は、最大合力を表わし、円中心と描点とを結ぶ線分は作用方向を示し、その長さは合成流体力を示している。図より、KC数が30以上では揚力の直方向力に対する割合が30～40%であるが、KC数が小さくなるにつれてその割合が増加し、KC数が13.4のときは80%程度にも達することがわかる。また、KC数が30を越えると、描点の分布が横軸に対してほぼ対称となり、揚力の作用方向の向きがはげしく変わっていることがわかる。これらのことより、前報で15<KC数<30において渦の掃き出しの自由度が拘束されていることを述べたが、そのことも合わせて考えると、KC数>30のときは渦の掃き出しに拘束がないため数多くの渦が円柱後流域に掃き出され尽しているが、KC数が減少するにつれて渦の掃き出しに何らかの拘束が加わり、発生する渦の数も少なく、発生後の渦が円柱周辺から掃き出されずに円柱周辺に残存し振動流に乗って円柱の決った側面を移動していると考えられる。これをみるためにポリスチレン粒子を混入することによって円柱周辺の流況、特に流れの反転時にお

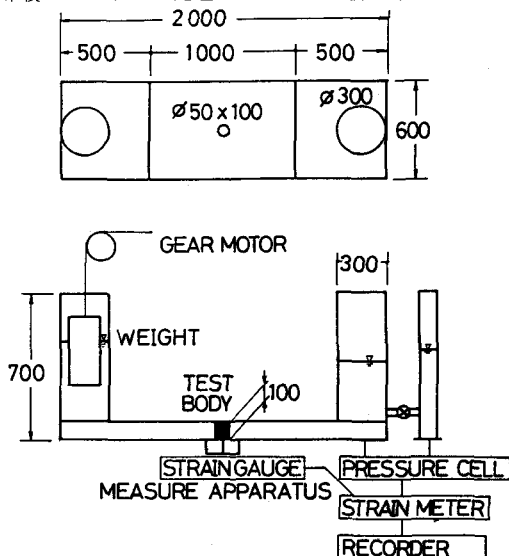


図-1 実験装置概略図

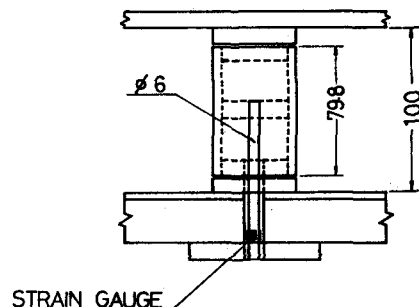


図-2 流体力測定装置

$T=3.73\text{SEC} / K.C=13.4$ $T=4.13\text{SEC} / K.C=22.8$ $T=5.40\text{SEC} / K.C=35.1$

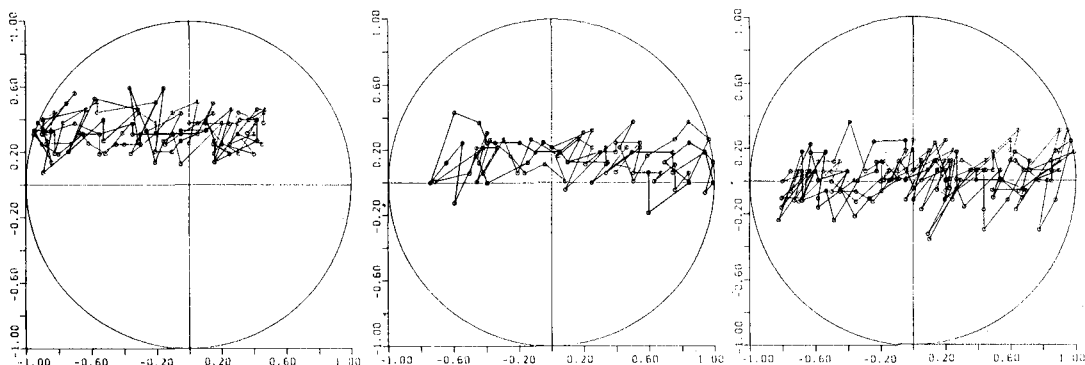


図-3 合成流体力の作用方向特性

ける流況を可視化した結果、KC数が30程度以上では円柱後方に放出されきったカルマン渦列が確認され、KC数が30より小さい場合には円柱後方で発生した渦が放出されきっておらず円柱周辺に残存し、流れの反転時にはその渦によって円柱にあたる流れの向きがはげしく変えられていることが確認された。図-3のKC数が35.1の場合、描点の分布が横方向に交互にふれているのは、カルマン渦列によって円柱が振動していると考えられる。

図-4は、流速が零の時から一周期分について合成流体力の時間的変化を3波長分描点したものである。縦軸は周期内の最大合成流体力で規格してあるが、KC数が30を越える場合、3波長についてその変動が小さく、KC数が減少すると共にその変動が大きくなっている。また、振動流速が零の時の流体力がKC数=39.1ではその最大値の20%程度であるが、KC数=14.4では40~60%程度にも達している。このことから、KC数が30より小さい場合には円柱周辺に残存する渦の流体力に対する影響はかなり大きいと言える。

以上より、合成流体力に対する渦の影響は無視しえない程のものであり、特にKC数が30より小さい時に発生後放出されず円柱周辺に残存する渦が存在するために揚力の偏在及び合成流体力の大きな変動幅、複雑な流体力作用機構を招き、KC数が30より大きい時には渦の連続的な放出による円柱の振動を招くことが明らかとなった。

実際、海洋構造物を建設する環境条件は、比較的KC数の小さい場合であるから、これらの残存渦の影響を十分考慮して設計される必要があると言える。

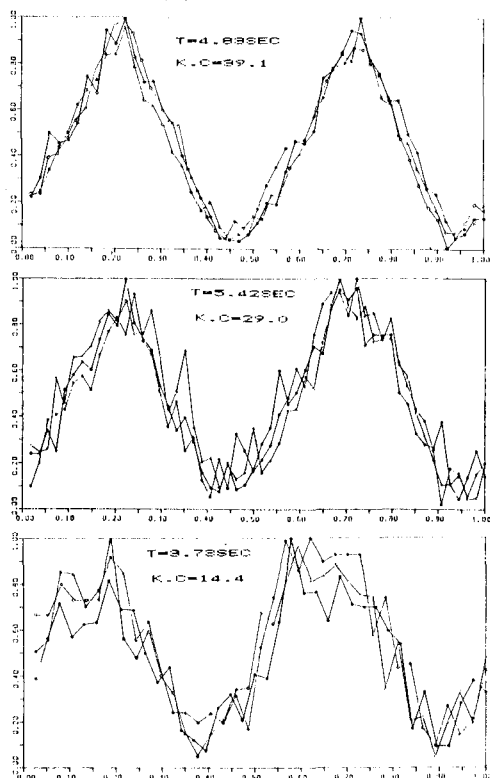


図-4 合成流体力の時間的変化

1) 斎藤 隆・羽田野梨義・木 憲一郎：“振動流中の円柱に作用する流体力”（第27回水理講演会論文集）