

円柱まわりの振動流の流況と流体力

山口大学 正 斎藤 隆 山口大学 正 羽田野袈裟義
奥村組 平野正人 山口大学 学○宗野行展

海洋構造物の設計においては波力の正確な把握は最重要課題の1つである。本研究は、その基礎として振動流中に設置された円柱に作用する流体力（直方向力、揚力）の直接測定と同時にを行った円柱周辺の流況の可視化の結果から、流体力と流況との関係を検討したものである。

まず直方向力をモリソン式により評価し、式中の質量係数 C_m 、抗力係数 C_d の値を求めた。本実験によって得られた質量係数 C_m 、抗力係数 C_d を KC 数に対して描点したものをそれぞれ図-1、2に示す。図中の実線はSarpkaya(1975)の実験結果 ($\beta = 1107$) であり、両係数とも KC 数が比較的大きく、 β の値が近い実験ではSarpkayaの結果とだいたい一致した傾向を示す。しかしながら KC 数の減少にともない、特に抗力係数は値の散乱が大きく、Sarpkayaの実験結果の傾向とも一致しない。以上はフーリエ平均による値についてであるが、異なる算定方法によって得られた係数も同様の結果が得られ、 KC 数15付近以下においては、一周期内に残存する剥離渦による影響が大きいものと考えられ、モリソン式による直方向力の評価に疑問が残るところである。

図-3は、揚力係数 C_l を KC 数に対して描点したものである。図中に他の研究者の結果を示したが、本実験結果はそれらと大体一致している。 KC 数8~9において最大値となり、 KC 数17付近においてもピークが認められる。この結果は揚力の発生原因である渦の発生、剥離、移動パターンがこれらの KC 数において安定化する（サイクルより変化しない）ことを反映していると考えられる。

図-4は、 KC 数 14.49における直方向力、揚力および振動流の水位（加速度）の変動波形である。直方向力は流速最大時より少し前の位相において最大値となる。一方、揚力は流速最大時付近において最大値となるが、最大加速時、および中間的位相においても顕著なピークが認められ、周波数解析の結果も基本周波数の3倍周波数が卓越するものとなる。また、直方向力の波形に現われる変動は、揚力の変動との対応がみられる。図-5は、この時の可視化写真によって得られた渦中心位置を示したもので、図中の番号は前図中の加速度変化波形上の番号と対応するものである。この条件では円柱から掃き出される渦、およびこれと逆の循環を持ち、掃き出されることなく円柱表面近くを移動し放出される渦が見ら

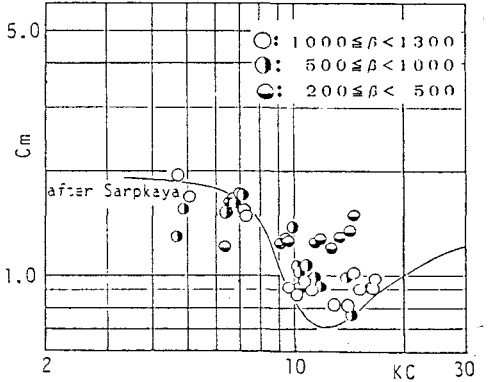


図-1 質量係数と KC 数の関係

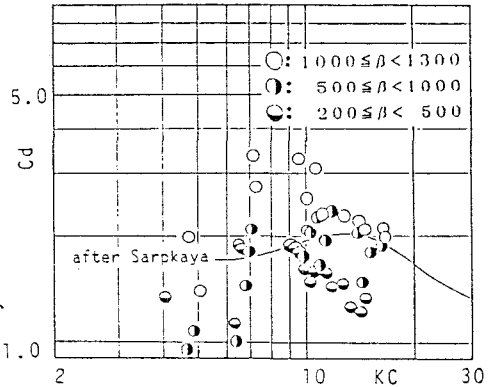


図-2 抗力係数と KC 数の関係

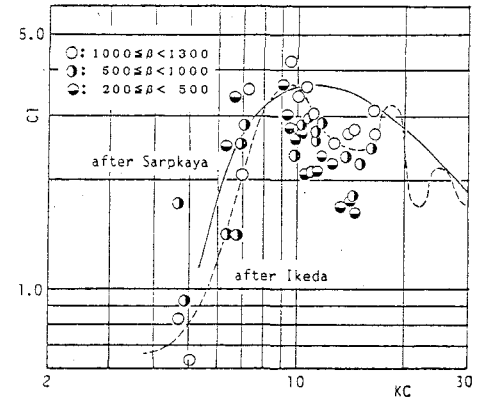


図-3 揚力係数と KC 数の関係

れる。

これらのことより周波数解析の結果、3倍周波数、2倍周波数、基本周波数がそれぞれ卓越するKC数の範囲について、代表的な剝離渦のパターンを分類したものが図-6である。KC数が14から17の範囲においては、ひとつ前のサイクルに発生した最後の渦はひとつ前に発生した渦に誘起された流れのため、円柱の反対側面に移動し反転流にのって、その脇を通過する。このKC数では、反転した後の半サイクルに一对の渦が形成されるが、まず前のサイクルの渦が通過した側の反対側の背後に一つ渦が形成され、次に通過した側にもう一つ形成される。この後者の渦は次の流れの反転により前述のように発生した側と反対側の側面へ移動しその脇を通過する。以後このパターンを繰り返す。この時揚力は、渦の放出、形成・発達、掃き出し後の円柱他側面からの渦の形成にとともに、半周期において3度のピークを示す。KC数 5から14の範囲においては、前周期に形成された渦が放出されると同時に発生する渦が、掃き出されることなく円柱背後において発達し、流れの反転によって円柱表面近くを移動し放出される。この点が前範囲におけるパターンと異なり、揚力のピークは半周期内において2度現れ、2倍周波数が卓越するものとなる。KC数 5以下の範囲においては、対称的な逆の循環を持つ一对の渦の形成が見られ、これらの渦が流れの反転にとともに円柱表面近くを移動する際に揚力は極大となり、基本周波数が卓越するものとなる。この様に渦の挙動と揚力とは密接な関係が認められ、KC数の小さい範囲においては、揚力の直方向力と同程度になること、直方向力も渦の挙動の影響を強く受けることから、渦強さ、残存時間等を考慮した流体力の評価が必要であると考えられる。

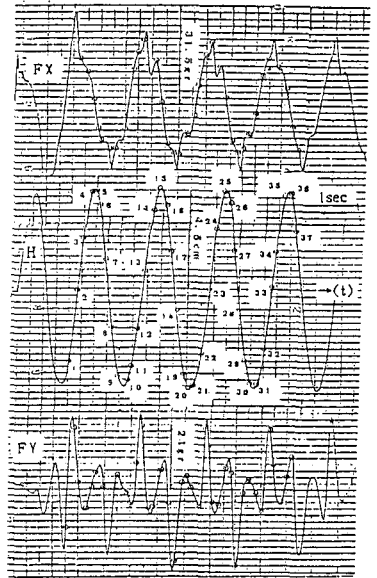


図-4 流体力と水位の変化

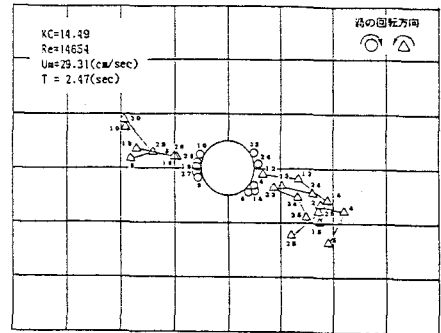


図-5 渦の位置

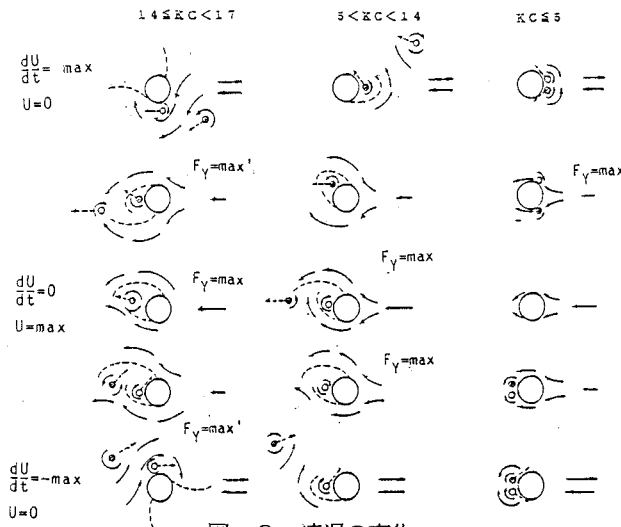


図-6 流況の変化