

(Ⅱ-3) 波浪中の水平円柱まわりの流れと波力

足利工業大学大学院 学会員 近藤圭央

足利工業大学 正会員 新井信一

足利工業大学 名会員 岩崎敏夫

1 序言 海洋構造物の柱状部として代表的なものに円柱と角柱がある。水平円形柱体に関して波力の計測と波動流場の可視化を実施し、波力の機構を調べてみた。

2 実験方法 可視化には、本学水理研究室流れ場解析システムのレーザー可視化画像処理システム¹⁾を使用した。造波水槽(長さ 26.87m、幅 0.8m、高さ 1m)に、直径45mmの円形断面を有する長さ790mmの柱体模型を図1の様に水平に設置した。

可視化実験においては、流れの二次元性を保つため測定側の模型断面を水槽側壁に密着させた。波は周期 2.00secで波高を3種類用いた。可視化システムはレーザー点滅光の発光時間と遮光時間をそれぞれ0.4/3secと0.2/3secの組合せとし、これを図1に示すようにプローブから平行レーザーシートとして射出して、模型上下面から計測流場を照射した。流体中には光を反射する微粒子として、直径 0.5~0.1mm のガラスビーズをピペットにて静かに模型回りに注入しておき、次に造波し、その粒子の運動の断続的軌跡を、露光時間を波周期と同じにしたCCDカメラでビデオ画像に記録した。粒子軌跡の長さや位置を画像解析により求め、発光時間との組み合わせから粒子速度を得た。このようにして1粒子1周期あたり10個の水粒子流跡線を計測できる。

次に、波力は六分力計により測定した。これをフーリエ解析することによりモリソン式に用いる質量力係数 C_M 値を求めた。

3 実験結果 可視化によって計測された流跡線の例を図2と図3に示す。流跡線は一画面に付き解析できる数を多くとれないので複数の位相の画像から集められた。図中の線分は流速の大きさと方向を示しており、粒子の位置は線分の中央である。波は画面左方から入射しており、粒子の移動は全て時計回りである。

流跡線の始点と計測されている点の値から外挿により求めた1周期後の点との移動距離を平均流による結果であるとみなし、これから時間的平均流を求めてみた。結果を図4と図5に示す。KC数は鉛直方向最大速度×波の周期/模型の直径である。

図4はKC数2.21の結果である。この流れを見ていくと柱体の左下部では左上部へ流れ込む流れと、左方向に排出する流れがある。左上部では模型の上にかかる流れがある。模型右側では上部から下部へと流れが回り込み、さらに模型下部に向かう流れとなる。この流れのさらに右側から連行される流れがみられる。

図5はKC数1.41の結果である。これは図4より波高が小さいときのもので、流れの基本構造は前例とおおむね同じであるが速度は遅くなっている。しかし、模型下部での速度の低下はあまりなく他の場所に比べて速い流れになっている。

これによって柱体を時計回りに流れる循環する流れがあることがわかった。そこで円柱まわりに閉曲線をつくり、これに沿った循環量 Γ を求め、これから揚力を $\rho \times \Gamma \times U$ により計算してみた。ここに ρ は水の密

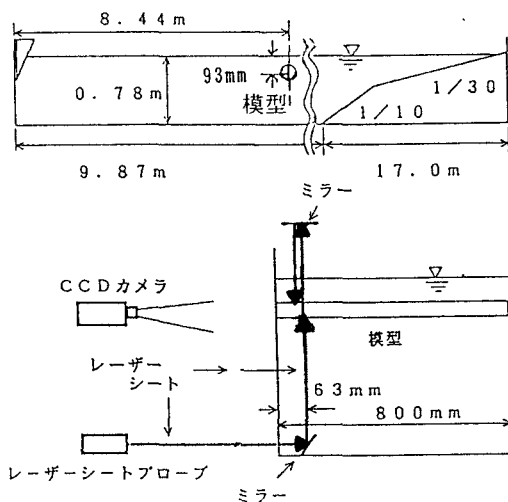


図1 模型の位置とレーザー照射方法

度、 U は微小振幅波理論による模型中心での水平方向の最大速度である。この単位長さ当り揚力を後出の質量力係数と同様の無次元化を行い C_M' として図6に示した。すなわち、 $C_M' = \rho \Gamma U / \rho \nabla \alpha$ で、ここに ∇ は単位長さ当り円柱体積、 α は鉛直方向水粒子加速度である。図6よりKC数が増加するつまり波高が大きくなると C_M' が大きくなるのがわかる。

一方、図7には計測された波力の鉛直方向質量力係数である C_{Mz} を示す。計測点（黒丸印）を実線で結んであり、低KC数において理論的に定まる値2.00に向かって点線で示してある。KC数の増加とともに C_{Mz} 値は理論値の2.00から減少しKC数が2.5前後で最も小さくなりKC数が2.5より大きくなると C_{Mz} 値は増加をする。

先に求めた揚力が、この質量力と向きが反対の力になる。そこで $C_{Mz}=2.0$ の値から C_M' を減じたものを図7の三角印で示した。するとこの結果が計測結果の C_{Mz} の減少と、ほぼ同じになる。このことから C_{Mz} 値の減少には、柱体まわりにできた循環する流れが関係していると考えられる。

4 結言 流跡線を計測することにより、柱体まわりに時計回りに流れる循環する流れがあることがわかった。また、この循環流がKC数の増加に対する波力の減少と関係があることがわかった。なお、本研究の実施にあたり、本学卒研究生、大嶋伸治、太田宏治、黒川英寿、藤田秀和、保坂三美、茂木敦司の協力を得た。ここに記して感謝する次第である。

参考文献 1) 近藤圭央、新井信一、岩崎敏夫：波浪中の水平矩形柱体まわりに誘起される流れの計測、土木学会第47回年次学術講演会講演集、pp.1062-1063、1992.9

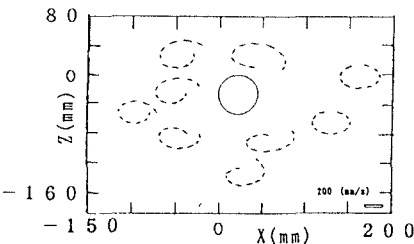


図2 流跡線
(波周期2秒、KC=2.21)

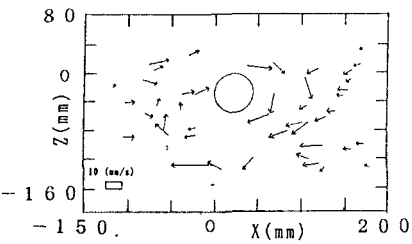


図4 平均流
(波周期2秒、KC=2.21)

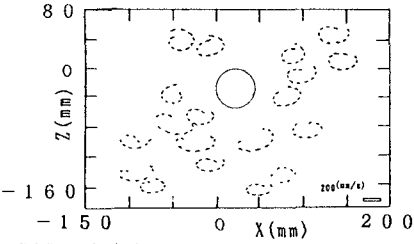


図3 流跡線
(波周期2秒、KC=1.41)

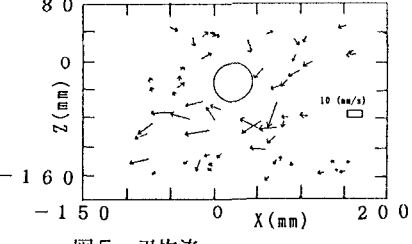


図5 平均流
(波周期2秒、KC=1.41)

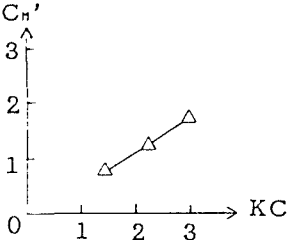


図6 C_M' とKC数のグラフ

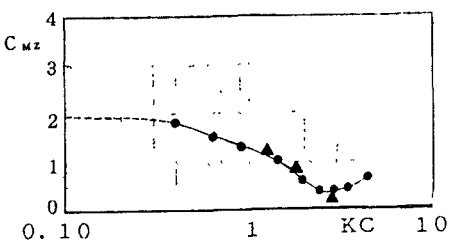


図7 C_{Mz} とKC数のグラフ