

波と流れの共存場に設置された直円柱に作用する直方向力特性

京都大学工学部 岩垣雄一・浅野敏之 大阪市 ○永井文博

1. はじめに 波と流れの共存場に置かれた円柱に作用する流体力は、粘性に起因する力と慣性的な力により構成され、流れの項を加えたMaison式で簡明に表現される。しかし従来の円柱に作用する波力に関する研究から、こうした流体力の特性は円柱周囲の後流渦の挙動に大きく支配され、抗力係数 C_D 、質量係数 C_M は円柱周囲の流況を示すK.C.数の関数として捉えなければならないことがわかっている。したがって共存場における流体力発生機構を本質的に明らかにするためには、共存場における後流渦特性から調べる必要がある。本研究は上述の方針の下に、共存場における C_D 、 C_M の特性と、それを支配する流況のパラメータについて考察したものである。

2. 実験装置・方法 実験はすべて循環流発生装置の付いた造波水槽で行い、用いた円柱は直径30mmと60mmの2種類、流れはすべて逆流である。円柱周囲の流況は、アルミニウム粉を水面に散布し、その流跡をモータードライブ付カメラで1秒間に3コマの割合で撮影することにより可視化した。流体力測定実験は片持ちばり型式で支持された直円柱を用い、これに作用する流体力のモーメントをひずみゲージで測定した。

3. 共存場における後流渦の挙動 波動運動場におかれた円柱のまわりの水粒子運動は円柱に対して対称であるが、流れの加わった共存場においては非対称となる。これより円柱周囲の後流渦の挙動も共存場特有のものとなり、流体力特性を支配すると考えられる。図-1は円柱径 $D=60\text{mm}$ 、周波数 $f=0.5\text{Hz}$ で、波の水粒子速度の振幅値 u_m から算出したK.C.数を2.88~3.51とそうえた場合に、流れによって後流渦の流況がどう変るかを示したものである。(I)は波だけの場合で、小さな対称渦が発生しているが、円柱背後に離脱することはない。(II)は流れが重なった場合で、(I)の場合よりはるかに大きい対称渦が、円柱の左側にのみ発生する。(III)は(II)より流れの流速 U が大きくなった場合で、非対称な渦対が発生する。図中の $(K.C.)_2^*$ は、共存場における新たなK.C.数として提案したもので、これについては後述ある(下付Sは水面での値の意味)。波と流れの方向が一致する谷位相付近の渦パターンは、全位相を通じての渦発生パターン

を代表するものであるが、これと $(K.C.)_2^*$ との関係は、波動のみの場合に岩垣・石田や樫木・中村が明らかにしたK.C.数と渦発生パターンとの関係と一致する。

4. 谷位相から求めた $(C_D)_{tr}$ の特性

図-2は波の水粒子速度のみから算出したK.C.数と、谷位相におけ

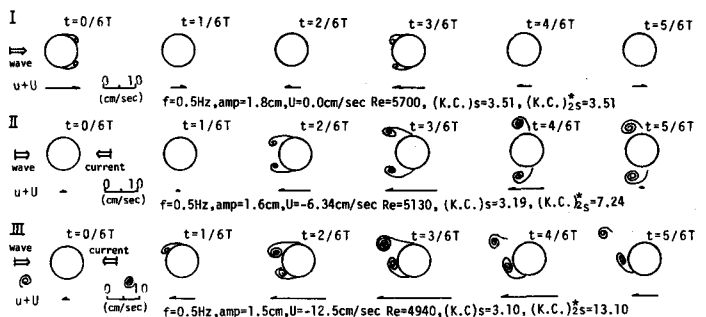


図-1 円柱周囲の後流渦の挙動

る流体力から算出した $(C_D)_{tr}$ の関係を示したもので、K.C.数のみによってはその特性を表わすことができず、波と流れの構成比を示すパラメータ $Cosym = \frac{U_m}{U_m+|U|}$ によってその傾向が明らかになることがわかる。このパラメータは波だけの場合に1となり、流れのみの場合に0となるもので、流れの非対称性を示すと考えられる。図より $Cosym$ が大きくなるにつれて、 C_D の実験値の平均曲線のピークは、K.C.数が大きくなる方向に移動することがわかる。

図-2の2つのパラメータを1つのパラメータにまとめるために、次に示す新しいK.C.数を提案した。第1は水粒子速度として U_m の代りに U_m+U と置いたもので、 $(K.C.)_1^* = \frac{(U_m+|U|)T}{D}$ である。第2は、円柱の片側における水粒子の移動距離と、円柱径の比がK.C.数の意味するところであるから、共存場の場合にもこれを拡張したもので次式で表わされる。 $|U| \leq |U_m|$ の場合 $(K.C.)_2^* = \pi \int_0^{\frac{1}{2}} (U+U_m \cos \theta t) dt / D$
 $|U| > |U_m|$ の場合 $(K.C.)_2^* = \pi UT / D$ ここに $\theta = \cos^{-1}(\frac{U}{U_m})$

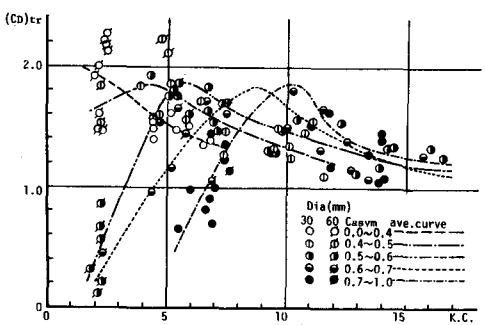


図-2 谷位相から求めた抗力係数 $(C_D)_{tr}$ とK.C.数の関係

この $(K.C.)_2^*$ で図-2と同じデータを整理したものが図-3である。この特性は波動場のみの場合に得られている C_D の特性と一致するものである。これは3.で述べたように、共存場の後流渦の特性が $(K.C.)_2^*$ を用いることにより、従来波動場で得られている結果と同様に説明できることから明らかである。

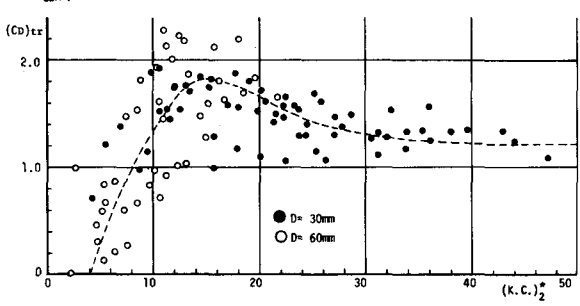


図-3 谷位相から求めた $(C_D)_{tr}$ と $(K.C.)_2^*$ の関係

5. 全位相から最小2乗法により算出した C_D , C_M の特性 Reidのフィルターを用いて水面変動から水粒子速度・加速度を求め、最小2乗法により、 C_D , C_M を算出した結果が図-4、図-5である。この場合も $(K.C.)_2^*$ で整理すれば、従来の波のみの場合に得られた知見と全く一致する結果が得られる。全位相を通じて求めた場合でも、波と流れが同方向となる位相で算出されるK.C.数で整理できるのは、この時に発生する渦の特性が全位相を通じての渦の特性を代表するためと考えられる。

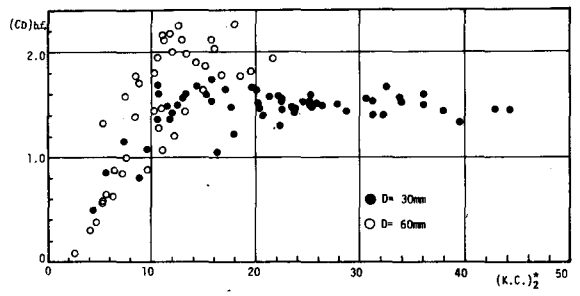


図-4 全位相から最小2乗法で算出した抗力係数の特性

この研究は文部省科学研究費(特定研究(I))代表者 元良誠三教授による研究の一部であることを付記して謝意を表する。

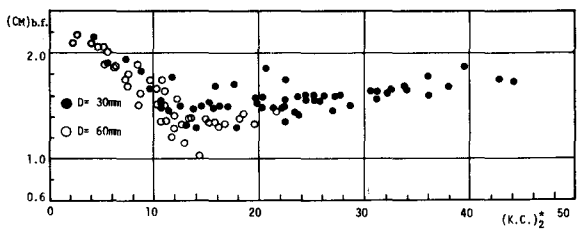


図-5 全位相から最小2乗法で算出した質量係数の特性