

波と流れの共存場における直円柱に作用する流体力について

京都大学工学部 岩垣 雄一, ○浅野 敏之, 大阪府 高階 宏

1. 結 言 本研究は波と流れが共存する時の直円柱に作用する流体力に関して、モリソン式に基づく推算式によって、抗力係数 C_D および慣性係数 C_M の特性を検討するものである。波動場におかれた円柱周辺の水粒子運動は、波の進行方向に対称であるが、流れが加わるとそれが非対称となるので、共存場特有の流体力が発生するのではないかと考え、特にこの流況の非対称性の効果に注目して考察を行った。

2. 実験装置・実験方法 実験は水槽内に流れを発生させるための循環流装置がついた、長さ27m、幅50cm、高さ70cmの造波水槽を用いて行った。流体力測定円柱は直径3cmの亚克力製で、長さ4cmの流体力受感部が、上部円柱と板ばねとで接続されている。板ばねの両面に貼られたストレインゲージによって検出されたひずみ量を増幅し、さらに16Hzを遮断周波数とするローパスフィルターを通した記録から流体力の読み取りを行った。水深は全実験を通じて45cmであり、流体力測定位置は静水面下9.3cmである。流れの条件は、順流・逆流それぞれについて約12cm/secと約17cm/secの流速を持つ4つのケースと、流れのない場合を加えて5ケースとした。波の周波数は0.5Hzから1.4Hzまでをとり、それぞれの周波数に対して、波高を4〜7通りに変化させた。

3. 実験結果ならびに考察 共存場における抗力係数 C_D および慣性係数 C_M の算出方法として最初に用いたのは、抗力が慣性力のいずれかが0となる特定の位相から、他の係数値を求める方法である。図-1は逆流の場合の C_D についての結果である。横軸は流れの流速 U と波の水粒子速度の最大振幅 u_m との比 U/u_m であり、この値が1のとき、逆流の場合には波の峰位相において波と流れの合速度が0となる。図より波の谷位相、すなわち波の水粒子速度が流れの方向と一致する位相では、 C_D は1〜2程度の値をとり、 U/u_m によってあまり変化せずほぼ一定となるが、波の峰位相、すなわち波の水粒子速度が流れの方向と逆になる位相では、 U/u_m が1に近づくにつれて、 C_D の値がきわめて大きくなる。これは合速度が0に近づいても、流体力自体は残留渦の効果等により、0とはならないためと考えられる。しかし、この時の C_D の値は、合速度が大きい時に比べて信頼度が低い。したがって、この方法では U/u_m の値により信頼度が変化するので、 C_D に与える流れの効果を正確にとり出すことは非常に困難である。 C_M についても同様のことが言える。

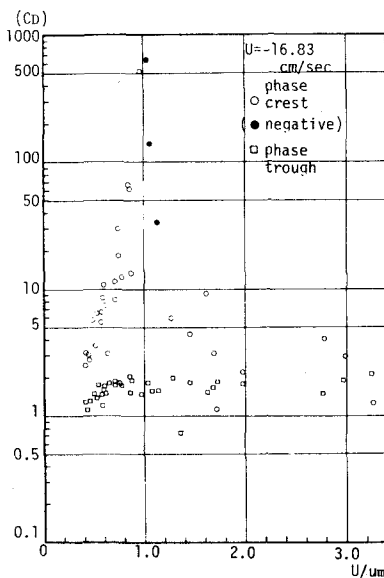


図-1 特定の位相から算出た抗力係数

次に C_D 、 C_M の算出方法として、流れを考慮したモリソン

Iwagaki Yuichi, Asano Toshiyuki, Takashina Hiroshi

式による流体力の計算波形と、実測の流体力波形とが一周期を通じて一致するように最小自乗法によって両係数を決定することにした。図-2および図-3はそれぞれこの方法で求めた C_D および C_M とK-C数との関係を、流況の非対称性を示す量 u_m/U をパラメータとして示したものである。これらの図から C_D はK-C数によらずほぼ一定の値をとるが、 C_M は C_D に比べて値のばらつきが大きいことがわかる。また同じK-C数のデータに対して、 u_m/U が大きくなるほど、 C_D および C_M の値は小さくなるようであるが、他のケースの C_M についての実験結果では、これと逆の傾向を示す場合もあり、上述の性質は必ずしも明らかでない。

この算定方法では、実測流体力と最もよく一致する C_D 、 C_M の値を、一周期を通じて一定と仮定して求めるが、共存場では円柱に対する流況の非対称性から、 C_D 、 C_M の値も流れと波の水粒子速度が同方向となる位相と、逆方向となる位相とで値が異なることが予想される。これを検討するために、実測流体力と、それに最も一致する計算流体力曲線を、流れがない場合と順流の場合について示したが、それぞれ図-4、図-5である。ここで計算値は微小振幅波理論によるものであり、流体力の高次周波数成分は考慮できないことを考慮すれば、図-4の流れのない場合においては、計算値と実測値は良く一致していると見てよい。一方、図-5の共存場の結果は、流れのない場合と比べて一致度は悪く、その偏差の傾向はこの順流の実験ケースにおいて共通に見られるものであることもわかった。すなわち位相 $\pi/2 \sim \pi$ で実測値は計算値より小さく、位相 $\pi \sim 3\pi/2$ と位相 $3\pi/2 \sim 2\pi$ で大きくなる。図-5で波の水粒子速度と流れが同方向となる、 $0 \sim 3/4\pi$ と $5/4\pi \sim 2\pi$ の位相間で C_M の値を大きくすると、抗力と慣性力の合力の計算曲線は実測値と良く一致する方向に移動する。これより流況の非対称性を考慮して、 C_D 、 C_M が位相により変化すると考えれば、共存場の流体力の変動特性を良く説明することができると思われるが、今後さらに検討する必要がある。最後に本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、謝意を表する。

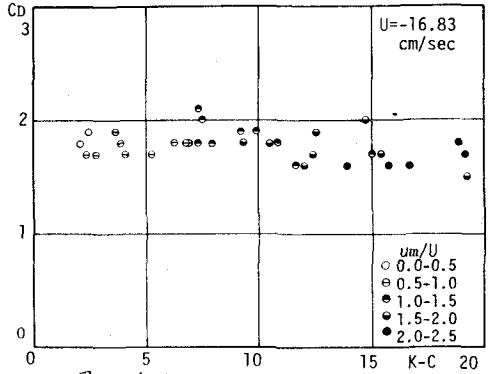


図-2 最小自乗法により求めた抗力係数

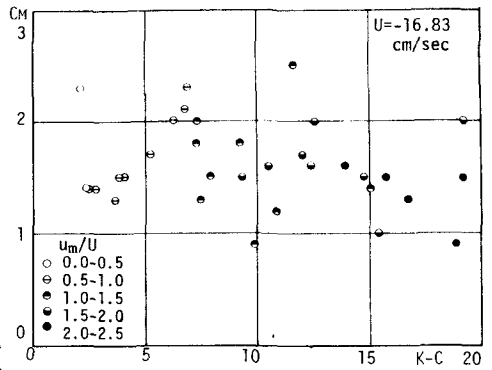


図-3 最小自乗法により求めた慣性係数

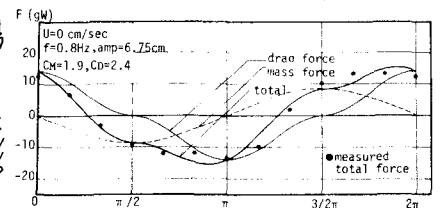


図-4 実測流体力と計算曲線との比較(流なし)

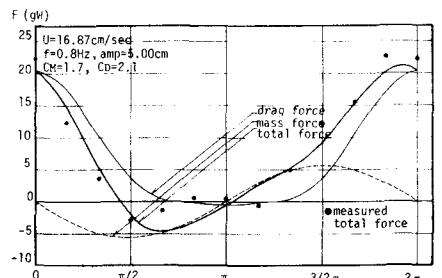


図-5 実測流体力と計算曲線との比較(順流)