

振動流中の鈍い物体に作用する流体力に関する実験的研究

愛媛大学工学部 正員 中村 孝幸
愛媛大学大学院 学生員 橋本 太司
愛媛大学工学部 学生員 星野 真次

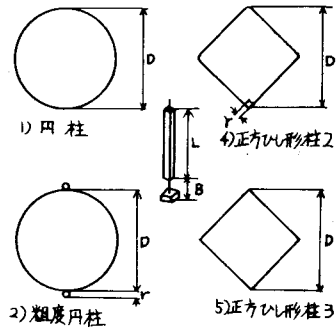
1. まえがき; 海洋に建設される構造物の多くは、円柱に代表されるような鈍い物体である。そしてこのような物体に作用する流体力は、物体背後に形成される渦の影響を強く受けるが、従来後流渦の形成特性との関連の上で検討された例は少ない。そこで本研究は、波動場中の鈍い物体まわりの流況及び流体力を実験的に検討するため、円柱、粗度円柱、正方ひし形柱を用い、各物体まわりの流況の撮影及び流体力の測定を行ない、 $K-C$ 数に着目して流況の分類を行なうとともに、流体力の変動を明らかにしようとするものである。

2. 鈍い物体まわりの流況及び流体力

2. 1. 実験装置及び実験方法; 実験には、本学海洋工学科の高さ1.25m、長さ28m、幅1mの規則波造波水槽を用いた。重複波による実験では、他端に物動式反射板を設け、完全重複波を生ぜしめ、逆行波による実験では、他端に砕石及び傾斜板による消波工を設置した。なお鈍い物体モデルとして図1に示す物体を用い、支柱に半導体ゲージを張り流体力の測定を行なうとともに、重複波中では、トレーサ法により、流況の撮影も行なった。

2. 2. 鈍い物体まわりの流況の分類; 重複波中の実験による撮影記録を拡大映写して得られた後流渦パターンを、i)集中渦の発生の有無、ii)集中渦の対称性、iii)集中渦の発生個数、iv)集中渦の次半周期への残存の4つの要因に着目し、 $K-C$ 数をパラメーターとして分類してみた。それと示すのが、図2～図4である。この分類に用いた $K-C_{SUR}$ は微小振幅波理論による表面流速の最大値に周期を掛けて、物体幅で除して与えられる値である。図2に示すように円柱の後流渦パターンは、 $K-C_{SUR}$ が約6では2ヶの対称渦が形成されるが、 $K-C_{SUR}$ が10程度になると渦は非対称となり、渦No.1は次半周期に於いても残存する。そして $K-C_{SUR}$ が12以上になると3ヶの非対称渦パターンが形成され、渦No.1は繰り出される。次に図3に示すように、粗度円柱では円柱に比べ、かなり早くから非対称性があらわれ、すでに $K-C_{SUR}=6$ では、渦パターンは非対称であるが、2ヶの渦パターンから3ヶの渦パターンへの遷移は円柱と同様 $K-C_{SUR}$ が12以上である。また図4に示すように正方ひし形柱の後流渦パターンは、粗度円柱と比較すると、2ヶの非対称渦では渦No.1が渦No.2と吸い込む傾向にある事や、3ヶ非対称渦パターンが円柱や粗度円柱より早く表れる事などの相違点がある。

2. 3. 鈍い物体の抗力係数; 重複波中の実験によって得られた抗力係数 C_D を図5及び図6に示す。ここに $K-C_{rms}$ とは、水深方向の $K-C$ 数の rms である。まず、図5に示すように、円柱及び粗度円柱の C_D は $K-C_{rms}$ が約11で極大値をもつ上に凸の曲線を示すが、粗度円柱の C_D は円柱のそれより、全体的には約1程度大きくなっている。そして $K-C_{rms}=11$ は $K-C$



	D	L	r/D	B
1)	5cm	60cm		1.8cm
2)	5	60	0.06	1.8
3)	5	60	0.06	10
4)	5	60	0.06	10
5)	5	60		10

	D	L	r/D	B
1)	3.5cm	10cm		0.8mm
2)	3.5	60	0.06	10.2
3)	5.0	60		10

図1 鈍い物体モデル

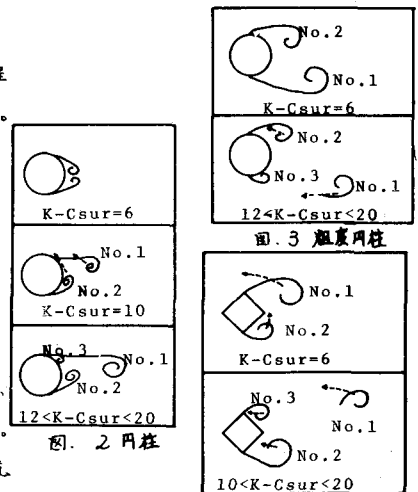


図2 円柱

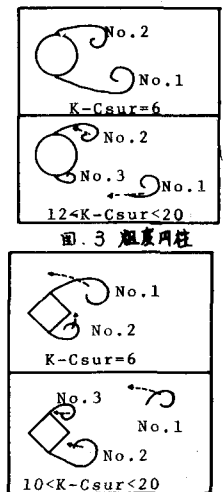


図3 粗度円柱

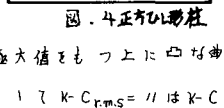
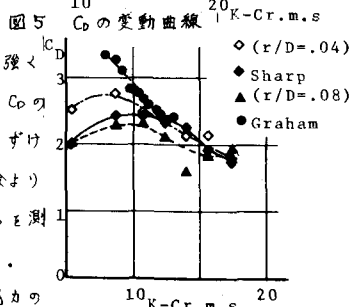
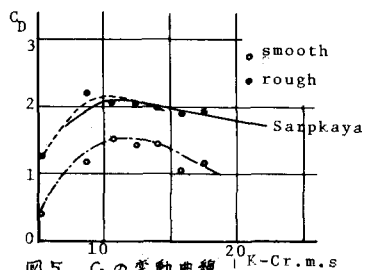
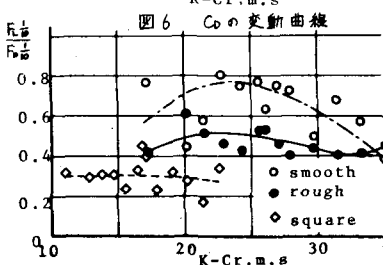


図4 正方ひし形柱

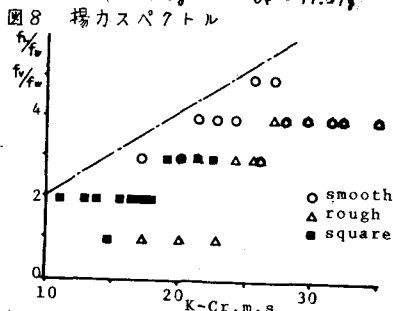
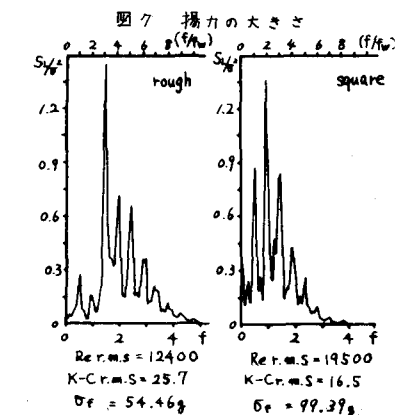
sur では12~13であり、この時の後流渦パターンは、2ヶの葉中渦による非対称渦から3ヶの葉中渦による非対称渦パターンへの遷移域であり、 C_D の極値出現に強く影響を及ぼすのは2ヶの非対称渦パターンであると言えよう。また粗度円柱の C_D が滑らかな円柱のそれと比べて大きくなる理由は、発生する渦の循環が円柱に比べ、粗度円柱の方が大きくなることによるものと考えられる。最後にSarpkayaによる振動流中での円柱の C_D と比較してみると、本実験と定性的にはほぼ一致していることがわかる。一方、正方形1形柱の C_D を図6に示すが、この場合でも2ヶの非対称渦が C_D の極値出現に強く影響している事がわかる。また角部形状の異なる三種類の正方形1形柱の C_D の値に大差がないのは、後流渦パターンに相違が見られなが、たまたからもうなずける。図中にGrahamによる振動流中の測定結果を示すが、 $K-Cr.m.s < 10$ で本実験より大きな値を示している。さらに進行波を用いて中高 $K-Cr$ 数下での各物体の C_D を測定したが、各物体とも $K-Cr$ 数の増大とともに C_D が減りうする事を確認している。



2.4. 鈍い物体に作用する揚力; a) 揚力の大きさ; 進行波実験による揚力の $1/2$ 最大値と直方向力の $1/2$ 最大値という比を図7に示した。これによると円柱の $F_{L1/2}/F_{D1/2}$ は $K-Cr.m.s$ が約25で極大値0.78をとる上に凸な曲線となり、粗度円柱では99%の変動はあるが、0.4~0.5で一定であり、正方形1形柱では0.3程度で一定である。この事より、粗度円柱や正方形1形柱のようなはくう点の固定している物体は、円柱のような滑らかな物体と異なり、揚力と直方向力の比が一定値をとるものと考えられる。



b) 揚力の周波数特性; 揚力は極めて不規則な変動を示す事が知られている。そこで揚力の周波数特性をスペクトル解析を用いて調べてみた。その一例を示すのが図8である。図8のようなパワー・スペクトルから、そのピーク周波数 f_n を読み取り、波の基本周波数 f_0 で除いた値によって整理したものが図9である。なお図9には定常流中の円柱後流渦のはき出し周波数 $f_v (= 0.21D/U)$ と f_0 で無次元化したものを一点鎖線で示す。これによると各物体とも、 $K-Cr.m.s$ の増大とともにピーク周波数 f_n が段階的に遷移増大していく事がわかる。これを f_n と比較すると、連続的な変化と離散的な変化の差はあるが、その変動状況が類似している事は興味深いものである。次に先の $F_{L1/2}/F_{D1/2}$ が極大となる所を見るに、各物体とも $f_n = 3f_0$ である事がわかる。



3. 総語; 以上本研究により鈍い物体に作用する流体力と、重複波及び進行波を用いて明瞭化してきたが、それらをまとめるに以下のようになる。各物体とも抗力係数の極大値は2ヶの葉中渦が最も発達する所であられる。また揚力についてはその大さとは物体が鈍くなるほど直方向力との比が小さく、一定化し、その周波数特性は $K-Cr$ 数の増大とともにピーク周波数 f_n が増大する事などが解った。

図9 ピーク周波数 f_n とのはき出し周波数 f_v