

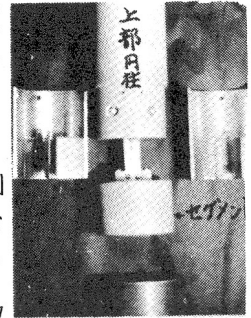
円柱に働く抗力の特性

京都大学工学部 正会員 岩垣雄一
 京都大学工学部 正会員 石田 啓
 京都大学大学院 学生員 池尻一仁

1. まえがき 円柱に働く波力の発生機構を調べるために、著者らはすでに流れの剥離点の時間変化や後流渦の特性について検討してきたが、本報では、こういった流体場の変化により波力そのものがどのように変化するかについて検討する。すなわち、発生した波力と MacCamy-Fuchs の回折理論に基づく慣性力との差が剥離や後流渦による抗力であると見なすことにより、一周期の間の抗力係数の変化特性について考察する。

2. 実験方法 実験は、京都大学工学部土木工学系地下実験室に設置された幅 1.5m、高さ 75cm、長さ 17.5m の実験水槽を用いた。水槽の一端にはフラッター式造波機が設置されており、この造波板から 7.5m の位置に、液高計および[写真-1]に示す波力測定用円柱を設置した。

円柱は、直径 D が 6cm と 3cm の 2 種類であり、長さ 4cm の波力測定部のセグメントは、上部円柱に板バネで接続されており、この板バネの表と裏に貼り付けに 2 枚のストレインゲージのひずみと、動ひずみ計により検出して波力を測定した。セグメントの水中での固有振動数は、 $D=6\text{cm}$ のものは 17.5 Hz、 $D=3\text{cm}$ のものは 32 Hz であり、[写真-1] 波力測定対象とする波力の振動数よりはるかに大きい。また波力の検定には、用円柱 ($D=6\text{cm}$) 滑車を利用して分銅を吊り下げる方法を用いた。実験条件として、水深 h は 45cm、波力の測定点 Z_p は静水面下 10cm であり、使用した波は、周期 T が 0.6sec から 4.0sec の範囲で、波高 H が 1cm から 18cm の範囲にある合計 64 種類の規則波である。これらの実験記録はすべてデータレコーダによって記録し、A.D.変換器を用いて、0.01sec 間隔でデジタル化した。



[写真-1] 波力測定用円柱 ($D=6\text{cm}$)

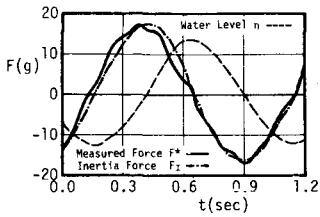
3. 解析方法 水面変動 η が、必ずしも正弦波でない場合でも、リアフィルタを用いれば、MacCamy-Fuchs の回折理論に基づく慣性力を算出することができ、この方法で計算した慣性力を F_I 、実測の波力を F^* で表わすと、抗力 F_0 の時間変化は、両者の差として、 $F_0(t) = F^*(t) - F_I(t)$ より計算できる。したがって抗力係数 C_D の時間変化は、 $C_D(t) = F_0(t) / \{ \frac{1}{2} \cdot D \cdot u(t) |u(t)| \cdot l \}$ により計算できることになる。ここに ρ は水の密度、 l はセグメントの長さ 4cm であり、 u はセグメントの中心位置における水粒子速度で、リアフィルタにより $\eta(t)$ から計算したものをを用いた。

4. 実験結果 [図-1](a), (b) は、 $D=6\text{cm}$ の円柱を用いた周期 $T=1\text{sec}$ の波に対する波力の時間変化で、(a) は波高 $H=5.4\text{cm}$ 、(b) は $H=8.4\text{cm}$ の場合であって、K.C. 数 ($[K.C.]_m = U_{\max} \cdot T / D$) はそれぞれ 2.0 および 3.2 である。(a) では実測波力 F^* と慣性力 F_I とはほぼ等しいが、(b) では両者に若干の差が生じ、抗力が発生し始めることがわかる。

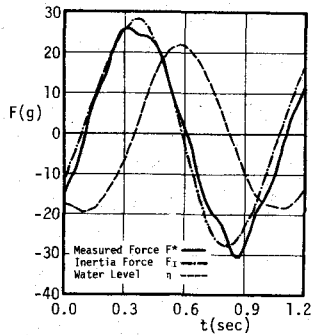
[図-2]は、 $D=3\text{cm}$ 、 $T=2.3\text{sec}$ 、 $H=9.5\text{cm}$ の場合の実験結果であるが、水面変動の谷の時間が長く、その間の抗力は小さい値ではあるが、ほぼ一定値を示し、抗力係数 C_D の値は、1を中心にして0.7~1.8の範囲で変動しており、定常流の抵抗係数の値に近しいと言える。一方、峯の位相では C_D は大きく変動し、定常流の場合との相違が明確になる。[図-3]は慣性力 F_i が0を切る直前、直後および最大値をとる時の3つの位相を選び、これに対応する C_D の値と、横軸にK.C.数をとりて示したものであるが、 C_D の値はK.C.数の増加に伴い若干増加し、また谷の位相における C_D の方が峯の場合よりもやや大きい値となる。これらの C_D の値は、Reynolds 数の値がほぼ等しい定常流の場合の C_D の値よりも、一般に大きいと言える。

5. 結語 慣性力が卓越するような波に対しては、ここに使用した方法により、比較的正確に波力と算定することができ、K.C.数が大きくなると、抗力の占める割合も大きくなり、特に一周の間で抗力係数の値は大きく変化する。これは加速度を有する流体場では剥離点および後流渦が波の位相と共に変化することを考えれば、首肯できる結果である。

参考文献 1) 岩垣雄一・石田 啓・千田哲雄：円柱に作用する不規則波力について、第20回海岸工学講演会論文集，pp.1~5，1973。

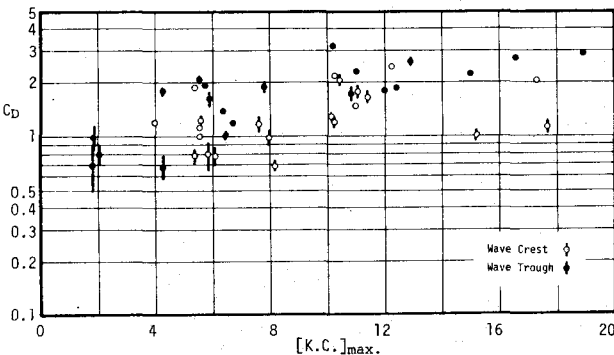


(a) $H=5.4\text{cm}$ の場合

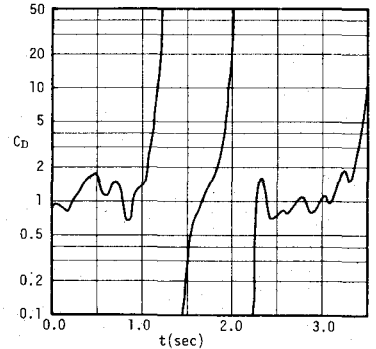
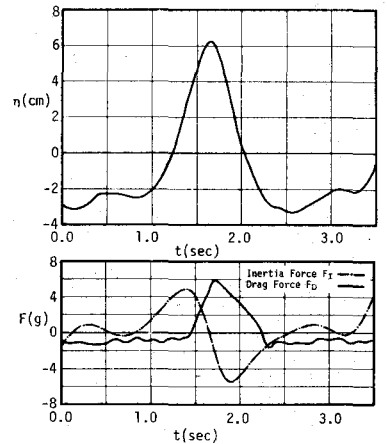


(b) $H=8.4\text{cm}$ の場合

[図-1] 波力の実測値と慣性力の計算値との比較 ($D=6\text{cm}$)



[図-3] 抗力係数とK.C.数との関係



[図-2] 水位・慣性力・抗力・抗力係数の時間変化