

没水球体に作用する波力の波力係数について

名古屋大学 正 岩田好一郎 学 水谷法美
学○川角伸彦 学 原 基久

1. はじめに

一般に波力の算定には、構造物の代表径が入射波長に対して十分小さければ、Morison式が用いられる。Morison式は式の形が簡単であり非常に使いやすいと言う長所がある反面、種々の要因がすべて流体力係数に含まれてしまい、流体力係数は、非常に複雑な特性を示す。波力に関する研究の多くは前述した背景をもとに、流体力係数の特性を明らかにすることに主眼がおかれてきた。本論では、三次元構造物の代表的な形状である球をとりあげ、一定水深の二次元規則進行波中の没水球体に作用する波力の流体力係数の特性について検討を加えるものである。

2. 水理実験

実験は、名古屋大学工学部土木工学科の長さ25m、幅0.7m、深さ0.95mの二次元鋼製水槽で行われた。静水深(h)は、70cmで一定とし、入射波の周期を4種類(1.15、1.5、2.0、2.5秒)、球の設置水深(d)を5種類(12.5、25、37.5、50、65cm)変化させ、それぞれのケースに対して波高(H)を15種類(1~16cm)変化させた。同時に、水位変動(η)、波進行方向、鉛直方向の流速(u, w)と波力(F_x, F_z)を測定した。なお、流速を電磁流速計で、波力をcantilever型波力計で測定した。球の直径(D)は、2.5cmである。

3. 解析方法

実験で得られた水位、流速、波力、の時間波形を、サンプリングタイム $\delta t=0.05$ 秒で離散化し、波力算定式には、Morison式(1)、(2)を採用し、同式中の流体力係数を最小自乗法により決定した。

$$F_x = \frac{1}{8} C_{D1} \rho \pi D^2 u \sqrt{u^2 + w^2} + \frac{1}{8} C_{M1} \rho \pi D^3 \dot{u} \quad (1)$$

$$F_z = \frac{1}{8} C_{D2} \rho \pi D^2 w \sqrt{u^2 + w^2} + \frac{1}{8} C_{M2} \rho \pi D^3 \dot{w} \quad (2)$$

ここに C_{D1} 、 C_{D2} は、抗力係数、 C_{M1} 、 C_{M2} は、慣性力係数であり、 ρ は水の密度である。計算でえられた流体力係数をKeulegan&Carpenter数($K.C=U_{max}T/D$; U_{max} は流速の最大値、 T は波の周期)などの無次元量と関連づけて検討をくわえた。

4. 実験結果および考察

I) 抗力係数：著者らは、球の抗力係数は、周波数パラメータ β により変化する傾向があることを、指摘した¹⁾。本研究では、さらに β の効果について詳細な検討を加えた。その結果以下のような傾向が認められた。図-1、図-2は C_{D1} と $K.C$ 数の関係を β 別に示したものである。ただし、ここでは、ばらつきが小さく C_{D1} の変化のしか明瞭な $\beta=250, 310$ のものを示す。両図とも $K.C$ 数が10付近で極小値をとっており、これは、Sarnkayaが振動流中の円柱に関する研究²⁾の中で指摘した“drag-crisis”に相当する現象と考えられる。また、 β による差異も明瞭に認められる。すなわち β が大きいほど抗力係数が落ち込む傾向が顕著にあらわれている。さらに、そのときの $K.C$ 数に着目すると、 β が大きいほどより小さい $K.C$ 数の値で抗力係数は極小値をとっている。Jenkins&Inman³⁾は、約 $K.C$ 数=7で渦の吹き出しがおこると指摘しており、今回別に行われた球まわりの可視化の実験によっても同様のことが確認されている。抗力係数が極小値をとる $K.C$ 数の値と渦の吹き出しがおこる $K.C$ 数の値がほぼ一致していることを考慮すれば、抗力係数の特性は、渦の発生機構、吹き出しの状況と密接な関係を持っているといえよう。波の周期が短いほど球のまわりの流況は回転成分が卓越し、周期が長いほど振動成分が卓越する。回転成分が卓越する場合には、渦の吹き出しは全方向にわたって起こっているが、振動成分が卓越する場合には、波の進行方向に対して球の前部と後部の2点でおもに渦の吹き出しがおこっており、この差異により抗力係数の極小値が β により異なると推察される。また、同図より d/h による明瞭な差異は認められなかった。 C_{D2} についてもばらつきが目立つが同様な傾向が認められる。

II) 慣性力係数：図-3、図-4は、 $\beta=250, 540$ のものについてK.C数と C_{MX} の関係を示したものである。同図よりK.C数が小さい範囲では、K.C数が増加すると C_{MX} は若干増加する傾向がうかがえる。その値はpotential理論による1.5にほぼ近い値をとっている。 $\beta=250$ のものについては、K.C数が10をこえると極小値をとっている傾向がうかがえるが、 $\beta=520$ のものについては、K.C数が10以上のデータが不足しているため、そのような傾向は認められない。Z方向についても同様の傾向が認められた。

5. おわりに

以上、没水球体に作用する波力の波力係数について述べてきた。その結果、抗力係数は、 β によってその特性のあらわれ方に差異があること、また渦の吐き出し、あるいは球まわりの流況によって大きく支配されていることが確認された。また、慣性力係数は、抗力係数と異なり β による差異はなくほぼ一定値をとることが確認された。

<参考文献>

- 1) 岩田 他 : 没水球体に作用する波力の特性に関する実験的研究、第34回海講論文集、1987.
- 2) Srpkaya, T. and M. Isaacaon : Mechanism of Wave Forces on Structures, Van Nostrand Reinhold, New York, 1975.
- 3) Jenkins, S.A. and D.L. Inman : Forces in a Sphere Under Linear Progressive Waves, 15th International Conf. on Coastal Eng., 1976.
- 4) 岩田 他 : 波により形成される没水球体まわりの渦の特性、中部地区研究発表会概要集、1988.

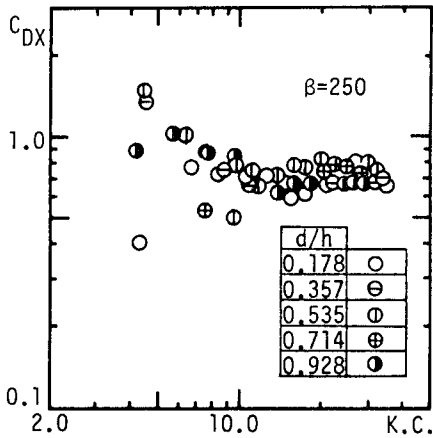


図-1 C_{DX} とK.C数の関係

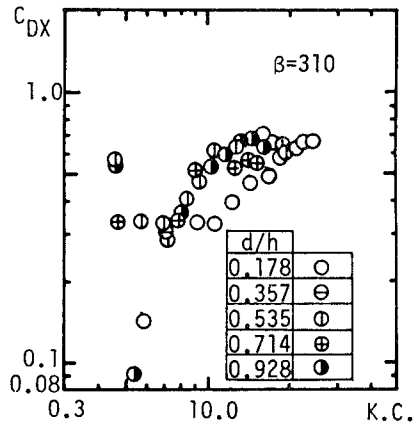


図-2 C_{DX} とK.C数の関係

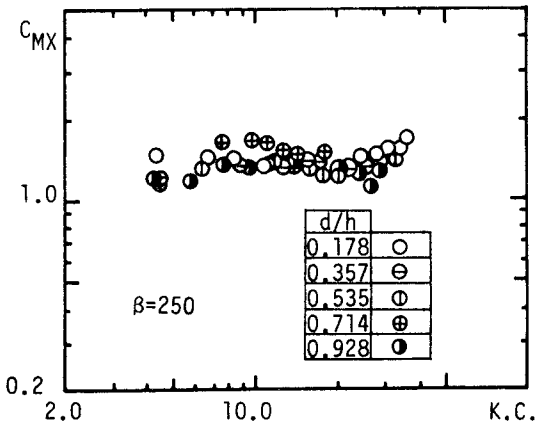


図-3 C_{MX} とK.C数の関係

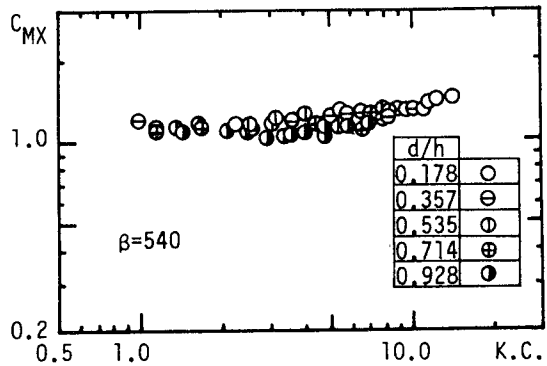


図-4 C_{MX} とK.C数の関係