

球体に作用する重複波による波力の二、三の特性

名古屋大学大学院 学生員 ○水谷 法美
 名古屋大学工学部 正 員 岩田 孝一朗
 名古屋大学大学院 学生員 葛西 信三

1. はじめに; 構造物に作用する波力の研究のうち、円柱を対象としたものは、非常に多くの研究者によって行われてきている。しかし、球体に作用する波力の研究は非常に少なく、その成果は、円柱に比べ、十分ではない。著者らは、進行波中における球体に作用する波力の特性について検討してきた。しかし、進行波は、流速が二成分であるため、現象が複雑である。そこで、流速が一成分となる完全重複波の節の位置、腹の位置での波力の特性を明らかにすることは、進行波による波力を検討する上で重要であると考えられる。本報では、重複波の節および腹の位置に置かれた球体に作用する波力の特性を、水理実験で検討したので、その結果の一部を報告する。

2. 水理実験; 実験は、名古屋大学工学部土木工学教室の室内鋼製二次元造波水槽(25"×9"×0.8")で行われた。静水深(h)は56cmである。発生波は、周期Tが1.0秒と1.95秒の規則波で、球の設置位置を、静水面下5cm, 10cm, 20cm, 40cmの4種類変化させた。各Tーストに対し、波高Hを2種類(2.7cm~5.1cm)変化させた。全2のTーストで、水位、水平(x)方向、鉛直(z)方向の流速(u, w)と波力(F_x, F_z)を計測した。使用した球は、直径が6.35cmの合成樹脂製であり、Cantileverによりモーメントより力を逆算した。

3. 解析方法; 実験で得られた水位、流速、波力の時間

波形を、すべてsampling time $\Delta t = 0.05$ 秒で離散化し、無次元最大波力 ($F_{xm}/\rho u_m^2 D^2$, $F_{zm}/\rho w_m^2 D^2$, ここに、 ρ : 水の密度、 D : 球の直径で、添字mは最大値を示す)などの無次元量を計算した。なお、実験の流速は、3次の有限振幅波理論の流速とよく合っているため、解析には、3次の有限振幅波理論の流速を使った。また、Morison式中の流体力係数を、最小自乗法により計算した。すなわち、式(1)、(2)で計算される波力の時間波形が、実験の波力の時間波形に最もよく合うように、流体力係数を決定した。

$$F_x = \frac{1}{8} C_{Dx} \pi D^2 u |u| + \frac{1}{8} C_{Mx} \pi D^3 \frac{du}{dt} \quad (1)$$

$$F_z = \frac{1}{8} C_{Dz} \pi D^2 w |w| + \frac{1}{8} C_{Mz} \pi D^3 \frac{dw}{dt} \quad (2)$$

ここに、 C_{Dx} , C_{Dz} は抗力係数、 C_{Mx} , C_{Mz} は慣性力係数である。なお、本報では、節の位置での F_x 、腹の位置での F_z のみを対象とし、揚力は扱っていない。

4. 実験結果及び考察; (1) 無次元最大波力 図-1 に無次元最大波力とK.C数($u_m T/D$, $w_m T/D$)の関係を示す。同図より、

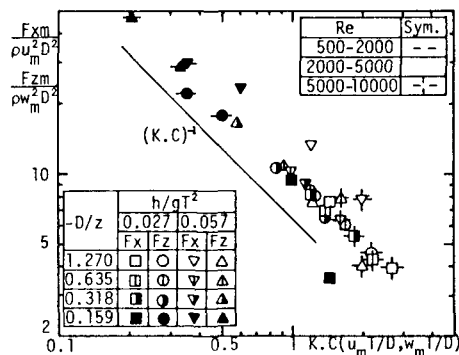


図-1 無次元最大波力とK.C数の関係

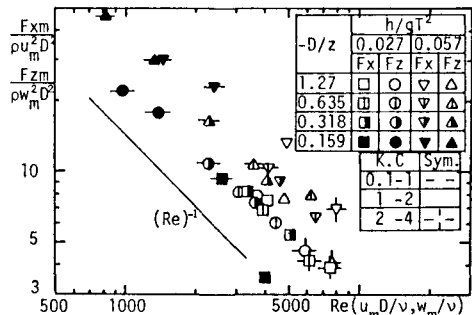


図-2 無次元最大波力とRe数の関係

無次元最大抵抗力は、 h/gT^2 (g : 重力加速度) に関係なく、 $(K.C)^{-1}$ に比例して減少する傾向が認められる。球表面の圧力を、球のない場合の波動圧と近似し、球表面にわたって、その各方向成分を積分して値について、同様の傾向が認められた。また、その値は実験値よりかなり小さいが、これは、実験値との間は、ほぼ粘性力係数に等しいことが確認できた。このことは、今回の実験範囲では、抵抗力より粘性力が卓越していたことを示す結果であると言えよう。また、図-2 に無次元最大抵抗力と Re 数 ($U_{\infty} D / \nu$, ν : 水の動粘性係数) の関係を示す。図面より、無次元最大抵抗力は、図-1 と同様に、ほぼ $(Re)^{-1}$ に比例して減少する傾向が認められる。しかし、図-1 と異なり、図-2 では h/gT^2 が大きい方が無次元最大抵抗力は大きくなる傾向が認められる。今回の実験は、球径が一様であるため、同一の Re 数に対して、 h/gT^2 が大きければ、 $K.C$ 数は小さくなる。したがって、この結果は、同じ Re 数の値に対して、 $K.C$ 数が小さい方が、無次元最大抵抗力は大きくなることを示しているものと考えられる。また、今回の実験の範囲内では、これらの値は、進行波では、得られた値とはほぼ同じであることを認められた。

② 抵抗力係数 図-3 に、抵抗力係数 C_{Dx}, C_{Dz} と $K.C$ 数の関係を示す。図面より、抵抗力係数は、無次元最大抵抗力と同様に、 $K.C$ 数の増加に伴って減少する傾向が認められる。しかし、 C_{Dz} に比べ、 C_{Dx} が大きくなる傾向が認められるが、この原因については不明である。また図-4

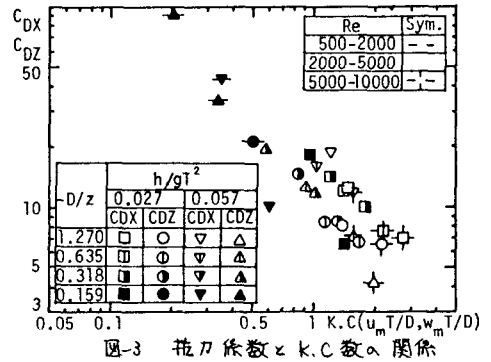


図-3 抵抗力係数と $K.C$ 数の関係

に抵抗力係数と Re 数の関係を示す。抵抗力係数は、 Re 数の増大に伴って減少することと同図より認められる。さらに、 C_{Dx}, C_{Dz} それぞれ同一の Re 数の値に対しては、 $K.C$ 数が小さい方が抵抗力係数は小さくなることが認められる。 Re 数の増加に伴う抵抗力係数の減少の割合は、実験値が少なく明瞭ではないうが、 Re 数が小さい領域 ($Re < 2000 \sim 3000$) では、それより大きい領域に比べ、大きくように見える。これは Re 数が小さい領域では、水の粘性の影響が大きくなるためであると考えられる。一方、図-5 に粘性力係数 C_{Mx}, C_{Mz} と $K.C$ 数の関係を示す。

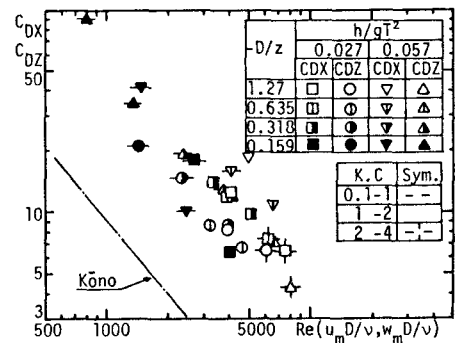


図-4 抵抗力係数と Re 数の関係

図面より、粘性力係数はポテンシャル理論による1/5より多少小さいものの、 $K.C$ 数の変化によらずほぼ一定値をとるようである。また、この傾向は、 Re 数に対してとも同様であり、 Re 数の変化に伴う粘性力係数の変化は認められなかった。

5. あとで記す以上、限られた実験の範囲内ではあるが、重複波の節と腹の位置に置かれた球体に作用する波力の特性について述べた。今後、更に広範囲の実験を行ない、検討を加えると同時に、揚力の特性についても検討していく所存である。

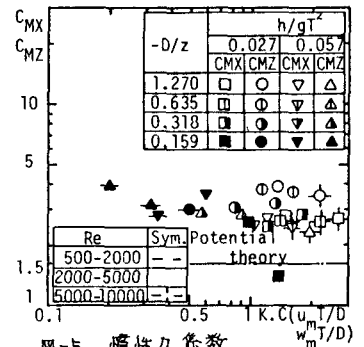


図-5 粘性力係数

と $K.C$ 数の関係

参考文献 1) 岩田・水谷 第40回年次講演会概要集, 1985, pp 547-548