

名古屋大学工学部 正会員 岩田 好一朗

名古屋大学大学院 学生員 ○水谷 法美

1. はじめに:

構造物に作用する波力の特性を明らかにすることは、海岸・海洋構造物を設計する上で非常に重要な課題である。特に、規則波による波力と不規則波による波力の差違を明らかにすることは重要である。二成分波は、不規則波の最も簡単な形のものであると考えられるため、二成分波による波力の特性を明らかにすることは、不規則波の波力を解明する上で基本的に重要であると考えられる。本論は、没水球体に作用する二成分波による波力を取り上げ、球体に作用する波力に及ぼす波の不規則性の影響について、水理実験に基づき検討を加えようとするものである。

2. 水理実験:

実験は、片面ガラス張りの二次元鋼製水槽(図-1参照)で行われた。座標系は、図-1に示すとおりである。静水深(h)は70cmで一定とした。発生波は、表-1に示す7種類の二成分波である。それぞれの発生波に対し、静水面下25cmにおけるx, z方向の波力 F_x, F_z と流速 u, w 、および水位を同時に計測した。なお、波力をCantilever型波力計により、流速を電磁流速計により、また水位を容量式水位計により計測した。使用した球の直径(D)は、2.5cmである。また、比較のため規則波の実験も多数行った。規則波の実験条件は、表-2に示されるものである。

3. 解析方法:

実験で得られた水位、流速、波力の時間波形を、すべてサンプリングタイム $\Delta t = 0.05$ 秒で離散化し、無次元最大波力などの無次元量を計算した。また、波力算定式としてMorison式(1),(2)を採用して同式中の流体力係数を最小乗法により計算した。

$$F_x = \frac{1}{8} C_{dx} \rho \pi D^2 u \sqrt{u^2 + w^2} + \frac{1}{6} C_{mx} \rho \pi D^3 \dot{u} \quad (1)$$

$$F_z = \frac{1}{8} C_{dz} \rho \pi D^2 w \sqrt{u^2 + w^2} + \frac{1}{6} C_{mz} \rho \pi D^3 \dot{w} \quad (2)$$

ここに、 C_{dx}, C_{dz} は、抗力係数、 C_{mx}, C_{mz} は慣性力係数、 ρ は水の密度である。なお、加速度を流速の時間波形に数値微分に相当する数値フィルターをかけて求めた。これらの諸量はゼロダウクロス法によって定義される波ごとに計算された。

本論では、波の不規則性を表す量として次式で示される前後の波の相関係数 r を取り上げ、前後の波の相関が波力に及ぼす影響について検討することとする。

$$r = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (H_i - \bar{H})(H_{i+1} - \bar{H}) / \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (H_i - \bar{H})^2 \quad (3)$$

ここに、 $\bar{H}$ は平均波高、 N は波の数、添字 i は i 番目の波を示す。

4. 結果とその考察:

図-2にx方向の無次元最大波力($F_{xm}/\rho u_m^2 D^2$; 添字 m は

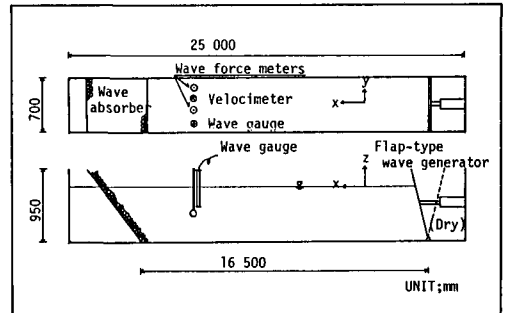


図-1 実験水槽の概略図

表-1 二成分波の条件

RUN	周期 T1 (sec)	周期 T2 (sec)	振幅 a1 (cm)	振幅 a2 (cm)	相関係数 r
1	1.15	1.60	1.57	1.06	-0.15
2	1.15	1.60	4.60	2.99	-0.15
3	1.15	2.00	2.03	0.82	-0.86
4	1.15	2.00	5.29	2.06	-0.82
5	1.60	2.00	1.69	0.94	0.39
6	1.60	2.00	4.01	2.21	0.36
7	1.18	1.25	3.04	2.67	0.90

表-2 規則波の実験条件

静水深 h(cm)	70
周期 T(sec)	1.15, 1.60, 2.0
設置水深 d(cm)	6.5, 10.0, 12.5, 25.0 50.0, 62.5, 65.0
波高 H(cm)	10 ~ 20

最大値を示す)と K.C. 数($u_m T/D$)の関係を示す。同図より無次元最大波力は、K.C. 数の増加にともない減少する傾向が認められ、また、その傾きはほぼ K.C. 数の -1 乗であることがわかる。この結果は、波力の最大値が波高に比例していることを示すものであり、慣性力が卓越していたことを示す。同図には、比較のために規則波の値もプロットしてある。同図より、二成分波の値は規則波の値より若干小さくなっていることがわかる。しかし、 γ による差はあまり明瞭ではない。図-3に慣性力係数 C_{mx} と K.C. 数の関係を示す。慣性力係数は、振動流中の球に対する値 1.5より多少小さいが、ほぼ一定値をとることがわかる。また、K.C. 数が 10 以下の範囲では規則波のほぼ下限値となっている。二成分波の無次元最大波力が規則波の値より小さくなるのは、慣性力が卓越していたことを考慮すれば、慣性力係数が若干小さかったためであると考えられる。次に、抗力係数 C_{dx} と K.C. 数の関係を図-4に示す。抗力係数は、K.C. 数が 5~7 以下では、K.C. 数が増加するにしたがい減少し、5~7 で極小となり、7 以上の範囲で少し大きくなるようである。また、抗力係数が K.C. 数の増加にともない減少する範囲では、その傾きは K.C. 数の -1 乗に近く、したがって、この範囲では抗力が流速の 1 乗に比例していたことが考えられる。同図にも規則波の値が示してあるが、抗力係数は、無次元最大波力、慣性力係数に比べて規則波の値との差が大きいようである。この結果は、不規則波中に置かれた球に関する結果¹⁾と同じであり、不規則波と規則波では、抗力の大きさが異なるといえよういよう。すなわち、不規則波中では境界層の発達、あるいは渦の形成、剝離などが、規則波中のものと異なることが考えられる。さらに、 γ による差を調べると、値がばらついているため、あまり明瞭ではないが、 γ が 0.9 のものを除けば、 γ が正のものに比べ、負のものは小さくなっているようである。したがって、前後の波の相関が小さいと、いいかえれば、前後の波の波高の差が大きいと境界層、渦の形成などに差が生じる可能性があることが指摘できる。ただし、 γ が 0.9 に対する値は、0.36~0.39 に対する値より全体的に小さく、この点については現在の段階では明らかでない。

5. あとがき：

以上、球体に作用する二成分波による波力の特性について限られた範囲ではあるが、検討を加えてきた。その結果、二成分波による波力は規則波による波力に比べ、若干小さくなることが確かめられた。特に、抗力は二成分波と規則波の差が大きいことがわかった。また、その原因として、前後の波の相関が関係している可能性があることがわかった。今後更に検討を加えていく所存である。

参考文献 1) 岩田・水谷・葛西；没水球体に作用する不規則波力の特性，第33回海講，PP.476-480。

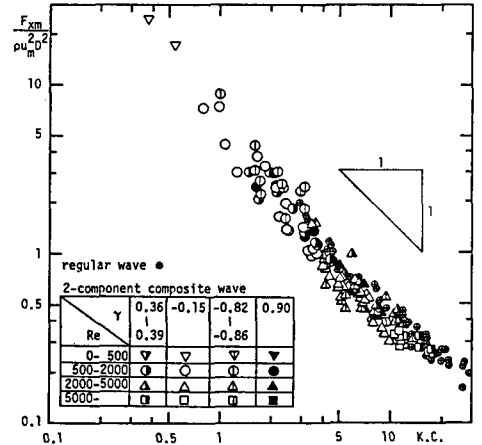


図-2 無次元最大波力と K.C. 数の関係

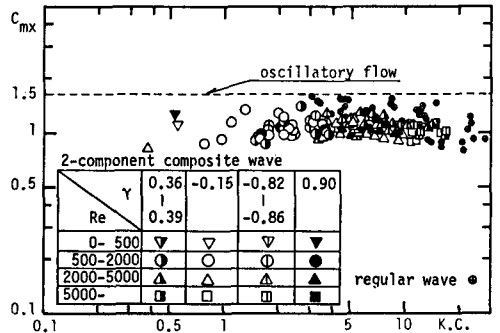


図-3 慣性力係数と K.C. 数の関係

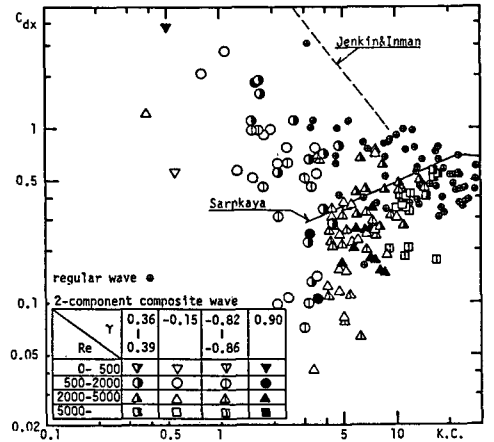


図-4 抗力係数と K.C. 数の関係