

## II-287 没水球体に作用する不規則波の波力に関する一考察

名古屋大学工学部 正会員 岩田好一朗 ○水谷法美

1. 緒言： 海岸・海洋構造物に作用する不規則波の波力を正確に予測することは、工学上非常に重要な課題である。著者らは、慣性力が支配的な場合に没水球体に作用する不規則波の波力の特性について既に検討を加えている<sup>1)</sup>。本研究は、抗力が慣性力に対して支配的になる場合の不規則波の波力について若干の考察を加えたのでその結果について報告するものである。

2. 水理実験： 実験は、名古屋大学工学部土木工学科の二次元鋼製水槽（25mx0.95mx0.7m）で行われた。水槽の一端には、フラップ型不規則波造波装置が設置されている。実験条件は、以下のように決めた。静水深を $h=70\text{cm}$ 、球の直径を $D=2.5\text{cm}$ で一定に保ち、球の設置位置を $d=0.179h$ ,  $0.357h$ の2種類変化させた。発生波はブレットシュナイダー型スペクトルを期待スペクトルとする7種類の不規則波である。実験種目は全部で14ケースであり、その諸元を表-1に示す。全てのケースで水位変動 $\eta$ 、波進行方向と鉛直方向の流速 $u$ ,  $w$ と両方向の波力 $F_x$ ,  $F_z$ を同時に計測した。なお、水位変動を電気容量式水位計で、流速を電磁流速計で、波力をCantilever型波力計で計測した。計測時間は、各ケースとも約7分間である。

表-1 不規則波の諸元

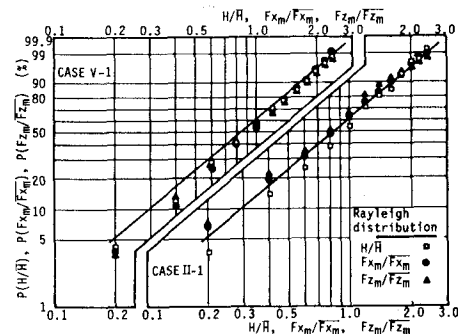
| CASE  | d/h   | $H_{1/3}$<br>(cm) | $T_{1/3}$<br>(sec) | $(H/L_0)_{1/3}$ |
|-------|-------|-------------------|--------------------|-----------------|
| I-1   | 0.179 | 11.86             | 1.53               | 0.0287          |
| II-2  |       | 11.28             | 1.26               | 0.0455          |
| III-3 |       | 10.18             | 1.08               | 0.0559          |
| IV-4  |       | 10.48             | 0.99               | 0.0684          |
| V-5   |       | 7.13              | 0.84               | 0.0648          |
| VI-6  |       | 10.46             | 1.35               | 0.0368          |
| VII-7 |       | 10.91             | 1.28               | 0.0428          |
| I-2   | 0.357 | 11.07             | 1.51               | 0.0311          |
| II-2  |       | 10.29             | 1.26               | 0.0415          |
| III-2 |       | 9.22              | 1.08               | 0.0507          |
| IV-2  |       | 9.66              | 0.99               | 0.0631          |
| V-2   |       | 6.28              | 0.84               | 0.0570          |
| VI-2  |       | 8.52              | 1.30               | 0.0323          |
| VII-2 |       | 9.66              | 1.31               | 0.0361          |

3. 解析方法： 実験で得られた約3分間の水位、流速、波力の時間波形をサンプリングタイム 0.05秒で離散化した。これらのデータを使って、波高、極大波力の出現確率と1/3最大値などの統計量、および式(1)と式(2)に示されるMorison式中の波力係数を最小自乗法を使って計算した。この際、離散化された一つの時系列記録内では、全ての波で波力係数は一定であると仮定して計算した。

$$F_x = \frac{1}{8} C_{Dx} \rho \pi D^2 u \sqrt{u^2 + w^2} + \frac{1}{6} C_{Mx} \rho \pi D^3 \dot{u} \quad (1) \quad F_z = \frac{1}{8} C_{Dz} \rho \pi D^2 w \sqrt{u^2 + w^2} + \frac{1}{6} C_{Mz} \rho \pi D^3 \dot{w} \quad (2)$$

4. 結果とその考察： 図-1は、慣性力が支配的な場合(CASE V-1)と慣性力に対する抗力の割合が大きい場合(CASE II-1)の $H/H$ ,  $F_{xm}/\overline{F_{xm}}$ ,  $F_{zm}/\overline{F_{zm}}$ の出現確率を累積確率で示した一例で、比較のためRayleigh分布も実線で示されている。なお、 $H$ は波高で、添字 $m$ は極大値を、また上付きバー(—)は平均値を示す。

慣性力が支配的な場合は、波力の極大値の出現確率は波高の出現確率とほぼ相似であるといえる。そして、慣性力のみを考慮するだけで極大波力の1/10最大値、1/3最大値と平均値を、1/10最大波、有義波と平均波からそれぞれ精度良く推算できる<sup>1)</sup>。しかし、抗力の割合が大きい場合、波高と波力の出現確率に差が生じ、波力の小さい範囲の出現確率が波高に比べて大きい。これはつぎの理由による。波高の大きい範囲では抗力のために波力の絶対値が大きくなるので極大波力の平均値は大きくなる。そして、波高が小さく慣性力が支配的な範囲に対する $F_{xm}/\overline{F_{xm}}$ ,  $F_{zm}/\overline{F_{zm}}$ の値は相対的に小さくなる。このため、極大波力の小さい範囲の出現確率は大きくなることになる。このような極大波力の1/3最大値などの統計量を1/3最大波などから正確に計算することはできない。したがって、抗力が卓越するような場合の極大波力の統計量は、波力の時間波形を計算し、その時間波

図-2  $H/H$ ,  $F_{xm}/\overline{F_{xm}}$  と  $F_{zm}/\overline{F_{zm}}$  の出現確率

形から予測することが必要である。

波力の時間波形を予測するためには、波力係数の特性を明らかにしておく必要がある。そこで、波力係数の特性について検討を加える。

慣性力係数  $C_{MX}$  と K.C. 数 ( $\sqrt{2}u_{rms}T/D$ ) の関係を図-2に示す。 $C_{MX}$  は規則波のまわりに分布し、規則波の値<sup>2)</sup>とほぼ等しいことが認められる。したがって、不規則波の  $C_{MX}$  は、平均的には規則波の値とほぼ等しいことになる。ここでは図示しないが、 $C_{MZ}$  についても同様の結果が得られた。

$C_{DX}$  と K.C. 数の関係を図-3に示す。規則波の抗力係数は、 $h/gT^2$  によって変化する<sup>2)</sup>。不規則波の  $C_{DX}$  も  $h/gT^2$  の大きい方が小さくなる傾向が認められるが、規則波ほど顕著ではなく、不規則波の抗力係数は、同じ  $h/gT^2$  に対する規則波の値に比べて大きい。この原因としては、本研究では、流速の代表値を  $\sqrt{2}u_{rms}$  としており、そのため K.C. 数を過小評価している可能性があること、また、波別解析波ごとに異なる周期を平均周期で評価していることが考えられる。同様の結果が、 $C_{DZ}$  に対しても認められた。

図-4は、上述の波力係数を使って計算された波力の時間波形から求めた極大波力の1/10最大値、1/3最大値と平均値を実測の値と比較した結果を示したものである。同図から、計算値と実測値の間には最大で10%強の差異が認められる。そして、 $F_x$  の計算値は実測値を過大評価する傾向があり、 $F_z$  の計算値は特に1/10最大値など波力の大きい値を過小評価する傾向が認められる。これは、ここでは図示していないが、計算波力と実測波力の時間波形の間に若干の差があるためである。すなわち、波別解析波毎に異なると考えられる波力係数を一定の値で与えたために差が生じたものと考えられる。この計算値と実測値の差異について検討を加えた結果、両者の差は、図-5に示されるように、おもに K.C. 数によって支配されることが判明した。図-5の破線は本実験の範囲に対する平均値を結んだものであるが、同破線に示されるように、K.C. 数が約5以上になると、計算値と実測値の差は大きくなる。これは、K.C. 数が大きくなり、抗力の波力に占める割合が大きくなると、抗力係数を一定値で近似することによる影響が無視できなくなるためであると考えられる。しかし、図-5に示される曲線によって、計算値が過大評価、過小評価する割合は予測できるため、計算波力の時間波形から、不規則波の極大波力の1/10最大値などの統計量を精度よく推算することができるというよう。

5. 結言： 本論では、没水球体に作用する不規則波の波力の予測手法について検討を加えてきた。そして、図-5に示されるような補正曲線を使うことにより、全ての波別解析波の波力係数を等しいと仮定しても極大波力の1/3最大値などの統計量を予測できることを指摘した。今後、不規則波の波力についてさらに詳細に検討を加えていく所存である。

参考文献 1)Iwata et al., Coastal Eng. Japan, 1987. 2)岩田・水谷, 土木学会論文集（印刷中）

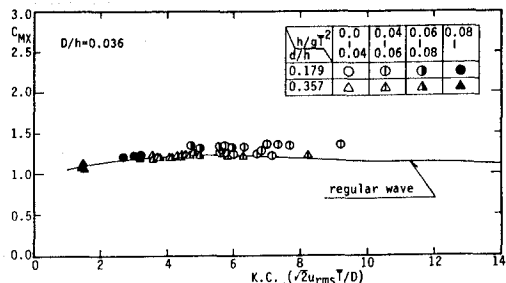


図-3  $C_{MX}$  と K.C. 数の関係

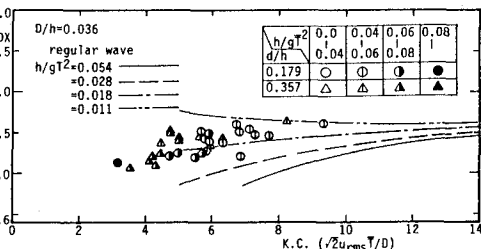


図-4  $C_{DX}$  と K.C. 数の関係

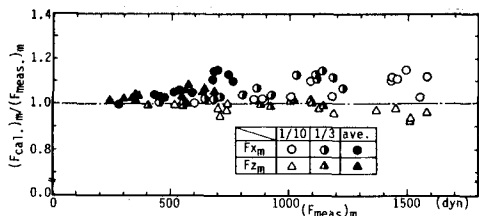


図-5 計算波力と実測波力の極大値の比較

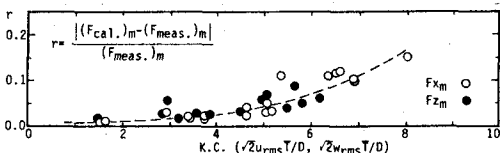


図-6 計算波力と実測波力の差と K.C. 数の関係