

球体に作用する不規則波力の二、三の特性

名古屋大学工学部 正員 岩田 耕一朗 学生員 越 天 哲
名古屋大学大学院 学生員 葛西 信三 学生員 水谷 法美

1. はじめに; 不規則波による作用波力の特性を明らかにすることは、海洋構造物の設計に際して極めて重要である。本報では、室内水理実験を行ない、球体に作用する不規則波力の特性について考察を加え、その一部を発表する。

2. 水理実験; 実験は、名古屋大学工学部工不工学教室の室内鋼製二次元波水槽(25m×0.9m×0.8m)で行われ、水深は56cmであり、発生波は Bretschneider 型スペクトルを期待スペクトルとする二種類の不規則波である。発生波の諸量は、CASE-1 波 $H_b=3.3$ cm, $T_b=0.92$ 秒, CASE-2 波 $H_b=3.78$ cm, $T_b=1.06$ 秒であり、二種類の不規則波に対し、水位および水平方向、鉛直方向の流速(u, w)、波力(F_x, F_z)と同時に計測した。計測時間は、各ケースとも約2分間である。なお、流速、波力は静水面下20cmの地点で計測された。波力の計測に使用した球は、直径2.5cmの合製樹脂製であり、Cantileverにより、モーメントから力を逆算した。また、流速は Cantilever 型流速計で計測した。

3. 解析方法; 実験により得られた水位、流速、波力の時間波形を、すべて2 sampling time $\Delta t=0.05$ 秒で離散化し、統計諸量の計算、流体力係数などの計算を行い、波力の計算に必要な加速度、流速の各成分波に時間微分に相当する微分係数演算数を用い、合成する方法で求めた。流体力係数は、実験流速と加速度から求めた計算波力の波形 μ 、実験波力の時間波形に最もよく合うように求める手法(method 1)と、実験流速と加速度のスペクトルから求めた計算波力のスペクトル μ 、実験波力のスペクトルに最もよく合うように求める手法(method 2)の二通りの方法に対し、最小自乗法により、2決定された。波力の計算は Morison 型の式(1)と(2)で行った。

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

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

ここに、 C_{Dx} , C_{Dz} は抗力係数、 C_{Mx} , C_{Mz} は慣性力係数で、 ρ は水の密度、 D は球の直径である。

4. 実験結果及び考察; (1) 極下波力の確率分布: 水位変動が1/2ウ分布に従い、2のスペクトルが狭帯域スペクトルと仮定できるならば、波高 H の確率分布は、Rayleigh 分布となる。このとき、直立円柱に作用する波力は、慣性力の支配的であり、波動場が微小振幅波で表現できる場合は、円柱に作用する極下波力の確率分布も Rayleigh 分布と仮定すること μ 導かれる μ 。球体に作用する波力に際しても同様に極下波力 μ Rayleigh

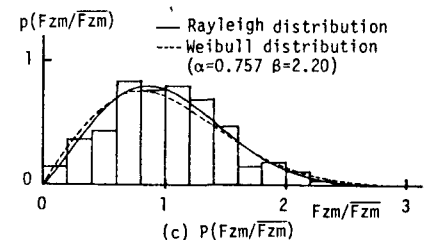
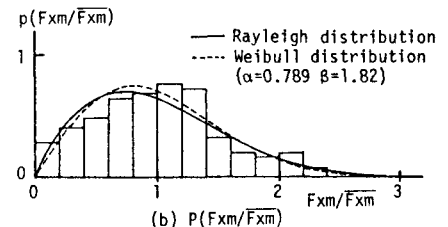
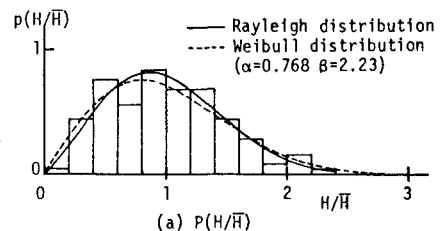


図-1 波高、極下波力の確率分布(CASE-2)

分布となることと導かれる。本実験で得られた波高および水平、鉛直方向の極大波力の確率分布を図1(a),(b)に示す。図1(a)より、波高はほぼRayleigh分布していいとみなせる。このとき、 F_x , F_z の極大値の確率密度は、図1(b),(c)よりRayleigh分布に近い。このことは、前述の仮定の一つにあり、Eのように、作用波力のうち慣性力が支配的であり、Eを意味するものである。実際に、後述する流体力係数を用いて、慣性力と抗力のEを求めると、慣性力が抗力の約倍程度の下まきであることが認められる。

(2)流体力係数：本実験で得られた流体力係数を表-1に示す。実験種目がいろいろあり、満足のかく模倣を助えることはできないが、流体力係数は、スペクトルから求められたE方向の値 C_{Dz} , C_{Mz} と下まき差が認められる。また、慣性力係数は、ポテンシャル理論の値1.5より若干小さいが、その他の値は、平均波に相当する規則波の値に近いこと、別に行、E規則波の実験結果より認められる。(表-1参照)

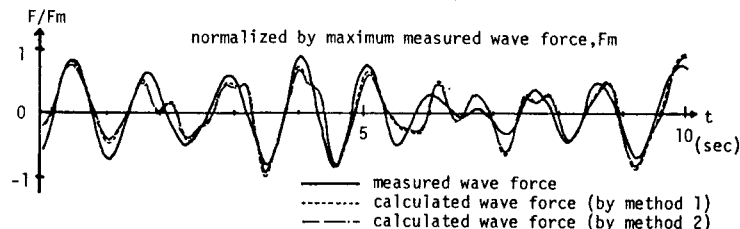
(3)波力時間波形：図-2に実験および計算波力の時間波形の一例を示す。この手法で求められた計算波力は、ほとんど同じであり、またこれらは、実験波力をかなり再現しているものとみなすことができる。このことは、前述の流体力係数の結果と合致を考えると、平均波に対する流体力係数を用いて、不規則波に対する波力と、かなり正確に予測できることを示しているといえる。Eに、 F_x については、 F_x も十分に波形を表現できず、今後更に検討する必要がある。

表-1 流体力係数

	CASE 1				CASE 2			
	method 1	method 2	regular wave	H1/3	method 1	method 2	regular wave	H1/3
C_{DX}	3.53	4.49	2.5	4.0	2.80	2.73	1.5	2.7
C_{DZ}	5.21	7.13	0.8	1.5	4.59	2.88	0.5	0.9
C_{MX}	1.14	0.97	1.4	1.6	1.11	1.22	1.3	1.5
C_{MZ}	0.98	0.26	1.4	1.5	1.04	2.03	1.3	1.4

討する必要がある。

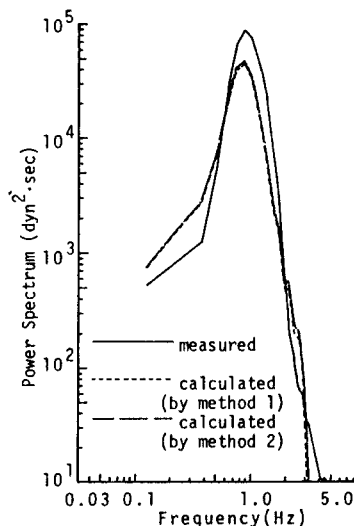
(4)波力スペクトル：図-3は、波力スペクトルの一例を示したものである。スペクトルの計算は、B-T法と自由度50、最大ウエ

図-2 波力の時間波形例 (CASE-2 F_x)

の時間波形と同様、この計算手法に対する計算波力のスペクトルの形状の差異はほとんどない。しかし、両者はともに、ピーク周波数付近で、実験波力のスペクトルの値よりかなり小さい。逆に、低周波数側では下まきなる傾向にある。この傾向は、特に F_z で顕著である。この図と12、流体力係数E一つの定数と12求めEに求めたことが考えられる。したがって、より精度高く波力を推算するEめには、各成分波に対する流体力係数を使用することの必要性が考えられる。

5. あとがき：以上、球体に作用する不規則波力の特性について述べた下で、今後、更に精度の高い波力の推算方法について検討すると同時に、水位変動から波力を推算する方法についても検討を加えていく所存である。

参考文献 リ Borgman, L. E. ASCE, Vol. 91, No. WW3, 1965, PP. 65-90

図-3 波力スペクトル例 (CASE-2 F_x)