

II-325

小口径円柱に作用する多方向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 ○ 水谷 法美
 名古屋大学工学部 正会員 富田 孝史
 名古屋大学工学部 正会員 岩田好一朗
 東洋建設技術研究所 正会員 倉田 克彦

1. 緒言： 小口径円柱に作用する波力はこれまで一方向波を対象に数多くの研究が行われてきた。しかし、実海域の波は多方向不規則波であり、多方向不規則波による波力の特性を明らかにしておくことが必要不可欠である。多方向不規則波の波力については、一方向不規則波の波力より小さくなることが報告されている¹⁾が、その機構についてはよくわかっておらず、特に抗力係数や慣性力係数の特性はほとんど論議されていないのが現状である。本研究では、水理実験を行い、多方向不規則波による波力の計測を行い、波力の極値や波力係数について検討を加えるものである。

2. 水理実験： 実験を東洋建設鳴尾研究所の平面水槽を使って行った。静水深 h は50cmとした。円柱は直径 $D=8$ cmのものを使用し、円柱にとりつけた三分力計により造波板に平行な x 方向と直角な y 方向の全波力 F_x と F_y を計測した。また、円柱を設置しない状態で円柱位置での水位変動 η と静水面下12.5, 25, 37.5cmにおける x 方向と y 方向の流速 u と v を計測した。いずれの場合も水位計4本を直線配置した水位計アレーと流速計による水位と流速の計測も行っている。実験波の有義波周期 $T_{1/3}$ を3種類（1.0, 1.4, 2.0s）、有義波高 $H_{1/3}$ を3種類（8, 10, 12cm）変化させ、さらに S_{max} を10, 25, 75, 999の4種類変化させた。造波方法はシングルサマメーション法を使用した。なお、 $T_{1/3}=1.0$ sの場合は $H_{1/3}=12$ cmの代わりに6cmの波を生起させた。データレコーダーに記録した約4分間の時間変化を50HzでAD変換し、解析に使用した。

3. 極大波力の特性： 図-1に例示するように、 $1/3$ 最大波力は波高の変化にかかわらずほぼ一定であり、波高と波力の間に線形関係が認められる。すなわち、本実験では慣性力が卓越波力成分であることを示す。図-2に $1/3$ 最大波力と S_{max} の関係を例示する。 y 方向の波力は S_{max} が大きくなるほど増大する傾向がある。すなわち、主波向きに成分波の進行方向が集中するほどその方向の波力は増大する。一方、 x 方向の波力は逆に S_{max} の増加とともに減少する。これは既述したように、本実験の範囲では慣性力が卓越しており、成分波による直方向力が揚力に比べて大きいこと、波の方向性が集中するほど x 方向の波力成分が小さくなるためである。したがって、紙面の都合上図示しないが、合力も方向集中度が高くなるほど極値は大きくなった。なお、剥離渦の影響が大きく、抗力や揚力が大きい場合は別途検討が必要である。

4. 流速の時間変動の予測： 本研究では円柱に作用する全波力を対象としているため、波力係数の計算を行うためには任意水深での流速の時間変化を予測する必要がある。一方向不規則波の場合と異なり、多方向不規則波浪場に対する流速の予測手法は提案されていないため、本研究では最も簡単な微小振幅波理論に基づいて流速の時間変化を予測した。まず、水位計アレー中の水位変動と流速計の出力より、各成分波の振幅と初期位相、および波向きを求め、各成分波の水位変動に微小振幅波

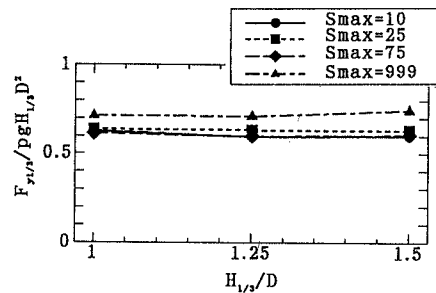


図1 波高にともなう波力の変化

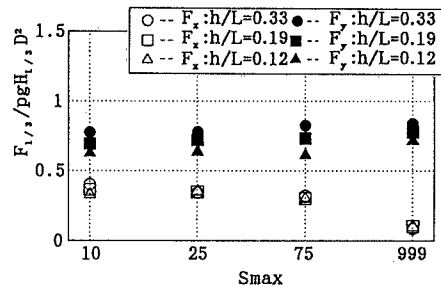


図2 波力に及ぼす方向集中度の影響

理論の伝達関数をかけ、最終的にこれらを重ね合わせて流速の時間波形を求めた。図3,4に例示するように、一般にy方向の流速成分 v の計算値は計測値に近く、本手法の妥当性がうかがえる。しかし、x方向成分 u については、振幅のみならず位相のずれも大きく、さらに精度良い予測手法の開発が必要である。

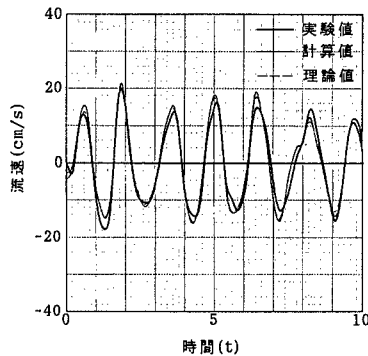


図3 y方向流速の比較例

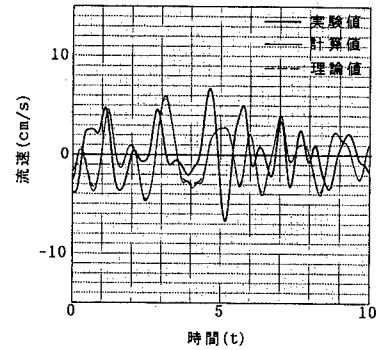


図4 x方向流速の比較例

5. 波力係数の特性： x方向の流速の予測手法に問題は残されているが、直角方向の流速の時間変化はかなり精度よく予測可能となった。そこで、式(1), (2)に示すモリソン式を使って波力係数の計算を行った。

$$F_x = C_{DX} \frac{\rho D}{2} \int_{-h}^{\eta} u |u| dz + C_{MX} \frac{\rho \pi D^2}{4} \int_{-h}^{\eta} \dot{u} dz \quad (1) \quad F_y = C_{DY} \frac{\rho D}{2} \int_{-h}^{\eta} v |v| dz + C_{MY} \frac{\rho \pi D^2}{4} \int_{-h}^{\eta} \dot{v} dz \quad (2)$$

ここに、 C_{DX} と C_{DY} は抗力係数、 C_{MX} と C_{MY} は慣性力係数、 ρ は水の密度、上付ドットは時間による微分である。なお、実際の計算では積分の上限を静水面で近似し、最小自乗法により計算を行った。計算結果を図5と図6に示す。y方向波力の係数のうち C_{MY} は従来円柱に対する値として使用されている2.0に近い。 C_{DY} は、負の値も含め、ばらつきは大きい。これは本実験の範囲では慣性力が卓越しており、係数の算定の際の誤差が抗力係数に相対的に大きく含まれることによると考えられる。しかし、抗力係数のばらつきが計算波力に及ぼす影響は小さく、波力の計算波形と計測値との対応はよい(図7参照)。一方、図示しないが、x方向波力の係数は C_{MX} 、 C_{DX} ともに変動は大きく、慣性力が卓越しているにもかかわらず C_{MX} の有意な傾向は認められなかった。これはx方向の流速の推定精度が悪いためであり、今後の検討事項である。

7. 結言： 本研究では小口径円柱に作用する多方向不規則波の波力について検討を加えた。そして、造波板直角方向の慣性力係数は2.0に近いこと、慣性力が卓越するような場合には多方向不規則波の波力は一方向不規則波の波力より小さくなることを確認した。今後、抗力が卓越するような場合の波力の特性も含め、更に検討を加えていく所存である。最後に、実験・解析に協力を賜った名古屋大学大学院の高柳伸治君と松本真一君に感謝の意を表す。

〈参考文献〉1) 平石ら(1994), 海岸工学論文集, 第41巻, pp.836-840.

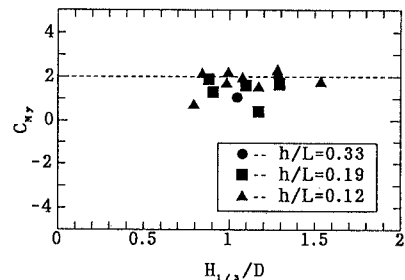


図5 慣性力係数の特性(y方向)

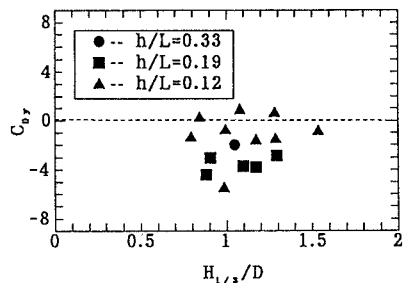


図6 抗力係数の特性(y方向)

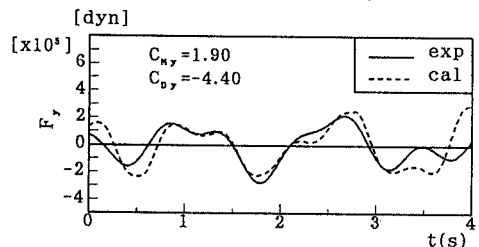


図7 波力の計算値と実験値の比較例