

没水球体に作用する波力に及ぼすBottom Proximityに関する実験的研究

名古屋大学 正 岩田 好一朗 正 水谷 法美
学○川角 伸彦 学 原 基久

1. 緒言: 底面近傍に設置された球体に作用する鉛直方向の波力の波力算定には、Morison式が使用できないことが指摘されている¹⁾。これは、底面付近では、抗力・慣性力と発生機構が異なる波力が卓越するためであるが、この波力の発生機構の詳細については未解明である。本研究は底面近傍に置かれた没水球体に作用する鉛直方向波力の特性について水理実験を行い、検討を加えたので、その結果について報告する。

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(25m×0.7m×0.95m)で行われた。静水深(h)は、70cmで一定とし、入射波の周期を4種類(1.15、1.5、2.0、2.5秒)、波高(H)を3種類(8~15cm)変化させ、各々の波に対して、球の直径(D)を3種類(0.95、2.5、6.35cm)、底面と球の中心の間の距離(d)を球径に応じ1.5cmから14.2cmの間で10種類変化させた。実験ケースは、全部で315となった。これらの全てのケースで、水位変動(η)、水平、鉛直方向の流速(u, w)と鉛直方向の波力(F_z)を測定した。なお、流速を電磁流速計で、波力をcantilever型波力計で、水位変動を電気容量式水位計で測定した。

3. 解析方法: 計測された水位変動、流速、波力をすべてサンプリングタイム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。さらに、波力の振幅スペクトルをデータ数512個によるFFT法により計算した。

4. 実験結果及び考察: 底面近傍の球体に作用する鉛直方向波力は、基本周波数よりも高次の周波成分波力が大きくなる。この高周波数成分の波力が卓越する原因として、球の下側と上側の流速が非対称になることに起因するポテンシャル的な波力成分が支配的になること、そして、底面近傍では、水平方向の水粒子の運動が鉛直方向に比べ卓越するため、x方向の水粒子の運動による揚力の影響が顕著になるという非ポテンシャル的な力に起因するものの二つが挙げられる。前者の波力が支配的であると考えられる波力の時間波形を図-1に示す。図-1に示されるように、この波力は、乱れがほとんどなく規則的な波形であることが特徴であり、 $D/h=0.091$ の場合に多く観測された。これに対して、後者の波力が支配的である波力の時間波形は、図-2に示されるように、高周波数成分が多く含まれ、若干不規則である。このタイプの波力は、 $D/h=0.036$ 、 0.014 でK.C.数が大きい場合に数多く観測された。

前者の波力は、鉛直下向きに2倍周波数成分波力と直流成分の波力が作用することになるが、この波力の直流成分と2倍周波数成分の振幅について実験値と計算値の比較した結果をそれぞれ図-3、4に示す。図-3は、 $D/h=0.091$ に対する波力の直流成分の大きさ F_0 と振動成分の振幅 F_M の比 F_0/F_M と d/D の関係を示したものであり、図中の実線は、底面近傍に球がおかれた場合に球体に作用する流体力をポテンシャル理論で計算した値²⁾である。図-3より、実験値はばらつきが、大きいものの、 d/D の値が約1.0よりも大きい範囲では、ほぼ一定値をとり、 d/D が1.0よりも小さくなると急激に F_0/F_M の値は負の向きに大きくなること、また、同じ d/D に対しては、周期が長いほど(h/gT^2 が小さいほど)、 F_0/F_M の負の値が、大きくなる傾向のあることが認められる。これらの傾向は計算値と非常によく一致している。つぎに、 $0.064 < d/h < 0.086$ に対する波力の2倍周波数成分の振幅 F_2 と F_M の比 F_2/F_M と d/D の関係を図-4に示す。図中の実線は図-3と同様にポテンシャル理論から計算した値¹⁾である。実験値には、ばらつきがあるものの、 d/D の値が1.0よりも小さくなると F_2/F_M の値は大きくなること、また、同じ d/D に対しては、周期が長い方が F_2/F_M の値が大きくなることなど、ポテンシャル理論による計算値と定性的にはよく一致していることが認められる。図-4には、 d/D が1.0から2.0の間の周期が長いものに対する F_2/F_M の値に、大きいものが認められるが、これらの値はすべてK.C.数の値が大きく、渦の剥離のあるものであり、そのため F_2/F_M の値が大きくなったと考えられる。これらの値を除けば、図-3、図-4より、 $D/h=0.091$ で d/D が1.0以下の場合のz方向波力には、底面の接近による球の上下の流速の非対称性に

よる波力が大きく影響を及ぼしているといえる。

図-2に示される波力は、図-1に示される波力と異なり、2倍周波数成分波力以外に、さらに高次の周波数成分波力が含まれているのが特徴である。この高次周波数成分波力は、渦の吐き出しに伴う圧力の非対称性が規則的でないために発生すると考えられる。波力の振幅スペクトルから計算される、基本、2倍、3倍周波数成分の無次元振幅(F_1, F_2, F_3)と、K.C.数の関係を図-5に示す。図-5に示される基本周波数成分の波力は、底面の影響のない領域での無次元最大波力の特性と同様の傾向³⁾を示している。2倍、3倍周波数成分の波力は、それぞれK.C.数の値が、約5、10で極大値をとっているが、その値は、基本周波数成分の値とほぼ同等の値をとっており、無視できない大きさである。K.C.数が5、10付近で、2倍、3倍周波数成分の波力が極大値をとる原因は、球体周りの流況が変化するためであり、2倍周波数成分が極大値となるK.C.数の値は、剥離が始まる値に近く、3倍周波数成分が極大値となるK.C.数の値は、後流域が後方にのびるK.C.数の値に近い³⁾ことが確認された。したがって、高周波数成分の波力を定量的に評価するためには、後流渦の特性を定量的に明らかにする必要がある。

5. 結言： 以上、没水球体に作用する波力に及ぼすBottom Proximityの影響について検討を加えた。その結果、 $D/h=0.091$ の場合は、 d/D が1.0以下になると、流速の非対称性に伴うポテンシャル的な2倍周波数成分波力の影響が大きくなること、また、 D/h が小さくなると、K.C.数の増大にともない、水平方向の水粒子の運動による揚力の影響による2倍、3倍周波数成分が顕著になることが明らかとなった。今後さらに、これらの波力を定量的に評価していく必要がある。

参考文献：1) 岩田・他、第34回海講論文集、pp.601-605、1987。 2) 鈴木、名古屋大学卒業論文(1987)

3) 岩田・水谷、土木学会論文集(投稿中)

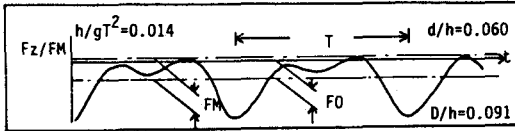


図1 波力時間波形の例

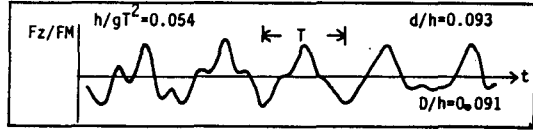


図2 波力時間波形の例

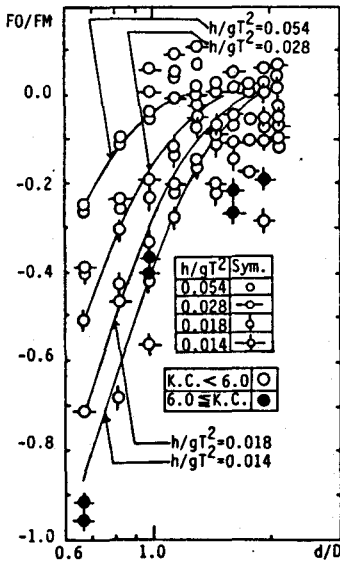


図3 F_0/F_M と d/D の関係

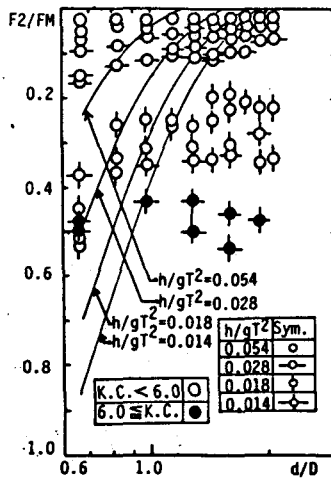


図4 F_2/F_M と d/D の関係

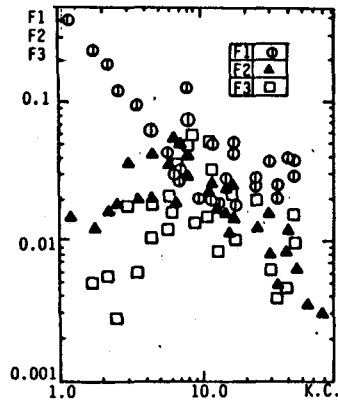


図5 無次元振幅とK.C.数の関係