

没水球体に作用する回折波力に関する実験的研究

名古屋大学工学部 正会員 水谷法美
 名古屋大学工学部 学生員 ○松岡滋治
 名古屋大学工学部 正会員 岩田好一朗

1. はじめに：

著者らは、球径が入射波長に比して大きく波の変形が無視できない場合に没水球体に作用する回折波力の特性について、数値解析結果に基づき検討を加えてきた¹⁾。その結果、球体に作用する回折波力は、球径、波の周期、球体の設置水深によって大きく変化することが明らかとなった。本研究は、球体に作用する回折波力の特性について、詳細な水理実験を行い、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室内平面水槽（30m x 10m x 0.6m）で行われた。静水深(h)をh=41cmで一定に保ち、球体の設置水深(d)を球径に応じてd=0.50h、0.39h、0.29h、0の4種類変化させた。入射波の周期(T)を0.5~1.7秒の間で6種類、波高(H)を周期に応じて4種類変化させた。本実験で使用した球体は、直径 D=37、30、20、12cmの4種類の球形ブイである。全165ケースの実験において、水位を電気容量式水位計により、x、z方向の流速(u、w)を電磁流速計により、波力(Fx、Fz)をCantilever型波力計により計測した。なお、xは波進行方向の水平軸、zは上向きを正とする鉛直軸である。

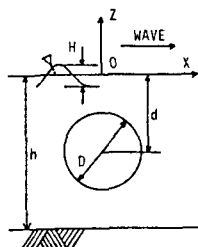


図-1 座標系

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。本論では、無次元最大波力の特性を中心に、線形理論に基づくわきだし分布法²⁾（以下SDMと略す）による数値解析結果と比較を行いながら、ka（球径波長比に相当、k：波数、a：球体の半径）、球径水深比D/h、相対設置水深d/h、波高水深比H/hなどの無次元量と関連づけて検討を加えた。

4. 結果と考察：

図-2と図-3は、それぞれ d/h=0.5、D/h=0.732に対するx、z方向の無次元最大波力と ka の関係を、H/h をパラメータとして示したものである。図中の実線は、SDMによる数値解析結果である。なおρは水の密度、gは重力加速度である。両図より、実験値は概略計算値に近いことが認められる。しかし、H/hが小さい場合に比べて、H/hが大きくなるほどSDMの結果に比べて大きくなる傾向がある。これは、SDMが線形理論に基づく計算であるのに対し、実験値は、H/hが大きくなる程波の有振幅性の影響が大きくなるためであると考えられる。また、同一のH/hに対してkaが大きい範囲（図ではka=1.5の付近）では、SDMとの一致度は若干悪くなる。これは、kaが大きくなることは、両図では波形勾配が大きくなることになり、kaが大きい方が有振幅性の影響が大きくなるためであると考えられる。なお、図-2と図-3を比較すると、z方向の無次元最大波力の方が、x方向の値より全体的に実験値と計算値の対応は良好である。これより、波の非線形性の影響は、x方向に比べて、z方向波力の方が小さいことが指摘できよう。

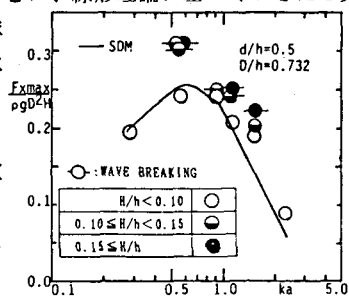


図-2 X方向無次元最大波力とkaの関係

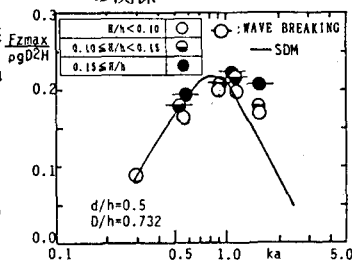


図-3 Z方向無次元最大波力とkaの関係

図-4と図-5は図-2、図-3と同様の図を $d/h=0.5$ 、 $D/h=0.901$ の場合に對して示したものである。図-4より、 x 方向の無次元最大波力は、 $D/h=0.732$ と同様、計算値のまわりに分布し、 H/h が小さい場合にはその一致はよい。そして、 H/h が大きくなると、有限振幅性の影響のため計算値より大きくなる。しかし、図-5に示す z 方向の無次元最大波力は、 ka が約0.7の付近で H/h の増大とともに減少している。これは、波高が大きくなると、球体の頂部で砕波が生じ、 z 方向の波力が減少するためである。実験によると、 $D/h=0.901$ の場合、程度の差はあるものの大部分のケースで、球の頂部で砕波が生じることが確認された。したがって、砕波の生じない場合は、 z 方向無次元最大波力は、 H/h とともに増大するが、砕波が生じると減少すると言えそうである。

次に、静水面に置かれた半没水球体について検討する。図-6、図-7に、それぞれ $d/h=0.0$ 、 $D/h=0.732$ の場合の x 、 z 方向の無次元最大波力と ka の関係を示す。 x 方向の無次元最大波力の定性的な傾向は、完全没水球体の傾向と類似している。しかし、 z 方向の無次元最大波力は、 ka の増大とともに一様に減少する傾向がある。 x 、 z 両方向とも計算値と実験値との一致度はよい。ただし、 H/h が大きくなり波の有限振幅性の影響が大きくなると、実験値は計算値より大きくなる傾向が認められる。SDMでは、波力の計算の際に水位変化の効果を考慮していないため、完全没水球体に比べて H/h の効果は大きくなることが予想されたが、図-2と図-6、あるいは図-3と図-7を比較するとわかるように、完全没水と半没水の場合に無次元最大波力に及ぼす H/h の効果に明瞭な差はないようである。

5. 結言：

以上、回折波力の特性について無次元最大波力を中心に、実験結果とSDMによる数値解析結果との比較を行いながら議論してきた。その結果、無次元最大波力は、 H/h が大きくなるほどSDMによる結果を上回る傾向があること、 D/h の影響が z 方向の波力により強く出ること、球の頂部で砕波があるときは、 z 方向の無次元最大波力は波高の増大とともに減少することが明らかになった。本論では、紙面の都合上、付加質量係数、波の変形特性などに関する議論はできなかったが、これらについては、稿を改めて発表する予定である。

参考文献

- 1) 岩田・水谷・都築、土木学会論文集、第411号/II-12、pp.187-196、1989.
- 2) 中村・Hudspeth、愛媛大学工学部紀要、第三部、第9巻、第4号、pp.375-398、1981.

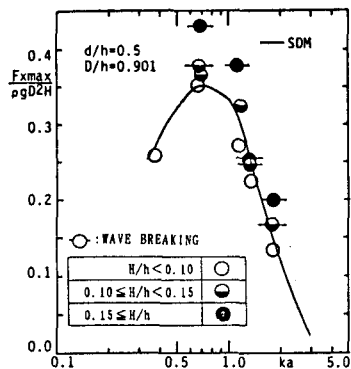


図-4 x 方向無次元最大波力と ka の関係

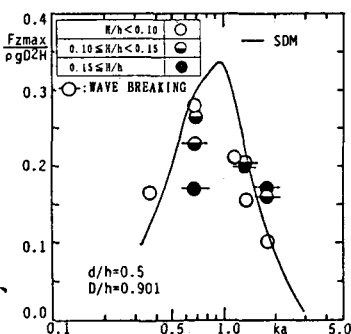


図-5 z 方向無次元最大波力と ka の関係

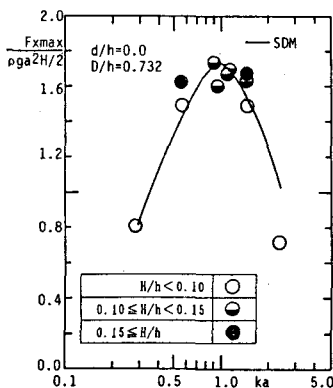


図-6 x 方向無次元最大波力と ka の関係

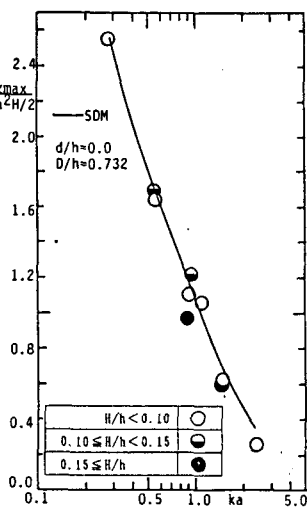


図-7 z 方向無次元最大波力と ka の関係