

II-503 半球型底設魚礁に作用する鉛直方向波力に関する考察

西松建設株式会社 正会員○西田秀紀
西松建設株式会社 正会員 多田彰秀
西松建設株式会社 正会員 水野 晋
西松建設株式会社 正会員 西平福宏

1. まえがき； 著者らは、構造的にも水理学的にも優れ、網がかりも少ない無孔の半球型底設魚礁（以降、無孔半球体と呼ぶ）を提案し、これに作用する波力特性について既に明らかにしている¹⁾。特に、鉛直方向波力の最大値（ F_{zm} ）については、波進行方向波力の最大値（ F_{xm} ）の2～10倍と予想以上に卓越する結果となった。今後、半球型底設魚礁の構造設計や安定計算などを行う上で、その原因を明らかにしておくことは必要不可欠である。したがって、本報では無孔半球体に関する水理模型実験を再度行い、鉛直方向波力について考察を加えている。さらに、鉛直方向波力の軽減を目的とし、図-1に示すような有孔の半球型底設魚礁（以降、有孔半球体と呼ぶ）を対象とした水理実験も実施して、孔径と鉛直方向波力との関係についても検討している。

2. 水理実験の概要； 実験は、弊社技術研究所の二次元水槽（長さ85m×幅1m×高さ1.6m）を用いて行った。実験条件は、表-1に示すように有孔半球体（球径 $D=20\text{cm}$ ）の孔径 e を5種類、静水深 h を3種類、規則波の周期 T を5種類、波高 H を3種類変化させた。さらに、図-2に示すような座標系が用いられ、それぞれの実験ケースに対し、半球体上方の水位変動（ η ）および有孔半球体に作用する波力（ F_x , F_y , F_z ）が計測された。なお、表-1中の $e/D=0$ の場合が無孔半球体に相当する。また、ここで採用した波力検出装置は、水圧補償型3分力検出器のセンサー部にプラスチック製の有孔半球体を取り付けたものである。

3. 解析方法； 先ず、実験より得られた η および波力の時間的変化の波形をサンプリング間隔0.01秒で離散化した。ついで、 η についてはゼロアップクロス法を用いて統計解析を行い、有孔半球体上方での平均波高（ H_a ）並びに平均周期（ T_a ）を算出した。また、有孔半球体頂上での x 方向の水粒子速度（ u ）は、 H_a , T_a , h をストークスの第3近似解に代入し理論的に求めた。なお、水粒子速度および波力の最大値（以降、添字 m で表す）については、それぞれの時間的変化の波形より求まる最大振幅で定義した。さらに、鉛直方向の波力 F_z については、次式に示すような揚力の算定式を採用した²⁾。

$$F_{zm} = \rho \pi C_L D^2 u_m^2 / 16 \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 ρ :水の密度、 C_L :揚力係数である。

4. 実験結果および考察；

(1) 無孔半球体における F_{zm}/F_{xm} ： 無孔半球体（ $e/D=0$ ）に作用する鉛直方向波力の再実験に際して、3分力検出器を固定しているマウンド下部での流況を可視化実験より調査した。その結果、水路横断方向に複雑な流れの存在が確認され、それがマウンド下部での圧力低下を引き起こしたものと推測される。なお、圧力低下については水槽部とマウンド下部での圧力同時計測より定量的にも確認された。このため、このような流れの影響が3分力検出器に及ばないように3分力検出器固定部の改良を行い再実験を実施した。その結果、 F_{zm}/F_{xm} の値はK.C.数に関係なく0.2～0.4となり、前回より小さい値となった（図-3参照）。さらに、 h/gT^2 の増加とともに F_{zm}/F_{xm} の値が大きくなることも確認される。これは、 h/gT^2 の増大に伴い鉛直方向の水粒子運動が卓越し、 F_{zm} が大きくなったためと解釈される。なお、水谷³⁾の没水球体に作用する揚力特性の研究においても同様な傾向が指摘されており、ほぼ妥当な結果が得られたものと判断される。

(2) 孔径比 e/D と F_{zm}/F_{xm} の関係： 図-4および図-5は、それぞれ $e/D=0.15$ および $e/D=0.30$ に対応する F_{zm}/F_{xm} とK.C.数の関係を示したものである。これらの図より、 F_{zm}/F_{xm} の値は孔径比 e/D の増大とともに

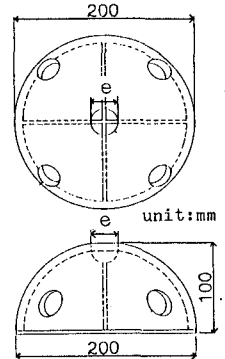


図-1 有孔半球体模型

h/D	4, 3, 2
e/D	0.3, 0.25, 0.2, 0.15, 0
h/gT^2	0.057 ~ 0.005
$u_m T/D$	3.670 ~ 0.680

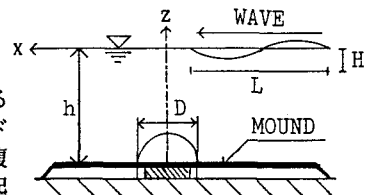


図-2 座標系

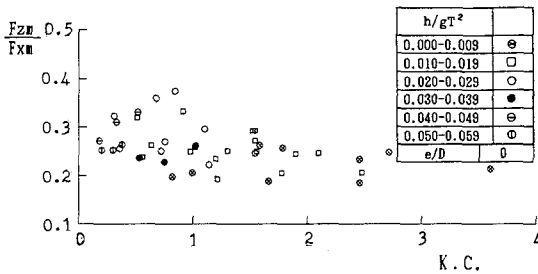


図-3 F_{zn}/F_{xm} と K.C. 数の関係
($e/D=0$)

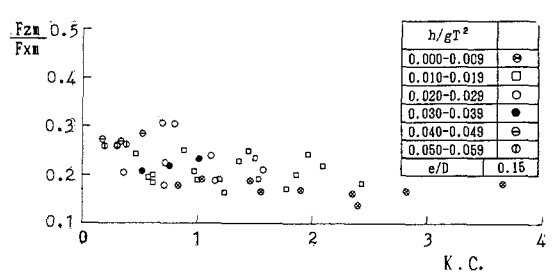


図-4 F_{zn}/F_{xm} と K.C. 数の関係
($e/D=0.15$)

平均的に減少していることがわかる。一方、無孔半球体($e/D=0$) および最大孔径6cmの有孔半球体($e/D=0.3$) における x 方向の無次元最大波力 F_{xn}^* ($=F_{xm}/\rho U_m^2 D^2$) と K.C. 数($=U_m T/D$) との関係を図-6 に示す。この図より、有孔半球体における F_{xn}^* の特性は、無孔半球体のそれと比較し定性的にも、定量的にもほとんど変わらないことが確認される。このことは、有孔半球体の内部に隔壁板が設けられているためと考えられる。以上を総合すれば、上述した F_{zn}/F_{xm} 値の減少は、孔径の増大によって有孔半球体に作用する鉛直方向波力が軽減されることを意味している。

(3) 有孔半球体の揚力係数 C_L : 無孔半球体($e/D=0$) 並びに有孔半球体($e/D=0.3$) に作用する鉛直方向の最大波力 F_{zn} と (1) 式を用いて算出される揚力係数 C_L を図-7 に示す。 $e/D=0.3$ の場合の C_L は、 $e/D=0$ の場合の C_L と比べて若干小さくなる傾向があるものの、両者とも K.C. 数の増加に伴いほぼ -1 乗で減少していることがわかる。したがって、魚礁の安定計算並びに構造設計上で必要となる有孔半球体に作用する鉛直方向波力に関しては、無孔半球体の揚力係数 C_L を用いて算定しても工學上ほとんど問題がないものと判断される。

5. あとがき : 以上のよう、水理模型実験結果に基づき、波動場に設置された無孔および有孔半球体に作用する鉛直方向の波力特性について検討を加えた。その結果、孔の有無に係わらず鉛直方向波力の最大値 (F_{zn}) は、波進行方向波力の最大値 (F_{xm}) のほぼ 0.4 倍以下となること、孔径の増大とともに鉛直方向波力が減少すること等が明らかとなった。今後は、複数個の有孔半球体の配置による上昇流あるいは滞留効果についても検討する予定である。

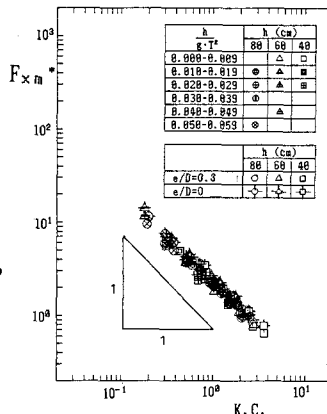


図-6 F_{xn}^* と K.C. 数の関係
($e/D=0$, $e/D=0.3$)

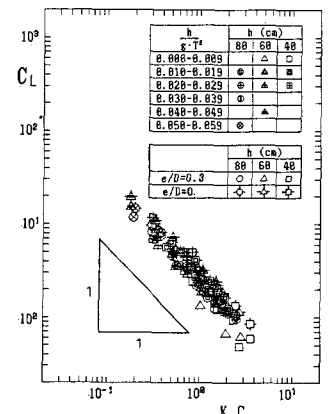


図-7 C_L と K.C. 数の関係
($e/D=0$, $e/D=0.3$)

《参考文献》

- 西平福宏, 水野 晋, 湊 康裕, 多田彰秀; 半球型底設魚礁の波力特性に関する実験的研究, 土木学会第46回年次学術講演会講演概要集, 第2部, pp. 916~917, 1991.
- 西平福宏, 松原雄平, 野田英明; 半球型底設魚礁の水理機能に関する研究, 海洋開発論文集, 土木学会, Vol. 5, pp. 251~255, 1989.
- 水谷法美; 没水球体に作用する波力の特性に関する基礎的研究, 名古屋大学博士論文, pp. 107~109, 1989.