

J-22

## ムーンプールを有するポンツーン型浮体の動揺特性に与える排水量の影響に関する研究

## A Study on the Effect of Drainage Volume on the Oscillatory Characteristics of Pontoon Type Floating Body with Moon Pool

○藤島健英<sup>1</sup>, 居駒知樹<sup>2</sup>, 相田康洋<sup>2</sup>\*Katsuhide Fujishima<sup>1</sup>, Tomoki Ikoma<sup>2</sup>, Yasuhiro Aida<sup>2</sup>

Abstract: In this study, the hydrodynamic force and heave characteristics of a pontoon type floating body with a moon pool and a general pontoon type floating body are examined by a calculation method based on linear potential theory with a constant water line area and varying the drainage volume. As a result, it is suggested that the floating body with moon pool reduces Heave motion at high frequency side, but at low frequency side, it is confirmed that the floating body with moon pool has larger motion than general pontoon type floating body with more than half of drainage volume.

## 1. 緒言

ムーンプールを設けたポンツーン型浮体の洋上風力発電施設は、2019年5月から北九州沖の響灘で実証実験中である。本実証実験で採用されているポンツーン型浮体は他の浮体基盤と比べ形状が簡素であることから、施工性もよく経済的である。そこでさらに浮体の軽量化検討をすることで、電コストの安価な発電施設を提案することができる。したがってムーンプールを有する浮体で水線面積を一定にし、排水量を変化させたときの浮体の流体力特性と運動応答特性を明らかにする。同時に一般的なポンツーン型浮体と同排水量の条件下で運動応答特性を比べムーンプールを設けることによって減衰効果が示唆されるかを確認した。

## 2. 理論計算

本研究では、居駒<sup>[1]</sup>が提案した振動水柱型波力発電装置の流体力解析法を適用した。本手法は、線形ポテンシャル理論に基づき、ムーンプール内部の自由表面を満足したグリーン関数を用いて境界積分方程式を解くグリーン関数法である。これより得られる波強制力、付加質量、造波減衰係数を求め、周波数領域の運動方程式に代入し浮体の運動応答を算出した。Table1とTable2に浮体諸元をFigure1に計算モデルを示す。

Table1. Specifications floating models (moonpool)

Model	1	2	3	4	5
排水量[kg]	26.0		19.5	13.0	6.5
長さ[m]	1.0 (0.7)				
幅[m]	0.7 (0.25)				
浮体深[m]	0.11				
喫水 [m]	0.38	0.76	0.58	0.38	0.19
moonpool 個数	なし	2			

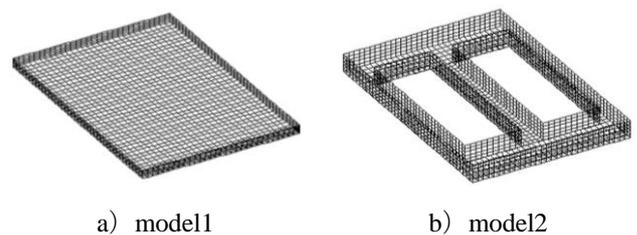


Figure1. Mesh division with calculation models

## 3. 結果および考察

流体力の結果を Figure2~4 に運動応答の結果を Figure5 に示す。縦軸は付加質量、造波減衰係数、波強制力、運動応答の無次元値に対して横軸は入射波の無次元円周波数で示す。またここでは  $\rho$  : 流体密度,  $g$  : 重力加速度,  $\omega$  : 入射波円周波数,  $V$  : 没水体積,  $a$  : 入射波振幅,  $L$  : 浮体長さ,  $B$  : 浮体幅,  $d$  : 喫水,  $k$  : 波数である。

Figure2a)b)の結果よりムーンプールを有する浮体である model2~model5 の付加質量が無次元円周波数 1.7~2.0 付近で急激な減少を確認した。特に Heave モードでは負の値を示した。これは円環状浮体の特徴であり、浮体の動きとムーンプールの水塊が逆位相になったためであると予想される。そしてそれは排水量が小さいほど顕著である。また無次元円周波数 2.5~2.8 付近で減少を示しているが、これはムーンプールのスロッシング固有周波数付近であるため、スロッシングが関係していると思われる。

Figure3a)b)の結果より Figure2a)b)で付加質量が急激な現象現象を確認された無次元円周波数帯で model2~model5 の造波減衰係数の値の増加が確認できる。この要因として、ムーンプール内の水塊の動きより発散波が大きくなり、結果として造波減衰係数の値が大きくなったと考えられる。そして排水量が小さいほど減衰力は大きくなることが確認された。また、Heave

モードにおいて無次元円周波数 2.0~2.5 付近では造波減衰係数の値がゼロに近い値を示していることから減衰効果は期待できないと予想される。

Figure4a)b)の結果より, Figure3 と Figure4 では似た傾向を示した。これは Haskins-Newman の関係より明らかである。特に Heave において一般的なポンツーン型浮体に比べて, ムーンプールを有する浮体の波強制力が小さいことから, Heave の運動低減が期待される。また model2~5 でゼロに近い造波減衰効果を示した無次元円周波数帯で波強制力はゼロに近い値を示している。したがってこの円周波数帯では減衰力は期待できなかったが, 波強制力が非常に小さいため浮体はほとんど揺れないことが予想される。

Figure5a)b)の結果より, 一般的なポンツーン型浮体とムーンプールを有する浮体の運動は似た傾向を示した。Heave において無次元周波数 1.8~2.3 付近でムーンプールを有する浮体の動揺低減が確認された。しかし, 低周波数側では model1 の排水量が半分以上のムーンプール付き浮体は, 一般的なポンツーン型浮体より運動が大きくなる結果が確認された。これはムーンプール内の水塊挙動と浮体運動が同位相になり結果的に共振してしまったと予想される。また, 無次元円周波数 2.3~3 付近で若干のピークが確認できる。これは浮体の固有周波数と入射波周波数の同調が原因であり, 浮体の排水量の変化に伴い高周波数側にシフトしている。Roll において低周波数側では一般的なポンツーン型浮体に比べて応答が減少しているがこれはムーンプール内の水塊挙動と浮体運動が逆位相になり結果的に運動が減少したものと考えられる。

#### 4. 結言

- 1) ムーンプールを有する浮体は特定の周波数で付加質量の急激な現象が確認でき, 特に Heave モードにおいては負の付加質量が確認できる。またそれは排水量が小さいほど顕著である。
- 2) 付加質量において急激な現象が確認された円周波数帯で造波減衰係数の増大が確認でき, それは排水量が小さいほど値は大きくなる。
- 3) Heave において一般的なポンツーン型浮体に比べてムーンプールを有するポンツーン型浮体は波強制力が小さくなる。
- 4) Heave において高周波数側では一般的なポンツーン型浮体に比べてムーンプールを有する浮体は運動応答低減が期待できる。
- 5) Heave において低周波数側では一般的なポンツーン型浮体に比べて半分以上の排水量を有する場合はむしろ運動が大きくなることを確認した。
- 6) Roll において低周波数側では一般的なポンツーン型浮体に比べてムーンプールを有する浮体の応答低減効果は期待できる。
- 7) Roll において高周波数側では一般的なポンツーン型浮体に比べてムーンプールを有する浮体の応答が増加傾向であるためビジルキールの設置など対策が必要である。

#### 5. 参考文献

[1] 居駒知樹, 増田光一, 林昌奎, 前田久明: 振動水中型波エネルギー吸収機構を考慮した 3 次元流体力の直接解法, 日本船舶工学会論文集, 第 12 号, 2011

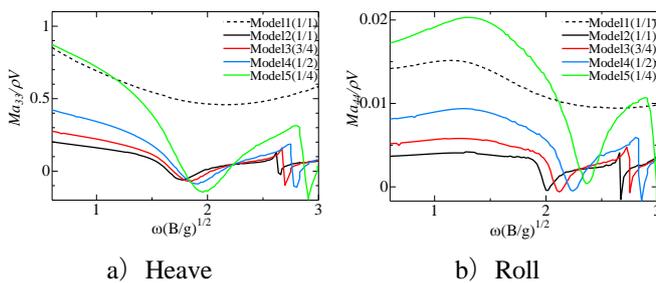


Figure2. Add mass

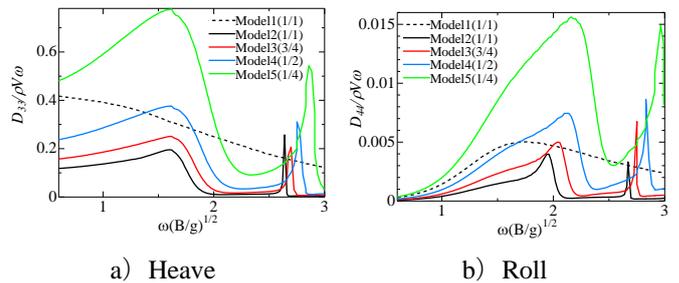


Figure3. Wave Making Damping Coefficient

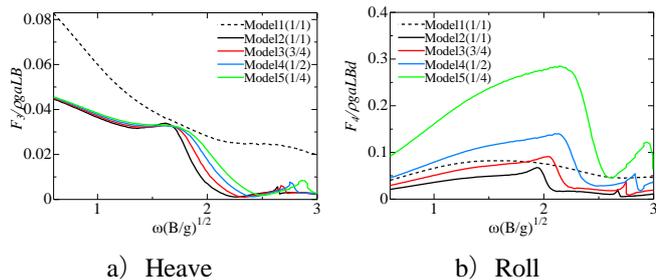


Figure4. Wave Exciting Force

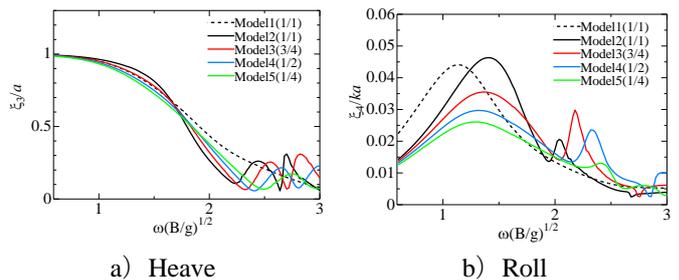


Figure5. RAO