

ポンツーン型浮体の動揺特性に与えるムーンプールの影響に関する研究
Study on Influence of Moon-pool on the Motion Characteristics of Pontoon-Based Floating

守津颯哉¹, 居駒知樹², 相田康洋², 増田光一²,

*Satsuya Moritsu¹, Tomoki Ikoma², Yasuhiro Aida², Koichi Masuda²

Abstract: An objective of this study was to investigate fundamental effects of a moonpool on motion responses of a floating system to be used for an offshore wind turbine system. After proving validity of a prediction method based on the linear potential theory, we conducted system calculations to investigate influence of moon pools to wave exciting forces, radiation forces, and motion responses of a floating body with four moon pools. In the calculations, we varied areas and draft of moon pools although the displacement of the model kept to be constant. As a result, it was confirmed the reduction effects on wave exciting forces and radiation dumping coefficients comparing with them of a conventional pontoon with same displacement. The effects were confirmed especially in relatively high frequency range and the reduction seemed as very wide wave-less condition.

1. 緒言

浮体式洋上風力発電の浮体基盤として期待が持たれているポンツーン型浮体は、セミサブ型やスパー型などの浮体基盤に比べ喫水を浅く建造できる利点を有しており、水深の浅い港内から沖合へ曳航して設置が可能なことからコスト面においても有利である。しかし、水線面積が大きいことで鉛直方向からの影響を受けやすいことから、ポンツーン浮体を沖合に設置した例は少ない。IDEOL[1]はポンツーンに Damping Pool (以下、ムーンプール) と呼ばれる開口部を設ける手法で沖合中での波浪中運動応答の減衰効果を期待した浮体基盤を提案しているが、この開口部を設けることで減衰効果が得られるか若干の疑問がある。

そこで本研究では、同排水量の浮体においてムーンプールの形状や喫水を変化させた複数のムーンプールで構成されたポンツーンの流体力および運動応答を理論計算により明らかにし、ムーンプールの有無による流体力特性と運動応答特性の違いを理論計算によって、ムーンプールによる動揺低減効果の検証を行った。

2. 計算手法

本研究では、ikoma ら[2]が提案した振動水柱型波力発電装置の流体力解析手法を適用した。本手法は線形ポテンシャル理論に基づき、自由表面等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。これより得られる付加質量・造波減衰係数・波強制力を周波数領域の運動方程式に代入し、浮体の運動応答を求めた。また、本研究で用いた浮体モデルの諸元を Table 1 に示す。また Figure 1 に理論計算で用いたポンツーン浮体のメッシュ分割図を示す。

Table 1. Principal Particulars of Calculation Models

	Pontoon		Pontoon with Moonpool	
	Model1	Model2	Model3	Model4
Hull				
Breath	400mm			
Length	900mm			
Draft	47mm	69mm	92mm	111mm
Displacement	16m ³			
Moon-pools				
Breath		100mm	150mm	150mm
Length		300mm	300mm	350mm

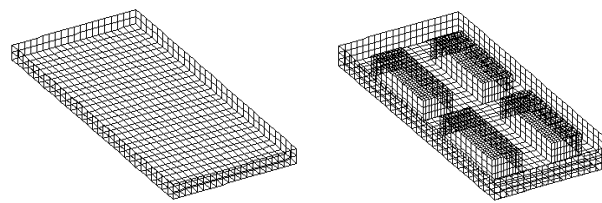


Figure 1. Mesh division with calculation models

3. 結果および考察

Figure 2 から Figure 4 に Heave の付加質量、造波減衰係数および波強制力の無次元値を無次元円周波数に対して示す。なおここでは、 ρ : 流体密度, g : 重力加速度, V : 没水体積, a : 入射波振幅, A : 水線面積である。

Figure 2 の結果では、ムーンプールを有する浮体の付加質量は一般的なポンツーン浮体のそれ比べ低い値を示した。また一部で急激な付加質量の減少が確認され、負の値を示した。この現象はムーンプール特有の現象と言える。Figure 3 の結果では、ムーンプールを有する浮体の造波減衰係数は一般的なポンツーンに比べ全体的に低い値を示した。しかし、付加質量が負になる範

1 : 日大理工・院 (前)・海建 2 : 日大理工・教員・海建

囲で値の増大が確認された。水塊が逆位相になることで浮体から生じる発散波が大きくなり、結果として造波減衰係数も増加したと考えられる。また、高周波数側では造波減衰係数が 0 に近い値となった。この範囲では造波減衰による運動応答低減効果は期待できない。Figure 4 の結果では、Figure 3 と同様の傾向が確認された。造波減衰係数と波強制力には密接な関係があり、ムーンプールにおける水塊との共振によって生じた散乱波により波強制力としての荷重が増加したと考えられる。

Figure 5 から Figure 7 に Roll の付加慣性モーメント（以下、付加質量）、造波減衰係数および波強制モーメント（以下、波強制力）の無次元値を無次元円周波数に対して示す。Roll の各モデルにおける流体力および波強制力は、Heave と同様にムーンプール面積の増加に伴い値のピークが低周波数側に移動した。しかし、Figure 5 の結果では Model-2 に関しては付加質量が負の値を示したのに対し、Model-3,4 では付加質量の一部の範囲で値の変動は確認できたが、負の値を示さなかった。特に Model-4 では Model-3 より各値のピークが若干増加した。詳しい原因は定かではないが、ムーンプールと浮体の面積比、または重量比がある一定を超えると値が上昇する可能性が考察される。

Figure 8, Figure 9 に Heave と Roll の運動応答無次元値を無次元円周波数に対して示す。

Figure 8 の結果では、高周波数側で一般的なポンツーンよりも低い応答を示した。またムーンプール面積の増加に伴い応答が減少する範囲が低周波数側に移動することが確認された。しかし、応答量が減少する範囲よりさらに低周波数側では一般的なポンツーンよりも高

い応答を示した。これらの結果と流体力と波強制力を比較した際、高周波数側でみられた波強制力が 0 に近い値の範囲での運動応答は、比較的小さい値となった。一方で、Roll の低周波数側でみられた運動応答の増大が確認された範囲における流体力および波強制力では顕著な値の変化は見られなかった。このことから低周波数側においてはムーンプール内部のスロッシングと思われる現象により浮体の運動応答が増加したものと考えられる。Figure 9 の結果では、ムーンプール面積の増加に伴い応答量は減少傾向にあった。この要因として、喫水が深くなることで Roll の応答量が減少したと考えられる。

4. おわりに

本研究では、ムーンプールを設けることで一般的なポンツーンとは異なる流体力と運動応答を示した。またムーンプールの面積を増加させることで運動応答のピークを低周波数側に移動できる可能性が示唆された。この要因がムーンプールの水面変動の影響であるか、今後さらなる検証を行う価値がある。

5. 参考文献

- [1] IDEOL : <http://ideol-offshore.com>, 2018.12
- [2] Tomoki Ikoma, Koichi Masuda, Hikaru Omori, Hiroyuki Taguchi, Hiroyuki Osawa and Tsuyoshi Miyazaki, "Effects of the Projecting Wall and the End Wall to OWC Type WEC in Shallow Water," Proceedings of the International Symposium on Marine and Offshore Renewable Energy, JASNAOE and RINA, Paper No. S8-3 Vol2, pp.22-34, 1998.

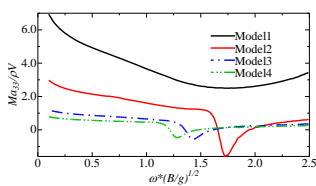


Figure 2. Added Mass (Heave)

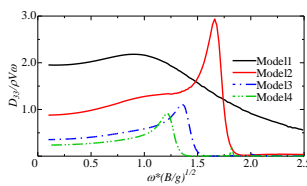


Figure 3. Wave Making Damping Coefficient (Heave)

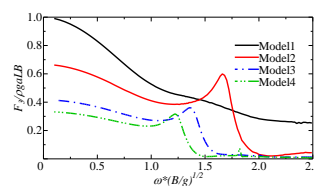


Figure 4. Wave Exciting Force (Heave)

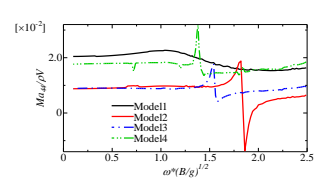


Figure 5. Added Mass (Roll)

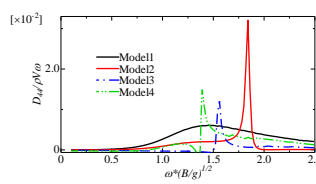


Figure 6. Wave Making Damping Coefficient (Roll)

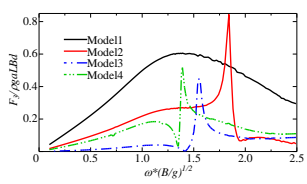


Figure 7. Wave Exciting Force (Roll)

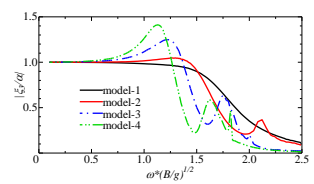


Figure 8. RAO of Heave

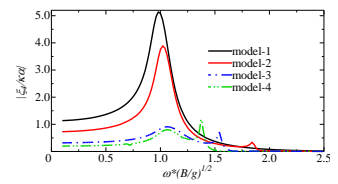


Figure 9. RAO of Roll