

連結浮体式太陽光発電の波浪中挙動に関する実験的研究

Experimental study of the behaviour of coupled floating photovoltaic systems in waves.

○中澤響生¹, 居駒知樹², 譚雷²
*Hibiki Nakazawa¹, Tomoki Ikoma², Lei Tan³

A multi-connected floating structure system has been proposed, in which many floating structures are connected as small floating units. However, the concept has been installed for various applications in ponds and calm waters, suggesting that the system would fail if installed in waters with high wave heights. Therefore, the purpose of this study is to determine the motion and cable tension characteristics of the interconnected floating structure in waves, in order to introduce photovoltaic power generation at sea. Tank experiments were conducted to investigate the cable tension and motion characteristics of a barge-type floating structure with a moon pool. The results of the steady-state component of the total mooring force and the first-order response amplitude of surge, heave and pitch at the top of the waves suggest that the effects of the damping effect of the moon pool and the unique effects of the coupled floating body may occur.

1. 緒言

浮体構造物を小規模な浮体ユニットにして多数連結した多連結浮体システムが提案されている。浮体ユニットの連結・切り離しができ、規模の大型化や構造の複雑化に対応できることから、浮体橋、養殖場、太陽光発電などに活用されている。しかし、これらのコンセプトは池や静穏な海域に設置されており、波高が高い海域に設置するとなると壊れてしまうことが示唆される。藤島ら¹⁾により、ムーンプールを有する型浮体の動揺低減効果に関して、浮体乾舷が十分でない場合、波を被りが発生し、一般的なポンツーン型浮体に比べて動揺低減効果が期待できることを明らかにした。居駒ら²⁾により、多数のエアクションに支持された弾性浮体の規則波中応答特性に関して、空気室によって支えるエアクション浮体ユニットを連結した大型浮体の弾性挙動を低減できることとエアクション型の連結浮体の方が、ポンツーン型の連結浮体を比較して動揺低減効果が期待できることを明らかにした。しかし、ムーンプールを有するバージ型浮体の連結浮体の非線形影響が起こる要因について把握できていない。以上のことから、本研究の目的を海上での太陽光発電を導入するため、波浪中の連結浮体の運動特性と索張力特性を明らかにすることを目的とする。

Table1. Model Overview

項目	浮体ユニット	模型全体
長さ (m)	0.250	2.975
幅 (m)	0.275	1.555
高さ (m)	0.060	

2. 水槽実験概要

2. 1 模型配置・概要

本実験は、日本大学理工学部船橋校舎海洋建築工学水槽で行った。Table 1に模型概要を示す。また、波高 2.0cm, 波高 6.0cm の周期 0.63s~2.0s の範囲で計測を行い、計測時間は 90s 程度とした。

2. 2 運動特性・索張力特性の計測機器設置概要

Figure1 にマーカーとリングゲージの設置平面図を示す。模型の長手方向を x 軸, 短手方向を y 軸とする。Figure1 に示すように、各フロートを A1~A6, B1~B6 と設定し、本実験では、メインフロートに設置したマーカーの動揺をモーションキャプチャで計測することで、規則波中における各フロートの変位を計測した。Figure2 に係留装置の設置立面図を示す。詳細は Figure2 の通りになっており、リングゲージ、ばね、固定滑車、ワイヤーの順で設置しており、浮体に作用する索張力を計測した。これを、Figure1 のように、No.1~No.8 の 8 点にそれぞれ設置した。No.1, No.4, No.5, No.8 の係留索を 45 度に傾けて設置した。計測は係留索に作用する張力をリングゲージにて計測した。

3. 結果および考察

Figure.3 に No.1 から No.4 の波上側の合計値の係留力の定常成分の結果を示す。波高 6.0cm のデータは、波上側は高周波数側から低周波数側にかけて係留力の値は 0 に近づき、波高 2.0cm の場合は、値がばらついていることが確認できた。また、有次元値で見ると 0.1N くらいであることから小さな力しかからないことが分かった。力が小さい理由として、ムーンプールの低減効果か、弾性浮体特有の特性なのかを確認する必要がある。

1: 日大理工・院(前)・海建、2: 日大理工・教員・海建

あると考える。Figure.4に No.1 から No.4 の波上側の合計値の係留索張力の 1 次応答振幅の結果を示す。低周波数側の索張力が大きく、高周波数側が小さくなる傾向が確認できた。波高 2.0cm、6.0cm とともに、 λ/L が 1.0 の時に縦軸が 0 に近い値になったことは、様々な要因が考えられるが、ムーンプールの減衰効果の影響や、連結浮体特有の索張力特性または浮体の固有周期の影響

が発生している可能性があると考えられる。Figure.5 に響 A6 の Surge の 1 次応答振幅の結果を示す。Surge の 1 次応答振幅の結果は係留索張力の 1 次応答振幅と同じ傾向であった。そのため、 λ/L が 1.0 の時に縦軸が 0 に近い値になったことは同じ要因であると考えられる。

Figure.6 に A6 の Heave の 1 次応答振幅の結果を示す。高周波数側で運動応答の値が小さくなり、 λ/L が 0.5 以上になったときに運動応答が 2cm と 6cm のどちらも無次元値 0.8 程度になっていた。そのため、どちらのケースもおおよそ入射波振幅に依存していると考えられる。

Figure.7 に A6 の Pitch の 1 次応答振幅の結果を示す。

波高 2.0cm では、全体的に値が小さい傾向が確認できた。6.0cm の運動応答の値は高周波数側から低周波数側にかけて、少し値が大きくなった。2cm と 6cm の結果が大きく異なったのは、波高が小さい場合はムーンプールなどの影響で低減効果の方が大きくなったのではないかと考える。

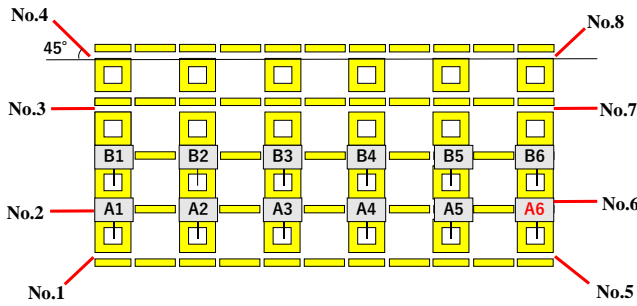


Figure.1 Plan view of ring gauge and marker installation location

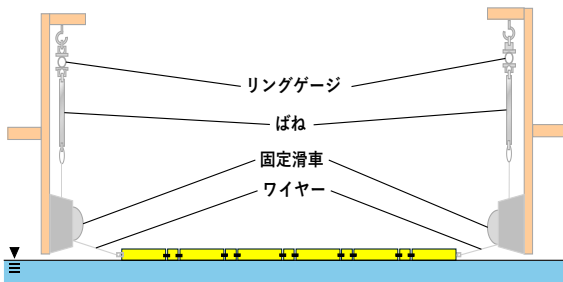


Figure.2 Installation elevation of mooring system

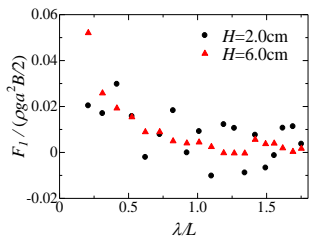


Figure.3 Steady state component of mooring force

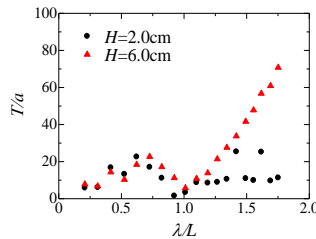


Figure.4 First-order response amplitude of anchor cable tension

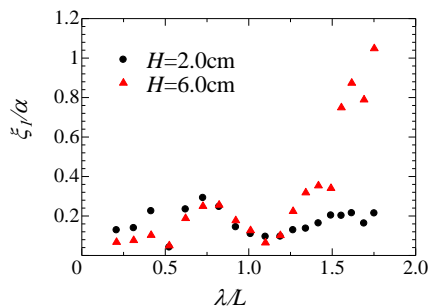


Figure.5 Surge first-order response amplitude (A6)

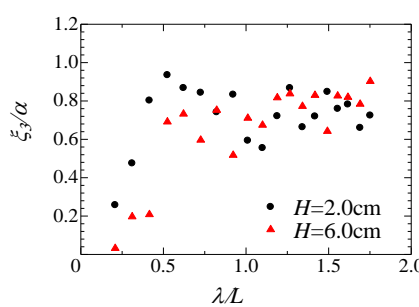


Figure.6 Heave first-order response amplitude (A6)

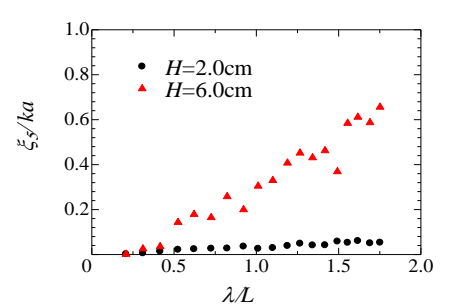


Figure.7 Pitch first-order response amplitude (A6)

4. 結言

本研究では、海上での太陽光発電を導入するため、波浪中の連結浮体の運動特性と索張力特性について考察を行った。今回の水槽実験からムーンプールを有するバージ型浮体の連結浮体について、ムーンプールの減衰効果の影響や、連結浮体特有の索張力特性または浮体の固有周期の影響が発生している可能性が考えられた。そのため、数値計算や追加実験をすることで非線形影響となる要因を明らかにする必要がある。

5. 参考文献

- [1] 藤島健英、居駒知樹、相田康洋：ムーンプールを有するポンツーン型浮体の動揺低減効果に関する基礎的研究、海洋工学論文集、2022、36 巻、p25-30
- [2] 居駒知樹、増田光一、前田久明、林昌奎：多数のエアクションに支持された弾性浮体の規則波中応答特性に関する基礎的研究、日本造船学会論文集、第 194 号、pp.89-98、2003