

(マンチェスター大学 (イギリス)) 研修報告書

(6-DoF Motion and hydrodynamic Force of Wave Energy Converter in Actual Seas)

先進理工系科学研究科 輸送・環境システムプログラム 坂口 駿斗

1. はじめに

2023年7月31日から同年9月1日の間、イギリスのマンチェスター大学にて共同研究を行った。その報告を以下にする。

2. 研修/共同研究課題の決定

本研究室は、浮体式波浪エネルギー発電施設に関する研究を行っており、様々な海況下での実験を行っている。今夏、エディンバラ大学の円形水槽 (FloWave) を用いた実験を行っており、その実験に参加し、FloWave の数値モデルの計算結果と実験結果を比較検証すべく、共同研究を決定した。そのため本研究では、浮体構造物の 6 自由度運動及び、係留索にかかる負荷を、実験と数値解析の双方から確認することを目的とする。

3. 研修/共同研究スケジュール

本共同研究は実験、モデルの修正、実験値と計算値の比較の 3 つに分けられる。1 週目はエディンバラ大学の Flowave 水槽で係留浮体を用いた実験を行った。2 週目、3 週目で既存の Flowave 数値モデル及び係留浮体モデルの修正を行った。4 週目に実験値と計算値の比較を行い、結果の差異の考察を行った。

4. 研修先/共同研究派遣先の概要

7月30日 出国

7月31日 ~ 8月4日 エディンバラ大学 (実験)

8月5日 ~ 9月1日 マンチェスター大学 (解析、ミーティング、プレゼンテーション)

9月1日 ~ 9月3日 移動および帰国

共同研究大学名 : The University of Manchester

共同研究大学所在地 : Oxford Rd Manchester, M13 9PL, UK

指導教員 : Prof. Peter Stansby, Dr. Samuel Draycott

実験実施大学名 : The University of Edinburgh

5. 共同研究の内容

5.1 概要

本研究では、係留浮体を用いた、6 自由度運動と係留力に関する実験を、エディンバラ大学の FloWave で行った。実験は方向拡散係数 s 、有義波高 H_s 、ピーク周期 T_p を変化させながら行われ、係留浮体の 6 自由度運動及び係留力が測定された。その後、実験結果と数値モデルによる計算結果を比較すべく、マンチェスター大学の SPH グループにてモデルの改善を行った。

5.2 実験

先述の通り、本研究ではエディンバラ大学の FloWave を用いて、係留浮体の 6 自由度及び係留力を確認する実験が行われた。Fig.1 に FloWave を示す。FloWave は直径 25m、水深 2m の領域を持つ円形水槽であり、上部フロアに設置されてある 168 個の多分割式造波機と、下部フロアに設置されてある 28 個の

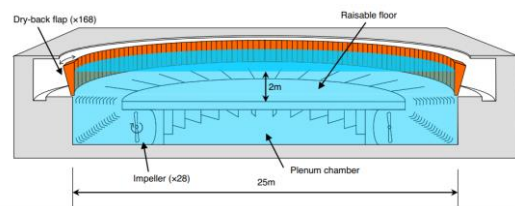


Fig.1 FloWave 内部構造

潮流タービンで構成される。そのため、ヨーロッパで発生する全ての海況を再現することができる円形水槽となっている。係留浮体は5つのフローターから構成され、船尾フロートと中間フロートは梁とヒンジによって接続されている。そのため、2つの船尾フロートは独立したロール方向の運動が可能となっている。係留方法として2つのブイを用いた三点係留が採用されている。実験は方向拡散係数、有義波高、ピーク周期を変化させながら行われた。実験で用いた波の発生条件として有義波高を0.1~0.2m、ピーク周期を1.0~2.0sで設定した。波の方向性は方向拡散係数の増大につれ集中する。つまり方向拡散係数が無限大に発散すると、波は一方向流となる。

5.3 実験結果及び考察

今回は係留浮体の係留力に着目した。Fig.2 に実験から得られた1本の前方係留索と2本の係留索の張力を示す。各時系列から、高周波運動及び低周波運動がみられる。高周波運動は係留浮体やブイのヒープ運動によるものと考えられるため、波の周期に依存すると考える。低周波運動は、反射波によるサージ運動の発生が原因であると考えられる。

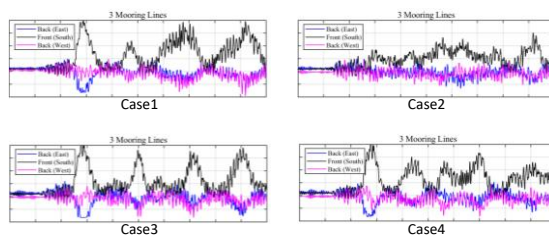


Fig.2 係留力の実験値

5.4 モデルの作成及び修正

実験で使用した係留浮体の数値モデルを渡航前に作成し、実験後より正確なモデルに修正した。Fig.3 に修正後係留浮体を示す。実験で用いたデバイスを再現した。

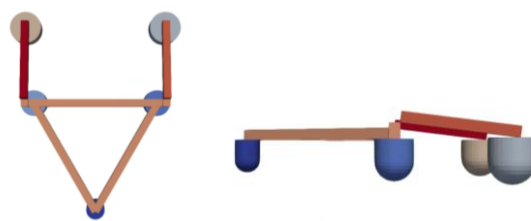
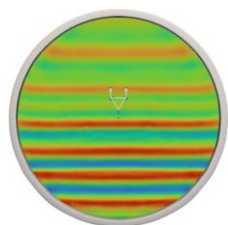


Fig.3 修正後係留浮体モデル

本研究では Smoothed particle Hydrodynamics (SPH) を用いて数値計算を行った。計算精度改善のために既存の Dynamic Boundary Conditions (DBC) から modified Dynamic Boundary Conditions (mDBC) への変更を行った。

5.4 数値計算結果及び実験結果との比較

Fig.4 に一方向流の数値モデル、Fig.5 に一方向流における DBC モデル、mDBC モデル及び実験における係留力を示す。DBC モデルでは低周波運動を再現することができなかった。これは流体と個体の境界の圧力計算の精度が低く、大きなギャップが存在するためであると考えられる。一方、mDBC モデルでは低周波運動を再現することができた。Fig.6 に DBC と mDBC の境界付近の比較を示す。mDBC を使用したことにより、ギャップが非常に小さくなっていることがわかる。しかし、実験結果との差異は大きいので今後もモデルの改善を行う必要がある。



Case1: $s = \infty$

Fig.4 数値モデル

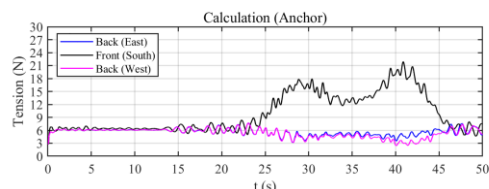
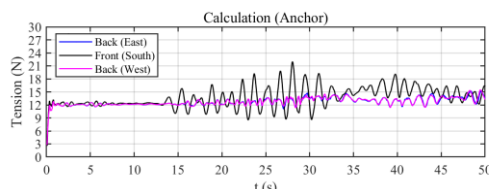


Fig.5 DBC と mDBC の比較

左 : DBC 右 : mDBC

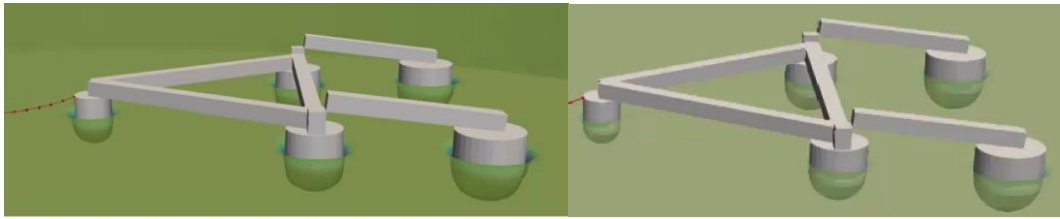


Fig.6 DBC と mDBC での境界付近の比較

左 : DBC 右 : mDBC

DBC モデルでは係留浮体の境界面に流体のギャップが見られる。一方、mDBC では DBC と比べてギャップが非常に小さいことが分かる。

5.5 今後の方針

先述した通り、mDBC で低周波運動を再現することが可能であることは証明されたが、実験との差異が大きい。そこで、FFT を利用したスペクトル解析を行い、差異の原因を調査する予定である。また、FloWave の数値モデルに吸収帯を適用し、反射波を制御することによって反射波の影響を確認する。

今回、係留力のみを焦点を当てていたため、係留浮体の各フローターの 6 自由度運動に関する調査が必要である。

6. まとめ

約 1 ヶ月という短い期間で、非常に多くのことを体験することができた。海洋開発の最先端の研究機関であるエディンバラ大学での実験や、SPH 法を用いた最先端の研究を行っているマンチェスター大学での研究は、日本では味わえない多くの学びがあった。この経験は今後の研究生活の糧になると確信している。また、英語でのコミュニケーションが必要不可欠な環境に身を置き、現時点で自分がどれくらいの英語力を持っているのか、把握することができた。1 ヶ月間英語のみで生活し、研究活動を問題なく行えたことは、今後海外で活動する際の自信になると思う。しかし、スムーズなコミュニケーションを行うためには、英語力の向上を図る必要がある。そのため、継続的な英語学習を今後も行いたいと思う。

7. 謝辞

本研究でご指導して下さったマンチェスター大学の受け入れ教員の方々、現地生活の手助けをして頂いた研究室の学生の方々、このような貴重な機会を与えて頂いた陸田教授に厚く御礼申し上げます。また、このプロジェクトを支援して下さい、支援室担当者の皆様に深く御礼申し上げます。

8. 参考文献

Istvan Gyongya, Tom Brucea, Ian Brydenb (2014). " Numerical analysis of force-feedback control in a circular tank" Applied Ocean Research 47 329 - 343.

Stansby, P. K., and E. Carpintero Moreno. (2020a). "Hydrodynamics of the multi-float wave energy converter M4 with slack moorings: Time domain linear diffraction-radiation modelling with mean force and experimental comparison." Applied Ocean Research 97: 102070.