

PS-36 浮体式波力発電の数値シミュレーション手法

洋上再生エネルギー開発系 平尾 仲達、* 谷口 友基、國分 健太郎、藤原 敏文、井上 俊司

1. 緒言

浮体式波力発電施設は、発電機構等の影響による複雑な力学挙動を考慮して荷重の推定を行う必要がある。施設に作用する荷重は、一般に可動部の連成効果を考慮するため、機構解析を用いた数値シミュレーション等で計算される。機構解析とは、構造物を互いに拘束された複数の部品の結合として表現する運動解析のことを指す。機構解析を用いた数値シミュレーションにより、浮体構造物に働く波・流れ等の外力、係留系、復元力と減衰力でモデル化した発電機構等の影響を同時に考慮し、一体として運動方程式を解くとともに、構造物の内力を計算することができる。主に時間領域解析が行われ、計算時間内に発生した最大値等の統計的指標で安全性の評価を行う。

本研究では、機構解析を用いた代表的な計算手法を試行し、水槽試験結果と比較することにより、浮体式波力発電施設に対する計算手法の有用性の確認を行った。

2. 機構解析ソフトウェア

機構解析が可能なソフトウェアの例を以下に挙げる。

(a) マルチボディダイナミクスソフトウェア

構造物一般を対象としたソフトウェアである。必要に応じ、施設を適当な部品に分割する。一般の振動解析とは異なり、非線形範囲の大変位を扱うことができる。

(b) 汎用浮体解析ソフトウェア

船舶・海洋構造物等の浮体構造物を対象としたソフトウェアである。係留索やライザー等の線上構造物を容易にモデル化でき、浮体構造物の動揺との連成影響を考慮してシミュレーションを行う。

(c) 波力発電解析ソフトウェア

波力発電施設に特化したソフトウェアである。浮体構造物の他、スライド、ヒンジ、発電システム等を組み合わせてモデル化することが可能である。発電性能の評価も可能。

本研究では、マルチボディダイナミクスソフトウェアの代表として Adams (MSC 社)を、汎用浮体解析ソフトウェアの代表として OrcaFlex (Orcina 社)、波力発電ソフトウェアの代表として WaveDyn (DNV GL 社)を用いた。

3. 計算モデル

浮体式波力発電施設のタイプは、並進動揺型及び屈曲動揺型とした。

並進動揺型波力発電施設 (図-1・左、表-1) は、施設の基部となる動揺し難い浮力体 (例えばスパー) と、水面近くに位置し、波に対して上下動しやすいフロートの相対運動を利用して発電する。フロートを広範囲の波に共振させることを

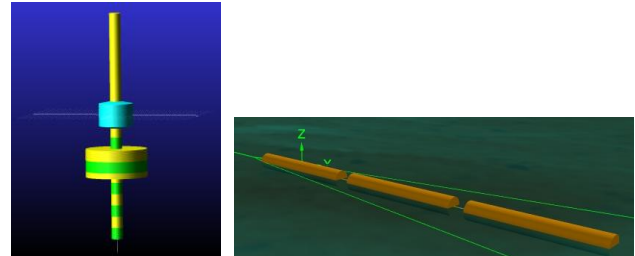


図-1 数値計算に用いた浮体式波力発電施設モデル (左：並進動揺型 ADAMS モデル、右：屈曲動揺型 OrcaFlex モデル)

可能とする機能 (同調制御、負復元力発生機構) を有する。

屈曲動揺型波力発電施設 (図-1・右、表-2) は、複数の浮体をヒンジ接合し、波によるヒンジ部の回転運動から発電するもので、発電機構はバネと減衰の力学的素子として模擬した。浮体数は、1浮体から3浮体まで変化させた。

なお、水槽試験¹⁾と比較するため、模型スケールで数値計算を行った。波条件は、規則波 (周期 0.6~2.4s) とした。

表-1 並進動揺型波力発電施設モデル主要目

要目	単位	値
スパー直径 (水線位置)	m	0.100
スパー喫水	m	1.10
スパー質量	kg	54.9
スパー水線面積	m ²	0.008
スパー重心高さ	m	0.480
フロート直径 (水線位置)	m	0.300
フロート喫水	m	0.120
フロート質量	kg	5.68
フロート水線面積	m ²	0.063
フロート重心高さ	m	1.51

表-2 屈曲動揺型波力発電施設主要目 (単体)

要目	単位	値
浮体長	m	1.00
直径	m	0.140
喫水	m	0.070
質量	kg	7.70
水線面積	m ²	0.140
重心高さ	m	0.060
横揺れ慣動半径	m	0.050
縦揺れ慣動半径	m	0.388
船首揺れ慣動半径	m	0.388

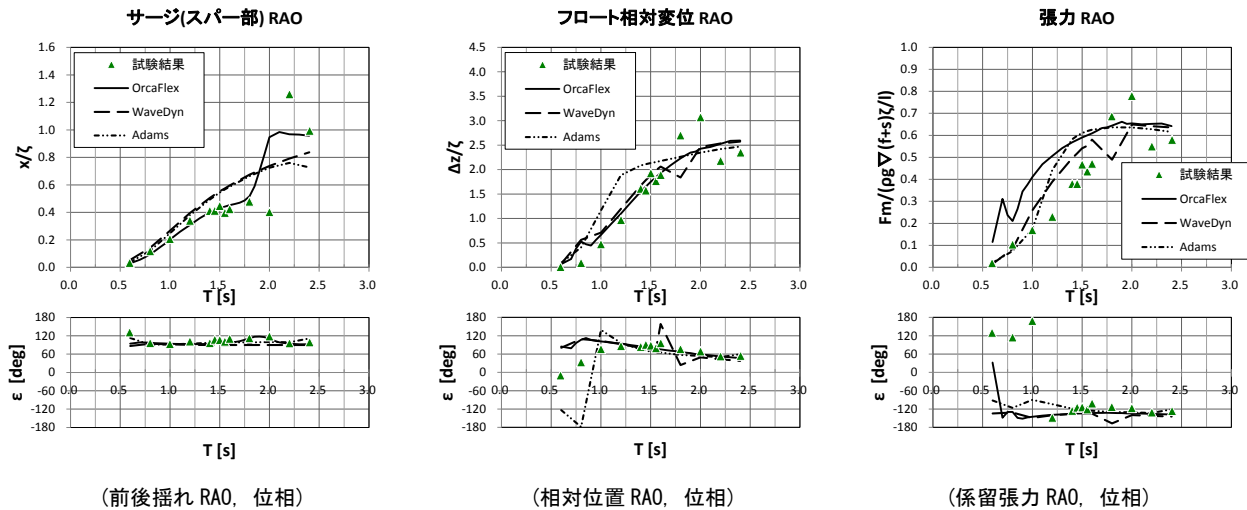


図-2 並進動揺型模型の水槽試験及び機構解析結果（同調制御状態、規則波中）

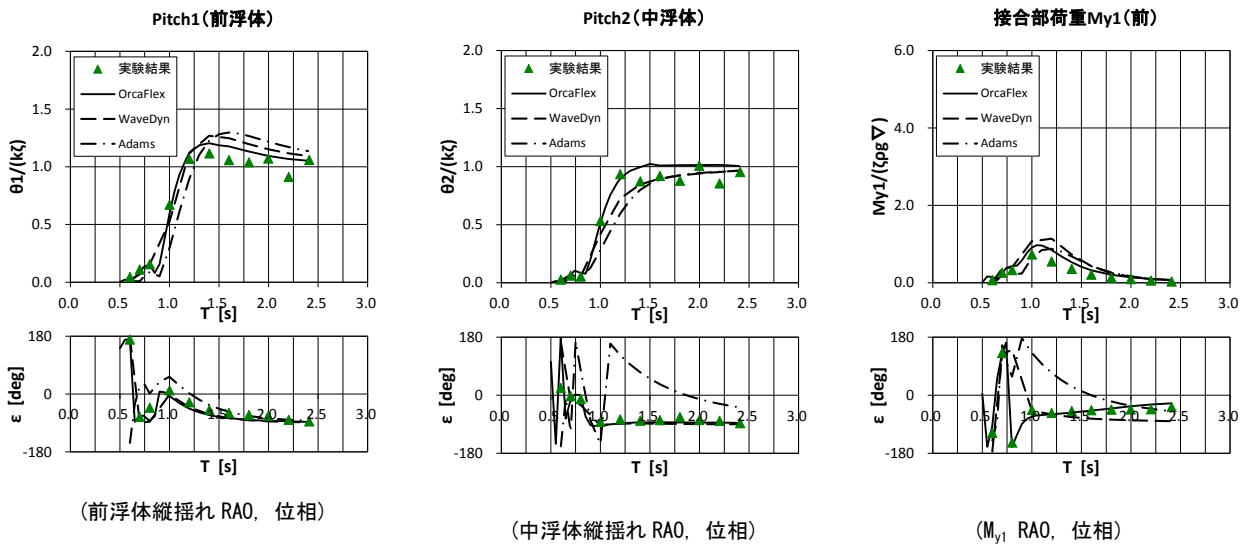


図-3 屈曲動揺型模型の水槽試験結果及び機構解析結果（2浮体、接合部の減衰力係数 0.3Nc）

4. 数値計算結果

本研究全体では、数値計算条件は稼働状況（発電、停止、故障）を網羅した計算を実施し、稼働状況に応じた浮体間の接合条件の違いに対する荷重等の定性的変化傾向を把握した。ただし、ここでは紙面の関係で、代表的な計算結果として並進動揺型模型の同調制御状態を図-2に、屈曲動揺型模型の2浮体の発電状態を図-3に水槽試験結果と比較して示す。

並進動揺型については、概ね計算結果と水槽試験結果が良い一致を示しているが、ソフト毎及び波周期条件により両結果で少し乖離がある部分もある。これは、フロートとスパーの連成影響が計算において厳密に考慮できていない点や減衰力の計算上の評価精度などが原因として考えられる。屈曲動揺型については、計算結果と水槽試験結果が全体的に良い一致を示している。

いずれのタイプの場合でも、今回試行した計算手法は、ほぼ同等に使用できると考えられる。

5. 結言

並進動揺型及び屈曲動揺型波力発電施設を対象に、代表的な計算手法を試行し、以下の知見を得た。

- 何れのタイプの浮体式波力発電施設においても、稼働状況に応じて浮体間の接合条件が異なることが留意点であり、その応じた計算モデリングが必要である。
- 今回対象とした数値計算手法は、改善の余地はあるものの安全性評価に用いる計算手法として一定の有用性が確認できた。

謝辞

本研究は、平成 26 年度国土交通省海事局受託研究「波力等海洋エネルギー発電施設の安全対策のための調査研究」の一部として実施した。関係各位に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 國分健太郎、他「波力発電施設の安全性・性能評価のための水槽試験」平成 27 年度海上技術安全研究所研究発表会講演集