

第I部門

洋上風力発電のためのスパー型浮体基礎の動揺特性に関する洋上実験

京都大学工学部	学生員	○箕浦 慎太郎
京都大学大学院工学研究科	正会員	宇都宮 智昭
京都大学大学院工学研究科	学生員	松熊 秀和
佐世保重工業(株)	非会員	高 清彦
戸田建設(株)	正会員	佐藤 郁
日本ヒューム(株)	正会員	野本 禎久

1. 研究背景及び目的

近年、世界的なエネルギー需要の増加や、石油資源の価格の高騰、さらには環境破壊などが大きな問題となっており、新たなエネルギー資源への関心が高まっている。そこで日本の広大な排他的経済水域を有効利用でき、景観問題や騒音公害も避けることができる浮体式洋上風力発電装置の開発が必要であると言える。浮体式洋上風力の現状を見てみると、ノルウェーで、2009年の9月から StatoilHydro 社の「Hywind」と呼ばれる浮体式洋上風力発電の実証実験のプロジェクトが始まった。

本研究では洋上風力発電のためのスパー型浮体基礎の動揺特性を洋上での実験を行い把握することを目的とする。今回の実験では、経済性や施工性を考慮して単純な円筒形状の、コンクリートと鋼の複合構造の浮体を用いた。その後、実験から得られたデータと、動揺解析の結果との比較、検討を行った。

2. 洋上実験

今回の実験は、佐世保重工業株式会社、佐世保造船所内で行い、実験期間は8月26日から9月10日であった。浮体の構造は3段からなる円筒型で、浮体函体上部を鋼製、下部をプレキャスト PC コンクリート製とし、その両者を鋼・コンクリート複合構造セグメントを介して接続する構造とした。係留方法は適切な方法の検討が必要であるが¹⁾、今回はカテナリーチェーン3本と重力式アンカーによる係留システムを採用した。係留位置については海面上のプラットフォーム高さで定着した。浮体に搭載した風車の定格出力は1kWである。実験モデルの概要と主要寸法および実験の様子を図1に、実験モデルの主要諸元を表1に示す。

実験より得られたデータは、風向・風速、風車より

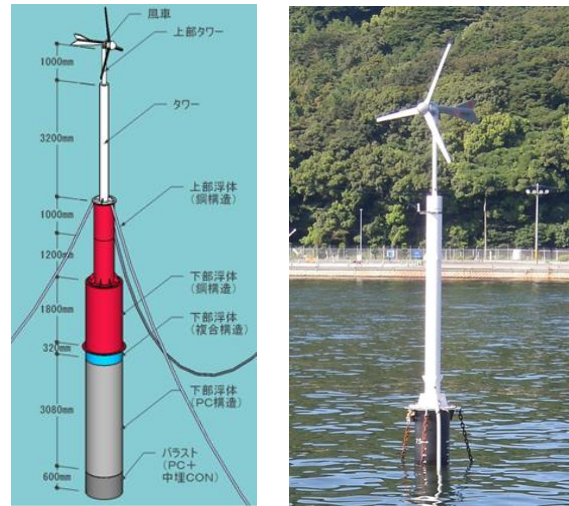


図1 実験モデル概要と実験の様子

表1 実験モデル主要諸元

風車ローター径	2,058mm
ハブ高さ(静水面より)	5,506.2mm
風車質量	17.6N
上部タワー外径,(肉厚)	60.5mm,(3.8mm)
タワー外径,(肉厚)	216.3mm,(4.5mm)
下部浮体外径,(肉厚)	508mm,(6.0mm)
下部浮体(鋼製)外径,(肉厚)	920mm,(6.0mm)
下部浮体(PC)外径,(肉厚)	920mm,(80mm)
重心高さ(KG)	2,793mm
メタセンター高さ(GM)	318mm
排水量	41668N
喫水	7,022mm
内部バラスト水(海水)	2216N
アンカーチェーン	呼び径 16
アンカーチェーン空中重量	54.5N/m
アンカーブロック(幅 W×長さ L×高さ H)	0.8m×0.8m×0.36m

出力された電圧・電流、ジャイロセンサによって計測した浮体の動揺、アンカーチェーン張力、上部タワーのひずみ、浮体設置地点での波高及び水深である。

3. 実験結果及び解析結果との比較

動揺解析について、波力の推定には、実験で得られた波高よりモリソン式を用いて計算し、チェーンの張力の計算には、カテナリー理論を用いた。また風荷重

は、実験で計測された風向および風速より、ハブ高さでの風荷重を計算し、それを入力値として与え、スラスト係数を用いて解析を行った。スラスト係数は 1.5 として解析を行った。

比較的強い風が吹いていた 8 月 31 日の 18 時~19 時の期間で解析を行い、その出力された値と実験値から計測された値を、時刻歴とパワースペクトルで比較した結果を図 2 - 図 5 に示す。なおこの期間の平均風速は 3.7(m/s)であった。

実験値を見ると pitch の応答変位とアンカーチェーンの張力のパワースペクトルには 2 か所でピークが現れており、また Pitch と Yaw の角速度とのパワースペクトルについては一カ所のピークが現われた。これらのピークは、Roll, Pitch 方向の回転動揺の固有周期と浮体の水平動揺の固有周期に対応していると考えられる。

解析値と実験値の比較については、解析値と実験値のそれぞれのパワースペクトルを 0Hz から 0.5Hz の範囲で積分し、その値から相対誤差を求めて評価した。その結果を表 2 に示す。

まず、時刻歴とパワースペクトルを見てみると、平

均風速が高かった 8 月 31 日の 18 時から 19 時の期間では、Roll, Pitch の応答変位や角速度のパワースペクトルのピークの位置などの特徴はとらえられており、表 2 を見ても Pitch の応答変位については、相対誤差は 14%程度とよく一致してきている。しかし、Yaw に関しては、実験値と比較して小さい値となっていることが多かった。この原因のとして、解析プログラムではジャイロ効果を考慮していないことなどが考えられる。

アンカーチェーンの張力については、実験値のほうが解析値よりも大きな値が出ているが、時刻歴の平均をみても実験値と解析値の差はおおむね 10%以内に収まっている。またパワースペクトルについては、表 2 を見るとおおむねよく一致していた。

4. 参考文献

- 1) 関田欣治, 大久保寛, 吉田茂雄, 北勝利：スパーク型浮体を用いた洋上風力発電施設の係留検討について, 海洋開発論文集, 第 25 巻, pp.377-382, 2009

表 2 パワースペクトルの積分値の相対誤差

アンカーチェーン張力	2.6%	Pitch 角速度	25.7%
Pitch 応答変位	14.3%	Yaw 角速度	91.7%

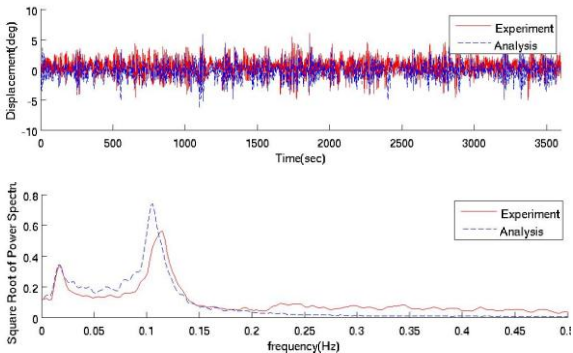


図 2 pitch の応答変位の時刻歴とパワースペクトル

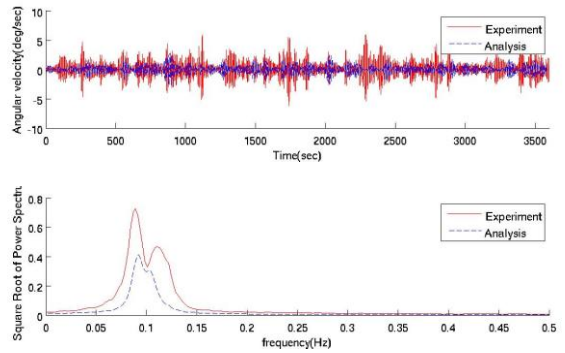


図 4 Yaw の角速度の時刻歴とパワースペクトル

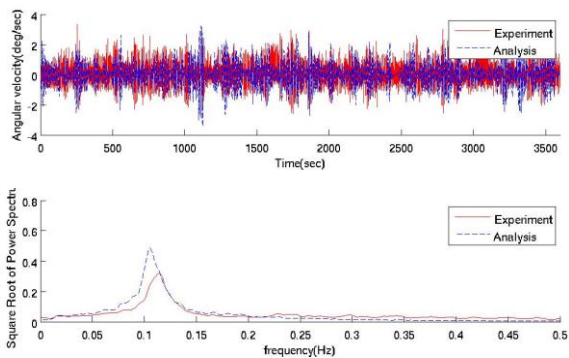


図 3 Pitch の角速度の時刻歴とパワースペクトル

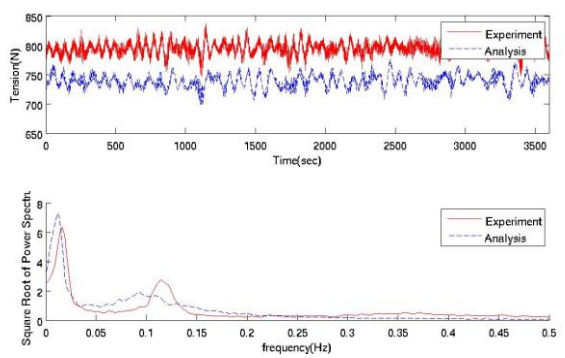


図 5 アンカーチェーンの張力の時刻歴とパワースペクトル