

PS-5 浮体式洋上風力発電の浮体運動を用いた 係留索のモニタリングについて

海洋先端技術系 *平尾 春華, 蓮見 知弘, 中條 俊樹

1. はじめに

我が国での浮体式洋上風力発電の状況は、五島列島¹⁾や福島²⁾で実証試験が終了し、五島列島では、ウィンドファームが設置工事中³⁾である。また、グリーンイノベーション基金事業^{4,5)}で大型風車を搭載した実証を目指した研究開発が実施中である。

浮体式洋上風力発電の運用においては、係留系の状態を把握することが求められている⁶⁾。

これまでの実証試験においては、歪ゲージ、ロードセル等のセンサーを用いて係留索張力を直接計測していた。しかし、比較的短期間でセンサーが故障した事例⁷⁾が報告されている他、故障時の交換は困難である。そのため、他の手法による係留系の状態把握が望まれている。

本研究では、比較的容易に入手可能な浮体の変位データを用いた張力直接モニタリング代替手法について検討している。本発表では、係留系の異常状態において最も致命的な事象と考えられる破断状態の検知に関して検討したので報告する。

2. 数値計算

2.1 計算モデルと計算条件

風車の要目を表-1に、浮体の要目を表-2に、環境条件を表-3に、係留系の構成を表-4に示す。図-1は、モデルの上面図と外力の方向とXY座標方向を示す。気象条件は、波はJONSWAPスペクトル、風はNPDスペクトル、潮流は一定値を用いた。運転時気象象は、風荷重が最大となる定格風速付近を風速として設定、その風速とウィルソン法⁸⁾から波条件を設定した。荒天時気象象は東北日本海側の海象の50年再現値を参考⁹⁾に設定した。荒天時の風車はフェザリング状態とした。係留系は、6本のナイロンロープを用いた複合カタナリー係留とした。水深条件は200mとした。

破断状態の再現として、波上側の係留ラインである図-1の1-1を削除したモデルを作成した。

表-1 風車要目¹⁰⁾

項目	単位	値
定格発電量	MW	15
ハブ高さ	m	150
タワー質量	t	1263
RNA質量	t	991
ローター直径	m	240

表-2 浮体要目^{11,12)}

項目	単位	値
浮体種類		セミサブ
乾舷高さ	m	15
喫水	m	15
水面からの重心高さ	m	-14.94
水面からの浮心高さ	m	-13.63
総質量(風車含む)	t	20093

表-3 気象象条件

項目	小項目	単位	値
運転時気象象	有義波高	m	2.5
	ピーク波周期	s	7.2
	海面上10m高さ風速	m/s	11.0
	潮流流速	m/s	1.0
荒天時気象象	有義波高	m	11.0
	ピーク波周期	s	14.0
	海面上10m高さ風速	m/s	32.0
	潮流流速	m/s	1.0

表-4 係留系構成

項目	小項目	単位	値
浮体側チェーン (スタッドレス R3)	呼び径	m	0.132
	長さ	m	50
合成繊維索 (ナイロン 12撚り)	直径	m	0.203
	長さ	m	200
アンカー側チェーン (スタッドレス R3)	呼び径	m	0.132
	長さ	m	575

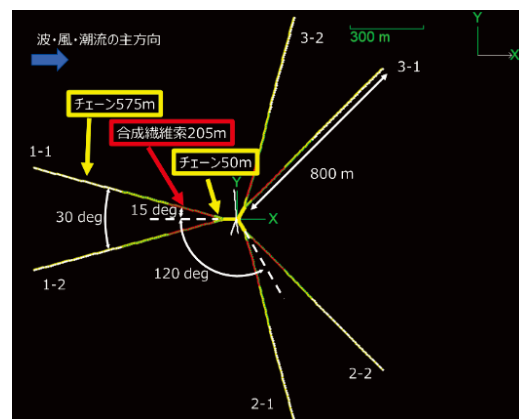


図-1 計算モデル配置図

2. 2 計算結果

荒天時における係留系健全時と1本破断の時のサージ変位パワースペクトル密度の比較を一例として図-2に示す。長周期の運動が破断時は2倍程度大きくなっている。今回のモデルでは、サージ、スウェイ、ヨーの運動で長周期運動が破断時に大きくなることが確認された。

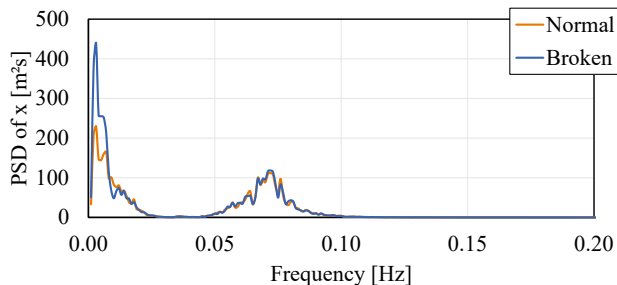


図-2 係留系健全時と1本破断時のサージのパワースペクトル密度

図-3は浮体重心のXY平面軌跡である。平水中、運転時気海象および荒天時気海象の3種の外力条件における係留系健全時と1本破断時の2種の係留系の状態の計6種類の結果を示している。

同じ外力条件の係留系健全時と1本破断時を比較すると、Xの正方向（波下側）に10m以上、Yの負方向に4m以上変化している。このことから、同一気海象かつ係留系健全時の運動データがあれば、係留1本破断の検知が可能と考えられる。

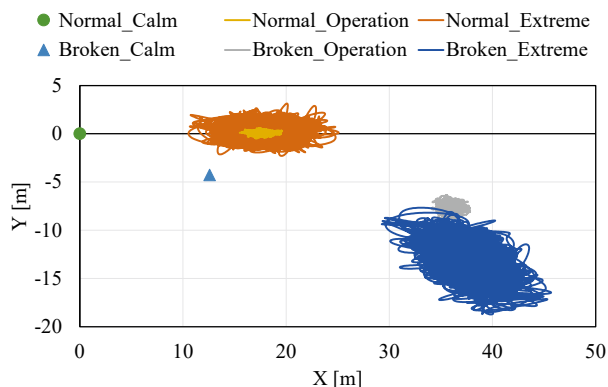


図-3 浮体の軌跡と外力が作用しない時の浮体位置

3. まとめ

係留系の危険状態に関して係留破断時と健全時の変化を検討した。15MW風車を搭載したセミサブ浮体に対し水深200mにおける6本複合カテナリー係留の1本破断の場合、外力の主方向で10m以上、直交方向に4m以上の変化が見られた。同一気海象かつ係留系健全時の運動データと比較することで、係留1本破断の検知が可能と考えられる。

謝辞

本研究は令和4年度国土交通省海事局請負研究「浮体式洋上風力発電施設の安全評価手法等の確立のための調査研究」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) haenkaze.com homepage, <https://haenkaze.com>
- 2) 福島洋上風力コンソーシアムホームページ, <http://www.fukushima-forward.jp>
- 3) 長崎県五島市沖における洋上風力発電の概要, <https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001464711.pdf>
- 4) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構ニュースリリース, https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101505.html
- 5) 東京電力リニューアブルパワー, https://www.tepco.co.jp/rp/business/wind_power/effective_cost_pj/index-j.html
- 6) 浮体式洋上風力発電施設技術基準安全ガイドライン, 第2編第3章, 令和5年3月, 国土交通省海事局
- 7) 平成29年度福島沖での浮体式洋上風力発電システムの実証研究事業, 平成30年3月31日, 福島洋上風力コンソーシアム
- 8) 風力発電設備支持物構造設計指針・同解説[2010年版], 第2編第6章, 土木学会
- 9) 平成26年度「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」報告書, 一般社団法人日本船舶術研究協会, 独立行政法人海上技術安全研究所, 国立大学法人東京大学
- 10) Evan Gaertner, et al., “Definition of the IEA 15-Megawatt Offshore Reference Wind”, IEA Wind TCP Task 37, March 2020.
- 11) Christopher Allen, et al., “Definition of the UMaine VoltturnUS-S Reference Platform Developed for the IEA Wind 15-Megawatt Offshore Reference Wind Turbine”, IEA Wind TCP Task 37, July 2020.
- 12) Orcina, “K03 15MW semi-sub FOWT”, www.orcina.com