

# 福島浮体式洋上風車向けライザーケーブルの疲労寿命推定

(その2)

正会員 籠浦 徹\* 藤井 茂\*\*  
 榊原 広幸\*\* 佐々木 隆博\*  
 正会員 村田 雅彦\*\*\* 田口 悠嘉\*\*\*

Fatigue Analysis of Riser Cable with FUKUSHIMA FOWT(Floating Offshore Wind Turbine) (No.2)

by Toru Kagoura, Member Shigeru Fujii  
 Hiroyuki Sakakibara Takahiro Sasaki  
 Masahiko Murata, Member Yuka Taguchi

Key Words: Fatigue, Analysis, Cable, Significant Wave, Rainflow

## 1. 緒 言

浮体式洋上風力発電向けライザーケーブル（ダイナミックケーブル）の布設システム設計において、ライザーケーブルの動的挙動及び疲労寿命予測が重要となる。福島プロジェクト（以下、福島PJ）において2MW浮体に敷設された22kVライザーケーブルの疲労解析を行った。前回論文では短期間データ（1ヶ月間）による検証結果を示したのに対し、今回は1年間の長期間データで検証した結果を示す。

## 2. ライザーケーブルシステム設計

### 2.1 Fukushima PJの概要

福島PJにおける送变电システムの概要をFig. 1に示す。ここでは、浮体同士を結ぶライザーケーブルに関して取り組む。

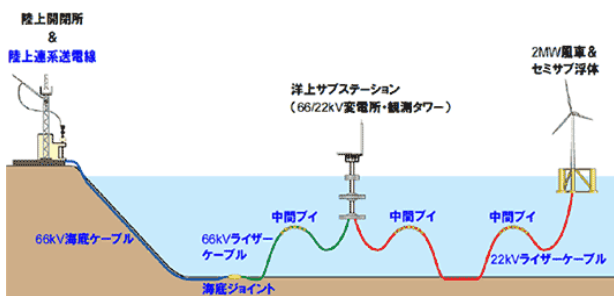


Fig. 1 Transmission and Substation System.

### 2.2 ライザーケーブルの構造

22kVライザーケーブルの断面構造図をFig. 2に、諸元をTable 1に示す。ケーブルは金属と樹脂の複合体を撚り合わせた構造をしており、疲労を考慮すべき主要層は遮水層（ケーブル内部への浸水防止層）と鉄線鎧装（ケーブル軸力を分担する抗張力層）となる。福島では、水深が

比較的浅いことから、引張疲労より曲げ疲労が支配的となり、遮水層が構造上の弱点となる。

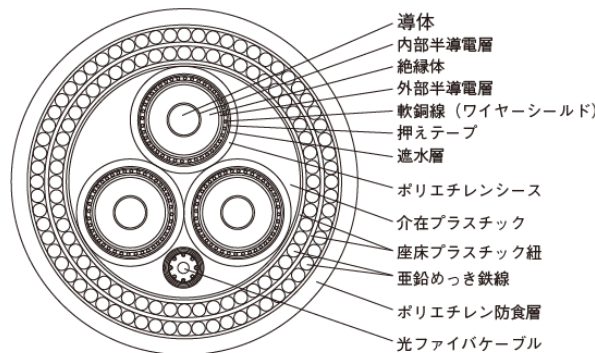


Fig. 2 Structure of 22 kV Riser Cable.

Table 1 Structure of 22 kV Riser Cable.

項目	22 kVライザーケーブル
公称電圧	22000 V
電力線心数	3
公称断面積	150 mm <sup>2</sup>
光ファイバ線心数	SM8芯×1本
がい装	6 mm 鉄線2重
仕上がり外径	約 147 mm
概算質量（気中）	43400 kg/km
概算質量（水中）	27100 kg/km
最大導体抵抗（20℃）	0.121 Ω /km
最小絶縁抵抗（常温）	2000 M Ω ·km
最大静電容量	0.30 μF/km

## 3. 解析内容

### 3.1 実測データ

福島PJにおいて、2MW浮体の6自由度運動が計測されているが、実測データのノイズを除去するため、ローパスフィルタを適用した。最終的に得られた運動データの一例をFig. 3に示す。これを解析ソフトOrcina社製OrcaFlexのインプットデータとする。

\*1 古河電気工業(株)研究開発本部  
 \*2 古河電気工業(株)エネルギーインフラ統括部門  
 \*3 F I T E C(株)ソリューション事業部  
 原稿受付 平成 30年 9月 14日  
 公開日 平成 30年 11月 19日  
 秋季講演会において講演 平成 30年 11月 26, 27日  
 ©日本船舶海洋工学会

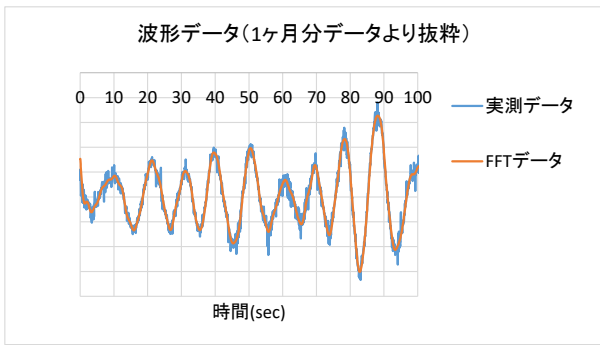


Fig. 3 Motion Data.

### 3.2 実測データによる挙動解析・疲労解析

ローパスフィルタを適用したデータは、ライザーケーブルの解析モデルに対し、浮体側端部に強制動揺変位として与える。データを1時間単位で適用し、1日単位、最終的に1年間での評価を行った。疲労解析では、レインフロー法を適用し、ライザーケーブルの被害係数を算出する。

### 3.3 有義値による挙動解析・疲労解析

有義値による挙動解析では、実測データによる挙動解析に対し、実測データの有義値を6自由度それぞれ正弦波で浮体側端部に運動として与える。また同様に、挙動解析を基に疲労解析を行った。この解析は、全実測データを用いた解析に対し、解析が簡易的になり、膨大な解析コストが削減されることが期待される。

## 4. 解析結果

実測データ（全データ）による疲労解析および有義値（1/3有義値）による疲労解析の結果例として月間の結果(a), (b), (c)を Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6 に、年間での疲労解析結果を Fig. 7 にまとめて示す。期間によって疲労被害が激しい場合と穏やかな場合があるが、実測データによる疲労解析（全データ）および有義値（1/3有義値）による疲労解析の結果は、月間及び年間で見ても概ね良好に一致する傾向を示すことが確認できた。

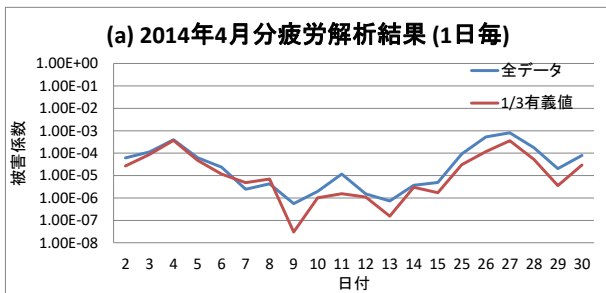


Fig. 4 Result of Fatigue Analysis (a).

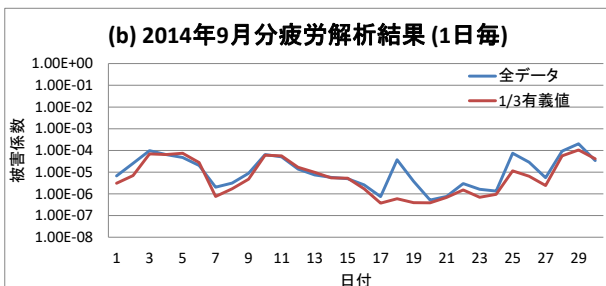


Fig. 5 Result of Fatigue Analysis (b).

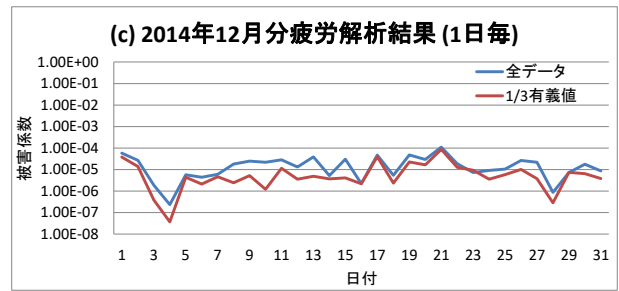


Fig. 6 Result of Fatigue Analysis (c).

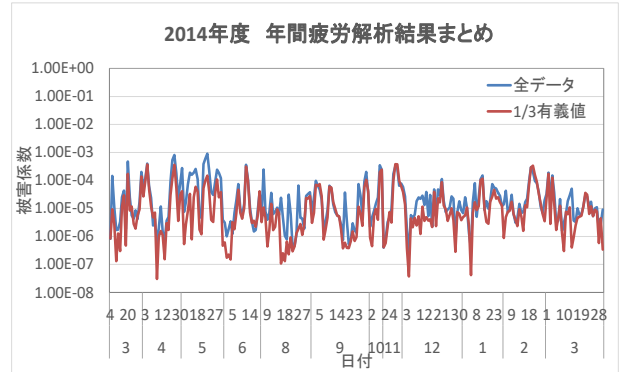


Fig. 7 Result of Fatigue Analysis (all).

## 5. まとめ

実測データ（全データ）による疲労解析と有義値による疲労解析を行った結果、両者は概ね一致することを確認した。一部、局所的に差が生じている期間については、いずれも有義値による解析が長寿命側に解析される傾向となっており、有義値での評価に関してはさらなる検討が必要と考えられる。

また、今後、さらに海象統計データと浮体 RAO を適用した疲労解析の評価と合わせ、比較検討を行う予定である。今回は実測データからの疲労推定を実施したが、今後、海象予測等、様々な評価の効率化が期待される。

1年間の実証データを解析の結果、ライザーケーブルの設計寿命20年を満たしていることが示されている。浮体式発電システムの発電システムとして必要なライザーケーブルは世界でもまだ十分な実績があるとは言えないが、本研究にて得られる知見を活かして最適システム設計を目指す予定である。

## 謝 辞

本研究は、経済産業省の福島復興・浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業として実施されており、東京大学の石原 孟教授を始め、関係者には感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 福島洋上風力コンソーシアム
- 2) 榊原広幸 他：Fukushima FORWARD Project における送電システムの開発（その2）、古河電工時報、第135号、2016。