

風車ブレードの応答予測手法検討の準備

東京理科大学大学院 学生会員 ○望月 康行 東京理科大学理工学部 フェロー 木村 吉郎
(株) 駒井ハルテック 正会員 幽谷 栄二郎 (株) 駒井ハルテック 非会員 細見 雅生

1. 序論

再生可能エネルギーの導入促進により風力発電が増えているが、一方で風力発電設備の被害も多く、風車の稼働率の向上が大きな課題となっている。その中で、運転時の風車ブレードの振動特性についても、十分には明らかではないと考え、本研究ではアメリカの NREL によって開発された解析ソフトである「FAST」を改良し、風車ブレードの振動予測精度を向上させることを最終的な目的としている。

2. 研究手法

2.1 FAST について

FAST はアメリカの NREL によって開発された風応答解析プログラムである。FAST では図 1 の解析フローのように構造解析 (FAST) と空力解析 (AeroDyn) を用いて解析を行う。

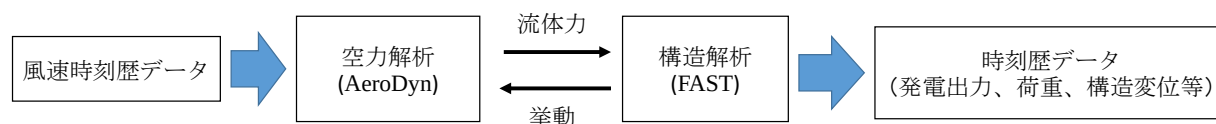


図 1 解析フロー

2.2 対象風車について

本研究の対象とした風車は千葉県富津市にある (株) 駒井ハルテックの KWT300 である。表 1、図 2 は KWT300 の仕様である。

2.3 モデルの作成

風車 KWT300 のモデルを FAST で作成し、将来的にはブレード応答の実測データと比較しながら、FAST を改良していくことを予定している。ここでは準備段階として FAST でのモデル作成や解析が正しく行われているか設計時のデータと比較した。

2.4 変動風の作成

ブレードに作用する変動風を精度良く再現するために、多次元自己回帰式を用いた変動風を作成した。

3. 解析結果

3.1 設計データとの比較

(1) 固有振動数

作成した KWT300 のモデルを用いて、固有振動数を算出し、設計時の値と比較した。表 2 はその比較結果である。表 2 よりブレードは 1, 2 次モード共に比較的近い値になっていることがわかる。一方、タワーの 1 次モードは非常に近い値であるが、2 次モードは差が大きい。その理由については検討中である。

表 1 KWT300 の仕様

定格出力	300kW
定格回転数	40.5rpm
定格風速	11.5m/s
カットイン風速	3.0m/s
カットアウト風速	25m/s
耐風速	70m/s

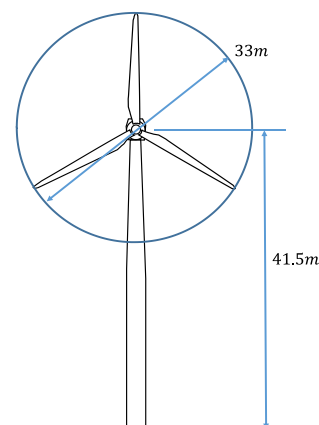


図 2 KWT300 の仕様

キーワード 風車, FAST, 変動風, ブレード振動

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学 内線番号 4070 Email: yasuyuki6m@gmail.com

表 2 固有振動数の比較

			固有振動数[Hz]	
			FAST	設計
タワー		1 次モード	0.79	0.81
		2 次モード	6.4	5.36
ブレード	フラップ 方向	1 次モード	2.72	2.64
		2 次モード	7.58	7.79
	エッジ方向	1 次モード	4.71	4.66

表 3 設計荷重ケース 6.1

状態	アイドリング
風モデル	極値風モデル
平均風速	50m/s
乱れ強さ	14%
ピッチ角	88°
ヨーエラー	8.5°, 0°, -8.5°
乱数ケース	7

(2)設計荷重

設計荷重ケース 6.1¹⁾における風車ブレードに作用する曲げモーメント M_y の比較を行った。設計荷重ケース 6.1 は表 3 のような条件である。ただし KWT300 の風車のクラスはⅡだが、極値風モデルについてはクラスⅠの条件を使用している。図 3 は計 21 ケースについて解析し、ブレード各点における最大値をプロットした結果である。青が解析結果で赤は設計時のデータである。図 3 より、設計値と FAST は比較的近い結果となっている。

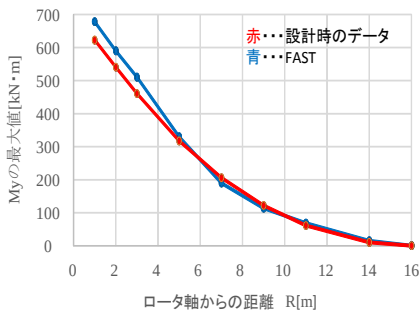


図 3 出力結果

(3)変動風作成

赤池弘次の式(a)の自己回帰式に基づいて、岩谷²⁾の作成したプログラムを用い、風速変動のパワースペクトルと風速変動間のクロススペクトルが与えられたときに、それを満たすような風速変動 u を作成した。図 4 のような水平な 5 地点の風速変動のシミュレーションした結果が図 5 である。

$$u_i(t) = \sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^k A_{ij}(m) u_j(t - m\Delta t) + N_i(t) \quad \cdots(a)$$

($i = 1, 2 \cdots k$)

M:過去の時点の数 k:地点数
A:定数 N:白色雑音

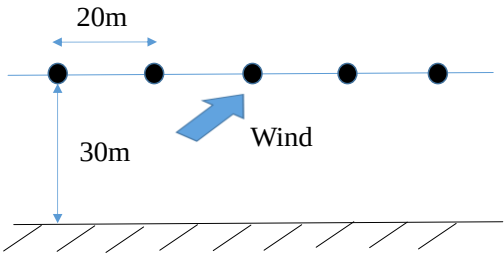


図 4 水平配置の様子

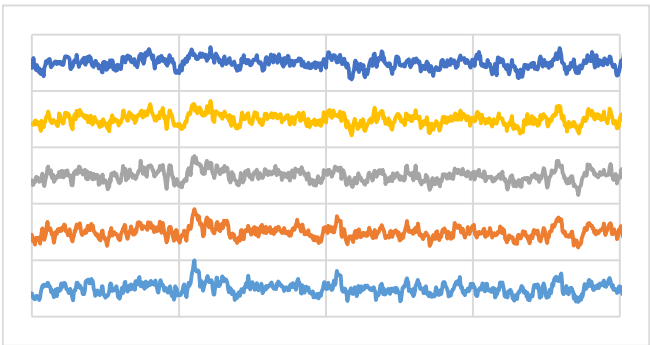


図 5 シミュレートされた風速変動例

4. まとめ

KWT300 のモデルを作成し設計データと比較した結果、モデルは正しく作成されていると考えられた。今後は作成した変動風を用いて、ブレードの応答を精度良く予測できるように FAST の改良を試みる予定である。

参考文献

1) Germanischer Lloyd : Rules and Guidelines (2003)
 2) 岩谷祥美：任意のパワースペクトルとクロススペクトルをもつ多次元の風速変動のシミュレーション，日本風工学研究会誌，第 11 号，昭和 57 年 1 月