

SIMA と OpenFAST を用いた NREL 5MW 風車のみの解析の比較

大成建設 正会員 ○黒川 翔
 大成建設 正会員 鈴木 柚香
 大成建設 正会員 川上 喜博

1. はじめに

浮体式洋上風力基礎の設計は、ポテンシャル解析、荷重連成解析、三次元 FEM による構造解析と、部材照査および復元力照査により仕様決定するという流れが一般的である。必要な荷重ケースは数万ケースに及ぶため、実務的にはこれらを一貫して実施できる解析プログラムが望ましく、当社では DNV 一貫解析プログラム群をそのツールの一つとして採用している。このうち荷重連成解析は SIMA を用いて実施する。

荷重連成解析は、風車と浮体、係留索等をモデル化し、波浪条件の他に風況条件を設定し、流入風は風車およびタワーを介して荷重が浮体に伝達されるため、適切な風車解析モデルを設定する必要がある。しかし SIMA は風車解析における認証ソフトウェアではないため、認証ソフトウェアである FAST, OrcaFlex と同一条件の解析を実施し結果比較することで 認証ソフトウェアと同等の妥当性を確保することを目指したい。

本論文では SIMA を含む複数の解析ソフトウェアで風車解析を実施し、その結果を比較した。

2. ソフトウェアと解析条件

本論文では FAST v8.16 (AeroDyn v15.04), OpenFAST v3.0.0, OrcaFlex v11.1, SIMA v4.1.2 の 4 種類の荷重連成解析ソフトウェアを用いて解析を行った。また、比較対象として Dr. Jonkman が作成した FAST v7 用の入力データによる解析結果を用いた。

解析に用いたのは NREL 5MW の風車¹⁾である。全ての解析ケースの風車モデルにおいて、タワー基部の 6 自由度を固定して解析を行った。流入風としては図 1 に示す通り、カットイン風速からカットアウト風速まで、200 秒ごとに 1m/s 風速が大きくなる一様の階段状風速を用いた。

キーワード SIMA, OpenFAST, OrcaFlex, 風車解析

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1

大成建設(株) 土木本部 土木設計部 洋上風力設計室

TEL. 03-6882-0792 E-mail : krksu-00@pub.taisei.co.jp

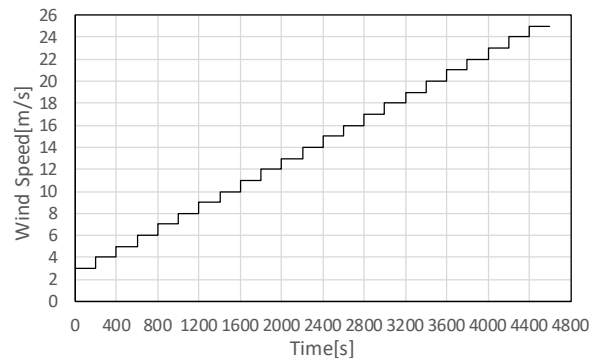


図 1 流入風

3. 結果

各ソフトウェアによる解析結果を以下に示す。ただし、結果整理の際には各風速において十分に収束した後半の 100 秒の結果のみを抽出し、平均値を取った。

図 2 から図 4 に風車の発電量、ロータースピード、トルクを示す。どのソフトウェアでも結果は概ね一致している。

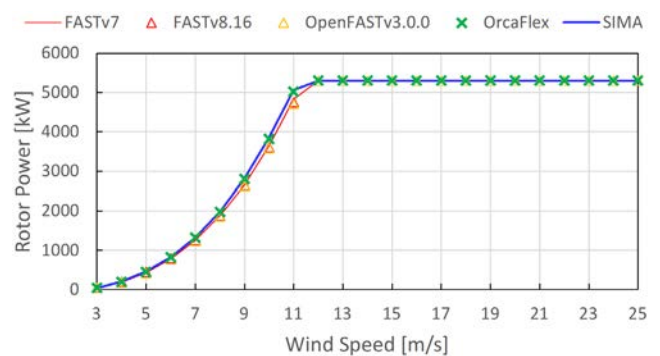


図 2 発電量

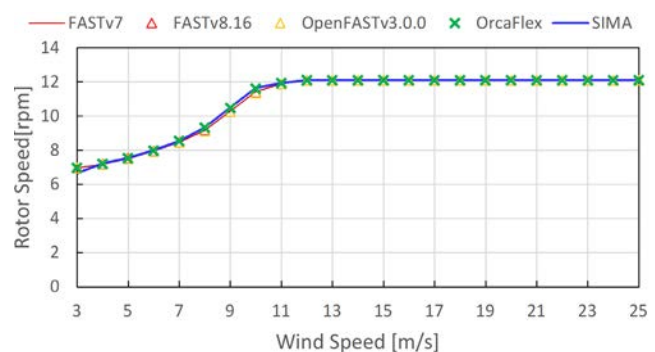


図 3 ロータースピード

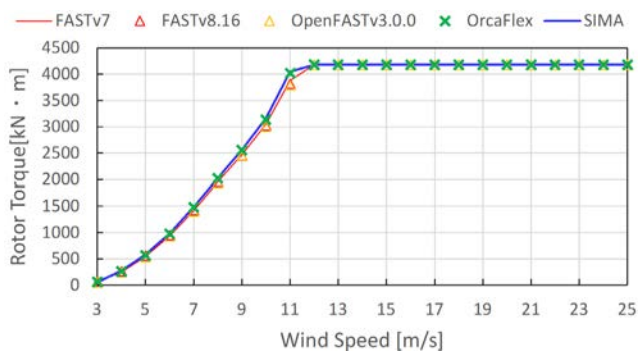


図 4 ロータートルク

一方、図 5 に示す SIMA のスラスト力は他のソフトウェアよりも 10% 程度小さいことが分かる。

スラスト力は、流入風がブレードに作用することにより発生するブレード回転軸方向の力であるため、スラスト力の検証として、図 6 に示す類似したタワートップの前後方向せん断力を比較した。

タワートップの前後方向せん断力は OrcaFlex と概ね一致している。また、SIMA と OrcaFlex は、FAST v8.16 (AeroDyn v15.04), OpenFAST v3.0.0, FAST v7 より大きい安全側であることが分かる。

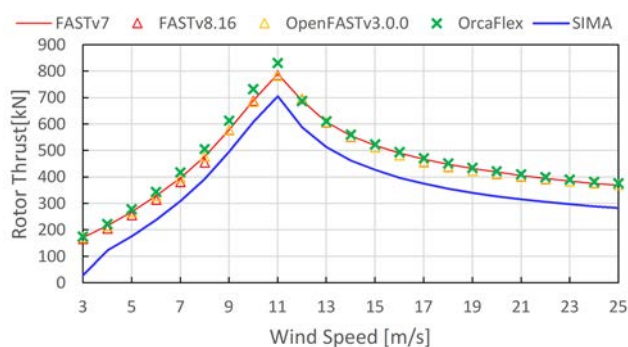


図 5 スラスト力

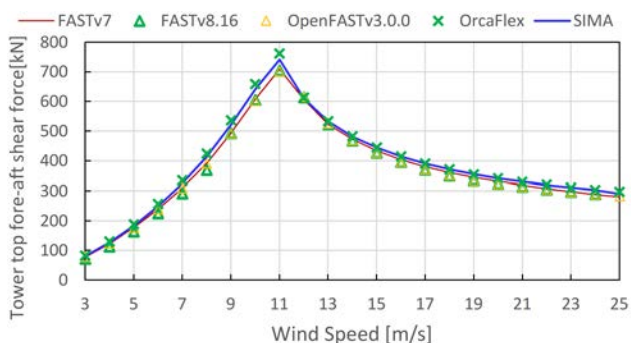


図 6 タワートップ前後方向せん断力

タワートップの前後方向せん断力が一致していることを考慮すると、スラスト力が他のソフトウェアよりも小さいことは考えにくい。そこで、SIMA のスラスト

力に対する出力を調べると、ブレードが流入風から受ける空力のみ出力であることが分かった。他のソフトウェアでは、ブレードが流入風から受ける空力とローター重量のシャフト方向成分をスラスト力としているため、図 7 のように SIMA の解析結果にローター重量のシャフト方向成分を累積したスラスト力を算定した。

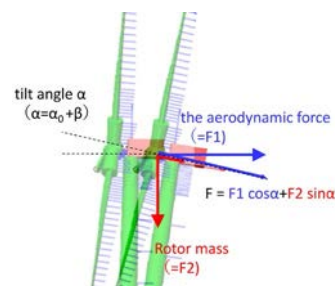


図 7 スラスト力の補正

図 8 に修正したスラスト力を示す。スラスト力においても他のソフトウェアと概ね一致する結果となった。

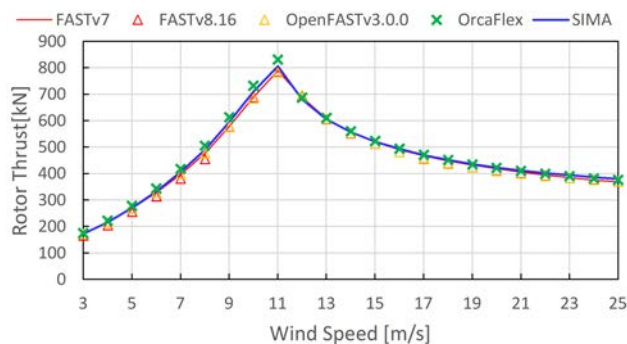


図 8 スラスト力 (修正後)

4. まとめ

本論文では異なる荷重連成解析ソフトウェアを用いて風車のみ解析の結果を比較した。浮体の設計を行う上で重要な、風車のスラスト力については OrcaFlex と概ね一致し、その他のソフトウェアよりも大きい安全側の結果を与えることが明らかとなった。

参考文献

- 1) Definition of a 5-MW Reference Wind Turbine for Offshore System Development, February 2009 J. Jonkman et al. : <https://www.nrel.gov/docs/fy09osti/38060.pdf>
- 2) 鈴木柚香, 川上喜博: OrcaFlex と OpenFAST を用いた NREL 5MW 風車のみ解析の比較, 第 77 回土木学会年次学術講演会公演概要集, 2022. (投稿中)