

OrcaFlex 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 ○鈴木 柚香
大成建設 正会員 川上 喜博

1. はじめに

近年、日本でも洋上風力発電に対して関心が高まっている。2050年のカーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略の中では、洋上風力発電は、大量導入やコスト低減が可能であるとともに、経済波及効果が期待されることから、再生可能エネルギーの主力電源化に向けた切り札であるとされている¹⁾。洋上風力発電の基礎形式には着床式と浮体式の2種類があるが、一般的に水深50m程度までの地点では着床式、それ以上に深い地点では浮体式がコスト面で優位であるとされている。日本周辺の海域では浮体式のポテンシャルが着床式のポテンシャルの約3.3倍であり²⁾、今後浮体式洋上風力発電が盛んになることが予想される。

浮体式の場合、浮体の動揺に伴い風車も揺れるため、浮体式基礎の設計を行う際には風車と浮体の荷重連成解析を行い、風車の影響を考慮する必要がある。つまり、浮体式基礎の設計を行う際には風車の解析も正確に行う必要がある。本論文では複数の解析ソフトを用いて風車のみの解析を行い、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の3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。OrcinaがFASTと同等の風車のみの解析をOrcaFlexで行うことができるとレポート³⁾で示しているが、浮体の設計を行う際に重要なタワー基部での力やモーメントが比較されていないため、本論文内で比較結果を示す。

解析に用いたのはNREL 5MWの風車⁴⁾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

キーワード 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 : szkyuk10@pub.taisei.co.jp

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。

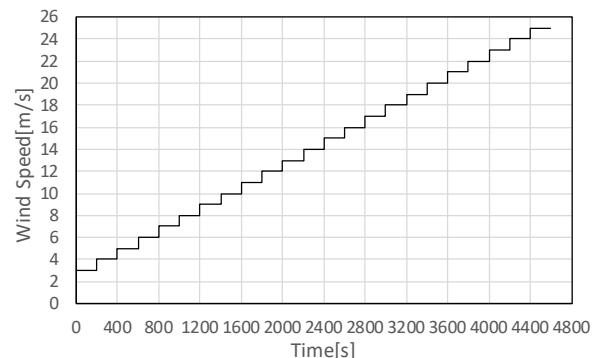


図1 流入風

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に示されている風車の発電量とロータースピードはどのソフトウェアでも結果はよく一致していることが分かる。一方、図3に示されているスラスト力とトルクについてはFAST v7, FAST v8.16, OpenFAST v3.0.0ではよく一致しているが、OrcaFlexは11m/s付近で他のソフトウェアより大きな値が出ていることが確認できる。

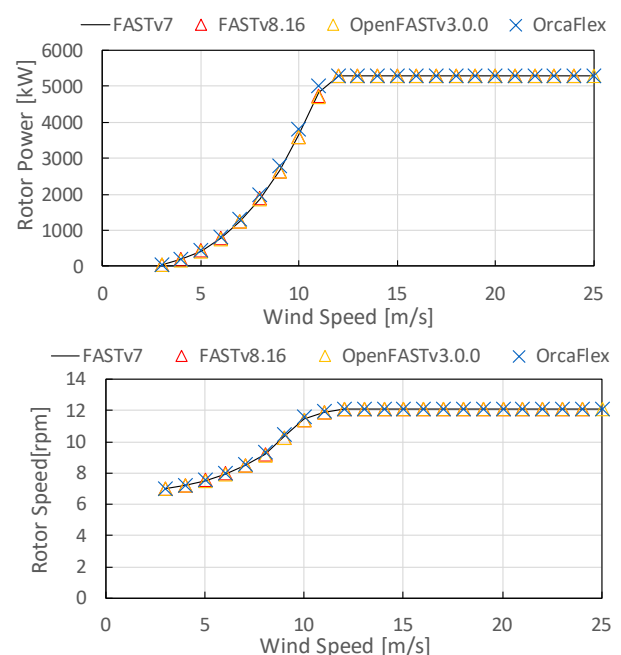


図2 発電量とロータースピード

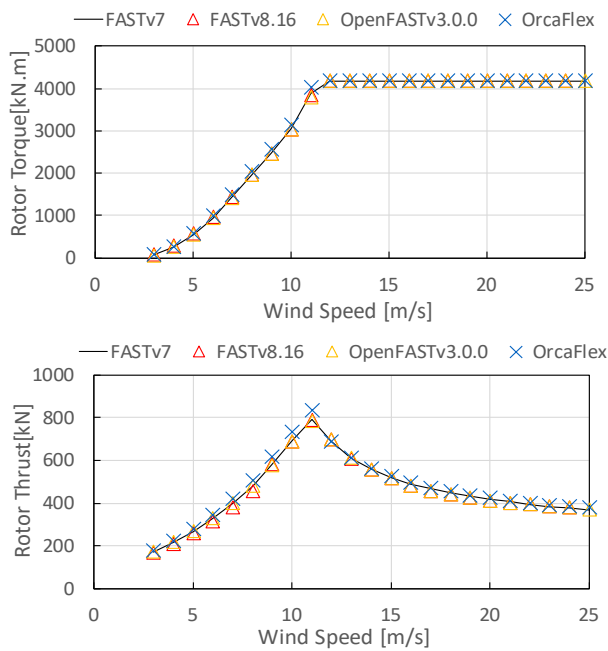


図 3 トルクとスラスト力

図 4, 図 5には浮体の設計を行う上で重要であるタワー基部での力とモーメントについて比較した結果を示す。タワー基部での前後方向の力については、OrcaFlex が最も安全側の結果となった。FAST v7 とその他解析結果との差が確認できるが、これは FAST v7 ではタワーにかかる風荷重の影響を考慮できていないためであると考えられる⁵⁾。また、タワー基部での横方向の力については、各解析結果で差が大きいように見えるが、前後方向の力よりオーダーが 2 桁小さいため問題ない。タワー基部での前後方向のモーメントについては、力と同様に OrcaFlex が最も安全側の結果となった。横方向のモーメントは各解析結果で概ね値が一致した。

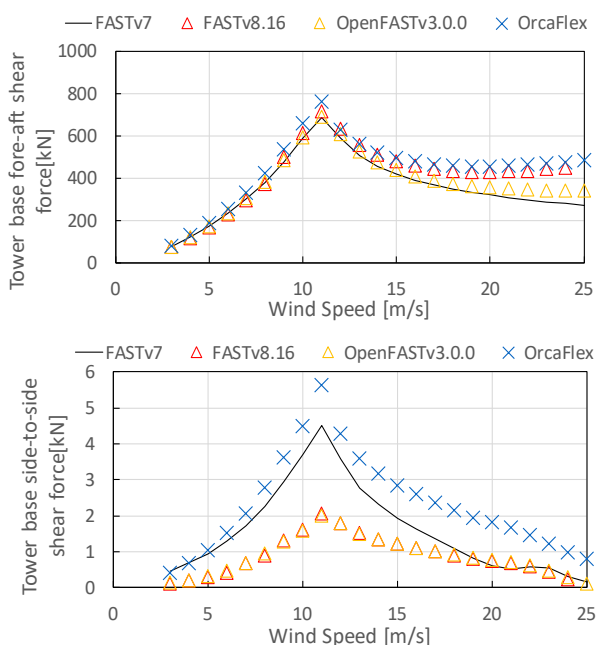


図 4 タワー基部での力(前後方向・横方向)

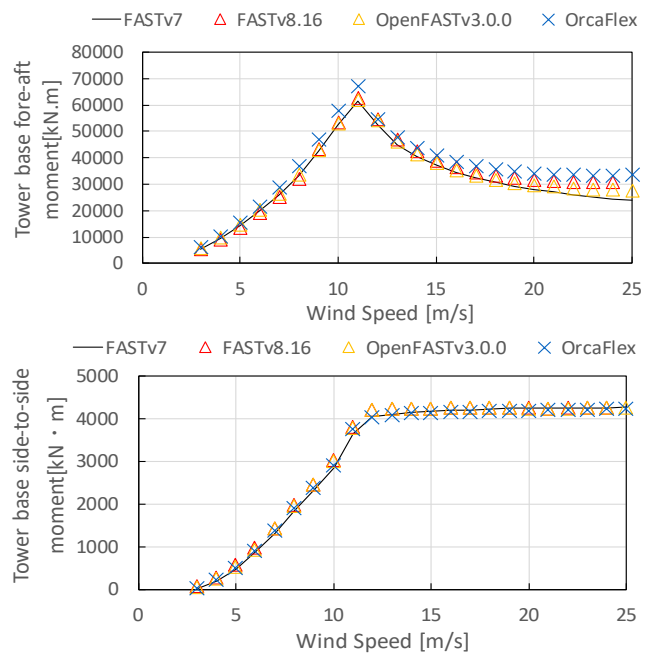


図 5 タワー基部でのモーメント(前後方向・横方向)

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の解析結果を比較した。浮体の設計を行う上で重要な、風車のスラスト力やタワー基部での力とモーメントについては OrcaFlex が最も安全側の結果を与えることが明らかとなった。

本検討におきましては、石原孟東京大学大学院教授よりご指導を賜りました。ここに深甚なる感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 2050 年カーボンニュートラルに資する洋上風力発電の導入促進に向けた取組, 国土交通省 港湾局 : <https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001390170.pdf>
- 2) 洋上風力の主力電源化を目指して, 一般社団法人日本風力発電協会 : https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/yojo_furyoku/pdf/001_04_01.pdf
- 3) Orcina Project 1405 Wind Turbine Validation Report, Orcina Ltd. : <https://www.orcina.com/wp-content/uploads/resources/validation/R14050101-Wind-Turbine-Validation-Report.pdf>
- 4) Definition of a 5-MW Reference Wind Turbine for Offshore System Development, J. Jonkman et al. : <https://www.nrel.gov/docs/fy09osti/38060.pdf>
- 5) AeroDyn v15 Change Log, NREL : <https://www.nrel.gov/wind/nwtc/assets/text/changelog4.txt>