

## 洋上風力発電基礎における等価分離解法

JFE エンジニアリング株式会社 正会員 ○水上 亮 辻岡 和男 海老原 俊広

## 1. 目的

洋上風力発電基礎の設計において、風車構造と基礎構造のモデル化を個別に行う等価分離解法<sup>1)</sup>が欧州中心に広く用いられている。本稿では風車構造と基礎構造の一体モデルを用いた解法（以下、一体解析）と等価分離解法の比較を行うことにより、その妥当性を検証する。

## 2. モデルと解析コード

風車モデルとして Bladed 標準 5MW 風車を適用し、基礎形式はジャケットとする。一体解析では風車と基礎構造のモデル化、風波連成解析を全て Bladed にて行う。一方、等価分離解法では風車構造側のモデル化、風波連成解析にのみ Bladed を用い、それ以外は全て自社開発コードを用いる。基礎構造の動特性の表現のためにはスーパーエレメントの手法を用いる。一体解析と等価分離解法の比較を図1に示す。

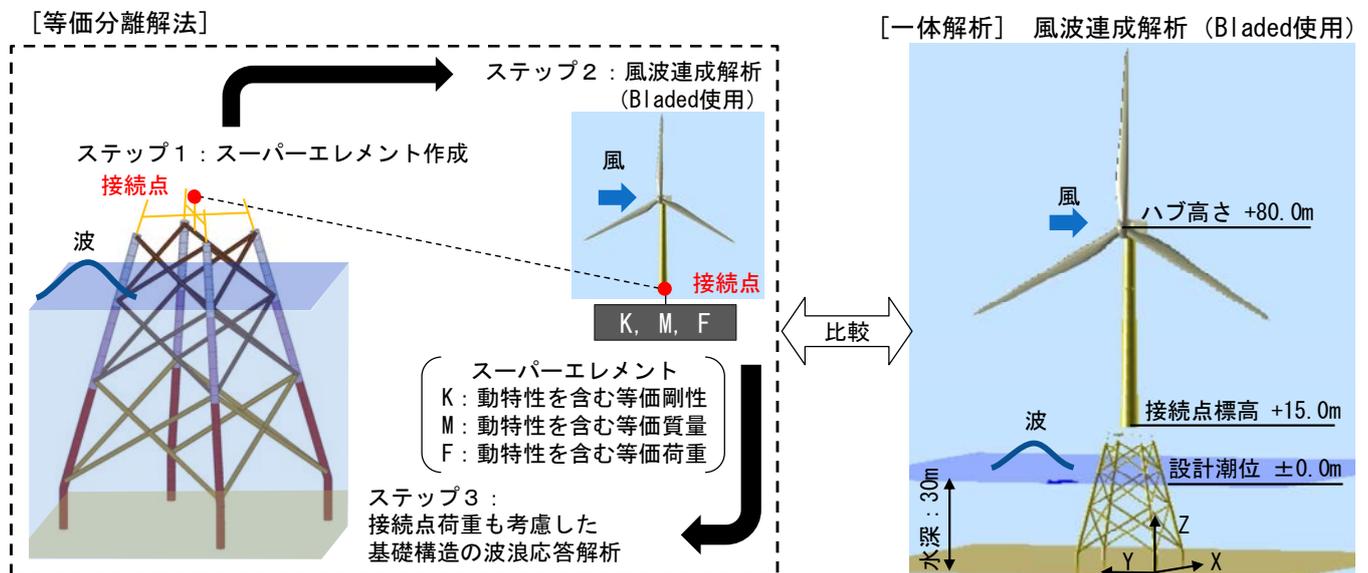


図1 一体解析と等価分離解法の比較

## 3. 解析条件

解析条件を表1に示す。

表1 解析条件

風	波	静的荷重	質量
乱流風, 風速 $V=47.5\text{m/s}$ ヨーエラー $\theta=8^\circ$	PM型スペクトルの不規則波, 埋め込み波付き $H_s=7.5\text{m}$ , $T_p=12\text{sec}$ , 波向 $=0^\circ$	1) 自重 2) 浮力	1) 構造質量 2) 付加質量
減衰	$P\delta$ 効果	解析時間	解析ステップ
Rayleigh減衰を適用	考慮	600sec	0.01sec

ここで、ヨーエラー $8^\circ$ はローター向きと風向のミスアライメントを指し、荷重条件はIEC 61400-3-1<sup>2)</sup>にて規定されたDLC6.1相当となるよう決定した。

Bladedを用いた一体解析では、不規則波動場を構築しながら400secに最大波高相当のStream Function波を埋め込む。等価分離解法ではBladedの波動場を再現して波力を算出する。

キーワード 洋上風力発電基礎, 等価分離解法, 風波連成解析, ジャケット

連絡先 〒100-0005 東京千代田区丸の内1丁目8番1号丸の内トラストタワーN館19F

JFE エンジニアリング株式会社 鉄構インフラ事業部 TEL 03-6212-0021

#### 4. 総水平力と総転倒モーメント比較

図2, 3に海底面における総水平力と総転倒モーメントの時刻歴グラフを示す. 対象とする解析時刻はそれぞれ210~260secと370~420secとし, 同時刻の風速と水位変動の時刻歴グラフも併せて示す.

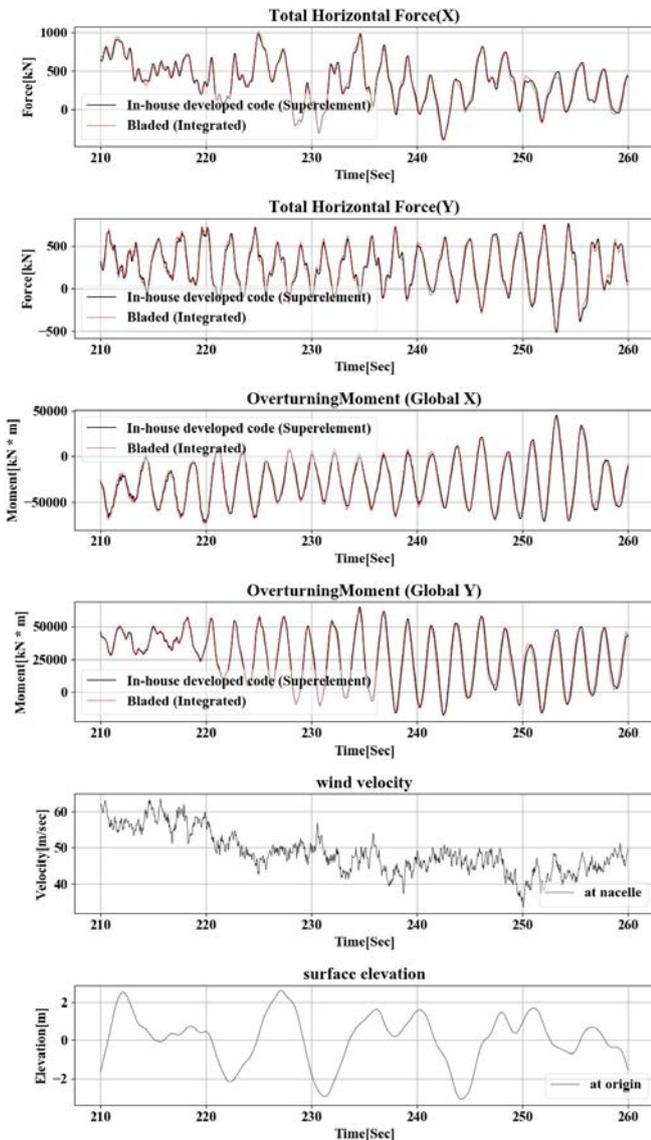


図2 総水平力と総転倒モーメントほか (210~260sec)

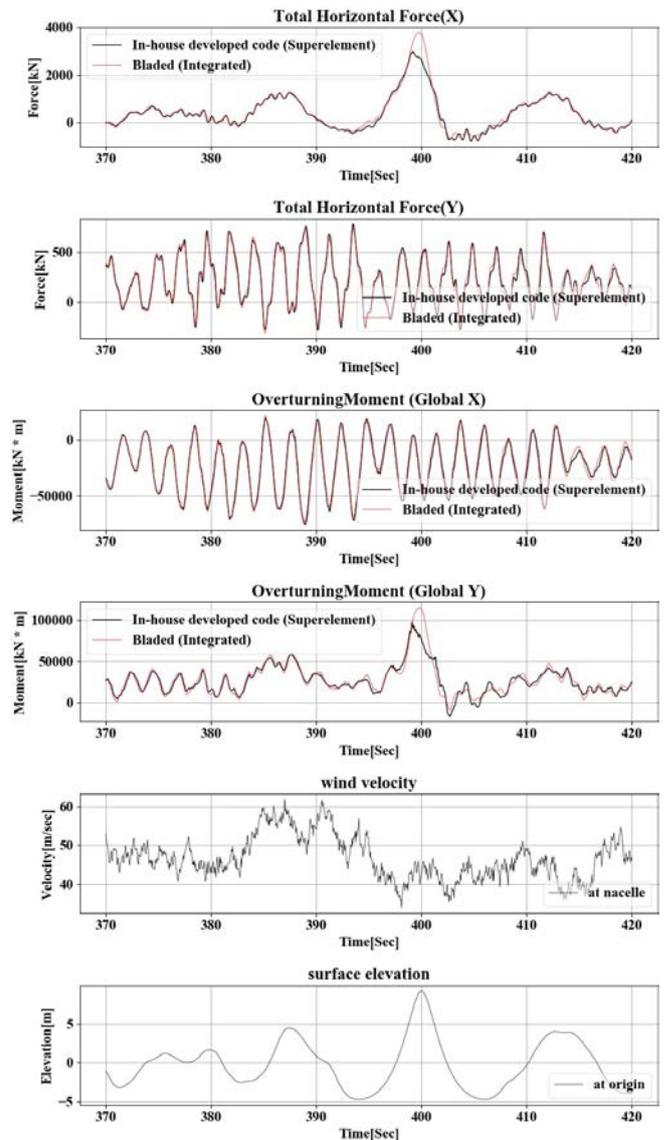


図3 総水平力と総転倒モーメントほか (370~420sec)

等価分離解法と一体解析の結果を比較すると, 全体的としては良好に一致していることがわかる. ただし, 時刻400sec近傍にて差異が見られる. これは等価分離解法において Stream Function 波の埋め込み時間帯の波動場再現が困難であったためである. 実務における等価分離解法では, 基礎構造側にて埋め込み波を考慮した不規則波動場を構築し, 図1のステップ1及びステップ3の波力を算出するため, 埋め込み波近傍の波動場再現は不要である. したがってこれらの差異は実務に影響しない.

#### 5. まとめ

一体解析と等価分離解法の結果はよく一致しており, 等価分離解法が妥当な解法であることを確かめることができた. 実務では汎用ソフトを用いて膨大な解析ケースを実施することになるが, ともしればブラックボックス化する恐れがある. 本検討はこのブラックボックス化を避けるための一助となりうる.

参考文献: 1) 洋上風力発電設備に関する技術基準の統一的解説, 令和2年3月版 2) IEC 61400-3-1: 2019. Wind energy generation systems -Part 3-1: Design requirements for fixed offshore wind turbines