

平成 23 年度「重点研究課題」調査研究報告書

研究課題名 洋上風力発電設備支持物の性能規定型構造設計手法の開発

研究代表者 石原 孟（東京大学大学院工学系研究科 教授）

推薦委員会 構造工学委員会

1. はじめに

2011 年末に世界の風力発電設備容量は 2 億 3767 万 kW に達している。一方、わが国特有の自然環境に起因する強風により風車タワーの座屈や基礎の崩壊等の重大事故も報告されている。これらの問題を解決するために、2004 年 9 月に風力発電設備耐風設計小委員会を発足し、暴風時・地震時における風車タワー・基礎に作用する荷重と支持物の構造強度に関する算定手法を定めた「風力発電設備支持物構造設計指針・同解説」を 2007 年 11 月に刊行し、また 2010 年 1 月にその改訂版である「風力発電設備支持物構造設計指針・同解説 2010 年版」を刊行した。本指針は、風力発電設備支持物構造設計における国内唯一の指針として広く利用され、風力発電設備支持構造物の安全性・信頼性の向上に大きく貢献した。

しかし、風力発電の導入に伴い、陸上の平野部においては風力発電の適地が減少し、山岳部ではアクセス道路整備などのコスト負担が増加していることから、今後風力発電の導入拡大には長い海岸線を活かした洋上風力発電が期待されている。欧州では既に大規模洋上風力発電所が建設されているが、わが国では台風襲来に伴う暴風、高波浪、そして地震などの自然環境条件が厳しく、欧州における構造設計手法をそのままわが国に適用することはできないという問題がある。このような状況を鑑み、2011 年度から「洋上風力発電設備支持物の性能規定型構造設計手法の開発」に関する研究を開始し、わが国における厳しい自然環境条件に耐え、安全性、信頼性、経済性の高い洋上風力発電支持物の実現を目指す。

2. 研究成果

2011 年度には、構造工学委員会内に洋上風力発電設備支持物構造設計小委員会を設置し、荷重評価 WG、構造設計 WG、総則と例題 WG の 3 つの WG とこれらの WG を包括する主査・幹事会からなる体制を組織し、研究を行った（図 1）。

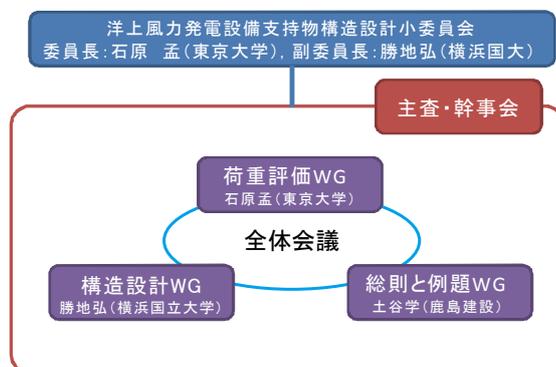


図 1 研究体制

2011 年度では、洋上風力発電設備の支持構造物を対象に気象・海象等の環境条件の評価手法、洋上風力発電設備に作用する各種荷重の評価手法および洋上風力発電設備支持構造物の終局限界状態と疲労限界状態の設計方法に関して、これらの海外基準を収集・翻訳および比較検討し、わが国の自然環境条件および洋上風力発電設備の特性を考慮した支持物構造設計手法を開発した。

具体的に、台風シミュレーションによる設計風速の評価手法、うねりと風波との混合モデル、信頼性を考慮した地震荷重の評価式を提案した。これらの成果は風力発電システムの設計に関する国際基準策定委員会にも提案し、IEC61400-1（風力発電システム設計要件）の第4版に取り入れられる予定である。また風車タワーと下部構造との接合部のグラウト接合、コンクリート接合、鋼構造接合の3種類の接合方法の性能評価のあり方を整理し、安全性と信頼性の高い設計式を提案した。さらに基礎に関しては各種破壊モードを想定した保有耐力評価に基づく性能規定型の設計手法を構築し、モノパイル式、重力式、ジャケット式等の基礎の特性を考慮した設計法を提示した。表1には「風力発電設備支持物構造設計指針・同解説 洋上編」の目次を示す。

表1 「風力発電設備支持物構造設計指針・同解説 洋上編」の目次

章	題目	概要
第1章	総則	適用範囲, 基礎知識, 用語, 記号, 座標系
第2章	設計の流れ	構造設計の基本方針, 要求性能, 設計法
第3章	荷重ケースと部分係数	荷重ケース, 荷重の組み合わせ, 部分係数
第4章	環境条件の評価	暴風, 波浪, 海潮流, 地震, 津波, 雪, 洗屈
第5章	荷重の評価	風荷重, 波浪荷重, 流体力, 地震荷重, 津波力
第6章	材料	鋼材, コンクリート材料
第7章	部材の構造計算	鋼構造の部材, 複合構造の部材
第8章	定着部の構造計算	グラウト接合, 鋼構造接合, コンクリート接合
第9章	基礎の構造計算	モノパイル式基礎, 重力式基礎, ジャケット式基礎
第10章	指針による設計例	モノパイル式とジャケット式洋上風力発電設備の設計
第11章	数値計算による解析例	時刻歴応答解析による荷重評価とFEMによる構造計算
第12章	関連法規および基準	国内法規, 国内基準, 国際基準等
第13章	参考資料	許認可手続き, 洋上風力発電機仕様等

3. おわりに

本研究では欧州にはない台風や地震等の自然環境条件を考慮した洋上風力発電設備支持物の性能規定型構造設計手法を開発すると共に、「風力発電設備支持物構造設計指針・同解説 洋上編」の草案を作成した。これらの研究成果は風力発電システムの国際基準に取り入れられる予定である。

また本研究で作成された「風力発電設備支持物構造設計指針・同解説 洋上編」は今後わが国における洋上風力発電所の建設ノウハウの蓄積, 導入量の拡大に貢献すると共に, わが国と類似の自然環境条件を持つアジアと北米各国での洋上風力発電の導入にも貢献する。

平成24年度には「風力発電設備支持物構造設計指針・同解説 洋上編」を完成させ, 国内の洋上風力発電実証研究の実例をもとに設計例を作成する。平成25年度は, 同指針を出版するとともに, 講習会を開く予定である。

付録

洋上風力発電設備支持物構造設計小委員会委員一覧

役職	氏名	所属	担当分野
委員長	石原 孟	東京大学	全体統括
副委員長	勝地 弘	横浜国立大学	構造設計主査
幹事	嶋田 健司	清水建設	荷重評価主査
幹事	土谷 学	鹿島建設	総則・例題主査
委員	宇都宮 智昭	京都大学	荷重評価
委員	岡田 直仁	前田建設工業	構造設計
委員	奥田 泰雄	建築研究所	総則・例題
委員	久家 秀海	エコ・パワー	総則・例題
委員	小松崎 勇一	東京電力	構造設計
委員	酒向 裕司	小堀鐸二研究所	荷重評価
委員	日東寺 美知夫	ユーラスエナジージャパン	構造設計
委員	福本 鋼治	電気興業	構造設計
委員	本田 明弘	三菱重工業	荷重評価
委員	松岡 学	電源開発	構造設計
委員	山口 敦	東京大学	荷重評価
委員	吉田 茂雄	富士重工業	荷重評価
委員	上江洲 安哲	沖縄新エネ開発	総則・例題
委員	内野 清士	構造計画研究所	総則・例題
委員	久保 典男	日本製鋼所	荷重評価
委員	佐野 健彦	日本国土開発	構造設計
委員	野村 敏雄	大林組	構造設計
委員	武藤 厚俊	日本製鋼所	荷重評価
委員	白石 恭章	三菱重工業	構造設計
委員	津埜 幸弘	エムイーシー	荷重評価
委員	柴田 敏雄	三井住友建設	構造設計
委員	中田 諭志	三井造船	荷重評価
委員	片山 能輔	新日鉄エンジニアリング	総則・例題
委員	池谷 毅	鹿島建設	荷重評価
委員	田中 祐人	JFE エンジニアリング	総則・例題
委員	佐藤 郁	戸田建設	構造設計
委員	太田 義弘	竹中工務店	構造設計
委員	井上 俊司	海上技術安全研究所	構造設計
委員	石田 交広	巴コーポレーション	構造設計
委員	吉田 健治	熊谷組	構造設計
委員	松雪 和倫	日本製鋼所	総則・例題