

審査の結果の要旨

論文題目

Prediction of Tower Loading of Floating Offshore Wind Turbine Systems in the Extreme Wind and Wave Conditions

(浮体式洋上風車のタワーに作用する暴風波浪時の荷重の評価)

氏 名 許 楠 (シュ ナン)

本研究は、浮体式洋上風車のタワーに作用する暴風波浪時の荷重を評価する理論式を提案した。浮体式洋上風車は浮体動揺の影響を強く受けるため、従来の陸上風力発電設備のように固定基礎モデルを使用することができず、浮体式洋上風車のタワーに作用する荷重を理論的に評価することできない。本研究では、浮体式風車に作用する荷重に大きな影響を与える浮体のサージ運動とピッチ運動を表わす SR モデル(Sway Rocking Model)を提案し、浮体式洋上風車のタワーに作用する荷重の等価静的評価を可能にした。また、浮体の動揺に伴う変動波荷重と変動風荷重は複数の周波数にピークを持ち非正規過程となることに着目し、これらの非正規過程のピークファクターを推定する手法を提案することにより、浮体式洋上風車のタワーに作用する波荷重と風荷重を解析的に評価することを可能にした。さらに、波荷重と風荷重の組み合わせにおいては、最大波荷重と最大風荷重の相関が低いことに着目し、波荷重と風荷重の組み合わせのための低減係数を提案した。論文の構成ならびにその概要は以下のとおりである。

第 1 章は本論文の概要であり、世界と日本における洋上風力の現状を述べるとともに、日本の洋上風力発電の必要性を示している。

第 2 章では既往研究のレビューを行い、浮体式洋上風車に作用する荷重の評価手法に関する既往の研究成果と課題をまとめると共に、本研究の目的を明らかにした。

第 3 章は、テンションレグ係留およびカタナリー係留を用いた浮体に搭載する風車の挙動を記述する方法について述べている。波によって生じる浮体の運動は主にサージとピッチであるため、これら 2 つのモードに対する等価的な剛性と減衰を同定することにより、浮体式洋上風車のタワーに作用する荷重を評価できる SR モデルを提案すると共に、従来の固定基礎モデルを用いることの問題点を明らかにした。

第 4 章では、サージ運動とピッチ運動による波荷重を別々に評価し、組みあわせることにより浮体式洋上風車のタワーに作用する波荷重を評価する手法を提案した。不規則波中での風車タワーに作用する変動荷重は、波周期に対応する周波数と風車タワーの固有周期に対応する周波数にピークをもつ非正規過程であることに着目し、この非正規過程に対応するピークファクターの推定手法を提案することにより、不規則波中における最大波荷重の等価静的評価を可能にした。

第 5 章では、浮体式洋上風車のタワーに作用する最大風荷重の等価静的評価式を提案した。

平均風荷重、変動風荷重の標準偏差およびピークファクターにより最大風荷重を評価する解析式を提案すると共に、標準偏差に含まれるモード補正係数、空力減衰率および規模補正係数が支配的な要因であることを明らかにした。また変動風荷重は風のスペクトルに対応する周期と浮体運動に対応する周期にピークを持つ非正規過程であることに着目し、この非正規過程に対応するピークファクターの評価手法を提案することにより、最大風荷重の等価静的評価を可能にした。最後に、風方向および風直交方向の風応答の相関を考慮し、タワーに作用する風荷重の組合せ式を提案した。

第 6 章は波荷重と風荷重の組合せ手法を提案した。完全相関を仮定した場合に過大評価になる原因を明らかにすると共に、無相関と仮定した場合に波荷重と風荷重の組合せを精度よく評価できることを示した。また波荷重と風荷重の組合せを考慮するために提案した波荷重の低減係数を提案し、IEC61400-3 で示されている着床式用の値より低くなることを明らかにした。

以上のように、本論文では浮体動揺を表わす等価モデルを提案し、浮体式洋上風車のタワーに作用する風荷重と波荷重を解析的に評価することを可能にした。また変動波荷重および変動風荷重の非正規性を考慮したピークファクターの評価方法を提案することにより、最大波荷重および最大風荷重を解析的に評価することを可能にした。さらに、浮体動揺に伴う風車のタワーに作用する風荷重と波荷重の特性を明らかにすることにより、風荷重と波荷重を組み合わせる際の低減係数を提案した。

これらの研究成果は、浮体式洋上風車のタワーを合理的に設計するための理論的基盤を与え、浮体式洋上風車の支持構造物の暴風波浪時の安全性、信頼性、経済性の向上に貢献するものである。よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認める。