

浮体構造物係留鎖における定量的摩耗量推定手法に関する研究

武内, 崇晃

<https://doi.org/10.15017/4060150>

出版情報 : Kyushu University, 2019, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

氏 名 : 武内 崇晃

論 文 名 : 浮体構造物係留鎖における定量的摩耗量推定手法に関する研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

IEA (International Energy Agency) による報告書 Offshore Wind Outlook 2019 によると日本沿岸の水深 60 m 以下の浅い海域では洋上風力発電の導入ポテンシャルが 43 TWh/year, 水深 60 m 以上の深い海域では 9031 TWh/year と報告されており, その合計は日本の電力需要の約 9 倍に相当することから脱炭素社会の実現に向け, 沖合での洋上風力発電施設の開発が進められている. 水深 60 m を超える海域では着床式風力発電の採算性が著しく悪化するため, 水深の深い海域においては浮体式洋上風力発電の導入が期待されており, 稼働寿命 20 年の達成に向け信頼性の確保とコスト削減が課題となっている. その稼働寿命の長さからメンテナンスコストの削減が重要視されているが, 浮体施設の定点保持に用いられる係留鎖においては ROV (Remotely Operated Vehicle : 遠隔操作無人探査機) による探査や, 実際に係留鎖を引き上げての調査などで定期的な検査が実施されており, 多大な労力やコストを要するのが現状である. これは係留鎖の経年摩耗予測を経験的知見に頼っていることに起因しており, 定量的な摩耗量評価手法を確立することによりメンテナンスの合理化, ひいてはメンテナンスコストの削減が可能となる.

これを受け, 本研究では有限要素解析 (FE 解析) を用いて係留鎖間摩耗に適した摩耗量推定式の算出を行い, これに浮体-係留系の応答解析から得られる係留鎖間における相対角変化や張力を適用することで, 定量的に摩耗量の推定を行う推定手法の提案を行っている. ここで, 使用する係留鎖の物性値は事前に材料試験により算出することで, 係留鎖諸元や浮体施設, 環境外力等によらない推定手法の確立を目指している. また, 係留鎖摩耗実測値との比較を行うことで, 推定精度の検証を行っている. これらの研究結果をまとめた本論文は 5 章により構成されている.

第 1 章では緒論であり, 最初に研究背景を紹介している. 引き続き, 摩耗量評価に関する研究の歴史と現状について言及している. 最後に, 本研究の具体的な目的について述べている.

第 2 章では, 摩耗量推定に広く用いられる Archard の式を用いた FE 解析から係留鎖間に作用する撓動角や張力, 摩擦係数と摩耗量との関係を明らかにし, 係留鎖間摩耗量に適した推定式の提案を行っている. さらに, 浮体式洋上風力発電施設への提案手法の適用に向け, 本章では 1 点弛緩係留された観測ブイに対して提案手法を適用し, 係留索の動的解析法として一般的なランプドマス法を用いた解析モデルにおいて, 現場海域における波の発生頻度を考慮した年間摩耗量の推定手法を示し, 摩耗量推定値と摩耗量実測値との比較から本提案手法の有用性を確認している. 簡易手法である規則波作用下における係留鎖の定常応答から行う摩耗量推定手法と, 実現象に即した不規則波作用下における係留鎖応答から行う推定手法との比較から, 規則波手法と比べ不規則波手法が安全側の推定となることを確認している. 結果として, 提案手法が従来の係留鎖摩耗に関する知見や定量的評価に一致することを確認しているが, 海底にて係留鎖の立ち上がりを生じるタッチダウンポイントにおいて推定値と実測値に乖離が見られるため, 浮体式洋上風力発電施設への提案手法適用

に向けての問題点や解決すべき点について考察を行っている。

第3章では、第2章にて述べた問題点の解決を図るとともに、3点カタナリー係留されたスーパー型観測タワーに対して本提案手法による摩耗量推定を実施し、実測摩耗量との比較から推定精度の検証を行っている。弛緩と緊張を繰り返す1点弛緩係留とは異なり、多点カタナリー係留では張力が常に作用するため鎖間にスナッフ荷重や非接触状態が生じにくいことや、合成繊維索と中間ウェイトが採用された本解析対象係留系では通常のカテナリー係留とは異なる挙動を示すことが予想されることから、これらの係留鎖運動の違いや作用する張力レベルの違いに着目し改めて提案手法の検証を行っている。加えて、浮体動揺実測値との比較から解析コードの検証を行い、実測値に対して0.5~2.0倍程度の測定精度で係留鎖摩耗量評価が可能であることを確認している。本章では、不規則波だけでなく風荷重も考慮した摩耗量推定から本解析対象では風の影響がほとんどないことを示し、摩耗量実測値に近い推定結果が得られた箇所もあるものの、中間ウェイト前後位置やタッチダウンポイントでは過大な推定となり、大きな係留鎖間相対角が生じ得るこれらの箇所においては推定精度に課題が残ることを確認している。

第4章では、第3章にて確認された中間ウェイト前後位置やタッチダウンポイントにおける摩耗量推定精度向上に向け、解析モデルの改善を行っている。従来、係留鎖運動の簡易計算法としてランプドマス法が用いられているが、より詳細な係留鎖間に生じる運動を把握するために係留鎖の3次元形状と係留鎖間の摩擦力を考慮したマルチボディダイナミクスによる応答解析を実施している。まず、3次元係留鎖間における接触解析に必要な接触パラメータの検討を行い、Herzian 接触理論とFE解析により係留鎖間の接触剛性を算出し、それぞれについて浮体-係留系の応答解析を行うことで接触パラメータを決定している。また、3次元係留鎖間に生じる接触点の運動から転がりと滑りの判別方法を示し、改めて提案手法による摩耗量推定を実施している。3次元形状考慮した係留鎖モデルでは、これまで未考慮であった係留鎖間に生じる転がりの影響を分離した上で純粋な滑りから生じる摩耗量を算出することが可能となり、その結果、従来のランプドマス法による質点ばねモデルと比較して、推定摩耗量が減少し摩耗量実測値に近づくことを確認している。

第5章では、本論文の結論を述べるとともに本研究に関連する将来の課題について言及している。