

風力発電型海洋構造物の動的応答評価に関する基礎的研究

鹿児島大学大学院 学生会員 ○富山 貴之
 鹿児島大学工学部 正会員 河野 健二
 鹿児島大学工学部 正会員 木村 至伸

1. はじめに

近年、クリーンエネルギーと言われる風力エネルギーを利用した風力発電の開発が世界各国で進められているが、国土の狭い我が国において安定した風力エネルギーを活用できる場所として沿岸域の利用が考えられる。これは海洋環境が、陸上よりも風速の安定性が高く、広大な開発空間を有することによる。しかし、海洋環境は自然条件が厳しく、風力に加えて、波力、地震力等の動的外力を受けるため、その特性を評価しておくことが重要になる。本研究では、海洋構造物が動的な外力である波力及び地震力を受ける場合について、海洋環境下での経年劣化を考慮した動的応答特性について検討を行った。また地震力を受ける場合のタワー部の応答低減を図るため、免震の影響を考慮した動的応答解析を行い、それらの応答特性について基礎的な検討を行った。

2. 解析概要

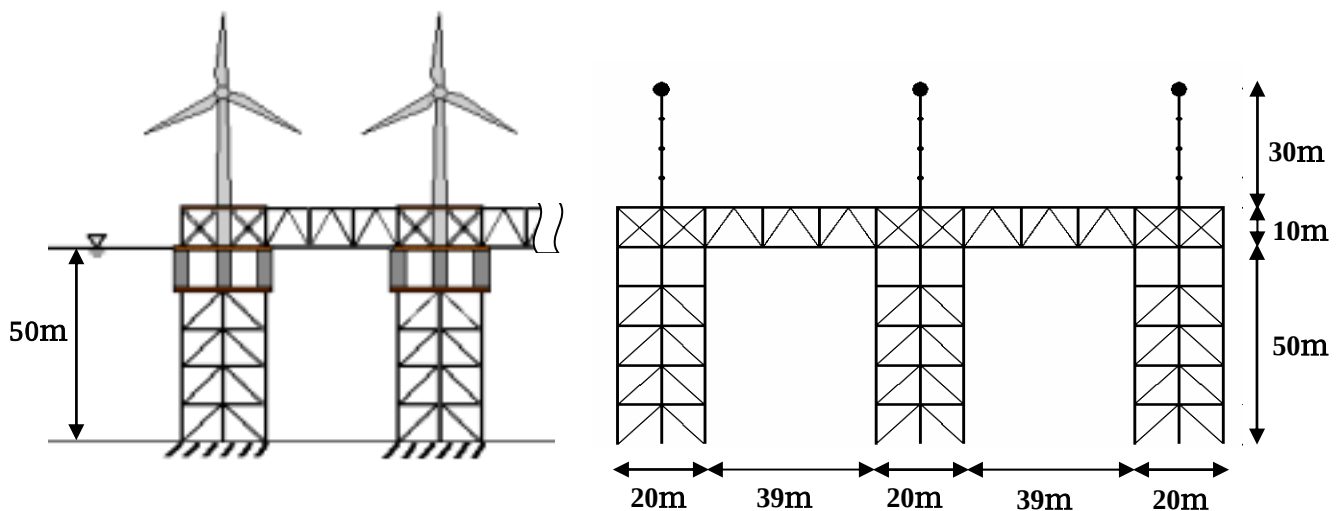


図-1 解析モデル

本研究では、図-1 に示すようなジャケット式風力発電型海洋構造物を解析モデルとして、動的応答特性を評価する。解析モデルは二次元モデルで表し、節点数 89、要素数 178、全幅 138m、全長 90.0m、水深 50.0m である。上載荷重としてタワートップにブレードとナセルの質量として 700kN、デッキ部にタワーとデッキの質量として 500kN をそれぞれ載荷させた。各部材は全て鋼材とし、断面は円形中空断面となっており、ジャケット部 5 層目の縦部材をスパー部とし浮力を考慮し単位体積重量を 0.1 kg/m^3 とした。波力を受ける場合は固有値解析を行い、時間刻み 0.01(sec) として Newmark の β 法により時刻歴応答解析を行った。また免震については、下部構造物上部とデッキ部の間に免震支承として鉛入り積層ゴムを導入した。解析法としては時間刻みを 0.005(sec) として増分法により時刻歴応答解析を行った。ここで、地震動はタイプ II 地震動の 1 種地盤で観測された Kobe-NS を最大加速度 300gal で基準化した入力地震動を用いた。次に不規則性のある波力を評価する為に、微小振幅波理論を適用し、海面運動に関しては

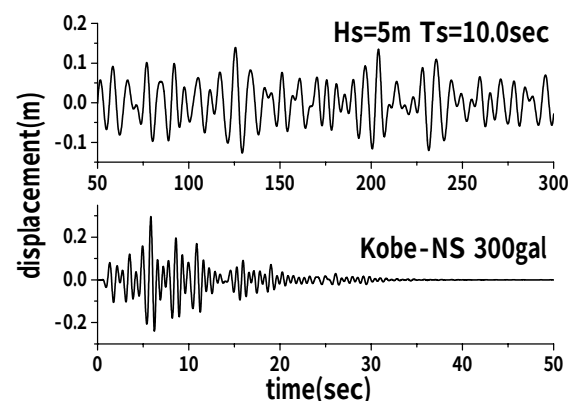


図-2 時刻歴変位応

Bretshneider 型のパワースペクトル密度関数を使用し、有義波高 5m、有義波周期 10sec とした。

3. 応答評価

図-2 は、タワー頂点における時刻歴変位応答である。上段は地震波が、下段は波力の作用時となっており、地震作用時は入力地震動の振動特性の影響が顕著に表れており、波力作用時は有義波周期の影響を受け振動周期が長くなる事が分かる。

次に、海洋環境下における経年劣化を考慮するため、表-1 を用いて各部材の径が一年毎に定量的に減少していくものとしたときの構造特性を想定し、現時点、25 年後、50 年後を比較し、応答評価を行った。

図-3 は、波力による主要部材の変位の最大応答の比較である。経年とともに応答が増大していくことが分かる。図-4 は、地震力による曲げ応力の最大応答の比較である。最も大きな値を示していたタワー基部の応答が経年とともに減少していくことが分かる。変位、曲げ応力どちらに対しても、経年変化によって構造物の振動特性が異なってくることによる影響が理由として考えられる。特に曲げ応力に関しては応答減少を示しているが、これは経年により部材断面が減少することにより耐力が減少することによるものと考えられる。

次に免震導入時と非免震時との比較し、応答評価を行った。免震特性値として、目標周期 2.3s、降伏変位 0.01m、目標変位 0.14m、初期剛性 7167KN/mとなっている。

図-5 に免震支承における復元力特性を示す。免震支承の履歴によるエネルギー吸収が示されており、構造物に免震支承を導入した効果を確認することができる。

図-6 は曲げ応力の最大応答の比較である。免震支承導入によりタワー部に関して曲げ応力の応答が低減しており、特に応答の大きいタワー基部での応答の大きな低減を確認することができる。

4. まとめ

経年変化による部材剛性の変化によって、その振動特性が大きく異なり、波力及び地震力共に応答結果に大きな影響を及ぼすことが分かった。特にデッキ上にあるタワーに関しては大きな耐力の低下が考えられ、動的外力に対する強度確保が必要になると考えられる。構造物の安全性を評価するうえで設計時のみならず、経年後の構造特性も考慮して評価することが重要である。また、タワー基部の応答の低減を図る上で免震支承による効果は大いに期待できる。

空中部	0.002mm/year
飛沫部	0.3mm/year
干満部	0.3mm/year
海中部	0.2mm/year

表-1 各部材径の減少の割合

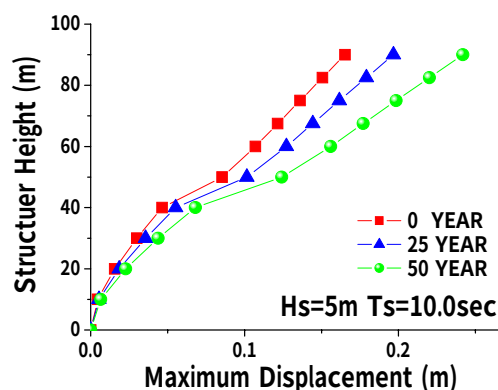


図-3 変位の最大応答 (波力)

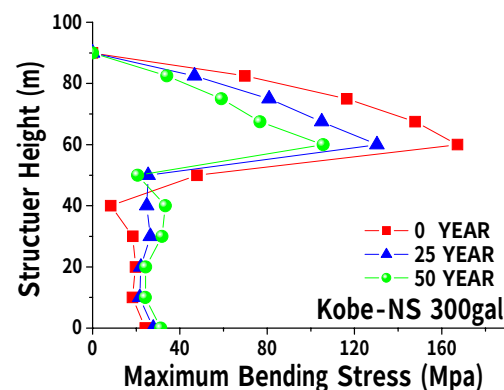


図-4 曲げ応力の最大応答 (地震力)

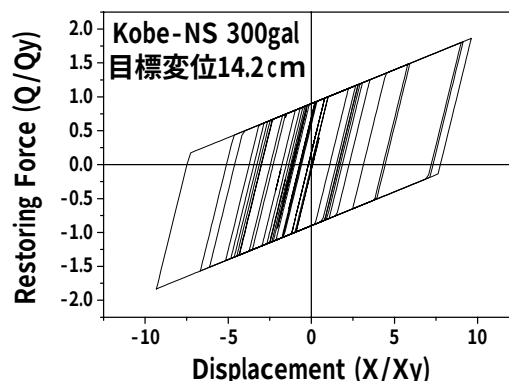


図-5 復元力特性

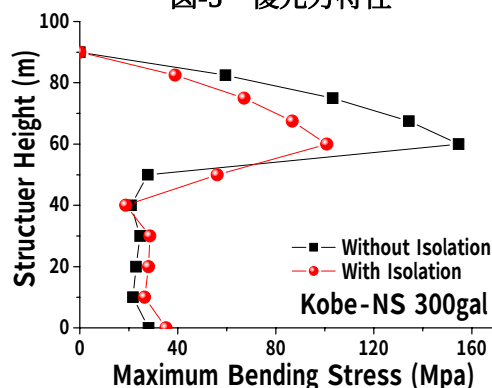


図-6 曲げ応力の最大応答 (免震考慮)