

審査の結果の要旨

論文題目

A numerical study of dynamic responses of floating platform considering nonlinear hydrodynamic forces and nonlinear wave effects

(非線形水力と非線形波の効果を考慮した浮体動揺の数値予測に関する研究)

氏名 潘 佳

浮体式洋上風力は、洋上風力の中で大きな可能性を秘めている。日本では、潜在的な洋上風力エネルギーは1600GWであり、その80%以上が50mを超える水深に位置している。既往研究からは、浮体式洋上風力が費用効果が高く、固定基礎の洋上風力と比較してより多くのエネルギーを生み出すことができると期待されている。さまざまな種類の浮体が、世界中で既にさまざまな水深と海洋環境のもとで設置されているが、浮体の動的応答を決定するために必要な流体力係数の予測精度は必ずしも十分とは言えず、また流体力係数の予測精度が浮体の動的応答に与える影響も不明である。さらに、浮体の動的応答予測では、通常は深水深と仮定し、線形波理論が用いられているが、中水深における非線波の影響が不明である。

そこで、本研究では、数値流体解析による流体力係数の予測精度を向上させる方法を提案すると共に、流体力係数が浮体の動的応答に与える影響を明らかにする。また中水深における非線波の影響を調べるとともに、水槽試験の結果と比較することにより、非線波が浮体動揺に与える影響とそのメカニズムを明らかにする。

第1章では、本研究の背景、目的および既往の研究について述べるとともに、本論文の概要を示した。

第2章では、セミサブとアドバンストスパー浮体について、さまざまな条件下での強制振動および運動応答に関する水槽試験を実施し、流体力係数と浮体動揺のデータを得た。強制振動試験では、水平方向と垂直方向における異なるKC数と異なる周期の流体力係数を得た。浮体の固有周期は自由減衰試験により求め、浮体の運動応答は規則波および不規則波試験より求めた。さらに、アドバンストスパー浮体は深水深、セミサブ浮体は、深水深に加え、中水深における浮体の運動応答の測定も実施した。

第3章では、セミサブ型とアドバンストスパー型の浮体の流体力係数をVOFを用いた

LESにより調べるとともに、異なる解像度の格子に対して系統的な解析を実施し、リチャードソン外挿法を用いて格子依存性のない流体力係数を求め、水槽試験と一致した結果を得た。またKC数と自由水面が付加された質量と抗力係数に与える影響を調べ、流体力の形成メカニズムを浮体に作用する圧力分布を用いて明らかにした。最後に各部材に作用する流体力係数を調べ、相互作用補正係数を提案した。

第4章では、KC依存型および分布型流体力係数が浮体の動的応答に与える影響を調べた。まず、動的応答予測にKC依存型流体力係数を適用するための反復法を提案して、水槽試験と比較することにより、その有用性を示した。次に、セミサブ型およびスパーブ型の浮体に対して、KC数依存型流体力係数が浮体の動的応答に与える影響を明らかにした。最後に、流体力係数の分布が動的応答に及ぼす影響を調べ、水槽試験との比較により、その重要性を示した。

第5章では、中水深において浮体の動的応答に対する非線形波の影響を調べた。まず、中水深における動的応答予測のための数値モデルを作成し、水槽試験により検証した。次に、異なる海象条件において、浮体の動的応答に対する線形および非線形波の影響を調べ、線形波理論が浮体動揺を過大評価することを明らかにした。最後に、浮体の動的応答のパワースペクトル密度を求め、非線形波の効果を周波数領域において明らかにした。

第6章では、第3章から第5章までに得られた結論をまとめている。

以上のように、本研究では、数値流体解析による流体力係数を精度よく予測する方法を提案すると共に、精緻な流体力係数が浮体動揺の予測精度を向上させることを示した。また中水深における非線形波の影響を明らかにするとともに、水槽試験の結果と比較することにより、非線形波が浮体動揺に与える影響とそのメカニズムを示した。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られる。