

## 学位論文の要旨

氏名

朴珉秀

学位論文題目

波力の相互作用と地震力を受ける海洋プラットフォームの動的応答評価

本論文は、円形シリンダーを有する海洋プラットフォームが動的外力である波力および地震力を受ける場合に対して、地盤の影響を考慮しない固定地盤系ならびに地盤の影響を考慮した地盤-基礎系についての動的応答評価を行ったものである。本論文は以下に示すように6章からなる。

第1章は、円形シリンダーを有する海洋プラットフォームの動的応答解析に関する本研究の背景および目的と概要について述べている。特に、波と構造物間の相互作用に関する既往の研究について概観し、本研究との関係を明確にする。海洋プラットフォームは多様な活動が可能な海洋空間を開発するための産業分野で新しい概念として注目されている。海洋プラットフォームのデザインを行うためには海洋プラットフォームに作用する波力、地震力に対する厳密な評価は重要である。一般的に、海洋構造物に作用する波力はモリソン式と回折波理論の一つである固有関数展開法で求めることができる。しかしながら、海洋プラットフォームが波長に比べて大きい直径のシリンダーで構成された場合にはモリソン式を適用することは問題がある。このような場合の解析法として、固有関数展開法は多く適応されており大型シリンダーを有する構造物に作用する波力の評価に対して有用な手法である。地震活動地域では、地震力が海洋プラットフォームの動的応答評価において一番重要な要因であり、波力との動的相互作用を明確に把握することが重要になる。さらに、一般的に海洋プラットフォーム作用する動的外力は不確定量を有しているので、その不確定量の影響を明確に把握するため信頼性評価が重要になる。また、厳しい地盤条件に対する地盤-構造物の動的相互作用問題は広く認識されているが海洋構造物についても、これらの影響を考慮する必要がある。海洋構造物設計に関する以上の観点から、海洋プラットフォームの動的応答解析と固有関数展開法に対する要約をこの章に述べた。

第2章は、回折波理論の一つである固有関数展開法を用いて、透過性および不透過性を有するシリンダー、ならびに透過性の外部シリンダー内に不透過性のシリンダーが存在する二重シリンダーに作用する波力の評価について述べる。この数値解析法では、不透過性のシリンダー配列と透過性のシリンダー配列に作用する波力、透過性の外部シリンダーの内に不透過性のシリンダーが存在する二重シリンダー配列に作用する波力の評価が可能である。この数値解析法の有用性を検討するために、それぞれのシリンダーに対する波力の評価を行い、これらの結果と既存の解析結果を比較した。このことより、この数値解析法は不透過性のシリンダー配列と透過性のシリンダー配列、二重シリンダー配列に作用する波力の評価に非常に有用であることを示した。多様なシリンダー配列による波と構造物間の相互作用の特性に対する数値解析評価を行い、回折波が発生する場合においては、透過性のシリンダーが非常に効果的であることを示した。また、二重シリンダー配列の場合に関しては、シリンダー間の距離と外部シリンダーの透過率の変化に対する波力と波の打上げの特性について検討を行い、二重シリンダーのようにグループで構成された構造物に作用する波力と波の打上げの評価には、シリンダー間の相互作用の影響を必ず考慮することが重要であることを示した。加えて、モリソン式と固有関数展開法の適応範囲を明確にするために、単一のシリンダーと四つのシリンダーに対する波力の評価を行った。この結果から、モリソン式を用いて波力を評価する場合には、シリンダー直径やシリンダー間距離について制約があることを示した。

第3章は、モデル化した3次元海洋プラットフォームに対して固有関数展開法とモリソン式によって求めた波力を受ける場合の動的応答をモーダル解析法を用いて行った。ここでは、透過性のシリンダー配列と不透過性のシリンダー配列に対する波力の相互作用効果について検討を行った。不透過性のシリンダー配列に作用するモリソン波力と固有関数展開法の比較から、波とシリンダー間の相互作用によって生じる相互作用の効果が無視される場合は、海洋プラットフォームの動的応答解析はモリソン式によって十分に評価することが可能であることを示した。透過性の変数が0と5の場合の比較から、海洋プラットフォームの動的応答は透過率が増加するほど急速に減少され、透過性を有する海洋プラットフォームは波力による動的応答を減少するのに非常に効果的であることを示した。海洋プラットフォームの動的応答を実質的に評価するためには、本研究のような効果的な方法によって波と構造物間の相互作用を検討することが重要である。また、モデル化した3次元海洋プラットフォームに対する不確定量の影響を評価するためにモンテカルロ・シミュレーション法を適用した。波力による不確定量は、動的応答評価において重要な役割を有するので、海洋プラットフォームの信頼性のある設計を行うためには不確定量の影響を明確に把握することが重要であることを示した。

第4章は、大型シリンダーを有する3次元海洋プラットフォームの地震応答評価について述べる。地震活動地域では海洋プラットフォームの動的応答評価において地震力は非常に重要な要因である。ここでは、地震力を受ける海洋プラットフォームを対象に、モーダル解析法を用いて動的応答解析を行った。特に、地震力は最大加速度と動的振動特性に関して不確定量を有しているため、モンテカルロ・シミュレーション法による不確定量の影響評価が非常に重要となる。海洋構造物の不確定量の影響は信頼性指標によって評価され、海洋構造物の信頼性評価を行うためには地震力に対する応答特性を明確に把握することが重要であることを示した。

第5章は、地盤・構造物系ならびに波と構造物間の動的相互作用を受ける場合の応答解析に対して述べた。まず、固有関数展開法を用いてNの透過性のシリンダーで構成された海洋構造物に作用する波力を求め、透過率の変動による波力と波の打上げの特性に関する評価を行った。さらに、地盤・基礎系を持つ2次元海洋プラットフォームに対して地震力と波力による動的応答評価をサブストラクチャー法を用いて行った。地盤・基礎系による動的応答と基礎固定系による動的応答を比較し、基礎固定系による動的応答は地盤・基礎系による応答より非常に大きく、海洋プラットフォームの動的応答は構造物の固有周波数と地震波の卓越周波数の関係により強い影響を受けていることを示した。また、2次元海洋プラットフォームに対する不確定量の影響を評価するために、モンテカルロ・シミュレーション法を用いて波力と地震力を受ける海洋構造物の信頼性評価を行った。地盤・基礎系の場合、波力と地震力に対する不確定量が動的応答評価に非常に重要な影響を及ぼすので海洋プラットフォームの信頼性のある設計のためには不確定量による影響を明確に把握することが重要であることを示した。以上より、地盤・構造物系の動的相互作用の影響を考慮した大型海洋プラットフォームの設計を信頼性評価に基いて行うためには、波とシリンダー間の相互作用の影響と、海洋プラットフォームに作用する波力と地震力の不確定量の影響を明確に評価することが重要であることを示した。

第6章は、本研究で得られた主要な成果について総括して述べた。さらに、非線形3次元地盤・基礎系に対する数値解析評価の必要性等、今後の検討項目について述べた。

## 論文審査の要旨

報告番号	理工研 第314号	氏名	朴珉秀
審査委員	主査	河野 健二	
	副査	北村 良介	浅野 敏之
<p>学位論文題目      Dynamic Response Evaluations of Offshore Platforms due to Wave Force Interactions and Seismic Forces (波力の相互作用と地震力を受ける海洋プラットフォームの動的応答評価)</p> <p>審査要旨</p> <p>提出された学位論文及び論文目録等を基に学位論文審査を実施した。本論文は、海洋構造物が動的外力である波力および地震力を受ける場合に対して、地盤の影響を考慮しない固定系ならびに地盤の影響を考慮した地盤 - 構造物系について動的応答評価を行ったもので、論文は6章から構成されている。</p> <p>第1章は、円形の大口径部材を有する海洋構造物の動的応答解析に関する本研究の背景および目的と概要について述べている。第2章は、回折波理論の一つである固有関数展開法を用いて、透過性および不透過性を有する大口径部材、ならびに透過性の外部大口径部材内に不透過性の大口径部材が存在する二重構造の大口径部材に作用する波力の評価について解析を行なった。多様な大口径部材配置による波力と構造物間の相互作用の特性に対する数値解析評価を行い、回折波が発生する場合においては、波力の低減に関して透過性の大口径部材が非常に効果的であることを示した。モリソン式を用いて波力を評価する場合には、大口径部材の大きさや大口径部材間の間隔について制約があることを示した。</p> <p>第3章は、モデル化した3次元海洋構造物に対して固有関数展開法とモリソン式によって求めた波力を受ける場合の動的応答の評価を行った。多数の配置された不透過性の大口径部材に作用するモリソン波力と固有関数展開法の比較から、波と大口径部材の間隔によって生じる相互作用の効果が無視される場合は、海洋構造物の動的応答解析はモリソン式によって十分に評価することが可能であることを示した。</p> <p>第4章では、大口径部材を有する大型の3次元海洋構造物の地震応答評価について検討した。特に、地震力は最大加速度と動的応答特性に関して不確定量を有しているため、信頼性評価を行うためにはモンテカルロ - シミュレーション法による不確定量の影響評価が非常に重要となることを示した。</p> <p>第5章は、地盤 - 構造物系ならびに波と構造物間の動的相互作用を受ける場合の応答評価に関して検討した。地盤 - 構造物系の場合、波力と地震力に対する不確定量が動的応答評価に非常に重要な影響を及ぼすので、海洋構造物に関して信頼性評価を適用した設計を行うためには不確定量が応答評価に及ぼす影響を明確に把握することが重要であることを示した。</p> <p>第6章は、本研究で得られた主要な成果について総括して述べた。また、信頼性評価のためには非線形性を考慮した3次元地盤 - 構造物系に対する応答評価の必要性等、今後の検討項目について述べた。</p> <p>以上、動的外力を受ける大型海洋構造物の信頼性評価を行うためには、波力と大口径部材間の相互作用の影響と海洋構造物に作用する波力と地震力の不確定量の影響を明確に評価すること、及び地盤 - 構造物系の動的相互作用の影響を明確にすることが重要であることを示した。</p> <p>これらの結果は海洋構造物の動的応答評価法の開発に寄与するものである。よって、審査委員会は博士（工学）の学位論文として合格と判定する。</p>			

## 最終試験結果の要旨

報告番号	理工研 第314号	氏名	朴 珉 秀
審査委員	主 査	河野 健二	
	副 査	北村 良介	浅野 敏之

平成21年8月4日、参加者18名の前で論文の公聴会を行った。審査委員3名を含む参加者は学位申請論文について説明を求め、その内容及び関連事項について、質問と応答を行った。具体的には、以下のような質問と応答がなされ、いずれについても満足すべき回答を得ることができた。

Q: モリソン式と回折理論による波力の比較について、検討されているが、部材の径による相違が少ないように思われるが、その理由は何か。

A: 本解析で解析した大口径部材の径は15m と5mの場合であり、結果は無次元化して示している。複数の部材がある場合は、モリソン式では波力の評価ができないが、部材径が波長に比べて小さいこともあり、大きな相違は生じていない。

Q: パラメーターGの定義式は同じ定義に従っているのか。

A: パラメーターの値は無次元量であるが、空隙によってGの大きさが異なったものとなる。

Q: 波力と地震力を外力として解析しているが、その関連は何か。

A: 海洋構造物はいろいろな動的外力を受ける。構造物の信頼性を評価するためには、応答に大きな影響を及ぼす外力を考慮する必要がある。そのため主要な動的外力である波力と地震力について解析した。

Q: 構造物にとって最も危険な状態はどのように評価されるか。

A: 本解析では、波力と地震力について評価したが、最大応力や最大変位を対象にして信頼性指標を用いて最も危険と考えられる状態を評価した。

Q: 相互作用に関して2つの使い方がなされているが、その違いが分かるように示してもらいたい。

A: 本解析では、波力と構造物の間隔による相互作用と、地盤と構造物の動的相互作用を扱っている。これらの動的特性は明らかに異なったものであることを、本解析では示している。

Q: 波力と地震力による応答評価を行う場合、信頼性指標はどのような利点がありますか。

A: 波力と地震力は動的特性が全く異なるため、動的応答評価に関しては信頼性指標を用いることで、整合性のとれた評価が可能になる。

Q: 海洋構造物に対して地震力の影響が主要になるのはどのような場合か。

A: 地震波の卓越周期と海洋構造物系の主要な固有周期の影響が最も大きい。このため地震波と海洋構造物系の卓越周期の関係を明確にしておくことが重要になる。

Q: 地盤と海洋構造物の相互作用に関して、地盤バネの評価について論文に示してあるデータはどのように設定したのか。

A: 本解析では、海洋構造物の動的応答特性を検討するため地盤バネはパラメーターとして設定した。基本的には、せん断波速度、単位体積重量を与えることで、基礎の動的特性を表している。

以上の結果から審査委員会は、申請者が博士(工学)の学位を与えるに十分な学力と見識を有するものと判定した。