

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 正信 聡太郎

国土が狭く、平地の少ない島国である我が国にとって、海洋の空間を有効に利用することは重要である。ポンツーン型の超大型浮体を静穏な海域に浮かべて空港などの用途に用いるための研究が、メガフロート技術研究組合を中心に大掛かりに行われている。一方、我が国における海洋空間の利用を考える場合、静穏な海域のみを対象とするばかりではなく、海象条件の厳しい湾口や沖合いにおける海洋空間の利用も必要となることが考えられる。このため、耐波性の良い半潜水式超大型浮体の研究の必要性が再認識されてきている。この形式の浮体を実用化するための検討は、ポンツーン型の超大型浮体に比べて不十分な点が多く残されているのが現状である。

本研究は外洋における利用に適した半潜水式超大型浮体について、設計上の観点から重要性を指摘されながら、本格的な検討の十分に行われていなかった風荷重に着目し、そのうち風揚力について詳細な検討を行ったものである。まず、強風と大波が共存する状況に遭遇した場合の揚力の発生メカニズムを明らかにした上で、揚力の実用的な評価モデルを提案し、検証を行った上で、実際の半潜水式超大型浮体に適用して、応答を評価し実験との比較を行っている。さらに、一連の計算結果に基づいて、揚力を考慮した場合の望ましい浮体形式の提案を行っている。

揚力の評価モデルの構築に当たっては、発生する揚力を時間平均成分と変動成分に分けて考えている。さらに各成分はデッキ上面およびデッキ下面の風圧モデルに分けて与えている。平均揚力が発生する主要な物理現象はデッキ上面前縁付近の剥離・再付着現象とデッキ下の風速の低下によって生じるデッキ上下面の圧力差であることを実験より示した。剥離・再付着現象では接近流の乱れの強さ、デッキ型深さが支配的なパラメータとなる。またデッキ下の風速低下を引き起こすものとしてデッキ下面のカラム群の遮蔽影響を挙げ、デッキ下部空間体積に占めるコラムの体積比、デッキ下面・静水面間距離に対するデッキ長さを主要なパラメータとして、これらを考慮した揚力モデルを作成している。さらに、変動揚力については波周期で変動する成分が卓越していたため、波条件を考慮したモデル化を行っている。その上で、運輸省船舶技術研究所の変動風水洞を用いた多数の実験結果および数値シミュレーション結果と照らし合わせながらモデルの係数を特定し、確定している。得られた平均揚力モデル、変動揚力モデルは実験結果と良い相関を示しており、特に設計上重要であると考えられる風上部分について妥当な評価を与えることを示した。

実験で得られない風の場合全体の情報を得るために、CFDプログラムを開発し、コラムの存在による平均揚力の発生機構、デッキに作用する変動風圧と波面との相関を調べている。計算アルゴリズムはABMAC法に基づき、波面を進行する壁面として波面境界条件にはすべり条件を課したものである。一連のシミュレーション結果から、デッキ下面の平均風圧の降下は主に粘性による全圧損失に起因しているものが確認された。また、各波周期に対する風圧の変動振幅に関して実験結

果と同様の傾向を得ている。

得られた揚力評価モデルについては、半潜水式超大型浮体を弾性支床上の梁にモデル化し、波浪外力および提案した風揚力モデルで評価した風揚力を外力に組み込むことによって風波共存場における半潜水式超大型浮体の弾性応答評価を行った。さらに、半潜水式超大型浮体の部分模型に関する風水洞実験を行い、作成したプログラムの検証を行っている。計算結果を実験結果と比較した結果、作成したプログラムはほぼ妥当な評価を与えることが確認された。次に、このプログラムを用いて半潜水式超大型浮体に関するパラメトリックスタディを行い風揚力が浮体応答に与える影響について調査を行っている。

浮体の応答に関して、全体の平均揚力はコラム径 - コラム間隔比0.3程度まではコラム径の増加に伴い直線的に増加するので、浮体の復原力を考慮するとコラム径が大きいほうが浮体の変位が少なくなることが分かった。ここで検討した浮体は風方向に14本コラムがある浮体で、コラム径 - コラム間隔比が0.3のとき風速50m/sの強風下でデッキ前縁で約2m上向きに変位している。また、コラム径 - コラム間隔比が0.3を超えるとデッキ前縁での全圧損失が顕著になり全体の平均揚力はほとんど変化しなくなるので、コラム径が大きいほうがさらに有利となる。

浮体が長くなると、浮体のデッキ剛性が相対的に柔らかくなり、デッキの風上側がめくれ上がるようになる。浮体長さがある程度を超えるとデッキ下を風がほとんど通り抜けなくなりデッキ下面に流入する風の運動エネルギーは前縁付近でほとんど損失するため、デッキの変形は前縁付近に限られ全体としてはほとんど変位しなくなる。

変動揚力は、支持浮体に作用する波力との位相差によって浮体応答に与える影響が異なっていることがわかった。波強制力は波無し周期を境に位相が反転する。そのため、波無し周期より短い周期では変動揚力は波力を打ち消す方向に作用するため、波のみを考慮したときよりも応答は減少し、周期が長くなると逆に外力を増大する方向に作用し応答は増大することがわかった。変動揚力はコラムの影響を比較的受けないため、波から受ける波力が小さい浮体形式ほど変動揚力による影響が相対的に大きいことが分かった。したがって、ローハルタイプやコラムフーティングタイプでは波無し周期付近では変動揚力が浮体の応答に対して支配的になると考えられる。コラム支持タイプはコラム径が大きいほど波力も増加するため変動揚力の影響は相対的に小さくなる。

このような考察から、コラム径の太いコラム支持タイプが風揚力の影響を受けにくい浮体形式であると考え、コラム支持タイプの半潜水式超大型浮体の試設計を行い、風揚力による応答を抑えることができることを確かめ、応答設計方針の有効性を示した。

以上、本論文は、超大型浮体に作用する風荷重のうち風揚力についてその重要性を指摘した上で、実用的な揚力評価モデルを提案し、浮体の弾性応答を評価し、設計への有効な提案を行ったものである。

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られる。