

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 石 江水

近年、異常な大波 (Freak Wave) によると思われる船の破損沈没などの重大事故が発生している。Freak Wave とは、ある海象条件下ではほとんど起こり得ないような極端に大きな波が突如襲ってくるというものである。近年のリモートセンシング技術を利用した異常海象の観測、および、海難事故の調査の結果、これまで原因不明であった海難事故の多くがこの Freak Wave によるものであると考えられており、Freak Wave は世界各地の海域に頻繁に発生していると考えられている。

Freak Wave は従来船体構造の設計で想定している波高の 10m よりも遙かに高く、しばしば 30m に達するため、その存在は安全な航行上の大きな問題となる可能性がある。従って、船舶の安全な運航のためには早急に Freak Wave の威力を解明し、回避システムを開発する必要があり、国際的にもその要求は大きい。しかし、まだ Freak Wave の発生原因すら解明されておらず、Freak Wave 中の船体構造応答及び船体運動と波の関係に関してはほとんど行われていない。一方、Freak Wave は基本的には一発の波であり、これまでの静的な曲げモーメントでの評価とは大きく異なる可能性がある。本研究では、想定される Freak Wave における弾性模型船の曳航試験及び時間領域でのシミュレーションを行い、船体運動、船体出会い周期にあたる構造応答とホイッピングを検討し、これまで行われてきた最大曲げモーメントによる評価ではなく、歪み変化率及び塑性変形などを考慮したうえで、破断歪みによる大型コンテナ船の縦強度を評価した。そして、衝撃荷重によるエネルギーと構造、流体により吸収されるエネルギーによる評価方法を提案した。具体的には以下の点について研究を行った。

まず、第 2 章では水槽実験に用いる想定された Freak Wave として分散集中波と不安定波によるものの発生機構を紹介し、実験水槽で再現した。また、シミュレーションで計算したものと実験のものを比較し、両方が一致していることを示した。

第 3 章では曳航試験及び準備試験を説明し、実験結果を示した。ホイッピングを調べるために模型船は船長 2m で金属骨方式のコンテナ船モデルである。歪みと各断面の曲げモーメントの関係を検定するため三点曲げ試験を行い、垂直断面における模型船の慣動半径を計測した。そして、ハンマリング試験を通じて模型船の固有周期及び構造減衰を測定した。また、模型船が水槽で集中波と出会うタイミングのコントロール方法を示した。

第 4 章ではまず船底の露出、水面衝撃及び船体の形状非線形などを考慮した運動方程式を示し、これに対する流体弾性計算コードの理論を示した。曳航試験設備、計測器などを確認

するために規則波における曳航試験を行った。船体縦曲げモーメント、船体運動、加速度、相対波高などの計測値とシミュレーション結果との比較を周波数領域で行い、よく一致していることを示した。そして、分散集中波及び不安定波のパラメータを変え、様々な Freak Wave をシミュレーションの入力データとして模型船の各断面に対応する波の時刻歴を求めた。予測の結果を試験の結果と比較した。さらに、wavelet を利用し、船体構造の弾性応答と出会い周期に当たる応答を分離した。Freak Wave の各パラメータが船体応答及び船体運動に及ぼす影響を調べた。Freak Wave の最大波高は大きければ大きいほど、最大サギングモーメントはほぼ線形で大きくなること、最大ホギングモーメントはあまり変わらないこと、分散集中波と不安定波は発生機構が違っても船体構造弾性応答や出会い応答や船体運動などには違いがあまりないことなどがわかった。一方、船体応答及び運動は分散集中波の波長、分散集中波と船体の相対位置、船の速度などとの関係も検討した。

第5章では、Freak Wave に遭遇する際に船首で起されたスラミングによって発生する曲げモーメントが船体の最終強度に及ぼす影響を検討した。これまでの船体の縦曲げ最終強度の評価には、縦断面の座屈、塑性変形などを入れた研究はあるが、基本的には準静的な解析しか行われていない。Freak Wave の際に発生する最大曲げモーメントは船首のスラミングによって発生するホイッピングが主であり、非常に短時間の現象である。そのため、スラミングの外力によるエネルギーは、流体減衰および断面の塑性変形による減衰により十分に吸収できる可能性がある。船体を梁としてモデル化し、歪み変形率及び塑性変形を考慮したうえで、汎用非線形陽解法コードを用いて時間領域の解析を行い、破断歪みを標準として船体縦強度を評価した。さらに、スラミング時間を変化させ、船体縦強度に対する影響も検討した。最後に、船体縦強度を簡単に評価できるようにエネルギー吸収を基準となる評価手法を提案した。

本論文は、Freak Wave という近年問題となっている現象に対して、その船体構造への影響を評価しており、新たな評価法の提案まで行っており、学問的、社会的にも重要な意義がある。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。