

審査の結果の要旨

氏名 劉 維勤

本研究は、通常の海洋波を超えるような巨大な一発波に対する船体の終局強度を考えるものである。従来、船舶の終局強度の評価においては、波浪による縦曲げモーメントに対する準静的な評価が行われてきたが、今回の問題ではスラミングによる短時間の衝撃荷重が主要な荷重であり、強度の評価は動的な評価を行う必要がある。本論文は、そのような状況における強度の動的な評価法を提案し、そして巨大な波に対する船体構造の設計指針を示すものである。動的な評価においては、従来行われてきた最大縦曲げモーメントでの評価ではなく、最大折れ曲がり角度で評価することが適当であることが示された。そして、簡易的な梁による評価に加え、詳細なコンテナ船のFEM解析による終局強度解析の例が示された。また、ストリップ法により求めた荷重をかけ、塑性・座屈を考慮した非線形有限要素解析の例が示された。また、非線形ストリップ法による船体運動評価とSmith法による船体縦曲げの逐次崩壊の弾塑性評価を連成させ、同時に行う手法を開発し、従来のストリップ法による評価との違いを定量的に示した。また、最終強度を考慮した船体構造の最適設計の方向性が示され、これにより従来の弾性設計に基づく構造最適設計との違いが示されている。

本博士論文は5章で構成される。

第1章は論文の背景と目的を示している。研究手法、論文の新規性を総括し、船体構造の非線形動的強度の概念について触れ、極大波 (extreme wave) とフリーク波 (freak wave) の定義について述べている。

第2章は巨大波浪時におけるスラミング力の評価と、非線形性を考えた動的強度を、船体を梁要素で簡易的にモデリングし、基礎的な検討を行っている。スラミング力の時刻歴は流力弾性学に基づき計算され、船長方向にバネを分布させた梁モデルに作用させることにより、塑性ヒンジの発生をモデル化し、スラミング力の最大値、持続時間をパラメータとした検討を行った。

第3章は巨大波浪中のコンテナ船の非線形動的強度を、3次元有限要素法モデルに基づき行っている。ストリップ法に基づく流体力を、荷重境界条件として有限要素モデルに与え、船体の塑性変形、座屈等の影響を考慮した非線形時刻歴応答有限要素解析を行った結果、非線形動的解析と線形動的解析を比較すると、非線形の方が縦曲げモーメントが大きくなることが判った。

第4章は本論文の最も主要な部分で、3章で流体力の計算から構造強度の計算が一方向であったのに対して、相互の影響を考慮した連成手法として、これまでの流力弾性学

(Hydroelasticity) の手法を拡張し、流力弾塑性学 (Hydroelasto-plasticity) の手法を提案している。Smith の手法に基づく塑性変形、座屈を考慮した船体縦曲げ最終強度解析に基づき得られる曲げ剛性の低下を考慮した剛性をあらかじめ計算しておき、従来のストリップ法に基づく非線形時間領域船体運動計算手法に低下した曲げ剛性を入れることにより、非線形船体応答と非線形構造解析を連成させることが可能になった。この手法に基づき、様々な巨大波の波高、規則波の波高、波長、船速を変化させてシミュレーションを行い、巨大波に対する船体強度の検討を行った。

第5章は、これまで線形の縦曲げモーメントに基づき行われてきた構造最適化に対し、今回行ったような巨大波中の船体の動的終局強度計算の影響を考慮すると、船体構造がどのように変化するかを最適設計に基づき行った。

第6章は結論を述べている。本論文の主要な新規性として、流力弾塑性の手法 (Hydroelasto-plasticity) に基づく船体運動、船体最終強度の評価手法の提案、従来行われてきた準静的な強度評価に対し、船舶の動的な強度の評価手法の提案、そして巨大波に船体の動的終局強度による船体構造の最適化を述べている。

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。