

論文内容の要旨

論文題目

A Study on Ship Collision and Grounding Using Nonlinear Finite Element Method

非線形有限要素解析による船舶の衝突と座礁に関する研究

氏名 張 愛年(Zhang Ainian)

環境問題の高まりに伴い、衝突、座礁などの事故に対する船体構造強度の研究は数多く行われてきた。大型でかつ高速航行する船舶が衝突した場合には、被衝突船の船側に大きな損傷を与え、乗組員の安全が脅かされるのみならず、積み荷の漏洩により重大な環境汚染を引き起こす恐れも大きい。大型タンカーに対するダブルハルまたは等価な構造の強制化後も、2001年3月に発生したダブルハルタンカー”Baltic Carrier号”の事故をはじめとする船舶の衝突・座礁事故およびそれに伴う貨油の流出事故は未だに後を絶たない。船舶の設計において、通常航行時の強度のみでなく、衝突、座礁などの事故時の強度を評価する手法の研究開発が重要となっている。油槽船の衝突・座礁時には、船体構造の破壊に依存する衝突力と、周囲の流体とタンカー中の貨油の影響を受け、これらと船体運動がカップリングして、複雑な挙動を示す。現状では船体周りとタンカー中にオイルの流体力を含まないFEMシミュレーション解析は

設計支援に役立っているが、流体と構造の連成を含んだ衝突・座礁シミュレーション解析は実用レベルにあるとは言い難い。

このような背景にあつて、本研究の目的として非線形有限要素解析の手法の1つであるArbitrary Lagrangian Eulerian (ALE) 法を用いて、構造と流体の連成を含んだ衝突・座礁のシミュレーションを行い、構造の衝突・座礁に対する強度および船体運動を評価する手法の提案をすることがこの論文の主目的である。陽解法非線形有限要素法汎用コードを用い、タンカー構造には大変形、大歪み、弾塑性挙動、摩擦を考慮した面接触、破壊などを考慮したLagrangeの定式化に基づく有限要素法を用い、流体領域にはArbitrary Lagrangian Eulerian (ALE) 法を用いて解析を行い、タンカーの衝突を解析する手法を提案する。

本論文の構成は次のようである。

第1章では、本研究の背景と必要性および目的を明確にした。第2章では船舶衝突・座礁メカニズムに関する文献調査を行って、その現状と問題点を検討し、まとめた。第3章では、特定された崩壊モード **axial crushing of thin-walled structure** は非線形有限要素法シミュレーション解析して、縦式防撓板と横式防撓板の影響を考慮して、新しい等価な板厚公式と崩壊荷重公式を求めることができた。関連実験結果と比較してその妥当性を確認した。第4章では、座礁時のVLCC船底構造破壊の静的実験をFEMシミュレーション解析した。船底構造の座礁耐力および吸収エネルギー特性に対する境界条件、要素タイプ、残留応力、材料特性、摩擦係数、破壊歪みの影響について、解析精度を高めるための方法を述べた。第5章では、油槽船の衝突時には、タンカー中にオイルの影響を考慮して、タンカー構造の衝突耐力と吸収エネルギー特性を評価する手

法を研究した。タンカーの貨油を4つのモデル（ALE FE モデル、Lagrange FE モデル、Linear Sloshing モデル、Rigid point mass モデル）を用いて、解析結果と比較して、Lagrange FE モデルの優位性を示した。第6章では、周囲の流体とタンカー中の貨油の影響一緒にを考慮して、タンカー構造の衝突耐力と吸収エネルギー特性を評価する手法を研究した。そして、Arbitrary Lagrangian Eulerian (ALE) 法を用いて、タンカーの衝突・座礁時には、船体構造の破壊に依存する衝突力と、周囲の流体とタンカー中の貨油の運動と船体運動が連成する、複雑な挙動を解析する手法を開発した。さらに、第7章では、これらの手法を用いて、衝突角度、被衝突船（VLCC）の前進速度、衝突船の質量と衝突速度の影響などを調べた。第8章では本研究の成果と概要を示すと共に、その意義についてまとめた。