

審査の結果の要旨

氏名 ラーマン モハメド マシュール

大型コンテナ船では、荒天を航海中に船首フレア部の外板に想定以上の荷重を受け、損傷する事故が報告されている。これは船体動揺と波浪によってフレア部が海面に打ち付けられる、バウフレアスラミングによるものである。この荷重を予測する方法は確立されておらず、国際的な船級協会の間でも構造強度の規則に差が生じている。これまでの経験から、船首底部の強度は、十分なレベルに達している。一方、荒天時にのみ大荷重がかかるフレア部の強度を決める事は難しく、なんらかの手法でスラミング荷重を推定する事が必要とされている。本研究では、2次元の船体断面モデルの水面上落下試験を模擬する流体数値シミュレーションを行い、従来の解析の問題点を明らかにした。さらにピッチ、ヒーブ連成運動を伴う3次元船体の流体シミュレーションを行い、2次元解析の対比および3次元的なスラミングの特徴を調べた。

まず、2次元の楔型モデルおよび船首部断面モデルの落下試験は、スラミング現象解明の基礎実験として従来から行われている。流体数値解析による現象解明は、ストリップ法、境界要素法、有限体積法などが使われているが、計測結果を十分に再現する事が困難であった。これについて多くの研究者が、計測と数値解析の乖離を、実験で排除できなかつた流場の3次元性によるものとしている。著者はこれに疑問を持ち、これまでの研究で仮定されていた等速度落下に代えて、実験から得られている加減速のプロファイルを流体シミュレーションに取り入れる検討を行った。本検討には、市販の汎用流体シミュレーションソフトウェアである **FLUENT** を用い、得られた数値解析結果は、実験結果を良く再現する事となった。水面上落下問題では、多くの場合、大質量の落下モデルを使用し、水面インパクト後も等速運動である事を仮定している。本研究の結果は、模型の加減速の効果を適切に考慮する事が必要である事を明らかにした。また後で検討するコンテナ船形状のバルブ付き船首部についても、選択した複数の断面について水面突入の数値解析を行った。この検討では、突入するバルブがバルブ側方の流体の上昇速度を加速する結果を得た。周囲の流体よりも2倍程度に加速された流体塊は、バルブから剥離し、上方のフレア部に衝突する

など、3次元問題の理解につながる知見が得られた。

バウフレアスラミングの3次元問題では、研究室内で開発してきた Reynolds averaged Navier-Stokes (RaNS) ソルバーである wisdam コードを改良して用いた。本コードは、波浪中の非定常船体運動を任意の運動自由度で評価し、密度関数法による自由表面処理を特徴とする。解析対象とした船体形状は、SR108 と KCS の2種類のコンテナ船型である。KCS 船型の波浪中ピッチ&ヒーブ連成運動の推定精度については、Gothenburg 2010 Workshop on CFD in Ship Hydrodynamics(2010, Sweden)において、曳航水槽実験との比較検討が行われ、ピッチおよびヒーブの運動時刻歴の再現性が十分に高い事が確認された。

バウフレアスラミングの機構を見るため、特に船体運動と波浪外力の周期が同調する条件でのシミュレーションを実施し、流場の詳細検討を行った。水槽における波浪中運動試験では、流場の広範囲な情報を得る事は非常に困難である。このため、バウフレアスラミングが発生する状況での流場情報は貴重である。

本手法は、斜波条件、ロール条件でも解析が可能であるが、正面向かい波においてもフレア部の荷重集中が観測できた事から、この条件に絞った検討を行った。KCS 船型は、大型化した船首バルブと船首フレアを併せ持つ現在の標準的なコンテナ船型の特徴を備えている。フレアスラミングが起きる状況の流場解析からは、バルブが下降する際に、バルブ左右の側面で流体が加速され、加速された流体塊は、周囲の水面よりも高速でフレア部に衝突する。また船体の前進に伴い、衝突箇所はバルブよりも後方の広がったフレア部となるため、流体塊の速度ベクトルと船体表面のなす角が大きく、荷重を強めている事が明らかになった。このような機構は、2次元断面を取り出した実験や数値解析には現れないものであり、より現実に近い3次元流体数値計算を適用した事で、はじめて明らかになったものである。また、観察された流体现象は、今後のバウフレア部強度の実験式や、認証ルール作りに重要な示唆を与えるものである。

本研究は、バウフレアスラミングにおける2次元、3次元の流体现象を解析し、その発生機構を説明したものである。これは学術的にも、実用的にも重要な知見を提供している。

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。