

氏名	よね 米	やま 山	のぞむ 望
学位(専攻分野)	博士(工学)		
学位記番号	論工博第3604号		
学位授与の日付	平成13年9月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当		
学位論文題目	自由水面をもつ多次元流れの数値水理学的研究		

論文調査委員	(主査) 教授 井上 和也	教授 酒井 哲郎	助教授 細田 尚
--------	------------------	----------	----------

論 文 内 容 の 要 旨

自由水面をもつ流れの解析は、河川工学や海岸工学の主要課題のひとつである。近年では、環境面およびコスト面の要請から、水理構造物や防災施設的设计などにおいて、従来は避けられていた時間的あるいは空間的变化が複雑な流れとその内部構造に立ち入った水理解析が求められるようになってきている。本研究はそのような状況を背景として行われたもので、自由水面を有する多次元流れについて汎用性のある数値解析モデルを開発し、実際的な課題への適用を図っており、7章より成っている。

序論では、自由水面を有する流れに関して、水工学的に解明が要請されている最近の課題の特徴、および数値水理学的な立場からそれらの課題を解決するために求められる事項をまとめるとともに、本論文の構成を明らかにしている。

第2章では、数値解析モデルを詳細に展開している。まず、乱れ成分に関してk-εモデルを採用した基礎式を、密度の非一様性を考慮して密度加重によって平均化することにより、基礎式系の構造を示すとともに、差分化にあたっての変数配置を明らかにしている。つぎに、本論文の主眼のひとつである自由水面の数値解析的取り扱いに関していくつかの方法を比較検討し、細かにみれば自由水面が階段状になる欠点を有するものの、大きい水面変動が解析できる、長時間にわたって安定的に計算できる、自由水面の種々の状況に比較的容易に対応できる、という点から、VOF (Volume of fluid) 法を採用することにしていく。また、これに伴い計算格子を、内部セル、空セル、水面セルおよび物体セルに分類し、それぞれにおける充填率を定義して計算法を導くとともに、セルより小さなスケールで地形が滑らかに変化する場合について改良を加えている。境界条件設定法に関しては、水面境界、物体(固定)境界および開境界のそれぞれに対して、圧力、水位、流速あるいは乱れ強さなどの境界値を計算に取り入れる方法を詳しく展開している。さらに、連続方程式が満たされるように圧力を補正し収束させる方法を、境界条件設定点を含めて明らかにしている。

第3章では、以上に導かれた数値解析モデルを二次元あるいは三次元の比較的理想化された流れに適用して検証している。すなわち、二次元ダム破壊流れのように水面変化が大きい流れにおいて先端位置が実験値とよく一致すること、二次元的な津波遡上において地形が滑らかな場合の改良が有効であること、貯水池の流動解析において取水渦の発生が捉えられることなど、解析モデルの有効性を確かめている。

第4章では、減勢工の設計において重要な跳水現象を考察している。フルード数による波状跳水や定常跳水などの現れ方、跳水長さ、安定な跳水を発生させるのに必要なシル高さについて、実験的知見と一致する結果を得ている。また本解析モデルにより、上流の射流が跳水において表層に循環流を伴いつつ常流に遷移する過程や、跳水内部の流速や乱流量が把握できることから、水理実験の代替法になりうるとしている。

第5章では、津波の伝播と遡上を考察している。まず、単純化した鉛直二次元流れとしての数値解析結果と実験との比較から、津波が段波形状に発達しさらに非線形分裂波によって波状段波へ移行する変形機構および陸地部への遡上高について十分な再現性をもつことを確かめている。さらに三次元解析モデルによって、凹地形になっている海岸ではきわめて大きな遡上高さが局所的に現れるおそれがあることを示し、北海道南西沖地震時の奥尻島藻内地区での異常な高さの津波遡上を立

証するとともに、津波の挙動を高精度に解析することを可能にしている。

第6章では、水位変化の大きい揚水発電用貯水池における流動と濁質挙動を考察している。揚水時の貯水池内の流れやそれに伴う底質の巻き上げ、およびそれらに及ぼす水温躍層の影響を三次元解析し、現地調査の結果との比較により解析モデルの妥当性を確かめている。また、発電に必要な揚水量を確保しかつ高濃度の濁質を流出させないようにする貯水池操作方法を考察し、揚水前半は緩やかな揚水を行い水位が上昇してからは大量揚水を行うという実際的な方法を提案している。

第7章では以上の結果をまとめて結論としている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、水面形状が時間的、空間的に複雑に変化する流れを対象に、自由水面の挙動および流れの内部構造を二次元的あるいは三次元的に詳細に解析する数値的なモデルを汎用性を重視して開発するとともに、水理学的な問題へ適用しその有用性を確かめたもので、得られたおもな成果は以下のものである。

1. VOF (Volume of fluid) 法において、境界条件設定とその取り込みの厳密化を図り、水面変動が大きな流れを三次元的に長期間にわたって安定的に解析できるようにした。
2. 跳水による減勢工の検討を行い、跳水長さや安定な跳水を発生させるためのシル高さに関して、ここでの解析モデルが水理実験の代替方法となりうることを示した。
3. 津波が沿岸域に到達するに従い、段波形状に発達しさらに非線形分裂波によって波状段波へ移行する過程を再現し、津波の変形機構を明らかにした。
4. 凹地形海岸のように地形が複雑な場合には、津波は局所的にきわめて大きな遡上高さになりうることを示し、津波防災にとって重要な知見を与えた。
5. 水位が日周期で大きく変化する揚水発電用ダム貯水池における濁質解析を行い、高濁度水を流出させない貯水池操作について、実際的な方法を提示した。

以上要するに、本論文は自由水面をもつ流れの数値解析モデルの高度化を図るとともに、これにより水工学上の課題に広く適用できるようにしたもので、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成13年8月7日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。