

審査の結果の要旨

氏名 伊藤 翔

本論文では、水産業に用いられている生簀や定置網などの網が波浪中に設置されていることを対象とし、これの流体力特性について研究を行った。本人の過去の生簀の流体力特性についての研究で、網の流体力特性は空隙率、初期張力、波高等のパラメータ変化に対して大変に複雑であり、さらに網の変形が流体力特性に影響を与えることを明らかにした。これを踏まえて本論文では、変形影響も含めた透水体の流体力特性を扱い、これを推定する手法を確立することを目的としている。

先行研究には網の抗力係数、質量力係数を仮定しモリソン式を基礎とするものと、網の後流を詳細に数值的に計算するものがある。しかし抗力係数、質量力係数を仮定する場合、それらの係数はレイノルズ数やキューレガン・カーペンター数によって変化するため、如何なる係数を用いるべきか課題が残る。網の後流をいちいち詳細に数值的に計算するのは、目的に対し計算負荷が大きすぎる。そこで網による渦放出の影響を網面上の境界条件に集約し、理想流体理論で計算する先行研究が有孔円柱について行われた。この計算手法を用いて推定した有孔円柱の流体力は実験結果と良好な一致を得ているが、対象の空隙率は最大で0.5程度であった。しかし水産業で用いられる網の空隙率はこれより大きいものも多く、この推定方法を水産業用の網に適用可能である空隙率の範囲を広げる必要がある。また、この先行研究におけるモデルは穴あき金属板でできており、網とは流体力特性が異なる可能性がある。さらに、より実際に用いられている網に近づけるため、これに網の変形影響を加える必要がある。ここでいう変形影響とは、網面が変形することによって、網全体の動きに対して位相差を持って網面が運動する効果のことである。そこで本研究では次の3ステップで研究を進めている。第1ステップでは変形を生じない、剛体平面網の流体力特性について研究を行っている。ここでは網の空隙率と波の条件による流体力特性の変化について検討している。次に第2ステップでは、変形を伴う平面弾性網の流体力特性について研究を行い、第1ステップで求めた剛体平面網の流体力特性に弾性変形の影響を加えることにより、網面の変形がある場合の流体力特性について検討している。最後に、これが立方体形状の構造物になったときの、構造物としての網の流体力特性について検討している。これは立方体形状生簀のスケールモデルであり、これの係留力についても検討している。各研究ステップにおいて、モデル実験と理論計算の両方を行うことにより研究を進めている。剛体平面網については、これをモデルと等しい面積をもった透水円板と見なして固有関数展開法を用いて理論計算を行っている。また弾性平面網については、正方形網の振動モードを計算するために境界要素法と固有関数展開法を組み合わせたハイブリッド法を用いて計算を行っている。ここでは網を弾性膜と見なして弾性膜振動理論を用いて、網の流体力から網の変形の大きさを計算してこれの影響を網の流体力特性に含めた。弾性立方体網の推定計算では弾性平面網と同様にハイブリッド法を用いて、網で構成された立方体について計算を行った。また、この計算により求めた流体力特性を用いて係留系の運動方程式を解くことにより、係留した場合の係留力の推定も行っている。

具体的にはまず、剛体平面網の実験結果と、理想流体理論に透水境界条件を組み合わせて計算した結果を比較している。実験モデルは伸びが小さい樹脂糸を用いて9つの空隙率の網を用意して Diffraction, Radiation 試験を行っている。剛体平面網の Diffraction 実験結果と計算結果の比較により網の透水境界条件についての実験式を得て、これを用いることによって Radiation 問題も含めて網の流体力係数がある程度は理論計算により推定できることを示している。また、この流体力特性は網の空隙率で流体力特性が整理でき、計算の透水境界条

件においては慣性力の効果も考慮する必要があることを示している。

次に弾性平面網について、剛体平面網の結果を用いて求めた網の透水境界条件を用いて計算した結果と実験結果を比較している。実験模型はゴム糸を用いて網を構成しており、流体力を受けると網が弾性変形を生じるようになっている。この流体力推定計算では、網を弾性振動膜だと見なしてこれの変形量とそれにより生じる力を推定している。この結果より、剛体平面網の結果から求めた実験式を用いることにより、弾性平面網の流体力特性をある程度推定できることを確認している。また、網の初期張力が十分大きい条件では剛体網と比較して流体力係数に大きな違いはないが、網の初期張力が小さくて変位が大きい場合には剛体条件と異なる流体力特性を示すことがわかった。

弾性立方体網について、流体力係数と係留力、係留変位について実験と計算により検証を行っている。実験模型は弾性平面網を6枚組み合わせる立方体形状を実現し、推定計算を行っている。推定計算においては平面網の場合と同様に、その流体力係数がある程度推定可能であることを確認している。また推定計算により求めた網の流体力係数と、実験により求めた枠の流体力係数を用いて弾性立方体網の係留変位と係留力を求めたところ、どちらについても推定計算により実験結果をある程度推定可能であることを確認している。以上より、変形を伴う網状物体の流体力特性を推定し、それを係留した場合の係留力を推定する手法の基礎を確立している。

以上のように申請者は網状物体が弾性変形を伴う場合の流体力特性について、透水境界条件の実験式を提案し、実験的に検証して、流体力特性を推定する手法の基礎を確立した。また、各面が網になっている立方体形状網を係留した場合の係留力についても、本論文における推定手法を用いることにより、ある程度推定可能であることを示した。

論文審査会においては以上の内容を説明した上で、網の初期張力が大きくなる極限での剛体計算との整合性、空隙率が大きい場合のモリソン式との整合性について審査委員から質疑があったが、論文提出者はそれに適切な回答を示すことができた。また、当該論文は十分な新規性と、外部発表実績があることが確認された。

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。