

(様式2)

## 学位論文の概要及び要旨

氏 名 河村裕之 印

題 目 消波工の断面変形に伴う性能変化の評価と最適保全方策に関する研究

### 学位論文の概要及び要旨

2008年に農林水産省・国土交通省では海岸保全施設におけるライフサイクルマネジメント（以下、LCM）を導入し、2014年にはマニュアルを改訂している。維持管理計画のためのライフサイクルコスト（以下、LCC）算出には、施設が故障状態になる前に適切な予防対策を実施する予防保全と故障状態になった後に保全する事後保全レベルの設定やこれらの費用を計上することが重要である。しかしながら、予防保全と事後保全レベルの設定が不明瞭であり、ほとんどの場合、事後保全として復旧しているのが現状である。維持管理マニュアルや港湾関係災害事務必携などでは補修レベルが示されているが、要求性能を満たしているかの性能診断がなされておらず、適切な維持管理計画に基づいた保全とはいえない。

性能を診断するためには、消波工の劣化による断面変形の定量的把握とこれに対応する性能変化を把握する必要がある。本研究では、消波工を劣化させる要因として波浪による消波工の断面変形を水理模型実験によって検証し、このデータに基づきモデル断面を決定し、消波工の変形による性能変化を水理模型実験と数値計算によって検証した。消波工の性能として、防波堤を対象としたケーソンなどの本体工に作用する波力の低減性能と越波の低減性能に着目し、これらの変化の検証結果から、消波工の変形に伴う水平波力および越波流量の増加が確認された。

一方、消波工を保全するための最適予防保全レベルの導出には佐藤らのモデルを用いる。このモデルでは、予防保全と事後保全の関係について理論的に検討しており、予防保全レベルは期待保全費用に大きく影響することを確認し、期待保全費用を最小化する最適予防保全レベルを理論的に導出している。本研究では、このモデルを用い、期待保全費用が最小となる最適予防保全レベルを理論的に導出し、この予防保全レベルがケーソンなどの本体工の安定性能が維持できているか力学的な観点からの検証を行い、予防保全の意思決定方法についての提案を示した。さらに、モンテカルロシミュレーションにより最適予防保全レベルを検証し、理論モデルの妥当性を示した。

### 論文の構成

第1章では、本論文の概要と目的について述べた。

第2章では、沿岸開発技術研究センターの数値波動水路（CADMAS-SURF）について基本的な理論を概説するとともに、数値解析における条件の設定方法について詳細に述べ、適切なパラメータ設定を示

した。特に、本研究の対象となる消波工のポーラスセルの設定については詳細に検討した。透水層における抵抗力を算定するために、抵抗係数 $C_D$ を用いるモデルとDupuit-Forchheimer則による2つのモデルを比較検討した結果、 $C_D$ を用いるモデルを採用することとした。数値波動水路による計算結果は、第3章から第5章において、水理模型実験で得られたデータとの比較や実験データの補間データ、ニューラルネットワークのチューニングデータとして活用した。

第3章では、水理模型実験によって消波工に波浪による累積ダメージを与え、これに伴う断面変形データを計測した。このデータにもとづき被災形態、変形過程を検討した結果、消波工の被災形態は変形量が大きくなるにつれて「天端および法面被災」の複合被災であることがわかった。さらに消波工の性能変化を検証するため、変形量に対応した平均的な断面形状（モデル断面）を決定した。

第4章では、消波工の断面変形に伴う性能変化について検討した。対象とする消波工の性能については、防波堤本体工に作用する水平波力と越波流量を指標とし、これらの変化を水理模型実験と数値計算の両面から検討した。水平波力を水理模型実験によって検討した結果、消波工の変形が一定以上進行すると衝撃力が発生し、初期状態よりも最大で3倍以上となることが確認された。また、越波流量においても、数値計算の結果より断面変形が大きくなると越波流量も多くなり、初期断面の約1.4~1.8倍となることがわかった。ただし、断面変形がさらに進むと越波流量の増加は頭打ちとなった。

第5章では、性能診断モデルの構築を目的とした。波力および越波の低減性能が維持されているか診断するためには、消波工の断面変形に対する性能変化のデータが必要不可欠であり、第3章の消波工の断面変形のモデル化、第4章の消波工の断面変形による水平波力や越波流量の変化の検討で蓄積したデータにもとづき、消波工の性能診断モデルを構築した。これらのデータ処理に関しては、データ相互間の関係が不明確な場合の情報処理に有効なツールであるニューラルネットワークを用い、水平波力と越波流量を予測する性能診断モデルの構成と予測結果を示した。水平波力については水理模型実験、越波流量については数値計算のデータを用いて予測モデルを構築した結果、水平波力は±40%、越波流量は±15%の誤差範囲で予測できることを示した。

第6章では、消波工を保全するための期待保全費用を最小とする最適予防保全レベルを理論モデルによって導出した。また、理論的に求めた最適予防保全レベルにおいて、防波堤本体の安定性能を維持できているか力学的な観点からの検証を行い、理論モデルによる最適予防保全レベルは、概ね安定性能を満たす範囲にあることを確認した。また、モンテカルロシミュレーションにより消波工のLCCを求め、LCCが最小となる保全レベルは理論モデルによる最適予防保全レベルとよく一致することを示しており、理論モデルの妥当性を確認した。

第7章では、2~6章における結論を要約し、今後の課題について述べた。