

(様式 2)

学位論文の概要及び要旨

氏 名 平山 隆幸 印

題 目 消波工の累積損傷を伴う消波性能評価に基づく維持管理に関する研究

本研究は、海岸保全施設の一つである消波工に対して、「施設の老朽化と性能低下の把握を行い、適時、適切な保全対策を実施することにより、必要な防護機能を維持しつつ、ライフサイクル（供用期間）に生ずる全ての費用を最小化することを目指した維持管理を行うこと」と定義されている、ライフサイクルマネジメント（LCM）の導入検討を行い、消波工の適切な維持管理手法の確立を目的としたものである。その際、①施設の老朽化と性能低下の把握、②適時・適切な保全対策、③ライフサイクル（供用期間）に生ずる全ての費用の最小化、この 3 つの重要な項目に対する検討・対策が必要不可欠であるため、それぞれについて詳細な検討を行った。

第 1 章では、まず研究の社会的背景と消波施設に対する維持管理型設計法の導入の必要性を述べ、研究の目的を明確にするとともに、その目的を達成するための本論文の構成と各章の概要を述べた。

第 2 章では、第 3 章で検討を行う累積損傷を受けた消波工の消波性能の変動特性の把握と、第 4 章で述べるニューラルネットワーク構築の際に必要な教師データの作成を目的とするため、波・流れ・地盤の相互作用について数値シミュレーションを迅速かつ容易に行うことが可能な数値波動水路を活用するものとし、その概説を行った。また、数値解析を行うために必要となる各パラメータについて概説を行い、適切な数値実験結果が得られるように各パラメータの設定を行った。

第 3 章では、海岸保全施設の一つである消波工に LCM の考え方を導入する際、消波工の累積損傷によって生じる消波性能の変動特性について適切に評価することが必要不可欠であると考え、その変動特性について数値波動水路を用いた数値実験より明らかにすることを目的とした。対象とした累積損傷断面は、①天端被災、②複合型被災の 2 パターンである。消波性能の評価指標には、反射率と越波流量を対象とした。入射波条件としては規則波と不規則波を用い、不規則波については波列構成の違いによる消波性能への影響を検討するため、波浪統計量および総エネルギーがほぼ同等である 15 種類の不規則波を作成した。数値実験の結果、反射率および越波流量の被災進行に伴う変動特性の評価式については、被災の程度を表すダメージパラメータのみの回帰式によって構築できないことを明らかにした。また、越波流量に関しては、不規則波の構成波列の前後波の不規則性に配慮した確率統計的な考察が必要であることを明らかにした。

第 4 章では、第 3 章での数値実験結果より消波性能の変動特性をダメージパラメータという単一パラメータのみで直接評価することが困難であること、すなわち消波性能の変動特性がその他のパラメータにも依存すると考えられたため、データ間の因果関係が不明確な情報処理の分析に有効なニューラルネットワークを利用して累積損傷を伴う消波工の消波性能に関する評価システムの構築を行った。まず、構築した反射率の評価システムは、実験値を 10% 程度の誤差範囲で予測できることが明らかになった。また、越波流量の評価システムは、実験値を天端被災モデルの場合が最大 50% 程度の誤差、複合型被災モデルの場合が最大 40% 程度の誤差範囲での予測精度であったが、数値実験での越波流量のバラツキを数量化した変動係数の値がそれぞれ、約 0.65（平均値）、約 0.55（平均値）であることを考慮すると、構築した越波流量の評価システムによる予測値は妥当な結果を与えることが明らかになった。

第 5 章において、海岸構造物の一つである消波施設に対して LCM で定義されている適時、適切な

保全対策を行うためには、施設の物理・性能面の劣化過程を把握し、施設破壊への信頼性評価が重要であると考え、施設の性能劣化過程に対して衝撃型累積損傷モデルと耐力劣化モデルの 2 種類を用い、施設の最適保全方策に関する確率モデルの構築を行った。衝撃型累積損傷モデルにおいては予防保全を実施する累積損傷量、時間間隔を制御変数として、耐力劣化モデルにおいては予防保全を実施する実感間隔、施設耐力、予防保全回数上限を制御変数とした数値実験を行った。その結果、予防保全レベルは総期待保全費用に大きな影響を与えること、並びに適切な保全時期の設定が総期待保全費用削減に有効な手段となりえることを解析的に証明した。また、頻繁に異常波浪襲来を受ける場合にも適切な予防保全を実施することにより、理論上、期待保全費用の大幅な削減が可能であることが判明した。さらに、施設の暴露環境が最適な保全時期に大きな影響を与えることも分かった。

第 6 章では、防波堤消波材のライフサイクルコスト(LCC)の算定における高波発生回数の統計的特性に関する導入の必要性について、波浪特性が異なる日本沿岸 4 地点を対象に高波発生回数の LCC に及ぼす影響を検討した。まず、高波発生回数の統計的検討より、年間の高波発生回数はポアソン分布で近似できることを明らかにした。次に、高波の年間発生回数を年 1 回とする場合とポアソン乱数で与える場合について消波ブロックの LCC を算定した結果、高波発生回数の統計的条件によって LCC を最小とするブロック径が異なり、特に LCC として計上される費用のうち補修費についてはその変動性が高波発生回数の与え方で異なる場合があり、LCC 算定においては高波発生回数の統計的特性を考慮する必要があることを明示した。

第 7 章では、本研究で得られた総合的な結論を述べるとともに、消波工を対象とする維持管理型設計に関する今後の技術開発の展望を論じた。