

# 論文の内容の要旨

論文題目「漁港施設への波動および振動特性を用いた機能診断技術の適用  
に関する研究」

学位申請者 藤田 孝康

キーワード：漁港施設機能診断 機械インピーダンス法 衝撃弾性波透過法  
固有振動法 ロッキング振動

我が国の漁港施設は、延長5,000kmを超える膨大な既存ストックを有しており、その多くで老朽化が進んでいることから、施設の維持管理に係わる費用増大が懸念されている。一方、国や地方自治体の財政は厳しい状況にあり、これら膨大なストックを効率的に管理し、水産物の安定供給の基盤を確保していくことが求められている。このような状況の中、水産庁はインフラ長寿命化基本計画に基づき、漁港施設におけるインフラ長寿命化計画（行動計画）を策定した。本計画は、水産基盤施設（漁港・漁場施設）の長寿命化とライフサイクルコストの縮減を推進するため、「点検・診断、修繕・更新」および「新技術の開発・導入」等の各取組を計画したものである。また、これに先立ち、2008年度に水産基盤施設ストックマネジメント事業（水産物供給基盤機能保全事業）が創設され、本事業に係わる手続きや考え方、手順等を整理した「機能保全計画策定の手引き（案）」（以下、「手引き」という）と「水産基盤施設ストックマネジメントのためのガイドライン（案）」（以下、「ガイドライン」という）が示された。現在、本事業に則って、漁港管理者が機能保全計画策定や機能保全対策工事を順次進めている。

しかしながら、手引きやガイドラインで示されている機能診断方法は、目視による方法が主であるため、今後も継続して機能診断を進めていくためには、客観的な診断データの蓄積が可能で、簡易かつ効率的な新たな機能診断手法の開発が必要である。

本論文は、目視検査が主である現行の漁港施設機能診断を効率化、簡易化および高度化することによって、定量的かつ実用的な機能診断手法の開発を目的としている。具体的には、機能診断の効率化と簡易化を意図した「機械インピーダンス法」、機能診断の高度化を意図した「衝撃弾性波法（透過法）」、「固有振動法（1点計測）」、「固有振動法（2点計測）」の4手法について、室内試験と現地試験による検討で実機の漁港施設への適用を検証したものである。これらの手法が導入されることによって、非破壊での漁港施設防波堤の圧縮強度の推定、構造物内部の欠陥の検出、基礎の変状（洗堀）の検出等を行うことが可能となる。また、その結果、漁港施設の老朽化をより精度良く、早期に発見することが可能となり、漁港施設の適切な機能維持と長寿命化の促進が図られ、将来における維持管理費の縮減に寄与するものと考えられる。

本論文は全7章で構成されている。以下にその概要を述べる。

第1章では、本研究の背景ならびに目的と意義、および本論の構成の概要を述べた。

第2章では、漁港施設の既存ストックの現状を整理することにより外郭、係留施設が主要施設であることを示し、これらの将来における更新予測を行った。また、性能低下した施設はコン

クリート構造が多いことや、早期に老朽化した施設は沈下や空洞等、目視での発見や全体把握が困難なものが多いことを新たに示した。さらに、目視調査に代わる調査・診断手法として、非破壊・微破壊試験法のうち、漁港施設の診断に適用可能な機械インピーダンス法、衝撃弾性波透過法、固有振動法について関連する既存知見を整理した。

第3章では、機能診断の効率化、簡易化の観点から、ハンマーでコンクリートを打撃することで得られる打撃応答波形から圧縮強度を推定する機械インピーダンス法の漁港施設への適用を検証した。その結果、従来の反発度法は打撃する点の凹凸の影響が大きく、その点を研磨した場合としない場合の推定値の差が大きいため、劣化が進行した既存漁港施設への適用においては、JIS等で指摘されているように、研磨が必須であると共に測定点数を多くし、また構造形式や建設年次ごとにコアによる圧縮強度試験を併用する等が必要であることを確認した。一方、機械インピーダンス法は、 $\pm 20\%$ 程度の誤差を許容すれば、推定強度が反発度法よりもコアによる圧縮強度試験結果に近いことを確認した。また、表面に骨材が露出する状態等では留意が必要なものの凹凸の影響が比較的少ないため、打撃応答波形を考慮した圧縮強度との関係式によって事前の研磨が不要となり、より簡易な漁港施設の圧縮強度推定法として活用できることを新たに提案した。

第4章では、詳細調査の高度化の観点から、衝撃弾性波透過法により漁港施設の内部欠陥を把握し、健全性を診断する方法について漁港施設への適用を検討した。まず、内部欠陥の大きさにより、弾性波速度とパワー伝送比が増減することから、室内試験によって欠陥の有無を評価できることを示した。また、室内試験で見出した評価方法の知見を既存漁港施設に適用し、本手法によって、内部欠陥を精度よく検出できることを見出した。

第5章では、第4章と同様の観点で、防波堤の固有振動数を測定し、基礎の健全性を評価する固有振動法（1点計測）を検討した。まず、実際の防波堤を模したモデルとして、基礎部に圧縮ばねを配置した供試体を作製し、ばね個数を変化させた条件で鉛直・水平方向の卓越振動数を計測し、これらの理論値と実測値がほぼ一致することを確認した。また、既存漁港施設防波堤の洗堀を有するまたは洗堀がない躯体で振動特性を計測し、洗堀を有する躯体は、洗堀がない躯体と比較して固有振動数が減少することを確認した。さらに、A 漁港防波堤のロッキング方向における固有振動数の理論値を算出し、実測値と同程度であることを確認した。以上より、防波堤の基礎部の劣化の程度に関し、その固有振動特性から漁港施設の基礎の欠陥を検出する方法を新たに見出した。

第6章では、第5章における成果と課題を踏まえ、漁港施設防波堤における基礎洗堀の規模（深さ）を予測することを指向した固有振動法（2点計測）について検討した。まず、室内試験において、基礎を想定した圧縮ばねの配置を変化させた供試体を用い、そのZ軸方向（防波堤鉛直方向）の振動が理論値と高い相関があることを示した。次に、室内試験による2点変位量差がロッキング振動を仮定したモデルの理論値とほぼ一致することを確認し、これより圧縮ばね欠損数（洗堀深さ）を推定できることを示した。また、固有値解析により、ロッキング振動の中心が供試体底面の中心付近にあることを確認し、室内モデル理論式の実機への適用が妥当であることを示した。さらに、洗堀深さが既知の漁港施設に本手法を適用し、実機の洗堀規模（1m程度）に対応してロッキング中心がずれることを確認した。以上より、固有振動法（2点計測）は、鉛直変位量差に基づいて、基礎洗堀の規模を推定できることを新たに見出した。

第7章では、第2章～第6章の結果をとりまとめ、結論とした。