

超音波探傷技術を用いた コンクリート構造物の内部損傷検知に関する研究

長崎大学大学院工学研究科
浦田 幹康

我が国の社会経済活動の基盤となるインフラの機能を十分に発揮させるためには、計画的・効率的な維持管理や更新が重要である。特に、多くのインフラで使用されるコンクリート構造物のメンテナンスは重要であり、その内部のひび割れやうきは、経年劣化に伴い最終的には剥落に繋がる可能性が高い。このため、コンクリート内部の損傷状況を把握することは維持管理の観点から重要である。

コンクリート構造物の内部損傷を検知する技術として、ものを壊さずに構造物の状況を把握する非破壊検査技術が有効とされるが、国土交通省の点検要領では、目視点検及び打音検査が推奨されている。しかし、打音検査は内部欠陥の有無や内部鉄筋位置の判別は可能なものの、損傷程度を推定・評価することは現状困難である。

一方、損傷程度を定量的に評価可能な技術として超音波探傷技術が挙げられる。超音波探傷技術は、打音検査と比較し、使用できる周波数帯のバリエーションが多く、フェーズドアレイ UT 技術の確立・工業化適用によって超音波を合成してビジュアル化出来るため、損傷の定量評価性に優れる。また、近年医療用超音波技術として適用されてきた PWI (Plane Wave Imaging) による超音波波形処理の工業分野への応用が進んでおり、従来の超音波探傷技術に比べて欠陥検出性の向上が期待できる。

そこで本研究は、超音波探傷技術を用いて、コンクリート内部のひび割れ及びうきを検出かつ定量評価ができる可能性を明らかにすることを第一の目的とし、フェーズドアレイ UT 探触子を開発し、コンクリート内部にひび割れを発生させた試験体に対して、検出性評価試験を実施した。次に、コンクリート内部のうきの検査に対し、超音波探傷技術と赤外線サーモグラフィの組み合わせによる高効率な検査フローの確立のため、両者の欠陥検出性及び定量評価性について把握することを第二の目的とし、模擬うき欠陥を有したコンクリート試験体を用いて、検出性・定量評価性などを実験的に比較・評価した。本論文の構成は以下の通り。

第1章では、研究背景を説明した後、超音波探傷技術の現状とコンクリート適用へ向けた課題を概説し、問題点を整理して、本研究の目的および構成を示した。

第2章では、超音波探傷技術を用いてコンクリート構造物の内部損傷状態の推定出来る可能性を明らかにすることを目的とし、RCはり試験体の4点曲げ試験を実施してコンクリート外表面側のひずみ・ひび割れ状況を把握するため、デジタル画像相関法を適用してコンクリート内部の超音波信号と比較することで、内部損傷と外面ひずみ及びひび割れ状況の相関有無を検証した。

第3章では、コンクリート内部のひび割れ状況を一方向から直接的にイメージングし、定量的に評価可能な目途を得ることを目的として、コンクリート構造物のひび割れを検出するための超音波フェーズドアレイ探触子を開発した。

第4章では、超音波波形処理技術であるPWIを用いて、コンクリート内部のひび割れ発生状況、特に斜め方向のひび割れに対するイメージング可否を検討し、内部損傷状況の推定精度向上を図った。

第5章では、赤外線サーモグラフィと超音波探傷法の組み合わせによる検査フローの有効性について検証することを目的とし、模擬うき欠陥を有したコンクリート試験体を用いて、うき検出性・定量評価性などを実験的に比較・評価した。

第6章では、開発したコンクリート用フェーズドアレイ UT 探触子の実用性評価のために、実橋梁に発生したうきを対象として検証試験を実施した。

第7章は結論であり、本研究で得られた一連の研究成果をまとめ、今後実施すべき課題及び展開について提案した。

本研究の結果、コンクリート向けに開発したフェーズドアレイ UT 探触子によるPWIを適用することで、一方向から直接的にひび割れやうきを検知及び深さ評価が可能であることを確認した。また、赤外線サーモグラフィと超音波探傷の組み合わせによる検査フローを提案し、広範囲を迅速に検査可能、かつ、検出された欠陥の定量性を確保できることを確認した。さらに、ひび割れ補修後においても超音波探傷を実施することで、補修効果の確認が可能であり、これまで目視点検が主として実施されてきた補修後検査の信頼性向上に繋がるものと考えられる。

以上のように、本研究では、これまで超音波探傷技術では検査困難とされていたコンクリート内部のひび割れやうき等の損傷に対し、コンクリート向けフェーズドアレイ UT 探触子を開発するとともに、医療用超音波技術PWIの適用性および検査フローについて検討し、それらを検出・定量評価可能な目途を得ることができ、有効性を示すことができた。本技術を活用することにより、昨今ニーズが高まっているインフラの長寿命化・維持管理に貢献できるものと考えられる。