

超音波の多重反射特性を用いたコンクリート損傷の検出 Detection of Concrete Damage using Ultrasonic Multiple Reflection Characteristics

○大橋純*・萩原大生**・島本由麻***・鈴木哲也*

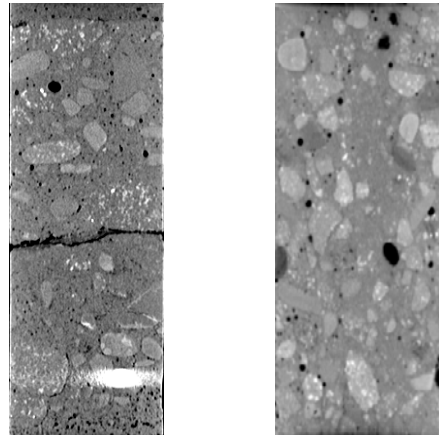
○Jun Ohashi, Taiki Hagiwara, Yuma Shimamoto and Tetsuya Suzuki

1. はじめに

超音波法に代表される伝搬速度を指標としたコンクリートの品質評価は、一般的に用いられているが、その計測精度へ及ぼすひび割れ損傷の蓄積と伝搬速度との関連を詳細に検討した研究は少ない。筆者らは、縦波速度から動弾性係数を推定し、共鳴振動法により評価したものととの比較から、超音波法によりコンクリート損傷度評価が可能であることを明らかにしている。本報では、既往研究により十分に議論されていない超音波の多重反射特性に着目し、損傷蓄積が進行したコンクリート材料における超音波伝搬実態を X 線 CT 法によるコンクリート内部の可視化情報と AU (Acousto-Ultrasonic) 法による超音波情報との比較から考察する。

2. 実験方法

実験的検討は、凍害が進行したコンクリート水利施設から採取したコア供試体と実験室内で打設したものととの比較により実施した。供試体コンクリートの内部構造は、X 線 CT 法により可視化と定量化を試みた。試験条件は既往研究²⁾と同様である。超音波の伝搬特性は 100 V、2 MHz の超音波を円柱供試体上面より入力し、反射波を同一面上に設置した AE センサ (150 KHz 共振型) により検出した。検出波の多重反射特性は、ウェーブレット解析により時間-周波数領域での 150kHz 近傍における時間変化の変換値を抽出し、反射時間の評価を行った。透過



(a) 実構造コア (2-1A) (b) 無損傷コア (2-15M)

図-1 X 線 CT 画像

法により求めた超音波伝搬速度と反射時間、X 線 CT 画像から反射源を推定し、コンクリート損傷や粗骨材と超音波伝搬挙動との関連を考察した。

3. 解析方法

検出波は、ウェーブレット変換による時間周波数解析を行った。ウェーブレット変換は、ウェーブレットと呼ばれる小波状の関数を用いて、時間信号を時間-周波数領域に変換する手法である。マザーウェーブレットには、連続ウェーブレットのガボールウェーブレットを用いた。150kHz 近傍における時間変化の変換値を抽出し、ピークを求めてその時間座標を反射時間と定義した。

4. 実験結果・考察

- 1) X 線 CT 画像によるコンクリート断面の特徴量の抽出と超音波伝搬速度推定

*新潟大学農学部 Faculty of Agriculture, Niigata University.

**新潟大学大学院自然科学研究科 Graduate School of Science and Technology, Niigata University.

***北里大学獣医学部生物環境科学科 School of Veterinary Medicine, Kitasato University.

キーワード：コンクリート、損傷、超音波、時刻歴波形、ウェーブレット解析

図-1 に比較検討した X 線 CT 画像を示す。損傷コンクリートと比較して凍害が顕著に確認されたコンクリート水路橋より採取したコア供試体では、粗骨材とモルタルの界面や粗骨材内部にひび割れ損傷が確認された。透過法により超音波を伝搬させることを仮定し、X 線 CT の断面画像から考えられる材料構成要素毎の伝搬速度の加重平均から供試コアの縦波速度を推定した結果、無損傷コンクリートが 3,642 m/s、実構造物サンプルが 3,207m/s となった。透過法による実測値と比較した結果、無損傷コンクリートでは、実測値が 3,578 m/s であることから実測値と推定値との差が 64 m/s であった。実構造物サンプルでは、実測値が 616 m/s、実測値と推定値との差が 2,591 m/s であり、X 線 CT 画像の材料構成から推定した超音波伝搬速度は実測値との若干の差異はあるが、コンクリート断面の材料構成と密接に関連しているものと推察された。そこで本研究では、AU 法により検出したコンクリート・コア中を伝播した超音波の多重反射特性から粗骨材やひび割れ損傷、空隙の超音波伝搬過程へ及ぼす影響を考察した。

2) 検出波のウェーブレット特性

図-2 および図-3 に比較検討した検出波とウェーブレット変換後の時間周波数解析結果を示す。実構造物サンプルでは、X 線 CT 画像中央部にある水平ひび割れに起因する多重反射が時刻歴波形において明確に検出された。同様の傾向は、ウェーブレット変換後も明確に確認され、多重反射特性と損傷分布との密接な関連が示唆された。

5. まとめ

超音波の多重反射特性に着目し、損傷蓄積が進行したコンクリートにおける超音波伝搬実態を X 線 CT 法によるコンクリート内部の可視化情報と AU 法による超音波情報との比較から考察した。検討の結果、コンクリート中を伝搬する超音波の特性は、粗骨材や空隙、ひび割れ損傷の幾何学的特性により変質し、サン

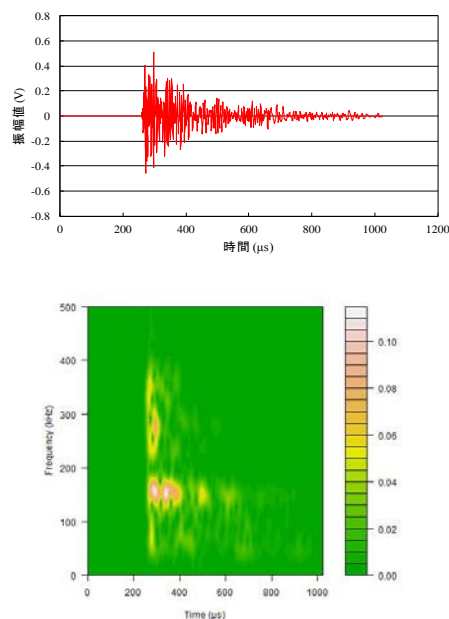


図-2 無損傷コンクリート (2-15M)

(上図：時刻歴波形，下図：ウェーブレット変換)

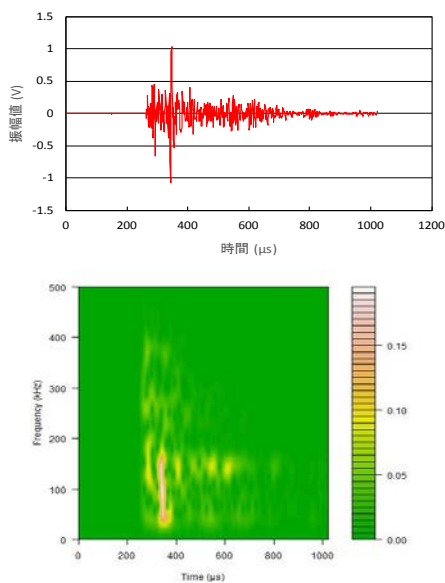


図-3 実構造物サンプル (2-1A)

(上図：時刻歴波形，下図：ウェーブレット変換)

ル形状や寸法に依存したものになることが明らかになった。

引用文献

- 1) 鈴木哲也：AE 法を援用したひび割れコンクリートの損傷度評価，非破壊検査，Vol. 64, No. 6, pp. 267-273, 2015.
- 2) 島本由麻，石神暁郎，鈴木哲也：X 線 CT 画像を用いた建設材料の凍害損傷に関する詳細観察，農業農村工学会誌，86 (6)，pp. 497-500, 2018.