

第V部門

衝撃弾性波法によって測定された周波数スペクトルのパターン認識に基づく道路橋 RC 床版の水平ひび割れの評価手法

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○宗像 晃太郎

正会員 鎌田 敏郎 正会員 内田 慎哉

大阪大学大学院工学研究科 学生員

前 裕史 大阪大学工学部 学生員 中山 和也

大阪大学大学院工学研究科 正会員 大西 弘志

1. はじめに

本研究では、アスファルト舗装および内部に水平ひび割れを人工的に模擬した RC 供試体を作製し、舗装面から衝撃弾性波法による計測を行い、得られた周波数スペクトルおよびそのパターン認識を活用した水平ひび割れの評価手法についての検討を行った。

2. 実験概要

2.1 供試体

本研究において対象とした道路橋 RC 床版は、図-1 に示すとおり、既設コンクリートの上面に増厚補強を行い、その上にアスファルト舗装を施した床版である。供試体概要を図-2 に示す。供試体の内部には、水平ひび割れを模擬するため、厚さ 6mm、直径 200、250 および 400mm の 3 種類の円形の発泡スチロールを人工欠陥として設置した。欠陥設置位置は、供用中の道路橋 RC 床版で発生する水平ひび割れの位置（図-1 参照）を考慮して、上面増厚界面（深さ 100mm）、既設床版内部の上縁側（深さ 130mm）および下縁側の鉄筋に対応する位置（深さ 250mm）にそれぞれ設定した。

2.2 衝撃弾性波法による計測

弾性波の入力には直径 6.4mm の鋼球を用いた。一方、弾性波の受信には、加速度センサを使用した。

コンクリートの伝播速度は、衝撃弾性波法に基づき複数箇所での計測から得られた伝播速度を平均して 3902m/s とした。一方、アスファルトの伝播速度は、超音波法に基づき、複数箇所での計測を行い、その平均値を求めた結果、2730m/s となった。

3. 結果および考察

3.1 周波数スペクトルの特徴

図-3 に人工欠陥が無い場合の周波数スペクトルを、図-4 に欠陥ありの周波数スペクトルをそれぞれ示す。なお、いずれの図中にも、供試体の厚さに相当する縦波共振周波数： $f_{厚さ}$ を矢印、人工欠陥に相当する縦波共振周波数： $f_{ひび割れ}$ を破線でそれぞれ示している。

図-3 の欠陥が無い場合の周波数スペクトルでは、 $f_{厚さ}$ とほぼ同じ位置に明瞭なピークが見られる。一方、欠陥がある場合では、欠陥深さ 100 および 130mm の周波数スペクトル上に、 $f_{厚さ}$ 位置の近傍にピークが確認できる。さらに、このピークに加えて、 $f_{ひび割れ}$ に近い位置においても、明瞭なピークが卓越している（図-4 参照）。続いて、欠陥深さ 250mm の周波数スペクトルでは、 $f_{ひび割れ}$ に近い位置にピークが生成されている。

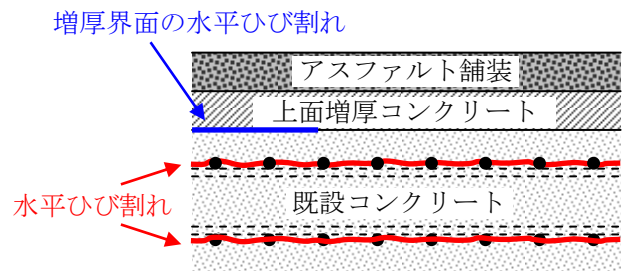


図-1 道路橋 RC 床版の水平ひび割れ発生位置

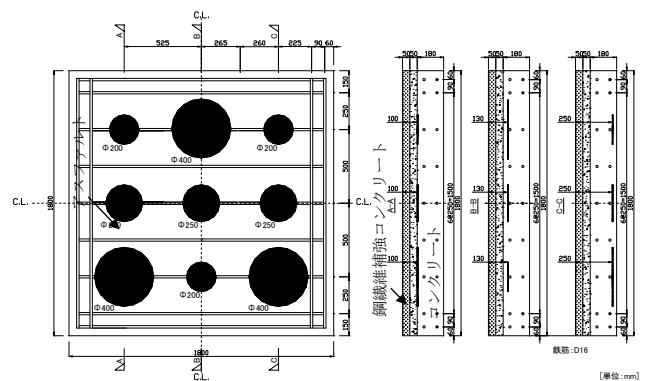


図-2 供試体概要



写真-1 衝撃弾性波法の計測状況

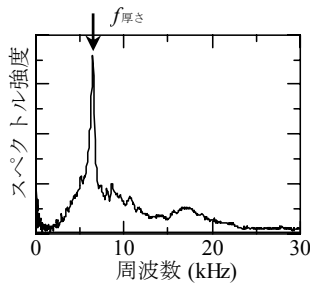


図-3 欠陥が無い位置で計測された周波数スペクトル

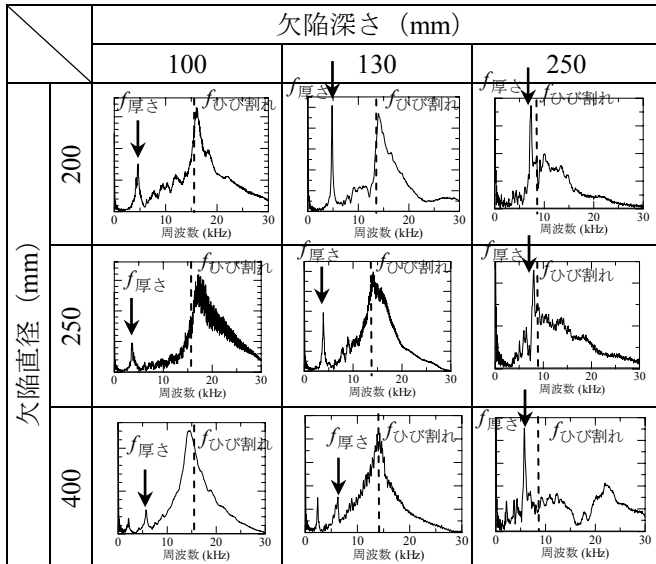


図-4 欠陥がある位置で計測された周波数スペクトル

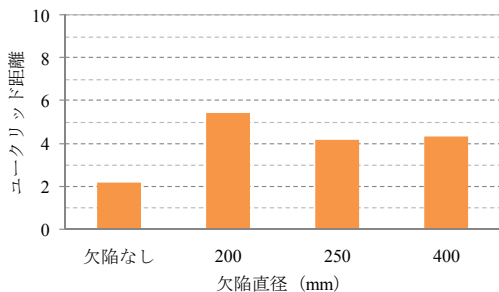


図-5 欠陥がある位置で計測された周波数スペクトルのユークリッド距離（欠陥深さ 250mm）

るが、人工欠陥が無い場合の周波数スペクトル（図-3 参照）と比較すると、ピークの位置はほとんど同じである。したがって、供試体の厚さに近い位置に欠陥が存在する場合は、ピークの値のみを頼りに欠陥を検出することは困難であることが明らかとなった。

3.2 パターン認識による手法の改善

(1) パターン認識の原理

ここでは、前節の問題点を改善するため、周波数スペクトルのパターン認識により、深さが 250mm に設置されている人工欠陥を評価することを試みた。本研究におけるパターン認識では、ユークリッド距離を活用することとした。ユークリッド距離は、2 つの周波

数スペクトルの類似性を数値として表現するための、2 次元ユークリッド空間上での 2 点間距離である。その値が小さくなるに従い、周波数スペクトルどうしの類似性が高くなる。ユークリッド距離は、以下の式(3)より算出した。

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2} \quad (1)$$

ここで、 D ：ユークリッド距離、 x_i および y_i ： i 番目の周波数におけるスペクトル強度（ $i=1,2,3,\dots,N$ ）である。

(2) パターン認識による評価

図-5 に、人工欠陥が無い場合の周波数スペクトル（図-3 参照）に対する欠陥深さ 250mm で欠陥直径 200, 250 および 400mm のユークリッド距離をそれぞれ示す。人工欠陥がある場合のユークリッド距離は、欠陥直径によらず、欠陥が無い場合のそれと比較して大きい。しかも、その差は、およそ 2 倍以上異なることも確認できる。このように、パターン認識を用いることにより、供試体厚さに近い位置にある人工欠陥を評価することが可能である。

4. まとめ

- 一般的な道路橋 RC 床版における水平ひび割れの検出方法として、アスファルト舗装面から衝撃弾性波を適用し、得られた周波数スペクトルにおいて欠陥を含まない場合のスペクトルを比較の対象としたパターン認識を活用する新しい非破壊評価手法を提案した。
- 本研究で提案する手法によれば、アスファルト舗装面から衝撃を入力する条件下では周波数スペクトルにおけるピークの出現状況の確認のみでは検出が困難であった既設コンクリートの下縁側鉄筋位置に発生する水平ひび割れについても、評価が可能であることが明らかとなった。

謝辞

本研究は、国土交通省委託研究事業 新道路技術会議 技術研究開発プロジェクト「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」の援助を受けて行ったものである。ここに記して謝意を表します。