

## 鋼板接着補強された鉄筋コンクリート床版の損傷検出アルゴリズムの構築

○駒井ハルテック 正会員 橘 肇 東京工業大学 学生会員 松野 壮展  
東京工業大学 正会員 廣瀬 壮一 東京工業大学 正会員 古川 陽  
駒井ハルテック 正会員 中本 啓介 東京工業大学 学生会員 松岡 芳宜

### 1. 研究背景と目的

道路橋において、劣化損傷した鉄筋コンクリート床版(以下、RC床版)の補強方法として鋼板接着工法が多く採用されてきたが、近年、鋼板接着補強されたRC床版の再劣化した事例が報告されている。その点検方法として一般的には目視検査やハンマーによる打音検査が行われているが、より安全かつ、合理的に損傷状況を調査する検査技術の確立が望まれている。そこで、著者らは、レーザー差動干渉法を用いて非接触非破壊検査法を開発し、その有効性を確認してきた<sup>1)</sup>。しかし、レーザー励起による低周波領域の衝撃弾性波法を用いれば、空隙の判定は容易に行えるが、着目している周波数帯では健全部と剥離や滞水状態との区別は簡単ではないことがわかった。雨水がRC床版内に侵入すると耐荷力および耐久性に大きな影響を及ぼすため、鋼板上の滞水を検知することは維持管理上重要な要素である。そこで、これまで著者らは超音波ガイド波を用いて損傷部の滞水状態を検出するための研究<sup>2)</sup>を行ってきた。

本稿では、高周波領域における超音波ガイド波を用いて、滞水の程度を含めた損傷状態を、より精度良く行える損傷評価法の開発と実用化に向けた損傷検出アルゴリズムの構築について報告する。

### 2. 超音波ガイド波を用いた滞水検出の概要

本研究では、鋼板接着補強されたRC床版の滞水検出を含めた損傷部の評価を行うために、健全部、剥離または空隙部の滞水無・部分滞水状態・満水状態の4通りの損傷状態に対応する理論層構造モデルとして、図-1(a)-(d)に示すモデルを考える。図-2は、図-1(a)-(d)に示した理論層構造モデルに対して理論解を導出した結果を示す。縦軸に超音波ガイド波の基本モード(図-2(b)の鋼板モデルについては対称基本モード)の位相速度を、横軸を周波数として示している。図-1(c)の剥離・部分滞水モデルでは滞水層厚を1, 2, 3, 4mmと変化させ、図-1(d)の剥離・満水モデルでは滞水層厚を変化させても位相速度がほとんど変化しないため、滞水層厚を1mmとした結果を示している。

図-2より、対象とする層構造の違いによって伝搬する超音波ガイド波の位相速度の分散特性が大きく異なることがわかる。これより、超音波ガイド波の分散特性による損傷状態の推定の可能性が示唆される。また、部分滞水のモデルでは滞水層厚によって分散特性が大きく変化することから、ガイド波の励起周波数から滞水層厚を推定することもわかった。これにより、図-3に示すようなアルゴリズムを構築した。

まず、レーザー励起による衝撃弾性波によって鋼板の板振動により、異音部の有無によって損傷部か健全部かの判断をした後、異音有と判断された損傷部については、超音波ガイド波によって滞水状態の詳細な評価を行う。位相速度を4000m/sに設定してガイド波の励起周波数を計測すると、ガイド波の励起の有無より、満水か部分滞水もしくは滞水無の判別を行うことができる。そして得られた励起周波数の値から部分滞水における滞水層厚の推定が可能である。さらに、位相速度を1800m/sに設定した計測を行えば、ガイド波の励起周波数の有無によって、健全も

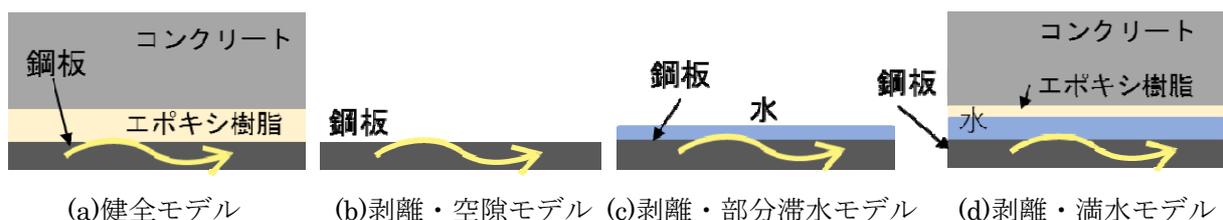


図-1 想定した鋼板接着補強されたRC床版の損傷状態に対応した理論層構造モデル

キーワード 鋼板接着工法, ガイド波, 滞水検出, 損傷検出アルゴリズム

連絡先 〒293-0011 千葉県富津市新富 33-10 TEL: 0439-87-7470/FAX: 0439-87-6453

しくは満水状態か、部分滞水もしくは滞水無の剥離・空隙であるかを判断できるので、位相速度 4000m/s で得られた判別結果の検証を行うこともできる。

3. 撤去床版への適用事例

写真-1 は一対の斜角探触子を用いて撤去床版に対する実験の様子を示し、写真-2 は撤去床版裏面での計測箇所(赤あるいは黄の円)を示している。番号 5,7,9 の赤円は打音によって異音が観測された箇所、番号 6, 8 の黄円は打音によって健全部であると判断された箇所である。番号 5,7,9 の打音による異音箇所に対しては、最初に乾燥状態で計測をした後、床版上面に水を張って滞水状態を再現し、再度計測を行った。なお、滞水によって番号 7,9 の近傍に空けた穴からは漏水が見られたが、番号 5 の異音部では漏水は見られなかった。

図-2 の小点は、撤去床版に対する実験結果を示している。異音部の番号 5,7,9 に対しては、位相速度を 4000m/s に設定して、滞水の前後で計測した。図-2 における赤点と青点は、それぞれ滞水の前後の結果を表す。番号 5 では滞水の前後でガイド波の励起周波数に変化が生じていない。このことは番号 5 の近傍で漏水が見られなかった事実と合致する。一方、番号 7,9 では、滞水後の周波数が滞水前よりも低周波数側に移動していることがわかる。その変化がわずかであることから、鋼板上に薄い滞水層が存在したことが推察される。番号 6,8 の健全部に対しては、位相速度を 1800m/s に設定して周波数を掃引した。理論曲線に符合して、120 kHz と 230kHz の近傍の 2 つの周波数においてガイド波の励起が認められた。なお、番号 6,8 の健全部に対して位相速度を 4000m/s に設定して実験を実施してもガイド波の励起は見られなかった。

4. まとめ

本研究では、鋼板接着補強された RC 床版の損傷評価法の開発と実用化に向けた損傷検出アルゴリズムの構築について検討した。今後は、より検査精度向上を図るとともにレーザーを用いた非接触での検査手法に展開を図りたいと考える。

参考文献：

- 1) 橋 肇, 山口 雄也, 中本 啓介, 島田 義則, コチャエフ オレグ, 廣瀬 壮一：レーザー法を用いた鋼板接着コンクリート床版の損傷部の検出, 構造工学論文集, Vol.61A, pp.544-551,2015.
- 2) 廣瀬壮一, 橋肇, 小原稔生, 古川陽, : 鋼板接着床版における滞水検出のためのガイド波, 第 71 回年次講演会概要集, 土木学会, CS11-005, pp.9-10, 2016.

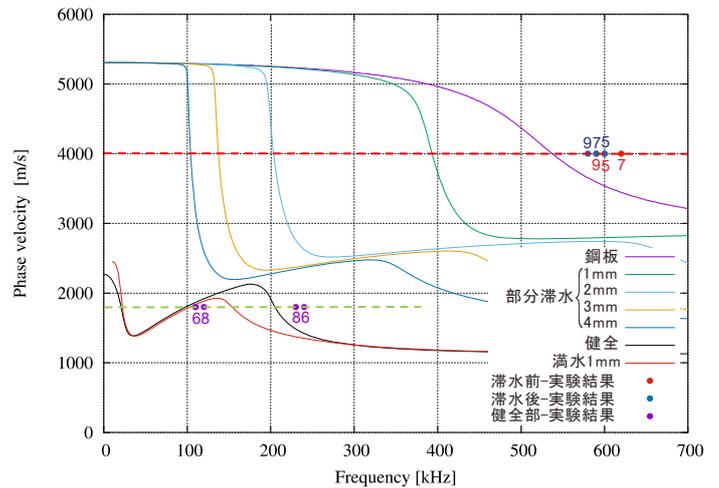


図-2 図-1(a)-(d)に示した理論層構造モデルに対して得られた超音波ガイド波の基本モードの位相速度分散曲線および撤去床版の計測結果(小点)

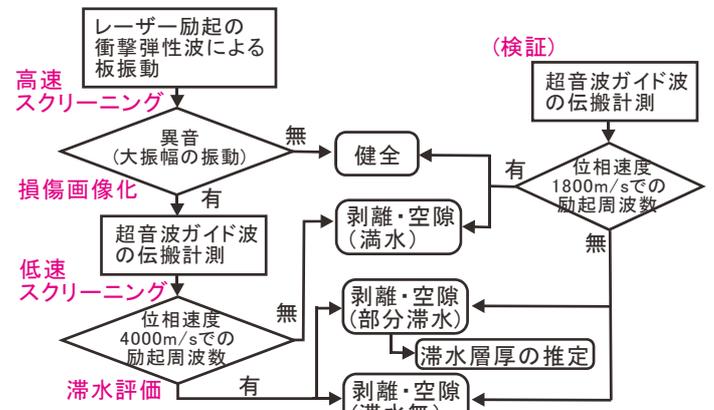


図-3 超音波ガイド波を用いた損傷検出アルゴリズム



写真-1 撤去床版を用いた実験



写真-2 撤去床版裏面での計測箇所