

弾性波速度の可視化技術を活用した鉄筋コンクリート床版の補修評価に関する調査・研究

(株) 新日本コンサルタント 正会員 ○高橋 幸太郎, 開米 浩久
古野 昌吾
京都大学大学院 正会員 塩谷 智基
奥出 信博

1. はじめに

鉄筋コンクリート床版のひび割れ補修効果の評価手法として弾性波速度の可視化技術を適用し、①補修効果の確認、②補修工法の違いによる補修効果の比較、③弾性波速度と耐荷力・健全度との関連性を明らかとすることを目的として、実橋梁を対象に検討を試みた。

2. 研究概要

調査・研究の概要を Fig. 1 に示す。富山市が所管する3径間非合成鈹桁橋のRC床版において、3つの床版パネル(A, B, C)を対象に、ひび割れ注入工法による補修を行った。この補修前後において、弾性波の伝播速度の可視化、荷重車による載荷試験(たわみ・ひずみ計測)、健全性評価のためのコア試験(中性化深さ試験, 塩分含有量試験, 残存膨張量試験)等を実施した。ひび割れ注入工法は、対象床版の下面に散見された網目状のひび割れを対象に実施した。床版パネルA, Bには、低粘度エポキシ樹脂(1種)を用い、躯体内部のエア抜きを伴い注入する工法を適用した。床版パネルCには、進行性ひび割れに適用するエポキシ樹脂(3種)による低圧注入工法を採用した。施工後、各床版パネルにおいてコア採取を行い、補修材の充填状況の確認を行った。弾性波の伝播速度の可視化については、AEトモグラフィ法¹⁾を採用した。本手法は、発信時刻・位置が未知の弾性波をソースとして速度分布得る手法であり、将来的には降雨や交通荷重に伴うAcoustic Emissionを利用する手法への応用が期待される。本研究においては、Fig. 2で示すようにアスファルト表面を鋼球で打撃し発生させた弾性波を圧電型加速度センサにて検出した。解析モデルはFig. 3に示す。なお、可視化した弾性波の伝播特性から、橋梁の健全性に関する新たな将来予測手法を見出すことも検討すべく、非線形有限要素解析(材料-構造応答連生解析システム(DuCOM-COM3)、金沢工業大学田中泰司教授ご協力)による力学挙動の再現解析も併せて実施した。

3. 結果と成果

補修前後の弾性波の速度分布を Fig. 4 に示す。工法の違いによる特徴は見られず、いずれの床版においても補修により全体的に速度の回復傾向が示された。しかし、補修後も低速度領域が示され、補修後の床版に未充

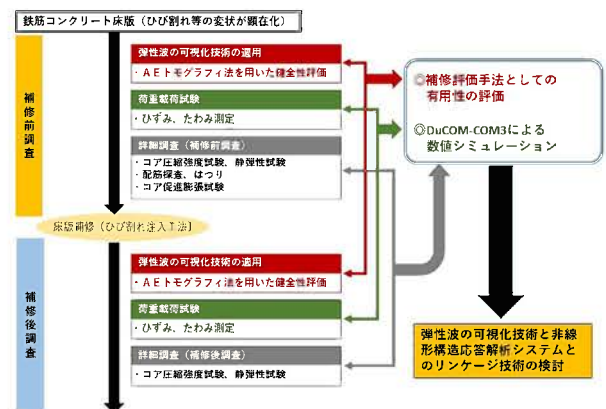


Fig. 1 調査・研究概要



Fig. 2 弾性波励起状況(左)とセンサ(右)

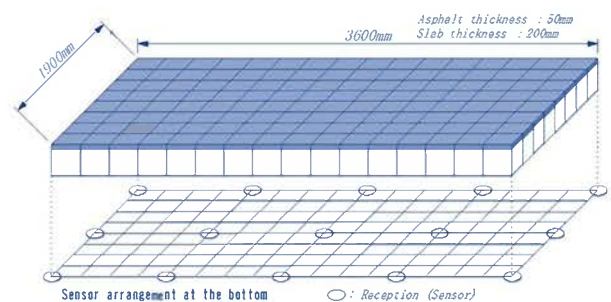


Fig. 3 解析モデル (範囲 3.6m x 1.9m)

キーワード ひび割れ補修評価, 弾性波速度, AEトモグラフィ法, 荷重載荷試験, 非線形有限要素解析
連絡先 〒930-0857 富山県富山市奥田新町1番23号 (株)新日本コンサルタント 社会基盤部 TEL076-464-6994

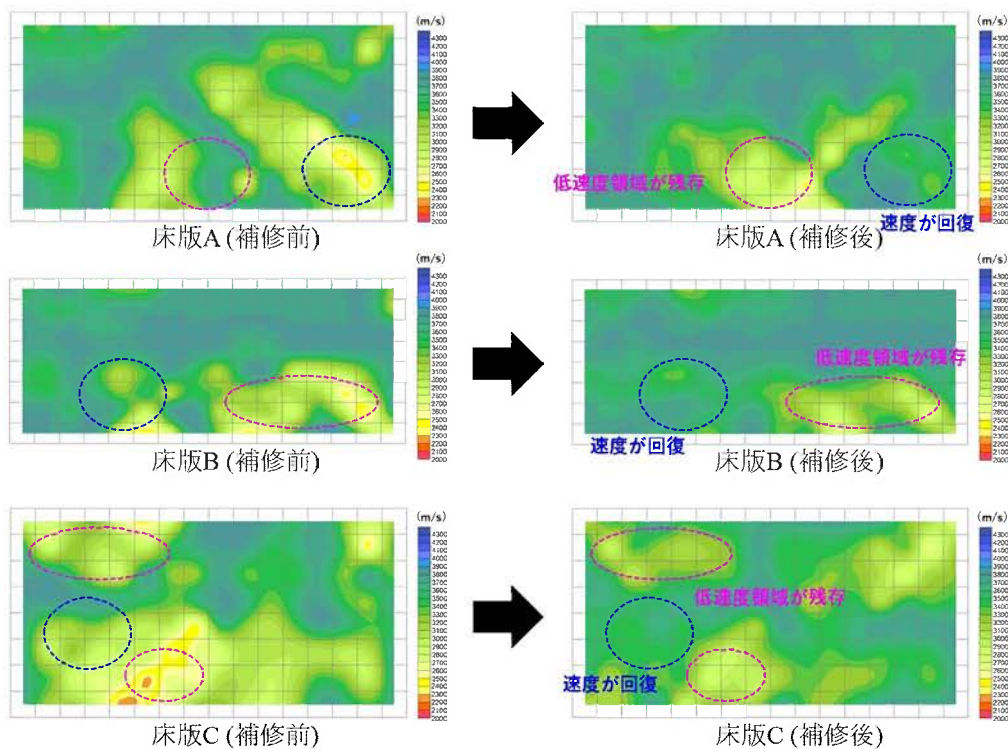


Fig. 4 弾性波の速度分布

填部が残存する可能性が示唆された。一方、補修後に採取したコアの一部において、補修材の未充填箇所が確認された。ここで、ひび割れの劣化機構について、各種コア試験の結果からは特定に至らなかったが、外観上の変状からはASRが疑われた。補修後の低速度領域の原因として、注入起点から独立したひび割れの存在に加え、ASRに起因する微細なひび割れが残存している可能性が考えられる。これを裏付けるように、DuCOM-COM3による再現解析の結果、補修後においても、载荷試験で観測されたたわみ・ひずみを再現するにはASRを考慮することが不可欠であることが示された。ただし、解析値と実測値には乖離がみられ定量的な考察には至らなかった。今後、解析モデルの再考を要する。

一方、Fig. 5にAEトモグラフィ法で得られた各床版パネルの平均速度と、载荷試験で得られた床版中央変位の関係を示す。双方の間には良好な相関が示される。注目すべきは、補修前と補修後の結果を区別することなく関係が見出されている点である。つまり、床版の平均速度を把握することにより、剛性に基づく補修効果を評価できる可能性を示している。

4. まとめ

本研究の範囲では、弾性波の伝播特性に基づく将来予測法の検討までには至らなかったが、AEトモグラフィ法の結果について、採取コアの観察、DuCOM-COM3による再現解析の双方から、その妥当性を示すとともに、本手法が補修前後の状態を推定するに有効なツールであることを明らかとした。さらに、床版の平均速度とたわみの関係から、平均速度を把握することにより、剛性に基づく補修効果を評価できる可能性を見出した。

参考文献

- 1) Yoshikazu Kobayashi, Tomoki Shiotani: Computerized AE Tomography, Innovative AE and NDT Techniques for On-Site Measurement of Concrete and Masonry Structures, State-of-the-Art Report of the RILEM Technical Committee 239-MCM, Springer, 47-68, 2016.

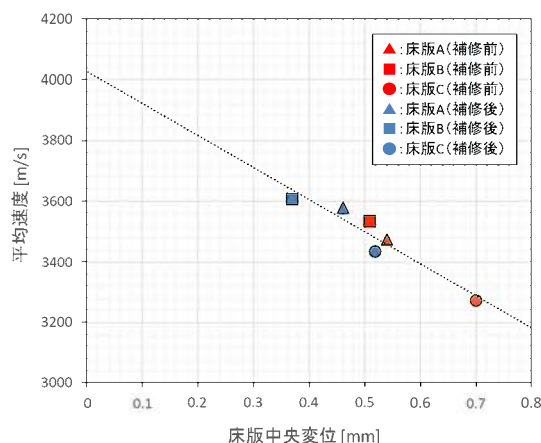


Fig. 5 床版中央変位と弾性波速度