

衝撃弾性波法による鋼板接着補強 RC 床版の鋼板剥離検出の基礎検討

首都大学東京 学生会員 ○齋藤 孝文 正会員 大野 健太郎
 首都大学東京 正会員 宇治 公隆 正会員 上野 敦
 東京都土木技術支援・人材育成センター 正会員 関口 幹夫

1.はじめに

昭和 40 年以前に建設された橋梁の鉄筋コンクリート (RC)床版において、鋼板を RC 床版の下面に接着する鋼板接着補強工法により延命化対策が実施されてきた。近年、これらの鋼板接着補強 RC 床版において、鋼板の剥離が発生し、鋼板の剥落事故や床版の陥没事故などの損傷、劣化が懸念されている。現在の剥離調査は、鋼板のたたき点検が実施されているものの、作業者の主観に左右されるため、定量的な剥離位置の推定方法が望まれている。本研究では、輪荷重走行試験機によって RC 床版に疲労損傷を与えた後、鋼板接着補強を適用した。本工法において、あらかじめ人工的に浮きを設け、剥離領域の進展をたたき点検の結果と衝撃弾性波法による結果を比較することで、衝撃弾性波法の適用性を検討した。

2.実験概要

供試体は昭和 39 年鋼道路橋設計示方書に準じて作製した。図-1 に供試体概要を示す。コンクリートの圧縮強度は 24.4N/mm²、弾性係数は 29.8kN/mm²である。実験では、図-2 に示すように、RC 床版の下面におけるひび割れ密度が 16m/m² となるまで輪荷重走行試験機にて予備載荷 (160kN, 2000 回走行)を行い、その後板厚 4.5mm の鋼板をエポキシ樹脂にて接着し、補強した。なお接着した鋼板は 950×2000mm, 400×2000mm を各 2 枚, 800×2000mm を 1 枚とし、図-1 に示す位置に鋼板とコンクリートの間に人工的に剥離を模擬した空洞 (100×100mm)を導入した。本研究で対象とした鋼板は、図-1 中の青色で示す部分である。鋼板接着補強後、たたき点検で剥離と推定される面積が鋼板全体の 30%となるまで、輪荷重走行試験機にて 160kN の荷重を 10 万回与え、200kN の荷重で 16 万 5 千回まで走行させた。

剥離の推定は、ハンマーにて鋼板をたたき、音の異常部を検知することで行った。また、衝撃弾性波法による検討では、図-3 に示すように、対象の鋼板上の 100mm 四方の格子点にて鋼球 (φ 12.8mm)を打撃し、計測対象鋼板の 2 箇所に貼付した AE センサ(60kHz 共振型)にて弾性波を計測した。各測定信号は、サンプリング周波数 1MHz で 4096 個の振幅値データとして記録した。なお、各格子点にて 3 回弾性波を励起し、1CH および 3CH で得られた重心周波数の平均値を算出した。ここで、鋼板と RC 床版の一体性が確保されている場合、重心周波数の変化は小さいと考えられるが、剥離が生じることにより、検出される弾性波の成分は鋼板を伝達する弾性波が支配的となり、重心周波数が高くなる傾向に移行すると想定される。すなわち、本手法において、重心周波数が高く変化する位置を剥離領域と推定した。

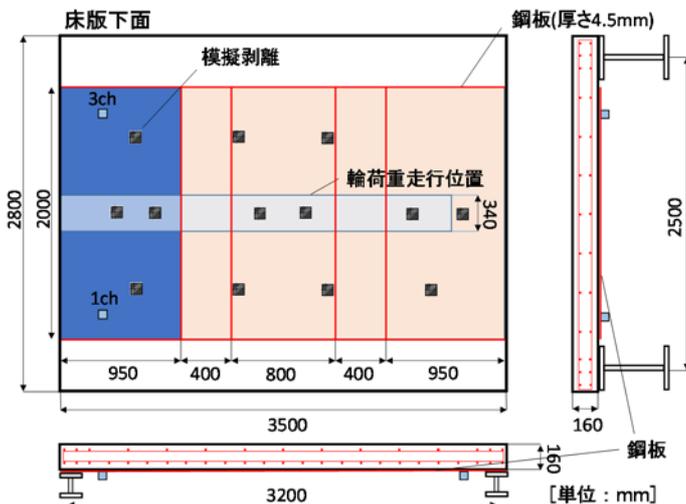


図-1 供試体寸法および AE センサ位置

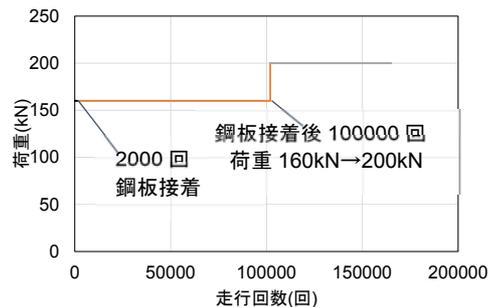


図-2 走行プログラム

キーワード 鉄筋コンクリート床版, 鋼板接着補強, 衝撃弾性波法, 鋼板剥離, 重心周波数

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL 042-677-1111

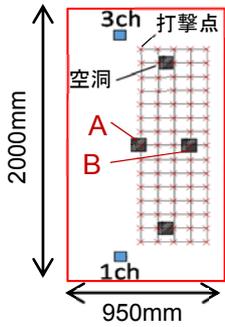
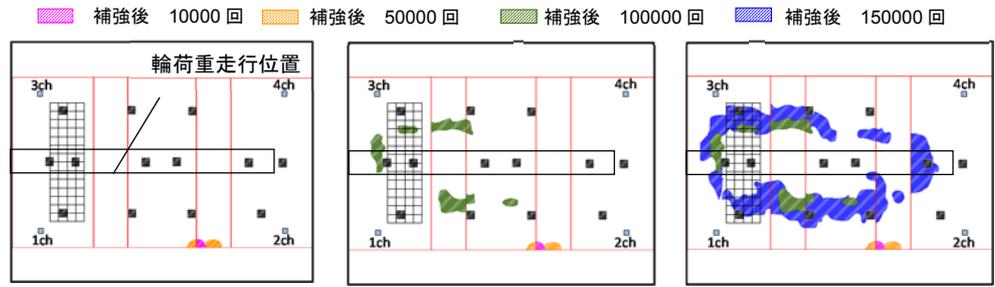


図-3 鋼球の打撃点



(a)補強後 5万回走行後 (b)補強後 10万回走行後 (c)補強後 15万回走行後

図-4 たたき検査により検出された鋼板剥離

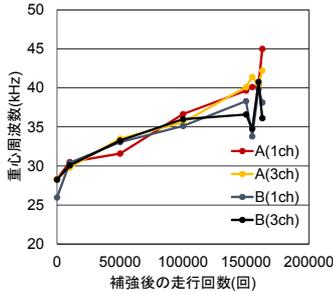
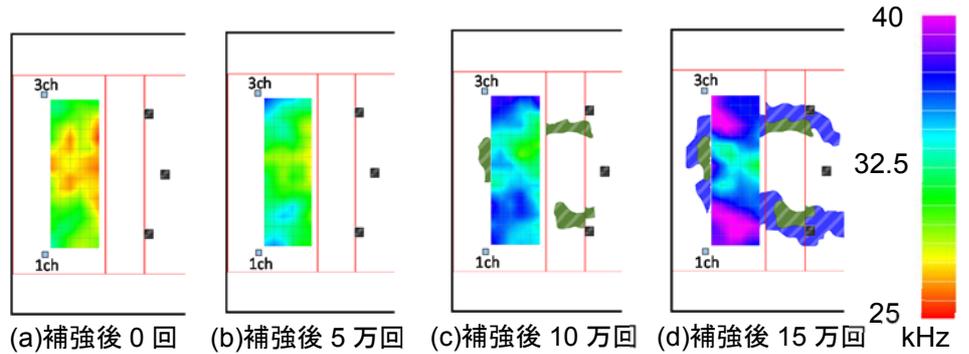


図-5 導入した空洞位置における重心周波数の推移



(a)補強後 0回 (b)補強後 5万回 (c)補強後 10万回 (d)補強後 15万回

図-6 重心周波数の分布

3.実験結果

図-4 にたたき検査によって異常音として得られた剥離領域を示す。衝撃弾性波法を適用した鋼板に着目すると、補強後 5 万回走行終了時には剥離は確認されなかった。10 万回走行終了時にタイヤ走行位置からやや離れた位置に剥離が認められ、15 万回走行終了時には剥離が大きく進展した。

図-5 にあらかじめ空洞を導入した位置(A, B)において鋼球を打撃し、各センサで得られた波形の重心周波数の推移を示す。どちらの重心周波数も走行回数の増加に伴い上昇していることがわかる。しかし、空洞 B に着目すると、図-4 より空洞 B からの剥離の進展は認められないが、補強後 15 万回走行後において各センサ位置と空洞 B の経路間に剥離の進展が確認できる。このことから、弾性波の入力点からセンサまでの伝搬経路に存在する剥離の影響によって、弾性波の重心周波数が上昇すると考えられる。

図-6 に衝撃弾性波法を適用し、検出した波形の重心周波数の分布を示す。図より、補強後 0 回走行時において、重心周波数は 32kHz 以下を示しており、走行回数の増大に伴い、重心周波数が上昇していることがわかる。5 万回走行後において、たたき検査では剥離は認められていないが、重心周波数が 1CH および 3CH 近傍で上昇しており、その後の 10 万回走行後には、高い重心周波数の領域が拡大していることがわかる。15 万回走行後では、重心周波数が上昇した領域とたたき検査で剥離と推定された位置が概ね一致した。このことから、補強後 5 万回および 10 万回走行後において重心周波数が上昇する現象は、剥離により鋼板を伝搬する弾性波が卓越したためといえる。したがって、衝撃弾性波法を用いた場合、たたき検査で剥離と推定される前に、剥離位置を検出できる可能性が示された。

4.まとめ

- (1)弾性波の伝搬経路上に剥離が存在することで、弾性波の重心周波数は上昇する傾向を示した。
- (2)輪荷重走行試験では、鋼板接着補強 RC 床版に衝撃弾性波法を適用し、重心周波数の変化を捉えることで、たたき検査よりも早く鋼板の剥離位置を検出できる可能性が示された。

参考文献

1) 佐野正, 山下幸生, 松井繁之 他 : 浮きを有する鋼板接着補強 RC 床版の疲労耐久性および樹脂再注入の評価, 土木学会論文集 A1, Vol.67, No.1, pp.27-38, 2011