

3次元弾性波トモグラフィによる道路橋 RC 床版の損傷度評価

日本大学 正会員 ○前島拓 正会員 子田康弘 正会員 岩城一郎
 京都大学 正会員 塩谷智基 正会員 西田孝弘 正会員 麻植久史

1. はじめに

道路橋 RC 床版の疲労損傷機構については、既往の研究により RC 床版が押抜きせん断破壊に至るまでのたわみ量の推移と床版下面に発生するひび割れパターンを整理することで、床版下面からの点検により疲労損傷度を評価することを可能とした。しかし、水平ひび割れや床版上面の砂利化などの発生原因または過程については十分に解明されていない。そこで本研究では、疲労損傷機構に資するデータの取得を目的とし、実物大 RC 床版供試体を用いた輪荷重走行試験において 1) 光ファイバセンサによるひずみ計測、2) 輪走行中の AE 連続計測、3) 3次元弾性波トモグラフィ¹⁾(以下、AET)計測および埋込み型ゲージを用いた 4) 鉛直方向ひずみ計測と 5) ロゼットゲージによる主ひずみ計測、加えて 6) 縦振動計測、7) 3D レーダ計測であり、これに従来の 8) 荷重、たわみ、ひび割れ、鉄筋ひずみ計測を行うことで RC 床版の損傷状態を評価した。本稿ではこのうち 3)、8) の計測結果について述べる。

2. 実験概要

図-1 に、AE センサおよび打撃位置を示す。なお、AE センサは、プリアンプ内蔵型 AE センサ(R6I-AST, 60 kHz, フィジカルアコースティクス社製)を使用した。図-2 に、弾性波トモグラフィ解析のフローを示す。本解析における入力値は、各センサへの到達時間と打点および受信センサ位置への座標とし、到達時間は AIC 法²⁾により決定した。なお、評価対象は、輪走行範囲を中心とした、長辺方向(x): 3000mm, 短辺方向(y): 1500mm, 厚さ方向(z): 160mm の範囲であり、この対象範囲を 24(x)×10(y)×4(z) の計 960 要素に分割し、それぞれの要素に対して初期速度を与えた。なお、初期速度は一般的なコンクリートの弾性波速度である 4000m/s とした。輪荷重走行試験は基本荷重を 98kN とし、実走行回数 10 万回、20 万回、25 万回で荷重を 29.4kN ずつ増加させる段階荷重方式を採用した。試験時の計測項目は、目標走行回数終了時に 98kN を静的載荷・除荷させた際の活荷重たわみと床版下面のひび割れ観察である。なお、AE 計測は、実走行回数 0 回時、10 万回時、20 万回時、25 万回時および疲労限界に達した際に、無載荷の状態で図-1 の打撃点を 30mm の鋼球ハンマで打撃することで実施した。

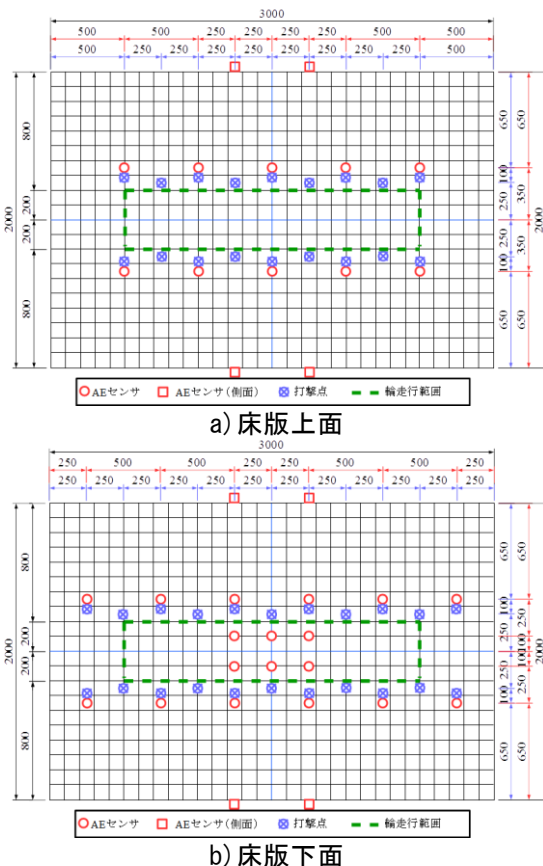


図-1 AE センサおよび打撃点位置

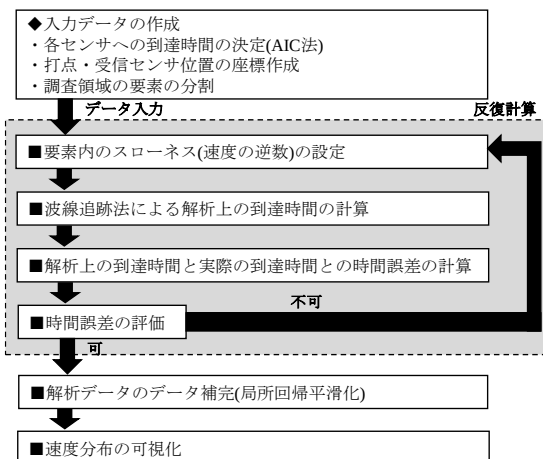


図-2 弾性波トモグラフィ解析のフロー

キーワード：AE トモグラフィ解析, 耐疲労性, 道路橋 RC 床版, 輪荷重走行試験

連絡先：福島県郡山市田村町徳定字河原 1 電話：024(956)8721

3. 実験および解析結果

図-3 に、活荷重たわみと等価繰返し走行回数を示す。図中には、本供試体 (f'_c : 20.6MPa, E_c : 21.7GPa)に加えて、本供試体と同等の諸元である健全な RC 床版供試体(以下、H20.供試体)の既往試験結果を参考値として示した。また図中の点線は、後述する AET 解析結果の走行回数を示している。図より、本供試体は、同等の諸元である H20.供試体と同様の活荷重たわみの増加傾向を示しており、当研究室における健全な RC 床版の疲労損傷過程にあると判断された。なお、活荷重たわみの急増点を疲労限界とすると、本供試体は、等価繰返し走行回数 1700 万回(実走行 23 万 5000 回)で疲労限界に達する結果となった。図-4 に、等価繰返し走行回数 10 万回(実走行 10 万回)時、等価繰返し走行回数 290 万回(実走行 20 万回)時における AET 解析結果を示す。なお、図中 a)~c)には、上面、中央 (80mm)、下面の各断面における要素の弾性波速度分布をコンター図で示しており、a), c)に関しては、上下面でそれぞれの走行回数経過時に観察されたひび割れ図も重ねて示している。図より、床版上面、中央、下面のいずれにおいても、実走行 10 万回時よりも 20 万回時で弾性波速度の低下傾向が見られ、疲労による床版の損傷程度を AET 解析によって捉えることが可能であることが示された。また、床版上下面では、ひび割れの発生が集中する箇所と、弾性波速度の低下範囲が概ね一致しており、特に床版下面では、床版 4 隅から延伸しているひび割れおよび中央部におけるひび割れ位置に精度よく一致する結果を示した。このことから、疲労損傷の各段階において AET 解析を適用することで、床版表面あるいは内部に発生するひび割れなどの損傷発生時期や損傷状態を評価可能であることが示唆された。

4. まとめおよび今後の展望

本研究では、輪荷重走行試験の各段階において 3 次元弾性波トモグラフィ解析を適用することで、RC 床版の損傷状況の把握を試みた。その結果、3 次元弾性波トモグラフィから得られる速度分布は、輪荷重走行回数に伴うコンクリートの弾性波速度の低下を表現でき、かつ、目視により得られたひび割れの発生状況と速度の低下領域が概ね整合することが確認された。今後は、疲労限界および疲労破壊に至るまでの解析を進めるとともに、光ファイバセンサをはじめとする各種センサの計測結果と相互評価をすることで、床版内部の疲労損傷過程を明らかにする予定である。

謝辞：本研究は、SIP「道路インフラマネジメントサイクルの展開と国内外への実装を目指した統括的研究」(研究代表者：前川宏一)により行われたもので、実験は東京大学 田中泰司特任准教授、(独)物質・材料研究機構 志波光晴氏との共同研究の一部として実施した。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】 1)Y. Kobayashi et al (2007) : Three-Dimensional Seismic Tomography for Existing Concrete Structures, Proceedings of Second International Operational Analysis Conference, Vol. 2, pp. 595-600

2)Akaike(1974) : Markovian representation of stochastic processes and its application to the analysis of autoregressive moving average processes, Annals of the Institute of Statistical Mathematics Vol.26, No.1, pp.363-387.

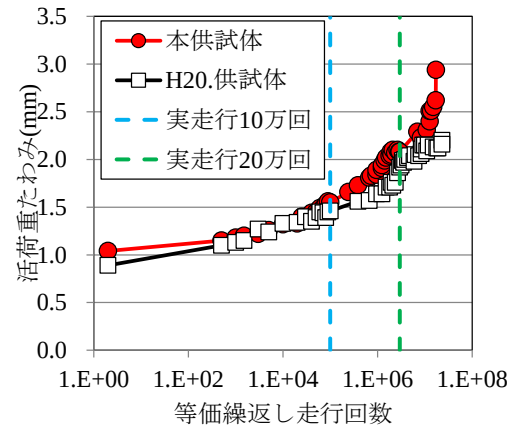


図-3 活荷重たわみ-等価繰返し走行回数

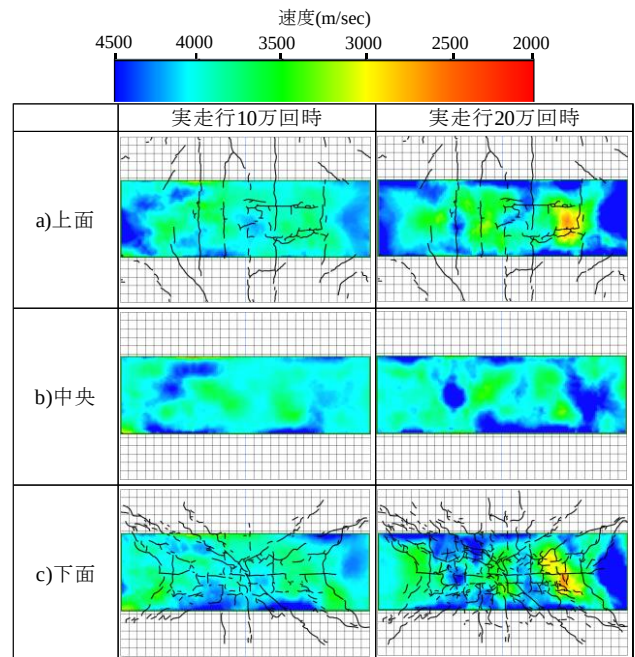


図-4 AET 解析の結果