

弾性波速度トモグラフィ法による損傷検出精度向上のための要素分割に関する検討

首都大学東京大学院 学生会員 ○菊池亮 正会員 大野健太郎
 飛鳥建設技術研究所 正会員 桃木昌平
 首都大学東京大学院 正会員 宇治公隆 正会員 上野敦

1. はじめに

近年、既設コンクリート構造物の長寿命化を図るために、非破壊による構造物の健全性診断が注目されている。中でも、構造物の欠陥、損傷位置を視覚的に把握可能な弾性波速度トモグラフィ法の研究が進められている。ここで、トモグラフィ法における要素分割は、四角形とするのが一般的となっている。本研究では、弾性波速度トモグラフィ法において、計測領域の要素分割を四角形と三角形にした場合の数値実験を実施した。また、その結果の妥当性を検証するために、せん断破壊した RC 梁側面に弾性波速度トモグラフィ法を適用し、計測領域の損傷検出を行った。

2. 実験および解析概要

2.1 数値実験

発信、受信センサの直線上に損傷が存在する場合、弾性波は図-1のように損傷を迂回して受信センサに到達すると考えられ、見かけの弾性波速度が低下する領域が存在する。この性質を利用して、図-1に示すひび割れを模擬したモデルに弾性波速度トモグラフィ法を適用した数値実験を行った。図-2に計測領域内のセンサ位置および要素分割のモデルを示す。要素分割はセンサ間距離の1/2四方の四角形要素と、それを二分した三角形要素の2種類とし、損傷検出精度の検討を行った。

2.2 弾性波の計測

図-3に計測対象としたRC梁部材を示す。計測対象とした部材は連続炭素繊維補強筋と吹付けモルタルで側面に補強を行い、破壊試験を行ったRC梁¹⁾である。計測領域を0.900×0.450mとし、センサ位置は図-2の通りである。計測領域にはせん断ひび割れ、モルタルの剥離が目視および打音検査により確認されている。計測面には15個の60kHz共振型のAEセンサを等間隔で配置した。弾性波の計測ではシャープペンシル芯圧折法にてセンサ近傍で弾性波を励起させ、センサ間における弾性波の到達時間はAIC(赤池情報量規準)に基づく自動読み取り²⁾にて行った。なお、解析に用いた弾性波の到達時間は、各センサにつき10回計測した弾性波を用い、その平均値を到達時間とした。

3. 数値実験および弾性波の計測の実験結果

図-4に数値実験および弾性波計測での弾性波速度トモグラフィ解析結果を示す。数値実験では、仮想ひび割れに沿って速度低下領域が表れ、分割の細かい三角形要素分割のほうが損傷領域を明瞭に表す結果が得られた。

RC梁での弾性波の計測でも同様に、損傷による速度低下領域が確認でき、三角形要素ではひび割れに沿って最も低い速度低下領域が表れている。ここで、比較的損傷を受けていないと考えられる領域(図-4(c), (d)の丸で示すキーワード 弾性波速度トモグラフィ法, 要素分割, 損傷検出, RC梁

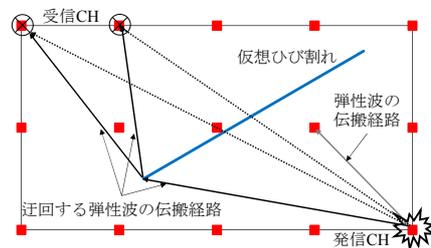
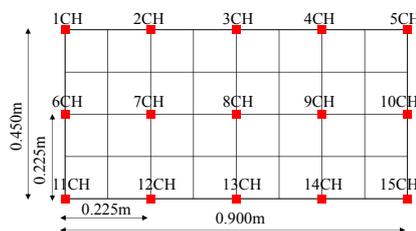
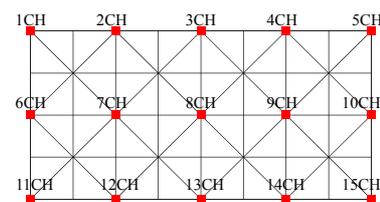


図-1 弾性波の伝搬経路



(a) 四角形要素分割



(b) 三角形要素分割

図-2 センサ位置および要素分割

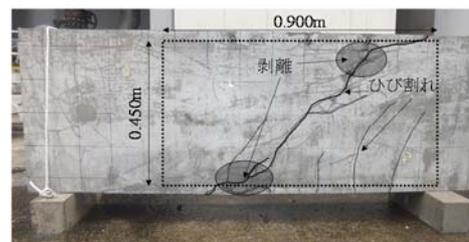


図-3 計測対象部材および損傷部位

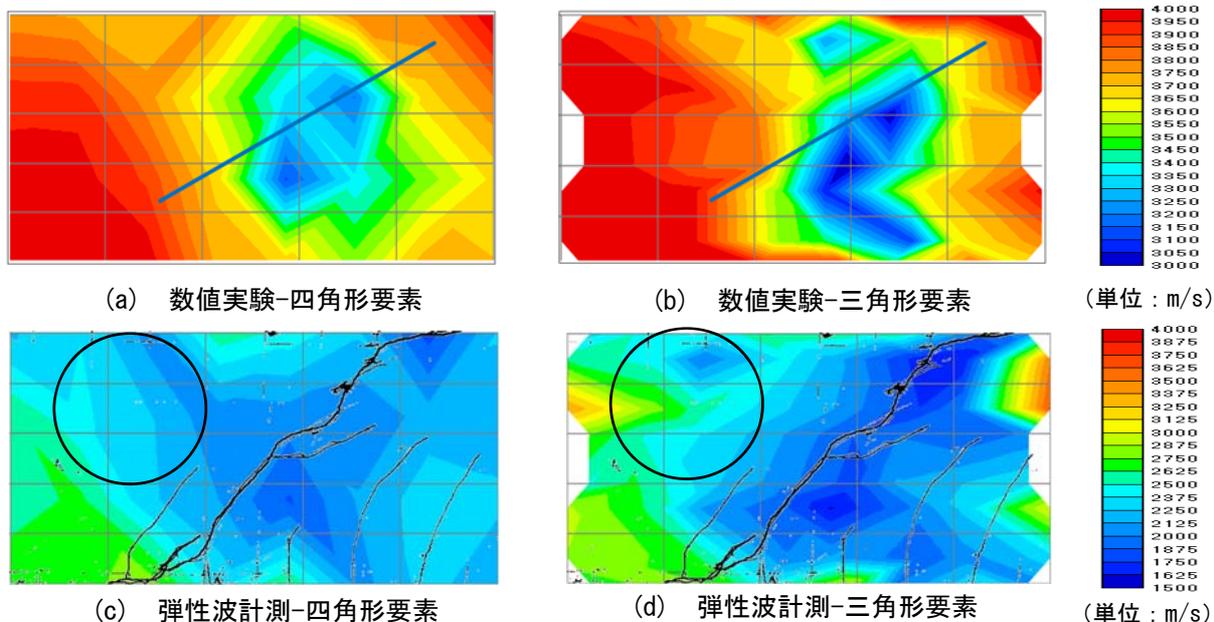


図-4 弾性波速度トモグラフィ解析結果

す領域)は、せん断ひび割れを越えて伝搬する速度の低い弾性波の影響を受けて、速度が低く評価される傾向にある。これは、1CH-15CHのようにセンサ間距離が長く、ひび割れを横切る波線はすべて速度が低く、計測領域の長手方向に速度低下領域が表われる特性が生じたためと考えられる。そこで、図-5に示すように計測領域を3分割し、9個のセンサ配置にて弾性波速度トモグラフィ法を適用し、3つの領域を重ね合わせることで弾性波速度分布図を作成した³⁾。図-6に重ね合わせのトモグラフィ解析結果を示す。なお、重複する領域は速度の高い値を採用した。図-4と図-6を比較すると、重ね合わせることで、上記の特性を解消することができ、損傷位置をより詳細に把握できるトモグラフィ解析結果が得られた。

4. まとめ

本研究の範囲内では、四角形要素よりも三角形要素を採用することで、損傷領域をよりの確に表す結果が得られ、計測領域の要素分割の仕様を考慮する必要性が示された。また、計測領域が1m程度以上で、弾性波の距離減衰が大きい場合、計測領域を分割し、重ね合わせることで、比較的高い精度の速度分布図を得ることができる可能性が示された。

参考文献

- 1) 菊池亮, 大野健太郎, 張軍雷, 宇治公隆, 上野敦: CFRP 格子筋と吹付けモルタルで補強した梁部材のせん断破壊性状, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol.13, pp.585-592, 2013.11
- 2) 大野健太郎, 下薮晋一郎, 沢田陽佑, 大津政康: AE 波初動部の自動読み取りの開発による SiGMA 解析の改良, 非破壊検査, Vol.57, No.11, pp.531-536, 2008
- 3) 大野健太郎, 宇治公隆, 上野敦: AE 法と弾性波トモグラフィ法による鉄筋コンクリート床版の健全性評価に関する検討, 第19回 アコースティック・エミッション総合コンファレンス論文集, pp.69-72, 2013.12

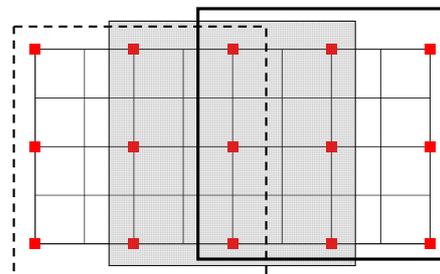


図-5 計測領域の分割

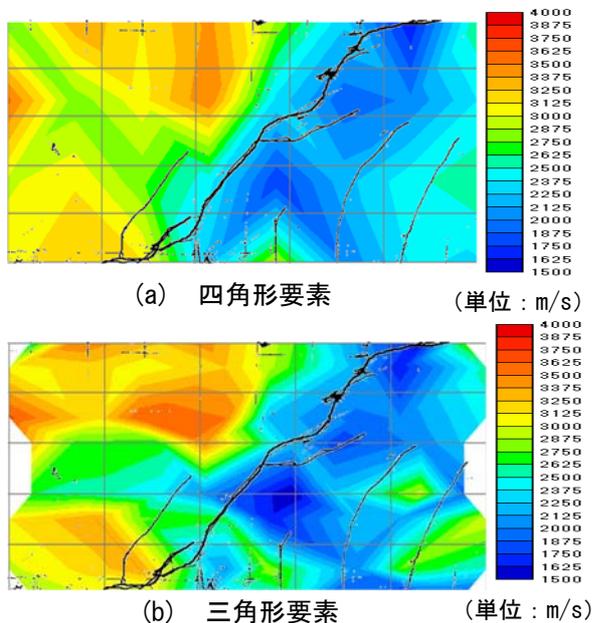


図-6 重ね合わせのトモグラフィ解析結果