

## AE トモグラフィ法を用いた弾性波速度分布の同定における入力値誤差の影響に関する検討

日本大学 学生会員 ○黒田 啓央 日本大学 正会員 小林 義和  
 日本大学 正会員 中村 勝哉 日本大学 正会員 小田 憲一

## 1. はじめに

非破壊検査手法を用いた土木構造物の損傷・劣化状況を把握する試みが行われており、その1つとしてAE トモグラフィ法（以下、AET と称する。）を用いて構造物内部の弾性波速度分布を同定する方法が提案されている<sup>1)</sup>。AET は、構造物内部の微小な破壊や変形、または摩擦によって発生する弾性波のAcoustic Emission（以下「AE」と称する。）が構造物に設置したセンサに到達した時刻を入力値としている。そのため、入力値であるAE 到達時刻の検出誤差が弾性波速度分布の同定に大きく影響する。しかしながら、AE 到達時刻の検出誤差を考慮した検討は十分とは言えない。

そこで本研究では、弾性波速度分布の同定精度に対するAE 到達時刻に含まれる誤差の影響と、センサ数の増減に伴う弾性波速度分布の同定精度の向上について数値実験に基づいて検討を行った。

## 2. AET 概要

AET は、波線追跡法によってAE の発信位置及び潜在発振時刻を算定し、算定したAE の発信位置及び潜在発振時刻を用いて弾性波速度分布の同定を行う。図1に波線追跡の概要を示す。AE 位置標定は、各センサから波線追跡を行い、全ての発信位置候補点で潜在発振時刻を算定する。センサ*i*で観測されたAE の候補点*j*における潜在発振時刻 $P_{ij}$ を求める式を式(1)に示す。

$$P_{ij} = A_i - T_{ij} \quad (1)$$

ここで、 $A_i$ はセンサ*i*におけるAE の到達時刻、 $T_{ij}$ は理論走時である。潜在発振時刻 $P_{ij}$ は全候補点でセンサ数と同数算定される。各候補点で求まる潜在発振時刻 $P_{ij}$ の分散は、候補点*j*が真の発信位置である場合0となるため、分散が最小となる点を発振点とした。また、センサ数が増加した場合、標定される候補点*j*以外で分散が大きくなることから、標定される点が明確になると考えられる。そのため、センサ数の増加

がAE 位置標定の精度向上に寄与し、弾性波速度分布の同定精度も向上することが考えられる。

## 3. 解析条件

数値実験では図2に示す弾性波速度分布をAETによって同定し、その精度について検討する。解析モデルは損傷のあるコンクリート構造物の一部を想定しており、領域を2.00m×1.00mとした。また、図2の濃淡は弾性波速度を示しており、黒色が比較的遅い弾性波速度を示している。加えて、健全部の弾性波速度は4000m/s、損傷箇所の弾性波速度は3000m/sとしている。AE の発生源は解析モデル上でランダムに配置しており、到達時刻は配置したAE の発生源から波線追跡を行って算出した。解析条件を表1に示す。要素数は32個、節点数は45個、要素サイズは0.250×0.250mとし、初期弾性波速度は健全部の弾性波速度分布とした。また、AE の発生源が1個生じたことを1イベントと定義し、イベント数を100個とした。解析ケースを表2に示す。到達時刻の誤差が及ぼす弾性波速度分布の同定精度への影響を確認するためCASE1,2はセンサ数を同数としており、CASE2の到達時刻に正規分布上で標準偏差が10μsとなるランダムな誤差が含まれている。また、CASE3,4ではCASE2と同様な誤差が到達時刻に含まれており、センサ数の増加に伴う解析精度向上を確認することが期待できる。

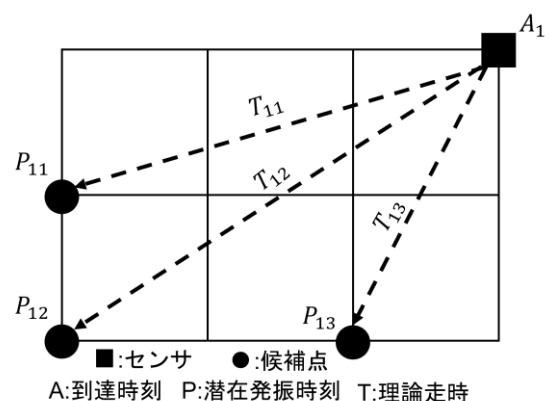


図1 波線追跡の概要

キーワード AE トモグラフィ, AE, 波線追跡

連絡先 〒101-8308 日本大学工学部 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 TEL03-3259-0514

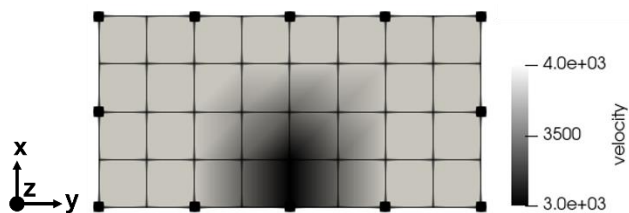


図 2 解析モデル

表 1 AET 解析条件

要素数	32
節点数	45
要素サイズ (m)	0.250 × 0.250
初期弾性波速度 (m/s)	4000
イベント数	100

表 2 解析ケース

CAES	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
センサ数	4	4	8	12
誤差の標準偏差 ( $\mu$ s)	-	10.0	10.0	10.0

#### 4. 解析結果

同定した弾性波速度分布を図3に示す。図3(a), (b)より、CASE1では損傷箇所を比較的低い弾性波速度として確認できるが、CASE2では弾性波速度分布の差が明確でなく、損傷箇所が確認できないことがわかる。そのため、弾性波速度分布の同定を適切に行うためには到達時刻の誤差を考慮する必要があると考えられる。

図3(b),(c),(d)より、センサ数の増加に伴い、損傷箇所が明確になっていることがわかる。センサ数と平均相対誤差の関係を図4に示す。解析モデルを理論値、同定した弾性波速度分布を測定値とし、各要素での相対誤差を求め、全体の平均相対誤差を求めた。図4より、センサ数の増加に伴い弾性波速度分布の平均相対誤差が減少していることがわかる。よって、弾性波速度分布の同定における到達時刻に含まれる誤差の影響をセンサ数の増加により緩和できることが明らかとなった。

#### 5. まとめ

本研究では、AETによる弾性波速度分布同定における到達時刻に含まれる誤差の影響、観測点数増加による同定精度への影響について検討するための数値実験を行った。到達時刻の誤差は弾性波速度分布の同定精度に影響があり、弾性波速度分布の同定を

適切に行うためには到達時刻の誤差を考慮する必要があることが分かった。また、センサ数を増加させることで弾性波速度分布の同定精度を向上できることが明らかになった。

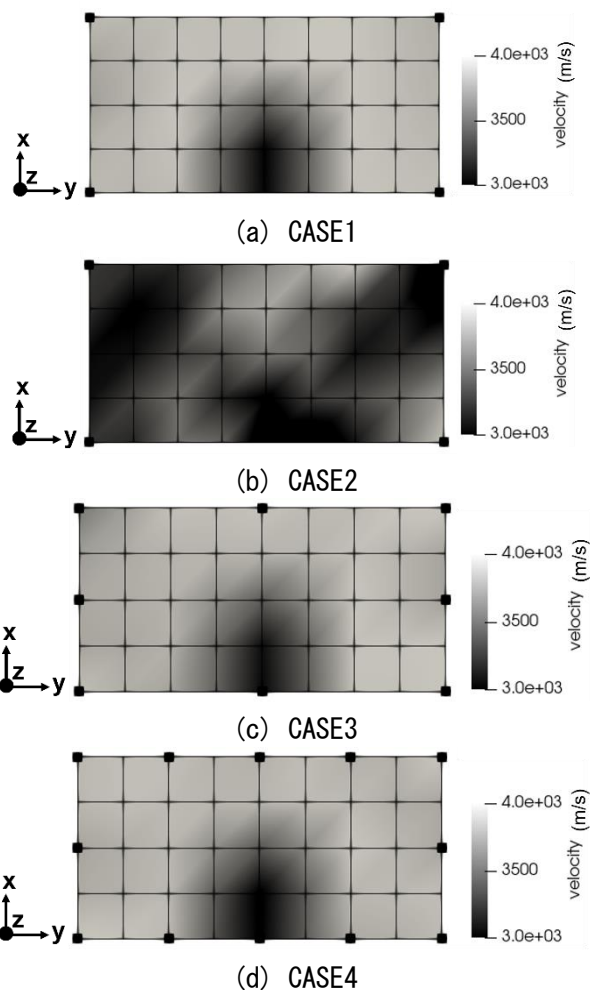


図 3 同定した弾性波速度分布

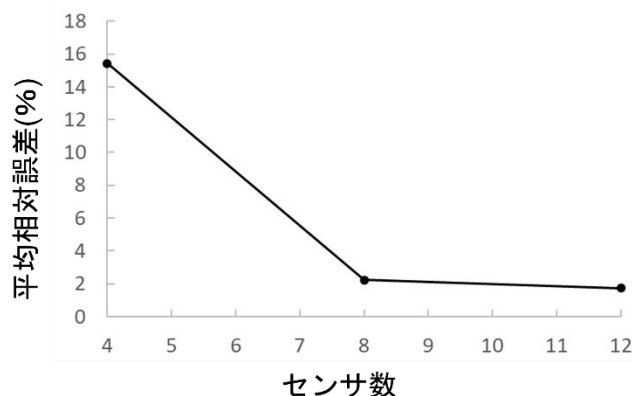


図 4 センサ数と平均相対誤差の関係

#### 参考文献

- 1) 小林義和, 塩谷智基: AE源を利用した速度分布同定手法「AEトモグラフィ」の開発. 非破壊検査. 2015, vol. 64, no. 6, pp. 255-261