

京都大学工学部地球工学科  
 京都大学大学院工学研究科  
 京都大学大学院工学研究科

学生員  
 正会員  
 正会員

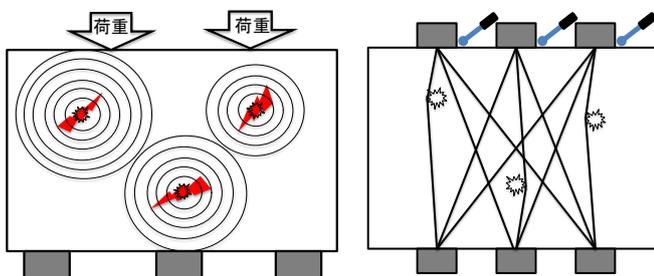
○大澤 智  
 塩谷 智基  
 大津 宏康

## 1. はじめに

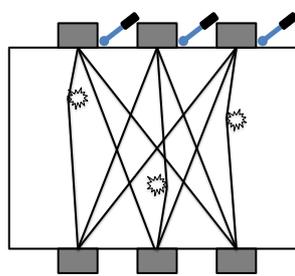
近年、我が国では橋梁やトンネルなどのインフラ構造物の老朽化による事故が問題となっており、今後は老朽化した構造物の維持・管理が重要となる。ここで、構造物の維持管理手法には、損傷が顕在化してから補修を行う事後保全と顕在化する以前に補修を行う予防保全がある。予防保全は低コストで構造物の長寿命化を図ることが可能で優れた保全方法であることが知られている。そこで、予防保全に資する損傷の健在化以前の早期内部損傷を診断できる技術が必要になる。現在までに内部損傷の評価には、超音波法などの非破壊診断技術が適用されているが、適用範囲や早期診断等において多くの課題を抱えている。著者らは、クラック形成における微視的破壊からクラック形成後の巨視的破壊に至るまで評価可能で、かつ対象破壊規模に応じた周波数を用いることで微視的損傷から巨視的損傷まで対応可能な AE トモグラフィを研究してきた。そこで、本研究では、コンクリート構造物の実例としての鉄道高架橋の部分損傷が推定されるコンクリート床版に AET を適用し、本手法の実構造物への適用性を論じる。

## 2. AE トモグラフィ(AET)<sup>1)</sup>

AET は、**図 1**、**図 2** に示すように、AE 位置標定法とトモグラフィ法から構成されている。



**図 1** AE 位置標定法



**図 2** トモグラフィ法

AE 位置標定法は、荷重などの励起で内部の微小な破壊から生じる AE が各センサに伝わる到達時間差を利用して AE 源の位置を決定する手法である。

しかし、対象構造物内部の速度分布を一定と仮定して算出されており、内部の速度分布が一定ではない実構造物や逐次進行する破壊源を有する材料においては、AE 法による標定点は必ずしも正しいとは限らない。そこで、次のトモグラフィ法と併用される場合が多い。トモグラフィ法では、能動的に弾性波を励起し、発信時刻と受信時刻が既知である多数の波線を調査領域に透過させる。そして、まずセル内の伝播速度が一定であると仮定し、その伝播時間を用いてそれぞれの波線の伝播速度を求め、観測値に近づけるよう各セルの速度値を更新させる。このようにして構造物の各セルの速度構造を評価する。

そこで、著者らは、両手法を同時に行う AET 法が提案した。AET 法は、能動的に発信させた弾性波を用いるのではなく、構造物中から発生する AE 波を利用している。つまり、AE 源から受信センサまでの波線を利用してトモグラフィ解析を行うことになる。ここで、従来の速度トモグラフィには発信源の時刻が必要となるが、AE 源は位置標定によって推定されるものであるため、AE 源の発信時刻は未知であり、その推定が重要となる。これまで、室内実験により擬似損傷を与えた小規模実験体に AET の適用を検証し、その適用性を確認した。しかし、実構造物の適用性の検証には至らなかった。

## 3. 高速鉄道高架橋への AET の適用検討実験

本実験を行った場所は、高速鉄道高架橋のコンクリート床版補修現場であり、実験対象領域は全床版面積の約半分である縦、横ともに 2400 mm の正方形である。本対象領域を鉄道が通過する際の振動に起因して床版内部の既存損傷から発生する AE を計測し、それを利用して AET を行う。実験対象領域における AET のセンサ配置の概要を**図 3**に示す。同図の対象領域で補修工事に際して打音検査が行われ、得られた I、II、III の損傷領域もあわせて示す。ただ

し、IVに関しては補修以前に示されたもので、施工の有無は未知である。

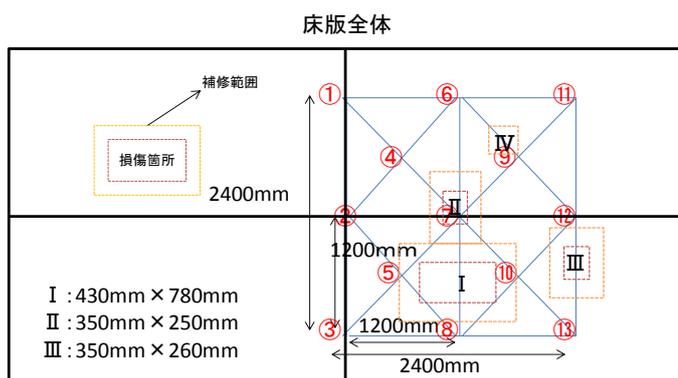


図3 実験対象領域におけるAETのセンサ配置

まず、AETの有用性検討にあたり、表面波トモグラフィ<sup>2)</sup>で内部の損傷を評価した。ここで、表面波トモグラフィとは、構造物表面においてハンマ等で弾性波を励起し、その中の表面波に着目することにより、表面波の波長に相当する評価深さまでの内部損傷を広域的に評価可能な手法である。剛球直径を大きくすることで波長、つまり評価深さを変えることができる。ここで、評価深さは最大でも全部材厚の半分に留まる。表面波トモグラフィ結果を打音検査の結果とあわせて図4に示す。

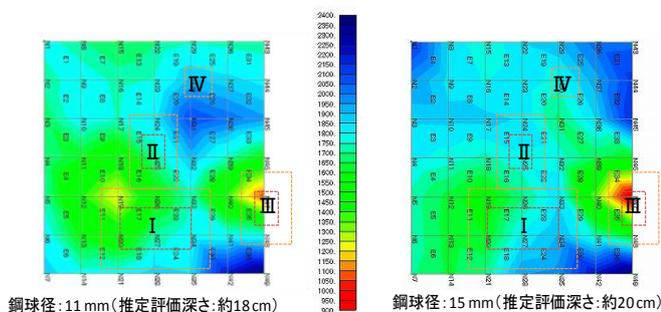


図4 表面波トモグラフィ結果

両手法の結果から、浅層での損傷は図右下(III付近)と中央部左下(I、II付近)に存在すると考えられる。しかし、両手法は全床版厚に対して浅層部分のみしか評価できず、それ以深の内部損傷は評価できないことに留意する必要がある。

次に、AE計測で得られたAE波形にはBGノイズや鉄道振動に起因する振動波形、そして二次AEが混在している。本研究では、その中でも既存損傷から発生する二次AEのみを抽出し、AETを行った。結果を図5に示す。図5の3000 m/s以下の領域が不

健全と考えられる領域である。

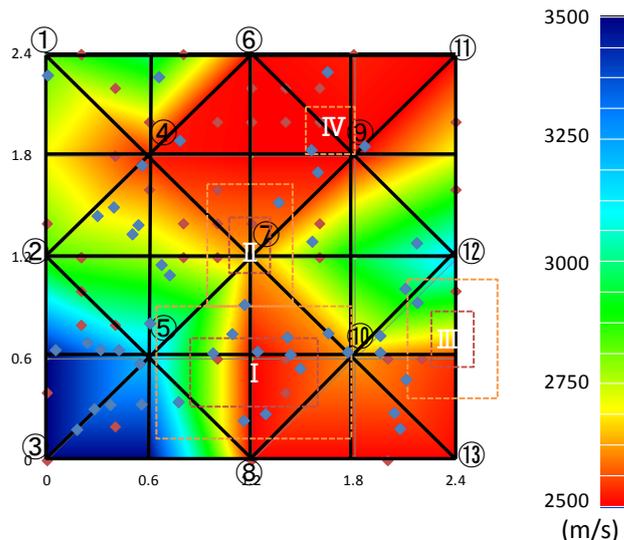


図5 AET解析結果

AET結果において同図中央、中央下部と右下の損傷領域は打音検査、表面波トモグラフィの結果と一致しており、AETにより浅層付近の損傷が評価できたものと考えられる。さらに、打音検査や表面波トモグラフィでは健全とされた右上の損傷領域で、AETでは低速度領域を示した。これまで示したようにAETでは、他手法と比べ、より深部での評価が可能であるので、AETで深い位置に損傷がある可能性も示唆された。

#### 4. まとめ

実際の供用下にある鉄道高架橋のコンクリート床版において、既存損傷からの二次AEに着目すると、AETにより、既往手法では推定できない内部損傷が評価できた。今後はさらに多くの原位置適用を図り、手法を検証するつもりである。

#### 参考文献

- 1) 塩谷智基, 奥出信博, 桃木昌平, 小林義和: AEトモグラフィによるインフラ構造物の健全性評価手法の提案, 日本非破壊検査協会, 第18回AE総合コンファレンス論文集, 39-42, 2011.
- 2) 桃木昌平, 蔡華堅, 塩谷智基, 小林義和: 弾性波の減衰特性を用いたコンクリート内部損傷可視化技術の開発, とびしま技報, No. 58, pp. 27-32, 2009.