

2次起因のAEを利用した損傷探知法の検証および鉄道現場への適用事例

（その1 模型実験の結果および現場実験の概要）

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○羅 休、羽矢 洋、稲葉智明
(株)飛鳥建設技術研究所 正会員 塩谷智基、中西康博

1 まえがき

基礎のような目に見えない地中構造物に発生している損傷を非破壊検査法により確実に発見するために、2次起因のAE（アコースティックエミッション）を利用した探知法は有力な方法である。2次起因のAEは、構造物が被害を受けた後に、損傷面の相対変位により発生する微小な弾性波である。この弾性波を探知・解析して構造物の損傷位置および損傷程度を推定する手法の有効性が既に過去の研究によって確認されている（例えば、文献¹⁾）。ただし、現行のAE法は基礎構造物を調査する際に、起振機による大がかりな载荷や地盤の中にAEセンサーを付けた導波棒の設置が必要となっているので、高いコストと長い工期が見込まれ、供用中の鉄道構造物への適用には依然多くの問題点を抱えている。本研究では、これらの問題を解決するために、上記のような大きな载荷力に代わる荷重として、構造物上を通過する列車荷重に着目した。また、コストの高い導波棒の代わりにフーチング表面にAEセンサーを配置する観測網を採用した（図-1）。実用的な検査法として確立するために、杭基礎に発生した変状有無の特定の可能性を模型実験により行ない²⁾ ³⁾、列車荷重により変状箇所からAE信号検出の可能性を実物実験により精査・検証を行なった。なお、本文（その1：模型実験の結果および現場実験の概要）では、模型実験の結果および現場実験の概要を紹介し、続く（その2：現場実験の結果および評価法の提案）では、現場実験の計測・解析および評価法について紹介する。

2 模型実験の概要および結果

図-2は、模型杭を逆さまにして模擬列車荷重による2次起因のAEを計測する実験の様子を示す。本実験の詳細は文献²⁾、³⁾を参考されたい。実験に用いた供試体は、実杭の性状を反映できるように杭径を300mmとし、RC($f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$, D10 鉄筋)で2体を製作した。

AE計測システムはフーチングおよび杭体に設置した12個のAEセンサーにより40dB増幅後、各MISTRAS AEシステムを使用し45dBしき値のトリガー計測によりAEパラメータおよびAE波形を記録する。実験は、まず、正負交番繰返し水平载荷により杭頭を損傷させた後、既存損傷面からの2次起因のAEを発生させるために、鉛直方向の模擬列車载荷を行なった。水平载荷は変位制御で行い、部材角を、1/600、1/400、1/200、1/100(降伏時：18相当)、28、38と設定した。水平载荷ごとに3回の繰返し鉛直载荷（0～150kN）を行なった。

図-3(a)に示す結果から、フーチング表面の4つのAEセンサー（Ch1～Ch4）から2次元の損傷位置標定が可能であることが分かった。また、模擬列車荷重（鉛直载荷）による2次起因AEの探知が可能であることを確認した。2次起因のAEイベントレートについて、2次元と3次元的な標定結果は概ね一致している。ただし、鉛直载荷によるAEのヒット数は、繰返し回数の増加とともに減少傾向があるため(b)、本法の実用性を実列車荷重で検討する必要があると考える。

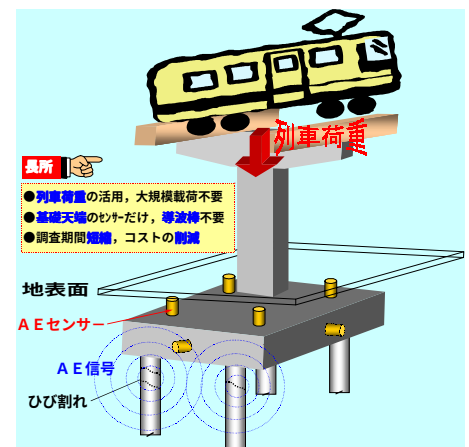


図-1 列車荷重によるAE法の概念

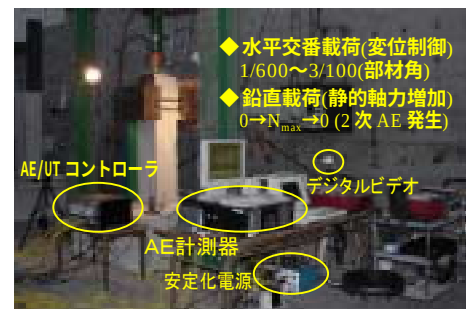


図-2 2次AEを測定する杭模型実験

キーワード：2次起因のAE、列車荷重、基礎、損傷探知法、模型実験、現場実験

連絡先：〒185-0034 東京都国分寺市光町 2-8-38

Tel: 042-573-7262

Fax: 042-573-7248

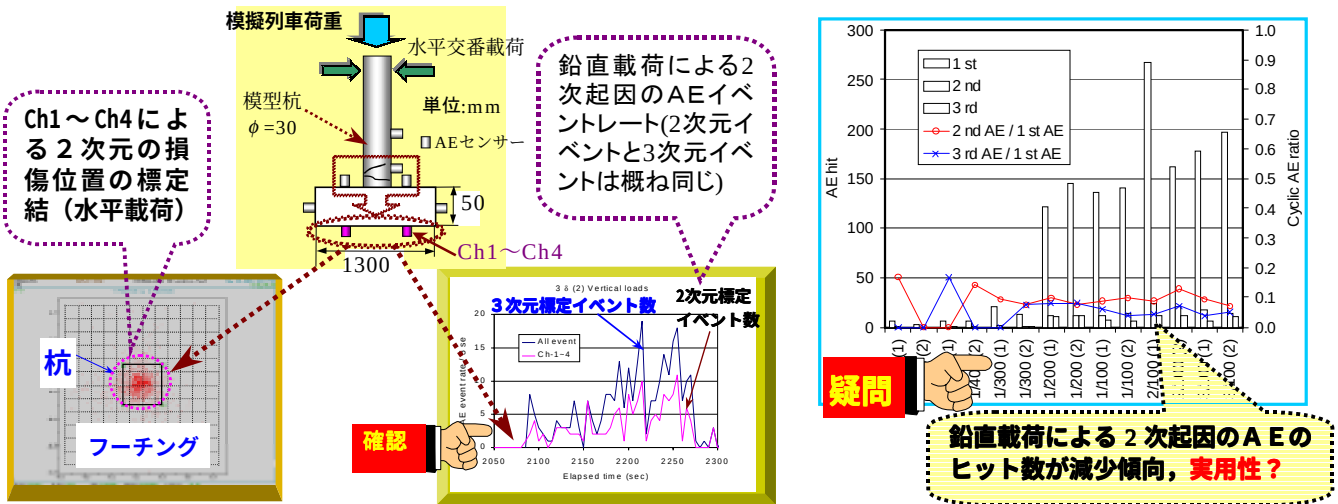


図-3 (a) 2次元の標定結果および3次元の結果との比較

(b) 2次元起因のAEヒット数の減少傾向

3 実橋脚の現場実験の概要

図-3 (b)に示す2次元起因のAEのヒット数が減少する原因は、模型実験の条件によるものと考えられる。そこで、図-4に示す実橋脚・実列車荷重を対象として、次の3点を検討するための現場計測実験を行なった。

- ①長期に渡って列車荷重を繰返し受けた橋脚(鉛直部材)の損傷箇所から2次元起因のAE信号の検出の可能性
- ②実構造物における列車荷重による2次元起因のAE信号の特徴の把握
- ③AE源の標定および損傷程度の判定の可能性

計測にあたって、各AEセンサー(60kHz共振型)を使用してAE信号のパラメータおよびAE波形を記録した。検討の目的に従って5パターンのAEセンサーの配置を設定した。そのうち、センサーは橋脚のクラック・ゾーンを包囲する配置Aおよび橋脚の表側で密に集中する配置Bを図-5、図-6に示す。

4 まとめ

本研究の目的は、供用中の列車荷重により誘発された2次元起因のAE信号を利用することで、経済的かつ効率的な構造物の損傷探知法の開発で、本報では、その模型実験の分析結果および現場実験の概要を紹介した。現場実験の結果と分析については、本報に引続きその2で報告する。今後、2次元起因のAE波特徴等を引続き検討する予定である。

【参考文献】

- 1) 橋梁基礎構造の形状および損傷調査マニュアル(案)、建設省土木研究所共同研究報告書、整理番号第236号、平成11年12月
- 2) 羅休、羽矢洋、棚村史郎、塩谷智基、三輪滋、中西康博：列車荷重を利用した基礎の損傷探知法に関する基礎的研究（その1 模型杭によるAE破壊実験概要）、第56回土木学会年次学術講演会概要集、CD版、CS6-036、2001
- 3) 塩谷智基、三輪滋、中西康博、羅休、羽矢洋、棚村史郎：列車荷重を利用した基礎の損傷探知法に関する基礎的研究（その2 AE破壊実験の結果解析と考察）、第56回土木学会年次学術講演会概要集、CD版、CS6-037、2001

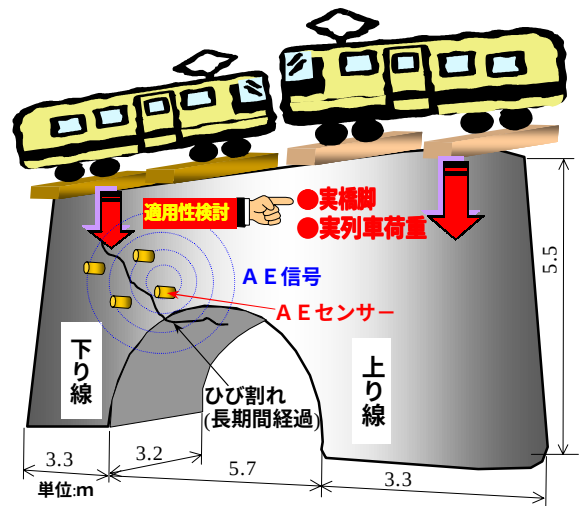


図-4 既存ひび割れのある実橋脚

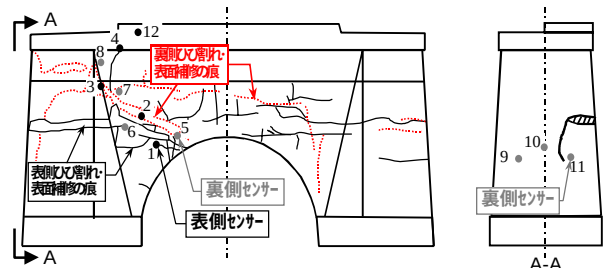


図-5 AEセンサー配置A(クラック・ゾーン包囲)

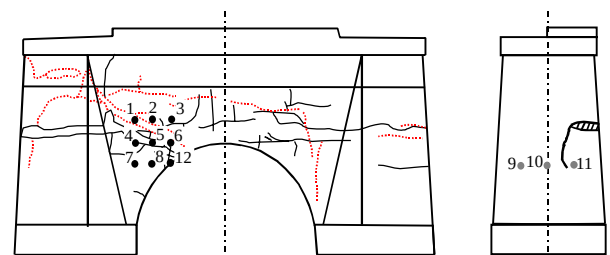


図-6 AEセンサー配置B(表側で密に集中)