AE モニタリングによるレンガアーチ高架橋の診断手法の研究

JR 東日本研究開発センター　正会員　○四宮　卓夫
飛島建設技術研究所　正会員　中西　康博
飛島建設技術研究所　正会員　塩谷　智基

はじめに

鉄道に用いられているレンガ構造物の多くは，建設より 90 年以上を経ている．そのため，診断および適切な補修が重要である．しかし，都市部などにおいては構造物に近接した商業利用，特に高架下が利用されている場合が多く通常の目視点検が実施できないという問題があり，新たな検査・診断手法が求められている．筆者らは，非破壊検査手法の一つである AE 法（Acoustic Emission）を用いた，レンガアーチ高架橋の診断手法について研究しており，ここでその一部を報告する．

１．AE モニタリングの概要

AE 法とは，材料内部の微小な破壊により，あるいは既破壊面のフリクションにより発生する弾性波（AE）をとらえ，評価，診断等をおこなうものである．AE の励起には外力を入力する必要があるが，鉄道高架橋においては常時走行する列車荷重を外力として用いることができる．今回，観測対象としたのは，1910 年に建設された連続アーチ構造のレンガ高架橋である（**図-1**）．条件の異なる 2 箇所において列車通過時に発生する AE のモニタリングを実施した．

観測箇所 1：線路方向にクラック有り，列車通過時にクラック部で 0.2mm 程度の面外変位あり

観測箇所 2：モルタル吹き付け補強，線路方向にクラック有り，これまでに最大 600mm の地盤沈下により柱脚部の不等沈下あり

計測方法は，既実施の検討結果[1)]から 60kHz 共振型の AE センサを選定し，最大 12ch をアーチ下面に平面的に設置した．AE の収録はプリアンプ（40dB 増幅）を用い，1MHz サンプリングで原波形およびパラメータを収録した．

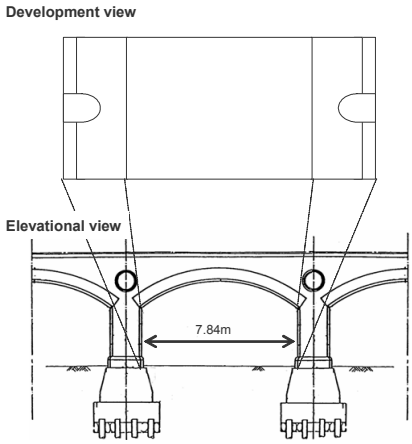

図-1　レンガ高架橋一般図

２．モニタリング結果と考察

観測箇所 1，2 に共通して，列車通過時に観測された AE は，その特徴から以下の 2 つに分類できる．

A：高架橋上に列車が進入～通過まで連続的な波形が定常的に観測される，周波数 10kHz 付近に特徴的な卓越成分（**図-2**）

B：列車通過中に突発的に発生，波形の立ち上がりが鋭く最大振幅が顕著，30～100kHz に卓越成分（**図-3**）

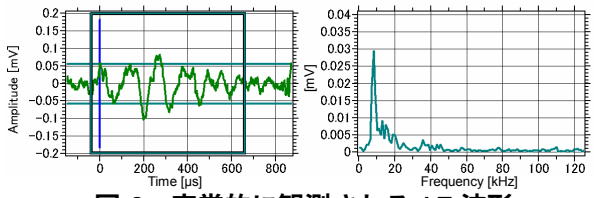

図-2　定常的に観測される AE 波形

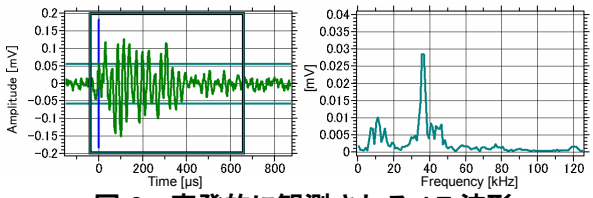

図-3　突発的に観測される AE 波形

対象とした構造における AE の発生源となる事象は，1）クラックおよび目地切れの進展，2）既クラック面のフリクション，3）列車走行に直接起因する振動，4）吹き付けモルタル補強面とレンガとの界面のフリクション，などが考えられる．特に観測箇所 1 においては，クラック箇所の面外変位があることから，既クラック面のフリクションが発生していると考えられる．

キーワード：レンガ構造物，AE，モニタリング
連絡先：〒331-8513　埼玉県さいたま市北区日進町 2 丁目 0 番地，TEL：048-651-2389，FAX：048-651-2289

そこで，収録された AE の二次元位置標定をおこない，発生位置および主要因を検討した．観測箇所 1 の平面的な位置標定結果を**図-4** に，観測箇所 2 の結果を**図-5** に示す．ここで，定常的に観測される成分 A と突発的に発生する成分 B とは，AE 波スペクトルの重心周波数 25kHz を境に区分することができた．

両方の観測箇所に共通して，A については発生位置が標定されないものが多く，また，位置が特定されたものについても，観測範囲全体に発散する傾向にある．また，A は列車通過中に定常的に発生することから，列車振動に起因するものと考え，損傷診断においてはノイズとして扱うこととした．

一方，B はクラック付近に集中しており，また，面外変位のみられる観測箇所 1 では多数のイベントが標定されていることから，主に既クラック面のフリクションに起因するものであることがわかる．AE の発生位置がクラック位置と完全に一致していないが，これは目地やクラック等の不連続面を介在して AE が伝播するため見かけの AE 伝播速度にばらつきがあること，二次元位置標定では深さを考慮していないことが要因であると考えられる．

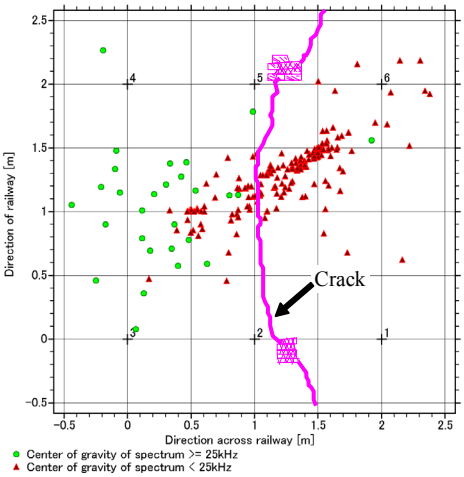

図-4　位置標定結果（観測箇所 1）

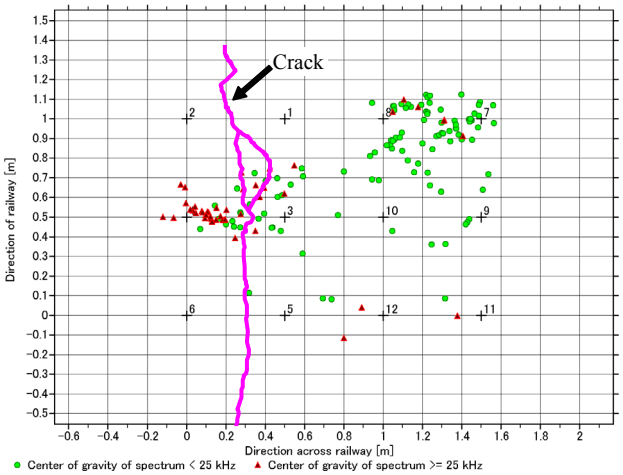

図-5　位置標定結果（観測箇所 2）

次に，地盤沈下の作用を受けている観測箇所 2 において AE 法によるコンクリートの損傷評価基準である NDIS2421[2]の適用を試みた．ただし，対象構造物においては，過去の最大履歴荷重の推定が困難なため，現場での観測期間中の履歴を用いる RTRI 比[3]を横軸に用いた．判定結果を**図-6** に示す．過去に実施した試験[4]より，損傷を受けたレンガに降伏荷重の約 50%の荷重を与えた状態での損傷基準値が RTRI 比では 0.8, Calm 比は 0.5 という考察が得られている．観測箇所 2 では RTRI 比が 0.4 以下，つまり最大履歴荷重の半分以下で AE が発生しており，さらに Calm 比が概ね 0.5 以上であることから，材料が不安定で損傷が進んでいるといえる．地盤沈下が発生していることを考慮すると，柱脚部の不等沈下によるレンガアーチの損傷が進んだ状態であると判断できる．

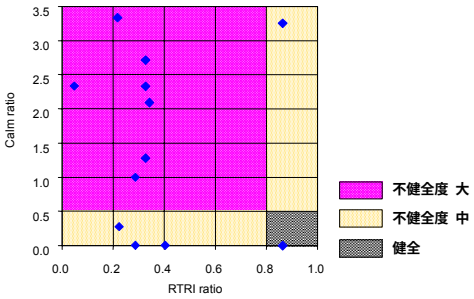

図-6　損傷評価表（観測箇所 2）

おわりに

今回の検討により，列車荷重を外力に用いた AE モニタリングにより，レンガ構造物の健全性診断が可能であることがわかった．今後，ハイパスフィルタを用いて列車振動成分を除去した場合の検証，また，損傷診断事例の蓄積により損傷評価指標の精度向上が必要である．

参考文献

1）四宮卓夫，森島啓行，中西康博，塩谷智基：アコースティック・エミッションを用いた組積構造物の診断手法の研究（損傷を有するレンガ構造物の AE 波特性），第 57 回土木学会年次学術講演会講演概要集，2002.
2）社団法人日本非破壊検査協会：コンクリート構造物のアコースティック･エミッション試験方法，NDIS 2421，2001.
3）羅休，羽矢洋，稲葉智明，中西康博，塩谷智基：AE 法による鉄道橋梁下部工の損傷調査法に関する実験的検証，鉄道総研報告 Vol.17，No.3，2003.3.
4）中西康博，塩谷智基，森島啓行，四宮卓夫：アコースティック・エミッションを用いた組積構造物の診断手法の研究（AE による損傷診断基準），第 57 回土木学会年次学術講演会講演概要集，2002.