

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）

JR 東日本 正会員○四宮 卓夫, 森島 啓行

飛島建設技術研究所 正会員 中西 康博, 塩谷 智基

1.はじめに

明治から昭和初期に建造された、レンガに代表される組積構造物は、現在まで地震や長期間の風化などにより劣化が進行している。そのため、これらの構造物の適切な補修、補強を行うための劣化診断が必要であり、目視や亀裂計測による検査が実施されてきた。しかし、都市部では高架下が店舗などに利用されている場合が多く、通常の検査適用が困難となるため、健全性診断のための効果的な手法の開発が望まれている。例えば、超音波法や弾性波法の適用を考えると、組積構造の材料のばらつき、目地による吸収錯乱や急激な減衰が考えられ、その適用は困難といえる。著者らは、以下の利点に基づきアコースティック・エミッション（以下、AE）に着目した。1)入力波が不要

で、構造物の損傷箇所からの AE 波を期待できる。

2)センサの検出範囲が点ではなく、空間的である。本論文では、レンガ梁試験体の曲げ載荷試験と損傷した実レンガ高架橋での AE 計測より、組積構造物の AE 波特性を検討する。

2.実橋梁レンガ試験体の曲げ載荷試験

明治 39 年頃に建設された橋梁下部工より梁試験体 4 体を採取し、軸力、スパンをパラメータとした載荷試験を実施した。単調曲げ載荷時の破壊進行状況と AE の発生を計測した。試験体の諸元、載荷方法とセンサ配置標準図を図-1、表-1 に示す。

No.1 試験体の載荷点鉛直変位と AE 波の平均周波数の推移を図-2 に、No.3 を図-3 に示す。部材降伏時までの平均周波数はほぼ一定の範囲で推移し、軸力導入した供試体は降伏後、低下する傾向が見られる。これは、軸力導入供試体は、降伏後、軸力と鉛直荷重に拘束され、破壊進行に加え、既に形成されたクラックから AE が発生しているためと考えられる。つまり、軸力導入試験体の破壊は、以下の三つの過程に分けられる。1)微小な曲げ引張破壊過程（高周波の AE が定常的に発生）、2)破壊面の連結と局部的せん断破壊及

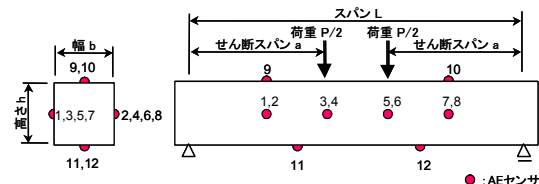


図-1 センサ配置標準図

表-1 試験体の諸元

No.	断面幅 b (mm)	断面高 h (mm)	スパン L (mm)	せん断スパン a (mm)	軸力 σN (N/mm^2)
1	350	350	1,000	350	1.0
2			1,200	450	0.5
3			1,350	525	0.0
4			1,500	600	0.0

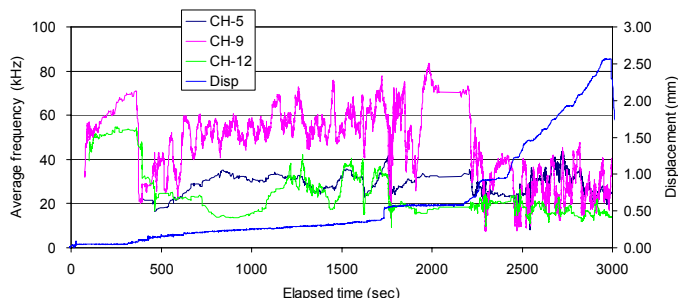


図-2 平均周波数の推移 (No.1 試験体)

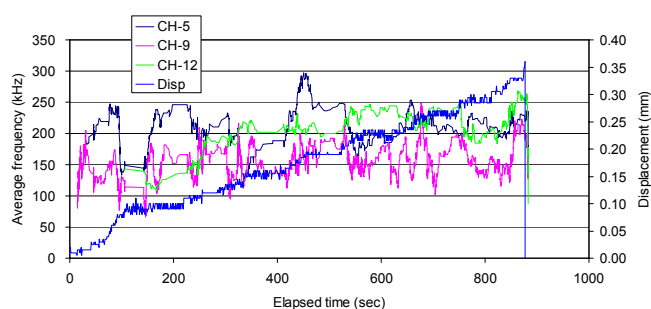


図-3 平均周波数の推移 (No.3 試験体)

表-2 破壊形態と AE パラメータ

破壊状態	平均周波数	カウント	エネルギー
引張破壊	高	少 3~7	低 10 以下
引張・せん断混在	20~60	5~20	10~90
せん断破壊 (大)	低 10~40	多 20 以上	高 90 以上
せん断破壊 (降伏後)	低 10~40	少 5~10	低 5~20

※数値は No.1 試験体

キーワード：組積構造，AE，レンガ

連絡先：〒331-8513 埼玉県さいたま市日進町 2 丁目 0 番地，TEL 048-651-2389，FAX 048-651-2289

び、部材降伏による大せん断破壊過程（低周波の AE が発生）、3)降伏後、局部的なせん断破壊と大せん断破壊を繰り返すため既破壊面から低周波成分が増加し部材の終局に至る過程である。表-2 に破壊の進行状況と AE 波のパラメータ特性を示す。カウント、エネルギーからも同様に、各破壊過程を推定可能であることがわかる。

3. レンガ高架橋での計測結果

AE 法を実際の構造物に適用するには、外力変動による AE 波励起が必要となる。そこで、荷重の入力源に高架橋上を走行する列車荷重を用いた（図-4）。

対象とした構造物は、明治 43 年に建設された複線式レンガアーチ高架橋で、レンガはイギリス積みである。線路方向（アーチ方向）に貫通したクラックがあり、列車通過時にはクラックの 0.2mm 程度の面外変位が見られたため、前節で示した過程 3)の既変状に起因する二次 AE の発生が予測された。クラックの状況と AE センサ配置を図-5 に示す。共振周波数 15kHz、60kHz の 2 種類のセンサを用い、同時に振動加速度計測を行った。加速度と AE 発生より、列車通過時の AE 波発生を確認した。その AE 波のフーリエスペクトルを図-6 に示す。いずれも 10kHz 付近の卓越が見られるが、60kHz、クラック近傍の結果のみ、30kHz 付近に新たなピークがみられる。

図-7 に二次元 AE 標定結果を示す。▲に平均周波数 30kHz 以上の AE 源を、◆に 30kHz 未満を示す。60kHz センサ 30kHz 以上の AE 源は、クラック近傍に見られ、既破壊面からの AE が特徴的な周波数を有することがわかる。以上から列車振動に直接的に起因する AE は 10kHz 付近、クラックのこすれに起因する AE は 30kHz 付近の周波数成分を有するといえ、共振周波数 60kHz のセンサを用いることで、両者が分離できると考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

(1) 破壊状況と AE 波のパラメータ特性より、1)降伏までの曲げ引張破壊、2)降伏荷重付近で局部的なせん断破壊と変位をともなう大規模なせん断破壊、3) 降伏後のせん断破壊、の各段階を推定することができる。

(2) AE 法を用いた実構造物の損傷診断には、60kHz 共振型の AE センサが適しており、列車振動と変状に起因する AE は、周波数特性より識別できることが明らかとなった。

今後、レンガの製作年代や施工による物性のばらつきを考慮した AE 診断方法を一般化するため、更に検討を加える。

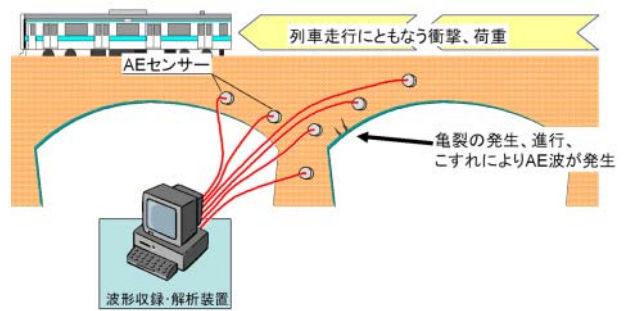


図-4 レンガ高架橋の AE 計測法イメージ

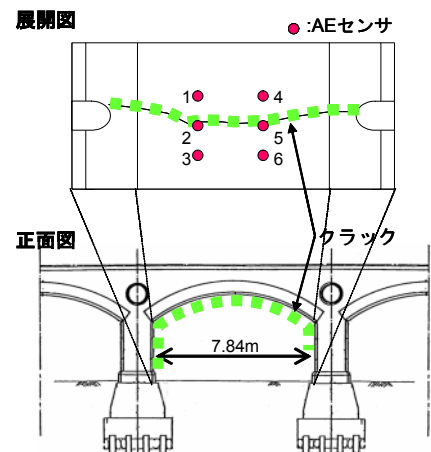


図-5 計測箇所一般図

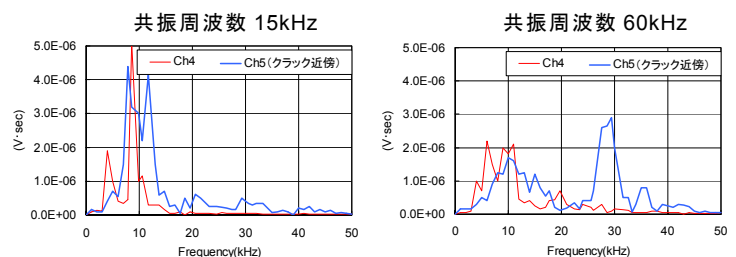


図-6 AE 波のフーリエスペクトル

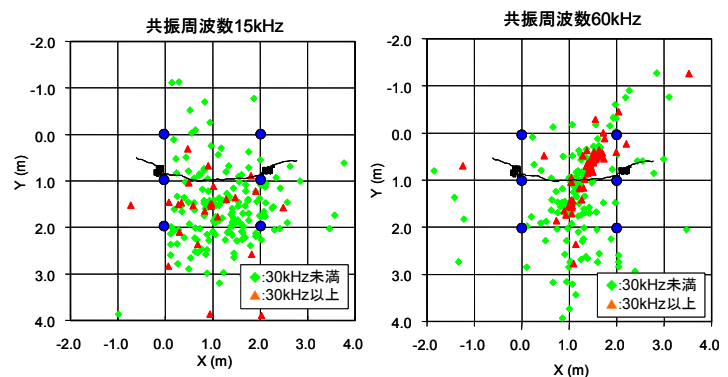


図-7 位置が標定されたイベント