

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 による損傷診断規準)

飛鳥建設技術研究所
J R 東日本

正会員 ○ 中西 康博, 塩谷 智基
正会員 森島 啓行, 四宮 卓夫

1. はじめに レンガに代表される組積構造物の多くは、建造から 60 年以上を経過し劣化が進行している。現在レンガ造高架橋の損傷診断は、目視観察調査やき裂変位計測等を用いて実施されている。しかし、高架橋下は店舗として利用されており、既往の調査が不可能であることから、目視不可能箇所の診断技術の開発が急務となっている。著者らは、組積構造物の健全性をアコースティック・エミッション(AE)を利用して診断する手法の開発を行っており、本文では、組積構造物破壊時の AE 基礎特性(発生傾向、供試体の各破壊レベルにおける AE 特性、AE 法による破壊評価、破壊の位置標定)結果について述べる。

2. 供試体および载荷概要 供試体のレンガの積み方は、実レンガ造高架橋と同様にイギリス積みとした。作成は、レンガ造高架橋建築時の資料および、過去の各種物性試験結果等¹⁾から、普通レンガ 4 種(吸水率 10% 以下、圧縮強度 30 N/mm² 以下)を使用し、目地は、セメント 1 : 石灰 1 : 砂 5 の配合とした。载荷試験は、図-1 に示す 3 点曲げ载荷と 3 点せん断载荷を行い、曲げとせん断の破壊形態による AE 特性が得られるものとした。载荷試験は、レンガ造アーチ高架橋を模して行うため、死荷重として軸力(水平载荷)330 N/mm²(3.3 kgf/cm²)を導入した。実験は、既存損傷調査が目的なので、まず鉛直载荷によりクラックが供試体を貫通する損傷を与え、次にこのクラックが供試体を貫通した鉛直荷重を 100%として 10%を基底とし、25%、50%、75%の载荷を各 5 回繰返し、最終的に供試体が破壊するまで行った。AE センサは、曲げ、せん断の各試験で、応力集中部分に密に配置し、AE 源(イベント)を 3 次元で追跡できる配置とした。

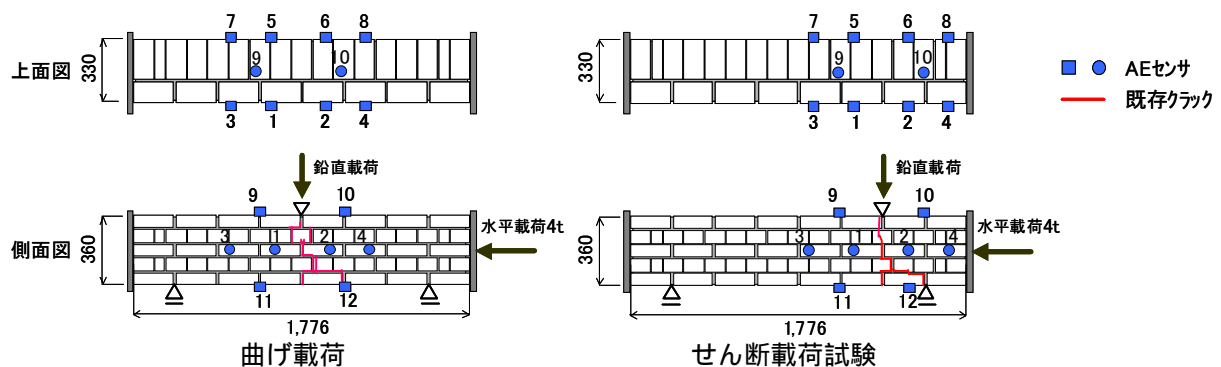


図-1 試験概要図

3. 実験結果と考察 図-2 にせん断試験時の载荷量と 10 秒毎の AE 発生数の経時変化を示す。図-2 より 25%の繰返し载荷では、AE はほとんど発生しなかった。しかし、50%の繰返し载荷では、AE は载荷毎に発生し、繰返し回数増加による AE 発生数の低下傾向も認められなかった。75%繰返し载荷では、AE の発生数は急激に上昇した。25%の载荷量において低い AE アクティビティは、鉛直な損傷面において、軸力(水平载荷)による垂直応力に対して鉛直载荷によるせん断応力が小さく相対変位等が生じなかったためと考えられる。50%以上の鉛直载荷では、垂直応力よりせん断応力が大きくなり、既存損傷部の相対変位が主な原因で AE が発生したものと推測される。

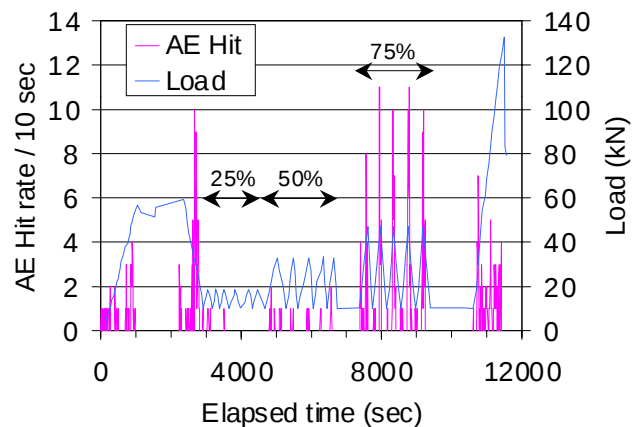
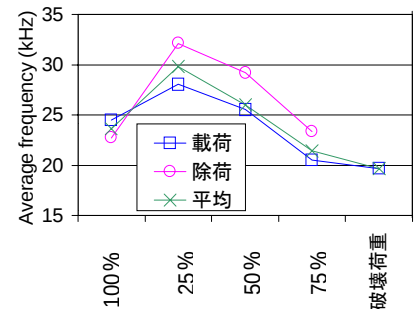
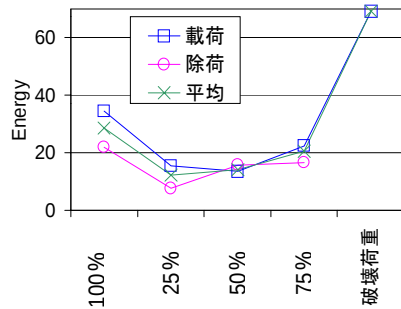


図-2 载荷量と AE 発生率

キーワード：損傷調査，AE，模型実験

連絡 先：〒270-0222 千葉県東葛飾郡関宿町木間ヶ瀬 5472，TEL. 04(7198)7553，FAX. 04(7198)7586

これらの結果は、再載荷により既損傷箇所から AE が発生すること、すなわち、ある一定値以上の再載荷を与えれば、AE は定常的に発生することを表しており、既損傷箇所の調査に AE 法が適用できる可能性を示唆したもののといえる。この傾向は曲げ載荷試験でも同様であった。



各載荷段階の AE パラメータの推移について

図-3 エネルギーの推移

図-4 平均周波数の推移

て、図-3 にせん断試験時のエネルギー（AE 波形の包絡線面積）の推移を、図-4 に同試験の平均周波数（AE 波形のしきい値を超える回数と波形の継続時間から算出される”見かけの周波数”）の推移を示す。図-3 より供試体破壊後のエネルギーは、載荷の段階ごとに上昇傾向を示す。一方、平均周波数は、下降傾向を示した。この傾向は、曲げ試験時においても得られた。これらのパラメータの変動は、一般に破壊の進行にともなう AE パラメータの変動²⁾と同様であり、載荷量が大きくなれば、損傷部での相対変位が大きくなるマクロのせん断破壊の推移を表していると考えられる。この特性を利用して再載荷量や破壊程度と AE パラメータとの相関について、データの蓄積および詳細な検討を行うことにより、AE パラメータを用いて損傷評価が可能と考えられる。

得られたデータにより NDIS 2421³⁾による損傷評価を行った。図-5、図-6 にせん断試験、曲げ試験で得られた損傷評価図を示す。同図は、鉛直荷重ごとに分類しプロットしている。載荷の増加に伴う損傷程度の増加が、Load 比の低下と Calm 比の上昇として与えられる。これらのプロットからそれぞれの損傷を判定する基準値を定めると、Load 比で 0.8、Calm 比で 0.5 と考えられ、この損傷マップによる損傷評価が可能といえる。AE による位置標定結果を図-7 に示す。ここで、図-7 に示す振幅値は、AE 源の最大振幅値を示している。その結果、発生したクラック近傍に大振幅を持つ AE 源が多数集中して得られ、損傷箇所を精度よく表しているものといえる。さらには AE 位置標定が既損傷部の特定に有効であることを示唆していると思われる。

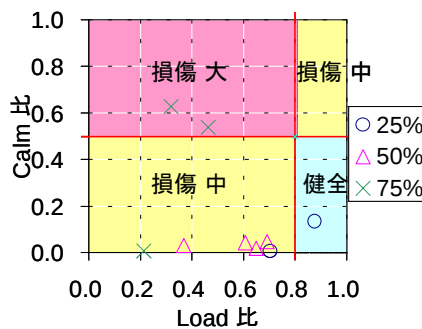


図-5 せん断試験の損傷評価

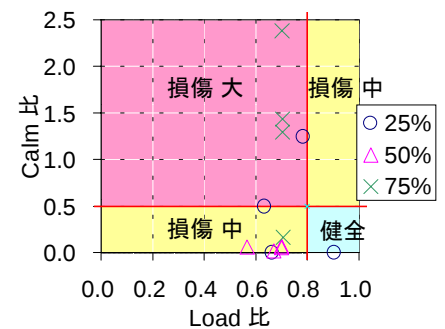


図-6 曲げ試験の損傷評価

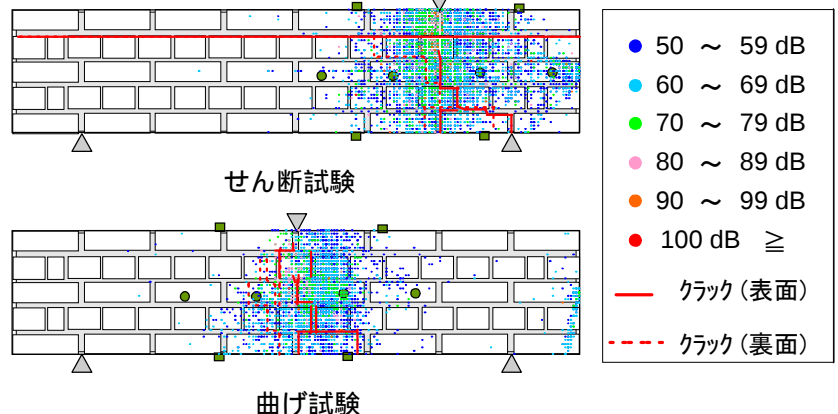


図-7 位置標定結果

4. まとめ 本試験より、既損傷箇所からの AE 発生が確認され、それらの AE パラメータ値の検討や NDIS2421 による損傷評価を行うことで、損傷程度を推定できる可能性が確認できた。また、高振幅の AE 源が損傷箇所に集中して認められたことから、AE 法を利用した損傷部の特定も可能であることが示された。今後は、これらの結果を実構造物に適用し、その妥当性を検討する予定である。

参考文献

- 1) 木野淳一・菅野貴浩・古谷時春：既設レンガ構造物から採取したコアの強度試験，第56回土木学会年次学術講演会講演概要集，pp. 222-223，2001。
- 2) 塩谷智基・三輪滋・中西康博・池田憲二・日下部祐基・中井健司：岩盤 AE 計測ウェーブガイドの破壊特性，第56回土木学会年次学術講演会講演概要集，pp. 596-597，2001。
- 3) 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