

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2 現場実験の結果および評価法の提案）

飛島建設技術研究所 正会員 ○塩谷智基，中西康博

鉄道総合技術研究所 正会員 羅 休，羽矢 洋，稲葉智明

1 まえがき

列車荷重による構造物からの2次起因のAEを利用した非破壊検査法を検証するために、実橋脚・実列車荷重を対象とした原位置でのAE計測を行った。ここで2次起因のAEとは、構造物の既存損傷から発生する微小な弾性波である。本研究の目的は、この2次AEを探知・解析し、構造物の損傷位置および損傷程度を推定することである。本文では、「その1：模型実験の結果および現場実験の概要」に示す現場実験で得られたデータに基づき、その結果および評価法について詳述する。

表-1 計測概要

項 目	内 容
ケース	20(AEセンサー配置,計測設定値,電車の上り下り等の組合せ)
センサー配置	5パターン (検討目的により)
計測設定値	しきい値,収録休止時間,AE波定義時間
列車荷重	車種,乗車率,車両数,上り下り
計測結果	ヒット数,イベント数等

2 原位置計測

AE計測を実施した橋脚は、無筋コンクリート造で建造から70年が経過しているもので、生じたクラックは完全に橋脚を分離していると考えられた。また、このクラックには補修跡が認められることから、損傷は数十年以上前に生じたものと考えられた。この路線は、1日に上下線で約420本の列車が通行しており、計測を行った橋脚は、相当数の繰返し列車荷重を経験していると推測される。

本AE計測の概要を表-1に示す。計測ケースは、AEセンサーの配置、計測設定値、および通過する列車の状況から組合せた。AEセンサー配置は、検討の目的により5パターンを設定した。「その1：模型実験の結果および現場実験の概要」に示すAEセンサー配置A、および配置Bにより得られたAE源位置標定(3次元)結果を図-1、図-2に示す。図-1（センサー配置A）により得られたAE源の多くは、橋脚を貫通したクラック周辺の橋脚内部に現れ、AE源は内部損傷箇所から生じた2次起因のAEであることがあきらかである。

図-2にセンサー配置Bによる標定結果を示す。同図中、AE源での振幅値を50dB以上と50dB未満で分類してプロットした。その結果、重度損傷と考えられる主要クラック部に大振幅のAE源が標定されることが確認され、AE源の最大振幅値を検討することにより、相対的な損傷部の位置特定と破壊規模を知ることができると考えられる。つまり、実構造物計測を多数行い、データベースを構築すれば、AEパラメータにより損傷の規模を推定できる可能性があると思われる。

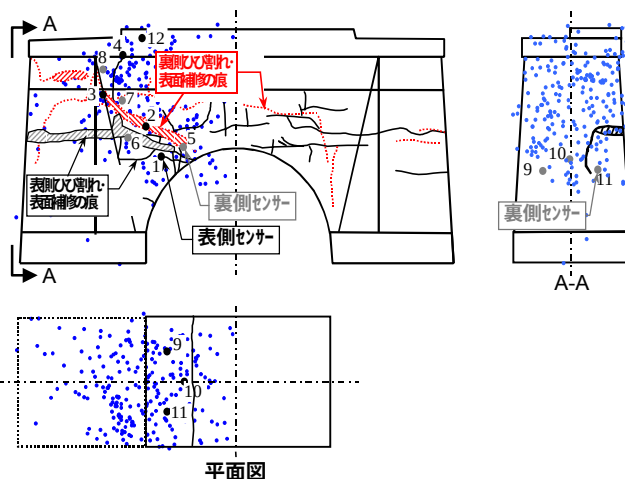


図-1 2次起因のAE源の3次元標定結果(配置A)

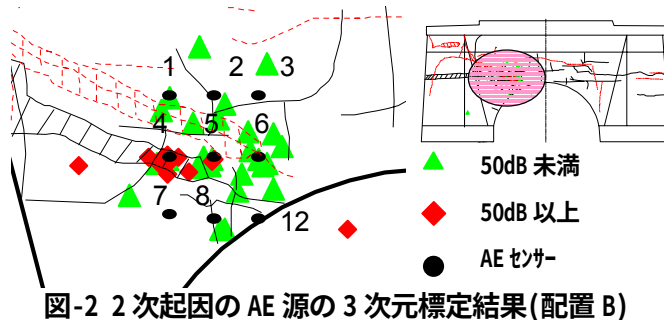


図-2 2次起因のAE源の3次元標定結果(配置B)

キーワード：2次起因のAE，列車荷重，基礎，損傷探知法，現場実験

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

3 損傷評価

現場で実測した2次起因のAEデータを用いて、健全性の評価法を検討した。健全性評価は、カイザー効果（健全な構造物では履歴最大荷重までAEが発生しないこと）を利用したLoad比とCalm比（不健全な構造物では、載荷時に比べて除荷時にもAEが活発になる健全性の指標）を組み合わせた検討¹⁾を行った。実構造物を用いた上記手法による2次起因のAEを検討した例は少なく、本検討においてLoad比を算出する場合、橋脚に作用した最大履歴荷重や通過列車の活荷重を求めることは困難であることから、本検討では、Load比を修正したRTRI比(Ratio of repeated load at the onset of AE activity to relative max load in test period)を用い列車荷重による2次起因のAEによる健全性の評価を試みた。ここで、RTRI比は現場計測期間中の最大値に基づく値として得られ、応力に限らず変位値を用いることもできる。

本検討では、図-4（下図）に示す橋脚にほぼ水平に生じたクラックの開口変位（クラック3）を用いてRTRI比を求めた。Calm比とRTRI比の算定式を下記に示す。

$$Calm = \frac{AE \text{ hit数}_{\text{変位ピークから終了まで}}}{AE \text{ hit数}_{\text{変位開始から変位ピークまで}}}$$

$$RTRI = \frac{\text{変位量}_{AE \text{ 出現変位}}}{\text{変位量}_{\text{計測最大変位}}}$$

クラック3に基づくCalm比とRTRI比の算定例を図-5に、また、Calm比とRTRI比を用いた橋脚の損傷度マップを図-6に示す。計測した13個のデータの判定結果はCalm比0.50以上、RTRI比0.8以下の範囲に集中していることから、これらの基準値に基づき健全性指標が策定できる可能性が確認できた。

4 まとめ

本研究は、供用中の列車荷重により誘発された2次起因のAEを利用した構造物の損傷探知法の適用性を検討した。また、現場実験結果に基づいた評価法を提案した。今後、更に原位置データを加え、損傷評価指標の高精度化を図るつもりである。

【参考文献】

- 1) 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,平成12年7月

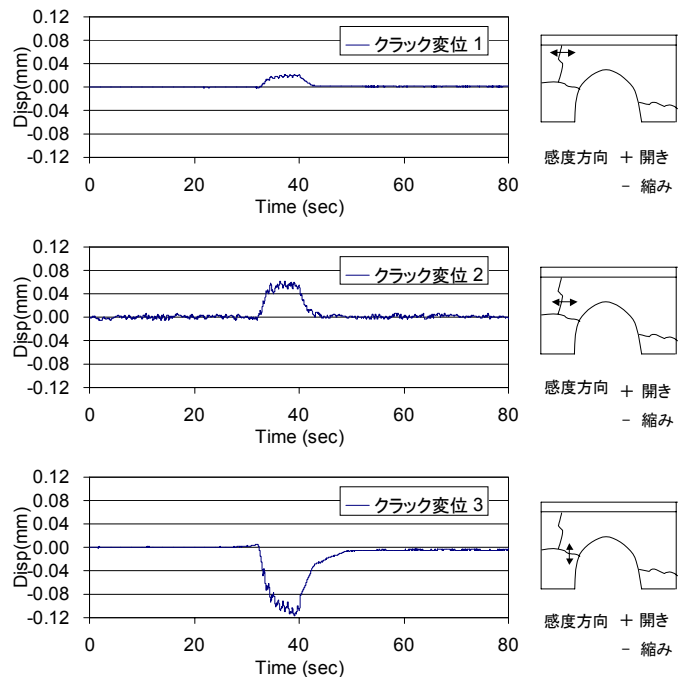


図-4 橋脚の挙動を表す変位時刻歴

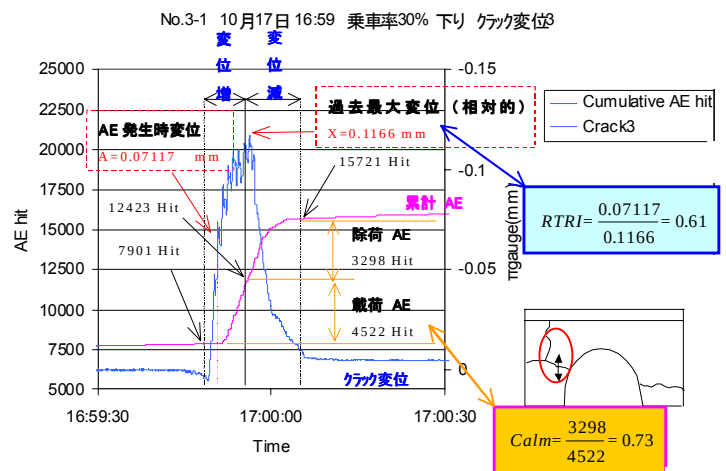


図-5 変位過程に基づくCalm比とRTRI比の算定例

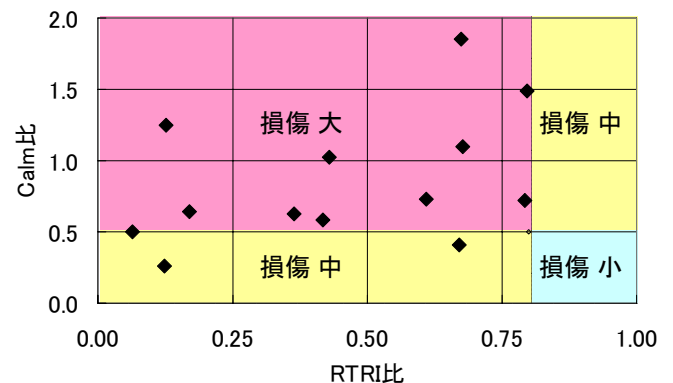


図-6 Calm比とRTRI比による損傷度マップ