

列車荷重による AE を利用した下部工の震害調査法の現場検証

（その 2 損傷評価指標に関する検討）

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, 稲葉智明

1. はじめに 著者らは供用中の列車荷重により、鉄道構造物の損傷部から誘発させたアコースティック・エミッション（二次 AE）を利用することで橋梁下部工に適した有用な震害調査法を提案・検討してきた。本報では、第一報¹⁾で示したラーメン高架橋 RC 柱の AE 計測データの評価方法に関して検討する。ここで、「カイザー効果に着目した AE アクティビティの定量化方法」については、既報²⁾で Felicity 比, Load 比, RTRI 指標を例示し、その適用限界なども報告したことから、本報では振幅規模別頻度分布（改良 b 値）を用いた損傷評価方法について詳述する。

2. AE 最大振幅値 第一

報の図-3 で示した AE 源分布は、AE 源算出に寄与した全 AE ヒットによる平均振幅値として示している。本来 AE 源の振幅値は減衰率（AE 振幅値の伝播距離による振幅低下）を考慮した逆算が理想的であるが以下の理由から

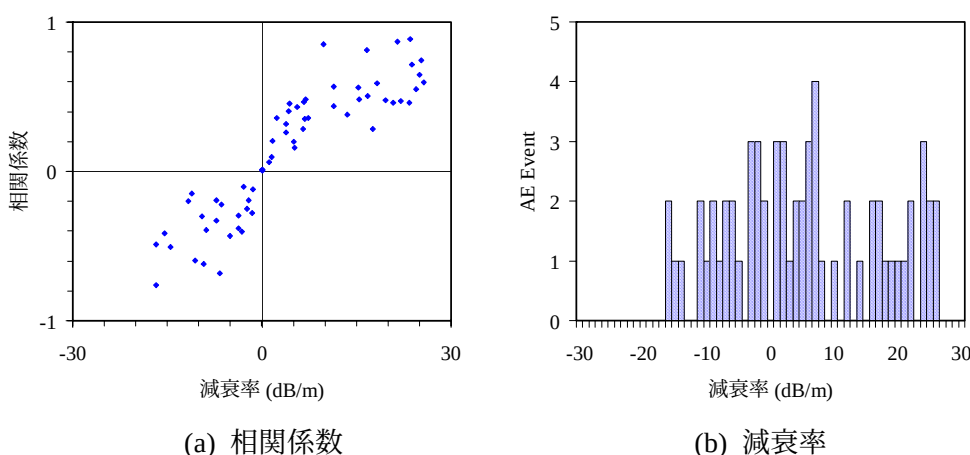
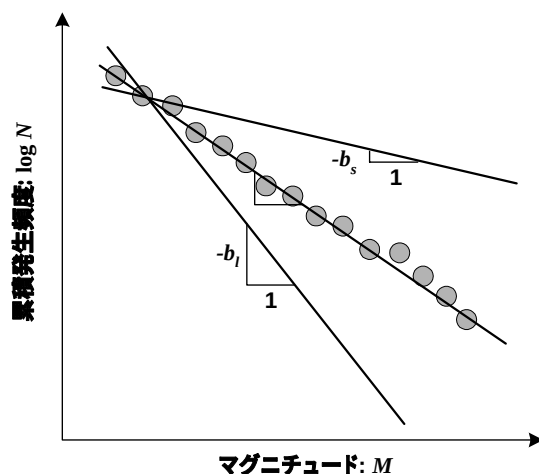


図-1 AE 源と各 AE センサを利用した一次減衰関数近似

適用困難であった。図-1 に各 AE 源（イベント）とそれに寄与する各 AE センサで得られた AE 信号の最大振幅値および、AE 源から各 AE センサまでの距離より得られた減衰率（図-1b）と、一次の減衰関数で近似したときの相関係数（図-1a）を示す。図-1a に示すよう正・負の両相関が得られ、「減衰」と「増幅」の 2 つの傾向を示す結果となった。減衰率は、図-1b のように 0 dB を平均値としてガウス分布を示しており明確な減衰率の算定は困難であった。これらは、一様ではないき裂を数多く含む（例えば、各センサ近傍でき裂密度の差異がある）材料表面に取付けた AE センサで、伝播距離による減衰値を算出することが困難であることを示しているものといえる。そこで、伝播材料の減衰特性に無関係な（伝播減衰直線が対数軸、ここでは AE 最大振幅値 (dB) に関して平行移動するのみである）最大振幅規模別頻度分布の負勾配 (b 値) に着目した。

3. AE 振幅規模別頻度分布 地震では、規模の大きな地震頻度が規模の小さな地震頻度に比べて多く、両者を対数表示した場合、直線近似できることが知られている。その頻度を累積表示した場合、近似直線の負勾配は b 値と呼ばれ、

図-2 積分型振幅規模別頻度分布と b 値概念

キーワード：震害、鉄道構造物、二次 AE 活動、損傷評価、振幅規模別頻度、改良 b 値

連絡先：〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472, Phone: 04(7198)7553, Fax: 04(7198)7586

地震の前身、本震、余震で特徴的な値を示す場合があることが指摘されている³⁾。 b 値に着目した場合、図-2のように、小規模の地震頻度が大きな地震頻度に比べ卓越する場合、大きな値(b_s)となり、反対に大規模の地震頻度が小さな地震頻度に比べて卓越する場合、小さな値(b_s)となる。一方、大規模な破壊現象が生じる前には、小規模の破壊現象が卓越し、これらは b 値の大小として判断できると考えた第一著者らの研究⁴⁾⁵⁾がある。この場合、 b 値の上昇過程が微視的き裂の形成過程、 b 値の低下過程が巨視的破壊の発生過程として検討され、地盤、岩盤、コンクリートの破壊過程が b 値で定量化

できる可能性が確認されている。コンクリート構造物の劣化診断評価に b 値を直接適用した例は少ないが、例えば RC の劣化評価に振幅規模別頻度分布を検討した坂田ら⁶⁾の研究がある。また、既に b 値の AE 適用とそのリアルタイム評価には、種々の問題点があることが指摘されており、これらを解決した改良 b 値⁴⁾⁵⁾が提案されている。ここでは、振幅規模別頻度分布を「改良 b 値」として取扱う。ただし、地震学の b 値と比較する場合、改良 b 値を 20 倍する必要がある。図-3に A 配置と B 配置で得られた最大振幅規模別頻度分布を示す。前報¹⁾で示したとおり A 配置は目視可能なき裂が多数存在する部位、B 配置はき裂が数少ない部位である。同図の頻度（第 1Y 軸、白抜きプロット）に着目すると、き裂多数の A 配置で 35-60 dB の広範囲にわたる AE 頻度分布が観察された。それに比べて、き裂少数の B 配置では、45-50 dB に集中した AE 頻度が得られた。ここで、各配置で得られた平均振幅値（図中+）より、A 配置が B 配置に比べて小さい値となった。一般に破壊規模が大きいと、大規模の AE 活動が得られるが、注意すべきは大規模な AE 活動のみに限定されるわけではなく「大規模に至るまでの AE 活動が特徴的である」とすべきであることが理解される。つまり、破壊規模を評価するには、大規模に至るまでの活動を何らかの手法で定量化する必要がある、先に示した b 値の考え方が適用できるわけである。ここで、同図中 AE 最大振幅分布の累積頻度（第 2Y 軸、塗りつぶしプロット）に着目すると、A 配置の直線近似時の勾配が B 配置の勾配に比べて低い値を示す（図中緑線参照）、つまり A 配置が B 配置より大規模な破壊を含む破壊現象を計測していたことがわかる。以上のことから、高速鉄道通過にともない損傷部から生じた AE 活動の振幅規模別頻度(改良 b 値)が損傷程度を反映できる可能性が確認できた。

4. まとめ 鉄道構造物の損傷定量化手法に AE 計測より得られる振幅規模別頻度分布の適用性について論じた。結論として、改良 b 値の損傷定量評価への適用性が確認できた。紙面の都合上、本論では得られる改良 b 値と算出母数(改良 b 値の信頼性)、他の原位置適用例などについては言及できなかった。これらの報告は、別の機会に譲ることとする。

【参考文献】

- 1) 羅休, 稲葉智明, 塩谷智基, 中西康博: 列車荷重による AE を利用した下部工の震害調査法の現場検証, 土木学会第 59 回年次学術講演会, 投稿中。
- 2) 塩谷智基, 中西康博, 羅休, 羽矢洋, 稲葉智明: AE アクティビティを用いた鉄道構造物の損傷定量化方法, 第 58 回土木学会年次学術講演会, 第 V 部門, pp.753-754, 2003。
- 3) 例えば宇津徳治: 地震学, 共立出版, pp.133-140, 1977。
- 4) T. Shiotani, K. Fujii, T. Aoki and K. Amou, "Evaluation of progressive failure using AE sources and improved b -value on slope model tests," JSNDI, Progress in Acoustic Emission VII, pp. 529-534, 1994。
- 5) T. Shiotani, Z. Li, S. Yuyama and M. Ohtsu, "Application of the AE improved b -value to quantitative evaluation of fracture process in concrete-materials, AEWG, Journal of Acoustic Emission, Vol. 19, pp.118-133, 2001。
- 6) 坂田康徳, 大津政康: 超音波スペクトロスコーピー法と AE 法による曲げ疲労を受ける RC 部材の劣化度評価, 構造物の診断に関するシンポジウム論文集, 土木学会, pp. 99-104, 1998。

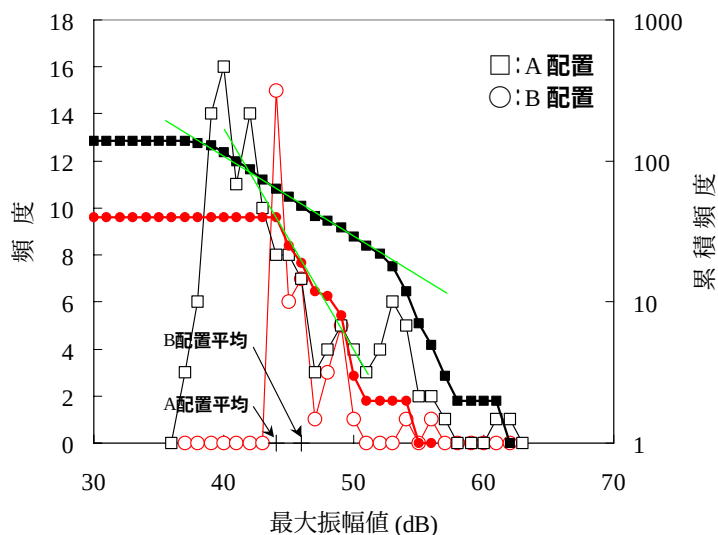


図-3 A 配置と B 配置の振幅規模別頻度分布