

水平繰返しによる AE 発現は合理的結果と考えられる。これらより、AE 法を損傷診断に適用する場合、損傷励起の方向とカイザー効果検討に付加する荷重方向を一致することが重要であるといえる。図2に同供試体の Load 比と Calm 比（1は載荷過程 AE 総数を基準、2は載荷除荷過程 AE 総数を基準）を示す。部材角 1/200 で 1 以上の Load 比が以降の部材角で連続的に低下する様子が見られる。一方、Calm 比は算出に用いる AE 基準総数によりバラツキが見られるほか、部材角の進行に伴う明確な増加傾向が見られない。前述の通り除荷過程の AE 発生メカニズムはせん断クラックのずれ変形により得られることから、既報²⁾の通り本試験で与えた破壊が主に曲げ破壊であったことに起因した結果といえる。

5. 原位置 AE 計測に基づく損傷定量化 通常 AE 計測は超音波領域の弾性波計測であるが、励起される弾性波のエネルギーが高い場合、センサや器械の応答特性より低い周波数の波動（例えば 100 Hz 以下の列車振動）に応じた AE 信号を検出することがある。ここでは、検出 AE 信号がすなわち損傷部位からの AE のみを反映するわけではないので、衝撃振動試験結果との比較検討および、AE 発現列車荷重検討のために実施した無筋コンクリート橋脚 3P の計測結果¹⁾に基づき以下に考察を行う。図3は、列車通過にともないその進行方向に対して橋脚両側面のクラックを跨ぎ設置したゲージの動的変形挙動（1 kHz サンプリング）である。同図より最初に列車通過の影響を受ける橋脚左側ゲージ 1 が圧縮変形、同時に右側のゲージ 3 が引張変形することがわかる。これは、“同じ断面でも列車通過で生じる変形様式が場所により異なること”さらには既述の“RTRI 比、Calm 比を實現象にあわせてどう求めるか”という疑問を示唆している。図4は、ゲージ 1 と 3 の「和」、つまり両者の変形が符号逆で同値に生じた場合に零、どちらかが卓越する場合はその値を示す図といえる。図4より、ピークを示す時刻が明らかとなり、それは列車重心が橋脚直上に至った時間であることがわかる。以上から、計測対象橋脚は、列車通過により左側に傾く挙動と右側に傾く挙動が明らかとなり、その片方向毎の挙動と AE アクティビティーに基づき損傷を評価するか、あるいは左右の挙動を一つのサイクルとして評価するか、AE 源位置とともに多くの事例を通じて検討する必要がある。図5に得られた AE パラメータの累積変動を示す。例えば RTRI 比を求める場合、AE ヒットを例として図中 i を AE 発現位置とするか ii とするかで、それぞれ 0.76, 0.44 と得られる RTRI 比が大きく異なる。一方、イベント(AE 源が橋脚内で特定できたデータ)を対象とした場合、RTRI 比は 0.80-0.86 (エネルギー)となる。同様な議論は Calm 比も同様でパラメータにより 0.94-3.70 までばらつく結果となった。

6. まとめ 1) 4 章より Calm 比と load 比 (RTRI 比) を組合わせた損傷評価手法の限界が示唆された。2) 合理的な AE による損傷評価手法を確立するためには、多くの原位置 AE 計測を通じて損傷と AE アクティビティーをさらに比較検討する必要がある。

参考文献

- 1) 羅, 羽矢, 棚村, 塩谷, 三輪, 中西: 列車荷重を利用した基礎の損傷探知法に関する基礎的研究 (その 1 模型杭による AE 破壊実験概要), 第 56 回土木学会年次学術講演会概要集, CD 版, pp. 326-327, 2001. 2) 塩谷, 三輪, 中西, 羅, 羽矢, 棚村: 列車荷重を利用した基礎の損傷探知法に関する基礎的研究 (その 2 AE 破壊実験の結果解析と考察), 第 56 回土木学会年次学術講演会概要集, CD 版, pp. 328-329, 2001. 3) 羅, 羽矢, 稲葉, 塩谷, 中西: 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 1 模型実験の結果および現場実験の概要), 第 57 回土木学会年次学術講演会概要集, CD 版, pp. 371-372, 2002. 4) 塩谷, 中西, 羅, 羽矢, 稲葉: 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), 第 57 回土木学会年次学術講演会概要集, CD 版, pp. 373-374, 2002. 5) V. J. Kaiser, Knowledge and research on noise measurements during the tensile stressing of metals, Arkiv für das Eisenhüttenwesen, 24, pp. 43-44, 1953. 6) 例えば, 金川 林 伸佐: 岩石における地圧成分の Acoustic Emission による推定の試み, 土木学会論文報告集 第 258 号 pp.63-75, 1977. 7) T. J. Fowler, Experience with acoustic emission monitoring of chemical process industry vessels, Progress in AE III, JSNDI, pp. 150-162, 1986. 8) 日本非破壊検査協会: コンクリート構造物のコースティック・エミッション試験方法, NDIS2421, 平成 12 年 7 月. 9) S. Yuyama, T. Okamoto, T. Kamada, M. Ohtsu, T. Kishi, A proposed standard for evaluating structural integrity of reinforced concrete beams by acoustic emission, JSNDI, Progress in AE VIII, pp. 295-304, 1996. 10) T. Shiotani, M. Shigeishi, M. Ohtsu, Acoustic emission characteristics of concrete-piles, Construction and Building Materials Vol. 13, Elsevier Science Ltd., pp. 73-85, 1999. 11) 羅, 羽矢, 稲葉, 塩谷, 中西: 鉄道橋梁下部工の損傷調査における AE 法の適用性に関する検証, 第 58 回土木学会年次学術講演会概要集, 投稿中.

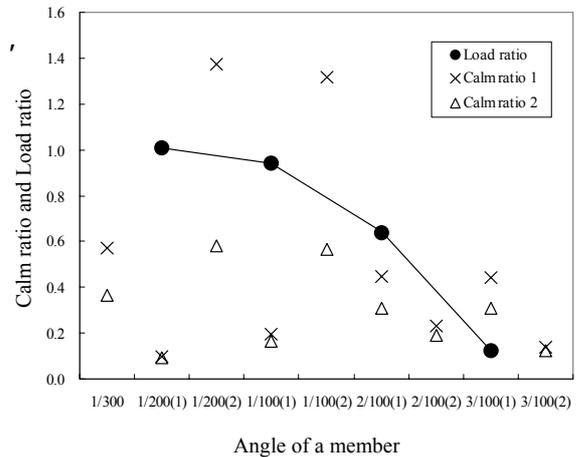


図2 部材角増加による Load 比と Calm 比

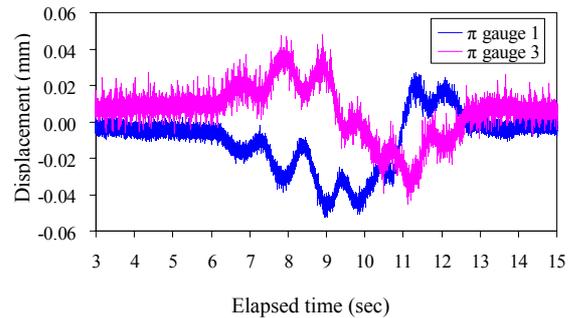


図3 列車通過時の ゲージの動的挙動

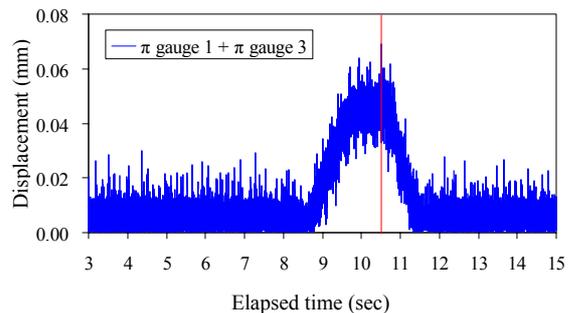


図4 ゲージ 1 と 2 の和 (縦線はピーク時刻)

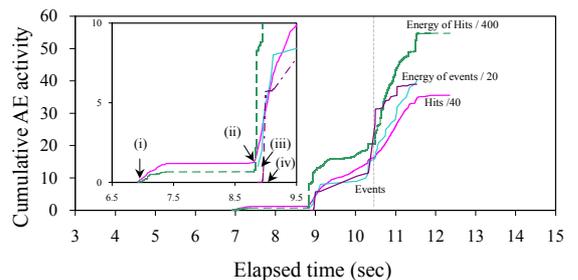


図5 種々の AE パラメータ変動 (左上: 拡大図)