

鉄骨枠付 K 型ブレースで耐震補強された RC 建物の補強効果確認原位置試験 その3 AE センサを用いた損傷モニタリング

正会員○ 柳瀬 高仁 *1 同 村田 光 *1
同 佐藤 宏貴 *2 同 島崎 和司 *3

耐震補強 鉄筋コンクリート造 原位置試験
構造ヘルスマニタリング アコースティックエミッション

1. はじめに

鉄骨ブレースにより耐震補強された鉄筋コンクリート造建物が解体されることとなり、それを利用して耐震補強の効果を実証するために、原位置での実大実験が実施された。本報では、RC造構造物を対象として開発してきた構造ヘルスマニタリングシステム^{1),2)}をこの実験に適用したので、その結果を報告する。

2. 構造ヘルスマニタリングシステムの概要

構造ヘルスマニタリングシステムの概要を写真 1 に示す。本システムは、基板上に振動子を組み込んだセンサ（以下、スマート AE センサと記す）とデータの記録・表示用の PC で構成される。スマート AE センサは、20mm×80mm の基板上に搭載した振動子で構造物の損傷により発生する AE 波を検知し、基板上的 CPU で AE 波を損傷指標に処理し、その損傷指標のデータを PC に送信する機能を有している。スマート AE センサと PC とは USB ケーブルで接続している。

本システムの特徴を以下に示す。

- ① 損傷指標は、AE 波が閾値（振幅レベル）を超える 1 秒間当たりの回数（以下、AE 計数と記す）とした。このため、PC に送信するデータ量は AE 波のデータに比べて非常に少ない。
- ② 閾値を4段階の振幅レベルで設定しており、ノイズとの分別を図る。損傷指標は、閾値の異なる4個のAE計数の1秒毎の時刻歴データとなる。
- ③ 損傷の検知を目的とし、複数のセンサを同期させた位置評定は行わないため、機器構成はスマートAEセンサとPCのみである。

実験では PC の代わりに記録媒体としてメモリを用い、電池から電源を供給する構成のシステムも併用している。

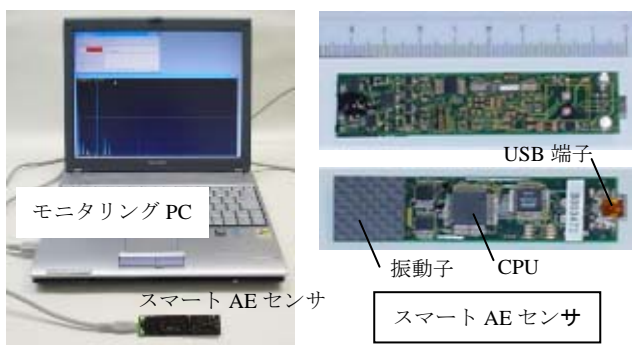


写真1 構造ヘルスマニタリングシステムの概要

3. スマート AE センサの取付け位置

スマート AE センサの取り付け位置を図 1 に示す。損傷により発生する AE 信号は半径約 1m の範囲に伝搬するため、損傷が発生すると想定される近傍にセンサを設置する必要がある。そのため、センサの設置位置は、損傷が生ずると予想した次の3箇所とした。センサ SAE1 は水平加力により引張軸力が作用する X20 通りの独立柱の脚部近傍に設置し、柱脚部の曲げひび割れおよびせん断ひび割れなどの発生を検知を想定した。センサ SAE2 は鉄骨ブレースで補強された架構の X19 通りの引張側柱の脚部近傍に設置し、柱のせん断ひび割れなどの発生を検知を、センサ SAE3 は鉄骨ブレースで補強された架構の X19 通りの引張側柱の頭部近傍に設置し、鉄骨ブレースの支圧による仕口部周辺の損傷の検知を想定した。

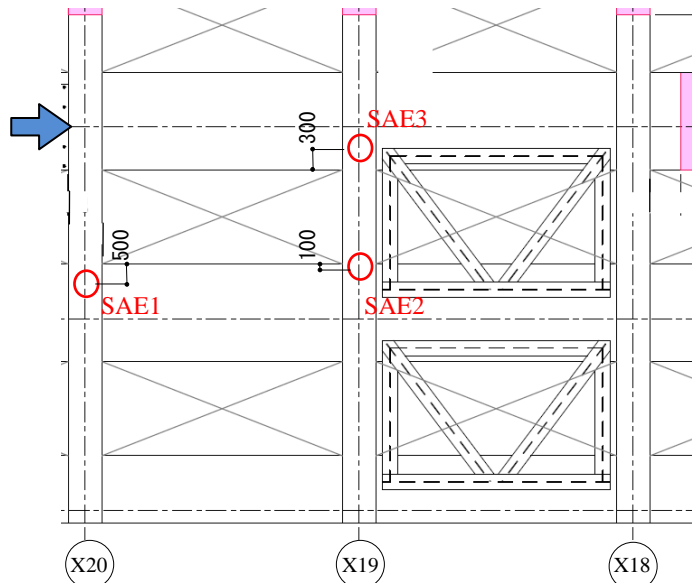


図1 スマート AE センサの設置位置

4. 実験結果

構造ヘルスマニタリングシステムは、1 秒間隔で損傷指標を計算・記録するため、加力を開始する前から加力終了後までモニタリングを行った。実験データとの対応は、荷重や変形などの実験計測システムと本モニタリングシステムの時刻を実験前に合わせ、それぞれのデータを時刻を基に対応させた。

荷重および変形の時刻歴を図 2 に、最も低い振幅レベルの閾値に対応する AE 計数の時刻歴を試験体ごとに図 3

に示す。なお、変形は X19 通りの 2 階部分の水平変形である。加力は、荷重で制御しており、500kN, 1000kN, 1500kN, 2000kN, 2500kN, 3750kN, 4000kN をピーク荷重とした片押しの繰り返し载荷を行い、その後最大荷重に達するまで加力している。

図 2 に示す荷重および変形の時刻歴データから、2 階部分の水平変形は荷重と共に増大するが、最終段階では、荷重の増大に比べて水平変形量の増大が大きく、損傷が生じていることがわかる。

SAE1 のスマート AE センサのデータは、ピーク荷重が

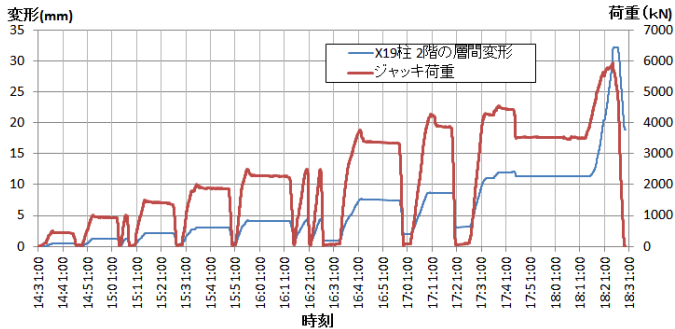


図 2 荷重と変形の時刻歴データ

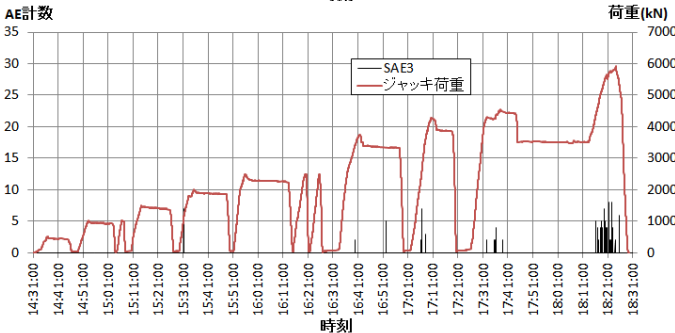
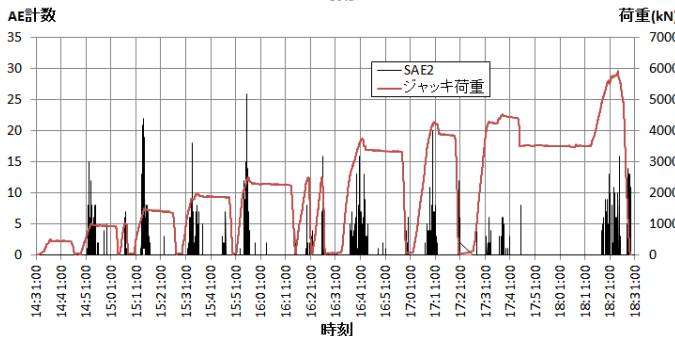
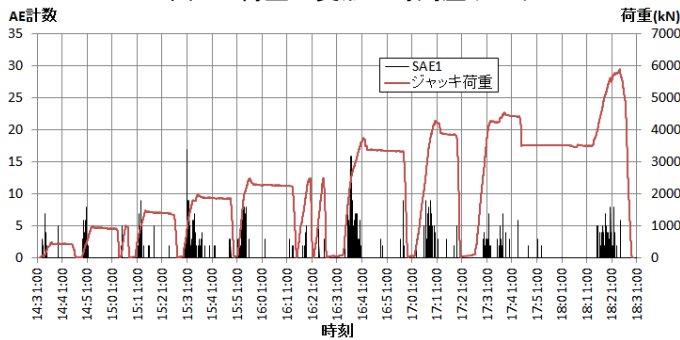


図 3 AE 計数の時刻歴データ

500kN の载荷時に AE 計数が確認でき、引張軸力を受ける独立柱に発生したひび割れを検知した。その後の荷重上昇に伴い AE 計数も増大しており、ひび割れの発生および進展を検知している。

SAE2 については、1000kN の荷重付近で発生したひび割れを検知し、その後も荷重上昇に伴い AE 計数が増大している。鉄骨ブレースが座屈した最終段階では、鉄骨ブレースに取付いている柱の損傷に伴い、多くの AE 計数が確認された。SAE2 と SAE1 の AE 計数の数値は、ほぼ同様の傾向であり、(その 2) に示した X20 通りと X19 通りの柱の破壊状況がほぼ同程度であることと対応している。

SAE3 については、最終段階を除いて AE 計数を確認できなかった。これは、鉄骨ブレースが強固で周辺架構に損傷が少なかったことによると考えられる。最終段階で確認された AE 計数は、鉄骨ブレースの座屈に伴う周辺フレームの損傷を検知したものと想定される。

SAE2 のセンサについて、各繰り返しサイクルとそれまでに発生した AE 計数累積値との関係を図 4 に示す。図中の TH1, TH2, TH3, TH4 は閾値のレベルであり、TH1 が最も振幅レベルの低い閾値である。AE 計数の累積値は、荷重上昇に伴い増大しており、せん断ひび割れが発生した荷重 1000kN の状況では 300 程度であり、写真 3 に示した実験終了時の損傷状況では 3000 程度になっている。ピーク荷重 (1000kN, 2500kN) が同一の繰り返しサイクルでは、AE 計数累積値はほとんど増大しておらず、2500kN までの繰り返しサイクルではカイザー効果が認められる。

閾値の違いについては、AE 計数累積値の絶対値が異なるが、荷重に伴う増大傾向がほぼ同等であり、損傷程度との対応は認められなかった。

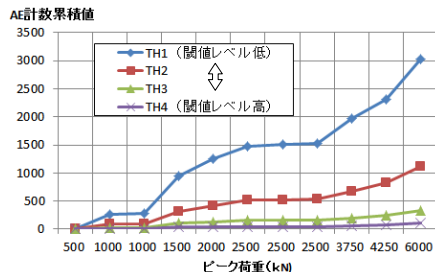


図 4 荷重サイクルと AE 計数累積値との関係



写真 3 損傷状況 (実験終了後)

5. まとめ

鉄骨ブレースにより耐震補強された鉄筋コンクリート造建物の一部を用いた水平载荷実験に RC 造構造物を対象として開発してきた構造ヘルスマonitoringシステムを適用した。実験の結果、スマート AE センサにより、実建物の損傷を検知でき、損傷程度と損傷指標が対応関係にあることを示した。

参考文献

- 1) 柳瀬他：「スマート AE センサを用いた損傷検出システムの研究」日本建築学会大会梗概集、2004. 8
- 2) 圓他：「RC 構造物を対象とした構造ヘルスマonitoringシステムの開発 (1~3)」日本建築学会大会梗概集、2007. 8

*1 ジャスト
 *2 神奈川大学教務技術職員
 *3 神奈川大学工学部建築学科 教授・博士 (工学)

*1 Just Co.,Ltd.
 *2 Kanagawa University
 *3 Prof., Kanagawa University, Dr. Eng.