光 *1 和司 *3

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

		正会員〇	柳瀬	高仁 *1	同	村田
		同	佐藤	宏貴 *2	同	島﨑
レート造	原位置試験					

耐震補強	鉄筋コンクリート造	原位置試験
構造ヘルスモニタリング	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 た構造ヘルスモ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. 構造ヘルスモニタリングシステムの概要

構造ヘルスモ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、基板上の 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。



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 割れなどの発生の検知を想定した。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の検知を, 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

構造ヘルスモ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

Field Loading Test on Existing RC building Strengthened with Steel K Type Brace Part 3 : Application of Structural Health Monitoring System With AE Sensor

YANASE Takahito, MURATA Hikaru SATO Hiroki and SHIMAZAKI Kazushi 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載荷を行い、その後に最大荷 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。

-x19柱 2階の層間変形 30 6000 ジャッキ荷重 5000 25 4000 20 3000 15 10 2000 1000 5 0 0 14:51:00 15:01:00 15:11:00 15:21:00 15:31:00 15:51:00 16:11:00 16:31:00 16:41:00 17:01:00 17:31:00 17:41:00 17:51:00 18:01:00 18:11:00 18:21:00 18:31:00 1:00 16:01:00 16:21:00 16:51:00 17:21:00 8 1:00 14:41 17:11 14:3 時刻 荷重と変形の時刻歴データ 図 2 AE計数 荷重(kN) 35 30 - SAE1 ッキ荷重 25 20 15 10 5 0 0 15:4 1:00 -15:5 1:00 -16:0 1:00 -16:41:00 -16:51:00 -17:01:00 -15:31:00 16:11:00 16:21:00 16:31:00 17:11:00 17:21:00 17:41:00 18:11:00 8 8 00 15:11:00 15:21:00 17:31:00 000 18:31:00 4:41 5:01 8:01 4:31 時刻 AE計数 荷重(kN) 35 7000 30 SAE2 6000 ジャッキ荷重 25 5000 20 4000 15 3000 10 2000 1000 5 0 0 17:01:00 15:01:00 15:41:00 15:51:00 -16:11:00 -16:21:00 16:31:00 16:41:00 16:51:00 17:11:00 17:31:00 17:51:00 18:01:00 14:31:00 1:00 14:51:00 15:11:00 18:11:00 1:00 18:31:00 15:21:00 15:31:00 16:01:00 17:41:00 17:21:00 14:4 18:2 時刻 AE計数 荷重(kN) 7000 6000 30 SAE3 キ荷重 25 5000 4000 20 3000 15 2000 10

SAE1 のスマート AE センサのデータは、ピーク荷重が

变形(mm)

荷重(kN) 7000

6000 5000 4000 3000 2000 1000 5 1000 0 0 16:51:00 -17:11:00 -17:31:00 -18:01:00 14:41:00 14:51:00 15:01:00 15:11:00 15:21:00 15:31:00 15:41:00 15:51:00 16:01:00 16:11:00 16:31:00 16:4 1:00 17:01:00 17:21:00 17:41:00 17:51:00 18:21:00 18:11:00 18:31:00 4:31:00 16:21:00

図3 AE 計数の時刻歴データ

- ジャスト *1
- *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)

500kNの載荷時に 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。



まとめ 5.

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載荷実験に RC 造構造物を対象 として開発してきた構造ヘルスモニタリングシステムを 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

- 「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 1) 柳瀬他・ 築学会大会梗概集、2004.8
- 「RC構造物を対象とした構造ヘルスモニタリングシステムの開発 2) 圓他: (1~3)」日本建築学会大会梗概集、2007.8
- *1 Just Co.,Ltd.
- *2 Kanagawa University
- *3 Prof., Kanagawa University, Dr. Eng.