

# スマート AE センサを用いた損傷検出システムの研究

正会員 ○柳瀬高仁\*1 正会員 池ヶ谷靖\*1  
 正会員 林 静雄\*2 正会員 半田士昌\*3  
 正会員 犬飼瑞郎\*4 正会員 野口和也\*4

AE 損傷検出 鉄筋コンクリート造  
 モニタリング

## 1. はじめに

AE 法は、構造物が損傷を生じた時に発生する AE 波をセンサにより捕える損傷検出法である。また、複数個のセンサを配置し、受信した AE 波を波形処理することにより、損傷の発生位置を比較的正確に推定することができるため、実験など主に用いられてきた。しかし、実構造物の損傷検出を行う上では、予めある領域に損傷が発生することを予測することが可能であり、精度良く損傷位置を検出する必要がない場合が多い。このため、損傷が予測される位置周辺に1つの AE センサを設置し、損傷箇所を領域として同定することになると、煩雑な波形処理をしないため簡単な損傷検出システムが確立できる。この損傷検出システムは、AE センサが受信した AE 信号の処理が簡単なため、基板に AE センサと受信した AE 信号を処理・保存し、外部との通信を行う機能を組み込むことが可能である。

そこで、これらを組み込んだセンサをスマート AE センサ (以下 SAE と記す) として製作し、SAE を用いた計測システム (スマート AE 計測システム) を構築した。本報告では、SAE を貼り付けた構造実験の概要と結果について報告する。

## 2. 損傷検出システムの概要

本実験で用いた SAE を用いた損傷検出システム概要を以下に示す。

- (1) 損傷の検出は、受信した AE 信号が 4 段階に設定した振幅レベル (閾値) を越えた単位時間の度数で行う。
- (2) 試験体に設置する SAE には、AE 信号の受信部と信号処理・保存・PC との通信機能を持たせる。

SAE を写真 1 に示す。SAE は、写真 1 のように基板上に AE 信号の受信部とデータの処理、保存、通信機能を持たせる CPU など配置したものである。

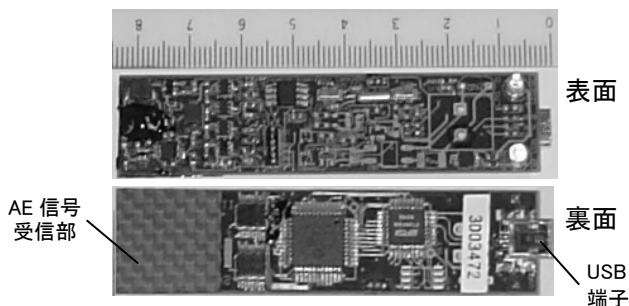
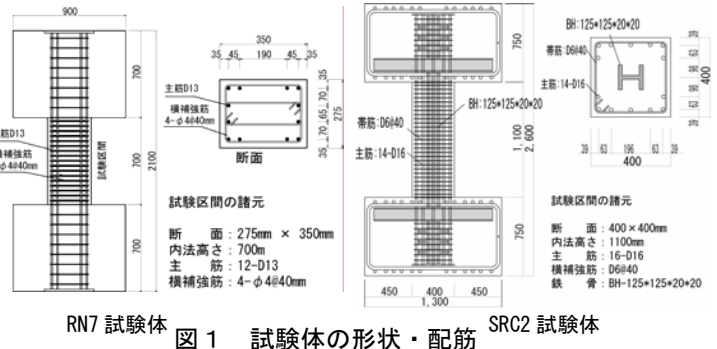


写真 1 使用した AE センサ (SAE)

## 3. 実験概要

試験体は、鉄筋コンクリート造および鉄骨鉄筋コンクリート造の柱部材 2 体 (RN47 試験体, SRC2 試験体) である。試験体の形状および配筋図を図 1 に示す。



RN47 試験体の断面寸法は 275mm×350mm で、試験区間の内法高さが 700mm である。SRC2 試験体の断面寸法は 400mm×400mm で、試験区間の内法高さが 1,100mm である。

加力は、加力治具を介して試験体に地震を想定した逆対称加力とした。水平力は正負交番の漸増繰返し荷重とした。SRC2 試験体には軸方向力を作用させた。

試験体には SAE を加力方向と直交する面の中央高さ位置に貼り付け、損傷の検出を行った。なお、RN47 試験体については実験当初から最大荷重付近まで、SRC2 試験体については変形角 (R) が 1/67rad. 以降について SAE により損傷の検出を行った。試験体のひび割れ発生状況は目視により観察を行った。

## 4. 実験結果

水平荷重 (Q) と R との関係、および最終破壊状況を図 2 に示す。RN47 試験体は、最初の加力サイクルの Q=80kN 付近で部材の両端部に曲げひび割れが発生し、2 回目の加力サイクルの Q=140kN 付近で部材端部から約 20cm の位置にせん断ひび割れが発生した。その後せん断ひび割れが部材のほぼ対角線上に発生し、変形が 10mm 付近で最大荷重 380kN を示した。その後の繰返しサイクルでは荷重が 380kN を超えることはなく、部材の対角線上に発生したせん断ひび割れが顕著となり、せん断破壊した。

SRC2 試験体は、SAE による損傷検出を開始したのは最大荷重を経験した後の R=1/67rad. であり、試験体全面にせん断ひび割れが発生していた。その後も多くのせん断ひび割れが分散して発生し、材端部コンクリートに圧壊が生じた後に最終的にはせん断破壊した。RN47 試験体に

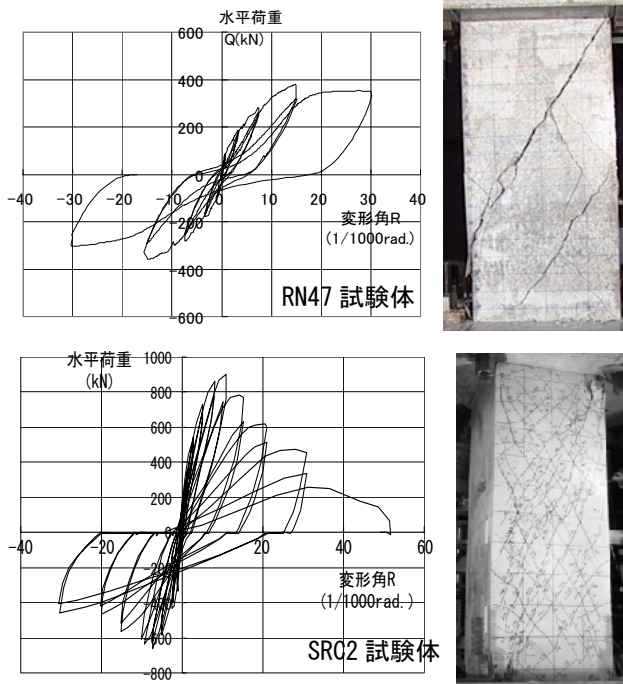


図2 せん断力-変形角関係および最終破壊状況

比べて発生したせん断ひび割れの数が非常に多かった。

1秒間にAE信号が閾値を終える度数(AE計数)の推移をRN47試験体について図3に、SRC2試験体について図4に示す。なお、図中のAE計数は、最も低い振幅レベルの閾値に対する値を示している。

図3は、横軸に加力ステップを、左側の縦軸にAE計数を右側の縦軸に変形角を示している。変形角は加力ステップが進むに従い正負繰り返しを行い、ピーク時の変形角が漸増している。AE計数は、2回目の加力サイクルの正負のピーク付近(250ステップ前後)で初めて生じている。また、その後の加力サイクルでは、加力サイクルのピーク付近で集中的にAE計数が確認されている。同じ変形角で繰り返す場合、一度経験した変形角ではAE計数がほとんど認められず、カイザー効果が確認できる。単位時間に最も多くのAE計数が確認されたのは、せん断ひび割れが発生した2回目の負側サイクルのピーク付近であり、せん断ひび割れ発生時のAE波をセンサーで捕えることができた。

図4は、横軸に加力ステップを、左側の縦軸にAE計数を右側の縦軸にAE計数の累積値を示している。各変形角とも、AE計数が最も多くなっている付近が加力サイクルのピーク付近であり、コンクリートの圧壊が激しくなったR=1/50rad.の加力サイクルのピーク付近では特に多くのAE計数が確認された。SRC2試験体のAE計数はRN47試験体に比べて多くなっている。これは、SRC2試験体に発生したひび割れの数がRN47試験体に比べて非常に多いこ

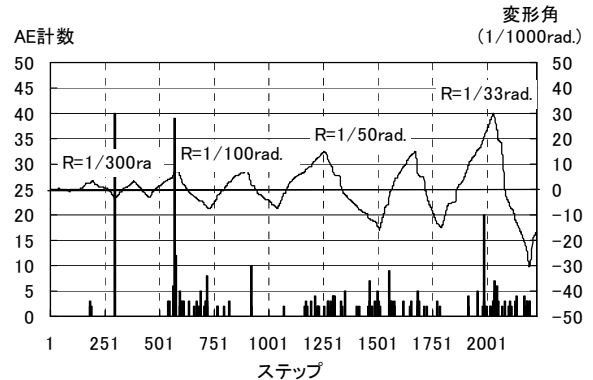


図3 AE計数の推移(RN47試験体)

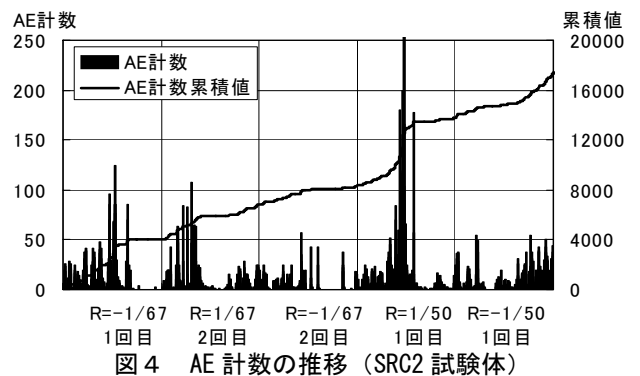


図4 AE計数の推移(SRC2試験体)

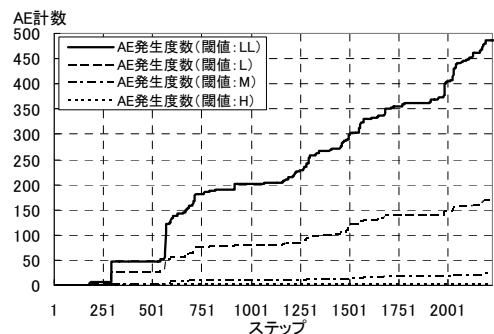


図5 AE計数の推移(RN47試験体)

と、鉄骨とコンクリートの界面で付着損出などのAEが発生しているためであると考えられる。

RN47試験体におけるAE計数の推移を閾値毎に示したものを図5に示す。閾値のレベルはLLが最低で、Hが最高である。図より、閾値の違いによりAE計数が大きく異なるが、発生する時期はほぼ同じであり、大きなAE信号になれば高いレベルの閾値でも試験体の損傷は検出できる。

## 5. まとめ

スマートAEセンサー貼り付けたコンクリート系構造物の構造実験を行った結果、以下の結論が得られた。

- 1)SAEによりせん断ひび割れの発生を検出できた。
- 2)発生したひび割れが多いほどAE計数も多い。
- 3)SAEを用いた場合でもカイザー効果が現れる。
- 4)大振幅のAE波が発生する時期は閾値の違いによらない。

\*1 ジャスト      \*2 東京工業大学教授,工博  
\*3 東京建物      \*4 国土技術政策総合研究所