

AE パラメータ解析による確定論的破壊予測に関する考察

熊本大学工学部社会環境工学科
熊本大学大学院自然科学研究科
熊本大学工学部技術部
熊本大学大学院自然科学研究科

学生会員 ○佐藤 京介
学生会員 永井 勇輔
正会員 友田 祐一
フェロー会員 大津 政康

1. はじめに

コンクリートや岩石などの Pseudo-Brittle な材料の破壊過程における Meso-Scale での内部観察によれば、材料の破壊過程は引張クラックの生成、それらの集積および連結・合体、そして、せん断クラックの発生と最終破壊へと至ることが知られている。

アコースティック・エミッション (AE) 法を、これら材料の Meso-Scale 破壊過程の観察に適用した研究成果によれば、発生する微小クラックを引張クラックとせん断クラックに識別できることが明らかになっている¹⁾。そこで、これらの機構的な知見と計測技法を止揚し、材料の破壊過程に基づいた確定論的な破壊予知法の可能性についてフィジビリティ・スタディを実施した。

破壊予知の研究は地震予知が先行しており、材料科学の分野では疲労破壊のパリス則などの統計的な手法が見られるのみである。現在も地震予知の困難さが議論されているように、未解明な研究テーマであるが、Pseudo-Brittle 材料の破壊過程を AE 計測によって定量的に追跡可能ならば、確定論的な破壊予知が可能となると考えられる。

2. AE パラメータ解析

AE とは「固体材料内部の微小な破壊、あるいはそれと同様なエネルギーの解放過程によって発生する弾性波動現象」と定義されている²⁾。検出される AE 現象には、個々に対応する破壊源が存在し、その破壊源に壊機構に関する情報が含まれていると考えられ、AE 法に関する各種の情報を適切に収集し、解析することによって、直接確認することが困難な材料や構造物内部の破壊状況を推測することが可能となる。

本研究で解析可能な AE パラメータを図-1 に示す。これら AE の発生に関するパラメータの変動を検討し、ひび割れの特徴を定量的に評価することを試みた。本

研究では、(社)日本建材産業協会規格 (JCMS) で規格化されている (JCMS3B5706)³⁾、平均周波数 (カウント数/継続時間) と RA 値 (立ち上がり時間/最大振幅値) の関係を用いて発生するひび割れが主として引張型かせん断型を識別する。ただし、現在規格化されている平均周波数と RA 値の比の決定には明確な指標は示されていない。

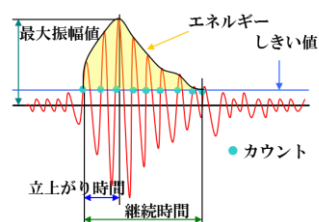


図-1 AE パラメータ

3. 従来の割裂破壊での経過時間と平均周波数の関係

従来のモルタルの割裂試験における AE 試験によって得られた平均周波数 (A-FRQ) と RA 値のグラフを図-2 に示す⁴⁾。この図より、引張破壊からせん断破壊に移行し、平均周波数の値が最終破壊に向けて急激な下降が見られ、その後 RA 値と交差する。図では経過時間のおよそ 75%でこの遷移点を示している。他の実験結果での遷移点については表-1 にまとめている。

これにより、AE 計測によってこの遷移点が定量化できれば、材料があとどの程度の時間経過で最終破壊を迎えるのかを予測することが可能であると考えた。

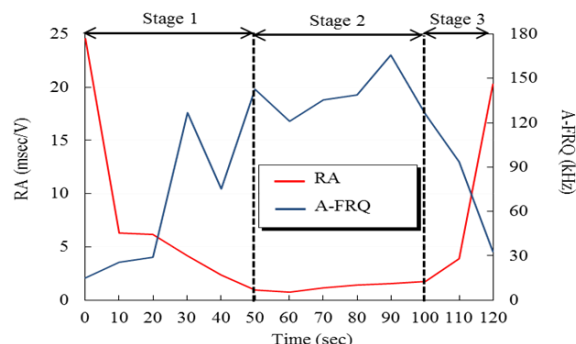


図-2 割裂試験結果 (モルタル)

表-1 平均周波数の遷移点

供試体	反応地点(%)
モルタル	75
NRC	81
SFRC	90
PVAFRC	80

4. 実験概要

本研究では $100 \times 100 \times 400$ (mm) のコンクリートの角柱を仮定の破壊面をつくるために 45 度に切断し、再びモルタルで接合したものを供試体として用いた (図-3)。

この供試体の仮想破壊面近くに AE センサを設置し、一軸圧縮破壊試験を行うことによって、AE パラメータを取得し、最終破壊に至るまでの過程における平均周波数と RA 値の変遷が仮定通りになるのかを検証した。

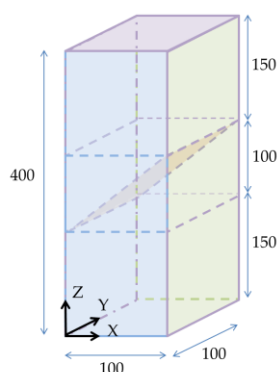


図-3 供試体

5. 実験結果および考察

今回の実験により得られた結果を図-4 に示す。このグラフからわかるように、本実験でも割裂試験においての結果と同様に最終破壊の手前で平均周波数が急激に下降し、RA 値と交差する様子を確認することができた。

平均周波数の遷移点については、この結果では、経過時間のおよそ 90% の地点で平均周波数の急激な下降が表れている。割裂試験においてのコンクリート供試体の遷移点は表-1 に示すように 80% であり、今回の供試体との違いが見られた。

これらの今回得られた結果から AE パラメータ解析による確定論的破壊予知法に関する考察を行う。

まず、割裂試験と同様に平均周波数の急激な下降を確認することができたことから、破壊箇所近くで AE セン

サを用いて最終破壊までの挙動を観測することで、引張クラックの発生から、せん断クラックの卓越へと遷移する点の定量化による確定論的な破壊予知が可能であるという検証を行うことができた。

また、割裂試験との遷移点の差異については、本実験の供試体はコンクリート角柱を一度切断し、再びモルタルで接合したものであるため、均一なコンクリート供試体を破壊するのとは違い、接合部のモルタルが破壊面が滑るのを抑制していたためだと考えられる。それと同様に割裂試験における材料ごとの遷移点の違いについても、それぞれの靱性の違いによるものと考えられる。そのため、破壊予知を考えるうえではその材料ごとの性質にも着目する必要がある。

これらのことから、今後は結果の実証として、さらに多くのせん断破壊試験を行い、これまでの実験・計測データに基づいて、材料特性と破壊形式の差異に関する破壊予知の検討を行う必要がある。さらに、破壊過程の制御が容易と考えられる時間依存性破壊実験を実施し、提案手法の実用的な手法としての検証を試みる予定である。

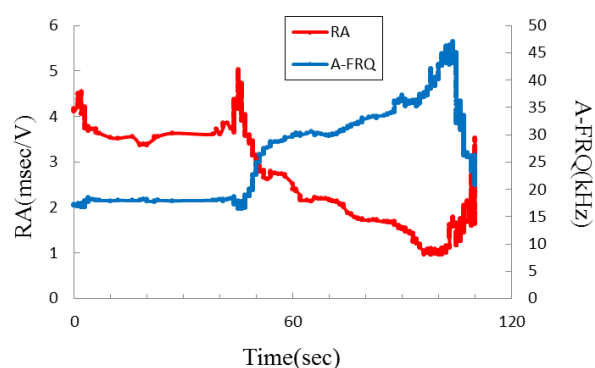


図-4 実験結果

6. 参考文献

- 1) K.Ohno and M.Ohtsu: Crack Classification in Concrete based on AE : Construction and Building Materials, Vol.24, Issue121, pp.2339-2346, 2010
- 2) 大津政康: アコースティック・エミッションの特性と理論 (第2版), 森北出版, 2005.
- 3) 社団法人日本建材産業協会: コンクリートの非破壊検査法, pp.47-64, 社団法人日本建材産業協会, 2003.
- 4) M.Mondringin and M.Ohtsu : AE Indices for Characterization of Concrete Failure Process : Proc.of Progress in Acoustic Emission XVI, chapter6, 2012.