

構造物の破壊挙動観測

Instrumentation for Detection of Fracture-Behavior of Structures

山口 楠 雄*・浜田 喬*・藤田 博之*・市川 初男*

山上 典男*・小柳津 宏忠*・浜田 直也*・鈴木 博*

Kusuo YAMAGUCHI, Takashi HAMADA, Hiroyuki FUJITA, Hatsuo ICHIKAWA

Norio YAMAKAMI, Hirotada OYAIZU, Naoya HAMADA and Hiroshi SUZUKI

省資源化のためには材量の最適使用と構造物の最適設計を防災と両立させて実現しなければならない。アコースティック・エミッションは材料の破壊挙動の把握と構造物の監視に有用であるが、その機能の高度化とともに機能の量的な規定を行う必要がある。我々は計測システムの性能規定と伝播系のモデル化を行い、AE シミュレータによる実験と合わせて計測系の評価を行う研究を進めてきた。また一方では、AE 波特徴パラメータ抽出による計測機能の高度化を研究してきたので、これらについて報告する

1. はじめに

各種の大型構造物は社会的要求により今後ますます増加し、広範囲の環境下で使用されると見られる。構造物を省資源化された設計で実現させることは工学的にも社会的にも今後の重要課題であるが、その実現に当たって十分な安全性あるいは防災性がなければならない。アコースティック・エミッション(AE)を材料の破壊挙動の観測に用いる手法は、他に破壊を即時的に計測する手段が無いので、ますます必要性を高めてつある。すなわち、各種材料の試験に用いて材料中の微視的变化の観測に役立つ分野から、構造物の試験時における内部欠陥の検出、さらに使用中における常時監視に用いて破壊の生起および進展を推定し、大規模破壊を防ぎ安全性の向上をはかる方面に至る広い範囲で使用され、あるいは実用化への研究が進められている。

AE 利用のために必要な研究は、まず、その観測機能の高度化であって、AE 波から破壊挙動観測に役立つ情報をなるべく効率よく収集することである。つぎに、AE 計測装置を含む系の性能を量的に規定することであり、構造物に適用する場合には、できればその計測装置の付加により、どの程度の確度で破壊挙動が検出できるかを量的に推定したい。

我々は、破壊情報収集の高度化の目的でAE 波特徴パラメータのリアルタイム抽出による欠陥位置標定などの機能の高度化を進めており、一方では計測系の評価のための手法の研究を行っている。この評価の研究では、現段階で最も実用的に有用と思われるAE シミュレータによる系の試験を行い、相対的ではあるが量的な評価を進めている。

破壊挙動計測へのAE 応用の動向とその問題点については、すでに昨年の特集において述べたので¹⁾ここでは本特定研究およびその他の研究として我々が行った研究について報告したい。

2. AEによる破壊挙動の計測

AE は応力の加わったときに、材料の変形もしくは欠陥あるいはき裂の進展にともない発生する弾性波であるので、AE 利用による破壊挙動の計測は、観測されるAE 波から逆に破壊挙動などを推定することになる。この目的のために、材料、環境、負荷などの外部状態のほかに、AE 波の持つ情報として次のごとき項目がある。

- (1) 生起数、頻度
- (2) 最大振幅分布、エネルギー分布
- (3) 到着時間、到着時間差
- (4) 持続時間、立上がり時間
- (5) 最大振幅、最大エネルギー
- (6) 信号エネルギー
- (7) 波形パラメータ、たとえばエネルギー・モーメント

以上の中で、(1)、(2)は受信AE 波を統計的に処理して得られるマクロ量であり、従来のAE 計測はこれらのマクロ量の計測が主体で、時間的変化を含んだ値を用いている。しかし、検出されたAE と破壊挙動の対応を明らかにしていく重要な課程において、これらのマクロ量のみでは不十分と考えられはじめており、AE 波の個別全数処理により得られる(3)以下の情報により個々のAE 波を識別処理することが今後必要と思われる。またこの研究は、将来構造物の安全性の向上のためのAE 法適用を高度化・実用化していくために必要な段階である。

* 東京大学生産技術研究所 第3部

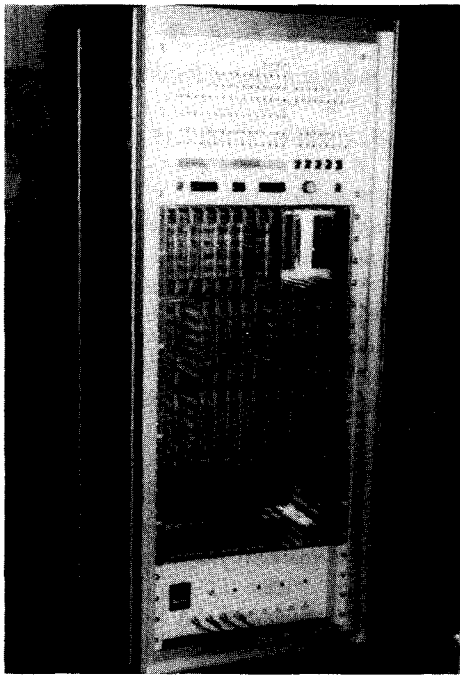


図1 AE波特徴パラメータ抽出のための試作装置の写真

3. AE波特徴パラメータ抽出^{2), 3)}

センサ出力としてのAE波は、持続時間数10マイクロ秒～数ミリ秒、周波数数十kHz～1MHzの範囲であり、高頻度のときにはほとんど連続して生起するので、AE波の個別全数処理のためには波形の直接計算機処理をリアルタイムに行うのは困難であり、専用回路により波形情報をパラメータとして抽出する入力処理装置をセンサ数だけ設ける必要がある。

我々はこの目的のために、図1のAE波特徴パラメータのリアルタイム抽出装置を試作した。この装置は包絡線検波された入力AE波を2.5マイクロ秒でサンプル後8ビットのデジタル信号に変換し、波形分離を含む各種演算処理により、先述の(3)～(7)のパラメータを抽出するもので、6入力チャンネルの処理部を備えている。

この装置は当初、構造物等における欠陥位置標定機能の高度化のために開発されたもので、抽出されたパラメータを計算機に送り、信号の同定・組合わせ処理を行うことにより、有効標定率を向上させることができた。また、2センサ入力による標定を可能にするなど、大量の個別情報による新機能を得ており、さらに材料試験等に適用して破壊挙動の詳細な推定の研究に役立つことが期待されている。

4. AE計測系の評価^{4), 5), 6)}

AE計測を破壊挙動と定量的に対応する観測方法とす

るためには、次の各段階が定量的に規定されなければならない。

- (1) 材料、環境、負荷による破壊挙動と発生AE
- (2) 伝播(反射、迂回等も含む)
- (3) センサの変換特性(取付方法も含む)
- (4) センサ以後の計測装置の特性・機能

(1)は材料力学、破壊力学等の分野できわめて興味を持たれている研究課題であるが、まだ確実な知見は得られていない。(3)のセンサについてはいくつかの較正法が提案されているが、普遍性の点で問題を残している。(2)の伝播については、板波のモードに対する特性以上の定量化は行われていなかったが、最近さらに詳細な研究の必要性が認識されはじめています。

我々は一定の条件下で再現性の高い方法により、(3)を含めた(4)の計測装置の性能を評価することにより、相対的方法によるものであっても材料試験等の計測の定量化と較正に大きく役立つと考えた。この性能規定のパラメータとして次の項目を採用した。

- (1) 最大計測率
- (2) 計測対応度
- (3) 誤処理率
- (4) 標定精度

(1)～(3)によりAE計測装置の評価実験を行い、この規定が有効な指標となることを確かめた。

構造物へAE標定・計測装置を適用した場合には(1)～(4)の評価のみでなく伝播系の規定が必要となるので、伝播系を形状と伝達関数により規定する方法を提案した。以上の研究により、(1)のAE発生量の定量化が進めば、AE計測系を構造物に付加することにより得られる、安全性の向上度を確率的に求め得ることを示すことができた。

5. AEシミュレータ

定量的でかつ再現性のあるAE源は現在得られていないので、先述のAE計測装置の評価実験にはAEシミュレータによる擬以AEが必要である。我々は振幅分布、発生間隔分布、発生数などを任意に操作できる電圧パルス発生装置を開発し、この出力を安定性の高い広帯域圧電変換子に与えることにより擬以AEを得ている。この装置は現在図2に示すような仮組立のものであるが、改良を加えて広く実用に供し得るものにするを計画している。

6. おわりに

以上本特定研究その他の研究費により進めている構造物破壊挙動観測へのAE法の適用とその高度化、およびAE法の定量的な評価の方法についての研究の成果について説明した。個々の成果については、すでに発表を行

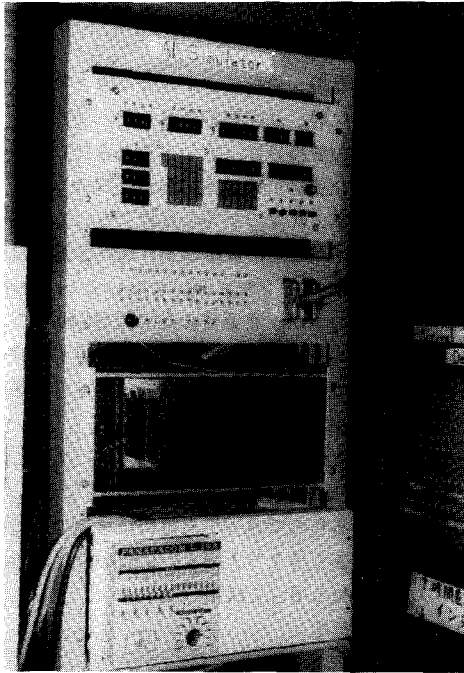


図2 擬似AE発生のためのAEシミュレータ装置の写真

っており、これらは参考文献に示してある。

我々のAE法の研究の目的は、AE計測の高度化と定量化であり、構造物等の安全性向上の予測がその究極の目的の一つである。このためには破壊挙動とAE発生の量的対応を明らかにすることが必須であり、材料関係の研究者と共同して研究を進めている。

(1981年3月13日受理)

参考文献

- 1) 山口, "構造物破壊挙動等の計測のためのAE利用", 生産研究, 31-3 (1980.3)
- 2) 山口, 山上, 小柳津, 浜田喬 "AE波特徴パラメータ抽出装置" 第2回アコースティック・エミッション総合コンファレンス (1979.10)
- 3) K. Yamaguchi, H. Fujita, H. Ichikawa, H. Oyaizu, N. Hamada, "Acoustic Emission Location System by Real-Time Extraction of Identification Parameters" The 5th International Acoustic Emission Symposium, Tokyo (1980.11)
- 4) 山口, 浜田喬, 山上, 浜田直也, "擬似AE発生装置によるAE計測標定システムの評価" 第2回アコースティック・エミッション総合コンファレンス, (1979.10)
- 5) K. Yamaguchi, T. Hamada, H. Fujita, N. Yamagami, N. Hamada, "A Performance-Evaluation Method for AE Instrumentation Using AE Simulator" The 5th International Acoustic Emission Symposium, Tokyo (1980.11)
- 6) H. Fujita, K. Yamaguchi, "A Model for On-Line Safety-Assurance of Structures by AE Monitoring" ibid.
- 7) K. Yamaguchi, T. Hamada, N. Yamagami, "A Simulator for Multichannel AE Generations with Random Intervals and Amplitudes" The 4th Acoustic Emission Symposium, Tokyo (1978.9)

