

巨大構造物の破壊予知情報 の収集と標定に関する研究

Information Acquisition and Flaw Location System for
Failure Prediction of Large Structures

3・3・1

多チャンネルAE標定装置の開発

Development of a Multi-channel System for
Locating Acoustic Emission

山口 楠 雄*

Kusuo YAMAGUCHI

1. ま え が き

巨大構造物、たとえば原子炉圧力容器、大形タンク、大形タンカーあるいは大形建築物などは万一事故を起すと極めて大きな災害をもたらす場合が多い。このため、これらの巨大構造物については災害防止のための極度の努力が要求される。このような構造物は、設計に十分な注意を払ったとしてもなおその材料の品質、施工の状態、使用中の構造物自体あるいは環境の変化などによりその強度、安全性が大きく左右されることが多い。そこで、これらの構造物について事故を未然に防止するため使用前、あるいは定期的な検査と補修が必要とされている。さらに、使用中に常時監視し、破壊を予知して適当な処置をとりうるシステムが望まれている。

構造物の非破壊検査は超音波、X線などにより従来から行われている。アコースティック・エミッション(AE)は、ストレスのかかった材料の変形もしくは欠陥の成長などの際に出る音であって、このAE信号の持つ情報を利用して構造物の破壊を予知し、危険性の高い場所を標定することができる。圧力容器などの静圧試験における検査あるいは破壊予知のためのAEの利用はすでに技術的にはかなり実用化の域に達してきている。その他AEについての発表も多くなされている。さらに、今後は構造物の常時監視などに有望な手段を与えるものと見られている。ただし、AEに関してはその基礎的な面において解明すべき点が多く存在するとともに応用分野においても計測の定量化、標準化、雑音除去、システム・パフォーマンスの高度化など今後の開発に待つ面が多い。

本所においては、早くからAEの有用性に着目し、基礎的な研究を行うとともに多チャンネルAE標定システムの開発を行ってきた。今回さらに本所の行う臨時事業の一環として巨大構造物の破壊予知情報の収集

と標定の研究を進め、AEによる災害防止のための有効なシステムの開発を行いつつある。以下この研究について現在までの経過ならびに今後の計画を述べたい。

2. A E 標 定

AE計測には大きく分けて連続形と突発形とがあるが、この研究においては構造物の微小なわれの進行にともなって発生する突発形AE信号を処理して欠陥位置を標定しかつその進行を推定することによって大形構造物の安全性確保のため役立つシステムの検討と開発を目的としている。

AE標定の原理はすでによく知られているようにインパルスのAEによって起されたAE波の構造物上の複数の各センサへの到達時間差から発生源位置を求めるものである。この標定の原理そのものは簡単で、すでにかんがりのシステムが米国を中心に発表されている。しかし、センサ、増幅器、信号処理、雑音除去のためのハードウェアおよびソフトウェア、標定結果の統計処理、破壊予知のための判断、システムのコストパフォーマンス、信頼性、保全性など場合により解決を要する問題点が多く、とくに高雑音環境下の常時監視には難しい点が多い。

3. 研究 経 過

東京大学生産技術研究所においては、AEについての研究・調査をかねてから行ってきたが昭和47年はじめから圧力容器等の構造物の試験に使用でき常時監視のための研究にも用いられることを目的とした小形計算機、CRTディスプレイを含む多チャンネル・オンラインAE標定システムの開発をはじめてきた。このシステムは、予想される広い範囲の研究目的に対し使用できるようになるべくフレキシビリティを持たせるように考慮された。

昭和48年にこのシステムを用い電力中央研究所からの委託により、日本原子力研究所において実施している軽水炉モデルの繰返し疲労試験における4号モデル

* 東京大学生産技術研究所 第3部

の実験においてAE標定を行い、かなりの成果を挙げ、各種のデータを得た。第1図および図2にこのシステムのブロック図と繰返し疲労試験に使用中の写真を示す。

以上の経験から、溶接欠陥と疲労われのAE信号の相異、疲労われのAE信号レベル、センサの問題、雑音および信号処理などについてかなりの知識を得ることができた。

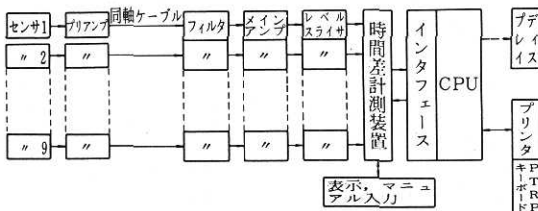


図1 多チャンネルAE標定システム

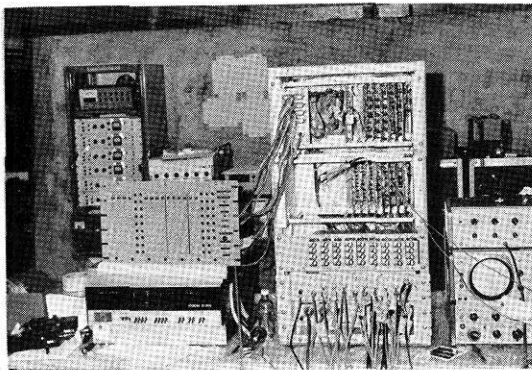


図2 繰返し疲労試験に使用中の多チャンネルAE標定システム

当臨時事業においてはさらに大形の構造物にも使用できるように16~32チャンネルの標定システムの検討を行い、現在この製作を行っている。このシステムの開発は単にチャンネル数の増加を目的とはしていないが、スケールアップについての指針を与えるように考慮している。

4. 今後の計画

AE標定システムの開発に関係する問題点あるいは研究課題としては、AEの発生機構、AE波と伝播、センサとその配置および取付方法、定量的計測と標準化、雑音の除去あるいは影響を防止するハードウェアおよびソフトウェア、パフォーマンスの高い標定システム、標定結果の統計的処理および判定、標定結果と欠陥の状態との対応、結果の表示及び蓄積、システムの評価

およびシステム間の比較、苛酷な環境における信頼性など多種多様に渡っている。これらの課題は広い分野にまたがっており、またその研究に長い時間を必要すると見られるものも少なく限られた期間内にこれらのすべての研究を同様にを行うことは難しいと考えられる。

本所としては、まず現在行っているAE標定のための情報処理システムの開発を引続き行い、先に述べたようにかなり大規模な多チャンネルのシステムを製作する。これについて雑音除去、標定および統計処理などのハードウェアおよびソフトウェアの高性能化をはかることに重点を置いている。これと同時に、センサ、増幅器、フィルタなどの検討評価とAEについての基礎的な研究、標準化などの点の研究も引続き行う。

現在開発中の多チャンネルAE標定システムを図3に示す。このシステムは時間差計測を9チャンネルずつのユニットで増設することができる。時間差計測は各ユニットごとに独立して行われ、計測の終了したユニットの内容がICUを通じてCPUに読込まれる。最大計測時間 T_{max} は各ユニットごとに与えることができ、時間差計測スタート時の誤計測を防止するスタートマスクもユニットごとに行っており、このディレイ T_{MD} も個別に与えられる。

この各時間差計測ユニットはデータ読込みにデジタル入力1語を使用するので、ICUのデジタル入力を例えば8語使用すると8ユニット72チャンネルまで増設できる。ユニット化の目的は計測中に他のAE信号が発生したとき読込みができない呼損率に相当する確率を低くすることと、制御の容易さ、読込みおよび標定処理の高速化をある程度両立させることにある。また、チャンネル増設の容易さ、小規模な実験にも使いやすいこと、2個以上の別個の構造物に同時に使用できるなどの特徴がある。ただし、大形の構造物を全部連続したエリアによって分割するときユニット間の入力を重複させねばならないので計測チャンネル数の実質的な減少が生ずる。この場合もセンサ増幅器の系列は重複しないので計測ユニットのみの増設につながるが、フレキシビリティと処理の容易さの両立に対しハードウェアのある程度の増大は全体として不利ではないと考えられる。

この多チャンネルAE標定システムは時間差計測装置のほかにアナログ入力、デジタル入出力をそなえ、試験装置の圧力などの瞬時値、時刻などの読込み、試験装置への出力、スライスレベルの変更などのオンライン入出力に使用することができる。

センサ、増幅等については従来使用していたもののほかに各種のものを製作、購入して実験に使用し検討する予定である。

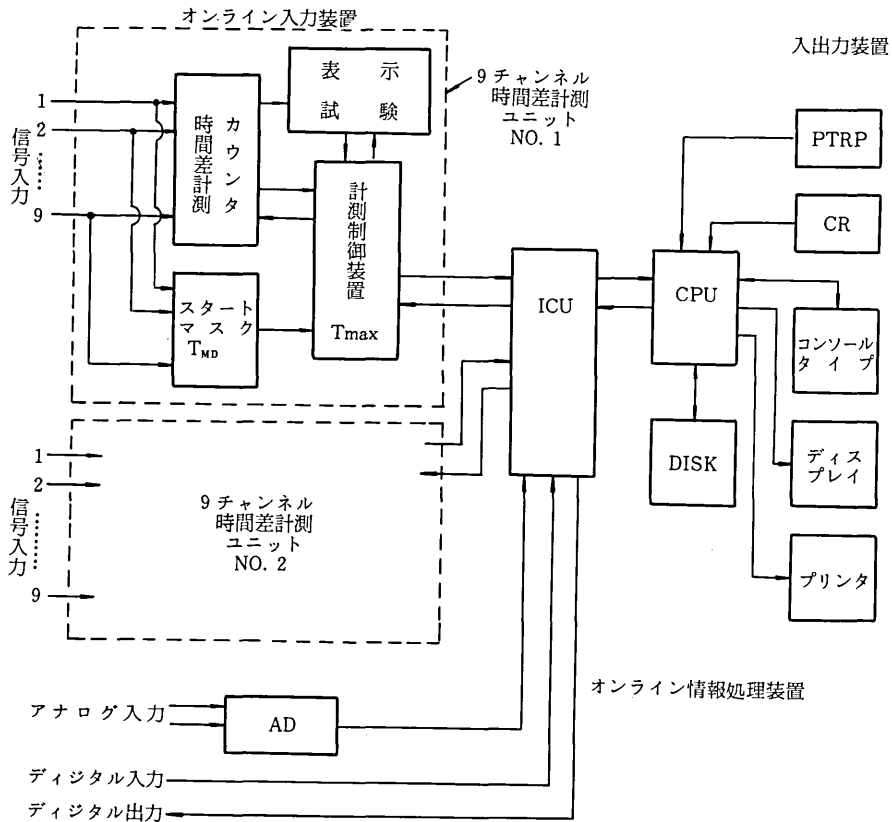


図3 時間差計測ユニットとオンライン情報処理装置による多チャンネルAE標定システムのブロック図

5. あとがき

以上簡単に巨大構造物の破壊予知情報の収集と標定のためのアコースティック・エミッションの研究について述べた。とくに、多チャンネルAE標定システムの開発について現在までの経過と現在製作中のシステムの概要を報告した。すでに述べたように大形構造物のAE標定については開発すべき多くの問題点があるので今後はこのシステムを用いた実験を行うとともにさらに経験を重ねて巨大構造物の安全性確保のために役立つより有効なAEの利用方法とそのシステムの研究を進めて行きたい。

(1975年1月22日受理)

参考文献

- 1) 尾上, 山口, 市川, 山田, 野口, 多チャンネルAE標定システム, 非破壊検査協会秋季大会予稿 II-1, 1972.
- 2) 尾上, 山口, 市川, 嶋田, 野口, 多チャンネル・アコースティック・エミッション標定システム, 電気学会全国大会予稿 1381, 1973.
- 3) 同上, 多チャンネルAE標定システム, 生産研究, 25-4, 1973.
- 4) 山口, 尾上, 市川, 嶋田, 南崎, アコースティック・エミッション標定システム, 計測自動制御学会学術講演会予稿 1151, 1973.
- 5) 山口, AEの計測技術, 電気四学会連会大会シンポジウム予稿 288, 1973.
- 6) 尾上, 山口, 市川, 嶋田, 下間, 多チャンネル・アコースティック・エミッション標定システム (第2報), 電気学会全国大会予稿 1136, 1974.
- 7) 同上, 原子炉模形圧力容器の内圧繰返し疲労試験におけるAE標定について, 電気学会全国大会 1137, 1974.
- 8) 同上, 原子炉模形圧力容器の内圧繰返し疲労試験におけるAE標定について, 非破壊検査協会春季大会 II-17, 1974.
- 9) 山口, アコースティック・エミッションの計測技術, 生産研究, 26, 4, 1974.
- 10) M. Onoe, K. Yamaguchi, H. Ichikawa, T. Shimada, Y. Shimozuma, Multichannel AE Source Location System and Its Application to Fatigue Test of Model Reactor Vessel, The Second Acoustic Emission Symposium, Session 2, 82-102, 1974.