

多チャンネルAE標定システムの開発

Development on Multichannel AE Location System

山口 楠雄*・市川 初男*・阿藤 寿孝*・山上 典男*

Kusuo YAMAGUCHI, Hatsuo ICHIKAWA, Hisataka ATOH and Norio YAMAGAMI

1. ま え が き

本システムの開発は巨大構造物の破壊予知情報の収集と標定に関する研究としてはじめられたものである。巨大構造物、たとえば原子炉などの圧力容器、大型タンク、大型タンカーあるいは大建築物などは万一事故を起こすと極めて大きな災害をもたらす場合が多い。そこで、これらの構造物については事故を未然に防止するため使用前あるいは定期的に検査を行い必要により補修を行うことが必要である。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おりまた大災害により不幸にして破壊したときにはこの破壊時の構造物の挙動を記録し後の再生まで安全に記録を保存するシステムがあれば破壊時の経過の解明と以後の対策に大きく役立つ。

アコースティック・エミッション(AE)についての本所における研究についてはすでに多く発表されており^{1)~10)}、またこの第二次臨時事業における研究の目的および計画ならびに昭和50年度までの研究経過については昭和50年3月および昭和51年3月の小特集^{11), 16)}において報告した。これらの報告において述べたように昭和50年度までに18チャンネル(72チャンネルまで拡張可能)のハードウェア^{12), 14), 15)}と補正係数方式による3および4センサ両方式のソフトウェアを用いた標定システム¹⁸⁾を完成し、圧力容器の繰返し疲労破壊試験^{10), 13)}および静水圧破壊試験に使用した^{17), 20)}

昭和51年度においてはこの標定システムを用いてさらに圧力容器の静水圧破壊試験時の標定を行った。以上の結果から試験時における破壊予知にはかなりの好成績を収め所期の目的を一応達成することができた。しかし、さらに悪い環境下における常時監視から破壊時の挙動記録等に使用できるシステムを開発するためにはAEの波形情報のより高度な利用が必要であり、現在この方向への研究を進めている¹⁹⁾。

2. 今までの研究計画と経過

これまでに述べてきたように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にはきわめて多種多

様のものがある^{11), 16)}。本所では、これらの中でまず雑音除去、標定処理および統計処理などの性能が高くコストの低い多チャンネルの標定システムを開発することとシステムの構成要素およびAEについての基礎的な研究を行う方針を立ててきた¹⁶⁾。

計画の中で前者についてはまえがきで述べたように、50年度までに9チャンネル単位でチャンネル数を容易に増減できるユニット化された時間差計測装置と改良されたソフトウェアを含む標定システムを開発した。51年度においてはこのシステムの中で表示に改良を加え、ラインプリンタにより表定結果を一定時間(たとえば1分ごと)に図形上に活字でプロットして出力する機能を加えた。このシステムを後に述べる様な実験に使用して標定を行った。後者の基礎的な研究については、AE信号の波形情報の利用のための波形データの収集を行った。すなわち高速の4チャンネル・データ・レコーダにより圧力容器の破壊試験の際のAE信号波形をそのまま記録した。この波形は今後ウェーブ・メモリーによりデジタル化し記憶表示し、必要により計算機により処理して波形パラメータの抽出を行う予定である。

以上の研究とともに、構造物の破壊時挙動の記録および常時異常監視のためのシステムの検討を進めている。

3. 標定システム

標定システムについては前回の小特集¹⁶⁾およびその他の文献^{12), 14), 15), 17)}において報告したので、ここではその後改良された点を含めて今年度行われた実験に使用された計測システムの概要を説明する。

標定システムを含んだ計測システムは図1に示すものである。ユニット1とユニット2はすでに報告した各9チャンネルの時間差計測装置で、今回は後に述べるように各8チャンネル計16チャンネルを使用した。LPは今回新たに使用したラインプリンタであってデータと図形上の標定点の概要をプリントする。CPUはPANAFACOM U-200(32KB)である。TWはコンソール・タイプライタ、PTRPはテープ入力とデータ・パンチに用いている。ADCは圧力等のアナログ・データの入力に用いられる。4チャンネルのデータ・レコーダは200 KHzまでの周波数特性があり、150 KHzのセンサ出力を記録して後に波形処理およびオフライン標定を行うために用

*東京大学生産技術研究所 第3部

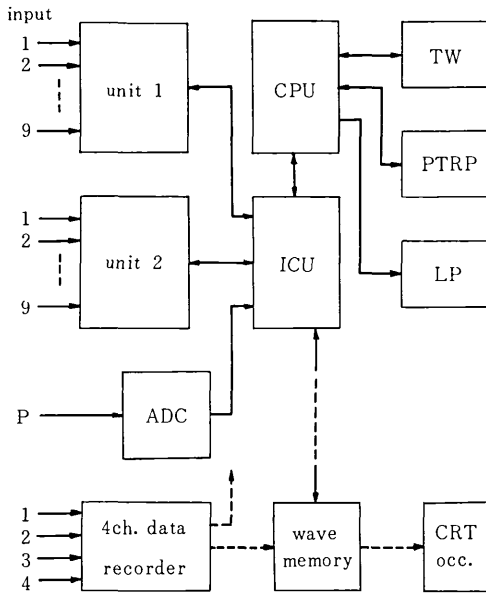


図1 多チャンネル標定システムを含む AE 計測システム

いられる。オフライン標定には標定システムの4チャンネルを用い、増幅器ゲイン等を変えて標定する。波形処理にはAD変換とデジタル記憶を行うウェーブ・メモリによりデジタル・データに変換後計算機で処理するとともに再びDA変換してオシロスコープによる観察にも用いる。これらの波形観測装置は今回新たに付加したものである。

4. 圧力容器の静水圧破壊実験

以上のシステムを用いて昭和51年12月7日に日本高圧力技術協会の行った圧力容器の静水圧破壊実験においてAE標定およびAE波形データ収集を行った。この実験に用いられた圧力容器は50年3月に報告したものと同形のエア・ボトル型アキュムレータで断面と展開図を図2に示す。材質はWEL-TEN 60、容量2,000ℓで常用圧力113~123 kg/cm²のものである。

厚さ36mmの胴壁に図のように厚さ18mmの減厚部と軸方向および周方向に深さ15mmの切欠きを入れた。センサ配置は図2(b)に示すように、まず1~12の12個の300 KHzセンサにより8個のエリアを構させ、S₁~S₄の4個の150 KHzセンサにより別にエリアA₁₁を囲み、またA₁₁にフラットな特性のセンサF₁およびF₂を置いた。

圧力 60 kg/cm²程度からAEの発生が観測され、200 kg/cm²以後良好な標定が減厚部および切欠部から得られたが、約380 kg/cm²で減厚部が破壊する前に破壊箇所が予知できた。

標定結果の1例としてLP出力を図3に示す。図4、図5、図6はそれぞれ実験における計測システム、ピットの中の圧力容器、破壊後の容器の写真である。LP出

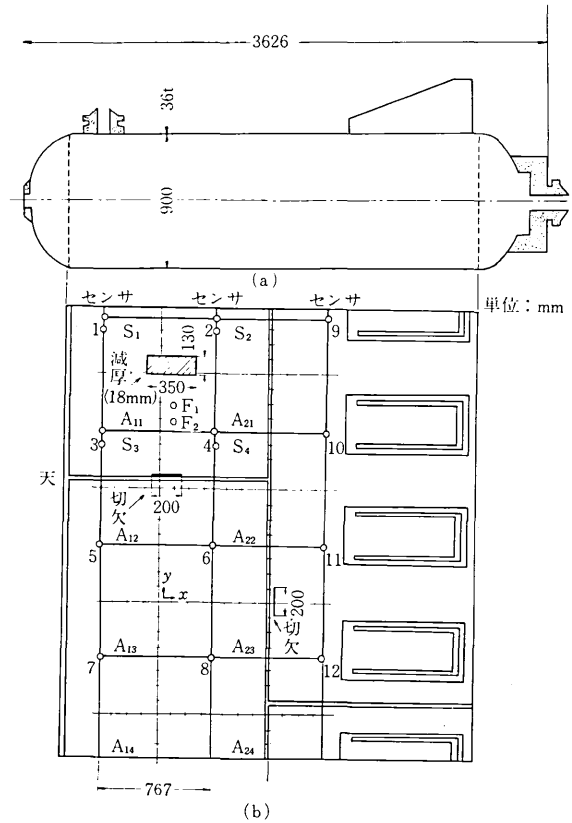


図2 静水圧破壊実験に使用された圧力容器の断面図(a)および展開図(b)

力の左側のデータの下部には左から順にT_{max}チェックによる除去数、90°座標回転による符号チェックによる除去数、エリア外標定数および全入感数がユニット1およびユニット2について示されている。

5. 検 討

今回の実験結果の詳細については現在整理中であるが今回ならびに前回までの実験結果等から考えて、この多チャンネルAE標定システムは一定しきい値をこえた入力信号から時間差を計測する方式のシステムとしてはきわめてすぐれたもので圧力容器の試験等には十分使用できるものである。本システムで用いたLPによる図形出力はCRTによるディスプレイに完全に代わるものではないが、非常に見やすくかつデータとともにハードコピーとして一定時間毎の記録が残るという大きな長所がある。

今までの実験から標定データ数が全入感数に比較してかなり少ない点の改善が必要と思われる。この改善方式として雑音として除去されたもの、とくに符号チェックにより除去されたデータの中から3点標定できるデータを抽出するソフトウェアを開発することがかなり効果があると思われる。また増幅器利得は手で調整しているが入感数に応じてスライスレベルを適応させることによ

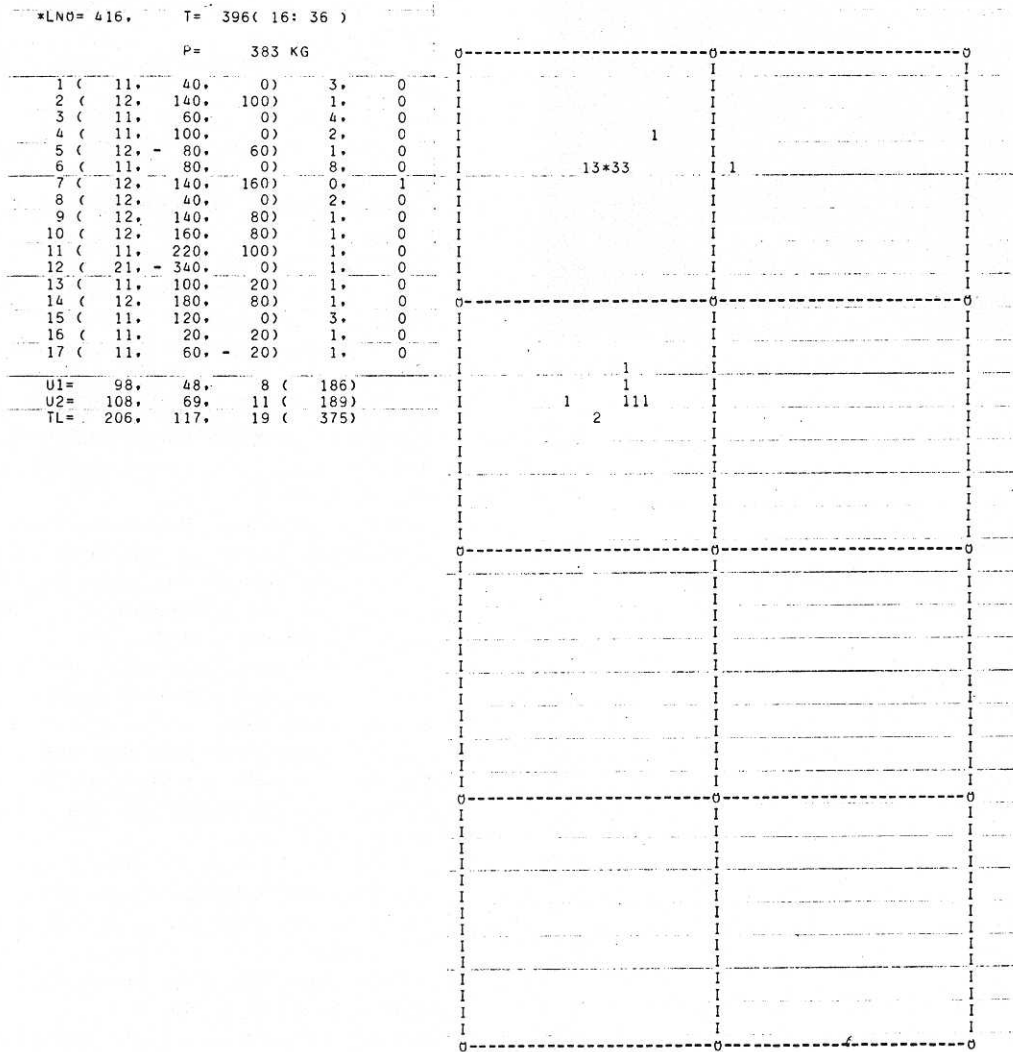


図3 標定結果例、左側は標定されたエリア番号、座標、個数のデータ、右側はその位置をエリア上にプリントしたものと

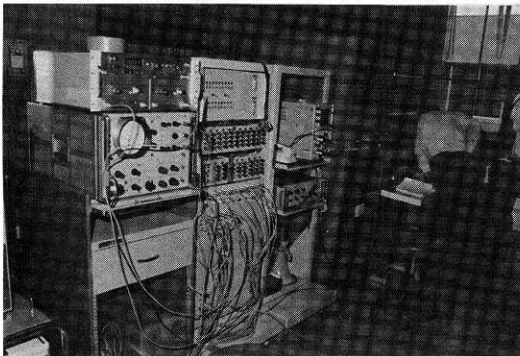


図4 実験に使用中のAE標定および計測システム



図5 実験に使用された圧力容器、ピットの中において準備中のところ

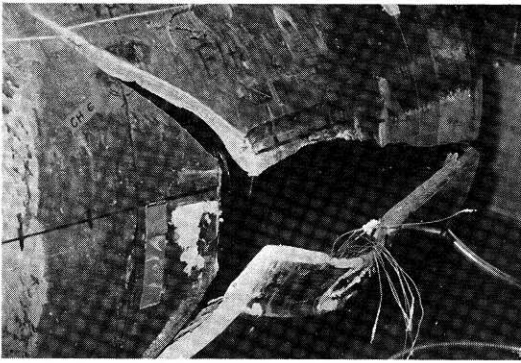


図6 実験に使用された圧力容器、減厚部から破壊された状態

り手動の必要性がかなり減ると思われ、初期 AE の検出にも役立つと考えられる。これ等の改良によりこのシステムはかなり完成の域に近づいたものとなる。

AE 標定の比率を大幅に改善するには以上の方法では限度があり、波形情報の利用がもっと必要になるので、現在得られた波形データを解析して研究する予定である。

6. あとがき

以上述べたように本システムはこのような方式としては完成に近づいており、繰返しおよび静水圧試験にはすぐれた成果が得られ、本開発研究所の目的をかなり達成したものと思われる。しかし、常時監視あるいは災害時の挙動記録については解決すべき問題点が多く考えられる。このため現在始めている波形情報の高度利用、バースト性の信号処理、記憶の保存などの研究を続ける必要があり、これらによって広い意味における災害防止に非常に役立つものとなることが期待される。

おわりに、日頃いろいろご助言を頂いている本所尾上守夫教授に感謝の意を表わしたい。また圧力容器の静水圧破壊試験に際し、お世話いただいた運輸省船舶技術研究所溶接工作部長神尾昭氏初め同所の各位に深謝の意を表わしたい。さらにこの実験に協力して下さった本所技官渡辺広道氏に感謝します。(1976年12月24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, 原子炉模型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, 原子炉模型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.
- 11) 山口, 巨大構造物の破壊予知情報の収集と標定に関する研究—多チャンネル AE 標定装置の開発, 生産研究, 27, 3,
- 12) 山口, 嶋田, 下間, 阿藤, 多チャンネル・AE 標定システムの一方式, 電気学会全国大会予稿 1520, 1975.
- 13) 尾上, 山口, 市川, 嶋田, 多チャンネル AE 標定システムとその原子炉模型圧力容器の疲労試験への適用, 電気学会論文誌 C, 95, 6, 1975.
- 14) 山口, 嶋田, 阿藤, 多チャンネル・AE 標定システムの一方式, 第14回 SICE 学術講演会予稿 3705, 1975.
- 15) 同上, 多チャンネル AE 標定システムの一方式, 生産研究 27, 10, 1975.
- 16) 山口, 市川, 嶋田, 阿藤, 多チャンネル AE 標定システムの開発, 生産研究, 28, 3, 1976.
- 17) 山口, 市川, 嶋田, 阿藤, ユニット化された多チャンネル AE 標定システムとその標定結果, 日本非破壊検査協会春季大会, II-5, 1976, 3.
- 18) 山口, 市川, 嶋田, 阿藤, AE ソフトウェアの一方式, 電気学会全国大会, 1188, 1976, 4.
- 19) 山口, 浜田, AE による大型構造物の異常監視および異常時挙動記録システム, 電気学会全国大会, 1189, 1976, 4.
- 20) K. Yamaguchi, H. Ichikawa, T. Shimada, H. Atoh, An Acoustic Emission Location System and its Application to Hydrostatic Test of Pressure Vessel, The Third Acoustic Emission Symposium, Session 2, 67~84, 1976, 9.