

多チャンネルAE 標定装置による圧力容器試験

Inspection of Pressure Vessels By A Multichannel AE Location System

尾 上 守 夫*

Morio ONOE

物体にしだいに荷重をかけていくとまず応力集中部に塑性変形が起こり、次には微細な割れが発生し、それがしだいに成長して最終的破壊にいたるのが硬い材料では普通である。これらの過程において蓄積されていたはずのエネルギーが解放され弾性波となって四方に伝へていく。この現象をアコースティック・エミッション(AE)と呼び、表面に置かれた変換子で計測することにより近年多彩な応用が進展している。その中で安全に対する社会的要請の高まりに関連して特に注目されているのは圧力容器の健全性診断である。

圧力容器の事故は重大な災害につながることが多いだけに従来からも非破壊検査による品資保証が行われている。しかし従来の非破壊検査は能動的、局所的、静的であって、容器が巨大化してくると欠陥の見落しの確率が高くなっていく。とくに供用中検査においてそれがいちじるしい。これに対してAEによる検査は受動的、大局的、動的であって、ちょうど従来の検査法の弱点を補う形になっている。特に大型圧力容器の場合、数十個の変換子を容器表面に配置すれば、走査の必要なく全体の検

査ができるので経済的であり、また水圧試験の際の不測の脆性破壊事故を予防するのにも有効である。この際同一AEが複数の変換子に到達する時間差から、その発生位置の標定もできる。

多数の変換子からデータを収集・解析し、位置標定を行ってそれを表示し、AEの発生状況を監視して必要ならば警報を出すことを実時間で行うためには計算機の利用が必要である。そのような多チャンネルAE標定装置の研究開発はいろいろ進められており、当所においても山口研究室を中心にユニークな機能をもった装置の開発が進められている。

圧力容器のAE検査法が確立するためには設計者、製造者、使用者の共通の理解に基づいた試験手順、感度等の較正法、判定基準などの標準化、規格化が必要である。米国ASME, ASTMはすでに試案を出しているが、内容的にはまだ不十分なものである。^{1)~2)}日本では高圧力技術協会AE委員会(委員長:尾上)がその検討をはじめている。とくに毎年行っているAE実演会の際に圧力容器の破壊試験を行い、それを複数の多チャンネルAE標

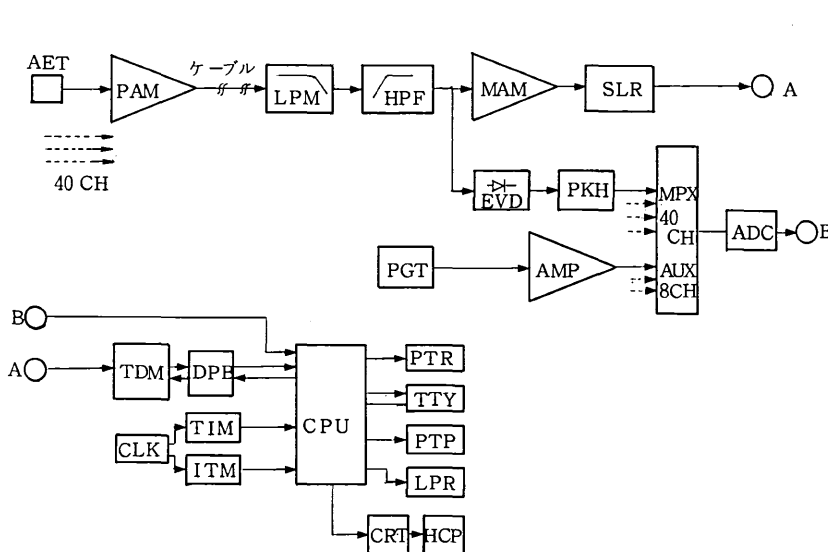


図1 ハードウェア構成

| 記号 | 名 称 |
|-----|------------|
| ADC | AD変換器 |
| AET | AE変換子 |
| AMP | 増幅器 |
| AUX | 補助マルチプレクサー |
| CLK | 時計 |
| CPU | 演算装置 |
| CRT | ディスプレイ |
| DPB | 分割ピンポート |
| EVD | 包絡線検波 |
| HCP | ハードコピー |
| HPF | 高域フィルタ |
| ITM | 時間間隔タイマ |
| LPF | 低域フィルタ |
| LPR | ラインプリンター |
| MAM | 主増幅器 |
| MPX | マルチプレクサー |
| PAM | 前置増幅器 |
| PGT | 圧力計 |
| PKH | 波高値保持 |
| PTR | 紙テープリーダー |
| PTP | 紙テープパンチ |
| SLR | 振幅比較 |
| TDM | 時間差測定 |
| TIM | 時刻表示 |
| TTY | テレタイプ |

* 東京大学生産技術研究所 多次元画像情報処理センター

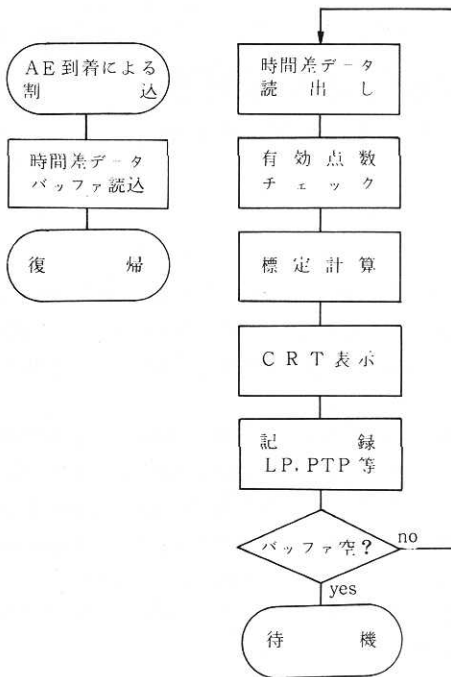


図2 オンラインソフトウェア

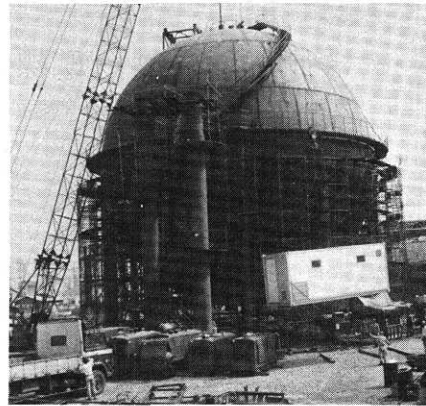


図3 球形タンク実験状況

ソフトウェアおよびオフライン解析を支援しているので、その概要を紹介したい。4)~6)

ハードウェアは新日鉄が開発したNAIS方式の20チャンネルのものから出発し、その後図1に示すように40チャンネルに増設するとともに、チャンネル群分割、復帰遅延、波高値計測、フロッピー・ディスクなどの機能が付加した。

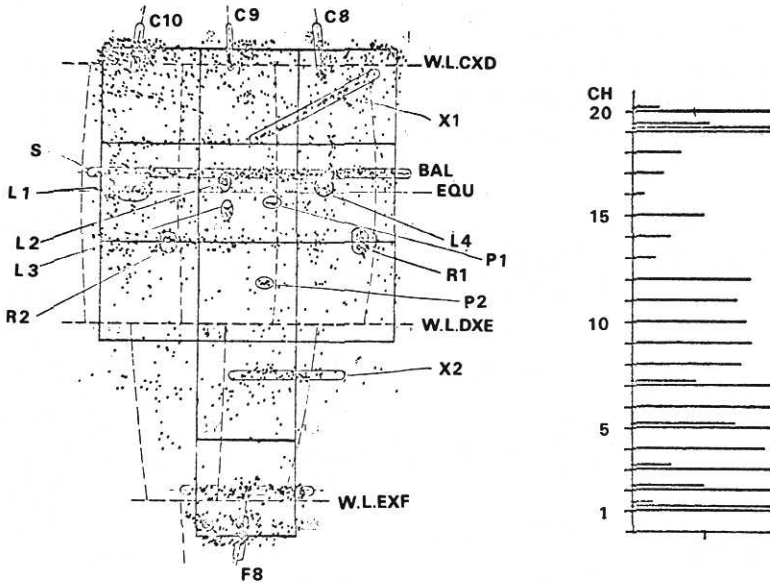


図4 標定例

定装置で同時計測し、試験法として同じ判定を得るために解決すべき問題点を明らかにすることにつとめている。³⁾

また財団法人工業開発研究所では日本自転車振興会の補助事業としてAE試験の実用化をはかることにより、TAB-AE研究会(会長:尾上)を設けて、すでに10基をこす実地試験を行っている。われわれもこれに参画し、

オンライン用ソフトウェアは図2に示すようにあるしきい値をこえるAEのいずれかのチャンネルへの到着によって計算機に割込みをかけて時間差カウンタの内容をバッファに読み込む部分と、バッファに内容があるかぎりには標定計算を行って表示、記録する部分とからなっている。

図3に示す20m球形タンクの標定例を図4に示す、変

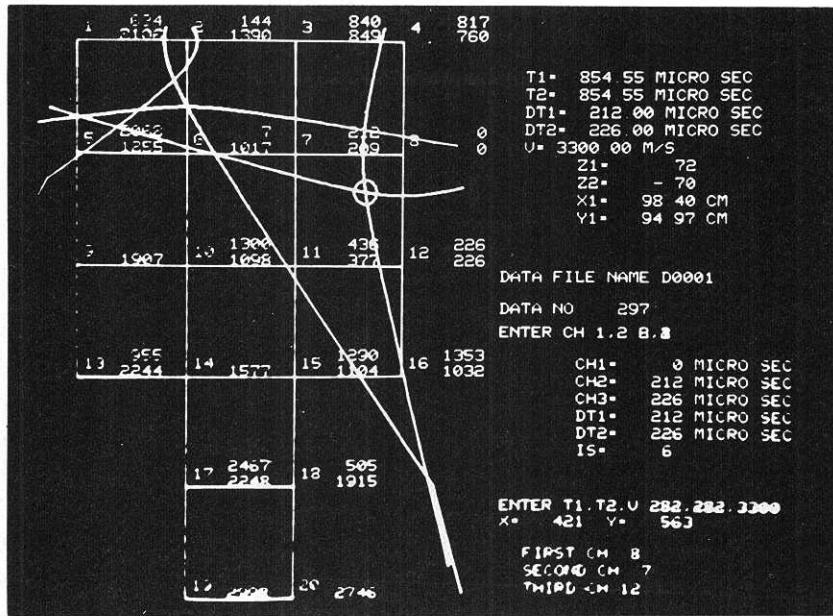


図5 オフライン解析によるAEの多重同時発生検出例

換子は16個で図4の実線で示した一辺2.8mの正方形群の頂点に配置してある。図の左側は各チャンネルへのAEの到着数のヒストグラムである。この容器は事前にX線および超音波による検査が丹念に実施されて補修されているためとくに問題になるような欠陥は見出されなかった。図4に示す大部分のAEは支柱、歩廊、水切り等の取付のための隅肉溶接部からである。これはいわば雑音であってAE検査の信頼度を上げて安全性を確保するためにはこのような溶接部の施工も入念に行うことが望ましい。

標定のためには少なくとも最低3点の時間差データが必要である。それ以上の点数を使えば相互のチェックが行えて標定の信頼度が向上する。これは時間差カウンターの停止が単にそのチャンネルのしきい値を越えるAEの到着をもってしているために、雑音、波形の変化、多重発生などによる誤動作が避けられないからである。しかしチェックに用いる点数を多くすると時間がかかって実時間測定に支障をきたすので、ふつうは4点程度で行っている。

TAB-AEプロジェクトはAE試験の信頼性の評価を行うことも目的としているので、オンライン計算には使用していないが各点でのデータをできるだけ記録するようにし、事後にオフラインで種々の解析が行えるようになっていく。これには当所の多次元画像情報処理研究設備の対話型処理機能が活用されている。図5はAEの多重同時発

生をとらえた一例であって、双曲線はある変換子の組からの時間差一定の軌跡である。図中○印で示した標定点以外に、左上隅の正方形内にもう1カ所AEが発生していることが判る。

このような解析によってAE標定の信頼度を上げるには音速の選択、伝播による波形のひずみ、振幅分布、多重発生などを考慮しなければならないことが明らかになった。

謝辞 TAB-AE研究会の各位および工業開発研究所の富士博士、堀氏の御協力に深謝いたします。

(1977年10月17日受理)

参 考 文 献

- 1) Proposed Standard for AE examination during Application of Pressure, ASME (1975)
- 2) Standard Recommended for AE monitoring of Structures During Controlled Stimulation, ASTM, E 569-76 (1976)
- 3) 圧力技術, AE実験特集号, 15, No 3 (1977)
- 4) 尾上, Development of AE techniques for pressure vessel in spection - TAB-AE Project, Proc. 3rd AE Symp., ToKyo, 118-130 (1976)
- 5) 尾上: An assessment of AE technique for integrity surveillance of pressure vessels, 3rd Int. Conf. Pressure Vessel Tech, ToKyo, 433-438 (1977)
- 6) 尾上, 岩下, 堀: TAB-AEシステムによるAE計測, 圧力技術, 15, 3, 148-153 (1977)