

2. ボンベ加圧時におけるAE発生傾向

溶接工作部

神尾 昭
* 神 昌英
勝又 健一

1 まえがき

Acoustic Emission (AE) 法を非破壊検査として圧力容器に適用させるためには種々の問題があるが、まず最初に圧力容器の加圧時におけるAE発生傾向を把握する必要がある。今回は、圧力容器として酸素ボンベを使用し、AE発生傾向について調べたので報告する。また欠陥の位置標定についても実験した。

2 実験の概要

実験は次の内容に分けて行なった。

無欠陥ボンベからのAE発生傾向（弾性域内の加圧）

- (1) ボンベ自体からのAEとカイザ効果
- (2) 熱処理によるカイザ効果の回復

（なおカイザ効果とは、材料に応力が加わって一度AEが発生した後では再度同じとまで応力が加わってもAEが発生しない現象をいう。この名称はドイツ人のカイザが発見したことになんていう。）

人工欠陥からのAE発生傾向（破壊と対応させたAEの発生傾向）

- (1) 機械加工ノッチからのAE
- (2) 割れが存在しない溶接部からのAE
- (3) 溶接部に内在している割れからのAE

欠陥の位置標定

3 実験の方法

ボンベの鋼材はSAE 4130相当焼入れ焼もどし鋼であった。ボンベは公称、外径232mm、40L用で、図1のような箱に入れて実験を行なった。

AEの計測装置としてはAEの発生傾向の実験にはNORTEC・NDT・200を主として使用し、そのpeak outから出力をとり出した。増幅率は86dBであった。また欠陥の位置標定の実験では4チャンネルのNORTEC・AEMS4を使用した。

人工欠陥はボンベをあらかじめ加圧してAEが発生しないことを確認してから、作成した。機械加工ノッチはフライス盤にて加工した。溶接は乾燥していきなり神鋼製B17溶接棒にて行なった。溶接割れは機械加工ノッチ部を溶接して作り余盛部はグラインダにて取り除いた。

4 実験結果と考察

4.1 無欠陥ボンベからのAE発生傾向

- (1) 加圧前歴のないボンベを加圧するとAEが多数発生した。写真1にその状況を示した。この結果20気圧（応力は換算して4kg/cm²）位からAEの発生が始まり

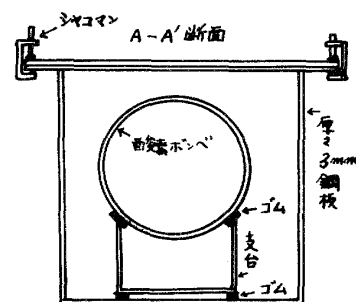
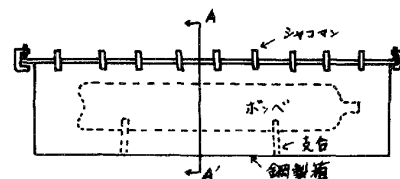


図1. 鋼製箱内のボンベの状況

その AE 振幅は雑音の 2 倍以上のものが多数記録されていることが分った。またカイザ効果も顕著であった。なお写真 1 は実験が 100 気圧で終わっているが、この実験ではさらに 250 気圧まで写真 1 の方法をくり返し、カイザ効果が顕著であることも確かめた。したがってボンベが加圧試験されたものがどうかは、AE の発生の有無からも調べることが分った。

250 気圧はボンベの応力に換算すれば、この材料の降伏応力の約 65% にあたる kg/cm^2 の応力 (b) に相当するものであった。

AE の発生が降伏応力の $1/20$ 以下の非常に低い応力にも見られたことは、AE の発生原因が何によるかを検討する上で非常に興味深い。

(2) 250 気圧まで加圧して AE が発生しないことを確かめた後、ボンベの中央部を円周にそってバンド状に約 700°C に加熱した場合に、カイザ効果は回復した。実験結果は、縦軸に 10 気圧ごとのカウント数を低圧側から順次加え合せた総カウント数を、横軸には圧力をとり、図 2 に示した。結果によれば、部分的な熱処理では加圧前歴のないボンベに比べ AE の発生カウント数は少なく、またカイザ効果は顕著でなく、特に (F) (G) に見られるように、200 気圧から 250 気圧までの間では、AE の発生がやまなかつた。

4.2 人工欠陥からの AE 発生の傾向

(1) 機械加工ノッチの大きさは、ボンベの長手方向に平行に 70 mm 深さ 3 mm (板厚の $1/2$)、幅 2 mm 程度のもので、このノッチからの AE の発生は 100 気圧位まではほとんどなく、100 気圧以上では多少発生するものもあった。250 気圧以下ではこのノッチ部から破壊に至ったものはなかった。290 気圧近くでノッチ部から破壊した例があったので、その結果を図 3 に示した。機械ノッチ部から破壊する場合には破壊の直前まで AE の発生はほとんどなく、破壊直前で AE が発生した。破壊は不安定破壊であり一瞬にして破壊した。

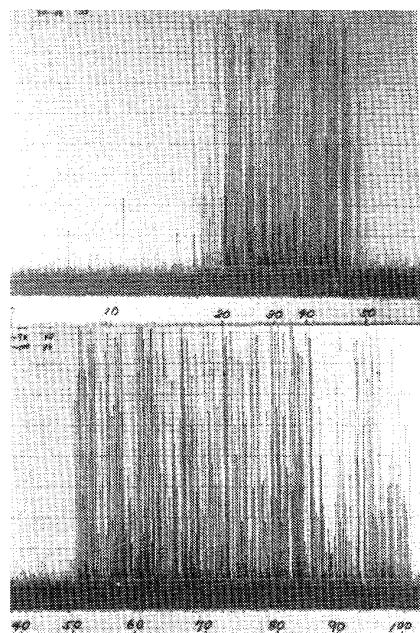


写真 1: (b) は (a) の加圧後 0 から 100 気圧まで加圧したもので 50 気圧以下は AE ない

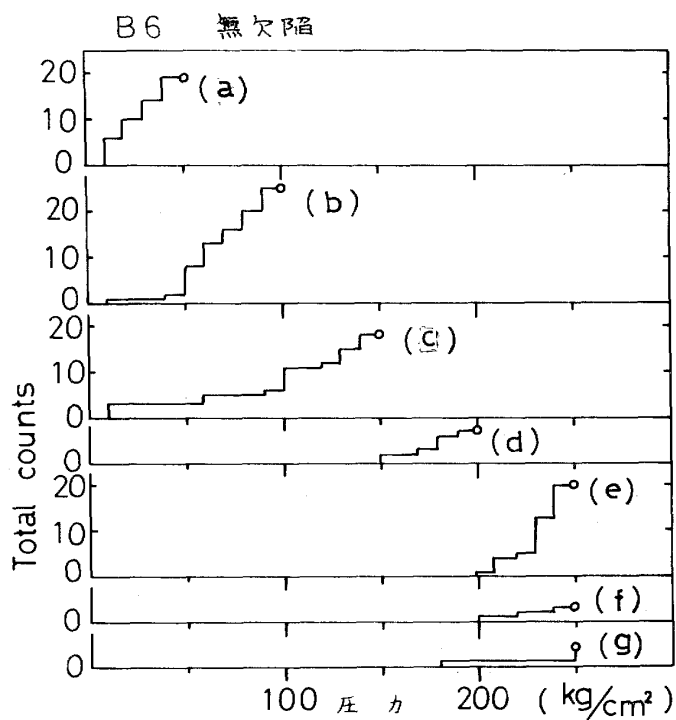


図 2 ボンベの中央部を円周にそって幅 3 cm 位のバンド状に約 700°C に加熱空冷した場合の AE の発生傾向

このような場合には、AEの計測によって、破壊を予知することはできないであろう。

(2) 割れが存在しない溶接部からのAE発生について実験した結果は、図4に示した。溶接部はボンベ表面に直接ビードを置き、余盛を取り除いた後、再度その部分にビードを置き余盛を取り除いて作った。同じ条件にて別に溶接部を作り、その部分に割れが発生していないことを確認した。図4の(a)では100気圧と150気圧でAEが多く発生した。(b)では250気圧まではAEの発生が少なく(c)では破壊の直前にAEが多数発生している。なお破壊は(b)の250気圧になる以前で、起きている。

この結果は、冶金学的ノッチがこれと同程度の長さで深さが板厚の1/2の機械加工ノッチより厳しい条件であること、また、この場合もAEの計測値から破壊を予知することはできないことを示している。

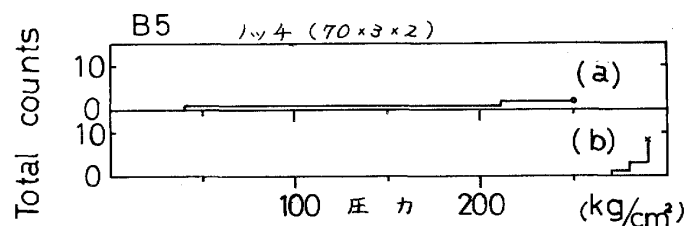


図3. ノッチ部からのAE発生傾向

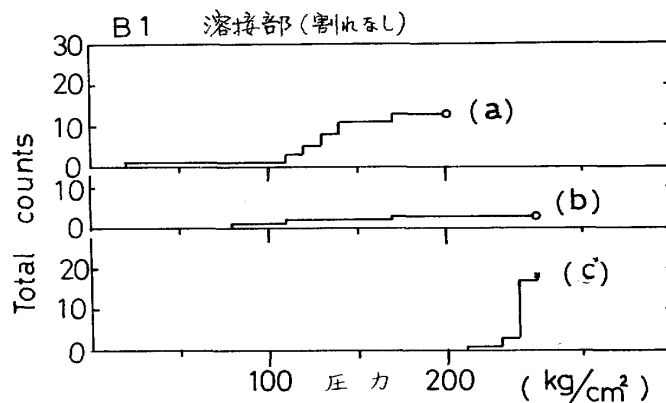


図4. ボンベ表面にビードを置き、加圧後、その上に
雨ビードを置いて部分からのAE発生傾向

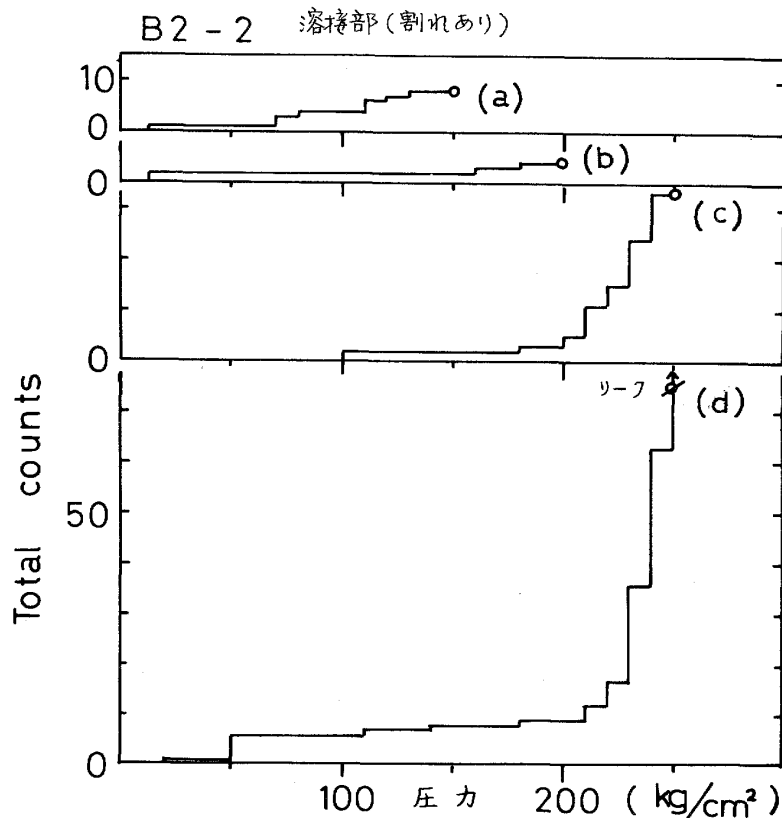


図5. ノッチ部を溶接した部分からのAE発生傾向



(a)



(b)

写真2

(3) 溶接部に内在している割れからの AE 発生についての実験結果は、図 5、図 6 に示した。

図 5 は、溶接割れの部分から割れが進展し油がリークした場合の AE の発生傾向を示している。(c) は 250 気圧に加圧した場合で、200 気圧から顕著に AE が発生している。この場合の割れは、図 5 (c) の右の写真 2 に示したように、加圧以前の割れの状況と同じであった。(d) の場合には、AE の発生は 200 気圧位から多くなり、リークが始まるかなり前から非常に多くなっている。リークした後の写真は図 5 (d) の右に示した。リークに到るまでに割れは徐々に進んだが、一瞬に進んだか、この写真からはかなり区別がつかないが、一瞬に割れが進展したと考える方が考え易い。この場合には、AE を計測することによって破壊を十分予知できるであろう。

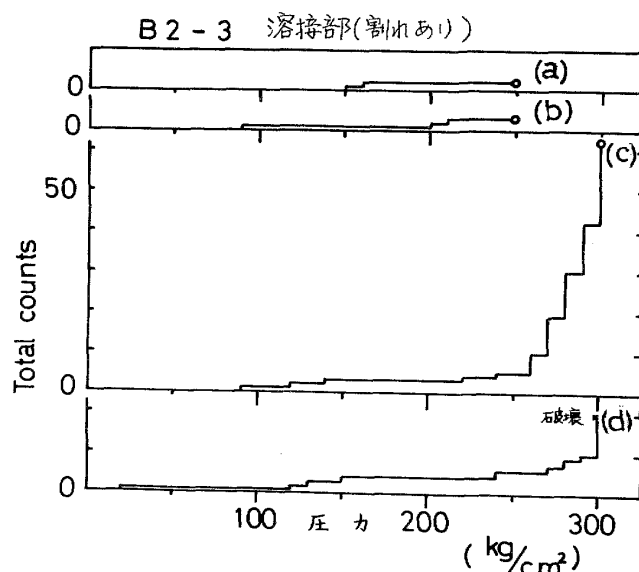


図 6. ノッチ部を溶接した部分からの AE 発生傾向。

図 6 は、溶接割れの部分から不安定破壊を起した場合の AE の発生傾向を示した。(c) は、250 気圧から AE の発生が多くなっている。(d) は (c) に比べて AE の発生が少ないが破壊の直前にまた AE の発生が多くなっている。この場合にも AE の計測値から破壊を予知することができると考えられる。

図 6 は、溶接割れの部分から不安定破壊を起した場合の AE の発生傾向を示した。

(c) は、250 気圧から AE の発生が多くなっている。(d) は (c) に比べて AE の発生が少ないが破壊の直前にまた AE の発生が多くなっている。この場合にも AE の計測値から破壊を予知することができると考えられる。

4.3 欠陥の位置標定 2 チャンネルの X 軸のみで十分測定できた。欠陥からの AE のカウントレートが低い場合には、その AE 信号はディスプレイ上の欠陥の位置に正しく標示されたが、高い場合には、装置の計算能力が飽和して標示は狂ってしまい X 軸に拡散してしまった。なおカウントレートと位置標定との関係は定量的には把握できていない。

5 おわりに

以上の結果等から次のことが言える。

(1) ボンベの加圧実験では雑音が少なく、特に低応力の実験には試験片のつかみ部から発生する AE と欠陥からの AE と区別が付きにくい引張り試験より、ボンベの実験の方が有利であると考えられる。

(2) このボンベではカイザ効果がみられた。

(3) 冶金学的ノッチまたは機械的ノッチからは AE の発生はほとんどなかった。この場合には、破壊を予知することができないと思われる。

(4) 溶接部に内在する割れからは、AE が発生しやすいので、このような場合には破壊を予知できるものと思われ。AE が発生する条件については今後調べてきたい。

(5) このボンベでは、700℃から 800℃位にてカイザ効果の回復がみられた。