

1-7

## 真鍮の塑性変形に伴う AE に及ぼす試験片形状の検討

日大生産工(院) ○佐藤 隼斗

日大生産工 小幡 義彦 日大生産工 高橋 清造

## 1. 緒言

アコースティック・エミッション(Acoustic Emission ; AE)とは、固形材料が変形またはき裂が発生する際に、蓄えられたエネルギーを弾性波として放出する現象であり、材料評価法の一つとして早くから注目されている。近年では、構造物のき裂進行、材料の評価法に应用されている。その中で、小型材料試験でのAE計測における実用的な応用として、実用機器材料破損時や部材交換時に得られる構造部材から小型材用試験片を作製し、その材料試験時に得られるAE特性から、材質の劣化を診断する利用法がある<sup>1)</sup>。しかし、試験片の形状によるAE特性に及ぼす影響に関する報告は少ないため、標準化されていない。

本研究では、真鍮を用いて塑性変形に伴うAE特性に及ぼす試験片形状の影響について、同じ材料から取り出した試験片で比較検討し、明らかにした。

## 2. 実験方法および測定方法

供試材の形状を Fig.1 に示す。供試材は板厚 12mm, 板幅 40mm, 長さ 160mm の市販の  $\alpha + \beta$  型真鍮板(64 真鍮板)を使用した。その供試材から、平板試験片 1 本, 丸棒試験片 1 本を試験片として、取り出し作製した。試験片形状を Fig.2 に示す。平板試験片はつかみ部幅 25mm, 平行部幅 6.5mm, 肩部半径 10mm, 全長 160mm を基準とし, 平行部直径, 平行部長さ, 肩部半径を変えたものをそれぞれ作製した。丸棒試験片はつかみ部径 10mm, 平行部径 5mm, 肩部半径 10mm, 全長 160mm を基準とし, 平行部幅, 平行部長さ, 板厚, 肩部半径を変えたものをそれぞれ作製した。作製した試験片形状の種類を Table 1 に示す。なお, 平板基準試験片の平行部体積と丸棒基準試験片の平行部体積は等しく, それぞれの形状が変化した場合でも平行部体積は等しくなるようにした。

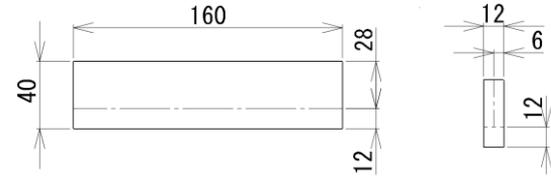
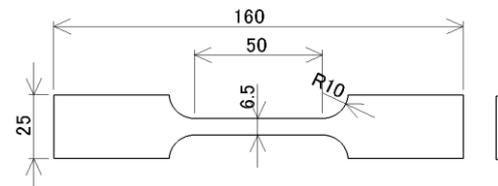
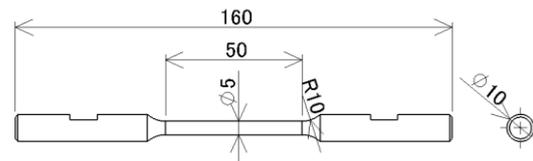


Fig. 1 Test materials



(a) Plate specimen



(b) Round specimen

Fig.2 Standard shape of tensile

Table 1 Size of specimen (unit:mm)

(a) Variation of Thickness

(Length=50, R=10)

Parallel specimen	Thickness	1.9	3	4.3	5.9
	Width	6.5	6.5	6.5	6.5

(b) Variation of Width

(Length=50, R=10)

Parallel specimen	Thickness	3	3	3
	Width	6.5	9.5	12.5

(c) Variation of diameter

(Length=50, R=10)

Round specimen	Diameter	5	6	7
----------------	----------	---	---	---

Relation between AE Activity and Specimen Shape and Size during Plastic Deformation in Brass

Hayato SATOU, Yoshihiko OBATA and Seizo TAKAHASHI

(d) Variation of length  
(Thickness=3,Width=6.5,Diameter=5,R=10)

Parallel specimen	Length	30	40	50	60
Round specimen					

(e) Variation of shoulder radius  
(Length=50,Thickness=3,Diameter=5,Width=6.5)

Parallel specimen	Shoulder radius	10	12	15
Round specimen				

作製後、450°Cで1時間焼きなまし処理を施した。インストロン万能試験機を用いて単軸引張試験を行い、応力および AE RMS 電圧を計測した。なお、AE にひずみ速度による影響を及ぼさないように、全ての試験片において負荷速度を 250 秒前後で破断させるように設定した。

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 板厚変化

##### 3.1.1 AE の発生特性

各形状の塑性変形に伴い発生する AE の一例を Fig. 2 に示す。丸棒の平行部直径 5mm のように、一般的には降伏域で AE のピークが発生し、その後加工硬化と共に減少する。しかし、直径 6mm 以降のように、板幅が大きくなると、降伏域で AE ピークが発生し、その後、第 2 のピークが発生する結果となった。

##### 3.1.2 機械的性質に及ぼす試験片板幅の影響

機械的性質に及ぼす試験片形状の影響を Fig.3 に示す。引張強さ、0.2%耐力、第 1 ピーク時の応力は板厚が増加しても値に大きな変動はない。

##### 3.1.3 AE 発生特性に及ぼす試験片形状の影響

降伏点付近で発生する AE の代表値として実効値電圧の最大値  $V_{rms}^{max}$  がよく使用されており、いろいろな材料パラメータとの対応が付けられ、変形機構解明の有力なパラメータの 1 つとなっている。以下、降伏点付近での  $V_{rms}^{max}$  をピーク電圧と表記する。試験片板厚と降伏域 AE ピーク電圧との関係を Fig.5 に示す。板厚が増加しても、ピーク電圧の値はほぼ一定であることがわかる。

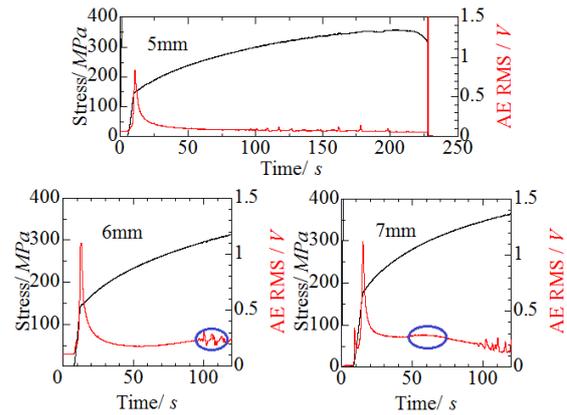


Fig. 3 AE waveform of Round specimen

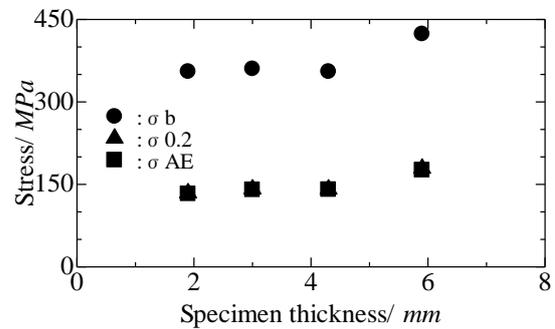


Fig. 4 Relation between stress and specimen thickness

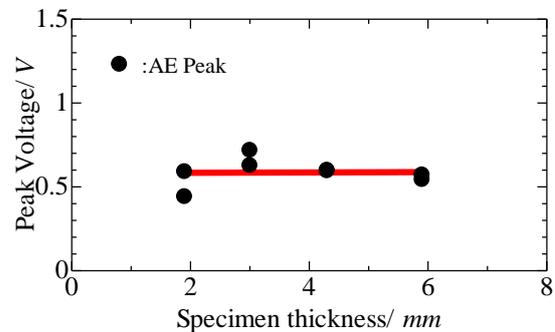


Fig. 5 Relation between AE peak RMS voltage and specimen

事象のエネルギーは AE 信号の瞬時値を  $V(t)$  としたとき、瞬時値の 2 乗積分の値に比例しているであろうと仮定し、相対値として AE エネルギー  $E$  は次式で定義される<sup>2)</sup>。

$$E = \int_0^T V(t)^2 dt$$

ここで、 $T$  は 1AE 事象の持続時間である。従って本実験において、AE エネルギーは比較的活 AE が比較的活発な試験開始から 200 秒までの AE 実効値電圧を 2 乗し、時間積分をして求めた AE エネルギーと試験片板厚との関

係を Fig.6 に示す. ばらつきが大きい, ほぼ比例関係を示した.

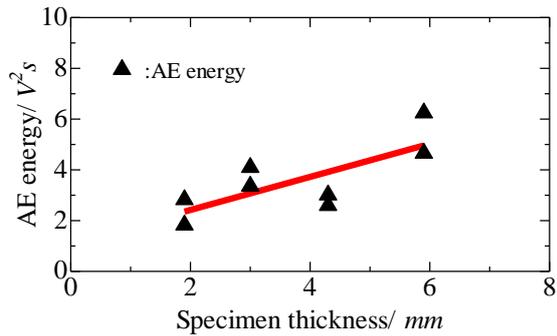


Fig. 6 Relation between AE energy and specimen thickness

### 3.2 板幅変化

板幅変化における機械的性質に及ぼす試験片形状の影響を Fig.7 に示す. を示す. 引張強さ, 0.2%耐力, 第1ピーク時の応力は体積が増加しても値に大きな変動はない. しかし, 板幅 9.5mm 以上になると, 第2ピークが発生し, 第2ピーク発生時の応力は板幅が大きくなるにつれて, 小さくなる傾向が見られた. 第2ピークの発生要因として, 板幅や直径が大きくなることにより, 平行部にかかる応力が分散し, つかみ部に降伏強さ以上の応力がかかってしまうことである. これにより, 引張試験中につかみ部が変形し, 第2ピークが発生すると考えられる.

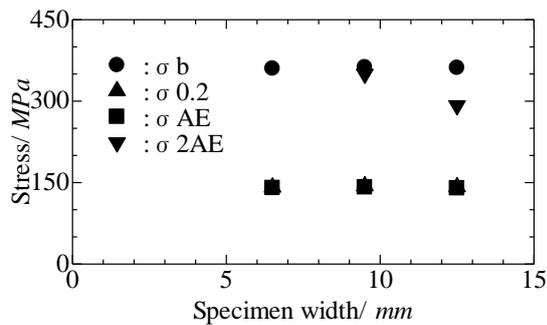


Fig. 7 Relation between stress and specimen width

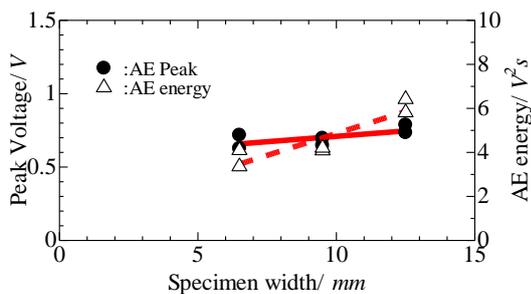


Fig. 8 AE peak RMS voltage and AE energy of specimen width

板幅と AE ピーク電圧との関係, 板幅と AE エネルギーの関係を Fig.8 に示す. 板幅が 1.9 倍になるとピーク電圧は 1.13 倍になり, 板幅が増加するとピーク電圧は増加する傾向が見られた

### 3.3 直径変化

丸棒の直径変化における機械的性質に及ぼす試験片形状の影響を Fig.9 に示す. を示す. 引張強さ, 0.2%耐力, 第1ピーク時の応力は体積が増加しても値に大きな変動はない. しかし, 直径 6mm 以上になると, 第2ピークが発生し, 第2ピーク発生時の応力は板幅が大きくなるにつれて, 小さくなる傾向が見られた.

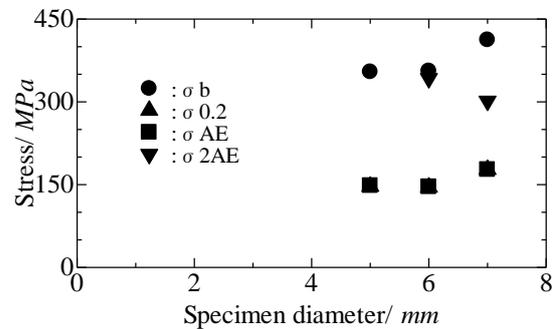


Fig. 9 Relation between stress and specimen diameter

直径と AE ピーク電圧の関係, 直径と AE エネルギーの関係を Fig.10 に示す. 板幅が 1.9 倍になるとピーク電圧は 1.23 倍になり, 板幅が増加するとピーク電圧は増加する傾向が見られた. ピーク電圧は Fig.5, Fig.8, Fig.10 よりつかみ部と平行部幅の比, AE エネルギーは Fig.6, Fig.8, Fig.10 より平行部の体積に依存することが考えられる.

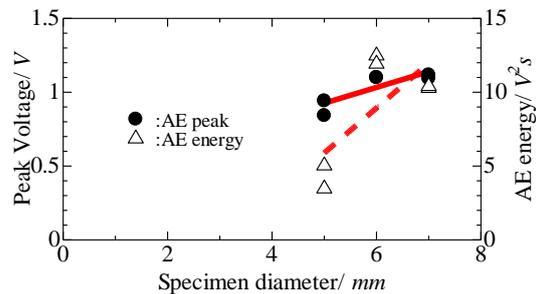


Fig. 10 AE peak RMS voltage and AE energy of specimen diameter

### 3.4 長さ変化

平行部長さの変化でも引張強さ, 0.2%耐力, 第1ピーク時の応力は長さが増加しても値に大きな変動はない. 長さ と AE ピーク電圧の関係, 長さ と AE エネルギーの関係を Fig.11 に示す. 平行部長さの増加に対し, ばらつき

は大きいですが、ピーク電圧は減少傾向、AE エネルギーはほぼ変動しない傾向が見られた。

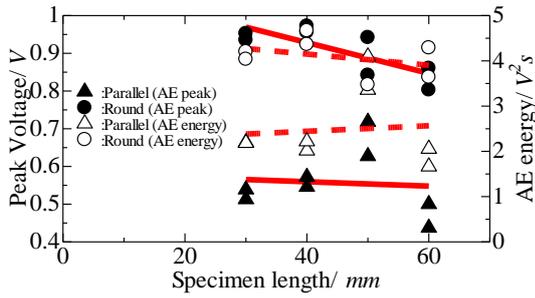


Fig. 11 AE peak RMS voltage and AE energy of specimen length

### 3.5 肩部変化

肩部変化でも引張強さ、0.2%耐力、第1ピーク時の応力は肩部が増加しても値に大きな変動はない。直径とAEピーク電圧の関係、直径とAEエネルギーの関係をFig.12に示す。肩部半径の増大に対し、ばらつきは大きいですが、ピーク電圧は減少傾向、AE エネルギーはほぼ変動しない傾向が見られた。

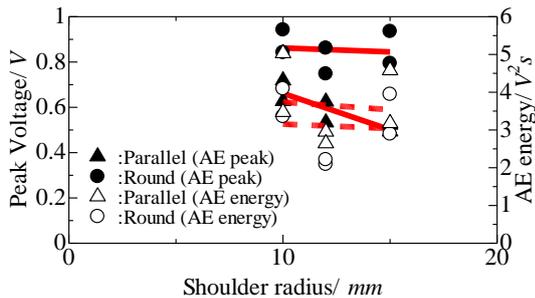


Fig. 12 AE peak RMS voltage and AE energy of shoulder radius

### 3.6 体積変化

これまで試験片形状を変えて、各要素との関係を見てきたが、試験片形状の変化を平行部の体積変化に直し、体積と各要素との関係を見る。体積変化と機械的性質の関係をFig.13に示す。全体でも、張強さ、0.2%耐力、第1ピーク時の応力に変化は見られなかった。体積変化とピーク電圧の関係をFig.14に示す。

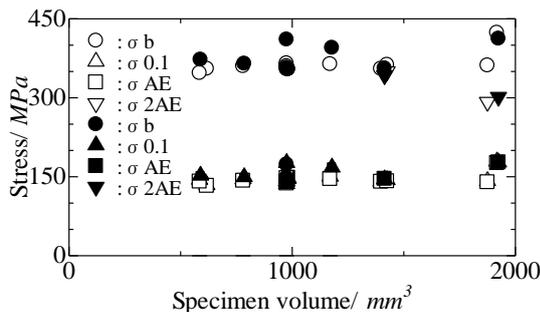


Fig. 13 Relation between stress and specimen volume

体積の増加に対し、AEピーク電圧も増加傾向であった。また、全体的に平板より丸棒の値が大きくなった。

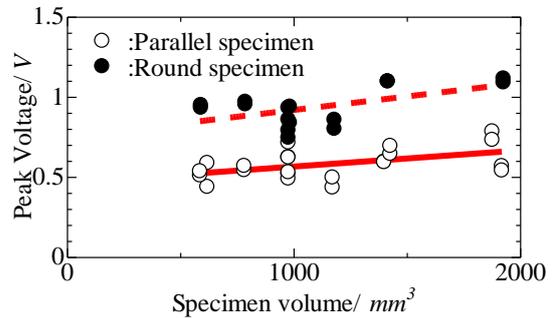


Fig. 14 Relation between AE peak RMS voltage and specimen volume

体積変化とAEエネルギーとの関係をFig.15に示す。体積の増加に対し、AEエネルギーも増加傾向であった。また、全体的に平板より丸棒の値が大きい傾向や体積増加に対するAEエネルギーの増加が大きい傾向が見られた。

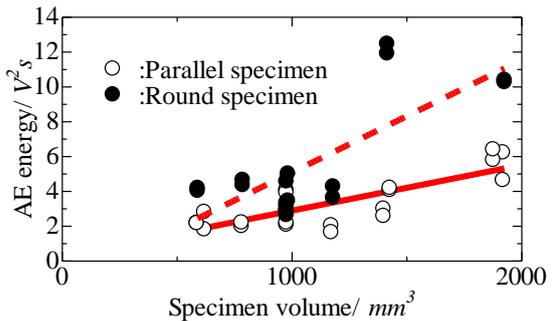


Fig. 15 Relation between AE energy and specimen volume

## 4. 結言

- 1) 第2ピークとAEピーク電圧の大きさはつかみ部の幅と平行部の幅との比に依存している。
- 2) AEエネルギーは体積変化に依存している。
- 3) 体積増加に対し、ピーク電圧やAEエネルギーは増加傾向であった。
- 4) 平板試験片より丸棒試験片がピーク電圧やAEエネルギーの値が大きくなった。

### 「参考文献」

- 1) 仲佐博裕, 「アコースティックエミッションの理論と実際」, 地人書館, (1994), pp. 179-183.
- 2) 社団法人 日本非破壊検査協会, 「アコースティック・エミッション」, 社団法人 日本非破壊検査協会, (1990), pp. 32-33.