

### Ⅲ-10 三軸圧縮応力下における岩石の AE 発生挙動について

(株) 竹中工務店 正会員 ○甲村 雄一  
愛媛大学工学部 フェロ-会員 稲田 善紀

#### 1. はじめに

圧縮応力下において岩石が破壊に至るまでの AE 発生挙動については、これまで一軸圧縮試験による報告例が多数見られるものの<sup>1)</sup>、三軸圧縮応力下における報告例は少ない。本研究では、3方向の主応力を独立して制御する真三軸圧縮試験を実施し、岩石の AE 発生挙動を評価した結果について報告する。

#### 2. 一軸圧縮試験による検討

試験に用いた試料は凝灰岩（大谷石）とモルタルの2種類である。供試体の寸法は直径 50mm、高さ 100mm の円柱形で、端面の平行度および平坦度は 5/100mm 以内とし、乾燥状態で試験を実施した。供試体の物理的性質を表-1 に示す。試験では軸方向ひずみ ( $\epsilon_a$ ) と周方向ひずみ ( $\epsilon_c$ ) を計測し、(1) 式により体積ひずみ ( $\epsilon_v$ ) を計算によって求めた。また、AE の計測は金属性加圧板に共振周波数 30kHz の AE センサーを貼り付け、大谷石では振幅が  $40\mu V$ 、モルタルでは  $20\mu V$  を超える AE の発生数を計測した。

$$\epsilon_v = \epsilon_a + 2\epsilon_c \quad (1)$$

試験結果の一例を図-1 および図-2 に示す。大谷石およびモルタルとも、応力比（最大応力時を 100% とした応力の比率）の増加に伴ない体積ひずみ（収縮側を正とした）は増加していくが、応力比の値が大きくなり破壊（ここでは最大応力時をもって破壊と定義する）に近づくと体積ひずみは減少に転じる。これは、破壊に近づくと供試体内に存在するマイクロクラックが進展したり、新たにクラックが発生することにより、体積の増加を生じるためと考えられる。一方、AE は応力比の増加とともに発生するが、発生量は破線で示す体積ひずみが減少に転じる点以降で急激に増加していることがわかる。

#### 3. 三軸圧縮試験による検討

試験に用いた試料は一軸圧縮試験と同様である。供試体は 30mm×30mm×60mm の角柱とし、図-3 に示す 3 方向の主応力をそれぞれ独立して制御できる試験装置により、最大主応力  $\sigma_1$ （引張を正とした）および中間主応力  $\sigma_2$  の値が一定の条件で加圧軸方向である最小主応力  $\sigma_3$  を載荷した。試験時には各主応力方向のひずみを計測し、体積ひずみの値は (2) 式によって計算により求めた。また、AE の計測も一軸圧縮試験と同様に実施した。

$$\epsilon_v = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 \quad (2)$$

試験で得られた応力-ひずみ曲線の一例を図-4 および図-5 に示す。今回の試験では試験装置の都合上、3方向の主応力が所要の値に載荷された状態を基準として試験を開始し、ひずみの計測を開始した。

表-1 供試体の物理的性質

	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	P波伝播速度 (km/s)	一軸圧縮強度 (MPa)	空隙率 (%)
大谷石	1.62	2.47	13.3	14.0
モルタル	2.52	4.02	44.9	2.8

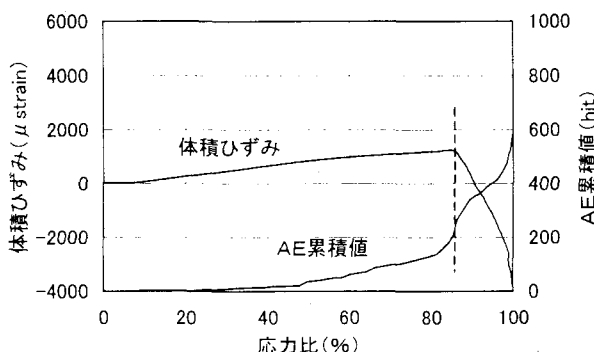


図-1 大谷石の一軸圧縮試験の結果

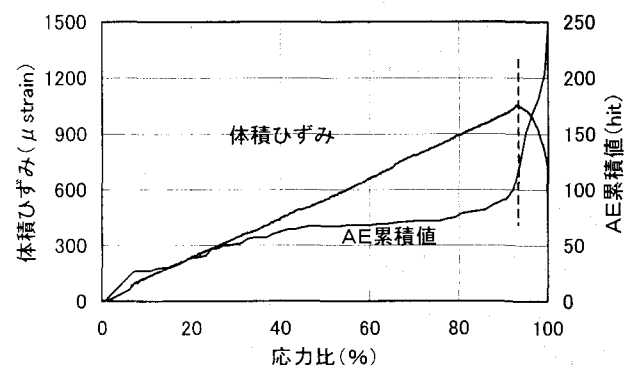
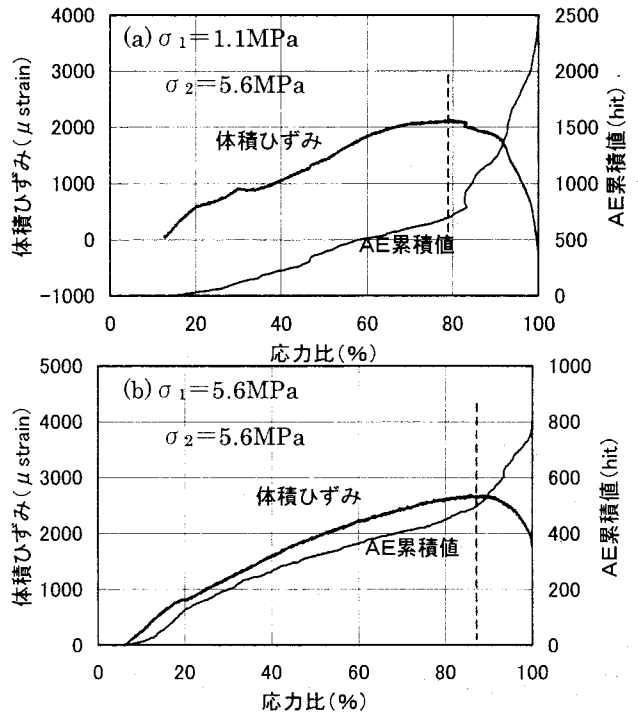
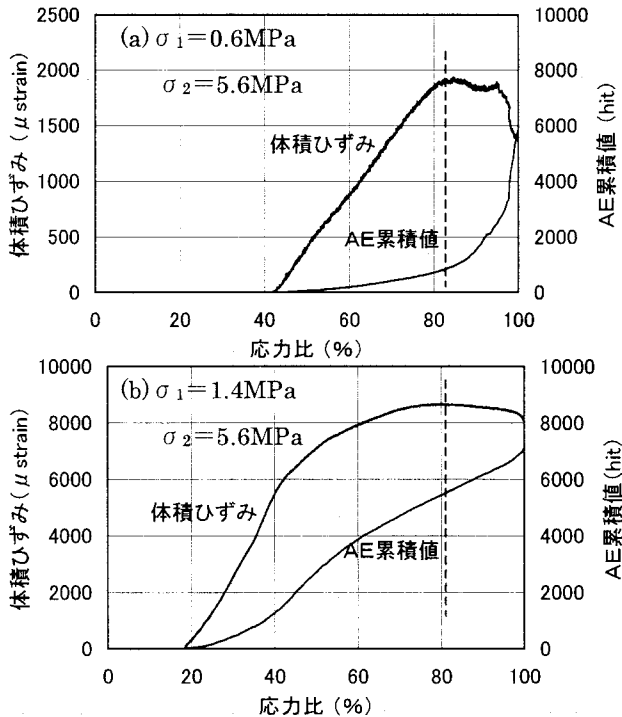
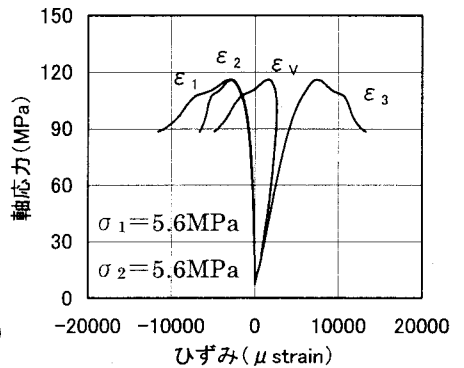
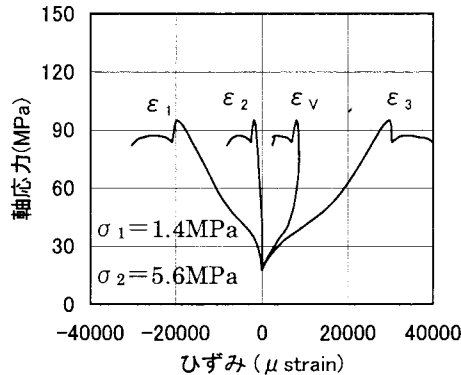
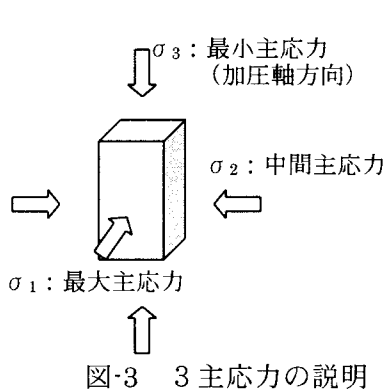


図-2 モルタルの一軸圧縮試験の結果

体積ひずみとAE発生量との関係の一例を図-6および図-7に示す。今回試験を行った条件では、すべての試験条件で三軸圧縮応力下においても破壊に近づくとき体積ひずみの値が増加から減少に転じる現象が確認できた。一方、AEの発生量は、図-7(a)、(b)に示したモルタルでは一軸圧縮試験と同様に、2種類の試験条件ともに体積ひずみが減少に転じる点以降で急激に増加する傾向が確認できた。一方、大谷石では、図-6(a)に示す最大主応力の値が比較的小さい条件では、一軸圧縮試験と同様の傾向が見られたが、図-6(b)に示すように最大主応力の値が比較的大きい条件では、体積ひずみが減少に転じる点以前から多数のAEが発生するという、他の条件とは異なる傾向がみられた。この理由として、以下のことが考えられる。すなわち、三軸圧縮試験では $\sigma_1$ および $\sigma_2$ の応力を载荷した条件で試験を実施するため、一軸圧縮試験に比較して加圧軸方向に垂直な方向の変形が拘束される。このような変形が拘束された条件では、大谷石のような空隙率の大きい岩石の場合、空隙周辺で局所的な破壊が発生して空隙が閉塞することが考えられる。このような局所的な破壊が比較的小さい条件から発生し、これに伴いAEも多く発生するものと考えられる。

#### 4. おわりに

大谷石およびモルタルを用いた真三軸圧縮試験を実施してAE発生特性を評価した。その結果、空隙率が大きい大谷石では、条件によっては一軸圧縮応力下と異なるAE発生挙動を示すことがわかった。



参考文献：1) たとえば、山下他：岩石の一軸圧縮破壊過程とAEの発生、日本鉱業会誌、Vol.100、No.1155、pp.385-390、1984。