

III - 6

三軸下におけるA E発生特性のWeibull確率による考察

日本大学大学院 学生員 ○吉沢 大造
 日本大学工学部 正会員 田野 久貴
 日本大学工学部 正会員 渡辺 英彦

1. まえがき

岩石の不均質構造により、岩石に荷重を加えると先にクラックあるいは微視的な強度の弱い部分から微小破壊が発生、伝播、それらが連結し巨視的な破壊を生ずる。このような破壊過程の指標として応力-ひずみ曲線による損傷確率関数とA Eによる損傷確率関数が提案されている^{1) 2)}。そして、一軸圧縮下において両者の損傷確率分布、三軸圧縮下において応力-ひずみ曲線による損傷確率分布がWeibull分布に近似可能であることが報告されている^{3) 4)}。これらを踏まえて本文では三軸圧縮下においてA Eによる損傷確率を求め、Weibull分布による定量化を試みた。

2. 実験方法

供試体は、栃木県宇都宮市大谷町産の緑色凝灰岩（大谷石）とし、直径5cm、高さ10cmの円柱供試体を作製した。実験は拘束圧5, 10, 15, 30, 45, 60および75kgf/cm²の7種類について各4本ずつ行った。载荷については、まず所定の拘束圧まで静水圧的に载荷し、その後拘束圧を一定に保ちながら軸方向の载荷を行った。軸载荷はひずみ速度0.1%/minで行った。計測は耐荷力が安定的となるひずみ3.0%まで行った。A E計測条件については表-1示す。

表-1 A E計測条件

センサー共振周波数	140kHz
増幅度 プリアンプ	40dB
メインアンプ	20dB
ハイパスフィルター	100kHz
ローパスフィルター	500kHz

3. A Eによる損傷確率関数

A Eによる損傷確率関数はA Eイベントを用いて(1)式のように定義されている²⁾。

$$F_{AE}(x) = Q(x) / Q_F \quad (1)$$

$Q(x)$: ひずみ x の時のA Eトータルカウント

Q_F : ひずみ3.0%の時のA Eトータルカウント

(1)式よりA Eによる損傷確率とは最終的に発生したA Eに対するあるひずみまでのA E発生数であることが分かる。

求められた損傷確率分布に対しWeibull分布による近似を行うがWeibull分布関数は次式で示される。

$$F(x) = 1 - \exp[-(x/\xi)^m] \quad (2)$$

m : 形状のパラメーター

ξ : 尺度のパラメーター

4. 実験結果および考察

図-1は各拘束圧の平均応力-ひずみ曲線および平均A E発生確率-ひずみ曲線である。A E発生確率とは各ひずみのA Eトータルカウント数をひずみ3.0%のA Eトータルカウント数で正規化した値である。すなわち、(1)で表される損傷確率である。応力-ひずみ曲線は拘束圧の増加に伴いヤング率、ピーク強度が増加傾向を示す。A Eについては、低拘束圧下ではピーク強度付近で急増し始め、軸差応力が安定的になるとA Eも安定的に発生するようになる。拘束圧の増加とともに応力-ひずみ曲線のピークが不明瞭になるが、それに伴いピーク強度近傍におけるA Eの増加率も減少している。このようにA E発生傾向は拘束圧によって変化する。この変化を数量的に考察するためにWeibull解析を行った。

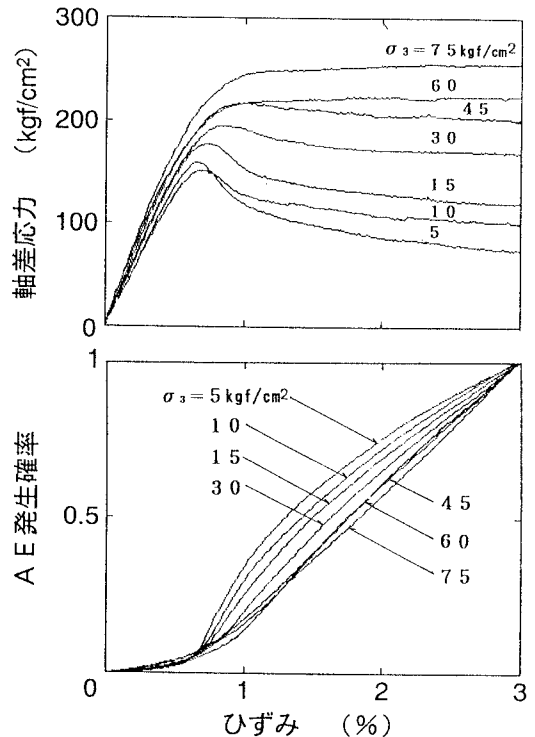


図-1 応力-ひずみ曲線およびA E発生確率-ひずみ曲線

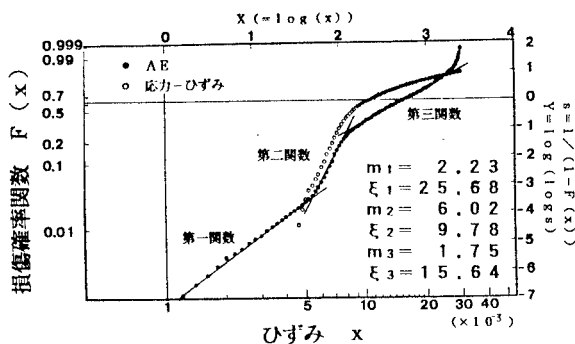


図 2 拘束圧5kgf/cm²時の損傷確率分布の一例

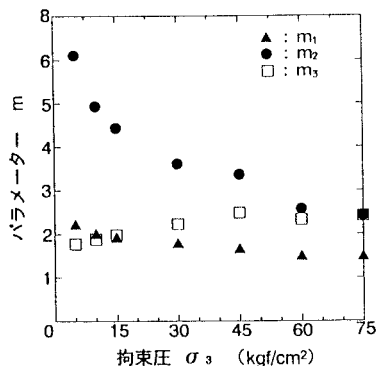


図 4 拘束圧とパラメーターmの関係

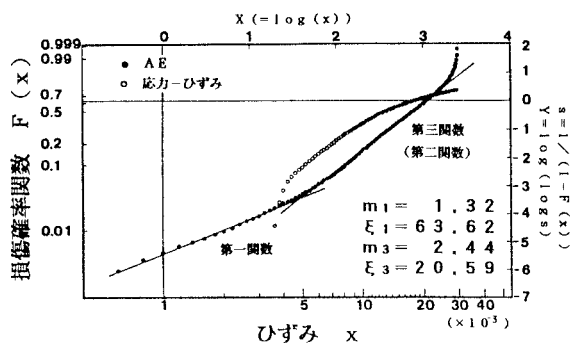


図 3 拘束圧75kgf/cm²時の損傷確率分布の一例

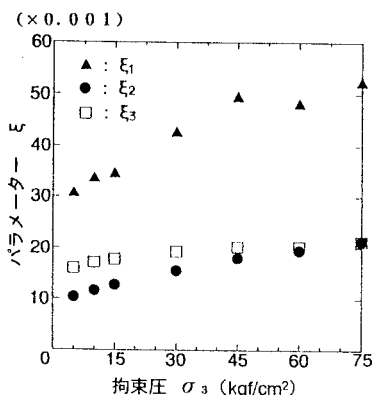


図 5 拘束圧とパラメーターξの関係

図 2 は拘束圧5kgf/cm²の時のAEトータルカウントから損傷確率をもとめWeibull確率紙にプロットした図である(黒丸)。なお、応力-ひずみによる損傷確率も同図に示した(白丸)。図よりAEによる損傷確率分布はWeibull確率紙上で3直線で近似可能となった。第一関数は応力-ひずみ曲線の線形領域、第二関数はピーク強度付近、第三関数はそれ以降に対応する。図 3 は拘束圧75kgf/cm²の場合である。図よりAEによる損傷確率分布はWeibull確率紙上で2直線で近似可能となった。第一関数は降伏点以前、第二関数は以降に対応する。図 2、図 3 からAEによる損傷確率関数は応力-ひずみ曲線による損傷確率関数では表すことの困難な線形領域における損傷の推移を表すことが可能である。図 4、図 5 はそれぞれ拘束圧と各拘束圧の損傷パラメータm、ξの平均との関係を示したものである。拘束圧の増加に伴いm₂が減少しm₃に近づくことがわかる。またξ₂がξ₃に近づくことが分かる。すなわち、拘束圧の増加に伴い第二関数が第三関数に近づき、全休の分布が3種類から2種類の複合分布に近づく。

5. まとめ

- 1) 三軸下におけるAEによる損傷確率分布はWeibull確率紙上に2直線あるいは3直線で近似可能である。
- 2) 拘束圧の増加に伴い第二関数が第三関数に近づくことにより、分布形は3直線から2直線に近づく。
- 3) AEによる損傷確率関数によって線形領域の破壊過程を表現できる。

<参考文献>

- 1) 田野久貴、佐武正雄：「損傷確率関数による岩石の強度と変形の解析」、土木学会論文集、第418号、Ⅲ-13、pp211~220、1990
- 2) 田野久貴：「AEによる損傷確率に関する実験と考察」、土木学会東北支部技術研究発表会概要集、Ⅲ-15、pp350~351、1991
- 3) 中村 覚：「ワイブル関数の三軸圧縮下への適用に関する基礎的研究」、平成三年度修士学位論文
- 4) 吉澤大造、田野久貴、渡辺英彦：「AE発生傾向のワイブル確率による一考察」、土木学会東北支部技術研究発表会概要集、Ⅲ-14、pp338~pp339、1994