

AEを用いた多段階三軸試験の制御について

日本大学工学部 学生会員 ○阿部大志

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. はじめに

岩石のせん断強度定数を求める場合、一般に三軸圧縮試験が行われる。しかし、現場において試料採取の困難な場合に限られた岩石試料数で強度定数をもとめる実験方法として、多段階三軸圧縮試験法が Kovari ら¹⁾が提案し、赤井ら²⁾もこれを適用した報告を行っている。この試験法は、1つの供試体で強度定数を評価できる長所を有するが、制御においてピーク強度の直前状態の判断が難しい。

ピーク強度の判断要素として、横ひずみや間隙水圧および応力ひずみにおけるコンプライアンスの変化を順次計測し判断する試みがなされている。一方、AEは岩石の破壊にともなって発生する。このAE発生状況をもちいたピーク強度の判定が考えられ、その研究の第一歩として多段階三軸圧縮試験と通常の三軸圧縮試験をおこない、その際のAEを計測した。そして、AE発生特性および力学特性について比較し、AEによる多段階三軸圧縮試験法の制御について検討をおこなった。

2. 供試体および実験方法

2. 1 供試体：実験に用いた岩石試料は溶結凝灰岩（白河石）である。この岩石を堆積面にほぼ垂直にコアリングおよび端面整形をおこない、 $\phi 5 \times 10\text{cm}$ の供試体とした。供試体の一軸圧縮強度は、約 $500\text{kg}/\text{cm}^2$ であり、弾性波速度が約 $4000\text{m}/\text{sec}$ であった。なお、供試体は絶乾状態（ 110°C , 24hour）とした後、室温にて実験をおこなった。また、AE計測のため供試体端面にシリコングリスを塗布した。

2. 2 多段階三軸圧縮試験：多段階三軸圧縮試験の実験手順は、やや複雑である。今回は次に述べる手順にて行った。

表-1. AE計測条件

センサ共振周波数	120~140kHz
プリアンプ	40dB
メインアンプ	20dB
ハイパスフィルタ	100kHz
ローパスフィルタ	500kHz
ディスクリレベル	100mV
コインシデンス	off
デッドタイム	1msec
最小継続時間	2usec

- ①供試体を三軸セル内にセットした後、設定した拘束圧を与える。
- ②軸差応力-ひずみ曲線を観察しながら軸載荷を行う。
- ③軸差応力-ひずみ曲線のピーク強度直前に載荷を停止させる。
- ④軸差応力、軸ひずみともに載荷初期状態に戻す。
- ⑤拘束圧を次の段階に増加させる。
- ⑥設定した拘束圧にて、再度軸載荷をおこなう。（手順②へ）

この手順にて第1回目の拘束圧 $20\text{kg}/\text{cm}^2$ から最高の設定拘束圧

$100\text{kg}/\text{cm}^2$ まで各段階拘束圧を $20\text{kg}/\text{cm}^2$ ずつ増加させて繰り返しおこなった。AEの計測は、試験機加圧板内に設置したAEセンサーにより検出した。なお、AEの計測条件を表-1に示す。変位制御で $0.1\text{mm}/\text{min}$ の載荷速度でおこなった。

3. 実験結果および考察

3. 1 軸差応力-ひずみ曲線：多段階三軸圧縮試験の軸差応力-ひずみ曲線を図-1に示す。第1回目の載荷と2回目の載荷でえられる変形性を比較すると、直線性が増す傾向にあった。

3. 2 AEを損傷確率としたWeibull 解析^{3),4)}：発生するAEに関して、拘束圧 $20\text{kg}/\text{cm}^2$ の軸差応力、累積AEイベントカウント、ひずみ関係の一例を図-2に示す。AEの発生特性は、ピーク強度の約50%付近より急増する傾向にある。このときのWeibull 解析をピーク強度まで40秒間隔で随時おこなった結果を図-3に示す。これより、AEによる損傷確率はWeibull 解析で1および2直線近似可能であり、経過時間ごとにその形状は変化している。直線の傾きを損傷確率パラメーター m_{AE} 、Y軸との交点を損傷確率パラメーター ξ_{AE} とする。このWeibull 解析により得られた損傷確率パラメーターと応力-ひずみ関係を図-4に示す。

低いひずみレベルの時は m_{AE1} のみで示され、ピーク強度の約50%のひずみレベルから2直線近似可能になり m_{AE2} が生じる。損傷確率パラメーター m_{AE2} は m_{AE1} より大きい値を示した。 m_{AE1} 、 m_{AE2} ともにひずみの増加に対し減少する傾向を示すが、ピーク強度に近づくにつれ徐々に一定の値に収束している。これらの結果ら、Weibull 解析による損傷パラメーターがリアルタイムで解析可能であれば多段階三軸圧縮試験のピーク強度の判断要素となり、AEによる制御が可能であると考えられる。

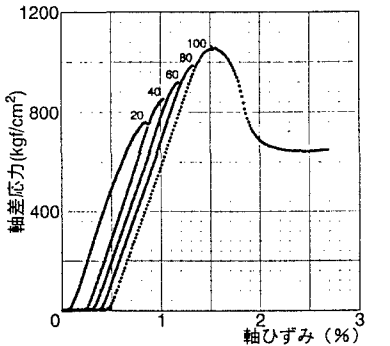


図-1. 軸差応力-ひずみ曲線 (多段階三軸)

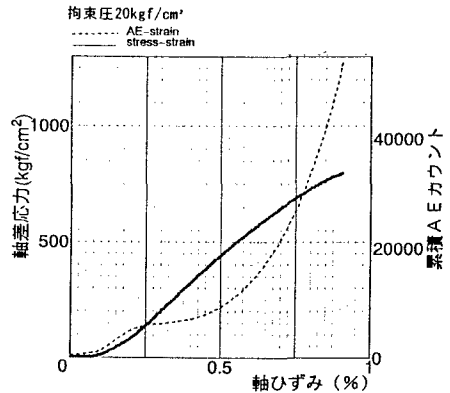


図-2. 軸差応力-ひずみ曲線
(多段階三軸試験)

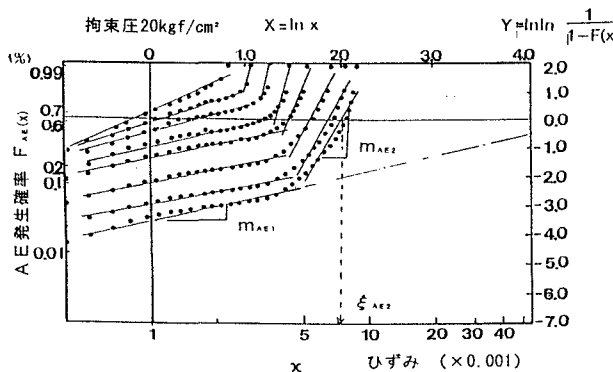


図-3. AEを損傷確率としたWeibull解析の一例

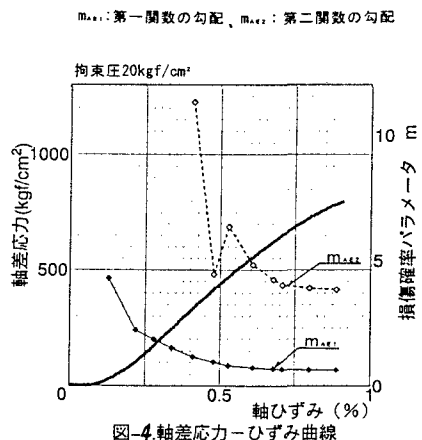


図-4. 軸差応力-ひずみ曲線
(多段階三軸試験)

4. おわりに

今回、通常の三軸圧縮試験および多段階三軸圧縮試験を実施し、Weibull 解析おこなった。現時点での課題として次の事項がまとめられる。1) 多段階三軸試験のAE発生特性を Weibull 解析でリアルタイムモニターする計測システムの構築を進行する必要がある。2) 実験供試体の数を増やしデータの収集をおこなう。[謝辞]本研究を進めるに当たり、ご協力いただいた戸本吉泰、廣瀬由和氏、および当研究室の諸氏に深く感謝の意を表します。[参考文献]1) K. Kovari and A. Tisa: Multiple Failure State and Strain Controlled Triaxial Test, Rock Mechanics, Vol. 7, No. 1, pp. 17-33, 1975. 2) 赤井浩一・大西有三・李徳河: 多段階三軸試験とその飽和軟岩の適用について, 土木学会論文報告集, 第 311 号, 1981. 3) 田野久貴・渡辺英彦: AEによる岩石のピーク強度の予測, 第 38 回日本大学工学部学術研究報告会, pp52-53, 1995. 4) 吉沢大造: AEを用いた三軸下の内部損傷の定量化に関する研究, 日本大学大学院平成 6 年度修士学位論文, 1995.