

Ⅲ-16

三軸圧縮を与えた岩石のAEカイザー効果点推定に関する一検討

日本大学工学部 正員 ○渡辺 英彦

日本大学工学部 正員 田野 久貴

日本大学工学部 正員 赤津 武男

1. はじめに

岩質材料の圧縮過程においてAcoustic Emission (AE) が発生する。このAEの特性の一つにカイザー効果、つまり載荷荷重がそれ以前に載荷された荷重値を越えるまではAEがほとんど発生しないという現象がある。原位置より採取したボーリングコア試料の一軸圧縮試験におけるAE計測より、AEカウントの発生点または急増点をカイザー効果点として地圧の推定が行われている¹⁾。AEのパラメータにはこのカウント(イベント、パルス)の2種類)の他に最大振幅、継続時間や立ち上がり時間などがある。本研究では先行載荷として三軸圧縮を与えた岩石の一軸圧縮再載荷におけるAE計測より、これらのAEパラメータを用いて判別分析によりカイザー効果点の推定を試みた。

2. 実験方法

荻野凝灰岩(福島県耶麻郡高郷村産)を $\phi 5 \times h 10$ cm, 端面の平行度0.05mm以内に整形し実験に用いた。先行載荷として軸圧 $\sigma_1=200$, 側圧 $\sigma_3=100$ kgf/cm²の軸差応力状態を30分間載荷した。除荷後、ひずみ速度0.1%/minとして一軸圧縮再載荷を行い、同時にAEの計測を行った。AE計測は共振周波数140kHzのセンサーを上下加圧盤内に設置し、増幅度60dB, ディスクリレベル100mV, フィルターを100~500kHzとして計測を行った。供試体の上下に設置したセンサーのAE信号到達時間差を用いて、端面拘束等により供試体端面付近に発生するAEを除去して計測を行っている。

3. 実験結果と考察

一軸圧縮再載荷における計測結果を図1に示す。AEはトータルイベントカウント、ひずみは載荷盤間の変位より求められる平均ひずみである。先行応力値を越えるまではAEが発生せず、そのレベルを越えるとAEが発生し始めるのが理想的なカイザー効果である。しかし図1においてAEは載荷初期より発生しており、このような場合AE発生急増点をカイザー効果点としている。ここでは判別分析、直線回帰の方法によりカイザー効果点の推定を行う。

(A) 判別分析による方法

判別分析とは2つのグループの観測値を用いて、それらのデータを最もよく判別する判別関数により、ある一つの観測値がどちらのグループに属するかを判定するものである。再載荷過程で計測されるAEにおいて、先行応力値以前とそれ以後に発生するAEの各パラメータは異なるものとする。先行応力値以前、以後のデータとして載荷経過時間0~100秒, 300~400秒の2区間における6種類のAEパラメータ(1秒当りのX1:イベントカウント, X2:パルスカウント, X3:平均AEエネルギー, X4:平均周波数, X5:平均ウェーブフォーム幅, X6:平均立ち上がり勾配)を用いて線形判別分析を行った。得られた判別関数Zを式(1)に示す。

$$Z = -0.89078X1 + 0.00995X2 - 0.36680X3 + 0.65997X4 + 0.09628X5 - 65.78790X6 + 4.87035 \quad (1)$$

係数の検定値F0を表1に示す。F0の値よりイベントカウントが判別に大きく寄与していることがわかる。式(1)の判別関数により求めた1秒毎の判別得点を図2に示す。判別得点の値はある程度のばらつきの幅をもって分布している。再載荷軸方向の先行応力 $\sigma_1=200$ kgf/cm²を越える付近より判別得点はマイナスの値となっており、カイザー効果点の推定が可能であると考えられる。

表1 線形判別関数の係数のF0

AEパラメータ	F0
X1: イベントカウント	107.7370
X2: オブレーションカウント	10.3438
X3: 平均AEエネルギー	1.0871
X4: 平均周波数	0.0539
X5: 平均クエーパフォーメーション	0.0459
X6: 平均立ち上がり勾配	8.3779

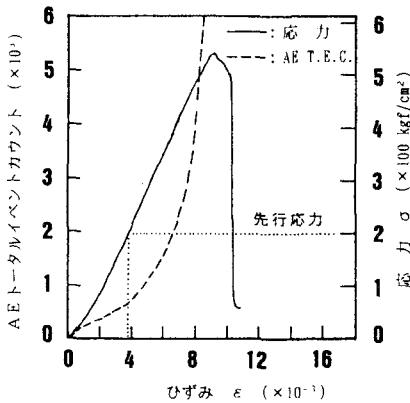


図1 一軸圧縮再載荷時の
応力・ひずみ・AE計測結果

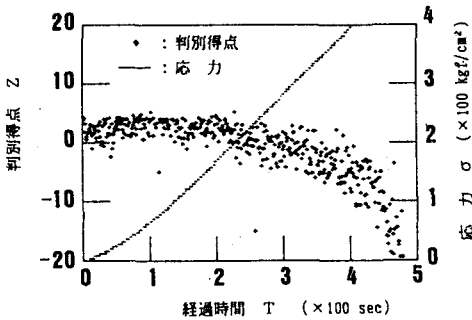


図2 判別分析によるカイザー効果点の推定

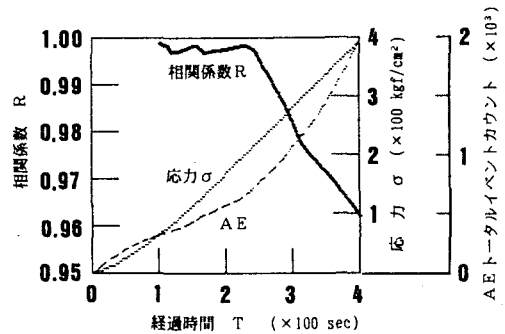


図3 直線回帰によるカイザー効果点の推定

(B) 直線回帰による方法

再載荷過程におけるAEカウントは、先行応力値までは直線的な発生傾向を示し、それ以後急増する傾向にある²⁾。このような場合この直線からはずれ始める点をカイザー効果点としているが、その判定には誤差が含まれる可能性がある。そこで、各ひずみまでの直線回帰を行い、相関係数Rの変化を求めた。結果を図3に示す。再載荷軸方向の先行応力 $\sigma_1=200\text{kgf/cm}^2$ を越える付近より相関係数は減少する傾向にある。相関係数の減少し始める点をカイザー効果点とすることにより 199.6kgf/cm^2 と推定された。

4. まとめ

岩石の原位置での応力状態を模して、先行載荷として三軸圧縮を行い、除荷後、一軸圧縮再載荷を行った。この時のAE計測データを用いて判別分析、直線回帰の方法によりカイザー効果点の推定を行った。判別分析によりカイザー効果点の推定が可能であり、イベントカウントが判別に寄与していることがわかった。また、直線回帰の方法を用いてもカイザー効果点が推定された。

〔参考文献〕

- 1) 金川 忠, 林 正夫, 仲佐博裕: 岩石における地圧成分のAcoustic Emissionによる推定の試み, 土木学会論文報告集, 第258号, pp.63~75, 1977
- 2) 渡辺英彦, 田野久貴, 赤津武男: AEによる三軸圧縮を受けた岩石の履歴応力推定, 土木学会東北支部技術研究発表会, pp.372~373, 1993.3