

III-622

カイザー効果のバラツキに関する基礎実験と一考察

日本大学工学部 正員 田野 久貴

1. まえがき

室内でカイザー効果に関する実験を行う場合に、用いる材料のAE特性のバラツキが問題となる。そこでまず同一条件のもとに凝灰岩のAE発生確率分布を求めた。その結果をもとに、あるレベルの先行応力を与えた試験片に再載荷した場合、どの程度の割合(確率)でカイザー効果が認められるかを簡単なモデルで検討したものである。

2. 実験方法および実験結果

試料として緑色凝灰岩(荻野石)106本を使用した。載荷条件は一軸圧縮下のひずみ制御とし、その速度及びAEの設定条件等を表-1に示す。得られた強度は約600kgf/cm²、ヤング率は約73000kgf/cm²である。図-1はこれらの平均応力-ひずみ関係であり、ひずみについて平均している。これから明かなように、ひずみ約9300 μ でピーク強度に達している。これ以後の、いわゆるpost-failure領域の応力およびAEイベントも極力記録することに努めたが、試験機剛性が特に高い、いわゆる高剛性試験機ではないため、ピーク直後のひずみ-応力、ひずみ-AE関係は必ずしも正確とはいえない。

表-1 AE設定条件とひずみ速度

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
デイスクリレベル	100mV
フィルター ハイパス	100kHz
ローパス	500kHz
ひずみ速度	0.1%/min

3. AEトータルカウントの確率分布特性

一つ一つのひずみ-AEトータルカウント曲線は、同一岩質であってもバラツクのが一般である。ここでは、ひずみをパラメーターとし、AEトータルカウントを階級値(確率変数)として頻度分布を求めた。すなわち、あるひずみ値のときのトータルカウントの頻度曲線である。図-2はその三次元頻度分布である。当然のことながら、高ひずみ(応力)レベルになるにつれてAEトータルの発生レベルも高くなっていることがわかる。また、最頻値も低い位置から中央へと移動し、さらに高い位置へと移動し

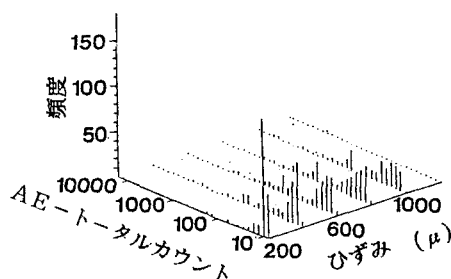
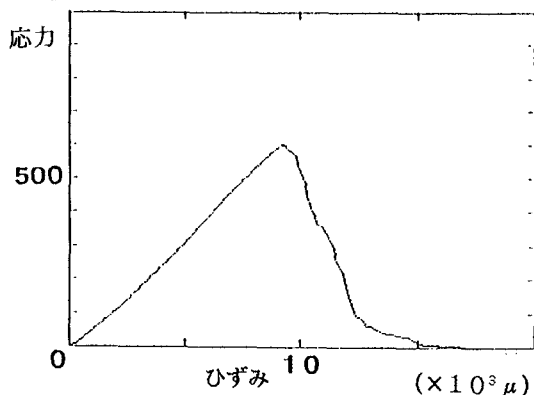
ひずみ1000 μ までのひずみ-AEの関係(kgf/cm²)

図-1 平均ひずみ-応力関係

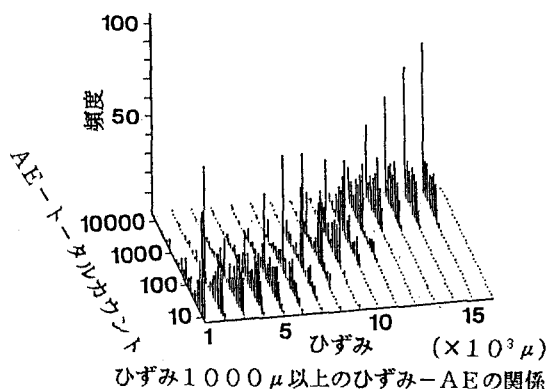
ひずみ1000 μ 以上のひずみ-AEの関係

図-2 AEトータルカウントの三次元ヒストグラム

ている。この図によって全体の変化の様子をある程度知ることが可能であるが、これだけではその特性を定量化するには不十分である。

図-3はこれらのデータをWeibull確率紙にプロットしたものである。これらから明かなように、各ひずみレベルにおいてそのAEトータルカウントはほぼWeibull確率に従うことがわかる。しかも、およそ1000 μ 以上のひずみレベルでは、2本の直線で近似されるいわゆる複合Weibull分布をなすようである。

4. 考察

以上の結果をもとに単純なモデルを用いて先行载荷を与えた複数の試験片の再载荷において、どの程度の割合でカイザー効果が認められるかを検討する。

図-4(a)(b)はそれぞれ先行载荷および再载荷時のAEの発生状態の模式図であり、(b)は先行ひずみ(応力)以前において全くAEの発生を見ない、いわば完全にカイザー効果の認められる場合である。まず、1000 μ の先行ひずみを与え、再载荷することを考えよう。どの程度のAE発生をもって十分とするかは、試験片のAE特性、測定条件、測定環境によって異なるがここでは100カウントとする。

図-3によれば、先行载荷において100カウント以上の発生がみられる割合(確率)は約0.18である。次に再载荷においても図-3に示すような実験データが必要であるが、現在未検討であるので図-3の結果を用いる。再载荷において完全にカイザー効果が認められる場合には数カウントのAE発生で十分と考えることもできるが、図-4(c)のように、除荷点以前においてもある程度のAEが発生することも多く、したがってある程度AEを発生させ、ひずみ(応力)-AE曲線の変曲点などの傾向から判断するのが一般である。そこで、2000 μ まで再载荷することとし、この時少なくとも100カウント程度の発生があればよいとする。図-3の2000 μ において100カウント以上期待できる試験片の確率は約0.22である。カイザー効果とは先行载荷と再载荷において上記の事象が同時に観察されることであるから、その確率はこれらの積(0.18 $\times$ 0.22)から得られその値は0.04となる。同様にして、5000 μ の先行载荷に6000 μ の再载荷を行う場合には約0.25である。したがってこの場合、4本の試験を行ってそのうち1本に明瞭なカイザー効果が認められることになる。後者において測定環境が良好で30カウント程度で十分という場合は10本に4本が期待される。当然のことではあるが、AE活動度の大きい材料ほど、あるいはひずみレベルが高いほど図-3の各分布はグラフの右下に移動するから、このような材料とひずみレベルを選べばカイザー効果の観察率は増加する。室内のモデル実験のような場合には、先行载荷に関する情報は分かっているから、実際の観察率はこれらの値より大きくなると考えられる。現場試料のような場合は、これらに相当するものとして被り圧の推定値があるが、地質現象等で初期地圧が特異な値をとるような場合はこの値は参考にならないであろう。多くの岩種において、本文のような先行载荷および再载荷におけるAE発生特性の確率分布の把握が望まれる。

本文をまとめると、1)凝灰岩の一軸圧縮試験におけるAEトータルカウントの確率分布は、载荷の初期を除いて複合Weibull分布で近似される。2)この結果をもとに簡単なモデルを用いて、カイザー効果の実験を行った場合のカイザー効果の発生確率(観察率)を試算した。

3)これらの結果をより正確に検討するためには、再载荷時のAEトータルカウントの確率分布を求める必要がある。

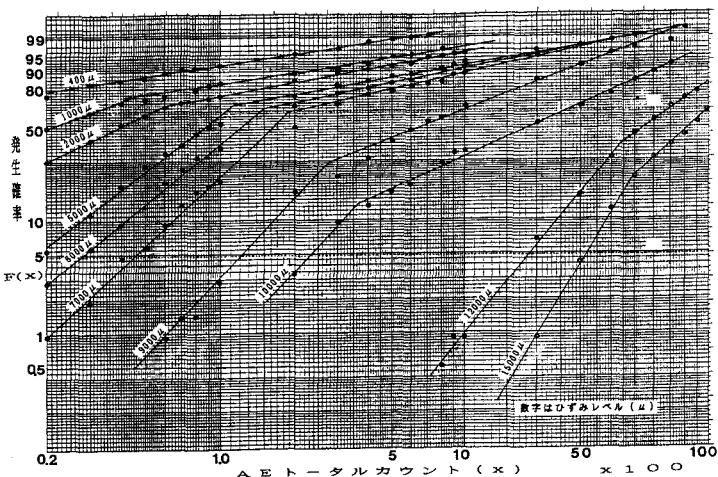


図-3 各ひずみレベルにおけるAEトータルカウント発生率

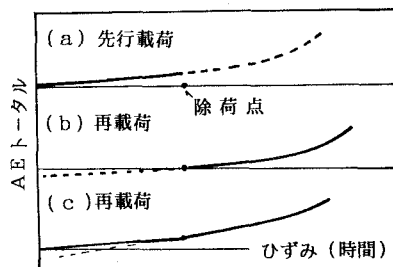


図-4 理想化されたカイザー効果