

新第三紀凝灰岩の AE 特性に関する実験的研究

澤 崎 雅 之*・日下部 吉 彦*・永 井 良 樹**

Studies of the Acoustic Emission Characteristics on Neogene Tuffaceous Rocks

Masayuki Sawazaki, Yoshihiko Kusakabe and Yoshiki Nagai

Authors have carried out the fundamental studies on the detection of initial stress using Acoustic Emission technique (Kaiser effect) by which the stress history of the rock mass can be estimated.

In this paper, the characteristics of Kaiser effect on Neogene tuffaceous rock samples have been investigated.

Among others, the influences of cyclic load, triaxial compressive stress and moisture content have been investigated.

The results of the tests are as follows.

- (1) In case of the dry samples were saturated with the residual strain by cyclic loading, the Kaiser effect has appeared definitely, while in case of the samples were not so, the accuracy on the detection of initial stress has become lower.
- (2) Under the triaxial creep test, rather the deviator stress than the confining pressure has showed the remarkable correlation with the Kaiser effect
- (3) In case of the wet samples, the Kaiser effect has appeared definitely in the samples that hold moisture content to be less than 10%.

1. はじめに

地下発電所や石油地下備蓄などの大規模重要構造物において合理的で安全な設計施工を行うために、初期地圧の測定が不可欠と考えられるようになってきている。

初期地圧測定方法は原位置試験法と室内試験法の2つに大別され、前者の代表的な試験法として応力解放法や水圧破碎法などがあり、適用実績も多く報告されている¹⁾。

一方、原位置試験法に比較して、試料採取が可能であれば簡単に実施できる利点を有している室内試験法では、岩石の物理特性や力学的特性を利用した方法などが種々提案されている。

本研究は、上記の室内試験法のうち、現状では研究開発段階の技術ではあるが、使用実績も増加しつつあるAE法によって、若干の実験的検討を行ったものである。

現在のところ、AE法による地圧測定法の検討課題としていくつかの項目²⁾が挙げられておりカイザー効果についてはいまだ不明な点が多いのが実情である。

* 建設工学科 土木工学専攻 ** 元大学院生

本論文では、先行応力の影響、含水比の影響について二、三の検討を行っている。

2. 試料

実験に供した岩石試料は、荒島石（島根県安来市荒島町産）の名称で石材として用いられている新第三紀凝灰岩であり、主な物性値は表-1に示す通りである。

まずブロック状の試料（15×15×30cm）から岩石試料用コア抜き機で直径5cmの棒状コアを切り出した後、端面整形機で直径5cm、高さ10cmの円柱状供試体に形成した。なお、両端面の整形精度は5/100～10/100mmとした。

このように作成された供試体は、一ヶ月以上常温乾燥機内で保存して重量の変化がなくなった乾燥試料と、蒸留水中に水浸させて真空脱気を10日間以上継続させた湿潤試料との2種類に分けて保存し、以下の各種試験用の供試体とした。

表-1 試料の物理的諸元

真比重	2.42
乾燥密度 (g/cm ³)	1.38
間隙比 (%)	44.1
見掛け比重 (強制湿潤)	1.73
(強制乾燥)	1.38
吸水率 (72hr水浸)	24.1
(%) (真空脱気)	26.1
有効間隙率 (72hr水浸)	33.1
(%) (真空脱気)	35.8

3. A E計測法

A E計測は、供試体側面中央部に感熱接着剤で取り付けられたA Eセンサーによって計測した使用したA Eセンサーの共振周波数は140KHzであり、100KHz～200KHzの範囲で高い利得を有している。

まずA Eセンサーからの出力は、プリアンプとメインアンプにより増幅した。次にディスクリミネータ（NF社製AE-922）に装備されたバンドパスフィルター（100KHz～200KHz）と振幅弁別器で設定されたしきい値を通過した信号をパルスに変換し、包絡線検波した後、パルス入力アダプタを介してパソコンに取り込み、リアルタイムで処理解析した。

なお、実験前の予備実験により、乾燥試料では感度90dB、湿潤試料では感度100dBとし、しきい値は両試料とも高レベル $V_H = 200\text{mV}$ 、低レベル $V_L = 100\text{mV}$ が最適であった。

4. 実験方法

乾燥試料を用いて以下の通りの方法で先行応力を载荷して除荷後、直ちにA E計測を伴う単調载荷の一軸圧縮試験を実施して、カイザー効果から推定される見掛けの応力を求めた。なお、以下の試験において、一軸応力の载荷除荷の速度は、全て0.1%/minのひずみ制御で統一している。

(1) 一軸繰り返し载荷

供試体に一軸圧縮強度の約50%応力レベルで、静的に载荷除荷を50回繰り返す。

(2) 一軸クリープ载荷

クリープ試験機を用いて、供試体に一定軸応力下（1.96MPaと2.94MPaの2種類）で、軸ひずみの変化がなくなるまでクリープ载荷する。

(3) 等方圧クリープ载荷

三軸室で等方圧（1.96, 2.94, 3.92, 4.91MPaの4種類）のみを12時間载荷する。

(4)三軸クリープ載荷

三軸室で等方圧(0.98, 1.96, 2.94MPaの3種類)を載荷したうえで、さらに軸差応力(1.96, 2.94MPa の2種類)を12時間クリープ載荷する。

さらに、湿潤試料の含水量を変化させた4種類(含水比=19.5, 12.8, 8.9, 6.7%)の供試体に対して、上記(1)の試験を実施した。

5. 結果及び考察

先行応力の種類や大きさとカイザー効果から推定される見掛けの応力との比較を中心に、前記の実験方法別に検討する。

(1)一軸繰返し載荷

図-1は2.94MPaの静的一軸繰返し載荷を実施した際の、除荷時の残留ひずみの大きさを縦軸に、繰返し回数を横軸にプロットしたものである。多少のバラツキはあるものの、繰返し回数が30回位以上に達すると、残留ひずみの大きさは、ほぼ収斂していく傾向があり、この状態を村山ら³⁾は「ひずみ飽和の状態」と称している。

図-1のような50回の繰返し載荷を先行応力として負荷された試料について、AE計測を伴う一軸圧縮試験を実施した結果が図-2である。図-2において、実線は応力～ひずみ曲線、点線はひずみ～AE累積数関係、←印はAE計測結果から推定される見掛けの応力を表わしている。(以下、同様の図面において表示方法は統一している)

図-2に示されるように、2.94MPaの先行応力に対して、カイザー効果を利用して推定される応力は2.90MPaとなり、ほぼ一致していることがわかる。しかし、特に図-1の繰返し回数20回以下の試料については、先行応力と推定応力とが一致しなかった。このことから残留ひずみが飽和状態に達していない場合、カイザー効果が明瞭に表われないと推定される

(2)各種クリープ載荷

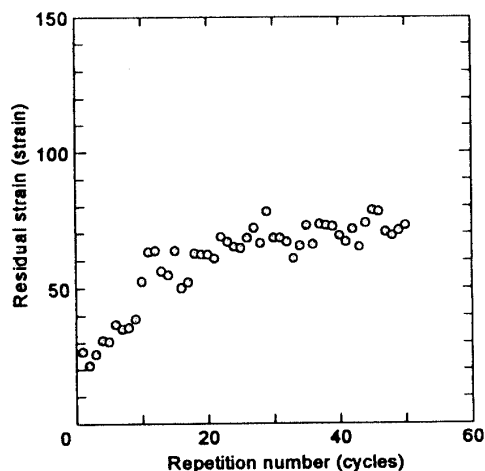


図-1 繰返し回数と残留ひずみの関係

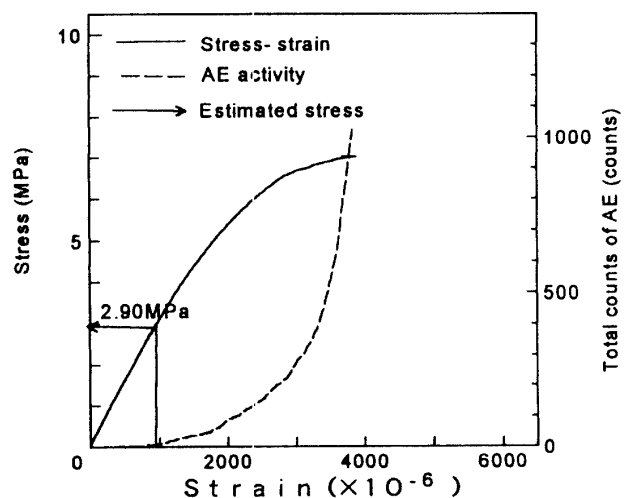


図-2 応力～ひずみ～AE累積数関係
(先行応力=2.94MPa)

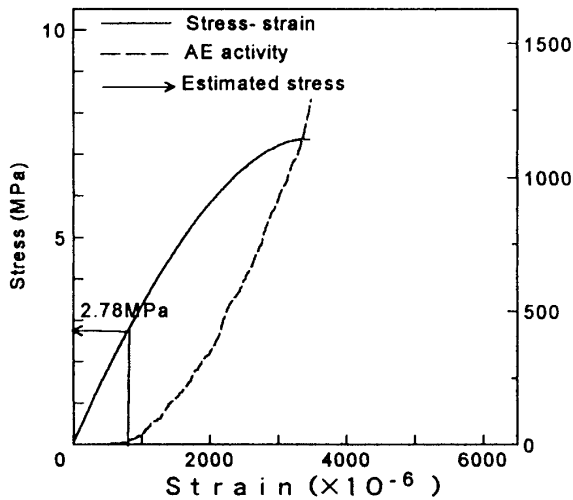


図-3 応力～ひずみ～A E 累積数関係
(一軸クリープ载荷、先行応力=2.94MPa)

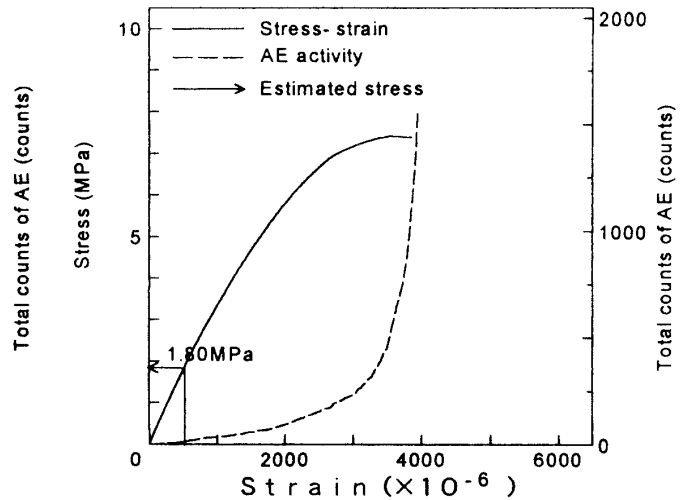


図-4 応力～ひずみ～A E 累積数関係
(等方圧クリープ载荷、先行応力=1.96MPa)

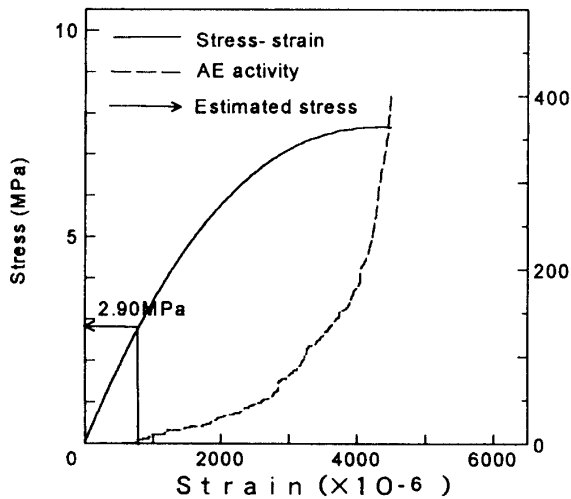


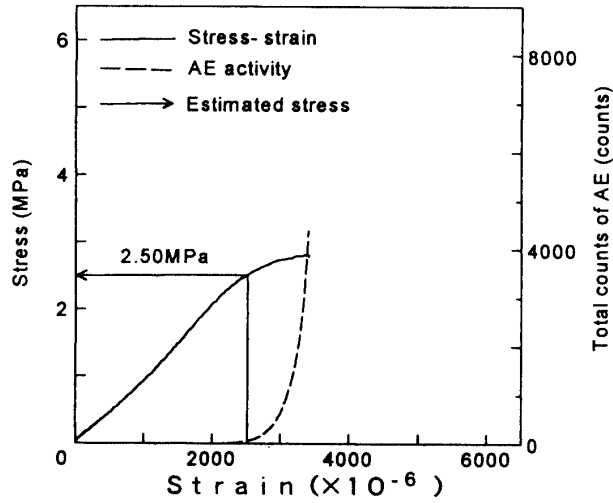
図-5 応力～ひずみ～A E 累積数関係
(三軸クリープ载荷、先行応力=2.94MPa)

表-2の一軸クリープ载荷においては、数%～10数%の誤差で見掛けの応力を推定することができる。また、等方圧クリープ载荷の場合、約3MPa以下の拘束圧に対して、先行拘束圧と見掛けの推定応力との誤差は小さいものの、3MPa以上の拘束圧に対しては、両者の誤差が大きくなる傾向にある。さらに、三軸軸差応力クリープ载荷の場合、先行軸差応力あるいは、先行拘束圧に比較して、先行軸差応力と見掛けの推定応力との関係が相対的に近似していることがわかる。

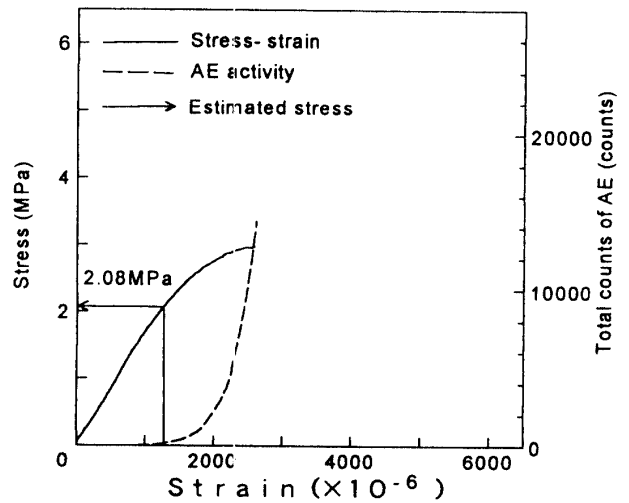
以上の結果から、各種クリープ载荷を先行応力として与えられた試料に関して、カイザー効果を利用して推定される見掛けの応力は、拘束圧にはさほど影響されず、むしろ、軸方向応力あるいは軸差応力に近い値を表示していると考えられる。

(3) 含水量の影響

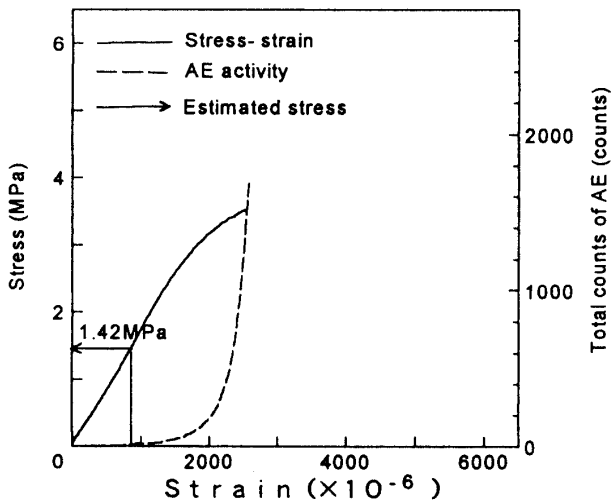
図-6(a)～(d)は、各々、含水比が19.5%, 12.8%, 8.9%, 6.7%の4試料について、先行応



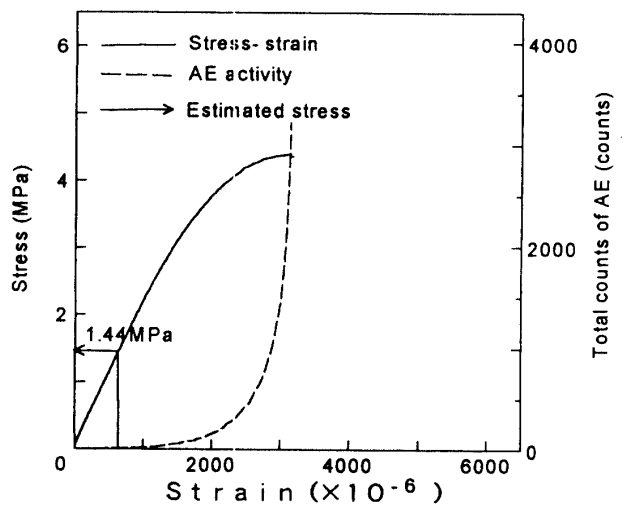
(a) 含水比=19.5(%)



(b) 含水比=12.8(%)



(c) 含水比= 8.9(%)



(d) 含水比= 6.7(%)

図-6 湿潤試料の応力～軸ひずみ～AE累積数関係
(先行応力=1.47MPa)

表-2 各種クリープ試験による先行応力と推定応力

载荷方法	先行軸方向応力 (MPa)	先行拘束圧 (MPa)	先行軸差応力 (MPa)	見掛けの推定応力 (MPa)
一軸クリープ	1. 9 6	————	————	2. 2 5
	2. 9 4	————	————	2. 7 8
等方圧クリープ	1. 9 6	1. 9 6	0	1. 8 0
	2. 9 4	2. 9 4	0	3. 1 0
	3. 9 2	3. 9 2	0	4. 9 0
	4. 9 1	4. 9 1	0	5. 7 0
三軸クリープ	3. 9 2	0. 9 8	2. 9 4	2. 0 5
	4. 9 0	1. 9 6	2. 9 4	2. 4 0
	5. 8 8	2. 9 4	2. 9 4	2. 9 0
	2. 9 4	0. 9 8	1. 9 6	2. 4 0
	3. 9 2	1. 9 6	1. 9 6	2. 2 0
	4. 9 0	2. 9 4	1. 9 6	2. 3 8

力として1.47MPa の繰返し载荷を実施した後、A E計測を伴う単調载荷一軸圧縮試験結果から得られた応力～ひずみ～A E累積数関係を表している。

見掛けの応力は、図-6(a)では2.5MPa、図-6(b)では2.08MPa と推定され、先行応力に比較して4割～7割位大きな値を示している。一方、図-6(c)では1.42MPa、図-6(d)では1.44MPa と推定され、ほぼ先行応力と一致していることがわかる。

供試体中の含水量の分布は均一ではなく、あくまでも平均的な含水比として評価しているため明確なことは言えないが、本実験に関しては、含水比がほぼ10%を越えると、推定精度が低下することがわかる。

6. まとめ

本実験で得られた結果を要約すると以下の通りである。

- (1) 乾燥試料について、繰返し载荷応力を負荷し、残留ひずみが飽和状態に達した場合、カイザー効果は明瞭に表われるが、残留ひずみが不飽和状態の場合、推定精度は低下する。
- (2) クリープ载荷を三軸応力状態で負荷した場合、カイザー効果に対して、拘束圧の影響は少なく、むしろ軸差応力との相関性が顕著である。
- (3) 湿潤試料に関して、含水比が10%以下の場合、カイザー効果は明瞭に表われる。

参 考 文 献

- 1)土木学会：初期地圧測定法の現状と課題，pp. 3～70, 1992.
- 2)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.
- 3)村山朔郎・道広一利・斉藤二郎・吉岡尚也：載荷方法が花崗岩のカイザー効果に及ぼす影響，土木学会論文報告集，第364/Ⅲ-4, pp. 107 ～112, 1985.

(平成9年12月1日受理)