

(55) 原位置から採取された花崗岩におけるカイザー効果の時間依存について

京都大学	名誉教授	正	村山 朔郎
摂南大学	講 師	正	道広 一利
大林組	技術研究所	正	藤原 紀夫
同	上	正	吉岡 尚也
同	上	正	○畑 浩二

1. はじめに

著者らは、A E のカイザー効果を利用して、岩盤が有している初期地圧の推定を試みるための一連の基礎的な実験的研究を行っている。^{1), 2)} その中の一つに、一定軸応力の下で残留ひずみの増加がなくなった状態の供試体を使用した実験的研究がある。この研究では、応力解放後の経過時間とカイザー効果から推定される軸応力との関係が調べられている。その結果、軸応力が解放されてから、ある時間が経過すると、カイザー効果から推定される軸応力は、当初作用させた真の軸応力よりも小さくなることがわかった。³⁾ しかし、これはあくまでも一定軸応力の載荷期間が7～10日間という実験室内でのレベルであり、原位置岩盤のように長期間土被り圧を受けた状態では、すでに解明されているカイザー効果の時間依存性が違う形で生ずることも考えられる。そこで、この報告では原位置より採取した岩石を用いて、カイザー効果から推定される軸応力と応力解放後の経過時間との関係を調べることによって、原位置の初期地圧を推定する上でのカイザー効果の時間依存性をさらに解明しようとするものである。

2. 実験方法

原位置より採取した岩石でカイザー効果の時間依存性を調べるためのA E 実験を実施するに先だち、今回の実験で対象となる花崗岩に最も適するしきい値と感度の組み合わせを調べた。まず、花崗岩供試体に14.7 MPaの先行軸応力を繰り返し載荷により作用させ、残留ひずみの増加がない状態をつくる。その後、A E 計測システム内のディスクリミネータ⁴⁾のしきい値と感度の組み合わせを種々変えて、14.7 MPaを越える単調載荷を行いA E の発生状況を調べる。その結果、今回対象とした花崗岩では、しきい値 V_H を300 mV、 V_L を280 mVそして感度を90 dB に設定すれば、当初作用させた先行軸応力近傍で連続的なA E の発生することがわかった。以降の実験において、このしきい値と感度の組み合わせを使用する。

土被り約80 mを有する花崗岩質地山において、直径75 mmで掘削長さ11 mの水平ボーリングを行い、岩石コアを採取した。岩石採取地点は急傾斜をなす斜面の下にあたり、付近の岩種は花崗岩が主で、非常に堅硬

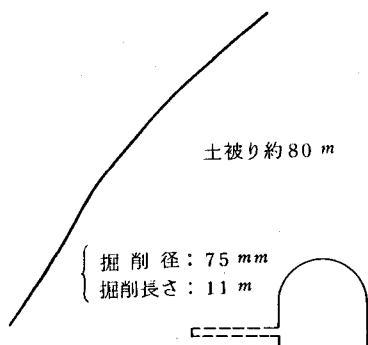


図-1 岩石コア採取地点およびその方向

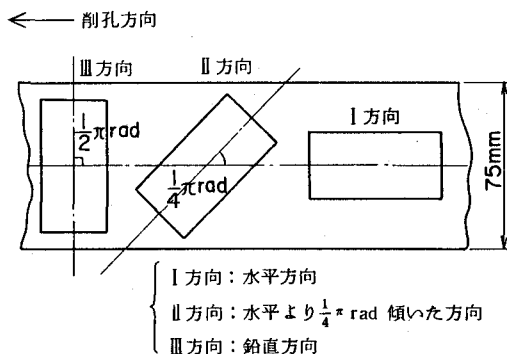


図-2 円柱供試体整形方向

である。ただし、坑壁より4 mまでのボーリングコアについては、節理が発達しており、青灰色～緑灰色のシームを介存していたためA E実験の対象とはしなかった。今回の実験で対象となる花崗岩の性状は、一軸圧縮強度が240 MPaで単位体積重量が26.3 kN/m³であった。図-1に岩石コア採取地点およびその方向を示す。以下に実験手順を示す。

- (1) 原位置で直径75 mmの水平ボーリングを行い、岩石コアを採取する。
- (2) 採取後、岩石コア側面にひずみゲージを貼布し、恒温恒湿の部屋にて放置する。
- (3) 事前に定めた岩石コア採取後の経過時間によって、採取した岩石コアから円柱供試体（直径30 mm，長さ60 mm）を整形する。整形方向は図-2に示すⅠ方向，Ⅱ方向およびⅢ方向である。
- (4) 整形した円柱供試体にひずみゲージを2枚，対角の位置に貼布する。
- (5) 整形した円柱供試体を用いて，9.80 MPa/minの載荷速度で単調載荷する。
- (6) 単調載荷時における応力とひずみおよびA E発生数を記録する。実験に使用したA E計測システムは，実験結果をリアルタイムで処理することのできるものである。⁴⁾
- (7) A E実験結果より，使用した円柱供試体の載荷軸方向の地圧を推定する。当実験では，連続的なA Eの発生し始めたところをカイザー効果とみなしている。

3. 実験結果とその考察

原位置より岩石コア採取後，1日経過した場合の実験結果の一例を図-3 (a) に示す。また，10日経過した場合の実験結果の一例を図-3 (b) に示す。両結果とも，Ⅰ方向（整形方向は図-2参照）の円柱供試体を用いたもので，単調載荷時における応力とひずみとA E累積数の関係を示したものである。図中，連続的なA Eの発生する応力値を破線で示すとともに，カイザー効果とみなし，使用した円柱供試体の載荷軸方向の地圧としている。図-3 (a)の実験結果において，経過日数が1日の円柱供試体については，カイザー効果から1.02 MPaの地圧を有していると推定される。一方，図-3 (b)においては，カイザー効果から0.56 MPaの地圧と推定され，経過日数1日の実験結果に比較して推定される地圧は約半分の大きさになっている。この事実から，岩石採取後岩石を放置することにより，カイザー効果から推定される地圧は変化するものと思われる。

カイザー効果から推定される地圧が変化する様子を図-4，図-5および図-6に示す。図-4はⅠ方向について，図-5はⅡ方向について，そして図-6はⅢ方向についてそれぞれ岩石コア採取後の経過日数を1日～21日まで順次かえて実験し，カイザー効果から推定される地圧と経過日数との関係を示したものである。

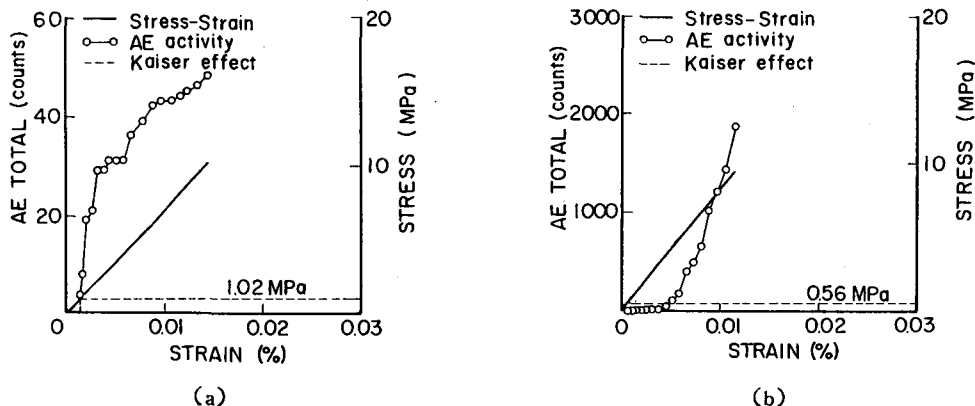
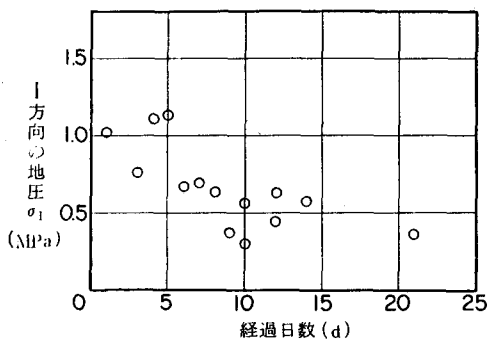
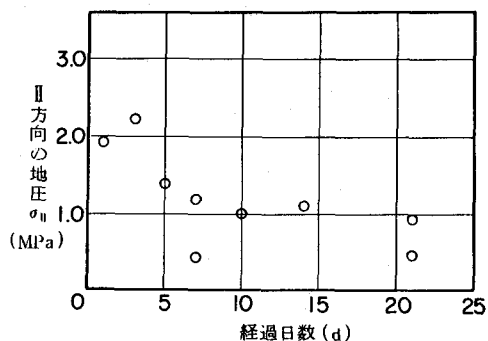


図-3 (a) 経過日数1日における実験結果(Ⅰ方向)

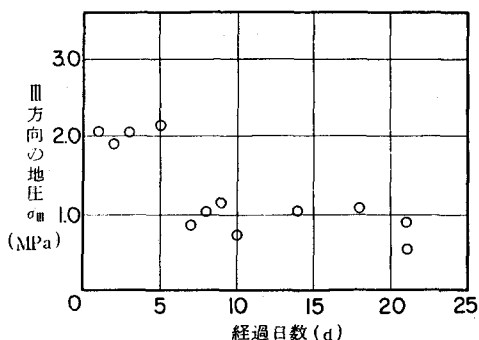
(b) 経過日数10日における実験結果(Ⅰ方向)



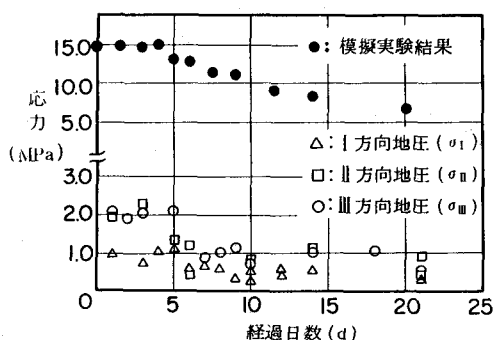
図一 4 I 方向の地圧と経過日数の関係



図一 5 II 方向の地圧と経過日数の関係



図一 6 III 方向の地圧と経過日数の関係



図一 7 模擬実験結果との比較

る。図一 4 より、岩石コアを採取して 5 日目ぐらいまでは、カイザー効果から推定される地圧はほぼ同じ値である。しかし、岩石コア採取後 5 日目ぐらいを境にして推定される地圧は、経過日数に伴って小さくなり、経過日数が 10 日を越すとほぼ一定値になる傾向にあることがわかった。図一 5 と図一 6 に示す実験結果の傾向についても、図一 4 とほぼ同じことが言える。ただし、推定された地圧が岩石コア採取後 1 日目に推定された地圧に比較して約半分の大きさになるのは、II 方向の実験結果では岩石コア採取後 10 日目程度であるが、III 方向の実験結果では岩石コア採取後 7 日目程度であった。以上、カイザー効果から推定される応力値が応力解放後減少する傾向は、一定軸応力のもとで残留ひずみの増加がなくなった状態の供試体を用いた実験（以下、今回の実験と区別するため更宜上“模擬実験”と略す）結果³⁾とほぼ同じであった。模擬実験結果と今回の実験結果を比較する（図一 7 参照）。カイザー効果から推定される応力値にあまり変化がみられないのは、模擬実験では応力解放後 4 日目までで、今回の実験では 5 日目ぐらいまでとなり良く似ている。しかし、模擬実験では 4 日目以降はなめらかに小さくなり、20 日で初期の約半分の値になっているのに対し、今回の実験では 5 日目以降急激に小さくなり、10 日目ぐらいには初期の約半分の値になっている。

I, II そして III 方向の円柱供試体から推定した地圧 (σ_I, σ_{II} として σ_{III}) を利用して、I, II そして III 方向を含む平面内の主応力（最大主応力 σ_1 と最小主応力 σ_2 ）とその方向 (θ) が式①から求められる。²⁾

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 \\ \sigma_2 \end{aligned} \right\} &= \frac{\sigma_I + \sigma_{III}}{2} \pm \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{(\sigma_I - \sigma_{II})^2 + (\sigma_{II} - \sigma_{III})^2} \\ \theta &= \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2\sigma_{II} - (\sigma_I + \sigma_{III})}{\sigma_I - \sigma_{III}} \end{aligned} \right\} \text{--- ①}$$

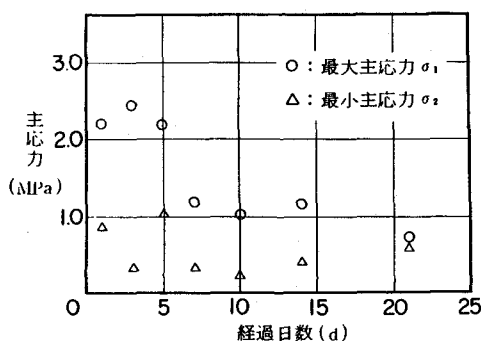


図-8 主応力と経過日数の関係

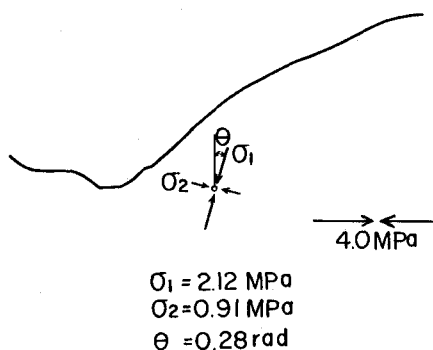


図-9 初期地圧推定例

そこで、図-8に式①から計算された主応力と岩石コア採取後の経過日数との関係を示す。計算された主応力についても、岩石コア採取後5日目を境にして小さくなる傾向がみられた。

以上の結果より、今回の実験に使用した花崗岩についてカイザー効果の時間依存性が認められた。したがって、岩石コア採取後5日目ぐらい以内にAEによる地圧の推定を行わなければ、かなり小さめの地圧を推定することになるものと思われる。そこで、5日目以内のデータを使用して、岩石採取地点の主応力とその方向を式①より算出した。その結果、最大主応力は2.12 MPa、最小主応力は0.91 MPaそして鉛直方向より反時計方向に0.28 rad傾いていることがわかった(図-9参照)。

4. おわりに

著者らは、AEのカイザー効果を利用して岩盤の有する地圧の推定を行うための基礎的研究を行ってきた。今回の実験ではカイザー効果の時間依存性について調べた。すなわち、カイザー効果から推定される地圧が岩石採取後、時間の経過に伴って変化するものかどうかを調べたものである。得られた結果をまとめると以下のようになる。

- 1) 岩石採取後5日目を境にして、カイザー効果から推定される応力は急激に小さくなる傾向にある。
- 2) 岩石採取後10日目以降では、カイザー効果より推定される応力はほぼ一定値におちつく傾向にある。
- 3) 一定軸応力のもとで残留ひずみの増加がなくなった状態の供試体を用いた実験結果と同様、今回の実験についてもカイザー効果の時間依存性が確認された。
- 4) カイザー効果を利用して地圧を推定する場合、岩石採取後はできるだけ早い時期に実験を行う必要がある。

参考文献

- 1) 村山朗郎, 道広一利, 齊藤二郎, 吉岡尚也 ; 载荷方法が花崗岩のカイザー効果に及ぼす影響, 土木学会論文集, 第364号, III-4, pp. 107~112, 1985
- 2) K. Michihiro, T. Fujiwara, H. Yoshioka ; Study on estimating geostresses by the Kaiser Effect of AE, The 26th U.S. Symposium on Rock Mechanics, pp. 557~564, 1985
- 3) 村山朗郎, 道広一利, 藤原紀夫, 畑 浩二 ; 岩石のカイザー効果とクリープひずみの関係, 土木学会論文集 投稿中
- 4) 村山朗郎, 道広一利, 畑 浩二 ; 岩石におけるカイザー効果について, 第12回関東支部技術研究発表会(土木学会), pp. 149~150, 1985

(55) Time Dependence of the Kaiser Effect in Granite cored from In-Situ

Sakuro MURAYAMA

Professor Emeritus, Kyoto University

Kazutoshi MICHIIRO

Lecturer, Setsunan University

Toshio FUJIWARA, Hisaya YOSHIOKA and Koji HATA

Ohbayashi Corporation

(ABSTRACT)

The authors carried out a series of fundamental studies in the laboratory with the purpose of determining initial stresses possessed by rock masses utilizing the Kaiser effect of Acoustic Emission (AE). These fundamental studies made by the authors included experimental study using granite specimens in which increase in residual strain under constant axial stress could no longer be seen. As a result of the experiment, it was learned that when stress is released from the granite specimen the apparent stress estimated from the Kaiser effect with elapse of time after stress release becomes smaller than the axial stress given beforehand. However, the length of time that the constant axial stress was applied in the experiment was only 7 to 10 days and specimens were not subject to long-time actions such as that of dead weight in the case of in-situ rock mass.

In this study, granite samples were cored from in-situ and gages immediately attached to investigate recovery of the granite from strain and the initial stress determined from the Kaiser effect with time. As a result, it was recognized that the initial stress estimated from the Kaiser effect has a tendency to become smaller as time goes by. Consequently, it was learned that when estimating the initial stress possessed by a rock mass utilizing the Kaiser effect of AE experiments must be conducted as soon as possible after coring rock samples.