

A E カイザー効果の発現異方性

佐賀大学 学生員 ○ 武 富 和 彦
 // 正会員 石 橋 孝 治

1. まえがき

岩盤内の初期応力を推定する方法の一つとして、アコースティック・エミッション (A E) 法がある。この方法による初期応力推定の原理は、岩石の A E カイザー効果を利用するものである。A E の発生メカニズムを考えれば、原位置岩盤から抽出した岩石試験片に対する一軸圧縮試験を行う際に、地圧の履歴と類似な載荷を岩石試験片に行うことが、推定値の精度と信頼性を保証する根拠となる。本研究は、先行載荷と 2 次載荷時の載荷方向が食い違いが A E のカイザー効果の発現に及ぼす影響を調べ、A E 法が立脚するカイザー効果の発現異方性について検討を行ったものである。

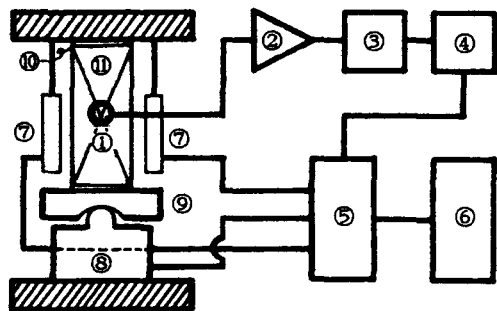
2. 実験方法

セメントモルタルを使用して一辺が 15cm の立方体の岩塊モデルを作成し、材令 13 週の経過を待ってクリープ試験機を用いてこの立方体岩塊モデル供試体に先行応力 (一軸圧縮応力) を与えた。岩石モデルの一軸圧縮強度は 415 kgf/cm^2 である。立方体岩塊モデル供試体に与える先行応力レベルは、岩石モデルの弾性範囲内の応力レベル (一軸圧縮強度の $1/3$ のレベル) とし、30tf の持続荷重をクリープ試験機を利用して 1 週間以上与えた。立方体岩塊モデル供試体の対向する 2 側面には、先行荷重の載荷方向にそれぞれ 1 枚ずつのワイヤストレインゲージを予め貼付して、クリープによるひずみの収束をモニタリングした。ひずみの収束を確認した後、先行荷重を除荷し、直径 35mm のコアを同一角度で 3 本ずつ立方体岩塊モデル供試体から抽出した。抽出したコアを長さ 70mm となるように両端を切断して 2 次載荷試験用の試験片を作成した。コアの抽出角度 (ϕ) は先行荷重の載荷方向を基線として 15° 毎に 90° まで変化させた。

A E センサー (N F 回路社製の AE901D 型) は、試験片の側面中央に接着剤で取り付けた。2 次載荷試験の A E 検出系統図を図-1 に示す。検出された A E 信号は 70dB の増幅を行い、0.1MHz~1.0 MHz のバンドパスフィルターを通して計測した。設定したしきい値は 175mV である。また、採用した A E パラメータは発生総数のみである。使用した圧縮試験機はアムスラー型のモルタル試験機 (最大載荷能力 20tf) であり、試験片には毎秒 50kgf の荷重速度で載荷した。なお、試験片の上下載荷面と載荷板の間には厚さ約 1mm のスポンジを挿入して接触面における擬似 A E の発生を抑制した。

3. 実験結果および考察

一例として図-2 に $\phi = 60^\circ$ の場合の A E 発生総数と応力~ひずみ曲線の関係を示す。圧縮荷重の載荷初期段階において応力~ひずみ曲線の傾きが著しく小さくなっているが、これは擬似 A E の発生を抑制するために試験片の上下載荷面と載荷板の間に挿入したスポンジの変形によるものである。A E の発生総数とひずみとの関係に注目すると、載荷初期段階からあるひずみレベルに達するまでは A E の発生は僅かであり、カイザー効果の発現を確認することが出来る。また、同曲線においては、A



① A E センサー ② プリアンプ ③ ディスクリミネーター ④ カウンター ⑤ データロガー
 ⑥ パソコン ⑦ 変位計 ⑧ 荷重計 ⑨ 球座
 ⑩ スポンジ ⑪ 試験片

図-1 A E 検出系統図

Eが急激では無いが緩やかな傾きをもって発生し始める点と、A Eが急増し始める点の二つの点の存在が認められる。本モデル実験の場合その研究目的から、予め与える先行応力の大きさを岩石モデルの線形弾性挙動範囲内の応力レベルに予め設定しており、前者の点をカイザー効果の発現点として標定する。後者の点については、対応する応力レベルは圧縮強度の約80%にも達し、この領域は試験片内部で微細な破壊が頻発して巨視的な破壊面の形成が始まる領域であり、この点を先行応力に対応するカイザー効果の発現点として標定するのは合理的とは言えない。

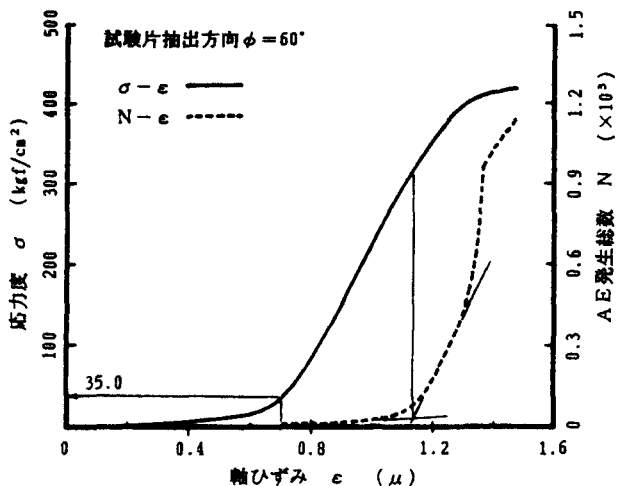


図-2 A E 発生総数と応力～ひずみ曲線の関係

図-3は総ての試験片の実験結果を基にして、カイザー効果を利用して推定した先行応力を各抽出角度方向毎にまとめて示したものである。同図中の黒丸印は平均値を、破線は全領域におけるばらつきの範囲を示している。ばらつきの範囲は、 $\phi = 0, 45, 60^\circ$ の方向が大きくなっている。岩塊モデル供試体内での先行応力の不均一性や、設定したしきい値の大きさ等がこの原因として考えられる。一方、実線は先行荷重の載荷状態を平面応力場として考えた時の各方向の直応力成分(σ_N)を表している。 σ_N は $\phi = 0^\circ$ 方向の先行応力を σ_0 とすれば、 $\sigma_N = \sigma_0 \cos^2 \phi$ で与えられる。各方向の先行応力の推定値は理論曲線に良く近似している。したがって、本モデル実験の場合A Eカイザー効果の発現感度は $\phi = 0^\circ$ 方向を1とすれば、 $\cos^2 \phi$ で表される関係で低下してゆくと考えて差し支えない。A Eカイザー効果は、各方向の先行直応力のレベルに対応して発現することとなり、サンプリング方向の地圧成分を推定するには、現行の試験法で何らの支障も無いと言える。即ち、各サンプリング方向毎に、まきがきで述べた推定値の精度と信頼性を保証する根拠が

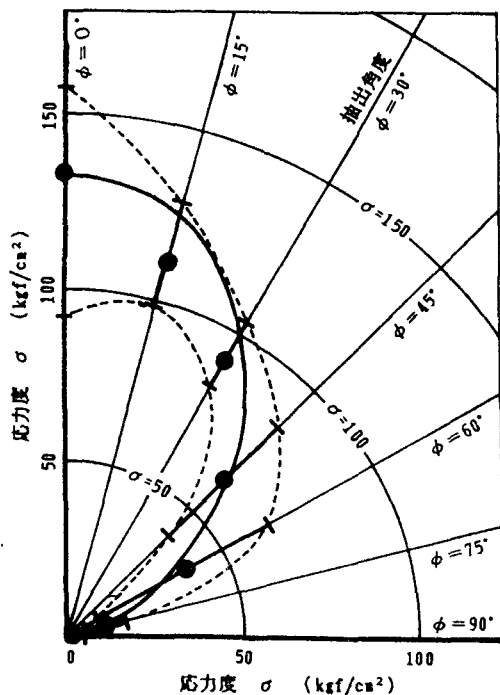


図-3 カイザー効果の発現異方性

現行の試験法で保持されていることになる。なお、モニタリングしたA E波の波形については、試験片の寸法が小さいことから多重反射の影響がその波形に見受けられた。

4. むすび A Eカイザー効果の発見とその後の非破壊検査技術への応用の経緯から、先行載荷と同一経路での後載荷がA Eカイザー効果の基本的利用法とされて来たが、先行応力経路が不明な地圧の推定においても”サンプリング方向の直応力成分を推定している”と解釈すれば、何らの矛盾も無いことが明かとなった。地圧成分に関しては、得られた直応力成分の推定値を利用して算定できることは言を待たない。なお、本研究は文部省科学研究費（一般研究C）の補助金を受けて行った。