

三軸圧縮応力下における人工軟岩のAE発生特性

佐賀大学 正会員 ○ 石橋 孝治

市川 秀之

江口 弘行

1. はじめに

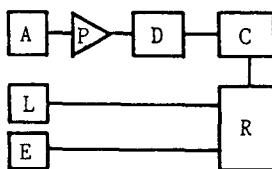
地山内の初期応力を測定する方法として、応力解放法、水力破碎法、アコースティック・エミッション(AE)法が提案・実用化され、実測例もかなりの量に達している。AE法はAEのカイザー効果を利用するものであるが、コア抽出後の応力解放の時間依存性と、室内試験であるがために試験時に岩石供試体の拘束剛性が原位置とは異なるといった問題点を有している。本研究は、主応力の方向と試験時の載荷方向が一致する最も単純な場合を対象として、拘束剛性が比較的小さい環境を三軸圧縮試験により再現すると共に、人工軟岩に対する繰り返し載荷を行って、後者の問題に関する検討を行ったものである。

2. 実験方法の概要

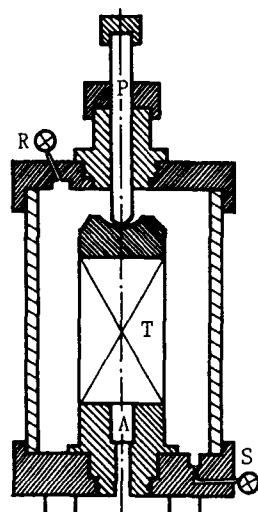
本実験で用いた三軸圧縮試験装置の載荷能力は最大周圧が $10\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、最大軸方向荷重が2tonである。人工軟岩(約 $40\text{kgf}/\text{cm}^2$ 程度の一軸圧縮強度)は、炭酸カルシウムを混入したセメントモルタルを用いて製作した。本研究では、供試体内から発生するAE波を直接測定するために、供試体の底面にAEセンサーが直接取り付けられるよう、図-1に示したように三軸圧縮試験セルに改良を加えた。使用する供試体の大きさは、使用するAEセンサーの大きさを考慮して直径が5cmで高さが10cmの円柱とした。AEセンサーは供試体の底面にグリースを挟んで圧接した。また、載荷治具と供試体との間の摩擦低減を目的として、両者の間にグリースを挟んだテフロンフィルムを挿入した。

使用したAEセンサーの共振周波数は約150kHzであり、100kHzから200kHzの周波数帯で高い利得を有している。AE信号はプリアンプで40dB、ディスクリミネーターで30dB増幅し、0.1MHzから1MHzのバンドパスフィルターを通して計測した。また、本実験では連続型のAE波にも対処できるよう、200mVと100mVの2つのしきい値を設定した。採用したAEパラメータは、AE発生総数とAE発生率(10秒間当たり)だけである。図-2にAE計測のフローチャイタグラムを示す。

本実験では、周圧を一定とする場合のみを取り扱い、表-1に示した3つのケースを設定した。なお、軸圧は載荷装置の関係で荷重制御により与え、 $20\text{kgf}/6\text{sec.}$ の荷重速度で載荷した。



A: AEセンサー P: プリアンプ
D: ディスクリミネーター L: 荷重計
E: 変位計 R: X-Yレコーダー
C: カウンター



P: ピストン T: 供試体
A: AEセンサー
S: 給圧弁 R: 減圧弁

図-2 AE計測のフローチャイタグラム 図-1 三軸圧縮装置の概略

表-1 三軸圧縮試験の載荷パターン

CASE I	ある周圧下での繰り返し載荷を行う。
CASE II	ある周圧下で初期応力履歴を与えた後、一軸圧縮試験を載荷する。
CASE III	初期応力履歴を与えた岩塊から抽出した供試体について三軸圧縮試験を行う。

3. 実験結果と考察

CASE I においては、2.0、5.0、9.0kgf/cm²の3種類の周圧のもとで軸圧の繰返し载荷を行った。いずれの場合も、差応力が強度破壊点に達する以前の領域（一軸圧縮強度の約65%程度の応力レベル）で除荷を行った。図-3に周圧が5.0kgf/cm²の場合の差応力と軸ひずみの関係およびA E発生総数と軸ひずみの関係を示す。いずれの周圧においても、本図のように2次载荷時の差応力が1次载荷時の除荷差応力レベルに達する付近からA Eが急激に発生し始め、いわゆるカイザー効果が認められた。三軸圧縮試験において計測される軸圧の繰返し载荷時のA E発生挙動は、一軸圧縮試験において計測されるそれと大差は無いと言うことができる。

CASE II においては、CASE I と同じ周圧レベルで差応力が約30kgf/cm²程度になるように軸圧を与え、初期応力履歴とした。図-4に周圧が2.0kgf/cm²の場合の差応力と軸ひずみの関係およびA E発生総数と軸ひずみの関係を示す。一軸圧縮試験における载荷応力レベルが、ほぼ初期履歴の最大応力レベルに達する付近からA Eが急激に発生し始めている。このことは、A E発生の急増点は、初期载荷時の最大履歴応力と良く対応することを示している。

CASE III においては、15×15×15cmの立方体人工軟岩塊に局所的に34kgf/cm²の軸圧を14日間以上作用させ、応力の初期履歴とした。この岩塊から軸圧作用方向にφ50×100 mmのコアを採取し、これを周圧がそれぞれ0、6.0、9.0kgf/cm²のもとで三軸圧縮試験を行いA Eを計測した。図-5に周圧が6.0kgf/cm²の場合の差応力と軸ひずみの関係およびA E発生率と軸ひずみの関係を示す。A Eが発生し始める点を与える最大先行応力の推定値は23 kgf/cm²（差応力では17kgf/cm²）であり、実際に与えた応力レベルを大きく下回っている。拘束応力に関する考察を行うには更なる検討必要ある。

4. まとめ

本実験の結果は、A E法が既存の最大地圧を検出するとされる根拠を示していると言える。拘束応力までも推定するには、詳細な継続的検討が必要である。

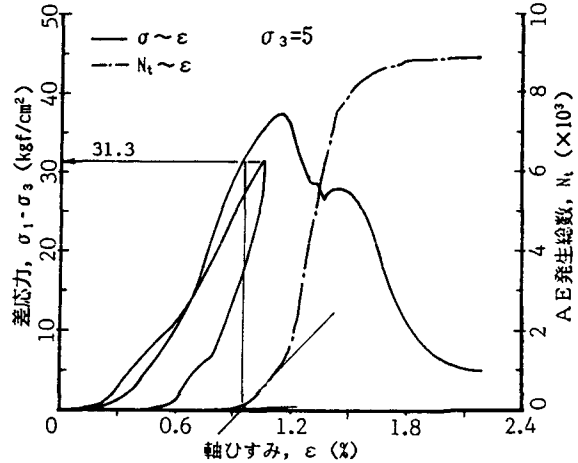


図-3 応力～ひずみ曲線とA E発生総数の関係の一例

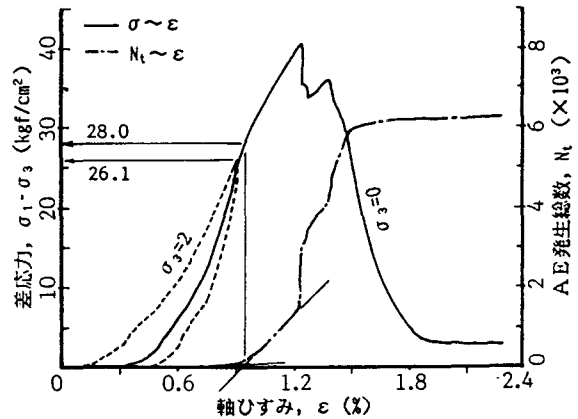


図-4 応力～ひずみ曲線とA E発生総数の関係の一例

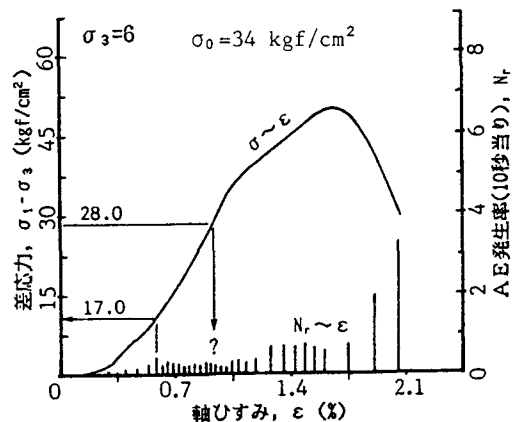


図-5 応力～ひずみ曲線とA E発生率の関係の一例