

A E法による先行過応力推定に関する実験的検討

佐賀大学 学生員 ○ 立場川 誠 一
 “ 正 員 石 橋 孝 治

1. まえがき

現位置における地下岩盤は三次元の応力状態下であり、初期応力状態は種々の応力経路を経て平衡に至った状態と解釈される。岩石の三軸圧縮試験結果によれば、拘束圧が大きくなるに従って岩石は一軸圧縮強度以上の差応力に抵抗できることを示している。本研究では一軸圧縮強度以上の応力を“過応力”と呼ぶこととする。先行過応力の推定法として、A E法に基づき三軸圧縮試験を利用する方法が提案されているが¹⁾、本研究では同様にA E法に基づくものの一軸圧縮試験を利用して先行過応力を推定することを試みた。

2. 実験方法の概要

図-1は本研究で定義する“過応力”を模式図で示したものである。土木工学が対象とする地下深さの範囲では、初期応力が岩石の一軸圧縮強度以上のレベルであることは稀ではあるが、一軸圧縮試験を利用する従来のA E法では再載荷時に初期応力レベルを再現できないことは明白である。岩石の圧縮強さが用いる試験片の形状と寸法に影響される²⁾ため、JIS M 0302は、岩石の圧縮強さ試験法に関して試験片の寸法と形状について望ましい形状と範囲を示している。この特性を積極的に利用すれば一軸圧縮試験を利用して、再載荷時に過応力レベルを再現することを考え、本研究では用いる試験片の直径高さ比(H/D)に着目した。

岩石モデル(炭酸カルシウム混入セメントモルタル製、一軸圧縮強度(2.29 MPa)として円柱供試体($\phi 5\text{ cm} \times 10\text{ cm}$)を作製し、これに擬似三軸圧縮試験装置を利用して三軸圧縮応力下で軸応力の繰り返し載荷(7~20回)を行い、先行応力(σ_0)を与えた。先行応力の大きさは、岩石モデルの一軸圧縮強度を考慮して適宜設定した。付加周圧(σ_3)は0.196, 392, 588, 785, 981 kPaの6種類とした。先行応力載荷後、試験片を0.5, 0.75, 1.0, 2.0の4種類の H/D を持つように加工し、一軸圧縮試験を行いA Eの計測を行った。軸力は毎分0.1 mmの変位速度で載荷した。周圧は軸力載荷中一定とし、ボンベからレギュレーターを介して供給される酸素ガス圧を利用して試験片に与えた。

A Eセンサー(NF回路社製A E 901 S型)は試験片の底部と接触するように取り付けた。検出されたA E信号は70dBの増幅を行い、0.1 MHz~1.0 MHzのバンドパスフィルターを通して計測した。なお、設定したデイスクリレベルは300 mVである。図-2に三軸圧縮試験装置の概略図とA Eの検出系統図を示す。

3. 実験結果と考察

1) 岩石モデルの力学的性質

図-3に岩石モデルの差応力~ひずみ曲線の一例を示す。周圧が大きくなると圧縮強度が増加することを示している。本岩石モデルと三軸圧縮試験装置で過応力状態を再現できることが確認された。

図-4は試験片の一軸圧縮強度と H/D の関係を示したものである。 H/D が2.0の標準試験片の一軸圧

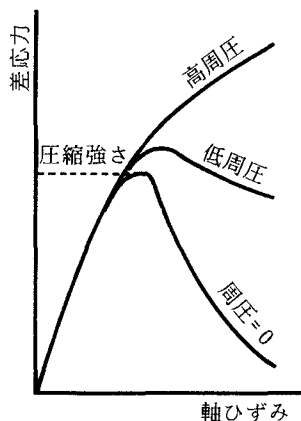
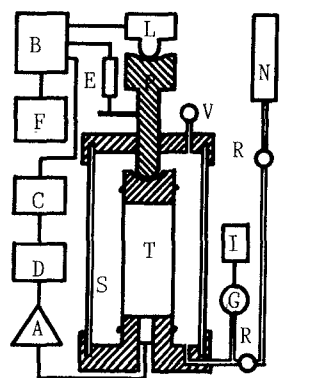


図-1 過応力の概念



A: AEセンサー B: 圧力ゲージ C: カウンター
 D: ディスクリミネーター E: 変位計 F: A/Vコン
 G: 圧力計 I: 指示計 L: 荷重計
 R: レギュレーターバルブ V: 減圧バルブ
 S: AEセンサー N: 酸素ガスボンベ

図-2 実験装置の概要

縮強度を基準にとれば $H/D=1.5$ で約10%、 $H/D=0.5$ で約30%の強度増加が認められる。一方、 H/D が0.75と1.0 では強度低下を来している。この原因の一つとしてセメントモルタルの材料分離が考えられる。

2) 先行応力の推定

表-1 に岩石モデルの材料実験から得られた一軸圧縮強度 (σ_c) と再載荷時に得られたそれ (σ_c') の比をまとめて示す。 σ_c'/σ_c は1を下回り、過応力レベルの再現が現実には出来ていないことを示している。先行載荷時に内在した損傷と再載荷時の内部応力の変化に関連して生じた現象と考えられる。

図-5 は先行応力の推定値 (σ_E) と真値 (σ_a) の比を各 H/D ごとにまとめて示したものである。中抜き丸印は先行応力として過応力もしくはそれに近い応力を与えた場合であり、中黒丸印は先行応力として一軸圧縮強度以下の応力を与えた場合を示している。 σ_c'/σ_c の結果を反映して前者の場合の推定精度は極めて不良である。後者の場合においても過小評価の傾向を示している。A E のカイザ-効果の発現点を与える応力が先行応力に相当することを保証する根拠は、先行載荷時の応力履歴と同じ履歴が再載荷時に再現されていることである。

試験片の H/D が小さくなれば、再載荷時の試験片内応力の分布状況は先行載荷時のそれとは異なり、上記の根拠が崩れることになる。本実験が実地山から抽出する場合を忠実に再現していないので、本研究で試みている方法の妥当性を判断する

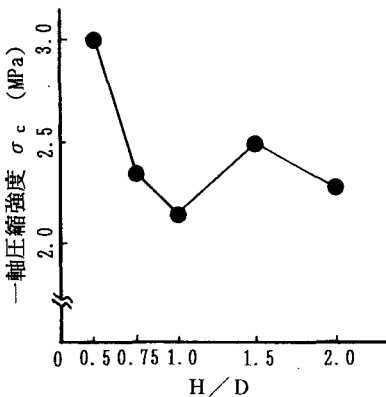


図-4 H/D と σ_c の関係

するには、試験片の抽出をも考慮した実験的検討が必要である。また、 H/D についてみれば、それが小さくなる程、推定値のばらつきが大きくなる傾向を示している。上記の応力分布の変化の問題のほか、載荷面の近接による雑音混入の影響が考えられる。

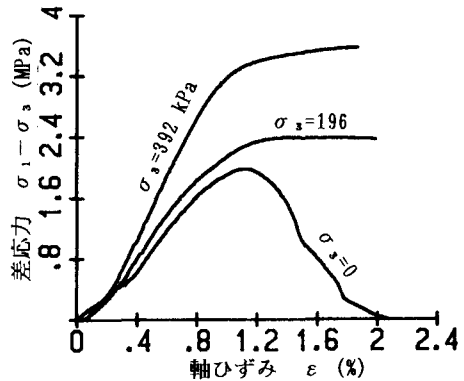


図-3 差応力～ひずみ曲線の一例

表-1 圧縮強さの比較

H/D	σ_c' / σ_c
1.00	0.77
0.75	0.90
0.50	0.84

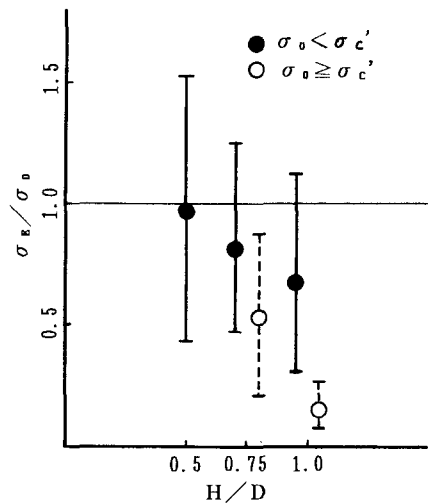


図-5 先行応力の推定精度

4. むすび

一軸圧縮試験を利用した先行過応力の推定を試みたが、試験片の抽出の仕方等の問題が判明し方法自体の妥当性を判断するまでの情報を得るには至らなかった。再載荷時の内部応力状態の変化や試験法の問題も含め、引き続き検討を進めている。

【参考文献】 1) 石橋：三軸圧縮応力下における人工軟岩の A E 発生特性，第21回岩力シンポジウム講演文集，156-160，1989 2) 例えば Mogi, K: Some precise measurements of fracture strength of rocks under uniform compressive strength, Rock Mech. Eng. Geol., 4, 41-55, 1966