

CS - 32 堆積軟岩の時間依存性挙動時における間隙水圧変化について

埼玉大学工学部 正会員

長田 昌彦

埼玉大学工学部

木田 博之・島野 久幸

1. はじめに

岩石や土などの地盤材料が、クリープ・疲労・応力緩和特性など時間に依存した挙動を示すことはよく知られており、花崗岩のような岩石ではクラックの発生・進展によりこれらの現象を統一的に解釈できると考えられている。岩盤構造物の長期の安定性を議論するうえではこれらの現象を解明し、一般性のある構成則を導いておく必要がある。そこで本研究ではその予備段階として供試体全体におけるクラック量と密接な関係のある非排水条件下での間隙水圧挙動に着目し、各種試験における変化の様子を考察した結果を報告する。

2. 試験方法・結果

ここで用いた試料は新第三紀中新世の凝灰岩で、通称田下石と呼ばれている。田下石はよく知られた大谷石の下位の層準に位置し固結度が高く均質ではあるが、溶結構造と見られる面構造が発達しかなりの異方性を有する。表-1に示した物性値からわかるように、非常に多孔質な岩石である。

せん断過程で生じた間隙水圧が短時間に供試体内で一様となるためには、間隙が十分に連結していることが必要である。このことを検討するために、鈴木ら(1989)¹⁾の方法を参考にして連結性を評価する。長さのみを変えた田下石の円柱供試体を用意し、まずシリカゲルを入れたデシケータ内で十分に乾燥させる。個々の重量が一定値に収束したことを確認したあと、試料の側面をエポキシ系の樹脂でコーティングして水の進入経路を端面のみに限定し、蒸留水を入れたデシケータ内で脱気して強制飽和させる。間隙が十分に連結していれば、単位体積あたりの水分量は長さに関係なく一定になることが予想される。図-1に60日後の結果を示す。ただし田下石は、先にも述べたようにかなりの異方性を有しているので面構造に垂直な方向を含む3方向からコアリングしている。図よりデータ数は少ないものの、供試体の長さに関して有意な差は認められられないことがわかる。しかし水の比重を1として間隙率より求めた理想的な飽和状態値（図中の点線）以下にプロットされており、取り残された空隙が若干存在している可能性がある。このデータに関する限りは、水の浸透において異方性の影響は認められない。

以下に示す全ての試験において、等方圧密した後初期の有効拘束圧を 10 kgf/cm^2 、背圧を 5 kgf/cm^2 として実験を開始した。表-2にそれぞれの試験における実験条件を示す。

表-1 物性値

試料	田下石
比重	2.48
間隙率 (%)	22.0
乾燥密度 (g/cm^3)	1.93
湿潤密度 (g/cm^3)	2.15
一軸圧縮強度 (kgf/cm^2 ; wet)	88.2

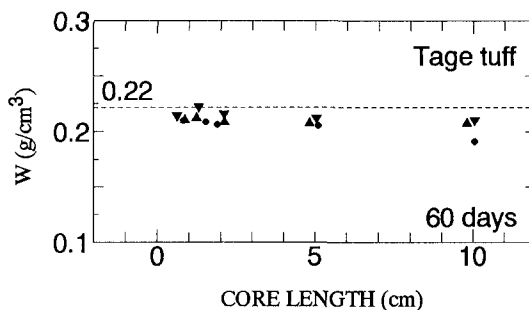


図-1 間隙の連結性評価試験

表-2 実験条件

疲労試験	0.2Hz, sine wave 初期軸差応力 45 kgf/cm^2 応力振幅 $15, 30, 45 \text{ kgf/cm}^2$
クリープ試験	クリープ開始応力* $84 \sim 109 \text{ kgf/cm}^2$
応力緩和試験	同拘束圧下での三軸圧縮強度の 30, 60, 90%

* 試験結果の整理は間隙水圧値で行っている。

疲労試験

応力振幅を3段階に変化させたときの間隙水圧の最大値の減少量と繰り返し回数の関係を図一2に示す。これらの関係は両対数紙上で負の傾きを持ち、ほぼ直線関係にある。また破壊にいたる場合には急激に増加することがわかる。

クリープ試験

クリープ開始応力を設定するときには、一般に圧縮強度の何%を載荷したかを基準にとるが、岩石は本質的に不均一材料であり、その結果として圧縮強度は大きくばらつくことになる。このままでは設定した軸差応力が圧縮強度の何%に相当するかが明確ではない。そこで本実験では間隙水圧が最大圧縮応力に到達する前にピークを迎えることを利用して、個々の供試体の損傷度を表現した。

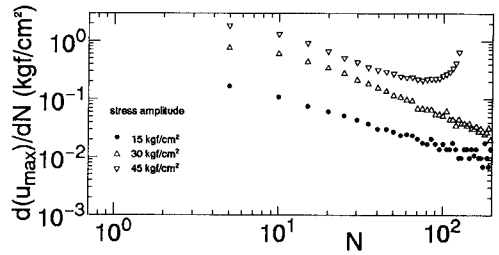
損傷度を3段階に変化させたときの間隙水圧の減少量と経過時間の関係を図一3に示す。これらの関係は疲労試験同様、両対数紙上で負の傾きを持ち、ほぼ直線関係にある。また破壊にいたる場合には急激に増加することがわかる。

応力緩和試験

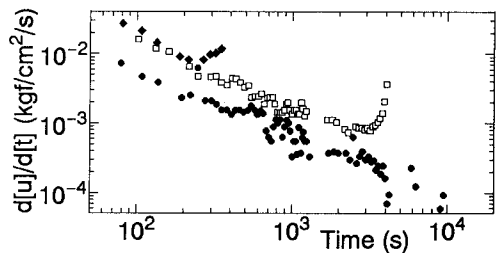
所定の軸差応力まで載荷した後、変位を拘束して軸差応力の変化と間隙水圧の変化を測定すると、図一4のように軸差応力は階段状に減少することがわかる。軸差応力が大きいほどこの階段状の変化も大きい。このとき間隙水圧の変化は顕著ではない。そこで軸差応力の減少に相当する平均応力に対する間隙水圧の変化量を調べると、図一5のようになる。これより平均応力が変化しても間隙水圧はほとんど変化しないことがわかる。

3. 考察とまとめ

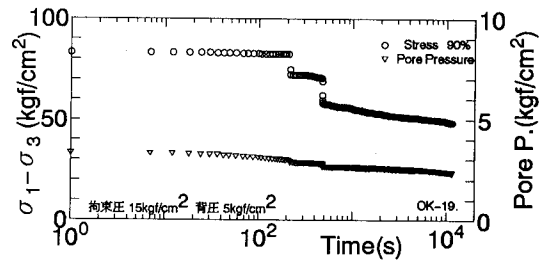
応力緩和試験結果を間隙水圧の減少量と時間の関係で表現しても図一2、3のような直線関係は得られない。この直線関係はモードIのクラック量が時間のべき乗で与えられることを間接的に表現しているものと考えられるので、疲労・クリープ試験結果はよく研究されているようにモードIのクラックの進展で記述できるであろう。一方、応力緩和試験のような変位を固定した境界条件下では間隙の体積変化を伴わないようなメカニズムを考慮して記述する必要がある。



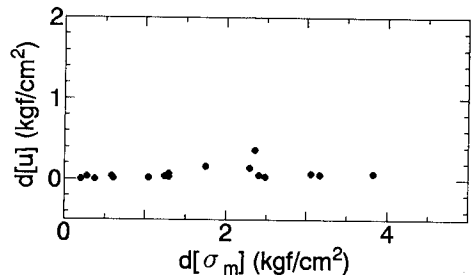
図一2 間隙水圧の減少量と繰り返し回数の関係（疲労試験結果）



図一3 間隙水圧の減少量と経過時間の関係（クリープ試験結果）



図一4 応力緩和試験結果



図一5 平均応力変化量と間隙水圧の減少量の関係（応力緩和試験時の階段状部分）

参考文献：1) 鈴木隆次，中嶋悟，永野哲志，喜多治之（1989）：花崗岩中における物質移動経路としての微小間隙の存在状態，*鉱山地質*，39(6)，pp.349-354。