

岩石のクリープ変形に関する一考察

京都府 正 員 田村弘幸
神戸大学 正 員 桜井春輔

1. まえがき

現地試験や室内試験によると、多くの岩質材料は長時間にわたって一定応力を受ける場合、変形が時間とともに増加するクリープ現象を示す。岩質材料のこの性質は変形特性として、非常に重要な力学的性質である。

本研究は、軟岩を対象として、クリープ変形の過程における応力-ヒズミ-時間関係を実験的に考察したものである。

2. 実験装置及び供試体

本実験においては、一軸載荷装置と高圧三軸試験装置とを併用した。一軸載荷装置は分銅荷重拡大式により3tまでの軸圧を発生することができる。また、高圧三軸試験装置は側圧として500kg/cm²までの負荷が可能であり、軸圧は油圧ポンプにより20tまでの負荷が可能となっている。ヒズミの測定にはダイヤルゲージ(1/1000 mm)を使用し軸方向変位を測定した。

実験に使用した材料は神戸層群より得られる泥質凝灰岩である。供試体はコアカッターを用いて整形した直径3cm、高さ6cmの円筒形である。凝灰岩においては供試体に含まれる間隙水が、強度及び変形特性に大きく影響を及ぼすと考えられるが、本実験においては飽和度がほぼ40%の比較的低い含水量のもとで実験を行った。

3. 応力-ヒズミ関係

凝灰岩の静的載荷試験によつて得られる応力-ヒズミ関係を図1に示す。図から明らかなように、応力とヒズミはほぼ直線関係にあり、この関係からは降伏応力は明らかでない。

4. 降伏規準の決定

静的載荷試験からは降伏応力を決定することができないので、本実験においてはクリープヒズミの応力依存性に注目して降伏応力を求めることにする。すなわち、粘弾性挙動が卓越する応力状態においてはヒズミ速度は応力増分により一意的に定まる。しかし、一方、塑性領域においてはヒズミ速度は応力増分よりは、むしろ応力レベルによると考えられる。図2は側圧を一定に保ち、等しい応力増分を与えた場合に得られるクリープ曲線をしるしたものである。この図から応力増分によつてヒズミ速度が決定される粘弾性領域と、応力レベルによつてヒズミ速度が決定される粘塑性領域とが存在するように入る。

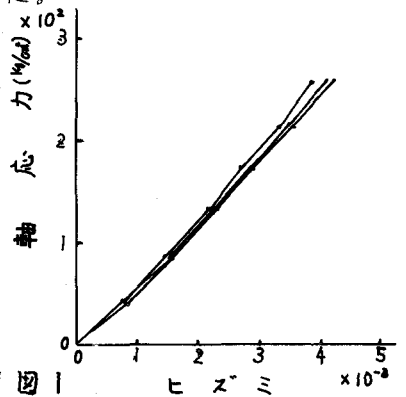


図1

偏差応力(kg/cm²)

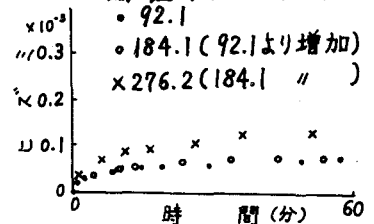


図2

5. 粘弾性領域における応力-ヒズミ-時間関係

粘弾性領域における応力増分とクリープヒズミ速度との関係を求めるためにヒズミと時間との関係を片対数紙上で整理すると、明らかに直線関係が認められる。したがって、次の関係式 $\epsilon = a \log(t+1) + b$ が成立することがわかる。ここで、 a は応力増分に依存した係数であり、両対数紙上で偏差応力増分との関係で整理すると、図3が得られる。

この図から粘弾性領域におけるクリープヒズミ速度は、若干、側圧の影響を受けるように思える。

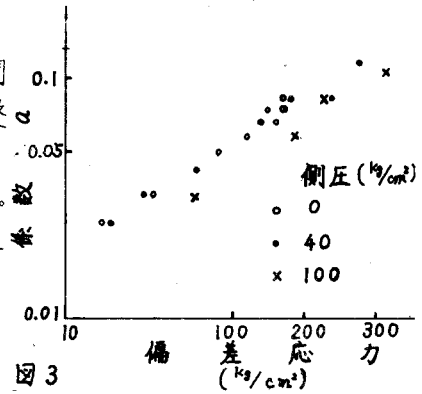


図3

6. 粘塑性領域における応力-ヒズミ-時間関係

粘塑性領域においてはヒズミ速度は応力レベルの関数となっており、と考えられる。

ヒズミ速度と応力レベルの関係を調べるため、図4に示すような2つの異なる载荷パターンにより、得られる同一の応力状態についてその変形特性を比較した。

図5から明らかなように粘塑性領域においてはヒズミ速度は応力状態のみでは決定されないで、履歴の影響を考慮する必要がある。図4においては载荷パターンが異なるため同一の応力レベルに達した瞬間において全ヒズミに差が生じている。いま、図5におけるAのクリープ曲線をBのクリープ曲線をε₀だけヒズミが生じた点に一致させると図6を得る。図6から明らかなように2つのヒズミ時間曲線はきわめてよく一致することがわかる。したがって、粘

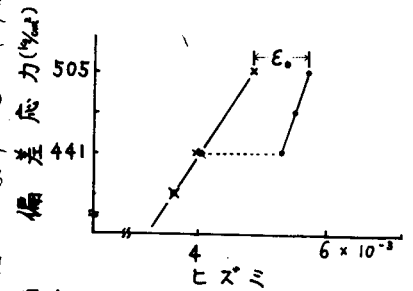


図4

塑性領域においてはヒズミ速度は応力レベル及び全ヒズミにより、決定されるものと考えられる。

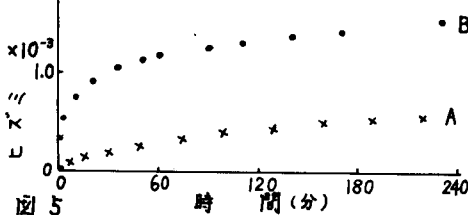


図5

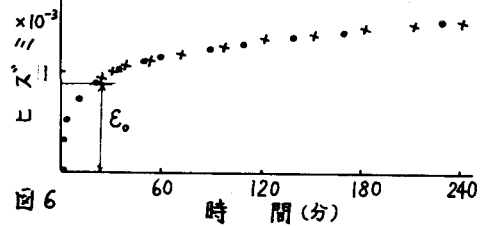


図6

7. 応力状態とクリープヒズミ速度との関係

粘塑性領域においても処女载荷を行う場合、観測されるクリープヒズミと時間との間には $\epsilon = a \log(t+1) + b$ の関係が成立する。したがって、応力状態と係数 a との関係を示すと図7のようになる。この図において斜線の部分は、粘弾性と粘塑性領域の境界を示す。

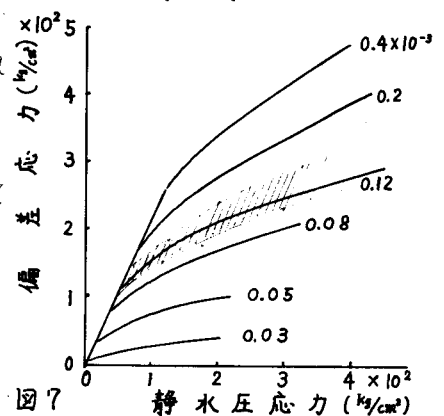


図7