

軟岩のクリープの特性と解析

九州大学工学部 正 員 江崎哲郎

九州大学工学部 学生員 張 銘

九州大学工学部 学生員○牟田憲正

1. はじめに

軟岩において、これを持続応力下に置くと変形が時間と共に増大するクリープ現象がみられる。これは、地下構造物の長時間経過後の変形や時間遅れの破壊、長期に亘る地盤沈下現象等を取り扱う場合無視する事ができないものと考えられる。また軟岩の膨張挙動は地盤の不等沈下や道路舗装等の破壊をもたらす要因の一つであり、膨潤性土山に掘削を行う際、その膨潤挙動が大きな問題となるなど、悪影響をもたらしていることが多い。一方、クリープ現象が生じることにより、self-healing (自己治癒性)、荷重の応力緩和、破壊歪みの増加等の利用価値の高いものを得ることも可能となる。従って、地下空間利用の多様化に伴い、クリープ現象の特性を積極的に利用することも重要であろう。

このような状況の下で求められることは、いかにしてこの利点と欠点が共存するクリープ現象をコントロールしていくかということであり、このメカニズムを解明して制御していくことにより、時代に適応した新たな分野への応用が期待できる。

最近では、高レベル放射性廃棄物の処分の工学的埋め戻し材料として、止水効果を高め収着力があり亀裂を充填するといった重要な役割を果たすと考えられている膨潤特性を持つ物質としてベントナイトが注目されており、この物質の基礎的性質を把握する必要性が高まってきている。

本研究では、今まで長期間で行われてきたクリープ特性の解明を目的とする実験を、短期間で行うことを可能とし、更に、体積歪みの変化を直接得ることができる実験方法の確立を目的とした。また、ベントナイトを用いた模擬試験体における含水比の変化に伴う、一軸圧縮強度及びクリープ現象の挙動を調べ基礎的性質を明らかにした。

2. 実験概要

今回の実験に用いた軟岩の模擬供試体の試料は、交

換性陽イオンが主に Na^+ イオンのベントナイトで、水中での膨潤性に富んでいる、Na-型ベントナイト(クニミネ工業製、クニゲルV1)と標準砂を重量比2:8に18%の含水比で混ぜ合わせ、「土質試験法」に準じて締め固め試験を行い、それを 30°C で1日、 80°C で1日炉乾燥したもので、含水比0%における一軸圧縮強度は 1.54MPa (標準偏差 0.15MPa)であり、供試体寸法は直径 50mm 、高さ 100mm とした。供試体の含水比の調整には真空ポンプを利用し、その後ビニール袋に入れ炉乾燥を施すという方法で行った。また実験中に注水された容器中で含水比が変化しないために、供試体の側面にはあらかじめろうを薄く塗っておいた。

一軸圧縮試験には、油圧サーボ式一軸剛性試験装置(マルイ製)を用いた。軸荷重の測定にはロードセルを、また軸歪みの測定には $1/400\text{mm}$ の分解能をもつ変位計(東京測器研究所製、SDP-50B)を用いこれらの出力を小型コンピューターに記録させた。

クリープ試験にはFig. 1で示される実験装置を用いた。この実験方法は、まず試験体に 0.5mm の厚さを持つゴムスリーブを装着させ、注水された容器内の圧力を基準にとり、一定荷重がかかった時の供試体の体積変化を容器に付随した直径 7mm の管の水位変化で読み取り、基準面との水頭差を差圧計(VAIDYNE製、DP15TL)で計測することにより、体積歪みを測定した。計測項目としては、軸荷重、ピストンの変位、水頭差である。載荷パターンは、あらかじめ一軸圧縮試験で予測しておいた破壊強度の約20%ずつの応力レベルを段階上に増加させ、供試体が破壊に至るまで行った。

3. 実験結果及び考察

Fig. 2に段階的な荷重を与えて行ったクリープ試験の結果の一つ(含水比6.42%)を示す。これより初期の載荷段階における体積歪みの減少(圧縮)の傾向が現れており、その後体積歪みは徐々に減少から増加に転じ、ある載荷応力をピークに膨張を開始する。この遷移する時の応力と含水比の関係を、一軸圧縮強度と含水比

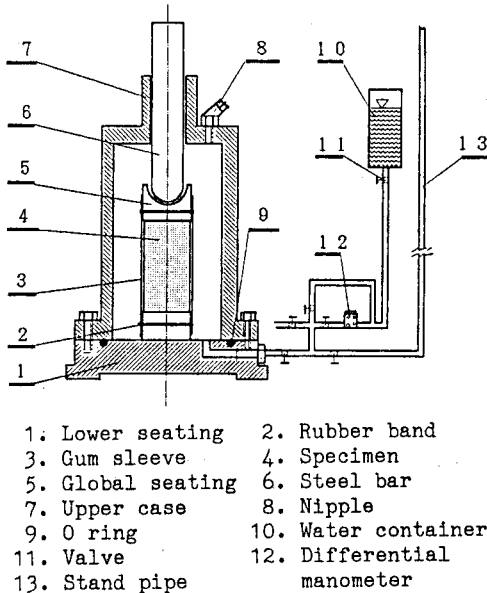


Fig.1 Uniaxial creep testing system.

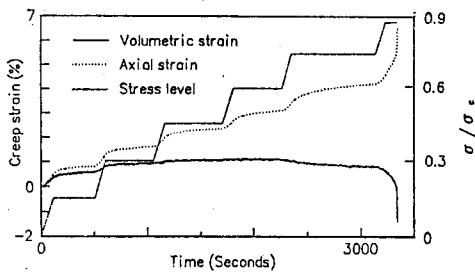


Fig.2 Incremental creep strain curves.

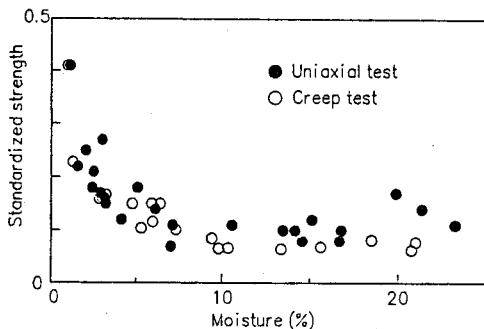


Fig.3 Influence of moisture on uniaxial compressive strength and the stress corresponding to the beginning of dilatancy during creep test.

の関係と共にFig.3に示す。この図においては、含水比に対する強度の比較をしやすくするために、乾燥強度を基準とした比(Standardized strength)で示した。これから一軸圧縮強度と膨張をもたらす応力は、それぞれ含水比に対して類似した関係が見られる。また、含水比が低い試験体では強度の変化が著しいので、含水比の低いものについての予測は困難であると考えられる。しかし、一軸圧縮強度と含水比の関連性を追求することによって、ある程度精度の良いクリープ破壊の予測をすることが可能となるであろう。

4. おわりに

膨張現象は、地下構造物の建設に多大の影響を及ぼすことがあり、その兆候を早い段階で検知し、判断することは、破壊の予測や警告に対して有効なものである。この性質を把握するために行う体積歪みの測定方法は、今までほとんど歪みゲージを利用したものであった。この方法は、硬岩については問題はないが、軟岩や土等に対しては、特に破壊後の測定に誤差が大きくなり問題が残る。今回の実験では、直接体積歪みを測定する事に成功した。また、三軸実験で体積歪みを直接測定することも可能であると考えられる。

膨張に遷移する時の応力と含水比の関係、一軸圧縮強度と含水比の関係の類似性を詳細に検討すれば、一方の実験で他方の結果を予測できると考えられるが、更に実験による裏付けが必要である。

<参考文献>

- 1) 江崎哲郎(1974): コンクリートの時間依存の変形、破壊の挙動に関する研究 博士論文, pp.16-18.
- 2) N. Cristescu(1989): Rock Rheology, pp.17-48.
- 3) 小峯秀雄, 緒方信英(1991): 塑性限界を導入した粘土の締固め特性の評価法の提案, 土木学会論文集, No.436/III-16, p.103.