

III-615

含水に敏感な軟岩類の力学的特性の測定及び評価

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

1. はじめに

近年、軟岩中または、それを基礎とする構造物の変位や長期安定性等の評価が問題になってきている。このような変位や長期安定性の評価を行うに当たり、サンプリングにより得られたコアと現位置の状況は大きく異なる場合がある。従って、岩盤の力学特性を正確に把握するための新しい測定と評価方法の発展が必要である。

本研究は体積歪みを直接測定できる装置を開発し、ベントナイトと砂の混合物を用いた軟岩模擬試験体を用いて含水比の変化に伴う、応力-歪み関係、破壊のメカニズム及びクリープ現象の挙動を調べて基礎的性質を明らかにしようとするものである。

2. 試料及び実験概要

模擬試験体は既報¹⁾と同様であり、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、土の締め固め試験法に準じて作成した。乾燥状態における一軸圧縮強度は1.54MPa(標準偏差0.15MPa)であり、試験体寸法は直径50mm、高さ100mmとした。試験体の含水比の調整には真空ポンプを利用した水浸容器を用いて所定の時間吸水させた。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。また水中に試験体を浸すと、表面が侵食されるので、それをふせぐためにロウを薄く塗布した。

一軸圧縮試験は、油圧サーボ式圧縮試験装置を用いた。軸歪みの測定には1/400mmの分解能をもつ変位計(SDP-50B)を用い、各出力をパソコンに記録させた。

体積歪みを直接測定する方法は以下の通りである。まず、試験体に0.2mmの厚さを持つゴムスリーブを装着させ、注水された容器(三軸試験容器)内の圧力を基準にとり、試験体の体積変化を容器に連結した直径7mmの垂直管の水位変化で読み取り、基準面との水頭差を差圧計(VALIDYNE製、DP15TL)で計測することにより、体積歪みを測定した。計測項目は、軸荷重、ピストンの変位、水頭差である。

3. 実験結果及び考察

岩石の膨張現象は、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の体積歪みの測定方法は、今までは、ほとんど材料工学の方法を踏襲し、歪みゲージを利用したものであった。この方法は、空隙と微小亀裂をもつ軟岩や土等については、特に破壊後の測定に誤差が大きくなる問題が残し、良い結果が得られなかった。以下、今回の実験で得られたいくつかの知見を述べる。まず、直接体積歪み測定装置で得られた完全応力-軸歪み-体積歪み曲線をFig. 1に示している。この図において、明確な体積歪み曲線が見られ、膨張は試験体の破壊後応力が小さくなっても続いていることが分かった。

Fig. 2に含水比が異なる場合の応力-歪みの関係を示す。含水比が増加すると曲線のピークつまり圧縮強度は低くなっていき、その時の歪みは徐々に大きくなっていく。含水比が0~6%と小さいときは、含水比の圧縮強度に及ぼす影響は非常に大きく、含水比が6~7%以上では圧縮強度に対して影響力をあまり持たないことが認められ、更に、含水比が高くなると歪み硬化が顕著に現れる。この現象は含水比10%付近の試験体から認められた。

Fig. 3に段階的な持続荷重で行った場合のクリープ特性と含水比の関係を示す。初期の載荷段階における

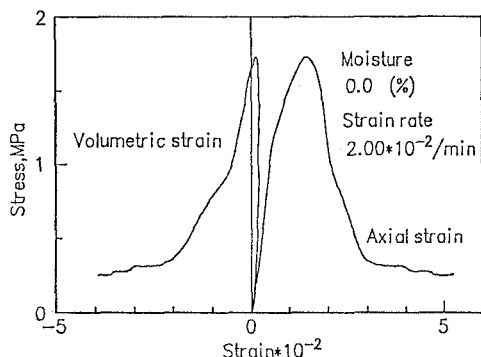


Fig.1 Axial and volumetric stress-strain curves of bentonite

体積歪みは減少の傾向を現しているが、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。更に、よく観察すれば、あるレベルの持続載荷開始直後は体積歪みは減少するが、その後時間の経過とともに増加に転じる傾向を示す。

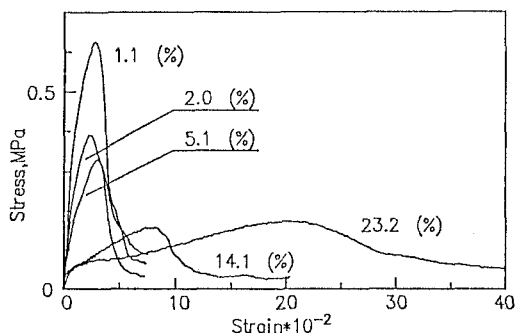


Fig.2 The influence of the moisture content on the complete uniaxial compressive stress-strain curves for bentonite

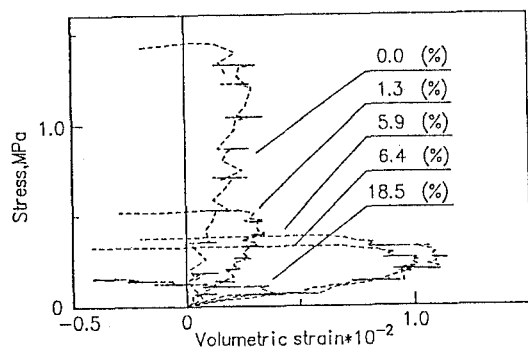


Fig.3 The influence of the moisture content on the volumetric stress-strain creep curves for bentonite

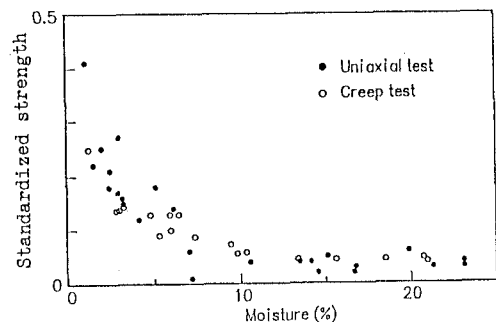


Fig.4 Influence of moisture on uniaxial compressive strength and the stress corresponding to the beginning of dilatancy during creep test

このような体積歪みの変化は、内部に存在する先在クラックの閉塞や開口、あるいは微小破壊によって生じると考えられる。

また、含水比が増加すると、体積が圧縮から膨張へ遷移するときの応力は小さくなっていくが、そのときの体積歪みは大きくなっていく。しかし、含水比がある値よりも大きくなると、圧縮から膨張へ遷移するときの体積歪みは減少していく。これは試験体に含まれる水の量が多くなるとそれだけ試験体中の空隙が小さくなるからである。更に、含水比が小さい場合にはせん断破壊、大きい場合には樽状の破壊形状を示すことが明らかになった。

クリープ実験での体積歪みが圧縮から膨張へ遷移するときの応力と含水比の関係を、一軸圧縮強度と含水比の関係と共にFig. 4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易くするために、乾燥強度を基準とした比で示した。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。従って、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、長い時間を必要としていた従来のクリープ実験に代えて、簡単な実験で結果を予測できる可能性がある。

4. おわりに

本研究では、直接体積歪みを自動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と考えられる。

岩石の力学特性に及ぼす含水の影響については、含水比が増加すると強度は小さくなる。また、応力-歪みの特性と破壊のメカニズムは含水比によって大きく異なることが分かった。これより、強度の評価するときには、応力-歪みの特性と破壊のメカニズムを関連させて考えることが必要である。

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(1993): 軟岩のクリープの特性と解析, 土木学会西部支部研究発表会講演概要集, p. 536-537.