

Ⅲ-A379

熱収縮チューブを利用した岩石のひずみ計測方法の検討

埼玉大学大学院 学生員 浜野 久美 埼玉大学工学部 正会員 吉中 龍之進
 埼玉大学工学部 正会員 山辺 正 埼玉大学工学部 正会員 長田 昌彦

1. はじめに

軟岩・硬岩を問わず、微小変形領域を含めた岩石の正確な変形特性を得るためには、ベディングエラー等の影響を含まない局所的な変形を計測することが標準となりつつある。またその一方で、岩石の変形特性を決定するためには、軸方向ひずみと周方向ひずみを同時に同精度で計測する必要がある。

そこで本論文では現有の三軸セルを利用して、不均質岩や湿潤供試体の軸方向および周方向ひずみを簡便に計測する方法として熱収縮チューブによるひずみ計測方法を提案するとともに、その検証実験を実施した。

2. 熱収縮チューブを用いたひずみ計測方法(HST法)

ここで提案する方法は、熱収縮チューブ(Heat Shrinkable Tubing)と呼ばれるテフロン樹脂を利用している。このチューブは70℃以上に加熱することにより収縮し、供試体全体をほぼ均一に被覆することができる。提案するひずみ計測方法は、この熱収縮チューブが岩石の変形に伴い、均質に変形することを仮定し、チューブ上の軸ひずみと周方向ひずみを二軸のひずみゲージを用いて直接計測しようとするものである。チ

ューブの物性値を表—1に示す。

本手法は熱収縮チューブ上のひずみを計測するほかは、供試体表面に直接ひずみゲージを貼付する方法と全く同じであり、非常に簡便である。チューブおよびひずみゲージのセットアップの概念図を図—1に示す。

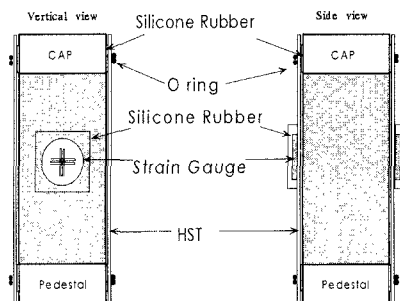
3. 検証実験

熱収縮チューブ上のひずみを計測するうえで特に問題となるのは、チューブと供試体間のすべりの発生と軸ひずみの計測方法、どの程度までのひずみレベルを計測できるかである。これらの問題を検証するために、田下石を用いて、一軸圧縮試験および三軸圧縮試験を実施した。

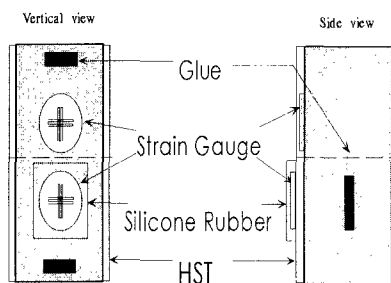
すべりの検証 まずチューブと供試体間のすべりの影響を見るために、図—2中の「Glue」と表示した部分においてチューブと供試体間を接着しない場合と、接着した場合とで一軸圧縮試験を実施した。チューブと供試体間を接着しない場合(図—3)を見ると、軸ひずみ・周方向ひずみとも一回目の載荷において破線からずれを生じており、すべりを生じていると考えられる。一方、チューブと供試体の間を接着した場合(図—4)には1回目の載荷から両方のひずみゲージからの出力はよく一致し直線的である。このことから、チューブ上のひずみを計測する上では密着性を十分によくしておく必要がある。

表—1 熱収縮チューブの物性値

単位堆積重量(g/cm ³)	0.64
引張時弾性係数(GPa)	1.6
ポアソン比	0.5



図—1 チューブのセットアップ概念図



図—2 検証実験におけるひずみゲージの貼り付け位置

キーワード：熱収縮チューブ、ひずみ計測法、ロックサンプル

〒338-8570 埼玉県浦和市下大久保 255 TEL048-852-2111 FAX048-858-7374

LDT からの出力結果の比較 本手法の三軸圧縮試験への適用例として、田下石の圧非排水試験を実施した。あわせて LDT との同時計測も実施した。試験結果を図—6 に示す。チューブ上で計測した軸ひずみ・周方向ひずみとも破壊時まで計測できている。また LDT との比較で、応力—ひずみ関係の概略は両手法ともよく一致していることがわかる。0.1%レベルまでのひずみにおいて算出した弾性係数は HST 法で 1.35GPa, LDT で 1.27GPa であり, E_{50} は HST 法で 2.10GPa, LDT で 1.85GPa である。HST 法からはポアソン比も求まり、0.1%レベルまでのひずみにおいて算出した値は 0.08 程度である。この値は田下石の平均的な物性値となっており、本手法が田下石程度の軟岩においても十分適用できることを示している。

4. チューブによる拘束効果

初期拘束効果 ウレタン樹脂からなるダミー供試体を用いて弾性回復量を求める試験を行い、実験的に 17～34kPa という初期拘束圧力を得た。

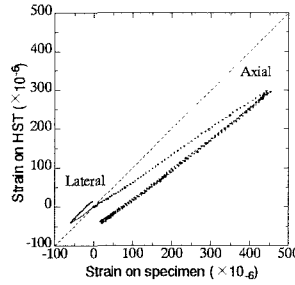
せん断時拘束効果 熱収縮チューブは弾性的に挙動するため、せん断に伴う体積変化により供試体に作用する拘束圧力も軸差応力に伴って変化すると考えられる。ここでチューブを弾性円筒殻と仮定すると、チューブのひずみと内圧の関係は、以下ようになる。

$$p = \left(\frac{h}{r} \right) \frac{E}{1-\nu^2} (\nu \varepsilon_a^T + \varepsilon_\theta^T) \quad (1)$$

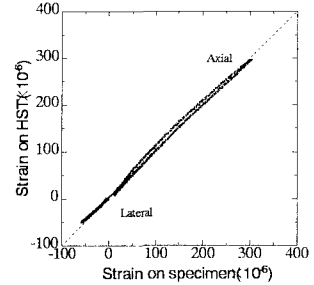
ここで E と ν はそれぞれチューブの弾性係数とポアソン比, r はチューブ中立面の半径, h はチューブの厚さである。 E は実験的に 1.6×10^6 [kPa] を得た。田下石の試験結果を適用すると図—6 Eq.(1) になる。拘束圧力の変動幅は 103kPa 程度である。仮に軸方向応力が発生しない条件を用いると、

$$p = \left(\frac{h}{r} \right) E \varepsilon_\theta^T \quad (2)$$

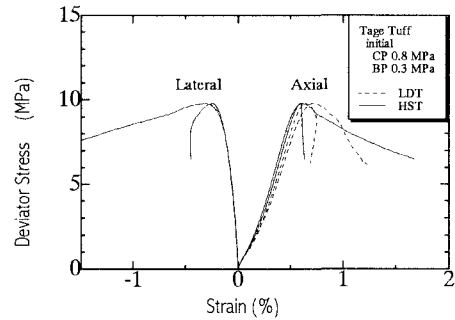
となる。破壊時には図—6 Eq.(2) 中に△印で示したように、176kPa の内圧が作用していることになる。実際には供試体の変形は上下端面で小さく、中央で大きいので、この値は供試体に作用する破壊時までの内圧の最大値に相当する。岩石供試体を用いた三軸圧縮試験



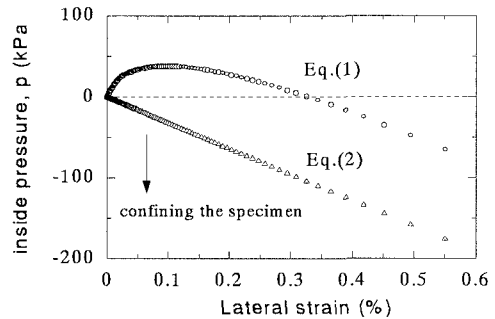
図—3 供試体とチューブ間を
接着しない場合の試験結果



図—4 供試体とチューブ間を
接着した場合の試験結果



図—5 LDT を用いた三軸圧縮試験結果



図—6 せん断時に伴うチューブによる拘束効果
には、実用上ほとんど問題にならないと考えられる。

5. おわりに

本手法は簡便なひずみ計測方法として、破壊時までには十分に追従でき、現有のセルをそのまま利用することができる。今後の課題としては、どの程度の軟岩まで適用できるかを明らかにする必要がある。また、せん断時における拘束圧力の変動の評価が適切であるか、破壊基準に与える影響を調べるにより明らかにする必要がある。