

人工軟岩の平面ひずみ圧縮試験と変形特性の解明

東京大学 学生会員 ○米村 享紘
東京大学 正会員 井上 純哉

1. 目的

本研究は軟岩のクリープにおけるひずみ場の局所化に関して、局所化の発生、進展に影響を及ぼす要素を同定することを目的とする。そのために平面ひずみ圧縮試験を行い、画像解析によりひずみ場の計測を行う。

2. 実験方法

本実験では天然軟岩による実験の再現性の難しさから、人工軟岩を供試体とした実験を行うこととした。供試体の寸法は縦 5cm×横 5cm×高さ 15cm の直方体である。配合比は表 1 に示す通りである。

	配合比(重量%)
豊浦標準砂	69.6
石膏	11.6
水	18.8

表 1 供試体の配合比

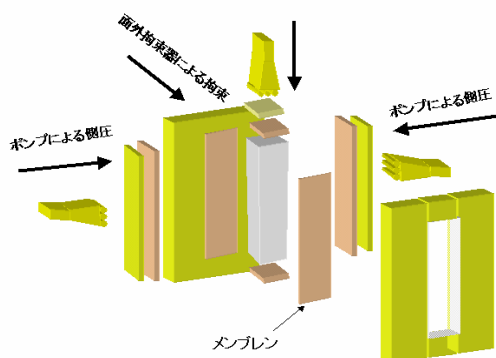


図 1 実験方法

本実験は側圧と面外拘束圧をかけ、供試体上部から载荷するという方法で行う。金属平板にはグリースを塗布したメンブレンが貼り付けられており、金属平板と供試体の間の摩擦を切る役割を果たす。尚、単調载荷試験では変位制御によって、クリープ試験では荷重制御で载荷する。

3. ひずみ場の計測方法

本研究の平面ひずみ試験はひずみ場を計測しながら行う。その計測にはマッチング法を用いる。本実験に用いる前面の金属平板には 5mm 間隔の赤色の格子模様のシールが貼ってあり、さらにグリースを塗布した黒色のドットをランダムに施したメンブレンを貼り付けておく。赤色の格子点は変位計測のために必要な不動の標点として、黒色のドットは変位を計測するためにそれぞれ使用する。本実験の写真撮影はマイクロスコープを XY ステージで制御しながら 5mm 間隔で順番に行う。

マッチング法を簡単に説明すると、変形前の画像から取り出した画像と変形後の画像から取り出した画像を比較し、求めた変形量から剛体変位を差し引くことにより微視的な変位量を計測するというものである。計測精度はデジタイズした画素 1 dot における実像の寸法に依存する。本実験では 1dot が約 $2.6\mu\text{m}$ であり、5mm 間隔で撮影を行っているので約 0.05% のひずみまで計測することが可能である。

4. クリープ試験

山内ら^①は高クリープ応力比における一軸のクリープ試験と一軸圧縮試験の比較においてクリープによるひずみが進行していき、一軸圧縮試験の応力 - ひずみ曲線に達すると、それ以降は一軸圧縮試験の応力 - ひずみ曲線を辿るように変形していくことを確認している。また飛内^②・浅羽^③らは低クリープ応力比における一軸のクリープ試験の結果は、高クリープ応力比における実験結果の様に一軸圧縮試験の応力 - ひずみ曲線を辿らず、よりひずんだ位置で 3 次クリープに移行するという異なる挙動を示すことを確認している。これらの既往の研究結果から、クリープ応力比が局所化の進展に影響を及ぼしていると考え、その影響を確認することにした。図 2 にクリープ試験の結果を示す。尚、本実験は側圧 0.01MPa で行っている。

クリープ応力比 90% では、0.65% のひずみで破壊に至ったのに対し、クリープ応力比 80% では 1.35% と大きなひずみを生じて破壊に至った。またマッ

キーワード 軟岩、クリープ、ひずみ速度、局所化

連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 工学部 11 号館 4 階 応用力学／岩盤力学研究室 TEL03-5841-7455

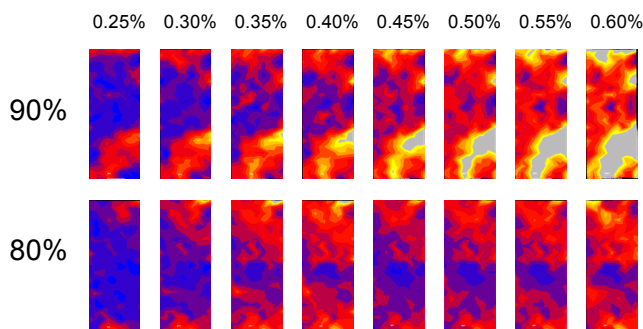


図 2 クリープ試験のマッチング結果

ングの結果からクリープにおける局所化の進展の仕方が、クリープ応力比が異なると明らかに異なるモードになることが確認できた。まとめると以下のようになる。

モード1(高クリープ応力比の場合)・ひずみ場の安定な場から不安定な場への移行が起こった後、小さなひずみの段階でひずみは一つのせん断帯候補である局所化部分に集中し、一本の明確なせん断帯を形成し破壊に至る。

モード2(低クリープ応力比の場合)・ひずみ場の安定な場から不安定な場への移行が起こった後、小さなひずみの段階では供試体全体が一樣にひずむ傾向があり、明確なせん断帯候補は見られない。しかし、最終的には一本のせん断帯を形成し破壊に至る。

また、クリープ応力比に達した後のひずみ速度はクリープ応力比 90%では 0.0035%/s であるのに対し、クリープ応力比 80%では 0.0001%/s と遅かった。

5. 単調載荷試験

クリープ試験の結果、クリープ応力比によってクリープ荷重到達後のひずみ速度が異なることを確認出来た。そこでひずみ速度がひずみ場における局所化に与える影響を調べるため、変位制御による単調載荷試験を行うことにした。側圧 0.01MPa で、ひずみ速度 0.02%/s、0.002%/s、0.0002%/s の 3 条件において単調載荷試験を行った。結果を表 2、図 3 に示す。

ひずみ速度(%/s)	最大圧縮応力(MPa)	最大圧縮応力時のひずみ(%)
0.02	1.63	0.341
0.002	1.63	0.325
0.0002	1.43	0.563

表 2 単調載荷試験の結果

表 2 からひずみ速度が速いほど最大圧縮応力が大きく、最大圧縮応力時のひずみが小さいという傾向が見られた。またマッチングの結果、ひずみ速度

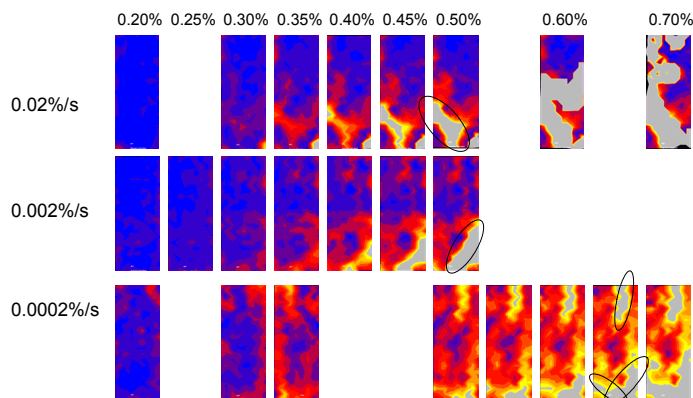


図 3 単調載荷試験のマッチング結果

によって局所化の進展の仕方に以下の二つのモードが存在することが分かった。

モード1(ひずみ速度が速い場合)・ひずみ場の安定な場から不安定な場への移行が起こった後、小さなひずみの段階でひずみは一つのせん断帯候補である局所化部分に集中し、一本の明確なせん断帯を形成し破壊に至る。

モード2(ひずみ速度が遅い場合)・ひずみ場の安定な場から不安定な場への移行が起こった後、小さなひずみの段階では供試体全体が一樣にひずむ傾向があり、せん断帯候補となる局所化部分が数本存在する。しかし、最終的には一本のせん断帯を形成し破壊に至る。

6. まとめ

本研究において、クリープにおける局所化の進展に二つのモードが存在することが確認出来た。そのモードを決定している要素はクリープ試験ではクリープ応力比、単調載荷試験ではひずみ速度であった。また、クリープ応力比が高い場合のモードとひずみ速度が速い場合のモードがほぼ同じであり、クリープ応力比が低い場合のモードとひずみ速度が遅い場合のモードがほぼ同じであるということが確認出来た。これはクリープ応力比が高いものほどクリープ荷重到達後のひずみ速度が速いという結果から説明出来る。

参考文献

- 1) 山内 優、山崎 貴博、山下 秀、杉本 文男：軟岩の圧縮クリープ過程と一軸圧縮破壊過程の関連性、資源と素材 Vol.14 p163-168 (1998)
- 2) 飛内 英明：人工軟岩のクリープ試験と画像解析によるひずみの計測及び変形特性の解明、第 58 回土木学会年次学術講演会 (2003)
- 3) 浅羽 俊之：人工軟岩におけるクリープ実験と 3 次クリープを考慮したモデル、第 58 回土木学会年次学術講演会(2003)