

セル圧流体循環型の高温高圧三軸試験装置の開発と大谷石の三軸圧縮試験

（財）電力中央研究所 正会員 岡田哲実
 （株）ダイヤコンサルタント 非会員 納谷朋広

1. はじめに

我が国における高レベル放射性廃棄物の地層処分の概念として、ガラス固化した廃棄物を格納容器に収め、その周りをベントナイトを主体とする緩衝材で囲み、岩盤中に埋設する方法が考えられている¹⁾。ガラス固化した廃棄物は、核種の崩壊に伴い熱を発生する。この発熱によって、緩衝材や周辺岩盤は熱の影響を受けることになる。

地層処分の候補岩体としては、一般に透水性が不連続面に依存しない堆積軟岩も有力な候補の1つである。硬岩と比較して堆積軟岩は熱に対する影響を受けやすいと予想されるものの、力学特性の温度依存性に関する研究事例は極めて少ないため、一般的な結論を得るに至っていない。そこで本研究では、堆積軟岩の力学特性の温度依存性を把握し、その結果を処分施設の設計に反映させることを目的として、高温高圧条件で試験が可能な三軸試験装置を開発し、常温～175℃の条件で堆積軟岩である大谷石の圧密非排水三軸圧縮試験を行った。

2. 開発した試験装置

装置の主な仕様を表-1に、試験装置全体の概要を図-1に示す。供試体の温度は、セル圧流体（シリコンオイル）を加熱することにより上昇させる。セル圧流体の加熱については、セル外部に設置した加熱チャンバー（ヒーターを保有した圧力容器）で行い、加熱しながらポンプで三軸セルへセル圧流体を循環させる。以前は三軸セル内部に設置したヒーターで加熱し、セル内部のプロペラでセル圧流体を攪拌していたが²⁾、この方法では温度が高くなるとうまく攪拌されず、セル内に温度むらが生じるという問題があった。また攪拌プロペラ部のシールが難しく、セル圧流体の漏れもしばしば起こっていた。これらの問題を解決するため、このようなセル圧流体の循環方式を採用した。図-2に今回の方法で計測したセル内の温度の計測結果を示す。温度が高くなるにしたがって、セル内の温度が均一になることがわかる。

高精度な計測ができるように、荷重はセル内部に設置したロードセルにより、変位は非接触型の変位計を用いて供試体の側面で計測可能なものとした。また、将来複雑な応力制御にも対応できるように、軸圧、側圧（セル圧）、背圧の供給は全て油圧サーボアクチュエーターをサーボコントローラーおよびパソコンで制御する方法を採用した。

表-1 装置の仕様

軸荷重	Max 200kN
セル圧	Max 20MPa
背圧	Max 20MPa
温度	常温～200℃
供試体	Max 50mm

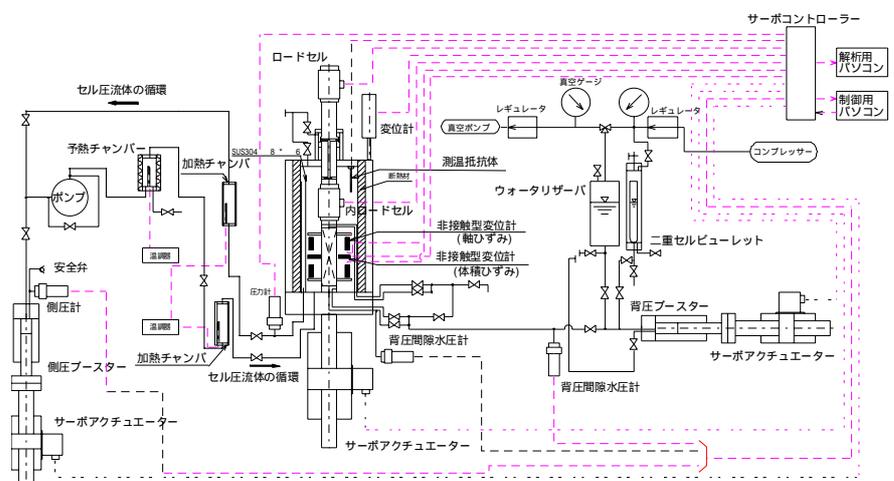


図-1 装置全体の概要

キーワード：高温，軟岩，三軸試験，強度

〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子1646 TEL：04-7182-1181 FAX：04-7182-2243

3. 試験方法

用いた試料は新第三紀中新世の溶結凝灰岩（通称，大谷石）である。ブロックサンプリングした試料をコア抜き機，カッター，端面整形機を使用し，直径50mm，高さ100mmの円柱形に成形し供試体を作製した。メンブレンには耐熱性のフッ素系ゴム（厚さ2mm）を使用した。供試体側面の対角位置に2枚ひずみゲージを貼付した後，水中で約1日脱気して飽和させてから，三軸セルにセットした。

試験方法については，原則として岩石の圧密非排水三軸試験（JGS 2532-2002）に準拠して行った。ただし，加熱については，圧密終了後，排水条件で加熱し，目標温度に達した後，30分～2時間程度温度を保持し，その後非排水条件でせん断した。

有効拘束圧は1.6MPaの1種類で，温度を常温（約24度），60，120，160，175 の条件で試験を行った。

4. 試験結果

図-3に試験結果の一例（3種類の方法で計測した軸ひずみの関係）を示す。既往の研究と同様に外部変位計の計測結果はベディングエラーにより大きなひずみを示している。非接触型変位計とひずみゲージの計測結果は整合しており，高温中においても非接触型変位計によりひずみを正確に計測することができた。

図-4に温度別の強度の比較を示す。120 と160 では若干強度が低いものの，175 では強度の低下は見られなかった。堆積軟岩の三軸試験を行った既往の研究²⁾および本研究と同じ地点の岩石を用いてクリープ試験を行った既往の研究³⁾から，60 以上の温度条件で強度が低下することが予想されたが，175 の試験結果により，不明な点を残す結果となった。

5. おわりに

開発した試験装置により高温高压条件で高精度の三軸試験が可能となった。ただし，常温の通常の三軸試験と比べるとシリコンオイルの膨張やシール材の劣化など試験の作業性を損なう問題がまた多く見られる。今後も試験の作業性を向上させる工夫を行いながら，試験を追加し，堆積軟岩の温度依存性を解明し，その評価手法を検討していく予定である。

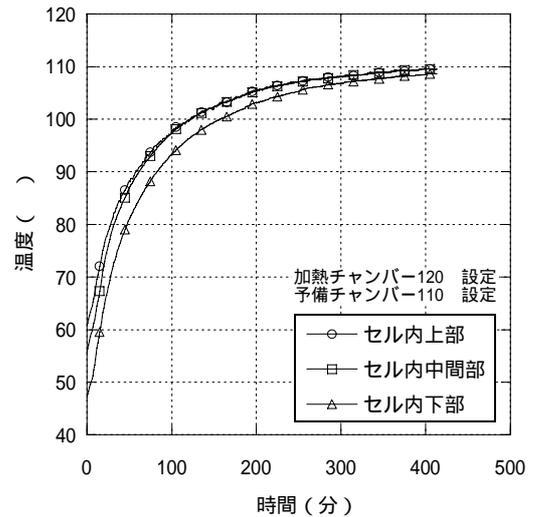


図-2 セル内部の温度変化

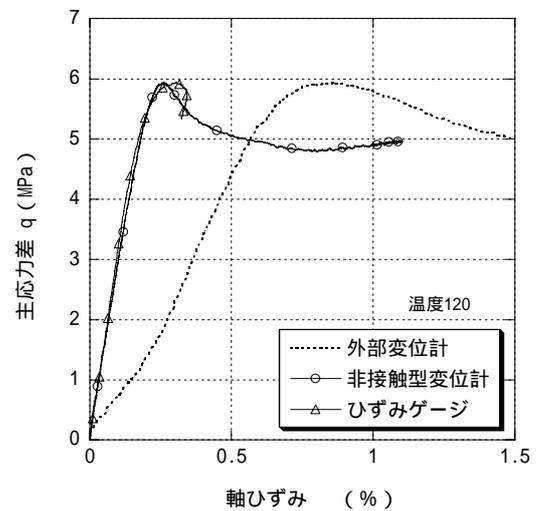


図-3 応力とひずみの関係

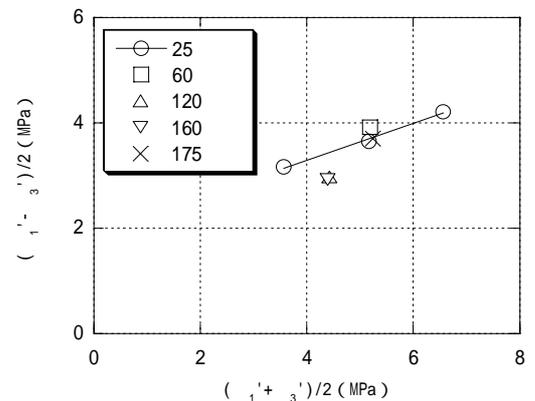


図-4 強度の比較

参考文献

- 1) 核燃料サイクル開発機構：わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性 - 地層処分研究開発第2次取りまとめ - 総論レポート，JNC TN1400 99-020, 1999.
- 2) 藤沼晋也・岡田哲実・日比野敏・横倉俊幸：高温環境における堆積軟岩の圧密非排水三軸試験，第32回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，2003.
- 3) 柴田健弘・谷和夫・岡田哲実：軟岩の熱環境下におけるクリープ特性，第39回地盤工学研究発表会，2004.