

高温作用を受けた不飽和ベントナイトの一軸圧縮強さと間隙圧の測定

足利大学 西村友良

1 まえがき

高レベル放射性廃棄物処分施設の超長期安全性評価および不飽和土の力学的性質解明のモデル構築には、Chemico-thermo-hydro-mechanical (CTHM) ¹⁾が求められている。これらの4つの特性を同時に連続的に室内試験で検証することは容易なことではなく、同時に試験方法も統一されていない現状を考えると試験結果の蓄積に合わせて数値モデル解析結果との評価を進めていく必要がある。本研究では砂を混合した不飽和ベントナイトに80℃の高温作用を与え、一軸圧縮強さの変化を検討する。さらに高温時(80℃から50℃)の不飽和ベントナイト内部の間隙圧や高温作用を受けた際の一次元間隙水の蒸発・拡散について検証する。

2 試料・試験方法

試料にベントナイト(クニゲルV1)と珪砂(山形県西置賜郡飯豊町産)を用い、乾燥質量比7:3で試料を準備した。締固め含水比は17%、乾燥密度1.600g/cm³一定で静的締固めで作製した。供試体サイズは直径3.8cm、高さ7.6cmであった。供試体への高温負荷に高温三軸圧縮試験機(写真-1)と間隙圧測定のためにSUS316製剛性ステンレスモールド(以後、モールド)(写真-2)を用いた。高温三軸圧縮試験機は2重セル構造となり内セル周囲に、ステンレス管を螺旋状に設置した。温度制御された高温水が循環型し等方的に供試体全体に均等な高温作用を与えた。供試体を覆うゴムスリーブ膜厚は0.5mmである。高温作用を受けた供試体は高温三軸圧縮試験機内では排気・非排水状態、軸方向変位拘束、側方向変位は拘束無し。内径3.8cmモールドの場合、軸方向・側方向の変位拘束(定体積)条件でありかつ、非排気・非排水状態であった。モールド上下プレートに連結した配管弁を通じて高温下での圧力(間隙圧、間隙水压、空気圧、水压)を24時間ごとに計測した。計測箇所は上下2箇所であった。ただし継ぎ手間には硬質無可塑性ナイロンチューブが30mm使用されている。この30mmのチューブ内容積は0.45ccであった。

3 実験結果

図-1に80℃の高温作用を与えた飽和状態のベントナイトの一軸圧縮試験結果を示す。明らかに一軸圧縮強さの減少が確認される。本研究では、不飽和ベントナイトについてさらに検討を行っている。図-2は20℃と80℃の不飽和ベントナイト(砂混合)の一軸圧縮強さの結果を示す。80℃の高温になると20℃で425.5kPaの一軸圧縮強さが253.6kPaまで減少している。図-3は2条件の圧縮速度(毎分0.1%と毎分1.0%)で軸



写真-1 高温三軸圧縮試験機



写真-2 間隙圧測定モールド

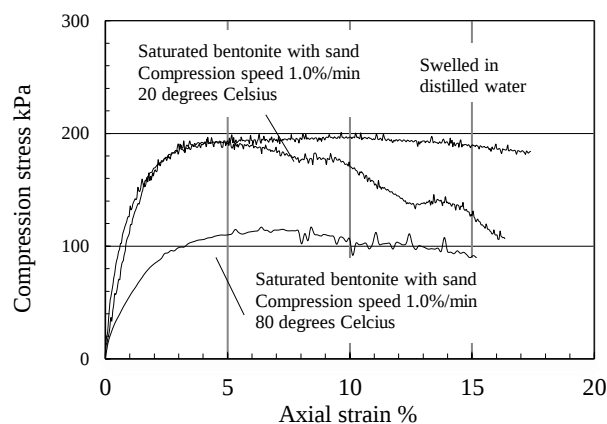
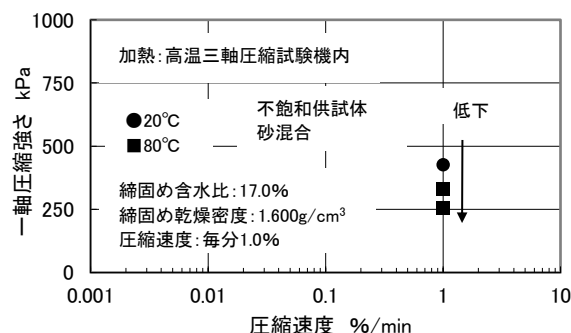
図-1 飽和ベントナイトが80℃の高温を受けた際による応力ひずみ曲線(Nishimura and Koseki, 2020) ¹⁾

図-2 加熱による一軸圧縮強さの低下(20℃、80℃)

キーワード: ベントナイト, 高温, 一軸圧縮強さ, 間隙圧

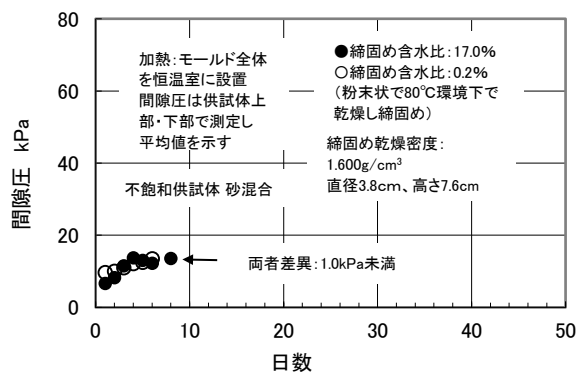
連絡先: 〒326-8558 栃木県足利市大前町 268 足利大学

圧縮を行った結果である。圧縮速度の増大で一軸圧縮強さ減少が見られた。

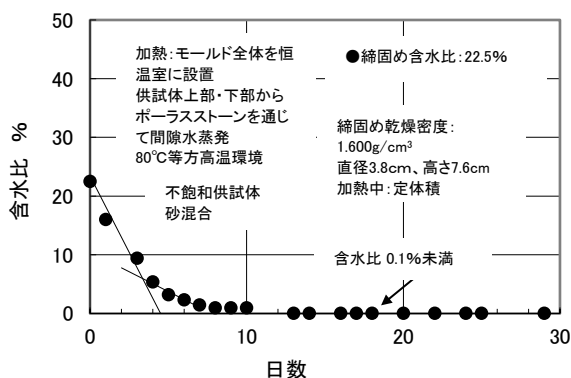
本研究では高温作用を受けた際の不飽和ベントナイト内の間隙圧の経時変化を異なる温度で測定した。ただし、一端、80℃に上昇し10℃間隔で段階的に50℃に減少させた。測定は写真一2の上下に装着した弁に圧力計を接続して行った。図一4～7に間隙圧の経時変化を示すが、乾燥密度は1.600g/cm³一定で締固め時の含水比が異なる(17.0%と0.2%)2種類の供試体を用いている。80℃では締固め含水比が高い方(17.0%)が大きな間隙圧が発生し、平衡時に32.6kPaが示された。しかし温度が段階的に低下するにつれて間隙圧は含水比の大きさに関わらず減少する。図一5の70℃は平衡時、19.2kPaと14.7kPaであったが、温度60℃、50℃になると(図一6、7)平衡時の間隙圧は13kPa付近まで低下している。なおボタン型温湿度データロガーを用いて供試体内部の温度が設定温度に到達することを確認している。加熱(80℃)環境下で上下方向のみ間隙水蒸発を可能にして経時的低下を確認している。図一8のように初期含水比22.5%の供試体は3日後で9.3%に乾燥した。

4 まとめ

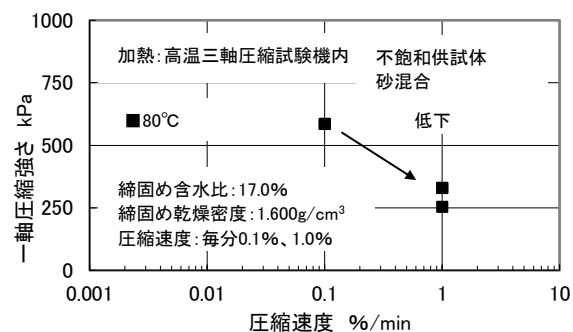
不飽和ベントナイトに高温作用を与えることで一軸圧縮強さの低下が見られた。さらに高温時(80℃から50℃)の不飽和ベントナイト内部の間隙圧は高温領域ではベントナイト内部は高い間隙圧を有することを確認した。



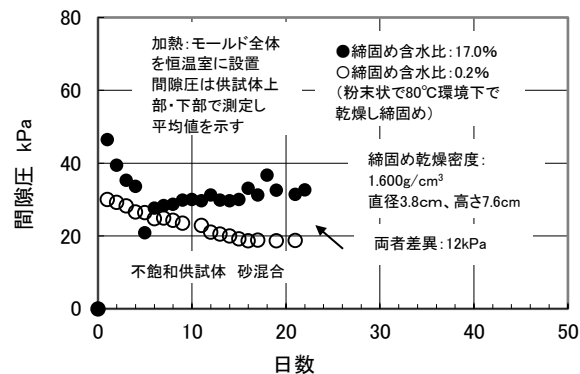
図一7 等方加熱による不飽和供試体中の間隙圧(50℃)



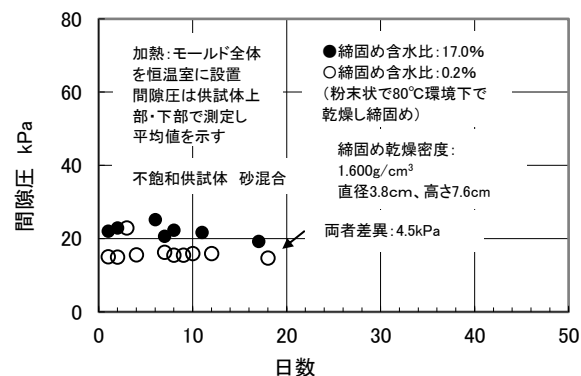
図一8 等方加熱による不飽和供試体からの蒸発(80℃)



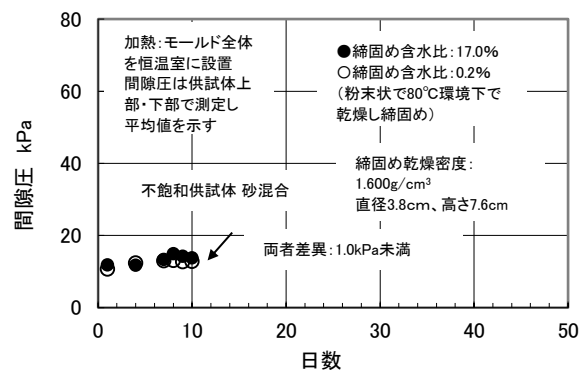
図一3 圧縮速度増大による一軸圧縮強さの低下(80℃)



図一4 等方加熱による不飽和供試体中の間隙圧(80℃)



図一5 等方加熱による不飽和供試体中の間隙圧(70℃)



図一6 等方加熱による不飽和供試体中の間隙圧(60℃)

謝辞：株式会社大林組山本修様には供試体内部温度測定にご指導頂き謝意を申し上げます。

参考文献文献 1) Nishimura and Koseki: Comparison of unconfined compressive strength on heated bentonite/sand mixture by chemical exposure, CPEG 2020, Kyoto 投稿中