

高温下の珪藻泥岩の力学特性変化

大成建設 正会員 青木智幸 ○城まゆみ
 埼玉大学 正会員 山辺 正
 学生会員 近藤亮祐 古山成紀

1. はじめに

高レベル廃棄物地層処分場の処分坑道周囲岩盤は、埋め戻し後に廃棄体より発生する熱により長期にわたり温度が上昇する。著者らは、このような高温状態における堆積軟岩の力学特性変化について研究している¹⁾。本報では、珪藻泥岩について常温～90℃までの範囲で実施した一軸および三軸圧縮試験と一軸クリープ試験の結果について述べる。

2. 試験方法および試験条件

試料には、能登半島産の珪藻泥岩を使用した。試験片は直径 5cm 高さ 10cm で、予め蒸留水中で一週間以上真空脱気して飽和させた。ひずみゲージを貼付する際には表面を 30 分程度乾燥させ、2 液性接着剤で下塗りをした上で、瞬間接着剤でひずみゲージを貼付した。また、試験片表面には温度ゲージを貼付した。次に、側面に帯状ろ紙によるサイドドレーンを取り付け、ペDESTAL、キャップとともにシリコンゴムを塗ってシールし、試験片の準備を完了した。

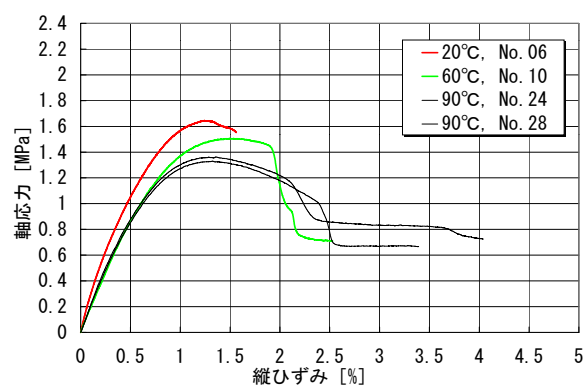
三軸圧縮試験は、圧密排水条件により行った。なお、一軸圧縮試験も試験片を三軸試験機にセットした状態で実施した。

試験手順としては、まずセル内に作動油を満たし、次にセル内の棒状ヒーターとセル外周のバンドヒーターとを使用して油を介して試料温度を上昇させた。昇温時間は、約 24 時間である。次に、セル圧（油圧）を所定の封圧まで上昇させた。このとき、間隙水压ラインは大気圧に開放して排水させている（軸圧縮中も同様）。軸圧縮過程として変位速度（0.01mm/min）一定制御で軸変位 3mm 以上まで载荷した。

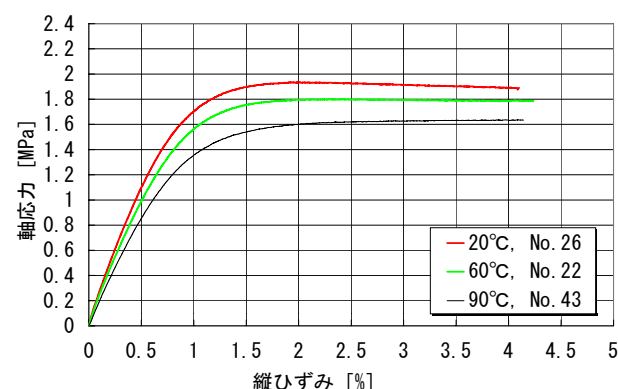
試験条件は、常温（20℃）、60℃、90℃の 3 種類の温度条件下で、それぞれ一軸、および封圧 0.5MPa、1MPa の三軸圧縮試験を実施した。また、クリープ試験は常温と 60℃の 2 種類の温度条件下で、一軸圧縮条件で実施した。

3. 試験結果および考察

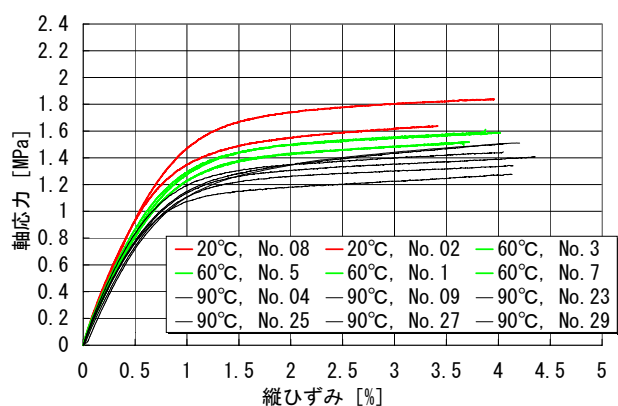
図 1 a～c にそれぞれ 3 種の封圧条件の応力-ひずみ線図を示す。ここでは、軸ひずみとして軸载荷ピスト



(a) 一軸圧縮強度試験



(b) 三軸圧縮強度試験（封圧 0.5MPa）



(c) 三軸圧縮強度試験（封圧 1MPa）

図 1 応力-ひずみ線図

キーワード 堆積軟岩、高温、クリープ、強度、弾性係数

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 技術センター TEL 045-814-7237

ンの変位より換算した値で示した。ひずみゲージは、接着剤とのベストの組合せを求めて試行錯誤したが、ピーク応力の 80% 程度以上で剥離するものがあった。これは、封圧 1MPa で 90℃ の条件のものに多く、この試験条件の試験数が多い理由でもある。どの封圧条件でも、常温、60℃、90℃ と温度が高くなるにつれて、強度が低下している。ばらつきはあるが、試験数の多い封圧 1MPa の条件でも強度低下傾向が明瞭に見えている。図 2 に、強度と温度の関係を示した。なお、一軸圧縮強度と比べて封圧 0.5MPa では強度が増加するが、封圧 1.0MPa の条件では一軸圧縮強度と同程度に低下している。これは、応力-ひずみ曲線を見ると非常に延性的になっていることから分かるように、応力状態が等方圧縮応力で降伏する領域に入っている。なお、この条件ではピーク強度を示していないが、図 2 では、軸ひずみ 3% の軸応力を強度として示した。

図 3 と図 4 に、ひずみゲージの値より求めた強度の 50% 応力レベルにおける割線ヤング率とポアソン比を示す。ばらつきがあるものの、大局的には温度上昇による変形係数の変化はあまり顕著でないと言える。一方、ポアソン比を見ると、一軸、三軸試験結果共に、温度が高くなるとポアソン比が小さくなる傾向が見られる。

図 5 に、20℃ と 60℃ で実施した、強度比 93% の応力レベルにおける一軸クリープ試験の結果を示す。20℃ の試験結果ではクリープ時間を 10 日で打ち切った関係上クリープ破壊に至っていないが、定常クリープ状態に達している。一方、温度 60℃ では、約 7 時間程度で破壊に至っている。このように、温度上昇によりクリープ変形・破壊を加速することが分かった。このことは、放射性廃棄物処分坑道の設計に当たり非常に重要な検討課題である。

4. まとめ

- 1) 珪藻泥岩の一軸および三軸圧縮強度は温度が高いほど低下する。また、ヤング率は温度の影響をあまり受けないが、ポアソン比は温度が高いほど小さくなる傾向を示した。
- 2) 今回使用した珪藻泥岩は、封圧 1MPa では等方圧縮応力で降伏し、強度低下して延性的変形挙動を示した。
- 3) 一軸クリープ試験では、常温の結果と比較して 60℃ では破壊時間の大幅な短縮が見られた。

今回使用した珪藻泥岩は、空隙率 70% 程度と非常に多孔質で含水量が多い。高温下で強度・変形特性を変化させる要因としては、間隙水と構成鉱物との化学反応による変化が推定されるが、今後この点について検討を進めたい。

参考文献

- 1) 山辺、他：環境条件を考慮した軟岩の時間依存性挙動とその変形予測に関する実験的研究、第 57 回土木学会年次学術講演会、2002。

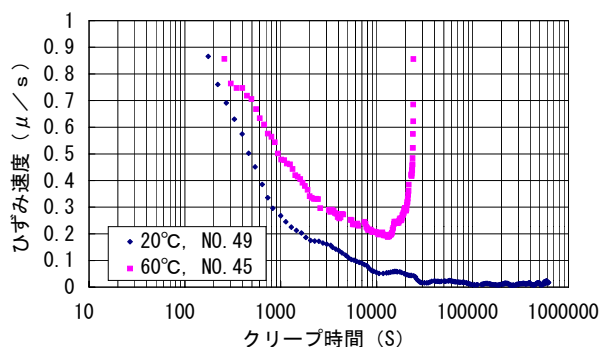


図 5 一軸クリープ試験結果図

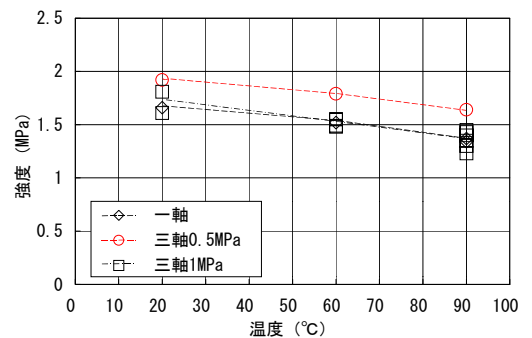


図 2 軸応力強度比較図

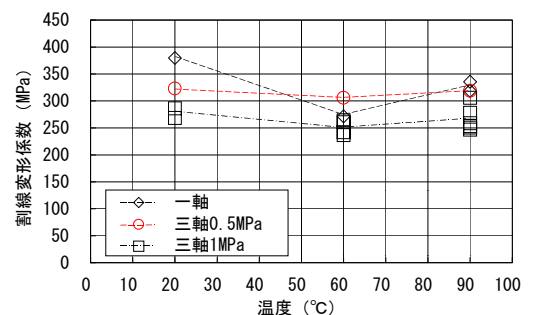


図 3 割線ヤング率比較図

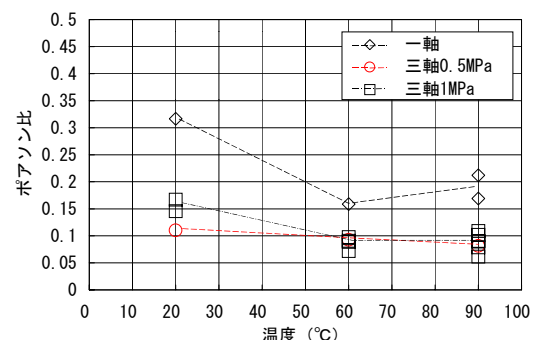


図 4 ポアソン比比較図