

各種ベントナイトにおける飽和度変化による強度特性の把握

福島工業高等専門学校 学生会員 ○中島 颯人
 福島工業高等専門学校 正会員 金澤 伸一
 福島工業高等専門学校 学生会員 柳井 正樹

1. はじめに

核燃料サイクルの過程において高レベル放射性廃棄物が発生する。その処分方法として地下 300m 以深への地層処分が検討されており、廃棄物と岩盤との間を充填する緩衝材の主原料には著しい吸水膨潤性と難透水性を有するベントナイトが使用される。施工性や経済性の観点から、第二次取りまとめ¹⁾によるとベントナイトと珪砂を混合することが選定されている。地層処分に必要とされるベントナイトの量は、緩衝材として数十万トン、埋め戻し材として百万トン以上の運用が見込まれている。そのため、地層処分の安全性と性能の確保を前提として、調達性と経済合理性のため複数種類のベントナイトを確保する必要がある。また、地下水の浸潤による再冠水に伴う緩衝材の力学挙動を把握することは、緩衝材の処分期間中の性能を評価する上で重要である。そこで本研究では、様々な種類のベントナイトの強度特性を把握するため、ベントナイトと珪砂 5 号を 7:3 で混合して作製した供試体に飽和度変化を与えて一軸圧縮試験を行うことで、各種ベントナイトにおける飽和度変化を考慮した強度特性を把握することを目的とした。

2. 試験方法

本研究では、ベントナイトの種類、飽和度の変化を考慮した力学特性を把握するため、ベントナイト 2 種の飽和度に変化を与え、一軸圧縮試験を行った。表 1 に初期条件を示す。試験試料は、①クニゲル V1、②ボルクレイの 2 種類をそれぞれ珪砂 5 号と 7:3 で混合したものを用いた。供試体作製時の飽和度を 30%、50%、70%、90% となるように含水比調整を行った。その際、含水比測定には炉乾燥法よりも短時間で含水比を測定することができる電子レンジ法（500W）を用い、加熱時間を 15 分間とした。供試体の作製には鋼鉄製のモールドを使用し、突き固め棒で 5 層に分けて突き固めを行い、油圧ジャッキで 40MPa の荷重を 10 分間載荷することで圧縮成形した。なお供試体は、乾燥密度 1.6Mg/m^3 、直径 35mm、高さ 80mm とした。表 1 に初期条件を示す。また、作製した供試体と水が接触するのを防ぐために供試体にゴムスリーブを取り付け、圧縮補助器具を取り付けた。温度を一定に保つことのできる水槽内で供試体に 30°C の温度を与え、20 分間養生した。その後、供試体の温度を 30°C に保ちながら載荷速度 0.4mm/min で一軸圧縮試験を行った。一軸圧縮試験機の概略図を図 1 に示す。試験後、供試体の含水比を炉乾燥法によって測定した。

表 1 初期条件

供試体直径・高さ(mm)		35・80
乾燥密度(Mg/m^3)		1.6
温度($^\circ\text{C}$)		30
飽和度(%)		30,50,70,90
土粒子密度 (Mg/m^3)	クニゲル V1	2.61
	ボルクレイ	2.84
	珪砂 5 号	2.62

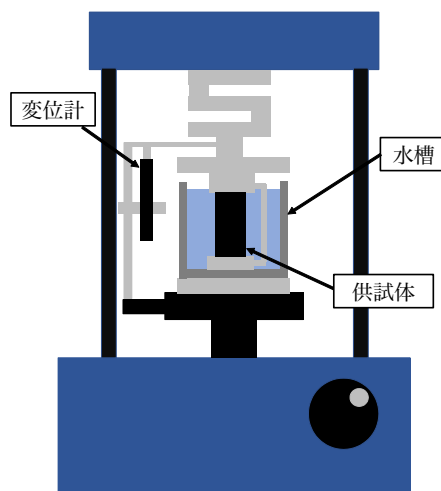


図 1 一軸圧縮試験機の概略図

キーワード：高レベル放射性廃棄物、地層処分、ベントナイト、飽和度変化

連絡先：〒970-8034 福島県いわき市平上荒川宇長尾 30 福島工業高等専門学校 TEL0246-46-0827

3. 試験結果及び考察

図2は各種ベントナイトの30℃での飽和度を変化させた場合の一軸圧縮強度と飽和度の試験結果を示している。強度－飽和度関係から、飽和度を変化させた一軸圧縮試験においては、すべての飽和度において、ボルクレイはクニゲルV1よりも高い強度を示すことが確認できた。また、クニゲルV1、ボルクレイともに飽和度の上昇に伴って強度が増加し、飽和度70%をピークに減少する傾向が確認できた。これは不飽和状態のベントナイトにサクシオンが作用し、ベントナイト自身の強度特性に影響を及ぼしているからであると考えられる。小高ら²⁾が行った不飽和圧縮ベントナイトのサクシオンの計測によると、ベントナイト供試体の飽和度の上昇に伴いサクシオンが減少し、高飽和度条件においてはサクシオンがほぼ消失している。本研究においても、高飽和度条件においては強度が低下したことから、飽和度の上昇に伴って飽和度70%でサクシオンが最大となったため強度が最大となり、その後のサクシオンの消失に伴って強度が徐々に低下したと考えられる。図3にクニゲルV1の飽和度変化に伴う破壊形態の変化を示す。図4にボルクレイの飽和度変化に伴う破壊形態の変化を示す。図3、図4より、ベントナイト供試体の破壊形態は、飽和度30%、50%の条件においては圧縮ひずみが小さく急激に破壊する脆性破壊を示し、飽和度70%、90%においては圧縮ひずみが大きく破壊までに大きな塑性変形を伴う延性破壊を示していることが確認できた。このことから飽和度の上昇がベントナイトの力学特性に大きな影響を与えていることが示唆される。

4. まとめ

本研究から、ベントナイトの強度とサクシオンの間には密接な関係があり、飽和度の増加に伴って破壊形態が脆性破壊から延性破壊に変化することから、ベントナイト緩衝材における再冠水による飽和度上昇は、ベントナイト自身の強度特性に大きな影響を与えるという知見が得られた。今後はメチレンブルー吸着量試験によりモンモリロナイト含有率を求めることで、各種ベントナイトの違いによる、より詳細な強度特性の把握を試みたいと考えている。

参考文献

- 1)核燃料サイクル開発機構: 我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次とりまとめ, JNC TN1400 99-022, pp.IV-157- IV-194, 1999.
- 2)小高猛司, 崔瑛, 竹内啓介: 不飽和圧縮ベントナイトの力学特性とサクシオンの関係, 第51回地盤工学研究発表会講演概要集, 2016.

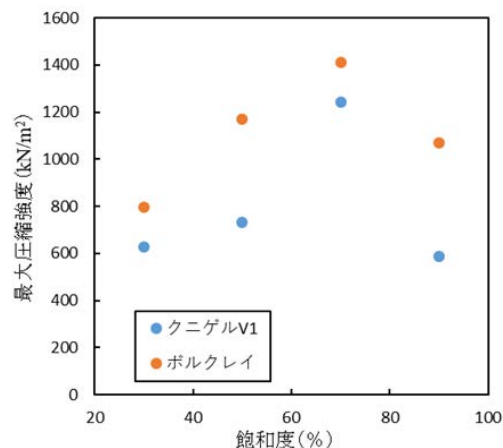


図2 強度－飽和度関係

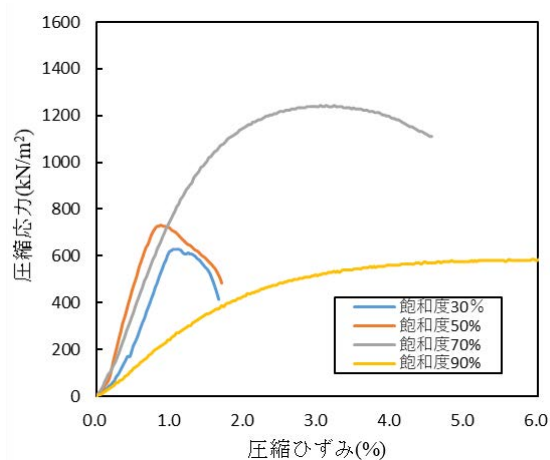


図3 クニゲルV1の飽和度変化に伴う破壊形態

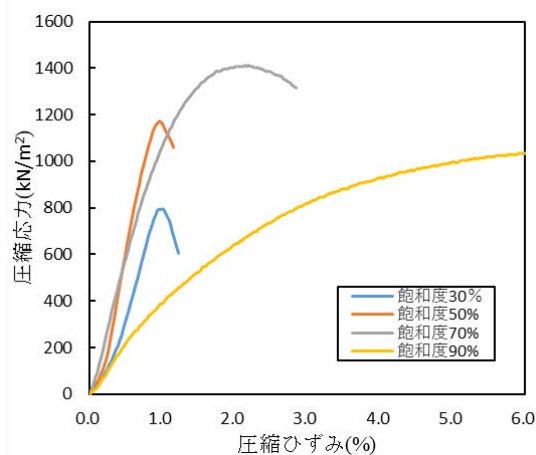


図4 ボルクレイの飽和度変化に伴う破壊形態