湿度増加環境下のベントナイトの変形挙動

## 足利工業大学 創生工学科 正会員 西村 友良

1 まえがき 放射性廃棄物処分施設構造体の一部である人工バリアについては、廃棄体の設置深度・設置される 地下空間の環境などによって安全性への影響因子を精査すべきである。また再冠水にいたる長期間の Hydration-Mechanical-Thermal-Chemical の外的要因を今後どのように検証すべきかが重要となる<sup>1)</sup>。本研究は不飽和状態の ベントナイトにハイドレーション作用を湿度環境の変化として与え一軸圧縮強さの低下やクリープ変形を検証する。

 2 試料・試験方法 試料に膨潤性材料のベントナイト Na 型ク ニゲル V1 を用いた。クニゲル V1 の土粒子の密度は 2.733g/cm<sup>3</sup> で ある。試料を 8.0%の含水比に調整し、内径 5cm、高さ 10cm の供試 体に締固め用モールドを用いて乾燥密度 1.600g/cm<sup>3</sup> として締固 めた。初期サクションは 105MPa であった。クリープ試験の前にひ ずみ速度が異なる一軸圧縮試験を行うとともに、ハイドレーション 作用(湿度 98%)を与えたベントナイトの一軸圧縮強さを測定し た。クリープ試験は循環型湿度制御クリープ試験機(図-1)を用 いて行い、蒸気圧法によってセル内の湿度・温度を 98%、20℃に保 ち、供試体周囲のサクションを 2.8MPa に保った。載荷した 軸差応力はひずみ速度毎分 1.0%で得られた一軸圧縮強さに 対して 0.3、0.20、0.1 の割合(応力比)とした。
3 ベントナイトの一軸圧縮強さ 図-2にベントナイト

3 ベントナイトの一軸圧縮強さ 図-2にベントナイト の一軸圧縮強さと毎分 0.007%から毎分 1.0%のひずみ速 度の関係を示す。一軸圧縮強さは 1800kPa 程度の大きさ を示しているが、ひずみ速度が大きくなると、一軸圧縮強 さが減少する傾向が確認できる。この傾向は、不飽和状態 のベントナイトが定圧一面せん断強さとせん断変位速度 との関係にも一致している2。また、湿度98%の環境下で 供試体内部の水分量増加、サクション低下を受けた供試体 の一軸圧縮試験結果を図-3に示す。ハイドレーションを 受ける前の一軸圧縮強さは 1800kPa 程度であったが湿度 98%環境下で 220kPa 程度までせん断抵抗力が減少して いる。一軸圧縮強さの低下はハイドレーションによる水分 量増加、体積変化、供試体内部の構造の変化が原因である。 4 ハイドレーション作用によるクリープ変形 ハイドレ ーション作用を受けていない毎分 1.0%のひずみ速度の一 軸圧縮強さ 1801.1kPa を基準に、0.3、0.20、0.1 の割合

(応力比)でクリープ応力(549.3kPa、364.5kPa、182.8kPa) を選定した。循環型湿度制御クリープ試験機に供試体をセッ



図-4 応力比0.3のクリープ試験

トした後、所定のクリープ応力を載荷すると同時に湿度 98%の空気をセル内に循環させ、軸方向の変位を測定した。 図-4から6に軸ひずみの経時変化を示す。軸ひずみの正値は軸方向収縮を示す。全ての試験条件で、クリープ応

キーワード: ベントナイト,ハイドレーション,クリープ試験/連絡先:栃木県足利市大前町 268 TEL 0284-62-0605 tomo@ashitech.ac.jp

-431-



力載荷と同時に軸ひずみは収縮している。ところが時間経過とともに、ハイドレーションの効果によって供試体が 軸方向に膨張を開始している。応力比 0.3 と 0.2 の場合は膨張を継続した後、ある時点で、軸ひずみは一挙に収縮 方向に増大している。この状態は供試体が破壊し、突然供試体が崩れ、形状を維持できなくなったためである。一 方、応力比 0.1 は膨張から収縮に変形方向が移行している。この移行期間では、供試体の崩れ破壊の前に側面の変 状、亀裂が際立っていたことが確認された。

5 ハイドレーション作用の有無とクリープ変形 図-4から6はクリープ応力載荷と湿度98%環境のハイドレ ーションが同時にクリープ挙動に影響を与えている。そこで、試料の水分特性曲線から供試体の初期含水比に相当 するサクションを算定し、そのサクション(105MPa)に近い湿度制御を試みた。試験条件としてハイドレーション 無しとして区別した。算定した湿度は湿度54%であった。応力比0.1載荷と同時に、セル内を湿度54%に維持した 結果を図-7に示す。0.9%%の収縮軸ひずみがクリープ応力載荷直後に測定され、以後30日間、軸ひずみの増減が なく、安定しておりハイドレーションの効果を取り除いたクリープ挙動といえる。クリープ応力による軸ひずみ発 生が安定したと考えられるまで維持し、その後湿度98%のハイドレーション効果を与えた。結果を図-8から10 に示す。図中の両端矢印記号の左側が湿度54%環境下、以降が湿度98%のハイドレーション作用開始である。3条 件のクリープ挙動ともにハイドレーション作用開始で軸ひずみが膨張側に進行し、供試体の破壊が発生している。

## 4 まとめ

放射性廃棄物処分施設人工バリアの不飽和状態での不確実性解明の一つとして、ハイドレーション作用を伴うク リープ試験を行った。クリープ応力を受けている不飽和状態のベントナイトに高い湿度環境下でハイドレーション を与えると軸方向膨張さらに破壊が発生する。よって湿度増加はベントナイトで構成される人工バリアの性能を変 化させると考えられる。

参考文献 1) Gen, A., Vallejian, B., Zandrain, M. T. and Sanchez, M. (2013). "Homogenization in clay barrier and seals: two case studies." Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 5, 191-199. 2) Nishimura, T. and HABASIMBI, P. "Influence of fluid pressures on shear strength of unsaturated-saturated bentonite." Pan-Am-UNSAT 2017 (投稿中)