

温度履歴を受けたベントナイトの膨潤変形特性の長期予測

茨城大学 学生会員 ○大森 浩司, 正会員 小峯 秀雄
フェロー会員 安原 一哉, 正会員 村上 哲

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分において、オーバーパックと周辺岩盤との間の充填材料である緩衝材には、膨潤による自己シール性を有しているベントナイトの利用が有望視されている¹⁾。一方、上記廃棄物からは崩壊熱が発生し¹⁾、ベントナイトが長期に亘りその熱の影響を受け、緩衝材として要求される自己シール性の低下が懸念される。そこで本研究では、最長で2年間の温度履歴を与えたベントナイトを用いて、鉛直圧 19.6kPa 下で膨潤変形実験を行い、膨潤変形特性に及ぼす温度履歴の影響を実験的に調査した。さらに、温度履歴を受けた試料に対してメチレンブルー吸着量試験を行い、その結果との比較も行った。

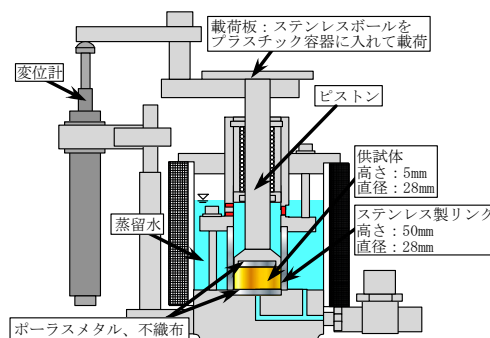


図-1 膨潤変形装置の概要

2. 使用したベントナイトと温度履歴条件

本研究では、Na型ベントナイトであるクニミネ工業製のベントナイト A (クニゲル V1) を用いた。表-1 に基本的性質を示す²⁾。

試料はベントナイトを粉末状のまま温度 60, 90, 110 および 130℃ に設定した乾燥炉に、28, 120, 365 および 730 日間投入し温度履歴を与えた。乾燥炉の設定温度は、高レベル放射性廃棄物からの崩壊熱の影響により、緩衝材内部の最高温度が 65~165℃ に達するという解析結果¹⁾を参考とした。温度履歴を受けたベントナイトは、乾燥炉から取り出し後に一定環境下(温度 20±3℃, 相対湿度 80±6%RH)で2週間以上放置し、その後実験に用いた。

表-1 ベントナイト A の基本的性質

| ベントナイト | A |
|---------------------------|-------|
| 名称 | KV1 |
| タイプ | Na型 |
| 土粒子密度(Mg/m ³) | 2.79 |
| 液性限界(%) | 458.1 |
| 塑性限界(%) | 23.7 |
| 塑性指数 | 434.4 |
| モンモリロナイト含有率(%) | 57 |
| 陽イオン交換容量(meq/g) | 1.166 |
| 交換性Naイオン量(meq/g) | 0.631 |
| 交換性Caイオン量(meq/g) | 0.464 |
| 交換性Kイオン量(meq/g) | 0.030 |
| 交換性Mgイオン量(meq/g) | 0.041 |

3. 膨潤変形実験

膨潤変形実験とは、一定鉛直圧下でベントナイトが膨潤変形する際に発生する一次元変形量を計測する実験である。本研究では、鉛直圧として 19.6kPa を採用した。下で膨潤変形実験を行った。その理由は、19.6kPa という比較的小さい鉛直圧で実験を行うことにより膨潤変形量が大きくなり、温度履歴の影響程度を定量的に調査しやすくなると考えたからである。図-1 に本研究で使用した実験装置の概要を示す。実験には、上下二方向からの静的荷重によって締固めた供試体を用いた。供試体を装置に設置後、鉛直圧が 19.6kPa になるように調整した分銅を載荷し、蒸留水を供給して実験を開始した。供試体から発生する一次元変形量は蒸留水を供給する直前から経時的に測定した。また、実験期間は7日間とした。

実験で測定した一次元膨潤変形量 ΔS は初期供試体高さ H_0 で除し、その値を百分率で表示しものを膨潤率 $\varepsilon_s (= \Delta S/H_0 \times 100)$ と定義した。さらに、膨潤率の経過時間曲線に対して双曲線で近似し、その漸近線から求めた値を最大膨潤率 $\varepsilon_{s,max}$ とし結果を整理した²⁾。

4. 膨潤変形実験結果およびメチレンブルー吸着量試験結果からの長期予測

本章では、ベントナイトに対して加熱期間と加熱温度がどのように影響するかを実験結果とメチレンブルー吸着量試験結果を用いて示し、ベントナイトの膨潤変形特性の長期的予測を行った。ここで、メチレンブルー吸着量試験とは、ベントナイトに含まれる粘土鉱物であるモンモリロナイトの含有率を定量する試験である。

まず、加熱期間の違いによる影響について以下に述べる。温度 130℃ で各期間加熱したベントナイトの実験結果(図-2(a)参照)より回帰直線を求め、初期乾燥密度が 1.5, 1.6, 1.7, 1.8Mg/m³ のときの最大膨潤率を加熱時間について整理した結果を図-2(b)に示す。この結果より加熱期間が 365 日と 730 日の最大膨潤率に大きな差異が認められないことから、ベントナイト A の膨潤変形特性は 1 年程度の加熱で最大膨潤率の低下が収束することが示唆さ

キーワード ベントナイト, 温度履歴, 膨潤変形特性, 長期予測

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 TEL0294-38-5163

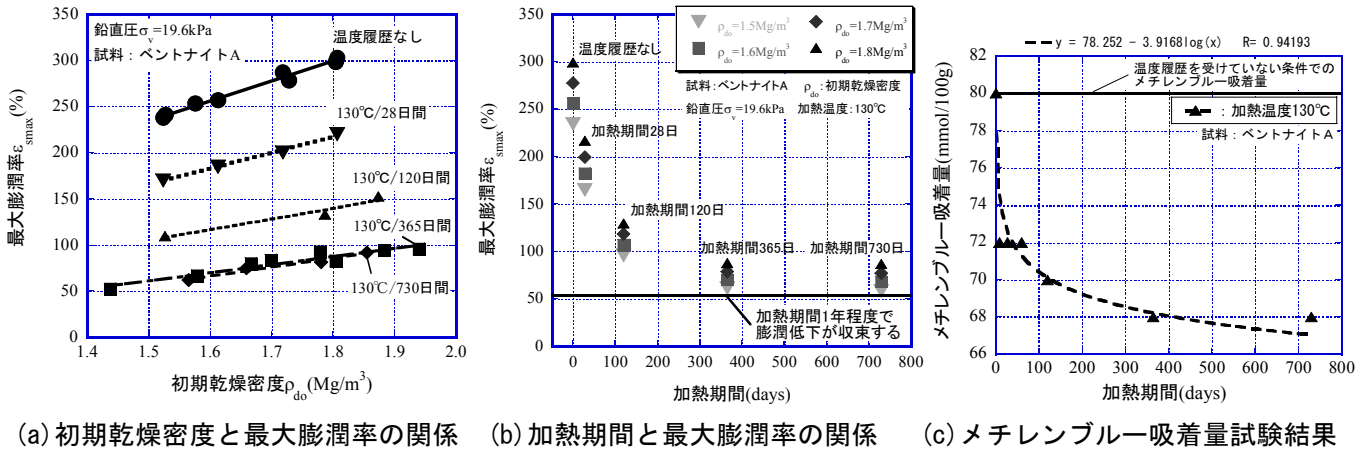


図-2 ベントナイトの膨潤変形特性に及ぼす加熱期間の影響

れる。また、図-2(c)に示す同試料のメチレンブルー吸着量試験結果と比較すると同様の傾向が見られる。ここで、温度履歴によるベントナイトの膨潤特性劣化の原因について考えると、まず粘土鉱物の変質が挙げられるが、参考文献 1)によれば最高温度130°C程度になる場合でも粘土鉱物の変質は認められないとされている。本研究においても温度履歴を与えた試料に対して X 線回折分析を行ったが、粘土鉱物の変質は見られなかった。鉱物変質に

代わる原因として現在、熱の影響によりモンモリロナイトの陽イオンの吸着能力が低下し、周辺水へ陽イオンが流出することで周辺水とベントナイト中の陽イオン濃度の差が小さくなり膨潤変形量が減少すると考えている。

次に、加熱温度の違いによる膨潤変形特性への影響について以下に述べる。ここでは加熱期間による膨潤変形特性の劣化影響を考慮しないようにするために、同一の加熱期間で比較する必要があるため、加熱期間 730 日の試料を用いて行った実験結果を示す(図-3(a)参照)。この結果より、温度履歴ありの試料は温度履歴なしの試料に比べ約 180%の最大膨潤率の低下が見られる。また、温度履歴ありの試料は、いずれの加熱温度においてもおよそ同じ最大膨潤率を示し、特に加熱温度 60°Cと 90°Cの結果には差が極めて小さいことがわかる。初期乾燥密度 1.7Mg/m³以上において加熱温度 130°Cの結果と若干の差異がみられるが、この原因として、加熱温度 130°Cの試料の方が前述した周辺水への陽イオン流出量が多く、その結果、モンモリロナイト層間と周辺水との陽イオン濃度の差が生じにくくなり、膨潤変形量の低下につながったものと考えられる。また、同試料を用いたメチレンブルー吸着量試験の結果(図-3(b)参照)より加熱温度とメチレンブルー吸着量に強い相関性が認められた。

5. 結論

加熱温度 130°Cによる温度履歴を与えたベントナイトの膨潤変形特性の劣化は 1 年程度の加熱期間で収束することがわかった。また、その結果は同試料を用いたメチレンブルー吸着量試験結果との強い相関性も示唆された。一方、加熱期間 730 日の試料を用いて行った実験結果からは、温度履歴なしの最大膨潤率に比べ約 180%の低下が見られるが、加熱温度の違いによる差は小さいことが分かった。

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—分冊2 地層処分の工学的技術,JNC TN1400 99-022,1999. 2)大橋良哉・小峯秀雄・安原一哉・村上哲:温度履歴を受けたベントナイトの膨潤変形特性とメチレンブルー吸着量の変化,第40回地盤工学研究発表講演集 133,2005.7. 3)緒方信英・小崎明朗・植田浩義・朝野英一・高尾肇:高レベル放射性廃棄物処分の事業化技術—その4 人工バリアの設計と製作—,原子力バックエンド研究,Vol5,No.2,pp.103~121,1999.

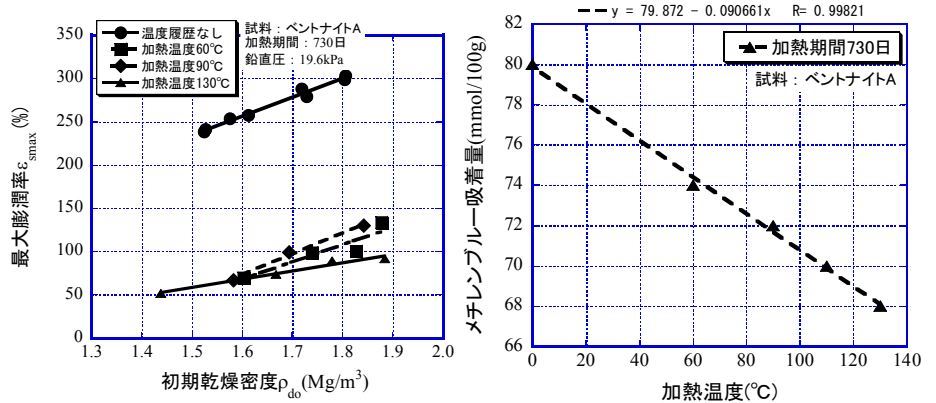


図-3 ベントナイトの膨潤変形特性に及ぼす加熱温度の影響