

高アルカリ環境下におけるベントナイト原鉱石の膨潤変形特性調査

茨城大学 学生会員 ○杉浦航 茨城大学 正会員 小峯秀雄
茨城大学 フェロー会員 安原一哉 茨城大学 正会員 村上哲

1. はじめに

余裕深度処分における人工バリア(図-1 参照)において、地下水とコンクリート系材料の接触により pH12.5~13.5 の高アルカリ性溶脱水を生成することが予想されている¹⁾。緩衝材に利用されるベントナイトは膨潤することにより低透水性、自己シール性を有するため、地下水流動の抑制等の役割を期待されている。一方、ベントナイトは高アルカリ性溶脱水を吸水することにより、上記の機能が低下することが懸念されている²⁾。そのため、高アルカリ環境下におけるベントナイトの膨潤挙動を実験的に明らかにすることは緩衝材の設計に際し重要である。そこで、本研究では、蒸留水および高アルカリ性水溶液を用いたベントナイトの膨潤変形実験を行い、高アルカリ環境下におけるベントナイトの膨潤挙動を調査した。

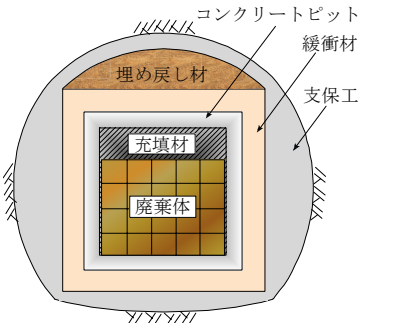


図-1 余裕深度処分における人工バリア断面図

2. 使用した試料、水溶液および供試体作製方法

2.1 使用した試料と供給水溶液

本研究では、ベントナイト原鉱石であるベントナイト GX(クニミネ工業製・クニゲル GX)を使用した。本実験では最大粒径 2mm のベントナイト GX を使用した。表-1 にベントナイト GX の基本的性質を示す。また、供給水溶液には蒸留水と水酸化ナトリウム水溶液を用いた。水酸化ナトリウム水溶液の濃度は、0.10 mol/L (pH13 相当: 以下 $n_{NaOH}=0.10mol/L$)、および 1.00 mol/L (pH14 相当: 以下 $n_{NaOH}=1.00mol/L$) の二種類を用いた。

表-1 ベントナイト GX の基本的性質

	ベントナイトGX
最大粒径	2mm
タイプ	Na型
土粒子密度(Mg/m ³)	2.65 ³⁾
液性限界(%)	355.1
塑性限界(%)	22.8
塑性指数	332.3
モンモリロナイト含有率(%)	41
陽イオン交換容量(meq./g)	0.854
交換性Naイオン量(meq./g)	0.521
交換性Caイオン量(meq./g)	0.314
交換性Kイオン量(meq./g)	0.005
交換性Mgイオン量(meq./g)	0.015

2.2 供試体作製方法

余裕深度処分では、ベントナイト GX の含水比を 21%に調整し、重機を用いた現場締固めによる施工が考えられている。本実験では、含水比 21%を中心として幅を持たせて変化させた。具体的には、試料の含水比を 15%, 18%, 21%および 24%に調整した。また、試料の締固めには質量 501.56g, 直径 19.95mm の変水位透水試験用突棒を用いた突固めにより直径 60mm, 高さ 10mm を目標とした円柱型供試体を作製した。

3. 膨潤変形実験の概要

膨潤変形実験とは、一定鉛直圧下における供試体の一次元変形量を測定する実験である。本実験では一定鉛直圧として 19.6kPa を載荷した。使用した実験装置を図-2 に示す。実験期間は 7 日間とした。計測した一次元変形量 ΔS を初期供試体高さ H_0 で除し、その値を百分率表示したものを膨潤率 ε_s ($=\Delta S / H_0 \times 100$) と定義した。また、膨潤率の経過時間曲線に対し、双曲線に

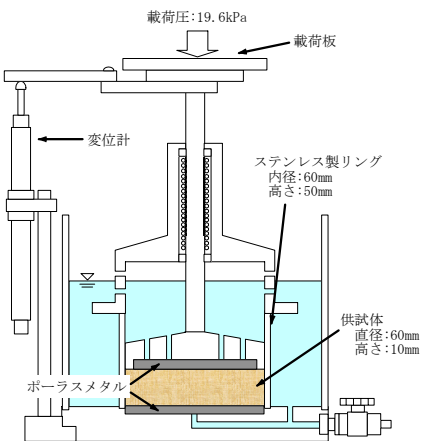


図-2 膨潤変形実験装置

キーワード ベントナイト原鉱石 余裕深度処分 膨潤変形特性 高アルカリ環境
連絡先 〒316 - 8511 茨城県日立市中成沢町 4 - 12 - 1 TEL : 0294 - 38 - 5162

より近似を行い,その漸近線から求めた値を最大膨潤率 ε_{smax} と定義し結果を整理した.

4. 高アルカリ性水溶液を用いたベントナイト原鉱石の膨潤変形特性

図-3(a)~(c)に蒸留水および各濃度の水酸化ナトリウム水溶液ごとの膨潤率の経時変化を示す. 図-3(a)および(b)は共に,吸水直後から膨潤変形し,経過時間 10000min においても膨潤変形は定常状態に至らず増加傾向を示した. 膨潤変形過程は共にほぼ等しく, $n_{NaOH}=0.10\text{mol/L}$ の高アルカリ環境がベントナイト GX の膨潤変形過程へ及ぼす影響は小さいといえる. 図-3(c)に関して,高アルカリ環境の影響を大きく受け,吸水後,微小に膨潤変形を起こすが,経過時間 4000min 程で膨潤変形はほぼ定常状態に至った. 図-3(a)および(b)と比較すると,顕著に変化していることが分かる.

図-4に最大膨潤率と初期乾燥密度の関係を示す. $n_{NaOH}=1.00\text{mol/L}$ を用いた膨潤変形実験における最大膨潤率は蒸留水における最大膨潤率に対して顕著に低下しており,極めて大きな影響を受けたことが分かる. また, $n_{NaOH}=0.10\text{mol/L}$ を用いた膨潤変形実験における最大膨潤率は,蒸留水に対して低下した量は微小であり,影響は小さいといえる. しかし,コンクリート溶脱水は pH12.5~13.5 の高アルカリ性溶脱水である¹⁾ことから,上記の濃度の溶脱水を吸水した際,ベントナイトの膨潤変形特性がさらに低下する可能性が考えられる. そのため,用いるコンクリートの溶脱水が pH13 以下に設定されることで,ベントナイトの機能を十分に発揮できると考えられる.

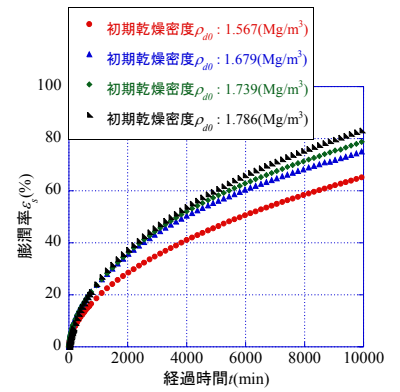
5. 結論

本研究は $n_{NaOH}=0.10\text{mol/L}$ および $n_{NaOH}=1.00\text{mol/L}$ を供給水溶液として膨潤変形実験を行い,高アルカリ環境下におけるベントナイト原鉱石の膨潤挙動を調査した. 本研究で得られた知見を以下に示す.

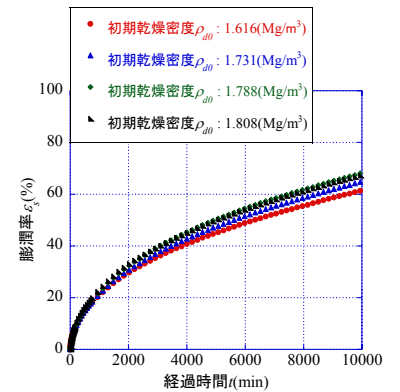
- 1) ベントナイト GX は $n_{NaOH}=1.00\text{mol/L}$ を吸水した際,影響を大きく受け,膨潤率は 4~19%であった.
- 2) $n_{NaOH}=0.10\text{mol/L}$ を吸水した際,膨潤変形過程は蒸留水を吸水した際と等しく,影響は小さい.
- 3) $n_{NaOH}=0.10\text{mol/L}$ の際,最大膨潤率の低下量は微小であり影響は小さい. 本研究成果は余裕深度処分における高アルカリ環境に曝されたベントナイト原鉱石の緩衝材への仕様設計に利用できる.

<参考・引用文献>

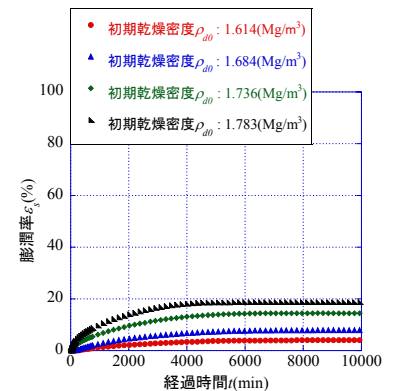
- 1) 大和田仁,三原守弘,入矢桂史郎,松井淳:放射性廃棄物地層処分システムにおけるセメント系材料の検討,核燃料サイクル開発機構公開技術資料, JNCTN8400 99-057, 2000.
- 2) 久保博,黒木泰貴,三原守弘:ベントナイト系緩衝材のコンクリート間隙水による長期変質の基礎研究,地盤工学会誌,第46巻,第10号, pp.31-34
- 3) 伊藤弘志,千々松正和,村上利一:ベントナイト層の現場施工用材料の開発,土木学会第62回年次学術講演会(平成19年),CS5-00



(a) 蒸留水



(b) $n_{NaOH}=0.10$ (mol/L)



(c) $n_{NaOH}=1.00$ (mol/L)

図-3 各水溶液を用いた膨潤率の経時変化

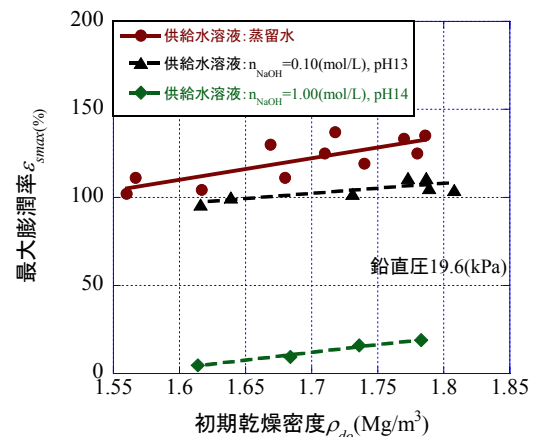


図-4 最大膨潤率と初期乾燥密度の関係