ベントナイトの不飽和膨潤圧実験における膨潤圧の不連続性に関する考察

茨城大学	学生会員	後藤宣	彦
茨城大学	正会員	小峯秀	濰
茨城大学	フェロー会員	安原-	·哉
茨城大学	正会員	村上	哲

## 1.はじめに

高レベル放射性廃棄物の処分方法として地下 300m 以 深の岩盤中に埋設する地層処分が有力視されている。高 レベル放射性廃棄物を処分する際、人工バリアと天然バ リアを組み合わせた多重バリアシステム(図-1 参照)が 考案されている。人工バリアはガラス固化体、オーバー パック、緩衝材の三つの要素で構成されており、緩衝材 の候補材料として膨潤による自己シール性や低透水性を 有するベントナイトがあげられている。

緩衝材の設置直後から地下水が浸入し、不飽和状態か ら飽和状態に移行する。しかし、ベントナイトは透水性 が低く、長期間不飽和状態で存在すると考えられる。こ の不飽和状態から飽和状態に移行する過程における挙動 を把握することが重要な研究課題であり、不飽和状態を 検討できる実験手法、評価・解析手法の開発が強く求め られている<sup>1)</sup>。

そこで本研究では、一定の相対湿度を保持した環境に おいて実施できるベントナイトの不飽和状態での膨潤圧 実験方法を提案し、不飽和膨潤圧実験を行った。その結 果、後述の2.2に示すように膨潤圧が急激に低下する不 連続性が生じた。そこで、そのメカニズムについて考察 した。

#### 2. 不飽和膨潤圧実験

### 2.1 実験方法と条件

本研究での、不飽和膨潤圧実験の方法として、図-2に 示す膨潤特性実験装置を使用した。膨潤特性容器内に蒸 留水もしくは塩飽和溶液を入れ、パラフィルムで覆い密 閉し、容器内を一定の相対湿度に保持する。容器内で一 定の相対湿度に保持された空気により、供試体をある一 定の飽和度に保持し、そのときの膨潤圧を6時間ごとに 計測する。

今回実験条件として用いた溶液は蒸留水で相対湿度は 実測で 97±1%を示した。また試料はクニゲル V1(クニミ

キーワード ベントナイト 不飽和 膨潤圧 不連続性

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学 TEL0294-38-5162 E-mail:t53018a@hcs.ibaraki.ac.jp





図-1 多重バリアシステムと地下水浸入の様子

ネ工業株式会社)を用いた。クニゲル V1 の基本的性質は 参考文献 2)を参照されたい。供試体は上下方向からの静 的締固めで作製し、目標寸法は直径 60mm、高さ 10mm とした。また、ベントナイト供試体が飽和するに伴い供 試体から排出される間隙空気を外部に排出するために、 供試体下部に通じるペデスタル部のバルブを開放した。

### 2.2 実験結果と考察

膨潤圧と経過時間の関係を図-3に示す。図-3より初期 乾燥密度 1.71Mg/m<sup>3</sup>で膨潤圧に不連続性が認められる。 そこで、本節では膨潤圧の不連続性について考察を行う。 供試体の上部では水蒸気の浸入により湿潤し、膨潤圧が 発生する。一方供試体の下部では上述したようにペデス タル部のバルブを開放していたため空気と触れ乾燥する ことが予想される。この現象は、高さ 2mm ごとに供試 体を分割し含水比分布の測定を行った結果(表-1 参照) からも確認できる。湿潤した上部の膨潤圧が大きくなる と、下部は強度的に耐えられなくなり、内部骨格が変形 するものと推測される。上部で発生していた膨潤圧は等 方的に作用するものと思われるが、内部骨格が変形する ことにより、供試体下部を変形させるためのエネルギー として消費されることに起因して膨潤圧が低下したもの と考えられる。以上に考察したメカニズムを図-4に模式 的に示す。

# 3. まとめと今後の課題

実際の地層処分では、図-5に示すようにベントナイト には周辺岩盤からの地下水の浸入により膨潤圧が発生し、 一方内部では廃棄物収納容器からの発熱により乾燥する ため、今回の実験のように膨潤圧が急激に低下する現象 が起こる可能性がある。今後は、このような現象が周辺 岩盤やオーバーパックに与える影響を考えて、より詳細 な実験を行う予定である。

#### 参考·引用文献

 1)地盤工学会 不飽和地盤の挙動と評価編集委員会:不飽 和地盤の挙動と評価,地盤工学会,pp.184-186,2004.

- 2)直井優,小峯秀雄,安原一哉,村上哲,百瀬和夫,坂上 武晴:各種ベントナイト系緩衝材の膨潤特性に及ぼす 人工海水の影響,土木学会論文集,No.785/III-70, pp.39-49,2005.03.
- 3)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.



### 図-3 経過時間と膨潤圧の関係

表-1 実験終了後の含水比の分布

		初期乾燥密度:p <sub>do</sub>				
		$1.41 \text{Mg/m}^3$	$1.64 Mg/m^3$	$1.71 \mathrm{Mg/m}^3$	1.83Mg/m <sup>3</sup>	
高さ (mm)	0~2	3. 75	5. 61	3. 72	3. 50	
	2~4	7.30	4.36	6.06	5. 18	
	4~6	4.60	5. 22	8.07	4.90	
	6~8	8.61	7.94	8.09	7.91	
	8~10	8.60	8. 04	8. 15	8.44	
試験前含水比		6. 54				



②湿潤した上部で膨潤圧が発生



 ③供試体の下部で上部の圧力 に耐えられなくなり、 内部骨格が変形



図-4 膨潤圧の低下のイメージ



図-5 処分孔周辺で想定される事象