

高相対湿度環境下における各種ベントナイトの含水比変化特性および体積膨潤変形特性

戸田建設(元茨城大学大学院) 正会員○ 後藤宣彦  
 茨城大学 正会員 小峯秀雄 フェロー会員 安原一哉 正会員 村上 哲  
 戸田建設 正会員 関口高志

1. はじめに

放射性廃棄物の処分において、地下坑道内は高相対湿度環境下であると想定される。その結果、原位置締固め施工ではベントナイトの含水比が変化し、締固め施工後の乾燥密度にばらつきが生じることが懸念される。また、ブロック型緩衝材による施工では、地下坑道内の温度・相対湿度の影響によりベントナイトブロックの損傷<sup>1),2)</sup>やベントナイトブロックの膨潤現象が生じることが考えられる。そこで、本研究では、各種ベントナイトに対して蒸気圧法<sup>3)</sup>を行い、高相対湿度環境下における各種ベントナイトの含水比変化特性および体積膨潤変形特性の調査を行った。

表-1 各種ベントナイトの基本的性質

2. 使用した試料および相対湿度環境

本試験では、ベントナイト A(クミネ工業製・クニゲル V1)、ベントナイト B(日商岩井ベントナイト株式会社・ボルクレイ)、ベントナイト C(クミネ工業製・クニボンド)、ベントナイト E(日商岩井ベントナイト株式会社・MX-80)およびベントナイト原鉱石(クミネ工業製・クニゲル GX (最大粒径 2mm))を使用した。各種ベントナイトの基本的性質を表-1 に示す<sup>4), 5)</sup>。

ベントナイト	A	B	C	E	原鉱石
ベントナイトの名称	クニゲルV1	ボルクレイ	クニボンド	MX-80	クニゲルGX
タイプ	Na型	Na型	Ca型	Na型	Na型
土粒子の密度 (Mg/m <sup>3</sup> )	2.79	2.84	2.71	2.88	2.65
液性限界 (%)	458.1	565.0	128.7	437.3	355.1
塑性限界 (%)	23.7	47.2	38.4	38.0	22.8
塑性指数	434.4	517.8	90.3	399.3	332.3
モンモリロナイト含有率 (%)	57	71	84	80	41
陽イオン交換容量 (meq./g)	1.166	1.054	0.795	1.348	0.854
交換性Naイオン量 (meq./g)	0.631	0.572	0.119	0.646	0.521
交換性Caイオン量 (meq./g)	0.464	0.328	0.585	0.522	0.314
交換性Kイオン量 (meq./g)	0.030	0.026	0.019	0.038	0.005
交換性Mgイオン量 (meq./g)	0.041	0.128	0.072	0.142	0.015

試験前の試料の含水比は、ベントナイト Aが 6.51~7.58%、ベントナイト Bが 8.86~10.27%、ベントナイト Cが 12.76~15.57%、ベントナイト Eが 10.84~12.41%、ベントナイト原鉱石が 5.93~6.49%であった。なお、実験室は 20±2℃に保たれている。試料は乾燥密度 1.6 Mg/m<sup>3</sup>を目標として上下方向からの静的締固めにより作製した供試体を用いた。供試体の寸法は直径 28mm、高さ 5mm である。本研究では相対湿度を制御するために表-2 に示す塩飽和溶液および蒸留水を用いて実験を行い、実験期間は含水比が一定となるまで行った。また、実験前後のベントナイト供試体に対して、直径および高さを計測し、以下に定義する体積膨潤率を用いて結果を整理した。

表-2 使用した塩飽和溶液と想定される相対湿度

塩	相対湿度(%)
蒸留水	100
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	93
NaCl	75

$$\epsilon_{sv} = \frac{\Delta V}{V_0} \times 100 \quad (\%)$$

ここに、 $\Delta V$ : ベントナイト供試体の体積増加量、 $V_0$ : 初期体積

3. 各種ベントナイトの含水比変化特性および体積膨潤変形特性

図-1 に各種ベントナイトの含水比と相対湿度の関係を示す。図から相対湿度の上昇に伴いベントナイトの含水比が増加することがわかる。そして、相対湿度が 100%に近づくにしたがい、含水比は急激に増加

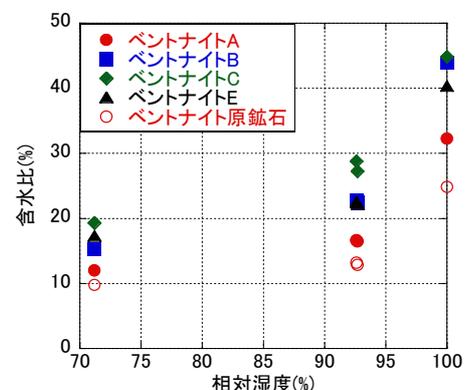


図-1 相対湿度と含水比の関係

キーワード ベントナイト, 蒸気圧法, 相対湿度, 含水比, 膨潤変形

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 TEL:0294-38-5163

している。また、各種ベントナイトにおいて比較を行うと、同一の相対湿度環境下で最も含水比が高くなるのはベントナイト C であり、最も含水比が低くなるのはベントナイト原鉱石である。原因として、モンモリロナイト含有率による影響が考えられる。

図-2に相対湿度と各種ベントナイトの体積膨潤率の関係を示す。図から各種ベントナイトにおいて、相対湿度の上昇に伴い、含水比と同様、体積膨潤率も増加することがわかる。各種ベントナイトにおいて比較を行うと、Ca型であるベントナイト C で相対湿度が71.2%~92.7%の範囲で体積膨潤率は最も低くなる。一方、Na型ベントナイトで比較を行うと、同一の相対湿度環境下で、最も体積膨潤率が高くなるのは、ベントナイト B または E である。次いで、ベントナイト A の体積膨潤率が高く、ベントナイト原鉱石において最も低くなることがわかる。その原因として以下のことが考えられる。前述のように、ベントナイト原鉱石は同相対湿度環境下では、最も含水比が低くなる。その結果、体積膨潤率が低くなったと考えられる。そこで、図-3に各試料での含水比と体積膨潤率の関係を示す。図から各試料とも含水比の増加に伴い、体積膨潤率が増加していることがわかる。また、各試料とも体積膨潤率は含水比に対して直線的に増加し、Na型であるベントナイト A, B, E および原鉱石では、含水比と体積膨潤率との関係はほぼ同一であることが認められる。そして、それらとベントナイト C では同含水比において、体積膨潤率に約20%の差があることがわかる。以上から、ベントナイトの体積膨潤変形特性は、ベントナイト試料の含水比および交換性陽イオンの種類に依存することがわかる。

#### 4. 結論

本研究では、各種ベントナイトを用いて蒸気圧法を行うことで相対湿度、含水比および体積膨潤率の関係を調査した。以下に、本研究で得られた知見を示す。

- 1) 各種ベントナイトに対して、相対湿度の上昇に伴い、含水比は増加する。そして、同相対湿度環境下では、ベントナイトの含水比はモンモリロナイト含有率に依存する。
- 2) ベントナイトの体積膨潤変形特性は、含水比および交換性陽イオンの種類に依存する。そして、Na型ベントナイトでは、含水比と体積膨潤率との関係はほぼ同一であることが認められた。

#### 参考文献

- 1) 増田良一, 高尾肇, 千々松正和, 雨宮清, 竹ヶ原竜太, 小峯秀雄: 高温多湿環境におけるベントナイトブロックの状態変化に関する検討, 土木学会第57回年次学術講演会, CS10-044, 2002.
- 2) 竹ヶ原竜太, 増田良一, 多田浩幸, 朝野英一, 高尾肇, 上坂文哉, 宇津野二士: 高温多湿環境におけるベントナイトブロックの状態変化に関する検討(その2), 土木学会第59回年次学術講演会, CS1-055, 2004.
- 3) 地盤工学会「土質試験の方法と解説」改訂編集委員会: 土質試験の方法と解説(第一回改訂版), 地盤工学会, pp.320-328, 2000.
- 4) 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.
- 5) 杉浦航, 小峯秀雄, 安原一哉, 村上哲, 後藤宣彦: ベントナイト原鉱石の膨潤挙動調査, 第35回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, CD-ROM. 2008.

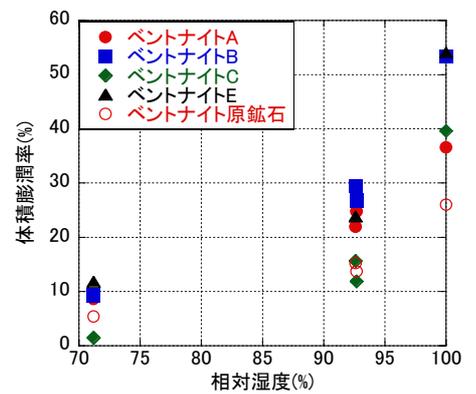


図-2 相対湿度と体積膨潤率の関係

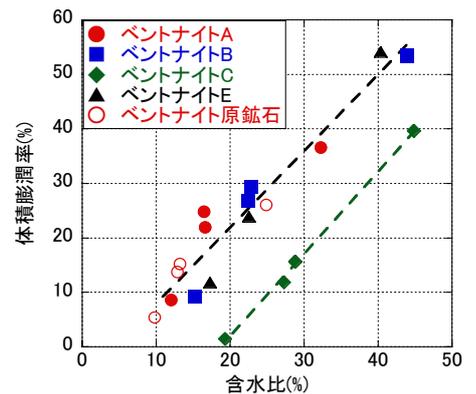


図-3 含水比と体積膨潤率の関係