

# ベントナイト混合土における脆弱岩の適用性に関する研究 (その1)

## ーベントナイト混合土の締固め・透水特性についてー

大成建設 正会員 ○遠藤さち恵

大成建設 正会員 森川義人, 藤原斉郁

### 1. はじめに

管理型最終処分場や土壌貯蔵施設の遮水層は遮水性と変形追随性が要求されており、これらの要求性能を満たすためにベントナイト混合土が適用される場合が多い。遮水層は、厚さ 50cm 以上かつ透水係数は  $10^{-8}$ m/sec 以下の性能が必要とされており<sup>1)</sup>、ベントナイト混合率は5~15%程度とされている<sup>2)</sup>。ベントナイト混合土の母材には通常購入砂を用いることが多いが、処分場建設に大量に発生する現地掘削土を適用できれば、大きなコスト削減効果が期待できる。著者らは、現地掘削土が脆弱岩である場合のベントナイト混合土への適用性に関する研究を行っており、脆弱岩の種類による締固め特性の違いを確認した<sup>3)</sup>。本報告では、脆弱岩の種類や物理特性と締固め特性および透水係数の関係について考察を行った。

表1 使用した材料の基本物性

項目		花崗岩	泥岩	稲城砂	Na 型ベントナイト
物理的性質	含水比 $\omega$ (%)	1.11	31.88	3.95	8.0
	粒子密度 $\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.644*1	2.553*1	2.638	2.79
		2.513*2	1.391*2		
化学的性質	モンモリロナイト含有率(%) <sup>*3</sup>	2.86	25.71	5.71	57.14

\*1 JIS A 1202

\*2 JIS A 1225 (「土の湿潤密度試験」のパラフィン法)

\*3 純モンモリロナイトのメチレンブルー吸着量 140mmol/100g を基準に算出

### 2. 使用した材料

本研究では、Na 型ベントナイト(クニゲル V1)を用い、母材は風化花崗岩、新第三系鮮新統の泥岩および比較対象として稲城砂を使用した。使用した材料の基本物性を表1に示す。

本試験に使用した泥岩は、内部に微小な空隙を有し、含水比が比較的高い(約30%)。また、

突固め試験前後で粒度分布の変化が認められ<sup>3)</sup> 粒子破碎性が顕著であり、モンモリロナイト含有率が高くスレーキング抵抗性の低い非常に脆弱な材料である。本研究では図1に示すように、これらの母材を異なる粒度①(Uc≤5)・②(Uc≥10)に調整し、ベントナイト混合率5%および10%(以下 Bt=5%, Bt=10%と記す。)のベントナイト混合土を作製した。試料は、試験前日に加水調整し24時間養生させた。

### 3. ベントナイト混合土の特性

#### 3-1. 締固め特性(突固めによる土の締固め試験: JIS A 1210)<sup>4)</sup>

ベントナイト混合土を用いて突固めによる土の締固め試験(A-c 法)を実施した。図2にベントナイト混合土の締固め曲線を、図3に締固めエネルギーの違いによる有効粘土密度の比較を示す。有効粘土密度は式(1)を用いて算出した。

$$\rho_b = \frac{\rho_d(100 - Rs)}{100 - \rho_d \frac{Rs}{\rho_s}} \dots (1)$$

ここに、 $\rho_b$ : 有効粘土密度、 $\rho_d$ : 乾燥密度、 $Rs$ : 母材混入率、 $\rho_s$ : 母材の土粒子密度である。図3より、花崗岩および稲城砂の有効粘土密度は締固めエネルギーの大きさに依存する傾向にあるが、泥岩に関しては粒度の差およびベントナイト混合率の差に関わらず締固めエネルギーにほとんど依存しない結果となった。この結果は、締固めによる

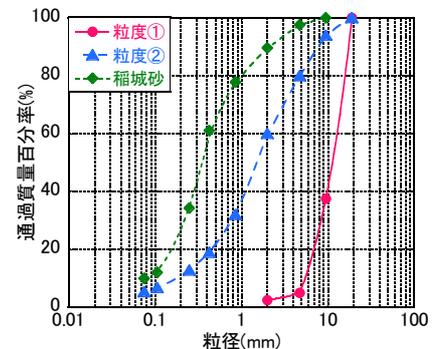


図1 使用した材料の粒径加積曲線

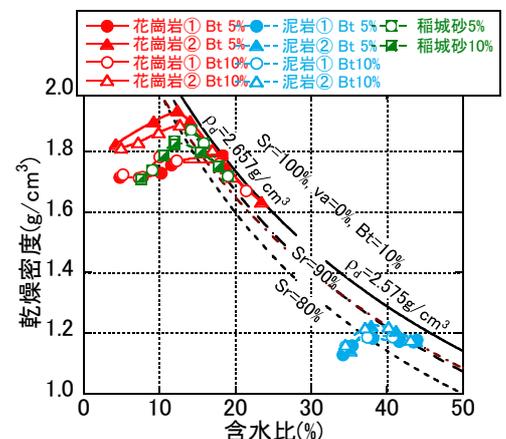


図2 ベントナイト混合土の締固め曲線

キーワード ベントナイト混合土, 脆弱岩, 透水係数, 締固め, 粒子破碎

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設 原子力本部 TEL: 03-5381-5315

泥岩の粒子破碎性に起因していると推測される。締固めエネルギーが泥岩の破碎に寄与し、母材の粒度分布が良くなることによって、ベントナイト混合土全体としての粒度分布が非常に良好となり、間隙充填に繋がった。その結果、間隙中のベントナイトの密実性が增加し、締固めエネルギーに依らず同程度の有効粘土密度になったと考えられる。

3-2. 透水特性(土の透水試験: JIS A 1218) <sup>4)</sup>

透水試験は、図4に示すようなアクリル剛性カラムを用いて実施した。供試体は直径110mm、高さ100mmの円柱状のアクリルセルに、2.5kgのランマーで締固めた。突固め試験により得られた最大乾燥密度および湿潤側の締固め度  $D_c=95\%$  を供試体の乾燥密度とした。また、供試体との境界に水みちが発生するのを防ぐためベントナイトペーストをアクリルセル内側に塗布した。図5に透水係数と有効粘土密度の関係を示す。各母材共に有効粘土密度の増加に伴い透水係数が低下しており、花崗岩を母材とした場合は、 $B_t=5\%$  で  $10^{-11}m/sec$  以下、 $B_t=10\%$  では  $10^{-11}m/sec$  程度となり、泥岩を母材とした場合は粒度による透水係数の違いが大きいが、 $B_t=5\%$  で  $10^{-11}m/sec$  程度、 $B_t=10\%$  では  $10^{-12}m/sec$  オーダーとなった。また、泥岩②の  $B_t=5\%$  の透水係数は泥岩①の  $B_t=10\%$  の場合と同程度の値であることから、粒度分布を良くすればベントナイト混合率が少量でも十分な遮水性を有することが分かった。泥岩は花崗岩や稲城砂に比べて透水係数が低い傾向を示していることから、締固めによる破碎効果が透水係数の発現性に影響していると考えられる。本泥岩のような内部に間隙を有する母材のベントナイト混合土は、母材の空隙を構成するミクロな間隙と、ベントナイトの膨潤変形に影響すると考えられる母材間のマクロな間隙による二重構造をなしている。泥岩の破碎効果によって比表面積が増大し、泥岩の造岩鉱物であるモンモリロナイトが飽和による膨潤挙動を伴い間隙充填効果を発揮したことにより、透水係数が低下したと推測される。以上より、ベントナイト混合率15%以下では母材の粒度特性などが透水係数に与える影響が大きくなること <sup>5)</sup> から、ベントナイト混合土の透水係数は、ベントナイト混合率の影響のみならず母材である花崗岩および泥岩の特性が大きく影響していると考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた知見について以下に示す。

- 1) 各母材共に有効粘土密度の増加に伴い透水係数が低下しており、花崗岩で  $10^{-11}m/sec$  以下、泥岩で  $10^{-11}m/sec$  程度もしくはそれ以下の透水係数となった。
- 2) 泥岩②の  $B_t=5\%$  は泥岩①の  $B_t=10\%$  とほぼ同等の透水係数を有していたことから、粒度分布を良くすればベントナイト混合率が少量でも十分な遮水性を有することが分かった。
- 3)  $B_t=10\%$  以下のベントナイト混合土の透水係数は、母材(花崗岩、泥岩)の特性が大きく影響していると考えられる。

今後は、母材の特性からベントナイト混合土の透水係数に与える影響について、さらに研究を進める予定である。

参考文献

1) 総理府・厚生省令：一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分に係る技術上の基準を定める命令，環境省令第三号2013. 2. 21. 2) 水野克巳：最終処分場における3層構造しゃ水工システムの開発及び施工例，第8回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp.824-827, 1997. 3) 遠藤さち恵，森川義人，白瀬光泰：脆弱岩を母材としたベントナイト混合土の締固め特性，第49回地盤工学研究発表会，2014. (投稿中) 4) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説—二分冊の1—，2009. 5) 小峯秀雄，緒方信英：ベントナイト緩衝材・埋戻し材の透水特性と簡易評価法の提案，土木学会論文集 No.708/III-59, 133-144, 2002.6.

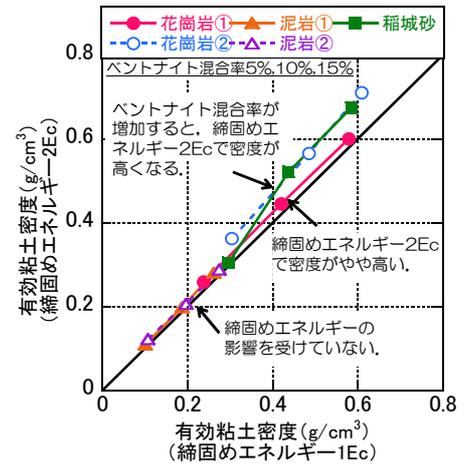


図3 締固めエネルギーの違いによる有効粘土密度の比較

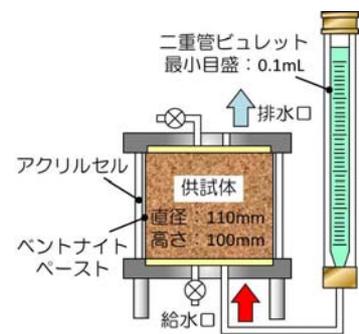


図4 透水試験機の概略図

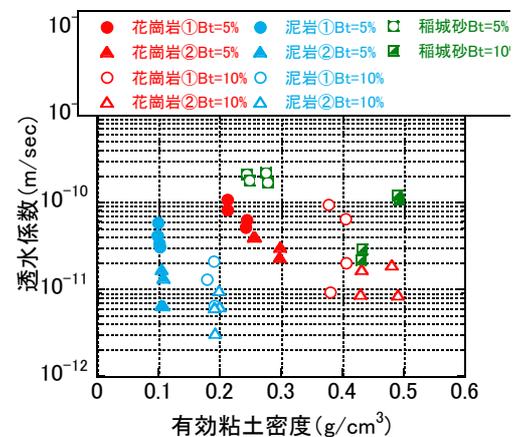


図5 透水係数と有効粘土密度の関係