

Na 型ベントナイトの塩水化による透水及び膨潤特性の変化

鹿島技術研究所 正会員 田中 益弘、笹倉 剛
藤澤 理、岡本 道孝

1. はじめに

放射性廃棄物の処分施設が沿岸域などの海水系地下水環境下にあると、Na 型ベントナイトは長期的には塩水化（イオン交換による変質）するが、この塩水化したベントナイトは Na 型ベントナイトに比較してその重要な機能である透水性能と膨潤性能が低下することが考えられる。しかし、その実状はまだ十分に明らかにされていない。そこで、Na 型ベントナイトのクニゲル V_1 を人工海水により強制的に塩水化させたベントナイトを用いて、透水係数、膨潤圧及び膨潤量の比較を行い、特性の変化を調べた。

2. 塩水化ベントナイトの製造

Na 型ベントナイトの人工海水による塩水化処理（イオン交換）はバッチ式で行った。まず、ベントナイト（クニゲル V_1 ）粉末 1kg に対して、表 - 1 に示す成分を有する人工海水 20L を準備し、1 時間攪拌混合して 2 日間放置する。放置後上水を除去し、これと同等量の人工海水を補充し、1 時間攪拌混合する。この上水除去・人工海水補充の作業を 3 回繰返し、上水が海水性状（PH と電気伝導度より）にあることを確認する。処理後、吸引ロートで塩素がほぼ無くなるまで水洗いを繰返す。洗浄後、60 で乾燥し、粉碎機で 200Mesh 程度に調整して試料の塩水化ベントナイトとした。製造した塩水ベントナイトの浸出陽イオンは表 - 2 に示すように Na^+ は大幅に減少し、 Mg^{2+} は大幅に増加し、 Ca^{2+} や K^+ は大幅な変化は見られていない。

3. 試験方法

乾燥密度 1.6Mgm^{-3} が得られるように計量した自然含水比状態のベントナイト（Na 型ベントナイトで約 6%、塩水化ベントナイトで約 5%）を加圧成型して、表 - 3 に示す寸法の試験供試体（ベントナイト単体）とした。

表 - 1 人工海水の成分表

成分	化学式	配合量(g)
塩化マグネシウム(6水塩)	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	222.23
塩化カルシウム(2水塩)	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	30.70
塩化ストロンチウム(6水塩)	$\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.85
塩化カリウム	KCl	18.89
炭酸水素ナトリウム	NaHCO_3	4.02
臭化カリウム	KBr	2.01
ホウ酸	H_3BO_3	0.54
フッ化ナトリウム	NaF	0.06
塩化ナトリウム	NaCl	490.68
硫酸ナトリウム(無水)	Na_2SO_4	81.88

表 2 クニゲル V_1 及び塩水化ベントナイト浸出陽イオン量

項目	試料		クニゲル V_1	塩水化ベントナイト
	Na ⁺	meq/100g		
溶出イオン量	Na ⁺	meq/100g	55.6	8.6 ~ 9.4
	K ⁺		0.9	2.9 ~ 3.2
	Ca ²⁺		49.4	39.2 ~ 47.2
	Mg ²⁺		16.5	36.7 ~ 41.9
	total		122.4	93.7 ~ 95.3

表 - 3 供試体寸法

試験項目	供試体寸法
透水試験	4cm x h2cm
膨潤圧試験	4cm x h2cm
膨潤量試験	6cm x h0.5cm

キーワード: ベントナイト、透水係数、膨潤圧、膨潤量、塩水化

連絡先: 〒182-0036 調布市飛田給 2-19-1 tel 0424(89)8354 fax 0424(89)7036

透水試験は、供試体の飽和度を高めるため供試体上下から吸水脱気し、水頭差 10 cmで供試体の下部から通水させて透水量の測定を開始した。透水量が定常になるのを確認後、順次通水圧を上げる方法を繰り返した。透水係数は Darcy 法則に従うものと仮定して算定した。

膨潤圧試験は、供試体の飽和度を高めるため真空脱気し、水頭差 100 cmで上下より吸水させ、膨潤圧の測定を開始し、膨潤圧が一定になった後、約 5 日間測定して試験を終了した。測定された最大の膨潤圧を最大膨潤圧とした。

膨潤量試験は、圧密試験装置を用いたもので、供試体セット後水浸して上下面より吸水・飽和させることにより膨潤させ、膨潤量を装置上部に設置したダイヤルゲージで測定し、膨潤量が 1/100 mm/day 以下になるまで試験を継続した。なお、膨張率は膨張量を初期の供試体高さで除した値(%)である。また、試験ケースは通水液を人工海水とした Na 型ベントナイト及び塩水化ベントナイトの試験を 2 ケースと、比較のために通水液を蒸留水を用いた場合の 2 ケースの計 4 ケースとした。

4. 試験結果と検討

図 - 1 に各通水液で求めた試験結果を示す。図より Na 型ベントナイトが人工海水に接触して、イオン交換により塩水化ベントナイトに移行する過程での特性変化を推定すると以下ようになる。

人工海水を通水した Na 型ベントナイトの透水性は、蒸留水を通したものに比べて、1 オーダ程度大きくなるが、塩水化ベントナイトに変質した後の透水性はあまり変化しないようである。(試験では若干小さい結果となっている。)

一方、膨潤性特性のうち膨潤圧については、人工海水を通水した Na 型ベントナイトは蒸留水のものと差も小さくし、塩水化ベントナイトに変質してもあまり変化しないようである。しかし、膨潤量は Na 型ベントナイトが人工海水と接触することで蒸留水に比べて著しく小さくなるが、塩水化ベントナイトに変質した後の膨潤性にはあまり変化しないようである。(試験では若干大きい結果となっている。)

以上のことから、Na 型ベントナイトが人工海水と接触することで透水係数及び膨潤量は変化するが、その後塩水化ベントナイトに変質しても、特性変化は小さいようである。

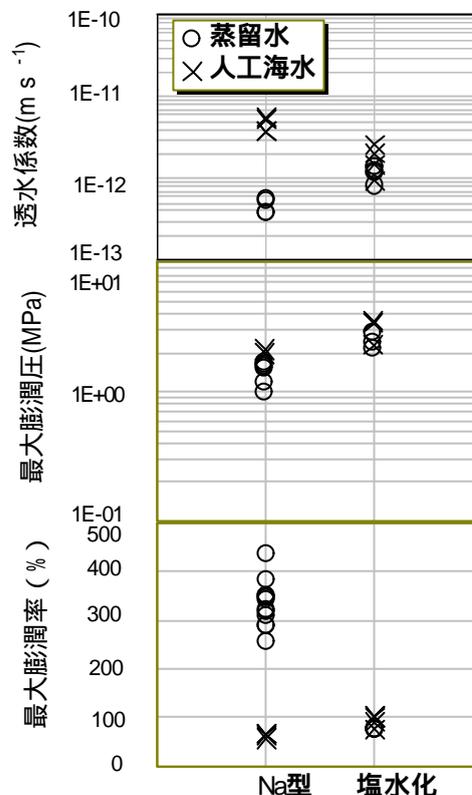


図 - 1 試験結果

5. おわりに

Na 型ベントナイトを人工海水で強制的に変質させた塩水化ベントナイトは、イオン交換により Mg²⁺が大幅に増加し、Na⁺が大幅に減少(Ca²⁺の増減少ない)することで2 荷のイオン量の増加や Ca 化傾向(Ca²⁺ / (Ca²⁺ + Na⁺))の増加)にあることなどで、透水係数や膨潤量に影響を及ぼすことが明らかになった。一方、Na 型ベントナイトは人工海水に接触することで、塩水化ベントナイトに近似した特性を示しており、海水系地下水環境下での影響は無視できない。今後は、海水の濃度を考慮した各種ベントナイト混合土の特性データ把握と海水がベントナイトの特性に及ぼす影響のメカニズムを検討する所存である。