

高アルカリと硝酸塩の影響を受けたベントナイトの水理特性評価（その2）

- 硝酸塩溶液を用いたベントナイトの通水試験 -

大林組 正会員 ○新村 亮 大林組 正会員 田島 孝敏
 大林組 正会員 久保 博 JAEA 三原 守弘

1. はじめに

TRU 廃棄物の処分では、セメント系材料とベントナイト系材料で構成される人工バリアの使用が検討されている。処分場閉鎖後、地下水が人工バリアに浸入すると、セメント水和物が地下水に溶出して Ca イオン等を含む高アルカリ溶液に変化し、これによってベントナイトが変質してバリア性能が低下することが懸念される。さらに、一部の TRU 廃棄物には硝酸塩 (NaNO_3) が含まれるため、これが溶解して、地下水の塩類濃度が増加することも予想される。そこで、硝酸塩を含む溶液の濃度がベントナイトの透水特性に及ぼす影響を把握するため、濃度の異なる硝酸ナトリウム溶液を Na ベントナイトに通水する透水試験を行った。さらに、ベントナイトの膨潤による自己修復性を調べるため、人為的に水みちを形成した試験体について通水試験を行った。

2. 硝酸塩溶液に対するベントナイトの透水特性

2.1 試験体および通液 Na ベントナイトのクニゲル V1 (以下, KV1 と称する) とけい砂 (3 号および 5 号けい砂を乾燥重量で等量混合) を乾燥質量比 7:3 の割合で混合し、これを静的加圧法により、直径 50mm, 高さ 10mm の圧縮成型体を作製した。試験体の乾燥密度は $1.6\text{Mg}/\text{m}^3$ とした。通液は、塩類濃度の影響を評価するため、硝酸ナトリウム水溶液の濃度を 0.1, 0.3, 0.6, 2.0, 3.0mol/L の 5 種類とした。

2.2 透水試験 5 ケースについて、各 2 体ずつ透水試験を行った。定水位透水試験装置を用い、窒素ガスを介して通液を加圧した。透水係数が安定した後、試験体に選択的な水みちが形成されていないかどうか調べるため、通液に色素 (ローダミン B) を添加して一定量通水した後、試験体を透水セルから取り出して外周面と断面の着色状態を目視観察した。試験条件を表-1 に示す。

2.3 試験結果 表-2 に示すように、溶液の濃度が 0.1mol/L の場合、透水係数は 1×10^{-12} m/s であったのに対し、3.0mol/L の場合 10^{-10} m/s 程度と、2 オーダーの差が生じた。溶液の濃度と透水係数の関係を両対数グラフにプロットすると、濃度が高いほど透水係数は大きく、両者に高い相関性が認められる (図-1)。

2.4 通水状況の確認 通液にローダミン B を添加して通水を行った後、試験体を取り出して、その外周面と 2 分割断面を観察した。その結果、いずれのケースも流入側から流出側にかけてほぼ均等に液が透過している様子が観察され、試験体の内外に選択的な水みちが形成されていないことが確認できた。通水後の試験体の着色状況を写真-1 に示す。

表-1 試験条件

試験体	ベントナイト	クニゲル V1
	ケイ砂	3 号, 5 号
	ケイ砂混合率	30 wt%
	乾燥密度	$1.6 \text{ Mg}/\text{m}^3$
試験体寸法	50 × h10 mm	
通液	NaNO ₃ 濃度	0.1mol/L (N-0.1)
		0.3mol/L (N-0.3)
		0.6mol/L (N-0.6)
	(試験ケース)	2.0mol/L (N-2)
		3.0mol/L (N-3)

表-2 透水試験結果

試験ケース	通水圧 (MPa)	透水係数 (m/s)
N-0.1	0.3	1×10^{-12} , 1×10^{-12}
N-0.3	0.15	8×10^{-12} , 4×10^{-12}
N-0.6	0.05	2×10^{-11} , 2×10^{-11}
N-2	0.02	2×10^{-10} , 1×10^{-10}
N-3	0.02	2×10^{-10} , 3×10^{-10}

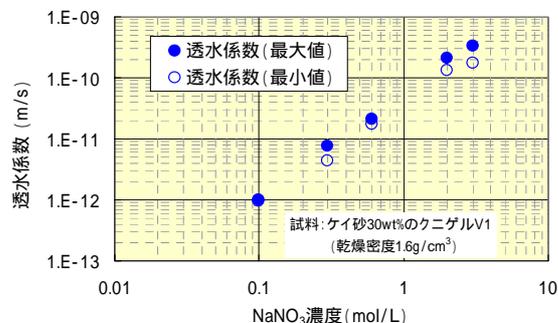


図-1 硝酸塩濃度と透水係数の関係

キーワード ベントナイト, 透水係数, 硝酸塩, 塩類濃度

連絡先 〒204-0011 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 土壌・水域環境研究室 TEL 0424-95-1060

3. ベントナイトの膨潤性と自己修復性 通液の塩類濃度が高いほど透水係数が大きいことから、塩類濃度がベントナイトの膨潤性に影響を及ぼしていることが考えられた。そこで、透水試験の通液と同じ溶液を用いて膨潤試験を行ったところ、0.1mol/L の場合、膨潤力は 20ml/2g 程度であったが、濃度の増加とともに低下し、0.6mol/L では 8ml/2g と半減した。このように、膨潤性の高いNa ベントナイトでも、間隙水の塩類濃度が高くなると膨潤性が著しく低下した。

Na ベントナイトを用いた遮水材は、損傷してもベントナイトが吸水・膨潤して損傷部を閉塞する性能(自己修復性)を有する。そこで、通液の塩類濃度が自己修復性に及ぼす影響を調べるため、透水試験を行った試験体を取り出して人為的に水みちを設け、再び通水した。まず、試験体を二分割し、その中央部に幅 10mm、厚さ 0.4mm 程度の板を挟んで二分割試験体を合わせることにより、中央部に幅 10mm、隙間間隔0.3mm 程度のスリットを設けた。これを試験装置にセットして、色素で着色した液を通水した。透水係数の変化を調べるとともに、一定量通水後、試験体の着色状態を観察した。その結果を表-3 に示す。0.6mol/L 以下では水みちが閉塞して遮水性が回復したが、2mol/L 以上ではベントナイトの自己修復性は見られなかった。

4. 考察

4.1 通液の塩類濃度と透水係数の関係 スメクタイトの表面は負に帯電し、溶液中ではその周囲に電気二重層が形成される。溶液の陽イオン濃度が高くなると電気二重層が圧縮され、スメクタイトは凝集性を増す。溶液中の陽イオンの電荷量がベントナイトの膨潤性に影響を及ぼすと考えられるため、通液の陽イオン濃度にイオン価数を乗じた指標(以下、当量イオン濃度と称する)と透水係数の関係を調べた。高アルカリ溶液や人工海水¹⁾を使用した既往の研究結果も併せてプロットした結果、両者に高い相関性が認められた(図-2)。

4.2 ベントナイトの膨潤力と透水係数の関係 ベントナイトの膨潤性が水理特性に及ぼす影響を把握するため、膨潤力と透水係数との関係を両対数軸上にプロットした結果を図-3 に示す。図より、膨潤力が大きいほど透水係数が小さくなる傾向が明瞭に表れ、両者に高い相関性が認められる。

5. まとめ

Na ベントナイトに濃度の異なる硝酸ナトリウム水溶液を通水した結果、濃度が高いほど透水係数が大きくなる傾向を示した。そこで、通液の陽イオンの電荷量と透水係数の関係を調べたところ、通液の種類に関係なく、両者に高い相関性が認められた。さらに、硝酸ナトリウム溶液の濃度が 0.6mol/L 以下のケースでは透水係数の低下や水みちの閉塞等、ベントナイトの自己修復性が認められたが、2mol/L 以上では自己修復性は発揮されなかった。

参考文献 1) 菊池ら：緩衝材の飽和透水特性 - II - 海水性地下水が緩衝材の透水性に及ぼす影響 - ,サイクル機構技術資料 ,TJ8430 2003-002



写真-1 試験体の着色状況(N-0.3, 上面が流入側)

表-3 自己修復性確認試験結果

ケース	透水係数の変化	試験体の状態
N-0.1	分割前と同程度まで回復。	水みちは認められず。
N-0.3	同上	同上
N-0.6	同上	スリット形成部に若干着色が認められたが流出側には到達せず。
N-2	分割前と同程度まで回復。通水を7日間停止し、再度通水すると、透水係数は1オーダー増加。	スリット形成部と外周面に水みちが認められた。
N-3	分割前の透水係数の2,3倍程度まで回復。通水を7日間停止し、再度通水すると、透水係数がさらに1オーダー増加。	スリット形成部、分割面および外周面に水みちが認められた。

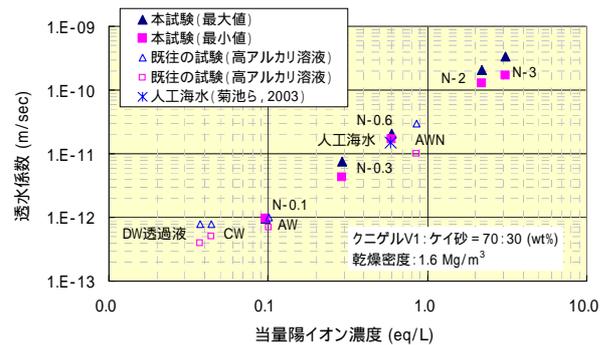


図-2 通液の当量イオン濃度と透水係数の関係

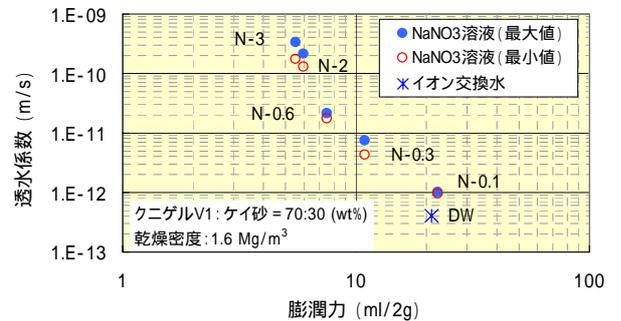


図-3 ベントナイトの膨潤力と透水係数の関係