

立命館大学理工学部 正会員 勝見 武
立命館大学大学院 学生会員 小河篤史
立命館大学理工学部 学生会員 ○横井正人
立命館大学理工学部 学生会員 沼田修吾
立命館大学理工学部 正会員 深川良一

1. はじめに

ベントナイトは高い水和膨潤性と遮水性を持つことから、ベントナイト混合土やジオシンセティックライナーとして遮土工への適用が図られつつあり、最近では耐化学性の向上を目的とした改質ベントナイトも開発されている。勝見ら¹⁾は、Onikataら²⁾が開発した改質ベントナイトである多膨潤ベントナイト (Multiswellable Bentonite; MSB) を取り上げ、塩化ナトリウムおよび塩化カルシウムの単一水溶液に対して天然ベントナイトよりも優れた遮水性能を示すことを明らかにしている。しかしながら、遮土工への適用にあたっては複数のイオンの影響を考慮する必要があることから、本研究では塩化ナトリウムおよび塩化カルシウムの混合溶液に対する MSB の膨潤特性と遮水性能を検討する。

2. 材料および実験方法

使用した材料は多膨潤性ベントナイト (株式会社ホーゲン製) で、天然ベントナイトの層間にあらかじめプロピレンカーボネイトを質量比で 25 % 配したものである。化学物質溶液には、塩化ナトリウム (NaCl) と塩化カルシウム (CaCl₂) の混合溶液を用いた。溶液は、イオン強度 (Ionic Strength: *I*) および 1 価陽イオンと 2 価陽イオンの濃度の相対量 (Ratio of monovalent to divalent: *RMD*) が所定の値になるように、NaCl および CaCl₂ の濃度を決定した。*I* および *RMD* の定義はそれぞれ、 $I = 0.5 \sum C_i Z_i^2$ (*C_i*: モル濃度, *Z_i*: イオン価数), $RMD = C_1 / 2C_2^{1/2}$ (*C₁*: Na⁺濃度, *C₂*: Ca²⁺濃度) であり、各溶液の濃度は表-1 に示す通りである。

実験は膨潤試験、液性限界試験、透水試験を行った。透水試験は柔壁型透水試験装置を用い、24 g の顆粒状のベントナイトをペデスタル上に設置して直径 6 cm、高さ 1 cm の供試体とした。透水溶液に一日以上なじませた後、セル圧 3.0 m 水頭、動水勾配約 80~90 を与えた。化学平衡を確認するため排出水の pH および電気伝導率を適宜測定した。

3. 実験結果と考察

図 1 に膨潤試験の結果を示す。蒸留水に対する MSB の膨潤力は 26 mL/2 g-solid であったが、溶液が化学物質を含むと膨潤力はほとんどの場合で低下する。特に *RMD* が 0 の場合は、陽イオン強度を 0.1, 0.2, 0.5, 1.0 M と変化させても膨潤力は 10.2~10.5 mL/2 g-solid の範囲に収まっており、ほとんど膨潤しないことが示されるが、これは、他の *RMD* の場合

表-1 用いた溶液の濃度

I (M)	RMD	濃度 (M)	
		塩化ナトリウム	塩化カルシウム
0	-	0	0
0.1	0	0	0.05
	0.2	0.05	0.04
	0.5	0.11	0.02
	1.0	0.15	0.01
0.2	0	0	0.10
	0.2	0.08	0.08
	0.5	0.17	0.06
	1.0	0.26	0.03
0.5	∞	0.40	0
	0	0	0.25
	0.2	0.13	0.22
	0.5	0.30	0.18
	1.0	0.50	0.13
1.0	∞	1.00	0
	0	0	0.50
	0.2	0.19	0.45
	0.5	0.44	0.39
	1.0	0.78	0.31
	∞	2.00	0

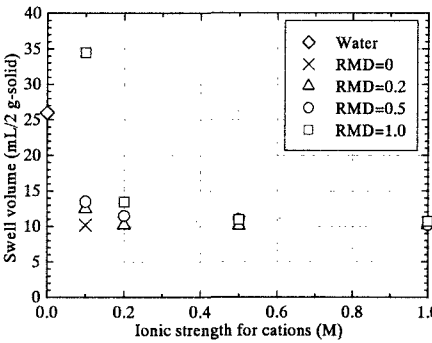


図 1 各化学物質溶液と膨潤力の関係

よりも Ca^{2+} が多く含まれていることが原因だと考えられる。

図2に液性限界の結果を示す。蒸留水に対する液性限界は約440%であるが、濃度の増加に伴い液性限界は減少する。また、陽イオンによるイオン強度が0.5、1.0 Mの溶液に対する液性限界は陽イオンの価数に依存せず、溶液の陽イオン強度の強さに影響を受けることがわかる。陽イオンの存在が拡散電気二重層の形成に強く影響し、液性限界の値を低下させていると考えられる。

図3に透水試験の結果を示す。陽イオン強度0.2 Mの場合は、蒸留水の時（約 2×10^{-9} cm/s）よりも透水係数は低下した（約 1×10^{-9} cm/s 程度）が、この原因として溶液の粘性の影響などが考えられる。陽イオン強度の増加に伴って透水係数は増加し、1.0 Mの場合には透水係数は 10^{-8} cm/s 以上となった。この傾向は膨潤試験や液性限界試験の結果でも示したように、ベントナイトにおける拡散電気二重層の形成および層間膨潤が溶液中の陽イオンによって阻害され、ベントナイトの吸着層が薄くなることによって透水係数が増大したと考えられる。

図4に、本実験のデータと塩化ナトリウムおよび塩化カルシウム単一溶液に対する勝見ら¹⁾のデータとの透水係数を比較して示す。イオン強度1.0 Mのとき透水係数にばらつきがみられるが、本実験の場合も勝見ら¹⁾のデータと同様、MSBの透水係数は陽イオンのイオン強度と相関関係があるといえる。したがって、イオン強度を考慮することで、混合溶液に対するMSBの遮水性能を概ね予測しうると考えられる。

4. 結論

MSBの透水係数は溶液内の陽イオン強度の違いによる影響を受け、陽イオン強度の増加に伴い化学物質の影響が卓越するようになり、拡散電気二重層の形成が阻害され遮水効果は低下する。また、本研究で実験を行った範囲ではRMDの違いは透水係数にあまり影響を与えないことがわかった。以上のことから、単一溶液および混合溶液に対するMSBの遮水性能は、陽イオンのイオン強度で予測しうる可能性が示された。

参考文献

- 1) 勝見 武, 鬼形正伸, 長谷川真也, L. Lin, 近藤三二, 嘉門雅史 (2001): 改質ベントナイトの無機化学質溶液に対する遮水性能と廃棄物処分場遮水工への適用性, 第4回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, 地盤工学会, pp.315-320.
- 2) Onikata, M., Kondo, M., and Kamon, M. (1966): Development and characterization of a multiswellable bentonite, *Environmental Geotechnics*, M. Kamon(ed.), Balkema, pp.587-590.

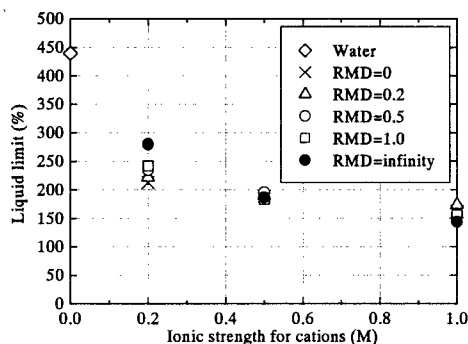


図2 各化学物質溶液と液性限界の関係

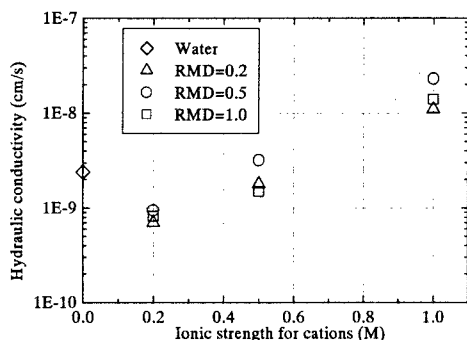


図3 陽イオン強度と透水係数の関係

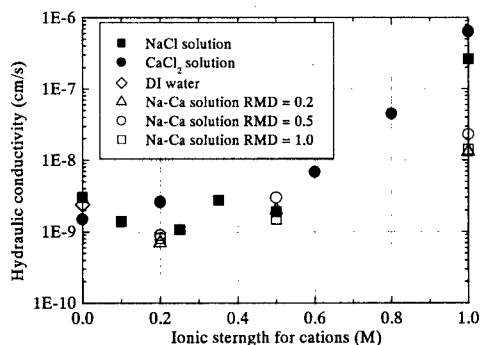


図4 勝見ら¹⁾のデータとの陽イオン強度における透水係数の比較