

凍結融解作用を受けた GCL のカルシウムイオンに対する遮水性能の評価

熊本大学工学部 学生会員 ○前田知子 熊本大学大学院 正会員 棕木俊文
熊本大学大学院 学生会員 木山和彦 熊本大学技術部 非会員 吉永 徹

1. はじめに

自己修復機能を有するベントナイトの難透水性を利用した GCL(Geosynthetic Clay Liner)は、現場における適用条件を考慮して、浸出水に相当する溶液を使用して得られた透水係数が評価されなければならない。遮水シート直下に敷設された GCL の適用は、遮水シートの破損により直接浸出水に曝される問題¹⁾や、敷設域の気温によってベントナイト中の水分が蒸発、あるいは凍結融解する問題が想定される。

本研究の目的は、GCL の初期条件の変化に伴う遮水性能の変化を評価することである。本概要では、GCL が広範囲に敷設されていることから局所的に凍結融解を受けると想定し、新たに開発した定流量透水試験装置と拡散実験によって凍結融解後の Ca^{2+} イオンに対する GCL の遮水性能について報告する。

2. 実験概要

2.1 透過試験実験概要

定流量透過試験機は、対象とする難透水性供試体に、一定時間に一定量(3.18–318ml/day 可変)の蒸留水を始め、塩化カルシウム水溶液など化学溶液を流入させることのできる装置である。GCL 供試体の直径は 50mm であり、またこの GCL 供試体に含まれるベントナイト(12.6g)と同量のベントナイトを用いてジオテキスタイルの無い供試体(高さ 6mm, 初期乾燥密度 $1.07(\text{t/m}^3)$)を作成した。各供試体には 15kPa の拘束圧を与えながら、PV(Pore Volume: 累積間隙体積)=2 以上となるまで透過試験を継続した。実験ケースは表-1(a)に示す通りである。なお、定流量透水試験機に使用した CaCl_2 溶液の濃度は 1000ppm~32000ppm まで調節した。本報では 1000ppm に関する結果を報告する。

2.2 拡散実験

拡散実験の供試体は、2.1 節と同じ条件であり、初期含水比を 120%以上になるようにし、凍結融解を作用させた後に拡散実験を実施した。実験ケースは表-1 (b)に示す通りである。ここでは、ベントナイト中の Na^+ イオンと Ca^{2+} イオンのイオン交換によって生じる拡散電気二重層の変化に伴う拡散現象を評価する為に CaCl_2 溶液の濃度は 32000ppm と高濃度に調整した。

表-1 (a) 透過実験の実験ケース

Case	地盤材料	透過溶液	凍結融解数(回)	透過溶液
1	GCL	蒸留水	0	CaCl_2 蒸留水
2	ベントナイト	蒸留水	0	蒸留水
3	GCL	CaCl_2	0	蒸留水
4	ベントナイト	蒸留水	30	蒸留水 CaCl_2
5	GCL	蒸留水	30	CaCl_2 蒸留水
6	ベントナイト	CaCl_2	30	蒸留水
7	GCL	蒸留水	30	CaCl_2 蒸留水
8	ベントナイト	蒸留水	30	蒸留水
9	GCL	CaCl_2	30	蒸留水
10	ベントナイト	CaCl_2	30	蒸留水

表-1 (b) 拡散実験の実験ケース

Case	地盤材料	飽和溶液	凍結融解数(回)	拡散溶液
I	GCL	蒸留水	0	CaCl_2
II	ベントナイト		30	
III	GCL		50	
IV	ベントナイト			
V	GCL			
VI	ベントナイト			

3. 実験結果と考察

3.1 透過試験による考察

図-1 は(a),(b),はそれぞれ Case1 と Case2 に関する透過試験から得られた透過係数の変化と、累積流入量によっての経時変化である。図中には各 PV において注入した流体を付記している。また表-2 は、各ケースに於いて得られた最終的な透過係数をまとめている。図-1(a),(b)より CaCl_2 溶液の透過試験で透水係数が増加する様子が見られた後、再び蒸留水を流入させると、透過係数が再び低下していく様子が分かる。しかし、初期の透水係数に比べると 1 オーダー大きい値となった。図-1(c)は Case3(GCL)、Case4(ベントナイト)に関する結果である。図-1(c)より初期過程において濃度 1000ppm の CaCl_2 溶液の透過試験後、再び蒸留水で透過試験を行うと遮水性能が発揮されることが分かる。しかし Case1、Case2 の初期の蒸留水による透過試験で得られた透過係数のより 1 オーダー大きい。これは今回使用した GCL 中のナトリウム型ベントナイトの Na^+ イオンが、よりイオン半径が小さい Ca^{2+} イオンに置換された為、供試体の厚みは減少すると同時に、透過係数が大

きくなる結果が得られており、自由間隙部分が増加したことが分かる。つまり化学溶液に暴露しても再び遮水性能を取り戻すことが出来るが、水で膨潤した状態ほど遮水性能を発揮できないことが考えられる。また、水の流入後に透過係数が小さくなったのは、供試体の厚みが小さくなった状態でイオン交換が生じ、拡散二重層の厚みが大きくなり自由間隙の領域が小さくなった為²⁾と考えられる。

3.2 拡散実験による考察

図-2は拡散実験から得られた各濃度を初期濃度で正規化濃度した値と経過時間の関係である。図-2(a)のGCLについて、50回の凍結融解作用を受けた供試体の方が、30回のケースよりも上部のCa²⁺イオン濃度の下がり方が著しい。また図-2(b)のベントナイトについても下部のCa²⁺イオン濃度の上がり方が初期は同じであるが、10日目以降から50回の方が、濃度が大きくなっており、15日目辺りで定常状態に至っている。また図-2の(a)と(b)の上部濃度変化の最終値を見てみるとGCLの実験では正規化濃度が約0.5に対し、ベントナイトの実験では0.3となっている。これはGCLのジオテキスタイルがベントナイトを挟み込んでいる構造となっている為、凍結融解による間隙構造の変化が小さかった為³⁾と考えられる。

4. おわりに

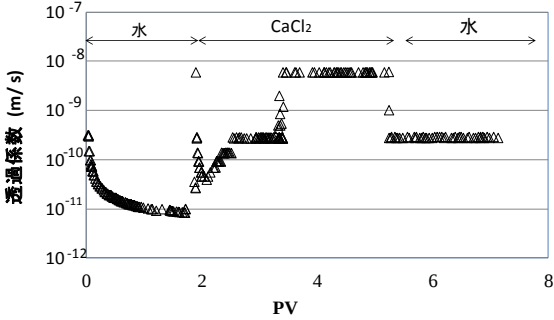
本研究では、流入する溶液による遮水性能の変化と凍結融解の影響による拡散現象の比較を行った。今後は、化学溶液と凍結融解による透水係数の変化、凍結融解の土粒子間隙構造の変化を観察する予定である。

5. 参考文献

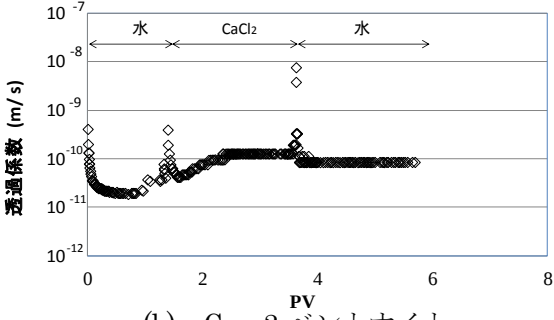
- 1) R.Kerry Rowe, Robert M.Quigly, Richard W.I.Brachman, John R.Booker“Barrier systems For Waste Disposal Facilities” pp. 405-445, 2004.
- 2)石森洋行:土と化学物質の相互作用に着目した地盤環境汚染対策,立命館大学院理工学研究科総理工学専攻博士論文 pp709-710.2005.
- 3)長澤徹明,梅田安治:凍結融解土の諸性質について,土と基礎,Vol.29,No.2,pp.39-46,1981.

表-2 透過係数の最終値

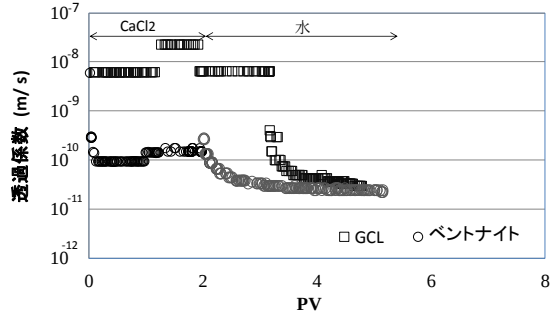
Case	地盤材料	透過係数(m/s)		
		水	CaCl ₂	水
1	GCL	9.4×10 ⁻¹²	5.95×10 ⁻⁹	2.91×10 ⁻¹⁰
2	ベントナイト	1.8×10 ⁻¹¹	1.27×10 ⁻¹⁰	8.53×10 ⁻¹¹
3	GCL		6.2×10 ⁻⁹	3.0×10 ⁻¹¹
4	ベントナイト		1.43×10 ⁻¹⁰	2.7×10 ⁻¹¹



(a) Case1-GCL

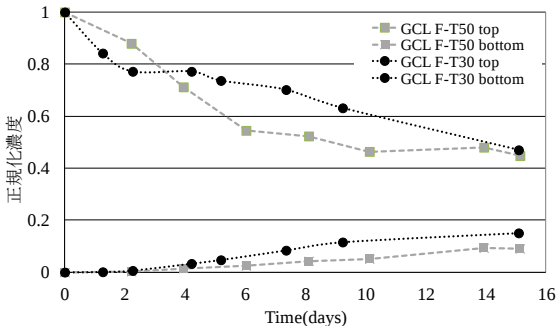


(b) Case2-ベントナイト

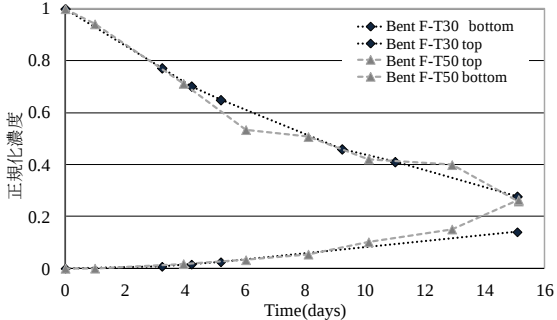


(c) Case3-GCL,Case4-ベントナイトの比較

図-1 PV－異なる溶液に対する透過係数の関係



(a)GCL



(b)ベントナイト

図-2 凍結融解数の異なる拡散実験結果