

立命館大学理工学部	学生会員	○鳥崎麻衣
京都大学大学院地球環境学堂	正会員	勝見 武
立命館大学大学院理工学研究科		吉川邦彦
立命館大学大学院理工学研究科	学生会員	石森洋行
立命館大学理工学部	正会員	深川良一
京都大学大学院地球環境学堂	フェロー	嘉門雅史

1. はじめに

廃棄物処分場遮水工としてジオシンセティッククレイライナー（GCL）が適用されつつあるが、GCL の遮水性はベントナイトの水和膨潤特性によっており、浸出水のように化学物質を含んだ溶液に対しての遮水性能を検討する必要がある。これまで、化学物質溶液を用いた実験的検討を行ってきたが¹⁾、本研究では実際の廃棄物処分場から得られた浸出水を用いて GCL の透水試験を実施し、過去の化学物質溶液のデータとの比較を行った。さらに廃棄物荷重が載荷される条件を考慮して、上載圧を変化させた透水試験を行い、透水係数と間隙比ならびに溶解化学物質との関連を検討した。

2. 使用材料および実験方法

本研究で使用した GCL は、図 1 に示すように粉末状または顆粒状のベントナイトを 2 枚のジオテキスタイルで挟み込んだもの（Bentfix）である。浸出水は、国内で稼働中の 4 ケ所の廃棄物処分場から得た水処理を行う前の原液(A, H, S, K)であり、原液のままと濾紙にて濾過したものを用いた。上載圧を変化させて行う透水試験の透水溶液には NaCl 溶液と CaCl₂ 溶液を使用した。

膨潤試験は ASTM D 5890 に準拠し、100 mL 溶液中における 2 g のベントナイトの膨潤体積を膨潤力(単位は mL/2g-solid)とした。透水試験には柔壁型透水試験装置を用いた。直径 6 cm の GCL 供試体をセル圧 30 kPa の条件下で透水溶液に約 1 日間馴染ませた後、80～90 の動水勾配を与えた。試験中は、流入水量および流出水量と、流出水の電気伝導度と pH を適宜計測した。上載圧を変化させて行う透水試験には圧密試験装置を用いた。直径 6 cm の GCL を圧密容器内に設置し、透水溶液によって一日ベントナイトの湿潤・膨潤をはかった後、所定の圧密圧力により一日圧密させて圧密度 90% が得られたことを確認した。その後、圧密試験容器の底部にビュレットを取り付けて供試体下面に水頭を与え、80～90 の動水勾配で変水位透水試験を行った。試験中は流入水量および流出水量と供試体の高さを適宜計測した。

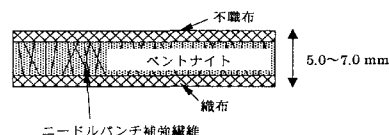


図1 使用した GCL の断面図

3. 浸出水に対するベントナイトの膨潤特性と GCL の透水係数

表 1 は各浸出水の電気伝導度を示したものであり、図 2 は電気伝導度と透水係数の関係を示したものである。全体の傾向としては、電気伝導度が高くなるにしたがって透水係数は大きくなった。電気伝導度は電解質濃度の指標であり、電解質濃度が高くなるにしたがってベントナイト粒子表面での拡散電気二重層の形成や層間膨潤が阻害され、結果としてベントナイトが膨潤しなかったためと考えられる。浸出水では電気伝導度が約 30 S/m のとき透水係数が約 1×10^{-6} cm/s であるのに対し、NaCl-CaCl₂ 溶液の結果¹⁾では電気伝導度が約 65～85 S/m のとき透水係数が約 $1 \times 10^{-7} \sim 3 \times 10^{-6}$ cm/s で、電気伝導

表 1 浸出水の電気伝導度

Waste leachate	Electrical conductivity (S/m)
A	0.244
A (filtered)	0.247
B	0.925
B (filtered)	0.788
C	4.17
C (filtered)	4.08
D	29.3
D (filtered)	29.7

度が2倍以上になっているのに透水係数が小さく、浸出水と化学物質溶液とでは傾向がわずかに異なっている。これは、浸出水に含まれる Na、Ca、Cl 以外の成分の影響と考えられる。しかしながら、浸出水の電気伝導度を指標とすることにより、浸出水が GCL の遮水性に及ぼす影響は概ね把握しうると考えられる。

4. 化学物質溶液に対する透水係数と上載圧の関係

図3は上載圧を変化させて行った透水試験より得た、上載圧と透水係数の関係を示したものである。全体の傾向として、上載圧の増加とともに透水係数が低くなった。これは、上載圧によって GCL が圧縮され、間隙の減少とともに透水に寄与する有効間隙が狭められたものと考えられる。図より、上載圧が 300 kPa を超えると、粉末状の GCL において CaCl_2 溶液の方が NaCl 溶液より透水係数が1オーダー程度低い。これは GCL 内におけるベントナイトの化学溶液に対する膨潤の違いによるものであると考えられる。ベントナイトは、1 価のカチオン溶液下ではオスモチック膨潤を生じ、2 価のカチオン溶液下では結晶性膨潤を生じる。 CaCl_2 溶液を浸透させた場合はオスモチック膨潤が生じないが、そのため余分な水和水が存在せず、圧密によって間隙が減少するとともに、結晶性膨潤によって土粒子に強く拘束された水が存在し、低い透水係数が得られたと考えられる。

図4は間隙比と透水係数の関係を示したものである。同様の実験を NaCl 溶液について行った Petrov と Rowe²⁾ のデータも併せて示している。図より、 $e\text{-log } k$ の傾きは顆粒粉末の違いや NaCl 濃度には依存しないが、溶液の種類によって異なり、 CaCl_2 溶液の場合の方が傾きが大きい。つまり、同じ間隙比であれば、1 価カチオンより2価カチオンによる膨潤阻害を受ける方が、大きい上載圧下での遮水性能は高いと考えられる。本研究より、GCL の遮水性は、GCL の間隙比と浸透水の化学成分に依存することがわかった。

5. 結論

溶液の電気伝導度が高いほどベントナイトの膨潤が阻害され、GCL の透水係数は高くなる。浸出水に対しても電気伝導度にて GCL の遮水性能を概ね評価できることがわかった。また、GCL の透水係数は間隙比と電解質溶液に依存する。同じ間隙比であれば、高い上載圧下において1価カチオン溶液より2価カチオン溶液を流下した GCL の透水係数が低くなる。

【参考文献】

- 1) 勝見 武・小河篤史・沼田修吾・C.H. Benson・D.C. Kolstad・H.-Y. Jo・T.B. Edil・深川良一(2002): ジオシンセティッククレイライナーの遮水性能に及ぼす1価および2価カチオン混合溶液の影響、ジオシンセティックス論文集、国際ジオシンセティックス学会日本支部、Vol.17, pp.49-54.
- 2) Petrov, R.J. and Rowe, R.K. (1997): Geosynthetic clay liner (GCL) – chemical compatibility by hydraulic conductivity testing and factors impacting its performance, *Canadian Geotechnical Journal*, Vol.34, pp.863-885.

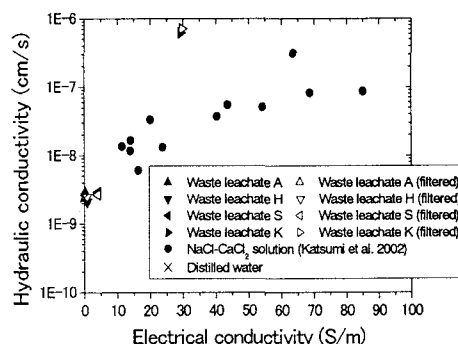


図2 浸出水と化学物質溶液の電気伝導度と透水係数の関係
(化学物質溶液のデータは勝見ら¹⁾による)

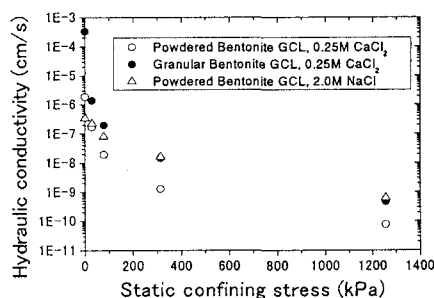


図3 上載圧と透水係数の関係

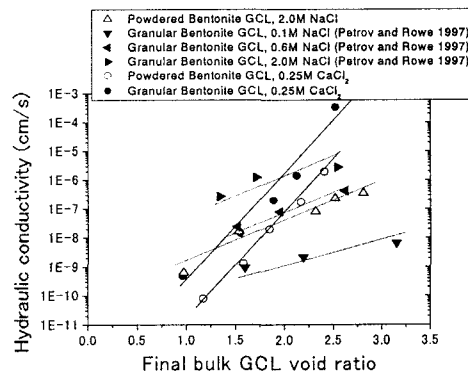


図4 GCL の間隙比と透水係数の関係