

* D 3 - 10

基盤材の異なるジオシンセチック・クレイライナーのしや水性の評価

大成建設(株) 名倉克博 正会員押方利郎 豊順鉱業(株) 高橋聰
㈱豊順洋行 正会員古賀慎 正会員水野克己 徳島博道

1.はじめに

ジオシンセチック・クレイライナー(以下、GCLと略記)は、環境汚染防止対策として、Compacted Clay Linersの代用バリア材として、国内外において使用されている。

D.E.Daniel や Koerner らは、ジオテキスタイルおよびジオメンブレンの基盤材を用いた、GCLの母材・重ね合わせ継ぎ目部・窄孔部の透水試験を行った。その結果、ベントナイトと基盤材にジオメンブレンを用いた GCL は、浸透水の流出は検出されなかったが、ベントナイトと基盤材にジオテキスタイルを用いた GCL は、透水係数が $10^{-6} \sim 10^{-8}$ cm/s の値を示している^{1,2)}。

筆者らは GCL の特徴・特性を活かしたしや水工構造への使用が必要と考えている。本報では代表的な GCL を用いて、水道水および人工希釈海水時の、重ね合わせ継ぎ目部における透水試験を行い、これを検証し評価したので報告する。

2. GCLの定義と分類

GCL は、ジオテキスタイルおよびジオメンブレンによって支持された、不透水性無機系ベントナイトからなる水理バリアであり、それらの材料は縫いつけ・編み込みまたは化学接着剤で、相互に保持されている合成材料で工場で製造されたものと、米国 ASTM D 4439 により定義されている。

GCL は止水材として使われるベントナイトと同じであるが、使われるジオテキスタイルおよびジオメンブレンの基盤材として相違により、図-1 に示す A タイプ、B タイプ、C タイプに分類されてる^{3,4)}。

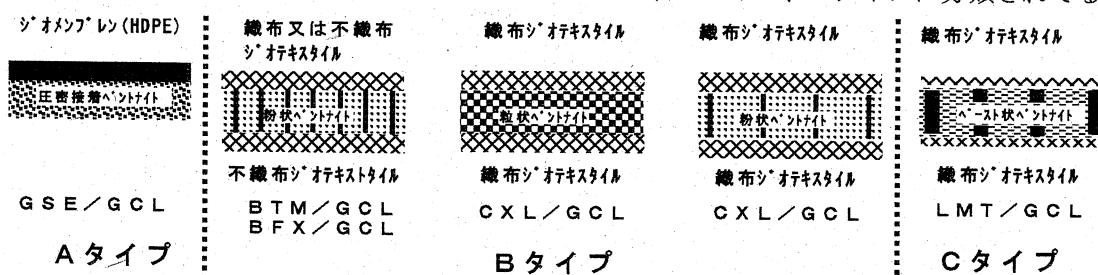


図-1 ジオテキスタイルおよびジオメンブレンの相違による分類

GCL が代用バリア材と言われる所以は、主材料であるベントナイトが、水を加えることで、固体・半固体・塑性体・液体と粘りを持ちながら体積変化する、コンシスティンシー特性を有していることである。

このコンシスティンシー特性により、固体・半固体状態のベントナイトに、水を加えることで吸水膨潤変形が、また塑性体のベントナイトに有効応力の載荷を加えると塑性変形が発現し、GCL のベントナイト粒子間の空隙を埋めることで、連続的な不透水性を維持する。

これがベントナイトの最大の特徴であり、自己修復と呼ばれている(図-2、図-3 参照)。これにより、A および B タイプは吸水膨潤変形と塑性変形により止水効果が得られるが、C タイプは硬いプラスチックの心材に拘束された区画内に、事前に膨潤させたベントナイトペーストが充てんされているため、ベントナイト層に応力伝達しにくいため、有効応力による塑性変形が起こりづらい。したがって C タイプは主として吸水膨潤変形により止水効果が得られるタイプである。

[連絡先] 〒379-0133 群馬県安中市原市 1433 番地 豊順鉱業(株) 応用粘土科学研究所

高橋聰 TEL(027)385-0233 FAX(027)385-0091 E-mail : XMA01204@nifty.ne.jp

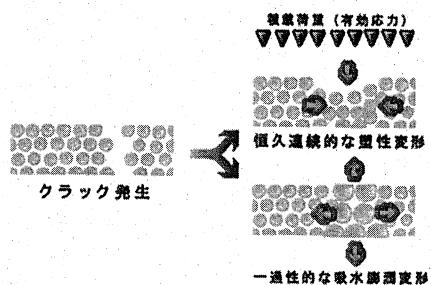


図-2 吸水膨潤変形と塑性変形のモデル

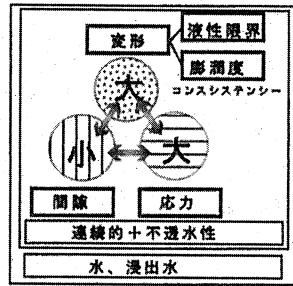


図-3 変形・間隙・応力との関係モデル

3. 代表的なGCLを使用した、重ね合わせ継ぎ目における透水試験

そこで、有効応力による塑性変形と吸水膨潤変形により止水効果の検証し評価するために、代表的なGCLとしてGSE/GCLとBMD/GCLを使用し、浸透水に水道水および人工海水を用いて重ね合わせ継ぎ目部の透水試験をおこなった。ここで織り布又は不織布のジオテキスタイルを使用した基盤材で、ペントナイトを挟み編み込まれたGCLをBMD/GCLと呼ぶ。(写真-1参照)高密度ポリエチレンのジオメンブレンの基盤材を使用したGCLをGSE/GCLと呼ぶ。(写真-2参照)

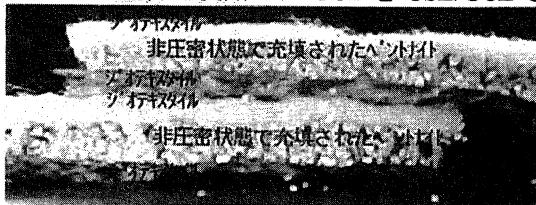


写真-1 BMD/GCL

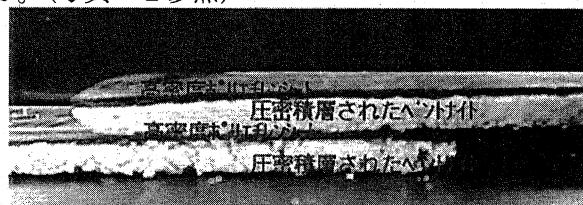


写真-2 GSE/GCL

(1)供試体の作製

供試体の作製は、BMD/GCLを円盤状に切り出し、2枚を1組として、重ね合わせ継ぎ目の幅が10cmになるように裁断して供試体とした。又GSE/GCLも同様に円盤状に切り出し、直径27cmから外側のペントナイト層を剥離した。そして、重ね合わせ継ぎ目の幅が10cmになるように裁断して供試体とした。

(2)実験に使用した浸透水

浸透水は、水道水(真空脱気したもの)および人工海水(人工海水原液を4倍希釈し、真空脱気したもの、導電率:12.5mS/cm)を使用した。

(3)実験装置および実験方法

実験装置として図-4に示す透水試験装置を組み立てた。実験方法は透水セルの基盤の上に供試体を重ね合わせ継ぎ目の幅が10cmになるように配置し、試験装置を組み立て透水係数の測定を開始した。まず0kPaで透水係数の測定を行い、値が安定したところで載荷する。載荷は0、98、196、294kPaのステップで順次載荷した。供試体の厚みの変化はカセットメーターアルミナビーズにより測定を行った。

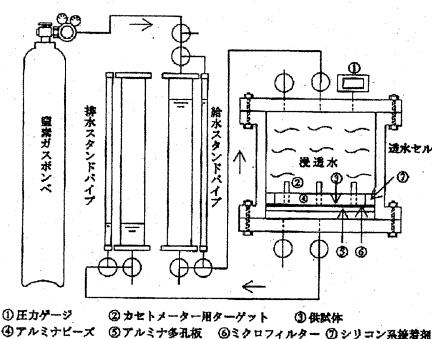


図-4 実験に使用した透水試験装置

(4)透水試験結果

浸透水に水道水を用いたBMD/GCLおよびGSE/GCLの重ね合わせ継ぎ目における透水試験の結果を図-5および図-6にそれぞれ示す。次に、表-1に浸透水に人工海水を用いた、BMD/GCLの各動水勾配時における透水係数を示す。またGSE/GCLの重ね合わせ継ぎ目における透水試験の結果を図-9に示す。

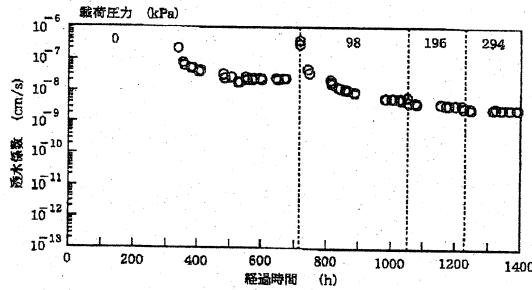


図-5 水道水によるBMD/GCLの透水試験

表-1 人工海水によるBMD/GCLの透水係数

動水勾配	透水係数(cm/sec)
5~10	2.50×10^{-5}
15~20	4.80×10^{-5}
25~30	6.15×10^{-5}
3点平均	4.50×10^{-5}

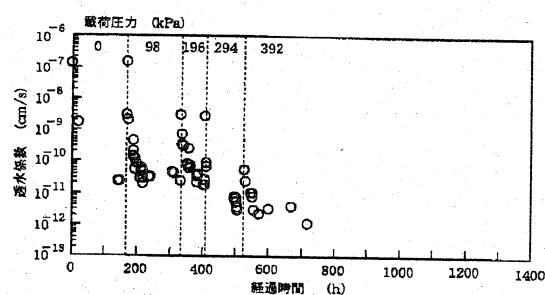


図-6 水道水によるGSE/GCLの透水試験結果

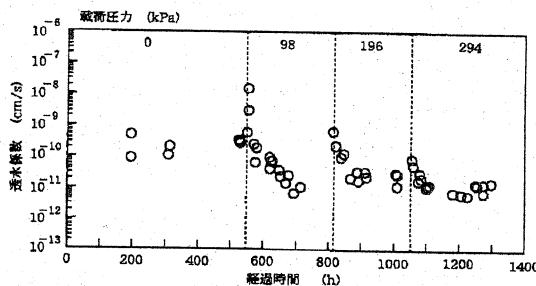


図-7 人工海水によるGSE/GCLの透水試験

(5) 水道水による透水試験結果の考察

図-5ならBMD/GCLの透水係数は $10^{-7} \sim 10^{-9}$ cm/sの範囲で推移している。また、図-6からGSE/GCLの透水係数は $10^{-7} \sim 10^{-12}$ cm/sの範囲で推移していることがわかる。両者とも透水係数は載荷直後には、圧縮歪みによる浸透水の押し出し効果で、初期の排水として高い値を示す。しかし、ベントナイト団粒の二次構造の再配列が生じて、より緻密な組織構造を形成することで、速やかに安定して実質上不透水領域⁵⁾である、 1×10^{-7} cm/s以下に達している。また、BMD/GCLとGSE/GCLの透水係数を比較すると、BMD/GCLの方が高い値で安定している。これはGSE/GCLを構成している高密度ポリエチレンシートが、一次的な止水効果を発揮するためと推察される。

(6) 人工海水による透水試験結果の考察

表-1からBMD/GCLの透水係数は載荷圧力が0 kPa(常圧)のときで 4.5×10^{-5} cm/sであり、圧力を載荷することができないため、継続した透水試験が実施できなかった。図-7からGSE/GCLの透水係数は $10^{-8} \sim 10^{-12}$ cm/sの範囲で推移している。BMD/GCLは供試体全面(K3)において、非圧密状態で充填されたベントナイトが、人工海水に含まれる電解質により膨潤が抑制され、吸水膨潤変形が発現しづらくなつたと推察される。また、横方向の重ね合わせ継ぎ目(K1)は、排水性の良好な不織布を使用した基盤材を重なり合つたため、十分な止水効果が得られなかつたものと推察される。逆に、GSE/GCLは供試体全面(K3)において、高密度ポリエチレンシートの一次的な止水効果と、横方向の重ね合わせ継ぎ目(K1)は、圧密積層されたベントナイトと高密度ポリエチレンシートが重なり合つたため、ベントナイトと人工海水の接触面積が小さくなつたため、十分な止水効果が得られたものと推察される。

(7) 透水係数の計算の考え方と方法

GCLの基盤材として使用されているジオテキストタイルおよびジオメンブレンの相違による浸透のモデルを図-8に示す。



図-8 基盤材の異なる浸透のモデル

上述の浸透モデルにより、GSE/GCL の浸透は、基盤材の透水係数が $3.0 \times 10^{-13} \sim 3.0 \times 10^{-11} \text{ cm/s}$ 範囲³⁾ の高密度ポリエチレンシートにより、水平方向の重ね合わせ継ぎ目部分 (K1) において浸透水が通過するものと考えられる。また、BMD/GCL の浸透は、基盤材が不織布のため、供試体全面 (K3) と横方向の重ね合わせ継ぎ目 (K1) と垂直方向の重ね合わせ部 (K2) とから浸透が生じる。したがって、両者の透水係数を比較するには、供試体全面において浸透水が通過すると、仮定した方が妥当と考えられる。そこで、本実験での透水係数は、浸透水が供試体全面を通過すると仮定して、計算を行った。

4. GCLを使用した設計上の留意事項

現在、最終処分場のしや水工構造には図-9に示すような構造でGCLが採用され、また処分場内の浸出水に含まれる、塩素イオン濃度は8,000～20,000mg/lと言わわれている⁴⁾。このため、実験結果および考察から、電解質を含む浸出水により膨潤が抑制される場合、その影響を最小限にすることが重要と考えられる。方法としては、水道水やスマクタイト水分散液⁷⁾などで、事前膨潤（以下、プレ膨潤と略記）することで、ベントナイトの吸水膨潤変形を発現させ、ベントナイト粒子間の空隙を埋め、止水性の低下を最小限にすることが必要と考えられる。CASE1～4は、基盤からの湿気でプレ膨潤が可能であり、CASE4～5は排水層に事前充てんによりプレ膨潤が可能である。しかしCASE6はプレ膨潤が不可能なため、予測される浸出水で事前に透水試験を実施し採用することが重要と考えられる。

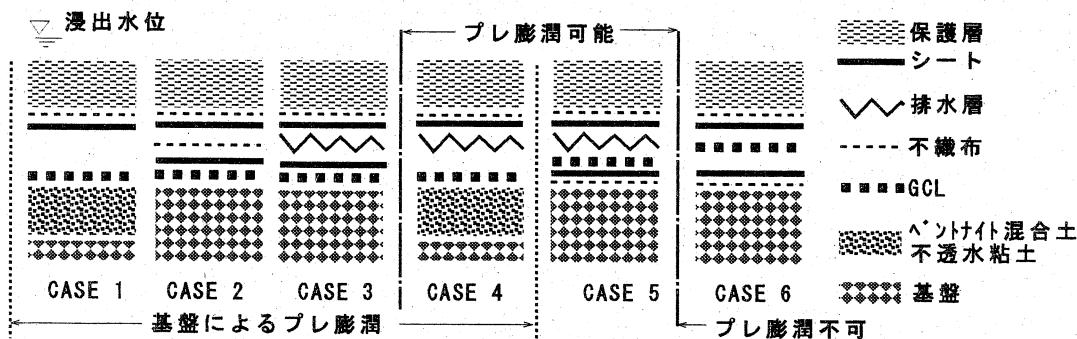


図-9 最終処分場におけるしや水工構造モデル

5.まとめ

本実験結果より、GCLに使用されるベントナイトは同じであるが、基盤材として使われる素材の相違により、止水性が異なることが検証された。

最後に本件に多くの助言を頂いた、近藤三二氏に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Paula Estorenell,Gowser-Assoc.,1910 Fairview Ave.E.,Seattle,WA98102.David E.Daniel,Prof.of Civ.Engng.,Univ.of Texas,Austin,TX.78712 Journal of Geotechnical Engineering,Vol.118,No.10,Oct.,1992.
- 2) Waste containment systems by geosynthetics by Davitd E.Daniel & Johon J.Bowders,Jr Masashi Kamon(ed.),Environmental Geotechnics Vpl.3, Proceedings of The Second International Congress on Environmental Geotechnics / Osaka / Japan / 5-8 Nov.1996,1275-1291,A.A.Balkema / Rotterdam / Brookfield / 1997.
- 3) Geotechnics of soil-waste material interactions by James K.Mitchell Masashi Kamon(ed.), Environmental Geotechnics Vpl.3, 1311-1328,1997 Balkema Rotterdam Proceedings of The Second International Congress on Environmental Geotechnics Osaka, Japan,November 5-8,1996
- 4) 古賀慎、高橋聰:最終処分におけるジオシザック・クリankeに要求される品質規格と施工例 ジオシザック論文集第13巻,pp171-178,1998 国際ジオシザック学会日本支部
- 5) 土質学会(現地盤工学会)編:土質試験の方法と解説、土質学会(現地盤工学会)、pp.273,1990.
- 6) 横口壯太郎:諸外国の埋立技術と日本の埋立技術 廃棄物学会関西地区'98 施設見学会&セミナー 平成10年11月
- 7) 古賀、水野他:最終処分場における修復システムへのスマクタイト水分散液の利用、第42回粘土科学討論会講演要旨集,pp.186-187,1998.