

京都大学大学院 学生員 ○ 小川 翔太郎
 京都大学大学院 正会員 乾 徹
 京都大学大学院 正会員 高井 敦史
 京都大学大学院 正会員 勝見 武

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴い多くの地盤環境問題が発生したが、その一つとして、福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質を含む大量の廃棄物の発生及びその処分が挙げられる。放射性物質を含む廃棄物を処分する区画においては、雨水浸透の防止、溶出した放射性セシウムの移動の抑制を目的とした隔離層の設置が必要となる。現在この隔離層として、高い遮水性・放射性セシウムの吸着が期待できるジオシンセティッククレイライナー（Geosynthetic Clay Liner, 以下 GCL）の適用が検討されている。本研究で用いた GCL を写真-1 に示す。GCL とはベントナイト系遮水ライナーの一つであり、ベントナイトの水和膨潤性から、高い遮水性を確保することが可能である¹⁾。工場製品であり、実現場では端部の処理も互いに重ね合わせるだけで継ぎ手部の遮水性が確保されるため、施工が容易である利点を有する。しかし、重ね合わせ部の実環境中での挙動、遮水性能については十分に検討されていない。そこで本研究では、GCL の重ね合わせ部を対象に定水位透水試験を新たに作製した透水試験装置を用いて実施し、重ね合わせ部の遮水性能評価を行った。

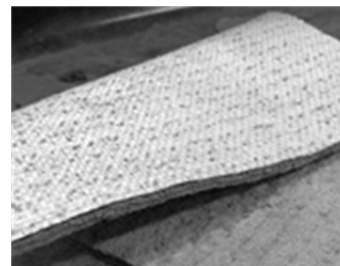


写真-1 用いた GCL

表-1 GCL の基礎物性値

項目	単位	値
単位面積 ベントナイト質量	g/m ²	5000
乾燥時厚さ	mm	5.57
自然含水比	%	10
土粒子密度	g/cm ³	2.88
透水係数	m/s	1.1×10^{-11}

2. 実験方法

2.1 試料 本実験で用いた GCL は、織布と不織布で粉末状の Na 型ベントナイトを挟み込み、ニードルパンチで結束加工した Bentofix（NAUE 社製）である。中間本体ベントナイト層とは別に、上層の不織布中にも全面に粉状ベントナイトが塗布されているため、施工時にいずれの切断端部同士を重ね合わせても遮水性能が期待できる。GCL の基礎物性、および事前に測定した透水係数を表-1 に示す。

2.2 実験装置 本研究では実現場での GCL の重ね合わせ部を対象に定水位透水試験を実施するため、図-1 に示す試験装置を新たに作製した。GCL は 2 枚を装置中央で重ね合わせ、重ね合わせをしない部分には厚さ 5 mm の不透水性のゴム板を GCL 上部あるいは下部に設置することで、鉛直方向の通水はないものと見なし、重ね合わせ部のみからの流出水量を求められる構造となっている。

2.3 試験手順 濾紙を敷いた有孔板上に GCL およびゴム板を配置し、角パイプを載せ固定する。そこに含水比を 13% 程度に調整した珪砂 4 号を 30 cm の高さまで充填した。24 時間放置し GCL を水和させた後、最大 45 cm まで水位を与え、定水位透水試験を行った。このときの有効上載圧は 2.6 kPa である。GCL の重ね幅は、処分場に敷設する際に一般的な 150 mm を採用し、検討を行った。

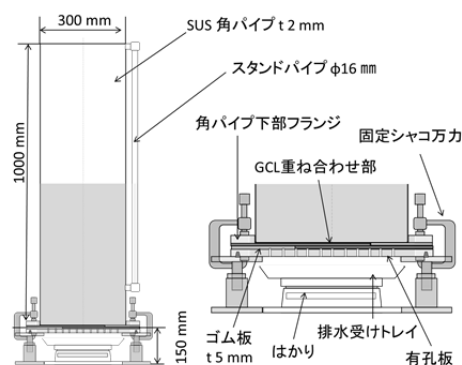


図-1 重ね合わせ部の透水試験装置

3. 実験結果

3.1 試験後の GCL の含水比分布 透水試験終了後に測定した上下の GCL の含水比分布を図-3 に示す。この図から GCL 中央部の含水比が端部よりも大きな値を示す傾向にあることがわかる。このことから、本実験で得られた通水は試験装置の外縁を通過した漏水ではなく、GCL 部を通過した水量を適切に評価できていると判断できる。また、上側の GCL の含水比が下側よりも相対的に大きな値を示す傾向を読み取ることができる。

3.2 遮水性能の評価 水和後 1 週間は、水位を 30 cm に設定して試験を行ったが通水が見られなかった。そのため、その後水位を 45 cm に上昇させ、再び経過を観察した。水位を上昇させてから 1 週間(30 cm の水位を与えた時点からは 2 週間)が経過した時点から、装置下部からの通水が確認でき、その後は 1 日に 2 回流出水量および水温を計測し、流出水量が安定した時点で実験を終了した。本試験条件下では、GCL の重ね合わせ部を通過する水平方向の流れ、および GCL の重ね合わせ部を鉛直方向に通過する流れの 2 種類の透水経路が考えられる。しかし、計測された流出水量が表-1 に示す透水係数から算定した推定値の約 4 倍となったこと、また図-3 に示すとおり重ね合わせ上側の GCL の含水比が下側の含水比と比べ大きい傾向にあることから、GCL を鉛直に浸透した通水よりも、GCL の重ね合わせ部の水平方向の通水が卓越しているものと推察される。そこで重ね合わせ部の水平方向の透水量を定量的に評価するため、単位長さの境界に単位動水勾配が作用した際の流量を表す界面透水量係数を導入した。

$$k_L = \frac{d}{h} \cdot \frac{Q}{b(t_2 - t_1)} \cdot \frac{1}{10000} \quad (1)$$

k_L : 界面透水量係数 [m^2/s] b : 重ね合わせ部の境界長さ [cm]

Q : 流出水量 [cm^3] h : 重ね合わせ部からの水位 [cm]

d : 重ね合わせ幅 [cm] $(t_2 - t_1)$: 測定時間 [s]

界面透水量係数の推移を図-4 に示す。通水を確認した時点から 73 時間後まで流出水量を測定したが、界面透水量係数は安定して $10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$

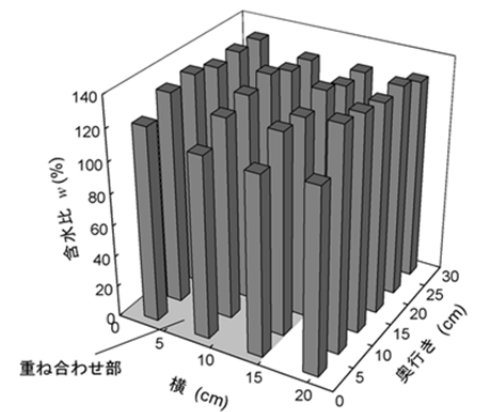
以下という非常に小さな値を示した。実現場において隔離層として GCL を適用した場合、GCL 上部の保護層の一般的な厚さが 50 cm であることを考慮すると、45 cm という水位は十分に高い水位であると考えられるため、GCL の重ね合わせ部は十分に高い遮水性能を有していると考えられる。

4. おわりに

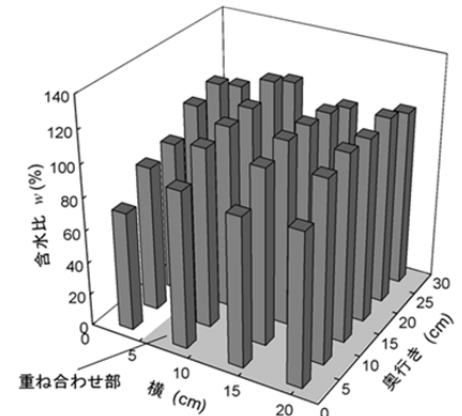
GCL の重ね合わせ部に関してその遮水性能の評価を行った結果、GCL 単体の透水係数から算出した透水量の、約 4 倍の透水量が確認された。試験後の GCL の含水比分布を考慮すると、45 cm という高い水位がかかった状態では GCL 同士の間を水平方向に移動する通水が生じることが明らかとなった。ただし水平方向の通水を考慮しても、重ね合わせ部は隔離層として高い遮水性能を維持することが分かった。

参考文献

- 1) Katsumi, T., Ishimori, H., Onikata, M., and Fukagawa, R. (2008): Long-term barrier performance of modified bentonite materials against sodium and calcium permeant solutions, Geotextiles and Geomembranes, Elsevier, Vol.26, No.1, pp.14-30.



(a) 上部 GCL



(b) 下部 GCL

図-3 各 GCL の含水比分布

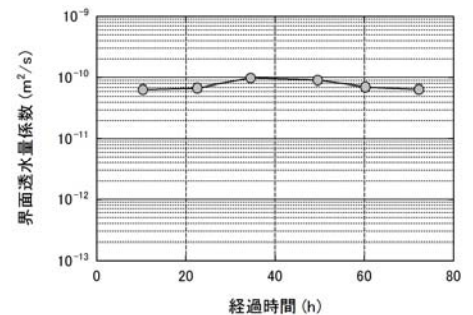


図-4 界面透水量係数の推移