

京都大学地球環境学大学院 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 ○安達元樹

立命館大学大学院 学生会員 石森洋行

立命館大学理工学部 正会員 深川良一

1. はじめに

廃棄物処分場に処分される廃棄物は有害物質・環境影響物質を含みうるため、処分場はそれらが外部環境に悪影響を及ぼさない構造・システムであることが求められる¹⁾。現在、廃棄物処分場の底部遮水工として、クレイジオシンセティックバリア (CGB) の適用が注目されている。CGB は、顆粒状あるいは粉末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り、ジオメンブレンに貼り付けたりしたシート状の工業製品であり、底部遮水工への適用にあたって施工労力の低減や廃棄物受入容量の増加といった優れた点がある。しかし、CGB の適用にあたってはその性能を検討し、構造基準に示されている遮水工との等価性を確認する必要がある。そこで、本研究では CGB を含む遮水工構造に対して性能評価を行った。

2. 解析方法と条件

Fig. 1 に示す 4 種類の遮水工構造について、ジオメンブレンに損傷が存在した場合の、遮水工を通過する浸出水量と化学物質 (溶質) 漏出量を有限要素法によって算出し、性能比較を行った。Case 1 はジオメンブレン (GM) と CGB の複合ライナー、Case 2 は GM と CGB と粘土ライナー (CCL, 層厚 30 cm) の複合ライナー、Case 3 は日本の構造基準の複合ライナー (GM と CCL)、Case 4 は米国の構造基準の複合ライナーで、それぞれ GM 直下にジオテキスタイル (GT) を敷設しない場合とした場合について解析を行った。Case 1 および 2 で CGB としてはベントナイト部分のみを考えている。軸対称二次元断面において、まず飽和浸透流解析により、損傷部からの漏水に伴う遮水工からの漏水量を算出した。続いて二次元移流分散解析によって損傷部からの化学物質の漏出量を算出した。GM の損傷による漏水量の評価にあたっては微小な円形孔からの流れに近似させる手法が一般的であり²⁾、本研究もこれに準じて損傷部の直径は $d = 10 \text{ mm}$ とした。浸出水位 h_w は 50 cm または 300 cm で一定とした。また底部ライナーの直下 50 cm (解析領域の下部境界、 $z = 0$) に地下水面があることとし、そこでの全水頭 $H = 0$ とした。浸出水中には濃度 $c_0 = 1 \text{ mg/L}$ で無機化学物質が溶解しているとし、GM 中の拡散浸透は生じないものとした。この浸出水中の物質濃度は時間によらず一定とした。解析

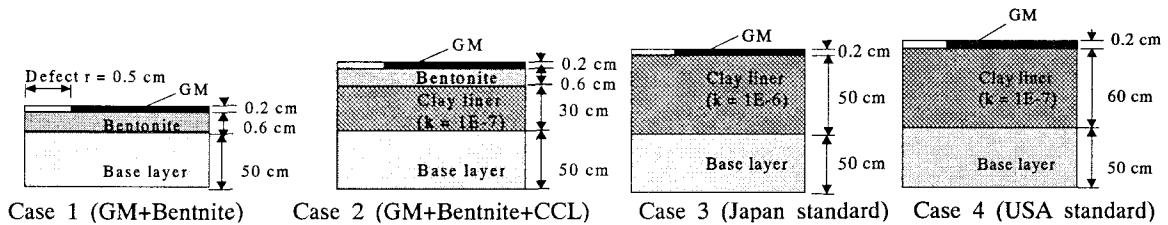


Fig. 1 検討の対象とした遮水工の断面構造図

Table 1 解析に用いたパラメーター

項目	単位	基盤層	不織布(GT)	粘土層(CCL)	ベントナイト	ジオメンブレン(GM)
透水係数 k	cm/s	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-3}	$1.0 \times 10^{-6}, 1.0 \times 10^{-7}$	1.0×10^{-9}	1.0×10^{-12}
有効間隙率 n_e	-	0.4	0.44	0.6	0.6	0.5
縦分散長 $\hat{a}_L$	cm	10	10	10	10	10
横分散長 $\hat{a}_T$	cm	1	1	1	1	1
分子拡散係数 D_m	cm^2/s	$1.0 \times 10^{-5}, 1.0 \times 10^{-7}$	$1.0 \times 10^{-5}, 1.0 \times 10^{-7}$	$1.0 \times 10^{-5}, 1.0 \times 10^{-7}$	$1.0 \times 10^{-5}, 1.0 \times 10^{-7}$	0
遅延係数 R_d	-	1	1	2	2	1

領域は、GM 直下に GT を敷設しない場合で半径 10 m、敷設した場合で 20 m とし、側方境界は不透水とした。数値解析に用いたパラメーターを Table 1 に示す。

3. 解析結果および考察

浸透流解析の結果を Fig. 2 および Table 2 に示す。Case 2 は GM の孔の直下（横軸で 0 m）と中心から離れて孔の影響を受けない領域の流速と同オーダーを示している。一方、Case 1 では GM の孔の直下での流速は著しく大きい。Case 1 で GM の孔の直下で流速が大きいのは、ライナー構造全体の層厚が小さいため動水勾配が大きくなったことと、層厚が小さいため局所的な流れが卓越し、それが遮水工底部にまで到達するためと考えられる。Case 2 は Case 1 のように極端に層厚が小さくなく、ある程度の厚さがあるためほとんど局所流は発生しない。また、みかけの透水係数が低いいため全体にわたって低い値を示す。つまり Case 2 は、Case 1 と層厚の大きい Case 4 の長所を併せ持ち、GM が損傷しても十分に高い遮水性能を維持していると考えられる。GT を敷設しない場合の Case 2 は Case 4 より流速において孔による影響を受けず、高い遮水性能を示すが、GT を敷設した場合の Case 2 と Case 4 の流速分布の傾向および値は類似している。これはベントナイトのように透水係数が低い材料が GM の直下にあれば、水平方向の流れをも抑制し、孔から浸出水が漏出する範囲は孔のごく周辺に限られるが、GT が GM 直下にあればこの機能が発揮されず孔の影響は広範囲に及ぶためと考えられる。移流分散解析の結果を Fig. 3 および Fig. 4 に示す。浸透流解析の結果と同様、Flux 分布 (Fig. 3) においても、Case 2 では孔直下と孔の影響を受けない領域の化学物質の漏出量はほぼ同値であり、GM の孔による化学物質漏出への影響はみられない。しかし、Flux の経時変化をみると、移流によって GM を通過した化学物質は CCL・ベントナイト層では拡散浸透の影響が大きいいため、層厚が小さい Case 2 は Case 3 や 4 と比較して漏出量が若干多くなった。

4. 結論

各種ライナーの性能を検討した結果、CGB を CCL の代替として用いるには等価性の点で難しいが、CGB を CCL と併用した場合は日本あるいは米国の構造基準と比較して遮水性能は十分に高く、化学物質の漏出もある程度抑制することができることがわかった。したがって、工業製品として品質の保証された CGB の適用により CCL の層厚を減らし、廃棄物受入容量の増加と遮水性能の保証を実現しうる可能性が示された。

参考文献

- 1) 勝見 武・C.H. Benson・G.J. Foose・嘉門雅史 (1999)：廃棄物処分場遮水ライナーの性能評価について、廃棄物学会誌, Vol.10, No.1, pp.75-85.
- 2) 嘉門雅史・乾 徹・遠藤和人・伊藤圭二郎・勝見 武 (2001)：遮水シートの損傷を考慮した廃棄物処分場遮水工の性能評価, 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.273-378.

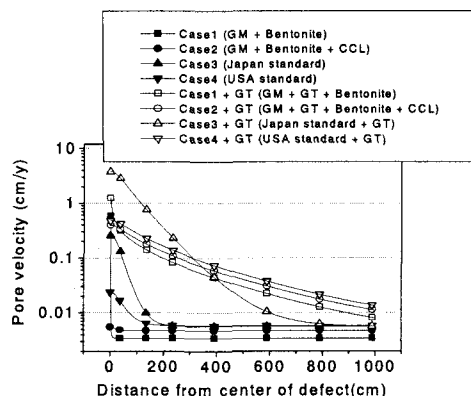


Fig. 2 遮水工底部の鉛直方向の流速分布

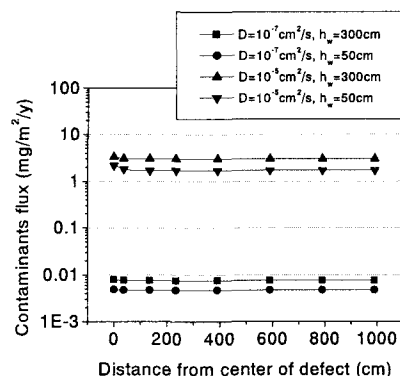


Fig. 3 Case 2 の 30 年経過後の Flux 分布

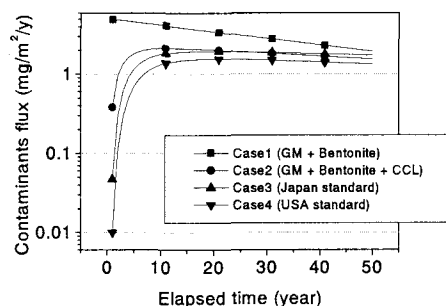


Fig. 4 Flux の経時変化 ($h_w = 50$ cm, $D = 10^{-5}$ cm²/s)