

大阪大学大学院 正 会 員 阿部信晴
大阪大学大学院 学生会員 八杉 信
大阪大学工学部 ○学生会員 加藤智章

1. まえがき

管理型廃棄物処分場では雨水の浸入などにより廃棄物中の汚染物質が溶出した浸出水が発生する。この浸出水を処分場外に流出させないために浸出水処理施設と遮水シートや粘土ライナーあるいは綱矢板などによる遮水壁が設置されるが、処分場周辺の地盤環境汚染が社会問題として取り上げられることも少なくない。本報告は、提案する粘土の化学弾粘塑性モデルと物質移行連成圧密解析法を用いて鉛直遮水壁を有する廃棄物処分場における浸出水の浸透解析を行い、汚染物質の移流拡散過程、粘土地盤の圧密沈下挙動と鉛直遮水壁の汚染物質の封じ込め効果について検討している。

2. 管理型廃棄物処分場の概要

図 1 は海面埋め立て方式の管理型廃棄物処分場を想定した解析モデルであり、処分場下部は層厚 30m の K_0 圧密された正規圧密粘土層である。そして、汚染物質の流出を防止するために 80m の間隔で鉛直遮水壁(綱矢板)が設置されている。負荷条件として汚染物質の飽和濃度と浸透水圧(浸出水水位と平均海水面との差)を廃棄物層底部で与えている。濃度および排水に関する境界条件は図 1 に示す通りである。

3. 化学弾粘塑性モデルと解析方法

解析に用いた化学弾粘塑性モデルは流動曲面履歴変数モデルに化学物質の濃度変化によって生じる化学ひずみを導入したものである。

解析法は応力の平衡方程式、間隙水の質量保存則および化学物質の移流拡散方程式を支配方程式とする物質移行連成圧密有限要素法である。提案モデルと解析法の詳細については文献を参照されたい。解析パラメータは表 1 に示すとおりである。弾粘塑性パラメータについては有明粘土のものをを用い、また化学物質によって粘土の透水性が劣化するので、飽和濃度に達したとき透水係数が初期透水係数の 10 倍になるとして透水性の化学物質依存性を考慮している。

4. 解析結果

表 2 に示す 3 ケースについて解析を行い、浸出水水位の影響と遮水壁根入れの効果について検討している。**汚染物質の移流拡散挙動** 図 2 は、汚染物質の地盤内濃度分布の経時変化を示したものである。地盤の透水係数が大きくなると移流現象が支配的となり、汚染物質は遮水壁の下端を回り込むようにして処分場外へ流出するようになる。それぞれのケースの流出時間は、148 年、14 年、54 年であり、廃棄物層内の浸出水水位が汚染物質の移流拡散挙動に大きく影響すること、また鉛直遮水壁の汚染物質の封じ込め効果の大きいことが分かる。

鉛直ひずみ挙動 地盤内ではまずクレープによる圧縮ひずみが生じ、汚染物質が到達して汚染濃度が上昇すると圧縮性の化学ひずみが発生して沈下が大きくなる(図 3)。浸出水水位が高くなると浸透

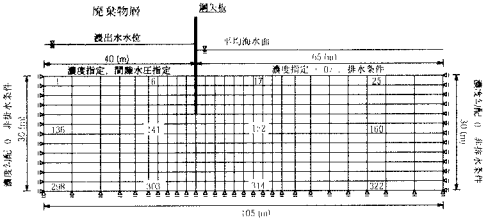


図 1 解析概要図

表 1 解析パラメータ

圧縮指数 λ	0.2
膨潤指数 κ	0.026
ポアソン比 ν	0.33
初期間隙比 e_0	1.44
二次圧縮係数 μ	2.3×10^{-3}
基準ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_0$ (1/day)	1.0×10^{-4}
内部拘束ひずみ速度 $\dot{\epsilon}$	1.0×10^{-3}
基準透水係数(水平方向) k_{x0} (cm/sec)	1.0×10^{-5}
基準透水係数(鉛直方向) k_{v0} (cm/sec)	1.0×10^{-5}
透水性変化指数(水平方向) $C_{\kappa x}$	0.8
透水性変化指数(鉛直方向) $C_{\kappa v}$	0.8
初期履歴変数 h_0	0.001
土粒子密度 ρ_s (kg/cm ³)	2.67×10^{-3}
化学透水性変化係数 C_p	9.0
化学圧縮係数 α	0.054
化学膨潤係数 β	0.0
化学弾性ひずみパラメータ ϵ	4.0
分配係数 K	0.0
拡散係数(水平方向) D_x (cm ² /sec)	1.67×10^{-6}
拡散係数(鉛直方向) D_v (cm ² /sec)	1.67×10^{-6}

表 2 解析ケース

解析ケース	透水係数 (cm/sec)	浸出水水位 (m)	遅延係数	拡散係数 (cm ² /sec)	遮水壁根入長 (m)
ケース 1	1.0×10^{-4}	0.2	1	1.67×10^{-6}	10
ケース 2	1.0×10^{-3}	2	1	1.67×10^{-6}	10
ケース 3	1.0×10^{-5}	2	1	1.67×10^{-6}	20

水圧によって平均有効応力が減少するために、まず膨張ひずみが発生する。

地盤面の沈下 透水係数が小さく拡散が支配的な場合は汚染物質が深さ方向にほぼ一様に広がって行くため化学的負荷により地盤は一様に沈下するが、移流が支配的になると汚染物質が遮水壁を回り込むように広がっていくため、遮水壁周りが大きく沈下して不等沈下となる。浸出水水位が高くなると浸透水圧によって平均有効応力が減少するため、除荷によって処分場直下の沈下が抑制される。(図4)

5. まとめ

- 1) 粘土地盤内の汚染物質の移流拡散挙動は透水係数および浸出水水位の影響を大きく受ける。
- 2) 遮水壁の根入れを深くすることにより汚染物質の処分場外への流出を遅らせることができる。
- 3) 粘土は化学的負荷によって変形が生じるため、廃棄物処分場直下の粘土地盤は大きく沈下する。また透水係数や浸出水水位が大きく移流が支配的となるようなケースでは沈下が早期化し、遮水壁近傍が大きく沈下する。

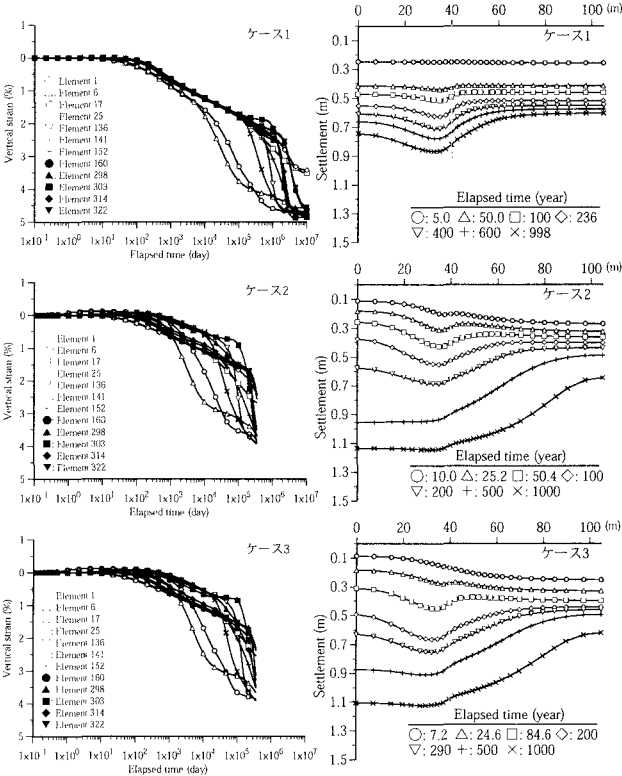


図3 鉛直ひずみ経時変化

図4 地盤沈下経時挙動

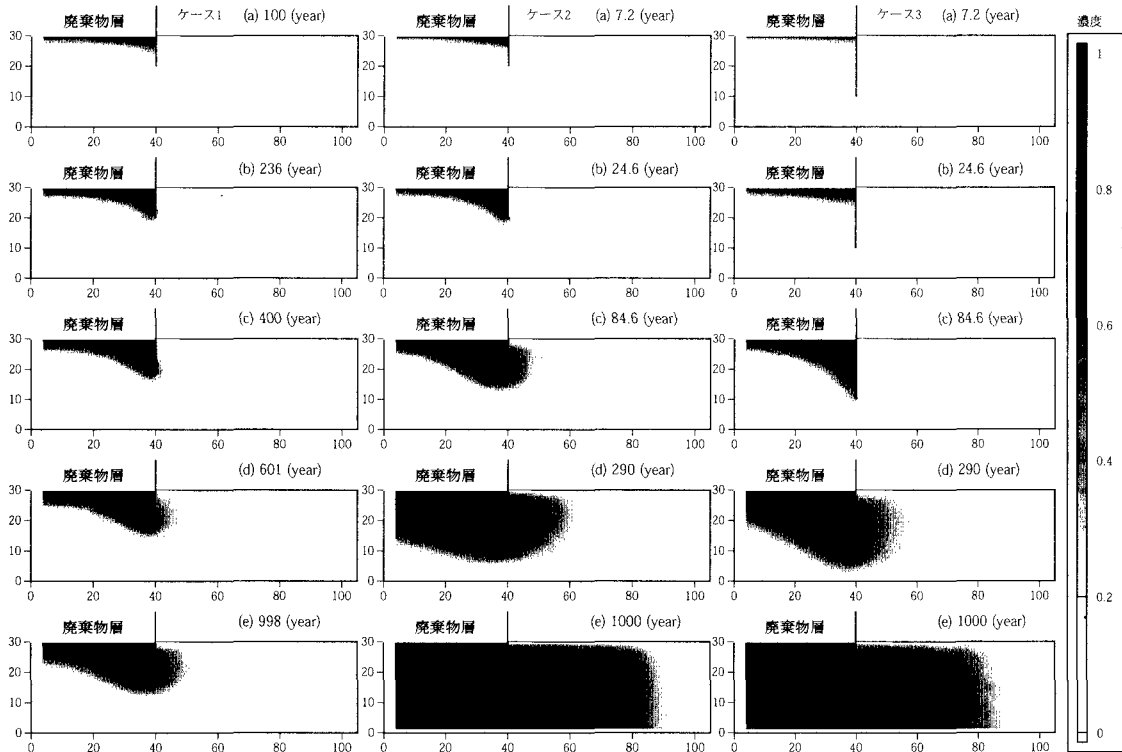


図2 濃度分布経時変化