

廃棄物最終処分場のキャピラリーバリア型覆土の設計法に関する研究

岡山大学大学院 正会員 西垣 誠
 同 正会員 小松 満
 同 学生会員 ○春名 充明

1. はじめに

本研究では、持続可能な循環型社会における廃棄物処理を目指すため、廃棄物の早期安定化、浸出水による地下水汚染に対する安全性と、建設、管理コストを考慮しなければならない現状を鑑みて、廃棄物処分場の最終覆土の一つで上部細粒土層と下部粗粒土層の二層からなるキャピラリーバリアに着目した。図-1にキャピラリーバリア型覆土の概略図を示す。キャピラリーバリアは、上下層の試料の毛管力の差により勾配がある層の境界面で降雨を側方排水することで、浸出水を制御できるが、現在、いくつかの施工事例は見られるものの、その施工方法の確立には至っていない。そこで今回、キャピラリーバリアに用いる砂や礫の飽和・不飽和浸透特性の測定法を従来の試験法の中から最適な方法を選び、その適用性を検討した。次に実際に室内における大型土槽実験を実施し、実際の排水能力を測定した。さらに室内試験により測定した物理パラメータを基に飽和・不飽和浸透流解析を行い、解析モデルと大型土槽実験での結果を比較しその整合性の検討を行った。最後にそれらの結果を踏まえて、設計時の排水能力の予測精度について議論した。

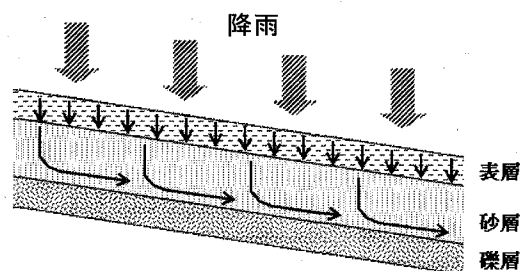


図-1 キャピラリーバリア型覆土概略図

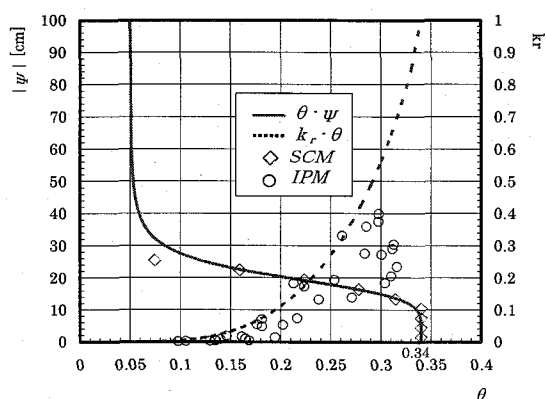
2. キャピラリーバリア材の基礎物性

用いた試料は上部細粒土層に千葉県産の山砂(FWS), 下部粗粒土層に砕石(7号)である。試料の基礎物性を表-1に示す。キャピラリーバリアの降雨浸透現象を評価し最も適切な設計を行う上では、キャピラリーバリアを構成する砂及び礫の飽和・不飽和浸透特性を正確に測定する必要がある。つまりこれらは、設計を行うにあたり実施される飽和・不飽和浸透流解析において最も基礎的で重要なパラメータである¹⁾。

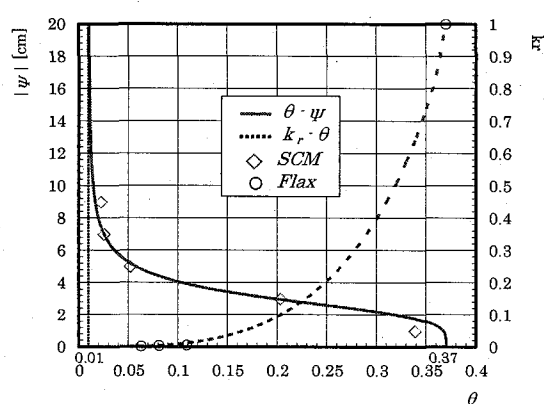
表-1 試料の基礎物性

	Fine Washed Sand	砕石(7号)
間隙率 n	0.40	0.37
土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.66	2.67
飽和透水係数 $k_s(\text{cm/s})$	1.38×10^{-2}	2.62×10^0

ここでは上記のパラメータの測定として定水位透水試験によって飽和透水係数を求めた。また、土の保水性試験のうち土柱法(SCM)を用いて水分特性曲線を計測し、併せて van Genuchten の関数モデルを用いて経験式から同定することで不飽和透水係数を推定した。さらに瞬時水分計測法(IPM)及びフラックス制御法(Flax)により実際に不飽和透水係数を求め、推定方法の妥当性を検証した。その結果得られた試料の不飽和浸透特性を図-2に示す。



(a)FWS



(b)砕石

図-2 試料の不飽和浸透特性

3. 室内大型土槽実験

次に、キャピラリーバリアに用いる試料やその勾配、長さを設定したときの室内実験を大型土槽モデルを用いて、雨水の排水能力を検討した。実験装置図を図-3 に示す。基礎物性を計測した試料は表-1 のものを用いた。実験手順としては、土槽の最上部の1点から定流量ポンプを用いて、設定した降雨強度を供給した。キャピラリーバリアとしての排水能力が失われた降雨強度で実験を終了した。また、勾配は 5° に固定した。

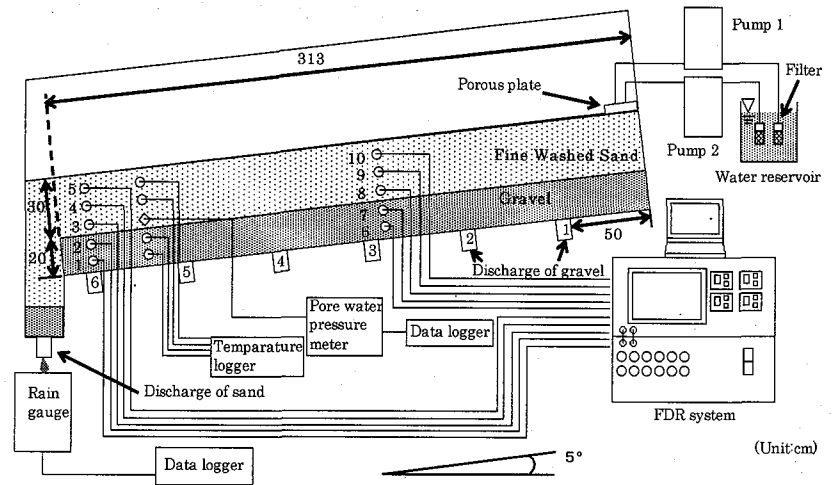


図-3 大型土槽実験装置図

4. 浸透流解析による検討

浸透流解析プログラム UNSAF2D²⁾を用いて、2次元非定常浸透流解析を行った。入力パラメータとして計測した試料の物性値を用い大型土槽実験と同様の条件（降雨、浸出面、勾配、高さ、幅）での解析結果を実験で得られたデータと比較し、整合性を検証した。解析のモデルは、室内大型土槽実験を対象にし、土槽の大きさ、勾配を忠実に再現した。

大型土槽実験計測結果と解析結果の比較を図-5、図-6 に示す。両グラフとも、計測データと解析結果に排水量の差はあるものの、この差は、飽和・不飽和透水係数の計測精度に起因すると考えられ、どちらも降雨量の増加とともにNo.1の排水口からの排水が増加していることが図-6 からわかる。つまり、解析によって実際の排水の傾向が示せていると言える。

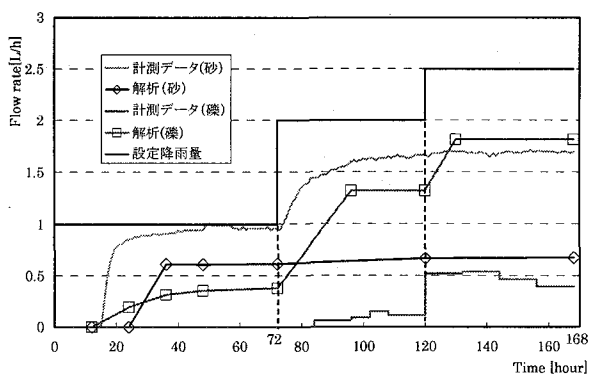


図-5 砂層、礫層からの排水量の計測値と解析結果の比較

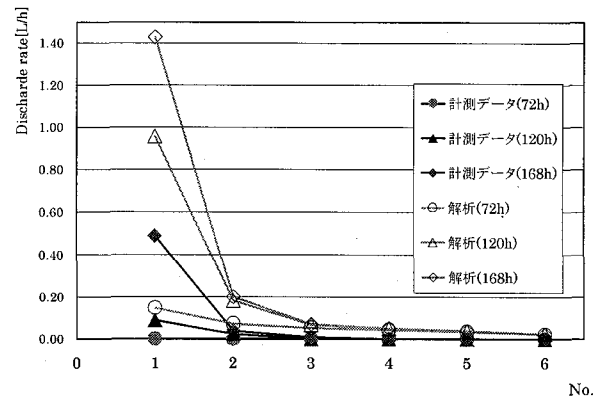


図-6 礫層の各浸出面からの排水量の計測値と解析結果の比較

5. 結論

本研究による得られた結論を以下に列挙する。

- (1) 砂や礫の飽和・不飽和浸透特性を土柱法などの従来用いられている試験方法で求めた。また、van Genuchten の関数モデルを用いて水分特性曲線の計測結果をフィッティングし、不飽和透水係数を推定した。
- (2) 解析と実規模実験の比較結果より、各層からの浸出水量は異なったが、礫層からの排水量の傾向を捉えることができた。最後に、実験のではより高い側方排水性を示したことから、解析により精度の高い予測を行うには実際の砂層、礫層の飽和・不飽和透水係数を精確に知る必要があることが判明した。

謝辞： 本研究の一部は科学技術振興調整費、重要課題解決型研究「廃棄物処分場の有害物質の安全・安心保障」の支援を受けて行われた。ここに記して謝意を表する。

【参考文献】

- 1) 河野伊一郎, 西垣誠: 不飽和砂質土の浸透特性に関する実験的研究, 土木学会論文報告集, 第307号, pp. 59-69, 1981.
- 2) 赤井浩一, 大西有三, 西垣誠: 有限要素法による飽和不飽和浸透流解析, 土木学会論文報告集, 第264号, pp. 87-96, 1977.