

Ⅲ－29 キャピラリーバリアによる雨水の鉛直浸透制御に関する研究

東北大学 学 ○岩渕光生 正 風間 基樹
八戸工業高等専門学校 正 清原 雄康

1. はじめに

野外に作られる廃棄物処分場においては廃棄物層内へ浸入した雨水が有害物質を溶出する懸念がある為、廃棄物層内への水の浸入の抑制が求められる。しかし、従来の廃棄物覆土技術では遮水性や耐久性等の問題¹⁾があり十分ではない。ここで、浸出水抑制の方策としてキャピラリーバリア型覆土がある。これは砂等の微細間隙を持つ土を上層、礫等の粗大間隙を持つ土を下層とした二層構造で構成され、この二層の毛管力の差により上層に水分が保持され、勾配により土中水が上層を側方排水され下層への浸透を防ぐものである。従来の覆土層に比べ遮水性、耐久性等に優れている。

キャピラリーバリア工法については、これまで様々な実験、浸透流解析等²⁾が行われてきたがバリア材としての土材料の違いに着目した研究は少ない。本研究では保水性、透水性の異なる豊浦砂と火山灰質土の八戸しらすをバリア材に用いて模型実験、浸透流解析を行うことで、各々のバリア材としての性能を定量的に評価する。

2. 模型実験と浸透流解析

2.1 材料物性

本実験で用いた試料の物性、実験条件の乾燥密度を表-1に示す。また、土柱法保水性試験結果と van-Genuchten 式にフィットすることで得た水分特性曲線を図-1に示す。表-1より豊浦砂の方が透水性が八戸しらすより良く、また、水分特性曲線より八戸しらすの方が保水性に優れていることがわかる。

2.2 模型実験

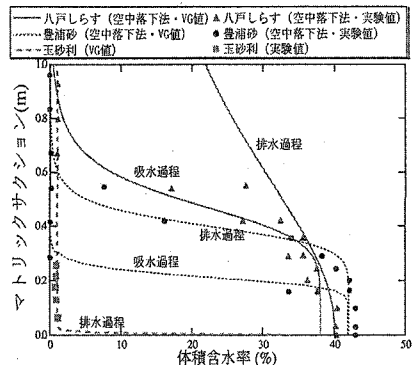
本研究では、図-2の様なキャピラリーバリア模型を作成し、斜面勾配5度または10度の状態において降雨強度0, 5, 10, 20, 30, 40mm/hの雨を降らせ、八戸しらす、豊浦砂について各10ケースの降雨模型実験を行った。模型に排出口No.1～No.7を開けそこから定常時の排出流量を測り定量的にバリアを評価した。また、模型バリア層内に土壌水分計を設置して土壌の体積水分率分布と自然含水状態からの吸水量を見た。

2.3 浸透流解析

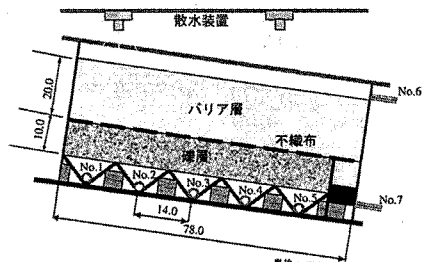
キャピラリーバリア現象をシミュレーションする為に有限要素法浸透流解析コード PLAX FLOW³⁾を用いた。この解析によってキャピラリーバリア現象の再現、実験値排水流量との比較を行った。ただし、この

表－1 使用材料物性と実験条件

	豊浦砂	八戸しらす	玉砂利
土粒子密度 ρ_s [g/cm ³]	2.640	2.518	2.640
最大間隙比 e_{max}	0.978	—	—
最小間隙比 e_{min}	0.605	—	—
50% 粒径 D_{50} [mm]	0.225	0.5	3
均等係数 U_C	1.96	34	1.55
飽和透水係数 k_S [cm/sec]	2.3×10^{-2}	2.1×10^{-3}	2.78
乾燥密度 ρ_d [g/cm ³]	1.505	1.224	1.688



図－1 水分特性曲線



図－2 模型実験概要図

解析コードは不飽和場での水分移動を記述する式である Richards 式、水分特性では van Genuchten 式、透水性では Mualem 式を使った透水係数を使用している。

3. 結果と考察

3.1 実験結果

図-3は土壌水分計によって得られた体積水分率分布を高さ方向に積分することによって得られた保水率と降雨強度の関係と吸水量-降雨強度関係である。ただし、吸水量とは各降雨強度における保水率と自然含水状態(降雨強度0mm/h時)の保水率との差で定義される。保水率を見ると八戸しらすが豊浦砂よりも高い保水性を発揮している。しかし、吸水量を見ると両者に差がない。むしろ、降雨強度上昇にしたがって豊浦砂の吸水量の方が優っていることが分かる。

の吸水量の方が優っていることが分かる。

図-4は各排出口からの排出流量をまとめたものである。この図から、勾配10度よりも5度の方が側方排水されず、バリアをブレイクして下層に流下した流量(No.1~No.5からの排出流量)が多い、また全体的に八戸しらすの方が豊浦砂よりもブレイクした流量が多かった。これは豊浦砂の方が透水性が良い為、側方排水を促したと考えられる。一方、八戸しらすは透水性が悪い為、表面流が多く発生し、また模型のNo.7への引き込み部への浸入ができずに、本来No.7から排出すべき水がNo.5から排出されたことが確認された。その為、豊浦砂と八戸しらす比較はNo.1~No.4の排出流量で行うこととした。この時、勾配10度、40mm/hの場合を除いては八戸しらすのバリアをブレイクした流量が豊浦砂を上回っていることがわかる。

3.2 解析結果

有限要素モデルの例として、豊浦砂の斜面勾配5度、40mm/hの流速ベクトル分布を図-5に、勾配5度、40mm/hでの排出流量の比較を図-6に示す。まず、図-5より可視的にキャピラリーバリア現象が再現できたことが分かる。また、排出流量についても多少の誤差はあるものの実験値をよく再現できている。ただし、八戸しらすに関しては先述の理由によりNo.5とNo.7の合計したものを載せた。

4. 結果

本研究により、以下のような結論が得られた。

1. 吸水量、排出流量の両方から見ても豊浦砂の方が八戸しらすよりもバリア材として優れている。
2. 八戸しらすあるいはそれより透水性の低い土は表面流排水効果を活かす為、覆土表層部に用いて、豊浦砂のような透水性の良い土を使ったキャピラリーバリア材との併用することで廃棄物覆土層としての機能が高まると言える。
3. PLAX FLOWによるキャピラリーバリアのシミュレーションはある程度の再現性がある。

今後の課題として、八戸しらすのバリア性能向上を目指す為、No.7引き込み部を玉砂利に変えた境界条件で模型実験を行い、豊浦砂と再比較を行う。

参考文献

- 1) 鈴木正人ら, 日本国土開発(株):キャピラリーバリア型覆土の適用事例, 土木学会第58回年次学術講演会, H15年9月
- 2) 東條安匡, 田中信寿, 松藤敏彦, 松尾孝之:キャピラリーバリアを用いた廃棄物埋立地底部集排水構造に関する研究, 土木学会論文集, No.692/VII-21,41-62,2001.11
- 3) PLAXIS manual (2003), PLAX FLOW manual Version1, PLAXIS Ltd, Delft, The Netherlands

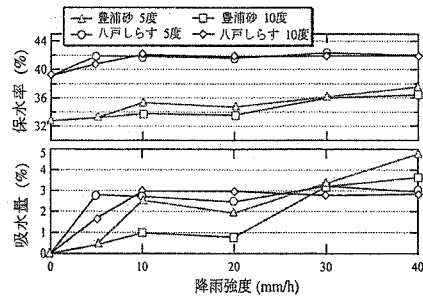


図-3 保水率, 吸水量と降雨強度の関係

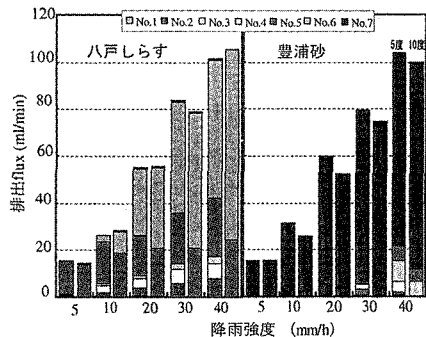


図-4 排出流量比較

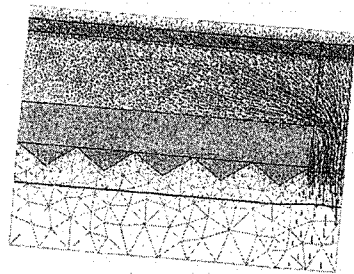


図-5 有限要素モデル, 流速ベクトル(豊浦砂5度40mm/h)

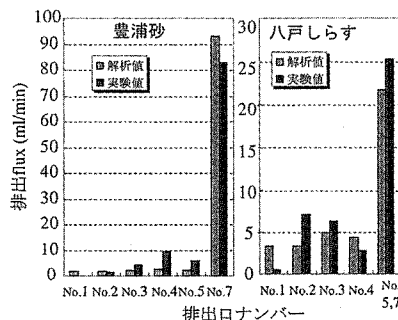


図-6 解析値との比較