

廃棄物・覆土互層構造での水分移動に関する実験的研究

北海道大学工学研究科 (正) 東條安匡 (正) 田中信寿 (正) 松藤敏彦
(正) 松尾孝之 古林祐正

1. はじめに

廃棄物最終処分場からの浸出水の漏洩を防ぐためには、埋立地内部での水分貯留を可能な限り回避し、遮水シート上への正水圧の付加を抑制する必要がある。そのためには埋立地の表面、内部、底部の様々な部分で水分を収集・排除し、底部遮水シートに到達する水量を減少させると共に、廃棄物と接触して浸出水となる水量を減らして処理施設の負荷を低減することが重要となる。そこで本研究では、覆土上の表面流、覆土・廃棄物の境界に発生する側方流を利用して水分を排除する可能性について実験的に検討を行った。また、覆土直下への砂層挿入による砂層と廃棄物層間でのキャピラリーバリアによる側方排除についても検討を加えた。実験は上層を廃棄物、下層を覆土、及び、上層に砂、下層に廃棄物を用いた2層実験を小規模装置で、表層に覆土、第1層に砂、第2層に廃棄物、第3層に覆土を充填した4層実験を大規模装置で行った。

2. [実験1](上層:廃棄物, 下層:覆土)での側方流の生成と排除

実験は図1に示す小規模実験装置に下部に覆土, 上部に廃棄物を充填し, 上部から降水を与え, 装置下端の流出口からの流出水量を計測した。充填の組み合わせは, 廃棄物層として, 破碎残渣, 焼却灰, スラグを用い, 下層覆土層は, 最終処分場で実際に用いられている覆土材を採取して充填した。各充填条件で, 勾配を0,5,10%と変化させ, 各勾配で約15,40,70mm/hの降雨を与えた。測定は定常に達するまで降水を継続して行った。勾配5%, 降雨強度約15mm/hの実験条件における上層廃棄物層が破碎残渣・スラグ, 下層覆土層の透水係数が 10^{-5} , 10^{-4} , 10^{-3} cm/sの実験結果を図2に示す。下層覆土材の透水係数が 10^{-5} ~ 10^{-4} cm/s程度と低い場合では, 供給降雨のほぼ100%近くが境界面上を側方移動し, 下流端の流出口No1から排除されている。一方, 下層覆土の透水係数(10^{-3} ~ 10^{-4} cm/s)が供給降雨強度(15mm/h= 4×10^{-4} cm/s)と同程度もしくは降雨強度が下層覆土材の透水係数より小さい場合には, 大半が下方浸透するという傾向を示し, 廃棄物層と中間覆土との境界における側方流の発生は, 覆土材の透水係数が主に支配していると考えられる。

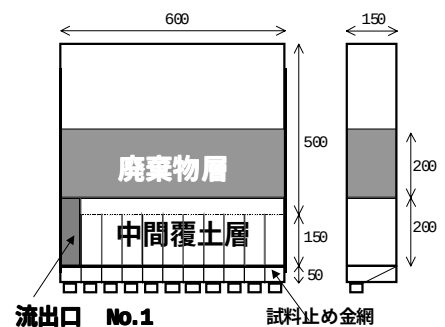


図1 実験1:装置と充填構造

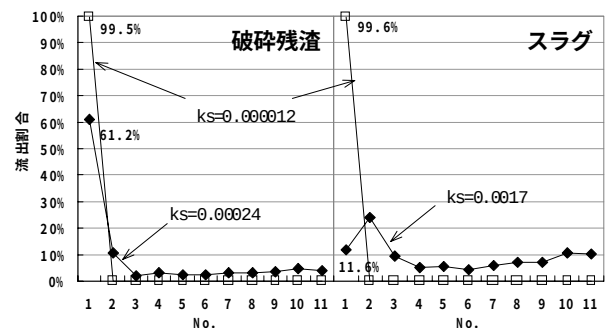


図2 流出割合 [実験1](勾配5%, 降雨強度15mm/h)

3. [実験2](上層:砂, 下層:廃棄物)での側方流生成と排除

図3のように下部に破碎残渣, その上部に砂を充填し, 最下流側の流出口No1には砂利を充填して実験を行った。試料には上部砂層として, 3種類の砂を, また下部廃棄物層には, 2種類の破碎残渣を用いた。実験はいずれも, 勾配を0,5,10%の3段階, 各勾配に関して降雨強度を約15,40,70mm/hの3段階に変化させ, 下部流出口からの定常時の流出水量を計測した。勾配10%, 降雨強度約15mm/hの実験条件における結果を例として図4に示す。図は横軸が流出口番号, 縦軸が定常時流出割合である。砂層の粒子径が均一で毛管帯の幅の広い砂1, 砂3では高い割合でNo1流出口からの流出が生じており, 破碎残渣のような廃棄物層であれば, 砂層との間でキャピラリーバリアによる側方流排除は可能であるといえる。但し, 砂2のような粒度分布の良い試料では,

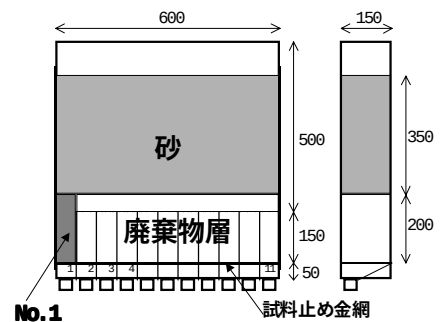


図3 実験2:装置と充填構造

キーワード 廃棄物処分場, 水分管理, 側方流, キャピラリーバリア

連絡先 (札幌市北区北13条西8丁目 電話 011-706-6827 FAX 011-707-6585)

透水係数が比較的低いことや水分特性曲線が明確な毛管帯を示し難いことなどが影響して側方排除する傾向は見られない。また、境界部で砂層が破碎残渣層へ侵入することも上部層の水分を下部層へ侵入しやすくしており、図に示すような凹凸を持った流出分布を呈する原因となっている。

4. [実験3]大規模4層構造での側方流の生成と排除

図5に示す大規模実験装置に、最下層に中間覆土層、その上に廃棄物層として破碎残渣、その上に砂層、そして最上部に最終覆土層を合計4層充填した。No1, No2, No3の流出口には砂利を充填した。実験は、各層を充填する毎に降雨を与え、互層構造が発達するのに従って流出分布の状況が変化していく様子を確認するようにした。実験はすべて勾配5%の条件下で行った。降雨は各実験において、3～5段階(約1,5,10,12,20mm/h)で変化させた。図6に勾配5%, 降雨強度約12mm/hでの実験条件下での流出の状況を示す。

(step1) 2層を充填した段階で上部から降雨を与えると、7875ml/hの総供給水量に対して7804ml/h(99%)が破碎残渣層と覆土層の境界面を側方移動して下流端の流出口から流出した。覆土層を下方浸透した水量は71ml/h(約1%)であり、下層覆土の透水係数 10^{-6} cm/sと同等の水量が通過している。側方流出と下方浸透の割合が覆土層の透水係数依存であるということは小規模で確認された実験と同様である。

(step2) 3層の段階で降雨を与えた。8313ml/hの供給水量のうち1604ml/h(約20%)が砂層内から排除されている。キャピラリーバリアは砂層が負担する総水量が増大すると効果が低下するため、小規模実験と比較して排水効率は低下している。しかし約20%を廃棄物と接触させずに側方排除できることが確認できる。従って砂層上部に負荷される水量が減少すれば、より高い効果が期待できると考えられる。一方、砂層を通過して破碎残渣層には6708ml/hの水分が侵入しているが、最下層の覆土層は透水係数に相当する水量に関しては下方浸透させてしまうため、破碎残渣層に大量の水分が侵入する限りは下方浸透水量に変化は現れない。そのため、下方浸透水量はstep1と同等の約70ml/h(約1%)となっている。

(step3) 砂層の上に最終覆土層として透水係数 10^{-6} cm/sの覆土層を形成し降雨を与えた。覆土層の透水係数が低い場合、約12mm/hという降雨を与えた場合、そのほとんどは表面流出する結果となり、8750ml/hの供給水量に対して、最終覆土層上を表面流出して排除された水量が8561ml/h(97.8%)である。一方、覆土層によって大幅に負荷水量が減少した砂層では189ml/hの侵入水に対して166ml/h(87%)を側方排除している。この砂層での側方排除によって破碎残渣層に侵入する水量が減少した結果、下方浸透割合は約0.15%にまで低減した。

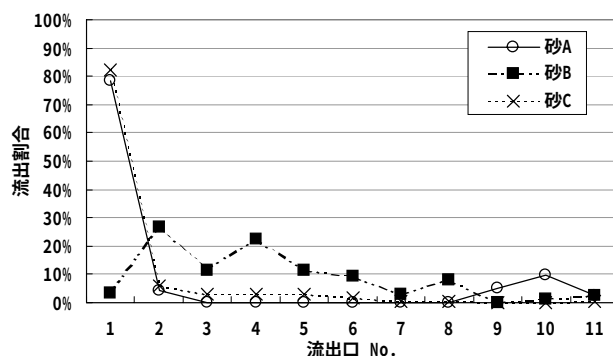


図4 定常時流出割合[実験2](勾配10%, 15mm/h)

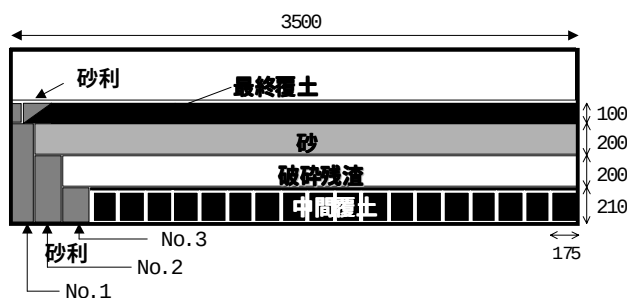


図5 実験3: 大規模実験装置と4層充填構造

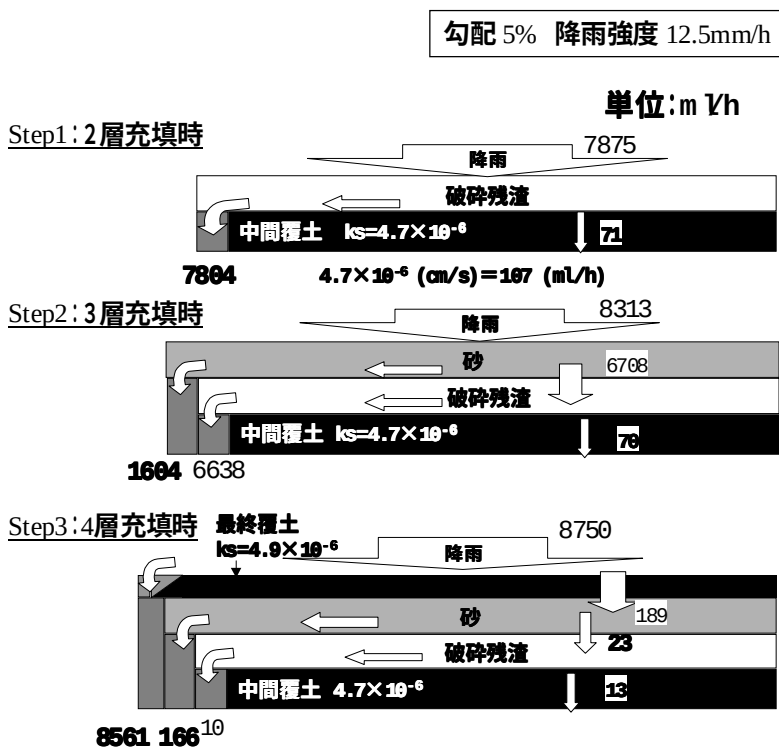


図6 大規模互層充填実験[実験3]での各層充填段階における供給降雨と流出水量の定常時水分収支(勾配5%, 降雨強度約12mm/h)