

廃棄物最終処分場からの漏水現象に関する実験的研究

Experimental study on leakage phenomena from a sanitary landfill

室蘭工業大学 ○学生員 川内宏哉 (Hiroya Kawauchi)
 室蘭工業大学 正 員 吉田英樹 (Hideki Yoshida)
 室蘭工業大学 正 員 穂積 準 (Hitoshi Hozumi)

1. はじめに

近年、廃棄物最終処分場からの汚水漏出問題が社会的な関心事となっており、より一層環境安全な最終処分場を建設することが必要となっている。処分場の表面遮水工は遮水シートが最も重要な役割を担っているが、合成樹脂系や合成ゴム系などの素材であるため施工後に廃棄物中の突起物による破損や、埋立前の寒暖や太陽光への暴露によって劣化する問題があり、これにより生じる汚染水漏水によるリスクを評価する必要がある。そこで、本研究では最終処分場での漏水の基本的な現象を明らかにすることを目的として、シートが破損した状況を模擬した実験を行い、破損シート付近の汚染水の流れについて考察を加えた。

2. 実験概要

図-1に実験装置を示した。装置は試料充填カラムと模擬汚染溶液供給カラムからなる。試料上部には遮水シートを設置し、シート中心部には直径 2 mm の穴を開ける事によりシートの破損を模擬した。さらに、シートと試料との密着性を高めるために厚さ 20 mm の鉄製の円盤をシートの上に設置した。模擬汚染溶液供給カラムは水位を一定に保てるようになっている。また、カラム底部からの流出水の水量及び流出水の伝導度を測定できるようになっている。充填試料としては、長期の移流拡散現象を短期間で再現するため比較的透水係数の大きい豊浦砂（平均径 0.17 mm）を用い、模擬汚染溶液には NaCl を溶解させたもの（7g-NaCl/L）を使用している。充填された試料は水分不飽和状態であり、カラム内の含水率分布が深さ方向にほぼ一定となるように、重量含水率は約 18 % に調整して充填した。

3. 実験方法

カラム上部の水位を一定に保った状態で、塩水を通水させ、底部からの流出量及び電気伝導度を測定する。実験終了後、試料上部の中心からその深さ方向 3 cm ごとに半径方向 0、3、6、9、12 cm の位置からサンプルを取り、内部に含まれている間隙水の電気伝導度を測定する。（図-2）

4. 実験設定

実験は試料を充填した場合（実験 A）と充填しない場合（実験 B）の 2 種類行った。充填した場合についてはさらに 2 つの条件を設定した。

実験 A …… 試料を充填した場合

条件 1

シートの穴の大きさを直径 2 mm、試料の表面を平らにし、シートとの密着度を高めたもので、流量及び電気

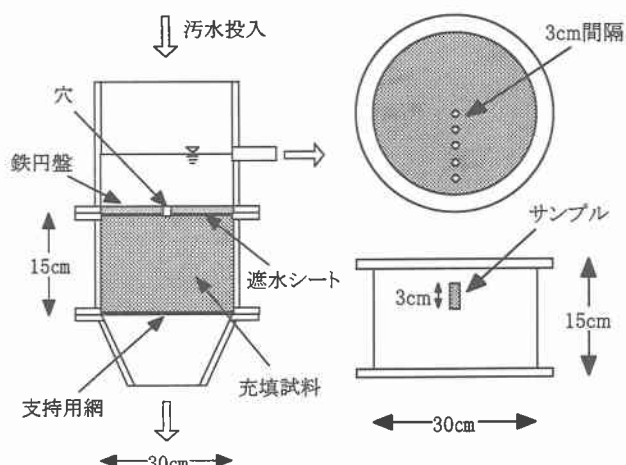


図-1 実験装置図

図-2 サンプルング方法

伝導度を測定する。

これは破損部から漏出した汚染物質の移動挙動を電気伝導度の測定結果から求めるために設定した。

条件 2

シートの穴の大きさを直径 2 mm とし、穴直下の試料に直径 1 cm、深さ 1 cm の窪みを掘ったもので、流量を測定する。

これは試料の表面が平らで試料とシートとの密着度が高い条件 1 に対して、試料の表面が凸凹で試料とシートの間に隙間がある場合での漏水の流量がどのように変化するか調べるために設定した。

実験 B …… 試料を充填しない場合

試料を充填せずに、シートだけを設置し、流量を測定する。

これはシートの 2 mm の穴を通過する汚染水の最大流量を測定し、試料の入った実験 A の場合と比較するために設定した。

また、予備実験として、試料を充填した状態でシートを設置せずに流量を測定し、試料の透水係数をもとめた。その結果、透水係数 $k = 4.5 \times 10^{-2}$ [cm/s] が得られた。

5. 実験結果及び考察

実験 B は小孔（オリフィス）からの流出問題として考えると、次の式で表すことができる。

$$Q = kCa\sqrt{2gH}$$

Q : 流量 [m³/s]、 C : 流量係数 [-]、 a : 小孔の面積 [m²]、 g : 重力加速度 [m/s²]、 H : カラムの水位 [m]、 k : 係数 [-]、但し、実験 B では $k=1$ である。

この式に実験 B の測定結果を当てはめると、 $C=0.57$ と求められ、一般に用いられている 0.6 にほぼ一致した。実験 A の条件 1 及び条件 2 で求められた流量を用いてこの式を計算し、得られた k の値を表-1 に示す。これにより、最大流量が流れる実験 B に対して条件 1 は 3%、条件 2 は 58% の流量であることがわかった。また、条件 1 と条件 2 の流量を比較したものを図-3 に示した。これらのことから、シート破損時において、試料とシート破損部分直下の間に隙間がある場合（条件 2）での漏水の流量は試料の表面が平らで試料とシートとの密着度が高い場合（条件 1）に対して、非常に大きくなることがわかった。

また、この現象はシート直下の地盤に粒子径の大きなれきが点在していたり、シート施工後に不等沈下することによって地盤とシートが十分に密着していないときにも起こると考えられる。

表-1 流量及び k の値

	最終流量 [cc/min]	k [-]
実験 A（試料を充填した場合）		
条件 1（試料表面が平坦で密着度が高いもの）	3.2	0.03
条件 2（穴直下の試料に窪みを掘ったもの）	61	0.58
実験 B（試料を充填しない場合）	107	1

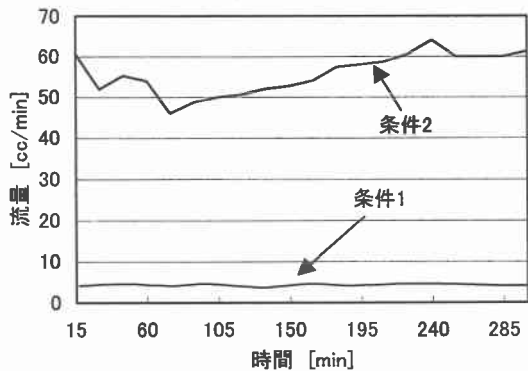


図-3 条件 1 と条件 2 の流量比較

シートと試料の密着が良い条件 1 の深さ方向と半径方向に対する濃度分布を図-4、図-5 に示した。図からわかるように、穴を通過した汚染水は基本的には、鉛直方向に移流により流下し、拡散により半径方向に広がっていると思われる。シート破損時の初期では汚染水は穴の直径より 1 オーダーほど大きい範囲で鉛直方向に流れるが、その後時間とともに半径方向に拡散していき、やがて試料全域にまで広がると考えられる。また、参考として、条件 1 の底部からの流出水の濃度を図-6 に示した。図より条件 1 は移流拡散型の流出濃度特性を示していることがわかった。

一方、条件 2 のようにシートが試料と十分に密着していない場合は、汚染水がシート直下でほぼ試料表面全域に広がり流れることにより、汚染水は充填試料全体に速やかに広がると考えられる。このように、シート直下の地盤との密着条件によって汚染水が流れる流量、濃度分布が大きく異なることがわかった。

6. まとめ

本研究では豊浦砂を用いて、埋立地における遮水シート破損模擬実験を行い、シートから漏出する汚染水の流れについて評価した結果、以下のような結論が得られた。

(1) シート破損時において、充填試料とシートの間の密着度によって、漏水流量は最大流量の 3～60% まで大きく変わることがわかった。

(2) 直径 2 mm の穴が開いたシートを通過した汚染水はまず、鉛直方向に流れ落ち、その後、半径方向に広がることが確認できた。

本研究は文部省科学研究費（奨励研究 A，課題番号 11750484）の助成を受けて行った。

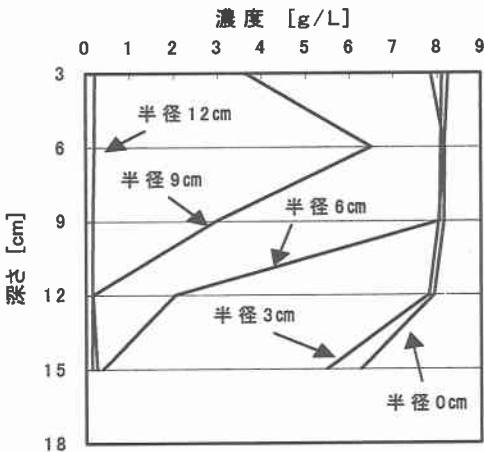


図-4 条件 1 の深さに対する濃度分布

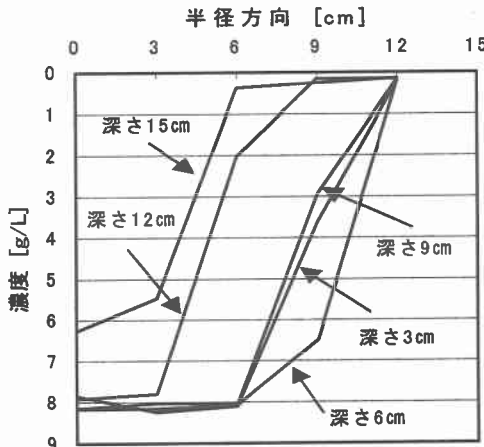


図-5 条件 1 の半径方向に対する濃度分布

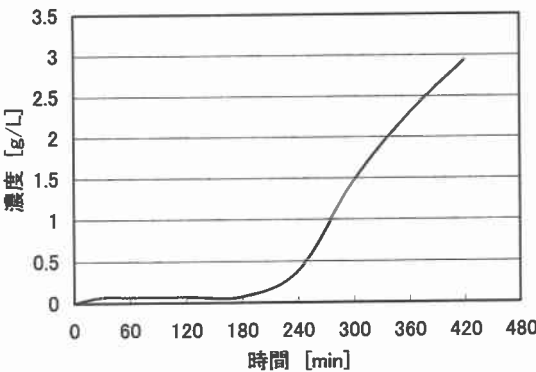


図-6 条件 1 の底部からの流出水の濃度