

シート損傷が廃棄物処分場の遮水機能に及ぼす影響

前運輸施設整備事業団 正会員 織田 幸伸
 港湾空港技術研究所 正会員 土田 孝
 港湾空港技術研究所 正会員 渡部 要一

1. はじめに

現在、廃棄物処分場の遮水工として遮水シートと土層を組み合わせた構造が多く用いられている。遮水工の性能を評価するには、遮水シートが損傷した場合に遮水性能がどう変化するかを検討する必要がある。そこで本研究では、シートと土層から成る構造においてシートが損傷した場合に、流出量に影響を及ぼす要因について実験および数値計算によって検討した。また、シートを二重にした場合の安全性の向上効果についても検討した。

2. 遮水シートの損傷モデル

遮水シートが損傷した場合を、図-1 のようにモデル化する。すなわち、層厚 L の裏込め地盤の面積 A の部分を通った水が、面積 a のシート損傷部から流出するものとする。裏込め地盤の両端の水位をそれぞれ $H, 0$ とし、シート損傷部から流出する流量を面積 A で除した見かけの流速を v 、シート損傷部での流速を v_a とする。 v は v_a に比べて十分小さいため、Bernoulli の定理より次式が成り立つ。

$$H = v_a^2 / 2g + H_1 + H_2 \quad (1)$$

ここで、 H_1, H_2 は以下に示す損失水頭（損失エネルギー）である。

裏込め地盤の浸透による損失 H_1

裏込め地盤を浸透する流れによる損失水頭は、地盤の透水係数 k_s を用いて次式で表される。

$$H_1 = \alpha L / k_s \cdot v \quad (2)$$

浸透流の向きが、図-1 の鉛直下向きであるとすると、 α は 1 である。しかしながら実際の流線は、中心部では鉛直下向きであるが、そこから離れるにしたがってシート損傷部に向かう曲線となり、浸透距離は中心部よりも長くなる。また、中心部での流速は平均流速 v よりも大きい。これらの要因により α は 1 より大きく

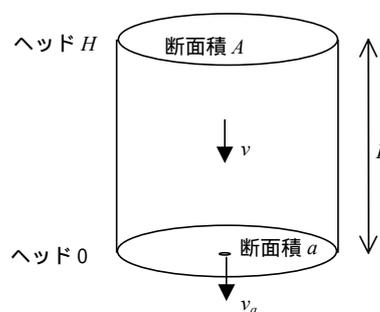


図-1 遮水シートの損傷モデル

なる。 α は、背後地盤の透水係数や動水勾配などとは関係なく、流線の形状のみによって決まる係数である。シート損傷部での損失 H_2

シート損傷部では、損傷部の穴を管路と考えると入口損失、管路内の摩擦損失および出口損失がある。これらの損失係数の値は、管路については既に明らかにされているが、シートのような管路長の極端に短い場合には明らかでない。そこで本研究では、これらの損失係数をまとめて f とする。損失水頭は次式となる。

$$H_2 = f v_a^2 / 2g \quad (3)$$

f はシートの損傷状態（シート厚と穴の径）および水の粘性のみによって決まる係数である。

$H = (L/k)v$ となる見かけの透水係数 k を用いると、 $Av = av_a$ であることから、式(1)~(3)より k に関する以下の式が導かれる。

$$1/k = (1+f)(A/a)^2 v / 2gL + \alpha / k_s \quad (4)$$

3. 屋内実験

以下では、屋内実験によって式(4)中の f を求め、その影響について検討する。実験装置を図-2 に示す。遮水シートには、Case1,2 では直径 1mm、Case3,4 では直径 0.5mm の穴を中央に 1 個、Case5,6 では直径 1mm の穴を 5 個あけ、そこからの流出量を計測した。また、Case1,3 以外は、シートに 30% の一方向引っ張りひずみを与え、穴を大きくしている。これに

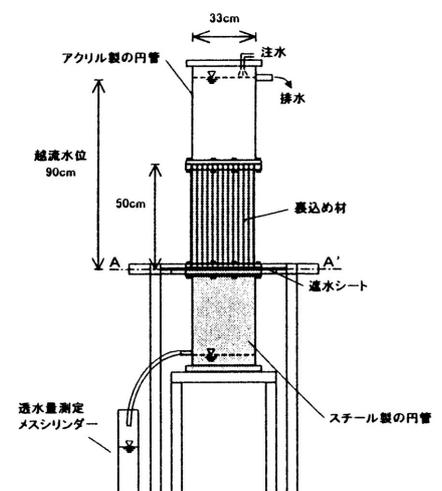


図-2 実験装置

キーワード：廃棄物処分場、遮水シート、透水係数

連絡先：横須賀市長瀬 3-1-1 港湾空港技術研究所 地盤・構造部 土質研究室 Tel.0468-44-5053

より穴の面積は 1.3 倍になっているとした。アクリル管の面積 A は 855cm^2 , ヘッド差 H は 90cm である。裏込め材は Case6 のみに設置し, 厚さ L は 44cm で砂を使用した。砂の透水係数は, 別途透水試験により $k_s=0.142\text{cm/s}$ であった。実験結果を表-1 に示す。Case1 ~ 5 では裏込め材がないため, 式(4)の右辺は第 1 項のみである。これにより, f が求められる。Case6 では, f が Case5 に等しいとすると右辺第 1 項が決まるため, これにより f が求められる。

f の値は, Case3,4 とそれ以外で大きく違っており, 穴の大きさが小さいほど f は大きくなるのが分かる。実際の処分場の遮水シートでも損傷の径が 1mm 程度を超えれば f の値はかなり小さくなるのが分かる。

Case6 の f の値を用いて式(4)の右辺を計算すると第 1 項が 26, 第 2 項が 717 となり, k への影響はシート損傷部での損失よりも裏込め地盤の浸透による損失の方が大きいことが分かる。損傷部の径が大きくなるほど, この傾向は強くなるものと考えられる。

4 . 流線の形状の影響

流線の形状の影響を表す係数 f の特性を調べるために, 数値計算による浸透解析を行った。計算モデルを図-3 に示す。ここで, 流出量を q とすると $k=(q/B)/(H/L)$ である。なお, 計算は境界要素法によって行った。

前述したように, f は流線の形状のみによって決まる係数であるから, f は B, b, L の関数である。と B/L の関係の計算結果を図-4 に示す。図-4 によると, b/L に関係なく B/L が 2 程度以上になると, 傾き 1 の直線すなわち, f と B/L がほぼ比例関係になっていることが分かる。このとき, $b, H/L$ を一定として考えると $f = k_s(H/L)(B/q)$ であることから, q はほぼ一定となる。このことは, 遮水シートが損傷した場合, その影響は裏込め地盤の厚さの 2 倍程度の範囲に限定され, それよりも離れた場所ではほとんど流れが起こらないことを意味する。つまり f は, 最短距離を通る流線周辺の流況に大きく依存するといえる。

5 . 二重シートによる遮水の効果

現在の廃棄物処分場では, 多重遮水の考え方が基本となっている。遮水シ

ートを裏込め地盤を挟むように二重に敷設した場合, 上述の結果から次の様なことが言える。

二重シートにそれぞれ 1 箇所づつ損傷が起こった場合を考える。損傷の箇所が向かい合った(損傷箇所を結んだ直線がシートと直行する)場合, シートを二重にした効果は図-4 で b/L を $1/2$ にするのと同等である。したがって図-4 から, その効果は大きくない。しかしながら, シートの損傷が同じ位置で起こるといことは稀であり, 両者は通常離れていると考えられる。前述の結果から, 流出量は最短距離を通る流線に依存するため, 両者の距離に反比例して流出量は小さくなる。それぞれの損傷位置の距離は確立論としての検討が必要であるが, シートを二重にすることにより遮水性能が向上することが分かる。

6 . おわりに

実験および数値解析により, 遮水シートが損傷した場合の遮水性能について検討した。損傷による裏込め地盤中の流れは, 地盤厚さの 2 倍程度の範囲でのみ起こること, 二重シートを用いることにより, 損傷時の遮水性が高くなることなどが分かった。

本研究で用いた実験データは, 平成 11 年度に運輸省第五港湾建設局(現中部地方建設局), 港湾空間高度化センターにより実施された実験のデータを用いている。ここに記して感謝の意を表する。

表-1 実験結果

	a (cm^2)	A/a	q (cm^3/s)	v (cm/s)	k (cm/s)	f
Case1	0.00785	109000	1.869	0.00219	0.00107	2.11
Case2	0.0102	83800	2.274	0.00266	0.00130	2.56
Case3	0.00196	436000	0.076	8.89×10^{-5}	4.34×10^{-5}	117
Case4	0.00255	335000	0.095	1.11×10^{-4}	5.43×10^{-5}	126
Case5	0.0511	16800	12.550	0.0147	0.00717	1.92
Case6	0.0511	16800	2.355	0.00275	0.00135	1.92

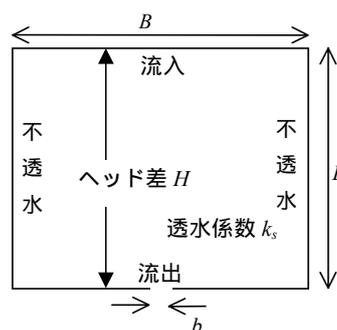


図-3 浸透解析モデル

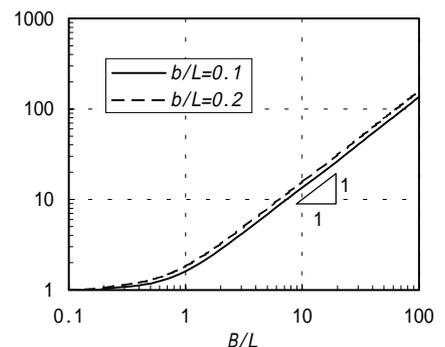


図-4 f と B/L の関係