

海面処分場保護マットに用いる不織布の 保護効果の評価

Evaluation of the Protection Effect of Non-wovens used as a Geomembrane Protection Mat in an Ocean Waste Disposal Site

松本 哲* 赤井 智幸* 矢井田 修**
Akira Matsumoto Tomoyuki Akai Osamu Yaida

(2002年7月15日 受理)

The protection effect of a geomembrane sheet reinforced with non-woven is studied for protecting the mat from damage by crushed stones in a waste disposal at sea. Puncture tests using an 8-mm-diameter penetrator and a pressure test with crushed stones were conducted in this study. Continuous non-wovens, stapled non-wovens with different masses per unit area, and a polyvinyl chloride geomembrane were used as specimens; both tests were carried out on the three-layered specimen where the geomembrane sheet was sandwiched between the non-wovens. Puncture test results indicated that puncture resistance of the three-layered specimen depended upon properties of the non-woven. Pressure tests showed that non-wovens with heavier mass per unit area were effective for protecting geomembranes. This is due to effective dispersion of pressure applied to geomembrane by the heavier non-woven.

キーワード：海面処分場, 不織布, 遮水シート, 碎石, 貫入抵抗

1. 緒言

廃棄物最終処分場では、環境を汚染する恐れのある浸出水が、周辺への地盤、海域に漏洩することを防止するために遮水シートを敷設し、このシートの保護緩衝を目的として保護マットが組み合わせて用いられている。遮水シートは、処分場施工時の重機の走行や廃棄物中の金属類との接触など外力の直接作用により損傷を受ける恐れがある。したがって、遮水シートの損傷を防止するためには十分な保護効果の得られる保護マットを選定し、使用する必要がある。

現在、陸上処分場では、現場条件に応じて単位面積当たりの質量300~2000g/m²の不織布製の保護マットが多用されている。¹⁾しかし、海面処分場の場合、その構

造や施工条件が陸上処分場とは大きく異なることから保護マットの保護効果に関し、適切な評価法や材料選定のための基準が、必ずしも明らかにされていないのが実情である。

そこで、本研究では、スパンボンド、短繊維不織布、および反毛フェルトを用いて海面処分場の施工断面を想定した貫入試験を行った。その結果について報告する。併せて、現在、これらの試料を用いて海面処分場の施工条件を想定した耐圧試験を実施しているが、その中から、スパンボンドに関し得られた結果について考察を加えた。

2. 実験方法

(1) 試料

不織布には、表1に示すようにスパンボンド、短繊維不織布、および反毛フェルトの3種類計10点を用いた。

* 評価技術部 産業用繊維グループ

** 京都女子大学 家政学部

これらはすべて陸上処分場で施工実績のあるものである。また、遮水シートには海面処分場において一般的に用いられている、厚さ3mmの塩化ビニール製のものをを用いた。

表1 試料の基本特性
Basic properties of specimens

試料		厚さ*1) (mm)	単位面積当たりの質量 (g/m ²)
спанボンド	S450	4.3	479
	S600	5.6	657
	S800	5.9	865
	S1200	8.4	1404
短繊維不織布	N500	5.3	605
	N700	6.3	816
	N900	8.1	986
反毛フェルト	R1000*2)	10.3	1326
	R1200	10.2	1510
	R1500*3)	12.1	1881
塩化ビニール製遮水シート		3.0	4154

*1)初荷重980Pa下で測定。

*2)ポリプロピレン製補強布含む。

*3)ニードルパンチ不織布複合,ポリプロピレン製補強布含む。

(2) 保護効果の評価

(A) 貫入試験方法

貫入試験装置の概要を図1に示す。貫入試験は、ASTM D4833で規定している、先端に平滑な面を有する貫入棒を用い、試料に一定速度で貫入する試験法に基づいて行った。また、海面処分場では図2のように不織布-遮水シート-不織布の積層条件で材料が敷設される。本試験では、このような条件を考慮し、遮水シートの上下面に不織布を積層した条件でも行った²⁾。

(B) 耐圧試験方法

試料には表1に示すspanボンド4点と遮水シートを用い、不織布-遮水シート-不織布のように各試料を積層して試験に供した。また、海面処分場では、図2のように保護マットと砕石が直接接した状態で施工が行われる。そこで、耐圧試験では、海面処分場において多用されている2号砕石を積層試料の上下面に使用した。

耐圧試験の概要を図3に示す。本試験は、空気圧によるエアシリンダの作用により土圧に相当する上載圧を積層試料上に載荷するものである。ここでは、廃棄物の埋立厚さ15mの土圧に相当する上載圧を載荷した。

載荷終了後、遮水シートの直上に設置した圧力測定

フィルム (測定範囲: 2.5~50MPa) を用いてシートの受けた圧力 (以下、被圧力と称す) を2mm間隔毎に測定した。また、試験後の不織布について目視により表面状態を観察した。遮水シートについては、触針式表面形状・粗さ計を用いて、120μmピッチで表面形状の測定を行い、遮水シートへの影響について検討した。

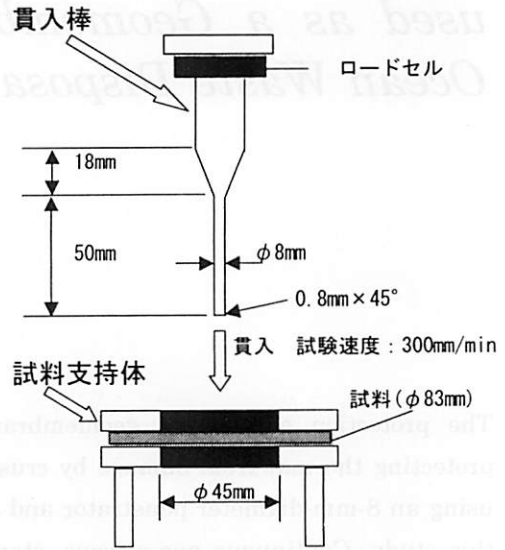


図1 貫入試験装置の概要

Outline of puncture test instrument

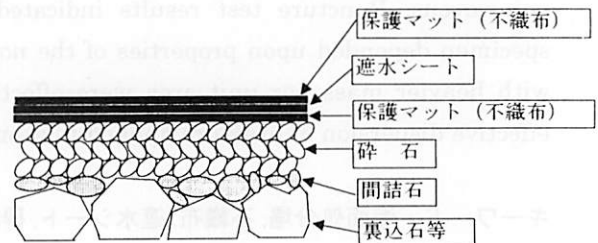
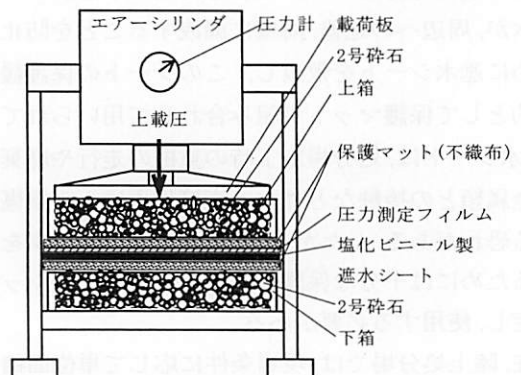


図2 海面処分場の施工断面

Cross-section of a waste disposal at sea



【耐圧試験条件】 上載圧: 294kPa
 載荷面積: 1250cm²(たて50cm×よこ25cm)
 使用砕石: 2号砕石 (粒径40~60mm)
 試験時間: 1時間

図3 耐圧試験の概要

Outline of pressure test with crushed stones

3. 結果および考察

(1) 貫入試験

表2は、試料単体および遮水シートの上下面に不織布を積層した時の試験結果である。表より、遮水シートの上下面に不織布を積層することで遮水シート単体の貫入抵抗の2.6~5.4倍の抵抗値が得られ、保護マットとしての保護効果が認められる。

表2 貫入試験結果

Puncture test results of specimens and the three-layered specimens

試料		貫入抵抗 (kN)	
		単体	遮水シートの上下面に不織布を積層
スパンボンド	S450	0.95	1.78
	S600	1.16	2.32
	S800	1.52	2.49
	S1200	2.24	3.49
短繊維不織布	N500	0.75	1.90
	N700	0.99	2.38
	N900	1.31	2.64
反毛フェルト	R1000	1.29	3.58
	R1200	1.58	3.55
	R1500	2.23	3.69
遮水シート		0.68	---

図4は、試料単体の貫入抵抗に対して、遮水シートの上下面に不織布を積層した時の貫入抵抗の比率を、各試料の単位面積当たりの質量で整理した結果である。縦軸の値は、不織布-遮水シート-不織布の積層試料で測定した貫入抵抗値 (T) を各単体の貫入抵抗の単純加算値 (S) で除して測定値を規格化している。規格化した貫入抵抗 (T/S) は、いずれの不織布の場合も、ほぼ1.0を下回っており、各単体の貫入抵抗の単純加算値のおよそ70~90%程度であることがわかった。

次に、試料単体で試験を行った時の貫入抵抗と変形量の間を関係を図5に示す。図5より、スパンボンドの貫通時の変形量は17~19mmであり、遮水シート単体の貫通時の変形量17mmとほぼ同程度である。これに対し、短繊維不織布や反毛フェルトでは、25~32mmで貫通が起こっている。このことから、スパンボンドに比べ短繊維不織布や反毛フェルトは、貫通時の変形量の大きい材料であることが理解できる。

図6には、各種積層試料における各試料の代表的な貫入抵抗と変形量の間を関係を示した。スパンボンド積層試料の場合、上側の不織布と遮水シートの貫入抵抗のピークはほぼ重なっており、その時の変形量は、15mm~17mmであった。これは、本来スパンボンドと遮水シートが単体で貫通する時の変形量とほぼ一致している。これに対し、短繊維不織布や反毛フェルトの積層試料では、上側の不織布が貫通するまで、遮水シートが伸びを生じ、上側の不織布が貫通してはじめて、遮水シート、下側の不織布の順に貫通が起こっている。このことから、積層試料の貫入試験においては、貫通時の変形量の大きい不織布のほうが、遮水シートの本来有している変形特性を発揮しやすいことがわかった。

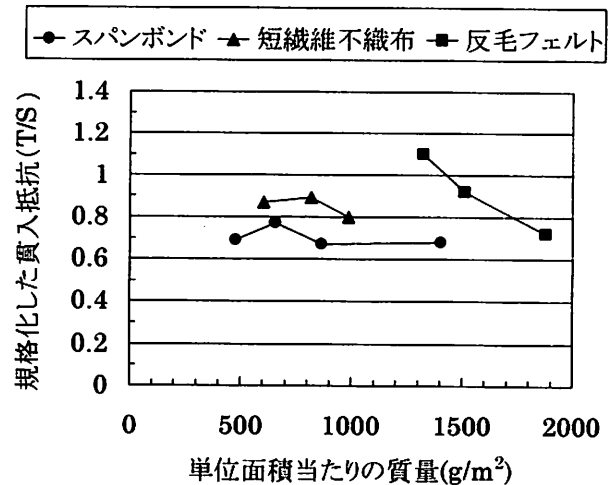


図4 積層試料の貫入抵抗

Puncture resistance of the three-layered specimens

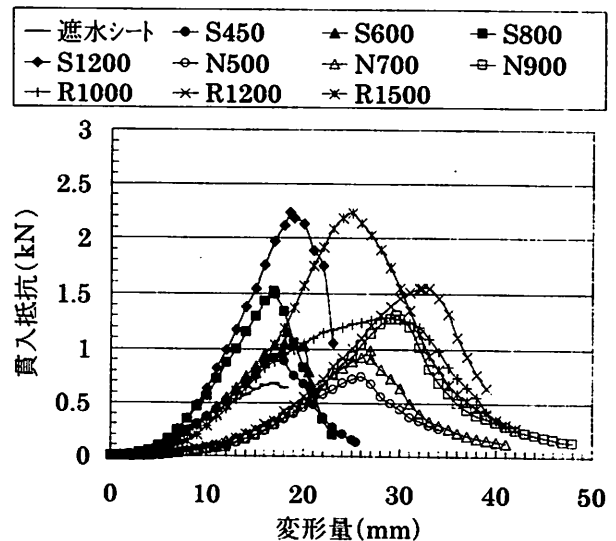


図5 貫入抵抗と変形量の間を関係

Relationship between puncture resistance and deformation of specimens

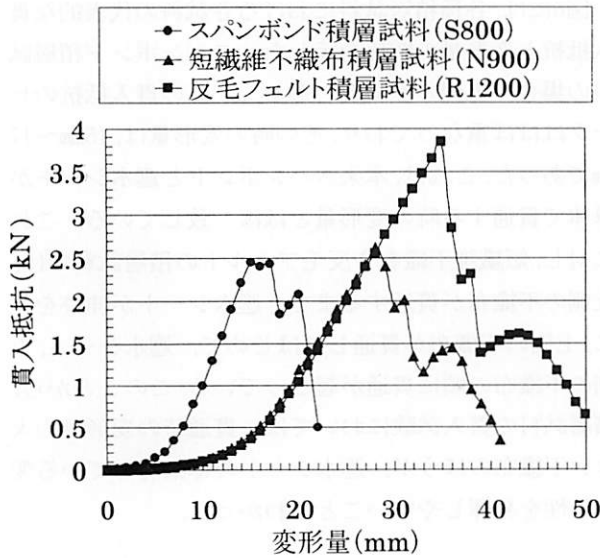


図6 積層試料の貫入抵抗と変形量の関係

Relationship between puncture resistance and deformation of the three-layered specimens

(2) 耐圧試験

試験結果の一例として試験後の圧力測定フィルムを図7に示す。このフィルムは上側の不織布と下側の遮水シート、不織布を介して、碎石の突起部同士が突き合わさり、かつ2.5MPa以上の被圧力を受けた部分（以下、被圧部分と称す）が赤色を示し、その濃淡はフィルムの受けた圧力の大きさを示す。フィルム上には、碎石の突起部形状に応じた複雑な被圧部分が得られている。

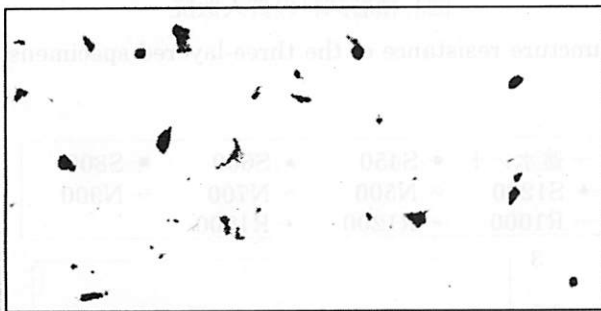


図7 耐圧試験後の圧力測定フィルム

A pressure measuring film after pressure test with crushed stones

図8は、圧力測定フィルムにより得られた被圧部分の面積を合計し、これを試料別にまとめたものである。図より、被圧部分の総面積は約8~18cm²であり、この値は積層試料に載荷した面積1250cm²の1%程度である。このことから、遮水シートには、極めて小さい部分に集中的な荷重が掛かることが理解できる。また、被圧部分の総面積は、単位面積当たりの質量の増加に伴い、大きく減少し、S1200ではS450に比べ被圧部分の総面積が半

減している。この結果から、単位面積当たりの質量の大きい不織布のほうが遮水シートの受ける集中的な荷重を効果的に緩和できることが確認された。

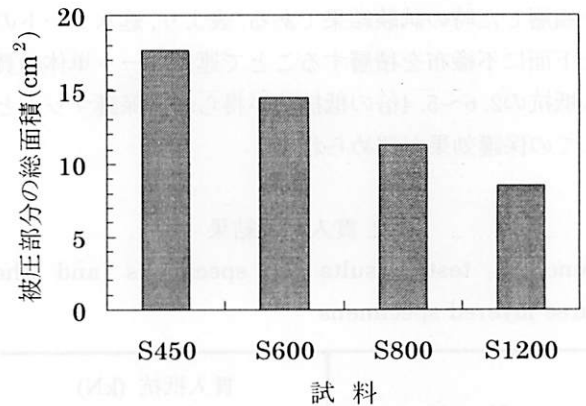


図8 スパンボンドによる荷重緩和効果

Dispersion effect of pressure applied to geomembrane by the spunbonded non-woven

次に、試験後の不織布について、目視により表面状態を観察したところ、外観上損傷した部分は認められなかった。しかし、圧力測定フィルムが高い被圧力を示した部分の直下では、遮水シートに貫通穴、損傷、塑性的な変形（くぼみ）が確認されたものがあつた。

図9は、損傷を受けた被圧部分の圧力測定フィルムを解析して得られた圧力分布の一例を示す。不規則な楕円を底面とし、上端の尖った山型の圧力分布が得られ、この部分の被圧力のピーク値は45.6MPaであつた。

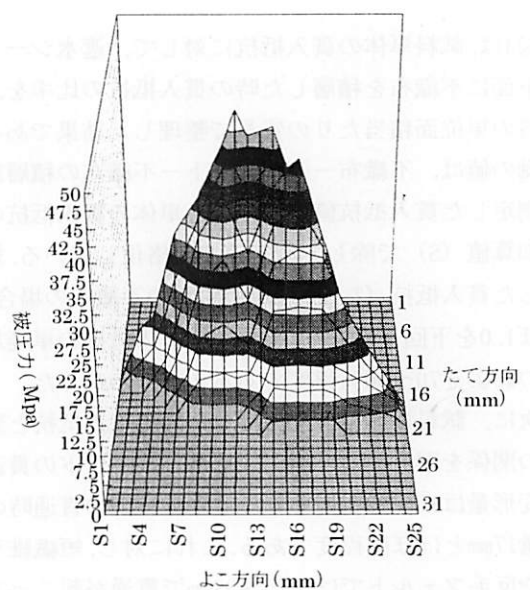


図9 被圧部分の圧力分布

Pressure distribution of the affected part of geomembrane

被圧力2.5~50MPaを測定範囲として、この試験による被圧力ピーク値と遮水シートへの影響について整理した。その結果、遮水シートに塑性的な変形（くぼみ）を与える時の被圧力ピーク値は、概ね15~45MPaであった。また、被圧力ピーク値が40MPaを超える場合には、遮水シートが損傷する恐れがあることがわかった。さらに、遮水シートの表面形状の測定から、損傷を受けた部分の遮水シートの厚さは初期の厚さの60~70%程度になっていることが明らかになった。

4. 結言

海面処分場保護マットとしての不織布の保護効果を評価するため、陸上処分場で実績のあるスパンボンド、短繊維不織布、反毛フェルトを用いて、貫入試験を行った。また、このうちスパンボンドについては実施工を想定した耐圧試験を実施した。これらの試験により得られた結果をまとめると次の通りである。

①遮水シートの上下面に不織布を積層することで積層体としての貫入抵抗が増加し、保護マットとしての保護効果が認められた。また、積層試料の貫入試験においては、短繊維不織布や反毛フェルトのように、貫通時の変形量の大きい不織布を用いたほうが、遮水シートの本来有している変形特性を発揮しやすいことがわかった。

②スパンボンドを用いた耐圧試験から、単位面積当たりの質量の大きい不織布のほうが遮水シートの受ける集中的な荷重を効果的に分散できることがわかった。また、被圧力のピーク値が概ね15~45MPaの場合に遮水シートに塑性的な変形（くぼみ）が認められた。さらに、40MPaを超える場合には、遮水シートが損傷する恐れがあることがわかった。

今後、短繊維不織布、反毛フェルトについて耐圧試験を継続し、スパンボンドとの比較を行うとともに、種々の現場条件においても十分な保護効果の得られる保護マット選定のための基準を明らかにする。

なお、本研究に際し、試料の提供および実験に多大なご協力をいただいた株式会社田中、東洋紡績株式会社、京都女子大学の矢井田研究室の諸氏に厚く謝意を述べます。

参考文献

- 1) 村上清高, 大野文良, 額額卓也, ジオシンセティックス論文集, 14, 383 (1999)
- 2) 小泉繁良, 池田浩和, 吉直卓也, 宮地秀樹, ジオシンセティックス論文集, 16, 191 (2001)