

保護碎石で覆われた遮水シートの室内載荷実験

山口大学工学部 正会員 ○吉本憲正 兵動正幸 中田幸男
若築建設（株） 正会員 兵頭武志

1. まえがき 廃棄物海面処分場の遮水工として用いられる材料に遮水シートがある。遮水シートは変形に対する追従性が良いことや経年劣化が小さいなどの利点がある半面、引張りやせん断などの外力を受けやすく、また突起物による損傷が懸念されるなど解決すべき課題がいくつかある。本研究では、遮水シートの破損原因を明らかにするとともに、その対策について検討することを目的としている。今回は、第一段階として保護碎石の粒径が及ぼす影響について調べるために室内載荷実験を実施し、いくつかの知見が得られたので報告する。

2. 試料及び実験概要 廃棄物海面処分場の遮水シートが破損する要因の一つとして、保護碎石の貫入が挙げられる。この問題に対して、実施工では小粒径の碎石を用いて対処しているが、そのサイズについて特に規定はない。そこで、本実験では、実施工において利用される小粒径碎石を 2.5~5mm, 5~10mm, 10~20mm, 30~40mm の 4 種類の粒径に分けて用いた。実験装置の概要を図-1 に示す。この装置は、図の中央部分にあるモールド内に碎石と遮水シート（ポリエチレン系、厚さ 1.5mm）を入れ、下盤をモールドごと上昇させることによりモールド内の試料に荷重を負荷させる仕組みとなっており、荷重はモールド上部に設置した荷重計により計測される。モールドのサイズは内径 150mm, 高さ 150mm であり、遮水シートは図-2 に示すように、碎石によって中央部分でサンドイッチされるように配置した。なお、粒径が大きい試料（10~20mm, 30~40mm）の場合は間隙が大きく、上盤からの荷重が局所的に伝わって、低い荷重レベルで遮水シートが破損することが懸念されるため、上盤と接する表面部分には碎石の間隙に小さい粒子を詰め、試料の表面部分では荷重が均等に負荷されるようにした。載荷は、1, 2, 3, 4, 5, 10MPa を目標に、載荷速度 1.0mm/min の条件下で行った。試料の密度は、安全側を考え、最も緩い状態となるように試料を投入した条件とした。この密度は、同じサイズのモールドにハンドスコップで静かに積み重ねるように投入した予備実験をもとに決定しており、その結果として得られた最小密度は表-1 のとおりである。

3. 実験結果 表-2 に実験条件及び結果を示す。表中の質量及び初期密度はモールドに投入した碎石の状態を示している。最終変位は目標荷重載荷時の鉛直変位を示しており、当然のことながら載荷荷重が大きくなるにつれ、その値も大きくなっていることがわかる。また、シートの破損状況は、載荷後にシートの観察により、穴などの有無を調査し、確認された場合を破損と判断し“×”を、確認されなかった場合を“○”としている。これより、粒径の小さいもののほど大きな荷重の載荷においてもシートの破損は確認されず、粒径の大きいもののほど小さい荷重段階でシートが破損していることが確認される。写真-1 に載荷実験終了後の遮水シートの様子を示す。(a)(b)は載荷荷重が同じで粒径の異なる結果である。両者を比較すると 30~40mm の試料において著しく破損しているのがわかる。また、粒径 5~10mm は遮水シートに多数の接触痕が見られるのに対し、粒径 30~40mm の接触痕はそれほど多くなく、接触痕一つの損傷の程度が著しい。これらのことから、粒径が大きくなるとシートと試料の接触点は減少するため、同じ載荷荷重においてもシートに作用する局所的な集中荷重はより大きくなり、小さい荷重レベルでもシートは損傷すると考えられる。

図-3 に粒径ごとの鉛直変位と鉛直応力の関係を示す。図中に示す○×は表-2 中で示したものと同一意味で、○は目標荷重に至ってもシートに損傷がみられなかったことを、×は損傷が見られたことを意味する。また、ハッチングはシートの損傷が見られない応力から見られる応力へ遷移する領域を示す。これらの図からもその遷移領域は、粒径が大きくなるに連れ、小さい載荷応力レベルへと変化している様子が伺える。

表-1 用いた試料の最小密度

粒径 (mm)	2.5~5	5~10	10~20	30~40
最小密度 (g/cm ³)	1.304	1.350	1.346	1.167

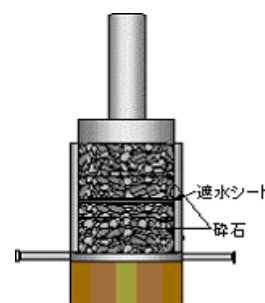
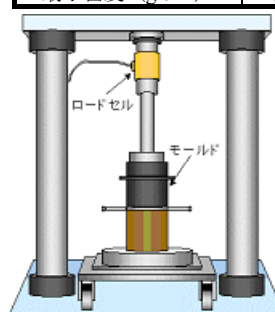


図-1 実験装置の概要 図-2 モールド内部の状況

キーワード：廃棄物海面処分場、遮水シート、載荷実験

連絡先：山口大学工学部 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1 Tel.0836-85-9344 URL <http://geotech.civil.yamaguchi-u.ac.jp/>

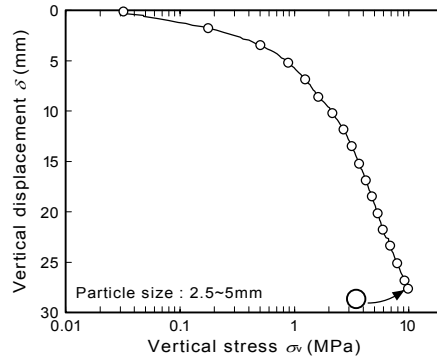
表-2 実験条件及び結果

		1MPa (17.67kN)	3MPa (53.01kN)	4MPa (70.69kN)	5MPa (88.36kN)	10MPa (176.71kN)		5MPa (88.36kN)	10MPa (176.71kN)
10~20 (mm)	質量(g)	3340	3400	3360	3360	3340	2.5~5 (mm)		3460
	初期密度(g/cm ³)	1.264	1.287	1.272	1.272	1.264			1.310
	最終変位(mm)	8.35	13.87	18.36	20.65	32.27			27.66
	シートの破損状況	○	○	×	×	×			○
30~40 (mm)	質量(g)	2980	3000	3020	3000	2940	5~10 (mm)	3540	3560
	初期密度(g/cm ³)	1.128	1.136	1.143	1.136	1.113		1.340	1.348
	最終変位(mm)	8.86	17.19	14.83	32.85			24.09	32.59
	シートの破損状況	○	×	×	×	×		○	×

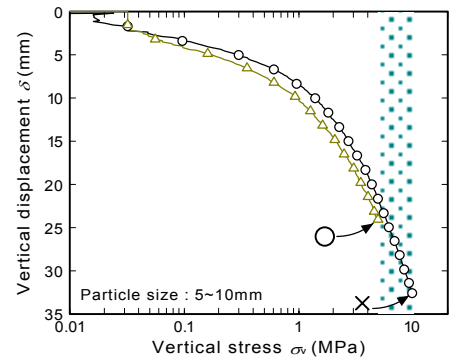
※○は遮水シートの破損が確認されなかった場合、×は遮水シートの破損が確認された場合を示す。



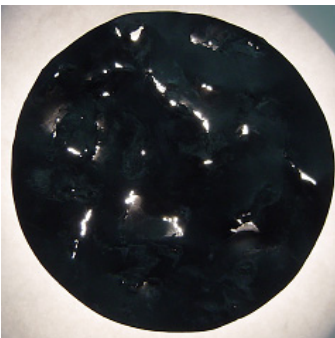
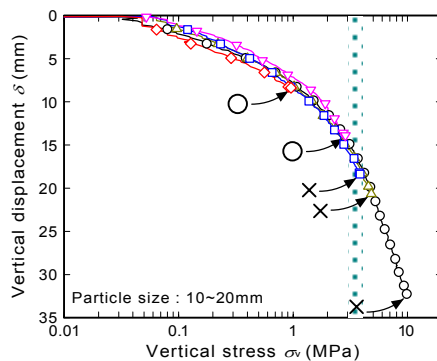
(a) Particle size 5~10mm 10MPa



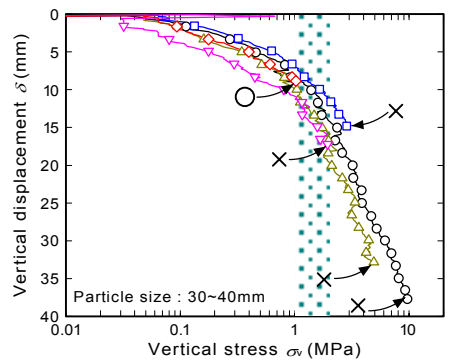
(a) 2.5~5mm



(b) 5~10mm

(b) Particle size 30~40mm
10MPa

(c) 10~20mm



(d) 30~40mm

写真-1 遮水シートの様子

図-3 鉛直変位~鉛直応力関係

また、その遷移領域は、いずれにおいても鉛直変位と鉛直応力の曲線の降伏部分以降に存在していることがわかる。この降伏部分は、粒子の破碎が明確になり始める状態であると言われており^{1),2)}、今回のシートの損傷には粒子の破碎も伴っているものと考えられる。一方、粒径 2.5~5mm の結果は、載荷応力 10MPa においてもシートに損傷は認められなかった。この結果には、もともと試料の粒径が小さくシートと試料の接触点が多かったことが原因として挙げられる。また、圧縮曲線が明確な折れ曲がりを示していることから、粒子の破碎が生じており、それにより更にシートと試料の接触点が増加し、シートが損傷されにくくなったことなどが原因として考えられる。

4. まとめ 今回の実験結果から次のような知見が得られた。①碎石粒径が大きいほど遮水シートとの接触痕は少なくなるが、同じ載荷重であっても局部的に集中荷重が大きくなるため、損傷程度は大きくなる。②したがって、粒径が大きいほど損傷にいたる遷移領域の荷重レベルは小さい。③損傷にいたる遷移領域は、鉛直変位と鉛直応力の曲線の降伏部分以降に存在しており、この部分では碎石の粒子破碎を伴っていると考えられる。

参考文献

- 1) 三浦哲彦, 山内豊聡: 高い等方圧力を受ける砂の圧縮特性について, 土木学会論文集, 第 203 号, pp.45~52, 1972.
- 2) 安福規之: 広範な応力域における異方圧密砂の降伏特性と弾塑性構成式に関する研究, 九州大学学位請求論文, 1990.