

(Ⅶ-44) 保護マットを併用した遮水シートの貫入抵抗の評価

宇都宮大学工学研究科 ○学生会員 池田 浩和
宇都宮大学工学研究科 正会員 今泉 繁良
東洋ゴム工業（株） 宮地 秀樹

1. 目的

廃棄物最終処分場では、埋め立て地への降雨により雨水が廃棄物層へ浸透し浸出水が発生する。発生した浸出水には、周辺環境を汚染する物質が含まれている恐れがあるため、これを底部に設置した排水管を通して水処理施設へ導き、無害化処理をする。この発生した浸出水を地下水へ漏出させずに効率的に水処理施設へ導く目的で、遮水工として遮水シート、保護マットが底部と斜面に敷設されている。

遮水シートは、合成樹脂、合成ゴム製で、厚さが1.5mm程度の薄い膜状製品である。そのため、施工時や埋め立て時の突起物との接触や、廃棄物の落下による損傷により浸出水による周辺環境の汚染を防止、抑制できなくなる恐れがある。それら損傷を防止する目的で、単位面積当たりの質量が400～2000g/m²程度の不織布が保護マットとして遮水シートと組み合わせて使用されている。

本研究では、多層シート構造の遮水工の突起物や廃棄物中の鋭利な金属類との接触による破損を想定し、突き刺し試験を実施した。それら結果から保護マットを併用した際の多層シート構造の貫入抵抗評価及び評価式を提案することを目的としている。

2. 実験方法

対象とした遮水シートは、全て厚さ1.5mmの高密度ポリエチレン製シート（HDPE）、ポリマーアロイを主成分とするシート（FPA）、加硫ゴムを主成分とするシート（EPDM）の3種類である。保護マットには単位面積質量450g/m²の長繊維不織布と単位面積質量1200g/m²の補強短繊維不織布の2種類を用いた。これら試験試料の特性値を表1に示す。表中の遮水シートの引張破断応力については、温度の影響を考慮し、文献¹⁾中の関係式から23℃の値を求め使用した。

実験では、まず直径200mmの円筒状容器上に試験試料をボルトを用いて強固に固定し、万能試験機に、

直径8mm、先端角度135°のASTM D4833準拠の貫入棒を貫入速度を500mm/min、23℃の環境温度で試験を実施した。

表1 試験試料の特性値

試験項目	HDPE	FPA	EPDM	長繊維不織布	短繊維不織布
引張強さ (N/mm)	50	35	15	21.5	14
厚さ(mm)	1.5	1.5	1.5	5	10
引張破断応力 (MPa)	33.19	20.08	10.92	4.3	1.4
単位面積当質量 (g/m ²)	-	-	-	450	1200

3. 内圧を受ける薄肉球殻モデル²⁾

遮水シートの破断と貫入抵抗に関する評価法として、内圧を受ける薄肉球殻をモデルとして考える。模式図を図1に示す。

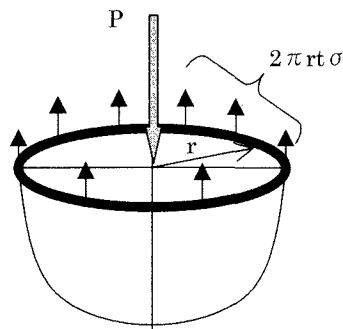


図1 内圧を受ける薄肉球殻モデル

図に示すように、内圧を受ける薄肉中空球に生じる応力は、近似的に半球部分の力の平衡を考慮して求められる。直径を含む面で球を引き離そうとする力は半球部分に作用する内圧Pの作用方向の合力であり、これに対して断面の円環部分に垂直に引張応力σが生じ抵抗し、これが平衡する。従って力の釣り合いは以下の式で表される。

$$P=2\pi r t \sigma \cdots (1)$$

ここで、P:内圧による外力(N)、r:薄肉球の半径(m)、

キーワード: 遮水シート、不織布、突き刺し試験、貫入抵抗性

〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学研究科 tel.028-689-6218 (FAX 共通)

t:材料の厚さ (mm)、 σ :材料の引張応力 (Pa) である。

このモデルにおいて、内圧による外力 P を貫入棒に作用する力 P に等しいとして、その最大値を計算した。

4. 実験結果と考察

4. 1 材料単独での検討

遮水シート、保護マット単体に対し、薄肉球殻モデルによる貫入抵抗評価を行った。(1) 式中の r に貫入棒半径 (4mm) を、 t にはシート、保護マットの厚さ (mm)、 σ に各材料の引張破断応力を代入して破断時の貫入力 P を求めた。表 2 に空気中での実験で得られた各材料単独の最大貫入抵抗値と計算結果を示す。

表2 材料単独での実験値と計算値の比較

	貫入抵抗値(N)	計算値(N)
HDPE	695	1250.6
FPA	365	756.6
EPDM	223	411.46
長繊維不織布	1018	540.08
短繊維不織布	1458	351.68

遮水シート単独の場合では、計算値は実験値に対して2倍程大きく評価する結果となった。反対に保護マットの場合では、実験値に対して長繊維不織布で1/2、短繊維不織布で1/4程度の評価となった。

また、実験では短繊維不織布の方が長繊維不織布に比べ抵抗値が大きい上、保護マットの抵抗値がシートの抵抗値よりも小さく計算される結果となった。

4. 2 保護マットを併用した構造に対する検討

保護マットを遮水シートと組み合わせた構造に対して薄肉球殻モデルによる貫入抵抗評価を行った。

保護マットをシート上に設置することにより、シートが貫入を受ける面積が保護マットの厚み分、広くなることを考慮し、計算式を2層構造に対しては(2)式、3層構造に対しては(3)式のように定義した。

$$P = 2\pi r t_{GT} \sigma_{GT} + 2\pi(r + d_{GT}) \gamma_{GM} \sigma_{GM} \cdots (2)$$

$$P = 2\pi r t_{GT} \sigma_{GT} + 2\pi(r + t_{GT}) \gamma_{GM} \sigma_{GM} \cdots (3) \\ + 2\pi(r + t_{GT} + t_{GM}) \gamma_{GT} \sigma_{GT}$$

ここで、 r :貫入棒の半径 (mm)、 t_{GT} :保護マットの厚さ (mm)、 t_{GM} :遮水シートの厚さ (mm)、 σ_{GT} :保護マットの引張破断応力 (Pa)、 σ_{GM} :遮水シートの引張破断応力 (Pa) である。

表 3 に実験値と計算値の比較結果を示す。

表 3 保護マット併用時の比較結果

組み合わせ	貫入抵抗値(N)	計算値(N)
長繊維+HDPE	1558	3353.9
長繊維+FPA	1260	2782.5
長繊維+EPDM	1169	1465.9
短繊維+HDPE	2057	4728.8
短繊維+FPA	1727	2999.8
短繊維+EPDM	2215	1791.8
長繊維+HDPE+長繊維	1789	4771.6
長繊維+FPA+長繊維	1709	4200.3
長繊維+EPDM+長繊維	1619	2883.6
短繊維+HDPE+短繊維	2561	6091.5
短繊維+FPA+短繊維	3726	4362.6
短繊維+EPDM+短繊維	3548	3154.6

計算値は実験値に比べ2層構造、3層構造ともに過大評価する結果となった。実験値と計算値との差は、HDPE シートを含む組み合わせが最も大きく、FPA、EPDM を用いた組み合わせの順で小さくなり、今回検討した評価式では引張破断応力の大きな材料ほど、より過大評価しやすい傾向が見られた。

保護マットを併用した組み合わせでは、短繊維を併用したものは長繊維を併用したものより抵抗値が大きくなり、実験値の大小関係と合致した。

このように計算値が実験値に対して過大評価した原因としては、実際の破断形状と本モデルとの差異が考えられる。

今後は、貫入時のシートの沈下形状の観察や、破断後のシートの形状を考慮した評価法を検討していく予定である。

5. まとめ

- 内圧を受ける薄肉球殻に発生する応力をモデルとして、貫入抵抗性を評価した結果、計算値は、単層構造の場合にも、多層構造の場合にも実験値に対して過大評価した。
- 多層構造に対する評価において、引張破断応力の大きな材料ほど過大評価しやすい傾向がある。

参考文献

- 1) 坪井正行:ジオンブレンの材料特性とウレタンとしての力学的評価に関する研究、宇都宮大学学位申請論文、pp. 44, 1999
- 2) 山田敏郎:材料力学、日刊工業新聞社、p. 26 (1980)
- 3) 池田浩和、今泉繁良、宮地秀樹、吉直卓也:遮水シートの突き刺し抵抗実験、ジオンセフィックス論文集第16巻、pp. 191-198, 2001