

宇都宮大学大学院工学研究科 学生会員 ○中道 正晴

宇都宮大学大学院工学研究科 正会員 今泉 繁良

住友建設株式会社 正会員 土居 洋一

1. はじめに

廃棄物処分場において、廃棄物からの有害物質を含む浸出液が周辺地域に流出するのを防ぐため、遮水シートとしてジオメンブレンが底部と斜面上に敷設されている。このジオメンブレンには、廃棄物の敷均し時に重機の荷重や廃棄物の自重圧縮により下方への引込み力が作用する。通常、ジオメンブレンの上方端部は斜面の天端や小段で固定されており、固定工には上述の引込み力やジオメンブレンの熱応力・自重などが作用する。固定工に作用するこれらの力の総和が大きい場合には、固定工が破損するため、固定工に作用する各種の力を評価する方法を確立することは設計上重要である。

廃棄物の圧縮に伴いジオメンブレン・不織布からなる遮水工に生じる張力に関しては、Koerner¹⁾が廃棄物、ジオメンブレン、不織布を剛体と仮定し、境界面での摩擦力の極限釣合いに基づく評価式を提案している。また土居²⁾は斜面上にジオメンブレンのみを敷設した場合の引込み力を遠心模型実験によって評価をしており、Koernerの提案式より約1/2～1/3程小さく引込みが生じることを示している。本研究では、ジオメンブレンの上層・下層に不織布を敷設した遠心模型を用いて、廃棄物の圧縮沈下に伴いジオメンブレンと上層不織布に発生する張力を評価し、実験値を既存の評価式と比較して、評価式の妥当性・問題点を明らかにすることを目的とする。

2. 極限釣合いモデル

図-1に示すように、傾斜角 β なる斜面上に、上下部不織布・ジオメンブレンが敷設された遮水工を形成しているとする。この上部に廃棄物 W と上載荷重 Q が投入されたとき、上部不織布とジオメンブレンに生じる張力 T_1, T_2 は、各層間に働く摩擦力の極限釣合いから以下のように表される。

$$\begin{aligned} \cdot \text{上部不織布: } T_1 = F_1 - F_2 &= (W+Q) \cdot \cos \beta \cdot (\mu_1 - \mu_2) \\ \text{or} \\ &= (W+Q) \cdot (\sin \beta - \cos \beta \cdot \mu_2) \quad \dots \textcircled{1} \end{aligned}$$

の小さい値

$$\cdot \text{ジオメンブレン: } T_2 = F_3 - F_4 = (W+Q) \cdot \cos \beta \cdot (\mu_2 - \mu_3) \quad \textcircled{2}$$

$$\cdot \text{下部不織布: } T_3 = F_5 - F_6 = (W+Q) \cdot \cos \beta \cdot (\mu_3 - \mu_4) \quad \dots \textcircled{3}$$

ここに μ_1 は廃棄物と上部不織布(上面)との摩擦係数、 μ_2 は上部不織布(下面)とジオメンブレン(上面)との摩擦係数、 μ_3 はジオメンブレン(下面)と下部不織布(上面)との摩擦係数、 μ_4 は下部不織布(下面)と基盤との摩擦係数を表している。

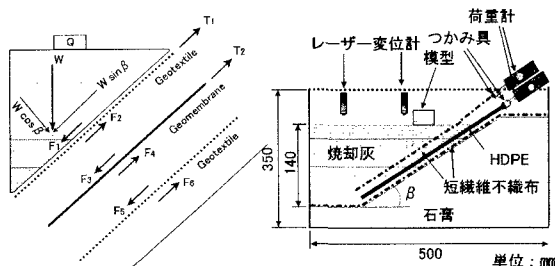


図-1 斜面上に生じる力

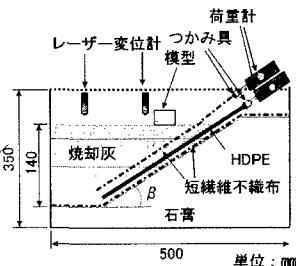


図-2 模型断面図

3. 実験概要

使用した遠心載荷装置の最大運転容量は22.5 t・G (Gは重力加速度を表し、980 cm/sec²)である。図-2に示すようにコンテナ内部に、傾斜角 $\beta = 33.69^\circ$ (1:1.5)の模型地盤斜面を石膏で作製し、廃棄物として都市ゴミ焼却灰を深さ14cmとなるまで投入した。一般廃棄物焼却灰の含水比は排出時含水比の約50%であり、湿潤単位体積重量が $\gamma_t = 0.8 \text{ gf/cm}^3$ となるように緩詰めにした。また表-1, 2には、不織布、ジオメンブレンの材料特性ならびにこれら材料間の最大層間摩擦特性を一面せん断試験で求めた結果を示す。

表1. 各シート材の諸元

	重量(gf)	厚さ(mm)	弾性係数(kgf/cm ²)
HDPE	40.7	0.5	4600
	77.6	1	4600
	123.9	1.5	4600
	152.9	2	4600
短繊維不織布	112.8	10	6.65

表2. 各摩擦係数

	最大摩擦係数 μ	相対変位 (mm)
焼却灰-不織布	0.797	4~6
不織布-HDPE	0.211	1.5

遠心加速度の増加率を5 G/minとして、最大加速度が約36 Gになるまで上昇させた。なお36 Gにおける埋立層の換算深さは5 mとなる。

表-3は今回実施した実験ケースを示したものである。Case.1～8では、焼却灰を投入しない場合と投入した場合について、HDPEの厚さの違いが不織布・ジオメンブレンの張力に与える影響を検討した。またCase9～12では、焼却灰の斜面上に重機を想定した重量約1.2kgのおもりを載荷した。このとき重機模型の設置位置を変えて、設置位置が上部不織布とジオメンブレンの張力に与える影響を実験的に検証した。

Key Word : 遠心載荷、引込み力、ジオメンブレン

連絡先 : 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2

宇都宮大学工学部建設学科地域施設学研究室

Tel 028-689-6218

表3. 実験ケース

Case	HDPEの厚さ(mm)	付帯状況
1	0.5	焼却灰無
2	1.0	焼却灰無
3	1.5	焼却灰無
4	2.0	焼却灰無
5	0.5	焼却灰層の投入厚さ 14cm
6	1.0	焼却灰層の投入厚さ 14cm
7	1.5	焼却灰層の投入厚さ 14cm
8	2.0	焼却灰層の投入厚さ 14cm
Case	HDPEの厚さ(mm)	付帯条件
9	1.0	焼却灰+模型(法面に設置)
10	1.0	焼却灰+模型(斜面中央に設置)
11	1.0	焼却灰+模型(法尻に設置)
12	1.0	焼却灰+模型(斜面外に設置)

4. 実験結果・考察

4.1 不織布・ジオメンブレンの自重による張力

図-3は、焼却灰を投入しない(Case1~4)場合の重力加速度と単位幅あたりの不織布・ジオメンブレンの張力の関係を示したものである。いずれの場合も、加速度の増加に伴い張力が直線的に増加している。不織布では、各ケースにおいて厚さが同じであるので張力が同じであるが、HDPEについては、厚さ即ち重量が異なるため、張力はHDPEの薄い方が小さいことが分かる。

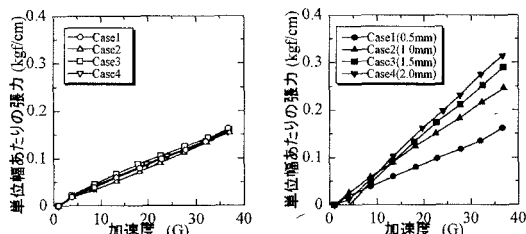
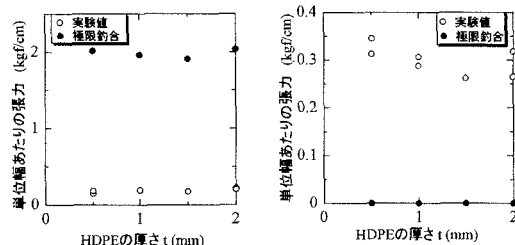


図-3 シート材の自重による張力(左:不織布, 右:HDPE)

4.2 引込み力に関する評価式の検討

図-4は、焼却灰を投入した場合(Case.5~8)の最大重力加速度 36G での不織布・ジオメンブレンの張力と式①、②を基に計算した張力を HDPE の厚さとの関係で示したものである。不織布について実験値は、計算値より約 1/10 程小さい。また HDPE の場合、その上・下面には同種の不織布が存在するので、最大摩擦係数は $\mu_2 = \mu_3$ であり、評価式②による張力はゼロとなる。しかし実験では張力が生じている。これは、HDPE と上部不織布との相対変位が HDPE と下部不織布との相対変位より大きく $\mu_2 > \mu_3$ となっていることが原因と考えられる。



(a) 上部不織布

(b) HDPE

図-4 36G での評価式との比較

模型重量の設置位置を変えた場合(Case9~11)、評価式①、②では模型位置を変えても遮水工に作用する重量($W+Q$)は変わらないため張力は等しく評価されるが、実験では図-5に示すように張力が異なることが確認された。図-6は上載荷重を与えたことによる上部不織布の張力の増分について、(実験値 / 計算値)と載荷位置との関係を示したものである。計算値との比は 0.34~0.16 である。これは評価式は、無限斜面長で十分に相対変位が生じているという考えであるが、実験では下端は不動であり、上端においても焼却灰と不織布との間には十分な相対変位が生じていることを示している。即ち斜面上の不織布・ジオメンブレンは均一に相対変位が生じていないため、各区間毎に摩擦係数が異なることを示唆している。

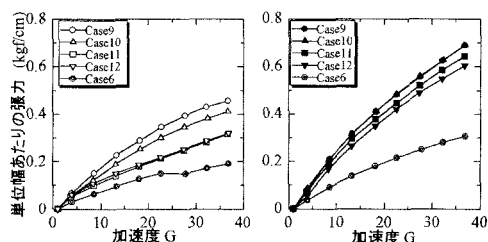


図-5 上載圧を与えた時の張力の関係(左:不織布, 右:HDPE)

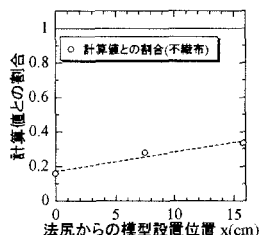


図-6 上載圧を与えた時の張力増分の割合

5. まとめ

- 遠心載荷装置によって、斜面上に敷設された遮水工部材の張力を再現することができた。
- 評価式において、同種の材料で挟まれたジオメンブレンには摩擦係数が同じであるため張力は生じないが、実験では張力が生じる。従って、ジオメンブレンの上下面では摩擦係数が異なる。
- 評価式の仮定の段階において、無限斜面長で十分に相対変位が生じる考えであるが、実験により斜面上の不織布・ジオメンブレンには、各区間において摩擦係数が異なる。

参考文献

- G.N.Ricardson and R.M.Koerner : Geosynthetics Design Guidance For Hazardous Waste Landfill Cells and Impoundments , U.S.A. Environmental Protection Agency,1987
- 土居洋一,今泉繁良,坪井正行,森誠:処分場遮水シートに生ずる引込み力に関する遠心力模型実験,第32回地盤工学研究発表会論文集,pp2507-2508,1996