

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

宇都宮大学大学院工学研究科 正会員 土居 洋一

1. はじめに

廃棄処分場において底部と斜面に敷設されているジオメンブレンは、廃棄物の敷き均し時に重機の荷重や廃棄物の圧縮に伴う摩擦によって下方への引込み力が作用するので、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いる。またジオメンブレンには、熱応力・自重なども作用する。固定工に作用するこれらの力の総和が大きい場合には、固定工が破損することになるため個々の力の大きさを評価することは重要である。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引込み力に関しては、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り合いに基づく評価式を提案している。また、土居ら²⁾は遠心載荷実験においてジオメンブレン一層を敷設した場合の引込み力の評価をしており、Koernerの提案式より約2~3倍大き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部に不織布を敷設した二重の場合について、遠心模型載荷実験を実施し、廃棄物の圧縮沈下に伴いジオメンブレンや不織布に作用する引込み力を評価することの可能性を検討した。併せて、Koernerが提案した算定式の値と比較し、算定式の妥当性・問題点を明らかにした。

2. 実験装置、実験方法

実験にはビーム型遠心載荷装置を用いた。コンテナ内部には、図1に示すような高さ14 cm、幅26 cm、傾斜角 $\beta = 33.69^\circ$ (1:1.5)の模型処分場斜面を石膏で作成した。石膏斜面の上部には、厚さ10 mmの短繊維不織布を接着し、この上方に、厚さ1 mmのHDPE (高密度ポリエチレン) を敷設し、さらにその上には上部保護材として10 mmの短繊維不織布を敷いて遮水工を作成した。

遮水工上の廃棄物埋立て材料として、豊浦標準砂を空中落下法により厚さ140 mmに充填し、乾燥単位体積重量を $\gamma_d = 1.57 \text{ gf/cm}^3$ (相対密度 $Dr = 79.2\%$: 緩い) と $\gamma_d = 1.62 \text{ gf/cm}^3$ ($Dr = 94.3\%$: 密) に変えた。また、一般廃棄物焼却灰についても実施し、含水比が $w = 44.2\%$ 、湿潤単位体積重量が $\gamma_t = 0.76 \text{ gf/cm}^3$ となるように緩詰めにした。

遠心加速度の増加率を 5 G/min とし、40 Gまで上昇させた。遠心加速度の増加に伴い埋立材料は自重により圧縮するので、埋立材料表面の沈下量をレーザー変位計 (図1参照) で計測した。また、埋立層の圧縮に伴い発生する埋立材と上部不織布との摩擦力に起因する引込み力ならびにジオメンブレンに伝達される引込み力を、それらの上方端部に取り付けた荷重変換器により加速度が5 G上昇するごとに計測した。

実施した実験ケースを表1に示す。

3. 実験結果と考察

図2は、埋立て材料を投入しないケースにおける上部不織布とジオメンブレンの引込み力と加速度との関係を示したものである。いずれの場合も、加速度の増大に伴い計測値が直線的に増加している。40 Gにおける不織布とジオメンブレンの張力の計測値は 0.155 kgf/cm と 0.186 kgf/cm である。ところで、Koernerの提案した引込み力の算定式は、以下のようである。

$$T = W \cos \beta (\mu_U - \mu_L)$$

ここに、 W はシートならびにその上方に存在する物体の重量、 β は斜面角、 μ は各層間の摩擦係数で表2に示す。この算定式から得られた計測値は 0.061 kgf/cm と 0.042 kgf/cm で実験値よりかなり小さめの値となっている。

Key Word : 引込み力、ジオメンブレン、遠心載荷

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

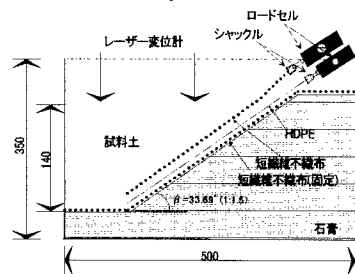


図1. 模型寸法

表1. 実験ケース

実験 No.	試料土	Dr (%)	$\gamma_d (\text{g/cm}^3)$	付帯条件
1	—	—	—	シャックルのみ
2	—	—	—	シート2枚のみ
3	豊浦標準砂	79.2	1.57	
4	豊浦標準砂	94.3	1.62	
5	焼却灰	—	0.76	

表2. 各摩擦係数

	最大摩擦係数 μ
HDPE-不織布	0.211
豊浦標準砂-不織布	0.637(緩い), 0.670(密)
焼却灰-不織布	0.797

図3は、遠心加速度に伴う埋立て層表面での沈下量を示した。遠心加速度の上昇に伴い、埋立て材料の内力が増え自重圧縮していることが明らかである。

図4～図6は、締固め密度を変えた豊浦標準砂(実験 No.3,4)と一般廃棄物焼却灰(実験 No.5)に関する単位面積あたりの引込み力の変化を示したものである。図3と併せて焼却灰では10mm(斜面側)、標準砂では2mmの沈下に伴って引込みが生じていると解釈できる。加速度が40Gのとき上部不織布では焼却灰で0.133 kgf/cm、緩詰め標準砂で0.065 kgf/cm、密詰め標準砂で0.041 kgf/cmと焼却灰が最大値を示している。他方、ジオメンブレンに関しては、いずれも0.27～0.32 kgf/cm程度の値で表面沈下量及び埋立て材料の違いによる差があまりみられない。このように、密な砂、緩い砂、焼却灰のいずれの場合にも上部不織布の引込み力よりもジオメンブレンの引込み力の方が大きい。

これらの実験値をKoernerの提案式から計算される値と比べると、上部不織布に関する計算値は、実験値より約20～60倍大きく評価を与えている。これは、不織布は弾性係数が小さいため、埋立物との摩擦力によって埋立層の沈下に追従する伸びが生じる時に発生する内力は小さいと考えられる。また、ジオメンブレンに関しては、その上下面には同種の不織布が存在するので摩擦係数は $\mu_U = \mu_L$ であり、Koernerの提案式では引込み力はゼロとなるのに対して、実験では引込み力が発生している。これは、ジオメンブレンの上面では不織布が伸びることによってかなりの相対変位が生じ最大摩擦力が発生しており、この摩擦力によってジオメンブレンも伸びるが剛性が大きいのでその量は小さく、ジオメンブレン下面での相対変位は小さい。すなわち、下面での摩擦力は最大値に比べて小さいことによると考えられる。したがって、上下面に同種の材料を用いた場合の剛性の大きな遮水工部材の引き込み力の評価に、Koernerの提案式を用いることは設計上危険側の評価となる。

4. 結論

- ・埋立て材の自重圧縮によって、遮水工部材に引込み力が生じる。なおジオメンブレンの引込み力は表面沈下量の大きさにさほど影響を受けない。
- ・Koernerの提案式は上部不織布の引き込み力をかなり過大評価する。
- ・Koernerの提案式では引込み力がゼロと評価される同種の不織布に挟まれたジオメンブレンにも、引込み力が発生する。

参考文献

- 1) G.R.Koerner and R.M.Koerner: Temperature Behaviour of Field Deployed HDPE Geomembrane, Proc of Geosynthetic'95, Vol.3, pp.921-937
- 2) 土居洋一、今泉繁良、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, pp.2507-2508

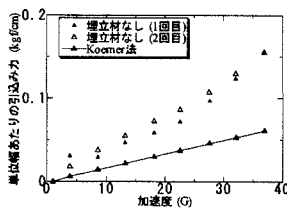


図2-(a). 自重による引込み力の実験値と計算値の比較(不織布側)

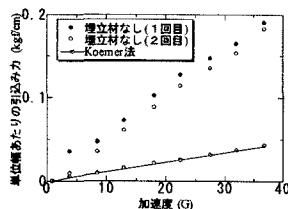


図2-(b). 自重による引込み力の実験値と計算値の比較(ジオメンブレン側)

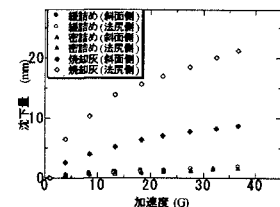


図3. 加速度と沈下量の関係

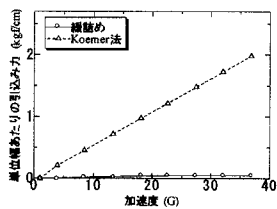


図4-(a). 緩い砂の圧縮による引込み力(不織布側)

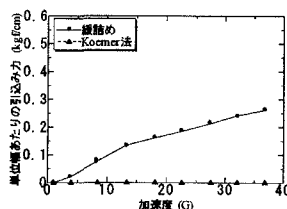


図4-(b). 緩い砂の圧縮による引込み力(ジオメンブレン側)

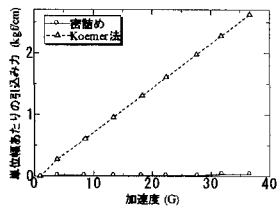


図5-(a). 密な砂の圧縮による引込み力(不織布側)

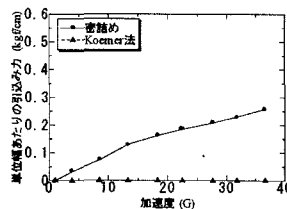


図5-(b). 密な砂の圧縮による引込み力(ジオメンブレン側)

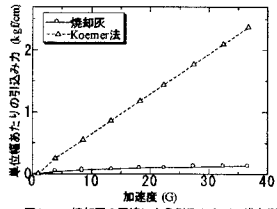


図6-(a). 焼却灰の圧縮による引込み力(不織布側)

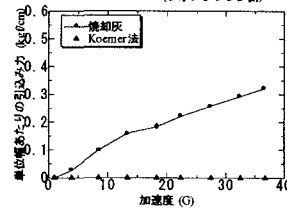


図6-(b). 焼却灰の圧縮による引込み力(ジオメンブレン側)