

局所沈下を受ける遮水シートの変形挙動

宇都宮大学大学院 学生員 ○葛巻 賢二
宇都宮大学 正会員 今泉 繁良
宇都宮大学 正会員 宇佐見 貞彦

1. はじめに

現在、廃棄物最終処分場には、ジオメンブレンが遮水シートとして敷設されている。しかし、遮水シート下方の基盤土中に設置された有効管まわりの埋め戻し土の締固めが不十分であると、この部分だけが圧縮沈下するいわゆる局所沈下が生じ、遮水シートにも引張りひずみが発生する。

これまで、局所沈下を受ける遮水シートの発生ひずみの評価式として、Trough モデルや弾性モデルが提案されている。野本ら¹⁾は、Trough モデルは下部保護層のせん断破壊角を $\alpha = 45^\circ$ と小さく仮定しているとし、土質力学的に合理的な、せん断破壊角 $\alpha = 45^\circ + \phi/2$ を用いた修正 Trough モデルを提案し、供試体伸び量の計算値が実験値にほぼ合うことを示した。また、服部ら²⁾は、下部保護層のせん断破壊角はほぼ $\alpha = 45^\circ + \phi/2$ になるということを実験的に確認した。しかし、野本らの実験では、供試体を HDPE(高密度ポリエチレン)のみを用いており、材質の違いが遮水シートに与える挙動について検討されてない。また、局所沈下を受ける遮水シート上の土圧分布についての実験的検証例は少ない。

2. 研究の目的

本研究では、上載圧を変化させ、シートとして HDPE, TPO, FPA の異なる材質を用いて、上載圧と材質の違いがシートの挙動(ひずみ分布、伸び量、最大引張りひずみ)に与える影響について実験的に検証する。また、シート上に作用する土圧の挙動について実験的に検証する。そして、これらの実験結果から各評価式の妥当性を検討する。

3. 実験概要

実験装置は、図-1 に示す幅 250cm、奥行き 90cm、深さ 70cm の直方体鋼製土層である。下部及び上部保護層に使用する砂は内部摩擦角が $\phi = 48^\circ$ であり、空中落下法($Dr = 90 \pm 5\%$)により厚さが 20cm となるように敷き均した。シートの供試体には、ストレインゲージを表裏 21箇所に貼り付け、幅 80cm、長さ 180cm のものを使用した。また、供試体中央部から 0, 7.5, 15, 30cm の位置に土圧計を設置し供試体上に作用する土圧を計測した。実験ケースは、材質の異なる HDPE, FPA, TPO を用いて、上載圧を 49, 98, 196kPa と変化させた合計 9 ケースを実施した。

4. 実験結果と考察

図-2~4 に、不織布なしの場合で、シート中央部の変位量が 50mm における HDPE, TPO, FPA の軸ひずみ分布を上載圧別に示す。図より、最大引張りひずみは概ね FPA, TPO, HDPE の順で大きくなっている。これはシートの剛性の高い順(FPA < TPO < HDPE) となっている。また、

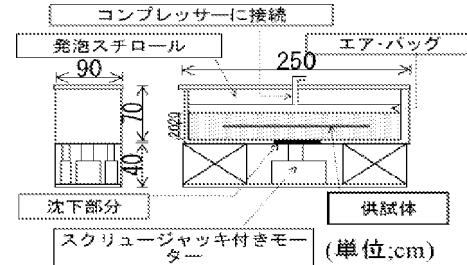


図-1 落とし戸模型実験装置

ひずみが生じる範囲は、剛性が高いほど広がっている傾向がある。次に、上載圧の違いに着目すると、上載圧が大きくなると最大引張りひずみも大きくなることがわかる。

図-5~7 に、軸ひずみを積分して求めた伸び量と式(1)に示す修正 Trough モデルから計算される伸び量 $2\Delta L$ との比をシートの材質別に示す。

$$2\Delta L = 2 \cdot L_0 \cdot \{\sqrt{1 + (s/L_0)^2} - 1\} \quad (1)$$

$$\text{ここで, } L_0 = B + 2 \cdot H \cdot \tan(45^\circ + \phi/2)$$

L_0 : シートが変形を生じる範囲

B : 沈下幅

H : 下部保護層厚

図より、シート中央部の変位量が 10mm 時には、2.5~3.0 倍に計算値が実験値を過大評価するが、シート中央部の変位量が 20mm 以降では、シートの材質、上載圧に依らず計算値は実験値とほぼ一致している。

図-8 に、上載圧 98kPa のときの基盤沈下量の変位に伴う土圧の変化を示す。図より、シート中央部では、基盤沈下が生じると土圧はすぐに減少し、基盤沈下量が 10mm 時には土圧が全く作用していないことがわかる。また、中央部から 15cm のところでは、土圧は基盤沈下量が 40mm まで徐々に増加していることがわかる。これは、図-9 に示すように、シート中央部の基盤の沈下に伴って、まずシートの下層に①のすべり線が発生し、その影響範囲内では鉛直圧力が減少する。次に、基盤の沈下が進行すると②のすべり線が発生し、その外側では鉛直圧力が増加するようなアーチングが生じていることを示している。

ここで、弾性モデルによる最大ひずみの評価式は式(2)のように表されている¹⁾。

$$\epsilon_{a,max} = \sqrt{2\Delta L(\mu_u + \mu_l)\sigma_n/E \cdot t} \quad (2)$$

しかし、式(2)では上載圧を一定としているが、前述したように基盤の沈下に伴って、シート上でアーチングが生じている。そこで、図-10 に示すように上載圧を三角形分

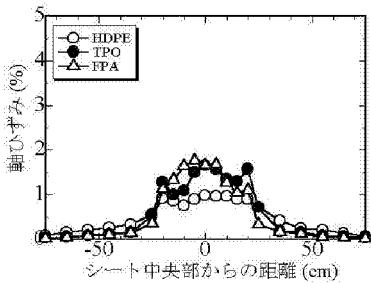
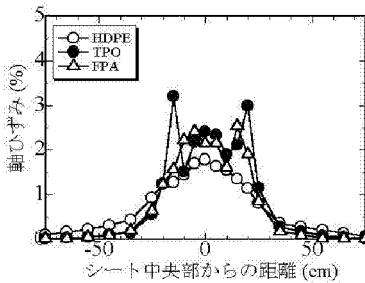
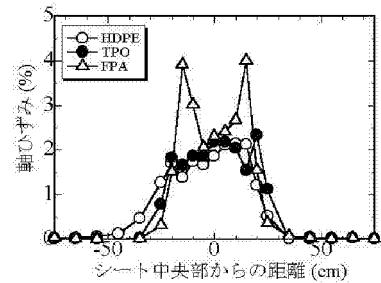
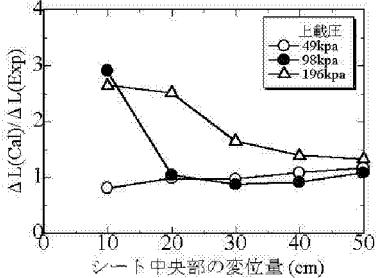
図-2 軸ひずみ分布 ($\sigma_n = 49\text{kPa}$)図-3 軸ひずみ分布 ($\sigma_n = 98\text{kPa}$)図-4 軸ひずみ分布 ($\sigma_n = 196\text{kPa}$)

図-5 伸び量の計算値と実験値の比(HDPE)

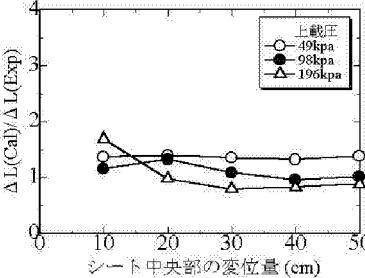


図-6 伸び量の計算値と実験値の比(TPO)

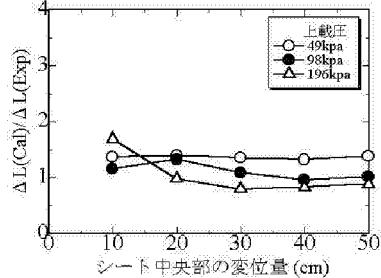


図-7 伸び量の計算値と実験値の比(FPA)

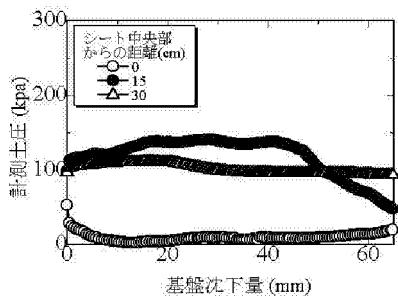


図-8 土圧と基盤沈下量の関係

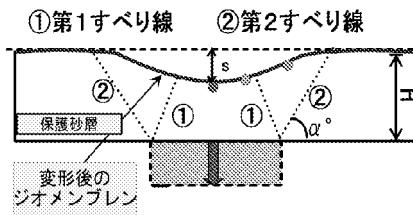


図-9 アーチングの概念図

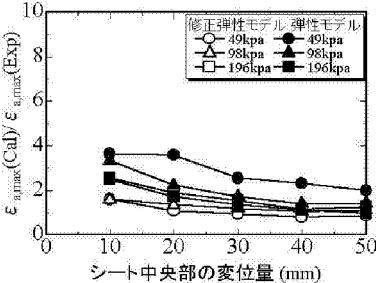


図-11 最大引張りひずみの計算値と実験値との比(HDPE)

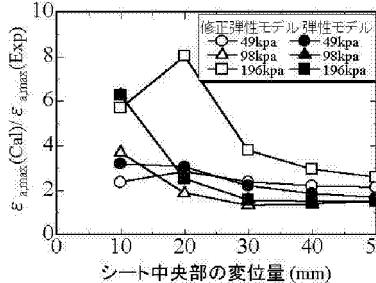


図-12 最大引張りひずみの計算値と実験値との比(TPO)

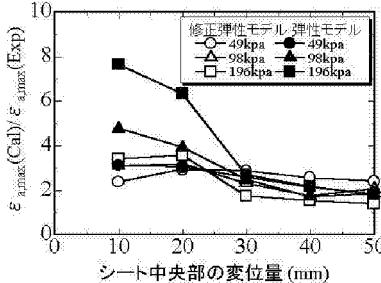


図-13 最大引張りひずみの計算値と実験値との比(FPA)

布と仮定して最大引張りひずみの評価式を導くと次式のようになる。

$$\epsilon_{a,max} = \left(\frac{9 \cdot \Delta L^2 \cdot \sigma_n \mu}{4 \cdot E \cdot t \cdot L_0} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (L \leq L_0) \quad (3)$$

$$\epsilon_{a,max} = \frac{\sigma_n \cdot \mu}{E \cdot t} \left(2 \sqrt{\frac{L_0^2}{3}} + \frac{\Delta L \cdot E \cdot t}{\sigma_n \mu} - L_0 \right) \quad (L \geq L_0)$$

ここで、 L はひずみの発生範囲

図-11～13 に、式 (1) から求めた伸び量を用いて式 (2)、式 (3) から求められた計算値と実験値との比 $\epsilon_{a,max}(Cal)/\epsilon_{a,max}(Exp)$ をシート中央部の変位量に対して、シートの材質別に示す。図より、式 (3) の修正弾性モデルの方が、計算値と実験値との比が 1 に近くなっている。つまり、シートに発生する最大引張りひずみは、シート上

に作用するアーチングの影響を考慮した修正弾性モデルで評価した方が、妥当な計算値を与える。

5. まとめ

- 最大引張りひずみは上載圧が大きく、シートの剛性が低いほど大きくなる。
- 修正 Trough モデルで計算された伸び量は、上載圧の大きさやシートの剛性の違いに依らず、実験値とほぼ一致する。
- 最大引張りひずみは、アーチングの影響を考慮した修正弾性モデルで評価した方が妥当な計算値を与える。

参考文献

- 野本哲也、今泉繁良、阿部秀治、坪井正行、二見智子:基盤の局所沈下に伴う敷設高密度ポリエチレン(HDPE)ジオメンブレンの伸び挙動評価の模型実験、土木学会論文集、No.652/III-51, pp.35-45, 1999
- 服部克典、今泉繁良、宇佐見貞彦、葛巻賢二:下部保護砂層の厚さが局所沈下を受けるジオメンブレンの伸び挙動に与える影響、第27回関東支部講演集, pp.514-515, 2000