

宇都宮大学工学部

学生員 ○古川裕勝

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 宇佐美貞彦

宇都宮大学大学院工学研究科

学生員 葛巻賢二

1. はじめに

現在、廃棄物処分場には、浸出水の公共水域への流出、周辺の地下水の汚染およびこれに伴う地盤の汚染を防止するために、遮水シートとしてジオメンブレンが敷設されている。しかし、ジオメンブレンの下方に敷設された集水管まわりの埋戻し部分の締固めが不十分であると、この部分に局所沈下が生じる。このとき、ジオメンブレンは基盤の沈下に追従して変形し、引張りひずみが生じる。この最大引張りひずみを評価することは、遮水シート供用中の破損に対する安全性を評価する上で重要と考える。

これまでの葛巻、服部らによる落とし戸模型実験の文献では、土圧計を用いて遮水シート上の応力を計測したが、計器の容量の2倍以上の値が計測されるなど実験値を信用することができなかった。

本研究では土圧計のキャリブレーションを行い、また設置方法を改良して実験を実施し、シートに作用する土圧の分布を計測した。そして、この土圧分布がシートに発生する引張りひずみにどのように影響するかを検証した。そして、これらの実験結果を野本や今泉らの提案する発生ひずみの評価式の文献で検討した。

2. 修正 Trough Model とひずみの評価式¹⁾

図1のように、幅B、深さhの集水管周りの埋戻し部分の上層に、厚さHの保護砂層が敷均され、その表面にジオメンブレンが敷設されている場合を考える。この埋戻し部分に局所沈下が生じ、せん断破壊角が α° ($=45^\circ + \phi/2$)の方向に発生し、ジオメンブレンの中央部に変位量dが生じたとする。このとき、ジオメンブレンの伸び量は次式で表される。

$$2\Delta L = 2(L' - L) = 2L \left[\sqrt{1 + (d/L)^2} - 1 \right] \quad (1)$$

ところで、図2に示すように上載圧 σ_n を受けた状態で、図2の左側から引張り力 T_{pu} を受け、ジオメンブレンがDだけ伸びたときの関係は、

$$D = T_{pu} / [2E \cdot t(\mu_u + \mu_l)\sigma_n] \quad (2)$$

のように表される。式(2)におけるDを式(1)の ΔL として、式 $T_{pu} = \sigma_n \times t = (E \times t) / \epsilon_{a, \max}$ を用いると、最大引張りひずみは次式で表さ

れる。

$$\epsilon_{a, \max} = \sqrt{2\Delta L(\mu_u + \mu_l)\sigma_n} / E \cdot t \quad (3)$$

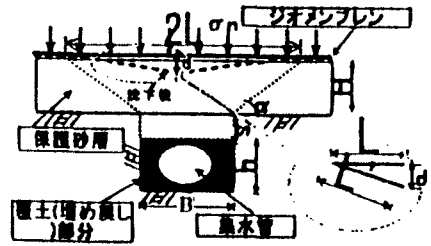


図-1 Trough Modelの概念図

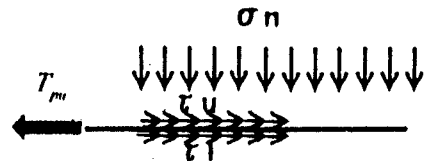


図-2 ひずみ評価式の概念図

3. 実験概要・実験方法

図3に示す落とし戸模型実験装置に砕石砂($\phi=47.9^\circ$)を40cm敷き詰め、その砂層の中央部分に表裏にストレーンゲージを21箇所ずつ貼り付けた厚さ1.5mmのHDPEシートを設置した。次にスクリージャッキに接続されている土層底板中央部の落とし戸をモーターで降下させることにより、局所沈下を発生させた。実験ケースは、上載圧を 0.5 kg/cm^2 と設定し、短繊維不織布を敷設した場合と敷設しない場合の2ケースを行った。また、土圧計をHDPEシート直下に中央部から0、7.5、15、30cmの位置に設置し、シート上に作用する土圧を測定した。

キーワード：遮水シート、局所沈下、応力分布

連絡先：〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-1-2 TEL: 028-689-6218 FAX: 028-689-6230

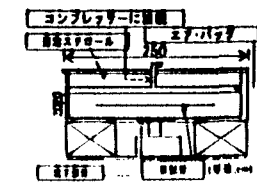


図-2 実験装置

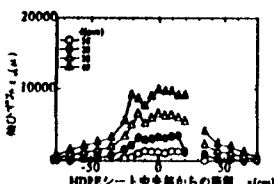


図-4 軸ひずみ分布(不織布なし)

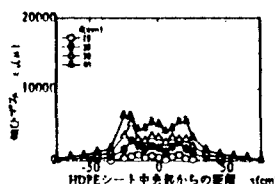


図-5 軸ひずみ分布(不織布あり)



図-6 土圧とHDPEシート中央部の変位量の関係

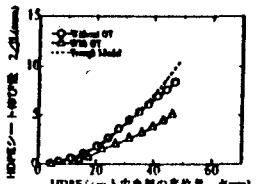


図-7 伸び量

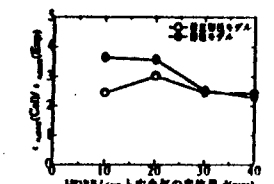


図-8 HDPEシート中央部の変位量と最大引張りひずみの計算値の関係(不織布なし)

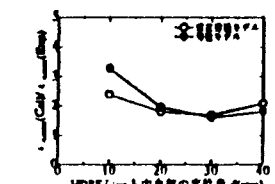


図-9 HDPEシート中央部の変位量と最大引張りひずみの計算値の関係(不織布あり)



図-10 土圧を三角形分布としたひずみ計算値の模式図

4. 実験結果および考察

図4, 5に、不織布なしの場合と不織布ありの場合で、HDPEシート中央部の変位量がそれぞれ10, 20, 30, 40mmのときの軸ひずみ分布を示した。図より、HDPEシート中央部の変位量が大きくなるにつれて軸ひずみの最大値(最大引張りひずみ)が大きくなっていくのがわかる。また、不織布ありと不織布なしの場合について比較すると不織布ありの場合の方が最大引張りひずみが小さくなっている。このことを式(3)に基づき判断すると、不織布ありの場合は不織布なしの場合に比べて、摩擦係数($\mu_a + \mu$)が小さく、剛性(E)が大きいためと考える。

図4, 5において、HDPEシート中央部から±25cm付近に着目すると、軸ひずみの局所的増加がみられる。

図6は不織布ありの場合、HDPEシート中央部の変位量と土圧の関係を示したものである。図6において、土圧計設置位置0, 7.5cmのところではHDPEシート中央部の変位が生じるとすぐに土圧が減少し、15cmのところでは供試体中央部の変位量が30mmまで徐々に増加している傾向がみられる。このことは、基盤の沈下に伴ってHDPEシートの下層にせん断破壊が発生したとき、その影響範囲内では鉛直圧力が減少し、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。よって、軸ひずみの局所的増加の要因としては、アーチングによりせん断破壊の影響範囲の外側の鉛直圧力が増加、即ち拘束力が増大してその付近の軸ひずみが局所的に増加したと考える。

ここで、図4, 5の軸ひずみをジオメンブレン供試体の敷設方向に積分すると、伸び量が得られる。図7に不織布なしの場合と不織布ありの場合について、伸び量とHDPEシート中央部の変位量との関係を示した。また、同図には修正 Trough Model の式(1)から計算される伸び量 $2\sqrt{L}$ の値も示した。図より、不織布なしの場合と不織布ありの場合とを比較すると、不織布ありの場合の方が、伸び量が小さいことがわかる。これは、前述したように不織布ありの場合の方が、剛性が大きくなるため下層の変形形状に追従しにくくなったと考えられる。次に、実験値と計算値とを比較すると、不

織布ありの場合は鉛直変位量が20mmまでは実験値にほぼ一致しているのに対し、それ以降では実験値の10~40%過大評価している。また、不織布なしの場合は鉛直変位量が40mmまでは実験値にほぼ一致している。

次に、式(3)に基づき最大引張りひずみの値を計算した。この値と実験値との比 $\varepsilon_{a, \max}(\text{Cal}) / \varepsilon_{a, \max}(\text{Exp})$ を不織布なしの場合と不織布ありの場合について、鉛直変位量 d に対して示したのが図8, 9である。前述したように式(3)では上載圧を一定としているが、図6に示したように、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布と仮定して最大ひずみ $\varepsilon_{a, \max}$ を導くと式(4)のようになる。

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

式(4)を用いた比も同図に示した。図より、修正弾性モデルの場合の方が、HDPEシート中央部の変位量が30mm以下で実験値との比が弾性モデルより幾分小さく、全体的にばらつきが小さくなっている。

5. まとめ

- ① 摩擦係数が小さく剛性が高いとき、HDPEシートに生じる最大引張りひずみは、小さくなる。
- ② シート中央部の基盤の沈下に伴って下層にせん断破壊が発生したときアーチングが生じ、せん断破壊の影響範囲の外側の鉛直圧力が増加し、その付近の軸ひずみが局所的に増加する。
- ③ 不織布ありの場合の方が、伸び量が小さい。
- ④ シート上に作用する土圧の分布を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、幾分妥当な計算値を与える。

参考文献

- 1) 野本哲也他：基盤沈下に伴う敷設 HDPE ジオメンブレンの伸び挙動評価の模型実験 土木学会第 53 回学術講演会要集Ⅲ-B, pp.740-741, 1998