

基盤沈下に伴う LLDPE 遮水シートの斜面先付近の伸び挙動実験

宇都宮大学工学部 学生会員 ○佐塚 一仁
宇都宮大学工学研究科 正会員 今泉 繁良
八千代エンジニアリング (株) 正会員 宇佐見 貞彦
日本アドックス (株) 正会員 工藤 賢悟

1. はじめに

近年では水面埋立地にも遮水シートが敷設される事例が増加している。水面埋立地は軟弱な地盤上に建設されることが多いことから、埋立地底部の地盤が全域にわたり沈下したり、護岸部と埋立部の境界では地盤改良や荷重の相違等により不等沈下が生じる。このとき遮水シートには大きな伸び変形が生じる可能性があるため、著者ら¹⁾は厚さ 3.04mm の PVC シートを用いて、地盤の圧密沈下をシミュレートした大規模な沈下モデル実験(図-1 参照)を行い、地盤の沈下に伴う遮水シートの伸び挙動を観察した。今回、同じ実験装置を用いて、PVC シートよりも剛性が大きい LLDPE シートに対する実験を行ったので、その結果と PVC シートとの違いについて報告する。

2. 材料特性

実験には、密度 1.17g/cm³、厚さ 3.35mm、引張強度 2743N/cm²、線膨張係数 $2.0 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ の LLDPE (直鎖型低密度ポリエチレン)シートを用いた。表-1 に LLDPE シートと PVC シートの割線弾性係数、不織布との摩擦係数の値を示す。また、遮水シート保護用には、目付け 887g/m²、厚さ 6.74mm の長繊維不織布を用いた。

3. 実験装置、実験方法

図-1 に示した奥行き 100cm、沈下部幅 500cm、深さ 50cm、法面傾度 1:1.5、法面長さ 200cm のコンクリート土槽の中に軟弱地盤と見立てた水バッグを設置した。その上に保護用不織布で覆った下部鉄板、砂と土嚢袋、「不織布+遮水シート+不織布」で構成する遮水工、砂と土嚢袋、上部鉄板の順に設置した。なお、

遮水シートには、図-2 に示す 33 箇所の表・裏に、大変形用ひずみゲージ(YFLA-5)を貼った。そして、法面上方固定端では、幅 900mm、厚さ 2mm、縦 35mm のプレート鉄板を表裏 2 枚ずつで遮水シートを挟み込んで掴み具とし、2 個の容量 10kN の荷重計を介して固定した。また、上部保護マットにも 2 個の容量 10kN の荷重計を介し、法面上端で固定した。遮水シートの法面部と沈下部に熱電対を取付け、空気中と砂中の温度を計測できるようにした。さらに、遮水工の沈下量を測定するための鉛直変位計を上部鉄板のほぼ中央部に、遮水シートの自由端水平変位を知るための水平変位計を遮水シートの端部に取付けた。

沈下実験に際しては、載荷重として上部鉄板上に総重量 115kN の鋼矢板を、斜面上の遮水工上には 20kN の土嚢を載荷した。そして、上部鉄板の沈下速度が 2mm/min～3mm/min となるように水バッグ内の水を抜き、模型基盤を沈下させた。なお、遮水工を敷設した直後から、遮水シートに発生するひずみ、遮水シートと上部保護マットの固定端張力、水平・鉛直変位、遮水シートの温度をデータロガーを介して連続的に計測、記録した(水バッグから水を抜き始めてからは 20 秒間隔で計測した)。

4. 実験結果

遮水シートの 33 箇所で計測した発生ひずみに関して、リード線の感度影響、熱出力による影響、ひずみゲージの拘束効果による影響について補正を行った後、表・裏の平均値として軸ひずみを評価した。図-3 は LLDPE 遮水

表-1 各伸び量に対応する弾性係数(MN/m²)と摩擦係数

伸び 材質	1%	3%	5%	摩擦係数
LLDPE	94.0	75.7	62.0	0.3666
PVC	11.0	9.7	9.3	0.4784



図-1 土槽概略図

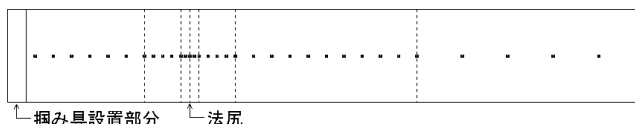


図-2 ひずみゲージ貼付け位置

シート敷設長方向の軸ひずみ分布の経時的変化を示したものである。ここに、横軸の 0 mm が法先位置を示し、負値は斜面方向の距離を示している。図から、遮水工の沈下の進行に伴いひずみが大きく増加するが、法尻付近で大きなひずみが生じており、法先から+2500mm 以上の位置では軸ひずみがほとんど生じていない。図-4 は、水抜きに伴う軸ひずみ分布の変化を、LLDPE シートと PVC シートの比較で示したものである。PVC シート(図-4 の細線)では、その最大値は LLDPE シート(図-4 の太線)より大きいが、+1000mm 以上の位置で軸ひずみが発生していない。したがって、剛性の大きな LLDPE シートの方が広い範囲で軸ひずみが発生するという特徴がみられる。

遮水シートが摩擦を受けた状態で伸び変形をするときの伸び量と張力、ひずみの関係を示すモデルとして、弾性モデルが提案されており²⁾、最大ひずみ $\varepsilon_{\max}$ と伸び量 D との関係は次のように示される。

$$\varepsilon_{\max} = \sqrt{\frac{2D(\mu_u + \mu_l)\sigma_n}{Et}}$$

ここで、 μ_u と μ_l はそれぞれ遮水シート上面と下面の摩擦係数、 σ_n は遮水シートにかかる上載圧、 E は遮水シートの弾性係数、 t は遮水シートの厚さを表している。LLDPE シート及び PVC シートについて、各伸び量における計測最大ひずみ $\varepsilon_{\max}$ (図-4 に示す値)から両者の比を求めたものを図-5 に示す。同図には、上式に表-1 に例示する弾性係数と摩擦係数の値を入れて求めた LLDPE と PVC の最大ひずみの比も示した。図より、伸び量が小さいとき、計算値と計測値はほぼ同じ値(0.3 程度)であるが、伸び量が大きいと計測値による比の方が計算値よりも大きい値を示している。

なお、図-4 に示した軸ひずみ値を敷設方向に積分して伸び量を評価した結果、遮水工の沈下量が 197mm のときの積分値は 134mm となり、沈下量の 68%を示した。

図-6 は、遮水工上端固定部で計測した張力の変化を示したものである。沈下が進むに従い、遮水シート及び上部保護マットの固定端張力は大きくなり、沈下量が 200mm のとき、LLDPE シートには 7kN/m もの固定端張力が働いている。また、上部保護マットにも 6kN/m もの張力が働いていることがわかる。

5. まとめ

今回の実験結果から、両シートとも法尻付近に大きなひずみが生じており、遮水シートの剛性が大きい LLDPE シートの方が、PVC シートに比べてひずみの生じる範囲が広がることがわかった。また、最大ひずみに関する両シートの比は、計測値による比の方が弾性モデルから計算される比よりも大きな値となった。

参考文献

- 1) 鈴木 麻美、今泉繁良：基盤沈下に伴う遮水シートの斜面先付近の伸び挙動実験、土木学会関東支部第 35 回技術研究発表会 VII-14、2008
- 2) 宇佐見 貞彦：最終処分場における基盤変形に伴う遮水シートの挙動と設計方法、宇都宮大学学位論文、pp.22-25、2003

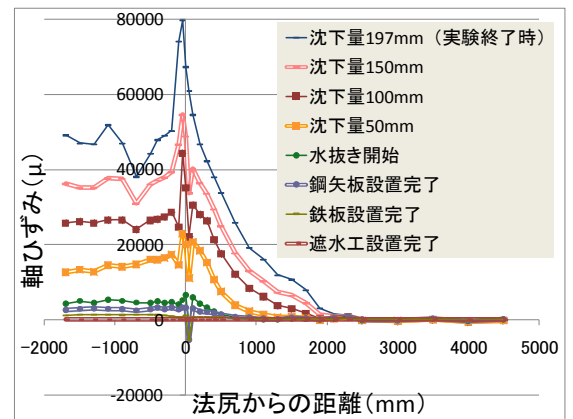


図-3 軸ひずみ分布

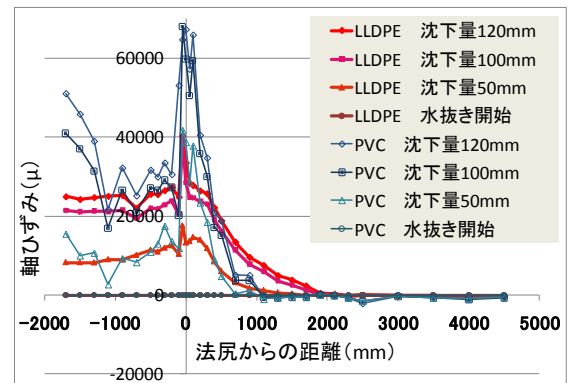


図-4 軸ひずみ分布の比較

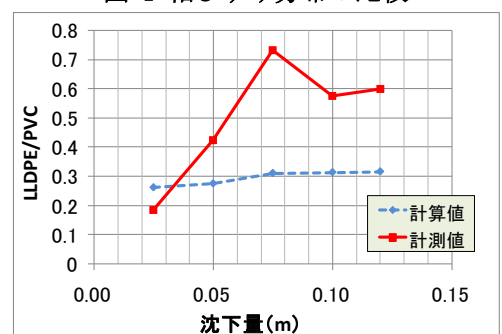


図-5 LLDPE と PVC の最大ひずみの比

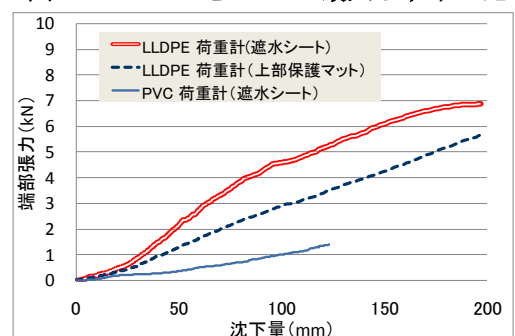


図-6 固定端部の張力変化