

遮水シートに作用する熱応力・歪み分布推計手法に関する研究

九州大学大学院 学生会員 ○山王 孝尚 九州大学大学院 正会員 島岡 隆行
九州大学大学院 正会員 中山 裕文 九州大学大学院 学生会員 井上 幸一

1. はじめに

最終処分場の埋立地に敷設される遮水シートは、温度変化によって伸縮し、熱応力が発生する。温度低下に伴うシートの収縮時には、シート端部の固定工部分が破損する事故等がしばしば発生している。従来、遮水シートに発生する歪みは歪みゲージを用いて測定されてきた。しかし、埋立地法面の遮水シートの温度分布は複雑であり、歪みは一様ではないため、歪みゲージでは広域かつ面的な状況を把握することは困難である。また、広大な埋立地に敷設されている遮水シート全体を歪みゲージだけでカバーすることは困難であり、経済的かつ効率的な新たな手法が必要である。

上記の問題を解決するための一つの方法として、熱赤外線画像装置を用いて遮水シートの面的な温度分布の変化を捉え、それによって歪分布を推計する手法が考えられる。本研究では、室内模擬実験により遮水シートの表面温度変化を熱赤外線画像装置で撮影し、測定した温度分布データを境界条件として用い、有限要素法によって解析した。これにより、遮水シートの歪みを予測することを試みた。また、歪みゲージを用いて遮水シートの歪みの変化を実測値として測定し、有限要素法解析によって得られた推計値と比較、考察した。

2. 室内模擬実験による遮水シートの歪み計測

(1) 実験方法

実験に使用した遮水シートは HDPE である。基本物性として、弾性係数 51kgf/mm^2 、ポアソン比 0.458 、熱線膨張係数 1.5×10^{-4} と設定した。実験装置の概略図を図 1 に示す。実験装置は埋立地の法面を想定して勾配 $1:1.5$ (高さ H :法面長さ L) で作成し、表面には長繊維不織布を貼り付けた。その上に実験サンプルである遮水シートを敷設した。シートの上端をアルミ製の止め板ではさみ、3 点をボルト締めで固定した。また、下端には実際の埋立地法面遮水シートに作用する引き込み力を想定した重りを吊り下げた。実験 1 は、斜面上に敷設した遮水シートにハロゲンランプを用いて一様に温度分布を与えた。実験 2 は埋立地法面における法肩部分を想定し、実験装置の法肩に遮水シートを敷設して実験を行った。実験 2 では取り付けた歪みゲージを、斜面上端より順に歪みゲージ、歪みゲージ、歪みゲージとした。いずれの実験においても、法面遮水シートに対して垂直に 40cm の位置よりハロゲンランプを用いて 20 分間昇温した。その後、シートの温度が室温まで下がっていく過程の歪みを計測し、熱赤外線

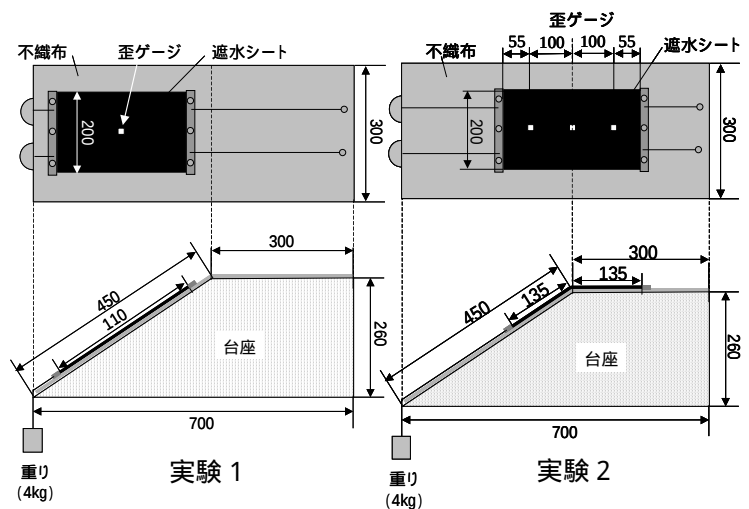


図 1 実験の図面

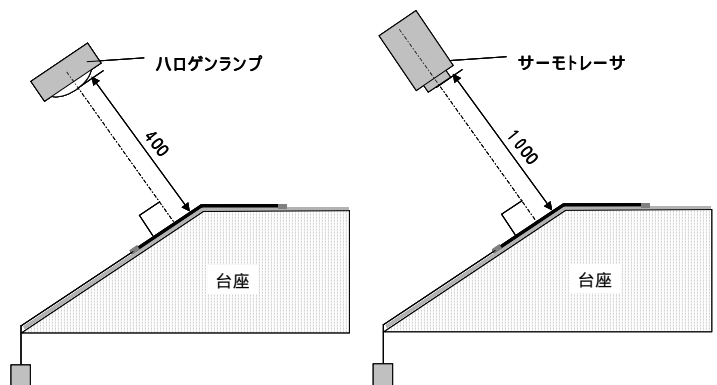


図 2 ハロゲンランプおよびサーモレーサの設置位置

画像装置を用いて遮水シートの表面温度を撮影した (図 2)。

(2) 実験結果

歪みの実測値と、熱赤外線画像装置で測定した温度との関係を図 3 に示す。温度と歪みの関係はほぼ直線的な比例関係にある。なお、シートの材料特性として、熱線膨張係数が温度上昇とともに変化する特徴があるが、今回の実験ではシート温度の上昇は 25 度付近までであり、この範囲においては HDPE シートの熱線膨張係数はほぼ一定値とみなせる。

実験 2 における歪みと温度の実測値の関係を図 4 に示す。ハロゲンランプの光を法面に垂直になるように照射しているため、シートの温度は、ハロゲンランプに対して垂直な歪ゲージ、および の位置の温度が、歪ゲージ の位置の温度よりも高くなっていることが熱赤外線画像装置の画像より確認できた。(図 5)

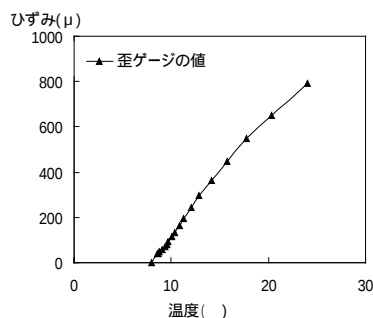


図 3 実測値による温度—歪み曲線

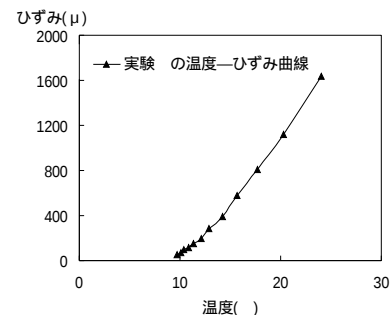


図 6 解析結果による温度—歪み曲線

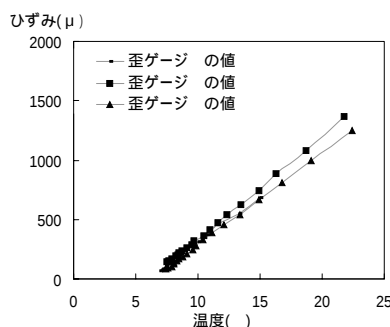


図 4 実測値による温度—歪み

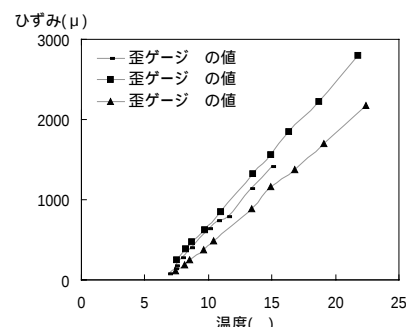


図 7 解析結果による温度—歪

3. 有限要素法による歪みの推計

(1) 計算手順

実験 1 では、斜面長さ 5m、幅 2m 最終処分場に敷設される遮水シートの斜面に様な温度条件を与え、斜面シートの上端を固定端、下端を自由端とした境界条件のもとで計算を行い、その斜面にある一部分の結果であると想定した。実験 2 では、斜面長さ 5m、幅 2m、上端水平面 2m の最終処分場に敷設される遮水シートの法肩部分を想定した。上端水平面的一端を固定し、熱赤外線画像装置より得られた温度分布 (図 5) を要素毎に温度荷重として与えた。計算により得られた接点変位より歪みを求めた。なお、今回は計算簡略化のため、シートと台座の間の摩擦は考慮していない。

(2) 実験値と推計値の比較

実験 1 の実測値 (図 3) と計算値 (図 6) を比較すると、実測値は計算値の 1/2 程度の値となった。また、実験 2 の実測値 (図 4) と計算値 (図 7) を比較すると、同様に実測値は計算値の 1/2 程度となった。ただし、実験 2 における各測定点の相対的な歪みの大きさの違いは、実測値と計算値はよく一致していた。

4. おわりに

本研究では、熱赤外線画像装置を用いて測定した温度分布をデータとして、有限要素法により遮水シートの歪み分布を推計することを試みた。今後は、摩擦を考慮するなど、推計精度を向上させるとともに、1つの法面だけでなく、埋立地全体の対象とした計算を行い、実際の埋立地における歪みの状況と比較検討したい。

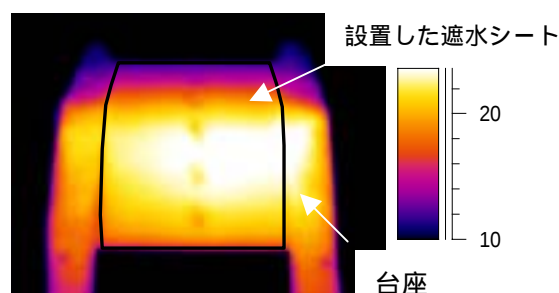


図 5 実験 2 で撮影した熱画像