

(III-92) 温度変化に伴うジオメンブレンの挙動

宇都宮大学工学部

学生会員 ○中村大助

宇都宮大学工学部

正会員 今泉繁良

宇都宮大学工学部

正会員 横山幸満

1 はじめに

ジオメンブレンとは地盤構造物において使用される遮水シートの総称である。ジオメンブレンは温度変化に伴い伸縮するため、最終処分場で使用されたとき、温度下降時にはアンカー部の持ち上げや斜面先の浮きあがりなどの現象、また温度上昇時にはたわみやしわが発生する^{1, 2)}。これらはシートの破損や液体の漏出の原因となるので、温度変化に伴い発生する内部応力やひずみなどの特性を評価することは重要である。

本研究では、温度変化に伴いジオメンブレン内部に生じるひずみと拘束応力の関係について調べた。また、地盤上に敷設されたジオメンブレンに関して、表面形状が温度変化に伴うひずみ等におよぼす影響について調べた。

2 実験概要

本研究では、温度変化に伴うジオメンブレンの挙動を、大気中と地盤上における屋外実験によって調査した。ジオメンブレンとしてHDPEは表面がSmoothで厚さ1.5mmのものと、5mmのSpikeのついた厚さ3mmの2種類を用いた。

大気中での実験装置を図-1に示す。装置本体をH鋼で構成し、幅3cm、長さ10cmのHDPEの両端をつかみ具で固定した。気温が高い午後1時頃にセットし、温度降下に伴い生じるHDPEのひずみをその表裏に貼ったひずみゲージにより、また、変形を拘束することによって生じる応力を装置とつかみ具の間に設けたロードセルによって10分間隔で16時間計測した。

地盤上に敷設したHDPEの測定に用いた模型を図-2に示す。笠間土を10cmの厚さに締め固め基盤土とした。笠間土は自然含水比が8.7%、最大粒径26.5mm、均等係数が15.3の粒度分布のよい土である。HDPEにはひずみゲージを表裏3対、熱電対を上部和下部の2箇所貼り付けてひずみと温度を、またHDPEと基盤土との摩擦により変形が拘束されることにより生じる応力をロードセルで測定した。測定方法は上述と同様である。ここで、ひずみを計測する際、ひずみゲージが温度 t_0 からの変化 t' ($=t-t_0$) を受けるとそれ自体にひずみ $\varepsilon_{gt'}$ (伸張を正)が生じる。このひずみを考慮するため、線膨張係数が極めて小さい(0.5 μ /°C)石英ガラスにひずみゲージを貼り、その変化を別に計測(図-3参照)し、温度変化に伴い生じるHDPEの真のひずみ量 $\varepsilon_{it'}$ を、ひずみゲージからの計測値 $\varepsilon_{mt'}$ に対して、次式のような補正を行い評価した。

$$\varepsilon_{it'} = \varepsilon_{mt'} - \varepsilon_{gt'} = \varepsilon_{mt'} - \alpha \cdot t' = \varepsilon_{mt'} - \alpha (t - t_0) \quad (1)$$

ここで、 $\varepsilon_{it'}$:基準温度 t_0 からの温度変化に伴い生じる材料の真のひずみ、

$\varepsilon_{mt'}$:測定値、 $\varepsilon_{gt'}$:ひずみゲージのひずみ、 α :図-2に即したひずみゲージの線膨張係数

また、ロードセルにより得られた応力 $\sigma_{it'}$ (HDPEの伸張圧を正)はHDPEの弾性係数Eを用い、 $\varepsilon_{it'} = \sigma_{it'}/E$ によ

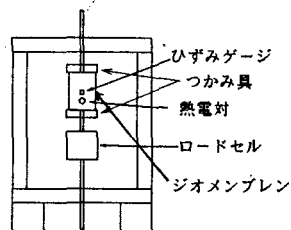


図-1

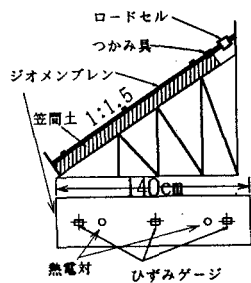


図-2

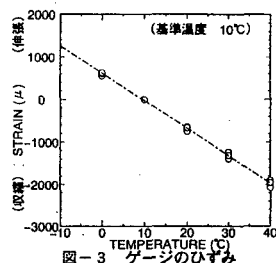


図-3 ゲージのひずみ

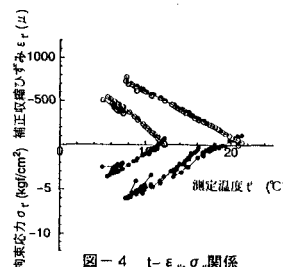


図-4 $t - \varepsilon_{it'}$ 関係

ってひずみに換算した。ただし、HDPEの弾性係数は温度依存性を考慮した以下の実験式³⁾を用いた。

$$E = 8180 \cdot 10^{-0.0125t} \quad E: \text{弾性係数} \quad t: \text{測定時温度} \quad (2)$$

これを上述のゲージ補正によって得られたひずみ ε_{ti} と重ね合わせることで、HDPEの変形が全く拘束されていない状態のひずみ ε_{ti} として評価した。

$$\varepsilon_{ti} = \varepsilon_{ti} + \varepsilon_{ti} = \varepsilon_{mi} - \alpha(t - t_0) + \sigma_{ti} \cdot 10^{0.0125t} / 8180 \quad (3)$$

3 実験結果及び考察

3-1 大気中における実験 実験により求めたHDPEの温度 t 、補正収縮ひずみ ε_{ti} 、拘束応力 σ_{ti} の関係を図-4に示した。本来、HDPEの変形が完全に拘束されていれば温度が変化しても補正ひずみ ε_{ti} は0となるはずであるが、装置のH鋼の収縮、つかみ具部分の抜け出し、ロードセルのひずみ等により0となっていない。

図-4に示した測定値から、(3)式を用いて拘束を受けない真のひずみ ε_{ti} を計算し温度変化量 t' との関係を示したのが図-5である。図-5では、HDPE設置時の温度が異なる2ケースのデータがほぼ同一の直線関係上にあり、 $\varepsilon_{ti} = 1.28 \cdot 10^{-4} \cdot t'$ の式で表される。この係数 $1.28 \cdot 10^{-4} (\text{1/}^\circ\text{C})$ は、別途実施されたHDPEの線膨張係数 $1.65 \cdot 10^{-4} (\text{1/}^\circ\text{C})$ に近い値になっている。図-5には、ゲージの温度変化に伴うひずみ補正をしない場合の関係も示してあるが、この関係はばらつきも大きく、係数も $0.59 \cdot 10^{-4} (\text{1/}^\circ\text{C})$ と補正を行ったものに比べ小さい値となっている。

以上のことより、温度変化を受けるHDPEの内部に発生するひずみ ε_{ti} 、その拘束応力 σ_{ti} の関係は(3)式を用いて評価でき、 ε_{ti} はHDPE自体の線膨張係数 β から評価される $\beta \cdot t'$ に等しいことがわかった。

3-2 地盤上における実験 図-6、7は、HDPEの一端を自由とした、表面がSmoothとSpikeがあるHDPEの測定結果である。図-6は図-4と比べ、一端を自由としているため温度変化に伴う発生ひずみが大きい。図-7に示したロードセルで計測された拘束応力は、HDPEと土との摩擦に起因するものと考え、Spikeの有無にかかわらずその値は 0.2 kgf/cm^2 と小さく、表面形状の違いは拘束力に反映していないと判断される。これは、HDPEの自重のみではたとえ5mm程度のSpikeがあったとしても地盤との間に十分な摩擦を発揮させ得ないためと考える。

図-8は、 ε_{ti} と t' の関係を示したものであるが、表面がSmoothなもの、表面にSpikeがあるものも同一直線上にプロットされ、温度変化 t' とのひずみ関係がジオメンブレンの材質にのみ依存していることを示している。

4 まとめ

HDPEの温度が $20^\circ\text{C} \sim 0^\circ\text{C}$ の範囲で降下していく時、HDPE内に発生する収縮ひずみと拘束応力を測定した結果、以下の結論が得られた。

- (1) ひずみゲージを用いて温度変化に伴い生じるひずみを測定する場合、ゲージ自体のひずみを考慮に入れる必要がある。
- (2) 温度変化に伴うひずみの評価では、線膨張係数は一定、弾性係数は変化するものがあるのが良いようである。
- (3) 今回の実験では、覆土等の上載物が無い場合、その挙動は5mm程度のSpikeの有無の影響を受けなかった。

参考文献

- 1) G. R. Koerner, K. M. Koerner: Temperature Behavior of Field Deployed HDPE Geomembranes, Geosynthetics'95, pp. 921-937, 1995
- 2) J. P. Giroud: Quantification of Geosynthetic Behavior, Fifth International Conference on Geotextiles, Geomembranes and Related Products, Special Lecture, Singapore, pp. 21-23, 1994
- 3) 坪井正行, 田玉吉敬, 宮地秀樹, 津田知英, 今泉繁良: 温度環境がHDPEジオメンブレンの引っ張り特性に与える影響, 第10回国際ジオシンセティックシンポジウム, PP. 123-133, 1995

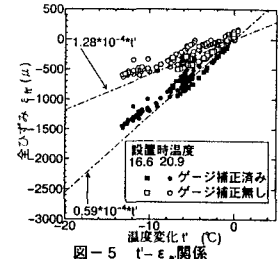


図-5 $t' - \varepsilon_{ti}$ 関係

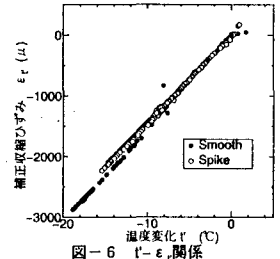


図-6 $t' - \varepsilon_{ti}$ 関係

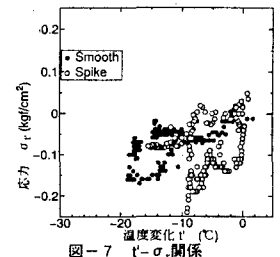


図-7 $t' - \sigma_{ti}$ 関係

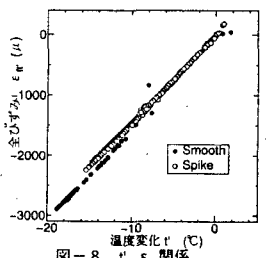


図-8 $t' - \varepsilon_{ti}$ 関係