# 土中におけるジオメンブレンライナー材のクリープ特性

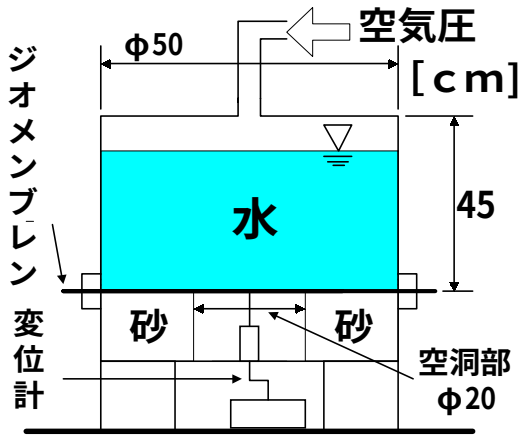
関西大学工学部　正会員　　西田一彦
関西大学工学部　正会員　　西形達明
太陽工業株式会社　　岡部禎之
関西大学大学院　学生会員　○蚊野照久

## 1．はじめに

現在，廃棄物処分場で使用されているジオメンブレンは，主に遮水機能を担うように構造設計が行われているだけである．しかし，ジオメンブレンのライナー材としての挙動にはまだ不明な点が多く，とくに土中におけるクリープ変形に関して，研究や設計方法の確立が望まれる．そこで，本研究では厚さの異なる３種類の HDPE 製のジオメンブレンについて，廃棄物処分場の地盤内に生じる局部的な沈下を想定し，それらのクリープ特性について検討を加えた．また，ジオメンブレンのクリープ特性に対して，土のクリープ式を適用することによって，長期間にわたるクリープ変形の定式化を行うことを試みた．

## ２．実験方法

ジオメンブレンのクリープ試験は一般に，一軸引張り状態で実施されることが多いが，地盤内に生じる局部的な沈下変形下では，ジオメンブレンには多軸方向の引張り力が作用するものと思われる．また，ジオメンブレンの引張り強度特性には，試験時の荷重条件が大きく影響することが指摘されている．そこで，本研究では**図－1** に示すような実験装置を用いた．これは底面に局所的な沈下部を模した空洞を有している円形土槽であり，これによってジオメンブレンには多軸方向の引張り力が作用することになる．また HDPE シートの下面には，ひずみゲージを取り付けて，経時的な伸びひずみを測定した．また, HDPE シートのクリープ変形は温度による影響を受けるため，実験中の温度は 22℃に保った. 用いたジオメンブレン試料は，厚さ 1.0, 1.5, 2.0mm の３種類の HDPE シートであり， **表－1** にその一軸方向の引張り試験より求められた力学的性質を示す．



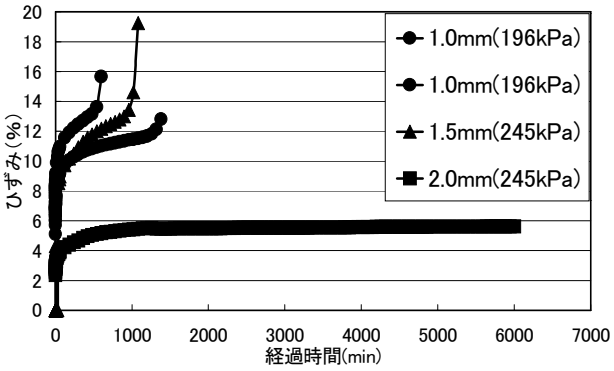

**図－１**　実験装置

表-1　ジオメンブレン試料の引張り強度特性

| | 高密度ポリエチレン（HDPE） | | |
|---|---|---|---|
| 厚さ（mm） | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 引張り強度(MPa) | 20.1 | 23 | 27 |
| 破壊時伸び率(%) | 780 | 860 | 940 |
| 伸び剛性(MPa) | 160 | 140 | 120 |

## ３．実験結果

**図－２**は各厚さの中心部における伸びひずみの経時変化を比較したものである．この図より，厚さが 2.0mm と大きいシートでは 5%付近の 2 次クリープ領域で安定しているけれども，1.0㎜ や 1.5㎜ の HDPE シートでは，約 12%を超えると３次クリープ領域に達することがわかる．よって，HDPE シートでは， 厚さが異なっても，伸びひずみが 12%以上になると３次クリープ領域に達し，以後， 時間が経過すると破壊に至ることになるものと思われる．このように，通常の一軸方向の引張り試験(**表－１**参照) では HDPE シートの破壊時の伸び率は 1000%近くに達するものもあるが，




**図－２**　各厚さに対するひずみと時間の関係

**キーワード：**ジオメンブレン，クリープ，廃棄物処分場，限界荷重
**連絡先**　　：〒564－0073　大阪府吹田市山手町 3-3-35　Tel 06-6368-0898

本実験のように局所的に多軸状態の引張り力が作用する条件下では，非常に脆性的な破壊形態を示すものと考えられる．これは，ジオメンブレンを使用する上で注意すべき点と考えられる．

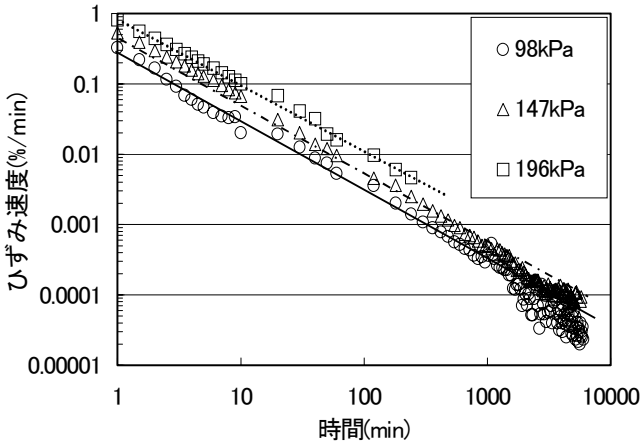
## ４．土のクリープ式の適用

土中内に埋設されたジオメンブレンのクリープ変形は，土と一体となって挙動するものとすれば， 土自身のクリープ特性とも密接な関係を有することになる．
そこで，Singh と Mitchell[1] による土のクリープ式を適用してみる．この基本式は次の２式となっている。

$$\ln \dot{\varepsilon} = \ln \dot{\varepsilon}(t_1,\sigma) - m \cdot \ln(t/t_1) \quad \cdots\cdots (1)$$

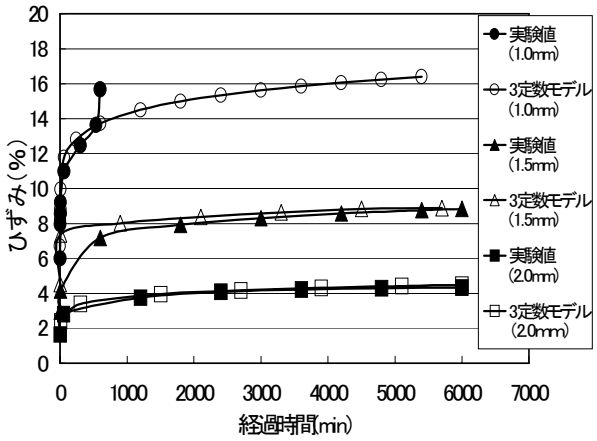
$$\ln \dot{\varepsilon} = \ln \dot{\varepsilon}(t,\sigma_0) + \alpha \cdot \sigma \quad \cdots\cdots (2)$$

σ:クリープ荷重，t:任意時間，$t_1$:単位時間(1min)，
$\dot{\varepsilon}$:任意時間のひずみ速度，$\dot{\varepsilon}(t_1,\sigma)$:単位時間におけるひずみ速度，$\dot{\varepsilon}(t,\sigma_0)$:σ=0 における便宜的なひずみ速度，m,α:クリープ試験結果より定まる定数．




**図－３**　ひずみ速度の経時変化(1.0mm 中心部)

式(1)の関係を見るために，各クリープ荷重について，ジオメンブレン試料の中心部におけるひずみ速度($\dot{\varepsilon}$)と時間(t)を両対数上にとったものが**図－３**である．結果はいずれのクリープ荷重でも，ほぼ直線関係となり，一定のmの値をとることになり，式(1)がジオメンブレンにおいても成立することがわかる．同様に紙面の都合上省略するが，$\dot{\varepsilon}$とσの関係も直線関係となり(2)式が成立することが明らかとなっている．よって，土を対象としたクリープ式をジオメンブレンのクリープ特性を表す基本式として用いることができるものと思われる．**図－４**は上の２式を変形して求めたクリープ変形曲線と実験結果との比較を行ったものである． ２次クリープ領域にある厚さ 1.5mm, 2.0mm のシートでは，実験値と計算値はほぼ等しい値を示している．一方，1.0mm のシートでは，実験値が３次クリープ領域に至る 12%近くまでのクリープひずみは計算値とよく一致している．したがって，土のクリープ式を用いるとジオメンブレンシートの２次クリープ領域までの挙動が表現できることがわかる．以上のことを基にして，クリープひずみが 12%に達すると３次クリープ領域に達するものとし，かつ処分場の供用期間を 50 年と仮定して， 50 年後にクリープひずみが 12%に達する限界荷重を求めてみると， 厚さ 1.0mm の HDPE シートでは約 110kPa となり，厚さ 1.5mm のシートでは約 150kPa となった．2.0mm のシートでは 196kPa の荷重下で 100 年を経ても，伸びひずみの計算値は 9.3%程度であり，2 次クリープで安定を保っていた．これらのことより，廃棄物処理場の地盤に本研究で想定したような非常に厳しい条件の局所変形が生じた場合，クリープ変形に対する廃棄物のおおよその限界投棄高さを推定しておくことが出来れば，より有効な設計が可能になるものと思われる．




**図－４**　実験値とモデル計算値との比較

## ５．結論

1) HDPE ジオメンブレンはその厚さに関係なく，クリープひずみが約 12%を越えるとひずみ速度が急激に大きくなり，３次クリープ領域に達する．
2) 土のクリープ式を適用することによって， ジオメンブレンのクリープ特性を把握することができる．これによって，クリープ変形の長期予測を行うことも可能である．

【参考文献】1)Singh,A・J,K,Mitchell:General stress-strain-time function for soils, Jour.of the Soil Mechanics and Foundations Divi,ASCE, Vol.94, No.SM1,pp21-46,1968.