局所沈下を受けるジオメンブレンのクリープ特性

関西大学　工学部　○正会員　西形達明
関西大学　工学部　　正会員　西田一彦

1．はじめに

廃棄物処分場のライナー材として用いられるジオメンブレンについては現在のところ遮水のみを担うように構造設計がなされ，強度に対する安全性を保証する明確な設計法は存在しないのが実状である．とくに，基盤に生じる局部的な変形あるいは空洞によるジオメンブレンの破断にも十分な対策が必要であろうと考えられる．さらには施設の供用後の長期的な破壊抵抗性が重要となることは言うまでもない．そこで，本研究では室内モデル実験により，ジオメンブレン敷設地盤に局所的な変形が生じた場合を想定してそのクリープ特性を検討した．これより，ジオメンブレンのクリープ特性を考慮した引張り強度の低減率を実験的に求めた．

2．実験方法

一般に，ジオメンブレンの変形特性はその試料形状や試験の境界条件によって大きく変化することが明らかとなっている[1)]．したがって，通常の引張り試験のように一軸方向の引張り力を作用させた状態でクリープ試験を実施すると，地盤の局所的な空洞などによるジオメンブレンのクリープ特性を正しく把握できないものと考えられる．そこで，**図-1** に示すような実験装置を使用した．これは内径 50cm，高さ 45cm の円形容器で上部と下部の 2 層構造となっており，この間にジオメンブレン試料を敷設して周囲を固定する．ジオメンブレン下部中央には地盤の局所的な空洞を模した内径 20cm の孔が設けられており，上部に水を満たした後，容器頂部より空気圧によって一定の上載圧を作用させて，ジオメンブレン試料のクリープ変形を測定した．測定はジオメンブレンの下面中央に変位計を設置して鉛直変形量を測定するとともに，ジオメンブレンの各点にヒズミゲージを貼り付けることでその伸び変形を測定した．使用したジオメンブレン試料は厚さの異なる 2 種類の高密度ポリエチレン製(HDPE)のシートで，その力学的性質を**表-1** に示す．ただし，これらの結果は通常の一軸方向の引張り試験より得られたものである．

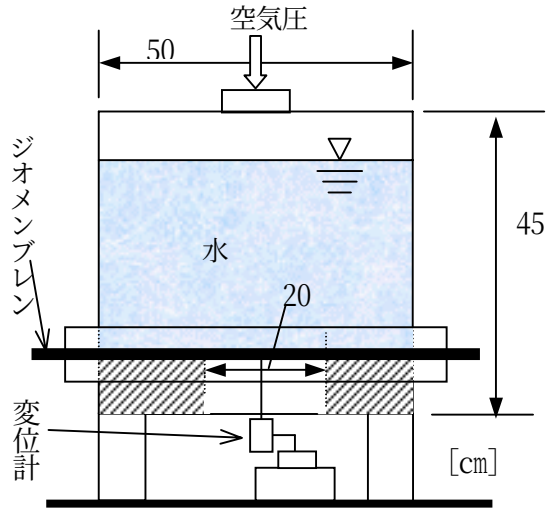


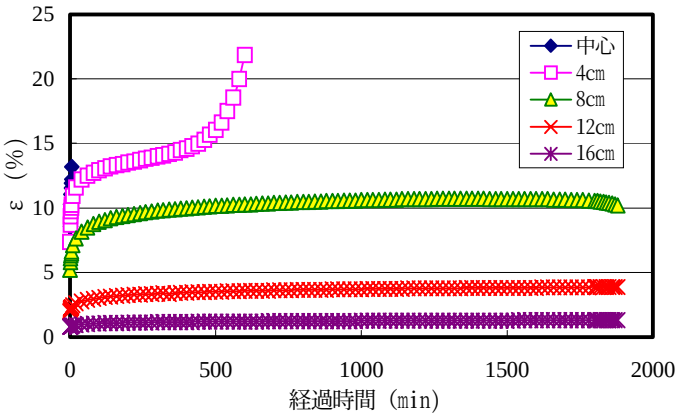
図-1　試験装置

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
引張り強度（MPa）	20.1	23
破壊時伸び率（%）	780	860
伸び剛性（MPa）	160	140

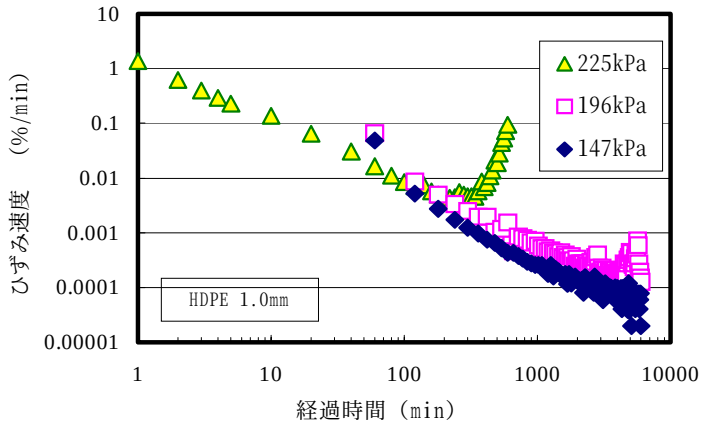
3．実験結果

図-2 は厚さ 1.0mm の HDPE シートのクリープ試験結果である．なお，図中に示す凡例はひずみゲージの取り付け位置を示している．これより，中心部の伸びひずみが最も大きく，12cm，16cm（空洞部の外側部分）では伸びひずみは小さくなっている．したがって，本試験は破裂試験とほぼ同様な試験条件になっているものと考えられる．とくに中心部付近では実験開始後数分で急激にひずみが増大し，いわゆる 3 次クリープ領域に達している．この試験では HDPE シートは最終的に約 1800 分で破壊に至った．**表-1** に示すように，通常の一軸方向の引張り試験では HDPE シートの破壊時の伸び率は非常に大きい

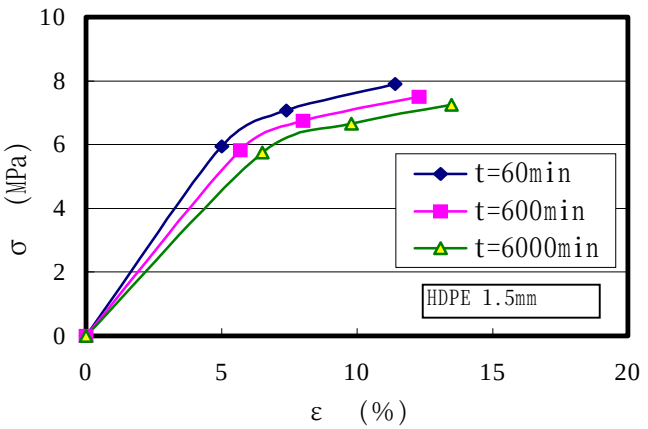


図－2　ｸﾘｰﾌﾟ試験結果（HDPE 1.0mm、クリープ荷重225kPa）

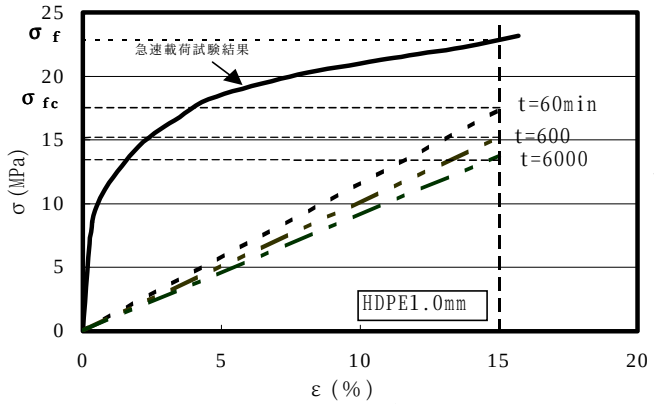
キーワード：ランドフィル，ジオメンブレン，クリープ，引張り強度
大阪府吹田市山手町 3-3-35　TEL 06-6368-0898　FAX 06-6368-0898



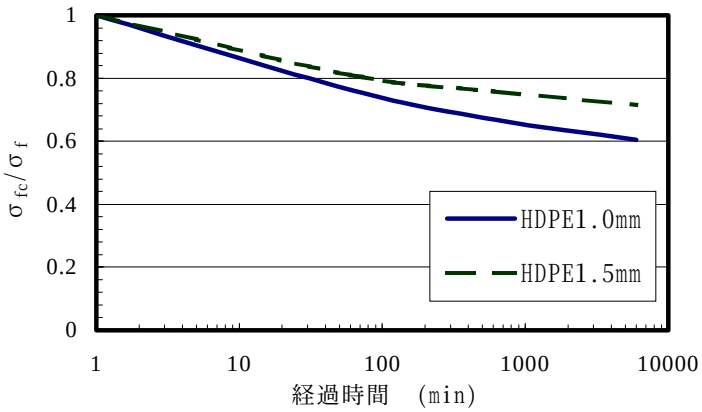
図－3　ひずみ速度の変化（中心からの距離4cm）



図－4　各経過時間における作用引張り力とひずみの関係



図－5　クリープ変形を考慮した引張り強度の決定法



図－6　引張り強度の低減係数

値を示すが，本試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脆性的な破壊形態を示す傾向にあることがわかる．次に，上記の結果から3種類のクリープ荷重について，ひずみ速度（中心から4cmの位置）と時間の関係を見たものが**図-3**である．クリープ荷重が 147kPa の場合には，ひずみ速度は時間経過とともに徐々に低下していき非常に微小な値で安定しているが，クリープ荷重が196kPaや225kPaと大きくなると，ひずみ速度が再度増加し始める点が存在し，とくにクリープ荷重が 225kPa のときには，ひずみ速度が急激に増加して塑性化し不安定な状態となっていることがよくわかる．次に，**図-4**は 1.5mm 厚さの HDPE シートについて，作用引張り応力とひずみ量の関係を経過時間ごとに整理したものである．作用引張り応力の値は測定された伸びひずみ量と**表-1**中の伸び剛性の値から求めることも可能であるが，表中の伸び剛性の値は一軸引張り試験から求められたものであるため，本試験のような多軸状態の引張り特性を十分表現できないものと考えられる．そこで，実験より測定された HDPE シートの最大沈下量から3次元局部引張り理論[1)]を用いて引張り応力を計算により求めた．これより，**図-4**は経過時間ごとのシートの見かけの引張り力－ひずみ関係となっており，その引張り剛性が時間経過とともに低下していくことを示している．**図-5**は1.0mm 厚さの HDPE シートについて，**図-1**の装置を用いて急速載荷を行うことで求めた引張り力－伸びひずみ曲線と，**図-4**の方法で求めた各経過時間における引張り剛性を表す直線を示したものである．ここで，**図-2**より厚さ 1.0mm の HDPE シートでは伸びひずみが 15%程度からひずみ速度が急激に増加していることから，15%時の引張り応力をクリープ破壊強度(σ_f)と仮定すれば，**図－4**で得られた各経過時間における見かけの変形係数の傾きを有する直線が 15%ひずみに達したときの引張り応力を各経過時間でのクリープ破壊強度(σ_{fc})とすることができる．これより，引張り破壊強度σ_fに対する HDPE シートのクリープによる引張り強度の低減率はσ_{fc}/σ_fとして求めることができる．そこで，**図-6**に 1.0mm と 1.5mm 厚さの HDPE シートについて，クリープによる引張り強度の低減率の変化を示す．いずれのジオメンブレンともに低減率は 0.6～0.7 の間に収束する傾向がみられる．したがって，HDPE シートの引張り強度を 60～70%と見積もることで，そのクリープ特性を表現できるものと考えられる．

参考文献）1)長束勇：貯水池表面遮水工法に関する研究，農業工学研究所報告，No.38，1999.