

ジオメンブレンと粘土の接触面での透水量係数における有効上覆圧力の影響

佐賀大学 理工学部 学生員 ○實本 歩
 佐賀大学 理工学部 正会員 柴 錦春

1.まえがき

廃棄物の最終処分場の遮水層としてジオメンブレンと粘土層からなる複合ライナーが幅広く適用されている。ジオメンブレンの透水性は極めて小さく、汚染物質の地盤中への浸透を防ぐ上で効果は大きい。しかし、欧米の現場調査結果により、施工中ジオメンブレンへのパンチと不良継目等の損傷を避けられない¹⁾。従って、設計上ジオメンブレンの損傷の影響を考慮する必要がある。この損傷部からの溶液浸出量はジオメンブレンと土層間の接触状況が大きく影響している。この接触状況を定量的評価するパラメーターは境界面透水量係数と呼ばれる。本研究では有効上覆圧力が透水量係数にどのように影響しているかを実験的に検討する。

2.試料及び試験方法

試験装置は、図-1に示すように直径 150mm、高さ 400mm の透水試験機を用いた。土層にまさ土と有明粘土を使用した。土層の物性値及び透水係数(k)は表-1に示す。有明粘土のk値は段階載荷圧密試験結果から計算したものである。また、ジオメンブレンは厚さ 1.5mm のメタロセン触媒ポリエチレンシート(MCPE)を使用し、中心に直径 1.0mm の穴を開けた。溶液は濃度 10g/l の食塩水を使用した。試験の手順は以下の通りである。

(1)土層の作成：有明粘土の場合、含水比は液性限界に近い粘土を試験装置のモールドに入れ両面排水の条件で 50kPa の圧力で圧密する。まさ土の場合、最適含水比(約 13%)でモールド中に締固めて、表面を水平にして 50kPa の圧力をかけ圧密する。圧密終了後、一旦除荷する。

(2)ジオメンブレンの設置：損傷があるジオメンブレンをピストン(図-1)に接着し、ジオメンブレンとピストン間の浸透流が発生しないようにする。

(3)漏水量の測定：溶液を所定の値まで入れ、上載圧力をかけて漏水試験を開始する。漏水量と土層の垂直変位を測定する。

1つの圧力で漏水量安定まで約 2 週間かかる。漏水量安定後、上載圧力を変化させて試験を続ける。全部 4 回の試験を行った。各試験の条件を表-2に示す。まさ土の試験を行った時点で、装置の制限により上載圧力は 50kPa までであった。その後、改良して 200kPa まで載荷する事ができる。

3.透水量係数の計算法

ジオメンブレンと粘土層間の透水量係数は実測した漏水量から逆計算する。溶液が損傷部から粘土層中に浸透しながらジオメンブレンと粘土層の接触面に浸入していく。接触面で溶液が浸入したエリアは湿潤エリアと呼ぶ。本研究では小型装置を用いたのでその湿潤エリアはモデルの境界までになると考える。Touze-Foltz は

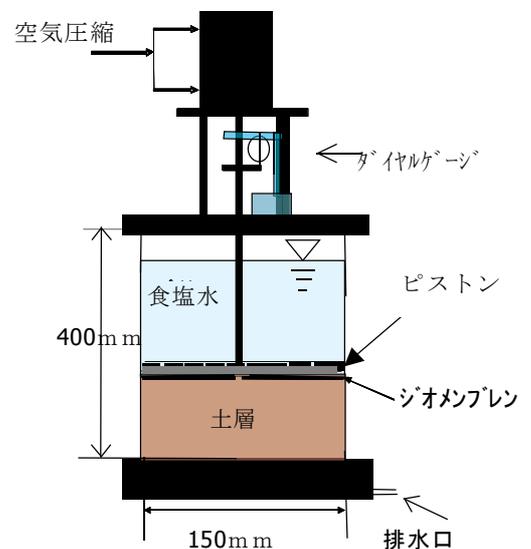


図-1 試験装置
 表-1 土の物質特性及び透水係数

	D ₅₀ (mm)	w _L (%)	w _p (%)	各上載圧力における透水量係数 k (10 ⁻⁶ × cm/s)				
				0kPa	50kPa	100kPa	150kPa	200kPa
まさ土	0.38	—	—	3.510		—	—	—
有明粘土	—	116.6	57.5	0.485	0.281	0.162	0.081	0.077

表-2 試験条件

試験 No.	土質試料	土層厚さ H _L (cm)	水頭 h _w (cm)	上載圧力 P (kPa)
1・2	まさ土	16.0	16.0	(50)→0→10→20→30→40→50
3	有明粘土	6.7	33.3	(50)→0→50→100→150→200
4	有明粘土	6.2	33.8	(50)→0→100→150

この条件での漏水量を予測する理論式を提案した²⁾。

$$Q = \pi r_0^2 k_s i_s - 2 \pi r_0 \theta \alpha [A_Q I_1(\alpha r_0) - B_Q K_1(\alpha r_0)] \quad (1)$$

ただし、 Q :漏水量(m^3/s)、 r_0 :ジオメンブレン損傷の半径(m)、 k_s :土層の透水量係数(m/s)、 i_s :透水量係数(m^2/s)、 h_w :ジオメンブレン上の水頭(m)、 H_L :土層の厚さ(m)、 $A_Q \cdot B_Q$: Bessel 関数を含む式、 $I_1 \cdot K_1$: Bessel 関数である。式(1)中の θ 値を変化して、計算した Q 値は実測した漏水量と同じように θ 値を求める。

4.試験結果及び考察

漏水量の測定結果を図-2 に示す。上載圧力が増加すると漏水量が減少している事がわかる。これは上載圧力が増加するとジオメンブレンと土層間の隙間が減少したためと考えられる。隙間の減少によって、境界面の透水量係数(θ)も減少する。各圧密応力に対応する土層の透水量係数(表-1)を用いて、式(1)で求めた θ 値は図-3 に示す。この図から(1)上載圧力の増加に伴って θ 値が減少する事と(2)まさ土とジオメンブレン間の θ 値は有明粘土とジオメンブレン間の θ 値より大きいことがわかる。まさ土の透水量係数は有明粘土の 10~100 倍で、逆計算した θ 値は数 100 倍になっているので、土の種類による θ 値への影響は土の透水量係数で評価する事が可能と考えられる。上載圧力の影響について、Chai ら(2005)³⁾はジオメンブレンに損傷がある複合ライナーの漏水量における上載圧力の影響を予測する式を提案した。上載圧力による θ 値の変化を同じ式で評価すると以下ようになる。

$$\theta = \theta_0 \frac{1}{(1 + p/p_0)^{2.5}} \quad (2)$$

ただし、 θ :透水量係数、 θ_0 :上載圧力ゼロにおける透水量係数、 p :上載圧力、 p_a :大気圧。この式で予測した結果も図-3 に示している。全体として式(2)は θ 値における p の影響を評価することができると言える。

5.まとめ

小型試験装置を用いて、ジオメンブレンに損傷があるジオメンブレン・土層からなる複合ライナーの漏水量を測定し、漏水量と逆計算したジオメンブレン/土層間の透水量係数(θ)における上載圧力(p)の影響を検討した。試験したまさ土と有明粘土ともに、 p の増加によって漏水量、そして θ 値が大きく減少した。その原因は p の増加によって、ジオメンブレンと土層間の隙間が減少したと考えられる。試験結果に基づいて、 θ 値における p の影響を予測する式を提案した。

謝辞:まさ土を用いた漏水量試験は松本将吾氏(佐賀大学の卒業生)が行った。

参考文献:1) Rollin, A. Marcotle, J. M. and Caquel, F. (2002). Lessons learned from geo-electrical leaks surveys. Proc. of the International Conference on Geosynthetics, Nice, Vol. 2, pp. 527-530.

2) Touze-Foltz, N., Rowe, R. K. and Duquennoi, C. (1999): Liquid flow through composite liners due to geomembrane defects: analytical solutions for axi-symmetric and two-dimensional problems. Geosynthetics International, Vol. 6, No. 6, pp. 455-479.

3) Chai, J.-C. Miura, N. and Hayashi, S. (2005). Large-scale tests for leachate flow through composite liner due to geomembrane defects. Geosynthetics International, Vol. 12, No. 3 pp. 134-148.

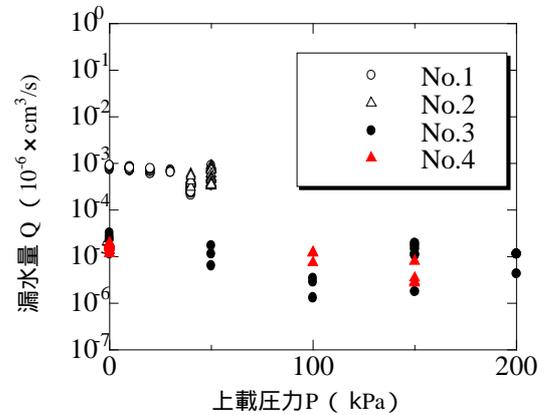


図-2 漏水量と上載圧力の関係

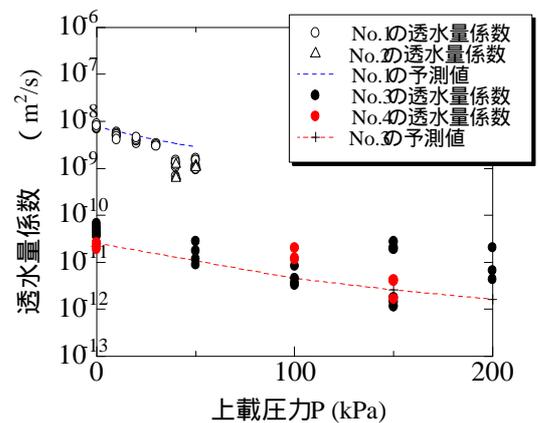


図-3 透水量係数と上載圧力の関係