ジオメンブレン・土層間の透水量係数に関する試験研究

佐賀大学 理工学部 学生員 〇堤 猛 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(GM)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。GM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、現場調査結果により、施工中 GM へのパンチと不良継目等の損傷は避けられない¹⁾。従って、設計上 GM の損傷の影響を考慮する必要がある。GM に損傷がある複合ライナーからの溶液浸出量は、GM 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に評価するパラメーターは、透水量係数(θ)と呼ばれる。本研究では、GM に損傷があるモデル複合ライナーの透水試験と GM と土層間の通水試験を行い、GM と土層間のθ 値を検討した。

2. 試料及び試験方法

使用した土は、有明粘土と 1.2mm のふるいを通過したまさ土を乾燥重量比 1:2 で混合したものである。混合土の液性・塑性限界はそれぞれ 61.6%と 49.7%である。段階載荷圧密試験から得られた各圧密応力での透水係数値(θ 値の計算に必要)は表-1 に示す。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)を使用した。

2.1 透水試験: 内径 150mm、高さ 400mm の透水試験機を用いた。この装置はベリフラムシステムを利用して試料 に 200kPa までの圧力をかけられる。モデルの境界の影響を抑えるために、GM の損傷として直径 150mm の GM 試 料の中心に直径 1.0mm の穴を開けた。試験方法について實本ら²⁾が報告されたが、その概要は以下のとおりである。 (1) 土層の作成: 試料をモールドに入れ、両面排水の条件で 50kPa の圧力で圧密する。

(2)ジオメンブレンの設置:損傷のある GM をピストンに接着し、GM とピ

ストン間に浸透流が発生しないようにする。ピストンをセットし、所定 の圧力をかける。

(3)漏水量測定:溶液を所定の位置までいれ、漏水量と土層の鉛直変位を測定する。

2.2 通水試験: 通水試験装置のイメージは図-1 に示す。段階圧密試験装置の 加圧システムを利用して、上載圧力を 200kPa までかける。試料の直径は 150mm である。粘土層中の水平方向の浸透流量を最小限に抑えるために、 土層の厚さは 5mm に設定した。GM と加圧板間に浸透流が発生しないよう に GM を加圧板に接着した。この場合、損傷の大きさは任意に設定できる。 試験手順は以下のとおりである。

(1)土層の作成:試料をモールドに入れ、両面排水の条件で所定の圧力で圧 密する。圧密終了後、一旦除荷する。

(2)GM の設置:損傷のある GM を加圧板に接着し、試料を圧密した同じ大きさか、それより小さい上載圧力をかける。

(3) 通水量の測定:変水位での通水量を測定する。

	ガラス管 🔽
載荷 ジオメンプレン 人 多代算版	

採用した透水・	通水試験条件を表−2 にリストしている。
	表-2 透水・通水試験条件

図-1 通水試験装置

試験の種類	土層厚さ	GM の損傷	水 頭	上載圧力 P(kPa)
	H _L (mm)	直径(mm)	H _W (mm)	()の数値は試料を圧密した圧力
透水試験(定水位)	85	1.0	245	$(50) \rightarrow 0 \rightarrow 50 \rightarrow 100 \rightarrow 150 \rightarrow 200$
通水試験(変水位)	5	2.9	1320~	(50)→10→50, (100)→100, (200)→200

k($\times 10^{-9}$ m/s) 4.05 3.52 2.67 2.18 1.85

0

P(kPa)

表-1 各圧密応力の透水係数 k

50 100 150 200

-●--0kPa -◎--50kPa

-∆—100kPa-▼—150kPa-

−200kPa

3、透水量係数(θ)の計算方法

透水試験の漏水量(Q)を用いて、GM と土層間の θ 値を逆計算する。 Rowe³⁾は、溶液がGMの損傷部に入り、GM と土層間の隙間に浸透しながら 土層中に浸透するモデルを用いて、漏水量から θ 値を予測する式を導いた。 式中の θ 値を変化させ、計算した漏水量と実測した漏水量が等しくなるよ うに θ 値を求める。また、通水試験については、以下の式で直接 θ 値を計 算することができる。

$$\theta = \frac{a\ln(R_2/R_1)\ln(h_0/h_1)}{2\pi t}$$

ただし、 θ :透水量係数(m²/s)、 R_1 :損傷の半径(m)、 R_2 :モデルの半径(m)、 a:ガラス管(図-1)の断面積(m²)、 h_0 :変化前の水頭(m)、 h_1 :変化後の水頭(m)、 t:時間間隔(s)。 10^9

4、試験結果及び考察

透水試験から測定した漏水量の経時変 化は図-2に示す。一つの圧力で漏水量を準 安定状態になるまで測定を続けた。圧力を 増加した場合、土層の圧密によって漏水量 が増加し、圧密の終了に伴って漏水量が安 定に向かって漸近に減少し、準安定状態に なる。Terzaghiの圧密理論により、圧密は



 10^{9}

派水量Q(m3/s) 10¹¹

1日で 99%になる結果が得られるが、試験結果から漏水量が準安定状態になるまで 2~3 週間かかった。準安定漏 水量を用いて逆計算したθ値を図-3に示す。比較のため、有明粘土を土層とした試験結果²⁰も示した。GM と混合 土間のθ値は、GM と有明粘土間のθ値より少し大きいことがわかる。また、上載圧力の増加によってθ値が減 少することを示している。これは、GM と土層間の隙間が減少したためと考えられる。

図-4 は、透水試験結果から逆計算したθ値と、通水試験結果から直接計算したθ値を比較している。通水試験のθ値は上載圧力の増加によって大きく減少している。しかし、その値は逆計算したものの1/5~1/10になっている。その原因として、GM と土層間の接触状態の違いによるものと考えている。通水試験の場合、土層の表面をきれいにカットし、GM と土層間の完全な接触が保持されている。透水試験の場合、土をモールド中に締め固めて表面をできる限り水平になるように整理したが、モールドの中で完全に水平になる保証がない。そして、後で上載圧力をかけても完全に接触していない可能性がある。この点について、今後さらに検討する必要がある。また、通水試験からのθ値の変化範囲が大きいので、絶対値よりもオーダー的として理解してよい。

5、まとめ

ジオメンブレン(GM)に損傷があるモデル複合ライナーに対して、室内透水試験、GM と土層境界面の通水試験 結果より、GM と土層間の透水量係数(θ)を検討した。まず、 θ 値は、上載圧力の増加に伴って大きく減少した。 その原因として GM と土層間の隙間が小さくなったからと考えられる。次に、GM と土層間の境界面の通水試験 から求められた θ 値は、透水試験による逆計算値の 1/5~1/10 になっている。これは、通水試験の GM と土層間の 接触状態は透水試験のものよりよいためと解釈する。

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) 實本歩・柴錦春 (2006). 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載圧力の影響.平成 17 年度土木学会西部支部研究発表会, 概要集, pp. 4–32. 3) Rowe, R. K. (1998). Geosynthetics and the minimization of contaminant migration through barrier systems beneath solid waste, Porc. 6th Int. Conf. on Geosynthetics, International Geosynthetics Society, Minneapolis, pp. 27-102.