

第III部門

重金属吸着特性を有するジオシンセティックス材の水分保持特性の評価

大阪大学工学部 学生会員 ○村中隆之介
 大阪大学 正会員 緒方 奨
 大阪大学 正会員 乾 徹

1. はじめに

建設工事等で発生した掘削土等に含まれる自然由来重金属等の地下浸透対策として、吸着層工法の適用が近年進められている。掘削物を一時的に仮置きする際などに有用な施工性に優れる吸着層材料として、吸着能を有する吸着材を不織布に担持させたジオシンセティックス材が開発されている。ジオシンセティックス材の吸着性能はシート中を通過する浸透水と吸着材の接触時間によって大きく変化する¹⁾。しかし、吸着層工法の設計では実現場における吸着層と浸透水との接触時間や不飽和浸透特性に注目した事例は限定されている。本研究では、現場における浸透特性を考慮した吸着層の性能評価、および適切な吸着層構造の設計に資する基礎的な検討として、吸着能を有するジオシンセティックス材に対して吸引法および加圧法による保水性試験を実施し、排水過程における水分特性曲線を求めた。

2. 対象とするジオシンセティックス材

Ca/Mg 系複合材料²⁾を重金属等の吸着材としてバインダーで基布に担持させた2種類のジオシンセティックス材(試料A, B)を使用した¹⁾。試料の物性、外観を表-1、写真-1にそれぞれ示す。なお、試料B裏面にはスパンボンド不織布が貼付けられている。

表-1 ジオシンセティックス材の物性

	基布目付	吸着材添加量	総目付	厚み
試料A	320 g/m ²	131.2 g/m ²	625.5 g/m ²	3 mm
試料B	320 g/m ²	196.4 g/m ²	891 g/m ²	3 mm



写真-1 ジオシンセティックス材の外観
 (左より試料A表面・裏面、試料B表面・裏面)

3. 試験方法

試料A, Bを直径9cmに成型し、排水過程におけ

る水分特性曲線をサクシオンと含水比の関係で求めた。サクシオン s は $s = u_a - u_w$ として算出した。ただし、 u_a は間隙空気圧(kPa)、 u_w は間隙水圧(kPa)である。 s を0.1~5.0 kPaの間で段階的に増加させ、低サクシオン域では吸引法(水頭型)、高サクシオン域では加圧法を採用した。図-1, 2に吸引法(水頭型)および加圧法による試験装置を示す。カラム内のジオシンセティックス材やフィルター等は純水に水浸した状態で-95 kPa以下の真空圧を24時間以上負荷して脱気させた。また、排水経路内は脱気水で飽和させた。

吸引法(水頭型)では、河村ら³⁾の手法を参考にし、アクリルカラム上部盤を大気開放してジオシンセティックス材内の空気圧を大気圧に維持した状態($u_a = 0$)で、排水容器内のサラダ油上面とジオシンセティックス材の中間高さの水頭差 Δh によってジオシンセティックス材に負圧($u_w = -\Delta h \cdot \gamma_w$, ここで、 $\gamma_w = 9.8 \text{ kN/m}^3$)を与えた。昇降台を用いてアクリルカラムを上昇させることによって、 Δh を1~10 cm($u_w = 0.1 \sim 1.0 \text{ kPa}$)の間で段階的に増加させ、試料から間隙水を排水させた。

加圧法では、間隙水の圧力を大気圧下に保ちながら($u_w = 0$)、ジオシンセティックス材に直接空気圧 p を負荷($u_a = p$)した。空気圧をレギュレータで制御することで、空気圧を段階的に増加させてジオシンセティックス材から間隙水を排水させた。

試験結果には水分特性曲線モデルとして van Genuchten モデルによるフィッティングを行った。以下に van Genuchten モデルを示す。

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \{1 + (\alpha \cdot s)^n\}^{-m} \quad (1)$$

$$m = 1 - \frac{1}{n} \quad (2)$$

ここで、 S_e は有効飽和度、 θ は体積含水率、 θ_r は残留

体積含水率, θ_s は飽和体積含水率, α は s と逆数の次元を持つパラメータ, m , n は無次元のパラメータである。

4. 試験結果および考察

図-3 に保水性試験より得られた水分特性曲線を示す。図中の曲線は実測値に van Genuchten モデルをフィッティングさせたものであり、表-2 にパラメータを示す。含水比の最大値は 300~480% 程度であり、広い含水比領域を有する S 字状の曲線となった。まず $s = 0.1$ kPa での含水比と試料の炉乾燥質量より単位面積当たりの含水量を求めると、試料 A は 0.318 g/cm^2 、試料 B は 0.304 g/cm^2 となった。よって、試料 A の方が試料 B よりも飽和時の含水量が若干大きいといえる。次に、サクシジョンの増加量に対する含水比の減少量を比較すると、試料 B の方が試料 A よりも減少量が小さい。さらにサクシジョンが上昇すると含水比が一定値に漸近し、試料 A は約 0%，試料 B は約 38% となる。この結果は各試料の吸着材とバインダーの添加量による影響が大きいと考えられる。吸着材・バインダー添加量が増加すると、繊維中の間隙が小さくなり水分移動の自由度が低下するため、サクシジョンの上昇による排水を低減させられる。また、試料 B に設けられているスパンボンド不織布による影響を受けて、試料 B の保水性が高くなっているとも考えられる。

5. おわりに

Ca/Mg 系複合材料の吸着材を担持させた 2 種類ジオシンセティックス材の水分保持特性を吸引法（水頭型）および加圧法による保水性試験より求めた。吸着材・バインダー添加量とジオシンセティックス材の保水性には関係があり、添加量が増加すると不織布中の間隙が小さくなり保水性の上昇につながると考えられる。また、裏面に設けたスパンボンド不織布により保水性が向上することも考えられる。今後はこの結果を用いて、実際の使用条件下において浸透水がジオシンセティックス材に保持される時間を評価し、吸着性能への影響を把握する。さらには、ジオシンセティックス材の基盤や保護層の透水性に配慮することで、適切な保持時間の確保が可能となる吸着層の構造を検討する計画である。

本研究の実施にあたり、住友大阪セメント（株）に多大なご協力をいただいた。記して謝意を表する。

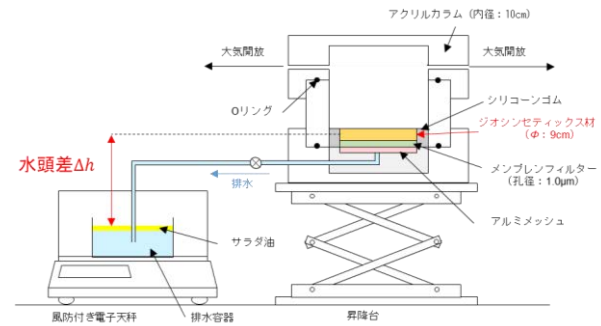


図-1 吸引法（水頭型）による保水性試験装置

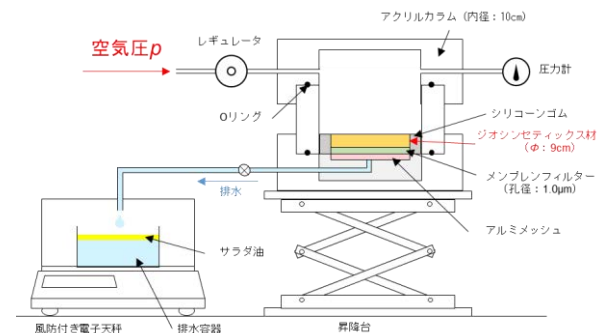


図-2 加圧法による保水性試験装置

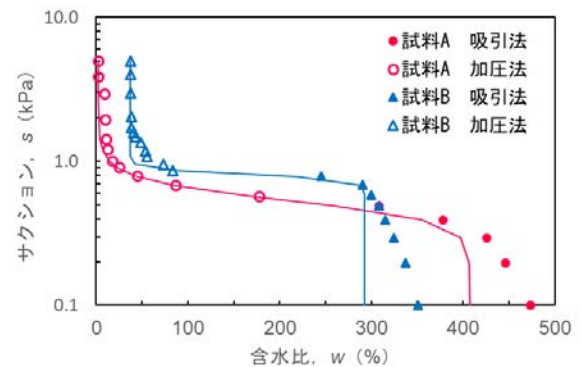


図-3 水分特性曲線（含水比とサクシジョンの関係）

表-2 van Genuchten モデルのパラメータ

	θ_r	θ_s	α (m^{-1})	n
試料 A	0.005	0.911	19.0	6.26
試料 B	0.106	0.887	12.1	25.45

参考文献

- 1) 魚見太志・乾徹・緒方奨：吸着能を有するジオシンセティックス複合材の砒素吸着性能とその時間依存性，令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会講演集，III-464。
- 2) 菊池定人・國西健史・木虎智子・板谷裕輝（2012）：カルシウム/マグネシウム系複合材料の吸着層工法への適用に関する基礎的検討，土木学会年次学術講演会講演概要集，67(3)，pp.117-118。
- 3) 河村隆，梅崎健夫，坪山龍太：不織布の飽和透水係数を用いた排水過程における水分特性曲線の推定，ジオシンセティックス論文集，第3巻（2016.12），pp149-154