

処分場最終覆土に用いるジオシンセティックスの浸透特性および設計法提案

九州大学大学院 島岡 隆行
 〃 小宮 哲平
 通気・防水シートキャッピング工法研究会 上田 滋夫
 〃 〇日野林 譲二

1. はじめに

最終処分場において、延命化および早期安定化は重要な課題である。ジオシンセティックスを用いたキャッピング工法は、これらの課題に着目し開発された工法である。土質系材料を用いたキャッピング工法が1mを超える層厚となるのに対し、数cmの厚みで同様の排水・浸透性能を発揮する(図-1.1)。また、工場の品質管理下で製造され現場に持ち込まれるため、浸透性能のバラツキも土質系材料と比較して小さい。このように安全かつ経済的な最終覆土構造として、近年採用されるようになってきたが、その浸透特性は十分に把握されているとは言えない。

本研究では、ジオシンセティックスを用いたキャッピング層の浸透特性を明らかにし、処分場におけるキャッピング層の設計手法を確立することを目的に、小型土層を用いた散水実験およびモデルを用いた浸透流解析を行い、それらの結果から設計図表を作成し、設計図表を用いた設計手法の提案を行った。

2. 小型土槽を用いた散水実験

(1) 実験装置および実験方法

図-2.1 に実験装置を示す。実験は幅0.5m×浸透長さ1.0mの土槽に(ガス排除層)+(浸透防止層)+(排水層)を組み合わせた最終覆土層を形成し、2基の散水ノズルを用い上部より散水した。各要因(浸透防止層の種類、排水層の厚さ、降雨強度、勾配)を変化させ、散水量および浸透防止層を通過する浸透水量を測定した。

(2) ジオシンセティックス

本実験に使用したジオシンセティックス材料を表-2.1 に

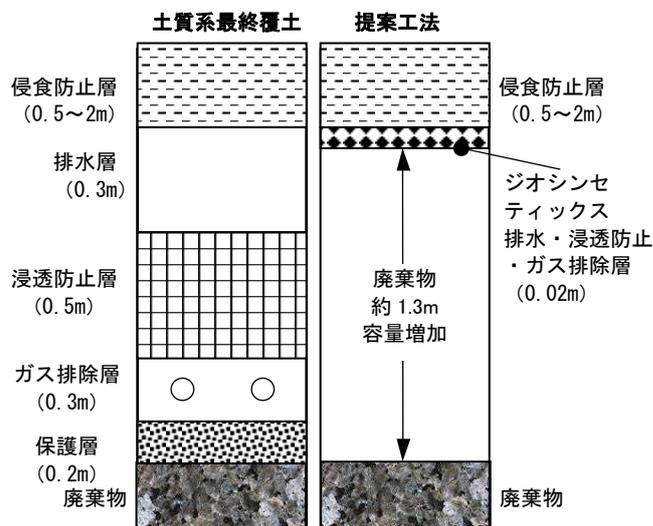


図-1.1 最終覆土工法の構造比較

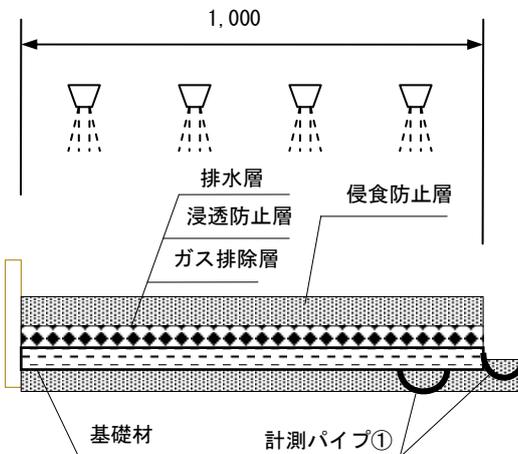


図-2.1 小型実験土槽断面図

表-2.1 使用材料

層	形式	使用材料	特徴
排水層	ジオコンポジット		厚さ5,10mmのジオコンポジット。エンボス加工され、規則的に直径数ミリの孔あり(透水係数 $1 \times 10E-1$)
浸透防止層	ジオテキスタイル (通気・防水シート)	A	微細有孔径を有するポリエチレン極細不織布をポリプロピレンスパンボンド不織布でサンドイッチ(透水係数: $3 \times 10E-5$ cm/s 厚さ:0.8mm)
		B	補強ネット付きの雨水制御フィルムを上下ポリエステル短繊維不織布でサンドイッチ(透水係数: $1 \times 10E-7$ cm/s 厚さ:3mm)
		C	微多孔膜の表面をポリエステルスパンボンド不織布、裏面をポリエステル長繊維不織布でサンドイッチ(透水係数: $1 \times 10E-5$ cm/s 厚さ:3mm)
ガス排除層	ジオコンポジット		厚さ10,20mmのジオコンポジット。透水性の高い網状構造体を不織布で接着したもの(透水係数: $1 \times 10E0$)

示す。排水層は2種類の厚みを変えたジオコンポジット、浸透防止層は製法の異なる3種類のジオテキスタイル、ガス排除層は1種類のコンポジットを用いた。

(3) 実験結果

実験結果の一部（降雨強度-浸透率）を図-2.2～2.4に示す。各種浸透防止層により浸透特性の違いが見られた。

①ジオテキスタイルA：降雨強度10mm/h～100mm/hの間で浸透率5～20%とほぼ直線的に変化した。これは、スパンボンド不織布の厚みが薄いので降雨強度の変化に対して敏感に浸透が変化したと考えられる。

②ジオテキスタイルB：いかなる降雨強度においても浸透率5%未満だった。これは、透水係数が低いことが影響しているとともに、短繊維不織布が緩衝層となり降雨強度の変化に対して浸透量があまり変化しなかったと考えられる。

③ジオテキスタイルC：降雨強度と浸透率の関係が双曲線的に変化した。これは、上記2種類のジオテキスタイル双方の特徴が発現したのではないかと考えられる。

（排水層の厚みの影響）一点を除いて、厚み10mmと比較すると厚み5mmの浸透率が高かった。

（勾配の影響）勾配が小さくなるほど浸透量が大きくなった。

実験結果より、浸透防止層の浸透特性は、用いられるジオテキスタイルの透水係数だけに依存せず、その性状、排水層の厚み、降雨強度、勾配などの諸条件により変化する事がわかった。この傾向は土質系材料を用いた場合も同様と考えられ、単純に透水係数のみを用いて最終覆土層の設計をすることは実際と乖離する可能性がある。

3. 浸透流解析による設計図表の作成および設計手法の提案

水分移動モデルを用いた浸透流解析によって、キャッピング層の設計において考慮すべき各種要因が雨水浸透に及ぼす影響を設計図表として図示し、設計図表を用いたキャッピング層の設計手法を提案した。

(1) 水分移動モデルおよび浸透流解析

ジオシンセティックスを用いたキャッピング層における水分移動モデルを構築した。排水層内の水分移動は開水路流れの不等流、浸透防止層内の水分移動はダルシー則で与えた。水分移動は定常状態とし、浸透防止層内は水分飽和状態と仮定した。浸透防止層の透水係数は各ジオテキスタイルの実測値を用い、その他の各種係数は実験結果と計算値との誤差が最小となるよう設定した。

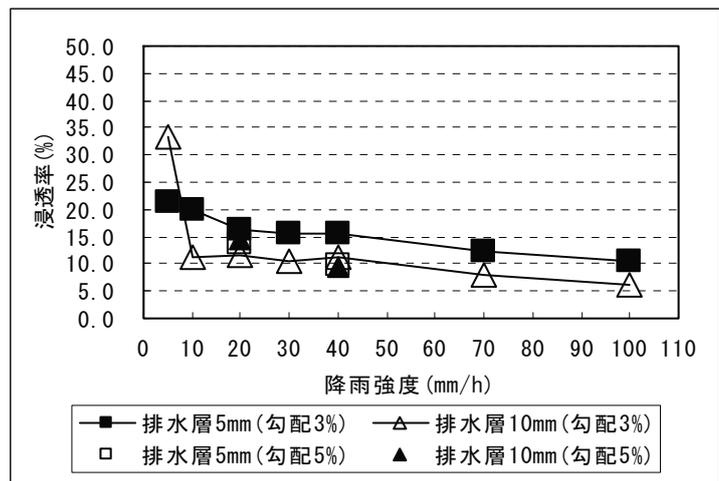


図-2.2 降雨強度-浸透率（ジオテキスタイルA）

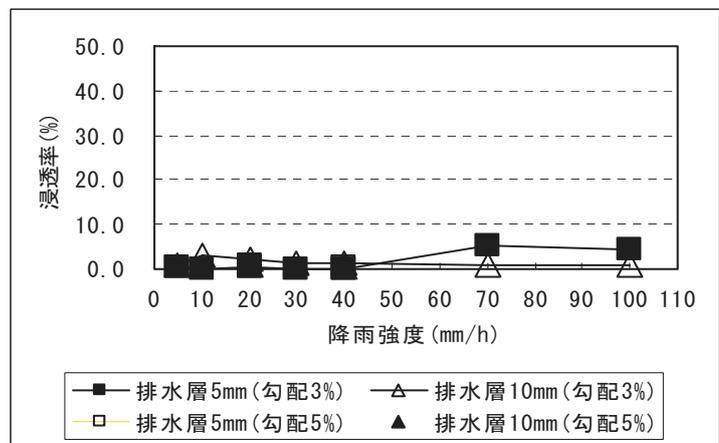


図-2.3 降雨強度-浸透率（ジオテキスタイルB）

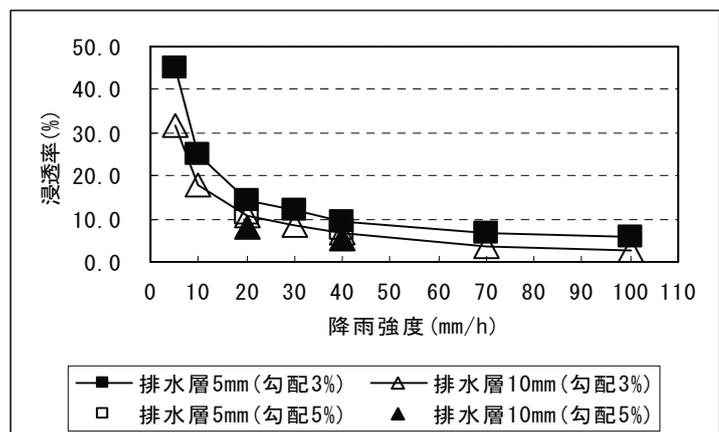


図 2.4 降雨強度-浸透率（ジオテキスタイルC）

次に、キャッピング層の設計において考慮すべき要因として、降雨強度、勾配、キャッピング長に注目し、これらが雨水浸透に及ぼす影響を浸透流解析により明らかにし、設計図表を作成した。

(2) 解析結果

①解析結果の再現性： 図 3.1 に実験値と計算値を比較した結果を示す。計算値と実験値の誤差は数%程度であり、計算結果は実験結果を良好に再現できていた。

②勾配の影響：図 3-2 に勾配 1, 3, 5%におけるキャッピング長-浸透率の関係を示す(ジオテキスタイルA、降雨強度 5mm/h、排水層 10mm)。勾配が小さいほど浸透率は大きくなり、この傾向は実験でも同様であった。

③降雨強度の影響：図 3-3 に降雨強度 2.5, 5, 10, 20mm/h におけるキャッピング長-浸透率の関係を示す(ジオテキスタイルA、勾配 3%、排水層 10mm)。降雨強度が小さいほど浸透率は大きくなり、実験の傾向を再現できた。

(3) 設計図表を用いた設計手法の提案

図 3-3 を簡易設計図表として用い、キャッピング層の設計を試みる。ここでは、設計降雨強度 20mm/h、キャッピング層の勾配 5%、キャッピング長 50m の場合を考える。最終覆土における表面流出および蒸発を考慮し、キャッピング層に到達する雨水の割合を 0.5 とすると、キャッピング層に到達する雨水の浸透強度は 10mm/h ($=20\text{mm/h} \times 0.5$) となる。そこで、図 3-3 において、キャッピング長 50m、勾配 5%、10mm/h の場合の浸透率を見ると、80%であることが分かる(図中の破線)。この値はキャッピング層に到達した雨水に対する浸透率であるので、設計降雨強度に対する浸透率に換算すると 40% ($=80\% \times 0.5$) となる。このように、本研究で示した設計図表を用いることで、キャッピング層の設計条件に応じた浸透率を求めることができる。また逆に、設計浸透率を決め、それに応じた設計条件(キャッピング長、勾配)を決定することも可能である。

4. まとめと今後の課題

本研究では、小型土層を用いた散水実験および水分移動モデルを用いた浸透流解析の結果から、実際の処分場におけるキャッピング層の設計において目安となる設計図表を提案することができた。しかしながら、実験および解析は定常状態を仮定したものであり、現実的な降雨パターンに応じた非定常状態における浸透特性については十分に評価できていない。今後、これらの課題を考慮しつつ、最適な設計手法の提案を行っていききたい。

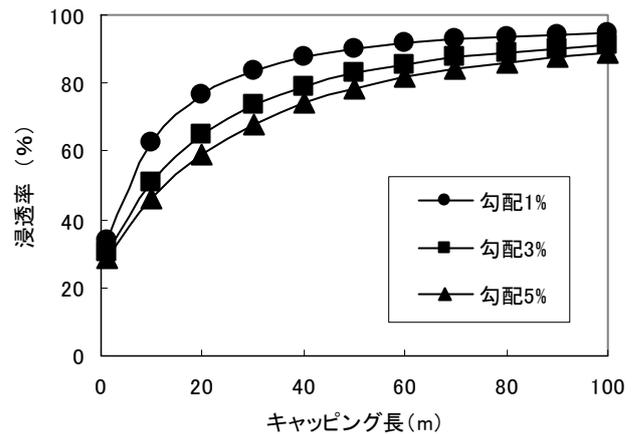
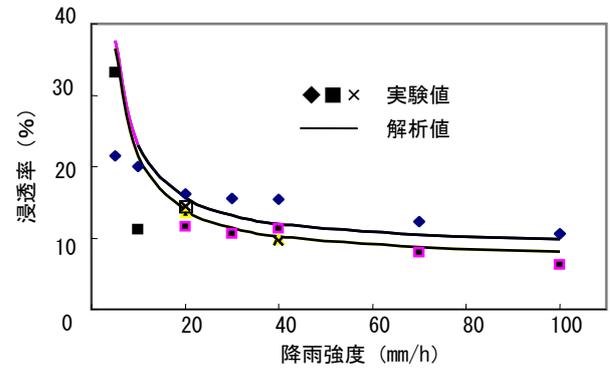


図-3.2 勾配の影響
(ジオテキスタイルA、降雨強度 5mm/h、排水層 10mm)

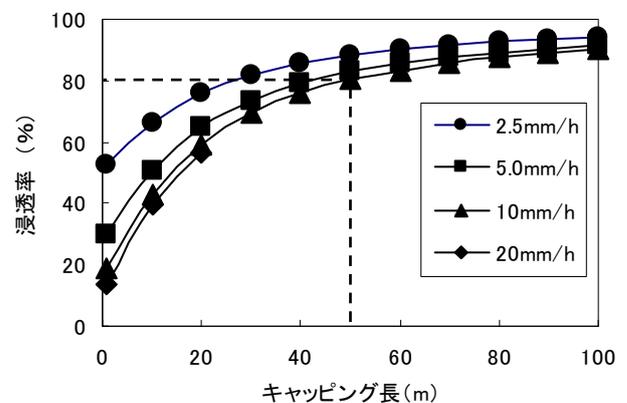


図-3.3 降雨強度の影響〔簡易設計図表〕
(ジオテキスタイルA、勾配 3%、排水層 10mm)