

【 論 文 】

ジオシンセティックス排水材による廃棄物埋立地
キャッピングの雨水浸透抑制効果

石橋 俊将*・小宮 哲平**・中山 裕文***・島岡 隆行***

【要旨】 近年、従来よりも層厚を小さくかつ、雨水浸透抑制が可能なジオシンセティックス排水材を用いたキャッピングが開発されつつある。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の雨水浸透抑制効果を評価することを目的に、キャッピング層を再現した土槽において散水実験を行い、またキャッピング内の水分移動をモデル化し、排水層の形状や施工条件が雨水浸透に及ぼす影響を数値シミュレーションによって把握した。散水実験の結果から、埋立地系外への排水率は約90%、廃棄物層内への雨水の浸透率は約10%であり、ジオシンセティックスを用いたキャッピングが高い雨水浸透抑制効果を有することがわかった。また、数値シミュレーションの結果から、本キャッピングの有効性が確認されたとともに、雨水の浸透率は施工長さの影響を大きく受けることが示された。

キーワード： 廃棄物埋立地, ジオシンセティックス, 雨水浸透抑制, 散水実験, 水分移動モデル

1. はじめに

廃棄物埋立地では、廃棄物の飛散・流出防止、悪臭の拡散防止、景観の向上および跡地利用などを目的とし、埋立廃棄物の表面を土壌により被覆する覆土が施工される¹⁾。覆土には即日覆土、中間覆土、最終覆土の3種類があるが、そのうち、埋立終了後に施工される最終覆土には、周辺環境を汚染するリスクがある廃棄物層からの浸出水量の削減を目的に、透水性の低い粘土等が用いられ^{2,3)}、廃棄物層内への雨水浸透の抑制が図られている。

最終覆土を施工する際、埋立廃棄物の表面を遮水材でカバーし、廃棄物層内への雨水浸透を抑制するとともに、埋立ガスの大気中への放散を制御する目的で施工されるキャッピングがある。キャッピングは、侵食防止層、排水層、浸透防止層、ガス排除層からなる多層構造となっ

ている。キャッピングの各層には、従来土質材が用いられてきたが、近年では、ジオシンセティックスを用いたキャッピングが開発されつつある。土質材の場合に比べて、キャッピングの層厚が小さくなるため、廃棄物の埋立容量を増やすことができる。また、ジオシンセティックスは、人工材料であるため、雨水浸透抑制を効果的に行うことが可能と考えられる⁴⁾。

降水量の多いわが国の廃棄物埋立地では、特に浸出水の処理費用が大きな課題となっており、この課題に対し、廃棄物層内に水分を浸入させないという解決策が考えられる。しかし、埋立廃棄物の安定化のためには、微生物分解や有害物質の洗い出しを促進する必要があり、廃棄物層内へある程度の水分を供給することが不可欠である。すなわち、浸出水の処理費用の低減効果と埋立廃棄物の安定化促進効果の両面に立ち、両者ともに満足する最適な水分供給量があるとする、その水分量を計画的に廃棄物層内へ供給できる最終覆土構造およびキャッピング構造が求められる。

これまで、廃棄物埋立地における水分の挙動を把握することを目的に、廃棄物層内への浸透水量や浸出水の発生量、廃棄物層内での水分移動現象に関する研究が行われてきた⁵⁻¹¹⁾。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の構造を提案し、その雨水浸透特性

原稿受付 2007. 2. 19 原稿受理 2007. 11. 12

* 九州大学大学院工学府都市環境システム工学専攻

** 九州大学大学院工学研究院附属

環境システム科学研究センター

*** 九州大学大学院工学研究院環境都市部門

連絡先：〒 819 - 0395 福岡市西区元岡 744 番地

九州大学大学院工学研究院環境都市部門 島岡 隆行

E-mail : shimaoka@doc.kyushu-u.ac.jp

について検討した。まず、キャッピングの雨水浸透抑制効果を把握するために、キャッピング層を再現した土槽を用いた散水実験を行った。次に、雨水浸透量の抑制を目的として、キャッピング内の水分移動をモデル化し、キャッピングの形状や施工条件が雨水浸透量に与える影響を数値シミュレーションにより評価した。

2. ジオシンセティックスを用いたキャッピングの構造

キャッピングは、侵食防止層、排水層、浸透防止層およびガス排除層などからなる多層構造である。侵食防止層は、風雨などによる侵食を最小限に抑え、水の蒸発を促進することを目的として設けられる。排水層は、キャッピング層を浸透する水を排除し、浸透防止層上の水頭を減少させることを目的として設けられる。浸透防止層は、キャッピングの最も重要な構成要素であり、透水性を小さくすることで、排水層における雨水の排水を促進するとともに、キャッピング層を通過する水の浸透量を最小化する。ガス排除層の目的は、廃棄物層内の有機性廃棄物の分解によって生成した埋立ガスを系外へ排除することである。

図1にキャッピング層の構造を示す。図中の左が基本型¹²⁾で右が本研究で提案するキャッピング層の構造である。排水層および浸透防止層をジオシンセティックスで代替し、排水層はエンボス型排水材（厚さ20mm）、浸透防止層は通気・防水シート（厚さ1mm、透水係数 1×10^{-5} cm/s）とした。キャッピング層の厚さは土質材を用いた基本型に比べて約80cm薄くなる。

本研究で用いたエンボス型排水材の立体図を図2に、断面の写真を図3に示す。エンボス型排水材は、高密度ポリエチレンをエンボス加工したものであり、耐圧強度

が高く、上部からの拘束力が生じても下流方向への通水性能を保持することが可能である。排水層内部の空間は上下に分かれており、ここでは上部の空間を排水層上部、下部の空間を排水層下部と呼ぶこととする。エンボス型排水材の凹部には直径6mmの通水穴が75mmピッチで設けられており、一部の浸透水は通水穴を通過して排水層の下部へと流下する。なお、エンボス型排水材の上下には、土砂等の侵入による排水層の閉塞の防止や、圧力の分散等を目的として、不織布が貼り付けられている。

図4に、浸透防止層に用いた通気・防水シートの写真を示す。通気・防水シートは、ポリオレフィン系不織布

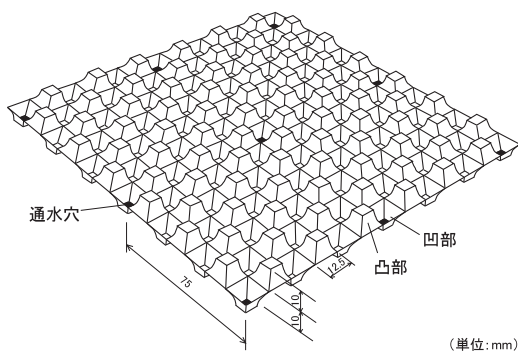


図2 エンボス型排水材の立体図

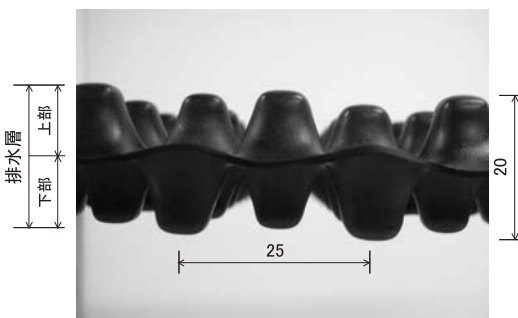


図3 エンボス型排水材の断面写真

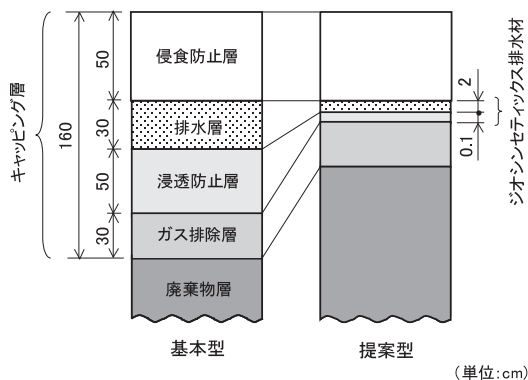


図1 ジオシンセティックス排水材によるキャッピング層厚の削減

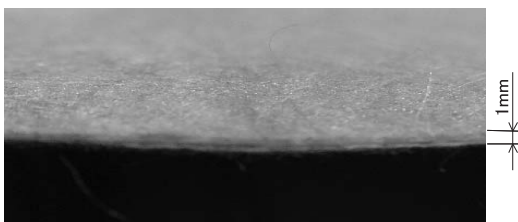


図4 通気・防水シートの写真

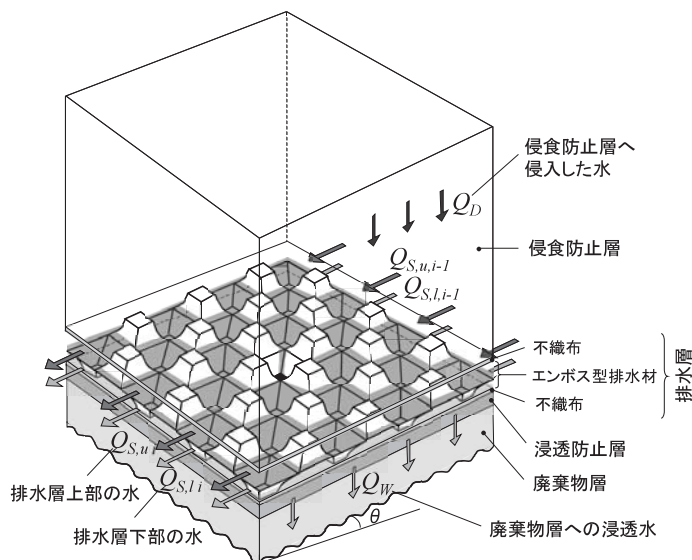


図5 キャッピング層内の水分移動模式図

であり、透水性は小さいが、通気性を有している。

キャッピング層付近の水分移動の模式図を図5に示す。侵食防止層へ侵入した雨水 Q_D は、侵食防止層内を浸透し排水層へ達する。 Q_D は、まずエンボス型排水材の凹部に溜まっていくが、凹部が水で満たされた状態になると、溢流した量 $Q_{S,u}$ が下流方向に排除される。 $Q_{S,u}$ の一部 Q_H は、通水穴を通じて排水層下部へと流下する。この Q_H は、浸透防止層上を下流方向に排除される $Q_{S,l}$ と、下層へと浸透して廃棄物層へ達する Q_W に分かれる。本研究では、流量 Q_D に対する流量 $Q_{S,u}$ 、 $Q_{S,l}$ および Q_W の割合をそれぞれ上部排水率、下部排水率および浸透率と呼ぶ。また、流量 $Q_{S,u}$ と $Q_{S,l}$ の和を Q_S とし、流量 Q_D に対する Q_S の割合を排水率と呼ぶことにする。

3. ジオシンセティックスを用いたキャッピングの雨水浸透抑制効果

3.1 実験方法

キャッピング近辺を再現した土槽を用いて散水実験を行った。ここでは、2通りの実験を行った。

まず、降雨量に対する排水量および浸透量の割合を把握することを目的に、図6に示す土槽Aを用いた実験を行った。土槽Aは長さが600cm、奥行きが100cmであり、土槽には3%の勾配を与えた。土槽Aのキャッピング構造は、上から侵食防止層、排水層、浸透防止層、ガス排除層である。各層の材質、厚さ、および透水係数の測定値を表1に示す。土槽上には、6基のノズルを等

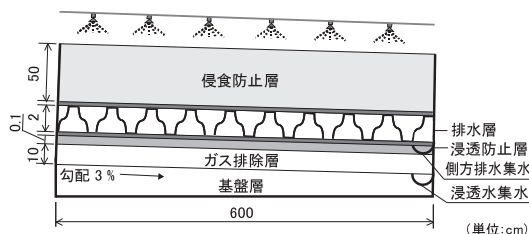


図6 土槽Aの断面図

表1 キャッピング層を構成する各層の性状(土槽A)

層名	材質	厚さ (mm)	透水係数 (cm/sec)
侵食防止層	山砂	50	1×10^{-3}
排水層	エンボス型排水材	20	—
浸透防止層	雨水制御シート	1	1×10^{-5}
ガス排除層	砕砂	100	1×10^{-2}

間隔に設置し、散水強度10, 20, 30, 40 mm/hで散水を行った。排水層およびガス排除層には集水管(図6右端部)が設置されており、排水層内で排除された排水量、浸透防止層を通過してガス排除層に達した浸透量を計測した。

次に、排水層を下流方向に排除される水量を排水層の上部と下部に分けて計測することを目的に、図7に示す土槽Bを用いた実験を行った。土槽Bは長さ100cm、幅50cmであり、土槽には3%の勾配を与えた。土槽Bのキャッピング構造は、ここでは排水層内の流れを目

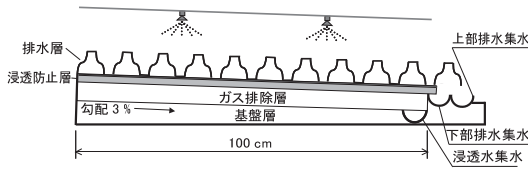


図7 土槽Bの断面図

表2 キャッピング層を構成する各層の性状(土槽B)

層名	材質	厚さ (mm)	透水係数 (cm/sec)
排水層	エンボス型排水材	20	—
浸透防止層	雨水制御シート	1	1×10^{-5}
ガス排除層	ジオコンボジット材	20	—

視で確認するために、侵食防止層を設けず、排水層、浸透防止層、ガス排除層で構成されている。土槽Bの各層の材質、厚さ、および透水係数の測定値を表2に示す。土槽B上に2基のノズルを設置し、散水強度は40 mm/hと設定した。また、排水層およびガス排除層に集水管(図7右端部)を設置し、上部排水量、下部排水量、浸透量を計測した。なお、両実験とも、集水管で計測された単位時間あたりの水量がほぼ定常値になったと判断されるまで散水および計測を継続して行った。

3.2 実験結果

水の流れが定常状態になったときの実験結果を図8に示す。実験値を見ると、単位時間あたりの散水量に対する排水量と浸透量の和の割合は93.0～99.1%で、水収支誤差の割合は0.9～7.0%であり、土槽における水収支はほぼ成り立ったといえる。誤差が生じた原因として、

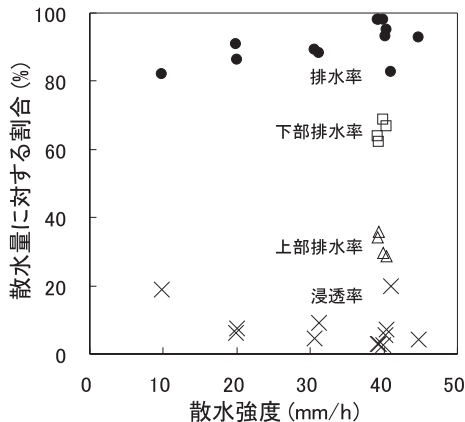


図8 排水率および浸透率と散水強度の関係

散水時には土槽への降水ができるだけ均一になるよう散水したが、このとき土槽の外側へ飛散した水があったことが考えられる。

土槽Aの実験より、散水量に対する排水量の割合(排水率)は82～98%、浸透量の割合(浸透率)は3～20%との結果が得られ、散水量の約90%は排水層で排除され、残りの約10%が廃棄物層へ浸透していくことがわかった。また、散水強度の増加に伴い、排水率は増加し、浸透率は減少する傾向にあることが示された。土槽Bの実験結果から、散水量に占める排水層上部から排水される水量の割合は29～36%、排水層下部からの排水量の割合は62～69%であった。排水層からの排水量のうち、約3分の1は上部から、約3分の2は下部から排水されたことがわかった。

ここで、埋め立てが終了して覆土が施工されている区画では、降雨量に対する廃棄物層内への浸透量の割合は、目安値として30～50%と見積もられている¹³⁾。この値は、浸出水量を算定する際の浸出係数であるが、降雨時だけでなく、降雨が確認されない期間を含めて考えた場合の値であり、覆土表面からの蒸発も加味されて算出されている。実験における浸透率は、この目安値の4分の1程度であることから、本研究で提案したキャッピング構造は、一般的な最終覆土に比べて4倍程度の雨水浸透抑制効果があると考えられる。

4. キャッピング内の水分移動

4.1 モデル化

4.1.1 モデル構造

本研究で提案するエンボス型排水材および通気・防水シートを用いたキャッピング層における水分移動のモデル化を行った。ここでは、エンボス型排水材の継ぎ手や廃棄物層自体の沈下を考慮していない理想的な条件において検討を行った。モデル化した排水層付近の水の流れを図9に示す。ここでは、次の1)～4)の設定条件を設けた。1) 流れは幅75 mmの流れを平均化した2次元定常流、2) 排水層上部および下部における水の流れは満水状態ではなく、自由水面を持つ不等流、3) 雨水はすべて侵食防止層へ浸入し、排水層に達する(雨水の蒸発、表面流出および侵食防止層水平方向の浸透は無視する)、4) 浸透防止層は飽和状態。

排水層への浸入流量 Q_D は、降雨強度 I (mm/s)と浸入面積 A (mm²)の積とし、次式(1)で与えた。

$$Q_D = I \cdot A \quad (1)$$

排水層上部における流量 $Q_{s,u}$ は、開水路流れの基礎

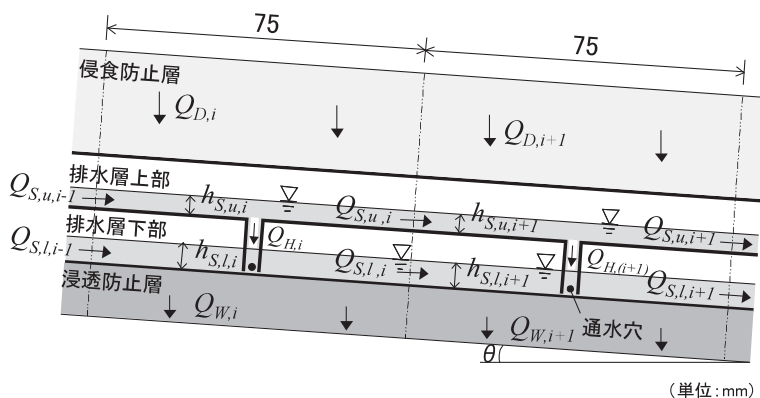


図9 キャッピング層内のモデル化した水の流れ

式を用い、損失水頭は速度水頭に比例するとして、次式(2)、(3)で与えた。

$$Q_{s,u} = C_{s,u} \cdot A_{s,u}(h_{s,u}) \cdot v_{s,u} \quad (2)$$

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{v_{s,u}^2}{2g} + h_{s,u} \cos\theta + z_{s,u} \right) = -s_{s,u} \frac{v_{s,u}^2}{2g} \quad (3)$$

ここで、 $C_{s,u}(-)$ は流量係数、 $A_{s,u}(\text{mm}^2)$ は流れの断面積、 $h_{s,u}(\text{mm})$ は排水層上部における水深、 $v_{s,u}(\text{mm})$ は流速、 $\theta(-)$ は流路床勾配、 $z_{s,u}(\text{mm})$ は流路床の標高、 $s_{s,u}(1/\text{mm})$ は損失係数、 $g(\text{mm}/\text{s}^2)$ は重力加速度である。なお、排水層上部の流れでは、エンボス型排水材の厚さの半分の位置(凹部と凸部の中間の標高)を流路床とし、流路床よりも高い位置にある水塊を流れの対象としている(エンボス型排水材の凹部に溜まった水は下流方向に排除されないものとする)。

排水層下部における流量 $Q_{s,l}$ は、 $Q_{s,u}$ と同様に、次式(4)、(5)で与えた。

$$Q_{s,l} = C_{s,l} \cdot A_{s,l}(h_{s,l}) \cdot v_{s,l} \quad (4)$$

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{v_{s,l}^2}{2g} + h_{s,l} \cos\theta + z_{s,l} \right) = -s_{s,l} \frac{v_{s,l}^2}{2g} \quad (5)$$

ここで、 $C_{s,l}(-)$ は流量係数、 $A_{s,l}(\text{mm}^2)$ は流れの断面積、 $h_{s,l}(\text{mm})$ は排水層下部における水深、 $v_{s,l}(\text{mm})$ は流速、 $z_{s,l}(\text{mm})$ は流路床の標高、 $s_{s,l}(1/\text{mm})$ は損失係数、 $g(\text{mm}/\text{s}^2)$ は重力加速度である。なお、 $Q_{s,u}$ および $Q_{s,l}$ の境界条件としては、排水層の最上流端では流量および水深勾配がゼロ、排水層の最下流端では自由排水となるため、水圧は全断面において大気圧と等しいという条件を与えた。

エンボス型排水材には、75 mm ピッチで凹部に通水穴が設けられている。そのため、凹部に通水穴がある場

合、ここを通過する流量 Q_H が発生する。この値は、凹部への流下流量に等しいと考え、排水層上部からの流下流量と侵食防止層から直接落下してくる流量の和で表せるとして次式(6)、(7)で与えた。

$$Q_H = C_H \cdot A_H(h_{s,u}) \cdot v_H + I \cdot A' \quad (6)$$

$$v_H = \sqrt{v_{s,u}^2 + gh_{s,u} \cos\theta} \quad (7)$$

ここで、 $C_H(-)$ は流量係数、 $A_H(\text{mm}^2)$ は流れの断面積、 $v_H(\text{mm}/\text{s})$ は排水層上部からの流下流速、 $A'(\text{mm}^2)$ はエンボス1つの面積であり、 $156.25 \text{ mm}^2(12.5 \text{ mm} \times 12.5 \text{ mm})$ である。なお、排水層上部から流下方向への水の流れは自由排水と考え、式(7)において、排水層上部の境界条件として、水圧は全断面において大気圧に等しいとした。

浸透防止層を通過する浸透流量 Q_W は、ダルシー則に基づき、排水層下部の水深を変数とする関数で次式(8)、(9)のように与えた。

$$Q_W = C_W \cdot A \cdot v_W \quad (8)$$

$$v_W = k \cdot \left(1 + \frac{h_{s,l}}{L} \right) \cdot \cos\theta \quad (9)$$

ここで、 $C_W(-)$ は流量係数、 $v_W(\text{mm}/\text{s})$ は浸透流速、 $k(\text{mm}/\text{s})$ は通気・防水シートの透水係数、 $h_{s,l}(\text{mm})$ は排水層下部における水深、 $L(\text{mm})$ は通気・防水シートの厚さである。

数値解析には差分法を採用した。計算にあたり、単位領域として排水層を下流方向に通水穴ピッチと等しい75 mm 幅で分割し、1つの単位領域に通水穴が1つ含まれるように設定した。単位領域において、水収支式(10)、(11)の双方が成立するように排水層上部および下部の水深を決定することで、各流量は算定される。

$$Q_D + Q_{S,u,i-1} - Q_{S,u,i} - Q_H = 0 \quad (10)$$

$$Q_H + Q_{S,l,i-1} - Q_{S,l,i} - Q_W = 0 \quad (11)$$

ここで、添え字 $i-1$ は単位領域の上流端、添え字 i は単位領域の下流端を意味する。

4.1.2 モデルの妥当性

前項で説明した水分移動モデルの妥当性を検討するため、モデルを用いて3.で示した排水率、浸透率に関する実験の再現を試みた。

本モデルの流量算定式には、流量係数 ($C_{S,u}$, C_H , $C_{S,l}$, C_W) と損失係数 ($S_{S,u}$, $S_{S,l}$) が含まれている。まず、土槽 B の実験結果を用い、実験値とモデル計算値の誤差が最小となる流量係数および損失係数の組み合わせを抽出した。次に、土槽 B の実験結果から求められた係数をモデルに代入し、土槽 A の実験結果を再現可能か検討した。なお、誤差の評価には、次式(12)の誤差関数を用いた。

$$\varepsilon = \sum_i \left(\frac{V_{ca,i} - V_{ex,i}}{V_{ex,i}} \right) \times 100 \quad (12)$$

ここで、 $\varepsilon(\%)$ は誤差評価値、 $V_{ca}(\%)$ はモデル計算値、 $V_{ex}(\%)$ は実験値である。

誤差を評価する指標としては、土槽 A の実験の各散水強度における排水率および浸透率、土槽 B の実験の上部排水率、下部排水率および浸透率の5つを用いた。なお、実験の生データは水収支誤差が発生したため、誤差評価においては排水率と浸透率の和が100%となるよう補正したものを使用した。また、流量係数と損失係数の決定においては、各係数が取りうると思われる最小値および最大値を表3のように設定し、その範囲において流量係数については0.1刻み、損失係数については0.0025 1/mm 刻みで値を与え、誤差が最小となる係数の組み合わせを探索した。

土槽 B の実験結果との誤差が最小となった流量係数および損失係数の組み合わせは、 $C_{S,u} = 1.3$, $C_H = 0.3$, $C_{S,l} = 0.6$, $C_W = 2.8$, $S_{S,u} = 0.018$ 1/mm, $S_{S,l} = 0.015$ 1/mm であった。これらの係数を採用し、土槽 A および土槽 B の再現計算を行った結果が図10である。図中

表3 水分移動モデル中の係数

係数	単位	最小値	最大値	刻み間隔
流量係数 $C_{S,u}$	—	0.1	2	0.1
流量係数 C_H	—	0.1	1	0.1
流量係数 $C_{S,l}$	—	0.5	2	0.1
流量係数 C_W	—	0.5	4	0.1
損失係数 $S_{S,u}$	1/mm	0.0025	0.025	0.0025
損失係数 $S_{S,l}$	1/mm	0.0025	0.025	0.0025

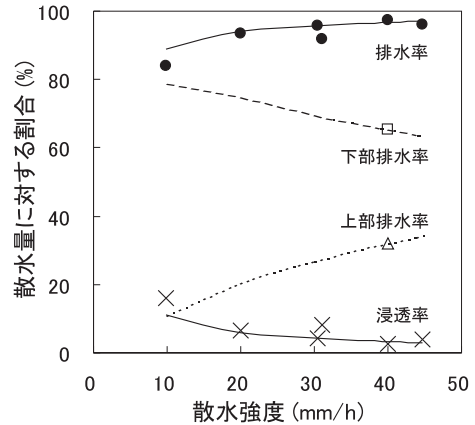


図10 キャッピング層内の排水率および浸透率の計算結果

のプロットは実験値であり、実線および破線は計算値である。土槽 B の実験結果に合うように求めた諸係数を用いた計算であるが、実験条件が異なる土槽 A の実験結果についても良好に再現できた。

なお、流量係数の値が1に近いほど、モデルの妥当性は高いといえる。 C_H は1よりもかなり小さな値となったが、これは排水層の保護材である不織布によって、通水穴から排水層下部へと抜ける水流が阻害されたためと考えられる。 $C_{S,u}$ は1よりも大きな値となったが、これは流量係数を乗じない場合の流量が少ないためである。この原因として、通水穴での水流阻害の影響が排水層上部から通水穴への流下流量の抑制によって置き換えられ、その結果、排水層上部の水深が低く算定されたためと考えられる。 $C_{S,l}$ については、排水層下部の底に貼り付けてある不織布によって、水の流れが阻害された影響と考えられる。 C_W は1よりもかなり大きな値となったが、これは、透水係数の値はオーダーで議論することが多く、通気・防水シートの透水係数のモデルにおける設定値が実際の値よりも低く設定されていたことが原因として考えられる。

4.2 雨水浸透抑制効果に及ぼす要因の検討

4.1で検討した水分移動モデルを用い、ジオシンセティックスを用いたキャッピングの構造や施工条件が雨水浸透抑制効果に与える影響を数値シミュレーションによって評価した。

ここでは、雨水浸透に影響を与える要因として、キャッピングの構造においてはエンボス型排水材の厚さおよび通水穴ピッチ、施工条件においては勾配および施工長さを対象とした。各要因の影響分析では、標準ケースとして、3.で説明した土槽 A の実験条件(エンボス型

排水材の厚さ 20 mm, 通水穴ピッチ 75 mm, 勾配 3%, 施工長さ 6 m) を採用し, これらの要因のうち 1 つを変化させ, 排水率および浸透率へ及ぼす影響を評価した。なお, 降雨強度は 5, 10, 20, 40 mm/h とした。また, 水分移動モデルにおける流量係数および損失係数の組み合わせは, 実験の再現計算において誤差が最小となった組 (4.1 参照) を採用した。

図 11 にシミュレーション結果を示す。変化させた 4 つの要因のうち, エンボス型排水材の厚さや, 通水穴ピッチの変化が, 排水率および浸透率に及ぼす影響は小さかった。勾配を変化させたケースでは, 勾配が大きくなるにつれ排水率はやや増加し, 浸透率はやや減少した。これは, 排水層における下流方向への水の流れが勾配による重力の影響を受けるためと考えられる。施工長さに関しては, 長さの増加に伴い, 排水率は直線的に減少し, 浸透率は直線的に増加する傾向を示した。これは, 施工長さが長くなるにつれ, 排水層下部の流量が増加し, 水

深が高くなることで, 浸透防止層における浸透量が増加したためと考えられる。以上の結果から, 実際の埋立地規模で本研究で提案するキャッピングが施工された場合, 実験結果と比較して, 排水率は低く, 浸透率は高くなるのが予想される。

なお, このモデルにおける排水層での水の流れは, 開水路流れを前提としている。本シミュレーションの条件下においては, 最下流端の排水層における水深は排水層の厚さの半分以下であり, 排水層は飽和していなかったことを確認した。

5. ま と め

本研究では, ジオシンセティックス (エンボス型排水材および通気・防水シート) を用いたキャッピングの雨水浸透抑制効果の検討を行い, 以下の知見を得た。

- (1) キャッピング層における排水量および浸透量を把

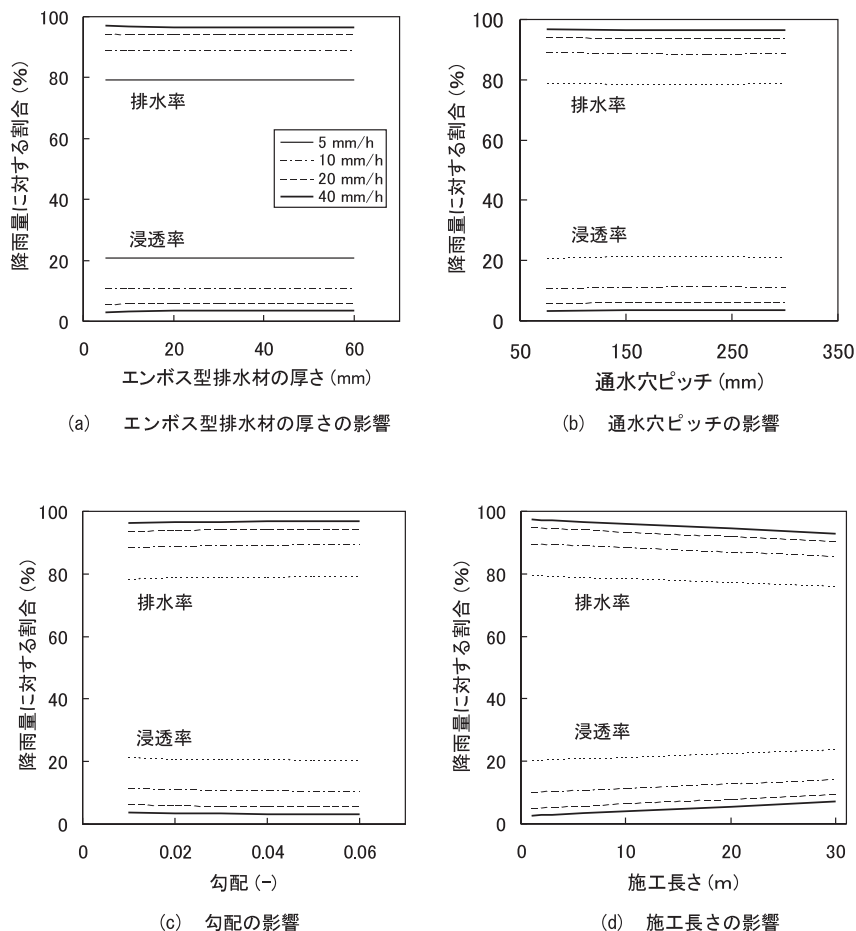


図 11 雨水排除効果に及ぼす諸要因の影響

握するために、キャッピング層を再現した土槽における2通りの散水実験を行った。降雨量に対する排水量および浸透量の割合を把握することを目的に行った実験結果から、散水強度の増加に伴い、排水率は増加し、浸透率は減少する傾向にあることが示された。また、埋立地系外への排水率は約90%、廃棄物層内への浸透率は約10%であることがわかり、本研究で提案したキャッピング構造は、土質材料を用いた一般的な最終覆土に比べて約4倍の雨水浸透抑制効果があった。エンボス型排水層内を排除される水量を、排水層の上部と下部とに分けて計測することを目的に行った実験結果より、排水層からの排水量のうち、約3分の1は排水層上部から、約3分の2は排水層下部から排水されることがわかった。

- (2) ジオンセティックスを用いたキャッピング層内の水分移動を、開水路流れの基礎式とダルシー則を用いてモデル化し、同モデルの妥当性を検討した。その結果、実験における排水率および浸透率を一定の精度で再現することができた。
- (3) 構築したモデルを用いて、実験が困難であると考えられる条件下における数値シミュレーションを行った結果、エンボス型排水材の厚さ、通水穴ピッチ、キャッピングの勾配が排水率および浸透率に与える影響は小さく、一方、施工長さは排水率および浸透率に大きな影響を与えるという結果が得られた。

排水層に用いられている不織布が計算結果に与える影響は小さくないと考えられるが、本モデルではこれを分離して考慮することができなかった。また、本研究で提案したモデルでは、排水層内の水の流れが開水路であることを仮定しているが、施工長さが長くなると、排水層下部における水深が増加して排水層内が満水状態となり、本モデルを適用できなくなる可能性がある。これらの点についての検討が必要である。

〔謝 辞〕

本研究の散水実験は、通気・防水シートキャッピング工法研究会によって行われたことをここに記して、関係者各位に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 国際ジオシンセティックス学会日本支部ジオメンブレン技術委員会：ごみ埋立地の設計施工ハンドブック、オーム社、pp.117-122 (2000)
- 2) R. M. Koerner and D. E. Daniel：廃棄物処分場の最終カバー、技報堂出版、pp.25-31 (2004)
- 3) 土橋 弘、伊藤英夫、丸子雄美：最終処分場の最終覆土に関する一考察、第10回全国都市清掃研究発表会講演論文集、pp.226-228 (1989)
- 4) 安藤彰宣、林 克彦：ジオシンセティックス材による最終覆土に関する実証実験報告（その1）、第15回廃棄物学会研究発表会講演論文集、pp.1236-1238 (2004)
- 5) 東條安匡、田中信寿、松藤敏彦、松尾孝之：廃棄物/覆土互層境界に生ずる側方流を用いた水分移動制御、環境工学研究論文集、第39巻、pp.413-422 (2002)
- 6) 東條安匡：廃棄物埋立地における水分移動現象とその制御法に関する基礎的研究、北海道大学学位論文 (2002)
- 7) 鈴木正人、田中信寿、大迫政浩、田中 勝：降雨浸透抑制型覆土の開発、土木学会第52回年次学術講演会講演概要集、第VII部門、pp.456-457 (1997)
- 8) 田中信寿、八島 哲：廃棄物埋立地浸出水量推定及び処理施設容量決定に関する理論的考察（第1報）流出係数について、都市と廃棄物、第10巻、第10号、pp.25-34 (1980)
- 9) 田中純一、小宮哲平、島岡隆行：ジオシンセティックスによるキャッピングの浸透制御に関する研究、第16回廃棄物学会研究発表会講演論文集II、pp.1112-1114 (2005)
- 10) 石橋俊将、島岡隆行、小宮哲平、田中純一：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に関する研究、平成17年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp.965-967 (2006)
- 11) 石橋俊将、小宮哲平、中山裕文、島岡隆行：ジオシンセティックスを用いたごみ埋立地キャッピング層における水分移動に関する研究、平成18年度土木学会第61回年次学術講演会講演概要集、第VII部門、pp.313-314 (2006)
- 12) 財団法人 廃棄物による環境汚染のオンサイト修復技術に関する研究、p.32 (1998)
- 13) 財団法人 全国都市清掃会議：廃棄物最終処分場整備の計画・設計要領、pp.336-338 (2001)

Restraint of Rainwater Infiltration within a Landfill Site Capping Layer Using Geosynthetics for Drainage

Toshimasa Ishibashi*, Tepei Komiya**, Hirofumi Nakayama***
and Takayuki Shimaoka***

* Graduate School of Engineering, Kyushu University

** Institute of Environmental Systems, Kyushu University

*** Faculty of Engineering, Kyushu University

† Correspondence should be addressed to Takayuki Shimaoka :
Faculty of Engineering, Kyushu University
(744 Motooka, Nishi-ku, Fukuoka-city, Fukuoka 819-0395 Japan)

Abstract

Capping using Geosynthetics has been developed recently to keep as much rainwater as possible from infiltrating into the waste layer and thereby reducing the capping layer thickness. To evaluate the restraining effects of rainwater infiltration within the landfill sites' capping layer using Geosynthetics, sprinkling experiments using two soil apparatuses resembling an actual capping layer were performed in this study. Infiltration and drainage amounts were measured. To elucidate the action of water within the capping layer with the Geosynthetics, a water flow model was designed based on experiment results. The drainage layer shape and construction conditions influencing the rainwater infiltration were simulated using the model. Results showed that drainage and infiltration rates were about 90% and 10%, respectively. Consequently, capping with Geosynthetics can restrain much rainwater from infiltrating into the waste layer. Results obtained using the model also revealed that construction length strongly influences drainage and the infiltration rate.

Key words : solid waste landfill, geosynthetics, restraint of rainwater infiltration, sprinkling experiment, water flow model