

廃棄物埋立地におけるキャッピングによる雨水浸透制御に関する研究

九州大学大学院 学生会員○田中 純一 九州大学大学院 正会員 島岡 隆行
九州大学大学院 正会員 宮脇 健太郎 前田建設工業 正会員 林 克彦

1. はじめに

現在、廃棄物埋立地では、廃棄物の飛散・流出防止、悪臭の防止、景観の向上等を目的として、廃棄物層表面に覆土を行い、埋立完了時に最終覆土あるいはキャッピングが施工されている。多層構造のキャッピングを施工することにより、雨水浸透による廃棄物層からの浸出水を大幅に削減することが可能となる。しかし、キャッピングの施工による埋立容量の減少、廃棄物層への雨水浸透量の削減により廃棄物の安定化の遅延が考えられる。近年の埋立容量の逼迫から、それらの問題に対応しなければならない。本研究では、新しいキャッピング構造を提案し、キャッピング内での水分浸透挙動を把握するため、不飽和浸透モデルによる浸透解析¹⁾を行った。さらに、新しい構造の勾配、雨水貯留部の形状及び弱透水層の透水性を変化させて比較・検討した。

2. キャッピング新構造

図1に既存のキャッピング断面構造を示す。既存の構造は4層からなる多層構造であり、侵食防止層は植生の機能を果たすために設けられる。排水層は、砂等の透水性の高い材料を用いて浸透する水分を側方へと排除するために設けられる。浸透防止層は、粘性土等の低透水性の材料を用いて水分浸透を防ぐために設けられる。ガス排除層は、廃棄物層から発生するガスを収集し、排除するために設けられる。図2に新しいキャッピング断面構造を示す。3層からなる多層構造で、弱透水層内部に雨水貯留部を設けている。透水層は既存構造の侵食防止層及び排水層の機能を有するように、弱透水層は既存構造の浸透防止層の機能を有するように考案した。この新しい構造は、弱透水層内部の雨水貯留部に溜まった雨水を廃棄物層内へ浸透させるとともに、弱透水層の透水性や厚さにより廃棄物層への浸透水量を制御することを可能とするものである。

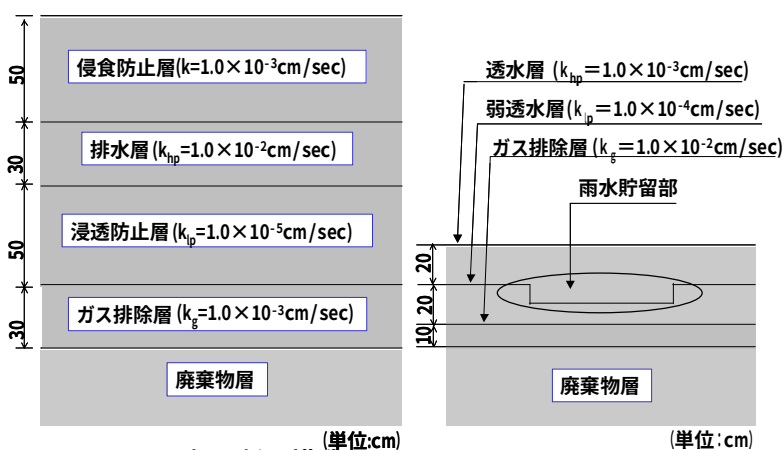


図1 既存の断面構造

図2 本研究での断面構造

表1 各層の物性値

各種パラメータ	$\theta_r(-)$	$\theta_s(-)$	$\alpha(-)$	$n(-)$	$m(-)$	$K_s(\text{cm/sec})$
透水層	0.065	0.41	0.075	1.89	0.47	1.0×10^{-3}
雨水貯留部						
弱透水層	0.095	0.41	0.019	1.31	0.24	1.0×10^{-4}
ガス排除層	0.045	0.43	0.145	2.68	0.63	1.0×10^{-2}
廃棄物層						

3. 新構造の浸透解析

3.1 計算に用いたモデル式及び計算設定条件

本モデルでは、一般に土壌の不飽和浸透計算に多用される Richards の式を用いた。また、不飽和透水係数には van Genuchten モデルを用いた。表1に新しい構造の各層の水分特性の物性値を示す。図3に新しい構造の各層の厚さ及び浸透量出力点a, b, cを示す。設定条件は、降雨強度を 5mm/h から 50mm/h と変化させ、定常になるまで計算を行い、廃棄物層への浸透量を求めた。また、構造全体に勾配をつけた場合、雨水貯留部の形状を変化させた場合、弱透水層の透水性を変化させた場合について計算を行った。

3.2 廃棄物層内への雨水浸透量に関する考察

図4に降雨強度 10mm/h、降雨継続時間 24 時間の場合の浸透量出力点 a, b, c の経時変化を示す。降雨開始 10 時間後には廃棄物層内に水分が浸透し始め、20 時間後にはほぼ定常状態になることが分かる。

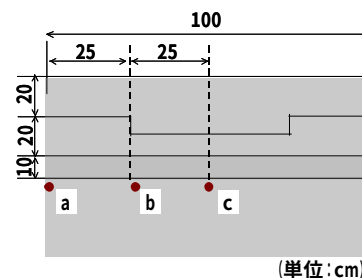


図3 浸透量出力点位置

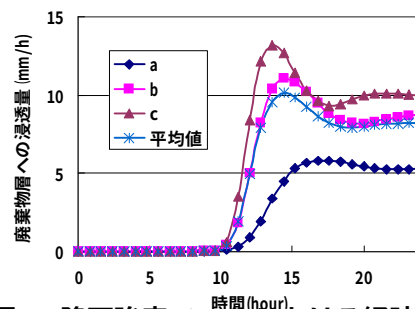


図4 降雨強度 10mm/h における経時変化

a点とc点の浸透量を比較すると、c点が多くなった。c点の上部の雨水貯留部には毛管力によって水分が引き寄せられ、マトリックポテンシャルが増加したためである。図5に廃棄物層内の水平方向の浸透量分布を示す。11.2時間後にはc点付近の廃棄物層内に水分が浸透し、14.4時間後にc点付近で浸透量が13mm/hと多くなっていることが分かる。24時間後には浸透量はほぼ定常となり、c点付近の浸透量は14.4時間後に比べ減少している。廃棄物層内の含水率の上昇により、マトリックポテンシャルが増加したためである。

3.3 各設定条件における計算結果及び考察

(1) 構造全体に勾配をつけて変化させた場合

図6に勾配を3%まで変化させた場合の計算結果を示す。勾配によらず降雨量が増加すると、浸透量は増加することが分かる。

(2) 雨水貯留部の形状を変化させた場合

表2に雨水貯留部の形状を、図7に計算結果を示す。降雨量が増加すると、浸透量は増加することが分かる。雨水貯留部の幅は50cmで深さの異なるcase1とcase4を比較すると、降雨量が20mm/hの場合、浸透量はcase1では11mm/h、case4では9mm/hとなった。雨水貯留部が深いcase1が浸透量が多いことが分かる。雨水貯留部を深くすることで雨水貯留部のマトリックポテンシャルが増加したため、浸透量は増加した。雨水貯留部の深さは10cmで幅の異なるcase1とcase3を比較すると、降雨量が30mm/hの場合、浸透量はcase1では13mm/h、case3では12mm/hとなった。雨水貯留部の幅が大きいcase1が浸透量が多いことが分かる。この場合も同様に貯留部のマトリックポテンシャルの増加したが、幅の影響は深さの影響よりも小さいことが分かる。

(3) 弱透水層の透水性を変化させた場合

図8に計算結果を示す。弱透水層の透水係数が 1.0×10^{-4} cm/secと 5.0×10^{-5} cm/secの場合、降雨量が増加すると、浸透量は直線的な傾向を示している。しかし、透水係数が 1.0×10^{-6} cm/secの場合、降雨強度50mm/hにおける浸透量は0.3mm/hとなり、透水係数がその10倍(1.0×10^{-5} cm/sec)の場合、浸透量は2.6mm/hとなった。降雨強度によらずほぼ同じ浸透量になることが分かる。

4. おわりに

本研究では、新しいキャッピング構造を提案し、その浸透解析を行い、勾配、雨水貯留部の形状及び弱透水層の透水性を変化させて比較・検討を行い、以下の結果を得た。

- (1) 雨水貯留部を設けることにより、解析結果から廃棄物層内で水平方向の浸透量が異なった。毛管力が雨水貯留部において作用し、マトリックポテンシャルが増加したためである。また、雨水貯留部の形状を変化させた場合、貯留部の幅を変えた場合の浸透量よりも深さを変えた場合の浸透量が多くなった。
- (2) 勾配を3%まで変化させても、廃棄物層への浸透量にはほとんど差が見られなかった。
- (3) 弱透水層の透水性を変化させた場合、廃棄物層への浸透量が大きく異なった。また透水係数が 1.0×10^{-5} cm/sec以下の場合、降雨強度によらずほぼ同じ浸透量になることが分かった。

今後、新しいキャッピング構造の浸透実験を行い、浸透挙動の把握・解析結果の浸透量との比較・検討を行う予定である。

【謝辞】本研究を行うにあたり、前田建設工業の飯島健氏のご協力を戴きました。ここに記して感謝の意を表します。

【参考文献】1) 田中純一、島岡隆行、宮脇健太郎: キャッピングによる埋立廃棄物層への雨水浸透制御に関する研究, 平成15年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 第VII部門 -69, pp.B-534-535, 2004

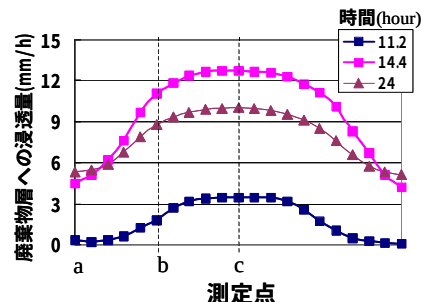


図5 水平方向の浸透量分布

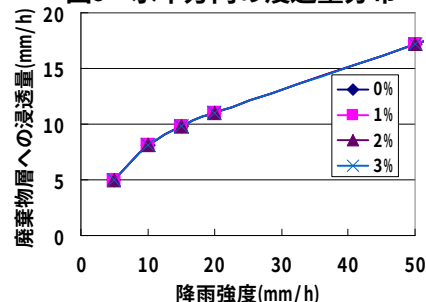


図6 勾配変化による計算結果

表2 雨水貯留部の形状

case	1	2	3	4
幅	50	25	25	50
深さ	10	5	10	5

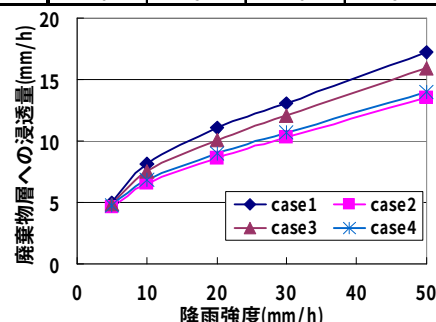


図7 形状変化による計算結果

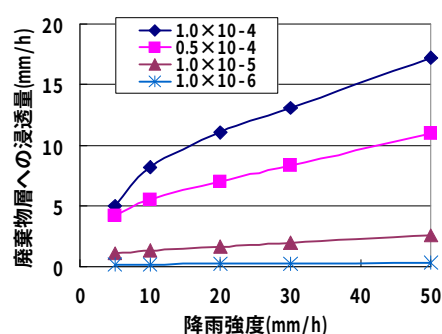


図8 透水性変化による計算結果