

覆土膜構造を有する廃棄物埋立地の水分移動について

九州大学大学院 正会員 堀 直子 正会員 島岡 隆行
九州大学大学院 正会員 宮脇健太郎 学生会員 小宮 哲平

1. はじめに

現在、廃棄物埋立地では、廃棄物の飛散防止、周期及び衛生害虫の発生抑制などを目的として、日々の作業終了時に埋立廃棄物の表面を即日覆土で被覆している。即日覆土がセル工法で施工されている廃棄物埋立地では、覆土が斜面をなし、廃棄物層と覆土層の互層構造を形成している。そのため、埋立地の雨水浸透は水平方向均一にならず、傾斜した覆土層の下には安定化が遅延される領域ができると考えられる。これまでに、覆土の施工条件が埋立地の安定化に及ぼす影響について、大型模型実験¹⁾及び数値解析²⁾により検討を行ってきた。本研究では、傾斜する覆土層を有する埋立層において、覆土の施工角度や降雨強度が降雨浸透の偏りに及ぼす影響について、不飽和浸透モデル解析によって検討した。

2. 不飽和浸透解析

不飽和浸透流解析には、土中の不飽和流れの計算に使用されるHYDRUS-2Dを用いた。支配方程式にはRichardの式、水分特性曲線には van Genuchten モデルが適用されている。雨水の表流、蒸発は考慮せず、降雨は全て埋立層内に浸透するものとした。

廃棄物層の不飽和浸透解析にHYDRUS-2Dを使用するために、覆土層(20cm)と廃棄物層を模擬した実験模型槽(図 1)内の浸透流について計算を行

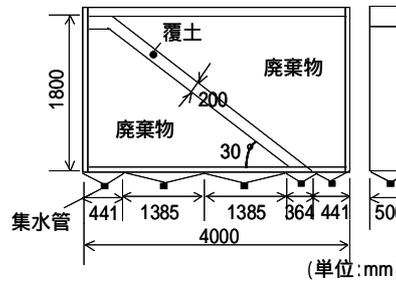


図 1 埋立模型槽 (覆土層厚20cm, 傾斜角度30°)

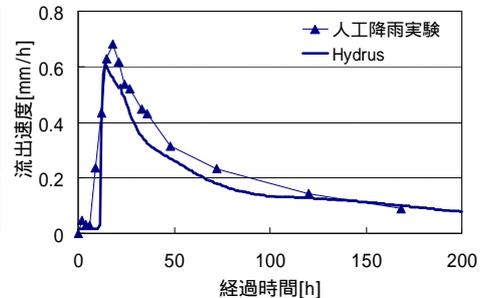


図 2 流出速度の経時変化

行い、過去に行われた人工降雨実験(降雨強度 20mm/h、降雨時間 3 時間)の結果²⁾との整合性を確認した。図 -2 に雨水の流出速度の経時変化を示す。図 -2 より、計算結果は人工降雨実験の流出傾向を再現できており、HYDRUS-2D は廃棄物層の不飽和浸透解析に適用できると考えられる。

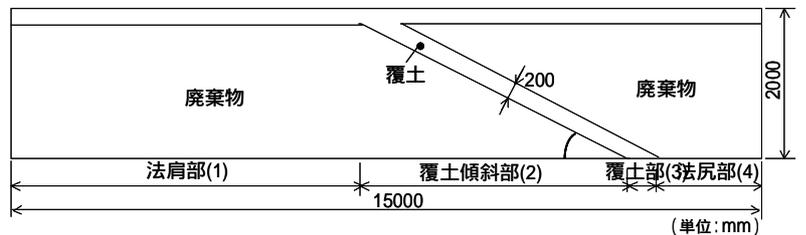


図 3 解析対象の構造

3. 廃棄物層と土壌層の成層における不飽和浸透について

傾斜した覆土を含む埋立層内の不飽和浸透流れの解析を行った。図 3 に解析対象とした埋立層の構造を示す。領域内には一定の傾斜角度をもった覆土(200mm)が存在する。図中は覆土の傾斜角度である。説明の都合上、埋立層の底部を4つの領域に分け、それぞれ法肩部(1)、覆土傾斜部(2)、覆土部(3)、法尻部(4)と呼ぶこととする。表 1 に計算に用いた廃棄物および土壌の物性値を示す。

表 1 水分特性を示す物性値

各種パラメータ	r [-]	s [-]	n [-]	Ks [cm/sec]	
廃棄物	0.18	0.43	0.094	1.5	0.03
土壌	0.1	0.39	0.059	1.48	0.0004

3. 1 覆土傾斜角度 30°、層厚 20cm の場合

図 -4 に覆土傾斜角度 30°、降雨強度 5mm/h の場合の埋立層底部からの流出速度の経時変化を示す。覆土層法肩(1)の流出速度は、覆土層が傾斜していないため、定常状態では降雨強度 5mm/h とほぼ同速度である。覆土層法尻部(4)や覆土部(3)では、浸透水が廃棄物層と覆土層の境界を沿って浸透す

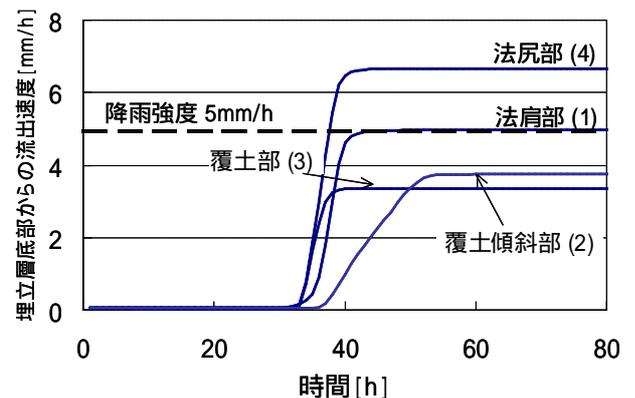


図 4 各場所からの流出速度の経時変化 (覆土層厚:20cm, 傾斜角度:30°)

るため、定常状態に至るまでの時間は短くなっている。また、定常状態での覆土層法尻部(4)からの流出速度6.7mm/hは、降雨強度5mm/hに対して1.3倍であり、覆土部(3)からの流出速度3.3mm/hは、降雨強度5mm/hの0.67倍であった。これは、覆土層のと廃棄物層の境界を沿って浸透してきた雨水が、覆土層底部付近で透水性の良い廃棄物層から流出したためと考えられる。覆土傾斜部(2)の流出速度は、他の領域と比較して小さくなっている。傾斜した覆土の下部は、降雨浸透量が少ないため汚濁成分の洗い出しなど安定化が遅延することが示唆される。

3.2 覆土傾斜角度の影響 覆土層の傾斜角度が降雨の浸透の偏りに及ぼす影響について検討した。図 5 は、降雨強度 5mm/h の下、覆土層の傾斜角度を 10°、20°、30°、40°、50°、60°、70°、80° と変化させた場合の定常状態での底部流出速度を示したものである。傾斜角度によらず法肩部(1)の流出速度は降雨速度 5mm/h とほぼ同速度であった。法尻部(4)の流出速度は、覆土層傾斜角度 40° の場合、7.2mm/h と最も大きく、覆土傾斜部(2)での流出速度は、覆土層傾斜角度 60° の場合に 2.5mm/h と最も小さい傾向を示している。覆土部(3)での流出速度は、0° から 90° と覆土傾斜角度が大きくなるにつれて、4.1mm/h から 0.21mm/h まで減少している。法尻部(4)からの流出速度との差は増大することが分かる。覆土層傾斜角度が小さくなるほど、水平方向の雨水浸透の偏りが緩和されると考えられる。

図 6 に覆土傾斜角度 10°、30°、60° の場合の覆土傾斜部(2)の底部流出速度の経時変化を示す。降雨開始から定常状態となるまでに要する時間は、傾斜角度 10°、30°、60° でそれぞれ 48、55、61 時間であった。傾斜角度が大きくなるにつれて、定常状態に至るまでの時間が長くなること分かる。

3.3 降雨強度の影響 降雨強度が雨水浸透の偏りに及ぼす影響について検討した。図 7 に降雨強度 0.5、1、2、5、10mm/h の場合の覆土傾斜部(2)の底部流出速度の経時変化を示す。覆土層厚 20cm、傾斜角度 30° とする。降雨強度 5、10mm/h の場合、降雨開始から 1～2 日で埋立層底部に降雨が到達し、定常状態となっている。これに対して降雨強度 0.5、1、2mm/h の場合、埋立層底部に定常状態となるまでに、それぞれ降雨開始から 5、8、12 日間要することが分かる。このことから降雨強度が小さい場合、傾斜した覆土層の下部の廃棄物層にはあまり雨水が浸透せず、他の場所と比較して安定化が遅延すると考えられる。

4 .まとめ 本研究では、覆土層が傾斜をなす廃棄物埋立地についての不飽和浸透解析を行なった。その結果、覆土傾斜角度が小さくすることで、埋立層内の傾斜した覆土の下部に浸透水が侵入し易くなり、水平方向での雨水浸透の偏りが緩和されると考えられる。また、実際の降雨継続時間から考慮すると降雨強度によらず、埋立層内の傾斜した覆土層の下部に雨水は浸透しないと示唆される。今後は、非定常の降雨が雨水浸透の偏りに及ぼす影響について検討する予定である。

【参考文献】

1)堀直子ら：覆土膜構造を有する廃棄物埋立地の安定化に関する研究，廃棄物学会論文誌，Vol.15, No.6, pp.500-510, 2004, 2)堀直子ら：廃棄物最終処分場の水分移動に及ぼす覆土の影響について，平成 15 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，第一部 - 70, pp.B-536-537, 2004

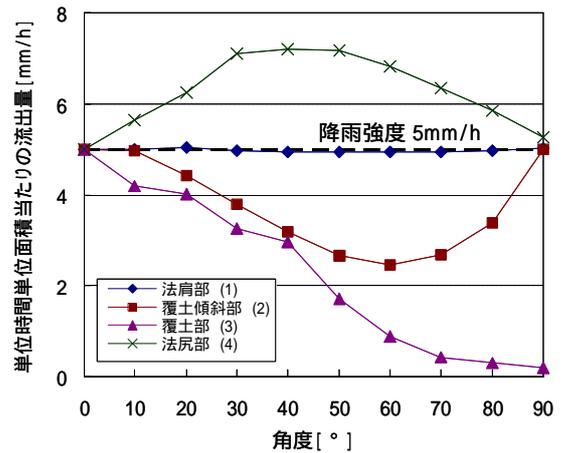


図 5 定常状態での各場所からの流出量 (=0° ~ 90°)

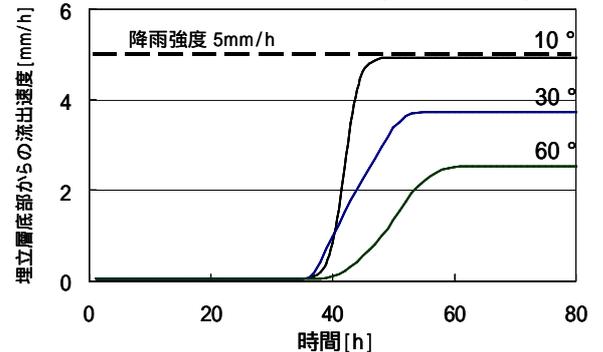


図 6 覆土傾斜部での流出速度の経時変化 (傾斜角度:10°, 30°, 60°)

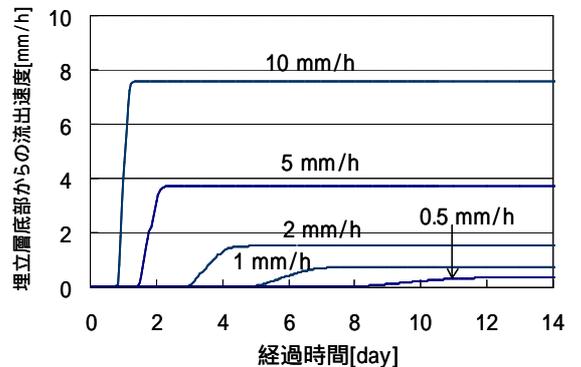


図 7 降雨強度ごとの流出速度の経時変化 (覆土傾斜部にて、傾斜角度30°、層厚20cm)