

地下水制御技術を利用したトレンチ処分の合理化研究(その3)

キャピラリーバリアの解析的設計手法について

日本国土開発(株) 正会員 鈴木正人 坂本好文

(財)原子力環境整備センター 斎藤隆義 正会員 大西利満

埼玉大学大学院 正会員 渡辺邦夫

1. はじめに

地下水制御型処分施設を実現するため、キャピラリーバリア、透水壁、キャピラリーブレイクの解析的設計手法を検討した。そのうち、本報告では降雨浸透を抑制するキャピラリーバリアを対象とした検討結果を整理した。キャピラリーバリアについては、これまでに土槽実験等を行って有効性を確認し、また、実験時の挙動はFEM飽和不飽和浸透流解析で表現できることを確認した。しかし、これまでの解析は実験と同様、全て定常流で行なっており、気象を考慮した性能評価を行うことは難しかった。

本報告では、気象条件(日降水量と蒸発散量)を考慮した非定常解析法を提案し、実規模のキャピラリーバリア型覆土の性能を評価した例について述べる。

2. 土槽実験のシミュレーション

実規模覆土の解析を行う前に、そこで使用する物性値の妥当性を検証するため、土槽実験¹⁾のシミュレーション解析を行った。図-1に各材料の物性値を、図-2に結果の一例を示す。実験と解析による排水挙動は、良く一致している。この例では、物性試験の結果をそのまま解析に使用しているが、材料によっては、物性試験で得られた結果では挙動をうまく再現できないこともあり、物性試験の結果を検証せずに使用するのは危険と思われた。

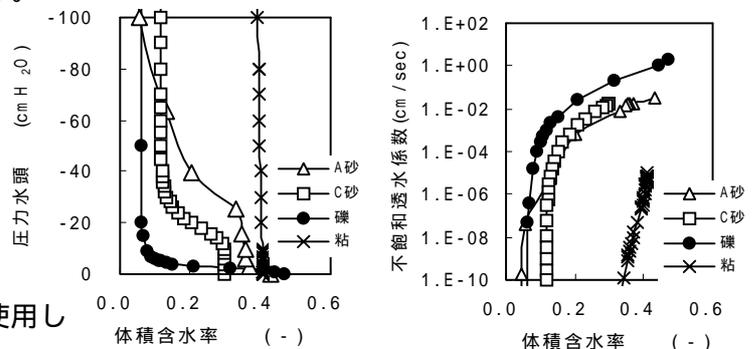


図-1 水分特性曲線と不飽和透水係数

3. 実規模覆土の解析

実規模覆土のモデルを図-3に示す。覆土の長さ(L)は50m、勾配()は7%、層厚は、粘性土1m、砂50cm、礫30cmとした。全ての材料は土槽実験¹⁾で使用したものとし、砂は土槽実験で良好な結果を示したA砂とした。日降水量は東京郊外で測定された1年間の降雨記録(年間降雨量1817mm)を用い、蒸発散量は東京近郊の気温、日照時間を考慮してThorntwaite式²⁾によって求めた。

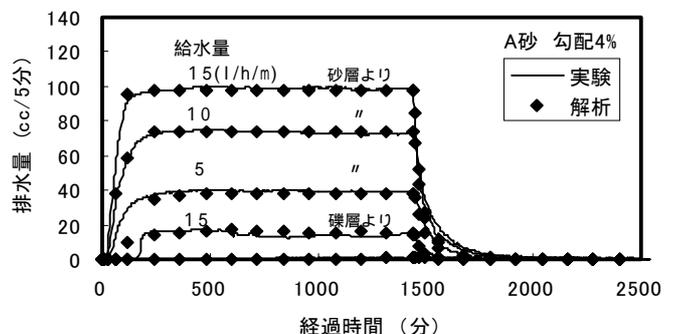


図-2 土槽実験のシミュレーション

多層地盤、不飽和域の非定常解析となるため、収束性が悪く計算に長時間を要するという問題がある。そこで、勾配や長さ、下層の影響が比較的小さい粘性土層については一次元で解析し、そこで得られる粘性土層下端からの排水量を砂・礫層の二次元モデルの表面に与えて解析した。

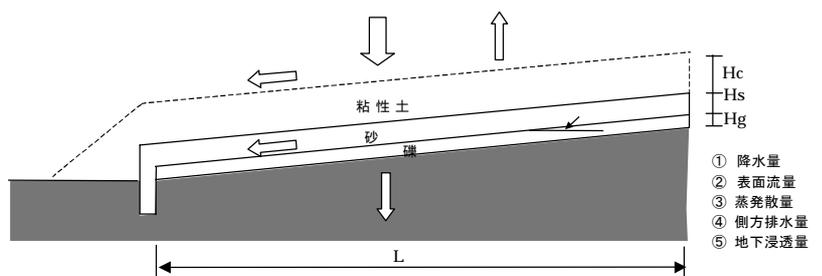


図-3 実規模覆土のモデル

キーワード：放射性廃棄物、浸透、キャピラリーバリア、数値解析

連絡先：〒243-0303 神奈川県愛甲郡愛川町中津 4036-1 TEL(046)285-3339 FAX(046)286-1642

図-4 に一次元解析で得られた粘性土下端からの排水量の日変化を示す。覆土を粘性土のみで作製した場合には、これがそのまま地下浸透量になる。地下浸透量が数 mm/day 以上に達する日は頻繁に見られる。

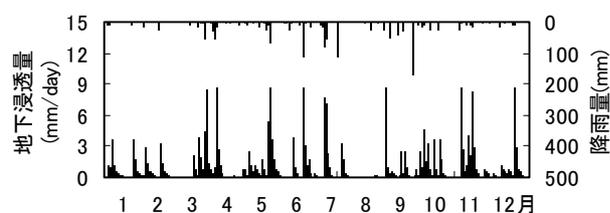


図-4 粘性土覆土の地下浸透量

一方、キャピラリーバリア型覆土では、砂・礫層間に働くバリア効果によって、表面から浸透した水の多くは砂層を通じて側方に排水され、地下浸透量は減少する。

図-5 に側方排水量を示す。側方排水量は最大 130 l/day/m に達し、非降雨日も枯渇せずに排水が続いている。その結果、地下浸透量は、図-6 に示すように最大でも 0.2 mm/day 未満となり、粘性土覆土（図-4）に比較して大きく減少している。

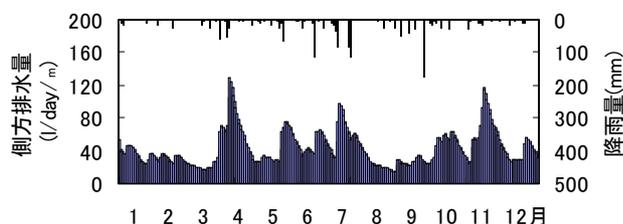


図-5 キャピラリーバリア型覆土(A砂使用)の側方排水量

表-1 は年間の水収支を示している。本手法によりこれら一連の水収支を得ることができる。両覆土は、気象条件と表面粘性土層を統一しているので、表面流量や蒸発散量に差はなく、降雨量に対する比率で表すと、表面流は 67%、蒸発散量は 16%となる。地下浸透量は、粘性土覆土で 17% (314mm/年) なのに対して、キャピラリーバリア型覆土では 0.7% (13mm/年) となり、キャピラリーバリア型覆土は粘性土覆土の 4%程度に地下浸透量を抑制している。

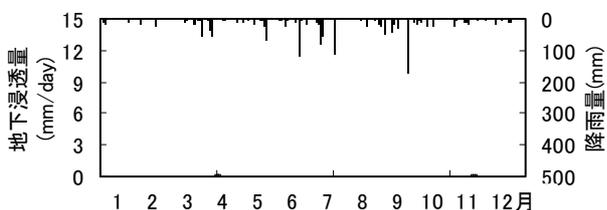


図-6 キャピラリーバリア型覆土(A砂使用)の地下浸透量

キャピラリーバリア型覆土の浸透抑制能力は材料のほかに、長さや勾配等の影響を強く受ける。そのため、設計に際しては、各種の形状について気象条件を考慮した性能評価を行う必要があり、比較的簡易に解析できる本手法は有効と考えられる。

表-1 水収支

覆土型式	単位 (mm/年)				
	①降雨量	②表面流	③蒸発散	④側方排水	⑤地下浸透
粘性土型	1817	1218	285	—	314
キャピラリーバリア型	1817	1218	285	306	13

4. 解析的設計について

キャピラリーバリアは、多層地盤、不飽和域、非定常といった複雑な問題となるため、浸透抑制効果を正しく評価するには、ここに述べたような数値解析が不可欠である。設計手順としては、1)材料調査と気象調査、2)物性試験、3)簡易設計、4)土槽試験、5)詳細設計というフローが考えられる。簡易設計では、物性値から直接、覆土構造の概略を推定する(その方法は、検証中の段階にある)。土槽試験は、物性試験結果の不確かさを補うために実施するもので、現状では必要と考えられる。詳細設計では、上記のような数値解析を行うが、このときに用いる気象データについては十分な検討が必要である。

5. おわりに

降雨や蒸発を考慮してキャピラリーバリア型覆土の浸透抑制効果を評価する方法として、粘性土層と砂・礫層を分けて合理的に解く方法を提案し、土槽実験に基づいた信頼性の高い物性値を用いた解析例を示した。

今後の課題として、長期の大規模実験による性能・耐久性確認と解析法の検証、施工精度(密度、平坦性、層境界での混じり)とその影響の確認、が挙げられる。

参考文献

- 1)永井,鈴木,坂本,平田,渡辺:地下水制御技術を利用したトレンチ処分の合理化研究(その2),キャピラリーバリアの排水性能室内実験結果,土木学会第55回年次学術講演会投稿中
- 2)土木学会:水理公式集, pp111-112, 1971