

土のキャピラリーバリアを用いた低盛土式廃棄物保管工法の開発 Practical study on shallow land waste repository equipped with capillary barrier of soil

○森井俊廣¹・小林 薫²・松元和伸³・黒田清一郎⁴

Toshihiro MORII¹, Kaoru KOBAYASHI², Kazunobu MATSUMOTO³ and Seiichiro KURODA⁴

1. はじめに

有害なため池汚泥や汚染土壌の仮置きあるいは貯蔵保管にあたっては、2 次拡散防止の点から、地下水と雨水からの確実な遮断を確保する必要がある。その解決策として、低盛土形式でかつ高度な雨水遮断機能と排水機能をもつキャピラリーバリア（CB）層を敷設した貯蔵保管工法（図 1）を提案してきた¹。これまで、限界長に基づく構造設計法と施工時の品質管理法を明らかにするとともに、CB 機能の長期性能照査法として地中レーダー法の有効性を確認した。本文では、将来の気候変動で想定される大規模降雨に対する CB 機能を、数値解析により検証する。

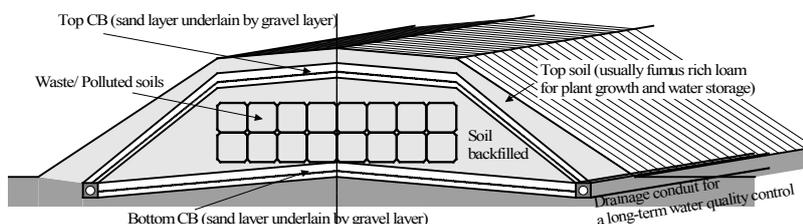


図 1 低盛土式廃棄物保管工法の提案

2. これまでの検討成果

提案する低盛土式廃棄物保管施設（SLWR）は、砂と礫しか用いないため、数十年の長期にわたってメンテナンスフリーである。これまで、室内土槽試験や盛土試験、野外観測を通して、施設の構造規模あるいは逆に貯蔵できる廃棄物の量を決定する CB の遮水範囲（限界長）を精度良く推定できる設計式を開発した²。施工に際しては、特殊な重機を必要とせず、プレート型バケットを備えた油圧ショベルで対応できることを確認した。その際、砂層の締固め密度の均一性が CB 機能の発現に影響を持つため、施工・品質管理が重要となる³。野外観測からは、CB 層を被覆する表層土が必要なことあるいはそれを組み込んだ多層 CB の導入が現実的であること、またブレイクスルーが起きても CB 機能が速やかに回復することを示した。さらに、地表設置型の地中レーダー法を用いることにより、数十年間の長期にわたって、CB による遮水機能あるいはその回復性を非破壊的にモニターできる方法を明らかにできた⁴。

3. 将来の気候変動を考慮した大規模豪雨における低盛土式廃棄物保管施設の遮水性能

これまでの検討によると、市販の砂材と礫材を用いて、図 1 の構造形式でいうと片幅 4~5m 程度の現実的な SLWR の築造が可能となってきた。図 2 に示すように、中央高さ 6m、片幅天端部（傾斜は 5°）の長さ 5m、それに続く斜面部（同 45°）の水平長 5m の低盛土を構想し、豪雨時における遮水性能を照査する。図中、1 番の原地盤の上に 2 番の廃棄物と覆土を埋め戻し、この上に 3 番の礫層（50%粒径 5~6mm）および 4 番の砂層（同 0.25mm）を敷設する。この 3 番と 4 番の土層構造によりキャピラリーバリア機能が発揮されることになる。層厚は礫層、砂層とも 50cm とする。飽和透水係数は礫材で 1.04cm/s、砂材で 4.1×10^{-3} cm/s である。

温暖化による将来の気候変動（RCP6.0）を考慮した気候変動情報データベースより、2046~2065 年を対象に新潟県中越エリアの年間降水量をダウンスケーリングし、これに過去のアメダス雨量に基づいてバイアス補正を行った。このうち、過去の年間最大日雨量と年間降水量の回帰関係より、年間最大日雨量（200 年確率）として 268mm を決定した。これより、図 2 の副図に示すように、2 波に

¹ 新潟大学自然科学系（農学）フェロー Facul. Agriculture, Niigata Univ., ² 茨城大学工学部 Facul. Engineering, Ibaraki Univ., ³ 飛鳥建設技術研究所 Research Institute of Technology, Tobishima Corp., ⁴ 農研機構農村工学研究部門 NARO
キーワード：土構造、保水性、水分移動、キャピラリーバリア、低盛土式廃棄物保管施設

わたって 10mm/hr の豪雨が 24 時間作用するとした。

数値解析には、土中の飽和・不飽和流れを予測できる FORTRAN コードのプログラム SUSFEM⁵⁾を用いた。支配方程式は、土壌中の飽和流れと不飽和流れを統一して記述した Darcy-Buckingham 式と連続式から誘導される Richards のポテンシャル方程式であり、これを Galerkin 型有限要素法により定式化

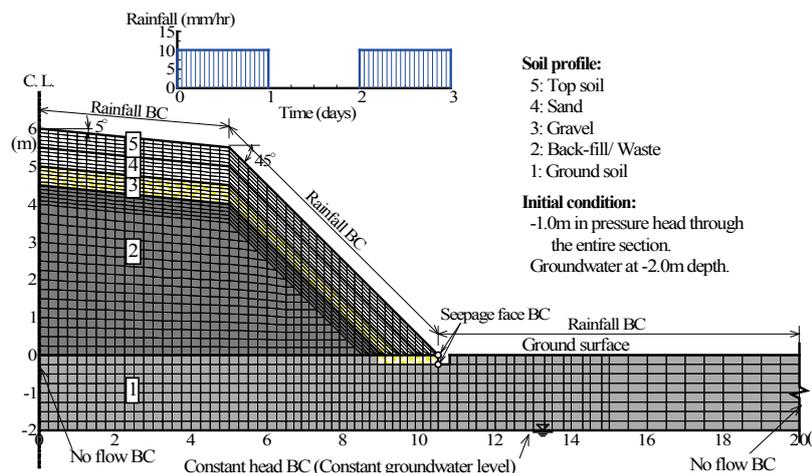


図 2 SLWR の CB 構造と境界条件および想定した大規模豪雨

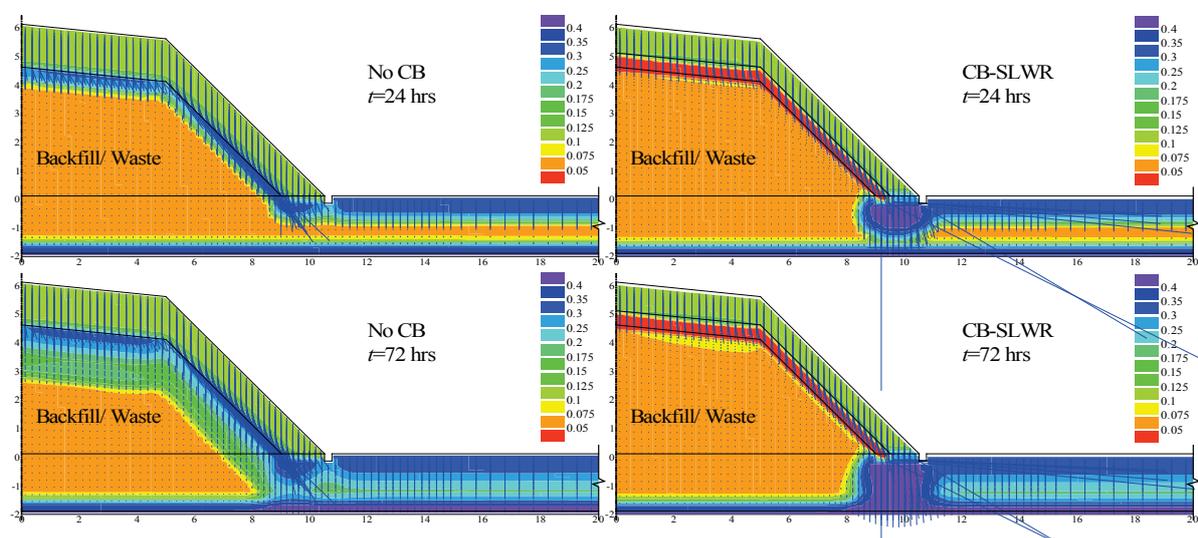


図 3 将来に想定される大規模豪雨に対する CB の遮水機能 (左列は CB 機能を持たない盛土)

した。

数値実験で得られた結果のうち、体積含水率の時間変化を図 3 にまとめる。同図の左列は対照として CB 機能を持たない盛土 (3 番を砂材としたケース) での結果を示す。また上段は豪雨第 1 波終了時 (24 時間後)、下段は第 2 波終了時 (1 日の中断期を挟んで 72 時間後) における結果である。将来の気候変動を考慮した大規模な降雨に対しても、砂層と礫層を重ね合わせた簡単な土層構造により、効果的に雨水浸潤を遮断あるいは抑制できることが確認でき、CB 機能の実務展開がきわめて現実的なものであると判断できる。

参考文献

- 1) 森井俊広・河合隆行・小林薫・松元和伸: 底部 CB 排水層を備えた盛土による汚染廃棄物の貯蔵保管工法の提案, 第 1 回環境放射能除染研究発表会, p. 43, 2012.
- 2) 森井俊広・花田義徳・鈴木友康・松元和伸・小林薫: 土のキャピラリーバリアを用いた盛土式廃棄物貯蔵施設の遮水機能, 第 52 回地盤工学研究会発表会, pp. 2095-2096, 2017.
- 3) 森井俊広・松元和伸・小林薫・中房悟・阪絵梨子: キャピラリーバリアシステムを導入した盛土式廃棄物貯蔵施設の遮水機能, 土木学会第 69 回年次学術講演会, pp. 343-344, 2014.
- 4) 森井俊広・黒田清一郎・小林薫・松元和伸: 土のキャピラリーバリアを用いた低盛土式廃棄物貯蔵施設の GPR 法による性能照査, 第 26 回雨水資源化システム学会, pp. 36-39, 2018.
- 5) Morii, T.: Prediction of water movement in soil by finite element method, Bulletin of Faculty of Agriculture, Niigata University, 52(1), pp. 41-54, 1999.