

模擬坑道を対象とした地層処分場の埋め戻し材の転圧施工試験

安藤ハザマ 正会員 ○山田淳夫 正会員 伊藤歩夢
原子力環境整備促進・資金管理センター 非会員 川久保政洋

1. はじめに

地層処分施設における坑道の埋め戻しは、坑道の幅、高さが限られている中で延長方向に長い距離を施工する必要がある。坑道の埋め戻しを転圧工法により行う場合、空間的な制限により選択できる機械が限られるため、側壁付近、終点となる妻壁付近、天端付近などの施工エリアによって施工機械を変える必要がある。

そこで、坑道内の施工エリアごとに施工機械を変えた場合、埋め戻し材の乾燥密度の空間分布やばらつきにどのように影響するのかを把握することを目的とし、写真1に示す実物を想定した模擬坑道内での施工試験を実施した。実施工における仕上り品質の確認と課題の抽出のため、今回の施工試験では施工目標は透水係数 1.0×10^{-9} m/s に設定した。

2. 使用材料および試験施工の概要

試験に用いたベントナイトの基本特性を表1に、母材（砕石・砕砂）の粒径加積曲線を図1に示す。ベントナイトにはNa型ベントナイト（クニミネ工業製クニゲルV1）を、母材には玄武岩の砕石・砕砂を使用した。砕砂の最大粒径は5mm、砕石の最大粒径は20mmである。ベントナイト混合率は15%、母材は砕石と砕砂を6:4の割合で混合した材料とした。混合土の製造はバッチ式ミキサーで行った。

既往検討¹⁾では1m×5mのコンクリートピットを使用して、同様の材料を用いた小規模施工試験を実施しており、撒き出し厚300mmでも目標の透水係数を確保できることが確認できている。既往検討¹⁾を参考に、今回の撒き出し厚は300mmとした。また、転圧機械および転圧回数は表2に示すとおりとした。一般部については、4tタンデムローラーを使用した

が、妻壁からの距離によって前輪のみで転圧する箇所と、前・後輪で転圧する箇所が発生し、それぞれで転圧後の乾燥密度が異なることが予測された。そこで、図2に示すように4つのエリアに区分し、砂置換法により各エリアで2点ずつの乾燥密度の測定を行い、施工品質を確認することとした。施工試験では、底盤から約2mの高さまで全13層の施工を実施した。写真2~4に施工状況を示す。

表2 施工仕様

撒出厚	転圧機械	
300mm	撒き出し	ホイールローダー+人力
	無振動転圧	転圧回数2回
		壁際：1.5t小型振動ローラー 一般部：4tタンデムローラー
	振動転圧	転圧回数6回
妻部：ランマー 壁際：1.5t小型振動ローラー 一般部：4tタンデムローラー		

3. 施工試験結果

施工後に実施した砂置換法による乾燥密度の測定結果を図3に示す。図3には締固めエネルギーが異なる(1Ecおよび4.5Ec)2つの締固め曲線も併記した。図4に示すヒストグラムは転圧機械ごとの砂置換法による乾燥密度の結果をまとめたものである。



写真1 模擬坑道

表1 ベントナイトの基本特性

項目	単位	Na型ベントナイト
含水比	%	7.1
pH	—	10.1
膨潤力	ml/2g	20
土粒子密度	Mg/m ³	2.752
MBC	mmol/100g	83

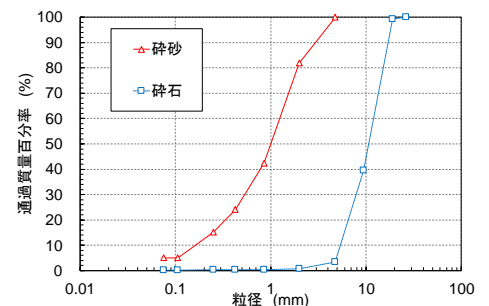


図1 玄武岩の粒径加積曲線

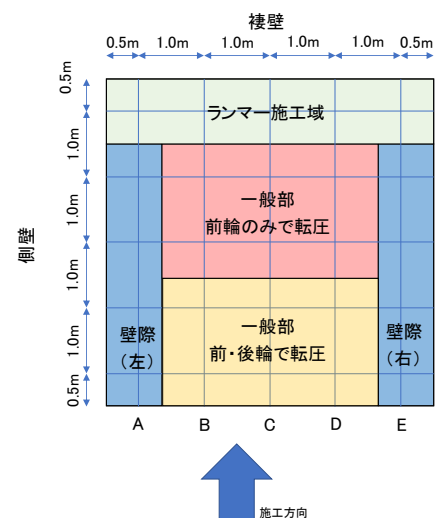


図2 施工方法の違いによるエリア区分

キーワード：放射性廃棄物、地層処分、埋め戻し材、施工試験、現場密度試験

連絡先：〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1, TEL：029-858-8810, E-mail：yamada.atsuo@ad-hzm.co.jp



写真2 妻部転圧



写真3 壁際転圧

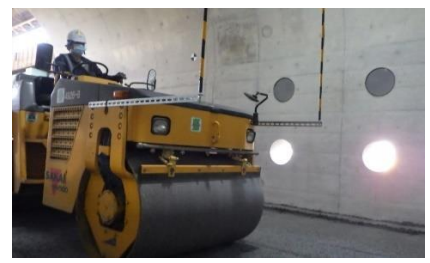


写真4 一般部転圧

1.5t小型振動ローラーや4tタンデムローラーによる施工箇所の乾燥密度の平均値は1.5t小型振動ローラーが 1.79 Mg/m^3 、4tタンデムローラー 1.75 Mg/m^3 であり、乾燥密度の分布範囲はいずれも $1.60 \sim 1.95 \text{ Mg/m}^3$ であった。また、4tタンデムローラーにより前輪のみで転圧した場合と、前・後輪で転圧した場合で乾燥密度が大きく異なることはなかった。図5に示す有効粘土密度（乾燥密度とベントナイト混合率より換算）と透水係数との関係²⁾から、今回の乾燥密度の分布範囲であれば目標の透水係数を満足できると考えられる。

4. 施工に関する課題と実施工に向けた見通し

乾燥密度の分布範囲は平均値 $\pm 0.20 \text{ Mg/m}^3$ 程度であり、また、施工時の不陸も少なからずあった。撒き出し厚さを薄くすることにより歩掛は落ちるが、施工性の向上（施工時の不陸の低減）および施工品質の向上（密度のばらつきの低減）を図れる可能性はある。

また、図2に示した4つのエリアのうちランマーでの施工箇所の乾燥密度は小さく、ばらつきは大きくなった。これは、撒出厚 300 mm に対してランマーの施工能力が低かったためである。妻部で適用可能な締固め機械は限られるため、妻部のみは撒出厚を薄くしてランマーで転圧する他、吹付け工法を適用するなどの措置が必要であると考えられる。

5. まとめ

模擬坑道内において転圧工法による施工を行い、施工機械ごとに達成できる乾燥密度や乾燥密度のばらつきの程度を確認した。その結果、撒出厚 300 mm でも目標の透水性能が十分確保できると考えられる乾燥密度が得られた。また、密度のばらつきが少なく、かつ施工面の不陸の少ない施工が撒出厚を薄くすることにより実施できると考えられ、さらに、妻部の施工方法についての課題を抽出した。

本報告は、経済産業省資源エネルギー庁からの委託事業「令和2年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に關する技術開発事業（地層処分施設閉鎖技術確証試験）」の成果の一部である。

【参考文献】1) 小栗光, 千々松正和, 山田淳夫, 伊藤歩夢, 川久保政洋, 阿部孝行: 撒き出し・転圧工法による坑道の埋め戻しに關する小規模施工試験, 第75回年次学術講演会講演概要集, 土木学会, CS12-25, 2020.9.
2) 伊藤裕紀, 庭瀬一仁, 千々松正和, 金子岳夫, 中越章雄: 低配合ベントナイト混合土の長期状態変化を踏まえた設計手法に關する一考察, 第65回年次学術講演会講演概要集, 土木学会, CS7-017, pp.33-34, 2010.9.

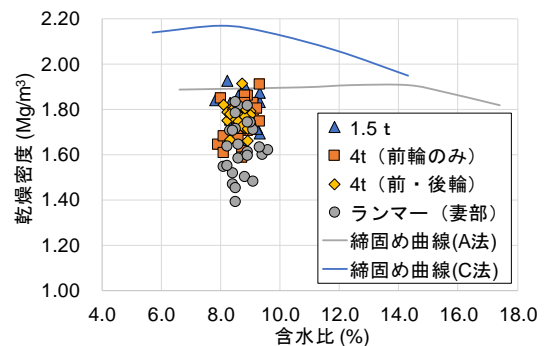


図3 砂置換法の結果と室内締固め試験結果の関係

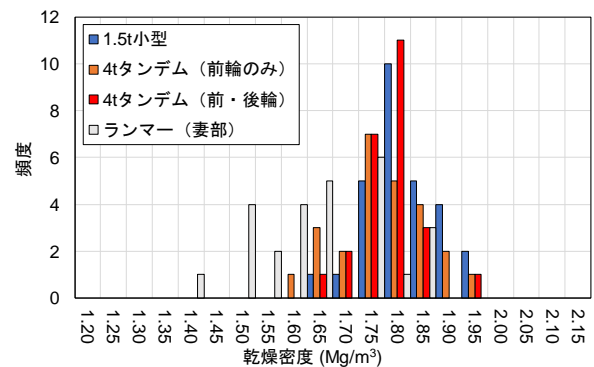


図4 砂置換法の結果のヒストグラム

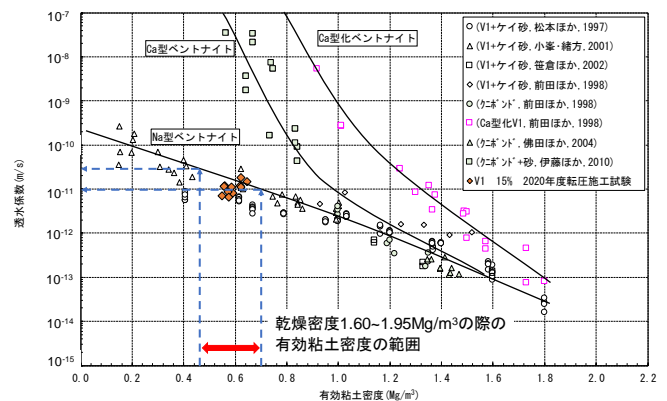


図5 有効粘土密度と透水係数の関係 (参考文献2)に加筆