

撒き出し・転圧工法による坑道の埋め戻しに関する小規模施工試験

安藤ハザマ 正会員 ○小栗光 正会員 伊藤歩夢
 正会員 山田淳夫 正会員 千々松正和
 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 正会員 阿部孝行

1. はじめに

地層処分施設の処分場設計では、候補サイトの地質環境に応じて個別に割り当てられる構成要素の安全機能の適切性やその機能が長期的に維持されることを示す必要がある。坑道の埋め戻し材については、坑道が卓越した地下水の流動経路にならないことが設計要件の一つとして要求されている。埋め戻し材には掘削土を利用することが合理的と考えられるが、掘削土の性状は岩種によって異なるため、わが国で想定される多様な岩種を用いた埋め戻し材の初期品質や施工後の品質に関するデータを整備しておくことで、サイト選定段階における候補サイトの多様な地質環境を対象とした施設設計に対して、柔軟かつ迅速に対応できると考えられる。本稿では、そのような検討の一つとして実施した、埋め戻し材の配合などに応じた初期品質に関する室内試験結果や施工技術オプションの一つである撒き出し・転圧工法により実施した小規模施工試験の結果を報告する。

2. 室内試験

ベントナイト2種類、骨材としてケイ砂6号、火成岩類4種類、堆積岩類4種類の計9種類の材料を対象に試験を実施した。使用した材料の基本特性試験として、メチレンブルー吸着量、膨潤力、粒度、土粒子密度、吸水率等の測定を行い、混合材料については締固め試験と透水試験を実施した。試験結果は、締固め性および透水性に及ぼすベントナイト・骨材の種類、ベントナイト混合率、骨材の粒径等の影響の観点から整理した。図1～図4に、それらの一例を示す。図1は各混合土の締固め試験結果の比較であるが、図2や図3に示すように、混合土の締固め性は骨材の土粒子密度や吸水率の影響を受ける。また、図4に示す透水試験結果から、骨材に泥岩を使用した場合を除き、混合土の透水性はベントナイトの種類ごとに有効粘土乾燥密度で整理ができることを示唆している。

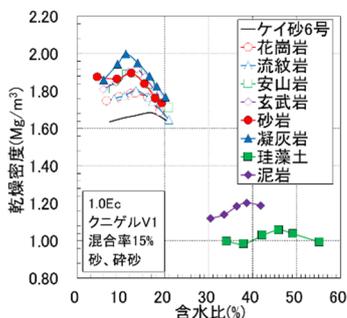


図1 締固め性の比較

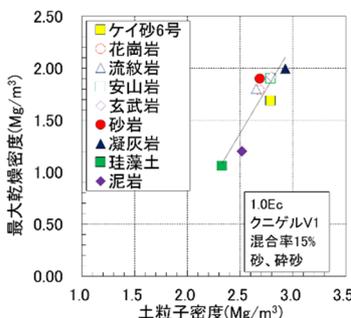


図2 骨材の土粒子密度の影響

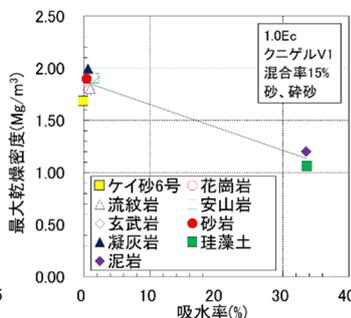


図3 骨材の吸水率の影響

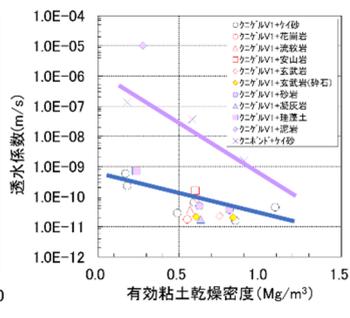


図4 透水性の比較

3. 小規模施工試験の概要

施工試験に使用した混合土の締固め試験結果を図5に示す。試験ケースは表1のとおりであり、ベントナイトの種類（ベントナイトの混合率は15%）、骨材の種類、撒き出し厚さをパラメータとした。設定含水比は最適含水比+1%とした。締固め試験結果が示す混合土の特性として、骨材がケイ砂（三河ケイ砂6号）の場合は締固め性が悪く、骨材に玄武岩を用いた場合には砕砂だけでなく砕石も混合した方が締固め性は良いことが分かる。小規模施工試験では、プレートコンパクタ、バイブロコンパクタ、ハンドガイド振動ローラ、小型振動ローラを用いた。施工領域は1m×5mである。

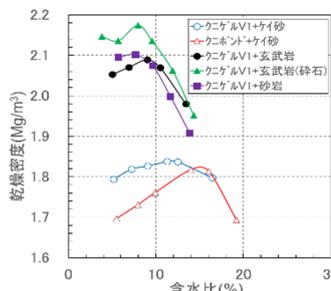


図5 締固め試験結果

表1 小規模施工試験ケース

Case	ベントナイト	骨材	設定含水比	撒き出し厚さ(mm)
1	ケニゲルV1	ケイ砂	$\omega_{opt}+1\%$	100
2	ケニゲルV1	ケイ砂	$\omega_{opt}+1\%$	200
3	ケニゲルV1	ケイ砂	$\omega_{opt}+1\%$	300
4	ケニホト	ケイ砂	$\omega_{opt}+1\%$	100
5	ケニホト	ケイ砂	$\omega_{opt}+1\%$	200
6	ケニホト	ケイ砂	$\omega_{opt}+1\%$	300
7	ケニゲルV1	玄武岩:砕砂	$\omega_{opt}+1\%$	300
8	ケニゲルV1	玄武岩:砕石砕砂	$\omega_{opt}+1\%$	300
9	ケニゲルV1	砂岩:砕砂	$\omega_{opt}+1\%$	300

キーワード：放射性廃棄物，処分坑道，閉鎖，ベントナイト混合土，転圧工法，締固め性，透水特性
 連絡先：〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1, TEL : 029-858-8810, E-mail : oguri.hikaru@ad-hzm.co.jp

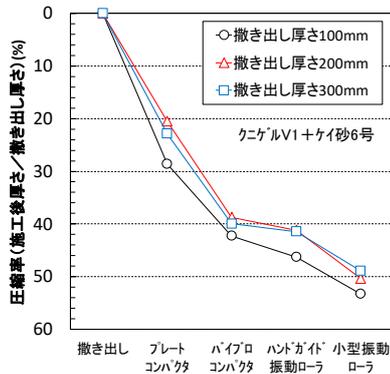


図6 撒き出し厚さの影響

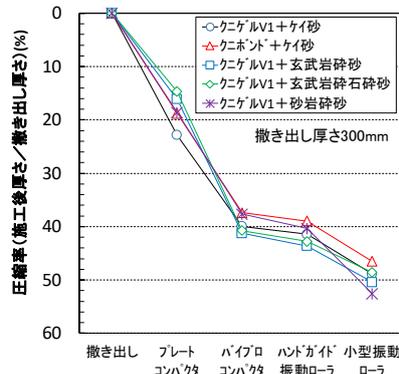


図7 骨材の種類の影響

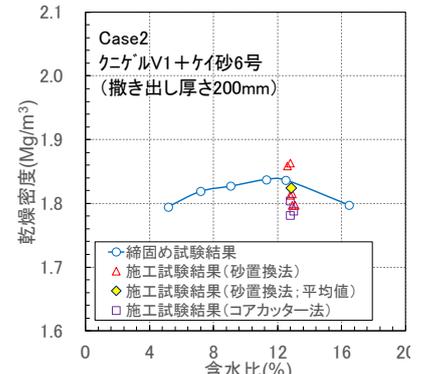


図8 施工試験結果の例

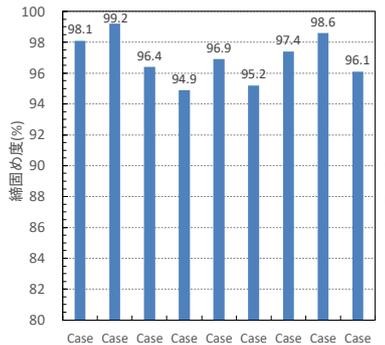


図9 施工密度 (締固め度) の比較

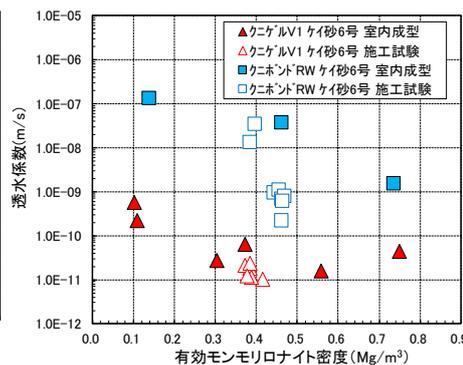


図10 透水試験結果の比較 (骨材:ケイ砂)

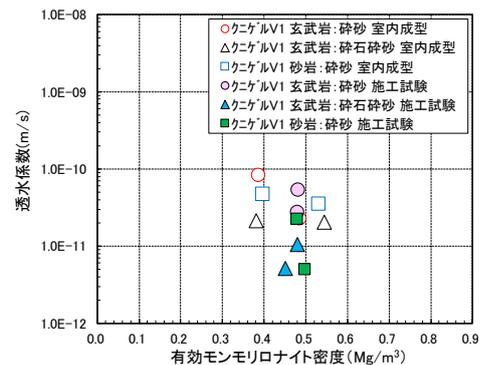


図11 透水試験結果 (骨材:碎石碎砂)

4. 施工試験結果

図6に、クニゲルV1とケイ砂の混合土に関して、撒き出し厚さが異なる場合の転圧機械毎の施工後の厚さを示す。転圧機械の能力が高くなるにつれて、施工後の層厚が薄くなっており、施工密度は高くなっている。また、骨材としてケイ砂6号を用いた混合土は締固め性が悪いため、撒き出し厚さが締固め性に及ぼす影響は相対的に小さかった。図7に、骨材の種類が異なる場合の結果を示す。骨材の種類による違いは大きくはないが、ベントナイトがクニボンドのケースでは締固め性が悪くなっている。小型振動ローラによる施工試験終了後に実施した密度試験の結果の例を図8に示す。密度試験は、砂置換法とコアカッター法を併用したが、両者の差は小さかった。また、密度試験の結果から得られた各ケースの締固め度を図9に示す。今回のケースでは、ほぼ全てのケースで締固め度は95%以上となっている。ベントナイトとしてクニボンドを用いたケース (Case 4~6) が他のケースに比べると締固め度は低い。また、ベントナイトがクニゲルV1で撒き出し厚さが300mmのケースを比較すると骨材として碎石を用いたケースが最も締固め度は高くなっている。

図10および図11に透水試験の結果を示す。各混合土に関して、室内透水試験の結果と施工試験後のサンプリング試料を用いた透水試験の結果を示している。ベントナイトの種類により同じ有効モンモリロナイト密度であっても透水性には差があり、クニゲルV1を用いた方がクニボンドを用いた場合より透水性は低くなる。また、玄武岩と砂岩では骨材の種類に関係なく、室内透水試験と施工後試料の透水試験の結果に大きな差はない。以上の結果より、埋め戻し材に要求される性能 (ここでは透水性) が決まれば、室内試験で配合・仕様 (乾燥密度) を設定し、その乾燥密度を達成できる施工機械を選定することで埋め戻し材に要求される性能を満足する施工ができる見通しが得られた。

5. まとめ

締固め性および透水性に及ぼすベントナイト・骨材の種類、ベントナイト混合率、骨材の粒径等の影響について整理した。その結果に基づき、2種類のベントナイト、3種類の骨材を用いて施工試験を実施した。その結果、室内の締固め試験および透水試験の結果に基づき設定した施工仕様 (乾燥密度) に対して、その乾燥密度を達成可能な施工機械を選定することで埋め戻し材に要求される性能を満足する施工ができる見通しが得られた。

本報告は、経済産業省からの委託事業「平成30年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業 (地層処分施設閉鎖技術検証試験)」の成果の一部である。