難透水性覆土施工への吹付け工法の適用性検討

鹿島建設(株)　正会員　○米丸佳克，小林一三
日本原燃(株)　正会員　　塚尾　伸，伊藤裕紀
東電設計(株)　正会員　伊藤喜広

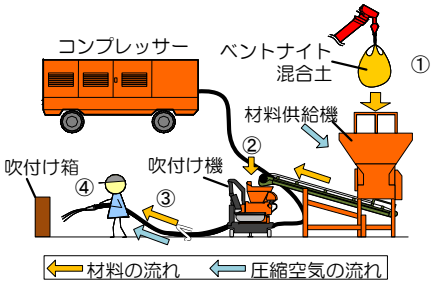
1．はじめに

低レベル放射性廃棄物処分施設では，高密度かつ均質な難透水性覆土が求められている．特に，コンクリートピット近傍の狭隘部や隅角部などの難透水性覆土の品質確保が，施設の性能を担保する上で重要である．これまでに筆者らは，狭隘部での施工に優位性のある吹付けによる締固め土構築工法を開発し[1)]，均質かつ高密度な緩衝材などが構築可能であることを確認している[2)]．

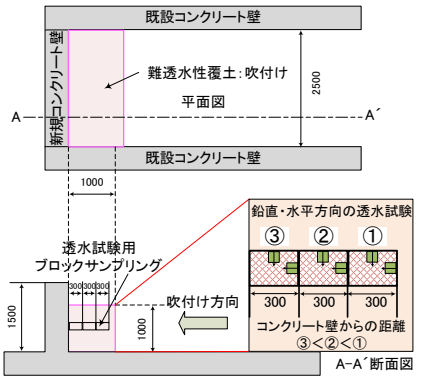
本報文では，埋設設備のピットとピットの間の狭隘箇所を模擬したコンクリート壁を対象に，Ca型ベントナイト混合土（ベントナイト：砂＝3：7）を用いた難透水性覆土の吹付け施工試験を実施したので，その結果について報告する．

2．試験概要

図－1 に本工法の機械構成，吹付け手順のイメージ図を示す．予め含水比を調整した吹付け材料（以下，フレッシュ材）は①材料供給機のホッパー内に投入し，ベルトコンベアを介して，②ローター式吹付け機内に定量で供給する．その後，フレッシュ材は③コンプレッサーの圧縮空気によってホース内を圧送し，④吹付けノズル内で速度エネルギーを増加し吹付ける．今回は，埋設設備のピットとピットの間の狭隘箇所を模擬したコンクリート壁（**図－2**）を対象に，W2.5m×H1.0m×D1.0m（施工体積 V＝2.5m^3）範囲に吹付けを行った．本試験で使用した材料を**表－1** に示す．材料の製造にはバッチ式ミキサーを用いて，混合後の含水比は施工性，リバウンド量を考慮して w_{opt}(16.4%)+1～3%を目標とした．本施工試験の品質は 1 バッチ毎（約 500kg）に管理（含水比，湿潤密度）し，品質管理における目標値は，難透水性覆土に求められる建設初期の性能（主に低透水性）に基づいて透水係数：1.0×10^{-10}m/s と定めた．ただし，透水係数は施工中の短期間では確認できないことから，その代替指標として透水係数と相関のある乾燥密度を採用し，両者の相関関係 [3)]に基づいて施工目標値を乾燥密度 ρ_d=1.7Mg/m^3 以上と定めた．吹付け後には，**図－2** に示すように構築した難透水性覆土の 3 か所からブロックサンプリングを実施し，各サンプリング試料から吹付け方向に対して鉛直方向，水平方向，それぞれ供試体を作製し，透水試験などの室内試験に供した．また，本試験では，止水性能評価に加え，吹付けた時に生じるリバウンド材の再利用に向けた検討も実施した．フレッシュ材とリバウンド材の粒度・含水比を明確にすれば，リバウンド材をフレッシュ材と同等の配合に調整したうえで，リバウンド材を再利用することが可能である．このため，回収したリバウンド材の粒度試験を実施し，吹付け前の材料からの粒度分布の変化を確認した．



図－1　吹付け手順のイメージ図



図－2　施工エリア

表－1　使用するフレッシュ材の含水比

バッチNo.	含水比 w（%）	バッチNo.	含水比 w（%）
1-1	17.3	6-1※	17.5
1-2	17.3	6-2	17.5
2-1	17.4	7-1	18.1
2-2	17.4	7-2	18.1
3-1	16.9	8-1	19.1
3-2	16.9	8-2	19.1
4-1	17.2	9-1※※	18.7
4-2	17.2		
5-1	16.4		
5-2	16.4		

※材料供給量選定試験で使用
※※仕上げ吹きに使用

3．試験結果・考察

3．1．吹付け機械設定確認試験

本工法で構築される難透水性覆土の施工品質に係る主要な因子は，吹付け材料の含水比と単位時間当たりの材料供給量である [2),3)]．そこで，事前検討として目標乾燥密度 ρ_d=1.7Mg/m^3 を満足する材料供給

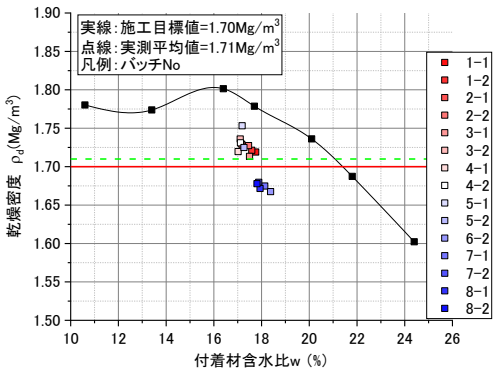
キーワード：吹付け工法，ベントナイト混合土，放射線廃棄物
連絡先：〒182-0036　東京都調布市飛田給 2-19-1　鹿島建設(株)技術研究所　TEL. 042-489-6542

© Japan Society of Civil Engineers

量を H50cm×W50cm×D20cm の吹付け箱を対象にした試験を行って選定した．使用した材料は，**表－1** に示すバッチ No.6-1 であり，材料供給量を 5，10，15kg/10sec 程度に設定して吹付け試験を行った．その結果，材料供給量 7.5kg/10sec において施工目標値である乾燥密度 ρ_d＝1.7Mg/m^3 を満足することがわかった．この結果に基づいて，本施工試験の材料供給量は 7.5kg/10sec とした．

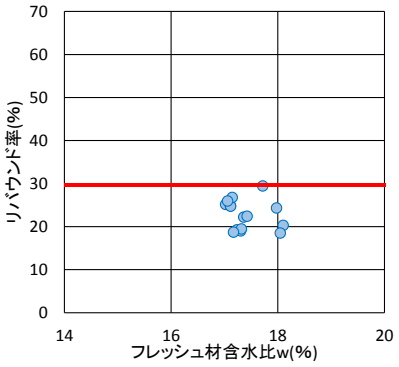
３．２．吹付け施工試験結果

図-3 に吹付け材料の含水比と乾燥密度の関係を示す．多くの条件において施工目標値である乾燥密度 ρ_d＝1.7Mg/m^3 を満足している．一方で，含水比が高い試料（概ね 18%）においては，施工目標値を満足できない結果となった．これは，材料製造時の品質が大きく影響しており，**表－1** に示すフレッシュ材の含水比が高いバッチの試料ほど乾燥密度が低い値となっている．しかし，図中に示す点線は全バッチの平均値（ρ_d＝1.71Mg/m^3）であり，目標乾燥密度を満足しなかったケースも含めて，全体の平均では ρ_d＝1.7Mg/m^3 以上となり施工目標値を満足する結果となった．

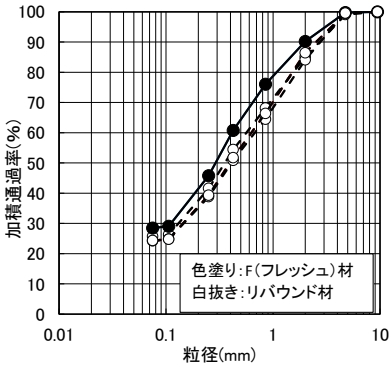


図－3　付着材含水比と乾燥密度の関係

次に，**図－4** にフレッシュ材の含水比とリバウンド率の関係，**図－5** にリバウンド材の粒径加積曲線を示す．**図－4** に示すようにすべての条件において，施工目標値であるリバウンド率 30%以下を達成した．また，**図－5** に示すようにフレッシュ材に比べてリバウンド材の細粒分が 4%程度少なくなっており，砂分が選択的にリバウンドしていることがわかる．これに伴い，構築された難透水性覆土は細粒分含有率が相対的に多くなっており，止水性能は向上するものの，経済性が低下する．さらに 20%～30%発生するリバウンド材の再利用の為には，適量のベントナイトの混合や含水比調整が必要となる．



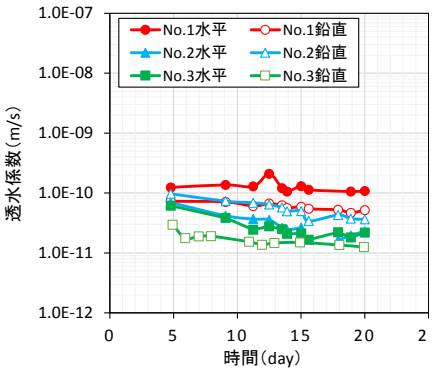
図－4　フレッシュ材の含水比とリバウンド率



図－5　リバウンド材の粒径加積曲線

３．２．初期性能確認試験

図－6 に透水係数の経時変化を示す．得られた透水係数は本試験での目標止水性能（透水係数：1.0×10^{-10}m/s 以下）を満足している．また，水平方向，鉛直方向からサンプリングした供試体の透水係数に大きな差異は見られないが，ブロックサンプリング箇所がコンクリート壁から離れるほど（**図－2** 参照），透水係数の値は大きくなっている．これは，目標としている設定含水比に近いバッチから施工を行ったことで，コンクリート壁から離れるほど乾燥密度が低下したため（**図－3** 参照）と考えられる．



図－6 透水係数の経時変化

４．まとめ

本検討では Ca 型ベントナイト混合土の吹付け試験を行い，難透水性覆土への適用性を検討した．その結果，多くの条件において施工目標値である乾燥密度 ρ_d＝1.7Mg/m^3 を満足する結果となった．また，吹付け時に発生するリバウンド材は，フレッシュ材と細粒分含有率は異なるものの，リバウンド率 30%以下をすべての条件で達成し，止水性能に関しても難透水性覆土に要求される透水係数 1.0×10^{-10}m/s 以下を満足した．今後は，リバウンド材の再利用の検証やベントナイトの種類が異なる場合の施工における品質，施工性の評価を行う予定である．

参考文献

1)小林一三他：ベントナイト吹付け技術の開発(その 1)-混合方法と品質管理方法の検討，鹿島技術研究所年報，2006.9
2)田中俊行他：ベントナイト吹付け技術の開発(その 2) - 高密度吹付け工法の施工条件の検討，鹿島技術研究所年報，2006.9　3)工藤淳他：低透水性材料であるベントナイト混合土の施工品質を評価する代替指標の提案，地盤工学会第 50 回地盤工学研究発表会 pp.337-338，2014.9

© Japan Society of Civil Engineers