

粒状ベントナイトを使用した乾式ベントナイト吹付け工法の基礎実験

大成建設 正会員 ○白瀬 光泰 大成建設 正会員 森川 義人
 大成建設 正会員 遠藤さち恵 日特建設 正会員 三上 登
 日特建設 正会員 池田 淳

1. はじめに

放射性廃棄物処分施設におけるベントナイト系人工バリアの狭隘な箇所、隙間の埋め戻しおよび充填について、有効な施工方法の一つとして吹付け工法が検討されている。本研究ではベントナイトの吹付け材料として、粒径および製造法の異なる2種類の粒状ベントナイトを選定し、乾式吹付け工法による基礎実験を行い、その施工性と吹付け後の採取試料による膨潤圧、透水係数を確認した。

2. 試験概要

2-1 使用材料

吹付け材料として2種類の粒状ベントナイトを使用した。粒状ベントナイト1は、最大粒径2mm、含水比6.0%の顆粒ベントナイトであり、クミネ工業社製・クニゲルV1を使用して造粒、製作した(図-1左)。粒状ベントナイト2は、クミネ工業社製・クニゲルGX(最大粒径10mm)を、含水比 $21\pm2\%$ に調整した材料である(図-1右)。表-1に使用した粒状ベントナイトの基本的性質を示す。粒状ベントナイト1は、顆粒材のため施工時の飛散を抑えることができ、ノズル部の加水により瞬時に吸水、膨潤する性質を有することから付着性が向上しリバウンドが低減されると考え選定した。粒状ベントナイト2は、粒状ベントナイト1に比べて経済的な材料であり、粒径の違いによるリバウンドの比較を行うため選定した。

2-2 使用機械

吹付けには、コンクリート吹付け機(アリバ285、湿式、乾式両用)を使用した(図-2)。吹付け機的主要仕様は、全高1,170mm、全長2,430mm、機械質量1,550kg、最大骨材径25mmである。コンプレッサーは吐出圧力0.7MPa、空気量 $18.5\text{m}^3/\text{min}$ の汎用機を用いた。材料の投入はベルトコンベアを用いて吹付け機に投入した。吹付材料への加水は、図-3に示した加水リングより行い、加水位置とノズル先端までの距離は35cm、ノズル内径は筒先で52mmとした(図-4)。

2-3 試験ケース

吹付け試験ケースを表-2に示す。吹付けは、吹付けコンクリートのはね返り率試験方法(案)¹⁾を参考にして、 $1000\times900\times100\text{mm}$ のパネル型枠を作成して実施した(図-5)。吹付け終了後、ブロックサンプリングを行い、含水比、密度、透水係数、膨潤圧を測定した。また、ケース毎にリバウンド率を算出した。



図-1 粒状ベントナイト1(左)、2(右)

表1 粒状ベントナイトの基本的性質

粒状ベントナイト	1	2
タイプ	Na型	Na型
粒径(mm)	2mm以下	20mm以下
密度(Mg/m^3)	1.119 ^{※1}	1.767 ^{※2}
含水比(%)	6.0 ^{※3}	21.5 ^{※3}

※1: JIS A 1104「単位容積質量試験」により、自然含水比のかさ密度を測定

※2: JIS A 1225「土の湿潤密度試験」のペラフィン法より乾燥密度を算出

※3: JIS A 1203「土の含水比試験」により、吹付前に測定



図-2 使用した吹付け機(全景)

図-3 加水リングと
吹付ノズル

図-4 ノズル径φ52mm

表-2 吹付け試験ケース

試験ケース	使用材料	設定含水比(%)
ケース1	粒状ベントナイト1	34.0
ケース2	粒状ベントナイト1	20.0
ケース3	粒状ベントナイト2	31.5

キーワード ベントナイト、乾式、吹付け、膨潤圧、透水係数

連絡先 〒163-6009 東京都新宿区西新宿 6-8-1 大成建設(株)原子力本部 TEL:03-5381-5315

3. 試驗結果

3-1 密度および含水比

吹付け後の採取試料から測定した密度結果と室内締固め試験（1Ec）結果の比較を図-6 に示す。乾燥密度（有効粘土密度）は、ケース 1 および 2 で $1.1 \sim 1.2 \text{Mg/m}^3$ 、ケース 3 で 1.1Mg/m^3 程度となった。また、含水比について、設定含水比と測定値との差が最大 8%程度となった。乾式吹付けは、加水前の吹付け材料が圧縮空気で圧送されるため、断続的あるいは脈動的な圧送となる傾向がある。そのため、本試験では加水リング部における材料への加水が不均一となり、採取試料の含水比結果のばらつきが大きくなったと考えられる。

3-2 リバウンド率

リバウンド率はケース 1 および 2 で 8%，ケース 3 で 16% となり，粒状ベントナイト 1 を用いたケースが，粒状ベントナイト 2 を用いたケースよりも吹付け効率が良いことが分かった。

3-3 透水系数

採取試料の透水係数は、 10^{-12} m/s オーダーとなった。透水係数の測定結果と既往値²⁾との比較を図-7に示す。同図より測定結果は、有効粘土密度と透水係数の関係において、既往値²⁾に比較的近い値となることが確認できた。

3-4 膨潤圧

採取試料の膨潤圧は、0.16MPa（ケース 1）、0.18MPa（ケース 3）となった。有効モンモリロナイト密度は 0.81Mg/m³（ケース 1）、0.68 Mg/m³（ケース 3）である。膨潤圧の測定結果と既往値³⁾との比較を図-8 に示す。同図より測定結果は、有効モンモリロナイト密度と膨潤圧の関係において、既往値³⁾に比較的近い値となることが確認できた。

4. まとめ

ベントナイトの吹付け材料として粒径および製造法の異なる2種類の粒状ベントナイトを選定し、乾式吹付け工法による基礎実験を実施した。試験結果を表-3に示す。

- 1) 乾燥密度（有効粘土密度）は $1.1 \sim 1.2 \text{Mg/m}^3$ となり、透水係数は 10^{-12}m/s オーダー、膨潤圧は $0.16 \sim 0.18 \text{MPa}$ 、リバウンド率はケース 1, 2 で 8%、ケース 3 で 16%となった。
- 2) 今後、使用材料、吹付けノズルおよび加水方法等の改善を実施し、乾燥密度の向上および含水比調整精度の向上、リバウンド率の低減を図り、所定の品質を満足する均質性の高い吹付け技術の確立を目指す予定である。

参考文献

1)土木学会：吹付けコンクリート（モルタル）のはね返り率試験方法（案）（JSCE-F 563-2005），2005 2)電気事業連合会 核燃料サイクル開発機構：TRU 廃棄物処分技術検討書-第2次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ，p. 3-14，2005 3)土木学会：余裕深度処分における地下施設の設計，品質管理および検査の考え方，p. 153，2009



図-5 吹付け状況

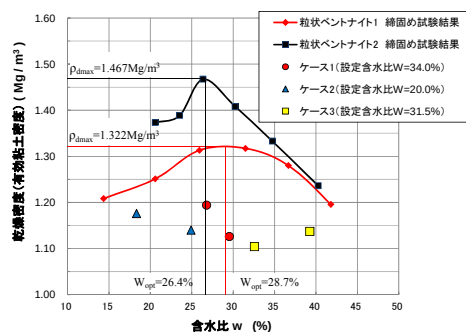


図-6 吹付け試験結果

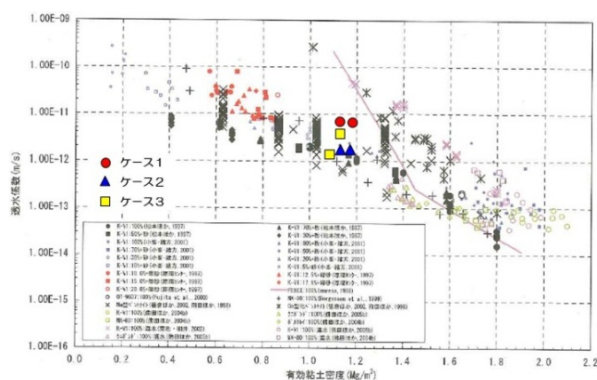


図-7 有効粘土密度と透水係数の関係
(電事連・JNC, 2005²⁾ に加筆)

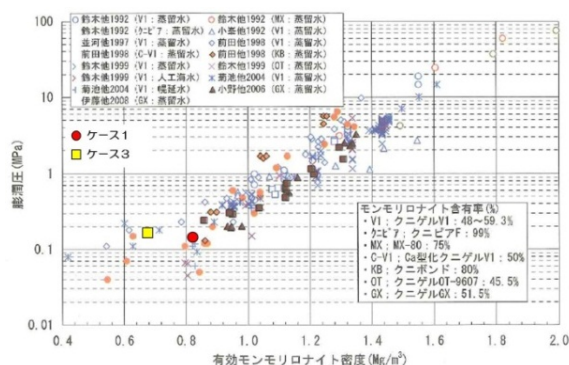


図-8 有効モンモリロナイト密度と膨潤圧の関係
(JSCE, 2009³⁾ に加筆)

表-3 試驗結果

ケース	ケース1	ケース2	ケース3
設定含水比(%)	34.0	20.0	31.5
乾燥密度(Mg/m ³)	1.13~1.19	1.14~1.18	1.10~1.14
締固め度(%)	85~90	86~89	75~78
含水比(%)	26.8~29.6	18.4~24.9	32.6~39.3
リバウンド率(%)	8.0	7.9	16.2
透水係数(m/s)	$6.5 \sim 6.8 \times 10^{-12}$	$1.2 \sim 1.8 \times 10^{-12}$	$1.5 \sim 4.0 \times 10^{-12}$
膨潤圧(MPa)	0.16	-	0.18