

ベントナイト原鉱石を用いた遮水土の特性調査（その1）

日本原燃(株) 小椋 司
 日本原燃(株) 鳥山 進
 日本原燃(株) 工藤 直洋
 日本国土開発(株) 正会員 ○ 佐藤 泰
 日本国土開発(株) 正会員 横田 茂幸
 日本国土開発(株) 正会員 大西 利満

1. はじめに

低レベル放射性廃棄物の処分では、地下水による核種移行を抑制するため、ベントナイトを内割りで15%程度混合する透水係数の小さな材料で埋め戻す計画がある。近年、混合性能が高く、高品質なベントナイト混合土の製造が可能な回転式破碎混合装置（ツイスター）が開発されたので、実際にベントナイト混合土を製造し、その特性を調査した。なお、本調査では経済性を有するベントナイト原鉱石の遮水土への適用性も同時に調査するため、一般的な粉体のベントナイトとの透水特性の比較を行った。

2. 試験概要

青森県六ヶ所村の低レベル放射性廃棄物埋設センターでは、平成4年から埋設施設の操業を開始した。現在も廃棄体(ドラム缶)の定置・充填等操業を継続している。本調査は覆土開始前に図-1に示すベントナイト混合土の施工性を検討する基礎データ取得を目的に実施した。

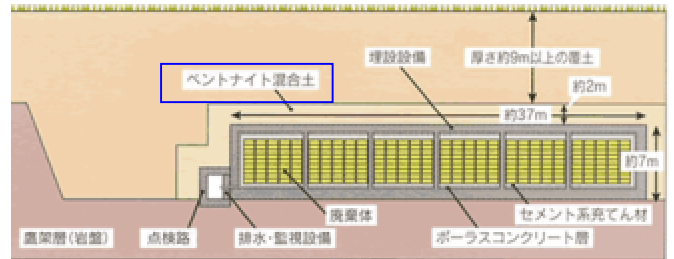


図-1 2号埋設施設概念図

(1) 使用材料

母材には埋設施設の掘削で発生した現地発生土Aと現地発生土B、コンクリート用細骨材、ベントナイトにはクニゲルV1、クニゲルV1原鉱石(20-0mm)、米国産ボルクレイ原鉱石(20-0mm)を用いた。表-1に使用材料の物性を示す。なお、現地発生土Aは50mmフルイで選別した50-0mmの材料であり、現地発生土Bは150mmのフルイで選別した後、ツイスターによって破碎した20-0mmの材料である。

表-1 使用材料の物性

試験項目	母材			添加材(ベントナイト)			
	現地発生土A	現地発生土B	コンクリート用細骨材	クニゲルV1	クニゲルV1原鉱石	ボルクレイ原鉱石	
土粒子の密度 $\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$	2.688	2.781	2.677	2.653	2.642	2.523	
自然含水比 $w_n(\%)$	23.1	22.3	4.8	4.7	8.9	9.7	
粒度	石分(%)	0.0	0.0	—	0.0	0.0	
	礫分(%)	3.4	7.2	20.6	—	56.8	
	砂分(%)	73.6	68.7	78.7	—	38.0	
	細粒分(%)	23.0	24.1	0.7	—	5.2	
	最大粒径(mm)	26.5	19.0	9.5	—	26.5	
	均等係数 U_c	107.9	78.3	4.6	—	30.9	
	曲率係数 U'	27.7	17.0	0.6	—	1.0	
地盤材料の工学的分類	細粒分質砂	礫まじり細粒分質砂	礫質砂	—	—	—	
メレンプー吸着量 $(\text{mmol}/100\text{g})$	4.5	21	0.2	78	70	97	
膨潤力 $(\text{ml}/2\text{g})$	—	—	—	22	17	30	
締固め	最大乾燥密度 $\rho_{dmax}(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.702	1.625	1.738	—	—	
	最適含水比 $w_{opt}(\%)$	19.5	21.9	15.0	—	—	
透水係数 $k(\text{m/s})$	2.22E-09	3.12E-09	1.57E-05	—	—	—	
備考	産地	青森県	青森県	大井川	山形県	山形県	米国
	粒度	土の粒度試験 JIS A 1204	土の粒度試験 JIS A 1204	土の粒度試験 JIS A 1204	250メッシュ 90%以上	気中ふるい分け	気中ふるい分け

(2) 破碎・混合方法

ベントナイト混合土の製造には、図-2に示す投入用ベルコン、回転式破碎混合装置（ツイスター）の実験機を用いた。試料は投入用ベルコン上に下層から母材、ベントナイト、母材の順にサンドイッチ状に敷均し、その上から加水調整用の水を散布し、ベルコンを稼働しツイスターに投入した。母材と各

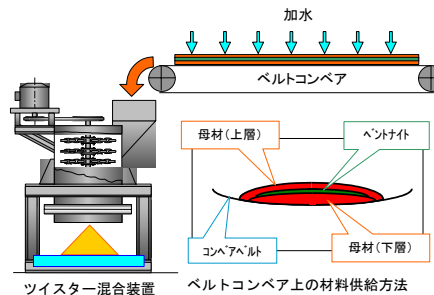


図-2 ツイスター実験装置

表-2 ツイスターの諸元

型式	TM-1000
破碎室直径 (mm)	1000
処理能力 (m^3/h)	30
投入ベルコン速度 (m/h)	3,000
チェーン本数 (本)	最大8本×3段
チェーン回転数 (rpm)	0~1,200

添加材は内割り添加率(乾燥質量比)15%とした。ツイスターで破碎混合した混合土を各種室内土質試験に供した。

キーワード：放射性廃棄物、ベントナイト原鉱石、ベントナイト混合土、透水係数、回転式破碎混合装置

連絡先：〒243-0303 神奈川県愛甲郡愛川町中津 4036-1 日本国土開発(株) TEL:046-285-3339 FAX:046-286-1642

なお、本調査では母材に含まれる粘土塊や岩塊、ならびにベントナイト原鉱石を破碎する必要があるため、これまでの経験からツイスターのチェーン本数、チェーン回転数はそれぞれ4本×3段、1,050rpmとした。

3. 試験結果および考察

(1) 外観

図-3に示すように、ツイスターによって製造されたベントナイト混合土の外観は、いずれも母材とベントナイトは細粒化されるとともに、良く混合されている。クニゲル V1 原鉱石の場合はいずれの母材の場合もベントナイトの乳白色の粒が目視で確認できる。ボルクレイ原鉱石の場合ではほとんど認められないことから、クニゲル V1 原鉱石に比べ、ボルクレイ原鉱石の方がツイスターによる破碎が容易であったと考えられる。

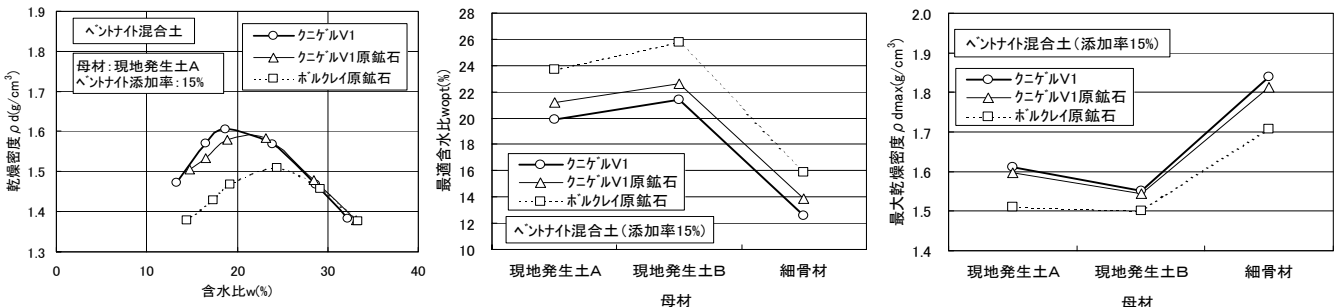


現地発生土A + クニゲル V1 (15%) 現地発生土A + クニゲル V1 原鉱石 (15%) 現地発生土A + ボルクレイ原鉱石 (15%)

図-3 ベントナイト混合土の外観 (母材: 現地発生土A)

(2) 締固め特性

ベントナイト混合土の締固め試験結果を図-4に示す。混合土の最大乾燥密度は、母材の種類では現地発生土B、現地発生土A、コンクリート用細骨材の順に小さく、ベントナイトではボルクレイ原鉱石、クニゲル V1 原鉱石、クニゲル V1 の順に小さい。



締固め曲線 (母材: 現地発生土A) ベントナイト混合土の最適含水比 ベントナイト混合土の最大乾燥密度

図-4 ベントナイト混合土の締固め特性

(3) 透水試験

最適含水比、エネルギー1Ecで締固めたφ10cm、H=12.7cmの供試体を使用して透水試験を行った。その結果を図-5に示す。母材の種類では現地発生土Aが目標としている透水係数 $1 \times 10^{-10} \text{m/s}$ を裕度を持って満足している。ベントナイトによる透水係数の差はほとんどみられなかった。

4. おわりに

本調査の結果、15%ベントナイト混合土の場合には、ベントナイトの種類や粉体と原鉱石による透水係数の差はみられず、ツイスターを用いることで経済性を有するベントナイト原鉱石の適用性が確認された。しかしながら、コンクリート用細骨材のように細粒分が少ない材料の場合には、目標透水係数を満足できない可能性があるため、目標透水係数 $1 \times 10^{-10} \text{m/s}$ を裕度を持って満足する現地発生土Aの使用が望まれる。

また、本調査は室内試験レベルであるので、ベントナイト混合土の重要性を鑑み、今後、混合装置、敷均し機械、転圧機械等に実規模の機械を使用した混合土の製造および盛土施工の確認試験を実施する必要がある。

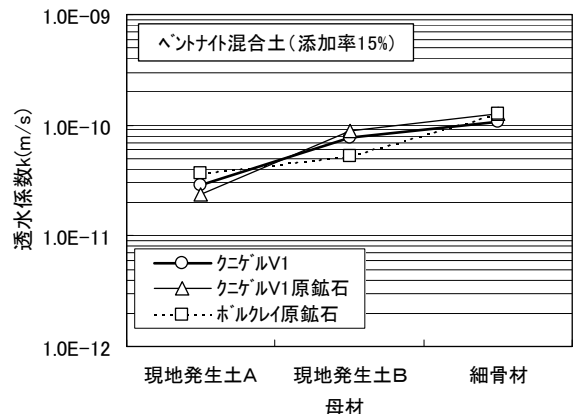


図-5 ベントナイト混合土の透水係数