

種類の異なるベントナイトを混合した覆土材の検討

安藤ハザマ 正会員 ○千々松正和, 小栗光
 日本原燃株式会社 正会員 工藤淳, 伊藤裕紀
 東電設計株式会社 正会員 伊藤喜広

1. はじめに

低レベル放射性廃棄物の浅地中処分における難透水性覆土は、低配合ベントナイト混合土として、所要の透水係数を長期的に維持することが求められている。また、「第二種廃棄物埋設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」では、浅地中処分における難透水性覆土についても長期的な状態変化を考慮した材料設計が求められる。そこで、化学的な長期状態変化を踏まえ Ca 型ベントナイトを用いることが検討されており、その配合設計^{1),2)}やそれに基づいた仕様の材料の施工性や施工後の品質等の確認が行われている³⁾。しかしながら、Ca 型ベントナイトは透水係数に与える密度や初期含水比の影響が大きく、施工品質の確保が難しい⁴⁾。そこで、初期品質の確保を確実にを行うことを目的に Ca 型ベントナイトに Na 型ベントナイトを混合した材料を用いた難透水性覆土の適用性に関して検討を行ったので、その結果について報告する。

2. 使用材料

使用材料として、Ca 型ベントナイトはクミニネ工業製クニボンド RW (KB), Na 型ベントナイトはクミニネ工業製クニゲル V1 (KV) を用いた。各ベントナイトの基本特性を表 1 に示す。クニボンド RW とクニゲル V1 を比較すると、クニボンド RW の方がモンモリロナイト含有率が高いが、Ca 型であるため膨潤力は小さい。また、クニゲル V1 の方が液性限界は大きく、塑性限界は小さい。母材である砂は三沢産コンクリート用細骨材（最大粒径 5mm, 土粒子密度 2.727Mg/m³）を用いた。

3. 試験ケースおよび締固め試験結果

ベントナイト混合率は既往の検討結果を踏まえ 30%とした。Ca 型ベントナイトであるクニボンド RW を 30%混合したケース (KB030) を基本とし、30%のうちの 5%をクニゲル V1 としたケース (残りの 25%はクニボンド RW, KB025+KV005) および 10%をクニゲル V1 としたケース (KB020+KV010) について検討した。また、比較のために 30%全てクニゲル V1 であるケース (KV030) についても試験を実施した。締固め試験結果を図 1 に示す。クニゲル V1 はクニボンド RW に比べて塑性限界が小さく締固め性が良いので、KV030 の方が得られる最大乾燥密度が大きい。クニボンド RW 単体のみを用いた混合土 KB030 とクニボンド RW にクニゲル V1 を混合したベントナイトを用いた混合土 (KB025+KV005, KB020+KV010) を比べると、KB030 と KB025+KV005 ではあまり差がないが、KB020+KV010 になると多少、締固め性が良くなっており、得られる最大乾燥密度が高くなっている。この結果を踏まえ、表 2 に示すケースに対して透水試験を実施した。

表 1 使用したベントナイトの基本特性

測定項目	クニボンドRW	クニゲルV1
メチレンブルー吸着量(mmol/100g)	126	82
モンモリロナイト含有率(%) (モンモリロナイト=150mmol/100gと仮定)	84	55
pH	7.0	10.0
電気伝導度(mS/m)	7.7	20.8
陽イオン交換容量CEC(meq/100g)	76.1	66.2
浸出陽イオン量 (meq/100g) 酢酸アンモニウム法	Na ⁺	1.7
	K ⁺	2.0
	Ca ²⁺	53.6
	Mg ²⁺	20.2
	Total	77.5
Na/Ca比(酢酸アンモニウム法)	0.03	2.19
膨潤力(ml/2g)	8.0	18.5
土粒子密度(Mg/m ³)	2.685	2.793
含水比(%)	19.0	9.7
液性限界(%)	145.8	391.7
塑性限界(%)	51.8	26.4
塑性指数(%)	94.0	365.3

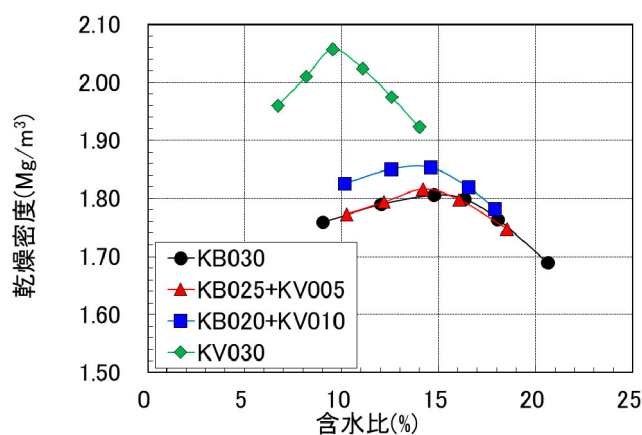


図 1 締固め試験結果

キーワード：放射性廃棄物，浅地中ピット処分，ベントナイト混合土，透水係数

連絡先：〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 TEL: 029-858-8810 FAX: 029-858-8829 E-mail: chijimatsu.masakazu@ad-hzm.co.jp

表 2 締固め試験結果と透水試験ケース

試験項目	KB030	KB025+KV005	KB020+KV010	KV030
混合率	KB30%	KB25%+KV5%	KB20%+KV10%	KV30%
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (Mg/m ³)	1.806	1.817	1.856	2.057
最適含水比 ω_{opt} (%)	15.3	14.4	13.9	9.6
透水試験 ケース	締固め規定値 (C 値)	95%, 97%, 100% (ω_{opt} のみ)	95%, 97%	95%, 97%
	初期含水比	ω_{opt} , $\omega_{opt}+2\%$, $\omega_{opt}+4\%$, $\omega_{opt}+6\%$	ω_{opt} , $\omega_{opt}+2\%$	ω_{opt} , $\omega_{opt}+2\%$

4. 透水試験結果

透水試験結果を図 2 に示す。同図には、施工時および評価上の要求性能も記載している。(a)はクニボンド RW の混合土の結果であるが、同一締固め規定値であっても、初期含水比によって透水係数は 1 オーダー程度の差が出ている。また、同一含水比（最適含水比）であっても、透水係数は 1 オーダー以上の差が出ている。すなわち、密度や初期含水比が透水係数に与える影響は大きいといえる。(d)はクニゲル V1 の混合土の結果であるが、密度および初期含水比の影響は小さい。(b), (c)はクニボンド RW にクニゲル V1 を混合した材料を用いた混合土の結果である。クニゲル V1 の割合が大きくなるほど密度、初期含水比の影響は小さくなっている。図 3 は、各仕様の混合土の透水係数を比較した結果である。締固め規定値は 95% である。クニボンド RW のみの混合土の場合、ばらつきもあり、また施工時の要求性能を満足しないケースもみられるが、クニゲル V1 の置換率が増えるに従い、得られる透水係数は小さくなっていくことが分かる。

5. まとめ

Ca 型ベントナイトに Na 型のベントナイトを混合した仕様は、Ca 型単体仕様で課題となる施工時の透水係数確保に対し、有効な改善手段となりえる。また、Na 型単体仕様の課題である膨潤変形による密度低下に対しては、その影響を小さくできる可能性がある。なお、Na 型ベントナイトを混合する場合は、ベントナイトの化学変質に対し、モンモリロナイトを一定量確保することで、長期性能が担保される条件が必要となる。施工時の透水係数を安定して確保でき、更には長期性能も担保可能であれば、Ca 型ベントナイトに Na 型ベントナイトを混合することで合理化を図ることもできると考えられる。

【参考文献】 1) 伊藤ほか：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関する一考察：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， 2) 千々松ほか：低配合ベントナイト混合土の現場施工性試験における透水試験結果と配合設定に関する検討：第 67 回年次学術講演会講演概要集，土木学会，CS13-009，pp.17~18，2012， 3) 工藤ほか：低レベル放射性廃棄物処分施設における難透水性覆土の施工性試験，第 68 回年次学術講演会講演概要集，土木学会，CS11-018，pp.35~36，2013， 4) 塚尾ほか：連続式ミキサーを用いた難透水性覆土材料の製造方法に関する検討，第 73 回年次学術講演会講演概要集，土木学会，CS7-019，pp.37~38，2018

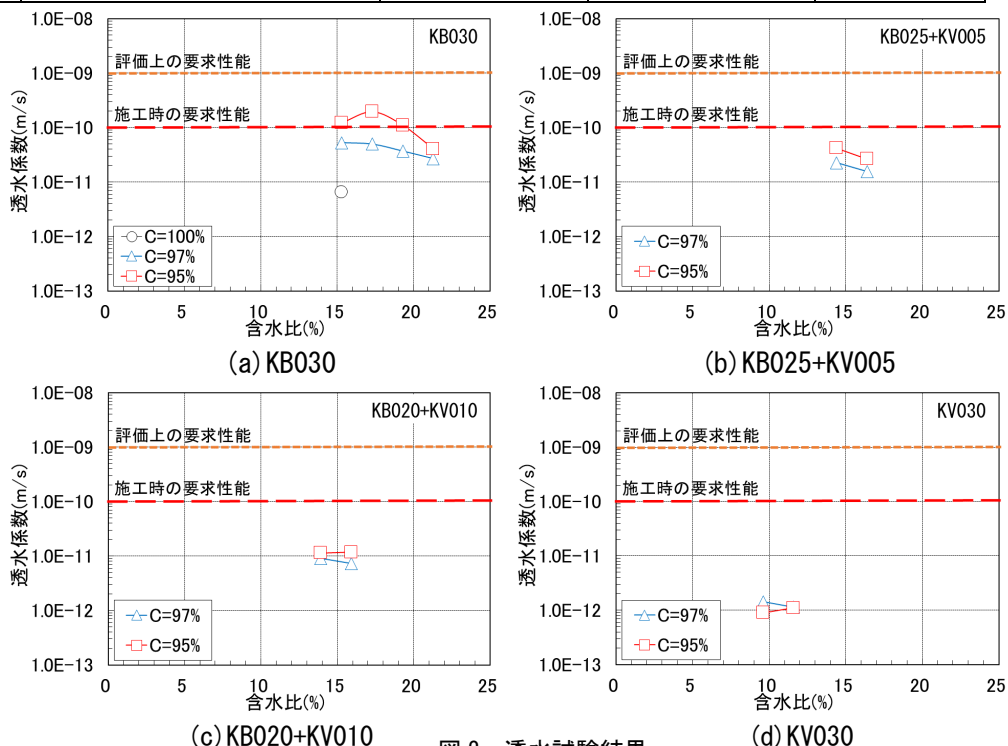


図 2 透水試験結果

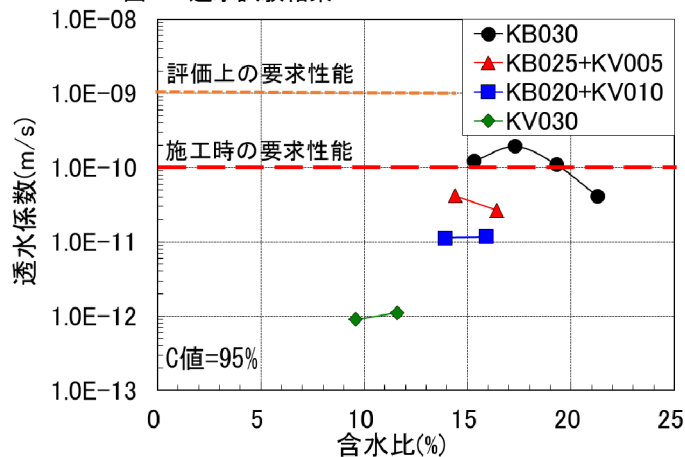


図 3 各仕様の混合土の透水係数の比較