

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

日本原燃(株) 正会員 ○伊藤 裕紀, 庭瀬 一仁

東電設計(株) 正会員 金子 岳夫, (株)間組 正会員 千々松 正和, 中越 章雄

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、余裕深度処分の状態設定の考え方に従えば、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、低配合ベントナイト混合土の化学的な長期状態変化(ここでは層間イオンのCa型化)を踏まえた材料設計の検討を行ったので報告する。

2. 検討概要

低配合ベントナイト混合土のベントナイトの種類および配合率をパラメータとして透水試験および締固め試験を実施し、長期状態設定を考慮して所要の透水係数を満足するようなベントナイト混合土の仕様に関する検討を行った。ベントナイトとしては、Na型ベントナイトであるクニゲルV1、Ca型ベントナイトであるクニボンドの2種類について検討した。表-1には使用したベントナイトの基本特性を示す。ベントナイトに混合する材料としてはコンクリート用の骨材として使用されている山砂(最大粒径5mm, 均等係数3.9)を使用した。

表-1 ベントナイトの基本特性

ベントナイト	A	B
名称	クニゲルV1	クニボンド
タイプ	Na型	Ca型
土粒子密度 (g/cm^3)	2.63	2.62
液性限界 (%)	446.7	142.7
塑性限界 _p (%)	25.7	42.6
塑性指数	421.1	100.1
モンモリロナイト含有量	62	89
陽イオン交換容量 (meq/100g)	66.3	90.5
浸出陽イオン量 (meq/100g) SFSA法	Na ⁺	61.6
	K ⁺	0.2
	Ca ²⁺	7.4
	Mg ²⁺	0.7

3. 透水試験

これまで透水試験の実績の少ないCa型ベントナイトであるクニボンドの混合土に対して透水試験を実施した。混合率は15, 30, 50%とし、乾燥密度 $0.8 \sim 2.0 \text{ Mg/m}^3$ の範囲で試験を行った。図-1に得られた透水係数と有効粘土密度の関係を示す。同図には核燃料サイクル開発機構(JNC)¹⁾、茨城大学(IU)²⁾、電力中央研究所(CRIEPI)³⁾により取得されたクニボンド単体で透水試験結果も合わせて示している。同図より、Ca型ベントナイトであるクニボンドの混合土に関しても、Na型ベントナイトと同様に透水係数は有効粘土密度と相関があることが分かる。

4. 締固め試験

混合率をパラメータにして突固めによる締固め試験(JIS A 1210)を実施した。突き固めの方法はC法とした。図-2には締固め試験の結果得られた各ベントナイト混合土のベントナイト混合率と最大乾燥密度の関係

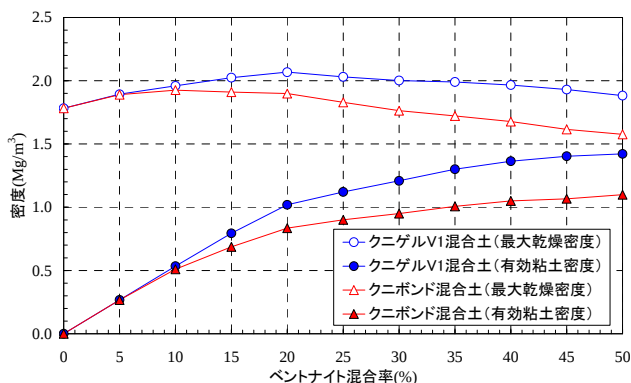
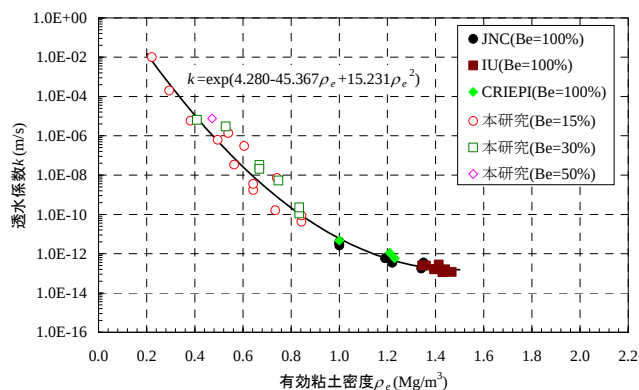


図-1 クニボンド混合土の有効粘土密度と透水係数の関係 図-2 混合土のベントナイト混合率と締固め密度の関係

キーワード：放射性廃棄物埋設設備、難透水性覆土、ベントナイト、混合土、透水係数、締固め密度

連絡先：〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駱字野附504-22/TEL:0175-72-3305/FAX:0175-72-3226

係を示す。ベントナイトを混合していない時に比べると、数%ベントナイトを混合した時の方が最大乾燥密度は大きくなることが分かる。クニゲル V1 混合土は 20%、クニボンド混合土は 10%混合した時が最大乾燥密度は最も大きくなっており、それ以上の混合率になると混合率の上昇とともに最大乾燥密度は小さくなっている。同図には最大乾燥密度の時の有効粘土密度の値も示している。最大乾燥密度の場合と異なり、混合率の上昇につれて有効粘土密度の値は大きくなっている。

4. 仕様に関する検討

図-3 には、Na 型ベントナイト（クニゲル V1 およびクニゲル GX）の有効粘土密度と透水係数^{1),4)~6)}、Na 型ベントナイトが Ca 型化した時の有効粘土密度と透水係数¹⁾、Ca 型ベントナイト（クニボンド）の有効粘土密度と透水係数の関係を示す^{1)~3)}。同じ有効粘土密度の時には、Ca 型化ベントナイト、Ca 型ベントナイト、Na 型ベントナイトの順で透水係数が小さくなっていることが分かる。ここで透水係数 $1.0 \times 10^{-9} \text{ m/s}$ を要求性能として、Na 型ベントナイトを使用して将来的な Ca 型化を考慮した場合は、有効粘土密度として 1.0 Mg/m^3 程度以上必要であることが分かる。一方、Ca 型ベントナイトの場合は、有効粘土密度として 0.8 Mg/m^3 程度以上必要であることが分かる。図-3 から、クニゲル V1 混合土では、有効粘土密度として 1.0 Mg/m^3 程度以上が、クニボンド混合土では、 0.8 Mg/m^3 程度以上が必要であることが分かるが、図-2 より、この有効粘土密度を達成するために必要なベントナイト配合率はクニゲル V1 およびクニボンドの混合土とも約 20%であることが分かる。すなわち、要求性能($1.0 \times 10^{-9} \text{ m/s}$)を満足するためのベントナイトの配合率としては 20%程度が望ましいと考えられる。なお、クニゲル V1 混合土では、有効粘土密度として 1.0 Mg/m^3 程度以上が、クニボンド混合土では 0.8 Mg/m^3 程度以上が必要であるという結果となったが、これらを有効モンモリロナイト密度で整理した結果を図-4 に示す。その結果、Ca 型、Na 型に関係なく所要の透水係数を満足するための有効モンモリロナイト密度は 0.6 Mg/m^3 程度以上であることが分かる。

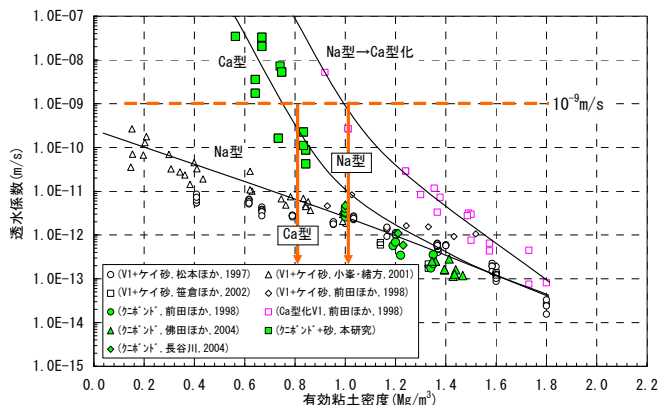


図-3 有効粘土密度と透水係数の関係

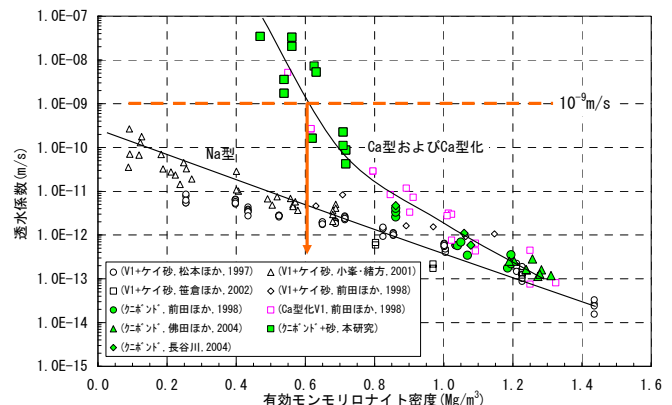


図-4 有効モンモリロナイト密度と透水係数の関係

5. まとめ

化学的な長期状態変化(Ca 型化)を考慮して、長期に渡り所定の透水係数を確保するために必要な材料仕様の検討を行った。透水係数 $1.0 \times 10^{-9} \text{ m/s}$ を要求性能とした場合、有効モンモリロナイト密度は約 0.6 Mg/m^3 程度以上が必要となる。この有効モンモリロナイト密度を達成するためには、Ca 型ベントナイトと言われるクニボンドを使用した場合でも、Na 型ベントナイトと言われるクニゲル V1 を使用した場合でも必要な混合率は約 20%程度となる。今後は、Ca 型化を含め、仕様決定の条件となる化学・力学的な長期状態変化について適切な検討を行うことが重要である。

【参考文献】1) 前田ほか：カルシウム型化及びカルシウム型ベントナイトの基本特性—膨潤圧、透水係数、一軸圧縮強度及び弾性係数、PNC TN8410 98-021, 1998. 2) 佛田ほか：高圧圧密試験装置を用いたベントナイト系緩衝材の透水係数算出における試験方法の高度化、第 39 回地盤工学研究発表会, pp.1203-1204, 2004. 3) 長谷川：ベントナイトの透水・浸潤特性への海水影響、電力中央研究所報告、研究報告 N04005, 2004. 4) 松本ほか：緩衝材の飽和水理特性、PNC TN8410 97-296, 1997. 5) 小峯・緒方：高レベル放射性廃棄物処分のための緩衝材・埋戻し材の透水特性、電力中央研究所、研究報告 U00041, 2001. 6) 笹倉ほか：ベントナイト変遷挙動のモデル化のためのデータ取得および調査、JNC TJ8400 2002-025, 2002.