

品質の異なるベントナイトを用いた覆土材の検討

日本原燃株式会社 正会員 ○伊藤裕紀, 工藤淳, 矢込吉則
 安藤ハザマ 正会員 千々松正和, 小栗光
 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施設における難透水性覆土は、化学的な変質に対する抵抗性を考慮し、Ca 型ベントナイトを低配合率で混合した覆土材の適用が計画されている^{1), 2)}。わが国における現存のベントナイト鉱山は減少傾向にあり、新たな開発の見通しが得られない状況にある。また、施設施工時においてはベントナイト製造設備のトラブルにより、長期的に材料供給が停止する等の施工リスクが想定されることから、難透水性覆土に適用可能なベントナイト材料を複数用意しておくことは重要である。そこで、品質の異なるベントナイトを使用したベントナイト混合土に対し、施設施工後、セメント系材料から溶脱した Ca イオンによる化学的な長期状態変化（ここでは、層間イオンの Ca 型化）を考慮した施工時の施工管理密度について検討したので、その結果を報告する。

2. 使用材料

ベントナイトとして、Ca 型ベントナイト 2 種類、Na 型ベントナイト 3 種類の合計 5 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 A および E のモンモリロナイト含有率は高いが、Ca 型ベントナイトであるベントナイト A の膨潤力は小さい。また、各ベントナイトと比較して、ベントナイト B および C の塑性限界は小さい。ベントナイトと混合する砂は、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/m^3 ）を用いた。

3. 室内試験概要および締固め試験結果

室内試験として、ベントナイトの種類、混合率をパラメータとして突固めによる締固め試験（JIS A 1210, C-c 法）および透水試験（JGS 0312-2018）を実施した。混合率は、現場施工性を考慮して 30%（乾燥質量比 3 : 7）を基本とし、B 混合土は 30%, 50%, C 混合土は 20%, 30% で実施した。また、透水試験に用いた供試体は、突き固め試験結果から得られた最適含水比 ω_{opt} および含水比が $\omega_{opt} + 2\%$, $\omega_{opt} + 4\%$, $\omega_{opt} + 6\%$ の時の締固め曲線上の密度になるよう突き固めた。締固め試験結果を図 1 に示す。B 混合土および C 混合土は、ベントナイトの塑性限界が小さいため、混合土の締固め性が良いことが分かる。特に C 混合土は、得られる最大乾燥密度が大きく、混合率により締固め曲線の傾向が異なっており、20%混合では低含水比側の密度低下が小さく、母材である砂の影響があるものと推察される。

表 1 ベントナイトの基本特性

ベントナイト	A	B	C	D	E	
タイプ	Ca型	Ca型	Na型	Na型	Na型	
メチレンブルー吸着量 (mmol/100g)	126	76	82	82	100	
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	51	55	55	67	
pH	7.0	8.2	10.0	9.7	9.3	
電気伝導度 (mS/m)	7.7	3.1	20.8	5.9	8.3	
陽イオン交換容量CEC (meq/100g)	76.1	45.0	66.2	53.9	83.7	
浸出陽イオン量 (meq/100g) 酢酸アンモニウム法	Na ⁺	1.7	5.4	65.4	42.0	64.6
	K ⁺	2.0	2.9	5.1	5.7	4.0
	Ca ²⁺	53.6	20.8	29.9	20.1	14.3
	Mg ²⁺	20.2	9.4	0.8	6.0	3.9
	Total	77.6	38.5	101.2	73.8	86.8
Na/Ca比 (酢酸アンモニウム法)	0.03	0.26	2.19	2.09	4.52	
膨潤力 (ml/2g)	7.6	7.3	18.5	16.5	14.4	
土粒子密度 (Mg/m ³)	2.685	2.619	2.793	2.645	2.681	
含水比 (%)	19.0	7.7	9.7	7.3	12.0	
液性限界 (%)	145.8	99.7	391.7	326.4	258.1	
塑性限界 (%)	51.8	35.9	26.4	40.9	41.8	
塑性指数 (%)	94.0	63.8	365.3	285.5	216.3	

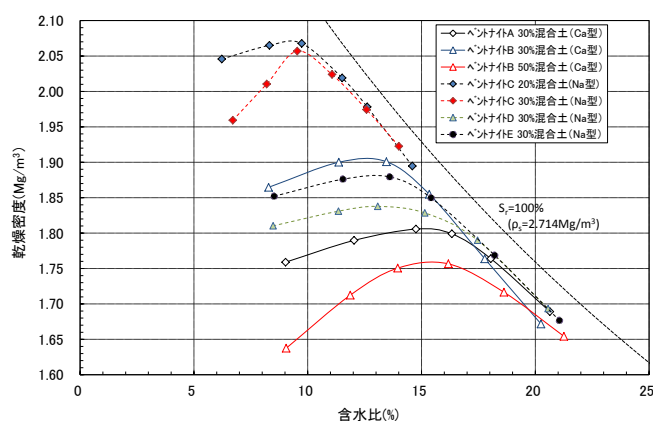


図 1 各ベントナイト混合土の締固め試験結果

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：〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駸字野附 504-22 TEL:0175-72-3323 FAX : 0175-72-3226 E-mail: yuuki.itou@jfnl.co.jp

4. 透水試験結果

透水試験結果を図2に示す。また、透水試験結果には、要求性能となる透水係数（施工時、評価時）を記載している。何れのケースにおいても評価時の要求性能を満足する結果になった。

Ca型ベントナイトを用いたA混合土およびB混合土は、Na型ベントナイトに比べ透水係数が多い。また、B混合土は、初期含水比の影響が大きく、高含水比（ $\omega_{opt} + 6\%$ ）では施工時の要求性能を満足しない結果になった。Na型ベントナイトであるC混合土は、初期含水比の影響は小さく、ベントナイトの混合割合が小さいケースにおいても要求性能を満足する結果になった。

図3にはNa型ベントナイト、Ca型化ベントナイト、Ca型ベントナイトの有効モンモリロナイト密度と透水係数の関係を示した図¹⁾に本研究のデータを示す。有効モンモリロナイト密度と透水係数は相関があり、Ca型およびCa型化ベントナイトは、特に低密度領域において密度の感度が高いことが分かる。施工時にCa型ベントナイトを使用する場合、施工時の要求性能を満足するためには有効モンモリロナイト密度は、 0.7Mg/m^3 程度以上、Na型ベントナイトを使用する場合は、 0.2Mg/m^3 程度以上で管理する必要があることが分かる。しかし、Na型ベントナイトを使用する際には化学変質による性能低下を考慮し、施工管理密度の設定を行う必要があり、その影響を考慮した場合の有効モンモリロナイト密度は、 0.6Mg/m^3 程度以上になることが分かる。

5. まとめ

Ca型ベントナイトを使用する場合は、品質の異なるベントナイトを用いたとしても初期含水比の設定に留意し、有効モンモリロナイト密度が 0.7Mg/m^3 程度以上になるよう施工管理を行うことで難透水性覆土に適用できる。一方、Na型ベントナイトを使用する場合は、化学的な長期状態変化による透水性能の低下を考慮し、有効モンモリロナイト密度が 0.6Mg/m^3 程度以上になるよう施工管理を行うことで難透水性覆土に適用できる。

【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

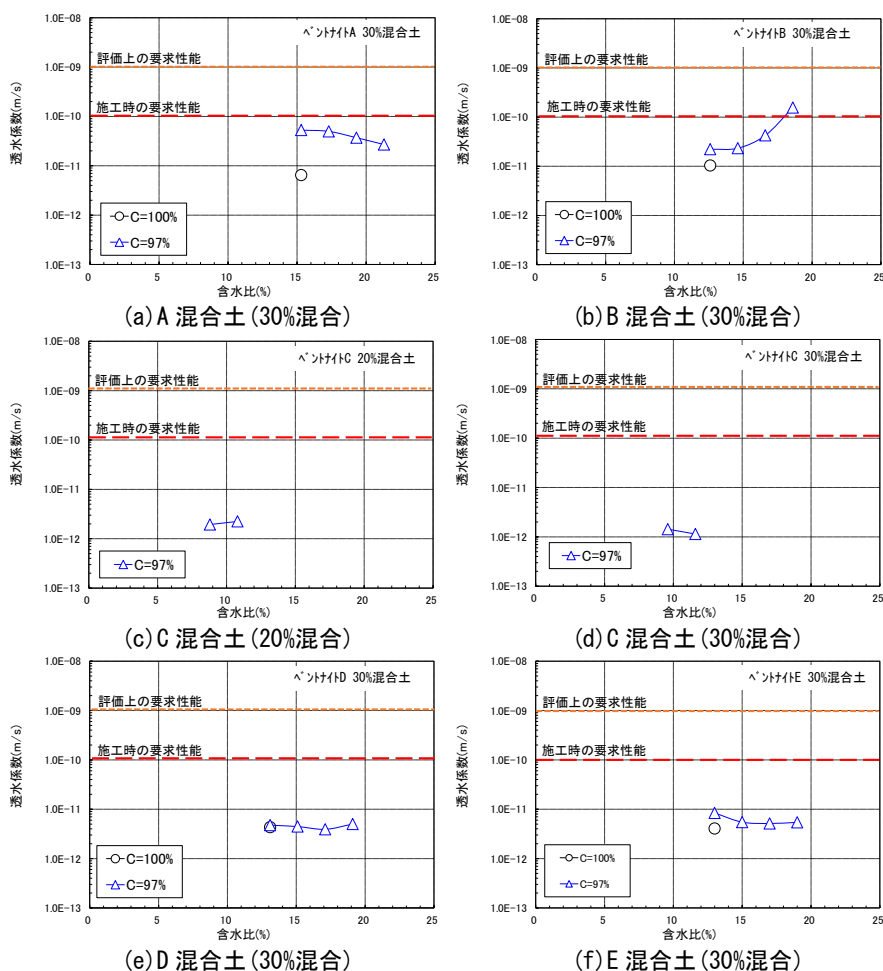


図2 各ベントナイト混合土の透水試験結果

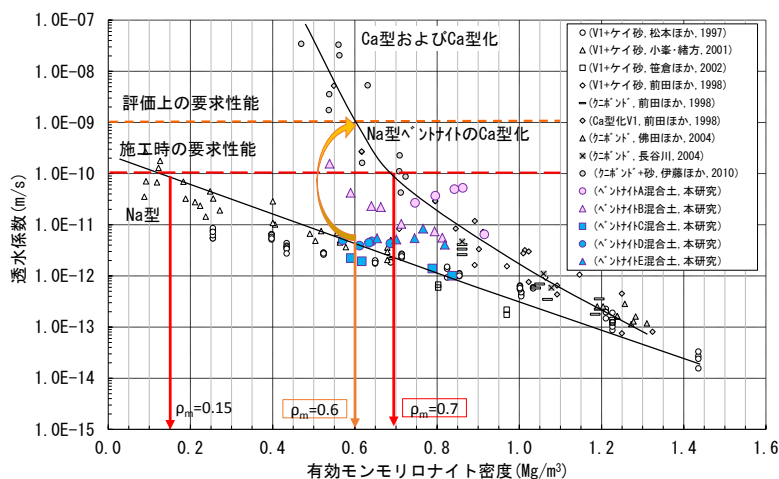


図3 有効モンモリロナイト密度と透水係数の関係