

ベントナイト層の現場施工用材料の開発

クニミネ工業(株) 正会員 ○伊藤 弘志
 (株)間組 正会員 千々松正和
 日本原燃(株) 正会員 村上 利一

1. はじめに

放射性廃棄物処分場のベントナイト層を現場締固め工法により施工するための材料の検討を行った。締固め性、水分調整後の含水比のばらつきの少なさ等の観点から粉末ベントナイトを製作する前段階の粒状ベントナイトの最適な粒度を決定した。また、その材料に関する基本特性の取得を行ない、品質管理項目およびその管理値に関する検討も行った。

2. 材料仕様(粒度)に関する検討

現場締固め工法によりベントナイトを施工するために粒状ベントナイトを用いることが検討されている¹⁾。粒状ベントナイトを用いることにより高密度のベントナイト層を現場締固め工法により施工することが可能となってきたが、一方、施工後のベントナイト層の密度のばらつきを小さくすることも要求されている。施工後の密度のばらつきを低減させるためには施工前の材料の含水比のばらつきを小さくすることも有効であると考えられる。材料の最大粒径が大きい方が締固め性は良い¹⁾が、ここでは、水分調整後の含水比のばらつきを小さくすることを考慮して最大粒径の見直しを行なった。最大粒径を 20,

10, 5, 2mm とした材料を用意し、人力で水分調整を行い、含水比のばらつきを確認した。また、水分調整後の養生期間を 0, 6, 12 時間, 1, 2, 5, 7 日間とし、養生期間の影響についても確認した。結果の一例を図-1 に示す。これは、含水比の測定結果の平均値, 最大・最小値および標準偏差と養生期間との関係である。同図より、水分調整1日後程度までは含水比のばらつきが見られることが分かる。これより養生期間としては1日以上必要であると言える。また、図-2 には養生期間7日における材料の最大粒径と含水比の測定結果の標準偏差および締固めエネルギー1Ec の時の最大乾燥密度を示す。最大粒径が大きいほど最大乾燥密度は大きくなるが、含水比のばらつきも大きくなる。締固めエネルギーを大きくして密度を高めることは、含水比のばらつきを低減させることよりは容易であると考えられる。最大粒径を 20mm から 10mm 以下にすることにより標準偏差が小さくなること、および、材料の供給のし易さからここでは施工用材料として最大粒径 10mm (9.5mm ふり通過分) の粒状ベントナイト(名称;クニゲル GX)を用いることとした。

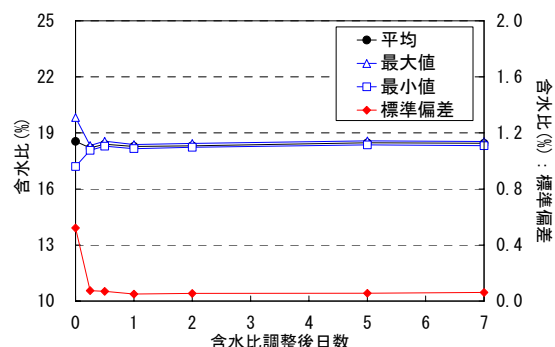


図-1 含水比の統計値の時間変化(2mm 以下)

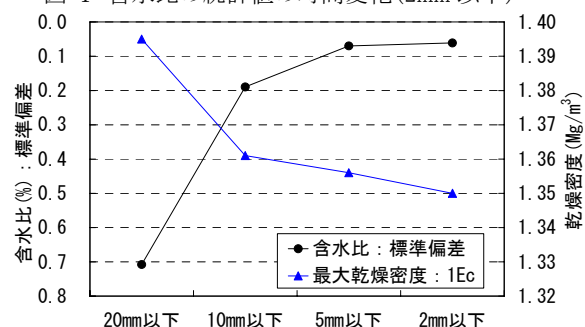


図-2 最大粒径と密度, 含水比のばらつきの関係

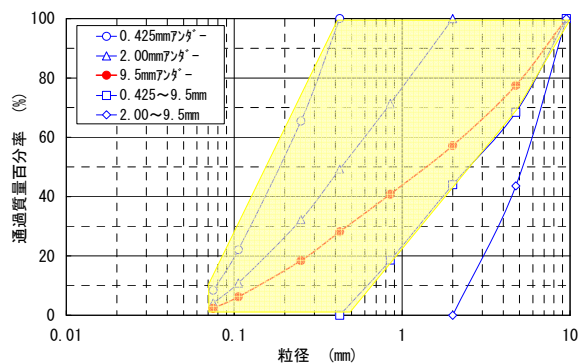


図-3 試験に供した粒径加積曲線と設定範囲

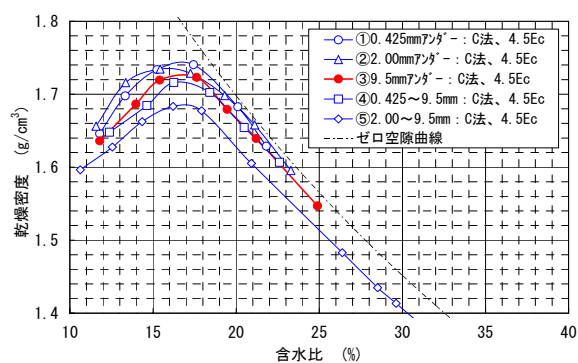


図-4 管理基準値設定のための締固め試験結果

キーワード 放射性廃棄物処分場, ベントナイト, 現場締固め, 品質管理

連絡先 〒325-0013 栃木県黒磯市鍋掛 1085 / TEL:0287-64-1981 / hito@kunimine.co.jp / 伊藤弘志

3. 材料のばらつきの把握および管理基準値に関する検討

クニゲル GX の品質管理基準を策定するために表-1 に示す項目に関してばらつきの把握を行なった。材料の最大粒径は10mmと比較的大きいので一部の試験に関してはその粉砕品を用いた。今回の測定は10～80点と限られた点数のみで行なっているため、実際にはもう少し測定値の幅は広がってくるものと思われる。そこで、今回の測定結果から得られた標準偏差 σ から平均値 $\pm 3\sigma$ の範囲を示したものを表-1 に合わせて示す。また、クニゲル V1 の特性値も一部示すが、クニゲル V1 と比べて大きな違いは見られない。また、材料の最大粒径は設定しているが、粒度が締固め性にどの程度影響を与えるのかの確認を行なった。図-3 に示す5種類の粒度の材料に対して締固めエネルギー4.5Ec で締固め試験を行った結果を図-4に示す。同図より、粒径が2.0～9.5mmと細粒分をカットした材料のみが他の材料に比べて最大乾燥密度が小さいという結果となっている。以上の結果より、図-3 に示す網掛けの範囲であれば粒度が締固め性にそれほど影響を与えないと言える。

表-1 クニゲル GX の主な特性値

特性値	使用材料	平均値	最小・最大値	範囲(3 σ)	クニゲル V1
最小密度(Mg/m ³)	クニゲル GX	1.191	1.188・1.194	1.185～1.197	
最大密度(Mg/m ³)	クニゲル GX	1.407	1.401・1.416	1.395～1.419	
土粒子密度(Mg/m ³)	クニゲル GX	2.650	2.615・2.672	2.599～2.701	2.7*
含水比(%)	クニゲル GX	7.06	6.79・7.35	6.67～7.45	10%以下
液性限界(%)	クニゲル GX 粉砕品	346.9	—	330～360	416*
塑性限界(%)	クニゲル GX 粉砕品	22.7	19.7・24.1	20.3～25.1	21*
pH	クニゲル GX 粉砕品	10.0	9.9・10.1	9.9～10.1	9.5-10.0
メチレンブルー吸着量(mmol/100g)	クニゲル GX 粉砕品	72.2	56.0・76.0	58.0～86.3	
モンモリロナイト含有量(%)	クニゲル GX 粉砕品	51.5	40.0・54.3	41.4～61.6	46-49*
膨潤力(ml/2g)	クニゲル GX 粉砕品	14.2	12.0・16.0	10.5～17.8	16 以上
鉱物組成	クニゲル GX 粉砕品	モンモリロナイト, 石英(もしくは玉髄), ゼオライト, 長石, 方解石, 黄鉄鉱			
陽イオン交換容量(meq/100g)	クニゲル GX 粉砕品	65.6	60.7・76.4	55.2～75.9	52*

クニゲル V1: *JNC H12 レポート²⁾ 参考。それ以外はカタログ値。

4. まとめ

以上の結果をもとに、材料受け入れ時の管理項目およびその管理値の設定を行なった。クニゲル GX として管理する項目およびその値は表-2 および表-3 の通りとする。最大粒径は含水比のばらつきが低減できたことから10mmとした。粒度に関する規定は、締固め試験の結果をもとに設定した。含水比については、クニゲル V1 と同等の値を設定している。塑性限界は、締固め特性の指標となるものである。本検討結果より、締固め前の粒度分布に関係なく乾燥密度 1.6Mg/m³ を達成するには、4.5Ec の締固めエネルギーを必要とした。そこで、伊藤ら³⁾において提案されている 4.5Ec 条件下における粒状ベントナイトの締固め特性の評価式をもとに、乾燥密度 1.6Mg/m³ を達成するに必要な塑性限界を算出したところ、約 30% との値を得た。そこで、クニゲル GX の塑性限界を 30%以下とした。メチレンブルー吸着量は本検討結果をもとに、モンモリロナイト含有率が 45%以上となるように 63mmol/100g とした。膨潤力はばらつきの範囲を考慮し 10ml/2g 以上とした。

表-2 クニゲル GX の仕様

品質管理項目	管理値	品質管理項目	管理値
最大粒径	10mm	メチレンブルー吸着量 (モンモリロナイト含有量)	63mmol/100g 以上 (45%以上)
含水比	10%以下	膨潤力	10(ml/2g)以上
塑性限界	30%以下		

表-3 クニゲル GX の仕様(粒度)

材料	ふるいを通るものの質量百分率 (%)								
	ふるいの呼び寸法 (mm)								
	19	9.5	4.75	2	0.850	0.425	0.250	0.106	0.075
クニゲル GX	100	100	70～100	45～100	20～100	0～100	0～70	0～30	0～10

【参考文献】1) 雨宮ら: ベントナイト原鉱の締固め特性に関する検討—種々の材料に対する室内試験結果—, 土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集, CS7-018, pp.313-314(2003), 2) 核燃料サイクル開発機構: わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性-地層処分研究開発第2次取りまとめ-分冊 2, JNC TN4100 99-022, 1999, 3) 伊藤ら: 粒状ベントナイトの締固め・透水特性とその簡易評価方法, 土木学会論文集C, Vol. 62, No. 4, pp.803-813, 2006