ベントナイトの種類の異なる難透水性覆土の透水，力学特性

安藤ハザマ　正会員　○千々松正和，山田淳夫
日本原燃株式会社　正会員　太田征志
東電設計株式会社　正会員　矢込吉則，伊藤喜広

1．はじめに

低レベル放射性廃棄物処分施設における難透水性覆土に関しては長期の状態変化を考慮して Ca 型ベントナイト混合土の適用が検討されている．しかしながら，Ca 型ベントナイト混合土の場合，初期性能（低透水性）が Na 型ベントナイト混合土より劣るためベントナイト混合率を Na 型ベントナイトより高くする必要がある．また，Na 型ベントナイトを使用した場合，初期性能は確保できても Ca 型化した場合の性能を確認しておく必要がある．ここでは，Ca 型ベントナイト，Na 型ベントナイト，Na 型ベントナイトを Ca 型化させたベントナイトを用いたベントナイト混合土に関して，透水性，膨潤性，強度特性を比較したので，その結果を報告する．

2．使用材料

ベントナイトとして，Ca 型のクニボンド，Na 型のクニゲル V1，また，クニゲル V1 を強制 Ca 型化したベントナイトの 3 種類を用いた．**表 1** には使用したベントナイトの基本特性を示す．ベントナイトと混合する砂は，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．

表 1　使用したベントナイトの基本特性

測定項目		ｸﾆﾎﾞﾝﾄﾞ	ｸﾆｹﾞﾙV1	Ca型化ｸﾆｹﾞﾙV1
ﾒﾁﾚﾝﾌﾞﾙｰ吸着量(mmol/100g)		129	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）		86	55	—
土粒子密度(Mg/m^3)		2.685	2.793	—
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	65.4	6.7
	K^+	2.0	5.1	2.3
	Ca^{2+}	53.6	29.9	121.0
	Mg^{2+}	20.2	0.8	2.2
	Total	77.5	101.2	132.3
Na／Ca比（酢酸アンモニウム法）		0.03	2.19	0.06
膨潤力 (ml/2g)		7.5	18.5	6.5

3．締固め試験結果および試験用供試体仕様の設定

透水，力学特性を確認するための供試体仕様を設定するために締固め試験を実施した．クニボンド混合土に関しては，ベントナイト混合率（Be）を 30%とし，クニゲル V1 混合土に関しては Be を 20%とした [1)]．なお，Ca 型化クニゲル V1 混合土の仕様はクニゲル V1 と同じとした．締固め試験結果を**図 1** に示す．締固め試験結果に基づき，室内試験に用いる供試体の仕様は表 2 に示す通りとした．

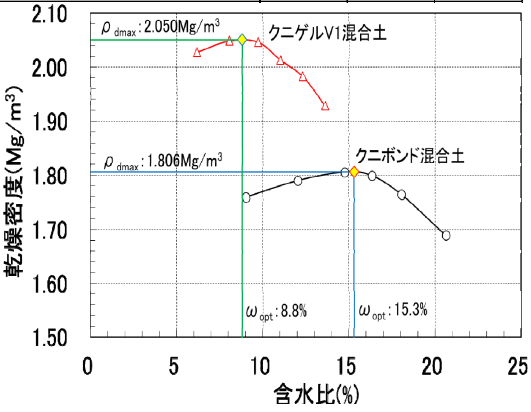


図 1　締固め試験結果

表 2　供試体仕様

ﾍﾞﾝﾄﾅｲﾄ（Be）	Be混合率(%)	含水比		乾燥密度	
		設定	値(%)	C値	値(Mg/m^3)
ｸﾆﾎﾞﾝﾄﾞ	30	ω_{opt}+4%	19.3	97%	1.678
ｸﾆｹﾞﾙV1	20	ω_{opt}	8.8	95%	1.948
Ca型化ｸﾆｹﾞﾙV1	20	ω_{opt}	8.8	95%	1.948

4．試験結果

図 2 に透水試験結果を示す．同図に示す既存値 [1)]と今回の結果は整合する結果が得られている．今回の供試体仕様では，クニボンド混合土もクニゲル V1 混合土も施工時に要求される性能は有しているが，クニゲル V1 が Ca 型化した時の混合土の透水係数は 10^{-8}m/s 以上の高い値となっていることが分かる．なお，同図にはクニゲル V1 混合土に対して三軸透水試験を実施した結果を示しているが，低透水性材料の透水試験結果（JGS 0312-2018）と同程度の値が得られていることが分かる．

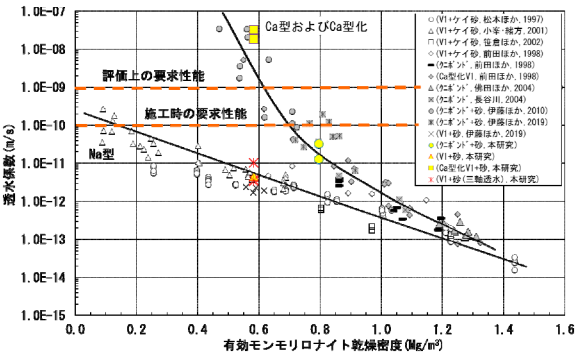


図 2　透水試験結果

図 3 には膨潤圧試験の結果を，**図 4** には膨潤変形試験の結果を示す．膨潤変形試験における制御圧力は 100kPa である．クニゲル V1 混合土が最も高い膨潤圧を示した．130～160kPa 程度である．また，透水性が他の混合土に比

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，透水特性，膨潤特性，力学特性
連絡先：〒305-0822 茨城県つくば市苅間 515-1，TEL：029-858-8810，FAX：029-858-8829，E-mail：chijimatsu.masakazu@ad-hzm.co.jp

© Japan Society of Civil Engineers

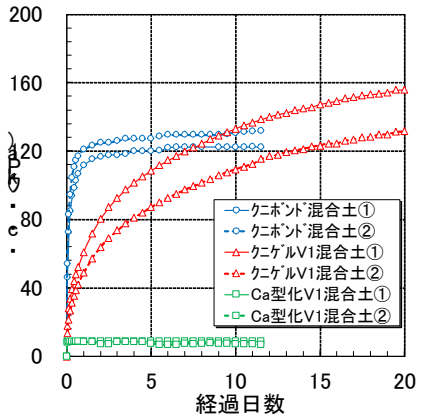


図 3　膨潤圧試験結果

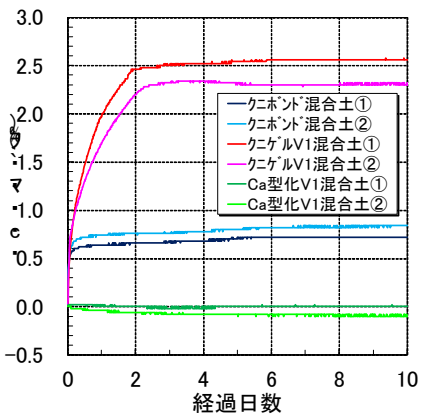


図 4　膨潤変形試験結果

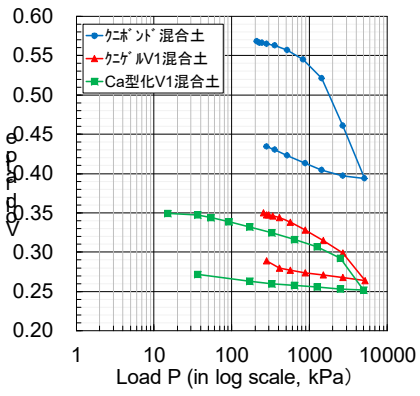
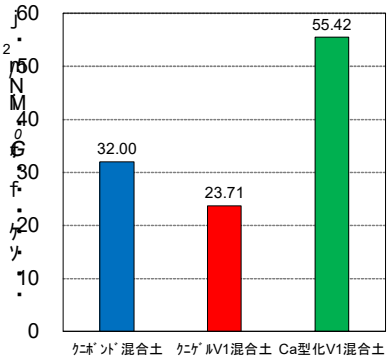


図 5　圧密試験結果



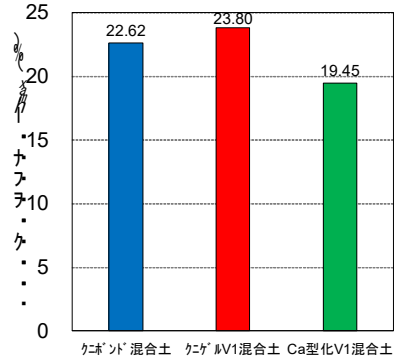


図 6 動的変形試験結果（等価せん断剛性）　図 7 動的変形試験結果（履歴減衰率の最大値）

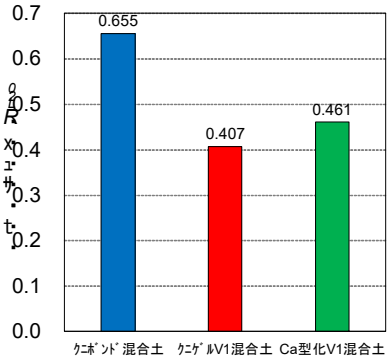


図 8　液状化試験結果

べて低いため，膨潤圧が定常になるのに時間を要している．クニボンド混合土の膨潤圧は 120～130kPa 程度であり，Ca 型化クニゲル V1 混合土は，ほとんど膨潤圧は発生しないという結果であった．なお，クニボンド混合土は，膨潤圧は発生するが**図 4** に示すように膨潤変形は，ほとんどしないという結果であった．Ca 型化クニゲル V1 混合土は，膨潤変形は生じないが膨潤圧も発生しないという結果であった．

表 3　弾性波速度測定結果

物性値	ｸﾆﾎﾞﾝﾄﾞ混合土	ｸﾆｹﾞﾙV1混合土	Ca型化V1混合土
V_p(m/s)	1453.2	674.3	1072.7
V_s(m/s)	130.3	120.9	155.5
動ﾎﾟｱｿﾝ比	0.496	0.483	0.489
動弾性係数 (MN/m^2)	102.8	94.9	159.9
動せん断弾性係数 (MN/m^2)	34.4	32.0	53.7

図 5 には圧密試験の結果（*e*-log*P* 曲線）を示す．クニボンド混合土は，初期の乾燥密度が低いため載荷に伴う圧縮量が他の混合土より大きくなっている．クニゲル V1 混合土は，ベントナイトが Na 型であるため除荷過程における変形量が他の混合土より大きくなると思われたが，ベントナイト混合率が低いためか，それほど差はみられなかった．クニゲル V1 混合土と Ca 型化クニゲル V1 混合土の圧密特性に大きな差は無かった．**図 6** および**図 7** は動的変形試験の結果を示す．等価せん断剛性は Ca 型化クニゲル V1 混合土が最も大きかった．一方，履歴減衰率の最大値は，Ca 型化クニゲル V1 が最も小さかった．しかしながら，大きな差は無かった．**図 8** には液状化強度比を示す．クニボンド混合土が最も液状化強度比は高いという結果であった．**表 3** は弾性波速度測定結果とその値から算出した物性値を示す．クニゲル V1 混合土が最も動的強度が小さく，Ca 型化クニゲル V1 混合土が最も大きかった．これは，動的変形試験とも整合する結果であった．

5．まとめ

Ca 型ベントナイト混合土，Na 型ベントナイト混合土，Na 型ベントナイトが Ca 型化した時のベントナイト混合土の透水特性および力学特性の取得を行った．Na 型ベントナイト混合土は，Ca 型ベントナイト混合土より低い密度で低透水性を得ることができるが Ca 型化すると透水性が高くなる．一方，Ca 型ベントナイト混合土は Na 型ベントナイト混合土よりも剛性や液状化強度は高いという結果であった．なお，Na 型ベントナイト混合土は Ca 型化することにより透水性は高くなるが，剛性や液状化強度は高くなるという結果であった．

【参考文献】 1）伊藤ほか：品質の異なるベントナイトを用いた覆土材の検討，第 74 回年次学術講演会講演概要集，土木学会，Ⅶ-166，2019

© Japan Society of Civil Engineers