

放射性廃棄物処分施設の土質系埋戻し材の材料特性

日本原燃(株) 正会員 尾崎充弘, 正会員 庭瀬一仁
 (株)ニュージェック 正会員 平川芳明
 (株)大林組 正会員 ○田島孝敏, 正会員 新村 亮, 正会員 武内邦文

1. はじめに

放射性廃棄物処分施設の埋戻し材には、核種移行の支配経路形成防止の観点から、周辺岩盤相当の低透水性、自己シール性、空間充填性が求められることが想定される。余裕深度処分施設(図-1)では、隣接するベントナイト低透水層の遮水性を確保するため、その膨潤変形に対する拘束性も必要となる。この様な要件を満たす既存の材料・工法について比較検討した結果、土質系材料では貧配合ベントナイト混合土と礫混入ベントナイト混合土が有力と判断した。そこで、これらの材料について透水・力学特性データを取得し、埋戻し材への適用性を評価した²⁾。

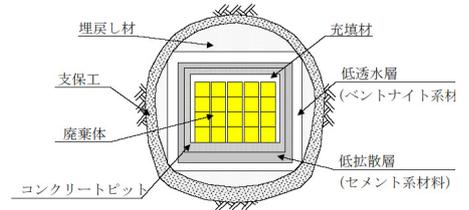


図-1 余裕深度処分の概念¹⁾

2. 埋戻し材の要件

本研究で想定した要件を表-1 に示す。建設・操業段階では、底部埋戻し材は上載荷重を支持すること、側部埋戻し材は低透水層の施工法に適応することが求められる。一方、上部埋戻し材は人工バリアからの制約はさほどない。これより、土質系材料に関しては、空間を隙間なく充填でき、低透水性を確保できれば、圧密沈下の懸念がない上部埋戻し材に適用できる可能性があると考えられる。

表-1 埋戻し材の要件の想定

建設・操業段階	埋戻し後
①空間、力学的安定性の確保 ・底部：上載荷重に対する力学的安定性 ・側部：力学的安定性 ②施工性の確保 ・狭隘部の施工が可能で、空間を隙間なく充填できること	①力学特性 ・低透水層の膨潤変形を適切に拘束。 ②地下水移動の抑制 ・透水係数は母岩相当(1×10^{-8} m/s程度)。 ③自己シール性 ・圧密沈下等で発生するかもしれない空隙を充填。 ④化学的安定性

3. 試験概要

3.1 使用材料と配合 材料は、ベントナイトはクニゲル V1、砂はフェロニッケルスラグ(FNS)と山砂、礫はコンクリート用砕石を使用した。配合は、貧配合ベントナイト混合土では、ベントナイト混合率(Bm)を 10~20%とし、礫混入ベントナイト混合土では、Bm=15%、砕石混合率(Gm)を 40~60%とした。

表-2 試験ケースと材料配合

試験ケース	乾燥質量比 (%)			締固め度 Dc (%)	
	ベントナイト Bm	砂* Sm	礫 Gm		
【シリーズ1】 貧配合ベントナイト混合土	1-1	10	90	100	
	1-2	15	85		
	1-3	20	80		
【シリーズ2】 礫混入ベントナイト混合土	2-1	15	45	40	100
	2-2		35	50	100
	2-3		25	60	100
【シリーズ3】 締固め度の影響	3-1	15	35 (山砂)	50	100
	3-2				90
	3-3				80

3.2 試験ケース まず、礫混入が材料特性に及ぼす影響を調べるため、貧配合および礫混入ベントナイト混合土について、最大乾燥密度で締固めた供試体を用いて透水試験、三軸圧縮試験および膨潤・圧密試験を行った。次に、上部埋戻し材の施工性を考慮した材料特性を調べるため、礫混入ベントナイト混合土について締固め度を 80~100%に設定して同様の室内試験を行った。なお、締固め度は、突固め試験(A-c法)による最大乾燥密度を基準とした。

*) シリーズ1, 2は、砂としてフェロニッケルスラグを使用。

4. 試験結果

4.1 貧配合および礫混入ベントナイト混合土の材料特性

(1) 透水試験 定水位透水試験を約 100 日間行い、アウトプット側での透水が認められなかった試験体については、安定した注水量から透水係数を求めた。シリーズ1は $8 \times 10^{-12} \sim 2 \times 10^{-11}$ m/s を示し、ベントナイト

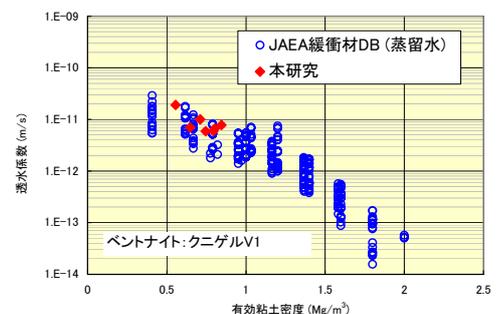


図-2 有効粘土密度と透水係数の関係

キーワード 礫混入ベントナイト混合土, 透水係数, 変形係数, 膨潤圧, 圧縮指数, 締固め度

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 土壌・水域環境研究室 TEL 042-495-1060

混合率が高いほど透水係数は小さく、シリーズ2は砕石混合率に関わらず約 $6 \times 10^{-12} \text{m/s}$ を示した。有効粘土密度と透水係数の関係は、圧縮成型ベントナイトに関する既往の研究²⁾と調和的であった(図-2)。

(2) 三軸圧縮試験(CU試験) ベントナイト低透水層の膨潤圧が2MPa程度と予測されていることを考慮し、拘束圧を0.5, 1.0, 2.0MPaに設定した。供試体寸法は $\phi 50 \times 100 \text{mm}$ 、礫最大寸法は10mmとした。所定密度に締固めた供試体を加圧通水により飽和させた後、三軸圧縮試験を行った。ひずみ速度0.02%/minでせん断し、ひずみ15%での最大荷重の1/2における割線弾性係数(変形係数 E_{50})を求めた。図-3に示すように、砕石混合率が高いほど、変形係数は大きくなる傾向が見られた。

(3) 膨潤圧測定 圧密試験装置を用いて、加圧板を固定した状態で供試体下面から給水した状態で膨潤圧を測定した。供試体寸法は $\phi 60 \times 15 \text{mm}$ 、礫最大寸法は5mmとした。膨潤圧は給水直後から急増し、2~3日で平衡膨潤圧に達した。シリーズ1では0.07~0.20MPaを示し、ベントナイト混合率が高いほど膨潤圧は大きかった。シリーズ2では、0.07~0.16MPaを示した。有効粘土密度と平衡膨潤圧との関係は、既往の研究³⁾と調和的であった。

(4) 圧密試験 膨潤圧測定後、引続き段階的圧密試験を行った(最大圧密応力=1.256MPa)。砕石混合率の増加に伴って圧縮指数が低下した(図-4)。これは、砕石同士が噛み合って圧縮性が低下したためと考えられる。

4.2 締固め度が材料特性に及ぼす影響

(1) 透水特性 締固め度 $D_c=80\%$ のケースは変水位法、その他は定水位法により透水試験を行った。定水位法のケースでは、安定した注水量から透水係数を求めた。 $D_c=80\%$ の透水係数は約 10^{-10}m/s で、 $D_c=100\%$ に比べて1オーダー高いものの、要件(10^{-8}m/s 程度)は十分満足している(図-5)。

(2) 変形特性 拘束圧が高いほど、変形係数は高くなる傾向を示した。拘束圧0.5MPaの場合、 $D_c=80\%$ 、100%の変形係数はいずれも60MPa程度で、拘束圧の増大に伴って両者の較差が拡大する傾向を示した(図-6)。

(3) 膨潤・圧密特性 平衡膨潤力は $D_c=100\%$ の場合0.08MPaで、 $D_c=90$ 、80%では約0.04MPaと、約1/2に低下した。圧縮指数は $D_c=100\%$ が0.09、 $D_c=80\%$ では0.22を示し、締固め度の低下に伴って圧縮性が増加した。

5. まとめ

(1) 透水特性は、ベントナイト混合率15%で要件($1 \times 10^{-8} \text{m/s}$ 程度)を十分満足した。力学特性は、砕石混合率が高いほど、変形係数が大きく、圧縮性も低かった。

(2) 空洞と人工バリアの近接部の施工性は一般部に比べて低下すると予想される。その場合、締固め度80%程度を確保すれば、母岩相当の低透水性を有し、変形特性についても要件を満足する可能性が高いと考えられる。

(3) ベントナイト系埋戻し材の中でも、礫混入ベントナイト混合土は、貧配合ベントナイト混合土に比べて変形抵抗性に優れており、上部埋戻し材への適用の可能性が高いと考えられる。

本報告は電力共通研究の成果を柱にまとめたもので、研究遂行に際してご指導頂いた関係各位に感謝致します。

参考文献

1) 京谷修:放射性廃棄物処分施設の設計検討状況,土木学会平成17年度全国大会研究討論会コンクリート構造物の長期耐久性評価資料(2005)
 2) 尾崎ほか:放射性廃棄物処分施設の土質系埋戻し材の特性,日本原子力学会2006年秋の大会, B47(2006)
 3) 日本原子力研究開発機構:緩衝材基本特性データベース(2006); <http://bufferdb.jaea.go.jp/>

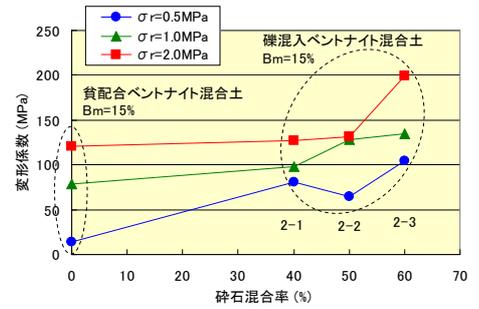


図-3 砕石混合率と変形係数の関係

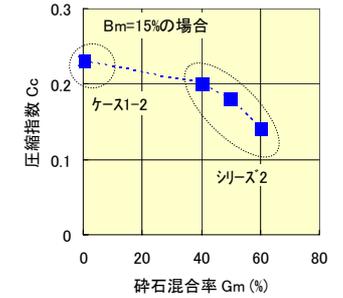


図-4 砕石混合率と圧縮指数

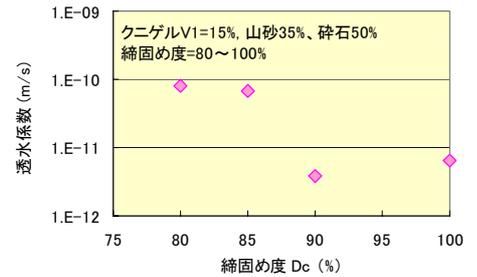


図-5 締固め度と透水係数の関係

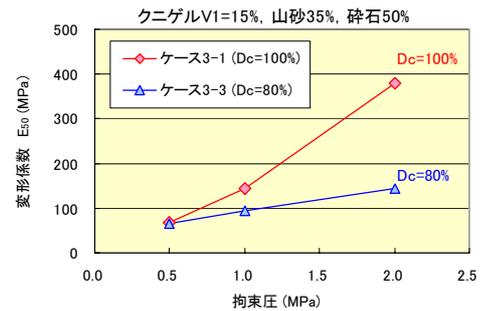


図-6 拘束圧と変形係数の関係