

ベントナイトペレットを用いた緩衝材の隙間充填性に関する検討 (その1) ベントナイトペレット膨潤後の止水性に関する検討

核燃料サイクル開発機構 正会員 杉田裕
ハザマ 正会員 千々松正和、雨宮清

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分を確実にを行うためには、人工バリアの健全性を確保する必要がある。人工バリアの健全性において重要な要因の一つとなるのが緩衝材の施工技術である。緩衝材が設計要件に基づいて施工されることによって人工バリアの健全性は確保することが出来ると考えられる。ここでは、緩衝材をブロックで施工した場合等に考えられるブロック間や岩盤あるいはオーバーパックとの隙間の充填性に関して、ベントナイト(クニゲルV1)を材料に製作したペレットを使用した場合のその止水性に関して検討を実施したので報告する。

2. ペレットの製作

図-1 に今回の試験に用いたペレットの形状を示す。製作するペレットの条件は、以下の通りとした。

目標乾燥密度 2.0g/cm³、 製作時の飽和度 97%、 初期含水比 10%で製作可能、
含水比管理精度±1.5%、 秤量精度±0.005g、
リバウンド体積 5%

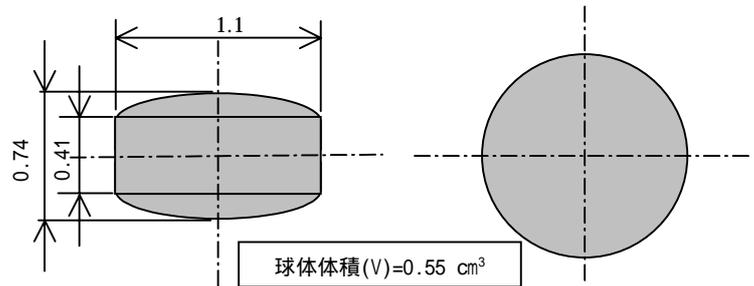


図 - 1 ペレットの形状

ペレット 1 個あたりの材料の重量、含水比を変化させたときの製作時と製作後(リバウンド 5%を許す)の密度、飽和度を試算し、この試算結果と上記の条件から、ペレットの製作は次の範囲で行なうものとした。

・湿潤重量 1.28±0.005g、初期含水比 9±1.5%、製作時乾燥密度 2.09-2.17g/cm³、製作時飽和度 73-94%、
製作後乾燥密度 1.99-2.07g/cm³、製作後飽和度 60-78%

製作したペレットから 20 個を取り出して計測した結果、1 個あたりの平均値は、質量 1.24g、体積 0.59cm³、初期含水比 9.5%、湿潤密度 2.09g/cm³、乾燥密度 1.91g/cm³であった。今回、ペレットの乾燥密度は製作目標値 1.99-2.07g/cm³を下回る結果となったが、目標値の 95%以上を確保した。この原因は、製作現場での秤量精度(目標値は 1.28g)とリバウンドによる体積の超過によるものと考えられる。

3. 止水性確認試験

止水性確認試験は、「膨潤前の通水試験」、「飽和後の透水試験」、「透水試験後の密度分布測定試験」で構成した。試験には、ペレットとクニゲル V1 を用いた。透水試験用円形セルはアクリル製で、内径 5cm、高さ 3cm、容積 58.9cm³である。ここでは、表-1 に示す 3 種類の試料(ペレットのみ、ペレット+クニゲル V1、クニゲル V1 のみ)を自然落下でセル内に充填し、試験を実施した。

表-1 透水試験試料

試験ケース	試料	ペレット個数/重量	クニゲル V1 重量 (g)	湿潤密度(g/cm ³)	乾燥密度(g/cm ³)
T-1-1	ペレット	55/68.43g	0	1.16	1.057
T-2-1	ペレット+クニゲル V1	55/68.43g	21.77	1.53	1.396
T-3-1	クニゲル V1	0/0	45.75	0.78	0.711

3.1 膨潤前の通水試験

処分場における隙間充填においては、材料の投入後、流入する地下水によって充填材料が流出しないことが重要である。ここでは、隙間に投入された 3 種類の試料に、0.01MPa の圧力で水を注水し、流出量の変化

を測定し止水性を検討した。まず、0.01MPaの圧力で30秒通水し、その後、バルブを閉めた。そして、静水中で5分間ベントナイトを吸水膨潤させた。この手順を繰り返す、隙間がシールされる状況を観察した。試験ケースT-2-1とT-3-1では、通水開始とともにわずかに水が漏れるが、これは第1回目の通水で停止し、以後、漏水は生じなかった。一方、T-1-1では、隙間を通して水は流出する。この流出量はベントナイトの吸水膨潤によって減少し、約2時間後にゼロとなった。ただし、その後圧力を0.05MPaまで上昇させると水の流出が再び始まった。これは、2時間の膨潤では密度は均質とはならず、低密度の部分が0.05MPaの水圧で水みちになったと考えられる。以上の結果から、ペレット単体の場合でも動水勾配の小さい状態では膨潤によって止水性を時間とともに発揮するが、水圧が加わる場合はペレット間の空隙にベントナイトの粉末を充填することが、止水性を向上させる上で効果があることがわかった。

3.2 飽和後の透水試験

通水試験後に、水圧を0.01MPaから0.15MPaまで順次上昇させ試料を飽和させた。水の透過が始まるまでの時間（試料が飽和したと判断できる時間）は、ペレットとクニゲルV1を混合したT-2-1の場合47日であった。その後、0.15MPaの圧力で透水試験を開始した。測定された透水係数は、試験用セル内の粘土全体の乾燥密度が大きいほど小さくなる傾向を示した。また、図-2には透水係数を固有透過度に換算し、圧縮ベントナイトを用いた試験¹⁾から得られた固有透過度の値と比較したものを示す。有効粘土密度で整理すると固有透過度は図中に示す式でケイ砂混合率に関係なく整理できるとされており¹⁾、この結果と今回ペレットを用いた試験で得られた固有透過度の値とを比較した。その結果、ペレットを用いた試験の結果得られた固有透過度は関数式に比べ若干大きな値を示したが、傾向はほぼ一致した結果となった。

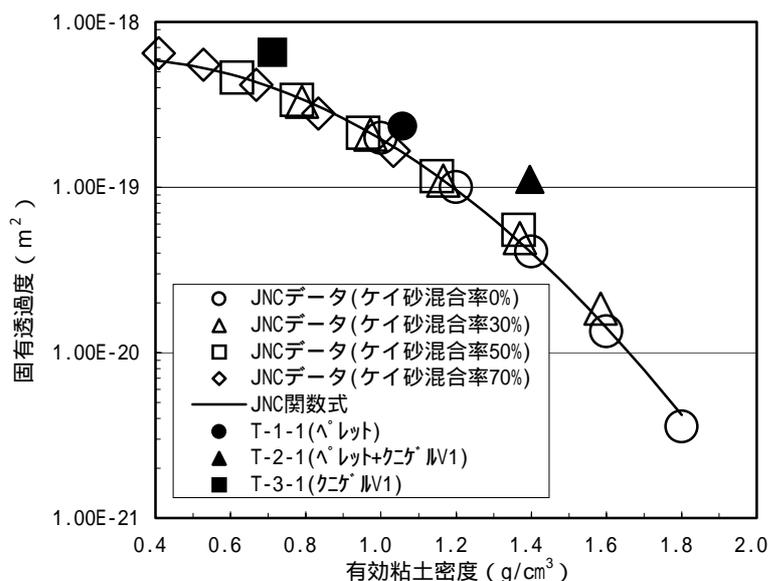


図-2 既存データとの比較

3.3 透水試験後の密度分布測定試験

透水試験後の試料を24分割（鉛直3段×8分割）し、密度分布を測定した。通水試験開始から密度測定までの時間、つまり試料が水と接触している時間は80日間である。試験終了時の供試体表面の状況を観察すると、クニゲルV1のみで製作した供試体は他に比べ表面がきれいであることが分かった。また、ペレットのみの場合と、ペレットとクニゲルV1を用いた供試体を比較すると、後者の方が若干、斑が強く残っている感じであった。含水比と密度のばらつきは、クニゲルV1単体がもっとも大きく、ペレットのみの場合がばらつきは小さい結果であった。以上から、充填時にペレット間の空隙によって密度の不均質性を持つ場合でも、飽和後には比較的均質になり、十分な止水性（顕著な水みちが生じていない）を発揮していることがわかる。ここで、今回の試験においてクニゲルV1単体の供試体が最も密度のばらつきが大きかった原因としては、初期の充填密度が小さかったために、浸潤面に近い部分に浸潤初期に発生した膨潤の影響が強く残ったことが考えられる。

4. おわりに

ここでは、人工バリアにおける隙間充填材としてのベントナイトペレットの飽和膨潤後の止水性についての検討を行なった。その結果、飽和膨潤後においては隙間部におけるベントナイトペレットは比較的均質になり十分な止水性を発揮することが分かった。

【参考文献】 1) 松本ほか(1997)：緩衝材の飽和透水特性、動力炉・核燃料開発事業団技術資料。