

ベントナイトペレットとベントナイトスラリーを併用する隙間充てん方法に関する研究

(財)原子力環境整備促進・資金管理センター 正会員 ○戸栗智仁、高橋康裕、朝野英一
清水建設㈱ 正会員 岩佐健吾、中島均、石井卓

1. はじめに

放射性廃棄物処分施設においては、長期的なバリア性能確保の観点から、ボーリング孔、排水溝等の隙間は、閉鎖後の長期的な水みちにならないように確実に充てんされる必要があると考えられる。このような狭隘な隙間部の充てん方法としては、ベントナイトペレットを自由落下させる方法や吹き込む方法が検討されており、充てん部の乾燥密度は 1.3Mg/m^3 程度である¹⁾。本研究では、密度を高くできより低透水性が期待できる可能性のあるベントナイトペレット間にベントナイトスラリーを注入する隙間充てん方法について、数種類の室内試験（要素試験、充てん性確認試験）を行い、その隙間充てん特性（充てん性、乾燥密度）を確認した。

2. 要素試験

要素試験では、内径 50mm、高さ 150mm の円筒形の容器を用いた。あらかじめ注入管を設置した容器の中に、振動を与えながらペレットを丁寧に投入し、そののち注入管を通してスラリーを注入した。注入はぜん動型ポンプを用い、注入速度は約 100ml/min とした。ペレットは球状体とし、表 1 に示すように径の異なる 3 種類を用意した。充てん時のペレット混合条件は、かさ密度（平均 1.29Mg/m^3 ）が最も高くなる、15mm ペレットと 4mm ペレットを重量比で 7:3 に混合（以下、7:3 ペレットという）する条件とした。ベントナイトスラリーは、ベントナイトを水、塩水（塩分濃度 4%）、エタノール水（エタノール濃度 58%）

表 1 ペレットの諸元とペレットのみの充てん密度

名称	粒径範囲 (mm)	単体密度 (Mg/m^3)	かさ密度 (Mg/m^3)	
			平均	バラツキ
単体	4mmペレット	4.0 ~ 4.75	2.03	1.16
	8mmペレット	6.7 ~ 11.2	1.98	1.07
	15mmペレット	13.2 ~ 19.0	1.97	0.94
混合体	7:3ペレット	—	—	1.29

でスラリー化した 3 種類を用いた。この要素試験により、目視観察による充てん状況の把握と充てん後の乾燥密度を把握することとし、乾燥密度は投入したペレット重量と注入できたスラリー重量から求めた。図 1 にペレット投入後にスラリーを注入している状況を示す。

図 2 は、充てんした 7:3 ペレットに、溶媒の種類やベントナイト濃度が異なる複数のスラリーを注入したときの、スラリー注入後の乾燥密度を示している。水スラリーでは、ベントナイト濃度 0.1Mg/m^3 まで注入可能であり、これより高いものは流動性が低く、本試験で用いたポンプでは注入できなかった。 0.1Mg/m^3 の水スラリーの注入後の乾燥密度は 1.35Mg/m^3 となり、ペレットのみの場合より注入できたスラリー中のベントナイト濃度分高くなった。

ベントナイト濃度が高くても流動性の高い塩水スラリーやエタノールスラリーを用いた場合、それぞれ 0.4Mg/m^3 、 0.6Mg/m^3 の濃度までポンプによる注入が可能であった。これらのケースでは、若干の未充てん部が目視により観察されたケースがあったものの、注入は可能であり、高い濃度のスラリーを注入したケースほど、注入後の乾燥密度は高くなっている。このように、ポンプにより、ペレット間へのスラリー注入は可能であり、充てん密度も高くできることが把握できた。

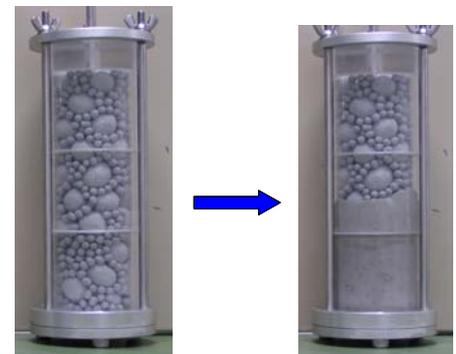


図 1 要素試験状況の一例
(エタノールスラリー：ベントナイト濃度 0.4Mg/m^3)

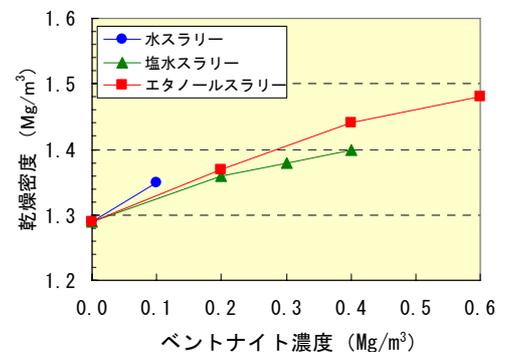


図 2 スラリー注入後の乾燥密度

キーワード：隙間、充てん特性、ベントナイトペレット、ベントナイトスラリー、室内試験
連絡先：〒105-0001 東京都港区虎ノ門 2-8-10, TEL:03-3504-1577, FAX:03-2504-1297

3. 充てん性確認試験

要素試験で把握された充てん基礎特性を、円形孔や角型溝を模擬した形状にて確認するために、2種類の確認試験（円筒型と鉛直角型）を行った。円筒型試験は内径 5cm、高さ 100cm の容器を用い、注入管を中心部に設置後ペレット投入し注入管を固定した状態でスラリーを注入した。注入後は鉛直方向に 10 分割し充てん状況観察と乾燥密度測定を行った。角型試験は幅 5cm、長さ 60cm、高さ 100cm の容器形状であり、注入管を中央部に設置後ペレットを投入し注入管を 20cm ごと段階的に引き抜きながらスラリーを注入した。注入後は 60 箇所（縦 10 段×横 6 分割）の充てん状況観察と乾燥密度測定を行った。図 3 に試験の状況を示す。

ペレットは両試験とも 7:3 ペレットであり、スラリー充てん前のかさ密度は、円筒形試験が平均 1.30Mg/m^3 、角形試験が 1.33Mg/m^3 であった。円筒形試験では、水スラリー 0.1Mg/m^3 、塩水スラリー 0.4Mg/m^3 、エタノールスラリー 0.5Mg/m^3 までの充てんが可能であった。エタノールスラリーで 0.6Mg/m^3 の充てんができなかったのは、スラリー中の液相がペレットに吸収されスラリーの濃度（粘性）が上昇したためと考えられる。角型試験では、注入はエタノールスラリーのみとし、面的広がりがあることからよりスラリー液相のペレット吸収による粘性上昇が考えられたため、 0.4Mg/m^3 を注入し結果的に充てん可能であった。

図 4 に円筒型試験のスラリー充てん後の乾燥密度の鉛直方向分布を示す。バラツキはあるものの、乾燥密度は、水スラリーで $1.3\sim 1.4\text{Mg/m}^3$ 程度、塩水スラリーとエタノールスラリーで $1.4\sim 1.5\text{Mg/m}^3$ 程度の範囲にあり、要素試験と同等の充てん特性（乾燥密度）が確認できた。鉛直方向の乾燥密度分布は、上側が下側よりやや高い傾向にある。これは、注入管を通して装置下部より注入されたスラリーが、上端に移動していく間にペレットに液相を吸われ、結果として上部には濃度の高いスラリーが供給されたことによるものと考えられる。

図 5 に角形試験のスラリー充てん後の乾燥密度分布を示す。円筒形試験と同様に、スラリーの移動方向に沿って端部側の乾燥密度が高くなる傾向がある。また、円筒形試験よりややバラツキは大きいものの、乾燥密度は概ね $1.35\sim 1.5\text{Mg/m}^3$ 程度の範囲になることが分かった。

4. おわりに

本研究により、円形孔や角型溝等の隙間に、ベントナイトペレットとベントナイトスラリーを用いて充てんでき、高い乾燥密度を達成できる可能性が示唆された。今後、実施工を念頭においたペレット投入やスラリー注入工法、塩水スラリーを用いる際の長期性能への影響、エタノールスラリーを用いる際の坑道環境の維持方法や長期性能への影響等に関して具体的に検討していく必要がある。なお、本報告書は経済産業省からの委託による「地層処分技術調査等」の成果の一部である。

参考文献

1) 高尾ほか：すきま充填材としてのベントナイト特性に関する研究（その 1）—すきま充填材の充填特性評価—、土木学会第 55 回年次学術講演会、CS-189、(2000)。

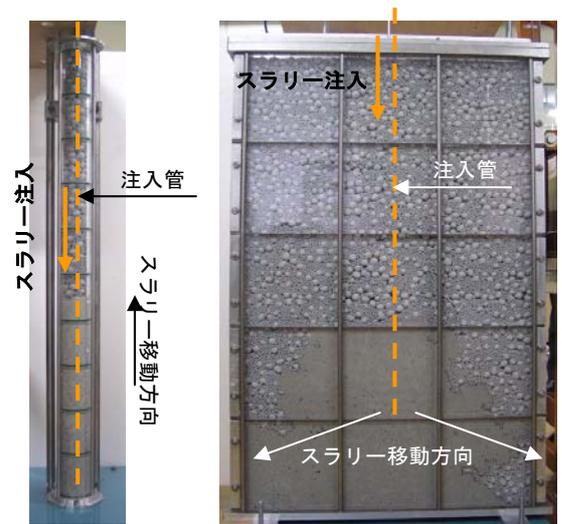


図 3 確認試験状況（左：円筒型，右：角型）

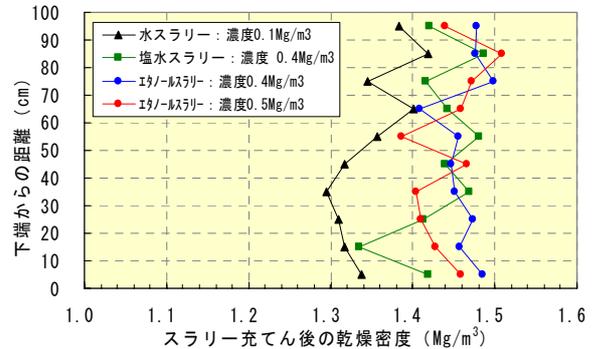


図 4 円筒型試験の鉛直方向の密度分布

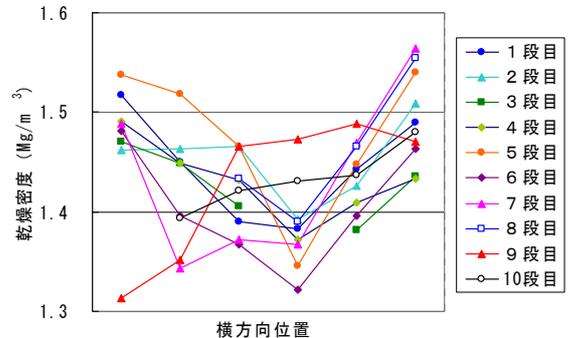


図 5 角形試験の密度分布