横置き定置方式における緩衝材周辺隙間へのベントナイトペレットの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，景山仁志，朝野英一
清水建設(株)　正会員　沖原光信，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，廃棄体定置後の緩衝材の品質に重大な影響を及ぼす可能性のあるニアフィールドに生じる隙間は確実に充てんすることが望ましいが，狭隘部への充てん方法や材料条件等の技術は確立していないのが現状である．このような隙間部への充てん方法としては，ベントナイトペレット(以下，ペレットと記す)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，これまでの研究では，ペレットのみによる場合，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，まず，複数粒径のペレット混合による高密度化を目指し，材料基礎特性(充てん率，乾燥かさ密度)を把握するための要素試験(配合試験)を行った．次に，最も高い乾燥かさ密度が得られた混合ペレットにて，横置き定置方式(ブロック，PEM[Prefabricated EBS module])の緩衝材周辺における横方向隙間を模擬した型枠を用いて充てん実験を行い，材料特性や施工特性に応じた充てん性(かさ密度，粒度分布等)を把握するとともに，充てん材料や装置の適用条件や適用範囲の提示を試みた．

2. 要素試験

要素試験では，1mm 級，2mm 級，4mm 級，15mm 級，20mm 級の 5 粒径の粒状ペレット(単体乾燥密度 2.0 Mg/m^3 程度)を用いた．φ100mm×H127mm の円筒形モールドに大粒径ペレット(15mm 級，20mm 級)を手で均等に配置し，その上から小粒径ペレット(1mm 級，2mm 級，もしくは 4mm 級)を全体に落下により投入し，モールド全体が 5 層で詰まるようにし，かさ密度を測定した．**図 1** は，大粒径ペレットと 1mm 級ペレット混合の場合の混合割合とかさ密度の関係を，**図 2** は，大粒径ペレットと 2mm 級ペレット混合の場合の混合割合とかさ密度の関係を，**図 3** は，1mm 級，4mm 級，20mm 級の 3 粒径配合によるかさ密度を示している．大粒径ペレット(15mm 級あるいは，20mm 級)60wt%+1mm 級ペレット 40wt%混合が最もかさ密度が高くなった(1.54Mg/m^3)．

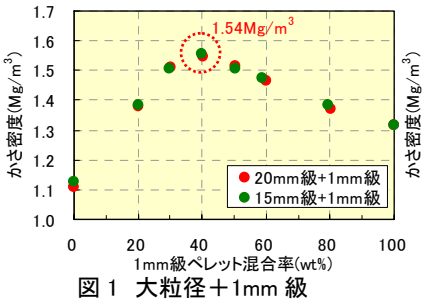

図 1　大粒径＋1mm 級
混合ペレットのかさ密度

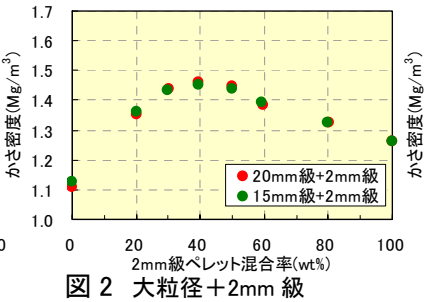

図 2　大粒径＋2mm 級
混合ペレットのかさ密度

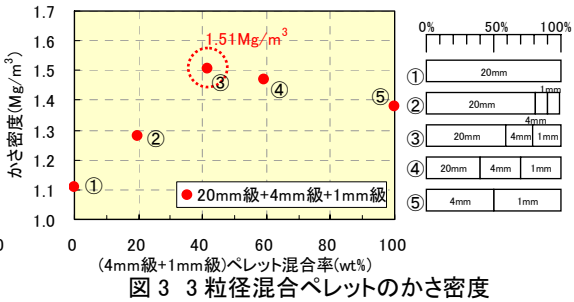

図 3　3 粒径混合ペレットのかさ密度

3. 横方向隙間充てん実験

横方向隙間充てん実験は，坑道壁面と緩衝材(あるいは，PEM 容器)との間に生ずる隙間への充てん性について把握することを目的に行った．実験では，最も隙間の大きい天端部から充てんする施工方法をモデル化した型枠(隙間を実寸法相当で模擬)を用いた(図 4 参照)．A 型枠は，充てん用装置を挿入するスペースとなる天端部付近の隙間を模擬しており，B 型枠は，緩衝材側部の隙間を模擬している．天端の隙間高さ条件については，100mm と 300mm の 2 水準とした．ペレットを充てんする装置は，空気搬送方式(ラウンドブロー)と機械搬送方式(エアロベイヤ)の 2 方式を採用した．ラウンドブローは，空気増幅用エアノズルにより周囲の空気を吸引・吐出する装置であり，エアロベイヤは，高速で回転するディスクの間の材料を遠心力で吐出する装置であり，ともに粉粒体の搬送装置としての適用例がある．

図 5 に実験装置全景を，**表 1** に実験ケースを示す．充てん材料には，要素試験で最も高いかさ密度を得た 20mm 級 60wt%+1mm 級 40wt%混合ペレットを使用することとした．

キーワード:横方向隙間，要素試験，充てん実験，ベントナイトペレット，かさ密度
連絡先:〒104-0052　東京都中央区月島 1 丁目 15 番 7 号，TEL:03-3504-1577，FAX:03-3504-1297

A 型枠における充てん実験において，ラウンドブローによる隙間高さ 100mm のケースでは，平均かさ密度が 0.81Mg/m^3 に対し，300mm のケースでは，1.39Mg/m^3 と大きくなった．搬送圧(ラウンドブローへの入気圧)が大きくなるほど，かさ密度は大きくなる傾向が見られ，本実験での最適搬送圧は，0.65MPa であった．エアロベイヤでは，平均かさ密度は 0.57Mg/m^3 と，ラウンドブローに比べて小さくなった．ラウンドブローは，ブロー効果によりペレットが吐出口から勢い良く射出されるが，エアロベイヤは，射出の勢いが小さい．この射出機構の違いがかさ密度に差が出た主な原因であると考えられ，天端部の隙間充てんには，ラウンドブローのような射出速度の比較的大きい充てん装置が適していると思われる．

図 6 は，B 型枠の充てん後の状況を，**図 7** は，B 型枠の充てん実験結果(乾燥かさ密度)および充てん装置の適応範囲を示している．隙間高さ 300mm のケースでは，ラウンドブローは，極小隙間部を除き，かさ密度が 1.4～1.5Mg/m^3 程度を達成できた．エアロベイヤは，射出の勢いが小さいためペレットの自由落下に近い充てん機構となることから，ペレットの自由落下による充てんが期待できる一般部中部および下部では，1.4Mg/m^3 程度を確保できたが，その他の部位のかさ密度は小さい．すなわち，一般部上部より上の範囲(上述のように天端部も含め)に対しては，吹き出しエアによる勢いが加わる機構を有するラウンドブローの方が有利であると考えられる．極小隙間部(隙間幅 30mm 程度以下)においては，20mm 級ペレットが充てんできない領域が生じたためにかさ密度が著しく低下した．

さらに極小隙間部の充てん性向上を目指して，小粒径ペレット(4mm 級+1mm 級混合ペレットおよび，1mm 級ペレット)のケースを追加して B 型枠の充てん実験を実施したが，底部付近では，未充てん領域が発生し，小粒径ペレットを使った場合でも充てん性に対する優位性は確認できなかった．よって，底部付近については，隙間が生じないように緩衝材定置用台座を設置する等の設計対応の必要性がある．充てん実験後に，充てんしたペレットのふるい分けを行って計測した粒径ごとの混合率は，極小隙間部を除き，概ね充てん前の配合に近い値を示しており，予定した配合で充てんできるものと考えられる．

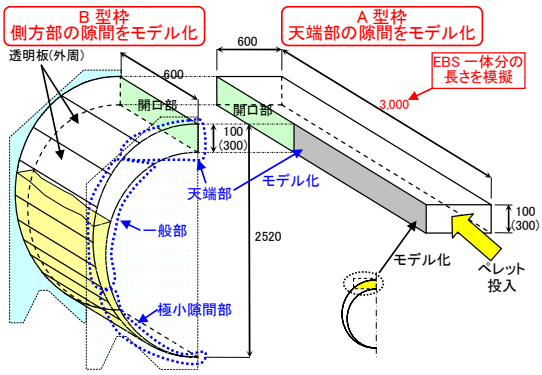

図 4　実験に使用した型枠の概要

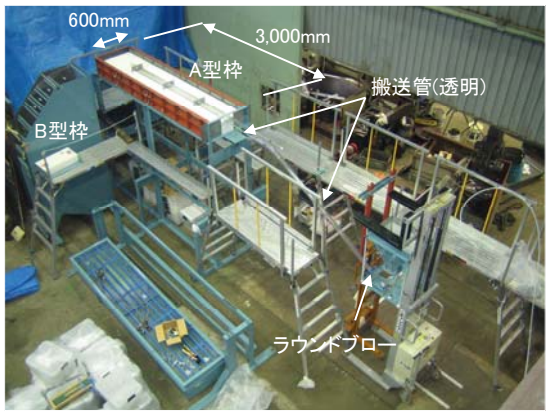

図 5　実験装置全景(ラウンドブローの場合)

4. おわりに

本研究により，横置き方式の緩衝材周辺部等に生じる横方向隙間に，ベントナイトペレットを高い密度で充てんできる可能性が示唆された．今後は，実用化に向けて，多様な施工環境条件を想定した適用性検討および，作業性向上(効率的なペレット供給方法，充てん量速度向上)を目指した検討が必要であると考える．なお，本報告は経済産業省からの委託による「地層処分技術調査等委託費　処分システム工学要素技術高度化開発」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).

表 1　実験ケース

CASE No.	搬送方式	充てん装置	搬送圧 (MPa)	隙間高さ (mm)	使用型枠	使用ペレット
1	空気方式	ラウンドブロー	0.45	100	A	20mm60wt% + 1mm40wt%
2			0.55			
3			0.65			
5			0.55	300		
6			0.65			
7			0.65	100	A+B	
8				300		
9	機械方式	エアロベイヤ	---			
10	空気方式	ラウンドブロー	0.65	100	B	4mm50wt%+1mm50wt%
11					B	1mm級

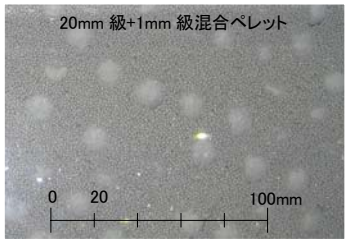

図 6　B 型枠充てん状況

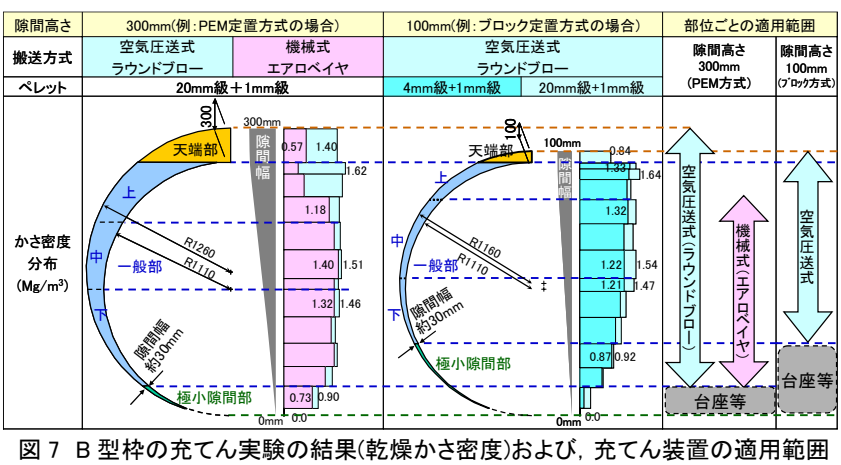

図 7　B 型枠の充てん実験の結果(乾燥かさ密度)および，充てん装置の適用範囲