

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 －

日揮(株) 正 ○高尾肇¹ 正 竹ヶ原竜大

基礎地盤コンサルタンツ(株) 正 佐藤由子 正 和田英孝 正 荒岡邦明 中嶋幸房

東京電力(株) 植田浩義 正 木元崇宏

1.はじめに

高レベル放射性廃棄物処分において、廃棄体を処分孔に定置する場合、図 1 に示すように、廃棄体と緩衝材の間および緩衝材と処分孔の間に施工上のすきまが生じる場合があると考えられる。既往の報告¹⁾では、廃棄体の定置間隔について、空洞の安定性および廃棄体の発生する熱による緩衝材の鉱物学的安定性を検討するために、力学および熱伝導解析が行われている。検討結果によれば、定置方式によっては、熱的な制約が廃棄体の定置間隔を決定する場合があります。さらに、すきまを充填する場合としない場合では、廃棄体の定置間隔に差が生じ、すきまを充填しない場合には廃棄体の定置間隔が広くなることが報告されている。このことは、適正なすきま処理を行うことにより処分場施設規模の縮小が図られ、処分費用低減につながる可能性があることを示唆している。また、すきまを充填しない場合には、すきまに地下水が流入することによる緩衝材の剥離等、人工バリアの安全性を評価する上での懸念事項が多くなると考えられる。以上のことから、施工上生ずるすきまは何らかの方法により充填される必要があると考えられる。しかし、これまでにすきま充填に関して、充填材料および充填方法についての検討はほとんど行われていなかった。そこで、本研究では、すきま充填材料の選定およびすきま充填装置に要求される機能を明確にするために検討を行った。

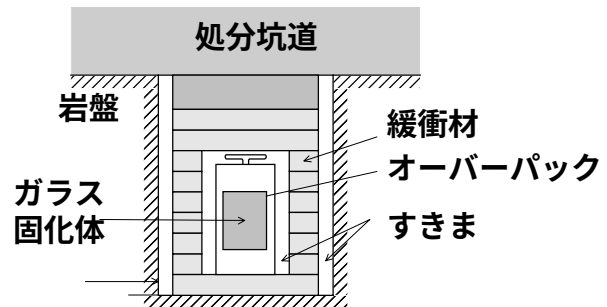


図1 処分孔周辺の概念図

2.試験材料

試験材料としてベントナイトおよびケイ砂を使用した。ベントナイトはシール性の観点から、ケイ砂は熱伝導性が良いことから選択した。ベントナイトには、粉状のクニゲル V1(クニミネ工業(株)製)および粒状ベントナイト(粒径-1.7mm, 1.7-4.5mm, 4.5-10mm の 3 種類, 以後、それぞれ、粒状(小), 粒状(中), 粒状(大)とする)を用いた。ケイ砂には、三河ケイ砂 6 号((株)三栄シリカ製)および混合ケイ砂(三河ケイ砂 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 号を等重量ずつ混合したもの)を用いた。

3.試験方法

すきま充填材の特性試験として、土質試験、小規模模型試験、実規模模型試験を実施した。土質試験では、各材料の土粒子密度、含水比、最大・最小密度、粒度分布を測定した。小規模および実規模の模型試験ではすきまを模擬した試験装置に 2.の試験材料を充填し、充填状況の観察および充填密度等の測定を行った。

小規模模型試験では、施工上生じるすきまの寸法を既往の報告¹⁾を参考に 40mm とし、縦 900mm×横 900mm×奥行き 40mm のすきまを模擬した試験装置を用いて試験を行った。すきまの模擬はアクリル板と 90mm 角の鋼製ブロック集合体を 40mm の間隔で平行に配置することにより行った。アクリル板を通して充填状況の観察ができ、また、鋼製のブロックを取り外すことにより、ブロックごとの充填密度のばらつきが測定可能な試験装置となっている。試験材料は鋼管を通して装置の模擬すきま部に自由落下させた。小規模模型試験

キーワード：ベントナイト，砂，すきま，安息角，模型試験

¹ 連絡先：日揮株式会社 第 2 事業本部 PMT4 部 〒220-6001 横浜市西区みなとみらい 2-3-1

TEL：045-682-8385 FAX：045-682-8812 E-MAIL：takao.hajime@jgc.co.jp

では、材料の締固めが充填密度に及ぼす影響を把握するために、締固めありとなしの2ケースの試験を行った。締固めありのケースでは、試料の投入を3回に分け、1投入毎に外枠をゴムハンマーで300回叩き材料を締固めた。試験項目は、充填状況の観察およびブロックごとの充填密度とした。

実規模模型試験では、参考文献¹⁾で提示された人工バリアの仕様をもとに試験装置を製作し充填試験を行った。試験装置は処分孔壁(直径1,720mm)および緩衝材(直径1,640mm)を模擬した2枚の半円筒形透明塩化ビニル板(厚さ10mm)を組み合わせてすきまを模擬した。すきまの形状を保つために塩化ビニル板は格子状の鋼製フレームにより固定した。本試験装置は、廃棄体縦置き定置方式および横置き定置方式の両方式に対応可能な構造とした。すきまの形状は、縦置き定置方式の場合、一様に40mmであるのに対し、横置き定置方式の場合は、湾曲したくさび形であり、すきまの寸法は最大80mmとなっている。試験材料の投入は小規模模型試験と同様な方法とした。試験項目は充填状況の観察および充填密度とした。

表1 土粒子密度、含水比、最大・最小密度試験結果

試料名	土粒子密度 [kg/m ³]	含水比 [%]	最大密度 [kg/m ³]	最小密度 [kg/m ³]
クニゲルV1	2700	10.9	1044	748
粒状(小)	2570	8.4	1493	1153
粒状(中)	2570	9.3	1217	1019
粒状(大)	2570	7.1	1226	1030
ケイ砂6号	2654	0.1	1732	1403
混合ケイ砂	2679	0.1	1926	1472

4.試験結果

土質試験の試験結果を表1に示す。粒度試験結果から、粒状ベントナイトの均等係数は粒径が小さい順に、12.25, 1.95, 1.61となっており、粒状(小)が良配合となっている。ケイ砂については6号に比べ混合ケイ砂の方が良配合となっている。

模型試験の密度測定結果を表2に示す。小規模の場合、締固めにより密度が大きくなることが確認された。実規模模型試験の縦置き定置場合の充填密度は小規模とほぼ同様であり、大きさおよび形状の影響はほとんどないことが明らかになった。

表2 密度測定結果(模型試験)

試料名	小規模模型試験						実規模模型試験 (縦置き定置)
	締固めなし			締固めあり			締固めなし
	最大	最小	平均	最大	最小	平均	平均
クニゲルV1	876	656	806	1147	842	1048	877
粒状(小)	1417	1180	1287	1660	1386	1536	1316
粒状(中)	1175	995	1121	1436	1226	1319	1137
粒状(大)	1324	1113	1197	1471	1164	1344	1092
ケイ砂6号	1581	1435	1509	1849	1562	1721	1348
混合ケイ砂	1770	1577	1665	2275	2005	2166	1630

単位：[kg/m³]

た。横置き定置については、図2に示すように、底部および上部に、材料の安息角に起因する未充填部分が確認された。これらの未充填部分をなくする目的で、自由落下に変え、圧縮空気による方式ですきま充填を試みたが、試料の飛散等により充填が困難であった。したがって、横置き定置方式の場合には充填方法の再検討が必要であると言える。

5.まとめ

材料特性試験、小規模模型実験を行い、すきま充填候補材料の基礎物性を取得したとともに、すき間充填材料ごとのすき間への充填のしやすさ、充填時の状況などについて評価した。また、実規模模型実験を行い、充填時の状況を観察するとともに実規模充填装置の概念設計に向けた課題を抽出し、横置き定置方式の場合のすきま充填は技術的に課題が多いことを明らかにした。今後は、実際の処分場における環境条件(温度、湿度等)がすきま充填特性に及ぼす影響について検討し、すきま充填装置の機器設計に反映していく予定である。本研究は電力10社による電力共通研究にて実施した成果の一部である。

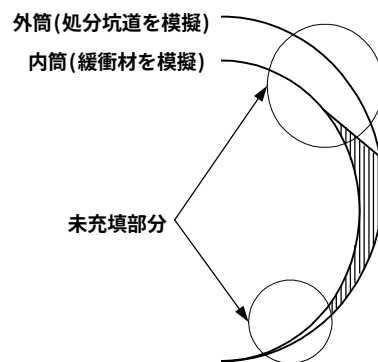


図2 横置き定置方式の場合の未充填部分

参考文献

- 1) 高レベル放射性廃棄物地層処分の事業化技術：(財)電力中央研究所，電気事業連合会，7.4.3-1～16頁，平成11年3月