

ウォータージェットを用いたベントナイト充填材除去技術の検討

大成建設(株) 正会員 ○磯 さち恵
 大成建設(株) 正会員 本島 貴之
 大成建設(株) 正会員 八尋 英恵

(公財)原子力環境整備促進・資金管理センター 非会員 小林 正人, 橋本 和幸
 (公財)原子力環境整備促進・資金管理センター 正会員 塚原 成樹

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分事業において、特定放射性廃棄物が最終処分施設に搬入された後においても、安全な管理が合理的に継続される範囲内で、最終処分施設の閉鎖までの間の廃棄物の搬出の可能性(回収可能性)を確保することが求められている。廃棄体や PEM 周辺にはベントナイト系の土質材料が充填されているため、廃棄体を傷つけずにベントナイトを除去する技術が必要である。その除去方法の1つとして、塩水によるベントナイトの崩壊作用を利用し、低水圧にて回収する技術などの研究^{2), 3)}が進められている。一方で塩水を利用出来ない環境では淡水を使用することになるが、淡水を用いた除去技術についての研究はあまりなされていない。淡水では崩壊作用を期待出来ないため、ウォータージェットを用いてベントナイトの除去試験を実施した。また淡水/塩水による切削効果の比較を行い、ウォータージェットによる効果的な除去方法について調査した。

2. 使用した材料

本試験に使用した材料を表1に示す。供試体には、粉体ベントナイト(クニゲル V1:クニミネ工業製)、粒状ベントナイト(クニゲル GX:クニミネ工業製)、ベントナイトペレット(Na型ベントナイト、真密度2.0~2.1Mg/m³)、破砕ペレット(Na型ベントナイト、上記のベントナイトペレットを破砕)の形状の異なる材料を用いて作製した。粉体ベントナイトについては含水比を15%、35%に調整し、ベントナイトペレットおよび破砕ペレットは自然含水状態で使用した。

3. 供試体の条件と作製方法

供試体のサイズは直径300mm、高さ100mmの円柱状とし、目標乾燥密度はいずれのケースも1.37Mg/m³として作製した。供試体条件は4種類とし、作製方法を表2に示す。粉体ベントナイトは設置直後および設置後飽和が進んだ状態の2条件とし、初期含水比を調整して4層動的締固めにより目標乾燥密度となるように突固めた。ペレットと粒状体は重量比で7:3となるように充填し、破砕ペレットについても同様に自由落下により目標乾燥密度となるように充填して供試体を作製した。図1に作製後の供試体を示す。ペレット粒状体および破砕ペレット供試体は、変形を抑制した状

表1 使用材料

ベントナイト	種類	初期含水比(%)	状態
粉体	Na型	15, 35	-
粒状体	Na型	7.81	2~0.85mm
ペレット	Na型	8.28	28×25×5.5mm 真密度 2.0Mg/m ³ 以上
破砕ペレット	Na型	10.3	9.5mm以下

表2 供試体作製条件

ケース	材料	供試体作製方法	飽和度(%)	備考
1	粉体	突固め	45	w ₀ =15%
2		突固め	95	w ₀ =35%-
3	粒状体	自由落下	80程度	作製後に通水
	ペレット		80程度	
4	破砕ペレット	自由落下	80程度	



(a) 粉体 (b) ペレット粒状体 (c) 破砕ペレット

図1 作製後の供試体上面
(ペレット粒状体、破砕ペレットは通水前)

キーワード 高レベル放射性廃棄物, ベントナイト, ベントナイトペレット, ウォータージェット, 回収可能性
 連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設 原子力本部 TEL: 03-5381-5315

態で1週間程度通水し、飽和度を高めたものを使用した。

4. ウォータージェットによる切削試験の概要

ウォータージェットの噴射状況を図2に示す。本試験では、使用する溶液を淡水および塩水の2種類とし、その違いによる切削状況について確認した。塩水は海水相当濃度の3%となるよう塩化ナトリウムを用いて作製した。切削時の噴射圧力は事前試験の結果に基づき全ケース20MPaで実施した。また、ノズルと供試体間は約30cmを保ち切削を行った。

5. 切削試験の結果

表3に試験結果を示す。使用水量は使用したノズルの流量29.14L/minを用いて算出した。切削時間について、ケース1の粉体突固め(飽和度45%)およびケース4の破砕ペレット充填は21秒程度と切削時間が短かった。最も時間を要したケース2の粉体突固め(飽和度95%)は43~50秒程度であり、粉体突固め(飽和度45%)の2倍以上切削に時間を要した。また、ウォータージェットによる切削では塩水/淡水による切削時間および切削状況への影響はなかった。以上の結果より、鋼材の腐食など坑道周辺への影響を考慮するため塩水を使用できない場合に、淡水による切削方法の適用が有望であることが確認できた。これより淡水を用いた切削方法は、状況に応じた回収方法の1つとして適用が見込める。

ウォータージェットによる切削は、対象物に衝突したときに作用する衝突圧力によるマクロな力学的破壊と材料中の空隙あるいはクラックに衝突圧力が浸透して生じるミクロな力学的破壊(水くさび作用)が主なものと考えられているため、圧縮強度および引張強度と関係している⁴⁾。既往の研究⁵⁾より、粉体ベントナイトを初期含水比15%で作製した供試体の一軸圧縮強度は約0.5MPa、初期含水比25%で一軸圧縮強度は約0.4MPaであり、本試験の条件に当てはめると初期含水比15%の方が一軸圧縮強度は大きいウォータージェットによる切削時間は早かった。一方で破壊ひずみは初期含水比15%では1.7%、初期含水比25%では3.4%とほぼ倍であり、初期含水比25%では粘り強く水くさび作用に対する抵抗が大きくなるため、本試験では粉体突固め(飽和度95%)の切削に時間を要し、切削時間の違いとなって表れたと考えられる。今後は対象とする供試体初期の力学特性を把握し、切削状態および時間との関係について調べる予定である。

6. まとめ

飽和度および粒径の異なる供試体を使ってウォータージェットによる切削試験を行った結果、すべての条件において切削が可能であった。供試体条件による切削のし易さでは、粉体突固め(飽和度45%)≒破砕ペレット充填>ペレット充填>粉体突固め(飽和度95%)であった。また、塩水と淡水を切削水に使用した結果、塩水と淡水の切削能力は同程度であり淡水でも十分に切削することが出来た。今後は、切削距離や切削時間の定量評価など具体化に向けて試験を実施していく予定である。

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事業 可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発」の成果の一部である。

参考文献: 1) 経済産業省: 特性放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針, 平成27年5月22日閣議決定. 2) Kalbantner, P. and Sjödom, R. : Techniques for freeing deposited canisters Final report, SKB TR-00-15, Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co. 2000. 3) 岩佐健吾, 石井卓, 張至鎬, 沖原光信, 齊藤亮, 鈴木啓三: 廃棄体回収に係る塩水を利用した緩衝材の分解除去方法の検討, 原子力バックエンド研究 技術報告, Vol.16, No.1. pp57-73, 2009. 4) 時岡誠剛: ウォータージェット後方および工法用機器の安全対策, 社団法人 日本建設機械化協会, No.725, 2010, 7. 5) 前田宗宏, 棚井憲治, 伊藤勝, 三原守弘, 田中益弘: カルシウム型化およびカルシウム型ベントナイトの基本特性-膨潤圧, 透水係数, 一軸圧縮強度および弾性係数-, 動力炉・核燃料開発事業団, 1998, 3.



図2 ウォータージェットの様子

表3 試験結果

ケース	使用水 (淡/塩水)	平均切削 時間(sec)	使用水量 (L/min)
1	淡水	21	10.2
	塩水	21	10.2
2	淡水	43	20.9
	塩水	50	24.0
3	淡水	39	18.9
	塩水	43	20.9
4	淡水	21	10.2
	塩水	22	10.7