

塩水で飽和した緩衝材の除去特性

清水建設株式会社 正会員 ○中島均, 石井卓, 齊藤亮, 戸栗智仁

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物処分において、定置した後でも閉鎖に至るまでの間は、廃棄体の回収の可能性を維持しておくことが重要であるとされている。廃棄体を回収するためには、その周りを取り囲んでいる緩衝材を除去する必要がある。このような緩衝材除去方法の1つとして、塩水(例えば、NaCl 溶液)を利用し、緩衝材をスラリー化して除去する方法の研究が進められている[1]。これらの研究では、緩衝材は塩水が浸入すると固結力が弱まるため、塩水を比較的低い圧力で噴射することにより効率的にスラリー化できることなどが明らかにされている。また、1/14 スケールや実寸法の緩衝材に対して、現実的な施工法を想定した緩衝材除去実験が行われ、施工技術としての適用可能性が得られている[2][3]。

緩衝材の飽和度は、施工直後は不飽和状態で低いが、地下水の浸潤により次第に飽和度は上昇する。飽和度が高い緩衝材は除去しにくいことが知られている。ところで、処分場は海水環境下に設置される可能性があることも視野に入れて検討する場合、緩衝材は海水により飽和されることになる。既往研究では緩衝材内部の間隙水は淡水の条件で実施されていることから、本報告では、海水で飽和された緩衝材に対する、塩水による緩衝材除去方法の適用性を実験により確認した。

2. 緩衝材除去実験

塩水で飽和した緩衝材の除去特性を、淡水で飽和した緩衝材と比較することで、除去の見通しを得た。塩水はNaCl 4%溶液とした。供試体の乾燥密度は 1.6Mg/m^3 、飽和度は95%とした。さらに比較のために、飽和度47%の不飽和状態の供試体を用意した。なお、緩衝材は砂混合ベントナイト(70wt%クニゲル V1+30wt%珪砂(3号+5号))である。飽和供試体(50mm Φ ×50mmH)の作製は、圧縮成型した時点でほぼ飽和状態になるように予め含水比を調整し、炭酸ガス置換と真空吸引を併用し圧縮する方法を用いた。図2は使用した緩衝材の例である。

試験方法としては、噴射を1点に集中させて緩衝材を除去し、除去領域の深さを測定する方法を用いた。噴射位置を移動させながら供試体全体を均等に除去し、除去できた緩衝材の重量を測定する方法よりも短時間で比較データが得られる。また、実際の施工では噴射によって発生した除去スラリーは吸引して取り除き、噴射が常に緩衝材に作用するようにしているが、今回の実験では1点に噴射するため除去スラリーを吸引除去することが困難である。このような実験上の都合から、噴射を鉛直上向きに行い、発生するスラリーが重力により自発的に排除される方式を用いた。図1に今回実施した緩衝材除去実験の概念を示す。

噴射条件は、既存の室内試験で行われてきたケースの中から最も除去効率が高い、噴射圧力0.6MPa、ノズル径1.2mmの条件とした。噴射時間は、1分半程度に設定して試験を行ったが、淡水で飽和された供試体では除去深さが少なかったため、計測誤差が大きくなると判断し、5分程度の連続噴射とした。

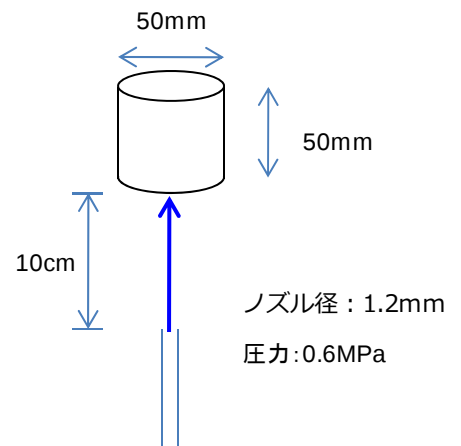


図1 緩衝材除去実験



図2 緩衝材（塩水飽和95%）

キーワード 放射性廃棄物, ベントナイト, 塩水, 緩衝材除去, 回収, 再取り出し

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島3丁目4-17 清水建設株式会社技術研究所, TEL:03-3820-8431, FAX:03-3820-5959

表1に試験結果を示す。除去深さは噴射終了後にスケール等で測定した。除去速度は除去深さと噴射時間から算定した。塩水で飽和した緩衝材の除去速度は 18.9mm/min であり、淡水で飽和した緩衝材の除去速度 2.3mm/min に比べると 8 倍程度大きかった。供試体内部の間隙水が塩水であった場合、塩水を噴射する前の段階ですでに固結力が弱いと考えられる。

表1 試験ケースと試験結果

噴射条件			供試体条件			試験結果		
ノズル径	噴射圧力	噴射流量	乾燥密度 (Mg/m ³)	飽和度 (%)	間隙水	除去深さ (mm)	噴射時間 (s)	除去速度 (mm/min)
1.2 mm	0.6 MPa	1.8L/min	1.6	95	NaCl(4wt%)	30	95	18.9
			1.6	95	淡水	13	338	2.3
			1.6	47	淡水	52	95	32.8

3. 一軸圧縮試験

間隙水のイオン濃度が異なることによる緩衝材の除去効率の違いを考察するために、一軸圧縮試験を実施した。試験より得られる一軸圧縮強度の違いで緩衝材の固結力の違いを評価できると考えた。試験の供試体は図2に示したものと同様の方法で作製したため 50mmΦ×50mmH である。密度条件は緩衝材除去実験と同様に、1.6 Mg/m³ とした。飽和度は、飽和条件は 95%、不飽和条件は 60% とした。試験方法は地盤工学会規準 JGS T511 に準拠し、載荷速度 1mm/min で圧縮し、それにとりあう応力の変化を測定した。試験結果を図3に示す。

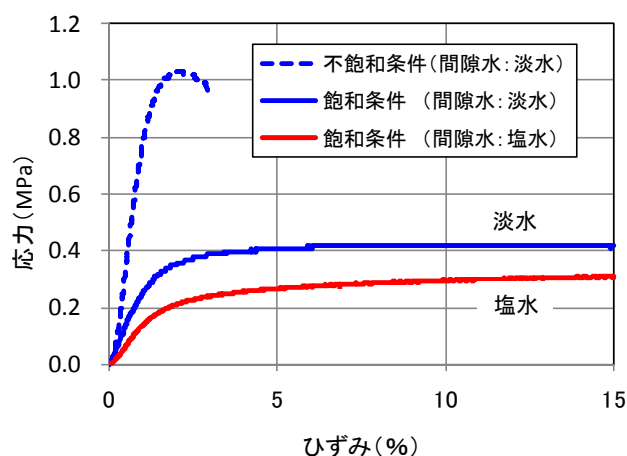


図3 一軸圧縮試験結果

塩水で飽和した供試体の一軸圧縮強度は 0.31MPa であり、淡水で飽和した供試体の 0.42MPa よりも小さかった。傾向としては除去効率と緩衝材の強度に関連があると言える。

4. まとめ

塩水で飽和した緩衝材においても塩水を噴射することによる緩衝材除去方法が有効に機能することがわかった。緩衝材に塩水が浸透して固結力が低下した領域が、噴射によりスラリー化されるという考え方に基くと、淡水で飽和している緩衝材は塩水が浸透しにくいので除去しにくい、塩水で飽和している緩衝材は初めから塩水が浸透しているため固結力が低下しているため除去しやすかったと考えられる。このような違いを一軸圧縮強度の違いにより説明することを試みたが、塩水で飽和した供試体は、淡水で飽和した供試体より一軸圧縮強度は小さいものの、その違いは3割程度でありオーダーで違う除去速度ほどではなかった。なお、塩水で飽和した供試体は図2に示すように自立していることから極度に低い強度ではないとも言える。

参考文献

- [1] 岩佐健吾、石井卓、張至鎬、沖原光信、齋藤亮、鈴木啓三：廃棄体回収に関わ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，Vol.16, No.1, 2009.
- [2] 中島均、朝野英一、張至鎬、沖原光信、戸栗智仁、石井卓：廃棄体回収のための塩水を利用した緩衝材除去技術，土木学会第 65 回年次学術講演会，CS7-032，平成 22 年 9 月
- [3] 矢萩良二、菱岡宗介、朝野英一、張至鎬、石井卓、齋藤亮、篠原康寛：塩水を利用した緩衝材除去方法の検討(10) 実規模スケール緩衝材除去実験その 1，原子力学会 2011 年秋の大会予稿集，p.82, 2011.