

緩衝材を人為的に NaCl 溶液環境にすることの効果とその後の難透水性の回復

清水建設 正会員 ○石井卓 張至鎬 齊藤亮

1. はじめに—緩衝材の人為的 NaCl 含有の事例—

ベントナイトの膨潤特性や透水特性は間隙水の電解質濃度の影響を受ける^{1) 2)}。従来の研究では、天然の地下水成分が海水に近い濃度である場合を想定しており、緩衝材の乾燥密度を比較的高く維持できる条件であれば、緩衝材が NaCl 溶液環境にあっても、ベントナイトの自己シール性の低下は小さいことが報告されている。²⁾

一方で、下記(1)(2)のように緩衝材を人為的に NaCl 溶液環境に置く場合も想定されるので、間隙水の初期の NaCl 濃度が高い緩衝材が淡水系の地下水環境に置かれた場合に難透水性がどのように回復するのかを調べた。

(1) 塩水で緩衝材除去して廃棄体を再取り出しの場合

原子力安全委員会(2000)によれば、高レベル放射性廃棄物の回収の可能性を維持することは重要である。その具体的な方法として、筆者ら³⁾は廃棄体オーバパックに密着している緩衝材に濃度 4wt% の NaCl 溶液を噴射することで緩衝材を容易にスラリー化して除去する図 1 に示すような塩水噴射法を提案したが、隣接する緩衝材が一時的に塩水環境になることの影響を確認しておく必要がある。

(2) 緩衝材に塩分を添加して膨出を抑止する場合

塩水による緩衝材の除去行為とは別に、緩衝材が人為的に塩分を含有する場合として「塩分添加緩衝材」の概念を想定した。高レベル放射性廃棄物を深部坑道に縦型定置して埋設処分する場合には、坑道を埋め戻すまでの数カ月～数年間において、緩衝材の吸水膨張に伴う膨出現象を抑止しておく必要がある。緩衝材の膨出を抑止するための方法としては、図 2 に示すように、処分孔に蓋を設けて岩盤にアンカーボルトで固定しておく方法や緩衝材の周囲に止水シートを設置することで地下水との接触を防止する方法などが考えられる。塩分添加緩衝材は定置直後の膨出を抑止する対策案として想定した。

ベントナイトの主要構成材料であるモンモリロナイトは、周囲の間隙水のイオン濃度を高くすることで膨潤を抑制できるという性質を有している。そこで、予め適量の塩分を混入させた緩衝材(塩分添加緩衝材)にしておくことで膨出現象を抑制することができると考えたものである。

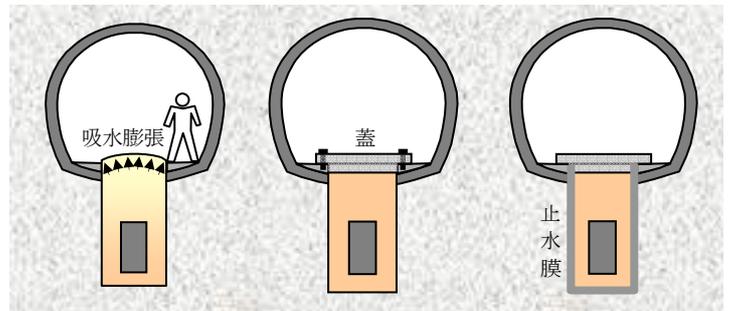
図1 塩水噴射による緩衝材除去実験例²⁾

図2 緩衝材の膨出現象のイメージと抑止対策例

2. 塩分添加緩衝材の吸水膨出観測実験

塩分添加緩衝材の小型試験体(容積 100mL)を試作した。試作した模擬緩衝材の乾燥密度 1.6 Mg/m³ に対する NaCl 添加率は 1.45wt% であり、緩衝材が水で飽和した時点での間隙水の NaCl 濃度は 4wt% になる。塩分添加緩衝材の膨出抑制効果を調べるために、図 3 の模擬処分孔に図 5 の凡例に示すような条件の異なる 4 種類の模擬緩衝材を設置して、水槽(水道水)に浸漬させる実験を行った。緩衝材は模擬岩盤(来待砂岩、透水係数 3E-8 m/s)を浸透した水を吸水して膨張する。図 4 に膨出状況写真を示すが、塩分添加の有無による膨出量の差は明確にある。

緩衝材の膨出量を観測する手段として、模擬処分孔試験体の上端面よりも盛り上がってきたものを一定時間ごとにスライス状に採取し、乾燥重量を測定した。図 5 には浸漬後の時間経過に伴う膨出量(乾燥密度)の累積量の推移を示した。

キーワード: 高レベル放射性廃棄物, 緩衝材, 塩水回収法, 吸水膨張, ベントナイト, NaCl

連絡先 : 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設(株) 技術研究所 Tel.03-3820-5500

浸漬後20日までの累計膨出量は、塩分無添加条件で約70gに対して塩分添加条件では約20gで、膨出を1/3以下に抑制できた。一方、20日経過後から60日までの40日間における膨出速度は0.5g/day程度で、両者の差がない。緩衝材中の塩分が水槽中の水に拡散して濃度がある程度低下したためであると考えられ、塩分添加で膨出をゼロにすることは難しく、大きなメリットとはならない。なお、初期飽和度の違いでは累計膨出量に差がなかった。

3. 塩分の消失に伴う難透水性の回復実験

緩衝材が人為的に NaCl 溶液環境に置かれた後に、間隙水の NaCl 濃度が低下した場合の難透水性の回復を調べた。供試体は図1のように模擬緩衝材に塩水を噴射し、図6のようにスラリー化したものを沈殿、炉乾燥させ、粉碎した材料を乾燥密度 1.6 Mg/m³、直径 50mm、高さ 20mm にプレス成形して4つ作成した。これに0.05MPaの水圧で通水させて、透水係数の変化を 200 日間観測した。乾燥処理した材料を塩分除去せずにプレス成形したので、間隙水中の初期の NaCl 濃度は 10wt%以上であった。

図7に示すように、通水に伴って滲出してきた間隙水の NaCl 濃度は約 120 日でほぼゼロとなる。時間の経過に伴って透水係数は小さくなり、約 150 日で約 6E-13 m/s に落ち着いた。すなわち、乾燥密度 1.6 Mg/m³ 相当の緩衝材と同等の難透水性に回復していた。

4. 結論

- 1) 緩衝材を人為的に NaCl 溶液環境に置く場合として、塩水噴射により緩衝材除去する場合および塩分添加緩衝材を設置する場合を想定した。
- 2) 緩衝材を塩水でスラリー化してから乾燥させた材料で塩分の多い緩衝材を作り、200 日間の透水試験により、塩分の流出に伴う難透水性の回復を確認できた。
- 3) 短期間の塩水環境は緩衝材の難透水性に悪影響を与えないと考えられる。除去した緩衝材の再利用の可能性も考えられる。



図6 NaCl 含有緩衝材の透水試験供試体作成手順

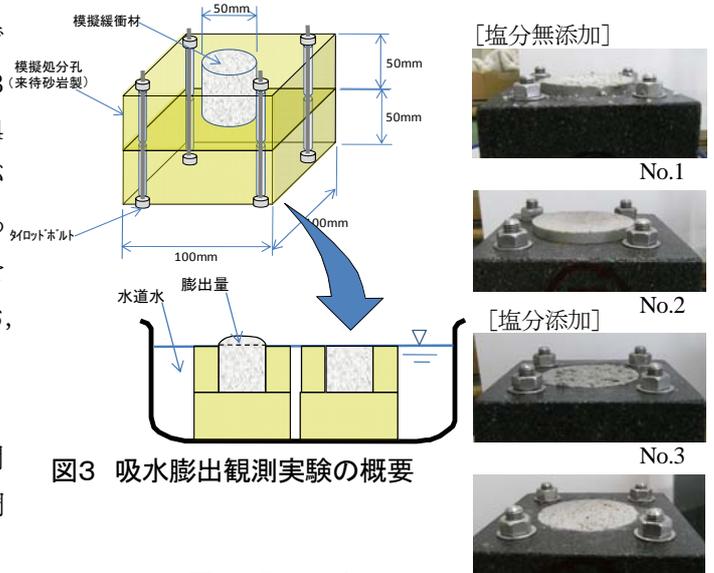


図3 吸水膨出観測実験の概要

図4 吸水膨出状況 (2日目から3日間) No.4

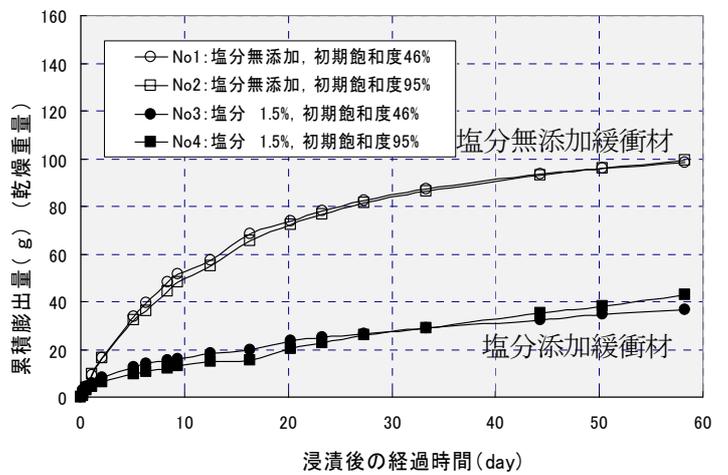


図5 浸漬後の累計膨出量(乾燥重量)

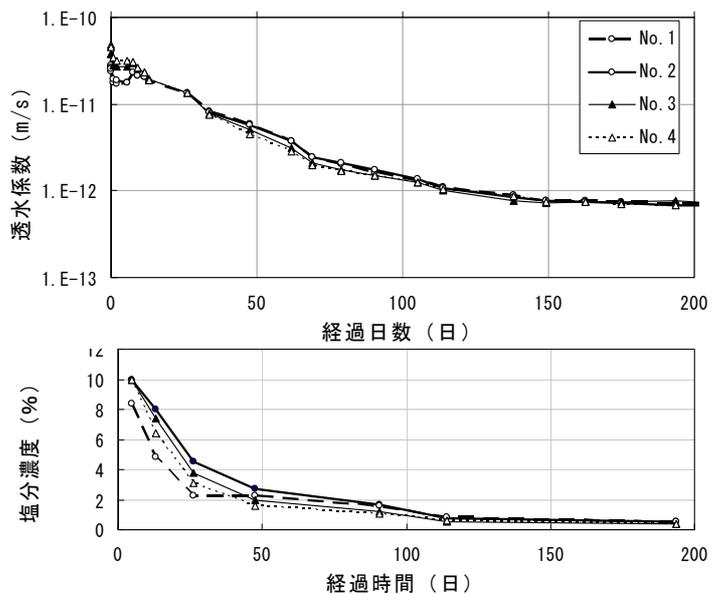


図7 通水に伴う滲出水の NaCl 濃度と透水性の変化

参考文献 1) 佛田他(2005)第40回地盤工学会, D-04, p651
 2) 小峯他, 土木学会論文C Vol.65 No.2, 389-400, 2009.5
 3) 張他(2009), 2009年秋の大会, M15, p. 630, 2009年9月, 原子力学会