処分孔竪置き方式における緩衝材流出に関する検討（その２；室内試験での緩衝材流出試験）

鹿島建設(株)　正会員　○小林一三
原環センター　非会員　横山　聡，非会員　石井智子，非会員　朝野英一

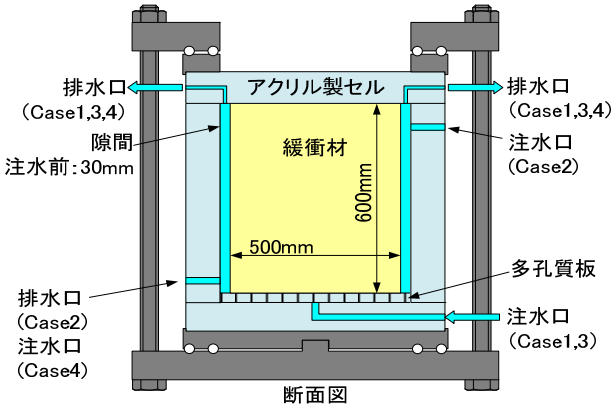
１．はじめに

本研究では，（その１）で示したように，処分施設の人工バリアのうち緩衝材に着目して，施設閉鎖後から地下水が回復して施設が飽和するまでの期間（以下，再冠水時）に緩衝材で発生する現象の定量評価を進めている．特に，再冠水時の緩衝材の流出現象に関しては，小規模室内試験から，順次スケールアップし，原位置試験まで様々な試験規模での検討を行っている[1)]．

本報では，再冠水時の緩衝材の流出現象に対する検討のうち，工学規模流出試験の試験結果を報告する．

２．試験の概要

実際の定置直後の処分孔では，緩衝材と天然バリアとの間にはある程度の隙間が想定されており，再冠水時には緩衝材の膨潤によってこの隙間はシールされると考えらる．一方，仮に処分孔の湧水量が一定であると，緩衝材の膨潤によって隙間の断面積が減少するため，隙間を流れる水の速度は膨潤に伴って増加する．緩衝材は膨潤すると乾燥密度低下に伴って強度が低下するため，緩衝材の強度よりも間隙を流れる水の粘性抵抗（せん断力）が優勢になる膨潤量となった時点で緩衝材が流出するものと考えられる（流出現象）．この現象に着目して試験を行った．



図－1　工学規模流出試験の概略図

工学規模試験の基本的な条件は，**図－1**に示すような内径 560mm×高さ 600mm のアクリル製セル内に直径 500mm×高さ 600mm の緩衝材を設置した状態で，流量制御で注水するものである．緩衝材とアクリルセルの間の隙間は 30mm である．注水量は，検討が先行している POSIVA の結果[2)]を参考にして 100mL/min を基本とした．緩衝材の配合は，ケイ砂を 30wt.%含む Na 型ベントナイトであり，その乾燥密度は膨潤後に外周部の隙間を埋めた状態で 1.6Mg/m^3 程度となるように設定した．また，排水の吸光度（濁度）から緩衝材の流出量を算出した．

検討ケースをまとめると**表-1**のようになる．検討では，注水量や注排水の位置関係が流出現象に及ぼす影響の評価，および流出対策の有効性検討を実施した．流出対策としては，**図-2**に示すように，緩衝材とセルの隙間に人為的に不陸を設置する方法（人工不陸）や隙間をペレットで充填する方法を検討した．

表-1　工学規模流出試験の条件一覧

Case	注水量	給排水位置 (図－1参照)	乾燥密度	流出 対策	備考
1	100mL/min から 段階的に減少	底面⇒上面	膨潤後の 乾燥密度が 1.6Mg/m^3 程度	なし	排水の吸光度から 流出量を算出
2	100mL/min	側面⇒側面		なし	
3		底面⇒上面		人工不陸	
4		側面⇒上面		ペレット	Case4:継続実施中

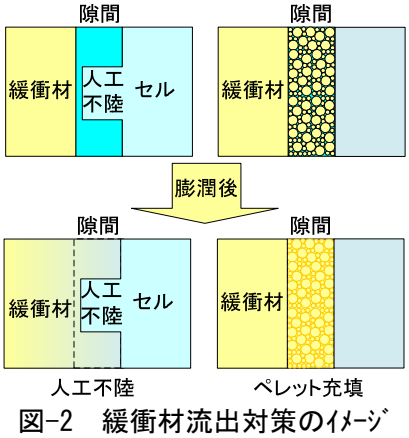


図-2　緩衝材流出対策のｲﾒｰｼﾞ

キーワード　高レベル放射性廃棄物地層処分，再冠水，ベントナイト，流出，エロージョン
連絡先　〒182-0036　東京都調布市飛田給 2-19-1　鹿島建設(株)技術研究所　ＴＥＬ042-489-6493

３．試験結果

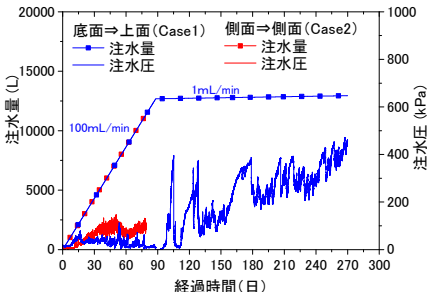


図-3　流出現象に対する注水量と給排水位置の影響

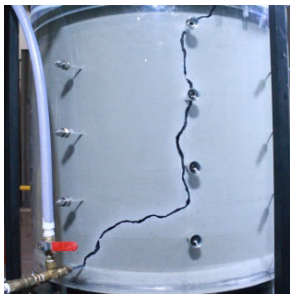


写真-1　水みち形成状況（Case2）

図-3に Case1 の注水圧と注水量の経時変化を示す．注水量は試験開始から 3 ヶ月程度の間 100mL/min として，その後，1mL/min に流量を低下させた．図から，注水量が 100mL/min の間は，注水圧がほとんど増加していないのに対して，注水量を 1mL/min に低減させると注水圧は激しく増減しながらも増加傾向を示し，注水圧が最大で 500kPa 弱まで増加した．ただし，流量を低下させても，水みちの太さが小さくなるものの流出現象は継続的に発生し，完全にはシールされなかった．さらに，図-3には，Case2 の注水圧と注水量の経時変化を示す．Case2 では，給排水位置の影響を調べるために，Case1 と注排水位置を変えて，図－1に示す位置から注排水した．Case1 と Case2 を比較すると，注水圧の経時変化は大きく変わらないことや両ケースともに写真-1に示すような水みちが形成されたことから，流出現象に対して注排水の位置の影響は小さいと言える．

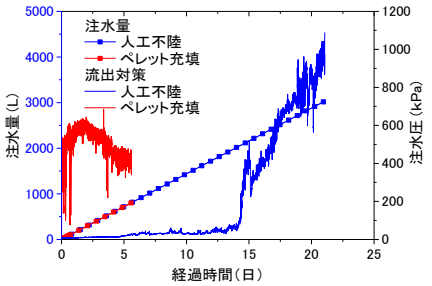


図-4　流出現象に対する対策の効果

図-4には，Case3 と Case4 の注水圧と流量の経時変化を示す．Case3（人工不陸）では，膨潤に伴って注水圧が急激に増加し，22 日で閉塞して流出が止まった．一方，Case4（ペレット充填）は，注水開始初期段階から注水圧が 500kPa 前後で推移している．両者とも，Case1 や Case2 と比較して，注水圧が高いことから流出現象に一定の効果が有るものと考えられる．また，人工不陸とペレット充填は効果の発現時期に差があることから，両者を併用することで相乗効果が期待できる．

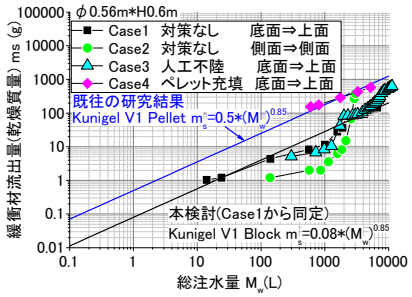


図-5　流出現象に対する対策の効果

図-5には，全ケースの注水量と緩衝材の流出量(乾燥質量)の関係を示す．図には，同材料を用いて得られた既往の研究結果 [1]も併せて示す．図から，Case4 以外では，既往の研究成果と比較して注水量と緩衝材の流出量の関係の勾配は概ね同等であるが，流出量は小さかった．これは，試験装置の隙間の容積が大きいために，流出開始までに必要な注水量が大きくなり，試験結果が右方向にシフトしたものと考えられる．また，Case3 では，無対策の場合に比べて緩衝材の流出量が少ないことから，流出現象に対する人工不陸の有効性が確認できた．一方，Case4 は無対策の場合に比べて緩衝材の流出量が多いが，注水量と緩衝材の流出量の関係の勾配が小さくなる傾向を示しており，ある注水量を超える範囲では流出量が小さくなる可能性がある．

４．おわりに

今後，これらの試験を通じて得られた結果によって，再冠水時の緩衝材の流出現象を定量評価できれば，再冠水後の緩衝材の性能（長期性能評価用の初期値）を推定することが可能となり，これにより閉鎖時の緩衝材が満たすべき性能を，長期性能を考慮して提示できるものと考えられる．

本報告は経済産業省資源エネルギー庁からの委託事業である「地層処分技術調査等事業 処分システム工学確証技術開発」の成果の一部である．

参考文献

1) 原環センター（2015）：地層処分技術調査等事業 処分システム工学確証技術開発報告書（第２分冊）－人工バリア品質／健全性評価手法の構築－緩衝材

2) Petri S., Teemu L., Markus O. and Kari K.: Current Status of Mechanical Erosion Studies of Bentonite Buffer, POSIVA 2012-45, p.11, 2012.