

塩水ベントナイトグラウトの岩盤への注入効果に関する研究

岡山大学大学院 正会員 ○西垣 誠
同 正会員 小松 満
非会員 割石 晴文

1. 背景及び目的

高レベル放射性廃棄物の地層処分において、様々な課題が未解決の状態であり、確実な技術には至っていない。その課題の一つとして、孔道掘削時の応力解放に伴って発生する亀裂や地盤調査などで使用した試錐孔の閉塞が挙げられる。この試錐孔を適切に閉塞しなければ、万が一の場合、汚染が拡散し地層処分の天然バリアの安全性に影響を及ぼす。そこで本研究では試錐孔を閉塞し透水性を低下させるためのグラウト材としてベントナイトに着目し、注入時の粘性を低下させるために塩水を用いてベントナイトスラリーを作成した。そして、室内モデルでその重鎮に際しての注入後におけるベントナイトスラリー（以下 Sa/Be スラリー）の塩水／水置換挙動（止水性の発揮状況）を調査した。

2. ベントナイトスラリー中の塩分濃度の測定

注入後の塩水と水の置換状況を把握するため、塩分濃度の計測に比抵抗装置を用いた。その際、塩水と Sa/Be スラリーの値の違いに対するキャリブレーションを調査した。今回用いた試料は Na 型ベントナイトであるクニゲル V1 である。モールド内に各濃度の塩水と Sa/Be スラリー（液固比=2/1）をそれぞれ入れた。そして、4V の交流電圧を用いて交流電流変化を読み取った。概念図を図-1 に、結果を図-2 に示す。これより、Sa/Be スラリーでの濃度の電流値が、塩水のみと比較して小さくなっている事が分かり、誤差を補正する必要がある。ここでは近似直線の切片の誤差と傾きの誤差から求めた。以下に切片の誤差 I と角度の誤差 θ を示す。

$$I = A - B = 0.0148 \quad (1)$$

$$\tan \theta = \tan(\alpha - \beta) = \frac{m_1 - m_2}{1 + m_1 m_2} = 0.042696765 \quad (2)$$

3. 二次元通水試験

図-3 に示す実験装置図を作成し、試錐孔の内部への深さ方向に対して塩水と水がどのように置換するのか挙動を調査した。ここで、電極は外側から中心に向けて No.1, No.2, No.3 とした。注入した Sa/Be スラリーは塩分濃度 4%、液固比=2 であり、動水勾配を 0.08 に設定し通水を行った。試錐孔周辺には川砂を締め固め、モールドを作成した。結果を図-4 に示す。この結果から、Sa/Be スラリーの置換は外側から内側へ行われていることがわかった。

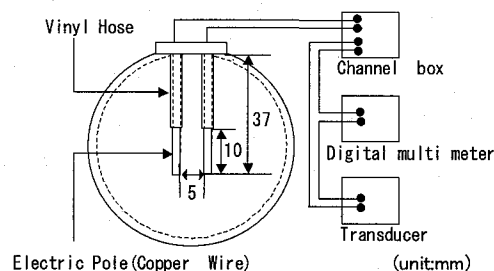


図-1 比抵抗装置の概念図

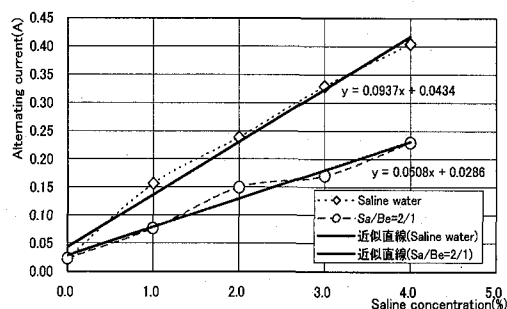


図-2 キャリブレーション結果

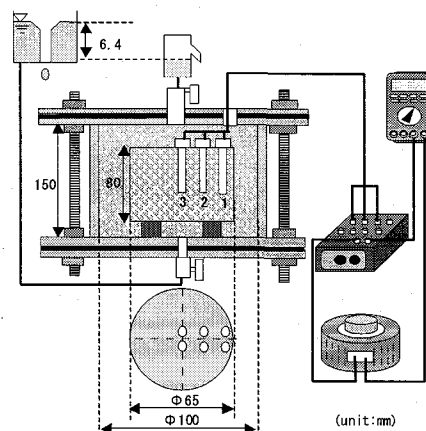


図-3 二次元通水試験装置

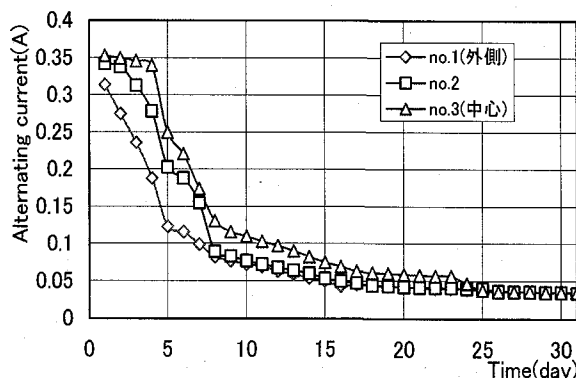


図-4 二次元通水試験結果

3. 大型土槽による注入・通水試験

図-5 に示す実験装置を作成し、流動が存在する場合と存在しない場合に分けて鉛直方向の挙動を検討した。試験方法は二次元通水試験と同じである。電極は下部より No.1, No.2, …, No.9 とした。流動が存在しない場合の塩分濃度の経時変化を図-6 に、流動が存在する場合の塩分濃度と膨潤圧の経時変化を図-7 に示す。流動が存在しない場合では、上部ほど置換が進み、最終的な収束も上部ほど低い塩分濃度で収束している。流動が存在する場合では、流動が存在しない場合と比較して早く塩分濃度が低下していることがわかる。そして、最終的な収束も 0.5% 前後に一様に低下している。これは、流動が存在していることにより、常に新たな水とベントナイトスラリーが接触して生じたことであり、流動が存在する方が早く膨潤強度を有することがわかった。なお、膨潤圧は 40kpa を超えていた。したがって、本測定結果と文献調査からベントナイトスラリーを注入するボーリング孔の傾きにより、スラリーの圧密特性が変化し、スラリーの注入量が変わり、その結果膨潤圧に大きな影響を及ぼしている事がわかった。

4. 結論

本研究では、Sa/Be スラリーを用いた試錐孔の重鎮によるベントナイトスラリーの挙動を把握した。具体的には、二次元通水試験で水平方向への置換状況を求めた結果、外側から内側へと置換されることが分かったが長期的なスケジュールで考えると、ほぼ全体が同時に置換されていたものと考えられる。また、大型土槽を用いた鉛直方向への注入試験の置換状況の把握も行った。結果、流動が存在しない場合では圧密によりボーリング孔の下部ほど水と置換し難い状態となり、上部と下部では置換の進行具合が変わってくる事が判明した。また、流動が存在する場合では、流動が存在しない場合に比べて早く置換し、全ての電極が一様に置換する事が確認された。さらに、地下水の動水勾配を設定して水を流してもベントナイトスラリーは流れ出さなかったため、試錐孔の閉塞技術において止水の可能性を示せた。

今後の課題としては、実際の地盤に塩水ベントナイトスラリーを注入した場合どの程度の強度を必要とするのか評価手法を解明する必要がある。また、今回対象とした地盤は地層処分で問題となりやすい透水性の高い地盤、ここでは砂質土である川砂を用いたが、実際の地盤は何層にも別れていることから、他の試料を組み合わせた試験を行う必要がある。

【参考文献】

1) 西垣 誠・小松満・見掛信一郎・田岡洋・中島朋宏：エタノールを用いたベントナイトスラリーの亀裂性岩盤へのグラウト効果，土木学会論文集 No. 764/III-67, pp. 221-233, 2004.

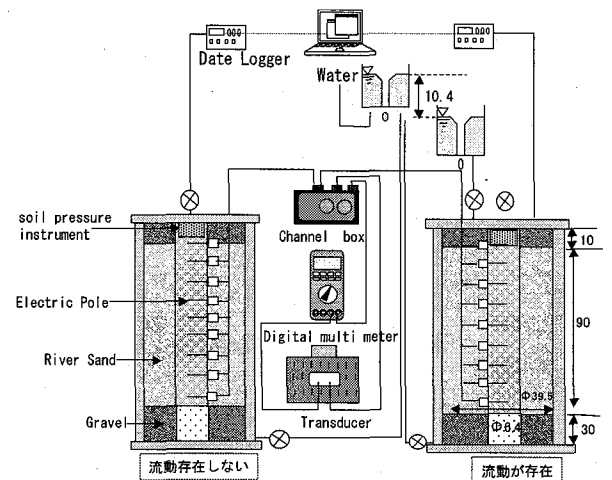


図-5 大型土槽注入・通水試験装置図

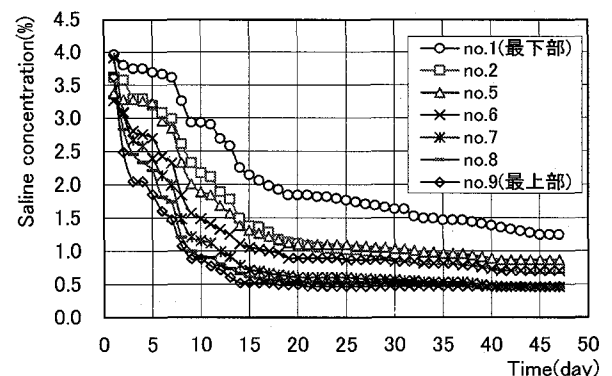


図-6 流動が存在しない場合の塩分濃度の経時変化

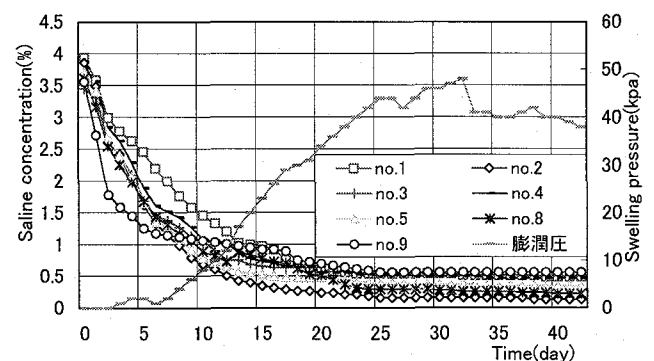


図-7 流動が存在する場合の塩分濃度と膨潤圧の経時変化