

塩水ベントナイトグラウトの岩盤への注入に関する研究

岡山大学大学院 正会員 西垣 誠, 小松 満

非会員 割石 晴文

関西電力(株)

非会員 寺田 博一

(株)環境総合テクノス 正会員 龍田 圭亮

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、確実な技術として確立するには至っていない。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¹⁾、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. 二次元通水試験

図-1 に示す実験装置図を作成し、まずは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、塩分濃度の計測は比抵抗装置を用い、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。なお、試錐孔周辺には川砂を締め固めた。結果として、比抵抗装置で得られる電流の経時変化を図-2 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。

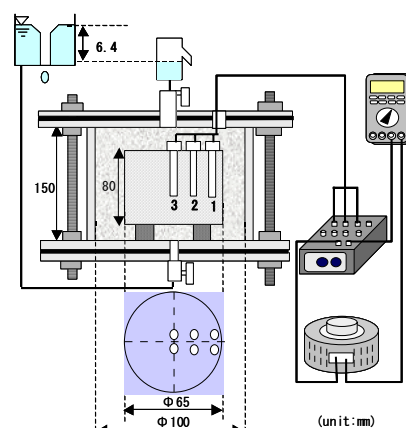


図-1 二次元通水試験装置

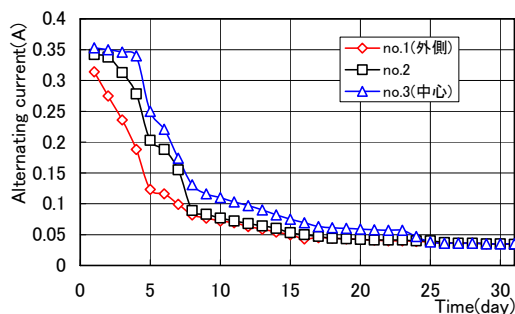


図-2 二次元通水試験結果

3. 大型土槽による注入・通水試験

次に、図-3 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-4 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-5 に示す。流動が存在しない場合では、上部ほど置換が進み、最終的に上部ほど低い塩分濃度で収束している。一方、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、最終的には 0.5% 前後に様に低下している。これは、流動の存在で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し強度を有することがわかった。

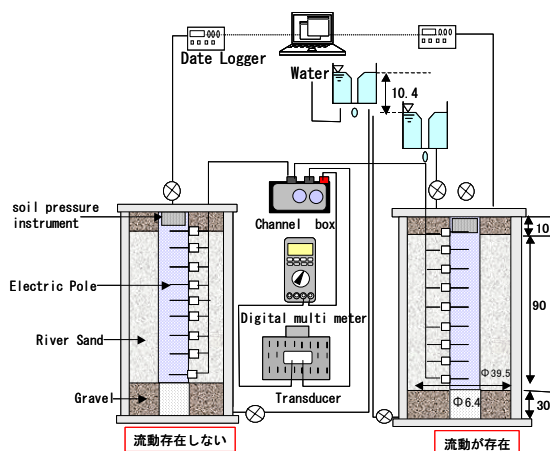


図-3 大型土槽注入・通水試験装置図

キーワード：ベントナイト，グラウト，塩分濃度，膨潤，比抵抗

連絡先：〒700-8530 岡山市津島中 3-1-1 Tel:086-251-8164, Fax:086-251-8167

なお、膨潤圧は 40kpa を超えていた。したがって、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ってスラリーの圧密特性が変化し、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。

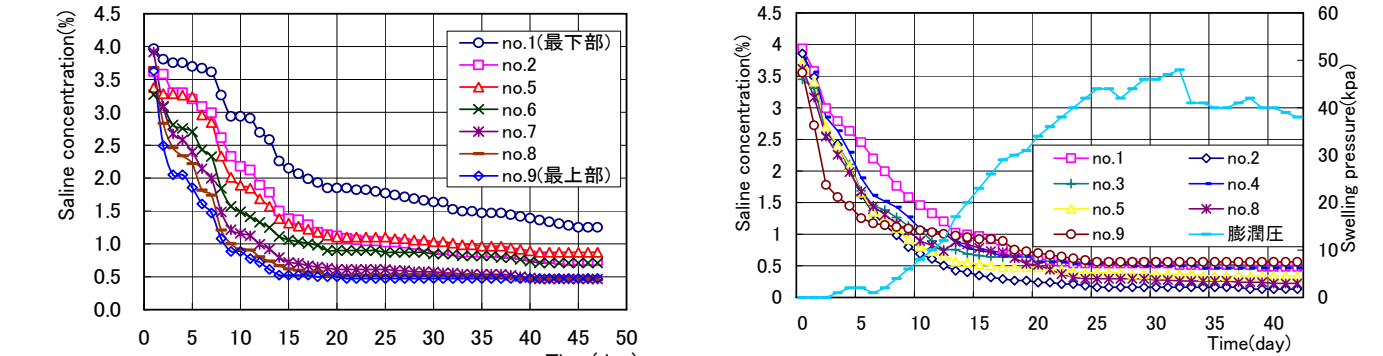


図-4 流動が存在しない場合の塩分濃度の経時変化

図-5 流動が存在する場合の塩分濃度と膨潤圧の経時変化

4. 密度試験及び一軸圧縮試験

大型土層による通水試験でどちらの場合も塩分濃度に変化が見られなくなったことから、注入した Sa/Be スラリーを取り出し、深度毎に密度試験及び一軸圧縮試験を行った。試験結果を表-1 に示す。どちらの場合も下部ほど含水比の値が高くなっている。それと共に一軸圧縮試験でも下部ほど小さい値となっていることから、下部ほど強度が小さい事がわかる。なお、今回一軸圧縮試験を行ったところ、全ての供試体でせん断破壊を起こした。また、流動性がない場合の密度試験では上部ほど高い値となっていることからわかるように、上部ほどよく締め固まっている。流動性がある場合では、一定の傾向を見て取る事が出来なかったが、流動性がない場合と比較すると全体的に締め固まっている事が判明した。

5. 結論

本研究では、Sa/Be スラリーを用いた試験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わ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を実施した結果、流動が存在しない場合では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。この事は、密度試験や一軸圧縮試験の結果によっても確認できた。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。そして、ベントナイトの膨潤も促進され密度が増加し強度が増す事が確認できた。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亡することはない、試験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、実際の亀裂に塩水ベントナイトスラリーを注入した場合、その強度に対する評価手法や、塩水と水の拡散による置換状況の理論的なメカニズムの解明を行う必要がある。

【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.

表-1 Sa/Be スラリーの力学特性

流動なし	湿潤密度 (g/cm ³)	含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)	一軸圧縮強さ (kN/m ²)
no.1	1.32	152.97	0.52	6.50
no.2	1.28	143.54	0.53	12.10
no.3	1.34	140.46	0.56	10.98
no.4	1.34	140.73	0.56	13.92
no.5	1.28	143.49	0.53	18.01
no.6	1.34	146.70	0.54	15.80
no.7	1.34	143.43	0.55	14.72
no.8	1.38	140.65	0.57	16.11
no.9	1.36	135.72	0.58	
流動あり	湿潤密度 (g/cm ³)	含水比(%)	乾燥密度 (g/cm ³)	一軸圧縮強さ (kN/m ²)
no.1	1.36	149.07	0.55	9.90
no.2	1.36	152.59	0.54	15.21
no.3	1.36	143.94	0.56	17.16
no.4	1.31	143.28	0.54	18.45
no.5	1.42	141.33	0.59	18.42
no.6	1.33	138.44	0.56	8.63
no.7	1.39	138.11	0.58	23.70
no.8	1.29	133.81	0.55	17.77
no.9	1.33	133.74	0.57	