

高粘性流体の注入による割れ目の特性評価方法の原位置試験による検討

(財)電力中央研究所 正会員 長谷川琢磨, 後藤和幸, 田中靖治

1. 研究の目的

高レベル放射性廃棄物処分の安全評価では, 地下水によって核種が輸送される地下水シナリオの評価が重要である。割れ目を介しての物質移行を評価する際には, 割れ目の幅や流れの次元が重要になる。このため, 高粘性流体の注入により割れ目幅と流れの次元を評価する方法の理論的検討¹⁾, 室内における適用性検討²⁾を実施してきた。本報告では本方法の原位置での適用性を検討した。

2. 試験の原理

提案した方法では, 高粘性の流体を割れ目に注入し, その際の圧力や流量の経時変化から, 割れ目の幅, 流れの次元を評価する。例えば, 高粘性流体を割れ目に定流量で注入した場合, 軸対称的な流動であれば, 図1に示すように, 高粘性流体が円形に広がるため, 時間と共に到達距離の増加率は低下し, 注入圧力は対数関数的に増加する。このように注入圧力の変化から流れの次元が評価できる。さらに, 同じ注入量でも割れ目幅の大小により, 高粘性流体の到達距離が異なり, 圧力の増加率が異なるため, 割れ目幅の評価も可能である。なお, 注入圧力は高粘性流体の流動によって発生することを仮定しているが, 水にメチルセルロースなどを溶解することにより, 十分粘性の高い流体を作成することが可能である。

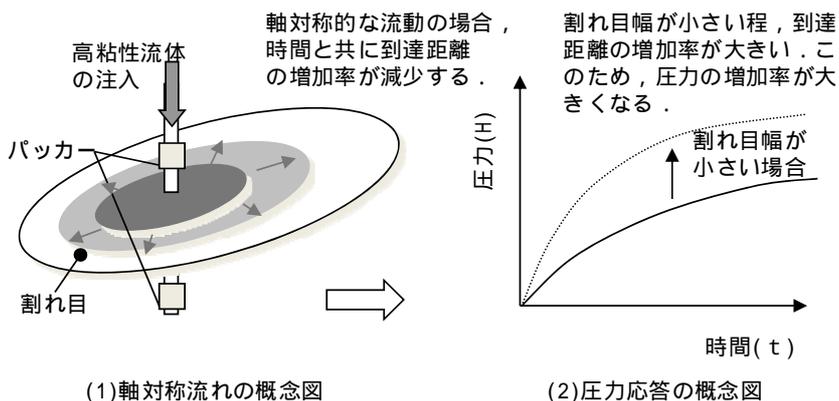


図1 高粘性流体の注入試験の原理

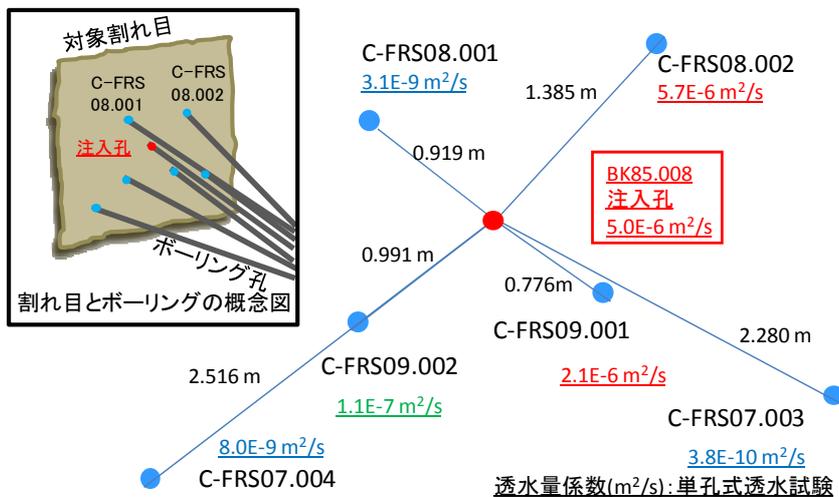


図2 割れ目でのボーリング孔の位置と透水試験結果

3. 原位置試験

高粘性流体の注入により, 割れ目内の流れの次元と割れ目幅が評価できることを確認するために, スイス Nagra の Grimsel Test Site(GTS)で原位置試験を実施した。坑道から対象割れ目に掘削したボーリング孔の位置などを図2に示す。GTSでは, 高粘性流体注入試験に先立ち, ボアーホールテレビ観察, 水理試験, トレーサー試験, ラドン濃度計測などが実施された。また, 試験後には水理試験と音響トモグラフィなどが実施された。

試験では水の100倍の粘性流体を300ml/minの定流量で注入し, 注入孔と周辺孔での圧力変化を観測した。注入孔での圧力変化を図3に示す。試験中に流量が多少変化したため, 圧力に変動があるが, 圧力は2段階で対数関数的に増加した。図4に示すように, この結果を軸対称の理論式³⁾に基づいて, 時間の対数値と圧力とを図化すると, 圧力は2つの直線で近似でき, 透水量係数が変化していることが示唆された。なお, 第一段階での透水量係数は3.7E-5m/s, 割れ目幅は0.5mm, 注入量から広がり半径1m程度であった。この

キーワード: 流れの次元, 割れ目幅, 高粘性流体, 水理試験, トレーサー試験

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財)電力中央研究所 TEL 04-7182-1181

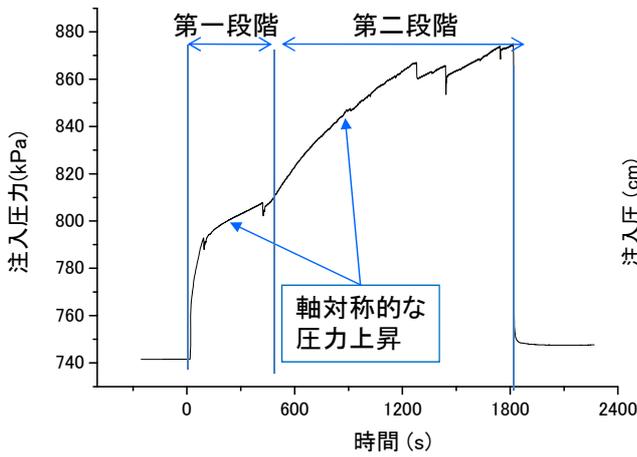


図3 高粘性流体注入圧の経時変化

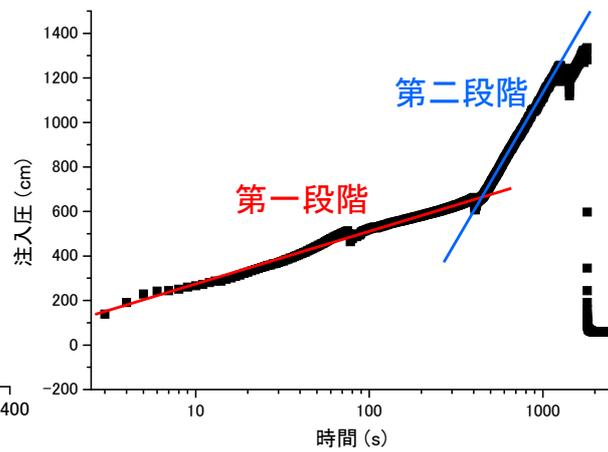


図4 高粘性流体の軸対称理論式³⁾による評価
(Jacobの方法的な評価)

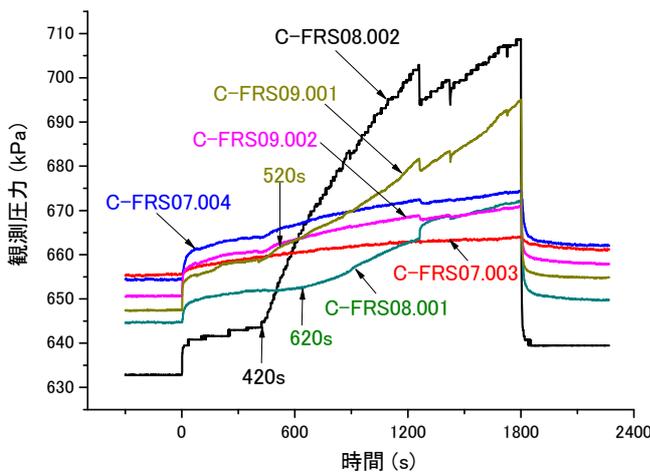


図5 観測孔での圧力の経時変化

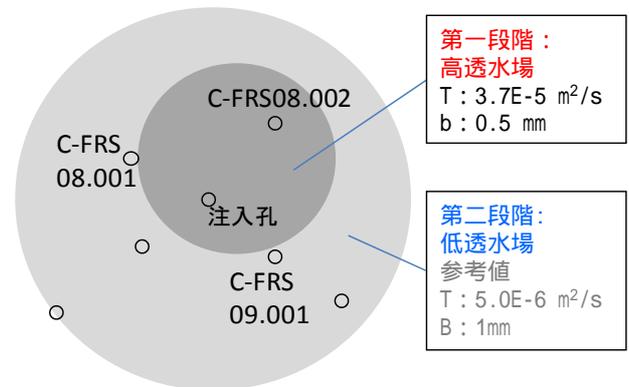


図6 高粘性流体注入による評価モデル

透水量係数は、高粘性流体試験前に実施した透水試験結果 $5.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ よりも一桁程度大きい。

次に、周辺孔での圧力応答を図5に示す。高粘性流体は水よりも粘性抵抗が大きいため、高粘性流体が到達すると圧力が上昇する。周辺孔の内、3孔では圧力が上昇したため、高粘性流体が到達したと考えられた。もっとも早く高粘性流体が到達したのは、C-FRS08.002であり、やや離れたボーリング孔であった。その後、C-FRS09.001、C-FRS08.001と注入孔から近い順に到達した。高粘性流体が円形に広がると仮定して割れ目幅を評価すると、C-FRS08.002では0.4mm、C-FRS09.001では1.7mm、C-FRS08.001でも1.7mmとなる。

4. まとめ

高粘性流体注入による割れ目の評価を原位置で実施した。この結果、割れ目内での流れの次元が2次元的で、透水場が2つあることがわかった。透水場は図6に示すように、注入孔周辺に高透水場、その外側に低透水場が存在し、高透水場の透水性は $3.7 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ 、割れ目幅は0.5mm程度と評価できた。今後本手法の原位置での適用性を他の試験結果との比較から示すと共に、数値解析などによる検討を実施する予定である。

謝辞

本研究は経済産業省からの受託研究「岩盤中物質移行特性原位置評価技術高度化調査」として実施したものの一部である。本研究の実施にあたっては、岡山大学 西垣誠教授をはじめとする検討委員会委員各位には貴重な御助言を頂いた。原位置試験では大成建設 苗村由美氏に御協力いただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

1)長谷川琢磨, 田中靖治, 西垣誠(2007): 高粘性流体の注入による有効間隙率と流れの次元の評価, 土木学会論文集 C, Vo. 63, No. 1, pp.132-142. 2)長谷川琢磨, 田中靖治, 後藤和幸(2009): 高粘性流体の注入による割れ目の特性評価方法の室内試験による検討, 平成 21 年度土木学会全国大会, III-288. 3) 西垣誠, 見掛信一郎, 小松満, Kwabena KANMKAM-YEBOAH(2003): 亀裂性岩盤におけるグラウトの注入範囲と有効間隙率の評価, 土木学会論文集, No.743/III-64, pp.199-212.