

高粘性流体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（その2）

(一財)電力中央研究所 正会員 ○長谷川琢磨, 田中靖治
(株)アサノ大成基礎エンジニアリング 後藤和幸

1. 研究の目的

割れ目を介しての物質移行現象を評価する際には、流動状態（割れ目の幅や流れの次元）の評価が重要である。透水試験などではこれらの情報は十分に得られないため、モデルを想定して評価しているのが現状である。これらを実評価するために、高粘性流体を注入し、注入圧力から、割れ目の内の流動を評価する方法を提案している^{1),2)}。本報告では、前報³⁾に引き続き原位置での試験結果に基づいて試験の有効性を検討する。

2. 試験の原理

高粘性流体を一定流量で割れ目に注入し、その際の圧力の経時変化から、割れ目の幅、流れの次元を評価する。例えば、一次元的な流動であれば、時間とともに流路が線形的に増加するため、注入圧力は線形的に増加し、軸対称的な流動であれば、図1に示すように、時間とともに広がりには低下するため、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、高粘性流体は、水にメチルセルローズなどを溶解することにより、十分に粘性の高い流体を作成することが可能である。

3. 原位置試験

高粘性流体の注入による割れ目の特性評価方法の有効性を確認するために、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、ボアホールテレビ観察、水理試験、トレーサー試験などが実施された。また、試験後にも水理試験などが実施された。

試験では水の約 100 倍の粘性流体を定流量 (400 ml/min) で注入し、注入孔と周辺孔の圧力を観測した。注入孔での圧力変化を図3に示す。注入圧力は、二次関数的な圧力上昇を示した。また、注入孔に近い、8.001 孔と 8.002 孔において有意な圧力応答があった。注入圧力からは一次元的な流動も想定されるが、注入孔から近い順に、周辺孔で圧力応答が確認されており、軸対称的に流動しているが、透水量係数がボーリング孔からの距離に伴って低下していると考えられた。注入圧力の増加は、流動抵抗の増加に相当するため、注入圧力の時間増分から透水量係数の変化を求めた。この結果(図4)から、時間的に透水量係数が低下していることが確認できる。一定流量で注入しているため、時間は空間の増加と同じ意味を持ち、注入孔から離れるに従って透水量係数は低下していると推定された。この結果は、図5に示す透水試験結果とも整合的である。図は透水試験結果に基づいて、Kriging により透水量係数の空間分布を推定したものである。注入孔での透水量係数が特異的に高く、注入孔から離れるに従って透水量係数は低下する傾向にある。ただし、割れ目幅は、透水量係数が変化する場合、評価が難しい。これは、透水量係数が割れ目幅の3乗則で表されるように、圧力変化は

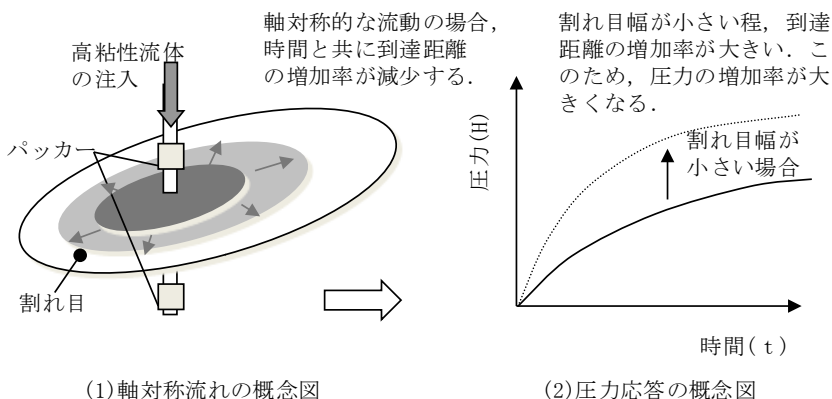


図1 高粘性流体の注入試験の原理

キーワード：割れ目、流れの次元、割れ目幅、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 (一財)電力中央研究所 TEL04-7182-1181

透水量係数に強く依存し、分離が困難なためである。一方、周辺孔での圧力応答から、高粘性流体が円形に広がったと仮定すると、割れ目幅は図5のように計算できる。この割れ目幅(0.8~1.4mm)は、図4の透水量係数から割れ目幅の3乗則で求められる割れ目幅(0.1~0.5 mm)よりも大きい値となる。

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、注入孔から離れるに従って透水量係数が低下するような場であることが確認できた。透水量係数の変化が大きく、割れ目幅の推定は困難であったが、観測孔での圧力から流動形態が軸対称的であることや割れ目幅が1 mm程度であることが推定できた。このように、観測孔での圧力変化も高粘性流体の到達によって特徴的な変化を示すため、観測孔での応答を組み合わせることで評価することにより、より流動場の理解が進むことがわかった。

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開発」として実施したもの的一部分である。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 本島貴之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, IIII-288. 3)長谷川琢磨, 田中靖治, 後藤和幸(2010) 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, IIII-116.

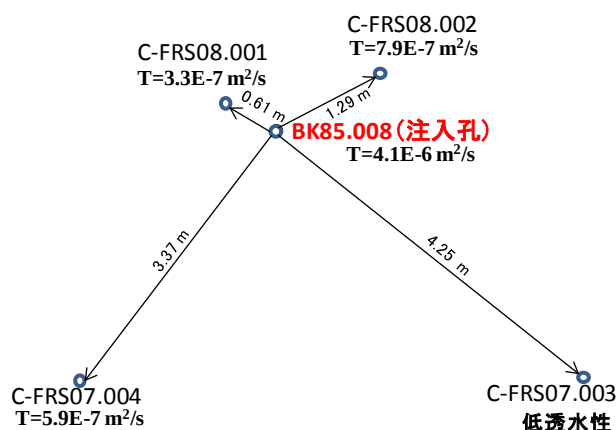


図2 割れ目面内での孔配置および透水量係数

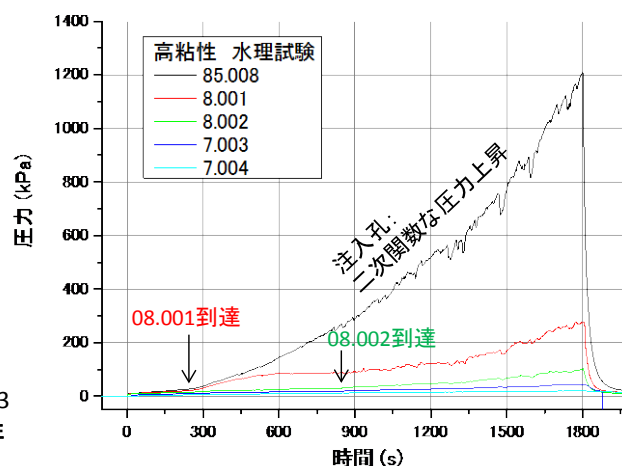


図3 高粘性流体注入時の圧力の経時変化

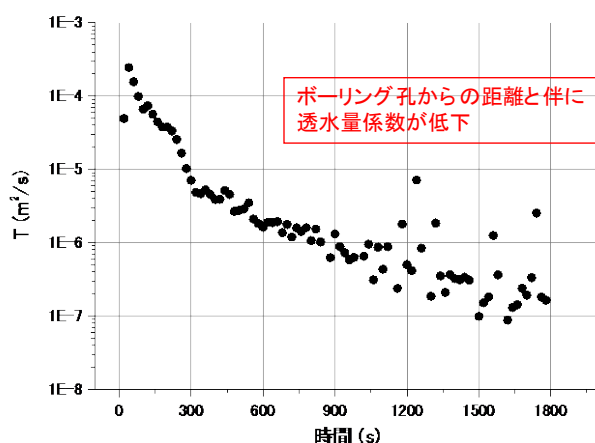


図4 注入圧に基づく透水量係数の時間変化

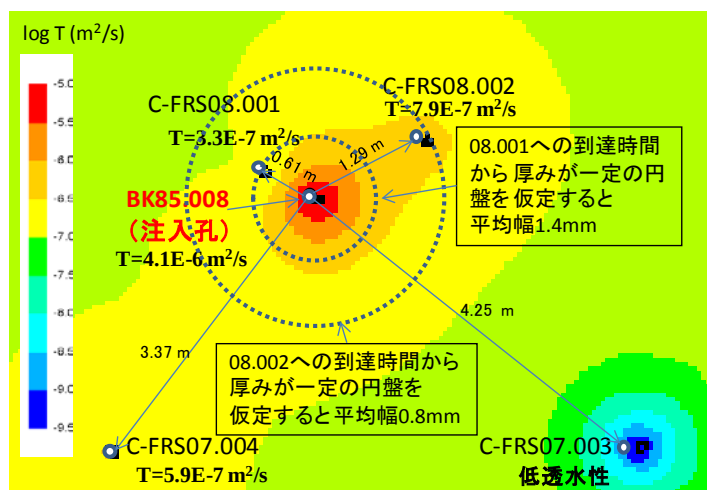


図5 透水試験に基づく透水量係数の推定値