

トレーサ試験の評価結果に対する投入フラックス推定誤差の影響

電力中央研究所 正会員 田中 靖治

1. はじめに

原位置トレーサ試験においては、回収孔での破過曲線だけでなく、岩盤に投入されたトレーサのフラックスを正確に把握することが重要である。そのため、著者らが開発を行っている試験装置^{1),2)}では、投入孔内の間隙を極力減らすとともに、孔内への放出直前の濃度を計測している。しかし、それでもその計測された濃度は、実際に岩盤へ放出される濃度と完全には一致しない。本研究では、岩盤割れ目を対象としたトレーサ試験の評価結果に対するこの濃度の不一致の影響について、数値シミュレーションによる検討を行った。

2. トレーサ投入用孔内装置

著者らの開発したトレーサ投入用孔内装置の概観を図1に示す。装置は、口径86 mmのボーリング孔での使用を想定し、直径79 mmの円筒形をしており、両端にはパッカーが取り付けられている。トレーサの吐出口は、孔内装置の側面上に2個、180°回転した位置に設置されている。本装置では、吐出口から排出される直前のトレーサ濃度を計測することが可能である。また、装置には回収口が設けられており、放射状収束試験を実施する場合には、吐出流量と同流量で孔内水を回収することで、投入孔での水圧の上昇を抑えられるようになっている。回収口は、やはり装置の側面上に2個、180°回転した位置に設置されている。ただし、孔内でトレーサが均一に混ざるように、吐出口とは90°回転した位置関係にある。

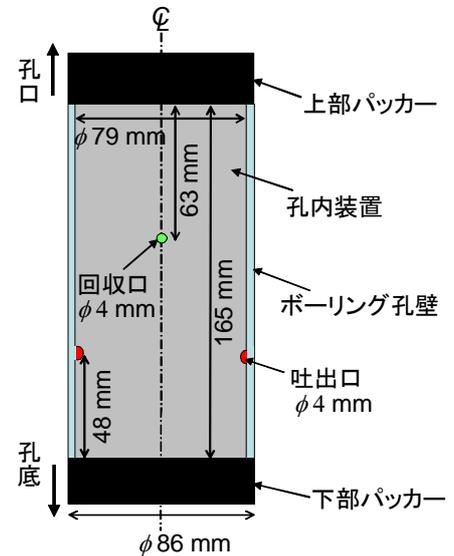


図1 トレーサ投入用孔内装置の概観

3. 割れ目への投入フラックス

トレーサ試験としては、ダイポール試験と放射状収束試験を想定した。ダイポール試験では、濃度1 ppmのトレーサ溶液が150 cc/minの流量で10分間注入された後、同流量の水が引き続き注入されるものとした。孔内の投入装置には、坑道内の投入制御装置から内径4 mm、長さ50 mの輸送チューブを介してトレーサ溶液が送られる。そのため、孔内の投入装置の吐出口から排出されるトレーサのフラックスは、図2のflux1のように坑道内より約250秒遅れる。しかし、実際には輸送チューブ内での分散(分散長0.4 m)により、吐出口でのフラックスは図2のflux2になる。その後、トレーサは孔壁と投入装置との間隙を通って岩盤割れ目へと出て行く。図2のflux3は、投入孔、投入装置および周辺の割れ目を考慮した3次元流体解析により算出した割れ目への投入フラックスである。解析方法の詳細は既報³⁾を参照されたい。同様に、放射状収束試験についても、割れ目へ投入されるトレーサのフラックスを算出した。

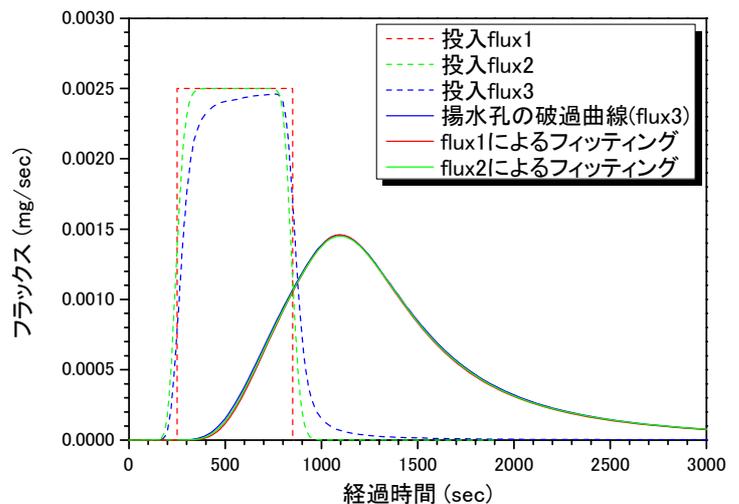


図2 トレーサ投入フラックスと揚水孔の破過曲線の例 (ダイポール試験：揚水流量600 cc/min, 縦分散長0.5 m)

キーワード トレーサ試験, 逆解析, 岩盤, 割れ目, 分散

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財)電力中央研究所 TEL04-7182-1181

4. トレーサ試験の数値シミュレーション

3. で算出した割れ目への投入フラックス (flux 3) に対し, トレーサ試験の数値シミュレーションを実施し, 揚水孔での破過曲線を計算した. その際, 投入孔と揚水孔との距離は 5 m, 割れ目の開口幅は 0.1 mm, 縦分散長は 0.5 mm あるいは 0.1 m, 横分散長は縦分散長の 1/10 にそれぞれ設定した. ダイポール試験では, 投入孔での注入流量 150 cc/min に対し, 揚水流量は 150 cc/min あるいは 600 cc/min とした. 放射状収束試験では, 揚水流量を 600 cc/min とした. 揚水流量を 600 cc/min, 縦分散長を 0.5 m としたケースのダイポール試験の揚水孔での破過曲線を図 2 に示す.

5. 逆解析

4. で得られた破過曲線に対し, 割れ目への投入フラックスとして flux 3 ではなく flux 1 あるいは flux 2 を用いて, 逆解析により割れ目の開口幅と縦分散長を同定した. その際, 横分散長は縦分散長の 1/10 とした. 逆解析はバックプロパゲーション法に基づくニューラルネットワークにより行った. 同定結果を表 1 に示す. flux 3 は flux 1 や flux 2 に比べて最大値に達するのが遅く, flux 3 による揚水孔の破過曲線を, 投入フラックスとして flux 1 や flux 2 を用いて再現するには, 投入孔から揚水孔までの移行時間を増やす必要がある. そのため, いずれのケースにおいても, 開口幅は設定値より過大評価されている. 一方, 開口幅を大きくすると, 揚水孔のフラックスの最大値が小さくなってしまう. 開口幅の過大評価による揚水孔の最大フラックスの低減を打ち消すために, 縦分散長はほとんどのケースで設定値よりも過小評価されている.

6. まとめ

岩盤割れ目を対象としたトレーサ試験の評価結果に対する投入フラックスの推定誤差の影響を, 数値シミュレーションに基づく検討により明らかにすることができた. 今後, この検討結果を試験装置の改良や試験結果の評価に利用したい.

なお, 本稿の内容は, 経済産業省資源エネルギー庁より(財)電力中央研究所が受託し実施した「岩盤中物質移行特性評価技術高度化調査」の成果の一部である. また, 計算の実施にあたっては, (株)計算力学研究センターの原直樹氏, 佐藤勝氏に多大なご協力をいただいた. ここに記して感謝の意を表します.

参考文献

1) 中川他: 原位置トレーサ試験機器の開発—孔内装置の検討—, 土木学会第 61 回年次学術講演会, 部門Ⅲ pp.659-660, 2006., 2) 中川他: 原位置トレーサ試験機器の開発 (2), 土木学会第 62 回年次学術講演会, 部門Ⅲ pp.589-590, 2007., 3) 田中: 原位置トレーサ試験機器の開発 (3) —投入フラックスへの影響因子の検討—, 土木学会第 64 回年次学術講演会, 部門Ⅲ pp.603-604, 2009.

表 1 開口幅および縦分散長の同定値

| 試験種類 | 設定値 | | 同定時に 仮定した 投入 flux | 同定値 | | 誤差率 * | |
|---------------------------|------------|-------------|-------------------------|------------|-------------|------------|-------------|
| | 開口幅 (m) | 縦分散長 (m) | | 開口幅 (m) | 縦分散長 (m) | 開口幅 (%) | 縦分散長 (%) |
| ダイポール (揚水量 150 cc/min) | 1e-4 | 0.5 | flux1 | 1.01e-4 | 4.49e-1 | 1.17 | -10.24 |
| | | | flux2 | 1.03e-4 | 4.44e-1 | 2.74 | -11.17 |
| | | 0.1 | flux1 | 1.02e-4 | 9.52e-2 | 1.95 | -4.81 |
| | | | flux2 | 1.04e-4 | 9.29e-2 | 3.57 | -7.14 |
| ダイポール (揚水量 600 cc/min) | 1e-4 | 0.5 | flux1 | 1.04e-4 | 4.64e-1 | 4.20 | -7.23 |
| | | | flux2 | 1.08e-4 | 4.24e-1 | 7.57 | -15.21 |
| | | 0.1 | flux1 | 1.04e-4 | 1.06e-1 | 4.05 | 6.22 |
| | | | flux2 | 1.08e-4 | 9.98e-2 | 7.88 | -0.23 |
| 放射状収束 | 1e-4 | 0.5 | flux1 | 1.11e-4 | 4.52e-1 | 11.24 | -9.55 |
| | | | flux2 | 1.12e-4 | 4.39e-1 | 12.29 | -12.22 |
| | | 0.1 | flux1 | 1.09e-4 | 1.09e-1 | 9.21 | 9.49 |
| | | | flux2 | 1.11e-4 | 1.03e-1 | 11.18 | 2.90 |

* 誤差率: (同定値-設定値) / 設定値