

孔間トレーサー試験における試験対象割れ目に交差する割れ目の影響

電力中央研究所 正会員 ○田中 靖治

1. はじめに

割れ目の発達した岩盤において孔間トレーサー試験を実施する場合、試験対象の割れ目に交差する他の割れ目の存在が考えられ、試験結果や評価結果への影響が懸念される。そこで、試験対象割れ目に交差する他の割れ目が揚水孔のトレーサー濃度破過曲線や物質移行パラメータの同定結果に及ぼす影響について、数値シミュレーションにより評価を行った。

2. 解析条件

仮定の試験対象割れ目は一辺の長さが30mの水平な正方形とし、中央付近に3mの間隔で注水点と揚水点を設定した。そして、注水点と揚水点を結ぶ線分に対して垂直に他の割れ目が交差するものとした。交差位置としては、注水点と揚水点の midpoint で交差する場合（図1）と、揚水点を挟んで注水点とは反対側で揚水点から3mの距離で交差する場合の2通りを考えた。交差割れ目は正方形あるいは長方形で、高さは30mとし、図1に示すように、横幅30mで試験対象割れ目と横方向に完全に一致する場合、横幅15mで注水点と揚水点を結ぶ線分より片側だけで交差する場合、13.5mで注水点と揚水点を結ぶ線分よりさらに1.5m外れた位置より外側だけで交差する場合の3通りを想定した。

試験対象割れ目の透水量係数は $1 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{sec}$ 、開口幅は0.5mmとした。トレーサー試験では近傍の岩盤で最も透水性の高い割れ目を試験対象にすると考えられるため、交差割れ目の透水量係数はそれ以下の $1 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{sec}$ 、 $1 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{sec}$ 、 $1 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{sec}$ 、 $1 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{sec}$ の4通りを想定した。トレーサー試験は注水流量 50ml/min、揚水流量 100ml/min のダイポール試験とし、注水点から10分間、非収着性のトレーサーを一定濃度で注入するものとした。割れ目の縦分散長は孔間距離の1/10の0.3m、横分散長は孔間距離の1/100の0.03mとした。

解析には、(一財)電力中央研究所が開発した地下水流動・溶質移行解析コード FEGM¹⁾を使用した。割れ目が揚水点を挟んで注水点の反対側で交差する場合の解析に用いた有限要素メッシュを、図2に示す。試験対象割れ目の周囲はすべて全水頭をゼロに設定した。一方、交差割れ目は、上下の水平境界は全水頭ゼロとし、鉛直境界は不透水に設定した。

3. 破過曲線への影響

まず、注水点と揚水点の中間で割れ目が交差する場合の解析結果について述べる。交差割れ目の透水量係数が $1 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{sec}$ の場合、図3に示すように、ピーク濃度は横幅30mの割れ目では交差割れ目がない場合の

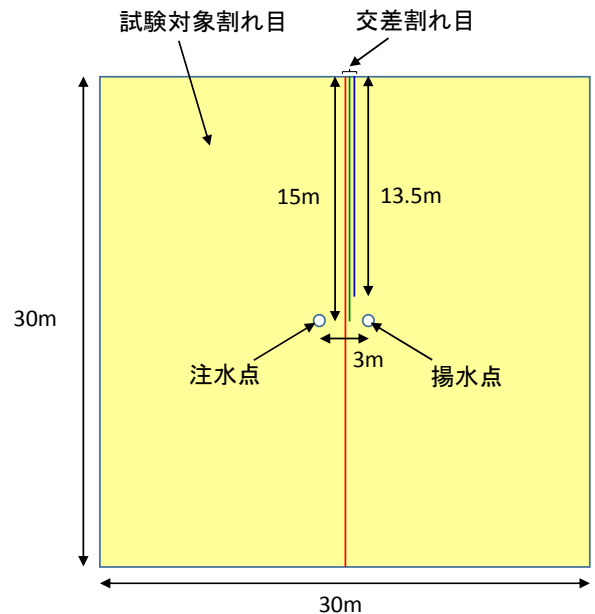


図1 割れ目が注水点と揚水点の中間で交差する場合（平面図）

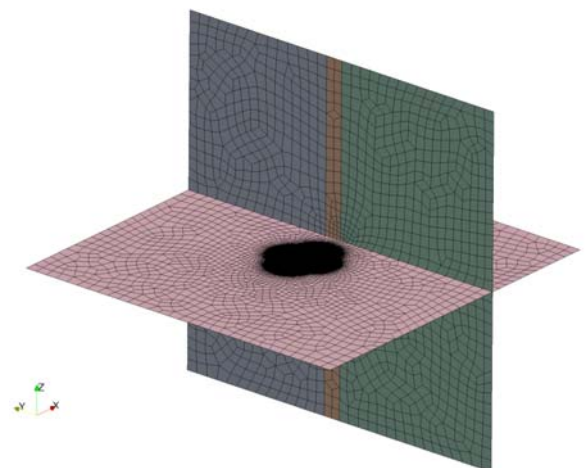


図2 有限要素メッシュ（割れ目が揚水点を挟んで注水点の反対側で交差する場合）

キーワード トレーサー試験, 割れ目, 岩盤, 分散, 透水量係数

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 TEL 04-7182-1181

74 %となるが、横幅 15m の割れ目では 85%と影響は小さくなり、横幅 13.5m の割れ目では 98%と影響は非常に小さい。交差割れ目の透水量係数が $1 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{sec}$ の場合には、横幅 30m の割れ目でもピーク濃度は交差割れ目が無い場合の 89%と影響は弱まり、横幅 15m の割れ目では 94%、横幅 13.5m の割れ目では 99.8%と影響はほぼ無くなる。交差割れ目の透水量係数が $1 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{sec}$ の場合には、横幅 30m の割れ目でもピーク濃度は交差割れ目が無い場合の 96%と影響は非常に弱まり、 $1 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{sec}$ の場合には、横幅 30m の割れ目でもピーク濃度は 98.6%と交差割れ目の影響はほぼ無くなる。

次に、揚水点を挟んで注水点の反対側で交差する場合の結果について述べる。交差割れ目の透水量係数が $1 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{sec}$ の場合でも、ピーク濃度は横幅 30m の割れ目で交差割れ目が無い場合の 94%、横幅 15m の割れ目で 96%、横幅 13.5m の割れ目で 97%と影響は小さい。交差割れ目の透水量係数が $1 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{sec}$ の場合、ピーク濃度は横幅 30m の割れ目で交差割れ目が無い場合の 98.8%、横幅 15m の割れ目で 99.4%、横幅 13.5m の割れ目で 99.6%となり、 $1 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{sec}$ や $1 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{sec}$ の場合、横幅 30m の割れ目でも影響はほぼゼロとなる。

4. 物質移行パラメータの同定値への影響

実際のトレーサー試験では、試験対象割れ目に交差する割れ目の位置や透水性は正確にはわからない。そのため、交差割れ目がある場合の破過曲線に対し、単一割れ目モデルを用いた数値シミュレーションにより物質移行パラメータ(割れ目開口幅と分散長)を同定し、元々試験対象割れ目に設定した値と比較した。破過曲線への影響が最も大きかった、試験対象割れ目と同じ大きさ(30m 四方の正方形)・透水量係数 ($1 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{sec}$) の割れ目が注水点と揚水点の中間で交差する場合の破過曲線に対しては、単一割れ目モデルで開口幅を 0.62mm、縦分散長を 0.51m とした場合に破過曲線は最も良く一致した(図 4)。これらの同定値と、2. で設定した試験対象の割れ目の開口幅 0.5mm、縦分散長 0.3m との差はそれほど大きくない。他の交差割れ目のケースでは破過曲線への影響はより小さいため、単一割れ目モデルを用いた物質移行パラメータの同定結果への影響もより小さくなる。

5. まとめ

孔間トレーサー試験の対象割れ目に同等以下の透水性を有する他の割れ目が交差する場合、交差位置が注水点と揚水点を直径とする円の外であれば、影響はほとんどないことがわかった。また、交差位置がその円内であっても、単一割れ目モデルで評価するトレーサー試験結果から同定される物質移行パラメータの値への影響は限定的であることが明らかとなった。

なお、本稿の内容は、経済産業省資源エネルギー庁より(一財)電力中央研究所が受託し実施した「岩盤中地下水移行評価確証技術開発」の成果の一部である。

参考文献

- 1) 河西基他 (1994) : 高レベル放射性廃棄物地層処分の天然バリア性能評価手法の開発 (その 1)、電力中央研究所研究報告 U93054.

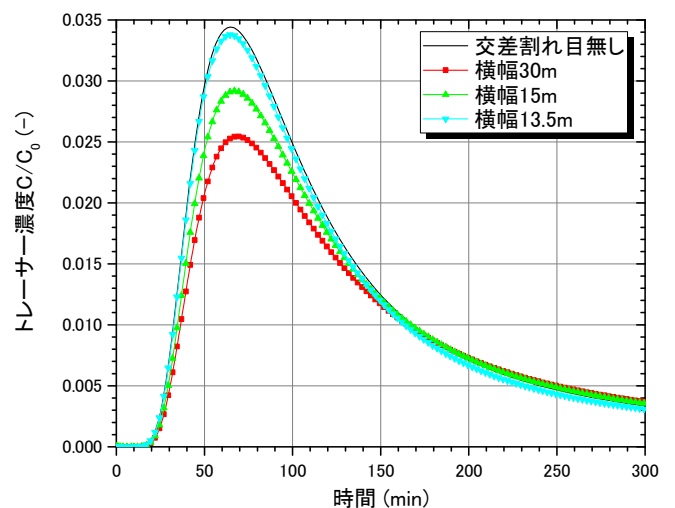


図 3 透水量係数 $1 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{sec}$ の割れ目が注水点と揚水点の中間で交差する場合の破過曲線

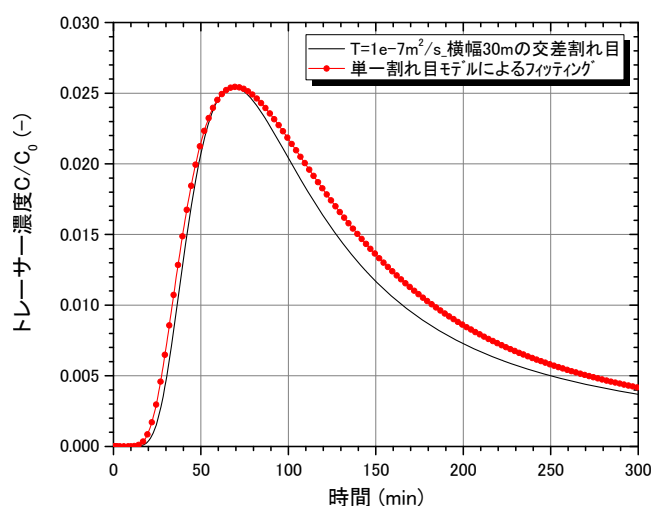


図 4 透水量係数 $1 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{sec}$ の割れ目が注水点と揚水点の中間で交差する場合の破過曲線を単一割れ目モデルによる解析でフィッティング