割れ目を対象とした原位置トレーサー試験に対する 1 次元モデルの適用性に関する検討(3)

大成建設(株) 正会員 苗村 由美,井尻 裕二 (独)日本原子力研究開発機構 非会員 天野 健治,横田 秀晴,正会員 前川 恵輔,澤田 淳

1.はじめに

割れ目を対象とした原位置トレーサー試験に対する1次元モデルの適用性に着目し、これまでにコンピュータ上で 数値的に作成した2次元割れ目モデルを対象に注入圧のない放射状揚水トレーサー試験および注入圧のあるダイポ ール試験のシミュレーションを実施した.その結果、1次元モデルにより同定された分散長は、トレーサーを注入す るボーリング孔と回収するボーリング孔間の2次元的な流れの影響により過大に評価されることが明らかとなった ^{1),2)}.本論では、分散長に影響を与えうる他の要因の一つとして、バックグラウンドの地下水流れ(以下,BG流れ) に着目し、放射状揚水トレーサー試験およびダイポール試験をシミュレーションした結果について報告する.

2.解析条件

本解析では,均質な割れ目を対象としたトレーサー試験のシミュレーションを行い,1次元モデルによって分散 長を同定した.シミュレーションに用いた割れ目モデルは,境界条件の影響が及ばないように孔間距離 5m に対し て十分に大きい 50 m×50 mの領域とした(図1).また,数値拡散を低減するために領域中心部 20 m×20 mの領 域を1辺0.1 mの格子状に離散化し,その外側は0.1~2.5 mで離散化した.境界条件として,解析領域外周は水頭 固定,トレーサー回収孔は揚水流量 200 ml/min,注入孔は注水流量 0 および 40 ml/min,濃度固定 C=1.0 とし,全領 域の初期水頭は 500 m,初期濃度は 0.0 とした.割れ目の透水量係数 T は 1.0×10^{-7} m²/s,三乗則($b=\sqrt[3]{12\sqrt{T/g}}$, :

動粘性係数,g:重力加速度)が成立すると仮定して水理学開口 幅 b は 0.05 mm,縦方向分散長は 0.5 m,横方向分散長は 0.25 m とした.また,BG 流れの影響を検討するため,その方向は注入 孔と回収孔の位置関係に対して平行および垂直な方向,動水勾 配は 0.1 および 0.5 とした.以上を踏まえ,Case1~10を設定し た(表1).ここで,Case1 および Case6 は BG 流れがないケー スである.

3.解析結果

BG 流れを考慮した,均質な割れ目内におけるトレーサー試験 シミュレーションの各ケースの結果に対して,1次元モデルを適 用して得られた分散長の同定値を図2に,図3~図10にシミュ レーション結果(凡例: , ,)と1次元モデルによる逆 解析結果(実線)を示す.ここで,2次元モデルによるシミュレ ーション結果では回収孔周辺からの水の流入により濃度が希釈 されるため,濃度最大値で正規化した.また,逆解析では最小 二乗法を用いた. Case1において分散長の同定値は0.7 m(設定 値の1.4倍),Case2においては0.69 m(設定値の1.4倍),Case3 においては0.68 m(設定値の1.4倍),Case4においては0.7 m(設 定値の1.4倍),Case5においては0.73 m(設定値の1.5倍),Case6 においては1.12 m(設定値の2.2倍),Case7においては1.04 m (設定値の2.1倍),Case8においては0.90 m(設定値の1.8倍),



図1 解析モデル 表1 ケース一覧

			•••		
	注入	揚水	ダイポ バック ダイポ の地		フ グラウンド セ下水流れ
	<u> </u>	派里		方向	大きさ
	ml/min	ml/min	-	-	-
Case1	0	200	0	×	×
Case2	0	200	0	平行	0.1
Case3	0	200	0	平行	0.5
Case4	0	200	0	垂直	0.1
Case5	0	200	0	垂直	0.5
Case6	40	200	0.2	×	×
Case7	40	200	0.2	平行	0.1
Case8	40	200	0.2	平行	0.5
Case9	40	200	0.2	垂直	0.1
Case10	40	200	0.2	垂直	0.5

Case9 においては 1.13 m (設定値の 2.3 倍), Case10 においては 1.29 m (設定値の 2.6 倍) となり, すべてのケース で分散長が過大に評価された.

キーワード 原位置トレーサー試験,分散長,1次元モデル 連絡先 〒163-6009 東京都新宿区西新宿 6-8-1 大成建設(株)原子力本部原燃サイクル部 TEL 03-5381-5315

<u>ダイポール比の影響</u>

図 3~図6より, BG 流れの有無, 方向および動水勾配に かかわらず, ダイポール比(揚水流量/注入流量)が大きい ほど,濃度破過曲線の立ち上がりが早く,かつ定常状態にな るまでの時間が長い.また,ダイポール比0.2で得られた分 散長はダイポール比0の場合よりも過大に評価された.

<u>バックグラウンドの地下水流れの動水勾配の影響(ダイポ</u> <u>ール比0)</u>

図7より, BG 流れの方向が注入孔と回収孔の位置関係に 対して平行の場合,動水勾配が大きいほど,濃度破過曲線の



図 2 評価分散長

立ち上がりが早く,かつ定常状態になるまでの時間が短い.また,得られた分散長は BG 流れのない Case1 とほぼ 同程度に評価された.一方,図8より,BG 流れの方向が注入孔と回収孔の位置関係に対して垂直の場合,濃度破 過曲線に大きな差異は認められない.また,得られた分散長は BG 流れのない Case1 とほぼ同程度に評価された.

<u>バックグラウンドの地下水流れの動水勾配の影響(ダイポール比 0.2)</u>

図 9 より, BG 流れの方向が注入孔と回収孔の位置関係に対して平行の場合,動水勾配が大きいほど,濃度破過 曲線の立ち上がりが早くかつ定常状態になるまでの時間が短い.また,得られた分散長は BG 流れのない Case6 に 比べて,小さく評価された.一方,図 10 より,BG 流れの方向が注入孔と回収孔の位置関係に対して垂直の場合, 濃度破過曲線に大きな差異は認められない.また,得られた分散長は BG 流れのない Case6 に比べて,大きく評価 された.

4.おわりに

検討の結果,BG 流れの影響については,BG 流れの方向が注入孔と回収孔の位置関係に対して平行である場合に は,垂直な場合と比べて得られる分散長への影響が小さいことが認められた.また,ダイポール比の影響としては, トレーサー試験のダイポール比が大きいほど,流れ場による分散効果が大きくなり,1 次元モデルを適用した場合 に得られる分散長がさらに過大に評価されたと考えられる.これらのことから,原位置トレーサー試験に際しては, ダイポール比が0 である放射状揚水トレーサー試験で,かつ BG 流れが注入孔と回収孔の位置関係に対して平行な レイアウトにすることにより,得られる分散長に対する BG 流れの影響を小さくすることができ,実際の分散長を より適切に評価できると考えられる.今後は,個別に検討されてきた分散長に影響を与える要因(地下水流れの方 向や流量,ダイポール比,不均質場,孔間距離など)を統合的に評価し,原位置試験計画(試験孔の配置や手法の 選定)の立案と連携した体系的な方法論として整備していく予定である.



参考文献 1)苗村他 (2008):割れ目を対象とした原位置トレーサ試験結果に対する1次元モデルの適用性に関する 検討,第63回土木学会年次学術講演会,p.251-p.252,2)苗村他 (2009):割れ目を対象とした原位置トレーサー試験 結果に対する1次元モデルの適用性に関する検討(2),第64回土木学会年次学術講演会,p.283-p.284