

割れ目ネットワークモデルによる地下水流動および物質移動解析 (その1)

— 原位置調査結果に基づく水理地質構造モデルの構築 —

鹿島建設 正会員 ○中畠 誠門, 渥美 博行, 瀬尾 昭治, 升元 一彦, 川端 淳一
 日本原子力研究開発機構 正会員 尾上 博則, 三枝 博光, 非会員 國丸 貴紀, 早野 明
 埼玉大学 正会員 渡辺 邦夫

1. はじめに

日本原子力研究開発機構では、地層処分研究開発の基盤となる深地層の科学的研究の一環として、超深地層研究所計画（以下、MIU 計画）を推進している。MIU 計画では「物質移動特性の評価に関する研究」として、割れ目を考慮した物質移動特性の評価が実施される。そこで、地質・地質構造と岩盤の水理特性が、物質移動現象に与える影響を検討するために、原位置調査結果に基づき、①三次元割れ目ネットワークモデルの構築、②水理地質構造モデルの構築、③地下水流動解析、④パーティクルトラッキング法を用いた物質移動解析を実施した。本編（その1）では、このうち①三次元割れ目ネットワークモデルの構築および②水理地質構造モデルの構築の検討結果について述べる。

表 1 使用するパラメータセット

ケース No.	割れ目のセット	卓越方向の走向傾斜	Fisher 定数	P_{32} (m^2/m^3)	割れ目の半径分布
1	① NW	N29W87NE	12.7	1.81	$r_{min}: 1.25m$ べき乗数: 4.0
	② NE	N43E88NW	11.0	0.38	
	③ 低角度	N25E8SE	7.6	0.46	
2	① NW	N26W87NE	10.3	1.93	$r_{min}: 1.25m$ べき乗数: 3.5
	② NE	N48E89NW	11.6	0.41	
	③ 低角度	N28E12SE	9.0	0.50	

2. 使用データ

研究坑道の壁面調査結果¹⁾を使用して、割れ目の幾何学情報の整理および割れ目の統計解析を実施し、割れ目ネットワークモデルを構築するために必要なパラメータセットを2ケース作成した（表1）。No.1 ケースは坑道壁面で確認された全割れ目を、No.2 ケースは長さ等の壁面観察のスキャンラインを満たす割れ目を整理したものである。両者の割れ目の方向分布および密度はほぼ一致しているが、半径分布のべき乗数が異なっており、No.1 ケースよりも No.2 ケースの方が大きな割れ目の含まれる割合が大きくなる結果となった。

3. 三次元割れ目ネットワークモデルの構築

パラメータセットに基づいて、ブロックスケール（100×100×100m）の三次元割れ目ネットワークモデルを構築した。各ケース 10 リアライゼーションずつ実施し、このうちの1 リアライゼーションについて、割れ目数、割れ目密度（ P_{32} ）、モデル全体図、割れ目方向分布図および割れ目長さ分布図を図1に整理した。

本検討では三次元割れ目ネットワーク中の地下水流動や物質移動特性を評価するための解析モデルとして、図2に示すように割れ目ネットワーク構造を、管路網で表現されるパイプネットワークに変換したモデル²⁾を用いた。本モデルは、割れ目の水みちを格子状の管路網に置き換え、さらに、割れ目の交差部に新たなパイプを配置して2つの格子状管路網と連結することにより、複数の割れ目を經由する流れを表現することができる。

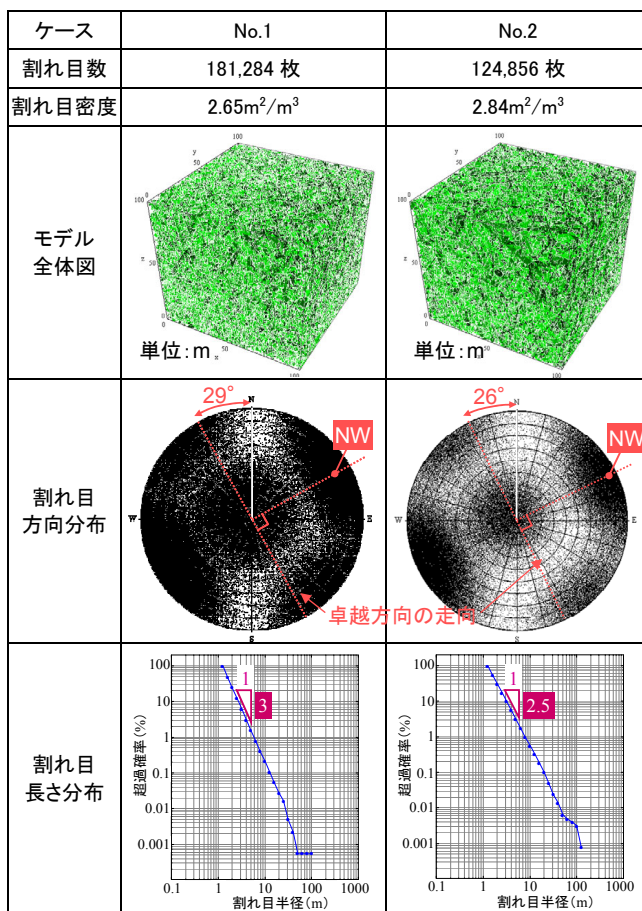


図1 作成した三次元割れ目ネットワークモデル

キーワード 割れ目ネットワークモデル, パイプネットワークモデル, 地下水流動解析, 物質移動解析
 連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-489-6672

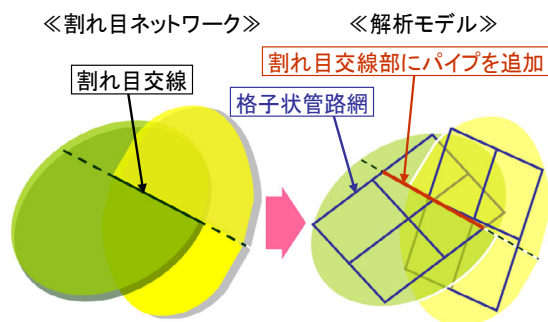


図2 パイプネットワークモデルの概念図

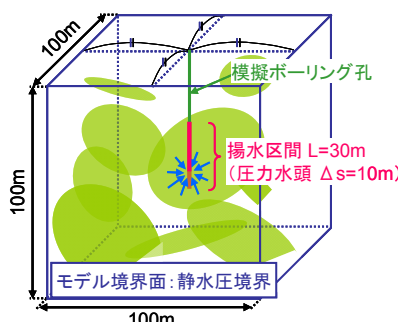


図3 水理試験再現解析の概念図

4. 水理地質構造モデルの構築

水理地質構造モデルは、割れ目ネットワークモデルに水理情報（透水性割れ目密度、透水量係数分布）を付加して構築した。このうち透水性割れ目密度については、今回対象とした研究坑道において滴水・滲出の認められた割れ目の割合を調査した結果や既往の研究結果³⁾を参考に、全割れ目数に対する透水性割れ目の比率を18%と12%の二通り設定した。また、割れ目の透水量係数分布は、パイプネットワークモデルを用いた水理試験再現解析を実施して推定した（図3、図4）。具体的には、実測の区間透水量係数（ $6.2\text{E}-8\text{m/s}$ ：対象領域で行われた水理試験の対数平均値）を再現するような割れ目透水量係数を同定する解析作業を、各ケースで10リアライゼーションずつ実施し、取得した計10個の透水量係数からそのケースの割れ目透水量係数分布を評価した。

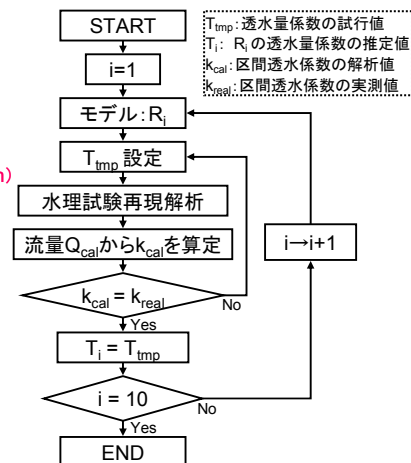


図4 水理試験再現解析フロー

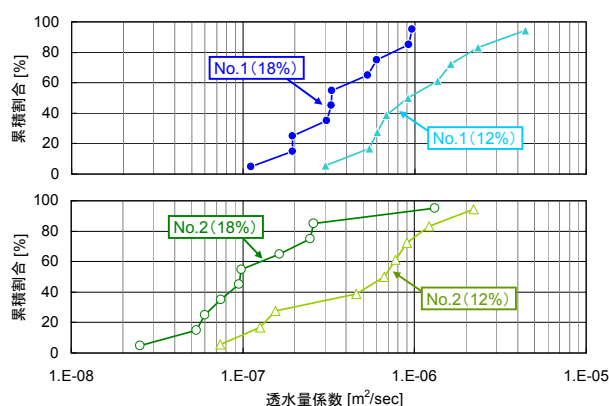


図5 水理試験再現解析による透水量係数の推定結果

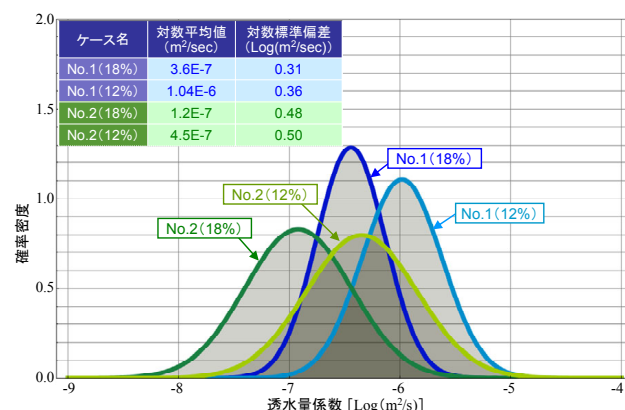


図6 水理地質構造モデルの割れ目透水量係数分布

No.1 および No.2 ケースで透水性割れ目の比率を18%・12%に設定した合計4ケースについて、水理試験再現解析で取得した透水量係数の推定値を昇順で並べた結果を図5に示す。これより、全割れ目数に対する透水性割れ目の比率が小さくなると透水量係数が大きくなる傾向が示された。また、No.1とNo.2の比較から大きな割れ目の割合が大きくなると透水量係数のばらつきが大きくなる傾向が示された。

これらの推定値に基づき、各ケースの割れ目の透水量係数の対数平均値と対数標準偏差を算出した結果を図6に示す。この対数正規分布に基づき水理地質構造モデルにおける割れ目の透水量係数を割り当てた。

5. まとめ

本研究では、割れ目ネットワークモデルを用いた物質移動解析に関する検討として、壁面調査および水理試験結果に基づく水理地質構造モデルの構築手順と結果について述べた。異なる原位置調査データや透水性割れ目密度に基づき推定した割れ目の統計量を用いて、4ケースの水理地質構造モデルを構築した。これらのケース間における割れ目の統計量の相違が物質移動特性に与える影響については後編（その2）で述べる。

参考文献

- 川本ほか：超深地層研究所計画 瑞浪超深地層研究所 研究坑道の壁面調査データ集，日本原子力研究開発機構，JAEA-Data/Code 2012-009，2012。
- 埼玉大学地圏科学研究センター：割れ目系岩盤を対象とした地質構造のモデル化に関する研究，核燃料サイクル開発機構 委託研究成果報告書，JNC TJ7400 2002-004，2002。
- 石橋ほか：瑞浪超深地層研究所における透水割れ目の性状（その1），日本応用地質学会中部支部研究発表会，pp.16-17，2012。