

割れ目ネットワークモデルを用いた物質移動に関する研究 (その2)

— 地質学的/水理学的パラメータ間の相関性を考慮した割れ目ネットワークモデルの構築 —

鹿島建設 正会員 ○升元 一彦, 渥美 博行, 岩野 圭太, 中嶋 誠門, 瀬尾 昭治, 川端 淳一
 日本原子力研究開発機構 正会員 三枝 博光, 尾上 博則, 澤田 淳
 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実施している超深地層研究所計画の一環として、割れ目を考慮した物質移動特性の評価を行っている¹⁾。これまで、割れ目ネットワークモデル (以下、DFNモデル) に基づくモデル化および数値解析を用いて、物質移動特性に影響を与える割れ目パラメータの評価を行ってきた²⁾が、地質学的パラメータや水理学的パラメータのパラメータ間の相関を考慮していなかった。そこで、本研究では割れ目のパラメータ間の関連性の有無がモデル化・解析結果に与える影響を評価するために、パラメータ間の相関を考慮したDFNモデルを構築し、相関を考慮していないモデルとの比較を行った。本編 (その2) では、主にDFNモデルに基づく地質構造モデル (以下、Geo-DFNモデル) ならびに水理地質構造モデル (以下、Hydro-DFNモデル) の構築結果について述べる。

2. 地質構造モデル (Geo-DFNモデル) の構築

研究坑道の壁面調査結果を使用して、Geo-DFNモデルを構築するために必要な地質学的パラメータセットを2ケース作成した (表1)。両ケースの割れ目の卓越方向は同じであるが、割れ目密度に関して、Case1は壁面観察のスキャンライン上のデータを基とし、Case2は坑道壁面全体の割れ目データを基に算出した。また、長さ分布に関して、Case1は方向に関係なく一律のべき乗数を設定し、Case2は壁面調査結果に基づき推定した卓越方向毎のべき乗数を設定することとした。これらのパラメータセットに基づいて、ブロックスケール (100m×100m×100m) のGeo-DFNモデルを構築した結果、Case1に比べCase2では、低角度の割れ目の密度が高く、低角度の割れ目の長さが相対的に長いという傾向が認められた。

表1 モデルのパラメータセット

Case	割れ目セット	卓越方向の走向傾斜	Fisher定数	割れ目密度 P32 (m ² /m ³)	長さ分布 (べき分布)
	Case1	Set 1	N29.0W86.6NE	12.7	1.81
Set 2		N42.9E88.3NW	11.0	0.38	べき乗数; 4.0
Set 3		N24.5E8.1SE	7.6	0.46	
Case2	割れ目セット	卓越方向の走向傾斜	Fisher定数	割れ目密度 P32 (m ² /m ³)	長さ分布 (べき分布) 最小半径(m)/べき乗数
	Set 1	N29.0W86.6NE	12.7	2.71	1.25 / 3.8
	Set 2	N42.9E88.3NW	11.0	1.08	1.25 / 4.0
	Set 3	N24.5E8.1SE	7.6	3.27	1.25 / 3.4

3. 水理地質構造モデル (Hydro-DFNモデル) の構築

Hydro-DFNモデルは、Geo-DFNモデルに割れ目の水理情報 (透水性割れ目比率, 透水量係数分布) を付与して構築した。なお、本検討の水理試験再現解析で用いる解析モデルとしては、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³⁾を用いた。

初めに、研究坑道で観察された割れ目のうち、滴水・滲出が観察された割れ目を透水性割れ目とし、Case1ではスキャンラインでの観察結果に基づき18%を、Case2では坑道壁面全体での観察結果に基づき7%を透水性割れ目比率と設定した。各モデルにおける透水性割れ目密度の算定結果を図1に示す。

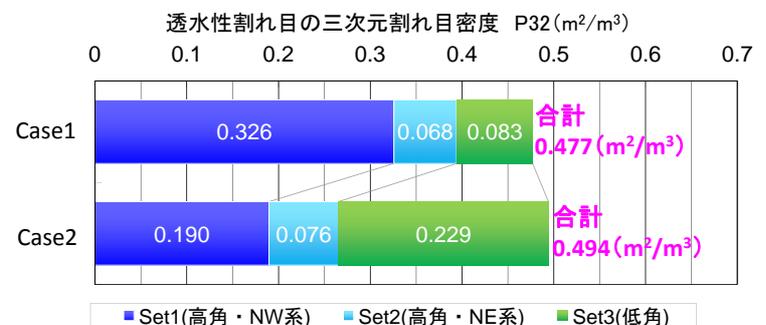


図1 透水性割れ目密度の算定結果

キーワード 割れ目ネットワークモデル, 地質学的パラメータ, 水理学的パラメータ
 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 TEL042-489-6574

次に、抽出された透水性割れ目に対して、透水量係数を割り当てた。この際、水理試験で得られた透水係数の対数平均値 $6.2E-8m/s$ に合致するように水理試験再現解析を行い、割れ目の透水量係数分布の推定を行った⁴⁾。なお、水理試験

表 2 割れ目卓越方向毎の透水量係数比率

対象割れ目	Set1(高角NW系)		Set2(高角NE系)		Set3(低角)	
	割れ目透水量係数平均値 (m ² /sec)	割れ目数 (枚)	割れ目透水量係数平均値 (m ² /sec)	割れ目数 (枚)	割れ目透水量係数平均値 (m ² /sec)	割れ目数 (枚)
FEC流出点 ±1.0m	9.00E-07	23	7.10E-07	39	1.55E-06	28

再現解析では 10 回のリアライゼーションを実施した。個々の割れ目に透水量係数を割り当てる際には、パラメータ間に相関を仮定しないケース (設定 A) と、相関があると仮定した 2 ケース (設定 B, C) を設定した。なお、図 2 に Geo-DFN モデル名と透水量係数の設定ケースの関係を示す。設定 B は透水量係数と割れ目の方位分布との関連性を考慮して、卓越方向毎に透水量係数の比率が実測値と整合するように再現解析を行った。卓越方向毎の透水量係数比率の実測値は、表 2 に示す電気伝導度検層結果に基づき、高角 NW 系 : 高角 NE 系 : 低角 = 0.90 : 0.71 : 1.55 とした。設定 C は透水量係数と割れ目の長さ分布の関連性を考慮し、割れ目半径の大きい割れ目に高い透水量係数が割り当てられる相関式を設定し、再現解析を行った。この際、割れ目半径はべき分布に、透水量係数は対数正規分布に従うと仮定して、図 3 に示す関係を設定した。

Case1 と Case2 に設定 A, B, C のそれぞれの方法で透水量係数を割り当てることによって構築した Hydro-DFN モデルを用いて水理試験再現解析で算定した透水量係数分布結果を図 4 に示す。Case1 に比べ Case2 で平均透水量係数が小さく、偏差も小さい。これは Case2 の方が割れ目方向に偏りがなく割れ目ネットワークが発達していることを示唆している。また、設定 A と B の分布は、卓越方向間の比率にそれほど大きな差がなかったため類似した分布となった。一方、設定 C は設定 A に比べ平均値が小さくなっている。これは低角の割れ目半径の大きい割れ目が卓越した透水経路になり、全体としては割れ目半径の小さい割れ目が割れ目ネットワークとして発達していることを示唆していると考えられる。各モデルの相違が物質移動特性に与える影響については (その 3) で述べる。

参考文献

- 1) 山下ほか:割れ目ネットワークモデルを用いた物質移動に関する研究(その1), 土木学会第 69 回年次学術講演会, 2014(投稿中)。
- 2) 渥美ほか: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, 土木学会第 68 回年次学術講演会, CS11-041, 2013。
- 3) 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。
- 4) 中島ほか:地下坑道での調査データに基づく坑道周辺領域における水理地質構造モデルの構築, 第 42 回岩盤力学に関するシンポジウム講演集, pp.107-112, 2014。

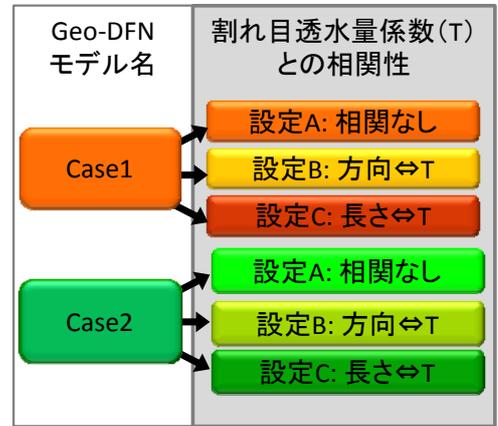


図 2 Geo-DFN モデル名と透水量係数の設定ケースの関係

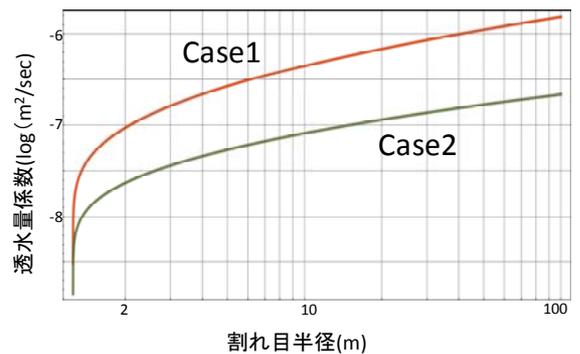


図 3 割れ目半径と透水量係数の関係

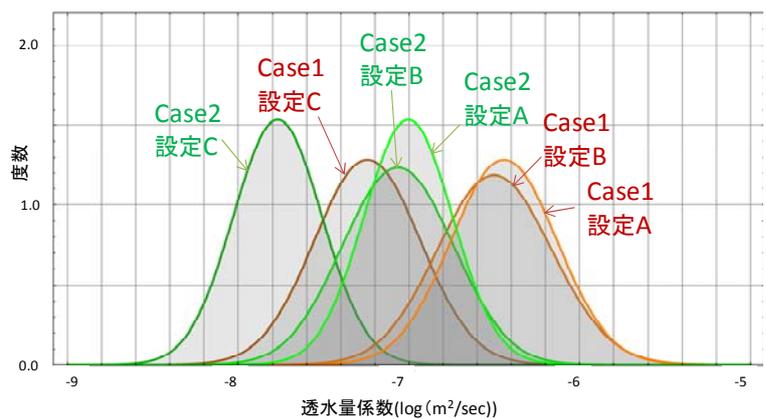


図 4 各モデルの割れ目透水量係数分布算定結果