# 坑道周辺のボーリング調査に基づく割れ目情報が物質移行時間に与える影響に関する検討

鹿島建設(株) 正会員 〇田部井和人 並川 正 羽根幸司 升元一彦

フェロー会員 森川誠司

ダイヤコンサルタント(株) 杉田匠平

(株) 地層科学研究所 正会員 関野真登

### 1. はじめに

地層処分の安全評価では、天然バリア中の物質移行時間や移行経路が重要なパラメータとなる. 結晶質岩に 代表される割れ目系岩盤では、主要な移行経路は岩盤中の割れ目である. 割れ目を有する岩盤を仮想的な円形 もしくは多角形割れ目の集合で表現し、仮想割れ目によるネットワークが地下水流動経路となるとみなす割れ 目ネットワークモデル (Discrete Fracture Network model;以下 DFN モデル) は、一般にボーリング調査など から割れ目パラメータ(長さ、密度、方向、透水量係数)を設定するが、調査の量や方向が移行時間に与える 影響は明らかになっていない. そこで、本報文ではスウェーデン SKB 社が実施した Äspö 地下研究施設の坑道 周辺のボーリング調査結果を用い、割れ目情報の調査量が移行時間に与える影響について初期検討を行った.

# 2. DFN モデルの構築

Äspö 地下研究施設の深度 410m に構築された TASP 坑道周辺の閃緑岩主体の岩盤を対象とした。図-1 に示すように坑道周辺で TASP 坑道のパイロットボ ーリング(KA3065A01)を含む 4 本のボーリングが実 施されている. 割れ目の方向, 密度, 透水量係数は ボーリングデータから抽出した湧水割れ目データか ら設定し、割れ目の長さ分布は、坑道壁面観察1)の 割れ目トレース長から設定した. TASP 坑道のパイロ ットボーリング(KA3065A01)データから設定した割 れ目データセット(Case1)と 4 本のボーリングデー タから設定した割れ目データセット (Case2) の2 種類のデータセットを構築した(表-1参照).解 析モデルは、割れ目データセットを用いて構築し た確率論的 DFN モデルとボーリングデータから既 に位置や方向が分かっている割れ目をコンディシ ョニング 2)した確定論的割れ目を統合して構築し た. 確率論的 DFN モデルのリアライゼーション数

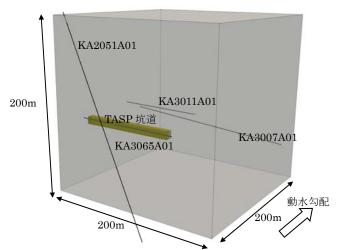


図-1 ボーリング位置および解析領域図

表-1 割れ目データセット

		割れ目 セット	卓越方向の 走向傾斜	Fisher定数	割れ目密度 (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	長さ分布	透水量係数
•	Casel (KA3065A)	set1	N54.9W86.9S	13.6	0.59	最小2.5m べき乗数 3.7	対数平均-8.6 標準偏差 0.86
		set2	N16. 3E89. 2N	12.7	0.18		
		set3	_	_	1		
	Case2 (4孔統合)	set1	N54.3W74.7S	12.1	0.82	最小2.5m	対数平均-8.6 標準偏差 0.86
		set2	N31. 0E74. 7N	5. 7	0.45		
		set3	N34.0W19.4S	10.7	0.21		

は30 とした. なお, 確率論的 DFN モデルの割れ目の設定時には, ボーリング孔と交差する割れ目は除去した. 確定論的割れ目は, 表 - 1 の割れ目長さ分布を用いて割れ目を発生させ, 実測のボーリングデータ (交差座標, 走向傾斜) を用いて割れ目を配置した. この際, 割れ目面内に交差座標が含まれるように割れ目の中心位置を確率論的に設定した. なお, コンディショニングが移行時間に与える影響を確認するために, Case1 に対してコンディショニングを考慮しない DFN モデルも構築した.

## 3. 地下水流動解析と粒子追跡線解析

解析領域は**図-1** に示すように Äspö 地下研究施設の坑道周辺の岩盤を切り取った 200m×200m×200mの領域 キーワード 割れ目ネットワーク,地下水流動解析,物質移行時間,放射性廃棄物 連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 KI ビル 鹿島建設 (株) 土木設計本部 TEL03-6229-6795

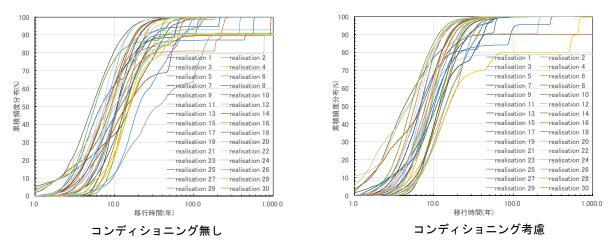


図-2 コンディショニングによる移行時間分布の比較(Case1: KA3065A01 のみによる DFN モデル)

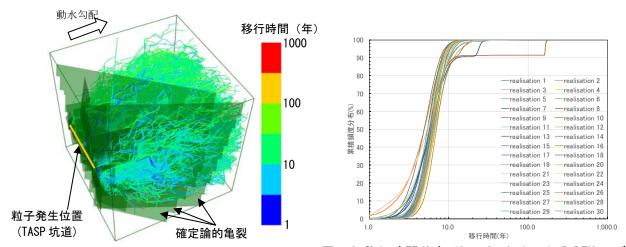


図-3 粒跡線解析結果の一例 図-4 移行時間分布(Case2:4 孔による DFN モデル)

とした. モデルの境界条件は既往の研究 3)を参考に地下施設の閉鎖後の動水勾配を 0.006 と仮定して,モデルの 6 面を水頭固定境界として定常浸透流解析(解析コード:英国 wood 社製 ConnectFlow)を実施してモデル間の流速分布を求めた後,TASP 坑道位置に 10,000 個の粒子を均等に発生させた粒子追跡線解析によって粒子が下流面に達するまでの時間を整理した. 図ー2 は TASP 坑道のパイロットボーリングをもとに構築した 30 リアライゼーションの DFN モデル(Case1)を用いてコンディショニングの有無による移行時間の累積頻度分布を比較したものである. コンディショニングを考慮することにより,累積頻度分布のばらつきが低減している事が分かる. 図ー3 はコンディショニングを考慮した Case1 の流跡線解析結果の一例である. TASP 坑道に近い確定論的割れ目によって粒子の移行時間に関する不確実性が減少するため,移行時間もばらつきが低減していると考える. 図ー4 は 4 本のボーリングデータに基づくコンディショニングを考慮した DFN モデル (Case2) による移行時間の累積頻度分布である. パイロットボーリングのみから構築した DFN モデル(Case1)に比べて 30 リアライゼーションの移行時間の累積頻度分布におけるばらつきが大きく低減している. 3 本追加したボーリングの割れ目情報による確定論的割れ目の増加がばらつきの低減に寄与していることが分かる.

## 4. おわりに

Äspö 地下研究施設の研究坑道における調査データを用い、坑道周辺のボーリング調査に基づく割れ目情報が物質移行時間に与える影響について解析的検討を行った.今後は亀裂情報の量だけでなく、ボーリングの方向などにも着目した検討を行う予定である.

### 参考文献

1) SKB: Application of the Observational Method in the Äspö Expansion Project, SKB R13·44, 2014, 2) 渥美他: ダム基 礎岩盤透水性の割れ目ネットワークモデルによる評価の試み, 日本地下水学会 春季講演会予稿, pp.58·63, 2016, 3) 長谷川他: Äspö Hard Rock Laboratory 建設に伴う地下水流動の変化に着目した解析モデルの検証, 土木学会論文集 No.757/Ⅲ·66, 189·202, 2004