

## DFN モデルを用いた坑道掘削解析における解析領域の影響

(株)地層科学研究所 正会員 ○関野真登 川原秀二  
 鹿島建設(株) 正会員 石橋正祐紀 三好貴子 升元一彦  
 (国研)日本原子力研究開発機構 竹内竜史

## 1. 背景・目的

割れ目分布の不均質性を再現可能な割れ目ネットワーク (DFN) モデルは、割れ目が主な地下水等の移行経路となる岩盤の地下水流動評価に適用される。一般的に、DFN モデルを用いた浸透流解析では大きな割れ目が直接的に境界条件間を繋ぐ場合、境界条件の影響が大きくなることが知られる。一方でその影響の程度はモデル化パラメータに応じて変わる可能性も考えられる。そこで、本報では、DFN モデルを用いた浸透流解析における解析領域の影響の検討事例として、日本原子力研究開発機構の瑞浪超深地層研究所の割れ目密度が低い地質で取得されたデータに基づき推定されたパラメータセットを対象として、坑道湧水量解析に対する解析領域の影響について報告する。

## 2. 実施内容

表-1<sup>1)</sup> に示すパラメータセットを用いて DFN モデルを構築し、解析領域中心にモデル化した坑道への湧水量を定常浸透流解析で求め、解析領域の違いによる差異を検討した。坑道は、幌型で水平・延長 40m (幅 5m×高さ 4.5m) としてモデル化した。DFN モデルの構築に際しては、既存検討<sup>1)</sup>の考え方にに基づき最大割れ目長さを 100m として設定している。また、解析領域縁辺部の割れ目密度の低下を回避するため、300m 立方領域でモデルを構築し、解析時にモデル化中心から 200m 立方、100m 立方を抽出した。上記の手法でモデルを構築することで、モデル中の割れ目の分布等が同一で解析領域のみが異なる計算を行った。なお、本解析は、統計的に割れ目分布等が異なる 10 リアライゼーション (以降、Real と示す) で実施した。また、パラメータセットの内、割れ目の方位分布は Fisher 分布、割れ目長さ分布はべき分布、割れ目個々の透水量係数は、割れ目長さ<sup>2)</sup>と透水量係数が準相関関係を有する分布 ( $T = \lognorm(\mu, \sigma) \times r^C$ ;  $T$  は透水量係数、 $\mu$  は対数平均、 $\sigma$  は対数標準偏差、 $r$  は割れ目半径、 $C$  は定数を示す) を適用した。

## 3. 解析結果

浸透流解析結果として、解析領域毎の坑道湧水量について、Real 毎の結果を図-2 に示す。湧水量は、全体的に解析領域 100m 立方の方が高い傾向がある。この傾向は、特に湧水量が比較的大きい Real で顕著に認められる。湧水量の変化が最も大きい Real 04、変化が最も小さい Real 10 の割れ目分布や水頭分布をそれぞれ、図-3、図-4 に示す。Real 04 の 100m 境界南東側に着目すると、高透水性の割れ目が坑道と 100m 境界を直

表-1 DFN モデルのパラメータセット<sup>1)</sup>

セット名	傾斜方位/ 傾斜 [deg.]	Fisher 定数 [-]	割れ目長さ (最小割れ目長さ[m], べき指数[-])	割れ目 密度 [m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	透水量係数 分布 ( $\mu$ , $\sigma$ , C)
Set 1	202.9 / 87.8	18.5	2.0, 3.1	0.43	
Set 2	150.6 / 89.6	17.8	2.0, 3.4	0.13	-17.8, 0.0,
Set 3	80.7 / 86.2	15.3	2.0, 4.7	0.05	7.2
Set 4	210.7 / 30.3	12.1	2.0, 3.3	0.08	

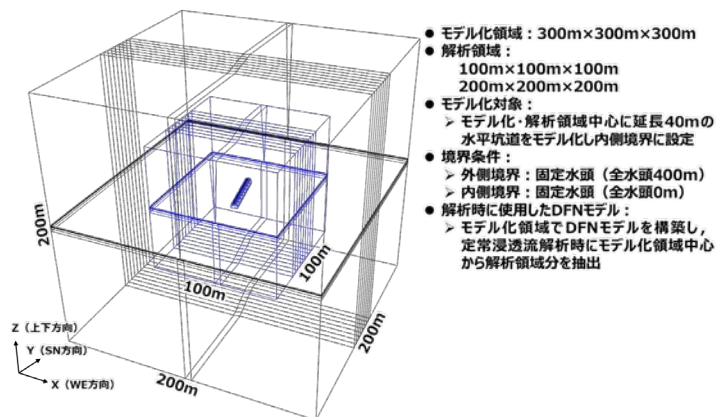


図-1 モデル・解析領域の設定

キーワード DFN モデル, 定常浸透流解析, 坑道湧水量, 解析領域

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 TEL042-485-1111

接続し、この範囲の水頭低下範囲の拡大は顕著である（図-3）。一方、Real 10 では、比較的高透水な割れ目が坑道を横断するが、100m 境界には直接連結せず、解析領域を変えても水頭低下範囲は、ほぼ変化していない。以上のことから湧水量の変化は、坑道-100m 境界間を直接つなぐ割れ目で、100m 境界の水頭が坑道付近まで維持された（坑道付近の動水勾配が増加した）ことが原因と考えられる。したがって、DFN モデルを用いた湧水量解析などの実施に際しては、最低限、坑道と外側境界の距離として最大割れ目長さ以上を設ける必要があると推察される。

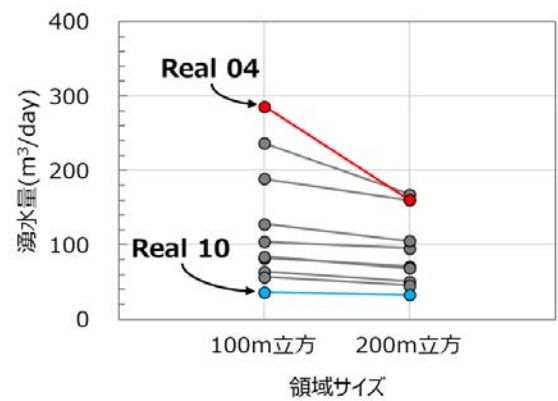
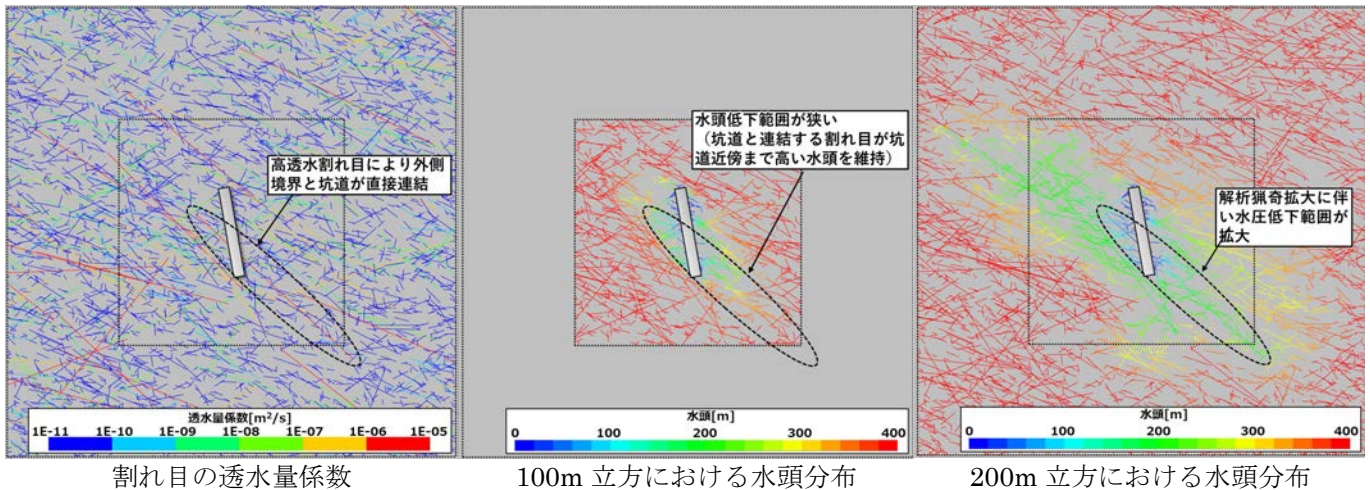


図-2 解析領域毎の解析結果（坑道湧水量）

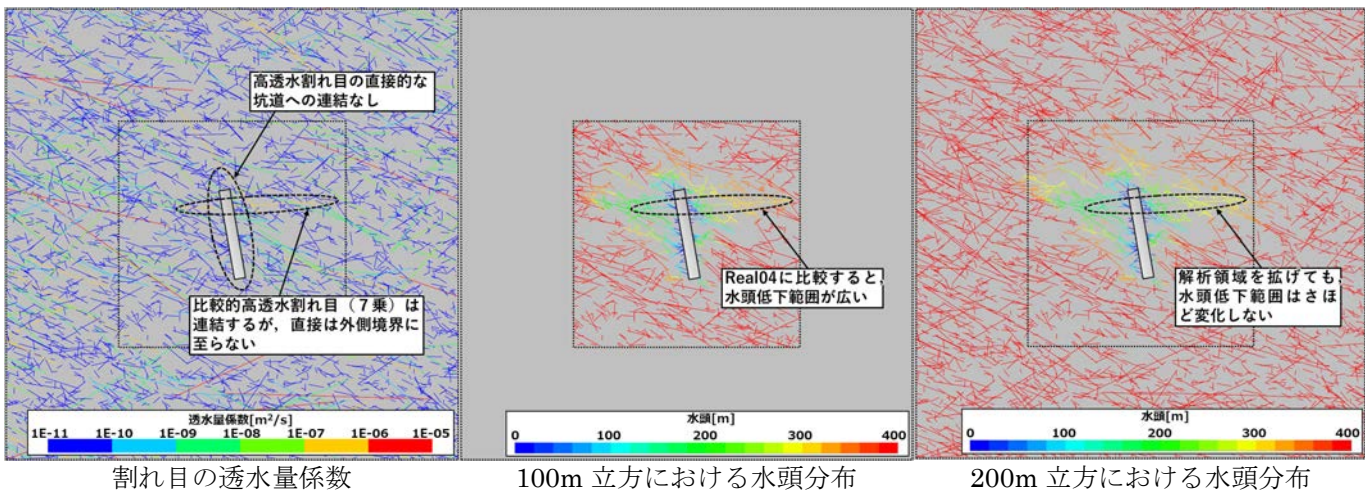


割れ目の透水量係数

100m 立方における水頭分布

200m 立方における水頭分布

図-3 湧水量の変化が最も大きな Real 04 における割れ目の透水量係数・水頭分布



割れ目の透水量係数

100m 立方における水頭分布

200m 立方における水頭分布

図-4 湧水量の変化が最も小さな Real 10 における割れ目の透水量係数・水頭分布

#### 4. まとめ

DFN モデルにおける坑道湧水量解析について、解析領域の影響について検討を実施した。その結果、坑道と側方境界の距離が DFN モデルで生成する最大割れ目長さ未満の場合には、湧水量を過大に評価することになると考えられ、適切な評価に向けては境界間の距離を最大割れ目長さ以上設ける必要性が示唆された。なお、本件は経済産業省資源エネルギー庁の委託事業「令和3年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（岩盤中地下水流動評価技術高度化開発）（JPJ007597）」の一部である。

#### 参考文献

- 1) 日本原子力研究開発機構・電力中央研究所、令和2年度 高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発—岩盤中地下水流動評価技術高度化開発—、経済産業省資源エネルギー庁、341p、2021。