

割れ目ネットワークモデルによる浸透流解析コードの比較検討

鹿島建設(株) 正会員○並川 正 正会員 森川 誠司
 鹿島建設(株) 正会員 瀬尾 昭治 正会員 戸井田 克
 埼玉大学 正会員 渡辺 邦夫

1. はじめに

不連続性岩盤における透水特性や物質移行特性は割れ目の影響を強く受ける。そのため近年では、岩盤中の割れ目群をネットワーク状にモデル化して浸透流解析を実施することがしばしば行われている。このための解析コードとしては、DonChan¹⁾や FracMan²⁾が解析実績の多いコードとして知られているが、両者の解析手法やモデル化は異なっている。今回、仮想的ではあるが同じ割れ目分布を有する不連続性岩盤モデルを対象に、この2つの浸透流解析コードの比較解析を行ったので、その結果を紹介する。

2. 解析コード並びに解析モデルの概要

DonChan は埼玉大学と動力炉・核燃料開発事業団(現日本原子力研究開発機構)が共同で開発した解析コードで、割れ目は円盤形状と仮定し、岩盤マトリックス部と割れ目を格子状に分割して三次元管路網を形成させ、差分法により各格子点の水頭を求めるものである。一方、FracMan は米国 Golder 社が開発した割れ目を含む不均質岩盤を対象とした市販の FEM 浸透流解析コードであり、割れ目と岩盤マトリックス部を多角形の平板で三次元 FEM モデル化し、各節点の水頭を求めるものである。物質移行解析は両者ともパーティクルトラッキング法³⁾によって行う。

比較解析のための不連続性岩盤モデルは、図-1 に示すように 50m×50m×50m の立方体に割れ目を確率的に発生させたモデルである。このモデルに上・下流方向に 5%の動水勾配を与えて定常浸透流解析を実施し、下流部からの流出量を比較する。今回仮定した割れ目の数量・大きさ・方向・空間分布並びに割れ目と岩盤のマトリックス部の物性などの情報を表-1 に示す。

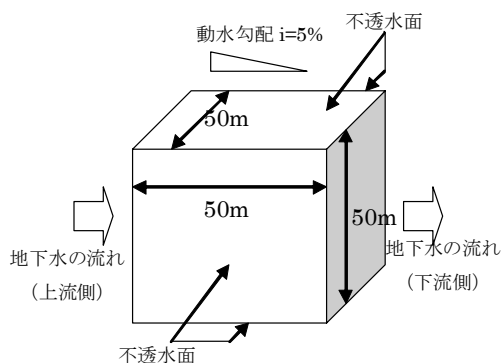


図-1 解析モデル

表-1 解析モデルの割れ目情報と物性値一覧

	項目	設定値・設定条件
岩盤マトリックス部	透水係数	$1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$
	間隙率	0.3
	分割ピッチ	3mと5mの2ケース
割れ目	透水量係数	$1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
	条数	100条(50m立方当たり)
	最小半径	5m
	空間分布	一様分布
	方向分布	ランダム
	長さ分布	べき分布(べき乗数4.0)

3. 定常浸透流解析結果の比較

図-2(a)、(b)にはそれぞれの解析コードで用いた不連続性岩盤モデルの割れ目分布状況を示す。DonChan では割れ目を円盤でモデル化しているが、FracMan では六角形でモデル化している様子が示されている。今回の比較解析では岩盤マトリックス部の分割ピッチを 5m とした場合と 3m とした場合の 2 通りを行った。表-2 はそれぞれの解析コードによって得られた流量の比較である。岩盤マトリックス部の分割ピッチが 5m の場合、DonChan と FracMan では、流量に 10 数%差異が出ている。しかし分割ピッチを 3m にすると DonChan の流量が増加し (FracMan の流量はほとんど変化しない)、両者の差異はほとんどなくなる。以上の結果から、岩盤

キーワード 不連続性岩盤、浸透流、割れ目ネットワークモデル、DonChan、パーティクルトラッキング

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 森川 誠司 TEL03-6229-6791

マトリックス部の分割ピッチを十分細かく設定すれば、DonChan の解析精度が向上し、定常浸透流解析結果に関する両者の解析コードの違いはなくなることが分かる。

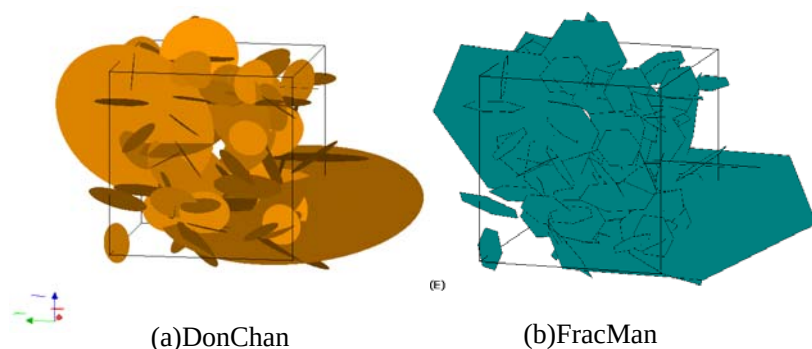


図-2 割れ目の分布状況

表-2 各解析コードで得られた流量の比較

岩盤マトリックス部の 分割ピッチ	流量(m^3/s)	
	DonChan	FracMan
5m	6.5×10^{-6}	7.4×10^{-6}
3m	7.4×10^{-6}	7.3×10^{-6}

4. パーティクルトラッキング解析結果の比較

上記の浸透流解析の結果に基づき、岩盤マトリックス部の分割ピッチが 3m のケースにおいて上流部から約 1 万個の粒子（パーティクル）を流し、その流動状況を求めた。図-3 は DonChan によるパーティクルの軌跡の抜粋を示したものである。モデルの中心付近から投入したパーティクルが割れ目や岩盤マトリックス部を通りながら分散していく様子が分かる。下流側におけるパーティクルの到達時間と到達パーティクル数の累計値の関係（ブレイクスルーカーブ）を比較したものを図-4 に示す。図-4 から、DonChan と FracMan のブレイクスルーカーブはほとんど同じであることが分かる。したがって、DonChan と FracMan ではパーティクルトラッキング解析結果についても差異は無いと言える。

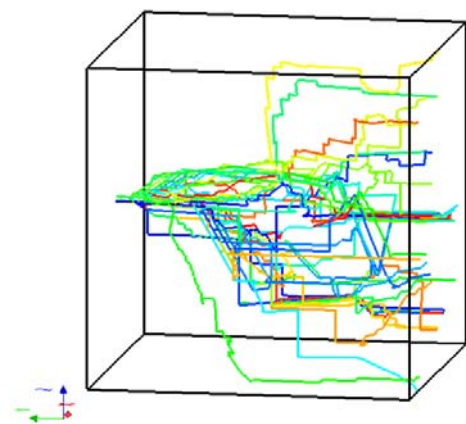


図-3 パーティクルの軌跡 (DonChan)

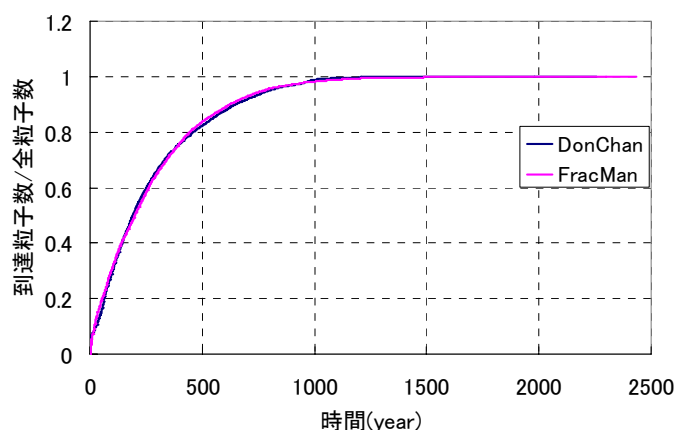


図-4 ブレイクスルーカーブの比較

5. おわりに

割れ目ネットワーク浸透流解析コードとして実績の多いDonChanとFracManを用い、同じ割れ目分布を有する仮想的な不連続性岩盤モデルの定常浸透流解析とパーティクルトラッキングによる物質移行解析を実施し、両者の結果を比較した。DonChanとFracManでは解析手法やモデル化に違いがあるものの、今回検討した不連続性岩盤モデルの解析結果を見る限りにおいて、岩盤マトリックス部の分割ピッチが十分細かければDonChanの解析精度は向上し、両者の結果の違いはほとんどなくなることが分かった。

参考文献 : 1)田中達也他「地質構造を基礎としたフラクチャーネットワークモデルの開発(その1)ー解析の考え方ー」応用地質, 35巻3号, pp.22-33, 1994. 2) <http://fracman.golder.com/> 3)田中達也他「Don-Chanモデルによるトレーサー移動解析の試み」土木学会第48回年次学術講演会, pp1222-1223, 1993