

Don-Chanモデルによるトレーサー移動解析の試み

埼玉大学大学院 ○田中 達也
 埼玉大学工学部 渡辺 邦夫
 動燃事業団 内田 雅大
 日鉄鉱業（株） 中村 直昭

1. はじめに

岩盤浸透流を解析する方法にフラクチャーネットワークモデルがある。著者らは、対象岩盤の割れ目系を構造地質学的に調べることにより、浸透流に影響を与える割れ目やチャンネルを取り出す調査、評価方法の確立を試みた¹⁾。そして、それらの割れ目情報を可能な限り再現するネットワークモデルとして、Don-Chanモデルを作成した²⁾。今回の報告は、Don-Chanモデルを用い実際の坑道を想定した場でトレーサー移動解析を行い、対象岩盤に存在する高透水性割れ目情報がどのように再現されるかを調べたものである。特に、破碎帯の存在によるトレーサーの広がり注目した。

2. モデルの考え方と解析方法

Don-Chanモデルでは、岩盤中の割れ目の流れ経路を、3次元管路網で置き換えている。管路は、図-1に示すように、領域内の割れ目各々に、適当な間隔で2方向に発生させる。これらは、割れ目のチャンネル流れをモデル化したものである。また、透水性が高く水みちと考えられる割れ目の交線部にも管路を発生させる。管路の透水性については、各管路の断面積と透水係数の積で表される値（ P_A 値とする）を用いている。これは、各割れ目について与えられている。また、交線部分では、2つの割れ目の P_A 値の大きい値を設定する。

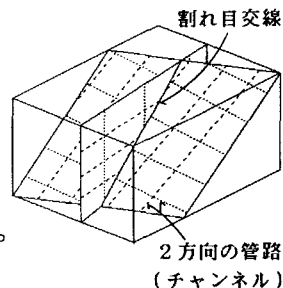


図-1 モデルの考え方

計算が容易であること、多くの割れ目を取り扱えることを目的として、解析では、ダルシー則と連続の関係が満足されていると仮定した。トレーサー移動解析には、パーティクルトラッキング法を用いている。これは、トレーサーを1つの玉と考え、注入点から管路を転がる玉の軌跡を求めるものである。管路の交点においては、各管路の流量に基づいた確率を設定し、モンテカルロ法により、流れる管路を選択する。玉は、解析領域面或いは、設定坑道面に到達するまで選択を繰り返し、一本の移動経路を表す。この繰り返しにより主要なトレーサーの広がりを表現する。

3. 解析条件及び結果

今回のモデルでの解析スケールを図-2に示す。領域中央に縦3m・横4mの長方形断面をもつ坑道を考える。そして、坑道の中心から上1.2mの位置に坑道と平行にトレーサー注入のための水平ボーリング孔を仮定した。境界条件としては、坑道内壁面には位置水頭、坑道入り口面については、図に示すように、接続する坑道を仮定して凸型に位置水頭、それ以外の部分にはノーフロー境界を与えている。また、その他の境界面では、坑道を基準とした40mの一定水頭とした。割れ目の管路間隔を5m、 P_A を $0.1 \text{ cm}^3/\text{s}$ とし、トレーサー注入区間は、ボーリング孔の4.1~4.3.5mとした。パーティクルトラッキング法では、ボーリング孔のトレーサー注入区間から

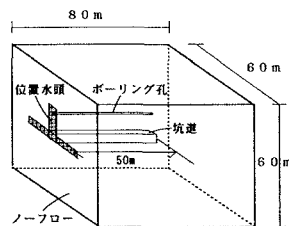


図-2 解析スケール

半径2.5mの範囲に存在する管路交点を探し、存在すれば、その交点をトレーサー注入地点としてトラッキングを開始する。また、トラッキング回数(玉を転がす回数)は、1つの注入点につき500回とした。図-3に解析で用いる割れ目分布を示す。割れ目数は50枚で、坑道切り羽方向を北とするとN90E・N60E・N80Wのほぼ3種類の走向をもつ高角の割れ目と図中に★で示す3枚の低角の割れ目によりなる。今回の解析では、これら3枚の低角割れ目を高透水性の割れ目(破碎帯)と仮定し、設定する P_A 値を $0.1\text{ cm}^3/\text{s}$ (Case 1)、 $1.0\text{ cm}^3/\text{s}$ (Case 2)、 $3.0\text{ cm}^3/\text{s}$ (Case 3)とする3つの場合についてトレーサー移動解析を行った。

解析領域内のチャンネル総数は1256本、割れ目面交線は524本、これらの交線は24813個となる。図-4(a)(b)(c)に、Case 1・2・3それぞれの坑道壁面に現れるトレーサーの分布を示す。図は、坑道展開図を示し、その中に

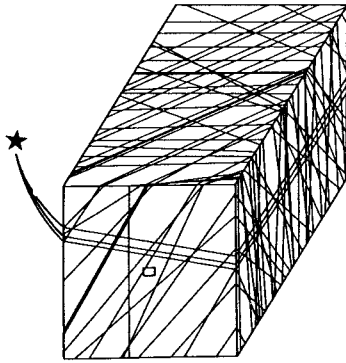


図-3 割れ目分布

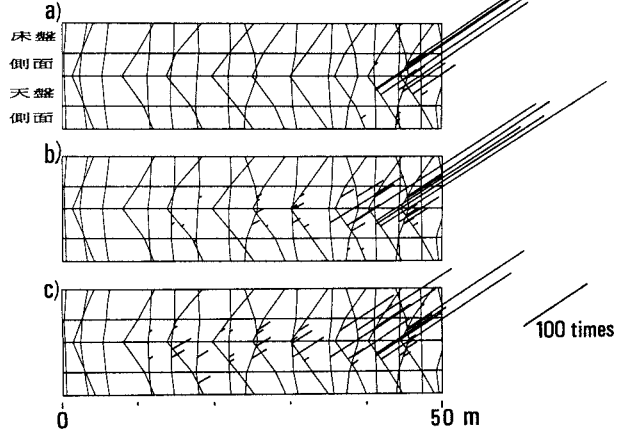


図-4 トレーサー分布
(数字は、坑道入口からの距離を示す)

坑道壁面と交わる割れ目が記載されている。

右上に伸びる直線が、トレーサー到達回数

である。今回の解析では、注入地点となる管路交点が2個存在し、トラッキング回数は1000回となった。図(a)では、トレーサーは、注入点近傍の限定された地点に分布している。これは、 P_A 値が一定の為、高角の割れ目によりトレーサーが移動したことによる。また、図(b)(c)から、破碎帯と仮定した3枚の割れ目がトレーサーの主要な移動経路となり、分布地域を広くしていることがわかる。図-5(a)(b)に、Case 1・2それぞれの坑道へのトレーサー到達時間(t)と到達回数との関係を示す。ここで、実際の到達時間(T)は、割れ目の透水係数(k)と到達時間(t)の関数であり、 $T = t/k$ により計算される。広域に広がったトレーサーは、時間的にもばらつきを示している。これらの結果から、Don-Chanモデルによって、トレーサーの移動をかなり良く解析できることがわかる。このことは、現位置トレーサー試験がフラクチャーネットワークモデルの妥当性検討に有効であることを示している。

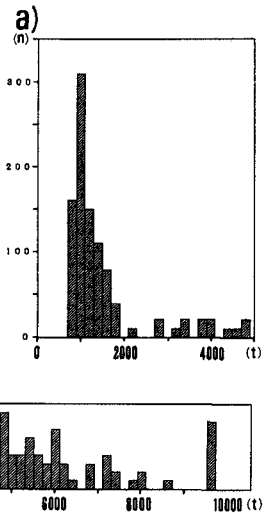


図-5 トレーサー到達時間と到達回数

参考文献

- 1) 渡辺邦夫, 田中達也, 内田雅大, Peter Wallman, 岩崎浩: 割れ目系の構造地質学的性質と岩盤中の水みち形状調査, 土木学会第47回年次学術講演会論文集3, pp. 656-657, 1992
- 2) 渡辺邦夫, 田中達也, 内田雅大, 中村直昭, 岡田敏治: Don-Chanモデルによるトンネル湧水と、岩盤内トレーサー移動の解析, 第25会岩盤シンポジウム講演論文集, pp. 521-525, 1993