

## 割れ目情報と現場対話解析を基礎としたフラクチャーネットワークモデル

|         |      |
|---------|------|
| 埼玉大学工学部 | 渡辺邦夫 |
| 埼玉大学大学院 | 三枝博光 |
| 動燃事業団   | 若松尚則 |
| (株)大林組  | 田中達也 |
| 動燃事業団   | 前川恵輔 |

1.はじめに

不連続性岩盤の浸透流を解析するフラクチャーネットワーク解析では、対象岩盤から主要な透水経路となる割れ目を取り出し、割れ目ネットワークを作り、地下水の浸透流を解析する。この手法を用いて、対象岩盤の浸透流を評価する場合、まず、どのような性質の割れ目が透水経路となるのかを判断することが大事である。筆者らは、岩盤中の水みちを取り出して解析するDon-Chanモデルを提案している。本報告は、水みちの地質構造の取り入れ方と、開発したプログラムのパフォーマンスについて検討したものである。

2.モデルの考え方と問題点

このモデルの特徴は2つである。1つは岩盤中の水みち(チャンネル)を取り入れ、チャンネルを管路のように考え、それらが作る3次元管路網を用いて解析することである。他の1つは、地質特性評価の不確定性を調査・地質判断・解析を一体としたトライアルアンドエラー手法により、現場対話型的に解析するものである。前者では地質的リアリティが問題となる。後者では、解析プログラムに以下の3点が重要となる。(1)多くのトライアル計算を行うため、計算時間が速いこと。(2)モデルを作るための地質データの入力が容易であること。(3)結果が見やすく、実測と比較し易いこと。これらは、開発された数値計算プログラムのパフォーマンスに関する必要条件である。本研究はそれらの2点を検討したものである。

3.地質構造とチャンネルの設定

まず、地質的リアリティについて考える。その時、どのような地質構造が透水性の大きい部分(チャンネル)を形成するかを考えなければならない。地下水は、岩盤内の開いた空隙の中を流れる。つまり、水みちとなるためには、その部分の割れ目が開いていることが必要となる。その点から、現在の応力場で引っ張り状態となる割れ目が集中している部分、また、局所的に大きく開口した部分が水みちとなると考えられる。ここで、前者は単に割れ目が集中している部分と言うこともできる。なぜなら、種々の方向の割れ目が存在する場合

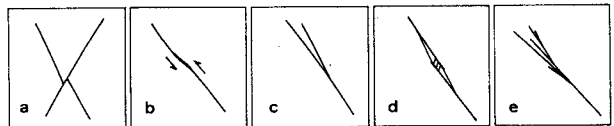


図-1 水みちを形成する可能性のある地質構造  
a.交線部 b.曲がり部 c.分岐部 d.ステップ構造 e.端部

1つの応力場では、いくつかの方向の割れ目に引っ張り力が働くことになるからである。このような地質的原則を考えると、水みちとなる地質構造として図-1に示すものが考えられる。

図中、a)は割れ目の交線部、b)は割れ目の曲がり部、c)は主要割れ目と副次割れ目の分岐部、d)は割れ目のステップ部、e)は割れ目の端部である。Don-Chanモデルでは、チャンネルネットワークを作るために、このような水みちとなる地質構造を取り上げリアリティを持たせる。もちろん、どのような地質構造が水みちとなるかは対象岩盤により異なるため地質構造調査結果を踏まえねばならない1)。

4.Don-Chanモデルによる解析の長所一短所

次に、解析プログラムのパフォーマンスが問題となる。このことを、1つの解析例を基に検討した。つまり、計算の速さと、結果の見易さを調べるわけである。今回のモデル計算で用いた3次元解析領域と

トレーサー注入地点を図-2に示す。境界条件はトンネル入口面をNo-flowとし、その他はトンネル中心を基準とした一定水頭100mとした。また、各割れ目上のチャンネルは透水係数 $1.0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ 、断面積 $0.06 \text{ m}^2$ 、間隔5mで一定とした。その解析結果例を図-3(a)~(e)に示す。図(a)はDon-Channelモデルで再現した割れ目である。図(b)はこれらの割れ目上に再現したチャンネルネットワークである。チャンネル方向は全ての割れ目について、走向方向から0度・90度にした。チャンネル交点の総数は約17000点となった。図(c)は注入区間からのトレーサーの広がりを3次元的に表している。

トレーサー移動はパーティクルトラッキング法で解析している。トラッキング総数は1000回とした。この3次元的な移動経路の表示は入力した割れ目の中でどの割れ目が重要となるか考えることができる。図(d)は坑道への湧水量、トレーサーの分布を示している。右上に伸びる直線の表示地点が湧水、トレーサー到達地点、その長さが湧水量、トレーサーの到達回数を示している。図(e)がトンネルへのトレーサー到達時間と到達回数の関係（ブレイクスルーカーブ）を示している。

これらの解析結果は全てワーク・ステーション（Sun SP/2）で解析・出力したものであり、その計算時間は入力から図化まで約1.5時間となる。Don-Channelモデルの1つ目の長所は、この計算の速さである。このモデルは管路網を基礎としているため、要素分割などの前処理の時間を大幅に減らすことができる。これは、調査と解析が一体となったトライアルアンドエラーによるモデル構築に有利である。また、解析結果例からも分かるように、仮定した割れ目面、チャンネル、トレーサーの動きなどを3次元的に図化して、現場技術者にも結果が分かり易い。これらの点は、現場対話型の解析に対して極めて大きな長所である。

本研究によってDon-Channelモデルでは、計算時間、前処理時間が少なく、現場対話型解析が成立することがわかった。また、地質情報を基礎として作られたモデルにリアリティを持たせるためチャンネルとなる構造を提案した。今後、種々の現場への適用によりさらに、地質的リアリティを高めて行くことが重要である。

**参考文献** 1) 田中達也、渡辺邦夫等(1994)：フラクチャーネットワークモデルによる釜石鉱山KD90坑道トレーサー試験の解析、第49回年次学術講演会

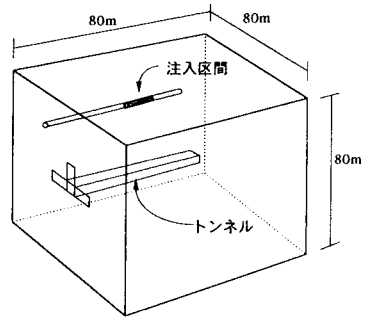


図-2 解析領域とトレーサー注入地点

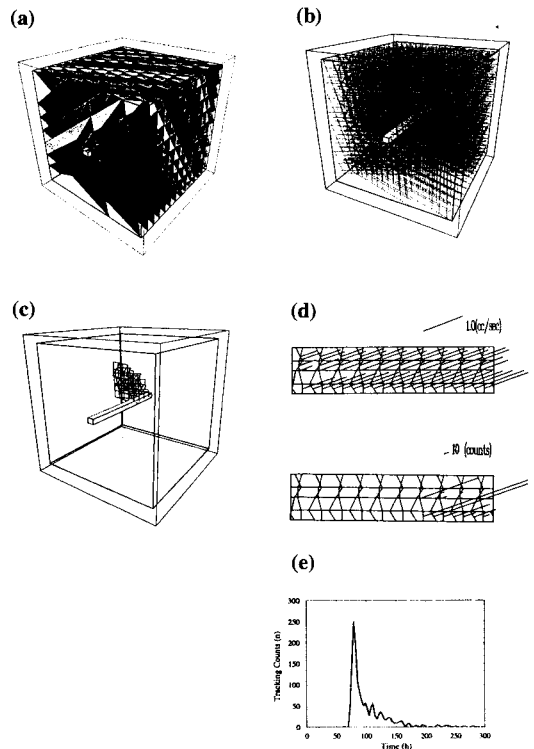


図-3 解析結果の出力例

- (a) 設定した割れ目数
- (b) チャンネルネットワーク図
- (c) トレーサーの移動経路
- (d) トンネル展開図上の湧水量とトレーサー分布
- (e) ブレイクスルーカーブ