

III-85 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

(株) 大林組	○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

はじめに

Don-Chanモデルは、地質技術者が試行計算を行いながら割れ目モデルを作り、地下水流れを解析する現場対話型解析モデルである¹⁾。この解析モデルで最も重要なことは、3次元管路網により再現するチャンネルネットワークの地質的リアリティである。そのため、地質的な情報をベースとして、この管路網をどのように作り上げるかを実際の岩盤を対象として検討しておかなければならない。本論文は、提案した考え方の妥当性と実用性を、釜石鉱山KD90坑道で行われたトレーサー試験を例に検討したものである。なお、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。

1. KD90坑道の割れ目系の特性調査

今回取り上げるKD90坑道は、全長50メートルであり、地質は花崗閃緑岩である。図-1(a)は坑道壁面にみられる割れ目系の詳細なスケッチ、(b)はDon-Chanモデルで再現するべく選択した割れ目系のスケッチである。この選択の基準として、割れ目の形成を考えた。つまり、他の割れ目との交線部に、①割れ目の集中帯がみられる、②割れ目のずれが認められる、など実際に活動した証拠を基にした。このことは、割れ目の変動が水みちを作ることを基礎とした考えである。図-2(a)は、図-1(b)中に示された割れ目をシュミット・ネット上半球に投影した図である。実線、破線は、それぞれ、図-1中の実線、破線で示した割れ

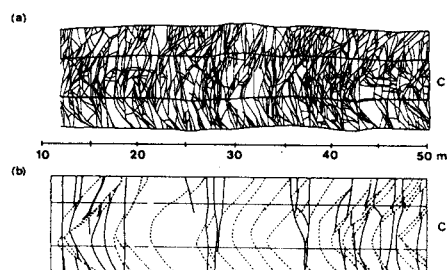


図-1 (a) 詳細な割れ目系のスケッチと
(b) 選択した割れ目系のスケッチ

目に対応している。図-2(b)中、P1は、各々の割れ目の交線の方

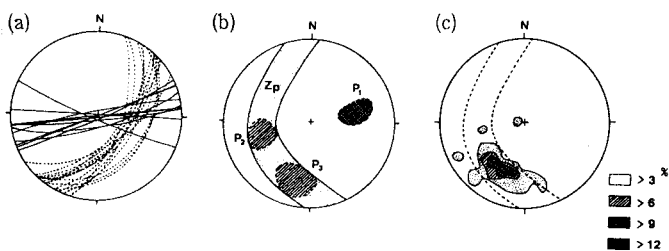


図-2 (a) 選択した割れ目、(b) 交線、(c) 条線、の方向分布

領域と良い対応をしていることがわかる。このことより、KD90坑道の主要割れ目の交線方向とずれの方向が直交するという性質が読み取れる。図-3(a)は、2つの割れ目交線と、条線との関係を模式的に示した図である。こういう構造が形成され、長期にわたって保存されるためには、2つの条件が必要と考えられる²⁾。それは、①2つの割れ目が共役の関係にあることであり、また、②割れ目のずれの方向が一定に近い、つまり、応力場があまり変化していないことである。このような観点から、KD90坑道周辺の主応力の分布と、割れ目のずれの方向を模式的に示した図が図-3(b)である。この場合、推定された最大主応力の方向はほぼN80E程度と東西に近く、30-40°ほど東落ちとなる。KD90坑道周辺では、このような応力場で、何度も、同じ割れ目を使った変動が起り、結果として、割れ目交線部に水みちとなる小割れ目の集中帯が形成されたと考えられる。

つぎに、割れ目交線部の小割れ目集中部の大きさの測定を行い。その結果、平均 0.06m^2 との結果を得た。

2. 割れ目系のモデル化と解析条件

以上述べた地質構造の特徴を基に、図-1(b)に示した2つの方向を持つ割れ目を主要な割れ目として取り出す。ただし、近接し、派生割れ目によりつながっているものは、1つにまとめて考える。これらの平均間隔は各々の群について約6mであった。これらの、主要な割れ目の交線を1つのチャンネルとする。また、除外した小割れ目と主要割れ目との交線のチャンネルとして、主要割れ目の交線の間に1つずつあると仮定した。つまり、全体的には平均間隔3mをもつ2つの割れ目群が互いに斜交し、その交線がチャンネルとなると考えた。また、条線についても、水の流れ方を支配することが報告されている。条線は、前述したように、取りだした交線とは直交する面内に発達している。そこで、今回は、各割れ目上に交線と同様なチャンネルを直交する方向に仮定して解析することとした。これらの平均間隔は6mとした。つまり、数からのみえれば、交線方向の流れの半分の流量特性を条線方向に与えることになる。

次に、注水試験から得られた注水地点の注水圧と注入量の導入により、チャンネル透水係数を全て一定として逆推定した。ここで、チャンネル断面積は前述の 0.06m^2 とし、透水係数は $9.0 \times 10^{-6}\text{m/s}$ となった。また、境界条件は、一定水頭とし、その値は、原位置での水圧測定から設定した。

3. 解析結果および考察

設定した割れ目数は、40枚、総交点数は14809個である。また、計算時間は入出力を含めて約1時間であった。図-4は、解析によるトンネル展開図上のトレーサの出現位置を示したものである。図中の斜め線は、パーティクルの出現数を示している。

また、図中の▲は、実際にトレーサの出現が確認された位置である。解析されたトレーサ出現位置と実際の観察がほぼ合致していることがわかる。図-5は、実測されたブレイク・スルー・カーブを解析結果と比較したものである。ピーク位置と、全体的なカーブの傾向は、ほぼ合致しているといえる。

今回の解析では、条線を交線と同様にとり扱うなど、地質的なリアリティの表現などに問題もある。また、透水係数の推定には、まだ試験方法の開発を含め、困難な問題も残っている。しかしながら、トレーサ試験結果がある程度うまく解析されたことは、このモデルに妥当性があり、発展性があることを示していると考ええる。

参考文献

- 1) 渡辺邦夫、三枝博光等(1994): 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、第49回年次学術講演会
- 2) Nicolas, A.(1984): Principles of Rock Deformation, Petrology and Structural Geology, pp.58-68

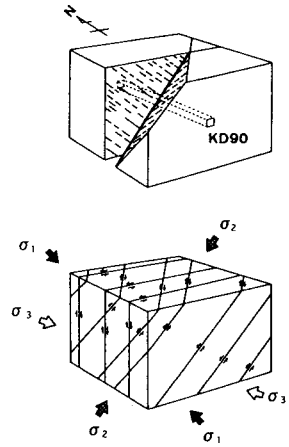


図-3

(a) 割れ目の交線と条線の関係

(b) 主応力の分布と割れ目のずれの方向

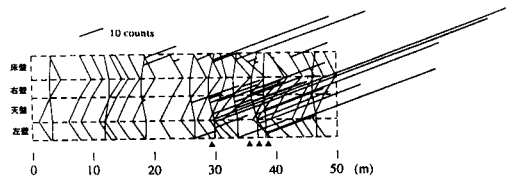


図-4 解析によるトレーサ出現位置とトレーサ観測位置(▲)

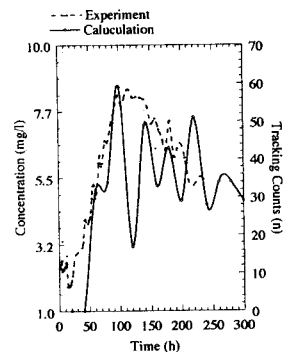


図-5 実測と解析による

ブレイクスルーカーブの比較