

ハザマ 正 茂呂吉司、小林 晃
山下 亮、塩崎 功

1. はじめに

本検討で行なった亀裂発生は、ボーリング位置の選定のために、ボーリング孔がどのように亀裂を横切るかを予め予測するために行なったものである。そして、その予測結果と実際の比較から亀裂のモデル化に関して若干の考察を行なう。

2. サイトおよび亀裂の状況

ボーリング実施サイトは、日鉄鉱業保有の釜石鉱山の坑道内である。図-1に坑道で行なった亀裂スケッチを示す。本坑道は、土被り約500mほどであり、岩質は花こう閃緑岩である。図-2はこの坑道内での亀裂調査を基に作成したステレオネットである。亀裂の発生に当たって、図-2に示したように亀裂を4セットに分類して、各セットにおける走行・傾斜の平均値と分散を求めた。また、図-1に示した亀裂を各セットに分類し、各セット毎の平均亀裂密度(単位面積中の亀裂数)を求めた。表-1にそれらの一覧を示す。

ボーリングは図-1のAおよびB点から南に 60° の傾斜で長さ30mで真南方向に行なった。

3. 亀裂の発生法

亀裂の発生法は、表-1に示した走行・傾斜の平均と分散を用いて、正規分布を仮定し、乱数を用いて再現する。亀裂の位置に関しては、ポアソン分布を仮定して、その中心位置を発生させる。また、坑道内で観察された亀裂は、測定された走行・傾斜を用いて、モデル上でのその存在が実際のそれと同じになるように設定し、また乱数を用いて発生させる亀裂で坑道に掛かるものは削除し、実際の観察と齟齬のないように配慮した。そして、そのように発生させた亀裂面とボーリング孔を想定した直線が交わる点を数える。亀裂の発生は異なる初期値の乱数で30回発生させた。

4. 亀裂面が無限である場合の結果

ボーリング掘削前には、亀裂面の大きさが無限であると仮定した。これは、亀裂観察が坑道からのみであるので、亀裂長さに関する情報を得ることが出来なかったためである。そこで、結果の評価としては、ボーリング坑内で亀裂に遭遇する確率(各セクションで遭遇する亀裂数/ボーリング孔内で遭遇する全亀裂数)で行なった。その結果を図-3、4に示す。このように、亀裂の大きさに関する情報がない状況においても、ボーリング孔が亀裂を横切る確率の傾向はおおよそ予測できることが分かる。しかし、この場合には、解析領域を大

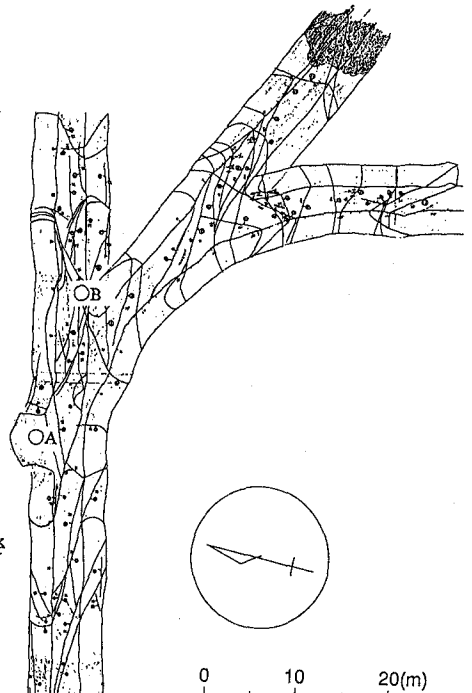


図-1 坑道内の亀裂分布図

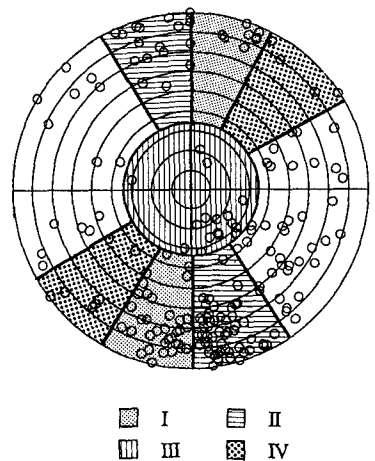


図-2 シュミットネット(上半球投影)

きく取り、亀裂の発生数を大きくすると、ボーリング孔を横切る亀裂の数も多くなるため、亀裂を横切る数に関して定量的に行なうことは、この段階では難しい。

5. 亀裂面の大きさを有限にした結果

図-5に前節の亀裂を無限大であると仮定した場合のボーリング孔を横切る亀裂の数の平均値を示す（太線）。今回の検討では、発生領域の大きさを90m立方に設定しており、ボーリング孔がおおよそ鉛直方向であるので、その方向に垂直な亀裂面の投影面積はおおよそ8100（ $=90 \times 90$ ） m^2 となる。図-5には、ボーリング掘削後に実測された亀裂の本数分布も示してある（点線）が、その値は、予測された値のおおよそ100分の一程度の値となっている。これは、ボーリング孔に垂直な亀裂の投影面積が実際には100分の一ぐらいであるためと思われる。すなわち、ボーリング孔に垂直な亀裂の投影面積をおおよそ81 m^2 ぐらいに設定すると、今回の地点ではボーリング孔が横切る亀裂の本数のオーダーも実際に近くなるものと思われる。そこで、亀裂面の大きさを半径5mの円盤と仮定して、先述と同様のシミュレーションを行なった。その結果を図-5の一点鎖線で示す。このように、亀裂面の大きさを有限に設定することにより、亀裂の数についても定量的に議論できる。

6. まとめ

以上の検討で得られた知見をまとめると以下のようになる。

- 1) 亀裂の大きさを無限であると仮定すると、亀裂のモデル化に関して定量的な評価を行なうことが難しいが、亀裂の大きさを適切に設定することにより、定量的な評価が可能になる。
- 2) 亀裂の大きさ（トレース長さ）に関する情報を観察より得ることは実際には難しいが、一本のボーリング結果とその予測結果の差から本論で述べたような推測を行なうことにより、キャリブレーションにより推定することが可能である。今回の検討では、亀裂の半径を一定と仮定したが、その分散も仮定して、キャリブレーションすることにより、統計的な特性も推定することが可能であろう。

表-1 亀裂の走向・傾斜

亀 裂 群	I	II	III	IV
亀裂密度（本/ m^2 ）	0.0872	0.0225	0.0198	0.0647
走 向（平 均）	14.5	165.7	9.6	155.6
走 向（分 散）	6.8	8.0	6.7	6.3
傾 斜（平 均）	70.8	73.6	69.6	71.0
傾 斜（分 散）	11.3	8.5	7.6	10.6

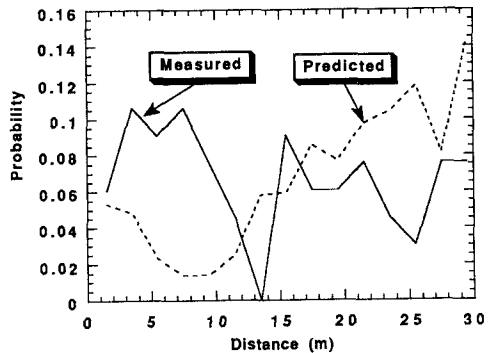


図-3 ボアホールAの予測結果と実測結果

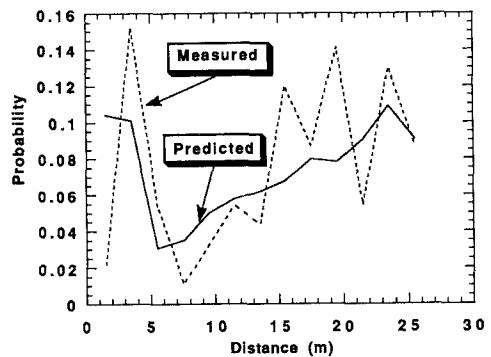


図-4 ボアホールBの予測結果と実測結果

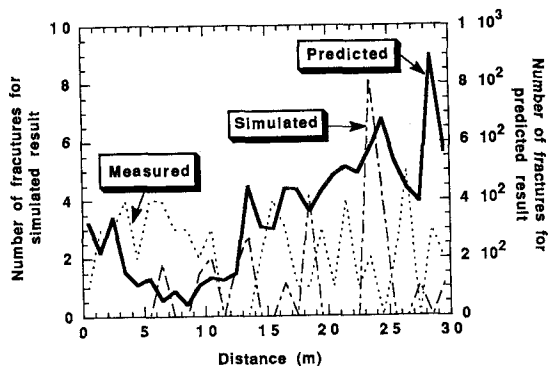


図-5 ボアホールAの亀裂本数の分布検討結果