

坑内自然電位連続測定によるフラクチャー岩体の水理特性推定

Characterization of hydrological properties of fractured rock using continuous borehole self-potential measurements

西 祐司 [1]; 石戸 経士 [2]; 根木 健之 [3]
Yuji Nishi[1]; Tsuneo Ishido[2]; Tateyuki Negi[3]

[1] 産総研; [2] 産総研; [3] 日鉄鉱コンサルタント
[1] AIST, GSJ, GREEN; [2] GSJ/AIST; [3] Nittetsu Mining Consultants

結晶質岩石から成る岩体の透水性は、多くの場合、断層、フラクチャー、ジョイント等の不連続によってもたらされる。このような不連続が統計的にランダムに分布している“フラクチャー岩体”では、フラクチャーの平均的な存在間隔（フラクチャースペーシング）より大きなスケールでのバルクの浸透率は、フラクチャー部の浸透率にその体積割合を掛けたものとなる。フラクチャーに囲まれた緻密な母岩であるマトリックス部はこの岩体バルクの浸透率に寄与しないが、フラクチャー岩体の蓄える流体ならびに熱の大部分はマトリックス部に存在する。したがって、このような岩体から流体や熱エネルギーを採取する場合や化学種の移流拡散を評価する場合には、フラクチャースペーシングに加え、フラクチャー部とマトリックス部のそれぞれについて体積割合、孔隙率、浸透率などの水理パラメータを把握することが必要となる。一般に浸透率や孔隙率等を原位置で測定するのに、圧力遷移試験やトレーサー試験などが行われるが、Ishido and Pritchett (2003) は、圧力遷移試験時に坑内で自然電位 (SP) の連続測定を行うことの有効性を指摘した。数値シミュレーションの結果、SP 変化を経過時間の対数に対してプロットすると、初期と後期に直線部分が現れ、初期の直線の傾きはフラクチャー部の体積割合に孔隙率を掛けたものを反映し、後期の傾きはマトリックス部を加えた全体の孔隙率を反映する、また中期の遷移部の終了する時間がマトリックス部の圧力平衡に要する時間（フラクチャースペーシングの 2 乗に比例しマトリックス部の浸透率に逆比例する緩和時間）に対応することなどを見出している。

今回、このような坑内 SP 連続測定の可能性を実験的に検討するために、釜石鉱山の既存孔井を利用して圧力遷移試験を実施した。使用したのは KF-1 孔であり、この孔井を使った流動電位測定実験の結果は根木他 (1996, 1997) に報告されている。KF-1 孔は KD-89 坑道に傾斜して 60m まで掘削されており、孔口を開閉させることで孔内圧を変化させることができる。今回は、圧力計と流量計を備えた孔口装置を取り付け、孔口から 10-50m 間に 12 個の Ag-AgCl 電極を挿入し、平成 17 年 12 月の 3 日間、孔口バルブの操作に伴う孔内圧、流出量、各電極の電位変化を測定した。また坑道壁面には以前の実験結果との比較のため 4 箇所に Ag-AgCl 電極を設置した。孔口バルブの操作は基本的に一定時間 (T) オープン、3T 時間クローズを一つの単位としてこれを繰り返した。T は 0.5、1、3、10、30、100 分とした。

観測された結果は、孔内圧の低下に対応して孔内電極の電位は上昇、坑道壁面の電位は低下であった。これらの電位変化の原因は流動電位と考えられるが、単位圧力低下量あたりの孔内電位変化量は、T に依存し 0.5、1、3 分までは T とともに大きくなり、10 分より長い範囲ではほぼ一定 (KF-1 に交差するフラクチャーとの位置関係で変わるが、概ね 4 気圧の低下に対して 10 mV 程度の上昇) であった。詳細な解析を実施中であるが、フラクチャー周囲のマトリックス部の圧力平衡の緩和時間は 10 分程度と推定される。

文献:

Ishido T. and Pritchett J.W. (2003): Characterization of fractured reservoirs using continuous self-potential measurements. Proc. 28th Workshop Geothermal Reservoir Engineering, 158-165.

根木健之・横井浩一・米田吉宏・仙波 毅 (1996):釜石鉱山における流体流動電位法適用試験．物理探査学会第 94 回講演会論文集, 235-239.

根木健之・米田吉宏・仙波 毅 (1997):釜石鉱山における流体流動電位法適用試験 (その 2)．物理探査学会第 97 回講演会論文集, 274-278.

謝辞: 釜石鉱山 (株) には今回の実験に際して全面的なご協力をいただいた。ここに記して深く謝意を表す。