

間隙水圧と歪の並行観測による断層帯周辺の透水構造推定

Modeling of permeability structure using pore pressure and borehole strain monitoring

加納 靖之^{1*}, 伊藤 久男²
Yasuyuki Kano^{1*}, Hisao Ito²

¹ 京大・防災研, ² 独立行政法人 海洋研究開発機構

¹DPRI, Kyoto Univ., ²JAMSTEC

岩盤の透水性を測定するには、掘削孔に設置したパッカーとポンプを用いた現場水理試験や、得られたコアを用いた室内透水試験によってその値を得ることが行なわれてきた。また、水圧計や水位計を掘削孔に設置し、長期的なモニタリングを行なう場合は、大気圧変化や地球潮汐など自然の岩盤変形に対する間隙水圧の応答を推定することが可能である。地下水資源の探査の分野では、こうした自然の岩盤変形に対する応答を調べて透水性や貯留量を推定する手法が古くからとられてきた。

これらの手法では測定領域やサンプルのスケールが大きく異なり、断層帯のように空間的に不均一な透水性構造となっている場合には、それぞれで得られる値がどのような関係をもっているかは必ずしも明らかではない。しかも、断層帯の透水構造を考えるとときには、断層面からの距離によって透水構造が変化するのか？断層面に沿った流れが卓越するのか？など、その不均一性の理解が、断層帯の変動の理解に重要な鍵となると考えられる。

自然の岩盤変形による応答を測定することを想定して、断層帯の透水構造についての簡単なモデル解析をおこなった。モデルは2次元（深さ断面）で、均一な透水率をもった岩盤に垂直方向に断層を模擬した高透水性層を設ける。モデルの上方の境界は、自由水面（排水条件：間隙水圧=0）、下方の境界は水が流れ出さないという条件で、変位と間隙水圧がカップルした拡散方程式を数値的に解いた。初期条件として、上方の境界での上下方向の均一なステップ的な荷重とした。また、大気圧変動を想定して同様の荷重についていくつかの周波数で計算した。また比較のため、断層（高透水性層）を設けず、均一な透水性構造の場合も計算した。

このモデル計算の結果からは、高透水性層（断層）の幅と、高透水性層と低透水性層の透水性のコントラストに依存して、断層周辺の低透水性の層の影響の寄与の割合が変化し、薄い断層帯中であればその中で間隙水圧を測定したとしても、それがただちに断層帯そのものの透水性推定につながらないことが示唆された。

このモデル計算の結果を、神岡鉱山の断層を貫くボアホールでの現場水理試験とその後の水位観測のデータに適用した。現場水理試験により母岩、薄い亀裂、断層帯の透水係数がそれぞれ 1.4×10^{-19} , 5.5×10^{-15} , $2.0 \times 10^{-15} \text{ m}^2$ と推定された。また、その後の断層帯の水位観測および近傍のボアホール歪記録によって観測された大気圧および地球潮汐応答の解析からは、透水係数が 10^{-14} m^2 と推定された。母岩と断層帯の組み合わせでこの観測結果を説明しようとする、断層帯が観測地点のごく近傍（距離 10 m 程度）で自由水面（排水面）となっていることが推定される。現場の状況と合わせて考えると坑道が自由水面となっていることで説明できる。

ここでのモデル計算から、母岩（低透水性層）にかこまれた断層（高透水性層）の透水性を得るためには、断層帯のみならず、母岩の透水性を調べることも重要であることがわかった。断層帯を想定した透水性のモデリングは、水圧モニタリングおよび現場水理試験のデザインや、コア試料による透水試験の配置に有益な情報となるだろう。

キーワード: 断層帯, 透水構造, 深部掘削孔, 間隙水圧

Keywords: fault zone, permeability structure, deep drill hole, pore pressure