

掘削後のボアホール口径変化を利用した応力場の推定

Stress field estimated from long term borehole deformations

桑原 保人[1]; 木口 努[2]

Yasuto Kuwahara[1]; Tsutomu Kiguchi[2]

[1] 産総研; [2] 産総研

[1] GSJ,AIST; [2] AIST

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震で活動した有馬-高槻-六甲断層帯の近傍に、地震後の断層活動のモニタリングを目的として3成分歪計を設置した。歪計設置深度の違いにより、池田観測点では深度680mに石井式歪計を、宝塚、育波の3観測点では深度約300mに坂田式歪計を埋設した。歪計を設置した4観測点のうち、宝塚は兵庫県南部地震で活動した断層北端域、池田観測点は断層北端の東側に位置し、育波観測点は南端中央部と考えられる場所に位置している。各歪計の長期トレンドを見ると、宝塚観測点の歪みの最大圧縮方向、池田観測点の最大伸張方向が兵庫県南部地震の断層の走行にほぼ平行であることが注目される。また育波観測点は断層の南端付近に位置し、その最大圧縮方向はほぼ東西となっている。宝塚、池田、育波では地震の約1年後の歪計設置前に水圧破壊法やボーリング孔のブレイクアウトを利用した応力測定が行われた(Ito et al., 1997)。応力測定による最大圧縮方向は歪み観測により明らかになった圧縮の方向とほぼ一致している。特に宝塚観測点についてはその圧縮方向は地震等から推定される広域的な応力場の方向とは異なっている。これらの結果は宝塚観測点が兵庫県南部地震で活動した断層の北端の西側に位置し、地震直後の応力集中が絶対的応力場として支配的であるというモデルにより解釈できる。また Mizuno et al. (2000)による3観測点でのS波偏向異方性の結果も応力場に調和的であることは特筆すべきである。これらの結果は3成分歪観測の長期トレンドの結果は、現在も地震時の応力集中と同様の変形が継続していることを示しているものと考えられる。

一方、坂田(2002)は坂田式3成分歪計の長期トレンドの主要部分を圧縮場の中にボーリング孔を掘削することによる岩石のクリープ現象として解釈し、体積歪成分に対してMaxwellの粘弾性モデルを適用し、岩石の粘性係数を求める試みを行なっている。ここでは、この考えを一歩進めて、3成分歪の各成分の差は異方的な応力場により生じているとして、応力場の解析も合わせて試みる。

2. 問題の定式化

岩石のレオロジーモデルとしては、取り扱いが簡単で実際の岩石のレオロジーを比較的良く表すと言われる標準線形固体を用いる。ここで議論する歪計の時間変化の問題は、2次元問題を仮定し、岩石中にある口径のボアホールを掘削し遠方から主応力 σ_1 , σ_2 の応力がかけられた場合のボアホール径の変形の時間変化を求める問題となる。この問題は、Cristescu(1989)により、岩盤内のトンネル掘削の安定性の問題として詳しく解析されている。ここではCristescu(1989)の解析結果を使う。このモデルのパラメータとしては、岩石の動的弾性定数、静弾性定数、粘性係数、最大主応力、最小主応力、主応力方位である。

3. 応力場の結果

解析の第1段階として、粘性係数以外は歪計設置深度近傍での各測定値を採用し、粘性係数についてはCristescu(1989)の用いた値を採用した。解析では各パラメータをデータにフィットさせるよう逐次変化させていった。各パラメータともその値それぞれ200%以内の変化で、歪計設置後3年間の3成分の長期トレンドにほぼ合わせることができる。応力については例えば、育波では、歪計設置深度300mでは Sh_{max} : 14.1MPa, Sh_{min} : 9.7MPa, 方位不明であった。今回の方法では Sh_{max} : 11MPa, Sh_{min} : 7.76MPa, Sh_{max} の方位: N110Eであった。今後、他の場所でも本方法を試すことでその有効性を検討していきたい。