

レーザー変位計を用いた浅部応力方位測定装置の開発

A new tool of borehole laser scanner for stress direction measurements

木口 努[1]; 桑原 保人[2]; 佐藤 凡子[1]

Tsutomu Kiguchi[1]; Yasuto Kuwahara[2]; Namiko Sato[1]

[1] 産総研; [2] 産総研

[1] AIST; [2] GSJ,AIST

1. はじめに

断層遠方から一様な応力が作用し断層面上で応力降下が生じている場合を想定すると、断層周辺の主応力軸の方位は、断層面上の応力降下量及び断層からの距離に依存し、走向に沿っても変化する。このことから、断層周辺で応力方位を面的に多数測定することによって、断層面上の応力降下の割合をすることが出来る(桑原,2004)。孔井を用いて多点で応力方位を測定するためには、1地点当りの測定費用を安価とすることが条件となり、浅部孔井で短時間に測定できる新たな手法の開発が必要である。ここでは、地表の熱擾乱が及ばない深度 10m 程度で、異方的応力場における孔井掘削直後の孔径のクリープ変化を測定し、主応力方位を決定する装置の開発について説明する。

2. レーザ変位計を用いた孔径変化測定装置の設計と製作

まず、孔径変化を測定するセンサの仕様を決めるため、孔径の変化量を見積もった。1995 年兵庫県南部地震以降に産業技術総合研究所が埋設した歪計の長期変化を異方的クリープ変形として標準線形モデルを適用した解析を行い、岩石の粘性係数や遠方応力などを推定した(木口ほか,2004)。このパラメータなどを用いて、深度 10m 程度における掘削直後の 24 時間のクリープ歪をおよそ $1.0E-6$ と見積もった(桑原ほか,2004)。この孔径変化を測定できるセンサとしてレーザー変位計を選定した。レーザー変位計の 1 回の測定では精度が不十分であるが、測定データを数千回スタックすることにより約 $0.1 \mu\text{m}$ の分解能が可能であり必要な精度が得られることを設計時の要素試験で確認した。

このレーザー変位計を測定装置に組み込み、連続回転させることにより、円周上 360° にわたる孔径を連続的に長時間測定し、孔径変化を求める仕様とした。レーザー光は装置外側のアクリルと孔内水(孔内水が無い場合は空気)を経て孔壁に照射する。測定中は、装置の 2ヶ所にあるセントライザで孔壁に圧着し固定する。装置に方位計を内蔵し、測定の前で方位を計測する。測定装置の外径は 100mm であり、直径 116mm の孔井で測定できる。装置の全長は約 150cm、重量は約 25kg である。レーザーセンサが 1 回転する時間は約 6 分である。測定深度は 20m 以浅である。

測定データはケーブルを介して地上のパソコンに取り込まれ、画面上にリアルタイムで孔径変化を表示する。データは円周上の 2° 間隔で取得され、サンプリング間隔 $200 \mu\text{s}$ で最大 7500 回スタックする。測定中のパソコンの画面は 4 つに分割され、それぞれ、測定中の孔井断面図、孔井断面の経時変化図、長軸と短軸の孔径の時間変化図、長軸方位の時間変化図を表示する。孔井断面図は微小なクリープ変化を表示できるように真円からのずれを拡大して表示する。異方的応力場により孔井断面図は楕円状に変形するので、孔井断面図に楕円を近似することにより、断面図の長軸と短軸の長さ方位を求める。この短軸の方位が最大水平圧縮応力の方位となる、

3. 測定装置の動作試験

測定装置の製作後に、3種類の動作試験を実施し、設計上の性能を有することを確認した。まず、耐圧試験を行い、測定装置を水深 20m 下に 24 時間設置した後に破損や漏水が無いことと 24 時間連続のデータ取得を確認した。次に、検定試験として、内径 115mm, 116mm, 117mm の 3種類の校正管に測定装置を挿入し連続データを測定し、ドリフトやノイズがないこととデータの再現性を確認した。また、内径 116mm の鋼管を用いて連続データを取得する操作試験を行い、鋼管に荷重をかけて変形させた場合に鋼管の変形に対応した孔径変化が測定できることを確認した。

動作試験の後、つくば市内の碎石場跡地において、測定装置の野外フィールドでの性能実証試験を実施する予定である。この実証試験の後、跡津川断層や糸井川-静岡構造線などの活断層周辺で応力方位の測定を行う計画である。