

地殻応力測定

新しい原理に基づく簡便な応力方位測定法の実用化へ

地殻応力測定法開発の経緯

地殻にかかる応力の測定は、活断層にかかる応力情報を必要とする地震発生予測の問題から、地下空間を利用した構造物の建設の問題まで、地球表層部の地殻に関わる様々な分野で必要とされる。

地殻応力の測定法としては、深さ50-100 m程度までの比較的浅い所の測定では応力解放法が、1-2 kmまでの深さの測定では水圧破碎法が、さらに深部の測定では、ボーリング孔を掘削の際に応力を原因とする孔壁岩石の破壊現象を利用する方法等が、それぞれ用いられてきた。しかし、いずれの方法も原理的・技術的ないくつかの問題を抱えている。

さらにこれらの測定法を使用するには、ボーリング孔掘削費用以外に数百万円から数千万円という高額な測定費用がかかるため、測定できる点数が限られてしまう。一般に地殻には様々なスケールの亀裂や岩質の不均質が存在し、地殻中の応力も不均一な状態となっている。そのために、岩盤中の代表的応力状態を推定するためには、できるだけ数多くの場所での測定が必要

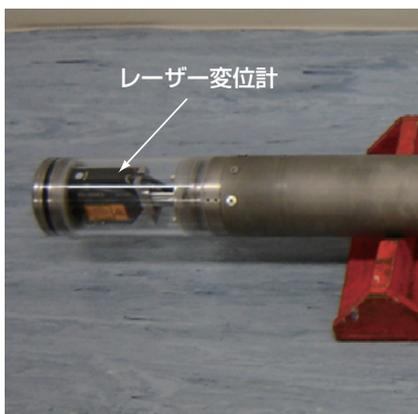


写真1 装置に実装したレーザー変位計

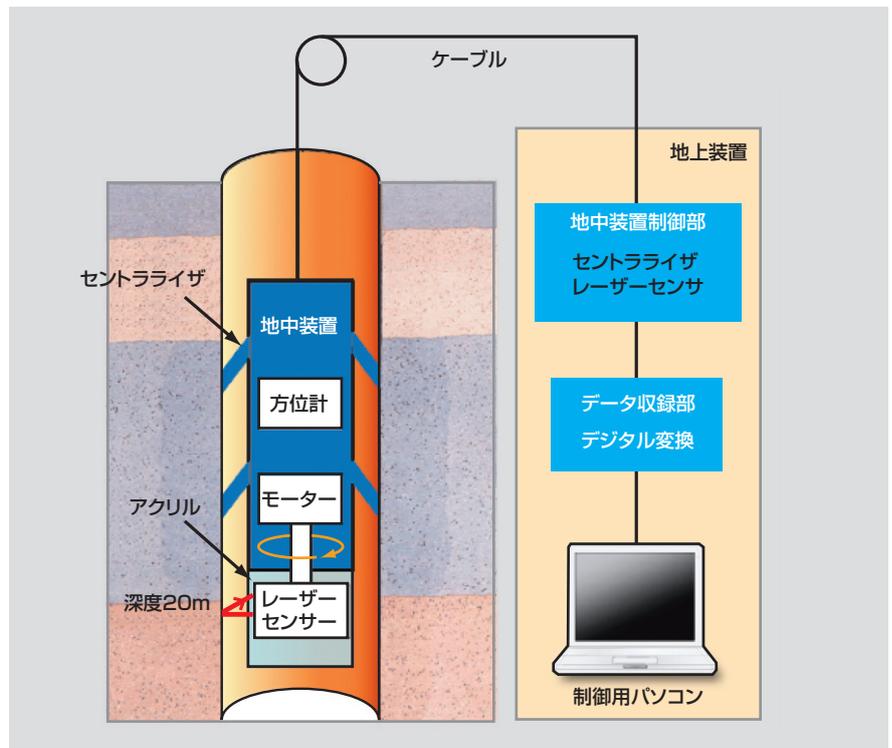


図1 応力方位測定装置の概念図

地中装置はレーザー変位計、変位計の回転機構部、装置全体の固定機構、方位測定機構からなる。現在の装置の対応孔径は116 mmである。

であるのに、前述の理由でこれが難しい状況にある。

産総研では地殻応力測定にかかわる上記の問題点を解決するために、新しい原理に基づく地殻応力測定装置の開発を行なっている。応力情報としては応力の絶対値と方位が得られれば完全であるが、測定対象によっては地殻にかかる応力方位情報だけでも十分な場合も多い。今回産総研が開発した技術は応力の方位測定のみを対象としている。実際の現場で新しい応力測定法の検証実験を行い良好な結果を得たので、この測定法の原理、開発状況を紹介する。

新しい原理

何らかの応力がかかる地殻にボーリング孔を掘削すれば、岩石のもつ粘性の効果によって、ボーリング孔は掘削直後からクリープ変形する。かかっている応力が異方的であれば、クリープ変形も異方的である。この異方的変形を直接はかることができれば応力方位を決定できる。従来の応力測定法はボーリング孔掘削後に、孔内に水圧をかけたり、または再度オーバーコア掘削したりする必要がある。

今回提案する異方的変形の直接測定による応力方位決定法は一回のボーリング掘削後に直接ボーリング孔の変形を測定するものであり、従来法に比べはるかに簡便である。例えば、P波速



写真2 測定現場での装置の設置風景
作業員2人で十分設置可能である。

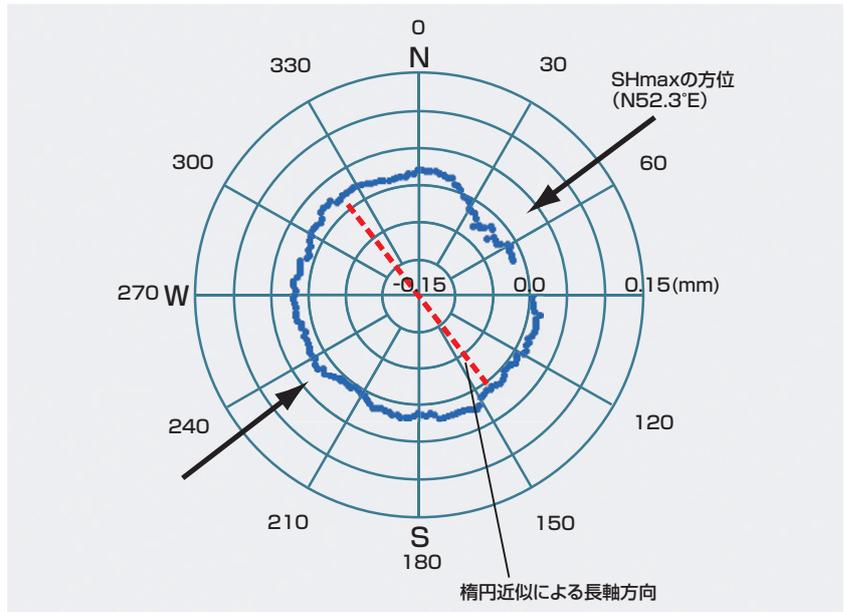


図2 孔径変化測定の結果

測定装置設置直後のボーリング孔の形状と設置12時間後の形状の差を示している。ボーリング孔の長軸がほぼ北西-南東方向に10 μm程度大きくなっている。最大圧縮の方向はほぼ北東-南西と推定される。

度が4 km/s程度、粘性係数は地殻岩石の適当な値として 2×10^{17} Pa・sを持つ岩盤内で、0.2-0.3MPa以上の差応力がかかっている場合を想定する。理論計算によれば、0.1 μm程度の分解能の変位センサーを用いて掘削後半日程度の測定時間で十分検出可能と考えられる。

今回開発した技術は、まず、図1のように分解能0.1 μm程度のレーザー変位計、装置の固定機構、方位測定機構からなる測定システムをボーリング孔内に固定する。次にレーザー変位計を孔内で360度回転させながら岩石のクリープ変形による孔径の時間変化を約半日程度測定する。写真1は測定装置にレーザー変位計を実装したものである。測定深度は20 mまでである。

現場での測定検証実験

この原理で予測されるような変形が実際に起こっているか、そして開発した装置が実際に十分な精度で動作するかを確かめるために、採石場跡地で深さ10 m程度のボーリング孔を掘削し検証実験を行った(写真2)。現場の岩石は、深さ1 mあたりに比較的大きな亀裂が1個程度存在する、亀裂の少ない部類に属する花崗岩であった。我々は長さ50 cm以上の棒状コアが取れる深度を選んでボーリング孔の形状変化を測定した。ボーリング孔の掘削直後に測定装置を深度11 mに設置し、夜間の約半日間測定した。設置直後のボーリング孔の形状と設置12時間後の形状の差を図2に示す。ボーリング孔の長軸がほぼ北西-南東方向に10

μm程度大きくなっている。このことからこの現場での最大圧縮の方位はほぼ北東-南西方向ということがわかる。実際の孔井で行なった今回の約半日間の測定では、測定の安定性に若干の問題はあったものの、ここに示すように確かにボーリング孔の形状が変化することを確認した。

今後、測定の安定性の改良を図るとともに、現場応力が正確に測定された場所での測定値の比較による検証、活断層周辺での応力場解明への応用等に取り組んでいく予定である。

地質情報研究部門 桑原 保人

E-mail : y-kuwahara@aist.go.jp
http : //unit.aist.go.jp/igg/rg/seisprocess-rg/index.html

地震の発生予測精度を向上させるため、特に内陸、深さ20 km程度までの地震が発生する場所で起こっているさまざまな現象を研究している。人には見えない地下深部の現象をどのように計測し、様々なノイズを含む計測データ中から微弱な信号をどのように引き出すかを考えることが地球科学の醍醐味と思っている。現在は、活断層深部の構造と応力状態の解明に取り組んでいる。これらの研究を、地震が起こりそうな場所でこれからどのようなことが起こるのかのシナリオ作りに結びつけていきたい。

