

## 応力変化検出をめざした活断層近傍での大地比抵抗モニタリング

## Earth resistivity monitoring for detecting stress changes close to an active fault

# 山下 太[1], 柳谷 俊[1]

# Futoshi Yamashita[1], Takashi Yanagidani[1]

[1] 京大・防災研・地震予知セ

[1] RCEP, DPRI, Kyoto Univ.

地震現象を理解するうえで、活断層近傍における応力状態のモニタリングは非常に重要である。そこでわれわれは岩石の比抵抗が応力変化を増幅した変化を示すことに注目し、比抵抗の連続測定をおこなっている。用いているシステムはわれわれが開発した比抵抗測定システムで、おおきなノイズ存在下でも高精度で安定した比抵抗の連続測定を行えるよう設計されている。観測点は跡津川断層系のひとつである茂住断層の観察坑道内である。時系列データからは応力変化に起因する比抵抗変化を見つけることはできなかったが、スペクトル解析の結果、0.1, 0.2分潮の周期にピークが見られ、地球潮汐にともなう比抵抗変化が存在している可能性が示唆された。

地震のサイクルがゆっくりとした応力のビルドアップにはじまり、急激な解放で終わることを考えると、活断層をとりまく岩盤の応力状態をモニターすることは、地震という現象を理解するうえで非常に重要である。しかしながら、現時点では応力自体を測定する方法は確立されていないため、応力状態のモニタリングは応力状態を反映した物理量をモニタリングすることで担われている。そのような物理量のなかでも、とくに岩石の比抵抗は応力変化を増幅した変化を示すことがわかっている。岩石を構成する鉱物は一般に高い比抵抗をもち、電流を流しにくい。一方、イオンを含んだ水は良導体であり電流を流しやすい。そのため岩石に電圧をくわえると、岩石中の水を含んだ空隙にそって電流がながれる。このことはすなわち岩石全体の比抵抗が岩石中の空隙ネットワークのつながり具合に大きく左右されることを示している。そのような空隙ネットワークのつながり具合はごくわずかな応力変化でも劇的な変化をもたらすため、結果として応力変化を増幅した比抵抗変化が生じることとなる。

このような観点から、われわれは跡津川断層系のひとつである茂住断層の近傍において比抵抗の連続測定をおこなっている。用いているシステムはわれわれが開発したシステムであり、応力変化検出を目的とした比抵抗測定をおこなうために、おおきなノイズ存在下でも高精度で安定した比抵抗の連続測定をおこなえるよう設計されている。システムは電気探査法の4極法を基礎としており、電流電極間に流す電流値で電位電極間の電圧値を除いた値に、電極配置で決まる係数を乗じたものを比抵抗としている。しかしながら従来の測定器とは異なり、励起電流にはDCの代わりに定振幅電圧のサイン波のACを用いている。そのため、電流値、電圧値の測定には位相検波技術が適用可能で、おおきなノイズ存在下においても高精度の測定がおこなえる。さらに位相検波はデジタル信号処理でおこなっているため、アナログフィルターによる誤差やドリフトがなく、高精度で安定した測定をおこなえる。本システムのダイナミック・レンジは最大5けた、信号に対するノイズの許容振幅比をあらゆるダイナミック・リザーブは最大120 dBである。

測定をおこなっているのは茂住断層観測坑道の坑内で、主断層帯からおよそ200 mはなれた場所に位置する坑柱の表面に、ステンレス製の電極4本を設置した。測定の結果、通常は安定した測定がおこなえているものの、坑道への通気がおこなわれると、それにとまなう温度変化等の擾乱をうけ、比抵抗がおおきく変化していることがわかった。そのため、時系列データからは応力変化に起因するような比抵抗変化を見つけることはできなかった。しかしながら、スペクトル解析をおこなうと、0.1, 0.2分潮の周期にピークがあらわれ、地球潮汐にとまなう比抵抗変化が存在していることが示唆された。よって、温度変化等による擾乱をさけるよう電極を地中深くに埋設し測定の感度をあげれば、茂住断層周辺の応力変化を見積もれるような比抵抗測定をおこなえるであろう。

ほかに応力変化にとまなう比抵抗変化をとらえている観測点として油壺観測点がある。油壺には活断層はないが、海岸から近いので、海洋潮汐の載荷によるおおきな応力変化が予想される。実際に、東京大学地震研究所による3成分伸縮計をつかったひずみ測定では、海水面の変動にとまなう10の-6乗程度のおおきなひずみがとらえられている。比抵抗測定をおこなっているのは伸縮計が設置されている新観測壕から100 mほどはなれた旧観測壕内である。電極配置は、電極を等間隔に設置するWenner配置を採用したが、より詳細な測定結果をえるため、水平面内に120°で交わる3方向にそれぞれ測線を設置し、それぞれの方向の比抵抗を測定することにした。測定の結果、温度、気圧、降雨、地下水位等の複雑な環境変化に起因すると予想される長周期の変動も重畳しているものの、短周期の成分に注目すれば、あきらかに海洋潮汐に対応した比抵抗変化が見られた。そこで、海洋潮汐による載荷の効果を見るため、3成分伸縮計のデータのうち短周期成分からひずみ楕円を計算し、主軸を求めた。同様にして比抵抗データからも比抵抗楕円を計算し主軸を求めた。解析の結果、ひずみ楕円の主軸方向から、海面上昇時には海岸線に直交する方向に縮み、平行する方向に伸びていることがわかった。さらに比抵抗楕円の最大増加軸が、縮みの方向とほぼ直交していることがわかった。このことは、圧縮応力によって空隙ネットワークが絶たれ、

圧縮応力に直交する方向の電流が流れにくくなったと考えることができる。この測定結果より、比抵抗を3成分測定することで、主応力軸の大きさや方向の変化を見積もれる可能性が示唆された。