

野島注水実験における自然電位変動モデル再構築

村上 英記 [1]

[1] 高知大・自然科学系・理学部門

Improved Line Source Model for self-potential variations during Nojima water injection experiments

Hideki Murakami[1]

[1] Natural Sciences Cluster-Science Unit, Kochi Univ.

Repeated water injection experiments have been done at the Nojima fault, which is responsible for the 1995 Hyogoken-nanbu earthquake (Mw6.9), to research the healing process of the fault. During experiments we have observed self-potential variations around a water injection borehole and estimated the time variation of hydraulic parameters around the fault. Observed self-potential variations during the experiments can be explained with streaming potentials due to the flow of the injected water. Negative anomalies of self-potential appear on the ground surface around the injection borehole because the change in self-potential in the aquifer is conducted to the whole part of the borehole through the iron pipe, which acts as a line source of electric current. However, during recent experiments positive changes of self-potential observed far away from the borehole. These changes are not well explained by the previous simple model. We must introduce the positive electric charges, which are ignored in the previous model, to explain the observations. We propose the improved model for self-potential variations associated with water injection experiments.

1995年兵庫県南部地震(Mw6.9)の地表地震断層である野島断層の回復(固着)過程をモニターする目的で数年おきに注水実験が繰り返し実施されている。注水実験では、断層運動の直後は断層近傍が破碎された状態にあり水が流れやすい状態であり、時間経過とともに断層面の固着が進行し水は流れにくくなるという作業仮説の基に実施されている。これまでに、1997年、2000年、2003年、2004年、2006年、2008年、2013年の計7回実施された。1997年から2008年の実験では、当初の目論見とは異なり、断層破碎帯ではなく断層近傍の深さ540m付近から周囲への注水であったが、時間経過とともに水が通りにくくなっており地震発生後数年ではほぼ定常状態になっていることが複数の観測から示唆されている(西上, 2014)。

注水実験時に注水孔周辺の地表で自然電位の変動を観測し、地下の水の流動のしやすさの変化を観測してきた。1997年から2004年までの実験では、注水時の自然電位変動として次の3つの特徴が観測された: 1)注水の開始・停止に同期している、2)注水孔周辺が負に変動する、3)注水孔からの距離が大きくなると変動量が小さくなる。また、同レベルの流量・圧力に対する自然電位変動が年々大きくなるという現象も観測された。これらの自然電位の変動特性から、観測している自然電位変動は注水に伴う流動電位を観測しているものであり、地下の水理パラメータが年々小さくなっている、すなわち流れにくくなっているものと推定した(Murakami et al.,2001;Murakami et al.,2007)。

しかし、2006年頃の実験からそれまでの自然電位変動とは異なる変動を示す観測点が出てきた(村上ほか, 2010)。注水孔から離れた一部の地点での電位変動が、従来の注水に伴い負に変動するのではなく逆に正に変動するようになった。一方、注水孔の極近傍では従来通り注水の開始にともない負に変動している。また、いずれの観測点における自然電位変動は、注水の開始と停止に同期した変動であることにはかわりはない。

これらの新たな変動は、従来の地下で発生した流動電位を注水孔のケーシングパイプが電流電極の役目を果たして地表に伝えるというモデルでは説明できない。従来の注水実験で観測された電位変動を説明するためには、水の流動方向が正になりケーシングパイプ側が負になるような電場が発生している必要がある。従来のモデルは、水の流れて行く方向の正の電荷の位置については無限遠とした近似モデルであった。正の電荷の位置を電位計測範囲に設定することで定性的に説明が可能になる。自然電位測定も含め複数の観測から水が流れにくくなっている、つまり水の流動範囲が注水孔の近くに限定されてきたということとも整合的である。発表においてはいくつかの定量的なモデルについて紹介する。

本研究の一部は、東京大学地震研究所平成26年度特定研究(A)「注水実験による内陸地震の震源断層の詳細な構造と回復過程の研究」から援助を受けておこないました。