

せん断破壊に伴う電磁気異常のメカニズムに関する新しい解釈

New aspect on mechanism of electromagnetic anomaly associated with shear fracturing

中川 康一 [1]; 塚 偉 [2]

Koichi Nakagawa[1]; Isamu Tsuka[2]

[1] 大阪市大・院・理; [2] (株)NTT データ

[1] Graduate School of Sci., Osaka City Univ.; [2] NTT DATA

大地震の発生に伴って電磁気異常が観測されることはよく知られている。この電磁気異常の発生メカニズムについては、まだ特定されるに至っていないが、現段階で考えられるメカニズムとして、上部地殻のひずみに伴う鉱物の圧電効果や間隙水の流動電位などによる地電流が知られている。地震の発生過程、すなわち、断層破壊のダイナミクスを論じるとき、断層破砕帯を構成する材料の特性を知ることは大変重要である。断層破砕帯を構成するガウジは一般に1ミクロン以下の細かな粒子から礫に至るまで非常に広い粒径分布を示すという特徴がある。細粒分を多く含むことから比表面積が大きくなり、水との物理化学的相互作用が大きくなる。

粘土供試体を室内でせん断した場合、変形に伴って電気分極するという変わった性質があることは既に報告してきた。手の平サイズのガウジブロックに電極を配置して、せん断変形とともに発生する電圧変化を計測した。試料の表面には、部位によって数10ミリボルトの電位変化が発生した。この現象はそれまでほとんど知られておらず、細粒物質集合体のせん断変形に伴う特有の電気特性を示すことから、この現象をSIP (Shear-Induced Polarization) と呼ぶことを提案した。せん断変形であることから、マクロな流体移動を対象とした流動電位とは区別している。発生する電圧は、ひずみの大きさ、細粒分含有率、間隙水の電解質濃度、圧密の程度に大きく依存することが明らかとなっている。水で飽和した粘土のような細粒物質では透水性が非常に低いいため、破壊のような高速変形は非排水条件下と等しくなり、水の移動はほとんどなく、粒子表面の電気化学構造の変化が粒子間結合ネットワークに電流を流し、電位を発生させると解釈される。したがって、非双極性の間隙流体を含むような工作用の油粘土などでは、このような現象は全くみられない。

変形とそれによって生じられる電位極性の関係を調べるため、粘土供試体を用いた平面ひずみ圧縮試験を行った。その結果、最大ひずみ軸面および最小ひずみ軸面には、それぞれ正および負の電位が観測された(ここで、伸張を正とする)。なお、中間ひずみ軸面にはほとんど電位が発生しなかった。このような結果から、電氣的に安定化された粘土粒子間の結合部が、変形によって破壊されることにより電氣的バランスが崩れて分極するとみられる。これは、電解質溶液中では一般に負に帯電した粘土粒子表面に電気二重層が形成されるが、安定化された結合部の吸着水層が破壊によって正イオンを自由水中に掃き出すというモデルによって説明できる。

震源過程では、破壊域に存在するガウジが変形を強いられるとSIPの発生が期待されるが、ガウジは比抵抗が非常に低いいため、地表で見られる断層帯はおそらく震源域まで連続していると思われ、地表で見られるガウジ帯は震源域の電氣的情報を与える信号線の役割を果たしていると考えられる。前述した実験室で得られた知見が、実際に野外で観測されるのかどうかは大変重要であり、検証する必要がある。

そこで、典型的な活断層と地すべり地3箇所を選んで、自然電位の稠密観測を実施した。地すべり地を対象とした理由は、多くの場合、地すべり地にも、規模はそれほど大きくないにしても、すべり面付近にガウジが存在していて、同じようなすべり破壊が期待できるからである。活断層での地震発生を対象とするにはかなりの長時間を要することになるが、同じようなガウジの変形は、地すべり地ではもっと頻りに観察可能となるので都合がよい。

跡津川断層帯、新潟県東頸城郡の伏野地すべり地区および吉野川流域の怒田・八畝地すべり地区に電極を埋設し、自然電位の稠密観測を行った。電極は長さ約40cm、直径13mmの良質の炭素棒を用い、2~3mの深さに埋設させた。各電位は、電極埋設後同じように変化し、1週間ぐらいで安定した値に落ち着く。長期的にはいずれの電極も緩やかに変化するが、降雨時には特徴的な変化を示す。自然電位の変化には、確実に地すべり変位に対応していると思われるものがある。地すべり変位は一般にステップ状の変位を伴うため、その時間が対応しているかどうかで容易に確認することができる。地すべりに対応している電位変化は100mv以上になる場合がある。地すべり変位記録に対応していないステップ状の電位変化も多く認められるが、これは局所的な変形に対応している可能性がある。野外で観測される変位と電位の関係は先に述べたモデルによってうまく説明できる。