

断層粘土の SIP 特性と材料科学的性質

Material properties and SIP characteristics of gouge

中川 康一[1]

Koichi Nakagawa[1]

[1] 大阪市大・院・理

[1] Geosci., Osaka City Univ.

・はじめに

近年、断層粘土がせん断変形するとき、電氣的に分極すること(SIP, Shear-Induced Polarization)が明らかになってきた(前回報告)。地表付近にみられる活断層の露頭では、必ずといってよいほど断層粘土(ガウジ)が観測される。ほとんどの場合大量の水分を含んでいるため、大変柔らかくなっていて、すべり面を特定する際に役立っている。このような断層粘土は、大部分は粘土鉱物によって構成されており、大変広い粒度組成を示す。このような特殊な条件が断層粘土の変形特性

を規制している可能性が高い。地震の発生に伴う電磁気学的異常のメカニズムについては、まだ特定されるには至っていないが、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がもたらす電気分極による地電流が挙げられるであろう。ここでは、震源過程で予測される破砕物質の急激なせん断塑性変形時の電気特性の変化について、断層粘土の材料科学的特性を踏まえて言及する。

・粘土粒子間の結合構造の形成と破壊

震源域はすべり破壊を繰り返すことから、破砕帯では細粒化がますます助長されることになる。ここでは、そのような細粒物質粒子間の結合構造の形成と破壊の問題を考える。一般に細粒物質として安定な粘土鉱物の粒子表面は負に帯電していることから、水溶液中では電気二重層が形成され、粒子間に電気化学的な相互作用が発現する。粒子間に働くクーロン力の大きさは水溶液の電解質濃度に依存することから、粒子間の相対位置は電解質の影響を大きく受ける。したがって、端・面で近接している粘土粒子は、配向しているとみられる吸着水層を通して互いに結合することになる。そして粒子間の相対位置は、粒子-水-電解質系の電気化学的平衡状態によって決定されるとみられる。したがって、粘土は圧密によって互いの粒子間距離が短くなって行くが、この時もとの電気化学的バランスが崩れ、再び新しい平衡状態へと移行する。粒子間の接近によって、その強度や変形抵抗が増加することになる。

・断層粘土の材料科学的特性

断層粘土は1ミクロン以下の粒子を多く含み、非常に広い粒径分布特性を示すことから、大きな圧縮性を期待できる。柳ヶ瀬断層、中央構造線、跡津川断層の露頭から採取された断層粘土の粒度分析結果は全体としてなだらかな粒径加積曲線を呈している。また、1ミクロン以下の細粒分を多く含んでいる。粒径分布が広い範囲におよぶということは、粒子間の隙間をより小さな粒子で埋めることが可能となり、高拘束圧下では隙間をより小さくできる。これは、前述した粒子間の結合と合わせて考えると、せん断変形時に大きな正のダイラタンシーが現れる可能性が高いことを示す。したがって、ダイラタンシー効果が期待されることから、せん断強度がこれにより増加することが予想される。

・ガウジのSIP(Shear-Induced Polarization)特性

粘土を室内でせん断させた場合、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た(前回)。手の平サイズのガウジブロックに電極を配置して、せん断変形させる実験を行い、発生する電圧変化を計測した。試料の部位によって、数10ミリボルトの電位が発生が観測された。この現象はこれまでほとんど知られておらず、一種の流動電位による可能性はあるが、細粒物質集合体のせん断変形に伴う特有の電気特性と言うことで、この現象をSIP(Shear-Induced Polarization)と呼ぶことを提案した。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。粘土のような水に飽和した細粒物質では透水性が非常に低いため、高速の変形は非排水状態で行われ、せん断に近いものとなるが、ミクロには間隙水が移動する。この時水に含まれるイオンの流れは電流となり、電位が発生することになる。しかし、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、このような現象はみられない。

・おわりに

断層粘土が震源域に存在する可能性は非常に高く、地震によるせん断破壊の後に蓄積する垂直応力により、断層粘土は過度に圧密を進行させる、この時の圧密様式は粘土の構造が最も形成されやすい一次元圧密に近いものとなる。構造運動に伴って蓄積されるせん断変形過程では、ダイラタンシーが発生し、強度が大きく増加することになる。破壊の直前から、せん断に伴って顕著な電氣的異常の発生が期待される。