

ガウジにみられる力学特性とせん断誘発電位 (SIP) の物理化学過程

Mechanical properties on gouge and physicochemical process of shear-induced potential (SIP)

中川 康一 [1]

Koichi Nakagawa[1]

[1] 大阪市大・院・理

[1] Graduate School of Sci., Osaka City Univ.

震源域はすべり破壊を繰り返すことや、応力集中に伴う応力腐食の進行によって、断層破砕帯は細粒化が促進され、ガウジが形成される。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構造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、粒子間に顕著な電気化学的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、粒子どうしの相対位置は電解質の影響を大きく受けることになる。さらに、水分子が配向しているとみられる吸着水層を通して、粘土粒子は端・面を近接させながら互いに結合していくと考えられる。そして粒子団の安定的配置は、粒子・水・電解質系の電気化学的平衡状態によって完成されるとみられる。粘土は圧密によって互いの粒子間距離を短縮して行くが、それまでに形成されていた電気化学的バランスを崩しながらも新しい平衡状態へと移行する。結局、長期的には粒子間の接近を伴って、その強度や変形抵抗が増加することになる。

地表付近にみられる活断層の露頭では、ほとんどの場合、ガウジが観測される。一般に含水比が高く柔らかくなっているため、すべり面を特定する際に役立っている。多くの断層の露頭から採取されたガウジの粒度分析結果をみると、全体として均等係数の大きななだらかな粒径加積曲線を呈している。0.1ミクロン以下までの非常に幅広い粒径分布特性を示すことから、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、拘束圧によって大きな圧縮性が発現するとみられる。これは高拘束圧下のせん断変形では、正のダイラタンシーが現れる可能性が高いことを示す。このようなダイラタンシー効果が期待されることから、地表では軟弱なガウジであっても、震源域になるとせん断強度やスティフネスはひずみ硬化によってより増加するとみられる。

食塩水で調整したカオリナイトの一次元圧密過程における弾性波速度や電気伝導度の挙動を見ると、間隙水の電気化学的变化と粒子間結合の強度が密接に関係していること分っている。つまり、圧密期間中は有効応力は一定にもかかわらず、地震波速度は変化する。特にS波速度は大きく変化し、一次圧密が主体の圧密初期においては急激に減少した後、時間とともに次第に回復し、さらに二次圧密においては、その間隙の変化だけでは説明できないような大きな速度上昇が観測される。一方間隙水の電気伝導度は、載荷と同時に急激に上昇し、二次圧密領域に入ると、減少することが観測されている。したがって、これは一次圧密という現象が、粘土の結合構造の破壊を意味し、それまで形成されていた安定な構造が破壊され、同時に電氣的平衡も乱されるが、二次圧密過程では再度構造が形成され、新しい応力条件に応じた安定状態へと移行すると解釈される。

ガウジの供試体をせん断させた場合、変形に伴って電気分極を起こすという変わった性質があることは既に報告した。手の平サイズのガウジブロックに電極を配置して、せん断変形させて、発生する電圧変化を計測した結果、試料の部位によって、数10ミリボルトの電位が発生することが観測された。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に近くなることから、流動電位とは分けて考えるべきであろう。変形は粒子間の結合を損傷させるため、この結合部付近の間隙水に含まれる陽イオンは自由水に向かって移動するとみられる。その結果、分極現象が発生すると考えられる。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。

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、ここでは、震源過程における破砕物質がせん断変形を被る時、上記したようなSIPが発現されるはずである。ガウジ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では、蓄積する垂直応力により、ガウジは十分に圧密を進行させる、この時の圧密様式は粘土の構造が形成されやすい、いわゆる一次元圧密に近いものとなる。引き続くテクトニック応力の増加に伴って、ガウジにひずみが集中することになり、これに応じたSIPが発生する可能性がある。これをモニターできれば震源過程の理解に大きな貢献をすることになる。