

## ガウジの物理化学特性と粒子間結合

### Physicochemical characteristics of gouge and the inter-particle bonding

# 中川 康一 [1]

# Koichi Nakagawa[1]

[1] 大阪市大・院・理

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

活断層露頭から採取されたガウジの粒度組成をみると、一般に細粒なものから粗粒なものまで、低均等係数の広い分布範囲となっている。また、0.1ミクロン以下におよぶ非常に細粒な粒子が含まれている。このような粒度組成を持つ材料は、通常の岩石や堆積物とは異なった力学挙動を示す可能性がある。ここでは、その物理化学的特性について触れ、力学特性との関わりを比較的単純なモデルを用いて考察する。

一般に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、その表面に電気二重層が形成され、粒子間において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を強化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。粒子間距離は圧密によって短縮され、これに伴い強度やスティフネスが増加すると考えられる。余剰間隙水圧の消散が完了して、有効応力の増加が認められないような二次圧密過程においても、一般に強度やスティフネスの増加が観測される。しかし、これらの強度増加がどのような機構によっているのかについては必ずしも明らかになっていない。これらの機構を探るための室内実験について紹介する。

食塩水で調整されたカオリナイト試料の一次元圧密試験において、圧密期間中に計測された弾性波速度と電気伝導度の同時観測の結果を見ると、間隙水の電気的変化と粒子間結合強度との間には密接な関係がありそうに見える。圧密期間中、縦波に比べて横波の速度変化が大きく、一次圧密過程では、極初期に横波速度は急激に低下し、そのあと次第に回復し、載荷荷重に応じた速度にまで上昇する。引き続き二次圧密過程では、試料の間隙比が減少するものの、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、次第に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、同時に電気的平衡も破られる過程であると解釈される。二次圧密過程では再度構造形成が行われ、応力条件に応じた新しい安定状態に移行していくものと解釈される。このような電気的に安定化された粘土粒子表面付近をせん断変形させた場合、これを取り巻く電気的均衡も崩れるために局所的な分極が生ずるものと解釈される。

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させ、せん断変形によって発生する電圧変化を計測した結果、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る。変形は粒子間の結合を損傷させるため、この結合部付近の電気二重層が擾乱を受け、過剰となった陽イオンは自由水に向かって移動するとみられ、結果として分極現象が発現すると考えられる。しかし、間隙流体が非双極性であるような工作用の油粘土などには、このような現象は認められない。

地震の発生に伴って、電磁氣的異常がみられることは多く報告されている。その電磁氣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るとは言えない。震源過程における破碎物質がせん断変形を被る時、上記したようなSIPが発現することも十分考えられる。

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、テクトニズムに由来する垂直応力の増加によりガウジはさらに圧密を進行させる。この時の圧密様式は、通常の堆積物が受ける堆積場と同じように、いわゆる一次元圧密に近いものとなり、続成作用と同類の構造強化が図られると考えられる。引き続きテクトニック応力の増加に伴って、地震前にはガウジにひずみが集中することとなり、これに応じたSIPが発現する可能性がある。これをモニターできれば震源過程の理解や破壊予測に大いに役立つであろう。