

断層ガウジの fluidization: 新判定方法とその原因としての normal interface vibration

Fluidization of fault gouge: A new method of the identification and the normal interface vibration as its cause.

大槻 憲四郎[1], 門澤 伸昭[1]

Kenshiro Otsuki[1], Nobuaki Monzawa[1]

[1] 東北大・理・地球科学

[1] Earth Sci., Tohoku Univ.

Melosh(1979,1996)は acoustic fluidization によって San Andreas heatflow paradox を説明できるとしたが, Sornette and Sornette (2000)は,彼の理論的欠陥を指摘した.これまで fluidize したガウジを実証した例はほとんど無い.我々は粉体科学の基礎知識に基いて,独自に粉流体の変形機構とそれらの相転移,動的物性をまとめ,さらには fluidize したガウジとしなかったガウジとを判別する方法を開発してきたが(Otsuki, Monzawa and Nagase,1999),ここにその後の進展を含めて報告する.

1. ガウジの組織に基く fluidization の新判別法

球状粒子の衝突力と相対速度との関係,球状粒子の Brazilian test による荷重と破壊強度との関係,強度の寸法効果から,破壊に要する衝突速度は,例えば半径 1mm の石英粒子の場合には約 10m/s,半径 0.1mm の粒子の場合には約 30m/s となる.断層すべり速度はせいぜい数 m/s なので,fluidize した粉流体では粒子が破壊することは極めてまれであることになる.これに対し,粒子が常に接触しあっている grain friction regime では,破壊はずっと頻繁に起こるはずである.このことから,破片対の数密度が fluidize したか否かの決め手になることが分かる.

ガウジには破壊・移動する粒子群の挙動が凍結記録されているとみなす.破壊した粒子の破片対は破壊後もある相対速度で移動し,ある臨界距離以上になるともはや破片対であると判定できなくなる.任意の面積領域を観察したとき,全粒子数の中で破片対であると判定できる粒子の割合は,1個の粒子当たりの破壊確率と臨界距離に比例し,相対速度に逆比例する.上に述べたように,破壊確率は fluidize したときには著しく小さいうえ,粒子相対速度は grain friction regime の場合よりも大きくなるので,破片対の発見確率は fluidize したガウジの方がしなかったガウジよりも著しく小さくなるはずである.

この新方法を4個のガウジに適用してみたところ,予想通りの結果が得られ,野島断層のガウジと広島県己斐断層からのガウジは fluidize したもので,棚倉破碎帯と糸魚川-静岡構造線からのガウジは fluidize しなかったと判定された.この方法は活断層が地震性であると判定する十分条件としても活用できる.

2. Fluidize したガウジの摩擦物性

粉体科学の知識によれば,粉流体の粘性率は間隙流体の粘性率,剪断歪速度,及び最大充填粒子体積分率で規格化した粒子体積分率の比である.この規格化粒子体積分率が 100%のときが grain friction regime に相当する.この体積分率が 100%からわずかに数%減少しただけで,粘性率は 2桁から 3桁も劇的に減少して fluidize する.したがって,この相転移に伴って,断層面はほぼ摩擦無しの状態になってしまう.この現象は San Andreas heatflow paradox, slip pulse (Heaton,1990)などに関係するのみならず,実験的摩擦構成則の改変を迫るものである.

3. Fluidization の原因

上に述べたように,grain friction regime から fluidization への相転移は,わずかの規格化粒子体積分率の減少で起こる.拘束条件下での粉碎そのものによってこれが起こる可能性は無い.なぜなら,フラクタルサイズ分布をもつ粒子群の最大充填体積分率は,粉碎開始時のフラクタル次元が 2.5 の時に最大になり,フラクタル次元は粉碎の進行とともに増加し,それとともに最大充填体積分率は減少するからである.

規格化粒子体積分率を減少させるには,非拘束条件下での粉碎以外にありえない.すなわち,ガウジ層を挟む断層壁面の間隔が開く必要がある.一見,これは摩擦発熱による孔隙圧の増加によって実現するかのように見えるが,この孔隙圧は原理的に静岩圧を越え得ない.

断層壁面間隔を広げる有力なメカニズムは,Brune et al.(1993)の normal interface vibration 以外に無いように見える.この機構が自然界でも作動している間接的証拠が2つある.神戸地震の際に野島断層面に刻まれた断層条線は著しく湾曲していた(大槻ほか,1997)が,すべり初期の条線の上にはすべり後期の条線が上書きされていて,中期の条線が欠如している所がある.もうひとつの証拠は,小倉と平林での野島断層の断層面には

地表から落ちてきた砂・レキの粒子からなる薄い層が、約 1.5m 深さまで挟まっていることである。このことは、断層面が約 0.5 秒の間開いていたことを示す。