

Flash melting におけるアスペリティー接触点の進化と速度弱化則

Evolution of asperity contacts during flash melting and velocity weakening law

大槻 憲四郎 [1]

Kenshiro Otsuki[1]

[1] 東北大・理・地学

[1] Earth Sci., Tohoku Univ.

すべりの過程で摩擦のメカニズムは非熱的なメカニカルな摩擦に始まり、flash melting を経て、ガウジの部分的な溶融から全溶融へと変化する。ガウジの部分的溶融の段階で一時的に摩擦は大きくなるが、他は全てすべり弱体化が速度弱体化過程である。ここでは固着すべり実験による flash melting について述べる。

Ettles(1986) の flash melting の趣旨を酌み取れば、アスペリティー先端部からの距離 X での摩擦係数 y は以下のように書ける。

$$y=(T/2P)(3.14*KRC/VX)^{1/2} \quad \text{---(1)}$$

T と P はアスペリティー物質の溶融温度と背景温度との差、貫入硬さ。 K 、 R 、 C は熱伝導率、密度、および比熱。 V はすべり速度。真の接触部では応力集中するので、容易に flash melting する。大部分の熱は半無限物体側に流れ、溶融物質は速やかに接触部から除去されるので、非接触部は冷たいままである。式(1)はアスペリティー1個の地点 X での摩擦係数なので、マクロな摩擦係数を求めるには、アスペリティーの数密度や形状をすべり量の関数として知る必要がある。

そこで、花崗岩やハンレイ岩試料のプレカット面を鏡面仕上げし、封圧 150-180MPa での固着すべり実験を行った。すべり時に形成される接触面のすべり構造が上書きから免れた部分を SEM で観察し、アスペリティーの進化を解析した。その特徴は以下の通り。

1) アスペリティーの移動によって、人參状の groove が出来、その先端のすぐ手前には、シャラマック波 (Schallmach, 1971) のようなしわ (流動変形) ができる。

2) Groove の先端部では、溝から掘り起こされた結晶とはとても思えない薄い紙状物体が、すべり方向に等間隔に配列する。この物体は反対側のプレカット面に付着し、水洗いしても取れない。

3) Groove の先端から数 10 マイクロ m ほどの間は機械的な掘り起こしが卓越し、groove に直行した割れ目が密に発達する。

4) すべりが約 0.1mm 進行すると flash melting が開始する。この頃には未溶融のガウジ層が出来ていて、その上下両側か片側には、極めて薄い溶融層が伴われる。ガウジ粒子は 500nm 程度で、丸みを帯び、接着しあっている。

5) すべりの進行とともに溶融度が增加するが、依然として掘り起こしは伴われている。

6) 向かい合うすべり面に発達する groove 集団の構造は鏡像関係にある。すなわち、次々と形成されたガウジ粒子が、順次アスペリティーとして挙動している。アスペリティーの長さはすべり距離に等しく、個々の groove の幅もすべり距離に比例して増加する。

以上の観察結果に基づいて式(1)を修正し、マクロな摩擦係数を定式化する。人參状のアスペリティーは、すべり距離 U の半分を境に左右対称になっているので、アスペリティー1個の平均的な摩擦係数 y' は以下ようになる。

$$y'=2^{1/2}T/P*(3.14KRC/VU)^{1/2} \quad \text{---(2)}$$

アスペリティーの幅は U に比例するので、それ1個の面積 A は $A=(Cw/4)U^2$ に等しい。アスペリティーの数密度 N はすべり距離に依存せずほぼ一定なので、その面積密度 S は

$$S=A*N=CwNU^2/4 \quad \text{---(3)}$$

である。法線応力 F は S に作用する接触応力 ($=P$) に支えられるので、 $SP=F$ 。したがって、式(3)は下のようになる。

$$U=2(F/CwNP)^{1/2} \quad \text{---(4)}$$

これを式(2)に代入すれば、マクロな摩擦係数 Y は

$$Y=(T/P^{3/4})*(3.14KRC/V)^{1/2}*(CwN\}/F)^{1/4} \quad \text{---(5)}$$

となる。この式は強い速度弱体化と弱い法線応力弱体化を表している。また、すべり面が平滑で N が大きければ、摩擦係数も大きくなる。すべりの進行とともに、やがて背景温度も高くなるため、 T が小さくなるものの、 P がある臨界温度を超えると激減するので、 Y は激増する。これがガウジの部分溶融時に Y が激増する理由である。