

アスペリティ接触の動力学 6. 凝着摩擦の速度依存性

Dynamics of Asperity Contacts 6. Velocity-dependency of Adhesive Friction

吉岡 直人[1]

Naoto Yoshioka[1]

[1] 横浜市大・院・総合理学

[1] Graduate School, Yokohama City Univ.

1. はじめに

これまで5回にわたり、インデンテーション装置によるスクラッチ実験の報告を行ってきた。今回は、実験結果とモデル計算を比較することにより、凝着摩擦力の速度依存性を確認したのでこれを報告し、その意義について考えることとしたい。

2. 実験方法

実験はいたって簡単なもので、平板の試料（今回は金属）に一定の重力荷重でインデント（ダイヤモンド製円錐、頂角136度）を押し付け、その状態から試料平板を一定速度で水平方向に移動させる、というものである。このときのインデントの垂直および水平変位と移動に必要な摩擦力を測定する。測定される摩擦力には試料を置いたテーブルとガイドレール間の摩擦力も含まれるので、同じ場所で同じ荷重をかけたダミー実験（インデントと試料は接触していない）の摩擦力を、引っかき実験における摩擦力からさし引いたものを、引っかきによる摩擦力とした。水平移動速度は1 micron/sec から 2mm/sec の範囲である。

3. 実験結果

これまで報告してきたように、試料の水平移動が始まると、インデントはまず沈み込み、やがて浮き上がり、最終的に安定するという挙動を示す。今回は、この動きにともなう摩擦力の変化に注目する。水平移動の開始とともに摩擦力は急激に増加し、ピークに達したあとやや減少し、やがて定常状態で推移する。移動速度を1 micron/sec から始めて、10倍、100倍、1000倍と増加させると、摩擦力はほぼ等間隔で増加することが観察された。すなわち摩擦力は速度の対数にほぼ比例して増加した。

4. モデルとの比較

実験で観測されたインデントの奇跡と摩擦力の両方が、モデルによるシミュレーション結果と最もよく一致するように、モデルに含まれるパラメータの最適値を決定した。（モデルについては2000年秋C30を参照されたい。）

この結果、(1)静的インデンテーション実験から得られた硬さ（これを静的流れ圧と呼ぶ）をインデントに働く力と仮定して計算すると、インデントの奇跡を説明することができず、これより20%程度大きい、動的な流れ圧を導入する必要があること、(2)移動速度の増加による摩擦力の増加は、インデントの表面上でその接線方向に働く凝着摩擦力が原因であるとする以外に説明がつかないこと、が明らかとなった。すなわち、凝着摩擦力は速度の関数であって、速度の対数に比例して増加する、と結論される。

5. 考察

固体どおしの摩擦において、真実接触部ではさまざまな変形・破壊が生じていると考えられる。すなわち弾性変形による乗り上げ（riding up）、塑性変形をともなう掘り起こし（ploughing）、そして脆性破壊などである。今回行った実験はこのうちの掘り起こしに相当すると考えられるが、この掘り起こしというメカニズムの中にも凝着摩擦の効果が存在する。掘り起こしに限らず、物質どうしが直接接触しながら移動する場合にはどのようなメカニズムであってもこの効果は存在すると思われる。今回の実験とモデル計算によって、この凝着摩擦力が速度の対数に比例して増加することが明らかとなった。Dieterich-Ruinaの摩擦法則の直接効果と呼ばれる速度に依存する項は、摩擦力の速度依存性が速度の対数に比例して増加することを示しているため、この凝着摩擦の速度依存性が直接効果の原因ではないかと考えられる。これをより厳密に示すために、今後先端径の大きな球状のインデントを用いて実験を行い、凝着摩擦の速度依存性を確かめていきたい。