

最近、潤滑に対する考え方に見直しの機運がある。すなわち潤滑とは、摩擦・摩擦・潤滑の諸問題を含む広い意味の学問・技術であるべきだとする考え方である。これをトライボロジーと呼んでいる。

事実、潤滑はまず潤滑油の消費を管理することから始まったのであるが、機械の故障や寿命の短縮が潤滑油の不足からではなく潤滑知識の不足、潤滑技術の拙劣によって起こる場合が少なくないことが明らかとなるにつれて、広義の潤滑を考慮すべきであるとの気運が起こったのは当然である。今日の潤滑はもはや保全担当者だけが考えればよいことではなく、機器を扱う者に至るまで全員が技術的知識として理解し、その上に立った正しい操作が要求されているのである。これによって初めて技術的無知からくる事故や不具合を防ぐことができる。

われわれは生活のいたるところで摩擦を利用している。例えばマッチが発火するのはその一例であるし、自動車が走ることができるのはタイヤと路面の間に摩擦があるからである。また自動車が止まることができるのも摩擦を利用してブレーキに使っているからである。ところがその反面、摩擦のためにタイヤはすり減ってくるし、ブレーキも使い過ぎれば摩擦のために焼き付く。このように摩擦にはマイナスの面もまた多い。このマイナス面のように、摩擦に伴う表面のすり減り現象がいわゆる摩擦である。

二つの物体が触れ合って動くときに、接触面には摩擦の力が働いて、運動を妨げようとする。機械には沢山の摩擦部分があるが、もしこの摩擦をそのままにしておけば、機械はたちまち焼き付いたり破損したりしてばく大な損失となる。

そこでわれわれは摩擦するところに油をさす。これで機械の動きは軽くなり、摩擦が軽減され、また焼き付きを防ぐことができる。これが潤滑である。

大きな荷物を、地上で押しながら運ぶ場合、地面に水を沢山まけば思ったより楽に動くし、さらに油をまいてみるとずっと楽に運ぶことができる。こういったことは昔の人が考えた生活の知恵でもある。またピラミッド建設などにみられるように、大きな石の運搬にころを利用して摩擦を少なくする工夫が古代にもすでにあつたようである。

摩擦・摩擦と潤滑は機械文明を成立させる上で重要な地位を占めるものであるが、そもそも摩擦・摩擦とは、そして潤滑とは一体どんな現象であろうか。

以上の摩擦、摩耗及び潤滑はいずれも二つの面が接触状態で使用される場合に問題となる現象である。従ってこれらの現象を明らかにしようとするには、まず二つの面の表面粗さと、それら表面粗さに基因する二面の接触の問題を考える必要がある。

1. 表面粗さと二面の接触

機械部品の仕上面は一見なめらかに仕上げられていても、それを仕上面

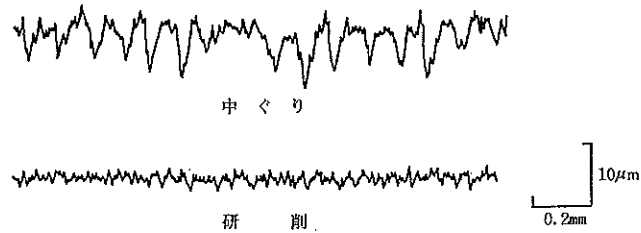
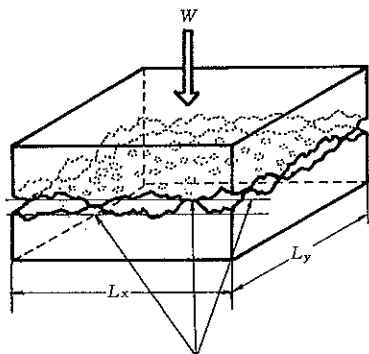


図1-1 各種加工法と粗さ曲線

〔 右下すみの目盛を実寸10mmとして縦倍率が1000倍、横倍率が50倍となるから実際の粗さ突起の形状はきわめてなだらかな山であることに注意 〕

検査機により拡大された断面曲線を記録させると図1-1の例のように凹凸の連続すなわち表面性状(JIS B 0601)が観察される。この例では中ぐりバイト仕上げで約10 μm、研削砥石仕上げで約3 μmの表面粗さ(最大高さ)となっている。



これらの微小面積を合計したものが真実接触面積

図1-2 見掛けの接触面積と真実接触面積

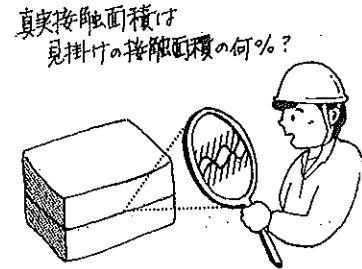
次に図1-2のように大きさ L_x L_y の二つの仕上面を荷重 W で重ね

合わせた場合、肉眼では面全体がぴったりとくっついているようであっても、

微細に観察すると仕上面粗さのために真実接触面積は見掛けの接触面積 $L_x L_y$ のごく一部分に過ぎない。この真実接触面積 A は個々の真実接触点の大きさを合計したもので、その接触面圧を p_m とすると

$$A = \frac{W}{p_m} \quad (1 \cdot 1)$$

ここで真実接触面圧 p_m は、流れ圧力ともいわれるもので、その材料のブリネル硬さやビッカース硬さのような押し込み硬さ値に相当する。すなわち上式で見掛けの接触面積が一定であっても、荷重を倍にすれば真実接触面積は倍になることがわかる。



一方、機械部品において例えば軸受圧力(面圧) p とえば、荷重 W を見掛けの接触面積で割ったものであるから

$$L_x L_y = \frac{W}{p} \quad (1 \cdot 2)$$

次に図1-2において、真実接触面積の大きさ A 、真実接触点の数 n 、個々の真実接触点の大きさの平均値(直径) $2 a_m$ などがどの程度の値になるか、ある例の場合について求めてみる。

〔例題〕

接触面の材料 軟鋼と軟鋼の場合

ブリネル硬さ値140として $p_m = 1400 \text{MPa}$ (又は N/mm^2)

接触面の表面粗さ 両面とも最大高さ $7 \mu\text{m}$

荷重(接触面の圧力) $p = 140 \text{MPa}$ (軸受許容面圧とすれば比較的大きい値)

$$p_m = 10p \text{ となり}$$

(1・1)、(1・2)両式より

$$A = \frac{L_x L_y}{10}$$

すなわち真実接触面積は見掛けの接触面積の10%に過ぎないことがわかる。なお材料が硬くて p_m が大きくなるか、または許容圧力 p が小さくなると、このパーセンテージはさらに小さくなる。また本例においてその他の値は、次の程度になることが、計算からも求められ、実験によっても確かめられている。

$$\text{真実接触点の数 } n \doteq 150/\text{mm}^2$$

$$\text{真実接触点の平均の大きさ } 2a_m \doteq 7 \mu\text{m}$$

以上、要するに、接触面の摩擦や摩耗などの表面現象は見掛けの接触面積の10%またはそれ以下の真実接触面積で起こっており、しかもその真実接触面積は1mm²当たり150個という多数の真実接触点で形成されその平均の大きさは7μm程度であることに注目する必要がある。

2. 摩擦の概念

(1)摩擦力と摩擦係数

図1-3(a)のように水平面上に置かれた重量 W [N]の物体を水平方向に力 F [N]で引張るとき、 F が小さい間は接触面間に働く摩擦抵抗(摩擦力 F_s)のため物体は静止したままである。このとき、物体には水平面からの反力である垂直抗力 N [N]が働く。力のつりあいより

$$F_s = F, \quad N = W \quad (1 \cdot 3)$$

である。

F を大きくすると、それにつれて F_s も大きくなるが、 F_s がある限界値(最大静止摩擦力)に達したときすべり出す。

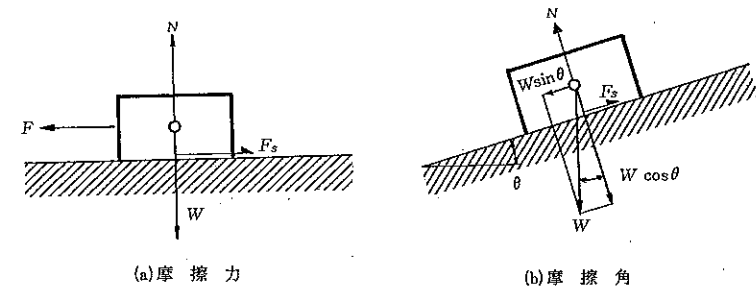


図1-3 摩擦力と摩擦角

このとき

$$F_s = \mu_s N = \mu_s W \quad (1 \cdot 4)$$

で表される μ_s を静止摩擦係数という。

同様に図1-3(b)において重量 W [N]の物体をのせた平面の傾斜角が θ の場合、力のつりあいより

$$F_s = W \sin \theta, \quad N = W \cos \theta \quad (1 \cdot 5)$$

である。 θ で物体がすべり出すとき、

$$F_s = \mu_s N \quad (1 \cdot 6)$$

したがって、(1・5)、(1・6)式より $W \sin \theta = \mu_s W \cos \theta$ となる。

すなわち

$$\mu_s = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \tan \theta \quad (1 \cdot 7)$$

水平面の場合の(1・4)式はこの θ を用いて表すと、

$$F_s = W \tan \theta \quad (1 \cdot 8)$$

となる。

この限界の傾斜角 θ を摩擦角という。