

繊維相互間の動摩擦の一測定法

高木 春 郎 *

HARUO TAKAGI: A Measuring Method of Kinetic Friction between Fibres

(1957年9月20日受理)

緒 言

繊維の摩擦については古くから多くの人により研究されているが¹⁾著者も先に繊維相互間の摩擦が糸や織物などの硬軟に関係あるとの考えから、Lindberg と Gralén の発表した撚糸法の理論をとり入れた繊維相互間の静摩擦係数の測定法について報告した。

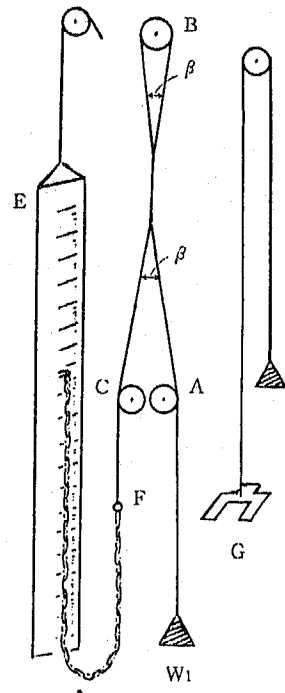
しかしその後 Olofsson と Gralén の研究や Röder の研究などにより繊維を油剤処理した際繊維の静摩擦係数のみでなく動摩擦係数も重要であり、紡績工程などにおいて問題になるほか繊維相互間の静摩擦係数と動摩擦係数の差の大きなものは絹鳴りを生じ、差の小さいものは柔軟な触感をもつことなどが発表され、これらに刺戟されて最近わが国においても繊維相互間の静および動摩擦係数の測定は非常な関心が持たれ、いくつかの文献が見られる。

先に報告した繊維相互間の摩擦測定装置を用いて、繊維相互間の動摩擦を求める方法について検討を行ったのでそれについて報告する。

動摩擦係数の理論的誘導

動摩擦を求める考え方を述べる前に先に報告した装置および静摩擦の測定について概略述べる。

第1図において試料の長繊維を摩擦の少ない滑車Bにかけ、相互に数回撚糸し、一端は滑車Aにかけて錘W₁に結び、他端は滑車Cにかけて鎖荷重に結ぶ。鎖の他端は自由に上下できる目盛板Eに固定してあるので、試料と鎖との接続点FがE目盛の何処にあるかによつて試料に加わっている荷重を知ることができる。(Eをグラ



第1図

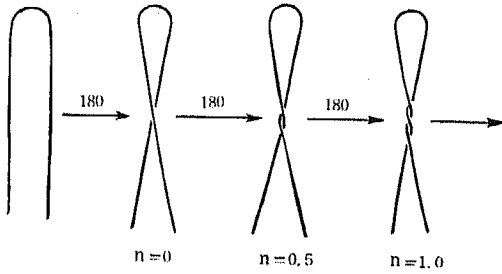
ム目盛にしてGから見通してF点がE目盛のどの高さにあるかをみれば直ちにそのとき試料に加わっている荷重が分るように直した。

徐々にE目盛を下げ従つて試料の鎖荷重側に加わる荷重を増加してゆき、撚糸部の摩擦に抗して試料が滑り始める瞬間の荷重をW₂とすれば静摩擦係数は次式で求められる。

*信州大学繊維学部製糸学研究室

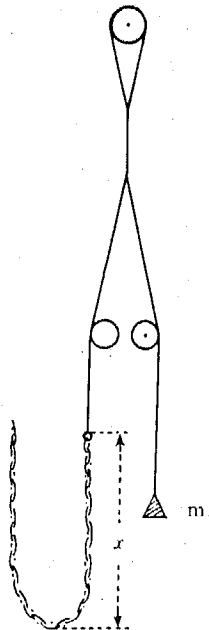
$$\mu s = \frac{\ln \frac{W_2}{W_1}}{2\pi n \beta} = \frac{2.30 \log \frac{W_2}{W_1}}{2\pi n \beta} \dots\dots\dots(1)$$

但し滑車の摩擦はないものとし、試料の断面は円形と仮定したものである。 β は捻糸部の試料間の角度(ラジアン) n は捻糸数で第2図の如くである。



第2図

さて上記の場合において W_1 を動かさないように簡単に固定し(本実験においては2本の指ではさんだ) E 目盛を下げ試料に静摩擦荷重より大きな適当な一定荷重の加わった状態にしておく。しかる後 W_1 の固定をはなすと F 点は下り或る点で停止する。この際動摩擦の大きい場合は F は比較的少ししか下らず従つて試料に比較的多くの荷重の加わった状態で静止し、又動摩擦の小さい場



第3図

合は F は下の方まで移動し従つて試料に小さい荷重の加わった状態で静止することが想像される。かくして静止したとき試料に加わっている鎖荷重側の荷重を測定することにより動摩擦が求められる。

- σ : 鎖の単位長さの質量
- x : 試料に有効に働く鎖の長さ(第3図参照)
- m_1 : 錘の質量
- F_K : 動摩擦力(一定と仮定す)

とすれば滑っている途中の試料の運動速度は $-2 \frac{dx}{dt}$ であるから次の運動方程式が成立する。

$$-2 \frac{d^2x}{dt^2} (m_1 + \sigma x) = (\sigma x - m_1)g - 2F_K \dots\dots\dots(2)$$

$\frac{dx}{dt} = p$ とおくと

$$-2 \frac{dp}{dx} P (m_1 + \sigma x) = (\sigma x - m_1)g - 2F_K$$

$$-2p dp = \frac{(\sigma x - m_1)g - 2F_K}{m_1 + \sigma x} dx$$

積分して

$$-p^2 = gx - \frac{2(m_1g + F_K)}{\sigma} \ln(m_1 + \sigma x) + c$$

依に

$$\frac{dx}{dt} = p = \pm \sqrt{\frac{2(m_1g + F_K)}{\sigma} \ln(m_1 + \sigma x) - gx + c} \dots\dots(3)$$

$t=0$ 即ち滑り始めのとき ($x=x_1$) においては $\frac{dx}{dt}=0$ なる故(3)より

$$\frac{2m_1g + F_K}{\sigma} \ln(m_1 + \sigma x_1) - gx_1 + c = 0 \dots\dots\dots(4)$$

又静止したとき ($x=x_2$) においても $\frac{dx}{dt}=0$ なる故

$$\frac{2m_1g + F_K}{\sigma} \ln(m_1 + \sigma x_2) - gx_2 + c = 0 \dots\dots\dots(5)$$

(4)―(5)を整理すると

$$F_K = \frac{\sigma(x_1 - x_2)}{2 \ln \frac{m_1 + \sigma x_1}{m_1 + \sigma x_2}} g - m_1g \dots\dots\dots(6)$$

(6)式より動摩擦力が計算できる。

捻糸部における法線方向の圧力の合計 N_{tot} は各4つの張力が等しいとすると

$$N_{tot} = 2pn \sin \frac{\beta}{2} \dots\dots\dots(7)$$

で表わされる。

運動中は各部の張力は異なるが σx_1g と σx_2g の平均と m_1g との平均と仮定する。即ち

$$P = \frac{m_1 + \frac{\sigma x_1 + \sigma x_2}{2}}{2} g \dots\dots\dots(8)$$

(7), (8)より

$$N_{tot} = \left(m_1 + \frac{\sigma x_1 + \sigma x_2}{2} \right) g \pi n \sin \frac{\beta}{2}$$

$$\approx \left(m_1 + \frac{\sigma x_1 + \sigma x_2}{2} \right) g \pi n \frac{\beta}{2} \dots\dots\dots(9)$$

動摩擦係数 $\mu_K = \frac{F_K}{N_{tot}}$ として(6), (9)より

$$\mu_K = \frac{\frac{\sigma(x_1 - x_2)}{2 \ln \left(\frac{m_1 + \sigma x_1}{m_1 + \sigma x_2} \right)} - m_1}{\left(m_1 + \frac{\sigma x_1 + \sigma x_2}{2} \right) \pi n \frac{\beta}{2}} \dots\dots\dots(10)$$

(10)式により μ_K が計算できるが、いくつかの仮定をしてもかくの如くかなり複雑なものとなる。

精練絹(単繊維14本位の集合繊維)について上の方法で測定し計算を行つた結果は

$$\mu_S = 0.488$$

$$\mu_K = 0.403$$

但し

$$W_1 = m_1 g = 2g, \quad n = 1.5, \quad \beta = \frac{2.20}{29.5}$$

なる値が得られた。大体常識的な数値とあまりかけ離れたものと思われぬが μ_K の計算が面倒であり実用的な方法とは云い難い。

動摩擦係数の実験的求め方

上記の如き方法で動摩擦係数を求めるのは理論の誘導中にいくつかの仮定を入れてあるにもかかわらず計算が大変面倒になり実用的でないので次に述べる如く実験的に動摩擦係数を求める方がよいと考えられる。

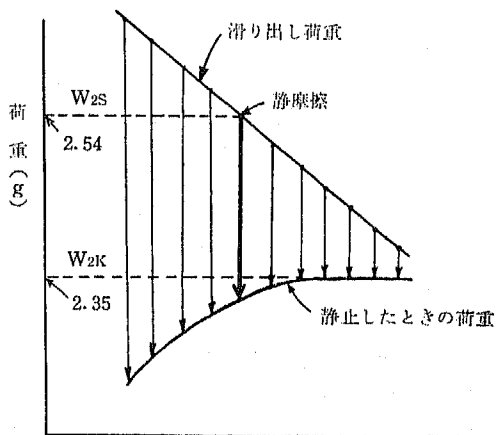
生糸を試料にして検討を行つた結果について述べる。前記の如く試料を装置にとりつけ(但し $W_1 = 1.90g$, $n = 1.5$, $\beta = \frac{2.20}{29.5}$) 静摩擦荷重(滑り始める瞬間の鎖荷重の荷重)を測定した結果は 2.54g であり、これを(1)式に入れて静摩擦係数を計算した結果は、

$$\mu_S = 0.390$$

となつた。

さて錘 W_1 を指ではさんで回し鎖荷重側に予め静摩擦荷重より大きい荷重を加えておき W_1 の固定を離した場合、静止したときの鎖荷重をみると最初の荷重が大きい程運動の慣性が大きくなり鎖の荷重が小さい状態になつて静止する。即ち第4図の静摩擦より左側の如くである。

之に対し試料の鎖荷重側の荷重を静摩擦荷重より小さい荷重状態におき装置に小さい衝撃を与えると試料はや



第4図

り滑り静止する。滑り出し荷重を段々小さくすると鎖の降下の慣性が次第に小さくなり静止したときの鎖側の荷重は大きくなるが第4図にみられるごとく或る所から一定になる。この値(鎖の荷重)と錘の荷重との差は動摩擦係数とみなされるので、この値を静摩擦係数を求めたときと同様の式へ入れることにより動摩擦係数が計算できる。即ち上の如くして求めた動摩擦荷重を W_{2K} とすれば動摩擦係数は

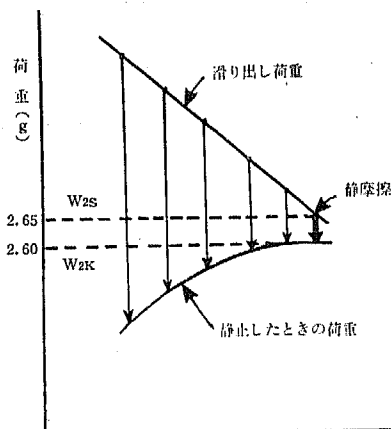
$$\mu_K = \frac{\ln \frac{W_{2K}}{W_1}}{2\pi n \beta} = \frac{2.30 \log \frac{W_{2K}}{W_1}}{2\pi n \beta} \dots\dots\dots(11)$$

で求められる。但し W_1, n, β は(1)式で述べたと同一である。

生糸について求めた W_{2K} は 2.35g でありこれを(11)式に代入して動摩擦係数を求めた結果は

$$\mu_K = 0.308$$

であつた。



第5図

またビスコースレイヨン（但し集合繊維）について同様の測定を行った結果は第5図の如くであり、静摩擦の測定の際滑り始めから静止する迄の距離は短かく、滑り速度はゆるやかであり静摩擦測定の際静止したときの鎖側の荷重は W_{2K} を示す。

実験の結果および計算の結果は次の如くであつた。

$$W_{2S}=2.65g \quad \mu_S=0.461$$

$$W_{2K}=2.60g \quad \mu_K=0.435$$

但し

$$W_1=1.90g, n=1.5, \beta=\frac{2.20}{28.8}$$

W_{2S} は静摩擦荷重を示す。

上記の2試験より動摩擦係数の求め方として次の如く結論することができる。

静摩擦を測定する際静摩擦に抗して試料が滑り始め静止する迄試料が非常にゆるやかに滑るようなものは静止した時の鎖の荷重を求め (W_{2K})、(11)式に代入して動摩擦係数 μ_K を求める。また静摩擦測定の際急激に降下するものは鎖側の荷重を静摩擦荷重より小さい荷重において装置に小衝撃を与え滑りを起させ静止したときの鎖の荷重を求めこの値が段々大きくなって一定の値になる所（最高）を求め、この値を W_{2K} として同じ式から μ_K を算出する。

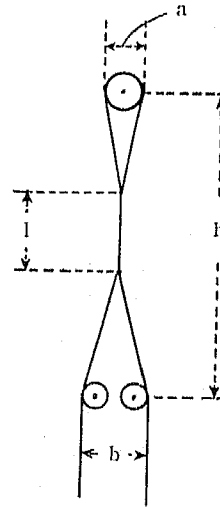
油剤処理繊維についての測定例

ビスコース、アミランおよび練絹の集合繊維について酒精およびエーテル抽出を行ったものを、それぞれアニオン活性剤(ロート油)、カチオン活性剤(レバソープT)

および非イオン活性剤(ペレテックス FT #300) 各0.25% (純分換算) 溶液、50°C で30分処理し脱水風乾したものを前記の方法で測定した結果は第1表の如くである。

但し、 $n=1.5$, W_1 は各繊維とも約 20mg/d になるようにした。また β は第6図の如く燃糸部の長さ l を測定し次式から求めた。

$$\beta = \frac{a+b}{h-l}$$



第6図

各測定値そのものは測定本数が多くないのであまり信頼

第 1 表

繊維	薬 剤	W_1	β	W_{2S}	μ_S	W_{2K}	μ_K	$\mu_S - \mu_K$
ビス コ ー ス	ロート油	2.5g	$\frac{2.345}{29.0}$	3.89	0.582	3.82	0.558	0.024
	レバソープT			3.02	0.250	2.98	0.229	0.021
	ペレテックス			4.97	0.902	3.46	0.423	0.479
ア ミ ラ ン	ロート油	1.5g	$\frac{2.345}{29.4}$	2.90	0.875	2.72	0.789	0.086
	レバソープT			2.54	0.698	2.42	0.633	0.065
	ペレテックス			3.17	0.991	2.56	0.704	0.284
練 絹	ロート油	0.3g	$\frac{2.345}{30.0}$	0.572	0.921	0.510	0.718	0.203
	レバソープT			0.502	0.712	0.452	0.612	0.100
	ペレテックス			0.642	1.040	0.495	0.681	0.359

できる値とは云い難いが、全般的にみて今迄多くの研究者により得られた μ_s , μ_k にくらべてかなり大きい値が得られた。この原因は (i) 滑車の摩擦および慣性を無視して計算したこと。(ii) μ_s , μ_k を算出した(1)式および(II)式は試料の断面が円形の単繊維として誘導したものであるが、本測定では集合繊維をそのまま用いた。(iii) 多くの測定は繊維相互が直交した場合の値であるが、上の値は平行方向のものであること。などによるものと考えられる。

より確かな μ を求める為には上の (i) および (ii) を考慮して理論的に或は実験的に補正すべきものと考えられるが、しかし Röder や Olofsson, Gralén などの発表した薬剤の系統による傾向、即ち非イオン活性剤は μ_s 大で μ_s と μ_k の差が大きく(絹鳴りをもつ)カチオン活性剤は両者の差が小さいことなど全く同一であり、繊維処理油剤の比較研究などの場合はこのままで充分目的を達するものと考えられる。

結 言

先に報告した繊維相互間の静摩擦を測定する装置をそのまま用い、繊維相互間の動摩擦係数を求める方法を検討した結果、実験的に簡単に求め得ることを見出した。

本方法の欠点と考えられる点としては、短繊維には応用しにくいこと、動摩擦係数を種々の摩擦速度で測定するわけにはゆかぬこと、現在の式から算出した摩擦係数は集合繊維などに対しては大きめの値が出ることなどがあげられる。しかし長繊維については試料の調製に何ら特別の操作を要しないし測定も容易で繊維処理油剤の比

較試験などには適当と考えられる。

終りに種々御教示を賜った当学部釜沢講師、薬剤の提供を賜ったミヨシ油脂株式会社および御便宜を賜った同社正野三郎氏に感謝の意を表す。

本報告は昭和30年6月の繊維学会研究発表会において発表したものである。

文 献

- 1) 高木春郎：織学誌, 9 288 (1953)
- 2) J. LINDBERG, N. GRALÉN: Text. Res. J., 18 287 (1948)
- 3) B. OLOFSSON, N. GRALÉN: Text. Res. J., 20 467 (1950)
- 4) H. L. RÖDER: J. Text. Inst., 44 T247 (1953)
- 5) 高橋越民・越村雅充：織機学誌, 8 39 (1955)
第一工業社報: No. 213 137 (1954)
村松千秋・木本三夫：竹本油脂研究報告 等

Summary

The kinetic friction of interfibres can be easily measured by using the instrument which has been already reported by the author.

In spite of some defects, it seems that this method is suitable for comparison of the frictional properties of fibres which were treated by surface active agents.