布の摩擦特性に関する研究*

京 都 大 学 工 学 部 川 端 季 雄 (会員)

奈 良 女 子 大 学 家 政 学 部 諸 岡 英 雄 ()

Analysis of Frictional Property of Fabrics.

Sueo Kawabata* and Hideo Morooka**,

* *Department of Polymer Chemistry, Kyoto University, Kyoto.*

** *Department of Clothing Science, Nara Women's University, Nara.*

Abstract

In order to clarify the frictional properties of fiber assemblies such as yarns and fabrics, the friction between a woven fabric and a rigid body is analyzed.

The results are as follows: The coefficient of friction μ can be divided into two components, μ_A and μ_B . μ_A is the component of friction between a fiber surface and a surface of a rigid body. μ_B is the component which comes from the other causes. The assumption is made that μ_B is related with loss energy caused by the inter-fiber frictions during the compressional deformation when the fiber assembly is subjected to rubbing. $[\mu_B]$, theoretically calculated value of μ_B from the loss energy measured from the lateral compression test of a fabric, is compared with the experimentally measured value of μ_B . It has been concluded that values of $[\mu_B]$ are highly correlated with those of μ_B . However μ_B is about 2~5 times larger than $[\mu_B]$.

It is pointed out that the deformation of the fiber assemblies located near a front edge of the contactor is important for inducing the loss energy which causes μ_B , and that the inter-fiber friction mechanism at this part is different from the mechanism in the case when the fiber assembly is compressed by a plate.

(Received February 10, 1979)

摘 要

目 的 糸や布のような繊維集合体の表面摩擦特性の研究の一連として、布の表面と剛体との摩擦力を測定することにより摩擦発生機構の解明を試みる。

結 果 まず、布の場合にも繊維表面と剛体表面との摩擦成分 μ_A とそれ以外の効果に基づく成分 μ_B との分離が可能であることを示した。そして、 μ_B は摩擦時の布の圧縮変形に伴う内部摩擦損失——繊維間摩擦による内部損失——に起因するとの仮定の下に布の圧縮変形時の損失エネルギーを別途に測定して比較検討した。その結果、 μ_B の測定値と損失エネルギーから計算した $[\mu_B]$ との間には高い相関のあること、ただし、絶対値において μ_B は $[\mu_B]$ の 2~5 倍あり合致しないことがわかった。摩擦子の移動前面付近での繊維集合体の変形が重要であることが示唆される。

(昭和54年2月10日受理)

1. 緒 言

別報¹⁾において、糸表面と鋼丸棒とを摩擦するときの摩擦力には互いの表面間の摩擦力と、繊維集団が摩擦時に受ける圧縮変形に伴う糸内部の損失エネルギーを原因とする見かけの摩擦力の2成分が考えられることを仮定し

た。そして、両者の分離を実験的に試み、定量的な分離のできることを明らかにした。しかし、後者の見かけの摩擦力をもたらす内部エネルギー損失は、摩擦力の測定値から推定される量と、糸の圧縮試験の測定値から計算される量とに大幅な違いが認められ、この問題のさらに詳しい実験が必要との結論を得た。本報文では糸に比較して圧縮変形特性の測定が正確にできる布について、この分離を試み、両成分の比率の定量化を行う。また、圧縮エネルギー損失との関係を明確にするために新しく金属

* この研究を「繊維集合体の摩擦特性についての研究」第2報とし、「糸の摩擦特性に関する研究」本論文集, 31, T96~T102 (1978) を第1報とする。

平板と摩擦する方法も併用し検討を進める。

布地の摩擦挙動に関するこれまでの研究をみわたすと、摩擦特性を布の特性値としてとらえ、他との関係、たとえば風合いとの関連をつけるというような扱い方の研究^{2)~5)}や衣服着用中の布と布との滑りやすさを評価するための摩擦測定の研究^{6)~8)}などが主に研究されてきた。布の構造との関連をみた研究には大沢^{9),10)}の布と布との摩擦係数 μ について布の幾何構造を考慮した検討がある。すなわち布を剛体と考え接触面の接触角 β を考慮した $\mu = \tan(\alpha + \beta)$ (α は摩擦角度) の修正を行い、また摩擦特性の異方性を検討している。その結果、フィラメント糸織布では、理論値と実測値とに相関が得られたが、スパン糸織布では得られなかったことを報告している。摩擦機構の詳しい検討、すなわち摩擦の発現機構についての追跡は、これ以上進んでいない。われわれの一連の研究は、繊維集合体の摩擦特性の特徴ともいえる繊維間摩擦による内部損失エネルギーの効果を明らかにするのが目的であるが、本研究の主目的は前述のように圧縮エネルギー損失と、このみかけ摩擦成分との関係を、圧縮特性が比較的正確に測定できる布を用いて調べることであるが、そのほかに布の摩擦特性の制御や設計の具体的な手段を求めることの基礎研究としての意味もある。すなわち最近、布と鋼丸棒との摩擦特性と風合いとの関連が詳しく研究されている¹¹⁾ので、これらの研究と連携させることによって上記の設計の具体的な手段開発にも役立てることが、もうひとつの応用的見地からの目的である。

2. 理 論

別報¹⁾のように摩擦力 F を2つの成分に分離し、

$$F = F_A + F_B \quad \dots\dots\dots (1)$$

とする。ただし、 F_A は布を構成する繊維の表面と剛体の摩擦子表面との間の摩擦力、 F_B はそれ以外の成分であるが、この成分の要因としては、われわれは摩擦時に生じる繊維集合体の、変形に伴う内部損失エネルギーからもたらされるみかけの摩擦力を考えている。いま接触法線力を F_N とすると摩擦係数 μ についても(1)式に対応して2つの成分を仮定する。(1)式の左、右辺を F_N で除し、(1)式に対応して

$$\mu = \mu_A + \mu_B \quad \dots\dots\dots (2)$$

が得られる。実験的にこれらを分離するには、滑り接触時の抵抗力で F を測定して μ を求め、また転り接触時の抵抗力 F_B から μ_B を得る。またそれらの差は μ_A を与えるが、 μ_A を求めるのにこうした間接法とは別に、 μ_A を繊維とその剛体との摩擦を直接に測定して求めることができるが、こうして求めた μ_A と区別して、上述の間接的に求めた μ_A を $\tilde{\mu}_A$ で示すことにする。すな

わち、単繊維を用いて繊維の表面と摩擦子表面との摩擦係数を測定すれば μ_A の直接測定ができ、別報¹⁾でこれら $\tilde{\mu}_A$ と μ_A は互いに一致し、回転摩擦による分離の妥当性が確かめられている。本報でも布地に対して以上述べた方法を用いて摩擦の2成分の分離の確認のため μ_A と $\tilde{\mu}_A$ との一致の確認を布試料においてまず行う。

さらに、布の場合には次のような平板法が適用できる。これは摩擦子に平板を用いる方法で、圧縮エネルギー損失を平板による圧縮試験から求める量を考えているので、 F_B と圧縮エネルギー損失とを比較するときには、丸棒から求める F_B でなく、やはり同じ形状の平板を摩擦子としたとき求める F_B を用いた方が、両者の比較がしやすくなるという理由で考えた方法である。原理を次に示す。

2辺の長さが a, b の矩形板 ($b > a$) の片面と布表面とを摩擦するが、いま a の長さの辺に平行方向に滑らせる場合を L 摩擦として、逆に b の長さの辺に平行方向の場合を T 摩擦とする。いまいずれの場合についても、距離 Δx 滑らせるときの外部からなした仕事は L, T のそれぞれについて(1)式より

$$F_L \cdot \Delta x = \Delta x \cdot F_A + b \cdot \Delta x \cdot f_B \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$F_T \cdot \Delta x = \Delta x \cdot F_A + a \cdot \Delta x \cdot f_B \quad \dots\dots\dots (4)$$

ただし、 F_L, F_T はそれぞれ L, T 方向に滑らせるときの摩擦力で、 f_B は F_B を平板の前縁の単位幅当りに換算した値である。すなわち、 $F_B = b f_B$ (L 摩擦の場合)、 $F_B = a f_B$ (T 摩擦の場合)の関係がある。(3)、(4)式より F_A を消去でき、 $b \neq a$ の場合は

$$f_B = \frac{F_L - F_T}{b - a} \quad \dots\dots\dots (5)$$

によって f_B は μ_A と無関係に求まる。平板で布を摩擦する場合、滑り前面にあたる辺は新しい面積を圧縮し、後辺は圧縮変形を解放している。たとえば L 摩擦のとき、摩擦子が1 cm 進むと b cm²の布を圧縮したことになり、かつ同じ面積を圧縮から開放している。いま、布の単位面積を、平板で摩擦子が摩擦するときと同じ圧縮変形量まで圧縮し、回復させるときのエネルギー収支から求まる損失エネルギーを W_B とおき、かつ F_B に関するわれわれの仮説を用いると

$$f_B \cdot b \cdot \Delta x = W_B \cdot b \cdot \Delta x \quad \dots\dots\dots (6)$$

の関係より

$$f_B = W_B \quad \dots\dots\dots (7)$$

となり、 W_B と f_B とを関係づけられる。

また(3)、(4)式から誘導できる F_A より μ_A も次式で求まる。この場合の μ_A を $\tilde{\mu}_A$ と定義すると、

$$\tilde{\mu}_A = \frac{1}{F_N} \cdot \frac{b F_L - a F_T}{b - a}, \quad (b \neq a) \quad \dots\dots\dots (8)$$

これによって、繊維—剛体表面の摩擦実験から得られる

μ_A と比較できるがこれらが互いに一致すると分離された μ_B が μ_A 以外の成分として取扱えることへの支持となる。

3. 実験方法ならびに試料

摩擦子構造を図1に示す。これは 0.05 cm 径の鋼丸

図1 鋼丸棒摩擦子の概要

(a) 滑り摩擦子

(b) 転がり摩擦子

棒の例で滑り摩擦には(a)を、転がり摩擦には(b)を用いた。転がり摩擦には別報¹⁾で示したのと同じようにボールベアリングで支持した丸棒の回転摩擦子を作成し、布と接触させ滑らせる。ただしこの場合、布試料は幅 0.5 cm の細長い形状とし長さ方向に摩擦した。接触法線力 F_N は 10 gf~100 gf の間を選んだ。また、異なる条件の場合も検討するために、直径が 1 cm の真鍮丸棒との摩擦についても実験した。

次に、平板との摩擦実験では隣青銅の $a=0.5$ cm, $b=2$ cm の板と、 $a=0.745$ cm, $b=1.350$ cm の板を用いた。いずれも厚みは 0.1 cm で端部は上面から下面にかけて半径約 0.025 cm の丸みをとっている。また、表面はベンガラで研磨した。これら 2 枚の板の面積は等しく 1 cm^2 である。KES-F4 表面試験機¹²⁾ の試料台を平

坦になるように改造し、図2に示すようにこれらの板を

図2 矩形平板摩擦子の外観

装着して布を移動させながら摩擦力を測定した。摩擦子板の方向は 90° 回転でき、 L , T それぞれの摩擦方式に転換できる。法線力は摩擦子板の中央を通るように設計されている。摩擦速度は丸棒、平板いずれの場合も 0.1 cm/sec である。

μ_A の直接測定として、繊維表面と摩擦子との摩擦力を測定したが、単繊維を剛体(ガラス)平板上に平行に揃えて 1 層に並べ、布の測定に用いるのと同じ摩擦子をその表面に接触させて摩擦力を測定する方法をとった。なお、接触法線力は繊維 1 本当りの法線力 p (gf/fiber) に換算し、さらに布 1 cm 当りの幅内にある繊維本数 n を下式により推算し、1 cm 幅当りの等価法線力 P (gf/cm) に換算して布におけるデータと比較した。

$$n = d^{-1} \dots\dots\dots (9)$$

ただし、 d は繊維直径 (cm) で、

$$P(\text{gf/cm}) = p \cdot n \dots\dots\dots (10)$$

また、布の圧縮試験には KES-F3 を用い、その測定条件は加圧面積が 2 cm^2 、圧縮変形速度が 0.002 cm/sec である。

用いた主な布試料の組織などの条件は表1に示した。その他に、 W_B と f_B との相関をみるために 40 薄地の地から厚地までの W_B の異なる各種の織布も用いた。

なお、実験はすべて恒温恒湿条件 (20°C , $65\%\text{RH}$) で行っている。

4. 結果

4.1 丸棒を用いた実験結果

図3に試料 #924 について鋼丸棒 (直径 0.05 cm) を

表1 試料の詳細

項目 試料	組織	たて糸本 数/cm	よこ糸本 数/cm	たて糸番 手 (tex)	よこ糸番 手 (tex)	厚さ (cm)	平面重 (gf/cm ²)	繊維組成	繊維直径 (cm)	備 考
# 959	平 織	30	28	35	40	0.062	0.052	羊毛 100%	0.00229	
# 756	綾 織	30	23	60	65	0.100	0.074	羊毛 100%	0.00216	
# 924	綾 織	16	16	55	65	0.154	0.076	羊毛 100%	0.00148	裏が平織の複合組織

図3 鋼丸棒と布との摩擦のPとμとの関係

摩擦子としたときの μ , μ_B ならびにそれらの差から分離した $\bar{\mu}_A$ を示すが、これらは接触力に影響されるため、布の単位幅当りにかかる法線力Pに対して示している。また、繊維表面と鋼丸棒表面との摩擦係数の直接測定値 μ_A も示しているが μ_A と $\bar{\mu}_A$ は合致することが確認される。表2に#756試料について、また表3に#924試料を用い1cm 径の直鋸丸棒との接触による場合の

表2 鋼丸棒と布との摩擦 (#756)

P (gf/cm)	p (gf/fiber)	μ	μ_B	$\bar{\mu}_A$ ($=\mu-\mu_B$)	μ_A
20	0.0433	0.330	0.310	0.020	0.020
40	0.0864	0.335	0.305	0.030	0.035
60	0.1296	0.338	0.308	0.030	0.045
80	0.1728	0.337	0.308	0.029	0.055
100	0.2160	0.390	0.310	0.080	0.070

表3 真鋸丸棒と布との摩擦 (#924)

P (gf/cm)	p (gf/fiber)	μ	μ_B	$\bar{\mu}_A$ ($=\mu-\mu_B$)	μ_A
10	0.0148	0.276	0.070	0.206	0.200
20	0.0296	0.265	0.065	0.200	0.195
30	0.0444	0.250	0.053	0.197	0.190
40	0.0592	0.255	0.065	0.190	0.182
50	0.074	0.244	0.062	0.182	0.178

図4 圧縮変位ZとW_Bとの関係

表4 鋼丸棒の[μ_B]とμ_Bとの関係

試料	P (gf/cm)	圧縮変位 (cm)	W_B (gf·cm/cm ²)	$[\mu_B]$	μ_B	$[\mu_B]/\mu_B$
#924	20	0.0620	5.70	0.285	0.340	0.83
	40	0.0750	9.80	0.245	0.345	0.71
	60	0.0820	12.20	0.203	0.346	0.58
	80	0.0875	14.30	0.178	0.347	0.51
	100	0.0910	15.60	0.156	0.350	0.44
#756	20	0.0330	1.02	0.051	0.310	0.16
	40	0.0383	1.60	0.040	0.305	0.13
	60	0.0415	2.02	0.033	0.308	0.10
	80	0.0437	2.46	0.030	0.308	0.09
	100	0.0450	2.48	0.024	0.310	0.08
#959	20	0.0165	0.33	0.016	(0.205)	0.08
	40	0.0225	0.91	0.022	(0.215)	0.10
	60	0.0260	1.36	0.022	(0.220)	0.10
	80	0.0290	1.81	0.022	(0.225)	0.10
	100	0.0320	2.25	0.022	(0.235)	0.09

注) #959の μ_B のみ ($\mu-\mu_A$) からの計算値

表5 真鋸丸棒の[μ_B]とμ_Bとの関係

試料	P (gf/cm)	圧縮変位 (cm)	W_B (gf·cm/cm ²)	$[\mu_B]$	μ_B	$[\mu_B]/\mu_B$
#924	10	0.0170	0.12	0.012	0.070	0.17
	20	0.0248	0.30	0.015	0.065	0.23
	30	0.0308	0.64	0.021	0.053	0.40
	40	0.0358	1.00	0.025	0.065	0.38
	50	0.0400	1.34	0.026	0.062	0.42
#756	10	0.0136	0.07	0.007	0.060	0.11
	20	0.0187	0.15	0.007	0.055	0.13
	30	0.0216	0.21	0.007	0.043	0.16
	40	0.0236	0.27	0.006	0.040	0.16
	50	0.0251	0.37	0.007	0.044	0.16
#959	10	0.0134	0.16	0.016	0.063	0.25
	20	0.0155	0.28	0.014	0.040	0.35
	30	0.0172	0.39	0.013	0.041	0.40
	40	0.0185	0.49	0.012	0.033	0.37
	50	0.0195	0.58	0.011	0.038	0.30

μ_A と $\bar{\mu}_A$ との比較を示すが、いずれも同様な一致が認められる。

以上の結果から μ_B は繊維表面と金属表面との摩擦効果を除いた成分であることが理解されるが、 μ_B の要因についてわれわれは繊維集団の圧縮変形に伴うエネルギー損失との見方をとっている。この点の検討のため、まず、2 cm² の円形平板による布の圧縮試験で圧縮エネルギー損失、つまり圧縮—圧縮回復過程1サイクルでの損失エネルギー W_B の測定をした。この量は最高圧縮時の変形量に

よって異なるので図4に圧縮変形量の関数として W_B を示している。丸棒の場合も棒の1cm長さ当りの F_B を f_B と定義して f_B は W_B と等しいという関係を用いると、図4から摩擦測定時と同じ圧縮変形量に対応する W_B をよみとり f_B が求まるが、これを法線力で除して μ_B に換算し、こうして求まる μ_B を $[\mu_B]$ とし、ボールベアリング摩擦子で実測した μ_B と比較したのが表4である。また同様に真鍮丸棒の場合を表5に示す。表からわかるように両者は、#924試料については比較的近い値をとるが、全体的には一致しない。これと同じ程度の不一致がやはり別報¹⁾の糸の場合にも観測されており、糸の場合も比 $[\mu_B]/\mu_B$ は0.2~0.3の範囲であり表4の結果とほぼ一致していた。

4.2 平板摩擦子を用いた実験結果

次に、平板によって再度 μ_B を測定し、さきの W_B と比較した。また $\tilde{\mu}_A$ と直接測定の μ_A とは一致することを確かめた(表6)。ついで(5)式から求まる f_B から換算した μ_B と、やはり圧縮エネルギー損失 W_B から換算した $[\mu_B]$ とを表7に示すが、この場合も丸棒の場合と同じ傾向を示し、 $\mu_B > [\mu_B]$ の結果を示し、 $[\mu_B]/\mu_B$ は0.2~0.5に分布した。

表6 磷青銅平板(幅2cm×長さ0.5cm)と布との摩擦					
試料	F_N (gf)	μ	μ_B	$\tilde{\mu}_A$ ($=\mu-\mu_B$)	μ_A
#924	50	0.220	0.036	0.184	0.150
	100	0.188	0.021	0.167	0.148
	150	0.201	0.045	0.156	0.146
#756	50	0.164	≐ 0	0.164	0.164
	100	0.156	0.020	0.136	0.156
	150	0.171	0.029	0.142	0.171
#959	50	0.176	≐ 0	0.176	0.145
	100	0.145	0.007	0.138	0.140
	150	0.143	0.006	0.136	0.136

表7 磷青銅平板の $[\mu_B]$ と μ_B との関係					
試料	F_N (gf/cm ²)	圧縮変位 (cm)	W_B (gf・cm/cm ²)	$[\mu_B]$	μ_B $[\mu_B]/\mu_B$
#924	50	0.0244	0.295	0.0059	0.018 0.32
	100	0.0300	0.590	0.0059	0.010 0.56
	150	0.0443	0.910	0.0060	0.022 0.26
#756	50	0.0190	0.156	0.0031	≐ 0
	100	0.0238	0.266	0.0026	0.016 0.26
	150	0.0240	0.447	0.0029	0.014 0.20
#959	50	0.0125	0.100	0.0020	≐ 0
	100	0.0154	0.174	0.0017	0.003 0.49
	150	0.0180	0.257	0.0017	0.003 0.49

さらに、多数の試料を用いて平板摩擦実験によって f_B と $[W_B]$ との関係を求めると図5のように相関関係

図5 f_B と W_B との関係
($F_N=150$ gf/cm² のとき)

は明らかに認められ、相関係数 r は0.81である。これは μ_B と W_B の間の関連の強いことを示している。図中の記号calで示した点線は W_B から求めた $[f_B]$ を示す。なお、丸棒で測定した f_B と上記 $[W_B]$ との相関係数も0.83あることがわかっている¹⁴⁾。

4.3 布の圧縮エネルギー損失測定の別法値

次に、圧縮エネルギー損失の測定を平板による圧縮試験でなく実際に用いた摩擦子で行い、 $[\mu_B]$ を求め μ_B とを比較してみた。ただし、丸棒なので加圧面積が不明確であり、丸棒の直径幅だけ加圧されているものと仮定し(この仮定は圧縮状態の写真観測により設定した)、そのときの圧縮エネルギー損失をこの摩擦子で1cm²の面積を圧縮するのに必要な圧縮回数を乗じて求めてみた。す

表8 鋼丸棒の $[\mu_B]$ と μ_B との関係					
試料	P (gf/cm)	W_{BS} (gf・cm/cm ²)	$[\mu_B]$	μ_B	$[\mu_B]/\mu_B$
#924	20	4.00	0.200	0.340	0.58
	40	7.36	0.184	0.345	0.53
	60	10.80	0.180	0.346	0.52
	80	14.48	0.181	0.347	0.52
	100	19.00	0.190	0.350	0.54
#756	20	2.36	0.118	0.310	0.38
	40	3.86	0.096	0.305	0.31
	60	5.34	0.090	0.308	0.29
	80	7.26	0.090	0.308	0.29
	100	8.80	0.088	0.310	0.28
#959	20	1.27	0.063	(0.205)	0.31
	40	2.04	0.051	(0.215)	0.23
	60	3.08	0.051	(0.220)	0.23
	80	3.36	0.042	(0.225)	0.18
	100	4.60	0.046	(0.235)	0.19

注) #959の μ_B は $(\mu-\mu_A)$ からの計算値

なわち鋼丸棒の加圧面積は長さ 0.5 cm, 直径 0.05 cm であるから, 有効圧縮面積を 0.025 cm^2 として, 1 回の損失を 40 倍し, また真鍮丸棒の場合は長さ 1 cm, 直径 1 cm であるが, 観測から加圧面積を 0.4 cm^2 としてこの場合は 2.5 倍にした. 鋼丸棒の場合の損失エネルギーを W_{BS} , 真鍮丸棒の場合を W_{BB} と区別し, 表 8, 表 9 に $[\mu_B]$ と μ_B とを比較した. この場合も鋼丸棒, 真鍮丸棒ともに $[\mu_B]$ と μ_B とは一致せず, 平板圧縮エネルギーを用いた場合と同じ程度の差をもつ.

表 9 真鍮丸棒の $[\mu_B]$ と μ_B との関係

試料	P (gf/cm)	W_{BB} (gf·cm/cm ²)	$[\mu_B]$	μ_B	$[\mu_B]/\mu_B$
#924	10	0.217	0.021	0.070	0.30
	20	0.367	0.018	0.065	0.27
	30	0.600	0.020	0.053	0.37
	40	0.700	0.018	0.065	0.25
	50	0.925	0.018	0.062	0.27
#756	10	0.117	0.011	0.060	0.17
	20	0.212	0.010	0.055	0.17
	30	0.300	0.010	0.043	0.22
	40	0.385	0.009	0.040	0.22
	50	0.442	0.008	0.044	0.17
#959	10	0.055	0.005	0.063	0.07
	20	0.092	0.004	0.040	0.10
	30	0.140	0.004	0.041	0.10
	40	0.172	0.004	0.033	0.12
	50	0.245	0.004	0.038	0.12

5. 考 察

以上の実験から μ_A と μ_B が分離できる事実が布の場合にも確認された. この事実は摩擦機構について大沢ら^{9), 10)}が適用した接触角説を否定する結果といえる. そして, 相関の高さから μ_B と圧縮エネルギー損失とが関連する可能性が高い. しかし, μ_B の要因としての圧縮エネルギー損失 W_B から求める $[\mu_B]$ と実測からの μ_B との比較検討をすると, 結論は検討したいずれの実験においても前者が後者の約 20~50% 程度しかなく, かなり低いことが明瞭になった. これは恐らく, 布を平板や丸棒で布面に垂直方向に圧縮する方法で求めた圧縮エネルギー損失と, 摩擦時に布が受ける圧縮変形によって生じる損失とは一致していない, つまり両者の圧縮変形の様式が異なっているためと思われる. すなわち, 棒または板の前面が布を圧縮しつつ移動するときの先端部の圧縮変形は, 移動前面でのかなり激しい繊維間ずりを伴うことが考えられる. また, 毛羽を倒して進む損失分も加わるだろう. これらのことは次の実験からもうかがわれる.

図 6 圧縮変位 Z と f_B との関係

図 6 に示すように実験に用いた 3 種の摩擦子についてその圧縮変化量とそれぞれの摩擦子で測定した f_B との関係を見ると, 3 者ともほぼ同一曲線上にその値のことがわかり, これは板であれ, 丸棒であれ, 移動前面部での変形が厚み方向の圧縮変形量が同じであればエネルギー損失はほぼ等しいことを示している. すなわち, 摩擦子に用いた程度の丸をもった先端部で線状に布を押しつつ進行する際にはその先端部の変形のエネルギー損失が重要であり, 平板で厚み方向に垂直に布を圧縮するときのエネルギー損失とは定量的に合致しないのであろう. 恐らく, 摩擦子の移動の前面付近での繊維間摩擦が上述の損失エネルギー効果での主要因でこれが摩擦子の移動に対する抵抗力の原因となるものと思われる. さらにその力が繊維間圧力を高め, 摩擦損失を高めるという一種の正フィードバック機構も考えられる, これは織布の一軸引張変形時の糸交差部分での圧縮力の誘導にも川端, 丹羽¹¹⁾らにより提案されている考え方であるが, こうした機構と類似のものが生じ, これが μ_B を高める要因にもなっている.

本研究の結果, 問題はこの先端部の変形機構に絞られてきた. この変形機構の解明が今後必要のように思う.

6. 結 論

糸や布の繊維集合体において, その表面と他の剛体との摩擦を測定することにより摩擦力発生機構の解明を試みてきた.

本研究では特に布について, まず布の場合にも繊維表面と剛体表面との摩擦成分 μ_A とそれ以外の効果に基づく成分 μ_B との分離がなされることを示した. そして μ_B は摩擦時の繊維集合体の圧縮変形に伴う内部摩擦—繊維間摩擦—に基因すると仮定の下に, それら集合体の圧縮変形時の損失エネルギーとの関連を求めた.

その結果,

1. 実測される μ_B から推定される圧縮損失エネルギーは布の平板による圧縮から求まるそれと一致せず 2~5 倍

の高い値をとる。

2. しかし、 μ_B と上記損失エネルギーとの関係は多くの布地について測定すると高い相関が認められる。

3. 摩擦子の移動前面付近での繊維集合体の圧縮変形に伴う損失エネルギーが μ_B の主たる要因となるように思われる。今後の研究はこの部分での繊維集合体の詳細な変形挙動を検討する必要がある。

4. μ_A と μ_B との分離は布の場合も糸の場合と同様に可能である。この方法による μ_B の測定法は、今後の研究に充分使えるものと考えられる。

文 献

1) 川端, 諸岡; 織機誌, **31**, T96 (1978)

- 2) J. A. Morrow; J. Text. Inst., **22**, T425 (1931)
- 3) E. H. Mercer and K. R. Markinson; J. Text. Inst., **38**, T227 (1947)
- 4) B. Oloffsson and N. Gralen; Text. Res. J., **20**, 467 (1950)
- 5) R. M. Hoffman and L. F. Beste; Text. Res. J., **21**, 66 (1951)
- 6) 平田, 吉田, 埴; 消費科学, **15**, 47 (1974)
- 7) 三浦; 織学誌, **10**, p. 558 (1954)
- 8) D. Wilson; J. Text. Inst., **54**, T143 (1963)
- 9) 大沢, 並木; 織機誌, **19**, T7 (1966)
- 10) 大沢, 並木, 小高; 織機誌, **22**, T31 (1969)
- 11) 川端; 風合い評価の標準化と解析, 織機学会, (1975)
- 12) 川端; 織機誌, **28**, T721 (1973)
- 13) 丹羽, 川端, 河合; 織機誌, **20**, T261 (1967)
- 14) 諸岡, 川端, 第7回繊維工学研究討論会前刷 p. 24 (1978年7月)

正 誤 表

○本誌, Vol. 31, **T96** (1978)「糸の摩擦特性に関する研究」のうち下記諸点訂正いたします。

(誤) (正)

○ T99, 図7の横軸 $T(\text{gf/yarn}) \rightarrow W(\text{gf/yarn})$

○ T101, 図8の横軸 $W(\text{gf/yarn}) \rightarrow T(\text{gf/yarn})$