

織糸の滑脱について

—滑脱抵抗力に関する解析的研究—

出 羽 秀 明

1. 緒 言

織物の裁断部における織糸のほつれは縫い目ずれ、即ち衣服の型くずれ更には縫目の破損の原因となり織物の使用上特に縫製加工の面からみて無視できない性質である。

この織糸のほつれ、滑脱といった現象は織物の原料、糸の性状にはじまり織物の設計構造、即ち密度、組織などまた製織によって与えられた構造、即ちクリンプ、しばなど関連する要素は非常に多く織物の力学的変形の立場からみた場合多くの問題を含蓄している。

しかし、従来からこの織糸のほつれに関する報告は、内田¹⁾他、池田²⁾他を除いてはほとんどみあたらず、その数値化さえも十分には行なわれていない。

本報は、この織糸のほつれ、滑脱に関して理論的な立場からの解析を試みたものである。

2. 滑脱抵抗に関する試論

a. 引掛け法に対するモデル的解析

織物の力学的性質の理論的な解析方法として、F. T. Peirce³⁾による織物を弾性体とみなしエラスチカ、重エラスチカに関する各種の式を誘導するものと、織物をたて糸とよこ糸とを要素とする構造体とみなす方法とがある。前者の方法は、現在でもその主流をなしており多くの論文にみられる^{9)他)}。また後者の方法は、Womersley⁴⁾にはじまり最近ではMack & Tayler⁵⁾、篠原、内田⁶⁾らによって幾何学的解析がなされている。

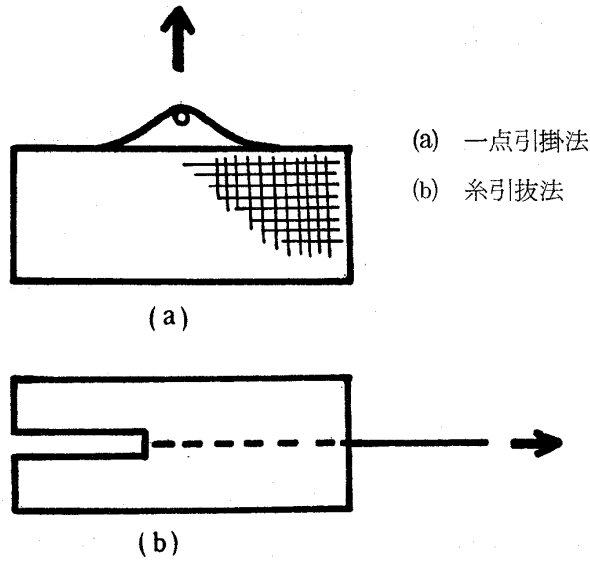
ここでは、これらの方法とは別に織物と無関係な力学モデルを考えそれを実際の織物の滑脱に適用することを試みた。

JIS⁷⁾ L 1079に規定されている織糸の滑脱抵抗の測定方法のうち、引掛け法は第1図(a)に示す如くのものである。この方法に対して次の如くの力学モデルを考える。

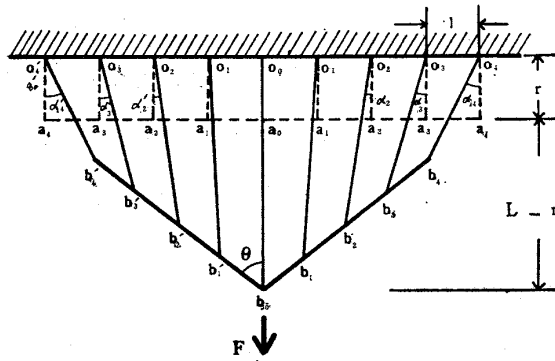
第2図に於て、 $o_0 a_0, o_1 a_1, \dots, o_4 a_4, o'_1 a'_1, \dots, o'_4 a'_4$ は完全弾性体、また $a_0 a_4, a'_0 a'_4$ は点 a_0 に於て、蝶番によって接合せられており外力によって変形しないものとする。また接合点 $a_1, a_2 \dots a'_1, a'_2 \dots$ は完全接合である。

今モデルの a_0 点に図の下方方向に働く外力を加えた時の変形を考える。

第1図 滑脱抵抗力測定法



第2図 滑脱抵抗のための力学モデル



$a_0, a_1 \dots a'_{1}, a'_{2} \dots$ 点は夫々 $b_0, b_1 \dots b'_{1}, b'_{2} \dots$ 点に移動する。また $o_0b_0, o_1b_1 \dots o'_ib'_i \dots$ の張力を $T_0, T_1, \dots T'_{1}, \dots$ 、伸びを $x_0, x_1 \dots x'_{1} \dots$ とすると $o_0a_0, o_1a_1 \dots$ は完全弾性体としたからその弾性定数を K とすると、 $o_0b_0, o_1b_1 \dots$ に対して

$$T_i = Kx_i \quad (i = 0, 1 \dots 4) \tag{1}$$

ここで x_i は次式で与えられる。

$$x_i = \sqrt{(L - y_i \cos \theta)^2 + y_i^2 (1 - \sin^2 \theta)} - r \tag{2}$$

上式に於て y_i は o_i からの水平距離で $y_i = i \cdot l$ 、また、 L 及び角 θ は図中に示す如くとする。

(2)式を(1)式に代入すると、一般に $o_i b_i$ にかかる張力は

$$T_i = K \{ \sqrt{2(1 - \sin^2 \theta)(i l)^2 - 2L \cos \theta (i l) + L^2} - r \} \tag{3}$$

となりこれらは、 o_0 からの水平距離の関数である。

以上のモデルにおける変形外力は

$$F = f_0 + 2 \sum_{i=1}^4 f_i \tag{4}$$

ここで $f_i = T_i \cos \alpha_i = k x_i \cos \alpha_i$ ($i=1, 2 \dots 4$)であるから, (4)式は

$$F = k \{ x_0 + 2 \sum_{i=1}^4 x_i \cos \alpha_i \} \quad (5)$$

となる。式中の $\cos \alpha_i$ は

$$\cos \alpha_i = (L - i l \cos \theta) / (x_i + r) \quad (6)$$

で与えられる。従って, 変形外力 F は, l 及び L の関数となる。

以上が, 織糸の滑脱抵抗力の解析に適用するための力学モデルの概要である。織糸の滑脱に適用する場合に, 滑脱糸が織布内にある。即ち, 滑脱距離が末端糸長入より小さい時は, 滑脱抵抗力は, (5)式で表わされるところの外力 F に等しくなる。

(5)式に於ける x_i は滑脱距離に, また T_i は滑脱抵抗に寄与する交錯点に於ける摩擦力などとして置き換える。また, (6)式に於ける l , r は織糸密度に相当する。従って滑脱抵抗力は滑脱距離の増加に伴ない増大し, 更に交錯点数の増加, 即ち布巾または織糸密度の増加によっても増大することが予想される。

また(6)式で滑脱距離が小さい範囲では $\cos \alpha_i = 1$ となるから, (5)式は一般に

$$F = k \{ x_0 + 2 \sum x_i \} \quad (i=1, 2 \dots n) \quad (5')$$

で近似される。以下 k は滑脱抵抗に関する定数とする。次に, 滑脱糸の一点が, 織布から離脱した場合, 即ち第3図を考える。第3図は, 交錯点 $b_0, b_1, b_2, b'_1, b'_2$ が離脱した状態を示す。この場合滑脱糸 $b_4 b_0 b'_4$ への滑脱抵抗力の寄与は, b_3, b_4, b'_3, b'_4 点のみである。従って滑脱抵抗力は, (4)式より

$$F = 2 (f_3 + f_4)$$

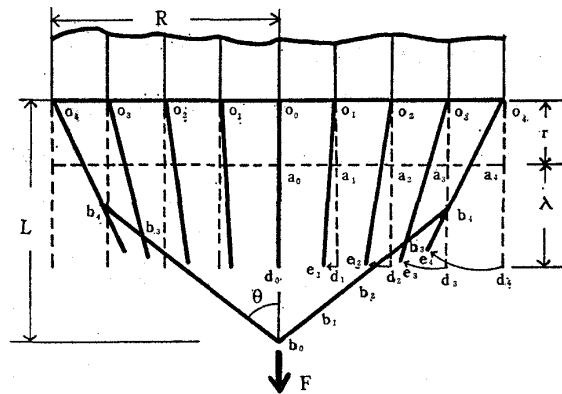
ここで f_3, f_4 は

$$f_3 = k \{ \sqrt{(L - 3l \cos \theta)^2 + (3l)^2 (1 - \sin \theta)^2} - r \}$$

$$f_4 = k \{ \sqrt{(L - 4l \cos \theta)^2 + (4l)^2 (1 - \sin \theta)^2} - r \}$$

で与えられる。

第3図 滑脱糸が組織から離脱した状態



一般に, b_i 点が離脱する場合を考えると, b_i 点は $\overline{O_i b_i} \geq \lambda + r$ の時離脱するから,

$$\overline{O_i b_i} = \sqrt{(L - i l \cos \theta)^2 + (i l)^2 (1 - \sin \theta)^2} \geq \lambda + r \quad (7)$$

上式の等号を解いて θ を定めることができる。ここで L は与えられた布巾を $2R$ とすると $L = R / \tan\theta + r$ で表わされる。従って、 b_i 点が順次離脱していく場合の滑脱抵抗力は、(7)式によって定められた θ から求められる。今、 b_i 点が離脱する時の滑脱糸角度を θ_k とすると、(2)、(5)、(6)式に θ_k を代入し、 f_k を定め、

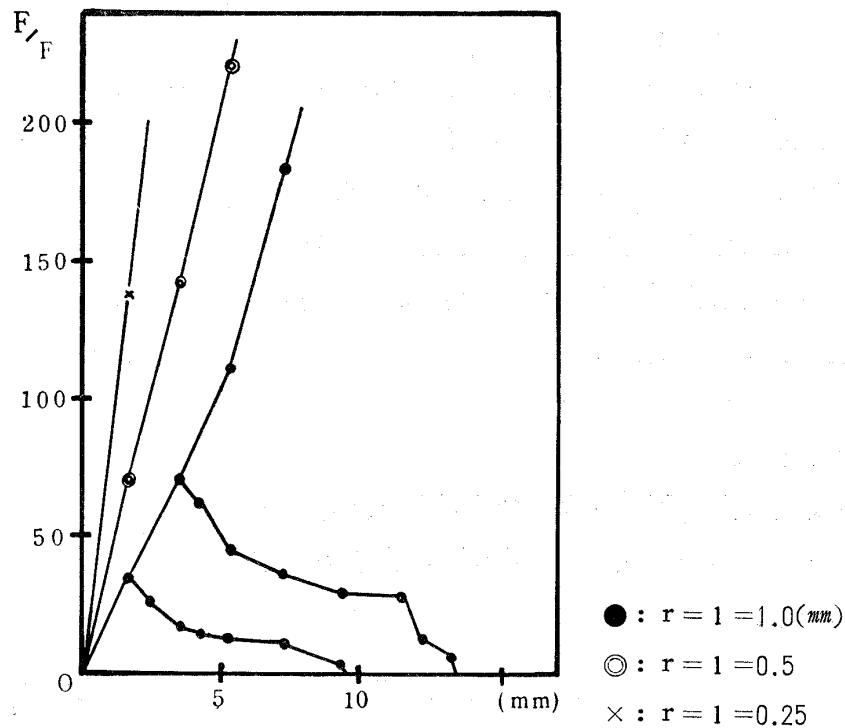
$$F = 2 \sum f_i \quad (i = k, k+1, \dots, n) \quad (8)$$

として求めることができる。

以上により、一本の糸を滑脱させる場合の滑脱抵抗力を表示し得る。

第4、5図は、以上の式から求めた理論曲線で、横軸に滑脱長を、たて軸に F/k の値をとったものである。

第4図 滑脱抵抗力線図及び r 、 l による抵抗力変化



第4図は、 r 及び l 即ち織糸密度の影響をみたものであり、第5図は、試巾 R の影響をみたものである。また、両図とも末端糸長 l の影響もみてある。定数 k の値を如何に定めるかに問題はあがあるが、密度及び試巾、更には、末端糸長の影響が明確に表われている。

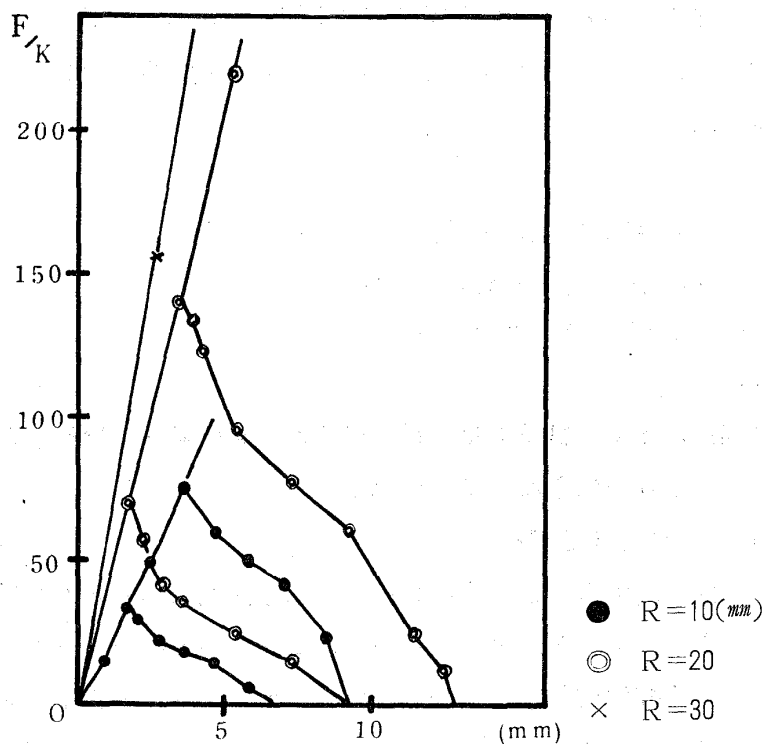
第1表 l, r による F/k の値

末端糸長 l, r	1.75	3.53(mm)
0.25(mm)	140.53	287.27
0.50	72.25	142.05
1.00	35.09	71.77

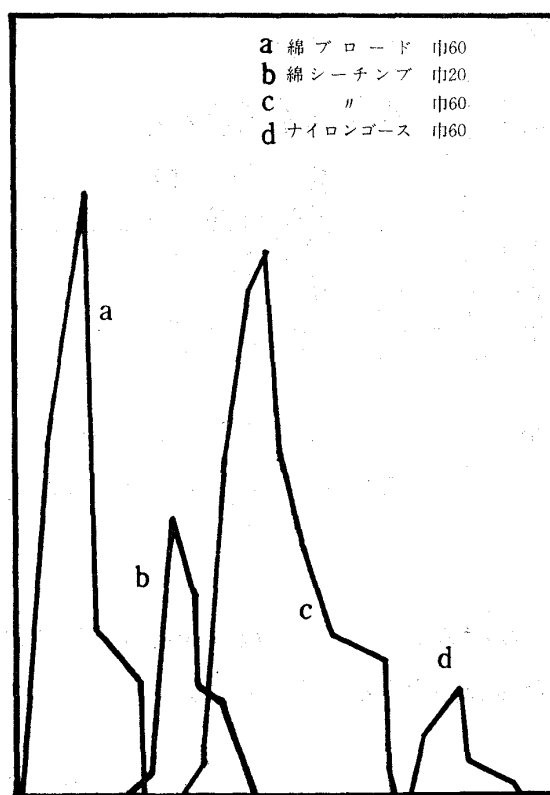
第2表 R による F/k の値

末端糸長 R	1.75	3.53(mm)
10(mm)	35.70	79.32
20	72.25	142.05
30	102.00	210.00

第5図 滑脱抵抗図及びRによる抵抗力変化



第6図 オートグラフによる抵抗力線図



また、第6図は、オートグラフによって得られた、滑脱抵抗力線図の例であるが、理論曲線と類似のものも表われている。但し、一点引掛け法ではその測定法について考慮すべき余地が

多々あるといえる。

更に、以上のモデルを用いて滑脱糸が2本以上の場合の理論式を導入できる。例えば滑脱糸が2本の場合は、(2)、(6)式の r に $2r$ を代入し、滑脱抵抗力は

$$F = F_a + F_b \quad (9)$$

となる。

ここで、 F_a 、 F_b は、(5)及び(8)式から

$$\begin{aligned} F_a &= [k(x_0 + 2 \sum x_i \cos \alpha_i), 2 \sum f_j] \\ F_b &= [k(x'_0 + 2 \sum x'_i \cos \alpha'_i), 2 \sum f'_j] \end{aligned} \quad (10)$$

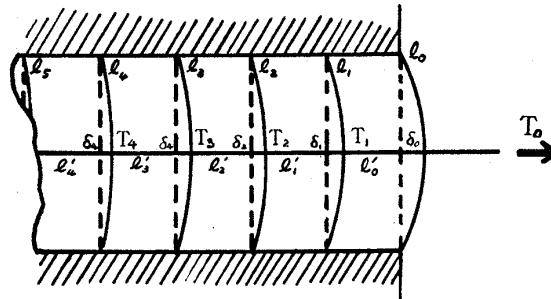
で与えられる。

(9)及び(10)式による滑脱抵抗力は、織糸密度が小さい範囲では滑脱が1本の場合の抵抗力の2倍よりもわずかに小さい値となって表われる。

b. 糸引抜き法に対する解析

糸引抜き法は、滑脱抵抗の測定法の一つで第1図(b)に示す如くの供試体を作製し、1本の糸を引抜いて、その抵抗力を測定するものである。この場合の抵抗力の解析は、差分方程式を用いることにより比較的容易になし得る。差分方程式は同一要素系からなる力学系や電気系の解析に古くから応用されているもので織物の変形解析には吳、篠原が⁸⁾応用している。ここで、糸引抜き法に対する簡単なモデルを考える。第7図にそのモデルを示す。

第7図 引抜き法に対するモデル



等間隔に並ぶ横方向の糸 l_0, l_1, \dots, l_n と縦方向の糸 l'_0, l'_1, \dots, l'_n を考える。各々の接点は完全接合であるとし、また l'_0, l'_1, \dots は互いに独立であるとするとき次式が成り立つ。

$$\begin{aligned} T_{x-1} - T_x &= f(\delta_{x-1}) \\ T_x - T_{x+1} &= f(\delta_x) \end{aligned} \quad (1)$$

ここで T_n, δ_n は l'_n の張力及び撓みであり $f(\delta_n)$ は l_n をそれだけ撓ませるに要する力である。

また $l'_0 = l'_1 = \dots$ であるから弾性定数を k とすると、

$$\begin{aligned} T_x &= k(\delta_{x-1} - \delta_x) \\ T_{x+1} &= k(\delta_x - \delta_{x+1}) \end{aligned} \quad (2)$$

(1), (2)式より

$$k(\delta_{x-1} - \delta_x) - k(\delta_x - \delta_{x+1}) = f(\delta_x)$$

ここで $f(\delta_x) = C \cdot \delta_x$ を代入すると

$$\delta_{x-1} - (2 + C/k)\delta_x + \delta_{x+1} = 0 \quad (3)$$

上式に $\delta_x = e^{\lambda x}$ を代入して

$$e^{\lambda(x-1)} - (2 + C/k)e^{\lambda x} + e^{\lambda(x+1)} = 0$$

上式の一般解は、 $\delta_x = A_1 e^{\lambda x} + A_2 e^{-\lambda x}$ となる。

境界条件、 $x=0$ で $\delta_0 = kT_0$ 、 $x=\infty$ で $\delta_\infty = 0$ を代入すると、引抜き抵抗力 T_0 は、

$$T_0 = K \cdot \delta_x \cdot e^{\lambda x} \quad (4)$$

となり、引抜き糸長の関数として求められ、 x の増加に伴ない、 δ は指数的に減少するが、引抜き抵抗力 T_0 は指数的に増加することがわかる。

3. 総 括

織糸の滑脱抵抗に関してその測定法のうち引掛け法に対してはモデル的解析を、更に引抜き法に対しては差分方程式を応用して解析を行なってみた。これらのうち前者の力学モデルでは滑脱長と滑脱糸角度の関係、更には滑脱に関する定数を実験検討する必要があるが、織物構造の点からはこのモデルによりかなり有効な説明がつくと思われる。更にこれを補正する必要があるが一つの試みとして提唱してみた。また後者では、更に織物の性状たとえば交錯点における摩擦力などを考慮した解析を行なう必要がある。これらの更に細かい取扱いについてはモデル実験を試みているのでいずれ報告したいと思っている。

参 考 文 献

- 1) 内田豊作, 渡辺幸広; 織学誌 4,14, (1948)
- 2) 池田佐喜男, 木田徳郎; 織消科誌 Vol 6. No 6 (1965)
- 3) F. T. Peirce; J. Text. Inst., 21 T377 (1930)
- 4) J. R. Womersley; J. Text. Inst., 28 T97 (1937)
- 5) C. Mack & H. M. Taylor; J. Text. Inst., 42, T476 (1956)
- 6) 篠原昭, 内田貞夫; 織機学誌, 19, T17 (1966)
- 7) J. I. S; L 1079 (1956)
- 8) 呉祐吉, 篠原昭; 織学誌 12,563 (1956)
- 9) G. E. CuSick; J. Text. Inst., 56, T596 (1965)