(昭和47年9月12日受理)

無撚糸織物の引張り強さについて

岐阜大学工業短期大学部 渡辺 明

岐阜大学工学部 黒崎新也・近田富士雄

THE ASPECT OF TENSILE STRENGTH OF TWISTLESS-YARN FABRIC

By Akira Watanabe*, Shinya Kurosaki** and Fujio Konda**

* (Junior Technical college, Gifu University, Kakamigahara City, Gifu Prefecture, Japan)

** (Faculty of Engineering, Gifu University, Kakamigahara City, Gifu Prefecture, Japan)

Recently, several kinds of twistless-yarns (Tex-Ja Yarn, Bob-Tex Yarn, T.N.O. Yarn etc.) and their fabrics have been developed. This paper reports on the breaking strength of twistless-yarn fabrics. The twistless-yarns (T_0) were produced by means of the apparatus shown in Fig. 1. The conventional yarns ($T_{2.5}$ and $T_{6.5}$) of twist factors 2.5, 6.5 were produced by ring frame. They were then woven into fabrics and washed to remove the adhesive. These fabrics are named, T_0 Fabric, $T_{2.5}$ Fabric and $T_{6.5}$ Fabric respectively. Their load-elongation curves are shown in Fig. 6. Different yarn densities of the T_0 and $T_{2.5}$ Fabrics are shown in Table 2, and their load-elongation curves are shown in Fig. 7 and Fig. 8. The breaking strength per yarn in fabric are given in Fig. 9 and Fig. 10, for comparison.

When the twistless-yarn fabric is elongated, compressive forces work at the intersecting points of the yarn in the fabric, and therefore inter-fiber frictional force increases. From this point of view, the compressive forces at one of the intersecting points of the yarns in fabric were calculated. (formula (3) (4) and Fig. 15) Furthermore, from the relationship between the inter-fibre frictional force and the yarn strength, the breaking strength per yarn in the fabric was calculated and the calculated values are compared with the experimental data.

(Received September 13, 1972)

1. 緒 言

近年、無撚糸および無撚糸織物が新しく登場し、注目されている。この無撚糸は1955年のTex-Ja糸¹⁾に始まり、その後Bob-Tex糸²⁾、T.N.O.糸³⁾などが開発されている。T.N.O.糸の文献³⁾によると、無撚糸から作った織物は、従来の撚糸織物と同程度の強力を示すと報告されている。

従来、織物強力について、F.T. Peiceの研究⁴⁾を基盤にB. Olofsson⁵⁾、P. Grosbreg⁶⁾、青木⁷⁾の研究、また最近では丹羽、川端ら⁸⁾の一連の研究がある。いずれも織物中の糸の荷重-伸長曲線を基本にし、これに構造の効果を考慮して理論的に展開されていて、織物の破壊強力は糸強力によって支配されるという考えに立脚している。これらの従来の理論は撚糸織物については成立するが、無撚糸織物については、無撚糸自身に強力はほとんどないので、その考えをそのまま無撚糸織物の破壊強力に適用することはできない。

本報では、無撚糸織物の作成とその破壊強力について

考察した。糸の撚係数のみ異なり他の条件は同じ二種類の撚糸織物を作成した。とくに、無撚糸織物の破壊強力について理論的に考察した。無撚糸織物の無撚力状態と破壊強力時における糸間の交錯点に生ずる圧縮力を計算した。その圧縮力と糸強力の関係式より、無撚糸織物の糸1本あたりの強力を計算し、その計算値と実験値を比較検討した。

2. 試料の作成

2.1 糸

原料は繊維長51mm(等長)、繊度2d、強力4.1g、伸度24.1%のビスコースレーヨンで粗紡機上りの粗糸(1.5番手)を用いた。

無撚糸は図1の無撚糸作成装置により作成した。紡出番手は20'sである。精紡機のフロントローラーからでた繊維束は空気による収束器で丸められる。そして、霧吹器により5% P.V.A. 溶液を霧状にして、5~7% 繊維束に吹きつける。その後、ドライヤーで乾燥し、巻取ローラーで巻取る。

Fig. 1 Apparatus for the production of twistless yarn.

(A: Drafting part, B: Convergenter, C: Sprayer, D: 5% P.V.A. solution, E: Dryer, and F: Twistless yarn.)

Fig. 2 Properties of 20's yarns with various twist factors.
—○—: Strength, —△—: Elongation,
A: T_0 Yarn, B: $T_{2.5}$ Yarn, and C: $T_{6.5}$ Yarn.

燃糸には従来のリング精紡機を用いた。これらの糸の特性を図2に示す。すべて20'sである。この内、無燃糸および燃係数が2.5, 6.5の2種類の燃糸を実験対象として選び、それぞれ T_0 糸、 $T_{2.5}$ 糸、 $T_{6.5}$ 糸と名づける。 T_0 糸は無燃糸、 $T_{2.5}$ 糸は普通の燃をもった燃糸、 $T_{6.5}$ 糸は強燃の燃糸である。

T_0 糸(糊付)と $T_{2.5}$ 糸のセリプレーンを図3に示す。また、 T_0 糸、 $T_{2.5}$ 糸、 $T_{6.5}$ 糸の種々の等性を表1に、その荷重-伸長曲線を図4に示す。糸の引張り試験は、試

(a) (b)

Fig. 3 Seriplane of T_0 Yarn and $T_{2.5}$ Yarn.

(a) T_0 Yarn with P.V.A. (Twistless Yarn)
(b) $T_{2.5}$ Yarn (Normal Twist Yarn)

Fig. 4 Load-elongation curves of T_0 Yarn, $T_{2.5}$ Yarn and $T_{6.5}$ Yarn.

(A: T_0 Yarn with P.V.A., A': T_0 Yarn without P.V.A., B: $T_{2.5}$ Yarn, C: $T_{6.5}$ Yarn, and x: Breaking point.)

Table. 1 Yarn Properties.

	Yarn Count ('s)	Twist Factor	Evenness (u%)	Yarn Strength (g)	C. V. of Yarn Strength (%)	Elongation (%)
T_0 Yarn (with P.V.A.)	20	0	12.0	450	9.8	10.4
T_0 Yarn (without P.V.A.)		0		3.5		7.8
$T_{2.5}$ Yarn	20	2.6	12.5	426	12.1	15.2
$T_{6.5}$ Yarn	20	6.4	12.3	314	15.5	16.1

長10cm, 引張り速度100 mm/minで各30回づつ行なった。表1, 図4より, T_0 糸(糊付)は $T_{2.5}$ 糸, $T_{6.5}$ 糸と比較して, 強力, 強力の変動係数, 伸度の点から, 経糸としても使用でき, 経糸糊付の必要もない。

2.2 織物

手織機を用いて製織した。 T_0 糸, $T_{2.5}$ 糸, $T_{6.5}$ 糸の各平織物をそれぞれ T_0 糸織物, $T_{2.5}$ 糸織物, $T_{6.5}$ 糸織物と名づける。経糸, 緯糸ともに17本/cmの糸密度の T_0 糸織物, $T_{2.5}$ 糸織物, $T_{6.5}$ 糸織物を製織した。また, 経糸密度は17本/cmと一定にし, 緯糸の打ち込み本数を変えて種々の糸密度の T_0 糸織物と $T_{2.5}$ 糸織物を製織した。製織の際, $T_{2.5}$ 糸と $T_{6.5}$ 糸は経糸糊付の必要があり, P.V.A.を糊材として使用した。製織後, 3種類の織物がともに同じ条件になるように, 温水中で2・3回もみ

Table. 2 Yarn Density in the Fabric (no./cm)

T_0 Fabric		$T_{2.5}$ Fabric		$T_{6.5}$ Fabric	
Warp	Weft	Warp	Weft	Warp	Weft
17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0

Sample	T_0 Fabric		$T_{2.5}$ Fabric	
	Warp	Weft	Warp	Weft
No. 1	17.0	5.0	17.0	10.5
No. 2	17.0	9.0	17.0	14.0
No. 3	17.0	15.0	17.0	17.5
No. 4	17.0	20.0	17.0	20.0
No. 5	17.0	24.0	17.0	25.0

(a)

(b)

(c)

Fig. 5 Microphotographs of T_0 Fabric, $T_{2.5}$ Fabric, and $T_{6.5}$ Fabric. ($\times 20$)

(a) T_0 Fabric (b) $T_{2.5}$ Fabric

(c) $T_{6.5}$ Fabric

洗いして糊抜きを行なう。糊抜き後の T_0 糸織物から糸をていねいにほぐして, その強力を調べた結果, 約3.5 gであった。織物中の糸密度を表2に示す。

T_0 糸織物, $T_{2.5}$ 糸織物, $T_{6.5}$ 糸織物の代表的な顕微鏡写真を図5に示す。

3. 織物の引張りに関する結果および考察

T_0 糸織物, $T_{2.5}$ 糸織物, $T_{6.5}$ 糸織物の引張り試験をインストロン型テンサイルテスターで行なった。試料の大きさは試長10cm, 巾5cmで, 引張り速度は100 mm/minである。

T_0 糸織物, $T_{2.5}$ 糸織物, $T_{6.5}$ 糸織物の同じ糸密度の試料の荷重-伸長曲線の1例を図6に示す。これより, T_0 糸自身にはほとんど強力がない(約3.5 g)にもかかわらず, その織物は従来の燃糸織物と同程度の強力をもっていることがわかる。 $T_{6.5}$ 糸織物は過剰燃のため糸強力が低く, そのため織物強力も低い。

つぎに, T_0 糸織物と $T_{2.5}$ 糸織物の種々の糸密度の織物を用いて, 引張り試験を行なった。 T_0 糸織物の経方向と緯方向の荷重-伸長曲線を図7に示す。また $T_{2.5}$ 糸織物の経方向と緯方向の荷重-伸長曲線を図8に示す。各織物の破壊強力と破壊伸度を表3に示す。

T_0 糸織物について, 低密度では破壊強力は低いが, 糸密度が増すにつれて破壊強力は高くなり, 緯方向では $T_{2.5}$ 糸織物の破壊強力と同程度あるいはそれ以上になることがわかる。低密度ではほとんどの繊維がスリップし, 高密度では多くの繊維が切断していることが観察された。

Fig. 6 Example of the Load-elongation curves of three kinds of fabrics. Each fabric has the same yarn density (A: T_0 Fabric, B: $T_{2.5}$ Fabric, and C: $T_{6.5}$ Fabric)

これらの結果は織物中の糸密度が変化しているので、経方向と緯方向、また無燃糸織物と燃糸織物の破壊強力を正確に比較することはできない。そこで、各織物の破壊強力を引張り方向の糸本数で割った値、すなわち糸1本あたりの織物強力を求めると、図9、図10のようになる。図9は各織物を緯方向に引張った場合で、図10は各

織物を経方向に引張った場合である。この実験では、製織の際経糸密度は一定で、緯糸密度が変化している。(表3参照)したがって、図9は引張り方向に直交する糸密度は一定で、引張り方向の糸密度が変化する場合、また図10は引張り方向の糸密度は一定で、引張り方向に

Fig. 7 Load-elongation curves of T_0 Fabric with various yarn densities.

Fig. 8 Load-elongation curves of T_{25} Fabric with various yarn densities.

Table. 3 Tensile Strength and Elongation

Sample	T_0 Fabric				T_{25} Fabric			
	Warp		Weft		Warp		Weft	
	Strength (kg)	Elongation (%)	Strength (kg)	Elongation (%)	Strength (kg)	Elongation (%)	Strength (kg)	Elongation (%)
No. 1	6.01	10.22	0.84	2.50	31.45	18.02	19.24	16.54
No. 2	19.43	13.67	2.31	5.02	34.85	18.93	26.03	18.04
No. 3	20.82	11.02	10.24	10.03	38.67	19.52	39.60	22.32
No. 4	24.15	11.73	30.32	16.21	39.10	19.42	42.35	20.51
No. 5	25.70	12.00	52.65	24.32	36.97	18.53	50.40	25.52

直交する糸密度が変化する場合のそれぞれの糸1本あたりの織物の破壊強度の変化を示している。

T_{25} 糸織物の糸1本あたりの織物強度は、糸密度が増加しても破綻で示した T_{25} 糸の単糸強度により多少大きくなる程度である。(図9, 図10)一方、 T_0 糸織物の糸1本あたりの織物強度は、糸密度の増加にともない急激に高くなり、 T_{25} 糸と同程度あるいはそれ以上になる。図中の一点鎖線は、単繊維強度と糸1本中の繊維本数との積であり、 T_{25} 糸織物よりもむしろ T_0 糸織物の方が、この強度の極限值に近づくことがわかる。(図9)また、図9と図10を比較すると、図9のときは2次曲線的に増加するのに対し、図10のときはほぼ直線的に増加し、ある一定値に近づくことがわかる。

従来、織物の荷重-伸長曲線について、荷重の小さい初期の部分は、糸の曲げ剛性の性質と織物構造(組織、糸のワリンプなど)の性質を示し、荷重の大きい破壊強度付近の部分は、織物を構成する糸の性質を示すと考えられている。これらに関しては、F. T. Peirceの研究⁴⁾

Fig. 9 Load strength per yarn of T_0 Fabric and T_{25} Fabric. The fabrics are elongated in the weft direction. The fabrics used in this experiment are as shown in No. 1 ~ No. 5. — their yarn densities vary in the tensile direction and are constant in the normal direction to it. (-----: The product of single fibre strength and the number of fibre per cross-section in a Yarn, -----: T_{25} Yarn strength, —○—○—: T_0 Fabric, and —△—△—: T_{25} Fabric.)

Fig. 10 Fabric strength per yarn of T_0 Fabric and T_{25} Fabric. The fabrics are elongated in the warp direction. The fabrics used in this experiment are as shown in No. 1 ~ No. 5 — their yarn densities are constant in the tensile direction and vary in the normal direction to it. (-----: T_{25} Yarn strength, —○—○—: T_0 Fabric, and —△—△—: T_{25} Fabric.)

を基盤に、B. Olofsson⁵⁾、P. Grosberg⁶⁾などの研究がある。とくに、青木⁷⁾は糸の荷重-伸長曲線がわかれば、織物の荷重-伸長を求めることができると報告している。また最近では、丹羽・川端らによる“被服材料の力学的性能に関する研究”⁸⁾の中で、初期変形から破断点付近までの織物の荷重-伸長曲線を理論的に求める式が提案されている。これらの文献のいずれにおいても、低応力の範囲では織物の構造が重要な因子として取扱われているが、破壊強度は糸強度によって支配されるという考えに立脚している。

T_{25} 糸織物の破壊強度については、図9, 図10のように従来の考え方が適合できる。しかし、 T_0 糸織物の破壊強度については、 T_0 糸自身にはほとんど強度はないので、従来の考え方をそのまま適用することはできない。 T_0 糸織物では、織物構造からくる繊維間の摩擦力を考慮が必要であると思われる。

4. 無撚糸織物の破壊強度の理論的考察

T_0 糸はほとんど強度をもたないのに、その織物は従来の撚糸織物(T_{25} 糸織物)と同程度の強度を示すのは、引張り過程における織物構造の変形にともない、糸と糸

の交錯点に圧縮力が発生し、そのため繊維間の摩擦力が増加するためであると考えられる。

つぎの仮定のもとに、 T_0 糸織物の破壊強度について考察する。

(1) 無張力状態において、織物中の経糸緯糸の形態は均一で、糸と糸の交錯点で圧縮力は存在しない。(図11(a))

(2) 破壊張力時において、引張り方向の糸はクリンプがのびて、直線状態に近くなり、その糸軸は同一平面内の位置を示すようになる。(図11(b)(c))

(3) 破壊張力時において、引張り方向に直交する糸は外側へ押し出され、かつわずかに伸ばされる(図11(b))

無張力時の T_0 糸織物について、図12(a)のように引張

Fig. 11 Cross-section of the fabric
(a) Tensionless (b) Just before breaking
(c) Just before breaking (Cutting at the right angle to the tensile direction)

Fig. 12 Detail illustration of Fig. 11
(a) Tensionless (b) Just before breaking
(c) Forces at the intersecting point.

り方向の糸の中心に原点0をとり、引張り方向に直交する糸の中心線(破線)とX軸、Y軸との交点をP、Qとする。 OP の長さを d_0 、 OQ の長さを l_0 とする。 d_0 、 l_0 は各織物について定まる値であり、織物の粗密などによって異なった値をとる。したがって、各種類の織物について測定する必要がある。破壊張力時において、 l_0 は l_1 に、 d_0 は d_1 に変化し、 PQ 、 $P'Q'$ を直線と考える。引張り方向に直交する糸は、 $P'Q' - PQ = \Delta \varepsilon$ だけ伸ばされ、この時生ずる力を F とする。また破壊張力時において、糸と糸の1つの交錯点に発生する圧縮力を G とする。 F と G の関係は図12(c)より(1)式となる。

$$G = 2F \sin \theta \quad (1)$$

糸のヤング率を E_s とすると、 $F = \Delta \varepsilon \cdot E_s$ 、また図12

$$(c)より \Delta \varepsilon = P'Q' - PQ = \sqrt{\frac{l_1^2 + d_1^2}{l_0^2 + d_0^2}} - 1$$

$$\sin \theta = \frac{d_1}{\sqrt{l_1^2 + d_1^2}} \quad \text{となる。}$$

したがって

$$G = 2 \cdot d_1 \cdot E_s \left(\frac{1}{\sqrt{l_0^2 + d_0^2}} - \frac{1}{\sqrt{l_1^2 + d_1^2}} \right) \quad (2)$$

ここで $l_1/l_0 = K_1$ 、 $d_1/d_0 = K_2$ 、 $l_0/d_0 = a$ とにおいて、整理すると、

$$G = 2K_2 E_s \left(\frac{1}{\sqrt{a^2 + 1}} - \frac{1}{\sqrt{a^2 K_1^2 + K_2^2}} \right) \quad (3)$$

となる。

(3)式は、平織物を一軸方向に引張ったとき、破壊張力時において、糸と糸の1つの交錯点に生ずる圧縮力を表わす式である。

引張り方向の糸密度を M 本/cmとすると、次式が成立する。 $M = 1/l_0 = 1/ad_0$

$$\therefore a = 1/Md_0 \quad (4)$$

(3)(4)式より、 G と M の関係を求めるために各因子の値を次の方法で実測した。

無張力状態と表3の各織物の破壊伸度寸前まで伸長した状態の T_0 糸織物をパラフィンで固定し、その経方向緯方向の横断面を顕微鏡写真で観察した。その代表的な写真を図13(a)(b)(c)に示す。(a)図より仮定(1)、(b)(c)図より仮定(2)(3)のようになっていることがわかる。これらの顕微鏡写真より、 d_0 、 l_0 、 K_1 、 K_2 の値を求める。これらの値は織物の糸密度などによって異なり、表2の5種類の T_0 糸織物について求める。たとえば、無張力状態のNo.4の試長について、 $d_0 = 1.3 \times 10^{-2}$ cm、 $l_0 = 5.3 \times 10^{-2}$ cmであった。また K_1 、 K_2 の値を求めるために、 d_1 、 l_1 の値は、織物の破壊強度を問題にしている、織物の破壊頻度の最も高い中央部において測

定した。 K_1 , K_2 の計算結果を図14に示す。また E_s の値は $4.2 \times 10^9 \text{ dyne/cm}^2$ であった。各因子の値を代入して G と M の関係を求めると図15のようになる。このように引張り方向の糸密度の増加にともない破壊寸前の織物の糸と糸の1つの交錯点に生ずる圧縮力は、2次曲線的に増加することがわかる。

織物中の引張り方向の糸は、それに直交する糸により破壊寸前の状態において、1つの交錯点で G なる圧縮力を受け、そのため繊維間の摩擦力が増加する。そこで、繊維間の摩擦力と糸強力の関係式(注参照)を適用して、織物中の引張り方向の糸1本あたりの破壊強力を計算する。

糸中の繊維間の摩擦力(ϕ)と糸強力(F)の関係式は次式のようなのである。

$$F = \frac{nL}{6} \phi \left\{ 1 - \left(1 - \frac{4f_0}{L\phi} \right)^{3/2} \right\} \quad (5)$$

F : 糸強力, n : 平均断面繊維本数, L : 平均繊維長, f_0 : 単繊維強力, ϕ : 糸中の繊維1本の単位長さあたりの摩擦力

(5)式は、 $\phi = 0$ のとき、 $F = 0$ $\phi = \infty$ のとき、 $F = nf_0$ となる。Cox⁹⁾, Grosberg¹⁰⁾によれば、繊維束中の1本の繊維の引き抜き力は、外圧に比例し充実度に反比例する。 T_0 糸織物の破壊時においては、5種類の

Fig. 14 Experimental values of parameter K_1 and K_2 .

Fig. 13 Microphotographs of the Yarns in Fabric. ($\times 50$) (a) Tensionless (b) Just before breaking (Cutting along the tensile direction) (c) Just before breaking (Cutting at the right angle to the tensile direction)

Fig. 15 Relation between G and M . (G : the compressive force at once of the intersecting points of the yarns in fabric, M : Yarn density in the tensile direction.)

Fig. 16 Comparison between the calculated values and the experimental values of the T_0 Fabric strength per Yarn. A: Yarn density varies in the tensile direction. B: Yarn density varies in the normal direction to tensile. (○: Experimental, and —: Calculated)

試料とも、充実度は同じであると考えられる。ひっぱり方向に直交する糸密度を N 本/cm とすると、外圧は G N (g/cm) となり、この外圧を n 本の繊維で支えていると考える。 ϕ と G の関係は次のようになる。

$$\phi = CGN/n \quad (6)$$

C は、繊維の直径、表面状態などの繊維の性質や、パッキングなどの集合状態によって定まる値である。(6)式の関係を求めるために、 T_0 糸に種々の大きさの荷重をのせ、繊維 1 本の引き抜き実験を行なった。その結果、 G と ϕ は直線関係にあり、 C の値は 0.83 となった。(5) (6) 式に各因子の値、 n : 125 本、 L : 5.1 cm、 f_0 : 4.1 g と各 M に対する G の値、 N の値を代入して F を計算した。その計算結果と実験値の比較を図 16 に示す。図 16 A は、引張り方向の糸密度が変化する場合の糸 1 本あたりの織

物強力であり、図 16 B は、引張り方向に直交する糸密度が変化する場合の糸 1 本あたりの織物強力である。このように計算値と実験値が大体一致し、A の場合、糸 1 本あたりの T_0 糸織物強力は 2 次的に増加し、単繊維強力と断面繊維本数の積に近づき、B の場合、直線的に増加し、ある値 (G の値によって決まる。) に近づく。

5. 結 言

試作した装置により、無燃糸を作成した。また、無燃糸織物と糸の燃係数のみ異なり他の条件は同じ 2 種類の燃糸織物を製織した。それらの織物の強力について考察した結果、次のようなことが明らかになった。

- (1) 無燃糸織物について、無燃糸自身はほとんど強力をもたないのに、普通以上の糸密度の織物では、従来の燃糸織物と同程度あるいはそれ以上の破壊強力を示す。
- (2) 糸 1 本あたりの織物強力について、無燃糸織物と燃糸織物を比較すると、前者は織物構造の効果が大きく影響するのに対し、後者はあまり影響されない。
- (3) 従来、織物の破壊強力はほとんど糸強力によって支配されると考えられており、この考えから (1)(2) の無燃糸織物特有の破壊強力を説明することはできない。無燃糸織物の場合、引張り過程における織物構造の変形にともない、糸間の交錯点に圧縮力が発生し、繊維間の摩擦力が増加するためであると考えられる。この考えをもとにして計算した計算値と実験値はよく似た傾向を示す。
- (4) 織物強力の限界である単繊維強力と断面繊維本数の積の値に、無燃糸織物も燃糸織物と同程度あるいはそれ以上に近づく傾向がある。

以上のように、普通の試験法による糸強力を基本にした従来の織物強力に対する考え方からは、理解できない興味ある 2・3 の結果を得た。織物の強力の点だけについていえば、糸強力を最大にする撚数すなわち糸の最適撚数が織物中の撚の最適値であるとはいえない。このことから織物中の撚の意義を再検討する必要があるのではないかと考えられる。

文 献

- 1) R. D. Weels; *Text. Res. J.*, **25**, 481 (1955)
- 2) E. Bobkowitz; *Canad. Text. J.*, **77** (1970)
- 3) H. J. Selling; *Twistless Yarns*, MERROW (1971)
- 4) F. T. Peirce; *J. Text. Inst.*, **28**, T 45 (1937)
- 5) B. Olofsson; *J. Text. Inst.*, **55**, T 541 (1964)
- 6) P. Grosberg; *J. Text. Inst.*, **57**, T 383 (1966)
- 7) 青木; 織学誌, **4**, 132 (1948)

- 8) 丹羽, 川端, 河合; 織学誌., 19, T 157 (1966) 20, T 12 (1967) 20, T 258 (1967) 20, T 279 (1967) 20, T 317 (1967)
- 9) L. J. Postle, J. Ingham and D. R. Cox; *J. Text. Inst.*, 43, T 77 (1952)
- 10) P. Grosberg; *J. Text. Inst.*, 54, T 223 (1963)
- 11) 三平, 黒崎, 渡辺; 織維学会要旨集 p. 84 (1968)
- 12) V. B. Merchant; *J. Text. Inst.*, 51, T 58 (1963)

(注)

昭和43年織維学会秋期大会(要旨集 p. 84~87)で“糸強力を目標とした糸体設計に関する一考察”(三平, 黒崎, 渡辺)¹¹⁾と題して発表したものの一部である。ここでは、糸強力の理論式についてのみ記載する。

長さ L の等長繊維の紡績糸のスライバー線図が図17のように表わされ、 XX' 面で繊維本数が最小であるとす。Marchant¹²⁾によれば、糸強力は XX' 面を横切っている各繊維が、糸の引張り際に XX' で生ずる応力の合計として表わされる。そして、 XX' 面の各繊維のもつ応力は XX' 面の中央に位置する繊維の L に着目すると、その繊維の長さに沿って生ずる応力分布に等しいと考えられる。スライバー線図中に x 軸 y 軸を考え、 XY の把持曲線を $P(x)$ とすると、 $Y'X'$ の把持曲線は $P(x+L)$ となる。そして、Marchant¹²⁾は粗糸の引張りの際、繊維 L における応力分布を(1)式で表わした。

$$f(x) = \phi \int_0^x P(x) + P(x+L) / P(x) - P(x+L) dx \quad (1)$$

いま $0 < x < L$ の範囲で、 $f(x)$ の最大値を $f_{\max}$ とすると、 $f_{\max}$ が単繊維強力 f_0 より小であれば、糸の XX' 面を境にすべての繊維は滑脱し、滑脱強力を示す。また $f_{\max}$ が f_0 より大であれば、切断する繊維が存在し一般の紡績糸はこれに属する。そこで、 $f(x) = f_0$ となる x の値を L_B とすると、糸強力は次式で表わされる。

$$\begin{aligned} F &= \text{滑脱強力} + \text{切断強力} \\ &= \left[\int_0^{L_B} f(x) dx + \int_{L_B}^L f(x) dx + f_0(L - 2L_B) \right] \times \frac{n}{L} \\ &= \frac{n\phi}{L} \left[\int_0^{L_B} \frac{P(x) + P(x+L)}{P(x) - P(x+L)} dx + \int_{L_B}^L \frac{P(x) + P(x+L)}{P(x) - P(x+L)} dx \right] \end{aligned}$$

$$+ \frac{n\phi}{L} (L - 2L_B) \quad (2)$$

dx : 繊維 L を分割した微少な要素長, ϕ : 1本の繊維の単位長さあたりの摩擦力, f_0 : 繊維強力, L_B : 滑脱と切断の限界の x の値, n : 平均断面繊維本数

繊維が理想的に配列している紡績糸について、(2)式を解く。把持曲線は、

$$P(x) = -\frac{n}{L}x + n, \quad P(x+L) = -\frac{n}{L}x \quad (3)$$

$$\text{となる。 (1) 式は、} f(x) = \phi \int_0^x (1 - \frac{2x}{L}) dx \quad (4)$$

となる。また $f(x) = f_0$ となる x の値(L_B)は、

$$L_B = \frac{L}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4f_0}{L\phi}} \right) \quad (5)$$

$$\text{となる。そして、} f_{\max} = \frac{L\phi}{4} \quad (6)$$

となる。(2)式に(4)、(5)式を代入して、糸強力 F を求めると(7)式となる。

$$F = \frac{nL}{6} \phi \left\{ 1 - \left(1 - \frac{4f_0}{L\phi} \right)^{3/2} \right\} \quad (7)$$

(根号内が負になる場合は、すべての繊維が滑脱することを意味する。)

(i) $4f_0/L\phi \geq 1$ のとき、糸中の全繊維が滑脱する。このとき、 $F = nL\phi/6$ となり、 $\phi = 0$ のとき、 $F = 0$ となる。

(ii) $4f_0/L\phi < 1$ のとき、糸中の1部の繊維が切断する。 ϕ が無限度のとき、 $F = nf_0$ となる。つまり全繊維が切断し、単繊維強力 $\times$ 断面繊維本数となる。

Fig. 17 Sliver Diagram