クレープヤーンの研究*

(第2報) 撚糸構造に関する一実験

(昭和33年3月3日受理) 会 員 源 間 一 郎**

“ 宮 坂 智 文

“ 福 島 保 治

→ 摘 要 ←

研 究 目 的

実際の撚糸構造がいわゆる らせん構造からどの程度偏倚するか、撚糸構造の傾向について調査する。

研 究 結 果

実際の撚糸においては、フィラメント相互間作用のため、フィラメントのひずみは らせん構造の仮定から導かれる値より一般に小さくなる。そこで実際の撚糸における最外層のフィラメントのひずみ ε_R' を

$$\varepsilon_R' = \tau \{ (1 + \rho) \sqrt{4\pi^2 N^2 R^2 + (1 - \varepsilon_y)^2} - 1 \}$$

ρ : 加撚張力による糸のひずみ, ε_y : 撚縮み, N : 無撚の糸の単位長さ当り撚数, R : 糸の半径とおき, $\tau=1$ を らせん構造, τ が 1 より遠ざかるほど撚糸構造が らせん より偏倚するとして τ の変化について調査し, 次の結果が得られた。

- (1) 糸の繊度はあまり τ に関係しないが、一般に細繊度のものほど τ は 1 に近づく傾向がある。
- (2) フィラメント数が増えると τ は 1 から遠ざかる。
- (3) 加撚張力が増すと τ は 1 に近づく。
- (4) フィラメント間の摩擦係数が小さくなると τ は 1 より遠ざかる。

また同一繊度、撚数の糸では、撚縮みが小さい程 τ は 1 に近づくことがわかった。

1. 緒 言

撚糸を構成するフィラメントのひずみを考える場合にフィラメントの配置、すなわち撚糸構造が簡単に表示できれば、ひずみの取扱いは容易になると考えられるが、実際の撚糸におけるフィラメントの配置は複雑である。¹⁾ Morton および Yen は追跡繊維法によって Fibro yarn 中における繊維の軌跡について研究しているが、その結果を見ても撚糸中におけるフィラメントの配置を簡単に表示することは困難である。

そこでいままでにおける撚糸の研究では、撚糸構造を単純な らせん構造で代表させ、このモデルによって撚糸の性質を理論的に解析し、ある程度の成功を収めてきたのであるが、実際の撚糸構造がかかる単純な構造でないことは諸家も認めるところである。

本報においては実際の撚糸構造に対する知見を得る目

的で、らせん構造の仮定に立って実際の撚糸構造を見た場合に、それが仮定からどの程度偏倚しているかについて調査した実験結果を報告する。

2. 実際の撚糸構造とフィラメントのひずみに対する一考察

クレープ織物に用いられる強撚糸の原料は多くのフィラメントの集束からなるものであるが、各フィラメントが完全に平行状態にあることは期待し得ない。また各フィラメント間には必ず間隙があるはずである。したがってこのような状態の糸に撚りをかけると、加撚によって大きな引張りをうけるフィラメントは、その張力から自由になろうとして、他のフィラメントを押し³⁾のけて位置を移動することの可能性が考えられる。このような位置移動の可能性は各フィラメントすべてについて考えられるから、加撚中には各フィラメントは相互に位置の交換

* Studies of Crepe Yarn. Part 2: On the Yarn Twisted Structure. (第1報 11巻 6号に所載)

** I. Gemma, Y. Fukushima, Member. 神奈川県工業試験所, T. Miyasaka, Member. 三菱レイヨン

をしあい、ますます複雑な配置をとる結果になると想像される。

らせん構造は完全に平行なフィラメントの集束において、各フィラメントの相互位置が全く変化しないで燃らせた場合の構造と考えられるから、前述のようなフィラメント間相互作用は、当然らせん構造からの偏倚を意味するものである。

さて、上述のようなフィラメント間相互作用は、加燃による張力から自由になろうとして起るものであるからこのような過程はフィラメントの受けるひずみを小さくする結果になる。したがって実際の燃糸においてフィラメントの受けるひずみは、らせん構造の仮定から計算されるひずみより若干小さくなるはずである。

いま燃糸構造を説明するために次の記号を用いる。

l_0 ; 加燃前の糸長

l_1 ; 加燃張力 p をかけた時の糸長

l ; 加燃後の糸長

ρ ; 張力 p による糸のひずみ

ε_y ; 燃縮み

n ; 燃数

N ; n/l_1

r ; 糸の中心からの任意距離

ε_r ; 糸の中心から r の距離にあるフィラメントのひずみ

S ; 加燃後のフィラメントの長さ

R ; 糸の半径

以上の記号を用いると次の関係が成立する。

$$l_0(1+\rho)(1-\varepsilon_y)=l \dots\dots\dots (1)$$

$$(S-l_0)/l_0=\varepsilon_r \dots\dots\dots (2)$$

燃糸構造をらせん構造と仮定するとフィラメントのひずみ ε_r は次式で表わされる。

$$\varepsilon_r=(1+\rho)\sqrt{4\pi^2N^2r^2+(1-\varepsilon_y)^2}-1 \dots\dots\dots (3)$$

(3)によるとひずみ ε_r は加燃張力 (ρ)、燃縮み (ε_y)、燃数 (N)、糸軸からの距離 (r) によってきまってくる。しかして最大のひずみは最外層のフィラメントに生じ、その値を ε_R とすると

$$\varepsilon_R=(1+\rho)\sqrt{4\pi^2N^2R^2+(1-\varepsilon_y)^2}-1 \dots\dots\dots (4)$$

ところで前述のようにフィラメント間の相互作用で、実際の燃糸構造が、らせん構造から偏倚しているとする、フィラメントのひずみを表わすのに (3) または (4) 式を用いることが問題となるが、ここではらせん構造の仮定を基礎にして、実際の燃糸構造が仮定した構造からどの程度偏倚しているかを比較するため次のよう

な方法をとってみる。

すなわち、実際の燃糸におけるフィラメントの配置状況は不明であるが、ひずみはらせん構造の仮定から導かれる値にある係数をかけたものに等しいとしてみる。いまその係数を τ として実際の燃糸におけるフィラメントのひずみ ε_r' を次のようにおく。

$$\varepsilon_r'=\tau\{(1+\rho)\sqrt{4\pi^2N^2r^2+(1-\varepsilon_y)^2}-1\} \dots\dots\dots (5)$$

最外層にくるフィラメントに対しては

$$\varepsilon_R'=\tau\{(1+\rho)\sqrt{4\pi^2N^2R^2+(1-\varepsilon_y)^2}-1\} \dots\dots\dots (6)$$

実際の燃糸構造がらせん構造であれば τ はもちろん 1 になるが、前述のようにフィラメント間相互作用はひずみを減少させる方向へ進行するから、 τ は一般に 1 より小さい値になるはずである。しかしてらせん構造よりの偏倚が多い程 τ はますます 1 から遠ざかることになる。したがって実際の燃糸における τ がわかれば、それによって構造の偏倚についてその程度を知ることができると考えられる。

3. τ の求め方

(6) 式によると

$$\tau=\frac{\varepsilon_R'}{(1+\rho)\sqrt{4\pi^2N^2R^2+(1-\varepsilon_y)^2}-1} \dots\dots\dots (7)$$

ここで分母の方は糸の半径、燃数、燃縮み、加燃張力によるひずみがわかれば簡単に計算できるが、 ε_R' の方は簡単に知ることができない。しかし (6) の関係は切断燃⁴⁾燃限界においてもなり立つと考えてよいから、この限界燃数におけるフィラメントのひずみは、そのフィラメントの切断伸度となり容易に知ることができる。

切断燃限界における τ (一応 τ_B とする) が、切断燃り以前の τ に等しいかどうかは不明であるが、 τ_B は τ に等しいか、あるいは τ が単調に変化して行ったものであろうと考えられるから、切断燃限界における τ の値によって、燃糸構造がらせん構造より偏倚する傾向は知ることができる。

切断燃限界における τ_B は

$$\tau_B=\frac{\varepsilon_B}{(1+\rho)\sqrt{4\pi^2N_B^2R_B^2+(1-\varepsilon_{yB})^2}-1} \dots\dots\dots (8)$$

ここに ε_{yB} は切断燃数 N_B における燃縮み、 R_B は N_B における糸半径、 ε_B はフィラメントの切断伸度である。

4. τ_B の実験

試料としてビスコース 75, 100, 120, 150 den, ベンベルグ 75, 100, 120 den を用いた。 τ_B の計算に必要な

(第 1 表) 糸の織度と τ_B の関係

織 度 (den)	フィラメント数 (本)	フィラメント 切断伸度 ε_B (%)	切断撚数 (t/m)	切断時撚縮み ε_{yB} (%)	切断時糸半径 R_B (mm)	加撚張力によるフィラメントのひずみ ρ (%)	ε_{RB}^* (%)	τ_B
ビスコース人絹								
75	30	23.6	3 150	18.5	0.051	0.50	30.0	0.79
100	40	18.4	2 500	17.7	0.058	0.37	22.8	0.81
120	50	17.4	2 300	20.1	0.064	0.30	22.3	0.78
120	25	17.0	2 160	18.5	0.064	0.50	19.4	0.88
150	50	19.8	2 140	21.0	0.071	0.25	24.0	0.82
ベンベルグ人絹								
75	54	9.9	2 600	18.3	0.051	0.15	16.7	0.60
100	75	13.0	2 630	20.6	0.058	0.25	24.5	0.53
120	90	11.7	2 300	22.7	0.065	0.20	21.8	0.54

* らせん構造の式から導かれる切断時のフィラメントのひずみ

測定条件 65 ± 5% R.H., 15 ± 5°C

な N_B , ε_{yB} , R_B , ρ , ε_B は次の方法で求めた。

N_B , ε_{yB} は第 1 報の第 1 図に示した検燃器によった。 N_B は加撚によって試料が切断した時の撚数であるから簡単に求まる。 ε_{yB} は各撚数に対する撚縮み ε_y を求め、 $N - \varepsilon_y$ 曲線の延長上において $N = N_B$ 点の ε_y を ε_{yB} とした。

R_B は第 1 報の実験式によって計算した。 ε_B はセリグラフで測定し、 ρ は糸の応力—ひずみ曲線からフィラメントの応力—ひずみ曲線を計算によって求め、その曲線上で (加撚張力 W) / (フィラメント数 m) に相当する応力に対するひずみから求めた。

以上求められた常数を用いて各場合における τ_B を計算すると、次のような結果が得られた。

(1) τ_B と糸織度の関係

計算に必要な資料および τ_B の値を第 1 表に示す。 τ_B と糸織度の関係はあまりはっきりしないが、いって言えば細織度の糸ほど τ_B は 1 に近づく。すなわち らせん構造に近くなる。(ベンベルグ人絹の場合)

(2) τ_B とフィラメント数の関係

τ_B はフィラメント数によって非常に影響される。第 1 表におけるビスコース 120/50 と 120/25 の τ_B に見られるごとく、またベンベルグの τ_B がビスコースの τ_B よりかなり小さことからわかる通り、フィラメント数が多いほど τ_B は小さくなる。

先にも述べたように、加撚によって大きな張力をうけたフィラメントは、その張力から自由になろうとして位置の移動をするが、この時移動しようとしているフィラメントによって押しのけられる比較的低張力をうけてい

るフィラメントのいずれかの 1 本は、前者の占めていた場所に押し出され、前者のうけていた張力を負担することになる。加撚中にこのような現象が次々に進行すると考えると、フィラメント数が多いほど張力の負担を転嫁できる相手が多いことになるから、1 本のフィラメントの受ける張力は平均して軽くなり、したがってひずみは少なくなる。ということは らせん構造よりの偏倚が大きくなる。

一般に使われている糸では糸の織度が小さいほどフィラメント数が少ないのが普通である。したがって、フィラメント数の点を考慮に入れると細織度の糸ほど らせん構造をとりやすいと言える。

(1) の糸織度と τ_B の関係はフィラメント数を考慮に入れて考察すべきである。

(3) τ_B と加撚張力の関係

ビスコース、ベンベルグともに 120 den に加撚張力を変えて撚糸した場合の τ_B を第 2 表に示す。

第 2 表を見るにいずれの試料においても加撚張力が大きくなると τ_B は 1 に近づく。すなわち張力が大きいと らせん構造に近くなる。

加撚張力が大きい場合には、加撚前における各フィラメントの集束状態がより平行となり、また加撚によって張力のかかったフィラメントが他のフィラメントを押しのけて位置の移動をしようとしても、すでに各フィラメントに大きな張力がかかっておれば、当然押しのけにくくなるから、フィラメント相互間作用の進行はかなり阻害されることになり、その結果として らせん構造に近くなるものと考えられる。

(第2表) 加 撓 張 力 と τ_B の 関 係

加 撓 張 力 W (g)	切断撓数 N_B (t/m)	切断時撓縮み ε_{yB} (%)	切断時糸半径 R_B (mm)	加撓張力による フィラメントのひずみ ρ (%)	フィラメントの切断伸 度 ε_B (%)	ε_{RB}	τ_B
ビスコース 120/50							
12	2 300	20.1	0.064	0.15	17.4	22.3	0.78
15	2 250	19.0	0.0637	0.17	〃	21.2	0.82
20	2 200	16.7	0.0630	0.2	〃	20.5	0.85
30	2 125	13.1	0.0615	0.25	〃	19.7	0.89
40	2 085	11.0	0.0605	0.35	〃	19.4	0.90
50	2 030	9.3	0.0600	0.45	〃	19.1	0.91
60	1 925	7.5	0.0597	0.50	〃	17.7	0.98
72	1 875	5.7	0.0590	0.60	〃	17.5	0.99
ペンベルグ 120/90							
15	2 300	22.7	0.0650	0.2	11.7	21.8	0.54
20	2 195	19.4	0.0640	0.25	〃	19.7	0.60
30	2 070	14.3	0.0620	0.35	〃	17.9	0.66
40	1 990	11.6	0.0610	0.50	〃	17.1	0.69
50	1 924	9.8	0.0605	0.60	〃	16.5	0.71

測 定 条 件 65±5 % R.H., 15±5°C

(第3表) 油 剤 処 理 と τ_B の 関 係

ビスコース 120/50 加 撓 張 力 15 g								ε_{RB}	τ_B
試 料 No.	静摩擦係数 μ_s	動摩擦係数 μ_a	切断撓数 N_B (t/m)	切 断 時 撓 縮 み ε_{yB} (%)	切断時糸半径 R_B (mm)	加撓張力によるフィラ メントのひ ずみ ρ (%)	フィラメント切断 伸度 ε_B (%)		
原 糸	0.211	0.180	2 311	19.3	0.0636	0.15	18.3	22.7	0.81
1	0.131	0.100	2 394	23.0	0.0651	〃	18.3	24.6	0.75
2	0.079	0.051	2 562	26.0	0.0656	〃	19.2	29.0	0.66
3	0.129	0.100	2 416	23.5	0.0653	〃	18.0	25.3	0.71
4	0.181	0.168	2 398	20.3	0.0635	〃	19.6	24.6	0.80
5	0.028	0.033	2 704	29.0	0.0664	〃	17.8	33.3	0.54
6	0.174	0.141	2 375	22.2	0.0647	〃	18.4	24.1	0.77

測 定 条 件 70 % R.H., 25°C

(第4表) 油 剤 処 理 の 明 細

試 料	使 用 油 剤	濃 度 (%)	浸漬温度 (°C)	浸漬時間 (min)
0	原 糸	0	0	0
1	アニオン活性剤	1	40	15
2	〃	1	〃	〃
3	〃	2	〃	〃
4	〃	3	〃	〃
5	カチオン活性剤	1	〃	〃
6	アニオン活性剤	2	〃	〃

濃度は溶液%である
脱水は遠心分離機で約90%に脱水し風乾した

(4) τ_B とフィラメント間の摩擦係数の関係

第3表に油剤処理したビスコース人絹 120/50 の τ_B を示す。油剤は市販の柔軟平滑剤で処理方法は第4表に

示す。

処理糸の摩擦係数は Röder の方法にしたがって測定した。第3表からわかるように、摩擦係数が小さくなると τ_B は小さくなる。摩擦係数が小さくなればフィラメント相互間の位置移動がしやすくなるはずであるから、 τ_B が小さくなるのは、すなわちらせん構造よりの偏倚が激しくなるのは当然であろう。

摩擦係数によって τ_B が変化することからみて、加撓時における繊維水分率も τ_B に相当影響するものと考えなければならない。

(5) τ_B とフィラメント断面形の関係

フィラメントの断面形状はフィラメント相互間の接触状態に影響するから、フィラメント間相互作用の進行状

態にかなり影響するものと想像される。実験に用いた試料の中でベンベルグの断面形は大体円形とみなされるが、ビスコースの方は断面形が不規則である。ベンベルグの τ_B がビスコースの τ_B に比較して非常に小さいのは、ベンベルグのフィラメント数がビスコースより非常に多いことも一因であるが、断面形が円形であることも原因しているものと想像される。織度、フィラメント数が同じで、断面形のみ異なるという試料がないのでこの点の検討はできなかった。

以上において τ_B が原料、織度、加燃条件、油剤処理等によっていかに変化するかを検討したが、いずれの場合も τ_B は1より小さいことがわかった。このことは燃糸を構成するフィラメントのひずみを表わすのに、従来採用されてきたらせん構造の仮定から導かれる式、す

(1) 加燃張力を変えたビスコース 120 den
(2) " ベンベルグ 120 den
(3) 油剤処理した ビスコース 120 den
(第1図) τ_B と ϵ_{yB} の関係

(1) ビスコース 120 den, 2000 t/m
(2) " 120 den, 1500 t/m
(3) ベンベルグ 120 den, 2000 t/m
(4) " 120 den, 1500 t/m
(5) ビスコース 120 den, 2000 t/m 油剤処理
(第2図) τ_B と ϵ_y の関係

なわち(3)式をそのまま用いると、その値は実際のひずみより大きな値になることを示している。したがって実際の燃糸におけるフィラメントのひずみを考える場合には燃糸構造がらせん構造より偏倚することによるひずみの減少を考慮に入れる必要があると言わなければならない。

5. τ と燃糸の外形との関係

加燃張力および油剤処理によって τ_B が変化することからわかるように、同一織度の糸でも張力により、あるいはフィラメント間の摩擦係数により、フィラメント相互間作用の形式に変化がある。したがってこのような場合には同じ燃数でもフィラメントの受けるひずみは変わってくる。ところで同じ燃数で燃糸構造に変化があると、それは何らかの形で燃糸の外形の上に現われてくるものと考えられる。第2,3表の加燃張力を変えた燃糸および油剤処理した燃糸の τ_B と ϵ_{yB} の関係を見ると第1図のごとくなり、 τ_B と ϵ_{yB} は大体逆比例する。次に各場合の τ_B とその糸の2000および1500 t/mにおける ϵ_y の関係を見ると第2図のごとくなり、 τ_B と ϵ_y も逆比例する。これからみると同一織度、燃数の糸では ϵ_y が小さいほど、らせん構造に近づく素質を持っていることになる。 τ_B と加燃途中の τ の関係はいまのところ不明であるが、燃数の多いところではフィラメント相互間の位置移動もほとんど飽和に近いと考えられるから1500 t/m以上における τ は τ_B と大体同じであろうと思われる。したがって第2図の関係より、燃縮みの少ない糸ほどらせん構造に近いと言っても大きな誤りはないであろう。ということは同一燃数、織度の燃糸では燃縮みが小さいほどフィラメントの受けているひずみが大きいと言うことになる。

6. 結 び

実際の燃糸においてはフィラメントの相互作用が考えられるが、この作用はフィラメントのひずみを減少する方向に進行する。そこで実際の燃糸におけるフィラメントのひずみをらせん構造の基礎に立って補正し、最外層フィラメントのひずみ ϵ'_R を

$$\epsilon'_R = \tau \{ (1 + \rho) \sqrt{4\pi^2 N^2 R^2 + (1 - \epsilon_y)^2} - 1 \}$$

で表わし、切断燃限界における τ の値から実際の燃糸構造がらせん構造からどの程度偏倚するか、種々の場合について調査した。それによると

(1) τ はすべての場合に1より小さい。

(2) 糸の織度と τ の関係は明瞭でないが、一般に糸が細くなるほど τ は1に近づくようである。すなわちらせん構造に近づく。

(3) フィラメント数が多くなると τ は1から遠ざかる。すなわちらせん構造からの偏倚が大きくなる。

(4) 加撚張力が増すと τ は1に近くなる。すなわちらせん構造に近づく。

(5) フィラメント間の摩擦係数が小さくなると τ は1から遠ざかる。すなわちらせん構造からの偏倚が大きくなる。

(6) フィラメントの断面形も τ に関係すると考えられるが、この点の検討はできなかった。

次に同一織度、撚数の撚糸について τ と撚糸の外形の関係を調べると、撚縮みが少ない糸ほど τ は大きく、す

なわちらせん構造に近くなることがわかった。

本研究の内容を検討し、御指導並びに報文の校閲を賜った京都大学 藤野教授、並びに終始御指導、御鞭撻を賜った神奈川県工業試験所 北島所長、三井繊維部長、実験に協力された原芳一氏に深甚なる謝意を表する。

参考文献

- 1) W. E. Morton, K. C. Yen. ; J. Text. Inst., T 60~66 (1952)
- 2) 藤野 ; 京都高業工芸30周年記念論文集(昭 7)
- 3) W. E. Morton, K. C. Yen: 1) に同じ
- 4) 同上 2) 藤野; 論文および藤野; 熨斗; 本誌 4, 7 p. 19 (昭26-7)
- 5) H. I. Röder; J. Text. Inst.. T 247~265 (1953-6)