強ねん糸の研究*

(第8報) 二重よりの形態とそのナイロン伸縮糸

(昭和39年1月11日受理) 会 員 書 上 誠 之 助**

〃 桑 子 熙

→ 摘 要 ←

目 的

二重よりの構造を明らかにするとともに、これをセットし解ねんしたナイロン伸縮糸の特性を研究する。

成 果

- (1) 二重よりの単繊維は特殊なリングあるいはスパイラルの連続であって、普通よりのように内外層において形態的に著しい相違がないのが特長である。
- (2) 二重よりをセットし解ねんし十分収縮させると、内外層ともに連続したリングとなる。
- (3) この伸縮糸はきわめてソフトな弾性を持ちかつ弾性率は高い。しかし製造については、技術上いくつか未解決の問題がのこっている。

1. 緒 言

加ねんが進みより限界に達すると糸は加ねん張力により二重よりが発生するかまたは切断する。この点については第3報¹⁾に実験の結果を示してある。二重よりについては二、三の研究があるが、本研究ではその形態を主として明らかにし、これを解ねんした伸縮糸の構造を研究した。

二重よりはこれまでより限界を越えた特殊の形態で、実用上はほとんどかえりみられない部分である。しかしこれを解ねんした伸縮糸はまた独特の形態を有しており新しい製品を作るために利用価値があることがわかった。

このストレッチヤーンについてはすでに特許が出されているが、その形態と特性については解明されていない。

2. 二重よりの発生とそのトルク

第7報と同様な装置でより縮みを許し各種の張力で加ねんを行なう。

使用糸はナイロン 15 d×37 fil である。

つぎに二重よりが発生したときのより数を調べると第1表のとおりである。

(第 1 表)

二重より発生時のより数 (15 d×37 本 始長 50 cm)

張 力 (g/d)	二重よりができ始めたときの加ねん数 (回)	二重よりができ終わったときの加ねん数 (回)
0.02	350	630
0.1	390	700
0.2	420	750
0.4	490	830

しかし第3報における実験のごとく低張力のときはスナールができたり、二重よりの形も規則正しいものではない。張力に応ずる形態を第1図に示す。

0.2 g/d 以上の張力になると正規の形となり、0.6 g/d 以上は二重よりができず限界点で糸は切断する。

二重よりとトルクの関係を第2図に示す。

加ねんが進み二重よりが発生するとトルクはほぼ水平

* Hard Twisted Yarn. Part 8: Morphological State of Double Twist and its Stretch Yarn.

** S. Kakiage and A. Kuwako, Members. 群馬大学工学部

加ねん張力 a: 0.02 g/d, b: 0.1 g/d, c: 0.2 g/d

(第1図) 加ねん張力と二重よりの形態

(第2図) 二重よりのトルクとより縮み

を保ち、ジグザグの経路をとり三重よりが発生すると急に上昇する。

より縮みは普通よりではトルクと同一傾向をとるが、二重よりのときは一定の増加率をとる。一定のところでは両者の線が合するのは興味深い。

各種の張力の場合を第3図に示す。このトルクの測定は第4図の装置を用いたものである。④の針金はガラス棒の上におかず、上方にセットしたひずみ計からさがる細い針金と連結しておく。これでひずみ計の電流をストレインメータで読み、また④の腕の長さを測りトルクを算定する。ひずみ計は上方レール上に自由に移動できるようにしておくから、二重よりのごとくより縮みのきわめて多い場合も支障なくトルクを測定することができる。

つぎに仕掛けた 50 cm の糸全部に二重よりができたとき、二重より1個の中に含まれる一次より(普通より)の数(τ)は次式で示される。

(第3図) 二重よりのトルクと発生区域

(第4図) 実験装置

(第5図) 二重より1個に含まれる一次よりの数

$$\tau = \frac{N-P}{P} \dots\dots\dots (1)$$

N: 全加ねん数, P: 全二重より数

この実験結果を示すと第5図のごとくである。図によると 0.03 g/d 以上の張力では二重より1個中の一次よりは1個以下である。後述のモデル型の考えによれば、一次よりの1ピッチは二重よりの1個の中心線の長さより短いはずであるが、実際には長くなっており、二重よりができるとき1次よりは若干解ねんすることになる。このことは二重よりを作ろうとするとき、まず一次よりが飽和状態となりさらに一例として100回加ねんすると二重よりが134個できることでわかる。これはできた二重よりと一次よりの周期に関することつぎの節で詳しく述べる。

3. 二重よりにおける繊維の形態

二重よりの形態についてはすでに第1報で述べたが、ここに一部は重複するがその概要を述べる。

二重よりにおける単糸条の形態を考察するために、1つの基準の状態を考えてみる。

二重よりができるより限界角度を 45° とし、この円筒が1つの直線のまわりにより方向と同方向に巻きついたとする。これはパラフィン棒で、この二重よりのモデルを作ることができる。

(第6図) 二重より外形図

このとき一次よりの1ピッチの長さは、二重よりの1個の中心線の長さより若干短く、一次よりのピッチはしだいに小さく、前記モデルの周期はつぎの(2)式で示される。

$$2\pi\sqrt{\pi^2+1}/(2r\sqrt{\pi^2+1}-2\pi r)=7.7 \dots (2)$$

またこれを図示すると第6図(a)の太線となる。しかし実際には表面繊維は収縮して最短長になろうとするから第6図(b)の点線の位置をとる。しかも二重よりができるときに一次よりは少し解ねんするから、第一次よりのピッチは(b)図のごとく進む。これは加ねん張力に関することで以下に述べる。

(b)図の点線の1本を第7図にモデルとして示した。

(第7図) 二重よりにおける単糸条の形態

これは二重よりの伸縮系の基本的形態である。

つぎに小リングが糸軸のまわりを1周する周期を考える。

P : ある区間 (または単位長間) の二重よりの数

Q : その区間 (または単位長間) の一次よりの数

$$(=N-P)$$

N : その区間 (または単位長間) の全より数

P_s : 1周期の二重より数

Q_s : 1周期の一次より数

ある区間 (または単位長間) 糸軸のまわりをリングが第7図のようにまわった回数 (n) は

$$n=P-Q=P-(N-P)=2P-N, \text{ したがって } P_s \text{ は}$$

$$P_s=P/n=P/(2P-N) \dots (3)$$

また Q_s は

$$Q_s=Q/n=(N-P)/(2P-N) \dots (4)$$

もし P_s が正ならば二重よりの数 (P) は、全より数 (N) の $\frac{1}{2}$ より大きくリングは糸軸について一次よりと同一のより方向にまきついていることになる。

これは張力の高い場合で第6図(b)はその一例である。

もし P_s が負ならばリングは一次よりと逆方向にまきついていることになる。

これはごく低張力の場合で第6図(a)はその一例である。

この関係を実験例により第8図に示す。図によると実

(第8図) 1周期に含まれる二重より (一次より) の数

用の張力の領域では P_s , Q_s は正であり、小リングは一次よりと同方向にまきついており、0.1g/d 以上では周期は張力にはほとんど関係なく一定であることがわかる。

第8図は第5図と対称のことを示している。

二重よりをセットし零解ねんし、収縮した状態においてものが第9図である。

(第9図) 二重より内の単繊維を零解ねんした形態

この波形をよくみると一定の周期をもってらせんが傾斜していることがわかる。

最下の繊維は中央によりの変換点があるが、これは解ねんが適切でなかったところで考慮外とすべきである。

この図で周期の存在を確認することができるが、解ねん糸の構造および実際の二重よりの内部構造は伸縮糸のところでさらに述べる。

つぎに二重よりの内層繊維について考える。糸の構成繊維数を50本と考えると、外層より中心に至る繊維数すなわち糸の半径にならぶ繊維数は約4本である。

この4本の形態は外部より観察され第10図に示す。

(第10図) 二重より構造図

第4層は大体中心繊維で糸の半径を半径としたらせん状をなしている。

しかしこれらの内外層繊維は張力の均衡を得るため、ときどきその位置を交換しているのはより構造の報告で述べたとおりである。

4. 二重よりナイロン伸縮糸の基本構造

前節で二重よりの単繊維の形態を研究したのであるがこの実例を第11図(a)に示す。これはナイロン15d×37filの一部であって、検ねん機で加ねんしたものをセットしたものである。(a)は第6図(a)に近い形をしているが、さらに収縮させると第7図に近づく。

第11図(a)の中で最上部の繊維のごとく、鋭角のはっきりしているものは外層繊維である。よくみるとリングが糸軸のまわりをまわり、前述の周期を示している。下より2番目の右側のごとく正規のらせん形をしたものは中心繊維である。

その中間の形をしたものが中層の繊維である。

これらを自由に収縮させたものはあまり安定せず、第7図そのままの形を再現することは困難である。これを零解ねんすると(b)図となる。

(b)図でも正規のらせん(たとえば上より5番目の右方)は中心繊維である。

直線部をもち、らせんが右または左に傾いているものは外層繊維である。波形の左右の傾きの変換から二重よ

(a) 二重よりの繊維の形態

(b) (a)の零解ねん

(c) (b)の最小収縮

(第11図) 二重よりとその解ねん糸の繊維の形態

りの周期が認められる。

(b)を収縮させると第9図となり、さらに最小まで収縮させると第11図(c)となる。

これは内外層糸ともリングの連続であって、二重より伸縮糸の理想的なモデル形態である。これは0.2g/dの張力で検ねん機台上で作ったもので、ねん糸機で実際に作るときはやや形は不均一になる。

このリングにも糸軸をまわる周期が認められる。これをさらに拡大したのが第12図である。

これは第11図(c)の一部を平面におしつけてみた顕微鏡写真である。

リングとリングのつなぎの部分が、リングと反対の曲

(第12図) 二重より伸縮糸の拡大図

りをもつ部分(中の中央および上の中央部)は原糸の外層部の繊維であり、リングと同一の方向の曲りをもつ部分(右方)は中心に近い繊維である。

(a) 二重より内の単繊維(外層)

(b) (a) の解ねん

(第13図) 二重より解ねんの基本形

二重よりの解ねんの基本形を第13図に示す。(a)は二重よりの外層繊維がセットされたときの1個のリングの模形である。

第11図(a)の最上部の1個のリングに相当する。これはZよりで二重より1個と普通より1個でできたものである。(ただし前の実験どおりこの両者は厳密に1対1ではない)これにSより2回を加える。これは二重よりのときは零解ねんしたことになり(b)の形となる。これが二重より伸縮糸の解ねんの基本形である。(b)のごとく解ねんされても、ほとんどねじれや曲げが加わらずしたがってトルクはない。よって普通より伸縮糸のごとくスナールはできないので形は安定である。

実際には二重よりは第7図のようにになっているから、ややモデルより変形しているので、零解ねんしたものは最小収縮すると、第11図(c)のように内外層ともリングの連続となるのである。以上の現象を表にまとめると第2表になる。これは第14図を参照すると理解しやすい。

(第14図) 普通より(一次より)と二重よりの単繊維の形態

第2表について

- (1) 線より: 実際に繊維に加えられている“ねじり”の数
- (2) 空間より: 繊維が立体をなしてよりを示したものの、すなわちせん1個は空間より1個と考える

(第2表) 解ねんによる二重よりの形態の変化

区分	記号	位置	セ ッ ト 前		セ ッ ト 後		零 解 ね ん	
			線より	空間より	線より	空間より	加えたより	空間より
普通より	a	中心	S 1	0	0	0	Z 1	スナール
	b	中間	S 1	S 1	0	S 1	Z 1	*S $\frac{1}{2}$ Z $\frac{1}{2}$
	c	外層	S 1	S 1	0	S 1	Z 1	またはスナール *S $\frac{1}{2}$ Z $\frac{1}{2}$
二重より	d	中心	S 2	S 1	0	S 1	Z 2	Z 1
	e	中間	S 2	S 1	0	S 1	Z 2	Z 1
	f	外層	S 2	S 1	0	S 1	Z 2	Z 1

(注) S, Zはよりの方向を示す。* は実際は $\frac{1}{2}$ よりやや少ない (第6報)³⁾ 参照

(3) この表では二重より1個に一次より1個が含まれている場合を示す。

第14図の記号は第2表に対応している。

二重よりの図は第10図をさらにわかりやすくしたものである。以上によると二重より伸縮糸は糸の内外層による形態の変化は少なく、解ねん後も安定した伸縮糸であることがわかる。

セットした二重よりの解ねん過程を第15図に示す。

(第15図) 二重よりの解ねん

中央がよりの変換点であり左が解ねん部である。解ねんが進むとこの変換点が右に移動してゆく。

解ねんしたものはらせんの束になっていてたがいに拘束している。これに伸縮を加えると個々の繊維は分離してかさ高性と伸縮性を増す。この拘束状態は二重より伸縮糸製造のときに注意を要する点である。この拘束された束により、二重よりをセットし解ねんしたものは、糸の内外層ともにほぼ同一形態を呈するという前述の構造を説明しているのである。

5. 二重よりナイロン伸縮糸の特長

第16図にその形態を示すが普通よりのものに比してスナール(ヒゲ)はなく全体の巻縮構造は平均している。本図は210 d, 24 fil ナイロンの試作品の一部を若干張力を加え展開したものである。

二重より伸縮糸と普通より伸縮糸の荷重伸長曲線を第17図に示す。

この種の試験を行なうにあたって、最小収縮の状態をいかに決めるかが問題である。数回の伸長を加えると縮

(第16図) 二重よりナイロン伸縮糸
210 d, 24 fil

(第17図) ナイロン伸縮糸荷重—伸長曲線
(210d, 24 fil 単糸)

小の度合は試料によって異なり、また時間の経過にも影響するのである。しかしこのことは伸縮糸の規格化の問題にゆずり、本実験では解ねんしてできあがった両糸をボビンより取り出し測定した。使用した機械はインストロン型引張り試験機(テンシロン)である。使用糸は210 d, 24 fil ナイロンである。

第17図は全伸長線図の一部であり、変曲点付近を感度を上げて示してある。また伸度0点を定めるのが困難なので、荷重80gのところでは両者はほぼ同一の伸度に達するものとして、ここをそろえ伸度の目盛を逆に書いてある。

本図によりこの曲線の特長を観察してみる。

Aの普通より伸縮糸の曲線はジグザグが多い。これはスナールの部分などが解ける部分と思われる。全般的にスムーズではない。また荷重15g付近の曲線は急に上向きに変化している。これに対してBの二重より伸縮糸は全般にスムーズな曲線を示している。また変曲点も急激な変化はない。このことは二重よりの伸縮糸の方が、ソフトな弾性をもっていることを示している。

この図ではBよりAの方が多い伸長率を示している。しかし伸縮を重ねるとむしろBの方が最終的によい弾性回復を示す。また伸長率も大きい。

以上のような特長を持っているが製造に当っては、つぎのような点に注目しなければならない。

(1) 普通よりより加ねん数を多く要する。

(2) 均一な二重よりを発生させることが困難であるなどねん糸機の機構的な問題を考慮する必要がある。イタリ式ねん糸機よりリングねん糸機の方が良好である。

(3) 解ねんのとき著しく伸長するので、1工程で理想的な解ねんをすることが困難である。

以上のように二重より伸縮糸はなお研究の余地が残さ

れているが、二、三の好ましい構造をもっており今後利用価値のあるものと思われる。

6. 結 言

(1) 二重よりの形態をおおむね明らかにすることができたが、一般ねん糸の張力のもとにできた二重よりにおいて単位長間の一次より数はその区間の二重より数より少ないことがわかった。

(2) このことから二重より内の単繊維はリング状となり、糸軸に一定周期をもつてまきついている。

(3) この形態を解ねんすると一般伸縮糸と異なり、スナールのない伸縮性の多いかさ高加工糸ができる。これは二重よりの独特な構造によるもので、内外層繊維は普通よりと異なり、形態上の差がほとんどない様な形をしている。この解ねん糸を収縮したものは内外層ともに一定大きさのリングの連続したものである。

その弾性的性質はきわめてソフトであって高い弾性率

を示す。

しかしこの製造については若干技術上の問題が残されている。

(4) 二重よりはこの種のかさ高加工糸のみならず、変わりねん糸として新たな利用方法を示唆している。

追 記

本報をもって形態を主とした一連の強ねん糸の研究を終わる。

御指導をいただいた渕野教授ならびに研究に協力下された工学部教職員各位に深謝する。また関係工場の御後援に負うところが多かったことを付記しお礼申し上げます。

注

1) 書上: 本誌, 13, 418 (1960)

2) 書上: 本誌, 12, 317 (1958)

3) 書上: 本誌, 14, 589 (1961)