(昭和 32 年 8 月 9 日受理)

撚りの構造に関する研究

第 7 報 ストレッチヤーンの構造について

群馬大学工学部 中里 恵一・松田 和夫・淵野 桂六

STUDIES OF THE STRUCTURE OF TWISTED YARN
(VII) ON THE STRUCTURE OF A STRETCHED YARNBy Keiich Nakazato, Kazuo Matsuda and Keiroke Fuchino
(Faculty of Engineering, Gunma University, Kiryu, Japan)

The number of twist, and the untwisting moment of a spring with different helical angle, made by nylon fish line, are measured by the usual moment tester, for the study of the mechanism of the stretched yarn.

The results obtained by previous investigation may be explained by the following considerations;—

(1) The fact that early in its untwisting operation reverse twists that appear, may be explained by the energy that the reverse twists have lower energy than untwisted normal twist.

(2) The results that the sum of normal and reverse twists are always kept constant until all the normal twists change to reverse twists are derived from the constant helical angle throughout in the constant length untwisting.

(Received 9. 8. 1957)

今日のいわゆる Helanca Yarn, Woolie Nylon などはいずれもナイロンの引揃糸に撚りをかけ、熱セット後、オーバー解撚なる操作によつて作られるものである。この現象は熱可塑性を有する合成繊維特有の性質として知られ、長繊維の擬毛化の有力な手段である。われわれは最も簡単なモデルケースとしてスプリングを用い、一端を固定して解撚を行った。解撚が進むにつれて撚りの逆転が起り、特に左右の撚りが同一だけ存在する場合最も伸縮性が大きく、その時モーメントが一定なることを見出し、この点が Helanca あるいは Woolie nylon の超過解撚の必要な条件ではあるまいかということを先に報告した。本報告は前報告¹⁾の不備の点を補い、ナイロン引揃糸の施撚—セット—解撚の操作について考察した結果を報告する。

1. 解撚に伴う逆撚りの発生について

前報で一端を固定したスプリングの解撚に伴う逆撚りの発生について報告したが、不備の点があるのでここで再び考察する。

スプリングの解撚の進むにつれてある点から一部の撚りの逆転が起り、後は一回解撚する毎に 1/2 の撚りが失われ新しく 1/2 の逆撚りが発生し、零解撚においては正撚りと逆撚りの数は等しくなる。かかる現象はスプリングを延伸して見掛上直線にして零解撚を行い、その後一

端を近づけて弛めても同じように起る。このことは次の如く考えれば当然である。すなわち上述の操作においては實際上撚りは 0 であるから、安定撚として如何なる撚りが発生してもその総和は 0 でなければならない。したがつて逆撚が生じたならば零解撚においては正・逆撚りが同数存在し、撚数の代数和は 0 になつていなければならない。なにゆえ逆撚が発生するかという点および第 1 表に見られる如く始めの撚数のちょうど半分が正逆に

第 1 表

解撚数	スプリングの撚り	同逆撚り	false points	試 長
0	50	0	0	
13	42	5	1	
50	24	24	1	
0	20	0	0	
6	16.5	2.5	1	
20	9.5	9.5	1	
0	20	0	0	
5	16.5	1	1	40cm
20	9.5	9.5	1	
0	20	0	0	
6	15.5	1.5	1	50cm
20	8.5	8.5	1	

生じない理由は後に考察する。

2. 解燃に伴うモーメントの変化

上述の如き撚りの逆転の起る理由の解明のためにまずモーメント—撚曲線について考察して見る。測定に用いた装置は第1図に示す如き普通にモーメントの測定に用いられるものである。試料は約 2500 d のナイロンテグスをガラス棒に巻き、190°C 乾熱セットしたものをを用いた。初めスプリングはセットした状態より少し延して測定を始める（全然延ばさないものは解燃に伴なつて形がく

Fig. 1 Measuring Apparatus

Fig. 2 Moment-untwist diagram.
set angle: $\varphi_0 = 90^\circ$, strting angle; $\varphi = 45^\circ$

ずれて測定が不能になる)。第2図にえられた結果を示す。解燃するにしたがつて、モーメントはほぼ直線的に増加するが、ある点に達すると逆転が生じ、その瞬間にモーメントは減少する。それ以後は解燃が進んでもモーメントは一定で逆撚りが増加し、全部逆撚りになれば再び上昇し始める。（前報においては装置の関係から、このように逆転の際にモーメントの減少が起ることは見出しえなかつたのでここに訂正する。

Fig. 3 Change of radius of spring in its untwisting.
spring; 37T/40 cm

一定長で解燃する場合は常に撚り角は一定である筈であり、次のように解燃は進行する。

$$\sin \varphi = \frac{2\pi n R_1}{L} = \frac{2\pi(n-N)R}{L} = \text{const.}$$

$$\therefore n R_1 = (n-N)R \quad (1)$$

ここに N は解燃数, n は始めのスプリングの撚数, R_1 は解燃を始める時のスプリングの半径, R は N だけ解燃した場合の半径, L は素線の長さである。このことは実験結果とよく一致している。(第3図)

一般にスプリングの一端に作用するモーメントは次のごとく与えられる²⁾³⁾。

$$M = G I_p \cos \varphi \left(\frac{\sin \varphi \cdot \cos \varphi}{R} - \frac{\sin \varphi_0 \cos \varphi_0}{R_0} \right) + E I \sin \varphi \left(\frac{\sin^2 \varphi}{R} - \frac{\sin^2 \varphi_0}{R_0} \right) \quad (2)$$

ここに G, E, I_p, I はナイロンテグスの常数, R_0, φ_0 はセット時の半径と撚角。この式に解燃の条件(1)を入れて整理すれば次のような形になる

$$M = A + BN \quad A, B \text{ は常数}$$

もし理想的に解燃が行われればこの式から、はなれることはないわけであつて、逆転の理由は別に求めなけれ

ばならないであろう。さらに考察を進めるために次に、このことをエネルギー的に眺めてみる。

3. 解燃の際のエネルギー変化

一般にスプリングの持つモーメントは曲げモーメント M_b と捩りモーメント M_t とに分けられる²⁾³⁾。これに対応して歪エネルギーはそれぞれ次式で表わされる。

$$U_b = \int_0^l \frac{M_b^2}{2EI} dx = \frac{EI}{2} \left(\frac{\sin^2 \varphi}{R} - \frac{\sin^2 \varphi_0}{R_0} \right)^2 \quad (3a)$$

$$U_t = \int_0^l \frac{M_t^2}{2GI_p} dx = \frac{IGI_p}{2} \left(\frac{\sin \varphi \cdot \cos \varphi}{R} - \frac{\sin \varphi_0 \cdot \cos \varphi_0}{R_0} \right)^2 \quad (3b)$$

一定長の解燃の場合は (1) を考慮して

$$U_b = C \left\{ \left(1 - \frac{N}{n} \right) \sin \varphi - \sin \varphi_0 \right\}^2 \quad (4a)$$

$$U_t = \alpha C \left\{ \left(1 - \frac{N}{n} \right) \cos \varphi - \cos \varphi_0 \right\}^2 \quad (4b)$$

C : 常数 $\alpha = EI/GI_p$

われわれの問題はなにゆえに解燃の途中で逆転が起るかという点である。今仮りに n 個の撚りが N だけ解燃した場合を考えると、撚り数は $n-N$ 個に減少している筈であるから、一定の長さに $n-N$ 個の撚りが如何に分布されるかという問題に帰着する。この場合われわれはセットされた最初のスプリングの撚角が解燃操作においてきわめて安定であるという前提条件に立っている限り、そのならべかたは次の 3 種が可能である。

Fig. 4(a) Change of strain energy of spring by untwisting. $\varphi_0 = 90^\circ$, $\varphi = 60^\circ$

(1) 半径が増加されて $n-N$ 個の撚りを持つ場合

(2) $n-N$ の撚りを持つために $n - \frac{1}{2}N - \frac{1}{2}$ 個の正

撚りと $\frac{1}{2}N - \frac{1}{2}$ 個の逆撚りと一つの変換点を持つ場合

(3) (1) と (2) の共存

解燃の際にいずれの安定の場合を取るかはエネルギーの少ない方をとるであろう。実際の解燃の際に起るのは (3) の場合であるが、簡単のために (1) および (2) の場合についてエネルギーを計算した結果は第 4 図の如くである。ただし (2) の場合に変換点は無視し、逆撚りは理想化して計算を行つた。図に示す如く解燃の進行に伴つて (2) の方が (1) より小さな値をとるようになるので、途中から (2)

Fig. 4(b) Change of strain energy of spring by untwisting. $\varphi_0 = \varphi = 45^\circ$

Fig. 5 Model of normal and reverse twist.

又は(3)の状態に移ることが考えられる。ただし第1表に見る如く正逆捻りが同数でも、その和が n より少ない場合があるのは(3)の場合であつて、発生した正逆捻りの半径が完全に始めの値にもどらないためである。このことは第2図で逆転が起つてもモーメントが0にならないところにも表われている。

逆捻りというのは第5図の如く正捻りを引張った形になつていたので、収縮力が生じ両端を自由にすれば密着した状態になる傾向がある。したがつて全部逆転したスプリングは密になり、きわめて収縮力に富んだものができる。

Fig. 6 Load-elongation curve of spring and fiber.

4. 正逆捻りの共存するスプリングの力学的性質

(1) 強伸度曲線

第6図にアミランテグスから作つたスプリングとテグス自身の荷重伸長曲線を描いた。スプリングの捲縮はわずかな荷重で伸び、伸びきつてからはほとんど普通の荷重伸長曲線に一致している。このことは中央に false point を持つスプリングでも同じである。

(2) 伸長に伴うモーメントの変化

第7図にスプリングおよび同一のスプリングであるが、中央に false point を有するものの伸長に伴うモーメントの変化を図示した。普通のスプリングが一旦上昇して後減少するのは、(2)式に伸長の条件を入れた場合と一致した傾向を示している。正逆同数捻りのものは伸長に伴つて false point が回転し全体としての回転は生

Fig. 7 Moment-elongation diagrams of spring

じない。

(3) False point の安定度

次に false point にごく小さい荷重の羽毛をつけて延伸し、羽毛の回転角を測つた(第8図)。図に示すごとく延伸して直線にする場合、左右の捻数の異なるにもかかわらず、延伸および回復においてきわめて安定であることがわか

Fig. 8 Revolution of false point

た。図において×点は同じ数の正逆捻が消失して多い方の捻りが全体に一樣に伝播するとしたときの計算値である。

5. 捻角の小さいスプリングの解捻

第2図に示したモーメント—捻曲線は比較的大きな捻角を持ったものの場合であつて、捻角の小さなスプリング(前のものをある程度引伸してセットしたもの)の場合は第9図に示す如く少し違った挙動をする。解捻に従つ

Fig. 9 Moment-untwisting diagram
 $\varphi_0 = \varphi = 30^\circ$

て逆転が生じモーメントが落ちることは同じであるが、その時相当大きなモーメントが残る(従つて全捻数は減少して N が $2n$ にならないで全部逆転する)。全逆転の状態から元に帰す場合、第2図とは違つてモーメントが0にならないうちに正転が始まる。このスプリングを正逆捻共存の所で両端を自由にすれば強い残留モーメントのために収縮しながらねじれて複雑な形となる。

6. ストレツチャーンの構造について

ナイロンの引揃糸を捻つてセットした場合、これを種々の捻角を持つスプリングの集りと考えることができる。これを零解捻近くに解捻すればそのままでは false point ができてモーメントは残る。これはダブリングの必要な点であるが、前節に述べた如く外側の捻り角の大きな繊維は仮捻状態で安定するが、内側の捻角の少ない繊維は安定せず、周囲のゆるす限りねじれながら収縮しようとし強い収縮力と錯綜した形を取るようになる。

終りに試料を恵与された東洋レーヨンならびに実験の一部を担当された本学仲道弘、須永安夫両君に感謝の意を表します。

文 献

- (1) 淵野・仲道・須永；織学誌，12，887 (1956)
- (2) Love；The Mathematical Theory of Elasticity. (1927)
- (3) H. W. Holdaway；J. Text. Inst. 47, T 586 (1956)

本学会誌のバックナンバー買取りについて

会員各位の中で不要の下記バックナンバーの手持ちがありましたら本学会において買取りますから送り下さい。

Vol. 1—1, 2, 3, 6, 8, 9月 (昭和19年)

Vol. 2—3, 10, 12月 (昭和21年)

Vol. 3—2, 10月 (昭和22年)

Vol. 4—4月 (昭和23年)

Vol. 7—5, 6, 7, 8, 9, 10, 11—12合併号 (昭和26年)

Vol. 8—1, 2, 3, 4月 (昭和27年)