クレープのシボ設計に関する研究

(第2報) クレープ中の隣接する強撚糸間の位相差

京都工芸繊維大学繊維学部	石 倉 弘 樹 (会員)
"	加 瀬 晋 (会員)
"	中 島 勝 (会員)

Study on Crinkle Design of Crepe Part 2 Analysis of the Phase Difference between Contiguous Hard Twisted Yarn in Crepe

Hiroki Ishikura, Susumu Kase and Masaru Nakajima

Kyoto Institute of Technology

Matugasaki, Sakyo-ku, Kyoto

Abstract

The former report show that the crinkle mechanism of crepe was a phenomenon of torsional buckling of yarns. If the elastic curve (the number and shape of helixes) of hard twisted yarns and the phase difference between contiguous hard twisted yarns were decided, the shape of crimps were determined.

And analysis for phase difference between hard twisted yarns in general crepe model was carried out, which uses hard twisted yarns for weft. The model was assumed that the phase difference was decided so that the deformation energy would be minimized by elongating warps in a reticulate fabric where there is no sliding between warps and wefts at their crossings. As the result, it was found that the phases became identical when yarns twisted in the same direction were contiguous, and that when yarns twisted in the opposite directions were contiguous the phase difference depended upon the shapes of helixes. When the helixes were crushed to vertically to the fabric surface, the phase became identical, but when the helixes were crushed to horizontally to the surface or the helixes could be regarded as circles, the phase shifted by half.

Crepe were made by using silk and cotton yarns, in order to compare with the model fabric. From the comparison, it confirmed that the result can explain the phase difference between contiguous hard twisted yarns in crepe.

(Received December 9, 1991)

(Accepted for Publication March 3, 1992)

摘 要

目的 よこ糸に強撚糸を挿入したクレープの布中で隣接する強撚糸が作るらせんの位相差が決まる機構を明らかにする。

成果 たて糸のひずみエネルギーが最小になる位置に位相差が決まると考え、たて糸とよこ糸の交差点を点接触と仮定した布モデルにより、単純化した条件下で位相差によるらせん発生時のたて糸のひずみの2乗の総計を比較した。また実際のクレープを試作し強撚糸が作るらせんの位相差を観察した。得られた結果の概要は次のとおりである。

(1)モデルによる解析では、同方向の撚り糸が隣接すると位相は一致する。

(2)モデルによる解析では、異方向の撚り糸が隣接するとらせんの断面形状により位相差は異なり、らせんが布面に対して垂直方向につぶれた楕円らせんか真円に近い場合は位相は半周期ずれ、布面に対して水平方向につぶれた楕円らせんでは位相が一致する。

(3)試作結果は、(1)、(2)のモデル解析結果により良く説明できる。

(平成3年12月9日受理)

(平成4年3月3日審査終了)

1. 緒言

強撚糸を製布することにより精練加工工程で布中にシボと呼ばれる凹凸を発生させるクレープは、古くから多くの種類の糸を用いて広く衣服用布地として使用されてきている。クレープはその外観と風合いに特徴を持ち、用途に応じて撚糸・布設計条件や加工工程を変えることにより、自然にさまざまなシボを発生させることができる。

いままでこれらの設計や加工は経験的に行われており、シボ設計をその発生機構から力学的に解析した研究は見られない。しかし今後の製品開発や高品質化を考えるとシボ形状発現の基本的な機構を調べておくことは重要と思われる。

筆者らは前報¹⁾で、引っ張りねじりを受ける長柱の力学モデルの解析とゴム糸による実験および実際のクレープとゴムクレープの観察から、クレープのシボ発生が長柱のねじり座屈現象であると考察し、そのシボ発生機構を説明した。クレープのシボが糸によるねじり座屈であるならば布中の各強撚糸も一種のらせん形状となることが予測される。また経験的にもクレープ中の強撚糸が、らせん形をとることはよく知られている。つまり一般に広く用いられているよこ糸に強撚糸を用いたクレープでは、隣接するよこ糸間の位相差とよこ糸のらせん数およびらせん形状が求まれば、シボ形状が決まると考えられる。そこで本報ではよこ糸に強撚糸を入れたクレープを想定して、隣接するよこ糸間のらせんの位相差が決まる基本的な機構を検討した。

2. 理論

シボ発生時には布中で各たて糸・よこ糸が複雑な変形を起こすが、その原動力となるのは強撚を受けているよこ糸のねじりモーメントと考えられる。各よこ糸が変形しようとして、たて糸や隣接するよこ糸に外力を与えたとき、糸間に滑りがないとすると変形に対して特に大きな抵抗となるのは、直線状の糸材料の場合糸軸方向の引っ張りに対する抵抗力であると考えられる。よこ糸同士で及ぼし合う力は糸軸に対してほぼ垂直にかかるため、よこ糸の糸軸方向に引っ張る力は無視できる。つまりよこ糸の変形により生じるたて糸の引っ張りに関する変形エネルギーが最も小さいところで隣接するよこ糸の位相差が決まると考える。

以上の仮説のもとで隣接する強撚糸のらせんの位

相差を次のような仮定を設定して予測した。

- 隣接するよこ糸のらせんの巻き方向は同方向と異方向を考えるが、大きさ・ピッチ等のらせん形状は同一とする。
- たて糸とよこ糸の交差点の接合条件は点接触とする。
- たて糸はよこ糸の中心線間をつないでおり、よこ糸の中心線間距離は変化しない。
- 糸の太さは無視する。
- たて糸の荷重一伸びの関係は線形とする。

a) を仮定したのは、現在製造されているクレープの多くは、撚りが1方向だけの強撚糸を用いた製品、S・Z方向の強撚糸を何本かずつ交互に用いた製品であるが、それらの布中の各強撚糸の撚数は一定に設計されているためである。

図1はらせんを発生した隣接する撚糸間の関係を表しており、強撚のよこ糸間をたて糸がつないでいると考える。図2は解析のよこ糸モデルであるが、らせんをX-Y面から見たときの楕円の形（以下らせんの断面形状と呼ぶ）とZ軸方向の波の位相差（以下位相差と呼ぶ）を変化させて、同方向、異方向それぞれの撚糸が隣接する場合の、1らせん間のたて糸の総変形量を計算する。このモデルの中で、e) で仮定したようにたて糸の荷重一伸びは線形であるとすると、たて糸のひずみを2乗した値の総計

Fig. 1 Model of contiguous helical yarns.

Fig. 2 Contiguous helical yarns model with phase difference.

が最も小さくなる位置で引っ張りのひずみエネルギーが最小となり、隣接する強撚糸間の位相差が決まる。

2.1 隣接する強撚糸の撚り方向が同じ場合の計算

空間座標 $0-xyz$ の z 軸に糸軸を一致させてよこたわる直線状の強撚糸 A と y 軸方向に a の距離において A と平行によこたわる強撚糸 B を考え、たて糸が A, B の間を z 軸に対して一定間隔でつないでいるとする。その後 A, B が前述の仮定 $a) \sim d)$ 下でらせんをとるとする。このとき A, B が位相差 α_0 を有すると、 A, B の位置関係は図2で表せる。らせん A, B はそれぞれ(1), (2)式となる。

$$\left. \begin{aligned} x &= c \cos 2\pi \frac{z}{\ell_0} \\ y &= b \sin 2\pi \frac{z}{\ell_0} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} x' &= c \cos 2\pi \frac{z+\alpha_0}{\ell_0} \\ y' &= b \sin 2\pi \frac{z+\alpha_0}{\ell_0} + a \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

上式により任意の i 番目のたて糸がらせん発生前に A, B と交差していた点をそれぞれ P_{Ai}, P_{Bi} とすると、 A, B が同一方向のらせんの場合、らせん発生後の P_{Ai}, P_{Bi} 間を結ぶ直線の x 軸方向の距離 x_i は(3)式となり、

$$\left| c \cos 2\pi \frac{id}{\ell_0} - c \cos 2\pi \frac{id+\alpha_0}{\ell_0} \right| = x_i \quad (3)$$

d : 隣接するたて糸の中心線間の距離

ℓ_0 : 1 らせんの z 軸方向の長さ

y 方向の距離は(4)式となる。

$$\left| b \sin 2\pi \frac{id}{\ell_0} - b \sin 2\pi \frac{id+\alpha_0}{\ell_0} - a \right| = y_i \quad (4)$$

変形前の P_{Ai}, P_{Bi} 間の距離は a なので、たて糸 i のひずみ ε_i は(5)式となる。

$$\frac{\sqrt{x_i^2 + y_i^2} - a}{a} = \varepsilon_i \quad (\varepsilon_i > 0) \quad (5)$$

Fig. 3 $\sum \epsilon_i^2$ of warp by change of phase difference for one period.
(Same directional helixes, warp $n = 20$)

強撚糸が1らせん間に n 本のたて糸と交差しているとする、1らせん間のたて糸のひずみの2乗の総計は $\sum_{i=1}^n \epsilon_i^2$ となり、 $\sum_{i=1}^n \epsilon_i^2$ が最も小さくなる位置にらせん間の位相差が決まると考える。

図3は1らせん間のたて糸本数を20本、 $a = 2$ mmを仮定して、各らせん形状下での位相差と1らせん間のたて糸の総変形量を計算した結果を示している。この図から隣接する強撚糸間の位相が一致するときは、形状に関係なくたて糸がひずまずにらせんをとることができ、位相差が半周期に近づくに従い、たて糸がひずまないとあらかじめ与えられたらせんの断面形状をとれないことが分かる。つまり本モデルによる解析では、隣接する同方向撚りの強撚糸間の位相はらせんの断面形状に関係なく一致することになる。

2.2 隣接する強撚糸の撚り方向が逆の場合の計算

撚り方向が同じ場合と同様に、らせん発生前に任意の j 番目のたて糸が強撚糸 A, B と交差していた点を P_{Aj}, P_{Bj} とする。らせん発生後 A, B は(6), (7)式となり、

$$\left. \begin{aligned} x &= c \cos 2\pi \frac{z}{\ell_0} \\ y &= b \sin 2\pi \frac{z}{\ell_0} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$$\left. \begin{aligned} x' &= c \cos 2\pi \frac{z}{\ell_0} \\ y' &= -b \sin 2\pi \frac{z}{\ell_0} + a \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

P_{Aj}, P_{Bj} 間を結ぶ直線の x 軸方向の距離は(8)式となり、

$$\left| c \cos 2\pi \frac{jd}{\ell_0} - c \cos 2\pi \frac{id + \alpha_0}{\ell_0} \right| = x_j \quad (8)$$

y 軸方向の距離は(9)式となり、

$$\left| b \sin 2\pi \frac{jd}{\ell_0} + b \sin 2\pi \frac{jd + \alpha_0}{\ell_0} - a \right| = y_j \quad (9)$$

j 番目のたて糸のひずみ ϵ_j は(10)式となる。

$$\frac{\sqrt{x_j^2 + y_j^2} - a}{a} = \epsilon_j \quad (\epsilon_j > 0) \quad (10)$$

強撚糸が1らせん間に n 本をたて糸と交差しているとする、強撚糸1らせん間のたて糸のひずみの2乗の総計は $\sum_{i=1}^n \epsilon_i^2$ となる。

図4は図3と同条件で1らせん間の $\sum \epsilon_i^2$ を計算した結果である。この図から、らせんの断面形状が

Fig. 4 $\sum \epsilon_i^2$ of warp by change of phase difference for one period. (Reverse directional helixes, warp $n = 20$)

x 軸方向に長い楕円らせんと真円に近いらせんの場合、位相が半周期ずれた位置でたて糸のひずみエネルギーが最小になり、y 軸方向に長い楕円らせんでは位相が一致するときに、たて糸のひずみエネルギーは最小になることが分かる。つまり本モデルによる解析からは、強撚糸のらせん断面が布面に対して垂直につぶれた楕円らせんか真円に近いらせんをとるときには位相が半周期ずれること、布面に対して水平につぶれた楕円らせんをとるときには位相が一致することが予測できる。

また本モデルによると、同方向の撚りの糸が隣接した場合は位相が一致すればたて糸が全くひずまな

くてもらせん形状をとることができるが、逆方向の撚りの糸が隣接した場合はらせんの断面形状を問わずたて糸のひずみが必要であることが分かる。

3. 実験

3.1 実験試料

絹糸と綿糸を使用して、それぞれ S 撚りと Z 撚りを同本数ずつ交互によこ糸に挿入して製織を行った。作成した試料の製造工程を図 5、図 6 に設計条件を表 1、2 に示す。

Fig. 5 Trial manufacturing process of silk crepe.

Fig. 6 Trial manufacturing process of cotton crepe.

Table 1 Design conditions of silk crepe samples.

Symbol of Silk Crepe	Density		Yarn Counts		Twist Number of Weft (t/m)	Twist Direction
	Ends (1/cm)	Picks	Warp (tex)	Weft		
a1	53	16	3.0 // 4	4.7*9	2600	S-Z
a2	53	16	3.0 // 4	4.7*9	2600	S-S-Z-Z
a3	53	16	3.0 // 4	4.7*9	2600	S-S-S-Z-Z-Z
a4	53	16	3.0 // 4	4.7*9	2600	S-S-S-S-Z-Z-Z-Z
a5	53	16	3.0 // 4	4.7*9	2600	S-S-S-S-S-Z-Z-Z-Z-Z
a6	53	16	3.0 // 4	4.7*9	2600	Z

// : Doubled Yarn
* : Twisted Yarn

Fig. 7 Structure of silk crepe by arrangement of hard twisted yarns.

Fig. 8 Structure of cotton crepe by arrangement of hard twisted yarns.

Fig. 9 Relation between amplitude and fabric thickness.

5. 考 察

試織したクレープの観察結果から、理論で説明した仮説の適応性は高いと考えられる。同方向の撚りが隣接して並んでいる場合それらの位相は例外無く一致しており、モデルによる計算結果と合う。逆方向の撚りが隣接した場合 S 撚りと Z 撚りが 1 本ずつ交互に入る以外では位相は半周期ずれており、布厚と布面に水平方向のらせんの振幅の関係をみると、布厚に対して振幅が大きな値を示していること、布厚と振幅がらせん断面の楕円の径の関係を表しているとするとこれらもモデルによる計算とよく一致する。

S 撚りと Z 撚りが 1 本ずつ交互に並んでいる試料は絹クレープ、綿クレープともに位相差は不規則である。S 撚りと Z 撚りが 1 本交互に並んだ綿クレープでスナールが発生していることから以下の様に考える。図 4 に示したように、逆方向の撚りの強撚糸が隣接した場合、らせんの断面形状や位相差にかかわらずたて糸は必ず伸びることを要求される。逆方向の撚りが 1 本ずつ交互に隣接するとよこ糸 1 本ごとたて糸が伸びなければならなくなるが、実際には抵抗力が大きいので伸びることができない。そこでたて糸とよこ糸の間に大きな滑りが起こり、仮定

b) が成り立たなくなり、たて糸がよこ糸をつなぐ役目を充分果たせなくなる。またこのようにたて糸による拘束が大きいと、各よこ糸が規則的ならせんをとりにくくなっていることも影響していると思われる。

また S 撚りと Z 撚りの両方が挿入された試料では同方向の撚りが連続して並ぶ本数が少なくなるほど布厚が小さくなるのは、先に図 4 より考えたように撚り方向が頻繁に逆になるとたて糸が引っ張られたて糸の張力が大きくなり、よこ糸が布面に垂直な上下方向から押されるためと考える。

6. 結 言

よこ糸に強撚糸を挿入した一般的なクレープについて、布中の隣接する強撚糸のらせん間の位相差を検討した。たて糸とよこ糸の交差点をピンジョイントとし、たて糸の糸軸方向の変形エネルギーが最も小さくなる位置にらせんの位相差が決まると考えてさまざまな形のらせんについて計算を行い実験結果と比較したところ、本報の仮説とモデルにより実際のクレープの強撚糸間の位相差がほぼ説明できることが分かった。得られた主な結果は以下のとおりである。

- 1) モデルによる計算では、隣接する強撚糸のらせん方向が同じ場合、らせん形に無関係に位相は一致する。
- 2) モデルによる計算では、隣接する強撚糸のらせん方向が逆の場合、らせんが布面に垂直方向につぶれた楕円らせんではらせんの位相は半周期ずれ、布面に水平方向につぶれた楕円らせんでは位相は一致し、らせんの断面形状が真円に近い場合位相は不規則になる。
- 3) 各種の絹クレープと綿クレープを試作して隣接する強撚糸のらせんの位相差を調べたところ、同方向の撚りの糸が隣接している位置では位相は一致した。
- 4) 各種の絹クレープと綿クレープを試作して隣接する強撚糸のらせんの位相差を調べたところ、逆方向の撚りの糸が隣接している位置では、S 撚りと Z 撚りが複数本ずつ交互の挿入されている試料で半周期の位相差があり、1 本ずつ交互に挿入されている試料では位相差は不規則であった。
- 5) 4) の結果は布厚を強撚糸のらせんの布面に垂直方向の振幅と考えると計算結果と一致する。
- 6) S 撚りと Z 撚りを何本かずつ交互に用いてクレ

ープを試作した結果同方向の撚りの糸を連続して多く並べるほどらせんが大きくなりらせん数は小さくなった。

謝辞 著者のひとり石倉弘樹は社会人入学の学生として本研究を行っている。本研究の機会を与えていただいた滋賀県繊維工業指導所前川春次所長、中川

哲高島支所長に感謝の意を表します。また試料の試作にご協力賜りました滋賀県繊維工業指導所の関係の方々に深謝致します。

文献

- 1) 石倉弘樹, 加瀬晋, 中島勝; 繊維誌, 44, T 260 (1991)

正 誤 表

本誌 Vol. 44, No. 12 (平成 3 年 12 月号) T 260 「クレープのシボ設計に関する研究 (第 1 報)」に誤りがありましたので訂正します。

- T 260 の Abstract 5 行目 「Therefore」 → 「Therefore」
- T 262 の(3)式 「 $\cdots - iM_2 \frac{d^3 \vec{r}_{xy}}{dz^3} \cdots$ 」 → 「 $\cdots - iM_2 \frac{d^3 \vec{r}_{xy}}{dz^3} \cdots$ 」
- T 262 の(7)式 「 $D - i\lambda D - \mu = 0$ より」 → 「 $D^2 - i\lambda D - \mu = 0$ より」
- T 262 の右欄 1 行目 「[]」 → 「| |」
- T 262 の右欄 7 行目 「 $e^\beta = e^{\frac{1}{2}i(\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 4\mu})}$ 」 → 「 $e^\beta = e^{\frac{1}{2}i(\lambda - \sqrt{\lambda^2 - 4\mu})}$ 」
- T 263 の(23)式 「 $-(\cos \alpha' + i \sin \alpha') \cdots$ 」 → 「 $\alpha' \beta' \{(\cos \alpha' + i \sin \alpha') \cdots$ 」
- T 263 の右欄 15 行目 「ここで $\frac{\alpha' + \beta'}{2} = \phi$, 」 → 「ここで $\frac{\alpha' + \beta'}{2} = \phi$, 」
- T 263 の右欄 16 ~ 18 行目および 24 ~ 27 行目の 「 ϕ 」 はすべて 「 ϕ 」
- T 264 の左欄 3 行目 「 ϕ 」 は 「 ϕ 」
- T 264 の左欄 8 行目 「 $e^{a+\beta} = e^{i\lambda} = \cos \lambda + i \sin \lambda$ 」 は 「 $e^{a+\beta} = e^{i\lambda} = \cos \lambda + i \sin \lambda$ 」
- T 265 の右欄 21 行目 「 $\cdots 90^\circ$ 異なる $\cdots$ 」 → 「 $\cdots 90^\circ$ 異なる $\cdots$ 」
- T 267 の参考文献 6) 「 $\cdots$ 繊維機械学会論文集」 → 「 $\cdots$ 機械学会論文集」