加工糸織物の伸縮性に関する研究

—— 織物構造と糸の伸縮性の効果 ——

蝶 理 (株) 川 崎 健 太 郎 (会 員)
 滝 沢 啓 造
 桐 山 満 代

Effect of Fabric Structure and Yarn Stretch Properties on Stretchability of Stretch Woven Fabrics

Kentaro Kawasaki, Keizo Takizawa and Michiyo Kiriya
Fibers and Fabrics Development Division, Chori Co. Ltd., Osaka

Abstract

The authors have devised a proper test method of evaluating stretch yarn with the view to predict the stretchability of woven stretch fabrics. They also tried to find a relation between the structure and the stretchability. Clarifying the relation will be of great use for designing the marketable woven stretch fabrics.

- 1) For evaluation of stretch properties of stretch yarns, to measure crimp rigidity is the best method. The measurement of the crimp rigidity is made by adding a 2mg/d light load and 100mg/d heavy load after heat treatment of sample yarns at 100°C (wet temperature) in a free state.
- 2) The stretch Δf of woven stretch fabrics is composed by the structure stretch Δc and the yarn stretch Δy by taking the length l_r of the stretch yarns (released out of the fabrics) as parameter.
 $(\Delta f = \Delta c + \Delta y)$

If the fabrics are of jam construction, the stretchability is expressed in the following formula.

$$\Delta f \propto \Delta c + (C.R.) \cdot (M/D) \cdot f(d)$$

where $C \cdot R$; crimp rigidity of stretch yarns

M ; coefficient of interlacing

D ; density of interlacing non-stretch yarns of fabrics on loom

$$f(d) = 1/\{d_0 \sin \theta + (M-1)d\}$$

d ; diameter of non-stretch yarns

d' ; diameter of stretch yarns

$$d_0 = d + d'$$

The above formulas show that the stretchability is proportional to yarn crimp rigidity and coefficient of interlacing, but is in inverse relation to the diameter and density of interlacing non-stretch yarns of fabrics on looms.

(Received March 3, 1970)

摘 要

目 的 加工糸織物について、工業的な織物の設計に役立てることを目的として、織物の伸縮性と織物の構造、伸縮成分糸の伸縮性との関係を追究し、合わせて伸縮成分糸の適切な伸縮性評価法の検討を行なう。

成 果 (1) 伸縮成分糸の評価には、試料糸を自由な状態で湿熱 100°C 処理後、微荷重 2 mg/d、伸長荷重 100 mg/d の測定荷重を用いて伸縮復元率を測定し評価することが適当である。

(2) 加工糸織物の伸長率 (Δf) は、その織物から解除した伸縮成分糸の実長 l_r をパラメーターとして、織物の構造伸縮率 (Δc) と、伸縮成分糸の伸縮率 (Δy) との和の形で表わすことができる。 ($\Delta f \propto \Delta c + \Delta y$)

さらに、この織物がジャム構造であるとすれば、織物の伸長率 (Δf) は、次式で表わすことができる。

$$\Delta f \propto (C.R.) \cdot (M/D) \cdot f(d)$$

ただし、 $C.R.$; 糸の伸縮復元率

M ; 交錯係数 = n/i
 n ; 1 完全組織中の非伸縮成分糸の本数
 i ; 1 完全組織中の伸縮糸と非伸縮糸の交錯数
 D ; 組織上での交錯する非伸縮糸の密度
 $f(d) = 1/\{d_0 \sin \theta + (M-1)d\}$
 $d_0 = d + d'$
 d ; 非伸縮糸の直径
 d' ; 伸縮糸の直径

(昭和45年3月3日 受理)

1. 緒 言

これまで、織物の構造に関する研究は幾多に及んでいるが、伸縮性加工糸(テクスチャード ヤーン)を使った加工糸織物について、加工糸の伸縮性が織物の伸縮性に及ぼす影響、および織物の構造と伸縮性との関係について論じたものは少ない。そのため、工業的に初期の伸縮性を有する織物の設計は、ほとんど従来の経験と試行錯誤に依存する以外はなかった。筆者らは、工業的な伸縮織物の設計に関する基本的な方法の確立を目的として、

- (1) 織物の伸縮性を十分予知し得るに足る伸縮成分糸の伸縮性評価方法の検討。
- (2) 織物の構造と伸縮性に関する実験的検討。
- (3) 織物の構造要素(糸の太さ、組織、密度)と、織物の伸縮性に関する一般式の確立、検討を行なった。

2. 試料ならびに実験方法

2.1 試 料

試料糸は、ポリエステルを素材とした、75d-36f, 100d-48fの普通仮燃りおよび改良仮燃り法による加工糸を用

い、試料織物は、この糸を同一織成条件で製織した平、綾組織の織物(以下ソフト ストレッチ織物と呼ぶ)と、ナイロン仮燃糸を一成分とした、伸縮性の大きな市販の各種組織、構造の織物(以下パワー ストレッチ織物と呼ぶ)を用いた。

第1表に試料糸の明細と各種の方法により測定した糸の伸縮復元率、第2表に試料織物の明細と伸長率を示す。なお、ソフト ストレッチ織物の製織条件は、次のとおりである。

	平	2/2綾		
おさ通し幅 (cm)	107			102
たて密度 (本/in)	96			124
よこ密度 (本/in)	80	76	120	110
	⋮	⋮	⋮	⋮
	(75d)	(100d)	(75d)	(100d)

2.2 測定方法

2.2.1 糸の伸縮性の評価

織物の伸縮性を左右する大きな因子と考えられる糸の伸縮性は、伸縮復元率によって検討した。伸縮復元率の測定は、

(第1表) 試 料 糸 の 明 細 と 伸 縮 復 元 率

処 理 条 件 測定時 の微荷重				60°C (湿熱), 30 min フ リ ー 状 態					100°C (湿熱), 30 min		
				フ リ ー 状 態				2 mg/d 懸垂下	10mg/d	5 mg/d 懸垂下	5 mg/d
				2 mg/d	2 mg/d	5 mg/d	10mg/d				
テトロン ウーリー	A	75d/-		11.4	18.5	13.9	9.2	9.1	7.9		
	B	"		12.3	19.9	11.7	6.7	5.9	4.3		
	C	"		43.9	44.7	23.3	15.5	12.2	9.0		
	D	"		35.1	28.4	16.2	10.4	3.8	4.1		
	E	"		36.0	43.9	24.2	18.3	13.4	9.4		
	F	"		32.5	36.4	21.2	14.0	12.1	8.4		
	H	"		46.2	21.3	13.8	9.6	9.3	9.2		
	I	"		40.5	—	—	—	—	—		
	A	100d/-		13.4	16.1	12.9	8.4	7.1	6.6		
テトロン ウーリー	B	"		6.1	10.9	8.4	6.0	4.6	3.8		
	C	"		37.1	44.6	26.3	13.5	10.6	8.5		
	F	"		38.6	41.4	22.7	11.6	12.4	7.6		
	G	"		47.6	44.2	22.4	12.9	11.4	8.7		
	I	"		15.9	45.5	23.7	12.9	11.1	8.6		

1) 通常のリラックス処理(湿熱60°C, 30min)後風乾した試料について、微荷重 2 mg/d, 伸長荷重100mg/d による H.A.T.R.A.¹⁾の方法によって測定した。

2) 製織、後加工(染色、仕上げ、セット)などの製造工程における熱的影響を考慮し、糸の処理条件、測定

荷重を上記1)の場合よりも以下のように苛酷な条件に変えて測定した。

(1) 処理条件

(a) フリーな状態で湿熱100°C, 30min 処理後、風乾する。

(第2表) 試料織物明細

	組 織	糸 使 い					*密度(本/in)		伸縮 方向	伸長率 (%)	
		た て 糸			よ こ 糸		たて	よこ			
ソ フ ト ス ト	平	テトロン	ウーリー	75d/-	テトロン	ウーリー	A 75d/-	107	91	よこ	9.0
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	B 〃	108	92	〃	9.7
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	C 〃	136	84	〃	24.0
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	D 〃	117	85	〃	19.0
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	E 〃	126	95	〃	25.5
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	F 〃	128	91	〃	25.2
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	H 〃	113	87	〃	14.7
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	I 〃	123	93	〃	21.7
	〃	テトロン	ウーリー	75d/-	テトロン	ウーリー	A 100d/-	106	86	〃	20.7
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	B 〃	105	85	〃	12.0
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	C 〃	121	85	〃	18.7
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	F 〃	128	87	〃	21.3
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	G 〃	125	85	〃	22.3
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	I 〃	120	87	〃	20.3
レ ッ チ 織 物	2/2 綾	テトロン	ウーリー	75d/-	テトロン	ウーリー	A 75d/-	142	136	よこ	14.2
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	B 〃	142	140	〃	12.5
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	C 〃	180	137	〃	27.5
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	D 〃	154	133	〃	20.7
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	E 〃	185	136	〃	39.0
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	F 〃	195	131	〃	42.2
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	H 〃	150	134	〃	19.3
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	I 〃	173	131	〃	32.5
	〃	テトロン	ウーリー	75d/-	テトロン	ウーリー	A 100d/-	140	123	〃	12.3
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	B 〃	135	125	〃	8.0
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	C 〃	173	119	〃	31.5
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	F 〃	179	125	〃	35.3
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	G 〃	184	121	〃	29.0
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	I 〃	166	124	〃	26.3
パ ワ ー ス ト レ ッ チ 織 物	綾	ナイロン	ウーリー	70d/2	スパン	レーヨン	30/2	104	64	たて	33.0
	朱 子	〃	〃	〃	〃	〃	〃	113	82	〃	49.0
	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	103	84	〃	47.5
	フランス綾	ナイロン(66)ウーリー	110d/2	スパン	レーヨン	30/2	89	84	〃	33.0	
	朱 子	〃	70d/2	ナイロン(66)ウーリー	110d/2	〃	231	119	〃	41.0	
	フランス綾	〃	〃	〃	〃	〃	152	96	〃	34.0	
	変わり平	ナイロン(66)フィラメント	70d/-	〃	〃	70d/2	303	136	よこ	80.0	
	綾	ナイロン	ウーリー	70d/2	スパン	レーヨン	30/2	143	94	たて	44.0
	〃	〃	〃	〃	〃	20/2	95	78	〃	47.0	
	平	〃	〃	〃	〃	40/2	84	82	〃	41.0	
	綾	〃	〃	〃	〃	20/2	102	65	〃	37.0	

(* 密度は仕上り織物についてを示す)

(b) 微荷重(2 mg/d)を懸垂した状態で湿熱 100°C, 30min/処理後, 風乾する.

(2) 測定荷重

上記 2 種の処理試料糸のそれぞれについて, 微荷重には 2, 5, 10mg/d の 3 種を, 伸長荷重には 100mg/d を用いた.

2.2.2 織物の伸長率の評価

織物の伸長率の測定には, ストリップ法(JIS L-1064)を採用し, 幅 2.5cm, 長さ 10cm の試料片について, 微荷重 50g, 伸長荷重 2 kg で行なった.

2.2.3 織物の 1 完全組織中における伸縮成分糸の糸長の測定

伸縮成分糸の実長 l_r は, 試料織物より張力のかからないように静かに解きほぐして, 2 mg/d の荷重下でスライドガラスに固定し, 拡大投影した伸縮糸の映像の中心線をトレースし, その曲線長さをキルビメーターで測定した. (第 7 図参照)

また, 伸縮成分糸の緊張された状態の長さ (L) は, 解除糸について 100mg/d 荷重下で測定した.

2.2.4 糸径および交錯角の測定

糸径 d, d' は, 織物より静かにときほぐした糸をフリーな状態でスライドガラスの上に固定し, 顕微鏡により拡大された糸の外径をマイクロメーターで測定したものである. なお, 交錯角は d, d' より算出した.

3. 実験結果と考察

3.1 加工糸の伸縮復元率と織物の伸縮性との関係

加工糸の伸縮性は, 伸縮伸長率, 伸縮弾性率, 伸縮復元率などにより代表され, 評価されるが, 事実上糸の伸縮性の測定値は, 実際にこの糸によって作られた伸縮織物の伸縮性と密接な関係にあるものでなければ意味がない. しかるに, 従来の方法によって測定された糸の伸縮性は, 後述するように, 必ずしも織物の伸縮性との相関が十分ではなかった. その理由は次のように考えられる.

加工糸は, 製品化プロセス中で張力により一旦緊張されて織成され, その後, 布地の中で緊張から解放されてかさ高性, 伸縮性が発現する. しかも, それは織物組織中の相当な拘束下において行なわれる. また, 布地は, 織成された後, 染色, 仕上げ, セットなどの熱処理を含む高次加工が行なわれるため, 加工糸には高次加工時の熱処理後も保存される伸縮復元性が必要である.

したがって慣用的に使われている伸縮伸長率による評価は意味がなく, 伸縮復元率 (C.R) のほうが少なくともそれに比べれば合理的である. すなわち, 第 1 図のように, 標準微荷重 (通常 2 mg/d) 下の試長を l_0 , 伸長荷重 (通常 100mg/d) 下の試長を l , 除重後再び微荷重を

(第 1 図) 巻縮率表示について

加えた下での試長を l' , とすれば,

$$\text{伸縮復元率 (\%)} = \frac{l - l'}{l} \times 100 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{伸縮伸長率 (\%)} = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{伸縮弾性率 (\%)} = \frac{l - l'}{l - l_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots(3)$$

で定義される.

したがって上式間の変形によって,

$$\begin{aligned} \text{伸縮復元率} &= \frac{l - l'}{l} \\ &= \frac{l - l_0}{l} \times \frac{l - l'}{l - l_0} \quad \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

$$\approx \text{伸縮伸長率} \times \text{伸縮弾性率}$$

ただし, (4)式の右辺の $(l - l_0)/l$ は, 伸縮伸長率 $(l - l_0)/l_0$ と一致していないが, しかし,

$$S = \frac{l - l_0}{l}$$

とすれば,

$$\begin{aligned} S' &= \frac{l - l_0}{l_0} = (l/l_0) - 1 \\ &= \frac{1}{1 - S} - 1 = \frac{S}{1 - S} \\ &= S + S^2 + S^3 + \dots\dots\dots \\ &\quad (S < 1) \end{aligned}$$

すなわち, 上式から, 伸縮伸長率 S' は S の増加とともに単調増加の関数にあり, S' が大きくなれば S も大きくなる. かくして(4)式が意味するように, 伸縮復元率は, クリンプの形態によってきまる伸縮伸長率, クリンプの堅ろう性, セットの度合いなどを示す伸縮弾性率などの相乗効果を表わすものと考えられる.

さらに, 織物の後加工時の熱処理によって糸質が劣化することが予想されるので, 試料糸を種々の条件の下に熱水中で前処理後, 糸の伸縮復元率を測定する必要がある.

第 2 図は, 通常のリラックス処理(湿熱 60°C, 30min)

(第2図) 糸の伸縮復元率 (C.R.) と織物の伸長率
(C.R. 測定; 無荷重 60°C 処理
測定荷重 100mg/d → 2 mg/d)

後, 微荷重 2 mg/d, 伸長荷重 100mg/d で測定した各糸の伸縮復元率と, それらの加工糸による織物の伸長率との関係を示したものである. これによれば, 加工糸の伸縮復元率の増加とともに織物の伸長率も増加する傾向にあるが, 両者の相関性はそれほど明瞭ではない.

(第3図) 糸の伸縮復元率 (C.R.) と織物の伸長率
(C.R. 測定; 無荷重煮沸処理
測定荷重 100mg/d → 2 mg/d)

(第4図) 糸の伸縮復元率 (C.R.) と織物の伸長率
(C.R. 測定; 無荷重煮沸処理
測定荷重 100mg/d → 5 mg/d)

(第5図) 糸の伸縮復元率 (C.R.) と織物の伸長率
(C.R. 測定; 無荷重煮沸処理
測定荷重 100mg/d → 10mg/d)

一方, 第3, 4, 5図は, 自由な状態で湿熱処理 (100°C, 30min) した各糸について, 測定時の伸長荷重を一定 (100mg/d) とし, 伸長荷重除重後の微荷重を 2 mg/d, 5 mg/d, 10mg/d と変えて測定した伸縮復元率と, 織物の伸長率との関係を示したものであるが, これらから明らかなように, 両者の相関性は第2図に比べかなり高くなっている. しかし, 除重後の微荷重の増加とともに, 測定される伸縮復元率の値は小さくなり, その分布範囲もせまくなる傾向にある.

ここで, 第3, 4, 5図を比較すると, 糸の伸縮復元率と織物の伸長率との相関係数の値はほぼ同一であるが, 第3図の微荷重 2 mg/d の場合が最も高い値を示し, 平, 綾両種の織物に関する測定値もほぼ一様に入り混っている.

第6図は, 湿熱 100°C 処理時に, 2 mg/d の微荷重を懸垂したまま処理した試料糸について, 除重後の微荷重を 10mg/d で実測した結果を示す. これは, 染色, 仕上げなどの後加工工程中の加熱処理において, 糸にかかる

(第6図) 糸の伸縮復元率 (C.R.) と織物の伸長率
(C.R. 測定; 2 mg/d 荷重下煮沸処理
測定荷重 100mg/d → 10mg/d)

(第10図) 織物の伸長率と Δy_2 との関係

な相関性がみられる。したがって、実験的に織物の種類のいかんにかかわらず加工糸織物の伸縮性は、(7)式に示すように、構造伸縮率 Δc と、糸自身の伸縮率 Δy との和の形でよりよく説明できることがわかった。

さらに、この加工糸織物の構造をジャム構造として、(7)式の右辺2項、 Δc 、 Δy について考察を進める。

3.2.2 織物の構造伸縮率 Δc について

第7図の1完全組織において

n ; 交叉する非伸縮成分糸の本数

i ; 伸縮成分糸と非伸縮成分糸の交錯数

$M = n/i$; 交錯係数

$P_r = 1/D_r$; 平均糸間隔

D_r ; 非伸縮成分糸の平均仕上り密度

d ; 非伸縮糸の直径

d' ; 伸縮糸の直径

とすればジャム構造より

$$L_r = n \cdot P_r = pi + (n-i)d$$

$$l_r = \Delta l \cdot i + (n-i)d$$

から、

$$\begin{aligned} \Delta c &= \frac{l_r - L_r}{L_r} = (i/n \cdot P_r) (\Delta l - p) \\ &= (D_r/M) (\Delta l - p) \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(10)$$

しかるに、

$$\begin{aligned} \Delta l &= d_0 \cdot \theta & d_0 &= d + d' \\ P &= d_0 \cdot \sin \theta \end{aligned}$$

から(10)式は、

$$\Delta c = (D_r/M) d_0 (\theta - \sin \theta) \quad \dots\dots\dots(11)$$

となる。

第11図は、(11)式の実験的に確かめるため、実測した d 、 d' 、 θ を用いて計算した Δc と織物の伸長率との関係を示したものであるが、この図から、 Δc の値は、織物の伸長率に関係なくほぼ一定であることがわかった。

したがって、織物の構造伸縮率 Δc は、加工糸織物の

(第11図) 織物の伸長率と構造伸縮率 Δc の関係

ような伸縮性の大きい織物においては、その伸長増加傾向への寄与は少なく、一定な値であると考えられる。

なお、

$$\sin \theta = \theta - \frac{\theta^3}{3!} + \frac{\theta^5}{5!} - \dots\dots\dots$$

で $\theta \ll 1$ 、すなわち織物の交叉角 θ が1弧度(約57°)より十分小さければ、

$$\sin \theta \doteq \theta$$

となり、(11)式は、

$$\Delta c \doteq 0$$

となる。しかし、実験的に確かめた結果では、 θ の値は本実験試料によれば約53°~60°の間で、上の関係は必ずしも成り立たない。

3.2.3 糸自身の伸長による伸長率 Δy について

$$\Delta y = \frac{L - l_r}{L_r} = \left(\frac{L - l_r}{L} \right) \left(\frac{L}{L_r} \right) \quad \dots\dots\dots(12)$$

において、 $(L - l_r)/L$ は、織成される前の加工糸の伸縮復元率 ($C.R$) と全く同じ意味を有するので、適切な測定法によってその加工糸について伸縮復元率が測定されているならば、近似的に、

$$\frac{L - l_r}{L} \propto (C.R) \quad \dots\dots\dots(13)$$

の関係が成り立つことが予想される。

第12図は、実測値により(13)式の関係プロットしたもので、 $(L - l_r)/L$ と、もとの加工糸の伸縮復元率との間に一応相関性のあることがうかがえる。

一方、 L/L_r について検討すれば、第7図から、

$$\begin{aligned} L_r &= pi + (n-i)d \\ &= (n/M) \{ p + (M-1)d \} \end{aligned}$$

$$L = W/N = \frac{W}{D \times W/n} = n/D$$

(第12図) 織物の $(L-l_r)/L$ と糸の伸縮復元率 $(C.R)$

ただし W ; 通し幅

N ; 全幅中の組織数

D ; 非伸縮成分糸の織機上での密度

n ; 1組織の構成本数

$$\begin{aligned} \therefore L/L_r &= (n/D) \cdot (M/n) [1/p + (M-1)d] \\ &= (M/D) [1/p + (M-1)d] \cdots \cdots (14) \\ p &= d_0 \sin \theta \end{aligned}$$

ゆえに, (13), (14)式から

$$\Delta y \propto (C.R) \cdot (M/D) \cdot f(d) \cdots \cdots (15)$$

$$\text{ただし } f(d) = 1/\{d_0 \sin \theta + (M-1)d\} \cdots \cdots (16)$$

となる。

したがって, Δc を一定とすれば, (7), (15) 式から最終的に

$$\Delta f \propto \Delta c + (C.R) \cdot (M/D) \cdot f(d) \cdots \cdots (17)$$

が得られる。

ここで, 使用されている非伸縮成分糸の番手が一定, 言い換えれば糸径に変化がないものと仮定する, すなわち, $f(d)$ の影響を考慮に入れないものとすれば, (17)式からまず, 織物の伸長率は, 伸縮成分糸の伸縮復元率 $(C.R)$, 交錯係数 (M) に比例し, 織機上での伸縮成分糸に交錯する非伸縮成分糸の密度 (D) に逆比例することがわかる。第13図は, この関係に実測値を与えプロットしたものであるが, 前節の伸縮成分糸の伸縮復元率のみの場合(第3図)よりも, 織物の伸長率との相関性がかなり向上している。

次に, 非伸縮成分糸の番手を变化させた場合すなわち糸径の項 $f(d)$ を考慮して, (17)式の関係に糸径 d, d' および交角 θ の実測値を加えてプロットしたものが第14図であるが, 第13図に比べややばつつきが見られる。本来ならば, $f(d)$ の項を加えることにより, 織物の伸長率との相関性がさらに改善されるはずであるが, 本実験において上述のようにこの傾向が出ていないのは, 糸径の評価に問題があるものと思われる。すなわち, 筆者らは, (17)式を織物のモデル構造より理論的に導いてきてお

(第13図) 織物の伸長率と(糸の $C.R$) $\times (M/D)$ との関係 (第14図) 織物の伸長率と(糸の $C.R$) $\cdot (M/D) \cdot f(d)$ との関係

り, 糸径についても完全円形としているが, 実際に織物を形成している場合には糸はかなり形がくずれ, 円形状態にはなっていない。第15図は, 試料織物(ソフトストレッチ織物2/2綾)を非伸縮成分糸と直角の方向に切断した写真であるが, この写真からも明らかなように断面形状はかなり変形している。したがって, この糸径の測定値の不確かさ分だけ織物の伸長率との相関性が悪くな

(第15図) ソフトストレッチ織物2/2綾の断面写真

っているものと思われる。このように本来一様ではない糸径は、どのように測定するかというよりも、むしろ、実用上織物の物性に即応するように糸径をどのように規定するかが今後の問題として残されよう。

さらに、一般に伸縮性のある加工糸を用いた織物においては、その織物の伸長過程において、使用される糸の直径は変化するはずであり、それが織物の伸長になんらかの形で影響を及ぼすものと考えられる。

すなわち、本研究では、(16)、(17式)において、伸縮成分糸を含んだ糸径 d_0 が、織物の伸長によってどう変化するかである。

ここでかりに、糸の伸縮を等容積変化と仮定すれば、糸径の変化は、糸長の変化の $1/2$ 乗であり、さらに交錯角 $\cdot \sin \theta$ の項が掛かっているため、 $(M-1)d$ 項に比べ、 d_0 の織物伸長率への寄与はかなり小さいものと考えられる。

3.2.4 Chemstrand 社の公式との関係

Chemstrand 社は、一方向伸縮性織物の設計に際し、次のような公式を示している¹⁾。

$$\begin{aligned} \text{糸本数 / インチ} &= \sqrt{\text{ポンド当たりのヤード数}} \\ &\times \text{糸係数} \times \text{織係数} \times \text{収縮係数} \quad \cdots \cdots (18) \end{aligned}$$

この式では、織物の伸縮性に最も影響すると考えられる、伸縮成分糸に交錯する非伸縮成分糸の織機上の密度を規定している。

ここで、糸係数は、糸の比重、見かけ太さと実質太さの比などの関数で、経験的に0.85~0.95の値が各種糸の素材ごとに定められている。

織係数は、1完全組織において、

$$\text{織係数} = \frac{\text{非伸縮糸本数}}{\text{伸縮糸交錯数} + \text{非伸縮糸本数}} \quad \cdots \cdots (19)$$

収縮係数は、

$$\text{収縮係数} = \frac{100 - \text{収縮率}}{100} \quad \cdots \cdots (20)$$

また、1ポンド当たりのヤード数は、

綿 糸	840 × 糸番手
梳 毛 糸	560 × 糸番手
紡 毛 糸	1600 × 糸番手
デニール糸	4,464,528 / デニール

である。

さて(18式)は、経験的に得られたものと推定されるが、この式と織物の伸長率との関係を探き出すことを試みる。

(18式の右辺において、

1) 第1項の $\sqrt{\text{ポンド当たりのヤード数}}$ は、糸番手の定義から考えると、たとえば綿糸の場合、

$$\begin{aligned} \sqrt{840 \times N} \times (\text{単位間の換算定数}) &\propto 1/\text{糸半径} \quad \cdots \cdots (21) \\ (N; \text{糸番手数}) \end{aligned}$$

となる。さらに糸の見かけ太さと実質太さの比を糸ごとに測定して定数を導き、単位の換算、糸の比重などの各定数の積を一括して糸係数としておけば、

$$\sqrt{1 \text{ ポンド当たりのヤード数}} \times (\text{糸係数})$$

は、糸の見かけの太さの逆数を表わすことになる²⁾。

2) 織係数については、(19式)で明らかのように、1完全組織中で表面に表われる非伸縮成分糸の本数に関する係数である。したがって、(18式)における $\sqrt{1 \text{ ポンド当たりのヤード数}} \times (\text{糸係数})$ は、単位幅に非伸縮成分糸を間隔なく並べた場合の糸本数を、さらに、織係数を掛けることによって実際に表にあらわれる非伸縮成分糸の本数、すなわち仕上り密度を示すことになる。

3) 収縮係数は、織機上の密度、あるいは幅に対する染色、仕上げ処理後の密度、あるいは幅によって計算された収縮率から導びかれる係数で、結局

$$\text{仕上げ密度} \times \left(1 - \frac{\text{収縮率}\%}{100}\right) = \text{織機上の密度}$$

を示すことになる。

一方、織物の伸長率 Δf を、その原長に対する緊張時の伸長%で定義すると、一般に織物は収縮した分だけ伸びると考えられるから、 Δf は収縮率に比例することは常識的に想定される。事実、第16図のように、実験的にも両者にきわめて密接な直線関係が認められる。

(第16図) 織り縮み率と織物の伸長率

したがって、Chemstrand の公式から、上記の収縮率と織物の伸長率が比例関係にあることを仮定することによって、次式の関係が導びかれる。すなわち、

$$m(1 - \Delta f) \cdot (1/d) \propto D \quad \cdots \cdots (22)$$

ただし、 d ; 交錯する非伸縮糸の直径

D ; 織機上の非伸縮糸の密度

m ; 織係数 $= n/(n+i)$

n ; 1組織中の非伸縮成分糸本数

i ; 1組織中の伸縮成分糸と非伸縮成分糸の交錯数

さらに(22式)は、

$$\Delta f \propto 1 - d \cdot D/m$$

あるいは,

$$\begin{aligned} \Delta f &\propto 1 - d \cdot D (1 + i/n) \\ &= 1 - d \cdot D (1 + \frac{1}{M}) \quad \dots\dots\dots(23) \\ (M &= n/i) \end{aligned}$$

となる。

これから、交錯する非伸縮成分糸が太いほど、その密度が大きいほど、また織り係数が小さく交錯数が大きいほど直線的に織物の伸長率は低下することがわかる。

第17図は、織物の伸長率と密度、組織との関係を実験的に確かめた結果を示すもので⁹⁾、これから明らかなように、上記の式による結論とよく一致している。

(第17図) 織物の伸長率と組織別打込み密度の関係

以上の結果、Chemstrand社の公式から導びかれた式、

$$\Delta f \propto 1 - 1 + \frac{1}{M} d \cdot D$$

と、われわれが得た式、

$$\Delta f \propto \Delta c + (C.R.) \cdot (M/D) \cdot f(d)$$

とを比較する。

両式は、いずれも織物の伸長率(Δf)は、交錯係数(M)が大きいほど大きくなり、織機上での密度(D)が大きいほど小さくなることでは一致している。しかし、非伸縮成分糸の直径(d)が大きいほど両式とも織物の伸長率が小さくなる傾向にあるが、本研究により、(16式)で示すように単純に糸径だけで関係するのではなく、さらに織組織(交錯係数(M))の影響が入り、よ

り複雑となっていることがわかる。さらに、われわれの式では、伸縮成分糸の伸縮復元率($C.R.$)の項が1要素として含まれている点でより実際に合致するものと考えられる。

4. 結 論

本研究の結果、次の結論が得られた。

(1) 加工糸の物性から、その糸による織物の伸縮性を予測するための加工糸の伸縮性の評価には、伸縮復元率($C.R.$)が最も適切で、その測定法は試料加工糸を自由な状態で煮沸処理(湿熱 100°C, 30 min)後、微荷重 2 mg/d, 伸長荷重 100mg/d の測定荷重によって行なうのが好ましいことがわかった。

(2) 加工糸織物の伸縮性について、その性質に最も影響すると考えられる因子、すなわち、使用される加工糸の織物組織中での復元力、造られる織物の構造、すなわち、構造による糸のクリンプ形態、組織の粗密、組織による交錯数、および交錯する非伸縮成分糸の糸径などの解析を行ない、これらの因子と織物の伸縮性との関連を追求した。その結果、加工糸織物の伸長率は、伸縮成分糸の伸縮復元率、組織による交錯数に比例し、織機上での非伸縮成分糸の密度、およびその糸径に逆比例することがわかった。

今回の研究において、筆者らは、加工糸織物の実際の製造に当たり、使用する加工糸の物性、形成する織物の構造などから事前に最終製品(織物)の性質を予知することにより、一応の成果が得られたにしてもなおまだ不備な点が多々あり、今後の研究に待つところが多い。

終わりに、本研究において実験試料を提供していただいた帝人(株)繊維加工研究所に謝意を表する。

なお、本研究の一部は、本学会の第21回講演会(昭和43年5月23, 24日)に発表したものである。

参考文献

- 1) S. Fitton et al: J. Text. Inst., **51**, T435 (1960)
- 2) Chemstrand: Stretch Woven Fabrics, p. 73, 1963.
- 3) 川崎: 加工糸概論, p. 293, 1967, 日本繊維機械学会
- 4) 東レ(株): 技術サービスニュース, 1964-1, No. 5
- 5) Monsanto: Textured Yarn Technology, **1**, p. 306