(昭和51年10月18日受理)

平織の織縮に関する一考察

大阪府立繊維技術研究所 知 野 光 伸
京 都 工 芸 繊 維 大 学 鈴 木 恵

STUDY ON THE SHRINKAGE OF THE PLAIN FABRIC

By Mitsunobu Chino* and Megumu Suzuki**

*(Textile Research Institute of Osaka Prefecture,
Izumiohtsu, Osaka, Japan)

**(Kyoto Institute of Technology, Kyoto, Japan)

Since shrinkage of the plain fabrics is said to be important in weaving process, theoretical and experimental investigations on the shrinkage of the plain fabrics are done by changing yarn count, weaving density and warp or weft yarn tension in this paper.

The results obtained are as follows:

- 1) The cross angle of warp and weft yarn increases by decreasing the warp yarn tension or increasing the weft yarn tension.
- 2) The cloth shrinkage on loom is dependent upon the count of the warp and the weft yarn, the weaving density and the structure of the cloth.
- 3) The shrinkage of warp direction increases by increasing the warp yarn tension. And the shrinkage ratio ϵ of the cloth out loom is given by the following

$$\epsilon = \left(\frac{\lambda}{1/2 K_2} \times 100 \right) + \varphi$$

where, λ : The difference of yarn interval between the cloth on loom and the cloth out loom.

K_2 : Density per 1 cm of warp or weft yarn of the cloth out loom.

φ : The shrinkage ratio of the cloth on loom of warp or weft line.

(Received October 18, 1976)

1. 緒 言

一般に整経された糸長さと製織され、放置された後の織物長さとの比を織縮と呼ぶ。機上における織縮について菊地¹⁾、萩原¹⁾など従来より多くの研究者により研究がなされており、それらは糸断面を円形と仮定して解析を容易にするのと同時にたて糸、よこ糸に加わる張力を一定と考えて解析しているため現実の織縮率との間に相違が生ずる。一方、実験的には佐川¹⁾によって各種織物の織縮率について実験式が求められ、また、毛織物の仕上による収縮についてK. Baird²⁾らが実験式を示している。

本報ではこの織縮を織機の作動によるよこ糸挿入でたて、よこ糸が交差し、おのおのが屈曲することで整経長より織物の長さが短くなる縮みと、織物を織機より取り出した後のたて、よこ糸の製織時に与えられた引張変形が時間とともに収縮する二つに大別し、前者を機上縮度、

後者を織卸縮度とした。このような前提により平織物についてたて糸張力による影響を考慮するとともにたて糸、よこ糸交差部分の糸断面を楕円と仮定して現実との相違を少しでも小さくし、織物設計を容易にすることを目的とした。

ここで、解析を行なうにあたりたて糸、よこ糸には次に示す性質を有するものと仮定する。たて糸、よこ糸の接触部分の断面形状は接触部分より離れるにしたがい楕円の長軸と短軸の差は少なくなり円形に戻る。機上においては、楕円断面を有する糸と交差する糸の接触部分での糸軸曲線は楕円、非接触部分の糸軸曲線は直線を示す。また、製織時の開口運動によるたて糸の残留ひずみはないものとする。

2. 記 号

本解析に用いる記号を以下に列挙する。

- D_w, D_f : たて糸およびよこ糸の直径
 a_1, b_1 : 交差後のたて糸断面を楕円と仮定したときの楕円の長軸および短軸
 a_2, b_2 : 交差後のよこ糸断面を楕円と仮定したときの楕円の長軸および短軸
 θ_d : 楕円周長を求めるときの任意角
 $(y)_{\max}$: たて糸, よこ糸の屈曲による糸の撓み量
 K_{w1}, K_{f1} : 機上における織物のたて糸およびよこ糸の 1 cm 当りの本数
 K_{w2}, K_{f2} : 織物を織卸し, 安定後のたて糸, よこ糸の 1 cm 当り本数
 l_w, l_f : 機上において任意のよこ糸の中心から, それに隣接するよこ糸の中心までに要するたて糸および同様な場合のよこ糸の長さの 1/2
 θ_w, θ_f : たて糸がよこ糸に交差するときのたて糸およびよこ糸がたて糸に交差するときのよこ糸の接触角
 l_{cw}, l_{cf} : たて糸とよこ糸およびよこ糸とたて糸との接触部分の長さの 1/2
 φ_w, φ_f : たておよびよこ方向の機上縮度
 σ : 糸に加わる引張応力
 h : 織物の厚さ
 T_w, T_f : たて糸およびよこ糸の単糸張力
 s_e, s_r, s : 糸に張力を加えたときの長さ, 張力を除いた糸の回復時の長さおよび糸変形回復過程における残留伸び量
 s_{ew}, s_{ef} : たて糸およびよこ糸の s_e
 s_{rw}, s_{rf} : たて糸およびよこ糸の s_r
 L_w, L_f : 張力により伸ばされた糸が収縮安定した後の l_w および l_f
 E_1, E_2 : 糸の初期弾性率および遅延弾性率
 η_2, η_3 : 糸の粘性率
 t : 時間
 F_w, F_f : たて糸およびよこ糸の張力により交差部分に生ずるそれぞれの押圧
 l : たて糸を各スパン, よこ糸を支点として考えたときのスパン間の長さ
 M_{n-1}, M_n, M_{n+1} : 各スパンに加わる押圧荷重で各支点に生ずるモーメント
 I : 糸の断面二次モーメント
 λ_w, λ_f : 織物を織卸すことで機上と織卸後のたておよびよこ方向に生ずる各隣接糸間距離の差
 $\varepsilon_w, \varepsilon_f$: たておよびよこ方向の織縮率

3. 機上縮度

織物が整経時の長さより短くなる原因は糸におのおの

の工程で各種ひずみ加わるため、一般にこの生ずる場所によって織縮, 仕上縮の二つに大別されている。仕上縮は織物を仕上加工することで生ずる縮みであり, 織縮は機上でたて糸, よこ糸を交差させるために生ずる縮みおよび製織された織物を織卸し糸に加わっていた外力を取り除くことで糸が収縮して生ずる縮みの二種類がある。まず, 機上縮度を求めるために必要な交差角度と糸長を求める。

3.1 交差角度

たて糸, よこ糸の張力は開口, よこ入れ, おさ打運動により瞬間的に相互の糸に圧縮荷重が加わると考えられ, 各糸を粘弾性体と考えるとその交差の瞬間には弾性部分のみが働き, 時間の経過とともに粘性の効果が現われると仮定する。

糸の交差は瞬間には弾性部分のみが働くと考えるから, 糸の交差を図 1 のごとく両端支持梁と考え, そのスパンに引張張力と支点間の中央に 1 つの集中荷重を加えると両端支持梁の撓み曲線は支点 n の右側部分で

$$E_1 I \frac{d^2 y}{dx^2} = -T_w y - \frac{F \nu}{l} x \quad (1)$$

となる。ここで,

$$F_1 / E_1 I = p^2, \quad T_w l^2 / 4 E_1 I = p^2 l^2 / 4 = u^2 \quad (2)$$

とおくと (1), (2) 式より

$$\left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=0} = \frac{F_1 l^2}{16 E_1 I} \cdot \frac{1 - \cosh u}{\frac{1}{2} u^2 \cosh u} \quad (3)$$

となる。

また, 平織の織物断面を図 2 のごとく連続梁と仮定し, 織物の平面を x 軸に, 厚さ方向を y 軸と考える。図 2 のごとく各支点間の中央に F_n および $F_{n+1}, \dots$ なる各 1 個の集中荷重が加わることに引張梁の支点 n の両端に等値逆向きモーメント M_n が働き, そのときの撓み曲線

Fig. 1 Beam of cloth model.

Fig. 2 Continuous beam of cloth model.

は S. Timosenko³⁾により,

$$y = \frac{M_n}{T_w} \left\{ 1 - \frac{\cosh p \left(\frac{l}{2} - x \right)}{\cosh p \frac{l}{2}} \right\} \quad (4)$$

(4) 式から梁の両側の撓み角は

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=0} &= \frac{M_n l}{2 E_1 I} \cdot \frac{\tanh u}{u} \\ \left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=l} &= - \frac{M_n l}{2 E_1 I} \cdot \frac{\tanh u}{u} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

(3) および (5) 式より

$$\frac{\tanh u}{u} = \alpha_n, \quad - \frac{\tanh u}{u} = \beta_n, \quad \frac{1 - \cosh u}{\frac{1}{2} u^2 \cosh u} = r_n$$

とすると

$$\theta_w = -\alpha_n \frac{M_{n-1} l_n}{6 E_1 I_n} - \beta_n \frac{M_n l_n}{3 E_1 I_n} - r_n \frac{F_n l_n^2}{16 E_1 I_n}$$

$$\theta'_w = \alpha_{n+1} \frac{M_{n+1} l_{n+1}}{6 E_1 I_{n+1}} + \beta_{n+1} \frac{M_n l_{n+1}}{3 E_1 I_{n+1}} + r_{n+1} \frac{F_{n+1} l_{n+1}^2}{16 E_1 I_{n+1}}$$

しかし、 $\theta = \theta'$ 、各スパン間の長さ l_n および各スパンに加わる集中荷重 F_n が等しいことから $M_{n-1} = M_n = M_{n+1}$ 、 $\alpha_n = \alpha_{n+1}$ 、 $\beta_n = \beta_{n+1}$ 、 $r_n = r_{n+1}$ となり、これより θ_w は

$$\theta_w = \theta'_w = \left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=0, x=l} = \frac{5 F_n l^2}{96 E_1 I} \cdot r_n \quad (6)$$

となる。このときの最大撓み量は

$$(y)_{\max} = \frac{F_n l^3}{24 E_1 I} \cdot \frac{u - \tanh u}{\frac{1}{3} u^3}$$

これより織物の厚さは

$$\left. \begin{aligned} b_1 &> (y)_{\max} \text{ のとき} \\ h &= 2 \left(3 b_1 - \frac{F_n l^3}{24 E_1 I} \cdot \frac{u - \tanh u}{\frac{1}{3} u^3} \right) \\ b_1 &= (y)_{\max} \text{ のとき} \\ h &= 6 b_1 \\ b_1 &< (y)_{\max} \text{ のとき} \\ h &= 2 \left(b_1 + \frac{F_n l^3}{24 E_1 I} \cdot \frac{u - \tanh u}{\frac{1}{3} u^3} \right) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

となる。ただし、図 2 の l はたて方向の場合は $1/K_f$ を、よこのときは $1/K_w$ を、 F_n はたて糸、よこ糸による押圧 F_w 、 F_f を意味する。同様に θ_f のときも求められる。

3.2 糸長

たて糸およびよこ糸に或る張力を加えながら交差すると、仮定により糸断面は楕円となり、その糸と直角に交差する糸の糸軸曲線も楕円と考えられる。その楕円式は

$$\frac{x^2}{(a_2 + b_1)^2} + \frac{y^2}{(b_1 + b_2)^2} = 1 \quad (8)$$

となる。図 3 に示すごとくその楕円とたて糸の中心線との交点 A の座標を (x_1, y_1) 、たて糸中心線と織物の中

心面との交点を E とする。E $(-l_w/2, 0)$ と (8) 式および x_1, y_1 よりよこ糸に接するたて糸の位置 (x, y) は

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= \frac{A(K^2 - B^2)^{1/2}}{K} - B \cdot \sin \alpha_d \\ y_1 &= \left[b_1 \left(1 - \frac{x_1^2}{a_1^2} \right) \right]^{1/2} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

となる。ただし、 $A = (a_2 + b_1)$ 、 $B = (b_1 + b_2)$ および $K = B \{ 1/2 K_{f1} + (y)_{\max} / \tan \alpha_d \} / \{ (1/2 K_{f1} + (y)_{\max} / \tan \alpha_d)^2 - A^2 \}^{1/2}$ である。

一方、図 3 における AC 間の楕円周長 l_{cw} および l_w は

$$\begin{aligned} l_{cw} &= (a_2 + b_1) \int_0^{\frac{\pi}{2}} \{ 1 - e^2 \sin^2 \theta \}^{1/2} d\theta \\ &\quad - (a_2 + b_1) \int_0^{\frac{\pi}{2} - \alpha_d} \{ 1 - e^2 \sin^2 \theta \}^{1/2} d\theta \end{aligned} \quad (10)$$

よって

$$l_w = 2 \left\{ \left(\frac{1}{2 K_{f1}} - x_1 \right)^2 + y_1^2 \right\}^{1/2} + 2 l_{cw}$$

となる。ただし、 $e^2 = 1 - \{ (b_1 + b_2)^2 / (a_2 + b_1)^2 \}$ である。上式よりたて糸の機上縮度は

$$\varphi_w = \frac{(l_w - 1/K_{f1})}{1/K_{f1}} \times 100 \quad (11)$$

同様によこ糸の機上縮度は

$$\varphi_f = \frac{(l_f - 1/K_{w1})}{1/K_{w1}} \times 100 \quad (11-1)$$

で示すことができる。

Fig. 3 Crossing model of cloth.

4. 織卸縮度

機上では糸にヤーン・ビームやクロス・ビーム、テンブルなどによって常にたて糸や織られた布に張力が加えられているが、織物を織卸すと織物構成糸は時間経過とともに引き伸ばされた状態から復元する。

糸に加えられる張力と変形との関係を説明するのに鈴木⁴⁾は 4 要素粘弾性模形を用いて説明しているが、本解析も糸に対し同様な関係があるものと考え、この模型を図 4 に示した。図 4 より糸の $t_1 < t$ 、 $t_1 > t$ 時の伸長回復過程は

$$s_s = \left\{ \frac{\sigma}{E_1} + \frac{\sigma}{E_2} \left[1 - \exp \left(-\frac{E_2}{\eta_2} t \right) \right] + \frac{\sigma}{\eta_3} t \right\} r_w \quad (12)$$

$$s_r = \left\{ \frac{\sigma}{E_2} \left[1 - \exp \left(-\frac{E_2}{\eta_2} \right) \right] \exp \left(-\frac{E_2}{\eta_2} (t_1 - t) \right) + \frac{1}{\eta_3} \sigma t \right\} r_w \quad (13)$$

として示される。ここで r_w は張力を加える前の l_w 。

本解析ではたて糸の開口運動によるたて糸の増減は瞬間的にくり返されるため、この運動によるたて糸の残留伸びを微小として無視する。織卸後長時間経過し、張力によって伸ばされた糸が収縮安定した後の L_w は (12) および (13) 式より

$$L_w = l_w - s \quad (14)$$

となる。ただし s は

$$s = \left\{ \frac{\sigma}{E_1} + \frac{\sigma}{E_2} \left[1 - \exp \left(-\frac{E_2}{\eta_2} t \right) \right] \left[1 - \exp \left(-\frac{E_2}{\eta_2} (t_1 - t) \right) \right] \right\} r_w$$

である。

Fig. 4 Viscoelasticity model of yarn.

Fig. 5 Cloth cross section model.

織物に加わる張力を除いてから長時間経過したときの織物断面図を図5に示す。ここで、図5の O_1, O_2 に中心を持つ楕円はおのの機上におけるよこ糸の断面とする。織卸すことにより、たて糸、よこ糸は互いの接触による拘束のほかには外部からの拘束はなくなり、相互の糸の収縮が起きて O_{21} の楕円は中心を O_{22} に移動したものとする。この場合一つの交差点に注目し、その交差点は相対的に固定しており、よこ軸 XX_1 に対する YY_1 方向の変化もないものとする。たて糸の収縮によりたて糸の長さは (14) 式で示されるが、このときのたて糸の糸軸 XX_1 とのなす角 β および $1/2K_{f2}$ は長さ MN が既知なるため数値解析によって求めることができる。また、近似的には s の変化によるよこ糸の各隣接する糸間の長さも変化し、その変化距離 $d_k = s \cos \alpha$ (ただし、 α はたて糸がよこ糸に交差する場合 α_w 、よこ糸がたて糸に交差するときは α_f で示す) で示される。これより

$$\frac{1}{2K_{f1}} - d_k = \frac{1}{2K_{f2}} \quad (15)$$

となる。よって、織卸したときの各たて糸間隔の移動距離 λ_w は

$$\lambda_w = 1/K_{f1} - 1/K_{f2}$$

として求めることができる。

ゆえに、たて方向の整経時に対する織卸し布の織縮率 ϵ_w は

$$\epsilon_w = \left(\frac{\lambda_w}{1/2K_{f2}} \times 100 \right) + \varphi_w \quad (16)$$

同様によこ方向の場合も

$$\epsilon_f = \left(\frac{\lambda_f}{1/K_{w2}} \times 100 \right) + \varphi_f \quad (16-1)$$

となる。(16) および (16-1) 式に示した ϵ は平織時のたておよびよこ方向の織縮率を示すものである。

5. 実験による理論の検討

3, 4 で求めた理論の妥当性を検討するため各種実験を行ない織縮等の実測値と計算値との比較検討を行なった。

5.1 交差角度

たて糸とよこ糸の交差角度を求める (6) 式の妥当性を綿糸 20 s (30 tex), そ毛糸 2/48 (12.3/2 tex) の $E_1 I$ を用い計算した結果と両端支持梁の中央に1つの集中荷重を加えたときの屈曲角との比較により検討した。ここで、計算に用いる綿糸、そ毛糸の $E_1 I$ は表1に、糸軸方向の引張張力 T , 集中荷重 F_n は計算、実測とも 20~50 g, 10~30 g の間とした。

これらの結果、綿糸を図6(a), そ毛糸は図6(b)に示した。同図より明らかなごとく計算および測定の結果はほぼ傾向が一致していることがわかった。すなわち、

Table 1 Component factors of yarn.

		綿糸 20 s	そ毛糸 2/48
D_w, D_f	(mm)	0.215	0.180×2
$E_1 I$	($\text{g} \cdot \text{mm}^2$)	0.56	0.44
E_1	($\text{g} \cdot \text{mm}^{-2}$)	5.93×10^4	2.74×10^4
E_2	($\text{g} \cdot \text{mm}^{-2}$)	4.40×10^4	2.67×10^4
η_2	($\text{g} \cdot \text{mm}^{-2}$)	4.69×10^7	3.77×10^6
η_3	($\text{g} \cdot \text{mm}^{-2}$)	1.64×10^8	2.49×10^6

両試料とも T の減少, F_n の増加につれて交差角度は大きくなる。同様に支持点間距離 l が大きくなるにつれて交差角度も大きくなるが, l が小さな間では交差角度の増加率は大きい, l がしだいに大きくなるにつれて交差角の増加率は小さくなる。これは(7)式の撓み量 $(y)_{\max}$ が F_n の増加に比例するため, l が小さい間では交差角度も F_n の増加率に近い率で増加するが, l が大きくなると交差角の増加はそれに比例しては大きくならないためである。

5.2 機上縮度

一般に機上縮度は使用される糸の太さ, 織物の密度および組織により決定される¹⁾ことは本報によっても同様である。そこで, たて糸単糸張力を綿糸では企業で比較的多く用いられる範囲である 30.1 g, そ毛糸では 28.0 g とし, たて糸方向の機上縮度を(11)式を用いて計算し

Fig. 7 The relationship between yarn interval and shrinkage ratio of cloth on loom.

where, —, --- is calculated curve of cotton cloth and worsted cloth. ●, ○ is experimental point of cotton cloth and worsted cloth.

Fig. 6 The relationship between yarn interval, concentrative weight and cross angle.

where, ●, ○, ×, ⊗ are experimental points of yarn tension 20g, 30g, 40g, 50g, —, ---, — · —, — · —, are calculated curves of 20g, 30g, 40g, 50g, and samples of (a) is cotton yarn 20s, (b) is worsted 2/48.

た。計算を行なうに当り各糸の物性を表1のとおりとした。また、たて方向の機上縮度を決定する大きな要因である、よこ糸間距離の2分の1は実用性を考慮した上、綿糸、そ毛糸それぞれ0.24~0.305 mm, 0.27~0.34 mmの間に設定した。

計算結果を図7に示した。同図より明らかなごとく各糸ともよこ糸間距離と機上縮度とは直線的には比例せず、よこ糸間距離が大きくなるにつれて機上における織縮率の減少は二次曲線を描いて少なくなる。この現象は図6(a), (b)からも判るように、よこ糸間距離が大きくなっても最大撓み量は変化せず、そのため交差角度がよこ糸間距離に比例して大きくなるためである。また、(11)式より交差する糸の直径が大きくなるにつれて、織物の組織点が少ないほど機上縮度は小さくなることがわかった。

綿糸、そ毛糸を用いた実験結果は少ないが図7に示したところ、綿糸、そ毛糸とも同曲線に良く一致した。

5.3 織 縮

製織実験を行なうことにより(16), (16-1)の計算値との比較検討を行なった。

製織実験に際して糸整理時にたて糸に一定長(本実験では10.0 cmとした)の印を入れこの間の織縮およびよこ方向は茂幅に対する織物幅の織縮を測定した。試料として用いた糸はたて糸、よこ糸とも同一糸で綿糸20s, そ毛糸2/48の二種類とし、1 cm間密度をそれぞれ23.6本×19.7本および17.3本×16.5本の平織とした。使用した織機は綿織物に岩間織機、毛織物には平岩織機で、織縮みに影響を与えと考えられるたて糸単糸張力を綿織物で20.8, 30.1, 49.7, 60.2 gおよび毛織物では20.4, 24.1, 28.0, 35.3, 37.2 gと変えて製織した。また、織縮率の測定は厳密には恒温恒湿状態で行なうことが望ましいが、本実験では近似的に約20℃, 65% R・Hに近い時期に実験を行なった。

製織された織物の織縮率とたて糸単糸張力との関係を図8に示した。同図より明らかなように織縮率はたて糸単糸張力によって影響を受けることがわかった。

図8で示された実験結果と4.で誘導された ϵ との関係について検討する。ここで、(16)および(16-1)式を求めるに必要な諸数値は表1の通りである。綿織物のたて糸は澱粉50%, P・V・A 50%混合糊をのり付けした糸を用いている。また、たて糸、よこ糸が相互に交差することによる糸断面形状は楕円とし、その長軸、短軸の長さは松田⁹⁾により求められた表を参照し、 a_2 , b_2 をそれぞれ綿糸では0.155, 0.078 mm, そ毛糸は0.128, 0.07 mmとした。

これら数値を(6), (9), (14)および(16), (16-1)

Fig. 8 The relationship between warp yarn tension and shrinkage ratio of the experiment.
where, ● is cotton cloth, × is worsted cloth.

Fig. 9 Comparison of experimental data of shrinkage ratio with calculated one.
where, ● and ○ are warp line shrinkage ratio
weft line shrinkage ratio of cotton cloth.
Symbols × and ⊗ are warp line shrinkage ratio,
weft line shrinkage ratio of worsted cloth.

式に代入して求めた計算結果と測定結果を比較したものが図9である。ここで、よこ方向の織縮率はよこ糸の解じょ張力が一定であるため織縮に大きな変化を与える要因は少ないと考えて綿、毛織物とも張力別には記入しなかった。一方、たて方向の織縮率はたて糸張力別に試料4点ないし5点ずつ図8で比較したが、図9より明らかなごとく計算による織縮率は測定結果のそれに比較して1,

2の場合を除いてやや少ない。4.で求めた式によると同一試料のたて糸単糸張力を変化させて製織してもたて糸、よこ糸の基本的物性は変わらず、たて糸単糸張力の変化は(6)式の θ 、(9)式の α 、 γ および(14)式の L_w を変える。よって、図9の測定結果と計算結果による織縮率の比は各試料共たて糸単糸張力に比例して増加せず、その傾向は一致するものの測定結果による織縮率が計算結果よりもしだいに大きくなる。

以上のように織縮はたて糸の張力変化により影響を受けるが、この増大比率の相違の大きな原因として(15)式からも知れるように機上における織密度の変化がある。たて糸単糸張力の変化と織密度との関係については過去実験を行なった⁹⁾が、その結果たて糸単糸張力が増加すると製織のための他の条件が同一であっても織卸後のよこ糸密度は漸増する。図10に同様な測定を綿糸20sおよびモ糸2/48を用いて行なった結果を示した。

同図で明らかなように本実験においてもたて糸単糸張力の増加にともなうよこ糸密度はおおよそたて糸張力の増加により大きくなるが、たて糸単糸張力が極端に大きくなるとよこ糸密度はそれまでの増加割合に比べてしだいに小さくなる⁹⁾。このたて糸単糸張力増加により大きくなるよこ糸密度の解析は今後の課題としても、図8に示された織縮率の値はたて糸単糸張力増加にともなう直接的な増加のみではなく、たて糸張力の増加により大きくなったよこ糸密度の変化による効果も含まれていると

Fig. 10 The relationship between warp yarn tension and experimental density of cloth out loom. where, ● and ○ are warp line shrinkage ratio, weft line shrinkage ratio of cotton cloth. Symbols × and ⊗ are warp line shrinkage ratio, weft line shrinkage ratio of worsted cloth.

Fig. 11 The relationship between shrinkage ratio and progress time. where, — and ● are calculated curve of warp line of cotton cloth (warp tension 49.7g) and experimental point.

考えねばならない。

また、よこ糸の計算による織縮率が測定値に対し小さいのは、よこ糸張力をシャトルよりの解じょ張力としたことで織込まれるときのよこ糸張力が解じょ張力より大きい^{7,8)}ためと考えられる。

製織された織物を織卸すとそれまでヤーン・ビーム、クロス・ビーム、テンブルによって拘束されていたたて糸およびよこ糸はそれぞれクリープ現象を起こしながら張力が安定するまで収縮する。たて糸単糸張力30.1gで製織した綿織物についてこの現象を示したものが図11である。同図中の点は測定結果、実線は(16)式より求めた計算結果を示す。図11に見られるごとく綿織物は η_s が大きいため比較的短時間で安定することがわかる。

以上のべたごとく織縮率は織密度、たて糸張力によって影響を受けるが、そのほか同一織密度、たて糸、よこ糸張力で製織するときには試料の $E_1 I$ 、 D_w および D_f の減少は(6)、(9)式でわかるように織縮率を小さくする。逆に(12)式より糸断面形状の潰れ方が小さいと織縮率は大きくなることがわかった。

6. 結 論

織縮についての研究は理論的にも実験的にも多くの研究がなされている。しかしながら、従来織縮のような織物の幾何学的解析を行なうにあたっては解析を容易にするため糸断面を円形とし、糸軸曲線を円弧と直線を組み合わせたもの、または糸軸曲線を正弦曲線と仮定したものが多かった。実際に織縮を測定した場合、これら幾何学的取り扱い方のみでは解決されない要因のため解析結果との間にしばしば違いが見られた。本報ではこれをたて糸、よこ糸張力の一定化および交差点の糸断面形状を円形と考えていたためと考え、その点に留意しつつ平織

について交差点の糸断面形状を楕円と仮定することにより現実に近づけて検討を加えてきた。

その結果、交差角度はたて糸張力の減少またはよこ糸の張力増加にともない大きくなる。機上縮度は糸番手、織物の組成、密度により影響を受ける。

次に、たて糸単糸張力が増加するにつれてたて方向の織縮率も大きくなることがわかった。実際にはたて糸単糸張力の増加のみが織縮率増大に寄与するのではなく、張力の増加により機上におけるよこ糸密度の増加もたて方向織縮率を大きくすると考えられる。よこ糸方向でも同様なことがいえた。また、糸の太さ、たて糸、よこ糸の設計密度および糸の曲げかたさ、糸の潰形により織縮率は影響を受ける。その他、織物を織機より織卸すことによる織糸の収縮は糸が粘弾性的挙動を示すため糸の弾性率、粘性率および経過時間によって決定されることがわかった。この織卸後の収縮を知ることで織卸した後の織

密度も求めることができた。

本解析によって求められた織縮率の算出式を現場において手軽に使用できるようにするためには式の再整理の必要がある。

文 献

- 1) 繊維機械学会編；「基礎繊維工学(Ⅲ)」，日本繊維機械学会，p.107 (1967)
- 2) K. Baird; *Tex. Res. J.*, **31**, 624 (1961)
- 3) たとえば S. Timosenko; 「材料力学(中巻)」，東京図書株式会社，p.38 (1956)
- 4) 鈴木 恵；高分子化学，**16**, 143 (1959)
- 5) 松田秀一；織学誌，**9**, 351 (1953)
- 6) 知野光伸；繊維の研究，**12**, 171 (1967)
- 7) K. Greenwood, G. N. Vanghon; *J. Tex. Inst.*, **49**, T247 (1958)
- 8) 三浦義人，宇野 稔；織機誌，**5**, 45 (1952)

「報 文」 編 集 委 員 (昭和52年度)

委員長	清水 二郎 (東工大)		
委員	尾原 利夫 (保土谷化学)	壁 矢 久良 (東農工大)	小林 茂雄 (織高研)
	住田 雅夫 (東工大)	手代木 琢磨 (東工大)	富田 文一郎 (東大)
	中山 和郎 (織高研)	平林 潔 (東農工大)	服部 仁美 (お茶の水女大)
	福富 元 (東工大)	矢野 彰一郎 (製科研)	(五十音順)