Effect of the Weaving Conditions of Air Jet Loom on Mechanical Properties of Weft-Yarn in Woven Fabrics

Atsuji Masuda*, Kazuo Washida* and Nobuo Ogata*

*Industrial Technical Center of Fukui Prefecture, Kawaiwashizuka, Fukui, 910-0102, Japan

**Fukui university, Bunkyo, Fukui, 910-0017, Japan

Abstract

The mechanical properties of the fabrics woven by the jet loom are inferior to those of fabrics woven by the rapier or the shuttle looms, although not only the same textile weave was produced but also the same weaving yarns were used. Furthermore, the fabrics woven by the jet loom indicate paper-like features. These drawbacks of the fabrics woven by the jet loom would be caused by the marked deterioration of the yarn properties during the weaving process.

In this work, the influence of weaving conditions of an air jet loom (AJL) on the mechanical properties of weft yarn is investigated. As a result, it is found that the maximum strength and the modulus of elasticity are decreased during the weaving process. However, it is found that there is a weak correlation between the decrease in the modulus of elasticity and that in the strength. Moreover, it is found that the decrease in the modulus of elasticity would be caused by bending strain of the weft yarn, and the decrease in the strength would be caused by the production of the stress concentration in the weft yarn during weaving.

Key words ; Air jet loom, Mechanical properties of yarn

(Received Feb. 29, 2000)

(Accepted for Publication Aug. 21, 2000)

ジェットルーム製織条件がよこ糸物性に及ぼす影響

増田 敦士*, 鷺田 一夫*, 小形 信男**

1. 緒 言

ジェットルームで製織した織物の物性は、普通織機やレピア織機で製織した織物の物性と比較して劣る場合が多い。例えば衣料用織物の場合、ジェットルーム織物は、他の織機で製織した織物と比較して織物表面は凹凸感のないペーパーライクなものになり、風合いの面で劣る場合がある。また、産業資材用織物の場合、ジェットルームで製織した織物は、同一規格の織物を作製したとしても、製織前の糸物

性から予想される織物物性が得られない等の現象が比較的多く生じる。これらの欠点の原因として、ひとつには製織時に糸の物性自体が変化していることが考えられる。

これまでに、繊維に関しては、紡糸条件と繊維物性の関係¹⁾、繊維の伸張特性²⁾やひずみ速度が繊維物性に及ぼす影響³⁻⁵⁾など数多くのモデル実験や理論解析が行われているが、製織工程が糸の物性に及ぼす影響について検討した例は少ない。織物に関しては、織縮みの研究^{6,7)}、織物中の糸の残留力に関

* 会員, 福井県工業技術センター, 福井市川合鷺塚町61, TEL. 0776-55-0664, FAX. 0776-55-0665

**会員, 福井大学工学部, 福井市文京3-9-1, TEL. 0776-27-8939

する研究⁸⁾、織物規格と風合いの関係⁹⁾など多数の研究が行われてきているが、製織方法および製織条件と織物物性の関係を検討した例¹⁰⁾は少ない。これらの関係が明らかになれば、製織前の糸物性データから製織後の織物物性を高い精度で予測することが可能になり、織物の企画設計を行うときの重要な情報となる。

そこで、本研究では製織条件とよこ糸物性の関係を明らかにすることを目的にエアージェットルーム(AJL)による製織試験を行い、製織工程の前後におけるよこ糸物性の变化を測定した。その結果、AJLの製織条件とよこ糸物性の関係を明らかにしたので報告する。

2. 実験方法

2.1 織物試料の製織条件

試料は、エアージェットルーム(株)豊田自動織機製作所 JAT600)を使用して製織した。使用したたて糸は市販のポリエステルフィラメント糸(110 dtex/48f)に撚糸加工(S500t/m)を施したものであり、よこ糸は市販のポリエステルフィラメント糸84dtex/36fである。また、繊維の破断過程観察には、市販のポリエステルモノフィラメント糸17dtexを5本引き揃えたモデル糸(84dtex/5f)をよこ糸に使用した。製織は、たて糸張力、よこ糸張力、織機回転数、よこ糸密度および織り組織(以後単に組織と記す)を変化させて行い、この各製織条件の可変範囲を表1に示す。特に指定のない場合は、表中の標準条件で製織した試料を指す。製織時のたて糸張力およびよこ糸張力は応答周波数1kHzの3ピン式張力計(インテック(株)製, IH-TY)を使用して測定した。たて糸張力は織機1回転中に観察されたその平均値で表し、よこ糸張力は、既報¹¹⁾と同様によこ糸フィーダーとブースターノズルの間で測定し、この最大値であるよこ入れ飛走終了時のピーク張力

で表した。作製した織物試料は織機の巻き取りピームに巻き取らず、製織直後に温度20℃・湿度65%の条件下に移動させ、一定時間静置した後、この織物よりよこ糸を抜き出し、物性試験に供した。

2.2 糸の物性試験方法

糸の静的力学特性は、温度20℃・湿度65%の条件下で、引張試験機(株)島津製作所製オートグラフ AGS-1 KNG)を使用して測定した。伸張条件はJIS(L1013)に準拠し、試長200mm、引張速度200mm/min、初荷重80mNである。荷重-ひずみ関係を各種よこ糸について測定し、後述する理由によりこの曲線の300~800mNの範囲で弾性率 M を求め、最大荷重を示すひずみと荷重より、強度最大時のひずみ ϵ と最大強度 S を求めた。各測定は、1条件に対して少なくとも10回以上行い、平均値を用いて表すことにした。また、製織による糸物性の変化は、製織前の糸物性値(M, S , と ϵ)に対する製織後の糸物性値の比で表し、それぞれ比弾性率(rM)、比最大強度(rS)および比最大ひずみ($r\epsilon$)とした。

糸の動的力学特性は、(株)東洋精機製作所製レオグラフソリッドを用いて測定した。このときの測定条件は、初荷重98mN、試長約20mm、測定周波数10 kHz、測定温度領域-50~220℃である。

2.3 織物試料の製織条件

断面観察用の試料は、織物中の糸が移動しないようにニトロセルロースで織り構造を固定し、よこ糸にそって織物を裁断して作製した。断面観察は、マイクロ스코プ顕微鏡(スカラ(株)製ビデオマイクロSCOPE VMS-1900)および画像解析処理装置(英光産業(株)製マイクロメジャー EMM1300)を使用し、倍率100~200倍で行った。織物中のよこ糸屈曲の幾何学状態は、次の2変数を用いて表現する。すなわち、屈曲しているよこ糸をある曲率半径 ρ を持つ円で近似し、また、 L を用いて織物厚さ方向の長さ

Table 1 Weaving conditions of AJL

Item	Standard condition	Variable range
Machine speed (rpm)	461	461 ~ 610
Warp tension (mN)	223	137 ~ 428
Weft density (picks/inch)	74	50 ~ 74
Weft tension (mN)	330	269 ~ 514
Textile weave	1 / 1 (Plain)	1/1 (Plain) 1/3, 1/7, 2/2 (Twill) 2/2, 4/4 (Rib)

A : Warp yarn, B : Weft yarn, L: Bending length of the weft yarn
X, Y, Z : Points for the calculating radius of curvature of the weft yarn

Fig. 1 Pictures of fabric cross-section ; (1) : Plain fabric, (2) : Rib 2/2 fabric.

を表現することにする (図1). 具体的には, ρ はよこ糸の屈曲方向が変わる屈曲点 (図1のX, Z) およびよこ糸の屈曲が最大となる点 (図1のY) を通過する円と仮定して求め, L はYとY'間の距離として求める. また, 織物中のよこ糸のひずみはクリンプ率 (C)¹²⁾ を使用して表現する. 具体的には, 織物中のよこ糸の長さ (l) を曲率半径 ρ で近似される円弧の長さ (円弧X, Y, Z) で求め, 図1のX, Z間の距離 (l_0) との比 ($C = l/l_0 - 1$) で表した.

2.4 繊維表面観察法

破断過程観察には, 引張試験機を使用して $1.6 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ のひずみ速度で糸中のフィラメント1本に対し16~22%の範囲のひずみを加え, ひずみを維持したまま両面テープを使用して繊維試料約10mmを試料台に固定し, 金蒸着を行った試料を使用した.

この金蒸着した繊維の表面を, 電子顕微鏡 (株日立製作所・S-2150型) を使用し, 倍率1000~1500倍で観察を行った.

3. 実験結果および考察

3.1 製織による平織物中のよこ糸物性変化

3.1.1 製織前のよこ糸物性

図2は, よこ糸に使用したポリエステル糸の荷重履歴およびひずみ履歴がその弾性率に及ぼす影響を示す. 縦軸の比弾性率は, 糸を $1.6 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ のひずみ速度で伸張した場合の弾性率と, 同一のひずみ速度で任意のひずみを糸に付加し, 一旦ひずみを取り除いた後, 再度同じひずみ速度で繊維が破断するまで伸張したときの弾性率との比を表している. 図より, ポリエステル糸は800mN以下の荷重範囲 (1.4%以下のひずみ範囲) 内では, 荷重 (ひずみ) 除去後も元の糸とほぼ同じ弾性率の値を示すが, さらに荷重 (ひずみ) が増加すると急激に弾性率が低下することがわかる. したがって, 荷重が800mN以下およびひずみが1.4%以下の場合に糸は弾性限度内にあると考えられる. この値と表1に示す製織時に作用するよこ糸張力値を比較すると, 本実験で使用する織物の製織工程では, 使用した糸の弾性限度を越える張力はよこ糸に付与されていないと考えられる.

3.1.2 製織によるよこ糸物性の変化

製織前のよこ糸と表1の基本製織条件で作製した製織後のよこ糸の強伸度測定結果の一例を図3に示

Fig. 2 Effect of the load or strain history on the relative modulus of elasticity ; (1) relation between the relative modulus and the initial load, (2) relation between the relative modulus and the initial strain.

Fig. 3 Effect of weaving on the Load-Strain curves ; solid line : original yarn, broken line : woven yarn.

Fig. 4 Dynamic modulus for the woven and the original yarns ; ○ : original yarn, ● : woven yarn.

す。製織前のよこ糸の強伸度曲線と製織後のそれを比較すると、図3（1）に見られるように全体的には大きな差が見られず、最大強度および最大強度を示すひずみには製織の影響がないことがわかる。図3（2）は、図3（1）の低ひずみ領域の拡大図である。グラフ形状には製織による変化が見られ、製織後のよこ糸の弾性率が低下していることがわかる。ただし、図3（2）で0.2%以下の低ひずみ領域で急激な荷重減少が見られるが、これは試験機の特徴である。すなわち、試料のチャック切れを防止するために本試験機のチャックと試料の間には摩擦

面があり、試験開始時に試料がこの摩擦面に密着する前に滑りが生じ、このグラフ形状が出現したと思われる。この理由のため、前述の低ひずみ領域を避け、かつ図中で直線性が高い荷重300～800mNの範囲から弾性率を求めた。

図4は、製織前の糸と表1の基本製織条件で作製した製織後のよこ糸の動的粘弾性挙動を測定した結果を示す。ポリエステルガラス転移温度（以下 T_g ）、である80℃以下の温度域で、製織後のよこ糸の貯蔵弾性率（ E' ）が製織前より低下し、それ以上の温度では、製織の変化が見られないことがわか

Fig. 5 Effect of the holding time on relative mechanical properties of the weft yarn ; ● : relative modulus of elasticity, □ : relative strength and △ : relative elongation.

る。この低下は、製織による静的弾性率の低下の結果と対応している。また、本実験の測定温度範囲内では損失弾性率 (E'') が製織の前後でほとんど変化がないことは、興味ある現象である。すなわち、 E' は T_g 以下の温度域で著しく荷重履歴効果を受けるのに対し、 E'' は荷重履歴効果をそれほど受けないことは注目に値し、別途詳細に検討する¹³⁾。

製織後の時間経過がよこ糸物性に及ぼす影響を図

Fig. 6 Effect of warp tension on relative mechanical properties of the weft yarn ; ● : relative modulus of elasticity, □ : relative strength and △ : relative elongation.

Fig. 7 Effect of weft tension on relative mechanical properties of the weft yarn ; ● : relative modulus of elasticity, □ : relative strength and △ : relative elongation.

5に示す。 rS と rE は製織直後10時間までは値が低い傾向にあり、製織後20~30時間以降はほぼ一定値を示す。他方、 rM は製織直後からほぼ一定値を示す。これらの結果より、以後のよこ糸物性測定は、各物性が安定する製織後50時間経過後に行った。

3.1.3 各種製織条件がよこ糸物性に及ぼす影響

図6は、たて糸張力が製織後のよこ糸物性に及ぼす影響を示す。 rM はたて糸張力の増加に伴い約

Fig. 8 Effect of the machine speed on relative mechanical properties of the weft yarn ; ● : relative modulus of elasticity, □ : relative strength and △ : relative elongation.

Fig. 9 Effect of the weft yarn density on relative mechanical properties of the weft yarn ; ● : relative modulus of elasticity, □ : relative strength and △ : relative elongation.

15%減少している。これに対し、 rS はたて糸張力にほとんど依存せず、それは製織前に近い値を示している。 re はたて糸張力が低い場合に10%低下しているが、それ以外のだて糸張力範囲ではたて糸張力に依存せず、その値も製織前に近い値を示す。

以上の結果より、たて糸張力が rM に及ぼす効果の程度と rS および re に及ぼすそれには差異があることがわかる。すなわち、製織条件が rM と rS (re を含む)の低下に及ぼす機構はそれぞれ異なると推測される。また、図中の点線で囲われた部分は、一般にジェットルームで製織する場合に使用されるたて糸張力範囲 (たて糸1本当たり2~3 mN/dtex)を示している。図より、通常のだて糸張力条件でもよこ糸は製織により弾性率が約15%低下し、たて糸の開口性を上げるためにたて糸張力を高く設定すると、さらに弾性率が低下することが予想される。

製織時のよこ糸張力と製織後のよこ糸物性の関係を図7に示す。本実験のよこ糸張力を変えた範囲では、 rM 値はよこ糸張力に依存せず、約15%減少した一定値を示すことがわかる。他方、 rS 値と re 値はよこ糸張力の増加に伴い減少することがわかる。

製織時の織機回転数と製織後のよこ糸物性の関係を図8に示す。本実験の織機回転数を変えた範囲内では、各物性値とも織機回転数に依存せずに一定値を示す。 rM 値は製織前より約15%減少した値を示し、 rS および re は製織前に近い値を示すことがわかる。

よこ糸密度と製織後のよこ糸物性の関係を図9に示す。60本/inch以下のよこ糸密度範囲ではよこ糸

密度の増加に伴い rM が急激に減少し、60本/inch以上のよこ糸密度範囲ではよこ糸密度にかかわらず rM が一定値を示すことがわかる。また、本実験のよこ糸密度範囲では、 rS および re はよこ糸密度に依存せず、それらは製織前に近い物性値を示すことがわかる。

以上の結果をまとめると rM 、 rS および re は製織により低下するが、その低下の傾向が rM と rS (re を含む)で異なることがわかった。

3.2 各種組織がよこ糸物性に及ぼす影響

組織を変えた場合のよこ糸物性測定結果を図10に示す。図中の組織の種類を表す数値は、組織最小繰返し単位のだて糸がよこ糸に対して上にあるか下にあるかを表現している。例えば、1/1は平織りを示し、組織の最小繰返し単位がたて糸2本で構成され、最初のだて糸はよこ糸の上であり、次のたて糸がよこ糸の下にあることを示している。図より、組織により rM 、 rS および re が変化していることがわかる。特に、組織変化に対する rM と rS および re の関係は逆の傾向を示し、平組織では rM の低下が大きく、 rS および re の低下は小さい。これに対し、綾1/7やよこ畝4/4組織では rM の低下は小さく、 rS および re の低下が大きいことがわかる。これらの結果より、製織条件が rM に及ぼす影響と rS (re)に及ぼす影響の間には相関が低いことが明らかである。そこで、次に rM と rS (re)を支配する因子を求める。

よこ糸曲率半径 p と製織後のよこ糸物性変化の

Fig. 10 Effect of the fabric weaving patterns on relative mechanical properties of the weft yarn ; (1) : relative modulus of elasticity, (2) : relative strength and (3) : relative elongation.

Fig. 11 Effect of the radius of curvature of the weft yarn on relative mechanical properties of the weft yarn; ●: relative modulus of elasticity, □: relative strength and △: relative elongation.

関係を求め、その結果を図11に示す。図より、 rM は ρ の減少に伴い直線的に低下しているのに対し、 rS および rE と ρ の間の相関は低いことがわかる。この結果は、 rM は ρ により大きく支配されていることを意味する。次に、よこ糸屈曲の範囲を示すパラメータ L と製織後のよこ糸物性変化の関係を図12に示す。図より、 rS および rE は L の増加にともない低下しているのに対し、 rM と L の間の相

Fig. 12 Effect of the bending length of the weft yarn on relative mechanical properties of the weft yarn; ●: relative modulus of elasticity, □: relative strength and △: relative elongation.

関は低いことがわかる。この結果は、 rS および rE は L により強く支配されていることを意味する。このように、 rM は ρ の増加に伴って増加するが L に強く依存しないこと、他方、 rS および rE は L の増加に伴って低下するが ρ にあまり依存しないことは興味ある実験結果である。

ここで、よこ糸に加わる荷重履歴として、よこ糸張力の他によこ糸挿入後の織り構造形成時に生じるよこ糸の屈曲が考えられる。この屈曲によるよこ糸のひずみは、織り構造形成直後のよこ糸のひずみ量と等しいと考える。そこで、製織直後の機上から織り構造を固定した織物試料を取り出して断面計測を行い、その織物中のひずみ量（クリンプ率）を求め、このひずみ量とよこ糸に使用した糸の弾性限界の図2（2）を比較し、織り構造形成時に生じるよこ糸のひずみにより発生する rM の減少率を推定した。この rM の減少率と実測の引張試験による rM の減少率を表2に示す。平織り、よこ畝4/4ともによこ糸のひずみ量から推測される rM の減少率と実測の引張試験による rM の減少率がほぼ一致する。また、一般にたて糸張力とよこ糸密度はよこ糸のひずみに大きく影響することが知られており^{6,7)}、3.1節でこれらの製織条件が rM の減少に影響することを示している。したがって、弾性率の低下は織構造形成時によこ糸が屈曲するときに生じるひずみに起因すると推測される。

また、 rS および rE 低下の原因は、織り組織形成時によこ糸に発生する応力集中と製織後の織物と織機部材との摩擦が考えられる。そこで、摩擦が rS 低下に及ぼす影響を検討するために、織機部材と織物との接触を考慮して機上の織物を4区域に分け、各区域の織物中からよこ糸を採取し、そのよこ糸物性を調べた（表3）。PositionAは織り前とフェルプレート（FP）間であり、織物は織機部材と接触しない。PositionBはFPとサーフェイスローラー（SR）間にあり、織物はFPに接触する。PositionCはSRとプレスローラー（PR）の間にあり、この区間で織物はSRとPRに接触する。PositionDはPR以後の巻き取られるまでの区間である。PositionA～Dの順に織物と織機部材の摩擦は増加しているのに対し、表中の rS および rE はほぼ一定値を示していることから、織物と織機部材の摩擦が rS および rE の低下に及ぼす影響は小さいと考えられる。したがって、 rS および rE の低下は、よこ糸屈曲時に生じる応力集中が主な原因と推測され、材料力学の

Table 2 Effects of strain of weft yarn in the fabrics on decreasing rate of rM

Textile weave	A (%)	B (%)	C (%)
Plain	2.3	17	15
Rib 4/4	1.8	3	0

A: Strain of the weft yarn estimated from the crimp ratio

B: Decreasing rate of rM estimated

from the strain shown in the column A and Fig2-(2)

C: Decreasing rate of rM estimated from the Load-Strain of the weft yarns

in the fabrics

Table 3 Effects of the fiber collecting position in the loom on relative mechanical properties.

Item	Position A	Position B	Position C	Position D
rS	0.83	0.83	0.86	0.85
$r\epsilon$	0.63	0.61	0.69	0.66

Position A: front of fabric - fell plate (temple)

Position B: fell plate (temple) - surface roller

Position C: surface roller - press roller

Position D: press roller - cloth roller

観点からは p に依存すると考えられるが、このことが実験結果に反映されていない。この原因として、製織の際に繊維のマイグレーションが生じ、糸内部の繊維のひずみが均一化することが考えられる。また、 rS および $r\epsilon$ が L の増加に伴って減少する機構として、応力集中する場所の増加が考えられる。

以上の結果より、糸の弾性限度内の張力しか付加されない製織条件であっても、よこ糸物性は製織条件により変化することがわかった。特に、製織条件が製織後のよこ糸の比弾性率に及ぼす影響とそれが比最大強度および比ひずみに及ぼす影響は傾向が異なり、それぞれ異なった機構が働いている。よこ糸の比弾性率の低下は織り構造形成時によこ糸が屈曲する影響が大きく、たて糸張力、よこ糸密度の増加にともないよこ糸の比弾性率は低下し、特に、織り組織のよこ糸曲率半径 p の減少にともないよこ糸の比弾性率は約15%低下することがわかった、また、よこ糸張力の増加および織物中のよこ糸屈曲量 L の増加に伴いよこ糸の比最大強度、比ひずみは減少することがわかった。

3.3 製織がよこ糸破断過程に及ぼす影響

よこ糸の比最大強度が低下する原因を探るため、製織前のよこ糸の破断過程と図10で製織後の rS が大きく低下したよこ畝4/4組織のよこ糸のそれを

比較した。破断過程の観察を容易にするために、よこ糸にはポリエステル84dtex/5fのモデル糸を使用した。図13は、付加するひずみを変えたいくつかの繊維表面を観察し、クラックの発達段階順に並べた結果である。繊維表面のクラック形状を観察すると、この繊維の破断過程は2種類あることがわかる。ひとつは繊維軸方向に直線状のクラックが入り、そのクラックが菱形にひろがり破断に至る場合であり、このクラックをタイプAと表現する。タイプAには、単独にクラックが発生する場合 (Type A-I) と、クラックが繊維軸方向に連続的に発生する場合 (Type A-II) があり、クラックは図中①～④の番号にしたがって進展し破断に至る。もうひとつは、繊維軸に対し垂直方向にクラックが入る場合であり、このクラックをタイプBと表現する (Type B)。タイプBのクラックも図中①～④の番号にしたがって進展して破断に至る。特に、②および③のクラック形状は明らかにタイプAとは異なることがわかる。

製織前のよこ糸とよこ畝4/4組織のよこ糸の繊維試料30本以上に対し、決められたひずみを付加し、このひずみを付加した段階で試料が未破断の場合はその繊維表面を電子顕微鏡で観察した。そして、前述の繊維の破断タイプを参考にして各試料の破断過程を、繊維表面にクラックが観察されない場合を No-crack、タイプAのクラックのみ観察され

Fig. 13 Scanning electron micrographs of polyester fibers; the strain of fiber increases with increasing the number in the circle.

た場合を Type-A, タイプ B のクラックが 1 か所でも観察された場合を Type-B と分類した. 図 14 は付加したひずみ量と各破断タイプの割合を表している. ただし, 図 (1) は未破断試料数に対する No-crack の割合を, 図 (2) は未破断試料数に対する Type-A の割合を, 図 (3) は未破断試料数に対する Type-B の割合を表している. 図 (1) より, 同一ひずみでも, 製織前のよこ糸の方が畝 4/4 のよこ糸よりクラックが観察されない割合が高く, 製織前のよこ糸と比較してよこ畝 4/4 のよこ糸はクラックが発生しやすくなっていることがわかる. 図 (2) より, 製織前のよこ糸の場合は, タイプ A の割合がひずみの増加に伴い増加しているのに対し, よこ畝 4/4 のよこ糸の場合は, タイプ A の割合がひずみ量に依存せず比較的一定であることがわかる. 図 (3) より, タイプ B の割合は, 製織前のよこ糸およびよこ畝 4/4 の場合にかかわらずひ

ずみの増加に伴い増加しており, よこ畝 4/4 の場合の方が製織前のそれより増加する割合が若干高いことがわかる. 以上の結果より, 製織によりクラックの発生が増加するだけでなく, タイプ B のクラックの割合が増加し, これらがよこ畝 4/4 織物のよこ糸の rS および rE が低下する原因のひとつと推測される.

4. 結 論

エアージェットルームの製織条件がよこ糸の物性に及ぼす効果を検討した結果, 次のことが明らかになった.

①織物製織工程でよこ糸張力が糸の弾性限度内であっても, 製織後の最大強度・最大強度ひずみ・弾性率・貯蔵弾性率 (T_g 以下の温度領域) などのよこ糸物性値が低下する. この弾性率が低下する現象と最大強度および最大強度ひずみが低下する現象

Fig. 14 Effect of the weaving pattern on breaking patterns of the fiber in the yarn; ●: original yarn and ○: fiber in Rib 4/4 fabric.

は、それぞれ独立の現象として取り扱うことができる。

②よこ糸弾性率が製織の時に低下する主因として、織り構造形成時によこ糸が屈曲することにより生じる繊維軸方向の荷重（ひずみ）が考えられる。

③よこ糸張力の増加および織り組織のよこ糸屈曲量の増大に伴いよこ糸の最大強度・最大強度ひずみは

低下する。この最大強度および最大強度ひずみが低下する現象は、製織時の織り構造形成時によこ糸に加わるひずみが屈曲箇所集中することが原因と推測される。具体的には、この応力集中が原因で繊維に生じるクラック数が増加するだけでなく、繊維軸と垂直方向に発達するクラックが増加し、その結果、製織後のよこ糸最大強度と最大強度ひずみが低下することが考えられる。

今後は、ウォータージェットルーム、レピアルームやシャトルルームなどを使用して同様の実験を行い、製織条件が糸物性に及ぼす影響について他の織機との比較・検討を行いたい。

（謝辞）本研究の実験に協力してくれた福井大学学生山崎周亮君に感謝します。

（追記）本研究の一部は、繊維機械学会北陸支部研究発表会（1999. 12. 高岡）および繊維機械学会年次大会（2000. 6. 大阪）にて口頭発表した。

Reference

- 1) Sen-i Gakkai, "Saishin no Boushigijutu", P27, Koubunshi Kankoukai Co. (1992)
- 2) S. Kawabata M. Niwa and S. Nakabayashi; Text. Mach. Soc. Japan (Japanese Ed), Vol. 28, T153-156 (1975)
- 3) T. Kinari, A. Hojo, S. Shintaku and N. Iwaki; Sen-i Gakkaishi, (Japanese Ed), Vol. 46, 311-317 (1990)
- 4) T. Kinari, A. Hojo, S. Shintaku and N. Iwaki; Text. Mach. Soc. Japan (Japanese Ed), Vol. 44, T118-125 (1991)
- 5) A. Bossmann, M. Beier and E. Scholleyer; Textile Praxis International, Feb., P111-113 (1989)
- 6) M. Chino, M. Tanaka and M. Suzuki; Sen-i Gakkaishi (Japanese Ed), Vol. 37, T502-508 (1981)
- 7) M. Chino and M. Suzuki; Sen-i Gakkaishi (Japanese Ed), Vol. 33, T272-279 (1977)
- 8) M. Niwa and S. Kawabata; Text. Mach. Soc. Japan (Japanese Ed), Vol. 26, T208-215 (1973)
- 9) S. Kawabata, "Huuihyouka no hyoujunka to kaiseki", P 6, Text. Mach. Soc. Japan (1980)
- 10) S. J. Kim, G. D. Yeo, M. H. Park and T. H. Kim; The 5th Asian Textile Conference, P1032-1035 (1999)
- 11) K. Yoshida, S. Kawabata and J. Hasegawa; Text. Mach. Soc. Japan (Japanese Ed), Vol. 40, T99-108 (1987)
- 12) Text. Mach. Soc. Japan, "Senikougaku IV", P164, Text. Mach. Soc. Japan (1991)
- 13) A. Masuda and N. Ogata; Unpublished data.