

硬質繊維の製織技術

開発技術部：金山賢治*・森実恵利

1. はじめに

当産地における綿織物を主体とした織布企業においては、輸入品の増大、需要の低迷等の厳しい経済環境の中で、新規性織物の開発とそれを可能にする生産技術の開発が求められている。

今回、新規性織物の開発手段として、従来のポリエチレン、ナイロン等の素材と比較して曲げ剛性の大きなポリフェニレンサルファイド (PPS) 及びポリエーテルエーテルケトン (PEEK) のモノフィラメントを素材とし、これら硬質繊維のメッシュ織物の試作を通して、その製織技術、製織条件及びタテ曲がり・ヨコ曲がり等織物の構造物性との関連等について検討した。

また、試作の過程でオサに非常に大きな負荷が加わりオサが変形したため、オサに加わる荷重計測の手法及びオサ羽荷重と製織性との関係について検討をした。

2. 試験方法及び結果

2.1 織物規格

織物規格は、表1に示すとおりとした。

表1 織物規格

使用 原 糸	素材	PPS ¹⁾	PEEK ²⁾
	線径 (mm)	0.193	0.158
	織度 (D)	353	229
	200gf荷重 伸び率 (%)	0.8	0.6
	密度 (本/2.54cm)	40×40	60×30～50
	組織	平織及びその他	

1) ポリフェニレンサルファイド

2) ポリエーテルエーテルケトン

2.2 製織準備

2.2.1 タテ糸の準備 (整経工程)

ダイレクト方式による部分整経にてタテ糸の準備を行った。ダイレクト方式とはドラムにいったん糸を巻いてからビームに巻き返すのではなく、綾枕をある特殊ビームへ直接糸を巻く方式をいう。

糸の引出し方法については、タテ取り方式では引出し撚りのため糸がクリンプし真直に整列しないため整経不可能であった。このため、小割したつば付きボビンからヨコ取り方式により給糸した。糸の引出し方法は、引出し撚りの入らないヨコ取り方式とすべきであることが分かった。

つば付きボビンに小割したタテ糸は、試作のクリールスタンド (図1) から給糸することとした。



図1 試作クリールスタンド

クリールスタンドの総本数が少ないため、部分整経では所定の織幅にするには各バンドの幅が狭くバンド数を多くしなければならない。

*現 西三河消費生活センター

このため、クリールスタンドに立てる一つのボビン内に複数の糸を巻く方法を試みたが、1ボビン内の各糸長が異なることから、引出し時に糸が絡まって糸切れし、この方法では不可能であることが分かった。

整経時の張力付加は、糸をゴムローラと金属ローラとの間に通し、ゴムローラの回転負荷抵抗により調整した(図2、図3)。この時の糸張力は、始動時180gf/本、稼働時120~130gf/本であった。稼働時の各糸間の張力変動は、10g前後で概ね良好な整経ができたと思われる。

これ以外の張力負荷方式として、クリールに立てた各ボビンのシャフトにスプリングを通し、このスプリングの押さえ圧によりボビンに回転負荷抵抗を加える方法を試みた。しかし、各ボビンの張力調整に手間取り、しかも各ボビン間で張力差を生じる等の問題点があり、実用性に欠け良好な整経ができなかった。

前オサ及び綾取りオサ等の金属部分と糸との摩擦により、著しい静電気の発生が認められた。この著しい静電気により整経機を停止させたとき、各糸間に斥力が働き糸の不整列の原因となり糸の取扱いを困難にする。疎水性の素材を扱う場合には除電対策が必要であり、今回、高電圧放電方式の除電バー及びカーボンブラシによる除電方法を試みたところ、後者の方が除電効果が大きかった。

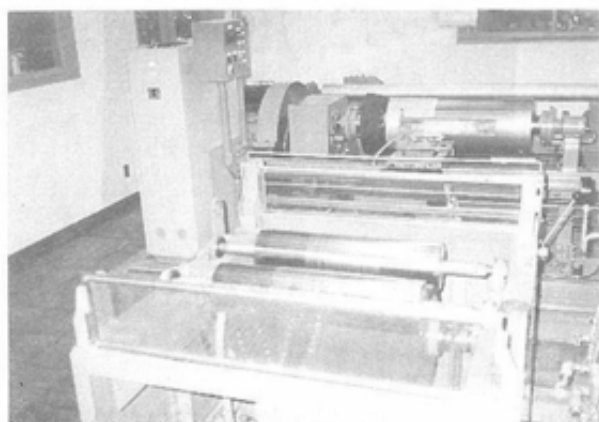


図2 整経時の張力付加 (その1)

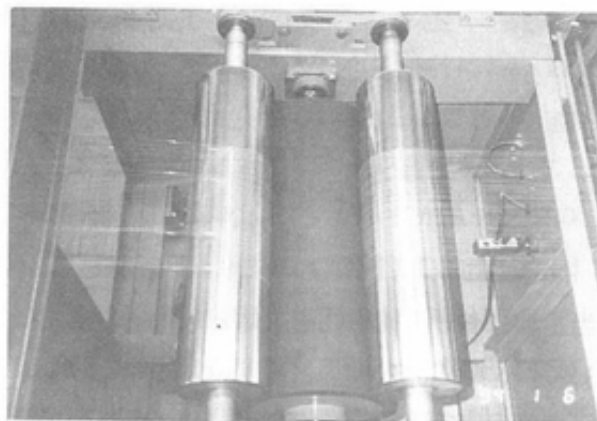


図3 整経時の張力付加 (その2)

ビームへの巻取りは、シャフト径 ϕ 32cm(外周約1m)の綾枕のある特殊ビームヘダイレクト方式で巻取りを行った(図4)。巻取り時の糸長変動を少なくするためには、シャフト径は大きい方が効果があると思われる。

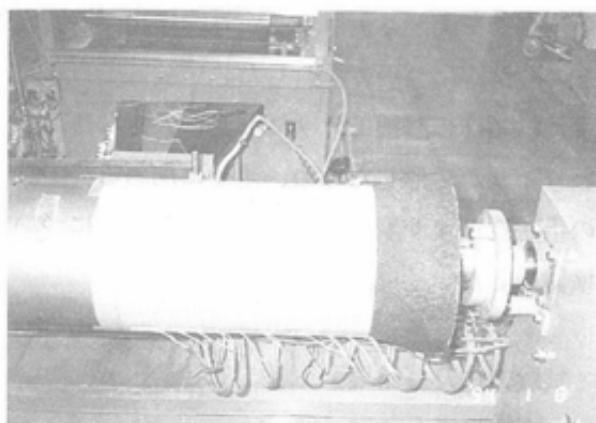


図4 特殊ビームへの巻取り

2.2.2 ヨコ糸の準備

ヨコ取り方式により直径 ϕ 30cmのジャンボボビンに糸を巻き返した。PPS繊維の場合ワインダー給糸ガイド部分にPPS粉の付着が認められた。素材の特性として表面摩擦係数が大きいため生じるものと思われる。スプレー式のシリコンオイルにより防止できた。ジャンボボビンから織機への給糸はタテ取り方式とした。

2.3 製織試験

製織試験は、表2に示す条件で行った。

表2 製織条件

織 機	特殊片側レピア織機 (関岩間織機製作所製)
糸通し条件	オサ密度：40羽/inch 及び60羽/inch
	オサ通幅：57.9cm 及び62.2cm
	オサ通し：1本/羽

2.3.1 オサ羽間空隙率と製織性

平織メッシュの製織時において、タテ糸の間隔が均一にならず(図5)、しかも各タテ糸間隔が製織中にランダムに変化する現象が認められた。(以下、この現象を「タテ糸不整列」という。)



図5 タテ糸不整列

この原因は、オサ羽の空隙率が大きすぎるため、タテ糸が左右に移動することから生じるものと推測して、表3に示すように一枚のオサ中に3

種類の空隙率を作り、このオサで製織した場合、タテ糸の整列状態に与える影響について検討した。

表3 オサ羽間空隙率

オサ番手	オサ厚	オサ羽間	空隙率*1
60#	0.397mm	0.238mm	1.23
70#	0.343	0.292	1.51
80#	0.302	0.333	1.73

※1 糸の線径を0.193mmとして
(オサ羽間) / (オサ厚) にて求めた。

その結果、推測に反してオサ羽間空隙率が異なってもタテ糸不整列は直らなかった。このタテ糸不整列は他の原因によるものと思われる。

2.3.2 タテ糸張力と製織性

次に、タテ糸不整列の原因は、タテ糸張力変動にあると推測し、三種類の試験を試みた。

第一の試験は、織機の停止状態でタテ糸不整列の認められる任意のタテ糸1本を選び図6のAに示す間丁の中ほどの位置で、100gの重りをぶら下げたときの距離(L_1)を測定し、次にその隣のタテ糸についても同様に(L_2)を測定し、このように順次その隣のタテ糸の(L_n)を測定して行き、(L)の相対的な比較から各タテ糸間の張力差を比較し、これを織り前のタテ糸間隔との関係を調べ、その結果を図7に示した。

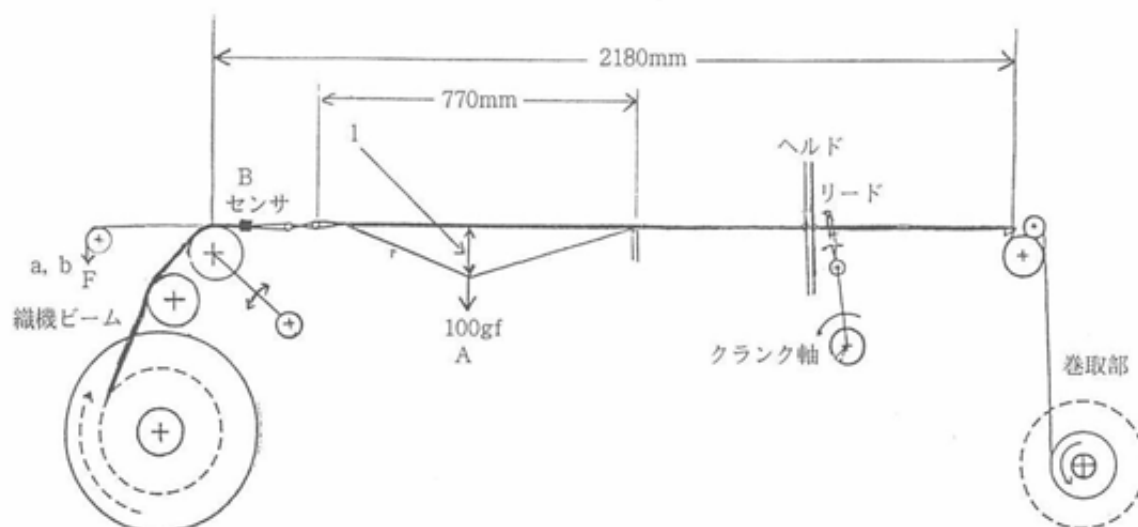


図6 タテ糸張力の測定位置

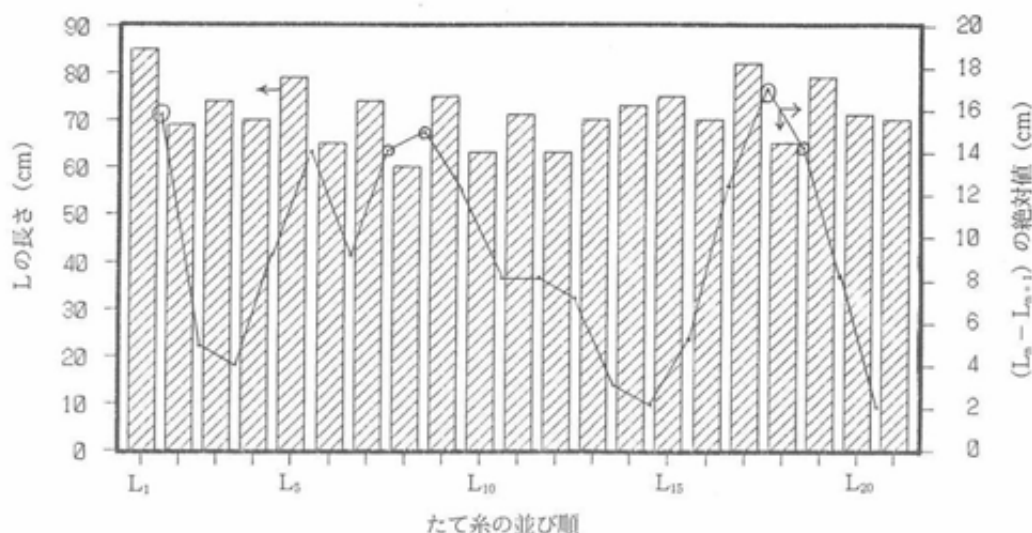


図7 タテ糸張力測定結果

$(L_n - L_{n-1})$ の値が大きいときにタテ糸間隔が狭くなり、その隣り又は一つおいて隣りでは逆に広くなる傾向を示した。

第二の試験は、タテ糸不整列の認められる任意の位置で、隣り合うタテ糸2本を選び、図6のBの位置において、この2本のタテ糸の各々に3点ローラー式の張力センサーを取付け、約30cm程製織した。この時織布上における2本のタテ糸の間隔は狭くなったり広くなったりすることを確認し、この時の各張力経時変化をレコーダーに記録し、比較検討した。

試験の結果、張力経時変化とタテ糸間隔との間に相関は認められなかった。測定した2本の糸の両外側の糸張力の影響及びこれ以外の影響を受けているものと思われる。また、測定時に加わる張力など測定方法等にも問題があるものと思われる。

第三の試験は、タテ糸不整列の認められない任意の位置において、タテ糸1本を間丁の中程で切断し、その糸の織り前側の端に50gまたは200gの重りをぶら下げた。こうした状態で製織した時、初め等間隔であったタテ糸間隔が張力の強弱によりどの様に変化するか調べた。

製織結果を図8、9、10に示した。

図8は、正常時のものでタテ糸及びヨコ糸の断面図から、織物構造はタテ・ヨコ曲がり構造であ

ることがわかる（タテ糸張力：140g）。

図9は、200gの張力を加えたもので、織物はタテ糸が真直なヨコ曲がり構造となり、強いタテ糸の両側の糸が外側に広がり、タテ糸不整列が発生している。

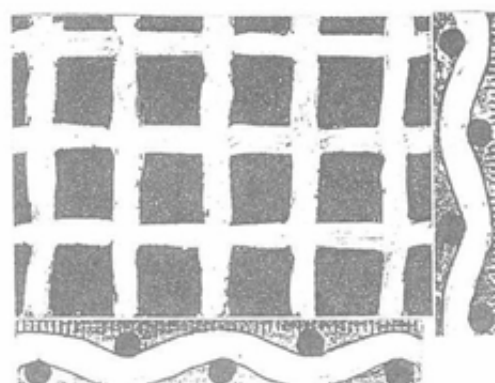


図8 正常時

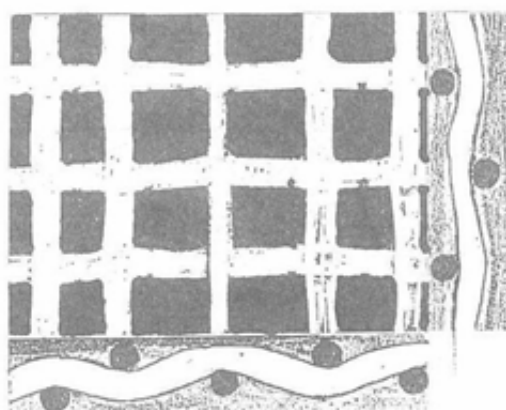


図9 200gの張力

図10は、50gの張力を加えたもので、織物はヨコ糸が真直なタテ曲がり構造となり、弱いタテ糸の両側の糸が内側に寄り、タテ糸不整列が発生している。

各写真のタテ糸方向及びヨコ糸方向の断面図をトレースした詳細図を図11及び図12に示した。

タテ糸間隔、織物の構造、クリンプ角、織物の厚さ等の関係がよくわかる。これに関連した実験をPeirceは、数学的に織物のクリンプ理論として説いている。

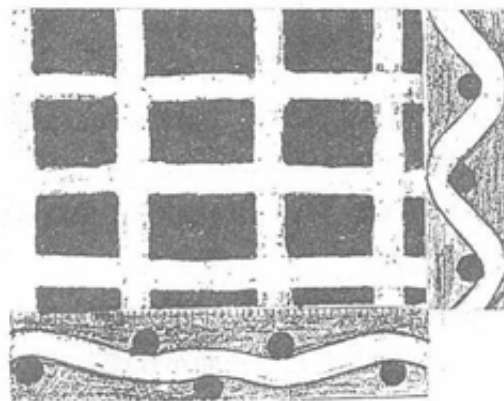


図10 50gの張力

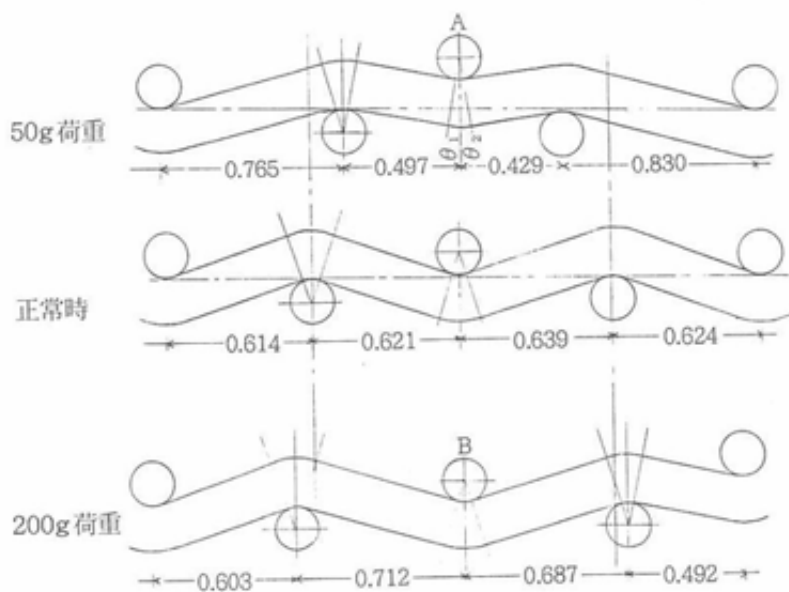


図11 織物構造トレース図 (タテ糸)

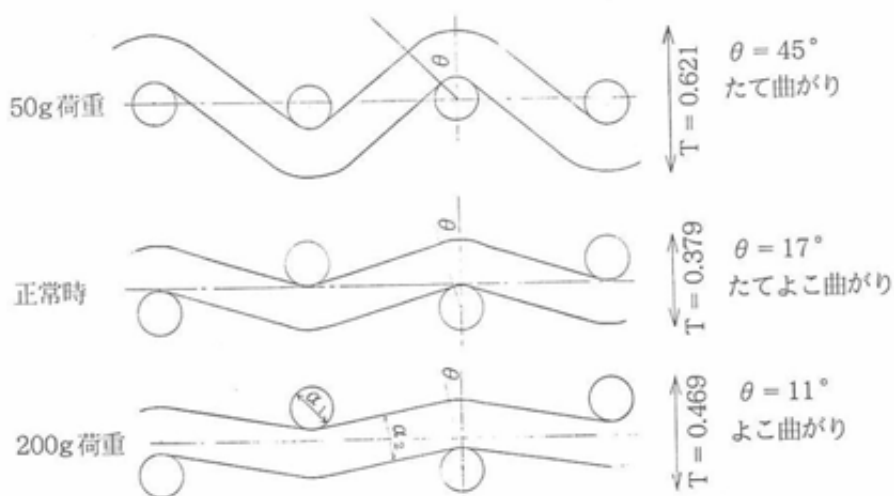


図12 織物構造トレース図 (ヨコ糸)

これまでの三種類の試験の結果から、各タテ糸間の張力の不均一は、タテ糸の不整列の原因の一因であることが分かった。

また、このとき糸の交錯状態が変化し、織物構造にその現象が現れることが分かった。

2.3.2 織物構造（タテ曲がり、ヨコ曲がり）と製織性

タテ糸不整列が織物構造と関係することから、極端にヨコ曲がり又はタテ曲がり構造となる様に、ヨコ糸に柔らかい糸又は硬い糸を用いて製織試験を行った。

図13は、ヨコ糸に曲げ剛性の小さなポリエチレン（PE）のモノフィラメントを用いた場合で、図14は、ヨコ糸に曲げ剛性の大きな液晶ポリエステル（LCP）を用いた場合である。いずれの場合にもタテ糸不整列は無くなり、きれいにタテ糸が整列する。

これは、タテ方向及びヨコ方向ともに曲げ剛性の同じ糸で組織する場合、タテ糸間の張力差から部分的にタテヨコ曲がり構造が崩れ、交錯点でタテ糸が左右に移動し、タテ糸不整列が生じていたものが、ヨコ糸に曲げ剛性の異なる糸を組織することにより、全ての交錯点でヨコ曲がり又はタテ曲がり構造となるため、タテ糸の張力差が織物構造の変化に影響しないため、部分的なタテ糸の移動としてタテ糸不整列が生じないものと思われる。

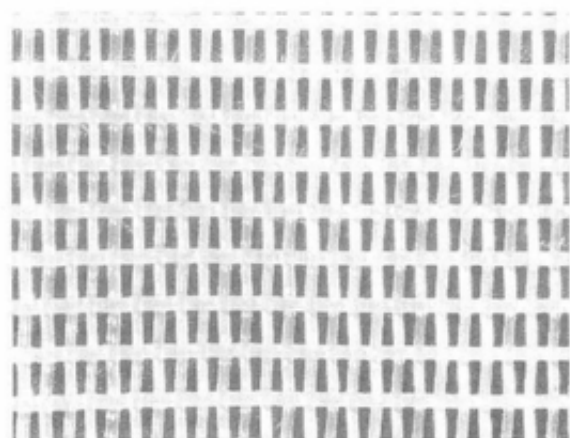


図13 ヨコ糸PEの織布（ヨコ曲がり）



図14 ヨコ糸LCPの織布（タテ曲がり）

図14は、ヨコ糸に曲げ剛性の大きな液晶ポリエステル（LCP）を用いた場合である。いずれの場合にもタテ糸不整列は無くなり、きれいにタテ糸が整列する。

これは、タテ方向及びヨコ方向ともに曲げ剛性の同じ糸で組織する場合、タテ糸間の張力差から部分的にタテヨコ曲がり構造が崩れ、交錯点でタテ糸が左右に移動し、タテ糸不整列が生じていたものが、ヨコ糸に曲げ剛性の異なる糸を組織することにより、全ての交錯点でヨコ曲がり又はタテ曲がり構造となるため、タテ糸の張力差が織物構造の変化に影響しないため、部分的なタテ糸の移動としてタテ糸不整列が生じないものと思われる。

2.3.4 その他の製織条件と製織性

タテ糸総張力の大きな変動は、「ヨコ段」欠点の原因となった。

糸が硬いのでヨコ糸の打ち込みを確実にするために、開口タイミングをクロッシングタイミング（ $300 \sim 310^\circ$ ）にして、イー징グモーションは小さく、間丁の長さを短くすることが必要であった。ただし、タテ糸に及ぼすダメージが大きいためタテ糸むらのある糸において糸切れを生じた。

耳部分のタテ糸が、両側数cmの幅でオサ打ちの時にオサ羽との間で擦れて損傷を受け粉を生じた。これは、織布の織縮みによるオサ羽部分でのタテ糸の屈曲に起因するものと思われる。織機の低速運転及びタテ糸のオイリングにより対処し

た。また、オサ羽の断面形状を改良することも効果があると思われる。ヨコ糸張力調整センサー部においても擦れによる粉が発生し、ヨコ糸張力の調整不良となり「ヨコ糸ゆるみ」欠点の原因となるため、オイリングによる同様の対策を行った。

また、織布の両耳部はポリエステル紡績糸2本によってからみ組織で固定したが、このからみ糸に最も近い両サイドの1本目と2本目のタテ糸が織り進むにしたがって緩んできた。緩む理由としては、からみ組織での固定が不十分なことと左右の糸の曲げ剛性と組織のバランスとの関係より両サイドに押し広がるため、その分だけタテ糸の屈曲が小さくなるためと思われる。からみ組織を3本からみ組織にすると完全ではないがかなり防止効果があった。

以上、開口タイミング、間丁の長さ、イージングモーションの大きさ、タテ糸総張力の強さ等の製織条件の影響、タテ糸耳部のゆるみ、糸切れ、糸の擦れ、ヨコ段等欠点防止策などに関するモノフィラメントの製織上の技術的知見を得ることができた。

3. 試作センサーによるオサ羽荷重の計測

図15に示すように、オサ中央部のオサ羽一枚を選び、このオサ羽の下部固定点側において、タテ糸最大開口時にセンサーが接しないところをセンサー取り付け位置とした。回路構成は、出力向上と温度特性の改善のため4ゲージ法(図16)によった。

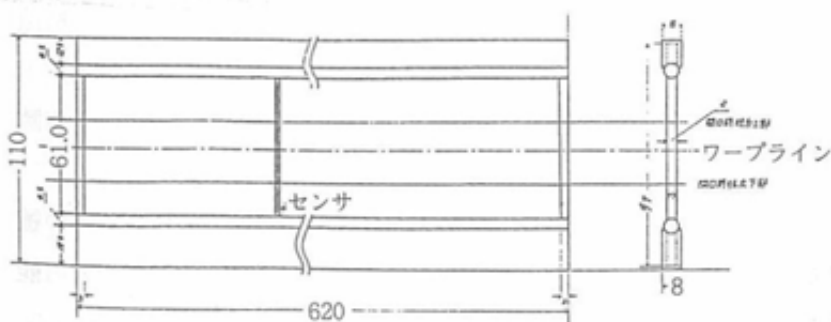


図15 センサー取り付け位置

図17及び図18に示すように、オサ羽の両側面に2軸直行の金属箔歪ゲージをオサ打ち方向に対して45°方向に貼り付けたオサ羽荷重センサーを試作した。これによりオサ羽荷重を測定し、ヨコ糸の種類及びヨコ糸打ち込み密度を変えたときのオサ羽荷重との関係を調べた。

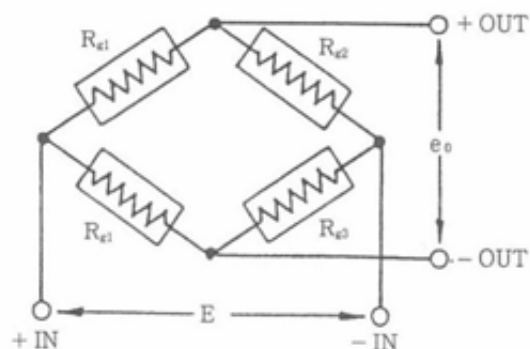


図16 4ゲージ法

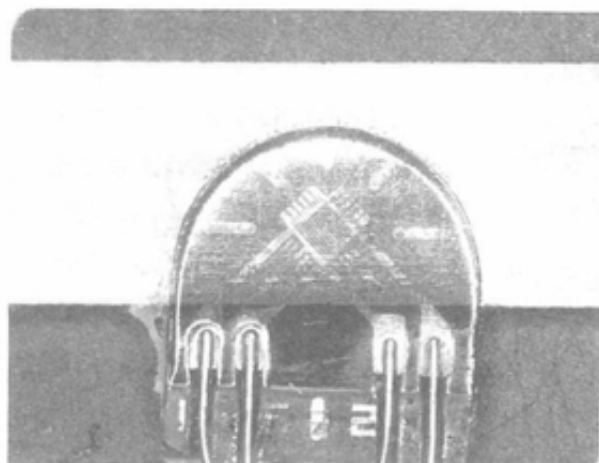


図17 オサ羽荷重センサー

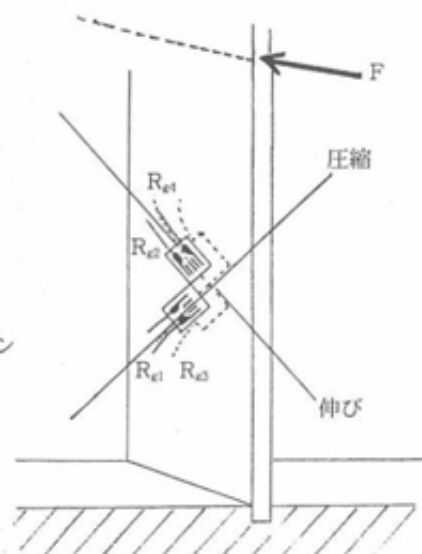


図18 金属箔歪ゲージの取付け

測定の一例を図19に示した。オサ打ち毎に高いピークとしてオサ羽に加わる衝撃波が観測されたので、この高さをオサ羽荷重とした。オサ羽荷重の絶対値は、予め既知の荷重を加えて、荷重と出力電圧との間で検量線を作製し算出した。

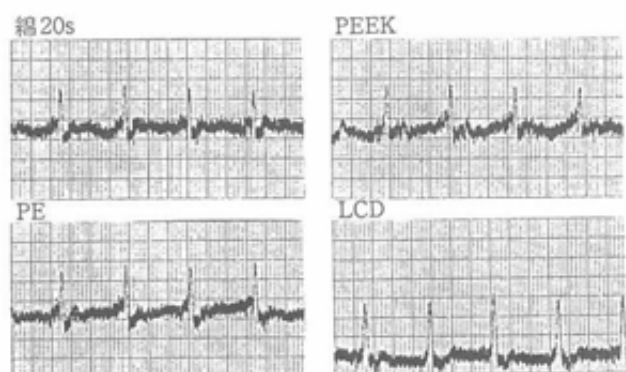


図19 オサ羽荷重測定結果の一例

測定結果のまとめを図20に示した。オサ羽荷重は、ヨコ糸の曲げ剛性と相関があり、綿糸、ポリエチレン (PE)、PEEK、LCPと曲げ剛性が大きくなるにしたがって、オサ羽荷重は大きくなる。また、オサ羽荷重は、ヨコ密度が増加するにしたがって同様に大きくなる。

このことから、試作のオサ羽荷重センサーにより、ヨコ糸の種類及び密度の変化によるオサ羽荷重を検出することが可能であり、ヨコ入れ密度の製織限界も推測可能である。

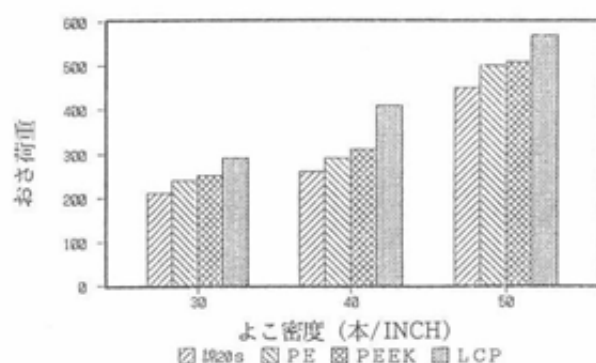


図20 オサ羽荷重測定結果

なお、試作のオサ羽荷重センサーの評価において、起歪体の厚さが薄いためヨコ方向及びねじれ

による歪が生じやすく、間隔の狭い位置にゲージを取り付けなければならないというきびしい条件下での作製であり、測定方向以外の歪は4ゲージ法(図16)によりキャンセルするように対処したが完全には消去できなかった。さらに、センサー引き込みケーブルより織機本体、インバーター等のノイズを拾うため測定精度を向上する為にはさらにこれら及び起歪体の選定、センサー取り付け位置等の検討が必要である。

また、ヨコ入れ製織限界とオサ羽荷重との関係に関して、詳細な試験及び解析等は、今回都合により行っていないので今後これらに関してさらに試験をする必要がある。

4. まとめ

PPS及びPEEKを素材とするモノフィラメントの硬質繊維を製織するにあたって、以下のことが分かった。

開口タイミング、間丁の長さ、イーピングモーションの大きさ、タテ糸総張力の強さ等の製織条件の影響、タテ糸耳部のゆるみ、糸切れ、糸のすれ、ヨコ段等欠点防止策などに関するモノフィラメントの製織上の技術的知見を得ることができた。

平織のタテ糸が左右に移動し不整列が生じる「タテ糸の不整列」は、織物構造が均一なタテ・ヨコ曲がり構造とならないためであり、各タテ糸間相互の張力差、タテ糸とヨコ糸の曲げ剛性のバランス、交錯点での糸の摩擦等に起因していると考えられる。この「タテ糸の不整列」を防止するためには、均一なタテ・ヨコ曲がり構造の織物構造にする必要があり、そのためには、タテ糸間張力の均一化が重要と思われる。なお、オサ羽間空隙率の影響はほとんどなかった。

試作のオサ羽荷重センサーにより、ヨコ糸の種類及び密度の変化によるオサ羽荷重の検出が可能である。