(1996年8月26日受付・1997年3月20日受理)

シームパッカリングに及ぼす縫目構造中の 推定糸張力の影響

奈良女子大学 森 美友喜・丹羽 雅子
滋賀県立大学 川端 季雄

Effect of Thread Tension on Seam Puckering

Miyuki Mori^{*1}, Masako Niwa^{*1}, and Sueo Kawabata^{*2}

^{*1}Nara Women's University, Nara, 630 Japan

^{*2}The University of Shiga Prefecture, Shiga, 522 Japan

Abstract : The relation of thread tension, seam puckering, mechanical properties of fabric, and dynamic thread tension was studied to clarify the mechanism of seam puckering. The thread tension was estimated using the relation between the twist angle of thread and tensile forces in a seam. The estimated thread tension was less than one-third of tension of the dynamic needle thread when take-up lever is at the highest position. As the estimated thread tension increases, seam puckering gets worse. It is shown that the estimated thread tension is higher in the fabric with high bending stiffness, even when the same degree of puckering occurs.

(Received 26 August, 1996 ; Accepted 20 March, 1997)

1. 緒 言

シームパッカリングには、縫糸の張力が大きく影響することが注目され、縫糸の張力は、小さいほどシームパッカリングが緩いことが経験的にも実験的[1]にも明らかにされている。また、縫目の形状モデルとして、縫糸張力をパラメータとした研究[2]もみられる。

本研究は、シームパッカリングの機構解明のために、縫目構造中の糸張力を推定する方法を検討する。本報では、縫製前後の縫糸の捻角度を測定し、角度変化から縫目構造中の糸張力を推定する。さらに、推定された縫目構造中の糸張力と縫製時の動的糸張力、シームパッカリング、布、縫糸の力学物性などとの関係を調べ、シームパッカリングの発生機構を考察するための資料とする。

2. 縫糸の捻角度変化による糸張力の推定方法

顕微鏡の載物台の上に、縫糸の試料原長25mmの中央部

分の同一箇所が常に観察可能な様に、左右両方のクランプチャックが、等速可動する装置を取り付けた。伸びひずみの測定精度は0.04%である。縫う前の糸をこの装置にセットし、図1のように、まず無伸長状態で写真撮影し、伸び率 $\varepsilon_T=0\%$ のときの捻角度 θ_0 を測定する。次に、ひずみ速度約0.2%/secで糸を顕微鏡下で伸長して、前述の同一箇所を写真撮影し、 $\varepsilon_T\%$ の伸長に伴う捻角度 θ_T を測定して、 θ_T と ε_T との関係を求める。

このようにして測定された縫糸の ε_T における θ_T は、図2(b)のような伸長に伴って減少する捻角度の関係が得られる。捻角度の小さい糸に関しては大きい測定誤差を伴うであろうことが予想されることから測定回数を1試料につき5箇所を繰り返して測定とした。

一方、引張り試験機KES-G1[3]によって試料長100mm、引張りひずみ速度0.2%/secで糸の伸長特性を測定し、図2(a)に示す縫糸の ε_T と F_T との関係を求める。これら2つの関係から、 ε_T に対する θ_T と F_T の関係を図3のように求め

Thread : Y1

Fig. 1 Change of the angle of twist during extension

る。一試料につき5本の θ_T - F_T 曲線の平均曲線をその糸の撓角度と糸張力の関係を表す縫糸の特性値とする。これらの関係を用いて、以下に述べる縫目構造中の縫糸の撓角度の測定結果から縫目構造中の糸張力を推定する。

予備実験によって縫製中に受けた縫糸および布のひずみ履歴のために、縫製後時間経過に伴う撓角度変化のみられることから、縫目構造中の縫糸の撓角度の測定は、24hr放置後に行う。縫目試料は布幅50mm、長さ300mmの中央を縫製した試料で、顕微鏡の載物台の上ののせ、縫製された縫糸の撓角度を、前述した縫う前の糸の場合と同倍率で写真撮影し、縫目構造中の縫糸の撓角度を測定する(図4)。この縫目構造中の縫糸の撓角度を θ_s とする。1試料につき、図5のように縫目試料長さ300mmの中央と、中央から2cmずつ離れた付近で5箇所測定し平均値を採用する。この θ_s に対する糸張力 F_T' を次のように推定する。

まず、図2(b)の θ_T - ϵ_T 曲線を用いて、 θ_s に対応する ϵ_T' を求める。次に、図2(a)の ϵ_T - F_T 曲線を用いて、 ϵ_T' に対応する F_T' を求める。このために、前述のとおり、図2の ϵ_T に対応する θ_T と F_T との関係から、図3に示した縫糸固有の撓角度 θ_T を与えたときの張力 F_T の関係を用いて、縫目構造

Fig. 2 Relation between the angle of twist of thread θ_T , extending strain ϵ_T , and extending force F_T (Thread : Y1)

Fig. 3 Relation between the angle of twist of thread and estimated thread tension (Thread : Y1)

Thread Y1, Fabric III

Fig. 4 Angle of twist for the thread in a seam

Fig. 5 Measurement point of twist angle

中の縫糸の撓角度 θ_s に対する糸張力 F_T を推定する。

3. 実 験

3.1 縫目試料

本実験に用いた縫目試料作成用の縫糸は、収集した市販縫いミシン糸71種から太さがほぼ同一で引張り特性の大きく異なる糸3種を選んだ。これらの糸の一般の縫製において最大動的上糸張力に相当する荷重200gfにおける荷重-伸長・回復率曲線を図6に示す。

試料糸Y1が最も伸びやすく、次いでY2, Y3の順に伸びにくい。ミシン縫製時にミシン糸が受ける変形様式、荷重レベルを考慮した縫糸の力学特性および表面特性の測定項目と実験条件を設定し〔4〕, 測定した試料糸の諸特性

Fig. 6 Tensile property of sewing thread samples

Fig. 7 Change of angle of twist for thread samples

Table 1 Mechanical Parameters of Sample Threads

Properties and Parameters		unit	Y1 Polyester* ¹ 23tex	Y2 Silk* ² 22tex	Y3 Polyester* ² 26tex
<u>Tensile(break)</u>					
F_y	yielding load	gf	138	314	263
e_y	yielding strain	%	3.10	2.97	1.91
F_b	breaking load	gf	872	931	1167
e_b	breaking strain	%	17.10	26.29	17.90
<u>Tensile(Max. load, $F_{max}=200gf$)</u>					
EM_y	tensile strain at F_{max}	%	6.80	2.45	1.70
LT_y	linearity	-	0.978	0.692	0.721
WT_y	tensile energy	gf cm	6.70	1.69	1.23
RT_y	tensile resilience	%	41.58	67.10	88.80
R_7	residual strain at 7th cycle	%	3.00	0.836	0.330
<u>Bending</u>					
B_y	bending stiffness	gf cm ²	0.00080	0.00154	0.00191
$2HB_y$	bending hysteresis	gf cm	0.00080	0.00138	0.00145
<u>Friction</u>					
PF	friction force between thread and needle	gf	413	429	422
FF	difference of going down and up friction forces	gf	140	167	166
<u>Compression</u>					
EMC	compressional strain at 250gf/mm	-	0.5956	0.6020	0.6635
LC_y	linearity	-	0.466	0.472	0.429
WC_y	compressional energy	gf cm/mm	6.700	6.300	6.765
RC_y	resilience	%	30.9	28.9	37.3
C_0	compressional strain at 5gf/mm	mm	0.1929	0.1773	0.1900

*¹ spun, *² Filament

値を表1に示している。Y1はポリエステルスパン糸で、Y3は、同フィラメント糸である。Y3の破断強度 F_b は、付表に示したミシン糸51種の平均値より約1 σ (標準偏差)大きく、Y1, Y2は、ほぼ平均値付近である。Y1の B は、平均より1~2 σ 小さい。針との摩擦力 FF はY1が平均値より1 σ 小さく、他の糸は平均値付近、横圧縮特性における各特性値は各糸とも平均値 $\pm 1\sigma$ の範囲にあるが、Y3の糸は圧縮回復率が大きく、平均より+2 σ の値を示す。

これらの糸の θ_T と e - F_T 曲線から求めた F_T との関係を各試料糸について図7に示している。Y3のポリエステルフィラメント糸は、伸長による撚角度の変化が小さく、同じポリエステル糸であってもスパン糸のY1は、Y2の絹糸

とともに伸長による撚角度の変化が大きい。

縫目試料作成用の布は、本実験では衣服用の布を代表できるように、 B が比較的大きい中厚手の冬用紳士スーツ地布I、これより1/10程度 B の小さい婦人ドレス用薄手布であるポリエステル新合纖布III、布Iと布IIIの中間の B 重量 W 、厚さ T をもつ春夏用紳士スーツ地布IIを選んだ。これらの布の高感度測定条件[5]で測定した基本的力学特性、および表面特性の値を表2に示す。

これらの縫糸、布を用いて縫目試料をシンガー工業用ミシン(Singer industrial products 591DX110GA)で作成した。試料は、たて糸に沿う長さ300mm、幅50mm、中表2枚重ねで、幅の中心を縫製する。この縫目試料サ

Table 2 Basic Mechanical and Friction Properties of Fabric Samples

Properties	Symbol	unit	I	II	III
Tensile	<i>LT</i>	-	0.735	0.800	0.707
	<i>WT</i>	gf cm/cm ²	0.37	0.49	0.64
	<i>RT</i>	%	78.1	76.1	74.0
Bending	<i>B</i>	gf cm ² /cm	0.1138	0.0485	0.0176
	<i>2HB</i>	gf cm/cm	0.0369	0.0142	0.0042
Shearing	<i>G</i>	gf/(cm degree)	0.86	0.31	0.25
	<i>2HG</i>	gf/cm	0.70	0.26	0.16
	<i>2HG5</i>	gf/cm	2.04	0.61	0.35
Compression*	<i>LC</i>	-	0.477	0.605	0.614
	<i>WC</i>	gf cm/cm ²	0.0885	0.0687	0.0141
	<i>RC</i>	%	52.9	36.5	28.1
Surface	<i>MIU</i>	-	0.155	0.270	0.219
	<i>MMD</i>	-	0.0138	0.0348	0.0217
	<i>SMD</i>	micron	2.80	6.59	2.32
Weight	<i>W</i>	mg/cm ²	23.49	16.26	10.61
Thickness	<i>T</i>	mm	0.923	0.688	0.341
Air Resistance	<i>AR</i>	kPa sec/m	0.8598	0.0458	0.3060

*Measuring condition : High sensitivity condition Tensile ; $F_{\max}=50\text{gf}$, Compression ; $P_{\max}=10\text{gf}$

イズはJIS立体レプリカ[6]に基づいている。縫製速度は約1400r.p.m.で、縫目幅2.2mm、下糸張力は通常、縫製技術者が採用する下糸張力15gfとする。この測定は、一定速度で針板針穴より下糸を引っ張ることのできる静的糸張力測定機(1)により測定した。上糸の静的張力は約50gfから300gfまで、上糸調子ダイヤルによって変化させる。縫目試料縫製時の動的上糸張力は天秤と針の間に設置したひずみゲージにより計測した。縫製時の動的上糸張力の

測定例を図8に示す。天秤が最上位で発生する動的上糸張力の値を10針の平均値で扱うこととし、これを T_{DN} とする。本実験に用いた縫糸、布試料における、 T_{DN} と T_{SN} との関係は図9に示すように試料布よりも縫糸の性質によって異なり、試料糸Y1は T_{SN} が200gfまでは T_{DN} と静的上糸張力 T_{SN} のレベルがほぼ等しく、それ以上では T_{SN} より T_{DN} の方が大きい。Y2では T_{SN} が170gf以下の範囲では T_{SN} と T_{DN} とは同程度、あるいは T_{DN} より T_{SN} の方がやや大きい。Y3では、高張力の範囲で T_{SN} より T_{DN} の方が大きい傾向がみられる。

3.2 縫目のシームバックリング評価

縫目試料のシームバックリングは、JIS立体レプリカ[6]を用いて7名により評価し、その平均値を採用した。評価値(シームスムーズネス値：以後SS値とする。)は1~5で、1はシームバックリングが著しい、5は緩い縫目である。SS値のJISとAATCC[7]の評価基準を表3に示している。縫目試料のシームバックリングのJIS立体レプリカによる主観評価値、SS値の評価者間の標準偏差値は、0.385であった。縫目構造中の推定縫糸張力との関係を見る前に、まず縫製時の動的上糸張力とシームバックリング評価値との関係を図10に示した。 T_{DN} が大きいほどSS値が小さい、すなわちシームバックリングが著しい傾向が見られる。また、同程度の T_{DN} と比較すると、 B の大きい布試料Iほどシームバックリングが緩い。縫糸の力学物性によるシ

Fig. 8 Dynamic needle thread tension while a seam is being made

Fig. 9 Relation between the dynamic needle thread tension and static needle thread tension
○Fabric I, △Fabric II, □Fabric III

ームパッカリングの差は、布物性によるほど顕著ではない。実際の縫製現場においては、シームパッカリングがなるべく発生しないような張力調整を行うことから、著しいシームパッカリングの発生している動的上糸張力の高いレベル(ここでは、 T_{DN} が約200gf以上)を無視すると、 B の大きい布に対しては伸びにくい試料糸Y3の方がシームパッカリングが緩く、 B の小さい布に対しては伸びやす

Table 3 The Standard of JIS(6) and AATCC(7) on Seam Pucker

等級	判定基準
5級	判定用標準の5と同程度またはより緩い外観を示すもの、 (SS=5 the best level of seam appearance)
4.5級	判定用標準の4と5の中間程度の外観を示すもの、
4級	判定用標準の4と同程度の外観を示すもの、
3.5級	判定用標準の3と4の中間程度の外観を示すもの、
3級	判定用標準の3と同程度の外観を示すもの、
2.5級	判定用標準の2と3の中間程度の外観を示すもの、
2級	判定用標準の2と同程度の外観を示すもの、
1.5級	判定用標準の1と2の中間程度の外観を示すもの、
1級	判定用標準の1と同程度またはより著しい外観を示すもの、 (SS=1 a very poor level of seam appearance)

() : AATCC standard

Fig. 10 Relation between the dynamic needle thread tension and SEAM SMOOTHNESS

- Fabric I } Thread Y1
- Fabric II } Thread Y1
- Fabric III } Thread Y1
- △ Fabric I } Thread Y2
- ▲ Fabric II } Thread Y2
- △ Fabric III } Thread Y2
- Fabric I } Thread Y3
- Fabric II } Thread Y3
- Fabric III } Thread Y3

い糸の方がシームパッカリングが緩い傾向が見られる。しかし、縫糸の物性とシームパッカリングの関係は、縫うときの張力と大きく関係することがわかる。

4. 結果と考察

4.1 動的上糸張力と縫目構造中の推定糸張力との関係

図11に動的上糸張力と推定糸張力との関係を試料糸Y1, Y2, Y3別に示している。よこ軸は、動的上糸張力の値 T_{DN} 、たて軸に各動的上糸張力で縫われた縫目の推定糸張力 F_T をプロットしている。

本実験に用いた試料糸、試料布の組合せのなかで動的上糸張力の値 T_{DN} が低い場合は、 T_{DN} が約120gf以上で縫ったときに、縫目構造中の縫糸に推定糸張力が存在し、縫目構造中の推定糸張力は、最大で T_{DN} の1/3程度の張力である。また高い T_{DN} の領域では、急激に F_T が増す傾向が認められる。

4.2 シームパッカリングと縫目構造中の推定糸張力との関係

図12に布の力学物性として B をとりあげて推定糸張力 F_T と SS との関係を示している。 B の大きい布 I、次いで布 II の場合、推定糸張力が大きいほど SS 値が小さい。すなわちパッカリングが著しい傾向がみられる。 B の小さい、薄い布 III では、推定糸張力が0gfであっても著しいパッカリングが生じている。この場合、瞬時にかかる動的上糸張力によって布が容易に座屈して、シームパッカリングが発生し、糸は張力から回復したものと考えられ、推定糸張力の存在がみられない。

4.3 布、縫糸の力学物性と縫目構造中の推定糸張力およびシームパッカリングとの関係

SS 値が2.5以下、すなわちパッカリングが問題となる縫目の張力範囲を前述の図11に斜線で示している。試料糸 Y1 で縫製した場合、布 I では、縫目構造中の推定糸張力が約45gf以上で著しいパッカリングを生じているが、布 II、III ではそれぞれ17.7gf, 3.8gf 以上と B が小さく、薄い布ほど推定糸張力が小さいレベルでシームパッカリングが著しく生じている。これらの中～薄手布では、縫糸張力のため、布が座屈し、シームパッカリングが生じ、縫糸が張力から解放された結果、縫目構造中の推定糸張力が小さくなるのではないかと考えられる。他の試料糸 Y2, Y3 の場合も同傾向がみられる。

縫糸の物性と推定糸張力との関係を図12でみると各布試料ともに伸びやすい Y1 の糸ほど縫目構造中の推定糸張力が大きく、伸びにくい Y3 の糸の推定糸張力が最も小さい傾向がみられる。表4に、 SS 値が2.5以下の縫目の推定糸張力の範囲を示している。伸びにくい糸ほど推定糸張力が小さいレベルでシームパッカリングが著しく生じてい

Fig. 11 Relation between the dynamic needle thread tension and estimated thread tension

—○—: Fabric I
 ---△---: Fabric II
 ---□---: Fabric III

↑
 seam pucker
 (The value of $SEAM$
 $SMOOTHNESS$ is
 less than 2.5.)

Fig. 12 Relation of the mechanical property of fabric, estimated thread tension and SEAM SMOOTHNESS

—:Y1, —:Y2,:Y3

Table 4 Region of Estimated Thread Tension for the Seam whose SEAM SMOOTHNESS Value is Less than 2.5

fabric	thread	the region of estimated thread tension (gf)
I	Y1	46.0 ~
	Y2	24.0 ~
	Y3	1.0 ~
II	Y1	17.7 ~
	Y2	4.8 ~
	Y3	1.0 ~
III	Y1	3.8 ~
	Y2	0.0 ~
	Y3	0.0 ~

る。

以上のことから、静的上糸張力、動的上糸張力は、ほぼ直線的関係にあり、その力レベルもほぼ等しい。推定糸張力は、動的上糸張力と直線関係ではないが、動的上糸張力の増加に伴って漸増関係にあり、全般的に推定糸張力が大きいほどシームパッカリングは著しく生じる傾

向が認められた。また、 B の大きい布、伸びやすい糸程推定糸張力が大きい。また、 B の大きい布を縫った場合ほどシームパッカリングが緩く、縫糸物性とシームパッカリングとの関係は、縫われる布物性によって大きく異なる。このことはシームパッカリングの発生は縫製中の動的上糸張力と、布の力学物性に基づく座屈現象と関連づけられることを示唆しており、すでに先行研究でも指摘されているが、本研究ではこれらの関係を別報で理論的に考察する。

5. 結 論

縫目構造中の縫糸の推定糸張力は、本実験に用いた試料布、糸の組合せの範囲では、縫製時の天秤最上位で発生する動的上糸張力の値が約120gf以上で縫った場合に存在し、推定糸張力のレベルは最大で動的上糸張力の値の3分の1程度である。縫目構造中の縫糸の推定糸張力が大きいほどシームパッカリングが著しく生じる、すなわちSS値は小さい。

同じ程度のシームパッカリングが発生している場合と比較すると、本実験に選定した布の B の大きい厚い布は、どの試料糸に対しても、縫目構造中の推定糸張力が大きく、伸びやすい糸は、どの布に対しても、縫目構造中の推定糸張力が大きいことが捉えられた。

これらの実験事実より、上糸張力以外のミシン縫製条件を一定にした場合、本実験に基づく縫目構造中の推定糸張力、布、縫糸の力学物性の相互の関係によってシームパッカリングの発生機構を説明できる手掛かりを得ることができた。

文 献

1. 山田洋子, 森美友喜, 丹羽雅子, 織消誌, 36, 240(1995).
2. J. Amirbayat, *Tex. Res. J.*, 61, 119(1991).
3. S. Kawabata, *J. Tex. Inst.*, 81, 432(1990).
4. M. Mori and M. Niwa, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 6, 20(1994).
5. 川端季雄, 「風合い評価の標準化と解析 第2版」, 風合い計量と規格化研究委員会, 日本繊維機械学会.
6. JIS L 1905(1994).
7. AATCC Test Method 88B : "Smoothness of Seams in Fabrics after Repeated Home Laundering"(1992).

Appendix 1 Mechanical Parameters of Sewing Threads

Properties and Parameters	Mean	S.D.* ²	Conditions
<u>Tensile (break)</u>			
F_y^{*1}	2.293	0.1405	sample length ; 10cm
e_y^{*1}	0.388	0.1097	strain rate ; 0.4%/sec
Fb^{*1}	3.035	0.0919	
eb^{*1}	1.252	0.1443	
<u>Tensile (Max. load, $F_{max} = 200gf$)</u>			
EM_y^{*1}	0.507	0.1820	maximum load (F_{max}); 200gf
LT_y^{*1}	0.923	0.1748	repetitive time; 7 cycle
WT_y^{*1}	0.464	0.2276	sample length; 10cm
RT_y^{*1}	62.05	16.925	strain rate; 0.2%/sec
$R7^{*1}$	-0.0244	0.3186	
<u>Bending</u>			
B_y^{*1}	-2.811	0.1909	maximum curvature; $\pm 2.5cm^{-1}$
$2HB_y^{*1}$	-2.838	0.1931	rate of bending curvature; $0.5cm^{-1}/sec$ sample length; 10cm
<u>Friction</u>			
PF	426.9	16.06	thread tension; 150gf
FF	162.5	22.24	moving rate of the needle; 1 cm/sec moving stroke of the needle; 1 cm
<u>Compression</u>			
EMC	0.118	0.0123	maximum load (F_{max}); 2500gf/cm
LC_y	0.472	0.041	compressional rate; 0.02mm/sec
WC_y	2.277	0.2025	
RC_y	31.3	3.04	
C_0	0.198	0.025	

*¹log, *²standard deviation (n = 51)**Appendix 2** Characteristic Value of Basic Mechanical Properties(5)

Blocked Properties	Symbols	Characteristic Value	unit
Tensile	LT	Linearity	-
	WT	Tensile energy	gf·cm/cm ²
	RT	Resilience	%
Bending	B	Bending rigidity	gf·cm ² /cm
	$2HB$	Histeresis	gf·cm/cm
Shearing	G	Shear stiffness	gf/(cm·degree)
	$2HG$	Histeresis at $\phi = 0.5^\circ$	gf/cm
	$2HG5$	Histeresis at $\phi = 5^\circ$	gf/cm
Compression	LC	Linearity	-
	WC	Compressional energy	gf·cm/cm ²
	RC	Resilience	%
Surface	MIU	Coefficient of friction	-
	MMD	Mean deviation of MIU	-
	SMD	Geometrical roughness	micron
Thickness	T	Thickness at 0.5gf/cm ²	mm
Weight	W	Weight per unit area	mg/cm ²