

울/폴리에스터 혼방직물의 혼용율과 직물 구조인자가 의류의 입체성형성에 미치는 영향

김현아[†]

한국패션산업연구원 연구개발본부

Effect of Blend Ratio and Fabric Structural Factor Affecting Garment Formability of Wool/Polyester Blend Fabric

Hyun Ah Kim[†]

Korea Research Institute for Fashion Industry, Daegu, Korea

Abstract: This study examined the effect of the blend ratio of wool and polyester fibers, yarn and fabric structural parameters to the appearance property and the formability of worsted fabrics. The mechanical properties of twenty types of manufactured worsted and PET/wool blend fabrics were measured using KES-FB and FAST systems. Garment formability increases with the thickness and cover factor as well as increases with wool content. The correlation between KES-FB and FAST system showed a relatively high correlation with an extensibility of 0.98, bending and shear rigidity 0.71; both were higher than polyester synthetic fiber. The correlation coefficient of garment formability between KES-FB and FAST systems was 0.93 and the correlation coefficient between formability and fabric extensibility was 0.8. These results were higher than those of bending and shear rigidity. This revealed that garment formability was influenced by wool content, cover factor and fabric thickness; however, wool content and fabric thickness were the most important factors for the seam pucker. The garment formability of the worsted fabrics can be predicted by fabric mechanical properties measured from KES-FB and FAST systems.

Key words: appearance (외관특성), formability (의류형성성능), KES-FB (가와바타), FAST (파스트), seam pucker (심퍼커), cover factor (커버팩터)

1. 서 론

최근 고급 소모직물의 고급화, 경량화 및 기능화에 대한 연구가 재조명되면서 새로운 고급 의류용 소모직물의 개발이 많이 진행되고 있다. 그러나 이러한 고급 의류용 소모직물이 고급화·고기능화 됨에 따라서 구김, 심퍼커링, 치수변화 등의 외관특성이 나빠지거나 착용성능이 변화하여 소비자들이 착용 중에 불만을 제기하는 경우가 발생하고 있다.

소모직물이 고급화·경량화가 되기 위해서는 섬도가 낮은 파인울(Fine wool) 원료를 사용해야 하며 이들 원료의 세척화로 인해 착용과정에서 외관불량이 더 많이 발생하게 된다. 소모직물의 치수변화는 하이그릴익서팬션(Hygral expansion)과 완화수축(Relaxation shrinkage)이 있으며 이들은 직물의 물리적 특성에 크게 영향을 받고 있다. 그리고 착용과정에서 발생하는 구

김(Wrinkle)도 직물의 물리적 특성에 의해 영향을 받고 있으며(Takahashi & Nishimatsu, 2015) 또한, 봉제과정에서 발생하는 봉목(Seam)의 수축, 봉목의 형태 무너짐 등이 원인이 되어 착용 중에 발생하는 심퍼커링(Seam puckering)도 직물의 물리적 특성에 관계가 된다는 것은 지금까지의 연구(Morooka & Niwa, 1978; Niwa et al., 1981; Niwa et al., 2001; Yamada et al., 1995)에서 밝혀진 바 있다. 연구결과에 의하면 이들의 외관불량은 직물의 물리적 특성 중 섬유 특성, 실과 직물의 설계조건, 그리고 가공조건에서의 여러 가지 공정조건 등에 크게 영향을 받고 있다. 이들 직물의 물리적 특성 변화에 따라서 직물의 역학적 특성이 변화하게 되고 이는 의류의 외관특성을 양호하게 혹은 불량하게 만들게 된다. 선행연구(Niwa et al., 1981; Niwa et al., 2001; Yamada et al., 1995)에 의하면 신 사용 소모직물과 부인용 얇은 드레스 직물에 발생하는 심퍼커링은 직물의 굽힘(Bending), 전단(Shear), 인장(Tensile) 등의 세 가지 역학적 특성과 직물의 무게 등이 크게 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 또한 봉제용 소모직물의 봉제성과 직물의 촉감치가 높은 상관성이 있다고 연구된 바 있다(Komatsu & Morooka, 1978; Morooka & Niwa, 1976). 한편, 직물의 역학특성치는 2차원 직물상태에서 3차원의 의류상태로 바뀔 때의 입체성형성(Formability)에 크게 영향을 미치고 있다. 입체성

[†]Corresponding author; Hyun Ah Kim

Tel. +82-53-721-7472, Fax. +82-53-986-6341

E-mail: ktufl@krifi.re.kr

© 2020 (by) the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

형성을 평가하기 위한 직물의 역학 특성치는 KES-FB system(Kawabata, 1980)과 FAST system(The CSIRO Division of Wool Technology, 1989)에서 측정할 수 있으며 이들 계측기에서 측정된 역학특성치에서 입체성형성을 예측한 연구(Jedda et al., 2007; Lindberg et al, 1961; Ly & De Boos, 1990; Majar et al., 1989; Niwa et al., 2001; Postle & Dhingra, 1989; Shishoo, 1989; Shishoo & Choroszy, 1990)도 많이 수행되어 왔다.

그러나 최근 고급 패션 소재로 많이 사용되고 있는 모섬유와 폴리에스터 섬유의 혼용율에 따른 직물의 역학량 차이와 이들 역학량에서 예측된 외관특성과 착용성능에 대한 연구는 아직까지 많이 연구되지 못하였다. 또한 모섬유의 혼용율이 증가할수록 외관 특성이 우수하여 고급 패션 소재로 많이 사용되지만 가격이 높아지면서 경제성과 내구성 등의 실용적 관점에서의 문제점이 지적되면서 특히, 입체성형성과 봉제성 측면에서는 폴리에스터 섬유의 혼용이 요구되었고, 이에 따른 의류소재의 물성에 미치는 영향에 대한 연구 필요성이 요구되어 왔다. 따라서 본 연구에서는 모섬유와 폴리에스터 섬유 혼용율을 달리한 소모 혼방직물시료 20종의 역학특성치를 KES-FB와 FAST system에서 측정하고 수축특성 변화와 심퍼커링 특성 등의 의류 봉제 특성치와 비교·분석하였다. 그리고 이들 시료들의 역학특성치에서 예측된 외관특성과 착용성능의 객관적 특성치를 이들 물성치와 비교하여 고급 패션 소재 직물의 외관 및 착용성능에 미치는 영향을 울과 폴리에스터 섬유 혼용율과 실과 직물의 구조인자에 관해 조사·분석하였다.

2. 실험

2.1. 시료

시료는 스판덱스가 2% 사용된 신축 스트레치 소모사를 사용한 소모직물 2가지, 실크섬유가 5% 함유된 소모직물, 소모 100%직물, 그리고 울/폴리에스터(50%/50%) 혼방직물 등의 5가지로 구성된 그룹 A와 울과 폴리에스터 스테이플 섬유를 5가지로 변화시켜 혼합시킨 시료로 구성된 그룹 B(15가지 시료)로 모두 20가지의 소모/폴리에스터 패션 소재 시료를 준비하였다. 이들의 상세 특성을 Table 1에 나타내었다.

2.2. 직물의 물리적 특성 측정

직물을 구성하고 있는 실의 변수(Nm)를 측정하였고 직물의 경사와 위사방향의 밀도를 구하여 아래 <Eq.1>(Kim & Kim, 2010)을 사용하여 직물의 커버팩터(Cover factor, D_g)를 직물밀도계수로 계산하였다.

$$D_g = (d_k + d_s)^2 \times F_k \times F_s \times b \quad (1)$$

여기서, $d = \frac{a}{\sqrt{Nm}}$,

Table 1. Specification of the fabric specimens

Group	Specimen no.	Blend ratio(%)	Weave pattern	Weight (mg/cm ²)
A	1	wool 98%, PU 2%	Plain	27.53
	2	wool 96%, nylon 2%, PU 2%	Plain	13.93
	3	wool 95%, silk 5%	Plain	16.25
	4	wool 100%	Plain	14.13
	5	wool 50%, PET 50%	Plain	15.50
B	6	wool 100%	Plain	13.00
	7	wool 100%	Twill	14.95
	8	wool 100%	Plain	14.58
	9	wool 100%	Plain	18.88
	10	wool 50%, PET 50%	Twill	25.40
	11	wool 60%, PET 40%	Twill	13.80
	12	wool 80%, PET 20%	Plain	13.68
	13	wool 80%, PET 20%	Plain	17.78
	14	wool 80%, PET 20%	Plain	17.98
	15	wool 80%, PET 20%	Plain	14.68
	16	wool 60%, PET 40%	Plain	14.03
	17	PET 100%	Twill	20.18
	18	PET 100%	Plain	14.85
	19	PET 100%	Twill	14.30
	20	PET 100%	Plain	14.83

a : yarn correction factor

d : yarn diameter(mm)

D_g : fabric density(cover factor, %)

d_k : diameter of the warp yarn (mm)

d_s : diameter of the filling yarn (mm)

F_k : warp density/cm

F_s : filling density/cm

b : fabric correction factor

2.3. 직물의 외관특성과 치수안정성 측정

직물의 외관특성은 심퍼커링(Seam puckering) 실험을 실시하였으며 KSK ISO 7770에 의거하여 시료 당 3회 실시하여 평균치로서 각 시료의 심퍼커링 값으로 사용하였다. Table 2에

Table 2. Specification of sewing machine

Sewing condition	Detailed characteristics	Optimum sewing conditions
Machine	Sunstar auto sewing machine	●Sewing speed : 2000 rpm
Sewing needle	DB×1 #11(organ)	●Pressor foot pressure : 4 kgf
Sewing thread	Silk 100%, 2/60 Ne	●Shuttle tension (front/back): 100 gf/100gf
Stitch shape	L/2-301	

심퍼커링 실험에 사용된 재봉기의 사양과 봉제조건을 나타냈으며, 각 시료 별 봉제조건은 다음과 같은 최적조건에서 작업하였다. 즉, 봉제속도는 2,000 rpm, 노루발압력 4 kgf 그리고 복실장력은 전방부와 후방부위 각각 100 gf의 조건에서 실시하였다.

치수안정성 평가는 응력완화수축률(R.S., relaxation shrinkage)을 상온수 침지법(KSK 0558)에 의거하여 측정하였다. 수온 25±2°C, 습도 50±4% RH에서 실시하여 <Eq.2>에 의해 계산하였다.

$$R.S.(%) = \frac{L_3 - L_1}{L_1} \times 100 \quad (2)$$

여기서,

L₁: 처리 전의 시료길이(mm)

L₃: 4시간 이상 건조처리 후의 길이 (mm)

2.4. 직물의 역학특성과 입체성형성 측정

직물의 역학특성치는 KES-FB와 FAST 시스템 계측기를 사용하여 측정하였다. 그리고 입체성형성은 KES-FB system에서 측정된 역학량을 사용하여 <Eq.3>을 이용하여 이들 직물이 의류가 되었을 때 입체성형성을 예측할 수 있는 예측치로 계산하였다(Kim & Kim, 2011).

$$F_{KES} = \frac{EM}{F_{max} \cdot LT} \cdot B \quad (3)$$

$$\left(LT = \frac{2WT}{EM \cdot F_{max}} \right)$$

여기서,

F_{KES}: Formability value by KES system

F : fabric formability

F_{max}: 500 gf/cm

EM : extension(%) at F_{max}

LT : tensile linearity

B : bending rigidity(gf·cm²/cm)

FAST 시스템에서 측정된 역학특성치에서 입체성형성을 <Eq.4>를 이용하여 계산하였으며 <Eq.4>에서 굽힘강성(B)은 FAST-2 측정기에서 계측된 캔틸레버 길이(Cantilever length, C)를 사용하여 계산된 <Eq.5>를 사용하였다(Ly & De Boss, 1990).

$$F_{FAST} = \frac{(E_{20} - E_5) \cdot B}{14.7} \quad (4)$$

$$B = W \cdot C^3 \times 9.807 \times 10^{-6} \quad (5)$$

여기서,

F_{FAST}: Formability value by FAST system

E₅: extension(%) under 5 gf/cm load

E₂₀: extension(%) under 20 gf/cm load

B : bending rigidity(μN·m)

Table 3. Mechanical properties of the fabrics measured by KES-FB and FAST system

(a) KES-FB system			
Block of Properties	Symbols	Characteristic	Unit
Tensile	LT	Linearity	-
	WT	Tensile energy	gf-cm/cm ²
	RT	Resilience	%
Bending	B	Bending rigidity	gf-cm ² /cm
	2HB	Hysteresis	gf-cm/cm
Shearing	G	Shear stiffness	
	2HG	Hysteresis at γ = 0.5°	
	2HG5	Hysteresis at γ = 5°	
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
Weight & Thickness	W	Weight per unit area	mg/cm ²
	T	Thickness at 0.5 gf/cm ²	mm
(b) FAST system			
Instrument	Description	Symbol	
FAST-1 Compression meter	Thickness at 2 gf/cm ²	T(2)	
	Thickness at 100 gf/cm ²	T(100)	
	Relaxed thickness at 2 gf/cm ²	RT(2)	
	Relaxed thickness at 100 gf/cm ²	RT(100)	
FAST-2 Bending meter	Bending length	BL	
FAST-3 Extension meter	Extensibility at 5 gf/cm	E5	
	Extensibility at 20 gf/cm	E20	
	Extensibility at 100 gf/cm	E100	
	Bias extensibility at 5 gf/cm	Eb	
FAST-4 Dimensional stability test	Relaxation shrinkage	RS	
Physical properties	Hygral expansion	HE	
	Weight per unit area	W	
	Surface thickness	ST	
Calculated measurements	Bending rigidity	BR	
	Shear rigidity	G	
	Formability	F	

W : fabric weight(g/m²)

C : bending length(mm)

Table 3에 KES-FB와 FAST 시스템에서 계측된 역학량을 나타내었다.

3. 결과 및 논의

3.1. 원료 혼용율과 직물설계 인자가 입체성형성에 미치는 영향

Table 4는 20종 직물시료의 물성치와 구성성유, 실과 직물의 구조인자들의 측정결과를 보인다. Fig. 1은 Table 4에 보인 20

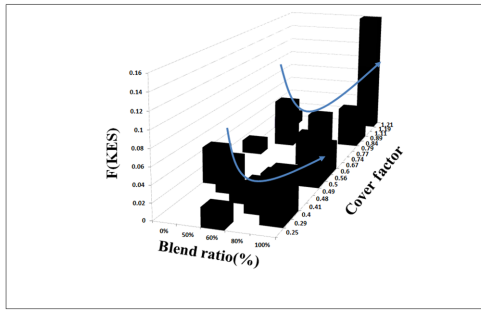
Table 4. Physical properties of fabric specimens

Specimen number	Blend ratio	Yarn linear density(Nm)		Fabric density (ends, picks/in)		Cover factor	Thickness (mm)	Formability			Seam pucker		Relaxation shrinkage(%)		Weave pattern
		wp	wf	wp	wf			T	KES	FAST	Max.	Min.	wp	wf	
1	1.0	34.5	34.9	133.2	70	1.21	0.632	0.1594	1.11	4.7	3.9	2.6	0.5	Plain	
2	1.0	38.8	35.5	73	53	0.4	0.393	0.0526	0.335	4.2	3.6	0.7	1	Plain	
3	1.0	39.5	39.5	89.8	72.4	0.6	0.515	0.0370	0.27	3.6	2.4	2	1.9	Plain	
4	1.0	87.4	54.3	92	71.6	0.56	0.403	0.0301	0.37	3.8	2.6	3.1	1.5	Plain	
5	0.5	29.7 (2/59.5)	29.3 (2/58.6)	60.4	55	0.48	0.435	0.0416	0.51	4.6	3.5	2.5	1.2	Plain	
6	1.0	19.6 (2/39.2)	42 (2/84)	75.4	68.4	0.89	0.364	0.0308	0.11	4.5	3.3	0.5	2.7	Plain	
7	1.0	47.6	44	93.6	82	0.29	0.349	0.0247	0.235	3.9	2.8	1	0.5	Twill	
8	1.0	51.3	52.8	112.6	83.4	0.5	0.381	0.0346	0.36	4.3	3.1	0.9	0.9	Plain	
9	1.0	42.3 (2/84.5)	41.3	117.2	86.8	0.84	0.532	0.0500	0.29	4.4	3.4	2.9	0.8	Plain	
10	0.5	24.5 (2/49)	20.9 (2/41.8)	94.2	60.4	0.79	0.554	0.0597	0.47	4.4	3.1	1.5	0.7	Twill	
11	0.6	38.2	37.9	73.6	66.6	0.25	0.393	0.0225	0.135	4	2.9	1.4	0.5	Twill	
12	0.8	54.3	44.3	91.6	75	0.4	0.469	0.0359	0.24	4.4	2.7	2	1.5	Plain	
13	0.8	35.5 (2/71)	37.7 (2/75.4)	98.8	74.6	0.77	0.522	0.0519	0.315	4.9	3.5	1.7	1	Plain	
14	0.8	37.1 (2/74.2)	38	92.6	74.8	0.67	0.439	0.0396	0.23	4.1	3	1.4	0.7	Plain	
15	0.8	35.4 (2/70.8)	31.4	68.6	58	0.48	0.398	0.0288	0.215	4	2.7	1.7	1.2	Plain	
16	0.6	56.3	54.7	103.4	89.2	0.41	0.391	0.0194	0.145	3.4	2.7	1	0.5	Plain	
17	0.1	22.65 (2/45.3)	31.15 (2/62.3)	95.6	87.8	0.74	0.43	0.0167	0.32	3.5	2.6	1.2	0	Twill	
18	0.1	22.9	30.7	93	81.2	1.19	0.393	0.0156	0.14	2.9	2.5	2	0.8	Plain	
19	0.1	22.15 (2/44.3)	101.9	101	104.4	0.49	0.388	0.0441	0.165	3.5	2.7	1.3	0.5	Twill	
20	0.1	23.1	30.2	92	77.6	1.11	0.366	0.0164	0.135	4	2.5	1.9	0.7	Plain	

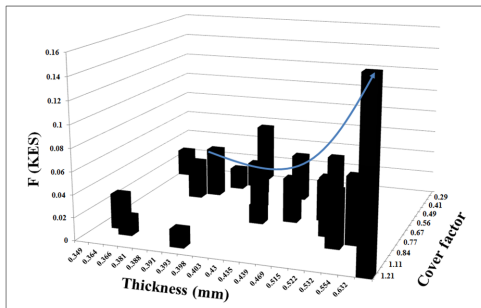
종 직물시료의 울과 폴리에스터 혼용율과 직물두께 그리고 커버팩터에 따른 KES-FB시스템에서 측정된 역학량에서 계산된 입체성형성과의 관계를 도기한 것이다.

Fig. 1(a)는 울 혼용율과 커버팩터에 따른 입체성형성, (b)는 두께와 커버팩터에 따른 입체성형성, (c)는 두께와 울 혼용율에 따른 입체성형성을 나타낸 것이다. Fig. 1(b)에서 두께와 커버팩터의 증가에 따라 입체성형성은 증가하는 것을 볼 수 있으며 초기에 약간 감소하다가 증가하는 현상을 보이는 것은, 일반적으로 얇은 두께에서는 심퍼커 현상이 나타나기 때문에 입체성형성이 감소하는 것으로 보여진다. Fig. 1(a)와 (c)에서 울 혼용율은 울과 폴리에스터가 50%/50% 혼용율일 때 입체성형성이 가장 낮은 값을 보이며 울의 함량이 높을수록 입체성형성이 높은 것을 알 수 있다. 이는 울의 함량이 높은 값을 가질 때 외부에서 가해지는 변형에 대한 탄성회복성이 우수하여 입체성형성이 높은 값을 보인다고 사료된다. 그러나 폴리에스터 100%

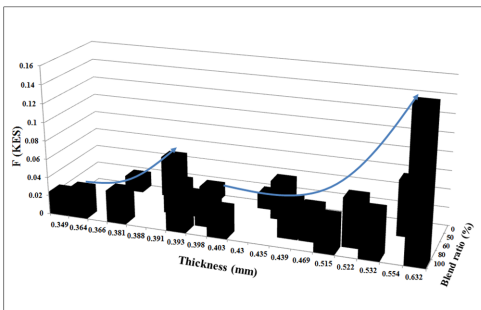
직물이 입체성형성이 높은 값을 보이는 것은 이 직물의 굽힘강성과 전단강성 등의 값이 높은 값을 가지므로서 입체성형성 값이 높은 값을 보이거나 심퍼커링과 같은 외관특성이 나빠서 입체성형성이 높은 값을 가지는 의미가 없어지게 된다. 앞에서 분석되었듯이 입체성형성에 영향을 미치는 인자가 커버팩터, 울 혼용율 그리고 두께 등이 복합적으로 작용하므로서 입체성형성에 영향을 주는 직물구조 인자를 통계적으로 명확히 알아보기 위해 회귀분석을 실시하였다. Table 5는 이들 직물구조 인자와 입체성형성(F(KES)) 사이의 회귀분석에 의한 회귀식을 나타내며 입체성형성에 울 섬유 혼용율(BR)과 두께인자(T)가 회귀 결정 계수(R²)가 0.785로서 높은 값을 보이며 커버팩터(CF) 인자를 포함시키면 회귀 결정 계수(R²)가 0.799의 높은 값을 보임을 알 수 있다. 즉, 이 회귀식에서 울함량이 입체성형성에 가장 큰 영향을 미치는 인자이며 그 다음이 커버팩터 그리고 직물의 두께 순서로 기여도가 크다는 것을 알 수 있으며 이들이



(a) Formability(F) vs cover factor(CF) vs blend ratio



(b) Formability(F) vs thickness vs cover factor(CF)



(c) Formability(F) vs thickness vs blend ratio

Fig. 1. Formability by KES-FB system against fabric structural parameters.

Table 5. Regression equations between formability and fabric structural parameters

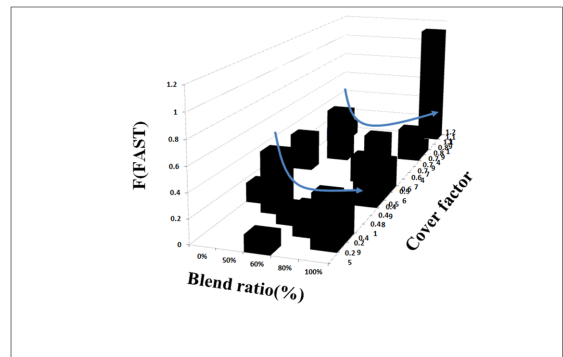
Formability	Regression equation	R ²
F(KES)	$= -0.023 + 0.042(BR) + 0.054(CF)$	0.589
	$= -0.096 + 0.009(CF) + 0.299(T)$	0.771
	$= -0.099 + 0.015(BR) + 0.296(T)$	0.785
	$= -0.1 + 0.021(BR) + 0.019(CF) + 0.26(T)$	0.799
F(FAST)	$= -0.081 + 0.246(BR) + 0.33(CF)$	0.499
	$= -0.609 + 0.216(CF) + 2.038(T)$	0.722
	$= -0.625 + 0.072(BR) + 2.011(T)$	0.730
	$= -0.63 + 0.099(BR) + 0.085(CF) + 1.854(T)$	0.736

증가할수록 입체성형성도 증가함을 알 수 있다.

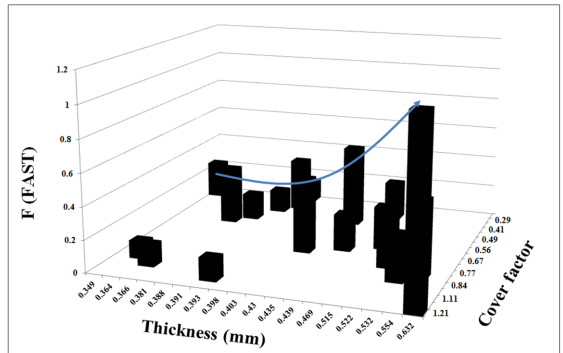
Table 5에서 FAST 실험에 의한 입체성형성(F(FAST))도 KES-FB시스템 결과와 같이 울섬유 혼용율(BR)과 직물두께(T)가 큰 영향을 미치며 커버팩터(CF)도 울섬유 혼용율과 비슷한

정도의 영향을 미침을 알 수 있다. 그러나 이들 3가지 인자에 의한 입체성형성의 회귀식에서 회귀 결정 계수가 0.736으로서 KES-FB시스템의 0.799보다는 다소 낮은 값을 나타내며 이는 KES-FB시스템은 변형에 대한 회복성 인자(3)식에서 LT)가 입체성형성에 고려가 된 것이 FAST실험보다 높은 회귀 결정 계수를 나타내는 이유라고 사료된다. Fig. 2는 이들 3가지 직물 구조인자에 대한 입체성형성의 3차원 그래프를 보인다.

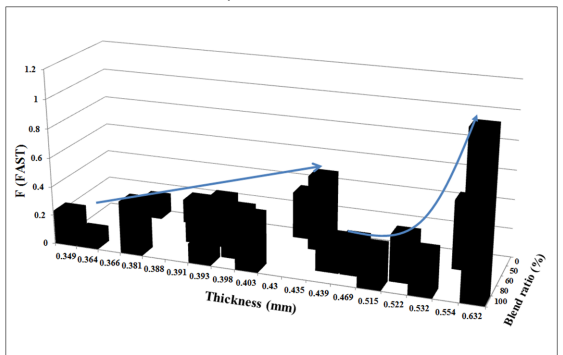
Fig. 2(b)에서 볼 수 있듯이 두께와 커버팩터가 증가함에 따라 입체성형성이 전반적으로 증가하며 역시 Fig. 2(a)와 (c)에서 볼 수 있듯이 울 혼용율에서는 50%/50% 시료에서 가장 낮은 입체성형성을 보임으로서 KES-FB에서와 유사한 경향성을 확보하였다.



(a) Formability(F) vs CF vs blend ratio



(b) Formability(F) vs CF vs thickness



(c) Formability(F) vs blend ratio vs thickness

Fig. 2. Formability by FAST system against fabric structural parameters.

3.2. 원료 혼용율과 직물설계인자가 심퍼커링에 미치는 영향

Table 6은 원료 혼용율과 직물설계 인자와 심퍼커링(S)과의 회귀분석 결과를 나타낸 것이다.

Table 6에서 보듯이 울 혼용율(BR)과 두께(T)가 심퍼커링(S)에 큰 영향을 미치며 회귀 결정 계수가 0.623으로서 커버팩터(CF)보다 직물두께와 울 혼용율이 더 기여도가 높은 것을 알 수 있다. 또한, 입체성형성(F)보다 심퍼커링(S)의 회귀 결정 계수가 낮은 것은 심퍼커링에 영향을 주는 인자는 울 혼용율(BR), 두께(T) 그리고 커버팩터(CF) 이외에 심퍼커링에 영향을 주는 인자 중에서 봉제 시 제봉기의 공정인자가 큰 영향을 미침을 예측 할 수 있다. Fig. 3에 Table 6에서 회귀 결정 계수가 가장 높은 0.623을 보인 인자들, 즉, 두께, 울 혼용율과 심퍼커링과의 3차원 그래프를 도시하였다.

심퍼커링에 영향하는 울 혼용율과 두께의 효과를 볼 수 있으며 0.4 mm의 중간정도의 두께 영역(A)에서 심퍼커링이 좋은 결과를 보이며 울 혼용율이 높으면서 두꺼운 직물 영역(B)에서 심퍼커링이 나쁜 결과를 보임을 알 수 있다. 한편, 원료 혼용율과 직물설계인자가 직물형태안정성(수축률)에 미치는 영향은 Table 4에서 볼 수 있듯이 응력완화수축률이 2.0%를 넘는 시료는 울 100%시료인 1번, 4번, 그리고 9번 시료의 경사방향에서 2.0%를 넘어 3%정도의 값을 보였으며 단지 6번 시료에서는 위사방향으로 2.7%의 응력완화수축률을 보였다. 즉, 울 100% 소재에서 형태안정성이 다소 민감함을 알 수 있다. 이는 울 섬유 구조 상 표면의 스케일(Scale)로 인해서 앞 공정에서 받은 장력이 잠재해 있다가 착용과정에서 수축을 야기할 수 있는 가능성이 높아서 형태안정성에 주의를 필요로 함을 알 수 있다.

Table 6. Regression equations between seam puckering and fabric structural parameters

Seam puckering	Regression equation	R ²
S	=2.712 - 0.305(CF) + 3.527(T)	0.492
	=3.285 + 0.806(BR) + 0.328(CF)	0.543
	=2.581 + 0.612(BR) + 2.404(T)	0.623
	=2.581 + 0.616(BR) + 0.013(CF) + 2.380(T)	0.623

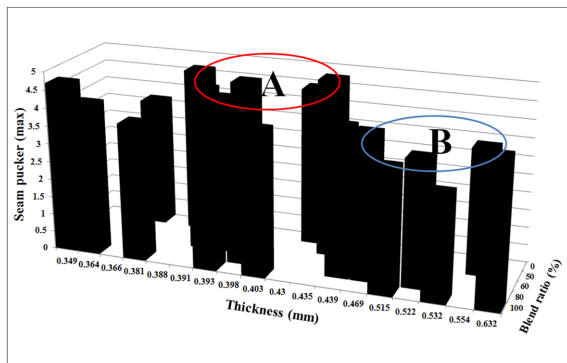
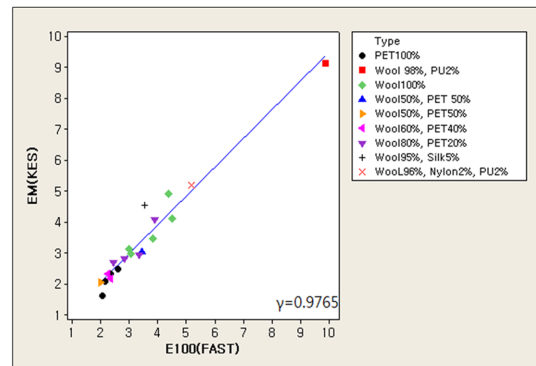


Fig. 3. Seam puckering against fabric structural parameters.

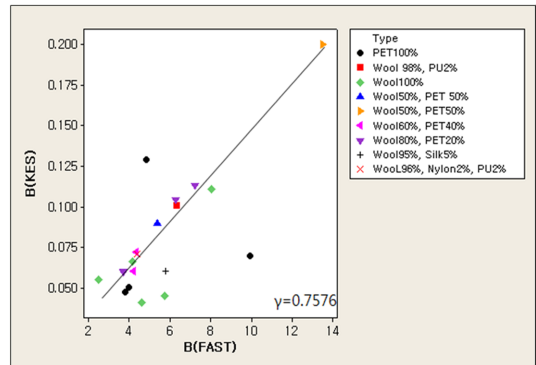
3.3. 직물역학 특성치와 직물의 물성과의 상관성 분석

직물역학 특성치와 물성과의 상관성 분석에 앞서 KES-FB와 FAST 시스템에서 측정된 역학량 중 직물의 물성에 큰 영향을 미치는 직물의 신축특성, 굽힘강성 그리고 전단 강성값에 대해서 2가지 계측기에서 측정된 값을 상호 비교하였다. Fig. 4는 이들 직물 역학량의 상관성을 보인 그래프이다.

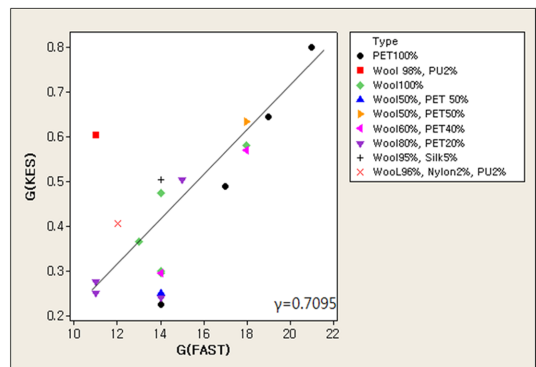
Fig. 4(a)는 KES-FB시스템의 신축특성(EM)과 FAST system의 E100과의 상관성을 보인 것이며 상관계수 0.98의 매우 높은 상관성을 보임을 알 수 있다. Fig. 4(b)는 굽힘강성(B)의 두 계측기의 상관성을 보인 것이며 상관계수 0.76으로서 신축특성



(a) extensibility

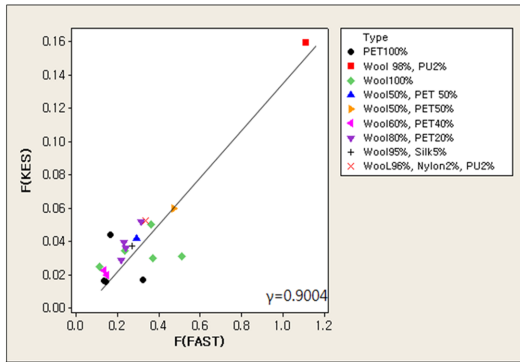


(b) bending rigidity

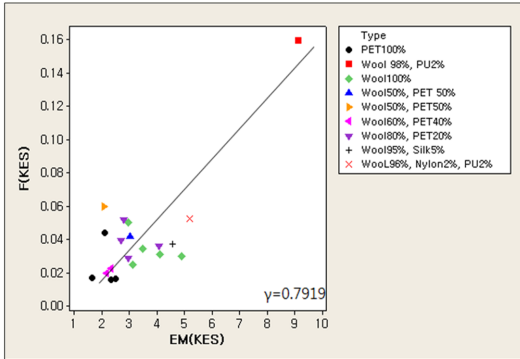


(c) shear modulus

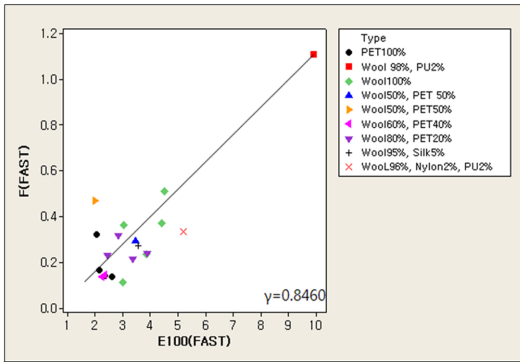
Fig. 4. Relationship of fabric mechanical properties between KES-FB and FAST systems.



(a) KES-FB(F) vs FAST(F)



(b) KES-FB(F) vs EM



(c) FAST(F) vs E100

Fig. 5. Relationship of formability between KES-FB and FAST systems.

보다는 다소 낮은 값을 보인다. 그리고 Fig. 4(c)에 보인 전단강성(G)은 0.71의 상관계수를 보여 역시 신축특성의 상관계수보다는 더 낮은 상관성을 보임을 알 수 있다. 이들 상관계수 값은 폴리에스터 복합사 직물의 이들 역학량들 사이의 상관계수치보다 높은 값으로서 울 소모사들의 탄성적 특성이 화섬사 대비 우수한 성질을 가짐에 기인하는 것으로 판단된다. Fig. 5는 입체성형성(F)의 KES-FB와 FAST 시스템 사이의 상관성과 이들 F에 영향하는 직물의 신축특성과의 상관성을 도시한 것이다. Fig. 5(a)에서 입체성형성의 두 계측기기 사이의 상관계수는 0.90의 높은 상관성을 보였으며 Fig. 5(b)와 (c)에서 불

수 있듯이 입체성형성에 영향하는 역학량 즉, 신축특성, 굽힘강성, 전단강성 중에서 신축특성이 KES-FB기기에서는 0.79, FAST 기기에서는 0.846의 높은 상관성을 보임으로서 입체성형성에 가장 높은 기여를 하는 것을 알 수 있다. 또한 굽힘강성과 전단강성은 각각 0.5 정도의 낮은 상관성을 보였다. 이러한 사실은 직물의 신축특성이 의류의 입체성형성에 주된 파라메타로서 작용하는 것을 알 수 있다.

한편, 입체성형성과 심퍼커링 그리고 심퍼커링과 응력완화수축 물성 사이의 상관성을 분석한 결과를 보면, 심퍼커링과 입체성형성은 KES-FB와 FAST 시스템 모두 상관성이 각각 0.53과 0.48로 낮은 것을 볼 수 있었으며 응력완화수축과 심퍼커링도 상관성이 0.25 정도로 낮아서 심퍼커링은 직물의 구조인자와 재봉기의 심조건이 모두 영향을 주나 직물특성보다 심조건이 기여도가 더 높은 것을 예측할 수 있다.

4. 결 론

1. 소모직물의 직물구조인자 중에서 의류의 입체성형성에 영향을 미치는 기여도는 울섬유 혼용율과 두께 그리고 커버팩터가 0.8 정도의 회귀계수를 보였다. 두께와 커버팩터 증가와 함께 입체성형성은 증가하며 울 함량이 증가함에 따라 입체성형성도 증가하며 폴리에스터 50% 혼합 시 가장 낮은 입체성형성을 보였다.
2. 의류의 외관특성으로서 심퍼커링에 영향을 미치는 직물구조인자는 울 혼용율과 두께가 회귀계수 0.623의 회귀성을 보였으며 커버팩터보다 울 혼용율과 직물두께가 더 큰 기여도를 보였다.
3. 울 소모직물에서 0.4 mm 정도의 직물두께일 때 심퍼커링은 우수한 결과를 보였으며 울 혼용율이 높으면서 두꺼운 직물에서는 나쁜 심퍼커링을 보였다. 직물구조인자가 심퍼커링에 미치는 영향만큼 봉제공정인자도 큰 영향을 미친다는 것을 확인하였다.
4. 소모직물의 KES-FB와 FAST 시스템 간의 역학량의 상관성은 신축특성과 0.98, 굽힘강성 0.76, 전단강성 0.71로서 비교적 높은 상관성을 보였으며 이는 폴리에스터 화섬사 직물보다 높은 상관성을 보였다.
5. 의복형성능에 기여하는 직물역학특성은 직물의 신축특성으로서 0.8 정도의 상관성을 보였으며 굽힘과 전단강성보다 높은 상관성을 보였다. 또한 KES-FB와 FAST 시스템에서 계산된 의복형성능치 간에는 0.93의 높은 상관성을 보였다.

본 연구를 통해서 도출한 연구결과를 산업적인 측면에서 활용하기 위해서는 연구에 사용된 직물 역학량에서 예측한 봉제성과 의류 입체성형성 결과에 실제 봉제 공정에서의 작업을 통해서 봉제성에 대한 결과가 비교된다면 더욱 효율적인 연구가 될 것으로 사료되며, 이는 향후 추가적인 연구의 필요성이 요구된다고 사료된다.

References

- Jedda, H., Ghith, A., & Sakli, F. (2007). Prediction of fabric drape using the FAST system. *Journal of the Textile Institute*, 98(3), 219-225. doi:10.1080/00405000701463920
- Kim, H. A., & Kim, S. J. (2010). Simulation of the weave structural design of synthetic woven fabrics. *Fibers and Polymers*, 11(6), 905-910. doi:10.1007/s12221-010-0905-z
- Kim, H. A., & Kim, S. J. (2011). Seam pucker and formability of the worsted fabric. *Fibers and Polymers*, 12(8), 1099-1105. doi:10.1007/s12221-011-1099-8
- Korean Standards Association. (2017). KS K ISO 7770 Test method for assessing the smoothness appearance of seams in fabrics cleansing. *Korea Agency for Technology and Standards*.
- Korean Standards Association. (2016). KS K 0558 Test method for dimensional change percentage by ironing of woven and knitted fabrics. *Korea Agency for Technology and Standards*.
- Komatsu, K., & Niwa, M. (1978). Studies on the prediction of making-up properties of garment - The prediction of making-up properties of men's suit fabrics for summer. *Journal of the Textile Machinery Society of Japan*, 31, 158-165. doi:10.4188/transjmsj. 31.11_T158
- Kawabata, S. (1980). The standardization and analysis of hand evaluation (2nd ed.). *Journal of the Textile Machinery Society of Japan*. Hand Evaluation Standardization Committee, Osaka.
- Lindberg, J., Behre, B., & Dahlberg, B. (1961). Part III: Shearing and buckling of various commercial fabrics. *Textile Research Journal*, 31(2), 99-122. doi:10.1177/004051756103100203
- Ly, N. G., & De Boos, A. G. (1990). Application of the FAST system to the manufacture of fabrics and garments. *English International Wool Textile Research Society*, 370-379. doi:10.1108/09556229610124008
- Majar, T., Ajiki, I., Dhingra, R., & Postle, R. (1989). Fabric mechanical and physical properties relevant to clothing manufacture (Part III) - Shape formation in tailoring. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 1(3), 6-13. doi:10.1108/eb002950
- Morooka, H., & Niwa, M. (1978). Physical properties of fabrics relating to making-up and good appearance. *Journal of the Textile Machinery Society of Japan*, 24(4), 105-114. doi:10.4188/jte1955.24.105
- Morooka, H., & Niwa, M. (1976). Relations between making-up properties and physical properties of fabrics. *Journal of the Textile Machinery Society of Japan*, 29, T183-T192. doi:10.4188/transjmsj.29.12_T183
- Niwa, M., Yamada, T., & Kawabata, S. (1981). Prediction of the appearance of men's suit from fabric mechanical properties and fabric hand (Part II) - Analysis of men's summer suit using fabric hand values. *Journal of the Textile Machinery Society of Japan*, 34, 76-85.
- Niwa, M., Inoue, M., & Kawabata, S. (2001). Objective evaluation of the handle of blankets. *Textile Research Journal*, 71, 701-710. doi:10.1177/004051750107100809
- Postle, R., & Dhingra, R. C. (1989). Measuring and interpreting low-stress fabric mechanical and surface properties (part III) - Optimization of fabric properties for men's. Suiting materials. *Textile Research Journal*, 59(8), 448-459. doi:10.1177/004051758905900803
- Shishoo, R. L. (1989). Fabric properties and making up processes. *Textile Asia*, 2, 66-73.
- Shishoo, R., & Choroszy, M. (1990). Fabric tailorability. *Textile Asia*, 2(12), 64-71.
- Takahashi, K., & Nishimatsu, T. (2015). Influence of physical properties of wool fabrics on the poor appearance of jacket. *Journal of Textile Engineering*, 61(2), 17-21. doi:10.4188/jte.61.17
- The CSIRO Division of Wool Technology. (1989). Fabric Assurance by Simple Testing Instruction Manual.
- Yamada, Y., Mori, M., & Niwa, M. (1995). A study on seam puckering (Part II) - Prediction of seam puckering of ladies' thin dress fabrics based on mechanical properties. *Journal of the Japan Research Association for Textile End-Uses*, 36(2), 240-248. doi:10.11419/senshoshi1960.36.240

(Received 16 April, 2020; 1st Revised 28 April, 2020;
2nd Revised 11 May, 2020; Accepted 14 May, 2020)