한국의류산업학회지
제19권 제3호, 2017
<연구논문>

pISSN 1229-2060
eISSN 2287-5743
Fashion & Text. Res. J.
Vol. 19, No. 3, pp.344-352(2017)
https://doi.org/10.5805/SFTI.2017.19.3.344

고감성 여성의류용 소모직물의 역학특성, 외관특성 및 의류형성성능

김현아†
한국패션산업연구원 연구개발본부

Garment Formability, Appearance Characteristics and Mechanical Properties of Worsted Fabrics for High Emotional Women's Fabrics

Hyun Ah Kim†
Korea Research Institute For Fashion Industry; Deagu, Korea

Abstract : This study investigated the formability and appearance performance of 20 women's worsted fabrics. For this purpose, 10 foreign fabrics (9 Italian + 1 Japan fabrics) were prepared and 10 domestic worsted fabrics for women were made in Cheil woolen textile company for comparing with foreign fabrics. The mechanical properties of the 20 fabrics were measured using KES-FB and FAST systems; subsequently, fabric formability (F) and total appearance value (TAV) were calculated and compared with a virtual 3-D simulation silhouette by i-designer CAD system. The fabric formability of the domestic fabrics, calculated by KES-FB system, was lower than foreign fabrics, which was assumed to be caused by the stiff tactile property. The result was similar to that of the FAST system. Good wearing performance of the foreign worsted fabric was assumed to be caused by high extensibility and the compressibility of the fabrics. The TAV's of the domestic fabrics were also lower than foreign fabrics. Both the correlation between TAV and formability by the KESFB system and the correlation between TAV and formability by FAST system showed a good correlation coefficient. Fabric formability between KES-FB and FAST systems also showed a good correlation. The 3-D simulation silhouette of the foreign fabric by i-designer CAD system appeared superior to the domestic one, and assumed to be attributed to the low extensibility of the weft direction, stiff bending and high shear properties of the fabric.

Key words : formability (의류형성성능), CAD system (캐드 시스템), total appearance value (외관특성), KES-FB system (가와바타 시스템), FAST system (패스트 시스템)

1. 서 론

새로운 라이프 스타일이 대두되면서 이에 적합한 착용감이 좋은 고감성 소재에 대한 욕구가 증가하여 소재의 고급화를 추구하는 경향이 점점 높아지고 있다. 소재의 고급화를 위해서는 착용과정에서 발생하는 의류의 외관을 나쁘게 하는 물성변화, 즉 심퍼커링, 필링, 수축률 변화에 따른 형태안정성, 구김 그리고 의류의 형태 변형 등이 발생하지 않는 것이 대단히 중요하다. 그러나 이들 물성의 평가는 객관적인 수치로 표현하기 어려우며 표준시료와 비교하는 시험방법을 채택함에 따라 평가의 명확성이 다소 문제가 되며, 이러한 물성을 예측하고 불량 특성의 발생을 줄여 줄 수 있는 방법에 대한 구체적인 처방을 찾는 데에 어려움을 겪어왔다. 따라서 직물 물성의 객관적인 평가에 대한 효율적인 방법과 직물 설계 및 디자인에 대한 컴퓨터 CAD시스템을 이용한 연구가 최근까지 계속되어 왔다.

Dastoor et al.(1994a, b, c)은 직물의 설계 CAD시스템에 관한 연구에서 FABCAD로 불리는 프로토타입 전문가시스템에 관한 연구결과를 발표하였다. Fan et al.(1998a, b)은 소모직물의 공학적 설계 전문가 시스템에 관한 연구에서 WOFAX로 불리는 연구계획을 발표하였다. 이들은 소모직물의 물성과 성능을 예측하기 위한 시스템을 인공 신경망(neural network)을 사용하여 분석하였다. 그리고, 심퍼커링, 필링, 구김 등의 직물표면에서 발생하면서 의류의 외관특성을 나쁘게 만드는 물성을 보다 객관적 평가 방법으로 표현하려는 연구도 WFM(Wavelet-Fractal)방법(Kang et al., 2005; Kim & Kang, 2005)과 인공신경망 방법(Hu et al., 2006; Park & Kang, 1999a, b, c)을 사용하여 많이 수행되었다. 한편 이들 CAD 시스템과는 달리 이미지분석 시스템과 인공지능기능을 이용하여 직물과 의류의 물성을 보다 객관적으로 측정할 수 있는 시스템으로서 2-D시스템인 Virtual Image Display System(VIDS)과 직물 표면분석

†Corresponding author; Hyun Ah Kim
Tel. +82-53-721-7459
E-mail: ktufl@krifi.re.kr
© 2017 (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.

시스템이면서 3-D시스템인 Fabric Eye®(FAN & Hunter, 1998b)가 개발되어 의류물성 측정항목인 필링, 심퍼커링, 구김특성 그리고 드레이프 특성 등의 봉제성을 보다 객관화할 수 있는 시스템의 개발(Hu et al., 2002a, b)이 상업화 되게 되었다. 한편, Gong and Chen(1999)은 KES-FB시스템을 사용하여 직물의 역학량에서 봉제공정에서의 직물의 성능을 예측하는 연구를 인공신경망(artificial neural networks)을 이용하여 연구하였다. 일본 Toray®에서 의류의 외관특성을 직물의 역학특성치에서 예측할 수 있는 일종의 직물 CAD system에 대한 연구가 Harada and Saito(1988)에 의해 수행되기 시작하여 의류의 착용외관특성을 직물의 역학특성치에서 예측할 수 있는 CAD system이 i-designer(Texpro)에 의해 상용화(Kim & Gotoh, 2005)되었다. 이들은 소모직물의 봉제성(tailorability)과 의복형성성능(formability)의 예측치를 Fabric Assurance by Simple Testing System(FAST) 역학실험의 역학량에서 계산하였고 이들 값을 의류에서의 심퍼커(seam pucker)특성과 수축특성에 의한 형태안정성과 관련시키는 시스템 설계를 하였다. 이들 전문가 시스템은 직물을 구성하는 섬유, 실, 직물의 구조인자 특성치에서 그들 직물의 물성을 예측할 수 있는 시스템으로서 봉목이탈(seam slippage), 구김 회복성, 마찰 저항성, 필링 특성 그리고 직물의 전단강성 및 굽힘강성 등을 예측하여 의류에서의 착용성을 예측하는 시스템을 구성하여 착용특성과 물성이 우수한 의류용 직물을 제조하기 위한 공정설계를 연구의 최종 목적으로 하였다. 그러나 이들 연구와는 달리 의류의 외관특성(appearance)에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 직물의 역학특성이라고 판단하고 이들 간의 상관성에 관한 연구(Fan & Hunter, 1998a, b; Gong & Chen, 1999; Pavlinić et al., 2006)도 수행되었다. 특히, 소모직물의 외관불량은 울(wool) 특유의 치수안정성, 즉 수분팽창(hygral expansion)과 이완수축(relaxation shrinkage)이 큰 영향을 미치며 이는 직물의 역학물성과 관계가 있으므로 착용감이 좋은 의류를 디자인하기 위한 기초연구로서 의류 소재의 역학특성과 외관특성 간의 상관성에 대한 많은 연구도 수행되어왔다. 고감성 소모직물에 대한 물리적 특성 및 역학적 특성을 객관적으로 계측하여 이들의 역학특성 값으로부터 의복의 3차원 형상을 시뮬레이션 하여 외관특성과 착용성능을 비교하는 연구를 통해 소비자들의 요구에 부합된 소재개발에 많은 연구가 수행되어왔다.

직물의 역학량에서 의류의 착용성을 예측하는 연구는 Lindberg et al.(1961)에 의해 수행되었으며 Kawabata와 Niwa가 Kawabata Evaluation System(KES-FB)(Kawabata, 1980) 직물역학 계측기를 개발하면서 더욱 활발하게 연구가 되었다. 또한 CSIRO에서 개발한 FAST 직물역학특성 측정기기가 개발(Ly & De, 1990)되면서 Postle and Dhingra(1989)와 Majar et al.(1989)이 호주와 유럽에서 이 분야의 연구에 많은 기여를 하였다. 소모직물 봉제 시에 발생하는 봉목의 수축과 봉목의 형태무너짐 등도 의류의 외관을 나쁘게 하며 이들의 심퍼커링 현상이 소모직물의 굽힘과 전단, 인장역학 특성에 의해 영향을 받는다는 연구도 Niwa et al.(2001)에 의해 보고되었으며 특히 최근의 연구로서 Kyohei et al.(2015)은 소모직물의 상의를 봉제할 때 발생하는 외관 불량의 원인을 직물의 역학특성과 관련시켜 Cluster 통계분석 방법을 사용하여 연구하였다.

본 연구에서는 국내에서 생산되고 있는 여성용 소모직물과 국외 소모직물의 역학물성 및 의류외관특성 그리고 의류형성성능 등을 비교 · 분석하였다. 그리고 소모직물 시료의 외관특성과 소재의 역학특성과의 관계를 검토하기 위하여 i-designer의 3D CAD 가상봉제시스템에서 평가한 외관특성과 비교하여 국내 생산 여성용 고급소모직물의 품질을 예측해 보고자 하였다.

2. 실 험

2.1. 소모직물 시료

본 연구에서 소재의 역학특성과 외관특성을 측정하기 위해 사용한 시료는 Table 1에 나타내었다. 본 연구는 국내 C기업과 공동연구로 수행하였으며 외국 선진제품과 국내에서 시생산한

Table 1. Specification of the specimens

No.	Fabric type	Yarn count (Nm)		Fabric density (/inch)		Weave	No.	Fabric type	Yarn count (Nm)		Fabric density (/inch)		Weave
		Wp	Wf	Wp	Wf				Wp	Wf	Wp	Wf	
1	SUPER 170 A	2/125	2/125	96	98	twill	11	WOOL/CASH Milled A	2/65	2/63	72	52	twill
2	SUPER 170 B	2/100	2/100	92	96		12	WOOL/CASH Milled B	2/72	1/30	76	66	
3	SUPER 170 Milled A	2/125	2/135	92	80	twill	13	WOOL/MOHAIR A	2/90	1/40	70	68	plain
4	SUPER 170 Milled B	2/100	1/50	88	92		14	WOOL/MOHAIR B	2/100	1/40	72	66	
5	SUPER 150 A	2/90	1/63	86	96	twill	15	WOOL/SILK Crespino A	2/82	1/48	120	110	twill
6	SUPER 150 B	2/80	1/50	84	94		16	WOOL/SILK Crespino B	2/80	1/50	116	114	
7	SUPER 130 A	2/100	1/63	90	96	twill	17	WOOL/SILK Tropical A	2/62	2/120	62	72	plain
8	SUPER 130 B	2/80	1/50	84	94		18	WOOL/SILK Tropical B	2/90	2/120	68	70	
9	SUPER 130 Milled A	2/74	2/86	73	72	twill	19	SILK MOLE J/K A	2/120	2/120	96	45	twill
10	SUPER 130 Milled B	2/80	1/50	75	84		20	SILK MOLE J/K B	2/120	2/120	100	48	

*Note: A-Foreign specimen, B-Domestic specimen

직물과의 역학물성 및 착용물성의 차이를 비교 · 분석 하였다. 소모직물 시료는 여성 정장용 박지 소모직물 시료로 국내 · 외의 20개 시료를 사용하였다. 본 연구를 위해 사용된 국내 · 외 소모직물 시료는 여성 정장용 박지 소모직물 시료로 국외 시료는 현재 국내에서 시판되고 있는 이태리와 일본 섬유 선진사의 제품으로서 국내에서 수입되어 시판되는 시료 중에서 C기업 제품과 상대비교가 가능한 제품을 시료로 선정하였다. 소모직물 소재는 슈퍼 170~120의 부드러운 고급 모직물과 울/캐시미어, 울/모헤어, 울/실크 혼방직물, 그리고 캐시미어 직물 등 고급화 경향이 두드러진 소재를 선택하였다. Table 1에서 홀수의 시료 넘버가 외국 선진시료이며 짝수 시료 넘버가 외국 선진시료와 비교하기 위해 시생산한 시료이다. 1번에서 10번까지 시료는 Super 170, 150, 130 슈퍼 울(super wool)로서 울 원료의 섬도(fineness)품질이 최고급 원료인 수퍼 파인 울(super fine wool)의 등급표현에 따라 시료를 제조하였다. 울(wool)/캐시미어(cashmere)는 울 90%, 캐시미어 10% 혼합원료를 사용하였으며 울/모헤어(mohair)는 울 50%, 모헤어 50% 혼합원료이며 울/실크 크레스피노(crespino)는 울 90%, 실크 10%, 울/실크 트로피칼(tropical)은 울 60%, 실크 40%를 혼합한 원료를 사용하였다. 실크 몰 자카드(silk mole J/K)는 경사 울 100%에 위사 실크 100%사를 사용한 울/실크 교직물을 사용하였다. 외국 소모직물 시료는 이태리와 일본 선진사 제품을 구입한 후 설계 내용을 분석하여 이를 바탕으로 소모직물 시료를 국내 C기업에서 시생산하였다. 이 때 국내 C기업의 마케팅 담당자와 협의하여 국내 소비자들의 요구도가 부드러운 특성보다 다소 뻣뻣한 질감을 요구하기 때문에 제품 설계 및 기획단계에서 이태리와 일본 선진 제품대비 다소 뻣뻣한 질감을 가지는 직물 설계를 하였다.

2.2. 소모직물 역학특성 측정

본 연구에서 사용된 소모직물의 역학물성은 KES-FB system (Kawabata, 1980)과 FAST system(Gaudreau and Agatstein, 1989)을 이용하여 측정하였으며 각 측정방법에 따른 소모직물의 물성을 비교 · 분석하였다. Table 2에 이들 두 가지 역학량 측정장치의 각 역학량 측정항목을 나타내었다.

2.3. 의류형성성능(Formability)과 외관특성(TAV)평가

KES-FB system에서 측정된 F_{max}와 F_{max}에서의 변형률(EM) 그리고 굽힘강성(B) 값을 이용하여 직물의 의류형성성능(formability) F_{KES}를 (Eq. 1)에서 계산하였다(Shishoo, 1989; Shishoo & Choroszy, 1990). FAST system의 인장시험기에서 측정된 E20, E5 그리고 캔틸레버(cantilever) 굽힘시험기에서 측정된 굽힘강성(B)치를 (Ep. 3)에서 계산하여 의류형성성능 F_{FAST}를 (Ep. 4)로 계산하였다. Total Appearance Value(TAV)는 KES-FB system에서 측정한 16가지 역학량에서 (Ep. 5)로 계산하였다.

그리고 3D CAD System(가상봉제시스템)에 의한 시뮬레이

Table 2. Characteristics of the mechanical properties measured by KES-FB and FAST systems

(a) KES-FB system

Block of properties	Symbols	Characteristic	Unit
Tensile	LT	Linearity	-
	WT	Tensile energy	gf-cm/cm²
	RT	Resilience	%
Bending	B	Bending rigidity	gf-cm²/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/cm²
	RC	Resilience	%
Surface	MIU	Coefficient of friction	-
	MMD	Mean deviation of MIU	-
	SMD	Geometrical roughness	micron
Weight & Thickness	W	Weight per unit area	mg/cm²
	T	Thickness at 0.5gf/cm²	mm

(b) FAST system

Instrument	Description	Symbols
FAST-1 Compression Meter	Thickness at 2gf/cm²	T(2)
	Thickness at 100gf/cm²	T(100)
	Relaxed thickness at 2gf/cm²	RT(2)
	Relaxed thickness at 100gf/cm²	RT(100)
FAST-2 Bending Meter	Bending length	BL
FAST-3 Extension Meter	Extensibility at 5gf/cm	E(5)
	Extensibility at 20gf/cm	E(20)
	Extensibility at 100gf/cm	E(100)
	Bias extensibility at 5gf/cm Warp and weft	Eb
	Extensibility at 5gf/cm	
FAST-4 Dimensional stability test	Relaxation shrinkage	RS
	Hygral expansion	HE
Physical properties	Weight per unit area	WT
Calculated measurements	Surface thickness	ST
	Bending rigidity	BR
	Shear rigidity	G
	Formability	F

션 3차원 데이터는 (주)테크노아의 i-designer(Kim & Gotoh, 2005)를 사용하여 패턴데이터, 소재의 역학특성에 관한 물성치를 기초로 시뮬레이션을 행하여 의복의 3차원 형상을 추정하였다.

$$F_{KES} = \frac{EM}{F_{max} \cdot LT} \cdot B \quad \text{(Eq. 1)}$$

where, $LT = \frac{2WT}{EM \cdot F_{max}}$ (Eq. 2)

$$B = W \bullet C^3 \times 9.807 \times 10^{-6} \quad \text{(Eq. 3)}$$

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

where, F : fabric formability
F_{max} : 500gf/cm
EM : extension at F_{max}
LT : tensile linearity
E5 : extension(%) under 5gf/cm load
E20 : extension(%) under 20gf/cm load
B : bending rigidity(gf·cm^2/cm, μN·m)
W : fabric weight(g/cm^2)
C : bending length(mm)

$$TAV = -1.3445 + 0.2841Y_1 + 0.5747Y_2 + 0.3608Y_3 + 0.2071Y_4 \quad \text{(Ep. 5)}$$

where, TAV : total appearance value
Y : easy Formability
Y_2 : fabric springy property
Y_3 : drapability
Y_4 : quality (THV)

3. 결과 및 논의

3.1. 국내 · 외 여성의류용 소모직물의 의류형성성능 비교

Fig. 1은 KES-FB system과 FAST system에서 측정한 소모직물 시료의 역학특성치로부터 예측한 의류형성성능을 나타낸 결과이다.

Fig. 1(a)는 KES-FB system에 의해 측정한 의류형성성능을 (b)는 FAST system에 의해 측정한 의류형성성능을 나타내고 있다. Fig. 1에서 볼 수 있듯이 두 측정 방법간 의류형성성능의 외국 선진시료와 국내시료사이의 결과에 큰 차이를 나타내지 않는 것을 볼 수 있다. 즉, 각 측정방법에 따른 의류형성성능을 분석해 본 결과 두 평가방법에 따른 의류형성성능은 국외 소모직물이 국내 소모직물보다 더 좋은 값을 가졌다.

Fig. 1(a)에서 볼 수 있듯이 국내 제품의 의류형성성능이 국외 제품보다 모두 낮은 값을 보임을 알 수 있다. 20개의 시료 중에서 특히 3/4번(슈퍼 170밀드), 5/6번(슈퍼 150), 9/10번(슈퍼 130밀드), 11/12번(울/캐시미어 밀드) 그리고 19/20번(실크 몰쟈카드) 시료에서 국외 선진 제품의 의류형성성능이 국내 제품보다 높은 값을 보이면서 차이가 크게 나타났다. 특히 이들 중에서 3번과 4번, 9번과 10번 그리고 11번과 12번의 경우는 국내 제품인 4번, 10번 그리고 12번 시료의 위사가 모두 단사로 구성된 직물로서 국내 소비자들이 다소 얇은 소모직물을 선호하기 때문에 국내 C기업에서는 위사를 단사로 사용하였으나 이는 의류형성성능을 나쁘게 하는 것으로 나타나, 위사 단사를 합사로 바꾸는 설계를 통해 제품 기획측면의 변화를 고려해 보는 것이 필요하다고 사료된다. 5번과 6번, 19번과 20번 시료의 경우 역시 외국선진제품의 의류형성성능이 더 높은 값을 보인 것은 5번 이태리 제품의 경우 경 · 위사 모두 국내 C기업 제품보다 세 번수 실을 사용하므로 두께가 얇고 더 부드러운 촉감을 가지며 19번 일본제품의 경우는 20번 국내 C기업 제품대비 경 · 위사 실의 번수는 같으나 경 · 위 방향 밀도가 낮은 값을 가짐으로써 또한 더 부드러운 촉감을 가진다. 의류형성성능 측면에서는 국내 제품이 외국 선진제품 대비 낮은 값을 보임으로서 기획 및 설계 시 마케팅 담당자가 이 점을 고려한 제품 기획이 요구된다고 보인다.

한편, 이 결과는 FAST system으로 측정한 결과인 Fig. 1(b)에서도 동일한 결과를 보여 주었다. 특히, Fig. 1(a)와 (b)에서

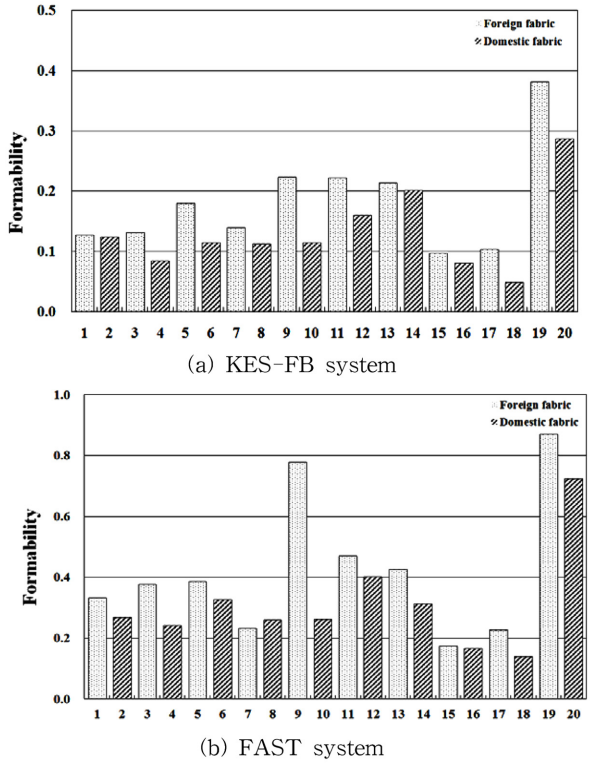
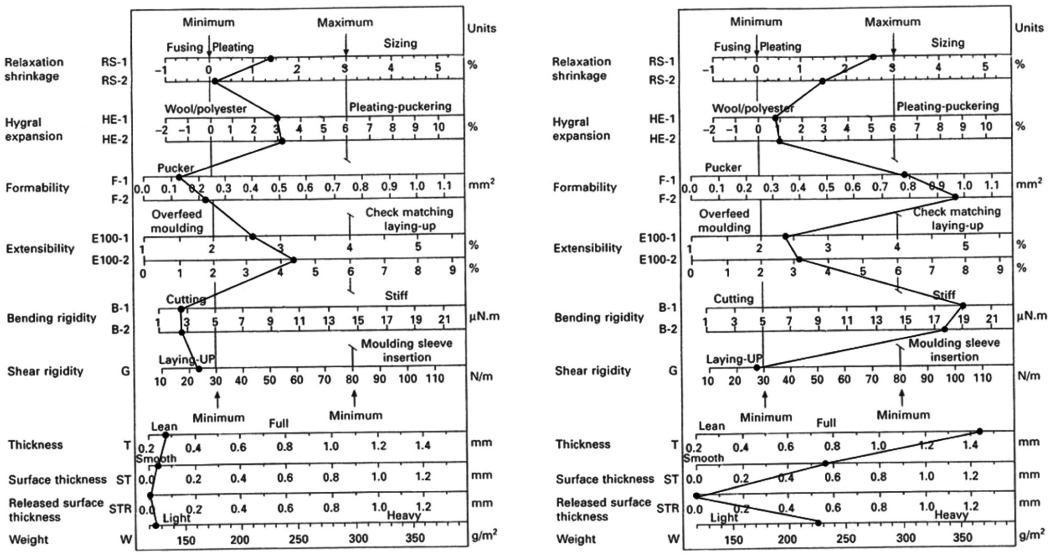


Fig. 1. Formability of specimens between foreign and domestic worsted fabrics.



(a) WOOL/SILK crespino A(No.15) (b) SILK MOLE J/K A (No.19)

Fig. 2. Finger chart of specimens (No.15 and 19).

모두 19번과 20번(실크 몰 자카드) 시료의 의류형성성능은 다른 시료에 비해 특히 높은 값을 보였다. 이는 위사에 실크 100%사가 사용된 교직물인 관계로 위사방향의 굽힘강성과 전단강성의 높은 값에 기인되어 높은 의류형성성능을 보인다고 사료된다. 실크가 혼합된 15-18번 울/실크 혼방사 시료직물의 의류형성성능에 비해 실크 교직물인 19번, 20번 시료가 훨씬 의류형성성능이 우수한 것을 볼 수 있다. 이는 Fig. 2에 보인 FAST 핑거 차트(finger chart)에서 우수한 봉제성을 확인할 수 있다. Fig. 2에 이들 직물의 FAST system 계측에 의한 봉제성에 관한 핑거 차트를 보였다. Fig. 2(a)의 실크 혼방직물(울/실크 크레스피노, 15번)과 Fig. 2(b)의 실크 교직물(19번) 모두 이완수축과 수분팽창 모두 문제가 되지 않으나 의류형성성능이 Fig. 2(a)에서 볼 수 있듯이 실크 혼방직물이 크게 낮은 값을 보이며 실크 혼방직물의 굽힘강성(bending rigidity)과 전단강성(shear rigidity)이 Fig. 2(b)에 보이는 실크 교직물에 비해 크게 낮은 값을 가지며 이것이 낮은 의류형성성능의 원인으로 사료된다.

3.2. 국내 · 외 여성의류용 소모직물의 역학특성 비교

앞 절에서 비교 설명된 의류형성성능 결과가 직물 역학량 중에서 어떤 역학량에 의해서 나타난 것인지를 보기 위해 Fig. 3에 각 시료의 역학량 비교 그래프를 도시 하였다.

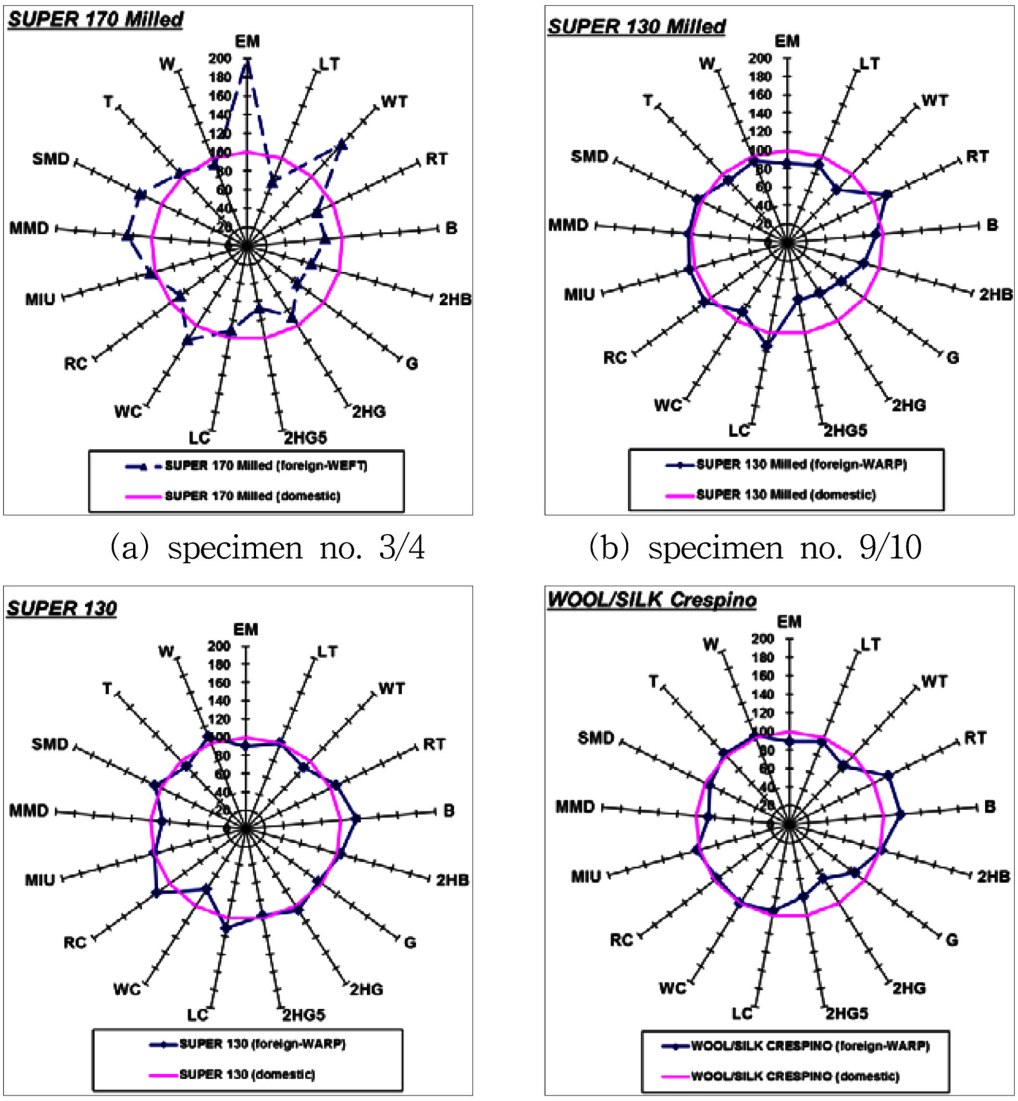
Fig. 3은 Fig. 1(b)에서 국내 · 외 제품 간의 의류형성성능에 큰 차이를 보이는 슈퍼 170밀드와 슈퍼 130밀드 제품(3/4번, 9/10번)과 차이를 보이지 않는 슈퍼 130과 울/실크 크레스피노 제품(7/8번, 15/16번)들 사이의 역학량의 상대적인 비교 값을 도시한 것이다. 국내 C기업에서 제조한 직물의 역학량에 대한 선진 외국시료의 역 · 량의 상대적인 비(ratio)를 원그래프로 도시하였다. Fig. 3(a), (b)에서 볼 수 있듯이 외국선진 직물의 인장특성(extensibility, EM)과 압축특성(compressibility, WC)이 국내 제품보다 더 큰 값을 보이며 반면 굽힘, 전단강성은 낮은 값을 보임으로써 부드러운 역학특성을 보임을 알 수 있으며 외국선진 제품의 의류형성성능이 국내 제품과 비교할 때 큰 차이를 보임을 알 수 있다. 한편, Fig. 3(c)와 (d)에서는 EM과 WC는 물론 굽힘과 전단 특성치 및 대부분의 역학량에서 큰 차이를 보이지 않음으로써 국내 · 외 제품의 의류형성성능치에 큰 차이를 보이지 않음을 알 수 있다.

한편 Fig. 4는 KES-FB와 FAST system에서 측정된 역학량으로부터 예측된 의류의 의류형성성능사이의 상관성을 보인 것이다. 상관계수 값이 0.915로서 매우 높은 상관성을 보임을 알 수 있다. 이 결과는 Fig. 1(a)와 (b)의 결과에서 20가지 시료들의 국내 · 외 시료들의 의류형성성능 값의 경향성의 차이가 KES-FB와 FAST system간에 크게 나타나지 않는 결과를 잘 설명한다고 볼 수 있다.

3.3. 3D CAD System에 의한 국내·외 여성용 소모직물의 외관특성

Fig. 5는 가상봉제시스템(Kim & Gotoh, 2005)을 사용하여 패턴, 원단의 물성, 바디데이터를 기초로 하여 소모직물의 3차원 형상을 시뮬레이션 한 결과를 나타낸다.

KES-FB system과 FAST system에서 측정한 소모직물 시료의 역학특성치로부터 예측한 Fig. 1(a)와 (b)에서 보였듯이 의



(a) specimen no. 3/4 (b) specimen no. 9/10

(c) specimen no. 7/8 (d) specimen no. 15/16

Fig. 3. Relative ratio of the mechanical properties between foreign and domestic fabrics.

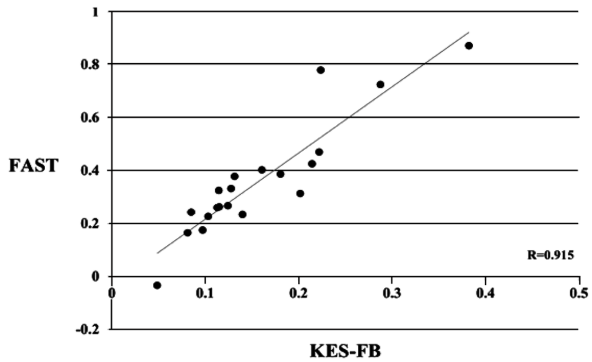


Fig. 4. Correlation diagram of formability between KES-FB and FAST systems.

류형성성능 시뮬레이션(formability simulation) 결과 중 국내 · 외 시료 간에 착용성능의 많은 차이를 나타내는 SUPER 150 시료(5와 6번)와 20개 시료 중 가장 낮은 의류형성성능을 보인 울/실크 트로피칼 소모직물시료(17과 18번)를 중심으로 3D 시뮬레이션 한 결과, SUPER 150 소모직물(5, 6번)에서는 Fig. 3(a)에서 설명되었듯이 국내시료(6번)가 국외시료(5번)에 비해 낮은 EM과 WT 값, 즉, 낮은 신장성으로 인해 곡면형성이 매끄럽지 못하고 우그러짐 현상을 보이며 뻣뻣한 형상을 나타낸다고 사료된다. 울/실크 트로피칼 소모직물(17, 18번)의 경우 국내 · 외 소모직물 시료 모두 전체적인 시료의 실루엣이 좋지 않음을 나타낸다. 특히, Fig. 1(a)에서 가장 낮은 의류형성성능을 보인 18번 국내시료가 국외시료보다 곡면형성이 매끄럽지 못

(a) specimen no.5 (SUPER 150 A)

(b) specimens no.6 (SUPER 150 B)

(c) specimens no.17 (WOOL/SILK Tropical A)

(d) specimens no.18 (WOOL/SILK Tropical B)

Fig. 5. 3D simulation by i-Designer CAD system. (A: Foreign specimen, B: Domestic specimen)

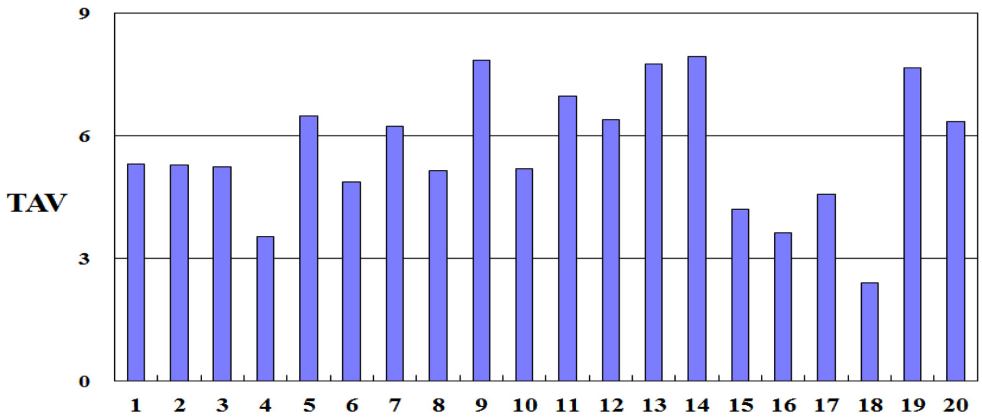
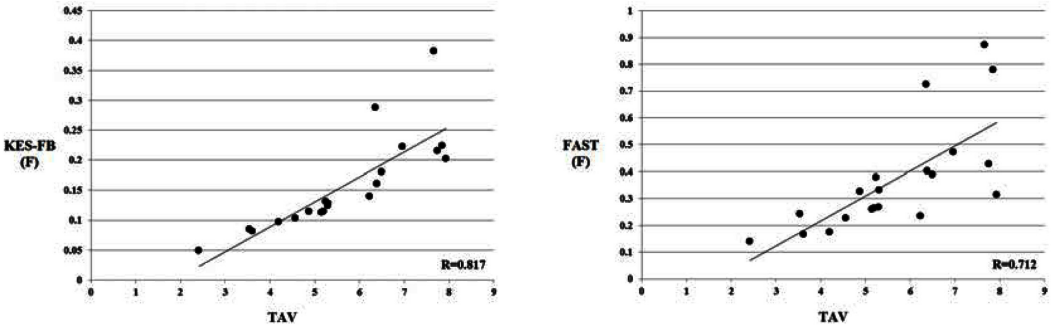


Fig. 6. TAV value of the 20 specimens.

한 실루엣을 나타내고 있음을 알 수 있다. 일반적으로 위사방향의 신장성이 부족하면 옷깃, 라펠, 프론트, 앞어깨, 앞 소매달기 등에 매끄러운 곡면 형성이 되지 않고 작은 주름, 물결치는 듯한 모양, 퍼커링이 생기는 등 외관특성에 좋지 않은 영향을 미친다고 알려져 있다. 따라서 이들 외관특성을 KES-FB system에서 계측한 직물 역학량을 사용하여 TAV(Total appearance value)값을 (Ep. 5)에서 계산하여 Fig. 6에 국내 · 외 시료 20가지의 TAV를 도시하였다.

Fig. 6에서 볼 수 있듯이 13번/14번(울/모헤어) 시료를 제외하고 모든 시료에서 외국 선진직물의 외관특성치가 국내 C기업 제품보다 더 높은 값을 보였으며, 18번(울/시크 트로피칼) 시료가 가장 낮은 값을 보였다. Fig. 1에서 보인 의류형성성능에서 KES-FB system과 FAST system 모두 선진 외국 제품이 우수한 결과를 보인 것과 일치하였으며 의류형성성능과 외관특성은 직물의 역학 특성치에서 예측되므로써 유사한 평가방법으로 생각 할 수 있다. 결국 의류형성성능에서 불량물성으로 일컫는 필링, 심퍼커링 등이 외관 특성을 나쁘게 함으로써 의류형성성능이 낮은 값이면 TAV도 낮은 값을 가지게 됨을 확인



(a)KES-FB vs TAV (b)FAST vs TAV

Fig. 7. Correlation diagram between TAV and formability calculated by KES-FB and FAST systems.

할 수 있었다. 단지 Fig. 1(a)와 (b)의 의류형성성능에서 KES-FB와 FAST system 모두에서 다른 시료에 비해 상대적으로 높은 값을 보였던 19번/20번 시료, 즉 실크 교직물의 경우 TAV에서는 다른 시료에 비해 크게 높은 값을 보이지 않은 것은 위사에 실크 필라멘트가 들어감으로써 굽힘강성과 전단강성이 특히 높은 값을 보이면서 의류형성성능 계산식에서는 이들 두 가지 특성이 주 인자임에 반해 TAV에서는 16가지 역학량 모두가 고려된 수식이므로 이들 실크 교직물의 TAV가 높은 값을 보이지 않은 것으로 판단된다. 다른 시료군과 다르게 모헤어 섬유가 혼합된 13번과 14번 울/모헤어 직물에서 이태리 직물(13번) 보다 국내 직물(14번)이 약간 더 높은 TAV를 보인 것은 모헤어 섬유의 수분에 대한 민감성에 기인한 것으로 예측된다. 즉 모헤어는 수분에 대단히 민감하며 수분을 흡수하여 수분팽창이 발생하며 인장과 굽힘 역학 특성치만 고려한 의류형성성능 계산식(Eq 1, 4)에 비해 TAV는 드레이프성, 의류형성성능 그리고 촉감까지가 고려되므로 모헤어 혼합직물의 선호도가 이태리와 국내 제품간 차이가 나서 반대의 결과를 보인 것으로 예측된다.

Fig. 7에 20개의 시료의 TAV와 의류형성성능 사이의 상관성을 도시하였다. Fig. 7(a)에서 TAV와 KES-FB system에 의한 의류형성성능간의 상관계수가 0.817로서 비교적 높은 상관성을 보였으며 Fig. 7(b)의 TAV와 FAST system에 의한 의류형성성능간의 상관에서는 0.712정도의 상관성을 보임을 알 수 있었다. TAV와 FAST결과 간의 상관계수가 0.712로 TAV와 KES-FB와의 0.817보다 낮은 값을 보이는 것은 TAV계산식의 역학량이 KES-FB system에서 측정된 값을 사용한 것에 기인된 것으로 사료된다.

4. 결 론

국 · 내외 소모직물의 의류형성성능과 외관특성을 KES-FB와 FAST system에서 측정한 역학량에서 예측한 후 3차원 CAD가상 봉제 system에서 시뮬레이션을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 외국선진직물과 국내직물의 의류형성성능을 KES-FB와 FAST system에서 측정한 역학량에서 예측한 결과, 두 가지 측정기기 모두에서 외국선진직물이 국내직물보다 높은 값을 보였다. 이는 직물 구조인자 중에서 위사로 사용된 실의 특성, 그리고 경 · 위사 방향의 직물의 밀도의 차이에 기인되며 국내기업의 제품설계 및 기획단계에서 고려사항이라고 보여진다.

2) 우수한 의류형성성능을 가진 직물을 얻기 위해서는 신축성(EM)과 압축특성(WC)이 큰 값을 가지면서 굽힘강성과 전단강성치는 낮은 값을 가지는 직물설계가 필요함을 확인하였다. 20가지 시료의 KES-FB와 FAST system에서 얻은 의류형성성능 값 사이의 상관계수는 0.915의 높은 값을 가짐으로써 두 계측기기의 정밀도를 확인하였다.

3) KES-FB system에서 측정된 의류의 외관특성(TAV)도 외국선진제품이 국내 제품보다 높은 값을 보였다. 이와 같이 국내 제품의 외관특성이 낮은 값을 보이는 것은 직물 역학특성치에서 낮은 신장성(EM)과 낮은 신축에너지(WT)에 기인하며 이는 낮은 의류형성성능의 원인임을 확인하였다. 또한, 의류형성성능치와의 상관계수를 살펴보면, KES-FB system에 의한 의류형성성능과 TAV와는 0.817로서 FAST system과의 상관계수 0.712보다 더 높은 값을 보였다. TAV는 3차원 CAD 가상봉제 시스템 결과와도 유사함을 확인하였다.

본 연구에서는 여성용 소모박지직물 시료의 의류형성성능과 외관특성을 소재의 역학특성에서 예측하고 가상봉제시스템에 의해 생성된 실루엣을 이용하여 외관특성을 객관적으로 평가 · 분석에 대한 가능성을 확인하였다. 따라서 이러한 분석을 토대로 소재의 역학특성을 객관적으로 계측하고 이를 바탕으로 기업에서 상품기획에 반영시켜 제품생산에 적극적으로 활용한다면 국내 의류제품의 품질향상에 도움이 될 것으로 사료된다.

References

Dastoor, P. H., Hersh, S. P., Batra, S. K., & Rasdorf, W. J. (1994a). Computer-assisted structural design of industrial woven fabrics Part I: Need, scope, background, and system architecture. *Journal of the Textile Institute, 85*(2), 89-109. doi:10.1080/00405009408659014

Dastoor, P. H., Hersh, S. P., Batra, S. K., & Rasdorf, W. J. (1994b). Computer-assisted structural design of industrial woven fabrics Part II: System operation, heuristic design. *Journal of the Textile Institute, 85*(2), 110-134. doi:10.1080/00405009408659015

Dastoor, P. H., Ghosh, T. K., Batra, S. K., & Hersh, S. P. (1994c). Computer-assisted structural design of industrial woven fabrics part III: modelling of fabric uniaxial/biaxial load-deformation. *Journal of the Textile Institute, 85*(2), 135-157. doi:10.1080/00405009408659016

Gaudreau, E., & Agatstein, S. (1989). The CSIRO division of wool technology. Fabric assurance by simple testing instruction manual.

Fan, J., & Hunter, L. (1998a). A worsted fabric expert system Part I: System development. *Textile Research Journal, 68*(9), 680-686. doi:10.1177/004051759806800909

Fan, J., & Hunter, L. (1998b). A worsted fabric expert system: Part II: An artificial neural network model for predicting the properties of worsted fabrics. *Textile Research Journal, 68*(10), 763-771. doi:10.1177/004051759806801010

Gong, R. H., & Chen, Y. (1999). Predicting the performance of fabrics in garment manufacturing with artificial neural networks. *Textile Research Journal, 69*(7), 477-482. doi:10.1177/004051759906900703

Harada, T., & Saito, M. (1988). Inspection system of hand「HIPS」. *The Textile Machinery Society of Japan*, *45*(5), 305-310.

Hu, J., Xin, B., & Yan, H. (2002a). Measuring and modeling 3D wrinkles in fabrics. *Textile research journal, 72*(10), 863-869. doi.org/10.1177/004051750207201003

Hu, J., Xin, B., & Yan, H. J. (2002b). Classifying fleece fabric appearance by extended morphological fractal analysis. *Textile Research Journal, 72*(10), 879-884. doi:10.1177/004051750207201005

Kawabata, S. (1980). *The standardization and analysis of hand evaluation* (2nd ed.) : *The hand evaluation and standardization committee.* Osaka: The Textile Machinery Society of Japan.

Kang, T. J., Kim, S. C., Sul, I. H., Youn, J. R., & Chung, K. (2005). Fabric surface roughness evaluation using wavelet-fractal method part I: wrinkle, smoothness and seam pucker. *Textile Research Journal, 75*(11), 751-760. doi:10.1177/0040517505058855

Kim, S. A., & Gotoh, D. (2005). The characteristics and application of 3D CAD. *Journal of the Korean Society of Clothing Industry, 7*(2), 131-134.

Kim, S. C., & Kang, T. J. (2005). Fabric surface roughness evaluation using wavelet-fractal method part II: Fabric pilling evaluation. *Textile Research Journal, 75*(11), 761-770. doi:10.1177/0040517505059209

Kyohei, T., Toyonori, N., Hiroyuki, K., Satoshi, A., Junki, K., & Kiyohiro, S. (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

Lindberg, J., Behre, B., & Dahlberg, B. (1961). Part III: Shearing and buckling of various commercial fabrics. *Textile Research Journal, 31*(2), 99-122.

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.

Mahar, T. J., Dhingra, R. C., & Postle, R. (1989). Fabric mechanical and physical properties relevant to clothing manufacture part I: fabric overfeed, formability, shear and hygral expansion during tailoring. *International Journal of Clothing Science & Technology, 1*(1), 12-20. doi:org/10.1108/eb002941

Niwa, M., Inoue, M., & Kawabata, S. (2001). Objective evaluation of the handle of blankets. *Textile Research Journal, 71*(8), 701-710. doi: 10.1177/004051750107100809

Park, C. K., & Kang, T. J. (1999a). Objective evaluation of seam pucker using artificial intelligence. Part I : Geometric modeling of seam pucker. *Textile Research Journal, 69*(10), 735-742. doi: 10.1177/004051759906901006

Park, C. K., & Kang, T. J. (1999b). Objective evaluation of seam pucker using artificial intelligence. Part II : Method of evaluating seam pucker. *Textile Research Journal, 69*(11), 835-845. doi: 10.1177/004051759906901107

Park, C. K., & Kang, T. J. (1999c). Objective evaluation of seam pucker using artificial intelligence. Part II : Using the objective evaluation method to analyze the effects of sewing parameters on seam pucker. *Textile Research Journal, 69*(12), 919-924. doi:10.1177/004051759906901206

Pavlinić, D. Z., Geršak, J., Demšar, J., & Bratko, I. (2006). Predicting seam appearance quality. *Textile Research Journal, 76*(3), 235-242. doi: 10.1177/0040517506061533

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, 20*(2), 66-73.

Shishoo, R., & Choroszy, M. (1990). Fabric tailorability. *Textile Asia, 2*(12), 64-71.

(Received 18 April 2017; 1st Revised 3 March 2017; 2nd Revised 29 March 2017; Accepted 1 June 2017)