



## 스포츠 웨어용 흡한속건 및 투습방수 소재의 의류외관 특성과 형성성능

김현아<sup>†</sup>

한국패션산업연구원 연구개발본부

### Garment Appearance and Formability of Perspiration Absorption and Fast Dry/breathable Fabrics for Sports Wear

Hyun Ah Kim<sup>†</sup>

Korea Research Institute for Fashion Industry; Daegu, Korea

**Abstract:** This paper examined the garment formability and appearance of perspiration absorption, fast dry, and breathable fabrics. The mechanical properties and seam pucker properties of these fabrics were measured and regression analysis was conducted between fabric structural parameters and their mechanical and seam pucker properties. The superior total appearance value (TAV) of fast dry knitted fabrics for sports-wear was achieved in fabrics with high extensibility and bending rigidity; consequently, it increased with increasing stitch density and tightness factor. The formability of the fast dry knitted fabric also improved with an increasing stitch density and tightness factor. The seam pucker was influenced by bending rigidity and a good seam pucker was exhibited in the fast dry knitted fabrics with low stitch density and tightness factor. However, the formability (F) of the breathable fabric improved by increasing extensibility and bending rigidity that decreased with an increasing cover factor and the thickness of the breathable fabric. In addition, seam pucker deteriorated with an increasing cover factor and the thickness of the breathable fabric, which was similar to the results of the formability predicted in fabric mechanical properties. A superior seam pucker was achieved in fabrics with high extensibility and low bending rigidity.

**Key words:** garment formability (의류형성성능), appearance (의류외관성능), stitch density (스티치 밀도), tightness factor (타이트네스 팩터), seam pucker (십퍼커링)

## 1. 서 론

스포츠 의류소재가 갖추어야 할 기능성으로 흡한속건성과 투습방수 특성은 기본적인 물성이라고 할 수 있다. 흡한속건 스포츠 소재는 니트 소재가 많이 사용되고 있으며, 니트 소재의 착용 시 발생하는 외관 불량으로 십퍼커링(Seam puckering), 그리고 봉목 부위의 커링(Curling) 등이 있다. 이러한 외관불량의 첫 번째 원인은 니트 소재의 수축특성의 불안정에 의한 형태 안정성(Dimensional stability)의 부족에 기인된다. 두 번째 원인으로, 니트 소재 역학특성치의 불균형성 때문에 봉제과정에서 봉목의 과다한 수축 및 당김 등의 현상에 의해 발생하는 것으로 알려져 있다(Kyohei et al., 2015).

한편, 투습방수 직물의 경우 직물표면에 코팅이나 혹은 라미

네이팅 필름으로 가공하여 봉제 시 십퍼커링 등의 봉목불량이나 필름코팅과 라미네이팅에 의한 직물의 신축성 미흡이나 굽힘과 전단강성이 증가하여 의류의 형성성능이나 착용 시 외관 특성 불량을 유발할 수 있어서 이에 대한 연구의 필요성이 요구되고 있다.

직물물의 십퍼커링과 관련된 외관불량에 관한 연구는 일본에서 많은 연구(Nitta, 1980; Niwa et al., 1981; Yamada et al., 1995)를 통해, KES-FB system에서 측정된 역학특성치를 사용하여 수행되었다. 최근, Kyohei et al.(2015)은 FAST system을 사용하여 모직물 자켓의 착용특성과 관련한 외관특성을 연구하였다. 한편, Pavlinic et al.(2006)은 직물의 십(Seam)외관 특성을 예측할 수 있는 방법을 KES-FB system에 의한 역학량을 이용하여 연구하였다. 이들의 연구에서는 직물의 십퍼커링을 예측할 수 있는 역학량 중에서 위사방향의 굽힘강성(B)과 전단 히스테리시스(2HG) 그리고 인장특성치 중 레지리언스(RT) 등이 가장 큰 영향을 미친다는 결과를 발표하였다.

직물의 의류형성성능은 2차원 직물이 3차원 의류로 형성될 때 십(Seam)을 형성하며 이때 직물이 가지는 역학특성치의 불균형에 의해 십퍼커링 등 여러 가지 불량이 발생하며 이는, 의복의 외관을 나쁘게 한다. 이러한 직물의 의류형성성능에 대한

<sup>†</sup>Corresponding author; Hyun Ah Kim

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

E-mail: ktufl@krifi.re.kr

© 2019 (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.

연구는 일찍이 모직물 소재에 대한 연구(Takahashi et al., 2015)가 시작되어 현재까지 직물의 구김 및 심퍼커링과 같은 물성과 의류의 외관불량과의 상관성을 분석한 많은 연구(Aoyama, 2007; Ayca, 2008; Komatsu & Morooka, 1978; Kyohei et al., 2015; Niwa et al., 1981; Niwa et al., 2001; Yamada et al., 1995)가 발표되었다. 최근 들어, 스포츠 소재는 보다 다양화 되고 있으며, 또한 다기능이 요구되고 있다. 즉, 흡한속건성, 투습방수성 및 스트레칭성의 기능들이 한 가지 소재에 복합적으로 요구되므로, 의류 제조과정에서 봉제성 불량과 착용 중에 외관불량 등이 발생하여 소비자의 불만이 고조되고 있다. 그러나 스포츠 소재로 많이 사용되는 나일론과 폴리에스터 투습방수 직물의 의류형성특성에 대한 연구는 많이 수행되지 못하였으며 특히, 흡한속건 소재에 대한 심퍼커링과 착용외관 성능에 대한 연구도 많지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 스포츠용 흡한속건 니트 소재의 심퍼커링과 착용외관성능을 예측하기 위해 KES-FB와 FAST system에서 측정된 역학량에서 의류외관성능을 예측하며 심퍼커링 측정 장비로 측정된 심퍼커링 특성과의 상관성을 분석하고자 하였다. 또한 12가지 투습방수 직물의 역학특성과 심퍼커링 특성을 측정 후 이들 사이의 회귀분석을 실시하여 의류형성성능이 우수한 투습방수 직물의 최적 설계조건을 제시함으로써 착용성능이 우수한 스포츠용 의류제조 기술에 관한 기초연구를 수행하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1. 시료

본 연구에 사용된 시료는 국내와 국외에서 생산되어 스포츠용 의류로 사용되는 소재 중에서 흡한속건 니트 소재는 원사 소

재별로 13가지를 선정하였으며 투습방수 직물소재는 소재 및 가공방법이 다른 12가지를 시료로 선정하였다. 즉, 흡한속건 니트 소재(Table 1)는 원사 소재별로 국외소재인 쿨맥스(Coolmax®)와 국내 소재 3가지(Coolon®, Coolever®, Aerocool®)등 13가지를 시료로 사용하였다. 또한 투습방수 직물소재(Table 2)는 나일론과 폴리에스터를 사용한 코팅 혹은 라미네이팅 가공된 투습소재 5가지와 방수소재 2가지, 마이크로 파이버 고밀도 직물 3가지 그리고 나일론/면 교직 라미네이팅 소재 2가지 등 12가지를 시료로 사용하였다. 이들 소재의 특성을 Table 1과 2에 나타내었다.

### 2.2. 흡한속건 니트 시료의 구조파라메타 측정

니트의 구조 파라메타 중 가장 중요한 인자는 courses per inch(cpi)와 wales per inch(wpi)이며 스티치 밀도(Stitch density, S)는 cpi와 wpi의 곱으로 (1)식으로 정의된다(Au, 2011). Cpi와 wpi는 각 시료에 대해 10cm당 코스와 웨일 방향의 밀도를 측정하여 이 값을 인치당 밀도로 환산하였다.

직물의 커버팩터(Cover factor)에 해당되는 인자로서 니트에서 타이트네스 팩터(Tightness factor, K)는 (2)식으로 정의된다(Au, 2011). (2)식에서 스티치 길이(l)는 각 시료에 대해 1 inch 당 길이를 측정하여 스티치 밀도로 나눈 평균값을 l(cm)값으로 사용하였다. 스티치 길이(l)는 cpi와 wpi에 반비례하게 되며 본 연구에서는 인치당 측정된 스티치 길이를 인치당 코스값으로 환산하여 계산하였다. Table 5에 각 시료들의 타이트네스 팩터와 스티치 밀도를 나타내었다.

$$S = \text{cpi in course} \times \text{wpi in wale} \tag{1}$$

$$K = \frac{\sqrt{\text{tex}}}{l} \tag{2}$$

Table 1. Specifications of the knitted fabric specimens

Specimen no.	Yarn linear density (d)		Density (/10inch)				Pattern	Material
	Face	Back	Face		Back			
			Course	Wale	Course	Wale		
1	330	241	68	45	32	56	Interlock	Coolon
2	552	-	54	67	-	-	Plain	Coolon
3	457	-	78	168	-	-	Plain	Coolon
4	457	-	231	207	-	-	Plain	Coolon
5	284	355	40	56	85	96	Interlock	Coolever
6	214	-	282	102	-	-	Plain	Coolever
7	313	355	60	72	86	36	Interlock	Coolever
8	469	-	120	72	-	-	Plain	Aerocool
9	391	278	70	44	32	64	Interlock	Aerocool
10	393	300	89	54	48	48	Interlock	Aerocool
11	300	300	117	192	117	192	Interlock	Aerocool
12	308	434	126	138	177	138	Interlock	Coolmax
13	360	272	171	117	171	117	Tuck	Coolmax

**Table 2.** Specification of the woven fabric specimens

Specimen no.	Yarn no(d)		Fabric density		WDC	Thick-ness (mm)	Weight (gf/m <sup>2</sup> )	Material characteristics	Remark
	Wp	Wf	Wp (ends/in)	Wf (picks/in)					
1	80	83	232	120	1.2284	0.189	110	Nylon 100% hydrophilic polyurethane laminated	2 layer
2	56	71	170	93	0.9574	0.112	96	Nylon 100% hydrophilic polyurethane coating	2 layer
3	84	108	85	85	0.6636	0.321	137	Nylon 100% hydrophilic polyurethane laminate nylon tricot	2.5 layer
4	131	121	95	140	1.6034	0.256	143	Polyester 100% hydrophilic polyester laminated	2 layer
5	68	164	233	100	1.0918	0.291	163	Polyester 100%, laminated	2 layer
6	56	65	212	130	1.6009	0.154	91	Polyester 100%, microfiber high density fabric	1 layer
7	53	54	158	72	0.5830	0.117	70	Polyester 100%, microfiber high density fabric	1 layer
8	92	183	160	68	2.4407	0.315	110	PU Teflon finishing, Nylon-66 microfiber high density fabric	1 layer
9	177	80	165	124	1.3283	0.346	150	Wet breathable 2000MM, Nylon-66 laminated	2 layer
10	89	178	152	70	0.7309	0.37	150	Dry breathable 2000MM, Nylon-66 laminated	2 layer
11	41	272	118	83	0.8094	0.109	81	Nylon/cotton laminated	2 layer
12	64	67	120	108	0.9526	0.382	225	Nylon/cotton laminated	2 layer

Note : WDC; weave density coefficient

**2.3. 투습방수 직물 시료의 커버팩터**

투습직물의 구성사 번수와 직물의 밀도를 사용하여 직물의 커버팩터를 weave density coefficient(WDC)로 아래 (3)식을 사용하여 계산하였다(Kim & Kim, 2010). Table 2에 각 시료들의 WDC를 나타내었다.

$$WD \times FD = \frac{WDC}{WF} \times \frac{25.4^2}{(D_w + D_f)^2} \tag{3}$$

where,  $WF = \left(\frac{R + C_r}{2R}\right)^2$  : weave factor

WD : warp density (ends/in)

FD : filling density (picks/in)

WDC : weave density coefficient

D : yarn diameter, (mm)

$$d = \rho_f \times \frac{\pi D^2}{4} \times 9 \times 10^5$$

d : denier

$\rho_f$ : fibre density

R : number of yarn in the one repeat weave

$C_r$ : number of interlacing point on the one repeat weave

**2.4. 역학물성측정**

착용성능 및 외관특성에 관계하는 니트와 직물시료 역학특성을 측정하기 위해 KES-FB와 FAST system을 사용하여 인장, 굽힘, 전단, 그리고 압축특성을 측정하였다. Table 3과 4에 이들 두 가지 계측기기의 역학특성치의 특성을 나타내었다.

**2.5. 외관성능(TAV)과 의류형성성능(Formability) 평가**

Lindberg et al.(1961)와 Shishoo(1989)의 연구에서 의류의 봉제성능이 직·편물의 역학특성으로부터 주어진다고 보고된 이

**Table 3.** Mechanical properties measured by KES-FB system

Block of properties	Symbols	Characteristic	Unit
Tensile	LT	Linearity	-
	WT	Tensile energy	gf-cm/cm <sup>2</sup>
	RT	Resilience	%
Bending	B	Bending rigidity	gf-cm <sup>2</sup> /cm
	2HB	Hysteresis	gf-cm/cm
Shearing	G	Shear stiffness	
	2HG	Hysteresis at $\gamma=0.5^\circ$	
	2HG5	Hysteresis at $\gamma=5^\circ$	
Compression	LC	Linearity	-
	WC	Compressional energy	gf-cm/cm <sup>2</sup>
	RC	Resilience	%
Surface	MIU	Coefficient of friction	-
	MMD	Mean deviation of MIU	-
Weight & Thickness	SMD	Geometrical roughness	micron
	W	Weight per unit area	mg/cm <sup>2</sup>
	T	Thickness at 0.5gf/cm <sup>2</sup>	mm

후 Kawabata와 Niwa는 TAV(Total Appearance Value)를 KES-FB system에서 측정된 역학특성치로 표현한 의류의 외관특성에 관한 시뮬레이션식을 (4)와 (5)식으로 발표하였다(Niwa and Kawabata, 1981).

$$TAV = C_0 + \sum_{i=1}^3 (C_{1i}Z_i + C_{2i}Z_i^2) \tag{4}$$

$$\text{where, } Z_i = C_{10} + \sum_{i=1}^m (a_{ij} + b_{ij}X_{ij}^2) \tag{5}$$

**Table 4.** Mechanical properties measured by FAST system

Instrument	Description	Symbol
FAST-1 Compression meter	Thickness at 2gf/cm <sup>2</sup>	T(2)
	Thickness at 100gf/cm <sup>2</sup>	T(100)
	Relaxed thickness at 2gf/cm <sup>2</sup>	RT(2)
	Relaxed thickness at 100gf/cm <sup>2</sup>	RT(100)
FAST-2 Bending meter	Bending length	BL
FAST-3 Extension meter	Extensibility at 5gf/cm	E5
	Extensibility at 20gf/cm	E20
	Extensibility at 100gf/cm	E100
	Bias extensibility at 5gf/cm	EB
Physical properties	Weight per unit area	W
Calculated measurements	Surface thickness	ST
	Bending rigidity	BR
	Shear rigidity	G
	Formability	F

본 연구에서는 13가지 니트시료에서 KES-FB와 FAST system에서 측정된 역학량으로부터 (4)식과 (8)식에 의해 TAV와 FAST값을 각각 계산하였다. 한편, 투습·방수织물의 경우는 KES-FB system에서 가해지는 최대 인장하중(Fmax)과 Fmax에서의 변형률(EM) 그리고 굽힘강성(B) 값을 이용하여织물의 의복형성성능(Formability), KES를 (6)식에서 계산하였다 (Gersak, 2003; Morooka & Masako, 1978). 이들 값은 Table 5에 나타내었다. FAST system의 인장 시험기(FAST-1)에서 E20, E5를 측정하고 캔틸레버(Cantilever) 굽힘 시험기(FAST-2)에서 측정된 굽힘강성(B)치를 (7)식에서 계산하여 이들 값을 사용하여 (8)식에 의해 의복형성성능 FAST를 계산하였다(Kyohei et al., 2015). 이들 값은 Table 7에 나타내었다.

$$F_{KES} = \frac{EM}{F_{max} \cdot LT} \cdot B \tag{6}$$

where, F<sub>KES</sub>: fabric formability

F<sub>max</sub>: 500gf/cm

EM: extension(%) at F<sub>max</sub>

LT: tensile linearity

B: bending rigidity(gf·cm<sup>2</sup>/cm)

$$B = W \cdot C^3 \times 9.807 \times 10^{-6} \tag{7}$$

where, B: bending rigidity(μN·m)

W: fabric weight(g/m<sup>2</sup>)

C: bending length(mm)

$$F_{FAST} = \frac{(E_{20} - E_5) \cdot B}{14.7} \tag{8}$$

where, F<sub>FAST</sub>: fabric formability

E<sub>5</sub>: extension(%) under 5gf/cm load

E<sub>20</sub>: extension(%) under 20gf/cm load

B: bending rigidity(μN·m)

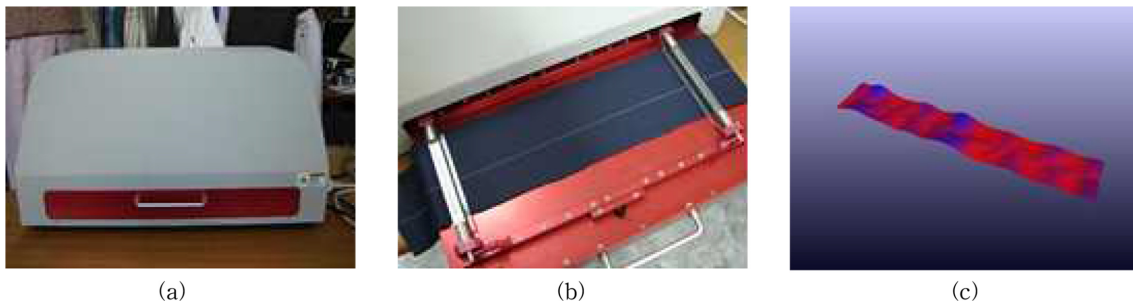
### 2.6. 심퍼커링(Seam puckering)측정

의류의 외관특성을 나쁘게 하는 여러 가지 요인 중 봉목부분의 수축 불균일에 의한 일그러짐에 의해 발생하는 현상이 심퍼커링으로 이를 측정하기 위해 재봉기(DB2-B 737 MarkII, Brother Co.)를 사용하여 60Ne/2 실크 재봉사로 6gf의 장력을 주면서 2,230rpm으로 재봉하였다. 이때 스티치 길이는 4mm로 노루발압력 3.5kg 상태에서 봉제를 실시하였다. 심퍼커링 정도의 측정은 Fig. 1(a)에 제시한 KD 04 system을 사용하여 측정하였다. 33cm × 10cm 크기로 봉제된 시료를 Fig. 1(b)에 제시한 스캐너위에 올려서 20초 동안 스캐닝 후 Fig. 1(c)에 제시한 3D 이미지로 시뮬레이션 후 KSK 0118에 의해 측정기기 내에서 자동 계산된 평균 심퍼커링 등급을 평가하였다.

## 3. 결과 및 논의

### 3.1. 흡한속건 니트 소재의 역학특성치와 의류외관 특성과 의류형성성능

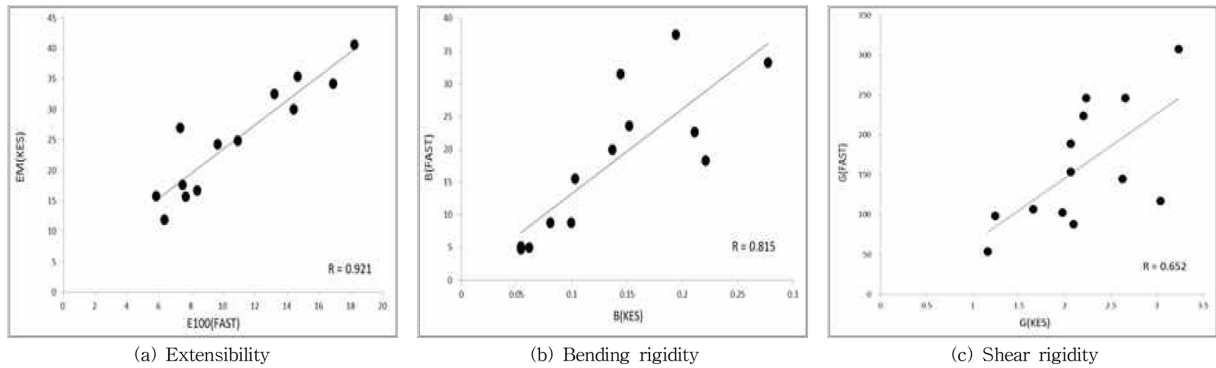
의류의 외관특성과 의류형성성능(Formability)에 중요한 역할을 하는织물 역학량은 인장, 굽힘, 그리고 전단특성치이며



**Fig. 1.** Seam pucker measuring apparatus.

**Table 5.** Physical properties of the knitted fabric specimens

Specimen	Thightness factor(K)	Stitch density(S)	Thickness(mm)	Weight(mg/cm <sup>2</sup> )	TAV(KES)	F(FAST)	Seam puckering
1	34.2(22.8)	30.6(17.9)	1.69	13.23	0.4687	0.715	3.80
2	47.4	36.2	1.21	15.34	0.4057	0.835	4.39
3	87.7	131.0	1.31	16.37	0.2338	0.760	3.52
4	156.1	478.2	1.13	15.76	0.2699	0.555	3.85
5	27.0(56.8)	22.4(81.6)	1.67	14.82	0.4583	0.775	3.77
6	93.7	287.6	2.09	18.41	0.9053	2.315	3.23
7	38.9(38.3)	43.2(31.0)	1.86	18.66	1.2866	1.180	3.30
8	69.3	86.4	1.63	15.09	0.3717	0.955	3.15
9	37.6(26.7)	30.8(20.5)	1.91	18.24	0.8877	0.820	3.00
10	47.3(27.2)	48.1(23.0)	1.82	14.88	0.4546	0.610	4.53
11	89.1(89.1)	224.6(224.6)	1.90	25.97	4.5844	4.145	3.36
12	77.2(109.3)	173.9(244.3)	2.17	15.43	0.7849	1.675	4.08
13	91.0(79.2)	200.1(200.1)	1.58	10.63	0.5527	0.735	3.13

**Fig. 2.** Correlation diagram of the mechanical properties between KES-FB and FAST system of knitted fabric specimens.

KES-FB와 FAST system 간의 이들 역학량의 상관성은 의류의 외관특성을 비교하기 위해서는 대단히 중요하다. 더구나 흡한속건용 니트 소재에 대한 이들 두 계측기기의 역학량의 상관성 분석은 현재까지 수행된 연구가 없기 때문에 본 연구에서 비교 분석하였다. Table 5는 흡한속건 니트시료 13가지의 역학량에서 앞에서 보인 (4)식과 (8)식에서 계산된 외관특성(TAV)과 의류형성성능( $F_{FAST}$ ) 물성치의 계산값을 나타내었다. Fig. 2는 이들 3가지 역학량의 두 계측기기 간의 상관성 그래프를 보였다. Fig. 2(a)에서 KES-FB system의 EM(Extensibility)과 FAST system의 E100과의 상관성은 상관계수  $\gamma=0.921$ 로 매우 높은 상관성을 보이며 Fig. 2(b)의 굽힘강성(B)의 경우  $\gamma=0.815$ 를 보였으나 인장특성보다는 낮은 값을 보였다. 이는 굽힘특성 측정기기의 메커니즘이 KES-FB system은 pure bending거동으로 굽힘 모멘트가 주어질 때 곡률(Curvature)과의 그래프에서 초기 기울기를 굽힘강성으로 정의하나, FAST system에서는 캔틸레버 방법에 의한 굽힘강성을 측정하며 굽힘길이의 3승에 비례 상수를 곱한 값을 이 값으로 계산하기 때문에 KES-FB와 FAST시스템 모두 같은 메커니즘으로 측정되는 인장특성보다

다소 낮은 상관계수를 보인다고 사료된다. 그러나 이 값은 모직물 소재(Ly et al., 1991)나 다른 스트레치 직물소재들의 상관계수(Kim & Kim, 2018) 보다 낮지 않은 수치로서 니트 소재의 경우에도 이들 두 계측기기의 적용성에 문제가 없음을 예측할 수 있다. 한편 Fig. 2(c)에 나타난 전단강성(G)의 두 계측기기의 상관계수는  $\gamma=0.662$ 로서 다소 낮은 값을 보였다. 이 값은 모직물의 경우(Ly et al., 1991) 보다는 낮은 값으로서 KES-FB system의 전단거동은 simple shear가 주어지지만 FAST system의 전단거동은 pure shear가 주어지는 메커니즘의 차이가 있으며 직물인 경우는 경사와 위사가 교차하는 구조를 가져, 이 두 가지 전단거동의 메커니즘 차이가 전단강성치의 변화에 크게 영향을 미치지 않으나, 니트 소재의 경우 경사와 위사의 교차점이 없으므로 전단강성치가 측정될 때 전단변형을 제한하는 영역이 니트의 경우에는 존재하지 않으므로 2가지 메커니즘의 전단강성의 차이가 나타나게 되어 낮은 상관계수를 보인다고 사료된다.

Fig. 3은 13가지 니트 소재의 KES-FB와 FAST 시스템 역학량에서 계산된 Table 5에서 제시한 TAV와 의류형성성능 값

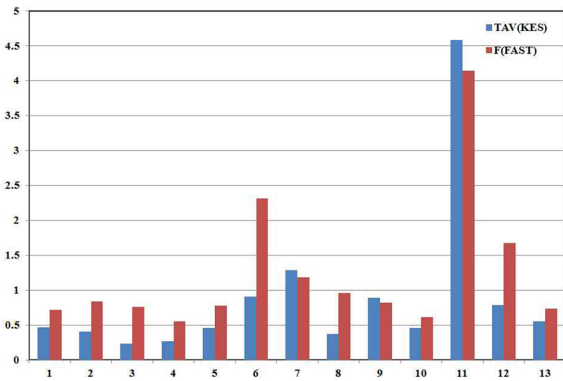


Fig. 3. Formability of quick dry fabric specimens.

을 도시한 것이다. 6번과 7번, 11번 그리고 12번 시료의 의류형성성능(F)이 높은 값을 보이며 4번, 5번, 10번 그리고 13번 시료들의 의류형성성능이 낮은 값을 보였다. 이들의 결과가 역학량과 어떤 상관성이 있는가를 분석하기 위해 Fig. 4에 이들 간의 3차원 그래프를 도시하였다.

Fig. 4(a)에서 볼 수 있듯이 EM과 B값이 높은 값을 보일 때 의류의관성능(TAV)값이 우수함을 볼 수 있으며, Fig. 4(b)에서도 E5값이 최대값을 가지면서 굽힘길이 C가 중간값 정도의 적절한 값을 가질 때 의류형성성능치가 가장 높은 값을 가짐을 알 수 있다. TAV(KES)와 F(FAST)의 최대값을 갖는 역학조건이 약간 다른 값을 가지는 것은 TAV(KES)는 굽힘강성(B)값이 pure bending거동인 반면 FAST system에 의한 F(FAST)는 굽힘강성에 관계하는 굽힘길이, C가 캔틸레버 거동에 의한 굽힘거동을 나타내어 굽힘거동 메커니즘 차이와 관련성이 있는 것으로 사료된다.

Fig. 5는 니트 구조인자에 따른 TAV를 도시한 것이다. Fig. 5에서 볼 수 있듯이 스티치 밀도(S)가 높을 때 TAV가 높은 값을 가짐을 알 수 있다. 또한 니트의 단위두께당 중량(W/T) 증가에 따라서도 TAV가 증가하는 경향을 보였다. 이들 결과의 원인을 분석할 목적으로 TAV와 의류형성성능과 역학량과의 회

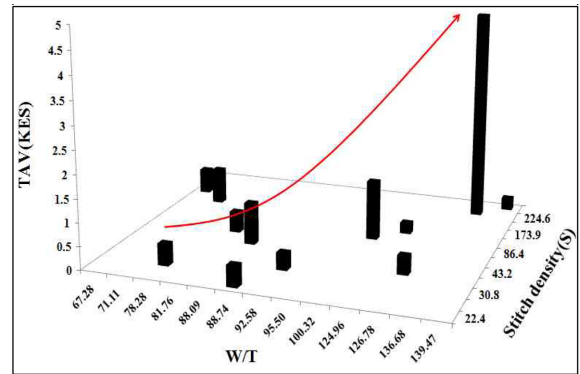


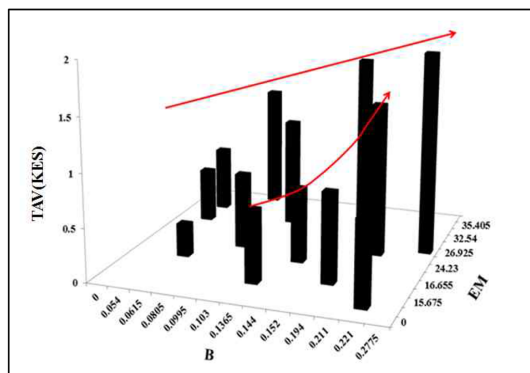
Fig. 5. TAV(KES-FB) against fabric structural parameters.

귀분석을 실시하여 이들 회귀식을 Table 6에 나타내었다. Table 6에서 TAV가 높은 값을 보이는 시료들은 굽힘강성(B)과 신축성(EM)이 높은 값을 보였으며 결정계수  $R^2$ 이 0.94의 높은 값을 보이고 있음을 확인하였다.

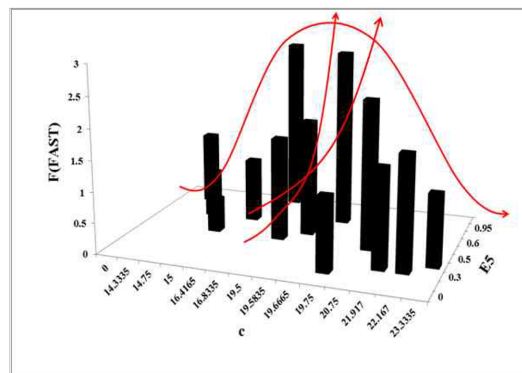
Fig. 6은 니트 시료의 구조인자에 따른 의류형성성능(FAST) 값을 도시한 것이다. Fig. 6에서 볼 수 있듯이 니트의 타이트네스 팩터와 스티치 밀도가 증가함에 따라 의류형성성능이 우수함을 알 수 있다. 또한 이들 의류형성성능에 영향을 미치는 니트 역학량의 기여도를 분석하기 위해 회귀분석을 실시한 Table 7에서 의류형성성능에 니트의 굽힘길이(C)가 가장 큰 영향을 미치며 결정계수 0.77의 값을 보였다. 즉, FAST 시스템에 의한 의류형성성능도 굽힘길이(C)가 큰 값을 가질 때, 즉, 굽힘강성이 높은 값을 가질 때 우수하며 굽힘강성이 가장 큰 기여를 하는 것으로 나타났다.

### 3.2. 니트 소재의 심퍼커링 특성

Fig. 7은 심퍼커에 영향하는 니트의 스티치 밀도(S)와 타이트네스 팩터(K)의 관계를 도시한 것이다. Fig. 7에서 볼 수 있듯이 낮은 S값을 가지면서 낮은 K값을 가질 때 심퍼커링은 높은 값을 보였으며 이는 의복형성성능(F)과는 반대의 현상을 보였



(a) TAV(KES) vs B and EM

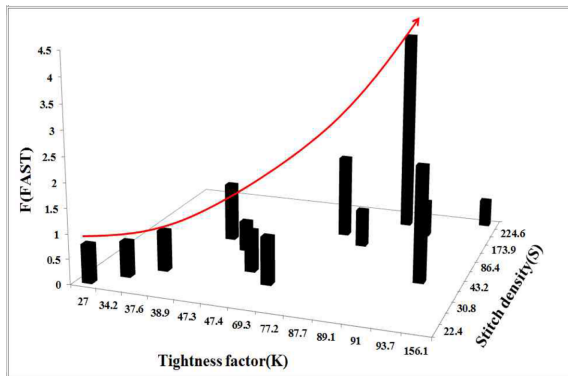


(b) F(FAST) vs C and E5

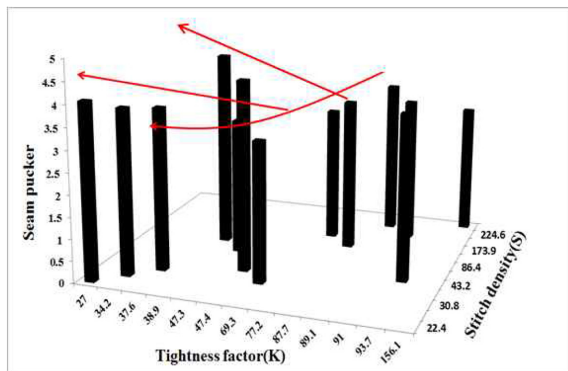
Fig. 4. Formability against fabric mechanical properties.

**Table 6.** Regression analysis between F and mechanical property

Formability(y)	Regression equation	R <sup>2</sup>	p-value (α=0.05)
	6.222B+0.039EM-0.887	0.94	0.000
TAV	7575.257B3-685.754B2+34.757	0.96	0.000
	0.008EM3-0.179EM2+1.204EM-1.765	0.88	0.000
Formability (FAST)	0.048C2-0.162C+0.976	0.77	0.001
Seam pucker	51113.367B3-8234.708B2+337.952B+0.065	0.69	0.012



**Fig. 6.** Formability(FAST) against fabric structural parameters.



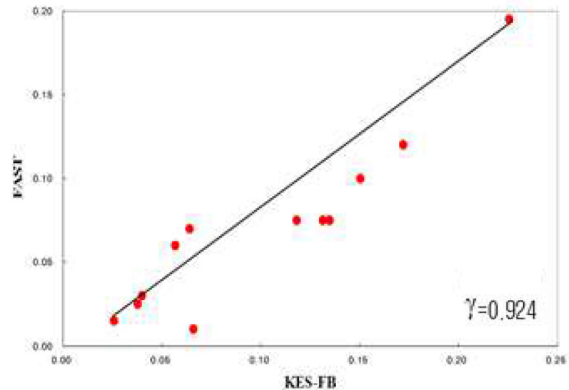
**Fig. 7.** Seam pucker against fabric structural parameters.

다. 즉, 니트의 스티치 밀도와 타이트네스 팩터가 증가할 때 의복형성능은 우수하나 심퍼커와 같은 외관특성은 나빠져서 니트의 밀도가 높거나 컴팩트(Compact)할수록 봉제 시 심퍼커 발생이 우려됨을 확인하였다.

**3.3. 투습직물의 의류형성능력 분석**

Table 7에 12가지 투습직물 시료의 역학특성치와 의류형성능력 그리고 심퍼커링 물성치를 나타내었다.

Fig. 8은 12가지 투습직물의 KES-FB와 FAST system에서 측정된 역학량에서 (6)식과 (8)식을 사용하여 계산한 의류형성



**Fig. 8.** Correlation diagram of formability between KES-FB and FAST systems.

**Table 7.** Mechanical and physical properties of woven fabric specimens.

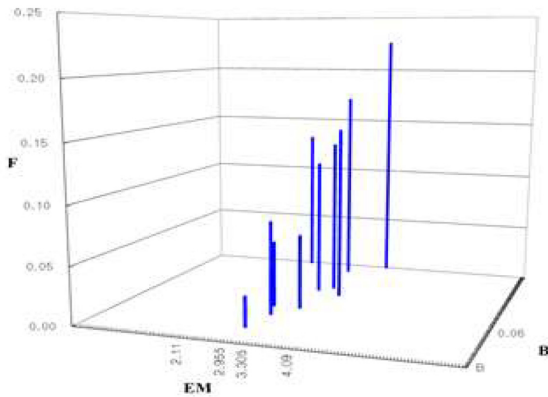
Specimen	Formability		Seam pucker		Mechanical properties(KES-FB)				
	KES-FB	FAST	Optimum condition	Bad condition	EM	B	G	2HG	RC
1	0.0100	0.0660	3.52	2.55	2.465	0.108	3.845	5.1	78.26
2	0.0250	0.0641	3.72	2.03	3.415	0.078	2.24	2.06	80.95
3	0.0750	0.1721	4.68	2.06	3.38	0.180	4.86	10.29	56.14
4	0.1000	0.1314	3.78	1.95	2.355	0.196	5.94	5.78	66.67
5	0.0300	0.1504	3.85	2.37	3.82	0.117	3.47	5.00	60.00
6	0.0700	0.0378	4.30	0.00	2.11	0.060	2.04	5.38	60.71
7	0.0600	0.0258	3.55	1.30	3.01	0.028	0.97	2.81	69.23
8	0.0750	0.0568	4.27	2.09	2.955	0.078	3.33	8.70	50.00
9	0.0750	0.1348	4.99	1.54	3.515	0.132	4.67	6.52	57.47
10	0.1200	0.1183	4.85	2.33	3.305	0.124	3.21	6.62	45.16
11	0.0150	0.0400	4.90	3.12	3.135	0.057	5.27	6.80	67.74
12	0.1950	0.2256	4.99	2.16	4.04	0.197	4.82	10.14	51.75

**Table 8.** Regression analysis between formability and fabric structural parameters

Formability (y)	Fabric structural parameter (x <sub>i</sub> )	Regression equation	R <sup>2</sup>	p-value (α=0.05)
KES-FB	x <sub>1</sub> : Thickness x <sub>2</sub> : Weight	y = -0.332 - 21.382 × 1 + 45.826 × 2 + 0.283 × 3 - 0.222 × 4	0.73	0.038
FAST	x <sub>3</sub> : Thickness/Weight x <sub>4</sub> : Cover factor	y = -0.042 - 2.632 × 1 + 18.690 × 2 + 0.038 × 3 - 0.117 × 4	0.94	0.000

**Table 9.** Regression analysis between seam pucker and fabric mechanical properties

Formability (y)	Fabric mechanical properties (x <sub>i</sub> )	Regression equation	R <sup>2</sup>	p-value (α=0.05)
Seam pucker	x <sub>1</sub> : EM, x <sub>2</sub> : B, x <sub>3</sub> : G, x <sub>4</sub> : 2HG, x <sub>5</sub> : RC	y = 4.50 + 0.26x <sub>1</sub> - 4.69x <sub>2</sub> + 0.2x <sub>3</sub> + 0.06x <sub>4</sub> - 0.03x <sub>5</sub>	0.716	0.105



**Fig. 9.** Formability against extensibility and bending rigidity.

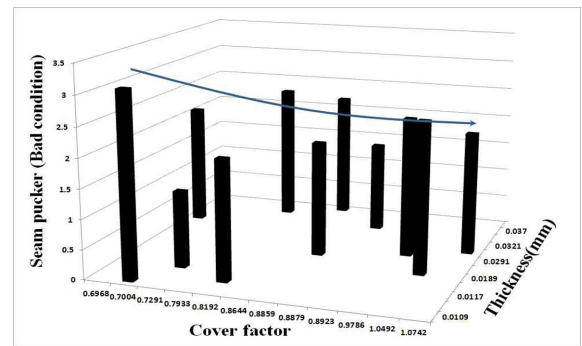
성능의 상관성을 보였다. Fig. 8에서 볼 수 있듯이 두 계측기기의 상관계수가 0.924로 매우 높은 상관성을 보였다. 이는 일반 면직물과 소모직물의 상관계수와 비슷한 값으로서 투습직물의 의류형성 성능치도 일반직물과 유사한 값을 가지는 것을 확인하였다. Fig. 9는 의류형성 성능에 영향을 미치는 직물 역학특성의 상관성을 보기 위해 KES-FB 계측기에서 측정된 extensibility (EM), bending rigidity(B)와 Formability(F)의 상관성을 도시한 것이다.

Fig. 9에서 볼 수 있듯이 투습직물의 EM과 B값의 증가와 함께 의류형성 성능은 증가하는 것을 볼 수 있다. 즉, 신축성이 높고 굽힘강성이 높은 값을 가질수록 2차원 직물에서 3차원 의류로 바뀔 때 의복으로의 형성 성능이 우수하다는 것을 예측할 수 있다. 한편, KES-FB와 FAST system에서 얻은 의류의 의류형성 성능에 영향을 미치는 직물 구조인자의 기여도를 보기 위해 실시한 회귀분석 결과를 Table 8에 나타내었다.

Table 8에서 볼 수 있듯이 투습직물의 의류형성 성능에 영향을 주는 인자는 커버팩터와 단위무게 당 두께이며 KES-FB에 의한 의류형성 성능과 직물 구조인자 간에는 결정계수가 0.73이며 FAST system은 0.94의 높은 결정계수를 보였다. 커버팩터와 두께가 증가하면 의류형성 성능은 감소함을 알 수 있다. 이는 니트와는 반대현상을 보임을 확인하였다.

**3.4. 투습직물의 심퍼커링 특성**

Fig. 10은 투습직물 시료의 심퍼커링과 직물구조인자인 커버



**Fig. 10.** Diagram between seam pucker and fabric structural parameters.

팩터와 단위무게 당 두께와의 상관성을 보인 그래프이다.

Fig. 10에서 볼 수 있듯이 커버팩터와 직물두께가 증가함에 따라 심퍼커링은 불량함을 알 수 있다. 즉, 투습직물에서 직물 밀도가 너무 과다하든지 두께가 너무 두꺼운 경우 심퍼커링의 발생 위험이 높다는 것을 예측할 수 있다. 또한 심퍼커링과 직물 역학특성의 회귀분석 결과를 Table 9에 나타내었다. 심퍼커링과 직물 역학특성의 회귀계수는 0.72를 보였으며 이는 심퍼커링 현상이 직물의 역학특성으로부터 영향을 받는다는 것을 말해준다. 또한, Table 9에 나타낸 forward regression 분석에 따른 회귀식에서 심퍼커링에 가장 큰 기여도를 보이는 직물 역학 특성은 extensibility(EM)이며 그 다음이 굽힘강성(B), 전단강성(G), 전단히스테리시스(2HG), 압축회복성(RC)의 순서로 기여도를 보였다. 즉, 투습직물의 신축성과 전단강성이 클수록 굽힘강성이 낮은 값을 가질수록 심퍼커링 발생이 줄어든다는 것을 예측할 수 있다.

**3. 결 론**

스포츠용 흡한속건 소재와 투습방수 소재의 의류외관 특성과 착용성능을 분석하기 위해 이들의 역학특성치와 심퍼커링 성능을 측정 후 직물구조인자와의 회귀분석을 실시하였다. 이들 소재의 우수한 외관특성과 착용성능에 필요한 직물구조인자의 최적 설계조건을 결정하기 위한 기초연구를 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 스포츠용 흡한속건 니트 소재의 의류외관성능(TAV)은 니

트 소재의 extensibility(EM)와 굽힘강성이 높은 값을 가질 때 우수한 성능을 보이며 회귀분석 결과 결정계수 0.94의 높은 회귀관계를 보였다. 니트 구조인자 중에서 스티치 밀도와 타이트네스 팩터가 증가할 때 의류외관성능이 증가함을 보였다. 또한 의류형성능(F)도 스티치 밀도와 타이트네스 팩터가 증가할 때 같이 증가하나 회귀분석 결과 굽힘길이(C)의 기여도가 0.77로, 외관특성 보다는 다소 낮은 값을 나타내었다.

2) 스포츠용 흡한속건 소재의 심퍼커링 특성은 니트 소재의 굽힘강성이 가장 큰 영향을 미치며 스티치 밀도와 타이트네스 팩터가 낮은 값을 가질 때 심퍼커링이 우수한 결과를 보였으며 이는 의복형성성능과는 반대의 현상을 보였다. 따라서 니트의 밀도가 높거나 컴팩트할수록 봉제 시 심퍼커 발생이 우려됨을 확인하였다.

3) 투습직물의 경우, 신축특성과 굽힘강성의 증가는 의류의 의복형성성능의 증가를 가져오며 또한 직물의 커버팩터와 두께가 증가하면 의복형성성능은 감소함을 확인하였다. 이는 니트와는 반대현상을 보였다.

4) 투습직물의 심퍼커링도 커버팩터와 직물두께가 증가하면 불량해지며 이는, 역학량에서 예측한 의복형성성능과 같은 결과를 나타내었다. 역학특성은 신축특성치가 크고 굽힘강성이 낮은 값을 가질 때 우수한 심퍼커링을 보였다.

이상의 연구결과에서 흡한속건 니트 소재의 경우 심퍼커링을 최소화하면서 외관특성이 우수한 소재를 얻기 위해서는 소재 설계 시 적절한 스티치 밀도와 타이트네스 팩터의 선택이 중요하다. 투습직물의 경우 심퍼커링이 없고 외관특성이 우수한 소재를 얻기 위해서는 최적의 커버팩터와 두께의 선택이 중요함을 확인하였다. 한편, 이들 결과는 스포츠용 니트와 직물소재 설계 과정에서 적용될 수 있는 결과로 사료되며, 현장에서 많은 추가실험을 통해서 품질향상에 도움이 되는 최적 설계조건이 도출될 것으로 사료된다.

## References

Aoyama, K., & Shimazaki, K. (2007). A study on the prevention of seam slippage between two-ply fabrics using a drop feed and variable top feed sewing machine-influence of feed condition and fabric property on the slippage. *Journal of the Japan Research Association for Textile end Uses*, 48(8), 543-552. doi:10.11419/senshoshi1960.48.543

Au K. F. (2011). *Advances in knitting technology* (1st ed.). Cambridge: Woodhead.

Ayca, G. (2008). Investigation of the seam performance of PET/nylon-elastane woven fabrics. *Textile Research Journal*, 78(1), 21-27. doi:10.1177/0040517507082636

Gersak, J. (2003). Investigations of the impact of fabric mechanical properties on garment appearance. *Tekstil*, 52(8), 368-379.

Kim, H. A., & Kim, S. J. (2018). Effect of wet and dry thermal setting conditions of stretch fabric to fabric mechanical property and garment formability. *Fashion & Textile Research Journal*, 20(1), 83-92. doi:10.5805/SFTI.2018.20.1.83

Kim, S. J., & Kim, H. A. (2010). Data base system on the fabric structural design and mechanical property of woven fabric. *Woven Fabric Engineering. Rijeka, Croatia : SCIYO*, 169-194.

Komatsu, K., & Masako, N. (1978). Studies on the prediction of makin-up properties of garments – The prediction of making-up properties of men's suit fabrics for summer. *Journal of the Textile Machinery Society of Japan*, 31(11), 158-165. doi:10.4188/transjmsj.31.11\_T158

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. doi:10.1177/004051756103100203

Ly, N. G., Tester, D. H., Buckenham, P., Rocznio, A. F., Adriaansen, A. L., Scaysbrook, F., & De, J. S. (1991). Simple instruments for quality control by finishers and tailors. *Textile Research Journal*, 61(7), 402-406. doi:10.1177/004051759106100707

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

Nitta, M. (1980). Relation between the tailoring and fabric mechanical property-From the view of a tailoring expert. *Journal of the Textile Machinery Society of Japan*, 33(2), 152-155. doi:10.4188/transjmsj.33.2\_P152

Niwa, M., Yamada, T., & Kawabata, S. (1981). Prediction of the appearance of men's suit from fabric mechanical properties and fabric hand-Part 3 : Analysis of men's winter suit using fabric mechanical properties and hand values. *Journal of the Textile Machinery Society of Japan*, 34(7), 135-148. doi:10.4188/transjmsj.34.7\_T135

Niwa, M., Yamada, T., & Kawabata, S. (1981). Prediction of the appearance of men's suit from fabric mechanical properties and fabric hand-Part 2 : Analysis of men's summer suit using fabric hand values-. *Journal of the Textile Machinery Society of Japan*, 34(4), 76-85. doi:10.4188/transjmsj.34.4\_T76

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

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

Shishoo, R. L. (1989). Fabric properties and making up processes. *Textile Asia*, 20(2), 66-73.

Takahashi, K., Nishimatsu, T., Kanai, H., Asada, S., Kishimoto, J., & Shivata, K. (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

Yamada, Y., Mori, M., & Niwa, M. (1995). A study on seam puckering(Part 2): 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