

## 스포츠 의류용 투습직물의 역학특성과 의류형성성능 특성

김현아<sup>†</sup>

한국패션산업연구원 연구개발본부

### Mechanical Properties and Garment Formability on Breathable Fabrics for Sports-wear Garment

Hyun Ah Kim<sup>†</sup>

Korea Research Institute for Fashion Industry, Daegu, Korea

**Abstract :** This study investigated garment formability of the 73 breathable fabrics for sports-wear garment and their fabric mechanical properties were measured using KES-FB and FAST systems. Predicted garment formability from the mechanical properties measured using KES-FB and FAST systems was compared and discussed with fabric structural parameters. In addition, virtual 3D simulation silhouette by I-designer CAD system wear appearance by simulation using 3D CAD system. And compared with FAST finger chart by mechanical properties of FAST system. The correlation coefficients of extensibility and shear modulus between KES-FB and FAST systems were high, however, bending rigidity and compressibility showed relatively low correlation coefficients. The correlation coefficient of garment formability of breathable fabrics between KES-FB and FAST systems was 0.82. It revealed that garment formability can be predicted from fabric mechanical properties by KES-FB and FAST systems. The garment formability of nylon breathable fabric was higher than that of PET one, and the garment formability of laminated breathable fabric showed the highest value compared to coated, dot and hot melt laminated breathable fabrics. It revealed that garment formability of breathable fabrics for sports-wear can be predicted from fabric mechanical properties and garment formability was dependent on the materials, finishing method and fabric structural parameters.

**Key words :** garment formability (의류형성성능), KES-FB (가와바타 시스템), FAST (파스트 시스템), breathable fabric (투습직물), laminate (라미네이트)

## 1. 서 론

의류의 착용성에 영향을 미치는 인자 중에서 직물의 역학특성은 의류의 착용특성을 예측하는데 중요한 물리적인 특성으로 알려져 있다. 따라서 의류의 착용특성을 평가하는 객관적 방법으로 직물의 역학적 특성에 관한 연구가 많이 수행되어 왔다 (Ly et al., 1991; Niwa et al., 1998; Pavlinic et al., 2006; Yick et al., 1996; Yokura et al., 1990). 의류물성과 관련된 직물의 역학특성을 측정하는 방법에 대한 연구(Barndt et al., 1990; Kawabata, 1980)도 많이 발표되었지만 현재까지 상업적으로 혹은 연구에 많이 사용되는 계측기기는 KES-FB와 FAST system을 들 수 있다.

Ly et al.(1991)은 모직물과 모혼방 직물시료를 사용하여 FAST system에서 측정된 압축특성, 인장특성, 굽힘특성 그리고 전단특성들과 KES-FB system에서 측정된 이들 특성치들 사이의 상관계수가 모두 0.9 이상의 높은 값을 보임을 확인하였다. 즉, 모직물의 경우 이들 두 가지 계측기에서 측정된 역학특성치로부터 의류의 착용성능을 예측하는데 호환성이 있으며 모직물을 이용한 의류를 제조하는 공정에서 품질관리 및 제품개발에 사용할 수 있는 기기임을 제안하였다.

한편 Yick et al.(1996)은 면과 면혼방 직물을 사용하여 이들의 역학특성을 KES-FB와 FAST system에서 측정된 후 이들 값에서 의류형성성능(garment formability)치를 계산하였다. 두 계측기에서 측정된 각 역학량의 상관계수가 모두 0.9 이상의 높은 상관을 보였으며 의류형성성능도 두 계측기 사이의 상관계수가 0.92로써 매우 높은 값을 보였다. Yokura and Niwa(1990)은 울과 모헤어 소재 남성 여름셔츠용 직물의 역학량을 KES-FB system으로 측정된 후 이들 값에서 의류외관에 관계하는 객관적인 값(TAV, total appearance value)을 계산한 후 실제 이들 직물로 셔츠재킷을 만들어 착용하는 동안의 의류의 형태유지특성을 주관적으로 평가하여 TAV가 높은 값을 보

<sup>†</sup>Corresponding author; Hyun-Ah Kim  
Tel. +82-53-721-7459, Fax. +82-53-986-6341  
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.

Table 1. Characteristics of specimens

Specimen group	Materials	No. of specimens	Specimen group	Finishing methods	No. of specimens
M-1	Nylon(spandex) woven fabric	24	F-1	Laminating	39
M-2	Nylon(spandex)/cotton mixed woven fabric	6	F-2	Coating	14
M-3	PET(spandex) woven fabric	13	F-3	Dot-laminating	11
M-4	Nylon high densely woven fabric	8	F-4	Hot-melt	6
M-5	Others	22	F-5	Others	3
Total		73			

인 직물이 낮은 값을 보인 직물보다 더 좋은 형태 유지성을 보인다는 것을 확인하였다.

Niwa et al.(1998)은 300여 개의 다양한 소재의 여성의류용 직물의 KES-FB system에서 측정된 역학량과 이들 직물의 실루엣 특성과의 관계를 통계적 판별분석을 통해서 분석하여 최적 의류 설계 조건을 디자이너에 의존하지 않고 객관화할 수 있는 연구를 수행하였다. Pavlmic et al.(2006)은 직물의 역학특성치를 KES-FB system으로 측정한 후 이들 값에서 의류형성성능을 계산하여 의류의 심퍼커(seam pucker)특성과의 상관성을 분석하여 직물 역학량의 의류의 외관특성 예측에 중요한 역할을 확인하였다. Kim and Kim(2011)은 울과 폴리에스터 혼용율을 달리한 20가지의 소모 혼방직물의 역학량을 KES-FB와 FAST시스템에서 측정하고 이들 역학량을 심퍼커링 측정치와 회귀분석을 실시, 또한 의류형성성능과 비교·분석하였다. 최근 Kyohei et al.(2015)은 모직물 20가지의 역학량을 KES-FB와 FAST system으로 각각 측정하고 FAST역학량에서 계산한 의류형성성능과 KES-FB에서 측정한 역학량을 이용하여 주관적으로 측정된 외관 특성치와의 판별분석을 통해 의류착용특성이 우수한 직물의 역학특성의 카테고리를 연구하였다. 지금까지의 연구는 주로 천연소재인 모직물과 면직물에 대한 의류

착용특성과 관련된 직물의 역학특성을 KES-FB와 FAST system을 사용하여 많이 수행하였다. 그러나 스포츠 의류로 많이 사용되는 나일론과 폴리에스터 직물의 역학특성과 착용성능 그리고 의류외관특성과의 상관성에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 73가지의 스포츠 의류용 투습직물의 역학특성을 KES-FB와 FAST system으로 측정하고 이들 역학특성치에서 의류착용특성을 예측하고 의류의 외관특성과 의류형성성능을 역학특성치에서 평가하여 스포츠용 투습직물의 물성 향상에 필요한 기초 연구자료를 제공하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1. 시료

본 연구를 위해 준비한 시료는 73가지 투습직물이며 소재는 나일론/스판덱스 직물, 나일론/스판덱스/면 복합 교직물, 폴리에스터/스판덱스 직물, 나일론 고밀도 직물 그리고 기타소재 직물로 크게 5가지 군으로 구분되며 투습성을 부여하기 위한 가공방법은 코팅, 라미테이팅, 도트 라미네이팅, 핫멜트 그리고 기타가공의 5가지 군으로 구분된다. Table 1에 이들 시료특성을 나타내었다. Table 2에 73가지 투습직물시료의 직물 구조인자

Table 2. Structural parameters and finishing method of specimens

Specimen group		Fabric structural parameters				Specimen group		Fabric structural parameters							
M	F	Thickness (mm)	Weight (g/cm <sup>2</sup> )	Warp density (ends/inch)	Weft density (picks/inch)	M	F	Thickness (mm)	Weight (g/cm <sup>2</sup> )	Warp density (ends/inch)	Weft density (picks/inch)				
		1	0.125	55	290	150			0.759	21.64	92	67			
		2	0.439	248	88	130			0.427	22.935	128	84			
		3	0.276	117	125	80			0.391	15.67	160	56			
		4	0.317	149	120	80			0.276	14.18	125	80			
		5	0.305	165	120	80			0.544	20.435	150	73			
		6	0.31	16.9	120	80			0.366	15.74	125	72			
		7	M-1	F-1	0.327	16.465	120	80	44		0.32	15.095	125	71	
		8			0.344	16.1	165	65	45		F-2	0.349	20.675	120	79
		9			0.305	15.02	100	75	46			0.398	19.755	110	85
		10			0.19	9.695	220	120	47		M-4	0.337	16.6	150	96
		11			0.178	9.475	180	130	48			0.212	10.94	135	97
		12			0.413	19.16	80	56	49			0.154	10.51	133	125
		13			0.305	14.18	130	80	50			0.251	13.375	140	85

**Table 2.** Structural parameters and finishing method of specimens (continued)

14		0.313	14.45	130	80	51	M-4	0.359	17.285	163	67
15		0.3	14.505	170	90	52	F-2	0.486	23.81	132	75
16		0.298	13.24	155	75	53		0.359	19.445	156	90
17		0.144	8.255	210	140	54	F-3	0.166	8.275	140	105
18		0.12	6.01	210	130	55		0.173	9.33	105	84
19	M-1	0.137	6.455	136	144	56	F-3	0.178	9.38	103	76
20		0.125	5.985	205	136	57		0.193	9.335	105	82
21		0.139	5.03	165	210	58	F-3	0.181	9.235	170	92
22		0.129	5.15	220	170	59		0.413	16.35	154	57
23		0.12	5.915	320	200	60	F-4	0.254	12.445	150	110
24		0.149	7.395	208	205	61		0.327	15.36	155	93
25	F-1	0.251	8.79	88	88	62	M-5	0.41	14.845	150	95
26		0.122	5.335	240	175	63		0.376	15.34	130	93
27	M-2	0.137	5.67	225	190	64	F-4	0.405	16.565	100	60
28		0.222	10.38	190	128	65		0.349	13.43	210	72
29		0.198	11.505	165	120	66	F-4	0.381	16.35	122	57
30		0.298	13.64	151	80	67		0.281	13.095	156	125
31		0.378	16.87	112	88	68	F-4	0.291	14.77	87	72
32		0.552	17.56	152	88	69		0.386	14.49	120	76
33		0.525	23.105	170	140	70	F-5	0.183	9.33	173	89
34	M-3	0.461	18.44	155	112	71		0.186	8.875	108	78
35		0.305	10.455	285	220	72	F-5	0.176	8.035	127	96
36		0.327	13.79	180	150	73		0.227	9.175	103	85
37		0.442	18.375	152	115						

와 가공방법 분류를 나타내었다.

**2.2. 직물역학 특성실험**

**2.2.1. KES-FB system**

KES-FB 기기특성을 Fig. 1에 나타내었다. 인장특성은 KES-FB 1을 사용하여 측정하였으며 EM(extensibility), WT(tensile work), RT(tensile resilience) 그리고 LT(tensile linearity)값을 측정하였다. 이들 값은 Fig. 1(a)에 나타내었다. 전단특성은 KES-FB 1을 사용하여 측정하였으며 G(shear modulus), 2HG(shear hysteresis at 0.5°), 2HG5(shear hysteresis at 5°) 값을 측정하였다. 이들 값은 Fig. 1(b)에 나타내었다. 굽힘특성은 KES-FB 2를 사용하여 측정하였으며 B(bending rigidity)와 2HB(bending hysteresis)를 측정하였다. 이들 값은 Fig. 1(c)에 나타내었다. 압축특성은 KES-FB 3을 사용하여 LC(compressional linearity), WC(compressional work), RC(compressional resilience) 값을 측정하였으며 이들 값의 특성을 Fig. 1(d)에 나타내었다. 그리고 직물의 표면특성은 MIU(마찰계수), MMD(마찰계수편차), SMD(표면요철도)를 측정하였으며 이들 값의 특성을 Fig. 1(e)에 나타내었다.

**2.2.2. FAST system**

FAST system에서 인장특성치는 E(20)(20g<sub>f</sub>/cm 하중에서 변형률과 E(5)(5g<sub>f</sub>/cm 하중에서 변형률)의 값을 FAST 3에서 측정하였으며 EB5(5g<sub>f</sub>/cm 전단하중에서 신장율)값을 측정하여 전단강성(shear modulus) G값을 수식(1)로 계산하였다. 굽힘강성(bending rigidity, gf·cm /cm, μN·m) B값은 FAST 2에서 굽힘길이(bending length, mm) C를 측정하여 수식(2)로 계산하였다. (2)식에서 W(g/cm<sup>2</sup>)는 직물시료의 무게를 나타낸다. 압축특성은 FAST 1에서 T(2g<sub>f</sub>/cm<sup>2</sup> 압축하중에서의 직물두께)와 T(100g<sub>f</sub>/cm<sup>2</sup> 압축하중에서의 직물두께)값을 측정하였다. 이들 FAST 기기특성을 Fig. 2에 나타내었다.

$$G=(4.9 \times 100)/(4 \cdot EB5\%)=123/EB5\% \text{ (N/m)} \tag{1}$$

$$B=9.81 \times 10^{-6} WC^3 \tag{2}$$

**2.3. 의류형성성능 평가**

의류는 착용과정에서 발생하는 여러 가지 기능을 기본적으로 만족해야 하지만 착용했을 때 외관특성이 무엇보다도 중요하다. 이는 의류를 제조하는 봉제과정에서 발생하는 여러 가지

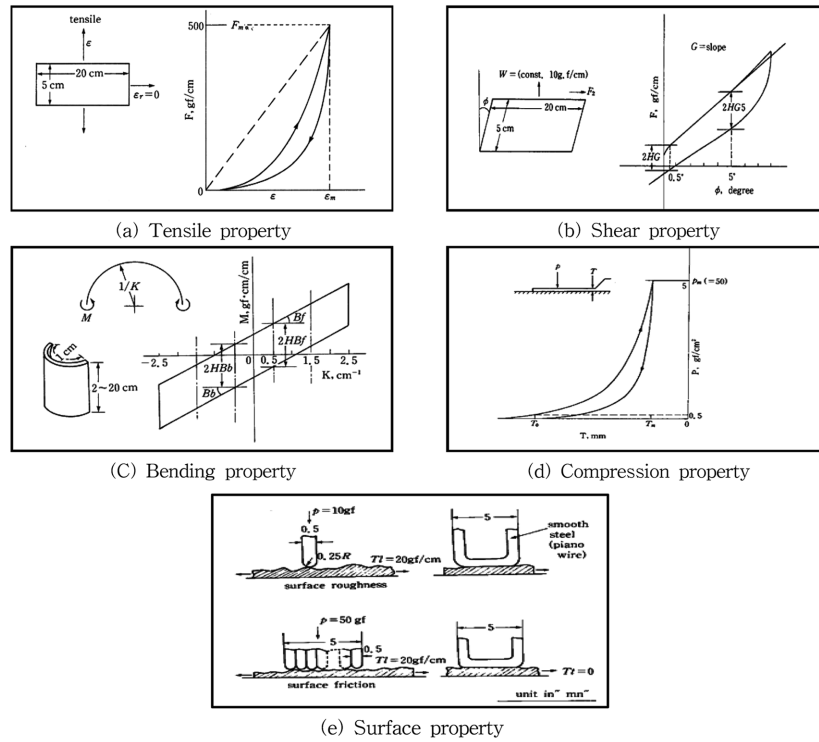


Fig. 1. Characteristics of KES-FB system (Kawabata, 1980).

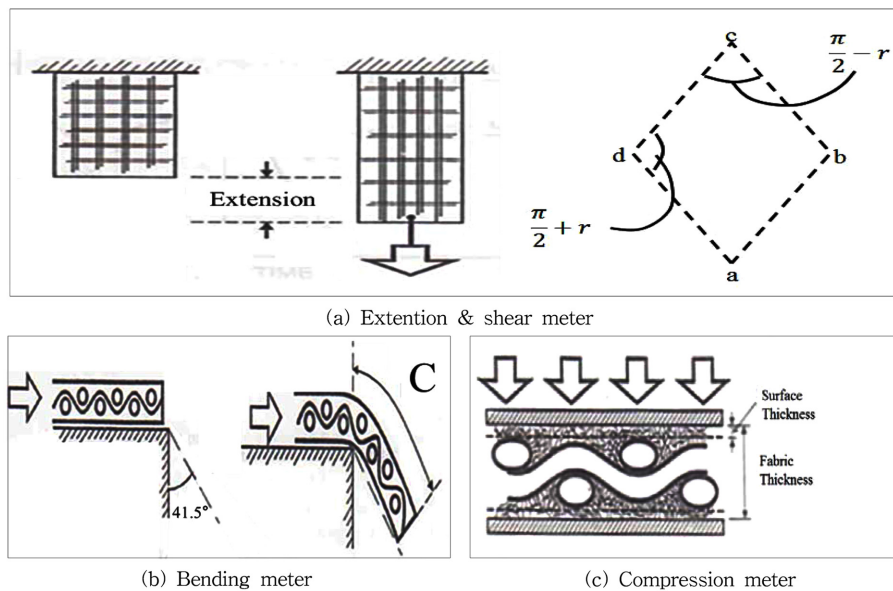


Fig. 2. Characteristics of FAST system (CSIRO, 1989).

문제에 의해서 발생할 수도 있지만 직물소재의 역학특성이 또한 착용외관특성에 큰 영향을 미친다는 것이 잘 알려진 사실이다. 한편, 2차원 직물이 3차원의 의류로 바뀔 때 그 직물이 가지고 있는 굽힘, 전단, 인장 그리고 압축특성에 따라 의류의 형

성능이 달라진다는 소위 의류형성성능도 많은 연구가 되었다. Gersak(2003)과 Morooka et al.(1978)은 그들의 연구에서 KES-FB system에서 측정된 직물의 역학량을 사용하여 의류의 Formability  $F$ 를 수식(3)으로 제안하였다. (3)식에서  $F_m$ 은

500g<sub>f</sub>/cm 인장하중, EMT는 F<sub>m</sub>에서의 변형률을 의미한다.

$$F = \frac{EMT}{F_m LT} \cdot B \cdot \frac{G}{2HG5} \quad (3)$$

Pavlinic et al.(2006)도 의류의 외관특성과 심퍼커링 연구에서 외관특성치를 수식(3)을 이용하여 예측하였다. Kyohei et al. (2015)의 연구에서는 FAST system에서 측정된 전단강성과 인장특성치를 사용하여 Formability F를 수식(4)로 계산하였다. (4)식에서 E(5)와 E(20)은 각각 5g<sub>f</sub>/cm과 20g<sub>f</sub>/cm에서의 변형률을 나타낸다.

$$F = \text{bending rigidity}(B) \times \frac{E(20) - E(5)}{14.7} \quad (4)$$

본 연구에서는 수식(3)과 수식(4)를 사용하여 스포츠 의류용 투습직물의 의류형성성능을 평가하였다. 한편, (주)테크노아의 가상봉제시스템인 i-Designer(Kim & Gotoh, 2008)를 사용하여 3-D CAD를 이용한 의류 착용 외관 시뮬레이션을 실시하였다. KES-FB 시스템에서 측정된 직물의 역학량과 패턴 데이터를 사용하여 의복의 3차원 형상을 예측하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. KES-FB와 FAST system에 의한 역학특성의 상관성

Ly et al.(1991)는 모직물의 경우 KES-FB와 FAST system에서 측정된 역학량 간의 상관관계수가 0.9 이상의 높은 값을 보인다는 연구결과를 발표하였고 Yick et al.(1996)은 면직물을 사용하여 같은 연구를 하여 모직물과 같은 0.9 이상의 높은 상관관계수를 보임과 함께 의류형성성능의 두 계측기에서 측정된 값의 상관계수도 0.92의 높은 값을 보였다고 발표하였다. 본 연구에서는 나일론과 폴리에스터 직물 등 투습직물에서의 이들 두 가지 계측기기의 적용 타당성을 확인해 보기위해 역학량의 상관성을 분석하였다. Fig. 3은 투습직물의 신축특성(extensibility)의 두 계측기기 간의 상관성을 도시한 것이다. 상관관계수가 0.933

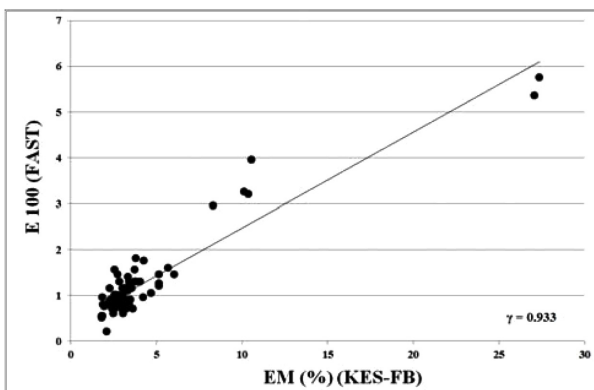


Fig. 3. Correlation diagram between EM(%) and E(100).

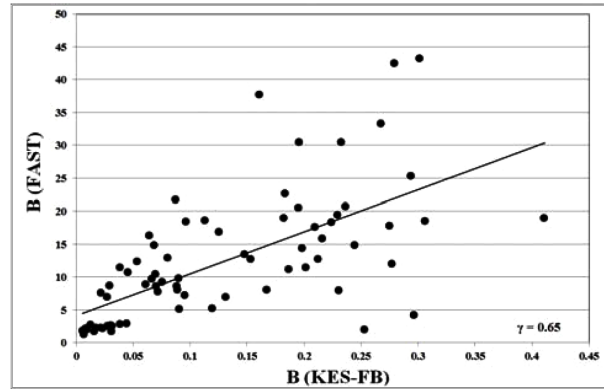


Fig. 4. Correlation diagram between B(FAST) and B(KES).

의 높은 상관성(유의수준(α):0.05, 유의확률(p): 0.001)을 보였으며 이는 모직물의 경우(Ly et al., 1991) 0.98, 면직물의 경우(Yick et al., 1996) 0.96보다는 약간 낮은 값이지만 매우 높은 상관성을 보여주어 두 계측기의 인장특성기기가 화섬투습소재에 대한 적용 한계성은 없다는 것을 확인할 수 있었다. 이는 두 계측기기의 인장 메커니즘이 유사하여 소재에 관계없이 높은 상관을 보였다고 사료된다.

Fig. 4는 직물의 굽힘강성의 두 계측기기 사이의 상관계수를 보여준다. Fig. 4에서 볼 수 있듯이 0.65의 다소 낮은 상관계수(유의수준(α):0.05, 유의확률(p):0.001)를 보였으며 이는 Ly et al.(1991)의 연구에서 모직물 소재의 경우 0.98, Yick et al. (1996)의 경우 면직물에서 0.97의 높은 상관계수에 비해 비교적 낮은 값을 보였다. 이는 KES-FB system에서는 굽힘 모멘트가 순굽힘(pure bending)이 주어지며 FAST system에서는 캔틸레버(cantilever)방법에 의한 굽힘강성이 얻어져서 별기한 방적사로 구성되어 있는 모직물과 면직물에 비해 다소 뻣뻣한(rigid)한 필라멘트사로 구성되면서 특히, 직물표면이 코팅이나 라미네이팅이 된 투습직물의 경우 굽힘에 따른 경사와 위사의 교차점에서의 굽힘 모멘트에 대한 저항이 KES-FB system의 순굽힘 거동에서는 다소 커져서 굽힘실험 시 처짐길이로 굽힘강성을 계산하는 FAST system에서 얻어진 굽힘강성과의 상관계수는 낮아지는 것으로 사료된다.

Fig. 5는 직물의 전단강성의 상관계수를 도시한 것이다. 0.926의 높은 상관관계(유의수준(α):0.05, 유의확률(p): 0.126)를 보였으며 모직물의 경우(Ly et al., 1991) 0.96, 면직물의 경우(Yick et al., 1996) 0.98보다는 약간 낮은 상관계수이지만 비교적 높은 상관성을 보였다. KES-FB system에서는 전단거동이 단순 전단(simple shear)이며 FAST system에서는 다소 다른 순 전단(pure shear)의 메커니즘으로 전단변형이 주어지지만 방적사 직물인 천연소재나 필라멘트사로 구성된 화섬 투습소재에서도 단순 전단과 순 전단의 차이는 다소 존재한다는 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 6은 두 계측기기에서 측정된 시료의 압축특성을 도시한

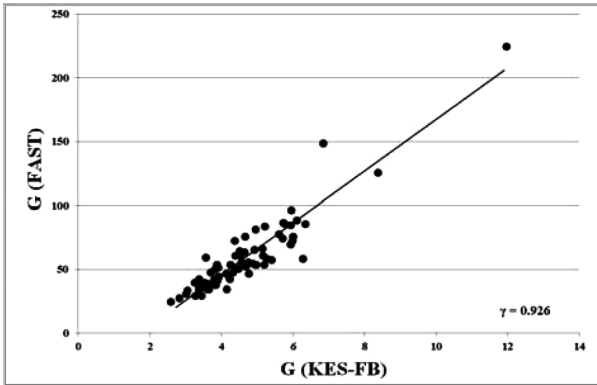


Fig. 5. Correlation diagram between G(FAST) and G(KES).

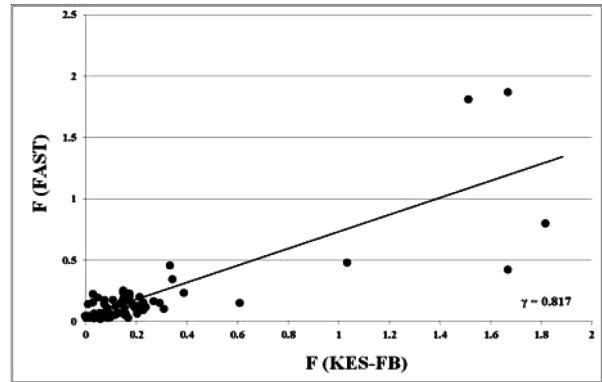


Fig. 7. Correlation diagram between F(KES) and F(FAST).

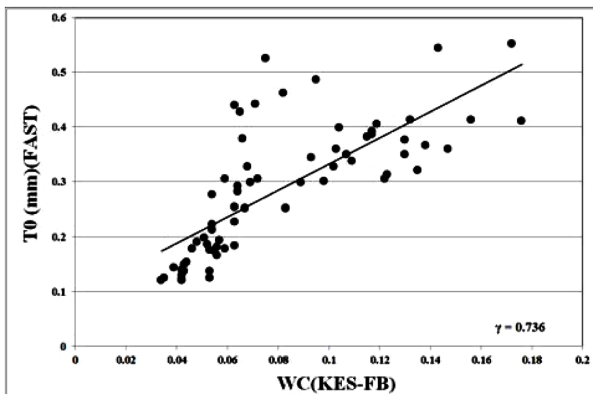


Fig. 6. Correlation diagram between WC(KES-FB) and thickness (FAST, T0).

것이다. Fig. 6에서 볼 수 있듯이 KES-FB시스템에서 측정된 압축에너지(WC)와 FAST시스템에서 측정된 두께(T0)와의 상관계수가 0.736(유의수준( $\alpha$ ):0.05, 유의확률(p): 0.006)을 나타낸다. 이와 같은 상관계수의 차이는 Yick et al.(1996)의 연구에서 면직물의 경우 이들의 상관계수가 0.92를 보인 결과보다 낮은 값을 보였다. 이는 본 연구에서 사용된 투습직물은 직물표면이 코팅 및 라미네이팅 등의 가공처리에 의해 필름층이 형성되므로서 압축을 받았을 때 직물두께의 수직방향으로의 변형이 필름층에 의해 방해를 받아서 압축에너지(WC)가 작은 값으로 측정이 되어 FAST시스템에 의한 두께(T0)와의 상관성이 다소 낮은 값을 보이는 것으로 사료된다.

### 3.2. 투습직물의 의류형성성능

KES-FB와 FAST system에서 측정된 역학량을 사용하여 2.3 절에서 제시된 수식(3)과 수식(4)를 사용하여 73가지 투습직물의 의류형성성능을 계산하였다. Fig. 7은 수식(3)과 수식(4)에서 계산된 두 계측기기의 의류형성성능의 상관성을 도시한 것이다. 상관계수가 0.817(유의수준( $\alpha$ ): 0.05, 유의확률(p): 0.001)을 보

였으며 비교적 높은 상관성을 보였다. 면직물 소재를 사용한 연구(Yick et al., 1996)에서 상관계수가 0.92를 보인 결과에 비해서도 다소 낮은 상관성을 보였으나 이는 투습직물의 역학특성 중 굽힘강성의 두 계측기기 사이의 측정 메커니즘의 차이로 인해 Fig. 4에서 보인 상관계수가 0.65의 낮은 값을 보임에 그 원인이 있는 것으로 보여진다. 그러나 이 결과에서 화섬소재인 투습직물의 경우에도 5%의 유의수준(p: 0.001)에서 두 계측기기에서 측정된 의류형성성능의 상관계수가 0.817로서 유의한 상관성을 보임으로서 천연소재인 울과 면 직물소재와 같이 두 계측기기에서 측정된 역학량에서 의류형성성능을 예측할 수 있음을 보여주는 결과로 해석 가능함을 확인하였다.

### 3.3. 소재특성과 투습직물의 가공방법에 따른 의류형성성능

본 연구에서 사용된 시료는 투습직물소재로서 폴리에스터, 나일론 그리고 레이온, 면 등의 천연/화섬 혼합소재 등 크게 5가지로 분류할 수 있으며 투습직물의 가공방법도 5가지로 구분된다. 73가지 투습직물의 의류형성성능에 이들 소재특성과 가공방법이 어느 정도의 영향을 미치는지를 분석하고 직물구조 인자가 의류형성성능에 미치는 영향도 조사하였다.

Fig. 8은 KES-FB와 FAST system에 측정된 역학량에서 <Eq. 3>과 <Eq. 4>를 사용하여 계산한 의류형성성능을 소재와 가공방법 별로 구분하여 각각 도시한 것이다. Fig. 8(a)와 (b)에서 볼 수 있듯이 두 계측 기기에서 측정된 역학량으로 계산된 의류형성성능은 모두 나일론 투습직물이 폴리에스터 투습직물보다 높은 의류형성성능을 보이고 있다. 이는 나일론 투습직물이 폴리에스터 직물보다 더 높은 신축특성과 굽힘강성을 보이는 것에 기인된 것이며, 또한 전단히스테레시스에 대한 전단강성 값이 더 높은 값을 가짐에 기인되는 것으로 보여진다. 가공방법에 따른 투습직물의 의류형성성능은 라미네이팅된 투습직물이 코팅, 도트 라미네이팅, 그리고 핫멜트 라미네이팅 된 직물보다 더 높은 값을 가진다는 것을 알 수 있다. 이상의 결과에서 투습직물의 의류형성성능 즉, 심피커링과 봉제공정에서의 봉목이탈(seam slippage) 그리고 드레이프성 등의 물성은 나일

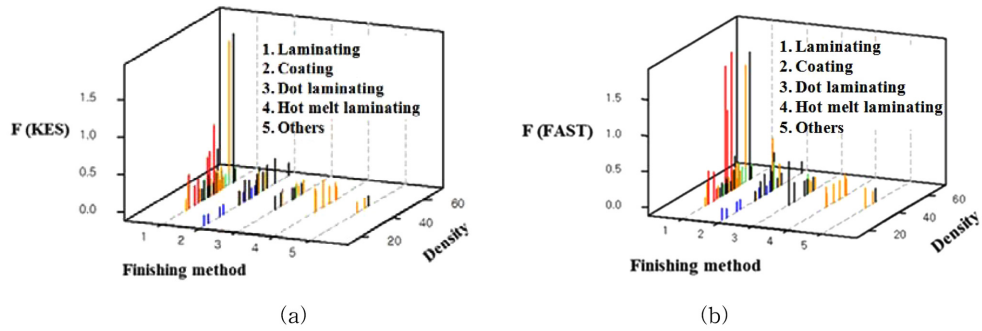


Fig. 8. Formability against density and finishing method of fabrics. (a) : KES-FB, (b) : FAST

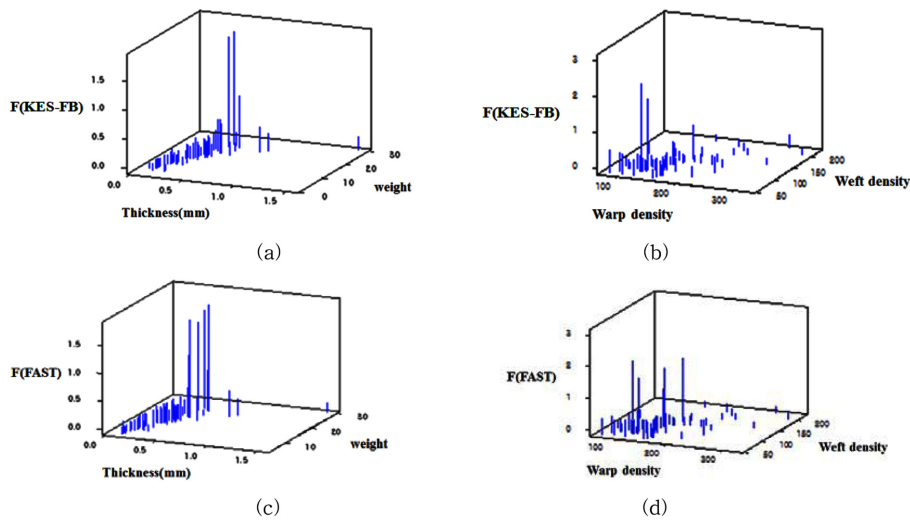


Fig. 9. Formability according to fabric structural parameters. (a), (b) : KES-FB, (c), (d) : FAST

른 투습직물이 폴리에스터 투습직물보다 라미네이팅 가공처리된 투습직물이 코팅, 핫멜트 등의 가공처리된 투습직물보다 우수하다는 것을 예측할 수 있다.

Fig. 9는 의류형성성능에 대한 직물구조인자의 효과를 보기 위해 두께, 무게, 경사와 위사직물밀도에 대해 KES-FB와 FAST에서 측정된 역학량에서 계산된 의류형성성능과의 관계를 도시한 것이다.

Fig. 9(a)에서 볼 수 있듯이 KES-FB system에 의한 의류형성성능은 투습직물의 무게와 두께가 증가함에 따라 증가하다가 감소함을 볼 수 있다. 그러나 Fig. 9(b)에서 투습직물의 밀도는 너무 큰 값을 가질 때 그 값이 오히려 나빠지며 두께가 두꺼우면서 밀도는 낮을 때 높은 값을 가짐을 알 수 있다. Fig. 9(c)와 (d)에서 보인 FAST system 결과에서도 KES-FB system 결과인 (a), (b)와 유사한 경향을 보임을 확인할 수 있다. 따라서 의류형성성능이 우수한 투습직물은 두께가 두꺼우면서 밀도를 낮게 설계할 필요가 있으며 실의 벌키성이 높은 실의 가공이 필요하다고 사료된다.

### 3.4. 3-D CAD 분석과 스포츠웨어 용 투습직물의 외관특성

Fig. 10은 i-Designer(Texpro, Korea)에서 상용화(Kim & Gotoh, 2008)한 가상봉제 CAD시스템을 사용하여 KES-FB 시스템에서 계측된 역학량을 입력시켜 투습시료 중에서 우수한 의류형성성능을 보인 시료(a)와 나쁜 의류형성성능(b)을 보인



Fig. 10. Wearing appearance by 3-D CAD simulation.



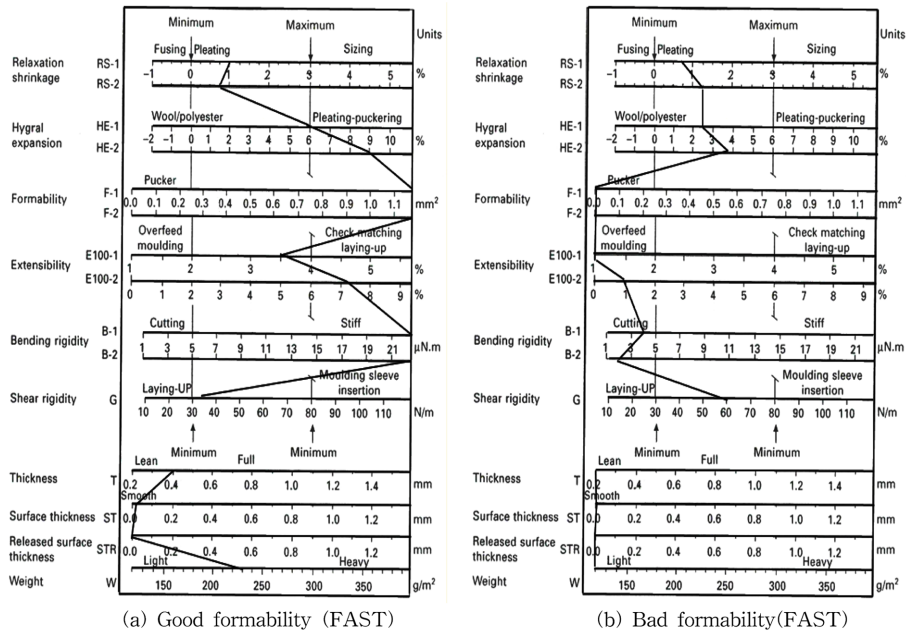


Fig. 11. FAST finger chart of good and bad formability specimens.

시료의 3차원 형상을 시뮬레이션한 결과를 보였다. Fig. 11은 이들 두 직물의 FAST 시스템에서 얻은 봉제성에 관한 핑거차트(finger chart)를 보여준 것이다.

Fig. 10(a)에서 볼 수 있듯이 우수한 의류형성성능을 보인 36번 시료가 나쁜 의류형성성능을 보인 17번 시료보다 더 좋은 드레이프(drape)와 실루엣 특성을 볼 수 있다. 이는 우수한 의류형성성능을 보인 36번 시료의 역학량이 나쁜 의류형성성능을 보인 17번 시료보다 높은 신축특성과 굽힘강성을 보였으며 전단특성은 더 낮은 값을 보인것에 기인한 것으로 보여지며 이는 두께와 무게가 큰 값을 가지는 것에 원인이 있는 것으로 보여진다. Fig. 11에 보인 봉제성능에 관한 핑거차트에서도 (a)에 보인 36번 시료의 의류형성성능값이 (b)에 보인 17번 시료보다 높은 값을 가지는 것을 볼 수 있으며 (a)에서 모든 역학량 값에서 봉제성능이 우수한 영역을 형성하고 있는 것을 볼 수 있으나 (b)에서는 낮은 의류형성성능 값을 볼 수 있으며 모든 역학량 값이 나쁜 봉제성능 영역을 보인다는 것을 확인할 수 있다.

#### 4. 결 론

스포츠 의류용 투습직물의 의류형성성능을 예측하고 소재와 직물구조인자 및 가공방법에 따른 의류형성성능의 차이를 분석하기 위해 73가지 투습직물의 역학특성을 KES-FB와 FAST시스템에서 측정된 후 의류착용성능을 예측하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

KES-FB와 FAST시스템에서 측정된 스포츠용 투습직물의 신

축특성과 전단강성의 상관계수는 소모, 면직물과 비슷한 0.9 이상의 높은 값을 보였으나 굽힘강성치의 상관계수는 0.65의 낮은 값을 보였으며 압축특성도 0.74의 다소 낮은 값을 나타내었다.

KES-FB와 FAST시스템에서 측정된 역학량에서 계산된 투습직물의 의류형성성능 사이의 상관계수는 0.82를 보였으며, 면 및 소모직물의 경우 0.9 이상의 값보다 다소 낮은 값을 보였으나 화섬 투습직물의 경우에도 두 계측 기기에서 측정된 역학량에서 의류형성성능을 예측할 수 있는 가능성을 확인하였다.

나일론 투습직물이 폴리에스터 투습직물보다 높은 의류형성성능을 보였으며 가공방법에 따라서는 라미네이팅 투습직물의 의류형성성능이 가장 높은 값을 보였다. 의류형성성능이 우수한 투습직물은 두께가 두꺼우면서 밀도를 낮게 설계할 필요가 있으며 벌키한 실의 가공이 요구된다. 또한 높은 의류형성성능을 보인 시료와 낮은 의류형성성능을 보인 투습직물의 핑거차트 결과와 3D CAD 가상 봉제 시스템의 시뮬레이션에 의한 의류형성성능 특성은 잘 일치하는 결과를 확인하였다.

본 연구를 통하여 스포츠 의류용 투습직물의 역학량에서 의류형성성능 예측이 가능함을 확인할 수 있었으며, 소재와 직물구조인자 그리고 가공방법에 따른 의류형성성능의 차이를 확인하였다.

#### References

Barndt, H., Fortess, F., Wiener, M., & Furniss, J. C. (1990). The use of KES and FAST Instruments. *International Journal of Clothing science and Technology*, 2(3/4), 34-39. doi:10.1108/eb002964



- CSIRO Division of Wool Technology. (1989). *The FAST system for the objective measurement of fabric properties - Operation, Interpretation and Application*-. CDW Technology.
- Gersak, J. (2003). Investigations of the impact of fabric mechanical properties on garment appearance. *Tekstil*, 52(8), 368-379.
- Kawabata, S. (1980). *The standardization and analysis of hand evaluation*(2nd ed). Japan, Osaka.
- Kim, S. A., & Gotoh, D. (2008). The characteristics and applications of 3D CAD. *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 7(2), 131-134.
- Kim, H. A., & Kim, S. J. (2011). Seam pucker and formability of the worsted fabrics. *Fibers and Polymers*, 12(8), 1099-1105. doi:10.1007/s12221-011-1099-8
- 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
- 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.
- Niwa, M., Nakanishi, M., Ayada, M., & Kawabata, S. (1998). Optimum silhouette design for ladies' garments based on the mechanical properties of a fabric. *Textile Research Journal*, 68(8), 578-588. doi:10.1177/004051759806800806
- Pavlinic, D. Z., Gersak, J., & Bratko, I. (2006). Predicting seam appearance quality. *Textile Research Journal*, 76(3), 235-242. doi:10.1177/0040517506061533
- Yick, K. L., Cheng, K. P. S., Dhingra, R. C., & How, Y. L. (1996). Comparison of mechanical properties of shirting materials measured on the KES-F and FAST instruments. *Textile Research Journal*, 66(10), 622-633. doi:10.1177/004051759606601003
- Yokura, H., & Niwa, M. (1990). Durability of fabric handle and shape retention during wear of men's summer suits. *Textile Research Journal*, 60(4), 194-202. doi:10.1177/004051759006000402

(Received 26 June 2017; 1st Revised 17 July 2017;  
2nd Revised 27 July 2017; Accepted 20 August 2017)