

## 면직물의 위사밀도 변화에 따른 역학특성 및 태

### The Mechanical Properties and Hand of Cotton Fabrics with the Variation of Weft Density

배진화\*† · 박정환\*\* · 안승국\*

Jin-Hwa Bae\*† · Jung-Whan Park\*\* · Seung-Kook An\*

부산대학교 섬유공학과\*

Department of Textile Engineering, Pusan National University

동의대학교 패션디자인학과\*\*

Department of Fashion Design, Dong-Eui University

**Abstract :** In this study, the mechanical properties and hand characteristics have been analyzed according to fabric structural parameters such as the weft density and weave structure of cotton fabric. KES-FB system was used to measure hand characteristics and mechanical properties of fabric. The weft density made an effect on bending and shear properties but not on tensile, compression, and surface properties. In case of wearing property,  $B/W$ ,  $2HG/G$ ,  $2HB/B$ ,  $2HB/W$ ,  $\sqrt[3]{B/W}$ ,  $\sqrt{2HB/W}$ ,  $W/T$ ,  $WC/W$  were affected by the weft density. The crimp was highly correlated with the tightness, hand, wearing and mechanical properties, specially tensile linearity, bending, shear, and compression properties. The weft crimp influenced the bending, shear, compression resilience, surface roughness, hand, and wearing properties. The tightness has an effect on the bending, shear, compression, surface friction, hand, and wearing properties.

**Key words :** Mechanical properties, hand, T.H.V. wearing properties

**요약 :** 본 연구는 직물구조인자인 위사밀도와 직물의 조직을 변화시켜 시직한 면직물을 이용하여 역학특성 및 태의 변화를 KES-FB System을 이용하여 측정하였다. 그 결과 위사밀도가 증가할수록 굽힘특성 및 전단특성이 증가하는 것으로 나타났고, 위사밀도의 변화에 따른 역학특성치 중 굽힘 및 전단특성의 값은 평직이 높게 나타났으며, 인장특성, 압축특성 그리고 표면특성의 값은 조직 및 밀도에 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 한편, 위사밀도 변화에 따른 의복착용성능 중  $WC/T$ ,  $MMD/SMD$ 를 제외한  $B/W$  및  $2HG/G$ ,  $2HB/B$ ,  $2HB/W$ ,  $W/T$ , 그리고  $WC/W$ 는 위사밀도에 영향을 받는 것으로 나타났다. 위사방향의 직축은 굽힘특성, 전단특성, 압축회복도(RC), 표면거칠기(SMD), 태와 의복착용성능에 높은 상관을 보이는 것으로 나타났다. 그리고 Tightness는 굽힘특

† 교신저자 : 배진화(부산대학교 섬유공학과)

E-mail : bjinhwa@pusan.ac.kr

TEL : 051-510-2156

FAX : 051-512-8175

성, 전단특성, 압축특성 그리고 표면 마찰계수와 높은 상관을 보였고, 기본태 및 T.H.V., 의복착용성능에도 높은 상관성이 있는 것으로 나타났다.

주제어 : 역학특성, 태, 종합태, 의복착용성능

## 1. 서론

직물의 품질특성은 제포기술자, 가공기술자 혹은 소비자의 입장에서 시각과 촉각을 통해 인간의 감각기관에 의존하여 직물의 품질을 주관적인 입장에서 평가한 특성으로 관능(官能)특성(sensory property)이라고 하며 태(態, hand)라고 표현한다. 이처럼 태란 감각에 의존한 주관적인 평가특성이기 때문에 개개인의 감각정도와 평가시의 주위환경, 판정자의 심리상태 그리고 숙련 정도에 따라서 평가정도가 달라지므로 신뢰성 및 객관성이 결여되어 있다. 한편 최근 들어 소비자의 기호가 다양화해짐으로써 직물생산 역시 과거의 소품종 대량생산에서 다품종 소량생산으로 바뀌어 가고 있는 실정이다. 따라서 소비자의 기호에 맞는 태를 지니는 직물의 생산과 봉제공정에서 봉제성을 향상시켜 좋은 외관과 착용성능을 지닌 의류를 생산하기 위해서도 추상적이며 주관적인 평가량인 태를 좀 더 객관적으로 평가하여 태를 계량화 및 표준화하는 방법에 관한 연구의 필요성이 요구되고 있을 뿐만 아니라 나아가 직물의 구조특성에 따른 역학특성 및 태에 미치는 영향을 정량적으로 분석 검토하는 연구의 필요성이 요구되고 있는 실정이다. 이와 같은 직물의 태 및 역학특성에 관한 선행 연구들을 살펴보면 1930년대 F. T. Peirce[1]의 역학특성치의 계측을 위주로 한 연구를 비롯하여 1960년대에는 태의 개념 및 형용어의 표현방법이 정립되었고, 1970년대에 들어서 일본의 S. Kawabata[6] 등은 전문가에 의하여 평가된 관능특성치와 태에 관여하는 직물의 16가지 역학특성치를 KES-F System으로 계측하여 직물의 관능특성치와 16가지 역학특성치와의 관계를 다변량 회귀분석에 의하여 직물태의 계량화 및 표준화를

시도하였다. 한편 M. Niwa 등[3-5]은 피복재료의 선별에 실용화할 수 있는 판별식을 도출함과 동시에 천의 제조시 설계 목표를 위한 기초 자료를 제시하였다. 그러나 지금까지의 대부분의 연구들은 시직의 어려움으로 인하여 시중에서 생산되어진 직물을 대상으로 구조특성과 역학특성과의 관계를 소비과학적인 측면에서만 분석되었기 때문에 실제 공정의 응용적인 면에서 볼 때 많은 문제점이 있으며, 다양한 범위에서의 실의 변수, 꼬임수, 밀도 그리고 조직 등과 같은 실과 직물의 구조인자가 직물의 태와 관련하여 역학적 특성에 구체적으로 어느 정도 영향을 줄 것인가에 대한 기초적인 연구가 부족하였다. 따라서 본 연구에서는 면직물을 직물구조인자인 위사밀도 및 직물조직을 변화시켜 제작하고 이러한 구조인자 변화에 따른 면직물의 역학특성 및 태의 변화를 고찰 분석함으로써 실제공정에서 응용 가능하면서 실용적인 기초연구를 하고자 하며, 직물 및 의류제조 공정상에서 물성변화의 예측과 효율적인 공정관리, 그리고 양호한 태와 요구하는 물성을 지니는 직물을 설계하는 데 필요한 기초 데이터를 제공해 줄 수 있을 것으로 생각한다.

## 2. 실험

### 2.1 시료

본 연구에 사용된 시료는 경사변수(20's), 경사밀도(45ends/inch) 그리고 위사변수(30's)로 고정시킨 상태에서 위사밀도(35, 45, 55picks/inch)와 조직(Plain, Twill, Satin)에 변화를 주어 제작한 총 9종의 면직물로 Table 1과 같다. 제작에 사용된 기종은 SOMAT(Hayashi Feeler Co., Ltd.—Made in

Table 1. Characteristics of specimens

Weave notation	Warp		Weft	
	cotton count	fabric count (ends/inch)	cotton count	fabric count (picks/inch)
Plain				35
				45
				55
Twill (2/1 right handed)	20	45	30	35
				45
				55
Satin (6H warp faced, 1 count)				35
				45
				55

Japan)으로 바디폭은 71inch이며 직물에 사용된 총 경사 올 수는 2,982본으로 하였다.

### 2.2 역학특성의 측정

역학특성의 측정은 KES-FB System(Kato Tech Co., Ltd.)[3]을 사용하여 인장특성, 굽힘특성, 전단 특성, 압축특성, 표면특성 및 두께와 무게의 16항목 기본특성치를 표준계측조건에서 측정하였다.

### 2.3 기본태 및 T.H.V.

계측되어진 직물의 역학특성으로부터 기본태 값의 변환은 KN-201-MDY식을 이용하였으며, T.H.V. 값의 변환은 KN-301-Winter식을 사용하였다.

### 2.4 직축측정

경사와 위사의 교차로 인하여 실이 굴곡되면서 정 경길이와 제직된 직물의 길이가 서로 다르게 된다. 이때 제직 후의 길이 및 나비의 줄어드는 것을 직축이라고 하며, 이 줄어드는 비율을 직축률이라 한다. 직축률의 계산식은 다음 (1)식과 같으며, 측정된 값은 5회 반복 실험하여 그 평균값을 사용하였다.

$$C(\%) = (y' - y/y) \times 100 \tag{1}$$

여기서, C : 직축률

y' : 직축되기 전의 위사길이

y : 직물상에서의 위사길이

### 2.5 Cover Factor 측정

Cover Factor(피복도)는 직물조직에 있어서 직물의 단위면적에 대한 단위면을 덮고 있는 경사 및 위사의 면적비로 정의되며, 즉 직물의 조밀 정도를 나타내는 객관적인 척도로 본 연구에서는 Peirce의 식을 이용하여 다음 (2)식에 의하여 산출하였다.

$$K_1 = n_1/28\sqrt{N_1}, K_2 = n_2/28\sqrt{N_2} \tag{2}$$

여기서, K<sub>1</sub> : 경사의 Cover factor

K<sub>2</sub> : 위사의 Cover factor

n<sub>1</sub> : 직물의 경사의 밀도

n<sub>2</sub> : 직물의 위사의 밀도

N<sub>1</sub> : 경사의 면사번호

N<sub>2</sub> : 위사의 면사번호

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 위사밀도 변화에 따른 역학특성의 변화

Table 2는 위사밀도 변화에 따른 평직, 능직 그리고 주자직의 인장특성을 나타낸 것으로 위사밀도가 증가할수록 평직과 능직의 경·위사방향의 인장선형성(LT<sub>1</sub>, LT<sub>2</sub>)과 인장에너지(WT<sub>1</sub>, WT<sub>2</sub>)는 대체로 증가하였으며, 주자직의 위사방향의 인장선형성과 인장에너지 역시 유사한 경향을 보였다. 그러나 주자직에서 위사밀도의 증가에 따라 경사방향의 인장선형성과 인장에너지는 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 일반적으로 위사밀도가 증가하면 직물의 조직이 치밀해져 경·위사 교차점에서 압착력이 증가하여 인장에 대한 저항성이 증가하게 되어 생기

Table 2. Tensile properties of weft density

Weave notation	Weft density (picks/inch)	Tensile Properties					
		LT <sub>1</sub> (-)	LT <sub>2</sub> (-)	WT <sub>1</sub> (gf.cm/cm <sup>2</sup> )	WT <sub>2</sub> (gf.cm/cm <sup>2</sup> )	RT <sub>1</sub> (%)	RT <sub>2</sub> (%)
Plain	35	0.602	0.520	9.70	10.31	43.18	42.14
	45	0.674	0.598	8.31	12.54	46.92	43.18
	55	0.695	0.691	10.25	10.84	45.42	17.18
Twill	35	0.589	0.507	8.23	9.30	45.57	43.01
	45	0.559	0.540	7.78	11.62	48.56	45.28
	55	0.630	0.622	11.96	10.82	39.52	47.47
Satin	35	0.659	0.422	13.23	9.13	24.99	44.65
	45	0.574	0.489	6.58	9.16	48.16	45.79
	55	0.479	0.575	7.28	11.15	47.25	39.72

는 현상으로 보인다. 따라서 주자직이 평직과 능직에 비해 직물의 단위면적당 교차점의 수가 적을 뿐만 아니라 위사밀도가 증가함에 따라 조직점에서 위사들의 부출길이가 길어져 전체 위사들의 부출길이가 외력에 의하여 교차점에서 경·위사의 미끄러짐 현상이 쉽게 발생되기 때문에 주자직에서 위사밀도가 증가함에 따라 오히려 위사방향의 인장선형성과 인장에너지가 감소한 것으로 생각된다. 한편, 위사밀도가 증가할수록 평직과 주자직에서 인장레질리언스(RT)는 감소하였으나, 능직에서 위사방향의 인장레질리언스만이 증가하는 경향을 나타내고 있어 전체적으로 위사밀도의 인장레질리언스에 대한 경향은 뚜렷하지 않았다.

Fig. 1은 위사밀도 변화에 따른 평직, 능직 그리고 주자직의 굽힘강성(B)의 변화를 나타낸 것으로, 위사밀도가 증가할수록 평직, 능직 그리고 주자직의 굽힘강성의 값이 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 위사밀도가 증가할수록 굽힘히스테리시스(2HB)의 값도 증가하는 것으로 나타났다. 이는 위사밀도가 증가함에 따라 굽힘특성이 증가한다는 Skelton [4]의 실험결과와 잘 일치한다. 즉, 위사밀도의 증가에 따라 경·위사의 접촉 면적이 넓어짐으로써 접촉점이 많아지고, 이 효과가 굽힘히스테리시스 증가의 경향성을 뚜렷하게 하는 것으로 생각된다.

그러나 주자직에서는 위사밀도 변화에 따라 굽힘특성의 변화율은 평직과 능직에 비해 상대적으로 적게 나타났고, 특히 굽힘히스테리시스의 변화율은 아주 미미하게 나타나므로 주자직은 굽힘특성에서 위사밀도의 변화가 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 이러한 현상은 직물을 굽혔을 때 생기는 히스테리시스는 접촉점에서 작용되는 횡압축력과 크럼프로 인해 구성섬유의 상대적인 운동을 방해하는 마찰저항을 극복하는 데 필요한 회복되지 않는 에너지로 주자직은 평직이나 능직에 비해 상대적으로 직물의 단위면적당 접촉점이 적으므로 상호마찰이 적을 뿐만 아니라, 부유하는 부분의 길이가 길기 때문에 위사밀도가 증가하면 평직이나 능직에 비해 직물 단위길이 당 더 많은 위사의 올 수가 직물 표면위에 표출되므로 각 접촉점에서 받는 압축에 대한 실의 측면 방향의 압축모듈러스가 오히려 감소하기 때문이라고 생각된다.

Fig. 2는 위사밀도 변화에 따른 평직, 능직 그리고 주자직의 전단강성(G)의 변화를 나타낸 것으로, 위사밀도가 증가할수록 전단강성, 전단각  $\theta = 0.5^\circ$ 에서의 히스테리시스(2HG) 그리고 전단각  $\theta = 5^\circ$ 에서의 히스테리시스(2HG5)는 증가하는 경향을 나타내었으며, 굽힘특성과 마찬가지로 평직, 능직 그리고 주자직의 순으로 큰 값을 나타내었다. 또한 위사밀도 증가에 따라 전단특성의 증가폭은 평직과

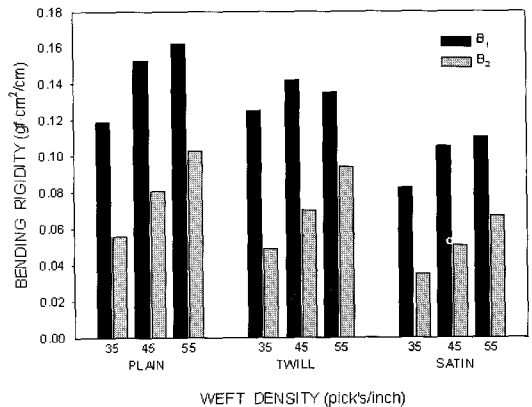


Figure 1. Relation between bending rigidity and weft density on the three weave notation.

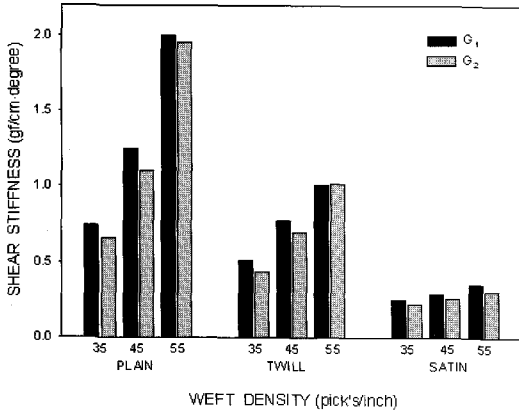


Figure 2. Relation between shear stiffness and weft density on the three weave notation.

능직은 크게 나타났지만 주자직은 위사밀도 증가에 따른 전단특성의 변화폭이 거의 없는 것으로 나타났다. 따라서 평직과 능직이 주자직에 비하여 전단강성이 높게 나타난 것은 위사밀도가 증가함에 따라 평직이 주자직보다 직물 내에서 경사와 위사의 접촉점의 분포 변화가 훨씬 심하므로 등방성의 역학특성에 가까운 거동을 나타낼 뿐만 아니라 직물의 단위면적당 접촉점수가 위사밀도가 증가함에 따라 주자직에 비하여 평직은 급격히 증가함으로써 접촉점에서의 경·위사의 마찰력은 커지게 되고, 전단력을 주었을 때 그 저항하는 정도가 커져서 전단강성의 증가폭이 주자직에 비하여 큰 것으로 생

각된다.

Table 3은 위사밀도 변화에 따른 평직, 능직 그리고 주자직의 압축특성과 표면특성을 나타내었다. 여기서 평직과 능직에서의 압축선형성(LC)과 압축에너지(WC)는 위사밀도의 변화에 따른 뚜렷한 경향은 보이지 않았으나 주자직은 평직과 능직에 비해 위사밀도 증가에 따른 감소 현상이 뚜렷한 것을 알 수 있다. 그리고 압축레질리언스(RC)는 평직과 능직에서는 위사밀도 증가에 따른 약간 감소하는 경향을 보이나 주자직에서는 그 경향이 뚜렷하지 않았다. 따라서 주자직에 비해 평직과 능직에서는 위사밀도의 영향을 그다지 크게 받지 않는 것을 알 수 있다.

한편, 위사방향의 마찰계수(MIU<sub>2</sub>)의 경우 위사밀도의 증가에 따라 모두 감소하는 경향을 나타내었으나, 평직에 비해 능직과 주자직의 감소율은 아주 미미하게 나타났으며, 마찰계수의 값은 평직이 제일 큰 것으로 나타났다. 특히 평직의 경우 마찰계수의 감소 현상이 뚜렷한 것은 위사밀도 증가에 따라 위사들 사이의 접촉 가능성이 커짐으로 인해 직물표면의 편평화가 더 이루어졌기 때문에 마찰계수의 감소현상을 보였다고 생각한다. 경사방향의 마찰계수(MIU<sub>1</sub>)에서는 평직과 능직인 경우 위사밀도 증가에 따라 미미하지만 증가하는 경향을 보였고,

Table 3. Compression and surface properties of weft density

Weave notation	Weft density (picks/inch)	Compression Properties			Surface Properties					
		LC (-)	WC (g.cm/cm <sup>2</sup> )	RC (%)	MIU <sub>1</sub> (-)	MIU <sub>2</sub> (-)	MMD <sub>1</sub> (-)	MMD <sub>2</sub> (-)	SMD <sub>1</sub> (μm)	SMD <sub>2</sub> (μm)
Plain	35	0.273	0.271	41.34	0.224	0.284	0.0239	0.0474	12.58	14.79
	45	0.295	0.291	36.83	0.216	0.240	0.0276	0.0638	12.01	12.72
	55	0.288	0.338	32.98	0.207	0.195	0.0378	0.0287	10.31	9.94
Twill	35	0.281	0.293	43.55	0.209	0.266	0.0164	0.0337	6.00	18.82
	45	0.291	0.248	44.97	0.201	0.249	0.0139	0.0464	4.28	17.08
	55	0.307	0.341	38.77	0.208	0.246	0.0142	0.0352	3.51	16.19
Satin	35	0.525	0.574	44.17	0.284	0.259	0.0296	0.0159	14.76	5.10
	45	0.454	0.461	44.21	0.292	0.237	0.0364	0.0106	11.17	4.53
	55	0.377	0.399	44.39	0.299	0.233	0.0407	0.0100	9.02	4.10

주자적인 경우에 약간 증가하는 경향을 보였으나, 전체적으로는 경사방향의 마찰계수의 경우는 위사 밀도 변화에 거의 영향이 없는 것으로 나타났다. 이는 직물의 위사밀도가 증가하게 되면 위사들 사이의 space는 감소하게 되고 경·위사 접촉점에서의 압축력의 증가로 인해 직물을 구성하는 경·위사 모두 편평화 현상을 유발하게 되고, 따라서 직물의 경·위사방향의 요철이 감소하기 때문이라고 생각된다.

3.2 위사밀도 변화에 따른 의복착용특성의 변화

Table 4는 위사밀도 변화에 따른 평직, 능직, 주자직의 봉제 후 형태안정성에 관계한 특성들인 단위면적당 중량에 대한 굽힘강성의 비(B/W), 단위면적당 중량에 대한 굽힘히스테리시스폭의 비(2HB/W), 굽힘변형에 있어서 탄성성분과 히스테리시스성분의 비(2HB/B), 전단과 굽힘특성에서의 탄성성분과 히스테리시스 성분의 비(2HG/G), 직물의 표면요철에 대한 마찰계수의 변동의 비(MMD/SMD), 봉제성 및 부피감에 관계하는 의복착용성인 단위면적당 중량에 대한 압축에너지의 비(WC/W), 두께에 대한 압축에너지의 비(WC/T), 두께에 대한 단위면적당 중량의 비(W/T), 주자직의 “Bending length” ( $\sqrt[3]{B/W}$ ) 그리고 “Unbending length”( $\sqrt{2HB/W}$ )

의 변화를 나타낸 것으로, 직물 자체의 무게에 의해 직물이 늘어질 때의 형태에 관계한 값인 B/W와 직물 자체의 무게에 의해 직물이 늘어뜨려질 때의 형상의 불확정에 관계한 값인 2HB/W는 위사밀도가 증가할수록 그 값은 증가하는 경향으로, 즉 직물의 밀도가 증가할수록 실과 실사이의 space가 감소함으로 인해 섬유끼리의 밀집현상이 증가하게 되고 직물의 경·위사 교차시 교차점에서 구성섬유 간의 마찰의 감소로 직물을 구성하는 실과 실 사이의 구속력은 증가하게 된다. 따라서 직물의 밀도가 증가할수록 드레이프성은 떨어지나 hanger성은 좋게 나타났으며, 동작시 직물의 움직임에 있어서는 liveliness가 결핍되는 것으로 생각된다. 주자직은 평직과 능직에 비해 위사밀도의 변화에 따른 B/W와 2HB/W의 값의 차이가 미미한 경향으로 이는 주자적이 평직과 능직에 비해 단위면적당 직물의 경·위사의 교차점 수가 적으므로 섬유의 부유횟수가 많아지고 이로 인해 직물의 경·위사끼리의 마찰력이 적게 발생하기 때문으로 생각된다. 그리고 구김성에 관계하는 2HB/B의 경우 평직과 능직은 위사밀도가 증가할수록 그 값이 증가하는 경향으로, 이는 위사밀도가 증가할수록 실과 실 사이의 space가 감소되고 경·위사의 접촉점에서의 마찰의 증가로 인해 실들끼리의 구속력이 증가되어 생기는 현상으로 생각되며, 주자직의 경우 평직 및 능

Table 4. Weaving properties of weft density

Weave notation	Weft density (picks/inch)	B/W	2HB/W	2HB/B	2HG/G	MMD/SMD	WC/W	WC/T	W/T	$\sqrt[3]{B/W}$	$\sqrt{2HB/W}$
Plain	35	0.0052	0.0053	1.0186	2.3214	0.0026	0.0161	0.3031	18.8572	0.2685	0.0728
	45	0.0063	0.0068	1.0845	2.5714	0.0037	0.0156	0.3444	22.0691	0.2818	0.0827
	55	0.0074	0.0102	1.3738	2.5696	0.0033	0.0190	0.3772	19.8939	0.2936	0.1010
Twill	35	0.0054	0.0051	0.9526	2.1842	0.0020	0.0183	0.2993	16.4146	0.2711	0.0718
	45	0.0059	0.0060	1.0147	2.2881	0.0028	0.0138	0.2838	20.6000	0.2769	0.0772
	55	0.0057	0.0064	1.1168	2.4540	0.0025	0.0169	0.3990	20.0201	0.2747	0.0798
Satin	35	0.0036	0.0032	0.8995	1.2105	0.0023	0.0344	0.4856	14.0948	0.2443	0.0566
	45	0.0044	0.0036	0.8209	1.5000	0.0030	0.0258	0.4009	15.5317	0.2572	0.0600
	55	0.0044	0.0038	0.8672	1.8113	0.0039	0.0200	0.3434	17.1584	0.2580	0.0620

직과 달리 위사밀도의 변화에 뚜렷한 경향을 나타지 않은 것으로 보아서 이는 주자직이 평직과 능직에 비해 단위면적당 교차점의 수가 적어 경·위사의 마찰이 적을 뿐만 아니라 실들끼리의 구속력 역시 감소하기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 위사밀도가 증가할수록 착용에 있어서 형의 무너짐과 wrinkle이 생기기 쉬운 것으로 생각된다. 또한 봉제후 형태안정성에 관계하는 2HG/G는 위사밀도 증가에 따라 모두 증가하는 현상을 보였고, 특히 주자직의 경우 평직과 능직에 비해 직물 단위면적당의 교차점수가 적어 전단변형에 의하여 실들 간의 변위가 쉽게 일어나기 때문에 주자직이 평직과 능직에 비해 형태보유성이 상대적으로 낮게 나타났다고 생각된다. 한편 표면감촉에 관계한 특성인 MMD/SMD는 위사밀도가 증가할수록 그 값이 증가하는 경향을 나타내고는 있으나 그 값의 차이는 뚜렷하지 않은 것으로 나타났다. 이는 직물의 위사밀도가 증가하게 되면 실들 간의 space가 감소하게 되고 경·위사의 접촉점에서의 압축력이 증가하게 되어 직물을 구성하는 경·위사의 편평화 현상을 유발함으로써 생기는 현상으로 생각된다. WC/W는 주자직의 위사밀도가 감소할수록 그 값은 증가하는 경향을 보였는데 이는 실과 실 간의 거리가 멀수록 압축력이 가해졌을 때 각각의 섬유가 밀려날 수 있는 공간이 많아서 나타나는 현상으로 압축시 압축이 부드러움을 알 수 있다. 그러나 평직과 능직은 주자직에 비해 위사밀도 변화에 따른 WC/W의 값은 뚜렷하지 않은 것으로 나타났는데 이는 주자직에 비해 평직과 능직이 경·위사의 접촉점의 수가 많아 압축이 가해졌을 때 직물의 경·위사 접촉점에서 직물의 경·위사 간의 밀착력의 증가로 인해 압축시 압축이 어려운 것으로 생각된다. WC/T는 평직과 능직의 경우 위사밀도가 증가할수록 그 값은 증가하였고, 주자직은 위사밀도가 증가할수록 WC/T의 값은 감소하는 경향을 보였다. 즉, 평직과 능직은 위사밀도가 증가할수록 압축이 부드러운 반면 주자직은 위사밀도가 감소할수록 압축이 부드러

운 것으로 나타났다. W/T의 경우 평직과 능직 그리고 주자직은 위사밀도가 증가할수록 그 값이 증가하였다. 이는 직물의 밀도가 높을수록 실과 실 사이의 space가 적게 형성되어 있어 섬유 사이의 공간이 적어지고 이로 인해 공기의 함량이 적어질 뿐만 아니라 볼륨감도 떨어지는 것으로 나타났다. 그러나 주자직은 평직과 능직에 비해 직물의 경·위사의 교차점의 수가 적고 단위면적당 부출길이가 길어지고 경·위사 사이의 밀착력이 감소하게 됨으로 공기의 함량 및 볼륨감이 더 큰 것으로 생각된다. 한편 직물 자체의 무게에 의해 늘어지는 성질에 관계하는 값인  $\sqrt{B/W}$ 와 직물 자체의 무게에 의해 늘어뜨려지는 경우에 bending hysteresis효과 때문에 늘어뜨려지는 형상의 형태 부정에 관계하는 값인  $\sqrt{2HB/W}$ 는 드레이프성에 관계한 특성들로 위사밀도가 증가할수록 그 값은 증가하는 경향을 보였는데, 이는 위사밀도가 증가할수록 단위면적당 경·위사의 접촉점이 많아지므로 경·위사의 접촉점에서 상대적인 운동을 방해하는 마찰저항이 증가하게 되고, 실과 실 사이의 space가 줄어들게 되어 실끼리의 미끌림 현상이 감소하게 됨으로써 굽힘 및 굽힘에 대한 회복력이 떨어져서 생기는 현상으로 생각된다. 따라서 위사밀도가 증가할수록 드레이프성이 떨어지는 것을 알 수 있고, 특히 평직이 능직과 주자직에 비해 높은 값을 나타내는 것으로 알 수 있듯이 평직은 두 조직에 비해 상대적으로 직물의 단위면적당 경·위사의 접촉점 수의 증가로 접촉점에서의 상호마찰이 많이 발생되어 평직이 다른 두조직에 비해 딱딱하고 뻣뻣한 느낌이 강하며 드레이프성이 떨어지는 것으로 생각된다.

### 3.3 위사밀도 변화에 따른 기본태 및 T.H.V.의 변화

Table 5는 위사밀도 변화에 따른 평직, 능직, 주자직의 stiffness, smoothness, fullness & softness, soft feeling 그리고 T.H.V.를 나타내었다. 여기서 stiffness는 위사밀도가 증가할수록 그 값이 증가하

Table 5. Primary hand and T.H.V. of weft density

Weave notation	Weft density (picks/inch)	Primary hand				T.H.V.
		Stiffness	Smoothness	Fullness & softness	Soft feeling	
Plain	35	4.74	3.51	4.23	2.55	2.56
	45	5.64	2.61	3.70	1.04	2.38
	55	6.06	3.20	4.35	1.01	2.66
Twill	35	4.36	4.62	4.90	3.79	2.93
	45	5.14	3.83	4.36	2.70	2.73
	55	5.35	4.26	4.94	2.74	2.98
Satin	35	3.02	6.04	60.1	5.66	3.28
	45	3.81	5.39	5.42	4.45	3.17
	55	4.12	5.14	5.30	4.07	3.12

였다. 이는 섬유 굵기가 굵을수록 동일한 밀도내에서 실과 실 사이의 space가 감소하고 직물의 두께 또한 두꺼워지며 직물의 경·위사의 교차점에서의 압착력으로 인하여 직물조직이 밀착하게 되고 따라서 두꺼운 실로 제직된 직물일수록 만졌을 때 뻣뻣한 감이 강하게 나타나는 것으로 생각된다. 그리고 위사밀도가 증가할수록 smoothness와 fullness & softness의 값은 증가하였고, 주사직만이 그 값이 감소하는 경향을 보였다. 이는 직물의 위사밀도가 증가하게 되면 위사들 사이의 space가 감소하게 되고 경·위사의 접촉점에서의 압축력의 증가로 인해 직물을 구성하는 경·위사 모두 편평화 현상을 일으키게 되어 생기는 현상으로 직물의 밀도가 증가할수록 매끄러운 느낌이 큰 것으로 생각된다. 위사 밀도가 증가할수록 soft feeling의 값은 감소하는 경향을 보였다. 한편, T.H.V.의 경우 평직과 능직은 위사밀도가 증가할수록 그 값은 증가하였고, 주사직은 위사의 밀도가 증가할수록 그 값이 감소하는 경향을 보였다. 또한 위사밀도의 변화에 따른 T.H.V. 값의 차이는 평직과 능직은 위사밀도가 증가할수록 증가하는 경향을 보인 반면 주사직은 위사밀도가 증가할수록 그 값이 감소하는 경향을 보였다.

### 3.4 직물의 직축과 tightness에 따른 역학특성 및 태, 의복착용성능 간의 상관성

Tightness는 직물의 이론적 피복도에 대한 실제 직물의 피복도의 비로써 이것은 직물의 조밀 정도를 알아보는 parameter이다. Table 6은 직축(C)과 tightness에 따른 역학특성, 기본태(primary hand), T.H.V. 그리고 의복착용성능(wearing property) 간의 상관성을 분석한 결과 중 상관값 0.7 이상의 상관관을 나타낸 것이다. 여기서 직축과 tightness가 상관성이 있는 것으로 나타났고, 경사방향의 직축(C<sub>1</sub>)과 경사방향의 인장선형성(LT<sub>1</sub>)과도 0.8 이상의 상관관이 있는 것으로 나타났으며, 위사방향의 직축(C<sub>2</sub>)와 위사방향의 인장선형성(LT<sub>2</sub>)과도 상관관이 있는 것으로 나타났다. 또한 경사방향의 직축은 위사방향의 마찰계수의 평균편차(MMD<sub>2</sub>), 구김성에 관계하는 2HB/B와 상관관이 있는 것으로 나타났고, 경사방향의 표면마찰계수(MIU<sub>1</sub>), smoothness 그리고 T.H.V.와는 음의 상관관이 있는 것으로 나타났다. 한편 위사방향의 직축(C<sub>2</sub>)는 굽힘특성과 높은 상관성을 나타내었고, 전단특성과는 0.9 이상의 아주 높은 상관값을 나타내었으며, 압축레질리언스(RC)와 stiffness를 제외한 T.H.V. 값들과는 음의 상관관을 나타내었다. 또한 위사방향의 직축과 위사방향의 표면거칠기(SMD2), stiffness, B/W, 2HB/W, 2HG/G, 2HB/B, W/T,  $\sqrt[3]{B/W}$  그리고  $\sqrt{2HB/W}$ 와 높은 상관성을 나타내고 있다. 그리고 Tightness는 위사방향의 인장선형성(LT<sub>2</sub>), 굽힘특성, 전단특성과 아주 높은 상관성을 나타내었고, 압축특성과 경사방향의 표면마찰계수, stiffness, smoothness, fullness & softness 그리고 soft feeling과는 음의 상관관을 나타내었으며, T.H.V., B/W, 2HB/W, 2HG/G, 2HB/B, WC/W, W/T,  $\sqrt[3]{B/W}$  그리고  $\sqrt{2HB/W}$ 와는 거의 0.9 이상의 높은 상관성을 나타내는 것으로 나타났다.



Table 6. Coefficient of correlation

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	T
C <sub>1</sub>	1		
C <sub>2</sub>		1	
T	0.703	0.883	1
LT <sub>1</sub>	0.804		
LT <sub>2</sub>		0.738	0.877
WT <sub>1</sub>			
WT <sub>2</sub>			
RT <sub>1</sub>			
RT <sub>2</sub>			
B <sub>1</sub>		0.880	0.935
B <sub>2</sub>		0.779	0.879
2HB <sub>1</sub>		0.925	0.971
2HB <sub>2</sub>		0.834	0.875
G <sub>1</sub>		0.917	0.939
G <sub>2</sub>		0.902	0.927
2HG <sub>1</sub>		0.905	0.946
2HG <sub>2</sub>		0.913	0.936
2HG5 <sub>1</sub>		0.916	0.953
2HG5 <sub>2</sub>		0.911	0.937
LC			-0.803
WC			-0.700
RC		-0.762	-0.867
MIU <sub>1</sub>	-0.735		-0.779
MIU <sub>2</sub>			
MMD <sub>1</sub>			
MMD <sub>2</sub>	0.758		
SMD <sub>1</sub>			
SMD <sub>2</sub>		0.881	
Stiffness		0.881	-0.921
Smoothness	-0.745	-0.838	-0.921
Fullness & softness		-0.764	-0.842
Soft feeling		-0.763	-0.972
T.H.V.	-0.779	-0.763	0.948
B/W		0.901	0.948
2HB/W		0.913	0.935
2HG/G		0.735	0.924
2HB/B	0.717	0.880	0.909
MMD/SMD			
WC/W			-0.724
WC/T			
W/T		0.817	0.880
$\sqrt[3]{B/W}$		0.875	0.949
$\sqrt{2HB/W}$		0.911	0.949

#### 4. 결론

면직물의 위사밀도 및 직물조직을 변화시켜 역학특성 및 태의 변화를 고찰 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 위사밀도가 증가할수록 굽힘특성 및 전단특성이 증가하는 것으로 나타났고, 위사밀도의 변화에 따른 역학특성치 중 굽힘 및 전단특성의 값은 평직이 높게 나타났으며, 인장특성, 압축특성 그리고 표면특성의 값은 조직 및 밀도에 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.
2. 위사밀도 변화에 따른 의복착용성능 중 WC/T, MMD/SMD를 제외한 B/W 및 2HG/G, 2HB/B, 2HB/W,  $\sqrt[3]{B/W}$ ,  $\sqrt{2HB/W}$ , W/T, 그리고 WC/W는 위사밀도에 영향을 받는 것으로 나타났다.
3. 위사방향의 직축은 굽힘특성, 전단특성, 압축회복도(RC), 표면거칠기(SMD), 태와 의복착용성능에 높은 상관을 보이는 것으로 나타났다. 그리고 Tightness는 굽힘특성, 전단특성, 압축특성 그리고 표면 마찰계수와 높은 상관을 보였고, 기본태 및 T.H.V., 의복착용성능에도 높은 상관이 있는 것으로 나타났다.

#### 참고문헌

- [1] Peirce, F. T. (1930). Handle of Cloth as a Measurable Quantity, Journal of the Textile Institute, 21, 377-416.
- [2] Skelton, J. (1976). The Fundamentals of Fabric Shear, Textile Research Japan, 46, 862-869.
- [3] Niwa, M., Yoneda, 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, The Textile Machinery Society of Japan, 34(4), 76-85.
- [4] Niwa, M., Yoneda, 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, The Textile Machinery Society of Japan,

34(7), 135-148.

- [5] Niwa, M., & Kawabata, S. (1981). Prediction of the appearance of men's suit from fabric mechanical properties and fabric hand. Part 1 : analysis of men's summer suit using fabric mechanical properties, The Textile Machinery Society of Japan, 34(1), 12-23.
- [6] Kawabata, S. (1980). The Standardization and Analysis of Hand Evaluation, 2nd Ed., The Textile Machinery Society of Japan, Osaka.

원고접수 : 2005. 3. 16

수정접수 : 2005. 6. 27

게재확정 : 2005. 10. 1