

삼각사와 원형사로 제작된 직물의 태, 열적성질 및 광학적 성질의 비교

Comparison of hand, thermal and optical properties of woven fabrics made of triangular and circular shaped filaments

심현주* · 홍경아*

Hyun-Joo Shim, Kyoung-A Hong

Abstract : The handle of fabrics including tactility and sense of visuality are closely related to the factors governing the preferences of end-users. This study shows the change of mechanical properties, thermal properties and optical properties by comparing two fabrics which are woven with circular shaped filaments and with triangular ones. The fabric mechanical characteristics required for primary hand values were evaluated with the KES-FB system. The mechanical properties measured by KES-FB system shows that fabrics made of circular filaments are greater than those made of triangular ones. The thermal properties measured by KES-F7(Thermo Labo II) system shows that the values of the initial maximum value(q_{max}) and the thermal conductivity(λ) are higher in the fabric made of triangular shaped ones. When the light rays fall on a surface, the fabric made of triangular filaments shows more lustrous than circular ones

Key words : triangular shaped filament, circular shaped filament, fabric hand, thermal property, light reflection

요약 : 직물의 태는 손으로 만져 보았을 때 느껴지는 감촉, 육안으로 느껴지는 감각, 그리고 직물의 물리적 역학적 성질 등이 함께 어울어져 이루어지는 것이다. 따라서 본 연구에서는 폴리에스테르 원형사와 삼각사로 제작된 직물의 태와 온/냉감 및 광택도를 측정하였다. 삼각단면사로 제작된 직물이 원형단면사로 제작된 직물보다 더 좋은 태를 보였으며 열전달계수가 크게 나타나 냉감을 느낄 수 있었으며 높은 반사율을 보였다.

주요어 : 삼각단면사, 원형단면사, 직물의 태, 보온성, 광택

1. 서론

최근 의식수준이 향상되면서 소비자들의 제품에 대한 소유 자체가 만족이었던 과거와는 달리 제품의 활용을 통한 생활의 편리함과 여유를 추구하게 되었다. 또한 감성을 중시하는 가치관의 변화와 함께 복잡하고 다양한 개성 추구에 만족시킬 수 있는 고부가가치가 형성된 제품이 산업의 여러 분야에서 많이 생산되고 있다. 이는 소비자의 행동과 생각이 생활에서 감성으로 이동하고 있음을 보여주는 것으로 이러한 변화는 개인의 개성과 감성이 중요한 평가기준으로 떠오르고 있음을 의미한다.

감성이란 환경의 변화나 외부로부터의 물리적인 자극에 대한 인간 내부의 고차원적인 심리적인 체험으로 쾌적감, 고급감, 불쾌감 등에 대한 복합적인 감정이라 할 수 있다[1]. 최근에는 이와 같은 감성적인 매력을 충족시키기 위한 여러 가지 연구 중에서 제품의 촉감, 시각과 쾌적성을 향상시키는 제품의 개발이 활발히 이루어지고 있는데 태 측정은 인간의 감각에 의한 평가특성으로 넓은 의미로는 촉감과 시각에 의한 직물과 섬유제품의 평가량이라고도 할 수 있다.

현재 의류용으로 가장 많이 사용되고 있는 폴리에스테르 직물은, 섬유 단면형상을 다양하게 하므로 제품의 촉감이나 외관이 개선되어 많이 이용되고 있지

만, 단면형상에 따른 폴리에스테르 직물의 촉감을 특성 짓는 데 특성에 관한 연구는 아직 미비하다고 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 폴리에스테르 삼각단면사로 제직된 직물의 태, 광택 및 보온성의 변화를 원형단면사로 제직된 직물과 비교하였다.

태는 직물의 역학 특성에서 오는 감각에 의한 판단으로서 태의 객관적인 평가로는 1930년대에 Peirce의 연구에서 태에 관계하는 물리량을 추출하였으며, 특히 태에 관련하는 요인은 bending rigidity이고 이것의 측정원리 등에 관해서 역학적인 해석을 위주로 한 연구[2]가 시작된 이래 관능특성을 객관화한 연구[3]가 있으며, 특히 Kawabata는 직물의 기계적 특성을 측정하고 숙련된 전문가들로 평가된 관능 특성치를 단계적 블록 회귀 방법으로 태를 계량화하고 표준화하는 KES-F 방법을 개발하였다[4].

한편 의복의 쾌적성 평가면에서 매우 중요한 인자인 열 이동에 대해서도 많은 연구가 수행되었다. 의복 착용시 인체의 쾌적함에 영향을 미치는 인자는 여러 가지가 있지만 특히 중요한 인자는 접촉온/냉감과 의복을 통한 열의 이동특성이라 할 수 있겠다. 보온성 및 접촉냉온감에 관한 연구로는 Song 등에 의해 보온성에 영향을 주는 인자들에 관한 연구[5]와 편성포에서 습도 변화에 따른 온/냉감 및 열 이동에 관한 연구[6] 등 여러 가지가 있다. 그리고 Kawabata는 온/냉감과 열전도율 및 보온율을 빠르고 정확하게 측정할 수 있는 측정장치를 개발하여 천의 열이동 원리를 보고하였으며, Niwa등은 직물과 인체의 접촉 온/냉감의 객관적 평가치로서 초기 열 이동인 초기 열 유속 최대치(q_{max})와 관능시험에 의한 접촉 온/냉감간의 연구를 통해 q_{max} 가 접촉 온/냉감의 척도로 사용될 수 있음을 밝혔다[7].

또한 본 논문에서는 직물의 시각효과를 고려하여 광택도를 측정하였다. 일반적으로 의류의 광택은 섬유단면, 원단의 조직 등에 의해 지배받는데 그 중 섬유단면이 가장 중요한 인자라고 할 수 있다. 섬유에 빛이 들어오면 각 섬유는 단면 형태에 따라 고유한 반사특성을 갖게 된다. 만일 표면이 평활하다면 밝게 보일 것이며 요철표면이라면 광택이 죽은 효과를 나타낼 것이다. 삼각단면은 실크의 촉감과 광택에 버금

가는 합성섬유를 만들기 위해 채택된 단면형상으로 고풍택을 부여하고 반짝이는 외관을 갖는다. 광택은 직물의 외관 품위와 관련된 광학적 특성 중 주요한 것으로 일정한 입사광을 직물의 일정 면적에 조사하여 반사되는 광량으로 얻는 방법으로 필라멘트 섬유의 단면형상에 따른 반사광에 대한 영향을 중심으로 진행하였다.

2. 실험

2.1 시료

실험에 사용된 직물의 구성사는 폴리에스테르 원형단면사와 삼각단면사로 섬도는 75d/36f를 각각 사용하였다. 동일한 직기와 제직조건으로 직물을 제직하였다. 경사는 75d/36f인 폴리에스테르 원형단면사로 조건을 같이 해주었으며 위사만 달리하여 경사밀도 45(ends/cm), 위사밀도 45(ends/cm)로 각각 주자직하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 직물측면 측정

직물 측면의 경/위사 배열을 측정하기 위하여 직물 측면을 microtome으로 절단한 후 SEM을 사용하여 1000배로 확대하여 측정하였다.

2.2.2 역학적 성질의 측정

시료의 역학적 성질 측정은 KES-F 시스템을 사용하여 인장특성, 굽힘특성, 전단특성, 압축특성, 표면특성 및 두께와 중량의 6가지 특성 16가지의 역학적 성질을 측정하였다. 복합단면사로 제직된 직물의 시료크기는 20×20cm가 되도록 준비하여 경/위사 3개씩을 한 평균값으로 4번 진행하였으며, 20℃, 65% 표준상태에서 24시간 이상 conditioning한 후 사용하였다.

2.2.3 Hand value의 계산

직물의 hand value는 women's summer thin dress의 hand values 산출식인 202wds로 계산하여 Koshi(stiffness), Hari(anti-drape stiffness), Fukurami

(fullness)값을 얻었다.

2.2.4 반사율 측정

반사율 측정을 위해 Fiber Optic Light Source(백색광 Nikon사)를 이용해서 표준 백색지를 기준으로 각 직물에 대해 반사광을 solar cell type의 광 censer를 사용하여 측정하고 결과를 비교하여 나타내었다.

2.2.5 보온성 측정

직물의 온냉감을 나타내는 초기 열 유속 최대치(q_{max})와 열전도율(thermal conductivity λ)을 알아보기 위하여 KES-F7(Thermo Labo II) 시스템을 이용하였다. 초기 열 유속 최대치(q_{max})와 열전도율은 BT-box(1 mm thickness \times 25 cm² area)와 Water-box 사이에 시료를 삽입하여 측정하였으며 BT-box는 열전도율을 측정하는 데 사용되고, Water-box는 q_{max} 와 열전도율을 측정할 때 일정한 온도를 유지하는 목적으로 사용되었다.

열전도율(thermal conductivity λ)은 (3)식으로 계산하였다.

$$\lambda = Q_s \times t / A \times \Delta T (\text{W/cm} \cdot ^\circ\text{C}) \quad (3)$$

λ 의 국제 규격단위 SI 단위로는 다음 (4)식과 같다.

$$\lambda_{SI} = \lambda \times 10^2 (\text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}) \quad (4)$$

다음은 열전도율에 두께를 고려하여 (5)식으로 열전달계수(k)를 계산한다.

$$k = \lambda_{SI} / t (\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \quad (5)$$

여기서, Q_s 는 열손실을 측정하고, t 는 시료의 두께, A 는 시료의 면적이며

$\Delta T(1\ ^\circ\text{C})$ 는 시료의 온도차를 나타낸다.

3. 결과 및 토의

3.1 직물측면

Figure 1은 원형단면사와 삼각단면사로 제작된 직물의 측면을 SEM을 이용하여 촬영한 결과를 보여주고 있다.

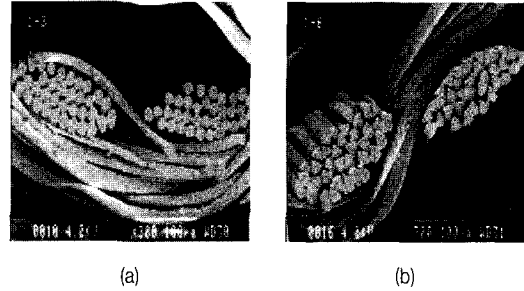


Fig. 1. Weft direction cross sections of woven fabric from regular(a) and triangular fibers(b)

3.2 역학적 성질

원형사와 삼각사로 각각 제작된 직물을 KES-F로 측정하고 결과를 Table 1에 나타내었다.

원형사로 제작된 직물과 삼각사로 제작된 직물의 16가지 역학적 성질을 비교하면 삼각사로 제작된 직물이 WT, RT와 LC를 제외하고는 대부분의 특성에서 작은 값을 보이고 있는데 이들 값에서는 유의한 차가 나타나지 않았다.

역학적 성질에서 많은 차이를 보이는 굽힘성질과 전단성질에 대해 고찰해보기로 한다. 먼저 굽힘성질

Table 1. Mechanical properties of woven fabrics from circular fiber and triangular fiber

Mechanical properties	Symbol	Fiber Cross-sectional	
		circular	triangular
Tensile	LT	0,922	0,913
	WT(gf · cm/cm ²)	2,590	2,780
	RT(%)	58,49	61,40
Shearing	G(g/cm)	2,500	1,290
	2HG	1,830	1,080
	2HG5(gf/cm · cm)	8,840	5,440
Bending	B(gf · cm ² /cm)	0,270	0,202
	2HB(gf · cm/cm)	0,106	0,083
Compression	LC	0,416	0,447
	WC(gf · cm/cm ²)	0,083	0,081
	RC(%)	62,53	44,58
	T0(mm)	0,330	0,315
Surface	MIU	0,156	0,138
	MMD	0,142	0,018
	SMD(micron)	2,060	1,960
Weight	mg/cm ²	3,502	3,523

을 살펴보면 굽힘 모멘트가 삼각단면사로 제작된 직물이 원형단면사로 제작된 직물보다 작게 나타나고 있다. 그런데 이론적으로 원형단면과 삼각단면을 굽힘모멘트를 계산해서 비교해보면 삼각단면이 원형단면보다 굽힘모멘트가 1.2배 정도 크게 나타난다. 따라서 삼각단면사로 제작된 직물의 경우 굽힘강성이 크게 나타나야 하는 반면 원형단면사로 제작된 직물의 굽힘강성이 크게 나타나고 있다. 이는 직물의 굽힘에 있어서는 섬유 단면보다는 섬유가 이루는 집합체가 더 큰 영향을 미치는 것으로 생각된다. 삼각 단면사가 이루는 집합체는 직물 굽힘시 가해지는 힘에 의해 섬유간에 면접촉에 의해 서로 미끄러짐이 일어나서 조밀하면서 넓게 섬유집합체가 재배열되어 두께가 작아지면서 굽힘모멘트가 작아지는 것으로 생각된다. 따라서 굽힘 회복시도 재배열된 섬유집합체는 접촉면적이 많아짐에 따른 마찰저항이 크게 작용해서 회복력이 섬유집합체간에 점접촉하여 hexagonal close packing하는 원형단면사로 제작된 직물보다 작게 나타나는 것으로 생각된다.

전단성질에서도 원형단면사로 제작된 직물이 전단강성, 전단 히스테리시스 값이 크게 나타나고 있다. 전단저항을 결정하는 주 인자는 경위사간의 접촉점에서의 마찰구속과 실의 굽힘강성이다. 이들 중 마찰구속은 구성사의 실제 접촉면적에 따른 것으로 삼각사로 제작된 직물의 경우가 원형사로 제작된 직물보다 접촉면적이 넓게 배열되어 있으므로 마찰구속력이 커져 전단강성과 전단히스테리시스에서 큰 값을 나타내는 것으로 생각된다.

3.3 태에 영향을 주는 인자

Table 2는 KES-F 시스템의 측정치인 16가지의 역학적 성질을 사용하여 여름용 여성용 박지 드레스에 해당하는 산출식으로 계산된 Hand value와 total hand value의 결과이다. 마찰력의 조그마한 변화와 매끄러운 표면으로부터 발생하는 매끄러움을 나타내는 NUMERI는 표면과 압축 전단의 영향을 많이 받는데 원형단면사로 제작된 직물의 경우가 크게 나타나고 있다. 굽힘과 전단 및 두께에 영향을 받는 KOSHI 역시 삼각단면사로 제작된 직물보다 원형단면사로 제작

Table 2. Objectively evaluated hand values for woman's summer thin dress applications

Hand attribute	Value of hand attribute (woman's summer thin dress)	
	woven from circular	woven from triangular
Koshi(stiffness)	7.79	7.33
Numeri	6.22	5.59
Fukurami (fullness & softness)	7.1	6.27
THV	2.4	2.85

된 직물이 크게 나타났다. 압축성질에서의 부피감 및 매끄러운 표면과 부드러운 신장성을 나타내는 FUKURAMI 역시 압축, 표면과 인장에서 큰 값을 보인 원형단면사로 제작된 직물이 크게 나타났다. total hand value는 3가지의 hand value가 서로 크게 차이가 나지 않는 삼각단면사로 제작된 직물의 경우가 크게 나타나고 있다.

3.4 보온성에 영향을 주는 인자

Table 3은 직물의 온/냉감, 열전도도 및 열전달계수를 나타내고 있다. 모든 값이 삼각단면사로 제작된 직물의 경우에 크게 나타나고 있다. 온/냉감의 척도인 q_{max} 값이 크다는 것은 직물이 냉감을 느낀다는 것을 의미하며 열전도도와 열전달계수가 크다는 것은 직물 내에 공기 함유량이 적다는 것을 알 수 있다. 직물은 섬유와 공기의 혼합체라고도 할 수 있다. 따라서 공기의 함량의 여부에 따라 그 직물의 보온성이 결정된다. 직물의 표면 상태는 공기의 부착량을 달라지게 하는데 거칠수록 더 많은 공기를 함유하게 되는데 Table 1을 보면 원형단면사로 제작된 직물이 삼각단면사로 제작된 직물보다 MIU값과 SMD의 값이 더 큰 것을 볼 수 있다. 그리고 Figure 1의 직물단면사진을 통해

Table 3. Thermal Transport properties of woven from circular and triangular fibers

thermal properties	fiber cross-sectional	
	circular	triangular
$q_{max}(W/cm^2)$	0.144	0.154
thermal conductivity($\lambda W/m^{\circ}C$)	2.891	3.011
thermal transmittance($kW/m^2^{\circ}C$)	8.76	9.559

섬유집합상태를 보면 삼각단면의 경우가 원형단면사의 경우보다 뽁뽁하게 집합되어 있으므로 섬유간에 공간이 원형단면보다 없으므로 공기함유량이 적어 열 전달이 빨리 되는 것으로 생각된다.

3.5 반사율 측정

Table 4는 직물표면에 입사각 45도로 일정 면적을 비추고 수광각은 입사각과의 간격을 15도씩 변화시켜 나오는 직물표면에서의 반사광을 측정하여 백색지와 비교하여 나타낸 결과이다. 원형단면사로 제직된 직물이나 삼각단면사로 제직된 직물 모두 수광각이 90도일 때 가장 크게 나왔다. 이것은 직물에 대해서 입사각과 수광각이 동일하게 되는 위치에서 반사율을 측정한 결과인 것으로 생각된다. 전체적으로 보면 삼각단면사로 제직된 직물이 원형단면사로 제직된 직물보다 반사율이 큰 것을 볼 수 있는데 이는 Table 1에서 표면 특성을 보면 알 수 있듯이 MIU와 SMD의 값이 원형직물이 더 큰 값으로 인해 삼각단면사로 제직된 직물의 표면이 더 평활하기 때문인 것으로 생각된다. 표면이 평활하면 빛을 한 방향으로 반사시켜 반짝이는 특성을 보이는데 표면이 거칠면 각 부분에서의

Table 4. Percentage of light reflection intensity of fabrics with change in receiving angles(Incident 45 deg.)(%)

receiving angle cross-sectional	15	30	45	60	75	90
circular	67	64	74	70	74	77
triangular	66	66	74	79	81	89

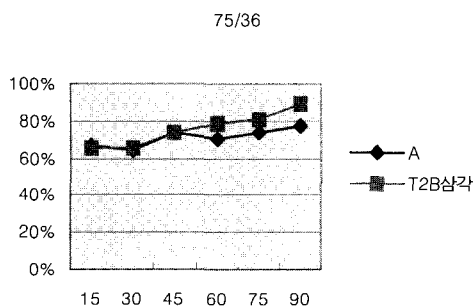


Fig. 2. Percentage of light reflection intensity of fabrics with change in receiving angles (Incident 45 deg.)

반사각도가 달라 광택을 감소시키는 효과가 생기게 되기 때문이다.

4. 결론

각종 섬유제품의 외관품위를 결정하는 직물의 물리적/기계적인 특성과 관련된 태와 시각적인 자극 및 의복이 주는 쾌적성과 관련된 열 이동을 측정하는 다음과 같다.

1. 삼각사와 원형사로 제직된 직물의 역학특성치를 비교해 보면 원형사로 제직된 직물이 삼각사로 제직된 직물보다 굽힘성질과 전단성질에서 큰 값을 나타냈는데 이는 섬유간 접촉면에서 작용하는 마찰 구속력이 많은 영향을 미치는 것으로 생각된다.

2. 두 직물의 표면 특성인 MIU, SMD의 값이 작은 삼각사로 제직된 직물이 q_{max} 값이 큰 값을 보였는데 이는 표면이 상대적으로 매끄러움으로 공기 함유량이 거친 표면보다 적어 냉감을 더 크게 나타나는 것으로 생각되었다. 열 전달 또한 큰 값을 보였다.

3. 두 직물을 여름용 여성용 박지 드레스에 적용했을 때 삼각단면사로 제직된 직물이 더 좋은 태값을 나타내었다.

4. 시각에 의한 광택도는 측정결과 삼각단면사로 제직된 직물이 더 좋게 나타났다. 이는 삼각단면사의 배열이 넓게 되어있어 직물의 표면이 더 평활하기 때문인 것으로 생각된다.

섬유단면에 따른 폴리에스테르 직물의 외관특성 변화를 알아보려고 하였는데 직물의 촉감 및 시각 특성은 섬유단면보다는 섬유 집합체에 많은 영향을 받는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] 손진훈, 이임갑(1998). 직물 촉감감성 연구의 심리생리학적 접근, 섬유기술과 산업, 제2권 제4호, 439-450.
- [2] F. T. Peirce(1930). J. Text. Inst. 제21권, 377.
- [3] R. H. Brand(1964). Text. Res. J., 34, 791.

- [4] 川端秀雄 (1982). 風合い評價の標準化と解析, 日本纖維機械學會誌
- [5] 전병익, 송민규, 김태춘, 이광배(1995). 섬유재료의 보온성에 영향을 주는 인자 및 측정방법, 한국 섬유 공학회지, 제32권 제3호, 212-221.
- [6] 오애경, 성수광(1992). 편성포의 냉온감 및 열이동 특성에 관한 연구(I), 한국 섬유 공학회지, 제29권 제7호, 13-23.
- [7] S. Kawabata(1984). J. Text. Inst., 85, 158.