

# PET 고신축사 직물의 방향에 따른 역학적 특성의 변화

## The Variation of Mechanical Properties with Directions of PET High Stretch Fabrics

부산대학교 섬유공학과, \*동부산대학 섬유디자인과, \*\*경상대학교 의류학과  
김영민 · 박종범\* · 김주애\*\* · 조현욱

Dept. of Textile Engineering, Pusan National University

\*Dept. of Textile Design, Dong-Pusan College

\*\*Dept. of Clothing and Textiles, Gyeong Sang National University

Young Min Kim · Jong Bum Park\* · Ju Ae Kim\*\* · Hyun Hok Cho

(2001. 8. 14 접수)

### Abstract

Stretch fabrics are wide-spread for high performance clothing use with requirements of fitness and adaptability to human's movement.

A newly developed 100% PET high stretch fabric has excellent properties with respect to stretch, softness, bulkiness, and apparent volume compared to PET filament fabrics. The 100% PET high stretch fabric shows advantages of a dimensional stability, dye and agent adaptability in dyeing and finishing process, a property of stretch recovery after washing and lower production cost than that of spandex fabric.

KES-FB was used to measure mechanical properties to various directions of the fabric. This study centered on whether the 100% PET high stretch fabric is suitable to quality and shape retention of fabric by testing several properties including tensile, compression, shear, bending and surface characteristic to various measuring directions.

Tensile linearity showed maximum value at 0° in plain and 90° in twill. Shear Stiffness of plain and twill showed maximum value equally at 45° and 135°. Bending rigidity showed maximum value at 0° in plain and 45° twill. Mean deviation of MIU showed maximum value at 0° and 90° in plain and 135° in twill.

**Key words:** PET High Stretch Fabric, tensile, shear, bending and surface characteristic;  
폴리에스테르 고신축사 직물, 인장, 전단, 휨 및 표면특성

## I. 서론

합성섬유의 개질 역사는 제1기인 1960년대에 출현

※ 본 논문은 2000년 10월 한국의류학회 학술발표회에서 발표된 논문임.

한 삼각단면의 이형단면사로서 실크라이크한 촉감과 광택을 부여하여 유연성과 드레이프성 등 직물의 전단특성을 향상시켰으며, 제2기인 1970년대는 하이펠티 필라멘트화, 이수축/이혼섬사의 개발 및 감량가공 기술의 발달로 유연성과 벌키성 등 압축특성을 향상시켰으며, 제3기인 1980년대 전반부에는 복합가연, 에어교락 등에 의한 스펀라이크 가공사 기술의 발달로

천연 실크나 울의 촉감을 부여할 수 있는 기술향상이 이루어지면서 자연스런 멀티톤 효과에 의한 시각적 심미성을 부여할 수 있게 되었으며, 제4기인 1980년대 후반에는 천연실크의 섬도 보다 미세한 마이크로 화이버, 복합다층 초이형화, 초고속 방사, 콘주게이트 방사, 초이수축 등에 의한 *ultra-high softness*, *ultra-high drape*, *ultra-high volume* 감 등 천연섬유가 발현할 수 없는 직물의 표면마찰 특성을 향상시킨 신태섬(Shingosen) 직물을 출현시킬 수 있었다.

이러한 신태섬 소재는 기존의 합섬이 갖고 있던 소재의 경질감을 극복했을 뿐 아니라 통기성, 축열 및 보온성, 투·방습성, 제전성, 소취 및 방향성, 스트레치성 등 다양한 기능성을 부여한 신태섬 소재로서 각광을 받고 있다<sup>1-2)</sup>.

대부분의 스트레치 직물은 폴리우레탄 세그먼트를 85% 이상 함유한 스판덱스를 각종 섬유와 혼합하여 복합소재의 탄성사로 만들어 여성용 언더웨어, 스포츠 웨어 등의 특정한 용도로만 국한되어 사용되어 왔으나, 최근에는 소비자들이 의복에 대한 기능성의 요구 즉, 의복착용시 안락감을 유지할 수 있는 스트레치 피복소재를 선호하는 경향이 아주 높게 되었다.

이러한 소비자의 요구에 부응하기 위해서 스판덱스 직물의 단점인 염색 및 가공시의 견뢰도 문제와 제조 단가의 절감 등을 위해서 신장특성과 회복특성을 인위적으로 제어할 수 있고 염색 및 가공이 용이하면서 스판덱스 소재로 된 직물보다는 신축특성이 어느 정도는 떨어지지만 유사수준의 신축회복성을 갖는 순수 폴리에스테르 고신축 소재가 개발되게 되었다.

PET 고신축사(High-stretch textured yarn)는 연신, 가연공정에서 배향특성을 특수 열처리기법을 이용하여 제어함으로써 마이크로 크립프 특성과 외부 신장하중에 대한 순응도 및 회복성이 우수한 가공사이기 때문에 직물조직이나 염색가공 공정에 따라서 수축률의 조정이 가능하고, 일반 폴리에스테르의 염색 및 가공공정에 대한 적용성이 우수하며, 고온 열처리가 가능하므로 형태 안정성이 우수하고, 세탁후의 신축회복률이 우수하다.

최근 의생활 분야에서 의류소재에 대한 소비자의 요구가 심미적 외관추구뿐만 아니라 기능적인 쾌적

성, 착용감, 활동성 등 차별화된 질적인 만족을 보다 중시하는 경향을 강하게 갖고 있으며, 수요의 고감도화, 다양화, 고급화 등 패션화 경향이 더욱 부각됨으로써 원사 및 직물제조 업체들로 하여금 소비자의 생활방식, 생활 패턴의 다양화 추세에 맞추어 새로운 감성과 기능성을 겸비한 차별화 소재의 개발에 주력하게 만들었다.

일반적으로 의류용 직물의 성능은 본질적 성능과 실용적 성능으로 대별할 수 있으며, 본질적 성능인 외관특성과 실용적 성능인 착용시의 쾌적성 등으로 나눌 수 있다.

의복의 외관특성에 영향을 끼치는 요소는 색상, 디자인, 직물의 촉감 등이며, 착용시의 쾌적성에 영향을 미치는 요소는 흡습성과 보온성 등의 *thermal comfort*, 의복착용시 직물과 인체사이의 역학적인 상호작용과 관련해서 직물에 걸리는 하중의 정도와 하중의 분포에 따른 *tactile comfort*, 그리고 *aesthetic* 또는 *psychological comfort*로 나누어 생각할 수 있다<sup>3-6)</sup>.

직물이 의류 용도에 적합한 소재가 되기 위해서는 3차원의 곡면형태를 유지할 수 있는 성능을 가져야 하며, 의복의 착용시 형태유지 및 외관특성으로서의 실루엣 형성능, 그리고 동적 혹은 정적 드레이프성의 적절한 유지가 이루어져야 하는데, 이들 특성은 직물의 의복 형성능에 관계하며 피복재료의 형태, 인체의 형, 의복 착용시의 동작, 직물의 역학적 특성에 의해 영향을 받는다. 이러한 직물의 역학적 특성은 섬유소재의 특성, 실과 직물의 기하학적 구조 그리고 섬유제조공정의 특성에 의해서 결정된다<sup>7-9)</sup>.

한편, 섬유 집합체인 직물은 유연해야 하므로 외력에 의해서 쉽게 굽혀져야 하며, 적당한 탄성과 신장성, 그리고 반복변형에 대한 내구성 등의 역학적 특성을 가져야 하며, 치수 안정성, 보온성, 흡습성 및 공기투과성 등을 가져야 한다<sup>10-12)</sup>.

현재까지 KES-FB 시스템을 사용하여 다양한 직물소재들의 태에 연구 논문들이 많이 발표<sup>13-15)</sup>되었지만, PET 고신축사 직물의 역학적 특성에 관한 연구는 없다.

특히, 직물이 고차원 구조의 의류제품으로 형성될 때 봉제품의 형태특성에 따라서 여러 방향으로 재단이 이루어지는데, 본 연구에서는 PET 고신축사를 사용하

Table 1. The specification of specimen

Spec. Sample	Structure	WP × WF	Density (Threads/inch)	Weight (gr/yd)	Width (inch)
a	plain	WP;P/F (150D D.D. + 150D H.S.Y)	64	247	58/60
		WF;P/F (150D D.D. + 150D H.S.Y)	58		
b	Twill (2/2)	WP;P/F (150D D.D. + 150D H.S.Y)	72	260	58/60
		WF;P/F (150D D.D. + 150D H.S.Y)	56		

\* D.D.; black dope dyed, H.S.Y; high stretch yarn, WP; warp, WF; weft

여 제작한 직물의 각 방향에 따른 직물의 역학적 특성 변화를 고찰하여, 기본 역학특성치가 갖는 의미와 함께 궁극적으로는 재단 후 봉제 시에 외형적 스타일과 기능적 품질면에서 의복의 신축성, 굽힘성 등의 형태적 성능이 적정한가를 평가하는 것이 그 목적이다.

## II. 실험

### 1. 시료

실험에 사용된 시료는 Table 1과 같다.

### 2. 염색 및 가공공정

시료(a), (b)의 염색 및 가공공정은 로타리워셔에서 비이온 계면활성제를 사용하여 정련 및 축소를 하고, 형태안정성을 부여하기 위해 텐터기에서 전처리 후 연속감량기에서 18%의 알칼리 감량처리를 하였다. 그리고 침투제 및 스케일 방지제를 첨가하여 수세를 한 후 래피드 염색기에서 염색을 하고 유연제 및 대전 방지제 처리 후 텐터 가공을 하였다.

### 3. 실험장치 및 방법

PET 고신축사 직물의 역학특성을 KES-FB 시스템을 사용하여 방향성에 따른 작은 변형 하에서의 인장특성, 전단특성, 굽힘특성 및 표면특성 등의 역학특성치를 측정하였으며, 각 역학 특성치의 측정조건 및 정의는 Table 2 및 Table 3과 같다.

Table 2. Standard measuring condition of mechanical properties

Properties	Measuring Condition	Parameters
Tensile	◆ Sample size: 20 × 20cm ◆ Tensile strain rate: 0.2mm/sec ◆ Maximum tensile load: Fm=500gf/cm ※ High sensitivity measurement of tension	LT WT RT
	◆ Tensile strain rate: 0.1mm/sec ◆ Maximum tensile load: Fm=50gf/cm	
Bending	◆ Sample size: 20 × 20cm ◆ Bending rate: 0.50cm <sup>2</sup> /sec ◆ Bending between K=2.5 and 2.5(cm <sup>2</sup> )	B 2HB
Shearing	◆ Sample size: 20 × 20cm ◆ Shearing angle: ±8° ◆ Static load weight: 10gf/cm	G 2HG 2HG5
Compression	◆ Sample size: 20 × 20cm Compressed area is 2cm <sup>2</sup> → minimum 2 × 2cm ◆ Rate of compression: 1mm/50sec ◆ Maximum pressure: Pm=50gf/cm <sup>2</sup>	LC WC RC
Surface	◆ Sample size: 20 × 20cm ◆ Initial tension to sample: 400g is standard ◆ Moving rate of the sample: 1mm/sec	MIU MMD SMD
Thickness	◆ Thickness at 0.5gf/cm <sup>2</sup> pressure	T
Weight	◆ Weight of specimen per unit area	W

Table 3. Characteristic values of mechanical properties

Properties	Symbols	Characteristic value	Unit
Tensile	LT	Linearity of load/extension curve	none
	WT	Tensile energy	gf · cm/cm <sup>2</sup>
	RT	Tensile resilience	%
Bend	B	Bending rigidity	gf · cm <sup>2</sup> /cm
	2HB	Hysteresis of bending moment	gf · cm <sup>2</sup> /cm
Shearing	G	Shear stiffness	
	2HG	Hysteresis at $\varphi=0.5^\circ$ of shear angle	gf/cm · degree
	2HG5	Hysteresis at $\varphi=5^\circ$ of shear angle	gf/cm
Compression	LC	Linearity of compression/thickness curve	none
	WC	Compressional energy	gf · cm/cm <sup>2</sup>
	RC	Compressional resilience	%
Surface	MIU	Coefficient of friction	none
	MMD	Mean deviation of MIU	none
	SMD	Geometrical roughness	micron

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 고신축사 직물의 인장특성의 방향성

Fig. 1은 평직과 능직의 방향에 따른 tensile linearity를 나타낸 것으로, 평직의 경우 방향에 따른 측정값에서 큰 차이를 보이지는 않지만 0°에서 최대값을 나타내었고, 능직의 경우 90°에서 최대값을 나타내었다. 또한 평직과 능직 모두 45° 바이어스 방향에서 최소값을 나타내었다. 이는 직물의 구조특성상 45° 방향일 때 경위사의 교차점간의 거리가 길기 때문에, 즉 실의 인장변형이 아니고 마름모형으로 변하는 과정이기 때문에 하중에 비해 변형이 작게 나타난 것이라 생각할 수 있다.

Fig. 2는 평직과 능직의 방향에 따른 tensile energy를 나타낸 것으로, 평직과 능직 모두 45° 바이어스 방향에서 최대값을, 위사방향인 0°에서 최소값을 나타내었다. 이처럼 45° 바이어스 방향에서 최대값을 나타내는 것은 이 방향으로 동일 하중에서 변형이 크기 때문인 것으로 생각된다.

Fig. 3은 tensile resilience를 나타낸 것으로 평직과 능직 모두 0° 및 90° 방향에서 최대값을 나타내었고, 평직은 45°에서, 능직은 135° 바이어스 방향에서 최소값을 나타내었다. 결국 스트레치 직물의 인장특성에 따른 회복률은 바이어스 방향보다는 경사 및 위사 방향에

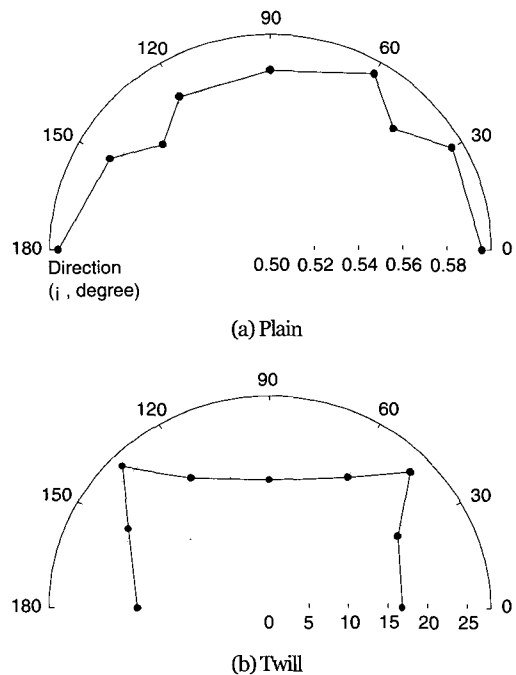
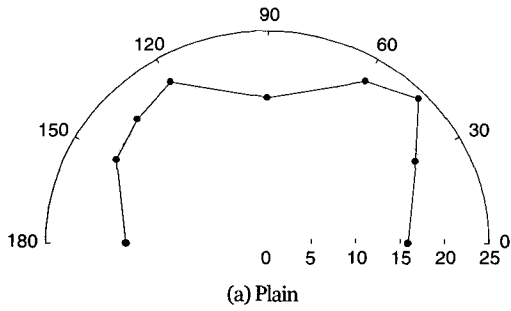


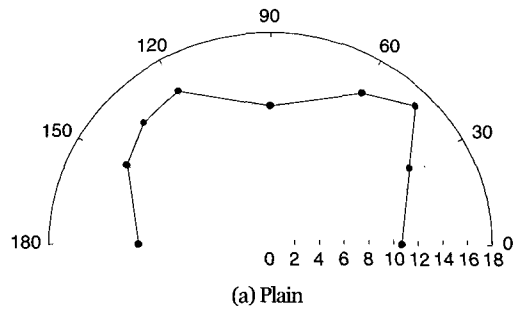
Fig. 1. Linearity of tensile(LT) plain(a) and twill(b) fabrics woven by PET high stretch yarns.

더 영향을 받음을 알 수 있다.

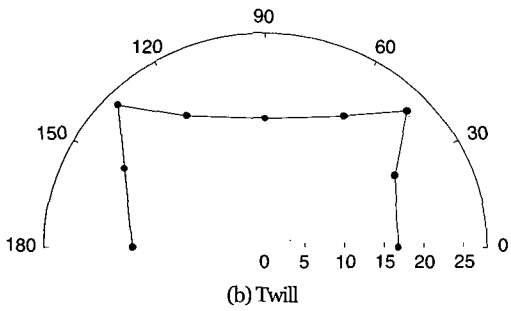
Fig. 4는 인장방향에 따른 tensile extensibility를 나타낸 것으로 평직의 경우 바이어스 방향인 45°에서 최대



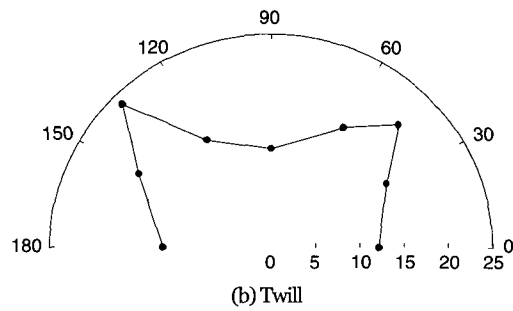
(a) Plain



(a) Plain



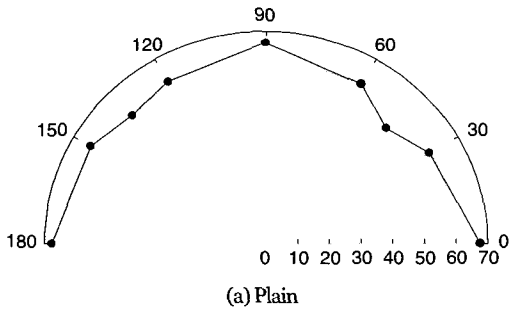
(b) Twill



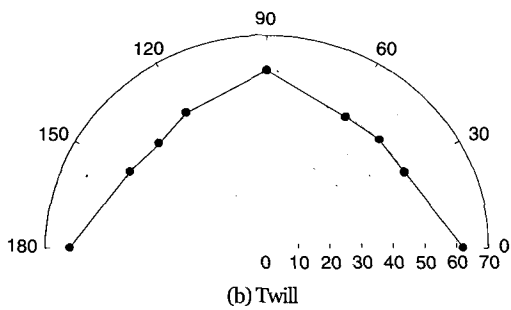
(b) Twill

Fig. 2. Tensile energy(WT) of plain(a) and twill(b) fabrics woven by PET high stretch yarns.

Fig. 4. Extensibility of plain(a) and twill(b) fabrics woven by PET high stretch yarns.



(a) Plain



(b) Twill

Fig. 3. Tensile resilience(RT) of plain(a) and twill(b) fabrics woven by PET high stretch yarns.

값, 위사방향인 0°에서 최소값을 나타내었다. 그 이유는 직물의 구조특성에 따른 것으로 0°일 때 단위 면적당 경·위사의 교차점이 훨씬 많아 변형초기에 발생하는 경·위사 간의 접촉점까지의 거리가 작고, 변형이 진행되면서 경·위사간의 교차점에서 발생하는 마찰력이 커므로 인하여 인장변형에 대한 저항력이 커지기 때문이다. 능직의 경우는 135°에서 최대값을, 90°에서 최소값을 나타내었다. 45°방향에 비해 135°방향에서의 인장변형이 큰 것은 능직물의 특성상 43°방향으로 존재하는 능선에 의해 인장변형에 대한 저항력이 더 크게 영향을 받는 것으로 생각할 수 있다.

### 2. 고신축사 직물의 전단특성의 방향성

Fig. 5는 고신축사 직물의 전단특성을 측정할 전단 히스테리시스 곡선으로서 전단회복각 ±6~8°에서 일반직물이 나타내는 곡선과는 다른 특이한 형태의 곡선을 나타낸다. 고신축사 직물의 전단 히스테리시스는 고신축사가 변형에 따른 회복성이 높은 고도의 미세 크립프를 가지고 있어, 이러한 크립프로 인하여

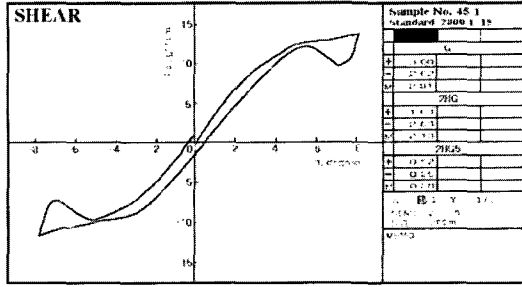


Fig. 5. Recorded curves of shear hysteresis at 45° direction of plain fabric woven by PET high stretch yarns.

전단변형 후에 탄성회복성이 크기 때문에 전단변형시 구성사 간의 마찰에 의한 구속력이 작게 된다. 따라서 변형후의 잔류 변형에 크게 의존하는 전단 히스테리시스는 작으며, 특히 전단변형 회복 각도  $\pm 7\sim 8^\circ$ 에서 전단력이 급격히 감소하는 현상을 나타내었다.

이러한 특성으로 인해 본 실험에서는 규칙적인 형태를 나타내는 전단변형각 4°까지의 전단각-전단력

기울기로 shear stiffness를 구하였다.

Fig. 6은 평직과 능직의 방향에 따른 shear stiffness를 나타낸 것으로, 평직과 능직 모두 바이어스 방향인 45°와 135°에서 최대값을 가지며, 90° 및 0°, 즉 경사 및 위사 방향에서 최소값을 가지고 방향에 따른 특성치의 차이가 매우 크게 나타났다. 이는 45°와 135°방향의 전단변형은 직물구조특성상 전단각의 변화에 따라 전단력이 크게 달라지는 것으로 생각할 수 있다.

### 3. 고신축사 직물의 굽힘특성의 방향성

Fig. 7은 평직과 능직의 방향에 따른 bending rigidity의 변화를 나타낸 것으로, 평직의 경우 위사 방향인 0°에서, 능직의 경우 바이어스 방향인 45°에서 최대값을 나타내었다. 그 이유는 평직의 경우 0°일 때 직물 교차점에서 작용하는 횡압축력과 크럼프로 인한 구성섬유 사이의 마찰이 크기 때문이다. 능직의 경우는 직물의 구조상 43°방향으로 형성되어 있는 능선으로 인해서 평직과는 다른 경향을 나타내었다. 능선에 의해서 직물이 구성하는 경·위사의 크럼프율이 낮아지고, 굽

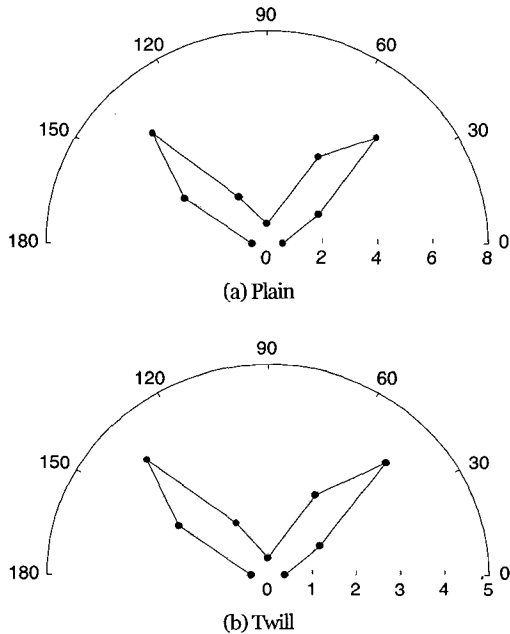


Fig. 6. Shear stiffness(G) of plain(a) and twill(b) fabrics woven by PET high stretch yarns.

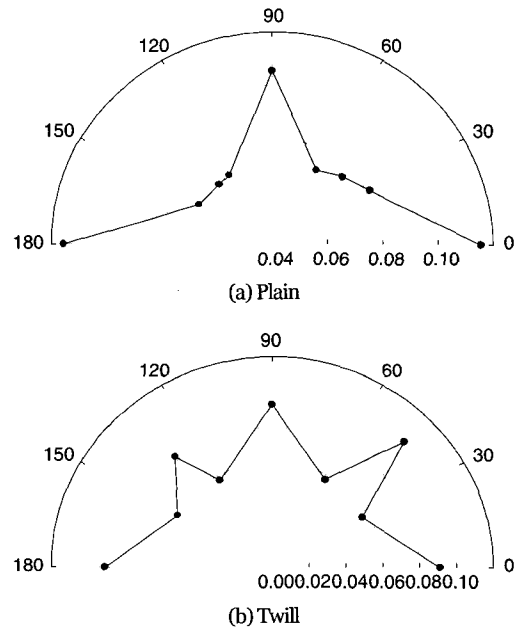


Fig. 7. Bending rigidity(B) of plain(a) and twill(b) fabrics woven by PET high stretch yarns.

힘에 의한 경·위사의 이동이 가능한 공간의 변화로 인해서 굽힘시에 작용하는 마찰력의 변화가 발생한다. 이러한 원인으로 인해 능직의 경우 45° 바이어스 방향에서의 bending rigidity가 0°와 90°보다도 다소 높아지는 결과를 나타내었다.

Fig. 8은 평직과 능직의 방향에 따른 bending hysteresis를 나타낸 것으로, 굽힘 히스테리시스 2HB의 값은 평직의 경우는 경사방향인 90°에서, 능직의 경우는 바이어스 방향인 45°에서 최대값을 나타내는데, 이러한 현상은 굽힘강성과 같은 이유로 구성사 상호간의 운동을 방해하는 마찰저항을 극복하는데 필요한 잠재에너지가 최대한 증가된 것으로 생각된다.

4. 고신축사 직물의 표면특성의 방향성

Fig. 9는 평직과 능직의 방향에 따른 평균마찰계수(MIU)의 변화를 나타낸 것이다. 평직의 경우 0°와 90° 즉 위사 및 경사방향에서 최대값을 나타내었으나, 능직의 경우 135° 바이어스 방향에서 최대값을 나타내고 45° 방향에서 최소값을 나타내었다. 또한 평직은 90°를

기준으로 좌우 대칭구조를 나타내었으나 능직은 이러한 대칭구조를 나타내지 않았다. 평직에서 위사 및 경사방향에서 최대값을 나타낸 것은 직물의 표면구조 특성에 따라 경·위사에 가해지는 장력과 교차점에 의해 발생하는 표면요철로 인하여 경·위사 방향으로의 마찰계수가 다른 방향에 비해 높게 나타난 것이다. 능직의 경우 43° 방향으로 능선이 나타나기 때문에 경·위사 교차에 의한 것 보다 능선에 의해 방향성이 결정되므로, 능선을 따라 측정되는 45°의 경우 마찰계수가 최소값을 나타내고 능선과 수직으로 측정되는 135° 방향에서 최대값을 나타낸 것으로 생각할 수 있다.

Fig. 10은 평직과 능직의 방향에 따른 마찰계수의 평균편차(MMD)를, Fig. 11은 표면조도의 평균편차(SMD)를 나타낸 것이며, 이들 역시 MIU와 같이 표면요철의 방향성에 의존하는 것으로 해석할 수 있다.

IV. 결 론

PET 고신축사를 소재로 제작한 평직과 능직 직물의

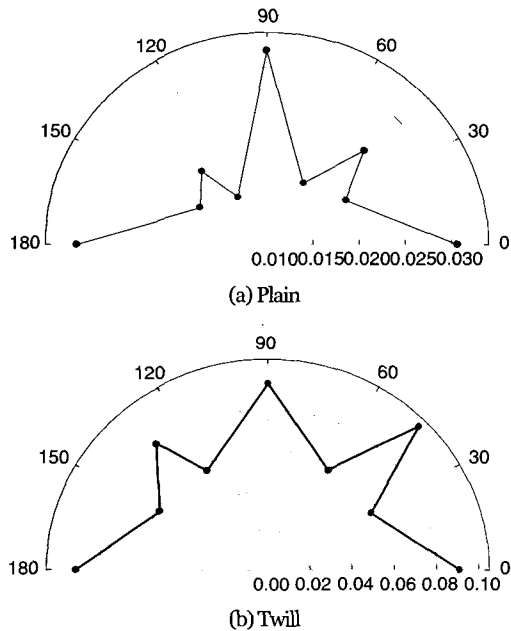


Fig. 8. Bending hysteresis(2HB) of plain(a) and twill(b) fabrics woven by PET high stretch yarns.

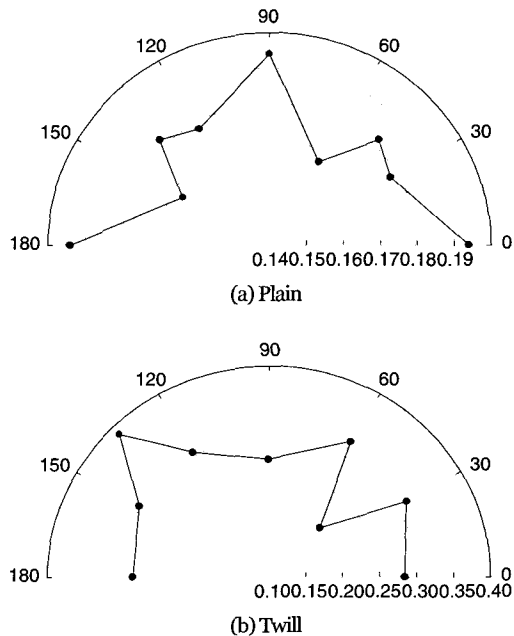


Fig. 9. Coefficient of friction(MIU) of plain(a) and twill(b) fabrics woven by PET high stretch yarns.

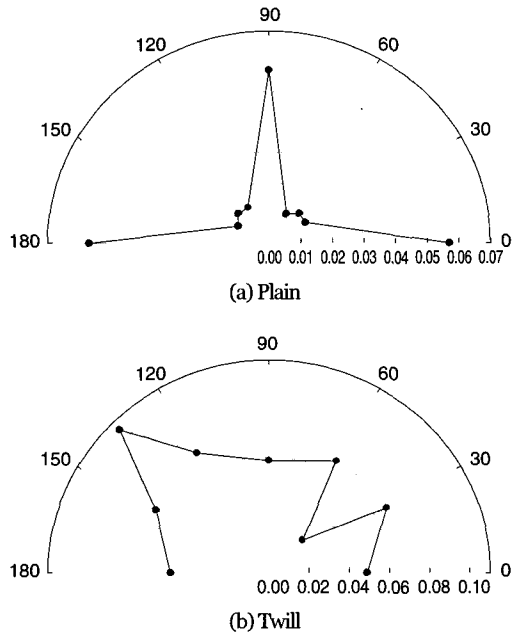


Fig. 10. Mean deviation of MIU(MMD) of plain(a) and twill(b) fabrics woven by PET high stretch yarns.

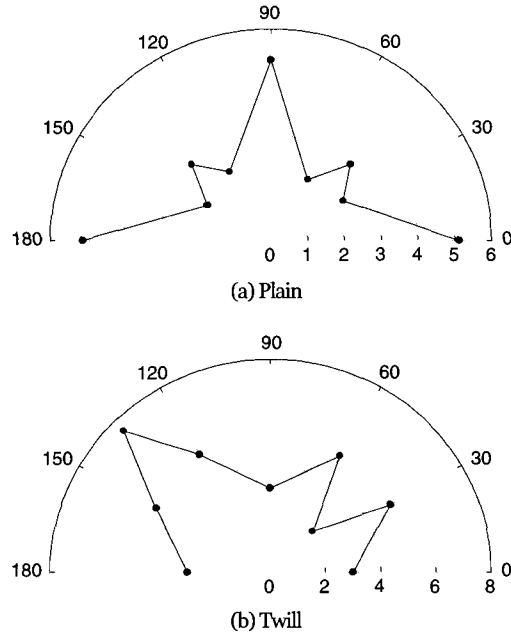


Fig. 11. Geometrical roughness(SMD) of plain(a) and twill(b) fabrics woven by PET high stretch yarns.

각 방향에 따른 역학적 특성 변화를 KES-FB 시스템을 이용하여 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Tensile Linearity는 평직의 경우 0°에서, 그리고 능직의 경우 90°에서 최대값을 나타내었고, tensile energy는 능직 및 평직 모두 45°방향에서 최대값을 나타내었으며, tensile extensibility는 평직은 45°에서, 능직은 135°에서 최대값을 나타내었다.

2. 고신축사 직물의 shear hysteresis 곡선은 전단회복 각 ±6~8°에서 특이한 형태를 나타내었으며, shear stiffness는 평직 및 능직 모두 바이어스 방향인 45° 및 135°에서 최대값을 나타내었다.

3. Bending rigidity는 평직의 경우 0°에서, 능직의 경우 45°에서 최대값을 나타내었다.

4. 표면 특성치는 평직의 경우 0°와 90°에서 최대값을 나타내었으며, 능직의 경우는 135°에서 최대값을 나타내었다.

참 고 문 헌

1. Joseph M. L., "Introductory Textile Science (Fifth Ed.)",

CBS College Publishing, p. 27, 1981.  
 2. Taylor M. A., "Technology of Textile Properties (Third Ed.)", Forbes Publications Ltd., p.10, 1993.  
 3. Boon H. N., Sawyer L. C. and Buckley A., *Text. Res. J.*, 54, 289, 1984.  
 4. Kawabata S., *Text. Mach. Soc. of Japan*, 26, 721, 1973.  
 5. Niwa M., *J. Home Economics of Japan*, 43, 462, 1983.  
 6. 안승국, *한국섬유공학회지*, 32, 527, 1995.  
 7. 전병익 · 오애경 · 김승진, *한국섬유공학회지*, 30, 125, 1993.  
 8. 김덕리 · 박정환, *한국의류학회지*, 8, 161, 1984.  
 9. 김석근 · 김덕리, *한국섬유공학회지*, 22, 82, 1985.  
 10. Izumi K. and Niwa M., *J. Home Economics of Japan*, 32, 390, 1981.  
 11. 오애경 · 김승진, *한국섬유공학회지*, 30, 919, 1993.  
 12. 김승진 · 박정환, *한국섬유공학회지*, 29, 537, 1992.  
 13. 박신용 · 강복춘 · 황영구 · 조호현, *한국섬유공학회지*, 33, 849, 1996.  
 14. 김의화 · 이대훈 · 국윤환, *한국섬유공학회지*, 25, 1, 1988.  
 15. 박성혜 · 유효선, *한국섬유공학회지*, 34, 496, 1997.