

## 태세사(Thick & Thin Yarn)로 제직된 직물의 역학적 특성

신현세<sup>1</sup> · 김영상 · 손준식

단국대학교 섬유공학전공

### Mechanical Properties of Woven Fabrics Made from Thick & Thin Yarn

Hyun Sae Shin<sup>1</sup>, Young Sang Kim and Jun Sik Son

Department of Textile Engineering., Dankook University, Seoul, Korea

(Received March 24, 2006/Accepted April 7, 2006)

**Abstract**— The aim of this work is to develop sense-differentiated textiles using Thick-Thin polyester yarn(T-T yarn) with finer than 1 denier mono filament. The ITY(Interlace Textured Yarn) using T-T yarn with various over feed ratios of PET filament was manufactured with different shrinking percentage of core yarn and then the fabrics were woven on the same weaving loom using ITY produced. The mechanical properties and the handles of the fabrics were examined with KES-FB system suggested by Kawabata. The shrinkage of ITY was increased with decreasing over feed ratio and increased with increasing heat treatment temperature of T-T yarn. The initial elasticity modulus of ITY was decreased with increasing over feed ratio and heat treatment temperature of T-T yarn. The tensile energy of fabrics was decreased with increasing of over feed ratio, but bending rigidity and shear rigidity of fabrics were increased with increasing of over feed ratio of PET filament. The results indicate that the fabric using T-T yarn with finer than 1 denier mono filament can be used for the purpose of sense-differentiated textile.

**Keywords** : Thick & thin yarn, mechanical properties, tensile energy, bending rigidity, shear rigidity

## 1. 서 론

최근 들어 섬유제품의 감성적 측면에 대한 관심이 부각되면서 신타섬을 중심으로 의복의 외관, 촉감, 태, 질감 및 쾌적성인 면에서 소비자들을 만족시키기 위한 제품의 개발이 활발히 이루어지고 있다. 이러한 신타섬유는 천연섬유가 갖지 못하는 내열성, 강도, 탄성률 등의 우수한 역학적 특성 및 물성을 가지는 반면 감성적인 측면에서는 천연섬유가 가지고 있는 장점들을 따라가지 못하고 있는 실정이다. 특히 감성적 특성 중 촉감과 시각적인 요인은 주로 섬유의 단면에 영향이 큰 것으로 알려지면서 불규칙한

단면과 굵기를 가지는 천연섬유에 착안하여 단면의 이형화를 시작으로 단면의 다양화 및 이섬도 혼섬, 알칼리 감량, 가연 등을 통하여 천연적인 외관뿐만 아니라 기존의 합성섬유가 갖지 못했던 새로운 촉감을 부여한 신타섬유의 제조에 관한 연구보고가 다수 이루어지고 있다<sup>1-6)</sup>. 또한 의류용에서 산업용 섬유로 가장 폭넓게 이용되고 있는 PET를 고감성 섬유소재로 활용하기 위해 섬유의 굵기를 인위적으로 조절하여 원사의 길이 방향으로 굵은 부분(Thick부)과 가는 부분(Thin부)이 연속되게 만든 태세사(Thick & Thin yarn) 제조에 관한 연구<sup>7)</sup>가 활발히 진행되고 있으며 이렇게 제조된 태세사는 천연섬유와 유사한 광택과 촉감을 나타내는 동시에, 염색시 농담의 차이가 나타나 독특한 멜란지 효과를 얻

<sup>1</sup>Corresponding author. Tel.: +82-2-709-2607; Fax: +82-2-709-2893 ; e-mail : shinsa@dankook.ac.kr

을 수 있고 방사공정에서 연신에 의해 비교적 쉽게 필라멘트에 Thick & Thin부를 가미시킬 수 있는 장점이 있다<sup>8)</sup>. 그러나 현재까지 개발되어 있는 태세사는 단사 섬도가 1데니어 이상인 원사를 대상으로 한 것이 대부분이며, 극세사를 원사로 이용한 태세사 및 직물 제조에 관한 연구는 상당히 미흡한 실정이다. 따라서 이러한 극세 태세사로 제작된 PET 직물은 새로운 외관과 촉감을 갖는 고감성 직물의 제조가 가능할 것으로 기대되며 다양화, 고급화를 추구하는 소비자들의 요구를 충족시키고 동시에 섬유제품의 부가가치를 높일 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 새로운 외관과 촉감을 갖는 고감성 직물 제조를 위한 기초자료를 제공하고자 태세사 제조장치에 의해 다양한 over feed ratio로 제조된 초극세 태세사를 활용하여 Core사를 30<sup>p</sup>/12 고수축사(co-polymer, 수축률 30%)로 한 186/246 ITY(4종)와 50<sup>p</sup>/36 고수축사(수축률 15%)를 core사로 한 206/252 ITY 가공사(1종)를 제조하여 물성을 평가하였고 경사를 일정하게 고정시키고 ITY 5종을 위사로 하여 5종의 직물을 제조한 후 이들의 역학적 특성 등을 분석고찰 하였다.

## 2. 실험

### 2.1 Core사 및 ITY (Interlace Textured Yarn) 제조

직물제조에 사용할 ITY 원사의 제조는 2종류의 core사를 사용하였다. 1종은 Q사에서 제공한 30<sup>p</sup>/12 고수축사(co-polymer, 수축률 30%)이고 다른 1종은 K사에서 제공한 85/36 POY를 연신기로 1.8배 온연신(85℃, 연신속도 800 m/min)한 후 170℃의 Hot plate에서 열고정하여 제조한 고수축사(50<sup>p</sup>/36, 수축률 15%)이다.

ITY 가공사의 제조는 Q사에서 제공한 30<sup>p</sup>/12 고수축사와 전보<sup>7)</sup>와 동일한 태세사 제조장치를 사용하여 Draw-winder로 over feed ratio를 달리하여 제조한 태세사 4종류(Table 1)를 각각 Effect로 합사하여 186/246 ITY(Table 2 : A, B, C, D)를 제조하였으며, 이때 Table 1의 태세사 제조에 사용된 원사는 방사속도 2700 m/min으로 제조된 85/72 PET 필라멘트이다. 또한 다른 1종은 고수축 core사(50<sup>p</sup>/36)와 Table 1의 T4를 effect로 합사한 ITY(Table 2 : E)다. Table 2에는

ITY의 제조 조건을 나타내었으며 제조된 ITY의 twist는 Italy 연사기를 사용하여 1500 T/M의 꼬임을 부여한 후 꼬임을 열 고정시키기 위하여 80℃에서 40분간 열처리하였다.

### 2.2 직물제조 및 염색가공

경사를 Table 2의 시료 D로 고정시키고 시료 A, B, C, D, E의 5종을 위사로 사용하여 각각 5매 주자직(76 pick/in)으로 5종류의 직물을 Water jet loom으로 H사에서 제작 하였으며 직물의 총 경사본수는 13,200, 성통폭은 72.22 in로 하였다.

제작된 직물을 Rotary washer에서 정련 호발제를 사용하여 정련한 후, 200℃ Tenter내에 100 m/min의 속도로 통과시켜 열고정을 행하였으며 NaOH 용액으로 약 15%로 감량을 하였다. 염색은 rapid 염색기로 130℃, 20 min의 조건으로 염색하였다.

Table 1. Texturing method of thin-thick yarn

Sample	Texturing method	Draw ratio
T1	Over feed ratio: 0.58	1.65
T2	Over feed ratio: 0.62	1.65
T3	Over feed ratio: 0.64	1.65
T4	Over feed ratio: 0.67	1.65

Table 2. Condition of ITY(Interlace Textured Yarn)

Sample	Condition of ITY	Twist	Yarn count
A	T1+30/12	1,500	186/246
B	T2+30/12	1,500	186/246
C	T3+30/12	1,500	186/246
D	T4+30/12	1,500	186/246
E	T4+50/36	1,500	206/252

### 2.3 구조 및 물성 측정

모든 시료는 비수(100℃의 물)에서 20분간 처리한 다음 제조 공정에서의 후가공을 고려하여 비수에서 처리한 시료를 120℃, 140℃, 160℃, 180℃의 건열에서 20분간 무긴장 처리한 시료의 구조와 물성을 구하였다.

### 2.3.1 수축률

시료의 수축률은 아래 식(1)에 의하여 구하였다.

$$\frac{l' - l}{l} \times 100 \quad (1)$$

where,  $l$  : initial sample length,  $l'$  : treated sample length

### 2.3.2 기계적 특성 측정

시료의 초기탄성률 및 비응력은 UTM(Hounsfield, U.K.)을 이용하여 측정하였으며, 이때 측정조건은 50 kgf의 로드셀을 사용하여 시료의 길이가 5 cm를 갖는 시편을 제작하고, 3 cm/sec의 속도로 측정하였다.

### 2.3.3 직물의 역학적 특성치 조사

제작된 5종의 직물에 대한 직물의 역학적 특성치는 Kawabata등에 의해서 제안된 KES-FB System(Kawabata Evaluation System of Fabrie)<sup>9-10)</sup>을 이용하여 인장에너지, 굽힘강성, 전단강성, 표면특성 등의 역학적 특성치를 측정 조사 하였다. 그리고 본 실험에서 경사는 일정하게 고정시키고 위사만 변화시켜 시료를 제작한 관계로 역학적 특성조사의 고찰에서는 위사 방향만을 평가하였다.

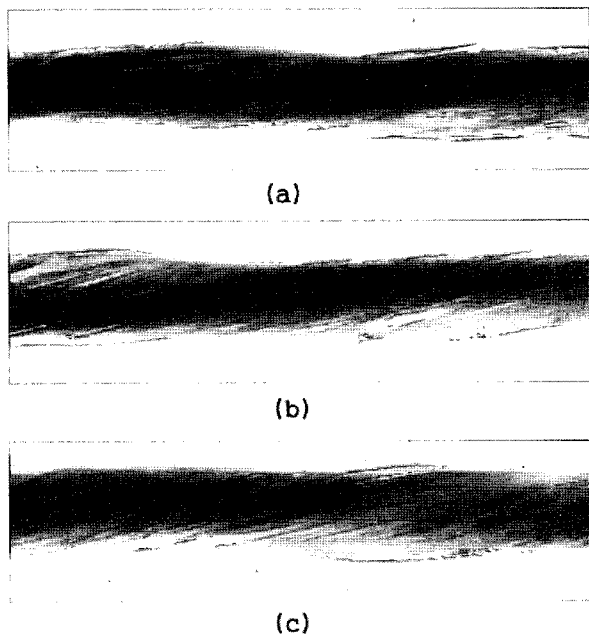


Fig. 1. Microphotograph of textured yarn(sample D).  
(a) treated at 120°C (b) treated at 160°C  
(c) treated at 180°C

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 가공사의 표면사진

Fig. 1은 30<sup>0</sup>/12인 고수축사(수축률 30%)와 태세사 T4를 합사한 가공사 ITY 시료 D (a, b)와 50<sup>0</sup>/36인 고수축사(수축률 15%)와 태세사 T4를 합사한 가공사 시료 E (c)의 표면상태를 20분간 건열처리 한 후 전자현미경으로 찍은 사진(×200)이다. 여기서 보면 120°C에서 건열 처리한 사진 (a)는 수축이 적게 일어나서 고수축이 시작단계 이나 160°C에서 처리한 사진 (b)는 3차원의 형상이 일어나고 있으며 180°C에서 열풍 처리한 사진 (c)는 이수축 혼섬사의 전형적인 복합다층의 3차원 형상을 확인 할 수가 있다. 그리고 처리온도가 증가할수록 Effect 부분의 부출 효과가 많아져서 Wave의 간격이 좁아져 있음을 알 수 있다.

### 3.2 가공사의 수축률

Fig. 2는 열처리온도에 따른 가공사의 수축률을 나타낸 것이다. 가공사의 수축률은 Draw-winder공정에서 공급률이 높은 태세사일수록 낮은 값을 나타내고 있으며, 처리온도 140°C 이상에서의 수축률은 그이하의 처리 온도에서보다 큰 폭으로 증가함을 알 수 있다. 그리고 수축률이 다른 core사를 태세사와 effect로 합사한 가공사 시료 D와 E를 비교하여 보면 비수에서 처리한 경우는 시료 D가 6% 정도의 수축률을 나타내고 있으나 시료 E의 경우는 약 2%의 수축률을 보이고 있다. 또한 180°C에서는 E의 수축률이 약 10% 정도, D의 경우는 약 20% 정도를 나타내고 있으며, 이는 수축률이 다른 core사를 사용한 것에 기인한 것으로 core사의 수축률이 낮으면 열에 의한 가공사의 수축도 낮아짐을 알 수 있다.

### 3.3 가공사의 초기탄성률

Fig. 3은 가공사의 초기탄성률을 열처리 온도에 따라 나타낸 것이다. 초기탄성률의 변화는 T-T Yarn 제조 시 Draw-winder로 공급률이 낮은 원사와 Interlace한 가공사 일수록 초기탄성률이 낮아지고 있으며 처리온도가 높을수록 초기탄성률이 낮게 나타나 수축률의 변화와 반대되는 경향을 나타내고 있다. 시료 C, D의 경우

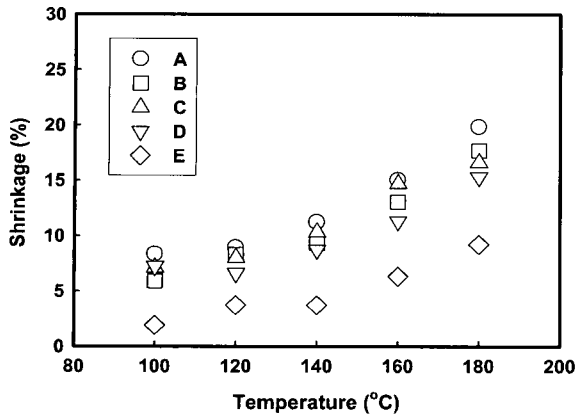


Fig. 2. Shrinkage of ITY sample against various treated temperature.  
 A: Sample A B: Sample B C: Sample C  
 D: Sample D E: Sample E

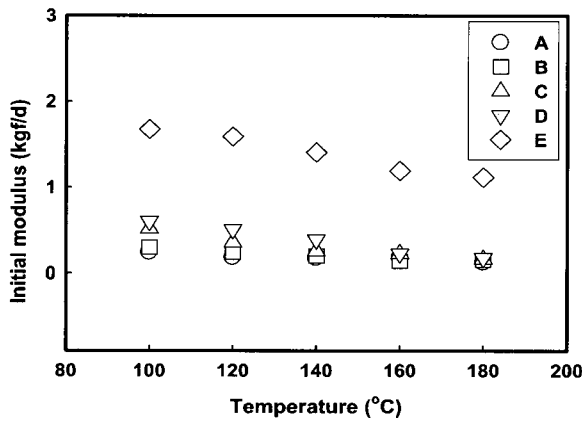


Fig. 3. Initial modulus of ITY sample against various treated temperature.  
 A: Sample A B: Sample B C: Sample C  
 D: Sample D E: Sample E

는 비수 처리한 경우는 약 0.6 kgf/denier로 나타나서 열처리온도 180°C 경우는 0.3 kgf/denier로 초기탄성률이 어느 정도 낮아지고 있으나 A, B의 경우는 비수 처리에서 초기탄성률이 0.3 kgf/denier이하로 낮게 나타나고 있으나 열처리 온도에 따른 영향이 거의 나타나고 있지 않음을 알 수 있다. 그러나 시료 E의 경우는 비수에서는 1.7 kgf/denier, 180°C에서는 1.2 kgf/denier로 초기탄성률이 시료 D에 비하여 매우 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. 그리고 처리온도 140°C 부근에서 초기탄성률의 감소가 크게 일어나고 있으나 160°C 이상에서는 거의 비슷한 값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 따라서 가공사의 초기탄성률은 Draw-winder에서의 공급률과 열처리 온도에 따라서도 영향을 받지만 사용

된 core사의 수축률에 따라서도 큰 영향이 있음을 확인 할 수 있다.

### 3.4 가공사의 절단강도

Fig. 4는 가공사의 절단강도를 열처리 온도에 따라 나타낸 것이다. T-T yarn 제조 시 Draw-winder로 공급률이 낮은 원사와 Interlace한 가공사 일수록 절단강도는 높게 나타나는 것을 알 수 있으며 가공사 시료 A, B의 경우는 약 0.04-0.05 kgf/denier, 시료 D의 경우는 약 0.03 kgf/denier 범위에서 나타나고 있는 것을 확인 할 수 있다. 또한 시료 D와 E의 절단강도 값은 초기탄성률과는 다르게 거의 비슷하게 나타났음을 알 수 있으며 모든 가공사 시료들의 절단강도는 열처리 온도에 영향을 거의 받지 않음을 알 수 있다.

### 3.5 태세사 직물의 역학적 특성

#### 3.5.1 태세사 직물의 표면 관찰

Fig. 5는 일반 yarn을 사용하여 제작한 직물 (a)와 가공사 시료 D를 사용하여 제작한 직물 (b)의 표면사진을 나타낸 것이다. 여기서 보면 사진 (b)에 보인 태세사를 사용하여 제작한 직물의 표면은 사진 (a)에 보인 일반 yarn을 사용한 직물 표면과 다르게 경·위사 각각에 색의 농 담차가 나타나 직물표면에 Heater화 효과에 의한 check 무늬가 나타나고 있음을 알 수 있어 전형적인 Thin-thick 사를 이용한 직물임을 알 수 있다. 따라서 본 연구의 실험조건으로 제조한 태세사를 사용하여 Heater화 직물이 제조되었음을 확인 할 수 있다.

#### 3.5.2 태세사 직물의 인장에너지(WT)

Fig. 6은 경사를 가공사 시료 D로 고정시키고 위사를 4종의(A, B, C, D) 가공사로 제작된 태세사 직물의 위사방향 인장에너지(WT)를 각각의 위사에 사가공시 적용된 공급률의 변화(시료 A, B, C, D순서 임)에 따라 나타낸 것이다. 여기서 보면 WT는 큰 변화가 나타나지 않고 있으며 사가공시 적용된 공급률이 높을수록 WT는 3.6-3.4 g.cm/cm<sup>2</sup>로 미세하게 감소하고 있음을 알 수 있다. 이는 본 연구의 실험조건에서와 같이 직물제조에 사용된 원사의 core부분이 같은 종류(고수축사, 수축률 30%)를 사용한 결과 많은 변화가 일어나지는 않으나 사가공시 연신비가

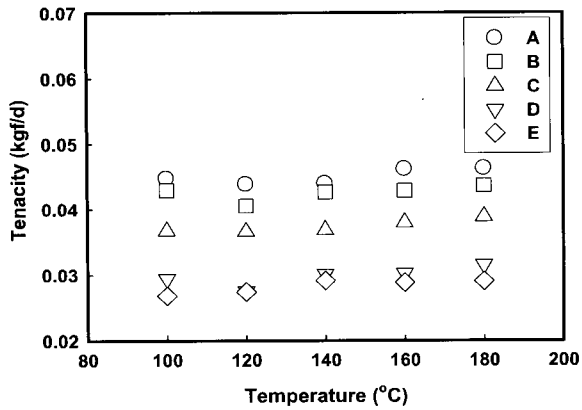
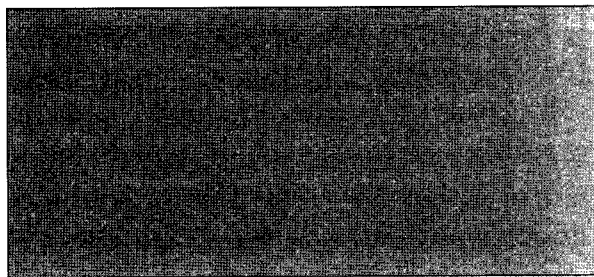
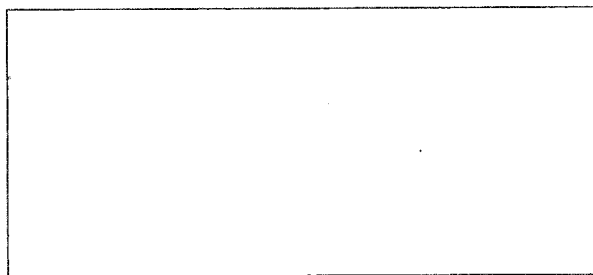


Fig. 4. Tenacity of ITY sample against various treated temperature.  
 A: Sample A    B: Sample B    C: Sample C  
 D: Sample D    E: Sample E



(a)



(b)

Fig. 5. Microphotograph of woven face.  
 (a) Non- thick & thin yarn fabric (b) Thick & thin yarn fabric.

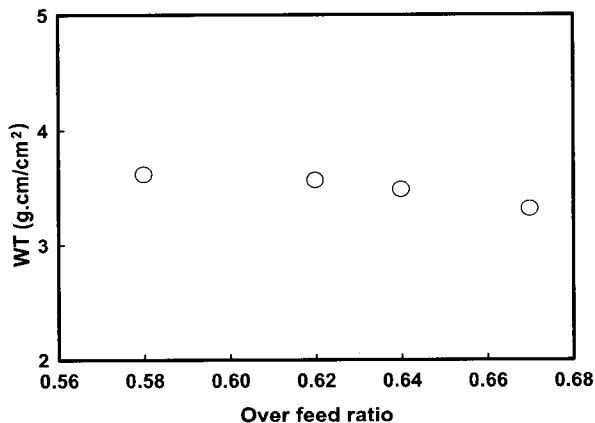


Fig. 6. Tensile energy (WT) of thick-thin yarn fabric against over feed ratio in weft direction.

같은 경우 Draw-winder에 원사의 공급률이 낮을수록 공급률이 높은 경우보다 연신 효과가 커지기 때문에 비결정 분자쇄의 질서 정도가 향상됨으로써 태세사 직물의 인장에너지에 어느 정도 영향을 미친 결과라 생각된다.

### 3.5.3 태세사 직물의 굽힘강성(B)

Fig. 7은 태세사 직물의 굽힘강성(B)의 변화를 사가공시 적용된 공급률의 변화에 따라 나타낸 것이다. 강연도(Koshi)와 반발탄력성(Hari) 그리고 조화성(Shinayakasa)의 첫 번째 군에 속하는 굽힘성질의 변화는 Draw-winder에 원사의 공급률이 높을수록 태세사 직물의 굽힘강성이 0.034-0.05g.cm<sup>2</sup>/cm으로 높게 나타나서 반발탄력성의 감소와 조화성의 증가에 영향을 주고 있음을 알 수 있다. 그리고 공급률에 따른 태세사 직물의 굽힘강성의 변화는 Fig. 6의 인장에너지의 결과보다도 그 변화가 크게 나타나 태세사 직물에 많은 영향을 미침으로써 태세사 제조를 위한 사가공 공정에서 공급률의 조절에 많은 주의를 가져야한다고 생각된다.

### 3.5.4 태세사 직물의 전단강성(G)

Fig. 8은 가공사의 공급률 변화에 따른 태세사 직물의 살랑이(Kishimi), 반발탄력성(Hari), 깔깔이(Shari), 강연도(Koshi)에 가장 많은 영향을 미치는 전단강성(G)의 값을 나타낸 것이다.

여기서 보면 전단강성은 공급률이 증가할수록 약 0.6-0.9g/cm.deg으로 높게 나타나고 있으며, 굽힘강성의 변화와 비슷한 경향을 나타내고 있다. 이는 사가공시 적용된 원사의 공급률이 높을수록 반발탄력성에는 높게 영향을 미치나 강연도, 깔깔이, 살랑이의 태 값에 좋지 않은 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

### 3.5.5 태세사 직물의 표면마찰계수(MIU)

Fig. 9는 풍유도와 깔깔이(Shari), 태의 기여도에 첫 번째 군에 있고 조화성(Shinayakasa)에도 많은 영향을 미치는 태세사 직물의 표면성질인 마찰계수(MIU)를 가공사의 공급률에 따라 나타낸 것이다. 섬유표면의 마찰성질은 섬유집합체의 연신, 실의 장력, 천의 촉감, 기계공정 중 받는 마찰, 수축 등과 관련을 갖는다. 일반적으로 마찰계수가 작을수록 표면이 매끄러운 것을 나타내는데 이러한 마찰계수 MIU는 하중, 속도, 접촉면적, 직물의 표면상태 등에 따라 달라진다. 여기서 보면 태세사 직물의 마찰계수는

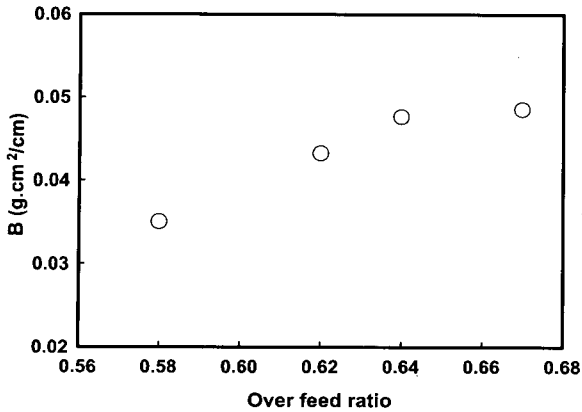


Fig. 7. Bending rigidity (B) of thick-thin yarn fabric against over feed ratio in weft direction.

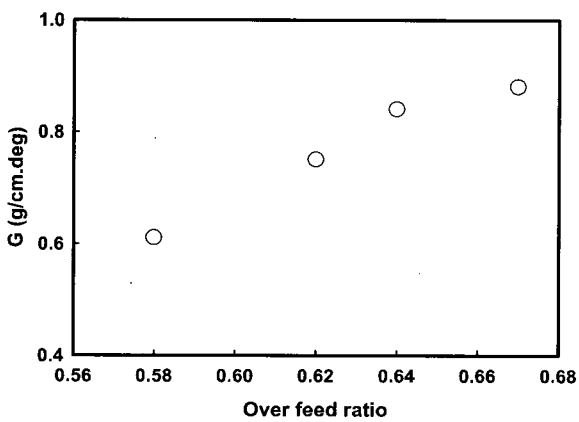


Fig. 8. Shear rigidity(G) of thick-thin yarn fabric against over feed ratio in weft direction.

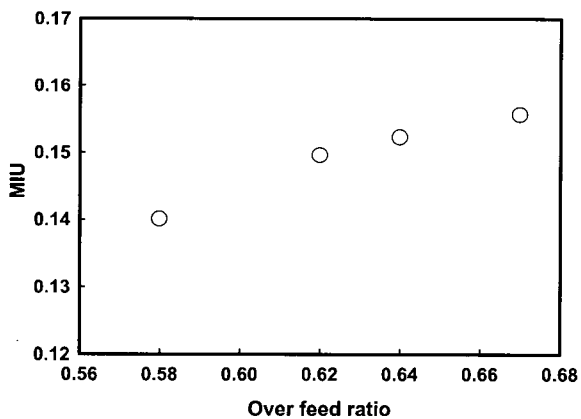


Fig. 9. Coefficient of friction (MIU) of thick-thin yarn fabric against over feed ratio in weft direction.

전단강성 및 굽힘강성과 비슷한 경향으로 가공사의 공급률이 높을수록 약 0.14-0.16으로 나타나고 있음을 알 수 있다. 이는 태세사 직물에 사용된 가공사의 공급률이 높을수록 연신 효과가 작아져서 직물의 표면 상태에 영향을 주는 것이 가장 큰 원인으로 생각된다.

### 3.6 태세사 직물의 역학적 특성

Table 3은 30<sup>p</sup>/12인 고수축사(수축률 30%)와 태세사 시료 T4를 합사한 가공사 시료 D를 사용하여 제작한 태세사 직물과 50<sup>p</sup>/36인 고수축사(수축률 15%)와 T4를 합사한 가공사 시료 E를 사용하여 제작한 직물의 역학적 특성을 비교한 것이다. Table 3에서 보면 가공사 시료 E로 제작한 직물의 인장에너지, 굽힘강성, 전단강성 등의 값은 낮게 나타나는 반면 마찰계수는 높은 값이 나타나는 것을 알 수 있다. 따라서 태세사 직물에 사용된 core사의 수축률에 의해서도 직물의 역학적 특성이 달라짐을 알 수 있으며 가공사 시료 E보다 D를 사용하는 것이 태세사 직물로 활용하기에 보다 적당할 것으로 생각된다.

Table 3. Mechanical property of thick-thin woven

Sample	WT (g.cm/cm <sup>2</sup> )	B (g/cm <sup>2</sup> /cm)	G (g/cm.deg)	MIU
D	3.45	0.048	0.88	0.155
E	2.51	0.040	0.76	0.160

## 4. 결 론

Core사를 30<sup>p</sup>/12 고수축사(co-polymer, 수축률 30%)로 한 186/246 ITY(4종)와 50<sup>p</sup>/36 고수축사(수축률 15%)를 core사로 한 206/252 ITY(1종)를 제조하여 물성을 평가하였고 경사를 일정하게 고정시키고 ITY 5종을 위사로 하여 5종의 직물을 제조한 후 이들의 역학적 특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. ITY의 표면은 180℃에서 열풍 처리한 경우 이수축 혼섬사의 전형적인 복합다층의 3차원 형상을 확인할 수 있었고, 시료 D가 시료 E보다 복합다층의 3차원 형상이 뚜렷하게 나타나며 가공사의 형상이 시료 E보다 compact하게 나타남을 알 수 있었다.
2. 가공사 ITY의 수축률은 시료 E가 가장 낮게 나타났으며 열처리 온도가 140℃ 이상으로 증가할수록 수축률이 크게 증가함을 알 수 있었다. 그리고 태세사 제조시 공급률이 낮은 원사와 합사한 가공사 일수록 또한 열처리 온도가 높을수록 가공사의 초기탄성률이 낮게 나타남을 알 수 있었다.

3. 사가공시 적용된 원사의 공급률이 높을수록 제조된 태세사 직물의 인장에너지는 감소하며 굽힘강성과 전단강성은 증가함을 알 수 있었다.
4. 가공사 시료 D와 시료 E를 사용하여 제작한 태세사 직물의 경우 시료 D로 제작한 직물의 인장에너지, 굽힘강성, 전단강성 등의 값은 높게 나타나는 반면 마찰계수는 낮은 값이 나타남을 알 수 있었다.

### 감사의 글

이 연구는 2004학년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. S. J. Kim, A. K. Oh, M. H. Seo, D. H. Cho, T. H. Kim, and D. H. Chang, Hand Properties of Silk and New Synthetic Fiber Fabrics, *J. Korean Fiber Soc.*, **29**, 621-635(1992).
2. T. Hongu and G. O. Philips, "New Fibers", pp.164-190, 2nd Ed., Woodhead Ltd.
3. D. W. Lee, E. S. Lee and S. W. Ko, Wash and Wear Finish of Linen Fabrics, *J. Korean Fiber Soc.*, **35**, 8-15(1998).
4. H. J. Shim and K. A. Hong, Comparison of

- Mechanical Properties, Handle and Thermal Properties of Woven Fabrics Made of Circular and Non-circular Shaped Yarns, *J. Korean Fiber Soc.*, **40**, 357-362(2003).
5. M. S. Park, The Study on Mechanical Properties and Handle of the Micro-Fiber Fabrics, *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **11**, 9-18(1999).
6. Y. J. Na and E. S. Lee, Handle and Dyeability of Wool Fabrics Bleached with Protease, **40**, 164-169(2003).
7. M. S. Park, The Crystal Structure and Mechanical Properties of Thick & Thin Yarn According to Production Condition, *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **17**, 43-48(2005).
8. S. J. Kim, D. H. Cho and D. H. Chang, Technical Reviews and News, Processing Technology and Characteristics of Differential Synthetic Fabrics in Japan, *Korean Fiber Soc*, **32**, 713-722(1995).
9. S. Kawabata, "The Standardization and Analysis of Hand Evaluation(first edition)", The Text. Mach. Soc. of Japan, Okasa, 1975.
10. S. Kawabata, "The Standardization and Analysis of Hand Evaluation(second edition)", The Text. Mach. Soc. of Japan, Okasa, 1980.