

〈研究論文(學術)〉

모직물의 태에 관한 연구(1) - 실의 구성이 역학량에 미치는 영향 -

김 덕 리

부산대학교 공과대학 섬유공학과
(1994년 11월 5일 접수)

Study on the Hand of Wool Fabrics(1) - Effects of Yarn Structural Parameters on Mechanical Characteristics -

Duk Ly Kim

Dept. of Textile Eng., Pusan National Univ., Pusan, 609-735, Korea
(Received November 5, 1994)

Abstract—The study has been conducted to investigate the relationship between yarn structural parameters such as diameter, twist multiplier and linear density, and mechanical properties of yarns measured by KES-F System. Each mechanical characteristic values per tex have non-linear relationship to the increment of yarn diameter, but as the linear density has increased, the mechanical characteristic values except for the bending characteristics have decreased linearly. It is, however, difficult to analyze obviously on the effects of twist multiplier even though the bending and the shear characteristic values were inclined to decrease. The effect of dyeing has also considered. The results are showing that yarn-dyed samples had higher effects than top-dyed ones on the mechanical characteristics.

1. 서 론

직물은 궁극목적 중의 하나가 태나는 의복으로 제조되어야 하는 것이다. 원래 의복을 입는다는 것은 추위로부터 체온을 보존하는 것과 몸을 감추는 기능을 주 목적으로 했으나 문명이 발달하면서 패션이 목적으로 추가되었다. 현재 피복의 패션은 다른 어떤 분야보다 앞서 나아가고 있을 뿐만 아니라 의복에서는 패션이 전부인 것처럼 되어있다. 태는 피복패션의 기초이면서도 객관성 있는 특출한 평가 방법이 없었으나, 지난 50여년간 연구자들이 여러가지 방법을 발표하고 있다. H.Binns¹⁾의 관능검사와 태에 관한 연구가 1926에 시작되었고, F.T.Peirce²⁾가 역학적 특성을 태와 결부시킨 연구를

발표한 후 R.M.Hoffman, 小西, 松尾³⁾, J.Lindberg⁴⁾, R.G.Liversey⁵⁾, J.D.Owen⁶⁾ 등이 물리적인자를 태에 회귀시키는 연구가 계속해서 발표되었다. 특히 Kawabata, Niwa⁷⁾는 16가지 역학특성치를 태로 단계적으로 중회귀시키는 방법을 제안하여 현재 실용화 되고있다. 그의 N.G.Ly⁸⁾, R.Postle⁹⁾, R.L.Shishoo¹⁰⁾, G.A.Carnaby¹¹⁾ 등의 태에 관한 연구가 있다.

본 연구는 Kawabata의 KES-F System¹²⁾을 사용하여 원모로부터 직물이 되기 까지의 공정이 진행되면서 역학적 성질들이 태에 어떻게 관계하는가를 규명하고 역학적 특성들을 제어하여 태를 예측하거나 미리 결정할 수 있도록하기 위한 것이다. 직물의 성질은 구성사의 특성, 직물의 구조, 후가공의 영향을 받는 것으로 되어있다. 본 연구의

내용은 그중에서 실의 구성이 태에 어떻게 영향을 미치는가를 밝힐 목적으로 원사를 중심으로 검토하였다. 원사를 구성하는 원모의 지름과 꼬임상수(Twister Multiplier) 그리고 실의 굵기(Tex)를 측정하고 이들이 직물의 태를 계산하는데 사용되는 16종의 역학특성치와 실의 구성요소 및 염색과 어떤 관계를 나타내는지 조사하였다. 장차 원모와 실, 실과 직물간의 연구로 진행하고자 한다.

2. 실험

2.1 시 료

시료는 뉴질랜드 메리노 양모로 만든 모사 15종을 사용하였고 시료에 대한 명세는 Table 1과 같다.

2.2 실험방법

실험은 Kawabata의 KES-system을 채용하였고 KES에서 제안된 16종의 역학적 특성치와 측정에 사용된 시험기를 Table 2에 표시하였다. 특히 시료가 직물이 아닌 실이기 때문에 직물의 경우와

는인장 및 전단특성의 측정에는 차이가 있다. 즉, 인장 소변형 범위인 40,77g(400mN)을 최대 힘(F_m)로 하여 인장특성을 측정하였다. 직물의 전단특성에 관한 연구결과에 따르면, 전단강도는 경,위사간의 교차각의 회전을 제한하는 탄성적인 저항과 마찰에 의한 교차각의 변화에 대한 저항 때문에 주로 생긴다고 알려져 있다. 그러므로 직물의 전단변형에 관계하는 기본적 성질은 두 교차실 간의 torque이고 torque를 여러가지 횡압축력으로 나타낸 다음식을 이용하여 계산하였다.

Table 2. Apparatus and characteristics of measurment

CODE	Apparatus	Mechanical properties
KES-G1	Tensile tester	EM, LT, WT, RT
KES-SE	Surface tester	MIU, MMD, SMD
KES-YN-1	Intersecting tester	G, 2HG, 2HG5
KES-YN-2	Pure bending tester	B, 2HB
KES-FB3	Compression tester	LC, WC, RC

Table 1. Specification of yarns

Sample code	Wool fibre	Diameter (μm)	Counts of yarns(TEX)		T. P. I		Dye
			Single	Fold	Single	Fold	
Y 1	NZ Merino	17	11.05	22.1	24.2	17.76	Undyed
Y 2	NZ Merino	17	15.8	31.6	16.5	15.9	Topdyed
Y 3	NZ Merino	17	31.6		10.3		Topdyed
Y 4	NZ Merino	19	22.15	44.3	13.3	11.2	Topdyed
Y 5	NZ Merino	19	13.4	26.8	17.26	14.56	Undyed
Y 6	NZ Merino	19	96.95		12.3		Topdyed
Y 7	NZ Merino	19	96.9	193.8	12.73	8.4	Undyed
Y 8	NZ Merino	19	96.9	193.8	15.13	8.03	Yarndyed
Y 9	NZ Merino	22	121.1		11.86		Topdyed
Y 10	NZ Merino	22	121.1		10.8		Undyed
Y 11	NZ Merino	25	29.5		14.26		Undyed
Y 12	NZ Merino	25	29.55	59.1	11.86	11.48	Undyed
Y 13	NZ Merino	25	29.55	59.1	12.56	11.03	Topdyed
Y 14	NZ Romney	30	161.5		10.36		Undyed
	NZ Merino	22					
Y 15	NZ Romney	30	161.5		12.5		Yarndyed
	NZ Merino	22					

$$Tr = \pm Tro \pm (C_1 + C_2 \phi) Fc + (C_3 + C_4 Fc) \phi$$

$$Fs = (Tr \phi / Y_2) \cos \phi + F_2 \sin \phi$$

$$fs = n_1 Fs$$

Tr : 각도변화에 필요한 토크

Tro : 두 실의 마찰에 의한 토크

ϕ : 전단각

Fc : 압축력

Fs : 전단력

n_1 : 밀도(경사)

C_{1-4} : 상수

압축특성은 시료의 길이를 10mm로 하여 20분을 병렬하여 측정된 다음 실 1가닥에 대하여 계산했다. 표면특성과 압축특성은 50mm 길이의 실 20분을 병렬하여 측정했다.

3. 결과 및 고찰

실의 구성요소인 원모의 굵기, 실의 변수, TM, 그리고 염색등이 실의 역학특성과의 관계가 클 것이고 실의 역학특성을 조절하려면 이들 구성요소를 제어 할수 있어야 할 것이다. 그러므로 Tex에 따라서 역학량을 조정할수 있는지를 알아보기 위해 모든 측정치를 Tex당의 값으로 계산하였다.

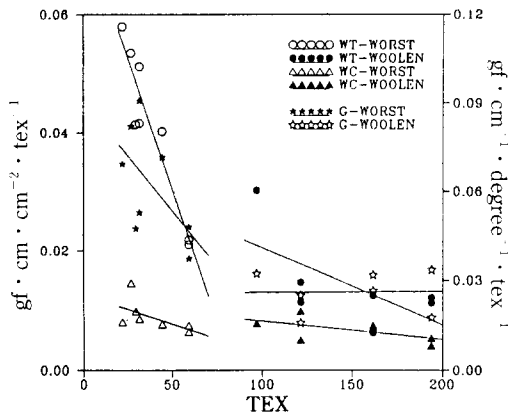


Fig. 1. Diagram between tex and tensile energy, compressional energy, and shear stiffness for yarn.

3.1 Tex와 역학량

일반적으로 방적사는 꼬임이 주어져 있고 또 원모에 크림프가 있어 상호영킴으로 인하여 포함력이 생겨 실의 형태가 유지되므로 다른 균질의 고체 재료와는 달리 비균질이면서 잘 굽어지는 고체로 취급된다. 따라서 굽기가 다를 때 변수당 역학특성이 어떻게 변하는가를 확인하기 위하여 변수당 특성치와 Tex관계를 그림과 회귀식으로 나타내었다.

Fig. 1, 2, 3, 4는 역학특성 다섯 블럭에서 특성치 14종을 도시 하였고, 전체의 회귀식은 Table 3에 담았다. 그림과 같이 모든 특성치가 실이 굽을수록 감소하는 모양을 보이고 압축특성만 증가 하고 있다. 특히 가는 실(소모사 영역)과 굵은 실(방모사 영역)에서 선형성의 구배가 소모사는 크고 방모사는 작은 양상을 띠고 있다. 가는 실(소모사)에서 굽직하게, 또 굵은 실(방모사) 부분에서는 완만한 감소현상을 나타내고 있다. 즉 모든 역학특성치에서 소모사와 방모사의 회귀선이 확실하게 구분되고 있다. 이는 실의 구성특성인 꼬임과 크림프 때문에 소모사는 고체와 같은 강한 인장저항을, 그리고 방모사는 꼬임보다는 크림프나 원모간의 마찰저항 때문에 완만하게 나타난 것으로 생각된다.

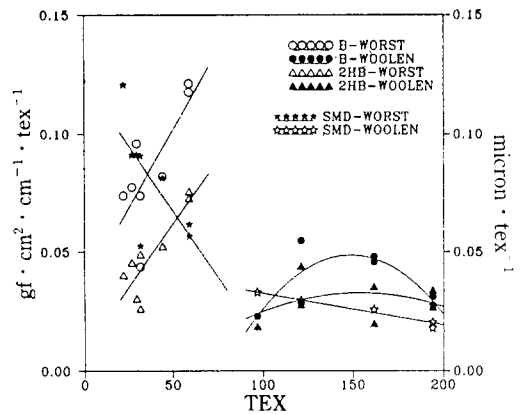


Fig. 2. Diagram between tex and frictional coefficient, deviation of frictional coefficient, tensile linearity, and compressional linearity for yarn.

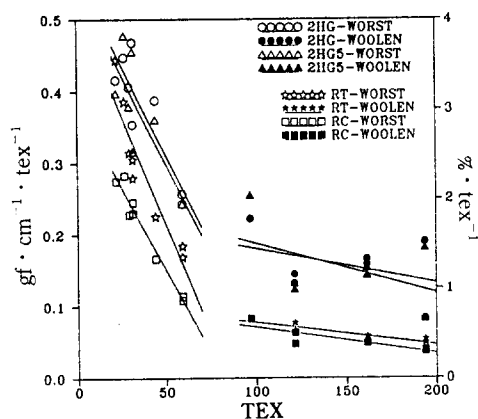


Fig. 3. Diagram between tex and bending rigidity, bending hysteresis, and deviation of surface roughness for yarn.

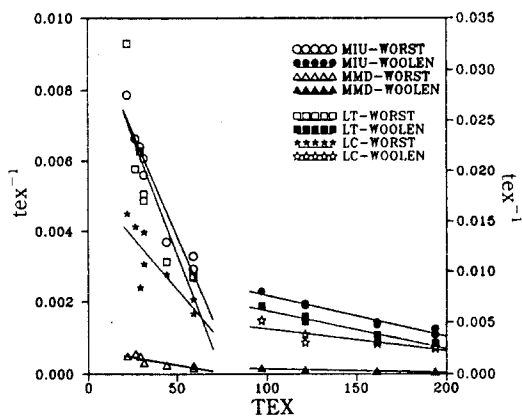


Fig. 4. Diagram between tex and 2HG, 2HG5, RT, and RC.

특히 압축에너지 WC와 마찰계수 평균편차 MMD가 소모사의 다른 특성치에 비해 선형이 완만한 것은 실의 압축에너지와 마찰계수 평균편차가 구성원도의 영향을 받고 실의 굵기에는 크게 영향받지 않음을 나타내고 있다. 굽힘특성은 소모사와 방모사의 경우 확실하게 별개의 양상을 나타내는데 소모사의 경우 굽힘강성(B)나 굽힘히스테리시스(2HB)가 실이 굵어질 수록 급격한 상승을 보이는데 이는 실이 굵을 수록 강성을 지름의 2승에 비례하여 증가하기 때문이다. 방모사의 굽힘강성(B

)과 굽힘히스테리시스(2HB)는 가운데가 볼록한 비선형의 모양을 나타낸다.

Table 3. Regression between tex and characteristic values

Mechanical prop.	Regression equation
EM Worst	$-1.26 \times 10^{-3}X + 1.18 \times 10^{-1}$
	Woolen $-1.71 \times 10^{-4}X + 4.87 \times 10^{-2}$
LT Worst	$-4.69 \times 10^{-4}X + 3.52 \times 10^{-2}$
	Woolen $-3.68 \times 10^{-5}X + 9.78 \times 10^{-3}$
WT Worst	$-8.99 \times 10^{-4}X + 7.52 \times 10^{-2}$
	Woolen $-1.30 \times 10^{-4}X + 3.35 \times 10^{-2}$
RT Worst	$-4.90 \times 10^{-2}X + 4.17$
	Woolen $-2.52 \times 10^{-3}X + 8.69 \times 10^{-1}$
B Worst	$1.33 \times 10^{-3}X + 3.50 \times 10^{-2}$
	Woolen $-9.49 \times 10^{-6}X^2 + 2.82 \times 10^{-3} - 1.61 \times 10^{-1}$
2HB Worst	$1.07 \times 10^{-3}X + 8.52 \times 10^{-2}$
	Woolen $-2.70 \times 10^{-6}X^2 + 8.28 \times 10^{-4} - 3.07 \times 10^{-2}$
G Worst	$-7.54 \times 10^{-4}X + 9.10 \times 10^{-2}$
	Woolen $2.75 \times 10^{-5}X + 2.57 \times 10^{-2}$
2HG Worst	$-5.05 \times 10^{-3}X + 5.65 \times 10^{-1}$
	Woolen $-4.80 \times 10^{-4}X + 2.29 \times 10^{-1}$
2HG5 Worst	$-5.01 \times 10^{-3}X + 5.50 \times 10^{-1}$
	Woolen $-6.93 \times 10^{-4}X + 2.57 \times 10^{-1}$
LC Worst	$-2.08 \times 10^{-4}X + 1.86 \times 10^{-2}$
	Woolen $-2.11 \times 10^{-5}X + 6.47 \times 10^{-3}$
WC Worst	$-9.94 \times 10^{-5}X + 1.26 \times 10^{-2}$
	Woolen $-3.05 \times 10^{-5}X + 1.12 \times 10^{-2}$
RC Worst	$-3.25 \times 10^{-2}X + 3.07$
	Woolen $-2.90 \times 10^{-3}X + 8.52 \times 10^{-1}$
MIU Worst	$-1.19 \times 10^{-4}X + 9.85 \times 10^{-3}$
	Woolen $-1.14 \times 10^{-5}X + 3.32 \times 10^{-3}$
MMD Worst	$-8.51 \times 10^{-6}X + 6.77 \times 10^{-4}$
	Woolen $-1.03 \times 10^{-6}X + 2.53 \times 10^{-4}$
SMD Worst	$-1.12 \times 10^{-3}X + 1.23 \times 10^{-1}$
	Woolen $-1.35 \times 10^{-3}X + 4.63 \times 10^{-2}$
T Worst	$-8.18 \times 10^{-5}X + 7.41 \times 10^{-3}$
	Woolen $-8.49 \times 10^{-6}X + 2.58 \times 10^{-3}$

Table 3의 회기식에서 보면 굽힘특성(B,2HB)만 양의 기울기이고 모두 음의 기울기이며 모든 특성치에서 소모사의 구배가 방모사보다 크다는 것을 알 수 있다. 이는 실 구조상의 원모배열도가 소모사가 방모사에 비해 크고 두 모사간의 현저한 꼬임차이에서 오는 기본적 구조차이가 원인으로 생각된다.

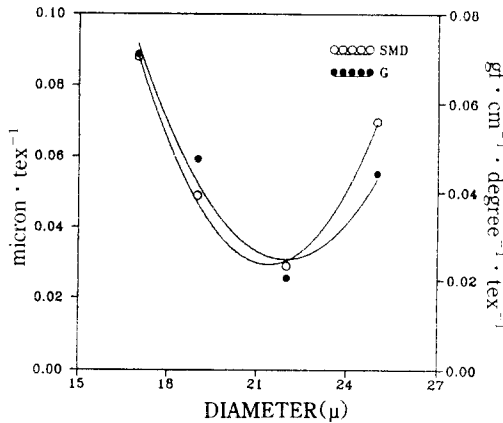


Fig. 5. Diagram between wool diameter and deviation of surface roughness, shear stiffness for yarn.

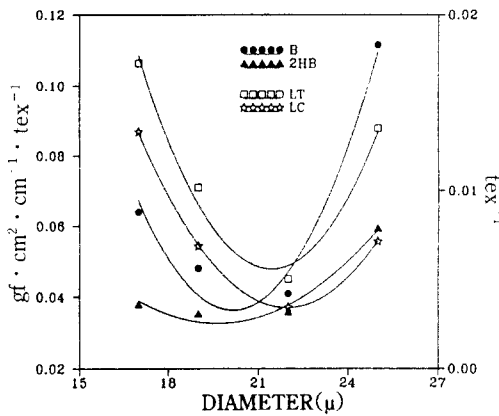


Fig. 6. Diagram between wool diameter and bending rigidity, bending hysteresis, tensile linearity, and compressional linearity for yarn.

3.2 원모의 지름과 역학량

구성사의 원모의 지름과 역학량과의 관계를 알아보기 위해 원모의 지름이 같은 실들의 역학량 평균치와 원모의 지름과의 관계를 Fig. 5, 6, 7, 8로 나타내었다.

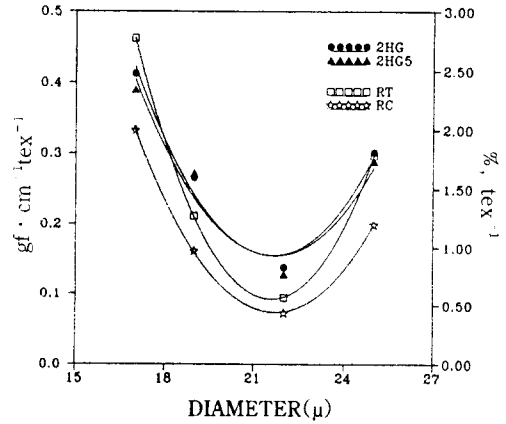


Fig. 7. Diagram between wool diameter and 2HG, 2HG5, RT, and RC for yarn.

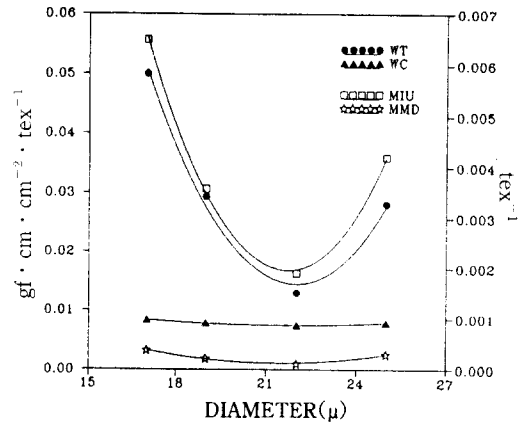


Fig. 8. Diagram between wool diameter and tensile energy, compressional energy, frictional coefficient, and deviation of frictional coefficient for yarn.

그림에 따르면 거의 모든 역학량이 17μ에서 감소하기 시작하여 19μ 또는 22μ에서 다시 증가하기 시작하였으나 WC, MMD는 지름에 따른 변화가 없었다. 이와같은 감소현상은 Tex당 실을 구성하는 원모의 수가 감소하는 것 때문으로 생각되고 22μ에서 증가하기 시작하는 것은 원모의 지름이 커지므로 섬유수가 적어도 원모의 굵기가 파라미터로 작용하기 때문인 것으로 여겨진다. 또, Fig. 2-4에서 압축에너지(WC)와 마찰계수 평균편차(MMD)는 원모의 굵기에는 무관함을 보여주고 있다. 즉, 압축특성에서 지름에 따른 차이가 크게 나타나지 않는 것은 같은 종류의 원모이기 때문에 횡압축저항이 섬유수에는 별 영향이 없는 것으로 생각된다. 회귀식은 Table 4와 같고 모두 2차식으로 비선형형을 확인할수 있었다. Fig. 2-2에서 2HB의 원모의 굵기에 대한 영향이 비교적 적은 것을 알 수 있는데 이는 굽힐 때 섬유간의 마찰변형이 크게 일어나지 않기 때문에 굽힘히스테리시스가 섬유 수나 접촉점의 수에 크게 영향을 받지 않는 것으로 생각된다.

Table 4. Regression between wool diameter and characteristic values

Mech. prop.	Regression equation
EM	$2.308 \times 10^{-3} X^2 - 1.019 \times 10^{-1} X + 1.150$
LT	$6.158 \times 10^{-4} X^2 - 2.641 \times 10^{-2} X + 0.289$
WT	$1.457 \times 10^{-3} X^2 - 6.410 \times 10^{-2} X + 0.719$
RT	$1.054 \times 10^{-1} X^2 - 4.552 \times 10^{-2} X + 49.70$
B	$3.123 \times 10^{-3} X^2 - 1.259 \times 10^{-1} X + 1.304$
2HB	$9.131 \times 10^{-4} X^2 - 3.587 \times 10^{-2} X + 0.385$
G	$1.976 \times 10^{-3} X^2 - 8.680 \times 10^{-2} X + 0.978$
2HG	$1.246 \times 10^{-2} X^2 - 5.393 \times 10^{-1} X + 5.991$
2HG5	$1.144 \times 10^{-2} X^2 - 4.957 \times 10^{-1} X + 5.530$
LC	$4.057 \times 10^{-4} X^2 - 1.782 \times 10^{-2} X + 0.199$
WC	$3.943 \times 10^{-5} X^2 - 1.730 \times 10^{-3} X + 0.926$
RC	$7.028 \times 10^{-2} X^2 - 3.05X + 33.59$
MIU	$2.057 \times 10^{-4} X^2 - 8.937 \times 10^{-3} X + 0.099$
MMD	$1.323 \times 10^{-5} X^2 - 5.669 \times 10^{-4} X + 0.006$
SMD	$3.073 \times 10^{-3} X^2 - 1.316 \times 10^{-1} X + 1.437$
T	$1.678 \times 10^{-4} X^2 - 7.321 \times 10^{-3} X + 0.813$

3.3 꼬임상수(TM)와 역학량

Twist Multiplier(TM)와 역학량의 관계는 Fig. 9, 11으로 나타내었다. 굽힘 특성을 제외하고 소모사, 방모사를 통틀어 감소하는 모양을 보이거나 소모사, 방모사를 층별하여 볼 때 소모사군과 방모사군의 차별화를 뚜렷하게 보이고 있다. B와 2HB는 증가하는 현상을 나타내는데 이는 TM이 증가하면 역학량들이 감소한다는 다른 연구⁸⁾와 같은 경향을 보인다. 그러나 대부분의 특성치들이 TM과의 명확한 경향이나 모양을 나타내고 있지 않아 TM의 구체적인 영향을 파악 하기는 어려웠다.

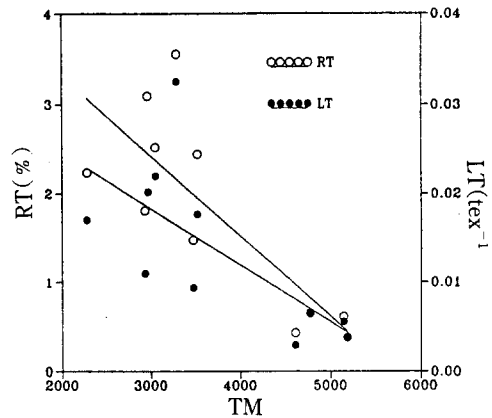


Fig. 9. Diagram between tm and linearity, and resilience for yarn.

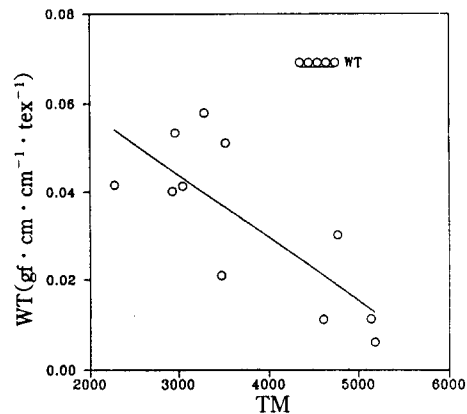


Fig. 10. Diagram between tm and tensile energy for yarn.

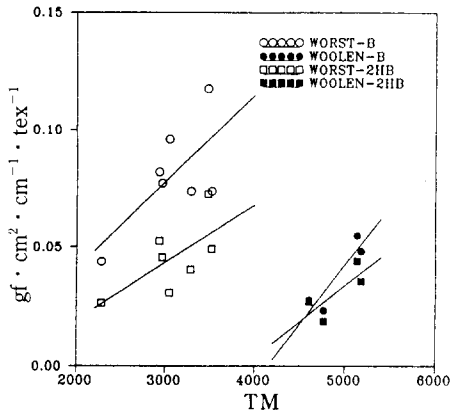


Fig. 11. Diagram between tm and bending rigidity, and bending hysteresis for yarn.

3.4 역학량에 대한 염색의 효과

역학특성에 대한 염색의 효과를 보기위해 백색 모사와 염색사의 역학량을 비교하였고, 염색은 톱염색사(선염사)와 후염사를 구별하였다. 톱염색사 3종의 평균을 백색사 3종의 평균과 각각 비교하였다. 염색전후의 역학량을 Fig. 12, 13, 14, 15에 표시하고 염색효과의 증감을 +, -로 하여 Table 5로 정리하였다. 그림과 표에 따르면 염색의 결과, 미염색사와 염색사간의 역학특성이 톱염색보다는 사업에 더 큰 영향을 미치고 있음을 알수 있었다.

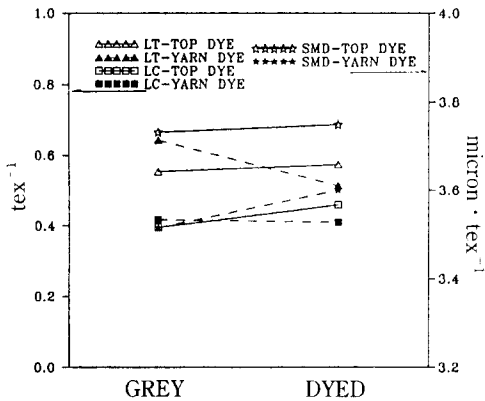


Fig. 12. The comparison between grey and dyed yarn on LT, LC, and SMD.

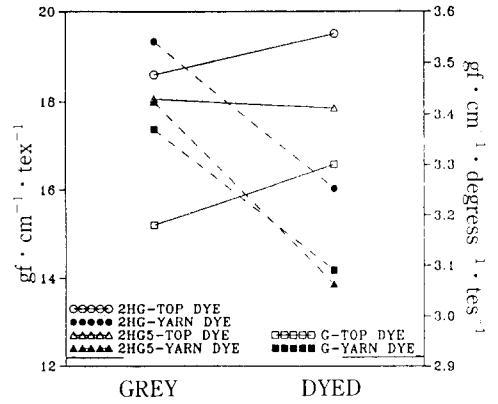


Fig. 13. The comparison between grey and dyed yarn on 2HG, 2HG5, and G.

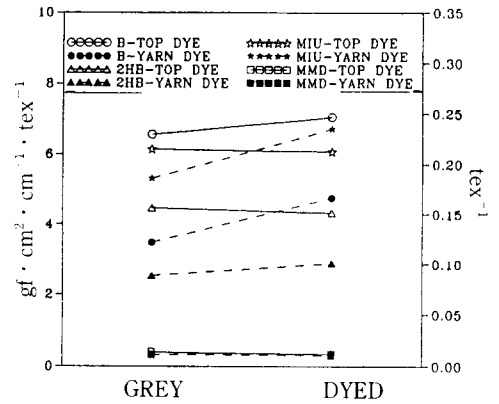


Fig. 14. The comparison between grey and dyed yarn on WT, WC, RT, and RC.

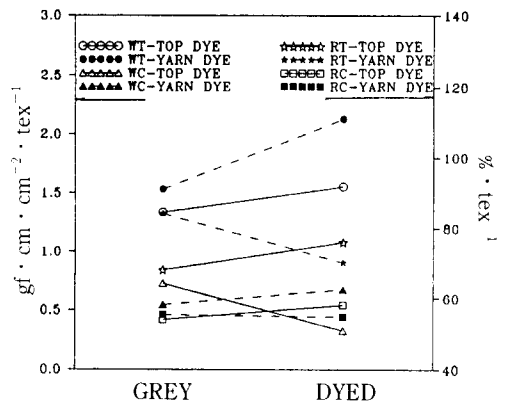


Fig. 15. The comparison between grey and dyed yarn on B, 2HB, MIU, and MMD.

Table 5. Effects of dyeing

	Tensile				Bending		Shear			Compress			Surface		
	EM	LT	WT	RT	B	2HB	G	2HG	2HG5	LC	WC	RC	MIU	MMD	SMD
Top dyed	+	·	+	+	+	·	++	+	·	+	-	+	·	·	·
Yarn dyed	+	-	++	-	++	·	---	---	---	·	+	0	+	·	+

단, + : increase, - : decrease

이는 원모가 염색 및 수세될 때 팽윤 및 수축되는데 톱염색의 경우는 원모가 거의 자유공간에 놓여 있지만 사염의 경우 꼬임에 의해 구속된 상태에 있는 상황 차이 때문인 것 같다. 특히, 톱염색은 적지만 plus(+)로, 사염은 크게 minus(-)로 영향을 주는 것으로 확인할 수 있다.

4. 결 론

모사의 16가지 역학특성치를 측정하고 이들 측정치를 변수당 값으로 계산하여 Tex, 원모의 지름 및 TM과 회귀시킨 결과이다. 다만 염색의 효과는 백색사와 염색사를 변수로 특성화하지 않고 측정값을 직접 비교하여 검토해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 변수와 Tex당 역학특성치 간에는 굵힘특성을 제외하고 거의 모두 선형적 감소 관계를 보이고, 소모사는 급격히 감소 하지만 방모사는 완만하게 감소하는 뚜렷한 차이를 보인다.

2) Tex당 역학특성치와 원모의 지름(17 μ ~25 μ) 간에는 지름이 커지면서 22 μ 까지 감소하다가 이후 증가하는 비선형적 관계임을 확인했다.

3) TM의 증가에 따라 굵힘특성(B, 2HB)과 전단특성(G, 2HG, 2HG5)를 제외하고 감소현상을 보이나 그 영향을 명확하게 규명 할 수가 없었다.

4) 역학특성치에 대한 염색의 영향은 톱염색보다 사염색의 경우가 매우 크고, 톱염색은 증가, 사염색은 감소시키는 경향을 나타내었다.

감사의 글: 본 논문은 교육부교수 해외파견 연구계획(1989)에 따라 수행된 것으로 당국에 감사드린다.

참 고 문 헌

- 1) H. Binns, *J. Text. Inst.*, 17, T615(1926).
- 2) F. T. Peirce, *J. Text. Inst.*, 21, T377(1930).
- 3) Matsuo, *J. Text. Mach. Soc. of Jap.*, 25, 223(1972).
- 4) J. Lindberg, B. Behre and B. Dahlberg, *Text. Res. J.*, 31, 99(1961).
- 5) R. G. Liversey and J. D. Owen, *J. Text. Inst.*, 55, 516(1964).
- 6) J. D. Owen, *J. Text. Inst.*, T589(1967).
- 7) M. Niwa and S. Kawabata, *纖維學會誌(日本)*, 31, T88(1978).
- 8) N. G. Ly and E. F. Denby, *Text. Res. J.*, 180(1984).
- 9) R. Postle, *International Journal of Clothing Science and Technology* 2 (3/4)(1990).
- 10) R. L. Shisoo and B. Olofsson, *J. Text. Inst.*, 60, 81(1969).
- 11) G. A. Carnaby, "The application of mathematic and physic in the wool industry WRONZ", Vol. 6, 579(1988).
- 12) S. Kwabata, "The standardization and analysis of hand evaluation", 2nd Ed. Text. Mach. Soc. of Jap.(1980).