

PTT BCF카펫과 나일론 BCF카펫의 壓縮特性에 關한 研究

尹明熙 · 金鍾俊* · 全東源**

梨花女子大學校 大學院 衣類織物學科, 梨花女子大學校 衣類織物學科, 教授*, 梨花女子大學校 衣類織物學科, 教授**

Compressional Properties of PTT BCF and Nylon BCF Carpets

Yun, Myung-Hui · Kim, Jong-Jun* · Jeon, Dong-Won**

Graduate Student, Department of Clothing & Textiles, Ewha Womans University

Prof., Dept. of Clothing & Textiles, Ewha Womans University*

Prof., Dept. of Clothing & Textiles, Ewha Womans University**

Abstract

PTT(polytrimethylene terephthalate) is a thermoplastic that can be melt-spun into fibers and has extensive applications in carpets, textiles and apparel, engineering thermoplastics, nonwovens, and films or sheets. This polymer combines the good properties of nylon and polyester. Compared with other synthetic fibers such as nylon and acrylic, the PTT fibers feel softer, dye easier with vibrant colors, stretch and recover better. Moreover, the PTT fibers for carpets resist most stainings, clean better, and dry faster. The PTT was first patented in 1941, but it was not until the 1990's, when Shell Chemicals developed the practical method of producing PDO, the raw material for PTT. Many studies have been done including the retention of carpet texture using an image analysis technique, or compressional resilience of the carpet for long term use. In this study, PTT and nylon BCF carpets were compared in terms of the compressional properties including the resilience, using one of the KES system for repetitive measurements.

The compression resilience(RC) values of the PTT BCF carpets far exceed those of nylon 6 BCF carpets. The RC values of the PTT BCF carpet(cut) specimens are 42~45% for 5 successive compression deformations, while those of the nylon BCF carpet specimens(cut) are 26~28%. There is also a similar trend in the RC values for the other type of carpet which is the loop type. This resilience is one of the important factors of carpet usage evaluation.

Key words: BCF(비시에프), Carpet(카펫), Nylon(나일론), PTT(피티티)

I. 序 論

카펫(carpet)의 소재는 양모, 나일론, 폴리에스터, 아크릴, 폴리프로필렌 등이 다양하게 사용되고 있다. 최근 생활수준의 향상에 따라 호텔, 사무실, 가정 등 주거환경의 장식뿐만 아니라, 쾌적성, 보온, 차음 등의 목적으로 카펫이 설치되기도 한다.^{1~3, 10~11)} 카펫(carpet)

이란 라틴어의 “털을 빗질하다”라는 뜻을 가진 Carpita에서 나온 말로 지면의 습기를 방지하고 보온을 목적으로 깔개로 사용한 동물의 가죽 등이 그 원류라고 말할 수 있을 정도로 오랜 역사를 가지고 있다.

카펫은 다른 여러 종류의 깔개류 보다 시각적, 기능적으로 많은 특성을 갖고 있으며, 사용되는 소재별로도 각기 다른 특징을 나타낸다. 카펫은 복합물로서 표면의 섬유와 1차 기포지, 접착제, 2차 기포지가 결합된

것으로 구성되어 있어 다단계의 공정을 거쳐 최종 제품이 제조된다. 방사시 hot air나 steam을 사용하는 texturing nozzle을 통과시켜 10% 이상의 크림프를 부여하여 볼륨감 있는 카펫용 원사인 BCF(Bulked Continuous Filament)사를 제조한다. 사무용 카펫, 자동차용 보조 매트 등 카펫 용도에 따라 원착사를 제조하기도 한다. 이후 cable twister에서 2합사 또는 3합사를 만든 후 열고정 공정을 거치게 되며, 열고정 공정에서는 Autoclave, 혹은 그 외의 설비를 사용한다. 열처리시 열고정 정도가 미흡하거나 과도하면 별키성이 좋지 못하거나 카펫의 끝풀림이 잘 일어나 외관이 좋지 못하게 되기 때문에 적정수준의 온도 setting 조건 선정이 필요하다. 열고정된 가공사는 제직인 터프팅(tufting) 단계를 거치게 되는데 이때 터프팅기에서 PE film이나 PP 기포에 식모하며 cut나 loop의 형태로 pile을 식모하여 카펫으로서의 충분한 중량과 볼륨감을 갖도록 한다. 터프팅된 카펫은 염색한 후 접착단계를 거치게 된다. 가장 마지막 공정인 전모 단계에서 염색이후 파일의 외관을 좋게 하기 위해 파일을 고루 전모해 줌으로써 카펫 제조가 완료되며, 이때 마지막 단계에서 방오성이나 발수성 혹은 발유성 등의 기능을 부여하기 위해 후처리가공을 하기도 한다.^{15~17)}

카펫에서 압축탄성은 중요한 인자이다. 따라서 우수한 resilience를 가진 PTT를 이용한 BCF의 제조와 카펫의 제직도 비중이 커질 것으로 전망된다. 본 연구에서는 PTT BCF사와 Nylon 6 BCF사로 구성된 각각의 카펫을 cut type 및 loop type을 대비하여 그 압축특성을 분석 평가하였다. 반복된 압축변형과정에서의 회복능 변화도 함께 분석함으로써 압축성의 내구성과 관련된 예측을 하고자 하였다.

II. 理論的 背景

1. 카펫과 PTT

카펫의 소재 중 나일론은 우수한 탄성 회복률과 풍부한 볼륨감 그리고 쉽고 우수한 염색성 때문에 가장 큰 시장점유율을 보이고 있으나 정전기 및 내오염성에

서 문제가 있다. PP와 PET는 낮은 탄성회복성에도 불구하고 PP는 저렴한 가격과 쉬운 방사성으로 인해 나일론 다음으로 시장을 점유하고 있으며, PET는 우수한 내열성과 내오염성의 장점을 지니고 있어 일부 용도(전기 카펫 등)에서 사용되기도 한다.¹⁷⁾

최근까지 제품에 대한 소비자들의 요구 수준이 높아짐에 따라 원사개질, 후가공 방법 개발 등 끊임없는 기술개발을 통해 문제점들을 해결해 오고 있으나 소재의 특성상 한계가 있어 대체소재에 대한 개발 필요성이 제기되던 중 타 합성소재에 비해 신축성 및 촉감이 부드럽고 특히 카펫 용도에 있어서는 나일론, 폴리에스테르, PP 등의 장점을 갖추면서 단점을 개량한 신소재인 PTT 소재가 소개되었다.^{12~14)}

PTT(polytrimethylene terephthalate) 섬유가 새로운 섬유라고 불리고 있지만, 사실 PTT 자체는 새로운 물질이 아니다. 1941년 영국 Calico Printing Ink의 Winfield와 Dicson의 PET에 대한 특허에 PBT와 함께 PTT에 대해서도 언급되어 있다. 다만, PET와 달리 PTT는 주원료인 PDO의 높은 가격 때문에 1996년 미국 Shell의 대량생산기술이 확립될 때까지 상업화가 지연되었다. PTT는 TPA(terephthalic acid)나 DMT(dimethyl terephthalate)와 PDO를 축중합(polycondensation)한 물질로서 PET와 중합방법뿐 아니라 그 화학적 구조가 매우 유사하다. 그러나 이런 제법상 또는 화학적 구조상의 유사성과 달리 PTT는 기계적, 열적 성질, 또는 내약품성에 있어 기존의 PET 또는 PBT와 많은 차이를 나타내며, 섬유로 만들었을 경우 중요한 성질들인 신축성, 촉감, 알칼리 감량성, 염색성 등에서 기존 합성 섬유와는 다른 독특한 성질을 나타낸다.^{15~17)}

축합중합으로 중합된 고분자에 있어서 화학구조 중 탄소의 수가 짝수인가 홀수인가에 따라 물성에 다른 영향을 미치는데, 'odd-even 효과'로 알려져 있다. PET와 PBT의 diol 부분의 탄소수가 2개와 4개로 짝수인 반면, PTT는 3개로 홀수이기 때문에 분자구조가 굽어져 있다.^{12~14)}

PTT는 신장을 시키면 스프링이 늘어나는 것처럼 결정의 결합각의 회전과 결합각이 변하면서 늘어난다. PTT가 탄성회복률이 우수한 이유는 이와 같은 분자구

조를 이루기 때문이다.^{13,14)}

2. 카펫 압축 특성 및 두께와 압력에 관한 이론적 배경

카펫에 요구되는 특성에 있어 PTT는 상기에서 언급한 분자구조적, 열적 특성으로 인해 타 화섬소재들에 비해 우수한 특성을 발현한다. 원사를 가공하여 카펫 용으로 converting하기까지는 사가공, 제직, coating 등의 공정을 거치며, 이때 원사는 공정상의 외력에 의해 일정한 장력을 받게 되며 일반적으로 이 장력에 대한 응력이 높아 변형을 줄일 수 있는 것이 좋은 원사로 평가된다.¹⁷⁾

PTT 소재로 제조한 BCF사는 나일론과 비슷한 초기 탄성률을 갖는데, 이는 분자쇄의 길이가 길어짐에 따라 유리전이 온도(T_g)가 감소하기 때문이다. 사용 원사의 초기 탄성률은 카펫 파일의 유연성에 직접적인 영향을 미치는 것으로 추정할 수 있다. 즉 초기 탄성률이 낮을수록 유연성이 높아진다.

따라서 PTT BCF의 초기 탄성률은 PET의 40%에 불과하기 때문에 높은 수준의 bulking성을 발현할 수 있고, 탄성회복력도 나일론과 대등한 수준을 갖는다.

카펫의 파일 압축거동은 단계적으로 다음과 같이 나타낼 수 있다. 파일이 한번 압축된 것이었다면, 다시 압축될 때 약간 buckling(굴림)이 발생하며 굽힘이 일어나게 된다. 그 후 시간이 경과하면 파일 자체가 회복된다. 굽힘이 발생할 경우 섬유분자쇄간의 점성적 변형이 있고, 섬유표면끼리의 마찰이 발생한다. 결국 변형과정에서의 손실된 에너지로 인해 완전하지 못한 탄성회복이 이루어진다.

섬유집합체인 카펫의 두께와 압력 사이에는 다음과 같은 비선형관계가 성립한다.^{4,5)}

$$T = aP^b \quad (1)$$

이 식에서 T = 섬유집합체의 두께, P = 부가된 압력, a, b = 상수이다. 즉 압력을 가하고자 하는 섬유집합체에 대하여 압력이 증가할 경우 두께는 비선형적으로 감소하게 된다.

카펫의 구조를 단순화시켜 표시한다면, 직선적인 한

각도의 실이 기포 위에 수직으로 설치된 것이다.¹¹⁾ 따라서 수직으로 작용되는 힘 P를 받게 되면 실은 저항이 작은 방향으로 변형된다. 파일의 끝에 접선을 작도하고 수직인 방향과의 각을 압축각 α 라고 하자. 압축하중이 점차 증가하게 되면 파일, 즉 실의 압축각을 최대 압축각 α_m 이라 하고, 최대압축시의 하중을 P_{α_m} 이라고 할 때,

$$\alpha_m = \cos^{-1}(\sqrt{nD}) \text{ 이 된다.}^{6, 11)}$$

여기서 D는 파일사의 지름이고 n은 단위 면적당 파일사의 수이다.

카펫의 파일에 대해 굽힘모멘트를 구하기 위해 Elasticity 이론에 의하면 비선형 미분방정식을 다음과 같이 표시할 수 있다.¹¹⁾

$$EI \frac{d\theta}{ds} + P_y - P_x = 0 \quad (2)$$

$$R = \pm \mu P \quad (3)$$

여기서 EI는 곡률강도, R은 수평방향으로의 마찰력이고 μ 는 Presser foot과 파일사간의 마찰계수를 나타낸다. 또 θ 는 실의 임의의 점에서의 접선과 수직선 사이의 각도, s는 원점에서의 호의 길이를 나타낸다.^{6~9)}

$$L = \frac{1}{2\sqrt{\frac{P}{EI}}} \int_0^\alpha \frac{d\theta}{\sqrt{\sin^2 \frac{\alpha}{2} - \sin^2 \frac{\theta}{2}}} \quad (4)$$

$$P = \frac{EI}{L^2 \sqrt{1 + \mu^2}} \left(\int_{\phi_0}^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\phi}{\sqrt{1 + K^2 \sin^2 \phi}} \right)^2 \quad (5)$$

$$h = \sqrt{\frac{EI}{P}} \left(\int_{\phi_0}^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 + K^2 \sin^2 \phi} d\psi - \int_{\psi_0}^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\psi}{\sqrt{1 + K^2 \sin^2 \phi}} \right)^2 \quad (6)$$

$$\text{여기서 } K = \sin^{-1} \frac{\sin \frac{\beta}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}}, \phi = \sin^{-1} \frac{\sin \frac{\beta + \psi}{2}}{\sin \frac{\alpha + \psi}{2}},$$

$\psi = \tan^{-1} \mp \mu$ 이다.

III. 實 驗

1. 試料

cut형 카펫 샘플은 (주)효성에서 생산 판매중인 '로

<Table 1> Characteristics of sample made by Hyosung Co.

원사 종류	제품명	섬도	공칭데니어	필라멘트	카펫중량	실중량	실높이	외관형태
Nylon	로알큐	19.1	1,300	68	2,300g/m ²	1,150g/m ²	9mm	Saxony cut
PTT	제이드	19.9	1,350	68	2,400g/m ²	1,230g/m ²	9mm	cut / loop
Nylon	시직	15.5	1,050	68	-	-	4mm	loop
PTT	시직	20.7	1,400	68	-	-	4mm	loop

PTT 비중 1.38 적용

Nylon 비중 1.14 적용

알큐' 라는 상품명명의 Nylon 제품과 '제이드' 라는 상품명명의 PTT 제품이며, loop형 카펫 샘플은 (주)효성에서 실험적으로 제조한 Nylon과 PTT 제품이다. 본 실험에서 사용한 시료의 특성은 <Table 1>과 같다.

본 연구에 사용된 PTT 카펫 원사샘플의 단면 현미경 사진을 <Fig. 1>에 나타내었다.

2 실험방법

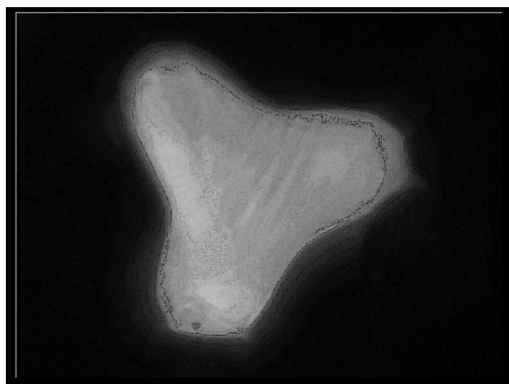
1) 두께 측정

압축탄성을 실험에 앞서 시료의 두께를 측정하여 기초적 자료로 참고하고자 KS-K 0818 '카펫 시험 방법' 으로 두께를 측정하였다.

$$\text{파일층의 두께(mm)} = T - t$$

여기에서 T : 표준상태의 두께(전체 두께) (mm)

t : 파일을 잘라낸 후의 두께(mm)



<Fig. 1> PTT 단면의 현미경 사진

2) 파일 길이

준비된 시료로부터 수직으로 서 있는 파일사의 배열방향과 평행으로 10개소 이상 파일 사이에 스케일을 넣어 스케일에 닿은 파일 길이(mm)를 0.5mm 단위로 측정하고, 그 평균값을 소수점 이하 첫째 자리까지 표시한다.

3) KES(Kawabata Evaluation System)에 의한 측정

카펫의 파일사에 압축변형을 가할 때 그 압축변형량은 극히 작기 때문에 이들의 특성을 정확히 측정하기 위해서는 정밀도와 감도가 높은 설비가 필요하게 된다. 따라서 KES(Kawabata Evaluation System)의 압축특성 분석설비를 사용하였다. 시료의 크기는 20cm×20cm로 준비했으며, KES-FB system을 이용하여 압축특성을 측정하였다. Presser foot은 지름 2cm의 원기둥이며 최대압력(P_m)은 500 gf/cm²이고 각 시료의 같은 지점을 5회씩 측정하였고, 측정 후 다음 측정까지의 시간은 10초 이내로 하였다. 두께는 하중 0.5gf 상태에서 측정하였다. 카펫의 파일사에 압축변형을 가할 때 그 압축변형량은 극히 작기 때문에 이들의 특성을 정확히 측정하기 위해서는 정밀도와 감도가 높은 설비가 필요하게 되고 따라서 KES의 압축특성 분석설비를 사용하였다.

압축특성은 다음과 같은 변수들을 계산하여 평가하였다(Table 2).

$$LC = WC / WOC,$$

$$WOC = P_m (T_o - T_m) / 2,$$

$$WC = \int_{T_m}^{T_o} P dT,$$

$$WC' = \int_{T_m}^{T_o} P' dT,$$

<Table 2> List of parameters of compression properties

Parameters	Description	Unit
To	Initial Thickness at P = 0.5 gf/cm ²	mm
Tm	Thickness at P= 500 gf/cm ²	mm
WC	Energy for the Compression	gf · cm/cm ²
RC	Compression Resilience	%
LC	Linearity	-

$$RC = \frac{WC'}{WC} \times 100.$$

IV. 結果 및 考察

1. KES에 의한 압축변형커브의 비교 및 두께 측정 결과

LC는 압축변형거동의 선형성, WC는 압축변형시의

에너지, RC는 압축변형을 회복시킬 때 시료의 한 일의 WC에 대한 비율을 나타내고, T는 두께인데, T는 하중 0.5 gf/cm²를 준 상태에서의 두께를 나타내고, T은 500 gf/cm²에서의 두께를 나타낸다. KES-FB system으로 같은 지점에서 5회씩 압축특성을 측정한 결과는 <Table 3a, b>와 같다. <Fig. 2a, b> 및 <Fig. 3a, b>는 각각 Nylon(cut), PTT(cut) 및 Nylon(loop), PTT(loop) 카펫 시료에 대한 반복압축변형 및 회복 시의 두께-압력 커브이며, 회차(cycle)별로 구분하였다.

2. WC (Compressional Energy)값의 비교

압축거동 중 WC, 즉 일정한 최대압력(Pm)까지 시료가 압축변형될 때 수반되는 에너지는 나일론(cut)의 경우 1회차의 압축변형에서 59.9이며, 이 값을 기준치 즉 100%로 설정할 때 5회차의 반복된 압축변형을 겪은 이후에는 73.6%인 44.1로 급격히 하락하게 된

<Table 3a> KES Compression 측정치의 변환 값

Carpet	cycle	LC	WC	RC	To	Tm
Nylon(cut)	1	0.715	59.9	26.04	7.350	4.000
	2	0.701	49.6	27.22	6.740	3.910
	3	0.720	46.6	27.68	6.520	3.930
	4	0.675	45.2	27.65	6.540	3.860
	5	0.656	44.1	27.21	6.520	3.830
PTT(cut)	1	0.684	70.1	42.23	8.420	4.320
	2	0.620	63.1	44.85	8.370	4.300
	3	0.781	60.5	45.12	7.300	4.200
	4	0.808	59.2	44.93	7.150	4.220
	5	0.796	57.9	45.25	7.130	4.220
Nylon(loop)	1	1.213	45.2	32.04	3.860	2.370
	2	1.124	46.1	31.71	3.910	2.270
	3	1.195	45.1	32.13	3.660	2.150
	4	1.090	44.4	32.39	3.660	2.030
	5	1.061	43.5	32.47	3.690	2.050
PTT(loop)	1	0.837	25.1	51.39	3.910	2.710
	2	0.901	24.1	53.53	3.660	2.590
	3	0.742	24.1	53.94	3.910	2.610
	4	0.908	24.3	53.50	3.660	2.590
	5	0.912	24.4	53.28	3.660	2.590

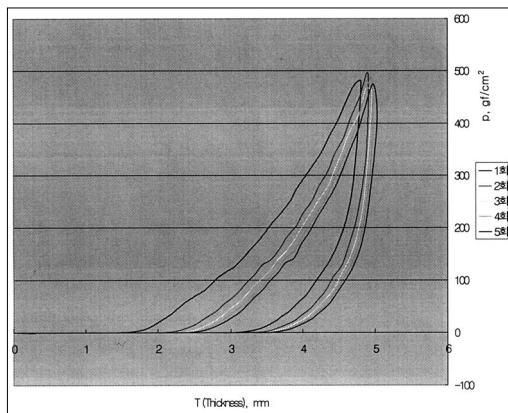
<Table 3b> KES COMPRESSION 측정값의 백분율

(단위 : %)

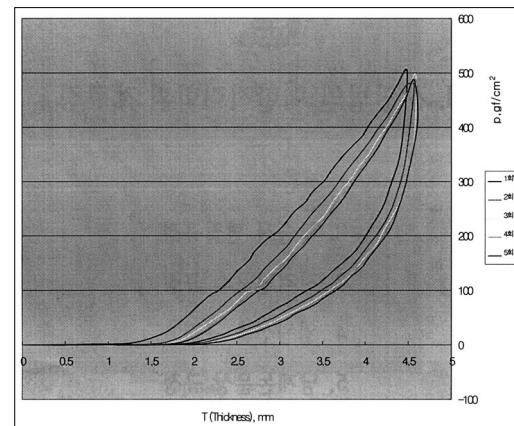
Carpet	cycle	LC	WC	RC	To	Tm
Nylon(cut)	1	100	100	100	100	100
	2	98.04	82.80	104.53	91.70	97.75
	3	100.70	77.80	106.30	88.71	98.25
	4	94.41	75.46	106.18	88.98	96.50
	5	91.75	73.62	104.49	88.71	95.75
PTT(cut)	1	100	100	100	100	100
	2	90.64	90.01	106.20	99.41	99.54
	3	114.18	86.31	106.84	86.70	97.22
	4	118.13	84.45	106.39	84.92	97.69
	5	116.37	82.60	107.15	84.68	97.69
Nylon(loop)	1	100	100	100	100	100
	2	92.66	101.99	98.97	101.30	95.78
	3	98.52	99.78	100.28	94.82	90.72
	4	89.86	98.23	101.09	94.82	85.65
	5	87.47	96.24	101.34	95.60	86.50
PTT(loop)	1	100	100	100	100	100
	2	107.65	96.02	104.16	93.61	95.57
	3	88.65	96.02	104.96	100.00	96.31
	4	108.48	96.81	104.11	93.61	95.57
	5	108.96	97.21	103.68	93.61	95.57

다.(Fig. 4a) 또한 나일론의 경우 2회차에서부터 급격한 하락이 있음을 그래프를 통해 알 수 있다. 반면 PTT(cut)의 경우 1회차의 압축변형에서 70.1로 나일론

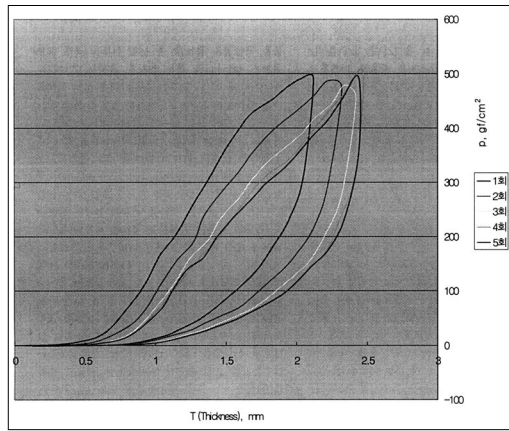
(cut)의 59.9에 비해 약 17% 정도 높은 값을 나타내는데, 이는 PTT(cut)의 경우 나일론(cut) 대비 보다 부드럽고 폭신한 느낌을 줄 수 있는 것을 말한다. 또한



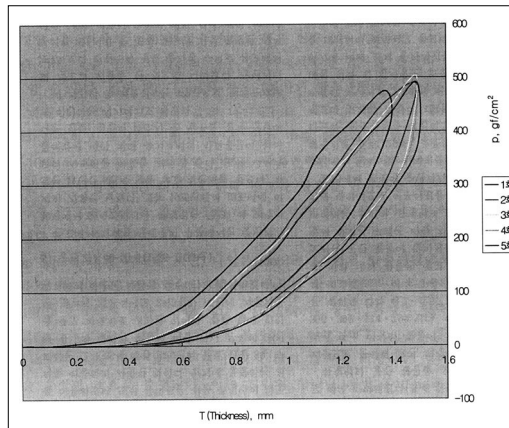
<Fig. 2a> Compression / Recovery Curves of Nylon(cut) Carpet



<Fig. 2b> Compression / Recovery Curves of PTT(cut) Carpet



<Fig. 3a> Compression / Recovery Curves of Nylon(loop) Carpet



<Fig. 3b> Compression / Recovery Curves of PTT(loop) Carpet

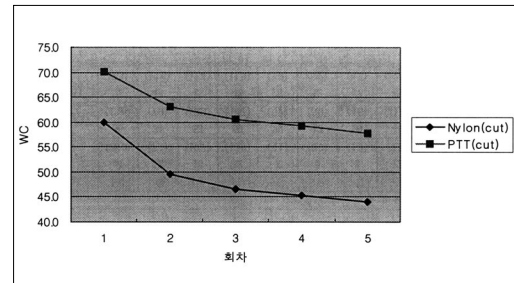
PTT(cut)의 값을 기준치 즉 100%로 설정할 때 5회차의 반복된 압축변형을 겪은 이후에는 82.6%인 57.9로 하락하나 이는 나일론(cut) 대비 그 하락 정도가 양호한 편이라고 할 수 있다. 즉 나일론에 비해서 PTT는 반복된 압축변형에 대해 원래의 값을 유지하는 능력이 우수한 것을 나타낸다고 할 수 있다.

loop type에 대해 비교해 보면, 나일론(loop)는 1회차의 압축변형에서 45.2이며, 이 값을 기준치 즉 100%로 설정할 때 5회차의 반복된 압축변형을 겪은 이후에는 96.2%인 43.5로 약간 하락하게 된다. <Fig.

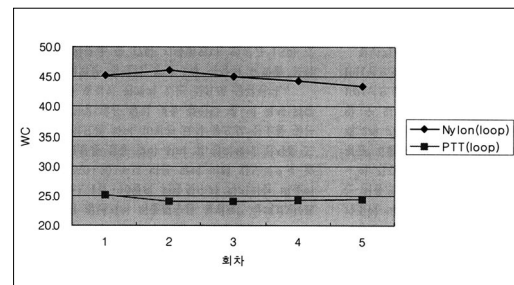
4b) PTT(loop)의 경우 1회차의 압축변형에서 25.1로 나일론(cut)의 45.2에 비해 약 57%에 불과한데, 이는 PTT(loop)의 경우 cut type과는 달리 나일론(loop) 대비 보다 변형이 되지 않고 압축에 저항하는 힘이 강하여 뽀뽀한 느낌을 유발할 것으로 추정된다. 이는 꼬임의 형태나 제반 Tufting조건에서의 차이가 있기 때문일 것으로 사료된다. 또한 cut type에 비해 loop type은 전반적으로 두께가 얇아 이로 인하여 압축변형에 대하여 주어진 하중조건 하에서 변형될 여지가 적기 때문인 것으로 추정된다. 즉 <Fig. 4b)에서 볼 수 있는 것과 같이 loop type은 cut type대비 그 변화가 상당히 완만한 것을 알 수 있으며, 이러한 이유로 인하여 카펫 종류를 선택할 때 이는 통행인의 수가 상대적으로 많은 곳에 사용되는 타입임이 확인된다고 할 수 있다.

3. RC(Compressional Resilience)값의 비교

압축회복률, 즉 시료가 압축변형될 때의 에너지에 대해 그 압축변형에서 회복될 때의 에너지의 비율인



<Fig. 4a> Nylon(cut)와 PTT(cut) WC값 비교



<Fig. 4b> Nylon(loop)와 PTT(loop) WC값 비교

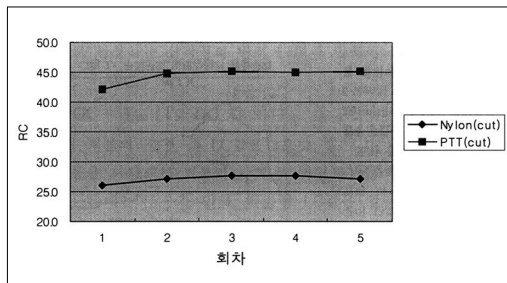
RC는 압축회복의 척도라 할 수 있다. 즉,

$$RC = \frac{WC'}{WC} \times 100, WC = \int_{T_m}^{T_0} P dT, WC' = \int_{T_m}^{T_0} P' dT$$

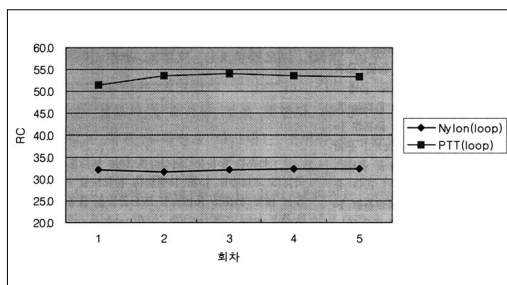
이다.

나일론(cut)의 경우 1회차의 RC값은 26.0%인데 이는 2회차인 경우 미약하지만 상승하는 경향이 보인다. <Fig. 5a> 이는 RC값의 계산 방식에 기인하는 것, 즉 2회차의 WC값이 1회차에 비해 급격히 작아지기 때문에 상대적으로 WC'의 비율이 높은 것에 기인하는 것으로 판단된다. 5회차의 경우 RC값은 27.2로서 1회차 대비 오히려 약간 상승하는 경향이 있으나 큰 차이는 아닌 것으로 판단된다.

PTT(cut)의 경우 1회차의 RC값은 42.2%인데 이는 나일론(26%) 대비 상당히 양호한 편임을 알 수 있다. <Fig. 5b> 2회차인 경우 약간 상승하는 경향이 보인다. 5회차인 경우 RC값은 45.3%로서 나일론과 유사하게 1회차 대비 약간 상승하는 경향이 보인다. 그러나 전체적으로 RC값은 각 회차에 따라 큰 변화는 없는 것으로 판단된다.



<Fig. 5a> Nylon(cut) PTT(cut) RC값 비교



<Fig. 5b> Nylon(loop)과 PTT(loop) RC값 비교

4. LC(Compression Linearity)값의 비교

선형도인 LC(Compression Linearity)는 압축최대 하중을 나타내는 점 P_m과 T₀, T_m을 있는 선분이 형성하는 삼각형의 면적에 대한 압축에너지의 비율을 뜻한다. 즉,

$$LC = WC / WOC,$$

$$WOC = P_m (T_0 - T_m) / 2 \text{ 이다.}$$

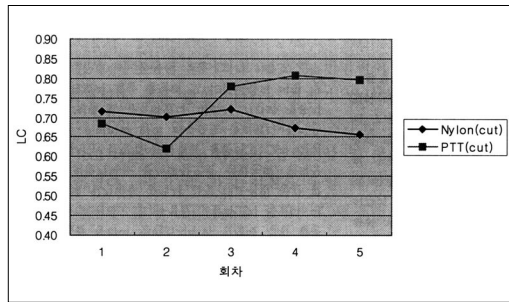
대부분의 직물의 경우, 그 LC값은 1보다 작은 값, 즉 오목한 커브형태를 나타내지만, 독특한 거동을 나타내는 직물이나, 일부 파일직물인 경우, 그 값은 1 이상, 즉 볼록한 커브형태를 나타내는 경우가 있다. 따라서 LC값은 압축변형에 대한 파일사의 거동을 어느 정도 설명해 주는 지표로서 쓰일 수 있다.

나일론(cut)의 경우 1회차의 LC값은 0.72로서 오목한 형태의 압축커브인 것을 나타낸다. 전반적으로 반복압축에 의해 LC값이 내려가는 경향을 보이며, 5회차인 경우 0.66으로 내려가게 된다.<Fig. 6a> 이 값은 1회차의 LC값을 100%로 기준을 둘 때 약 92%로 하향되는 경향임을 나타낸다. 즉 보다 오목한 형태로 변화함을 나타낸다고 할 수 있다.

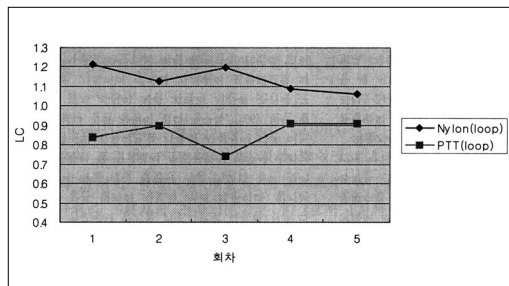
PTT(cut)의 경우 1회차의 LC값은 0.68로서 역시 오목한 형태의 압축커브인 것을 나타낸다. 2회차의 경우 상당히 감소하였으나 3회차 이후 급격히 올라가는 경향을 보이며 그 이후 0.80수준으로 올라가게 된다. 이는 커브의 형태가 물론 오목한 형태이기는 하지만, 오목한 정도가 감소하는 것을 뜻한다. 즉 3회차 이후에는 압축변형에 대해 쉽게 변형하지 않는 독특한 특성을 나타내는 것이라고 판단할 수 있다.

나일론(loop)의 경우 1회차의 LC값은 1.21로서 볼록한 형태의 압축커브인 것을 나타낸다. 전반적으로 반복압축에 의해 LC값이 내려가는 경향을 보이며, 5회차인 경우 1.06으로 내려가게 된다.<Fig. 6b> 이 값은 1회차의 LC값을 100%로 기준을 둘 때 약 87%로 하향되는 경향임을 나타낸다. 즉 볼록한 정도가 낮아지고 있음을 나타낸다고 할 수 있다.

PTT(loop)의 경우 1회차의 LC값은 0.84로서 오목한 형태의 압축커브인 것을 나타낸다. 그러나 이는



<Fig. 6a> Nylon(cut)과 PTT(cut) LC값 비교



<Fig. 6b> Nylon(loop)과 PTT(loop) LC값 비교

PTT(cut)의 0.68에 비해서는 덜 오목한 형태인 것으로 말할 수 있다. 2회차, 4회차, 5회차의 경우 전체적으로 약 0.9 수준으로 올라가게 된다.

V. 結 論

PTT 섬유는 우수한 신축성을 지니고 있으며, 염색 성면에서 PET대비 유리하여 의류용으로 점차 사용량이 늘어가고 있으며, 반발력이 좋아 카펫으로 사용시 보행 촉감과 보행 후 회복력이 좋을 뿐만 아니라, 정전기 발생면에서 유리하여 여러 분야에서의 응용이 확대되고 있다. 이에 본 연구에서는 Nylon 소재의 카펫 샘플과 PTT 소재의 카펫 샘플의 cut type 및 loop type의 압축특성 및 반복압축특성을 KES-FB를 이용하여 비교 분석하였다. 위의 네 가지 시료를 동일 위치에서 10초 이내의 간격으로 5회씩 압축특성을 측정 한 결과, cut type을 중심으로 정리할 때 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 압축거동 중 WC, 즉 일정한 최대압력(Pm)까지 시료가 압축변형될 때 수반되는 에너지는 나일론(cut)의 경우 1회차의 압축변형에서 59.9이며, 이 값을 기준치 즉 100%로 설정할 때 5회차의 반복된 압축변형을 겪은 이후에는 73.6%인 44.1로 급격히 하락하게 된다. 반면 PTT(cut)의 경우 1회차의 압축변형에서 70.1로 나일론(cut)의 59.9에 비해 약 17% 정도 높은 값을 나타내는데, 이는 PTT(cut)의 경우 나일론(cut) 대비 보다 부드럽고 폭신한 느낌을 줄 수 있는 것을 말한다. 또한 PTT(cut)의 값을 기준치 즉 100%로 설정할 때 5회차의 반복된 압축변형을 겪은 이후에는 82.6%인 57.9로 하락하나 이는 나일론(cut) 대비 그 하락 정도가 양호한 편이라고 할 수 있다. 즉 나일론에 비해서 PTT는 반복된 압축변형에 대해 원래의 값을 유지하는 능력이 우수한 것을 나타낸다고 할 수 있다.

2. 나일론(cut)의 경우 1회차의 RC값은 26.0%인데 이는 2회차인 경우 미약하지만 상승하는 경향이 보인다. 이는 RC값의 계산 방식에 기인하는 것, 즉 2회차의 WC값이 1회차에 비해 급격히 작아지기 때문에 상대적으로 WC'의 비율이 높은 것에 기인하는 것으로 판단된다. 5회차의 경우 RC값은 27.2로서 1회차 대비 오히려 약간 상승하는 경향이 있으나 큰 차이는 아닌 것으로 판단된다.

PTT(cut)의 경우 1회차의 RC값은 42.2%인데 이는 나일론(26%) 대비 현저히 양호한 편임을 알 수 있다. 전체적으로 RC값은 각 회차에 따라 큰 변화는 없는 것으로 판단된다.

감사의 글

연구에 사용된 카펫 시료를 제공하고 자문에 응해 주신 (주)효성 임직원께 감사드립니다.

참고문헌

1. Grebincz, J. S., Brown, H., Chuah, H., Olrera, J.M., Wasiak, A., Sakiewicz, P.,

- Ziabicki, A. (2001). Deformation of undrawn Poly(trimethylene terephthalate) (PTT) fibers, *Polymer*, 42, 7153-7160.
2. Jin, L. (2001). 6th World Congress The Polyester Chain, Zurich, Swiss.
 3. Presley, A. B. (1987). Appearance Retention of Carpets Using Image Analysis: Correlation with Subjective Method, *Clothing and Textiles Research Journal*, 15(4), 235-245.
 4. Miles, J. B. (1971). Compression of Oriented Nylon Parallel to Fiber Axis, *Textile Research J.*, 41(2), 108-113.
 5. Varma, D. S., Meredith, R. (1973). The Effect of Certain Fiber Properties on Bulk Compressional Resilience of Some Man-Made Fibers, *Textile Research J.*, 43(11), 627.
 6. Yokura, H., Nakanishi, M. and Niwa, M. (1999). *International Journal of Clothing Science and Technology*, 11(2/3), 160-167.
 7. Inoue, M. and Kurata, S. (2002) Theoretical Analysis of Compression Properties of Blankets, *Int. J. of Clothing Science and Technology*, 14(3/4), 216-222.
 8. Brown, P. (1969). The Characterization of Bulk, *Textile Res. J.*, 39(5), 395-405.
 9. Sybestyen, E. and Hickie, T. S. (1971). The Effect of certain Fiber Parameters on the Compressibility of Wool, *J. Textile Inst.*, 62, 545-560.
 10. 오광수, 류은영 (1986). 카펫의 반복압축에 관한 연구, *한국섬유공학회지*, 23(1), 38-46.
 11. 류은영, 허유, 허성수 (1981). 커트파일 카펫의 압축변형에 관한 연구, *한국섬유공학회지*, 18(3), 156-165.
 12. 윤석한, 김태경, 임용진, 조구민 (2001). Poly(trimethylene terephthalate) 섬유의 물성과 염색성, *한국염색가공학회지*, 13(3), 43-48
 13. 산업자원부 (2001. 5. 30). 신섬유 소재 PTT 및 LYOCCELL의 제조와 응용기술 개발에 관한 산업 분석.
 14. 최재우, 장봉식 (2004). Poly(trimethylene terephthalate) (PTT) 가연사의 수축거동에 관한 연구, *한국의류산업학회지*, 6(4), 492-496
 15. 김정철, 오태환, 현정훈 (2004). 21C 신소재 - PTT 섬유, *한국섬유공학회지*, 41(2), 29-40.
 16. 김민섭 (2003). 신섬유소재 PTT, *纖維情報*, 31(1), 통권 63호, 85-102.
 17. 이종복 (2002). PTT 소재 카펫의 개발동향 및 미래, *섬유산업과학기술*, 6(2), 41-50.

(2004년 9월 1일 접수, 2004년 9월 20일 채택)