

# 스포츠웨어용 투습발수직물의 마찰음과 관련 역학적 성질 비교

조길수 · 박미란

연세대학교 생활과학대학 의류환경학과  
서울 서대문구 신촌동 134

## Frictional Sounds and Its Related Mechanical Properties of Vapor Permeable Water Repellent Fabrics for Active Wear

Gilsoo Cho · Miran Park

Dept. of Clothing and Textiles, College of Human Ecology,  
Yonsei University, 134 Shinchon-dong, Sudaemun-Gu, Seoul, Korea  
E-mal : gscho@yonsei.ac.kr

### ABSTRACT

Frictional sounds of 13 vapor permeable water repellent fabrics by sound generator were recorded and analysed through FFT analysis. The frictional Sounds were quantified by calculating total sound pressure(LPT), the level range( $\Delta L$ ) and the frequency difference( $\Delta f$ ). Mechanical properties were measured by KES-FB. LPT values of specimens finished wet coating were higher than those of dry coating, Values for bending rigidity, shear stiffness, surface roughness and compressional recovery of polyurethane coated fabrics increased compared with the cure finished fabrics. Laminated fabrics had high values of frictional coefficient and low values of surface roughness. LPT showed significant correlation with compressional energy, weight and thickness.  $\Delta L$  was highly correlated with compressional linearity, frictional coefficient, compressional recovery, and  $\Delta f$  with tensile linearity, compressional energy, thickness, and weight.

Key Words : LPT,  $\Delta L$ ,  $\Delta f$ , mechanical properties, vapor permeable water repellent fabric

### 1. 서론

직물이 서로 스치면서 나는 소리, 즉 직물의 청각 속성은 섬유 제품의 중요한 감성적 특성으로, 감성소재 개발에 한 요소가 될 수 있다  
(1). 이를 위해서는 직물 소리 특성을 정량화

하고, 직물소리에 대한 사용자의 감성을 객관적으로 측정·평가하여, 소리에 영향을 미치는 변인을 모색해야 할 것이다.

투습발수 직물은 투습성-발수성이라는 서로 상반되는 성질을 동시에 보유하는, 복합적인 기능의 직물로, 빗방울의 직경보다는 작고, 수

증기의 분자 직경보다는 큰 미다공(micropores)을 갖는 피막층을 형성시킴으로써, 투습성과 발수성을 동시에 얻을 수 있다. 다공질층은 Gore-Tex와 같은 다공질 필름의 라미네이팅이나 건식·습식 코팅에 의한 코팅 피막으로 형성되며, 또한 섬유간의 공극을  $10.0\mu\text{m}$  이하로 치밀하게 만든 고밀도 직물도 같은 효과를 얻을 수 있다(2).

투습발수 직물의 기능성은 시대의 흐름에 따라 다양하게 발전해 왔는데, 초기에는 주로 내수압, 투습도 등의 기본 기능을 강화시켜 왔으며, 요즘에는 이러한 기본 기능과 동시에 착용쾌적감과 관련된 감성에 대한 요구가 강해지고 있다. 구체적으로 보면, 발한 후 의복내 환경의 온열쾌적감 증대, 신축성 향상으로 동작기능성 증대, 착용시 마찰음에 의한 잡음방지(noiseless), 유연성 등의 촉감 개선의 요구 등을 들 수 있다(3)(4).

그 중에서 의복 착용시 동작에 의해 발생하는 마찰음은 무시될 수 없는 하나의 생활 소음(noise)으로, 실제로 많은 스포츠 의류제조 회사에서 착용성능상의 문제점으로 꾸준히 지적해 오고 있으나, 이를 해결하기 위한 방법이 충분히 모색되지 않고 있는 실정이며, 더욱이 이는 현대와 같이 섬유제품의 감성적 만족감이 요구되는 상황에 비추어 볼 때 시급히 해결해야 할 매우 큰 문제점이 아닐 수 없다.

따라서 본 연구에서는 가공방법이 다른 투습발수 직물의 마찰음을 정량적으로 측정하여 음향적 특성을 산출하고, 직물의 역학적 성질과 관련시킴으로써, 투습발수 직물의 마찰음을 감소시킬 수 있는 직물의 역학적 성질 및 최적의 가공방법에 관해 고찰해보고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1 시료

현재 의류산업체에서 생산되고 있는 스포츠 웨어용 투습발수 직물들을 시료로 사용했으며, 시료의 특성은 Table 1과 같다.

### 2.2 직물소리 녹음

잔향이 발생하지 않는 무향실(anechoic room, background noise 20dB)에서 직물 소리 발생 장치를 이용하여 발생된 소리를 고성능 마이크로폰(Type 4190, B&K)과 Sound Quality System(Type 7698, B&K)으로 녹음하였다(5)-(10).

### 2.3 직물 소리 특성의 정량화

녹음된 소리를 FFT(Fast Fourier Transformation) 분석하여 얻은 스펙트럼을 기초로 LPT(Level Pressure of Total Sound, dB)와 음색요인인  $\Delta L$ (Level Range, dB),  $\Delta f$ (Frequency Difference)를 계산하였다(5)-(10).

### 2.4 직물의 역학적 성질 측정

KES-FB system(KATO Tech, LTD. Co., JAPAN)(Kawabata, 1980)을 사용하여 표준 측정 조건(Matsudaira, Kawabata and Niwa, 1985)하에서 시료의 17가지 역학적 성질을 측정하였다.

### 2.5 통계분석

SPSS 통계패키지를 이용하여 분산분석, 상관분석, 단계적 회귀분석을 실시하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 직물의 소리 스펙트럼

투습발수 직물의 소리를 FFT 분석하여 얻은 음향 스펙트럼 가운데 대표적인 몇몇 시료의 스펙트럼을 Fig. 1~2에 제시하였다.

Table 1. Characteristics of Specimens

Specimen	Fiber Composition	Yarn Count warp weft	Yarn Type	Density	Weave	Thickness (mm)	Weight (g/m <sup>2</sup> )	Finishing
ND1	Nylon 100%	N 100d/2ply N 330d/2ply	Filament/ATY	70x35	Plain	1.328	19.175	PU Dry Coating
ND2	Nylon 100%	N 120d N 68d	Filament/ATY	160x110	Plain	1.204	15.475	PU Dry Coating
NW1	Nylon 100%	N 70d N 165d	Filament/ATY	125x76	Dobby	1.177	13.625	PU Wet Coating
NW2	Nylon 100%	N 160d N 60d	Filament/ATY	162x88	Plain	1.155	14.075	PU Wet Coating
NC1	Nylon 100%	N 50d N 50d	Filament/Filament	190x100	Dobby(Rib-Stop)	0.957	6.625	Cire Finishing
NC2	Nylon 100%	N 70d N 70d	Filament/Filament	168x92	Plain	0.996	8.000	Cire Finishing
NL1	Nylon 100%	N 40d N 40d	Filament/Filament	126x115	Plain	0.957	10.100	Laminating
PD1	Polyester 100%	P 50d P 65d	Filament/Filament	190x105	Plain	0.967	8.825	PU Dry Coating
PD2	Polyester 100%	P 150d P 150d	DTY/DTY	102x62	Plain	1.135	12.100	PU Dry Coating
PW1	Polyester 100%	P 75d P 75d	Filament/Filament	160x178	Plain	1.228	18.925	PU Wet Coating
PC1	Polyester 100%	P 75d P 75d	DTY/DTY	144x102	Plain	1.021	8.675	Cire Finishing
PC2	Polyester 100%	P 75d P 150d	DTY/DTY	140x80	Dobby(Rib-Stop)	1.111	12.575	Cire Finishing
PL1	Polyester 100%	P 75d P 75d	DTY/DTY	128x100	Dobby(Rib-Stop)	1.060	13.600	Laminating

PU means polyurethane. ATY means air-textured yarn. DTY means draw-textured yarn.

직물소리는 0~17,230Hz의 주파수 범위를 보이며, 약 1~58dB의 음압 범위를 나타내었다. 폴리에스테르 및 나일론 직물 모두에서 시레 가공 처리된 직물이 가장 낮은 음압분포를, 습식코팅 직물이 가장 높은 음압분포를 나타내고 있었다. 건식코팅이나 라미네이팅 직물은 습식코팅과 시레가공 직물 사이에 분포되어 있었다.

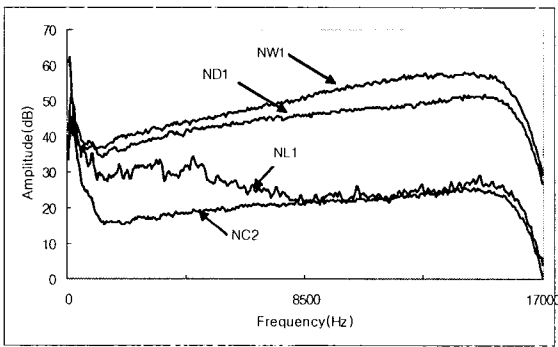


Fig. 1. Sound Spectra of Selected Nylon Specimens (N: nylon, D: dry-coating, W: wet-coating, C: cire finishing, L: laminating)

### 3.2. 직물의 음향 특성

총음압 LPT의 범위는 59.1~77.0dB로, 이는 관련 선행 연구(10)에서 다양한 조성섬유의

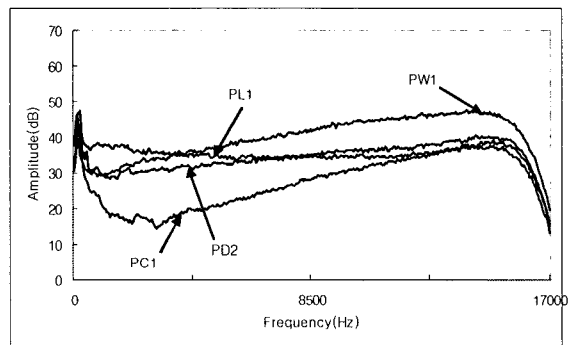


Fig. 2. Sound Spectra of Selected Polyester Specimens (P: polyester, D: dry-coating, W: wet-coating, C: cire finishing, L: laminating)

직물들(실크 satin: 34.6dB, 울 twill: 31.5dB, 면 plain: 36.9dB)에 비해 상당히 높으며, 코팅 가공되지 않은 폴리에스테르나 나일론(폴리에스테르 satin: 35.99dB, 나일론 taffeta: 60.7dB)에 비해 마찰음이 큼을 알 수 있다.

또한 가공방법에 의한 LPT 평균값을 보면, 시레가공(57.1) < laminating(62.1) < 건식코팅(64.6) < 습식코팅(73.0)의 순으로, LPT는 가공방법에 따라 유의적인 차이(p < .05)가 나타났으며, 다중비교 결과 습식코팅과 cire 가공 사이에서 유의적인 차이(p < .05)가 있는 것으로 나타났다. 이는 위의 소리 스펙트럼 파형 경향과 일치한다.

각 시료별 LPT는 나일론 직물의 경우(Fig. 3) 습식코팅이 가장 높은 값을 나타내며, 시레 가공이나 라미네이팅이 코팅가공보다 낮은 LPT를 나타내고 있다. 폴리에스테르의 경우(Fig. 4)도 습식코팅이 가장 높은 값을 나타냈으나, 나일론과 같은 경향을 보이지 않았다.

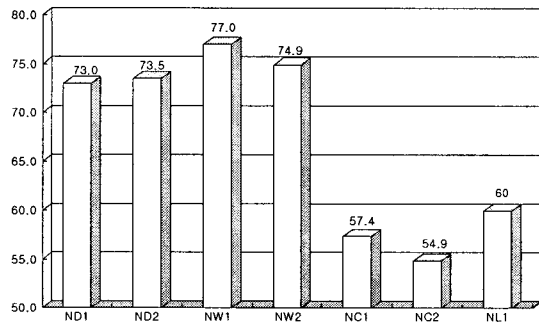


Fig. 3. Values of LPT in nylon specimens (N: nylon, D: dry-coating, W: wet-coating, C: cure finishing, L: laminating)

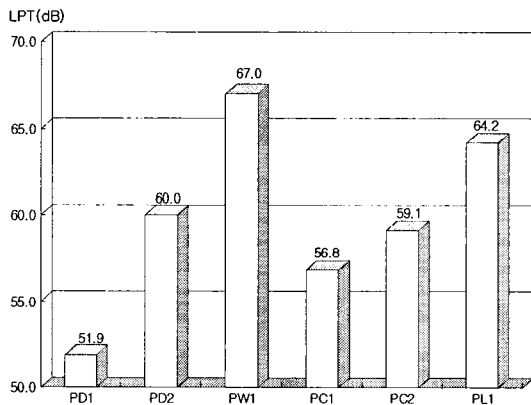


Fig. 4. Values of LPT in polyester specimens (P: polyester, D: dry-coating, W: wet-coating, C: cure finishing, L: laminating)

직물의 음색 요인인  $\Delta L$ 과  $\Delta f$ 는 각각 Fig. 5, 6과 같은데, 나일론의 경우 시레 가공이 약간 높게 나타났으며, 코팅방법에 따른 차이는 나타나지 않았다. 폴리에스테르인 경우 코팅가공과 시레가공의 뚜렷한 차이는 보이지 않으나 라미네이팅이 가장 컸으며, 다중비교 결과 습식코팅과 laminating, 그리고 건식코팅과 laminating 사이에서 유의차( $p < .01$ )를 나타내었다.

$\Delta f$ 는 음향 스펙트럼 커브가 모두 저주파

대역에서 최고음압을 나타내었기 때문에 음의 값을 나타내었으며, 특히 코팅가공보다는 시레 가공이나 라미네이팅의 경우 절대값이 컸다.

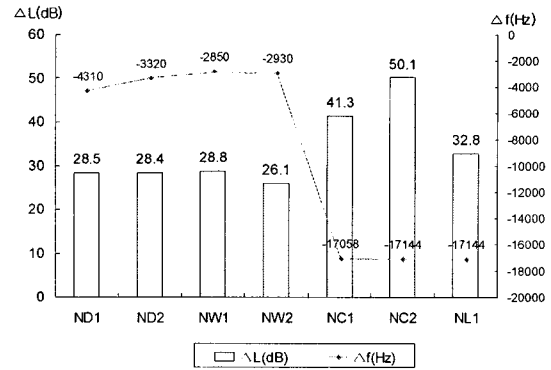


Fig. 5. Values of  $\Delta L$  and  $\Delta f$  in nylon specimens (N: nylon, D: dry-coating, W: wet-coating, C: cure finishing, L: laminating)

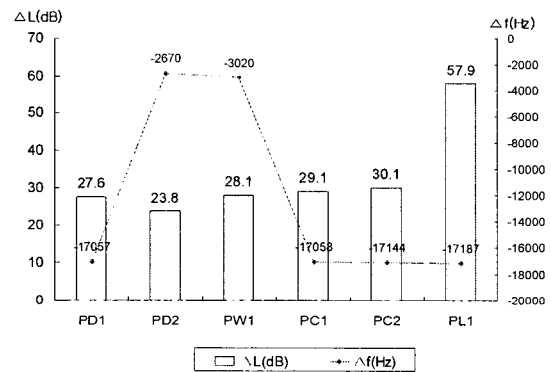


Fig. 6. Values of  $\Delta L$  and  $\Delta f$  in polyester specimens (P: polyester, D: dry-coating, W: wet-coating, C: cure finishing, L: laminating)

### 3.3 직물의 역학적 성질 평가

코팅가공된 시료는 시레가공나 라미네이팅보다 낮은 인장선형성을 나타내며, cure 가공은 인장변형이 용이하며 인장변형에 대한 회복력이 낮음을 알 수 있다. 또한 코팅가공 시료가 cure 가공보다 굽힘, 및 전단변형에 대한 저항, 압축변형시의 에너지가 크며, 압축변형의 선형성 및 압축회복성이 낮게 나타났다. 라미네이팅의 경우 표면의 기하학적 거칠기는 가장 작고, 표면마찰계수는 가장 크게 나타났다.

3.4 직물의 소리 특성과 역학적 성질과의 관계  
 시료의 17가지 역학적 성질과 LPT,  $\Delta L$ ,  $\Delta f$ 와 같은 소리특성 사이의 상관관계를 분석한 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Correlation Coefficients between Sound Factors and Mechanical Properties

	LPT	$\Delta L$	$\Delta f$
EM	6.469	-0.241	0.357
LT	-0.466	0.534	-0.632*
WT	0.054	0.106	0.095
RT	0.292	-0.277	0.366
B	0.345	-0.218	0.492
2HB	0.260	-0.278	0.466
G	0.455	-0.251	0.537
2HG	-0.071	0.047	-0.054
2HG5	0.051	-0.065	0.196
LC	-0.090	0.660*	-0.410
WC	0.743**	0.309	0.692**
RC	-0.303	0.596*	-0.535
MIU	0.078	0.676*	0.226
MMD	0.297	-0.266	0.282
SMD	0.552	-0.307	0.437
T	0.796**	-0.422	0.836**
W	0.756**	-0.309	0.737**

\* means  $p < .05$       \*\* means  $p < .01$

LPT는 압축에너지, 두께, 무게와,  $\Delta L$ 은 압축선형성, 압축회복성, 표면마찰계수와,  $\Delta f$ 는 압축에너지, 두께, 무게와 인장선형성과 높은 상관관계를 나타내었다. 즉 압축에 필요한 에너지가 클수록, 두껍고, 무거울수록 직물 소리는 더 크며, 압축변형에 대해 저항이 크고 회복성이 클수록, 직물표면의 마찰계수가 클수록 주파수별 음압의 차이가 크게 생기는 것으로 해석할 수 있다.

#### 4. 요약 및 결론

투습발수 직물의 LPT범위는 59.1~77.0dB로 코팅가공 되지 않은 폴리에스테르나 나일론에 비해 마찰음이 상당히 크며, 이는 생활에서 일상 대화의 평균 LPT가 보통 60dB인 점을 감안하면, 착용자와 주위 사람들에게 무시될 수 없는 소음으로 작용할 것으로 사료된다. 가공방법에 따른 LPT를 보면, 나일론과 폴리

에스테르 모두 습식코팅의 경우 가장 높게 나타났다. 특히 나일론의 경우 시레가공이나 라미네이팅이 코팅가공보다 낮은 LPT를 나타내고 있어 내수압, 발수도가 동일한 조건이라면, 코팅가공보다는 라미네이팅이나 시레가공 방법이 직물 마찰음을 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

역학적 성질을 보면, 코팅 및 라미네이팅 가공처리로 인해 굽힘, 및 전단변형에 대한 저항, 압축변형시의 에너지가 커지며, 인장 및 압축변형의 선형성, 압축회복성이 낮게 나타났다. 또한 라미네이팅의 경우 표면의 기하학적 거칠기는 가장 작고, 표면마찰계수는 가장 크게 나타났다. LPT는 압축에너지, 두께, 무게와,  $\Delta L$ 은 압축선형성, 압축회복성, 표면마찰계수와,  $\Delta f$ 는 압축에너지, 두께, 무게와 인장선형성과 높은 상관관계를 나타내었다.

이와 같이 본 연구에서는 다른 종류의 직물에 비해 마찰음이 커서 소음(noise) 문제로 까지 야기되고 있는 스포츠웨어용 투습방수 직물에 있어, 가공방법 및 조성성유에 따른 직물 마찰음의 음향적 특성과 물리적 성질, 그리고 그들 사이의 관계를 살펴봄으로써, 스포츠웨어 착용시 마찰음에 의한 소음 방지(noiseless)와 더 나아가 청각적 감각성능을 만족시키는 투습방수 소재 개발을 위한 기초 자료로 사용될 것으로 사료된다.

하지만 본 연구의 범위는 직물 마찰음의 음향적 특성과 물리적 특성으로 제한되어 있으므로, 후속연구에서는 직물 소리에 대한 주관적 감각 및 생리적 반응 평가에 대한 연구가 있어야 할 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

- [1] D. P. Bishop, "Fabrics : Sensory and Mechanical Properties", *Textile Progress*, 26, pp. 1-57, 1996.
- (2) 김인회, "기능성 섬유재료", *화섬*, 114호, 1997(9).
- (3) 김기정, 투습성 방수가공, *한국섬유공학회*

- 지, Vol. 24, No. 6, 1997.
- (4) 한국섬유기술연구소, “쾌적 · 건강, 특수가공 및 감성 소재”, 1994.
  - (5) Yi, E. and Cho, G., “Fabric Sound Parameters and Their Relationship with Mechanical Properties”, *Textile Research Journal*, 70(9), pp. 828-836, 2000.
  - (6) Yi, E. and Cho, G., “Fabric Sound Classification by Autoregressive Parameters”, *Journal of Textile Institute*, 91, Part 1, No. 2, 2000.
  - (7) Cho, G. and Casali, J. G., “Sensory Evaluation of Fabric Sound and Touch by Free Modulus Magnitude Estimation”, *The 5th Proceedings of Asian Textile Conferences*, pp. 307-310, 1999.
  - (8) Yi, E. and Cho, G., “Relationship between Fabric Sound Parameters and Subjective Sensation”, *Proceedings of International Sensibility Ergonomics Symposium*, pp. 138-143, 2000.
  - (9) Yi, E., Na, Y. and Casali, J. G. and Cho, G., A Fabric Sound Evaluation System for Totally Auditory-Sensible Textiles, *Textile Research Journal*, 72(7), pp. 638-644, 2002.
  - (10) Yi, E., Cho, G., Sound Sensation and Its Related Objective Parameters of Nylon Fabrics for Sports Outerwear, *Journal of Korean Society of Clothing and Textiles*, Vol. 25, No. 9, pp.1593-1602, 2001.