

〈연구논문(기술)〉

산업현장을 고려한 작업복 소재의 역학적 특성 연구

배현숙

창원대학교 의류학과

The Mechanical Properties of Working Clothes Materials Considering Industrial Settings

Hyun Sook Bae

Department of Clothing and Textiles, Changwon National University, Changwon, Korea

(Received: March 21, 2013 / Revised: April 26, 2013 / Accepted: June 3, 2013)

Abstract: In order to investigate the mechanical properties of working clothes materials considering industrial settings, the test weaving materials were compared with the existing materials depending on the season. The material design of the test fabrics were changed through fineness, composition, density of materials then subsequently treated with functional finish. As a result of evaluation of the forms according to KES-FB system, Koshi was deduced, and Numeri and Fukurami were increased. Thereby, the test weaving materials became flexible, surface became smoother, elasticity and volume characteristics indicated to have been improved. Consequently, the THV value of working clothes materials for test weaving was increased compared to existing materials which indicated improved result of the total hand value. Specially, the winter cloth material indicated improved drape characteristics and dimensional characteristics, showed improved liveliness as being compressed softly.

Keywords: working clothes material, mechanical properties, industrial settings, material design, KES-FB system

1. 서 론

작업복은 작업 능률향상과 안전에 대한 신체 보호, 소속감, 쾌적성 등을 갖추어야 하며 환경적합도, 작업수행도, 보호기능성, 쾌적성 등 복합적인 다양한 요인들이 동시에 충족되도록 설계되어야 한다¹⁾. 작업복에 요구되는 착용목적²⁾에는 기능성, 심미성, 상징성이 있으며, 작업복을 쾌적하게 착용하기 위한 기능적 요소에는 작업복 특성, 작업 동작 특성, 작업자 특성, 환경조건이 있다³⁾. 그 중에서 쾌적한 착용감을 효율적으로 유지하면서 작업 능률을 향상시키고 안전하며 건강장해를 일으키지 않게 하기 위하여 무엇보다 작업복의 특성이 중요하며, 여기에 절대적인 영향을 미치는 것이 작업복 소재이다.

그동안 작업복에 대한 연구는 산업체별 작업복 착용실태나 구성, 치수체계, 디자인 개발 등이 주를 이루고 있다.

그 가운데 산업현장의 작업복 착용실태에 관한 연구⁴⁾에서 보면 작업환경이 매우 열악하였으며, 공정별 유해요인이 다양하고 유해도가 큰 편이지만 특수 작업 이외에는 대개 일반 작업복을 착용하였으며, 작업복에 대한 착용성능중 흡수성, 투과성, 활동성, 무게감 등의 만족도가 낮은 편이어서 현 작업복에 대한 개선이 필요한 것으로 나타났다. 작업복 소재에 관한 연구로는 일회용 작업복 소재⁵⁻⁷⁾와 건설현장 작업복 소재에 관한 연구^{8,9)} 정도가 있다. 이상과 같이 작업복에 관한 연구는 대상이 되는 산업분야의 실태와 선호도 및 만족도 조사에 치중하여 현장의 문제점은 충실히 제기하고 있으나, 산업현장이 고려된 작업복 특성에 대한 연구는 미미한 실정 이므로 작업복 소재를 설계하고 그 특성을 검토하므로써 작업자들의 착용만족도를 향상시킬 수 있는 작업복 개발이 절실히 필요하다.

기존 작업복 소재에 대한 KS규격(KS K 2612: 2008)을 보면 조성 섬유별로 면직물(C형) 3종, 면혼

†Corresponding author: Hyun Sook Bae (hsbae@changwon.ac.kr)
Tel.: +82-55-213-3492 Fax.: +82-55-213-3490
©2013 KSDF 1229-0033/2013-06/140-151

방 직물(P/C형) 4종, 레이온 혼방 직물(P/R형) 10종으로 품질 기준이 구분되어 있다. 여기서 제시된 작업복 소재는 환경조건과 작업조건에 관계없이 정해놓은 품질 기준이므로 작업환경요인에 대응하기 위하여 무엇보다 먼저 작업복 소재의 역학적 특성과 태 분석을 통한 성능 평가가 이루어져야 한다. 태란 섬유제품의 부가가치를 높이는 중요한 요소이며, 직물의 성능을 판단하기 위한 수단이다¹⁰⁾. Kawabada (1980)¹¹⁾는 직물의 태를 객관적으로 평가하기 위하여 6가지 기본적인 역학적 특성치를 측정하는 KES-FB시스템을 개발하였다. 이는 직물의 역학적 특성치로부터 KES 변환식을 사용하여 각각 평가치와 태 평가치를 산출하는 것인데 작업복 소재의 촉감과 성능을 효과적으로 제어하기 위해 태 평가가 필수적이다.

본 연구는 산업현장을 고려하여 새로운 작업복을 제작하고 현장 착용평가를 통한 최적의 작업복을 개발하기 위한 중요한 기초자료가 될 것이다. 이를 위하여 작업복의 착용 만족도에 가장 큰 영향을 미치는 소재 특성이 중요하므로 선행 연구⁴⁾에서 작업복 착용실태조사 결과를 토대로 성능이 보다 향상된 소재를 시직하기 위하여 비교 시료로써 현재 산업현장에서 많이 사용중인 작업복 소재가운데 춘추복용과 동복용을 1종씩 선택하였다. 시직한 시료는 착용 작업복의 착용성능 불만족 요인을 고려하여 직접 소재설계한 것이며, 기존 소재에 대한 직물의 조성, 밀도, 실의 굵기 등을 변화시켜 제작하고 후처리 가공하였다. 소재의 성능 평가는 KES-FB 시스템에 의한 기본적인 역학적 특성치를 측정하여 각각 평가치와 태 평가치를 산출하였다.

2. 실험

2.1 시료

작업복 소재는 PET/Cotton 혼방직물을 춘추복용과 동복용으로 나누어 시직(test weaving)하였고 비교를 위하여 KS K 2612에서 제시된 작업복 소재중 춘추복용은 P/C(40/60), 동복용은 P/C(65/35)를 참조하였으며, 각 시료의 특성은 Table 1과 같다. 본 연구에서 사용된 시료는 선행연구⁴⁾에서 작업복 착용실태조사 결과 도출된 착용성능 불만족 요인을 고려하여 기존 소재와 차별화된 소재를 제작하기 위해 직접 소재설계를 하고 시직한 것이다. 소재의 조성을 살펴보면 춘추복용의 경우 기존 소재와 달리 경사에 흡한속건 기능이 있는 쿨맥스의 비율을 증가시켰으며 경, 위사의 조성을 변화시켰다. 시직한 소재의 경사에는 쿨맥스를 사용하였는데 이는 4채널의 섬유구조로 인하여 흡한속건 기능을 가진 폴리에스터 기능사로서 춘추복용은 150d, 동복용은 300d의 원사를 사용하였다. 위사의 경우 춘추복용은 30S, 동복용은 20S의 코머사를 사용하여 능직으로 제작하였다. 춘추복용은 기존 소재에 비하여 PET보다 무거운 면의 함량이 적으며, 밀도가 증가하였으나 실의 굵기가 더 가는 원사를 사용하므로써 무게를 감소시켰다. 동복용은 춘추복용과 같은 종류의 원사를 사용했으며 밀도를 변화시켰다.

이렇게 시직한 원포에 대하여 신징과 호발, 정련을 하고 머서화 가공을 하였다. 원단 폭을 조정하기 위하여 195℃에서 60초동안 건열 고정을 하였다. 염색은 폴리에스터의 경우 분산염료로 130℃에서 염색하였고, 면은 견뢰도 향상을 위해 반응성염료로 60℃

Table 1. Characteristics of working clothes materials

Materials	Composition (%)		Count (thread/5cm)		Weave	Weight (g/m ²)	Thickness (mm)
	Warp (PET)	Weft (Cotton)	Warp	Weft			
Se ^{a)}	41.6	58.4	188	122	1/2 twill	203.3	0.347
St ^{a)}	61.3	38.7	254	168	2/2 twill	175.0	0.311
We ^{b)}	63.2	36.8	236	120	1/2 twill	240.7	0.398
Wt ^{b)}	61.7	38.3	200	140	2/2 twill	243.1	0.378

Se^{a)}/St^{a)} : existing/testing material for spring/autumn

We^{b)}/Wt^{b)} : existing/testing material for winter

의 저온에서 염색하는 2욕 염색을 실시한 후, 195°C의 텐터에서 60초동안 열 고정하였다. 면의 방축가공을 위해 샌퍼라이징을 실시하였으며, 탄화불소를 사용하여 발수 가공을 하고 방염 및 항균가공, 대전방지가공을 실시하였다.

2.2 실험방법

계절별로 선택한 기존 작업복 소재와 시직한 소재의 역학적 특성을 비교하기 위하여 Table 2에 나타낸 바와 같이 인장, 굽힘, 전단, 압축, 표면 특성 및 두께와 무게에 대한 16가지 직물의 역학적 성질을 KES-FB system(Kawabata Evaluation System, Kato Tech. Co. Ltd., Japan)을 사용하여 24시간 컨디셔닝한 후 3회 측정하여 평균값을 구하였다. 감각 평가치(primary hand value, HV)는 KN-101-W-J Men's Jacket의 변환식에 의해 Koshi, Numeri, Fukurami를 산출하였고, 측정된 기본 태를 이용하여 KN-301-WINTER 변환식에 의한 태 평가치(total hand value, THV)를 산출하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 역학적 특성

섬유제품의 경우 태는 직물의 부가가치를 높이는 중요한 요소¹⁰⁾로서 여러 인자에 의해 다양하게 변하는 역학적 성질에 의해 결정된다. 그리하여 태 평가에 필요한 인장, 전단, 굽힘, 압축, 표면특성과 두께, 무게의 16가지 성질을 KES-FB 시스템을 사용하여 측정하였으며 방향성이 있는 인장, 굽힘, 전단 및 표면특성은 경, 위사 방향 따로 계측하였다.

3.1.1 인장특성

인장특성은 직물에 한 방향으로 힘을 가해 인장시킬 때 늘어나는 정도와 회복되는 정도를 나타내는 것으로 의복착용시 신체동작의 구속에 영향을 미쳐 착용감에 영향을 주는 특성이다. 계절별로 기존 작업복 소재와 시직한 작업복 소재의 인장선형도(LT), 인장에너지(WT), 인장레질리언스(RT) 및 신장성(EM)을 나타낸 것은 Figure 1과 같다.

Table 2. KES characteristic values of basic mechanical properties

Properties	Symbols	Characteristic values	Unit	System
Tensile	EM	Extensibility	%	
	LT	Tensile linearity	-	
	WT	Tensile energy	gfcm/cm ²	KEB-FB1
	RT	Tensile resilience	%	
Bending	B	Bending rigidity	gfcm ² /cm	
	2HB	Bending hysteresis	gfcm/cm	KEB-FB2
Shearing	G	Shear stiffness	gf/cm-degree	
	2HG	Hysteresis at 0.5° shear angle	gf/cm	KEB-FB1
	2HG5	Hysteresis at 5° shear angle	gf/cm	
Surface	MIU	Coefficient of friction	-	
	MMD	Mean deviation of MIU	-	KEB-FB4
	SMD	Geometrical roughness	μm	
Compression	LC	Compressional linearity	-	
	WC	Compressional energy	gfcm/cm ²	KEB-FB3
	RC	Compressional resilience	%	
Thickness Weight	T	Thickness at 0.5 gf/cm ²	mm	KEB-FB3
	W	Weight per unit area	mg/cm ²	Balance

LT값은 외력에 의한 초기인장의 정도를 나타내는 것으로 춘추복용은 시직한 소재의 LT값이 큰 변화는 없으나 위사방향만 다소 증가한 반면, 동복용은 시직한 소재의 LT값이 감소하였다. 기존 소재에 비하여 춘추복용 시직 소재는 밀도 증가로 조직이 치밀해졌으며 경, 위사 교차점에서 압착력이 증가하므로 인장에 대한 저항성이 증가하여 LT값이 다소 증가한 것으로 보인다¹²⁾.

일반적으로 LT값이 커지면 인장 초기에 신도저항이 커서 신체가 움직일 때 구속력이 증가하여 착용감이 떨어지게 된다. 그러나 LT값이 감소하면 초기인장이 쉬워져 약간의 힘으로도 잘 늘어나는 것을 의미하며, 인장 초기에 신도저항이 감소하여 드레이프성이 좋아지고 신체동작을 용이하게 할 수 있게 된다. 따라서 동복용 시직 소재는 착용시 구속력의 감소로 피로감이 줄어들어 착용감이 향상될 것으로 생각된다. 주어진 최대하중(F_{max})에 대해 인장 변형시의 일량을 나타내는 WT값의 증가는 소재의 내구성 향상을 의미하며¹³⁾, 신장 정도를 나타내는 EM값이 커지면 쉽게 늘어나는 특성이 있다. 단위면적당 인장에너지 WT값은 신장률과 관계된 값이므로 EM값의 증가로 WT값이 증가한 것으로 보인다.

계절에 관계없이 기존 소재보다 시직한 소재의 WT값과 EM값이 모두 비슷한 경향으로 증가하여 신장변형이 용이하고 유연해짐을 의미하고 있으며, 이러한 경향은 경사보다 위사방향에서 신장성이 더 크게 증가하였다. RT값은 인장후 회복정도를 나타내며 치수안정성과 관계가 있는데, RT값이 크면 인장변형시 인장이 잘 안되고 회복성이 커서 치수안정성이 큰 것이다. 계절에 관계없이 기존 소재에 비해 시직한 소재의 RT값이 모두 감소하여 치수안정성이 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 특성은 움직임이 적을 때 인체를 구속하지 않으며 착용된 의복이 몸의 움직임에 부드럽게 따라가므로 편안함을 느끼게 해줄 것이다¹⁴⁾. 이로써 기존 작업복 소재에 비해 시직한 소재는 초기인장이 쉽고 드레이프성이 좋아지면서 인체를 구속하지 않으므로 몸의 움직임이 더 편안해져 착용감이 좋아지는 것으로 나타났다.

3.1.2 굽힘특성

굽힘특성은 섬유집합상태, 경, 위사의 굽힘저항 등과 같은 구조적 인자에 의해 많은 영향을 받으며¹⁵⁾, 마찰 및 탄성요소의 복합적인 요인에 의해서도 영향을 받는다¹⁶⁾. 이것은 인체와의 적응이나 융합되기 쉬움을 나타내는 역학적 성질로서 착용시의 형태안정

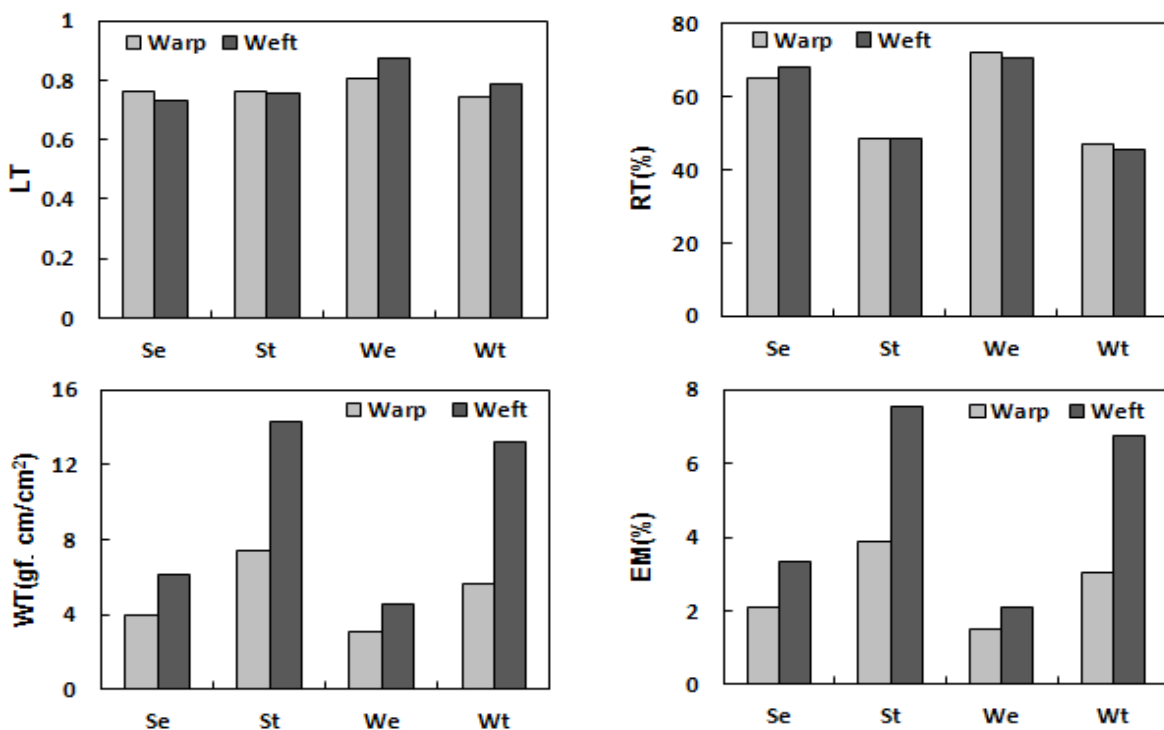


Figure 1. Tensile properties of the working clothes materials.

성과 드레이프성, 촉감, 구김 등과 관련된 성질이다¹⁷⁾. 또한 직물의 태에 크게 영향을 미치는 성질로 인체 곡선에 따른 직물의 실루엣 형성을 예측할 수 있다¹⁸⁾.

Figure 2는 시직한 소재의 굽힘강성(B)과 굽힘히스테리시스(2HB)를 나타낸 것으로 계절에 관계없이 기존 소재에 비하여 시직한 소재의 B값과 2HB값이 대체로 감소하였다. 이는 굽힘변형과 굽힘회복 과정에서 발생하는 에너지 손실량이 적음을 나타내는 것으로 유연해지고 부드러워지며 탄력성이 우수해짐을 의미하는 것이다. B값은 직물을 구성하는 섬유간의 마찰저항에 영향을 받는데 시직한 소재의 경우 흡한-속건성이 있는 쿨맥스 원사와 콤팩트 코머사를 사용하여 제작한 직물로서 섬유간의 미끄러짐이 증가하여 굽힘강성이 감소하면서 곡면형성능이 증가한 것으로 생각된다. 2HB값이 감소하는 것은 굽힘변형에 대한 마찰이 감소되어 굽혀진 후 회복 과정에 에너지 손실량이 적음을 의미하는 것이며, 잘 구부러지고 곡면형성능이 향상되는 것이다¹⁹⁾.

또한 신체 곡선이 강조되는 실루엣을 형성하고, 드레이프성이 향상되며 인체와 잘 적응되는 것을 의미하는 것으로 춘추복용보다 동복용 시직 소재의 2HB

값이 더 많이 감소하였다. 결국 기존 소재에 비하여 시직한 소재가 모두 잘 구부러지면서 유연하며 부드러워지고 신체 곡선이 강조되는 실루엣 형성이 용이해지면서 인체와의 적응능력이 향상된 것으로 나타났다으며, 춘추복용보다 동복용 시직 소재의 드레이프성이 조금 더 향상되는 것으로 나타났다.

3.1.3 전단특성

전단특성은 경사와 위사의 교차각이 변화할 때 발생하는 성질²⁰⁾로 굽힘특성과 함께 의복착용시 외관, 형태, 착용감과 관계되는 특성이다¹⁴⁾.

이것은 직물의 한쪽을 일정 하중으로 고정하고 다른 한 쪽에 각도를 주면서 신장시킨 외력에 대한 변형으로서 신체 곡면과의 융합, 드레이프성 등에 영향을 미치는 요소이다²¹⁾. 시직한 소재의 전단특성을 살펴보기 위해 전단강성(G), 0.5°에서의 전단히스테리시스(2HG) 및 5°에서의 전단히스테리시스(2HG5)를 나타낸 것은 Figure 3과 같다. 이를 보면 춘추복용 시직 소재의 경우 G값, 2HG값, 2HG5값이 다소 증가하였다. 미미하지만 경, 위사 방향 모두 G값의 증가는 전단변형에 대한 회복성이 적은 것으로 시직한 춘추복용 소재는 약간 까실하고 뻣뻣한 느낌이며 인체에 밀착되지 않는 실루엣을 형성하게 됨을 의미하는 것이다. 2HG값은 초기전단변형시의 변형 및 회복에 관계되는 특성으로서 시직한 소재의 밀도 증가는 경, 위사 상호간의 작용력이 증가되고 경, 위사 교차점의 자유도가 감소한 것이며, 전단이력이 클수록 전단변형후 회복시 에너지 손실이 큰 것을 의미한다.

반면, 시직한 동복용 소재의 경우 G값, 2HG값, 2HG5값이 모두 감소하였다. G값의 감소는 바이어스 방향의 변형이 적어져 보다 나은 실루엣의 형성을 가능하게 하는 것이다. 2HG값, 2HG5값의 감소는 초기 전단변형에 대한 회복성과 전체적인 회복성이 향상됨을 나타내는 것이며, 의복 착용시 동작에 따른 신체 변형에 잘 적응하면서 형태안정성이 좋아짐을 의미하는 것이다.

또한 3차원의 인체곡면에 평판구조의 직물이 설계되기 위해서는 직물의 전단 저항치가 낮은 값을 가져야 하는데²²⁾ 시직한 동복용 소재는 전단저항치가 낮아 전단변형에 대한 회복성이 향상되면서 드레이프성과 형태안정성이 향상된 것으로 보인다.

결국 기존 소재에 비하여 시직한 소재는 춘추복용

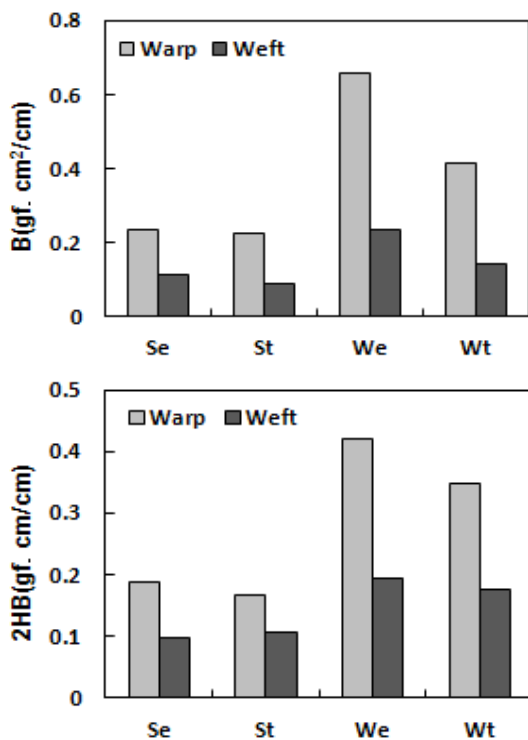


Figure 2. Bending properties of the working clothes materials.

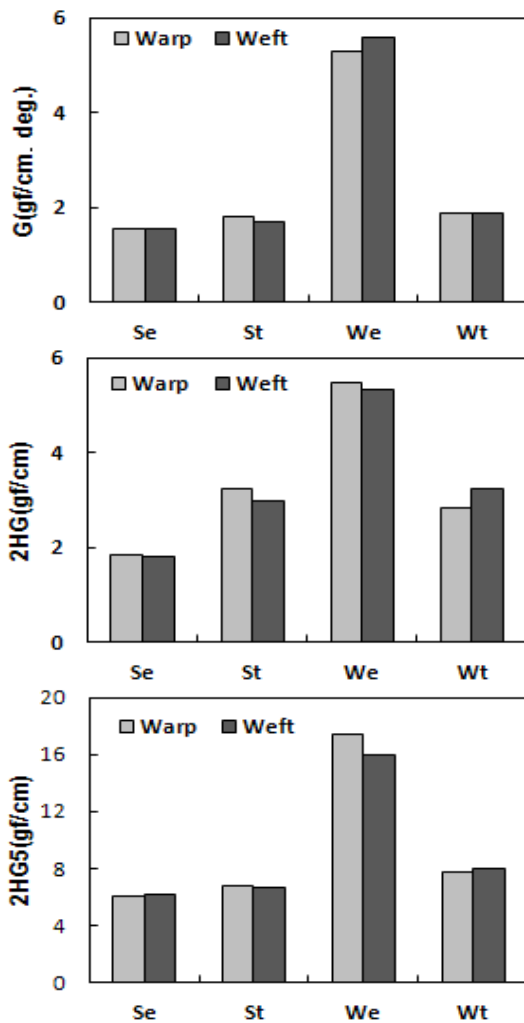


Figure 3. Shearing properties of the working clothes materials.

소재는 약간 까실하고 뻣뻣해지며 인체에 밀착되지 않는 실루엣을 형성하면서 드레이프성이 감소하게 되었으며, 동복용 시직 소재는 의복 착용시 동작에 따른 신체 변형에 잘 적응하면서 형태안정성이 좋아지고 드레이프성이 향상되는 것으로 나타났다.

3.1.4 표면특성

표면특성은 직물의 평활감과 관계되는 성질로서, 작업복에 요구되는 성능중 점차 중요한 요소로 대두되는 심미성에 영향을 미치는 특성이다. 시직한 소재의 표면특성을 알아보기 위하여 먼저, 계절별 소재에 대하여 SEM 사진에 의한 표면상태를 살펴 보았다. Figure 4에 의하면 기존 소재는 1/2 능직이고, 시직한 소재는 2/2 능직이므로 능선의 각도가 다르고 표면의 잔털과 오돌도돌한 정도가 약간 다르게 나타났으나 대체로 시직한 소재의 표면이 더 균일해 보인다. 이를 구체적으로 살펴보기 위하여 미끄러짐에 대한 저항을 나타내는 평균마찰계수(MIU), 마찰계수의 평균편차(MMD) 및 표면의 거친 정도를 나타내는 기하학적 거칠기(SMD)를 측정 한 결과는 Figure 5와 같다. 이를 살펴보면, 계절에 관계없이 기존 소재에 비하여 시직한 소재의 MIU값이 큰 변화는 아니지만 위사방향만 다소 증가하여 표면이 약간 오돌도돌해진 느낌이다. MMD값은 촉감에 관계된 인자로서 값이 작으면 표면의 터치가 보다 매끈하고 마찰력이 균일함을 나타낸다²²⁾. 계절에 관계없이 시직한 소재의 MMD값이 감소하였고, 춘추복용 보다 동복용 소재의 MMD값이 많이 감소하여 매끄러워졌음을 알 수 있다.

SMD값은 직물표면의 굴곡성과 관계있는 성질로 값이 작으면 표면이 평활함을 의미하는 것이다. 시직한 소재의 경사방향은 SMD값이 증가하였으나, 위사 방향은 감소하여 좀 더 평활해졌으며, 경사방향의 표면이 좀 더 불규칙해진 것으로 나타났다. 그러나 평균적으로는 계절에 관계없이 SMD값이 감소하였고, 춘추복용 보다 동복용 시직 소재의 감소가 더 큰 것으로 나타나 평활한 표면을 갖는 것으로 나타났다. 이상과 같이 직물의 방향에 따라 표면특성이 차이

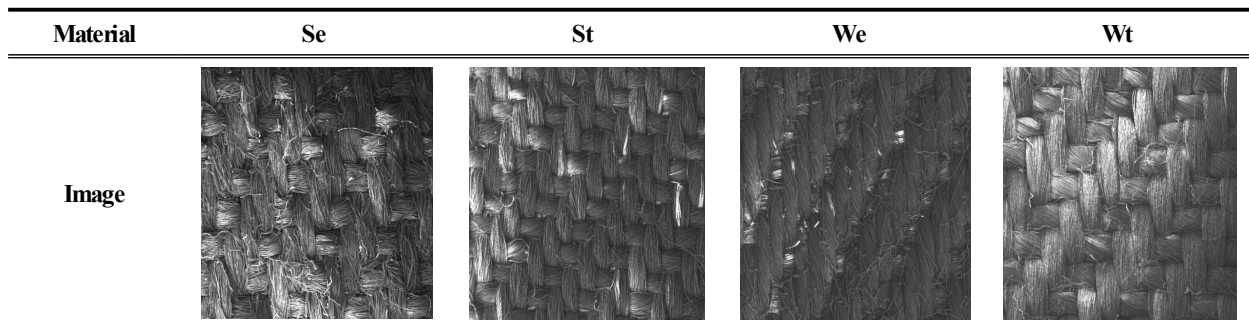


Figure 4. SEM image(×50) of the working clothes materials.

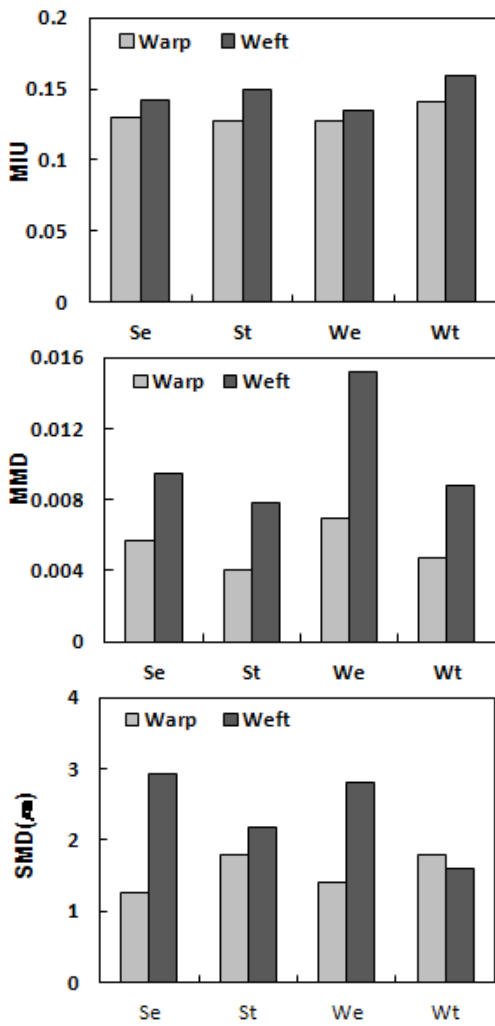


Figure 5. Surface properties of the working clothes materials.

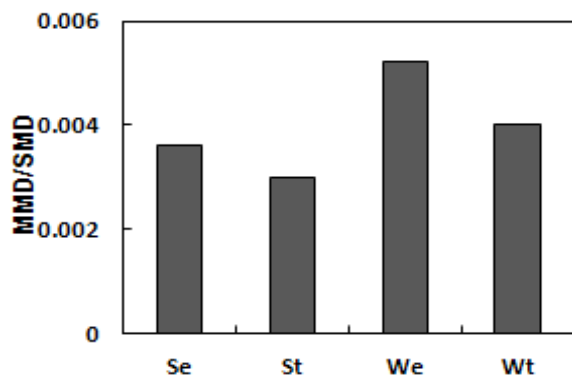


Figure 6. MMD/SMD of the working clothes materials.

가 나므로 관능평가에서 직물의 매끄러움과 상관성이 높은 특성으로 MMD/SMD값을 살펴 볼 필요가 있는데, 이 값이 작을수록 표면의 감촉이 매끄러운 직물이다²³⁾. Figure 6에 의하면 기존 소재에 비하여

시직한 소재의 MMD/SMD값이 감소하였고, 동복용 소재가 더 많이 감소하여 표면이 매끄러워졌음을 알 수 있으며, 여기에는 MMD값의 감소가 크게 영향을 미친 것으로 생각된다.

3.1.5 압축특성

압축특성은 직물의 인장, 굽힘, 전단특성과 같이 직물의 태, 의복 착용성, 봉제성 등에 영향을 미치며 직물의 두께와 부피감에 관련된 성질로서 풍만감, 안락감, 보온성 등에 영향을 주는 특성이다. 이를 살펴보기 위하여 시직한 소재의 압축선형도(LC), 압축에너지(WC) 및 압축레질리언스(RC)를 나타낸 것은 Figure 7과 같다.

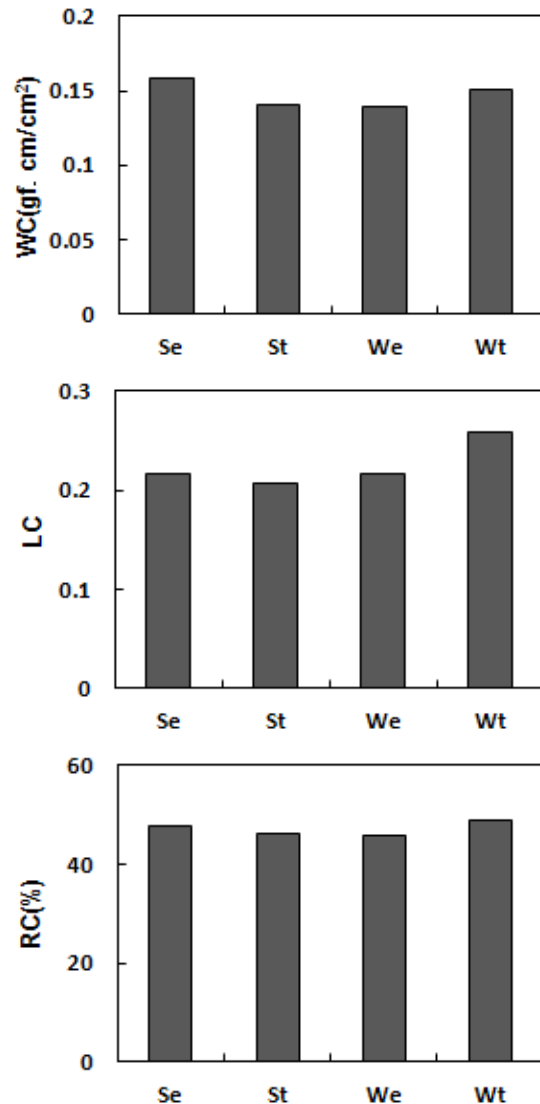


Figure 7. Compressional properties of the working clothes materials.

여기서 LC값은 압축에 대한 선형성으로서 값이 크면 초기 압축에 대한 저항이 커서 압축이 잘 되지 않음을 의미한다. 춘추용 시직 소재는 거의 변화가 없으나, 동복용 소재는 LC값이 증가한 것으로 나타났다는데 이는 압축변형에 대한 에너지가 증가하게 되고 압축력에 대한 변형이 어렵게 되어 볼륨감과 별키성이 증가한 것으로 나타났다. WC값은 압축력에 대한 변형을 나타내는 것으로 두께가 두꺼워지고 표면이 단단할수록 압축에 필요한 에너지가 크다는 것을 의미한다. 춘추복용 시직 소재는 두께가 감소하여 WC값이 감소하였으나, 동복용 시직 소재는 두께가 약간 감소하였음에도 불구하고 WC값이 증가하였다. 이는 시직한 동복용 소재의 표면이 단단해졌음을 의미하는 것이다. RC값은 압축변형에 대한 회복 정도를 나타내는 것으로 이 값이 클수록 탄력이 있는 것이다. 춘추복용 시직 소재는 RC값의 변화가 거의 없으나, 동복용 시직 소재는 RC값이 증가하여 탄력성이 향상된 것으로 보인다. 결국 동복용 시직 소재는 압축에 유연하고 부드럽게 회복되며 단단해지고 압축탄성이 증가한 것으로 나타났다.

3.2 태 평가

3.2.1 감각평가치

태에 대한 객관적 평가의 기초가 되는 역학적 특성은 직물에 외력을 주었을 때 나타나는 변형과 외력과의 관계를 나타낸 것이며, 이에 의해 결정되는 관능특성이다²⁴⁾. KES-FB 시스템을 사용하여 시직한 소재의 객관적인 촉감을 기존 소재와 비교하기 위하여 역학적 특성치를 측정 후 변환식에 의해 감각평가치인 기본 태를 구하여 Figure 8에 나타내었다.

Koshi(stiffness)는 직물을 손으로 쥐었을 때 느끼는 뻣뻣함, 반발력, 탄성, 레질리언스를 종합해서 표현한 것으로 굽힘, 전단 및 표면특성과 관련된다. 기존 소재에 비하여 시직한 소재의 Koshi값이 감소하였으며, 춘추복용 소재보다 동복용 소재의 감소가 크게 나타났다. 여기에는 직물의 B값, G값, SMD값이 영향을 미치는데 계절에 관계없이 시직한 소재의 B값이 감소하였고, G값은 동복용 시직 소재만 감소하였으며, SMD값은 시직 소재의 위사방향만 감소하여 Koshi값 감소에 영향을 준 것으로 생각된다. 결국 기존 소재에 비해 시직한 소재의 뻣뻣함이 감소하고 유연해져서 피부에 접촉시 더 부드러운 촉감을 나타낼 것으로 생각된다.

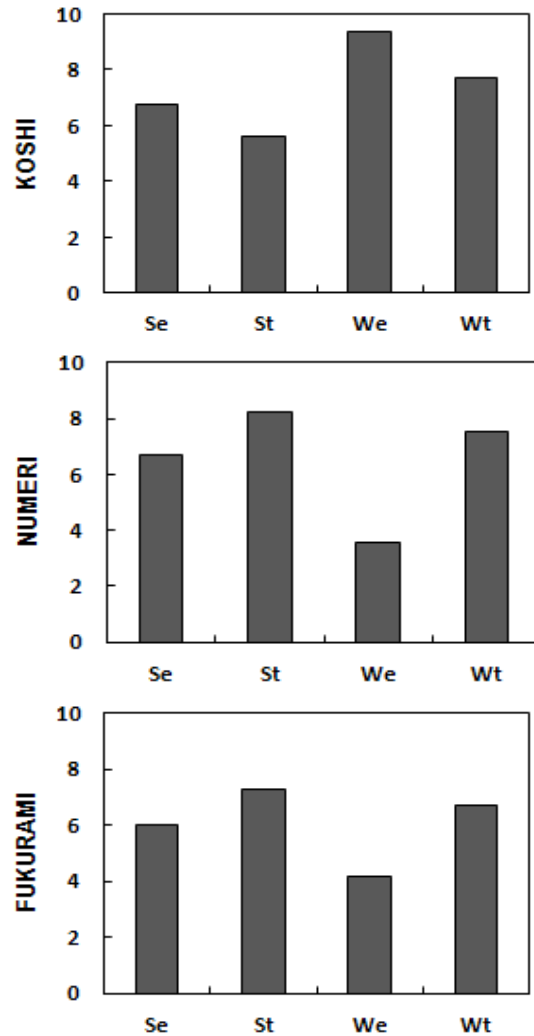


Figure 8. Primary hand value(HV) of the working clothes materials.

Numeri(smoothness)는 직물을 만졌을 때 느끼는 매끄러운 촉감으로 유연하고 부드러운 느낌을 표현하는 용어로서 표면특성과 관련되는데, 특히 마찰계수의 평균편차인 MMD값에 의해 영향을 많이 받는다²⁵⁾. 기존 소재에 비하여 시직한 소재의 MMD값이 모두 감소하였으며, 특히 동복용 시직 소재의 MMD값이 크게 저하되었는데, 이로써 Numeri값이 증가하였고, 특히 동복용 시직 소재는 2배 이상 Numeri값이 높게 나타났다. Numeri값이 증가한 것은 직물 조직이 치밀해지고 표면이 매끄러워지면서 마찰저항이 감소함을 의미하는 것이다. 결국 기존 소재에 비해 시직한 소재의 표면이 부드럽고 매끄러워졌으며, 이러한 변화는 동복용 소재에서 더 크게 나타났다.

Fukurami(fullness and softness)는 직물을 쥐었을 때

느끼는 중후한 촉감과 풍부하며 좋은 맵시에서 오는 느낌으로 풍유도라고 한다. 부피감이 있고 따스한 느낌의 감촉과 탄력성 등을 종합적으로 나타내는 감각으로 압축특성에 의해 영향을 받는다. 기존 소재에 비하여 시직한 소재의 Fukurami값이 모두 증가하였고, 특히 동복용 소재의 증가폭이 크게 나타나 탄력과 부피감이 향상되었음을 알 수 있다. 이는 압축특성에서 춘추복용 시직 소재는 LC값의 변화가 없었고, WC값은 다소 감소하는 경향을 나타내었으나, 동복용 시직 소재는 LC값이 크게 증가하였고, WC값도 다소 상승하는 경향을 나타내었으므로 Fukurami값이 증가하여 중후하면서 탄력과 부피감이 향상된 것으로 생각된다.

3.2.2 태 평가치

직물의 태는 최종 용도를 기준으로 판단해야 하며, 기본 태를 평가하고 종합하여 직물의 품질을 판단해야 한다¹¹⁾. 또한 직물의 태는 섬유제품의 부가 가치를 높이는 중요한 요소로서 객관적 평가뿐만 아니라 시각적 평가와 촉감에 의해 제품의 선호도와 품질을 평가할 수 있는 인자이다²⁶⁾. 본 연구에서 시직한 소재의 종합적인 촉감을 살펴보기 위해 기본 태를 이용한 변환식으로부터 얻은 태 평가치를 살펴 본 결과는 Figure 9와 같다.

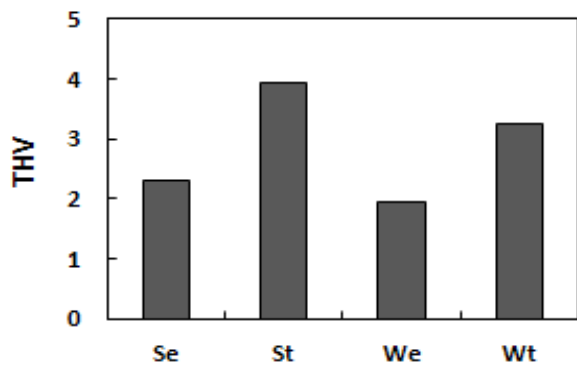


Figure 9. Total hand value(THV) of the working clothes materials.

이를 보면 계절에 관계없이 기존 작업복 소재에 비하여 시직한 소재의 THV값이 모두 향상되었다. 이는 시직한 소재에 사용된 원사는 기존 소재에 사용된 PET와 면사가 아니라 PET로 쿨맥스 원사와 면사로 콤팩트 코머사를 사용하여 제작하므로써 태 평가치가 향상된 것으로 생각된다.

3.3 착용시 기본특성치의 변화

시직한 작업복 소재를 의복으로 착용시 형태안정성과 관련된 기본특성치를 살펴보기 위하여 역학적 특성치간의 변화를 나타낸 것은 Table 3과 같다. 이에 의하면 B/W값은 단위중량에 대한 굽힘강성의 비로서 직물 무게에 의해 늘어뜨려질 때의 형태에 관계한 값이다. 기존 소재에 비하여 춘추복용은 B/W값의 변화가 없으나 동복용 소재는 감소하였는데 이는 드레이프성이 향상됨을 의미하는 것이다. 2HB/W값은 춘추복용의 경우 다소 증가하였으나 동복용 소재는 감소하였다. 2HB/W값이 증가하는 것은 드레이프성이 떨어지나 hanger성이 좋아지는 것이며, 2HB/W값의 감소는 형태안정성이 향상됨을 의미하는 것이다¹²⁾. MMD/SMD값의 감소는 표면의 매끄러운 감촉이 증가하는 것으로 시직한 소재 모두 감소하여 표면이 균일해졌음을 알 수 있다.

중량 및 두께에 대한 압축에너지인 WC/W값과 WC/T값은 압축용이성을 나타낸다. WC/W값이 크면 충실도에 비해 쉽게 압축됨을 의미하는데 기존 소재와 시직한 소재간에 차이가 없었다. WC/T값이 증가하면 두께에 비해 압축이 부드러운 것을 의미하는데 춘추복용은 거의 변화가 없었으나, 동복용 시직 소재는 WC/T값이 다소 증가하여 부드럽게 압축되는 것으로 나타났다.

춘추복용 시직 소재는 기존 소재에 비하여 밀도가 증가하였으므로 섬유사이의 공간이 적어져 공기함량이 줄어들 것으로 생각되므로 W/T값이 감소한 것으로 나타났다.

Table 3. Variation of basic characteristic values on the clothing wearing

Items	Se	St	We	Wt
B/W	0.009	0.009	0.019	0.011
2HB/W	0.007	0.008	0.013	0.011
MMD/SMD	0.004	0.003	0.005	0.004
WC/W	0.008	0.008	0.006	0.006
WC/T	0.455	0.453	0.349	0.399
W/T	58.59	56.27	60.48	64.31
$\sqrt[3]{B/W}$	0.208	0.208	0.267	0.222
$\sqrt{2HB/W}$	0.084	0.088	0.113	0.103

동복용 시직 소재의 경우 W/T값이 증가하였으며 볼륨감이 증가한 것으로 나타났다²⁷⁾. $\sqrt[3]{B/W}$ 값은 직물 무게에 의해 늘어뜨려지는 성질에 관계하는 특성²⁸⁾으로 굽힘길이를 나타내는데 이 값이 감소하면 부드럽고 드레이프성이 좋아짐을 의미한다. 그러므로 동복용 시직 소재의 드레이프성이 향상됨을 알 수 있다. $\sqrt{2HB/W}$ 값은 드레이프성에 관계하는 특성으로 이 값이 증가하면 드레이프 형상이 뚜렷하지 않고 liveliness가 부족한 것이다²⁷⁾. 기존 소재에 비해 밀도가 증가한 춘추복용 시직 소재는 경, 위사 접촉점에서 상대적인 운동을 방해하는 마찰저항이 증가하게 되고, 실끼리의 미끌림 현상이 감소하게 됨으로써 굽힘에 대한 회복력이 떨어지게 된다¹²⁾. 이로서 드레이프성이 감소하게 되고 liveliness가 좋지 않은 편이며, 동복용 시직 소재는 $\sqrt{2HB/W}$ 값이 감소하므로써 liveliness가 좋아지는 것으로 나타났다. 결과적으로 시직한 작업복 소재 착용시 기본특성치의 변화를 살펴보면, 계절에 관계없이 시직한 소재의 표면이 매끄러워졌으며, 밀도가 많이 증가한 춘추복용 소재는 드레이프성과 liveliness가 미미하게 줄어들었으나, 동복용 소재는 드레이프성과 형태안정성이 향상되고, 부드럽게 압축되면서 liveliness가 좋아지는 것으로 나타났다.

4. 결 론

산업현장의 작업 및 환경조건을 고려한 작업복 소재 개발을 위해 기존 작업복 소재중 춘추복용과 동복용을 1종씩 선별하고 실의 굵기, 소재 조성 및 밀도 등을 변화시킨 소재설계를 통하여 작업복 소재를 시직한 다음, KES-FB 시스템에 의한 역학적 특성치를 측정하여 감각 평가치와 태 평가치를 산출하므로써 나타난 결과는 다음과 같다.

기존 소재에 비해 시직한 소재는 초기인장이 쉽고 드레이프성이 좋아지면서 인체를 구속하지 않으므로 몸의 움직임이 더 편안해지고 피로감이 줄어들어 착용감이 향상되는 것으로 나타났다. 또한 시직한 소재는 잘 구부러지면서 유연하며 부드러워지고 신체 곡선이 강조되는 실루엣 형성이 용이해지는 것으로 나타났으며, 춘추복용보다 동복용 시직 소재의 드레이프성이 조금 더 향상되었다. MMD/SMD값이 감소하여 표면이 매끄러워졌음을 알 수 있으며, 여기에는 MMD값의 감소가 크게 영향을 미

친 것으로 생각된다.

시직한 소재의 Koshi값이 감소한 것은 유연해지고 피부 접촉시 더 부드러운 촉감을 나타내는 것을 의미하며, Numeri값이 증가한 것은 직물 조직이 치밀해지고 표면이 매끄러워지면서 마찰저항이 감소하는 것으로 이러한 변화는 동복용 소재에서 더 크게 나타났다. Fukurami값은 동복용 소재에서 크게 증가하여 탄력과 부피감이 향상되는 것으로 나타났다. 결과적으로 기존 소재보다 시직한 작업복 소재의 THV값이 증가하여 종합 태 평가치는 향상된 결과를 나타내었다. 한편, 의복으로 착용시 기본특성치는 춘추복용 소재의 경우 드레이프성과 liveliness가 미미하게 감소한 반면, 동복용 소재는 드레이프성과 형태안정성이 향상되었고, 부드럽게 압축되면서 liveliness가 좋아지는 것으로 나타났다.

감사의 글

이 논문은 2011-2012년도 창원대학교 연구비에 의하여 연구되었음.

References

1. S. P. Ashdown and S. M. Watkins, Concurrent Engineering in the Design of Protective Clothing: Interfacing with Equipment Design, Performance of Protective Clothing: Improvement through Innovation, ASTM, pp.471-485, 1996.
2. S. W. Lee, S. K. Cho and J. W. Choi, "Clothing and Environment", Korea National Open University Press, Seoul, pp.214-216, 2004.
3. W. E. Rosenblad, User-oriented Product Development Applied to Functional Clothing Design, *Applied Ergonomics*, **16**(4), 279(1985).
4. H. S. Bae, H. W. Park, G. A. Park and J. K. Kim, The Wearing Conditions of Working Clothes according to the Working Environment and Working Process in Industry Site: -With Reference to Machinery, Automobile, Shipbuilding Industry-, *J. Korean Soc. Clothing and Textiles*, **34**(8), 1378(2010).
5. J. S. Shin, M. H. Jung, S. J. Park, T. Koshiba and T. Tamura, Improvement of Comfortability and Ability on Disposable Clothes Fabric for Disposable Work Clothing Using Charcoal Printing, Proceedings

- of the Korean Society Clothing and Textiles Spring Conference, Vol.27, p.93, 2003.
6. J. S. Shin, Characteristic Changes of Disposable Clothes Fabric on Printing using Natural Dyeing, *The Research J. Costume Culture*, **12**(6), 1010(2004).
 7. J. S. Shin, M. H. Jung, S. J. Park, T. Koshiba and T. Tamura, Improvement of Comfortability and Ability on Nonwoven Fabric for Disposable Work Clothing Using Yellow Soil Printing, *The Research J. Costume Culture*, **15**(2), 276(2007).
 8. S. S. Kim and H. E. Kim, The Evaluation on Functionality with Material-improved Working Uniform of Construction Field, *J. Korean Soc. Cloth. Ind.*, **10**(2), 228(2008).
 9. S. S. Kim and H. E. Kim, The Physiological Responses of Material-improved Working Clothes for Construction Site Worker, *J. Korean Soc. Cloth. Ind.*, **13**(5), 752(2011).
 10. H. K. Seo and J. J. Kim, A Study on the Change of Hand of Chitosan-treated Fabrics(Part IV), *J. Korean Soc. Clothing and Textiles*, **22**(8), 1079 (1998).
 11. S. Kawabata, "The Standardization and Analysis of Hand Evaluation", 2nd ed., The Hand Evaluation and Standardization Committee, The Textile Machinery Society of Japan, Osaka, 1980.
 12. J. H. Bae, J. W. Park and S. K. An, The Mechanical Properties and Hand of Cotton Fabrics with the Variation of Weft Density, *Korean J. Sci. Emotion & Sensibility*, **8**(4), 345(2005).
 13. M. W. Huh, Mechanical Properties and Surface Morphology of Cotton Fabrics Dyed with Persimmon Juice, *Textile Coloration and Finishing*, **24**(4), 296 (2012).
 14. M. J. Park and S. K. Kwak, Changes of Mechanical Properties and Hand Evaluation of Shrink-proof-finished Wool Knit after Washing, *J. Korean Soc. Living Environ. Sys.*, **11**(3), 198(2004).
 15. Y. M. Jeon, T. W. Son, M. G. Jeong, M. J. Kim and H. S. Lim, Mechanical Properties of High Add-on Chitosan Treated Cellulose Fabrics, *Textile Science and Engineering*, **40**(2), 177(2003).
 16. M. S. Park, The Mechanical Properties of Thin Suede Fabric with Stretch Function, *Textile Coloration and Finishing*, **24**(4), 288(2012).
 17. Y. S. Shin, S. J. Kim and H. Choi, Effect of DP Finishing on the Mechanical Properties of Cotton Fabric, *Textile Science and Engineering*, **32**(10), 919(1995).
 18. B. R. Youn and S. S. Lee, Comparison of Mechanical Properties of Electrospun Nanofiber Web Layered Systems and Conventional Breathable Waterproof Fabrics, *Korean J. Sci. Emotion & Sensibility*, **13**(2), 391(2010).
 19. S. K. Sung, J. O. Kouh and O. K. Kwon, A Study on the Mechanical Properties of Fabrics for Korean Folk Clothes(Part 1): On the Women's Summer Fabrics, *J. Korean Soc. Clothing and Textiles*, **11**(3), 79(1987).
 20. K. H. Son and Y. S. Shin, Effect of Cellulose Treatment on Mechanical Properties and Hand of Tencel Fabrics, *J. Korean Soc. Clothing and Textiles*, **22**(8), 1141(1998).
 21. S. S. Kim, J. S. Yang and J. M. Choi, The Evaluation of Physical Properties and Hand of Bast/Man-Made Fiber Mixed Fabrics, *J. Korean Soc. Clothing and Textiles*, **24**(6), 828(2000).
 22. C. I. Nam, J. G. Kim and C. J. Hong, Effect of Surface Finishing on Tactile Properties in Wool /Tencel Blended Fabrics, *Textile Science and Engineering*, **37**(8), 479(2000).
 23. M. Niwa, Data File of the Mechanical Properties of Clothing Materials, Part2-Knitted Fabrics Used for Out Wear, *Seni-Kikai Gakkashi*, **29**(4), 198(1976).
 24. K. Simpson, Using Silver to Fight Microbial Attack, *Plastics Additives & Compounding*, **5**(5), 32(2003).
 25. K. W. Oh, C. S. Kim and H. M. Choi, Application of Silane-Chitosan Mixed Solution to Cotton Finishing(I), *Textile Science and Engineering*, **34** (12), 822(1997).
 26. M. B. Hassan, Comparison of Fabric Hand Assessment in the United States and Japan, *Textile Res. J.*, **56**, 227(1986).

27. J. Y. Ha, Standardization of Hand Value Evaluation Method, The Korean Fiber Society, The Symposium of Weaving Subcommittee, 1988.
28. S. Kawabata, M. Matsudaira and M. Niwa, Measurement of Mechanical Properties of Thin Dress Fabrics for Hand Evaluation, *J. Textile Engineering*, **37**(4), 41(1984).