

# 황토염색직물의 최대침관통력

장 정 대

부산대학교 의류학과

## The Maximum Needle Piercing Force through Fabrics Dyed with Loess

Jeong Dae Jang

Dept. of Clothing and Textiles, Pusan National University

(1999. 3. 25 접수)

### Abstract

The experiment was conducted on five different kinds of fabrics dyed with loess. The sewability of fabrics dyed with loess by measuring the maximum needle piercing forces(MPF) through fabrics has been studied. MPF measurement using tensile tester was done 60 times for each fabrics at fixed low speed of 300mm/min.

The nature of the loess on the dyed fabrics was physically jammed between the fibers or adhered to the surface of fibers in the form of the fine particles, so that the MPF through fabrics increases extremely in proportion to the increase of loess uptake, and the plying number of fabrics dyed with loess. This results indicate that the MPF through fabrics is affected by mean value of the coefficient of friction on the surface of fabric(MIU) and cloth cover factor(Kc) in this experiment.

Fabric was finished with softner to decrease the MPF during sewing operation, The MPF through softner finished fabric was decreased remarkably.

**Key words:** dyeing with loess, sewability, maximum needle piercing force;

황토염색, 가봉성, 최대침관통력

## I. 서 론

최근 경제적 성장으로 문화적 가치의 존중 풍토가 조성된 듯하며 이로 인하여 전통에 대한 관심도 늘고, 더욱이 건강, 환경, 고기능, 고감성, 자연 지향적 추세로 인하여 색상이 미려하면서도 안정되고 자연스러운 색감을 낼 뿐 아니라 인체에 무해하며 환경을 오염시킬 우려가 적고, 종류에 따라 항균성, 소취

성, 약성 등이 기대되는 전통천염료에 대하여 많은 주목을 하고 있다. 그러나 염재 확보의 어려움, 채취 지역, 계절에 따른 색상차이, 보관, 재현성, 견뢰성 등의 문제점을 가지고 있기도 하여서 이러한 문제점을 극복하고 실용화하기 위한 연구가 활발하다<sup>2)</sup>.

본 연구에 사용한 천연염재 황토는 분해력, 자정력, 흡수력, 생명력을 지닌다고 알려져 있고<sup>3)</sup> 여러 가지 광물입자로 구성되어 있어 광물성염료로 분류할 수 있으며, 물, 기름, 유기용제 등에 불용성이어

서 무기안료적 성질을 갖고 있다. 따라서 섬유에 친화력이 약하여 섬유의 개질 또는 고착제를 쓰거나, 황토입자의 크기를 매우 작게 하여 내세탁성을 높히려는 노력도 있었다. 또 황토는 산화제이철을 함유하는 점토광물로서 산화제이철이 미세한 점토광물 사이에 혼입 확산되어 황색을 띄고 있다. 점토광물의 주체는 장석 및 석영이 주성분이고 탄산칼슘을 함유하고 있어서 점력이 있고, 다공성을 지니고 있으며 구성하고 있는 원소들의 방사율과 그 구조에 의하여 원적외선이 방출되는 것으로 알려져 있다. 이러한 원적외선의 효과가 생체활성에너지로 알려지면서 주목을 받고 있다. 이러한 특성을 지닌 황토염색에 관한 연구를 보면 유 등<sup>4)</sup>이 황토염색한 후 후처리에 의한 견뢰도 향상을 시도하였고, 황 등<sup>5)</sup>은 황토염색 농도를 높여 항균성, 소취, 원적외선효과 향상을 목적으로 면직물에 카티온화제를 적용하였다. 황 등<sup>6)</sup>도 견직물의 원적외선 가공을 목적으로 cation성 fixer제를 전처리하여 염착농도 증가를 꾀하였다. 김 등<sup>7)</sup>은 양모직물의 황토염색조건을 pH 2 미만의 산성염욕에서 처리함으로써 황토에 포함되어 있는 불용성의 제이산화철을 가용시켜 금속흡착성이 있는 양모섬유의 색농도증가와 견뢰도 개선을 검토하였다. 유 등<sup>8)</sup>은 황토와 유사한 광물재료 맥반석을 면직물에 많이 부착시키는 방법으로 카티온화제를 처리하여 그 효과를 검토하였다. 이상의 보문에서는 황토의 부착율을 높여서 그에 따른 기능적 효과를 기대하고자 하였다. 그런데 황토는 입자가진 광물재료이므로 많이 부착되었을 때 그 염색 불을 제품으로 만드는 공정, 즉 봉제공정상 어려움이 있을 것이라는 추측이 어렵지 않게 된다. 황토염색은 결국 황토입자들이 매우 미세하여져서 염색공정 중 팽윤섬유 비결정영역의 공극에 가까워지지

않는 한 직물과의 친화성이 약간 있다고 하더라도 내부염착보다는 직사간에 부착되는 것이 주된 것으로 생각된다.

한편, 봉제공정은 봉사-바늘-직물의 상호작용으로 이루어지며 이들 요소 중 어느 것이라도 문제가 발생하면 직물의 가봉성에 영향을 주게되므로 많은 연구자들이 바늘열 발생문제<sup>9)</sup>, 직사의 손상문제<sup>10)</sup>를 다루고 있으며 이것은 바늘과의 마찰에 기인하므로 재봉침 관통력을 측정하여 직물과 바늘의 상호관계를 해석하고자 하였다<sup>11)</sup>. 침열발생과 관통력은 상관성이 있으며, 이들의 값이 클 때 직사 및 바늘의 손상으로 제품품질 및 생산성의 저하를 유발시키게 된다. 이와 같이 관통력을 측정함으로써 직물의 가봉성을 평가하는 한 방법이 되고 있다<sup>12) 13)</sup>. 따라서 본 연구에서는 황토염색 농도에 따른 최대침관통력을 측정하여 황토염색 직물의 봉제시 침관통의 어려운 정도를 검토하고 이를 극복하기 위한 방법으로 염색직물에 유연제 처리를 행하여 운침의 정도를 파악함으로써 황토의 기능성을 살리기 위해 부득이 많이 부착하여도 실용적으로 봉제공정상 어려움을 극복하는 방안을 제공하고자 하였다.

## II. 실험 방법

### 1. 시료

시료는 두께와 밀도가 다른 옛날 수직 면직물 3종은 정련하여 사용하였으며, 염색견뢰도 시험용 면직물 및 양모직물은 구입한 표준직물 그대로 사용하였다. 시료의 규격은 Table 1에 나타내었다.

### 2. 염액의 제조 및 염색

황토를 polyester sheer (292×280/5cm)로 걸러서

Table 1. Characteristics of fabrics.

Fabric No.	Material	Weave	Fabric Count (warp×weft)/5cm	Thickness (mm)	Weight (g/m <sup>2</sup> )	Yarn Number (Ne)
F1	Cotton	Plain	72×62	1.24	252	5×6
F2	Cotton	Plain	110×80	1.09	196	10×13
F3	Cotton	Plain	116×96	0.99	200	11×14
F4	Cotton	Plain	152×136	0.48	103	30×36
F5	Wool	Plain	142×136	0.47	106	(52×68)Nm

끓은 입자 및 불순물을 제거한 후 수분을 제거하여 건조시켰다. 염색시 10g/l의 염액을 만들어 액비 1:100, 80°C에서 염색시간 10, 20, 30, 40분 동안 교반 염색한 후 수세하여 각각 F -1, -2, -3, -4의 시료를 제작하였으며 건조 후 다시 물에 행구어 건조시켜 시험에 사용하였다.

3. 측색

염색시료의 염착농도를 알아보기 위해 Color-Eye 3100 (Macbeth, USA)을 사용하여 D65에서 L\* a\* b\*값을 측정하고 이들 값으로부터 ΔE\*를 구하였고, 최대흡수파장에서 표면반사율을 측정하여 Kubelka-Munk식으로부터 K/S 값을 계산하였다.

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R}$$

여기서, K : 염색직물의 흡광계수  
 S : 산란계수  
 R : 염색직물의 반사율

4. 최대침관통력 측정

침의 최대관통력은 Khan등<sup>14)</sup>과 堀野등<sup>15)</sup>이 강신도시험기를 이용하여 관통력을 측정하였던 방법을 이용하여 측정하였다. 강신도시험기(Mecmesin, Ltd., England)에서 Test stand의 일정 높이에 침판을 설치하고, Cross head에 인장, 압축겸용 Force gauge를 고정한 후, Gauge에 부착한 Needle vice에 바늘을 부착하였다. 이를 300mm/min의 속도로 하강, 상승시켜 바늘이 직물을 관통, 인발시의 최대관통력을 측정하였다.

측정조건

Needle : Chrome coated double bulged needle (Orange, DBx1 #14)

Press weight : 3Kg

Needle hole size on the throat plate : 2mm

5. 염색직물의 표면관찰

SEM (Scanning Electron Microscope, Hitachi S-4200, Japan)을 이용하여 600배로 관찰하였다.

7. 유연제 처리

유연제 처리효과를 파악하기 위하여 시료를 유연제 Persoftal OE(Bayer Korea Ltd, Korea) (Chemical basis : Fatty acid condensate product containing silicone and polyethylene) 3% owf, 40°C에서 10분간 처리하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 염색직물의 색차 및 표면염착농도(K/S)

시료직물의 염색결과 색차 및 표면염착농도를 Table 2에 나타내었고, 광물재료라는 측면에서 중량 증가와 중량증가율도 나타내었으며, 각 시료의 표면염착농도의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 염색시간이 길수록 색차, 염착농도, 중량의 증가가 있었다. 면직물 중에서 상대적으로 두꺼운 옛날 수직면직물의 색차, 표면염착농도, 중량증가가 비슷한 반면, 얇은 면직물(F4)은 상대적으로 모두 낮게 나타나고 있다. 이것은 옛날 수직면직물은 두꺼울 뿐 아니라 직사의 꼬임이 적고 모우들도 기계방적사보다 많을 것이므로 황토입자의 수용공간이 많기 때문으로 생각되며, 얇은 면직물(F4)은 상대적으로 얇기 때문이기

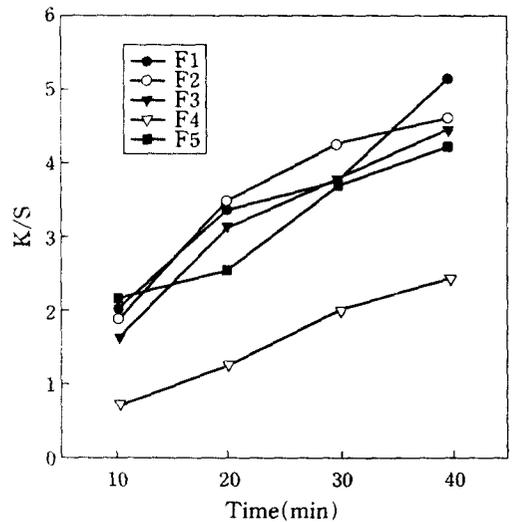


Fig. 1. Relation between the K/S and the dyeing time of fabrics

Table 2. Results of dyed fabrics with loess.

Fabric No.	L*	a*	b*	$\Delta E^*$	K/S	Weight Increase $\Delta W$ (g/m <sup>2</sup> ), (%)
F1	85.42	0.29	3.84	---	0.486	---
F1-1	76.69	8.21	24.43	23.720	2.043	7.94 (3.16)
F1-2	71.10	11.39	28.26	30.403	3.343	11.06 (4.38)
F1-3	71.23	12.23	30.25	32.265	3.718	16.91 (6.71)
F1-4	66.68	14.98	32.83	37.512	5.087	21.55 (8.55)
F2	81.93	0.47	5.53	---	0.660	---
F2-1	75.15	6.02	20.79	17.594	1.901	9.15 (4.66)
F2-2	70.10	10.8	27.70	27.164	3.470	11.76 (6.00)
F2-3	68.10	12.4	29.57	30.184	4.208	13.53 (6.90)
F2-4	67.79	13.16	30.96	31.741	4.552	16.73 (8.53)
F3	83.71	0.21	1.89	---	0.475	---
F3-1	76.81	5.56	19.53	19.685	1.652	7.82 (3.91)
F3-2	71.41	10.32	27.28	29.975	3.127	10.61 (5.30)
F3-3	70.20	11.54	29.22	32.532	3.739	13.91 (6.95)
F3-4	68.09	12.72	30.53	34.941	4.400	18.10 (9.05)
F4	82.41	-0.30	0.22	---	0.175	---
F4-1	78.97	1.08	10.50	11.116	0.761	1.64 (1.59)
F4-2	76.61	3.36	16.68	18.016	1.284	3.19 (3.09)
F4-3	73.88	6.64	22.10	24.663	2.003	6.33 (6.14)
F4-4	72.43	7.98	24.13	27.376	2.424	8.10 (7.86)
F5	75.08	-1.28	5.25	---	1.130	---
F5-1	70.03	1.37	14.64	10.991	2.179	1.12 (1.05)
F5-2	68.98	2.48	17.03	13.790	2.535	2.20 (2.07)
F5-3	67.56	7.71	24.91	22.893	3.658	3.01 (2.83)
F5-4	66.45	9.35	26.97	25.677	4.172	3.87 (3.65)

도 하겠지만 염색건뢰도 시험용 면직물이기 때문에 모우가 적은 표면특성을 가지므로 황토입자의 수용이 상대적으로 적기 때문으로 판단된다. 또 중량증가율에서는 면직물 군이 유사한데 양모직물은 낮게 나타나 있다. 이는 양모직물의 밀도가 상대적으로 낮기 때문으로 생각되며, 양모는 염색시간 구간간의 색차가 상대적으로 적고 중량증가가 낮은데도 K/S 값이 크게 나온 것은 무처리모의 K/S값이 높기 때문으로 보여진다. 이와 같이 황토염색에서는 황토입자 수용인자의 영향이 큰 것으로 생각된다.

## 2. 염색직물의 침관통력

시료직물의 침관통력 측정에서 전형적인 관통, 인발 정보는 Fig. 2와 같으며 측정정보가 컴퓨터의

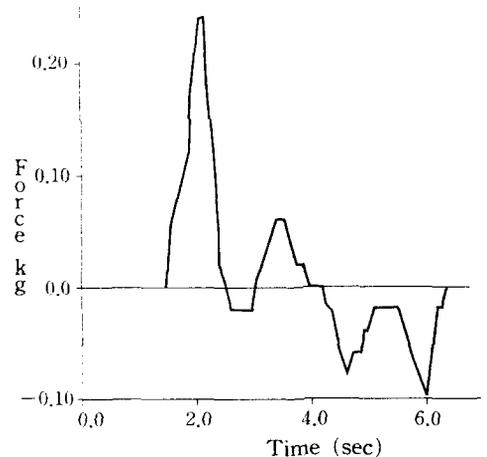


Fig. 2. Typical needle piercing force characteristic.

Dataplot software로 입력되어 나타내어진 것으로 관통, 인발시의 바늘의 형상에 따라 힘의 변화가 나타나고 있으며 이중에서 needle eye부분 관통시의 피크가 가장 높게 나타나고 있는데 이를 최대침관통력이라 하였다. 이를 각 시료마다 60회 측정하여 초기15회를 버리고 평균<sup>10)</sup>한 값으로 나타내었다.

봉제공정에서 적어도 2매의 봉합이 기본이므로 시료직물의 2매 중첩시의 최대침관통력과, 황토염색으로 관통력과 관련이 있다고 생각되는 직물표면 마찰계수의 평균값(MIU) 과 Cloth cover factor(Kc)를 Table 3에 나타냈다.

표3에서 황토염착량이 많아짐에 따라 MIU 값이 증가하고 있고, 미염색직물의 MIU값이 초기염색직물(Fn-1)의 값보다 크게 나타나 있는데 이는 상대적으로 긴 모우 때문으로 보여지며 염색이 진행되면서 모우보다 황토의 염착이 마찰계수에 영향을 많이 주는 것으로 보여진다. 얇은 면직물(F4)은 모우의 영향이 적은 것으로 생각되며, 양모직물은 마찰계수의 증가가 미약하게 나타났다.

Fig. 3에 각 시료의 최대침관통력의 변화를 도시

하였다. 그림에서 전반적으로 염색시간이 긴 시료일 수록, 즉 황토의 염착이 많아질수록 관통력이 증가함을 알 수 있다. 옛날 수직면직물군이 유사 경향을 보이고 있고, 얇은 면직물은 20분 염색 이후 관통력 증가가 둔화되고 있으며 양모직물은 관통력이 가장 낮고 증가량도 매우 적다. 또 각 시료마다 미처리 시료 (Fn-0)에 비해 염색의 초기에서 20분까지 급격한 증가를 나타내고 있는데 이는 그다지 많지 않은 황토염착으로도 sewing performance상 어려움을 초래할 것으로 보여진다. 특히 두꺼운 옛날 면직물군은 황토염착이 많아짐에 따라 최대침관통력은 상당량에 이르고, 따라서 수봉 작업시의 운침이 어렵게 되고, 또한 봉제작업에 있어서도 재봉기의 속도가 높아지면 직물과 바늘이 충격력으로 작용되어 바늘의 마모 또는 휘거나 부러지는 등의 문제가 발생될 수 있을 것이다.

직물 종류별 최대침관통력의 크기는 F3, F2, F1, F4, F5 의 순으로 나타나고 있다. 직물간의 관통력 차이는 직물의 한 두 가지 물성과 관계되는 것이 아니기 때문에<sup>10)</sup> 주 요인을 찾는 것은 어려우나, 川西

Table 3. Maximum needle piercing force through various fabric 2 layers dyed with loess.

Fabric No.	MPF (g.f)	MIU	K <sub>c</sub>	Fabric No.	MPF (g.f)	MIU	K <sub>c</sub>
F1	384	0.214	21.48	F4	321	0.199	19.59
F1-1	788	0.203		F4-1	694	0.217	
F1-2	1513	0.237		F4-2	1030	0.245	
F1-3	1782	0.290		F4-3	1063	0.339	
F1-4	1912	0.318		F4-4	1165	0.417	
F2	613	0.246	21.59	F5	80	0.219	13.90
F2-1	1274	0.221		F5-1	135	0.211	
F2-2	1715	0.294		F5-2	152	0.209	
F2-3	1875	0.335		F5-3	173	0.213	
F2-4	1997	0.374		F5-4	195	0.214	
F3	742	0.261	22.30				
F3-1	1451	0.247					
F3-2	1733	0.313					
F3-3	1854	0.412					
F3-4	2192	0.426					

MPF : Maximum needle piercing force.

MIU : Mean value of the coefficient of friction by KES-FB4.

Kc : Cloth cover factor.

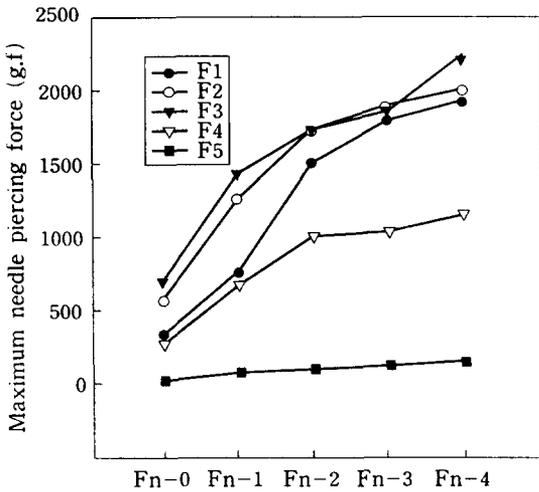


Fig. 3. Maximum needle piercing force through fabric 2plies of each(Fn, -1, -2, -3, -4) fabric.

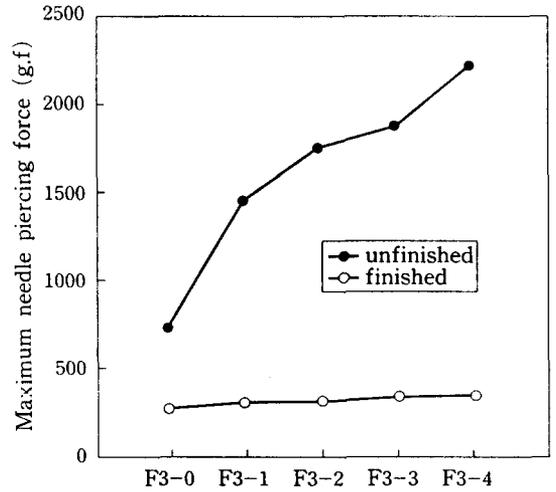


Fig. 4. Maximum needle piercing force through fabric 2plies(F3 group).

等<sup>17)</sup>에 의하면 많은 직물의 최대침관통력을 측정된 결과로부터 직물의 두께 및 무게의 증가에 따라, cover factor의 값이 클수록 최대관통력이 증가하는 경향을 보고한 바 있는데 본 실험에서는 주로 직물의 마찰계수, cover factor(Kc)가 큰 영향을 미친 것으로 판단되며, 두꺼운 면직물군내에서는 밀도의 영향도 더불어 나타났다. 이는 이들의 값이 큰 것이 침이 관통할 때 직사의 움직임이 억제될 것이므로 저항이 크고 따라서 직사를 끊으면서 관통할 가능성이 크게 될 것이기 때문이다.

### 3. 유연제 처리효과

앞에서 본 바와 같이 최대침관통력 즉 침관통저항이 많이 증가하여 예상되는 봉제공정상의 문제를 해결하는 방편으로 유연제 처리를 행하고 2매중첩시 최대침관통력을 F3 직물군에 대하여 측정하여 Fig. 4에 도시하였다.

그림에서 유연제 처리의 경우 관통력이 매우 감소하였으며, 황토의 염착이 증가하여도 관통력의 증가는 그다지 많지 않다. 이는 유연제 처리 전후의 밀도나 cover factor에는 별로 변화가 없을 것임에도 이러한 차이를 보이는 것은 가공에 의하여 직사의 위치 변동이 쉬워졌기 때문으로 추정된다.

또 얇은 면직물 (F4-4)의 최대침관통력의 중첩 및 유연제 처리에 따른 변화를 Fig. 5에 도시하였다. 최대침관통력은 직물의 중첩매수에 비례하여 증가함을 알 수 있다. 재봉침의 관통력은 관통하는 직물의 국소면적 등의 초기조건에 따라서 크게 달라

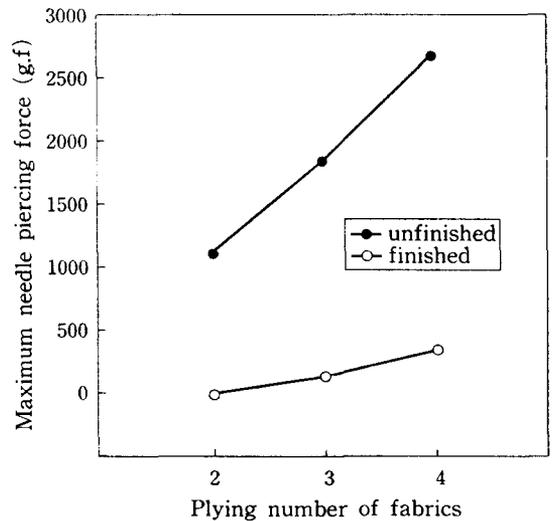


Fig. 5. Relation between the maximum needle piercing force and the plying number of fabrics dyed with loess(F4-4).



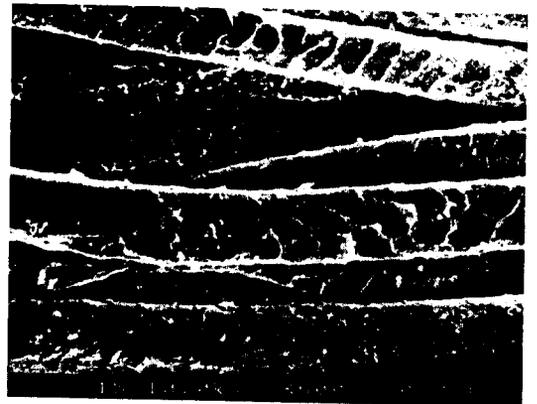
(1)



(2)



(3)



(4)

Fig. 6. SEM photographs ( $\times 600$ ) of fabric samples dyed with loess.

(1) F3-1, (2) F3-4, (3) F5-1, (4) F5-4

질 것이다. 즉 직사와 직사 사이를 관통하면 저항이 작을 것이고 만약 직사 또는 그 일부를 끊으면서 관통한다면 저항력이 크게 될 것으로 생각된다. 따라서 중첩매수가 증가하면 직사를 끊으면서 관통될 경우가 많아지기 때문에 관통력은 더욱 증가하는 것으로 생각된다. 본 실험에서 2매에서 3매로 증가시의 관통력 차이보다 3매에서 4매로 같은 1매의 증가임에도 관통력 증가량은 더 크게 나타나는 것이 이를 뒷받침해 준다. 유연제 처리시는 관통력이 감소하였으며 중첩시의 관통력 증가폭도 감소하였다.

#### 4. 표면관찰

황토염색직물의 황토염착 분포 및 염착 상태를

관찰하고자 SEM분석하여 직물표면을 관찰하였다. Fig. 6에서 볼 수 있는 것처럼 염색시간이 경과함에 따라 황토입자 부착량이 많아짐을 알 수 있고, 황토의 미세한 입자가 간극 및 표면에 부착되어 상태로 보아 황토염색은 주로 황토입자의 기계적 흡착으로 이루어짐을 보여주고 있다. (1), (3)의 염색초기는 불 균일한 부착이며, (2), (4)는 40분 동안 처리한 것으로 온도와 기계적 힘이 가해짐에 따라 입자는 미세화 되었으며, 균일하게 많이 부착되었다. (2)의 경우 섬유표면이 sand washing된 것처럼 약간의 fibril화되어 있는 것으로 보여진다.

#### IV. 결론

황토는 우리 나라 주토이며, 자연의 흙색이라는 친근감과 여러 가지 가능성을 가지고 있을 뿐만 아니라 지난날의 시골 흙집을 연상하는 우리의 정서와 함께 많은 관심들이 있어왔고 그에 따른 실용화를 위한 선행연구들이 있었다. 본 연구에서는 황토염색이 광물재료라는 관점에서 가능성을 위하여 많은 황토부착이 이루어졌을 때 수봉 및 봉제공정상의 문제점이 발생될 수 있다는 가정에서 80°C에서 소정의 시간 염색하여 황토부착량이 다른 시료를 제작하고 가봉성 측면에서 최대침관통력, 유연제처리효과 등을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 황토염색은 광물재료이므로 직물의 섬유간극 및 표면에 부착하였다. 기계적 힘이 가해짐에 따라 입자의 미세화가 이루어지고 균일하게 많이 부착되어 부착량이 증가하였다.

2) 황토부착된 직물의 2매 중첩시의 최대침관통력은 20분 정도의 부착량(중량증가량 4~6%)까지 급격하게 증가하고 그 이후는 둔화하는 경향을 보이거나 부착량이 증가함(중량증가량 8~9%)에 따라 무처리시료에 비하여 매우 크게 증가되었다. 그러나 Kc값이 가장 작은 양모시료에서는 황토처리에 의한 관통력이 상대적으로 낮고 증가폭 또한 작았다. 본 실험에서 최대침관통력에 영향을 미친 주요인으로는 황토부착에 따른 마찰계수의 증가와 Kc의 영향이 큰 것으로 나타났다.

3) 황토염색직물의 2매 중첩시의 관통력이 그리 크지 않다 하더라도 중첩매수가 증가하면 급격한 증가를 나타내었다.

4) 황토염색직물의 유연제처리에 의하여 관통력이 매우 낮아졌으며 중첩에 따른 관통력의 증가도 낮아졌다.

이상에서와 같이 Kc가 21전후의 직물에 황토부착량이 많아지면 즉, 중량증가량이 8%정도만 되어도 약 2,000g.f의 관통저항이 발생하기 때문에 바늘의 관통이 어려워 수봉의 운침이 불가능하고, 봉제공정상 고속봉제시 직사 및 바늘의 손상 등으로 생산성

및 품질의 저하를 초래할 수 있을 것으로 생각되거나 유연제처리에 의하여 극복할 수 있을 것으로 생각된다.

그러나 본 연구에서는 황토염색의 견뢰도 보장에 대한 제한점을 지닌다. 황토는 매우 불 균일하고, 섬유와의 결합력이 적어서 견뢰도가 불확실하여 염색이라기보다는 착색의 의미가 강하지만, 입자의 미세화, 균일화, 섬유의 개질, Fixer제의 적용, 전통적인 점착제의 사용 등으로 어느 정도 극복의 진전이 있으므로 다음 연구의 과제이며, 황토의 가능성을 기대하는 측면에서 황토부착시의 봉제상의 문제점과 해결의 정보를 제공하는데 의의가 있을 것으로 사료된다.

#### 참고 문헌

- 이용우·남성우 외, 전통천연염료 염색방법 현대화, 과학기술처 연구보고서(1995).
- 이용우·남성우 외, 전통천연염료 염색방법 현대화, 과학기술처 연구보고서(1996).
- 한국민속대관Ⅱ, 고대민족문화연구소 출판부, (1980).
- 유혜자·이혜자·변성례, 황토를 이용한 면직물의 염색, 한국의류학회지, 21(3), 600-606(1997).
- 황규은·남성우·김인희, 황토를 이용한 면직물의 천연염색, 한국염색가공학회 추계학술발표논문집, 36-39(1998).
- 황은경·김한도, 황토에 의한 견직물의 원적외선가공, 한국섬유공학회 추계학술발표논문집, 126-128(1998).
- 김현성·지동선, 양모직물의 황토염색에 관한 연구, 한국섬유공학회 추계학술발표논문집, 145-148(1998).
- 유태환·민재홍·김인희·남성우, 맥반석을 이용한 건강, 쾌적가공, 한국염색가공학회 추계학술발표논문집, 74-78(1998).
- S. P. Hersh and P. L. Grady, Needle Heating During High-Speed Sewing, *Text. Res. J.*, 39(2), 101-120(1969).
- K. Poppenwimmer, Sewing Damage of Knits: How Finishers Can Help Prevent It, *Am. Dyest.*

*Rep.* 70, 24–29(1981).

- 11) 鎌田 佳伸, 常松 茂美, 木下 陸肥路, 仲 三郎, 縫製時における 針と布の相互作用, 日本繊維學會誌, 33(4), T157–T165(1977).
- 12) K. A. Brooks, R. J. Harwood, Some Observation on the Performance of the L&M Sewability Tester, *J. Text. Inst.*, No. 6, 419–425(1986).
- 13) B. Ann Matthews and Trevor J. Little, Sewing Dynamics, Part I : Measuring Sewing Machine Forces at High Speeds, *Text. Res. J.*, 58(7), 383–391(1988).
- 14) R. A. Khan, S. P. Hersh, and P. L. Grady, Simulation of Needle–Fabric Interaction in Sewing Operations, *Text. Res. J.*, 40(6), 489–498(1970).
- 15) 堀野 恒雄, 西島 啓子, 川西 定子, ミシン針の布貫通舉動 (第1報)低速度域での 布貫通, 引抜き時の發生力と布の變形狀態, 繊維機械學會誌, 30(1), 71–82(1977).
- 16) 大池 仁美 等, 各種紳士服地を貫通する針にかかる力と布物性, 日本繊維學會誌, 45(2), 66–73(1989).
- 17) 川西 定子 等, 工業用本縫いミシン針の空縫い時の最大貫通力に影響を及ぼす布の因子について, 繊維製品消費科學會誌, 28(11), 39–46(1987).