

이완 상태에 따른 직물 구조 모델의 적합성에 관한 연구

김성희, 전봉수, 양철곤, 배지현
성균관대학교 섬유공학과

1. 서 론

지금까지 직물의 특성을 고찰하기 위하여 직물의 구조에 대한 기하학적인 모델들이 많은 연구자들에 의해 소개되어 왔다. 1937년에 Peirce[1]가 원형 단면의 모델을 제안하면서 부터 이 모델을 기본으로 한 기하학적 모델에 대한 연구가 활발히 진행되어 이후 여러 가지 모델이 제시되었다.

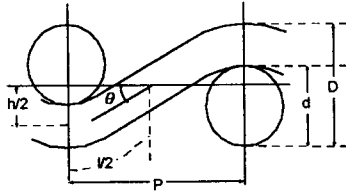
그러나 직물의 구조는 직물의 이완 상태에 따라 다르기 때문에 현재 상태로 되기까지의 직물의 이력, 즉 직기 상에 있는지, 또는 어느 정도의 이완 상태에 있는지 등을 고려하여야 한다. 그 한가지 예로, Ellis와 Munden[2]은 4가지의 직물 상태에 대해 직물 단면의 모양이 어떻게 변하는지를 관찰하였다. 여기서 고찰한 4가지 상태는 (a) 직물이 직기 상에 있을 때(in loomstate), (b) 직물을 평평한 곳에서 2주간 완화시킨 상태(dry-relaxed), (c) (b) 상태의 직물을 적어도 12시간 물 속에 두었다가 다시 평평한 곳에서 완화시킨 상태(wet-relaxed), (d) (c)상태의 직물을 1시간동안 회전식 건조기(tumble-dryer)로 건조시킨 상태(wet-relaxed and tumbled) 등이다. 이러한 직물 상태에 따른 실의 직경의 변화를 실험한 결과 직물의 완화정도가 커질수록 직경이 커지는데 여기서 직경은 직물평면에 대해 수직으로 측정된 값이며 이와 같이 수직으로 측정된 단면의 직경은 평행으로 측정된 단면의 직경에 비해 항상 작은 값을 나타낸다고 보고하였다. 또한 실의 flattening 정도는 직물의 밀도가 조밀할수록 증가하고, 완화 정도가 클수록 감소한다는 사실을 보였다. 따라서, 동일한 직물일지라도 완화 정도에 따라 직물의 단면 형태에 차이가 있다는 것을 알 수 있다.

이와 같이 직물의 이완 상태에 따라 직물의 단면이 다른 형태를 가지고 있음에도 불구하고 지금까지는 직물의 이완 상태를 고려하지 않고 오직 하나의 모델만을 사용하여 직물의 구조적 특성을 고찰하여 왔다. 그러므로 본 연구에서는 여러가지 기하학적 모델을 설정한 후 직물의 이완 상태에 따라 어떠한 모델이 적합한지를 비교 검토함으로써 직물의 이완 상태에 따라 가장 적합한 모델을 선택하고자 하였으며 기하학적 모델을 비교하는 척도로서 직물의 크립프를 사용하였다.

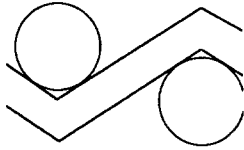
2. 실험

2.1 직물 구조 모델

직물 구조의 모델들 중에서 가장 잘 알려진 5가지의 모델과 구조식[3, 4]은 Fig. 1과 같다.



(a) Peirce model



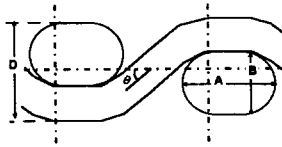
$$p_i = l_i \cos \theta_i$$

$$h_i = l_i \sin \theta_i$$

$$d_i + d_j = h_i + h_j$$

$$(l_i^2 = p_i^2 + h_i^2, \tan \theta_i = \frac{h_i}{p_i})$$

(b) Straight line model



$$p_i = A_j - B_j + (l_i' - D\theta_i) \cos \theta_i + D \sin \theta_i$$

$$h_i = (l_i' - D\theta_i) \sin \theta_i + D(1 - \cos \theta_i)$$

$$l_i = l_i' + A_j - B_j$$

$$F_{F_i} = A_i / B_i$$

$$\alpha_i = A_i B_i - B_i^2 (\pi/4 - 1)$$

$$h_i + h_j = D$$

$$D = B_i + B_j$$

(d) Racetrack model

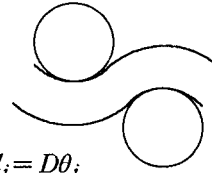
$$p_i = (l_i - D\theta_i) \cos \theta_i + D \sin \theta_i$$

$$h_i = (l_i - D\theta_i) \sin \theta_i + D(1 - \cos \theta_i)$$

$$D = h_i + h_j$$

$$D = d_i + d_j = h_i + h_j$$

(for $i=1, j=2$ and $i=2, j=1$)



$$l_i = D\theta_i$$

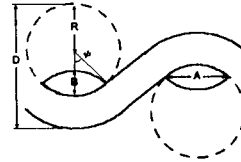
$$p_i = D \sin \theta_i$$

$$h_i = D(1 - \cos \theta_i)$$

$$D = d_i + d_j$$

$$(\cos \theta_i + \cos \theta_j = 1, \sin \theta_i = \frac{p_i}{D})$$

(c) Circular-arc model



$$p_i = (l_i - D_i\theta_i) \cos \theta_i + D_i \sin \theta_i$$

$$h_i = (l_i - D_i\theta_i) \sin \theta_i + D_i(1 - \cos \theta_i)$$

$$D_i = 2R_i + B_i$$

$$F_{F_i} = A_i / B_i$$

$$\sin \phi_i = 2F_{F_i} / (1 + F_{F_i}^2)$$

$$A_i = 2R_i \sin \phi_i$$

$$B_i = 2R_i(1 - \cos \phi_i)$$

$$\alpha_i = 2R_i^2 (\phi_i - \sin \phi_i \cos \phi_i)$$

$$h_i + h_j = B_i + B_j$$

(e) Lenticular model

Fig. 1 The geometry of plain weave

여기서 변수의 수와 방정식의 수를 고려해 보면 일부의 변수의 값만 주어진다면 나머지 변수들의 값은 계산에 의하여 구해질 수 있다는 것을 알 수 있다. 이러한 모델들은 실의 밀도와 변수 그리고 크립프율과 같이 일반적으로 쉽게 측정할 수 있는 값들로부터 직물 전체의 구조를 결정하는데 사용될 수 있다.

2.2 시 료

가공처리가 되어 있지 않은 평직물로서 면직물 2종, 모직물 2종, 그리고 폴리에스테르 직물 2종을 사용하여 실험하였다.

2.3 시 료 처 리

6종의 시료에 대해 다음과 같이 3가지의 이완 상태를 부여하였다.

1) dry-relaxed samples (DR)

각 시료를 상온에서 평평하게 유지시킨다.

2) wet-relaxed samples (WR)

상온에서 평평하게 유지시킨 시료를 12시간이상 30℃의 물속에 담가두었다가 다시 평평한 곳에서 건조시킨다.

3) tumbled samples (T)

12시간이상 물속에 담가두었던 시료를 tumble-dryer로 1시간 정도 건조시킨다.

2.4 크 린 프 측 정

3가지 이완상태로 처리한 6종의 시료에 대해 구성사의 변수 및 밀도와 경위사의 크립프를 측정된 결과 Table 1.과 같았다. 여기서, 크립프율은 KS K 0417의 초하중을 이용하여 구하였다. 또한 여러가지 모델의 경우 Broyden 방법[5]으로 연립방정식을 풀어서 이론적인 크립프값을 구하였다.

3. 결 과 및 고 찰

Table 2.는 DR의 상태로 이완된 직물의 크립프 정도를 나타낸 값으로서 Fig. 1.에서 제시한 Peirce model, straight line model, circular-arc model에 대한 이론식으로부터 구한 크립프값과 실제로 측정된 크립프 값의 차이를 제공하여 합한 값이다. 여기에서 보면 면직물, 모직물, 폴리에스테르 직물 모두 straight line model이 가장 적합한 것으로 나타났다. Table 3.는 WR 상태로 이완된 직물의 경우를 나타내었다. WR 상태 역시 모두 straight line model이 가장 적합한 것으로 나타났지만, 면직물의 경우 Peirce model과 circular-arc model에 접근했으며 오히려 straight line model로부터 멀어지고 있음을 알 수 있었다. T 상태로 이완된 직물의 경우는 Table 4.와 같다. T 상태로 이완된 경우 모직물과 폴리에스테르 직물은 straight line model이 적합한 것으로 나타났지만, 면직물에서는 Peirce model이 가장 적합한 것으로 나타났다.

Table 1. Specifications of fabric samples

		linear density (tex)	crimp(%)			fabric density(no./in.)		
			DR	WR	T	DR	WR	T
cotton	①W	14.8	0.8	0.6	1.4	78.4	78.6	78.8
	①F	14.8	6.7	14.6	17.5	73.2	77.3	79.2
	②W	29.5	4.4	8.5	10.8	59.7	61.1	61.7
	②F	29.5	5.6	9.2	11.0	56.1	60.2	61.9
wool	③W	25.0	3.8	2.6	3.3	71.6	70.4	71.1
	③F	25.0	4.2	7.5	7.7	62.8	67.1	69.0
	④W	25.0	5.4	5.0	5.2	63.6	63.8	65.8
	④F	25.0	5.0	3.2	3.9	59.8	62.0	64.0
polyester	⑤W	16.7	2.4	3.0	2.7	156.0	156.0	156.5
	⑤F	16.7	0.3	0.2	0.4	86.0	86.0	86.3
	⑥W	16.7	2.1	2.3	2.8	166.0	166.0	166.0
	⑥F	8.3	0.4	1.2	0.9	89.5	89.5	89.8

* DR; dry-relaxed samples, WR; wet-relaxed samples, T; tumbled samples, W; Warp , F; Filling

Table 2. The sum of squares of difference between the crimp obtained from the models and the experimental one in dry-relaxed state

DR	Peirce	straight	circular-arc
cotton	0.1060	0.0063	0.1042
wool	0.2021	0.0001	0.1079
polyester	0.3520	0.0015	0.3487

Table 3. The sum of squares of difference between the crimp obtained from the models and the experimental one in wet-relaxed state

WR	Peirce	Straight	Circular-arc
cotton	0.0446	0.0372	0.0705
wool	0.2282	0.0050	0.1026
polyester	0.3420	0.0022	0.3429

Table 4. The sum of squares of difference between the crimp obtained from the models and the experimental one in tumbled state

T	Peirce	Straight	Circular-arc
cotton	0.0223	0.0506	0.0608
wool	0.2378	0.0038	0.0975
polyester	0.3357	0.0017	0.3432

4. 결 론

이완 상태에 따라 여러가지 직물의 기하학적인 모델에 대한 적합성을 고찰하기 위하여 직물의 경위사 크립프를 구한 후 모델로부터 구한 이론적인 크립프와 비교한 결과 전반적으로 모든 이완 상태에서 straight line model이 가장 적합한 것임을 알 수 있었다. 그러나 이완상태가 커질수록 straight line model의 경우 실험치와의 오차가 크며, 오히려 다른 구조 모델들이 어느정도 근접하는 결과를 보였다. 특히 면직물의 경우 직물이 완전히 이완되었을 때는 Peirce model이 가장 적합한 구조 모델임을 알 수 있었다.

5. 참 고 문 헌

1. F. T. Peirce, *J. Text. Inst.*, **28**, T45 (1937).
2. P. Ellis and D. L. Munden, *J. Text. Inst.*, **64**, 279 (1973).
3. J. W. S. Hearle and W. J. Shanahan, *J. Text. Inst.*, **69**, 81 (1978).
4. W. J. Shanahan and J. W. S. Hearle, *J. Text. Inst.*, **69**, 92 (1978).
5. William H. Press, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling and Brian P. Flannery, "Numerical Recipes in C", Cambridge (1992).