

닮음 법칙에 의한 굽힘 및 드레이프 형상의 해석

서 정 권 · 이 정 육*

한양여자전문대학 의상과, *동국대학교 가정교육학과

Analysis of Shapes of Bending and Draping by the Model Rule

Jung Kwon Suh · Jung Uk Rhee*

Dept. of Apparel Design, Hanyang Women's Jr. College

*Dept. of Home Economics Education, Dongguk University

(1996. 8. 6 접수)

Abstract

The factors to presume the shapes of bending and draping were examined in this study, by applying the similar phenomenon and theory of analysis. The findings were as followings:

1. The value of deflection angle (ψ) of deflection curve were almost consistent with those of π number and the shapes of deflection curve were congruent, under the condition of that the values of EI/w are almost similar and the lengths of samples are consistent.
2. The values of drape area, drape coefficient, mean of deflection angle, and π number were consistently estimated and the shapes of drape were almost the same, under the condition of that the values of EI/w are similar and the diameter of samples are consistent.
3. In using the samples with different values of EI/w , scale factor, k_1 , was obtained from the formula, $\sqrt[3]{(EI'/w')/(EI/w)}$, the shapes of bending of the referent samples and comparative smaples was geometrically similar, which the lengths of samples were L , L' and were satisfied with the formula, $k_1 = L'/L$, and their π number were also consistent.
4. In applying the samples with different values of EI/w , scale factor (k_1) was obtained and then, when semidiameter of samples was adjusted to be satisfied with the formula, $k_1 = L'/L$, the shapes of draping of referent samples and comparative samples were geometrically similar. Furthermore, their π number was also consistent.
5. The shapes of bending and draping could be changed in terms of three factors such as the lengths of samples, bending ridigity, and weights per unit area. π number was obtained from theory of similar phenomenon, which was index to presume shapes of bending and the shapes of draping getting from the three factors.

I. 서 론

의복 특히 원피스나 스커트의 입체형상은 천의 굽힘 특성, 드레이프성 및 자중(自重) 등에 의해 좌우된다고 할 수 있다. 예를 들면, 굽힘강성이 큰 뱃뻣한 천은 착장시 체형에 좌우되지 않고 천 독자적으로 형태를 형성하는 경향을 나타내지만, 굽힘강성이 작은 유연한 천은 자중에 의한 드레이핑 효과에 의해 체형에 따른 착장형태를 나타내는 바와 같이 천의 굽힘강성은 의복의 입체 형성능력을 평가하는데 중요한 항목이기 때문에 이에 대한 많은 연구가 이루어져 왔다^{1,2)}. 또한 드레이프성은 3차원의 입체형상을 평가하는 중요한 인자이므로 많이 연구되었다^{3,4)}.

천의 굽힘형상의 경우, 일반적으로 천은 매우 유연하여 천의 종류에 따라서 굽힘형상에 차이가 많고, 또 동일한 천이라도 시료의 길이에 따라서 굽힘각이 다르며, 미소 변형으로부터 큰 변형에 이르기까지 여러가지 형상을 나타낸다. 한편 의복설계에 있어서는 단순히 굽힘형상으로부터 천의 굽힘강성을 결정하는 것 뿐만 아니라, 역으로 굽힘강성이 주어졌을 때 천의 굽힘형상을 추정할 수 있는 것도 중요한 의미를 가지고 있다. 그 점에서 특히 큰 변형상태에서의 천의 굽힘거동을 정확히 파악하는 것이 필요하다. Inagaki 등은 cantilever법을 사용하여 simulation에 의한 천의 굽힘곡선을 해석하는 방법을 제안하였으며⁵⁾, 원형과 모형의 대비에 의한 닮음현상의 해석이론⁶⁾을 사용하여 천의 특성과 굽힘형상과의 관계를 검토하였다⁷⁾.

본 연구에서는 닮음현상의 해석이론을 사용하여 굽힘형상과 드레이프 형상을 추정하기 위한 인자에 대하여 검토하였다. 즉, 굽힘형상과 드레이프 형상은 굽힘강성, 시료의 길이, 단위면적당 중량에 의해 달라질 수 있는데, 이들 인자에 따른 굽힘형상과 드레이프 형상을 조사하고, 이 세가지 인자로 부터 굽힘형상과 드레이프 형상을 추정할 수 있는 지수 즉, π number를 닮음현상의 이론으로부터 구하였다.

II. 닮음 현상의 해석

원형과 모형이 닮음이라면 모형의 모든 요소가 원형의 대응하는 요소와 닮음이 되어야 한다⁸⁾. 즉 하나 하

나의 요소는 기하학적인 닮음 뿐만 아니라 그 운동에 관계하는 요소 등 모든 물리량에 대해서 닮음이 성립되어야 한다. 그 조건을 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$q^* = \frac{q_1}{q'_1} = \frac{q_2}{q'_2} = \dots = \frac{q_i}{q'_i} = \dots = \frac{q_r}{q'_r} = \dots = \frac{q_n}{q'_n} \quad (1)$$

여기서 q^* 는 닮음비(相似比, scale factor), q_i 는 원형의 변수, q'_i 는 대응하는 모형의 변수이다. 식 (1)을 다시 쓰면

$$\frac{q_i}{q_r} = \frac{q'_i}{q'_r} \quad (2)$$

이 된다. 여기서 $1 \leq i \leq n$, $1 \leq r \leq n$, 단 $i \neq r$, q_i/q_r 의 비를 π number라고 부른다. π number로서 닮음의 조건을 나타내면

$$\pi = \pi' \quad (3)$$

이다. 여기서 π 는 원형의 π number, π' 는 모형의 π number이다. π number는 원형 현상에 있어서의 모든 동종의 변수 또는 변수의 조합의 비를 의미하는 것으로서, 식 (3)은 원형과 대응하는 모형이 닮음이라는 것을 정의한 것이다. 예를 들면, q 가 길이를 의미하는 경우에는 원형의 기하학적 형상은 여러가지 길이의 비인 π number로 규정되며, 모형의 π number가 원형의 것과 같다면 모형의 형상이 원형과 닮음이 된다는 것이다. π number는 동종의 물리량의 비이기 때문에 당연히 무차원 수(dimensionless number)이다. 예를 들면, poisson 비, 마찰계수뿐만 아니라 유체의 운동에 관한 Reynolds 수나 Mach 수 등도 π number이다.

1. 닮음법칙(相似則, model rule)에 의한 굽힘형상 해석

Fig. 1에 나타낸 cantilever법에 의한 기준 천(원형)의 heavy elastica의 평형방정식은 Hummel과 Morton⁸⁾에 의해 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$EI \frac{d^2\psi}{ds^2} = ws \cos \psi \quad (4)$$

여기서 EI 는 천의 굽힘강성, w 는 천의 단위면적당 중량, ψ 는 P점에서의 처짐각, s 는 자유단으로부터 P점까지의 거리이다. 또한 시료 천(모형)도 식 (4)에 의해 나타내면

$$EI' \frac{d^2\psi'}{ds'^2} = w's' \cos \psi' \quad (5)$$

이 성립될 것이다. 그리고 기준 천과 대응하는 시료 천

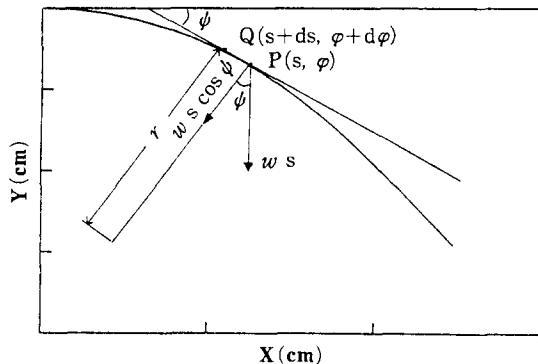


Fig. 1. Deflection curve by the cantilever method of fabric with bending rigidity, EI and with weight per unit area, w .

의 물리량은 모두 탊음비에 의해서 나타낼 수 있다고 하면, 시료 천의 현상의 식은 식 (1)에 의해 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{EI}{EI^*} \frac{d^2\psi}{ds^2} \frac{s^{*2}}{\phi^*} = \frac{w}{w^*} \frac{s}{s^*} \frac{\cos \psi}{\cos \psi^*} \quad (6)$$

여기서 *의 값은 각각의 변수간의 비 즉, 식 (4)의 탊음비를 나타낸다. 따라서 식 (4)와 식 (6)을 비교하면

$$\frac{s^{*2}}{EI^* \phi^*} = \frac{1}{w^* s^* \cos \psi^*} \quad (7)$$

의 관계를 얻을 수 있다. 따라서 식 (7)의 물리량을 탊음 법칙에 의해 π number로 표시하면

$$\pi = \frac{wL^3 \cos \phi}{EI \phi} \quad (8)$$

로서 얻어진다. 여기서 L 은 s 대신에 사용한 천의 길이이다.

따라서 기준 천과 시료 천이 기하학적으로 탊음이라면

$\psi = \psi'$, $\cos \phi = \cos \phi'$ 가 성립하므로

$$\frac{wL^3 \cos \phi}{EI \phi} \rightarrow \frac{wL^3}{EI} = \frac{w'L'^3}{EI} \quad (9)$$

이 얻어진다. 따라서 식 (9)로부터

$$\frac{L'}{L} = \sqrt[3]{\frac{EI'}{w'} / \frac{EI}{w}} = k_1 \quad (10)$$

의 탊음 조건이 얻어진다. 여기서 k_1 은 탊음비이다.

2. 탊음법칙에 의한 드레이프형상 해석

Fig. 2에 나타낸 바와 같이, 서로 다른 반경의 기준

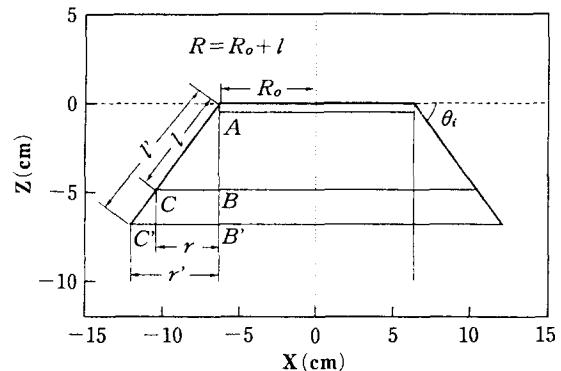


Fig. 2. Model of frustum of cone for equation (11).

천과 시료 천에 대한 드레이프형상의 탊음법칙은 다음과 같이 해석할 수 있다.

$$\frac{\sqrt{A_s/\pi} - \sqrt{A_o/\pi}}{\sqrt{A_s/\pi} + \sqrt{A_o/\pi}} = \frac{r'}{r} = k_2 \quad (11)$$

여기서 A_s , A_s' 는 기준 천과 시료 천의 드레이프된 투영 면적, A_o 는 지지 원판의 면적이다. 드레이프 길이 l , l' 가 식(10)의 탊음비 k_1 에 의해 결정되었다면 A_s , A_s' 의 측정 결과로 부터 얻어지는 식 (11)의 k_2 는 k_1 과 같게 된다. 이 관계는 드레이프된 시료의 투영면적(이하 드레이프 면적)과 동일한 면적을 가지는 원의 반경에 의해 만들어지는 원뿔대의 삼각형 ABC(기준 천)와 AB'C(시료 천)와의 탊음을 구하는 것이며, 이는 기준 천과 시료 천의 평균 처짐자이 같아진다는 것도 의미한다.

III. 실험 방법

1. 시료

실험에 사용한 시료는 국내에서 시판되는 직물로서, 굽힘강성(EI) 및 단위면적 중량당 굽힘강성(이하 EI/w) 등을 가능한한 광범위하게 선택하였으며, 이들 시료의 특성치를 Table 1에 나타냈다. 시료 B1~B10은 굽힘형상의 측정에 사용된 것들이고, 시료 D1~D7은 드레이프형상의 측정에 사용된 것들이다.

한편 섬유집합체인 천은 그 구조에 있어서 경·위사의 종류, 천의 조직 및 밀도 등이 다양하기 때문에 기본적으로 불균일하므로 시료의 길이에 따른 굽힘강성의

Table 1. Specifications of samples.

Sample	Weave	Fiber content (%)	Weight, w (g/m ²)	Bending rigidity, EI (g·cm ² /cm)	EI/w (cm ³)
B1	Plain	Cotton (100)	121	0.07	6.14
B2	Plain	Polyester (50)		0.10	6.17
		Wool (50)	160		
B3	Plain	Polyester (60)		0.16	6.37
		Wool (40)	250		
B4	Plain	Cotton (100)	160		
B5	Twill	Polyester (90)	253	0.12	7.74
		Wool (10)		0.20	7.76
B6	Twill	Acetate (100)	104		
B7	Satin	Acryl (100)	192	0.15	14.18
B8	Plain	Wool (55)		0.29	15.31
		Polyester (45)	228	0.20	8.61
B9	Basket	Cotton (100)	197		
B10	Plain	Cotton (50)		1.17	59.54
		Polyester (50)	148	1.24	184.12
D1	Twill	Polyester (60)	242	0.183	7.00
		Wool (40)			
D2	Twill	Wool (100)	246	0.175	7.14
D3	Plain	Polyester (100)	175	0.137	7.26
D4	Basket	Cotton (100)	160	0.135	25.24
D5	Plain	Cotton (100)	251	0.660	26.30
D6	Plain	Wool (55)	228	0.200	8.61
		Polyester (45)			
D7	Basket	Cotton (100)	197	1.170	59.54

변동률 ΔEI 를 다음 식으로 부터 구하였다⁵⁾.

$$\Delta EI = \frac{(EI)_{\text{MAX}} - (EI)_{\text{MIN}}}{2EI} \times 100\% \quad (12)$$

여기서 \overline{EI} 는 평균 굽힘강성, $(EI)_{\text{MAX}}$, $(EI)_{\text{MIN}}$ 은 굽힘강성의 변동중 최대치 및 최소치이다. 본 연구에서는 ΔEI 가 5% 이내인 시료를 사용하였다.

또한 Table 1에 나타낸 드레이프 형상을 구하기 위한 시료 D1~D7의 EI/w 는 경·위사 방향의 평균치를 나타낸 것이며, 경·위사 방향의 이방성에 따른 드레이프 형상의 차이를 줄이기 위하여 경사와 위사 방향의 EI/w 의 차이가 20% 이내인 시료를 사용하였다.

2. 굽힘강성

시료의 굽힘강성은 KS K 0815 강연도 측정방법 중 슬라이드법에 준하여 2 cm × 15 cm의 시험편을 경, 위

사방향으로 각각 5매씩 채취하고, 슬라이드형 강연도 측정기를 사용하여 시험편 돌출부의 길이 l (cm)과 시험편의 자유단이 처진 거리 δ (cm) 값을 구하였다. 이를 값과 시료의 단위면적당 중량 (g/cm²)으로부터 Inagaki 등⁵⁾에 의해 개발된 모멘트-면적(moment-area) 법⁹⁾을 사용하여 굽힘강성 EI 를 산출하였다.

3. 드레이프 계수

드레이프 계수를 구하기 위하여 KS K 0815에 준하여 직경 25.4 cm의 시험편을 각 3매씩 제작한 후, 시작한 드레이프성 측정기¹⁰⁾를 사용하여 시험편의 앞과 뒤에 대하여 드레이프 형상을 계측하고, 드레이프 형상의 좌표점으로부터 투영면적률을 구하여 그 평균값을 산출하였다. 드레이프 계수는 다음 식에 의하여 산출하였다.

$$\text{드레이프 계수} (\%) = \frac{A_s - A_d}{A_o - A_d} \times 100 \quad (13)$$

여기서, A_s 는 평면투영도의 면적, A_d 는 지지원판의 면적, A_o 는 시험편의 면적이다.

IV. 결과 및 고찰

1. 단위면적 중량당 굽힘강성(EI/w)이 비슷한 시료의 기하학적 형상

1) 굽힘형상

Table 2에 시료의 EI/w 와, 시료의 길이를 3 cm와 4 cm로 하여 얻은 굽힘곡선으로부터 구한 처짐각 ϕ 및 식 (8)로 부터 구한 π number를 나타냈다. Table 2에서 볼 때, 시료 B1, B2, B3와 시료 B4, B5 및 시료 B6, B7의 EI/w 는 거의 비슷한 시료들이며, 이들 시료의 길이가 3 cm 및 4 cm 모두 시료의 길이가 같은 경우에는 처짐각 ϕ 가 거의 일치하고 있다. 처짐각 ϕ 가 거의 일치한다는 것은 굽힘곡선의 형상이 동일하다는 것이며, 이는 기하학적 형상이 합동임을 의미하는 것이

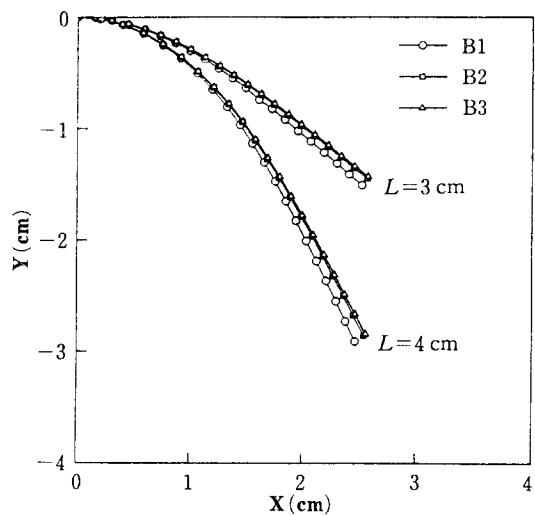


Fig. 3. Case showing congruent shapes of deflection curve of samples which lengths, L and the ratio of bending rigidity per weight, EI/w are the same.

Table 2. Values of π number and the deflection angle, ϕ at the free end on deflection curve by the cantilever method.

Sample	EI/w (cm ³)	$L=3\text{ cm}$		$L=4\text{ cm}$	
		ϕ (deg.)	π number	ϕ (deg.)	π number
B1	6.14	41.29	4.83	64.87	4.11
B2	6.17	39.35	4.86	63.21	4.18
B3	6.37	38.89	4.87	62.79	4.20
B4	7.74	34.40	4.95	58.52	4.36
B5	7.76	32.72	4.97	56.94	4.39
B6	14.18	19.03	5.12	39.01	4.87
B7	15.31	19.18	4.99	38.53	4.88

Table 3. Variation of drape area, drape coefficient, mean of deflection angle and π number with bending rigidity per weight.

Sample	EI/w (cm ³)	Drape Area (cm ²)	Drape Coefficient (%)	θ (deg.)	π number
D1	7.00	333.3	54.4	51.5	25.33
D2	7.14	328.6	53.1	52.1	24.23
D3	7.26	338.7	55.8	50.3	25.66
D4	25.24	437.4	81.8	28.0	18.30
D5	26.30	440.8	82.6	27.9	17.67

다.

시료 B1, B2, B3에 대하여 시료의 길이를 3cm와 4cm로 했을 때 cantilever법에 의한 굽힘곡선을 Fig. 3에 나타냈다. Fig. 3에서 실선은 Inagaki 등이 개발한 simulation⁹⁾에 의해 구한 굽힘곡선이고, 점들은 실측한 것으로서 거의 일치하였다.

따라서 이 simulation에 의한 굽힘특성의 평가방법은 타당한 방법이라고 생각된다. Fig. 3에 나타낸 바와 같이, 시료의 길이가 같은 경우 시료 B1, B2, B3의 굽힘형상은 거의 비슷하게 나타났는데, 이로써 시료의 길이가 같고 EI/w 가 동일한 시료의 기하학적 형상은 합동이라고 할 수 있다.

한편 Table 2에 나타낸 식 (8)로부터 구한 π number는 이들 천의 굽힘곡선에 영향을 미치는 굽힘강성 EI , 단위면적당 중량 w , 시료의 길이 L 에 의해서 구한 것으로서, EI/w 가 비슷하고 시료의 길이가 같은 시료들의 π number는 거의 비슷하게 나타났다. 즉, 기하학적 형상이 비슷한 시료의 π number는 거의 일치하였으며, 이로부터 π number는 굽힘곡선의 기하학적 형상을 예측 또는 비교할 수 있는 무차원수라고 할 수 있다.

따라서 EI/w 가 같은 시료는 시료의 길이가 같은 경우 π number가 같고, 또한 이들 시료의 기하학적 형상은 합동이라고 할 수 있다.

2) 드레이프 형상

Table 3에는 EI/w 가 비슷한 시료의 드레이프형상을 비교하기 위하여 드레이프 면적, 드레이프 계수, 평균 처짐각 및 π number를 나타냈다. EI/w 가 비슷한 시료 D1, D2, D3와 시료 D4, D5를 비교 할 때, EI/w 가 비슷한 경우 드레이프 면적, 드레이프 계수 및 평균 처짐각도 거의 비슷하게 나타나고 있다. 이들 드레이프 면적과 평균 처짐각이 일치한다는 것은 기하학적 형상이 동일하다는 것을 의미한다고 할 수 있다. Fig. 4는 시료 D1, D2, D3의 드레이프형상을 나타낸 것으로

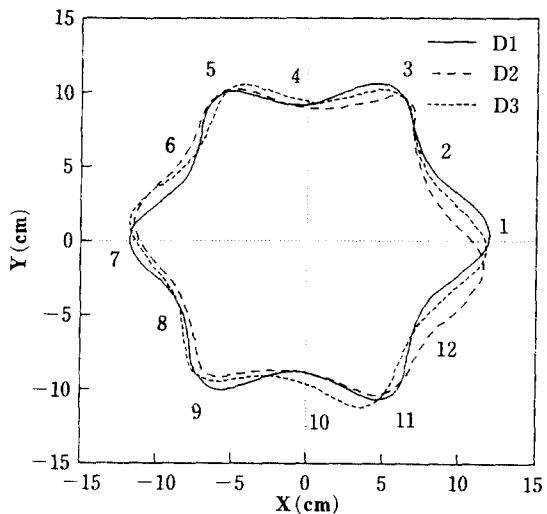


Fig. 4. Case showing similarity of draped shapes of samples which have similar bending rigidity per weight.

Table 4. Comparison of deflection angle, θ_s of samples D1, D2, and D3 at each positions showing in Fig. 4.

Position	θ_s (deg.)		
	D1	D2	D3
1	27.09	31.02	30.59
2	60.40	68.25	64.26
3	31.89	35.66	35.26
4	64.14	66.10	62.63
5	37.04	35.53	36.33
6	64.37	55.37	61.13
7	31.23	35.12	30.38
8	60.79	64.42	60.11
9	31.37	41.43	34.72
10	67.34	67.35	61.83
11	30.98	35.91	30.28
12	66.58	51.48	62.69
Mean	47.77	48.97	47.52

Table 5. Values of π number and the deflection angle, ψ of samples B8, B9, and B10 at the free end on deflection curve by the model rule.

Sample	EI/w (cm ³)	k_1	L (cm)	ψ (deg.)	π number
B8	8.61	1.00	3.00	30.87	5.00
B9	59.54	1.91	5.72	29.09	5.41
B10	184.12	2.78	8.33	30.90	4.99

로서 비슷한 형상을 나타내고 있으며, 또한 Table 4에는 Fig. 4에 나타낸 각 node부분에서의 척짐각 θ_s 를 나타냈는데, 거의 비슷하게 나타났다. 따라서 드레이프 형상 역시 EI/w 가 같고 시료의 직경이 같은 경우에는 합동이 된다고 할 수 있다.

또한 기하학적 형상을 예측할 수 있는 π number의 경우도 드레이프 형상이 비슷한 시료들의 π number는 비슷하였다. 따라서 시료의 π number를 구하면 드레이프 형상 또한 예측할 수 있을 것이라고 생각된다.

2. 단위면적 중량당 굽힘강성 (EI/w)이 다른 시료의 기하학적 형상

1) 굽힘형상

Table 5는 EI/w 가 서로 다른 천으로서 B8을 기준 천, B9, B10을 시료 천으로 하여 닦음조건식 $\sqrt{(EI'/w')/(EI/w)} = k_1$ 으로 부터 닦음비 k_1 을 구하

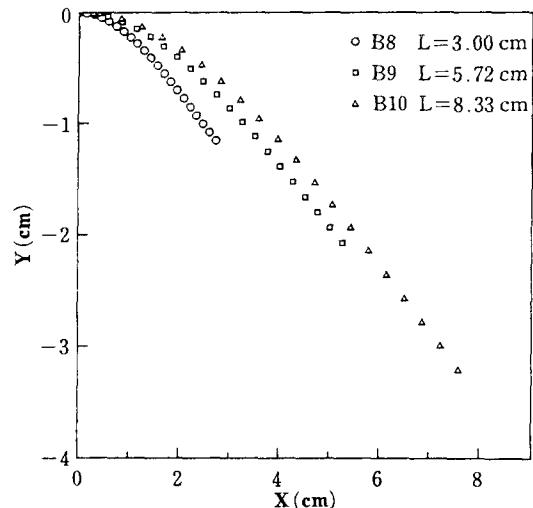


Fig. 5. Case showing similar shapes of the deflection curve of samples B8, 9, 10 which values of bending rigidity per weight EI/w are different.

Table 6. Comparison of the calculated values of sample B8($L=3$ cm) by the simulation, with those B9, B10 which L 's are corrected by the eq.(10).

Number of segment	B8 $L=3.00$ cm		B9 $L=5.72$ cm		B10 $L=8.33$ cm		$B8$	$B9$	$B10$
	X_{8i} (cm)	Y_{8i} (cm)	X_{9i} (cm)	Y_{9i} (cm)	X_{10i} (cm)	Y_{10i} (cm)			
1	0.150	-0.006	0.286	-0.010	0.416	-0.016	2.3	2.0	2.2
2	0.299	-0.022	0.570	-0.039	0.830	-0.061	6.1	5.8	6.2
3	0.447	-0.048	0.853	-0.086	1.240	-0.134	10.0	9.4	10.1
4	0.593	-0.082	1.132	-0.147	1.646	-0.229	13.1	12.3	13.2
5	0.737	-0.124	1.408	-0.222	2.046	-0.345	16.3	15.2	16.2
6	0.879	-0.172	1.681	-0.308	2.440	-0.479	18.7	17.5	18.8
7	1.019	-0.226	1.950	-0.404	2.829	-0.628	21.1	19.6	21.0
8	1.157	-0.284	2.216	-0.509	3.213	-0.790	22.8	21.5	22.9
9	1.294	-0.347	2.479	-0.621	3.591	-0.964	24.7	23.1	24.7
10	1.428	-0.412	2.740	-0.739	3.966	-1.146	25.9	24.3	25.9
11	1.562	-0.481	2.998	-0.862	4.336	-1.336	27.2	25.5	27.2
12	1.694	-0.552	3.254	-0.989	4.704	-1.533	28.3	26.4	28.2
13	1.826	-0.624	3.509	-1.119	5.068	-1.734	28.6	27.0	28.9
14	1.956	-0.698	3.762	-1.252	5.431	-1.940	29.6	27.7	29.6
15	2.086	-0.773	4.014	-1.387	5.791	-2.148	30.0	28.2	30.0
16	2.215	-0.849	4.266	-1.523	6.150	-2.359	30.5	28.4	30.4
17	2.345	-0.925	4.517	-1.660	6.509	-2.571	30.3	28.6	30.6
18	2.473	-1.002	4.767	-1.798	6.867	-2.784	31.0	28.9	30.8
19	2.602	-1.079	5.018	-1.937	7.224	-2.997	30.8	29.0	30.8
20	2.731	-1.155	5.268	-2.075	7.582	-3.211	30.5	28.9	30.9

Table 7. Comparison between scale factor, k_1 which was obtained from eq.(10) and scale factor, k_2 which was obtained from eq.(11).

Sample	EI/w (cm ³)	k_1	L (cm)	R (cm)	Drape Area (cm ²)	k_2	θ (deg.)	π number
D6	8.61	1.00	6.35	12.70	353.7	1.00	47.1	24.64
D4	25.24	1.43	9.09	15.44	479.6	1.41	47.9	23.85
D7	59.54	1.85	11.75	18.10	650.2	1.89	45.8	25.94

고, $k_1 = L'/L$ 을 만족하도록 시료의 길이 L 을 조절하여 얻은 굽힘곡선(Fig. 5)으로부터 구한 처짐각 ϕ 와 π number를 나타낸 것이다. 이를 시료의 처짐각 ϕ 및 π number가 거의 동일한 값이 얻어졌는데, 이는 굽힘곡선의 기하학적 형상이 닮음이라고 할 수 있다. 한편 이를 시료의 굽힘곡선을 나타낸 Fig. 5로부터 각 segment에서의 처짐각 ϕ_i 를 구하여 Table 6에 나타냈다. Table 6에 나타낸 바와 같이 이를 시료의 각 segment에서의 처짐각 ϕ_{8i} , ϕ_{9i} , ϕ_{10i} 또한 거의 비슷한 값을 보였다.

따라서 천의 EI/w 및 L 의 값이 다르면 굽힘곡선의 기하학적 형상은 달라지므로 처짐각 및 π number도 달라지게 되어 닮음이라고는 할 수 없다. 그러나 EI/w 가 다른 경우 닮음조건식 (10)으로부터 닮음비 k_1 을 구하고, 닮음비를 만족하도록 시료의 길이를 조절하면 두 천사이의 굽힘곡선은 합동이 되지 않더라도 닮음법칙의 이론에 의해 기하학적 형상이 닮음이 될 수 있다. 즉, EI/w 및 L 이 다른 천일지라도 굽힘곡선에 있어서 기하학적 형상의 닮음조건이 존재한다는 것이다.

2) 드레이프 형상

굽힘형상과 같이 닮음조건을 드레이프 형상에도 적용하여 EI/w 가 다른 천일지라도 시료의 직경을 조절하면 닮음의 조건이 성립될 것인지 검토하였다.

Fig. 2에 나타낸 바와 같이 R_o 는 지지원판의 반경이고 R 은 시료의 반경일 때, $I = R - R_o$, $I' = R' - R_o$ 로부터 정해지는 I , I' 의 관계가식 (10)으로부터 구한 닮음비 $k = I'/I$ 가 되도록 조절하고 시료의 반경 R' 를 구하여 드레이프성 시험을 하였다. Table 7에는 이들 시료의 드레이프 면적과 이 드레이프 면적으로부터식 (11)에 의해서 구한 닮음비 k_2 , 그리고 평균 처짐각 및 π number를 나타냈다. EI/w 가 서로 다른 시료의 닮음비 k_1 과 k_2 가 잘 일치하고 있으며, 평균 처짐각 θ 및 π number가 거의 동일한 값을 보였다. 한편 Fig. 6은

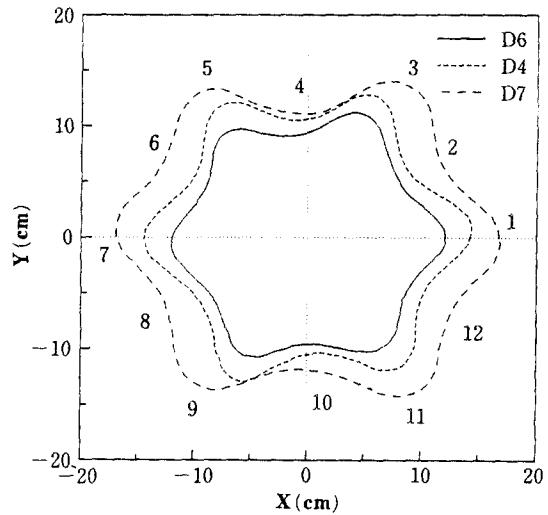


Fig. 6. Case showing similarity of draped shapes of samples which have different bending rigidity per weight.

Table 8. Comparison of deflection angle, the θ_s of samples D6, D4, and D7 at each positions showing in Fig. 6.

Position	θ_s (deg.)		
	D6	D4	D7
1	30.42	27.91	25.11
2	54.47	62.13	61.55
3	35.83	33.35	25.34
4	67.46	62.41	63.37
5	35.85	31.46	29.69
6	48.60	56.49	54.95
7	29.18	27.65	25.86
8	52.05	58.73	56.13
9	33.78	29.39	28.36
10	63.25	63.51	59.29
11	29.54	29.94	29.37
12	49.39	56.61	55.25
Mean	44.20	45.02	42.93

이들 시료의 드레이프 형상을 나타낸 것이고, Table 8 은 드레이프 형상의 각 node 부분에서의 처짐각 θ_s 를 나타낸 것으로서, 드레이프 형상의 경우 각 node 부분의 처짐각이 완전히 일치할 수는 없지만 어느 정도는 비슷하게 나타나고 있으며, 이들 처짐각의 평균은 비슷하게 나타났다.

따라서 드레이프 형상 역시 EI/w 가 서로 다른 시료라 할지라도 탊음비에 의해 시료의 반경을 조절함으로써 기하학적으로 탊음조건이 성립될 수 있음을 알았다.

V. 결 론

탐음현상의 해석이론을 사용하여 굽힘형상과 드레이프 형상을 추정하기 위한 인자에 대하여 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. EI/w 가 비슷하고 시료의 길이가 같은 경우, 굽힘곡선의 처짐각 ϕ 및 π number가 거의 비슷하게 나타났으며, 굽힘곡선의 형상이 거의 동일하게 나타났다.

2. EI/w 가 비슷하고 시료의 직경이 같은 경우, 드레이프 면적, 드레이프 계수, 평균 처짐각 및 π number가 거의 비슷하게 나타났으며, 드레이프 형상이 거의 동일하게 나타났다.

3. EI/w 가 다른 시료의 경우, $\sqrt[3]{(EI'/w)/(EI/w)} = k_1$ 으로부터 탐음비 k_1 을 구하고, $k_1 = L'/L$ 을 만족하는 시료의 길이가 각각 L , L' 인 기준 천(원형)과 시료 천(모형)의 굽힘형상은 기하학적으로 탐음이며, 이들의 π number는 거의 일치하였다.

4. EI/w 가 다른 시료의 경우, 탐음비 k_1 을 구하고, $k_1 = L'/L$ 을 만족하도록 시료의 반경을 조절하면 기준 천과 시료 천의 드레이프 형상은 기하학적으로 탐음이 되며, 이들의 π number 역시 거의 일치하였다.

5. 굽힘형상과 드레이프 형상은 천의 굽힘강성, 시료의 길이, 단위면적당 중량에 따라 달라질 수 있는데, 탐음현상으로부터 구해지는 π number는 이를 세가지 인자를 종합하여 나타낸 지수로서, π number를 알면 그 천의 굽힘형상 및 드레이프형상을 예측할 수 있다.

참 고 문 헌

- 1) 綾田雅子, 丹羽雅子, ギャザ-スカートの形態にかかる布の力学特性(第1報)-据角度に及ぼす布の自重ならびに曲げ特性の影響, 日本家政學會誌, 41(4), 25-32, (1990).
- 2) 綾田雅子, 丹羽雅子, ギャザ-スカートの形態にかかる布の力学特性(第2報)-ヘムラインに及ぼす布の曲げ特性の影響, 日本家政學會誌, 42(1), 75-81, (1991).
- 3) 日本纖維高分子材料研究所 研究報告, “縫製準備工程におけるパターン自動作圖システムに関する研究”, No.142, 5, 1984.
- 4) 須田博子, 桶口ゆき子, フレア-スカートのドレープ性に関する研究, 日本女子大學紀要, 33, 81-89, (1986).
- 5) Nakayama, A. & Inagaki, K. On the Evaluation of the Bending Rigidity of Clothes. *Sen-I Gakkaishi*, 40 (1), T-44-52, (1984).
- 6) 江守一郎, “模型實驗の理論と應用”, 東京:技報堂出版, 1988.
- 7) 稲垣勝彦, 長井茂明, カンチレバ-法による布状物質の曲げ變形曲線の相似性, 名古屋市立女子短期大學研究紀要, 第51集, 47-58, (1993).
- 8) 서정권, 이정욱, 직물의 평면 드레이프 계수와 측면 드레이프 계수와의 관계, 한국의류학회지, 20(3), 519-526, (1996).
- 9) 西本秀雄, “強度を中心とした纖維製品の物理的性質”, 東京:日本高分子化學刊行會 1964.