

衣服材料의 物理的 特性에 關한 研究(I)
—Wool/polyester 混紡織物의 混紡率에 따른 物性變化—

金 泰 勳 · 金 承 辰*

嶺南大學校 家政大學 衣類學科

A Study on The Physical Properties of Textile Materials(I)

—Effect of Blend Ratio of Wool/Polyester Fabrics on
the Change of Physical Properties—

Tae Hoon Kim, Seung Jin Kim*

Dept. of Clothing & Textiles, College of Home Economics, Yeung Nam University

(1985. 3.12 접수)

Abstract

To determine the change of the mechanical properties of the wool/polyester blend fabrics in proportion to blend ratio, 16 mechanical properties were measured on 6 blend fabrics by KES-F system.

Blend ratio on the 6 blend fabrics was increased by 20%, and the structure of the fabric were plain, 2/2 twill, respectively. And wearing performances in proportion to blend ratio on the 6 blend fabrics were investigated.

In this experiment, the following conclusions were obtained with the increase of blend ratio of polyester.

1) The values of WT, RT in tensile properties, tensile energy and elongation, and RC in compressional properties were decreased.

2) The values of B, 2HB in bending properties, 2HG, 2HG5 in shearing properties were increased.

3) Putting on clothes, wearing performance was bad because crumbling of shape and wrinkle were easily made an appearance. Particularly it was remarkably bad as blend ratio of polyester was expressed 60%.

I. 序 論

衣服이 體型에 適合하고 機能을 만족시키면서 아름다운 外觀을 간직한다는 것은 重要하다고 생각된다.

그 例로서 衣服을 입었을 때의 편함, 縫製하기 쉬운, 着用時의 衣服의 아름다움등이 있으며, 이는 布의 性能이 늘어지기 어려운 것은 衣服의 着用에 어렵고 늘어지기 쉬운 것은 安定이 잘 안되고 着用中에 형무너짐의 原因이 되므로 適切하게 늘어지는 性質을 지닌 布

* 서울大學校 工科大學 纖維工學科

* Dept. of Textile Engineering, College of Engineering, Seoul National University

Table 1. Characteristics of the Samples

Blend Ratio(%) (wool/polyester)	Cloth Constructure	Count (Nm)	Density (/in)	Thickness (mm)	Weight (mg/cm ²)
100/ 0	Plain	2/80	69×60	0.50	15.9
80/ 20				0.47	15.2
60/ 40				0.48	16.0
40/ 60				0.46	15.9
20/ 80				0.47	15.8
0/100				0.48	16.2
100/ 0	2/2 Twill	2/80	92×80	0.60	25.5
80/ 20				0.60	25.5
60/ 40				0.60	25.3
40/ 60				0.67	25.3
20/ 80				0.61	24.7
0/100				0.63	25.1

가 要求되는 것 등으로 설명할 수가 있다.

이와같이 衣服의 着用性能과 布의 物理的 性質사이에는 密接한 關係를 가지므로 布의 最適合한 性能을 찾는 것은 意義가 있는 것으로 생각된다.

衣服의 着用感에 만족을 주는 材料의 性能에 關한 調査, 研究는 主로 態(handle)에 對한 官能檢査에 의한 研究¹⁾를 主로 하여 handle의 計測에 關한 研究²⁻⁷⁾, handle에 關한 官能量과 物理量과의 關係⁸⁻¹¹⁾ 등 handle의 評價를 主로 하는 研究와 더불어 布의 伸張特性에 關한 研究¹²⁻¹⁴⁾, 剪斷變形에 關한 研究¹⁵⁻¹⁹⁾, 壓縮特性에 關한 研究²⁰⁻²³⁾, bending에 關한 研究²⁴⁻²⁹⁾, 등이 있다.

最近에 와서는 日本의 Kawabata에 의해 考案된 KES-F 試驗機에 의해서 이들 物性值를 綜合的으로 計測할 수 있게 됨에 따라 그 研究는 더욱더 活潑히 進行되고 있다. KES-F 試驗機를 使用하여 研究된 報文²⁷⁻³⁰⁾ 들은 이들 物性值를 綜合하여 多變量解析이나 主成分分析을 통해 織物의 handle에 關한 解析을 目的으로 하고 있다.

이와같은 方法으로 解析되어지는 경우에 있어서는全體를 포괄적으로 解析하는대는 重要한 意味를 가지지만, 하나 하나의 原因分析을 행하는대는 不充分하다고 생각되어 진다. 그러므로 本 研究에서는 KES-F 試驗機를 使用하여 wool과 polyester의 混紡率이 20%씩 差異를 가진 織物의 物性值를 測定하여 混紡率의 差에 따른 物性變化를 調査, 報告하고자 한다.

II. 實 驗

1. 試 料

實驗에 使用한 試料는 wool 100%에서 polyester 100%까지의 各 混紡率이 20%씩 다른 6種의 糸로시 平織과 綾織으로 製織된 混紡織物(日本市販品)을 구입하여 使用하였으며 그 特性은 Table 1. 과 같다.

2. 實驗方法

混紡率이 20%씩 다른 平, 綾織物을 20×20 cm, 20×3.5 cm의 크기로 各 20個씩 作成하고 이들 試料는 測定하기 하루전에 hopman press機로 oven steaming을 30초간 행한 後, 恒溫恒濕으로 conditioning했다. Conditioning 後의 各 試料는 KES-F(4臺)를 使用하여 16項目의 物性值를 測定하였다²⁹⁾.

2-1. 引張特性的 實驗

20×20 cm의 크기의 試料를 KES-FB 1試驗機에 걸어 最大荷重 500 g/cm까지의 引張舉動을 X-Y recoder로 Fig. 1과 같은 graph를 그려 그 graph로부터 다음의 特性을 算出했다.

LT: Linearity(unit; non)

WT: Tensile energy per unit area(unit; g·cm/cm²)

RT: Resilience(unit; %)

2-2. 굽힘 特性

20×20 cm의 크기의 試料를 切斷하여 KES-FB 2 試

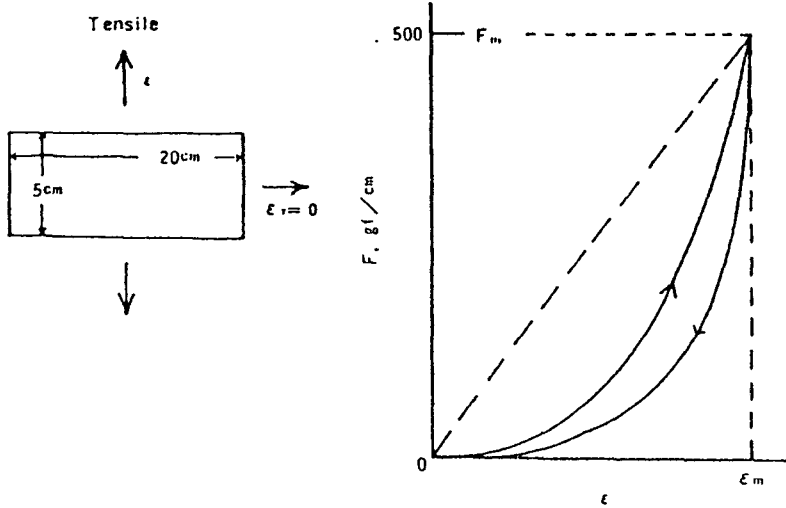


Fig. 1. Tensile property.

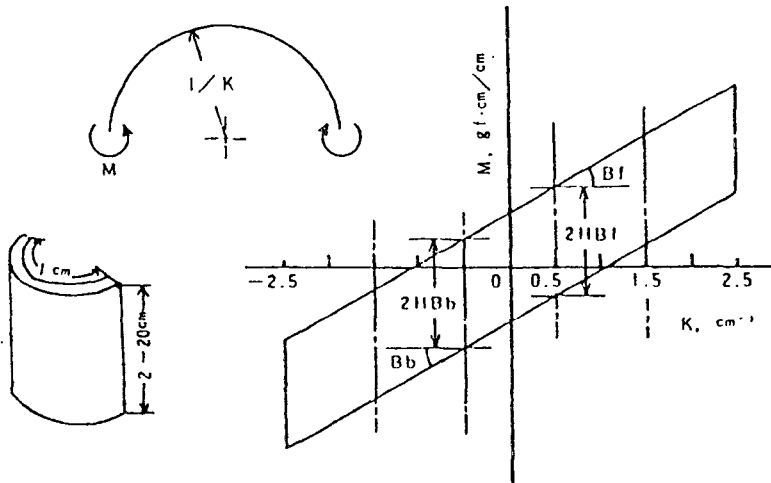


Fig. 2. Bending property.

驗機에 걸어 X-Y recorder 로 굽힘舉動을 Fig. 2와 같은 graph 로 그리고 X graph 로부터 B 및 2HB를 읽는다.

B: Bending rigidity per unit length(unit; g·cm²/cm)

2HB: Moment of hysteresis per unit length (unit; g·cm/cm)

2-3. 剪斷 特性

試料의 크기는 引張特性測定時와 같이 하여 KES-FB 1 試驗機에 걸어 Fig. 3(a)와 같은 方法으로 緯糸方向으로 剪斷變形을 주어 Fig. 3(b)와 같은 graph 를 그리

고 graph 로부터 다음 特性值를 얻는다.

G: Shear stiffness(unit; g/cm, degree)

2HG: Hysteresis at shear angle $\phi=0.5$ degree (unit; g/cm)

2HG 5: Hysteresis at $\phi=5$ degree(unit; g/cm)

단, G=Shear force per unit length/shear angle

2-4. 壓縮 特性

試料의 크기는 굽힘特性 測定時와 같이 하여 KES-FB 3 試驗機에 걸어 Fig. 4와 같은 graph 를 그리고 이 graph 로부터 다음의 特性值를 계산한다.

LC: Linearity(unit; non)

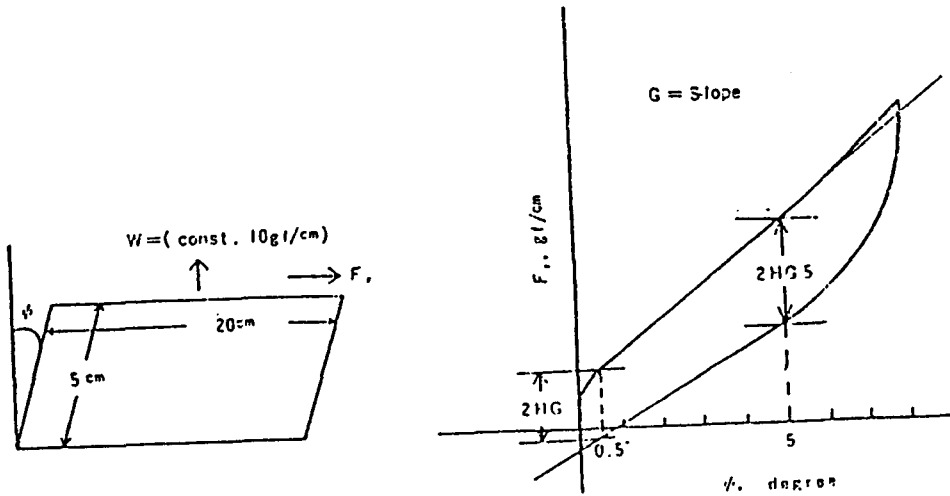


Fig. 3. Shearing property.

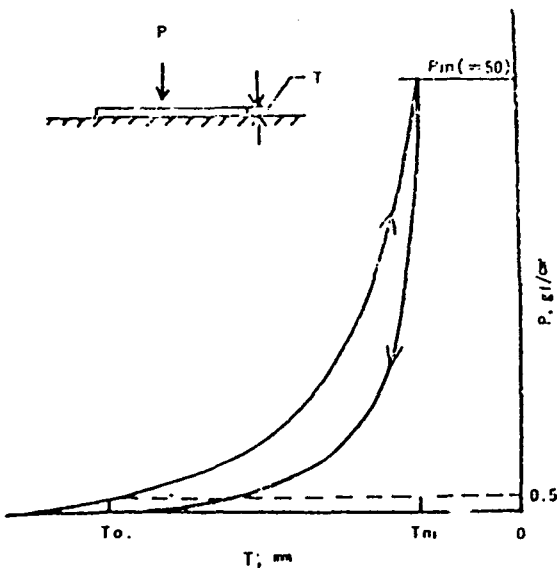


Fig. 4. Compressional property.

WC: Energy required for compression(unit; g·cm/cm²)

RC: Resilience(unit; %)

2-5. 表面特性

試料은 20×3.5 cm의 크기로 切斷하여 경위사 方向으로 KES-FB 試驗機에 接어 X-Y recorder로 表面特性을 graph로 그리고 graph로부터 다음 값을 계산한다.

MIU; Mean value of the coefficient of friction (unit; non)

MMD; Mean deviation of coefficient of friction (unit; non)

SMD; Mean deviation of surface roughness(unit; micron)

2-6. 두께 및 重量特性

T: Thickness at pressure 0.5 g/cm²(unit; mm)

W: Weight per unit area(unit; mg/cm²)

III. 實驗結果 및 考察

3-1. 引張特性值

Table 2는 wool/polyester의 各 混紡率에 따른 平織物과 綾織物의 引張特性值을 나타낸 다음, 이들 特性值가 混紡率에 따라 어떤 相關關係를 나타내는가를 알기 위해 相關係數를 計算하고 有意性 檢定을 한 것이다. Table 2에서 보여지는 바와같이 LT의 값은 polyester의 混紡率이 높아지더라도 그 값에는 아무런 相關關係가 나타나지 않으나 WT나 RT의 값은 polyester 混紡率의 增加와 負의 相關關係를 나타내고 있다. 이것은 500 g/cm의 荷重에서는 polyester의 WT나 RT의 값이 wool보다 못하기 때문인 것으로 解析되어지는 것이다. 또한 人間이 어떤 動作을 할 때, 날이는 피부의 伸度는 상당히 큰 값을 나타낸다.

그러므로 人間이 着用하는 衣服은 사람의 피부가 늘

Table 2. The Results of Tensile properties

Blend ratio(%) (wool/polyester)	Plain			Twill		
	LT	WT	RT	LT	WT	RT
100/ 0	0.724	8.73	67.7	0.725	11.33	67.3
80/ 20	0.708	8.41	68.0	0.743	9.49	67.6
60/ 40	0.684	8.10	67.3	0.706	8.13	66.5
40/ 60	0.714	7.16	65.2	0.707	8.34	56.8
20/ 80	0.715	6.98	62.0	0.729	7.42	58.4
0/100	0.760	6.84	60.3	0.731	7.60	57.8
Correlation coefficient	0.504	-0.9690**	-0.8404**	-0.0759	-0.8948**	-0.8679**

** Significant at 1% level.

Table 3. The Results of Tensile energy & elongation

Properties Blend ratio(%) (wool/polyester)	Tensile energy		Tensile elongation (%)			
	Plain	Twill	Plain		Twill	
			50 g/cm	500 g/cm	50 g/cm	500 g/cm
100/ 0	8.73	11.33	1.5	4.6	2.2	6.2
80/ 20	8.41	9.49	1.5	4.6	1.6	4.8
60/ 40	8.10	8.13	1.6	4.5	1.6	4.5
40/ 60	7.16	8.34	1.4	4.0	1.6	4.6
20/ 80	6.98	7.42	1.2	3.8	1.4	4.1
0/100	6.84	7.60	1.0	3.5	1.3	4.0
Correlation coefficient	-0.9696**	-0.8948**	-0.8549**	-0.9602**	-0.8723**	0.8741**

** Significant at 1% level.

어나는 만큼의 伸張에 適應되지 못하면 着用感이 좋지 못하게 된다. Table 3은 polyester 混紡率에 따른 tensile energy 와 織物의 伸度를 나타낸 것이다. Polyester 混紡率이 增加함에 따라 平織, 綾織 모두 tensile energy 및 伸度는 減少하고 있으며 따라서 着用性能이 나쁘게 됨을 알 수 있다. 한편 이 變化는 引張荷重 50 g/cm 보다 500 g/cm 에서는 훨씬 큰 變化를 보이고 있다.

即 wool의 混紡比가 增加함에 따라 衣服의 着用狀態에서 活動이 편함을 알 수 있다.

3-2. 굽힘特性值

Table 4는 wool/polyester의 各 混紡率에 따른 平織과 綾織物의 굽힘特性值를 나타낸 다음, 相關關係를 調査한 것이다.

Table 4에서 보여지는 바와같이 平織에서는 B 및 2 HB가 공히 polyester의 混紡率이 增加함에 따라 增

Table 4. The Results of Bending properties

Blend ratio(%) (wool/polyester)	Plain		Twill	
	B	2 HB	B	2 HB
100/ 0	6.61×10^{-2}	2.00×10^{-2}	14.2×10^{-2}	4.11×10^{-2}
80/ 20	6.49	2.15	14.6	4.37
60/ 40	8.42	2.92	13.7	4.23
40/ 60	7.99	3.85	15.0	8.05
20/ 80	8.14	4.89	14.5	7.11
0/100	8.56	4.61	14.5	8.03
Correlation coefficient	0.837**	0.960**	0.173	0.8649**

** Significant at 1% level.

加하는 陽의 相關關係를 나타내고 있다. 이것은 polyester가 wool 보다 굽힘剛性(B)이 크서 굽힘이 어렵고 2 HB 即 굽힘회복성도 좋지 못하다는 것을 意味하

Table 5. The Results of Shearing properties

Blend ratio(%) (wool/polyester)	Plain			Twill		
	G	2HG	2HG5	G	2HG	2HG5
100/ 0	1.37	0.79	3.60	1.39	0.94	4.00
80/ 20	1.08	0.66	3.05	1.31	1.01	4.17
60/ 40	1.21	0.78	4.09	1.19	1.02	3.71
40/ 60	1.34	0.97	4.08	1.29	1.16	4.15
20/ 80	1.13	0.80	4.07	1.15	1.33	4.49
0/100	1.34	1.20	5.46	1.37	2.26	5.99
Correlation coefficient		0.746*	0.8286**		0.829**	0.7484*

* Significant at 5% level

** Significant at 1% level.

Table 6. The Results of Compressional properties

Blend ratio(%) (wool/polyester)	Plain			Twill		
	LC	WC	RC	LC	WC	RC
100/ 0	0.160	0.100	60.3	0.175	0.126	58.3
80/ 20	0.153	0.093	60.4	0.171	0.126	58.2
60/ 40	0.164	0.099	58.8	0.172	0.130	57.6
40/ 60	0.165	0.101	54.8	0.193	0.160	55.1
20/ 80	0.165	0.101	56.6	0.172	0.133	56.7
0/100	0.165	0.101	52.7	0.177	0.134	55.7
Correlation coefficient			-0.905**	0.1285	0.248	-0.8034**

** Significant at 1% level.

는 것이라고 생각되며 絨物組織上 綾織에서는 B의 相關關係가 나타나지 않는 것은 交錯點사이의 糸의 自由端의 길이가 糸의 成分보다 縮힘강성에 더 큰 影響을 미치기 때문에 綾織의 自由端의 길이가 平織보다 길므로서 생기는 현상이라고 생각된다.

3-3. 剪斷特性值

Table 5는 剪斷特性值의 結果와 그 相關關係를 調査한 것이다.

Table 5에서 平織이나 綾織에서 polyester의 混紡率이 增加함에 따라 G는 아무런 相關關係가 없으나 2HG와 2HG5는 陽의 相關關係를 나타내고 있다. 이것은 polyester의 混紡率이 增加함에 따라 경, 위사間의 磨擦力이 增加하여 剪斷時의 energy가 糸間의 磨擦力에 많이 消費되기 때문에 剪斷-回復 hysteresis의 幅의 差가 크게 나타난다고 생각된다.

3-4. 壓縮特性值

Table 6은 壓縮特性值의 結果와 그 相關關係를 나타

낸 것이다. Table 6에서 볼 수 있는 바와같이 平織이나 綾織에서 公히 RC만이 負의 相關關係를 나타내고 있다. 이것은 polyester가 wool보다 壓縮回復率이 저다는 것을 意味하는 것이라고 생각된다.

3-5. 表面特性值

Table 7은 表面特性值의 結果와 그 相關關係를 調査한 것이다. Table 7에서 polyester의 混紡率이 增加함에 따라 MIU, MMD, SMD의 값이 多少 增加하는 傾向은 보여지나 平織에서의 SMD, 綾織에서의 MIU의 값을 除外하고는 有意性이 없는 것으로 나타나고 있다. 여기서 또, wool과 polyester가 混紡되어 있을 때는 表面特性에 큰 變化가 없으나 polyester가 100%일 때는 현저히 큰 값을 나타내는 것을 볼 수 있는데 이것은 polyester에 wool의 混紡이 特性에 중요한 影響을 미친다고 할 수 있다.

以上과 같이 各物性值와 混紡率과의 相關關係를 分析할 수 있다.

Table 7. The Results of Surface properties

Blend ratio(%) (wool/polyester)	Plain			Twill		
	MIU	MMD	SMD	MIU	MMD	SMD
100/ 0	0.171	3.21×10^{-2}	6.84	0.165	1.47×10^{-2}	2.66
80/ 20	0.170	3.19	7.13	0.163	1.46	2.71
60/ 40	0.165	2.90	7.20	0.166	1.44	2.75
40/ 60	0.167	3.10	6.98	0.167	1.40	2.65
20/ 80	0.173	3.33	7.54	0.177	1.40	2.75
0/100	0.194	3.45	8.00	0.188	1.52	2.80
Correlation coefficient	0.569	0.513	0.859**	0.845**	0.034	0.63

** Significant at 1% level.

Table 8. The Results of Mechanical properties related with the Deformation behavior of Woven fabrics

Blend ratio(%) (wool/polyester)	Mechanical properties	B/W	2 HB/W	2 HB/B	2 HG/G	MMD/SMD	WC/W	$\sqrt[3]{B/W}$	$\sqrt{2 HB/W}$
		Plain	100/ 0	4.15×10^{-3}	1.25×10^{-3}	3.02×10^{-1}	5.76×10^{-3}	4.69×10^{-3}	6.30×10^{-3}
	80/ 20	4.26	1.41	3.31	6.11	4.47	6.10	12.27	3.75
	60/ 40	4.67	1.62	3.46	6.44	4.03	5.50	11.30	4.02
	40/ 60	5.02	2.42	4.81	7.23	4.44	6.40	12.57	4.91
	20/ 80	5.15	3.09	6.00	7.07	4.42	6.40	17.73	5.55
	0/100	5.28	2.89	5.38	9.10	4.31	6.20	12.63	5.37
Correlation coefficient		0.979**	0.948**	0.918**	0.914**	-0.406	0.205	0.647	0.955**
Twill	100/ 0	5.56×10^{-3}	1.61×10^{-3}	2.89×10^{-1}	6.76×10^{-1}	5.53×10^{-3}	4.90×10^{-3}	2.05×10^{-2}	4.01×10^{-3}
	80/ 20	5.72	1.71	2.99	7.70	5.39	4.90	2.06	4.13
	60/ 40	5.41	1.67	3.08	8.57	5.24	5.10	2.04	4.08
	40/ 60	5.92	3.18	5.36	8.99	5.28	6.30	2.10	5.63
	20/ 80	5.87	2.87	4.90	11.56	5.09	5.40	2.13	5.35
	0/100	5.77	3.19	5.53	16.49	5.43	5.30	2.09	5.64
Correlation coefficient		0.558	0.875**	0.896**	0.957**	-0.459	0.480	0.731*	0.881**

* Significant at 5% level.

** Significant at 1% level.

3-6. 衣服着用時 形態 및 變形舉動

織物이 衣服으로 着用되어지는 경우에 着用時의 形態나 變形舉動에 關係되는 값은 이들 物性值를 組合시켜 解析할 수 있으므로 이들도 考察할 必要가 있다고 생각된다. 이들 物性值의 組合值가 가지는 意味는 다음과 같다.

B/W; 自頂으로 布가 아래로 드리워질 때의 形態에 關係하며 값이 지으면 값이 드리워지고 衣服이 된 후의 판이 좋지 않다.

2 HB/W; 自頂으로 布가 아래로 드리워질 때의 形態의 不確定에 關係하며 큰 값을 나타내면 形態가 不確定하고 動作했을 때의 布의 움직임에 있어서 liveliness가 不足하다.

2 HB/B, 2 HG/G; 큰 값을 가지면 着用에 의한 形 무너짐이나 주름이 생기기 쉽다. 適當한 값을 가진 것이 形態保持性이 우수하고 바느질이 쉽다.

MMD/SMD; 작은 값을 가지면 表面의 touch가 매끈매끈하고, 피부의 촉감의 좋고 나쁨에 關係한다.

WC/W; 큰 값을 가지면 섬유 伸縮도의 差에 比해서 壓

축이 부드러다.

WC/T; 큰 값을 가지면 壓縮이 부드러다.

W/T; 겉보기 比重으로 작은 값을 가지면 공기의 흡량이 크다.

$\sqrt{B/W}$; 布의 自重에 의하여 아래로 드리워지는데 關係하는 값으로 큰 값을 가지면 굽힘이 어렵고 drape 係數가 커진다.

$\sqrt{2HB/W}$; 布의 自重에 의해 아래로 드리워짐에 있어서 곡률 hysteresis 効果때문에 아래로 드리워지는 形狀의 形態不定에 關係하는 값으로 큰 값을 가지면 drape 形狀이 定해진 liveliness에 미치지 못한다.

Table 8은 特性値를 組合한 것이다. 이들 特性値도 polyester 混紡率의 增加에 따른 相關關係를 調査하였다.

Table 8에서 보여지는 바와같이 polyester 混紡率이 增加함에 따라 平織, 綾織 모두 2HB/B, 2HG/G의 값이 增加함을 볼 수 있으며 이것은 bending hysteresis와 shearing hysteresis의 값이 커지므로서 衣服着用時에 형무너짐과 구김이 發生하기 쉽다는 것을 意味한다. 卽 衣服着用時에 일어나는 여러가지 變形에 對한 原來狀態로의 回復은 wool의 比가 增加할 수록 良好한 結果를 보인다는 것을 말해준다. 또 한편 2HB/B, 2HG/G 값의 變化를 보면 wool 60%/polyester 40%까지는 그 變化의 幅이 적지만 wool 40%/polyester 60%에서는 이 값이 크게 變하므로 衣服着用性能에서 衣服의 形態保持性은 polyester의 混紡比가 60%를 넘으면 급격히 나빠진다는 것을 알 수 있다.

布의 drape性과 衣服을 着用해서 活動할 때 얼마나 편함을 느낄 수 있는나 하는 것은 B/W, 2HB/W 및 $\sqrt{2HB/W}$ 의 값으로 比較할 수 있는데 polyester의 混紡率이 增加함에 따라 이 값들이 크게 됨을 볼 수 있다. 이것은 polyester의 比가 增加함에 따라 布의 drape 形狀이 定해지지 않고 着用性能이 不良하게 된다는 것을 나타낸다. 여기서도 polyester의 比가 40%까지는 값의 變化가 적지만 60%가 넘으면 이 값들이 크게 增加하므로 着用性能面에서 크게 不良해짐을 알 수 있다.

IV. 結 論

Wool과 polyester의 混紡率에 따른 織物의 物性變化를 調査하기 위하여 混紡率의 差를 20%씩하여 만든 6種의 試料로써 16項目의 物性을 調査, 分析하고 考察한 結果, polyester의 混紡率이 增加함에 따라 다음

과 같은 結論을 얻었다.

1. 引張特性値인 WT, RT의 값은 감소한다.
2. Tensile energy 및 伸度는 감소한다.
3. 굽힘特性値인 B, 2HB는 증가한다.
4. 剪斷特性値인 2HG, 2HG5는 증가한다.
5. 壓縮特性値인 RC는 감소한다.
6. 衣服着用時 形무너짐과 구김이 發生하기 쉽고 着用性能이 不良하게 된다. 특히 polyester의 混紡比가 60%를 넘으면 현저히 나쁘게 된다.

參 考 文 獻

- 1) Binns, H., Comparison Between The Judgements of Individuals Skilled in The Textile Trade and Natural Judgements of Untrained Adults and Children, *J. Text. Inst.*, 17, 615, (1926)
- 2) 松尾達樹, 風合いに 關する 研究(I), 纖維機械學會誌, 23, 134, (1970)
- 3) 松尾達樹, 風合いに 關する 研究(II), 纖維機械學會誌, 21, 58, (1971)
- 4) Ibid, (III), 126, (1971)
- 5) 川端季雄外 2人, 薄手布의 風合いを 評價するための 力學特性 測定に 關する 研究, 纖維機械學會誌 37, 49, (1984)
- 6) 丹羽雅子, 計測による 風合い判斷 纖維機械學會誌 28, 503, (1975)
- 7) 川端季雄, 風合い計測の ための, 布의 力學特性의 キャラクタリゼーション, および その 計測システムについて, 纖維機械學會誌, 26, 722, (1973)
- 8) 小林茂雄, 織物의 觸感官能値と 物理量との 關係, 纖維製品消費科學誌, 6, 67, (1965)
- 9) 風間 健外 2人, 布의 主觀的 表現に 關する 研究, 纖維製品消費科學誌, 8, 125, (1967)
- 10) 大村 寧, 織物의 핸드リングに 關する 研究, 纖維製品消費科學誌, 9, 2, (1968)
- 11) 小林茂雄, 風合い의 表現に 關する 情報理論的 手法適用의 檢討, 纖維機械學會誌, 26, 1, (1973)
- 12) 白埜侃, 織物의 初期伸張特性に 關する 研究, 纖維學會誌, 19, 171, (1963)
- 13) J. Skelton外 1人, The Tensile Behavior of Woven Fabrics at Low and High Strain rates, *Text. R. J.*, 41, 187, (1971)
- 14) 渡邊明, 織物의 引張特性と 織物中の 糸의 變形,

- 繊維學會誌, 37, 71, (1981)
- 15) P. Grosberg 外 2人, The Mechanical Properties of Woven Fabrics, *Text. R. J.*, 38, 1085, (1968)
- 16) 丹羽雅子外 2人, 平織物のせん断變形特性に関する研究, 繊維學會誌, 23, 507, (1970)
- 17) 平山 順之, 織物の 剪断 しわについて, 繊維製品消費科學誌, 13, 471, (1972)
- 18) 丹羽雅子外 2人, 繰返しせん断變形によつて生じる織物の力學的性質の變化, 繊維機械學會誌, 34, 42, (1981)
- 19) M.F. Culpin, The Shearing of Fabrics, *J. Text. Inst.*, 70, 81, (1979)
- 20) 前島良外 2人, 繊維集合體の壓縮舉動とその回復に関する研究, 繊維學會誌, 19, 6, (1963)
- 21) 川端季雄外 2人, 織物の壓縮變形特性に関する研究, 繊維機械學會誌, 31, 74, (1978)
- 22) Ibid, 88.
- 23) G.A.V. Leaf 外 1人, The Compression of Yarns, *J. Text. Inst.*, 72, 176, (1981)
- 24) J.D. Owen, The Bending Behavior of Plain-Weave Fabrics Woven From Spun Yarns, *J. Text. Inst.*, 59, 313, (1968)
- 25) H.M. Elder 外 2人, The Bending Behavior of Plain Weave Fabrics at Medium Curvatures, *J. Text. Inst.*, 65, 519, (1974)
- 26) 中山晃外 1人, 布の曲げ剛さ評價に関する研究, 繊維學會誌, 114, 40, (1984)
- 27) 川端季雄, 風合い計量と規格化の研究, 繊維機械學會誌, 28, 27, (1973)
- 28) 川端季雄, 風合い評價の標準化と解析, 繊維機械學會誌, 35, 42 (1982)
- 29) 金承辰外 1人, 織物の 구김과 力學的性質과의相關性研究, 韓國纖維工學會誌, 20, 11, (1983)
- 30) 金德利外 1人, 織物の 力學的性質과 Handle에 關한 研究, 韓國衣服學會誌, 8, 161, (1984)