

## 동일 직물간의 마찰 특성

박정환<sup>1)</sup> · 김인현<sup>2)</sup>

1) 동의대학교 의상학과

2) 부산대학교 섬유공학과

## Frictional Characteristics Between Same Fabrics

Jung Whan Park<sup>1)</sup> and In Hyun Kim<sup>2)</sup>

1) Dept. of Clothing & Textiles, Dong Eui University, Busan, Korea

2) Dept. of Textile Engineering, Pusan National University, Busan, Korea

**Abstract :** In this study, the correlations of the two frictional testers have been investigated; one is the KES-FB4 system, the other is the Fabric-on-Fabric Frictional tester which was devised by authors. According to the results, the correlation between the frictional coefficients measured by the two testers has been shown highly as the load increased. But the effect of roughness of fabric surface was not clearly revealed in this study. The frictional characteristics of fabric woven from filament yarns were different with those of fabric woven from spun yarns. And, like the other materials, the effect of load on fabrics used in this experiment was related with the frictional force between two fabrics. The frictional behaviors, however, were obviously different with harder material because the frictional coefficients were not constant as the load increased.

**Key words :** frictional tester, roughness, KES-FB, frictional coefficients, spun yarns, filament yarns

### 1. 서 론

마찰은 우리주변에서 흔히 발생하는 평범한 현상이며 모든 운동에 있어 깊이 관여하고 있는 물리적인 성질이지만 상대적인 성질 때문에 보편적인 예측이 곤란한 물리적 특성중의 하나로 여겨져 왔다.

특히 마찰 현상은 텍스타일 전반에 걸쳐 발생하고, 섬유제조 공정이나, 의복을 착용 시에 느끼는 착용 감에도 중요한 요인으로 작용한다.

인장, 굽힘, 전단, 압축과 같은 역학적 특성과 마찬가지로 마찰도 섬유집합체인 실이나, 그 실로서 구성되는 직물의 경우엔 일반적인 고체역학으로 해결하기 어려운 현상들을 나타낸다. 의류용으로서의 직물은 재질면에서 부드럽고 여러 가지 제조공정 인자에 따라 그 역학적인 특성이 달라질 수 있기 때문에 목재나 금속과 같이 딱딱한 재료에 대하여 다루어지는 Tribology 측면의 일반적인 마찰법칙이 그대로 적용되기는 곤란한 것이 사실이다.

또한 직물사이의 마찰 특성은 오늘날 자동 의류제조공정에서 흔히 사용되는 CAM에 의한 자동재단이나 연단공정에 있어서 다양한 직물의 마찰거동을 이해함으로써 적절한 설계와 운

용을 도모할 수 있고, 봉제공정의 본 공정인 박음질하는 과정에서 야기 될 수 있는 직물사이의 마찰저항과 미끄럼이 충분히 고려되어야 한다는 점에서도 중요한 특성이라고 할 수 있다. 한편 이러한 마찰특성에 관한 연구들을 살펴보면, Howell (1959)은 아몬톤 법칙을 토대로 하여 여러 가지 고체에 있어서 마찰거동과 플라스틱 또는 섬유제품의 마찰, 마모 그리고 윤활에 관하여 연구하였으며 그들의 연구에서는 섬유제조공정인 방적공정과 권취 공정 등에서 실과 실린더 가이드 등과의 마찰이 공정상의 중요한 요인이 됨을 강조하였다.

한편 마찰이 직물의 태에 미치는 영향에 대한 연구로서는 Thorndike & Varley(1961) 등이 직물의 정적 마찰계수를 측정하여 직물 태에 관여하는 직물구조, 수분율 등이 정적마찰계수에 미치는 영향을 조사하였다. 특히 이들의 연구에 따르면 수분율은 마찰계수에 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

Howell & Mazur(1953)는 섬유재료에 있어서 아몬톤 법칙을 적용하기 위하여 물질상수인 마찰지수 ( $n$ )을 도입하여, 섬유의 마찰거동을 설명하였는데  $n$ 이 1일 때 완전 소성변형을 일으키는 물질로서 아몬톤 법칙의 적용이 가능하고, 일반적인 섬유물질의 경우에는 실험적으로  $n$ 이 0.67과 1사이의 값을 가진다고 하였다.

Wilson(1963)은 직물의 동적 마찰계수를 구하는 실험으로부터 직물에 가해지는 압력이 직물의 마찰에 미치는 영향을 조사함으로써 섬유재료의 접촉면적은 압력의 변화에 크게 영향을 받는다는 사실을 보여주었으며 직물의 경우에는 아몬톤의 마찰

Corresponding author: Jung Whan Park  
Tel. +82-51-890-1602, Fax. +82-51-890-1598  
E-mail: Parkjw@dongeui.ac.kr

제2법칙과 달리 동적 마찰계수가 일정하지 않음을 입증하였다.

한편 최근의 연구로서는 Zurek(1985) 등은 필라멘트사 직물의 마찰특성을 구성섬유의 형태학적인 측면에서 접근하려고 하였으며, 그의 이 연구에 따르면 동일직물을 마찰하는데 있어서 직물표면에 나타나는 구성사에 교차하는 방향으로 마찰될 때가 그 저항이 가장 크다는 연구 결과를 얻었다.

Carr *et al.*(1988) 등은 범용적으로 사용되는 의류용 직물의 마찰특성을 조사하여 Wilson D.이 제시한 모델의 적합성을 확인하였고, Seyam(1985)은 직물의 제직성의 한계에 관한 연구 중에서 위사의 밀도 및 균제성 등이 마찰계수와 거칠기에 미치는 영향에 관하여 연구 한 바 있다.

또한 Oh(1994) 등은 폴리에스테르 직물의 태에 관한 연구에서 폴리에스테르 직물의 표면특성을 KES-FB4로 측정된 실험 결과로부터 구성사의 꼬임 계수와 직물의 마찰특성사이에 높은 상관관계가 있음을 보고하였다.

현재까지 이루어진 연구 결과에서도 볼 수 있듯이 현재까지의 연구로는 실사이의 마찰과 공정 중에 발생할 수 있는 실과 가이드와 같은 기계장치와의 마찰, 그리고 섬유유제를 대상으로 하는 윤활유에 대한 연구가 주로 진행된 반면 직물을 대상으로 하는 마찰거동은 섬유나 실에 비하여 훨씬 복잡한 메카니즘을 요구하므로 이 방면의 연구는 거의 이루어지지 못하였다. 과거 50년대나 60년대의 일반적인 마찰이론을 바탕으로 한 직물에 대한 연구가 그나마 이루어져 왔으나 그후 이러한 직물마

찰에 대한 연구는 많이 이루어지지 않아 상대적으로 크게 미흡할 뿐 만 아니라 그러한 직물상호간의 마찰 메카니즘에 대해서도 정확히 규명되지 못하여 왔다.

실제 생산현장에서 이러한 직물의 마찰특성을 보다 효과적으로 예측하고 응용하기 위해서는 시험장치가 우선 개발되어야 하겠지만, Kawabata System 중 표면 시험기인 KES-FB4를 이용해서 직물상호간의 마찰특성치를 얻을 수 있다면 효과적으로 생산의 손실을 줄이는데 크게 기여할 것으로 생각된다. 그러나 KES-FB4의 메카니즘은 금속 접촉자 및 금속 와이어를 직물에 직접 마찰함으로써 Integrator에 의한 이동 변위 안에서의 평균 마찰계수와 마찰계수의 평균편차 및 표면 거칠기의 평균편차를 구하는 원리를 채택한다. 따라서 직물상호간의 마찰특성치를 예측하기 위해서는 우선 실제로 직물간의 마찰계수를 구하고 KES-FB4로 측정된 금속과 직물의 마찰특성치와 비교 분석하여 그 상관성을 조사하는 것이 바람직하다고 생각한다.

따라서 본 연구에서는 KES-FB4로 얻은 다수의 직물의 마찰특성치와 본 연구에서 제작된 직물간의 마찰실험장치로 측정된 동일 직물간의 마찰특성치와의 상관성을 분석함으로써 KES-FB4로 동일 직물간의 마찰특성의 예측 가능성 및 KES-FB4의 활용가능성을 검토하고자 하며 또한 직물의 구성인자, 합성섬유직물과 천연섬유직물의 재질에 있어 마찰특성의 차이점, 그리고 압력변화에 따른 마찰거동 등을 접촉점수의 변화의 측면에서 해석하여 직물마찰의 메카니즘을 밝히고자 한다.

Table 1. Characteristics of specimens

Sample No	Fiber content	Weave structure	Weight (g/m <sup>2</sup> )	Warp yarn count	Weft yarn count	warps/in	Weft/in
F1	100% polyester	plain	11.0	SD75	SD190	100	77
F2	100% polyester	plain	11.4	SD85	SD75	197	113
F3	100% polyester	plain	11.7	SD105	SD75	195	94
F4	100% polyester	plain	17.5	SD130	SD150	184	73
F5	100% polyester	plain	10.6	SD75	SD75	186	93
F6	100% polyester	plain	12.8	SD85	DTY150	197	96
F7	100% polyester	plain	18.1	SD130	DTY150	180	82
F8	100% polyester	plain	24.9	SD195	DTY150	152	79
F9	100% polyester	plain	27.2	SD195	DTY150	153	67
F10	100% polyester	plain	10.2	BY50	SD75	292	104
F11	100% cotton	plain	12.4	20s	20s	60	60
F12	R/C	plain	9.1	30s	30s	68	68
F13	100% cotton	plain	12.1	30s	30s	90	70
F14	100% cotton	plain	12.6	21s	21s	90	50
F15	100% cotton	plain	9.3	40s	40s	133	72
F16	100% cotton	plain	9.6	CM30s	CM30s	75	75
F17	100% cotton	3/1	27.3	5.5s	5.5s	56	38
F18	100% cotton	2/1	29.5	5.5s	5.5s	62	39
F19	100% cotton	2/1	25.1	CM16s	CM16s	106	69
F20	100% cotton	2/1	28.3	7.5s	7.5s	74	52
F21	100% cotton	2/1	28.7	7.5s	7.5s	74	52
F22	100% cotton	2/2	20	25.6s	25.1s	83	74
F23	100% cotton	2/2	21.5	29.77s	29.75s	76	75
F24	w80/p20	1/4	24.6	31.35s	31.35s	130	82
F25	w50/p50	2/2	23.1	28.71s	41.78s	118	113

## 2. 실험

### 2.1. 시료

시료는 폴리에스테르 직물 10종과 면직물, 모직물 및 혼방직물 15종으로 하여 모두 25종의 직물이 사용되었고 직물의 조직은 평직과 능직이다.

다음 Table 1은 본 실험에 사용된 시료의 특성을 나타내고 있다.

### 2.2. 실험장치 및 방법

**KES-FB4로 측정된 직물의 마찰특성** : 준비된 시료의 표면특성은 KATO-TECH 사의 KES-FB4인 표면 시험기로 마찰특성치인 MIU(평균마찰계수), MMD(마찰계수의 평균편차), 및 SMD(표면거칠기)를 측정하였다.

**Fabric-on-Fabric Friction Tester로 측정된 동일 직물간의 마찰특성** : 동일 직물간의 마찰 특성을 측정하기 위하여 다음의 Fig. 1과 같이 마찰측정장치를 제작하였다. 상부의 Sled와 하부의 Plate에 따로 동일직물을 고정시키고 Pulley에 의해 연결된 구동장치가 아래로 이동함에 따라 Sled가 수평운동을 함으로서 직물들이 서로 마찰하도록 한 장치이다. 이때 Sled의 크기는  $1in^2$ 로 하였고 이동속도는 300 mm/min으로 고정하였으며, 마찰시킬 때의 하중은 50 g, 125 g, 300 g, 500 g, 600 g 그리고 700 g으로 변화시켜 정적 동적 마찰력을 측정하였다. 그리고 Sled와 Pulley와 균형 추로 인한 장력과 마찰력을 고려하여 마찰력의 값들을 보정하고 이것으로부터 각각 직물의 정적 동적 마찰계수를 구하였다.

또한 본 실험에서는 경사와 경사 방향, 위사와 경사방향, 그리고 위사와 위사방향으로 마찰시켜 측정하였다.

다음의 Fig. 2는 마찰력과 변위 사이의 실험으로부터 얻어진 전형적인 그림을 나타내고 있다.

Sled가 움직이기 시작할 때의 최대마찰력인 정지마찰력은 그림에서 보는 바와 같이 최대점을 나타내고 운동이 계속되는 동안에는 Stick-slip 현상과 함께 운동마찰력이 거의 일정하게 유

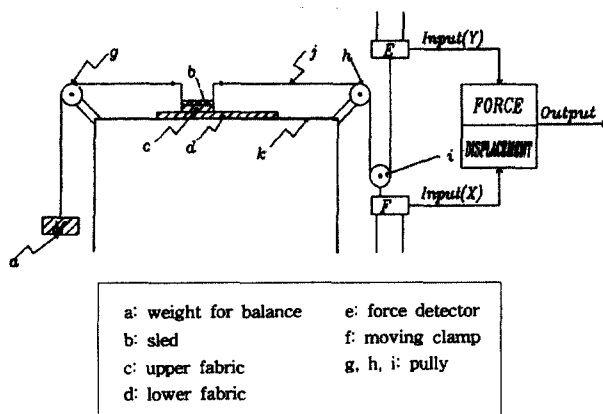


Fig. 1. Fabric-on-fabric frictional tester.

Fig. 2. Diagram of frictional force-displacement by fabric-on-fabric frictional tester.

지되고 있음을 알 수 있다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 하중에 따른 마찰계수들간의 상관성

평직의 폴리에스테르 직물 10종과 면직물, 모직물 및 혼방직물 등 모두 25종의 직물들을 KES-FB4와 Fabric-on-Fabric Frictional Tester로서 각각의 마찰계수를 측정하고 그 상관성을 알아보기 위하여 sigma-plot를 이용하여 회귀분석과 상관분석을 실시하였다.

Fig. 3에서는 Fabric-on-Fabric Frictional Tester에 의한 동일 직물간의 경사방향으로의 마찰계수와 KES-FB4에 의한 경사방향의 평균마찰계수(MIU1)와의 상관관계를 나타내고 있다.

그림에서와 같이 하중을 50 g, 125 g, 300 g, 500 g, 600 g 그리고 700 g으로 변화시켜 측정된 Fabric-on-Fabric Frictional Tester에 의한 결과는 동일한 직물을 KES-FB4에 의하여 측정된 마찰특성에 대해 비교적 선형적인 관계를 나타내고 있다.

특히 하중이 증가함에 따라 그 상관성은 더욱 높아지고, 300 g 이상의 하중에서는 Table 2에 나타나고 있듯이 0.85이상의 상관성을 보여주고 있다.

그리고 Fig. 4는 Fabric-on-Fabric Frictional Tester에 의한 동일 직물간의 위사방향으로의 마찰계수와 KES-FB4에 의한 위사방향의 평균마찰계수(MIU2)와의 상관관계를 나타내고 있다. 경사방향의 마찰계수와 마찬가지로 하중이 증가함에 따라 상관성의 증가를 보여 주어 Table 3에 나타났듯이 위사 방향으로의 마찰계수간의 상관성은 하중이 300 g 이상에서는 0.8이상의 높은 상관성을 보여주었다.

이상의 결과로부터 비교적 높은 하중 하에서는 두가지 측정법에 의한 마찰계수간의 상관성의 현저한 증가를 알 수 있었다.

이와 같이 높은 하중 하에서 상관성이 좋아지는 이유는 직물

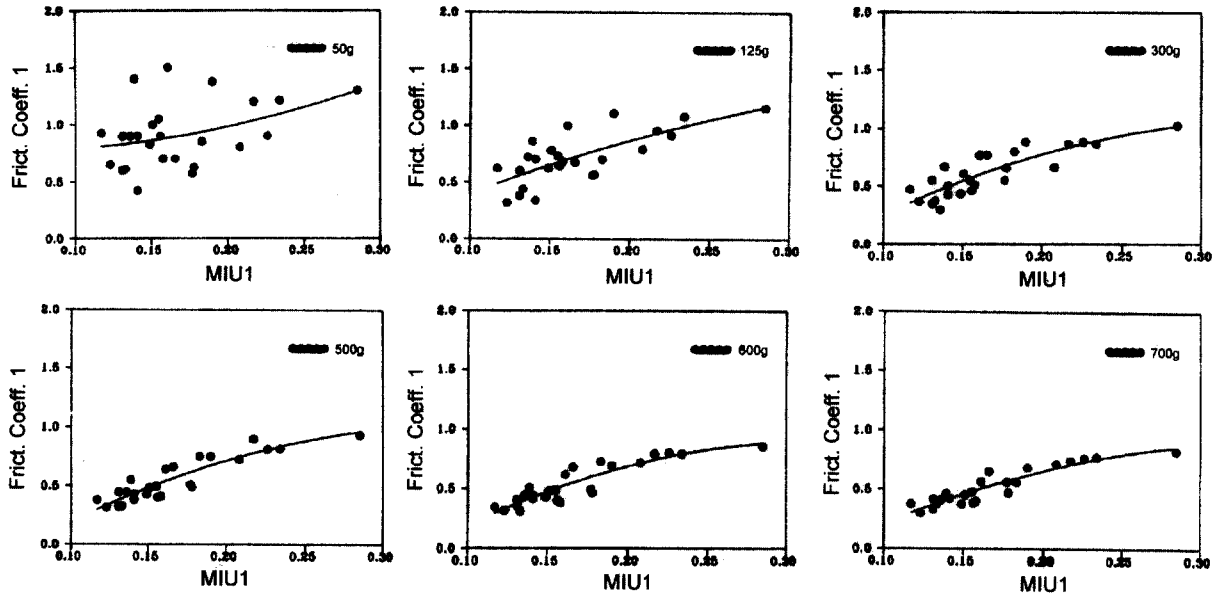


Fig. 3. Correlation between frictional coefficient1 of fabric-on-fabric friction and MIU1 for the warp direction under the load of 50 g, 125 g, 300 g, 500 g, 600 g and 700 g.

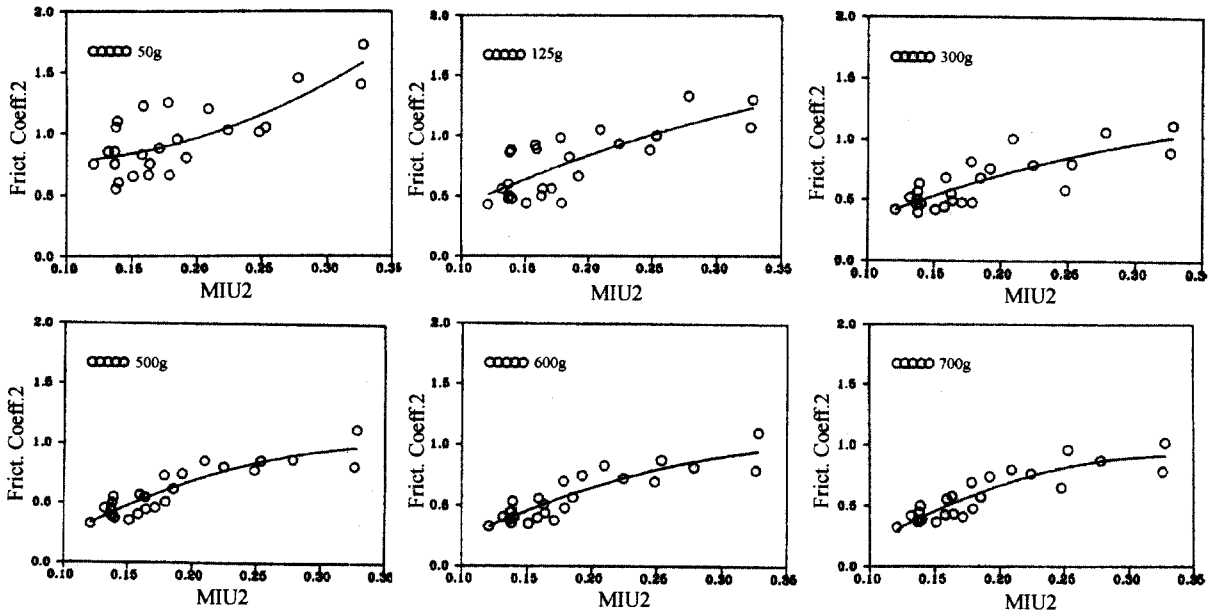


Fig. 4. Correlation between frictional coefficient2 of fabric-on-fabric friction and MIU2 for the weft direction under the load of 50 g, 125 g, 300 g, 500 g, 600 g and 700 g.

Table 2. Regression relation between MIU1 of surface tester and frictional coefficient1 (w/w) of fabric-on-fabric

Load	Regression Equations	Reg. Coefficients	Corr. Coefficients
50 g	-	-	-
125 g	$y = -6.38x^2 + 6.60x - 0.20$	0.73	0.73
300 g	$y = -12.87x^2 + 9.11x - 0.53$	0.86	0.85
500 g	$y = -12.58x^2 + 9.01x - 0.59$	0.91	0.90
600 g	$y = -14.41x^2 + 9.30x - 0.60$	0.91	0.89
700 g	$y = -11.46x^2 + 7.93x - 0.47$	0.93	0.92

의 압축변형으로 인하여 직물을 구성하고 있는 실들이 편평화 되어짐으로써 직물들이 가진 고유한 인자 즉 가공조건, 직물의 구성 인자 등 상관성에 영향을 미칠 수 있는 요인들의 효과가 감소되어지고, 그 결과 직물이 solid에 보다 가까워졌기 때문이라고 생각한다. 따라서 KES-FB4에 의한 직물과 금속촉착자간의 평균 마찰계수를 측정함으로써 앞서 구한 회귀식을 이용해서 동일 직물간의 마찰계수를 예측할 수 있고 시료가 가진 여러 변수들을 제한함으로써 보다 정확한 예측과 실제 공정에서의 적용가능성을 보여준 것이라고 생각된다.

**Table 3.** Regression relation between MIU2 of surface tester and frictional coefficient2 (t) of fabric-on-fabric

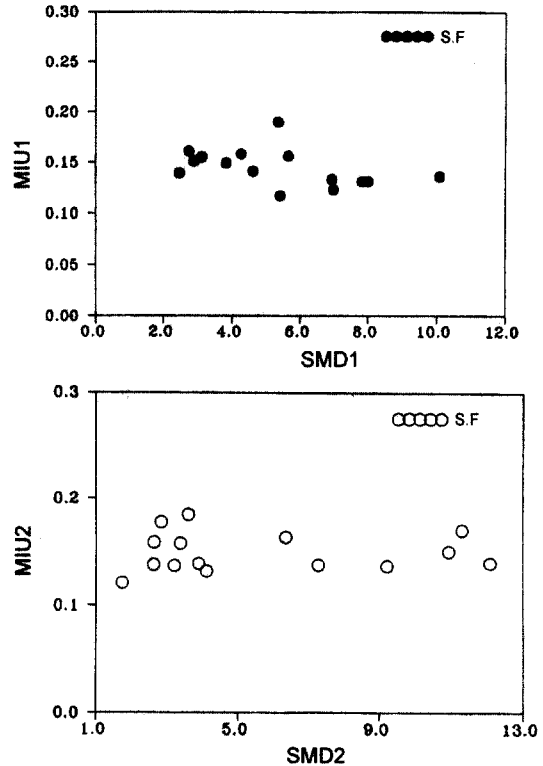
Load	Regression Equation	Reg. Coefficients	Corr. Coefficients.
50 g	$y = 12.84x^2 - 1.93x + 0.83$	0.76	0.75
125 g	$y = -4.68x^2 + 5.59x - 0.10$	0.77	0.76
300 g	$y = -5.55x^2 + 5.41x - 0.15$	0.82	0.81
500 g	$y = -11.21x^2 + 8.12x - 0.49$	0.91	0.89
600 g	$y = -8.54x^2 + 6.85x - 0.38$	0.89	0.88
700 g	$y = -13.01x^2 + 8.77x - 0.57$	0.90	0.88

**3.2. 거칠기가 마찰계수에 미치는 영향**

고전적인 마찰이론 가운데서 요철설에 의한 마찰거동이 섬유와 같이 유연한 재료에 대하여 어떻게 적용되는지 알아보기 위해서 마찰되는 접촉부분의 표면형태를 알 수 있는 KES-FB4의 표면특성 가운데 거칠기(SMD)와 마찰계수와의 상관관계를 조사하였다. KES-FB4에 의해 비교적 낮은 하중에서 측정된 평균마찰계수(MIU) 및 Fabric-on-Fabric Frictional Tester의 하중에 따른 동일직물간의 마찰계수에 대한 거칠기(SMD)와의 관계는 Fig. 5~Fig. 10에서 보여주는 것과 같이 방적사 직물과 필라멘트사 직물간에 다소 차이가 있었다.

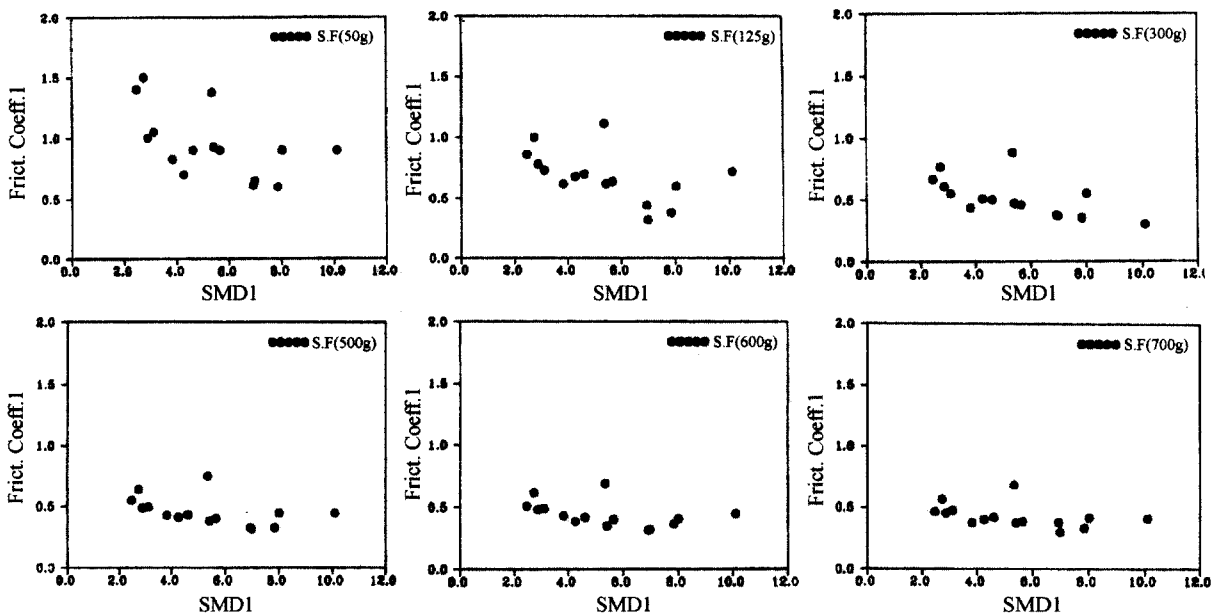
방적사 직물의 경우에는 Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7에서와 같이 랜덤한 가운데서도 전체적으로 다소 감소하는 경향을 보이기는 하지만 하중이 증가함에 따라 감소하는 경향은 점차 둔해지고 시료들간의 마찰계수의 차이는 감소하는 경향을 보인다.

이것은 방적사 직물이 필라멘트사 직물에 비해서 구성 경위사의 특성으로 인하여 표면형태상의 요철이 크면서 가공효과가



**Fig. 5.** Relation between MIU and SMD for the fabrics woven from spun yarn.

적기 때문에 낮은 압력 하에서는 거칠기의 증가가 접촉부분의 접촉점수의 감소를 의미하기 때문에 경위사 방향 모두 전체적으로 감소하는 경향을 나타낸 것으로 여겨진다. 그러나 하중이



**Fig. 6.** Relationship between frictional coefficient1 and SMD1 for the fabrics woven from spun yarns under the load of 50 g, 125 g, 300 g, 500 g, 600 g and 700 g.

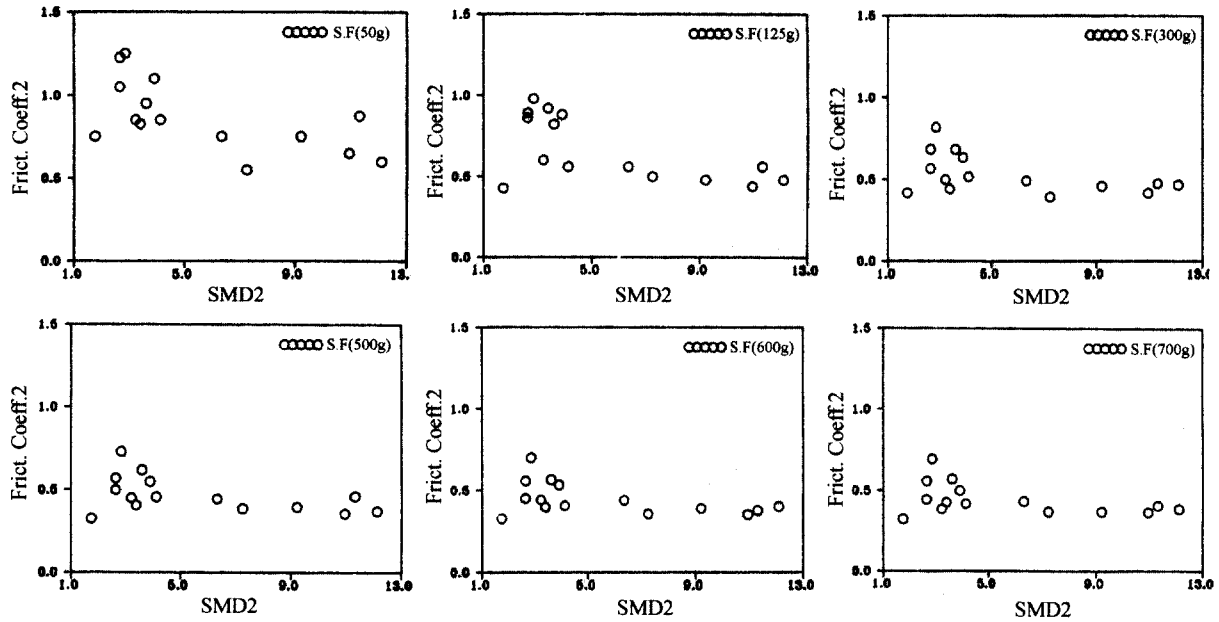


Fig. 7. Relationship between frictional coefficient2 and SMD2 for the fabrics woven from spun yarns under the load of 50 g, 125 g, 300 g, 500 g, 600 g and 700 g.

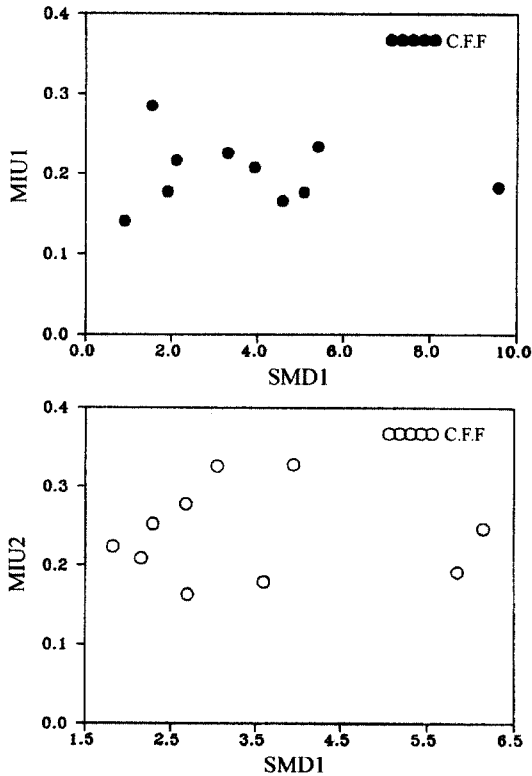


Fig. 8. Relation between MIU and SMD for the fabrics woven from continuous filament yarns.

증가하면서 감소하는 경향이 둔해지는 것은 높은 하중하에서 는 압력에 의한 직물 구성사의 편평화로 표면 요철의 영향이

거의 나타나지 않는데 기인하는 것으로 생각되며 따라서 시료 들간의 거칠기의 변화에 따른 마찰계수의 차이가 감소되는 경 향을 보인 것으로 사료된다.

한편 필라멘트사 직물의 경우에는 Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10에 서와 같이 거칠기 차이가 시료간에 상당히 미소하지만 가공상 의 효과와 접촉부의 평활한 표면 형태로 인한 접촉면적이 상대 적으로 크기 때문에 결과적으로 마찰계수에 대한 거칠기의 영 향보다는 그 외의 효과가 크게 작용한 것으로 생각된다.

따라서 직물표면의 기계적인 작용인 거칠기가 마찰계수에 영 향을 주는 것은 사실이겠지만 금속이나 목재와는 달리 직물과 같은 섬유재료의 경우에는 유연하고 마찰계수를 결정하는 인자 들이 다수 존재하기 때문에 요철설에 바탕을 둔 거칠기의 영향 은 마찰력과 마찰계수에 대해 절대적인 것은 아닌 것으로 추측 된다.

3.3. 하중에 따른 마찰계수의 변화에 있어 필라멘트 직물과 방적사 직물의 차이

아몬톤 법칙에 의하면 일반적인 재료는 하중의 증가에 따라 마찰력은 비례하는 반면에 마찰계수는 거의 일정한 값을 유지 하는 것으로 알려져 있지만 직물과 같은 섬유재료에는 하중의 증가에 따라 마찰계수의 값이 일정하지 않는 것으로 연구되어 왔는데 본 연구의 결과에서도 일반적인 아몬톤의 법칙이 성립 되지 않음을 확인하였다.

Fig. 11, Fig. 12에서 보는 바와 같이 폴리에스테르 필라멘트 직물은 직물에 가해지는 하중의 증가에 따라 마찰계수가 감소 하는 경향이 뚜렷하게 나타나지 않은 반면에 면, 양모 등의 방 적사 직물에서는 하중증가에 따라 감소하는 경향이 뚜렷하였다.

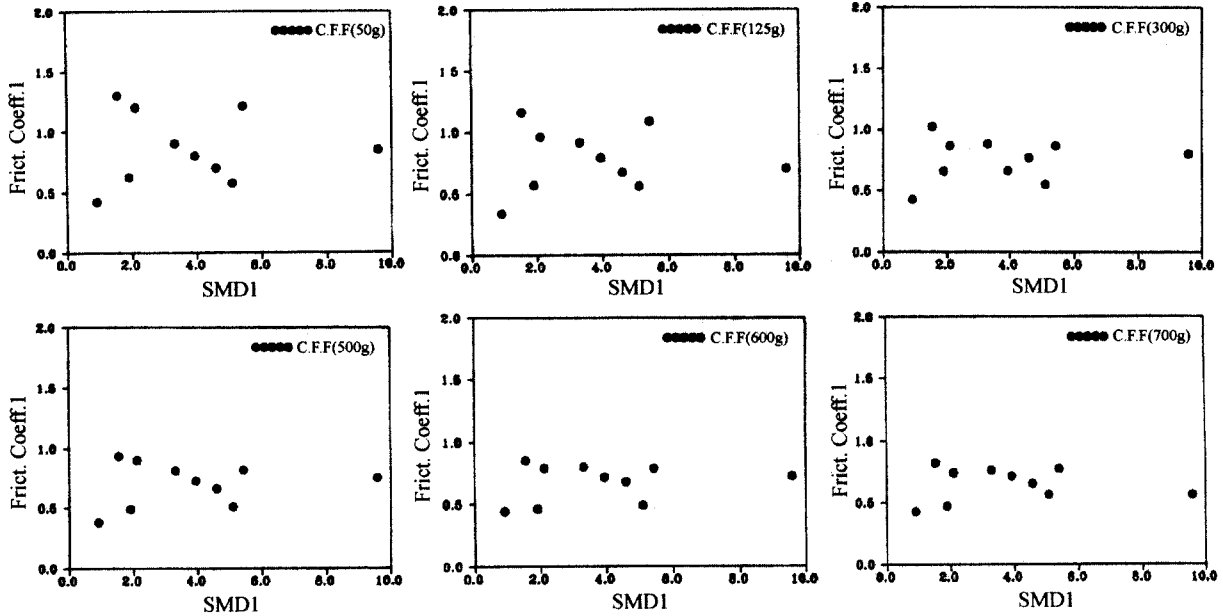


Fig. 9. Relationship between frictional coefficient1 and SMD1 for the fabrics woven from continuous filament yarns under the load of 50 g, 125 g 300 g, 500 g, 600 g and 700 g.

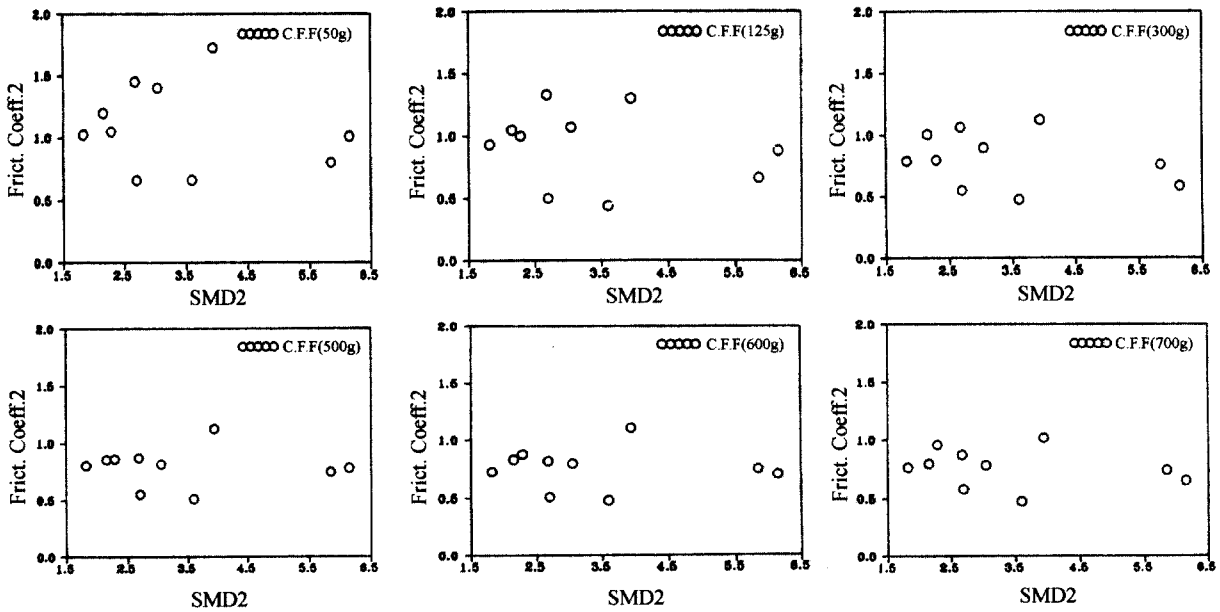


Fig. 10. Relationship between frictional coefficient2 and SMD2 for the fabrics woven from continuous filament yarns under the load of 50 g, 125 g 300 g, 500 g, 600 g and 700 g.

그리고 실험의 결과로부터 폴리에스테르 필라멘트 직물과 방적사 직물은 경, 위사 방향 그리고 서로 교차되는 방향으로 마찰시킨 마찰계수의 하중에 따른 감소 영향도 다소 상이한 결과를 보여주었다.

Fig. 13에서 기울기로서 직접적으로 비교되어 있듯이 폴리에스테르 필라멘트사의 직물은 하중증가에 따른 마찰계수의 감소 경향이 완만한 편이었고 방적사의 직물은 급격한 감소를 나타

내는 것을 알 수 있었다.

그렇지만 어느 정도 높은 하중 하에서는 필라멘트사 직물이나 방적사 직물 모두가 일정한 마찰 계수치에 이르는 것으로 나타났다.

이것은 폴리에스테르 필라멘트사 직물과 방적사 직물의 표면형태에 의해서 하중의 증가율에 대한 접촉면적의 증가율의 차이에 기인한 것으로 생각된다.

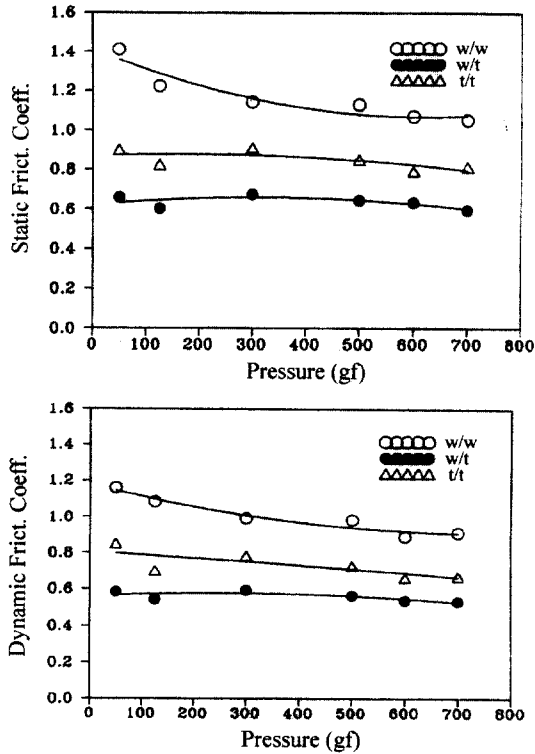


Fig. 11. Relationship between frictional coefficient and pressure for the fabrics woven from continuous filament yarns.

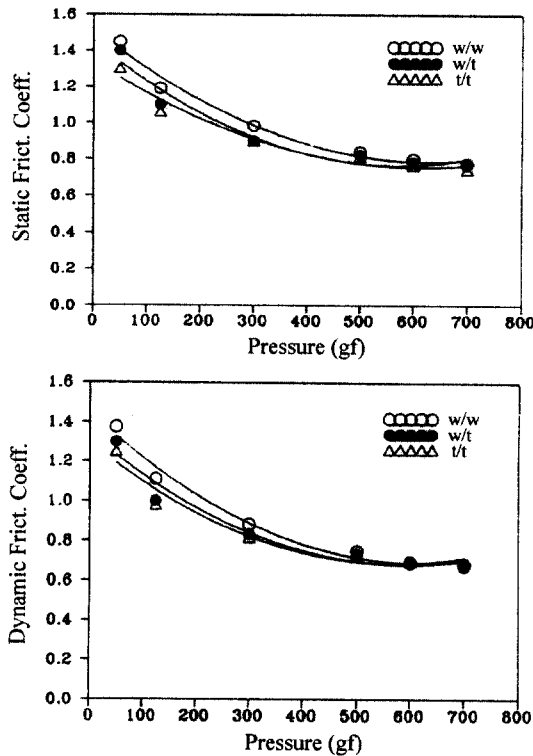


Fig. 12. Relationship between frictional coefficient and pressure for the fabrics woven from spun yarns.

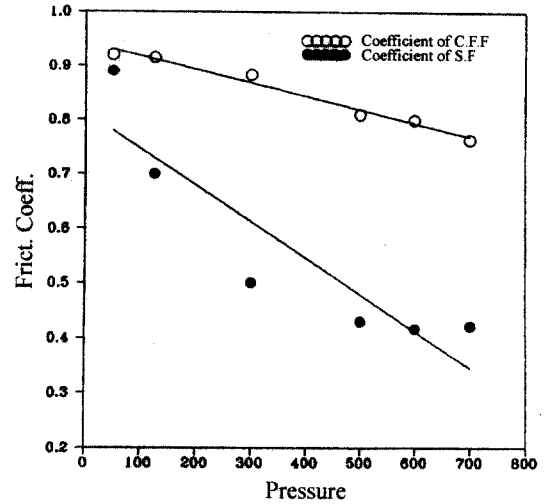


Fig. 13. Comparison of relationship between frictional coefficient and pressure for the fabrics woven from spun yarns and continuous filament yarns.

따라서 이러한 현상은 아몬튼과 그 이후의 연구자들이 주로 비교적 딱딱한 재료를 대상으로 마찰을 연구해 왔다는 점에 주목한다면 섬유재료의 경우에는 하중에 따른 표면형태의 초기 변형의 범위가 일반적인 재료에 비해서 매우 넓고 일정한 하중 이상에서는 마찰계수가 유지되므로 엄밀히 말해서 딱딱한 재료의 경우와 같이 아몬튼 법칙이 성립한다고 말할 수 있다.

Fig. 11, Fig. 12에서도 알 수 있듯이 폴리에스테르 필라멘트사 직물이 방적사 직물보다 마찰되는 방향에 따른 마찰계수의 차이도 크다는 것이 실험결과에 의해서 뚜렷이 나타남으로서 본 연구에서 사용된 폴리에스테르 필라멘트사 직물의 경우에는 마찰방향에 큰 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다.

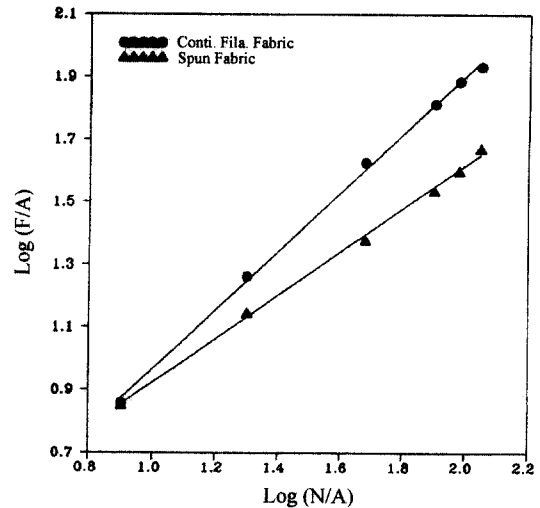


Fig. 14. Relationship between log (F/A) and log (N/A) for the fabrics woven from spun yarns and continuous filament yarns.



Table 4. Experimental values of n and c

Sample no.	Static friction						Dynamic friction					
	W/W		W/T		T/T		W/W		W/T		T/T	
	n	C	n	C	n	C	n	C	n	C	n	C
F1	0.83	-0.050	0.85	-0.13	0.87	0.22	0.89	-0.09	0.85	-0.16	0.85	0.22
F2	0.83	0.322	0.98	-0.27	0.79	0.36	0.83	0.28	0.98	-0.30	0.78	0.33
F3	0.83	0.258	1.00	-0.35	0.79	0.41	0.85	0.21	0.98	-0.39	0.77	0.39
F4	0.93	0.065	0.92	-0.22	0.83	0.40	0.94	0.03	0.92	-0.25	0.82	0.37
F5	0.97	-0.060	0.94	-0.03	0.97	-0.00	0.98	-0.14	1.01	-0.22	0.99	-0.12
F6	0.94	-0.003	0.99	-0.45	0.94	0.12	0.95	-0.05	1.05	-0.62	0.94	0.07
F7	0.96	0.042	1.11	-0.50	1.01	-0.19	0.92	-0.003	1.16	-0.64	0.95	-0.18
F8	0.94	-0.132	0.85	0.07	0.90	-0.09	0.96	-0.21	0.88	0.003	0.92	-0.16
F9	0.82	0.302	0.90	0.08	0.84	0.16	0.82	0.25	0.91	0.04	0.85	0.13
F10	1.01	-0.365	0.84	-0.39	0.89	0.16	1.03	-0.44	0.90	-0.53	0.88	0.12
F11	0.76	0.231	0.76	0.19	0.82	0.03	0.71	0.19	0.73	0.18	0.83	-0.01
F12	0.72	0.241	0.82	0.05	0.74	0.27	0.72	0.16	0.80	0.02	0.67	0.28
F13	0.66	0.329	0.79	0.01	0.75	0.10	0.64	0.28	0.74	0.02	0.70	0.10
F14	0.68	0.307	0.76	0.13	0.72	0.27	0.69	0.21	0.73	0.11	0.74	0.13
F15	0.70	0.302	0.78	0.11	0.76	0.21	0.69	0.23	0.79	0.04	0.73	0.16
F16	0.65	0.531	0.83	0.23	0.69	0.40	0.60	0.48	0.86	0.15	0.70	0.32
F17	0.73	0.116	0.72	0.08	0.76	0.12	0.78	-0.05	0.71	0.05	0.78	-0.02
F18	0.77	0.035	0.82	-0.09	0.84	-0.00	0.81	-0.10	0.86	-0.21	0.83	-0.08
F19	0.75	0.191	0.77	0.09	0.77	0.21	0.75	0.11	0.79	-0.004	0.80	0.04
F20	0.73	0.076	0.80	-0.05	0.76	0.13	0.77	-0.06	0.78	-0.07	0.76	0.06
F21	0.67	0.345	0.69	0.25	0.70	0.30	0.67	0.24	0.71	0.15	0.72	0.16
F22	0.70	0.352	0.62	0.49	0.65	0.45	0.70	0.28	0.60	0.47	0.65	0.35
F23	0.66	0.522	0.72	0.37	0.71	0.38	0.65	0.48	0.69	0.35	0.69	0.36
F24	0.76	0.384	0.77	0.34	0.79	0.30	0.73	0.39	0.76	0.33	0.78	0.29
F25	0.66	0.337	0.70	0.23	0.83	0.19	0.70	0.27	0.72	0.18	0.80	0.17

그리고 대부분의 폴리에스테르는 마찰 방향 가운데서 위사/위사 방향의 정적, 동적 마찰 계수 치가 대체로 가장 큰 것으로 나타났으며 하중이 낮은 영역에서의 마찰거동의 차이가 높은 영역의 경우보다 더 뚜렷한 것으로 나타났다.

3.4. Friction index n과 c의 관계에서 필라멘트사 직물과 방적사 직물의 차이

Friction index n과 절편 c는 직물의 마찰특성을 예측할 수 있는 중요한 성질이라고 할 수 있는데 Fig. 14와 Table 4에서와 같이 단위 면적당의 마찰력에 대한 단위 면적당의 하중과의 관계를 도시하였을 때, 실제의 모든 실험치에 대해 회귀시켜서 얻은 기울기와 절편이 각각 n과 c의 값으로 나타난다.

아몬톤 법칙에서와 같이 마찰력은 수직하중과 비례관계에 있음을 알 수 있고 Friction index n과 절편 c의 경우에 폴리에스테르 필라멘트 직물과 방적사 직물을 비교하여 보면 Table 6에서 보여주고 있듯이 각 방향으로의 마찰시킨 결과 폴리에스테르 필라멘트의 직물의 Friction index n값이 방적사의 직물의 경우보다 더 높게 나타난 반면 c의 값은 상대적으로 낮게 나타났다.

따라서 Fig. 15는 n과 c가 서로 역 상관관계에 있다는 것을

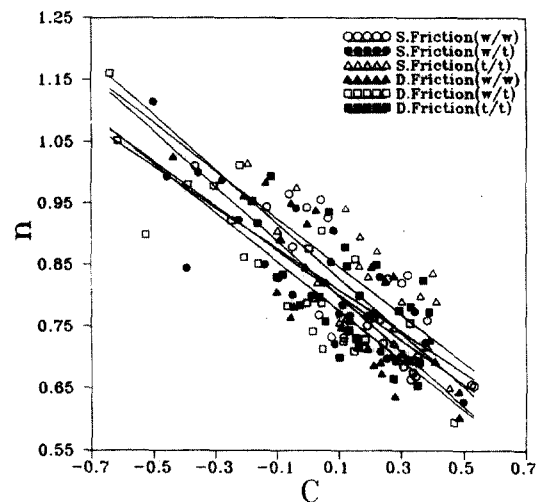


Fig. 15. Relationship between n and c for each friction direction.

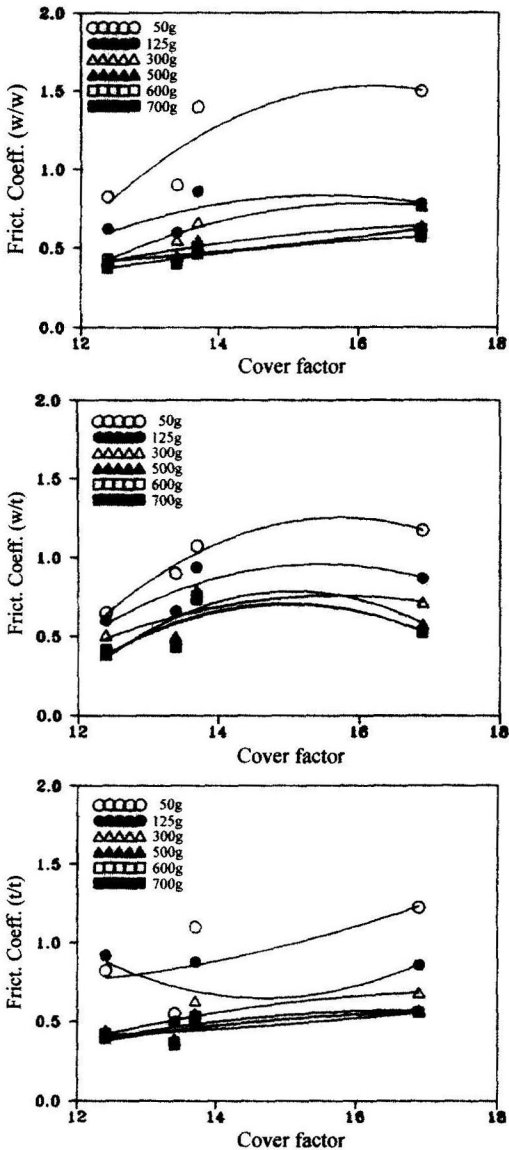
보여주고 있으며 이것은 Wilson D.의 실험결과와도 일치하는 것으로서 섬유 마찰의 경우 Wilson(1963)의 모델이 잘 적용된다는 것을 말해주고 있는데 n과 c를 결정함으로써 아몬톤 법칙의 섬유마찰에 대한 적용이 가능하다고 생각된다. Table 5와

**Table 5.** Linear correlation between n and C of static friction in each direction

	Linear correlation equations	Corr. coefficients
w/w	$n = -0.44C + 0.87$	-0.83
w/t	$n = -0.36C + 0.84$	-0.70
t/t	$n = -0.39C + 0.89$	-0.72

**Table 6.** Linear correlation between n and C of dynamic friction in each direction

	Linear correlation equations	Corr. coefficients
w/w	$n = -0.45C + 0.84$	-0.86
w/t	$n = -0.40C + 0.82$	-0.73
t/t	$n = -0.34C + 0.84$	-0.67



**Fig. 16.** Relationship between frictional coefficient and coverfactor under the load of 50 g, 125 g, 300 g, 500 g, 600 g and 700 g.

Table 6은 정적 동적 마찰에 있어서 각 방향으로의 n과 c의 값들간의 선형 회귀식과 상관계수를 나타낸 것이다.

**3.5. 직물의 피복도가 마찰에 미치는 영향**

피복도에 따른 마찰계수의 영향을 알아보기 위하여 실험에 사용된 평직 직물가운데 직물밀도와 꼬임 계수가 유사한 4종의 시료를 선택하여 마찰계수를 비교하여 보았다. 다소 상이한 시료의 한계성으로 피복도의 증가가 마찰계수의 증가를 나타낸다고 단정 지을 수 없지만 Fig. 16에서 보여주고 있듯이 하중이 증가함에 따라 마찰되는 어느 방향으로나 높은 하중 하에서 압축변형에 의한 구성사의 편평화로 인하여 표면 거칠기와 마찬가지로 피복도의 영향이 감소한다는 것을 확인할 수 있다.

그리고 피복도의 증가는 부출된 구성사가 많다는 것을 의미하고, 이것은 마찰되는 접촉면적의 증가로 나타나 마찰저항력에 영향을 미친다고 생각된다.

**4. 결 론**

본 연구에서는 KES-FB4로 얻은 다수의 직물의 마찰 특성치와 본 실험에 의하여 제작된 직물간의 마찰실험장치를 통해서 측정된 동일 직물간의 마찰 특성 치와의 상관성 분석을 통하여 KES-FB4로 측정된 값으로 직물간의 마찰특성을 예측하려고 시도하였고, 직물의 구성인자, 합성섬유직물과 천연섬유직물의 재질에 있어 마찰특성의 차이점, 그리고 압력변화에 따른 마찰계동 등을 접촉점수의 변화의 측면에서 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 하중이 증가함에 따라 KES-FB4로 측정된 직물의 마찰계수치와 Fabric-on-Fabric Frictional tester로 측정된 동일직물간의 마찰계수와의 상관성이 높게 나타나, 높은 하중 하에서는 동일직물간의 마찰특성을 KES-FB4로 예측이 가능하리라고 여겨진다.
2. KES-FB4로 얻은 거칠기(SMD)는 방적사 직물의 경우 낮은 하중에서는 표면 요철의 영향으로 다소 감소하는 경향을 보이지만 하중이 높아짐에 따라 감소하는 경향은 점차 둔해지는 결과를 보인다.
3. 하중의 증가에 따라 필라멘트 직물은 마찰계수의 감소가 완만한 반면, 방적사 직물은 급격한 감소를 보였다. 그리고 마찰방향에 따른 영향은 위사 방향으로의 마찰계수가 크게 나타났다.
4. 필라멘트 직물의 경우에는 방적사 직물에 비하여 상대적으로 마찰지수 n은 높았으나 c는 낮은 것으로 확인되었고 이것은 접촉면의 재질특성을 나타낸다.
5. 피복도의 증가는 대체로 마찰계수의 증가를 나타내었지만 직물밀도와 구성사의 선밀도 등의 영향 때문에 접촉면적의 증가의 기여로만 생각할 수는 없었다. 그러나 높은 하중에서는 그 영향이 상대적으로 뚜렷하지 않았다.

참고문헌

- Carr W.W., Posey J.E. and Tinker W.C. (1988) Frictional characteristics of apparel fabrics. *Textile. Res. J.*, **58**(3), 129-135.
- Howell H.G. and Mazur (1953) Amonton's law and fiber friction. *J. Textile. Ins.*, **44**(1), 59-65.
- Howell H.G., Miezis K.W. and Tabor D. (1959) "Friction in Textiles". Textile Institute and Butter worths Scientific Publications, London, pp.252-270.
- Oh A.G. (1994) Study on correlation between mechanical properties and processing shrinkage of polyester woven fabrics. Unpublished doctoral dissertation, Busan National University.
- Seyam M. (1985) On the Mechanics of Woven Fabrics. Unpublished doctoral dissertation, N.C. State University.
- Thorndike G.H. and Varley L. (1961) Measurements of coefficient of friction between samples of some cloth. *J. Textile. Ins.*, **52**(4), 255-259.
- Wilson D. (1963) Study of fabric-on-fabric dynamic friction. *J. Textile. Ins.*, **54**(2), 143-147.
- Zurek W., Jankowiak D. and Frydrych I. (1985) Surface frictional resistance of fabrics woven from filament yarns. *Textile. Res. J.*, **55**(2), 113-118.

(2002년 2월 28일 접수)