

# 질감의 객관적 표현을 위한 표면 특성 측정장치의 설계

문지성, 권영하, 이주영, 강대임\*  
경희대학교 공과대학 섬유공학과  
경기도 용인시 기흥읍 서천리 1번지  
\*한국표준과학연구원  
\*대전광역시 유성구 우체국 사서함 102

## Design of the surface characteristics measurement system for objective expression of texture

Ji-Seong Moon, Young-Ha Kwon, Joo-Yung Lee, Dae-Im Kang\*  
Dept. of Textile Engineering Kyung Hee Univ.,  
1 Seochun-ri, Kiheung-eup, Yongin City, Kyonggi-do 449-701, KOREA  
\*Korea Research Institute of Standards and Science  
\*P.O.Box 102, Yuseong, Daejeon, KOREA

### 1. 요약

인간은 접촉을 통해 여러 가지 정보를 받아들이고 있으며 피부와 물체표면과의 접촉에 의한 느낌은 인간의 감성을 유발하는 중요한 요소이다. 이와 같은 질감에 대한 느낌을 측정하여 객관적인 값으로 표현된다면 의류, 종이, 자동차등 대부분의 산업분야에서 제품을 디자인하는데 응용이 가능할 것이다.

인간이 촉감을 느낄 때의 Mechanism과 촉감에 가장 큰 관계를 가지는 마찰력에 대해 조사하여, 이를 응용한 표면 특성 측정장치를 설계 제작하였다. 또한 인간이 제품의 표면질감을 느낄 때의 주관적인 표현을 직물을 대상으로 하여 설문조사를 통해 대표형용사로 표현하도록 하였다. 이러한 주관적인 질감 표현과 같은 직물을 표면 특성 측정장치를 이용하여 얻어낸 측정값과 상관관계를 조사하여 질감의 객관적인 표현을 연구하는데 이용하였다.

### 2. 서론

인간의 감각은 촉각, 미각, 청각, 시각, 후각의 5가지가 있으며 그중 촉각은 인체의 피부가 외부의 물리적 자극이 가해짐으로써 느낄 수 있는 과정을 거치게 된다. 특히 손끝 또는 손바닥을 이용하여 물체의 표면을 문지르며 느끼는 질감은 표현하는 방법이 각각의 개인, 상태, 문화 등 여러 가지 요인에 따라 다양하게 나타나게 된다. 인간이 질감을 표현할 때 나타내는 형용사를 조사하고 그 표현에 적합한 질감을 가진 직물을 조사하여 대표 형용사와 대표직물을 선정하였다.

한편, 대표 직물에 대한 인간의 표현을 설문 조사를 통하여 주관적인 질감 표현으로 하여 표면특성과 비교 분석함으로써 객관화된 표현을 예측할 수 있게된다. 객관화된 질감은 의복, 필기구, 가전제품 등 인간의 촉감과 관계되는 제품의 표면을 설계하고 질감을 예측하는데 응용할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3. 인간의 촉각

인간이 질감으로 표현하는 '부드럽다', '거칠다' 등의 느낌은 손끝의 피부신경들이 표면의 정보를 받아들여 뇌에 전달함으로써 나타난다. 피부에는 Meissner소체, Pacinian소체, Merkel소체, Ruffini소체가 있으며 진동, 압력, 피부의 변형, 온도 등을 감지함으로써 질감을 느끼게 된다.

손의 피부와 물체 표면사이에는 마찰력과 진동의 크기에 따라 질감의 차이를 나타낸다. 이와 같은 역학적 값을 측정하기 위하여 고정밀 6축 Load-cell에 금속표면의 표준시편을 부착한 후 손으로 문지르며 나타나는 마찰력( $F_x$ )과 수직력( $F_z$ )을 측정하였다. Fig. 1은 움직이는 시간에 따른 마찰력과 수직력의 크기이며, 이를 정리하여 마찰계수의 크기를 Fig2에 표시하였다 그림에서와 같이 표면 거칠기가  $65\mu m$ 인 고운 표면의 시편을 문지를 때 응착력의 영향으로 마찰계수가 증가되는 현상을 확인할 수 있었다. 즉 인간이 매끄럽게 느끼는 표면과 피부사이의 마찰계수는 더욱 증가함을 알았다.

#### 4. 표면특성 측정장치

표면의 특성을 파악하기 위한 측정요소는 표면 거칠기, 접촉자와 표면사이의 마찰력 및 마찰계수, 온도 전달 특성 등이 있으며 동적인 움직임이 있을 때는 표면과 인간의 접촉피부사이에서 나타나는 진동도 질감에 영향을 미치는 요소가 된다. 인간의 피부를 변형시키기 위한 마찰력은 질감에 가장 중요한 요소로서 작용하고 있다. 특히 대상체 표면을 여러 방향으로 움직이며 질감을 느끼게 되므로 방향에 따른 변화 역시 중요한 요소로 작용하고 있다.

그러므로 표면의 특성을 측정하기 위한 장치를 Fig. 3과 같이 구성하였다. 용량이  $\pm 2$  kgf인 Load-cell을 이용하여 접촉자와 대상표면 사이의 마찰력을 여러 방향에서 동시에 측정 가능하도록 구성하였다. 특히 접촉자를 Micrometer를 이용, 상하로 미세조정이 가능하도록 하여 가해지는 압력을 조절하여 측정하도록 설계함으로써 압력변화에 따르는 마찰력변화를 측정하도록 하였다. 3축 Load-cell을 X-Y-Z 3축 Translator에 고정시켜, 위치를 자유로이 선택할 수 있도록 하였으며 Y-방향의 Translator는 고정밀 베어링과 모터를 사용하여 속도를 상하 움직임 없이 안정되게 측정이 가능하도록 설계하였다.

Sample을 고정하는 Table은  $20 \times 20$  cm<sup>2</sup>의 정사각형 모양을 갖추어 직물의 4면에 같은 무게의 박대형태의 추를 달아 일정한 장력이 가해지도록 하였으며, 더욱이 원하는 속도로 일정하게 회전이 가능하도록 설계하여 다양한 Bias방향의 측정뿐 아니라 회전할 때 변화되는 x, y 방향의 마찰력을 측정하여 인간이 손으로 질감을 느낄 때 감지하는 표면특성과 유사하도록 설계하였다.

또한, 고체의 접촉자대신에 인간의 손끝과 비슷한 정도를 가지는 Silicon과 Parafilm을 이용, 지름이 36 mm의 반구를 제작하여 접촉자로 사용함으로써 누르는 압력 변화에 따른 변형을 일으키도록 하여 응착력의 효과를 나타낼 수 있도록 하여, 마찰력을 다양하게 측정하도록 설계, 제작하였다.

마찰력을 3개의 축에서 측정할 수 있도록 설계된 Load-cell은 Translator에 부착시키고, 신호 수집 및 분석을 위한 장치와 Computer를 연결시킨 상태에서 정적인 교정을 실시하여 정확한 Calibration Curve를 얻었다. Fig. 4는 x-축 방향의 Calibration Curve로서 가해주는 힘의 크기와 나오는 전기적인 신호가 아래 수식과 같은 직선을 이루고 있음을 보여주고 있다.

$$F = a \times V \quad (1)$$

(F : 마찰력, V : 출력 Volt)

Fig. 4를 통해서  $a = 1720$  gf/V 임을 알 수 있다.

#### 5. 형용사 분류 및 처리

직물의 질감을 표현하는 형용사를 수집하기 위하

여, 국어사전과 설문조사를 통해 감성어휘를 제외한 감각어휘와 촉감을 표현하는 형용사 약 200여개를 조사, 정리하고, 직물에 대한 감각과 관심이 높은 섬유공학, 의상학 전공 학생들과, 어휘에 대한 지식이 상대적으로 높은 국어국문학 전공 학생 약 400여명을 대상으로 조사하여 결국 총 90여개의 질감 관련 형용사를 선정하였다.

위에서 선정된 90여개의 형용사들은 중복이 되고 유사한 의미를 담고 있는 어휘들이 많았으며, 이를 가장 간략하게 축약해서 직물의 질감을 대표하는 몇 개의 형용사들로 분류하기로 하였다. 90개의 형용사들로 구성된 설문서에 직물의 질감을 표현하기에 적절한가 하는 정도를 응답자가 공정하고 객관화된 답을 수치화하여 7점 척도로 평가한 설문조사를 실시하였다.

질감을 표현하는 대표형용사를 선정하기 위해 앞서 구한 90개의 어휘를 요인 분석(Factor Analysis)하였는데, 이는 여러 변수들간의 상관관계를 기초로 이 변수들 속에 내재하는 체계적인 구조를 발견하는 기법으로써 요인(factor)이란 기본적으로 변수들간의 선형결합으로써

$$F_i = a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_n X_n \quad (2)$$

( $F_i$  :  $i$ 번째 요인,  $a$  : 계수,  $X$  : 변수,  $n$  : 변수와계수) 식 2와 같이 될 수 있으며, 이러한 방법을 통해 수많은 변수들을 가능한 한 적은 수의 요인으로 분류하여 많은 형용사들에서 질감을 대표하는 몇 가지 형용사로 축약하였다. 90 문항의 빈도, 평균, 표준편차를 통해 중복되거나 요인분석을 통해 변별력이 낮은 64문항은 제외되었다. 총 26개의 어휘가 최종 선택되었고, 요인 12가지로 파악되었다.

12개의 요인은 개념을 기준으로 해서 같은 의미를 가지는 요인들로 다시 분류하여 총 6개의 요인으로 분류되었으며 이 요인들을 대표하는 형용사들을 조사하였다. Table. 1 에 나타낸 바와 같이 다시 각 형용사들마다 반대 개념으로 제시되는 형용사들을 짝지워 총 12개의 질감 표현 대표형용사를 선정할 수 있었다.

#### 6. 표면 특성 측정

표면의 상태가 다른 직물 35가지를 무작위로 선정, 그중 6가지 대표 형용사로 적절하게 표현되는 대표직물 5가지를 정하여 설문조사를 행하였으며, 그 결과 각각의 직물에 해당하는 질감 표현을 적절한 정도로써 주관적으로 판단하여 7점 척도로 평가하도록 하였다. 12가지 요인중 온냉감, 부피감에 대한 요인은 표면만을 판단하는 본 연구의 목적과는 관련이 적으므로 제외시키고 매끄럽기, 편편하기, 부드럽기에 관한 요인으

로만 판단하였다. Fig. 5에서는 대표직물 5가지의 형용사 표현정도를 나타내었다. 여기서 Sample 3, 5는 매끄럽고 편편하고 부드러움을 대표하는 직물이며, Sample 1, 2, 4는 걸끄럽고 우둘두둘하며 뻗뻗하기를 대표하는 직물로서 선정하였다.

표면특성 측정장치를 이용하여 Fig. 6과 같이 경사 방향, 위사방향, 45° Bias 방향, 135° Bias 방향, 회전동 5번의 실험을 하였는데, 각 방향에서의 Y-성분의 값과 회전시의 X-성분의 값을 측정하였다. 손끝에 해당되는 접촉자의 속도와 압력에 따른 마찰력의 변화를 확인하기 위하여 Table 2와 같이 움직이는 속도를 1 mm/sec, 2.5 mm/sec, 5 mm/sec로 변화시키며 압력을 30 gf, 50 gf, 70 gf로 하여 마찰력의 평균값과 표준편차 값을 측정하였다.

## 7. 형용사와의 관계해석

대표형용사에 대하여 주관적인 표현이 얻어진 대표 직물을 실험한 결과, 질감의 특성을 비교적 정확하게 나타내고 있었으며, 마찰력의 평균값과 표준편차 값을 측정한 결과 서로 상반되는 질감을 가지는 직물일 경우 평균값보다는 표준편차 값이 그 직물의 특성을 더욱 정확하게 표현하였다. 그리고 표면이 매끄러울수록 평균마찰력이 증가하고 표준편차 값이 감소하고 있는데 이는 앞에서 실험한 표준시편의 마찰력 측정에서와 같은 결과이다. Fig. 7은 부드러움을 대표하는 4번 직물과 걸끄럽기를 대표하는 5번 직물을 선정하여 각각의 형용사에 대한 압력 변화에 따른 마찰력의 평균값과 표준편차 값의 결과를 보였다. 평균값보다는 표준편차 값이 직물의 성질을 비교적 정확하게 표현하고 있었으며, 압력 변화에 따른 마찰력의 변화는 아주 명확하게 차이를 보이고 있었는데 매끄러운 표면일수록 압력이 높아지면 Data의 평균값이 큰 차이를 두고 증가함을 알 수 있었다. 속도의 변화는 마찰력에 그다지 큰 기여를 하지 않음을 알 수 있었고, 표면이 유사한 성질을 가지는 직물들은 마찰력과 7점 척도 값에서 균질을 이루는 사실을 알 수 있었다.

## 8. 결론

표면특성 측정장치는 KES-F System등 지금까지의 측정장치와는 다르게 Bias방향이나 회전시의 마찰력의 측정이 가능하도록 설계하였다. 또한 인간의 손과 유사한 경도와 표면느낌을 가지는 접촉자를 만들어 사용하였고, 인간이 질감을 느낄 때의 방법과 가장 유사하게 측정장치를 설계하여 질감 측정의 객관성을 높이려고 노력하였다.

이러한 측정장치에 의해 얻어진 결과로부터 직물

Sample의 표면에 민감하게 반응하고 있음을 알 수 있다. 또한, 실험을 다른 여러 직물로 확대했을 경우, 앞에서 언급한 바와 같이 직물의 표면 거칠기에 따라 표면이 거친 경우보다는 매끄러운 경우 더 높은 마찰력을 가짐을 예측할 수 있었고, 표면의 우둘두둘함에 따라 마찰력의 표준편차 값이 올라감을 예측할 수 있었다.

표면이 매끄러울수록 평균마찰력이 증가하고 표준편차 값이 감소하고, 압력을 높일수록 매끄러운 표면에서의 마찰력 값의 증가율이 우둘두둘한 표면에서의 마찰력 증가율보다 크게 나왔던 앞의 결론들을 응용, 발전시켜 표면특성 측정장치를 사용하여 제품의 표면을 측정함으로써 해서 그 제품이 인간에게 어떠한 느낌을 주는지를 파악할 수 있고, 인간에게 가장 편안한 느낌을 주며, 사용용도에 맞는 제품을 설계하는데 도움을 줄 수 있다는 것을 알게 되었다.

추후 본 연구에서는 직물을 다양하게 하여 각 실험 값에 대한 형용사 표현 정도를 실험하여, 본 실험에서 보여준 경향을 좀 더 명확하게 정리하고자 한다.

## 9. 참고문헌

- 1) astura Raheel and Jiang Liu, "An Empirical Model for Fabric Hand, part I : objective Assessment of Light Weight Fabrics", Textile Research J.31-38(1991)
- 2) Mastura Raheel and Jiang Liu, "An Empirical Model for Fabric Hand, part I : Objective Assessment of Light Weight Fabrics", Textile Research J.31-38(1991)
- 3) Mastura Raheel and Jiang Liu, "An Empirical Model for Fabric Hand, part II : Subjective Assessment, Textile Research", J.79-82(1991)
- 4) John L. Andreassi, "Psychophysiology: Human Behavior and Physiological Response Third Edition", Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1995
- 5) R. Andrew Russell, "Robot Tactile Sensing", Prentice Hall, 1990
- 6) P.W.Harrison BSc CTextFTI, "Fabrics : Sensory and Mechanical Properties", Textile Progress Vol.26 No.3
- 7) 조인호 저, "SAS 강좌와 통계컨설팅", 한화경제연구원, 1996
- 8) 채서일 저, "사회과학 조사방법론", 학현사, 1996
- 9) 長町三生 著, "感性工學"

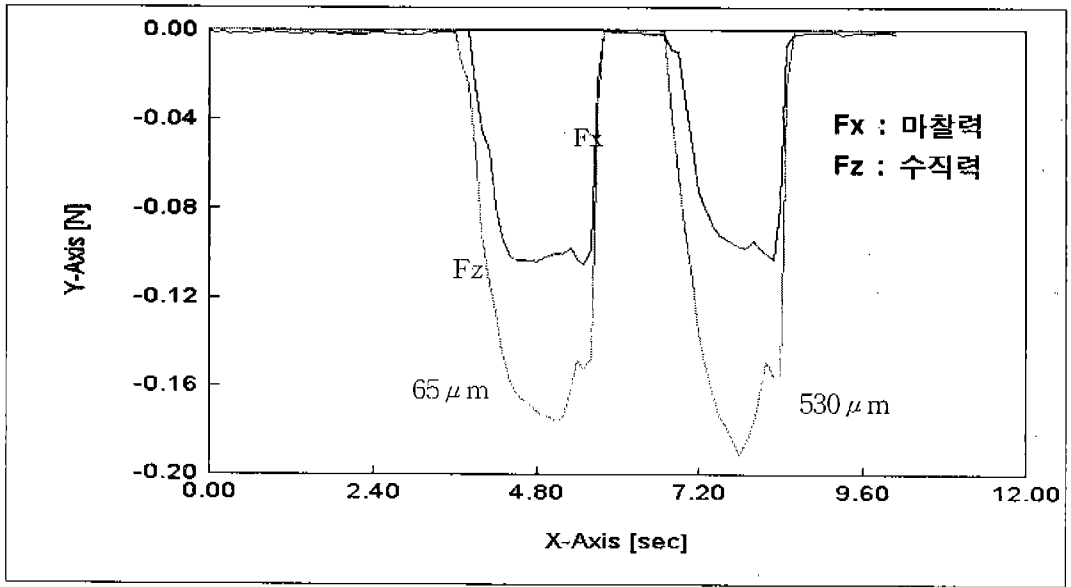


Fig 1. The Effect of Friction Force on Surface Roughness

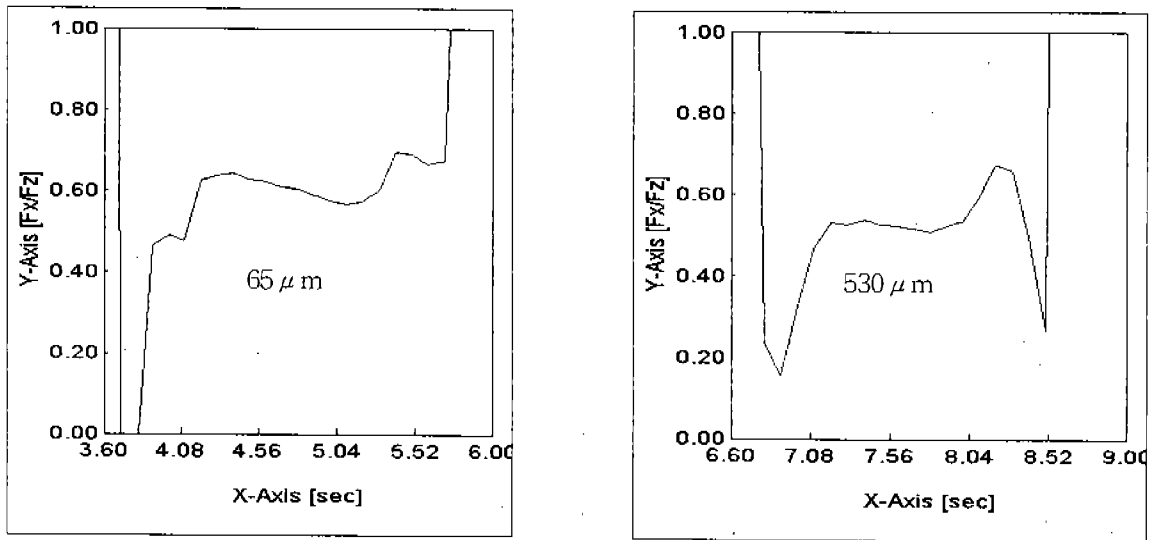


Fig 2. Coefficient of Friction on Surface Roughness

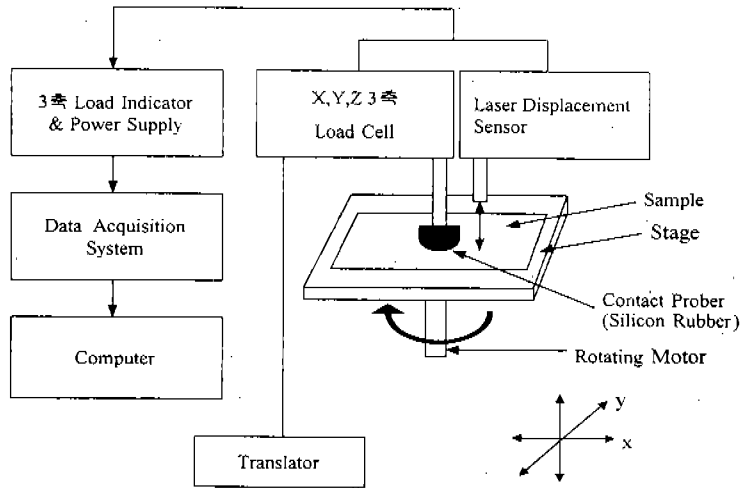
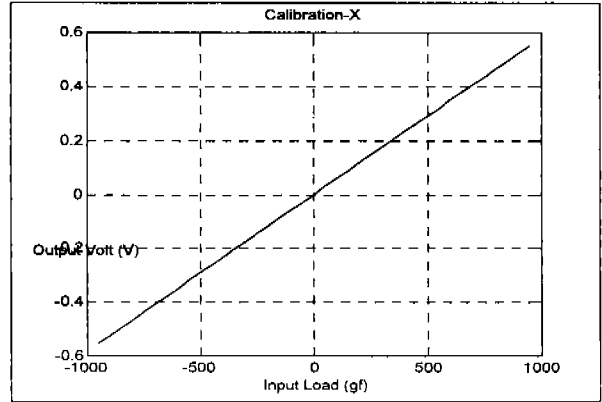


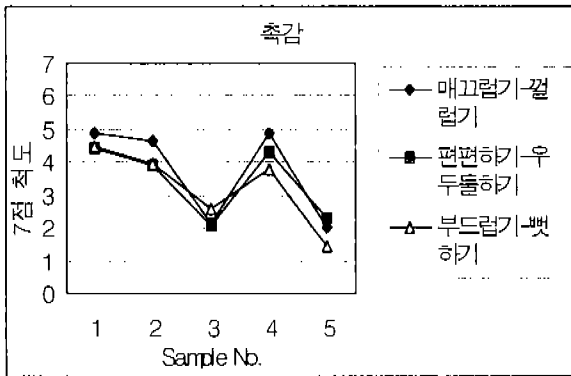
Fig 3. Constitution of Measuring System

**Table 1. Selected Factors and Adjectives**

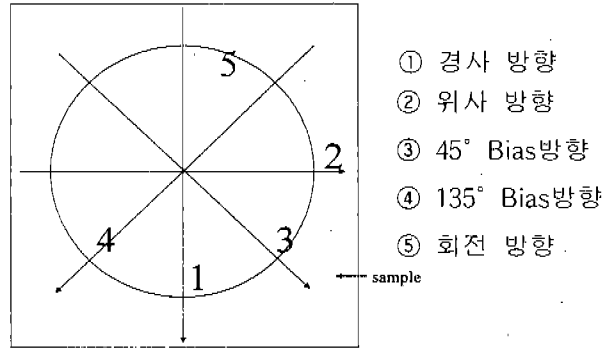
요인	대표 형용사	
요철감	편편하다	우둘우둘하다
매끄럽기	매끄럽다	꺼끌하다
폭신감	폭신하다	딱딱하다
두께감	얇다	두껍다
유연감	부드럽다	뻣뻣하다
온냉감	따뜻하다	차갑다



**Fig. 4 Calibration Curve of X-axis for the Load-cell**



**Fig. 5. Hand for Selected 5 Samples**



**Fig. 6 Data Collection Direction**

**Table 2. Mean and Standard Deviation of Friction Force under Variable Speed and Pressure**

< 1mm/sec >

단위 : gf

sample No.	load	warp			weft			45° bias			135° bias		
		30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70
평균	1	43	62	79	32	51	69	55	96	128	41	77	81
	2	38	49	66	32	43	64	28	49	72	36	55	65
표준편차	1	2.7	2.8	3.4	2.1	2.0	2.6	2.3	3.1	3.4	2.3	2.0	2.1
	2	3.7	4.6	5.6	2.4	4.4	4.9	5.2	6.7	9.0	2.9	4.1	3.7

< 2.5mm/sec >

단위 : gf

sample No.	load	warp			weft			45° bias			135° bias		
		30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70
평균	1	40	58	78	51	58	89	58	64	132	40	76	95
	2	33	56	75	39	61	91	33	63	86	42	62	78
표준편차	1	1.9	1.9	3.1	3.2	2.0	2.6	1.9	1.9	3.0	1.9	2.3	2.5
	2	4.2	5.6	7.6	4.7	4.8	6.6	6.6	9.0	8.8	5.0	4.4	4.5

< 5mm/sec >

단위 : gf

sample No.	load	warp			weft			45° bias			135° bias		
		30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70
평균	1	40	64	83	57	79	103	46	70	92	42	68	76
	2	45	62	89	46	65	89	41	70	88	39	50	71
표준편차	1	2.9	3.9	4.2	2.0	2.4	2.5	2.0	2.3	2.5	1.9	2.7	2.8
	2	4.2	3.8	5.7	4.6	5.6	6.3	6.8	9.3	9.7	6.4	6.9	8.3

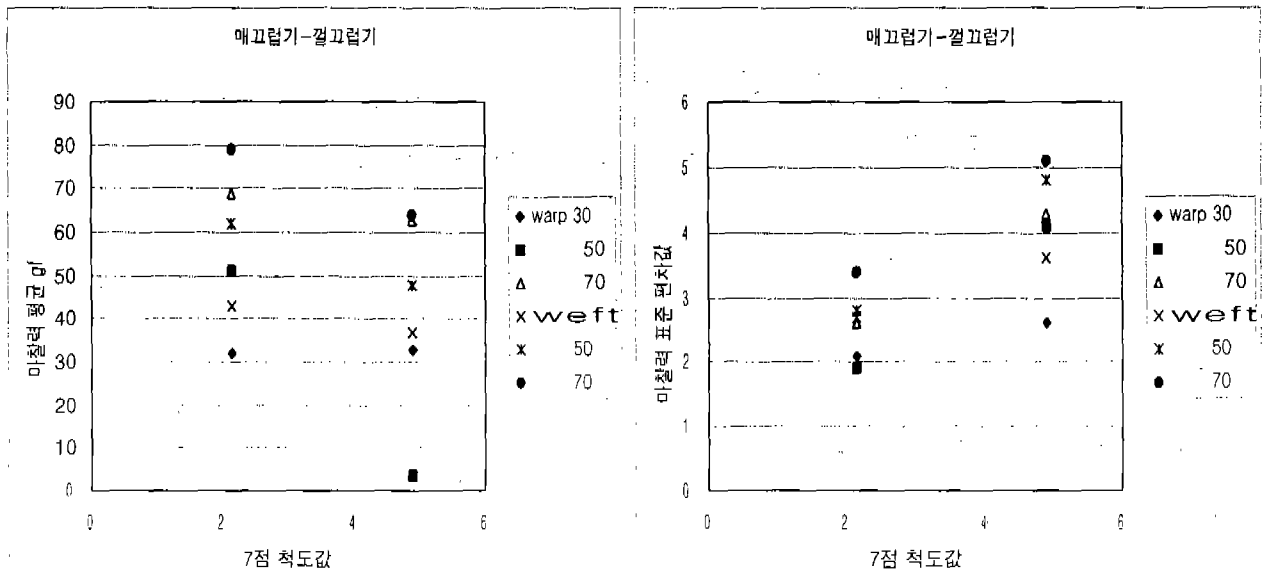


Fig 7. Mean and Standard Deviation of Friction Force for Selected 2 Samples