

# 질감의 객관적 표현을 위한 표면 특성 측정장치의 설계

문지성, 권영하, 장승호, 강대임\*, 이주영, 강재식  
 경희대학교 공과대학 섬유공학과  
 \*한국 표준 과학 연구원

## 1. 서론

인간의 감각은 촉각, 미각, 청각, 시각, 후각의 5가지로 분류되는데 그중 촉각은 인체의 피부가 외부의 물리적 자극을 측정함으로써 느낄 수 있는 과정을 거치게 된다. 특히 손끝 또는 손바닥을 이용하여 물체의 표면을 문지름으로써 질감을 느끼게 된다. 질감의 느낌을 표현하는 방법은 각각의 개인, 상태, 문화등 여러 가지 요인에 따라 다양하게 나타나게 되는데, 촉각을 느끼는 과정과 외부의 자극에 대한 피부의 변화를 연구하여 측정장치를 구성하게 되면 객관화된 표현을 예측할 수 있게 된다. 질감의 느낌에 대한 피부의 반응과 대상체의 특성에 관한 객관적 연구는 의복, 필기구, 가전제품등 인간의 촉감과 관계되는 제품의 표면을 설계하고 질감을 예측하는데 응용이 가능할 것으로 판단된다.

## 2. 인간의 촉각

인간이 질감의 표현으로 나타내는 '부드럽다', '거칠다' 등의 표현은 손끝의 피부신경들이 표면의 정보를 받아들여 뇌에 전달함으로써 나타난다. 피부에 질감을 느끼는 신경들은 Meissener소체, Pacinian소체, Merkel소체, Ruffini소체가 주로 작용하고 있으며 그중 진동과 압력을 느끼는 Pacinian소체, Merkel소체가 가장 큰 역할을 하고 있다.

손의 피부와 물체 표면사이에는 마찰력과 진동의 크기에 따라 질감의 차이를 보여주게 된다. 이와 같은 현상을 확인하기 위하여 고정밀 6축 Load-cell에 금속표면의 표준시편을 부착한 후 손으로 문지르며 나타나는 마찰력( $F_x$ ,  $F_y$ )과 수직력( $F_z$ )을 측정하였다.

Fig. 1과 Fig. 2는 움직이는 시간에 따른 힘의 크기로서 고운 표면을 갖는 시편을 문지룰 때 마찰력이 증가되는 현상을 확인할 수 있었다. 즉 인간이 매끄럽게 느끼는 표면과 손 사이의 마찰계수는 더욱 증가함을 알았다.

## 3. 표면특성 측정장치

표면의 특성을 파악하기 위한 측정요소는 표면 거칠기, 접촉자와 표면사이의 마찰력 및 마찰계수, 온도전달 특성등이 있으며 동적인 움직임이 있을 때 표면과 인간의 접촉피부사이에서 나타나는 진동이 질감을 느끼는 요소가 된다. 그 중에서 인간의 피부를 변형시키기 위한 마찰력은 질감에 가장 중요한 요소로서 작용하고 있다. 특히 질감을 느끼기 위해서는 대상체 표면을 여러 방향으로 움직이며 전체적인 느낌을 파악해야 한다.

그러므로 표면의 특성을 측정하기 위한 장치를 Fig. 3과 같이 구성하였다. 용량이  $\pm 2$  kgf 인 Load-cell을 이용하여 접촉자와 대상표면 사이의 마찰력을 여러 방향에서 동시에 측정 가능하도록 구성하였다. 특히 접촉자를 Micrometer를 이용, 상하로 미세조정이 가능하도록 하여 가해지는 압력을 조절하고 측정하도록 설계함으로써 압력변화에 따르는 마찰력변화율을 측정하도록 하였다. 3축 Load-cell을 X-Y-Z 3축 Translator에 고정시켜 위치를 자유로이 선택할 수 있도록 하

였으며 Y-방향의 Translator는 고정밀 베어링과 모터를 사용하여 속도를 상하 움직임 없이 안정되게 측정이 가능하도록 설계하였다.

Sample을 고정하는 Table은 20 X 20 cm<sup>2</sup>의 정사각형 모양을 갖추어 직물의 4면에 같은 무게의 막대형태의 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 경도를 가지는 Silicon과 Parafilm을 이용, 지름이 36 mm의 반구를 제작하여 접촉자로 사용함으로써 누르는 압력 변화에 따른 변형을 일으키도록 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.

$$F = a \times V$$

F : 마찰력

V : 출력 전압

여기서 a = 1720 gf/V 임을 Fig. 5를 통해 알 수 있다.

Fig. 5에 보이는 바와 같이 접촉자와 Stage가 움직이거나 회전할 때 마찰력을 측정하는 3축 Load-cell로부터 나오는 신호는 Signal Conditioning Amplifier를 통해 증폭하였고, 100 Hz의 Low-pass Filter로 100 Hz 이상의 Noise들을 제거하였다. 그후 A/D Converter를 통과하여 Digital로 변환된 신호는 컴퓨터를 사용하여 분석하게 된다. 이때 사용한 분석 Program으로 Global Lab은 전압으로 입력된 신호를 Fig. 4의 Calibration을 이용하여 원하는 힘의 크기로 변환하는데 사용하였고, Matlab에서 그 신호를 분석, 정리하였다.

#### 4. 표면 특성 측정값

표면특성 측정장치를 이용하여 Fig. 6과 같이 경사방향, 위사방향, 45° Bias 방향, 135° Bias 방향, 회전동 5번의 실험을 하였는데, 각 방향에서의 Y-성분의 값과 회전시의 X-성분의 값을 측정하였다. 모의 실험을 통해 30명의 사람이 전자저울위에서 직접 천을 문지를 때 나오는 힘과 속도를 구하고 이를 평균내어 실험에 이용하였는데, 평균적인 압력값인 50 gf의 하중을 Z축 방향으로 가하였고, 측정속도는 KES-F System에서의 측정속도인 동시에 모의 실험을 통해 나타난 가장 일반적인 속도인 0.1 cm/s로 실험하여 신호를 저장하였다.

Fig. 7과 Table 1은 위의 방법으로 실험하여 Data를 정리한 것이다. Fig. 7은 접촉자가 Sample 표면 위를 일정한 압력을 받고 있는 상태에서 이동하며 측정된 마찰력의 크기를 움직이는 거리에 따라 나타내고 있고, Table 1은 Fig. 7의 각각의 Graph에 대한 마찰력의 평균과 표준편차를 나타낸 것이다. 이때 측정된 Sample은 얇게 느껴지는 직물로 걸끄럽고, 딱딱하고, 뻣뻣한 느낌을 주며, 약간은 차갑게 느껴지는 직물을 사용하였다.

#### 5. 결론

표면특성 측정장치는 KES-F System등 지금까지의 측정장치와는 다르게 누르는 압력을 변화시키면서 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 Data를 살펴보면 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 우둘두들함에 따라 마찰력의 표준편차 값이 올라감을 예측할 수 있었다.

이런 결과로 보아 표면특성 측정장치를 사용하여 제품의 표면을 측정함으로써 해서 그 제품이 인간에게 어떠한 느낌을 주는지를 예측할 수 있고, 인간에게 가장 편안한 느낌을 주며, 사용용도에 맞는 제품을 설계하는데 도움을 줄 수 있다는 것을 알게 되었다.

Normal Force:  $F_z$  , Traction Force:  $F_x$

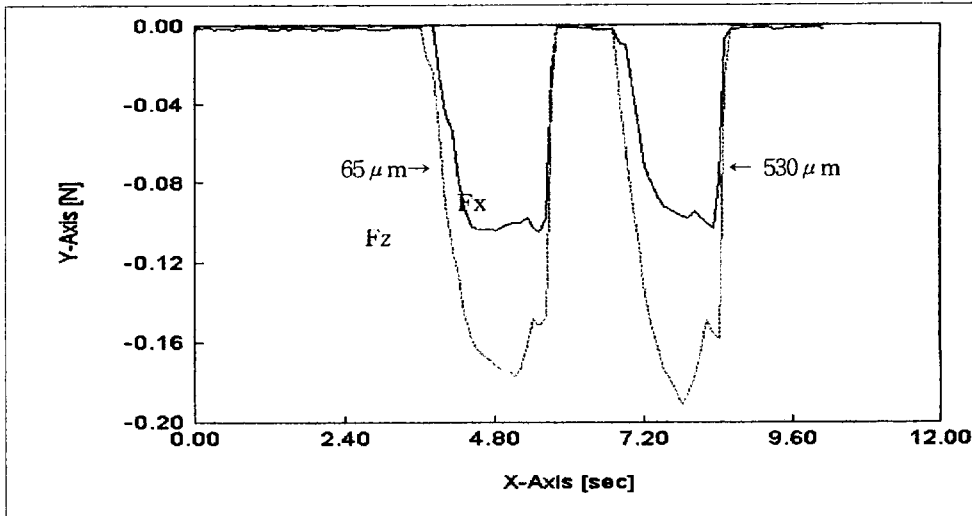


Fig. 1 The Effect of Friction Force on Surface Roughness

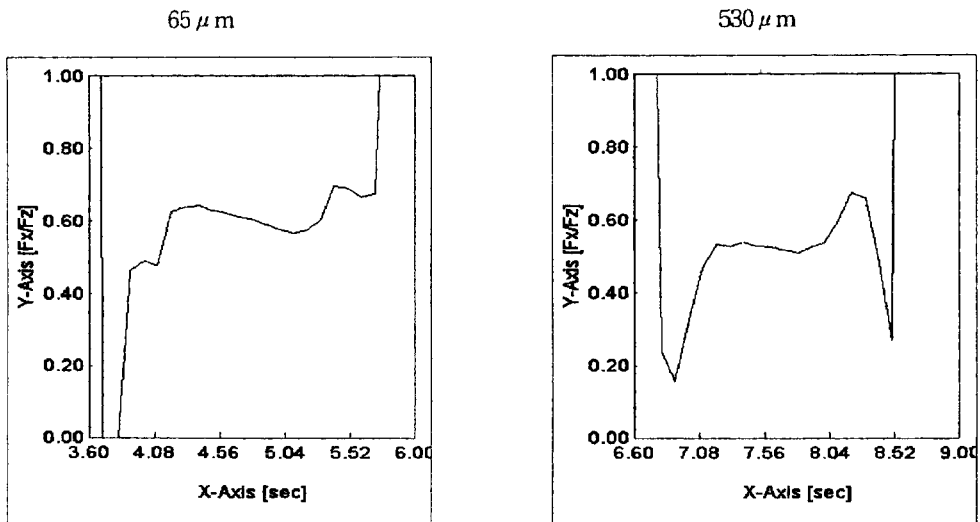


Fig. 2 Coefficient of Friction on Surface Roughness

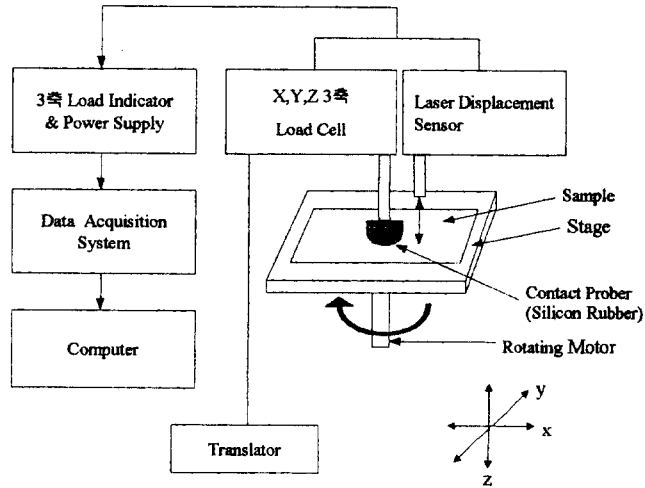


Fig. 3 Constitution of Measuring System

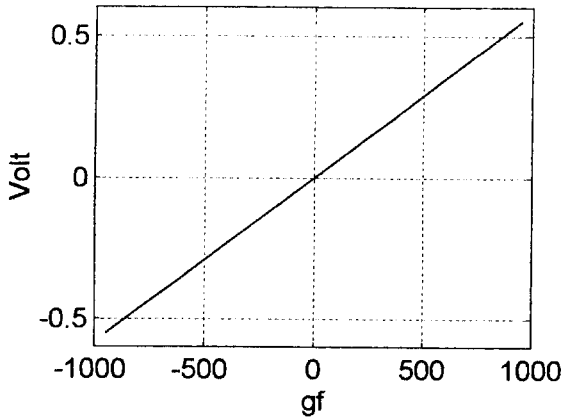


Fig. 4 Calibration Curve for X-axis in the Load-cell

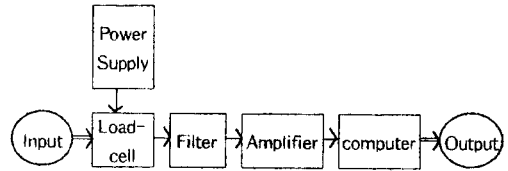
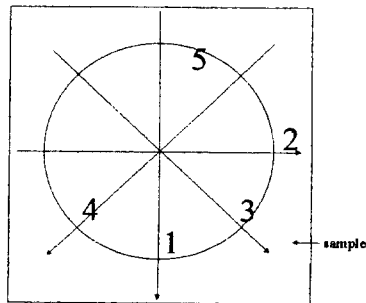


Fig. 5 Signal Flow Diagram



- ① 경사 방향
- ② 위사 방향
- ③ 45° Bias방향
- ④ 135° Bias방향
- ⑤ 회전 방향

Fig. 6 Data Collection Method

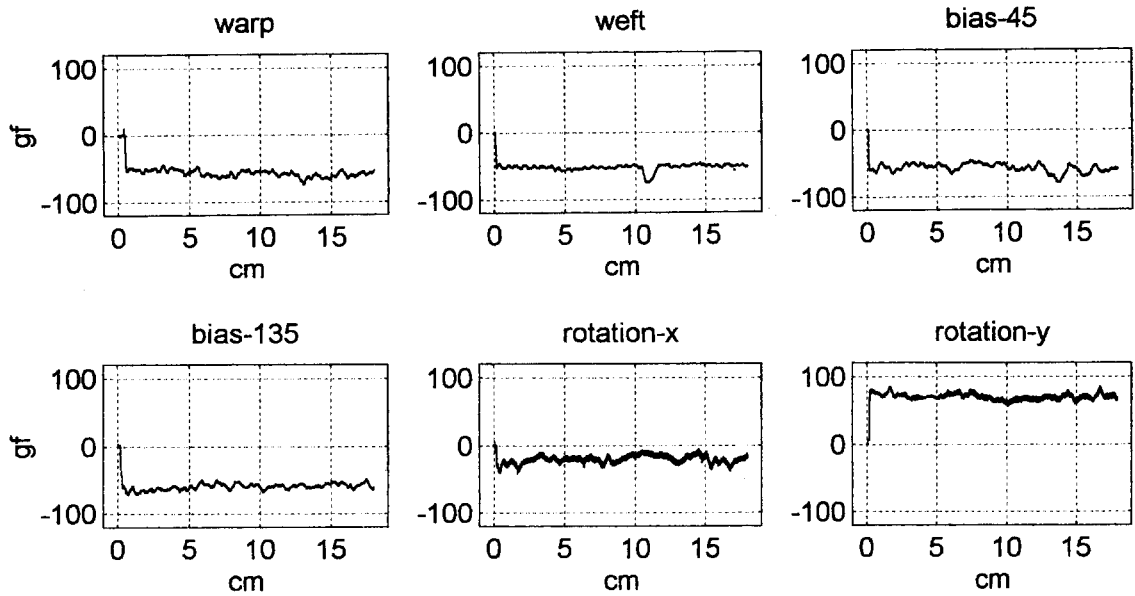


Fig. 7 Measured Friction Force at Sample Number 4

Table 1 Experimental Value of Sample Number 4

	Mean	standard deviation
Warp	-54.027847	4.597084
Weft	-53.046659	2.436797
45° bias	-55.002065	4.189523
135° bias	-60.862638	4.088571
Rotation x	-20.201970	3.366347
Rotation y	70.657336	2.964556

## 6. 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 II: Subjective Assessment, Textile Research", J.79-82(1991)
- 3) P.W.Harrison BSc CTextFTI, "Fabrics : Sensory and Mechanical Properties", Textile Progress Vol.26 No.3
- 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