

## 레이저 센서를 이용한 신발 내측 측정장치 개발

이지용\*(동아대 대학원 기계공학과), 김민주(동아대 대학원 기계공학과), 이승수(동아대 대학원 기계공학과), 박재덕(동아대 대학원 기계공학과), 전언찬(동아대 기계공학과)

Development of an Internal Measurement System for the Footwear using Laser Sensor

J. Y. Lee(Mech. Eng. Dept. DAU), M. J. Kim(Mech Eng. Dept., DAU), S. S. Lee(Mech Eng. Dept., DAU), J. D. Park(Mech Eng. Dept., DAU), E. C. Jeon(Division of Mechanical Engineering, DAU)

### ABSTRACT

This paper presents studies on the development of an internal measurement system for the footwear using laser sensor. The measurement system gains to the height of the profile at internal footwear. It accomplishes the 3-axes control which uses ball screws, L-M guides and stepping motors. It is used a laser sensor at the measurement of the distance, and Labview is used for the control and the measurement. We can get the profile through reverse engineering for the LAST. The data of profile is fixed a height of the LAST. Then, we try to verify as compare the profile with one which is collected by Internal measurement system..

**Key Words** : Laser sensor(레이저 센서), Footwear measuring system(신발측정장치), Last(라스트), Reverse engineering(역설계)

### 1. 서론

산업현장에서의 신발 조립공정은 각 공정이 순차적으로 연결되어 진행되는 컨베이어 시스템을 채용하고 있으며, 재료의 혼합부터 아웃솔(Out-sole), 미드솔(Middle-sole), 인솔(in-sole)의 제작과 갑피를 밀창에 조립하는 다 공정으로 구성된다. 그리고 대다수의 공정이 수작업으로 진행되기 때문에 불량품 발생률이 높고, 작업자의 숙련도에 따라 제품의 품질 및 생산성에 큰 차이가 발생한다. 또한 제품의 품질과 성능을 평가하는 계측작업도 과거에는 육안이나 간단한 측정도구를 사용하여 왔으나 점차적으로 다양한 센서를 활용한 자동계측의 관심이 높아지고 있다.

따라서 정확하고, 신속한 제품의 검사를 통해 각 공정의 문제점을 찾아내고, 이를 보완케 하는 측정시스템의 필요성이 점점 증가하고 있다.

현재 신발의 외측은 3 차원 스캐닝 방식을 이용하거나 CCD 를 이용한 측정 장치들이 연구되고 있

으나, 신발 내측 측정 장치에 관한 연구는 측정의 어려움 때문에 나이키사(Nike co.)에서 채용하고 있는 장치를 제외하고는 전무한 실정이다. 나이키의 OEM 을 수행하는 국내 공장들에 설치된 이 장치는 공압 실린더를 이용한 접촉식 길이 측정기로서 연결 재료인 신발의 외형을 팽창시킨 상태에서 측정하므로 치수 오차가 클 뿐만 아니라 신발 장축의 길이만을 측정 대상으로 한다.

따라서, 본 연구에서는 신발 내측의 프로파일(Profile)을 높이에 따라 측정 검사하는 신발 내측 측정 장치를 개발하고자 한다. 이를 위하여 거리 측정에는 레이저 센서를 사용하였고, 볼스크류와 LM 가이드 및 스텝핑 모터를 이용한 3 축 제어를 수행하였으며, 제어 및 계측 프로그램으로 Labview 를 이용하였다. 그리고 신발 LAST 를 역설계하여 일정 높이의 프로파일을 추출한 후 이를 내측 측정 장치를 이용하여 수집된 데이터와 비교함으로써 개발된 신발 내측 측정 장치를 검증하고자 한다.

## 2. 실험장치 및 실험방법

### 2.1 신발 내측 측정기의 구성

Fig. 1 은 본 연구에서 개발한 신발 내측 측정기를 나타낸다. 전체 시스템은 ① 레이저 센서, ② 엔코더, ③ 스텝핑 모터, ④ LM 가이드, ⑤ 측정대상물과 Data Acquisition 할 수 있는 제어부로 구성되어 있으며, 스텝핑 모터를 이용하여 360° 회전하면서 측정한다.

레이저 센서와 스텝핑 모터로 획득된 수치 정보는 아날로그 신호이며 Data acquisition board 에서 디지털 신호로 변환하여 컴퓨터로 전송한다. 컴퓨터는 Labview 를 이용하여 데이터를 변환한다.

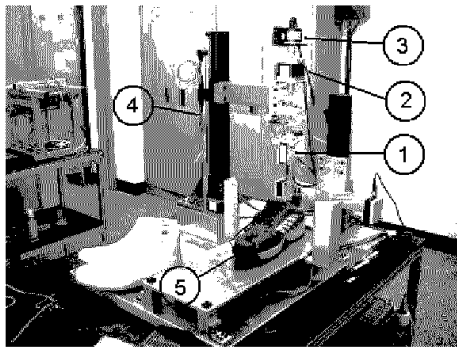


Fig. 1 Configuration of measurement system for the footwear

Fig. 2 는 측정기를 이용해서 신발을 측정하는 개념도를 나타낸 그림이다. 360° 를 n 등분하여 신발의 가장자리를 타점시켜 데이터를 획득한다.

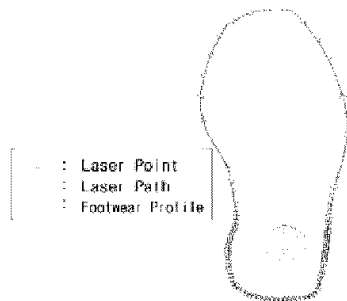


Fig. 2 Schematic diagram of the measuring principle

### 2.2 레이저 센서

신발 내부의 프로파일을 얻기 위한 방법으로 PSD(photo sensitive detector)방식의 레이저 센서를 사용하였다. 레이저를 이용하여 송출부에서 보낸 광이 접속부를 돌아와서 수광부에 있는 PSD 에 착상되는 위치를 읽어서 그 거리를 찾는 스캐닝

(Scanning) 방식인 PSD 방식은 전기적인 잡음에 영향을 적게 받기 때문에 내 잡음성이 좋고 레이저의 파장이 짧은 것을 장착하면 더욱 정밀한 측정을 할 수 있다.

Fig. 2 는 본 실험에서 사용된 독일 MEL 사의 M1400 레이저 센서를 나타낸다.



Fig. 2 Photograph of the laser sensor(PSD)

Table. 1 은 레이저 센서의 개략적인 제원이다

Table 1. Specification of the laser sensor

Item	Specification
Range	400 mm
Light Source	Red visible 675 nm
Resolution	0.5 mm
Output	4~20mA/ 0~10V

Fig. 3 은 레이저 센서의 측정 원리를 나타낸 개략도이다. Fig. 3 에서와 같이 레이저 다이오드에서 675 nm 의 파장을 갖는 붉은색 광선이 2 mm 의 지름으로 측정표면에 주사되어 반사되는 각도를 PSD 에서 측정하여 거리로 환산한다.

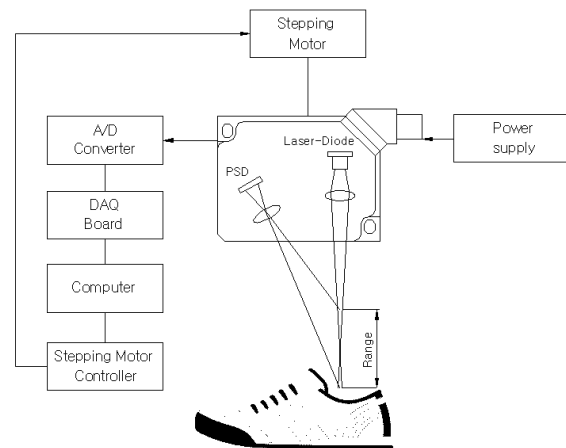


Fig. 3 Schematic diagram of measuring system

### 2.3 LAST 의 역설계

역설계 기술은 형상 데이터 획득, 데이터 전처리, 곡면모델 생성의 순서를 가진다. LAST 의 곡면 모델을 만들기 위해서 먼저 Cimcore 사의 Scanworks 장비를 이용하여 제품의 형상 데이터를 획득했다. 3 차원 공간상의 점 데이터의 형태를 가지는 데이터를 filtering, smoothing, redundancy 등의 점 데이터 처리 작업을 수행하여 곡면 생성을 위한 준비 데이터를 생성했다. 이렇게 처리된 형상 데이터를 기반으로 하여 곡면을 생성했으며, 머징하여 일정 높이의 프로파일을 추출하였다.

Fig. 4 는 역설계 프로그램을 이용하여 생성한 LAST 곡면에서 프로파일을 추출하는 것을 나타낸다.

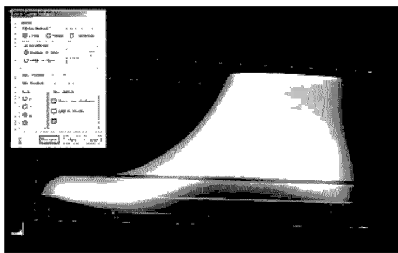


Fig. 4 The creation of last profile

### 2.4 실험방법

Fig. 5 는 본 연구의 실험방법의 흐름도를 나타내고 있다.

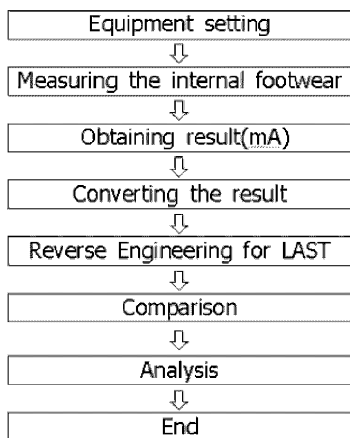


Fig. 5 Flowchart of the experiment

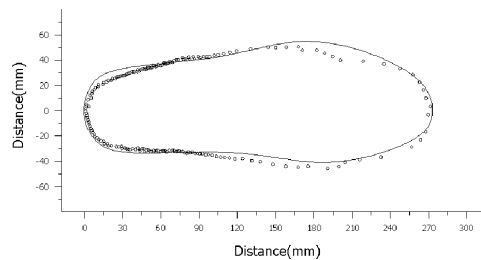
## 3. 실험결과

신발 내측의 일정한 높이에서의 점 데이터는 레이저 센서, 스텝핑 모터와 엔코더에 의해 길이 값과 각도 값으로 나타내어진다. 신발의 종류에 따라

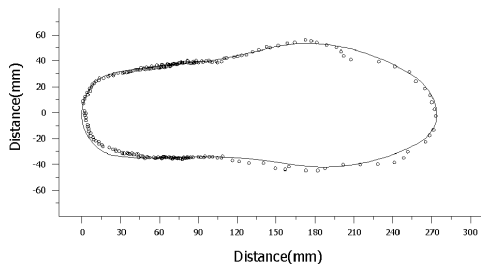
LAST 와 신발의 모양이 달라지므로 측정을 시작하는 z 축의 값은 임의로 지정하기로 하며 본 실험에서는 toe 에서 0.5mm 지점을 기준점으로 한다. 신발의 특성상 측정의 시작이 목 부분에서 시작될 수밖에 없다. 그에 따라 신발 내측 측정 시 곡률의 변화가 큰 신발의 앞부분은 회전 각도를 조밀하게 하여 측정하였고, 곡률변화가 크지 않은 신발의 뒷부분은 회전 각도를 크게 하여 측정 시간을 단축하였다. 본 연구에서는 기준점에서 210mm 이내의 범위는 1.8°로 하고 그 외의 부위에서는 1.8°, 1.44°, 0.9°, 0.72°, 0.36°, 0.18°로 값을 달리하여 측정하였다.

이렇게 측정된 길이 값과 각도 값을 x, y 좌표 값으로 변환하여 역설계된 LAST 의 프로파일과 비교하였다.

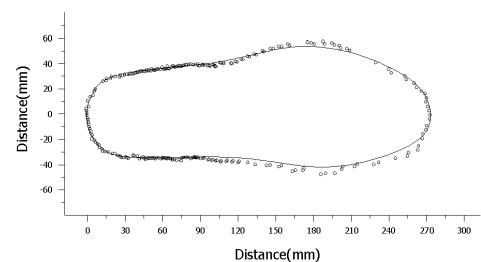
Fig. 6 은 6 가지의 회전 각도 별로 측정된 데이터와 LAST 의 프로파일과의 비교를 나타낸 그래프이다.



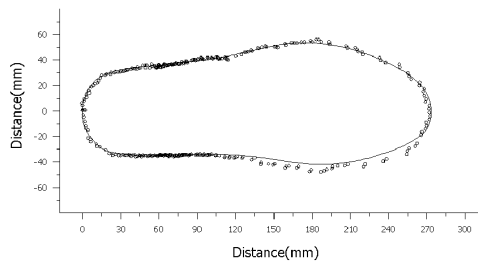
(a) Rotating angle (1.8°)



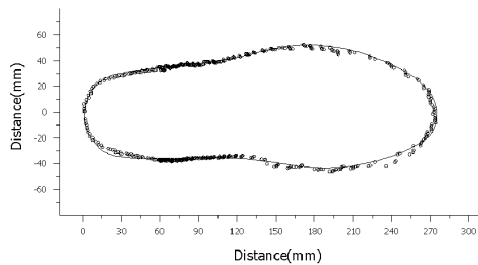
(b) Rotating angle (1.44°)



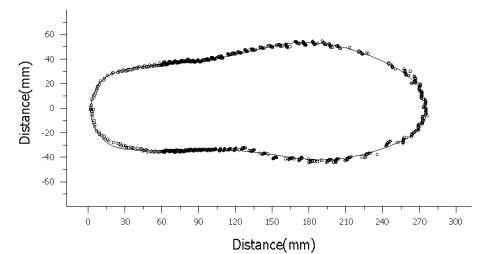
(c) Rotating angle (0.9°)



(d) Rotating angle (0.72°)



(e) Rotating angle (0.36°)



(f) Rotating angle(0.18°)

Fig. 6 The measured data for a respective rotating angle

Fig. 6 에서 보는 바와 같이 회전 각도가 작아질수록 측정된 데이터가 LAST 프로파일 에 근접함을 알 수 있다. 측정 데이터의 산포가 일정하지 않음은 측정시 발생하는 레이저 센서의 그림자 현상과 측정부의 난반사 등의 오차요인들과 신발자체의 신축성으로 인한 외부변형 때문에 생기는 것으로 생각된다. 또한, 1.8°, 1.44°와 같이 회전 각도가 클 경우에는 이러한 오차요인에 대한 영향이 더욱 커지는 것으로 생각된다.

#### 4. 결론

신발의 불량률을 줄이기 위해 정확한 검사가 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 레이저 센서, LM 가이드와 스테핑모터를 이용하여 신발의 내측을 측하였고 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 레이저 센서 등을 이용한 신발 내측 측정장치를 개발하였다.

2) 측정 데이터와 라스트의 역설계 프로파일 데이터의 비교를 통한 검증 결과 라스트 프로파일 에 근접하는 결과를 얻었으며 데이터의 산포가 일정하지 않음은 오차부의 분석 결과 레이저 센서의 그림자 현상과 측정부의 난반사 등에 의한 것으로 판단된다.

3) 각각의 회전 각도로 신발의 내측을 측정한 결과 0.18° 에서 가장 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

#### 참고문헌

1. Y. H. Bae, K. J. Park, "Inspection of Steel Sheet with a CCD Camera System and Laser Displacement Sensors," Sunchon Natl. Univ. Bull. 9, pp. 27~32, 1990
2. Y. H. Kwon, K. H. Park, K. W. Oh, E. A. Kim, "The Surface Roughness Measurement of Fabrics by a Non-Contact Method Applied Laser Displacement Sensor," Journal of the Korean Fiber Society Vol. 40, No. 3, pp. 287~295, 2003
3. D. B. Kang, H. Y. Kim, S. M. Son, J. H. Ahn, "Development of the Roughing Path Measurement System for Footwear," Journal of KSPE, Vol. 20, No. 10, pp. 120~129, 2003
4. 안재웅, 강영준, 백성훈, "선형 레이저빔을 이용한 비접촉 치수측정장치 개발," 한국정밀공학회 추계학술대회, pp.201~204, 2003