

구조화된 레이저광을 이용한 변형계측시스템에 관한 연구  
A study on the distortion-measurement system  
using structured laser light

\* 배 강열(한국과학기술원 정밀공학과)  
나 석주(한국과학기술원 정밀공학과)

## 1. 서론

용접변형을 제어하기 위해서는 정확한 변형의 계측이 반드시 수반되어야 하나, 현재 적용되고 있는 계측기술이 주로 접촉식으로 자, 현도 등에 의존하고 있기 때문에 변형의 계측을 신속하고 정확하게 수행하기는 어려운 실정이다.

본 연구에서는 레이저와 실린더 렌즈를 이용하여 얻어진 슬릿광을 피측정물인 변형체에 조사하고 CCD카메라로써 레이저 이미지를 획득하여, 획득된 2차원 레이저 이미지로부터 3차원 변형정보를 얻는 변형계측시스템을 제작, 변형계측을 신속하고 정확하게 비접촉식 방식으로 수행하는 방법을 제안하였다. 레이저 이미지를 구별하는 방법으로 신경회로망을 적용하였고, 2차원 영상이미지와 3차원 정보사이의 대응관계는 기하학적인 계산에 의한 방법과 보정에 의한 방법을 적용하여 도출하였다.

## 2. 계측시스템의 구성과 3차원 계측

### 2.1 계측시스템의 구성

변형계측시스템의 전체는 Fig.1에서 보여 주고 있는데, 그림에서 보인 바와 같이 센서부, 이미지 처리부, 구동부 등으로 구성된다. 센서부는 510(H)x492(V)의 화소(pixel)를 갖는 CCD 카메라, 실린더 렌즈, 그리고 10mW의 He-Ne 레이저로 구성되며, 이미지 처리부는 매 1/30초 마다 영상을 받아 들여 512(H)x512(V) 화소의 8비트 정보를 확보할 수 있는 vision board와 이미지 처리용 알고리즘을 실행하는 컴퓨터이고, 구동부는 DC servo motor로 구동되는 x table이다. 현재 위치의 변형계측이 완료된 직후 다음 측정 위치까지의 이동은 컴퓨터로 제어하게 된다.

### 2.2 레이저 이미지의 구별

#### 2.2.1 Integration

이미지(image)상에 3개의 행(column)을 설정하여 각 행에서 레이저 두께에 해당하는 화소수만큼을 설정하여 한 window로 취한다. 이 window를 행의 처음 열(row)에서 마지막 열까지 이동하면서 각 window내의 이미지 세기(intensity)의 합을 구한다. 각 행에서 최대 값을 갖는 window의 세기값을 산술평균하여 threshold 값을 정한다. 이미지상의 모든 행에 대하여, 각 행에서 threshold 값 이상이 되는 위치를 합하여 평균이 되는 위치를 레이저의 위치로 판정한다.

#### 2.2.2 신경회로망

##### A. 학습

이미지상의 각 행에서 이미지의 세기가 최대인 화소를 중심으로 20개의 화소열을 취하여, 레이저 두께에 해당하는 window를 설정, 화소열 내에서 한 화소만큼씩 이동하

면서 각 window내의 이미지 값을 더하고 산술평균하여, 그 값이 각 window의 중앙이 위치한 화소의 이미지 값으로 취해, 이미지 세기를 재분포하게 하였다. 이는 레이저가 폭을 갖고 있어 피측정체의 반사정도에 따라 레이저의 폭이 균일할 수 없기 때문에 이를 보상하는 방법으로 이미지 값을 레이저의 두께내에서 재분포하게 한 것이다. 재분포된 이미지 세기는 Gauss 분포를 갖는다고 가정하고, 각 행에서 재분포된 이미지의 평균표준편차를 구하여 Gauss 분포의 형태를 결정하였다.

Gauss분포는 평균값의 위치에서 확률밀도가 가장 높고 주위에서 낮아지는 형태를 나타내고, 분포위치와 평균위치사이는 일정한 관계가 있다. 따라서 신경회로망을 학습은 난수를 발생시켜 Gauss 분포의 평균위치를 불규칙하게 이동하게 하였다. 이때 발생하는 Gauss 분포를 입력으로 하고 난수에서 발생한 분포의 평균값을 출력으로 하는 신경회로망을 학습하였다. 학습시의 입력벡터는 20개의 요소를 가지고, 은닉층(hidden layer)은 2개로서 각 층에는 25개의 요소를 설정하였다. 학습에 사용된 입/출력 데이터 수는 100개였다.

## B. 적용

레이저는 두께를 갖기 때문에 반사도에 따라 이미지의 각 행에서 레이저 stripe의 폭이 불균일할 수 있다. 이를 보상하는 방법으로, 실제측시 이미지상의 각 행에서 최대의 이미지 세기를 갖는 열을 중심으로 20개의 화소열을 선정하여 레이저 stripe의 두께에 해당하는 window를 설정, window를 한 화소 간격으로 이동하면서 내부 화소의 이미지 세기의 산술평균을 하여 그 값을 window의 중앙이 위치한 화소의 이미지값으로 취하였다. 이를 학습된 신경회로망에 대입하여 각 행에서의 레이저 위치를 결정하게 된다.

## 2.3 3차원 공간좌표의 결정

### 2.3.1 기하학적 모델링

레이저 이미지의 화소좌표에서 3차원 공간좌표를 기하학적 관계에 의해 유도하는 것은 측정되는 위치가 레이저의 평면에 위치한다는 구속조건과 카메라모델의 관계식으로 부터 가능하다. 기하학적 모델링에 필요한 공간좌표계는 Fig.2에 나타내었다. 레이저는 피측정물에 수직으로 조사되고, 카메라는 진행방향으로 경사지게 위치되어 있다.

### 2.3.2 보정 방법

치수가 정확하게 알려진 V 블럭을 선정하여, 모서리 6위치의 공간좌표에 대하여 이미지상에서의 화소좌표와의 관계를 최소자승법을 이용하여 설정하였다.

## 2.4 계측실험

폭 90mm, 높이 80mm의 크기에, 90°의 V 홈을 가진 블럭 게이지의 표면 형상을 측정하였다. 이때 게이지의 표면에는 레이저의 반사도를 높이기 위해 백색 페인트를 착색하였다.

변형된 시편의 측정은 두께 20mm의 판의 맞대기 이음에서 1pass의 비드를 채운 시편과 1 pass가 용접된 필렛이음 시편을 대상으로 하였다.

## 3. 결과 및 고찰

Fig.3은 사용된 두 가지 이미지처리법에 의해 얻어진 레이저의 위치이다. 신경회

로망을 이용한 결과가 더 좋은 결과를 보여주고 있다. Fig.4(a)는 카메라 보정방법에 의해 구한 V 블럭의 표면형상을 보여주고 있다. Fig.4(b)는 기하학적모델링에 의해 구한 결과이다. 여기서 형태가 기울어져 있고 치수가 실물의 경우와 차이가 발생한 현상을 볼 수 있는데, 이는 센서의 상대적 위치 등 모델링에 대입되는 인자들이 정확할 수가 없고 카메라의 위치가 다소 기울어져 있기 때문에 발생한 결과로 판단된다. Fig.5(a)는 보정방법에 의해 계측한 맞대기 용접부 주위의 형태를 보이고 있다. 용접에 의한 변형의 정도 뿐만 아니라 비드의 표면형상의 관찰도 가능하였다. Fig.5(b)는 필렛 용접부를 계측한 결과이다. 이때 계측위치는 45° 방향이었다. 실측정에서는 불완전한 결과를 보이고 있는데, 이는 강판에서의 레이저 반사도가 현저히 떨어져 이미지의 세기, 레이저 두께 등이 당초 설정값과 차이가 발생하기 때문이다.

#### 4. 결 론

구조화된 레이저광을 이용한 변형계측시스템의 실적용이 가능함을 알 수 있었고, 신경회로망을 이용한 이미지 판별법, 보정방법을 이용한 3차원 공간좌표의 결정 등에 의해 계측정도를 향상할 수 있었다.

#### 참고문헌

1. 김선일 외, 레이저 슬릿광을 이용한 3차원 계측장치에 관한 연구, 전자공학회논문집, 제29권, 제2호, 1992, pp.139~151.
2. M.B.Lynch, et al., A proposed architecture for processing of 3-D structured light images using neural network, Intelligent engineering systems through artificial neural networks, ASME press, 1991, pp495~500.

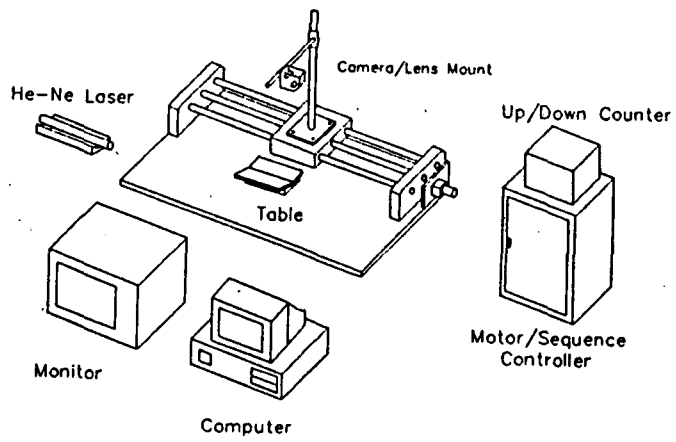


Fig.1 Configuration of distortion-measurement system

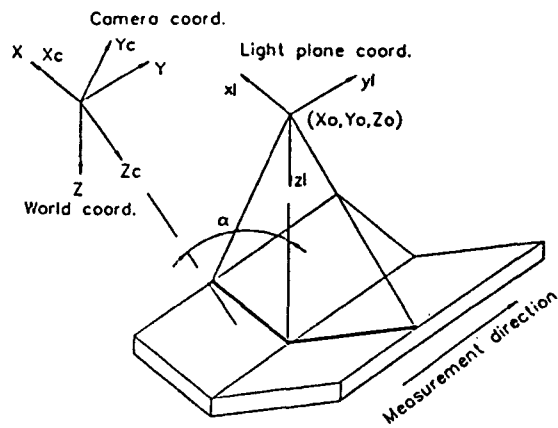
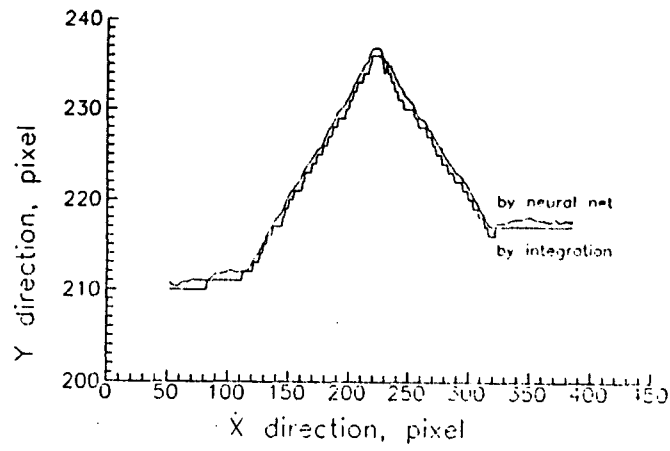
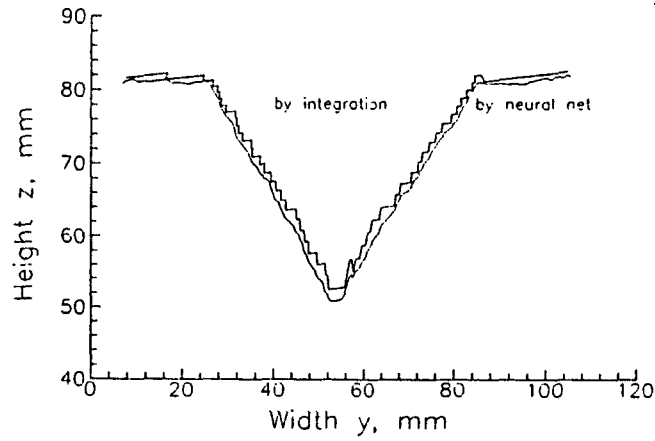


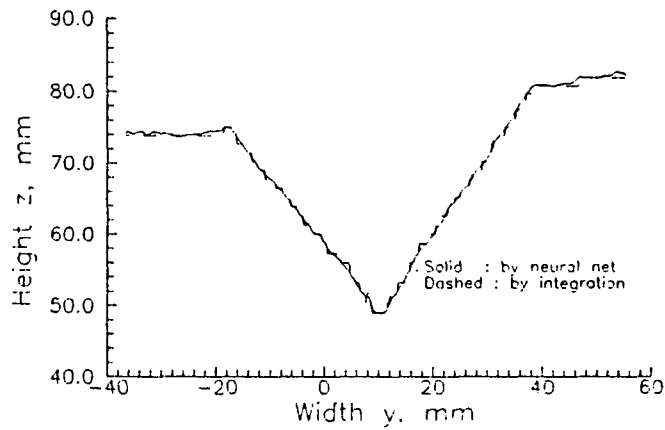
Fig.2 Coordinate system for geometric modelling



**Fig.3** Locations of laser stripe determined by neural net and by integration in image plane

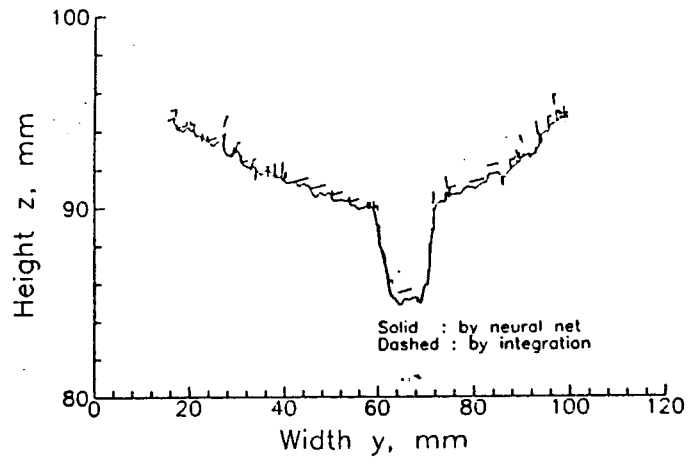


**(a)** Measured with calibration method

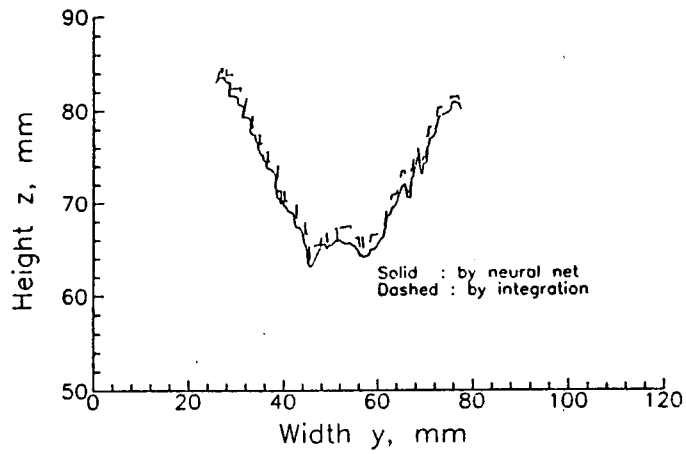


**(b)** Measured with geometric modelling

**Fig.4** Surface shape of V-block



(a) Butt joint



(b) Fillet joint

Fig.5 Surface shape of welded specimen measured with calibration method