

論文2003-40CI-4-3

영상처리에 의한 경량기포 콘크리트 블록의 치수측정 및 불량검사 알고리즘 개발

(Development of Size Measurement and Inspection Algorithm for Autoclaved Lightweight Concrete Block by Image Processing)

金成勳*, 許慶茂**

(Seoung Hoon Kim and Kyung-Moo Huh)

요약

본 논문에서는 고성능의 하드웨어 장비가 아닌 일반적으로 사용되는 개인용 컴퓨터와 CCD 카메라를 이용하여 자동으로 경량기포 콘크리트(autoclaved lightweight concrete) 블록간의 상하 경사도, 두께의 불균일성, 그리고 불량 여부를 판별할수 있는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 치수측정 및 불량검사 자동화 알고리즘은 실제 작업환경을 고려하여 일반적인 조명조건에서의 전처리과정과 작업공정내의 피사체의 진동을 고려한 단위길이 결정방법, 카메라의 곡률보정에 의한 치수오차 보정 방법 등을 적용하였으며, 실제공정에서의 실험 결과를 통해 블록군의 계측에 있어서 0.8초 이내에 측정오차 1%이내의 데이터를 산출해냄으로써 제안한 불량검사 자동화시스템의 신뢰성을 검증할 수 있었다.

Abstract

In this paper, we propose a design method of automatic thickness measurement and defect inspection system, which measures the thickness of the autoclaved lightweight concrete block and inspects the defect on a real-time basis. The image processing system was established with a CCD camera, an image grabber, and a personal computer without using assembled measurement equipment. For the realization of proposed algorithm, the preprocessing method that can be applied to overcome uneven lighting environment, threshold decision method, unit length decision method in uneven condition with rocking objects, and the curvature calibration method of camera using a constructed grid are developed. From the experimental results, we have found that the required measurement accuracy specification is sufficiently satisfied using our proposed method.

Keywords : Size measurement, Inspection image processing

* 學生會員, ** 正會員, 檀國大學校 天安캠퍼스 電子컴퓨터學部

(Dept. of Electronics & Computer Engineering, Dankook Univ.)

※ 이 연구는 2003학년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었음.

接受日字:2003年1月17日, 수정완료일:2003年6月30日

1. 서론

본 연구에서는 고가의 특수한 장비없이 개인용 컴퓨터와 CCD 카메라를 이용하여 경량기포 콘크리트 블록의 치수 측정 및 불량검사를 정확하게 할 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 전처리 과정을 통해 파손부위를 판별하고 동시에 블록간의 상하 경사도, 두께의 불균일성, 그리고 불량품 여부를 판별할 수 있도록 하기 위해

블록에 대한 에지만을 추출하여 보정작업을 거쳐 블록의 두께와 경사도를 찾아낼 수 있었으며, morphology 적 기법을 이용해 파손부위를 판별해낼 수 있는 시스템을 개발하였다.

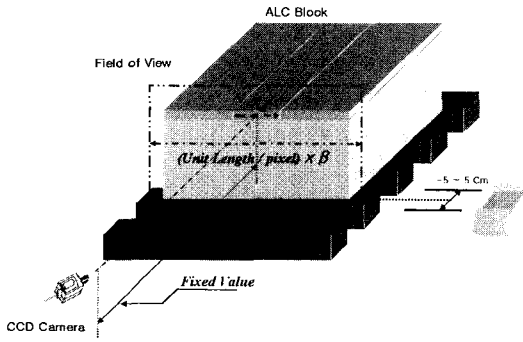


그림 1. 경량기포 콘크리트 블록의 이미지 획득
Fig. 1. Image acquisition of autoclaved lightweight concrete blocks.

는 조명의 상태에 큰 영향을 받는다. 이 점을 보완하기 위하여 이미지 입력 과정에서 얻은 이미지로부터 조명 상태를 파악한다. 그레이 레벨로 변환하여 색상 성분을 없애고 조명의 휘도 정보를 찾아낸다^[2].

$$level = \frac{1}{i} \sum_{k=1}^i \frac{R+G+B}{3} \quad (1)$$

여기에서 level은 이미지상의 물체의 평균 그레이 레벨[0~255]을 나타내고, i 는 가공 물체의 화소(pixel)의 수, R, G, B 는 가공 물체의 화소들의 R, G, B 레벨 값을 나타낸다.

표 1. Level 값에 대한 threshold
Table 1. Threshold value of level.

레벨값	문턱값
90 이하	60
90 ~ 100	65
100 ~ 110	70
110 ~ 120	75
120 ~ 140	80
140 ~ 160	85
160 이상	90

II. 전처리 과정

1. 고주파 필터

본 실험에서 쓰인 가공 물체를 세워놓고 이미지를 입력받은 경우, 잘못된 초점으로 인해 물체의 외곽부분의 영상이 흐리게 나오게 된다. 이를 고주파 강화 필터를 이용하여 보정하였다. 일반적인 고주파 강화 마스크는 <그림 2>에 보이는 바와 같이 -1로 둘러싸여 있고 중앙 위치에 9가 놓여진다.

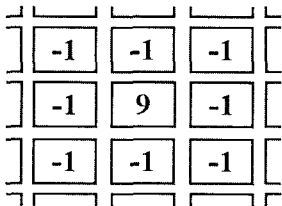


그림 2. 고주파 강화 마스크
Fig. 2. High Pass filter.

고주파 강화 필터링이 영상안의 고주파 성분을 강화하기 때문에 출력영상은 더 날카로운 영상이 되고 시각적으로는 더 좋은 영상을 생성한다^[1].

2. Threshold 값 결정

각 픽셀의 R, G, B 레벨 값은 색상 정보뿐만 아니라 빛의 휘도까지 포함하고 있기 때문에 입력 이미지

3. 히스토그램의 평활화

히스토그램 평활화를 수행한 히스토그램은 보다 균일한 분포를 가지게 되며 다음과 같은 3단계를 거친다.

- 1) 히스토그램을 이용한 명도값의 빈도수를 계산 한다.
- 2) 구한 빈도수를 이용하여 축척 히스토그램 값을 구하고 정규화시킨다.
- 3) 정규화된 축척 히스토그램을 그레이 레벨값으로 매핑한다.

여기에서 정규화한다는 의미는 변환함수에 의해 변환된 값이 변환되어야 하는 범위값을 넘어설 때가 있는데, 이러한 값들을 원하는 일정범위 안에 재매핑시키기 위해 조정하는 것을 말한다. 식 (2)는 축척 히스토그램의 정규화 식이다.

$$k_i = \frac{g_{max}}{n_i} H(i) \quad (2)$$

여기에서 n_i 는 영상에서의 화소의 총 개수(256×256)이고, g_{max} 는 명도의 최대값(255)이며, $H(i)$ 는 위에서 구한 축척 히스토그램이다. 축척 히스토그램이라는 말

은 명암값의 빈도수를 계속 더해나가 축적하는 방법이다. 예를 들면 명도값 1에서의 축적 히스토그램은 명도값 0의 빈도수와 1의 빈도수를 더한 값이 되고, 명도값 0,1,2,...,255 까지의 빈도수를 모두 더한 값이 된다.

4. 에지 검출에 있어서 기존 마스크 기법의 변형

Sobel 마스크는 연산 후 문턱값을 이용하여 잡음을 제거할 수는 있으나, 잡음에 민감한 특성은 해결하면서, 원하는 윤곽선은 정확히 얻어내야만 한다. 잡음에 민감한 특성은 해결하면서, 원하는 윤곽선을 정확히 얻어내기 위해 본 논문에서는 Sobel 마스크를 기반으로 Canny의 에지 검출 방법을 변형시켜 사용하였다. 기존의 에지 추출방법은 Sobel 마스크나 Canny 검출필터를 그대로 사용하였으나, 본 논문에서는 기본적으로 Canny 에지검출 방법을 사용하되 이미지의 그레이 레벨값을 고려한 문턱값을 적용하여 노이즈를 억제하고 에지검출의 효율성을 높이도록 하였다. Sobel 마스크를 기반으로 John Canny는 에지 검출을 위한 방법들을 정의하였고, 그 방법들을 달성하기 위한 최적의 방법을 설명하였다^[3]. <그림 3>에 기존의 Sobel 마스크 기법과 본 논문에서 제안한 문턱값을 이용한 변형된 마스크 기법을 비교하였다. <그림 3(a)>는 카메라에서 입력받은 그레이 스케일의 640x480 화소 사이즈의 실제 영상이며, <그림 3(b)>는 Sobel 마스크 기법을 사용하여 얻은 영상이고, <그림 3(c)>는 변형된 마스크 기법이다.



(a)실제 영상 (b)소벨 마스크 (c)제안하는 마스크
(a)real image (b)sobel mask (c)proposed mask

그림 3. Sobel 마스크와 제안된 마스크 기법과의 비교
Fig. 3. Comparison between sobel mask and the proposed mask.

5. 잡음 제거

본 방법에서 잡음과 그림자로 인한 불필요한 잡음 에지와 윤곽선을 제거할 필요가 있다. 이를 위해 블록 윤곽선을 이용해서 얻어진 중심을 기준으로 360도 탐색하여 처음 검색된 그레이 레벨값 255의 픽셀을 제외

하고 이후 레벨값 255가 검색되면 3x3 블록을 이용하여 시계방향으로 에지를 추적하여 검색되는 레벨값 255를 레벨 0으로 변환하였다.

III. 치수측정과 불량검사를 위한 알고리즘

본 장에서는 경량기포 콘크리트 블록의 치수 계측을 향상시키기 위해 <그림 4>의 알고리즘에서 보인바와 같이 입력된 영상의 전처리과정을 거친 후 각각 부 알고리즘을 통하여 카메라에 의한 곡률을 효과적으로 보정하고 형태학적 기법을 이용한 파손 및 균열 측정 방법과 8개의 에지 쌍을 이용한 경사도 및 두께측정 방법을 제안한다.

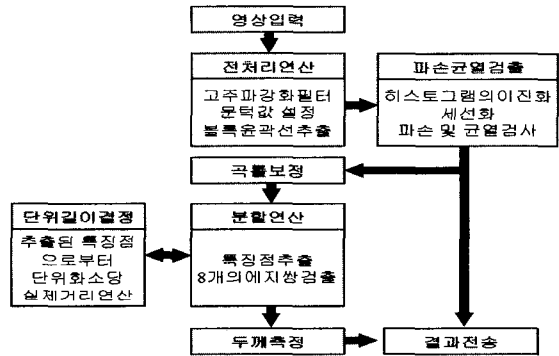


그림 4. 치수계측 및 불량검사 알고리즘의 흐름도
Fig. 4. Flowchart of measurement and defect inspection.

1. 파손 및 균열 검사

본 연구에서는 팽창(dilation)기법과 부식(erosion)기법을 반복 적용시키는 방법을 이용해 파손 및 균열 부위를 검출하였다. 우리는 실험을 통하여 이진화된 영상에 팽창연산을 반복 실행시켜 파손부위에 대한 유사 화소들을 병합시킨 후 다시 부식연산을 반복적용시킴으로서 파손부위가 병합된 단일화소 영역으로 결합되게 하여 결합부위의 정량적 검사가 가능하도록 개발하였다.

1-1. 이진 팽창(Binary dilation)

이진 영상은 0과 1로 구성되므로 1의 값을 가진 좌표의 세트로 표시할 수 있다. 즉 이미지 I를 집합으로 보고 좌표 (m, n) 에서의 값이 1인 좌표의 집합을 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$I = \{(m, n) \mid i(m, n) = 1\} \quad (3)$$

이때 세트 I 의 세트 X 에 의한 팽창은 $I \oplus X$ 로 표시하며 식 (4)와 같다.

$$I \oplus X = \{j \mid j = i + x, i \in I, x \in X\} \quad (4)$$

여기서 X 는 구조 요소라 하는데, 예를 들어 $X = \{(0, 0), (0, 1)\}$ 인 경우에는 식 (5)와 같다.

$$I \oplus X = (I + \{(0, 0)\}) \cup (I + \{(0, 1)\}) \quad (5)$$

이를 개념적으로 설명하면 X 에 포함된 좌표만큼 I 를 선형 이동한 영상들의 합집합이다. 영상에서 한 부위에서 전부 1인데 한 화소만 영상 잡음으로 추정되는 0이라면 이 기법을 사용해서 잡음을 제거할 수 있을 것이다^[4]. 또한 물체내의 작은 내부 공간이나 단일 화소 너비의 틈새 제거 또는 연구에서 제안하는 바와 같이 파손 부위에 대한 영상적 잡음들을 병합시킴으로써 블록의 파손 부위에 대한 정량적 검사가 가능하도록 할 수도 있다.

1 2. 이진부식(Binary erosion)

팽창에 반대되는 기법으로, 영상을 물체가 있는 영역과 배경 영역으로 구성되는 것으로 생각하면, 팽창기법은 물체 영역을 넓히는 것이며, 부식 기법은 물체 영역을 줄이면서 역으로 배경 영역을 넓히는 것이다. 즉, 영상을 0의 값을 가진 좌표의 세트로 생각하고 팽창을 하는 것과 마찬가지로 개념이다. 그렇지만 일단은 팽창에서 정의한 그대로 1의 값을 기준으로 해서 세트 I 의 세트 X 에 의한 부식은 $I \ominus X$ 로 표시하며 식 (6)과 같다.

$$I \ominus X = \{j \mid (X)j \subseteq I\} \quad (6)$$

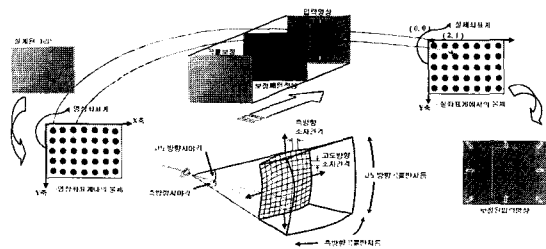


그림 5. 2차원 영상 좌표계의 실제 좌표계로의 보정
Fig. 5. Correction of 2-D image coordinate system to world coordinate system.

즉, X 를 j 만큼 선형 이동한 구조가 I 에서 발견되면 1이 되며 그러한 j 의 집합이 된다. 위 두 기법을 반복적으로 적용하여 흑색 배경에서 백색 물체를 일정하게 크기를 감소시켜 블록의 윤곽선은 변하지 않게 되면서 파손 및 균열 부위의 정량적 검사를 가능하도록 제안한 결과 이미지가 <그림 5>의 영상에서 보는 것과 같다.

1 3. 파손 및 균열 부위의 정량화

이진 영상의 데이터는 그레이의 영상을 경계값을 이용하여 흑과 백의 두 가지 색으로 데이터를 이용하는 것이라고 할 수 있다. 본 장에서는 이러한 그레이 영상 데이터의 경계 값을 통해 불량 판별의 검출방법에 있어서 정량적인 값을 설정함으로써 그 판별기준을 객관화하는데 중점을 두었다. 본 실험에서는 판별기준을 1/2화소($\approx 0.1cm$) 이상의 부분이 균열하게 검출될 때를 불량으로 판별하여 그 기준을 객관화 하는데 중점을 두었다. 실제 공정에서는 1 화소의 간격이 0.2469cm의 화소폭을 가지게 되는데 대략 검사자의 시각으로 60cm 거리에서 균열이 검출되기 위해서는 약 0.1cm 이상의 특이점이 관찰되어야 시각으로 확인이 가능하다. 따라서 본 실험에서는 약 0.1cm 이상이 되는 균열을 검출해 내기 위해서 1 화소 내에서 유사점이 관찰될 수 있는 경계값 $t = 85$ (그레이레벨:0~255) 이상의 유사 화소를 균열검출의 기준으로 설정하였다. 이 과정에서 파손 및 균열에 대해서 두 경우 모두 입력영상으로부터 경계값 $t = 85$ 이상 검색된 유사영역이 이루는 픽셀의 수를 계산하여 이 군집이 이루는 화소수가 블록의 외곽선으로부터 12화소($\approx 3cm = 12$ 화소 $\times 0.2469cm$)이상이 계속하여 검색될 경우를 파손 및 균열로 결정하여 검출하였다.

2. 두께 측정을 위한 8개의 에지쌍

본 연구에서는 작업현장에서 야기되는 조명 조건의 불균직한 변화와 공장 내의 분진, 기계진동 등으로 인한 파손이나 이물질의 점착 등으로부터 영향을 최소화시키고, 상하 경사도 측정의 기준이 되는 향상된 수평 수직 에지 검출 알고리즘을 제안하였다.

각 블록의 네 개의 모서리 점을 기준으로 수평 방향이 에지에 해당하는 왼쪽 면과 오른쪽 면 각각의 상위와 하위 영역에 두개의 에지검출점을 배열하여 이 에지쌍이 이루는 직선을 에지로 설정함으로써 요철에 의한 측정불량을 최소화시켰으며, 이를 기준으로 수직방

향에 해당되는 윗면과 아랫면에도 역시 에지쌍 검출 알고리즘을 적용시킴으로써 각 에지쌍이 이루어 내는 직선에 대해 수직, 수평방향으로의 에지검출이 보다 정확하게 수행되므로 경사도 측정 역시도 그 정확도가 향상되는 결과를 보였다.

3. 카메라의 곡률 보정

카메라의 곡률보정에 의해 오차 보정을 수행하는 일차적인 목적은 카메라를 통하여 입력된 대상물에 대한 영상의 컴퓨터 2차원 영상좌표계와 실제 물체가 존재하고 있는 물체좌표계와의 관계를 설정하기 위한 것으로서 영상처리기법을 이용하여 길이나 깊이 등의 정량적 측정이 필요할 때 필수적으로 요구되는 과정이다^[5]. 그 이유는 카메라 오차 보정 과정이 수행되지 않으면 영상좌표계상의 값과 물체좌표계 값이 서로 일치하지 않는 결과를 초래하여 영상처리 기법을 사용하여 정량적인 측정시 그 결과와 그 물체의 실제 측정치와 차이가 발생하기 때문이다. <그림 5>에서 보인 바와 같이 미리 작성된 그리드 이미지를 통해 곡률을 가진 영상을 입력받아 그리드의 각점을 이미 알고 있는 실제 좌표계로 재배치함으로써 곡률이 보정된 이미지를 얻어 내게 된다. 그림의 왼쪽에 있는 좌표계는 작성된 그리드 영상에 대한 카메라의 입력 영상이며, 이 좌표계상의 곡률을 가진 각 점의 좌표는 elevation 방향 및 lateral 방향의 곡률변경을 따라 FOV(Field Of View)의 중심점으로부터 멀어질수록 각 점의 좌표 간격은 넓어지게 배치되게 된다. 이때 각 점의 좌표는 미리 작성된 그리드를 통해 이미 알고 있으므로 이 점들을 원래의 위치로 차례대로 옮겨놓으면서 오른쪽의 실제 좌표계로 각각 재배치시켜 설계된 그리드의 모양으로 되돌려 놓음으로써 카메라를 정밀하게 위치시키지 않더라도 어떤 위치에서나 그리드의 입력 이미지만으로 카메라의 렌즈에 의한 곡률을 보정할 수 있다. 이러한 곡률 보정에 대한 프로세스의 과정은 <그림 9>에서와 같이 실제 물체의 입력된 영상에 대해 설계된 그리드의 보정 패턴을 마스크 처리하여 얻어내게 된다. 입력 영상으로는 <그림 6>과 같이 그동안 문헌에서 많이 다루어진 동일한 평면위에 있는 원으로서, 본 연구에서는 실제좌표 값을 미리 알고 있는 21×28 개의 원을 이용하였다. 그리고 21×28 개의 기준점들은 크기와 모양이 같고 기준점들 간의 간격은 12 픽셀로 구성하였다. 실험은 곡률이 보정된 이미지로부터 그 패턴을 추출해내어

입력된 영상에 그 패턴만을 적용시킴으로써 보정된 이미지를 추출해 내었다^[6].

4. 단위길이 결정

샘플들의 동일한 집합은 전체적인 개발과정동안에 매우 귀중하게 될 것이다. 본 연구에서는 실제의 경량기포 콘크리트 블록 생산과정중에 발생하는 진동에 의한 카메라와 피사체간의 거리오차에 대해서 유연하게 대처할 수 있도록 이미지로부터 특징점을 추출하여 미리 계산된 특징점의 길이 d 에 대한 비례값 β 를 식 (7)과 같이 단위화소에 대한 단위길이에 곱하여 입력된 블록 영상에 적용함으로써 피사체의 흔들림에 의한 치수 오차를 식 (8)과 같이 보정하였다.

$$\beta = X_d / d \quad (7)$$

$$\text{Unit length/Unit pixels} = 0.2469\text{Cm} \times 3 \quad (8)$$

본 실험에서는 실제 제작과정상의 조건을 감안하여 <그림 1>에서 보이는 블록상판의 특징점으로 이루어진 거리를 비례값 β 로 설정하였다.

IV. 실험 결과

1. 단일블록에의 적용실험

본 실험에서는 카메라와 가공 물체 사이의 거리를 300cm로 고정하고 실험을 진행하였다. 실험에서 쓰인 이미지의 해상도는 640×480 화소를 사용하였다. 실제 블록의 생산 공정을 감안하여 300cm의 거리에 카메라를 고정시킨 후 입력받은 이미지의 가로와 세로의 최대 길이는 158cm와 118cm였다. 따라서 1 화소의 간격은 0.2469cm의 화소 폭을 가지게 되는데, 본 실험에서 대략 검사자의 시각으로 60cm 거리에서 균열이 검출되기 위해서는 약 0.1cm 이상의 특이점이 관찰되어야 시각으로 확인이 가능하였다. 따라서 그 판별기준을 앞서 설명한 그레이레벨의 경계값 설정을 통하여 $t = 85$ (그레이레벨)이상, 약 1/2 화소($\approx 0.1\text{cm}$) 이상의 부분이 검출될 때를 불량으로 판별하여 그 기준을 객관화, 정량화하는데 중점을 두었으며, 그 결과가 <그림 6>에서 보는 바와 같다.

길이를 측정하기 위해서는 표준이 되는 정확한 자가 필요하지만 실제로는 획득하기가 용이하지 않기 때문에 이미 공장에서 수작업 하여 얻은 합격제품의 실측

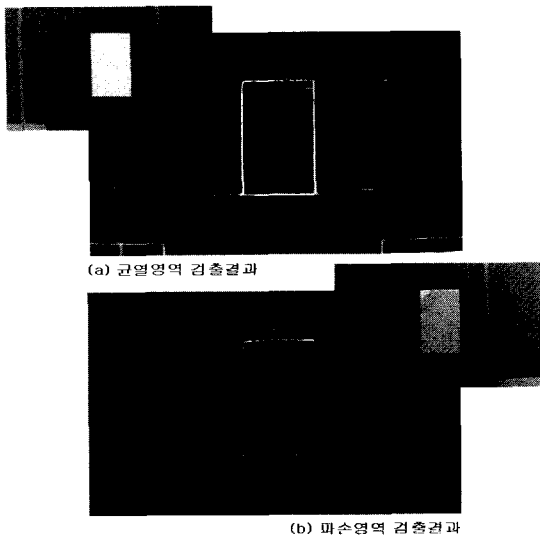


그림 6. 단일블록에 대한 균열(a) 및 파손(b) 검사
Fig. 6. Detection of cracked and broken region in a single block.

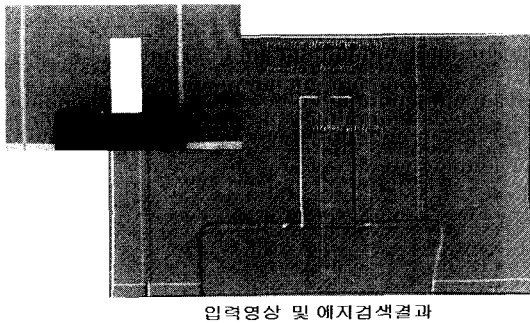


그림 7. 단일블록에 대한 치수계측 검사
Fig. 7. Automatic measurement process for a single block.

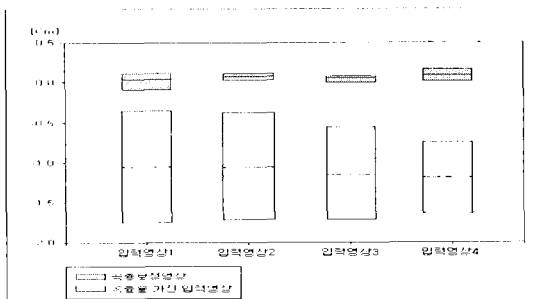


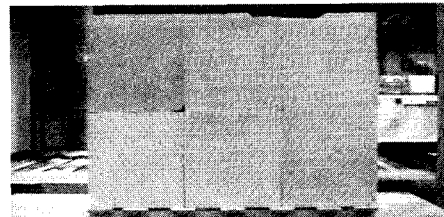
그림 8. 곡률보정영상과 실제측치의 오차비교.
Fig. 8. Comparison of error value between automatic and actual measurement data of curvature calibrated image.

값을 표준값으로 설정하고 이를 <그림 7>에서 보인바와 같이 제한하는 알고리즘을 통해 자동 계측된 값과 비교하였다.

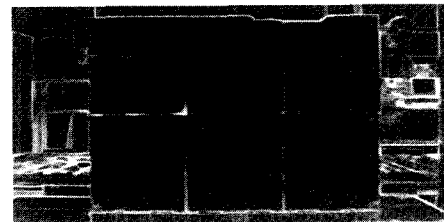
기존 수동 인디케이터 방법으로는 0.5mm 이상의 측정단위를 얻기 힘든 반면, 본 논문에서 제안하는 방법으로는 더욱 개선된 결과를 빠른 시간에 얻어낼 수 있었으며, 기존의 수작업에 의한 측정 결과값과 본 실험 결과의 오차범위는 <그림 8>에서 나타난 결과를 통해 알 수 있듯이 평균 0.06mm 정도로 나타났다.

2. 블록군에의 적용실험

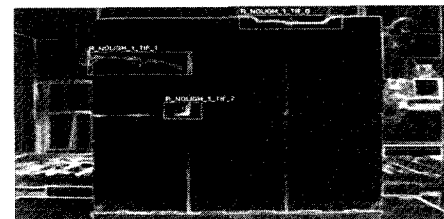
본 연구에서 제안한 치수측정 알고리즘을 실제의 제조공정상의 블록군에 적용하여 본 알고리즘을 검증해 보았다. <그림 9>를 보면 알 수 있듯이 공정에서의 검사에서 파손에 대한 경우 블록군을 일정수의 군으로 나누어 제품포장을 하게 되는데, 균열이나 공정과정에서 생긴 기계에 의한 큰 파손부위를 제외하고는 상, 하역작업을 위한 수작업에 의한 파손이 대부분이었다.



(a) 입력영상



(b) 전처리 연산 작용



(c) 파손 및 균열영역 검출

그림 9. 실제공정에 적용시킨 파손 및 균열 검사결과
Fig. 9. Inspection results applied to real process.

2.2. 블록군에 대한 치수계측 실험

<그림 8>과 <그림 9>의 결과에서 알 수 있듯이 공정의 작업환경상의 이유로 인해 조명 조건 및 진동의 영향으로 인해 단일블록에 대한 계측결과보다는 정밀도가 조금 떨어진 것을 볼 수 있다. 실제 공정에서는 순차 프로세서에 의해 계측검사가 수행되게 되며, 결과를 통해서도 알 수 있듯이 제조될 블록의 종류가 바뀌어 후 재정렬된 강선들의 폭은 원의 정도가 해당 공정의 관리자가 인지할 수 있을 정도로 과다하거나 짧김이 있지 않는 경우를 제외하고는 불량일지라도 계속해서 생산될 수 있음을 인지할 수 있다. <그림 10>의 결과를 통해 가장 큰 오차가 0.14cm 정도임을 감안한다면 본 실험은 99.3% 이내의 오차 값을 보장하므로 0.3cm (1.5%) 이내의 비교적 정밀도가 높은 수출용블록의 검사에도 설계한 시스템이 적합함을 알 수 있었다.

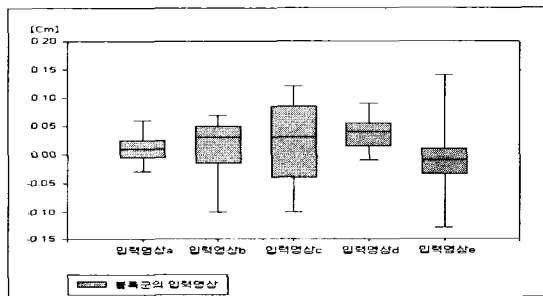


그림 10. 제안한 알고리즘에 의한 자동측정값과 실제 측정치의 오차비교

Fig. 10. Comparison of error value between automatic measurement data by the proposed algorithm and actual measurement data.

V. 고찰 및 결론

본 논문에서 제안한 경량기포 콘크리트 블록 자동측정을 위한 알고리즘은 크게 전처리 과정과 블록의 파손 및 균열검사 및 에지쌍에 의한 치수계측 알고리즘으로 나뉘는데, 전처리 과정에서는 히스토그램의 이진화 기법과 세선화를 이용해 보다 정확한 측정이 될 수 있도록 설계하였으며, 두께측정 과정에서는 본 논문에서 3가지 방법을 새로이 제안하였다. 2차원 영상 좌표계에 대해 그리드 설계에 의한 곡률보정 방법에 의해 보정된 이미지를 문턱값 자동 선택을 이용한 마스크 기법으로 일반적인 마스크 기법에 비해 보다 나은 윤곽선 검출을 시행할 수 있었으며, 또한 제안한 에지쌍

배열에 의한 계측방법과 진동을 고려한 단위길이 설정 방법을 통해 블록을 수작업으로 측정하는 방법에 비해 입력받은 이미지 한 장만으로 블록군 단위의 치수계측 결과를 평균 0.8초 이내로 얻을 수 있었고 기존의 수동식의 측정자가 0.05cm의 측정단위 한계를 갖는데 비하여, 별도의 장비구성이 없이 실제 제조공정내의 진동, 분진 등의 환경조건에 대해 300cm의 거리에서 픽셀당 측정값이 0.2469cm, 실험결과의 측정단위가 0.01cm로서 수동에 비해 상당히 향상되었으며 블록의 치수불량의 기준오차가 0.3cm인 점을 비교해 볼 때 결과를 통해 각 블록군의 표준편차를 비교해 보면 평균적으로 표준 블록을 기준으로 약 99%이상의 정확성을 얻을 수 있었고, 제안된 알고리즘을 통해 불량판별의 검사기준을 객관화 및 정량화함으로써 기존의 작업공정에 대하여 제품의 폐기율을 감소시킴으로서 재료절감 및 자동화와 고속화 효과를 기대할 수 있다. 또한, 기존 영상처리 기법중 통계적 모멘트를 사용한 방법은 어느 정도 에지가 보장되어 있는 경우는 매우 유용한 방법이라 할 수 있으나, 노이즈가 많은 경우와 에지의 누실이 비교적 큰 본 실험의 경우에는 본 논문에서 제안한 에지쌍 측정 방법보다는 결과가 좋지 않았다. 그리고 작업공정상의 환경조건에 의한 조명의 불균일로 인해 측정부위에서 생기게 되는 에지 누실이 50% 이상일 경우 이미징 보정작업에는 한계가 있었다.

참 고 문 헌

- [1] E. Fink and M. Heath, "Image-processing projects for an Algorithms Course," Int'l J. of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, Vol. 15, No. 5, pp. 859~868, Aug. 2001.
- [2] A. M. Darwish and A. K. Jain, "A rule based approach for visual pattern inspection," IEEE Tr. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 10, No. 1, Jan. 1998.
- [3] L. Ding and A. Goshtasby, "On the Canny edge Detector," Pattern Recognition, Vol. 34, No. 3, pp. 721~725, Mar. 2001.
- [4] A. Watt and F. Policarpo, "The Computer Image," Addison-Wesley, 1998.
- [5] J. Weng, P. Cohen, and M. Herniou, "Camera calibration with distortion models and accuracy

evaluation," IEEE Tr. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 14, No. 10, pp. 965~980, 1992.

[6] "Matrox inspector user guide", Version 4, Matrox Electronic System Ltd., 2002.

저 자 소 개



金 成 勳(學生會員)

2001년 : 단 국대 전자공학과 졸업.

2003년 : 동대학원 석사. <주관심

분야 : 머신비 전, 영상처리>



許 慶 茂(正會員)

1979년 : 서울대학교 전자공학과

졸업. 1981년 : 한국과학기술원 전

기및전자공학과 석사. 1989년 : 동

대학원 박사. 현재 : 단국대학교 전

자컴퓨터학부 전자공학전공 부교

수. <주관구분야 : 3차원 디스플레이,

로봇트 제어, 검사 자동화, 시스템 제어, 학습 제어,

Servo Motor 제어, 디지털제어기 설계 및 시뮬레이션>