

화상처리 기법을 이용한 균열 검출에 관한 연구

A study on crack detection using image processing

이 방 연^{*} 김 진 근^{**} 박 석 균^{***}
Lee, Bang Yeon Kim, Jin-Keun Park, Seok-Kyun

ABSTRACT

The crack of concrete structure plays an important role in the durability and safety of structure. Therefore, the features such as width, length, and direction of that must be measured periodically. The conventional method of measurement of cracks is manually sketched, however, it takes a fairly long time and lacks quantitative objectivity. This study proposes the algorithm to extract and analyze cracks automatically. The proposed algorithm is composed of two sub-algorithms. The extraction algorithm includes elimination of effect due to light, binarization, and noise reduction. The analysis algorithm includes thinning process, labeling, and calculation of crack width, length, and direction. The test to demonstrate the algorithm is fulfilled using the images of cracks on real concrete surface.

1. 서 론

콘크리트 구조물에서 발생한 균열은 구조물의 내구성, 안전성, 사용성에 문제를 야기할 수 있기 때문에 주요 구조물에서 균열 관리가 수행되고 있다. 균열 관리는 균열의 폭, 길이, 방향, 그리고 균열 망을 조사하는 것이며 현재 점검자의 육안조사와 현미경과 같은 간단한 장비로 수행되고 있다. 이러한 기존의 방법은 많은 시간과 인력이 요구되고 점검자의 주관이 개입되기 때문에 객관성이 부족할 뿐만 아니라 구조물에 접근이 불가능하여 측정이 곤란한 경우가 많다. 이러한 많은 문제점을 해결하기 위하여 화상처리를 이용한 다양한 기법들이 연구되고 있다 [1-3]. 그러나 콘크리트 구조물의 경우, 시공 후 바로 외부 환경에 노출되기 때문에 콘크리트 표면에 균열 이외에 얼룩등의 많은 노이즈가 발생하게 되어 균열만 완벽히 추출할 수 있는 방법은 아직 소개되어 있지 않다.

본 논문에서는 보편화 되어 있는 디지털 카메라를 이용하여 얻은 콘크리트 균열 화상에서 균열을 추출하고 추출한 균열을 분석할 수 있는 화상처리 기법을 제시하고자 한다. 개발된 알고리즘은 균열 화상에서 빛이나 얼룩등과 같은 노이즈를 제거하는 균열 추출 부분과, 추출한 균열로부터 균열의 폭, 길이, 방향을 계산하는 균열 분석부분으로 구성되어 있다.

* 정회원, 한국과학기술원 건설 및 환경공학과 석사과정
** 정회원, 한국과학기술원 건설 및 환경공학과 교수
*** 정회원, 대전대학교 토목공학과 조교수

2. 균열 계측 알고리즘

디지털 카메라를 이용하여 얻은 균열 화상에서 균열의 폭, 길이, 방향을 얻기 위해서는 원 화상에서 균열을 추출하고 추출된 균열을 바탕으로 이를 분석하여야 한다. 본 연구에서 제시하고 있는 알고리즘의 개념도는 그림 1과 같다.

2.1 균열 추출 알고리즘

콘크리트 균열 화상에서 균열을 추출하는 과정은 빛에 의한 영향 제거, 이진화, 노이즈 제거의 과정으로 구성된다. (그림 1)

화상으로부터 균열을 분리하기 위하여 가장 먼저 수행되어야 하는 것은 빛에 의한 영향을 제거하는 것이다. 왜냐하면 일반적으로 콘크리트 구조물을 촬영한 화상은 빛에 의해 배경의 밝기가 일정하지 않게 되어 그림 2에서와 같이 어두운 부분에서는 균열을 추출할 수 없기 때문이다. 따라서 이러한 빛에 의한 영향을 제거하기 위하여 모폴로지 기법을 사용한다 [4]. 빛에 의한 영향이 제거되면 이 화상을 가지고 역치값을 결정하여 0(검정)과 1(흰색)만으로 구성되는 이진화를 수행하는데, 역치값은 Otsu 방법에 의해 결정된다 [5]. Otsu 방법이란, 판별함수를 이용하여 클래스들간의 분산을 최대로 하는 값을 결정하는 것이다.

이진화를 통해 얻은 화상에는 균열 이외에도 많은 노이즈가 포함되어 있다. 노이즈를 제거하는 과정은 연산 속도를 빠르게 하기 위하여 3 by 3 커널을 이용한 작은 홀을 제거하는 픽셀단위 처리와 형상 계수를 통한 형상 분석으로 이루어진다. 형상계수는 형상의 기하학적 변형(이동, 회전, 그리고 크기)에 따라 변하지 않아야 하기 때문에 Contact Perimeter를 이용한 방법을 사용하였다 [6].

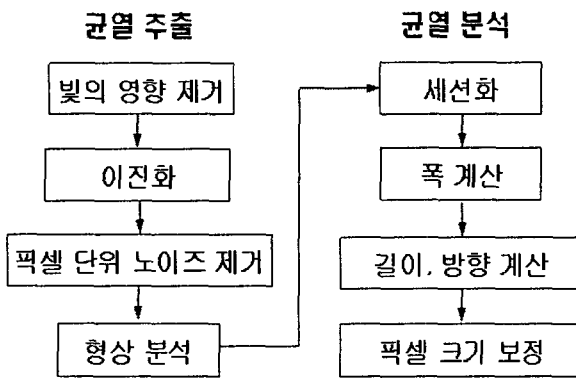


그림 1 알고리즘 개요도

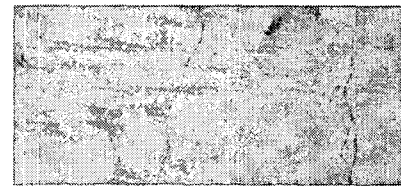


그림 3 원 화상



그림 4 모폴로지 기법



그림 2 빛에 의한 영향



그림 5 이진화

2.2 균열 분석 알고리즘

균열 추출 알고리즘을 통해 얻은 균열화상으로부터 균열의 폭, 길이, 방향을 구하는 균열 분석 알고리즘은 세션화, 레이블링, 폭, 길이, 방향 계산, 픽셀 크기 보정의 과정으로 구성된다. (그림 1)

균열을 분석하기 위해서는 추출된 균열의 세션화와 레이블링이 선행되어야 한다. 세션화는 균열을 중심 픽셀 하나로 감소시키는 것이며, 레이블링은 균열의 분기점이나 시작점에 따라 각각의 균열에 고유 번호를 부여하는 것이다 [4]. 이에 대한 예는 그림 6, 7에 제시되어 있다. 균열 폭은 세션화된 중심 픽셀로부터 균열의 양쪽 경계까지의 거리를 계산함으로써 계산된다. (그림 8) 그러나 이 단계에서 계산된 균열 폭은 픽셀 하나의 실제 크기가 고려되지 않았기 때문에 마지막 단계의 픽셀 크기가 보정되어야 실제 균열 폭과 같은 값이 될 수 있다. 그리고 균열 길이는 그림 7과 같이 세션화와 레이블링이 된 균열에서 각 라벨별로 균열의 시작점에서 끝점까지 모든 픽셀의 거리를 더하여 계산되고, 균열 폭에서와 마찬가지로 픽셀 크기가 보정되어야 한다. 균열 방향은 각 라벨에 따른 균열의 시작점과 끝점의 좌표관계를 이용하였다. 마지막으로 픽셀 하나의 실제 크기를 구하는 방법은 촬영 면적과 카메라의 해상도를 이용하는 방법을 사용하였다.



그림 6 세션화

0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	4	0	0	0	0	7	0
0	4	0	0	0	0	0	0	0	7
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

그림 7 세션화와 레이블링

0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	5.5
0	0	1	0	0	5.2
0	1	0	4.7	0	0
1	0	0	0	0	1
1	0	0	5.2	0	1
0	4.7	0	0	1	0
0	5.2	0	1	0	0
5.2	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0

그림 8 균열 폭 계산

3. 실험 결과 및 분석

본 연구에서 제시한 알고리즘으로 계산한 값은 균열 현미경을 이용하여 측정한 값과 비교되었다. (표 1) 그림 9는 실험에 사용된 균열 화상이고, 그림 10은 균열 현미경을 이용하여 측정한 부분을 확대하여 화상처리 결과 균열의 경계로 표시된 부분을 원 화상에 겹쳐 표시한 것이다. 표 1은 균열 현미경을 이용하여 측정한 실측값과 본 논문에서 제시한 알고리즘을 이용하여 측정한 값을 비교한 것이다. 표 1을 보면 실측값보다 프로그램 값이 더 정밀하게 측정되었는데 그 이유는 실측값의 경우, 균열 현미경을 통해 0.1 mm 단위까지만 확인할 수 있었던 반면, 디지털 카메라로 촬영한 화상의 해상도는 그림 6의 (a), (b)에서 각각 0.04536 mm/pixel, 0.04176 mm/pixel 로 해상도가 더 높았기 때문이다. 그러나 더 넓은 면적을 촬영하면 해상도가 떨어지기 때문에 정밀성도 떨어지게 된다. 균열의 길이와 방향은 실측값을 정확히 측정할 수 없기 때문에 알고리즘 값과 비교할 수 없었다.

표 1 계측 결과

한 픽셀 크기	계측 위치	실측값 (mm)	프로그램 값 (mm)
0.04536 (mm/pixel)	A	0.3	0.33
	B	0.5	0.51
0.04176 (mm/pixel)	C	0.7	0.69
	D	1	0.98

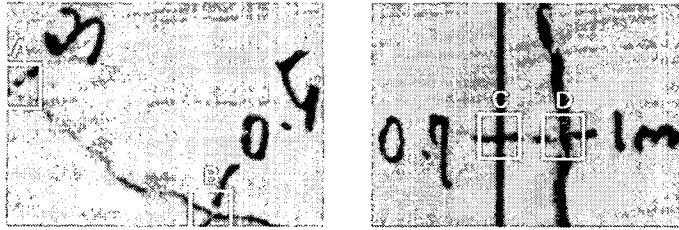


그림 9 실험에 사용된 균열 화상

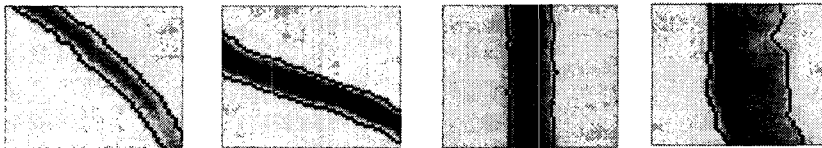


그림 10 A, B, C, D를 확대한 화상

4. 결 론

본 논문에서는 디지털 카메라로 촬영한 화상을 바탕으로 균열을 추출하고 분석할 수 있는 화상처리 알고리즘을 제시하였다. 개발한 알고리즘은 사람의 판단이 필요치 않기 때문에 객관적인 결과를 얻을 수 있다. 해석 결과로 균열 폭, 최대 균열 폭과 그 위치, 평균 균열 폭, 길이, 그리고 방향이 제시되었다. 검증실험에서는 균열의 일부분을 선택하여 실측값과 비교하였는데 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다.

그러나 폭이 큰 균열과 미세 균열이 동시에 있을 경우, 미세 균열은 화상을 얻는 과정에서 픽셀 값이 상대적으로 훨씬 작기 때문에 균열 추출 과정에서 미세 균열을 인식하지 못하는 문제점이 발견되었다. 앞으로 이러한 미세 균열을 추출할 수 있는 알고리즘을 개발할 예정이며, 또한 카메라의 줌이나 카메라와 콘크리트 면 사이의 거리에 대한 보정 실험을 수행할 예정이다.

참고문헌

1. Atsushi Ito, Yoshimitsu Aoki, Shuji Hashimoto. "Accurate extraction and measurement of fine cracks from concrete block surface image", IEEE industrial electronics society, v.3, 2002, pp. 2202-2207.
2. Doihara, T. et al. "Crack measuring system based on hierarchical image processing technique " International archives of photogrammetry and remote sensing, v.29 no.5, 1993, pp. 155-159.
3. A. ammouche, J. Riss, D. Breysse, J. Marchand. "Image analysis for the automated study of microracks in concrete" Cement & Concrete Composities, v.23 issues 2-3, 2001, pp.267-278.
4. R. C. Gonzalez and P. Wintz. Digital Image Processing, 2nd ed. Addison Wesley Longman, 1987.
5. Otsu, N. A. "Threshold selection method from gray-level histogram" IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-9, No. 1, 1979, pp.62-66.
6. E. Bribiesca. "Measuring 2-D Shape Compactness Using the Contact Perimeter", Computers Math. Applic. Vol. 33, No. 11, 1997, pp. 1-9.