

# 콘크리트 균열 깊이와 이미지 특성정보간의 상관성 분석

## Correlation Analysis between Crack Depth of Concrete and Characteristics of Images

정 서 영\*  
Jung, Seo-Young

유 정 호\*\*  
Yu, Jung-Ho

### Abstract

Currently, the depth of cracks is measured using ultrasonic detectors in maintenance practice. This method consists of measuring the depth of cracks by attaching ultrasonic depth measuring equipment to the concrete surface, and there are restrictions on the timing and location of the inspection. These limitations can be addressed through the development of image-based crack depth measurement AI technology. If crack depth measurements are made based on images, restrictions on the timing and location of inspections can be lifted because images acquired with simple filming equipment can be used as input information. To efficiently develop these artificial intelligence technologies, it is essential to identify the interrelationship between crack depth measurements and image characteristic information. Thus, this study is a basic study of the development of image-based crack depth measurement AI technology and aims to identify image characteristic information related to crack depth.

키 워 드 : 콘크리트 균열, 균열 깊이, 이미지, 화소강도, 상관성 분석

Keywords : concrete crack, crack depth, Image, pixel intensity, correlation analysis

## 1. 서 론

콘크리트 균열의 깊이는 시설물의 상태평가, 구조안전성평가, 균열 원인 추정, 보수공법 선정(특히, 주입재료의 선정 및 물량 산출)에 중요한 정보로 작용하고 있기 때문에 균열 깊이를 정확하고 신속하게 측정할 수 있는 기술이 필요하다. 시설물 유지관리 실무에서는 균열 깊이를 측정하기 위해 주로 표면전달법을 이용한 초음파 측정기를 주로 활용하고 있다. 이러한 방식은 측정 정확도가 높다는 장점이 있으나, 표면에 밀착시켜 측정해야 하므로 장비 세팅 시간이 오래 걸리기 때문에 업무 효율성이 떨어진다는 단점이 있다. 뿐만 아니라, 장비가 고가이며, 장비 및 관련 전문 지식이 없는 경우에는 간단한 자가진단이 불가하다는 한계가 존재한다.

이러한 기존 초음파 기반의 균열 깊이 측정 기술의 한계는 이미지 기반 균열 깊이 측정 AI 기술을 통해 해소할 수 있다. 균열 깊이 측정이 영상 기반으로 이루어질 경우, 간단한 촬영장비로 획득한 영상정보를 입력정보로 활용하기 때문에 점검 시간이 단축될 수 있다. 또한, 점검 시기 및 위치에 대한 제약이 해소될 수 있으며, 고가의 장비를 불필요하기 때문에 기존 조사업무에 소요되던 인력 및 비용을 절약할 수 있다.

이와 같은 '영상 기반 균열 깊이 측정 AI'의 신경망을 개발하기 위해서는 먼저, 균열 깊이 추정에 필요한 영상정보 특징변수를 규명하여 유의미한 특징을 정의하여야 하며, 각 특징변수들 간의 상호관계를 분석이 필수적이다. 이러한 입력 데이터에 대한 전문적인 통찰이 없이 구현된 AI 신경망 모형 구조는 최적화될 수 없으며, 훈련과정에 엄청난 자원이 낭비될 수 있기 때문이다. 이에 본 연구에서는 영상 기반 균열 깊이 측정 AI 모델 구조 및 훈련의 최적화를 위한 기초연구로, 균열 깊이와 관련이 있는 이미지 특성정보를 식별하고자 한다.

## 2. 콘크리트 균열 깊이와 이미지 특성정보간의 상관성 분석

### 2.1 균열 깊이 추정에 유효한 이미지 특성정보 고찰 및 설정

균열 깊이 추정에 유효한 이미지 특징변수를 고찰하여 연구가설을 설정하였다. 동일한 조도 및 동일한 거리에서 촬영된 균열 이미지의 화소강도(pixel intensity)는 균열의 깊이에 따라 상이할 것이라는 연구가설을 설정하였다. 화소강도(pixel intensity)란 특정 화소의 밝은 정도를 나타내는 것으로 각 화소는 8비트로 표현될 수 있다. 일반적으로 화소강도는 0~255 범위의 값으로 표현되며, 0에 가까울수록 밝기가 낮으며 255에 가까울수록 밝기가 밝다. 명암도(gray scale) 영상의 경우, 단일 채널로 구성되며, 0(검은색)부터 255(흰색)까지의 숫자로 명암도가 표현된다. 한편, RGB영상의 경우 빛의 3원색인 3가지 색상(Red, Green, Blue)의 채널을 가지며, 각

\* 광운대학교 건축공학과 박사과정

\*\* 광운대학교 건축공학과 교수, 공학박사, 교신저자(myazure@kw.ac.kr)

채널은 0~255 범위의 화소강도를 가질 수 있다.

### 2.2 균열 깊이 실측 정보 및 균열 이미지 화소강도 정보 수집

실제 균열의 영상정보 및 균열 깊이 실측값 획득을 위하여 콘크리트 공시체 14개를 제작하여 압축강도 시험기를 이용하여 균열을 발생시켰다. 그 후, 5mm 간격의 모눈종이에 무작위로 1cm×1cm 크기의 구멍을 뚫어 공시체의 균열 부위에 부착하여 100개의 균열을 식별하였다. 이렇게 식별된 100개의 균열을 테이프게이지 및 필러 게이지를 이용하여 깊이를 측정하였으며, 조도 125.3lux(조도측정계 측정치/ 오차범위 ±3% 이내), 거리 0.378m(레이저 거리측정기 측정치/ 오차범위 ±2% 이내)의 조건에서 공시체를 촬영하여 균열 이미지를 획득하였다. 또한, 획득한 균열 이미지의 균열 부위는 포토샵을 이용하여 95×95 픽셀(pixel; 화소) 단위로 분할한 다음, 파이썬(Python 3.8.7)을 이용한 영상처리 기법을 이용하여 RGB 영상 및 명암도 영상(Gray Scale)로 변환하였다. 변환된 RGB 영상 및 명암도 영상의 화소강도를 파이썬의 영상처리 기법(open-cv 및 Pillow 모듈의 다양한 함수)을 이용하여 추출하였다.

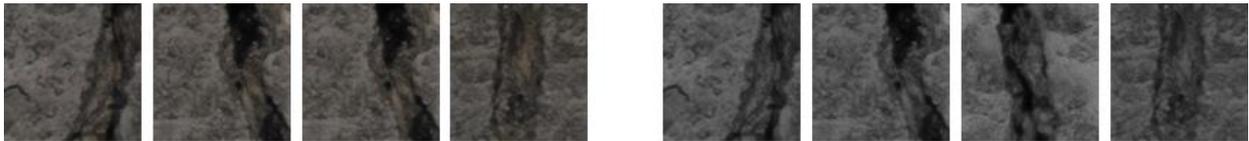


그림 1. 획득한 균열이미지 예시 (좌)RGB 영상 / (우) 명암도 영상

### 2.3 균열 깊이 실측치와 균열 이미지의 화소강도 간의 상관성 분석

균열의 영상정보 및 균열 깊이 실측치 간의 상관성을 검증하기 위하여 앞에서 수집한 100개의 균열 사례를 대상으로 상관분석을 실시하였다. 본 연구에서는 “균열의 깊이는 최소 화소강도에 음(-)의 영향을 미친다.”라는 연구가설을 통계적으로 증명하기 위하여 IBM SPSS statistics v.21를 이용하여 상관분석을 실시하였다. 분석 결과, 균열 깊이 실측치와 균열 영상의 명암도 영상의 화소강도의 최저점, Red/Green/Blue 채널의 화소강도의 최저점 간의 상관계수는 각각 -0.532, -0.520, -0.521, -0.539이고, 각 변수 간의 모상관계수가 0이라는 귀무가설이 참이라는 가정에서 표본상관계수에 대한 유의 확률은 0.01보다 작은 값으로 나타났다. 따라서, 유의수준 0.01에서 각 변수들은 선형적인 상관관계가 있다는 귀무가설은 기각되고 연구가설이 채택되었으며, 이는 균열 깊이 실측치와 화소강도는 음의 상관관계가 있다는 것을 의미한다.

표 1. 균열 깊이와 균열 이미지 특성정보 간의 상관 분석 결과 요약

변수	평균	표준편차	A	B	C	D	E
A. 균열깊이	8.973	5.399	1				
B. Gray_min	13.650	9.895	-0.532**	1			
C. Red_min	13.250	10.363	-0.520**	0.976**	1		
D. Green_min	13.770	9.982	-0.521**	0.993**	0.946**	1	
E. Blue_min	13.170	8.661	-0.539**	0.982**	0.943**	0.979**	1

\*\*상관계수는 0.01수준(양쪽)에서 유의함.

## 3. 결 론

본 연구에서는 이미지 기반 균열 깊이 측정 AI 기술 개발의 기반 마련을 위해 균열 깊이와 이미지 화소강도 간의 상관 관계를 규명하였다. 연구 결과, 균열 이미지의 화소강도와 균열 깊이 실측치 간의 상관관계가 있음을 확인하였으나, 연구 결과를 활용도를 높일 수 있는 화소강도 가공 방법에 대한 추가 연구가 필요하다. 예를 들면, 균열이 없는 콘크리트 표면의 화소강도와 균열 부위의 화소강도와의 변화율을 변수로 사용하는 방법 및 균열이 없는 콘크리트 표면의 평균 화소강도와 균열 부위의 평균화소강도간의 차이를 변수로 사용하는 방법 등이 이에 해당한다. 본 연구의 결과물인 균열 깊이와 관련이 있는 ‘영상정보의 유효특징변수’ 및 ‘특징변수-균열 깊이 관계함수’는 후속 연구에서 진행할 데이터 증강(Data Augmentation) 방법론 개발 및 영상 기반 균열 깊이 측정 AI의 딥러닝(Deep Learning) 레이어 설계 및 개발의 기초자료로 활용될 것이다.

## Acknowledgement

이 논문은 2021년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임. (No. NRF-2020R1F1A1075177)

## 참 고 문 헌

1. 국토교통부, 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침