

콘크리트 균열의 자동 분석을 위한 2단계 합성곱 인공신경망

김아람*, 이성원*, 김정진**

*한국건설기술연구원

**계명대학교

e-mail:swlee@kict.re.kr

Two-Stage Convolution Neural Network for Automatic Analysis of Concrete Crack

Ah-Ram Kim*, Seong-Won Lee*, Jung Jin Kim**

*Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

**Keimyung University

요 약

균열은 구조물 파손의 한 형태로, 초기 균열이 무시할 정도 작더라도 점점 성장하여 구조물의 안정성에 영향을 미친다. 따라서 다양한 콘크리트 구조물에서 객관적이며 편리하게 균열 조사 및 검사할 수 있는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 2단계 합성곱 인공신경망을 기반으로 균열을 자동으로 탐지하고 균열의 길이, 폭 등의 균열 특성을 정량적으로 분석할 수 있는 방법을 제안한다. 연속적인 2단계 인공신경망은 콘크리트 영상에서 균열의 유무를 판단하고 균열을 구획화한다. 이어서 세션화 알고리즘과 프로파일링 알고리즘을 통해 균열의 길이 및 두께를 분석한다. 본 연구에서는 균열 라벨이 있는 다양한 균열 이미지를 사용하여 제안된 방법의 성능을 검증하였으며, 균열 검출과 구획화에 대해 90% 이상의 정확도를 확인하였으며, 분석된 균열의 길이와 폭은 1%미만의 오차를 보였다.

1. 서론

균열(Crack)은 구조물 파손(failure)의 한 형태로, 설계 시 구조물 특성의 미고려 및 시공 시 부주의 등 여러 원인에 의해 부득이하게 발생한다. 초기 균열은 무시할 정도로 매우 작은 경우가 대부분이지만, 균열은 성장하고 전파되어 구조물의 안정성에 영향을 끼치는 문제로 발전 가능하기 때문에 주의가 요구된다.

일반적으로 교량, 터널 옹벽 등의 콘크리트 구조물에서 수행되는 균열 조사 및 검사 방법은 검사원이 현장에서 직접 측량 도구를 사용하여 시각적으로 검사이다. 하지만 이 방법은 점검자의 주관 개입으로 기록의 객관성이 떨어질 수 있으며, 점검자 변경 시 균열의 진행성을 추적하기 어렵다. 따라서 이러한 문제점을 극복할 수 있는 새로운 균열 조사법의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 현장에서 사용가능한 휴대용 촬영기기를 통해 촬영된 콘크리트 구조물의 영상을 대상으로, 균열을 검출하고 분석할 수 있는 2 단계 합성곱 인공신경망 기반의 균열 검사법을 소개한다. 그리고 40,000장의 콘크리트 사진을 이용하여 인공신경망을 학습하고 제안 방법의 검증을 수행하였다.

2. 연구방법

본 연구에서 제안하는 방법은 다음과 같이 크게 두 단계로 나눌 수 있다. (1) 합성곱 인공신경망을 이용하여 균열 검출 및 구획화하고 (2) 세션화 알고리즘과 프로파일링 알고리즘을 이용하여 균열을 분석한다.

인공신경망 입력 영상은 효율적인 균열 검출을 위해 227 pixels × 227pixels 크기의 패치들로 분할된다. 이는 휴대용 전자기기의 일반적인 해상도 (FHD급 및 QHD급) 뿐만 아니라 고해상도 영상을 다룰 수 있게 한다. 패치의 균열 유무를 판단하는 인공신경망은 12개의 합성곱 레이어로 구성하며 각 필터를 16개, 32개, 64개, 128개로 구성하였다. 여기서 각 필터의 크기는 5pixels × 5pixels로 설정하였다. 구획화 인공신경망은 Hires3DNET [1]를 수정하여 사용하였으며 10개의 합성곱 레이어로 구성하였다. 각 레이어의 필터는 16개, 32개, 64개로 구성하였으며, 필터의 크기는 균열 유무 판단 신경망과 동일하게 구성하였다.

구획화된 패치 영상은 세션화 알고리즘을 통해 균열을 단일 픽셀로 구성된다. 그리고 영역 증식 알고리즘을 이용하여 단일 픽셀을 선택하여 균열을 픽셀 길이를 측정한다. 이어서 세션화된 단일 픽셀에서 프로파일링 알고리즘을 통해 수직방향으로 균열이 있는 픽셀까지의

길이를 계산하여 균열의 픽셀 폭을 측정한다.

4. 결론

3. 성능검증 및 결과

3.1 인공신경망 성능검증

균열 유무 판단 인공신경망 학습을 위하여 Ozgenel (2018)에 의해 공유된 40,000장의 콘크리트 영상(균열이 있는 영상 20,000장, 균열이 없는 영상 20,000장)을 이용하여 인공신경망(classification network)의 학습 및 검증을 수행하였다. 배치(batch) 사이즈가 50인 신경망을 이용하여 약 천이백만 번 학습하였고, 손실함수는 소프트맥스 교차 엔트로피를 사용하였다. 최종적으로 99.9%의 검증 정확도에서 학습을 종료하였다.

균열 구획화 인공신경망은 2,000장의 균열 영상을 라벨링하여 1,751장을 학습에, 249장을 성능평가에 사용하였다. 손실함수로는 시그모이드 교차 엔트로피, 평가함수로는 IoU(Intersection over union)를 사용하여 약 구십만 번 학습한 결과, 평가데이터의 IoU 값은 0.87로, 1에 가까운 값이 도출되어 높은 정확도의 결과를 확인하였다.

3.2 균열 검출 결과

콘크리트 균열 판단 및 구획화 신경망을 거친 영상은 균열 지점에 대한 구획화 정보가 나오게 된다. 구획화된 균열에 영상처리기법을 이용하여 균열의 길이와 평균 두께를 구할 수 있게 된다. 아래의 그림은 촬영된 콘크리트 균열 영상에 대하여 합성곱 인공신경망을 통해 균열 구획화 결과를 나타낸다. 전반적으로 균열을 잘 구획화하는 것을 확인 할 수 있다. 다만, 균열의 두께가 갑자기 얇아지는 경우 완벽하게 구획화하지 못하는 점도 발견되었다.

그림에도 불구하고 세션화 및 프로파일링 기법을 통해 도출된 균열 길이와 폭은 약 1% 정도의 매우 작은 오차를 보였다. 이는 가장 위험도가 높은 균열을 잘 구획하고 하며 이를 정량적으로 측정할 수 있음을 의미한다.

본 연구에서는 콘크리트 구조물의 균열을 객관적이고 효율적으로 점검하고 기록하기 위한 목적으로, 휴대용 촬영기기를 통해 촬영된 영상에서 인공신경망을 활용하여 균열을 검출하고 균열의 특성을 분석할 수 있는 방법을 개발하였다.

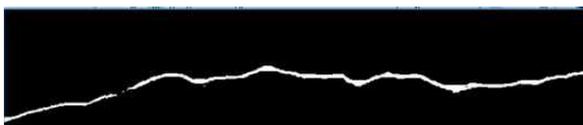
본 연구를 통해 개발된 콘크리트 균열 검출기법은 인공신경망을 기반으로 하여 지속적인 학습을 통해서 정확도가 향상될 수 있어, 다양한 형태의 콘크리트 구조물에 대하여 범용적으로 적용이 가능할 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] Li, W. *et.al.* (2017), "On the Compactness, Efficiency, and Representation of 3D Convolutional Networks: Brain Parcellation as a Pretext Task.", In Lecture Notes in Computer Science, Springer: Berlin/Heidelberg, Germany,
- [2] Ozgenel, C.F. (2018), "Concrete Crack Images for Classification", Mendeley Data, v1 <http://dx.doi.org/10.17632/5y9wdsq2zt.1>



(a) 입력 영상



(b) 균열 판단 및 구획화 결과

[그림 1] 균열 검출 결과