

참가분야 : [기술분야 3] 도로분야 스마트 기술

**고해상도 자동제어 이미지 획득 시스템과 마스크 영역
기반 회선신경망을 이용한 콘크리트 교량 구조물의
손상분석 기술**

기 술 설 명 서

[재]한국건설품질연구원

목 차

1. 개요

3

2. 기술의 구성 및 특징

4

- 원거리용 촬영 H/W

4

- 근거리용 촬영 H/W

5

- 운용 S/W

6

- 손상분석 및 평가 S/W

7

3. 인공지능을 이용한

손상탐지 및 정량화

8

- 인공지능을 이용한 콘크리트 손상탐지

8

- 카메라 핀 홀 모델을 이용한 손상 정량화

9

4. 외관조사 결과 분석

10

1. 개요

- 본 기술(신기술 제924호, 특허 10-2021-0179945)은 고해상도 이미지 촬영을 위한 촬영 H/W와 촬영 H/W의 정밀한 제어가 가능한 운용 S/W를 이용하여 콘크리트 특징점 추출을 위해 50% 중첩률로 ‘ㄷ’ 형태로 지그재그로 분할 자동촬영함.
- 분할 촬영된 이미지는 이미지 머징 S/W를 이용하여 하나의 큰 이미지로 구현하고, 정선한 빅데이터로 학습된 인공지능 알고리즘을 이용하여 손상탐지 후 카메라 핀홀 모델을 이용하여 손상 정량화를 실시함.
- 손상탐지 및 정량화가 완료된 이미지로부터의 위치정보를 이용하여 외관조사망도와 손상물량표를 자동 생성하여 문서화하는 기술임.



2. 기술의 구성 및 특징

■ 원거리용 촬영 H/W (신기술 제924호)

- 촬영 H/W는 촬영부, 이동·회전부, 센서부로 구성되며 각각의 주요기능은 아래의 표와 같음.

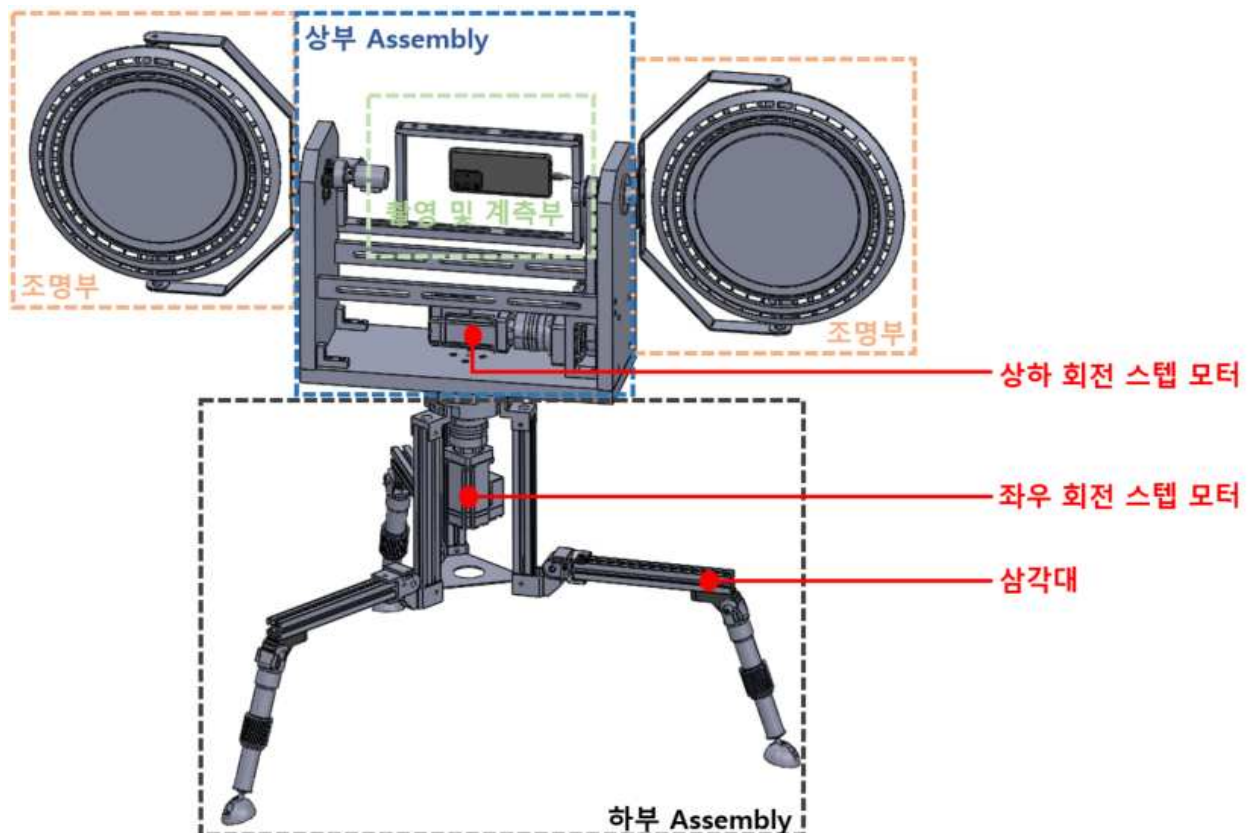
구분	구성품	수량	단위	주요기능
촬영부	카메라	1	EA	○ 콘크리트 이미지 촬영
	망원렌즈	1	EA	○ 원거리에서 고해상도 이미지 촬영
이동·회전부	Base Frame	1	Set	○ 장비 전체를 고정하며 지형에 따라 다리 길이를 조정하여 수평을 조정
	직선이송 Device	2	EA	○ 카메라를 X, Y 방향으로 이동
	회전 Device	3	EA	○ 카메라를 상하, 좌우 방향으로 회전
	구동용 부품	4	EA	○ 이동장치 구동을 위한 감속기, (Servo Motor, Servo Motor Driver)
센서부	거리센서	2	EA	○ 카메라와 구조물 사이 거리를 측정
	변위센서	2	EA	○ 직선 이송장치의 절대위치 측정



■ 근거리용 촬영 H/W (특허 10-2021-0179945)

○ 촬영 H/W는 촬영부, 회전부, 센서부, 조명부로 구성되며 각각의 주요기능은 아래의 표와 같음.

구분	구성품	수량	단위	주요기능
촬영부	스마트폰	1	EA	○ 콘크리트 이미지 촬영
회전부	Base Frame	1	Set	○ 장비 전체를 고정하며 지형에 따라 다리 길이를 조정하여 수평을 조정
	회전 Device	2	EA	○ 카메라를 상하, 좌우 방향으로 회전
	구동용 부품	2	EA	○ 회전장치 구동을 위한 감속기, (Servo Motor, Servo Motor Driver)
센서부	거리센서	1	EA	○ 카메라와 구조물 사이 거리를 측정
조명부	조명장치	2	EA	○ 어두운 곳 촬영시 사용



■ 운용 S/W

- 운용 S/W는 자가진단, 촬영정보, 촬영 셋팅, 촬영 진행 정보, 센서 연결 및 정보, 모터 수동 컨트롤, 모터 포지션 정보 알람, 촬영부 수동 촬영 및 기타 등의 기능으로 구성되며 주요기능은 아래의 표와 같음.

구분	주요기능
자가진단	○ 촬영 H/W의 이상유무를 자동으로 확인하는 기능 ○ 문제 발생 시 운용 S/W 자동종료
촬영정보	○ 촬영이 시작된 시각(자동), 운영프로그램 운영자 입력, 촬영정보가 저장되는 파일경로 표시(자동), 특이사항 입력란으로 구성
촬영 셋팅	○ 촬영범위를 지정하여 자동으로 촬영거리, 각도 등을 이용하여 이미지 중첩률 50% 촬영을 위한 시퀀스 형성
촬영 진행 정보	○ 촬영 진행률을 표시
센서 연결 및 정보	○ 촬영부 이동·회전용 모터, 거리센서, GPS 등을 연결/해제할 수 있으며, 거리센서와 GPS 정보를 실시간으로 표시함
모터 수동 컨트롤	○ 촬영 H/W의 이동과 회전을 수동으로 제어하는 기능으로 조그방식과 포지션 방식 - 조그방식 : 조이모드로 촬영H/W 컨트롤 - 포지션 방식 : 이동·회전을 원하는 수치를 입력하여 컨트롤
모터 포지션 위치정보 알람	○ 촬영 H/W의 이동·회전으로 수동 또는 자동 촬영 중에 각 4가지 포지션(이동: 상하, 좌우, 회전: 상하, 좌우)에 대한 정보와 알람 발생 등을 디지털로 계측하여 실시간으로 표시



■ 손상분석 및 평가 S/W

- 손상분석 및 평가 S/W는 구조물 현장명 및 부재명 입력, 촬영정보 입력, Image Import, 이미지 머징, 손상분석 및 정량화, 자동 문서화 기능으로 구성되며 주요기능은 아래의 표와 같음.

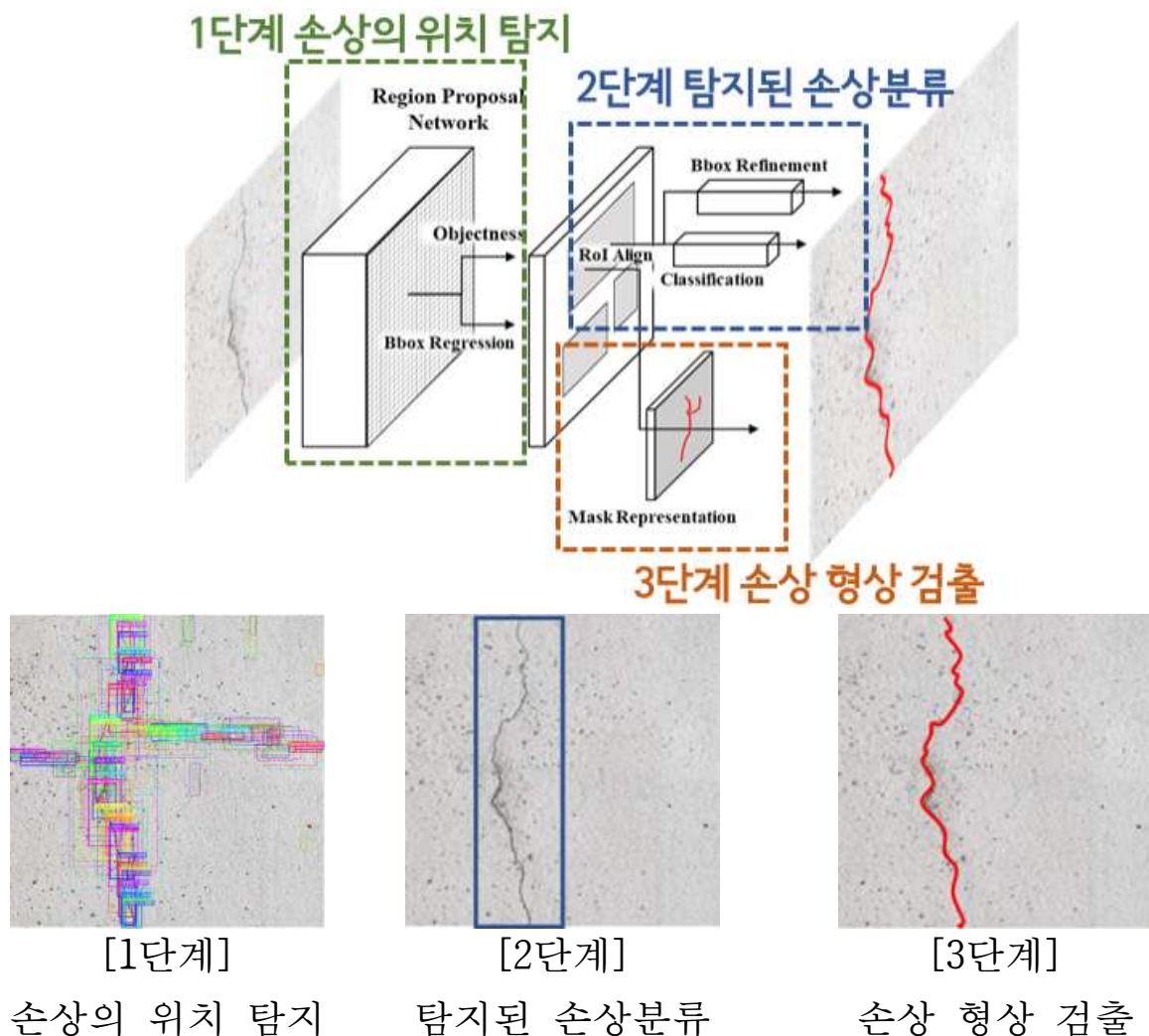
구분	주요기능
구조물 및 부재명 입력	○ 구조물(Site) 및 부재명(Member)을 입력 및 변경기능 - New Site : 손상분석 및 평가를 하는 구조물과 부재명 입력 - Delete : 구조물과 부재명 삭제 기능 - Rename : 구조물과 부재명 변경 기능
촬영정보 입력	○ 촬영H/W와 운용S/W로부터 자동 저장한 계측정보를 입력 ※계측정보 : 이미지 촬영시 거리, 각도, GPS 위치 등
Image Import	○ 촬영된 분할 이미지를 입력하는 기능
이미지 머징	○ 분할 촬영된 이미지를 Image Composite Editor 프로그램을 이용하여 자동으로 이미지로 합성하는 기능
손상분석 및 정량화	○ 정선한 데이터로 학습된 Mask R-CNN을 이용하여 손상검출과 이미지 프로세싱을 통한 손상정량화
자동문서화	○ 손상검출 후 정량화를 완료한 정보로 외관조사망도 작성 ○ 손상검출 후 정량화를 완료한 정보로 손상물량표 작성



3. 인공지능을 이용한 손상탐지 및 정량화

인공지능을 이용한 콘크리트 손상탐지

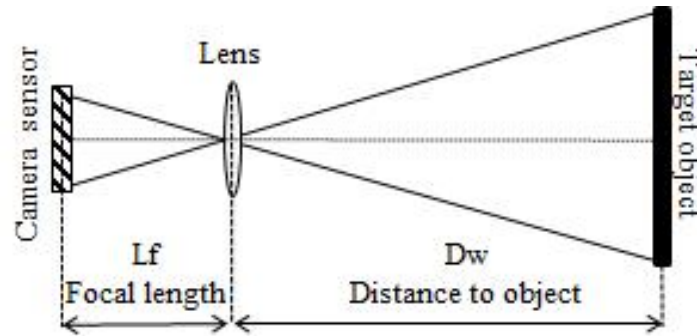
- 콘크리트에 발생하는 대표적인 손상인 균열, 백태, 박락, 철근노출, 파손 5종의 손상은 정선한 데이터로 학습된 인공지능 알고리즘인 Mask-RCNN(Mask and Region-based Convolutional Neural Network)을 이용하며, 손상검출 절차는 다음과 같음.
- Mask R-CNN은 물체 분류 모델과 물체 세분화 모델을 결합한 형태로서 입력된 이미지내의 [1단계] 손상의 위치를 탐지하고, [2단계] 탐지된 손상의 종류를 분류한 뒤, [3단계] 손상의 영역을 픽셀 단위로 검출하는 3단계로 구성됨¹⁾.



1) He, K., Gkioxari, G., Dollar, P., & Girshick, R. (2017). Mask R-CNN. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, 2017-Octob, 2980-2988.

■ 카메라 핀 홀 모델을 이용한 손상 정량화

- 탐지된 각각의 손상별로 손상 형상의 픽셀 수와 운용 S/W에서 저장된 촬영거리를 카메라 핀 홀 모델의 함수에 입력하여 구조물 손상의 실제 크기를 계산함.



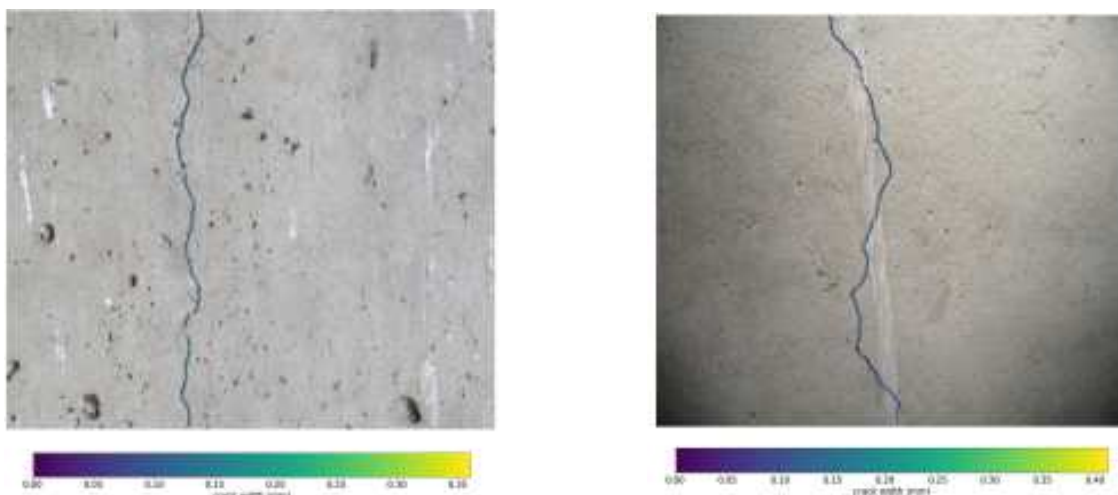
[Camera pin hole model²⁾]

- 카메라 핀홀 모델은 이미지의 손상 크기에 대한 실제 손상 크기의 비례식 표현이며, 실제 손상의 길이(W_c)의 계산은 다음과 같음.

$$W_c = \frac{D_w}{P_c L_f} W_p$$

- ▶ W_c : 실제손상길이(mm) ▶ D_w : 피사체와 카메라 렌즈 사이의 거리(mm)
- ▶ P_c : 카메라 이미지센서의 밀리미터 당 픽셀의 수(개/mm)
- ▶ L_f : 카메라의 초점거리(mm) ▶ W_p : 손상형상이 이미지센서에 감응하는 픽셀의 수(개)

- 손상 정량화된 이미지의 예시는 아래의 사진과 같음.

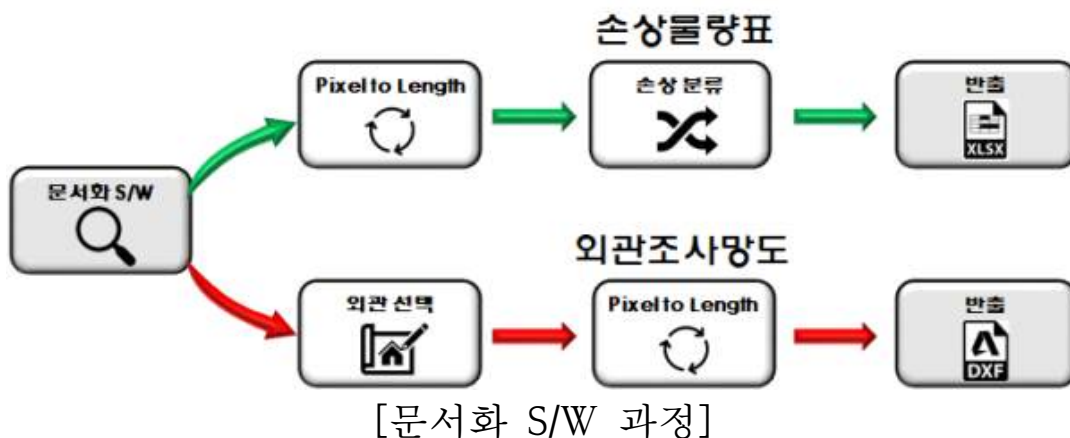


[손상정량화(예시)]

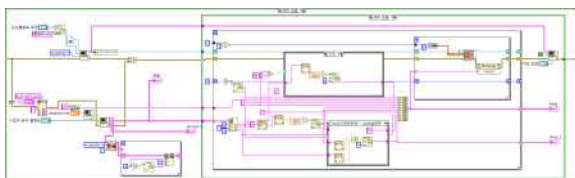
2) Yu-Fei Liu, Soojin Cho, B.F.Spencer Jr, F.ASCE, and Jian-Sheng Fam, Concrete Crack Assessment Using Digital Image Processing and 3D Scene Reconstruction, 2016, ASCE

4. 외관조사 결과 분석

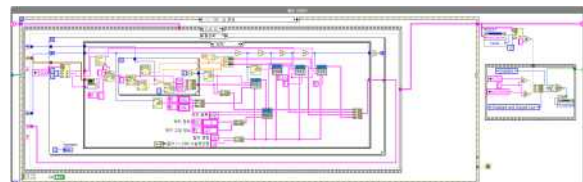
- 촬영시스템과 손상분석 및 평가 S/W를 이용하여 분석된 결과 즉, 손상의 종류, 크기 형상 그리고 위치 정보를 이용하여 자동으로 손상물량표와 외관조사망도를 생성함.
- 손상물량표는 손상탐지와 정량화 S/W에서 분석이 완료된 손상의 좌표와 범위를 길이로 환산하여 손상 종류 및 손상 수량을 기준으로 분류 작업을 통해 연번을 부여함. 분류된 손상 정보들은 Excel 파일 형태로 문서화함.
- 외관조사망도는 이미지 머징이 완료된 이미지에서 손상 검출 대상의 외곽(Outline)을 설정하고, 손상탐지와 정량화 S/W에서 분석된 픽셀의 좌표와 종류 그리고 범위를 이용하여 CAD 파일 형태로 문서화함.



- 문서화 S/W는 자동화에 특화된 Program Language인 Labview를 사용하였으며, 로직화면은 아래의 그림과 같음.



(a) 손상물량표



(b) 외관조사망도

[문서화 S/W 로직화면]

- 문서화까지 완료된 정보를 이용하여 기술자가 손상의 발생규모, 형상 등의 분석을 통한 원인분석을 실시함.