

AI 기반 OSC 정밀시공 및 안전관리 지원기술

AI-based Precision Construction and Safety Management Support
Technology for OSC

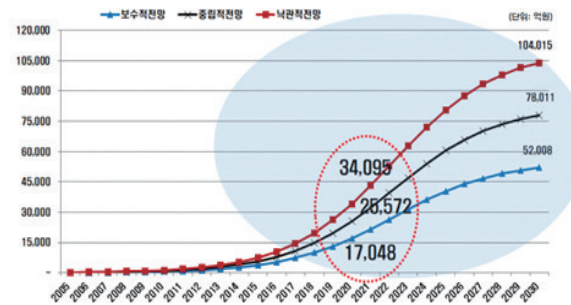


권 순 욱
성균관대학교
건설환경공학부
교수

1. 머리말 - OSC 기술 정의 및 동향

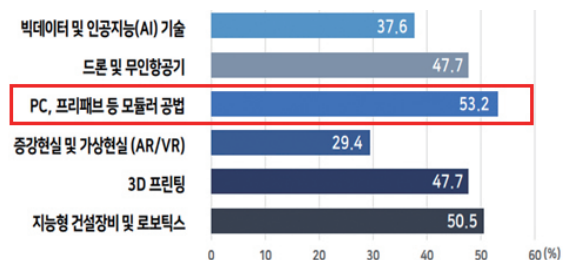
최근 건설 산업에서는 효율적인 프로젝트 관리 및 작업 생산성 향상을 위해 4차 산업혁명 핵심기술을 연계한 BIM, Off-Site Construction(OSC) 공법, 장비 제어 자동화 등 스마트 건설 기술의 적용이 증가하고 있다. 국내 건설시장에서는 산학연관이 연계되어 이러한 스마트 건설 기술관련의 현장적용, 연구, 제도개선 등을 위하여 노력하고 있다.

OSC는 공장에서 부재, 부품 및 선 조립 부분 등을 사전에 제작한 후 건축물이 설치될 현장에 운송하여 조립 및 시공하는 공법이다.



[국내 Modular 건축 시장 전망]

그림 1. 국내 모듈러(Modular) 건축 전망
(출처: 한국건설산업연구원)



[향후 건설사업에 우선 적용될 스마트 건설 기술]

그림 2. 향후 건설사업에 우선 적용될 스마트 건설 기술
(한국건설산업연구원)

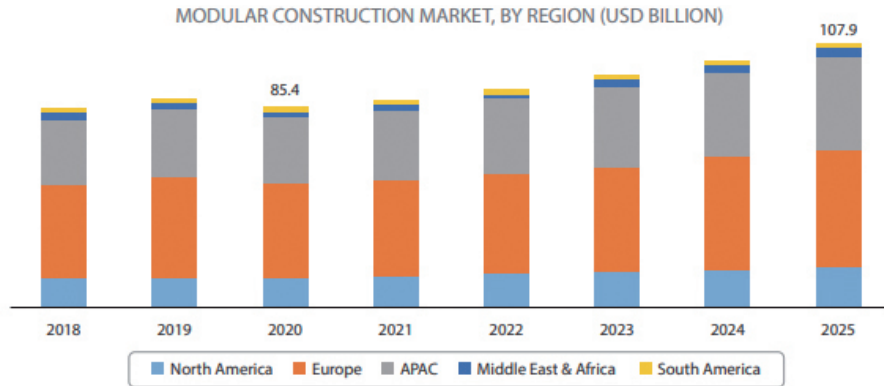


그림 3. 국외 모듈러(Modular) 건축 시장 전망
출처: Smart Construction Report(국토교통부, 한국건설기술연구원)

미국, 중국, 유럽, 일본 등 글로벌 선진 국가에서는 OSC 적용 활성화를 위한 정책 및 기술 도입과 시장 활성화를 위해 적극 노력하고 있다. 이에 반해 국내 건설 산업의 작업 생산성 및 효율성은 글로벌 건설 선진국들에 비해 뒤처지고 있는 실정이며, 이를 해결하기 위해 국내 건설 산업에서도 OSC 적용 활성화를 위해 연구 개발 및 기술 현장 적용 등을 위한 많은 노력을 기울이고 있는 추세이다.

2. OSC 공사 현장설치 및 시공단계 작업 및 관리 현황

OSC 공사는 공장에서 Precast Concrete (PC) 부재를 생산하여 현장으로 운송한 후 PC 부재를 조립 및 시공하는 방식으로 진행된다. 작업자는 현장에 반입된 PC 부재들이 조립 및 시공되기 전에 해당 부재에 대한 균열이나 파손 여부를 점검하기 위한 품질 검측 작업을 수행한다. PC 부재 품질 검측 작업 시 작업자 육안과 개인적 경험에 의해 수행되며, 품질 검측을 위한 PC 부재 품질 검측 체크리스트 수기 작성이 필

수적으로 필요하다. 부재 품질 검측 후 부재 조립 및 시공 시에는 시공 품질을 확보하기 위해 PC공사 시방서를 기반으로 작업이 진행된다. 하지만 PC 부재 품질 검측, 조립 및 시공 품질 점검 시 작업자 육안과 경험에 의한 작업으로 인해 시공 품질이 저하될 수 있는 우려가 존재한다. 또한 PC 부재 품질 검측 체크리스트, PC 공사 시방서 등 종이 문서를 준비하고 수기로 작성하는데 많은 시간이 소요되고 문서의 분실 우려가 있기 때문에 작업의 효율성과 정확성이 떨어지는 문제점이 존재한다.

OSC 공사 현장에서는 작업 진행 시 하중이 높은 물체



그림 4. OSC 공사 진행 절차(SAMPYO P&C)

등을 들어 올리고 이동하기 위해 리프팅 장비 및 크레인 사용이 증가하고 있다, 하지만 리프팅 장비 및 크레인을 활용한 작업 시 현장 내 사각지대가 발생하여 리프팅 작업 중 충돌사고가 발생하는 등 치명적인 피해와 사고가 발생하는 문제점이 존재한다. 이에 따라 현장 안전관리를 위한 위험 예방과 대응이 가능한 지원 기술 및 시스템이 필요한 상황이다. 이하는 본 연구진이 진행하고 있는 OSC공사의 품질관리를 위한 정밀시공 및 크레인 안전관리에 관한 연구결과를 중심으로 관련 내용을 소개한다.

3. AI 기반 PC 부재 스마트 품질관리 기술

AI 기반 PC 부재 스마트 품질관리 기술은 실시간으로 PC 부재의 결함 종류 및 정량정보를 파악할 수 있는 기술이다. 기존에 작업자 육안과 경험에 의존하여 진행된 품질 검측 작업을 태블릿 PC와 같은 모바일 디바이스와 딥러닝 기반의 컴퓨터 비전 기술을 적용하여 PC 부재 품질 검측이 가능하다. PC 부재 결함 검출 자동화

를 위해 이미지 객체 인식 분야에서 많이 활용되고 있는 Convolutional Neural Network(CNN) 계열 모델을 적용하였다. CNN은 대상 객체의 특징을 추출하는 컨볼루션층(Convolution layer), 특징을 축약 및 강화 하는 풀링층(Pooling layer), 축약 및 강화된 특징을 최종 분류하는 완전연결층(Fully connected layer)으로 구성되어 있으며 이를 기반으로 PC 부재 결함 검출이 가능하다.

결함 검출 자동화 프로세스는 결함 및 비 결함 이미지 Training 단계, Image processing 단계, 결함 특성(길이, 폭, 면적 등) 정보 추출 단계, 결함 검출 정보 출력 단계로 구성된다. 결함이 검출된 후에는 손상 등급 기준표에 따라 손상 등급이 자동으로 매칭되어 작업자가 실시간으로 손상의 정도를 파악할 수 있다. 손상 등급이 정해진 후에는 작업자가 품질 검측 체크리스트를 수기로 작성할 필요가 없으며 체크리스트 주요 항목이 자동으로 체크되고 Reporting 된다. 품질 검측 정보들은 DataBase에 저장되어 향후 작업자가 필요 시 실시간 조회가 가능하기 때문에 종이 문서를 찾거나 보관하기 위한 시간과 노력이 감소되며 작업의 효율성이 향상된다.

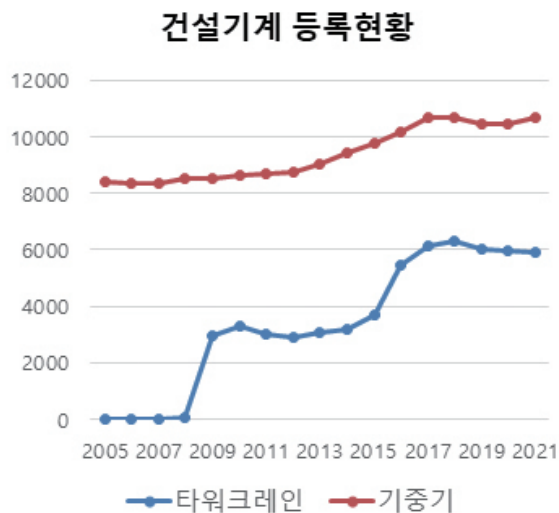


그림 5. 타워크레인 및 기중기 활용 현황
(국토교통부 통계누리)

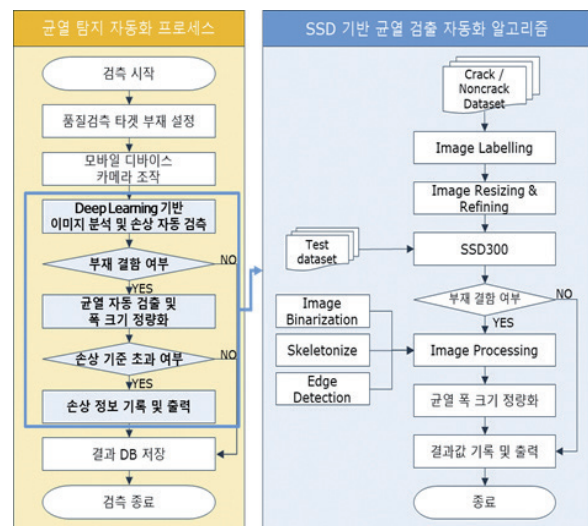


그림 6. 결함(균열) 검출 자동화 프로세스 및 알고리즘

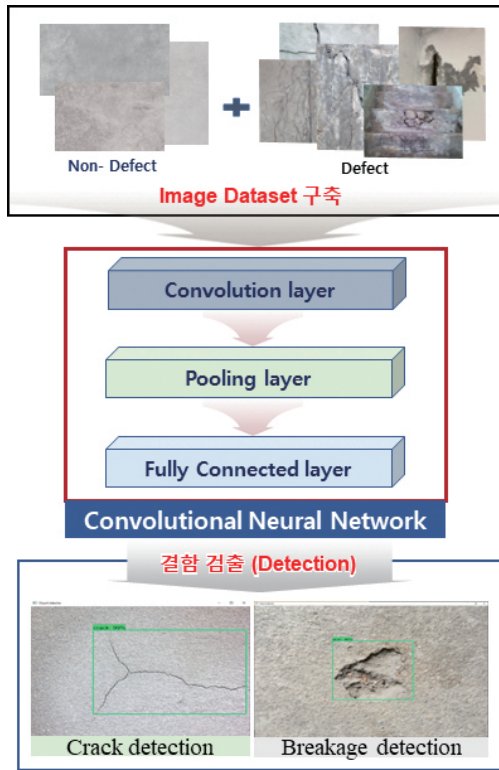


그림 7. CNN 기반 PC 부재 결함 검출

이미지 데이터는 총 638장을 활용하였으며, 작업자와 카메라 간의 거리에 따라 ‘very far’, ‘far’, ‘medium’, ‘near’, ‘very near’로 라벨링을 수행하였다.

4. AI 및 Sensor 융합 기반 스마트 안전관리 기술

딥러닝 기반 컴퓨터 비전 및 초음파 센서 융합 기술을 활용한 안전관리 기술은 OSC 공사 현장 크레인 작업자의 안전을 보다 효율적이고 정확하게 관리할 수 있다.

기존에 크레인 운전자의 경우 카메라 영상 데이터를 통해 실시간으로 모니터를 보며 위험 상황을 확인해야 하고 주관과 경험에 의존해 위험 상황을 판단하기 때문에 정확한 안전관리가 이루어지기 힘들다. 하지만 딥러닝 기반 컴퓨터 비전 기술을 통해 크레인 주변 위험 작업자의 위치를 자동으로 감지하여 보다 객관적인 판단이 가능하다.

컴퓨터 비전의 경우 크레인 지브 부분에 IP 카메라를 설치하여 작업자 위치 감지가 가능하다. 또한 크레인 hook에 초음파 센서를 설치하여 거리 정보를 획득하고 IP 카메라를 통해 획득한 객체 인식 정보와 융합해 컴퓨터의 객관적인 판단이 가능하다. 크레인 주변 작업자 인식을 위해 이미지 객체 인식을 위한 딥러닝 알고리즘인 SSD 및 Faster RCNN을 적용하여 Training 및 Test를 진행하였다. Train 이미지 데이터는 총 3,193장, Test

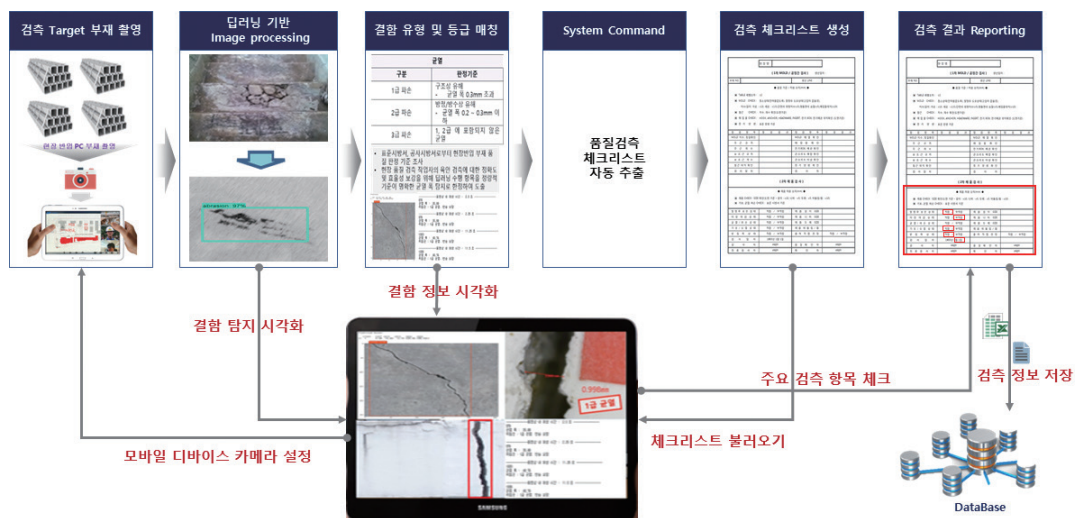


그림 8. AI 기반 PC 부재 스마트 품질관리 프로세스

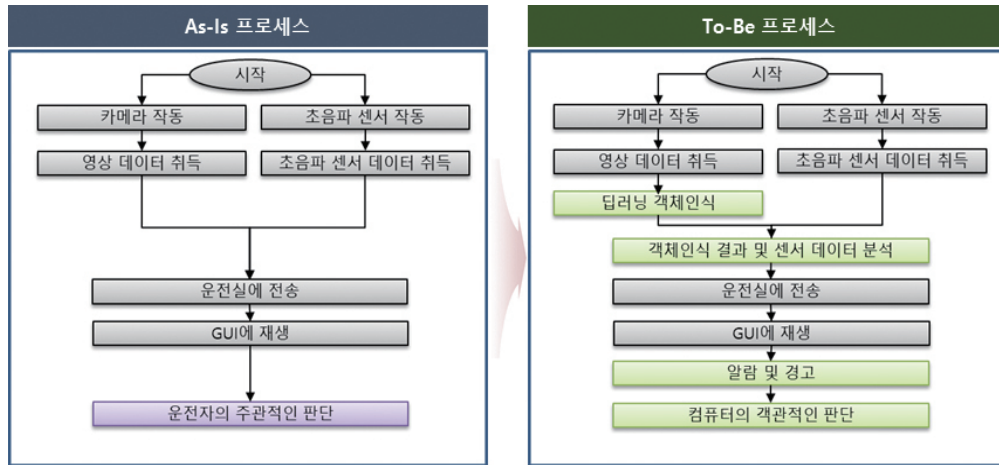


그림 9. OSC 공사 안전관리 As-Is 및 To-Be 프로세스

IP 카메라와 대상 객체 간의 거리가 멀어질수록 작업자 위치 감지 오차가 증가하였고 초음파 센서의 경우 감지 범위를 벗어나면 거리 측정이 불가능 하였다. 크레인 운

전자가 모니터 화면을 통해 실시간으로 주변 작업자 및 거리 정보를 인식할 수 있도록 GUI를 설계 하였으며, 거리에 따라 작업자에게 실시간으로 위험 상황 알람이 전송되기 때문에 사고 예방 및 대응이 가능하다.

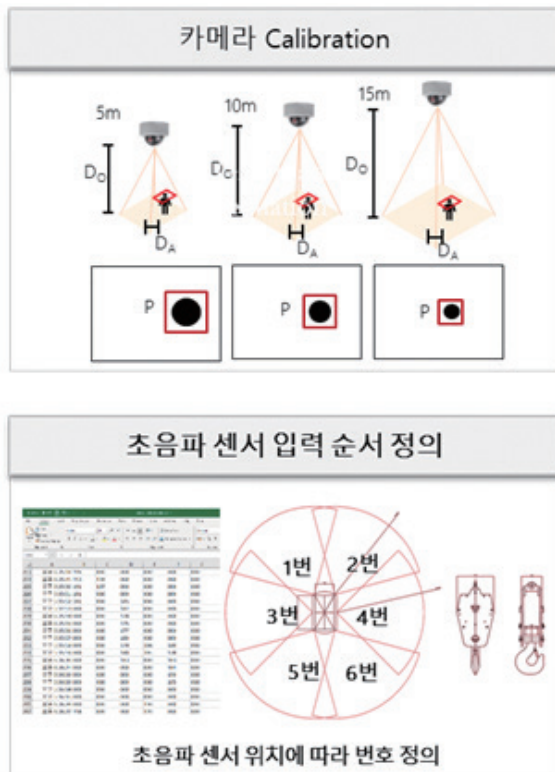


그림 10. Remote Sensing 기반 위험요소 탐지 모듈

5. 맺음말

4차 산업혁명으로 인해 제조업 등 다양한 산업 분야에서 첨단 ICT 기술을 적용하여 작업 생산성과 효율성을 높 이려는 시도가 활발하게 이루어지고 있다. 건설 산업에 서도 이러한 변화의 필요성을 느끼며 첨단 ICT 기술 및 디 지털 전환을 통한 작업 생산성 및 효율성 향상을 위해 노 력하고 있다. 작업 생산성과 효율성 향상을 위한 대표적 인 방안으로 공장 생산에 기반한 OSC 공사의 필요성이 제시되고 있다.

OSC 공사는 공장 기반 생산 방식을 통해 진행되기 때 문에 현장 부재 조립 및 시공 단계에서 정밀한 시공을 통 한 품질 확보가 매우 중요하다. 정밀한 시공을 위해서는 작업자 육안과 경험에 의한 작업 방식이 아닌 딥러닝 기 반 컴퓨터 비전 기술 등과 같은 AI 기술을 활용하여 실시



그림 11. 작업자 충돌방지 시스템

간으로 결함 종류 및 정량정보를 파악할 수 있는 작업 방식이 필요하다.

또한 현장 작업 시 작업자가 보다 안전하게 현장에서 작업을 진행할 수 있도록 지원해 줄 수 있는 안전관리 기술도 매우 중요하다. 이러한 OSC 공사를 비롯한 다양한 건설 현장에 AI 기반 스마트 품질관리 및 안전관리 기술 등과 같은 스마트 건설 기술을 적용하여 문제점을 개선하고 보완한다면 향후 건설 산업이 보다 발전하여 스마트 될 수 있을 것이다.

6. 김치성, 황순규, 정준연, 손훈(2020), 레이저 열화상 기법과 CNN 딥러닝을 이용한 용접부 표면의 자동 균열 검출 기술 개발, 40(3), 163-173
7. 최윤수, 김중호, 조현철, 이창준(2019), 합성곱 신경망을 이용한 아스팔트 콘크리트 도로포장 표면 균열 검출, 한국구조물진단유지관리공학회, 23(6), 38-44
8. 유일한(2019), OSC 산업 활성화와 전문건설업의 변화 및 발전방향, 한국건설관리학회, 20(5), 8-11
9. 김태완, 장준영, 이준성(2019), OSC 프로젝트 관리 기술 동향 분석, 한국건설관리학회, 20(5), 12-18
10. 고규진, 오상훈, 이찬식(2016), 건축물 정기점검을 위한 애플리케이션 프로토타입 개발, 대한건축학회, 32(1), 63-71

참고문헌

1. Jeong, Minkyong(2021), Deep Learning-based Smart Quality Inspection Process for Precast Concrete Members on Off-Site Construction Sites, 성균관대학교 석사학위논문
2. 이준성(2021), 코로나 이후 뉴노멀 시대의 건설산업과 대응방안(혁신동력으로서의 OSC역할 및 발전방향), CMAK 한국 CM협회 Webinar
3. Jeong, G., Kim, H., Lee, H., Park, M. and Hyun, H. (2021), Analysis of safety risk factors of modular construction to identify accident trends, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 21 (3), 1040-1052
4. Nath, N. D., Behzadan, A. H., & Paal, S. G. (2020), Deep learning for site safety: Real-time detection of personal protective equipment, Automation in Construction, 112:103085
5. 월간 스마트건설리포트, 국토교통부, 한국건설기술연구원, 2, 2020

권순욱 교수는 2003년 The University of Texas at Austin에서 건설기술 및 건설관리 전공으로 박사학위를 받고 2003년부터 한국건설기술연구원 건설관리 관리연구부에서 근무한 후 (건설기술 관련 연구 및 제도 관련 프로젝트를 수행) 현재 성균관대학교 건설환경공학부 정교수로 재직하고 있다. 주요 연구 분야는 AR/VR/MR 기술을 활용한 현장정보 시각화 및 공유 기술 개발, BIM관련 프로세스 표준 개발, CPS 기반 스마트 FAB(반도체/디스플레이 Facility) 유지관리를 위한 DPL 응용기술 개발 등으로 다양한 국가 건설연구개발사업 기획에 참여하고 있다.
e-mail : swkwon@skku.edu