I·SEOUL·U
너와 나의 서울

정기간행물

2020. Winter **Vol.08**

서울기술연구

기획특집

스마트 건설기술의 미래

서울기술연구원

CONTENTS

2020. Winter **Vol.08**

4 **기획특집**
서울시 스마트건설기술 도입방안 연구
IoT 기반 스마트 제설시스템 구축방안
AI 및 드론을 활용한 시설물 노후화 탐지 및 진단 기술

14 **기술 풍향계**
장수명 주택 기술동향과 활성화 방향
건물일체형 태양광(BIPV)과 표준
기후위기 시대 자연기반해법의 하천관리를 위한 실규모 식생하도 실험
대중교통 공기질 개선기술 동향
도심지역 안전을 위한 플랜트 위험관리 연구개발 동향
3차원 가상도시 구현을 위한 시각화 플랫폼 기술동향

37 **신기술 시대**
무인기를 이용한 산불 현장대응
신기술시대 혁신을 이루는 신기술접수소
디지털 트윈과 자연기반해법, 그리고 하천 식생관리 모니터링 기술
광촉매의 오염물질 분해를 위한 활성영향 인자 분석
비탈면 재해저감 스마트 기술의 도심지 적용
스마트시티와 빅데이터의 기반: 왜 IT 대기업들은 지도를 만드는가?

53 **일상과 기술**

54 **SIT NEWS**

서울기술연구

발행일 2020년 12월 28일
발행인 고인석
발행처 서울기술연구원
주소 (03909) 서울시 마포구 매봉산로 37(상암동)
DMC산학협력연구센터 8층
전화 02-6912-0900
홈페이지 www.sit.re.kr
편집위원장 김미령
편집위원 곽기문, 이재환, 윤광원, 정종호
조가영, 신인재, 최우석
편집간사 송지현
디자인·제작 ㈜KS센세이션 02-761-0031

Special Edition

스마트 건설기술의 미래

01

서울시 스마트건설기술 도입방안 연구

이영석, 이재환, 김정환 서울기술연구원 도시인프라연구실

02

IoT 기반 스마트 제설시스템 구축방안

오한진, 박민철, 이진욱 서울기술연구원 도시인프라연구실

03

AI 및 드론을 활용한 시설물 노후화 탐지 및 진단 기술

이동규 LG전자 CTO부문 인공지능연구소 선임연구원

서울시 스마트건설기술 도입방안 연구

이영석, 이재환, 김정환 / 서울기술연구원 도시인프라연구실

전 세계적으로 BIM, 드론, 모듈러시공, 건설 로봇 등과 같은 스마트 건설기술이 도입되어 건설산업의 혁신이 이루어지고 있는 시점이다. 하지만, 우리나라는 신기술 도입에 따른 비용증가 부담, 제도적인 준비의 부족 등으로, 현재 대형건설사 중심으로 일부 현장에서만 기술을 적용 중인 초기 도입단계이기 때문에 스마트 건설기술의 도입과 확산을 위한 환경이 미흡한 면이 있다. 이에 우리 연구원은 올해 4월부터 '스마트건설기술 도입방안 연구'에 착수하여 서울시의 스마트 건설기술 전담부서 설치와 정부 정책의 기조에 대응하는 역할을 수행하기 위해 6가지 연구 방향으로 추진하고 있다.

그림 1. 서울시 스마트건설기술 도입 방향

1. 스마트 건설기술 정착을 위한 법/제도 개선방안 마련

현재 정부에서도 스마트 건설기술 정착을 위한 법/제도를 개정하려는 노력이 있다. 이에 따라 서울시에서도 시범사업을 통해 기술적용 과정에서 발생하는 각종 규제 해소 및 제도 개선을 추진할 계획이다. 시범사업을 위한 규제 샌드박스 활용과 더불어, 입찰/평가를 위한 인증방안, 적정공사비 지급방안에 대한 구체적인 지침 및 기술적용을 위한 가이드라인 등의 제도적 지원연구를 시범사업으로부터 도출할 예정이다.

2. 스마트 건설기술 활성화 플랫폼 마련

신규 건설공사에 스마트건설기술 도입을 활성화하기 위해 스마트건설 건설기술의 성숙도 및 도입 시기를 도출하고, 민관산학으로 구성하는 스마트 건설기술 자문단을 상시 운영하여 평가/인증/관리를 위해 스마트건설기술 분류체계를 마련하고 있다. 또한, 국가연구개발사업이나 대학, 민간에 실증기회 및 테스트베드를 제공하여 우수한 기술에 대한 기술수요 매칭 플랫폼을 계획하고 있다.

3. 서울시 건설관리플랫폼의 스마트화 추진

현재 서울시는 세계적으로 인정받고 있는 청렴건설행정시스템을 운영하고 있다. 건설정보관리시스템(One-PMIS), 건설알림이, 대금e바로, 전자인력관리제로 4개의 독립적인 개별 시스템으로 운영되고 있어 시스템 간 중복 및 단순 반복 업무가 발생하는 한계가 있다. 이러한 문제를 극복하기 위해 1단계 RPA(Robotic Process Automation)를 활용하여

그림 2. 서울시 법/제도 개선방안

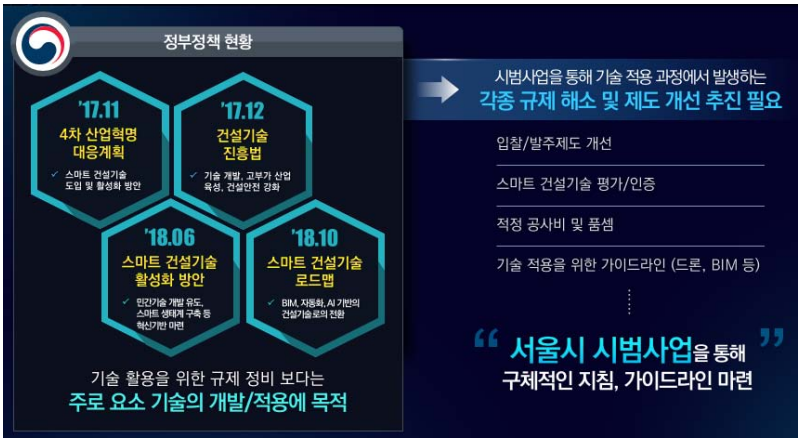
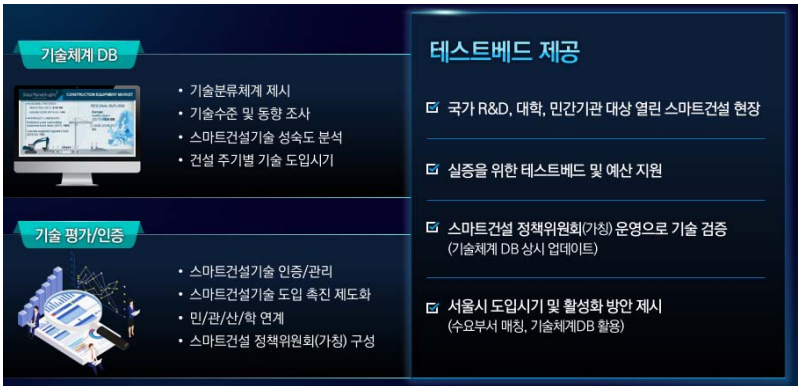


그림 3. 스마트 건설기술 활성화 플랫폼



서울시 건설 시스템 간의 연계성을 강화하고자 한다. 2021년 2단계로는 One-PMIS 기반 IPS 수립을 통한 디지털 플랫폼 구축과 서울시 스마트시티 및 스마트 유지관리 플랫폼과 연계하는 계획을 수립하였다.

4. 테스트베드를 통한 스마트 건설기술의 조기 정착 추진

우리 연구원은 도시기반시설본부와 함께 스마트 건설기술의 조기 정착을 위한 시범사업을 추진하고 있다. 현재 총 6개의 현장을 시범사업으로 선정하였으며, 서울시와 TF를 구성하여 4단계 종합계획을 수립하고 있다. 대상은 스마트 건설기술 전체이며, 제도/행정/시스템 이외에 국가/민간 개발 기술 검증을 위해 종합적이고 개방적인 운영을 하고자 한다. 실증을 통해 단기/중장기 도입 시기를 결정하고, 설계, 평가, 발주, 공사비 등 법제도 및 규칙 개정을 위한 수요를 발굴하는 목표를 갖고 있다.

5. 서울시 전담부서 역할 마련

현재 도시기반시설본부 총무부 내 스마트건설 추진 TF를 운영하고 있으나, 2021년에 스마트건설기술과 같은 건설혁신 정책을 발굴하고, 기술 개발 추진 및

현장에 도입하는 기능을 갖는 전담부서를 계획하고 있다.

6. 교육 및 대시민 사업

공무원과 실무자를 대상으로 안전 및 사고 체험을 위한 VR/AR을 활용한 교육을 추진하고, 기술진흥 정책 및 법령을 교육하도록 계획하고 있다. 시민 공감대 확산 및 안전을 위해 시설물 정보를 제공하는 방안을 지속해서 마련하고자 한다. 또한, 스마트건설기술 활용화로 고부가가치 건설시장으로의 확대, 일하고 싶은 환경 조성, 우수 전문인력 양성, 청년층의 진입 유도로 서울시 건설 현장의 좋은 일자리 만들기를 달성하고자 한다.

7. 서울시의 스마트 건설기술 10년 로드맵을 제시

우리 기술연구원은 이러한 연구를 바탕으로 서울시에 적용되는 건설기술을 스마트하게 유도하여 건설 생산성과 안전성을 확보하고, 전담부서 체계마련 등 서울시 제도 개선을 통한 스마트 건설기술의 확산 여건 조성을 위해 향후 10년간의 스마트 건설기술 로드맵을 제시할 예정이다.

현재까지 건설산업은 로우 테크(Low-Tech), 인력 중심의 기술로 스마트와 가장 먼 산업이라는 평가가 있었다. 이번 연구로 앞으로 스마트건설기술의 발전과 함께 건설 현장의 안전과 생산성은 더욱 높아질 것으로 기대한다.

그림 4. 서울시 건설관리플랫폼 스마트화

IoT 기반 스마트 제설시스템 구축방안

오한진, 박민철, 이진욱 / 서울기술연구원 도시인프라연구실

최근 겨울철 기습강설 및 강우·강설 이후 새벽녘 기온 강하로 노면결빙(블랙아이스)이 발생하여, 이로 인한 차량 미끄럼 사고가 다수 발생하였다. 노면결빙은 낮 동안 도로 위에 내린 눈이 녹았다가 밤사이에 다시 얼면서 투명한 얼음이 노면을 코팅한 것처럼 뒤덮은 현상이다. 기존의 제설제 살포에 의한 제설방법으로는 이러한 노면결빙을 방지하거나 신속한 대응이 어렵기 때문에, 사후 대응이 아닌 사전 예방적인 도로 제설 및 융빙 대책의 필요성이 대두되고 있다.

1. IoT 기반 스마트 제설시스템 역할과 구성

IoT 기반 스마트 제설시스템은 IoT 제설 네트워크 및 제설작업 통합관리시스템으로 관리되며, 강설감지 및 노면 상태정보를 제공하고, 스마트 제설 작업과 제설작업 현황 실시간 모니터링, 그리고 제설작업을 최적화할 수 있다.

이 시스템은 ①IoT기반 스마트 제설장비와 감지기, ②IoT 제설 네트워크, ③제설작업 통합관리 시스템으로 구성된다. 세부적으로는 실제 작업을 수행하는 스마트 제설장비, 제설에 필요한 정보를 획득 및 전달하는 IoT 제설 감지 및 네트워크, 제설작업을 통합관리하는 시스템으로 구성된 것이다. 중요한 것은 센서, 제설장비, 시스템이 단일 네트워크망(IoT 제설 네트워크)을 구성하여 연결되어 있다는 점이다.

2. 스마트 제설장비

스마트 제설장비는 설치형식에 따라 이동형과 고정형으로 구분된다. 이동형 제설장비는 제설 작업 차량으로, 노면 및 강설 상황에 맞는 제설제를 살포한다. 고정형 제설장비 자동 액상살포장비 및 도로열선 등 친환경 제설장비로 상습결빙구간에 설치되어 강설 및 노면결빙 발생 시 선제적으로 제설작업을 수행한다. 스마트 제설장비는 제설시스템에서 실시간 관제하고, 원격으로 작업 지시를 통한 제설작업 수행 및 제설제 살포량, 노면 제설 상태 등 작업 현황을 파악할 수 있어야 한다.

3. IoT 제설 감지기 및 네트워크

IoT 제설 감지 및 네트워크는 도로의 기상 및 노면 정보를 획득하고, 광역적인 구역의 정보를 획득 및 송수신 체계를 구축한다. 또한, 스마트 제설장비에서 획득된 정보도 전송하게 된다. 이를 위한 네트워크 장비는 기존의 제설 장비에 범용적으로 활용 가능하도록 개발 및 보급하는 것이 필요하다. 이동형 제설장비는 스마트 제설시스템의 원격 작업지시를 사람이 직접 장비를 조작하게 되고, 고정형 제설장비는 원격으로 액상 자동살포장치를 가동하게 된다.

그림 1. IoT 기반 스마트 제설시스템 개념도 및 구성

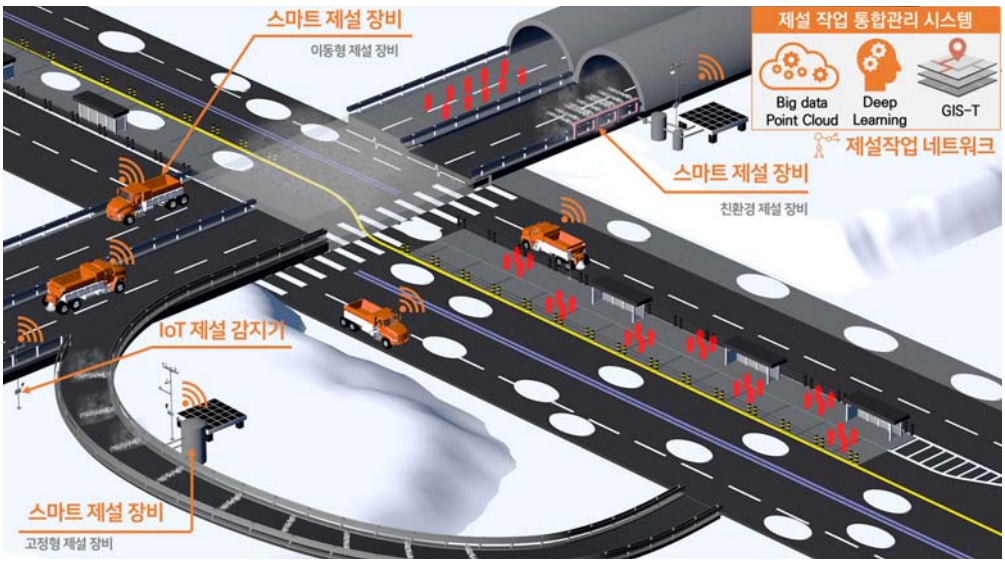
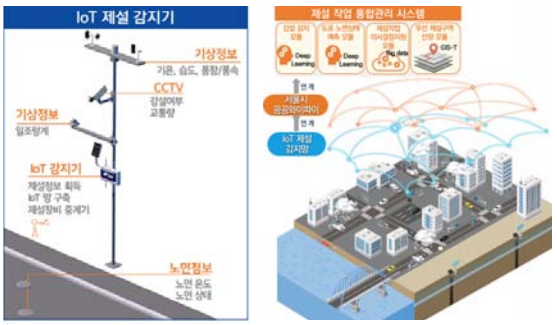


그림 2. IoT 스마트 제설장비의 종류

그림 3. IoT 제설 감지기 및 제설 네트워크



(a) IoT 제설 감지기 (b) IoT 제설 네트워크

그림 4. 제설작업 통합관리시스템의 구성

4. 제설작업 통합관리시스템

제설작업 통합관리시스템에서는 IoT 제설 네트워크를 통해 제설장비에 원격으로 작업을 지시하게 되며, 주된 역할은 강설 감지와 도로 노면상태 예측, 제설작업 의사결정지원, 우선 제설구역 선정 등이다. 강설 감지는 IoT 제설 감지기의 CCTV에서 획득된 영상을 영상정보분석(Image Processing) 기반 강설감지 모형을 딥러닝을 통해 판단한다. 그리고 교통량 정보도 획득가능하다. 도로 노면상태 예측 모듈은 노면온도 예측 모형과 시계열 데이터 예측 모형에 대한 딥러닝을 통해 노면온도를 예측한다. 제설작업 의사결정지원은 획득된 기상 및 노면정보와 제설정보의 빅데이터 분석을 통해 제설제 살포량과 우선 제설구역을 선정하게 된다. 마지막으로 이동형 제설장비의 제설작업을 요청하기 위해 GIS-Transportation 기반의 교통망 해석(Network Analysis)을 수행하고, 우선 제설구역을 선정해 이동형 제설장비에 작업을 제설 네트워크를 통해 요청하게 된다.

5. 기대효과

IoT 기반 스마트 제설시스템 구축을 통하여 강설 및 노면 살얼음의 선제적 대응을 통해 서울지역 노면상태에 따른 교통사고를 획기적으로 예방할 수 있다. 또한, 상습결빙 취약구간의 자동 감지 및 제설작업 시행으로 서울시 전 지역 확대 적용 시 상황관리인원을 약 70% 이상 절감할 수 있을 것으로 예상된다.

AI 및 드론을 활용한 시설물 노후화 탐지 및 진단 기술

이동규 / LG전자 CTO부문 인공지능연구소 선임연구원

30년 이상 사용된 노후 시설물들의 안전문제가 갈수록 심각해지고 있다. 특히 사용 승인 후 30년 이상 된 노후 건축물 비율은 해를 거듭할수록 증가하고 있으며, 2020년 이후에도 급격히 증가할 것으로 보인다. 이에 따라 건축물의 균열 특성을 객관적으로 분석할 수 있는 AI 기반 드론 활용 기술에 관심이 쏠리고 있다.

SOC(사회간접자본) 유지관리에 필요한 재원은 상당한 경제적 부담이 초래하기 때문에 유지관리에 대한 효율적 방법 개발이 필요하다. 또한, 잘 운영된 시설물 유지관리는 수명 연장과 효율적 관리를 유도한다는 점에서 미래의 경제적 부담을 완화시킬 수 있다. 실제로 30년 이상 사용된 노후 시설물들의 안전문제가 대두되고 있다. 사용 승인 후 30년 이상 된 노후 건축물 비율은 2005년 29%에서 2019년 37.8%로 증가하였으며, 2020년 이후 급격히 증가할 예정이다. 따라서, 유지관리 사각지대에 놓인 건축물의 안전문제 해결이 필요하다.

하지만 이와 같은 유지보수와 관련하여, 도입 과정에서 몇 가지 문제점의 발생으로 관련 기술의 연구개발에 방해를 받고 있는 상황이다. 첫째로 기술, 산업적인 하드웨어적 문제로서, 저임금, 야근 등 열악한 근무환경으로 인하여 신규 기술자의 유입이 미흡하고, 낮은 역량의 엔지니어 의존도가 높다. 또한, 대표적인 검측 방식의 육안검사 및 비파괴 검사 등은 엔지니어의 주관적인 해석에 따라 결괏값이 다르게 도출될 수 있기 때문에 결과의 신뢰성을 확보하기 어렵다. 그리고, 경제적인 문제로, 접근하기 어려운 교량이나 대형건축물의 경우 단순확인을 위한 검측 활동에서도 인력, 투입 시간 등 막대한 비용이 증가하며, 크레인 주차 등으로 인한 교통흐름 간섭 등 간접적인 사회적 비용이 초래할 것이다.

이를 해결하기 위해, 이 글에서는 균열 특성을 객관적으로 분석할 수 있는 AI 기반 드론 활용에 대한 기술을 소개하도록 한다.

콘크리트 건축물은 축조 이후 시간이 경과함에 따라 그 성능이 감소하게 되며, 이는 크고 작은 균열의 발생을 동반한다. 건축물의 균열은 심미적으로 문제가 되며, 구조적 안정성, 사용성 및 내구성에 영향을 미치므로 균열의 정확한 관찰과 진단은 건축물 관리에 있어 필수적인 요소이다.

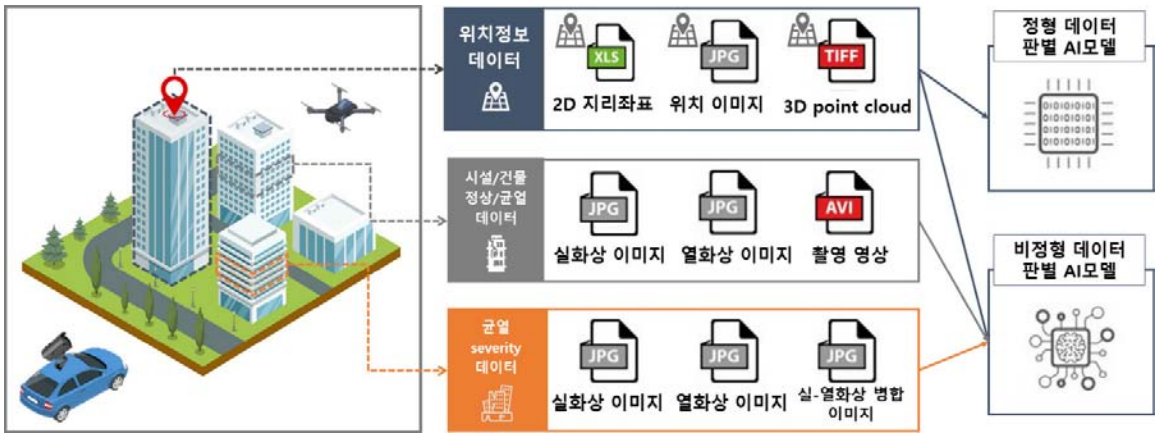
위의 문제를 해결하고자, 4차 산업혁명의 중추적인 역할을 하고 있는 AI(Artificial Intelligence) 및 드론 기술을 활용하여, 객관적이고 전문적인 결과를 얻고자 한다. 시설물의 관리를 위해선 단순히 균열의 유무만이 아니라 부재에 대한 균열의 방향(수직, 수평 등), 균열의 폭, 균열의 길이, 콘크리트 박리 및 철근 노출 여부, 백화 등의 정보를 제공해야 하나 이와 같은 진단 능력을 가진 모델을 학습시키기 위해서는 Z축의 방향을 포함한 충분히 많은 원천 데이터가 필요하다. 따라서, 인공지능 학습용 데이터를 구축하고 이를 AI를 활용하여 문제를 해결하면, 건축물의 통합적인 노후 관리가 가능하게 된다. 데이터를 확보하고자 드론을 활용하여 위치정보 데이터 및 시설/건물의 정상/균열 데이터를 확보한다. 데이터를

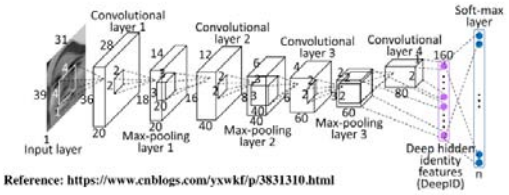
확보하고 나서 데이터를 활용한 AI 모델을 구축하여 시설/건물의 정상/비정상을 판별한다. AI 모델에서 주로 이미지를 처리할 때에는 CNN(Convolution Neural Network) 모델을 사용한다. 딥러닝 모델 선정에 있어 영상 인식 분야에 활용되는 딥러닝 네트워크인 CNN은 대상 객체에 대한 인식 및 이해의 정도로 구분하면 크게 '객체분류모델'과 '객체 검출 모델'로 구분할 수 있다. 지금까지의 딥러닝 기반 균열 검출 대부분의 기존연구는 객체 분류 기반의 CNN 모델을 이용하였는데, 이러한 방식은 균열의 클래스(Class)를 분류하여 영상 내 균열이 있다는 것을 분류해내는 성과를 거두었지만, 균열이 영상 안의 어느 위치에 있는지 검출하지 못한 한계가 있다.

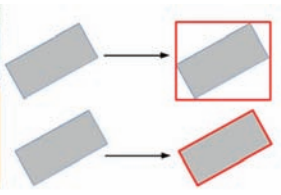
이를 보완하기 위해서는 객체분류와 함께 위치추정(localization)이 가능한 객체 검출모델의 적용이 필요하다. 대표적인 객체 검출 모델은 R-CNN, YOLO, SSD 등이 있으며 각 모델에 대한 속도(mean Average Precision; 이하, mAP)와 정확도(Frame Per Second; 이하, FPS)를 확인하여 활용 목적에 따라 적절한 모델을 선택한다.

다만, 각 딥러닝 모델들의 mAP와 FPS는 학습에 사용된 데이터 셋과 학습환경에 따라 차이가 발생하기 때문에 절대적인 성능을 비교하기 위해서는 VOC(Visual Object Classes) 나 COCO(Common Objects in Context) 와 같은 표준화된 데이터셋사용이 필요하다.

구축된 데이터 셋과 모델을 활용하여 노후 시설물 관리 근로환경 개선우로 산업안전 강화를 실현하고 관리 비용을 저감할 수 있으며, 취득된 데이터를 모델에 학습시켜 더 정확한 보편적인 균열 평가 모델을 만들 수 있다.







장수명 주택 기술동향과 활성화 방향

김수암 / 한국건설기술연구원 전문위원(선임연구위원)

장수명 주택은 수명 100년을 목표로 일반 주택보다 더 튼튼하고 수리하기 쉽게 지은 주택을 말한다. 특히 장수명 주택은 내구성과 가변성·수리 용이성의 특징을 가지고 있어 늘 새집처럼 좋은 성능을 유지한다. 내 삶에 딱 맞는 주택, 장수명 주택이 후손들의 주거생활에 풍요로움을 주고 활기찬 도시를 물려주길 기대해본다.

1. 들어가며

우리나라 주택은 아파트공화국이라고 말할 만큼 아파트 중심으로, 총 주택의 약 61.4%(2018년 기준)를 차지하고 있으며, 연립주택과 다세대 주택을 포함한 공동주택은 76.4%에 이른다. 그런데 이 공동주택의 수명이 유럽과 미국 등의 선진국에 비하여 1/2-1/3 정도로 짧고, 공간구성이 획일화되어 거주자의 다양한 요구와 더불어 라이프 사이클 및 라이프 스타일의 변화, 거주자 변화에 대응도 한계가 있다는 비판이 있었다.

이러한 배경에는 사회적으로 국민들의 새집 선호와 재건축에 따른 재산증식을 바라는 인식과 더불어 기술적인 측면에서 장기거주를 위한 설계와 시공 및 유지관리에 대한 배려가 부족하다는 측면이 동시에 내재되어 있다.

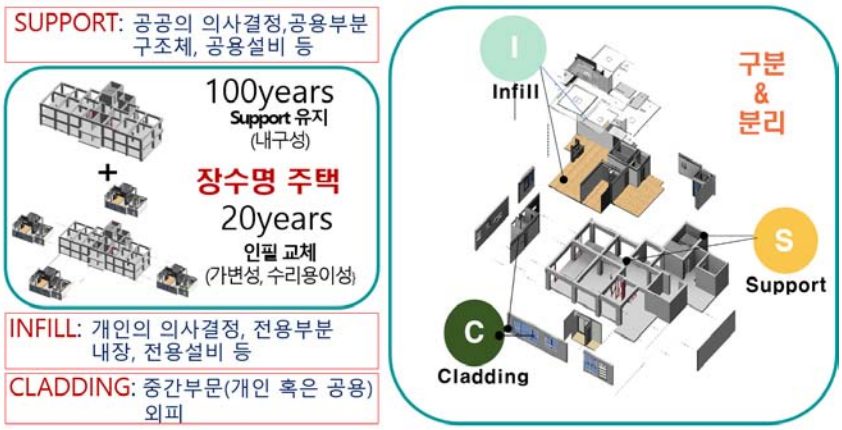
특히 기술적인 측면에서 살펴보면 공동주택은 고도성장기에 축적된 반복적인 시공효율과 획일적인 공간구성을 기반으로 한 내력벽식구조 방식의 고수, 사용 시 공간의 가변성에 대한 사고의 부족 및 유지보수의 용이성에 대한 설계반영의 부족, 현장 습식공법 중심의 시공과 매설공법의 일반화, 구분소유와 사용을 세밀하게 고려하지 않는 설계 관행 등이 공동주택의 사용수명을 단축시키는 요인으로 작용하고 있기도 하다.

2. 장수명 주택이란?

주택법 제2조 정의에 따르면 '구조적으로 오랫동안 유지관리될 수 있는 내구성을 갖추고 입주자의 필요에 따라 내부구조를 쉽게 변경할 수 있는 가변성과 수리용이성

그림 1. 장수명 주택 외관(세종시 내 블루시티아파트)

그림 2. 장수명 주택의 개념



등이 우수한 주택'이다. 장수명 주택은 주택의 일반적인 성능을 갖춘 것을 전제로 하여 성능적인 측면에서 구조체의 내구성과 공간의 가변성, 내장과 설비의 수리용이성이 일반 주택보다 우수하다.

3. 장수명 주택의 부분기술로서 가변형 주택

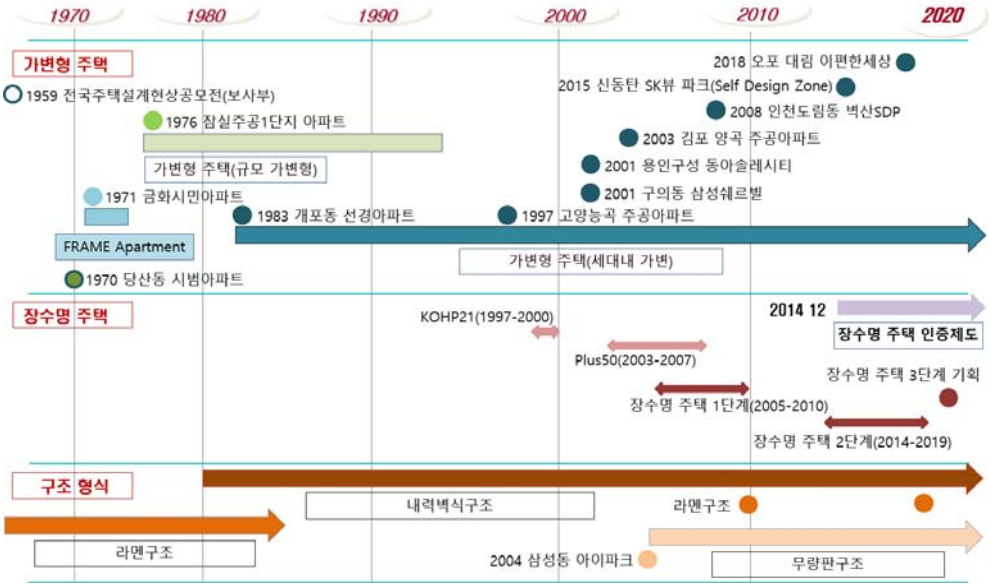
장수명 주택의 3가지 성능 가운데 하나인 가변성을 가지고 있는 주택으로 주택시장에서는 가변형 주택이라는 용어가 사용되고 있다. 가변형 주택이라 하여도 가변성에 대한 수준은 다양하다. 2개방 사이의 벽을 설치할지 제거할지를 선택하는 수준에서부터 기둥방식으로 화장실과 부엌을 제외한 모든 부분의 크기와 개수를 선택할 수 있는 수준까지 분포한다. 1970년대 초반의 프레임 아파트(시민아파트)나 시범아파트 일부에서도 기둥만 제외한 모든 실들을 입주자가 시공한 경우도 있었고, 1970년대 중반에서 1990년대 초반까지 공공부문의 소규모아파트에서 2세대를 1세대로 통합(병합)할 수 있는 규모가변형(병합형) 아파트가 존재했으나, 현실적으로 입주 후에 통합한 사례는 없었다. 1980년대 초반부터 대부분을 점유해 온 가변형아파트는 세대내부의 가변성을 가진 형식이다. 구조형식은 벽식구조에서 가변부분만 기둥을 배치한 방식이나 내력벽만 있는 방식과 무량판 구조(플랫플레이트구조)나 라멘구조를 적용한 방식도 소수 존재한다. 가변형 아파트라고 하여도 입주 후에 공간변화는 거의 고려되지 않고, 분양 시 공간구성을 선택하는 형식이 주류이며, 세대 내에서 공간 가변 부분의 벽체는 현장시공의 스틸스터드와 석고보드를 결합한 건식벽체나 ALC블록벽이 일반적이다.

가변형주택은 분양 시 공간선택형으로 입주 후에 공간가변에 대한 고려가 미흡하며, 가변을 위한 칸막이 벽체의 구법과 공법의 한계, 공간변화에 대비한 설비 재설치의 한계 등으로 부족한 부분은 장수명 주택 연구로 이어지게 된다.

4. 장수명 주택의 요소 기술

장수명주택의 요소기술을 기술하기 위해서는 주택의 구성측면에 대한 이해가 필요하고, 물리적인 하중전달 측면보다 의사결정측면에서 검토할 필요가 있다. 건축물 주택은 물리적인 하중전달이라는 측면에서는 구조체와 비구조체로 구성되지만, 구분소유형 건축물인 공동주택에서는 의사결정·사용측면이 특히 중요하다. 공동주택을 사용·의사결정이라는 관점에서 보면 공공(단지 거주자 공동)의 의사결정에 따르는

그림 3. 가변형 주택과 장수명 주택의 흐름



부분과 개인의 의사결정에 따르는 부분으로 구성된다. 전자를 Support, 후자를 Infill이라고 한다. 물리적인 구성으로 치환하면 구조체와 공용설비는 Support, 내장과 전용설비는 Infill에 해당한다. 외장이나 세대간 경계벽 등은 중간적인 성격으로 보아 Cladding으로 구분하거나 고정인필로 보는 견해도 있다. 어쨌든 Support와 Infill은 의사결정뿐만 아니라 사용방법, 소유구분, 수명의 장단에도 차이가 있다. Support는 공용부분·공동소유·수명이 길고 유행이나 기술변화에도 변화가 적지만, 인필은 정반대이다. 따라서 Support와 Infill을 구분하고, 구법이나 공법상으로 분리하여 설계하는 것이 장수명화에 효과적이다. 장수명 주택을 기술적인 측면에서 보면 Support와 Infill을 명확하게 분리하는 기술을 적용한 주택이다. 수명측면에서는 구조체 속에 설비를 매설하지 않고 독립적으로 시공(구조체 선시공, 설비 후시공, Support 선시공, 인필 후시공, 인필끼리는 수명이나 사용성을 고려한 선후 시공 순서와 지지여부와 마감형식 고려)하는 것이 핵심적인 기술이다.

장수명 주택은 성능적인 측면인 내구성, 가변성, 수리용이성의 3가지 핵심성능과 결합해 보면 Support는 내구성, Infill은 가변성과 수리용이성 측면이 우세하다. 내구성의 핵심은 구조체의 내구성을 높이기 위한 철근콘크리트의 피복두께와 품질(특히 강도)의 유지가 중요하다. 가변성은 Support의 공간적인 측면(구조형식, 층고 등)과 Infill의 가변성(건식화, 부품화, 가변용이성 구법, 층상배관방식, 공간의 통합과 분할, 설비의 이동 등)이 필요하다. 수리용이성은 공용설비와 전용설비의 배치구분을 기반으로 하여 Support인 공용설비에 대한 개보수 용이성과 미래수요변화의 대응성 확보, Infill인 전용설비의 개보수 용이성과 부분임대형 등 공간구성변화에 대응한 설비대응이 가능해야 한다. 이러한 성능을 높이기 위한 기술의 기반이 Support와 Infill의 구분과 분리를 실현하기 위한 Support와 Infill을 구성하는 물리적인 요소를 적절하게 설계하고 시공하는 것이다.

5. 장수명 주택 요소기술을 적용한 실증주택 건설 성과와 과제

장수명 주택 인증제도가 도입된 후 1사례(양호등급)를 제외한 모든 사례가 일반등급으로 사업승인을 받았거나 건설되었다. 일반등급은 장수명 주택 인증제도상으로는 장수명 주택의 일부로서 위치하고 있으나, 장수명 주택이라 할 만한 수준은 양호등급이상이다. 주택시장에서 건설업체에서 양호등급이상의 등급을 건설하지 않는 가장 큰 이유는 건설비용이 일반 공동주택에 비하여 10%-20%이상 상승한다는 인식이 자리 잡고 있기 때문이다. 이러한 인식을 전환하고 장수명 주택의 건설비용 증가를 줄이면서 보급을 확대하기 위한 연구가 2단계 장수명 주택 연구인 「비용절감형 장수명 주택 보급모델 개발 및 실증단지 구축」연구이다.

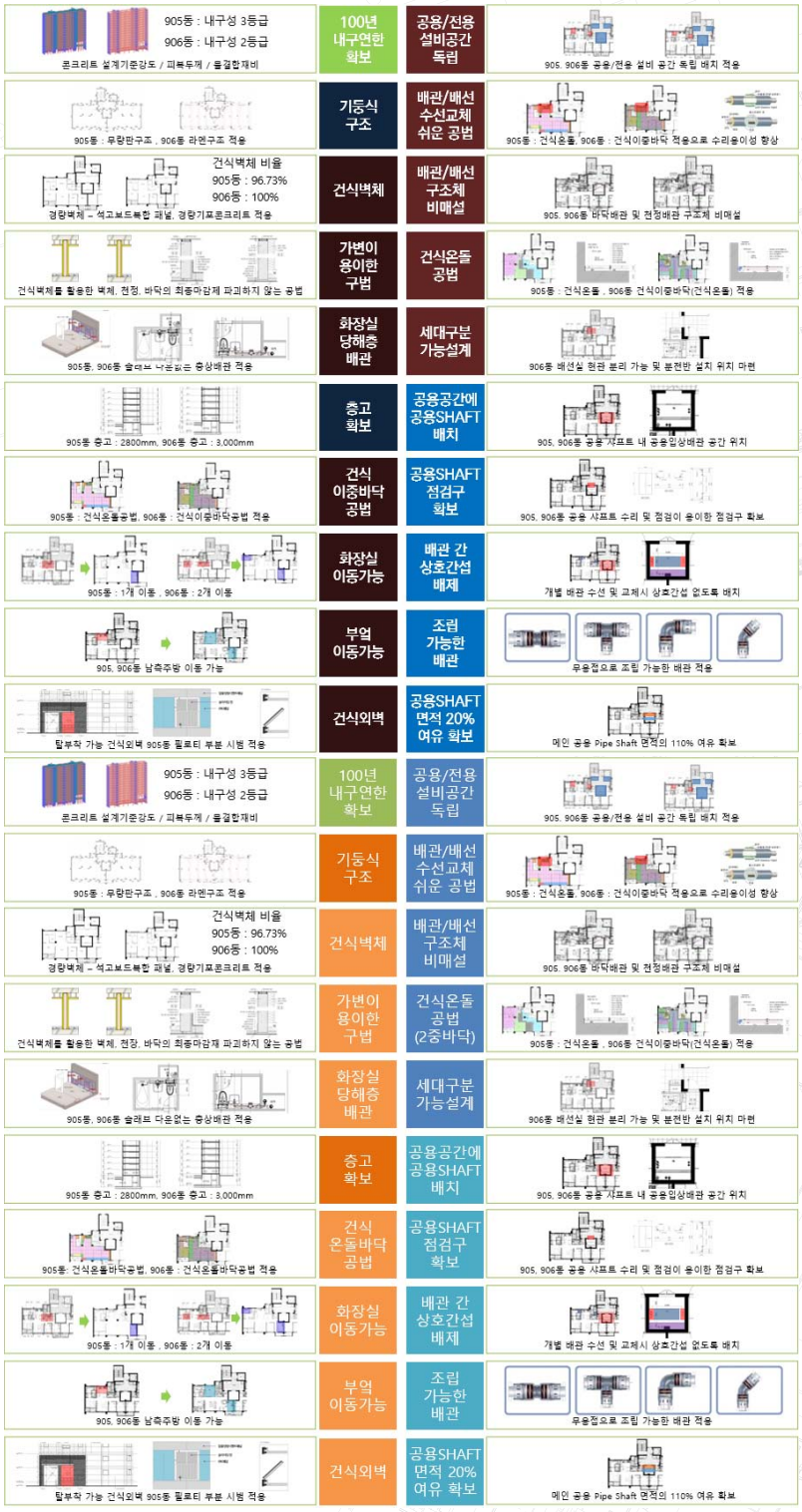
1단계 장수명 주택 국가 R&D 연구성과는 표준평면 설계(84㎡)를 기반으로 혼합구조, 인필요소기술(건식벽체, 턴 버클형 벽체, 세대 간 벽체, 2중온돌바닥, 건식천장, 설비콘센트 등의 Prototype)을 개선·개발하고 2층 4호의 실험주택을 건설하여 장수명 주택의 구성기술을 선보였다. 이들의 성과를 바탕으로 2단계에서는 시장의 선호도를 고려한 보급모델 평면(59㎡, 전면 4bay) 개발을 바탕으로 라멘구조와 무량판구조 방식을 1동씩 총 116세대를 건설하고 실·검증하였다.

서포트 기술로는 기둥배치의 균일화와 모듈러코디네이션 설계 적용, 상부 주택부분과 하부 주차장부분의 모듈을 통일하여 주동직하부 공간을 주차장 또는 통로로 활용하였고, 벽식구조에서 오는 구조전환층을 제거하여 비용절감과 공간활용 확대를 도모하였으며, 라멘구조의 층고절감을 위해 보에 슬리브를 설치하여 배관을 배치하였다.

인필은 건식칸막이벽체(구법 개선: 벽체 선시공 방식과 후시공 방식, 패널형 가동벽체 등), ALC블록벽(화장실과 부엌부분인 물 사용 공간 부위), Slab down 없는 층상 벽 배관 화장실 및 미서기 문, 이동 고려한 부엌, 압축방식의 반자(목상)를 일반세대에 적용하고, 6세대의 시범주택에는 별도로 일반세대의 공간가변을 보여주는 4세대(자녀방 통합형, 거실확장형, 부분임대형, 부엌이동형-남쪽 LDK부엌형)와 2030 미래의 생활형에 대응형 세대(현상설계를 통한 대상과 최우수상을 기술적으로 재해석하여 세대구성-성장하는 주택과 노마드 주택)를 시공하고, 4세대에는 별도로 건식온돌을 시공하여 바닥건식화의 가능성을 확인하였다. 공용설비는 공용부분에 전용설비는 전용부분에 배치하고, 공용설비는 공용부분에서 쉽게 유지관리할 수 있도록 시공하였으며,

그림 4. 장수명 실증주택 도면(양호등급, 우수 및 최우수 등급)

그림 5. 장수명 주택 적용기술



long
life
housing

부분임대형 주택의 경우도 세대분리를 고려한 설비를 세대별로 분리하였다.

아울러 설비소음과 층간소음 측정을 통하여 소음저감 효과를 얻었으며, 비용절감의 가능성을 확인하였다. 무량판구조를 활용한 양호등급의 경우는 일반 공동주택 대비 약 103%, 라멘구조의 우수, 최우수등급은 약 106%로 보급 가능한 것으로 평가되었다. 또한 장수명 주택 인증제도의 건설기준에 대한 개선과 인센티브의 개정이라는 성과도 얻었다. 설계, 시공, 제도에 대한 실증과 검증을 통하여 각종 지침과 가이드라인, 해설서 등을 제시하여 활용할 수 있도록 하였다.

이러한 성과를 얻었으나 이 성과는 상대적으로 Support 부분에 집중되어 있으며, 해결해야 할 과제도 남아 있다. 전용설비 배관의 경우 2중배관이기는 하지만 일부 배관이 구조체 속에 묻혀 있고, 일정한 부분에 집중되어 있어 구조체와 설비분리가 철저하지 못한 점, 인필차원에서 모든 부분이 건식화되었고 일부 구법의 개선이 있었지만, 다양한 인필의 부품화·시스템화 및 실용화가 필요하다는 점, 실증 주택에 대한 중기의 거주 후 평가가 필요하다는 점, 제도의 현실화가 지속적으로 필요하다는 점, 장수명 주택 자체가 사업화가 필요하다는 점 등의 과제가 그것이다.

6. 향후 과제와 활성화 방안

2단계의 연구과제와 관련하여 현재 3단계 연구인 「장수명 주택 정착을 위한 핵심기술 및 시스템 구축 실증 개발」이 기획과제로 채택되었다. 기획과제가 계획대로 이루어지면 향후 장수명 주택의 정착을 위한 기술개발과 실증이 이루어질 것으로 기대한다.

기획과제의 방향은 2단계에서 부족한 부분을 중심으로 핵심기술을 개발하고, 정책적으로 견인할 수 있는 제도를 현실화하기 위한 방향으로 진행될 것이다. 2단계가 Support 기술 개발에 방점이 있었다면, 3단계는 다음과 같이 3가지 관점에서 진행할 수 있도록 할 필요성이 있다. Infill 기술개선과 개발을 바탕으로 한 인필부품이 시장에서 성립할 수 있도록 생태계를 조성하는 것이 첫 번째 방향이며, 기존 연구의 성과와 연계하여 장수명 주택이 공공부문과 민간부문에서 사업모델로도 발전할 수 있도록 하는 것이 2번째 방향이다. 마지막으로는 앞의 2가지 방향이 가능하도록 제도적으로 유인할 수 있는 방안을 구축하는 것이다. 즉 인필생태계 조성을 위해서 인필인증제도를 도입하여 인필개발과 시장형성을 지원하는 것이며, 아울러 장수명 주택 인증제도의 현실화를 위하여 인증기준을 개선하고 장수명 주택을 견인할 수 있는 인센티브와 장기적인 발전 방안을 모색하는 일이다.

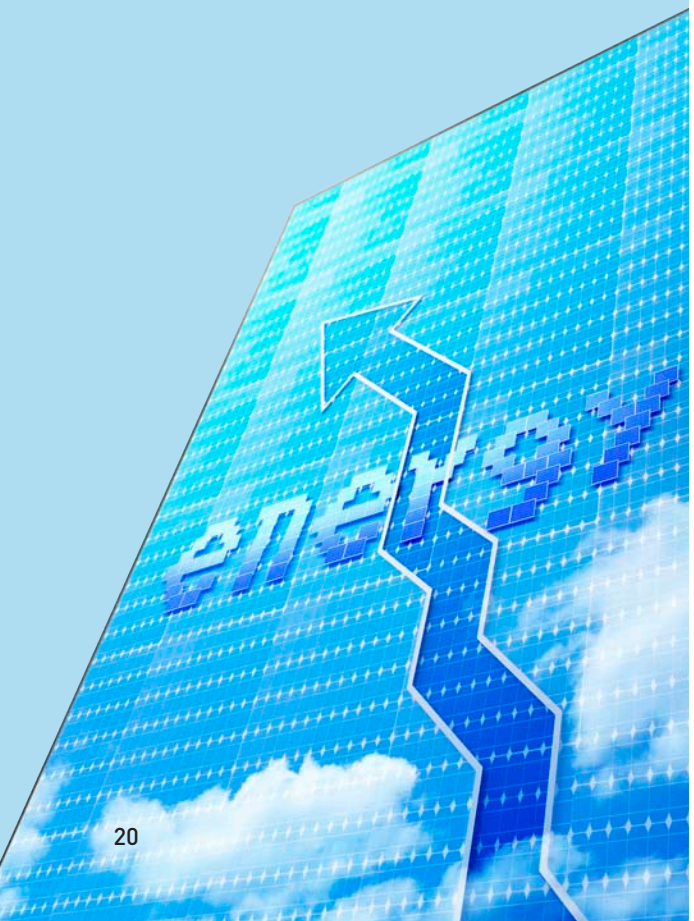
7. 마무리

현재의 인구구조로 볼 때 향후 10년 내에 인구 감소 시대의 도래, 가족구성의 다양화와 가족구조 변화, 1-2인 가족의 증가와 초고령사회의 도래 등 인구-가족구조의 변화와 기존 주택재고와 주택보급률의 증가, 국민의 라이프 스타일 다양화와 변화, COVID-19와 같은 시대변화는 지금까지와는 분명 다른 방향의 주택을 요구할 것이다. 이에 대비한 주택유형으로서 유효성을 갖는 것이 장수명 주택이다. 또한 장수명 주택은 건설 시에 곧바로 효과가 나타나는 것이 아니라 미래에 진가가 나타나는 미래형의 가치를 내포하고 있다. 정부차원에서도 양적인 공급을 벗어나 질적인 측면을 고려하고, 장기적인 주택재고를 지향하여 보다 적극적인 정책을 펼칠 때가 왔으며, 공공부문에서 선도할 필요성도 있다. 유지관리적인 측면에서 보다 유리하기 때문이다. 민간업체에서는 분양 시의 이익으로만 생각하는 시대는 거의 지나갔으며, 새로운 상품으로서 볼 때가 왔다. 올해 코로나 시대에 대응한 주택의 방향을 장수명 주택으로 제시한 정부주최의 심포지엄도 있었고, 코로나 대응 분양아파트에서도 그 유효성을 일부 보여주고 있는 것으로 보인다. 후손들의 풍요로운 주거생활을 위해서도 활성화가 필요하다.

건물일체형 태양광(BIPV)과 표준

김규진 / 한국건설생활환경시험연구원 태양광센터 책임연구원

전 세계가 기후변화대응을 위한 노력을 기울이고 있는 가운데 국내에서는 BIPV가 재생에너지를 보급하고, 건물의 에너지 부하를 줄이는 차원에서 반드시 필요한 요소 중 하나로 여겨지고 있다. 지금까지 국내의 BIPV가 다양한 제품을 개발하고 실증사례를 도출하여 건물에 적용가능성을 모색해 왔다면 앞으로는 대형 건설사의 니즈 파악과 건축 설계와의 연결을 통한 시장 확대 및 보급에 박차를 가해야 할 것으로 보인다.



전 세계에서 주목하고 있는 기후변화 대응에 대한 노력은 1972년 스톡홀름에서 범지구적 환경이슈를 처음으로 국제회의에서 다룬 이래 다양한 활동들을 협의하고 있다. 특히, 1997년 교토 의정서에서는 6대 온실가스를 규정하고 기후변화협약의 목표를 달성하기 위한 구체적 의무사항이 명기된 실행법적 역할과 선진국에 대한 구속력 있는 온실가스 감축목표를 규정하면서 실질적인 기후변화대응을 요구하였다. 또한, 2015년 파리기후변화협약을 통하여 교토의정서를 대체할 기후변화대응 합의를 이끌어냈다. 파리기후협약에서는 온실가스 배출이 많은 선진국이 더 많은 책임을 지고 개도국의 기후변화 대처를 지원하며 2023년부터 5년마다 당사국이 감축약속을 지키는지를 검토하도록 규정하였다.

한국은 파리기후변화협정에 대응하기 위하여 2030년까지 BAU(Business As Usual) 대비 37%를 감축하겠다는 자발적 감축목표를 제출하며 다양한 방안을 통하여 대응하고 있다. 2008년 제 1차 국가에너지기본계획을 시작으로 2019년 제 3차 에너지 기본계획을 수립하며 기후변화를 대응하기 위하여 노력하고 있다. 제 3차 에너지기본계획의 기본 골자는 1, 2차 계획에서 제시한 지속가능한 에너지체계 구축 방향을 이어가며 에너지의 생산, 유통, 소비 전 단계에 걸친 에너지시스템의 혁신적 전환에 중점을 두고 있으며 특히 에너지공급에 대해서는 2040년 국가에너지 소비량의 30~35%를 재생에너지로 공급할 수 있도록 계획을 수립하였다.

최근 정부는 한국판 뉴딜을 발표하였으며 그 중 그린뉴딜의 주요 추진과제인 건축물의 에너지 절감 및 생산에 대한 관심이 높아지고 있다. 이는 정부에서 추진하고 있는 신재생에너지 의무화, 제로에너지건축물 의무화 제도와 맞물려 건물에 적용할 수 있는 신재생에너지에 이목이 집중되고 있다. 이미 국내에서는 태양광, 태양열, 지열, 연료전지 등 다양한 요소들이 건물에

적용되고 있는데 그 중 건물일체형태양광(BIPV)에 대하여 이야기해 보고자 한다.

BIPV는 건축부자재의 기능과 전력생산을 동시에 할 수 있는 시스템을 의미한다. 한국의 환경은 국토면적이 넓지 않고 나대지가 많지 않아 태양광 발전소로만 재생에너지 보급비율을 달성하기에 좋은 환경이 아니며, 건물에서의 에너지사용량이 비교적 높기 때문에 일찍이 건물에 태양광을 보급하는 방안을 모색해 왔다. 산업부와 한국에너지공단은 신재생에너지 의무화와 더불어 건물지원사업, 주택지원사업 등에서 BIPV에 대하여 차등지원을 통하여 보급을 지원하고 있다. 최근에 서울시에서는 서울형 그린뉴딜의 일환으로 BIPV 시범보급사업과 태양광 신기술 실증단지 조성사업 등을 통하여 BIPV의 건물적용 사례 확대, 디자인에 대한 시민의 수용성 확보, 모니터링을 통한 발전량 및 경제성 분석을 목적으로 지자체 중 가장 선도적으로 BIPV 보급활성화를 추진하고 있다.

초기의 BIPV는 유리와 유리사이에 결정형 실리콘 셀 또는 비정질 실리콘을 사용한 창호, 커튼월 등으로 제작되어 전경련회관, 재향군인회관 등에 적용된 바 있으나 이러한 형태의 BIPV는 색상 및 투광성을 가질 수 없는 셀 소재의 특성에 의하여 건물에 적용되기에 디자인을 구현할 수 없는 단점을 안고 있었다. 그래서 유기물을 활용하여 투과도 및 색상을 구현할 수 있는 DSSC, OPV 등의 소재가 BIPV로 활용가능한 대안으로 부상하였으나 낮은 효율 및 내구성으로 이를 극복하고 건물 및 실내에 활용할 수 있는 연구개발을 지속적으로 추진하고 있다.

기후변화대응 관련 국제 회의	주요 내용
1972 스톡홀름 회의	범지구적 환경이슈에 대한 첫 번째 국제회의
1992 UN 기후변화협약	기후변화에 대한 국제사회의 기본 역할 정의 형평성, 공통의 책임부여, 지속가능발전 원칙 천명
1997 교토의정서	기후변화협약의 목표달성을 위한 실행법적 역할 선진국에 구속력 있는 온실가스 감축목표 규정
2015 파리기후변화 협약	2020 만료예정인 교토의정서 대체 선진국뿐만 아니라 195개 당사국에 구속력 있는 보편적 첫 기후합의

그림 1. BIPV 종류

결정형 BIPV

박막형 BIPV

DSSC BIPV

그림 2. 학교 컬러 BIPV 실증 사례

서울 월계중

충북 진천고

한편, 스위스의 로잔대학교에서 결정형 태양광 모듈 전면에 투광형 컬러층을 개발하여 결정형 태양광 모듈의 내구성, 건축자재로서의 심미성을 만족할 수 있는 제품을 시장에 내놓음으로써 국내 BIPV 시장은 디자인적 수용성을 만족할 수 있는 컬러형 태양광 모듈에 집중하기 시작했다. 현재 국내에서는 다양한 방법으로 컬러형 태양광 모듈을 개발하고 있으며 이러한 제품들이 건축물에 적용된 사례가 나타나고 있다. 대표적인 사례는 KCL에서 산업부 에너지기술평가원의 연구과제로 수행한 "학교 건물일체형 태양광 제품 및 융합시스템 개발" 사업의 일환으로 서울시 소재 월계중학교, 충북 소재 진천고등학교의 외벽면에 컬러형 BIPV를 적용하여 건축물 외장재로서의 가능성과 장기내구성을 검토하고 있다.

BIPV를 건축물에 활용하기 위해서는 앞서 언급한 바와 같이 태양광 모듈로서의 발전성능은 물론 건축물에 적용되기 때문에 건축자재로서의 안전성을 두루 검증하여야 한다. 국내에서는 2016년 12월 KS C 8577 "건물일체형 태양광 모듈(BIPV) - 성능평가 요구사항"의 국가표준을 제정하여 인증을 운영하고 있는데 태양광 모듈로서의 발전성능과 신뢰성, 건축자재로서의 내구성 그리고 안전성 평가로 구성되어 있다. KS C 8577은 BIPV 모듈의 성능과 안전성에 대한 요구사항으로 한정되어 있으며 건축자재로서의 성능(예를 들어 창호의 경우 수밀, 기밀, 내풍압, 단열성능 등)에 대한 시험은 포함하지 않고 있는데 이는 BIPV는 지붕재, 창호/커튼월, 외벽 등 다양하게 적용될 수 있는데 적용되는 위치에 따라 건축에서 요구하는 성능 지표가 다르기 때문이다.

국내뿐만 아니라 해외에서도 BIPV 표준화를 추진하고 있다. 대표적인 국제표준화기구 중 하나인 IEC (International Electrotechnical Commission)에서는 최근 IEC 63092 'Photovoltaics in Buildings'를 제정한 바 있다. IEC 63092는 BIPV를 크게 다섯 종류의 형태로 구분하여 크게 기계적 내구성, 화재안전성, 위생·건강·환경

적합성, 사용중 안전 및 접근성, 소음으로부터의 보호, 에너지 경제성 및 보온성, 천연자원의 지속가능한 사용의 6가지 요구사항에 대하여 각각의 IEC 또는 ISO 시험을 만족하도록 구성되어 있다. 다만, 화재, 환경 등 건축적 요구사항의 경우에는 국가에 따라 요구사항이 달라 해당 국가의 건축 표준을 활용하도록 하였다.

기후변화대응을 위한 전 세계가 노력하고 있는 가운데 국내에서는 BIPV가 재생에너지를 보급하고 건물의 에너지 부하를 줄이는 차원에서 반드시 필요한 요소 중 하나로 인식되고 있다. 지금까지 국내의 BIPV가 다양한 제품을 개발하고 실증사례를 도출하여 건물에 적용가능성을 모색해 왔다면 앞으로는 대형 건설사의 니즈 파악과 건축 설계와의 연결을 통한 시장 확대 및 보급에 박차를 가해야 할 것으로 보인다. 또한, 정부의 신재생에너지 보급의무화, 제로에너지빌딩의무화 정책과 제조사, 설계사, 건설사 등 사업 주체의 긴밀한 협력을 통하여 '50년 탄소 Net-Zero'를 달성할 수 있는 모멘텀이 될 수 있을 것이다. 앞으로 정부와 지자체, 사업주체의 적극적인 노력을 통하여 많은 건축물에 다양한 디자인과 기능이 부여된 BIPV가 적용되기를 기대해 본다.

66
정부와 지자체, 사업주체의
적극적인 노력을 통하여
많은 건축물에 다양한 디자인과
기능이 부여된 BIPV가
적용되길 기대해 본다
99

표 1. KS C 8577 시험항목 구성

시험항목		비고	시험항목		비고
전기성능 평가	6.1 육안검사		전기성능 평가	6.12 염수분무 시험	
	6.2 최대전력측정			6.13 광조사시험	박막
	6.3 절연시험		구조성능 평가	6.14 고온저항시험	
	6.4 열점내구성시험			6.15 구슬낙하시험	
	6.5 자외선 시험		안전성 평가	6.16 절단취약성 시험	
	6.6 온도사이클 시험			6.17 접지연속성 시험	
	6.7 고온고습시험			6.18 충격전압시험	
	6.8 단자강도 시험			6.19 내열시험	
	6.9 습윤누설전류 시험			6.20 내화시험	
	6.10 기계적 하중 시험			6.21 역전류과부하시험	
	6.11 바이패스다이오드 열시험			6.22 모듈파괴시험	

기후위기 시대 자연기반해법의 하천관리를 위한 실규모 식생하도 실험

지운 / 한국건설기술연구원 국토보전연구본부 연구위원
과학기술연합대학원대학교 건설환경공학 부교수

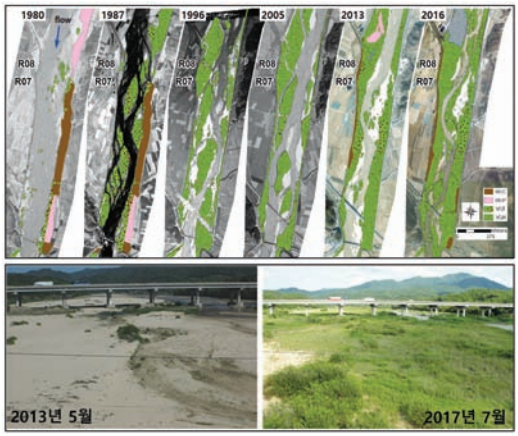
최근 기후변화로 인해 하천 내 식생의 과잉분포가 더욱 가속화되고 있다. 국내뿐만 아니라 해외에서도 하천관리 분야는 큰 이슈로 여겨진다. 또한 기후변화로 인해 자연하천에서는 더 많은 식생이 유입되고 활착되어 식생패치가 과도하게 조성되기도 한다. 도시하천의 경우 하천의 친수 기능의 강화로 인해 자연식생을 활용한 하천 조성의 니즈 역시 증대하고 있다.

기후변화/기후위기 시대 하천환경의 변화

하천의 하도나 홍수터에서 자라는 식생은 유량, 유속 분포, 흐름저항, 난류특성, 유사이송, 지형변화 등에 직접적인 영향을 미치는 요소이다. 하천에서의 식생은 생태서식처의 제공과 하천의 자정작용을 돕는 순기능을 갖고 있는 반면 식생의 과도한 이입과 활착 및 흐름저항 증가로 인한 홍수위 상승과 홍수 재해의 위험성을 가중시키는 문제를 야기하기도 한다. 최근 기후변화로 인한 하천 내 식생의 과잉분포가 더욱 가속화되고 있는 실정이며(그림 1), 국내는 물론 해외에서도 하천관리 분야의 큰 이슈로 대두되고 있다. 네덜란드의 경우는 식생으로 인한 홍수위 상승의 문제를 해결하고자 매년 수백 킬로에 달하는 구간에서 식생을 물리적으로 제거하는 유지관리를 수행하고 있으며, 생태환경적 측면과 치수 안전성 측면에서 가장 이상적인 식생 제거 구간과 형태를 결정하기 위해 다양한 식생하도 수리해석 기술을 개발하고 있다. 핀란드와 독일 등에서는 하천의 자정작용과 물질순환 작용에서 가장 유리한 하천 형태를 홍수터가 있는 하도로 규정하고 식생의 유무에 따른 흐름특성과 물질교환 등의 과학적이고 기초적인 연구 결과를 도출하고자 많은 노력을 기울이고 있다.

하천 내 식생패치(vegetation patch)가 과도하게 분포하는 현상과 같은 하천 시스템의 변화는 현재 관측되는 정보와 물리적 메커니즘만으로는 그 원인과 결과, 그리고 미래의 변화 예측을 수행하는 데 한계가 있다. 특히 기후변화 대응 하천 시스템 변화의 종합적 분석을 위한 가장 기초적인 변수인 식생의 흐름저항 값에 대한 정확한 예측 불가로 인해 다양하게 제시되는 분석 정보와 솔루션의 신뢰성 확보가 어려운 실정이다. 식생의 특성이 흐름에 미치는 영향을 고려하기 위한 다양한 연구(Petryk and Bosmajian, 1975; Freeman et al., 2000; Wilson et al., 2010; Luhar and Nepf, 2011; Schoneboom et al., 2011; Wunder et al., 2011; Aberle and Järvelä, 2013; Shields et al., 2017)에서는 식생의 특성에 관한

그림 1. 내성천 하도 내 식생분포 변화 추이(상) 및 오신교 상류 직선 구간의 식생이입(하)



매개변수를 정량화하여 수리학적 모델링에 활용하고 있다. 현재까지 제안된 식생에 의한 항력의 추정 모델은 대부분 식생을 실린더 형태로 가정한 이론에 기초하여 도출되었다. 따라서 식생의 복잡한 물리적 특성을 반영하지 못하는 한계를 극복하지 않고서는 기존에 제시된 식의 신뢰도와 정확도를 높이는 데는 한계가 있다. 실린더 형식의 인공 식생을 활용하여 흐름저항을 추정하는 방식을 개선하고자 최근 들어 식생의 물리적 특성을 잎과 가지를 포함한 줄기 영역까지 확대하고 있는 추세이다(Västilä et al., 2013; Vargas-Luna et al., 2015; Shields et al., 2017). 또한 현재까지 제시된 대부분의 모형은 하폭을 가득 메우는 식생패치에 대해서만 적용이 가능한 반면, 실제 하천의 경우 식생패치는 이질적인 형태의 다양한 레이아웃과 배열을 이루고 있다. 실제 하천에서의 식생패치의 평면분포는 일정한 횡단분포가 상하류로 동일하게 분포된 경우가 거의 없으며, 특히 평면적 분포가 균질하게 분포(homogeneous spatial distribution)된 경우도 찾아보기 힘들다. 실제 하천의 식생패치는 이질적 공간 분포(heterogeneous spatial distribution)가 대부분이며, 동일한 차단 지수 및 점유율을 갖는 식생패치도 공간분포의 형태에 따라 구간 흐름저항 계수는 다르게 나타날 것이다.

기후변화에 적응하기 위해 하천 시스템이 취하는 변화를 정확히 감지하고 하천 공학적 대책 혹은 자연기반해법(Nature-Based Solution, NBS)의 도입 여부를 결정하기 위해서는 식생의 흐름저항 관련 기초 연구 분야의 다양한 기술 축적이 필요하다. 식생 하도 및 홍수터의 흐름저항을 정확히 산정하는 단계에서 어느 정도 신뢰성 있는 정보를 도출하지 못한 상태에서는 다음 단계의 분석 결과 및 제시되는 솔루션의 적용성·효과를 보장할 수 없을 것이다. 지금까지 여러 연구자에 의해 실험실 규모의 과학적 규명과 검증 연구가 꾸준히 수행되어 왔으나, 실제 현상에 대한 적용과 기후변화로 인해 발생하는 다양한 시나리오에 기초한 예측을 수행하기에는 식생의 흐름저항 계수 값을 산정하는 방법과 모델의 활용에 한계가 있다. 유일한 개선 방법은 스케일 왜곡이 없는 업스케일링 실험 조건을 적용하고 실제 식생을 식재하거나, 실제 식생의 물리적 특성과 유사한 인공식생을 활용하여 흐름저항 분석을 위한 실규모 하천 실험을 수행하여 정확한 식생의 흐름저항 값 산출을 위한 실험 계측 값을 확보하고 분석하는 것이다.

국제공동연구 기반 실규모 식생하도 실험

지금까지 도출된 하천 식생의 흐름저항 산정을 위한 실험 결과들이 갖는 스케일 문제를 해결하면서 동시에 실험에서는 재현할 수 있는 수리조건의 통제가 가능한 실험을 수행하고자 2017년부터 한국건설기술연구원은 네덜란드의 Deltares와 핀란드의 Aalto University의 연구진들과 함께 실규모 식생하도 실험을 위한 국제매칭공동연구를 수행하고 있다. 자연 식생과 식생패치가 갖는 복잡성을 단순화 하지 않고 실제 하천 규모의 단면과 수리조건으로 실험을 수행하기 위해 공동연구팀은 한국건설기술연구원의 안동하천연구센터의 실규모 하천실험 인프라를 활용하고 있다(그림 2).

안동하천연구센터에는 총 3개의 실규모 실험을 위한 하도가 조성되어 있으며, 급경사/완경사 하도, 홍수터가 있는/없는 하도, 사행/직선 하도, 자갈/모래 하상, 고정상/이동상 하도 구간 등의 다양한 형태의 수로에서 실제 하천환경과 유사하게 또는 실험 목적에 맞는 시설물 등을 설치하여 실규모 하천 실험을 수행할 수 있다. 최대 10㎥/s의 유량을 공급할 수 있으며, 식생실험이 수행된 완경사 구간의 수로의 길이는 약 600m, 하폭은 11m, 깊이 2m의 제형단면 형태를 갖고 있다. 사면과 하상은 모래로 조성되어 있으며 그림 3과 같은 형태의 인공식생 등을 조성하여 실험을 수행하였다.

안동하천연구센터에서 수행된 식생패치의 흐름저항 계수 산정 실험에는 각종 센서와 계측기를 이용하여 다양한 정보를 수집한다. 우선 수위 및 수면경사 계측을 위해 하도 내 식생패치를 포함하는 구간에서 정밀 압력식 센서와 초음파 수위계를 설치하여 실시간으로 또는 주기적으로 모니터링한다. 또한 상류에서 유입되는 유량은 상류단 위어에서 1차 확인할 수 있으며 실험구간의 접근 수로에서 ADCP(Acoustic Doppler Current Profiler)를 이용하여 2차 유입 유량에 대한 모니터링을 수행할 수 있다. 식생 주변 또는 접근 수로에서의 유속분포는 ADV(Acoustic Doppler Velocimetry)를 활용하여 위치별, 수심별 유속 값을 계측할 수 있으며, LSPIV(Large Scale Particle Image Velocimetry) 방법을 이용하여 표면유속을 측정하기도 한다. 하류단 수위 조건은 수문을 조작하여 여러 가지 수리조건이 구현 될 수 있도록 통제가 가능하며 흐름 전/후의 지형 측량과 식생패치의 물리적 형태 정보는 3차원 스캐너를 이용한 포인트 클라우드 데이터를 분석하여 도출한다.

실규모 식생하도 실험에서 도출한 식생패치 구간의 수면경사 변화는 그림 4와 같으며 계측된 수면경사를 이용하여 식생패치의 구간 흐름저항 값을 산정할 수 있다. 또한 3차원 스캐닝을 통한 포인트 클라우드 정보를 분석하여 식생패치가 하도 구간에 점유하는 부피 지수를 산정하고 흐름저항 계수 변화와 함께 상관관계를 분석할 수 있다. 2019년에 수행한 실험 결과에 따르면(그림 4)

그림 2. 한국건설기술연구원 안동하천연구센터(상)의 실규모 하도에서 수행된 식생하도 조성 공사 및 실험 설계(하)(2019년 국제매칭공동연구)

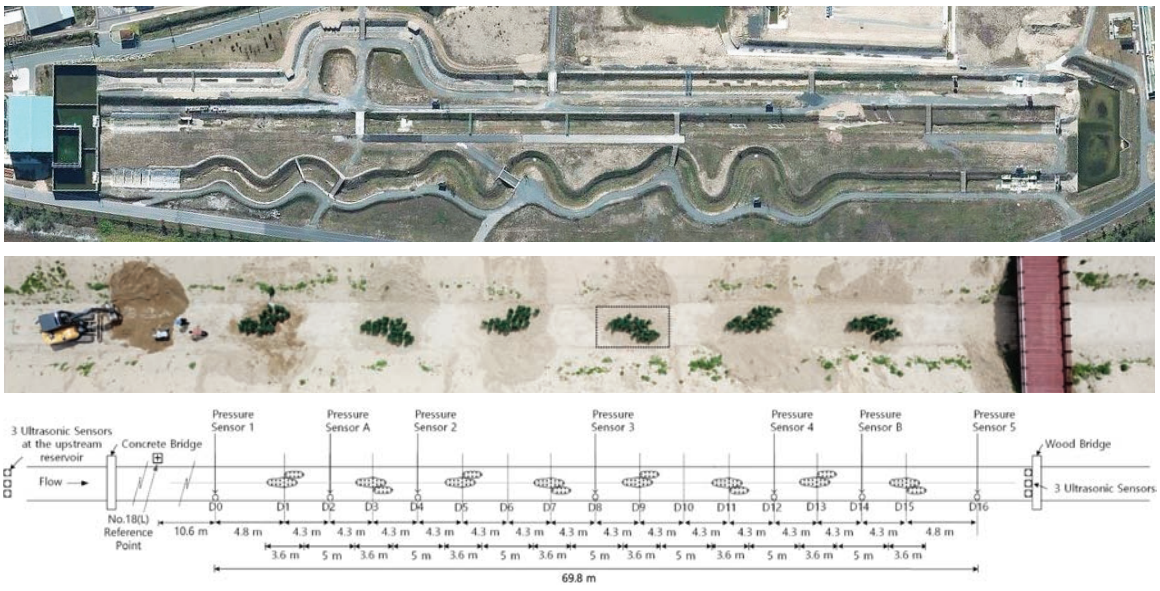


그림 3. 버드나무 형태의 목본류 인공식생(상)을 이용한 실규모 하천 실험(하)

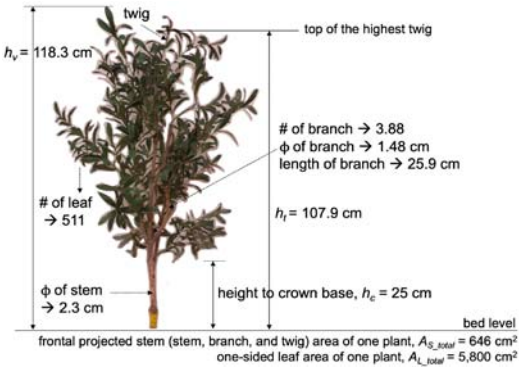
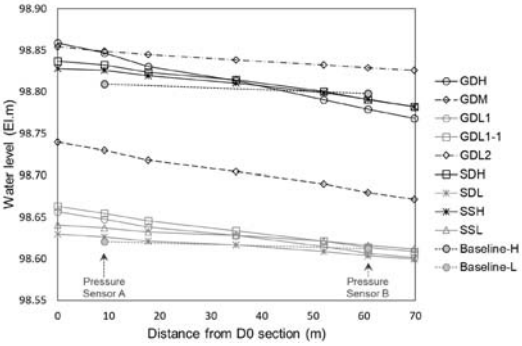
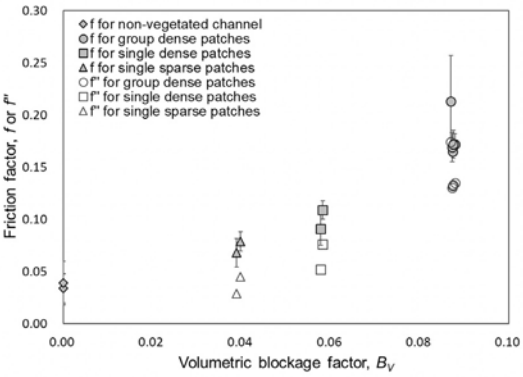


그림 4. 계측된 식생하도의 수면경사(상) 및 식생차단 지수에 따른 흐름저항 계수 변화(하)





하도에 식생의 점유율이 6% 이상이 되면 흐름저항 계수는 약 3배 이상 상승하며 9%가 되면 7배까지 상승하는 것을 알 수 있다.

한국건설기술연구원은 네덜란드의 Deltares와 핀란드의 Aalto University와 함께 국제매칭공동연구 기반으로 2017년부터 실규모 하천 실험의 식생하도 연구를 수행해 왔으며, 각 기관들이 보유하고 있는 인프라와 기술을 적극 활용하여 도출되는 연구성과의 질적 향상을 도모해 왔다. 안동에서 수행되는 실규모 실험뿐만 아니라 Deltares에서 개최한 수치모델의 검보정과 코드 개선을 위한 세미나와 회의에 3개의 기관 연구진들이 모두 참석하여 연구를 수행하였다. 또한 실규모 실험에서 직접 계측하기 어려운 개별 식생의 항력계수 산정을 위해 공동연구팀은 Aalto University의 Ice Towing Tank 실험장을 활용하여 식생의 항력 측정 실험을 수행한 바 있다. 전 세계 관련 분야의 우수기관들이 보유하고 있는 인프라와 연구 노하우를 상호 공유하고 연구수행에 적극 활용함으로써 도출되는 결과의 신뢰성과 신규성을 확보할 수 있었다.

식생패치의 자연기반해법을 이용한 하천 적응관리

기후변화로 인해 자연하천에는 더 많은 식생이 유입되고 활착되어 식생패치가 과도하게 조성되는 변화가 발생하고 있으며, 도시하천의 경우 하천의 친수 기능의 강화로 인해 자연식생을 활용한 하천 조성의 니즈가 증대하고 있다. 치수적으로 안정된 하천으로 관리하는 목적과 자연식생의 조성을 통해 하천 수질, 생태환경, 친수 기능을 강화하기 위한 목적을 모두 만족시키기 위해서는 지금까지의 하천

그림 5. 네덜란드 Deltares에서 수행한 수치모형 코드 개발 회의(좌) 및 핀란드 Aalto 대학교의 Ice Towing Tank 실험장에서 수행한 식생 항력 측정 실험(우)

조성 및 유지관리 기술의 변화가 필요하다. 특히 친수 및 조경 기능만이 강조된 인간 중심의 도시하천 조성 사업은 재난·재해 및 기후변화 대응 하천회복 탄력성이 매우 낮은 상황이 발생할 수 있다. 따라서 도시하천의 복합 기능을 고려했을 때 홍수·가뭄에 안전하면서도 인간과 환경의 상호 보완적인 지속가능성을 확보할 수 있는 사용자 중심의 솔루션이 필요하다.

실규모 하천 실험을 기반으로 수집되는 다양한 정보를 분석하여 복잡한 하천 시스템의 변화를 이해하고 검증하는 과정을 통해 하천환경 생태계의 지속가능성과 건강성을 확보할 수 있는 식생패치를 활용한 하천관리의 자연기반해법을 하천관리에 적극 도입할 수 있는 계기를 마련할 수 있을 것이다. 식생패치를 활용한 자연기반해법의 도입은 도시하천에서도 재난·재해 저감과 환경 기능 강화라는 상충된 목표를 해결할 수 있으며, 하천 생태계로부터 다양한 이익을 활용하여 친숙하고 쾌적한 생활공간으로 영위할 수 있는 기회와 부가가치를 제공한다. 무엇보다도 하천 공간과 인간의 연결성 강화를 통해 하천 생태계 및 인간 사회의 역동성과 국민 삶의 질 향상을 기대할 수 있다.

참고문헌

Aberle, J., and Järvelä, J. (2013). Flow resistance of emergent rigid and flexible floodplain vegetation. Journal of Hydraulic Research, 51(1), 33-45.

Freeman, G. E., Rahmeyer, W. H., and Copeland, R. R. (2000). Determination of resistance due to shrubs and woody vegetation. Tech. Rep. No. ERDC/CHL-TR-00-25, U.S. Army Corps of Engineers Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS.

Luhar, M., and Nepf, H. M. (2011). Flow-induced reconfiguration of buoyant and flexible aquatic vegetation. Limnology and Oceanography, 56(6), 2003-2017.

Petryk, S., and Bosmajian III, G. (1975). Analysis of flow through vegetation. Journal of the Hydraulics Division, 101(ASCE# 114517 Proceeding).

Schoneboom, T., Aberle, J., and Dittrich, A. (2011). Spatial variability, mean drag forces, and drag coefficients in an array of rigid cylinders. In Experimental methods in hydraulic research (pp. 255-265). Springer, Berlin, Heidelberg.

Shields Jr, F. D., Coulton, K. G., and Nepf, H. (2017). Representation of vegetation in two-dimensional hydrodynamic models. Journal of Hydraulic Engineering, 143(8), 02517002.

Vargas-Luna, A., Crosato, A., and Uijttewaal, W. S. (2015). Effects of vegetation on flow and sediment transport: comparative analyses and validation of predicting models. Earth Surface Processes and Landforms, 40(2), 157-176.

Västilä, K., Järvelä, J., and Aberle, J. (2013). Characteristic reference areas for estimating flow resistance of natural foliated vegetation. Journal of hydrology, 492, 49-60.

Wilson, C. S., Xavier, P., Schoneboom, T., Aberle, J., Rauch, H. P., Lammeranner, W., ... and Thomas, H. (2010). The hydrodynamic drag of full scale trees. River flow 2010, 453-460.

Wunder, S., Lehmann, B., and Nestmann, F. (2011). Determination of the drag coefficients of emergent and just submerged willows. International journal of river basin management, 9(3-4), 231-236.

대중교통 공기질 개선기술 동향

윤성진 / 서울기술연구원 수석연구원
이주형 / 서울기술연구원 전임연구원

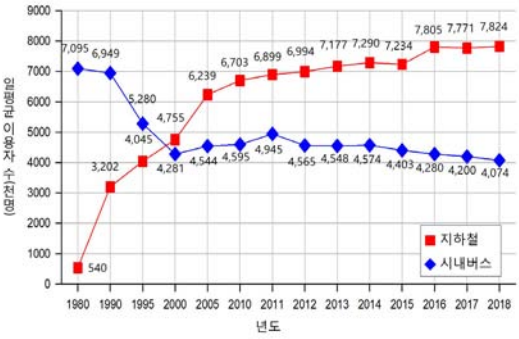
버스, 지하철은 서울시민의 발이 되는 중요한 이동수단이다. 다만 높은 교통분담률을 가지고 있어 대기오염으로 인한 공기질 관리가 매우 중요하다. 서울시는 물론 국내외에서 공기질 관리를 위한 다양한 기술을 연구하고, 현장에 적용하여 대중교통을 이용하는 시민의 건강을 보호하길 기대한다.

시민의 발 대중교통, 공기질 관리 중요

2012년에서 2017년 사이, 서울시 교통수단[1]의 연평균 통행량은 32,287~32,516km를 유지하고 있다. 서울시의 대중교통[2]의 평균 교통분담률은 72.3%이고, 이 중 버스, 지하철·철도의 교통 분담률은 65.6%에 이른다.[1]

서울시 대기 초미세먼지 농도[3]는 2010~2019년 사이 23~25㎍/㎥이고 미세먼지 농도[4]는 동일 기간 40~49㎍/㎥를 유지하고 있다. 주요 선진국 대도시와 비교하였을 때 초미세먼지 농도 기준 1.7~2.3배, 미세먼지 농도 기준 1.2~2.4배 높은 수준이다.[2] 대기 공기질이 이동수단 내부 공기질에 큰 영향을 미칠 수 있음을 고려했을 때 대중교통 이용 시민의 건강권 보호를 위한 방안이 필요한 상황이다.

그림 1. 연도별 일평균 대중교통 이용객 추이 및 2019년 서울시 교통수단 분담률:(위) 지하철, 버스의 일평균 이용자 수, (아래) 연평균 교통분담률(2018년)



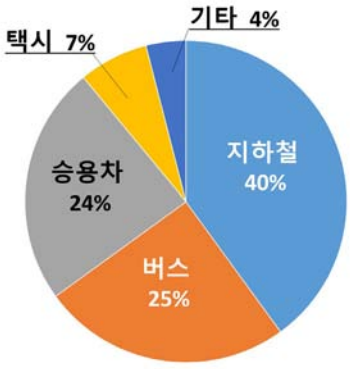


그림 2. 버스, 지하철 공기청정 시스템

시내버스 설치 미세먼지 필터

지하철 공기청정기

출처: 서울교통공사 웹진

미세먼지 집진기 및 환기장치 이용, 대중교통 공기질 개선

버스 서울시는 2019년 전체 시내버스 97%에 해당하는 7,207대 버스에 미세먼지 필터를 적용하였다.[3] 버스 천정에 위치한 에어컨 흡입부에 필터를 거쳐 하여 실내공기가 필터를 거쳐 미세먼지가 제거된 후 에어컨 토출부에서 청정한 공기가 방출되는 형태이다. 또한, 필터 적용이 어려운 일부 버스에 환기형 공기청정기를 설치하여 운행하고 있다. 미세먼지 제거 필터는 부산시, 부천시에서도 적용했다.

스페인 Sevile 대학교는 산학협력을 통해 공조시스템 적용 이오나이저를 개발하였다. 해당장치는 O_3와 이온을 발생하여 차량 내 바이오에어로졸, 미세먼지 및 VOCs를 제거하는 역할을 한다. 국내에도 도입되어 서울시내버스 노선에서 사용하기도 했다.[4]

지하철 서울시는 '차량 공기질 개선장치' 시범사업을 통해 지하철 객실에 공기정화장치를 설치·운행한 후 확대 보급하고 있다.[5] 해당장치로 미세먼지 농도를 평균 8.15% 저감, 특히 7~9시 사이 혼잡시간에는 미세먼지 농도를 12%까지 저감하였다. 향후 교체를 앞둔 노후 전동차 1,914칸에 대해서는 신형 전동차 도입 시 공기질 개선장치 설치를 설계부터 반영하도록 했다. 이외에도 에어커튼이 지하철 출입구에 설치하는 시범사업을 시행할 계획이다.[5, 6]

버스, 지하철 등의 공기질 개선을 위해 국내외에서 많은 연구와 사업이 적용 중에 있다. 이와 같은 다양한 공기질 개선기술의 적용을 통해 대중교통 공기질은 점점 개선될 것이다. 서울기술연구원에는 서울시 시내버스 공기청정시스템 효과분석 등의 과제수행을 통해 서울시의 관련 사업확대에 기여하고, 이를 통해 시민의 건강권 증진에 기여할 것이다.

1) 승용차, 버스, 지하철·철도, 택시, 기타
2) 버스, 지하철·철도, 택시
3) PM2.5
4) PM10
5) 전동차 객실장치 설치: '19년 140칸, '20년 1,076칸(예정), '21년 344칸(예정)

참고문헌

[1] 서울시(2019), 서울통계연보
[2] 에어코리아(https://www.airkorea.or.kr)
[3] 서울특별시 뉴스(https://news.seoul.go.kr)
[4] 환경부(2018), 지하철 및 지하공간 등 공기질 개선이 요구되는 현장
[5] 서울교통공사 웹진(http://webzine.seoulmetro.co.kr)
[6] 환경부(2018), 3차 지하역사 공기질 개선대책

도심지역 안전을 위한 플랜트 위험관리 연구개발 동향

이종석 / 국토교통과학기술진흥원 기획3그룹 연구위원

플랜트는 취급하는 물질에 따라 화재 또는 폭발 사고 발생의 위험성을 갖고 있다. 실제로 우리 생활주변에서 쉽게 볼 수 있는 위험물 제조소나 생산설비를 갖춘 제조업체들로 인해 사고피해 발생에 대한 우려의 목소리가 들린다. 따라서 생활주변에 있는 위험물 취급소, 제작소 등에 대한 사고발생을 예방하기 위해 정부와 지자체에서는 제도적 대비책을 마련하고 있으며, 국내 연구자들도 플랜트 안전을 위한 다양한 연구 노력을 기울이고 있다.

국내 사고 현황

플랜트란 제품의 생산 및 제조를 목적으로 건설된 산업시설물을 일컫는 일반적인 용어로서, 취급하는 물질에 따라 화재 또는 폭발 사고 발생의 위험성이 상존하고 있는 시설물이다.

최근 발생한 강릉 수소탱크 폭발사고(2019), 광양제철소 폭발사고(2019), 대산 화학공장 폭발사고(2020) 등 국내에서 발생한 다수의 사고들을 통해 알 수 있듯, 이러한 도심지 또는 산업단지 내에 위치한 플랜트 시설을 갖춘 위험물 취급소나 제조공장 등에서 발생하는 사고는 해당 사업장뿐 아니라 일반 시민이 생활하고 경제활동을 영위하는 지역에서까지 인명 또는 재산피해를 야기할 수 있음을 보여주는 사례들이다.

'서울 열린데이터 광장(http://data.seoul.go.kr/)'에 따르면, 1,000만 시민이 생활하는 서울에도 인화성 또는 발화성 등의 성질을 가지는 위험물을 제조, 취급, 저장하는 제조소가 2019년 기준으로 2,809곳, 제작 설비를 이용하여 제품을 만들어 내는 제조업은 2018년 기준으로 4,040개 사업체가 있는 것으로 조사되었다. 따라서, 서울 시민들 생활주변에서 쉽게 볼 수 있는 위험물 제조소나 생산설비를 갖춘 제조업체들로 인해 시민 생활 지역에까지 사고피해 발생의 가능성이 상존하고 있음을 알 수 있다.

따라서 이러한 생활주변에 있는 위험물 취급소, 제작소, 저장소 등에 대한 사고발생을 예방하기 위하여 정부와 지자체 등에서는 제도적 대비책을 마련하여 시행하고 있으며, 국내 연구자들도 플랜트 안전을 위한 다양한 연구 노력을 기울이고 있다.

본고에서는 생활주변에 있는 플랜트를 중심으로 사고발생을 예방하기 위한 정부의 정책적 노력과 연구자들의 기술개발 노력에 국내 상황을 살펴보고, 추가적인 플랜트 안전 확보를 위하여 국토부를 중심으로 정부차원에서 진행할 예정이 있는 연구개발 사업을 소개하고자 한다.

강릉 수소탱크 사고

광양 제철소 사고

대산 화학공장 사고

국내 플랜트 위험관리 동향

현재 우리나라는 플랜트 안전과 관련된 법/제도가 6개 부처소관 30개 법/규칙/기준 등에 분산되어 관리되고 있다. 특히 정부는 사고 위험성이 높은 사업장의 경우 부처별로 위해 관리계획서(환경부), 공정안전보고서(고용노동부), 안전성향상계획서(산업통상자원부)를 작성·제출하도록 의무화하고 있다.

환경부의 화학물질관리법에 의한 위해관리계획서는 사고대비물질(69종)을 지정수량 이상 취급하는 시설에서 화학사고가 발생한 경우, 사고대비·대응, 사고시 주민경보, 주민소산, 사고 후 복구계획 등 사업장 밖 주민과 환경에 미치는 피해를 최소화하는데 특화되어 있다.

고용노동부의 산업안전보건법에 의한 공정안전보고서는, 원유 정제처리업 등 7개 업종 사업장과 PSM(Process Safety Management; 공정안전관리) 대상물질(51종)을 취급하는 사업장의 근로자 보호에 초점을 두고 공정위험성 평가, 안전작업허가, 변경요소 관리, 근로자 교육 등 사고 예방활동에 특화되어 있다.

구분	위해관리계획 제도	공정안전관리 제도	안전성향상계획 제도
관련법	화학물질관리법 제41조	산업안전보건법 제49조의2	고압가스안전관리법 제13조의2
목적	화학사고시 주민·환경피해를 최소화하기 위한 응급조치·주민소산 등 비상대응체계 구축·운영	중대 산업 사고시 근로자 피해를 최소화하기 위한 예방체계 구축·운영	고압가스로 인한 위해를 방지하고, 공공의 안전을 확보
적용 대상	사고대비물질(69종) 지정수량 이상 취급사업장	원유정제처리업 등 7개 업종 및 PSM대상 물질(51종) 규정량 이상 취급사업장	석유정제사업자 등의 고압가스 시설로서 일정수준의 저장 능력 및 처리능력 취급사업장
작성 내용	(사고예방분야) 취급시설·물질 정보, 공정도면, 공정위험성분석, 운전책임자 등 조직, 운전절차, 화학사고대비 교육·훈련계획 및 자체점검계획 (장외평가분야) 사고 시 유출·누출시나리오 및 주변영향평가, 응급조치계획 (비상대응분야) 방제시설·장비 보유현황, 비상대응체계 및 주민소산계획 등 (피해복구분야) 피해최소화·복구 등의 조치계획 등	(공정안전자료) 취급시설·물질 정보, 공정도면 등 (공정위험성평가) 잠재위험요인 및 피해최소화대책 (안전운전계획) 안전운전지침, 설비점검·검사 및 보수·유지지침, 안전작업허가, 도급업체 안전관리계획, 근로자 교육계획, 가동전 점검지침, 변경요소 관리계획, 자체감사, 사고조사계획 등 (비상조치계획) 장비·인력현황, 비상연락체계 등	(공정안전자료) 물질안전자료, 가스시설 및 그 관련설비의 목록 및 사양, 관련도면 등 (안전성평가서) 잠재위험종류 및 사고빈도최소화 및 사고 시의 피해최소화대책 (안전운전계획) 안전운전지침, 안전작업허가, 가동전 점검지침, 변경요소 관리계획 등 9개 항목 (비상조치계획) 장비·인력 보유현황, 비상연락체계, 교육계획 등 6개 항목

출처: 환경부, 고용노동부, 산업통상자원부 보도자료, 2017.1.24.

산업통상자원부의 고압가스안전관리법에 의한 안전성향상계획서는, 고압가스 저장·처리 시설을 대상으로 고압가스로 인한 위해를 방지하기 위해 해당 시설의 안전성을 확인하는데 특화되어 있다.

하지만 일반 플랜트 사업장은 저장탱크, 배관, 펌프 등 각종 설비와 제조소와 저장소 등 건축물이 어울려 함께 있는 경우가 흔하다, 특히, 도심지 내에 위치해 있는 플랜트 사업장에서 사고가 발생할 경우 1차적으로는 설비와 건축물에서 피해가 발생하고, 2차적으로 사고 현장 인근 건축물에까지 폭발 등으로 인해 건물의 진동, 유리창 파손, 건축물의 붕괴 등 연쇄적 피해로 이어지기 쉽다. 그런데 이러한 플랜트 주변 시설물들은 일반 건축물보다 화재·폭발에 기인하는 사고 피해위험이 높아 이를 고려한 안전설계가 필요함에도 불구하고, 현재 위험도 기반의 시설물 안전설계가 이뤄지지 않고 있는 실정이다.

특히 플랜트 안전을 위한 국내외 연구가 개별 플랜트 설비 단위의 안전설계·관리 중심으로 진행된 반면, 공간·구획 관점에서 사업장에서 다루고 있는 위험물질의 종류와 취급 용량, 사용 환경에 대한 화재·폭발 위험성을 반영한 사업장 내외 주변 시설물들에 대한 안전에 대한 연구개발은 미흡한 상황이다.

시설물 안전 관점의 플랜트 위험관리

국토부는 2018년 시작된 기획연구를 통해 도심지 내에 위치한 플랜트의 화재·폭발 등의 사고발생 위험성을

	화재/폭발	지진	
1. 기술 부문	① 플랜트 위험도 평가기술		설비 & 시설물(구획/공간) 대상 구분
	② 플랜트 설계/시공 안전기술		
	③ 플랜트 대응/유지관리 안전기술		
2. 시험/평가/인증 부문	④ 플랜트 안전성 시험/평가/인증 플랫폼		
3. 제도부문	⑤ 플랜트 안전 관련 제도 선진화		

출처: 플랜트의 안전 통합관리 패키기 구축사업 기획연구보고서, 2020

> 66
> 플랜트 해외 사업의 수주 등을 통해 중소기업 해외진출 기회 확대와 고용창출에도 기여할 수 있을 것이다
> 99

기반으로 사업장 내외 시설물의 통합안전관리 연구개발 사업을 준비하였고, 2021년부터 본격적으로 진행할 예정이다. 국토부는 본 연구개발 사업을 통해 플랜트의 사고발생의 위험을 적절히 통제해 나아가기 위한 플랜트의 설계-시공-운영·유지관리 단계별 맞춤형 기술 개발을 진행할 예정이며, 연구개발된 안전기술들에 대한 시험-평가-인증제도의 마련과 법령에 반영할 수 있는 기술기준(안)까지 준비하여 제안할 예정이다.

맺은 말

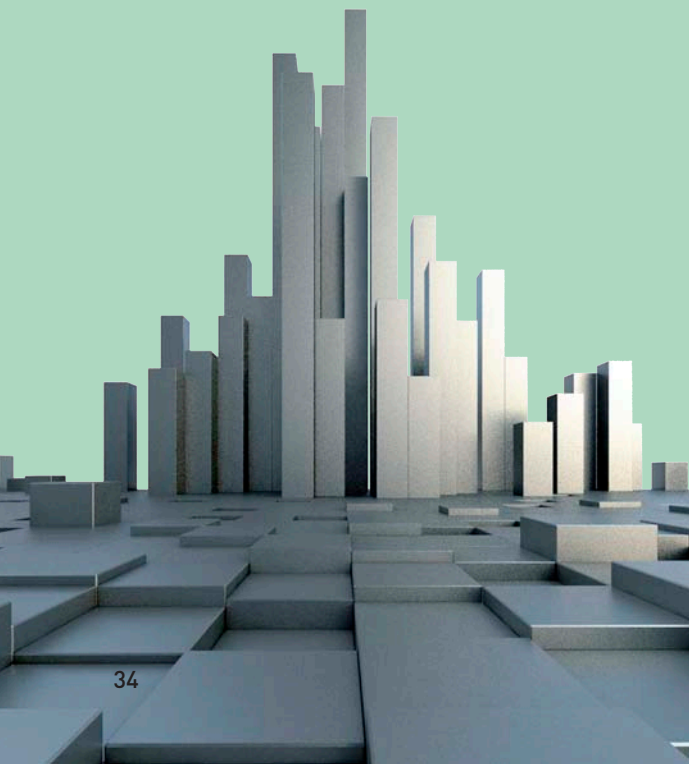
상기 연구개발사업이 성공적으로 수행된다면, 플랜트 안전관리기술 및 경험 부족으로 해외 기술의존도가 매우 높은 국내에서 기술 자립화는 물론 해외 기술수입 대체 효과로 이어져 국내 기업의 부담 경감에 기여할 수 있을 것이다. 또한 플랜트 안전관리기술은 해외사업 수주에까지 영향을 미치는 핵심기술로서 연구개발을 통해 기술이 확보된다면 플랜트 해외 사업의 수주 등을 통해 중소기업 해외진출 기회 확대와 고용창출에도 기여할 수 있을 것이다.

도심지 내 많은 산업시설물들이 일반 시민들의 생활주변에 함께 공존하고 있는 국내 현실에서 안심사회 구축과 통합적 재난관리 체계 구축을 위해서도 서울시와 서울기술연구원에서도 동 사업에 많은 관심을 가져주기를 희망한다.

3차원 가상도시 구현을 위한 시각화 플랫폼 기술동향

김태현 / 스마트도시연구실 선임연구위원

디지털 트윈은 현실세계의 기계나 장비, 사물 등을 컴퓨터 속 가상세계에 구현하는 것을 말한다. 특히 이러한 디지털 트윈을 구성하기 위해선 시각화할 수 있는 시각화 플랫폼이 필요하다. 이에 따라 유니티(Unity), 언리얼엔진(UnrealEngine) 등의 게임엔진으로 3차원 지리정보를 구현하는 사례가 늘고 있다.



최근 들어 디지털 트윈(Digital Twin)에 대한 관심이 높아지고 있다. 디지털 트윈이 구성되기 위해서는 실세계에 존재하는 객체들을 디지털화(Digitalizing)하여 3차원 객체로 구축하고, 이를 각종 출력 장치들에 시각화(Display)할 수 있는 시각화 플랫폼이 필요하다. 3차원 지리정보를 시각화하는 일반적인 방법은 에스리(ESRI)[1]사의 제품과 같은 상용 지리정보처리, 분석 프로그램을 사용하거나 오픈지엘(OpenGL)[2]을 활용하여 응용프로그램을 개발하는 것이다. 웹지엘(WebGL)[3]로 개발하는 경우는 별도의 프로그램 설치 없이 브라우저를 통해서 3차원 지리정보를 시각화 할 수 있다. 최근에는 유니티(Unity)[4], 언리얼엔진(UnrealEngine)[5] 등의 게임엔진으로 3차원 지리정보를 구현하는 사례들이 늘어나고 있다. 이 글에서는 기존 3차원 공간자료 시각화 플랫폼과 새롭게 등장하는 게임엔진을 활용한 3차원 공간정보의 시각화 동향을 소개하고자 한다.

1. 3차원 모델도시(3D Model City)와 시각화 플랫폼[6]

도시는 지리적인 공간이 차지하고 있는 자연환경과 인공환경으로 구분할 수 있으며 자연환경은 산, 하천, 수목, 암석, 토양 등으로 구성되고, 인공환경은 사람들이 거주, 일, 여가를 영위하기 위한 각종 건축물과 이들의 기능을 지원하는 도로, 상하수도, 전기 등 기반시설로 구성된다. 이러한 정보들은 2D, 3D 등의 공간정보로 표현되어 왔다. 공간자료의 구축, 관리, 표출은 소위 속성이라고 하는 정보와 연결되어 있기 때문에 단순한 그래픽과 구분된다. 3차원 도시 모델은 이러한 실세계의 객체들을 디지털 좌표계로 전환한 가상공간이다.

브라우저 기반 플랫폼(Browser-based Platforms)

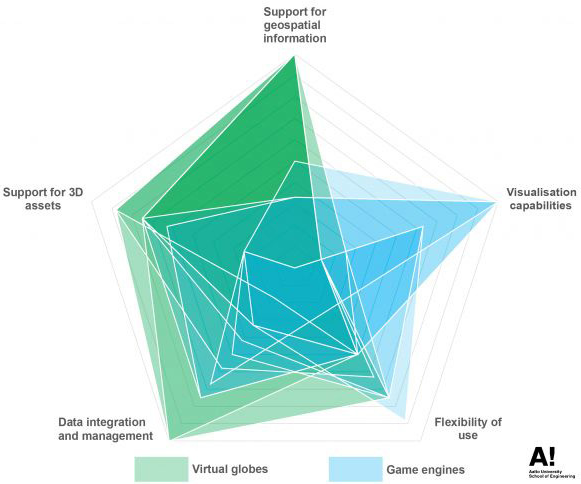
브라우저 기반 솔루션들은 웹지엘로 구현되는 경우가 많고, 웹브라우저, 인터넷, 클라이언트 장치의 성능에 제약을 받는다. 3D GIS와 가상지구(Virtual globes) 등의 브라우저 기반 시스템은 3D 타일과 같은 표준화된 데이터

형식을 포함하는 전체 소프트웨어 생태계로 발전하였다. 쎄슘제이에스(CesiumJS)[7], 지오서버(GeoServer)[8], 3차원도시데이터베이스(3DCityDB)[9] 등이 주축을 이룬다. 이들 솔루션들은 지리정보 표출에 유리하고, City Geography Markup Language(CityGML)[10]을 지원함으로서 다른 소프트웨어들과 데이터 호환이 가능하여 다양한 3차원 자산들을 확보할 수 있다. 게임엔진에 비해서 상대적으로 대용량 데이터베이스의 활용이 가능하고 다양한 공간정보의 통합, 시각정보들과 속성정보들의 통합에 유리하다. 브라우저 기반 플랫폼들은 쉽게 데이터 공유가 가능하기 때문에 사물인터넷과 같은 실시간 데이터 표출에 유리하다.

게임엔진 플랫폼(Game Engine Platforms)

게임엔진(Game Engine)은 실시간 그래픽을 표출하고, 사용자와 상호작용하는 게임(응용프로그램)을 구현하는 개발환경을 말한다. 게임엔진의 주요 기능은 2차원 그래픽이나 3차원 그래픽을 출력하기 위한 실시간 렌더링 엔진('렌더러'), 물리 엔진, 충돌 검출과 충돌 반응, 사운드 출력, 스크립트 작성, 애니메이션, 인공 지능, 네트워크, 스트리밍, 메모리 관리, 쓰레딩, Scene 그래프 등이 있다. 이러한 기반기술을 활용하여 개발 과정을 단축시키고 신뢰성 있는 응용프로그램을 만들 수 있다. 최근, 게임엔진 회사들은 자동차, Architecture, Engineering & Construction(AEC) 산업과 같은 게임 이외의 분야로 영역을 확장하고 있다. 게임엔진은 가상공간상의 상대좌표를 사용하므로 실제정보를 표현하기 위해서는 지리정보를 변환하는 별도의 과정이 필요하다. fbx, dxf 등 기존 소프트웨어의 포맷과 호환이 되므로 기존의 3차원 자산(Asset)들을 활용할 수 있다. 무엇보다 하나의 프로젝트를 개발하여 모바일기기를 포함한 VR, AR 기기 등 다양한 기기에서 실행이 가능하다. 반면에 속성정보와 연결하기 위해서는 별도의 인위적인 프로그래밍이 필요하여 정보시스템으로 개발하는 데 많은 비용이 소요된다.

그림 1. 가상지구 플랫폼과 게임엔진 플랫폼 비교



자료: www.gim-international.com

1) 지리정보시스템 소프트웨어를 제공하는 소프트웨어 개발사로서 본사는 미국 캘리포니아주, 레드랜드에 위치. [https://ko.wikipedia.org/wiki/ESRI]

2) 1992년 실리콘 그래픽스사에서 만든 2차원 및 3차원 그래픽스 표준 API 규격으로, 프로그래밍 언어 간 플랫폼 간의 교차 응용 프로그래밍을 지원 [https://ko.wikipedia.org/wiki/OpenGL]

3) 웹 기반의 그래픽 라이브러리이다. 플러그인의 사용 없이 3차원 컴퓨터 그래픽스 API를 제공하는 캔버스 HTML 요소의 일부분[https://ko.wikipedia.org/wiki/WebGL]

4) 유니티 테크놀로지스의 애니메이션과 건축 시각화, 가상현실(VR) 등 인터랙티브 콘텐츠 제작을 위한 통합 저작 도구

5) 미국 에픽게임스에서 개발한 전반적인 게임 개발 환경을 제공하는 통합형 게임엔진[https://ko.wikipedia.org/wiki/UnrealEngine]

6) Emerging Web and Game Engine Tech for 3D Cities - Considerations When Choosing Application Development Platforms이라는 제목의 2020년 20월 2일자 GIM INTERNATIONAL기사를 요약함.

7) 전 지구적인 3차원 가상지구를 표현하기 위한 오픈소스 자바스크립트 라이브러리(https://cesium.com/)

8) 지리공간정보의 공유를 이한 오픈소스 서버(http://geoserver.org/)

9) 가상 3차원 도시모델을 저장, 표현, 관리하기 위한 무료 데이터베이스. CityGML 등 공간적 관계에 관한 국제적 표준을 준수(https://www.3dcitydb.org/3dcitydb/)

10) 국제적 수준에서 채택된 3차원 도시와 경관 요소들을 모델링하고 교환하기 위한 개념모델(http://www.citygmlwiki.org/index.php?title=Citygml_Wiki)

2. 유니티(Unity) vs 언리얼 엔진(Unreal Engine)[11]

게임업계에서 유지니와 언리얼 엔진은 점유율과 활용성 측면에서 단연 압도적인 지위를 차지하고 있다. Unity는 애니메이션과 건축 시각화, 가상현실(VR) 등 인터랙티브 콘텐츠 제작을 위한 통합 저작 도구이다. 2016년 기준으로, 전 세계 게임엔진 시장의 45%를 차지하는 가장 인기 있는 게임엔진이며, 등록 개발자 수는 5백만 명이 넘는다. 엔진 자체에 라이트 매핑, 물리 엔진 등 미들웨어를 탑재했으며, 에디터에 내장된 애셋스토어를 통해 다양한 기능의 애셋을 다운로드하여 사용할 수 있다[위키백과]. 개발언어는 C#과 자바스크립트이다. Unreal Engine은 전반적인 게임 개발 환경을 제공하는 통합형 게임엔진이다. 뛰어난 기술과 지속적인 업데이트, 다양한 기술 지원, 언리얼 개발자 간의 네트워크 지원, 뛰어난 개발 도구들을 제공하는 것이 언리얼 엔진의 장점이다. 무엇보다도 엔진의 구성이 유연해서 여러 기술을 조합하고 확장하기 좋은 구조를 가지고 있다. 언리얼 스크립트를 사용하고, 엔진과 각종 도구들은 C++로 구현되었지만 C#으로 이식이 가능하다.[위키백과] 블루프린트라는 시각 스크립트를 사용한다. 개발자들도 게임을 개발하고자 하는 경우에 어떤 엔진을 사용할지에 대한 고민이 있어 두 엔진을 비교하는 글들이 인터넷에 다수 게시되어 있다.

가상공간 구축을 위한 시각 플랫폼으로서 활용성을 고려할 때 두 엔진 모두 게임엔진이 가지고 있는 시각적인 현실성, 유연한 활용 가능성이 높다. 무엇보다 기존 가상지구 플랫폼의 단순한 시각화를 넘어서 물리시뮬레이션 활용성이 뛰어나다.

Unity는 사용자 층이 두텁고, 활용할 수 있는 자산(Asset)이 풍부하다. 태양광 시뮬레이션, 위치기반 게임개발 사례들이 소개되어 있다. Open Street Map을 활용할 경우 3차원 도시를 빠르게 구현할 수 있다. 언리얼 엔진은 사용자층은 유니티에 비해서 적지만 시각적 품질이 탁월하다. 디지털 트윈 도시와 관련해서는 헬싱키, 상하이의 사례가 인상적이다.

11) unity.com과 unrealengine.com의 자료를 참고하여 작성

그림 2. 헬싱키 사례

자료: unrealengine.com

그림 3. 상하이 사례

자료: unrealengine.com

NEW TECHNOLOGY + 01

무인기를 이용한 산불 현장대응

우충식 / 국립산림과학원 산림방재연구과 연구사

무인기란 조종사가 비행체에 직접 탑승하지 않고 지상에서 원격조종하거나 사전 입력된 경로에 따라 자동으로 자율비행하여 임무를 수행하는 비행체를 말한다. 또 이러한 무인기는 크게 비행체, 탑재체, 지상장비로 구분된다. 그리고 임무형태, 비행고도, 크기 등 여러 가지 기준에 의해 분류되고 있지만 대표적으로는 비행체의 형태에 의해 구분할 수 있으며 크게 고정익형, 회전익형, 수직이착륙형 등으로 나뉜다.

1. 무인기(드론)의 정의 및 분류

1) 무인기란 ?

무인기(UAV: Unmanned Aerial Vehicle)란 조종사가 비행체에 직접 탑승하지 않고 지상에서 원격조종(RC: Remote Control) 하거나 사전 입력된 경로에 따라 자동으로 자율비행하여 임무를 수행하는 비행체를 말한다. 무인기는 사전 입력된 프로그램에 따라 자율비행하는 비행체로 자신의 위치, 속도, 자세를 측정하고 주어진 임무에 맞는 최적의 경로를 스스로 생성하여 비행한다. 또한 자체적으로 고장을 진단하고 응급상황에 대응이 가능하다.

항공안전법에서는 제2조, 동법 시행규칙 제13조 및 제14조에 따라 무게에 의해 항공기를 구분한다. 600kg을 초과하는 것을 경량항공기, 그 이하는 초경량비행장치로 구분한다. 무인항공기는 150kg을 초과하며, 무인비행장치는 150kg 이하인 초경량비행장치로 사람이 탑승하지 아니하고 원격·자동으로 비행할 수 있는 비행체로 정의한다. 군사용을 제외한 일반적인 민간용 무인기는 대부분 무인비행장치의 범주에 포함된다. 무인기는 UAV, 드론 외에도 UAS(Unmanned Aircraft System), RPV(Remotely Piloted Aircraft)라는 명칭으로도 표기한다. UAS는 비행체(플랫폼) 위주의 의미에서 운항에 필요한 시스템을 포함한 통합적 의미이며 RPV는 지상의 조종자가 원격조종을 통해 운항한다는 의미를 갖고 있다. 즉, UAS는 UAV를 포함하는 개념이나 RPV와 드론은 비행방식에 있어 차이점이 있다.

영국에서 최초의 왕복 재사용 무인훈련기(DH82 Queen Bee)를 개발한 것에 대응하기 위해 1939년 미국 해군에서 '드론'이라는 무인표적기를 개발하였다. 드론의 사전적 의미는 여왕벌에 대응하는 '수벌'과 '벌이 윙윙거리며 날 때 발생되는 소리'의 두 가지 뜻을 가지고 있다.

2) 무인기의 구성요소

무인기는 운영하는 목적에 따라 약간씩 다를 수 있으나 그림 1과 같이 공통적으로 크게 비행체, 탑재체, 지상장비로 구분된다. 비행체는 비행에 필요한 기체몸통과 추진계통, 자동비행 유도조종을 위한 항공전자장비 등으로 구성되며 기체몸통은 기본바디 외에도 날개(또는 암), 스킨, 랜딩기어 등으로 구성된다. 추진계통은 프로펠러 및 모터, 배터리(또는 엔진) 등으로, 항공전자장비는 비행제어보드, 각종 제어센서 등으로 구성된다. 탑재체는 활용목적에 따라 카메라, 마이크, 스피커 등 다양한 센서를 탑재할 수 있으며 물품수송과 같이 운반용을 활용할 경우 수송할 화물이 탑재체가 될 수 있다. 단, 각종 센서 및 화물 등 비행체의 떨림으로 인한 탑재체의 안정도를 높이고

그림 1. 무인기의 비행체 형태에 의한 분류

고정익형

회전익형(멀티콥터)

수직이착륙형(틸트로터)

원활한 제어를 위해 짐벌을 필수적으로 설치해야 한다. 지상장비는 임무계획 및 비행체 제어, 자료의 송수신 등을 위해 필요한 전자장비로 지상통제시스템(GCS: Ground Control System)이라고 한다. 일반적으로 조종에 필요한 각종 계기와 모니터, 조종장치, 통신장비, 컴퓨터 등으로 구성되며 관제소나 차량에 탑재하거나 소형의 경우 휴대용 무선원격조종기로 운용되기도 한다.

3) 무인기의 분류

무인기는 임무형태, 비행고도, 크기 등 여러 가지 기준에 의해 분류되고 있지만 대표적으로는 비행체의 형태에 의해 구분할 수 있으며 그림 2와 같이 크게 고정익형, 회전익형, 수직이착륙형 등으로 구분할 수 있다.

고정익형은 날개가 고정되어 있는 비행기 형태의 비행체로 고정된 날개의 양력을 이용하여 비행하는데, 주로 항공촬영이나 정찰, 목표물 추적 및 감시 등으로 활용되며 비행속도가 빠르고 높은 고도에서도 운용이 가능하기 때문에 군사용으로 많이 활용되는 형태이다. 민간에서는 주로 항공사진 촬영용으로 활용되어, 일정면적의 영상지도 제작에 매우 유용하나 비교적 이착륙이 어렵다는 단점을 가지고 있다. 비행체의 이륙은 별도의 발사대를 활용하거나 사람이 직접 날리는 방식이 있으며 착륙은 활주로에 미끄러지는 동체착륙과 그물망이나 낙하산 등을 이용하는 방식이 있다.

회전익형은 헬리콥터와 같이 프로펠러(로터)의 회전력을 통해 양력을 발생시켜 비행하는 비행체로 전통적인 헬리콥터 형태와 로터가 다수로 회전하는 멀티콥터(또는 멀티로터)형태로 구분된다. 멀티콥터는 프로펠러의 수에 따라 쿼드콥터, 헥사콥터, 옥토콥터 등으로 나눠지며 이 중 4개의 프로펠러가 탑재된 쿼드콥터가 가장 일반적이다. 최근 동축반전력을 활용하여 강한 바람이나 탑재력을 높인 트윈쿼드콥터 형태도 개발되고 있다. 회전익형 중 헬리콥터 형태는 민간에서 일찍이 상용화되어 농약살포용으로 많이 활용되고 있다. 멀티콥터 형태는 방송용 촬영 및 택배, 레저용 등 다양하게 활용되고 있으며 특히 이착륙이 용이해 개인 취미 및 완구용으로도 인기가 높아 드론이 멀티콥터라는 인식이 대중들로부터 강하게 남아 있다.

수직이착륙형은 고정익의 단점을 보완하기 위해 회전익의 장점인 이착륙 방식을 고정익에 융합한 비행체로 이착륙의 편의성을 높이기 위해 고정익 형태의 날개를 틸트하여 이착륙을 하는 틸트로터와 날개가 틸트하지 않고 별도의 프로펠러를 기체 상부에 부착하여 회전익 효과를 발생시키는 형태로 구분된다.

2. 산불 현장대응을 위한 무인기 활용기술

1) 임무유형별 운용요구도 조사

산림분야 활용방안 도출을 위해 자원조사 및 경영, 국유재산, 복지 등 산림관리와 산불, 산사태, 산림병해충 등

산림재해 분야의 무인기 활용 담당자 인터뷰를 실시하여 분야별 공통 사용가능한 비행체 플랫폼 및 임무장비를 식별하였다. 담당자 인터뷰를 통하여 기관별 임무내용을 종합하여 임무유형을 식별하고 운용고도, 거리, 시간대, 비행시간 등 임무유형에 따른 운용환경을 조사하였다. 또한 인터뷰를 통해 비행체에 탑재할 카메라, 적외선센서, 라이다센서 등 활용목적에 적합한 임무장비 요구도를 조사하였고 관제 및 통신, 특수임무 등도 조사하였다.

다음 표 1은 담당자 인터뷰를 통해 임무내용에 따른 임무유형을 식별한 것으로 산림재해 11개, 국유재산 2개, 경영 1개, 자원 1개, 복지(휴양) 1개의 총 16개 임무유형으로 구분되었다.

운용요구도는 조사된 결과를 종합하여 분야별 활용방안을 마련하고 무인기 운용을 위한 조직, 인력, 예산 등 정책전담부서와 운항·정비기술 및 생산자료 활용 등 운용체계 도출에 활용될 수 있다. 또한, 각 지방산림청 및 국립산림과학원, 산림항공본부 등 기관특성에 따라 운용요구도가 차별화될 수 있어 활용전략 수립의 기본 자료가 된다.

무인기 활용을 위해서는 각 임무유형별 활용전략을 수립하고 현장 실용화가 가능하도록 이에 따른 활용(요소) 기술 개발로 이어져야 한다. 봄철 야간산불 대응 및 산불피해지 탐지를 위해 그림 2와 같이 무인기 종류별 활용체계를 마련하였다. 주간에는 주로 산불진화헬기에 의해 산불 진화작업을 수행하지만 진화를 완료하지 못할 경우 야간까지 이어져 진화작업 중인 헬기를 철수해야 하는 상황이 발생한다. 따라서 취약한 야간시간대에 산불의 화선 및 잔불 정보를 탐색하여 야간 진화전략을 수립하고 대응하는데 무인기를 활용할 수 있다.

고정익을 통해 전체적인 산불의 화선 및 잔불 위치를 탐지하고 회전익을 통해 중요지점의 실시간 상황을 중앙산불방지대책본부(산림청)와 산불예측·분석센터(국립산림과학원), 산불현장통합지휘본부(시도)에 공유함으로써 산불진화전략을 수립하는 데 도움을 줄 수 있다. 또한 구호물품 수송이나 조난자 수색 등을 수행하여 무인기를 통한 산불현장지원체계를 마련할 수 있다. 주간 뒷불 재발화 감시를 위해 열적외선센서를 활용하여 잔불을 탐지할 수도 있다.

2) 산불 화선(火線) 및 잔불 매핑을 위한 항공측량

산불의 확산현황 및 진화상황을 분석하기 위해 열화상 카메라(열적외선 센서)를 무인기에 탑재하여 항공촬영을

표 1. 임무내용에 따른 임무유형 및 운용환경 식별

세부분야	임무유형	내 용
산림병해충	예찰	발생현황, 고사목 탐지
	방제	방제를 위한 약제살포
	방제사업 관리	방제결과 조사 및 사업검사
산불	상황감시	산불상황 실시간 모니터링
	야간 모니터링	야간산불 발생 시 잔불 및 잠복화선 탐색
	진화자원 관리	산불 진화대원 및 자원 위치 파악
	특수임무	소화탄 투하, 담수지 얼음폭파, 군사격장 맞불 등
	뒷불 감시	산불진화 후 뒷불감시를 위한 모니터링
산불·산사태	구호물품	비상약품, 식량 및 기타 물자 등 긴급 구호물품수송
	피해지 조사	피해지 면적, 위치 등 복구를 위한 현황조사
산사태	발생상황 감시	산사태 발생상황 실시간 감시
국유재산	대부 및 취득재산	대면적 사용허가 및 대부지 경계확인 등 현장조사
산지관리	산지전용	불법산지전용 및 토석채취 현장점검
산림경영	경영계획	산림조사 및 벌채지 현장점검 등 경영계획 수립지원
산림자원	자원조성 및 조사	조림사업, 숲가꾸기, 풀베기 등 현장점검
산림복지	휴양	등산로 조성 및 유지보수, 방문객 관리 등

임무유형	운용환경							
	운용 고도	운용 거리	운용 시간대	비행 시간	임무 위치	운용 온도	내풍성	강우
산림병해충 예찰	2000m	2km	주간	2시간	현장, 본부	사계절	5m/s	
산림병해충 방제	10m	2km	주간	6시간	현장	가을~봄	5m/s	
방제사업 관리	2000m	2km	주간	2시간	현장	가을~봄	5m/s	
산불 상황감시	2000m	5km	주간, 야간	2시간	현장, 본부	봄, 가을	15m/s	
야간산불 모니터링	2000m	5km	주간, 야간	2시간	현장, 본부	봄, 가을	15m/s	
진화자원 관리	2000m	5km	주간, 야간	2시간	현장	봄, 가을	15m/s	
산불 특수임무	150m	2km	주간, 야간	1시간	현장	봄, 가을	10-15m/s	
뒷불 감시	600m	5km	야간	2시간	현장, 본부	봄, 가을	10m/s	
구호물품 배송	1000m	5km	주간, 야간	1시간	현장	사계절	15m/s	O
재해 피해지 조사	2000m	10km	주간	2시간	현장, 본부	여름~가을	7~8m/s	O
산사태 상황감시	2000m	10km	주간	2시간	현장, 본부	여름~가을	7~8m/s	O
대부 및 취득재산	150m	5km	주간	1시간	현장	사계절	10m/s	
산지전용	1000m	2km	주간	2시간	현장	사계절	5m/s	
경영계획	150m	10km	주간	2시간	현장	사계절	10m/s	
자원조성 및 조사	150m	5km	주간	1시간	현장, 본부	사계절	10m/s	
휴양	150m	10km	주간	2시간	현장	사계절	10m/s	

그림 2. 야간산불 대응을 위한 무인기 종류별 활용체계

실시한다. 무인기용 열화상카메라 중 대표적인 것이 FLIR 社의 vue pro R이며 14bit의 온도값으로 단영상(낱장)을 획득 할 수 있어 정사모자이크 작업이 가능하다. 일반 사진측량방법과 유사하게 단영상의 횡중복, 종중복 비율을 고려하여 비행설계를 하고 촬영자료를 정합하여 정사모자이크 영상으로 획득할 수 있다. 정사모자이크 영상에서 일정 온도임계치를 주어 분석을 하게 되는데 일반적으로 100℃가 넘는 영역에서 산불의 화선 및 잔불을 추출할 수 있다. 이러한 방식을 일정시간 간격으로 촬영·분석하게 되면 시계열적으로 산불의 확산 및 진화 현황을 파악할 수 있고, 또한 산불상황도를 작성할 수 있어 과학적인 산불대응이 가능해진다.

3) 산불피해등급 구분을 위한 다중분광카메라 활용

산불 진화가 완료되면 피해물량 파악 및 복구계획 수립을 위해 산불피해등급도를 제작해야 한다. 산불피해등급은 보통 나무의 잎부분(수관)이 모두 타버린 수관화, 열에 의해 피해받는 나무가 고사되는 열해, 나무에 직접적으로 피해를 주지는 않지만 풀이나 토양에 산불에 타버린 지표화로 구분한다. 이것을 심, 중, 경 등급으로 등급을 나누어 산불피해등급도를 작성한다. 일반적으로 컬러영상을 통해 육안판독으로 수행하던 것을 대형산불의 경우 위성영상을 이용하여 자동화하기도 한다. 최근 기술의 발달로 센서의 크기가 소형화되어 무인기에 적합한 다중분광센서가 개발되었다. 대표적인 센서가 Micasense 社의 Redegde-M이 있으며, R, G, B, Red-edge, NIR 5밴드로 구성되어 위성영상의 다중분광영상과 유사한 영상을 획득할 수 있다.

무인기용 다중분광카메라는 위성영상보다 매우 고해상도로 영상을 촬영할 수 있고, 자동으로 반사율(Reflectance)로 처리할 수 있어 활용이 용이하다. 이러한 기술을 바탕으로 산불피해지역의 산불피해등급을 제작할 수 있다.

그림 3. 무인기를 활용한 야간산불 화선 및 잔불현황 분석결과(인천 강화)

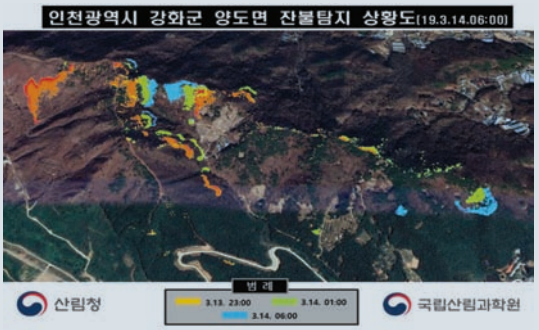
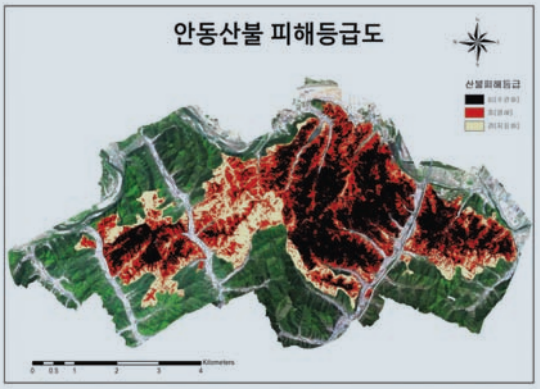


그림 4. 안동 대형산불피해지 산불 피해등급도



3. 결론 및 기대효과

산림재해 관리체계와의 유기적인 연동을 위하여 재난용 지능형 무인기를 융합·활용함으로써 산림재해의 감시 및 탐지, 대응능력이 향상될 것으로 기대한다. 유인감시 및 신고에 의존하는 대처방식에서 탈피하여 재해유형별 맞춤형 무인기 및 융합센서를 활용한 자동화를 실현할 수 있다. 또한 산지지형, 강우, 야간 등 인력에 의한 접근 및 탐지가 어려운 환경여건을 극복하여 현장정보 취득을 위한 다변화 환경이 마련될 것으로 기대한다. 특히, 산불의 경우 신속하고 정확한 현장정보 획득이 재난대응에 매우 중요하기 때문에 무인기의 활용성이 크게 증가하고 있다. 현장정보의 획득에서 산불의 진화까지 다양한 부분에서 그 역할이 증가하고 있으며, 산림청에서도 드론 산불감시단, 드론 산불진화대 등 전국적으로 조직을 확대하고 있다.

NEW TECHNOLOGY + 02

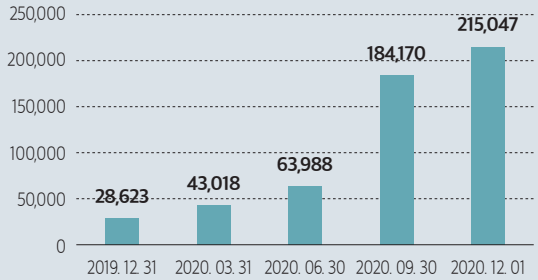
신기술시대 혁신을 이루는 신기술접수소

신인재 / 서울기술연구원 수석연구원

2020년 기술혁신센터에서는 「신기술접수소」 플랫폼을 통해 기술제안, 기술매칭, 기술공모 코로나19 대응 마스크 기술, 태양광 신기술 실증단지 등 다양한 사업을 운영하였다. 2021년에도 서울시정에 혁신기술 생태계를 활성화하여 서울시민의 삶의 질에 큰 보탬이 되길 기대한다.

기술혁신센터는 2019년 6월 신기술접수소를 개소한 이후로 서울시의 다양한 문제를 해결하고 시민의 안전을 도모하고자 상시 운영을 하고 있다. 신기술접수소는 2019년도 누적 방문자 28,623명에서 2020년도 누적 방문자 215,047명으로 9배 이상의 누적 방문자 수를 기록했다.

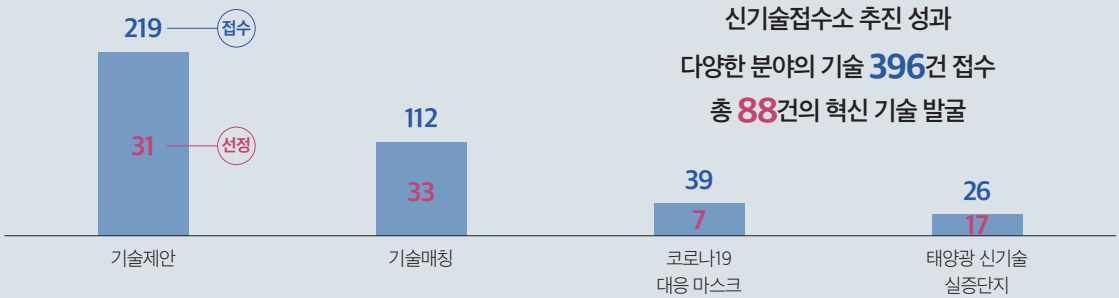
그림 1. 2020년도 신기술접수소 누적 접속자 현황



신기술접수소는 365일 24시간 접수 창구를 상시 운영하고 있으며, 2020년도 핵심사업 3개(기술제안, 기술매칭, 기술공모), 기획공모사업 2개(코로나19 대응 마스크, 태양광 신기술 실증단지)를 성공적으로 운영하고 있다. 현재 서울시 및 투출기관에서 개선 및 해결이 필요한 도시문제 해결을 위한 크라우드소싱 기술공모가 접수 중이다(접수기간: 2020. 11. 06. ~ 2021. 01. 18.).

크라우드소싱 기술공모	1) 수도계량기 동파방지 신기술 공모를 통한 성능검증 2) 상수도 모니터링용 멀티센서 기술 3) 제물포터널 통행료 미 청산 차량 요금징수 방법

2021년에도 신기술접수소는 서울시에 필요한 기술을 지속적으로 발굴해 나갈 것이며, 서울시정에 혁신기술 생태계를 활성화하기 위해 노력할 것이다.



NEW TECHNOLOGY + 03

디지털 트윈과 자연기반해법, 그리고 하천 식생관리 모니터링 기술

김수진 / 생활환경연구실 연구위원

디지털 트윈의 적용분야가 교통, 물류, 우주, 의료 등으로 점차 확대되어가고 있다. 더 나아가 최근에는 수자원 분야 기후변화 대응 방편으로 주목되는 자연기반해법 적용도 이목을 끌고 있다. 특히 자연기반해법을 통해 전반적인 시스템 회복력을 구축하기 위해서는 인프라 재원 활용과 의사결정을 위한 예측 프로세스 제공이 필수적인데, 디지털 트윈이 포괄하는 빅데이터와 모니터링 기술이 진보함에 따라 그 역량이 크게 향상되었다고 볼 수 있다.

디지털 트윈과 자연기반해법

디지털 트윈(Digital Twin)은 현실 사물의 컴퓨터 속 쌍둥이를 뜻하며, 현실의 사물에서 발생 가능한 상황을 미리 확인하고 이에 대응한 계획을 구상하는 데 활용 가능한 기술이다. 기존에는 사물의 간단한 움직임에 대한 컴퓨터 시뮬레이션으로 시작되었으나, 사물인터넷(IoT)을 활용한 센서, 인공위성을 통한 초정밀 공간 데이터, 빅데이터 기술 등의 등장과 함께 정보의 수집과 시각화가 고도화됨에 따라 무한한 잠재력을 갖는 기술로 진화하였다. 디지털 트윈의 적용분야가 교통, 물류, 우주, 의료 등으로 점차 확대되어가는 추세인 가운데, 최근 수자원 분야 기후변화 대응 방편으로 주목되는 자연기반해법(NBS, Nature-Based Solution)에의 적용은 주목할만하다.

세계자연보전연맹(IUCN)에 따르면 자연기반해법은 기후변화, 식량과 물 안보, 자연재해 등으로 인해 발생하는 사회적 문제에 대해 효과적이고 탄력적으로 대응하는 방법으로 지속 가능한 방식으로 자연을 복원하고 생태계를 유지·관리하는 것을 가리킨다. 수자원 분야의 자연기반해법은 주로 강수량, 물 저장, 침투 및 순환과 같은 물 관련 정보를 관리함으로써 수질, 수량 및 물 재해 위험을 동시에 해결할 방법으로 평가된다. 이행에 있어 규제 및 법적 환경, 분야 간 협력 개선이 중요한 요소로 꼽히지만, 자연기반해법을 통해 전반적인 시스템 회복력 구축에 기여하기 위해서는 인프라 재원 활용과 의사결정을 위한 예측 프로세스 제공이 필수적인데, 디지털 트윈이 포괄하는 빅데이터와 모니터링 기술이 진보함에 따라 그 역량이 크게 향상되었다고 해도 과언이 아니다.

하천 식생관리 모니터링 기술 등장배경

자연기반해법을 통한 생태계 친화적인 형태의 수자원 관리를 위한 노력과 디지털 트윈 기술이 기존의 시뮬레이션 기술의 한계를 극복할 수 있게 되면서, 수자원 분야 내에서도 이들을 활용한 다양한 문제의 해결방안 도출이 시도되고 있다. 본고에서는 그 대표적인 사례로 디지털 트윈 기술을 접목하여 시도되고 있는 하천 식생관리를 위한 모니터링 신기술을 소개하고자 한다. 그동안 '생태하천복원사업'에 익숙한 우리에게 자연상태 그대로 두면 그만일 '하천 식생의 관리'라는 것이 매우 생소하게 느껴질 법하다. 그러나 앞서 「기술풍향계」의 '기후위기 시대 자연기반해법의 하천관리를 위한 실규모 식생하도 실험'에서 상세하게 설명되었듯, 최근 기후변화로 인한 하천환경 변화는 하천 내 식생의 과증식 현상을 초래하였고, 돌발성 집중호우 발생에 따른 홍수위의 급격한 상승과 그 빈도 증가에 따라 생태적인 측면과 치수 안정적인 측면에서

하천 식생관리를 위한 다양한 기술개발의 필요성이 제기되었다.

수치해석 프로그램 디지털 트윈 구축을 통한 하천 식생 모니터링 기술

앞서 소개된 한국건설기술연구원에서 수행 중인 실규모 식생하도 실험과 국제공동연구의 최종 목표는 실규모 하천 실험 수행을 통해 다양한 형태의 하천 내 식생패치의 물리적 특성치를 고려한 흐름저항 계수 모델과 지표를 개발하여 실제 하천에서 발생하는 유량 조건에서의 식생 주변 흐름특성, 흐름저항, 유사이송, 하상변동 메커니즘을 규명하는 것이다. 연구의 지속성과 적용성을 위해 실험에서 산출한 실제 하천 및 식생의 물리적 특성을 그대로 재현할 수 있도록 수치해석 프로그램 내 디지털 트윈을 구축하고 이를 활용한 통한 모니터링 기술 개발을 정량적 목표로 하고 있다. 방대한 실험 계측 데이터의 후처리를 위한 소프트웨어 및 수치해석에 사용되는 입력자료와 모델의 일관성 확보를 위해 River Lab 포탈과 Delft3D 모델을 활용한 디지털 트윈 모델을 구축 중이며, 압력식 수위계 정확도의 경우 특화된 알고리즘 개발하는 동시에 수위 측정 방법을 개선하여 ±2mm 오차 범위 내에서 수위 및 수면경사 데이터를 획득하여 모니터링 정확도 및 신뢰성을 확보할 수 있도록 연구에 박차를 가하고 있다. 개발된 디지털 트윈 모델은 식생패치가 조성된 세계의 하천에 적용하여 기후변화에 따른 홍수위험도와 하천 건강성을 평가할 수 있는 기술로 발전시킬 계획이다. 현재 개발 중인 모델은 [https://oss.deltares.nl/web/riverlab-models]을 통해 공개되고 있으며, 연구팀은 모델 타당성을 검증하고 적용확대를 위해 세계 주요도시의 하천기술개발기관과의 협약 및 실증사업을 추진 중이다.

그림 1. 실규모 실험 데이터 기반 모델 Delft3D와 River Lab 포털

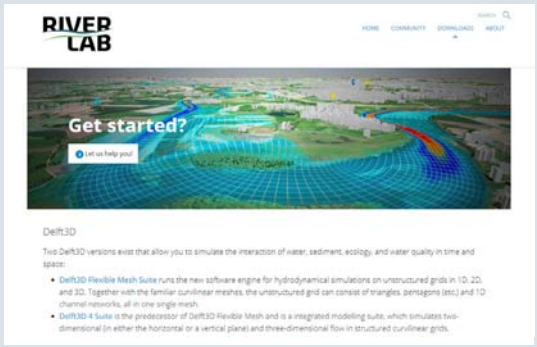
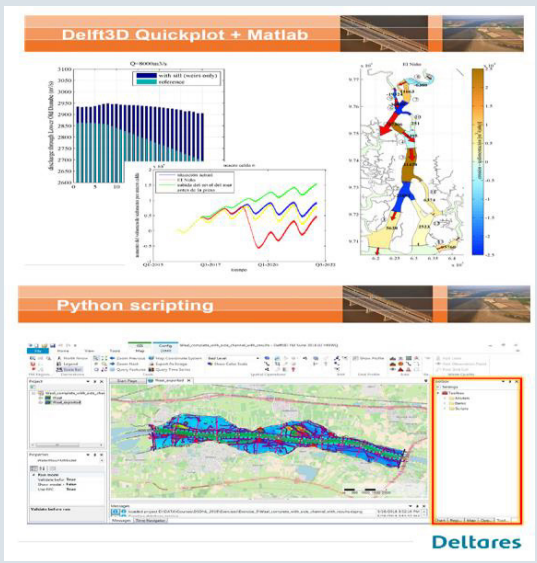


그림 2. 단일하도 및 복단면 홍수터의 식생패치 조성에 따른 수리변화 해석기술



자료: 한국건설기술연구원 국제매칭공동연구 연구책임자 지운 연구위원 제공

참고문헌

Berends, K. D., Ji, U., Penning, W. E., Warmink, J. J., Kang, J., and Hulscher, S. J. (2020). Stream-scale flow experiment reveals large influence of understory growth on vegetation roughness. Advances in Water Resources, 143, 103675.

NEW TECHNOLOGY + 04

광촉매의 오염물질 분해를 위한 활성영향 인자 분석

송민영 / 서울기술연구원 수석연구원

광촉매란 광(光)을 흡수하여 강력한 산화력을 가진 슈퍼옥사이드 음이온(O_2^-)과 하이드록시라디칼(OH^-)을 생성함으로써 오염물질을 산화 분해하는 촉매를 말한다. 특히 하이드록시라디칼은 다른 산화제보다 높은 산화력을 가지고 있으며, 광촉매에서 생성된 음이온, 라디칼 등은 대기오염물질인 휘발성 유기화합물(VOCs), 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx) 등과 반응하여 오염물질을 분해한다.

광촉매는 광원의 종류 및 세기, 상대습도, 반응온도, 유속, 오염물질 초기농도 등 다양한 인자에 따라 오염물질을 분해할 수 있는 능력이 달라진다. 영향인자에 대한 평가는 주로 실험실 규모에서 평가되는데, 가스농도, 유속, 온도, 습도 등의 변수를 조절하고 이를 확인할 수 있는 센서가 연결되어 있어 오염물질 농도를 실시간 측정한다.

1. 초기농도(Initial Concentration)

광촉매 반응에서 오염물질의 초기농도는 중요한 변수이며, 초기농도에 따라 오염물질의 전환율은 달라진다. 기존 연구결과에 따르면,[1][2] 초기농도가 증가할수록 오염물질

1) Cement and Concrete Composites, 83 (2017) 279-289
2) Building and Environment, 44 (2009) 2463-2474

그림 1. 광촉매의 오염물질 분해 원리

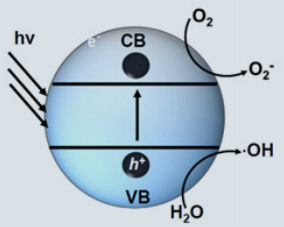


표 1. 산화제 종류별 산화력 비교

산화제	산화력(eV)
OH radical	2.80
O_3	2.07
H_2O_2	1.77
Cl_2	1.39

그림 2. 광촉매 활성 영향인자

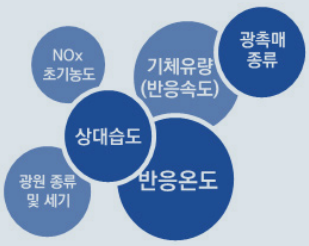
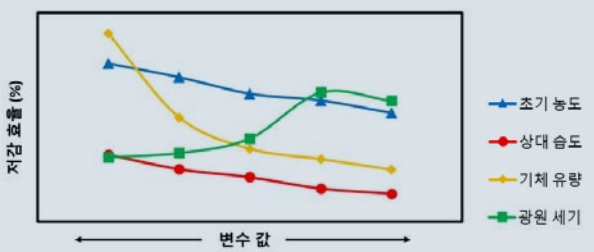


그림 3. 영향인자에 따른 오염물질 저감 효율



전환율이 감소하게 되는데, 이는 오염물질 농도가 증가하여도 광촉매가 반응하는 양이 동일하여 높은 농도의 오염물질이 광촉매 흡착점을 포화시켜 제거효율이 감소하게 되는 것이다. 일부 연구에서는 초기농도가 증가함에 따라 오염물질의 전환율도 증가하는 결과도 있다.[3][4]

광촉매는 오염물질 분해과정에서 오염물질과 함께 H_2O, O_2와도 반응하게 되는데, 오염물질 농도가 높을수록 오염물질 분자가 활성 부위와 상호작용될 가능성이 높아져 전활율을 증가시킨다. 하지만 너무 높은 농도에서는 분해과정 중 반응생성물, 즉 2차 부산물이 생성될 수 있으며, 부산물은 광촉매 표면의 활성점을 막아 오염물질의 전환율을 감소시킨다.

2. 상대습도(Relative Humidity)

상대습도는 오염물질 분해를 위해 중요한 영향인자이며, 긍정적인 영향과 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 물은 OH^- 라디칼과 같은 산화제 형성에 기여하기 때문에 광산화 공정에서 중요한 역할을 한다. 적절한 수분 공급으로 오염물질 분해 효율에 긍정적인 영향을 줄 수 있지만, 오히려 너무 높은 습도에서는 광촉매 표면에 물분자가 흡착되어 오염물질의 흡착력을 억제시키고, 이온성 부산물을 제거할 수 없는 단점도 있다. 즉 오염물질의 분해효율을 높이기 위해 적절한 상대습도의 최적점이 존재한다는 것이다.[5]

> 66
> 활성에 영향을 주는 인자들에 대한 고려를 통해 광촉매의 효과가 평가되어야 한다
> 99

최적점 이하에서는 상대습도가 높아지면 OH^- 라디칼 생성이 활발하지만, 그 이상 수분이 공급되면 광촉매 활성점을 지배하여 오염물질과의 반응을 방해해 효율이 감소하게 된다. 일부 연구에 따르면, OH^- 라디칼 생성에 필요한 양은 소량으로도 충분하다.

3. 기체 유량 (Flow Rate)

반응에서 물질 전달(Mass Transfer)이 조절되는 경우, 접촉시간이 감소함에 따라 반응물의 분해속도가 증가한다. 오염된 공기가 광촉매 표면을 빠른 속도로 통과할 때 더 낮은 분해율을 나타내는 것이다. 연구결과에 따르면,[6] 가스 유량이 증가함에 따라 NO 제거 효율은 감소한다고 발표하면서 이는 접촉시간이 감소하여 광촉매 물질에 오염물질이 흡착될 수 있는 시간이 부족하기 때문이라고 설명하였다. 즉, 광촉매 반응에 있어서 광촉매 물질과 제거 대상 오염물질과의 접촉시간은 광촉매의 오염물질 제거 성능에 주요한 영향인자이다.

4. 광원 종류(Radiation Source)

대부분의 연구에서는 광촉매의 오염물질 분해를 위해 UV lamp를 사용한다. UV lamp 이외에도 UV-A, LED lamp, Solar light, Visible light 등 다양한 광원의 종류가 있다. LED lamp, Visible light에서도 광촉매 활성은 있지만, 광촉매 반응에 있어서는 UV-A 조사하에 가장 높은 제거효율을 나타낸다. 따라서 광촉매 기술의 적용 장소에 따라 광원의 종류를 선택하여 광촉매의 성능평가가 이루어져야 한다.

5. 광원 세기(Light intensity)

광원 세기는 광촉매를 이용한 오염물질 분해 반응에 중요한 인자 중 하나이다. 여러 연구 결과에 따르면, 광세기를 증가시키면 오염물질 전환율이 점차 증가하는 것을 확인할 수 있다. 광원 세기는 광원 강도가 광범위한 광촉매 활성에서 긍정적인 역할을 한다. 하지만 광촉매 표면의 오염물질 흡착이 광분해 반응 속도를 제한하기

때문에 광원의 강도를 높이는 것이 항상 오염물질 전환율을 증가시키는 것은 아니다. 일부 연구에 따르면,[7][8] 특정 광원 세기 이상의 경우 오염물질의 전환율이 다소 감소한 결과도 있다.

6. 그 외 인자

광촉매 활성에는 초기농도, 상대습도, 기체 유량 등의 변수가 중요하지만, 변수를 조절할 수 없는 특정한 환경에서는 환경적(초기농도, 습도, 기체유량, 광원세기 등) 요인에 의해 변수의 값이 고정되기 때문에 효율을 조절할 수 있는 가장 기본적인 변수는 광촉매 자체의 특성이다. 그러므로 광촉매의 효율을 높이기 위해 광촉매의 종류, 형태, 상(Phase), 함량(Content), 양(Amount) 등에 따른 연구가 활발히 진행 중이다.

또 광촉매 활성이 온도에 의해 달라진다는 것은 여러 연구 결과에 의해 이미 확인되었다. 온도가 일정 이상 증가하면 전하 운반체(Charge Carriers)의 재조합 및 흡착된 반응물의 탈착 과정을 향상시켜 광촉매 활성을 감소시킨다. 하지만 일반적으로 광촉매는 상온(25℃)에서 오염물질을 분해하는 것이 목적이므로 다른 변수들에 비해 많은 연구가 고려되지는 않았다. 하지만 우리나라의 경우 여름과 겨울의 일교차가 크기 때문에 광촉매 기술 적용 대상 장소에 따라 고려돼야 하므로 중요한 변수로 작용한다.

이처럼 광촉매의 활성은 시험조건에 따라 오염물질 저감 효율이 다양하게 바뀔 수 있기 때문에 활성에 영향을 주는 인자들에 대한 고려를 통해 광촉매의 효과가 평가되어야 한다.

3) Korean Journal of Chemical Engineering 35 (2018) 994-999
4) Progress in Natural Science: Materials International 28 (2018) 689-695
5) Cement and Concrete Composites, 83 (2017) 279-289
6) Jounal of the Transportation Research Board, 2164 (2010) 46-51
7) Progress in Natural Science: Materials International, 28 (2018) 689-695
8) Cement and Concrete Composites, 83 (2017) 279-289

NEW TECHNOLOGY + 05

비탈면 재해저감 스마트 기술의 도심지 적용

김성태 / ㈜대흥미래기술 대표

토사유출에서 비롯된 하천오염의 환경문제, 도로 통제에 따른 피해가 커지고 있다. 물론 비탈면보강 대책으로 숏크리트 공법이 일반적으로 적용되고 있지만, 콘크리트를 뿜어 붙일 때 발생되는 반발재로 인해 오염이 발생하고, 도심지에서 장비 진입이 어려워 개선이 필요한 상황이다. 최근에는 이러한 단점을 모두 보완할 수 있는 스마트 기술인 프리폼크리트(Free-Form-Crete)공법과 조립식 토석차단책이 각광을 받고 있다.

1. 서론

최근 기후변화의 영향으로 매년 기상재해로 인한 비탈면 붕괴 및 산사태의 발생이 늘어나는 추세에 있다. 특히 비탈면 붕괴는 토사유출로 인한 하천오염의 환경문제, 도로 통제에 따른 2차 피해가 발생하고 있어 이에 따른 대책이 필요한 실정이며, 비탈면보강 대책으로 숏크리트 공법을 일반적으로 적용하고 있다. 하지만 급결제 사용으로 인한 장기강도 및 내구성 저하가 많이 발생하고 있으며, 특히 콘크리트를 뿜어 붙일 때 발생되는 반발재로 인한 오염 및 폐기물 발생 등의 환경 문제가 인근 주거지까지 피해를 끼칠 수 있어 개선이 필요한 상황이다. 또 도심지의 경우 장비 진입이 어려운 현장이 많아 숏크리트와 같은 비탈면보호공 시공이 불가능할 수도 있다. 따라서 도심지에서 발생하는 비탈면 붕괴 등의 피해를 저감하기 위해 인력시공이 가능하며, 시공기간을 단축할 수 있는 스마트 기술인 프리폼크리트(Free-Form-Crete)공법과 조립식 토석차단책을 소개하고자 한다.

2. 프리폼크리트

프리폼크리트는 바닥층인 부직포 위에 특수 배합된 콘크리트 믹스가 투입되고 그 위로 부직포를 니들펀칭하여 혼합물과 고정되는 방식이며, 특수 배합된 콘크리트는

그림 1. 프리폼크리트 형태

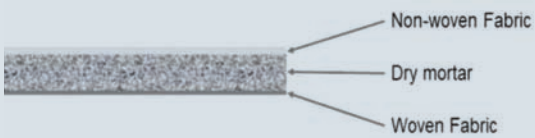


그림 2. 프리폼크리트 비탈면 적용사례

그림 3. 프리폼크리트 수로 적용사례

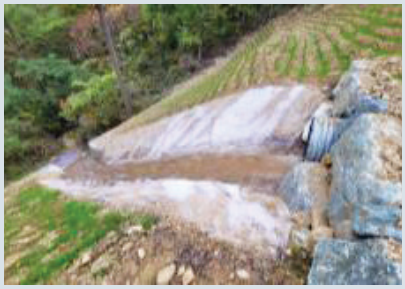


그림 4. 조립식 토석차단책 적용사례

초속경 시멘트, 광물질 섬유, 규사의 적절한 비율로 구성된다. 초속경 시멘트로 인해 수분과 접촉 시 급속도로 경화되므로 현장 배치 후 물을 분사하여 수 시간 내에 콘크리트 층을 형성할 수 있다. 기본 형태는 부직포와 같은 매트형상이며 생산 시 Roll형식으로 제작하고 공기 중 수분에 의해 경화되지 않도록 비닐필름으로 포장하여 보관하고 있다.

프리폼크리트의 시공순서는 설치하고 자 하는 지반의 평탄화, 시점부 고정, 프리폼크리트 배치, 연결부 고정, 종점부 마감, 물 분사로 진행된다. 배치한 프리폼크리트의 연결은 매트리스를 겹쳐 연결핀을 사용하여 고정시킨다.

3. 기대효과

프리폼크리트는 초속경 재질로써, 콘크리트의 초기강도 발현이 가능하며, 탁월한 유연성을 확보로 기상재해에 따른 피해 예방 및 신속 대응 복구 지역에 활용 가능하다. 또한 프리폼크리트는 도심지의 비탈면과 같이 중장비 진입이 어려운 위치에 보강이 가능하며 추가로 계곡부 및 수로에도 적용이 가능하다. 계곡부 침식에 의해 토석류가 발생할 우려가 있을 경우 프리폼크리트를 활용하여 추가적인 침식진행을 방지할 수 있으며, 조립식 토석차단책을 추가로 시공하여 유하하는 토석류를 사전에 차단할 수 있다. 조립식 토석차단책은 콘크리트를 사용하지 않고 강재로 구성되어 인력운반 및 시공이 가능하므로 장비 진입이 어려운 도심지에 적합한 스마트 기술로 평가받고 있다. 비탈면 피해저감을 위한 스마트 기술인 프리폼크리트와 조립식 토석차단책을 적극적으로 활용한다면 도심지에서의 비탈면 재해를 예방할 수 있을 것으로 예상된다.

NEW TECHNOLOGY + 06

스마트시티와 빅데이터의 기반 : 왜 IT 대기업들은 지도를 만드는가?

윤성범 / 스마트도시연구실 전임연구원

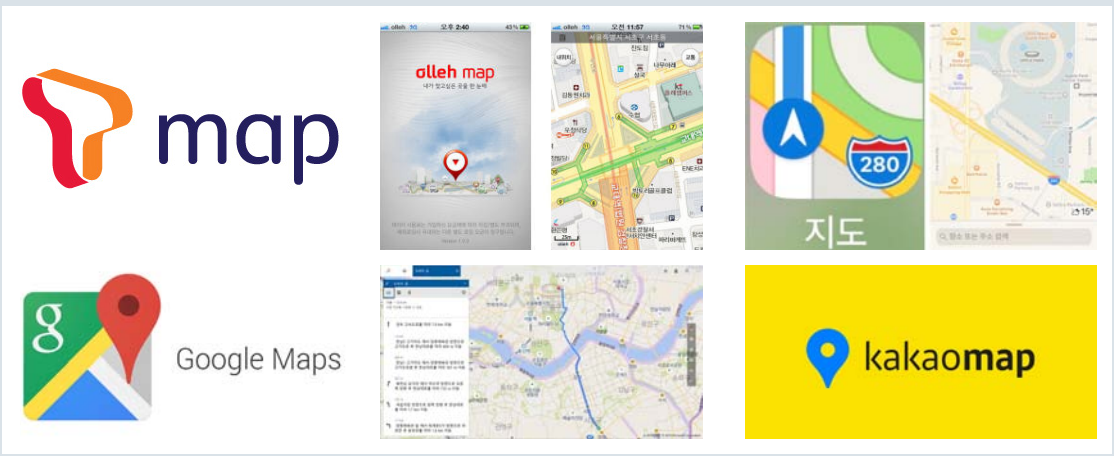
많은 유명 IT 대기업들은 자체적으로 지도플랫폼을 구축하고자 한다. 외국의 Microsoft, Apple, Google, 국내의 SKT, KT, KaKao 역시 자체적으로 국가 지도를 구축하고, 이를 대중에게 서비스하고 있다. 더 나아가 사기업뿐만이 아니라 서울시도 Vworld를 통해 3D 지도를 구축하고자 하였으며, 향후 스마트시티 구축을 위해 'Virtual Seoul' 사업을 지속적으로 진행해 나가기 위해 노력하고 있다.

1. 개요[1)]

4차 산업혁명의 시대를 이끌어가는 IT 대기업들에는 다양한 공통점이 존재한다. Microsoft, Apple, Google은 각자 개발한 OS(Operating System)이 존재하며, 이를 통해 각자만의 스마트폰을 제작하고자 시도하고, 마지막으로 각자만의 지도 플랫폼을 구축하고자 시도하였다. 이는 비단 해외기업에서만 존재하는 현상은 아니다. 국내 대형 웹 포털 기업인 네이버, 카카오(Daum), 대형 통신사인 SKT, KT 또한 자체적으로 국가 지도를 구축하고, 이를 대중에게 서비스하고 있다.

향후 서술될 대한민국의 특수적인 상황에 따라, 해외기업에서 생산되는 지도는 국내서비스가 어려운 상황이며, 국내기업들은 직접 지도와 공간정보를 제작하고, 이를 각 기업의 App 또는 플랫폼을 통하여 대중에게 제공하고 있다. 사기업뿐만이 아닌 서울시 또한 Vworld를 통해 3D 지도를 구축하고자 하였으며, 향후 스마트시티 구축을 위해 'Virtual Seoul' 사업을 지속적으로 진행하여 시민과 다양한 기관들에게 3차원 지도를 제공하고자 노력하고

그림 1. 업체별 지도 서비스



있다. 대중의 입장에서 지도란 목적지를 찾아가는 데에 있어 가이드 역할을 해주며, 다양한 형태의 지도는 각자 개별화된 특·장점을 통해 시민들로 하여금 본사의 지도를 활용하도록 제안한다.

2. 지도가 기업과 사회에 주는 의미[2]

대기업에서 제작하고 서비스되는 지도는 대중들에게 사실상 무료로 제공되고 있다. 대중 개개인은 해당 서비스를 무료로 활용하며, 자연스럽게 개인의 이동 및 활동 정보를 서비스 기업에게 제공하게 되고, 더 나아가 개인의 편의를 위해 본인의 거주지, 직장 위치, 자주 방문하는 장소 등, 개인만의 POI(Place of Interest)를 자발적으로 대기업에게 제공하게 된다.[3] 이러한 지도 서비스를 제공하는 기업은 지도를 통해 대중의 이동 및 활동 데이터를 손쉽게 취득할 수 있으며, 기업은 이를 활용, '개개인 위치 기반 서비스'라는 명목하에 다양한 맞춤형 광고, 개인별 활동 제안, 상권 분석 등의 서비스를 제공하고 이윤을 취할 수 있는 기반을 마련하게 된다.

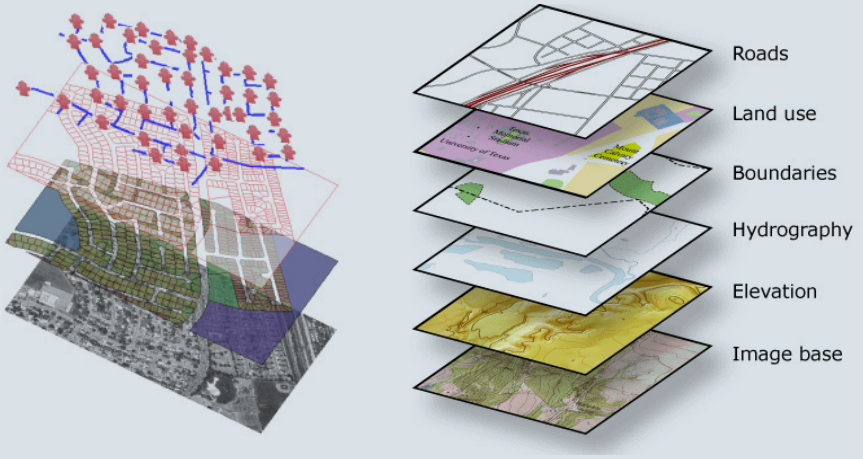
이러한 방식의 데이터 제공 현상은 비록 기업의 이윤만을 위해 활용되는 것처럼 보일 수 있으나, 축적된 데이터를 활용하여 현시점에서 부각되고 있는 코로나 바이러스에 대한 위치기반 대응을 진행하거나[4], 대시민 사회기반시설 접근성 분석[5]에 사용되는 등 사회적 발전을 위해서 다양한 방면으로 활용되고 있다.

3. 지도가 빅데이터에 주는 의미

빅데이터를 활용하는 기술이 발전되고, 빅데이터의 중요성이 강조되고 있는 현재로서, 다양한 방법으로 빅데이터를 분석하고, 이를 사회적 발전으로 기여하는 데에 많은 방안이 활용되고 있다. 이러한 빅데이터 분석이란, 단순히 데이터의 사이즈와 양이 많은 것을 의미하는 것으로 보일 수 있지만, 이와 함께 '다양한 종류'의 데이터를 함께 활용한다는 의미를 지니고 있다. 공공과 민간 그리고 도시에서 발생하는 데이터는 각자의 활용에 맞게 제작되고 있으며, 활용성을 극대화하기 위해 각자 다른 형태를 지니고 있다. 이에 대한 예로, 서울시의 도로포장상태는 각

1) 그림 출처: 각 기업(SK, KT, Kakao, Naver, Google, Apple) 별 홈페이지
2) 내용 및 그림 출처: 국토공간정보포털(http://www.nsdi.go.kr/)
3) 구글 타임라인(https://www.google.com/maps/timeline)
4) 이재길. "모빌리티 AI 기술 동향." 정보과학회지 38.8 (2020): 42-48.
5) Yun, Sung Bum, et al. "Analysis of accessibility to emergency rooms by dynamic population from mobile phone data: Geography of social inequity in South Korea." Plos one 15.4 (2020): e0231079.

그림 2. 데이터 통합 플랫폼으로서 지도의 역할[7]



66 기존 국내의 IT 인프라 기술과 함께 대한민국은
진정한 빅데이터 강국으로 거듭날 수 있을 것이다 99

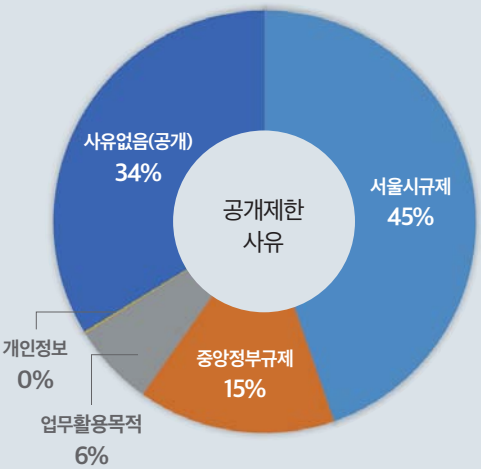
도로의 도로명, 포장상태, 향후 포장계획 등에 대한 정보를 지니고 있으며[6], 이와 반대로 택시 이동경로 데이터의 경우, 시간대별 택시 위치정보, 택시 승객여부 등에 대한 데이터를 보유하고 있다. 단순히 보자면, 두 데이터는 하나로 융합하여 활용할 수 있는 '공통 정보 (Primary Key)'를 보유하고 있지 않으며, 이러한 두 데이터를 융합하기 위해선, 도로포장상태 데이터에 존재하는 도로명 데이터를 위치정보로 변환하거나, 택시 위치정보를 해당 위치에 존재하는 도로명으로 변환하는 추가적인 작업을 요구한다.

이러한 데이터의 변환작업을 최소화 하고, 효율적인 데이터 분석의 기반을 마련할 수 있는 '데이터 플랫폼'으로서, 지도는 활용될 수 있다. 현실에 존재하는 모든 사물은 공간적인 위치를 보유하고 있으며, 이는 데이터의 차원에서 '위치정보'로 표현될 수 있다. 다양한 종류의 데이터를 생성하는 과정에서 단순히 위치정보를 기재하는 것만으로도, 기존에는 융합되기 어려웠던 정보들이 지도상에서 한 개의 '위치'로 표현될 수 있으며, 이는 나아가 전혀 다른 두 데이터를 함께 활용할 수 있는 '빅데이터 분석'의 기반으로 활용될 수 있다. 즉 지도는 그림 2와 같이 다양한 정보를 한 개의 분석 플랫폼 위에 올려 융합적인 분석을 가능하게 하는 기반으로 활용 될 수 있다는 것을 의미한다.

4. 한국 지도의 현실[8]

서술된 바와 같이 지도를 통한 '공간적 데이터 융합'은 빅데이터 연구 및 활용에 큰 기여를 할 수 있지만, 현재 국내에서는 이러한 공간적 정보를 통한 융합이 사실적으로 어렵다. 다양한 공공과 민간에서 생산되는 공간정보는 비공개 처리되어 개방되고 있지 않으며, 이에 따라 공간을 통한 데이터 융합에 제한을 부여하게 된다. 현재 공간정보데이터 개방은 국방, 개인정보보호 등 소위 말하는 '개망신법(개인정보보호법, 정보통신망법, 신용정보법)' 에 저촉된다는 문제점을 가지고 있다. 이러한 법의 개정안이 지속적으로 제안되고 있다. 나아가 향후 국내 빅데이터 산업의 발전을 위해 공간데이터의 개방 및 융합을 위한 다양한 노력이 절실하게 요구되며, 이를 통해 다양한 방식의 데이터 융합이 가능하게 될 시, 기존 국내의 IT 인프라 기술과 함께 대한민국은 진정한 빅데이터 강국으로 거듭날 수 있을 것이다.

그림 3. 초연결 지능형 도시인프라 전체 구성도[9]



6) 서울 열린데이터 광장 : https://data.seoul.go.kr/
7) ESRI(https://www.esri.com/ko-kr/home)
8) 내용 출처 : 환경부 공고 제2019-105호
9) 그림 출처 : 서울시 통계 데이터 활용 제작(https://data.seoul.go.kr/)

저자: 정동훈
출판사: 넥서스BIZ
출판일: 2019.08.30

4차 산업혁명은 정보통신기술(ICT)의 융합으로 이뤄지는 차세대 산업혁명을 뜻하며, '초연결', '초지능', '초융합'으로 대표된다. 오늘날 우리가 익히 들어 알고 있는 로봇기술, 드론, 자율주행차도 4차 산업혁명을 대표하는 기술이라고 볼 수 있다. 실제로 2016년 이후부터 지금까지 우리는 4차 산업혁명에 대해서 수많은 이야기를 들어왔고, 많은 전문가들이 대대적인 변화를 예고해 왔다. 그렇다면 4차 산업혁명은 어떤 의미를 갖고 있으며, 향후 2025년 우리 앞에 펼쳐질 가장 현실적인 미래는 어떠한 모습일까?

<스마트시티 유토피아의 시작: '유튜브로 미리 보는 2025 라이프 스토리'> 정동훈 저자는 4차 산업혁명과 함께 주목된 빅데이터, 인공지능, 5G가 우리의 삶에 어떠한 방식으로 여향을 끼칠지 설명하고 있다. 구체적으로는 파트 1에서는 스마트홈과 스마트시티 그리고 자율주행 공유자동차, 파트 2는 친환경·자율주행·공유의 삼각편대와 전기자동차 그리고 신인류 로봇의 등장, 파트 3은 기술 혁신으로 인한 콘텐츠와 미디어의 변화 및 VR 테마파크, 파트 4는 5G에 관한 정보와 웨어러블 기기 등에 대해 설명한다.

아울러 이 책은 복잡하고 어려운 4차 산업혁명에 대해 보다 쉽게 설명하기 위해 유튜브 영상으로 연결되는 QR코드를 넣어 독자들의 이목을 집중시켰다. 앞서 정동훈 저자는 강의를 진행하면서 많은 사람들이 다가오는 미래가 어떻게 변할지 궁금해하면서도 여전히 어려워한다는 것을 느꼈는데, 발표를 할 때 유튜브 동영상을 틀어놓고 이야기를 하면 청중들이 이러한 방식에 재미를 느끼며 내용을 보다 쉽게 이해한다고 전했다.

끝으로 저자는 책을 통해 스마트시티의 미래상을 강조하면서, 공상과학소설에서나 볼법한 내용이 점차 우리의 현실로 다가오고 있음을 설명했다. 하지만 보이지 않는 이러한 기술이 인간의 역할을 대신하면서 우리에게 진정한 행복을 줄 수 있을지에 대해선 충분히 생각해봐야 할 주제라고 시사했다. 기술의 명과 암, 그리고 앞으로 우리가 살아갈 스마트 시대에 대해 깊이 있게 알고 고민해 보고 싶다면 이 책을 통해 다양한 인사이트를 얻길 바란다.

2025년 우리의 미래는 어떨까?

SIT NEWS

2020. Winter Vol.08

서울기술연구원,
2주년 기념 연구성과보고회 개최하다

서울기술연구원에서는 지난 12월 10일 연구원 출범 2주년을 기념하는 연구성과 보고회를 개최했다. 이번 행사는 코로나19 확산 방지를 위해 외부 인사 초청을 최소화하여 온라인 비대면 웨비나로 진행되었으며, 김학진 행정2부시장, 윤의준 서울기술연구원 이사장과 성흠제 서울시의회 도시안전건설위원장의 축사와 더불어 연구원의 발전에 기여한 분들에게 감사패가 수여되었다. 2부 행사에서는 각 연구실의 대표연구성과 발표회가 이어졌으며, 전 직원이 실시간 온라인 투표로 평가에 참여한 결과 영예의 최우수상은 도시인프라실이 수상했다. 지난 2년간 땀흘려 달려온 연구원 전 직원에게 힘찬 응원과 격려의 박수를 보낸다!

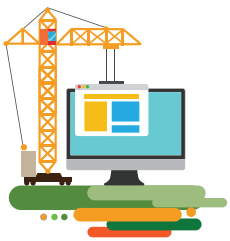
서울기술연구원-서울연구원-서울디지털재단-시립대, 제2회 서울빅데이터 포럼 공동 개최

서울기술연구원은 지난 12월 3~4일, 서울연구원, 서울디지털재단 및 서울시립대와 함께 2020 서울 빅데이터 포럼을 개최했다. 콘토코스타 뉴욕대 교수 및 얀 디어크 슈뫼커 일본 교토대학교 교수의 기조강연에 이어 포럼의 각 세션은 기관별로 진행되었다. 이후 센서 데이터의 활용을 높이고 연구사례의 공유와 축적 필요성에 대한 토론이 이어졌다. 4일에는 서울시 4개기관 다자간 빅데이터 업무협약 체결식이 진행되어 향후 공동으로 시 빅데이터 정책 수립과 발전방안을 모색할 계획이다. 이번 포럼은 유튜브 온라인으로 생중계되어 많은 시민들이 참관할 수 있었다.

서울기술연구원, 제1회 시민UCC 공모전 개최

서울기술연구원은 과학기술의 중요성을 전파하고 시민에게 한발 더 다가가 연구원을 홍보하기 위해 지난 11월 30일부터 12월 21일까지 '2020년 서울기술연구원 시민 UCC 공모전'을 개최했다. 지원자가 기술혁신으로 달라질 서울의 미래 혹은 내가 살고 싶은 안전한 미래도시 서울의 모습을 표현한 영상 중 택일하여 응모하는 방식으로 형식은 브이로그, 드라마 등의 자유양식으로 접수받았으며, 선정된 수상자 시상식은 12월 말 개최할 예정이다.

시설안전 621-0007



서울기술연구원

서울특별시 마포구 매봉산로 37 DMC산학협력연구센터 8층 **Tel** 02-6912-0900 **Fax** 02-380-3512 **www.sit.re.kr**