

현장리포트

SPOTLIGHT

디지털트윈 시대, 스마트건설기술
도입으로 지속가능도시
서울을 만든다

김정환 연구위원, 이영석 전임연구원



도시의 회복력 향상 및 건설산업 활성화를 위한 서울시 스마트건설기술 도입 및 활성화 방안 제시

코로나19 극복, 디지털 뉴딜로 디지털트윈 가속화, 안전하고 스마트한 건설로 도시의 회복력 향상

정부는 코로나 19 극복을 위한 디지털 뉴딜로 국토의 디지털화를 가속화 하고 있다. 전국 3D 지도 구축, 전국 주요도로 정밀도로 구축, 지하공간 통합지도 구축의 디지털 트윈뿐 아니라, 국민안전 스마트인프라, 스마트재해위험 알리미 등 4대 분야 핵심인프라 디지털 관리체계를 구축하는 로드맵을 제시하였다. 또한, DNA 생태계 강화를 목표로 5G, AI융합 확산을 위한 스마트건설기술 도입 및 활성화를 추진하고 있다. 서울시에서는 지난 9월 28일 2021년 서울 국제 도시회복력 포럼 (서울시, UNDRR)에서 서울시는 회복력 있는 기반시설 건설을 위해 스마트 건설기술을 활용하고, 2030년을 목표로 기반시설의 디지털화를 제시했다.

2016년 11월 8일 후쿠오카의 JR하카타역 인근 300m 떨어진 도로에서 지하철 연장공사가 원인으로 추측되는 대형 동공이 발생했다. 이 사례는 도시인프라의 회복력을 얘기할 때 떠올리는 대표적인 사례로, 4일간의 배수작업과 폭 30m, 깊이 15m의 공동을 모래-시멘트 혼합물로 채우는 공사 1일, 전기, 수도, 하수도 가스 및 통신 라인을 포함한 모든 유틸리티 설치와 도로 재포장에 2일을 포함하여, 총 7일만에 도로 통행을 재개했다. 빠른 복구 뿐 아니라, 지반의 강도를 신재료, 신공법을 이용하여 기존의 30배에 달하는 성능개선까지 이룬 사례다 (그림 1). 이 사례는 체계화된 정보, 신속처리를 위한 매뉴얼, 혁신적인 건설재료 및 공법의 상호작용과 연계성이 도시회복력에 미치는 영향을 보여주는 모범적인 사례로 평가받고 있다. 국내에서도 서울시의 경우 긴급누수복구 현장조치 행동매뉴얼과 가상훈련 등을 통해 여러 가지 노력을 기울이고 있다.

그림 1 | 도시인프라의 회복력 사례
(CNN Asia)

(좌) 2016년 일본 후쿠오카 JR하카타역 인근 도로에서 대형 동공 발생 (2016.11.8)

(우) 일주일간의 빠른 복구로 도로통행 재개, 지반의 강도는 30배 증가 (2016.11.15.)



도시의 인프라시설은 오랜 시간동안 계획, 건설, 시공, 운영 및 유지관리를 순환하며 발전한다. 도시는 시간의 흐름 속에 물리적, 환경적, 사회적 리스크를 가지게 되며, 시설의 노후화, 기후변화, 자연재난, 사회환경 변화는 도시의 회복력을 요구하게 된다. 독립적이기도 하지만, 라이프라인 (life line), 이동수단 (Transportation)으로 연결되어 있으며, 현대사회에서는 데이터라인(Data pipe line)의 역할이 추가되었다. 독립성과 연결성은 회복력 있는 사회기반시설을 구축하기 위해 (making infrastructure resilient) 인프라시스템의 상호의존성, 상호작용 및 연계성을 고려한 정보의 통합과 활용을 요구하게 된다. 따라서, 이러한 통합된 정보와 디지털화를 기반으로 스마트건설기술을 활용하여 도시기반시설의 생애전주기관리를 일원화하는 것은 도시 기반시설의 회복력을 향상시킬 것으로 기대하게 한다(그림 2). 서울시는 2030년을 목표로 도시의 건설 및 유지관리를 스마트 건설 체계로 전환하는 것을 목표로 하고 있다. 지난 10여 년간 이어져 온 노력의 기반 위에 사회기반시설의 건설관리 시스템을 통합하고, 서울시의 디지털트윈 플랫폼인 Virtual Seoul 연계 및 정보의 일원화로 인프라시스템의 상호작용을 활용하도록 시스템을 개선하는 것을 계획하고 있다. 이로부터 디지털트윈을 활용하여 새로운 인프라의 건설을 계획하고, 건설 과정을 공개하여 시민의 의견을 피드백하고, 운영을 위해 유지관리시스템에 모든 정보를 공유하는 과정이 일원화 되어 도시의 회복력을 향상시키는 것을 기대하고 있다.

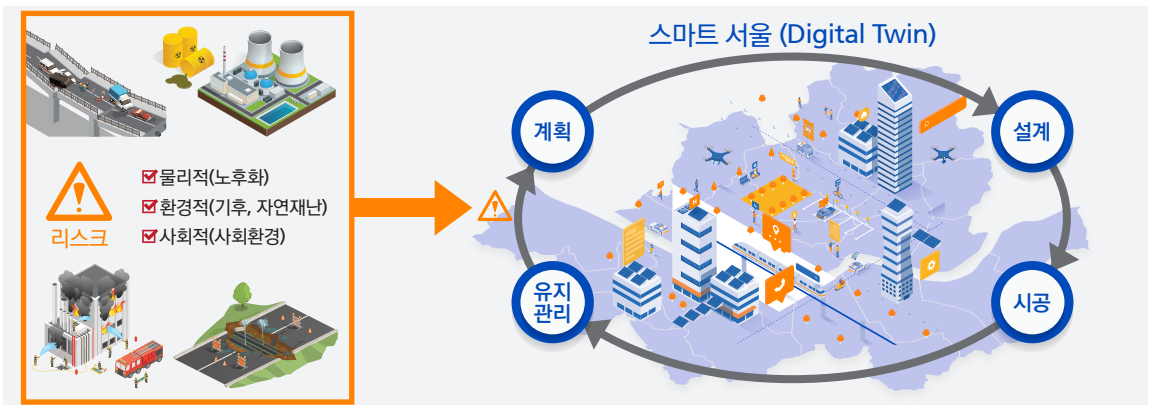


그림 2 | 도시 인프라시설의 생애전주기와 리스크

4차산업혁명시대, 새로운 기술혁신으로 건설산업의 패러다임 변화

스마트건설은 건설기술에 첨단ICT 기술과 정보의 구조화를 통해 기술과 업무를 개선하는 것

과거에도 건설에는 혁신이 있었다. 1980년대 일명 '정주영 공법'으로 불리는 서산간척지 공사의 문제해결 방법은 개인의 기지로 불가능할 것 같은 일을 해내는 대표적인 일화이다. 이는 잠깐 다른 관점으로 바라보면 '인간 중심'의 혁신으로 생각해 볼 수 있다. 현재는 초연결, 빅데이터, 인공지능, 로봇 등 인간이 만들어 낸 기술들이 스스로 새로운 기술을 만드는 시대에 도달했다. 4차산업혁명이라고도 하는 이러한 스마트 기술들을 활용하여 모든 건설공사 정보들은 디지털화 되고, 초연결된 관제시스템을 통해 건설공사와 안전관리가 되고, 현장의 위험요소가 실시간으로 발견되는 '인간이 만든 기술 중심'으로 건설의 패러다임이 변화되는 게 현재 건설 분야에서의 혁신이다. 지금의 혁신은 '스마트건설'이라고 하며, 첨단 ICT 기술 및 정보의 구조화를 통한 기술과 업무의 개선으로 정의할 수 있다. 스마트 건설은 BIM, 메타데이터, 빅데이터와 같은 구조화된 정보와, 탐사, 모니터링, 관제 분야에서의 원격 업무, AI, IoT, 로봇, 3D프린터 등 새로운 기술로 자동화를 추구한다 (그림 3). '스마트건설, 기술의 혁신'은 건설을 위한 계획부터 운영 및 유지관리의 전 과정이 하나의 플랫폼 기반에서 통합되고, ICT 기술과 건설기술의 융합은 건설을 혁신적으로 개선하고, 상시 모니터링을 통한 성능 평가로 기반시설의 수명을 연장하는 것을 기대한다. 즉, 어떠한 리스크 상황에서도 시간과 비용 측면에서 최선의 회복력을 가지게 될 것이다.



스마트건설 정의

- ☑️ 첨단 ICT 기술 및 정보의 구조화를 통한 기술과 업무의 개선
- ☑️ 구조화된 정보 (BIM, 메타데이터, 빅데이터), 원격업무(탐사, 모니터링, 관제), 자동화 (AI, IoT, 로봇, 3D프린터), 프리콘/프리랩

건설산업 패러다임 변화

As-Is	건설단계	To-Be	적용기술
현황조사를 통한 최소한의 정보	계획	각종 메타데이터 (지형, 지반, 구조물, 인구) 자료	Big DATA
에타를 위한 개략적인 계획		다차원 정보 기반 모델을 통한 계획	
인력중심의 측량, 조사, 2(1)차원적 정보	설계	새로운 무인기기, GIS기반의 3차원 정보	드론 BIM 위성 GeoBIM
재료, 구조모델, 도면, 물량, 공정, 예산 공중 완전 분리		프로세스의 구조화로 설계 자동화	BIM AI Precon
현장측량 및 시공기준선	시공	새로운 무인기기, GIS기반의 3차원 정보	드론 BIM 위성 GeoBIM
기술자의 숙련도 의존에 의존한 시공		3차원 정보모델 기반의 건설장비 자동화 시공	BIM AI Robot 센서
2차원 설계 도면 기초로 무수한 삼드로잉,		설계 자동화 기술 기반의 시공,	BIM AI 3D Printer 프리랩
도면, 물량, 공정, 예산 공중 완전 분리		새로운 시공기술의 등장	
인력 중심의 안전관리 (모니터링, 교육)		다차원 정보 기반 안전관리	IoT BIM AR VR 웨어러블 장비
인력 중심의 계측	유지 관리	통신, 데이터 로깅 및 분석 기술의 결합 (원격 관제)	IoT 통신 AI Robot GIS
인력중심의 정보획득, 현장 기술자의 숙련도 의존		무인 원격 탐사 기술	드론 GRP AI LiDAR
문서 중심의 정보 관리		구조화된 정보 관리 (BIM 기반 메타데이터 축적)	BIM Meta DATA
시설물 내구연한 중심의 유지관리	플랫폼	성능 중심의 유지관리	Bim과 각 단계별 기술 연계
각 단계별 완전히 독립된 플랫폼		단계별 통합 플랫폼, 스마트시티 플랫폼 연계	

그림 3 | 스마트건설과 건설산업의 패러다임 변화

스마트건설기술, 정부와 민간에서 전력 질주 서울시도, 법제도 개선 등 스마트건설기술 활성화 기반 마련

정부는 지난 2018년 스마트건설 로드맵을 발표한 이후, 2020년에는 약 2,000억원 규모의 지난 해 '스마트 건설기술 개발사업'으로 2025년까지 핵심기술의 상용화를 실현하는 것을 추진하고 있다. 민간분야에서는 정부 시책 이전부터 생산성 향상과 시공안정성 등 자체 기술 개발과 도입을 추진해 오고 있다. 서울시도 이러한 민관의 변화 환경 속에서 지자체로서의 역할을 찾아야 하며, 법제도 개선 등 스마트건설 기술의 활성화를 위한 기반을 조성하는 것이 필요하다. 서울시도 건설혁신을 도입하기 위해 현재까지 다양한 노력을 시도해 왔다. 서울시는 건설혁신을 위해 이미 여러 가지 노력을 해왔습니다. 2013년도에 청렴건설행정시스템을 도입하여 건설기술 환경변화를 준비해왔다 (그림 4). 'One-PMIS'라고 명명한 건설정보관리시스템은 공정, 안전관리를 통합하고 관계자간의 정보를 공유하는 시스템으로, 국제적으로도 인정받아 현재 해외에도 기술 이전 중에 있다. 이외에도 우리집 앞에서 어떤 공사가 진행되고 있는지 시민들에게 공사현장정보를 공개하는 건설알림이, 발주자가 하도급업체, 근로자에게 대금을 바로 지급하는 대금바로, 임금체불 및 허위신고 방지 등을 위한 전자이력관리제가 있다. 그러나, 최근 급속히 발전하는 기술 환경 속에서 서울시에서도 건설산업발전, 안전관리, 새로운 일자리 창출을 위해 스마트 건설기술을 적극 도입하려 한다.

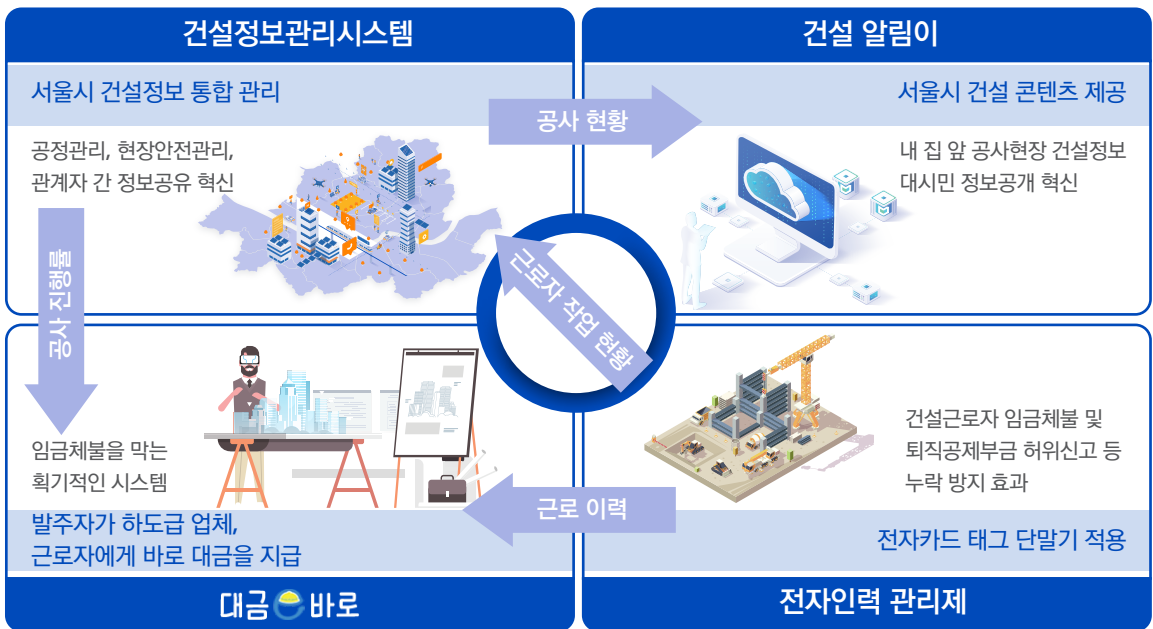


그림 4 | 서울시 청렴건설행정시스템



그림 5 | 서울시 스마트건설기술 도입 방안 제시

서울기술연구원에서는 관련분야 전문가, 서울시 공무원, 민간건설사 본사 및 현장 담당자들을 대상으로 수요 및 기술 수준 등을 조사하여, 서울시의 스마트건설기술 도입 및 활성화 방안 마련을 위한 6가지 추진전략을 수립하였다(그림 5). 서울시의 경우 건설현장의 안전관리를 제고하고 스마트건설기술의 확산 여건을 조성하기 위한 기술의 조기 도입과 정착을 우선 목표로 삼고 있다. 이행계획으로, 첫 번째 스마트건설 도입기반 마련을 위한 법제도 개선 방안, 기술개발 및 활성화를 위한 제도 및 플랫폼 마련을 제시하였다. 두 번째, 현장중심의 스마트건설기술 확산 환경 조성을 위한 개방적·종합적 테스트베드 운영과 스마트 건설관리 플랫폼 도입을 제시하였으며, 마지막으로, 스마트건설 운영 역량 강화를 위한 서울시의 전담부서 도입과 교육사업을 제시하였다. 각각의 항목에 대한 추진계획과 5개년간의 중기 로드맵을 제시하였다.

01 스마트건설기술 도입 기반 마련

정부에서는 BIM 설계의 의무화, 공공 및 민간 건설 현장의 스마트안전장비 의무화 및 일반 공사 턴키 발주 제도로 스마트건설기술을 적용하고 활성화하도록 추진하고 있다. 서울시에서는 정부 법제도에 따라 대형공사입찰 등에서 스마트 건설기술을 장려하고 있으나, 관련 법제도 미비로 스마트건설기술을 도입하는데 한계가 있다. 따라서, 스마트건설 활성화를 위한 기존 제도의 정비와 현장의 요구사항을 반영하여, 첫 번째, 적정 대가 지급과 기술 적용장벽 해소 등 기본적인 제도 개선이 되어야 하며, 서울시 시범사업을 통한 구체적인 지침 및 가이드라인이 제시되어야 한다. 두 번째는 입찰 및 발주제도뿐 아니라 기술개발 및 활성화를 위한 제도 등 스마트건설 활성화에 필수적인 제도적 뒷받침을 마련해야 한다(그림 6).



그림 6 | 법제도 개선 추진 절차

02 현장중심의 스마트건설기술 확산 환경 조성

스마트건설 기술 확산 확산 환경 조성을 위해서는 현재 4개의 개별 시스템이 독립적으로 운영되고 있는 청렴건설 행정시스템을 개선하여, 중복, 단순반복 업무를 배제하고, BIM데이터 기반의 안전관리 및 공정관리, 설계에서 유지관리까지 데이터를 통합하여야 한다. 또한 최종적으로는 서울시의 스마트시티플랫폼과 스마트유지관리 플랫폼을 연계하는 것이 필수적이다. 스마트건설에 대한 정부와 민간에서의 적극적인 투자와 수요를 감안하면, 서울시도 조기에 정착 및 활성화가 될 수 있는 지원 방안 마련이 필요하며, 이를 위해 서울시는 총 7개의 테스트베드를 운영하고 있다. 테스트베드는 스마트 건설기술의 도입시기 및 기술확립과 법제도 수요 및 제정을 위해 운영하도록 제시하였다. 사업 대상은 스마트건설기술 전체이며, 제도, 행정, 시스템 이외에 국가, 민간 개발 기술 검증에 대해 종합적이고 개방적인 운영을 원칙으로 하고 있다. 현재 서울기술연구원, 스마트건설기술개발사업(R&D) 주관기관 등과 MOU를 통해 테스트베드를 제공하고 있으며, 스마트건설 기술 실증사업 신청을 통해 공공 및 민간 영역에서 모두 활용할 수 있도록 하고 있다.



그림 7 | 스마트건설도입을 위한 테스트베드 운영

스마트건설기술 도입으로 디지털트윈 기반의 도시기반시설 관리

건설에서 생산성, 안정성 향상, 성능중심 유지관리로 안전성과 경제성 향상,
4차산업혁명 기술활용으로 사고의 예측과 신속한 복구로 도시의 회복력 향상

서울시는 최근 진행하고 있는 공공건설 프로젝트에서 BIM 설계를 적용하고 있으며, 2025년까지는 설계 BIM 전면도입을 추진하고 있다. 시공분야에서는 안전과 건설자동화, 모듈러 시공 등 다양한 기술이 디지털 트윈에서 통합되는 것을 목표로 하고 있으며, 현재 AI기반 무인원격 안전관리, 작업자 실시간 위치정보기반 안전관리를 시범사업 기반으로 도입 등, 안전 분야에서 다양한 기술의 활용을 시도하고 있다. 건축을 중심으로 공장에서 생산된 모듈을 현장에서 조립하여, 복잡한 도심에서 공사기간을 최소화하는 노력을 시도하고 있다. 유지관리 분야에서 서울시는 이미 2020년 국내 최초로 18종의 사회 기반시설 전체에 대해 유지관리 데이터를 디지털화를 완료했다. 현재는 교량을 중심으로한 시범사업 기반의 연구를 착수하여 센서, 드론, 영상장비, 무선통신 등의 첨단 기술을 디지털트윈의 3차원 정보모델 기반으로 관리하는 방법으로 도입을 추진하고 있다. 2025년을 목표로 교량을 중심으로 성능중심의 새로운 유지관리 시스템 구축을 시범사업으로 추진하고 있으며, 2030년 까지 전 시설물에 확대하는 계획을 가지고 있다. 그림 8은 스마트건설기술의 도입으로 서울시의 기반시설이 디지털트윈 기반에서 설계에서부터 유지관리까지 전생애주기가 건설 및 관리되는 것을 기대하며 제시한 개념도이다. 여기에는 앞서 제시한 도입방안과 현재 서울시가 진행하고 있는 정책을 담고 있다. 건설에서는 생산성과 안전성을 높이고, 성능중심의 유지관리와 4차산업혁명 기술 활용으로 시간적·공간적 사각지대를 최소화하여 안전과 경제성 향상을 동시에 추구한다. 나아가서는 도시기반시설의 사고 예측과 신속한 복구로 도시의 회복력을 향상시키는 것을 기대한다.

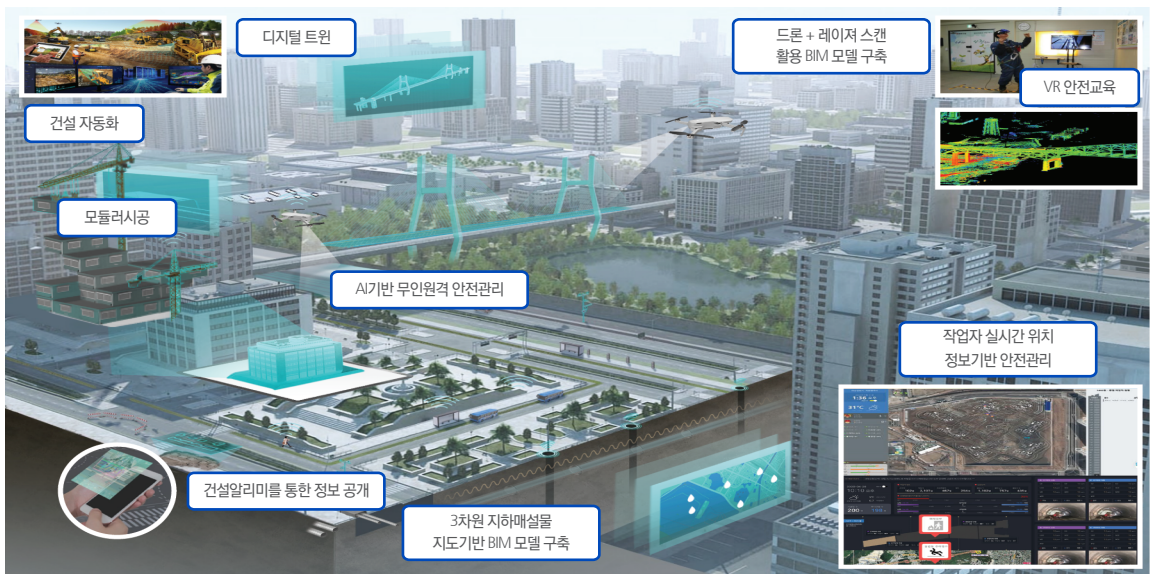


그림 8 | 서울시의 스마트건설 도입 계획 개념도



References

참고문헌

- 1) 국토교통부, 2021년도 국가공간정보정책 시행계획, 2021
- 2) 국토교통부, 스마트건설기술 로드맵, 2018
- 3) 서울기술연구원, 서울시 스마트건설기술 도입방안 연구, 2021
- 4) 서울시와 서울기술연구원, 스마트건설기술 활성화 포럼 발표자료 (서울기술연구원 김정환 박사), 2020
- 5) 서울시와 UNDRR, 서울 국제 도시 회복력 포럼 발표 (서울시 행정2부시장), 2021
- 6) CNN Asia, <https://edition.cnn.com/2016/11/15/asia/fukuoka-sinkhole-filled/index.html>, 2016년 11월 15일
- 7) UNDRR, Making critical infrastructure resilient, 2020