

우리나라 스마트 건설기술의 현주소와 발전방향(1)

1. 머리말

패러다임이라는 개념을 창안한 토마스 쿤(Thomas Khun)은 과학기술의 낡은 패러다임이 새로운 패러다임으로 대체되는 과정에서 혁명적인 변화가 수반된다고 했다. 우리나라의 건설기술도 중요한 패러다임 전환기를 맞고 있는데 새로운 패러다임의 가장 중요한 키워드는 '스마트 건설기술'일 것이다.

2018년 10월 대통령이 주재하는 국가과학기술자문회의를 통해 확정된 우리나라의 '스마트 건설기술 로드맵'에서 스마트 건설기술은 '건설에 첨단기술(BIM, 드론, 로봇, IoT, 빅데이터, AI 등)을 융합한 기술'로 정의되어 있다. 정부가 이 로드맵을 확정된 후, 우리기업의 해외 건설현장을 방문한 대통령께서 "인공지능, 로봇 같은 첨단기술을 접목한 스마트 건설을 구현해 세계시장을 개척해 달라."고 특별히 당부할 만큼 스마트 건설은 건설기술의 미래를 대변하는 핵심 키워드로 자리매김하고 있다.

건설경제신문사가 매년 제시하고 있는 건설분야 '메가트렌드'를 살펴봐도 스마트 건설기술이 중요한 키워드로 부각되고 있음을 알 수 있다. 건설경제는 2019년 건설분야 10대 메가트렌드 중 하나로 ICT 융·복합과 자동화를 강조하는 「건설산업 4.0」을 제시하였고, 2020년에도 스마트 건설을 통한 「무인화 시대」와 건설산업의 탈현장화를 골자로 하는 「모듈러 혁명」, 두 가지를 건설분야 10대 메가트렌드에 포함시켰다.

본고를 통해 스마트 건설을 중심으로 우리나라 건설기술의 현주소와 발전방향을 고찰하고자 한다. 제1편에서는 주로 스마트 건설기술을 촉발시키는 동인들과 우리의 기술수준, 그리고 스마트 건설기술을 산업에 뿌리내리게 하는 생태계 구축체계 등에 대해 살펴보고, 제2편에서는 스마트 건설기술의 실제 적용사례들과 제도적 개선점 및 향후 발전방향 등을 제시하고자 한다.

2. 스마트 건설기술의 동인

스마트 건설기술을 끌어들이는 유인력은 우리나라 건설산업이 직면하고 있는 다양한 측면에서의 도전들과 무관하지 않다. 기술을 포함하여 STEEP(사회, 기술, 경제, 환경, 정책) 전반에 관련된 스마트 건설기술의 핵심 동인을 정리해 보면 다음과 같다.

(1) 건설 일자리 개선 및 안전 제고

통계청에 의하면 우리나라는 이미 2017년에 65세 이상 인구가 14% 이상인 고령사회(Aged Society)에 진입했고, 65세 인구 비율이 20% 이상인 초고령사회(Post Aged Society) 진입을 눈앞에 두고 있다.

경제활동인구 기준으로 산업별 연령대별 취업자 수를 살펴보면, 제조업은 30~40대가 53.1%인 반면에, 건설업은 30~40대 비중(42.9%) 보다 50세 이상의 비중(49.6%)이 높아 상대적으로 고령화 수준이

심각한 상황이다. 특히 건설업의 29세 이하 취업자 비중은 7.5%에 불과하여 전산업 평균(14.5%)의 절반에 불과하다.

또한 고용노동부는 2020~

2024년 기간 동안 건설기능인력 내국인 공급이 매년 8~10만 명 부족할 것으로 전망하고 있으며, 2019년 기준으로 건설업에 종사하는 외국인 근로자 수는 9만 5천 명에 이르고 불법 체류자를 포함한 실제 규모는 이보다 훨씬 더 큰 것으로 추정하고 있다.

심각한 고령화와 열악한 근로환경으로 인하여 건설업 재해율은 2019년 11월 기준 1.04%로 전산업 재해율 0.54%의 두배에 달한다. 건설업의 사망만인율은 전체 평균보다 3배 이상 높은 수준으로, 타 산업에 비해 사고위험이 매우 높은 산업이다. 산업재해로 인한 사망자수도 건설업이 전체의 절반을 차지하고 있다.

시민사회가 성숙해지고 사람 중심의 국정기조가 강조되면서 중대 산업재해와 사망사고는 경우에 따라 모든 국민에게 큰 트라우마를 남길 수 있는 중요한 관리대상이 되고 있고, 일자리 문제도 삶의 질을 좌우하는 핵심적인 국정 아젠다로 강조되고 있다. 근본적인 건설업 일자리 개선 및 안전 제고 요구는 사회적 측면에서 스마트 건설기술의 중요한 동인이 되고 있는 것이다.

(2) 융·복합 대상 기술의 성숙

이미 2016년에 세계경제포럼, 보스턴 컨설팅 그룹, JB Knowledge 등이 각각 발간한 일련의 보고서에서 약속이라도 한 듯 BIM(Building Information Modeling), 모듈러(Modular Construction), Drone, 3D Scanning, 가상·증강현실(Virtual Reality - Augmented Reality), 빅 데이터(Big Data) 등 6개 기술을 인프라 건설분야 유망기술로 지목한 바 있으며, 이들 기술군은 현재도 스마트 건설기술의 중추를 형성하고 있다.

디지털 전환, DNA(Data, Network, AI), ICBM(IoT, Cloud, Bigdata, Mobile) 등 4

차 산업혁명 기술의 완성도가 높아지면서 기존 건설·엔지니어링 기술과 실질적인 융·복합 및 통합이 가능한 수준으로 성숙했고, 건설에 특화된 융·복합 수요가 지속되는 것은 기술적인 측면에서 스마트 건설기술의 동인으로 크게 작용하고 있다.

(3) 빅 블러(Big Blur)

스탠 데이비스(Stan Davis)가 1999년에 제시한 개념인 빅 블러(Big Blur)는 급속한 변화로 인하여 기존의 영역과 법칙이 무너지고 경계가 흐려지는 현상을 의미한다. 특히 AI, IoT, 핀 테크, 빅 데이터 등 첨단기술이 발달하면서 산업 간 경계가 허물어지는 현상을 의미하는 용어로도 쓰인다. 스탠 데이비스는 빅 블러 현상의 원인으로 연결성(Connectivity), 속도(Speed), 무형적 가치(Intangibles) 등을 지목했는데 4차 산업혁명 시대에서 강조되고 있는 가치들과 일맥상통하고 있다.

〈표 1〉 산업별 연령대별 취업자 수 현황

(단위 : 천명, %)

구분	계	15~29세	30~39세	40~49세	50세 이상
계	27,123 (100.0)	3,945 (14.5)	5,529 (20.4)	6,504 (24.0)	11,144 (41.1)
제조업	4,429 (100.0)	566 (12.8)	1,141 (25.8)	1,207 (27.3)	1,515 (34.2)
건설업	2,020 (100.0)	152 (7.5)	293 (14.5)	574 (28.4)	1,001 (49.6)

출처 : 고용노동부, 제4차 건설근로자 고용개선 기본계획(2020~2024년)

〈표 2〉 연도별 재해율 현황

(단위 : 건, %)

구분	2016	2017	2018	2019.11월
전 산업 재해율	0.49	0.48	0.54	0.54
건설업 재해율	0.84	0.84	0.94	1.04

출처 : 고용노동부, 제4차 건설근로자 고용개선 기본계획(2020~2024년)

WEF(2016) 14개	Boston Consulting Group(2016) 10개	JBKnowledge(2016) 10개
Integrated BIM	Big data & analytics	Drone
Prefabricated building components	Simulation & virtual reality	3D scanner
Real-time mobile collaboration	Mobile interface and augmented reality	Pre-fabrication/modularization
Advanced project-planning tools	BIM in the cloud	Virtual reality
wireless monitoring(IoT)	Ubiquitous connectivity & tracking	360 Degree photo/video
Advanced building materials	Additive manufacturing	3D printer
New Active materials	3D scanning	Wearable device
Self healing materials	Smart construction equipment & robotics	Job site sensor
Augmented reality	Unmanned aerial vehicles	smart tool
3D printing of components	embedded sensors	
3D laser scanning		
Big data analytics		
Drones		
Contour crafting of buildings		

자료 : World Economic Forum(2016), Shaping the Future of Construction - A Breakthrough in Mindset and Technology
Boston Consulting Group(2016), What's the future of the construction industry?, World Economic Forum
JBKnowledge(2016), The 5th Annual Construction Technology Report

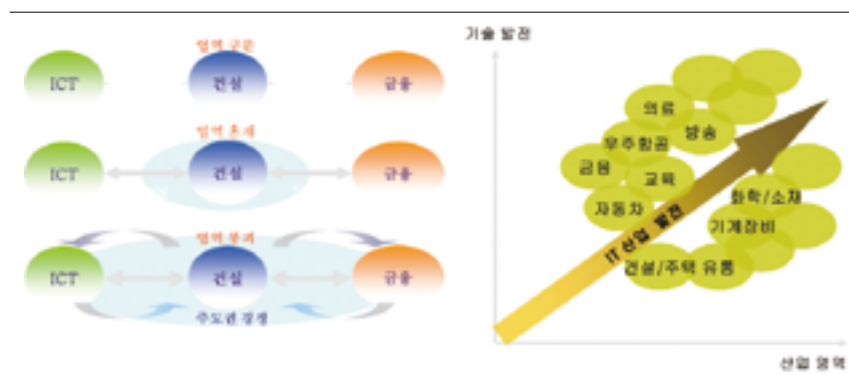
〈그림 1〉 인프라 건설 분야 미래유망기술

출처 : KAMA, 스마트 건설기술 개발사업 기획보고서



한승현
한국건설기술연구원 원장

국내에서는 삼성경제연구소가 이미 2007년에 건설과 ICT, 금융 간 경계가 흐려지고 있으며, 업역이 붕괴되면서 산업 간 주도권 경쟁이 치열해 질 것이라고 전망한 바 있다. 글로벌 인프라 프로젝트에서 금융의 역할이나 BIM 등 ICT 기반 기술이 건설 분야에서 확산하고 있는 추세를 보면 빅 블러는 더 이상 전망이 아니라 현실이 되고 있다.



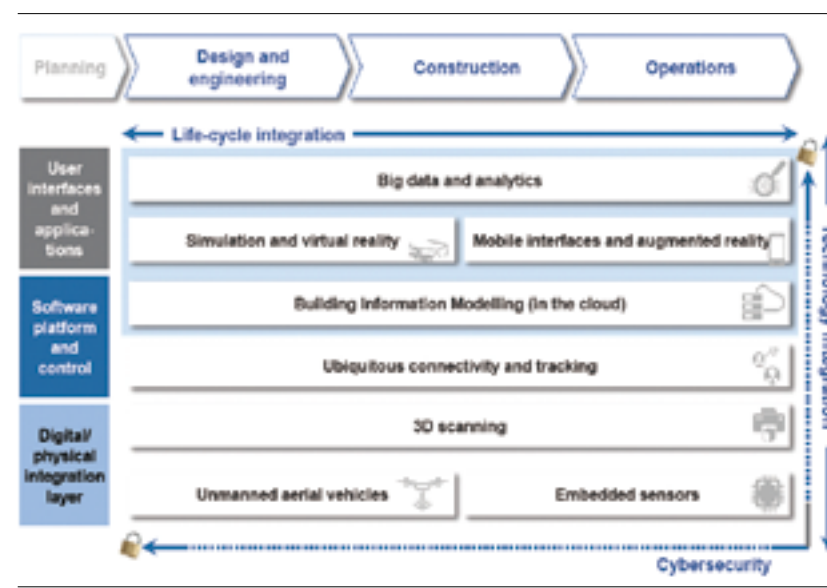
〈그림 2〉인프라 건설 분야 미래유망기술

비단 금융이나 ICT 뿐만 아니라 스마트 홈(Smart Home) 시장에서 보듯이 건설과 가전제품 제조업과도 빅 블러 현상이 일어나고 있으며, 이와 같은 빅 블러는 경제적 관점에서 스마트 건설기술의 또 다른 동인이 되고 있다.

(4) 비즈니스 모델(Business Model) 혁신

2016년에 세계경제포럼과 보스턴컨설팅그룹은 건설 프로젝트의 가치사슬(Value Chain)과 디지털 기술의 통합이 보다 심화될 것이라 전망했다.

설계와 시공을 통합하는 턴키(Turn-Key)는 국내에서도 이미 익숙한 개념이고 선진국들은 보다 포괄적인 협업체계인 IPD(Integrated Project Delivery)를 위한 계약도서 표준을 운영하고 있는 등 건설 생태계에서 단계 간 연계·통합이 점차 현실화되고 있다. BIM과 같이 건설 프로젝트의 전 단계를 통합할 수 있는 플랫폼 기술이 발전하면서 단계 간 통합이 촉진되고 있으며, BIM과 빅 데이터, 클라우드 등 기술 간 통합도 더욱 가속화될 전망이다.



〈그림 3〉건설·엔지니어링 가치사슬과 디지털 기술

출처 : WEF&BCG, Shaping the Future of Construction

가치사슬과 디지털 기술의 통합이 촉발되면 필연적으로 새로운 비즈니스 모델이 등장하게 된다. 정부가 전문 건설업을 대업종화하고 궁극적으로 종합 건설업과 전문 건설업을 통합하고자 하는 「건설산업 혁신방안」을 추진하고 있는 것도 유사한 맥락이라 볼 수 있을 것이다. 이와 같은 비즈니스 모델의 혁신 수요 역시 경제적인 측면에서 스마트 건설기술의 주요한 동인이라 할 수 있다.

한편 모듈러(Modular)는 건설산업을 3D(Difficult, Dirty, Dangerous)에서 3S(Smart, Sustainable, Safety)로 재편하고 현장중심(On-Site) 생산 시스템을 탈현장 공장형(Off-Site) 생산 시스템으로 전환하는 비즈니스 모델 혁신의 또 다른 키워드이다. 한국건설기술연구원은 서울 가양동과 천안 두정동에 저층 모듈러 실증주택을 이미 완성했고 용인에 13층 이상의 중고층 모듈러 주택의 실증을 진행하고 있다. LH 등 주요 공기업에서도 모듈러 공동주택 실증결과를 바탕으로 모듈러 주택의 발주규모를 키우는 등 우리나라에서도 모듈러 건설의 시장규모와 산업생태계를 형성하기 위해 정부와 연구계, 산업계에서 많은 논의들이 진행되고 있고 규제혁신 방안들이 보다 가시화되고 있다.



〈그림 4〉서울 가양 모듈러 주택 실증단지

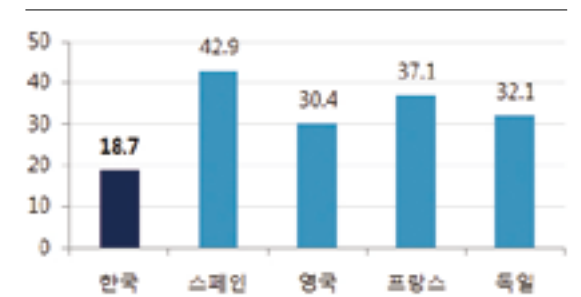
출처 : 한국건설기술연구원, 보도자료 사진 재구성

(5) 생산성·경쟁력·투명성 제고

맥킨지의 2017년 컨설팅 보고서에 의하면, 건설업의 노동시간당 부가가치는 지난 20년간 정체되어 있는 반면에 타 산업은 평균 4% 늘어난 것으로 나타났다. 미국, 중국, 일본 등 건설업 규모가 큰 세계 41개국의 생산성을 분석한 결과, 한국은 19위를 기록하여 선진국에 비해 노동생산성이 저조한 상황이다.

비슷한 맥락에서 「건설산업 혁신방안」에서도 한국 건설업의 노동시간당 부가가치는 18.7달러로, 스페인(42.9달러), 프랑스(37.1달러), 영국(30.4달러), 독일(32.1달러) 등 유럽 선진국의 절반 정도에 불과하고 개도국과의 기술격차가 좁혀질 경우 국내 기업의 급격한 입지 위축이 우려된다고 전망하였다.

또한 지난해 우리나라 해외건설 수주는 223억 달러로 165억 달러를 수주한 2006년 이후 최저 수준이다. 2020년 5월 현재 해외건설 수주액은 130억 달러로 전년 동기대비 80% 상승하였으나 코로나 사태로 획기적인 해외건설 수주 개선을 기대하기는 어려운 상황이다.



〈그림 5〉2015년 건설업 노동생산성(단위 : \$/시간)

출처 : 국토교통부, 건설산업 혁신방안

한편 국제투명성기구(Transparency International, TI)가 발표한 2019년 국가별 부패인식지수에서 우리나라는 100점 만점에 59점을 기록하며 180개국 중 39위에 올랐지만 1위 덴마크(87점)와 큰 격차를 보이고 있다. 우리나라 건설부문의 부패인식지수가 별도로 집계된다면 국가 차원의 부패인식지수 보다 훨씬 낮을 것이며, 시민사회가 성숙하면서 건설부문의 투명성 제고 요구는 더욱 커지고 있다고 볼 수 있다. 이와 같은 생산성·경쟁력·투명성 제고 요구는 정치적·정책적 관점에서 스마트 건설기술의 또 다른 동인이라 할 수 있다.

3. 우리나라 스마트 건설분야 기술수준 분석

과학기술정보통신부는 2018년 기준 우리나라 건설기술 전반의 수준을 최고기술 보유국 대비 79%로 평가한 바 있고 국토교통과 학기술원이 2015년 조사한 우리나라의 전반적인 건설기술 수준도 최고기술 보유국 대비 78.8%로 조사되었다. 우리나라의 전반적인 건설기술 수준은 최고기술 보유국의 80% 수준에서 획기적으로 향상되지 못하고 있는 것으로 보인다.

한편 국토교통과학기술진흥원은 2017년 스마트 건설기술 개발 R&D 사업 기획의 일환으로 스마트 건설기술 분야의 기술수준을 조사하였는데, 우리나라 스마트 건설기술은 기술 선도국 대비 평균 69.0% 수준으로 조사되었다. 부문별로 살펴보면, 건설장비 자동화 및 관계기술 부문은 기술 선도국 대비 69.0%, 도로구조물 스마트 건설기술 부문은 69.2%, 스마트 안전 통합 관제 시스템 부문은 69.4%, 스마트 건설 디지털 플랫폼 부문은 68.6% 수준이다. 전반적인 건설기술 수준보다 스마트 건설기술의 수준이 더 낮은 것으로 조사되었지만, 동일한 기준으로 평가된 것이 아니므로 큰 의미를 두기는 어렵다.

오히려 과학기술정보통신부의 2018년 세부 기술 수준 평가 결과의 시사점이 더 크다고 판단된다. 건설기술 하위의 11개 세부기술 부문 중 스마트 건설기술로 분류할 수 있는 세부기술별 기술 선도국 대비 기술수준을 살펴보면, 스마트 홈 기술(80.0%), 스마트 시티 구축 및 운영기술(80.0%), 스마트 도로교통 기술(82.5%), 스마트 철도교통 기술(80.0%) 등은 전반적인 건설기술 수준보다 상대적으로 기술수준이 높은 것으로 평가되고 있다.

〈표 3〉 스마트 건설 관련 기술수준

기술분야	기술선도국	선도국 대비 기술수준(%)	선도국과 기술격차(년)
과학기술 전반	미국	76.9	3.8
○기계·제조	EU	78.0	3.4
○ICT·SW	미국	80.2	2.1
○건설·교통	미국	79.0	3.1
- 스마트 홈 기술	미국	80.0	2.0
- 스마트 시티 구축 및 운영 기술	미국	80.0	2.0
- 스마트 도로교통 기술	미국	82.5	3.0
- 스마트 철도교통 기술	EU	80.0	4.0

출처 : 한국과학기술기획평가원, 2018년 기술수준평가

과학기술정보통신부가 평가한 우리나라 ICT·SW 기술이 기술 선도국 대비 평균 80.2%이고 기계·제조 기술 수준이 기술선도국 대비 78%, 과학기술 전반의 수준이 기술선도국 대비 76.9%인 것과 비교해 보면 우리나라의 건설기술, 특히 스마트 건설기술 수준은 상대적으로 선진국과의 격차가 크지 않다고 추정할 수 있다. 다른 측면에서 보면 스마트 건설기술은 위기라기 보다는 건설 산업이 당면한 여러 복잡한 도전과제들을 혁신해 나갈 수 있는 새로운 기회요소라고 평가할 수 있다.

4. 게임 체인저(Game Changer) : 스마트 건설 전주기 생태계 구축

사회적, 기술적, 경제적, 환경적, 정치·정책적 스마트 건설기술의 동인들과 스마트 건설기술을 포함하는 우리나라 건설기술 수준을 종합하여 스마트 건설기술의 전략적 키워드를 제시해 보면 게임 체인저(Game Changer)로 압축된다. 태생적으로 융·복합을 전제로 하는 스마트 건설기술은 건설기술과 건설산업 전반의 패러다임을 단기간에 혁명적으로 전환하고 도약시키기 위해 가장 확실한 선택지일 것이다.

다만 스마트 건설기술의 개발 자체가 종착점이라 할 수는 없고, 스마트 건설기술 개발을 시작점으로 하는 전주기적 생태계를 구축하는 것이 중요한 과제라 판단된다. 전주기적 생태계란 '기술 개발(인력, 데이터, 시설/장비) → 기술 검증(시험/실증 인프라) → 제도화(제도개선) → 실용화/사업화(해외진출사업/중소기업 지원/기술이전) → 일자리 창출(창업) → 인재 양성(교육·훈련) → 새로운 기술 개발(인력, 데이터, 시설/장비)'로 이어지는 선순환 구조를 지향하는 일련의 기술 실용화 시스템을 말하며 그 개념을 도식화하면 〈그림 6〉과 같다.



〈그림 6〉 스마트 건설 전주기 생태계 구축

출처 : 한국건설기술연구원 내부 분석자료

(1) 기술 개발

DNA(Data, Network, AI), ICBM(IoT, Cloud, Bigdata, Mobile) 등 첨단기술과 전통적인 건설·엔지니어링기술을 융·복합하여 생산성 향상, 공기단축, 재해를 감소 및 안전 제고, 디지털화 촉진과 같은 목표를 달성할 수 있는 스마트 건설기술을 개발하는 것으로서 전주기적 생태계의 시작점이다.

(2) 기술 검증

가상실험, 실물 현장 테스트베드 등에 개발된 스마트 건설기술을 적용하여 목표로 하는 효과를 검증하는 과정이다. 마치 의학분야의 임상실험과 같이 스마트 건설기술도 이와 같은 검증 및 실증과정을 거쳐야만 실제 사업에 적용할 수 있는 첫 단계에 진입하게 된다.

(3) 제도화

제도화는 인프라 관련 스마트 건설기술을 적용하기 위해 큰 틀에서 정책과 법적 실무기준 등을 정비하는 과정을 말한다. 기술검증을 마친 혁신기술들이 죽음의 계곡(Death Valley)를 넘어서기 위해서는 제도화 과정을 반드시 거쳐야 한다. 여기서 공공부문의 역할이 더욱 강조된다. 스마트 건설기술의 활성화를 촉진할 수 있는 발주제도 및 입찰·계약 시스템 구축, 설계 및 시방기준과 같은 국가건설기준의 반영과 표준품셈 등 원가기준 정비, 인정·인증 시스템 구축, 표준화 등을 포괄하는 종합적인 제도개선 과정의 중요성은 수요자가 공공부본인 건설분야에서는 아무리 강조해도 지나치지 않을 것이다.

(4) 실용화/사업화

이 과정은 기술검증 및 제도화 과정과 병렬적으로 진행되는 경우가 많은데, 스마트 건설기술을 실제로 사업화에 활용하고자 하는 주체들에게 기술을 이전하는 과정으로, 중소기업 지원과 해외진출 및 현지화 사업을 포괄한다. 혁신적인 스타트업의 경우는 기술 개발과 사업화는 주도적으로 수행할 수 있지만 기술검증과 제도화 과정에는 직접 참여할 수 없는 경우가 대부분이다. 이 공백을 메꾸는 것이 전주기적 생태계가 갖고 있는 핵심적 과제일 것이다.

(5) 일자리 창출 및 인재 양성

전주기적 생태계의 마지막 단계는 스마트 건설기술을 기반으로 하는 중소기업 또는 새싹기업의 스케일업(Scale-up)을 지원하여 매출증대와 일자리 창출로 이어지도록 하는 과정이다. 이 과정에서도 혁신제품의 구매자로서 정부와 공공섹터의 역할이 강조된다. 또한 스마트 건설기술의 지속적 확산을 위해서는 교육·훈련, 스마트 건설기술을 고도화하기 위한 R&D 등을 통해 스마트 건설 미래 인재를 양성하는 과정도 이전 단계 못지않게 매우 중요하다.

5. 맺음말

코로나19 극복 및 경제 활성화를 위한 한국판 뉴딜 3대 프로젝트에 「안전·편리한 국민생활을 위한 SOC 디지털화」가 포함되어 있다. 해당 프로젝트 하위의 중점과제로는 「노후 국가기반시설의 디지털화」와 「첨단기술을 활용한 디지털 물류 서비스 체계 구축」이 제시되어 있는데 스마트 건설과 본질적으로 동일한 가치를 추구하는 뉴딜 프로젝트들이다.

「K-방역」이 세계적인 모범사례로 널리 소개되고 있고, 포스트 코로나19 시대에서도 대한민국은 국가 브랜드 가치 상승으로 빠른 경제회복을 달성할 수 있을 것이라는 전망이 나오고 있다. 스마트 건설의 전주기 생태계를 신속하게 구축하여 디지털 기반의 건설산업이 새로운 한류의 주인공이 되고, 해외건설을 통해 국가 발전의 초석을 마련했던 과거의 영광을 재현할 수 있기를 기원한다. 이를 위해선 스마트 건설 전주기 생태계 구축을 위한 산·학·연·관 공동의 노력이 어느 때보다도 절실한 시점이다. 제2편에서는 스마트 건설기술을 성공적으로 적용하고 있는 모범사례들과 함께 전주기적 생태계 관점에서의 현안과제들을 살펴보고, 산·학·연·관 공동 플랫폼을 기반으로 하는 미래 발전방향을 제시해 보기로 한다. ^{각셈}

※ 외부 필진의 글은 본지 편집 방향과 다를 수도 있습니다.