

건설정책리뷰 2023-11

---

# 스마트 건설 활성화 및 전문건설 대응 방안

---

박 승 국·이 호 일

2023.12



## 요 약

- **건설산업은 디지털 트랜스포메이션(DX) 시대의 경계에 직면해 있음. 4차 산업혁명의 등장으로 건설산업도 스마트 건설기술의 개발에 앞장서는 등 큰 변화가 일어나고 있으며, 이는 건설산업을 디지털 산업으로 전환시켜 발전을 이끌 것으로 예상되고 있음**

  - 지속적인 노동시장의 축소가 진행되고 있는 가운데 스마트 건설기술 활용에 의해 어떻게 건설생산 업무의 개선을 실현할 것인지는 업계 전체의 최대 화두 중 하나라고 할 수 있음
  - 본 연구는 미래 건설산업을 이끌어 나갈 스마트 건설과 관련된 국내외 정책 현황과 기술 사례를 분석하였음. 이를 바탕으로 전문건설업 및 중·소건설업의 스마트 건설기술 활용에 있어 장애요인을 파악하였으며, 이에 대한 전문건설의 대응 방안을 제시하고자 함
  
- **다양한 스마트 건설기술이 최근 건설 현장에서의 활용이 확대되고 있는 가운데 관련 제도의 미비로 인하여 활성화를 저해시키는 여러 가지 장애요인이 발생하고 있음**

〈드론 활용 관련 장애요인〉

  - 드론으로 항공촬영시 7일 전에 관할 군부대에 촬영 허가를 신청하여야 함
  - 촬영이 불허되거나 신속한 촬영을 진행할 수 없는 경우가 많아 항공촬영에 어려움이 있음
  - 드론을 이용한 항공촬영시 150m의 고도제한
  - 드론을 이용한 항공촬영시 비가시권 비행 금지

〈건설 기계 자동화를 위한 MC/MG 장비 운용 장애요인〉

  - MC/MG 장비 운용을 위한 까다로운 무선국 운용 개소별 인허가 절차
  - 무선국 신고시 행정절차상 부담
  - GPS 수신기의 법적 분류의 모호성

〈건설 로봇 활성화 장애요인〉

  - 로봇 관련 안전 규제가 주로 제조업과 같은 고정 사업장, 대량 생산 제품 위주의 규제로 이루어져 있어 건설현장 적용을 위한 건설로봇에 적용하기에 한계가 있음. 즉, 소품종 다량 생산 성격의 제조업의 경우 제조, 설치, 사용의 각각 3단계 인증절차에 시간 및 비용의 문제가 비교적 적지만, 건설현장의 특성을 반영한 건설로봇의 경우 다품종 소량생산방식으로

1~2대의 건설로봇을 사용하기 위해 인증절차에 소요되는 기간 및 비용의 과다한 문제가 발생할 수 있음

〈스마트 건설 안전기술과 관련된 중·소 건설기업의 장애요인〉

- 50억원 이하의 소규모 건설현장에서는 현행 간접비 효율에 의한 안전기술 활용 비용 산정 방식은 현행 스마트 안전기술 적용에 따르는 소요비용을 충당하기 어려움

〈BIM 관련된 장애요인〉

- 설계 및 시공 BIM의 연속성 저해 / - BIM 경력관리 미 구축  
 - BIM 자격제도 미비 / - BIM 교육체계의 미비  
 - BIM 활성화를 위한 적절한 발주방안 미비

■ **(개선방안) 스마트 건설기술 관련 규제의 원활한 해소를 위한 규제샌드박스 운용**

- 건설기술진흥법에 규제샌드박스 운용을 위한 '스마트 건설기술의 정의', '스마트건설사업의 정의', '신속확인', '규제특례', '임시허가'와 관련된 규정의 신설

■ **(개선방안) BIM 기술인력의 경력관리 및 자격제도 운용**

- 건설기술인 경력 확인을 위한 표준분류표의 건설공사 업무내용 표기시 하위 레벨로 스마트 건설사업 수행 시 활용한 스마트 기술을 병기하는 것이 현행 경력신고 체계를 소폭으로 개정하면서 효율적으로 운용할 수 있는 방안이며, BIM과 관련된 국가자격제도의 도입 운용

■ **(개선방안) BIM 기술 교육의 양적 확대 및 질적 향상**

- 기존의 BIM 교육 프로그램의 질적 개선, BIM 교육비용 지원, 전문건설협회 등 건설 관련 단체로 BIM 교육기관 확대

■ **(개선방안) 중·소 건설기업(전문건설기업)을 위한 스마트 안전기술 지원**

- 전문건설기업이 주로 시공하고 있는 50억원 미만의 건설사업장에 대하여 발주자가 설계에 따른 안전관리비, 보건관리비를 2배 이내의 범위에서 조정계상 할 수 있도록 개정

■ **(개선방안) 스마트 건설기술 활성화를 위한 전문건설업 지원**

- 국가 및 지방자치단체는 중소기업자 및 전문건설업자가 스마트 건설기술 연구개발이나 그에 따른 연구성과의 사업화를 추진하는 때에는 그에 드는 비용을 출연 또는 보조하거나 그 밖에 필요한 지원을 할 수 있도록 건설기술진흥법 개정



- 스마트 건설기술과 안전기술은 현재 매우 빠르게 상용화 단계에 이르고 있으나 관련 제도의 미비 및 소규모 건설공사에서의 활용시 비용 부족 등의 어려움으로 활성화가 이루어지고 있지 않음. 본 연구에서 제시된 규제 해소 방안, BIM 활성화 방안, 전문건설 지원방안은 스마트 건설기술 활성화에 기여할 것으로 판단됨



---

# 목 차





I. 서 론	1
II. 스마트 건설정책 동향 및 기술 사례	3
1. 국내 스마트 건설 관련 정책 동향	3
2. 주요 외국의 스마트 건설 관련 정책 및 제도	19
3. 스마트 건설기술 사례	31
III. 중·소 건설기업(전문건설기업)의 스마트 건설 활성화 장애 요인	46
1. 드론 활용시 중·소 건설기업의 장애요인	46
2. 건설장비 자동화와 관련된 중·소 건설기업의 장애요인	47
3. 스마트 건설 안전기술과 관련된 중·소 건설기업의 장애요인	51
4. BIM 관련된 장애요인	52
IV. 스마트 건설 활성화 및 전문건설 대응 방안	54
1. 스마트 건설기술 활성화를 위한 규제샌드박스 운용	54
2. BIM 활성화 방안	62
3. 중·소 건설기업(전문건설기업)을 위한 스마트 안전 및 건설기술 지원방안	67
IV. 결 론	70
참고문헌	72



# I. 서론

- 국내 건설산업의 경우 맥킨지 글로벌 연구소의 자료에 의하면 지난 20년간 경제성장률과 경제규모에 대비한 건설산업의 노동생산성이 조사 대상 국가 41개국 중 40위로 타 산업에 비해 매우 뒤쳐진 것으로 보고되고 있음
- 다른 대부분의 산업은 지난 수십 년 동안 자동화 및 IT 기술에 의한 정보화 혁명으로 상당한 수준의 생산성 향상을 이뤘지만, 건설 시공 및 엔지니어링 부문은 일부 자동화가 이루어졌을 뿐 기존 생산방식에서 크게 벗어나지 못하고 있음
  - 이는 다양한 형태의 건설현장 생산조건과 복잡한 생산방식, 기술인력의 노령화, 표준화된 지식체계 구축의 어려움 등에 기인한다고 볼 수 있음
- 건설 생산성이 증가하지 않는 원인으로는 첨단기술의 개발 및 적용이 건설 프로젝트의 단기성과에 큰 영향을 주지 않는 점, 건설생산 체계상 표준화의 어려움, 프로젝트 모니터링을 통한 데이터 수집의 어려움, 설계사·시공사와 자재 및 장비 업자 등이 장기적으로 협력관계를 유지하기 어려운 조달구조, 보수적인 건설산업의 문화에 첨단기술과 인재의 도입이 어려운 점 등을 꼽을 수 있음
- 건설산업이 낮은 생산성을 보이는 주요 요인을 한마디로 표현한다면 산업의 디지털화가 뒤떨어져 있기 때문임. 따라서 스마트 건설기술의 활용에 의한 건설산업의 디지털 전환은 선택이 아닌 필수적이라고 할 수 있음
- 건설산업은 디지털 트랜스포메이션(DX) 시대의 경계에 직면해 있음. 4차 산업혁명의 등장으로 건설산업도 스마트 건설기술의 개발에 앞장서는 등 큰 변화가 일어나고 있으며, 이는 건설산업을 디지털 산업으로 전환시켜 발전을 이끌 것으로 예상되고 있음
  - 지속적인 노동시장의 축소가 진행되고 있는 가운데 스마트 건설기술 활용에 의해 어떻게 건설생산 업무의 개선을 실현할 것인지는 업계 전체의 최대 화두 중 하나라고 할 수 있음

- 스마트 건설기술은 다양한 건설 분야의 성장을 견인하고 있으며, 스마트 건설기술에 의해 10년 내에 건설 생애주기 전반에 소요되는 연간 비용의 12~20%를 절감하는 효과가 있을 것으로 예측되고 있음
  - 건설산업의 디지털 전환이 가속화되면 종합건설업은 기술의 선도를 위해서 디지털 협업을 적극 주도하게 될 것이며, 건설 생산의 역할을 직접하고 있는 전문건설업은 시공방식의 자동화와 건설 부재의 공장화에 더욱 힘을 쏟게 될 것임
  - 기술혁신을 선도하는 고부가가치의 첨단기술을 보유한 스타트업 기업도 탄생하게 될 것임

	기존 건설산업	→	디지털 건설산업
생산 체계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생산체계의 분산 및 파편화</li> <li>• 업종 단순화 및 분업화</li> </ul>	→	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생산체계의 통합과 융합화</li> <li>• 업종 통합 및 기술의 융합화</li> </ul> 
시장	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 경제인프라 중심 기반시설 구축</li> <li>• 현장 중심의 전통산업(근로시간 9to5)</li> </ul>	→	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사회인프라 중심 스마트시설 공급</li> <li>• 디지털 기반 스마트산업(off-site, 24hr 가동)</li> </ul> 
기업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 경영자&amp;경상 조직중심 노동</li> <li>• 신축(신규) 투자 중심</li> </ul>	→	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사업조직 중심</li> <li>• 스마트 유지보수 투자 중점</li> </ul> 
인력	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 장비중심의 노동집약</li> <li>• 기능인, 임시직 위주 양적 고용 중심</li> </ul>	→	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모뎀화, 자동화 등 기술중심</li> <li>• 운전자(operator), 기술기반 질적 고용</li> </ul> 

[그림 1-1] 스마트 건설산업의 미래

- 건설산업의 디지털 혁신 수준을 제조업 수준까지 끌어올리면 생산성이 최대 25% 증가할 것으로 분석되고 있으며, 그간 낮은 생산성을 감안하면 Catch up effect로 최대 생산성 30% 향상도 가능할 것으로 판단됨
- 본 연구는 미래 건설산업을 이끌어 나갈 스마트 건설과 관련된 국내외 정책 현황과 기술사례를 분석하였음. 이를 바탕으로 전문건설업 및 중·소건설업의 스마트 건설기술 활용에 있어서의 장애요인을 파악하였으며, 이에 대한 전문건설의 대응 방안을 제시하고자 함

## II. 스마트 건설정책 동향 및 기술 사례

### 1. 국내 스마트 건설 관련 정책 동향

- 국토교통부는 4차 산업혁명과 스마트 건설 시대에 따른 대응 전략을 2017년 ‘4차 산업혁명 대응 전략’ 수립부터 최근의 ‘스마트 건설 활성화 방안 S-Construction 2030(국토교통부, 2022. 7. 19)’, ‘스마트 건설 얼라이언스의 설립 운영(국토교통부, 2023. 7. 26)’ 등 다양하고 지속적인 국가전략을 수립하고 이에 따르는 중점과제들을 추진해 오고 있음
- 국토교통부는 ‘건설산업 혁신방안(국토교통부 2020년)’에서 제시한 스마트 건설기술의 건설산업 내 적용을 활성화하기 위한 스마트 건설기술 활성화 방안을 제시한 바 있으며, ‘스마트 건설기술 활성화’를 위한 세부 추진과제로서 ‘공공 R&D 강화’, ‘민간 신기술 촉진’, ‘핵심기술 의무화’를 추진하고 있음. 가장 최근에는 스마트 건설 얼라이언스를 출범시켜 스마트 건설 활성화를 선도하고 있음
- 세계경제포럼의 조사된 결과를 살펴보면, 한국의 스마트 기술(AI, Big Data, Robotics, IoT 등)은 선진국과 비교해 약 2~4년 정도 차이가 있는 것으로 조사된 바 있음. 특히 노동시장 유연성(83위)과 제도적 지원(62위)이 크게 낮은 것으로 조사되었음
- 이에 따라 정부는 주요 외국과의 스마트 건설기술 분야에서 경쟁우위를 보유하기 위해 매우 다방면으로 기술 개발과 활성화를 위해 지속적으로 노력을 해옴. 4차 산업혁명시대에 부합하는 스마트 건설의 발전과 활성화를 위해 그간 노력해온 정부의 전략과 주요 추진 중점과제 들은 다음과 같음

#### 가. 스마트 건설 얼라이언스 운영 (국토교통부, 2023. 7. 26)

- 국토교통부는 건설산업의 변화와 혁신을 선도할 「스마트 건설 얼라이언스」을 출범시킴. 민간 주축의 스마트 건설 협의체로서 스마트 건설 표준 제정 및 선도 프로젝트 선정 등을 주도하고 있음

- 국토교통부는 2023년 7월 26일부터 스마트 건설 확산 방안과 주요 이슈들을 논의하고 실행시키기 위해 산·학·연·관이 참여하는 「스마트 건설 얼라이언스」을 운영
  - (목표) 기존 건설업체와 ICT·드론 등 첨단기술 개발업체 간 상호협력의 장을 마련하여 스마트 건설산업 육성 및 확산
- (구성) 민간 기업 대·중소, 벤처기업 등 총 300개사가 논의를 주도하고, 학계·연구원 및 공공 등이 협력하여 실효적인 결과가 도출되도록 구성
  - 대·중소·벤처기업(메인) + 학·연(보조) + 정부·공공기관(지원)
- (운영) 핵심 기술(6개)별로 확산 방안을 집중 논의하는 기술위원회와 기술위원회 간 공통 이슈를 다루는 특별위원회로 구분하여 운영함
  - 스마트 건설기술 주요 활용 주체인 대기업부터 성장잠재력이 큰 벤처기업까지 최대한 결집하여 민간기업들이 운영 주도
- 기술위원회는 스마트 기술별로 대형 건설사가 위원장을 맡아 운영되고, 특별위는 기업들의 수요가 많은 제도 분야로 운영하고 있음
  - 대형건설사: 기술위원장, 각 기술위별 관련 학·협회 등: 간사, 공공: 정책수립 및 선도사업 추진·지원
- (역할) 스마트 기술에 관한 표준을 제정하고, 선도 프로젝트를 선정하고, 규제 및 애로사항에 대한 제도 개선(안)을 마련 등의 혁신 주도
  - 기술 개발·활용을 위한 표준마련 및 주요 이슈 논의
  - 규제·제도 개선사항 및 애로사항 등 정부에 건의
  - 선도 프로젝트 선정 및 도입성과 우수한 Best-Practice 발굴
  - 해외 프로젝트 수주를 위한 전략 논의 및 비즈니스 모델 개발
- 7개의 위원회, 총 22개 분과위로 구성된 스마트 건설 얼라이언스는 스마트 건설기술 확산을 위한 주요 아젠다(20개)와 추진과제(44개)를 도출하였고, 개발된 기술의 현장 실증 및 포럼·전시회 개최 등의 성과를 이루고 있음
- BIM 위원회 목표 및 방향은 제도 및 정책제안, 기술 및 기준 연구, 성과 공유 및 확산임

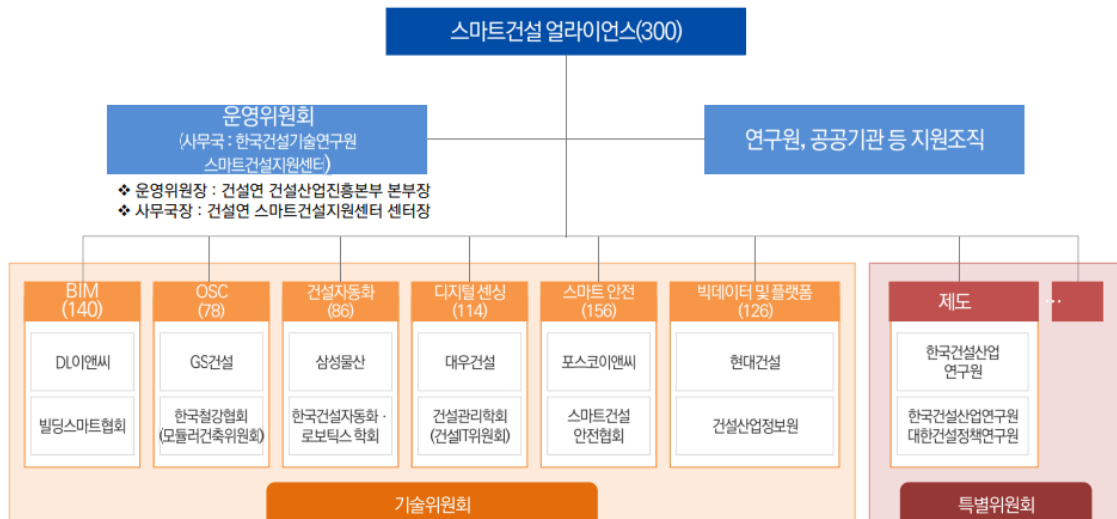
## II



- BIM 도입 및 활용 인센티브 제안, BIM 인력관리 체계 구축 및 대가 기준 마련
- BIM 요소기술 개발 중장기 계획 수립, BIM 인력육성 및 교육 프로그램 연구
- BIM 활용 스마트 건설 공모전 개최, 기술위원회 보고서 발간

〈표 2-1〉 스마트 건설 얼라이언스의 조직 구성 및 역할

구분	기술위원회						특별위원회
	BIM	OSC	건설 자동화	디지털 센싱	스마트 안전	빅데이터 플랫폼	제도
위원장	DL 이엔씨	GS 건설	삼성물산	대우건설	포스코 이엔씨	현대건설	건산연 건정연



<p><b>기술위원회</b></p> <p>☑ 스마트 건설기술 개발·도입·확산 방안을 집중 논의</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵심기술 단위(6개)로 구성하고, 기존 건설업체 이외에 생태계를 구성하는 제작/IT 업체 등이 다양하게 참여</li> <li>• 대형 건설사(시평 상위 6개사)가 위원장을 맡아 다른 중·소기업들의 적극적인 참여를 유도하고, 관련협회/학회 등이 간사 역할 수행</li> </ul>	<p><b>특별위원회</b></p> <p>☑ 제도 부문 등 기술위 간 공동이슈* 및 해외 프로젝트 수주 위한 비즈니스 모델 개발 등 특정목적 달성을 위해 구성</p> <p>* 개발된 기술의 실·검증 활성화, 건설 부문 규제 샌드박스 도입 등</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기술위 회원 중심으로 기술위와 별도 구성 (위원장/간사는 호선으로 선정)</li> </ul>	<p><b>운영위원회</b></p> <p>☑ 기술·특별위원회 운영 및 회원관리 등 얼라이언스 총괄관리, 사업추진 지원 및 성과 홍보 등 담당</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 전문가인 <b>건설연</b>(스마트건설 지원센터)이 사무국 역할을 수행하고, 기술/특별 위원회 위원장·간사 등이 참여</li> <li>• 사무국                     <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 회원 모집/관리</li> <li>✓ 운영비용 지원(기술/특별)</li> <li>✓ 홈페이지 운영, 성과관리/홍보</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>지원조직</b></p> <p>☑ 학계, 연구원도 참여하여 효율적인 논의를 지원하고, 발주청 그룹(공사·공단 등)을 구성하여 적극적인 스마트 기술 활용 유도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 투자·금융기관 및 스마트건설 유관 분야 협회/협회 등도 참여</li> </ul>
---	---	---	--

- OSC 위원회는 탈현장공법 활성화를 통한 건설산업의 혁신과 지속 성장이라는 비전 및 목표 아래 OSC 제도 개선, 사업개발, 기술개발 등을 주도하고 있음
- 건설 자동화 위원회는 건설자동화·로보틱스 분야 Eco-System 구축 및 현장보급 활성화를 위해 건설현장 무인화·자동화, 건설 자동화·로보틱스 기술 실용화 등의 시범사업을 실시할 목표로 하고 있음
- 디지털 센싱 위원회는 기술 및 정책 제안, 성과공유를 추진과제로 선정하였으며, 이를 위해 현장적용 프로세스 구체화, 스마트 건설 신기술 적용 관련 제도 개선, 디지털 센싱 현장 플랫폼 시연 등의 세부과제를 추진하고 있음

#### 나. 스마트 건설 활성화 방안 S-Construction 2030(국토교통부, 2022. 7. 19)

- (목표) 2030년 건설 전 과정의 디지털화·자동화를 목표로 ‘건설산업 디지털화’, ‘생산시스템 선진화’, ‘스마트 건설산업 육성’ 등 3대 중점과제, 10개 기본과제, 46개 세부과제를 마련하여 시행되고 있음. 3대 중점과제별 목표와 주요 내용은 다음과 같음
- (건설산업 디지털화) 1,000억 이상 공공공사에 대해 건설 전 과정 BIM 도입을 의무화하고, 표준시방서 등 건설기준(‘23~’26, 719개)을 디지털화하여 BIM 작업의 생산성을 향상 도모
  - BIM 활성화를 위해 시행지침 제정, 설계대가 마련 등의 제도 정비, 연간 600~800명의 전문인력 양성 추진
- (생산시스템 선진화) 건설기계 무인조종이 가능토록 건설기준 등을 정비하고, OSC 활성화를 위해 공공주택 발주물량을 확대(‘23: 1,000호)하고 인센티브로써 용적률 완화 등의 혜택을 부여해 민간 확산 유도
- (스마트 건설산업 육성) 스타트업 기업 성장을 지원하는 기업지원센터 확대(입주기업 36→57개), 턴키 등 심의 시 기술 중심의 평가 강화 및 스마트 건설 규제혁신센터를 통해 기업 애로사항 해결 등 스마트 건설산업 육성 추진

##### (1) BIM 도입으로 건설산업 디지털화의 주요 추진 내용

- (제도 정비) BIM이 현장에 효율적으로 적용될 수 있도록 데이터 작성기준 등 표준을

규정한 BIM 시행지침을 제정하고, 설계도서/시공상세도를 BIM으로 작업하여 성과품으로 납품할 수 있도록 관련 기준 개정

- 설계기준, 시공기준 등의 건설기준(719개, 현행 PDF 방식)도 컴퓨터가 이해하고 처리할 수 있는 형식(온톨로지)으로 디지털화하여 BIM 작업의 생산성을 향상
  - 또한 BIM 설계에 소요되는 대가기준을 SOC 분야별로 마련하고, 적정대가가 지급될 수 있도록 예산편성 지침에 반영
- (공공 중심 BIM 도입 확대) 신규 공공사업을 대상으로 공사비 규모, 분야별로 건설 전 과정에 걸쳐 BIM 도입을 순차적으로 의무화
- BIM 도입이 빠른 도로 분야부터 1,000억원 이상 공사에 우선 도입('22년)하고, 철도·건축('23년), 하천·항만('24년) 등으로 순차 도입
  - '26년에 500억원, '28년에 300억원 이상 공사로 확대하여, BIM 활성화 유도
- (전문인력 양성) 고용보험기금으로 교육비 전액을 지원하는 국가전략 산업직종 훈련의 연간 수강인원을 2배 확대(약 200명 → '23: 280명, '25: 400명)하고, 자체 교육을 실시하는 설계업체에도 교육비용을 지원('23: 400명→ 단계적 확대 추진)하여 설계 부분의 BIM 전문인력을 양성
  - 예비 스마트 기술인력 청년인력 양성을 위해 건설 분야의 특성화고, 마이스터고 교육과정에 BIM이 기초과목으로 편성되도록 추진



[그림 2-1] BIM 활성화에 따른 건설산업의 미래 모습

## (2) 생산시스템 선진화의 주요 추진 내용

### ① 건설기계 자동화 및 로봇 도입

- (건설기준 등 정비) 수요가 많은 건설기계 자동화 장비(MG/MC)부터 품질·안전 등에 관한 시공기준을 제정하고, 원격조종, 완전 자동화 등 무인운전에 대한 특례인정 근거 마련
- (기술개발 지원) 기업들이 개발한 스마트 기술(장비)를 자유롭게 실·검증하여 성능을 확인·보완할 수 있도록 SOC 성능시험장을 구축 운영
- (공공의 적극 활용 유도) 새로운 기술 활용시 설계 변경이 가능하도록 총사업비 자율조정(한도액: 공사비의 10%) 항목에 스마트 기술(장비)를 반영
  - SOC 주요 공공기관의 스마트 건설 추진실적을 매년 발표하고, 우수기관/직원에게 정부 표창을 수여하는 등의 인센티브 도입



[그림 2-2] 건설기계 자동화 및 로봇 도입에 따른 건설현장의 미래 모습

### ② 제조업 기반의 탈현장 건설(OSC) 활성화

- OSC란 주요 부재, 모듈(부재가 합쳐진 유닛)을 공장에서 제작하여 현장에서 레고 블록 처럼 조립하는 건설방식(Off-Site Construction)임

- (공공발주 확대) '23년 공공주택 발주물량을 1천호로 확대('20~'22: 연평균 464호)하고, 시행성과와 기술발전 등을 고려하여 점진적 확대방안을 마련
- (제도 정비) 지자체 인·허가 단계에서 용적률·건폐율·높이 제한을 완화(주택법 개정)할 수 있는 인센티브 제공하고, OSC 주택(공업화 주택) 인정제도의 인정대상을 현행 주택에서 OSC 수요가 많은 기숙사, 오피스텔 등 준주택까지 확대
- (기술개발 지원) 주거성능, 시공기술 등 핵심기술을 고도화하기 위해 중고층(20층)/3Bay 이상 프로젝트를 실증사업으로 추진하는 R&D를 실시

### ③ 스마트 안전장비 확산

- (시공 부문) IoT·AI 등이 접목되어 위험을 사전에 알리는 안전장비를 민간에 무상으로 시범 대여하고, 안전에 취약한 현장 중심으로 지원대상을 확대
- (유지관리 부문) 기존 방식 대비, 안전점검 정확도 향상 및 사고위험 최소화가 가능한 드론·로봇 등 첨단장비를 안전점검에 사용시, 기존 인력 중심의 방식을 일부 갈음할 수 있도록 관련 기준을 정비
  - 실제 적용사례에 대한 분석 등을 거쳐, 첨단장비 활용을 위한 대가 기준 및 업체의 기술능력 평가기준도 마련

### (3) 스마트 건설산업 육성의 주요 추진 내용

- (기업성장 지원) 스타트업의 창의적인 아이디어의 구현을 위해 기술 개발 등을 지원하는 인프라를 확대(기업지원 2센터 운영)하고, 분야별 전문가(법률·경영·자금 등)도 상주 배치하여 인큐베이팅 체계도 구축
- 우수한 기술을 보유해 성장잠재력이 큰 기업들을 대상으로 향후 5년간 '스마트건설 강소기업 100+'을 선정하고, 보증수수료/대출이자 할인 및 투자·판로개척 등을 지원
- (기술 중심의 평가 강화) 턴키 등 기술형 입찰 심의 시, 스마트 기술에 관한 최소배점을 도입(7점). 스마트 기술 적용이 입찰 조건인 '스마트 턴키'는 10~20점 배점

- 비틴키 사업에도, 설계 단계부터 스마트 기술이 반영되도록 엔지니어링 중심제 평가항목에 ‘스마트 기술’을 신설
- (거버넌스 구축) 산학연관이 모두 참여하여 스마트 건설에 관한 정책, 기술이슈 등을 논의할 수 있는 법적 기구를 운영하고, ‘스마트 건설 규제혁신센터’를 설치하여 기업의 애로사항에 대해 해결방안 지원

#### 다. 건설 엔지니어링 발전 방안 (국토교통부, 2020. 9. 3)

- 고부가가치 산업인 건설 엔지니어링 중심으로 패러다임 전환 및 스마트 건설 시대를 맞아 스마트 건설 엔지니어링 집중 육성을 위한 발전방안을 제시함
- 가격 위주에서 기술 중심 산업으로의 전환을 위한 BIM 등 스마트 기술 확대를 목적으로 스마트 기술을 현장에 확산하기 위해 인증제도 도입, 인센티브 확대, 스마트 신기술 R&D, 스마트 턴키 발주 추진
- BIM 등 스마트 건설기술 확대 방안을 제시함
  - BIM 기술 확산기반 마련을 위해 현재 발주청이 별도로 운영 중인 지침을 건설 전 분야에 적용이 가능하도록 BIM 설계 기본지침을 마련
  - 효과적인 업무 처리를 위해 종전의 2D(CAD) 도면을 중복 제출하지 않고 3D 설계 모델로만 제출해 업무를 간소화하고, 관련 대가기준도 정비
  - 표준화, 컨설팅 등을 지원하는 국가 BIM 센터 근거 마련하여 체계적 관리
- 스마트 건설기술 활성화를 위한 제도적 지원방안으로 기술형 입찰, 턴키 입찰시 스마트 기술 적용 인센티브를 확대하고, 스마트 신기술 R&D 추진(‘20-’25, 민·관 총 2천억원) 과 스마트 건설기술 적용이 발주 및 사업자 선정의 주요 기준이 되는 스마트 턴키 발주 추진 확대
- 스마트 건설기술 적용 활성화를 위해 인증제도를 도입하고, 발주처가 인증기술을 평가·선택할 수 있게 마켓에 등록하도록 유도함

## 라. 스마트 건설기술 로드맵(국토교통부, 2018. 10. 31)

- 스마트 건설기술 로드맵은 '제6차 건설기술진흥 기본계획'에서 제시한 추진과제를 구체화하기 위하여 설계, 시공, 유지관리 등 건설 생산 과정을 혁신하기 위한 로드맵과 함께 그 이행 방안을 제시함
- 주요 내용으로는 건설 생애주기 단계별 스마트 건설기술의 개발 및 적용을 위한 구체적인 로드맵을 제시하고 있음.
  - '스마트 건설기술 로드맵'은 2025년까지 스마트 건설기술 활용 기반을 구축하고, 2030년까지 건설 자동화의 완성을 목표로 건설 생애주기에 따른 중점 분야와 핵심 기술, 추진 목표를 제시함
- 설계 단계에서는 기반 스마트 설계를 추진하기 위한 핵심 BIM 기술로 '드론 기반 지형·지반 모델링 자동화', 'BIM 적용 표준', 'BIM 설계 자동화 기술'을 제시함
- 시공 단계는 건설기계 자동화 및 관제, 공정 및 현장관리 고도화를 위한 핵심기술로 '건설기계 자동화', '건설기계 통합 운영 및 관제', '시공 정밀 제어 및 자동화', 'ICT 기반 현장 안전사고 예방', 'BIM 기반 공사관리'를 포함하고 있음
- 유지관리 단계에서는 시설물 점검·진단 자동화, 디지털 트윈 기반 유지관리를 위한 핵심기술로 'IoT 센서 기반 시설물 모니터링', '드론·로봇 기반 시설물 진단', '시설물 정보 통합 및 표준화', 'AI 기반 최적 유지관리'를 제시하고 있음. 이와 더불어 건설 생애주기 단계별 중점 분야 및 핵심기술을 달성하기 위한 2025년과 2030년의 추진 목표를 제시함
  - 스마트 건설기술의 생애주기 단계별 발전 목표를 달성하기 위한 이행 방안으로는 '민간 기술 개발 유도', '공공의 역할 강화', '스마트 생태계 구축'을 세부과제와 함께 제시하고 있음

〈표 2-2〉 스마트 건설기술의 생애주기 단계별 발전 목표

구분	중점분야	핵심기술	추진목표	
			2025년	2030년
설계	BIM 기반 스마트 설계	① 지형·지반 모델링 자동화 ② BIM 적용 표준 ③ BIM 설계 자동화 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 형상 모델 및 지반 속성 정보 연계</li> <li>• 데이터 교환 공유를 위한 BIM 표준 구축</li> <li>• 건설 소단계를 고려한 BIM 설계 최적화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AI 기반 BIM 연계 지반 모델링 자동화</li> <li>• BIM 빅데이터의 활용을 위한 표준 구축</li> <li>• AI 기반 BIM 설계자동화</li> </ul>

구분	중점분야	핵심기술	추진목표	
			2025년	2030년
시공	건설기계 자동화 및 관제	① 건설기계 자동화 ② 건설기계 통합 운영 및 관제	<ul style="list-style-type: none"> <li>실시간 머신 가이던스, 건설기계 자율 이동</li> <li>센서 IoT 기반의 정보 실시간 수집을 통한 건설기계 통합 운영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>건설기계 자동화 (AI를 활용한 건설기계 통합 운영 및 관제)</li> </ul>
	공정 및 현장관리 고도화	③ 시공 정밀 제어 및 자동화 ④ ICT 기반 현장 안전사고 예방 ⑤ BIM 기반 공사관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>조립시공 정밀 제어, 부분 자동화</li> <li>센싱 기반 안전관리</li> <li>가상시공을 통한 리스크 분석 공사관리 효율화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>로봇 등을 활용한 조립 시공 자동화</li> <li>예방적 통합 안전관리</li> <li>AI 기반 공사관리 최적화</li> </ul>
유지관리	시설물 점검진단 자동화	① IoT 센서 기반 시설물 모니터링 ② 드론·로봇 기반 시설물 진단	<ul style="list-style-type: none"> <li>대규모 대용량 IoT 정보 수집 분석</li> <li>다기능 드론 및 로봇을 활용한 시설물 상태 진단</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>초연결형 IoT 정보 분석</li> <li>로보틱드론을 활용한 시설물 점검 및 진단</li> </ul>
	디지털 트윈 기반 유지관리	③ 시설물 정보 통합 및 표준화 ④ AI 기반 최적 유지관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>건설 소단계 개방형 통합 DB 및 빅데이터 구축</li> <li>빅데이터 AI 기반 예측형 유지관리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>디지털 트윈 기반 스마트 시설물 유지관리</li> </ul>

- 민간 기술 개발 유도는 기존 제도의 개선과 기술 혁신 가치의 ‘ ’ 공유를 통해 민간이 자발적으로 기술을 개발할 수 있는 여건 조성을 목표로 함. 이를 위한 세부과제로는 ‘건설기술·안전 제도 개선’, ‘스마트 신기술 시장 진입 여건 마련’, ‘혁신 공감대 확산’을 제시하고 있음
- ‘공공의 역할 강화’는 재정 투자와 공공 건설사업을 통해 정부 및 공공기관이 스마트 건설기술의 활성화 기반을 마련하는 것을 추구함. 이를 위한 세부과제로는 ‘스마트 건설 핵심기술 개발’, ‘BIM확산 여건 조성’, ‘공공기관의 사업 주도’ 등이 포함됨
- ‘스마트 생태계 구축’은 스마트 건설기술의 지속가능한 발전을 위해 창업 생태계·교육 체계·정보공유 인프라 구축을 목표로 함. 이를 위한 세부과제에는 ‘스마트 건설 지원센터 설치·운영,’ ‘전문가 양성’, ‘지식 플랫폼 구축·운영’이 포함됨



〈표 2-3〉 스마트 건설기술 로드맵의 주요 내용

추진전략(목표)	중점 추진 과제	주요 추진 방안
(1) 민간 기술 개발 유도 (가격경쟁 ⇒ 기술경쟁, 민간 지원 확대)	①건설기술·안전 제도 개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>스마트 건설기술 적용 시 턴키 발주</li> <li>스마트 건설기술 현장도입을 위해 시방서, 설계기준, 비용 산출기준 등 각종 건설기준의 정비</li> <li>'19년까지 500억원 이상 공공 건설현장에 IoT 기반으로 실시간 현장관리 시스템 도입 의무화</li> </ul>
	②스마트 신기술 시장진입 여건 마련	<ul style="list-style-type: none"> <li>민간이 개발한 기술이 시공성 검증을 통해 현장에서 사용될 수 있도록 시험시공(Test Bed) 지원</li> <li>시험시공 현장 제공 및 초기비용에 대한 금융 지원</li> </ul>
	③혁신 공감대의 확산	<ul style="list-style-type: none"> <li>스마트 건설기술 활성화를 위한 토론회, 국제컨퍼런스, 경진대회, 아이디어 공모전 등 개최</li> <li>기술 홍보를 위한 로드쇼 및 체험 공간 마련</li> </ul>
(2) 공공 역할 강화 (스마트 건설 기술 활성화 기반 마련)	①스마트 건설 핵심기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>스마트 설계·시공·유지관리 관련 국가 R&amp;D 사업에 집중 투자 하여(예타 추진) 핵심기술을 보급</li> <li>스마트 건설기술 개발 과정에서 정부와 민간이 적극적인 협력 체계를 구축해 정보를 공유하고 역할을 분담</li> </ul>
	②BIM 확산 여건 조성	<ul style="list-style-type: none"> <li>500억원 이상 공공 도로사업에 BIM 설계 의무화, 이후 타 공공사업에 단계적으로 확대</li> <li>클라우드 기반 개방형 BIM 플랫폼 구축</li> <li>BIM 설계 경진대회를 매년 개최</li> </ul>
	③공공기관의 사업 주도	<ul style="list-style-type: none"> <li>(시범사업 추진) 전문성을 갖춘 발주청에서 스마트 건설기술을 적용한 시범사업을 선제적으로 추진하고 성과를 공유</li> <li>(발주청 역량강화) 워크숍, 자료공유 등을 통해 발주청 직원들이 스마트 건설기술을 이해하고 적극 활용할 수 있도록 역량을 강화</li> </ul>
(3) 스마트 생태계 구축 (정보 인프라 구축)	①스마트건설 지원센터 설치 및 운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>스마트 건설기술의 저변을 확대하기 위해 관련 인프라-전문인력을 갖춘 건설기술 연구원에 스마트건설 지원센터를 설치</li> <li>스마트 건설기술의 개발·보급, 시장동향 조사 분석 등을 통해 건설의 스마트化 기반 조성</li> </ul>
	②스마트 건설 전문가 양성	<ul style="list-style-type: none"> <li>스마트 기술 교육 강화를 위해 대학교육 및 재교육 체계 개편을 포함한 '스마트 건설 인재 육성방안' 마련</li> <li>건설기술자 교육훈련기관에 스마트 건설기술 교육과정을 신설해 다양한 기술의 전문인력을 육성</li> </ul>
	③지식플랫폼 구축 및 운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>건설사업 관련 특정정보를 제한된 기관에서만 활용하는 CALS 시스템*에서 새로운 서비스를 발굴해 민간에 제공</li> <li>각종 건설정보를 공유해 일반인이 활용할 수 있도록 건설 CALS 시스템을 지식플랫폼으로 전면 개편</li> </ul>

### 마. 건설산업 혁신방안 (관계부처 합동, 2018. 6. 28.)

- 「건설산업 혁신방안」은 '2022년까지 세계 5대 건설 강국으로 도약'하기 위한 4대 분야 (기술, 생산구조, 시장질서, 일자리)의 혁신방안과 추진과제를 제시함
- 기술 혁신 분야는 정책 목표인 '4차 산업혁명을 선도하는 글로벌 산업'을 위한 추진과제 중의 하나로 '스마트 건설기술 활성화'를 포함하고 있으며, 세부 추진과제로서 '공공 R&D 강화', '민간 신기술 촉진', '핵심기술 의무화'를 제시함
  - '공공 R&D 강화'는 건설 자동화, 스마트 유지관리 등 첨단기술 개발에 약 1조 원을 투자하여 핵심기술 보급을 위한 '주요 스마트 건설기술 R&D 사업(안)'을 제시함
  - '민간 신기술 촉진'은 공공 R&D를 통해 개발한 기술의 민간 도입을 촉진하기 위해 「건설기술진흥법」상의 건설신기술지정제도 활성화를 목적으로 함. 구체적인 활성화 방안으로는 지정비용 경감, 우수 신기술과 연계한 발주제도의 확대 등을 제시하고 있음
  - '핵심기술 의무화' 또한 스마트 건설기술의 민간 도입 유도 방안으로 이해할 수 있으며, 구체적인 방안으로 'BIM 등 4차 산업혁명 핵심기술의 공공 적용 의무화', '건설 자동화 패키지형 시범사업추진' 등을 제시하고 있음
- 「건설산업 혁신방안」은 BIM, 건설 자동화 로봇, 모듈러 등의 스마트 건설기술에 대한 구체적인 개발 계획과 적용 분야를 포함하고 있음
  - 개발한 기술의 활성화를 목적으로 공공 적용의 의무화, 시범사업 추진, 건설신기술 지정제도 등 기존 제도를 활용한 지원방안도 함께 제시하고 있음

〈표 2-4〉 주요 스마트 건설기술 R&amp;D 사업(안)

분야	주요 기술	투자비용 및 기대효과
 건설 자동화	<ul style="list-style-type: none"> <li>BIM 플랫폼 구축, 건설 자동화 로봇 적용</li> <li>공장형 시공(모듈러, 가상시공) 건설 자동화 로드맵 수립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>약 2,000억원(2020~27)</li> <li>건설 생산성의 획기적인 제고 및 안전사고 예방</li> </ul>
 스마트 유지관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>IoT, 빅데이터 기반 최적 유지 보수 기술 개발</li> <li>시설물 내부손상 탐지 및 수명 자동예측 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>약 1,400억원(2020~26)</li> <li>선제적 시설물 관리로 인명 피해 및 사회적 비용 저감</li> </ul>
 스마트 건설 재료	<ul style="list-style-type: none"> <li>고분자 탄소 재료를 활용한 철근 대체재 개발</li> <li>나노소재를 이용한 고내구성 콘크리트 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>약 1,600억원(2020~26)</li> <li>구조물의 내진 성능과 내구성·강도·유연성 저감 → 비용 절감, 재해 피해 저감</li> </ul>
 메가 스트러처+플랜트	<ul style="list-style-type: none"> <li>초장대교량, 부유식 해저터널, 인공섬 기술 개발</li> <li>극한지 자원화 플랜트, 바이오 매스 및 지하 복합플랜트 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>약 5,100억원(2020~25)</li> <li>해외 수요가 높은 공종의 집중 개발로 원천 기술 및 글로벌 경쟁력 확보</li> </ul>

#### 바. 4차 산업혁명 대응계획 I-KOREA 4.0 (4차 산업혁명 위원회, 2017. 11.)

- 「4차 산업혁명 대응계획」은 비전인 ‘사람 중심의 4차 산업혁명 구현’을 달성하기 위한 추진과제로, (동인) 지능화 혁신 프로젝트 추진, (기술) 성장동력 기술력 확보, (산업) 산업 인프라-생태계 조성, (사회) 미래사회 변화 대응’을 제시함
- 각 추진과제는 세부 추진과제를 포함하며, ‘지능화 혁신 프로젝트 추진’의 경우 ‘지능화 기반 산업혁신’과 ‘사회문제 해결 기반 삶의 질 제고 및 신성장 촉진’으로 구분하여 시티, 교통, 제조, 에너지, 안전 등 산업 분야별 세부 추진과제를 제시함
  - ‘성장동력 기술력 확보’의 경우 ‘지능화 기술 경쟁력 확보’, ‘혁신 성장동력 육성’, ‘R&D 체계 혁신’을 세부 추진과제로 포함하고 있음
  - ‘산업 인프라-생태계 조성’은 ‘초연결 지능형 네트워크 구축’, ‘데이터 생산 및 공유 기반 강화’, ‘신사업 규제 개선’, ‘중소·벤처/지역거점 성장 동력화’를 세부 추진과제로 제시함
  - ‘미래사회 변화 대응’의 세부 추진과제로는 ‘핵심인재 성장 지원’, ‘미래 교육체계 혁신’, ‘일자리 안전망 확충’, ‘사이버 역기능·윤리 대응 강화’가 제시됨

# 모두가 참여하고 모두가 누리는 사람 중심의 4차 산업혁명 구현

<b>기본방향</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지능화 혁신으로 다양한 신산업 창출, 튼튼한 주력산업 육성</li> <li>○ 고질적 사회문제를 해결하여 국민 삶의 질 제고</li> <li>○ 양질의 새로운 일자리 창출, 일자리 변화 대응 사회안전망 강화</li> <li>○ 누구나 이용할 수 있는 세계 최고 수준의 지능화·기술·데이터·네트워크 확보</li> </ul>
-------------	--

[그림 2-3] 4차 산업혁명 대응계획 I-KOREA 4.0의 비전

성장동력 기술력 확보	산업 인프라 생태계 조성	미래사회 변화 대응
<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="font-size: 0.9em;">지능화 기술경쟁력 확보</div> </div> <hr style="border: 0; border-top: 1px dashed #ccc;"/> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="font-size: 0.9em;">혁신성장동력 육성</div> </div> <hr style="border: 0; border-top: 1px dashed #ccc;"/> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 0.9em;">R&amp;D 체계 혁신</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="font-size: 0.9em;">초연결 지능형 네트워크 구축</div> </div> <hr style="border: 0; border-top: 1px dashed #ccc;"/> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="font-size: 0.9em;">데이터 생산·공유 기반 강화</div> </div> <hr style="border: 0; border-top: 1px dashed #ccc;"/> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="font-size: 0.9em;">신산업 규제개선</div> </div> <hr style="border: 0; border-top: 1px dashed #ccc;"/> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 0.9em;">중소·벤처/지역거점 성장동력</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="font-size: 0.9em;">핵심인재 성장지원</div> </div> <hr style="border: 0; border-top: 1px dashed #ccc;"/> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="font-size: 0.9em;">미래사회 교육 혁신</div> </div> <hr style="border: 0; border-top: 1px dashed #ccc;"/> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="font-size: 0.9em;">일자리 안전망 확충</div> </div> <hr style="border: 0; border-top: 1px dashed #ccc;"/> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 0.9em;">사이버 역기능·윤리 대응 강화</div> </div>

[그림 2-4] 4차 산업혁명 대응계획 I-KOREA 4.0의 추진과제

- 「4차 산업혁명 대응계획」에서 건설산업과 연관성이 높은 세부 추진과제로는 ‘지능화 혁신 프로젝트 추진’의 시티, 환경, 안전 내 ‘스마트 시티’, ‘스마트 건설’, ‘스마트 상하수도’, ‘스마트 SOC 관리’, ‘철도 안전’ 등이 제시되어 있음.
  - ‘스마트 시티’는 세부 추진계획으로 첨단 스마트시티 조성을 위한 국가 시범사업의 실시, 데이터 기반 도시 운영 체계의 구현, 스마트 도시재생 뉴딜사업을 포함하고 있음.
  - 정부는 ‘스마트 건설’을 위해 3D 가상설계 및 시공, 건설장비 간 통신 및 협업 시스템 등 개발, 500억원 이상 도로사업의 BIM 적용 의무화를 추진할 예정임.
  - ‘스마트 상하수도’는 시설물에 대한 실시간 모니터링 및 최적관리 기술 개발을 주요 계획으로 제시하고 있으며, ‘스마트 SOC 관리’는 노후 시설물에 대한 관리 시스템 개발 등을 포함함

## 사. 국토교통부 4차 산업혁명 대응 전략(국토교통부, 2017. 4. 21)

- 국토교통부는 국토교통 분야 대응전략 마련 및 범부처 ‘종합대책’ 수립 대응을 위해 2017년 1월에 TF를 구성·운영하였으며 ‘4차 산업혁명 발전포럼’을 통해 전문가 의견 수렴 및 보완을 거쳐 ‘국토교통 4차 산업혁명 대응 전략’을 발표함
- 국토교통부는 대응전략의 추진방향에 맞추어 ① 스마트 국토 조성, ② 교통서비스·산업 혁신, ③ 공공인프라 안전·효율 제고, ④ 혁신 기반 조성의 4가지 그룹 12개의 중점 추진과제를 선정하였음
  - 스마트 국토 조성은 초연결을 통해 국토공간을 신산업·신서비스 플랫폼으로 조성하는 것을 목표로 하고 있으며 여기에는 신산업 Total Test-Bed 구축, 스마트 도시·생활공간 구현, 공간정보 고도화 및 융복합 서비스 제공이 포함되어 있음
  - 신산업 Total Test-Bed 구축은 신산업 관련 기술이 빠르게 상용화될 수 있도록 기술개발과 실증 및 사업화를 동시에 진행할 수 있는 실증단지 조성을 추진하는 것을 의미함
  - 스마트 도시·생활공간 구현은 스마트한 도시부터 건축물, 주거까지 모든 분야의 스마트화를 실현하는 것이며 민간을 중심으로 개발 중인 스마트 홈 기술을 주택 성능 등급 평가 등 주택기준에 반영하는 등 제도적으로 지원하고, 제로 에너지 주택 시범 사업 등을 통해 스마트 주거단지 모델 제시할 예정임
  - 무인이동체(드론), VR/AR 등의 기술을 활용하여 정밀한 공간정보를 구축
  - 교통 서비스·산업 혁신은 수요자 맞춤형 교통서비스 제공 및 교통·물류 산업 경쟁력 확보를 목표로 하고 있으며 AI 및 빅 데이터를 활용한 교통서비스 혁신, 자율주행차·무인비행체·물류 서비스 산업 육성, 도로·철도·항공 운영 서비스 효율화가 포함되어 있음
  - 공공 인프라 안전·효율 제고는 건설현장 재해저감 및 안전하고 편리한 공공인프라 제공을 목표로 하고 있으며 건설사업 전주기 안전·효율 제고, IoT 기반의 선제적 SOC 유지관리, 스마트 수자원 활용 및 하천 관리가 포함되어 있음
  - 건설현장에서 ICT, IoT를 활용한 안전관리 플랫폼을 도입할 수 있도록 제도적 기반을 마련하고, 생산성 및 경쟁력 향상을 위하여 조사·측량, 설계, 시공, 검사, 유지보수 등 건설 프로젝트 생애주기에 걸쳐 ICT 및 로봇 기술을 활용하도록 할 예정임

- 혁신 기반 조성은 4차 산업혁명을 맞이하여 민간의 창의적 도전을 위한 여건과 환경을 조성하는 것을 목표로 하고 있음. 여기에는 R&D 투자 확대 및 관리체계 개선, 국토교통 공공 데이터 개방과 활용 지원, 규제 혁신 및 인력 양성이 포함되어 있음

〈표 2-5〉 ‘국토교통 4차 산업혁명 대응 전략’의 중점 추진과제

분야	중점 추진과제
(1) 스마트 국토 조성	① 신산업 Total Test-Bed 구축
	② 스마트한 도시·생활공간 구현
	③ 공간정보 고도화 및 융복합 서비스 제공
(2) 교통서비스·산업 혁신	① AI·빅데이터 기반 교통서비스 혁신
	② 자율주행차, 무인비행체, 물류서비스 산업 육성
	③ 도로·철도·항공 운영 서비스 효율화
(3) 공공 인프라 안전·효율 제고	① 건설사업 전주기 안전·효율 제고
	② IoT 기반 선제적 SOC 유지관리
	③ 스마트한 수자원 활용 및 안전한 하천 관리
(4) 혁신 기반 조성	① R&D 투자 확대 및 관리체계 개선
	② 국토교통 공공 데이터의 개방과 활용 지원
	③ 규제 혁신 및 인력 양성

## 2. 주요 외국의 스마트 건설 관련 정책 및 제도

### 가. 일본 국토교통성의 “생산성 혁명 프로젝트”

- 일본의 생산성 향상은 고도 경제 성장에 큰 원동력이 되어왔으나, 최근 생산성이 상대적으로 하락하고 있다고 지적받고 있음.
  - 일본의 건설산업은 인구의 고령화, 저출산으로 인한 생산인구의 감소, 젊은층의 건설업 기피 등에 따른 내국인 숙련인력 부족 문제에 직면해 있으며, 이러한 문제를 해결하고 건설산업의 성장을 위해 다양한 생산성 혁명 프로젝트를 추진하고 있음
  - 일본 정부는 그동안 자국 내 건설 일자리 확보, 품질 및 안전 확보, 기술 계승 등을 위해 외국인 기능인력의 투입을 배제하고 있었으며, 최근 발생한 심각한 기능인력 부족 문제를 해결하기 위한 방안으로 젊은층의 비숙련 기능인력과 여성의 건설업 진입을 유도하고 있음
  - 일본 국토교통성은 4차 산업혁명 및 스마트 건설 관련 기술의 활성화를 통한 건설산업의 생산성 향상이 내국인 숙련 인력 부족 문제 등을 해결하기 위한 주요 방안임을 인식하고 건설 자동화 기술의 활성화를 추진함
  
- 국토교통성은 인구감소사회에서 성장의 열쇠는 생산성 향상에 있다고 판단하였으며 생산성 향상이라고 하면 급속도로 발전하고 있는 ICT, IoT, 로봇 기술을 활용하는 “미래형” 투자나 신기술을 활용하는 것을 전략으로 하고 있음
  - 국토교통성의 ‘생산성 혁명 프로젝트’에서는 국민경제나 국민생활의 기반이 되는 사회자본과 관광, 물류 등의 광범위한 분야를 다루고 있음.
  - 국토교통성에서 담당하는 전체 분야를 “사회베이스형”, “산업별형”, “미래형”의 3가지로 분류하고 생산성 향상을 도모함으로써 지속적인 경제 성장에 기여하고 국민의 삶을 더욱 풍요롭고 편리하게 하고자 하는 목표를 수립함.
  - “산업베이스형”은 2016년 4월부터 수도권에 도입한 프로젝트이며, 8개의 프로젝트가 포함되어 있음. “산업별형”은 각 산업에 관련 규제를 정비하여 2017년도 이후의 가까운 미래에 적용할 것을 기대하는 프로젝트, “미래형”은 투자, 신기술을 통해 중장기적인 미래의 생산성을 높여가는 프로젝트임

〈표 2-6〉 국토교통성 20대 생산성 혁명 프로젝트

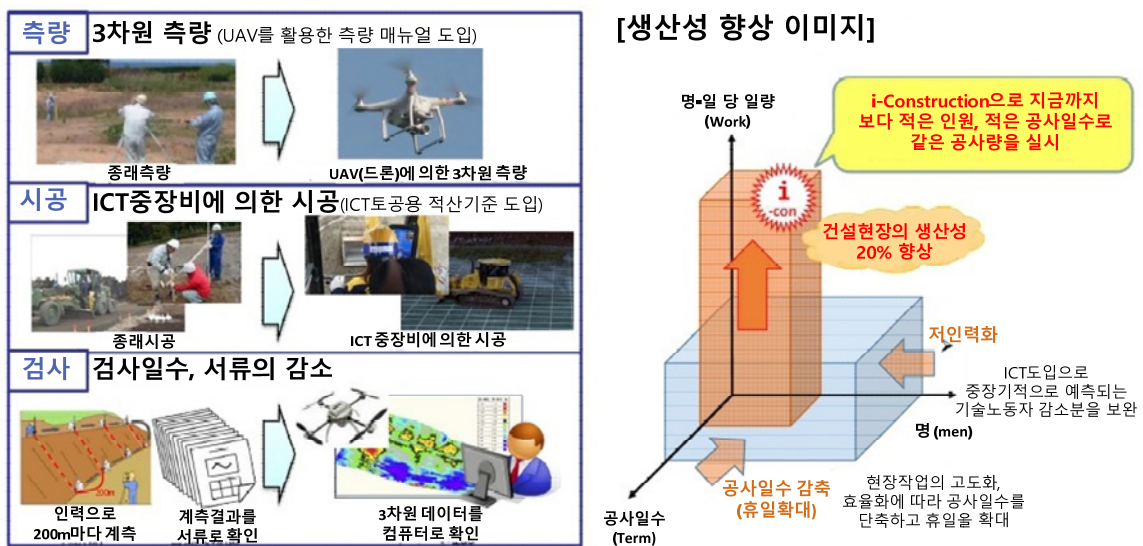
구분	프로젝트 명	분류
1	핀 포인트 정체 대책	사회베이스형
2	고속도로를 현명하게 사용하기 위한 요금제	사회베이스형
3	크루즈 새로운 시대의 실현 - 일본을 방문하는 크루즈 여행객 500만 명을 위하여	사회베이스형
4	컴팩트 플러스 네트워크 - 밀도의 경제에서 생산성을 향상	사회베이스형
5	부동산 최적상황의 촉진 - 토지, 부동산에의 재생투자과 시장의 확대	사회베이스형
6	인프라 유지보수 혁명 - 확실하고 효율적인 인프라 정비 추진	사회베이스형
7	댐 재생 - 지역경제를 지지하는 치수 능력의 조기 향상	사회베이스형
8	항공 인프라 혁명 - 공항과 관제의 베스트 조합	사회베이스형
9	i-construction의 추진	산업별형
10	주생활산업의 새로운 전개 - 기존 주택 유통, 리모델링의 활성화	산업별형
11	l-shipping과 j-Ocean - 해상 생산성 혁명, 강한 산업, 고성장, 운택한 지방	산업별형
12	물류생산성 혁명 - 효율적이고 고부가가치 스마트 물류의 실현	산업별형
13	도로의 물류 이노베이션 - 화물 운송 생산성 향상	산업별형
14	관광산업의 혁신 - 관광산업을 일본의 기간산업으로(숙박업 개혁)	산업별형
15	하수도 이노베이션 - 일본산 자원 창출 전략	산업별형
16	철도 생산성 혁명 - 차세대 기술 전개에 의한 생산성 향상	산업별형
17	빅데이터를 활용한 교통안전대책	미래형
18	고품질 인프라의 해외 전개 - 거대시장을 일본의 기폭제로	미래형
19	자동차의 ICT혁명 - 자율 운전 사회 실현	미래형
20	기상 비즈니스 시장의 창출	미래형

## 나. 일본 국토교통성의 “I-Construction”

- 건설업에서는 향후 예상되는 젊은 인력 부족에 대응하기 위하여 건설 생산 프로세스 전체를 대상으로 한 ICT 등 신기술을 활용하는 i-Construction을 추진하고 있으며 이를 통해 2025년까지 건설현장의 생산성이 20% 향상될 것을 목표로 설정하고 있음
- 2016년에는 584건의 공사에서 ICT토공을 적용하였으며, 현장 시공효율화에 관한 요소기술의 가이드라인을 책정하여 규격 표준화를 실시하였음



- 2017년 1월에는 산·학·관·민의 연계를 강화하기 위해 i-Construction 추진 컨소시엄을 설립하였으며 2017년도에는 ICT토공 외에도 ICT포장이나 ICT준설공(항만분야)를 도입(기준류의 정비), 교량 분야 등에서 3차원 데이터에 의한 설계 실시(i-Bridge의 시행), 측량 분야 및 유지관리 분야에 ICT 기술을 활용(i-Gesuido)하고 있음
  - i-Construction 추진 컨소시엄에서 신기술의 건설현장 적용성을 검증할 계획을 수립함
  
- i-Construction”의 내용은 다음과 같음.
  - i-Construction의 선두 정책이며 핵심이 되고 있는 ICT 토공은 UAV(드론)을 활용한 측량, ICT 중장비를 활용한 시공, CIM플랫폼을 활용한 검사의 3가지 항목으로 구성되어 있으며 국토교통성에서는 각각의 기술 개발이 완료되어 시범사업 등의 적용을 통해 충분한 효과가 검증되었다고 판단하고, 전면적인 적용을 추진하고 있음
  - 국토교통성에서는 2008년부터 국토교통성이 직접 발주하는 직할 공사에서 정보화 시공을 시범 적용해 왔으며 2014년에는 규모 관계없이 토공공사의 약 13%에 적용하였음. 그 결과 종래 시공방식에 비해 1일당 시공량은 약 1.5배(노반공 기준) 향상되었고, 중장비 주변의 보조 작업이나 안전표지물 설치작업이 불필요하기 때문에 중장비 오퍼레이터 외의 노동자가 1/3로 감소하였음



[그림 2-5] i-Construction의 생산성 향상 효과

## 다. 영국의 디지털 건설 “Construction 2025”

- 영국은 ‘Constructing the Team’(1994)과 ‘Rethinking Construction’(1998)을 시작으로 건설산업 혁신 운동을 지속적으로 추진하고 있으며, 2013년에는 영국 건설산업의 비전과 목표, 세부 추진과제를 제시한 산업 전략으로 ‘Construction 2025’를 발표함
- ‘Construction 2025’는 영국 건설산업의 비전, 목표, 책무, 전략적 환경(strategic context)과 우선순위, 혁신 요인(drivers of change) 등으로 구성되어 있음
  - 영국 디지털 건축 의제(the Digital Built Britain agenda)를 통해 스마트 건설(smart construction)과 디지털 디자인에 있어서 영국의 경쟁 우위(competitive advantage)를 구축을 목표로 하고 있음
- ‘Construction 2025’는 영국의 국가 산업 전략의 하나로 원가 및 사업 전 주기 비용 33% 절감, 탄소가스 50% 저감, 공사 기간 50% 단축, 건설 분야 수출입 격차 50% 감소 등을 목표로 선정함. 목표 달성을 위해 정부와 산업계가 공동으로 노력해야 할 책무(joint commitment)를 선정하고 각 책무마다 세부 추진과제를 수립해 추진하고 있음
- ‘Construction 2025’는 비전으로 사람(People), 지속성(Sustainable), 성장(Growth), 리더십(Leadership)과 함께 스마트(Smart)를 제시하고 있으며, 정부와 건설업계가 공동으로 달성해야 할 목표로 비용, 공사 기간 등에 대한 감축을 포함하고 있음
  - 스마트(Smart) 비전은 구체적으로 디지털 설계, 첨단 재료, 신기술 분야의 연구와 혁신을 통해 디지털 경제로의 전환과 스마트 건설로의 변화를 선도하고자 함
- 공급사슬 통합(integrated supply chains)과 장기적으로 생산적인 관계(productive long term relationships), 보다 저렴한 비용으로 저탄소 시설자산을 제공하는데 있어 효율적인 접근을 통하여 지속가능한 건설산업이 되도록 함을 목적으로 하고 있음
  - 영국 정부와 건설업계의 목표는 구체적으로 ①원가 및 생애주기 비용의 33% 절감, ②공사 기간의 50% 단축, ③탄소가스의 50% 저감, ④건설 분야 수출입 격차 50% 감소로 구분됨

- 스마트(Smart) 비전은 ‘①원가 및 생애주기 비용의 33% 절감’, ‘②공사 기간의 50% 단축’ 목표와 연관성이 높으며, 이는 건설산업의 스마트화를 통해 생산성 향상과 효율화를 추구하고 있음을 나타냄
- 비전 및 목표 달성을 위해 정부와 건설업계가 공동으로 추진해야 할 10대 책무를 제시하고 있으며, 이 중 스마트 비전을 달성하기 위한 주요 책무로 ‘스마트 건설과 디지털 설계를 통한 경쟁 우위 달성’, ‘R&D 활성화, 혁신 방해 요인 해소를 위한 학계 및 연구기관과의 협력 강화’를 강조하고 있음
  - 구체적인 방안으로 글로벌 스마트 건설과 디지털 설계시장 점유를 위한 정부 차원의 사업 발주 등을 통한 투자, 관련 연구 분야의 사람과 기술에 대한 투자, BIM 프로그램의 활성화를 제시함

## 라. 싱가포르의 “Construction Productivity Polices and Strategies”

- 싱가포르 건설산업은 전통적인 현장 시공 중심의 산업 구조를 지니며, 시공업체의 경우 자국의 기업이 아닌 글로벌 기업이 담당하고, 건설인력 또한 자국의 인력보다는 외국인 근로자에 의존하고 있음
  - 싱가포르의 이러한 생산방식은 근로자의 낮은 숙련도 문제, 이로 인한 건설 생산성의 저하, 안전사고 증가 등의 문제를 발생시키고 있음.
- 싱가포르 정부는 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 국가 차원에서 스마트 건설을 강력하게 주도하고 있으며, 이를 지원하는 다양한 정책과 제도를 제시하고 있음
- 싱가포르는 스마트 건설을 달성하기 위한 주요 기술로서 모듈러 등을 활용한 DfMA (Design for Manufacturing & Assembly)와 BIM과 ICT 기술을 기반으로 사업 참여자와 절차를 통합하는 IDD(Integrated Digital Delivery) 방식을 추진하고 있음
  - 건설청(BCA) 주도로 건설 생산성 로드맵(Construction Productivity Roadmap)에 근거한 BIM 로드맵을 발표하고, 가이드라인, 인센티브 및 교육제도 시행
  - 건설청(BCA)은 건축물 표준정보의 중앙 저장소(CORENET)를 만들고, 세계 최초로 BIM 전자 제출을 시작(‘08)하고 ‘15년부터 5,000m<sup>2</sup> 이상 프로젝트의 BIM 전자 제출 의무화
  - 건설청(BCA)은 ‘10년부터 교육, 컨설팅, 하드웨어 및 협업 소프트웨어의 비용에 대한 보조금 지급하고, 다수의 BIM 가이드라인과 라이브러리 개발

- 이와 더불어 DfMA와 IDD를 건설산업에 도입하고 활성화하기 위한 정부 차원의 각종 정책과 제도를 제시하고 있음. 이러한 제도와 정책은 크게 ‘수요 창출’, ‘기술 공급 능력 및 산업 역량 강화’, ‘규제 해소’를 목적으로 함



[그림 2-6] 싱가포르의 주요 건설 생산성 향상 정책

- 수요를 창출하기 위한 정책은 다시 공공과 민간 부문으로 구분됨. 공공 수요를 창출하기 위한 정책으로는 ‘생산성 프레임워크 수립’, ‘공공사업 입찰 시 가점 부여’가 있으며, 민간의 수요를 창출하기 위한 주요 정책으로는 ‘재정 인센티브 제공’, ‘정부 보유 토지의 제공’이 있음
  - 싱가포르는 생산성 수준을 향상시키기 위해 단계적 생산성 향상 계획(Master productivity plan, MPP)을 수립하고, 공공사업의 입찰 참가시 컨설턴트와 건설업체에게 생산성 측면에서 가점을 부여하고 있음
  - 재정 인센티브의 경우 공공부문은 DfMA 등에 대한 기술료를 제공하기 위해 PSCPF(Public Sector Construction Productivity Fund)를 조성하여 활용 중임
- 기술 공급 능력과 산업 역량을 강화하고 규제로 발생하는 장애 요인을 해소하기 위한 주요 방안으로 BIP(Building Innovation Panel), ICC(Inter-Agency Coordinating Committee) 등의 협의체 및 위원회를 두고 있음
  - BIP는 생산성 향상을 위한 혁신을 유도하기 위해 DfMA 등 기술의 도입을 촉진하고 새로운 기술에 대한 신속한 평가, 규제로 인한 장애 요소의 해소 등을 수행함
  - ICC는 규제 간 상충으로 인한 발생하는 문제와 함께 사업의 수행 중 발생하는 각종 문제를 해결하여 생산성 향상을 도모함
- 교육 및 세미나, 현장 견학, 가이드북 제공 등의 교육훈련 정책을 통하여 기술 공급 능력과 산업의 역량을 증진시키고자 함

## 마. 미국의 4차산업혁명 및 스마트 기술 대응을 위한 혁신전략 개정안

- 2015년 10월 미국은 국제적인 혁신 리더의 위상을 유지하면서, 미래 산업을 육성하고, 국가적 당면과제를 해결하기 위해 수립한 미국혁신전략 개정안(A strategy for American Innovation)을 발표하였음
- 미국혁신전략 개정안은 ① R&D 투자 확대와 장기적인 경제성장의 토대 마련, ② 국가 당면과제 해결과 부(副)를 창출할 수 있는 9개 전략 분야 지원, ③ 공공 R&D 성과제고를 위한 시스템 개선과 민간 혁신촉진을 위한 환경 조성 등을 주요 정책방향으로 수립하고 있음.
- 정부가 혁신기반에 대하여 세계 최고 수준의 투자(2016년 IT투자 규모 :1조 1400억 달러)를 실시하여, 민간의 혁신활동을 촉진하고, 국민의 혁신성을 유인하는 계획을 수립하였으며, 구체적으로는 첨단제조, 첨단자동차, 스마트 시티 등 9개 분야의 비전과 정책 방향이 제시되었음

〈표 2-7〉 미국혁신전략 개정안 9개 분야의 비전과 정책 방향

전략분야	비전	정책방향
첨단제조 (Advanced Manufacturing)	제조기업의 비용과 시간 단축하고, 신제품 개발 및 창업을 촉진하여 경제성장을 견인	- 혁신제조 기술개발을 위한 민관협력 기관인 NNMI를 15개로 확대(현재 9개) - 중소기업을 중심으로 한 공급망 구축, 창업 기업에 대한 지원 확대
정밀의학 (Precision Medicine)	환자의 상태를 보다 잘 이해하고 효과적인 치료법을 판단할 수 있도록 기술적으로 지원	- 정밀의학계획(PMI)에 2016년 2억 1,500만 달러를 투자하여 NIH, NCI, FDA 등의 신약 및 의료 데이터 공유 기술을 연구
브레인 이니셔티브 (BRAIN Initiative)	뇌세포 작동 원리, 신경회로 상호작용 규명 등 인간의 뇌를 이해하기 위한 기술의 촉진	- 2016년 3억 달러를 투자하여 NIH, NSF, DARPA 등의 연구 지원
첨단자동차 (Advanced Vehicles)	무인자동차 개발을 통해 교통사고 90% 저감	- 운행 및 안전기준 관련 연구에 투자 확대, 기술적용을 위한 규제 개선 등
스마트시티 (Smart Cities)	교통, 범죄 등 도시정보를 수집, 활용하여 삶의 질 개선	- 스마트시티 계획(Smart city Initiative)에 따라 안전, 에너지, 교통 등의 연구 진행, 20개 이상 도시가 참여하는 기술 활용 연구 진행

전략분야	비전	정책방향
청정에너지 및 에너지 효율 (Clean Energy and Energy Efficient Technologies)	재생에너지, 청정에너지 개발 및 고효율화를 통해 탄소 배출 저감 및 에너지 안보 강화	- 2016년에 76억 달러를 청정에너지, 지속가능 교통기술 등에 투자
교육기술 (Educational Technology)	브로드밴드, 클라우드 등을 활용한 혁신적 교육법 개발로 교육의 질과 성과를 향상	- 2018년까지 99%가 학생을 고속 인터넷에 연결하는 ConnectED사업 추진, 교육고등연구계획국(ARPA-ED) 설치
우주기술 (Space)	민간과의 협력을 통해 우주비행 비용의 획기적 감소, 민간항공산업 성장 촉진	- NASA 상업 유인 우주운송에 2017년까지 60억 달러 투자 계획
차세대컴퓨팅 (New Frontiers in Computing)	슈퍼컴퓨터(HPC) 개발로 공공서비스 질 향상, 경제성장, 건강 및 안전 등 확보	- 국가전략컴퓨팅계획(2015)에 따라 HPC 개발을 국가적으로 지원

#### 바. 독일의 4차 산업혁명에 대응한 “인더스트리 4.0”

- 전 세계의 제조업 경쟁이 심화되는 가운데 독일은 자국의 제조업의 미래 경쟁력을 높여 나가는 동력으로서 인더스트리 4.0의 제조업 진화 전략을 추진하고 있음
- 인더스트리 4.0은 제조업과 같은 전통 산업에 IT 시스템을 결합하여 생산 시설들을 네트워크화하고 지능형 생산시스템을 갖춘 스마트 팩토리로 진화하자는 것임
- 인더스트리 4.0은 사물, 서비스 간 인터넷의 확산으로 지능형 생산시스템이 구축됨으로써 기존 제조업의 생산방식을 스마트 생산 등으로 전환하는 개념이며 임베디드 시스템을 통해 원료, 생산, 물류, 서비스, 제품이 네트워크에 연결되고, 사이버 물리 시스템(CPS)를 통해 생산 과정을 통제하는 것이 스마트 팩토리의 기본 개념임
- 스마트 생산 등이 실현되기 위해서는 사물 서비스 간 인터넷 기반 위에서 상품이 제조될 수 있도록 통제할 수 있는 플랫폼인 사이버 물리 시스템을 구축하는 것이 핵심 요소이며 인더스트리 4.0을 위해 요구되는 9가지 기술을 제시하였음

〈표 2-8〉 인더스트리 4.0에서 요구되는 9가지 기술

요구 기술	기술 방향
빅 데이터와 분석	제조 품질을 최적화하고, 에너지를 절약하고, 장비 서비스를 향상시킬 수 있는 대규모 데이터에 기반한 분석은 최근 제조업계에 등장함. 인더스트리 4.0에서는 실시간 시스템 의사결정을 지원하기 위해 다양한 소스의 데이터 수집 및 분석이 필요함
자율 로봇	다양한 제조업에서 로봇을 사용해왔지만, 앞으로의 로봇은 더욱 자율적이고, 유연하고, 협력적으로 바뀔 것임. 로봇은 인공지능을 통해 상호 작용할 수 있으며, 인간으로부터 배우고, 더욱 향상될 것임
시뮬레이션	제품, 재료 및 생산 프로세스에 대한 시뮬레이션은 이미 사용되고 있지만, 더욱 광범위한 시뮬레이션이 활용될 것임. 앞으로의 시뮬레이션은 실시간 리얼타임 데이터를 활용할 것임. 물리적으로 도입하기 전에 가상 환경에서 사전에 테스트 및 최적화할 수 있게 됨에 따라 시간이 단축되고, 품질이 향상될 것임
수평 및 수직 시스템 통합	오늘날 대부분의 IT시스템은 통합되지 못한 것이 현실임. 인더스트리4.0에서는 회사 간, 범용 데이터 통합 네트워크가 진행되고, 자동화된 서플라이 체인이 구현될 것임
IoT	제조업에서 사용되는 센서와 장비 가운데 일부만 네트워크로 연결되어 있음. IoT기술을 활용하면 더 많은 장비가 임베디드 컴퓨팅으로 연결됨. 이를 통하여 장치들은 필요에 따라 통신이 가능하며, 분석과 의사결정을 위한 실시간 데이터 전달이 가능하게 됨
사이버 보안	많은 회사들이 여전히 연결되지 않거나, 폐쇄적인 관리 시스템에 의존함. 인더스트리 4.0과 함께 연결성의 증가로 인하여 사이버 위협으로부터 시스템과 제조 라인을 보호할 필요성도 증가함
클라우드	인더스트리 4.0에서는 생산 관련 분석 업무가 늘어남에 따라 데이터 공유 및 처리 능력의 향상이 필요함. 클라우드 기술을 활용하여 머신 데이터 처리 능력이 향상하여 더 많은 데이터 서비스가 가능하게 됨. 프로세스를 모니터링하고, 제어하는 시스템도 클라우드 기반이 될 수 있음
3D 프린팅	현재 회사들은 3D 프린터와 같은 제조 방식을 도입하기 시작하였으며, 프로토타입을 제작하는데 사용됨. 인더스트리 4.0을 통해 가벼운 디자인과 맞춤형 제품을 생산하는데 활용될 것임
증강현실 (AR)	아직 증강현실 기술은 초기 단계에 있지만, 미래에는 의사결정 및 작업 절차 개선을 위한 실시간 정보를 제공할 수 있을 것임. 또한, 교육 측면에서도 활용이 가능할 것임

#### 사. 중국의 4차 산업혁명 대응을 위한 “제조 2025”

- 2015년 5월 8일, 중국 국무원은 생산대국에서 제조대국으로 이동하기 위하여 「중국제조 2025」를 발표하였음. 중국제조 2025의 목표와 원칙, 방침을 쉽게 보급하기 위하여 일이삼사오오십(一三三四五五五)이라는 키워드로서 홍보하고 있음
- 중국은 「중국제조 2025」를 통하여 10대 중점분야(산업)를 집중 육성할 계획이며 10대

중점분야에는 차세대 정보기술(IT), 하이클래스 디지털 제어공작기와 로봇, 우주항공 시설, 해양 프로젝트 설비와 하이테크 선박, 선진적 지하철 및 도시철도설비, 저에너지와 신에너지 자동차, 전력설비, 신재료, 바이오의약과 고성능 의료기기, 농업기기설비가 포함되어 있음

- 2014년 10월에 리커창(Li Keqiang) 국무원총리가 독일을 방문하여 중·독 협력 합의문을 발표하였음. 이 합의문의 주요한 내용으로는 ①중국과 독일이 4차 산업혁명과 관련하여 정부부문에서 정책 대화를 시작할 것, ②정보통신규격의 표준통일을 위한 노력 개시, ③민간 기업에 의한 물류, 제조, 판매에서 클라우드, 빅 데이터 활용을 촉진하는 것이 포함되어 있음
- 중국과 독일은 「중국제조 2025」와 관련하여 중국 지방정부와 독일의 기업, 중국의 연구기관과 독일 기업, 중국 지방정부와 독일 지방정부 등의 패턴으로 협력관계를 강화하고 있음
- 선양(Shenyang)시의 산업 파크에는 독일 BMW, ZF, KUKA 등의 선진기업이 입주하고, 제조라인이나 연구개발센터가 설치되었음. 이외에도 청도(Chingtao)시, 충칭(Chongqing)시에도 Industrie 4.0와 관련한 산업 파크가 개발되고 있으며, 독일의 선진기술을 도입하고 싶은 지방정부 간의 경쟁이 진행되고 있음

〈표 2-9〉 중국 제조2025의 구성

구분	분류	추진 내용
—	목표	① 제조업 강화를 목표로 함
二	방향성	① 정보화 ② 공업화의 2가지 방향성을 융합 발전시킴
三	성장 단계	① 2025년 제조강국 반열에 합류 ② 2035년에 중국제조업 전체가 세계 제조강국의 중간정도 ③ 2049년(신중국 성업100주년)에 세계 제조강국의 톱
四	원칙	① 시장에 의한 주도, 정부에 의한 유도      ③ 전면적인 추진, 중점분야의 비약 ② 현재에 축을 두 먼 미래를 응시      ④ 자주발전, 협력, 윈윈
五	방침	① 이노베이션에 의한 구동      ④ 구조 최적화 ② 품질우선      ⑤ 인재중심 ③ 그린발전
五	중점 프로젝트	① 제조업 이노베이션 센터 건설 프로젝트      ④ 그린제조 프로젝트 ② 제조업 기반강화를 위한 공업기반 강화 프로젝트      ⑤ 하이엔드 설비 이노베이션 프로젝트 ③ 스마트 제조 프로젝트
十	중점분야	① 차세대 정보기술(IT)      ⑥ 저에너지와 신에너지 자동차 ② 하이클래스 디지털 제어공작기와 로봇      ⑦ 전력설비 ③ 우주항공시설      ⑧ 신재료 ④ 해양 프로젝트 설비와 하이테크 선박      ⑨ 바이오 의약과 고성능 의료기기 ⑤ 선진적 지하철, 도시철도설비      ⑩ 농업기기 설비



## 아. 시사점

- 최근 스마트시티, 건설분야에서도 ICBAM 기반 버추얼팩토리, 가상도시 연구가 진행되고 있고, 교통/안전/재난 등 다양한 분야에서 적용되고 있으나 연구사업별 테스트베드를 각각 선정하여 실제 운영을 위한 시스템 통합에 어려움이 있음
- 또한, 건설분야에서도 디지털 트윈을 구축하여 건설비용과 시간을 절감하기 위한 프로젝트들이 시작되고 있으나, 도로 건설 단계는 물론 유지관리 단계까지 가상 인프라와 현실 인프라를 연동시켜 운영 및 관리하는 단계에는 미치지 못하고 있음
- 스마트 건설의 구성기술을 관리/통합하고 종합적인 검증을 위한 통합 테스트베드의 구축과 통합관리의 기준 마련 및 실행방안 연구가 필요함.
- 정부, 기업 등 다양한 주체에 의해 다양한 규모 목적으로 시행되는 스마트 건설 관련 기술개발의 효율을 높이고 산업을 촉진하기 위해서는 스마트 건설기술의 일반화가 필수적임
- 현재 전 세계적으로 시행되고 있는 스마트 건설사업은 기업, 정부 등 다양한 주체에 의해 다양한 목적 규모로 시행되고 있음
- 따라서 스마트 건설 관련 기술개발의 효율을 높이고, 국내 스마트 건설 관련 산업의 해외 진출을 위해서는 국제적으로 통용 가능한 일반적인 스마트 건설기술이 필요함.
- 스마트 건설기술 관련 국내외 정책 동향의 시사점
  - 일본: 고령화가 심각한 일본은 세계 정상급의 로봇, 기계 기술을 활용한 정보화, 자동화를 통해 인력을 대체하는 것을 목표로 하고 있음. 건설업에서도 i-construction이라는 중장비 자동화를 실전 투입하는 등 동일한 방향성을 보이고 있음. 기술 적용을 위한 각종 지침의 개정, 가이드라인 제시, 규격의 표준화 등 산업 차원의 지원방안과 함께 민간기업들의 경쟁력 확보를 위한 지원 정책을 시행하고 있음
  - 영국: 기술 적용 및 사업 수행을 위해 민간 건설업체에 대한 지원 정책보다는 스마트 건설사업 발주 물량의 확대, 행정 절차의 간소화, R&D를 통한 기술 지원, 전문인력의 양성 등 산업차원의 지원방안을 다수 제시하고 있음. 또한 ‘스마트 건설과 디지털 설계를 통한 경쟁 우위 달성’, ‘R&D 활성화, 혁신 방해 요인 해소를 위한 학계 및 연구기관과의 협력 강화’를 강조하고 있음

- 싱가포르: 스마트 건설사업 수행에 대한 가점 부여, 공공 및 민간 부문의 재정적 지원을 위한 각종 펀드 조성, 정부 차원에서 각종 협의체 및 위원회 운영 등 각종 지원 정책과 장치를 마련하여 민간 건설업계의 참여를 유도하고 있음. 스마트 건설을 달성하기 위해 모듈러 공법과 BIM과 ICT 기술을 기반으로 사업 참여자와 절차를 통합하는 방식으로 스마트 건설 활성화를 추진하고 있음
  - 미국: 미국은 4차 산업혁명에 따른 제조업 혁신을 위하여 제조업 부문과 정보통신기술 부문에 막대한 연구개발비를 투자하고 있음. 이외에도 스마트 시티, 의학, 교육, 우주 부문 등 미래를 위한 부문에도 투자되고 있음. 정부가 선투자를 실시하여 민간의 혁신활동을 촉진하고, 참여를 유도하는 방향으로 진행하고 있음. 세계 선두에 위치하고 있는 각각의 글로벌 기업들이 자신들의 경쟁력 확보와 플랫폼 선점을 위하여 투자하고 있는 상황임
  - 독일: 제조업 경쟁력이 심해지는 가운데 독일 제조업 경쟁력을 확보하기 위한 정책을 추진하고 있음. 특히 인더스트리 4.0은 스마트 팩토리라고 하는 제조업의 스마트화를 꾀하기 위해 추진하고 있는 것이며, 다양한 4차 산업혁명 요소 기술이 포함되고 있음
  - 중국: 중국은 세계의 공장이라고 불릴 만큼 제조업 국가가 되었으나, 단순 제조에 한정되고 있다고 인식하고 있음. 이에 중국은 세계적인 선진 국가 레벨의 대응을 진행하는 것이 아니라 정보통신기술을 활용하여 자신들의 현재 제조업 능력을 향상시키는 것에 초점을 두고 있음. 또한, 민간 기업들이 4차 산업혁명의 요소기술들에 투자하고 선점할 수 있도록 투자를 유도하여 일부 기술에 대해서는 세계적인 수준에 도달하고 있으나, 아직 이러한 요소 기술들이 제조업 및 건설산업 등과 융합하는 구조는 아닌 것으로 평가되고 있음
- 스위스 최대 은행 UBS는 세계경제포럼(WEF)에서 기술수준 교육수준, 인프라 수준, 노동구조의 유연성, 법적 규제 등의 5개 요소로 4차 산업혁명에 적응하기 용이한 국가들을 평가하였음. 이 평가에서 스위스, 싱가포르, 네덜란드 등의 선진국이 전반적으로 높은 평가를 받았으며, 아르헨티나, 페루, 브라질 등의 개발도상국이 낮은 평가를 받았음. 한국은 25위이며, 기술수준과 적응능력교육, 인프라의 측면에서는 높은 평가를 받았지만, 노동구조의 유연성과 법적 규제 면에서 매우 낮은 평가를 받았음. 따라서 스마트 건설기술이 활성화되기 위해서는 이를 위한 진흥 정책과 더불어 발전을 저해하는 정책 환경 요인을 발굴하고 이를 해소할 수 있는 다양한 정부차원의 제도개선과 정책 마련이 필요함

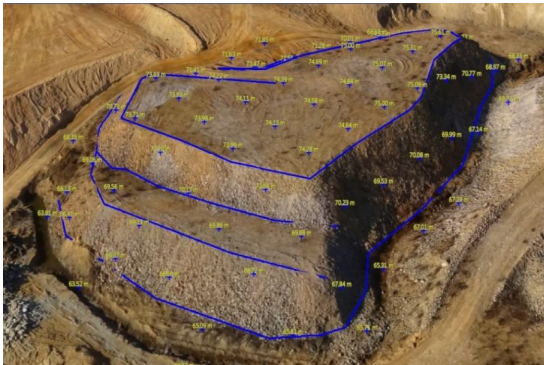
### 3. 스마트 건설기술 사례

#### 가. 드론 활용 사례

- 드론은 무인 항공기(Unmanned Aerial Vehicle, UAV 혹은 Unmanned Aerial System, UAS) 또는 원격조종 항공기(Remote Piloted Aircraft System, RPAS)로 정의될 수 있음
  - 항공안전법 및 동법 시행규칙에서는 무인동력 비행장치를 ‘연료의 중량을 제외한 자체중량이 150kg 이하인 무인 비행기(고정의 드론), 무인 헬리콥터(대형 회전익 드론), 무인 멀티콥터(중소형 회전익 드론)’로 분류하고 있음
- 건설 분야에서 드론의 활용은 주로 카메라 시스템의 페이로드 및 라이다(Light Detection and Ranging, LiDAR)와 열화상 카메라 등의 센서를 적용하여 사용함
- 건설 드론은 프로젝트 수행 시 발생하는 작업이나 현장 안전관리, 유지관리 등에 활용되어 작업의 간소화 및 비용 저감, 근로자의 안전성 확보, 최적의 의사결정에 도움을 주어 건설 품질을 향상시킴
- 드론은 건설 분야에 다양하게 활용할 수 있음. 드론의 영상촬영으로 지형 매핑 및 토지 측량이 가능함. 대규모 토지를 측량할 수 있기 때문에 현장 지형을 시각화하는 시간을 대폭 단축할 수 있음. 또한, 드론을 활용하여 구축된 고해상도 이미지 및 점군 데이터를 3차원 모델로 변환할 수 있어 효율적인 프로젝트 수행이 가능하게 되며 공기 단축 및 비용 절감이 가능함
- 드론을 활용하여 시설물을 검측할 수 있음. 시설물 주변을 드론이 비행하면서 안정성과 세부 사항을 확인하고 분석을 위한 고해상도 영상 정보를 취득함으로써 시설물의 검측이 가능함
  - 예를 들어, 대형 콘크리트댐의 안전을 위해 주기적으로 실시하는 균열 검측의 경우 그동안은 곤돌라에 탑승한 사람의 육안 검측 방식에 의존하였음. 위험하기도 하고 정확성도 떨어지나 드론이 댐 주변을 샅샅이 촬영한 후 영상을 분석하면 콘크리트 댐의 균열 여부를 간편하고 안전하게 검측할 수 있음
  - 교량·타워·지붕 및 가시설과 같은 대규모 시설물의 검측을 통한 유지관리에도 적용이 가능하며, 다양한 센서를 활용하여 열 누출과 전기 문제 등을 감지할 수 있음

〈표 2-10〉 일반 항공측량과 드론 영상 측량 비교

구분	일반 항공측량	드론 영상 측량
구성장비	- 항공사진측량용 비행기 및 카메라 - 고정밀 항법장치 - 전용 도화기 및 처리 S/W	- UAV 기체 및 카메라 - Low cost GNSS/MEMS - Cad용 computer 및 S/W
비용	고가	저가
인력	- 조종사, 보조종사, 촬영사, 정비사 등 전문인력	- 교육을 득한 원격조정자
연료	항공유	배터리
비행 고도	800m 이상	300m 이하
영상취득 방식	연직사진	경사사진
지상기준해상도(GSD)	5cm	3cm
촬영시간	길다	짧음
촬영면적	대규모	소규모



[그림 2-7] 드론을 활용한 토공 3차원 관리



[그림 2-8] 드론을 활용한 현장 시공관리

- 드론은 필요한 장면을 시각화하고 이를 공사 현장 관리자에게 제공하여 건설 프로젝트의 진행 상황을 현장에 방문하지 않고도 관리자가 파악할 수 있게 해줌. 이는 설계팀, 엔지니어, 시공 관리자, 작업자 및 발주자에게 동시에 데이터를 전송하여 건설 프로젝트를 수행하면서 발생한 오류를 빠르게 파악하여 효율적으로 협업할 수 있도록 만들어 줌
- 건설현장의 보안감시와 작업자의 안전확보에도 드론의 활용이 가능함. 영국의 캡테라(Capterra)사에 따르면 매년 건설현장에서 많은 건설자재와 건설장비가 도난되고 있으며, 그중 되찾아오는 비율은 25% 미만이지만 드론을 활용하면 비행을 통해 장비의

존재 유무를 판단하고 현장에 접근 권한이 없는 사람의 존재 유무도 확인하여 건설현장의 도난을 방지할 수 있는 보안 감시가 가능함

- 또한, 드론의 실시간 영상을 통하여 건설 현장의 고소 작업자와 위험구역 내 작업자의 안전 상태를 모니터링함으로써 현장의 안전사고를 예방할 수 있음



[그림 2-9] 드론을 활용한 현장관리



[그림 2-10] 드론을 이용한 콘크리트댐 균열 검측

- 글로벌 시장조사기업인 얼라이드 마켓 리서치(Allied Market Research)는 세계 건설 드론 시장이 2020년부터 2027년까지 연평균 15.4%씩 성장하여 2027년에는 약 120억 달러(약 13조 9,080억 원) 규모에 이를 것으로 예상하고 있음<sup>1)</sup>. 건설 드론의 활용이 인프라 측량, 3차원 공간정보 취득, 준공 검측, 현장 측량 등으로 확대됨에 따라 건설 드론 시장은 지속적으로 성장할 것으로 전망되고 있음

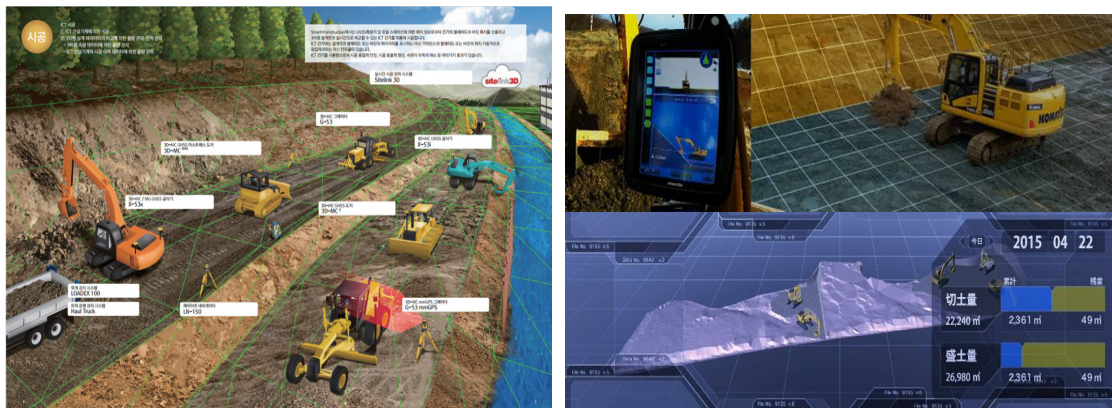
1) Smart Construction Report, 한국건설기술연구원. 2021. 3.

## 나. 시공장비 자동화 사례

- 건설산업에서 건설기계 자동화 및 로봇의 활용은 공공 인프라, 상업용 및 주거용 건물, 원자력 발전소 등의 다양한 분야에서 인력 투입을 최소화하거나 완전히 대체하는 것을 의미함
    - 건설장비의 자율주행에 의한 자동화 또는 반자동화는 자동차, 가전제품, 생활 지원 로봇 등 제조업에서 폭넓게 적용되어 왔으나 건설 자동화에 대한 수요가 증가함에 따라 건설산업에도 적용이 확대되는 추세임
    - 단순 반복 작업의 자동화 등을 통해 인력을 전부 또는 부분적으로 대체함으로써 생산성 및 안전성 향상에 기여할 것으로 전망됨
  - 불보건설기계는 이미 지난 2016년 9월 자율주행 덤프트럭과 휠로더(모래·자갈 등을 퍼 나르는 건설기계), 화물 운반 차량이 운전자나 원격 조종자 없이 채석장에서 골재를 채취해 실어 나르는 장비를 개발함
    - 사물인터넷(IoT) 기술로 기계끼리 통신하면서 휠로더가 퍼 옮기는 골재를 덤프트럭에 담아 목표 지점에 정확히 옮기는 작업이 가능해짐
  - 국내의 두산인프라코어, 현대건설기계, 영신DNC(전문건설기업) 등도 건설장비에 머신 가이던스(MG)<sup>2)</sup>와 머신 컨트롤러(MC)<sup>3)</sup>를 장착하여 비숙련공들도 정밀한 토공작업이 가능하도록 하는 기술을 상용화하고 있음
    - 머신 가이던스(MG)/머신 컨트롤러(MC) 시스템(전문건설기업 영신DNC)은 건설현장에서 기존의 굴삭기, 도저, 롤러, 그레이더 등의 작업방법에서 탈피하여 각종 센서 및 고정밀 GPS를 장착한 ICT기술을 도입, 측량요원의 측량 및 측량표식 없이 자동제어를 통해 토공작업의 생산성, 효율성 및 시공품질 향상이 가능한 건설기계 자동화 시스템임
    - 장비에 3D 도면을 입력하고, 위치추적을 할 수 있는 장치 및 센서를 부착하여 위치, 깊이, 폭, 경사 등의 굴삭 정보를 건설장비 운전기사에게 제공하여 작업의 생산성과 효율을 높이는 역할을 함
- 
- 2) '머신 가이던스(MG)'는 굴삭기의 붐과 암, 버킷 등 작업부위와 본체에 부착된 4개의 센서를 통해 수집된 작업 정보를 조종석의 모니터를 통해 작업자에게 제공하는 시스템임. 이 시스템을 사용하면 별도의 측량 작업 없이 진행 중인 굴삭 작업의 넓이, 깊이 등 각종 정보를 2센티미터 오차 범위 내에서 정밀하게 확인할 수 있음
- 3) '머신 컨트롤러(MC)'는 디지털 센서와 전자유압시스템 등을 통해 굴착기의 자세와 작업지점 등을 실시간으로 운전자에게 알려주고 터파기 작업, 관로 작업, 평탄화 작업 등을 반자동으로 수행할 수 있도록 지원하는 시스템임



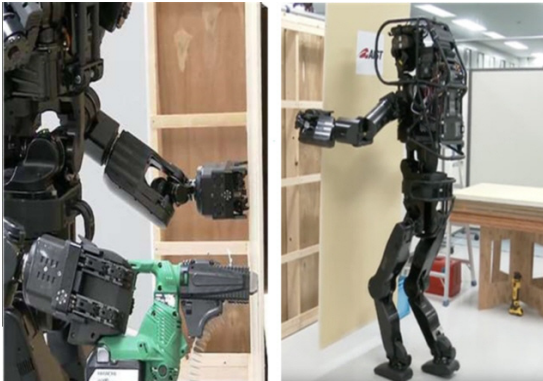
- 자동화 롤러시스템은 장비에 가속도센서와 온도감지센서, GNSS안테나를 통하여 다짐도와 다짐횟수, 다짐면 온도를 측정하고 관제서버를 통해 웹과 핸드폰에서 시공 현황 실시간 확인가능. 또한, 관제에서 작업 시작된 특정 Task를 지정하여 원하는 작업시간, 작업구간에 대한 Data Report 출력 가능함
- 자동화 도저 및 그레이더시스템은 장비에 Slope 센서, IMU 센서, GNSS안테나를 통해 블레이드의 움직임 및 위치를 취득하고 유압제어를 하여 장비에 들어간 3D 도면의 시공 계획면까지 자동으로 블레이드 작동을 함. 작업자는 장비 운전만 하고 시공은 도면에 따라 오토로 작동이 되므로 오시공 및 공기가 줄어들 효과를 보임



〈영신DNC의 건설기계 자동화 시스템〉      〈일본 코마츠사의 반자동 굴삭기〉  
 [그림 2-11] 머신 가이드와 머신 컨트롤러를 이용한 건설기계 자동화 시스템

- 미국의 트림블(Trimble), 일본의 코마츠, 스웨덴의 볼보 건설기계에서는 굴삭기·도저·그레이더·진동롤러 등의 건설장비가 자율주행으로 운영되도록 자동화 기술을 개발하고 있음. 코마츠는 건설현장에서 친환경적인 건설기계의 운용을 위해 배터리를 장착한 장비를 개발하고 있음
  - 건설기계 제작사들이 무인·자동화 기술에 적극 나서는 이유는 24시간 작업이 가능해지는 등 생산성 향상과 함께 인명 사고를 예방할 수 있기 때문임. 굴삭기 작업은 운전기사가 굴삭기를 조작해 땅을 파면, 측량사가 직접 땅을 판 곳의 면적과 경사도 등을 측정함. 설계도에 따라 작업이 이뤄지지 않으면 다시 굴삭기로 땅을 파고 고르는 작업을 반복하는 방식으로 진행됨
  - 이런 방식의 전통적인 토공작업은 속도도 느리고, 측량 도중 굴삭기와 충돌하여 작업자의 부상이 발생하곤 함. 제작사들이 굴삭기에 머신 가이드와 머신 컨트롤러를 부착하여 측량사 없이 작업할 수 있는 기술을 개발하고 있는 것도 이 때문임

- 건설 로봇은 웨어러블 로봇, 검측 로봇, 현장 시공 로봇, 자율주행 건설장비 등을 들 수 있음. 웨어러블 로봇은 영국의 윌모트 디슨(Willmott Dixon) 등이 대표적이며, 현장에서 작업자가 착용하여 무거운 장비를 조작하면서 느끼는 피로를 줄여줌
- 시공 로봇으로는 조적식 구조물을 자동으로 시공하는 로봇인 하드리안 엑스(Hadrian X), 용접 로봇인 로보 웰더(Robo Welder), 그리고 3D 프린팅 로봇 등이 활발히 개발되고 있으며 제조업에서 활용되는 로봇 암 등을 조립식 주택에 접목하여 건설산업에 적용하고 있음
  - 건설 로봇은 위험한 작업환경에서 일하는 작업자를 대체하여 생산성·품질·안전성을 향상시키며, 높은 시공 정확도와 빠른 반복작업을 통하여 공사비 절감과 공기단축이 예상됨. 또한, 건설산업에 로봇 공학을 융합하여 젊고 유능한 인력의 유입을 촉진시켜 건설산업의 체질 개선에 기여할 것임



[그림 2-12] 휴머노이드 건식벽 시공 로봇  
(일본 산업기술종합연구소)



[그림 2-13] 하이테크 외골격 조끼

- 글로벌 시장분석기관인 마켓 앤드 마켓에서는 건설 로봇 시장이 연평균 16.8%씩 성장해 2023년까지 1억 6,640만 달러(약 1,913억원) 규모에 이를 것으로 예상하고 있음, 글로벌 웨어러블 로봇 시장은 83억 달러(약 9조 5,450억원)로 전망하고 있음<sup>4)</sup>

4) 스마트 건설 글로벌동향과 사례분석, IRS Global, 2021. 1.



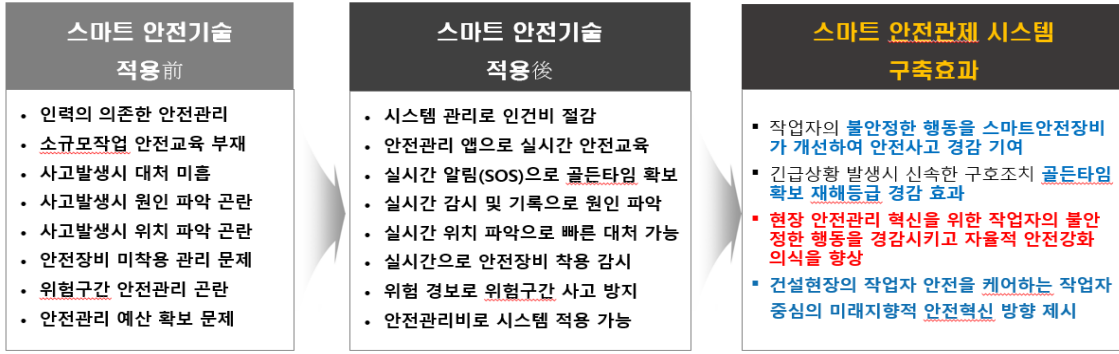
## 다. 스마트 안전기술 사례

- 스마트 기술의 발전과 국내 건설현장 안전관리 실태를 고려할 시, 건설재해 방지 및 저감을 위해 스마트 안전기술의 활성화 필요. 건설 안전 수단도 기술적 대책밖에 남지 않는 상황임
- 근로자 교육적 대책은 근로자의 안전의식과 안전 문화와 관련되어 외생적(산업환경 등) 변수에 좌우되고, 그 효과가 점진적이며 장기적으로 발휘되므로 한계가 있음
- 스마트 안전기술 활용은 재해 근본원인인 관리적 결함과 직접적 원인인 작업자의 불안전 행동 및 불안전 상태를 제거 가능함
  - IT 기술에 기반한 안전관리 정보화는 업무의 효율성을 증진시켜 재해의 근본원인인 관리상 결함 제거 또는 최소화 가능
  - 방호장치/Fail Safe 설계는 휴먼에러(불안전 행동) 최소화, IoT기술을 활용한 모니터링 시스템은 불안정한 상태의 조기 감지 가능
- (스마트 안전기술의 정의) 건설현장 작업자 안전장비에 IoT기술 및 무선통신을 적용하여 작업자의 안전 현황을 실시간으로 관제함으로써 안전사고를 줄일 수 있도록 개발된 기술
- (스마트 안전기술의 분류) 스마트 안전기술 및 장비 분류는 휴대용과 설치용으로 구분됨
  - 작업자 휴대용(웨어러블): 스마트 안전벨트, 스마트 위치태그, 스마트 안전 모바일앱
  - 작업공간 설치형(장비, 환경, 위험센싱): 이동형CCTV (무선 CCTV), 장비 접근경보 시스템, 유해가스 측정시스템, 가시설 변위 감지시스템, 개구부 열림 알림 시스템, 위험구역접근 제한 시스템
- 작업자 휴대용 안전장비는 특히 웨어러블 장비를 이용한 인체신호를 감지하여 사고를 방지하는 다양한 응용 기술이 개발되고 있으며 건설분야에 직접적으로 활용되고 있음 (〈표 2-11〉 참조)
- 건설현장에서 개인 안전관리를 위한 웨어러블 장비 개발은 인체신호를 감지할 수 있는 나노 소재 복합섬유 기반 편·직물 제조 및 응용기술 개발과 안전장비를 활용한 웨어러블 인터페이스 시스템 기술 개발이 주로 이루어지고 있음
  - 작업복 섬유 제품에 적용 가능한 편직물 형태의 나노 소재 기반 웨어러블 소자 및

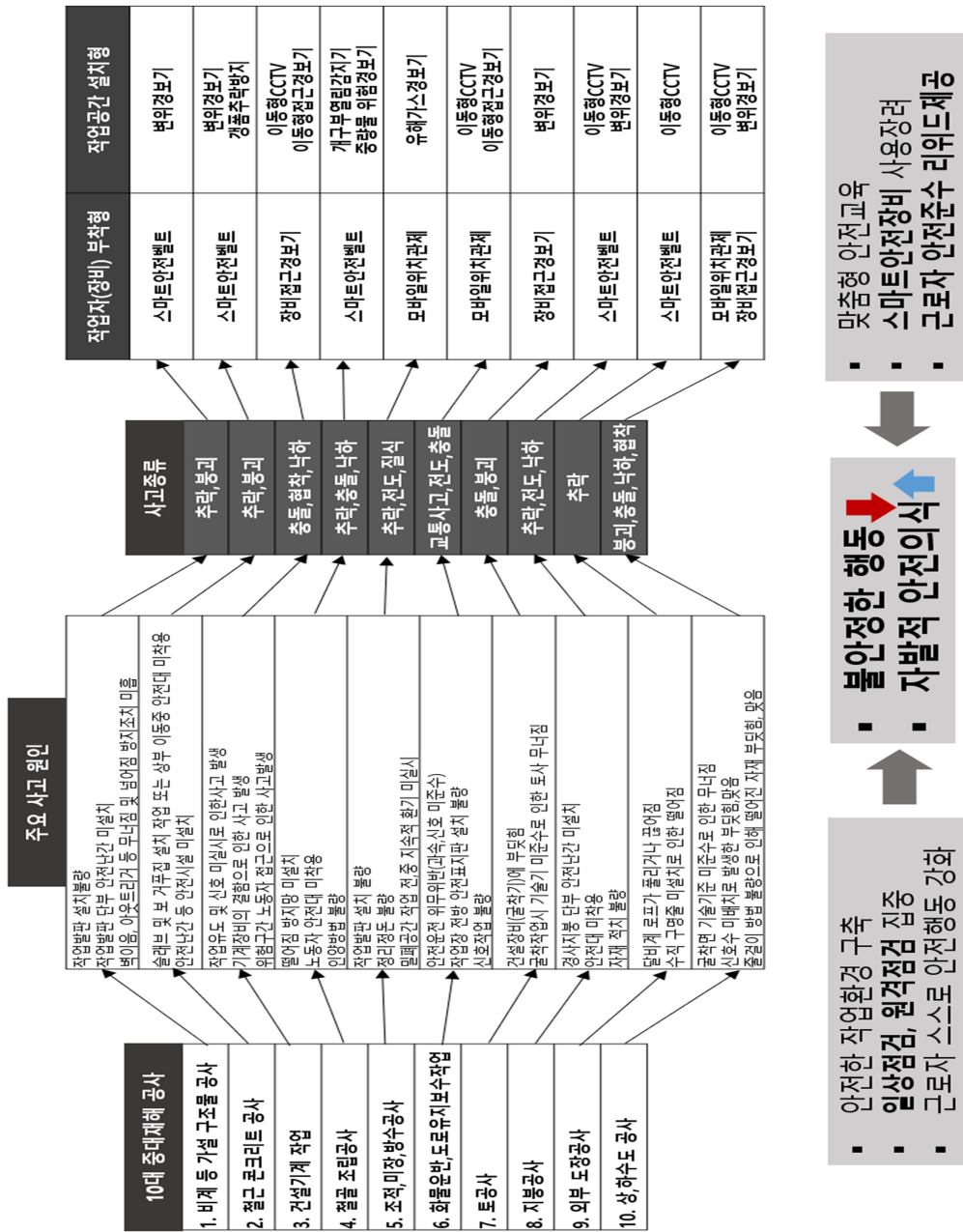
소재로서 근로자의 심박, 호흡량, 체온, 움직임 등의 인체 생체신호를 감지할 수 있는 스마트 섬유 개발

- 작업복, 안전모, 안전작업화처럼 법적으로 요구되는 일반 안전장비를 활용한 ‘안전 스마트 장비’ 시스템 개발 및 탈부착성, 모듈형, 패스닝(Fastening: 단추, 지퍼, 스냅, 버클, 벨크로 등) 웨어러블 인터페이스 시스템을 개발하여 근로자에게 거부감 없이 실시간 센싱 데이터를 모니터링하는 시스템을 구축하는 기술들이 개발되고 있음

- (스마트 안전기술 활용) 현재 스마트 안전기술 적용은 건설 프로젝트의 시공단계에 주로 적용되고 있으나 향후 건설사업의 프로세스 및 산업 차원으로 확장되고, 시공단계에서 확대되어 건설사업 전 단계에 적용되는 것을 지향하고 있음
- 현재 위험성 감지, 위험성 평가, 대책수립, 결과평가로 이어지는 종합적인 위험관리를 통해 사전적 재해예방이 가능한 기술개발이 요구되고 있음
  - 개발된 스마트 안전기술이 안전성과로 이어질 수 있도록 스마트 안전기술의 신뢰도와 실효성 향상이 동반되어야 하는 시점임
- 스마트 안전기술의 신뢰성·실효성은 장비의 정확성과 수집된 데이터에 의해 좌우되므로 건설사업 전주기 안전관리 결과의 디지털화를 위한 노력이 요구되는 상황임
  - 산업재해 조사 결과에는 위험요인, 재발방지대책 등 건설현장 재해예방을 위한 안전 정보가 확보되어 있으나 빅데이터화 등의 디지털화가 되지 않아 활용성이 낮음
- <그림 2-15>와 같이 스마트 안전기술은 건설업 10대 중대재해 공사시 적용 가능하고 사고 저감과 업무 효율화가 모두 가능한 기술로 현재 다양한 사고 및 재해에 대한 스마트 안전기술의 도입과 적용이 활발히 이루어지고 있음
  - 스마트 안전기술은 활용 비용이 높은 기술로 사고위험이 가장 높은 소규모 건설현장에 스마트 안전기술이 적용되기 위해서는 낮은 운영비용이 필수로서 기술의 저변확대에 따라 비용 감소가 저감됨
- 스마트 안전기술은 사고예방 효과뿐만 아니라 기존 안전관리업무의 감소, 신규 전문인력 없이 사용 및 관리 가능하므로 향후 점차적으로 시공단계에서의 활용도가 높아질 것으로 전망됨



[그림 2-14] 스마트 안전기술의 효과








[그림 2-15] 건설업 10대 중대재해 공사시 적용 가능한 스마트 안전기술

〈표 2-11〉 스마트 안전기술의 종류

구분	기술 및 장비		기술의 내용
건강 (위험 질환 관리)	 근로자 맞춤형 위험알리미 (영신)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이탈 센서를 활용한 근로자 상태 실시간 모니터링</li> <li>- 심박수, 체온을 실시간으로 체크</li> <li>- 관리자가 임의로 기준값을 설정하여 알림발송</li> </ul>
추락 사고 예방	 체결지킴이 (세이콘)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 체결확인용 안전장비</li> <li>- 안전고리 안전줄 체결확인용 안전장비</li> <li>- 고소작업 시 안전줄 체결 여부 감지 및 전파</li> <li>- 개인 ID별 관리 및 고소 지역 진출입 관리</li> </ul>
	 체결지킴이 (영신)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 안전고리 미체결 시 알림을 통한 상황전파 및 체결 권고</li> <li>- 가속도센서, 근접거리 센서를 통한 안전고리 체결 유무 판단</li> </ul>
	 안전모 정상 착용 유무확 인 디바이스 (영신)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 모션센싱 기술을 활용한 턱끈착용 유무를 감지하고 미착용 시 알림을 통해 근로자에게 턱끈착용 권고</li> <li>- 턱끈센서를 이용하여 턱과 턱끈의 접촉여부로 턱끈체결 판단</li> </ul>
	 안전지킴이 (세이콘)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 안전정보 송수신</li> <li>- 안전사고 발생시 주변 및 관리자 이상 전파</li> <li>- 관제시스템 연동시 밀폐 작업자 현황 파악</li> <li>- (mini) 소형/경량화 및 야간 LED</li> </ul>
	 중량물 낙하 위험 경보기 (휴랜)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 위험 및 작업구역에 간단하게 설치</li> <li>- 근로자 접근 시 실시간 경보 알림이 작동</li> <li>- 400m 거리 안의 관리자가 리모컨으로 조작 가능</li> </ul>
	 접근경보 시스템 IPAS (영신)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 차량태그를 소지한 작업차량과 보행자 태그를 소지한 작업자가 접근하는 경우, 소리와 진동을 통해 양방향으로 경보</li> <li>- 알림 발생 접근거리 설정 가능</li> </ul>
충돌 및 협착	 무사고 트래커 (무사고)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 차량/중장비 위치 관제 : 지게차, 화물차 등 건설 차량의 위치 정보를 실시간으로 수집</li> <li>- 차량 안전 속도 주행 유도 : 설정된 속도를 초과하여 주행 시, 시끄러운 경고음으로 안전 주행을 유도</li> <li>- 사고 감지 : 모션 센서가 차량의 충돌, 전복 사고를 감지</li> </ul>

구분	기술 및 장비		기술의 내용
		테이블리프트 레이저 가이드(지에스아이엘)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고소작업 시 간편하게 천장에 레이저 라인으로 상승 위치를 표시하는 스마트 하드웨어</li> <li>- 안전사고 예방 및 생산성을 증대</li> </ul>
붕괴		무사고 센서 : 변위 측위 (무사고)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 구조물 변형 감지 : 단면 형상의 급격한 변화나 비틀림 발생, 손상 발생을 감지하여 보강 작업을 통한 사고 예방</li> <li>- 구조물 경사도 계측 : 구조물의 기울기 변화를 측정, 부등 침하에 대한 구조물 안정성을 파악하고 급격한 변화 혹은 위험 각도가 감지되면 보강 작업</li> <li>- 구간별 미소진동 모니터링 및 붕괴 취약 구간 검출 : 미소진동의 크기와 전달 양상을 모니터링 하여 취약 지반을 검출하여 대규모 붕괴 사고를 미리 예방</li> </ul>
		기울기 변위/가속도 변화 알림센서 (디지털터스)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기울기 변위/가속도 변화 측정 센서를 가설구조물 곳곳에 부착</li> <li>- 기울기 변위/가속도 변화를 감지하여 변화값의 실시간 계측 원격 전송</li> <li>- 실시간 계측치 누적 기록 및 그래프 추이 제공</li> <li>- 관리자가 지정한 변화값 발생 시 현장에는 사이렌(105데시벨 이상) 알림</li> <li>- 동시에 관리자 스마트폰과 상황판으로 알림</li> <li>- 작업소음 현장의 근로자에게는 강력손목진동과 안전모스피커를 통한 경고음성 30초간 알림</li> </ul>
		사면붕괴 감지시스템 (디지털터스)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 장기 가설구조물 원격감침기를 가설구조물 곳곳에 부착</li> <li>- 가설구조물 기울임이나 균열상태 실시간 측정</li> <li>- 태양광 항시 전원, 방수 방진</li> <li>- 10초~1분 단위 원격으로 관리자 스마트폰과 상황판에 실시간 알림으로 장거리 가설구조물 상태 파악(LTE, 로라통신)</li> <li>- 한국도로공사 사면 계측 시스템으로 활용 중</li> </ul>
화재 (유해물질 관리)		원격 화재 알림 센서 (디지털터스)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 화재감지(불꽃감지기능) 센서</li> <li>- 화재감지 시 근처 근로자에게 대피 알림 방송</li> <li>- 관리자 스마트폰과 원격 상황판 알림</li> </ul>
		AI-CCTV 화재, 연기감지 (지에스아이엘)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 인공지능 기술을 통해 현장에 설치된 CCTV화면의 화염 또는 연기를 감지하여 화재 상황을 실시간으로 자동 검출</li> <li>- 분석한 데이터는 스마트 안전플랫폼의 재난대응 프로토콜을 작동시킴</li> </ul>

구분	기술 및 장비	기술의 내용
	 <p>환경센서 (지에스아이엘)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5대 가스(산소, 일산화탄소, 이산화탄소, 가연성 가스, 황화수소)의 환경정보를 수집</li> <li>- 실시간 모니터링을 통해 밀폐공간 내 산소 수치 하락 및 유해가스로 인한 사망 또는 인명사고를 방지</li> </ul>
	 <p>유해가스 감지 센서 (휴렌)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장의 온도 및 습도를 체크하여 현장 기상상황 분석</li> <li>- 도장, 용접 등 유해가스 유출에 취약한 작업현장에 설치하여 사용</li> <li>- 산소, 일산화탄소, 황화수소, 메탄 등 4종의 가스 농도 측정</li> <li>- 안전기준 부적합 시 대피경고 알림 발송</li> <li>- 안전관리 APP 및 스마트 안전관리 플랫폼 IMOS로 알림 발송</li> </ul>
이동식 /지능형 CCTV	 <p>이동식 IoT CCTV (지에스아이엘)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 실시간 영상을 제공하는 스마트 안전 솔루션</li> <li>- 원하는 장소에 간편하게 설치가 가능</li> <li>- 플랫폼(Web/App) 연계를 통한 실시간 현장 관제</li> <li>- 양방향 소통으로 현장 내 안전을 지킴</li> </ul>
	 <p>스마트 안전 이동형 CCTV (휴렌)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 관제가 필요한 건설현장 작업 구간에 자유롭게 배치하여 사용 가능</li> <li>- 좌우 360도, 상하 90도의 촬영각도 원격 조정 가능, LTE 라우터 내장되어 고화질 영상을 부드럽게 전송 가능</li> <li>- AI 학습 알고리즘과 연계되어 영상을 실시간으로 분석 가능</li> <li>- 관리자/근로자에게 APP와 스마트 안전관리 플랫폼 IMOS에 알림 발송</li> <li>- 근로자의 안전보호구 착용 유무와 근로자 쓰러짐 화재 등 이상징후를 인공지능이 파악</li> </ul>
	 <p>스마트 안전 지능형 AI CCTV (디지쿼터스)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 건설현장 공종별/위험요소 별 맞춤형 엔진 적용</li> <li>- 빈번한 작업현장 이동 및 건설장비 위험에 대응하기 위한 지능형 CCTV의 이동형 배치 가능 및 LTE 통신 모바일 적용</li> <li>- CCTV 영상의 AI 위험 인식 후 즉시 알림 시스템-관리자 및 근로자 스마트폰 푸시 알림, 현장 이동형 스피커, 사무실 안전종합상황판 실시간 원격 알림</li> <li>- 인공지능 근로자 개인화 알림 - 외국인 근로자 대상 해당 자국어 경고 알림(14개국어), 근로자 개인별 안전모 스피커 알림</li> <li>- 현장에 기존 사용하는 웹캠(CCTV) 사용 가능</li> </ul>

## 라. BIM 활용 사례

○ 건설정보모델(building information modeling, BIM)은 건축 설계를 2차원에서 3차원으로 전환하고 건축물의 모든 정보들을 통합적으로 활용하여, 프로젝트의 기획에서부터 유지관리까지 건축물의 전 생애주기에 걸쳐 프로젝트에서 발생하는 모든 정보를 생산관리하는 기술이라고 정의할 수 있음

- BIM을 활용함으로써 설계단계에서 구축된 3D BIM Model을 이용하여 다양한 공종의 참여자들이 다양한 설계 및 엔지니어링에 대한 견적, 공정계획, 조율, 사전 제작, 설치, 승인 등의 과정이 효율적으로 수행될 수 있음

○ (BIM 활용 국내사례) LH본사 BIM 설계 단계

- 국내 BIM설계업체 연우테크놀러지는 기본설계단계에서 발주처와 작업자 사이에 BIM 코디네이터로서 BIM 프로젝트에 대한 업무범위 조율 및 환경구축, BIM 작업 방법 및 기준을 제시하는 업무를 수행

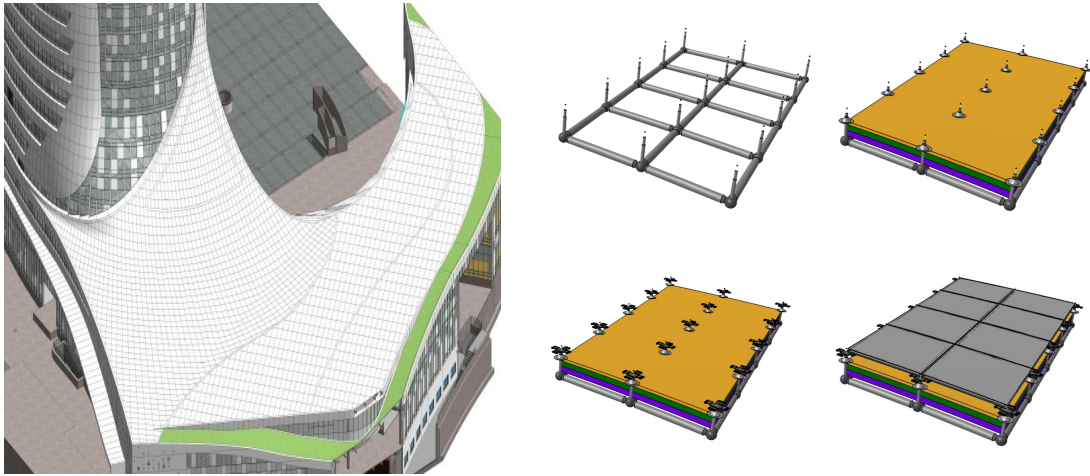
### 〈설계 개요 정보〉

- 프로젝트명 : LH본사 신사옥
- 연면적 : 133,940.13㎡
- 층수 : 지하2층/ 지상 20층
- 용도 : 공공업무시설
- 주요 BIM 활용 공종 : 건축 구조 외장
- 주요 활용 소프트웨어 : Revit, Digital Project, TEKLA

- (BIM코디네이션 수행) BIM설계를 실시하기 이전에 조직구성 및 업무환경을 우선으로 구축하여 협업분야 간 업무 범위를 조율하고 BIM 작업방법 및 기준을 제시
- (비정형 지붕 패널 공법 최적화) 최적화를 위한 첫 단계로 자동차 외피에 사용되는 기술인 페어링(Pairing)기술을 접목. 이후 발생하는 패턴 및 곡률을 BIM을 활용하여 분석하고 외피 디자인을 최적화
- (디지털 Mock-Up) 커튼월, 스페이스 프레임 등 세부 사항들에 대한 부분의 시공 이해도를 높이기 위해 BIM을 활용하여 디지털 Mock-Up을 수행. 시공성의 향상 및 최적화 방안을 도출
- (BIM을 활용한 비용 일정 및 PMIS 통합운영) BIM 객체와 WBS, CBS 체계를 연계



한 비용 일정 통합관리를 제안함과 동시에 원가절감 방안을 검토하면서 BIM설계를 효율적으로 운영



[그림 2-16] BIM을 활용한 비정형 지붕 최적화 및 디지털 MOCK UP

○ (BIM 활용 국외사례) 카타르 국립박물관 설계단계

- 카타르박물관은 무수히 많은 원반이 교차된 비정형 건축물로서 BIM도입을 통한 사전 시뮬레이션으로 시공 전, 이슈를 해결하고 재시공 방지를 위해 BIM설계를 활용
- 제작모델로서의 LOD-400~500 수준을 확보하여 물량산출 및 2D 도면추출, DMU 등에 BIM 데이터를 활용

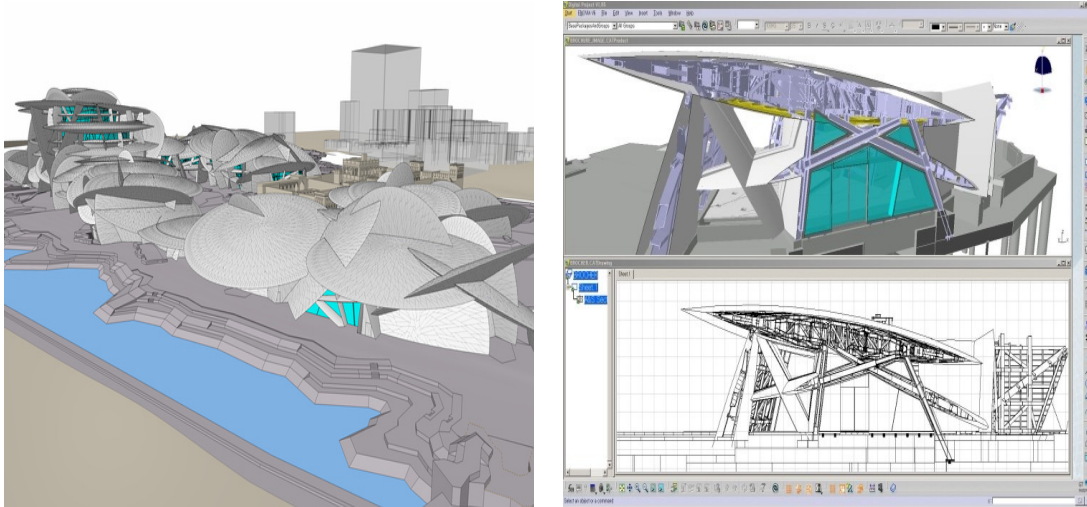
〈설계 개요 정보〉

- 프로젝트명 : 카타르 국립박물관
- 연면적 : 46,000㎡, 층수 : 지하 1층/ 지상 5층
- 용도 : 문화 및 집회시설
- 주요 BIM 활용 공종 : 창호, 인테리어
- 주요 활용 소프트웨어 : Digital Project

- (POWERCOPY를 활용한 비정형 모델링) 다양한 상황에 적용할 수 있는 모델링을 위해 POWERCOPY를 생성하여 설계변경에 의한 객체 수정에 대해 능동적으로 대처 가능
- (KNOWLEDGE TEMPLATE을 적용한 모델링 자동화) 다양한 설계상황에 적용할 수 있는 KNOWLEDGE TEMPLATE을 통하여 모델링 작성에 대한 자동화를 실현으로 시간단축 및 비용절감의 효과 가능



- (SHOP 도면지원) Shop도면 작성을 지원하기 위해 BIM모델을 활용하여 평면, 입면, 단면, 상세 도면을 2D(DWG)로 추출
- (성공지원 및 제작연계) BIM모델을 통한 시공좌표 추출, 가공도 제작을 하여 현장 작업자들이 원활한 시공과 제작이 가능해짐



[그림 2-17] BIM을 활용한 비정형 지붕 최적화 및 디지털 MOCK UP

- 미국·영국·싱가포르 등 BIM 기술 선진화에 앞장서고 있는 국가들은 BIM 확산 초기부터 건설 프로세스 전반에 BIM을 적극 적용해옴
  - 미국은 2007년부터 국가 BIM 표준(NBIMS)을 제정해 BIM 적용을 정부에서 주도적으로 관리하고 있으며 이를 통해 건설 프로젝트 설계 과정의 효율화는 물론 기반산업인 철골 구조물 산업의 생산성을 높이고 있음
  - 영국의 경우 국가적으로 BIM 의무화 정책을 시행하고 있으며, 이에 대한 가이드라인이 명확함. 또한, 2018년 이후 정부 예산으로 진행되는 모든 프로젝트는 BIM을 활용해야 한다는 의무사항을 적용하고 있음
  - 싱가포르 건설청(BCA)은 건축물 표준정보의 중앙 저장소(CORENET)를 만들어 세계 최초로 BIM 전자 제출을 시작(2008년)하여 2013년부터 건축면적 2만㎡ 이상인 건축물의 외장 부분에 BIM의 사용을 의무화하였고, 2015년부터 5,000㎡ 이상 프로젝트의 BIM 전자 제출을 의무화하고 있음
- BIM 시장의 성장요소는 도시화, 인프라 사업의 증가 및 BIM 채택에 관한 정부의 의무화, 기업의 BIM 활용도 증가 등임. 이러한 점을 고려해 글로벌 시장분석기관인 마켓앤드마켓에서는 BIM 시장이 2020년 이후 연평균 14.5%씩 성장하여 2025년에는 92억 달러(약 10조 6,628억 원) 규모로 성장할 것으로 예상하고 있음

### Ⅲ. 중·소 건설기업(전문건설기업)의 스마트 건설 활성화 장애 요인

#### 1. 드론 활용시 중·소 건설기업의 장애요인<sup>5)</sup>

- 드론을 이용하여 측량시 항공촬영이 불허되거나 신속한 허가를 받지 못해 항공촬영에 어려움이 있음. 드론을 이용한 항공촬영 절차 규제 완화하여 드론을 이용한 측량 사업자의 편의성을 높이는 것이 필요함
- 드론 기술의 발달로 비가시권 운행이 가능한 상태이며, 항공촬영의 효율성을 높이기 위해 150m 이상의 고도로 비행하는 것이 필요함. 따라서 이에 대한 규제 완화시 드론을 이용한 항공촬영의 효율성이 높아지고 관련 기술의 발달을 유도할 수 있을 것임
- 드론 비행과 항공촬영을 통합해 신고할 수 있도록 창구를 단일화하고 온라인 접수도 가능하도록 관련 제도를 개선해야 할 것임
- 무인항공기의 운항거리를 가시거리 내에서 추적 가능한 거리로 확대하고 무인항공기의 보험가입 및 추적기술이 확보된 경우 현재 비행금지구역으로 지정된 구역 축소 등의 조치를 검토할 필요가 있음
- 유럽은 7kg 이상 150kg 미만, 호주는 100kg 초과 150kg 미만의 무인항공기 운용 시 운항자격증이 필요 없는데, 국내도 안전한 운항을 위해 자격증 제도는 유지하되 무인항공기 산업 발전을 위해 적용범위 완화를 검토해야 할 것임<sup>6)</sup>
  - 소형 무인항공기는 수십 kg에 불과하여 수십 kg 이상의 관측 장비 등을 탑재하기는

5) 국내 드론 기술 보유 중소기업과 이를 활용하는 전문건설기업을 대상으로 한 심층 면담조사와 관련 문헌을 이용하여 장애요인을 도출함

6) 김종수, “드론의 활용과 안전 확보를 위한 항공법상 법적 규제에 관한 고찰”, 법학논총 제39권 제3호, 2015년 9월

어려움. 따라서 향후 건설사업에 무인항공기의 활용도와 그 실효성을 높이기 위해서는 항공법상의 정의와 사업 범위를 기술적 수준에 맞게 규정할 필요가 있음

〈표 3-1〉 드론을 이용한 항공촬영시의 장애 요인 및 핵심 사항

구분	장애 요인(한계 분석)	핵심 사항	드론을 이용한 항공촬영과 관련된 주요 규정(개선 대상 법률/고시)
드론을 이용한 항공 촬영	- 드론으로 항공촬영 시 7일 전에 관할 군부대에 촬영 허가를 신청하여야 함 - 촬영이 불허되거나 신속한 촬영을 진행할 수 없는 경우가 많아 항공촬영에 어려움이 있음	- 기상 및 촬영 환경에 따라 필요시 수시로 촬영이 가능해야 함 - 드론을 이용한 항공촬영 절차 규제 완화하여 사업자의 편의성을 높이는 것이 필요	- 항공안전법 제127조(초경량비행장치 비행승인), 제129조(초경량비행장치 조종자 등의 준수사항), - 항공안전법 시행규칙 제308조(초경량비행장치의 비행승인), 제312조의2(무인비행장치의 특별비행승인)
	- 드론을 이용한 항공촬영 시 150m의 고도제한	- 비행고도 제한 규제 개선시 광범위 측량 가능	
	- 드론을 이용한 항공촬영 시 비가시권 비행 금지	- 자동비행 기술 발달로 비가시권 운행 가능한 상태 - 규제 개선 시 드론 운용 효율 증가	

## 2. 건설장비 자동화와 관련된 중·소 건설기업의 장애요인<sup>7)</sup>

### 가. 건설 기계 자동화를 위한 MC/MG 장비 운용 장애요인

#### (1) MC/MG 장비 운용을 위한 까다로운 무선국 운용 개소별 인허가 절차

- 일반적으로 도로현장과 같은 선형현장의 경우 건설현장의 MGS 운용 시 각 현장이 속한 지역 관할 전파관리소에 별도의 무선국 개설 인허가 승인이 필요함. 또한, MGS의 무선국(GPS 기지국)은 짧게는 2~3개월에서 길게는 2~3년 이내의 설치되는 임시구조물임에도 불구하고 각 현장별 별도의 신고와 해체신고를 해야 함. 특히 도로현장의 경우 토공작업의 기간이 상대적으로 짧기 때문에 설치와 해체에 있어서 반복적으로 인허가 절차를 받아야 하는 어려움이 존재함

7) 국내 건설장비 자동화 기술 보유 전문건설기업들과 건설로봇 관련 전문기업을 대상으로 한 심층 면담조사와 관련 문헌을 이용하여 장애요인을 도출함

- 무선국 개설신청 절차를 거치고 나서 허가증을 취득한 후에는 준공신청을 해야 하며 전파법 시행규칙 별지 제38호 서식에 따라 무선국 준공신고서를 한국정보통신전파진흥원에 제출해야 함. 준공신고서를 접수하고 검사일정을 조정한 후 준공검사 실시 및 증명서가 나온 후에 최종 준공 발급이 되어야 무선국 운용을 개시할 수 있으므로 절차상의 번거로움이 존재하며 최소 3~4주의 기간이 소요됨



[그림 3-1] GPS 기지국(무선국) 전경

## (2) 무선국 신고시 행정절차상 부담

- MGS 장비를 개발 및 판매하는 업체는 시설자(사용자)에게 시공자동화 장비의 판매와 더불어 무선국(GPS 기지국)의 설치 및 세팅, 운용까지 맡게 되며, 시설자의 요구사항에 따라 무선국 개설신청을 위한 대리신고를 하게 됨. 현재는 MGS 사용이 활성화 단계가 아니므로 판매업체가 대리신고를 하고 있으며 별도의 서류인 추가적인 위임장, 신고자(시설자) 법인도장, 신고자(시설자) 대표 주민번호가 필요함

## (3) GPS 수신기의 법적 분류의 모호성

- 전파법상 이야기하고 있는 무선국의 기준에 비해 MGS에서 활용하는 GPS 기지국은 소형의 가시설물임. 현재는 전파법상 분류할 수 없는 시설물이기 때문에 무선국으로 적용하여 운용하고 있지만, 무선국 관련 절차가 복잡하고 까다롭기 때문에 이와 관련된 법적 분류 등의 개선이 이루어져야 할 필요성이 있음

## (4) 법적 규제사항

- 전기통신사업법 제1장 제2조 제6항, 제8항, 전파법 제4장 제1절 제19조 제2항의 규정상 일반 무선국 운용을 위한 RTK GPS 기준국 설치 및 세팅은 정보통신공사업 사업자를 보유한 업체에서 진행하여야 하므로 실제 건설현장에서 RTK GPS의 운용 주체인

측량기기 제조사나 주로 MGS 운용자인 전문건설업체 등은 정보통신공사 사업자를 보유하지 않고 있어 정보통신공사 사업자를 취득한 별도의 업체와 함께 진행해야 함

- 또한 일반 무선국 준공검사 시 시설자는 전파법 제70조 제4항에 의거하여 제한무선통신사 자격증을 보유한 인원이 현장에 상주하여야 하며 전파관리소의 의견에 따르면 자격증 보유 1인당 9개 이하 현장에 대해서만 운용이 가능함. 시설자가 진행절차를 소화해야 하지만 이와 같은 자격사항이 없고 MGS 제공자가 설치하고 세팅한 시스템을 활용할 뿐 이므로 실제 일반 무선국 운용에 대한 실제 주체는 MGS를 제공한 업체임. 따라서 시설자가 건설사업에 MGS를 활용한다면 이를 좀더 수월하게 운영하는 개선사항이 필요함

〈표 3-2〉 시공자동화 기술 활용시의 장애요인 및 핵심 사항

구분	장애요인(한계 분석)	핵심 사항	MGS를 이용한 시공자동화 관련된 주요 규정(개선 대상 법률/고시)
MGS를 활용한 토공 작업	- 선형현장 등의 토공작업 특성상 작업기간이 짧아 무선국의 설치와 해체가 반복적으로 이루어짐. 하지만 이러한 과정에서 공사현장에 대한 관할 지역이 변경되므로 반복적인 인허가 절차를 거쳐야 함.	- 현장에 대한 관할 지역이 변경될수록 반복적인 인허가 절차를 진행해야 하므로 지역 기준이 아닌 사업을 기준으로 인허가를 받는 방안 필요	- 전파법 제4장 제1절 제19조(허가를 통한 무선국 개설 등) 제2항, 전기통신사업법 제1장 제2조(정의) 제6항
	- 무선국 운용을 위한 설치 및 세팅은 정보통신공사를 보유한 업체에서 진행해야 하므로 사업자를 취득한 별도의 업체와 함께 진행해야 함	- 일반적으로 MGS는 전문건설업체에서 개발 및 활용하므로 건설사업의 시공단계에서 활용되는 시공자동화에 대해서는 사업자 취득 여부에 대한 사항을 완화할 필요성 존재	- 전파법 제4장 제1절 제19조의2(신고를 통한 무선국 개설 등) 제3항

## 나. 건설 로봇 관련 장애요인

- 건설로봇 조작인력 배치와 배터리 충전, 부자재 공급 등의 문제가 있음
  - 건설로봇의 한계: 건설현장의 환경이 타 산업현장과 같이 균질한 환경을 확보할 수 없음
  - 사용상의 한계: 현장 적용성 저하, 작업자의 거부감, 건설수요 저하, 신공법의 지속적 출현과 로봇기술의 대응력 저하
  
- 로봇 관련 안전 규제가 주로 제조업과 같은 고정 사업장, 대량 생산 제품 위주의 규제로 이루어져 있어 건설현장 적용을 위한 건설로봇에 적용하기에 한계가 있음. 즉, 소품종 다량생산 성격의 제조업의 경우 제조, 설치, 사용의 각각 3단계 인증절차에 시간 및 비용의 문제가 비교적 적지만, 건설현장의 특성을 반영한 건설로봇의 경우 다품종 소량생산방식으로 1~2대의 건설로봇을 사용하기 위해 인증절차에 소요되는 기간 및 비용의 과다한 문제가 발생할 수 있음
  - 로봇제품은 제조업 특성상 제조/설치/사용 단계별 3단계 인증이 필요함
  - 자체 제작 로봇의 경우 1, 2대에 불과한 Pilot 제품에 제조 인증을 적용시 인증 비용이 과다하게 소요됨

### 3. 스마트 건설 안전기술과 관련된 중·소 건설기업의 장애요인<sup>8)</sup>

- 현행 건설기술진흥법상 안전 관련 스마트 건설기술은 안전관리비(직접비)에 계상하도록 함. 이에 따라 스마트 건설기술 적용시 공사비가 증가하므로 수주에 불리해지는 역효과가 발생함
- 건설기술 진흥법 제63조(안전관리비용) 발주자는 건설공사 계약을 체결할 때에 건설공사의 안전관리에 필요한 비용(이하 "안전관리비"라 한다)을 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 공사금액에 계상하여야 함
  - 건설기술 진흥법 시행규칙 제60조(안전관리비)에 따라 스마트 건설기술에 해당하는 무선설비 및 무선통신을 이용한 건설공사 현장의 안전관리체계 구축·운영 비용도 추가로 포함됨
- 공공공사의 경우 스마트 안전장비가 의무적으로 사용되어 스마트 건설기술에 해당하는 안전관리비 항목이 공통적으로 적용되어 가격 경쟁력에 문제가 없음
- 그러나 민간공사의 경우 스마트 안전장비가 의무 사용이 아니어서 오히려 스마트 안전장비를 사용한 업체의 경우 공사금액의 상승으로 가격 경쟁 및 공사수주에 절대적으로 불리한 상황에 놓여 오히려 스마트 건설기술의 적용을 방해하는 요인으로 작용할 수 있음
- 50억원 이하의 소규모 건설현장에서는 현행 간접비 비율에 의한 안전기술 활용 비용 산정 방식은 현행 스마트 안전기술 적용에 따르는 소요비용을 충당하기 어려움
- 대부분 소규모 건설현장을 운영하고 있는 중·소건설기업과 전문건설기업의 스마트 안전기술의 활용도로 높이려면 별도의 지원 제도가 필요한 상황임

8) 국내 건설 안전 기술과 관련된 '스마트 안전 협회' 및 관련 기업들을 대상으로 한 심층 면담조사와 관련 문헌을 이용하여 장애요인을 도출함

#### 4. BIM 관련된 장애요인<sup>9)</sup>

- 공공 건설사업에서 BIM을 적용한 사업에서 발생하는 문제점들 중에서 공통점은 설계 및 시공 BIM의 연속성 저해, BIM 경력관리 및 자격제도 미비, 교육체계의 미비, BIM 활성화를 위한 적절한 발주방안 미비로 조사되었음
- 설계단계에서 설계사의 설계 목적은 명확한 수량산출에 있으며 이와 관련되어서 기존의 방식인 CAD 설계도서를 주요 성과품의 기준으로 하여 추가적인 BIM 모델을 제출하고 있는 형태임. 하지만 BIM의 경우 기존 CAD 설계보다 복잡하고 어려워 더 많은 노력과 시간이 투입되는 작업임
  - BIM 역량이 부족한 설계사는 현재 BIM 전문업체를 통해 CAD 설계품을 BIM으로 전환하는 작업을 동시에 진행하는 이중작업을 진행함. 이러한 방식은 결국 BIM 설계의 사고방식이 아닌 기존 CAD 설계방식과 동일한 것으로 BIM의 긍정적인 효과가 발휘되기 어려움
- 기존 CAD 설계의 관점에서 상세설계는 설계단계에서 진행되는 업무프로세스가 있었기 때문에 동일한 관점에서 BIM 설계에서도 매우 상세한 모델링이 요구되고 있음. 하지만 공공사업의 경우 토목현장의 실질적인 현장여건이 설계 BIM에 반영되기 어려우므로 설계 BIM 모델은 시공으로 활용성이 매우 떨어지는 상황임
  - 이러한 부분은 시공단계에서 시공사의 주된 관심사항이며 설계-시공 통합발주인 턴키방식에서도 동일하게 나타나고 있음
- 공공 건설사업의 BIM 도입 초기단계이기 때문에 현재 관련 대가, 업무 기준 등이 미비한 상황이지만 설계사와 시공사는 이를 감안하여 사업을 수행하고 있는 상황임. 이러한 문제점은 점차 BIM이 확대될수록 해결될 수 있을 것으로 판단됨
- BIM 활용의 또 다른 저해요인으로는 BIM 인력양성과 발주제도에 대한 부분으로서 현재 시행되고 있는 BIM 교육이 현장에서 활용되기 어려운 부분과 분리된 발주방식으로 인해 BIM의 정보플랫폼으로서의 활용성이 매우 떨어지고 있는 부분임

9) BIM 학회 및 전문기업을 대상으로 한 심층 면담조사와 관련 문헌을 이용하여 장애요인을 도출함



- BIM 전문인력의 경력관리 미비와 교육의 낮은 실효성은 BIM을 직접적으로 다루는 업계에 큰 어려움으로 다가오고 있으며 단기적 관점에서 가장 우선적으로 개선되어야 할 상황으로 판단됨
- 또한, 정보의 통합기능인 BIM이 분리된 발주방식으로 인하여 설계, 시공 간 연속성이 떨어지는 상황은 BIM의 궁극적인 활용 목적에 반하는 문제점임. 이로 인하여 BIM을 활용하는 이해관계자들은 BIM 활용에 대한 동기가 저하될 뿐만 아니라 BIM의 장점에 대해서도 의구심을 가지고 있는 상황임
- 그러므로 설계 및 시공단계에서의 BIM의 연속성을 개선시키기 위한 방안이 우선적으로 고려되어야 할 것으로 판단됨

〈표 3-3〉 BIM 활성화 저해 요인

공통	설계단계	시공단계
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설계 및 시공 BIM의 연속성 저해</li> <li>- BIM 경력관리 미구축</li> <li>- BIM 자격제도 미비</li> <li>- BIM 교육체계의 미비</li> <li>- BIM 활성화를 위한 적절한 발주방안 미비</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- BIM 인력 부재</li> <li>- BIM 교육체계 미비</li> <li>- BIM 설계를 업무 부담으로 인식</li> <li>- BIM 설계 역량 부족</li> <li>- BIM 전문 용역사로 외주 처리</li> <li>- BIM 관련 기준의 부재</li> <li>- BIM 관련 발주자의 과도한 요구사항</li> <li>- 형식적인 BIM의 활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- BIM 인력 부족</li> <li>- 설계 BIM과 시공 BIM의 낮은 연계성</li> <li>- 시공단계의 BIM 수행역량 저해</li> <li>- BIM 정보의 연속성 단절</li> <li>- 시공단계에 BIM 경력 없는 인력참여</li> <li>- BIM을 낙찰 목적으로만 활용</li> </ul>

## IV. 스마트 건설 활성화 및 전문건설 대응 방안

### 1. 스마트 건설기술 활성화를 위한 규제샌드박스 운용

#### 가. 스마트 건설 활성화를 위한 규제샌드박스 기대효과

- 건설산업은 첨단기술과 건설기술이 융합된 스마트 건설산업으로 전환되고 있는 상황임
  - 기존의 규제 체계에서는 신기술과 신산업의 빠른 변화를 신속하게 반영하기 힘든 한계가 있음. 특히 이해관계나 가치가 충돌하면 적극적인 의사결정이 어려움이 존재함
- ‘규제샌드박스’는 신기술과 신서비스의 원활한 시장진출을 지원하기 위해 혁신성과 안전성을 바탕으로 시장진출의 기회를 주거나, 시간과 장소, 규모에 제한을 두고 실증테스트를 허용하는 제도임
  - 국민의 생명·안전에 위해가 되지 않는 한 자유롭게 도전하고 새로운 시도를 해볼 수 있도록 기회를 부여하기 위한 제도임
- 정부는 신산업·신기술에 대해서 ‘선(先)허용-후(後)규제’ 방식으로의 규제 체계를 전환하고 있음. 규제샌드박스는 그 일환으로 기존규제에도 불구하고 새로운 기술·서비스·제품의 시도를 가능케 하기 위해 도입됨
  - 영국은 2016년 금융 분야에 최초로 규제샌드박스를 도입했으며 1년 만에 적용한 대부분의 기업이 본격적으로 상품의 시장 출시에 착수하는 성과를 이루었음. 이후 전 세계 20개국에서 도입 또는 추진 중에 있음
- (기대효과, 기업) 스마트 건설기술 확대에 따른 글로벌 혁신경쟁에서 우위 선점에 유리한 환경 조성 가능.
  - 규제 관련 불확실성 완화에 따라 유·무형의 비용절감 효과 발생
  - 스타트업의 아이디어와 대기업의 인프라가 접목된 “상생 모델” 구축 가능

- (기대효과, 소비자) 혁신 제품·서비스에 대한 선택권 확대 및 편리성 향상
  - 소비자 선택권 확대, 편리성 향상
  - ICT 등 신기술 및 신산업 분야 일자리 창출
- (기대효과, 정부) 규제샌드박스를 통한 시범사업 결과를 바탕으로 합리적이고 정교한 규제체계 구축 가능
  - 실증테스트를 바탕으로 한 스마트한 규제체계 구축 가능
  - 스마트 기술 등 신기술 및 신산업 분야에 최적화된 규제 방식 마련 가능

## 나. 규제샌드박스의 주요 내용

### (1) 규제혁신 3종

#### ① 규제사항 신속 확인

- 기업이 신기술·신산업 관련 규제가 존재하는지, 허가가 필요한지 여부를 문의하면 30일 이내에 회신을 받는 제도
- 정부가 30일 이내에 회신하지 않으면 관련 규제가 없는 것으로 간주함

#### ② 임시허가

- 안전성과 혁신성이 검증된 신제품·신서비스임에도 불구하고 관련 규정이 모호하거나 불합리해 시장 출시가 어려울 경우, 일정 조건 하에서 기존 규제의 적용을 받지 않는 임시허가로 시장 출시를 허용
- ‘규제특례심의위원회’의 심의 의결을 통해 1회에 한하여 연장 허용(2년 연장 가능)

#### ③ 실증을 위한 특례

- 관련 법령이 모호하고 불합리하거나, 금지규정 등이 있어 신기술, 신제품, 신서비스 등에 대한 시험 검증이 필요한 경우, 기존 규제에도 불구하고 제한된 구역·규모·기간 등 일정 조건 하에서 신기술이나 서비스의 테스트를 허용하는 우선 시험 검증 제도
- ‘규제특례심의위원회’의 심의 의결을 통해 1회에 한하여 연장 허용(2년 연장 가능)
  - ※ 관련 법령 정비 추진, 지연 시 임시허가 활용 가능

## (2) 안전장치 3종

- ① 생명·안전·환경 분야 저해여부 고려
  - 국민의 생명·안전·환경 등에 끼치는 영향을 점검하여 우려가 있는 경우 규제특례 부  
여를 제한함
- ② 문제 예상 및 발생 시 규제특례 취소
  - 실증테스트 진행과정을 지속적으로 점검하여, 문제가 예상되거나 발생할 경우 규제  
특례 취소
- ③ 손해배상 감독 강화
  - 책임보험 가입 의무화, 손해 발생 시 고의나 과실 없음을 사업자가 입증토록 하는  
등 손해배상 책임 수준 강화

### 다. 스마트 건설기술 활용도 증가에 따른 규제샌드박스 운용 필요성 및 사례

- 첨단기술과 융합된 스마트 건설기술은 활용범위의 제한, 기술기준의 부재 및 부정합성  
및 복잡한 인허가로 인해 그 활용도가 낮은 상황이며, 향후 다양한 첨단기술이 스마트  
건설기술에 활용이 확대될 경우 예상치 못한 규제사항으로 시장진입의 어려움이 예상  
됨. 당면 문제를 그 때마다 해결하는 방식이 아닌 기술 및 상용화, 비즈니스 모델 예측  
을 통한 선제적 규제 완화 대책이 필요함
  - (사례) 드론은 지형측량, 안전관리, 현장관리 등에 활용이 증가하고 있으나 짧은 촬  
영허가 기간, 비가시권 운행 금지, 촬영고도 제한 등으로 드론의 활용에 제약이 발  
생하고 있음
  - (사례) 건설현장 방법 및 안전 순찰, 자재 운반, 청소 등에 자율주행 건설 로봇을  
활용시 보행안전법, 개인정보법 등에 의해 운행이 제한됨
  - (사례) 원격제어 및 자율주행 건설로봇(무인지게차, 무인굴삭기)은 건설기계로 분류  
되어 조정자가 필수적으로 활용에 제한됨. 건설현장에서 활용 가능한 이동식 협동  
로봇의 경우 안전 및 성능 기준 등이 부재한 상황임
- 현재 운용 중인 규제샌드박스는 주로 정보보호 및 안전문제에 관한 규제 완화임. 스마  
트 건설기술의 활용 시 관련 기술기준 및 시방서기준이 맞지 않거나 없는 경우에도 규

제샌드박스의 대상으로 적용 시 규제샌드박스의 활용범위를 넓힐 수 있으며, 타 부처와 차별화가 가능한 규제샌드박스 운용 방안임. 다만 사업자가 품질에 대한 보증 및 손해에 대한 배상 방안을 강구하도록 하는 보완 장치 필요함

- 현재 사업자가 새로운 기술을 활용하고자 할 때 발주자의 승인 아래 운용이 가능하나 관련 기술의 시방서 부재 및 품질문제 등으로 발주자의 선택에 제약이 발생하고 있음

○ 현재 운용 중인 스마트시티 규제샌드박스, ICT 규제샌드박스, 산업융합형 규제샌드박스에서 실증특례로 규제 완화가 승인된 기술은 주로 드론, IoT, AI, 로봇, 자율주행, AR/VR 등을 활용한 기술임

○ 스마트시티 규제샌드박스, ICT 규제샌드박스, 산업융합형 규제샌드박스에서 실증특례로 규제 완화가 승인된 항목은 다음과 같음

① 드론, IoT, AI 관련 사업의 승인 현황

- 드론과 IoT를 활용한 도시가스배관 안전관리 서비스(스마트시티 규제샌드박스)
  - (승인내용) IoT, 드론을 이용한 도시가스배관 안전 점검원 현장방문 대체. 완전 대체가 아닌, 굴착공사장 순회점검 업무에 한정
  - (규제특례 법령) 「항공안전법」, 「보안업무규정」 등에 따라 관제권 및 비행금지공역에서 드론을 비행할 경우 비행 승인 및 촬영 허가를 사전에 받아야 함
- AI 드론 활용 도심 열배관·도로노면 점검 서비스(산업융합 규제샌드박스)
  - (승인내용) 비행승인, 사진촬영, 보안성검토 관련 조건 충족 전제로 드론 비행승인 및 촬영 허가 기간을 현행 1개월 → 6개월로 허용
  - (규제특례 법령) 「항공안전법」 제127조(초경량비행장치 비행승인)·제129조(초경량비행장치 조종자 등의 준수사항), 동 시행규칙 제308조(초경량비행장치의 비행승인)·제310조(초경량비행장치 조종사의 준수사항)·제312조의2(무인비행장치의 특별승인), 「개인정보보호법」 제3조(개인정보 보호 원칙)·제15조(개인정보의 수집·이용)·제18조(개인정보의 목적 외 이용·제공 제한)

② 로봇 및 자율주행 관련 사업 승인 현황

- 자율주행 로봇을 활용한 신체약자 이송 서비스 실증사업(스마트시티 규제샌드박스)
  - (승인내용) 자율주행 환자 이송 로봇 서비스는 제한된 병원 구역에서 사용 승인

- 자율주행 모빌리티용 고해상도 3차원 정밀지도(ICT 규제샌드박스)
    - (승인내용) 서울 상암문화광장, 수원 광고 호수공원 일대 등 제한된 구역에서의 규제특례를 받은 자율주행 로봇 기업의 사업 실증 수행
  - 자율주행 배달 로봇(ICT 규제샌드박스)
    - (승인내용) 상암문화광장 일대의 제한된 구역에서 자율주행 배달로봇으로 택배 배송 서비스를 할 수 있도록 실증특례 부여
  - 자율주행 순찰 로봇(ICT 규제샌드박스)
    - (승인내용) 시흥시 배곧생명공원에서 자율주행 순찰 로봇으로 순찰·관제 서비스를 할 수 있도록 실증특례 부여
  - 실외 자율주행 순찰 로봇(산업융합 규제샌드박스)
    - (승인내용) 전주시 제2일반산업단지 지역, 전주시 만성동 내 일부 주거지역내에서 개인정보 보호준수, 안전한 주행환경 확보 조건으로 실증특례 부여
    - (규제특례 법령) 도로교통법 2조, 보행안전법 2조, 16조, 개인정보보호법 3조, 15조, 18조
- ③ 가상 및 증강현실 관련 사업의 승인 현황
- 증강현실 기술을 활용한 도시 내 정보 제공 서비스(스마트시티 규제샌드박스)
    - (승인내용) 부산광역시 실증특례 지역내에서 상권활성화를 위한 증강현실 기술을 활용한 서비스에 대한 실증특례 부여
  - 증강현실 기반 항공기 정비 교육 콘텐츠(ICT 규제샌드박스)
    - (승인내용) 정석항공과학고등학교(항공정비사 전문교육기관), 항공정비사 전문교육기관 지정을 희망하는 신규 기관 10곳에 대하여 항공기·부품 정보 및 정비절차 등 교육콘텐츠와 항공기제작사 자료 간 동등성 여부에 대한 검증을 보장할 수 있는 방안 마련을 조건으로 실증특례 부여
  - 건설기계 교육을 위한 VR 시뮬레이터(산업융합 규제샌드박스)
    - (승인내용) 굴삭기운전 직업능력개발훈련기준에서 규정하고 있는 12개 과정 중 시뮬레이터에서 구현 가능한 일부 과정에 대하여 대한중장비운전학원(대전 소재), 청주직업전문학교(충북 청주시 소재)등에서 실증특례 부여
    - (규제특례 법령) 「근로자직업능력 개발법」 직업전문학교, 실용전문학교 등의 '지정

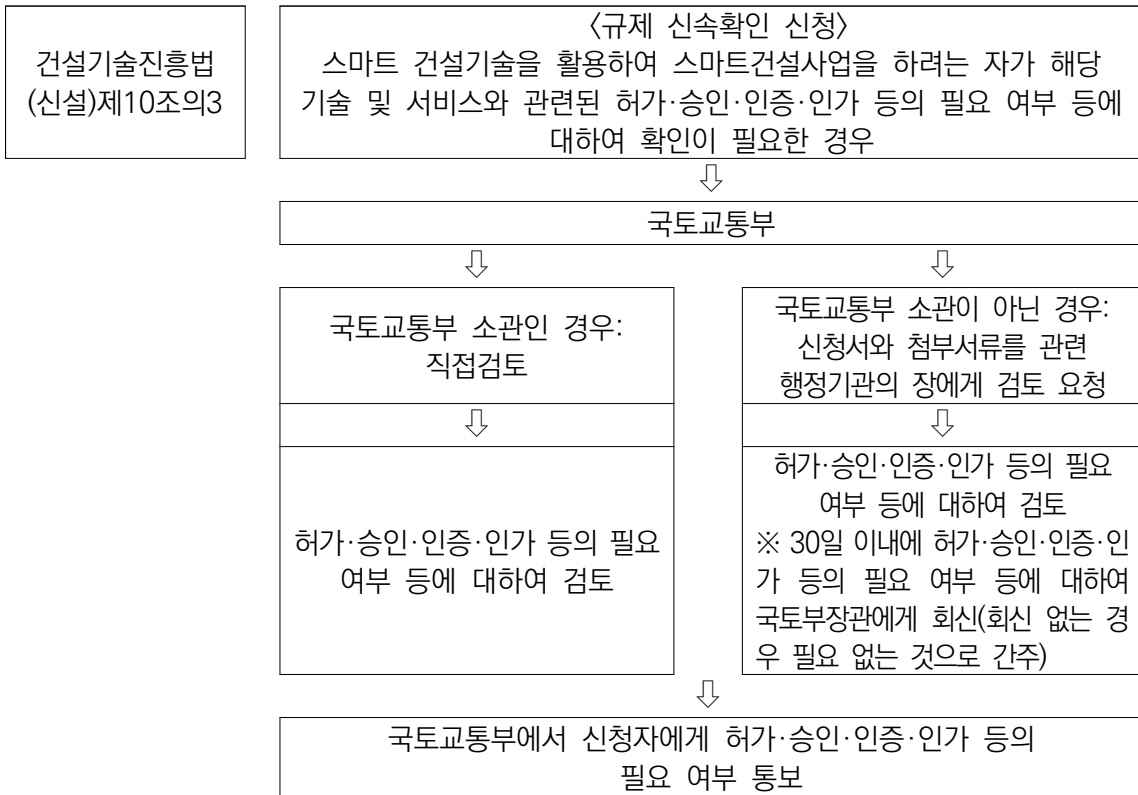
직업훈련 시설은 「직업능력개발훈련의 직종별 훈련기준(고용노동부 고시)」에 따른 교과내용, 장비로 직업능력개발훈련을 실시하도록 하고 있음

- (시사점) 현재 사용 중이거나 개발 중인 스마트 건설기술 분야 중 드론, 로봇, VR & AR, AI, IoT 기술을 활용한 기술이 상당수이며, 향후 이 분야에 대한 건설사업에서의 상용화 요구 기술의 수요가 증대될 것으로 판단되며, 따라서 스마트 건설기술의 활용을 촉진할 수 있는 규제샌드박스 운용이 필요함
- 첨단기술이 스마트 건설기술에 활용이 더욱 확대될 경우 타부처에서 운용되고 있는 규제샌드박스의 규제 완화 사항과 유사한 상황이 반복될 가능성이 높음
- 스마트 건설기술의 원활한 시장진출을 지원하기 위해서는 규제샌드박스를 통하여 기술 보유 기업이 자유롭게 새로운 도전과 시도를 유도하는 것이 필요함
- 기대효과
  - 스마트 건설기술의 규제샌드박스는 건설산업의 디지털 전환에 따른 글로벌 혁신경쟁에서 유리한 환경 조성이 가능함
  - 스마트 건설기술이 빠른 시간 안에 시장에 진출 할 수 있음
  - 설계, 시공, 안전, 유지관리 등 건설사업 전 단계를 관리할 수 있어 규제의 연속성 확보 가능
  - 스마트 건설기술의 규제 내용이 건설사업장 내에서는 타 부처의 규제 허용폭 보다 넓게 운용이 가능함. 토목현장의 경우 일반인들의 접근이 빈번하지 않기 때문에 규제 허용의 폭이 넓어질 수 있음
  - (기업측면) 스마트 건설기술 규제 관련 불확실성 완화에 따라 유·무형의 비용절감 효과 발생
  - (발주자측면) 발주자의 시공방법 선택권이 확대되고, 빠르고 정확하고 높은 품질의 시설물 이용 가능
  - (정부측면) 실증특례를 바탕으로 스마트 건설기술 분야에 정교하고 최적화된 규제 방식 구축 가능

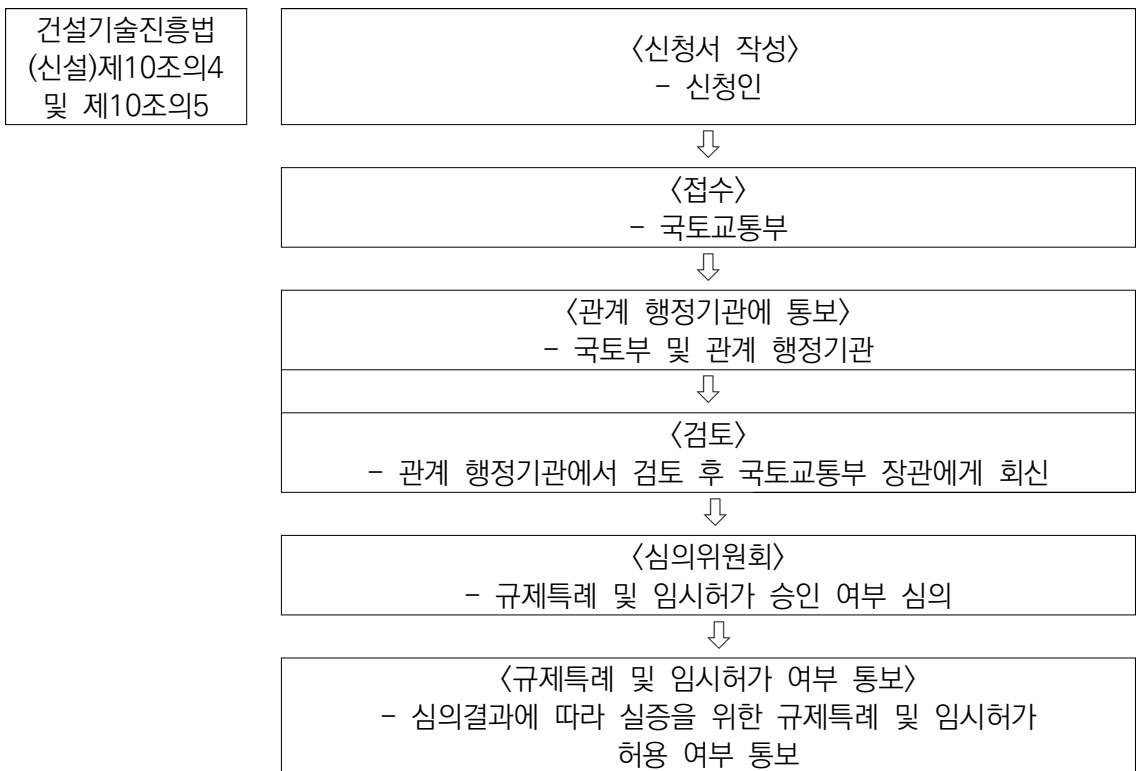
## 라. 스마트 건설기술 규제샌드박스 운용 방안

- 스마트 건설기술의 특성은 건설기술의 디지털화, 건설자동화, 모듈화 등 대상이 되는 시설물의 건설과정을 다루고 있으며, 이에 따라 이를 전체적으로 관할 할 수 있는 법령의 개정을 통하여 스마트 건설기술 규제샌드박스를 운용하는 것이 적합한 것으로 판단됨
- 스마트 건설기술은 기획·설계·시공·유지관리 등 건설사업 전 단계에서 활용이 가능하므로 관련 규제의 연속성 확보가 가능함. 향후 국토부 내의 규제샌드박스는 건설기술진흥법에 근거하여 통합 운용하는 것이 건설사업 진행과 정부 행정의 효율성 측면에서 유리함
- (효과) 스마트 건설기술은 기존 건설기술 발전의 연장선으로 볼 수 있어 해당 기술의 발전을 촉진하기 위해서는 스마트 건설기술 규제샌드박스의 운용은 건설기술진흥법을 근거로 운용하는 것이 효과적임
- 건설기술진흥법에 근거하여 스마트 건설기술 규제샌드박스의 운용 시, 향후 스마트 건설기술의 발전을 위한 다양한 제도의 시행시 전체적인 정책의 연속성 확보가 가능하며, 관련 부처의 업무 효율성에 유리함. 새로운 규제샌드박스의 운용으로 인해 추가적인 조직 구성과 인력의 투입이 필요함
- (방안) 건설기술진흥법에 규제샌드박스 운용을 위한 ‘스마트 건설기술의 정의’, ‘스마트 건설사업의 정의’, ‘신속확인’, ‘규제특례’, ‘임시허가’와 관련된 규정의 신설
- 스마트 건설 규제샌드박스 운용을 위한 건설기술진흥법 개정안
  - 스마트 건설기술의 규제샌드박스의 대상이 되도록 운용하기 위해서는 건설기술진흥법제2조(정의)에 “스마트 건설기술”의 정의 신설 필요
    - 스마트 건설기술의 정의: “스마트 건설기술”이란 건설사업 전 단계의 건설기술에 첨단기술을 적용 및 융합하여 생산성, 품질, 현장 안전성, 유지관리성 등을 향상시키는 공법, 장비, 시스템 등으로서 국토교통부령으로 정하는 기술을 말함
  - “스마트 건설기술”을 활용한 “스마트건설사업”과 관련된 규제의 신속확인 규정 신설(안)
    - 건설기술진흥법 제10조3(신속처리) 신설(안)
  - “스마트 건설기술”에 대한 “임시허가” 및 “규제특례”의 활용을 위한 규정 신설(안)
    - 건설기술진흥법 제10조4(실증을 위한 규제특례) 및 10조5(임시허가) 규정 신설(안)





[그림 4-1] 개정(안) 건설기술진흥법에 근거한 규제의 신속확인의 절차



[그림 4-2] 개정(안) 건설기술진흥법에 근거한 규제특례 및 임시허가의 절차

## 2. BIM 활성화 방안

### 가. BIM 기술인력의 경력관리 및 자격제도 운용

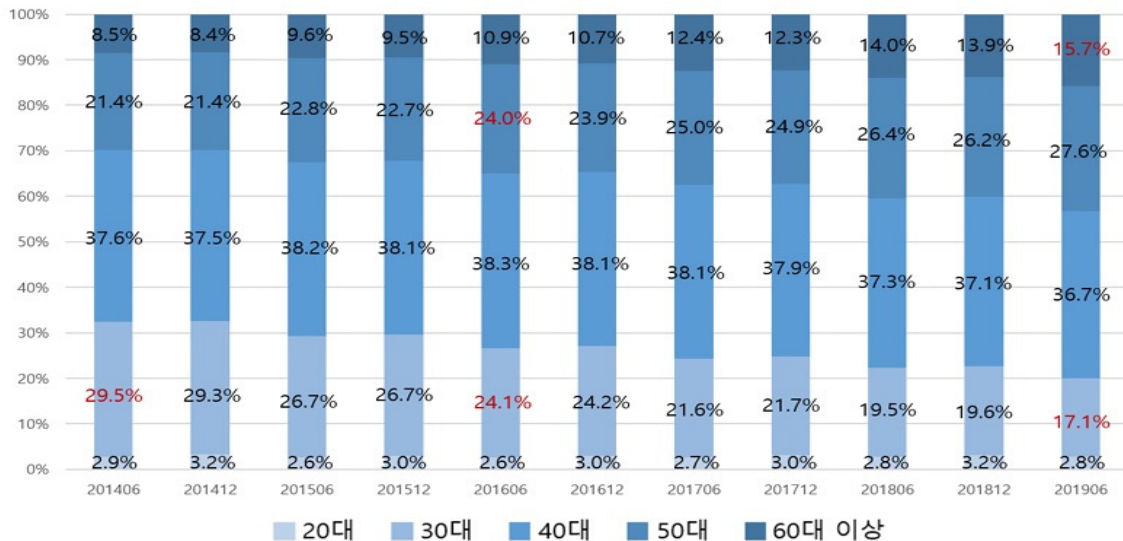
#### (1) BIM 기술의 경력관리 및 자격제도 운영의 필요성

- 국내 건설기술자 양성과 관련된 문제는 양적인 측면보다는 질적인 측면에서 더욱 취약한 상황임. 양적인 측면에서는 청년 기술인력의 유입이 감소되고 있으며 질적인 측면에서는 최근 도입이 빠르게 진행되고 있는 스마트 건설기술인력의 공급이 매우 더딘 상황임
- 국내 건설기술자 경력관리 및 자격제도는 주로 정부가 주도적으로 건설산업에 필요한 분야를 구축하고 운영하여 왔음. 경력 및 자격관리는 중앙집권적으로 이루어져 과거에는 효과적이었지만 스마트 건설기술이 보급되어 급변하는 최근의 건설산업 변화에 따라 유연성이 부족하다는 평가를 받고 있음
  - 건설기술의 변화에 따라 건설 직무 및 경력관리의 변화도 요구되고 있으나, 변화가 매우 느리며 산업의 급변하는 수요를 반영하지 못하고 있다고 지적되고 있음
- 스마트 건설기술은 BIM(Building Information Modeling), 드론(Drone), 로봇 IoT(Internet of Things), 빅데이터(Big data), AI(Artificial intelligence) 등 첨단기술을 건설에 융합 및 접목시키는 것을 의미하며, 기존 건설산업이 안고 있는 생산성 저하, 안전사고, 내국인 숙련도 저하, 기술인력 고령화 등의 문제에 대한 해결책으로서 기대가 높음
- 현재 BIM 기술을 비롯한 스마트 건설기술 경력의 신고 및 관리체계가 구축되어 있지 않아 발주자가 BIM 기술 경력자의 활용방안을 마련할 수 없으며 설계사와 시공사의 경우 양질의 BIM 기술 경력자를 보유하고 있어도 건설사업의 입찰과 사업수행시 인력 보유의 장점이 활용되지 않고 있음
- 최근 도입이 확대되고 있는 스마트 건설기술과 관련된 건설기술인 경력관리와 자격제도 운영은 건설기술인력의 질적 향상과 더불어 청년 기술인력의 유입에도 효과가 있을 것으로 판단됨

○ 20대 청년 기술인력의 비중은 최근 수년간 약 3% 내외로 청년 기술인력의 공급이 매우 중요한 상황임

- 건설기술인력은 2019년 6월 기준, 20대 2.8%(22,052명), 30대 17.1%(132,552), 40대 36.7%(284,569명), 50대 27.6%(213,661명), 60대 15.7%(121,944명)로서 40대 이상이 80.0%를 차지하고 있음
- 스마트 건설기술은 BIM, 드론, IoT, AI, 로봇 등을 활용하는 기술로서 청년 기술인력의 유인 분야로 활용이 가능함

○ 양질의 기술인력을 확보하는 방안으로 스마트 건설기술의 경력 및 자격제도를 운영함으로써 청년기술인력의 유인책으로 활용될 수 있음



[그림 4-3] 건설기술인 연령별 현황

○ 스마트 건설기술 중 BIM 기술의 경력 및 자격제도를 운영하고 건설공사 입찰에 활용될 수 있도록 하여 건설사업에 참여하는 개별 기업들이 자발적으로 BIM 기술인력을 양성하고 확보하도록 할 필요가 있음

## (2) BIM 기술 경력 관리 체계 구축 방안

○ 건설산업에서의 BIM 기술을 비롯한 스마트 기술 활성화를 위해 정부에서도 그 동안 많은 노력을 기울여 왔으며 최근 스마트 건설사업이 다양하게 발주되고 있고 건설사업자 선정 시 스마트 건설기술 도입의 적정성 평가 등을 통하여 스마트 기술의 활용도를 높이려고 하고 있음

- 스마트 기술이 활용도는 점차적으로 증가하는 상황이나 스마트 건설사업을 수행한 건설기술의 해당 경력에 대한 관리체계는 구축되어 있지 못한 상황임
  - 건설사업에서의 스마트 기술 활용 증가에 따라 스마트 기술 활용 역량을 보유한 건설기술인에 대한 수요는 점차적으로 늘어날 것으로 전망됨
  - 따라서 스마트 기술을 업무에 활용하여 그에 대한 역량과 능력을 함양한 건설기술인의 경력은 별도로 관리되어 구축될 필요가 있음
- (스마트 기술 경력 관리 구축) 건설기술인 경력 확인을 위한 표준분류표의 건설공사업무내용 표기 시 하위 레벨로 스마트 건설사업 수행 시 활용한 스마트 기술을 병기하는 것이 현행 경력신고 체계를 소폭으로 개정하면서 효율적으로 운용할 수 있는 방안이며, BIM과 관련된 국가자격제도의 도입 운용 필요함
- 표준분류체계의 틀을 유지하면서 활용된 스마트 기술을 표기하고 스마트 기술을 활용하여 수행한 업무내용에 대하여 서술적으로 작성하여 경력신고를 하는 방식은 현재의 건설기술인 경력 구축 체계를 보완하는 방식으로 경력정보의 변경을 최소화하는 방식으로 도입의 용이함과 운영측면에서의 효율성을 확보할 수 있는 방안임
- (기대효과) BIM 기술을 활용한 건설기술인의 경력관리 체계를 구축하면 아래와 같은 기대효과가 예상됨
- 스마트 건설사업의 활성화를 위한 발주자의 재량권 확대
    - 발주자는 스마트 건설로 발주하는 건설사업에서 관련 경력 건설기술인을 요구할 수 있음
  - BIM 기술인력을 확보한 건설사업 참여 기업이 경쟁력을 확보할 수 있는 환경 조성이 가능함.
  - BIM 기술인력을 확보하지 못한 기업들에게 BIM 기술인력을 확보하고자 하는 동기 부여
  - BIM 기술 이외에도 다양한 스마트 기술을 활용하여 업무를 수행한 건설기술인과 기업에게 유리한 환경 조성이 가능하며, 따라서 스마트 기술의 활성화에 기여할 것으로 예상됨

### (3) BIM 기술 자격 종목 신설

- 4차산업혁명과 관련된 기술이 빠르게 보급됨에 따라 이와 관련된 국가기술자격이 신설되고 있는 추세임
  - 과학기술정보통신부와 산업통상자원부는 2017년부터 3D 프린터의 활성화와 전문인력 양성을 위해 3D프린터개발산업기사와 3D프린터운용기능사를 운영하고 있으며 로봇산업의 활성화를 위해서 2019년부터 로봇기구개발기사, 로봇소프트웨어개발기사, 로봇하드웨어개발기사의 국가기술자격을 운영하고 있음
  - 통계청에서는 최근 수요가 늘고 있는 빅데이터분석 엔지니어를 양성하기 위해 2019년부터 빅데이터분석기사를 신설하여 운영하고 있으며, 산업통상자원부는 코로나로 인한 비대면 원격교육이 증가함에 따라 이러닝운영관리사 국가기술자격을 운영하고 있음
- 국토교통부는 자율주행에 필요한 공간정보를 다루는 엔지니어를 양성하기 위해 2023년부터 공간정보융합산업기사와 공간정보융합기능사 국가기술자격 운용할 계획임
- (BIM 국가자격 신설 운용) 중단기적으로 BIM과 관련된 국가기술자격 신설하여 BIM 엔지니어의 건설기술인 자격과 기술인 등급을 획득하게 함으로써 BIM 활성화에 기여하게 될 것으로 예상됨
- (기대효과) BIM 운용 국가기술자격 신설은 아래와 같은 기대효과가 예상됨
  - 비건설 분야 전공자의 건설 관련 국가기술자격을 취득하게 됨에 따라 건설기술인 자격을 획득하게 됨
  - 건설분야에서 근무하는 전산 관련 전공자들을 건설기술인으로 유인하는 효과 발생
  - 최근 건설기업들의 건설 이외의 첨단분야 인력 채용이 늘어감에 따라 해당 인력의 건설기술인 자격 획득하기 위해서는 건설기술인 자격획득에 필요한 국가기술자격 운용이 필요함
    - 디지털 현장관리: IT 시스템 계열 전공자
    - 건설 로보틱스: 컴퓨터공학 전공자로 센서 융합 또는 센서 데이터 통합 분석
    - 건설 데이터: DB 구축 및 활용가능한 컴퓨터공학 관련 전공자
  - 첨단분야와 건설의 융합 활성화에 기여할 것으로 예상

## 나. BIM 기술 교육의 양적 확대 및 질적 향상

- 현재 개설되어 시행 중인 다양한 BIM 교육은 실제로 BIM을 현장에서 활용할 수 있는 실무능력을 기르는데 한계가 있으며, BIM 교육의 깊이와 기간 등이 절대적으로 부족하다는 의견이 지배적임
- 궁극적으로 BIM 교육의 질을 높여 BIM의 활용성과 기능을 효과적으로 사용할 수 있게 하며, 더 나아가 현장에서 BIM 적용이 가능하도록 교육체계를 개선시킬 필요성이 있음. 따라서 다음과 같이 3가지의 BIM 교육체계의 개선을 위한 방안을 제안함
  - ① 기존의 BIM 교육 프로그램의 질적 개선 필요
    - 현재는 BIM 도입의 초기단계로서 전문가의 수가 적기 때문에 다양한 BIM 교육 프로그램은 자칫 BIM 교육의 질이 떨어질 수 있는 문제로 야기될 수 있음. 그러므로 기존의 다양한 기관들의 BIM 교육의 장단점을 고려하여 국가 주도의 BIM 교육체계를 마련하고 실질적으로 현장 활용이 가능한 교육이 이루어지게 해야 할 것임
  - ② BIM 교육비용 지원
    - BIM 교육 강사는 교육 전문강사가 아닌 현장에서 실제로 BIM을 활용하는 전문가나 대학 교수가 대부분이며 강의료가 적절하지 않은 수준임. 따라서 BIM 교육을 위해서 개인적으로 시간을 할애하기 때문에 강의료가 좋지 않다면 교육을 진행하여도 질이 낮은 강의를 될 수 밖에 없음. 그렇기 때문에 정부에서는 BIM 교육을 진행하는 강사들의 질 좋은 강의 제공을 위해서 교육강사들의 강의료에 대한 지원이 필요할 것으로 보임
  - ③ BIM 교육기관 확대 (전문건설협회의 교육기관 지정 필요)
    - 교육기관의 수를 늘릴 수 있는 지원이 필요함. BIM 교육기관의 수가 부족하고 서울을 중심으로 이루어지기 때문에 각 지방 현장에서 근무하는 인력들에게 거리상 부담이 되고 있음. 따라서 전문건설협회 등에서 BIM 교육을 지원할 수 있는 인프라를 형성하여 BIM 교육의 저변을 확대할 필요성이 있음

### 3. 중·소 건설기업(전문건설기업)을 위한 스마트 안전 및 건설기술 지원방안

#### 가. 스마트 건설 안전장비 사용에 따른 비용 부족 지원 필요

- 스마트 건설 안전기술은 건설시공 현장의 안전관리와 근로자 안전관리의 두가지 분야가 동시에 개발 및 상용화되고 있음. 전문건설기업들이 주로 공사를 수행하고 있는 50억원 미만의 소규모 건설현장의 경우 스마트 건설안전기술 사용에 따른 비용 부족 등으로 인해 활용에 장애가 발생하고 있음
  - 건설사들은 스마트 건설기술을 활용한 협착방지 시스템, 웨어러블카메라, 스마트 안전벨트 등을 개발해 현장에 도입하고 있지만, 도입 비용과 유지보수 등에서 안전관리비 증액 요소라 적잖은 부담으로 작용하고 있음
- 클린사업장 지원제도<sup>10)</sup>의 벤치마킹 필요
  - 클린사업장 조성지원(산업안전보건법 제158조(산업재해 예방활동의 보조·지원))은 산재보험가입 50인 미만 사업장 및 공사금액 50억원 미만 건설현장, 산업단지를 대상으로 유해·위험요인 개선을 위한 자금 지원 제도임
  - 주로 시스템 비계 설치 비용과 안전방망(수직보호망) 설치 비용이 지원됨
  - (재해감소효과) 2015년 기준으로 클린사업 지원이 이루어진 사업장은 0.033명의 재해자 수 감소효과 있는 것으로 분석되고 있음.
  - 사업장의 고용인수가 1증가할 때 0.0005명의 재해자 감소 효과가 발생하였으며, 사업장의 기간이 1년 증가할 때마다 0.0002명의 재해자 감소 효과가 있는 것으로 분석됨
  - 사망사고가 발생한 사업장은 0.1393명의 추가적인 재해자 감소 효과가 있는 것으로 분석됨
  - 사망사고 재해자(업무상 사고사망자, 그 외 사고사망자, 질병사망자 총합) 감소에 대한 분석결과 사망사고 재해자 감소에 가장 큰 영향을 주는 것은 클린사업 지원 여부로 분석됨
  - 비사망사고 재해자(사고부상자, 질병이환자 총합) 감소에 대하여 클린사업 지원의 영향이 큰 것으로 나타남

10) 최훈 외 1인, 산업재해 예방 재정지원 사업의 재해 감소효과 분석: 소규모사업장을 중심으로, 한국콘텐츠학회 논문지 Vol.19 issue4

- (고용증가효과) 고용인 수 증가 효과 분석결과에 따르면 클린사업장 조성지원으로 인해 1.2199명의 고용인 수 증가 효과가 있는 것으로 분석됨
- (시사점) 기술적·재정적 능력이 취약함에 따라 산업재해 발생 가능성이 높은 50인 미만 고위험 사업장의 산업재해 감소를 위해 산업재해에 대하여 국고로 지원하는 사업인 고용노동부의 클린사업장 조성지원 제도는 다른 규모의 사업장보다 소규모 사업장을 대상으로 재정지원을 제공하는 것으로 정책적 타당성을 가지고 있음
  - 건설산업 사업장도 소규모 공사현장에서 산업재해 발생이 높게 나타나고 있는 실정에 비추어 볼 때 스마트 건설 안전 지원에 대하여 소규모 사업장의 경우 별도의 지원책이 유효할 것으로 판단됨

#### 나. 스마트 건설 안전 활성화를 위한 산업안전보건법 개정(안)

- 건설기술진흥법과 산업안전보건법의 건설 안전 대상인 시설물과 근로자의 스마트건설안전 장비 및 기술 적용대상의 명확한 이분화가 어려운 상황으로 관련 법령으로 기 개정된 건설기술진흥법과 더불어 산업안전보건법의 개선이 필요함
  - ex) 근로자의 안전을 위한 스마트 건설기술 단말기의 경우 산업안전보건법의 적용이 가능할 수 있지만, 이를 통합한 관제시스템의 경우 대상 시설물 전체의 건설 안전을 관할하므로 산업안전보건법 적용에 있어서 명확한 구분이 어려움
  - 건설산업 사업장에서의 근로자 재해는 소규모 공사현장에서의 재해 발생이 높은 상황이나, 소규모 사업장의 경우 스마트 건설 안전장비의 구매, 설치, 운용 등에 비용이 부족이 발생하고 있음. 따라서 소규모 건설현장의 경우 건설공사 종류별 산업안전보건관리비의 요율을 향상할 수 있는 법률적 근거를 마련하여 스마트 건설 안전 기술을 적용하는데 비용적인 문제의 해소가 가능함
  - 따라서 산업안전보건법에 근거하여 운용되고 있는 ‘건설업 산업안전보건관리비 계상 및 사용기준’의 개정이 필요함
- 건설업 산업안전보건관리비 계상 및 사용기준의 개정안
  - ① 건설업 산업안전보건관리비 계상 및 사용기준 제2조(정의)에 스마트 건설 안전장비의 정의 신설
    - (제2조(정의)개정안) (신설)4. 스마트 건설 안전장비란 산업간 융·복합의 성과를 활용하여 건설근로자의 안전관리를 강화할 수 있는 안전장비를 말함



- ② 건설업 산업안전보건관리비 계상 및 사용기준 제4조(계상기준) 개정
- 대상액 50억원 미만의 건설사업장에 대하여 발주자가 설계에 따른 안전관리비보전 관리비를 2배 이내의 범위에서 조정계상 할 수 있도록 개정할 필요가 있음
  - (제4조(계상기준) 개정(안) 신설) 발주자는 대상액이 50억원 미만일 경우에 대하여 자기공사자가 스마트 건설 안전장비를 활용하고자 할 경우 설계에 따른 안전관리비 보전관리비를 2배 이내의 범위에서 조정계상 할 수 있음

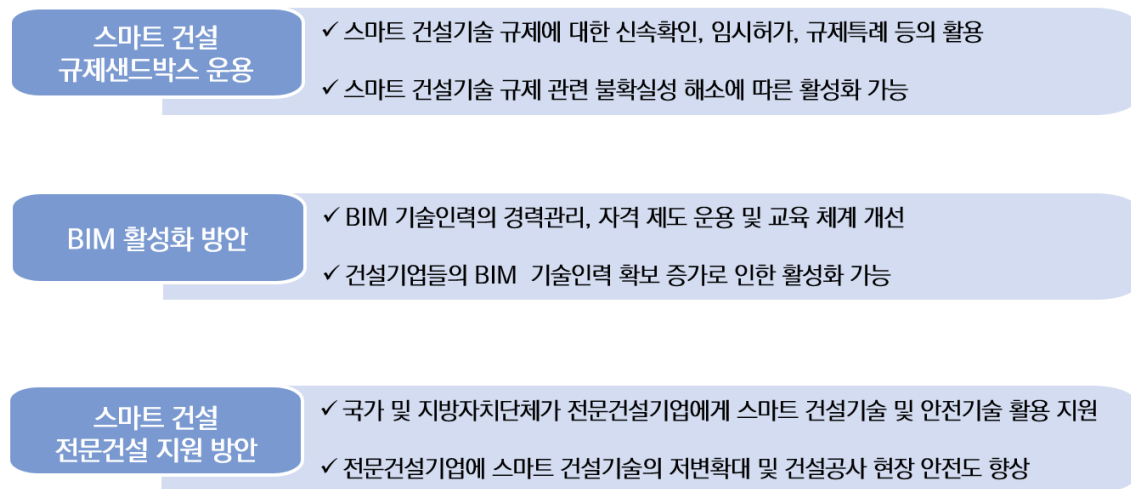
#### 다. 스마트 건설기술 활성화를 위한 전문건설업 지원방안

- 현장 작업을 중심으로 이뤄지는 전문공사 특성상 낮은 생산성, 기능인력의 고령화 등의 문제점이 점차적으로 부각되고 있으며 스마트 건설이 이에 대한 대안이 될 것이란 기대감이 커지고 있음
  - 전문건설업체에게 부담되는 안전과 품질, 원가절감, 기능공 수급 등 많은 리스크들이 증가하고 있는 현실에서 생산성을 높이고 안전사고를 저감하며 기능인력 수급을 해결할 수 있는 방안으로 스마트 건설의 중요도가 높아지는 상황임
- 중소건설기업과 전문건설기업의 경우 대형 건설사에 비해 상대적으로 스마트 건설에 대한 인지도가 낮은 상황임
  - 이러한 특성을 고려하면, 다양한 교육을 통해 스마트 건설기술에 대한 인지도를 높이고, 기술이 기업의 생산성 향상에 긍정적으로 작용할 것이라는 인식의 전환을 유도하기 위해서는 건설기술진흥법상에 다양한 지원정책이 마련되어야 할 것이며 전문건설기업을 위한 별도의 지원 제도 수립이 필요함
- 전문건설기업의 스마트 건설기술 활용 지원을 위한 건설기술진흥법 개정안
  - (건설기술진흥법 개정(안)) 국가 및 지방자치단체는 중소기업자 및 전문건설업자가 스마트 건설기술 연구개발이나 그에 따른 연구성과의 사업화를 추진하는 때에는 그에 드는 비용을 출연 또는 보조하거나 그 밖에 필요한 지원을 할 수 있음

## V. 결 론

- 본 연구의 결과는 스마트 건설사업에서 현재 활용되고 있는 스마트 건설기술의 활성화 저해요인에 대하여 도출하였으며, 정부의 정책 개선 및 관련 연구 활성화의 기초자료로서 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단됨
- 현재 스마트 건설기술은 많은 첨단기술과의 융합이 이루어지고 있으나 아직은 기술의 성장단계이지 성숙단계는 아님. 따라서 스마트 건설기술의 저변이 확대되고 새로운 기술의 도입이 늘어남에 따라 관련된 법령의 규제로 인해 시장진입에 어려움을 겪는 기술 개발자들이 늘어날 것으로 판단됨
- 규제샌드박스는 ICT융합, 산업융합, 금융혁신, 지역혁신 분야 등 산업 전반에 걸쳐 광범위하게 시행되고 있으며, 신속확인과 임시허가의 경우 외국에서 운용하지 않는 국내에서만 시행 중으로 심사절차의 간소화로 규제 해소의 빠른 시행이 가능함. 따라서 스마트 건설기술 활성화 저해요인의 해소를 위한 규제 샌드박스가 운용될 경우 스마트 건설기술의 보급 촉진에 효과를 나타낼 것으로 판단됨
  - 개별 스마트 기술과 관련된 법령의 정비에는 많은 노력과 시간이 소요됨으로 규제로 인한 스마트 기술의 활용도 저하 문제를 포괄적이고 신속하게 해결할 수 있는 방안으로 규제샌드박스는 효과적인 대안이 될 수 있음
  - 규제샌드박스의 실효적인 운영 확대를 통하여 첨단기술과 융합된 스마트 건설기술이 빠르게 시장에 진입할 수 있을 것으로 판단됨
- 스마트 건설기술과 안전기술은 현재 매우 빠르게 상용화 단계에 이르고 있으나 소규모 건설공사에서의 활용 시 비용 부족 등의 어려움으로 활성화가 이루어지고 있지 않음. 본 연구에서 전문건설 지원방안으로 제시된 전문건설 지원방안과 소규모 건설공사에서의 스마트 안전기술 활용 비용 지원방안은 스마트 건설기술 활성화에 기여할 것으로 판단됨

- 국내에서는 그동안 스마트 시티를 구현하여 ‘편리하고 안전한 스마트 국토·주거환경 구축’을 위해 많은 노력이 진행되어 왔음. 디지털 첨단기술이 융합된 스마트 건설기술이 건설산업에서 성공적으로 활성화되기 위해서는 정부기관, 연구 및 교육기관, 산업체들 간에 효율적인 협력 아래 ‘스마트 건설생산 시스템 구축’이라는 또 하나의 목표를 가지고 효과적으로 추진할 수 있는 전략과 이에 따른 정책연구가 요구됨



[그림 5-1] 스마트 건설 활성화 방안 및 전문건설 대응 방안

#### <ACKNOWLEDGEMENTS>

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원(스마트 건설기술 개발사업 : 과제번호 20SMIP-A158708-01)을 받아 수행되었음

- 박승국, 선임연구위원(skpark@ricon.re.kr)
- 이호일, 선임연구원(lhi0904@ricon.re.kr)

## 참고문헌

1. 국토교통부(2018), 스마트 건설기술 로드맵
2. 관계부처 합동(2021), 2021년 로봇산업 선제적 규제혁신 로드맵 실행계획
3. 김경백(2019). "스마트 건설기술 현황 및 활성화 방안에 관한 연구." 국내석사학위논문 동국대학교 대학원
4. 김중수(2015), "드론의 활용과 안전 확보를 위한 항공법상 법적 규제에 관한 고찰", 법학논총 제39권 제3호
5. 대한건설정책연구원(2020), RICON FOCUS: '디지털 경제' 가속화에 따른 건설산업 혁신 방안
6. 스마트건설사업단 홈페이지, <http://smartconstruction.kr/>
7. 정일국, (2021), 스마트 안전장비 현장 적용성 평가사례, 대우건설 디지털건설팀
8. 최명기. (2020). 스마트 건설과 안전. 지우박스.
9. 최정락, (2018), 국내 규제샌드박스 제도 도입현황 -정보통신융합법 개정안 중심으로-, 정보통신산업진흥원
10. 최해옥, (2017), 규제샌드박스 정책 동향 및 시사점, 과학기술정책연구원
11. IRS Global(2021), 스마트 건설 글로벌동향과 사례분석

## 스마트 건설 활성화 및 전문건설 대응 방안

2023년 12월 인쇄

2023년 12월 발행

발행인 김희수

발행처 **대한건설정책연구원**

서울특별시 동작구 보라매로5길 15, 13층(신대방동, 전문건설회관)

TEL (02)3284-2600

FAX (02)3284-2620

홈페이지 [www.ricon.re.kr](http://www.ricon.re.kr)

등록 2007년 4월 26일(제319-2007-17호)

I S B N 979-11-5953-171-2

인쇄처 경성문화사(02-786-2999)

© 대한건설정책연구원 2023

