

제4차 산업혁명에 따른 전문건설업종별 기술 개선수요 분석에 관한 연구

조재용·홍성호



제4차 산업혁명에 따른 전문건설업종별 기술 개선수요 분석에 관한 연구

조재용·홍성호

2019. 6

대한건설정책연구원

요 약

- 제4차 산업혁명이 이슈로 부각된 이후 우리나라 및 각국에서는 제4차 산업혁명을 대응하기 위한 움직임에 나섰다.
 - 해외 각국에서는 기업을 중심으로 건설 산업에 활용 가능한 다양한 융합기술이 개발되고 있음. 자동화, 로봇, 3D 프린터, BIM, AI 등의 다양한 기술들이 복합 되어 건설산업과 접목되고 있음.
- 한국 건설산업도 제4차 산업혁명 대응 R&D 전략을 수립하기 위해서는 임기응변 식으로 개발·투자 분야를 선정하는 것이 아니라, 객관적인 방법과 절차에 의해 건설산업의 어떠한 분야에 개발·투자가 필요한지를 도출할 필요가 있음. 따라서 본 연구는 전문건설업종별 기술 개선수요를 파악하기 위해 수행됨.
 - 국내 건설산업에서 시공분야는 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 이중 토공, 습식·방수, 석공, 도장, 비계 등의 전문건설업은 종합건설업보다 다양한 기술 적용이 요구되는 영역임. 따라서 제4차 산업혁명을 맞이하여 제시되는 기술적 솔루션들의 건설산업 적용성 및 파급효과를 높이기 위해서는 건설산업의 시공을 직접적으로 담당하고 있는 전문건설업종별로 기술 개선수요를 조사·분석해야 할 것임.
 - 전문건설업종별 기술 개선수요를 조사하기 위해 2018년 12월 20일부터 2019년 1월 20일에 걸쳐 설문조사를 실시함. 설문조사의 객관성을 확보하기 위해 전문건설업 종사자를 제외한 모든 건설업 종사자를 대상으로 함.
 - 설문조사의 내용은 크게 22개 전문건설업종에 대한 품질, 비용, 공기, 안전, 노무에 대한 개선수요 조사와 품질, 비용, 공기, 안전, 노무의 5대 개선수요 항목에 대한 가중치 분석으로 구성됨.
- <요약표 1>과 같이 5대 개선수요 항목에 대해 안전(0.281)을 가장 큰 개선항목으로 평가하고 있으며, 이어서 품질 개선(0.202)을 중요하다고 인식하고 있음. 비용(0.189)과 공기(0.183)에 대해서는 거의 동일한 수준의 중요성으로 평가하고 있으며, 노무 개선(0.145)은 중요도가 가장 낮은 항목으로 인지하고 있음.

〈요약표 1〉 5대 개선수요 항목의 상대적 가중치

5대 개선수요 항목	품질개선	비용개선	공기개선	안전개선	노무개선
가중치	0.202	0.189	0.183	0.281	0.145

- <요약표 2>와 같이 전문건설업종별 기술 개선수요가 가장 큰 업종은 비계구조물해체공사업(0.527)과 토공사업(0.518)이며, 가장 낮은 업종은 조경식재공사업(0.395)과 조경시설물설치공사업(0.399)인 것으로 조사됨. 이는 비계구조물해체공사업과 토공사업의 기술개선이 여타 업종보다도 가장 시급하다는 의미임.
- 전문건설업종·5대 개선수요 항목별 필요성에 대해 백분위점수 기준 90%를 넘는 항목은 “개선 필요성이 매우 높다(★표시)”로 구분하고, 80%를 넘는 항목은 “개선 필요성이 높다(◎표시)”, 50%를 넘는 항목은 “개선 필요성이 일부 있다(○ 표시)”로 분류함.
- 기술개선 수요가 유사한 업종을 그룹별로 나누어 살펴보면, 1그룹은 품질, 비용, 공기, 안전, 노무에 대한 전면적이고, 시급한 대응이 요구되고 있는 업종임. 2그룹은 주로 품질 분야의 기술개선이 요구되는 업종이며, 3그룹은 개선수요 항목별로 유사한 특징을 보이지 않고 개선수요도 낮은 업종을 의미함.

〈요약표 2〉 전문건설업 기술개선 수요 조사결과 요약

순위	전문건설업종	개선수요 점수	품질	비용	공기	안전	노무	그룹
1위	비계구조물해체공사업	0.527	○	◎	◎	★	★	1그룹
2위	토공사업	0.518	-	★	★	◎	★	1그룹
3위	철근콘크리트공사업	0.493	-	★	★	◎	◎	1그룹
4위	지붕판금건축물조립공사업	0.480	○	-	-	★	○	1그룹
5위	습식방수공사업	0.463	★	-	○	-	◎	2그룹
6위	금속구조물창호공사업	0.458	○	-	-	○	○	3그룹
7위	철강재설치공사업	0.456	-	○	○	○	-	3그룹
8위	수중공사업	0.452	-	○	-	○	◎	3그룹
9위	승강기설치공사업	0.450	○	-	○	○	-	3그룹
10위	강구조물공사업	0.449	-	○	○	○	-	3그룹
11위	석공사업	0.440	-	-	-	○	○	3그룹
12위	준설공사업	0.439	-	○	○	-	-	3그룹
13위	상하수도공사업	0.439	-	○	○	-	-	3그룹
14위	보링그라우팅공사업	0.438	-	-	-	○	○	3그룹
15위	실내건축공사업	0.436	★	◎	○	-	-	2그룹
16위	삭도설치공사업	0.430	-	-	-	-	-	3그룹
17위	도장공사업	0.426	○	-	-	-	-	3그룹
18위	기계설비공사업	0.413	-	-	-	-	-	3그룹
19위	철도궤도공사업	0.410	-	-	-	-	-	3그룹
20위	포장공사업	0.405	○	-	-	-	○	2그룹
21위	조경시설물설치공사업	0.399	○	-	-	-	-	2그룹
22위	조경식재공사업	0.395	○	-	-	-	-	2그룹

- 전문건설업종별 기술개선 수요조사 분석결과는 건설산업의 4차 산업혁명 대응 R&D 투자 방향과 우선순위를 결정하는데 기초자료가 활용되어야 할 것임.

목 차

I. 서 론	1
II. 제4차 산업혁명의 현황	5
1. 국내 현황	5
1) 정부의 대응	5
2) 국토교통부의 대응	6
3) 건설업계의 기술 개발 현황	13
2. 해외의 건설관련 기술 융합 현황	15
III. 전문건설업종 개선 수요 분석	21
1. 개선 수요 분석의 개요	21
1) 개선 수요 설문 설계	21
2) 설문 응답자 분석	22
2. 전문건설업종 개선 수요 평가	23
1) 개선 수요 점수(A)	23
2) 개선 수요 항목의 상대적 가중치(B)	24
3) 최종 개선수요 점수(C)	25
4) 클러스터 분석	26
3. 설문 결과 분석	28
1) 산출 과정	28
2) 전문건설업종별 개선수요	29
IV. 결론 및 정책적 제언	33
1. 요약 및 결론	33

1) 국내외 대응 현황	33
2) 전문건설업종 개선 수요 분석	34
2. 정책적 시사점	36
 참고문헌	 38

I. 서론

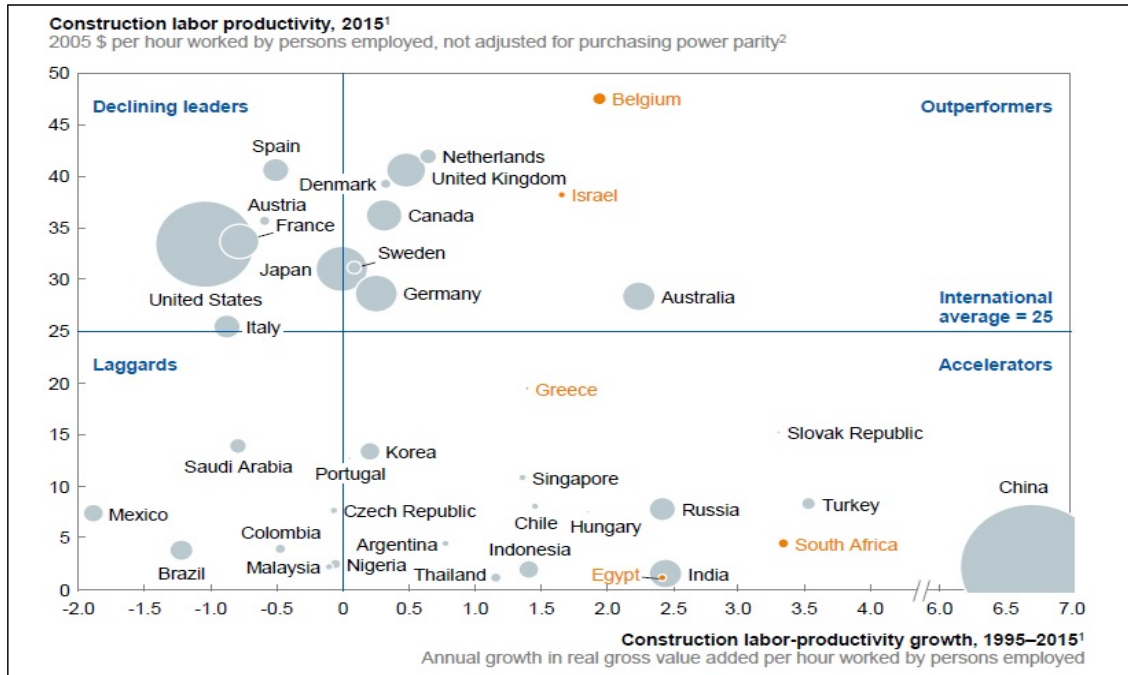
- 2016년 1월 세계경제포럼(World Economic Forum)의 연차회의가 스위스 다보스에서 개최되었으며(이하 다보스 포럼), 핵심 의제로 제4차 산업혁명의 이해(Mastering the Fourth Industrial Revolution)가 선정되었음¹⁾. 포럼에서는 기술의 융합, 디지털 플랫폼 기반의 기업 확대 등으로 제4차 산업혁명이 본격화될 것으로 전망함.
 - 1차 산업혁명에서는 증기기관의 발명이 종전의 수공업에서 기계공업으로 산업구조의 전환을 촉구하였음. 2차 산업혁명에서는 전력을 이용하여 기계화가 추진되면서 대량생산이 가능한 공장제 기계공업의 형태로 바뀜. 3차 산업혁명에서(디지털혁명)에서는 일렉트로닉스(Electronics)와 정보기술(Information Technology)을 구사한 생산 자동화가 추진되었음²⁾.
 - 제4차 산업혁명에서는 가상공간(Cyber system)의 뛰어난 컴퓨팅 능력과 현실 세계(Physical System)의 센서 네트워크의 다양한 정보를 연계시켜 보다 효율적인 생산 실현을 목표로 하고 있음. 또한 인공지능, 로봇틱스(Robotics), IoT, 자율주행자동차, 3D 프린트, 나노기술, 바이오기술, 재료과학, 에너지 저장기술, 양자 컴퓨팅 등과의 융합에 특징이 되고 있음²⁾.
 - 예를 들어 인공지능 자체는 이전부터 연구되고 있었지만 최근의 지수 함수적인 컴퓨팅 능력 향상과 빅 데이터 처리 기술로 신약개발에서부터 예측기술의 정교하고 치밀함까지 그동안의 산업혁명과 비교해서 여러 기술 분야의 교류가 기술 혁신의 속도를 가속시킴²⁾.
- 우리나라 정부에서도 제4차 산업혁명에 발맞추어 대응하기 위해 2017년 10월 11일 대통령 직속으로 「4차산업혁명위원회」를 설립하였음. 「4차산업혁명위원회」는 전자, 자동차, 바이오 등 다양한 분야의 전문가와 산업통상자원부장관, 국토교통부 장관, 고용노동부 장관 등의 정부 부처의 수장이 포함되어 있음³⁾.
 - 「4차산업혁명위원회」는 2019년 상반기까지 제10차에 걸친 회의를 개최하고 있으며, 제4차 산업혁명과 관련된 각종 세미나 및 컨퍼런스를 개최하고 있음. 또한 네덜란드, 베트남, 독일 등의 정부와 협력 관계를 구축하고 있음³⁾.

- 건설산업을 주관하는 국토교통부에서는 2017년 4월 국토교통 4차 산업혁명 대응 전략을 수립하고⁴⁾, 후속 대응 방안을 발표하고 있음.
 - 2017년 4월 국토교통 4차 산업혁명 대응 전략에서는 제4차 산업혁명을 통해 국민이 체감할 수 있는 국토교통 서비스를 제공하기 위하여 ①스마트 국토 조성, ②교통서비스 · 산업 혁신, ③공공인프라 안전 · 효율 제고, ④혁신 기반 조성의 4가지 중점 추진 과제를 수립하였음⁴⁾.
 - 2018년 6월 국토교통부는 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합 계획⁵⁾을 확정하였음. ①4차 산업혁명 대응 혁신 성장동력 육성, ②기술융합을 통한 새로운 가치창출, ③사람 중심의 국토교통 기술개발, ④미래지향적 R&D 시스템 도입의 4가지 추진전략과 함께, 국토교통 8대 혁신 성장동력으로 스마트시티, 자율주행차, 드론, 건설자동화, 제로에너지건축, 가상국토공간, 스마트물류, 지능형 철도를 선정함.
 - 2019년 1월 제4차 산업혁명 관련 혁신적인 기술, 서비스가 접목될 수 있도록 규제 샌드박스 제도를 활용한 스마트 시티 사업⁶⁾을 추진하고 있음.

- 국내 건설 시장은 인프라 수요 감소로 양적 팽창이 한계에 이르고, 기술경쟁력 부족, 부실업체 난립 등 누적된 문제점들이 해소되지 못하면서 성장 잠재력이 약화되고 있다고 지적받고 있음. 국토교통부⁷⁾는 우리 건설업이 가지고 있는 문제점으로 ①부족한 건설 기술력, ②경직적인 생산구조, ③투명하지 못한 시장질서, ④고령화되는 건설 일자리 등을 지적하고 있음. 국토교통부 및 관련 단체에서 이러한 문제점을 해결하기 위한 검토가 이루어지고 있음.
 - 특히 이러한 문제점 가운데 부족한 건설 기술력은 다양한 융합기술로 대표되는 제4차 산업혁명과 연계하여 주목할 필요가 있음.
 - 글로벌 컨설턴트 기관 McKinsey⁸⁾에 따르면 현재 우리 건설업의 노동생산성은 미국, 일본 독일의 절반 수준으로 낮으며, 노동생산성의 향상 속도도 포르투갈, 나이지리아, 체코 수준의 낮은 국가로 평가하고 있음(그림 I-1 참조).
 - 우리 건설업이 글로벌 경쟁력을 확보하고, 지속적으로 성장하기 위해서는 노동생산성을 향상시키는 것이 중요함.

- 이러한 상황에서 우리 건설업은 생산성을 향상시키는 것을 목적으로 제4차 산업혁명을 도입할 필요가 있으며, 이를 위해서는 우선 우리 건설업의 어떠한 부분에서 기술 개발의 수요(필요성)가 있는지를 명확히 할 필요가 있음.

〈그림 1-1〉 건설 노동생산성 2015



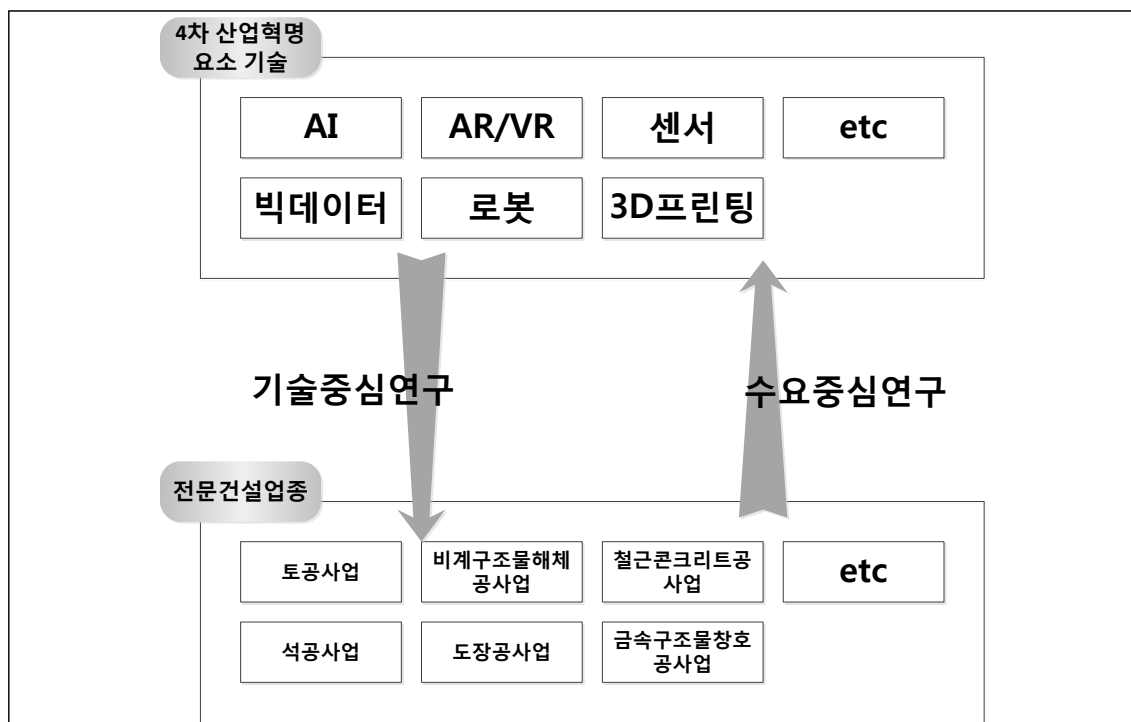
자료: McKinsey

- 건설 생산 프로세스는 기획, 설계, 시공, 유지관리 등의 프로세스로 구성되어 있음. 건설 현장에서의 노동생산성을 향상시키기 위해서는 시공 단계에 초점을 맞출 필요가 있음.
 - 건설 시공은 다양한 전문공사의 집합으로 구성되며, 우리 건설업에서는 전문공사별 단위로 전문건설업종이 구축되어 있음. 따라서 우리 건설업의 시공단계에서 제4차 산업혁명의 대응을 검토하기 위해서는 전문건설업종으로 나누어 기술 개선 수요를 분석할 필요가 있음.
- 일시적이고 임시방편의 이슈 대응으로 그치는 것이 아니라 장기적인 측면에서 착실하고, 확실하게 제4차 산업혁명에 대응하기 위해서는 우리의 전문공사에서 개선이 필요한 부분이 무엇인지를 명확히 하고, 이에 기초한 장기적인 계획을 세울 필요가 있음.
- 정부의 R&D가 계획적으로 추진되기 위해서는 건설 현장에서 어떠한 부분이 개선이 필요한지에 대한 정확한 진단이 필요함.
- 따라서 본 연구는 제4차 산업혁명과 관련된 선진 국가의 사례를 검토하고, 건설 산업 관계자들의 설문을 통해 전문건설업종의 기술개선 수요를 조사·분석하여

건설산업의 4차 산업혁명 대응 R&D 투자 방향과 우선순위를 결정하는데 기초자료를 제공하고자 함.

- 전문건설업종별 기술개선 수요를 조사하기 위해 2018년 12월 20일부터 2019년 1월 20일에 걸쳐 방문 및 이메일을 통한 설문조사를 실시함. 설문조사의 객관성을 확보하기 위하여 전문건설업 종사자를 제외한 모든 건설산업 종사자를 대상으로 함.
- 설문조사의 내용은 크게 22개 전문건설업종에 대한 품질, 비용, 공기, 안전, 노무에 대한 개선 수요 조사와 품질, 비용, 공기, 안전, 노무의 5대 개선 수요 항목에 대한 가중치 분석으로 구성함.

〈그림 1-2〉 제4차 산업혁명 대응을 위한 연구의 방향



Ⅱ. 제4차 산업혁명 대응 현황

1. 국내 현황

1) 정부의 대응

- 2017년 2월 제4차 산업혁명 대응을 위한 민·관 합동의 컨트롤 타워로서 정부 부처의 관련 정책을 조율하고 민간의 의견을 수렴하여 국가적 비전과 대응전략을 마련하기 위해 기획재정부를 중심으로 「4차 산업혁명 전략위원회」가 신설됨. 이를 위하여 대통령 훈령에 위원회 설치 규정을 마련하고, 민간 위원(14명)이 선정됨. 4차 산업혁명 전략위원회에서는 3가지 중요 방향을 제시하고 있음(표 II-1).

〈표 II-1〉 4차 산업혁명 전략위원회의 방향

추진방향 1	4차 산업혁명 장애요인을 해결하고 우선순위에 따라 추진 과제를 선정
추진방향 2	우리 경제·사회 시스템을 리모델링 · 추격자(Fast Follower)에서 벗어나 선도자(First Mover) 전략으로 전환 · 청년 기업이 창의적 아이디어로 자유롭게 창업할 수 있도록 지원 · R&D 제도 개선, 창의 인재 양성을 위한 교육 제도 개편 · 산업의 스마트화, 플랫폼화를 촉진하여 기업 생산성과 글로벌 경쟁력 강화
추진방향 3	정부의 역할을 지원과 협력에 중점, 개방·연결 혁신 플랫폼으로 전환 · 시장진입을 가로막는 규제를 개선하고 인센티브 지원제도를 개편하여 민간의 선제적이고 적극적인 투자 환경 조성 · 기술변화에 대응하여 유연하고 탄력적인 노동시장 구축과 사회안전망 보완

- 그러나 이후 갑작스러운 대통령 선거로 인하여 혼선이 있었으나, 문재인 대통령이 당선되고, 2017년 9월 25일 대통령 직속으로 「4차산업혁명위원회」를 설립하였음³⁾.

- 「4차산업혁명위원회」는 「4차산업혁명위원회의 설치 및 운영에 관한 규정」에 의해 설립되었으며, 제4차 산업혁명에 대한 종합적인 국가전략, 제4차 산업혁명 관련 각 부처별 실행계획과 주요 정책, 제4차 산업혁명의 근간이 되는 과학기술 발전지원, 전 산업의 지능화 추진을 통한 신산업, 신서비스 육성에 관한 사항 등을 심의, 조정하고 있음.

- 현재 19명의 민간위원과 6명의 정부위원으로 구성되어 있음.

2) 국토교통부의 대응

① 국토교통 4차 산업혁명 대응 전략 (2017년 4월)

- 국토교통부⁴⁾는 ① 전략 선정·추진, ② 공공에서 시작하는 시장 창출, ③ 협력적 거버넌스 구축의 3가지 추진방향을 선정하고, 추진방향에 맞추어 ① 스마트 국토 조성, ② 교통서비스·산업 혁신, ③ 공공인프라 안전·효율 제고, ④ 혁신 기반 조성의 4가지 그룹 12개의 중점 추진 과제를 선정함(표 II-2).

〈표 II-2〉 국토교통부 중점 추진 과제

그룹	중점추진과제
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 건설 사업 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

- 스마트 국토 조성은 초연결을 통해 국토공간을 신산업·신서비스 플랫폼으로 조성하는 것을 목표로 하고 있음. 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. 신산업 Total Test-Bed는 인프라 구축 관련 기술을 적용하기 위한 신도시를 개발하는 방식, 기존에 산학연 클러스터가 구축된 지역을 지원하는 방식, 기존의 도시를 연계하는 방식이 가능할 것으로 예상됨. 스마트 도시·생활공간 구현은 스마트한 도시부터 건축물, 주거까지 모

든 분야의 스마트화를 실현하는 것임. 민간을 중심으로 개발 중인 스마트 홈 기술을 주택 성능등급 평가 등 주택기준에 반영하는 등 제도적으로 지원하고, 제로 에너지 주택 시범 사업 등을 통해 스마트 주거단지 모델도 제시할 예정임. 건축물의 3차원 데이터 플랫폼이 되는 BIM(Building Information Modeling) 기술을 활용하고, 건축물 생애정보 통합서비스 시스템을 구축함. 또한 스마트 시티들을 구축하고 이를 기반으로 도시운영 요소기술의 해외수출을 도모하고자 함. 무인이동체(드론), VR/AR 등의 기술을 활용하여 정밀한 공간정보를 구축하고, 민간 수요에 맞추어 공간정보를 탄력적으로 제공할 예정임.

- 교통 서비스·산업 혁신은 수요자 맞춤형 교통서비스 제공 및 교통·물류 산업 경쟁력 확보를 목표로 하고 있음. 여기에는 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 건설 현장 재해저감 및 안전하고 편리한 공공 인프라 제공을 목표로 하고 있음. 여기에는 건설 사업 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 생애 주기에 걸쳐 ICT 및 로봇 기술을 활용하도록 할 예정임. 구체적으로는 조사·측량 업무에 드론 및 센싱 기술을 활용하고, 설계 및 시공 자동화 기술에 BIM(Building Information Modeling) 기술이 활용될 것으로 예상됨. 또한 시공 기술에도 ICT 기술과 3D 프린팅 기술이 접목될 것으로 기대함. 또한 IoT, 클라우드, 드론 등을 활용하여 SOC의 성능정보를 수집하고, 모니터링 체계를 구축할 예정임. 현재에는 전문 인력을 활용하여 점검, 유지보수를 진행하는 구조에서 빅데이터 분석과 인공지능을 활용하여 선제적으로 유지관리를 추진할 수 있는 구조로 변화하고자 함. 데이터 관리체계 표준화, 스마트 미러링, 누수감시 등 실시간 수량, 수질 관리를 추진하여 스마트한 수자원을 활용할 예정임.
- 혁신 기반 조성은 제4차 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 인력양성이 포함되어 있음. 2017년 총 연구비 5천억 원 규모인 제4차 산업혁명과 관련된 R&D를 2026년까지 1조1천억 원 규모로 증가시킬 예정이며, 향후 10

년간 국토교통 R&D 추진방향을 제시하고, 중장기 투자 로드맵을 마련할 예정임. 국토교통부가 확보하고 있는 교통 관련 데이터를 수요자 맞춤형으로 개방하고 교통 빅 데이터 통합 플랫폼을 구축하여, 공공서비스에 제공할 예정임.

② 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합 계획 (2018년 6월)

□ 국토교통부⁵⁾는 스마트시티, 자율주행차, 드론(무인기), 건설자동화, 제로에너지건축, 가상 국토공간, 스마트물류, 지능형철도를 국토교통 8대 혁신 성장동력으로 선정함.

- 국토교통부는 미래의 새로운 성장 동력을 확보하기 위해 연구개발 분야에 향후 10년간 총 9조 5,800억 원(민간투자 포함)을 투자하고, 국토교통 연구개발 예산 규모도 2027년까지 연 1조 원 수준으로 두 배 가량 늘릴 예정임.

〈표 II-3〉 국토교통 8대 혁신 성장 동력

혁신성장동력	개념
스마트시티	도시를 센서·네트워크로 연결하고 플랫폼을 통해 데이터를 통합 관리하여 삶의 질 향상 및 지속가능한 도시서비스 제공
자율주행차	차량-도로 정보공유 인프라 기술, 자율주행 통합 제어 기술 등 자율주행이 가능한 도로 환경을 구축하고 고성능·다기능성 협력주행 시스템 개발
드론	드론(무인기) 산업 육성을 위해 드론 안전운항 기술과 교통관리체계를 개발
건설자동화	건설산업 생산성 향상을 위해 재료·시공·유지보수·해체 등 건설 전 공정 자동화
제로에너지건축	기후 변화에 따른 온실가스 감축과 에너지 사용 저감을 위해 에너지 자립형 건축물 개발
가상국토공간	공간정보를 기반으로 각종 현실정보를 연계하여 가상세계에서 분석·예측·현실제어까지 가능한 사이버물리시스템 구현
스마트물류	화물의 운송·환적·하역·이송·분류·보관·포장·배송 등 전 물류체계를 자동화
지능형철도	철도 용량 증대 등을 위하여 친환경 초고속 철도와 무인자율운영 등 지능형 철도 체계 개발

자료: 국토교통부(2018)

③ 스마트 시티 국가 시범도시 기본구상 (2018년 7월)

□ 「4차산업혁명위원회」⁶⁾와 국토교통부는 스마트 시티 국가 시범도시 기본구상을 발표하였음.

- 스마트 시티 국가 시범도시는 백지상태의 부지에 제4차 산업혁명 관련 신기술을 자유롭게 실증, 접목하고, 창의적인 비즈니스 모델이 구현되는 혁신 산업

생태계를 조성하여, 미래 스마트 시티 선도모델을 제시하고자 정부가 혁신성장 사업으로 중점 추진하고 있는 것임.

□ 국가스마트도시위원회는 세종 5-1 생활권과 부산 에코델타시티를 시범도시로 선정하였음.

- 세종 5-1 생활권은 시민 행복을 위한 7대 혁신 서비스를 도출하였으며, 이 중에서 ① 모빌리티 ② 헬스케어 ③ 교육 ④ 에너지와 환경을 4대 핵심요소로 강조하고 있음. 주요한 특징으로는 기존과 같은 용도지역에 기반한 도시계획에서 탈피하여, 도시전체를 리빙/소셜/퍼블릭으로만 구분하는 용도지역 없는 도시를 표방하고 있음. 또한 교통 혼잡 문제를 해결하기 위하여 개인 소요 차량은 생활권 진입 입구에 주차하고 내부에서는 자율주행차량 및 공유차량, 자전거를 이용하는 구조를 제안하고 있음.
- 부산 에코델타시티는 시민이 직접 만드는 도시의 컨셉으로 도시에 필요한 R&D기술의 실증, 사업화를 지원하고 혁신기술 적용성이 용이하도록 유연하고 지속발전 가능한 플로그인 시티를 표방하고 있음.

〈표 II-4〉 스타트 시티 시범도시의 핵심 키워드

세종 5-1 생활권(LH)	부산 에코델타시티(K-Water)
① 모빌리티	① 도시 디자인
② 헬스케어	② 온오프라인 소통
③ 교육	③ 리빙랩
④ 에너지와 환경	④ R&D 플러그인
⑤ 거버넌스	⑤ 규제 샌드박스
⑥ 문화와 쇼핑	⑥ 개방형 빅데이터
⑦ 일자리	⑦ 시민체감형 혁신기술

④ 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획 (2018년 9월)

□ 국토교통부⁹⁾는 국토교통과학기술 육성법 제4조에 기초하여 국토교통 과학기술에 관한 장기적이고 종합적인 정책방향을 설정하고 중장기 투자계획을 정하는 최상위 법정 종합계획으로 「제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획」을 수립함.

- 본 종합계획에서는 스마트시티, 자율주행차, 드론, 건설자동화, 제로에너지건축, 가상국토공간, 스마트물류, 지능형철도를 8대 혁신성장동력으로 선정하고 있음.

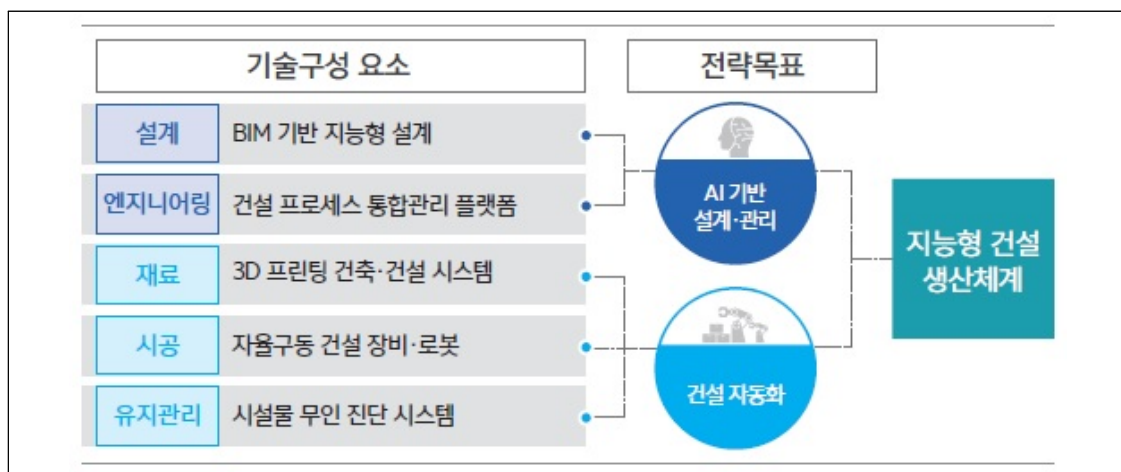
〈표 II-5〉 8대 혁신성장동력

혁신성장동력	개념
스마트시티	도시를 센서·네트워크로 연결하고 플랫폼을 통해 데이터를 통합 관리하여 삶의 질 향상 및 지속가능한 도시서비스 제공
자율주행차	차량 - 도로 정보공유 인프라 기술, 자율주행 통합제어 기술 등 자율주행이 가능한 도로 환경을 구축하고 고성능·다기능성협력주행 시스템 개발
드론	드론(무인기) 산업 육성을 위해 드론 안전운항기술과 교통 관리체계를 개발
건설자동화	건설 산업의 생산성 향상을 위해 재료·시공·유지보수·해체 등 건설 전 공정 자동화
제로에너지건축	기후 변화에 따른 온실가스 감축과 에너지 사용 저감을 위해 에너지 자립형 건축물 개발
가상국토공간	공간정보를 기반으로 각종 현실정보를 연계하여 가상세계에서 분석·예측·현실 제어까지 가능한 사이버물리시스템 구현
스마트물류	화물의 운송·환적·하역·이송·분류·보관·포장·배송 등 전 물류체계를 자동화
지능형철도	철도 용량 증대 등을 위하여 친환경 초고속 철도와 무인자율 운영 등 지능형 철도 체계 개발

자료: 국토교통부(2018)

- 상기 8대 혁신성장동력 모두 건설 산업의 시급하고 중요한 과제임. 이 가운데 건설자동화는 건설 시공 효율성 향상을 위하여 3D 프린팅용 복합재료, 건설로봇 등 새로운 재료·장비를 개발하고 유지관리 자동화 기술 개발을 의미하며, 건설 시공 전반에 많은 영향을 줄 수 있을 것으로 예상됨. 최종적으로는 인공지능, 로봇 등 융복합을 통해 설계·관리·시공·유지보수 등 건설 프로세스를 혁신하는 “지능형 건설생산체계”를 전략목표로 설정하고 있음.

〈그림 II-1〉 국토교통부 지능형 건설 생산체계 기술전략 트리



자료: 국토교통부(2018)

- 재료 부문에서는 3D 프린팅을 위한 건물·구조물 설계, 재료 및 장비 개발을 통해 공기단축 등의 건설 효율성을 향상을 목적으로 하며, 구체적으로는 3D 프린팅용 건설 복합재료, 3D 프린팅 설계·제어기술 등을 활용한 중소형 건축물, 보행 교량 등의 시공으로 건설 생산성 향상을 기대하고 있음.
- 시공 부문에서는 현장 맞춤형 자율계측·관리 시스템, 자율구동 건설 장비·로봇, BIM 기반 시공 검증·평가기술 개발 등으로 안전 및 효율 향상을 목적으로 함. 이를 위해 다중센서를 기반으로 시공 중 작업자 및 구조물 사전위험도 감지기술 등을 개발하고, 위험 지역에서 노면 굴착, 건물 철거 등을 자율수행하는 건설장비·로봇 제어기술 등 개발함. 또한 자동굴착 토공장비, 무인크레인, 지능형 슬립폼(Slip-Form) 등 기존 건설장비 첨단화와 건설장비 관리 시스템 개발도 병행 추진함.
- 유지관리 부문에서는 센서 네트워크를 통한 빅데이터 기술로 선제적 유지관리 시스템을 구축하고, 자기치유 건설재료 등으로 시설물 장수명화하는 것을 목적으로 함. 비파괴 방식 시설물 내부 손상 감지·진단과 인공지능을 이용한 시설물 빅데이터 분석 등으로 잔존수명 및 유지관리 최적시점 예측하고, 바이오 기술을 활용한 자가진단·자기치유 콘크리트, 나노 고분자 복합 스마트 건설재료 개발 등으로 시공·유지보수 비용 최소화하고자 함.

⑤ 스마트 건설기술 로드맵 (2018년 10월)

□ 국토교통부¹⁰⁾는 첨단 기술을 기반으로 건설 산업의 새로운 도약기회를 마련하기 위해 스마트 건설기술의 활성화 로드맵을 수립함. 본 로드맵에서는 2025년까지 스마트 건설기술 활용기반을 구축하고, 2030년에는 건설자동화를 완성하는 것을 목표로 수립하고 있음.

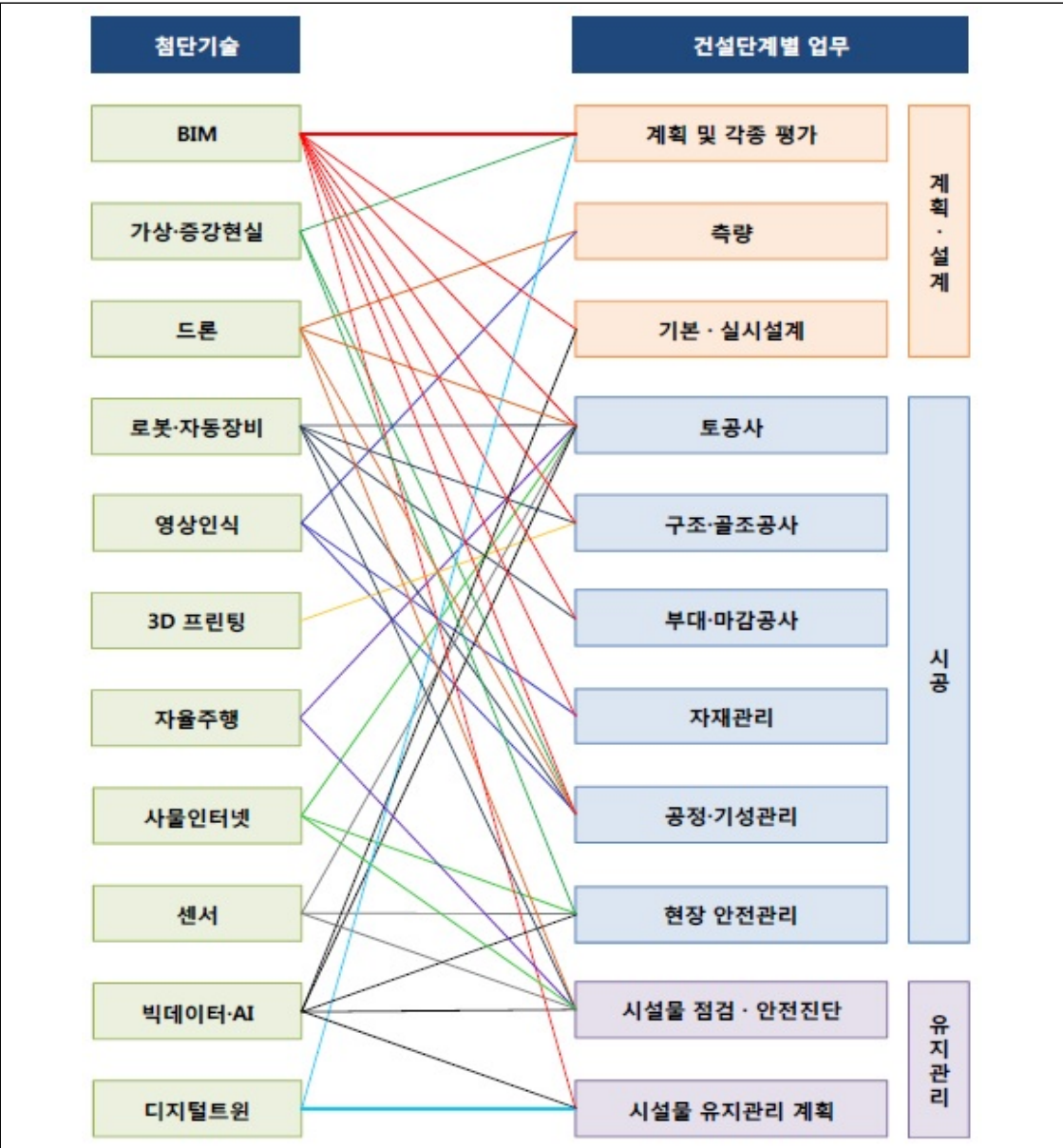
- 특히 시공단계에서는 건설기계 운용, 시설 구축, 현장 안전관리의 3가지로 나누어 목표를 설정하고 있음. 현재 건설기계 운전자가 육안 관측하고, 개별 기계를 수동 조작하는 건설기계를 자동화된 건설기계가 AI의 관제에 따라 자율주행, 시공하는 것을 목표로 함. 또한 현장에서 거푸집, 동바리를 설치하고 콘크리트를 타설하고 양생하는 현재의 시공방법을 공장 모듈 생산을 진행하여 현장에서 조립하는 방식으로 바꾸고, 비정형모듈은 3D프린터로 출력하고자 함. 현재 안전관리자가 안전지침에 따라 현장을 점검하지만 센서 등을 활용하여 장비, 근로자 위치를 실시간으로 파악할 수 있고, 안전 정보를 즉시 제공할 수 있는 것을 목표로 함.

〈표 II-6〉 국토교통부 스마트 건설기술 로드맵

구분	2025년까지	2030년까지
설계 단계	드론측량, BIM 전면활용	자동 지반 모델링, 설계자동화
시공 단계	자동장비 활용, 가상시공	로봇시공, AI공사, 안전관리
유지관리 단계	IoT, 드론 모니터링, 디지털 트윈 관리	로봇 자율진단, 디지털트윈 관리

자료: 국토교통부(2018)

〈그림 II-2〉 건설단계별 업무와 첨단기술의 연관성

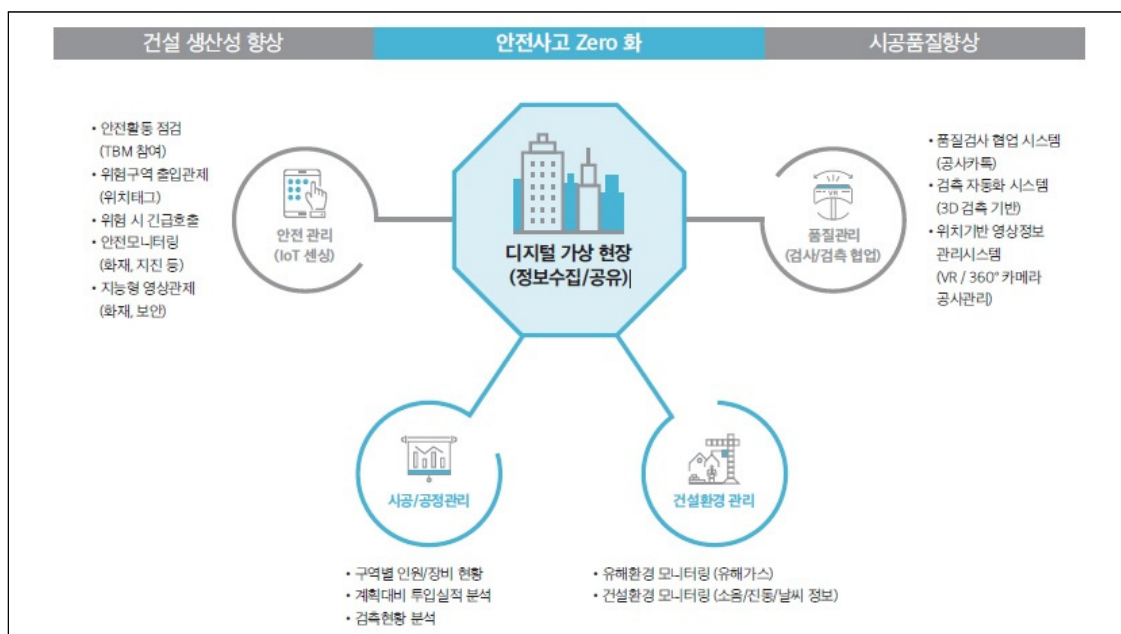


자료: 국토교통부(2018)

3) 건설업계의 기술 개발 현황

- 국내 건설업계에서는 대형건설사와 중장비 업체를 중심으로 제4차 산업혁명과 관련된 대응을 진행하고 있음¹¹⁾.
- 대우건설¹²⁾은 9명의 스마트 건설기술팀을 운영하면서 DSC(대우 스마트건설) 고도화를 통한 컨스트럭션 4.0 구현이란 목표 아래 드론, 고급해석설계, AR(가상현실)·VR(증강현실), AI(인공지능) 기술개발에 진력하고 있음. 현대건설은 BIM(빌딩 정보 모델링) 기반의 가상건설 시스템 확보란 목표 아래 ICT 기술 및 제조업 프로세스를 융합한 신개념 건설방식 확보를 추진하고 있음. GS건설도 2018년 초 14명의 건축SC(스마트 컨스트럭션)팀을 신설하여, BIM, 3D레이저 스캔, VR, 드론 등의 첨단기술과 장비, 소프트웨어를 활용해 프로젝트 수행 전 리스크를 제거하고 생산성을 높이는 한편 공사 수행체계를 혁신하는 업무를 수행하고 있음.

〈그림 II-3〉 대우건설 스마트건설 시스템



자료: 대우건설(2018)

- 두산인프라코어¹³⁾는 2006년부터 단순·반복적 사면절토작업이 가능한 무인 굴삭기를 개발하기 시작하여, 2019년에는 반자동 굴삭기를 상용화 할 예정이며, 더불어 TMS(Telematics System), 3D Machine Guidance System 등 차세대 건설기계에 중요성이 부각되고 있는 다양한 ICT 기술들을 개발 및 적용하고 있음. TMS는 GPS 기술과 이동통신 및 위성통신과 같은 무선통신 기술을

통하여 원격지에 있는 장비의 위치 및 상태 정보에 대한 모니터링을 가능하게 하는 기술로써 특히, 장비 고장 발생 시 신속한 알림 기능과 고장 상태 분석을 통하여 빠른 시간 안에 정비가 가능한 서비스임.

- 현대건설기계¹⁴⁾는 2002년 건설장비 원격관리시스템인 ‘하이메이트’ 개발에 착수하여 2008년부터 상용화하였으며, 2017년 3월, 제4차 산업혁명에 대비해 ICT 기술을 적용한 ‘하이메이트 2.0’을 공급하였음. 굴삭기와 휠로더, 지게차에 이 시스템을 장착하면 웹사이트를 통해 장비 가동 상태 조회, 분석은 물론 스마트폰 앱으로 어디서든 건설장비의 엔진과 공조장치 등을 제어할 수 있는 것이 특징임. 스마트폰 앱을 이용해 운전자가 직접 탑승하지 않고도 여러 대의 장비를 가동시키고 실내온도까지 조절해 겨울철 장비 예열시간을 단축할 수 있을 뿐 아니라 연료 잔량을 비롯해 가동률, 부품교환주기 등의 분석 정보까지 파악할 수 있고, 향후 Big Data를 활용한 예방 진단 서비스까지 제공하는 방향으로 개발을 진행 중에 있음.
- 코오롱베니트¹⁵⁾는 2018년 1월 스마트 중장비 관리 시스템을 인천도시철도 1호선 송도랜드마크시티 연장 건설현장에 적용하였음. 스마트 중장비 관리 시스템은 위치정보를 통해 중장비 작업 동선 및 이력 확인이 가능하며, 운행 경로뿐 아니라 상차와 하차를 포함하는 운행 상태를 파악할 수 있다는 것이 가장 큰 특징임. 운전자는 스마트폰을 통해 작업 내역을 실시간으로 확인하고 승인도 할 수 있음.

□ 제4차 산업혁명은 기술 융합에 기초하여 기존의 업역을 넘어서는 연구개발이 이루어지고 있음. 특히 국내에서도 전통적인 건설 시공 회사에 소속되지 않은 업체들에서도 시공과 관련된 기술 개발이 활발하게 이루어지고 있음.

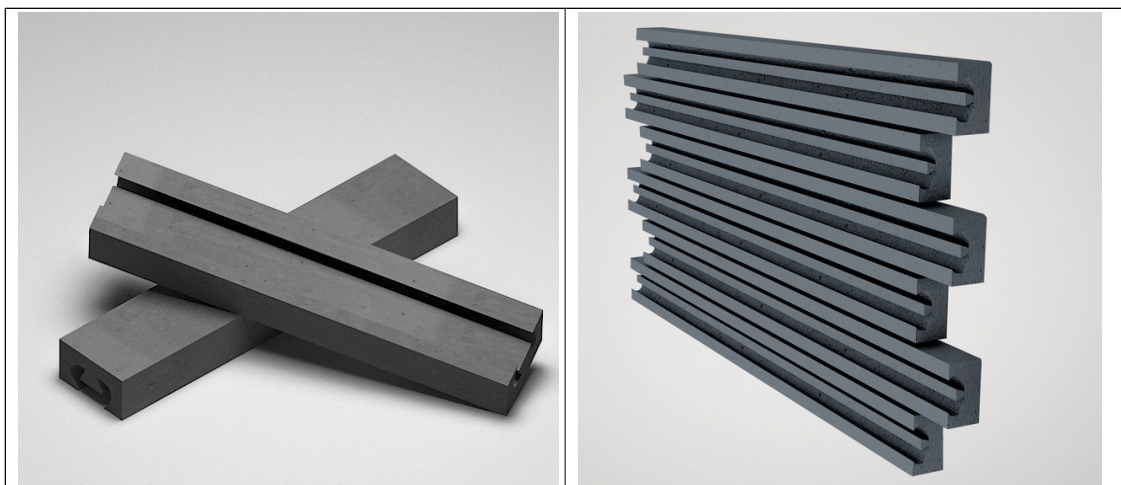
- 2004년 현수막 출력을 전문으로 하는 기업으로 시작한 로보프린트 사¹⁶⁾는 도색공사 중 추락으로 인한 인명피해, 스프레이를 이용한 도장작업이 환경에 미치는 악영향, 그리고 수작업으로 인한 표현 한계성 등을 한 번에 해결하기 위한 건설도장로봇(P-Bot)을 개발하고, 2018년부터 상용화하고 있음(그림 II-4).
- 건축 자재를 중심으로 하는 커넥트브릭 사¹⁷⁾는 기존의 타일이나 벽돌에서 고민해오던 안정성과 시공성을 크게 개선하고 기존 건축 내외장재의 단점을 없앤 건축 내외장재 엑스브릭(그림 II-5)을 개발함. 기존 타일에 비해 별도의 보강철물이나 하중에 대한 걱정이 없어 숙련공이 필요 없어 높은 생산성을 기대할 수 있음.

〈그림 II-4〉 로보프린트 사의 건설도장로봇



자료: RoboPrint 홈페이지

〈그림 II-5〉 커넥트브릭 사의 내외장재



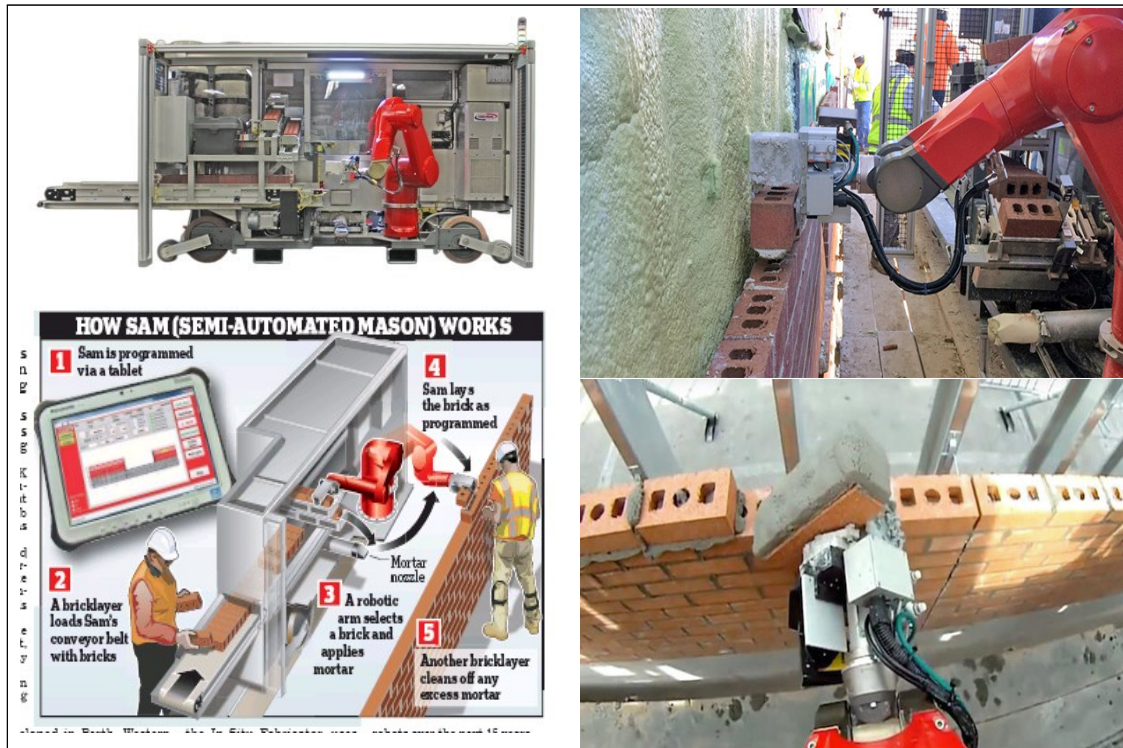
자료: Connect Brick 홈페이지

2. 해외의 건설관련 기술 융합 현황

- 미국의 Construction Robotics사¹⁸⁾는 벽돌을 쌓는 조적공사를 수행하는 로봇(Semi-Automated Mason 100, SAM100)을 개발하였음. 이 로봇은 단독으로 작업을 하는 것이 아니라 벽돌공과 협력하여 작업하도록 설계됨. SAM100은 팔과 컨테이너 벨트를 사용해 하루에 적어도 1,000개의 벽돌을 쌓을 수 있음.

- SAM 100은 일반적인 벽돌공의 작업 효율을 3~5배 향상시키고, 소요 비용을 50% 절감할 수 있으며, 작업자의 안전을 확보할 수 있음. 또한 실시간으로 조적 작업에 대한 건설 데이터를 수집하고 제공할 수 있기 때문에 효율적인 관리가 가능하게 됨.

〈그림 II-6〉 SAM 100



자료: Construction Robotics 사 홈페이지

- 2013년 스웨덴의 Umeå Institute of Design사¹⁹⁾는 햄머와 쇼벨을 활용하여 철근 콘크리트 벽체를 해체하는 첨단 로봇(ERO)의 컨셉 모델을 개발하였음.
 - 철근콘크리트 벽체는 철근과 콘크리트로 이루어져 있어 해체하기 위해서는 많은 노력이 필요하며, 이렇게 해체하는 과정에서 많은 분진이 발생하고, 콘크리트 벽체를 재활용하기 어려움.
 - 본 로봇은 물을 이용하여 분진을 억제하면서 철거 작업을 진행하고, 해체된 콘크리트 파편을 다시 수집하는 기능을 가지고 있음.
 - 현재 일본 Osaka University와 실용화 개발을 진행하고 있음.

〈그림 II-7〉 스웨덴의 ERO 로봇



자료: Inhabitat

- 일본의 Komatsu 사²⁰⁾의 ICT 굴삭기는 GNSS(글로벌 위성 위치측정 시스템)을 통한 위치정보와 3D의 설계 데이터, 암 제어 시스템을 통해 작업기구의 반자동화를 실현한 세계 최초의 머신 컨트롤 굴삭기임(그림 II-8).
- 버킷의 앞부분이 설계 면에 닿으면 기기가 자동정지하기 때문에 오퍼레이터는 너무 많이 파는 것을 신경 쓸 필요 없이 안심하고 작업을 진행할 수 있음.

〈그림 II-8〉 Komatsu 사의 굴삭기



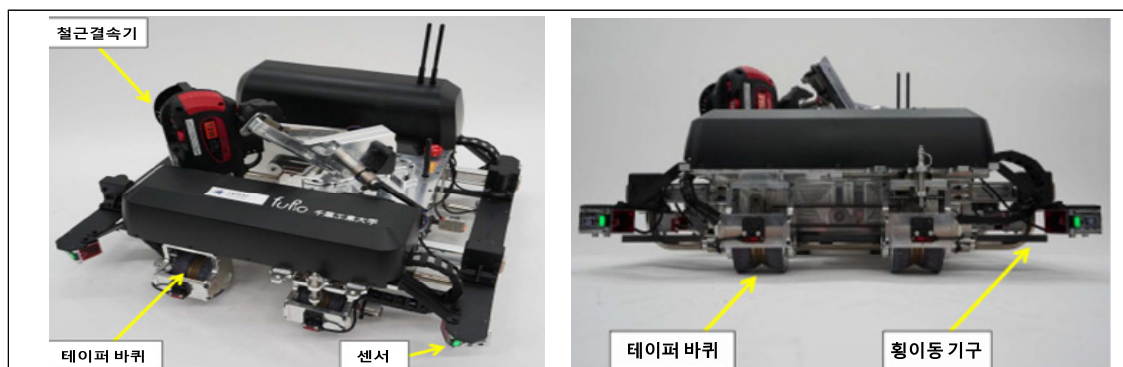
자료: 조재용(2017) 재인용

- 컨트롤 박스(정보화시공 전용 모니터)에는 보기 쉽고, 쓰기 쉬운 12.1인치 대 화면을 설치함. 아이콘 표시 및 터치 패널로 간단하게 조작할 수 있음.

□ 일본의 타이세이 건설²¹⁾은 2017년 10월 치바공업대학교 공동으로 자동으로 철근을 결속하는 자율형 철근 결속 로봇 「T-iROBO Rebar」를 개발함(그림 II-9).

- 「T-iROBO Rebar」는 탑재된 2종류의 레이저 센서를 이용하여 철근 교차점을 검출하고, 주변 장애물을 감지하여 정밀하게 철근을 결속함. 또한 철근 위를 안정된 자세로 전후좌후로 이동할 수 있고 테이퍼 바퀴를 통해 철근에 설치되기 때문에 철근 결속 시에 로봇 본체가 흔들리지 않음.
- 이로써 골조공사 가운데 약 20%를 차지하는 철근결속작업을 자동으로 할 수 있게 되어 생산성 향상과 함께 신체적 부담을 줄일 수 있게 됨.

〈그림 II-9〉 자율형 철근 결속 로봇

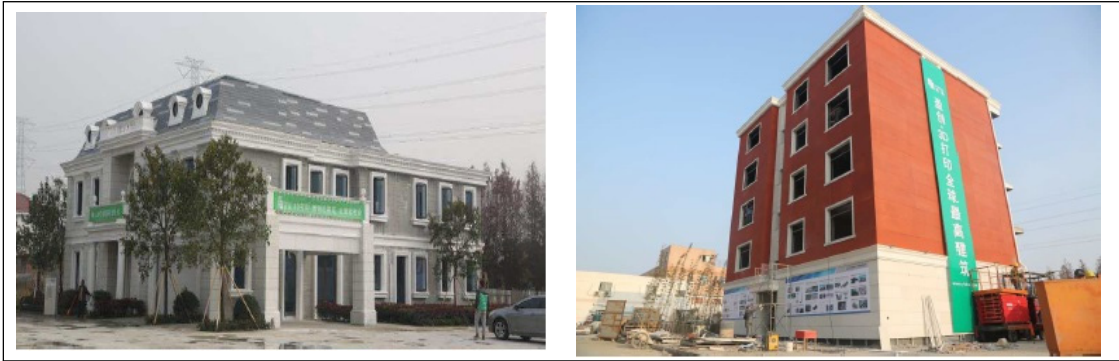


자료: 조재용(2018) 재인용

□ 중국 상하이의 WinSun Decoration Design Engineering Co사²²⁾는 3D 프린터를 활용하여 주택을 건설함.

- WinSun사는 2008년에 잉크 재료의 분사 데이터 분석, 프린터 출력물 컨트롤 시스템을 개발하였으며, 가로10m×세로150m×높이6.6미터의 세계 최대의 3D 건설 프린터를 제작함. 2013년에는 자재 잉크 기술의 발전과 축적된 경험을 통해 주택을 짓는데 성공하여, 세계적인 화제가 됨. 2014년에 3D 프린터를 활용하여 24시간 동안 1층 건물 10채를 짓는 것에 이어, 2015년에는 1,100㎡의 5층 주택을 건설함.

〈그림 II-10〉 3D 프린터 주택 사례



자료: 조재용, Nisi Deng(2017) 재인용

- 자율 주행 자동차의 개발로 유명한 미국의 Tesla 사²³⁾는 2016년 지붕일체형 태양광 발전 패널인 솔라루프(Solar Roof) 판매를 발표함.
- 태양광 패널이라고 하면 일반적으로 두꺼운 패널이지만, Tesla 사의 솔라루프는 지붕타일과 거의 구분할 수 없는 얇은 소재로 만들어졌으며, 지붕타일처럼 디자인과 색상도 선택할 수 있음.
 - Tesla사가 개발하고 있는 전기자동차를 위한 플랫폼 구축의 일환으로써 건물(주택)을 전기자동차의 에너지 생산 및 보관, 충전의 장소로 활용하고자 함. 이를 위해 Tesla사는 벽과 지붕에 설치하는 파워월2(Power wall2)라고 하는 충전장치를 이미 상품화하고 있으며, 이 제품은 제1세대 축전지의 2배의 에너지를 밀도를 자랑하며, 가족의 1일분 전력을 확보할 수 있음.
 - 가정의 전기 생산량과 소모 내역을 추적, 관리할 수 있는 「HEMS, Home Energy Management System」을 구축하고, 보급하고자 함.

〈그림 II-11〉 Tesla 사의 솔라루프 & 파워월



자료: Tesla 사 홈페이지

- 일본의 세이부 건설²⁴⁾은 2017년 IT기기 판매 전문 이와사키사와 공동으로 VR기술을 활용한 건설현장 안전교육 시스템을 개발함. HMD를 장착하면 건설 현장에 있는 듯한 현장감을 얻을 수 있어, 크레인 재해와 중장비 접촉으로 인한 재해 등의 상황에서 회피하는 것을 체험해 볼 수 있음²⁵⁾.
- 이 시스템은 전용 PC와 VR 주변기기 등으로 구성됨. 데모 플레이에서는 실제로 일어난 사고를 바탕으로 ‘굴착기편’과 ‘크레인편’이 준비되어 있음. 굴착기편에서는 안전 통로에서 굴착기와 접촉하는 사고, 크레인편에는 화물이 낙하하는 사고를 체험할 수 있음. 여기에 모션 캡처 기능을 통해 자신의 동작이 3D 영상에 반영됨. 체험 후에는 왜 재해가 일어났는지, 어떠한 대책을 강구해야 했는지 등 가상의 경험자 입장에서 토론함으로써 안전 의식을 공유할 수 있음²⁵⁾.

〈그림 II-12〉 세이부 건설의 현장 안전교육 시스템



자료: 日刊建設工業新聞

Ⅲ. 전문건설업종 개선 수요 분석

1. 개선 수요 분석의 개요

1) 개선 수요 설문 설계

- 건설 산업이 제4차 산업혁명에 대응하고 미래 건설 산업에서의 국제 경쟁력 확보를 위한 하나의 기술적 접근방법으로 정부에서는 2000년대 초반부터 국가 R&D 사업으로 건설자동화 및 로봇 기술 개발에 많은 재원을 투자하고 있음²⁶⁾.
 - 일본, 미국, 유럽 등 선진 외국의 경우 장기적 안목에서 미래 건설시장에서의 경쟁력 확보를 위해 1980년대 초반부터 막대한 R&D 투자를 통해 대학연구소와 업체를 중심으로 건설자동화 및 로봇기술 개발에 많은 연구 노력을 기울여 왔음. 그러나 건설자동화 및 로봇 개발 시 기술 개발에 대한 현장의 요구 및 수요 분석이 제대로 수행되지 않아 개발된 자동화 장비의 실용화 사례는 극히 적은 것으로 조사 분석되었음²⁶⁾.
- 제4차 산업혁명이라는 대형 이슈를 대응하기 위한 R&D 전략을 수립하기 위해서는 임기응변의 방법으로 투자 분야를 선정하는 것이 아니라, 어떠한 업종에 투자가 필요한지에 대한 명확한 순위를 도출할 필요가 있음.
- 국내 건설 산업은 토공, 습식·방수, 석공, 도장, 비계 등 다양한 전문건설업종으로 구분되어 운영되고 있음. 따라서 제4차 산업혁명을 제대로 대응하고, 그 대응 방안이 실제 건설업에 적용되어 실용가능성을 높이기 위해서는 건설업의 전문기술이 건설업의 시공을 직접적으로 담당하고 있는 전문건설업을 대상으로 전문건설업종 단위로 진행되는 것이 개발의 효율성이 높고, 추후 동종 업종 내의 확산에도 유리할 것이라고 생각됨.
 - 기존 연구문헌에서는 주로 단위 작업 단위에 대한 독립적인 자동화 기술을 연구 개발하고 있도록 제안하고 있으나, 제4차 산업혁명을 위한 투자에서는 우선 어떠한 전문건설업종에서 개선이 필요한지를 명확히 하고, 이에 따라 도출된 개선이 필요한 전문건설업종의 작업 분석을 진행하여, 구체적으로 개선이 필요한 작업을 분석해야 함.

- 이에 본 연구에서는 전문건설업종의 기술 개선 수요를 파악하기 위하여 건설업 관계자를 대상으로 설문조사를 실시함.
- 설문조사는 크게 22개 전문건설업종에 대한 품질, 비용, 공기, 안전, 노무에 대한 개선 수요 조사와 품질, 비용, 공기, 안전, 노무의 5대 개선 수요 항목에 대한 가중치 분석으로 구성되어 있음.
 - 개선 수요 조사에서는 각각의 전문건설업종의 개선 수요를 조사함. 실내건축공사에 대한 품질평가를 예를 들면 매우 만족스러운 경우 5점을, 조금 만족스러운 경우를 4점, 보통인 경우를 3점, 조금 개선이 필요한 경우를 2점, 매우 개선이 필요한 경우를 1점을 부과하도록 하였음. 이러한 방식으로 품질, 비용, 공기, 안전, 노무에 대해 22개 업종에 대해 각각 평가하였음.
 - 개선 수요 항목에 대한 가중치 분석은 AHP분석^{a)}을 활용하였음. 설문응답자가 5대 개선 수요 항목 가운데 2개의 항목에 대해 어느 쪽이 더 중요한지를 체크를 하고, 이에 기초하여 상대적인 가중치를 설정함.

〈표 Ⅲ-1〉 설문조사 대상 22개 전문건설업종

Code	전문건설업종	Code	전문건설업종
1	실내건축공사업	12	보링그라우팅공사업
2	토공사업	13	철도궤도공사업
3	습식방수공사업	14	포장공사업
4	석공사업	15	수중공사업
5	도장공사업	16	조경식재공사업
6	비계구조물해체공사업	17	조경시설물설치공사업
7	금속구조물창호공사업	18	강구조물공사업
8	지붕판금건축물조립공사업	19	철강재설치공사업
9	철근콘크리트공사업	20	삭도설치공사업
10	기계설비공사업	21	준설공사업
11	상하수도공사업	22	승강기설치공사업

2) 설문 응답자 분석

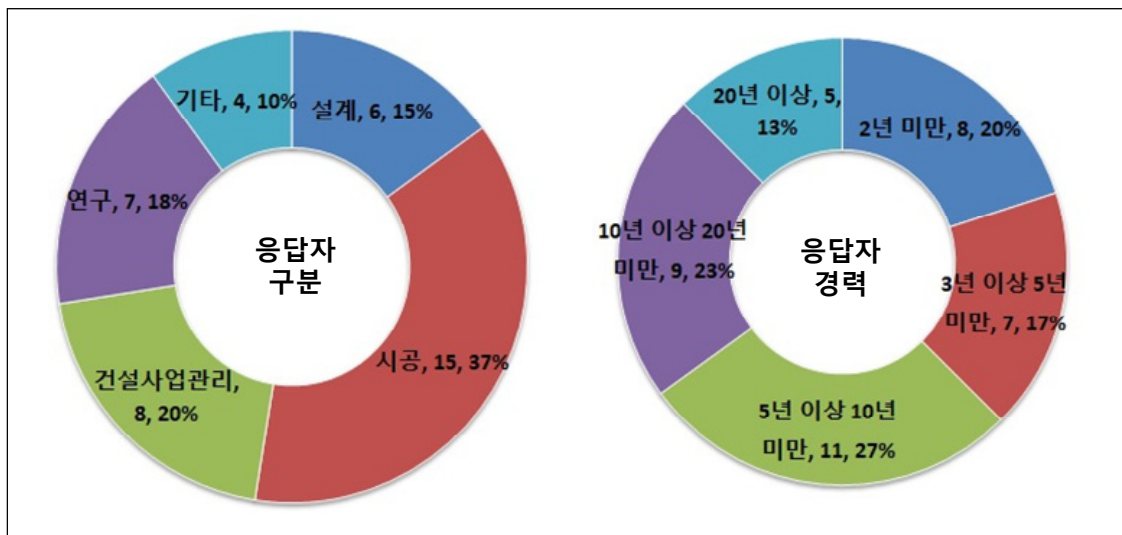
- 설문조사는 2018년 12월 20일부터 2019년 1월 20일에 걸쳐, 방문 조사 및 이메일 조사를 통해 실시되었음. 설문은 객관성을 확보하기 위하여 평가 대상인 전문건설업종에 직접 관련하고 있는 전문건설업 종사자를 제외한 모든

a) AHP(Analytic Hierarchy Process ; 계층분석법)란 의사결정수법의 하나로써 본 연구와 같이 다양한 안을 평가하기 위한 가중치를 결정하는데 활용하는 기법

건설업 종사자를 대상으로 실시하였음.

- 설문조사는 건설 각 분야에 대한 전문적 지식을 갖춘 40명의 건설업 종사자를 대상으로 실시되었음.
- 전체 설문 응답자의 분포를 보면 가장 많은 응답자는 시공분야이며 전체의 약 37%(15명)를 차지하고 있음. 이어서 건설사업관리(8명, 약 20%)와 연구(7명, 약 18%), 설계분야(6명, 약 15%)에 소속되어 있음. 4명의 응답자가 기타 분야(공무원 등)에 포함되어 있음.
- 응답자의 건설업 경력은 5년 이상 10년 미만이 11명(약 27%)으로 가장 많으며, 10년 이상 20년 미만이 9명(약 23%), 2년 미만이 8명(약 20%), 3년 이상 5년 미만이 7명(약 17%), 20년 이상이 5명(약 13%)임.

〈그림 Ⅲ-1〉 설문 응답자 정보



2. 전문건설업종 개선 수요 평가

1) 개선 수요 점수(A)

□ 분석을 통해 표 Ⅲ-2와 같은 전문건설업종 개선 수요 기초 점수(A)가 도출되었음.

- 22개 전문건설업종에 대한 수요 설문조사는 노무(2.63) 및 비용(2.69)에 대한 개선 수요가 전반적으로 크게 나타났으며, 공기(2.79)와 안전(2.82), 품질(2.85)의 순으로 조사되었음.
- 이후 계산에서는 최대 점수인 5점에서 각 전문건설업종에 대한 점수를 반영함.

〈표 III-2〉 전문건설업종 개선 수요 기초 점수(A)

번호	업종명	품질개선 수요점수	비용개선 수요점수	공기개선 수요점수	안전개선 수요점수	노무개선 수요점수
1	실내건축공사업	2.20	2.53	2.78	3.43	2.95
2	토공사업	2.95	2.20	2.10	2.40	2.35
3	습식방수공사업	2.28	2.73	2.70	3.05	2.48
4	석공사업	3.03	2.90	2.88	2.65	2.55
5	도장공사업	2.70	2.90	2.93	3.00	2.75
6	비계구조물해체공사업	2.73	2.48	2.53	1.90	2.40
7	금속구조물창호공사업	2.80	2.70	2.88	2.65	2.50
8	지붕판금건축물조립공사업	2.75	2.78	2.80	2.25	2.60
9	철근콘크리트공사업	3.05	2.45	2.38	2.38	2.45
10	기계설비공사업	3.03	2.80	3.13	2.90	2.80
11	상하수도공사업	3.00	2.55	2.75	2.95	2.65
12	보링그라우팅공사업	3.03	2.75	2.90	2.78	2.53
13	철도궤도공사업	3.18	2.85	2.88	3.05	2.65
14	포장공사업	2.85	2.88	3.10	3.28	2.55
15	수중공사업	3.00	2.65	2.83	2.73	2.43
16	조경식재공사업	2.70	2.93	3.00	3.45	2.83
17	조경시설물설치공사업	2.75	2.85	3.08	3.35	2.80
18	강구조물공사업	3.13	2.60	2.70	2.65	2.70
19	철강재설치공사업	3.05	2.63	2.73	2.55	2.70
20	삭도설치공사업	2.95	2.70	2.83	2.93	2.78
21	준설공사업	2.98	2.55	2.78	2.95	2.65
22	승강기설치공사업	2.70	2.78	2.78	2.75	2.75
평균		2.85	2.69	2.79	2.82	2.63

2) 개선 수요 항목의 상대적 가중치(B)

□ 설문조사를 통해 얻어진 품질, 비용, 공기, 안전 노무의 5대 개선 수요 항목에 대한 상대적 가중치는 아래의 표 III-3과 같음.

- 설문응답자들은 안전을 가장 중요한 개선항목(0.281)으로 평가하고 있으며, 이어서 품질 개선(0.202)을 중요하다고 평가하고 있음. 비용(0.189)과 공기(0.183)에 대해서는 거의 동일한 수준의 중요성으로 평가되었으며, 노무 개선(0.145)은 상대적으로 가장 낮은 항목으로 평가되었음.

〈표 III-3〉 5대 개선 수요 항목의 상대적 가중치(B)

5대 개선 수요 항목	품질개선	비용개선	공기개선	안전개선	노무개선
가중치	0.202	0.189	0.183	0.281	0.145

3) 최종 개선 수요 점수(C)

□ 앞서 산정된 개선 수요 점수와 가중치를 반영하여 전체 전문건설업종의 개선 우선순위를 선정하기 위한 최종 개선 수요 점수를 산출함.

- 최종 개선 수요 점수(C)는 품질, 비용, 공기, 안전, 노무에 따른 전문건설업종의 개선 수요 기초 점수(A)에 개선 수요 항목의 상대적 가중치(B)를 곱한 값을 합산한 후에 평균을 내어 산출함.
- 비계구조물해체공사업(0.527)과 토공사업(0.518)이 가장 큰 최종 개선 수요 점수를 보였으며, 조경식재공사업(0.395)과 조경시설물설치공사업(0.399)이 낮은 점수를 기록하였음.
- 즉 가중치를 반영하여 전문건설업종의 개선 수요를 분석하였을 때 비계구조물해체공사업, 토공사업 등의 업종이 개선 수요가 높으며, 조경시설물설치공사업, 조경식재공사업 등의 업종의 개선 수요가 상대적으로 낮은 것으로 해석할 수 있음.

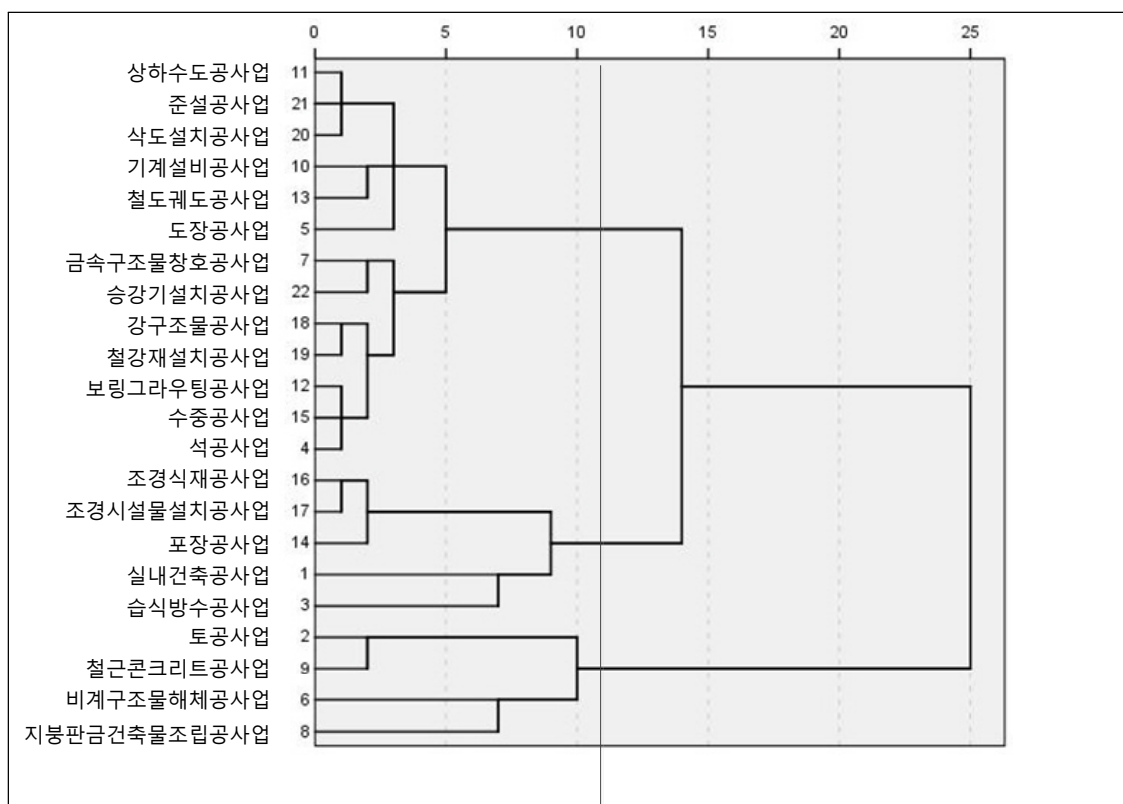
〈표 III-4〉 전문건설업종 최종 개선 수요 점수(C)

랭크	업종	최종 개선 수요 점수	랭크	업종	최종 개선 수요 점수
1위	비계구조물해체공사업	0.527	12위	준설공사업	0.439
2위	토공사업	0.518	13위	상하수도공사업	0.439
3위	철근콘크리트공사업	0.493	14위	보링그라우팅공사업	0.438
4위	지붕판금건축물조립공사업	0.480	15위	실내건축공사업	0.436
5위	습식방수공사업	0.463	16위	삭도설치공사업	0.430
6위	금속구조물창호공사업	0.458	17위	도장공사업	0.426
7위	철강재설치공사업	0.456	18위	기계설비공사업	0.413
8위	수중공사업	0.452	19위	철도궤도공사업	0.410
9위	승강기설치공사업	0.450	20위	포장공사업	0.405
10위	강구조물공사업	0.449	21위	조경시설물설치공사업	0.399
11위	석공사업	0.440	22위	조경식재공사업	0.395

4) 클러스터 분석

- 앞선 분석을 통해 전문건설업종별 개선 우선순위가 산출되었음. 그러나 어떠한 업종들이 유사한 특성을 지니고 있는 지를 검토하기 위해서는 클러스터 분석이 필요함. 본 연구에서는 전문적인 통계 분석 프로그램인 SPSS를 활용하여 클러스터 분석을 실시함.
- 우선적으로 계층적 군집분석(덴드로그램)을 사용하면 각 단계에서 군집이 어떻게 형성되는지 확인하고 형성된 군집의 유사성(또는 거리) 수준을 평가할 수 있음. 계층적 군집분석(덴드로그램) 결과 그림 III-2와 같이 약 12의 유사성 수준에서 군집 3개가 발생하는 것으로 분석되었음^{b)}. 따라서 본 연구에서는 3개의 군집으로 분류함.

〈그림 III-2〉 계층적 군집분석 결과 - 덴드로그램



- 계층적 군집분석 결과에 따라 설문결과를 3개의 군집으로써 K-평균 군집분석을 실시하였음. 최대 반복계산을 10회로 설정하였으나 3번 만에 수렴하였음. 3번의 반복 계산 후의 각 군집별 중심값은 아래 표 III-5와 같음.

b) 덴드로그램을 더 높게 커팅할수록 최종 군집 수는 더 작지만 유사성 수준은 더 낮아짐. 덴드로그램을 더 낮게 커팅할수록 유사성 수준은 더 높지만 최종 군집 수는 더 많음.

〈표 III-5〉 K-평균 군집분석 - 최종 군집중심

구분	군집		
	1그룹	2그룹	3그룹
품질	0.494	0.431	0.411
비용	0.420	0.478	0.432
공기	0.378	0.466	0.394
안전	0.474	0.777	0.614
노무	0.331	0.370	0.342

〈표 III-6〉 K-평균 군집분석 - 분산분석

	군집		오차		F	유의확률
	평균제곱	자유도	평균제곱	자유도		
품질	0.012	2	0.001	19	8.474	0.002
비용	0.004	2	0.001	19	5.012	0.018
공기	0.010	2	0.001	19	10.612	0.001
안전	0.102	2	0.002	19	42.902	0.000
노무	0.002	2	0.000	19	4.650	0.023

다른 군집의 여러 케이스 간 차이를 최대화하기 위해 군집을 선택했으므로 F검정은 기술통계를 목적으로만 사용되어야 합니다. 이 경우 관측유의수준은 수정되지 않으므로 군집평균이 동일하다는 가설을 검정하는 것으로 해석될 수 없습니다.

□ 전문건설업종 최종 개선 수요 점수(C)를 그 특성에 따라 구분하면 표 III-7과 같이 3개의 그룹으로 구분할 수 있음.

- 먼저 1그룹은 품질, 비용, 공기, 안전, 노무의 전반적인 분야에서 개선 수요가 높은 집단으로 신기술을 개발할 수요가 매우 높아, 추후 R&D투자가 우선되어야 할 그룹임. 여기에는 토공사업, 비계구조물해체공사업, 지붕판금건축물조립공사업, 철근콘크리트공사업이 포함됨.
- 2그룹은 품질 개선 수요가 매우 높게 나타나지만 다른 개선 수요는 전반적으로 낮고, 특히 안전 개선 수요가 매우 낮은 것이 특징임. 추후 R&D 투자가 이루어질 때에는 품질 개선에 초점을 맞출 필요가 있음. 2그룹에는 실내건축공사업, 습식방수공사업, 포장공사업, 조경식재공사업, 조경시설물설치공사업이 해당됨.
- 3그룹은 품질 개선수요는 낮고, 전반적인 개선 수요가 평균적인 집단으로, 1그룹과 2그룹에 해당되지 않은 모든 업종이 포함됨.

〈표 III-7〉 클러스터 분석 최종 결과

구분	1그룹	2그룹	3그룹
개수	4개	5개	13개
업종	토공사업 비계구조물해체공사업 지붕판금건축물조립공사업 철근콘크리트공사업	실내건축공사업 습식방수공사업 포장공사업 조경식재공사업 조경시설물설치공사업	석공사업 도장공사업 금속구조물창호공사업 기계설비공사업 상하수도공사업 보링그라우팅공사업 철도궤도공사업 수중공사업 강구조물공사업 철강재설치공사업 삭도설치공사업 준설공사업 승강기설치공사업
특성	전반적으로 개선수요가 높은 집단	품질 개선수요가 매우 높으나 안전 개선수요가 낮은 집단	품질 개선수요는 낮으나 개선수요가 평균적인 집단

3. 설문 결과 분석

1) 산출 과정

- 각각의 전문건설업종에 대한 품질, 비용, 공기, 안전, 노무의 개선 수요 기초 점수(A)가 도출됨. 이러한 품질, 비용, 공기, 안전, 노무의 개선 수요 기초 점수(A)는 항목별로 범주가 다르기 때문에 직접 비교를 할 수 없음. 예를 들어 품질은 최소 1.83점부터 최대 2.80점으로 구성되어 있고, 안전은 최소 1.55점부터 최대 3.10점으로 구성되어 있기 때문에 동일한 2점이라고 해도 그 의미하는 바는 다름. 즉 전문건설업종에 대한 품질, 비용, 공기, 안전, 노무의 개선 수요 기초 점수(A)를 비교하기 위해서는 표준편차에 따른 표준 점수로 변환하고, 100점을 기준으로 하는 백분위 점수로 환산할 필요가 있음.
- 전문건설업종별 개선 수요 기초 점수(A)에서 품질, 비용, 공기, 안전, 노무의 점수들에 대한 표준편차^{c)}를 도출함. 도출된 표준편차를 활용하여 각 전문건설업종별 점수를 표준점수(D)^{d)}로 환산함.

c) 표준편차 (standard deviation)는 자료가 많을 때 자료를 대표하는 하나의 값, 즉 대푯값으로 평균을 많이 사용한다. 산포도의 하나인 표준편차는 자료가 평균을 중심으로 얼마나 퍼져 있는지를 나타내는 대표적인 수치이다. 표준편차의 단위는 자료의 단위와 일치한다. 표준편차가 0에 가까우면 자료 값들이 평균 근처에 집중되어 있음을 의미한다. 표준편차가 클수록 자료 값들이 널리 퍼져 있음을 의미한다.

d) 분포의 표준편차를 이용하여 개인의 점수가 평균에서 떨어져 있는 거리를 표시한 것으로, 평균으로부터 편차

$$\text{표준점수}(D) = \frac{\text{업종별 개선 수요기초점수}(A) - \text{평균점수}}{\text{표준편차}}$$

- 표준점수(D)를 바탕으로 정규누적분포값을 산출하여 해당 전문건설업종 점수를 100점을 기준으로 한 백분위 점수(E)를 도출함.
- 백분위 점수(E)는 0부터 100이내의 점수를 가지며, 이 분석에서는 100에 가까울수록 해당 분야에 대한 개선 수요가 높다는 것을 의미함. 반대로 0에 가까울수록 해당 분야에 대한 개선 수요가 낮다는 것을 의미함.

2) 전문건설업종별 개선수요

- 최종 개선 수요 점수(C)와 클러스터 분석을 통한 그룹, 그리고 백분위 점수를 통합하면 다음 표 III-9와 같음. 백분위점수를 기준으로 90%를 넘는 업종은 개선 수요가 매우 높은 것으로, 80%를 넘는 업종은 개선 수요가 높은 것으로, 50%를 넘는 업종은 개선 수요가 있는 것으로 분류하였음.
- 어떠한 전문건설업종의 개선이 우선적으로 이루어져야 하는지를 정리한 개선 우선순위는 품질, 비용, 공기, 안전, 노무의 가중치를 반영한 최종 개선 수요 점수(C)에 기초하여 설정되었음. 분석에 따르면 비계구조물해체공사업(0.527)과 토공사업(0.518)이 각각 1위와 2위를 기록하였으며, 조정시설물설치공사업(0.399), 조정식재공사업(0.395)이 21위와 22위를 기록하였음.
- 그룹1로 분석된 업종들은 특히 1위부터 4위에 위치하고 있어, 품질, 비용, 공기, 안전, 노무에 대한 전면적이고, 시급한 대응이 요구되고 있음.
- 비계구조물해체공사업(1위)은 품질, 비용, 공기, 안전, 노무의 전 분야에서 개선 수요가 높지만, 특히 안전과 노무 분야에서 높은 수요를 기록하고 있기 때문에 안전 확보 및 노무 확보에 맞춘 대응이 필요하다고 판단됨.
- 토공사업(2위)은 품질에 대한 개선 수요는 낮지만, 비용, 공기, 안전, 노무의 개선 수요가 매우 높으며, 특히 비용과 공기, 노무에 대한 개선이 매우 높음.
- 철근콘크리트공사업(3위)은 토공사업과 유사한 형태를 띄고 있음. 품질에 대한 개선 수요는 낮지만 비용과 공기에 대한 개선 수요가 매우 높음.

점수를 그 점수분포의 표준편차로 나누어 얻은 점수임. 표준점수의 기본 중의 기본은 Z점수로, 이 Z점수를 2차 가공하면 다른 표준점수들을 얻을 수 있다. Z점수는 '(자신의 원점수 - 자신이 속한 집단의 원점수 평균)/원점수 표준편차'로 구한다. 이론상 Z점수는 최대치와 최저치가 존재하지 않으나 일반적으로는 -3부터 3까지의 값을 가진다.

- 지붕판금건축물조립공사업(4위)은 안전에 대한 높은 개선 수요가 조사됨.
- 그룹2로 분석된 업종들은 습식방수공사업(5위), 실내건축공사업(15위), 포장공사업(20위), 조경시설물설치공사업(21위), 조경식재공사업(22위)이 있음. 그룹2에 포함된 5개 업종들은 주로 품질을 관리하기 위한 방안을 연구할 필요가 있음.
 - 습식방수공사업(5위)은 그룹2에 속한 업종 가운데 유일하게 다소 개선 우선순위가 높은 업종으로, 품질, 노무, 공기의 순으로 개선이 필요한 것으로 판단됨.
 - 실내건축공사업(15위)은 품질 개선 수요가 매우 높으며, 이어서 비용, 공기에 대한 개선이 필요한 것으로 분석됨. 안전과 노무의 측면에서는 특별한 개선 수요가 나타나지 않음.
 - 조경시설물설치공사업(21위)과 조경식재공사업(22위)은 개선 우선순위가 매우 낮은 업종들로, 품질부분에 대한 개선이 요구되고 있음.
- 그룹3에는 금속구조물창호공사업(6위), 철강재설치공사업(7위), 수중공사업(8위), 승강기설치공사업(9위), 강구조물공사업(10위), 석공사업(11위), 준설공사업(12위), 상하수도공사업(13위), 보링그라우팅공사업(14위), 석도설치공사업(16위), 도장공사업(17위), 기계설비공사업(18위), 철도궤도공사업(19위)의 13개 업종이 포함되어 있음.
 - 금속구조물창호공사업(6위)은 품질, 안전, 노무에 대한 개선 수요가 분석되었으며, 철강재설치공사업(7위)은 비용, 공기, 안전의 개선 수요가 있는 것으로 분석됨.
 - 수중공사업(8위)은 노무에 대한 수요가 높고, 비용과 안전의 개선 수요가 나타나고 있음.
 - 승강기설치공사업(9위)은 품질, 공기, 안전에, 강구조물공사업(10위)은 비용, 공기, 안전에, 석공사업(11위)은 안전과 노무에 개선 수요가 있음.
 - 준설공사업(12위)과 상하수도공사업(13위)은 비용과 공기에, 보링그라우팅공사업(14위)은 안전과 노무에 개선 수요가 나타나고 있음.
 - 석도설치공사업(16위), 기계설비공사업(18위), 철도궤도공사업(19위)은 별도의 개선 수요가 없는 것으로 조사되었으며, 도장공사업(17위)은 품질에 대한 개선 수요만이 존재하고 있음.

〈표 III -8〉 전문건설업 기술 개선 수요 백분위 점수 표

	개선 수요 기초 점수(A)						표준점수(D)						백분위 점수(E)					
	품질	비용	공기	안전	노무		품질	비용	공기	안전	노무		품질	비용	공기	안전	노무	
1 실내건축공사업	2.80	2.48	2.23	1.58	2.05		2.639	0.906	0.069	-1.564	-2.024		99.58%	81.76%	52.73%	5.89%	2.15%	
2 토공사업	2.05	2.80	2.90	2.60	2.65		-0.385	2.706	2.979	1.078	1.752		35.02%	99.66%	99.86%	85.94%	96.01%	
3 습식방수공사업	2.73	2.28	2.30	1.95	2.53		2.336	-0.201	0.392	-0.597	0.965		99.03%	42.02%	65.25%	27.51%	83.28%	
4 석공사업	1.98	2.10	2.13	2.35	2.45		-0.687	-1.171	-0.363	0.433	0.493		24.60%	12.09%	35.85%	66.77%	68.91%	
5 도장공사업	2.30	2.10	2.08	2.00	2.25		0.623	-1.171	-0.578	-0.469	-0.765		73.34%	12.09%	28.16%	31.97%	22.21%	
6 비계구조물해체공사업	2.28	2.53	2.48	3.10	2.60		0.522	1.183	1.147	2.366	1.437		69.93%	88.16%	87.42%	99.10%	92.47%	
7 금속구조물창조공사업	2.20	2.30	2.13	2.35	2.50		0.220	-0.063	-0.363	0.433	0.808		58.70%	47.49%	35.85%	66.77%	79.05%	
8 지방판금건축물조립공사업	2.25	2.23	2.20	2.75	2.40		0.421	-0.478	-0.039	1.464	0.179		66.33%	31.62%	48.44%	92.85%	57.09%	
9 철근콘크리트공사업	1.95	2.55	2.63	2.63	2.55		-0.788	1.322	1.793	1.142	1.123		21.54%	90.69%	96.35%	87.33%	86.92%	
10 기계설비공사업	1.98	2.20	1.88	2.10	2.20		-0.687	-0.617	-1.441	-0.211	-1.080		24.60%	26.87%	7.48%	41.65%	14.01%	
11 상하수도공사업	2.00	2.45	2.25	2.05	2.35		-0.586	0.768	0.176	-0.340	-0.136		27.88%	77.87%	57.00%	36.70%	44.60%	
12 보링그라우팅공사업	1.98	2.25	2.10	2.23	2.48		-0.687	-0.340	-0.470	0.111	0.651		24.60%	36.70%	31.90%	54.43%	74.24%	
13 철도레도공사업	1.83	2.15	2.13	1.95	2.35		-1.292	-0.894	-0.363	-0.597	-0.136		9.82%	18.57%	35.85%	27.51%	44.60%	
14 포장공사업	2.15	2.13	1.90	1.73	2.45		0.018	-1.032	-1.333	-1.177	0.493		50.73%	15.10%	9.13%	11.95%	68.91%	
15 수중공사업	2.00	2.35	2.18	2.28	2.58		-0.586	0.214	-0.147	0.240	1.280		27.88%	58.47%	44.16%	59.49%	89.97%	
16 조경식재공사업	2.30	2.08	2.00	1.55	2.18		0.623	-1.309	-0.902	-1.628	-1.237		73.34%	9.53%	18.36%	5.17%	10.80%	
17 조경시설물설치공사업	2.25	2.15	1.93	1.65	2.20		0.421	-0.894	-1.225	-1.371	-1.080		66.33%	18.57%	11.03%	8.52%	14.01%	
18 강구조물공사업	1.88	2.40	2.30	2.35	2.30		-1.090	0.491	0.392	0.433	-0.450		13.78%	68.82%	65.25%	66.77%	32.62%	
19 철강재설치공사업	1.95	2.38	2.28	2.45	2.30		-0.788	0.352	0.284	0.691	-0.450		21.54%	63.77%	61.19%	75.53%	32.62%	
20 석도설치공사업	2.05	2.30	2.18	2.08	2.23		-0.385	-0.063	-0.147	-0.275	-0.922		35.02%	47.49%	44.16%	39.15%	17.82%	
21 준설공사업	2.03	2.45	2.23	2.05	2.35		-0.486	0.768	0.069	-0.340	-0.136		31.36%	77.87%	52.73%	36.70%	44.60%	
22 승강기설치공사업	2.30	2.23	2.23	2.25	2.25		0.623	-0.478	0.069	0.176	-0.765		73.34%	31.62%	52.73%	56.97%	22.21%	
평균	2.15	2.31	2.21	2.18	2.37		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	
Min	1.83	2.08	1.88	1.55	2.05		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	
Max	2.80	2.80	2.90	3.10	2.65		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	
표준편차	0.248	0.181	0.232	0.388	0.159		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	

〈표 III-9〉 전문건설업 기술 개선 수요

개선 우선순위	전문건설업종	최종 개선 수요 점수(C)	품질	비용	공기	안전	노무	그룹
1위	비계구조물해체공사업	0.527	○	◎	◎	★	★	1그룹
2위	토공사업	0.518	-	★	★	◎	★	1그룹
3위	철근콘크리트공사업	0.493	-	★	★	◎	◎	1그룹
4위	지붕판금건축물조립공사업	0.480	○	-	-	★	○	1그룹
5위	습식방수공사업	0.463	★	-	○	-	◎	2그룹
6위	금속구조물창고공사업	0.458	○	-	-	○	○	3그룹
7위	철강재설치공사업	0.456	-	○	○	○	-	3그룹
8위	수중공사업	0.452	-	○	-	○	◎	3그룹
9위	승강기설치공사업	0.450	○	-	○	○	-	3그룹
10위	강구조물공사업	0.449	-	○	○	○	-	3그룹
11위	석공사업	0.440	-	-	-	○	○	3그룹
12위	준설공사업	0.439	-	○	○	-	-	3그룹
13위	상하수도공사업	0.439	-	○	○	-	-	3그룹
14위	보링그라우팅공사업	0.438	-	-	-	○	○	3그룹
15위	실내건축공사업	0.436	★	◎	○	-	-	2그룹
16위	삭도설치공사업	0.430	-	-	-	-	-	3그룹
17위	도장공사업	0.426	○	-	-	-	-	3그룹
18위	기계설비공사업	0.413	-	-	-	-	-	3그룹
19위	철도궤도공사업	0.410	-	-	-	-	-	3그룹
20위	포장공사업	0.405	○	-	-	-	○	2그룹
21위	조경시설물설치공사업	0.399	○	-	-	-	-	2그룹
22위	조경식재공사업	0.395	○	-	-	-	-	2그룹
개선 수요 매우 높음 (90%이상) : ★								
개선 수요 높음 (80%이상) : ◎								
개선 수요 있음 (50%이상) : ○								

IV. 결론 및 시사점

1. 요약 및 결론

1) 국내외 대응 현황

□ 제4차 산업혁명이 이슈로 부각된 이후 우리나라 및 각국에서는 제4차 산업혁명에 대응하기 위한 움직임에 나섰음.

- 우리나라 정부는 대통령 직속 「4차산업혁명위원회」를 설립하고, 제4차 산업혁명에 대한 종합적인 국가전략, 제4차 산업혁명 관련 각 부처별 실행계획과 주요 정책, 제4차 산업혁명의 근간이 되는 과학기술 발전지원, 전 산업의 지능화 추진을 통한 신산업, 신서비스 육성에 관한 사항 등을 심의, 조정하고 있음.
- 국토교통부는 국토교통 4차 산업혁명 대응 전략을 수립하여 12개의 중점추진 과제를 설정하였음. 그리고 제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획을 수립하여 국토교통 8대 혁신 성장 동력을 선정하고, 투자 계획을 수립하였음. 스마트 시티를 추진하기 위한 기본 구상을 수립하고 있음.
- 건설업계에서는 대형건설사와 중장비 업체들을 중심으로 제4차 산업혁명과 관련된 대응이 진행되고 있음. 대우건설은 DSC(대우 스마트 건설) 기술 개발을 진행하고 있으며, 현대건설은 ICT 기술 및 제조업 프로세스를 융합한 건설방식 확보를 추진하고 있으며, GS건설은 스마트 컨스트럭션 팀을 신설하여 리스크 제거 및 생산성을 높이기 위한 노력을 기울이고 있음. 두산인프라코어와 현대건설기계 등의 중장비 업체들은 ICT기술이 접목된 굴삭기 등을 개발하고 있으며, 코오롱베니트에서는 스마트 중장비 관리 시스템을 개발하고 있음.
- 전통적인 건설 시공 회사에 소속되지 않은 업체들에서도 시공과 관련된 기술 개발이 활발하게 이루어지고 있음. 현수막 출력을 하는 기업이 건설도장로봇을 개발하여 상용화하고 있으며, 건축자재를 중심으로 하는 커넥트브릭 사는 안정성과 시공성을 개선한 내외장재를 개발함.

□ 해외 각국에서는 기업을 중심으로 건설업에 활용 가능한 다양한 융합기술이 개발되고 있음. 자동화, 로봇, 3D 프린터, BIM, AI 등의 다양한 기술들이 복합되어 건설업과 접목되고 있음.

- 미국 Construction Robotics사는 벽돌을 쌓는 조적공사를 수행하는 로봇 (Semi-Automated Mason 100, SAM100)을 개발하였음. 이 로봇은 단독으로 작업을 하는 것이 아니라 벽돌공과 협력하여 작업하도록 설계됨. SAM100은 팔과 컨테이너 벨트를 사용해 하루에 적어도 1,000개의 벽돌을 쌓을 수 있음.
- 미국의 Tesla사는 2016년 지붕일체형 태양광 발전 패널인 솔라루프(Solar Roof) 판매를 발표함.
- 일본의 Komatsu사는 GNSS(글로벌 위성 위치측정 시스템)을 통한 위치정보와 3D의 설계 데이터, 압 제어 시스템을 통해 작업기구의 반자동화를 실현한 ICT굴삭기의 상용화를 시작함.
- 일본의 Taisei사는 자동으로 철근을 결속하는 자율형 철근 결속 로봇을 개발함.
- 일본의 세이부 건설은 VR기술을 활용한 건설현장 안전교육 시스템을 개발함.
- 중국의 WinSun Decoration Design Engineering Co사는 3D프린터를 활용하여 주택을 건설함. 2015년에는 1,100㎡의 5층 주택을 건설하는데 성공함.
- 스웨덴의 Umeå Institute of Design사는 햄머와 쇼벨을 활용하여 철근콘크리트 벽체를 해체하는 로봇(ERO)의 컨셉 모델을 개발하였음.

2) 전문건설업종 개선 수요 분석

- 제4차 산업혁명이라는 대형 이슈를 대응하기 위한 R&D 전략을 수립하기 위해서는 임기응변의 방법으로 투자 분야를 선정하는 것이 아니라, 어떠한 업종에 투자가 필요한지에 대한 명확한 순위를 도출할 필요가 있음.
- 국내 건설 산업에서 시공은 토공, 습식·방수, 석공, 도장, 비계 등 다양한 전문 건설업종으로 구분되어 운영되고 있음. 따라서 제4차 산업혁명을 맞이하여 제시되는 기술적 솔루션들의 건설 산업 적용성 및 파급효과를 높이기 위해서는 기술적 솔루션의 개발이 건설업의 시공을 직접적으로 담당하고 있는 전문건설업종 단위로 진행되어야 할 것으로 사료됨.
- 설문조사는 2018년 12월 20일부터 2019년 1월 20일에 걸쳐 진행되었으며, 방문 조사 및 이메일 조사를 통해 실시되었음. 설문은 객관성을 확보하기 위하여 평가 대상인 전문건설업종에 직접 관련하고 있는 전문건설업 종사자를 제외한 모든 건설업 종사자를 대상으로 실시하였음.

- 설문조사는 크게 22개 전문건설업종에 대한 품질, 비용, 공기, 안전, 노무에 대한 개선 수요 조사와 품질, 비용, 공기, 안전, 노무의 5대 개선 수요 항목에 대한 가중치 분석으로 구성되어 있음.
- 설문응답자들은 5대 개선 수요 항목의 상대적 가중치에 대하여 안전을 가장 큰 개선항목(0.281)으로 평가하고 있으며, 이어서 품질 개선(0.202)을 중요하다고 평가하고 있음. 비용(0.189)과 공기(0.183)에 대해서는 거의 동일한 수준의 중요성으로 평가되었으며, 노무 개선(0.145)은 상대적으로 가장 낮은 항목으로 평가되었음.
- 개선 수요 점수와 가중치를 반영하여 전체 전문건설업종의 개선 우선순위를 선정하기 위한 최종 개선 수요 점수를 산출함.
 - 비계구조물해체공사업(0.527)과 토공사업(0.518)이 가장 큰 최종 개선 수요 점수를 보였으며, 조경식재공사업(0.395)과 조경시설물설치공사업(0.399)이 낮은 점수를 기록하였음.
 - 즉 가중치를 반영하여 전문건설업종의 개선 수요를 분석하였을 때 비계구조물해체공사업, 토공사업 등의 업종이 개선 수요가 높으며, 조경시설물설치공사업, 조경식재공사업 등의 업종의 개선 수요가 상대적으로 낮은 것으로 해석할 수 있음.
- 앞선 분석을 통해 각각의 전문건설업종에 대한 품질, 비용, 공기, 안전, 노무의 개선 수요 기초 점수(A)가 도출됨. 이러한 품질, 비용, 공기, 안전, 노무의 개선 수요 기초 점수(A)는 항목별로 범주가 다르기 때문에 직접 비교를 할 수 없음.
 - 예를 들어 품질은 최소 1.83점부터 최대 2.80점으로 구성되어 있고, 안전은 최소 1.55점부터 최대 3.10점으로 구성되어 있기 때문에 동일한 2점이라고 해도 그 의미하는 바는 다름.
 - 즉 전문건설업종에 대한 품질, 비용, 공기, 안전, 노무의 개선 수요 기초 점수(A)를 비교하기 위해서는 표준편차에 따른 표준 점수로 변환하고, 100점을 기준으로 하는 백분위 점수로 환산할 필요가 있음.

- 전문건설업종별 개선 수요 기초 점수(A)에서 품질, 비용, 공기, 안전, 노무의 점수들에 대한 표준편차를 도출함. 도출된 표준편차를 활용하여 각 전문건설업종별 점수를 표준점수(D)로 환산함.
 - 백분위 점수(E)는 0부터 100이내의 점수를 가지며, 이 분석에서는 100에 가까울수록 해당 분야에 대한 개선 수요가 높다는 것을 의미함. 반대로 0에 가까울수록 해당 분야에 대한 개선 수요가 낮다는 것을 의미함.
 - 백분위점수를 기준으로 90%를 넘는 업종은 개선 수요가 매우 높은 것으로, 80%를 넘는 업종은 개선 수요가 높은 것으로, 50%를 넘는 업종은 개선 수요가 있는 것으로 분류하였음.
 - 어떠한 전문건설업종의 개선이 우선적으로 이루어져야 하는지를 정리한 개선 우선순위는 품질, 비용, 공기, 안전, 노무의 가중치를 반영한 최종 개선 수요 점수(C)에 기초하여 설정되었음. 분석에 따르면 비계구조물해체공사업(0.527)과 토공사업(0.518)이 각각 1위와 2위를 기록하였으며, 조정시설물설치공사업(0.399), 조정식재공사업(0.395)이 21위와 22위를 기록하였음.

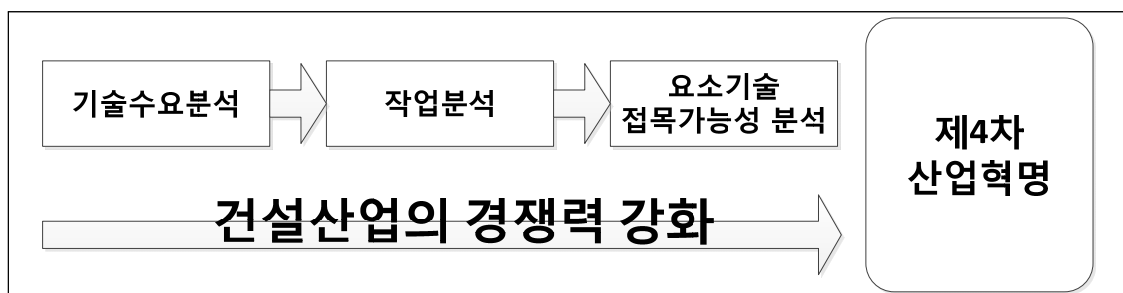
2. 정책적 시사점

- 본 연구에서는 제4차 산업혁명 요소기술 도입을 검토하기 위한 첫 단계로써 전문건설업종별 품질, 공기, 비용, 안전, 노무 관리의 개선 수요를 명확히 함.
- 본 연구에서 얻어진 전문건설업종별 개선 수요에 따라 전문건설업종의 작업 분석이 이루어져야 함. 즉 특정 업종의 어떠한 작업에서 문제가 있어 개선이 필요한 것인지를 밝히는 프로세스가 필요함.
 - 예를 들어 A라는 업종이 안전과 노무에서 개선이 매우 필요한 것으로 분석되었다면, A라는 업종이 실시하는 작업 가운데 안전 측면에서 사고가 많이 발생하거나 위험한 작업이 내포되어 있는 작업, 그리고 노무 측면에서 충분한 노무자를 확보하기 어려운 작업을 도출해야 함.
- 작업 분석 결과를 바탕으로 제4차 산업혁명의 다양한 기술의 접목가능성을 검토해야 함.

- 예를 들어 앞선 분석을 통해 A라는 업종에서 안전 문제가 발생하는 작업이 a라는 것을 밝혀졌다면, 최종적으로 AI, 자동화, 정보화, 로봇, 드론, 3D프린터 등 제4차 산업혁명의 요소기술들의 전문가들을 대상으로 어떠한 기술이 도입 가능성이 있으며, 도입을 위해서 필요한 검토 사항들을 도출해야 할 것임.

□ 이러한 개선 작업들이 꾸준히 누적된다면 건설업의 경쟁력이 강화될 것이며, 제4차 산업혁명을 적절하게 활용한 대응이 될 수 있을 것임.

〈그림 IV-1〉 건설업의 경쟁력 강화와 제4차 산업혁명



- 본 연구에서는 건설업의 경쟁력 확보를 위하여 전문건설업종별 어떠한 개선 수요가 존재하고, 기술 개발이 필요한지를 명확히 밝힘.
- 전문건설업체는 자사 경쟁력 확보를 위한 기술 개발에 필요한 의사결정에 도움이 될 수 있으며, 동종 전문건설업종 간에는 문제점과 기술 수요에 대한 공감대 형성에 도움이 될 것으로 판단됨.
- 정부 및 유관단체는 제4차 산업혁명을 맞이하여 요구되고 있는 요소 기술 개발 투자의 방향성과 우선순위를 제시하는 가이드라인으로 활용할 수 있을 것임.

- 조재용, 선임연구원(adelid83@ricon.re.kr)
- 홍성호, 연구위원(hsh3824@ricon.re.kr)

참 고 문 헌

1. World Economic Forum, The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond, 2016.1
2. 황승헌, 「제4차 산업혁명과 건설의 미래」, 씨아이알, 2017, p.33-34
3. 대통령직속 제4차산업혁명위원회, 「위원회 활동」, <https://www.4th-ir.go.kr/timeline/list>
4. 국토교통부 보도자료, 「국민이 체감할 수 있는 제4차 산업혁명의 미래를 그린다」, 2017.4
5. 국토교통부 보도자료, 「국토교통부, 미래혁신기술 개발에 향후 10년간 9조 5800억 투자」, 2018.6
6. 대통령직속 제4차산업혁명위원회 보도자료, 「시민행복을 높이는 지속가능한 도시, 사람 중심의 글로벌 혁신 성장도시 조성 추진」, 2018.7
7. 국토교통부, 「건설산업 혁신방안」 발표, 2018.6
8. Mckinsey, 「Reinventing Construction:A Route to Higher Productivity」, 2017.2, pp.3
9. 국토교통부, 「제1차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획 2018~2027」, 2018.9, pp.59-61
10. 국토교통부, 「건설 생산성 혁신 및 안전성 강화를 위한 스마트 건설기술 로드맵」, 2018.10, pp.8-14
11. 건설경제, 「건설 빅6도 제4차 혁명 잡기 쟁결음」, 2018년 10월 22일 기사
12. 대우건설, 「대우 스마트건설 시스템」, 대우건설인, 2018.7, pp.8-11
13. 두산인프라코어, 「ICT활용 차세대 건설기계 개발」, 2019년 4월 2일 열람, <http://www.doosaninfracore.com/kr/intro/rnd/ict/>
14. 안상현, 「건설기계 스마트 제어 솔루션 기술현황」, 월간중장비 2018.12, p.38

15. KOLON BENIT, 「사업소개-Future Technologies-Smart Construction」,
<https://www.kolonbenit.com/business/contentsid/263/index.do#slide12>
16. 로보프린트, 「회사연혁」, 「기술현황」, 2019년 4월 2일 열람, http://roboprint.co.kr/bbs/content.php?co_id=history
17. 커넥트브릭, 「회사소개」, 「제품소개」, 2019년 4월 2일 열람, https://www.connectbrick.com/cnt_ci
18. Construction Robotics, 「SAM100」, <https://www.construction-robotics.com/sam100/>
19. Inhabitat, 「Amazing ERO Concrete-Recycling Robot Can Erase Entire Buildings」,
<https://inhabitat.com/amazing-ero-concrete-recycling-robot-can-erase-entire-buildings/>
20. 조재용, 「제4차 산업혁명에 따른 일본 건설산업의 대응 전략 및 시사점」, 대한
건설정책연구원 건설정책리뷰, 2017.7
21. 조재용, 「제4차 산업혁명에 따른 일본 건설산업의 기술 개발 동향」, 건설기술
쌍용, 2018, pp.14-21
22. 조재용, Nisi Deng, 「중국제조 2025 - 중국의 제4차 산업혁명 대응」, 한국건
설관리학회 학회지, 2017.6, pp.14-18
23. Tesla, 「Solar Roof」, <https://www.tesla.com/solarroof?redirect=no>
24. 日刊建設工業新聞, 「西武建設、岩崎／VR技術活用の安全教育システム開発／現場を
3D再現、気づき体感」 2017년3월31일자
25. 조재용, Nisi Deng, Masaaki Wagawa, 「일본 건설현장에 다가오는
VR·AR·MR기술」, 한국건설관리학회 학회지, 2018.4, pp.49-57
26. 이정호, 옥치을, 최효성, 김영석, 「건설자동화 기술 개발 우선순위 도출 및 기
술 로드맵 구축에 관한 연구」, 대한건축학회논문집 구조계 제26권 제10호,
2010.10. pp.131-140

제4차 산업혁명에 따른 전문건설업종별 기술 개선수요 분석에 관한 연구

2019년 6월 인쇄

2019년 6월 발행

발 행 인 서 명 교

발 행 처 대한건설정책연구원

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

TEL (02)3284-2600

FAX (02)3284-2620

홈페이지 www.ricon.re.kr

등 록 2007년 4월 26일(제319-2007-17호)

I S B N 979-11-5953-069-2

인 쇄 처 경성문화사(02-786-2999)

©대한건설정책연구원 2019