

4차산업혁명 건설기술에 대한 학생, 교수, 실무종사자 인식차이 조사

김태완¹ · 박성훈² · 최병주³ · 강영철⁴ · 박경모⁵ · 정운성⁶ · 구충완^{7*}

¹인천대학교 도시건축학부 부교수 · ²인천대학교 일반대학원 건축학과 석사과정 · ³아주대학교 건축학과 조교수 · ⁴연세대학교 건축학과 부교수 ·
⁵건설기술교육원 교수 · ⁶충북대학교 건축공학과 부교수 · ⁷인천대학교 도시건축학부 조교수

A Survey of Perception Differences Among University Students, Professors, and Practitioners on the Construction Technologies in the Fourth Industrial Revolution

Kim, Tae Wan¹, Park, Seonghun², Choi, Byungjoo³, Kang, Youngcheol⁴,
Park Kyungmo⁵, Jeong, WoonSeong⁶, Koo, Choongwan^{7*}

¹Associate Professor, Division of Architecture & Urban Design, Incheon National University

²Graduate Student, Department of Architectural Engineering, Graduate School, Incheon National University

³Assistant Professor, Department of Architecture, Ajou University

⁴Associate Professor, Department of Architecture and Architectural Engineering, Yonsei University

⁵Professor, Korea Institute of Construction Technology Education

⁶Associate Professor, Department of Architectural Engineering, Chungbuk National University

⁷Assistant Professor, Division of Architecture & Urban Design, Incheon National University

Abstract : Recently, the fourth industrial revolution has a great influence on the development of many industries as well as the construction industry. Various technologies related to the industrial revolution 4.0, such as AI and big data, have gained much attention. However, little has been known about the importance and preparedness of stakeholders of the construction industry in Korea for the industry 4.0 technologies so far. This study revealed how the stakeholders perceive and prepare for industry 4.0 using a survey. In addition, collaboration potential score for each technology was calculated to find technologies with high potential for collaboration. Result is that the importance of the technologies was evaluated high in overall, but the preparedness and implementation in university education or business was evaluated low. Technologies with high potential for industry-university collaboration are AI/big data and 3D printing/3D scanning. This study can contribute to the training of industry 4.0 experts and improving preparedness, which would enable the innovation and application of industry 4.0 technologies in the construction industry.

Keywords : Industry 4.0, Industry 4.0 Technologies, Preparedness, Collaboration Potential Score

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

초연결, 초지능을 중심으로 한 4차산업혁명은 모든 산업의 발전에 큰 영향을 미치고 있다. 건설업과 제조업을 막론하고 인공지능, 빅데이터, 증강현실과 가상현실 등 4차산업혁명을 이끌 기술들에 대한 소개가 지속적으로 이루어지고 있으며, 이러한 기술을 활용한 생산성 혁신 방향이 논의되고

있다.

4차산업혁명 기술들을 건설산업에 적용시켜 혁신을 이루기 위해서는 어려움이 많다. 대표적으로 4차산업혁명 기술을 산업에 적용하기 위한 전문인력의 부족이 있다. 건설산업연구원 조사자료(CERIK, 2020)에 따르면 건설업 전문가들은 4차산업혁명 기술 적용을 위한 가장 시급한 현안으로 가용인력의 부족을 꼽고 있었다. 아울러 동 보고서에서 정부에 바라는 점도 초기비용 지원 다음으로 전문인력 양성을 꼽고 있어 4차산업혁명 기술을 현업에 적용하기 위한 전문인력의 부족이 심각한 것으로 나타나고 있다.

하지만 이러한 4차산업혁명 기술 전문인력 양성은 이미 다양한 설문조사 연구들에서 어려운 과제로 나타난 바 있다. 예로, 태국에서 4차산업혁명에 어떻게 준비하고 있는지 설문한 결과 응답자는 스스로의 디지털 및 정보기술의 준비수

* **Corresponding author:** Koo, Choongwan, Division of Architecture & Urban Design, Incheon National University 618, 28 B/D, 119 Academy-ro, Yeonsu-gu, Incheon, Korea

E-mail: cwkoo@inu.ac.kr

Received February 22, 2022; **revised** April 4, 2022

accepted April 8, 2022

준을 나쁨(poor) (5점 만점에 2.59점) 수준으로 평가하였다 (Puriwat & Tripopsakul, 2020). 한국의 한 대학에서도 대학생들을 대상으로 한 설문조사 결과, 응답자의 80%가 4차산업혁명을 알고 있지만 5%만이 대비를 하고 있다고 응답하였다(Tinmaz & Lee, 2019). 더욱이, 4차산업혁명 기술에 대한 우리나라 건설산업 구성원들의 인식에 대해서는 지금껏 알려진 바가 없으며, 4차산업혁명 기술의 종류에 따라 인식과 준비도가 다르기 때문에 이에 대한 조사가 필요하다고 할 것이다.

이러한 배경에서 이 연구는 첫째, 다양한 4차산업혁명 기술들에 대해 우리나라 건설산업 구성원들이 어떻게 인식하고 준비하고 있는지 파악하고, 둘째, 구성원들의 인식과 준비도가 성별과 지역 등 응답자의 특성에 따라 차이가 나는지 통계적으로 확인하며, 셋째, 산업계와 학계가 협력 가능성이 높은 4차산업혁명 기술은 어떤 것인지 도출하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 목적을 달성하기 위해 저자들은 먼저 Deloitte (2019), McKinsey (2018), World Economic Forum (2018), Earnest and Young (2018) 등 관련 문헌고찰을 통해 4차산업혁명 관련 기술들을 정리하고, 이들이 등장하는 빈도를 확인하였다. 이어 논의를 거쳐 본 연구에 포함하는 기술을 <Table 1>과 같이 7가지로 정리하였다. 상기 문헌에서 언급되고 있는 기술 중 본 연구에 포함되지 않은 기술은 클라우드, 블록체인, 디지털트윈, 설계자동화 등으로 빈도가 낮아 설문 경제성 측면에서 제외하였다.

Table 1. Seven construction industry 4.0 technologies included in the present survey study

ID	Name	Description
1	BIM (Building Information Modeling)	Technology to create and utilize architectural digital models that express information such as shape and properties of facilities
2	AI (Artificial Intelligence) & big data	A technology in which a computer quickly analyzes and judges a large amount of data acquired by sensor, etc.
3	Drone & UAV (Unmanned Aerial Vehicle)	A technology to easily acquire information in a wide space by installing cameras, etc. on drones
4	Modular/Prefab/Precast/Offsite	Technology to manufacture facilities by manufacturing building materials in factories and installing them on site
5	AR (Augmented Reality) & VR (Virtual Reality)	Technology that helps work by providing visualizations of virtual space or information
6	3D printing & 3D scanning	Technology that scans construction sites or facilities in 3D and prints building materials
7	Intelligent equipment & robotics	Construction machinery or equipment combined with intelligence, or a robot that can be put into and used in the field

이어 4차산업혁명 기술에 대한 준비도와 인식을 조사한 연구와 전문가 토론을 거쳐 건설산업 구성원들의 준비도와 인식을 조사하기 위한 설문지를 작성하고, 파일럿 테스트(pilot test)를 수행하였다. 건설산업 구성원들을 교수, 대학생(대학원생 포함), 실무종사자로 하여 특성에 맞게 설문항목을 구성하되, 집단간 비교를 위한 질문은 공통으로 작성하였다. 설문은 응답자 정보, 4차산업혁명 기술에 대한 인식, 조직의 준비도, 개인의 준비도, 그리고 정부나 조직에 대한 기대사항을 묻는 질문들로 구성되었다.

본 설문은 2021년 2월 23일에서 3월 12일까지 한국건설관리학회 웹사이트를 통해 회원에게 설문 링크를 발송하는 형식으로 진행되었다. 최종적으로 교수 62명, 대학생 172명, 기업인 141명 등 총 375명이 응답하였다. 교수의 경우 수도권 교수 41명, 비수도권 교수 21명이 응답하였고 30대에서 60대까지 분포되어 있었다. 대학생은 학부생 123명, 대학원생 49명으로 구성되어 있었고, 수도권 학생 129명, 비수도권 학생 43명으로 구성되어 있었다. 실무종사자 또한 수도권 업체 종사자 102명, 비수도권 업체 종사자 39명으로 구성되어 있었고 다양한 업종과 경력에 분포되어 있었다. 자세한 응답자 구성은 다음 <Table 2>와 같다.

Table 2. Profiles of survey respondents

Group	Profiles
Professors	Total: 62 Location: Capital area 41, Non-capital area 21 Major: Architectural eng. 50, Civil eng. 12 Age: 30's 14, 40's 24, 50's 17, 60's 7
Students	Total: 172 Course: Undergraduate 123, Graduate 49 Location: Capital area 129, Non-capital area 43 Gender: Male 117, Female 55 Major: Architectural eng. 133, Architecture 24, Civil eng. 15
Practitioners	Total: 141 Location: Capital area 102, Non-capital area 39 Sex: Man 123, Woman 18 Business: General contractor 55, CM/PM 41, Owner 13, Sub-constructor 9, Etc. 23 Age: 30's 37, 40's 47, 50's 39, 60's+ 18

응답 유효성 체크 후 설문 분석은 다음과 같이 이루어졌다. 우선 기술적 통계분석을 통해 각 집단의 응답자가 인식하는 4차산업혁명 기술들의 중요도, 조직이나 개인의 준비수준, 기술 습득 경로, 학교나 국가, 교육기관에 바라는 점 등을 조사하였다. 또한, t 검정과 분산분석을 통해 어떤 응답이 집단간 차이가 있는지 확인하였다. 표본 수가 적은 토목공학 전공 교수 집단(12명), 발주처 종사자 집단(13명), 전문건설업체 종사자 집단(9명)이 포함된 분석의 경우, 비모수 검정 방법인 Mann-Whitney 검정과 Kruskal-Wallis 검정을 통해 집단간 차이를 확인하였다.

마지막으로, Jang et al. (2021)이 제안하는 산업계와 학계

의 협력가능성점수(collaboration potential score)를 활용하여 우리나라 건설산업에서 산업계와 학계간 협력 가능성이 높은 기술을 도출하였다. 협력가능성점수는 다음 식(1)과 같이 계산된다.

$$\text{협력가능성점수} = (\text{기업 관심도} - \text{기업 활용도}) + (\text{학계의 기술성숙도} - \text{기업의 기술성숙도}) \quad (1)$$

2. 4차산업혁명 기술에 대한 인식

2.1 4차산업혁명 기술 중요도와 준비 수준

2.1.1 기술의 중요도 및 준비 수준 일반

응답자들은 4차산업혁명 건설기술의 중요도에 비해 응답자들이 속한 조직이나 개인의 준비수준은 낮게 평가하고 있었다(Fig. 1). 4차산업혁명 기술이 건설산업에 미치는 영향도(중요도)에 대한 5점척도 질문(1-전혀 영향을 미치지 않을 것이다; 2-거의 영향을 미치지 않을 것이다; 3-보통이다; 4-큰 영향을 미칠 것이다; 5-매우 큰 영향을 미칠 것이다)에서 기업인(실무종사자)들은 4.07을, 학생들은 4.17로 모두 4점 이상의 높은 점수를 주었다. 반면, 조직이나 개인의 준비수준(1-전혀 준비되지 못하고 있다; 2-잘 준비되지 못하고 있다; 3-보통이다; 4-준비가 잘 되고 있다; 5-매우 잘 준비하고 있다)은 비교적 낮은 점수를 주어 준비수준을 낮게 평가하고 있었다. 학생들이 조직의 준비수준을 3.09로 평가한 것을 제외하면 모두 3점 미만으로 보통 수준에 미치지 못하고 있다고 평가하였다. 건설 조직이나 개인의 4차산업혁명 준비수준을 향상시킬 수 있는 대책 마련이 필요한 것으로 사료된다.

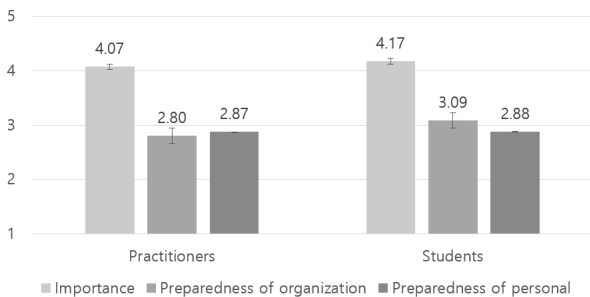


Fig. 1. Stakeholders' perception on importance and preparedness of industry 4.0 technologies

2.1.2 4차산업혁명 기술별 중요도 인식

“각각의 4차산업혁명 기술이 향후 건설산업과 기업의 경쟁력 향상에 미치는 영향도(중요도)에 대해 어떻게 생각하십니까?”라는 질문에 대해 교수, 기업인, 학생들에게 5점 척

도로 응답을 요청하여 설문을 진행하였다. 그 결과, 조사에 포함된 모든 기술이 중요하다는 응답을 얻었지만, 각 기술별 중요도 인식을 살펴보면 빅데이터/인공지능(4.21), BIM(4.17), 모듈라/프리패브/PC/탈현장화 공법(3.99) 순으로 중요하다고 응답한 것을 확인할 수 있었다(Table 3).

일원배치 분산분석 결과 신뢰도 95% 구간에서 집단간 응답에 차이가 있는 기술은 3D프린팅/3D스캐닝 기술이었다(유의확률 0.002). t 검정 결과 이 기술에 대해 학생들이 기업인에 비해 더 중요한 기술로 인식하고 있음을 알 수 있는데(유의확률 0.000), 이는 학교에서 상대적으로 접근성이 높은 기술이기 때문인 것으로 사료된다. 모듈라/프리패브/PC/탈현장화 공법 기술 또한 두 집단간 중요도 인식에 차이가 있는 기술로 나타났는데, 기업인보다 학생들이 더 중요하게 인식하는 것으로 나타났지만 중요도 순위는 모두 높은 수준을 보여주었다(유의확률 0.046).

Table 3. Stakeholders' perception on importance of seven construction industry 4.0 technologies: Bold represents statistical difference between groups

Technologies	Professors (Rank)	Practitioners (Rank)	Students (Rank)	Total (Rank)
BIM	4.31 (2)	4.07 (2)	4.20 (1)	4.17 (2)
AI & big data	4.35 (1)	4.16 (1)	4.19 (2)	4.21 (1)
Drone & UAV	3.90 (6)	3.81 (5)	3.88 (6T)	3.86 (6)
Modular/Prefab/Precast/Offsite	4.02 (3)	3.89 (3)	4.06 (4)	3.99 (3)
AR & VR	3.87 (7)	3.72 (7)	3.88 (6T)	3.82 (7)
3D printing & 3D scanning	3.92 (5)	3.75 (6)	4.09 (3)	3.94 (4)
Intelligent equipment & robotics	3.97 (4)	3.82 (4)	3.99 (5)	3.92 (5)

2.1.3 4차산업혁명 기술별 준비 수준 인식

“각각의 4차산업혁명 기술에 대해 어느 정도 알고 계십니까?”라는 질문에 대해 기업인과 학생들에게 5점 척도로 응답을 요청하여 분석한 결과는 아래 (Table 4)와 같다. 그 결과, BIM(3.46), 빅데이터/인공지능(2.97), 드론/무인항공기(2.84) 기술에 대한 준비수준이 상대적으로 높은 것으로 나타났지만, 전체적으로 BIM을 제외하고는 3점 이하로 응답하여 4차산업혁명 기술에 대한 이해도를 스스로 낮게 평가하고 있는 것으로 파악되었다. BIM의 수업 및 산업 보급률에 따른 실제 활용 경험이 다른 기술에 비해 높다는 점을 생각하면 실제 활용 경험이 개인의 준비수준에 영향을 주었리라 짐작된다.

기술별 준비수준 인식은 기술별 중요도 인식에 비해 집단 간 차이가 더 크게 나타나는 것으로 파악되었다. 즉, 드론/무인항공기 기술(유의확률 0.000)과 모듈라/프리패브/PC/탈현장화 공법(유의확률 0.000), 그리고 지능형 장비/로보틱스 기술(유의확률 0.000)은 기업인들의 준비수준이 학생들의 준비 수준에 비해 높다고 인식되고 있었다. 이러한 기술은 장비 보유의 어려움, 실무적 지식의 중요성 등의 이유로 인해 BIM이나 빅데이터/인공지능 기술에 비해 학교의 교육 여건이 충분치 않은 것으로 사료된다.

Table 4. Stakeholders' perception on preparedness of seven construction industry 4.0 technologies: Bold represents statistical difference between groups

Technology	Practitioners (Rank)	Students (Rank)	Total (Rank)
BIM	3.53 (1)	3.40 (1)	3.46 (1)
AI & big data	2.96 (4)	2.98 (2)	2.97 (2)
Drone & UAV	3.13 (2T)	2.61 (5)	2.84 (3)
Modular/Prefab/Precast/Offsite	3.13 (2T)	2.58 (6)	2.82 (5)
AR & VR	2.89 (5)	2.71 (4)	2.79 (6)
3D printing & 3D scanning	2.81 (6)	2.84 (3)	2.83 (4)
Intelligent equipment & robotics	2.58 (7)	2.17 (7)	2.36 (7)

2.1.4 4차산업혁명 건설기술의 사업 및 수업 활용 정도

기업인들에게 “현재 수행하는 사업에서 각각의 4차산업혁명 기술이 얼마나 활용되고 있습니까?”라는 질문에 대한 응답을 5점 척도(1: 20% 미만; 2: 20~40%; 3: 40~60%; 4: 60~80%; 5: 80% 이상)로 수집하고, 동시에 학생들에게는 “현재 전공수업에 각각의 4차산업혁명 기술이 얼마나 포함되고 있습니까?”라는 질문에 대한 응답을 동일하게 5점 척도로(1-전혀 포함되지 않고 있다; 2-개념만 소개하고 있다; 3-실습은 못하지만 자세히 가르치고 있다; 4-충분히 포함되어 있고 실습까지 하고 있다; 5-별도 과목으로 충실히 가르치고 있다) 수집하였다. 그 결과 각각의 기술의 중요도에 대한 인식과 실제 사업에서의 활용 정도는 큰 차이가 나는 것을 확인할 수 있었다. 각각의 기술이 학생들의 수업에 포함되는 정도도 낮은 편이며 BIM을 제외한 나머지 기술에서 모두 3점 이하를 받아 실제 수업에 기술이 포함되는 정도는 낮은 것으로 조사되었다<Table 5>.

기업인들이 응답한 사업 활용 정도는 BIM(2.43), 드론/무인항공기(2.11), 모듈라/프리패브/PC/탈현장화 공법(1.96)

Table 5. Stakeholders' perception on implementation of seven construction industry 4.0 technologies

Technology	Practitioners (Rank)	Students (Rank)
BIM	2.43 (1)	3.29 (1)
AI & big data	1.85 (4)	2.50 (2)
Drone & UAV	2.11 (2)	2.18 (6)
Modular/Prefab/Precast/Offsite	1.96 (3)	2.29 (3)
AR & VR	1.69 (5)	2.27 (4T)
3D printing & 3D scanning	1.62 (6)	2.27 (4T)
Intelligent equipment & robotics	1.55 (7)	1.85 (7)

순이었으며, 학교에서 전공수업에 포함되어 가르치고 과목은 BIM(3.29), 빅데이터/인공지능(2.50), 모듈라/프리패브/PC/탈현장화 공법(2.29) 순이었다. 드론/무인항공기의 경우 기업에서의 활용도에 비해 학교에서의 교육 정도가 상대적으로 높지 않음을 확인할 수 있으나, 전체적으로 유사한 패턴을 보이고 있다.

2.2 4차산업혁명 기술 습득 경로와 지원책

2.2.1 4차산업혁명 기술 습득 경로

“어떤 방식으로 4차산업혁명 기술을 익히고 있습니까?”라는 질문(복수선택 가능)에 학생들은 전공을 통한 학교 수업(66%), 인터넷 매체 정보 수집(57%), 도서 및 외부강좌 활용(27%), 학교 전공 외 수업(23%), 학교 비교과 활동(8%)을 꼽았다. “4차산업혁명 준비에 본인 학교 교육은 얼마나 도움이 되고 있습니까?”라는 질문(1-전혀 도움이 되지 않는다; 2-별로 도움이 되지 않는다; 3-보통이다; 4-조금 도움이 된다; 5-크게 도움이 된다)에 3.59점을 획득하여 학교 교육이 학생들에게 다소 도움이 되는 것으로 인식되고 있었다.

동일하게 기술 습득 경로를 묻는 질문(복수선택 가능)에 기업인들은 인터넷 매체 정보 수집(64%)를 가장 많이 꼽았으며, 이어 회사 기술 세미나(41%), 도서 및 외부강좌 활용(35%), 학회 활동(26%), 진학 및 학위 준비(12%)를 꼽았다. 기업의 지원 정도에 대한 질문에 대해서는 3.11로 다소 긍정적인 인식을 엿볼 수 있었으나, 학생들에 비해 지원 정도를 낮게 평가하고 있었다.

2.2.2 학교, 국가, 교육기관에 바라는 점

“4차산업혁명 시대에 건설산업이 더 잘 대응하기 위해 국가에게 바라는 점이 있다면 어떤 것입니까?”라는 질문(복수선택 가능)에 대한 응답자들의 답변은 <Fig. 2>와 같다. 학생

들과 기업인들은 4차산업혁명 기술 전문인력 양성(64%)과 경제적 지원(62%)을 가장 많이 꼽았으며, 반면 교수들은 전문인력 양성(73%)에 이어 4차산업혁명을 고려한 정책/제도 개선(63%)을 많이 꼽았다.

대학 교육에 바라는 점이 있는지 묻는 질문(복수선택 가능)에 학생들은 실습 교육의 강화(65%), 4차산업혁명 관련 정보의 제공(49%), 전공 커리큘럼 개편(46%) 순으로 응답하였다. 기업인을 대상으로 건설직무교육에 바라는 점이 있는지 묻는 질문(복수선택 가능)에 기업인들은 역시 실습교육의 신규 편성 및 확대(47%)를 가장 높게 꼽았으며, 이어 직무교육 커리큘럼 개편(45%), 4차산업혁명 관련 정보의 제공(44%) 순으로 응답하였다. 학생과 기업인 모두 실제 4차산업혁명 기술을 활용할 수 있는 기회와 교육을 가장 원하고 있어, 교육에 실습 기회 확대가 매우 중요하다고 판단된다.

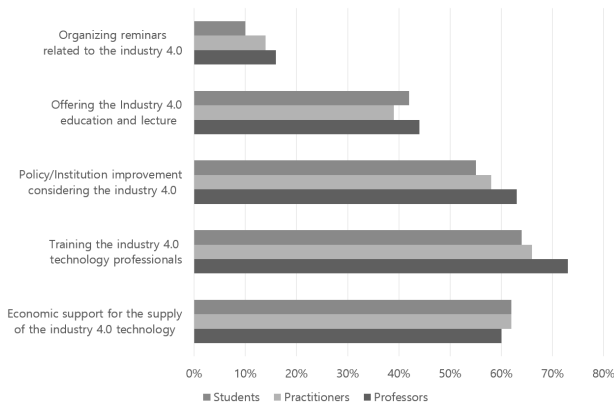


Fig. 2. Requests for the government's support in industry 4.0

2.3 응답자 특성에 따른 인식 차이

응답집단 별로 개인 응답자 특성에 따른 인식 차이를 살펴보고자 통계적 분석을 실시하였다(Table 6).

2.3.1 교수 집단 응답자 특성에 따른 인식 차이

건축공학(50명)과 토목공학(12명) 전공 교수 간 4차산업혁명 기술의 중요도에 대한 인식은 통계적으로 차이가 있었지만, “4차산업혁명 기술에 대한 당신의 전공학과의 준비수준은 어느 정도라고 생각하십니까?”라는 질문(1-전혀 준비하지 못하고 있다; 2-잘 준비하지 못하고 있다; 3-보통이다; 4-준비가 잘 되고 있다; 5-매우 잘 준비하고 있다)에 95% 신뢰구간에서 건축공학과 교수들의 응답(3.06)이 토목학과 교수들의 응답(2.25)에 비해 통계적으로 유의미한 차이를 나타내었다.

기타 수도권과 비수도권 교수들의 인식차 혹은 연령대별 인식차에는 통계적으로 유의미한 차이를 발견하지 못하였다.

2.3.2 기업인 집단 응답자 특성에 따른 인식 차이

수도권 업체 종사자들은 비수도권 종사자에 비해 4차산업

Table 6. Perception differences on construction industry 4.0 technologies due to stakeholders' traits: Bold represents highest value in the comparison group

Group	Variable	Characteristics	Value	P-value	
Professors	Preparedness of department	Arch. eng.	3.06	0.010	
		Civil eng.	2.25		
Practitioners	Preparedness of company	Capital area	2.91	0.035	
		Non-capital area	2.51		
	His/her preparedness	Capital area	2.98	0.021	
		Non-capital area	2.59		
	Importance of Modular/Prefab/Precast/Offsite	General contractor	4.09	0.021	
		CM/PM	3.61		
		Owner	3.77		
		Sub-contractor	3.89		
	Importance of Intelligent equipment & robotics	General contractor	3.87	0.030	
		CM/PM	3.63		
Owner		3.61			
Sub-contractor		4.44			
Understanding of BIM	Capital area	3.65	0.009		
	Non-capital area	3.23			
Implementation of BIM	Capital area	Capital area	2.64	0.001	
		Non-capital area	1.87		
	General contractor	General contractor	2.69		0.036
		CM/PM	2.32		
		Owner	2.31		
Sub-contractor	1.33				
Students	Preparedness of department	Male	2.99	0.047	
		Female	3.29		
	His/her preparedness	Undergraduate	2.74	0.001	
		Graduate	3.22		
	Importance of AR/VR	Undergraduate	3.98	0.024	
		Graduate	3.65		
	His/her preparedness	Capital area	2.96	0.027	
		Non-capital area	2.63		
	Importance of BIM	Capital area	4.29	0.011	
		Non-capital area	3.95		
Importance of UAV	Capital area	3.96	0.030		
	Non-capital area	3.65			
Inclusion of AI/Big Data in coursework	Capital area	2.57	0.036		
	Non-capital area	2.16			
Inclusion of UAV in coursework	Capital area	1.93	0.021		
	Non-capital area	1.53			
Inclusion of 3D printing/scanning in coursework	Capital area	2.47	0.030		
	Non-capital area	2.02			
Understanding of UAV	Capital area	2.69	0.039		
	Non-capital area	2.37			
Understanding of Modular/Prefab/Precast/Offsite	Capital area	2.67	0.017		
	Non-capital area	2.30			
Understanding of 3D printing/scanning	Capital area	2.98	0.001		
	Non-capital area	2.44			

혁명에 대한 조직(회사)과 개인의 준비수준을 스스로 더 높게 인식하는 것으로 나타났다. 특히 4차산업혁명 기술들 중 BIM의 활용정도와 이해도의 차이가 통계적으로 유의미한 것으로 나타나, 이러한 준비정도에 대한 인식에는 BIM을 사

업에 활용하는 정도가 큰 영향을 미친 것으로 사료된다.

업종에 따른 차이를 살펴보면 전문건설업체 종사자들이 지능형 장비/로보틱스 기술의 중요도를 높게 평가하고 있었고, 반면 종합건설업체 종사자들은 모듈라/프리패브/PC/탈현장화 공법의 중요도를 높게 평가하고 있었다. 현장 작업이 많은 전문건설업체에서 새로운 장비 활용을 통한 생산성 향상의 중요성을 더 많이 느끼고, 반면 종합건설업체는 다양한 탈현장 공법의 적용을 통한 생산성, 품질, 안전 등 개선에 관심이 있는 것으로 보인다. 하지만, BIM 기술 외에 언급한 기술들의 실제 활용에 대해서는 집단간 차이가 없어 기술 보급 및 활용에 더 많은 노력을 기울여야 함을 의미하고 있다.

기타 성별에 대해서는 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았으며, 연령별로도 개인의 준비수준이 30대 이후 낮아지기는 하지만 통계적으로 유의미한 것으로 분석되지는 않았다.

2.3.3 학생 집단 응답자 특성에 따른 인식 차이

학과의 준비 수준에 대한 평가에서 여학생들이 남학생들에 비해 높게 평가하는 경향을 보였는데, 이유에 대해서는 추가 분석이 되어야 할 부분으로 사료된다.

또한, 대학원생들은 학부생들에 비해 개인의 준비수준을 매우 높게 평가하고 있어, 현재 대학원생들의 연구참여 활동이 상당 부분 4차산업혁명 기술과 연관되어 운영되고 있음을 암시하였다. 증강현실/가상현실의 중요도를 묻는 질문에 학부생(3.98)이 대학원생(3.65)에 비해 높은 평가를 하여, 실제 대학원생들의 연구과정에서 해당 기술의 적용 어려움이 있음을 암시한다.

수도권 학생들과 비수도권 학생들의 응답 중 여러 항목에서 통계적으로 유의미한 차이를 발견할 수 있었다. 특히 수도권 학생들이 개인의 준비수준을 비수도권 학생들에 비해 높게 평가하고 있었는데, 학과의 준비수준에서는 통계적 차이를 보이지 않는 것으로 보아 학과의 교과 과정 외에도 다른 형태의 활동을 통해 4차산업혁명 기술을 접하고 익힐 기회가 있는 것으로 판단된다. 또한, 수도권 학생들은 비수도권 학생들에 비해 BIM과 드론/무인항공기 기술의 중요도를 더 높게 평가하고 있으며, 모듈라/프리패브/PC/탈현장화 공법, 드론/무인항공기 기술, 그리고 3D 프린팅/3D 스캐닝 기술에 대한 이해도를 스스로 더 높게 평가하고 있었다. 이는 수업 커리큘럼, 교수들의 연구주제 분포, 견학하는 현장의 적용 기술들의 차이가 복합적으로 나타난 것으로 추후 연구가 이루어질 부분으로 사료된다.

3. 산학협력 가능성이 높은 4차산업혁명 건설기술

3.1 협력가능성 점수 보정

Jang et al. (2021)이 제안하는 산업계와 학계의 협력가능성점수 계산식(식 1)을 바탕으로 우리나라 건설산업에서 산업계와 학계간 협력 가능성이 높은 기술을 본 설문 결과를 바탕으로 분석하였다. 분석을 위해 식에 포함되는 항목을 다음과 같이 해석하고 평가하였다.

- 기업 관심도: 기업의 경쟁력 향상에 미치는 영향도(중요도)가 높은 경우 기업의 관심도가 높다는 가정으로 각각의 4차산업혁명 기술에 대한 중요도 평가를 활용하였다.
- 기업 활용도: 각각의 4차산업혁명 기술이 사업에서 얼마나 활용되고 있는 질문을 활용하여 평가하였다. 본 조사에서는 활용도에 대한 인식을 직접적으로 묻지 않고 사업 활용 비율(1:20% 미만, 5:80% 이상 등)을 묻고 있어 단순히 수식에 적용할 경우 Jang et al.(2021)의 제안과 차이가 있을 수 있지만, 상대 평가이므로 산학협력 가능성이 높은 기술을 선별하는데는 활용할 수 있는 것으로 판단하였다.
- 학계의 기술성숙도: 본 조사는 학계의 기술성숙도를 직접 묻지 않았고 해당 항목을 평가하는 것은 어려운 일이므로, 학과의 수업에 포함되는 정도가 높으면 기술성숙도가 높은 것으로 가정하고 평가에 활용하였다. 즉, 별도 과목으로 충실히 가르치고 있거나(5점) 혹은 실습까지 진행되고 있으면(4점) 학계의 기술성숙도가 높은 것으로, 반면 기술의 개념만 소개하고 있거나(1점) 혹은 전혀 수업에 포함되어 있지 않으면(0점) 학계의 기술성숙도가 낮은 것으로 평가하였다.
- 기업의 기술성숙도: 기업 종사자들이 각각의 4차산업혁명 기술에 대해 얼마나 이해하고 있는지를 기준으로 기업의 기술성숙도를 평가하였다. 즉, 기술을 능숙하게 사용할 수 있거나(5점) 혹은 사용한 적이 있으면(4점) 기업의 기술성숙도가 높은 것으로, 반면 개념은 알지만 잘 모르거나(1점) 혹은 전혀 모른다면(0점) 기업의 기술성숙도가 낮은 것으로 평가하였다.

위 기준에 따라 변경된 협력가능성 점수는 아래 식(2)와 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{변경된 협력가능성점수} && (2) \\
 & = (\text{기업의 기술 중요도} - \text{기업의 기술 활용도}) \\
 & + (\text{학계의 기술 수업 포함정도} - \text{기업의 기술 이해도})
 \end{aligned}$$

3.2 4차산업혁명 기술들의 협력가능성 평가

식(2)에 따라 평가한 산업계와 학계간 협력가능성점수는 아래 <Table 7>과 같다.

Table 7. Collaboration potential scores (CP score) of seven construction industry 4.0 technologies

Technologies	Tech. importance (Rank)	Company uses (Rank)	Class inclusion (Rank)	Company understanding (Rank)	CP score (Rank)
BIM	4.07 (2)	2.43 (1)	3.29 (1)	3.53 (1)	1.40 (5)
AI & big data	4.16 (1)	1.85 (4)	2.50 (2)	2.96 (4)	1.85 (1)
Drone & UAV	3.81 (5)	2.11 (2)	2.18 (6)	3.13 (2T)	0.74 (7)
Modular/Prefab/Precast/Offsite	3.89 (3)	1.96 (3)	2.29 (3)	3.13 (2T)	1.08 (6)
AR & VR	3.72 (7)	1.69 (5)	2.27 (4T)	2.89 (5)	1.42 (4)
3D printing & 3D scanning	3.75 (6)	1.62 (6)	2.27 (4T)	2.81 (6)	1.60 (2)
Intelligent equipment & robotics	3.82 (4)	1.55 (7)	1.85 (7)	2.58 (7)	1.54 (3)

- 빅데이터/인공지능: 이 기술은 기업이 평가한 중요도 순위와 학교 수업포함 정도 순위가 높은 반면 실제 기업에서 사업에 활용하고 있는 정도와 기업인들의 이해도는 상대적으로 낮아 1.85점으로 가장 높은 점수를 획득하였다. 하지만 여전히 수업 포함정도는 3점이 되지 않아, 학계에서 지속적으로 기술 개발 및 해당 기술을 활용할 수 있는 인력 양성을 통해 기업 활용도를 높이기 위한 노력이 필요한 것으로 판단된다.
- 3D 프린팅/3D 스캐닝 기술: 이 기술은 전반적으로 기업에서 평가하는 기술의 중요도와 활용도, 이해도가 모두 낮았지만 수도권 중심의 대학에서 수업 포함정도가 높아 1.60점을 기록하였다.
- 지능형 장비/로보틱스: 이 기술은 전문건설업체와 종합건설업체 종사자들로부터 중요도가 높다고 평가받은 반면 기업의 활용도와 기업인들의 이해도가 현저하게 낮아 1.54점을 기록하였다. 다만, 지능형 장비/로보틱스의 수업 포함정도 또한 매우 낮은 수준으로 학계의 기술성숙도도 높지 않은 것으로 이해되므로 해당 기술 개발에 대한 학계의 노력 및 산업계로의 전파 노력이 이어져야 할 것으로 사료된다.
- 증강현실/가상현실: 3D 프린팅/3D 스캐닝 기술과 유사하게 전반적으로 기업에서 평가하는 기술의 중요도와 활용도, 기업인들의 이해도가 낮은 편이지만 상대적으로 수업에서의 포함 정도가 높아 1.42점을 기록하였다.
- BIM: 이 기술은 중요도가 높게 인식되고 있으며, 다른

기술에 비해 실제 사업에서의 활용도와 기업인들의 이해도도 높은 것으로 평가되었다. 이에 맞게 학계에서의 수업 포함정도도 타 기술에 비해 매우 높게 나타났지만, 기업과 학계간 기술 격차가 크지 않은 것으로 평가할 수 있다(협력가능성 점수 1.40).

- 모듈라/프리패브/PC/탈현장화 공법: 이 기술은 중요도와 수업 포함정도가 모두 비교적 높게 나타났지만, 기업에서의 사업 활용도와 기업인들의 기술 이해도 또한 상대적으로 높게 나타나 협력가능성 점수는 1.08로 낮은 편에 속했다. 협력가능성 점수는 학계에서 산업계로의 기술 전파를 전제로 개발된 지수이므로, 이 기술의 중요도와 활용도가 높게 나타나는 만큼 학계의 지속적인 기술 개발 및 인력 양성 노력이 필요한 것으로 판단된다.
- 드론/무인항공기: 이 기술은 인식되는 중요도와 수업 포함정도에 비해 현재 사업에서 활용되는 정도와 기업인들의 기술 이해도가 상대적으로 높은 기술로 협력가능성 점수는 0.74로 평가되었다.

미국 건설환경에서 수행된 Jang et al. (2021)의 연구결과와 비교하면 <Table 8>과 같다. 이 연구에서 빅데이터/인공지능 기술(5.44)은 다른 기술에 비해 큰 차이로 협력가능성이 가장 높다고 평가되었으며, 3D 프린팅 기술(3.93)과 로보틱스 기술(3.51), 증강현실(3.48), 가상현실(3.19) 기술 등이 이를 뒤따랐다. 스마트장비(2.53)와 3D 스캐닝(2.49) 등은 이미 산업과 학계간 격차가 상대적으로 적어 협력가능성 점수가 낮게 나타났다. 포함된 기술이 정확히 대응되지 않고 협력가능성 점수에 포함되는 지표도 다소 차이가 있어 단순 비교가 어렵지만, 전체적 경향은 유사한 것으로 판단된다.

협력가능성 분석에 대해, 건설경력 10년 이상(평균 17.9년), 4차산업혁명의 이해수준 4점 이상(5점 척도, 평균 4.3점)인 전문가 21인에게 제시한 결과, 협력가능성 산출식의

Table 8. Comparison of collaboration potential score between Jang et al. (2021) and this study

Technologies	This study (Rank)	Jang et al. (Rank)
BIM	1.40 (5)	N/A
AI & big data	1.85 (1)	5.44 (1)
Drone & UAV	0.74 (7)	2.36 (8)
Modular/Prefab/Precast/Offsite	1.08 (6)	N/A
AR & VR	1.42 (4)	AR: 3.48 (4) VR: 3.19 (5)
3D printing & 3D scanning	1.60 (2)	3D printing: 3.93 (2) 3D scanning: 2.49 (7)
Intelligent equipment & robotics	1.54 (3)	Intelligent equipment: 2.53 (6) Robotics: 3.51 (3)

적정성은 4.2점(5점 척도), 협력가능성이 높은 기술 도출의 적정성은 4.4점으로 높게 나타났다.

4. 결론

4차산업혁명 기술에 대한 준비도에 대한 연구는 국내외에서 일부 이루어졌지만, 우리나라 건설산업 구성원들의 인식과 집단별 차이에 대해서는 지금껏 알려진 바가 적으며, 4차산업혁명 기술의 종류에 따라 인식과 준비도가 다르다. 이에 본 연구에서는 4차산업혁명 관련 기술에 대한 인식과 준비도에 대한 구성원별, 기술별 차이를 분석함으로써 4차산업시대 건설에 대한 지식에 기여하였다. 또한, 건설산업 구성원의 특성에 따른 응답 차이를 통계적으로 확인하고, 산업계와 학계의 협력 가능성이 높은 기술이 무엇인지 확인하였다.

그 결과, 기술의 중요도는 모두 4점 이상으로 높은 점수를 보였으며, 빅데이터/인공지능, BIM 순으로 중요도가 높게 나타났다. 3D프린팅/3D스캐닝 기술과 모듈라/프리패브/PC/탈현장화 공법은 학생들이 기업인들에 비해 더 중요한 기술로 평가하였다. 준비수준은 BIM, 빅데이터/인공지능 순으로 높게 나타나긴 했지만, BIM을 제외한 모든 기술이 3점 미만으로 낮은 점수를 보였다. 드론/무인항공기 기술, 모듈라/프리패브/PC/탈현장화 공법은 학생들이 기업인들에 비해 준비수준이 낮다고 인식하였다. 이와 더불어 4차산업혁명 건설기술의 사업 및 수업 활용 정도는 기업인들이 모든 기술에서 3점 미만으로 평가하였고 학생들 또한 BIM을 제외한 모든 기술을 3점 미만으로 평가하였다.

응답자 특성에 따른 인식 차이를 보면, 수도권 업체 종사자가 비수도권 업체 종사자에 비해 준비 수준을 높게 평가하였다. 또한, 전문건설업체는 지능형 장비/로보틱스 기술, 종합건설업체는 모듈라/프리패브/PC/탈현장과 공법의 중요도를 높게 평가하였다. 또한, 대학원생이 학부생에 비해 개인의 준비수준을 높게 평가하였다. 수도권 학생들이 비수도권 학생들에 비해 기술에 대한 이해도와 개인의 준비수준을 높게 평가하였다.

이처럼 전체적으로 4차산업혁명 기술의 중요도는 높게 인식하고 있지만 그 준비도와 사업 및 수업에서의 활용도는 낮은 것으로 나타났다. 이와 더불어 설문 주체와 그 특징별로 중요도와 준비도에 인식 차이가 있었으며 사업 및 수업에서의 활용도가 낮기 때문에 4차산업혁명 기술을 산업에 적용시키고 전문인력을 양성하는데 어려움을 겪고 있는 것으로 판단된다. 또한, 본 연구에서는 협력가능점수를 활용하여 산업계와 학계의 협력 가능성이 높은 4차산업혁명 기술을 조사하였고, 결과적으로 빅데이터/인공지능, 3D 프린팅/3D스캐닝, 지능형 장비/로보틱스 순서로 높은 협력가능

성 점수를 받았다.

이 연구 결과를 바탕으로 학생들과 기업인들이 4차산업혁명 기술을 습득하는 경로 중 많은 비중을 차지하고 있는 학교 수업과 회사 기술 세미나에 실습교육을 확대 및 편성한다면, 4차산업혁명 기술 전문인력 양성 및 준비도 향상에 도움이 될 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 인천대학교 2021년도 자체연구비 지원에 의하여 연구되었음.

References

- Autodesk, B.I.M. (2016). Autodesk BIM 360.
- Deloitte. (2019). "Point of View on Digital Construction: The business case of incorporating digital technologies into the construction industry." Access: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/energy-resources/deloitte-nl-eri-point-of-view-digital-construction.pdf>
- Ernst and Young (2018). "How can technology improve challenges faced within the E&C industry?" Access: https://www.eic-federation.eu/sites/default/files/fields/files/ad_buisman.pdf
- Jang, Y., Kim, K., Leite, F., Ayer, S., and Cho, Y.K. (2021). "Identifying the perception differences of emerging construction-related technologies between industry and academia to enable high levels of collaboration." *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(10), 06021004.
- McKinsey. (2018). "Seizing opportunity in today's construction technology ecosystem." Access: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/seizing-opportunity-in-todays-construction-technology-ecosystem>
- Puriwat, W., and Tripopsakul, S. (2020). "Preparing for Industry 4.0-Will youths have enough essential skills?: An evidence from Thailand." *International Journal of Instruction*, 13(3), pp. 89-104.
- CERI. (2020). "Future and Demand of 2030 Construction Industry." Construction & Economy Research Institute of Korea. Access: <http://www.cerik.re.kr/report/research/detail/2385>
- Tinmaz, H., and Lee, J.H. (2019). "A preliminary analysis on Korean university students' readiness level for Industry 4.0 revolution." *Participatory Educational Research*, 6(1), pp. 70-83.
- World Economic Forum. (2018). "An action plan to

accelerate building information modeling (BIM) adoption.” Access: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Accelerating_BIM_Adoption_Action_Plan.pdf

요약: 4차산업혁명은 건설뿐만 아니라 많은 산업의 발전에 큰 영향을 미치고 있으며, 인공지능 및 빅데이터와 같은 4차산업혁명과 관련된 다양한 기술이 주목받고 있다. 하지만 4차산업혁명 기술에 대한 우리나라 건설산업 구성원들의 중요도 및 준비도와 같은 인식에 대해서 알려진 바는 부족하다. 본 연구는 우리나라 건설산업 구성원들이 4차산업혁명 기술들에 대해 어떻게 인식하고 준비하고 있는지 설문을 통해 파악하였다. 또한, 산업계와 학계의 협력가능점수를 바탕으로 협력 가능성이 높은 기술은 어떤 것이 있는지 제시하였다. 설문 결과 전체적으로 4차산업혁명 기술의 중요도는 높게 평가되었지만, 준비도 및 대학교육이나 사업에서의 활용 정도는 낮게 평가되었다. 또한, 산학협력 가능성이 높은 4차산업혁명 기술은 빅데이터/인공지능, 3D 프린팅/3D 스캐닝 순서로 높게 나타났다. 이를 바탕으로 4차산업혁명 전문인력 양성 및 준비도 향상에 도움이 될 수 있으며, 나아가 4차산업혁명 기술들을 건설산업에 적용시켜 혁신을 이루는데 기여할 것이다.

키워드: 4차산업혁명, 4차산업혁명 기술, 중요도 및 준비 수준, 협력가능점수
