

전문건설 업종별 기술 개선을 위한 수요 분석에 관한 연구

조재용¹ · 이바울^{2*}

¹대한건설정책연구원 미래전략실 책임연구원 · ²대한건설정책연구원 산업혁신실 연구원

A Study of the Demands for Improvements in Speciality Construction Technology

Cho, Jaeyong¹, Lee, Baul^{2*}

¹Principal Researcher, Future Strategy Research Division, Korea Research Institute For Construction Policy

²Researcher, Construction Industry Innovation Division, Korea Research Institute For Construction Policy

Abstract : In Korea, the productivity of the construction industry is evaluated at a very low level, and the utilization of the elemental technology of the Fourth Industrial Revolution is also very low compared to other industries. In order to solve this problematic situation, it is necessary to identify the demand for technology improvement in the specialty construction industry that is directly in charge of construction in projects. Therefore, this study aims to investigate improving construction competitiveness and the demand for technology improvement in Korea's specialty construction industry. First, the concept and status of classification of the specialized construction industry were identified, and a questionnaire was organized. Second, a survey was conducted on experts construction experts, and the demand for technical improvement of the specialty construction industry was derived by applying AHP and cluster analysis. The results of this study will serve as a practical reference for policy development, R&D direction, and technology development roadmap to enhance construction competitiveness in the future, and ultimately will help to present directions to improve the construction competitiveness of the construction industry.

Keywords : Improvement Demands, Specialty Construction classification, AHP, Cluster Analysis

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내 건설투자액은 2003년부터 2011년까지 150조 원 규모가 유지되어, 건설시장이 포화되었다는 평가를 받았다(Lee, 2011). 이러한 상황에서 국내 건설시장의 대안으로 해외 건설시장이 부각되었다. 우리나라의 해외건설수주는 2010년 715억 달러로 최대치를 기록하고, 2014년까지 600억 달러 이상을 유지하였으나, 이후 감소하여, 2018년 320억 달러 규모까지 감소하였다. 그러나 2012년부터 건축 수요를 중심으로 국내 건설투자가 증가하여 2017년 250조 원 규모까지 확대되었다(Korea Bank, 2019). 그러나 집중적으로 투자된 공공주택 물량과 정부의 부동산 시장 안정화 대책으로

인해 건축 투자가 위축될 우려가 있으며(Shin, 2019), 이는 전체 건설시장이 축소될 수 있는 리스크로써 잠재하고 있다. 이와 함께 SOC예산도 2012년 77조 원 이후 꾸준히 감소하여, 토목 투자도 위축됨에 따라 국내 건설사들은 사업 전략을 재구성할 필요가 높아지고 있다.

건설업에서는 건설투자 뿐만 아니라 내부의 생산성과 기술과 관련된 위기감도 높아지고 있다. 글로벌 컨설팅 전문 회사 맥킨지는 현재 우리 건설업의 노동생산성은 미국, 일본, 독일의 절반 수준으로 낮으며, 노동생산성의 향상 속도도 포르투갈, 나이지리아 정도로 낮은 것으로 평가하고 있다(Mckinsey, 2017). 또한, 제4차 산업혁명을 맞이하여 융복합 기술이 이슈가 되고 있음에도 불구하고, 건설산업에서는 제4차 산업혁명 요소 기술의 활용도가 타 산업대비 현저히 낮은 것으로 지적되고 있다(Kim, 2018). 이러한 상황에서 국토교통부는 제6차 건설기술진흥기본계획을 통해 국내 건설산업의 문제점으로 건설기술의 근본적 변화가 미흡한 점과 건설산업의 신성장 동력부재를 지적하였다. 특히 설계, 시공, 유지관리를 아우르는 기반기술 개발 및 과제 간 연계가 미흡하고 목표가 불명확하다고 지적하고 있다(MOLIT, 2017).

* **Corresponding author:** Lee, Baul, Construction Industry Innovation Division, Korea Research Institute For Construction Policy, Seoul 07071, Korea

E-mail: admirejs@ricon.re.kr

Received November 9, 2021: **revised** January 7, 2022

accepted February 8, 2022

상기의 문제점을 해결하기 위해서는 먼저 우리 건설업의 어떠한 부분에서 기술 개발의 수요가 있는지를 명확히 할 필요가 있다. 또한, 기술 개발 효율성 및 현장 적용성을 높이고, 추후 동종 업종 내 확산을 검토하기 위해서는 토공, 습식·방수, 석공, 도장, 비계 등 다양한 전문건설업종으로 구분되어 있는 국내 건설업의 특징을 반영할 필요가 있다.

따라서 본 논문에서는 건설산업 이해관계자들을 대상으로 전문건설업종의 기술개선 수요를 조사·분석하여 건설산업의 제4차 산업혁명 대응 R&D 투자방향과 우선순위를 결정하는 데 필요한 기초자료를 제공하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 국내 전문건설업종 분류에 기초하여 국내 건설산업 이해관계자를 대상으로 기술 개발 수요를 조사 및 분석하고자 한다. 구체적인 연구의 방법은 다음과 같다.

첫째, 국내 전문건설업종의 분류 개념과 현황을 파악하고, 기존 연구 문헌을 고찰하여 본 연구의 필요성을 정리한다. 둘째, 평가 대상인 전문건설업종에 직접 종사하고 있는 전문건설업 종사자를 제외한 건설업 종사자를 대상으로 전문건설업종에 대한 기술 개발 수요에 대한 설문조사를 실시하여 개선 수요를 평가한다. 셋째, AHP 및 클러스터링 기법을 활용하여 조사결과를 분석하고 결과에 대해 고찰한다.

2. 연구문헌 분석

2.1 주요 개념

2.1.1 전문건설업종의 분류

우리나라 건설업에서는 건설산업기본법에 기초하여 종합공사를 시공하는 종합건설과 전문건설을 업종으로 구분하고 있다. 전문건설업이란 건설산업기본법에 따라 전문건설업 등록을 한 사업자가 건설공사의 각 공종별 전문공사를 직접도급 또는 하도급 받아 해당 전문분야의 시공기술을 가지고 공사를 수행하는 업종을 말하며, 일반건설업에서 수립한 종합적인 관리계획을 토대로 시공을 담당하는 핵심적인 생산주체로서의 역할을 수행하고 있다.

전문건설업은 건설산업기본법 제8조 및 시행령 제7조 별표 1에 2019년을 기준으로 다음 <Table 1>과 같이 22개의 전문건설업종으로 분류하고 있다.

2.1.2 기술로드맵

기술로드맵은 기술변화 또는 개발목표 등을 반영하는 기술문서 형태이며, 각종 전망에 근거하여 희망하는 제품 및 기술개발을 파악하기 위한 기획방법의 하나로, 기술개발 관련 주요 의사결정을 내리거나 기술개발계획을 수립하는데 유의한 정보를 획득하기 위하여 작성한다(Kyung, 2018). 기

Table 1. Classification in Speciality Construction

Code	Classification	Number of registration
S1	Interior Architecture Works	5,667
S2	Earth Works	6,331
S3	Plastering, Waterproofing & Masonry Works	2,485
S4	Stone Works	2,669
S5	Painting Works	3,170
S6	Scaffolding, Demolition Works	3,231
S7	Metal Structure, Doors & Windows Works	7,154
S8	Roofing, Sheet, Metal & Prefabrication Works	817
S9	Reinforced Concrete Works	11,341
S10	Plant & Mechanical Works	7,166
S11	Waterworks & Sewerage Works	7,658
S12	Boring & Grouting Works	1,024
S13	Railway & Track Works	41
S14	Pavement Works	2,930
S15	Subaqueous Works	393
S16	Landscape Gardening Works	4,832
S17	Landscape Architectural Facilities Setting Works	2,559
S18	Steel Structure Works	685
S19	Steel Frame Works	34
S20	Cableway Installation Works	11
S21	Dredging Works	29
S22	Elevator & Escalator Installation Works	620

술로드맵은 시장니즈에 기초를 두고 있는 일종의 기술기획 프로세스로 시장 및 제품 요구사항을 충족시키기 위해 필요한 기술적 대안들을 규명, 선택 및 개발할 수 있도록 해주며, 미래에 요구되는 성능목표와 이의 달성을 위해 필요한 기술 대안을 시간기준으로 표현한 것이다(Kim, 2012; Kim, 2013). 기술로드맵은 기관 또는 연구자마다 다양하게 정의 내리고 있으나, 기존연구를 바탕으로 종합하면 기술 및 시장 전망을 토대로 미래기술 및 개발해야하는 기술에 대한 청사진, 이정표 역할을 의미한다(Kyung, 2018).

2.2 기존 연구문헌 분석

기술 개발을 위한 수요 분석에 관련하여 기존에 수행된 관련 연구 문헌은 다음 <Table 2>와 같다. 기존 연구는 크게 기술 수요 분석에 관한 연구, 로드맵에 관한 연구, 4차 산업혁명에 관한 연구로 분류할 수 있다. 기술 수요 분석에 관한 연구(Kim, 2009; Lee, 2010; Jeong, 2013; Kim, 2014; Park, 2014; Park, 2016)는 건설업뿐만 아니라 IT산업, 제조업 분야 등 다양한 분야에서 연구가 이루어지고 있다. 이러한 연구는 주로 설문에 기초하고 있으며, 추가적으로 AHP분석이 주로 적용되고 있다(Kim, 2009; Lee, 2010; Kim, 2014). 건

설 분야에서 로드맵에 관한 연구는 건설자동화와 관련되어 이루어지고 있으며, 기술계층도 및 설문에 기초한 AHP분석이 이루어졌다(Lee, 2003; Lee, 2010). 4차 산업혁명에 관한 연구는 비교적 최근부터 등장하기 시작하였으며, 빅데이터 분석을 활용하여 이슈를 도출하거나(Han, 2017), 사례의 적용을 검토하는 분석이 이루어졌다(Choi, 2019). 그러나 건설업의 직접적인 시공 분야를 대상으로 한 기술개선 수요를 분석한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 전문건설업종을 대상으로 전통적인 건설관리 요소인 품질, 비용, 공기(Smallwood, 1999; Bowen, 2002)와 더불어 기술개발을 통해 향상이 기대되는 안전(Haupt, 2020), 노무(Ryu, 2020) 요소를 기준으로 기술개선 수요를 평가하고, 이를 기반으로 전문건설업종별 기술개선 우선순위를 도출하고자 한다.

Table 2. Literature Review

Category	Year	Author	Title	Methodology
Technology Demand Analysis	2009	Kim et al.	A Study on the Investment Strategy of the IT R&D using Portfolio Analysis and AHP Method	Questionnaire AHP
	2010	Lee et al.	A Development Priority and Technology Roadmap for Construction Automation	Questionnaire AHP
	2013	Jeong et al.	A Proposal of a Keyword Extraction System for Detecting Social Issues	Big Data
	2014	Park et al.	Developing User Interfaces of Mobile PMIS Modules Based on Technology Demand Analysis	Questionnaire
	2014	Kim et al.	An study on the Element Technologies of BIM and Importance Analysis of Them through Technology Development Status Analysis	Questionnaire AHP
	2016	Park et al.	Development of Construction R&D Strategy through the International Construction Market Analysis	Questionnaire
Roadmap	2003	Lee et al.	A Study on Technology Roadmap for Construction Automation and Robotics	Technology tree
	2010	Lee et al.	A Development Priority and Technology Roadmap for Construction Automation	Questionnaire AHP
	2018	Kyung	A Study on R&D Investment Decision Making Model by Using Small-Medium Enterprises Strategic Technology Roadmap	Questionnaire AHP
4th Industrial Revolution	2017	Han et al.	Analysis of the Trends of Construction Technology Development based on Big data	Big Data
	2019	Choi et al.	Exploring the 4th Industrial Revolution Technology from the Landscape Industry Perspective	Precedent

3. 전문건설업종 기술 개발 수요 평가

3.1 설문 개요

본 연구에서는 전문건설업종에 대한 기술 개발 수요 평가를 위해 건설 각 분야의 전문가 40명을 대상으로 수행하였다. 조사대상자는 전문건설업을 제외한 이해관계자를 대상으로 하였는데, 그 이유는 전문건설업은 일반적으로 하도급 계약을 맺기 때문에 전문건설업에 대한 기술 수요는 수요자인 원도급사들에게 있기 때문이다. 따라서 구체적인 대상자로는 종합건설사, 설계사, CM사, 학계 등을 대상으로 실시하였다. 조사기간은 2018년 12월 20일부터 2019년 1월 20일까지 약 1개월간 수행하였다.

설문조사는 22개 전문건설업종 분류를 대상으로 품질관리, 비용관리, 공기관리, 안전관리, 노무관리의 5가지 분야에 대하여 개선이 필요한 정도를 리커트 5점 척도로 평가하였다. 그리고 AHP분석을 통한 상대적 가중치를 도출하기 위하여 품질관리, 비용관리, 공기관리, 안전관리, 노무관리의 5가지 분야에 대한 조사를 동시에 실시하였다.

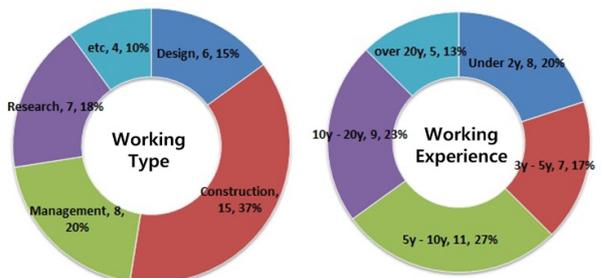


Fig. 1. Outline of Survey Respondents

3.2 전문건설업종 개선 수요 분석

3.2.1 전문건설업종 개선 수요 기초 점수

22개 전문건설업종 분류를 대상으로 품질관리, 비용관리, 공기관리, 안전관리, 노무관리의 5가지 분야에 대하여 개선이 필요한 정도를 리커트 5점 척도로 평가한 결과는 다음 <Table 3>과 같다.

설문 결과 전문건설업종들을 대상으로 한 노무관리(2.63) 및 비용관리(2.69) 측면에서의 개선 수요가 전반적으로 높게 나타났으며, 공기관리(2.79)와 안전관리(2.82), 품질관리(2.85)의 순으로 조사되었다. 전문건설업종들의 노무관리 수요의 표준 편차가 가장 작았으며(0.159), 안전관리 수요의 표준 편차가 가장 큰 것(0.388)으로 조사되었다.

3.2.2 상대적 가중치 분석

AHP (Analytic Hierarchy Process)분석기법은 Tomas L. Saaty 교수가 개발한 것으로 의사결정의 계층구조를 구성하고 있는 속성 간의 쌍대비교에 의한 중요도(가중치)판단을

Table 3. Basic Demand Score (K)

Code	Classification	Quality	Cost	Schedule	Safety	Labour
S1	Interior Architecture Works	2.20	2.53	2.78	3.43	2.95
S2	Earth Works	2.95	2.20	2.10	2.40	2.35
S3	Plastering, Waterproofing & Masonry Works	2.28	2.73	2.70	3.05	2.48
S4	Stone Works	3.03	2.90	2.88	2.65	2.55
S5	Painting Works	2.70	2.90	2.93	3.00	2.75
S6	Scaffolding, Demolition Works	2.73	2.48	2.53	1.90	2.40
S7	Metal Structure, Doors & Windows Works	2.80	2.70	2.88	2.65	2.50
S8	Roofing, Sheet, Metal & Prefabrication Works	2.75	2.78	2.80	2.25	2.60
S9	Reinforced Concrete Works	3.05	2.45	2.38	2.38	2.45
S10	Plant & Mechanical Works	3.03	2.80	3.13	2.90	2.80
S11	Waterworks & Sewerage Works	3.00	2.55	2.75	2.95	2.65
S12	Boring & Grouting Works	3.03	2.75	2.90	2.78	2.53
S13	Railway & Track Works	3.18	2.85	2.88	3.05	2.65
S14	Pavement Works	2.85	2.88	3.10	3.28	2.55
S15	Subaqueous Works	3.00	2.65	2.83	2.73	2.43
S16	Landscape Gardening Works	2.70	2.93	3.00	3.45	2.83
S17	Landscape Architectural Facilities Setting Works	2.75	2.85	3.08	3.35	2.80
S18	Steel Structure Works	3.13	2.60	2.70	2.65	2.70
S19	Steel Frame Works	3.05	2.63	2.73	2.55	2.70
S20	Cableway Installation Works	2.95	2.70	2.83	2.93	2.78
S21	Dredging Works	2.98	2.55	2.78	2.95	2.65
S22	Elevator & Escalator Installation Works	2.70	2.78	2.78	2.75	2.75
	Maximum	3.18	2.93	3.13	3.45	2.95
	Minimum	2.20	2.20	2.10	1.90	2.35
	Average	2.85	2.69	2.79	2.82	2.63
	Standard deviation	0.248	0.181	0.232	0.388	0.159

통하여 평가자의 지식, 경험 및 직관을 포착하는 의사결정방법이다(Kyung, 2018). 본 연구에서는 AHP분석을 통해 품질관리, 비용관리, 공기관리, 안전관리, 노무관리의 5가지 분야에 대하여 각각의 상대적 가중치를 분석하였으며, 결과는 다음 <Table 4>와 같다.

설문응답자들은 안전관리를 가장 중요한 개선항목(0.281)으로 평가하고 있으며, 이어서 품질관리(0.202)를 중요하다고 평가하고 있다. 비용관리(0.189)와 공기관리(0.183)에 대해서는 거의 동일한 수준의 중요성으로 평가되었으며, 노무관리(0.145)는 상대적으로 가장 낮은 항목으로 평가되었다.

Table 4. Weights on Management (L)

	Quality	Cost	Schedule	Safety	Labour
Weight	0.202	0.189	0.183	0.281	0.145

3.2.3 최종 개선 수요 점수

앞서 산정된 개선 수요 기초 점수와 상대적 가중치를 반영하여 전체 전문건설업종의 개선 우선순위를 선정하기 위한 최종 개선 수요 점수를 산출하였다. 최종 개선 수요 점수(M)는 다음 식 (1)과 같이 품질, 비용, 공기, 안전, 노무에 따른 전문건설업종의 개선 수요 기초 점수(K)에 개선 수요 항목의 상대적 가중치(L)를 곱한 값을 합산한 후에 평균을 내어 산출한다. 산출된 전문건설업종 최종 개선 수요 점수는 다음 <Table 5>와 같다.

$$M_n = \frac{A_n \times a + B_n \times b + C_n \times c + D_n \times d + E_n \times e}{5} \quad (1)$$

- n : 전문건설업종 번호
- An : 품질관리 개선수요 점수
- Bn : 비용관리 개선수요 점수
- Cn : 공기관리 개선수요 점수
- Dn : 안전관리 개선수요 점수
- En : 노무관리 개선수요 점수
- a : 품질관리 가중치
- b : 비용관리 가중치
- c : 공기관리 가중치
- d : 안전관리 가중치
- e : 노무관리 가중치

비계구조물해체공사업(0.527)과 토공사업(0.518)이 가장 큰 최종 개선 수요 점수를 보였으며, 조정식재공사업(0.395)과 조경시설물설치공사업(0.399)이 낮은 점수를 기록하였다. 즉 가중치를 반영하여 전문건설업종의 개선 수요를 분석하였을 때 비계구조물해체공사업, 토공사업 등의 업종이 개선 수요가 높으며, 조정식재공사업, 조경시설물설치공사업 등의 업종의 개선 수요가 상대적으로 낮은 것으로 해석할 수 있다.

Table 5. Final Demand Score (M)

Rank	Classification	Score	Rank	Classification	Score
1	Scaffolding, Demolition Works	0.527	12	Dredging Works	0.439
2	Earth Works	0.518	13	Waterworks&Sewerage Works	0.439
3	Reinforced Concrete Works	0.493	14	Boring&Grouting Works	0.438
4	Roofing, Sheet, Metal & Prefabrication Works	0.480	15	Interior Architecture Works	0.436
5	Plastering, Waterproofing & Masonry Works	0.463	16	Cableway Installation Works	0.430
6	Metal Structure, Doors & Windows Works	0.458	17	Painting Works	0.426
7	Steel Frame Works	0.456	18	Plant & Mechanical Works	0.413
8	Subaqueous Works	0.452	19	Railway & Track Works	0.410
9	Elevator & Escalator Installation Works	0.450	20	Pavement Works	0.405
10	Steel Structure Works	0.449	21	Landscape Architectural Facilities Setting Works	0.399
11	Stone Works	0.440	22	Landscape Gardening Works	0.395

3.3 클러스터 분석

상기 분석을 통해 전문건설 업종별 개선 우선순위가 산출되었다. 그러나 어떠한 업종들이 유사한 특성을 지니고 있는지 상호연관성을 검토하기 위해서는 통계 분석 방법론인 군집분석(Cluster Analysis)을 많이 활용한다.

군집분석은 관측개체들의 유사성 정도에 따라 각 개체들의 그룹을 분석하는 방법이다(Yun, 2016). 즉, 대규모의 전체 개체들 중에서 서로 유사한 것들을 몇몇의 소규모 집단(군집)으로 그룹화하여, 각 집단의 성격을 파악함으로써 데이터 전체의 구조에 대한 이해를 돕고자 하는 탐색적인 분석 방법이다. 이를 위해 통계 분석 프로그램인 SPSS 18을 활용하였다.

3.3.1 계층적 군집분석

먼저 계층적 군집분석(덴드로그램)을 사용하면 각 단계에서 군집이 어떻게 형성되는지 확인하고 형성된 군집의 유사성(또는 거리) 수준을 평가할 수 있다. 계층적 군집분석 결과(Fig. 2)와 같이 약 12의 유사성 수준에서 군집 3개가 발생하는 것으로 분석되었다. 덴드로그램을 더 높게 커팅 할수록 최종 군집 수는 더 작지만 유사성 수준은 더 낮아지며, 덴드로그램을 더 낮게 커팅 할수록 유사성 수준은 더 높지만 최종 군집 수는 더 많아진다. 따라서 본 연구에서는 3개의 군집으로 분류하였다.

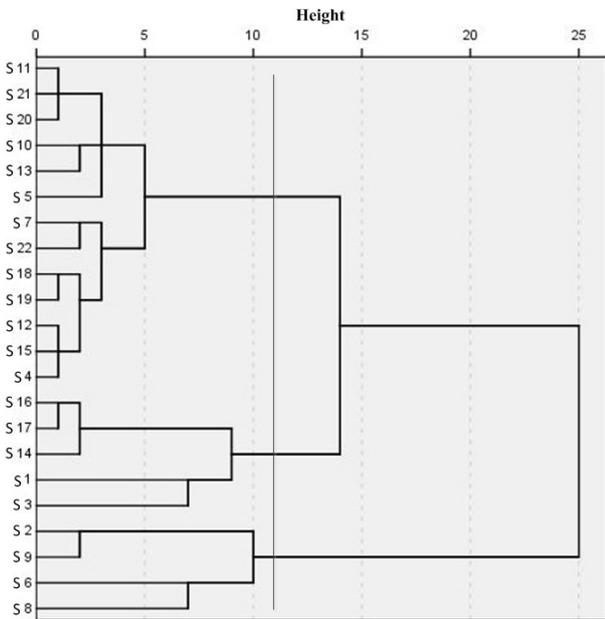


Fig. 2. Hierarchical Cluster Analysis - Dendrogram

3.3.2 K-평균 군집분석

계층적 군집분석 결과에 따라 설문결과를 3개의 군집으로써 K-평균 군집분석을 실시하였다. 최대 반복계산을 10회

로 설정하였으며, 3회에 수렴하였다. 3회의 반복 계산 후의 각 군집별 중심값은 <Table 6>와 같다.

Table 6. K-Means Clustering - Final Cluster Centers

	Cluster		
	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Quality	0.494	0.431	0.411
Cost	0.420	0.478	0.432
Schedule	0.378	0.466	0.394
Safety	0.474	0.777	0.614
Labour	0.331	0.370	0.342

Table 7. K-Means Clustering - ANOVA

	Cluster		Error		F	significance
	mean square	df	mean square	df		
Quality	0.012	2	0.001	19	8.474	0.002
Cost	0.004	2	0.001	19	5.012	0.018
Schedule	0.010	2	0.001	19	10.612	0.001
Safety	0.102	2	0.002	19	42.902	0.000
Labour	0.002	2	0.000	19	4.650	0.023

클러스터 분석 결과에 기초하여 전문건설업종을 구분하면 <Table 8>과 같이 3개의 그룹으로 구분할 수 있다. 먼저 1그룹은 품질, 비용, 공기, 안전, 노무의 전반적인 분야에서 개선 수요가 높은 집단으로 신기술을 개발할 수요가 매우 높아, 추후 R&D 투자가 우선되어야 할 그룹이다. 여기에는 토공사업, 비계구조물해체공사사업, 지방관급건축물조립공사사업, 철근콘크리트공사사업이 포함된다. 2그룹은 품질 개선 수요가 매우 높게 나타나지만 다른 개선 수요는 전반적으로 낮고, 특히 안전 개선 수요가 매우 낮은 것이 특징이다. 추후 R&D 투자가 이루어질 때에는 품질 개선에 초점을 맞출 필요가 있다. 여기에는 실내건축공사사업, 습식방수공사사업, 포장공사사업, 조경식재공사사업, 조경시설물설치공사사업이 해당된다. 3그룹은 품질 개선수요는 낮고, 전반적인 개선 수요가 평균적인 집단으로, 1그룹과 2그룹에 해당되지 않은 모든 업종이 포함된다.

4. 결과 분석 및 로드맵 작성

4.1 표준점수화 및 백분위점수화

앞서 3장에서는 각각의 전문건설업종에 대한 품질, 비용, 공기, 안전, 노무의 개선 수요 기초 점수(K)가 산출되었다. 이러한 품질, 비용, 공기, 안전, 노무의 개선 수요 기초 점수(K)는 항목별로 범주가 다르기 때문에 직접 비교를 할 수 없

Table 8. Result of Clustering

Cluster	Classification	Character
Cluster 1	Earth Works (S2) Scaffolding, Demolition Works (S6) Roofing, Sheet, Metal & Prefabrication Works (S8) Reinforced Concrete Works (S9)	High demand in all categories
Cluster 2	Interior Architecture Works (S1) Plastering, Waterproofing & Masonry Works (S3) Pavement Works (S14) Landscape Gardening Works (S16) Landscape Architectural Facilities Setting Works (S17)	High demand in Quality management but Low demand in Safety
Cluster 3	Stone Works (S4) Painting Works (S5) Metal Structure, Doors & Windows Works (S7) Plant & Mechanical Works (S10) Waterworks & Sewerage Works (S11) Boring & Grouting Works (S12) Railway & Track Works (S13) Subaqueous Works (S15) Steel Structure Works (S18) Steel Frame Works (S19) Cableway Installation Works (S20) Dredging Works (S21) Elevator & Escalator Installation Works (S22)	Low demand in Quality and moderate demand in the rest

다. 예를 들어 품질관리 수요는 최소 1.83점부터 최대 2.80점으로 구성되어 있고, 안전관리 수요는 최소 1.55점부터 최대 3.10점으로 구성되어 있기 때문에 동일한 2점이라고 해도 그 의미하는 바는 다르다. 즉 전문건설업종에 대한 품질, 비용, 공기, 안전, 노무의 개선 수요 기초점수(K)를 비교하기 위해서는 표준편차에 따른 표준 점수로 변환하고, 100점을 기준으로 하는 백분위 점수로 환산할 필요가 있다.

따라서 먼저 전문건설 업종별 개선 수요 기초 점수(K)로부터 품질관리, 비용관리, 공기관리, 안전관리, 노무관리의 점수들에 대한 표준편차를 도출하였다(Table 9). 도출된 표준편차를 활용하여 각 전문건설 업종별 점수를 표준점수(N)로 환산하였다.

이어서 표준점수(N)를 바탕으로 정규누적분포값을 산출하여 100점을 기준으로 해당 전문건설업종 점수를 백분위 점수(O)로 산출하였다(Table 9). 백분위 점수(O)는 0부터 100이내의 점수를 가지며, 이 분석에서는 100에 가까울수록 해당 분야에 대한 개선 수요가 높다는 것을 의미한다. 반대

Table 9. Standard Score (N) and Percentile (O)

(Unit : %)

Code	Classification	Basic Demand Score (K)					Standard Score (N)					Percentile (O)				
		Quality	Cost	Schedule	Safety	Labour	Quality	Cost	Schedule	Safety	Labour	Quality	Cost	Schedule	Safety	Labour
S1	Interior Architecture Works	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
S2	Earth Works	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
S3	Plastering, Waterproofing & Masonry Works	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
S4	Stone Works	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
S5	Painting Works	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
S6	Scaffolding, Demolition Works	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
S7	Metal Structure, Doors & Windows Works	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
S8	Roofing, Sheet, Metal & Prefabrication Works	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
S9	Reinforced Concrete Works	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
S10	Plant & Mechanical Works	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
S11	Waterworks & Sewerage Works	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
S12	Boring & Grouting Works	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
S13	Railway & Track Works	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
S14	Pavement Works	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
S15	Subaqueous Works	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
S16	Landscape Gardening Works	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
S17	Landscape Architectural Facilities Setting Works	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
S18	Steel Structure Works	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
S19	Steel Frame Works	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
S20	Cableway Installation Works	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
S21	Dredging Works	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
S22	Elevator & Escalator Installation Works	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
Average		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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
standard deviation		0.248	0.181	0.232	0.388	0.159	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

로 0에 가까울수록 해당 분야에 대한 개선 수요가 낮다는 것을 의미한다.

4.2 로드맵 작성

최종 개선 수요 점수(M)와 클러스터 분석을 통한 그룹, 그리고 백분위 점수를 통합하면 다음 <Table 10>과 같다. 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 분류하였다. 어떠한 전문건설업종의 개선이 우선적으로 이루어져야 하는지를 정리한 개선 우선순위는 품질, 비용, 공기, 안전, 노무의 가중치를 반영한 최종 개선 수요 점수(M)에 기초하여 설정되었다. 분석에 따르면 비계구조물해체공사업(0.527)과 토공사업(0.518)이 각각 1위와 2위를 기록하였으며, 조경시설물설치공사업(0.399), 조경식재공사업(0.395)이 21위와 22위를 기록하였다.

4.2.1 클러스터 1의 특성 분석

클러스터 1로 분석된 업종들은 특히 1위부터 4위에 위치하고 있어, 품질, 비용, 공기, 안전, 노무에 대한 전면적이고, 시급한 대응이 요구되고 있다. 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 판단된다. 토공사업(2위)은 품질에 대한 개선 수요는 낮지만, 비용, 공기, 안전, 노무의 개선 수요가 매우 높으며, 특히 비용과 공기, 노무에 대한 개선이 매우 높다. 철근콘크리트공사업(3위)은 토공사업과 유사한 형태를 보이고 있다. 품질에 대한 개선 수요는 낮지만 비용과 공기에 대한 개선 수요가 매우 높다. 지방관금건축물조립공사업(4위)은 안전에 대한 높은 개선 수요가 조사되었다.

4.2.2 클러스터 2의 특성 분석

클러스터 2로 분석된 업종들은 습식방수공사업(5위), 실내건축공사업(15위), 포장공사업(20위), 조경시설물설치공사업(21위), 조경식재공사업(22위)이 있다. 그룹2에 포함된 5개 업종들은 주로 품질을 관리하기 위한 방안을 연구할 필요가 있다. 습식방수공사업(5위)은 그룹2에 속한 업종 가운데 유일하게 다소 개선 우선순위가 높은 업종으로, 품질, 노무, 공기의 순으로 개선이 필요한 것으로 판단된다. 실내건축공사업(15위)은 품질 개선 수요가 매우 높으며, 이어서 비용, 공기에 대한 개선이 필요한 것으로 분석된다. 안전과 노무의 측면에서는 특별한 개선 수요가 나타나지 않았다. 조경시설물설치공사업(21위)과 조경식재공사업(22위)은 개선 우선순위가 매우 낮은 업종들로, 품질부분에 대한 개선이 요구되고 있다.

4.2.3 클러스터 3의 특성 분석

Table 10. Demand Roadmap on Speciality Construction Technology

Rank	Classification	Demand Score(M)	Quality	Cost	Schedule	Safety	Labour	Cluster
1	Scaffolding, Demolition Works	0.527	○	◎	◎	★	★	C1
2	Earth Works	0.518	-	★	★	◎	★	C1
3	Reinforced Concrete Works	0.493	-	★	★	◎	◎	C1
4	Roofing, Sheet, Metal & Prefabrication Works	0.480	○	-	-	★	○	C1
5	Plastering, Waterproofing & Masonry Works	0.463	★	-	○	-	◎	C2
6	Metal Structure, Doors & Windows Works	0.458	○	-	-	○	○	C3
7	Steel Frame Works	0.456	-	○	○	○	-	C3
8	Subaqueous Works	0.452	-	○	-	○	◎	C3
9	Elevator & Escalator Installation Works	0.450	○	-	○	○	-	C3
10	Steel Structure Works	0.449	-	○	○	○	-	C3
11	Stone Works	0.440	-	-	-	○	○	C3
12	Dredging Works	0.439	-	○	○	-	-	C3
13	Waterworks & Sewerage Works	0.439	-	○	○	-	-	C3
14	Boring & Grouting Works	0.438	-	-	-	○	○	C3
15	Interior Architecture Works	0.436	★	◎	○	-	-	C2
16	Cableway Installation Works	0.430	-	-	-	-	-	C3
17	Painting Works	0.426	○	-	-	-	-	C3
18	Plant & Mechanical Works	0.413	-	-	-	-	-	C3
19	Railway & Track Works	0.410	-	-	-	-	-	C3
20	Pavement Works	0.405	○	-	-	-	○	C2
21	Landscape Architectural Facilities Setting Works	0.399	○	-	-	-	-	C2
22	Landscape Gardening Works	0.395	○	-	-	-	-	C2

Very High Score in Demand (over 90%) : ★
 High Score in Demand (over 80%) : ◎
 Moderate in Demand (over 50%) : ○

클러스터 3에는 금속구조물창호공사업(6위), 철강재설치공사업(7위), 수중공사업(8위), 승강기설치공사업(9위), 강구조물공사업(10위), 석공사업(11위), 준설공사업(12위), 상하수도공사업(13위), 보링그라우팅공사업(14위), 삭도설치공사업(16위), 도장공사업(17위), 기계설비공사업(18위), 철도궤도공사업(19위)의 13개 업종이 포함되어 있다. 금속구조물창호공사업(6위)은 품질, 안전, 노무에 대한 개선 수요가 분석되었으며, 철강재설치공사업(7위)은 비용, 공기, 안전의 개선 수요가 있는 것으로 분석되었다. 수중공사업(8위)은 노무에 대한 수요가 높고, 비용과 안전의 개선 수요가 나타나고 있다. 승강기설치공사업(9위)은 품질, 공기, 안전에, 강구조물공사업(10위)은 비용, 공기, 안전에, 석공사업(11위)은 안전과 노무에 개선 수요가 있다. 준설공사업(12위)과 상하수도공사업(13위)은 비용과 공기에, 보링그라우팅공사업(14위)은 안전과 노무에 개선 수요가 나타나고 있다. 삭도설치공사업(16위), 기계설비공사업(18위), 철도궤도공사업(19위)은 별도의 개선 수요가 없는 것으로 조사되었으며, 도장공사업(17위)은 품질에 대한 개선 수요만이 존재하고 있다.

5. 결론

프로젝트의 비용, 공기, 품질, 안전, 노무에 직접적인 영향을 주는 전문건설업(Elyas Jazayeri, 2018)의 기술력 강화는 향후 건설산업의 발전을 좌우하는 중요한 사항이다. 이에 본 연구에서는 전문건설업이 담당하고 있는 시공분야에 대하여 비용, 공기, 품질, 안전, 노무로 구분하여 기술개선 수요를 파악하였다.

연구 결과, 비계구조물해체공사업, 토공사업, 철근콘크리트공사업, 지붕관급건축물조립공사업 등이 기술 개선 수요가 높은 전문건설업종 그룹(C1)으로 조사되었다. 이 전문건설업종 그룹(C1)은 비용, 공기, 품질, 전체적으로 다른 지표도 높지만, 특히 안전 개선에 대한 기술 수요가 높은 것으로 분석되었다. 즉 기술 개발을 검토해야 하는 범위가 생산성 향상, 업무 효율화뿐만 아니라 안전 개선에 대한 수요도 높다는 것을 의미한다(Ryu, 2020).

본 연구 결과를 통해 학계 및 연구계 등의 기술 개발자는 기술 개발 시에 업계의 기술 수요를 확인할 수 있다. 또한, 전문건설기업은 향후 자사의 경쟁력을 제고하기 위한 경영 전략 수립에서 활용 가능하며, 정부는 전문건설업 연구개발 지원정책을 수립하기 위한 참고자료로서 활용할 수 있다.

그러나 본 연구 결과가 실질적으로 활용되기 위해서는 각 전문건설업종의 상세한 작업 분석과 기술에 대한 매칭 검토가 이루어져야한다. 구체적으로는 특정 업종의 어떤 작업에 문제가 있어 개선이 필요한 것인지, 어떤 작업이 효율화가

가능한지를 명확히 하는 과정이 필요하다. 또한, 작업에 대한 상세한 분석 결과를 바탕으로 제4차 산업혁명의 다양한 요소 기술의 접목가능성을 검토하는 연구가 진행되어야 할 것이다.

References

- Bowen, P.A., Cattel, K.S., Hall, K.A., Edwards, P.J., and Pearl, R.G. (2002). "Perceptions of time, cost and quality management on building projects." *Construction Economics and Building*, 2(2), pp. 48-56.
- Choi, J.H., and Suh, J.W. (2019). "Exploring the 4th Industrial Revolution Technology from the Landscape Industry Perspective." *J. KILA, The Korean Institute of Landscape Architecture*, 47(2), pp. 59-75.
- Han, J.H., and Kim, H.S. (2017). "Analysis of the Trends of Construction Technology Development base on Big data." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 18(5), pp. 20-31.
- Haupt, T.C., Akinlolu, M., and Raliile, M.T. (2019). "Emerging technologies in construction safety and health management." In International Conference on Innovation, Technology, Enterprise, and Entrepreneurship (ICITEE), pp. 413-420.
- Jazayeri, E., Liu, H., and Dadi, G.B. (2018). "Assessing and evaluating subcontractor management safety policies." *In Construction Research Congress 2018*, pp. 251-261.
- Jeong, D.M., Kim, J.S., Kim, G.N., Heo, J.U., On, B.W., and Kang, M.J. (2013). "A Proposal of a Keyword Extraction System for Detecting Social Issues." *J Intell Inform Syst*, KIIS, 19(3), pp. 1-23.
- Kim, H.J. (2018). "Only 10% of workers use 4th Revolution technology in work" Korea Employment Information Service. (Feb. 1, 2018).
- Kim, J.H., (2012). "Performance and utilization analysis of roadmap to strengthen SME R&D capability." *Proceedings of the Korea Technology Innovation Society Conference*, pp. 374-386.
- Kim, J.H., Seo, Jinny, Yoo, H.S., and Yoo, J.Y. (2013). "A Study on the improvement strategy of SME technology roadmap based on analysis of technology development and on information analysis of technology project." *Proceedings of Korea Technology Innovation Society Conference*, p. 5.
- Kim, J.Y., Lee, D.U., Song, A.R., and Yun, S.H. (2014). "An Study on the Element Technologies of BIM and Importance Analysis of Them through Technology Development Status Analysis." *J. Korea Inst. Build Const.*, KIC, 14(5), pp. 497-503.
- Kim, Y.J., Jung, U., Yim, S.M., and Jeong, S.K. (2009). "A

- Study on the Investment Strategy of the IT R&D using Portfolio Analysis and AHP Method.” *Korean Management Science Review*, KORMS, 26(1), pp. 37-51.
- Korea Bank (2019). “Construction Investment” <http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtIPageDetail.do?idx_cd=1219> (Jun. 20, 2019).
- Kyung, J.S. (2018). “A Study on R&D Investment Decision Making Model by Using Small-Medium Enterprises Strategic Technology Roadmap.” *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, KAIS, 19(12), pp. 786-974.
- Lee, J.B., and Kim, Y.S. (2003). “A Study on Technology Roadmap for Construction Automation and Robotics.” *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, AIK, 19(5), pp. 95-104.
- Lee, J.H., Ok, C.E., Choi, H.S., and Kim, Y.S. (2010). “A Development Priority and Technology Roadmap for Construction Automation.” *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, AIK, 26(10), pp. 131-140.
- Lee, J.S., and Choi, K.H. (2011). “Development On Strategies Of Domestic Construction Companies For Diversification Of Overseas Construction Market.” *Construction Economy & Industry Studies*, Korea Construction Economy and Industry Association, 2(1), pp. 116-133.
- Mckinsey Global Institute (2017). “Reinventing Construction : A Route to Higher Productivity.” *Research Insight Impact*, p. 3.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2017). “6th Master Plan in order to enhance construction technology competitiveness.” MOLIT (Dec. 29, 2017).
- Park, K.M., Lee, H.W., and Kim, C.D. (2014). “Developing User Interfaces of Mobile PMIS Modules Based on Technology Demand Analysis.” *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, KIC, 14(3), pp. 244-251.
- Park, H.P., and Kim, S. (2016). “Development of Construction R&D Strategy through the International Construction Market Analysis.” *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 17(2), pp. 49-57.
- Ryu, J., McFarland, T., Banting, B., Haas, C.T., and Abdel-Rahman, E. (2020). “Health and productivity impact of semi-automated work systems in construction.” *Automation in Construction*, 120, 103396.
- Shin, Y.H., and Jung, K.E. (2019). “The Effect of Housing Status and Property Tax on Tax Morale in Korea.” *Journal of Taxation and Accounting*, Korean Academic Society of Taxation 20(2), pp. 125-161.
- Smallwood, J.J. (1999). The role of health and safety in project management. *Project Management Institute South Africa (PMISA) Regional African Project Management*.

요약 : 우리나라 건설업의 생산성은 매우 낮은 수준으로 평가되고 있으며, 제4차 산업혁명의 요소 기술 활용도도 다른 산업에 비해 매우 낮은 실정이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 시공단계에서 직접적으로 시공을 담당하는 전문건설업의 기술 개선 수요를 파악할 필요가 있다. 따라서, 본 연구에서는 우리나라 전문건설업의 기술개선 수요를 조사, 분석하여 시공경쟁력을 향상시키기 위한 시사점을 제시하고자 한다. 이를 위해 국내 전문건설업종의 분류 개념과 현황을 파악하고 이를 기반으로 설문조사지를 구성하였다. 그리고 전문건설업 종사자를 제외한 전문가를 대상으로 조사를 실시하였으며, AHP와 클러스터링 기법을 활용하여 전문건설업종별 기술 개선 수요에 대해서 도출하였다. 본 연구의 성과는 향후에 시공 경쟁력을 높이기 위한 정책개발과 R&D 투자방향, 그리고 기술개발 로드맵의 실질적인 참고자료가 될 것이며, 국내 건설산업의 시공 경쟁력을 향상시키기 위한 방향성을 제시하는데 도움이 될 것이다.

키워드 : 기술 수요, 전문건설공사, AHP, 군집분석
