

IPA를 활용한 한국과 중국의 BIM 활용성과 비교분석

Comparative Analysis of BIM Performance between Korea and China using IPA

이 슬 기* 송 경 욱** 유 정 호***
Lee, Seul-Ki Song, Jingxu Yu, Jung-Ho

Abstract

Both Korea and China have designated BIM application compulsory targets to revitalize BIM in the construction industry and established a BIM revitalization promotion plan. In order to obtain the expected effect of using BIM, it is necessary not only to purchase tools for BIM use and to prepare related systems and organizations, but also to identify and reflect user requirements through periodic performance evaluation from the user's point of view. Therefore, this study examines the strategies established for BIM activation in Korea and China, evaluates each country's BIM utilization performance, checks the investment direction for each country's BIM activation, and derives key improvement factors and improvement plans. The importance and performance of the expected effects of BIM are measured on a 7-point scale for construction industry practitioners in Korea and China who have experience in using BIM. We verify whether there is a significant difference in the importance and performance using t-test and derive priority improvement priorities for each country using IPA. According to the results of the analysis, in Korea, the effects of high importance were also high in performance. This is judged to be the result of relatively long-term investment based on a specific implementation plan for revitalizing BIM. On the other hand, unlike Korea, China does not show a specific trend, and 'Maintain relations with the client' has the highest performance in both the design and construction stages. It is judged that China is greatly influenced by external factors in the use of BIM. Through this, it is meaningful not only to identify improvement plans for each country, but also to suggest the necessity of establishing a specific implementation plan while presenting the characteristics of BIM utilization by adoption time.

키워드 : 중요도-성과 분석, 건축정보모델링, t 검정, 한국과 중국

Keywords : Importance-Performance Analysis(IPA), Building Information Modeling(BIM), t-test, Korea and China

1. 서 론

1.1 연구의 목적

한국은 2010년 4월 조달청에서 공공시설 분야에 BIM 적용을 확산하기 위해 '3D 건축기법(BIM) 적용 확대 로드맵'을 발표하여 2010년에서 2016년 이후까지의 단기 및 중장기 추진계획을 수립하였다. 또한, 2012년부터 조달청에서 BIM 발주지침을 공고하면서 500억 원 이상인 턴키·설계 공모 공사에 BIM 적용을 의무화했다. 그 이후, 2020년 12월 국토교통부는 의무화 대상도 2024년까지 LH공사에서 발주하는 모든 공동주택 프로젝트, 2030년까지 모든 민간 프로젝트로 확대할 것으로 발표하면서 이를 위한 단계별 추진계획이 포함된 '2030 건축 BIM 활성화 로드맵'을 발표하였다.

한편, 중국도 정보의 비효율적인 상호운용성 문제로 인한 건설업의 총생산액 증가율 하락(Zhang, 2021)을 해결하는 방안으로 BIM을 활용하기 위해 '주택과도시농촌건설부(住房和城乡建设部; 이하, 주택부)'가 2011년 '2011-2015 건설업 정보화 발전요령'과 2016년 '2016-2020 건설업 정보화 발전요령'의 발표를 통해 2020년까지 국가자금이 투자되는 중대형 건축물 프로젝트에 BIM 적용 비율을 90%까지 높이겠다는 목표와 그로 인한 기대효과를 제시했다. 하지만 목표를 달성하기 위한 단계별 추진계획의 수립은 아직 미비한 실정이다.

BIM의 적용을 통한 기대효과를 얻기 위해서는 BIM 활용을 위한 도구 구매 및 관련 제도와 조직을 마련하는 것에 그치는 것이 아니라 사용자 관점의 주기적인 성과평가를 통해 기대효과를 얻고 있는지 모니터링하고, 사용자 요구사항을 파악하여 활용계획에 반영하는 과정이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 한국과 중국의 BIM 활성화를 위해 수립한 전략들을 알아보고 각 국가의 BIM 활용성과를 평가하여 BIM 활성화를 위한 투자 방향 점검 및 중점 개선 요인을 도출한다. 또한, 한국과 중국의 BIM 활용성과

* 광운대학교 건축공학과 조교수
** 광운대학교 건축공학과 석사
*** 광운대학교 건축공학과 교수

(Corresponding author : Department of Architectural Engineering, Kwangwoon University, myazure@kw.ac.kr)

본 연구는 국토교통부 도시건축 연구개발사업의 연구비 지원(21AUDP-B127891-05)에 의해 수행되었음.

를 비교·분석하여 도입 시기에 따른 개발 특징을 파악하여 시사점을 제시하고자 한다. BIM 활용성과 평가는 BIM 활용사례와 관련 선행연구에서 제시한 설계 및 시공 단계별 BIM 활용 시 얻을 수 있는 기대효과들에 대해 사용자 기반의 품질 분석 기법인 IPA(Importance-Performance Analysis; 이하 IPA) 기법을 활용하였다. 본 연구를 통해 중국의 BIM 활용에 대한 태도와 중국 건설기업의 BIM 활용 활성화를 위한 노력 현황을 파악하고, 한국과 중국의 비교분석을 통해 BIM 활용에 대한 한국 건설기업의 경쟁력 확보에 도움이 될 것으로 기대된다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 목적은 한국의 중국의 BIM 활용성과 측정을 통해 BIM 활성화를 위한 투자 방향 점검 및 중점 개선요인을 도출하는 것이므로 BIM 활용 시 얻을 수 있는 기대효과에 대한 성과측정을 위해 활용사례가 충분해야 한다. SmartMarket Report(2007)에 따르면 건설업계의 전문가의 47%가 설계와 시공과정에서 고객 또는 다른 참여자와의 커뮤니케이션 향상을 위하여 BIM을 사용하는 것으로 조사되었다. 10년 후 SmartMarket Report(2017)에서도 설계전-설계-시공-유지관리 중 BIM의 사용 가치를 가장 많이 얻을 수 있는 단계에 대해 조사한 결과에서도 설계 단계와 시공단계가 가장 응답 비중이 높은 것으로 조사되었다. 또한, 조달청의 ‘시설사업 BIM 적용 기본 지침서’에서도 설계와 시공단계를 주로 다루고 있으며, 현재 한국과 중국의 BIM 활성화 전략과 목표는 대부분 설계와 시공단계에 집중되어 있다. 따라서 본 연구에서는 설계와 시공단계에 한정하여 진행하고자 한다.

연구 목적을 달성하기 위한 연구의 흐름은 다음과 같다.

1) BIM 활성화 전략 파악: 국가 차원에서 수립한 한국과 중국의 BIM 활성화 전략과 목표를 분석한다. 또한, 한국과 중국의 BIM 활용 사례분석과 BIM 관련 선행연구 고찰을 통해 설계단계와 시공단계를 구분하여 BIM 기대효과를 정의한다.

2) BIM 활용성과 측정 : 설계 및 시공단계의 BIM 기대효과에 대해 BIM 활용 경험이 있는 한국과 중국의 건설업 실무자를 대상으로 7점 척도로 중요도와 성과를 측정한다.

3) 국가별 BIM 활용성과 비교분석 및 시사점 제시 : 설계 및 시공단계의 기대효과에 대한 중요도와 성과가 한국과 중국 간 유의미한 차이가 있는지 검증하기 위해 t-test를 실시하였다. 또한, 수직축을 중요도, 수평축을 성과로 하고 각각의 속성에 대한 평균값을 기준으로 사분면을 구분하여 국가별 중점 개선 우선순위를 도출하고 시사점을 제시한다.

1.3 표본자료 특성

본 연구의 설문 조사는 2021년 3월부터 2021년 4월 26일까지 BIM 활용 경험이 있는 한국과 중국의 건설업 실무자를 대상으로 설계와 시공단계에서의 BIM 활용 기대효과에 대한 중요도와 성과에 대해 7점 리커트 척도(Likert scale)로 측정하였다(Table 1 참조).

Table 1. Design of questionnaires

Benefits	Importance							Performance						
Higher design quality	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
Efficient clash detection	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦

특히, 중국의 경우 BIM 지방 적용지침이 지원되는 상하이시, 베이징시, 광둥성의 건설기업을 대상으로 하였다. 응답자의 일반사항은 다음 Table 2와 같다.

Table 2. Overview of the survey

Division	Korea		China	
	Freq.	Ratio	Freq.	Ratio
Organizational type				
Construction	61	56.0%	66	65.3%
Architectural	35	32.1%	35	34.7%
Average work experience related to construction	9.5 years		4.3 years	
Average BIM-related work experience	3.5 years		2 years	

2. 예비적 고찰

2.1 한국과 중국의 BIM 활성화 전략

1) 한국의 BIM 활성화 전략

2010년 4월 조달청에서는 공공시설 분야에 BIM 적용을 확산하기 위해 ‘3D 건축기법(BIM) 적용 확대 로드맵’을 발표하였다. 2010년 BIM 확대 로드맵에서는 한국 BIM 추진계획을 단기계획, 중기계획, 장기계획으로 나누어 각 단계의 달성 목표와 해당 적용 대상, 방법, 기대효과를 다음 Table 3과 같이 제시하였다.

Table 3. Implementation plan to activate BIM(PPS, 2010)

Div.	Short-term			Mid-term			Long-term
	‘10	‘11	‘12	‘13	‘14	‘15	‘16~
Goal	Improving design quality by expanding BIM application			Budget reduction through development of 4D (Cost) design management system			Business innovation by expanding the application of BIM to the entire facility business
Target	A turnkey project or a design public offering with a total construction cost of 50 billion won or more among construction targeted for total service			Total construction cost of 50 billion won or more among construction targeted for total service			All
Method	-Promotion of BIM orders through active marketing -Development of annual BIM ordering guidelines -Provide incentives when applying BIM			-Dedicated team to professionally manage BIM ordering business -Establishment of business management system using 3D model data			-Utilization of BIM for construction management work -Utilization of BIM for construction contract work -Utilization of BIM for total project cost review
Benefit	-3D design improves customer satisfaction -Facilitate the creation of BIM infrastructure in the private sector -Improvement of design quality through various reviews at the design stage			-Improvement of Total service cost/schedule management -Eliminate budget waste factors by minimizing design changes in the construction phase			-Reinforcement of facility business innovation and financial execution management

이후 2020년 12월 국토교통부에서는 2020년부터 2030년까지 건설산업의 BIM 적용 기본원칙, 적용 절차, 협업 체계, 공통표준 등을 제시하는 ‘2030 건축 BIM 활성화 로드맵’을 발표하였다. 로드맵에는 2025년까지 BIM 설계 기반 구축, 2030년까지 디지털 건축 서비스 완전 구현을 추진목표로 설정하고 있다. 또한, 해당 목표를 달성하기 위해 ‘제도 개선’, ‘기술 개발’, ‘인력 양성’, ‘산업 활성화’를 전략 분야를 정하고, 각 중점 추진과제를 수립하였다. 특히, 가장 먼저 진행하는 추진과제로 제도 개선 중 공공건축물의 BIM 적용 의무화 및 민간건축물의 설계 지원 확대를 제시하였으며, 세부 계획은 다음 Table 4와 같다.

Table 4. 2030 BIM activation roadmap (MOLIT, 2020)

Div.	Short-term			Mid-term			Long-term			
	'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30
Apt. (LH)	New public offering 25%	New public offering 50%					New public offering 100%			
Public bldg.	PPS Customized Service Design Management Project and Public Construction Project Cost (KRW) over 30 billion					Stage	Scope			
						SD/DD/CD	All			
	20 billion to less than 30 billion					SD/DD/CD	Archi./ Structure			
	10 billion to less than 20 billion					SD	Archi.			
Private (design support)	-			Buildings subject to cooperation with related experts (TFA of 10,000㎡ or more, etc.)		Buildings subject to resident supervision (TFA of 2,000㎡ or more, etc.)		More than 500㎡ in TFA		

SD: Schematic Design/ DD: Design Development/ CD:Construction Document

2) 중국의 BIM 활성화 전략

중국의 BIM 정책은 크게 국가와 건설업계의 BIM 정책, 지방의 BIM 정책, 기업의 BIM 정책으로 구분되어 있다. 첫 번째, ‘국가와 건설업계의 BIM 정책’은 업계 전체의 BIM 응용 수준을 촉진하는 목표, 임무, 보장 조치를 정의하고, 두 번째, ‘지방의 BIM 정책’은 각 지방의 수요와 결합하여 BIM을 추진하기 위한 인센티브를 제공하며, 세 번째, ‘기업의 BIM 정책’은 기업 내부제도와 맞물려 있어 BIM 활용의 인센티브 지급 규정에 대해 정의하고 있다.

중국에서 발표한 최초의 국가 차원 BIM 로드맵은 2011년 5월 주건부에서 발표한 ‘2011-2015 건설업 정보화 발전요령’이다. 중국건설업 BIM 개념 보급의 출발점으로 볼 수 있는 이 정책은 BIM 보급을 중심으로 BIM 연구개발과 활용에 대한 구체적인 요구사항을 제시하며 BIM 보급 가속화가 목표였다. 이후 2016년에 주건부에서 발표한 ‘2016-2020 건설업 정보화 가이드라인’에서는 BIM을 건설업 정보화의 중요한 구성요소로 정의하고 최초로 BIM 의무화 적용 대상을 국가자금 투자 위주인 중대형 건축물, 친환경 공공건축물 및 친환경주택공사로 명시하였다. 또한, 프로젝트 BIM을 적용한 프로젝트 비율 90% 이상을 목표로 설정하고 달성하기 위한 추진계획을 다음 Table 5와 같이 수립하였다.

Table 5. China's BIM application plan

Division	Contents
2011-2015 年建筑业信息化 发展纲要 (住建部, 2011)	<ul style="list-style-type: none"> - Improving the productivity and management level of companies by disseminating BIM and 4D project management technology - BIM-based 3D design technology development and research promotion - Research on the development of BIM-based 4D project management information system in large-scale projects - Complementing the information standard system throughout the entire construction process
2016-2020 年建筑业信息化 发展纲要 (住建部, 2016)	<ol style="list-style-type: none"> 1) Informatization of design Realize accumulation and sharing of specialized information (such as architecture, structure, water supply and heating, etc) by dissemination of BIM-based integrated design and R&D of BIM-based integrated design system and cooperative work system 2) Informatization of construction - Spread the project management information system and apply BIM in the construction stage 3) Informatization of construction supervision and licensing - BIM-based digitization performance grant, examination and storage system research promotion - BIM-based construction completion management information system research promotion

한국과 중국에서 발표한 BIM 로드맵은 크게 ‘적용 의무화 대상 확대’와 ‘데이터 교환방식 전환’으로 분류하여 비교할 수 있다(Kim, W.J. et al., 2017). 먼저, 적용 의무화 대상 확대에 대해서는 한국은 2012년부터 500억 원 이상인 터키·설계 공모 공사에 BIM 적용을 의무화를 시작했고, 점차 적용 범위가 확대 및 구체화해가고 있다. 반면, 중국은 2015년 BIM 적용 의무화 요구를 처음 제시하였고, 의무화 대상은 여전히 국가자금 투자 위주인 중대형 건축물, 친환경 공공건축물 및 친환경 주택 공사에 머물러 있다. 다음 데이터 교환방식 전환 측면에서는 한국은 2020년 건축 행정 시스템 개선으로 시작하여 BIM 표준환경을 구축하고, 최종적으로 BIM 기반 설계·시공·유지·관리 자동화를 목표로 하며, 이를 위한 추진계획을 수립하였다. 반면, 중국은 ‘2016-2020 건설업 정보화 가이드라인’에서 데이터 교환방식 전환에 대해 처음 언급하면서 기대효과에 대해 제시한 바 있으나, 구체적인 목표와 추진계획 제시는 미흡한 실정이다.

2.2 설계 및 시공단계에서의 BIM 기대효과

BIM은 기존의 도면과 종이를 대신해 컴퓨터상에서 건물의 건축, 구조, 설비를 비교적 정확하게 표현한 3차원 형상과 속성 정보를 하나의 BIM 모델에 작성하는 것으로 즉, 디지털화된 형상 정보와 건축 정보를 동시에 가지고 있는 3차원 건축 데이터베이스를 의미한다. 이와 같이 BIM을 통해 그래픽 요소와 데이터 관리 환경의 지원으로 신속한 의사결정을 돕기 위해 물량, 비용, 일정 및 자재 목록에 관한 정보를 제공할 뿐만 아니라, 구조 및 환경을 고려한 데이터 분석이 가능해진다(Hwang, J.O. et al, 2010).

기존 문헌 고찰(Arayici et al. 2011, Giel and Issa 2011, Liu et al. 2015, Chen et al. 2014, Song et al. 2012, Lee SK 2014, Weisheng et al. 2019)에서 다루고 있는 설계 및

시공단계에서의 BIM 기대효과를 통합한 결과는 다음 Table 6과 같다. 설계단계에서의 기대효과는 설계 생산성 향상(D1~D6), 커뮤니케이션 향상(D7, D8), 시장경쟁력 확보(D9, D10), 시공단계에서의 기대효과는 시공관리 지원(C1~C9), Preconstruction 지원(C10, C11, C12), 이해관계자 조정(C13, C14), 시장경쟁력 확보(C15, C16)로 도출되었다.

Table 6. BIM benefits of construction

Division	Benefits
Design stage	D1 Higher design quality
	D2 Efficient clash detection
	D3 Cooperative design
	D4 Efficient design changes
	D5 Time saving
	D6 BIM design reuse
	D7 Enhanced communication of the design intent
	D8 Efficient information sharing
	D9 Support of design bidding
	D10 Maintain working relations with the client
Construction stage	C1 Reduce change orders
	C2 Efficient and/or reduced shop drawings/documentation
	C3 Effectiveness of Safety management
	C4 Effectiveness of Material supply management
	C5 Increased construction quality
	C6 Installation support/instruction
	C7 Rework reduced
	C8 Effectiveness of environment management
	C9 Effectiveness of cost management
	C10 Construction planning and construct-ability assessment
	C11 Facilitate scheduling/work sequencing improved
	C12 Spatial coordination
	C13 Reduced request for information
	C14 Efficient construction tendering
	C15 Maintain relations with the client
	C16 Effectiveness of collaboration with sub-contractor

2.3 IPA 기법

IPA 기법은 Matilla & James(1977)가 자동차 사업의 성취도를 분석하기 위하여 적용한 것이 최초이며 건강진단, 교육, 스포츠, 심리학 등 다양한 연구 분야에 적용되었다. IPA 기법은 이용자의 만족도를 측정하기 위하여 이용 전에는 각 속성의 상대적인 중요도와 성취도를 동시에 비교, 분석하는 평가기법이다. IPA 기법의 특성은 중요도와 만족도의 속성별 비교 평가값에 의하여 4가지 다면적의 사결정을 내림으로써 개선이 요구되는 항목의 우선순위를 가시적으로 판단할 수 있도록 한 것이다.

IPA 기법은 서비스품질 측정 방법인 Parasuraman et al.(1988)의 SERVQUAL과 비교되기도 한다. SERVQUAL은 서비스품질에 대한 기대와 성과의 차이를 비교해서 평가 요소에 대해 기대보다 성과가 낮으면 품질이 낮은 것이고 성과가 높으면 품질이 높은 것으로 판단한다. 하지만 ‘중요도’와 SERVQUAL의 ‘기대’와 동일시할 수 없으며, 기대와 성과의 단순 차이만을 산출하는 것이 아니라 2차원 도표화하여 우선순위를 도출할 수 있다는 점에서 차별성이 있다.

IPA 기법은 다음 Figure 1과 같이 4가지로 평가된다.

Q1: 최우선 개선영역 (Concentrate Here)

사용자가 아주 중요하다고 생각하는 반면 그에 대한 성과는 낮은 특징을 가지고 있다. 따라서 서비스 제공 및 운영 측면에서는 이용자가 중요하게 생각하는데 성과가 낮은 이러한 특징들을 매우 중요하게 생각하여 이에 대한 중점 개선의 노력을 기울이는 것이 필요하다.

Q2: 유지강화 영역 (Keep up the Good Work)

사용자가 중요하다고 판단하고 그에 대한 성과도 높은 특징을 가지고 있다. 이는 현재의 서비스에 대해 상당수가 만족하고 있는 상태를 의미하기 때문에 서비스 제공자들은 이러한 상태를 지속시키는 것이 필요하다. 특히 사용자가 중요하게 생각하는 부분이므로 노력의 지속은 필요하다.

Q3: 점진 개선영역 (Low Priority)

3사분면은 중요도와 성과 모두 낮은 비중이 주어지고 있는 특징 가지고 있다. 이 경우는 이용자가 특별히 중요하다고 보지 않기 때문에 개선이 필요하긴 하나 다른 사항에 비해 우선순위가 낮다. 그러나 중요도와 성과가 다른 요인들에 비해 낮은 원인을 파악해야 한다.

Q4: 지속 유지 영역 (Possible Overkill)

4사분면은 성과가 높지만, 중요도가 낮게 평가되는 특징을 가지며 사용자들이 이러한 특징을 중요하다고 판단하지 않으므로 노력이 과잉되지 않도록 현 상태를 유지하는 것이 필요하다.

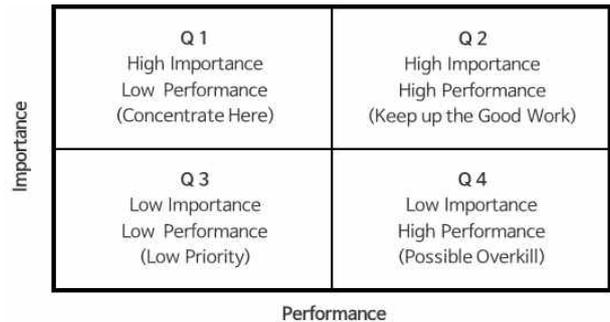


Figure 1. The original IPA framework

3. 설계단계의 한국과 중국 IPA 분석

3.1 설계단계 기대효과에 대한 중요도 분석

설계단계 기대효과의 중요도에 대해 한국과 중국 간의 차이를 살펴보기 위해 독립 t-test 실시한 결과 (Table 7 참조), ‘설계품질 향상(D1)’, ‘간접체크 효율성 향상(D2)’, ‘설계 시간 감소(D5)’, ‘설계 의도에 대한 원활한 커뮤니케이션(D7)’, ‘정보공유의 효율성(D8)’, ‘입찰업무의 효율성(D9)’에 대해서 유의미한 차이를 보였다. 이 중 ‘설계 시간 감소(D5)’, ‘입찰업무의 효율성 향상(D9)’은 중국이 한국보다 중요도가 높았으며, 나머지는 한국이 중국보다 중요도가 높았다.

Table 7. The importance of benefits in the design stage

Benefits	t-test			Rank	
	Korea M(S.D.)	China M(S.D.)	t	Korea	China
D1	5.97(0.98)	5.37(1.09)	-2.42**	2	2
D2	6.29(0.75)	4.86(1.96)	-4.03***	1	9
D3	5.26(1.04)	4.97(1.15)	-1.09	5	5
D4	4.97(1.32)	5.49(1.44)	1.56	7	1
D5	4.29(1.69)	5.09(1.46)	2.12**	9	3
D6	5.00(1.46)	4.71(1.41)	-0.84	6	10
D7	5.69(0.90)	4.91(1.40)	-2.74**	3	8
D8	5.66(1.03)	4.97(1.44)	-2.29**	4	5
D9	4.20(1.80)	4.94(1.37)	1.95*	10	7
D10	4.60(1.58)	5.00(1.55)	1.07	8	4
Average	5.19	5.03			

*** p<0.01 ** p<0.05 * p<0.1

중요도의 상위 3위에 해당하는 항목에 대해서는 한국은 ‘간섭체크 효율성 향상(D2)’, ‘설계품질 향상(D1)’, ‘설계 의도에 대한 원활한 커뮤니케이션(D7)’ 순이었고, 중국은 ‘설계변경의 효율성 향상(D4)’, ‘설계품질 향상(D1)’, ‘설계 시간 감소(D5)’ 순이었다. 이 중 ‘설계 품질 향상(D1)’ 이 한국과 중국이 공통으로 중요하다고 생각하는 것을 알 수 있었다.

3.2 설계단계 기대효과에 대한 성과 분석

설계단계 기대효과와 성과에 대해 한국과 중국 간의 차이를 살펴보기 위해 독립 t-test 실시한 결과(Table 8 참조), ‘간섭체크 효율성 향상(D2)’, ‘설계 시간 감소(D5)’, ‘설계 의도에 대한 원활한 커뮤니케이션(D7)’, ‘입찰업무의 효율성(D9)’, ‘발주자와의 원활한 업무 관계 유지(D10)’ 에 대해서만 유의미한 차이를 보였다. 이 중 ‘간섭체크 효율성 향상(D2)’, ‘설계 의도에 대한 원활한 커뮤니케이션(D7)’ 은 한국이 중국보다 더 높은 성과를 보이며 나머지는 중국이 한국보다 더 높은 성과를 보였다.

성과의 상위 3위에 해당하는 항목에 대해서는 한국은 ‘간섭체크 효율성 향상(D2)’, ‘설계품질 향상(D1)’, ‘설계 의도에 대한 원활한 커뮤니케이션(D7)’ 순이었고, 중국은 ‘설계품질 향상(D1)’, ‘설계정보의 재사용률 증가(D6)’, ‘발주자와의 원활한 업무 관계 유지(D10)’ 순이었다. 이 중 ‘설계품질 향상(D1)’ 이 한국과 중국이 공통으로 성과가 높다고 생각하는 것으로 알 수 있었다.

Table 8. The performance of benefits in the design stage

Benefits	t-test			Rank	
	Korea M(S.D.)	China M(S.D.)	t	Korea	China
D1	5.82(1.21)	5.37(1.06)	-1.62	2	1
D2	6.21(0.82)	5.06(1.64)	-3.70***	1	5
D3	5.03(1.05)	4.94(1.21)	-0.32	5	8
D4	4.45(1.58)	4.63(1.88)	0.41	8	10
D5	3.45(1.58)	5.00(1.33)	4.37***	10	6
D6	4.91(1.16)	5.29(1.15)	1.35	6	2
D7	5.45(0.94)	4.86(1.42)	-2.04*	3	9
D8	5.36(1.17)	5.09(1.31)	-0.92	4	4
D9	3.97(1.65)	5.00(1.46)	2.74**	9	6
D10	4.55(1.48)	5.20(1.16)	2.04*	7	3
Average	4.92	5.04			

*** p<0.01 ** p<0.05 * p<0.1

3.3 IPA 분석

1) 한국

설계단계의 기대효과와 성과 간의 차이를 살펴보기 위해 독립 t-test를 실시한 결과(Table 9 참조) ‘설계 시간 감소(D5)’ 에서만 유의미한 차이를 보였다. 또한, 모든 항목에 대해서 중요도가 성과보다 높게 나타났으며, 이를 통해 한국의 BIM 사용자는 자신들이 생각하는 중요도에 비해 성과를 내지 못하다고 생각하고 있음을 알 수 있다.

Table 9. Comparison of importance-performance in Korea

Benefits	t-test			Importance-Performance	
	Importance M(S.D.)	Performance M(S.D.)	t	Gap	Rank
D1	5.97(0.98)	5.82(1.21)	0.57	-0.15	7
D2	6.29(0.75)	6.21(0.82)	0.39	-0.07	9
D3	5.26(1.04)	5.03(1.05)	0.90	-0.23	6
D4	4.97(1.32)	4.45(1.58)	1.47	-0.52	2
D5	4.29(1.69)	3.45(1.58)	2.09**	-0.83	1
D6	5.00(1.46)	4.91(1.16)	0.28	-0.09	8
D7	5.69(0.90)	5.45(0.94)	1.04	-0.23	4
D8	5.66(1.03)	5.36(1.17)	1.10	-0.29	3
D9	4.20(1.80)	3.97(1.65)	0.55	-0.23	5
D10	4.60(1.58)	4.55(1.48)	0.15	-0.05	10
Average	5.19	4.92			

*** p<0.01 ** p<0.05 * p<0.1

IPA 분석 결과는 다음 Figure 2와 같이, 가장 개선해야 할 영역인 Q1 영역과 현 상태를 유지해도 되는 영역인 Q4 영역에 속하는 항목은 없었다. 성과가 높은 편이지만 중요도가 높아 성과개선에 지속적인 노력이 필요한 Q2 영역에 ‘설계품질 향상(D1)’, ‘간섭체크 효율성 향상(D2)’, ‘협업 효율성 향상(D3)’, ‘설계 의도에 대한 원활한 커뮤니케이션(D7)’, ‘정보공유의 효율성(D8)’ 이 속했다. Q3 영역에는 ‘설계변경의 효율성 향상(D4)’, ‘설계 시간 감소(D5)’, ‘설계정보의 재사용률 증가(D6)’, ‘입찰업무의 효율성(D9)’, ‘발주자와의 원활한 업무 관계 유지(D10)’ 가 속하며, 중요도와 성과가 모두 낮아 비교적 개선 우선순위가 낮은 항목들이다.

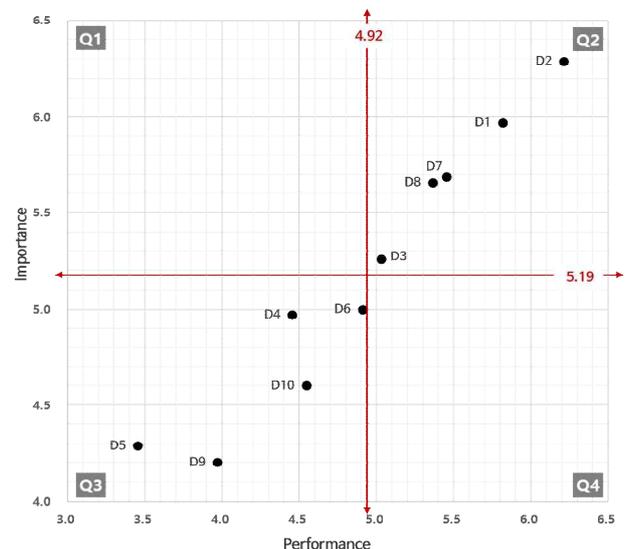


Figure 2. IPA of benefits in the design stage (Korea)

2) 중국

설계단계의 기대효과의 중요도와 성과 간의 차이를 살펴보기 위해 독립 t-test를 실시한 결과(Table 10 참조), ‘설계변경의 효율성 향상(D4)’, ‘설계정보의 재사용률 증가(D6)’에서만 유의미한 차이를 보였으며, ‘설계변경의 효율성 향상(D4)’은 중요도가 성과보다 높았고 ‘설계정보의 재사용률 증가(D6)’는 성과가 중요도보다 높았다.

Table 10. Comparison of importance-performance in China

Benefits	t-test			Importance-Performance	
	Importance M(S.D.)	Performance M(S.D.)	t	Gap	Rank
D1	5.37(1.09)	5.37(1.06)	0.00	0.00	5
D2	4.86(1.96)	5.06(1.64)	-0.46	0.20	8
D3	4.97(1.15)	4.94(1.21)	0.10	-0.03	4
D4	5.49(1.44)	4.63(1.88)	2.14**	-0.86	1
D5	5.09(1.46)	5.00(1.33)	0.26	-0.09	2
D6	4.71(1.41)	5.29(1.15)	-1.86*	0.57	10
D7	4.91(1.40)	4.86(1.42)	0.17	-0.06	3
D8	4.97(1.44)	5.09(1.31)	-0.35	0.11	7
D9	4.94(1.37)	5.00(1.46)	-0.17	0.06	6
D10	5.00(1.55)	5.20(1.16)	-0.61	0.20	8
Average	5.03	5.04			

*** p<0.01 ** p<0.05 * p<0.1

IPA 분석 결과는 다음 Figure 3과 같이, 가장 개선해야 할 영역인 Q1 영역에는 ‘설계변경의 효율성 향상(D4)’, ‘설계 시간 감소(D5)’의 속하며, 성과가 높은 편이지만 중요도가 높아 성과개선에 지속적인 노력이 필요한 Q2 영역에는 ‘설계품질 향상(D1)’이 속했다. 성과가 낮지만, 중요도도 낮아 점진적으로 개선되어야 하는 Q3 영역에는 ‘협업 효율성 향상(D3)’, ‘설계 의도에 대한 원활한 커뮤니케이션(D7)’, ‘입찰업무의 효율성(D9)’이 속하며, 마지막으로 Q4 영역에는 ‘간접체크 효율성 향상(D2)’, ‘설계정보의 재사용률 증가(D6)’, ‘정보공유의 효율성(D8)’, ‘발주자와의 원활한 업무 관계 유지(D10)’가 속하며, 성과는 높지만, 중요도가 낮으므로 지나치지 않도록 현 상태를 유지하는 것이 필요하다.

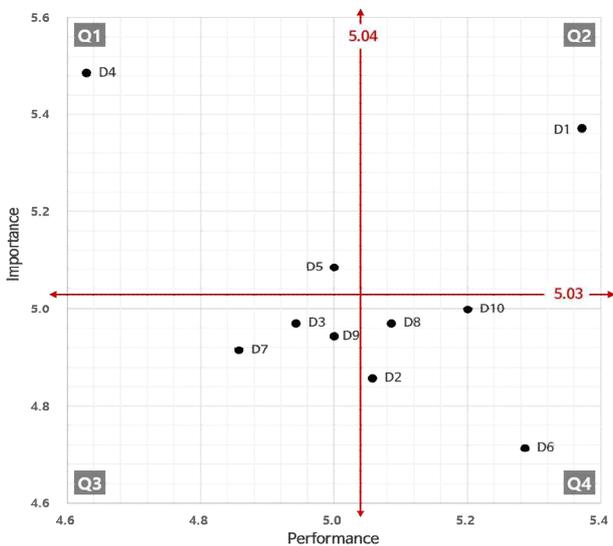


Figure 3. IPA of benefits in the design stage (China)

설계단계에서의 BIM 기대효과에 대한 중요도-성적을 비교한 결과 다음 Table 11과 같이, ‘간접체크 효율성 향상(D2)’, ‘설계 의도에 대한 원활한 커뮤니케이션(D7)’은 한국이 중국보다 중요도와 성과 모두 높았고, ‘설계 시간 감소(D5)’, ‘입찰업무의 효율성 향상(D9)’은 중국이 한국보다 중요도와 성과 모두 높았다. 또한, 한국은 ‘정보공유의 효율성 향상(D8)’, ‘설계 의도에 대한 원활한 커뮤니케이션(D7)’이 개선 우선순위가 높았고, 중국은 ‘설계변경의 효율성 향상(D4)’, ‘설계 시간 감소(D5)’가 개선 우선순위가 높았다. 실제 한국의 이를 통해 현재 한국은 BIM을 통해 설계품질 향상과 협업의 효율성을 위해 투자하고 있는 것으로 보이며, 중국은 BIM을 통해 설계 시간 단축, 발주자와의 관계를 원만하게 하는 것이 중요한 것으로 판단된다. 이는 조사 대상이 중국의 국가기업이며, 국가기업은 국가정책의 영향을 많이 받기 때문으로 판단된다. 중국건설업은 기술성숙도 주기에서 ‘향상단계’에 해당하며, 향상단계는 신기술 활용에 대해 외부의 압력을 많이 받는 특성이 있다(Chen et al. 2019). 반면, 한국은 BIM을 통해 설계 시간 단축이나 외부압력에 의해 BIM을 적용하는 단계를 넘어서 설계품질을 높이고, BIM의 본질인 정보공유와 협업 도구임을 이해하고 이를 위해 발전해나가고 있는 것으로 판단된다.

Table 11. Comparison of IPA in Korea and China

Benefits in design stage	Korea	China
D1 Higher design quality	Q2	Q2
D2 Efficient clash detection	Q2	Q4
D3 Cooperative design	Q2	Q3
D4 Efficient design changes	Q3	Q1
D5 Time saving	Q3	Q1
D6 BIM design reuse	Q3	Q4
D7 Enhanced communication of the design intent	Q2	Q3
D8 Efficient information sharing	Q2	Q4
D9 Support of design bidding	Q3	Q3
D10 Maintain working relations with the client	Q3	Q4

Q1: Priority improvement, Q2: Maintenance and reinforcement, Q3: Progressive improvement, Q4: Continuous maintenance

4. 시공단계의 한국과 중국 IPA 분석

4.1 시공단계 기대효과에 대한 중요도 분석

시공단계 기대효과의 중요도에 대해 한국과 중국 간의 차이를 살펴보기 위해 독립 t-test를 실시한 결과(Table 12 참조), ‘설계변경 요청 감소(C1)’, ‘건설계획 및 시공성 검토 효과성 향상(C10)’, ‘시공 현장의 공간계획의 효과성 향상(C12)’, ‘shop drawings 작성 감소 및 효율성 향상(C2)’, ‘입찰업무의 효율성 향상(C14)’, ‘일정/공정 관리가 효과성 향상(C11)’, ‘환경관리 효과성 향상(C8)’이 유의미한 차이를 보였다. 이 중 ‘변경 요청 감소(C1)’, ‘환경관리 효과성 향상(C8)’만 중국이 한국보다 중요도가 높았으며, 나머지는 한국이 중국보다 중요도가 높았다.

중요도의 상위 5위에 해당하는 항목에 대해서는 한국은 ‘건설계획 및 시공성 검토 효과성 향상(C12)’, ‘일정/공정관리가 효과성 향상(C11)’, ‘시공 현장의 공간계획의 효과성 향상(C12)’, ‘원가/사업비 관리 효과성 향상(C9)’, ‘재시공 요청 감소(C7)’ 순이었으며, 중국은 ‘변경 요청 감소(C1)’, ‘건설계획 및 시공성 검토 효과성 향상(C7)’, ‘환경관리 효과성 향상(C8)’, ‘자재공급 관리 효과성 향상(C4)’, ‘원가/사업비 관리 효과성 향상(C9)’ 순이었다. 이 중 ‘건설계획 및 시공성 검토 효과성 향상(C10)’ 과 ‘원가/사업비 관리 효과성 향상(C9)’ 이 한국과 중국이 공통으로 중요하다고 생각하는 항목이었다.

Table 12. The importance of benefits in construction stage

Benefits	t-test			Rank	
	Korea M(S.D.)	China M(S.D.)	t	Korea	China
C1	5.02(1.42)	5.48(1.13)	2.01*	10	1
C2	5.31(1.21)	4.31(1.58)	-3.91***	6	16
C3	4.47(1.41)	4.73(1.51)	0.95	15	12
C4	4.76(1.24)	5.03(1.71)	1.00	14	4
C5	4.81(1.32)	4.85(1.62)	0.15	12	9
C6	5.12(1.15)	4.73(1.68)	-1.51	8	12
C7	5.36(1.31)	4.95(1.45)	-1.60	4	7
C8	4.39(1.53)	5.06(1.49)	2.45**	16	3
C9	5.36(1.05)	5.02(1.56)	-1.41	4	5
C10	5.66(1.06)	5.13(1.54)	-2.22**	1	2
C11	5.58(1.13)	4.74(1.61)	-3.31***	2	11
C12	5.42(1.10)	4.89(1.51)	-2.23**	3	8
C13	4.80(1.23)	4.68(1.71)	-0.44	13	14
C14	5.00(1.31)	4.48(1.55)	-1.98*	11	15
C15	5.08(1.24)	4.81(1.45)	-1.14	9	10
C16	5.17(1.05)	5.02(1.50)	-0.65	7	5
Average	5.08	4.87			

*** p<0.01 ** p<0.05 * p<0.1

4.2 시공단계 기대효과에 대한 성과 분석

시공단계 기대효과의 성과에 대해 한국과 중국 간의 차이를 살펴보기 위해 독립 t-test를 실시한 결과(Table 13 참조), ‘재시공 요청 감소(C7)’, ‘건설계획 및 시공성 검토 효과성 향상(C10)’, ‘shop drawings 작성 감소 및 효율성 향상(C2)’ 이 유의미한 차이를 보였으며, 모두 한국이 중국보다 높은 성과를 보였다.

중요도의 상위 5위에 해당하는 항목에 대해서는 한국은 ‘건설계획 및 시공성 검토 효과성 향상(C10)’, ‘일정/공정관리가 효과성 향상(C11)’, ‘시공 현장의 공간계획의 효과성 향상(C12)’, ‘재시공 요청 감소(C7)’, ‘원가/사업비 관리 효과성 향상(C9)’ 순이었고, 중국은 ‘발주자와의 원만한 업무 관계 유지(C15)’, ‘일정/공정관리가 효과성 향상(C11)’, ‘품질관리 효과성 향상(C5)’, ‘설치업무 효과성 향상(C6)’, ‘정보 요청 감소(C12)’ 순이었다. 이 중 ‘일정/공정관리가 효과성 향상(C11)’ 은 한국과 중국이 공통으로 성과가 높다고 생각하는 항목이었다.

Table 13. The performance of benefits in construction stage

Benefits	t-test			Rank	
	Korea M(S.D.)	China M(S.D.)	t	Korea	China
C1	4.89(1.30)	4.89(1.42)	-0.03	10	8
C2	5.02(1.14)	4.45(1.61)	-2.23**	7	16
C3	4.46(1.34)	4.92(1.71)	1.64	15	6
C4	4.61(1.33)	4.84(1.56)	0.84	13	9

C5	4.56(1.28)	4.95(1.56)	1.48	14	3
C6	4.95(1.25)	4.94(1.35)	-0.05	9	4
C7	5.11(1.14)	4.58(1.72)	-1.97*	4	15
C8	4.33(1.38)	4.76(1.70)	1.49	16	12
C9	5.04(1.27)	4.73(1.62)	-1.15	5	13
C10	5.46(1.09)	4.66(1.79)	-2.95***	1	14
C11	5.26(1.22)	5.05(1.38)	-0.90	2	2
C12	5.18(1.21)	4.82(1.60)	-1.36	3	10
C13	4.72(1.24)	4.94(1.71)	0.80	11	4
C14	4.72(1.41)	4.81(1.60)	0.31	11	11
C15	5.00(1.22)	5.13(1.42)	0.53	8	1
C16	5.04(0.98)	4.92(1.53)	-0.50	5	6
Average	4.90	4.84			

*** p<0.01 ** p<0.05 * p<0.1

4.3 IPA 분석

1) 한국

시공단계의 기대효과의 중요도와 성과 간의 차이를 살펴보기 위해 독립 t-test를 실시한 결과(Table 14 참조), 유의미한 차이를 보이는 항목은 없었다. 또한, 모든 항목에 대해서 중요도가 성과보다 높게 나타났으며, 이를 통해 한국의 BIM 사용자는 자신들이 생각하는 중요도에 비해 성과를 내지 못하다고 생각하고 있음을 알 수 있다.

Table 14. Comparison of importance-performance in Korea

Benefits	t-test			Importance-Performance	
	Importance M(S.D.)	Performance M(S.D.)	t	Gap	Rank
C1	5.02(1.42)	4.89(1.30)	0.48	-0.12	12
C2	5.31(1.21)	5.02(1.14)	1.32	-0.29	3
C3	4.47(1.41)	4.46(1.34)	0.07	-0.02	16
C4	4.76(1.24)	4.61(1.33)	0.62	-0.15	10
C5	4.81(1.32)	4.56(1.28)	1.04	-0.25	5
C6	5.12(1.15)	4.95(1.25)	0.77	-0.17	9
C7	5.36(1.31)	5.11(1.14)	1.10	-0.25	6
C8	4.39(1.53)	4.33(1.38)	0.21	-0.06	15
C9	5.36(1.05)	5.04(1.27)	1.49	-0.32	1
C10	5.66(1.06)	5.46(1.09)	1.03	-0.20	8
C11	5.58(1.13)	5.26(1.22)	1.43	-0.31	2
C12	5.42(1.10)	5.18(1.21)	1.16	-0.25	7
C13	4.80(1.23)	4.72(1.24)	0.34	-0.08	14
C14	5.00(1.31)	4.72(1.41)	1.11	-0.28	4
C15	5.08(1.24)	5.00(1.22)	0.37	-0.08	13
C16	5.17(1.05)	5.04(0.98)	0.71	-0.13	11
Average	5.08	4.90			

*** p<0.01 ** p<0.05 * p<0.1

IPA 분석 결과는 다음 Figure 4와 같이, 가장 개선해야 할 영역인 Q1 영역과 현 상태를 유지해도 되는 영역인 Q4 영역에 속하는 항목은 없었다. 성과가 높은 편이지만 중요도가 높아 성과개선에 지속적인 노력이 필요한 Q2 영역에는 ‘재시공 요청 감소(C7)’, ‘건설계획 및 시공성 검토 효과성 향상(C10)’, ‘시공 현장의 공간계획의 효과성 향상(C12)’, ‘shop drawings 작성 감소 및 효율성 향상(C2)’, ‘협력업체들과의 협업 효과성 향상(C16)’, ‘발주자와의 원만한 업무 관계 유지(C15)’, ‘원가/사업비 관리 효과성 향상(C9)’, ‘일정/공정관리가 효과성 향상(C11)’, ‘설치업무 효과성 향상(C6)’ 이 속했다. Q3 영역에는 ‘설계변경 요청 감소(C1)’, ‘입찰업무의 효율성 향상(C14)’, ‘정보 요청 감소(C13)’, ‘안전관리가 효과성 향상(C3)’, ‘환경관리 효과성 향상(C8)’, ‘자재공급 관리 효과성 향상(C4)’, ‘품질관리 효과성 향상(C5)’ 이 속하며, 중요도와 성과가 모두 낮아 비교적 개선순위가 낮으며 점진적인 개선이 필요한 항목이다.

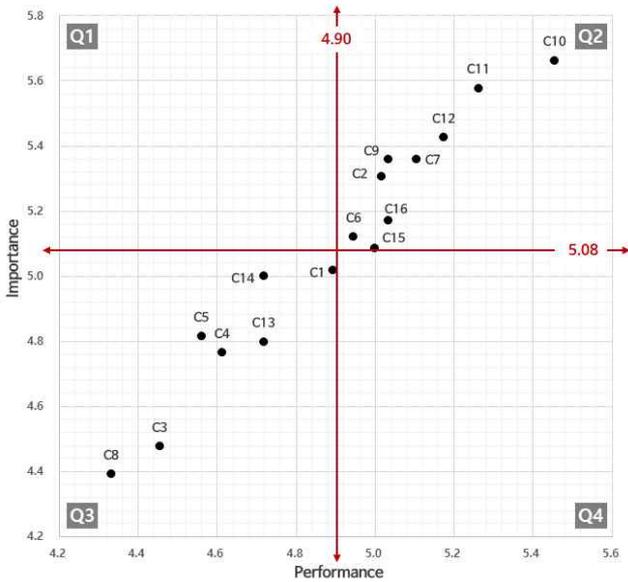


Figure 4. IPA of benefits in the Construction stage (Korea)

2) 중국

시공단계의 기대효과의 중요도와 성과 간의 차이를 살펴보기 위해 독립 t-test를 실시한 결과(Table 15 참조), ‘변경 요청 감소(C1)’에 대해서만 유의미한 차이를 보였으며, 중요도가 성과보다 높았다.

Table 15. Comparison of importance-performance in China

Benefits	t-test			Importance-Performance	
	Importance M(S.D.)	Performance M(S.D.)	t	Gap	Rank
C1	5.48(1.13)	4.89(1.42)	2.60**	-0.60	1
C2	4.31(1.58)	4.45(1.61)	-0.51	0.15	10
C3	4.73(1.51)	4.92(1.71)	-0.67	0.19	11
C4	5.03(1.71)	4.84(1.56)	0.66	-0.19	6
C5	4.85(1.62)	4.95(1.56)	-0.34	0.10	9
C6	4.73(1.68)	4.94(1.35)	-0.77	0.21	12
C7	4.95(1.45)	4.58(1.72)	1.30	-0.37	3
C8	5.06(1.49)	4.76(1.70)	1.07	-0.31	4
C9	5.02(1.56)	4.73(1.62)	1.02	-0.29	5
C10	5.13(1.54)	4.66(1.79)	1.56	-0.47	2
C11	4.74(1.61)	5.05(1.38)	-1.14	0.31	14
C12	4.89(1.51)	4.82(1.60)	0.23	-0.06	8
C13	4.68(1.71)	4.94(1.71)	-0.84	0.26	13
C14	4.48(1.55)	4.81(1.60)	-1.14	0.32	16
C15	4.81(1.45)	5.13(1.42)	-1.25	0.32	15
C16	5.02(1.50)	4.92(1.53)	0.36	-0.10	7
Average	4.87	4.84			

*** p<0.01 ** p<0.05 * p<0.1

IPA 분석 결과 다음 Figure 5와 같이, 가장 개선해야 할 영역인 Q1 영역에는 ‘재시공 요청 감소(C7)’, ‘건설 계획 및 시공성 검토 효과성 향상(C10)’, ‘원가/사업비 관리 효과성 향상(C9)’, ‘환경관리 효과성 향상(C8)’이 속하며, 성과가 높은 편이지만 중요도가 높아 성과개선에 지속적인 노력이 필요한 Q2 영역에는 ‘변경 요청 감소(C1)’, ‘시공 현장의 공간계획의 효과성 향상(C12)’, ‘협력업체들과의 협업 효과성 향상(C16)’, ‘안전관리가

효과성 향상(C3)’이 속했다. 성과가 낮지만, 중요도도 낮아 점진적으로 개선되어야 하는 Q3 영역에는 ‘shop drawings 작성 감소 및 효율성 향상(C2)’, ‘입찰업무의 효율성 향상(C14)’이 속하며, 마지막으로 Q4 영역에는 ‘정보 요청 감소(C13)’, ‘발주자와의 원만한 업무 관계 유지(C15)’, ‘일정/공정관리가 효과성 향상(C11)’, ‘자재 공급관리 효과성 향상(C4)’, ‘품질관리 효과성 향상(C5)’, ‘설치업무 효과성 향상(C6)’이 속하며, 이들은 성과는 높지만, 중요도가 낮으므로 투자가 지나치지 않도록 현 상태를 유지하는 것이 필요하다.

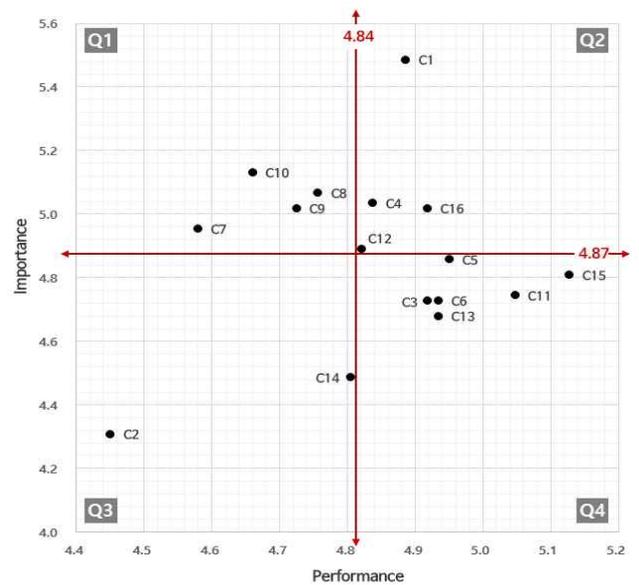


Figure 5. IPA of benefits in the Construction stage (China)

시공단계에서의 BIM 기대효과에 대한 중요도-성과를 비교한 결과 다음 Table 16과 같이, 시공단계에서의 BIM 활용성과에 유의미한 차이가 있는 항목 모두 한국이 중국보다 높았다. 한국은 ‘변경 요청 감소’, ‘재시공 감소’와 같이 3D 기반 설계로 인한 성과뿐만 아니라 BIM 정보의 계획 및 관리업무의 중요도와 성과가 높아지고 있는 것으로 판단된다. 이는 한국은 BIM 활성화를 위해 3D 설계로 인한 업무 효율성과 설계 품질향상이라는 단기 추진계획에서 점차 원가 및 일정 관리 등과 같이 건설관리 분야에 활용을 확대해나가는 중장기 계획을 기반으로 발전해나가고 있는 것으로 판단된다. 반면에 중국은 설계단계에서와 마찬가지로 발주자와의 원만한 업무 관계 유지에 대한 성과가 가장 높았고, 한국과 마찬가지로 도입 초기 단계로 ‘변경 요청 감소’의 중요도가 가장 높았지만 ‘재시공 요청 감소’는 개선 우선순위가 높은 것으로 미루어 보아 변경 요청이 재시공 요청 감소로까지 이어지지 않는 것으로 판단된다. 또한, 중국도 한국과 같이 3D 기반 설계로 인한 성과뿐만 아니라 점차 계획업무 및 원가관리와 환경관리 등과 같은 관리업무를 위한 BIM 활용의 중요도가 높아지면서 개선 우선순위가 높은 것으로 판단된다.

Table 16. Comparison of IPA in Korea and China

Benefits in construction stage	Korea	China
C1 Reduce change orders	Q4	Q2
C2 Efficient and/or reduced shop drawings/documentation	Q2	Q3
C3 Effectiveness of safety management	Q4	Q2
C4 Effectiveness of material supply management	Q4	Q4
C5 Increased construction quality	Q4	Q4
C6 Installation support/instruction	Q2	Q4
C7 Rework reduced	Q2	Q1
C15 Effectiveness of environment management	Q4	Q1
C16 Effectiveness of cost management	Q2	Q1
C8 Construction planning and construct-ability assessment	Q2	Q1
C9 Facilitate scheduling/ work sequencing improved	Q2	Q4
C10 Spatial coordination	Q2	Q2
C11 Reduced request for information	Q4	Q4
C12 Efficient construction tendering	Q4	Q3
C13 Maintain relations with the client	Q2	Q4
C14 Effectiveness of collaboration with sub-contractor	Q2	Q2

Q1: Priority improvement, Q2: Maintenance and reinforcement, Q3: Progressive improvement, Q4: Continuous maintenance

5. 결 론

한국과 중국 모두 건설산업의 BIM 활성화를 위해 의무화 대상을 지정하고, BIM 활성화 추진계획을 수립하여 활성화를 위해 노력해오고 있다. BIM 활용을 통한 기대효과를 얻기 위해서는 BIM 활용을 위한 도구 구매 및 관련 제도와의 조정을 마련하는 것에 그치는 것이 아니라 사용자 관점의 주기적인 성과평가를 통해 기대효과를 얻고 있는지 모니터링하고, 사용자 요구사항을 파악하여 활용 계획에 반영하는 과정이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 IPA 기법으로 각 국가의 BIM 활용성과를 평가하여 각 국가의 BIM 활성화를 위한 투자 방향을 점검하고 한국과 중국의 BIM 활용성과를 비교·분석하였다.

IPA 분석 결과를 통해 얻을 수 있는 시사점은 다음과 같다.

한국은 중요도가 높은 항목들이 성과도 높아 성과개선에 지속적인 노력이 필요한 Q2 영역 또는 중요도와 성과가 모두 낮아 비교적 개선 우선순위가 낮은 Q3 영역에만 존재하고 있다. 이는 한국이 단계별 목표를 수립하고 목표 달성을 위한 구체적인 추진계획을 기반으로 BIM 활성화에 투자하고 비교적 장기간 투자를 해온 결과 중요도가 높은 것이 성과가 높은 것으로 판단된다. 설계단계에서는 BIM을 통해 설계품질 향상과 협업의 효율성을 위해 투자하고 있는 것으로 보이며, 시공단계에서는 BIM 정보를 활용한 계획 및 관리업무에 활용하는 것에 투자하고 있는 것으로 판단된다.

중국은 한국과는 달리 특정 경향을 보이지 않으며, 설계단계에서 개선 우선순위가 높은 항목들은 설계단계에서는 ‘설계변경의 효율성 향상’, ‘설계 시간 감소’이며, 시공단계는 ‘재시공 요청 감소’, ‘건설계획 및 시공성 검토 효과성 향상’, ‘환경관리 효과성 향상’, ‘원가/사업비 관리 효과성 향상’이 도출되었다. 김태원 외 4인(2017)에서 국가별 BIM 기술 관련 특허를 분석한 결과 한

국(73건), 중국(2016건), 일본(31건), 미국(59건) 중 중국이 압도적으로 많았으며, 2011년부터 급격하게 성장하고 있는 것으로 분석되었다. 이는 중국이 국가 차원에서 BIM 로드맵을 처음 발표한 2011년을 기점으로 BIM 적용이 증가하고 있는 것으로 해석된다. 또한, 중국은 설계 및 시공단계 모두 ‘발주자와의 원만한 업무 관계 유지’의 성과가 가장 높았는데 국가 프로젝트에 대해 BIM 활용을 의무화하여 내수시장을 바탕으로 성장하고 있으며, BIM 활용에 외부요인의 영향을 많이 받는 것으로 해석된다. 하지만 한국의 BIM 활성화 과정과 비교해보면, 도입 초기에는 외부요인에 의한 영향이 높지만, 점차 외부요인에 의한 영향보다는 내부요인에 의한 영향이 높아질 것으로 예상되므로, 지속적인 BIM 활용성과 측정을 기반으로 체계적이고 구체적인 추진계획을 마련해나가는 것이 필요하다. 또한, BIM을 활용한 협업의 수요가 증가할 것으로 예상되므로 중국 BIM 사용자들이 프로젝트 수행 시 타 조직과 협업하기 위해 활용할 수 있는 업무지침 등과 같은 업무 프로세스의 마련이 필요하다.

한국과 중국의 BIM 활용성과를 비교한 결과, 한국과 중국 모두 BIM 활용의 필요성을 인식하고 정부 차원에서 계획 및 표준을 발표하는 등 활용 활성화를 위한 노력을 하고 있음을 알 수 있었다. 한국은 설계 시간 단축이나 외부압력에 의해 BIM을 적용하는 단계를 넘어서 설계단계에서는 설계품질을 높이고, BIM의 본질인 정보공유와 협업 도구로서 인식하고 발전해나가고 있으며, 시공단계에서는 BIM을 다양한 건설관리 분야에 활용을 확대해나가고 있는 것으로 판단된다. 반면, 중국은 아직 3D 기반 설계에 의한 기대효과인 설계변경이 용이함에 따라 설계 시간 감소와 설계품질 향상, 설계변경 및 재시공 요청 감소 등을 강조하고 있는 것으로 판단된다.

국내 기업의 성공적인 중국 진출을 위해 중점을 두어야 하는 항목은 중국이 한국에 비해 중요도와 성과가 통계적으로 유의미하게 높은 항목으로 ‘설계 시간 감소(D5)’, ‘입찰업무의 효율성 향상(D9)’, ‘발주자와의 원만한 업무 관계 유지(D10)’, ‘환경관리 효과성 향상(C8)’이 도출되었다. 이는 한국기업이 중국에 진출하기 위해서는 국가 프로젝트의 경우 입찰업무 효율성과 발주자와의 원만한 관계를 유지하기 위해서는 BIM 활용은 필수임을 알 수 있다. 또한, 중국의 BIM이 적용된 대표적인 사례로 Shanghai Tower와 Zun Tower 프로젝트가 설계의 상세화 및 가시화로 인한 재시공 방지와 사전 제작으로 에너지 효율성 확보와 건축물 폐자재가 감소한 친환경 시공의 성공사례로 발표된 바 있다. 이와 같이 중국에서는 BIM 활용의 대표적인 사례를 통해 BIM 활용을 통한 환경관리의 효과성을 인지하고 있어 다른 관리항목보다도 ‘환경관리’의 중요도가 높은 것으로 해석된다. 따라서 국내 기업이 중국의 진출 시 BIM 활용을 통한 환경관리 측면에서의 기대효과를 강조할 필요가 있다. 더 나아가 글로벌 시장에서 중국 건설기업에 차별화된 역량으로서 3D 기반 설계 활용 역량뿐만 아니라 BIM 기반의 사업 계획 및 다양한 건설관리업무에 활용할 수 있는 역량을

갖출다면 시장경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 IPA 기법을 활용하여 한국과 중국의 국가별 개선방안을 파악하는 것은 물론 도입 시기에 의한 BIM 활용 특징을 제시하면서 구체적인 추진계획 수립의 필요성을 제안한 것에 의의가 있다.

본 연구를 통해 한국과 중국의 개략적인 BIM 활성화 전략의 차이를 살펴보고, 한국과 중국의 BIM 활용현황을 파악하였다. 하지만 분석 결과가 도출된 근본 원인에 대한 심층적인 분석이 필요하며, 향후 연구에는 한국과 중국의 BIM 수용영향요인이 BIM 수용 의도로 이어지는 메커니즘을 정의한 BIM 수용모델을 비교·분석함으로써 도입 시기와 국가적 특징에 의한 차이의 구체적이고 실증적인 검증이 필요하다. 또한, 본 연구를 통해 단계별 구체적인 추진계획 수립이 필요함을 알 수 있었으며, 이뿐만 아니라 활성화 추진계획의 방향을 점검하고 모니터링할 수 있는 BIM 활용성과를 위한 체계적인 프로세스 마련에 관한 향후 연구가 필요하다.

REFERENCES

1. Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C., & O'reilly, K. (2011). Technology Adoption in the BIM implementation for lean architectural practice, *Automation in Construction*, 20(2), 189-205.
2. Chen, Y., Yin, Y., Browne, J., & Li, D. (2019). Adoption of building information modeling in Chinese construction industry: The technology-organization-environment framework, *Management Studies*, 26(9), 1878-1898
3. Chen, K., Lu, W. Peng, Y., Rowlinson, S., & Huang, G. Q.(2015). Bridging BIM and Building L Form a literature review to an integrated conceptual Framework, *International Journal of Project Management*, 33(6), 1405-1416
4. Giel, B.K., & Issa, R.R. (2011). Return on investment anlyiaia of using building information modeling in construction, *Journal of Computing in Civil Engineering*, 27(5), 511-521.
5. Hwang, J.O., Hong, Y.K., Kim, Y.I., & Park, S.H. (2010). Research and Future of Sensor Network based BIM, *Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, 28(7), 36-43
6. Kim, W.J., Song, T.S., & Lee, G. (2017). Diffusion Strategies of Major Countries through an Comparative Analysis of Their BIM Roadmaps, *Proceedings of Architecture Institute of Korea*, 37(2), 873-876.
7. Kim, T.W., Lee, J.H., Lee, Y.S., Kim, J.J., & Lee, T.S. (2017). A study on Analysis of Convergence Trends in Global BIM Market Using Patent Information, Korea, *Journal of Construction Engineering Management*, 18(3), 95-104.
8. Lee, S.K. (2014), *BIM Acceptance Readiness Evaluation Model considering Organizational Culture*, Ph.D. Dissertation, Kwangwoon University
9. Liu, H., Al-Hussein, M., & Liu, M.(2015). BIM-based integrated approach for detailed construction scheduling under resource constraints, *Automation in Construction*, 53, 29-43.
10. Matilla, J.A., & James, J.C. (1977). Importance-Performance analysis, *Journal of Marketing*, 41(3), 77-79.
11. Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2020). *2030 BIM Activation Roadmap*
12. Parasuraman, A., Zeithaml, V.A., & Berry, L.L. (1988). SERVQUAL: A multi-item scale for measuring consumer perceptions of service quality, *Journal of Retailing*, 64(1), 13-30.
13. Public Procurement Service (2010). *Roadmap for expanding 3D building technique (BIM) application*
14. SmartMarket Report (2007). *Interoperability in the Construction Industry*
15. SmartMarket Report (2017). *The Business Value of BIM for Infrastructure 2017*
16. Song, S., Yang, J., & Kim, N. (2012). Development of a BIM-based Structural framework optimization and simulation system for building construction, *Computers in Industry*, 63(9), 895-912.
17. Weisheng, L., Chi, C. L., & Tung, T. (2019). *BIM and Big Data for Construction Cost Management*, Routledge, 43.
18. Zhang, H.Y. (2021). Exploration of digital transformation path of construction enterprises, *Construction enterprise management*, 06, 54-57.
19. Ministry of Housing and Urban-Rural Development (2011). *2011~2015 Construction Industry Information Development Outline*
20. Ministry of Housing and Urban-Rural Development (2016). *2016~2020 Construction Industry Information Development Outline*

(Received Aug. 19 2021 Revised Sep. 14 2021 Accepted Nov. 11 2021)