

BIM을 이용한 건설프로젝트의 이점에 관한 사례 연구

- 국내 건축공사 사례를 중심으로 -

A Case Study on the Benefits of Construction Project with BIM

- Focusing on Domestic Project -

윤태환¹⁾, 한만천²⁾, 함남혁³⁾, 김재준⁴⁾

Yun, Tae-Hwan¹⁾ · Han, Man-Chun²⁾ · Ham, Nam-Hyuk³⁾ · Kim, Jae-Jun⁴⁾

Received October 03, 2019; Received October 19, 2019 / Accepted October 19, 2019

ABSTRACT: As a result, the areas of knowledge that received the highest score in a positive impact were areas of risk management, while those that received the highest score in a negative impact were items of software management. In addition, each project was rated according to the score obtained. The distribution of grades by project was 71% for projects above middle grade and 29% for projects below middle grade. These results show that interest in BIM technology is increasing compared to the past, actual field application and research are actively being conducted, and that real construction sites also enjoy significant positive effects in terms of project management through BIM. In addition, the company is using BIM by applying advanced digital technologies such as AI technology, laser scanning technology and drone technology in line with the era of the fourth industrial revolution. Such a steady progress in future research on BIM technology development will reduce the number of low-grade projects and many middle-grade projects are expected to be upgraded to higher-level ones.

KEYWORDS: BIM, PMBOK, Case Study

키워드: 빌딩정보모델, 프로젝트관리지식체계, 사례분석

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

BIM(Building Information Modeling)은 1980년대 기존의 CAD 기술과는 대별되는 객체 기반의 파라메트릭 모델링 기술 개발을 기반으로 1990년대 프랭크 게리의 월트디즈니 콘서트홀 및 빌바오 구겐하임 미술관과 같은 건축물에 적용하기 시작하고, 2000년대에 들어서는 BIM이라는 개념 또는 기술로 발전하게 되었다. 국내에는 2000년대 BIM 개념의 전파를 시작으로 짧은 기간 동안 국가적인 가이드라인 및 BIM 적용 발주 프로젝트까지 나오고 있

는 실정이다(Lee, 2011).

우리나라는 2012년부터 조달청에서 발주하는 500억 원 이상 공공 공사에 BIM의 적용을 의무화하였고, 2016년부터 맞춤형 서비스로 집행되는 모든 공사에 '건설 정보모델링(BIM)'을 의무화하였다(Public Procurement Service, 2015). 이와 같이 BIM기술에 대한 도입 확대에 따라서 BIM의 적용 방식이나 활용방안에 대해서 검토하거나, 실제로 BIM을 직접 도입하는 프로젝트가 점차 늘어나고 있다. 산업 규모의 대형화, 복잡화에 따른 건설 현장의 다양한 문제점들은 공정 지연 및 원가 상승 등으로 나타나며 이러한 리스크들을 해결하기 위해 기획 단계부터 BIM을 활용하여

¹⁾학생회원, 한양대학교 건축공학과 석사과정 (xoghks3349@hanyang.ac.kr)

²⁾정회원, 한양대학교 건축환경공학과 박사과정 (jina0242@hanmail.net)

³⁾정회원, 한양사이버대학교 건축도시건설공학부 디지털건축도시공학과 조교수 (nhham@hycu.ac.kr)

⁴⁾정회원, 한양대학교 건축공학과 교수 (jjkim@hanyang.ac.kr) (교신저자)

리스크의 요인을 파악하고 효율적인 관리를 하는 것이 중요하다 (Kim et al., 2016).

BIM을 통한 건설프로젝트의 효율적 관리를 위해서는 각 단계별 관련 주체들 간의 데이터 전달 및 공유, 협업이 요구되며, 장기적으로는 건설프로젝트에 BIM의 적용에 따른 기대효과에 관한 평가 및 분석은 필수적이라고 생각한다.

따라서 본 연구에서는 BIM을 적용한 국내 건설 프로젝트의 사례를 분석하고 PMBOK을 토대로 하여 평가를 진행함으로써 향후 건설 프로젝트에서 건축 시공 시 BIM기술의 적용에 관한 의사결정을 지원하는 연구가 될 것으로 사료된다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 경우 과거에 진행되었던 BIM을 적용시킨 국내 건설 프로젝트의 사례를 분석하고, 분석된 사례의 데이터를 PMBOK의 지식분야를 기반으로 하여 항목을 설정하고 평가를 진행할 것이다.

우선 BIM을 적용하여 시공한 건축물에 대하여 과거부터 현재까지의 사례들을 전체적으로 분석하기 위해 대표적인 국내 사례들의 데이터를 수집하였으며, 현재까지 국내 BIM을 도입한 건설 프로젝트를 인터넷과 학술지(KIBIM, The Bim)를 통해 조사한 결과 국내 50건의 건설 프로젝트를 정리할 수 있었고, 이 중에서 일반적인 공사개요(공사기간, 비용, 연면적 등)에 대한 정보가 수집 가능한 국내 31건의 건설 프로젝트를 대상으로 사례분석을 실시하였다.

다음으로 BIM을 도입한 건설 프로젝트 사례의 분석표를 PMBOK 지식영역에 관한 이론적 고찰을 통하여 추출된 평가항목을 BIM에 적합하게 조율하고, 분석 항목에 따라 평가를 진행하였다.

마지막으로는 평가 결과를 토대로 하여 국내 건설 프로젝트가 BIM의 활용으로 PM(Project Manager)의 관점측면에서 얻을 수 있는 이익을 분석함과 동시에 향후 나아가야 할 방향에 대한 시사점을 도출하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 BIM

건설정보모델(building information modeling, BIM)은 건축 설계를 2차원에서 3차원으로 전환하고 건축물의 모든 정보들을 통합적으로 활용하여, 프로젝트의 기획에서부터 유지관리까지 건축물의 전 생애주기에 걸쳐 프로젝트에서 발생하는 모든 정보를 생산 관리하는 기술이라고 정의하고 있다(Public Procurement Service, 2015). 이러한 BIM 운영 관리는 설계단계에서 구축

된 3D BIM Model을 이용하여 다양한 공종의 참여자들이 다양한 설계 및 엔지니어링에 대한 견적, 공정계획, 조율, 사전 제작, 설치, 승인 등의 과정을 효율적으로 수행하여야 한다(Ham and Kim, 2015). 하지만 우리나라의 전통적인 방식인 설계시공분리 방식(DDB)으로 인해 설계와 시공이 분리됨으로써 참여자 상호간의 정보처리가 효율적으로 이루어지지 못하는 한계가 존재한다(Koh, 2017). 이러한 한계점으로 인해 국내 건설프로젝트의 BIM 적용 과정에서 정보의 공유 및 교환문제, 참여자간 커뮤니티의 어려움, 2D/3D작업의 절차 및 범위, 실무자들의 실무능력 및 이해도 부족 등의 문제가 발생하고 있으며(Bae and Jun, 2010), 또한 복잡한 형태의 비정형 건축물 같은 경우에는 설계변경 및 재시공으로 인한 공사비 증대, 공사품질 저하, 공기지연 등의 문제도 빈번하게 일어나고 있는 것으로 나타났다(Kim et al, 2014).

AIA(2007)은 이와 같은 문제점들에 대한 해결책으로 IPD(Integrated Project Delivery)방식을 제시하였으며, 이는 건설 프로젝트의 기획 단계부터 조직 간의 연계가 잘 이루어질 수 있도록 한다(Maurer, 2010).

선행 연구들을 살펴보면 설계 단계와 시공 단계는 두 단계간의 협업을 통한 BIM의 활용에 있어 보다 효과적인 시너지 효과를 발생시키며, 운영 및 관리 단계에 있어 BIM은 시공 중의 일정관리 및 조율, 축적된 데이터베이스, 자재관리 등을 이용하여 보다 효율적인 운영을 한다(Kristen et al, 2012). 이렇듯 BIM은 기획으로부터 설계, 시공, 관리에 이르기까지의 단계적 측면에 활용하여 각각의 단계별로 효율적인 진행을 이끌어 낼 수 있을 뿐만 아니라, 협업을 통해 건설 프로젝트의 전생애주기에 모두 활용되어 시너지 효과를 일으킬 수 있는 가능성을 갖고 있으므로 그 활용에 따라서 다양한 리스크 관리 및 잠재적 위험에 대하여 보다 효과적인 대처방안을 만들어 낼 수 있다(Kim et al, 2016).

2.2 PMBOK

PMBOK(Project Management Body of Knowledge, 이하 PMBOK)이란 프로젝트 관리 전문분야에 대한 지식의 총체를 말하는 것으로 과거부터 현재까지의 실무 전문가들과 학계에 의해 적용되고 발전되어 왔으며, 광범위하게 적용되는 입증된 전통적인 실무수행방식들 뿐만 아니라 제한적으로 적용되어온 혁신적이고 선진적인 실무수행방식들을 포함하는 프로젝트 관리 지식 체계를 말하는 것이다(Kim, 2001). PMBOK는 두 가지로 구성되어 있다. 첫 번째는 프로젝트 관리의 이해에 필요한 기본 구조를 제공하는 프로젝트 관리 프레임 워크(Project Management Framework)이고, 두 번째는 프로젝트 관리 지식 및 실무를 프로세스적인 측면에서 9개의 지식영역으로 분류하는 프로젝트 관리 지식영역(Knowledge Area)으로 나눌 수 있다.

PMI(Project Management Institute)에서는 프로젝트 관

리 지식 영역을 표 1과 같이 9개의 지식 영역인 Integration Management, Scope Management, Time Management, Cost Management, Quality Management, HumanResource Management, Communication Management, Risk(uncertainty) Management, Procurement Management로 나누고 있다.

Integration Management는 결합과 통합 및 유기적 연결에 따른 통합적 조치에 관한 지식영역으로 정의하였다. Scope Management는 프로젝트에 포함되는 것과 포함되지 않는 것을 구분 및 정의하고 관리하며, Time Management는 프로젝트를 적시에 완료하는 것이다. Cost Management는 예산 계획 또는 비용 관리, Quality Management는 완성물의 품질 관리에 관한 전반적인 내용을 담고 있으며, Human Resource Management는 프로젝트팀에 대한 구성 또는 관리, Communication Management는 시기적절하며 충분한 정보의 생성과 수집, 보급, 저장, 처분에 대한 지식분야로 구분하였다. Risk Management는 긍정적인 사건에 대한 확률과 영향을 증가시키거나, 부정적인 사건에 대한 확률과 영향을 감소시키는 것이다. 위의 9개 지식영역에서 Procurement Management 지식영역은 본 연구의 사례분석에 관한 평가에서는 해당되는 부분이 다소 적기 때문에 항목에서 제외하였다. BIM의 적용을 위해서는 소프트웨어의 사용은 기본적으로 포함될 것이며, 소프트웨어의 종류와 적용범위에 관한 평가 내용이 필요하므로 Software issues에 관한 평가 항목을 추가하였다. 또한, BIM은 기존 전통적인 방식의 건설업에서 사용하

는 재료로 한정하지 않고, 특수하고 다양한 재료를 다수 사용하였으며, 습식공법에 대한 거부집에 관해서도 복잡하며 다양한 형상을 구현한 것에 대한 평가 항목이 필요하였기 때문에 Material Management의 항목을 추가하였다.

이에 따라 본 논문에서는 PMBOK 지식영역을 기반으로 하여 BIM의 적용에 대한 항목들을 총 10개로 설정하여 사례분석에 관한 평가를 진행하였다.

3. Case Study

3.1 Data Collection

본 연구의 사례분석에 대한 데이터 수집은 KIBIM magazine에서 2010년부터 2018년까지, The Bim에서는 2008년부터 2018년까지의 발행물에 포함된 건설 프로젝트의 데이터를 수집하였다. 이중 해외 건설 프로젝트를 제외한 국내 건설 프로젝트 50건의 데이터를 추출할 수 있었다.

다음으로는 수집된 50건의 국내 건설프로젝트 중 아직 완공되지 못하였거나 중단된 건설 프로젝트를 제외하고 일반적인 공사개요(공사기간, 비용, 연면적 등)에 대한 정보가 수집 가능한 국내 건설 프로젝트를 대상으로 재추출하였으며, 일반적인 공사개요에 대하여 부족한 데이터는 학술지와 학회 발표 자료를 참고하였고, 각 건설 프로젝트를 설계한 설계회사와 시공을 담당했던

Table 1. Success criteria based on PMBOK knowledge areas

PMBOK knowledge area	Definition(after PMI, 2008)	Criterion	Positive consideration
Integration management	Unification, consolidation, articulation, and integrative actions	Coordination	Improvement
Scope management	Defining and controlling what is and is not included in the project	Scope	Clarification
Time management	Accomplish timely completion of the project	Time	Reduction or control
Cost management	Planning, estimating, budgeting, and controlling costs	Cost	Reduction or control
Quality management	Quality planning, quality assurance, and quality control	Quality	Increase or control
Human resource management	Organize and manage the project team	Organization	Improvement
Communication management	Timely and appropriate generation, collection, distribution, storage, retrieval, and disposition of project information	Communication	Improvement
Risk (uncertainty) management	Increase the probability and impact of positive events, and decrease the probability and impact of adverse events	Risk	Negative risk reduction
Software management *	Management of the type and scope of software	Software	control
Material Management *	Management of the type and scope of materials	Material	control

* Material management and software management are the items added by the author.

시공사 등의 웹 홈페이지를 통해 부족한 데이터를 수집하였다.

그 결과 총 31건의 BIM을 적용한 국내 건설 프로젝트에 대한 데이터를 수집할 수 있었고, 발주유형, 공사기간, 공사비, 연면적, 용도, 형태, 높이, 층수별로 분류하여 정리하였다.

3.2 Data Analysis

Table 2는 총 31건의 BIM을 적용한 국내 건설 프로젝트에 대한 데이터 사례 분석표이다.

데이터 분석 항목은 총 9개이며 항목별 내용으로는 발주유형, 공사기간, 공사비, 연면적, 건물 유형, 건물 형태, 최고 높이, 지상 층 수, 지하층 수로 분류할 수 있다.

데이터 분석 결과, 발주유형은 민간 발주유형이 총 14개로 전체의 45%를 차지하였고, 공공 발주유형은 17개로 전체의 55%를 차지하였다. 이는 과거 BIM이 많이 보편화되기 전, 건설업계에 BIM 활용 수준을 제고하기 위하여 국가적 차원에서 공공사업에서의 BIM 사용을 의무화하였기 때문에 민간 발주 유형보다 공공 발주 유형에 대한 비중이 크게 나타난 것으로 판단된다. 민간 발주유형의 비중은 공공 발주유형과 3개(10%)의 근소한 차이로, 과거와 비교하였을 때 비교적 동등한 수준까지 도달하였으며 공공 발주 공사뿐만 아니라 민간 발주 공사까지도 BIM이 많이 확산되었다는 것을 알 수 있다. 이는 초고층 건축물, 비정형 건축물 등과 같이, 변화하고 있는 건축 트렌드가 민간 발주 공사까지도 BIM의 적용을 촉진시킨 것을 의미한다.

건물용도의 항목으로는 업무(Office), 주거 (Residential), 복합 (Complex), 문화(Culture), 의료(Health Care), 교육(Education)으로 총 6가지로 분류하였으며 용도별 비중이 가장 큰 순서대로 나열하면 업무시설용도는 총 12개로 전체의 39%를 차지하였고, 문화시설 용도는 총 8개로 전체의 26%, 주거시설용도와 복합시설용도는 동일하게 총 4개로 각각 전체의 13%, 의료시설용도는 총 2개로 전체의 6%, 교육시설용도는 총 1개로 전체의 3%의 비중을 차지하였다.

건물 형태는 정형(Regular) 건축물이 총 18개로 전체의 58%, 부분비정형(Partly Freeform) 건축물은 총 8개로 전체의 26%, 비정형(Freeform) 건축물은 총 5개로 전체에서 16%를 차지하였다. 부분비정형과 비정형을 모두 합하면 총 13개(42%)로 18개(58%)의 비중을 차지한 정형에 비해 5개(16%) 부족하지만, 그리 큰 차이는 없는 모습이다. 이는 건설 프로젝트에서 디지털 기술의 발전으로 과거에 일반적인 형태인 정형의 건축물이 대부분의 비중을 차지하였던 반면, 최근 들어 일반적인 형태의 정형건물이 아닌 자유로운 곡면 형태를 띠고 있는 비정형의 건축물의 비중이 점차 늘어나는 추세이다(Ryu, 2012).

프로젝트 규모는 크게 소형, 중형, 대형으로 분류할 수 있다. 소형은 300억 미만 또는 지상 15층 이하, 지하 1층 이하 또는 연

면적 10,000㎡미만, 중형은 300억 이상 1,000억 미만 또는 지상 16층 이상 30층 이하, 지하 5층 이하 또는 연면적 10,000㎡이상 100,000㎡미만, 대형은 1,000억 이상 또는 지상 31층 초과, 지하 5층 초과 또는 연면적 100,000㎡이상의 프로젝트를 의미한다(Kim, 2017).

Table 2에서 31건의 데이터를 프로젝트 규모별로 분류하면, 소형 프로젝트는 총 15개로 전체 비중의 48%를 차지하였고, 중형 프로젝트는 총 13개로 전체 비중의 42%를 차지하였다. 마지막으로 대형 프로젝트는 총 3개로 전체 비중의 10%를 차지하고 있으며, 대형 프로젝트보다는 중소형의 프로젝트들이 전체 비중의 대다수를 차지하는 것으로 나타났다.

공사기간은 24개월 미만인 프로젝트가 총 8개로 전체비중의 26%, 24개월 이상 36개월 미만인 프로젝트가 총 16개로 전체비중의 52%, 36개월 이상인 프로젝트가 총 7개로 전체비중의 22%를 차지하였으며 24개월 이상 36개월 미만의 공사기간의 프로젝트가 가장 많은 것으로 분석되었다. 이는 앞서 살펴봤듯이 대형 건설 프로젝트보다 중소규모의 건설 프로젝트가 많은 비중을 차지하였기 때문에 대체로 공사기간이 36개월 미만의 프로젝트가 가장 큰 비중을 차지한 것으로 판단된다.

4. 평가

4.1 종합적인 평가

BIM이 적용된 국내 50건의 건설 프로젝트 중에서 일반적인 공사개요(공사기간, 비용, 연면적 등)에 대한 정보가 수집 가능한 국내 31건의 건설 프로젝트를 대상으로 사례분석을 실시하였다. 이에 따라 사례 분석을 진행한 데이터를 PMBOK 지식영역을 활용하여 평가를 실시하였으며, 도출된 최종결과는 Table 3과 같다.

Table 3에서 도출된 긍정적인 영향과 부정적인 영향은 건설 프로젝트의 성공을 의미하는 지표가 아니라 긍정적인 이익이나 부정적인 이익이 발생하였다는 의미이며, 프로젝트의 점수가 음수 값이 나오더라도 음수에 해당하는 항목에 대해 부정적인 이익이 발생한 것이며, 건설 프로젝트에 적용한 BIM이 전체적으로 부정적인 이익을 준 것은 아님을 의미한다. 예를 들어, Table 3에서 P2와 P14 경우에는 -1의 점수를 보여준다. P2의 경우에는 프로젝트 정보의 생성 및 수집, 배포 및 저장, 검색 및 처분에 대해서 문제가 발생하였거나 소프트웨어적인 측면에서 어려움을 유발한 것이고, 프로젝트의 통합관리 측면에서는 긍정적인 이익을 얻은 것으로 해석할 수 있으며, 프로젝트 전반에 있어 손해를 입거나 실패한 프로젝트는 아니라고 할 수 있다.

Table 3에서 수행한 평가는 Table 4에서 긍정적인 이익 및 부정적인 이익에 대한 점수, 언급횟수, 전체 프로젝트에서의 비중으로 요약하였으며, 긍정적인 이익의 점수가 높은 순으로 나열하

Table 2. Case Study

Project	Start Date	Complete Date	Client Type	Period	Cost	Area	Building Type	Shape	Highest height	Ground Floor	Basement Floor
P1	2007-08	2010-07	Private	35 months	330 hundred million	149,771.m ²	Office	Partly Freeform	185m	39	4
P2	2007-12	2011-08	Private	44 months	169 hundred million	126,881.m ²	Residential	Partly Freeform	163m	49	2
P3	2008-01	2012-04	Public	51 months	148 hundred million	72,082.m ²	Office	Regular	42m	10	4
P4	2008-07	2010-10	Private	27 months	169 hundred million	98,221.m ²	Complex	Regular	73m	15	1
P5	2008-10	2010-02	Public	16 months	174 hundred million	2,893.m ²	Culture	Freeform	19m	3	1
P6	2008-12	2011-06	Private	30 months	59 hundred million	66,799.m ²	Office	Regular	107m	24	6
P7	2009-03	2011-12	Public	33 months	441 hundred million	83,024.m ²	Culture	Freeform	27m	4	3
P8	2009-06	2016-03	Public	81 months	239 hundred million	88,683.m ²	Culture	Partly Freeform	49m	7	2
P9	2009-10	2013-03	Private	41 months	273 hundred million	153,016.m ²	Residential	Regular	195m	58	1
P10	2010-02	2017-12	Public	37 months	142 hundred million	89,886.m ²	Culture	Freeform	55m	4	1
P11	2010-06	2012-05	Private	23 months	102 hundred million	138,312.m ²	Residential	Regular	43m	26	1
P12	2010-09	2013-05	Private	32 months	110 hundred million	88,452.m ²	Office	Regular	55m	12	5
P13	2011-03	2013-07	Public	28 months	106 hundred million	56,492.m ²	Office	Partly Freeform	102m	20	4
P14	2011-07	2013-00	Public	30 months	60 hundred million	68,157.m ²	Office	Regular	235m	9	1
P15	2011-08	2013-06	Public	22 months	74 hundred million	21,076.m ²	Culture	Freeform	61m	4	2
P16	2011-09	2014-10	Public	37 months	338 hundred million	93,222.m ²	Office	Regular	154m	31	2
P17	2011-11	2014-01	Public	26 months	53 hundred million	22,825.m ²	Office	Partly Freeform	98m	17	1
P18	2012-01	2014-07	Private	30 months	161 hundred million	70,547.m ²	Residential	Partly Freeform	52m	11	2
P19	2012-01	2012-09	Public	8 months	18 hundred million	5,966.m ²	Culture	Freeform	20m	3	1
P20	2012-07	2015-01	Public	30 months	208 hundred million	93,000.m ²	Culture	Partly Freeform	40m	5	1
P21	2012-08	2013-08	Private	12 months	18 hundred million	5,555.m ²	Office	Regular	25m	4	1
P22	2012-09	2014-12	Public	27 months	46 hundred million	36,764.m ²	Education	Regular	3m	1	1
P23	2012-11	2015-03	Public	28 months	278 hundred million	135,640.m ²	Complex	Partly Freeform	93m	20	2
P24	2012-11	2015-02	Public	27 months	135 hundred million	63,673.m ²	Complex	Regular	30m	4	1
P25	2012-12	2015-10	Private	34 months	237 hundred million	109,627.m ²	Health Care	Regular	60m	13	2
P26	2013-06	2014-12	Private	18 months	50 hundred million	15,082.m ²	Health Care	Regular	65m	15	5
P27	2013-08	2014-09	Private	14 months	250 hundred million	131,550.m ²	Culture	Regular	30m	4	2
P28	2013-11	2016-07	Private	32 months	465 hundred million	459,174.m ²	Complex	Regular	41m	3	5
P29	2014-04	2015-05	Private	13 months	37 hundred million	4,663.m ²	Office	Regular	57m	11	3
P30	2014-08	2016-12	Public	28 months	122 hundred million	45,141.m ²	Office	Regular	60m	12	1
P31	2014-10	2019-01	Public	51 months	125 hundred million	54,518.m ²	Office	Regular	80m	17	1

Table 3. Positive and negative benefits of using BIM

Project	Coord.		Scope		Time		Cost		Qual.		Org.		Com.		Risk		Soft.		Mat.		Score
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	
P1					1								1								2
P2																		-1			-1
P3					1		2		1				1		2						7
P4	1												1								2
P5					1					-2					1				1		1
P6	1				1		1						1				1	-1			4
P7															1						1
P8					1		1		1						1						4
P9	1				1												1		1		4
P10	1				1				1								1				4
P11					1		1								1						3
P12							1									2					3
P13			1																		1
P14	1													-1				-1			-1
P15	1								3				2		2						8
P16	2				1		1		1						1						6
P17	1				1																2
P18							1		1				1				2				5
P19	1				1				1		2								1		6
P20					2		1						1		1						5
P21					1		1														2
P22	1								1				3		2						7
P23	1						1		1				1		2		1				7
P24	1				1		2		1				1		1						7
P25													1		1		1				3
P26					2		3		1				1		2						9
P27													1		1		2				4
P28					1		1		1							1		1			5
P29									1		1		1		1						4
P30	1				1		1		1				1		2						7
P31							2		1				2		1		1		1		8
	Coord.		Scope		Time		Cost		Qual.		Org		Com.		Risk		Soft.		Mat.		Average
	14	0	1	0	19	0	20	0	17	-2	3	0	20	-1	25	0	11	-3	5	0	4.161

였다. 그 중, 가장 높은 점수를 획득한 항목은 프로젝트의 위험 관리에 대한 부분이었으며, 가장 낮은 점수를 획득한 항목은 범위 관리에 관한 부분이 차지하였다.

4.2 세부 평가지표에 대한 분석

4.2.1 Risk Management

가장 높은 점수를 획득한 Risk Management의 지식영역은 긍정적인 영향의 점수를 총 25점을 획득하였으며, 전체에서 18개 (58%)의 프로젝트 긍정적인 영향에 대한 부분에서 언급이 있었으며, 부정적인 영향에 대한 언급이 있었으며, 부정적인 영향에 대한 언급이 없었다. 긍정적인 언급에 대한 예로 P3은 BIM 기반의 3D모델링 및 검토를 통해 상대방의 도면오류 및 간섭을 사전에 발견하여 재시공을 방지할 수 있었으며, 누락이나 간섭이 심한 경우에는 사전에 대안을 신속하게 마련할 수 있어 BIM 적용 효과를 확인할 수 있었다. P15에서는 건설자재의 양중 가능무게,

양중계획 등 실제 건설현장에서 타워크레인을 설치하고 사용하는 과정을 BIM으로 시뮬레이션 하여 그 과정을 검토하였다. 여러 대안을 검토하는 중에 타워크레인 2호기와 기존본청 건물의 간섭이 발생하는 것을 사전에 확인하여, 타워크레인 2호기를 수직으로 약 17m, 수평으로 5m 이격하여 간섭현상을 효과적으로 해결하였다. 이렇듯 최근 건설 프로젝트가 점차 대형화되고 복잡화 되어감에 따라 프로젝트에서 다루어야 하는 정보의 양이 급격히 증가하면서 건설현장에서 다양한 문제점들이 발생하고 있다. 이러한 위험들을 해결하기 위하여 2000년대 이후, 국내 건설 프로젝트에서 BIM의 운용이 증가하고 있는 추세이며, 시공사의 경우 발주처와의 계약이 완료된 이후부터 본 공사 이전까지의 기간 동안 건설현장에서 발생 가능한 위험 요인들을 사전에 발견하여 해결함으로써 건설현장에서 시공성을 향상시키기 위한 노력이 증가하고 있다(Seo, 2018).

Table 4. The success criteria ranking of using BIM

Success Criteria	Positive benefit			Negative benefit		
	Total instances	Total number of projects	% of total projects	Total instances	Total Number of projects	% of total projects
Negative risk reduction	25	18	58.06%	0	0	0.00%
Communication improvement	20	16	51.61%	1	1	3.23%
Cost reduction or control	20	15	48.39%	0	0	0.00%
Time reduction or control	19	17	54.84%	0	0	0.00%
Quality increase or control	17	15	48.39%	2	1	3.23%
Coordination improvement	14	13	41.94%	0	0	0.00%
Software issues	11	9	29.03%	3	3	9.68%
Material improvement	5	5	16.13%	0	0	0.00%
Organization improvement	3	2	6.45%	0	0	0.00%
Scope clarification	1	1	3.23%	0	0	0.00%

4.2.2 Communication Management

두 번째로 높은 점수를 획득한 항목은 Communication Management이다. 긍정적인 영향에 대한 점수는 총 20점을 획득하였고, 전체에서 16개(52%)의 프로젝트에서 긍정적인 부분에 대한 언급이 있었다. P14에서는 정보의 공유 및 교환문제, 협업자간 커뮤니티의 어려움으로 인하여 발생한 1개의 부정적인 영향에 대한 언급이 있었다. 긍정적인 언급으로는 P4의 경우에는 BIM을 활용하여 설계도면의 시공성 검토, 인테리어 비주얼 목업을 한 사례이며, BIM을 활용하여 프로젝트 참여자인 발주처, 설계사, 시공사 간 신속한 정보공유 및 의사결정을 할 수 있었다. 또한 의사소통 부문에서 가장 높은 점수를 획득한 P22에서는 공정회의 시 BIM DATA를 활용하여 현장 관리자 및 협력업체의 작업 이해도를 높이고, BIM DATA에서 추출한 자료들이 협력업체에서 작업자들의 이해를 높이는데 이용되었다.

이는 BIM의 활용하여 작성된 3D Model로 의사소통이 향상되었다는 것을 의미하며, 도면의 BIM 설계 프로그램간의 호환을 통해 엔지니어링 정보를 상호 교류함으로써 건축, 기계, 토목, 전기 등의 업역 간의 조율을 합리적이고 효율적으로 수행할 수 있다 (Choi, 2015).

4.2.3 Cost Management

다음으로는 Communication Management와 동일하게 긍정적인 영향에 대한 점수로 20점을 획득한 Cost Management의 지식영역이다. 이 지식영역에 대해서는 모두 긍정적인 영향에 대한 언급을 하였고, 부정적인 영향에 대한 언급은 없었다. 긍정적인 영향에 대한 언급은 전체 프로젝트 중에 15개(48%)의 비중을 차지하였다.

이러한 긍정적인 영향에 대한 언급으로는 P3은 입찰부터 준공에 이르기까지의 전체 공정에 걸쳐서 별도 편성된 예산을 통한 BIM 프로젝트로 진행되었으며, 건축 과정에서 발생한 비정형이 요구되는 이슈들을 포함하여 전체 공사비의 최대 15%에 육박하는 340건의 문제점들을 미리 확인함으로써 보다 효율적인 시공에 일조한 것으로 분석되었다. P31은 설계 과정에서 BIM을 통해 적절한 자재 및 집기의 종류와 재시공의 감소를 달성함으로써 582억 원을 절감했으며, 시공 단계에서 적절한 인력의 수 등을 예측하여 122억 원을 절감하였다. P26에서는 독립기초의 전단보 강철판공법을 BIM으로 사전에 검토하여 기초두께를 1.5m 축소하고, 철근 300ton, 콘크리트 2000m³를 절감하는 성과를 달성하였다. 이처럼 BIM의 적용으로 인한 공사비의 절감에 상당한 효과가 있음을 알 수 있다.

4.2.4 Time Management

Time Management의 긍정적인 영향에 대한 점수는 총19점으로 나타났다. 전체 프로젝트 중에서 17개(55%)에서 긍정적인 효과에 대한 언급이 있었고, 부정적인 영향에 대한 언급은 없었다.

Time Management 지식영역에서 가장 높은 점수를 획득한 P20과 P26에서는 철골조와 설비 간의 간섭검토 및 커튼월과 철골조 간의 접합부에 대한 검토 등 시공성을 미리 검토하여 공사기간을 단축할 수 있었으며, 20개월이었던 공사기간도 18개월로 단축했다. 또한 P8에서는 각 자재별의 설치 순서를 미리 볼 수 있게끔 공정표에 따라서 공정시물레이션을 진행하였으며, 계약된 기간 내에 완공하기 위해 건설사가 공사일정을 조정하여 신속한 대처 및 방안을 수립할 수 있게 되어 공기단축을 꾀할 수 있었다. P10에서는 당초 계획공기는 18.5개월 공기로 분석되었으며,

BIM을 통해 16개월로 원안대비 15% 공기 단축을 실현할 수 있었다. 이처럼 BIM을 적용할 경우에 모든 설계 도면들이 3차원의 가상 건물 모델로부터 일관성 있게 생성되므로 2차원 도면들 간의 정보 불일치로 인해 발생하는 오류를 사전에 방지가 가능하다. 이러한 장점으로 인해 건설현장에서의 공기지연을 방지하여 공사가 빠르게 진행되도록 하여 전체 건설 프로젝트 팀들이 공사를 보다 신속하고 원활하게 진행할 수 있다(Kim, 2011).

4.2.5 Quality Management

Quality Management의 지식영역은 긍정적인 영향에 대한 점수에서 총 17점을 획득하였으며, 전체에서 15개(48%)의 프로젝트에서 긍정적인 영향에 대한 언급이 있었으며, 1개(3%)의 프로젝트에서는 -2점의 부정적인 영향이 나타났다.

이는 P5에서 비정형 패널 제작설계의 경험 부족으로 곡률의 연속성이 없이 제작 및 시공되었고, 가공 및 설치가 현장 실측에 의한 수작업으로 제작되어 일정한 줄눈이 형성되지 않았다.

이로 인해 품질저하가 발생하였다. 따라서 이는 비정형 패널 제작설계에 관한 경험 부족으로 나타난 부정적인 영향이지 BIM의 적용으로 인한 부정적인 영향은 아니다.

긍정적인 언급이 가장 두드러지게 나타난 P15의 경우는 설계 단계부터 BIM을 적용하여 설계의 고품질을 확보하였으며 시공 단계에서는 철근 배근 전 설치된 합판 거푸집의 시공 좌표와 Fabrication Model과의 오차를 검측을 통해 시공오차가 50mm 이상을 벗어난 구간에 대해서는 다시 거푸집을 수정작업 하여 정확하게 3D Modeling Data에 의해 콘크리트가 정밀하게 타설될 수 있도록 하였다.

또한 P8과 P10에서도 초기 설계 단계에서부터 BIM을 적극 활용하여 우수한 품질의 실시설계 납품을 하였고, 시공단계에서는 다양한 BIM 데이터를 통해 완성도 높은 건축물을 준공할 수 있었으며, P28에서는 BIM 데이터를 활용한 에너지 성능분석 및 시뮬레이션 수행으로 친환경 건축물 최우수 등급을 획득하였다.

이처럼 최근 국내에서도 비정형 건축물에 대한 관심이 높아지고 있으며 복잡하고 다양한 건설 프로젝트들이 증가하고 있다. 하지만 기존 정형 건축물의 공법을 비정형 건축물에 그대로 적용하여 균열, 누수, 접합부문의 품질저하 등의 다양한 하자가 발생하여 재시공, 공기지연 그리고 손실 부재로 인한 물량의 증가 등이 발생하고 있다(Ryu, 2013).

그러나 BIM의 적용하게 되는 경우에는 설계 과정부터 시공성을 검토하여 최적화를 진행하기 때문에 오차범위를 최소화하여 최고의 품질을 확보할 수 있게 된다.

4.2.6 Integration Management

Integration Management의 지식영역은 긍정적인 영향에 대한

점수에서 총 14점을 획득하였으며, 전체에서 13개(42%)의 프로젝트에서 긍정적인 영향에 대한 언급이 있었으며, 부정적인 영향에 대한 언급은 없었다. 긍정적인 영향에 대한 프로젝트의 예로 P16에서는 3D 형상 및 비형상정보, 설계도면의 통합관리로 필요한 정보를 빠르게 찾을 수 있었으며, 데이터들 간의 문제점 발생 시에는 3D 데이터를 커뮤니케이션 자료로 활용함으로써 분야별 협업이 용이하도록 하였다. 또한 P22와 P24는 시공단계에서 3D 객체 및 WBS-CBS 통합정보의 구축을 통해서 BIM 기반의 4D, 5D 시뮬레이션을 구현하여 시공단계에서 비용/일정 통합관리 체계를 마련하였으며, P19에서는 설계단계에서 BIM적용을 통해 도면이나 각종 일람 및 면적에 대한 정보 등이 상호 간에 유기적으로 연결되어 정보의 일관성이 유지된 건축설계가 가능해졌다.

이처럼 BIM을 통해 설계단계에서의 도면의 통합관리뿐만 아니라 시공단계에서의 WBS-CBS 통합정보도 구축되어 여러 정보들이 상호연결이 되므로 통합관리가 수월해져 공사비의 절감 및 공기단축이 가능해진다.

4.2.7 Software Issues

Software Issues의 지식영역은 긍정적인 영향에 대한 점수에서 총 11점을 획득하였으며, 전체에서 9개(29%)의 프로젝트에서 긍정적인 영향에 대한 언급이 있었으며, 부정적인 영향에 대한 점수는 총 -3점을 획득하였고, 전체에서 3개(10%)의 프로젝트에서 부정적인 영향에 대한 언급이 있었다.

긍정적인 언급의 대표적인 사례들로 P27에서는 터파기공사의 효율적인 진행을 위해 흙막이 전제도 도면을 3D 모델링화하고, 압포토 현황 물량을 입체적으로 형상화하였으며 이를 통해 압포에 따른 압 종류별로 정확한 물량산출을 통해 공사비를 절감하였다. P18에서는 신축건물의 건축높이를 변경하는 과정에서도 BIM모델을 활용하여 손쉽게 시공 가능성과 물량을 검토할 수 있었다. 결론적으로 기존설계안보다 신축건물의 높이를 1m 상향조정함으로써 토공물량을 감소시켜 공사비를 절감하고, 공기를 단축시켰다.

하지만 Software issues의 지식영역은 다른 지식영역과는 다르게 부정적인 영향에 대한 언급의 빈도수가 비교적 높은 것으로 나타났다. 부정적인 언급에 대한 사례를 살펴보면 P2에서는 일반적으로 BIM 담당자가 아닌 시공 담당자들이 BIM 모델을 활용하는 것에 어려움을 겪고 있었으며 건축, 구조, MEP가 모두 포함되어있는 통합 BIM 모델은 일반사양의 PC에서 구동하기가 어려웠다. P6과 P14의 경우에는 Rhino, Revit, ArchiCAD, SketchUP 등 무려 10 여 가지가 넘는 각 툴들 간의 상호호환성을 유지해야 했으며, 변환과정에서 손실이 발생하는 정보들을 세밀하게 검토하고, 이를 조절해야 했기에 많은 어려움이 있었다(Lee, 2010). 이렇듯 아직까지도 BIM의 소프트웨어적인 측면에서 해결되지 못

한 여러 가지 난제들이 산재해 있는 것으로 풀이된다.

4.2.8 Material Management

Material Management의 지식영역은 긍정적인 영향에 대한 점수에서 총 5점을 획득하였으며, 전체에서 5개(16%)의 프로젝트에서 긍정적인 영향에 대한 언급이 있었고, 부정적인 영향에 대한 언급은 없었다.

P5에서는 비정형의 메가트러스 철골구조와 함께 표면 부식을 방지하는 아노다이징 패널로 구성된 복잡한 건물을 시공하기 위해 기획단계에서부터 BIM을 활용해 건물의 오류나 리스크를 사전에 제거할 수 있었다. P9에서는 BIM Model을 통해 과거 건축물의 재료로 사용하지 않았던 새로운 재료인 GFRC(Glass Fiber Reinforced Concrete)를 적용하여 복잡하고 다양한 외피의 표현이 가능하였으며, P31의 경우에는 복잡한 형태의 거푸집을 3D 모델을 활용하여 추출한 제작 도면으로 공장에서 비정형 거푸집을 신속하게 제작할 수 있었다.

이처럼 기존의 일정한 형태인 정형 건축물에 제한된 재료와는 다르게 비정형 건축물 프로젝트의 경우에는 부재를 각각의 프로젝트에 맞춰 사용자화해서 3D 모델을 통하여 추출된 2D 도면을 통해 CNC Machine 등을 활용하여 제작하므로 제약 없이 다양한 부재들과 공법들을 사용할 수 있었다(Jung, 2018).

4.2.9 Human Resource Management

Human Resource Management의 지식영역은 긍정적인 영향에 대한 점수에서 총 3점을 획득하였으며, 전체에서 2개(6%)의 프로젝트에서 긍정적인 영향에 대한 언급이 있었고, 부정적인 영향에 대한 언급은 없었다.

P19에서는 BIM을 통해 인력 투입계획과 자재를 조정하여 타 작업과의 중복을 방지하였고, 인력과 자재 및 기계 등을 적재적소에 배치함으로써 불필요한 자원을 줄일 수 있게 되어 생산성을 높일 수 있었다.

건설 프로젝트의 단계별 업무공정은 복잡하게 연계되어 있으며 기획부터 설계, 시공, 그리고 유지관리에 이르기까지 각 단계별 작업은 후속 작업에 영향을 끼치며, 많은 수정작업과 오류의 발생은 인력 및 자원의 손실을 유발시키며, 이러한 문제점을 해결하기 위해서 최근 BIM을 활용하여 건설 프로젝트를 수행하고 있다(Kim, 2014). 이렇듯 BIM은 건축물의 전 생애주기에 걸쳐서 프로젝트에서 발생하는 모든 정보를 생산관리하기 때문에 앞서 말한 불필요한 인력 및 자원의 손실을 예방할 수 있다.

4.2.10 Scope Management

Scope Management의 지식영역은 의 지식영역과 동일하게 긍정적인 영향에 대한 점수에서 총 1점을 획득하였으며, 전체에

서 1개(3%)의 프로젝트에서 긍정적인 영향에 대한 언급이 있었으나 다른 지식영역에 비해 상당히 낮은 수준이었으며, 부정적인 영향에 대한 언급은 없었다.

긍정적인 언급으로 P13에서는 BIM 데이터를 통한 4D시뮬레이션으로 합리적인 공구분할을 하여 불필요한 작업시간을 제거하였다. 이로써 효율적인 공정계획의 수립 및 관리가 원활히 진행될 수 있었다.

하지만 앞서 살펴보았듯이 Scope Management의 지식영역이 다른 지식영역에 비해 긍정적인 언급이 상당히 낮은 수준인 것을 미뤄보았을 때 BIM 적용시 범위관리부문이 건설 프로젝트에서 긍정적인 효과가 두드러지게 나타나지는 못하고 있다고 판단된다.

4.2.11 소결

PMBOK을 기반으로 진행한 국내 건설프로젝트의 평가 결과로는 긍정적인 영향을 미친 지식영역은 10개의 모든 영역에서 나타났다. 전체 프로젝트 점수에 대한 평균은 4.161로 나타났고, Bryde et al(2013)의 연구 결과에서는 해외 건설 프로젝트의 BIM 활용으로 인한 이익에 대해서 분석한 결과 전체 프로젝트 점수에 대한 평균은 2.057로 나타났다.

따라서 위의 두 가지 수치를 비교하면 해외 건설프로젝트에 비해 국내 건설프로젝트가 BIM 활용으로 인한 긍정적인 영향이 더 크다는 것을 알 수 있다. 향후 BIM 기술 개발에 관한 연구가 꾸준히 진행되고, 다른 디지털 기술과 BIM을 융합시키기 위한 노력이 이루어진다면 긍정적인 영향에 대해서 더 크게 나타날 것으로 판단된다.

4.3 평가 결과를 통한 시사점

앞서 진행했던 사례분석에 대해 PMBOK을 토대로 평가를 실시하였다. PMBOK에 대한 이론적 고찰을 통하여 추출한 항목을 기준으로 삼고, 프로젝트별로 긍정적인 영향과 부정적인 영향에 대한 점수를 부여하고 합산하였다. Figure 1은 국내 건설 프로젝트의 총 합산점수를 기준으로 프로젝트별로 등급을 상 등급(6점 이상), 중 등급(3점 이상 5점 이하), 하 등급(2점 이하)으로 분류하였다. 국내 건설 프로젝트 31개에 대한 등급별 프로젝트의 수는 상 등급은 10개(32%), 중 등급은 12개(39%), 하 등급은 9개(29%)로 구분할 수 있었다. 이 결과 가장 높은 비중을 차지한 등급은 중 등급(39%)이었으며, 가장 낮은 비중을 차지한 등급은 하 등급(29%)으로 나타났다. 결과적으로 중 등급 이상이 총 22개(71%)로 총 9개(29%)인 하 등급에 비해 압도적으로 많은 비중을 차지한 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 최근 BIM 기술에 대한 관심이 점차 증가하고 있는 것을 의미하며, 실제 국내 건설현장

에서도 BIM의 적용을 통해 프로젝트 관리 측면에서 긍정적인 효과를 누리고 있는 것으로 해석된다.

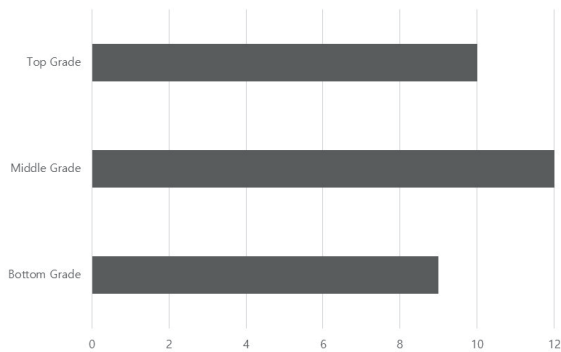


Figure 1. Summary of the evaluation

5. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구는 국내 건설 프로젝트 중에서 BIM이 적용된 건설 프로젝트를 중심으로 데이터를 수집하여 사례분석을 진행하였다. 데이터 수집은 인터넷과 학술지(KIBIM, The Bim)를 통해 이루어졌으며, 국내 50건의 건설 프로젝트를 정리할 수 있었다. 이 중에서 일반적인 공사개요(공사기간, 비용, 연면적 등)에 대한 정보가 수집 가능한 국내 31건의 건설 프로젝트를 대상으로 사례분석을 실시하였다. 사례분석은 발주유형, 공사기간, 공사비, 연면적, 건물 유형, 건물 형태, 최고 높이, 지상층 수, 지하층 수를 항목으로 선정하여 진행하였다.

기존 PMBOK의 지식영역에서 본 연구의 분석에 해당하는 부분이 적은 Procurement Management의 항목을 제외하고, Software Issues와 Material Management에 관한 항목을 추가하여 평가를 실시하였다. 각각의 지식영역에 대하여 총 10개의 항목별로 분류하여 긍정적인 영향과 부정적인 영향으로 나눠서 분석하였다. 긍정적인 영향에 대한 점수가 가장 높은 지식영역은 Risk Management항목이었으며, 전체에서 18개(58%)의 프로젝트에서 긍정적인 언급이 있었고, 점수는 총 25점을 획득하였다. 사례 프로젝트들 중 긍정적인 영향으로 가장 많이 언급된 내용으로는 설계오류 및 공중 간의 간섭을 체크하여 공기연장 요인이나 비용 증가 요인 등을 해소할 수 있다는 내용이 대다수인 것으로 나타났으며, Risk Management의 지식영역은 건설 프로젝트에서의 불확실성의 제거를 통해 비용, 공기, 품질 등과 같은 항목에 영향을 주기 때문에 다른 지식영역에 비해 상대적으로 높은 점수를 획득할 수 있었다.

또한 프로젝트 대부분에서 부정적인 영향에 대한 언급은 거의 없었으나 그중에서도 부정적인 영향에 대한 점수가 가장 높게 나타난 지식영역은 Software Management 항목이었으며, 전체에서 3개(10%)의 프로젝트에서 부정적인 언급이 있었다. 부정적인 영향의 예로는 PC사양과 같은 하드웨어적인 문제나 소프트웨어 간의 상호호환성 등의 문제가 대부분이었으며, 이로 인해 프로젝트 자체의 성패에 큰 영향을 미치지 않았다. 따라서 향후 다양한 소프트웨어 간의 상호호환성 및 변환 과정에 따른 손실에 대한 연구가 지속적으로 진행된다면 이러한 문제들은 충분히 개선될 수 있을 것으로 보인다.

평가에 대한 내용을 간략히 요약하면 Figure 1과 같이 각각의 프로젝트별로 획득한 점수에 따라 등급을 부여할 수 있다. 상 등급이 부여된 프로젝트는 10개, 중 등급이 부여된 프로젝트는 12개, 하 등급이 부여된 프로젝트는 9개로 중 등급 이상인 프로젝트는 총 22개(71%)로 하 등급에 비해 무려 13개(42%)가 많다. 이 결과를 살펴보면 과거에 비해 BIM 기술에 대한 관심은 높아지고 있으며 실제 현장적용과 연구가 활발히 진행되고 있는 것으로 판단되며, 실제 건설 현장에서도 BIM을 통해 프로젝트 관리 측면에서 상당한 긍정적인 효과를 누리고 있는 것으로 파악된다.

또한 과거 국내 건설회사의 BIM 도입 수준은 부분적이며 단기간의 효과만을 목적으로 하는 등의 초보적인 단계에 그쳤지만 현재는 BIM의 기술향상 뿐만 아니라 BIM 전문 인력과 하드웨어 및 소프트웨어와 같은 BIM 인프라가 구축됨으로써 기업들이 조직적인 BIM 도입을 위한 노력으로 건설사의 생산 체계를 혁신하고 성과를 향상시키고 있다. 또한 4차 산업혁명시대에 발 맞춰 AI 기술, 레이저스캐닝 기술, 드론 기술 등의 첨단 디지털 기술 등을 접목하여 BIM을 활용하고 있는 추세이다. 이렇듯 향후 BIM 기술 개발에 관한 연구가 꾸준히 진행된다면 하 등급의 프로젝트는 줄어들 것이며 다수의 중 등급 프로젝트들은 상 등급으로의 업그레이드가 이루어질 것으로 예상된다.

본 연구는 BIM을 적용한 국내 건설 프로젝트 31개의 사례조사 및 평가를 실시하였다. 본 연구를 기반으로 하여 향후 건설 산업에서 BIM의 적용에 관한 의사결정을 지원하며, 건설 프로젝트에서 성공적인 결과물을 얻어낼 수 있을 것으로 기대한다.

References

AIA, AIA TAP BIM AWARDS, 2005–2016, <http://www.aia.org/aia-architects> (Dec. 24, 2018).

Bae, K. J., Jun, H. J. (2010). A Study on Barriers to the Adoption of BIM and Change in Mind, Journal of Architectural Institute of Korea, 5(2), pp. 1–11.

- Barlish, K., Sullivan, K., (2012). How to Measure the Benefits of BIM – A Case Study Approach, *Journal of Automation in Construction*, 24, pp. 149–159.
- Bryde, D., Broquetas, M., Volm, J. M. (2013). The project benefits of building information modelling (BIM). *International journal of project management*, 31(7), pp. 971–980.
- Choi, J. H., Ryu, H. G. (2015). Application and Effects Analysis of BIM(Building Information Modeling) for Construction Management of a Construction Field, *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 15(1), pp. 115–121.
- Gugto Ilbo, 2016, BIM, cost reduction, air shortening effect 'excellent', <http://www.ikld.kr> (Feb, 22, 2019).
- Ham, N. H., Kim, J. J. (2015). A Case Study on BIM Operating and Performance Measurement in Construction Phase, *Journal of KIBIM*, 5(2), pp. 1–11.
- Jung, E. S., Kim, S. J., Ham, N. H., Moon, S. K., Kim, J. J., (2018). A Case Study on the Project Benefit of Digital Fabrication in Construction Projects, *Journal of KIBIM*, 8(2), pp. 29–40.
- Kim, H. J. (2010). The Study on the BIM Application Effect for Defect Prevention of Apartment Housing, *Journal of Architectural Institute of Korea*, 38(1), pp. 726–729.
- Kim, H. J. (2011). The Study on the BIM Application Effect for Defect Prevention of Apartment Housing, Masters Thesis, Dongeui University, pp. 1–74.
- Kim, H. J. (2017). A Correlation Analysis of Construction Elements through Case Analysis of Domestic and Foreign BIM Projects, *Journal of KIBIM*, pp. 2–12.
- Kim, J. H., Shin, M. H., Kim, C. H., Choi, Y. W., Han, S. C., Kim, H. Y. (2016). An Effectiveness Analysis of Building Information System (BIM) for Risk Management, *Crisisonomy*, 12(12), pp. 13–21.
- Kim, K. J. (2001). CM/PMBOK, *Journal of Construction engineering and management*, 2(3), pp. 109–113.
- Kim, Y. H., Jo, B. N., Kim, H. S., Kang, L. S. (2016). Development of Function Classification System for BIM Application by Construction Project Phases, *Crisisonomy*, pp. 400–401.
- Koh, S. H., Ham, N. H., Lee, J. S., Yoon, S. W., Kim, J. J. (2017). Comparison Analysis of BIM Level in the Domestic and Overseas BIM Projects – Focused on BIM Jornal and Award Winning Projects, *Journal of KIBIM*, 7, pp. 25–35.
- Lee, J. S. (2011). A Study on the Application of BIM to Architectural Field, *Ssangyong Engineering*, 60, pp. 30–38.
- Lee, J. Y. (2010). Korea Power Exchange (KPX) Project Case, *The Bim*, 4, pp. 27–29.
- Public Procurement Service, 2016, Expanding the application of custom service BIM, <https://www.pps.go.kr> (Feb. 20, 2019).
- Ryu, J. W. (2012). Digital Technologies for Freeform Building in Korea, *Journal of the Korea Academia Industrial cooperation Society*, 13(9), pp. 4259–4265.
- Seo, H. C. (2018). Minimizing Risk in Early Stage of Construction using BIM, *Journal of Architectural Institute of Korea*, 38(1), pp. 726–729.