

목표달성기여도와 예상적용효과에 의한 시공단계 BIM 주요 업무 도출

- 공공부문 공동주택 건설사업 사례를 중심으로 -

Identification of Major BIM-applicable Tasks with Contribution to Achieving Objectives and Expected Benefit in Construction Stage: Focused on the Case of Public Apartment Housing Projects

송상훈¹⁾, 방종대²⁾, 손정락³⁾

Song, Sanghoon¹⁾ · Bang, Jong-Dae²⁾ · Sohn, Jeong-Rak³⁾

Received August 02, 2019; Received September 27, 2019 / Accepted September 27, 2019

ABSTRACT: As a central part in smart construction, BIM has been rapidly spread in construction industry at large. However, the level of applying BIM in construction stage is still relatively lower than that in design stage due to unclear application method, inadequate design BIM model, technical faults of BIM itself, etc. Under these circumstances, public owners inevitably need to adjust the scope and pace in BIM application considering their internal support and capabilities of contractors. This study aims to suggest major BIM-applicable tasks during construction stage in the process of establishing gradual long-term and short-term introduction strategy for public apartment housing projects. Those major tasks were identified with the combination of the importance of tasks and the future benefits of BIM using IPA method. To do so, the degrees of contribution to achieving objectives in construction, current task execution, and communication requirement were investigated by internal site managers. On the other hand, the expected benefits and current level of using BIM were assessed by BIM experts. Among operational tasks by phases, design review, construction plan review, making as-built drawing, etc. were categorized as major tasks. In addition, progress control, regular meeting, master schedule development, work inspection, on-site quality check, etc. were also drawn as major tasks by management areas. The results of this study will provide the useful reference for owners concerned about the introduction of new technologies.

KEYWORDS: Construction-BIM, Contribution to Achieving Objectives, Expected Benefit, Major BIM-applicable Tasks

키 워 드: BIM, 목표달성기여도, 예상효과, 주요 BIM적용업무

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

BIM은 시설물의 전자적 표현을 바탕으로 건설프로세스를 혁신할 수 있는 최신 정보기술로서 국내외적으로 건설분야 전반에 걸쳐 빠른 속도로 확산 중이다.

우리나라의 경우 국가차원에서 정책적으로 공공건설사업을 중심으로 하는 단계별 BIM 확대 전략이 수립되어 진행 중이다. 국토교통부가 건설 생산성 혁신과 안전성 강화를 위해 스마트 건설 기술을 육성할 목적으로 배포한 로드맵에서(MOLIT, 2018) BIM은 설계단계에서의 스마트 설계와 시공단계에서 공사관리를 지원하는 스마트 건설기술 확산에 있어 핵심적인 역할을 담당한다.

¹⁾정회원, 한국토지주택공사 토지주택연구원 수석연구원 (ssong@lh.or.kr) (교신저자)

²⁾정회원, 한국토지주택공사 토지주택연구원 선임연구위원 (jdbang@lh.or.kr)

³⁾정회원, 한국토지주택공사 토지주택연구원 연구위원 (jrsohn@lh.or.kr)

국외에서도 미국, 싱가포르를 비롯하여 유럽 각국에서는 BIM 도입을 위한 중장기 계획 수립, 관련 표준 제정, 가이드라인 배포 등을 통해 의무적용과 인센티브 제공을 병행함으로써 산업 전반의 경쟁력을 제고하고 있다(Cheng and Lu, 2015).

현재 설계단계에서의 BIM 활용은 여전히 실질적 측면에서의 보완이 요구되는 실정이지만, 오류 저감, 간섭요인 제거 등을 통해 설계품질 향상에 기여한다는 긍정적인 효과가 입증되고 있다. 그에 비해 상대적으로 시공단계와 유지관리단계에서의 BIM 적용 실적은 부족한 상황이다(Kim, 2017; Kang et al., 2017). 이는 조직 내에 BIM 운영기반이 갖추어지지 않은 것과는 별개로 설계 BIM 성과물 자체가 미비했으며, 시공단계 활용을 위한 업무체계와 활용방법이 정립되지 않은 데에 주로 기인한다.

특히, 공공건설사업에서는 시공단계 과업을 제시하는 발주자 측면에서 BIM을 통해 얻고자 하는 바가 명확하지 않다. BIM 적용의 실효성을 극대화하기 위해서는 초기에 구축된 모델을 후속단계의 활용방식에 맞추어 지속적으로 연계하는 것이 필요하다는 점에서 시공단계, 사용단계의 BIM 활용에 대한 구체적인 밑그림이 요구된다.

또한 BIM이 충분한 기대효과를 발휘하며 활용되기 위해서는 도입의 목적과 목표를 설정하고 발주자가 요구하는 사항 또는 계약자 조직 내의 필요성에 부합하는 시스템을 갖추어야 한다(Jung, 2012; Jo, 2010). 즉 건설사업에 대한 BIM 적용방안을 수립하는 과정에서는 조직의 운영방향과 사용자가 업무수행과정에서 요구하는 바를 반영하여야 한다. 건설사업의 시공단계에서 요구사항이 시설물유형, 사업유형, 현장특성 등을 고려하여 정해져야 그에 따라 맞춤형 BIM 모델 제작, 업무수행방식을 정의하는 가이드 제공, 프로세스 변경 등이 가능해진다. 아울러 시공단계 전반에서 일괄적으로 BIM을 적용하는 것은 건설사의 현재 BIM 수행역량과 같은 환경요인을 고려할 때 제약이 따르므로, Jo(2010)가 논의한 바와 같이 적용성이 높은 업무를 중심으로 점진적 확산을 도모하는 것도 BIM 도입계획에 있어 하나의 대안이 될 수 있다.

이에 따라 본 연구는 건설사업의 시공단계 업무 수행의 목표에서부터 업무의 특성에 이르는 조직적 요구를 파악하고, 여기에 BIM을 비롯한 스마트 건설기술의 현재 기술수준과 장래 예상적용효과를 조합함으로써 BIM 도입을 계획하고 있는 공공 발주자가 참고할 수 있는 단기적, 중장기적 BIM 적용 핵심 업무를 도출하고자 하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 공공부문의 공동주택 건설사업 전과정에 BIM을 적용하는 방안을 수립하는 과정에서 시공단계 업무 가운데 BIM을 중심으로 하는 스마트 건설기술의 적용이 가장 필요하면서 효과

를 가져올 수 있는 업무를 도출하는 것을 주된 내용으로 한다.

연구의 진행과정에서 건설사업 시공단계에 달성하고자 하는 목표, 수행하는 업무 등은 '공공주택을 공급하는 발주자'의 관점으로 한정하여 정리하였다. 본 연구의 주요 내용은 다음과 같다.

① 시공단계 BIM 적용 방식 파악

국내외에서 제시하고 있는 시공단계 BIM 활용방식을 기관별 가이드라인과 선행연구를 참조하여 파악하였다.

② 시공단계 발주자 업무 및 업무특성 정리

발주자의 시공단계 수행 업무를 내부지침으로 정리하고, 현장 관리 전문가를 통해 업무특성을 조사하였다.

③ BIM 등 스마트 건설기술의 적용성 평가

시공단계 각 업무와 공종에 대해 적용가능한 스마트 건설기술을 정리하고, 기술 적용에 따라 예상되는 기대효과, 현재의 적용 수준 등으로 구분하여 평가하였다.

④ 단계적 BIM 도입을 위한 전략적 주요 업무 도출

업무 특성 조사결과를 통해 산정된 중요도와 BIM 적용가능성을 조합하여 BIM 적용 시 높은 효과를 기대할 수 있는 우선 적용 대상을 단기대상, 중장기대상으로 구분하여 도출하였다.

연구 진행과정에서는 다음과 같은 방법을 활용하였다.

① 선행연구 등 문헌 검토

시공단계 BIM 적용 업무에 대한 선행연구, 국내외 주요기관의 시공 BIM 적용 지침 등 문헌을 정리하였다.

② 사내외 전문가 설문

발주기관 사내 전문가를 대상으로 시공단계 업무의 특성에 대한 설문을 실시하고, 민간부문 BIM 관련 전문가들은 BIM 적용성 평가 설문에 응답하도록 하였다.

③ 사례 조사

공공부문에서 BIM 과업을 포함하여 발주된 사례에서 시공단계에서의 관련 과업을 정리하였다.

2. 예비적 고찰 및 연구방향 설정

2.1 공공부문 시공단계 BIM 적용방식

2.1.1 국내 공공기관 가이드라인과 사례

1) 조달청과 LH의 제안 범위

국내에서 시공단계에서의 BIM 활용계획을 수립하기 위해 기본적으로 참조하는 자료는 조달청의 "시설사업 BIM 적용 기본지침서(v1.32)(PPS, 2017)"라고 할 수 있다. 한국토지주택공사에서 배포한 "LH BIM 활용 가이드(v1.0)(LH, 2018)"의 경우 시공 이전 설계단계의 내용에 있어서는 다소의 차이가 있으나, 시공단계에서의 업무와 내용은 조달청 지침서의 내용을 대부분 따르고 있다.

두 자료는 시공단계에서의 BIM 적용 목적을 공정, 공사비 공사 현장 효율을 증대하는 것으로 설정하고, 유지관리단계까지 BIM 데이터를 활용하고자 하였다. BIM 활용범위는 기본범위와 확장 범위로 구분하고, 시공단계에서 활용할 수 있는 주요 BIM 업무는 사업 특성, 성격, 요구에 따라 선택적으로 활용가능하도록 처리 하였다.

우선 기본범위는 Table 1과 같이 시공단계에 BIM 적용을 고려 하는 사업에 기본적으로 적용하는 과업이다.

Table 1. Basic scope of BIM application in construction phase

Objectives	Detailed Uses
Support for establishing BIM work environment	· Support for establishing work environment such as education(training) program, systems to use BIM data, etc.
Development of Construction BIM data	· Development of BIM data by modifying and complementing BIM data from detailed design
Development of shop (fabrication) drawings	· Development of shop drawings/fabrication drawing based on the drawings extracted from BIM data
Clash detection and constructibility review	· Eliminating the physical clashes among trades in advance · Solving problems and difficulties in construction
Alternative review and design change support	· Analysis of factors related to design change · Alternative review for enhancing construction performance

기본범위 과업은 실시설계단계에서 제작된 BIM모델을 기반으로 시공에 필요한 데이터를 보완하여 활용하는 것을 원칙으로 하며, 시공자의 제안내용 이외에 추가적인 데이터 작성이 필요한 경우, 추가 비용 및 부담주체, 시간과 모델링 범위 등을 발주자와 협의하여 결정할 수 있으며, 세부 작업 대상은 시공자의 제안 범위에 따르거나 발주자와 협의하여 결정하도록 하고 있다.

확장범위에는 발주자 요구 또는 BIM 업무수행계획서에 포함된 경우에 선택적으로 수행하는 Table 2와 같은 업무가 해당된다.

Table 2. Expanded scope of BIM application in construction phase

Objectives	Detailed Uses
Schedule simulation (4D)	Connection of BIM factors with schedule management on site
Estimation of basic data for quantities	Estimation and verification of accurate material quantities for on-site tasks
Development of as-built model	Development of as-built model and input of related information for the purpose of maintenance management after completion
Development of visualized material	Utilization of BIM information in quality management, safety management, on-site training, etc. to support construction

시공자 제안 내용에 따라 그 범위가 결정되며, 발주자의 요구에 따라 확장 범위의 업무가 추가되는 경우 발주자와 추가 비용 및 부담주체, 시간과 모델링 범위 등을 협의하여 결정하도록 한다.

2) 한국도로공사의 추진사항

공공발주기관 중 하나인 한국도로공사는 첨단기술 기반의 스마트 시공관리 전략 수립을 위해 시공단계 Ex-BIM을 추진하였다 (Jin et al., 2018). 특히 별도의 매뉴얼이 제공되는 시공단계에서는 설계단계 BIM 성과물이 효과적으로 활용되도록 하고, 이후 단계를 고려하여 모델과 정보의 연계성을 확보하는 것을 중요시하였다. 그 중 시공관리 측면에서는 3차원 전자도면, 시공상세도 작성, 3차원 공사관리 및 계획, 공정계획(4D), 가상목업 등 10가지 활용방안을 제안하고 BIM 목표와 특성, 현장 여건을 고려하여 실제 적용방안을 협의하도록 하였다.

3) 공동주택 발주 과업 사례

최근 공동주택 건설사업의 시공단계에 BIM 과업을 포함시킨 사례에서도 잠재적 BIM 활용방식을 살펴볼 수 있다. 해당 사례의 입찰안내서에 기술된 관련 과업은 Table 3과 같다. 과업은 크게 기본과업과 입찰참가자가 제안하는 과업으로 구성되었으며, 기본과업에는 시공BIM 수행계획서 작성, 시공 전과 시공 중으로 구분한 단계에 걸쳐 BIM을 활용한 업무지원 등이 포함되어 있다

Table 3. BIM-related tasks in construction (case of bidding guide)

A. Basic tasks
1. Establishment of construction-BIM development plan using BIM data from detailed design
2. Pre-construction BIM
① Creation of work environment for using BIM data(system, training, etc.)
② Plan of connecting schedule management on site with BIM objects
③ Modification and complementation of design BIM data for use in construction
3. On-going Construction BIM
① Shop drawings and fabrication drawings using BIM data
② Removal of physical clashes among trades
③ Support of problem-solving on problems and difficulties in construction
④ Support of analyzing factors of design change and reviewing alternatives
⑤ Support of reviewing alternatives for enhancing construction performance
⑥ Support of estimating accurate material quantities for construction works
⑦ Support of providing BIM data for construction management such as quality and safety management, on-site training, etc.
⑧ Development of as-built record and drawings for maintenance after completion
⑨ Field layout, quality control and real-time progress report using mobile devices with BIM data
B. Proposed tasks
1. Estimation using BIM data from detailed design
2. Establishment of BIM data and EVMS system (4D simulation +5D cost control)

2.1.2 국외 공공기관 시공단계 BIM 적용방식 제안사례

1) PSU와 미국공병단의 활용방식

Pennsylvania State University(PSU)의 Computer Integrated Construction Research Group (Messner, 2019)에서는 BIM 수행계획을 수립하는 과정에서 참고할 수 있는 BIM 활용방식 25개를 제시하였다. 또한 각 활용방식에 대한 개요, 포함하는 가치, 요구자원, 사용자 역량, 참고문헌 등을 설명해 놓았으며, 이러한 활용방식을 기획, 설계, 시공, 사용 등의 사업단계별로 나열하여 살펴볼 수 있도록 하였다. 시공단계에 대해서는 간섭관리, 현장 배치계획, 디지털목업, 디지털조립, 현장작업·장비계획, 이력관리 등의 활용방식이 포함되어 있다. 미국공병단(US Army Corps of Engineers, 2012)의 경우에도 이를 참조하여 BIM 수행계획서를 작성하도록 하고 있으며, 간섭관리(3D 코디네이션)와 이력관리(record modeling)는 시공단계 필수과업으로 지정하고 있다.

2) 싱가포르 BCA의 활용방식

싱가포르의 Building and Construction Authority (BCA)(2013)는 시공사들이 입찰단계, 시공전단계, 시공단계 등에서 BIM을 활용할 수 있는 방식을 Table 4와 같이 제안하였다. 또한 시공협의, 시공상세도작성, 복잡부위 시공절차검토, 현장측량, 선조립, 준공도면제작, 시설관리모델 구축 등 시공단계 과업에 대해 상세하게 제시하였다.

Table 4. Suggested BIM uses for contractors by BCA

Stage	Suggested BIM Uses(contractor only)
1. Tender	a. Developing BIM Model(s) b. Cost Estimation c. Site Planning (Logistic Planning)
2. Pre-Construction	a. Reviewing Consultant Models b. Model-based Project Planning and Scheduling
3. Construction	a. Construction Coordination b. Shop Drawings and Model c. Sequencing Complex Construction d. Setting Out and Verification on Site e. Prefabrication f. As-Built models g. Model for Facility Management

3) 핀란드 COBIM 제안방식

핀란드에서는 2007년 발간된 공공부문의 가이드라인을 기초로 하여 2012년 14개 장으로 구성된 COBIM을 제정하였다(Karppinen et al., 2012). 그 중 Use of Models in Construction에서는 시공단계에서의 BIM 활용과 이를 위한 요구사항, 시공자의 역할, 준공도면 관련 데이터 전달 등을 정의하고 있다.

2.2 유사 선행 연구 검토 및 시사점

본 연구의 수행방향을 설정하고 독자성을 확보하기 위해 시공단계 업무에 대한 BIM 활용가능성을 검토한 선행 연구의 내용을 확인하였다. 우선 Shin (2010)은 기대효과, 기술적 구현가능성, 사회전반적 인프라에 대한 분석을 토대로 BIM 적용가능 CM 업무 12개에 대한 BIM 적용 활성화를 위한 기본방향을 제시하였다. 그에 따라 설계 적정성 검토와 공간간 간섭/시공오류 검토 업무에 대해 BIM을 우선 적용하는 것이 바람직한 것으로 판단하였다. 또한 Lee et al. (2011)은 CM에서 BIM을 효과적으로 활용할 수 있는 업무를 적용가능성과 효과를 중심으로 정리하였다. 그 결과, 시공단계 CM 업무 10개 중 만회공정계획, 안전 프로그램 작성, 예산 및 비용관리, 설계변경 비용관리 등이 적용효과가 가장 높았으며, 실제 적용가능성의 경우 안전 프로그램 작성과 만회공정계획 등이 높게 나타났다. Kim et al. (2015)은 54개 BIM 기능들에 대해 중요도와 만족도의 수준을 조사하고, IPA 분석기법을 사용하여 철도시설공사에서 적용할 수 있는 기능을 파악하였다. 이를 통해 중요도와 만족도가 모두 높은 영역에 있는 모델링, 물량·비용산출, 간섭검토, 4D~6D시뮬레이션 등이 우선 고려해야 하는 BIM 기능으로 나타났다.

그 외에 BIM 지식을 갖춘 CM 실무자 면담을 통해 BIM의 적용이 가능한 CM 업무를 도출하였거나(Yu et al., 2013), 건설사업관리 성공요인 우선순위를 바탕으로 건설사업관리에 대한 BIM 적용가능성을 실제 사례를 통해 분석한 연구(Shim et al., 2010a)가 있었다. 그리고 PMIS에서 BIM 도입이 우선적으로 요구되어지는 모듈을 파악하거나(Jeon et al., 2007), 군집분석을 통해 106개 BIM 요소기술의 개발 우선순위를 분석한 연구(Yun, 2016), BSC 관점에서 BIM이 건설사에 미치는 영향요인을 도출하고 우선순위를 평가하여 중점관리 요인을 정리한 연구(Shim et al., 2010b) 역시 본 연구와 유사한 맥락의 내용을 포함하고 있었다.

선행 연구의 내용을 살펴본 결과 본 연구는 일반적 상황 하에서 분석을 수행한 기본 문헌보다 나아가 특정 기관 내에서 수행되는 특정 시설물유형인 공동주택 관련 업무를 분석대상으로 하는 만큼 해당 조직의 특성이 구체적으로 업무 평가에 반영될 수 있어 연구 측면에서 충분히 의미를 가질 수 있을 것으로 판단되었다. 아울러 선행 연구와 같이 부분적인 업무에 한정하지 않고, 발주자 내부 지침에 따라 시공단계에 수행되는 모든 업무가 평가대상에 포함되도록 하였다. 그리고 본 연구에서 목표로 하는 주요 적용업무를 도출함에 있어서는 Shin (2010)과 Lee et al. (2011)을 BIM 적용성 평가항목 구성에 있어 참조하고, Kim et al. (2015)에서 적용한 IPA 방법론을 주요 업무 분석에 도입하는 것으로 절차를 구성하였다.

2.3 시공단계 BIM 주요 적용업무 도출방안

2.3.1 주요 적용업무 도출의 목적

BIM 기술의 도입을 고려할 때 비용 대비 효과성을 따진다는 의미에서 BIM을 어떠한 업무에 적용할 것인지 정의하는 것은 중요한 문제가 될 수 있다.

본 연구에서 업무 고유 특성과 BIM 관련 특성에 대한 조사는 BIM이 우선 적용되어야 하는 업무를 파악하는 과정으로서, BIM을 적용함으로써 조직 내 구성원들 사이에서 체감효과가 가장 크고, 조직 측면에서 사업 목표 달성에 가장 크게 기여하는 업무의 선정에 목적이 있다.

2.3.2 주요 적용업무 도출을 위한 개념 설정

일반적인 시각에서 그 자체로 시공단계에서 중요한 업무이거나, BIM을 적용했을 때 성과가 향상되거나, 또는 업무 수행 상의 문제 해결에 BIM이 대안이 될 때 BIM을 우선 적용할 수 있는 업무로 판단할 수 있다. 본 연구에서는 선행연구 검토결과를 바탕으로 업무의 중요도와 BIM 적용효과를 주축으로 하고, 현재 업무 수행실태, BIM 적용수준 등을 참고하여 주요 적용업무를 도출하였다.

그 중 업무의 중요도는 공동주택 시공단계에서 목표성과로 설정하는 품질, 공사기간, 공사비(예산), 안전성 등을 확보함에 있어 각 업무의 개별 목표연관성(degree of objective relativeness, *DoR*)을 바탕으로 하였다. 나아가 이들을 중요도와 조합하여 각 업무의 '목표달성기여도(degree of contribution to achieving objectives, *DoC*)'를 정의하였다. 그리고 발주기관의 시공단계 역할과 업무수행양상을 이해하고 있으며, 충분한 업무 경험과 지식을 보유한 내부 전문가들이 이를 평가하도록 하였다.

또한 BIM을 적용함으로써 기존에 비해 업무 수행 수준이 향상되는 정도를 'BIM 예상적용효과(degree of expected benefit, *DoB*)'로 정의하여 파악하였다. BIM 적용에 의한 변화를 평가함에 있어서는 해당 업무 또는 작업의 특성을 비롯하여 BIM 기술의 속성에 대해 이해하고 동향을 파악하고 있는 전문가가 필요하다. 이에 민간건설사에서 시공단계 BIM 적용을 담당하는 전문가들로 하여금 다양한 스마트 건설기술의 적용에 따라 기대할 수 있는 업무 수행능력 향상 정도를 평가하도록 하였다.

이에 따라 BIM 우선 적용업무는 중요도인 '목표달성기여도'와 기대효과인 'BIM 예상적용효과'의 조합으로 도출하였고, '업무 수행충실도(degree of task execution, *DoE*)', '의사소통요구도(degree of communication requirement, *DoCR*)', 'BIM 현재적용수준(degree of current application, *DoA*)' 등 추가 조사내용을 참고하였다.

2.3.3 주요 적용업무 도출 절차

주요 적용업무는 Figure 1에서 설명하는 바와 같은 방법과 절차에 따라 도출하였다.

① 시공단계 업무의 정리

발주자가 시공단계에 처리하는 업무를 정리하였다. 업무는 현장에서 준공까지 진행단계별로 수행되는 업무, 공사를 관리하기 위한 관리영역별 업무, 현장작업과 관련된 기술업무 등 3개 부문으로 구분하여 목록화하였다.

② 업무 특성 정의

3개 부문으로 정리된 업무에 대해 중요도, 실제 수행현황, BIM 연관특성을 조사하였다. 업무의 중요도는 각 업무가 공동주택 건설공사의 목표를 달성하는데 기여하는 정도를 사내 전문가들의 설문응답을 통해 정리하였다.

③ BIM 적용 효과와 수준 평가

BIM 전문가들의 의견을 반영하여 각 업무에 적용가능한 기술과 기대효과, 그리고 현재 수준을 파악하였다.

④ 장단기적 BIM 활용 핵심업무 도출

중요도와 적용 효과를 중심으로 IPA 기법을 활용하여 중장기적인 주요 업무를 도출하고, 단기적으로 BIM 확산에 촉매제가 될 수 있는 기능을 추가로 선정하였다.

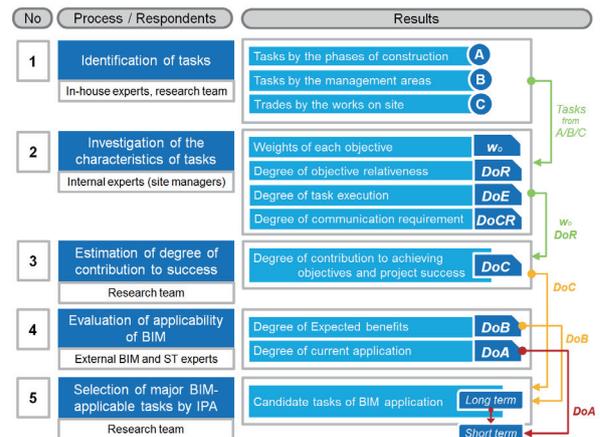


Figure 1. Procedure of identifying BIM-applicable tasks

3. 공동주택 건설사업 시공단계 업무 특성 분석

3.1 시공단계 업무 정리

기관에서 자체적으로 시행하는 공동주택 건설공사에서 발주자로서 수행하는 업무의 정리는 기본적으로 사내 지침을 기반으로 하되 다음의 순서에 따라 진행하였다.

우선 검토 대상 지침을 확인하고, 지침 내용에 따라 업무를 파악하여 업무명역, 업무명, 문서, 참여자별 역할 등의 요소를 정리

Table 5. List of tasks and trades during construction stage

(A) Tasks by Phases of construction			(B) Tasks by Management Areas			(C) Trades in Apartment Construction Works			
Phase	Section	Code / Task Name	Area	Code / Task Name	Classification	Code / Task Name			
Commencement Phase	Commencement Tasks	a-1	Schedule Management	b-1	Developing master schedule	Temporary/Earth Works	c-1	General temporary works	
		a-2		b-2			Progress control	c-2	Earthworks
		a-3		b-3			Weekly/monthly meeting	c-3	Pile/foundation works
		a-4		b-4		Status reporting	Structural Works	c-4	Formworks
		a-5		b-5		Managing milestones		c-5	Rebar works
		a-6		b-6		Control completion date		c-6	Concrete works
		a-7		b-7		Quality assurance plan		c-7	Waterproof works
Site Operation Phase	Labor Management	a-8	Quality Management	b-8	On-site quality check	Architectural Works	c-8	Masonry works	
	Document Management	a-9		b-9	Quality penalties/excellence		c-9	Plaster works	
	Technology Review	a-10		b-10	Work inspection		c-10	Tile works	
		a-11	b-11	Construction surveillance	c-11		Interior works		
		a-12	b-12	Review design for safety	c-12		Paper works		
	Contract Management	a-13	Safety Management	b-13	Safety management planning		Finishing Works	c-13	Painting works
		a-14		b-14	Safety inspection			c-14	Metal works
		a-15		b-15	Managing hazards(risks)			c-15	Windows works
		a-16		b-16	Safety/health training			c-16	Furniture
	Bankruptcy Management	a-17	b-17	Safety facilities installation	c-17		Insulation		
	Complaint Management	a-18	b-18	CCTV monitoring	c-18		Roofing		
			b-19	Safety management cost	c-19		Miscellaneous		
	Completion Phase	Completion Tasks	a-19	Environment Management	b-20		Safety accidents reporting	Mechanical Works	c-20
a-20			b-21		Environment management plan	c-21	Sewage treatment/ Drainage		
a-21			b-22		Environment inspection	c-22	Heating system		
a-22			b-23		Waste management	c-23	Fire control		
a-23			b-24		Environ. factors/facilities mgt.	c-24	Plumbing fixture		
a-24			b-25		Environment disaster report	Electrical/ Tele-com. Works	c-25		Electrical works
a-25			b-26	Subcontract inspection	c-26		Fire protection		
a-26			b-27	Managing subcontract payment	c-27		Info-communication		
a-27			Material Management	b-28	Contractor-buying materials	Civil/ Landscape Works	c-28	Elevator	
a-28				b-29	Owner-supplying materials		c-29	Civil works(accompanying)	
a-29				b-30	Processing defected materials		c-30	Landscape	
a-30									

하였다. 또한 정리된 내용에 대해 국토교통부 기준인 “건설공사 사업관리 검토기준 및 업무수행지침”, “건설사업관리 대가기준” 등과 교차 확인하여 발주자 업무 누락 여부를 일차적으로 검증한 후, 사내외에서 수행된 선행연구 결과와 비교하여 내용을 보완하였다.

위의 절차에 따라 진행단계별 사업운영 업무 30개, 관리영역별 사업관리 업무 30개로 구성된 업무 목록을 도출하고, 스마트 건설기술 적용현황 등을 보다 다각도로 파악하기 위해 내역서와 공정표에 포함된 공종을 기준으로 세부공종 30개를 현장기술 업무로 정리하였다. Table 5는 조사대상 업무와 세부공종의 전체 목록을 보여준다.

3.2 시공단계 업무 특성 조사개요

3.2.1 조사 대상과 항목

주요업무를 도출하기 위한 업무별 목표달성기여도를 산정하고, 기여도 계산에 필요한 업무 특성을 조사하도록 한다. 업무의 경우 업무진행단계별 업무 30개, 관리영역별 업무 30개 등 총 60개 업무를 조사 대상으로 하였다.

조사 대상 업무 특성은 시공단계에서 해당 업무의 중요도에 해당하는 목표달성기여수준과 업무수행현황 등 두 영역으로 구분하여 파악하였다. 우선 건설사업의 목표에 있어서는 프로젝트성 공과 측정지표에 대한 선행연구(Chan, 2010; Yu, 2012; Dodge Data & Analytics, 2018)의 내용과 평가의 용이성을 고려하여 품질, 공사기간, 공사비, 안전 등 4가지로만 한정하였다. 또한 BIM의 효과, 평가에 대한 기존 문헌(Bryde et al., 2013; Kam et al., 2016)을 참조하여 업무수행현황에서 의사소통요구도를 평가하여 주요 적용업무 도출 시 참고 데이터로 사용할 수 있도록 하였다.

목표달성기여수준 영역에서는 두 항목을 평가하였다.

① 목표 우선순위(w_o) 평가

공동주택 건설사업 시공단계에서 달성해야 하는 목표를 고품질 달성, 공사기간 준수, 공사비 관리, 현장 안전 확보 등 4가지로 설정하고 상호 우선순위를 파악하였다.

② 업무의 목표연관성(DoR) 평가

각 업무가 품질, 공사기간, 공사비, 안전 등 4개 주요 목표와 관련된 수준을 5점 척도로 조사하였다.

업무수행현황 영역에서의 평가 항목은 아래와 같다.

① 업무수행충실도(DoE) 평가

현재 공동주택 건설현장에서 해당 업무가 지침에서 정한 바에 따라 적정하게 수행되고 있는지, 부실하고 문제가 많은지를 5점 척도로 조사하였다.

② 의사소통요구도($DoCR$) 평가

해당 업무의 수행 또는 문제해결에 있어 여러 공종이나 다양한

참여자들이 관여되어 있어 의사소통이나 조정이 필요한 수준을 5점 척도로 조사하였다.

3.2.2 응답자 정보

설문서는 사내 현장소장과 본사 유관부서에 배포하고 응답지를 회수하였다. 74부를 배포하여 24부가 회수되어 회수율은 32.4%이었으며, 24부 가운데 근무경력이 10년 미만인 직원이 응답한 3부를 제외하고, 총 21부로 결과를 분석하였다. 응답자에 대한 기본 정보는 Table 6과 같다.

Table 6. Basic information of internal respondents

Professional field			Years of career (Construction)		Years of career (Site manager)	
Field	No.	Ratio	Average	22.3 yrs.	Average	16.3 yrs.
Architecture	20	95%	Maximum	33 yrs.	Maximum	25 yrs.
MEP	1	5%	Minimum	11.3 yrs.	Minimum	4 yrs.

3.3 시공단계 업무 특성 조사결과

3.3.1 시공단계 목표 우선순위

4개의 목표 관련 점수를 단일한 목표달성기여도(DoC)로 조합하기 위해서는 공동주택 건설공사의 목표 우선순위를 조사하여 목표별 가중치를 도출하여야 한다.

이를 위해 응답자에게 품질, 공사기간, 공사비, 안전, 기타 등을 대상으로 우선순위를 정하게 한 결과를 활용하여 Table 7과 같이 상대적 중요도를 각각 30.95%, 27.62%, 12.86%, 28.57% 등으로 계산하였다.

Table 7. Priorities and weights of objectives

Objective	Nos. of 1st rank	Nos. of 2nd rank	Nos. of 3th rank	Nos. of 4th rank	Nos. of 5th rank	Score	Weight (%)
Quality	6	11	4	0	0	65	30.95 (w_q)
Time	6	6	7	2	0	58	27.62 (w_t)
Cost	0	1	4	16	0	27	12.86 (w_c)
Safety	9	3	6	3	0	60	28.57 (w_s)
Etc.	0	0	0	0	4	*excluded from factors	

Table 8. Tasks with high relativeness to each objective (tasks by phase)

Rank	Quality relativeness			Time(schedule) relativeness			Cost relativeness			Safety relativeness		
	DoR _q	Tasks		DoR _t	Tasks		DoR _c	Tasks		DoR _s	Tasks	
1	4.67	Users' pre-inspection	a-23	4.62	Bankruptcy report/resume	a-17	4.48	Design change	a-14	4.48	Site condition analysis	a-1
2	4.57	Design review	a-4	4.52	Site condition analysis	a-1	4.24	Design review	a-4	4.24	Kick-off meeting	a-2
3	4.52	Construction plan review	a-10	4.14	On-site labor management	a-8	4.00	Bankruptcy report/resume	a-17	4.00	Construction report	a-3
4	4.48	Shop drawing approval	a-11	4.00	Design review	a-4	3.76	Rock inspection	a-12	3.81	On-site labor management	a-8
5	4.38	Bankruptcy report/resume	a-17	4.00	Construction plan review	a-10	3.67	Site condition analysis	a-1	3.71	Temp. facilities installation	a-7
6	4.24	Inspection of completion	a-19	3.95	Rock inspection	a-12	3.67	Contract amendment	a-15	3.43	Construction plan review	a-10
7	4.10	On-site labor management	a-8	3.90	Inspection of completion	a-19	3.62	Payment review	a-13	3.38	Rock inspection	a-12
8	4.00	Defect check and repair	a-27	3.67	Shop drawing approval	a-11	3.52	Construction plan review	a-10	3.19	Design review	a-4
9	3.90	Making as-built drawing	a-20	3.67	Design change	a-14	3.52	Shop drawing approval	a-11	3.14	Shop drawing approval	a-11
10	3.90	Commissioning	a-22	3.62	Kick-off meeting	a-2	3.43	On-site labor management	a-8	3.14	Bankruptcy report/resume	a-17

3.3.2 업무별 목표 연관성

Table 8은 진행단계별 업무들에 대한 목표연관성(DoR) 조사결과를 목표별 순위에 따라 나열하여 보여준다. 분석에 앞서 내적일관성에 의한 척도의 신뢰성을 평가하는 크론바하 알파(Cronbach's α) 계수를 확인하였다. 진행단계별 업무(k=30), 관리영역별 업무(k=30)를 대상으로 한 목표관련성 모든 평가항목에서 계수가 0.9를 상회하여 통계적 분석에 적합한 것으로 판단되었다.

고품질 달성과 밀접하게 관련있는 업무의 경우 입주자 사전점검(4.67), 설계서 등 검토(4.57), 시공계획서 검토(4.52), 시공상세도 승인(4.48) 등과 같이 검사 또는 검토 업무가 상위를 차지하였다.

공사기간 목표에 대해서는 부도보고 및 공사 재추진(4.62), 현장여건조사(4.62), 현장인력 관리(4.14), 설계서 등 검토(4.00), 시공계획서 검토(4.00) 등이 밀접한 관련성을 가지는 것으로 나타났다.

공사비 목표에 대해서는 비용 상승에 영향을 많이 주는 설계 변경(4.48), 설계서 등 검토(4.24), 부도보고 및 공사 재추진(4.00), 암반검사(3.76), 현장여건조사(3.67), 계약금액 조정(3.67) 등의 업무들이 상단에 위치하였다.

안전성 확보와 관련있는 업무로는 현장여건조사(4.48), 착공간담회 실시(4.24), 착공신고(4.00), 현장인력 관리(3.81), 가설시설물 설치(3.71) 등이 있었다.

관리영역별 업무의 경우 목표와 관리영역이 일치하는 업무들이 해당 목표 관련성에서 상위를 차지하였다.

3.3.3 목표달성기여도 산정

개별 업무의 목표달성기여도(DoC)는 우선순위에 따른 각 목표의 우선순위(w_o)와 업무별 목표연관성(DoR)을 활용하여 산정하였다⁴⁾.

그 결과 Table 9에서 보는 바와 같이 진행단계별 업무 가운데 목표달성기여도가 높은 업무로는 부도보고 및 공사 재추진(4.04), 설계서 등 검토(3.98), 현장인력 관리(3.94), 시공계획서 검토(3.94), 시공상세도 승인(3.75) 등이 있었다. 또한 관리영역별 업무 중에는 시공확인(3.94), 공사 진도관리(3.93), 공사기한 조정(3.87) 등의 목표달성기여도가 높은 것으로 나타났다.

Table 9. Tasks with high degree of contribution(DoC)

Rank	Tasks by phases			Tasks by management areas		
	DoC	Tasks		DoC	Tasks	
1	4.04	Bankruptcy report/resume	a-17	3.94	Work inspection	b-10
2	3.98	Design review	a-4	3.93	Progress control	b-2
3	3.94	On-site labor management	a-8	3.87	Control completion date	b-6
4	3.94	Construction plan review	a-10	3.85	Managing milestones	b-5
5	3.75	Shop drawing approval	a-11	3.79	Weekly/monthly meeting	b-3
6	3.61	Design change	a-14	3.76	Developing master schedule	b-1
7	3.59	Inspection of completion	a-19	3.74	On-site quality check	b-8
8	3.54	Site condition analysis	a-1	3.71	Quality penalties/excellence	b-9
9	3.46	Rock inspection	a-12	3.70	Owner-supplying materials	b-29
10	3.36	Users' pre-inspection	a-23	3.61	Construction surveillance	b-11

⁴⁾아래 수식으로 각 업무(i)의 목표달성기여도를 산정함
 $DoC_i = DoR_{qi} \times w_q + DoR_{ti} \times w_t + DoR_{ci} \times w_c + DoR_{si} \times w_s$

3.3.4 업무수행현황 평가 결과

업무수행현황을 살펴보기 위해 각 업무에 대해 업무수행충실도(DoE)와 의사소통요구도(DoCR)를 조사하였다. 우선 두 평가항목에 대해 크론바하 알파 계수는 최소 0.898로서 분석에 적합한 것으로 나타났다.

업무수행현황 평가결과를 개별 업무 수준에서 살펴보면, 업무수행충실도(DoE)의 경우 입주자 사전점검(4.57)이 가장 문제없이 수행되는 업무로 생각하고 있었으며, 그 외 시운전, 준공청소, 준공도면 완성 등의 충실도 점수가 높았다. 준공후 사후평가(3.05), 착공신고(3.10) 등은 충실도 측면에서 하위에 위치했으나, 보통수준(3.0)을 상회하는 점수를 고려할 때 지속적인 개선을 위한 검토가 필요할 정도인 것으로 판단된다.

의사소통요구도(DoCR)는 의사소통이나 조정이 요구되는 수준을 업무별로 조사한 것이다. 현장운영 업무 중에는 입주자 사전점검(4.29), 준공검사(4.05), 부도보고 및 공사 재추진(4.0), 준공도면 완성(4.0), 시공계획서 검토(3.86), 민원보고 및 처리(3.86) 등이 상대적으로 의사소통과 협의가 많이 요구되었다. 또한 관리영역별 업무 가운데에서는 공사기한 조정(4.14), 공사예정공정표 작성(3.86) 공사 진도관리(3.86), 공사 진행회의(3.71), 중간공정관리일 관리(3.71), 시공확인(3.71), 시공과정 입회(3.71) 등 공정관리와 품질관리 영역의 업무들에 있어 요구수준이 높았다.

4. 건설사업 시공단계 BIM 주요 적용업무 도출

4.1 BIM 적용성 평가

4.1.1 BIM 적용성 평가 개요

향후 시공단계 업무에 적용가능한 첨단기술들을 파악하고, 그에 따라 참여자들이 기대할 수 있는 효과를 검토하였다. 조사항목은 업무별로 적용이 가능한 스마트 건설기술, 그들을 적용했을 때 예상되는 효과, 현재적용수준 등으로 구성하였다. 조사대상이 되는 단위업무는 진행단계별 30개, 사업관리영역별 30개, 세부공종별 30개 등 총 90개였다.

설문서는 민간부문 건설사에서 BIM 관련 업무를 수행하는 담당부서 소속 전문가들이 응답한 총 18부의 설문서를 입수하여 분석에 활용하였다. 응답자의 개략적인 기본 정보는 Table 10과 같다.

4.1.2 BIM 적용성 평가 결과

각 업무와 세부공종에 BIM을 비롯한 스마트 건설기술을 적용한 경우 기대할 수 있는 예상적용효과는 일종의 미래가치로서 현재 수준에서의 체감효과와는 구분되는 의미이며, 다음과 같이 평가 결과가 나타났다.

진행단계별 업무에 있어 예상적용효과(DoB)는 설계서 등 검토(4.33)가 가장 높았고, 확인 측량 실시(4.0), 현장여건조사(3.83), 시공계획서 검토(3.83), 시공상세도 승인(3.67) 역시 적용 효과가를 것으로 예상되었다.

또한 관리영역별 업무에서는 공사 진도관리(4.28), 공사예정공정표 작성(4.06), 공사 진행회의(4.0), 공정 현황보고(3.78), 시공확인(3.61) 등에서 BIM 적용 기대효과가 높았고, 세부공종 중에서는 오배수공사(4.33), 토공사(4.22), 콘크리트공사(4.22), 철근공사(4.11), 가설공사(4.06) 등 건축 마감공사보다는 기계공사, 토공사, 골조공사 등에서 적용효과가 높을 것으로 예측되었다.

업무와 세부공종에 대한 기대효과와 현재적용수준(DoA)을 점수에 따라 순위를 두고 나열해 보면, 기대효과 상의 순위와 적용수준 상의 업무 순서가 크게 다르지 않았다. 현재적용수준의 경우 다음과 같은 특징을 보였다.

- ① 상위에 있는 업무의 점수와 하위에 위치한 업무들의 점수 차이가 많이 나는 것을 확인할 수 있었다.
- ② 적용수준에서 가장 순위가 높은 설계서 등 검토(2.50)나 공사 진도관리(2.72)의 경우에도 보통수준(3.0)에 해당하는 점수에 다소 미치지 못하는 것으로 나타났다.
- ③ 운영부문, 관리영역부문, 현장기술부문 등 3개 부문 사이에서도 차이가 있었다. 즉 현장기술 업무의 전체 적용수준 평균은 1.91로 진행단계별 사업운영 업무(1.12), 사업관리 업무(1.06)에 비해 상대적으로 높은 수준에 있었다.

Table 10. Basic information of respondents

Department			Currently assigned to dept. exclusive for BIM (Y/N)			Professional field		
Category	No.	Ratio	Category	No.	Ratio	Category	No.	Ratio
HQ	14	78%	Yes	10	56%	Architecture	16	89%
Site	4	22%	No	8	44%	MEP	2	11%
Years of career (Construction)		Years of career (BIM-related)		Number of experienced projects using BIM (avg.)				
12.4 yrs. (average)		8.6 yrs. (average)		All		23.8		
				Construction-BIM		17.3		

4.2 BIM 주요 적용업무 도출

4.2.1 주요 적용업무 도출방식

본 연구에서는 시공단계 업무의 중요도와 BIM 적용에 따른 기대효과에 대한 사내외 전문가들의 평가결과를 중심으로 BIM 적용에 의해 사업에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 항목을 파악하고자 하였다.

이를 위해 복잡한 통계기법을 사용하지 않고 간편하게 중요한 인을 파악하는 유용한 기법인 IPA 방법론을 참조하였다(Kim et al., 2013). 즉 목표달성기여도와 예상적용효과를 양 축에 배치하

고, 사분면의 위치에 따라 전략적으로 채택해야 하는 항목을 선정하도록 하는 분석을 시도하였다. 즉, 목표달성기여도와 BIM 기대효과가 동시에 평균 이상으로 높은 수준에 있는 이상단 업무들을 일단 중점 적용 업무로 분류하되, 기대효과가 향후 적용가능한 기술의 활용도를 바탕으로 한 미래적 가치라는 점을 고려하여 이들을 중장기적 적용대상으로 정의하였다.

아울러 점진적 활용범위 확대라는 개념 하에서 장기적인 관점을 토대로 추진되어야 하는 주요 업무 중 현재의 BIM 적용수준이 상대적으로 높은 것에 대해서는 “단기 핵심 업무”로 선정하였다. 단기 핵심업무의 경우 되도록 설계모델 또는 시공통합모델을 활용하여 수행이 가능하며, 타 스마트 건설기술의 복합 적용 시에도 BIM이 중심이 되는지의 여부도 확인하였다. 이러한 단기 핵심 업무는 Small BIM 또는 Basic BIM의 일환으로 우선 추진하고서 장기적으로 타 업무로 BIM 적용을 확대할 수 있도록 한다.

Table 11. DoC and DoB of tasks in site operational phase

Tasks and Classification		DoC		DoB	
		Score	Rank	Score	Rank
On-site labor management	a-8	3.94	2	2.94	4
Daily reports management	a-9	2.94	10	2.28	8
Construction plan review	a-10	3.94	2	3.83	1
Shop drawing approval	a-11	3.75	4	3.67	2
Rock inspection	a-12	3.46	6	2.89	6
Payment review	a-13	3.15	8	2.94	4
Design change	a-14	3.61	5	3.06	3
Contract amendment	a-15	2.81	11	2.67	7
Contract status check	a-16	3.16	7	1.44	9
Bankruptcy report/resume works	a-17	4.04	1	0.67	11
Complaints reporting and processing	a-18	2.97	9	1.22	10
Average		3.43	-	2.51	-

Table 12. Major BIM-applicable tasks in phases of construction

Tasks by project phase during construction		Parameters			Short-term core task	Applicable smart technologies										
		DoC	DoB	DoA		BIM (Cloud)	Big data	Simulation /VR	AR	Ubiquitous Connection	3D Printing	3D Scanning	Intelligent robot	UAV /Drone	Sensor	
Commencement phase	Design review	a-4	3.98	4.33	2.50	1st	●	◐	◐	○		○	○		○	
	Site condition analysis	a-1	3.54	3.83	2.39	2nd	○	○	○	○		○	◐	○	●	○
	Temporary facilities installation	a-7	3.24	3.33	2.11	-	●	○	◐	○		○	◐	○	○	
Site operation phase	Construction plan review	a-10	3.94	3.83	2.11	1st	●	◐	◐	○		○	○	○		
	Shop drawing approval	a-11	3.75	3.67	1.67	2nd	●	○	○	○		○	○	○	○	
	On-site labor management	a-8	3.94	2.94	1.33	-	○	○				◐		○	○	◐
	Design change	a-14	3.61	3.06	1.28	-	●	○	◐	○		○	○	○	○	○
	Rock inspection	a-12	3.46	2.89	1.44	-	◐	○	○	○		○	●	○	○	
Completion phase	Inspection of completion	a-19	3.59	3.44	1.22	2nd	●	○	○	○			●	○	○	○
	Users' pre-inspection	a-23	3.36	2.67	0.89	-	◐	◐	○	○		○	○	○		○
	Making as-built drawing	a-20	3.02	3.50	1.39	1st	●	○	○	○			◐	○	○	○
	Defect check and repair	a-27	3.04	2.22	1.11	-	◐	◐	○			○	○	○		○

4.2.2 진행단계별 운영업무 분석결과

진행단계별 운영업무는 건설공사의 진행에 따라 시차를 두고 수행된다는 점에서, 착공단계, 현장운영단계, 준공단계 등 단계별로 주요업무를 도출하였다. Table 11은 현장운영단계 11개 업무의 목표달성기여도와 BIM 적용에 따른 기대효과의 수치와 순위를 보여준다.

Figure 2는 Table 11의 DoC와 DoB에 따라 현장운영단계 11개 업무를 그래프 위에 배치한 예를 보여준다.

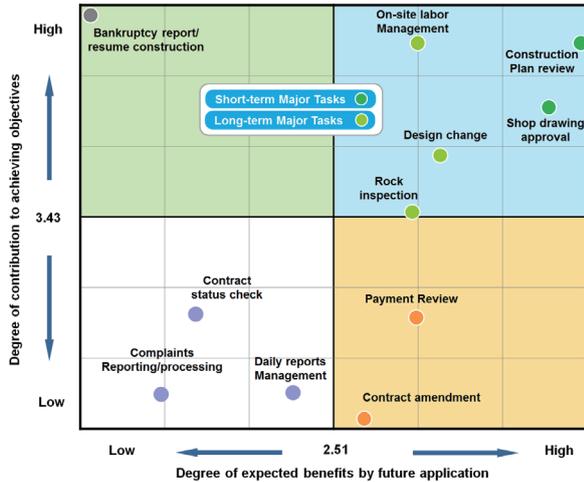


Figure 2. Identifying major tasks in site operational phase

위에서 현장운영단계를 예로 들어 설명한 방식을 진행단계별

로 진행하여 Table 12와 같이 주요 업무를 정리할 수 있다. 착공 업무 중에서는 설계서 등 검토, 현장여건조사, 가설시설물 설치 등이 주요 업무로 분류될 수 있다. 또한 현장운영단계 업무 중에서는 시공계획서 검토, 시공상세도 승인, 현장인력 관리, 설계변경, 암반검사 등이 주요 업무로 분류되었다. 준공업무 중에서는 준공검사, 입주자 사전점검, 준공도면 완성, 하자검사/보수 등이 주요 업무로 분류되었다.

단기 핵심업무의 경우 착공업무와 현장운영 업무 중에서는 중장기 주요업무로 상단에 있는 '설계서 등 검토 업무'와 '시공계획서 검토 업무'가 주요 업무 목록 상의 타 업무보다 현재적용수준 (DoA)이 높아 단기적으로 소화가능한 과업으로 선정되었다. 준공단계 관련 업무들의 현재적용수준이 전반적으로 낮은 가운데, 타 업무에 비해 적용수준이 높은 '준공도면 작성 업무'를 단기 핵심업무로 선정하였다. 또한 각 단계에서 '현장여건조사', '시공상세도 승인', '준공검사' 등을 2순위 단기 핵심업무로서 추진할 수 있다.

Table 12와 13의 우측에 있는 적용가능한 스마트 건설기술은 BIM 적용에 따른 기대효과 평가 시 파악한 것으로 적용계획 수립 시 준비에 참고할 수 있다. 기호는 설문에 참여한 전문가들이 선택한 수에 따라 달린 것으로 해당 기술이 업무에 활용될 수 있는 정도를 구분하여 보여준다. ●는 해당업무에서 그 기술을 사용한다는 것이 대체로 명확하게 확립되었다는 의미로서 주된 기술을 의미하고, ◐는 아직 명확하지 않고 혼재된 상황으로 판단되는 부수적 기술이며, ○는 아직 실무적으로 적용하지 않은 이론적, 실험적용단계의 기술로 정의하였다.

Table 13. Major BIM-applicable tasks in management areas

Tasks by management areas		Parameters			Short-term core task	Applicable smart technologies										
		DoC	DoB	DoA		BIM (Cloud)	Big data	Simulation /VR	AR	Ubiquitous Connection	3D Printing	3D Scanning	Intelligent robot	UAV /Drone	Sensor	
Schedule mgt.	Developing master schedule	b-1	3.761	4.056	2.167	3rd	●	◐	●	○		○	○		○	
	Progress control	b-2	3.932	4.278	2.722	1st	●	◐	●	○		○	◐	○	◐	○
	Weekly/monthly meeting	b-3	3.786	4.000	2.667	2nd	●	○	●	○		○	○	○	◐	○
	Managing milestones	b-5	3.853	2.444	1.056	-	◐	○	◐	○		○	○	○	○	○
	Control completion date	b-6	3.871	2.278	1.000	-	◐	◐	◐	○		○	○		○	
Quality mgt.	On-site quality check	b-8	3.737	3.333	1.556	5th	●	○		○			◐	○	○	○
	Work inspection	b-10	3.942	3.611	2.000	4th	●	○	○	○			●	○	○	○
Safety mgt.	Review design for safety	b-12	3.530	3.111	1.444	-	●	◐	◐	○	○	○	○		○	○
	Safety management planning	b-13	3.444	2.833	1.389	-	●	○	◐	○		○				
Material mgt.	Contractor-buying materials	b-28	3.422	2.333	1.167	-	◐	○	○		○	○	○	○	○	○
	Owner-supplying materials	b-29	3.696	2.556	1.167	-	◐	○	○		○	○	○	○	○	○

4.2.3 사업관리영역별 업무 분석결과

사업관리영역별 업무의 경우 업무 수행의 동시성, 담당자 유사성 등을 고려하여 총 30개 업무를 동시에 비교하고 주요업무를 도출하였다. Figure 3은 목표달성기여도와 예상적용효과에 따라 전체 업무를 배치한 것이다.

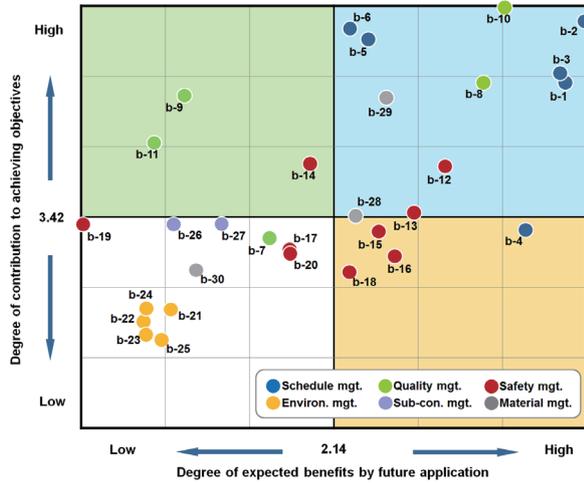


Figure 3. Identification of major tasks by construction management areas

Table 13에서 보는 바와 같이 1차 장기적 주요업무에는 공정관리, 품질관리, 안전관리, 자재관리 등의 4개 영역의 업무가 포함되었고, 환경관리와 하도급관리에서는 해당되는 업무가 없었다.

공정관리 영역에서는 공사예정공정표 작성(b-1), 공사 진도관리(b-2), 공사 진행회의(b-3), 중간공정관리일 관리(b-5), 공사기한 조정(b-6) 등 5개 업무에서 목표달성기여도(DoC)와 예상적용효과(DoB)가 높은 것으로 파악되었고, 품질관리 영역의 현장 품질점검(b-8)과 시공확인(b-10), 안전관리 영역의 설계의 안전성 검토(b-12)와 안전계획서 작성(검토)(b-13), 자재관리 영역의 사급자재 관리(b-28)와 지급자재 관리(b-29)도 BIM 적용계획 수립 시 중심이 되어야 하는 주요업무로 선정되었다.

이 중 현재적용수준(DoA)를 고려하여 총 5개의 업무를 전략적인 단기 핵심업무로 선정하였다. 1순위부터 순서대로 보면 '공사 진도관리', '공사 진행회의', '공사예정공정표 작성', '시공확인', '현장 품질점검' 등 공정관리와 품질관리를 중심으로 Figure 3에서 최우상단에 위치한 업무들이 여기에 해당되었다.

5. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 공공부문 발주기관에서 시행하는 공동주택 건설사업의 시공단계에서 BIM의 우선적인 적용을 고려할 수 있는 업무들을 도출함으로써 단계적인 BIM 도입을 위한 기초자료를

제공하고자 하였다.

이를 위해 시공단계에서 수행하는 업무를 진행단계별 운영업무, 사업영역별 관리업무, 세부공종별 기술업무 등 3가지 부문으로 구분하여 정리하고, 이들에 대해 업무적 특성과 BIM 등 스마트 건설기술의 적용가능성을 평가함으로써 BIM 도입의 관점에서 중요하게 다루어질 수 있는 업무들을 파악하였다.

그 결과 운영업무 중에서는 착공단계의 '설계서 등 검토(단기 1순위)', '현장여건조사(단기 2순위)', '가설시설물 설치' 등이 주요업무로 분류되었고, 현장운영단계에서는 '시공계획서 검토(단기 1순위)', '시공상세도 승인(단기 2순위)', '현장인력 관리', '설계변경', '암반검사' 등이 주요업무로 분석되었다. 준공업무 중에서는 '준공검사(단기 2순위)', '입주자 사전점검', '준공도면 완성(단기 1순위)', '하자검사/보수' 등이 주요 업무로 도출되었다.

사업관리업무에 있어서는 공정관리, 품질관리, 안전관리, 자재관리 등의 4개 영역, 총 11개 업무가 주요 업무로 도출되었고, '공사 진도관리', '공사 진행회의', '공사예정공정표 작성', '시공확인', '현장 품질점검' 등이 단기 핵심업무로 정리되었다.

공공부문의 건설사업에 BIM을 도입하는 것은 민간부문 참여자들의 BIM 수행역량과 조직 내 지원수준을 고려하여 범위와 속도를 조절할 필요가 있다. 본 연구에서의 결과는 중장기적으로 점진적 적용범위 확대를 포함하는 BIM 도입전략을 구상하는 경우 참고할 수 있는 유용한 자료가 될 것으로 예상된다.

본 연구의 결과에 따라 정리된 중단기적 주요 업무에 대해서는 현재의 기술수준, 시공자, 사업관리자, 발주자 등 참여자 각각의 역할을 고려하여 상세한 가이드를 작성하고, 시공단계에 정해진 활용이 가능하도록 사전에 모델 구축 시 요구사항을 반영하는 방법을 정의하는 등의 후속작업이 요구된다. 또한 향후 실제 공동주택 건설사업의 발주에 사용되는 현장설명서, 입찰안내서 등에 주요업무를 BIM 관련 과업으로 포함시키고, 조직 내부의 관련 지침과 프로세스 개정이 뒤따라야 할 것이다.

감사의 글

본 논문은 한국토지주택공사(토지주택연구원)가 수행한 "공동주택 시공단계 BIM 적용에 관한 연구" 결과의 일부임

References

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.

- Building and Construction Authority (2013). BIM essential guide for contractor.
- Chan, A. (2001). Framework for measuring success of construction projects, CRC for Construction Innovation, pp. 8–13.
- Cheng, J. C. P., Lu, Q. (2015). A review of the efforts and roles of the public sector for BIM adoption worldwide, *Journal of Information Technology in Construction*, 20(27), pp. 442–478.
- Dodge Data & Analytics (2018). The key performance indicators of construction, Autodesk, pp. 5–14.
- Jeon, S. H., Yun, S. H., Paek, J. H. (2007). A study on analysis of the correlation between Building Information Modeling and project management information system, *Proceedings of AIK Conference 2007*, 27(1), pp. 757–760.
- Jin, J. H., Wang, M. H., Shim, C. S., Kang, J. Y. (2018). Policy toward Ex-BIM & manual of construction phase for smart construction site, *Magazine of KIBIM*, 8(4), pp. 56–66.
- Jo, C. W. (2010). Present and future of the roles of BIM actors, *Review of Architecture and Building Science*, 54(1), pp. 41–44.
- Jung, Y. S. (2012). BIM and IPD of facility construction owners, *Cad & Graphics*, 2012(3), pp. 124–126.
- Kam, C., Senaratna, D., McKinney, B., Xiao, Y., Song, M. (2016). The VDC scorecard: formulation and validation, CIFE, Stanford University, pp. 10–16.
- Kang, B. C., Cho, C. W., Lee, W. J., Han, J. S., Park, S. H. (2017). Plan for improving effectiveness of BIM application and case studies, Public Procurement Service, pp. 151–153.
- Karppinen, A., Lennox, M., Lehto, M., Maalahti, J., Kiviniemi, M. (2012). Common BIM requirements 2012(v 1.0): Series 13. Use of models in construction, COBIM project parties, pp. 10–17.
- Kim, H. J. (2017). Analysis of applicability of BIM to architectural construction sites, *Construction Technology*, Ssangyong Engineering & Construction Co., pp. 68–73.
- Kim, H. R., Lee, N. K., Jang, H. S. (2013). Analysis of competency assessment using IPA for construction project managers, *KJCEM*, 14(1), pp. 115–123.
- Kim, Y. H., Kim, H. S., Kang, L. S. (2015). A study of BIM delivery model for railway construction project using BIM function breakdown structure, *Journal of the Korean Society for Railway*, 18(4), pp. 344–353.
- Korea Land and Housing Corporation(LH) (2018). LH Guide for BIM Uses(v1.0), pp. 57–58
- Lee, C. J., Lee, G., Won, J. S., Yun, S. C. (2011). Derivation of high-priority items for BIM adoption in CM service: CM service for high rise building, *Journal of the Architecture*, Institute of Korea, 27(6), pp. 115–122.
- Lee, H. S., Lim, J. H. (2014). SPSS 20.0 manual, Jiphyunjae, pp. 376–383.
- Messner, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., Kasprzak, C., Kreider, R., Leicht, R., Saluja, C., Zikic, N. (2019). BIM Project Execution Planning Guide, Version 2.2. Computer Integrated Construction Research Program, The Pennsylvania State Univ., pp. 24–29.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) (2018). Roadmap for Smart Construction Technology, pp. 19–20.
- Public Procurement Service (PPS) (2017). Basic Guideline for BIM Application to Construction Projects(v1.32), pp. 88–89.
- Shim, J. K., Yi, H. I., Kim, J. J. (2010a). A study on the possibility of BIM(Building information Modeling) application of construction management, *Journal of the Korean Digital Architecture Interior Association*, 10(2), pp. 49–60.
- Shim, J. K., Yi, H. I., Kim, J. J. (2010b). A study on the analysis of Building Information Modeling factors of construction firms using an analytic hierarchy process, *The International Journal of The Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, 10(4), pp. 123–130.
- Shin, C. H. (2010). A study on the application of BIM in CM services. Masters Thesis, Inha University, pp. 62–80.
- Song, S. H., Bang, J. D., Sohn, J. R. (2019). Application of BIM in construction phase of apartment housing projects: Focused on BIM-applied cases, Land & Housing Institute, pp. 121–151.
- US Army Corps of Engineers (2012). The US Army Corps of Engineers roadmap for life-cycle Building Information Modeling (BIM), pp. 12–13.
- Yu, Y., Jeong, J., Jung, I., Yoon, H., Lee, C. (2013). Development of BIM-based work process model in construction phase, *KJCEM*, 14(1), pp. 133–143.
- Yu, J. H. (2012). Development of construction project performance indicators and multi dimensional performance management model, *Kwangwoon Univ.*, pp. 4–8.
- Yun, S. H. (2016). Priority analysis of BIM technologies development using cluster analysis, *Journal of the Architectural Institute of Korea (Structure & Construction)*, 32(9), pp. 35–42.