

시공단계 BIM 활용을 위한 모델 요구조건 체크리스트 개발 - MEP를 중심으로 -

김우진¹ · 박진호² · 차용운* · 현창택³ · 한상원³
¹한국씨아이엠 · ²금호건설 · ³서울시립대학교 건축공학과

Development of Model Requirements Checklist for Utilizing BIM in Construction Phase - Focused on the MEP -

Kim, Woojin¹, Park, Jinho², Cha, Yongwoon*, Hyun, Changtaek³, Han, Sangwon³
¹Korea CIM
²Kumho E&C
³Department of Architectural Engineering, University of Seoul

Abstract : The application of BIM that can manage and integrate information generated during the entire life cycle of buildings in domestic and overseas construction projects is becoming active. When BIM is utilized in the construction phase, it can shorten the construction period, reduce the occurrence of reworks and improve collaboration capability. However, there are limitations in applying BIM to the construction phase due to the insufficient definition level of domestic BIM guidelines and inadequate design standards. In this regard, this study developed BIM model requirements checklist for the application of BIM in the construction phase. To develop the checklists, 21 domestic and overseas BIM guidelines, three public construction projects and four private construction projects to which construction BIM was applied, were analyzed. Based on the guidelines and cases, a total of 62 construction BIM model requirements (31 model objects and 31 attribute rules) and proposed construction BIM model requirement checklists by dividing the 61 requirements according to the requirement and purpose for utilization were identified. It is expected that the practical applications of the checklists proposed in this study will improve the level of BIM model in construction phase. In addition, this study has its significance as a basic research that can be used in the development of standardized guidelines for BIM model in construction phase from academic aspects.

Keywords : Building Information Modeling (BIM), Mechanical Electrical Plumbing (MEP), Construction BIM, Model Requirements, Checklist

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

산업구조가 변화하면서 건설공사는 대형화, 복합화되어 사업 전 단계에서 방대한 양의 정보들이 발생하고 있다. 이에 따라 건물의 생애주기 동안 발생하는 정보의 관리 및 통합이 가능한 Building Information Modeling (BIM)에 대한 관심이 증가하고 있다(Lee, 2011). 국내에서는 2012년부터 총 공

사비 500억 원 이상 터키 및 설계공모 건축공사에 대해 BIM 적용을 의무화하였다. 그리고 2016년부터 조달청에서 발주하는 모든 공사를 대상으로 BIM 적용을 의무화함으로써 BIM 적용이 증가하고 있다. BIM을 적용할 경우 설계도서의 정합성 검토, 간섭 검토뿐만 아니라 BIM 모델의 많은 정보를 바탕으로 유지관리에 활용할 수 있는 장점이 있다. 특히, 시공 단계에서 공기단축, 재시공 감소, 협업능력 향상 등의 효과가 나타날 수 있다.

그럼에도 불구하고, 시공단계에서 BIM 적용은 BIM 설계 및 납품 기준 미비, 기본적인 수준의 BIM 지침서로 인해 BIM 적용수준은 초기단계에 머물러 있다. 특히, 공공공사 BIM 모델 요구조건은 포괄적인 경우가 많고, 프로젝트의 특성에 관계없이 BIM의 일반적인 장점이 도입 목적으로 설정되고 있다. 이에 따라 도입 목적에 필요한 산출물을 요구하지 못하

* Corresponding author: Cha, Yongwoon, Department of Architectural Engineering, University of Seoul, Seoul 130-743, Korea
E-mail: ywcha@uos.ac.kr
Received August 7, 2018; revised October 1, 2018
accepted October 15, 2018

고 있다(Cho, 2010). 그리고 발주처별 상이한 BIM 지침으로 혼란이 발생될 소지가 있기 때문에 일관성 있는 BIM 설계기준 개발에 대한 요구가 증대되고 있다(Kwon & Jo, 2011). 하지만 기존 연구들은 모델의 활용 프로세스, 활용방안에 대한 연구가 주를 이루었다(Kim, 2010; Kim, 2011; Ahn, 2013; Hwang, 2014; Song, 2014). 이에 상기 기술한 문제점을 해결하기 위하여, 시공단계 BIM 모델의 요구조건을 체크하면서 쉽게 작성할 수 있는 방법이 요구된다.

한편, BIM 모델은 크게 건축, 구조, MEP로 구분할 수 있는데, 그중 MEP 분야는 2D 기반의 설계 시 도면상 오류가 가장 많이 발생된다(Ahn, 2013). 그러므로 MEP에 BIM을 활용하여 설계할 경우 도면상 오류를 줄일 수 있어 다른 분야에 비하여 BIM 적용 효과는 크다. 그러나 MEP에 BIM 적용 시 요구조건이 명확하지 않으면 그 효과는 떨어지게 된다. 이에 MEP 분야의 특성을 고려한 요구조건에 대한 정의가 요구된다.

따라서 본 연구에서는 시공단계에서 BIM 모델의 활용도를 향상시키기 위하여, 시공 BIM MEP모델의 요구조건 체크리스트를 개발하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

민간과 공공에서 다양한 형태로 BIM 발주가 진행되고 있지만, 민간의 경우 발주자 의지에 따라 적용 범위의 편차가 크다. 따라서 본 연구는 공공공사로 범위를 한정하였다. 또한 BIM 적용 범위 중 시공단계에서 중요도가 높고, BIM 적용효과가 큰 Mechanical, Electrical, Plumbing (MEP) 분야로 범위를 한정하였다. 본 연구의 방법은 다음과 같다.

첫째, BIM 선행 연구를 고찰하여 연구의 필요성을 도출한다.

둘째, BIM 지침서의 모델 요구조건 현황을 파악하기 위해 국내·외 BIM 지침서를 분석하고, 각 지침서의 BIM 모델 요구조건을 분석한다.

셋째, 분석한 내용을 바탕으로 시공단계 MEP BIM 모델 요구조건의 문제점, 개선방향을 설정한다.

넷째, 설정된 개선방향을 바탕으로 요구조건 기준과 항목을 도출하여 MEP BIM 모델 요구조건 체크리스트를 개발한다.

다섯째, BIM 전문가를 대상으로 면담을 실시하여 개발한 체크리스트의 적정성과 실용성을 검증한다.

2. 예비적 고찰

본 절에서는 시공 BIM에 대한 문제점 및 연구동향을 파악하기 위해 선행연구 고찰을 실시하였다.

Yu et al. (2012) 연구는 기존의 CM업무절차를 분석하여 BIM 적용성이 높은 업무를 도출하여 BIM기반 CM업무절차 모델과 가이드를 제시하였다. Shin (2013)은 기존의 시공성

분석 업무에 대한 문제점 개선을 위해 BIM 적용 방안을 도출하고 설문조사를 통해 현장적용 우선순위를 제시하였다. Ahn (2013)은 MEP 실시설계 및 시공단계의 업무의 상관관계를 분석하여 새로운 BIM기반 실시설계 및 시공단계 업무 기준을 제안하였다. Song and Ju (2013)는 BIM 모델의 완성도를 높이기 위하여 품질검토 항목을 도출하여 자동으로 품질을 검토할 수 있는 방안을 제안하였다. Hwang (2014)은 PC공법이 적용된 공사의 효율적 관리를 위해 설계부터 생산, 운반, 시공 등 프로젝트 전반에 걸쳐 통합관리가 가능한 BIM 기반의 프로세스를 제안하였다. Song (2014)은 BIM프로젝트의 건설사업 관리자가 설계관리업무에 BIM기능을 통해 효율적 업무를 수행할 수 있는 업무 프로세스를 제안하였다.

기존 연구는 시공 BIM 모델의 활용 프로세스 또는 활용방안 등에 대한 연구가 주를 이루었다. 하지만 시공단계에서 BIM 모델 요구조건에 관련된 연구는 미흡하다. 이에 본 논문에서는 시공 BIM 모델에 필요한 요구조건들을 도출하여 체크리스트를 개발하고, 시공단계에서 BIM 활성화를 유도하고자 한다.

3. BIM 모델 지침서 현황분석

3.1 국내·외 BIM 지침서 현황분석

3.1.1 국내 BIM 지침서 분석

국내에서도 BIM에 대한 관심이 높아짐에 따라, 여러 기관에서 BIM 지침 작성 및 배포가 활발히 진행되고 있다.

국토해양부(2010)의 가이드라인은 BIM 실무기준 적용을 위한 자료는 제공하고 있지만, 시공단계 BIM 활용을 위한 데이터 작성, 산출물 기준 등이 구체적이지 않다. 조달청(2017)의 지침서는 2010년 최초 제정된 이후 5번 개정이 되었으나, 시공단계에서의 BIM 모델 활용을 위한 구체적 요구조건은 여전히 미흡한 실정이다. 가상건설연구단(2010)의 가이드라인은 단계별 업무수행 절차를 제시하고 있지만, 시공단계에 BIM 적용범위 및 활용방안은 제시하지 않고 있다. 한국건설기술연구원(2011)의 건설정보모델 작성·납품 공동기준 v1.0은 BIM 도입기준, 작성기준 등으로 구성되어 있다. 하지만, 기계모델의 경우 대분류로만 구분되어 있어 모델 작성을 위한 객체의 형상이나 속성이 구체적이지 않고, 전기분야는 배제되어 있다. 국토교통부의 기술제안입찰 입찰안내서 표준안(2014, 2016)은 시공단계에서 시공성 검토, 공정관리, 공사비 관리 등의 BIM 적용 목표를 제시하고 있지만, 프로젝트 특성을 반영하지 않은 일반적인 BIM 적용 목표를 제시하고 있다.

국내 BIM 지침서들이 있음에도 불구하고, 시공단계에 활용을 위한 모델작성 기준, 물리적 속성, 데이터 속성 등이 지침서마다 상이하다. 또한 일부 지침서는 시공단계에 대한 내용이

부족하거나 다루지 않고 있는 지침서들도 있다. 따라서 지침서별로 공통되거나 상이한 항목들에 대한 분석이 요구된다.

3.1.2 국외 BIM 지침서 분석

국외에서는 BIM에 관심을 갖고 많은 연구가 진행되었으며, 프로젝트 특성에 맞는 BIM 지침서를 개발 및 배포하고 있다. 이에 다양한 해외의 지침서 중 미국, 유럽 등 국제적으로 가장 많이 활용되는 지침서 10종을 분석하였다(Table 1).

Table 1. Status of overseas BIM guideline

Nation	Year	Publisher	Guideline
USA	2006	GSA	BIM Guide Series
	2007	NBIMS	National BIM Standard
	2011	Penn State Univ.	BIM Project Execution Planning Guide v2.1
	2011	DoD	MHS Facility Life Cycle Management BIM Minimum Requirements
	2012	ERDC	The US Army Corps of Engineers Roadmap for Life-Cycle Building Information Modeling (BIM)
UK	2012	AEC	AEC BIM Protocol v2.0
Finland	2007	Senate Properties	BIM Requirement
	2012	Senate Properties	Common BIM Requirements 2012
Norway	2009	Statsbygg	BIM Manual
	2013	Statsbygg	BIM Manual 1.2.1
Australia	2009	CRC Construction Innovation	National Guidelines for Digital Modeling
Singapore	2013	BCA	Singapore BIM Guide Version 2

미국 GSA의 BIM Guide Series는 기준에 따른 BIM 모델링, 작업방법, 납품 요구사항 및 규정을 정의하고 있다. NBIMS의 National BIM Standard는 시설물의 생애주기 동안 정보를 생성하고, 관리하기 위한 가이드를 제공한다. DoD의 지침서는 생애주기 관리를 위한 BIM 모델 요구조건이 제시되어 있다. Pennsylvania State University와 buildingSMART 협회는 공동으로 BIM Project Execution Planning Guide 1.0 (BIM PxP)을 발표하였다. 본 가이드는 실제 Project 적용에 사용하도록 고안된 각종 Excel 시트와 같이 제공되고 있어 비교적 내용이 상세하게 정리되어 있다.

유럽은 3개 나라의 연도별 지침서를 분석하였다. 먼저, 영국의 AEC BIM Standard는 BIM 실행 계획서, 모델 규칙, 명명 체계 등을 제시하고 있다. 핀란드의 BIM Requirement는 BIM 도입 및 적용을 위한 작업 방법, 적용기준을 제시하고 있다. 또한, 에너지 분석, BIM 프로젝트 관리, 유지관리에서 모델 활용 등을 제시하고 있다. 노르웨이의 BIM Manual은 건설 프로젝트 단계별 BIM 활용 개념 및 방법이 제시되어 있다.

그 외 지역의 경우 2개 나라의 지침서에 대해 분석하였다. 호주의 National BIM Guidelines는 건물 부위별 필요한

IFC 정보를 정리할 수 있는 양식을 제공하고 있다. 싱가포르의 National BIM Guidelines는 BIM 모델링과 협업 방식과 BIM 실행 계획, 납품 산출물 등의 기준이 제시되어 있다.

3.2 BIM 사례 분석

3.2.1 공공공사 BIM 사례 지침서 분석

본 항에서는 공공공사 BIM 사례 지침서 분석을 실시하였다. 분석을 위한 사례 선정에 있어, 2013년부터 발주한 공사의 경우 조달청 지침을 적용하였으므로, 2012년 이전까지 수행된 사례를 선정하였다. 선정된 사례는 00대 병원, 00항 여객터미널, 00공사 본사 사옥, 00야구장으로, 각 사례에 적용된 MEP 분야의 시공단계 BIM 모델 요구조건을 분석하였다(Table 2).

Table 2. Basic information of the public projects

Cases	Delivery time	Building type	Major BIM application items
00 Univ. Hospital	2009	Medical	Interference review, Model creation, Design review
00 Port Coastal Passenger Terminal	2011	Port	Quality review, Model creation, Design review, Construction supervision
00 Headquarters	2011	Office	Model creation, Design review
00 Baseball Park	2012	Sports	Schedule mgmt., Cost mgmt., Quality mgmt.

00대 병원의 BIM 지침서는 시공 문제점의 사전 파악, 공기단축, 비용절감, 협업능력 향상을 목적으로 하였다. 하지만 공정, 단가 등의 구체적인 속성 입력기준이 없어 BIM 모델을 통해 비용이나 공기의 검토가 불가능하다.

00항 여객터미널의 BIM 지침서는 시각적인 사전 검토, 공간 분석, 품질검토, 설계도서 생성, 효율적인 공사 관리를 목적으로 하였다. 하지만, 물리정보의 기준만 요구되고 데이터에 대한 기준이 없어 공사 관리 활용에 부적합하다.

00공사 본사 사옥의 BIM 지침서는 MEP 각 공종에서 작성되어야 할 객체의 종류는 나열되어 있다. 하지만, 공사비 산출이나 공정검토에 활용 가능한 속성은 요구되고 있지 않다.

분석한 지침서들은 공통적으로 시공상 문제점의 시각화를 통한 사전 검토의 목적을 갖고 있었다. 하지만, 적절한 물리적 데이터 입력 기준이 제시되지 않아 모델의 활용에 한계를 갖고 있다.

3.2.2 민간공사 시공 BIM 사례 지침서 분석

BIM 지침서의 경우 공공공사의 사례 지침서 보다 민간공사의 BIM 지침서가 비교적 상세하고 명확하게 제시되어 있다. 이에 본 연구는 공공공사를 연구범위로 한정하였으나, 본 항에서는 민간공사의 지침서를 분석하여, 시공 BIM 모델의 요구조건 도출에 활용하고자 하였다.

민간공사 사례는 00연수원, 00업무복합시설, 00공장을 선정하였다. 공공공사와 동일하게 시공단계 MEP 분야에 대해 BIM 모델 기준을 분석하였다. 사례 프로젝트들은 민간 발주처에서 BIM 기반으로 발주되어 준공된 시설물로, 시공단계에서 BIM 모델을 활용한 프로젝트를 선정하였다<Table 3>.

Table 3. Basic information of the private projects

Cases	Delivery time	Building type	Major BIM application items
00 Training Center	2012	Office	Quantity takeoff, Design review, Model creation, Component fabrication, BIM control
00 Business Complex	2012	Complex	Quantity takeoff, Design review, Model creation, 4D Modeling, BIM control
00 Factory	2014	Factory	Quantity takeoff, Design review, Model creation, BIM control, 4D Modeling

사례들에 대하여 작성 객체, 물리속성 기준, 데이터 기준으로 구분하여 분석하였다. 작성객체의 경우 3개 프로젝트에서 유사하게 요구하고 있지만, 건물의 성격에 따라 상세하게 요구하고 있다. 속성기준은 물리속성과 데이터 속성으로 구분하여 분석하였다. 물리속성의 경우 객체를 층 단위로 작성해야 하며, 분야별/공종별로 구분되도록 요구하고 있다. 또한, 장비나 장치류의 경우 외형과 접속구만 작성하고 내부 기구는 작성하지 않는 원칙을 요구하고 있다. 데이터 속성의 경우 공종별/분야별 속성을 가져야 하며, 각 객체별 공종에 맞는 색상이 표현되도록 요구하고 있다.

3.3 BIM 지침서의 시공단계 문제점 및 개선방향

본 절에서는 앞서 분석한 국내 및 해외의 지침서 분석과 BIM 사례의 지침서 분석을 바탕으로 기존 BIM 지침서의 문제점을 분석하였다. 도출된 문제점은 1) 포괄적인 작성객체 기준, 2) 상세수준 기준의 모호한 항목, 3) 시공단계 BIM 활용 목적에 맞지 않는 속성 기준 총 3가지로 정리할 수 있다. 다만, 상세수준의 경우 내용이 방대하여 별도의 연구로 분리하는 것이 바람직하여 본 연구의 범위에서 배제하였다.

개선방안은 작성할 객체의 기준과 시공 단계 목적에 맞는 속성 기준 위주로 두 가지로 연구 방향을 설정하였다. 첫째, 포괄적인 작성객체 기준의 경우, 공공 시설물의 지침서는 작성객체에 대해 불명확하게 표현되어 있다. 불명확한 표현은 사업주, 시공자, 설계자 등이 본인에게 유리하게 해석할 경우, BIM 도입 목적에 맞지 않게 활용되는 경우가 발생한다. 이는 추후 분쟁의 소지로 작용되기도 한다. 따라서 프로젝트에 특성에 따라 작성해야할 객체를 명확히 지정해야 초기 목적에 맞는 BIM 적용효과를 기대할 수 있다.

둘째, 시공단계 목적에 맞지 않는 속성기준에 대한 문제점을 분석하였다. 3장의 사례분석에서 각 프로젝트는 간섭사항

파악, 공기 단축 및 비용 절감, 효율적 공사관리, 시공성 검토, 공정 관리, 공사비 관리, 시공 설계도서 산출, 시공현장 품질관리를 목표로 하고 있다. 이를 위해서는 물리 속성과 데이터 속성 요구 조건에 대한 정의가 필요하지만, 둘 중 하나의 정의만 요구하거나, 두 가지 모두를 요구하지 않는 사례가 나타났다. 따라서 시공단계의 BIM 활용을 위하여 활용 목적에 따른 모델 속성 요구조건의 정의가 요구된다.

4. 시공단계 BIM 모델 체크리스트 개발

4.1 시공단계 BIM 모델의 활용목적 도출

본 절에서는 시공단계 BIM 모델의 활용항목을 도출하였다. 우선 BIM PxP의 8가지 시공 활용 항목 중 '3D 배치조율'과 '대지 활용계획', '시공시스템설계'와 '가상제작'은 유사한 성격을 갖기 때문에 활용항목을 6가지로 정리하였다. '기존 현황 검토'는 재건축에 한정 활용되므로 본 연구 범위에서 배제하였다. 조달청 기준의 7가지 항목 중 '대안검토 및 설계변경 지원', 'As-Built 모델 정보 입력', '기타 시각화 자료 제작'은 시공 업무 지원에 목적을 두고 있지 않고, 각각 설계업무, 유지관리 업무, 의사결정 지원업무에 목적을 두고 있다고 판단하여 본 연구에서는 배제하였다. 상기 두건의 문서에서 유사한 항목을 병기하여 3D 배치 검토, 가상 제작, 간섭 검토, 공정 계획, 물량 산출의 5가지 항목을 시공활용 목적으로 도출하였다<Table 4>.

Table 4. The purpose of utilization for the construction BIM model

BIM PxP	PPS guideline	This research	Remarks
Site Utilization Planning	-	Digital Layout	
3D Control and Planning	-		
Construction System Design	-	Digital Fabrication	
Digital Fabrication	Create for Construction integration model, and Extraction of shop drawing		
3D Coordination	Interference check / Constructability review	Interference review	
Phase planning	Phasing simulation	Phase planning	
Cost Estimation and Quantity takeoff	Quantity takeoff and check	Quantity takeoff	
Existing conditions Modeling	-	-	Remodeling
-	Alternative review and change order support	-	Design phase
-	Input of As-Built model information	-	Facility Mgmt.
-	Create for other visualized material	-	Make Decision

4.2 시공단계 BIM 모델 요구조건 도출

본 절에서는 3장에서 분석한 내용을 바탕으로 시공 BIM 모델 기준 및 적용항목을 도출하였다. 특히, 국외 BIM 지침서 중 미국, 유럽, 아시아에서 대표적으로 활용되는 3가지 지침을 분석하였다. <Table 5>는 BIM 모델 요구조건 도출에 사용된 지침서들로서 코드를 부여하였다. 이를 토대로 시공단계에 적합한 항목들을 도출하여 작성객체 <Table 6>, 속성기준 <Table 7>으로 구분하였다.

<Table 6>의 작성객체 (i.e. Model objects)는 프로젝트의 목적에 따라 BIM 모델에 표현되어야 하는 객체로 정의할 수 있다. <Table 6>의 Mechanical DUCT의 HVAC는 <Table 5>의 a, b, d, e, g, h, j, k, m 지침서를 통하여 도출하였다. 작성객체는 기계, 전기, 배관으로 구분하여 총 31개를 도출하였다.

<Table 7>은 속성기준 (i.e. Attribute rules)은 BIM 모델 작성객체와 연관된 매개변수 값으로 정의할 수 있다. <Table 7> 역시 <Table 5>에 정리된 문헌을 기반으로 도출하였다, 예를 들어 첫 번째 일반 분류에서 공종별 색상기준이 규칙대로 입력되어야 한다는 기준은 m 가이드라인을 통하여 도출하였다. 속성기준 요구조건은 데이터속성, 물리적 속성으로 구분하여 총 31개의 요구조건을 도출하였다.

Table 5. The guidelines for identifying the model requirements

Sector	Publisher	Guideline	Code
Public organization	KICT	Common Criteria for Construction Information Model Creation and Delivery v1.0	a
	PPS	Guideline for Application of the BIM to Facilities v1.3.2	b
	MOLIT	Technical Proposal Bid Guide Standard	c
Public project	00 Headquarters	Invitation for Bids	d
	00 Port Coastal Passenger Terminal	Invitation for Bids	e
	00 Baseball Park	Invitation for Bids	f
	00 Univ. Hospital	Invitation for Bids	g
Private project	00 Training Center	Invitation for Bids	m
Overseas	DoD, USA	MHS FLCM BIM Minimum Requirements	h
	BCA, Singapore	Singapore BIM Guide Version 2	j
	Statsbygg, Norway	Statsbygg BIM Manual 1.2.1	k

4.3 시공 BIM 모델 체크리스트 개발

시공 BIM 모델 기준 체크리스트는 앞서 도출된 시공 BIM 모델 기준 항목에 따라 작성객체와 속성기준으로 구분하여 개발하였다 <Table 8>. 또한 4.2에서 도출한 5가지의 활용 목적 (i.e. A, B, C, D, and E)에 따라 요구조건의 기준을 적

용할 수 있도록 개발하였다. 특히 요구조건별 필요사항 (i.e. O, Δ, X)으로 구분하였는데, 이는 발주자의 BIM 적용 목적이 수급자에게 전달되어, BIM 모델 작성 시 오류 및 미 반영되는 항목들을 없애기 위하여 제안하였다. 필수 요구조건 (O)은 해당 항목을 수행하는데 반드시 필요한 조건이다. 권장 요구조건 (Δ)은 적용하면 바람직한 조건, 불필요 조건 (X)은 해당항목에 영향을 주지 않는 조건으로 정의하였다.

Table 6. Identification of model requirements for BIM model objects

Classification	Model objects	Code
Mechanical	Major Equipment Major equipment such as machine room, air conditioning room	b, c, d, e, f, k, m
	Duct HVAC Insulation and Support structure	a, b, d, e, g, h, j, k, m
		a, d, e, j, m
	Fitting Duct Fitting	a, b, c, d, j, k, m
	Instrument Register, Diffuser, Grill	h, j, k, m
	Accessory Duct Accessory	a, b, c, d, j, m
etc. Future mechanical space	b, d, f, k	
Electric and communication	Major Equipment Major equipment such as electric room, substation room.	b, c, d, f, h, m
	Cable Tray Bus Duct, Cable Tray Cable Duct, Race Way Hanger and Support structure	b, c, d, f, k, h, j, m
		b, c, d, f, k, h, j, m
		d, m
	Fire Protect Exit Sign Fire detector	d, m
		d, h, j, k, m
	etc. Wire Conduit Panel board, Sensor Concentric plug, Switch, Outlet Lamp, Lighting fixture Future electrical space	d
		j, k
		c, h, j, m
		d, h, j
b, d, f, h, j, k, m		
b, d, f, k		
Plumbing	Plumbing Conditioning, Sanitary, Gas plumbing Insulation and Support structure	a, b, c, d, e, f, j, k, m
		a, d, e, j, m
	Fitting Pipe Fitting	a, b, c, d, j, k, m
	Accessory Pipe Accessory	a, b, c, d, j, m
	Sanitary fixture Closet bowl, Urinal, Washbasin, Bathtub, Sink, Faucet Bracket / Support structure	a, b, c, d, j, m
		j
	Fire Protect Fire pipe Drain Sprinkler head Sprinkler pump/tank, Fire alarm, Fire hydrant Fire extinguisher Fire shutter, Smoke curtain	d, h, j, m
		h, m
		d, h, j, k, m
		j, m
j		
j, m		

〈Table 8〉의 체크리스트 상단에는 프로젝트명, 해당공종, 검토자, 날짜를 작성한다. 체크리스트 좌측은 작성객체, 우측은 속성기준으로 구성하였다. 그리고 2개의 체크 항목들은 활용목적과 요구조건별로 정의 수준을 체크할 수 있도록 하였다.

상세히 살펴보면 작성객체는 기계 7개, 전기/통신 12개, 소

방 12개로 총 31개 항목을 선정하였다. 작성객체 요구조건 중 기계의 배관 보온재는 3D 배치 검토에 대해 불필요 조건, 가상제작에 대해 권장 요구조건, 간섭검토에 대해 필수 요구조건, 공정계획에 대해 권장 요구조건, 물량산출에 대해 권장 요구조건으로 분류하였다.

Table 7. Identification of model requirements for BIM attribute rules

Classification		Attribute rules	Code
Criteria of data attribute	General	Each object should be represented according to the discipline color codes.	m
		Each object should have material, manufacturer, contractor, and construction date information.	m
	Mechanic	Ducts and piping objects shall have the properties of fluid type, function and usage.	d
		Ducts and piping objects contains system data, performance data, Regulatory compliance, Specifications and Cost information.	j
		Ducts and piping objects shall be assigned to relevant systems. Separate system entities shall be defined for the supply and exhaust/drainage side of each mechanical system.	k
		All objects can be distinguished by discipline (e.g. HAVC, fire protection, electrical, etc.).	m
		Piping, Duct are classified according to field and type of work	
	Electronic	The identification of "room types" should be defined in each project. Typically "Standard Office", "Small Meeting Room", "Large Meeting Room", etc.	k
		Electrical devices (e. g. switch, outlet) should have electrical properties.	m
	Fire protection	The detector shall be placed within the sensing area	m
	Criteria of physical attribute	General	MEP objects should be separated by the floor levels.
The various fittings should be inserted correctly.			m
Objects should be placed in the correct floors and location.			m
Objects should be classified in the correct category.			m
Objects should be separated by the floor levels.			
Objects should not interfere with other discipline objects.			m
Objects should not be overlaid with duplicates.			m
Mechanic		Other types of networks such as storm water and sewage should be modeled as independent subsystems.	a
		Air conditioner and fan should be modeled with each independent subsystem with connected network.	a
		The equipment shall be made of objects including piping connections.	m
		Geometry shall be accurate in respect of shape, size (length, width, height, area, volume), location and orientation.	j, k
		Pipe/duct should be made on a floor-by-floor basis, but vertical piping should not be separated into floors	m
		Equipments should be made to reflect the specifications of the manufacturer.	m
		Install the end-cap at the end of the duct.	m
		Make sure ducts are not missing to the equipment inlet connection.	m
		Dampers with similar shapes should be classified by application.	m
		The inner and outer diameters of the piping shall be made in accordance with the specified specifications for discipline and material.	m
		Main piping should be completed regardless of the circumference.	m
		Finish the end of the pipe with finishing valve or flange, end cap.	m
		If the same object, such as a sleeve, is different in discipline, it is divided into types.	m
Hanger is modeled on a floor basis.		m	
The various valves are modeled considering the operating range of the handle.		m	
Electronic		All electrical objects such as the technical space, the shaft, and the external cable path must be modeled.	k
		The panel only creates the appearance and does not create the internal devices and objects.	m
		Cable trays are modeled by sector / work type.	m
		Bus ducts are modeled with appropriate accessories.	m
		Lighting fixture models only the appearance, and the fittings inside the fixture are not modeled.	m
		Raceways are modeled including supporting hardware.	m

Table 8. Checklist for construction BIM model requirements

Check List for Construction BIM Model Requirements														
Project name : 00 Project		MEP		Reviewer :		Date 2018. . . .								
Requirement : ○ : Essential, △ : Encourage, X : Unnecessary		Type of Work :		Purpose of utilization A: Digital Layout / B: Digital Fabrication / C: Interference review / D: Phase planning / E: Quantity takeoff										
Classification	Model objects	Requirement					Classification	Attribute rules	Requirement					
		A	B	C	D	E			A	B	C	D	E	
Mechanic	Major Equipment	Major equipment such as machine room, air conditioning room	△	○	○	○	○	MEP objects should be separated by the floor levels.	△	△	△	○	○	
	Duct	HAVC	△	○	○	○	○	The various fittings should be inserted correctly.	○	○	○	○	○	
	Fitting	Insulation and Support structure	△	△	○	△	○	Objects should be placed in the correct floors and location.	○	○	○	○	○	
	Instrument	Duct Fitting	△	○	○	○	○	Objects should be classified in the correct category.	○	○	○	○	○	
	Accessory	Register, Diffuser, Grill	△	○	○	○	○	Objects should not interfere with other discipline objects.	△	○	○	△	△	
	etc.	Duct Accessory	△	○	○	○	○	Objects should not be overlaid with duplicates.	△	○	○	△	△	
	Major Equipment	Future mechanical space	X	X	○	○	X	Each object should be represented according to the discipline color codes.	X	X	○	○	△	
	Cable Tray	Major equipment such as electric room, substation room.	△	○	○	○	○	Ducts and piping objects shall have the properties of fluid type, function and usage.	X	○	△	△	○	
	Fire Protection	Bus Duct, Cable Tray, Race Way	△	○	○	○	○	Ducts and piping objects contains system data, performance data, Regulatory compliance, Specifications and Cost information.	X	○	△	△	○	
	Electric and communication	etc.	Hanger and Support structure	X	△	○	△	○	Ducts and piping objects shall be assigned to relevant systems. Separate system entities shall be defined for the supply and exhaust/drainage side of each mechanical system.	X	○	X	△	△
Exit Sign		Fire detector	△	○	○	○	○	Other types of networks such as storm water and sewage should be modeled as independent subsystems.	X	○	△	△	△	
Wire		Fire detector	△	○	○	○	○	Air conditioner and fan should be modeled with each independent subsystem with connected network.	△	○	X	△	△	
Conduit		Wire	X	X	X	△	○	Pipe/duct should be made on a floor-by-floor basis, but vertical piping should not be separated into floors	△	○	○	○	○	
Panel board, Sensor		Conduit	X	△	○	○	○	Equipments should be made to reflect the specifications of the manufacturer	△	○	○	○	○	
Concentric plug, Switch, Outlet		Panel board, Sensor	△	○	○	○	○	Install the end-cap at the end of the duct	△	○	○	○	○	
Lamp, Lighting fixture		Concentric plug, Switch, Outlet	△	○	○	○	○	Make sure ducts are not missing to the equipment inlet connection	△	○	○	○	○	
Future electrical space		Lamp, Lighting fixture	X	X	△	X	△	Dampers with similar shapes should be classified by application.	△	○	○	○	○	
Conditioning, Sanitary, Gas plumbing		Future electrical space	X	X	○	○	X	The inner and outer diameters of the piping shall be made in accordance with the specified specifications for discipline and material.	X	△	△	△	○	
Plumbing		Insulation	Conditioning, Sanitary, Gas plumbing	△	△	○	△	△	Main piping should be completed regardless of the circumference.	△	○	○	○	○
	Support structure	Insulation	X	△	○	△	△	Finish the end of the pipe with finishing valve or flange, end cap.	△	△	○	△	○	
	Pipe Fitting	Support structure	△	△	○	△	○	If the same object, such as a sleeve, is different in discipline, it is divided into types.	X	△	△	△	○	
	Pipe Accessory	Pipe Fitting	△	○	○	○	○	Hanger is modeled on a floor basis.	X	△	△	△	○	
	Sanitary fixture	Pipe Accessory	Closet bowl, Urinal, Washbasin, Bathtub, Sink, Faucet	△	○	○	○	○	The equipment shall be made of objects including piping connections.	△	○	○	○	○
		Bracket / Support structure	Bracket / Support structure	X	△	△	△	△	Geometry shall be accurate in respect of shape, size (length, width, height, area, volume), location and orientation.	△	○	○	○	○
	Fire Protect	Fire pipe	Fire pipe	△	○	○	○	○	All electrical objects such as the technical space, the shaft, and the external cable path must be modeled.	△	○	○	○	○
		Drain	Drain	△	△	○	○	○	The panel only creates the appearance and does not create the internal devices and objects.	X	△	○	○	○
	Fire Protect	Sprinkler head	Sprinkler head	△	○	○	○	○	Cable trays are modeled by sector / work type.	X	△	○	○	○
		Sprinkler pump/tank, Fire alarm, Fire hydrant	Sprinkler pump/tank, Fire alarm, Fire hydrant	△	X	X	X	○	Bus ducts are modeled with appropriate accessories.	X	△	○	○	○
Fire extinguisher		Fire extinguisher	△	○	○	○	○	Lighting fixture models only the appearance, and the fittings inside the fixture are not modeled.	X	△	○	○	○	
Fire shutter, Smoke curtain		Fire shutter, Smoke curtain	X	△	○	△	○	Raceways are modeled including supporting hardware.	X	△	○	△	△	

속성기준 체크리스트는 일반 8개, 기계 17개, 전기 6개로 분류하였다. <Table 8>의 속성 요구조건 일반의 '공중별 색상 기준이 규칙대로 입력되어 있어야 한다.'는 3D 배치 검토에 대해 불필요 조건, 가상제작에 대해 불필요 조건, 간섭검토에 대해 필수 요구조건, 공정계획에 대해 필수 요구조건, 물량산출에 대해 권장 요구조건으로 분류하였다.

4.4 전문가 면담을 통한 검증

본 연구에서 제안한 체크리스트의 타당성 및 활용가능성을 검증하기 위하여 시공 BIM MEP 분야에 경험이 있는 전문가 면담을 실시하였다. 선정된 전문가는 총 25명으로, 시공사 5명, 설계사 5명, CM/감리회사 1명, BIM 전문회사 14명을 선정하였다. 실무 검증을 위하여 BIM 전문회사에서 근무하는 전문가를 많이 선정하였다. 전문가의 건축 실무 경력은 평균 15년이며, BIM 프로젝트 수행 평균 경력은 4년이었다. 또한 시공 BIM 프로젝트 경험 횟수는 2회 미만인 2명, 2회 이상 5회 미만인 4명, 5회 이상 10회 이상이 2명, 10회 이상이 17명으로 나타났다. 25명의 전문가들은 시공 BIM 프로젝트에 충분한 경험이 있으므로, 체크리스트의 타당성과 활용가능성 검증에 적합하다고 사료된다.

면담조사는 시공단계 BIM 모델 요구사항 도출 및 체크리스트의 개발과정에 관한 질의로 진행하였다. 그 결과 본 연구에서 제안하는 시공 BIM 모델 요구조건 체크리스트는 그 도출과정이 대체로 합리적이고 실무 활용 가능성에 대해 긍정적인 것으로 판단되었다. 체크리스트 개발 근거, 작성객체와 속성항목 선정의 적절성, 활용목적의 적절성, 요구조건의 적절성 측면에서 긍정적인 의견을 들을 수 있었다. 특히 기존에 제공되던 지침서에 비해 좀 더 세부적으로 접근이 된 것 같아 프로젝트 수행에 도움이 될 것으로 예상된다. 다수의 의견이 있었다. 다음으로 국내의 자료수준이 해외와 비교하면 수준이 낮는데, 국내·외 자료를 기반으로 개발되어 실무적인 측면에 기여할 수 있을 것이라는 소수의 의견이 있었다.

한편, 일부 개선사항에 대한 의견도 있었다. 첫째로, 권장 요구조건이 필수 요구조건이 될 수 있는 프로젝트가 생길 수 있으므로 이를 고려한 주기적인 업데이트가 필요하다고 하였다. 둘째로, 최근 수행된 시공BIM 사례가 좀 더 추가된다면 좀 더 실용적으로 활용이 가능할 것이라는 의견이 있었다. 마지막으로, 본 체크리스트는 범용적으로 되어 있어 프로젝트의 용도 및 특성에 적합하게 좀 더 상세하고 구체적인 내용이 담긴 체크리스트 개발이 필요하다고 의견을 주었다.

5. 결론

최근 공공공사에 BIM 적용이 확대됨에 따라 많은 연구들에서 BIM을 활용하여 정보를 얻고, 이를 통하여 긍정적인 결과들을 제안하였다. 그러나 시공단계 BIM 적용에 관한 사례와 연구는 증가하고는 있으나 그 수준은 미흡하다. 실제로 시공 BIM과 관련된 몇 개의 지침서는 존재하지만, 그 수준이 부족하여 BIM 모델 활용엔 부족하다. 이에 본 연구에서는 시공단계에서 BIM 모델의 활용도를 향상시키기 위하여, 시공 BIM MEP모델의 요구조건 체크리스트를 개발하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, BIM과 관련된 선행연구를 고찰하였다. 국·내외 BIM 지침서와 공공·민간의 시공 BIM 사례를 분석하였다.

둘째, 상기 결과를 토대로 시공단계 목적에 맞지 않는 요구조건, 부정확한 상세 수준, 포괄적인 객체작성 3가지 문제점을 도출하였고, 이를 개선하기 위한 개선방향을 설정하였다.

셋째, 앞서 분석된 국·내외 지침서 및 사례 분석을 토대로 MEP 부분 모델 요구조건을 도출하였다. 요구조건 기준은 작성객체, 속성기준 2개로 구분하였는데, 각각 31개의 모델 요구조건을 도출하였다. 그리고 시공 BIM의 활용목적 도출을 위하여 BIM PxP, 조달청의 지침서를 토대로 5가지의 활용목적도 도출하였다.

넷째, 도출된 요구조건을 토대로 총 62개의 요구조건 체크리스트를 개발하였다. 그리고 5가지의 활용목적과 더불어 필수 조건, 권장 조건, 불필요 조건으로 구분하여 체크리스트를 활용하도록 개발하였다. 마지막으로 전문가 면담을 통해 체크리스트의 실용성과 적정성을 검증하였다.

본 연구에서 개발된 체크리스트는 공공공사의 시공단계 MEP BIM 모델 작성 시 활용목적에 따라 모델의 요구조건을 합리적으로 선택할 수 있도록 도움을 줄 수 있다. 특히, 작성객체, 속성기준을 제시함으로써, 모호한 모델 작성 요구조건의 문제점을 해결할 수 있다. 또한 기획 및 계획 설계단계에서 발생한 설계오류 감소, 공기단축, 재시공 감소, 협업능력 등의 효과가 있을 것으로 기대된다. 이를 토대로 시공단계에서 BIM 모델의 적용수준을 향상시킬 수 있을 것으로 기대한다.

한편, 본 논문에서는 구조, 건축, 토목 및 기타 부분에 대한 연구도 기 수행하였으나, 지면상의 제약으로 본 연구에서는 MEP 공종만을 제안하였다. 향후 상세수준과 BIM 모델의 활용목적별 요구조건 대한 객관적인 분석을 통하여 유지보수 단계에도 활용이 가능한 체크리스트 개발이 요구된다. 마지막으로, 건축물 용도 및 특성에 따라 적용할 수

있도록 요구사항에 대한 추가 연구가 필요하다. 마지막으로 실제 시공 BIM 모델 작성에 적용함으로써 조금 더 객관적인 검증이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부가 주관하고 국토교통과학기술진흥원이 시행하는 국토교통기술사업화 결과의 일부임 (16TBIP-C094465-02).

References

- Architectural, Engineering and Construction (AEC) (2012). *AEC BIM Protocol v2.0*, UK.
- Ahn, H. K. (2013). "A Study on Improvement Plan of MEP BIM business for 2D Design and Construction Step using DSM." Master thesis, Hanyang Univ., Korea.
- BIM Forum (2013). *2013-Level of Development Specification*, U.S.
- BIM Forum (2014). *2014-Level of Development Specification*, U.S.
- BIM Forum (2015). *2015-Level of Development Specification*, U.S.
- Building & Construction Authority (BCA) (2013). *Singapore BIM Guide Ver. 2*, Singapore.
- Cho, S. (2010). "Analysis of participant's opinion regarding the public project for BIM requirement and estimation process." Master thesis, Yonsei Univ., Korea.
- Computer Integrated Construction Research Group (2011). *BIM Project Execution Planning Guide v2.1*, Pennsylvania State Univ., PA., U.S.
- CRC Construction Innovation (2009). *National Guidelines a for Digital Modeling*, Qld., Australia.
- Department of Defense (DoD) (2011). *MHS Facility Life Cycle Management BIM Minimum Requirements*, U.S.
- Department of Veterans Affairs (DoVA) (2010). *The VA BIM Guide*, U.S.
- Engineer Research and Development Center (ERDC) (2012). *The US Army Corps of Engineers Roadmap for Life-Cycle Building Information Modeling*, Washington, D.C., U.S.
- General Services Administration (GSA) (2007). *3D-4D Building Information Modeling BIM Guide Series*, U.S.
- Hwang, J. H. (2014). "Development of Integrated Management Process for Precast Concrete Construction Method based on BIM." Master thesis, Univ. of Seoul, Korea.
- Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT) (2011). *Common Criteria for Construction Information Model Creation and Delivery v1.0*.
- Kwon, O. C., and Jo, C. W. (2011). "Proposal of BIM Quality Management Standard by Analyzing Domestic and International BIM Guides." *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, KIC, 11(3), pp. 265-275.
- Lee, G. (2011). *BIM reading with 43 questions*, pixelhouse, Seoul, Korea.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2014, 2016). *Technical Proposal Bid Guide Standard*.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (2010). *National Architectural BIM Guide*.
- National Institute of Building Sciences (2011). *National BIM Standard - United States v2*, U.S.
- National Institute of Standards and Technology (NIST) (2007). *General Buildings Information Handover Guide: Principles, Methodology and Case Studies*, U.S.
- NYC Department of Design + Construction (2012). *BIM Guidelines*, NY., U.S.
- Public Procurement Service (2017). *Architectural BIM Guide v1.32*.
- Statsbygg (2009). *Statsbygg BIM Manual*, Norway.
- Statsbygg (2013). *Statsbygg BIM Manual 1.2.1*, Norway.
- Senate Properties (2007). *BIM Requirement*, Finland.
- Senate Properties (2012). *Common BIM Requirements 2012*, Finland.
- Shin, I. K. (2013). "An approach to enhance constructability by introducing BIM in the phase of construction." Master thesis, Hanyang Univ., Korea.
- Song, J. K., and Ju, K. B. (2013). "Development of Rule for Quality Checking Items to Raise Quality

- of BIM Model - Focusing on the domestic BIM guidelines -” *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 14(5), PP. 131-143.
- Song, M. S. (2014). “Improvement of design management service of construction manager through BIM simulation.” Master thesis, Korea Univ., Korea.
- VirtuAlmighty (2010). *BIM Guide Line V2.0*, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs.
- Yu, Y., Jeong, J. Jung, I., Yoon, H., and Lee, C. (2013). “Development of BIM-based Work Process Model in Construction Phase.” *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 14(1), PP. 133-143.

요약 : 국내·외 건설공사에서 건물의 전 생애주기 동안에 발생하는 정보의 관리 및 통합이 가능한 BIM 적용이 활발해지고 있다. BIM을 시공단계에 활용할 경우 공기단축, 재시공 감소, 협업능력 향상 등의 효과가 있다. 그러나 국내 BIM 지침서 정의수준 부족, 설계 기준의 미비 때문에 시공단계에 BIM을 적용하는데 한계가 있다. 특히, 설계 단계에 비해 시공단계에서는 MEP 분야는 그 중요성이 훨씬 커진다. 따라서 본 연구는 시공단계의 MEP 분야에서 BIM활용도를 높이기 위하여, 시공 BIM MEP 모델 요구조건 체크리스트를 개발하였다. 체크리스트 개발을 위하여 국내·외 BIM 지침서 및 시공 BIM이 적용된 민간·공공 공사의 사례를 분석하였다. 지침서 및 사례를 토대로 작성객체 31개, 속성기준 31개, 총 62개의 시공 BIM 모델 요구조건을 도출하였다. 도출한 62개의 요구조건을 활용목적과 필요사항으로 구분하여 시공 BIM MEP모델 요구조건 체크리스트를 제안하였다. 본 연구에서 제안한 체크리스트를 실무에서 활용한다면 시공단계 MEP BIM 모델의 활용도를 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한 학문적인 측면에서 시공단계 BIM 모델의 표준화된 지침서 개발에 활용될 기초연구로서 의미가 있다.

키워드 : Building Information Modeling (BIM), Mechanical Electrical Plumbing (MEP), 시공 BIM, 모델 요구조건, 체크리스트
