한국CDE학회 논문집
Korean Journal of Computational Design and Engineering

Vol. 21, No. 4, pp. 378-388. December 2016
DOI http://dx.doi.org/10.7315/CDE.2016.378

〈응용논문〉

pISSN 2508-4003
eISSN 2508-402X

시공단계 BIM모델의 적정표현수준 정의를 위한 기초 연구

노혜라[1] · 김지윤[1] · 이다운[1] · 윤석헌[2†]

[1]경상대학교 건축공학과, [2]경상대학교 건축공학과, 공학연구원

A Study for the Optimal Expression Level Definition of BIM Model in Construction Phase

Hae-ra Noh[1], Ji-yun Kim[1], Da-un Lee[1], and Seok-heon Yun[2†]

[1]Dept. of Architectural Engineering, Gyeongsang Nat'l Univ.
[2]Dept. of Architectural Engineering, Engineering Research Institute, Gyeongsang Nat'l Univ.

Received 26 May 2016; received in revised form 14 July 2016; accepted 19 July 2016

ABSTRACT

As the needs for the mega-sized, high-rise and irregular shape of building increase, domestic application of BIM in construction industry is increasing in recent years. In this circumstance, interests in BIM modeling and modeling detail level have been also increased. BIM that is based on a three-dimensions, requires a specific and precise building expressions. And model expression level required for each phase such as design, construction, and maintenance of the construction project could be different as its needs. Because that it is not clear to define the criteria for the expression level of construction BIM model, It is difficult to decide how detail and what to model is appropriate in the practical application of BIM model. It could be the reason why the productivity in construction project became lower and lower. In this study we consider the way how to improve the productivity of BIM and analyze the appropriate representation level of construction BIM model through the experts' survey. The results of study could suggest the basis for an appropriate expression level of construction BIM model.

Key Words: BIM guideline, Construction BIM model, Expression level

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건설업계의 가장 큰 이슈라고 할 수 있는 BIM은 건축물의 대형화, 고층화 및 비정형화 추세 속에서 그 도입과 확산이 급속히 이루어지고 있다. 3차원을 기반으로 하는 BIM은 정확하면서도 구체적인 형태의 건물 표현을 요구하는데 그 표현수준의 한계는 무한하다고 할 수 있다[1]. 따라서 건설 프로젝트의 설계, 시공, 유지관리의 각 단계에 따라 상대적으로 그 필요성이 떨어지는 요소까지 표현해야 하는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 한계를 극복하고 그에 따른 혼선을 방지하기 위해서 BIM 모델의 표현수준(Expression Level)을 정해줄 필요가 있다.

본 연구는 현재 적용되고 있는 시공 BIM 모델의 표현수준을 분석하고, 시공 업무 수행에 필요

†Corresponding Author, gfyun@gnu.ac.kr
©2016 Society for Computational Design and Engineering

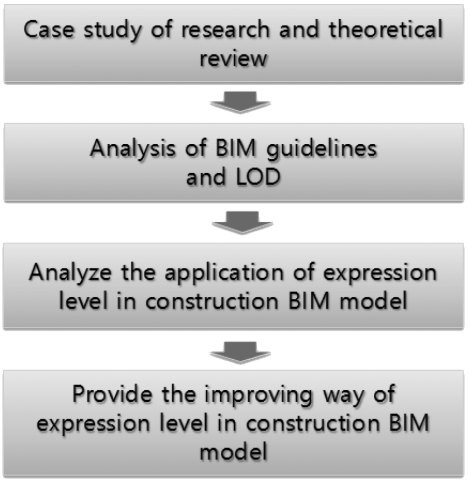

Fig. 1 Process of the study

하다고 판단되는 적정 표현수준 설정을 위한 기초 자료 제공을 목적으로 한다. 이를 통해 BIM 적용 가능성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 국내의 BIM 적용 건축프로세스 중 시공단계를 연구의 범위로 하며, 우선 BIM모델의 표현수준을 뜻하는 LOD의 개념과 현황, 선행연구를 고찰하고, BIM 가이드라인 및 LOD 체계에 대해 살펴보았다. 이후 국내 시공단계에서의 BIM 적용현황에 대해 분석하고, 시공단계 BIM 모델의 구성요소를 분야별, 공종별로 구분하여 관련분야 종사자들을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 이를 통해 시공 BIM 모델의 표현수준 적용현황을 파악하고 앞으로 필요한 적정 표현수준 설정에 대한 근거로 제시하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 LOD

BIM 가이드라인에서는 모델의 표현수준을 주로 LOD를 사용하여 업무내용과 수준을 단계별로 구분하고 있는데 현재 LOD는 ‘Level of Detail’와 ‘Level of Development’의 두 가지 의미의 영어 약자로 혼용되어 사용되고 있다.

AIA(American Institute of Architects; 이하 AIA)에 의해 개발된 Document E202™-2008을 통한 정의에 따르면 LOD의 첫 번째 의미인 ‘Level of Development’는 모델링 수준에 따른 단계별 업무를 의미한다. 여기에서의 업무는 IPD 통합설계 프로세스와 동일한 단계를 가지며 LOD 단계별 BIM 모델 생성을 위한 업무로 정의할 수 있다. 또한 모델링의 형상정보 상세수준뿐만 아니라 그와 연결된 모든 부가적인 정보, 프로젝트 팀 구성원이 신뢰하고 공유할 수 있는 필수적인 정보를 포함하는 산출물의 성격을 띠고 있다.

두 번째 정의인 ‘Level of Detail’은 설계 프로세스 단계별 모델링의 상세수준이 얼마만큼 상세한가를 의미하는 것으로 Input의 개념에 가까우며, 단계별 모델요소의 모델링 방법, 입력 데이터, 통합 모델의 활용 등에 대한 구체적이고 직접적인 모델링 작업의 수준을 의미한다[2].

이러한 LOD(Level of Detail)가 중요한 이유는 모델링 작업자에게 작업의 한계를 설정하도록 함으로써 불필요한 표현으로 인한 과도한 시간과 비용 투입을 방지할 수 있기 때문이며, 더불어 LOD를 통해 작업의 목표를 분명하게 명시함으로써 감독관과 작업자 사이에서 발생할 수 있는 분쟁을 줄일 수 있기 때문이다.

2.2 기존연구 고찰

최근 국내에서 BIM 관련 연구가 활발히 진행되고 있으나 주로 설계단계 및 시공단계에서의 활용방안에 대한 연구이며, BIM 모델의 표현수준 설정과 같은 실질적인 BIM의 적용을 위한 연구는 아직 활성화되지 못하고 있다. LOD에 관련한 기존 연구 목록은 Table 1과 같다.

Bae(2011)는 각 분야별 LOD(Level of Detail) 적용 사례를 조사, 분석하여 BIM 모델 구축을 위한 LOD 기준 설정 방법을 도출하였으며, 제시한 LOD 기준을 실제 BIM 설계에 적용하여 LOD기준의 적용가능성을 검토하였다.

Bae(2015)는 BIM 기반 설계프로세스 및 국내외 BIM 가이드라인의 분석을 통해 BIM 업무범위를 설정하고 친환경 BIM모델링 정보수준(LOD; Level of Development)에 따른 친환경 BIM 가이드라인을 제시하고 있다.

Choo 외(2012)는 BIM 가이드라인을 분석하여 국내 BIM 설계 프로세스의 문제점을 파악, 에너지성능 분석을 위한 Green BIM 가이드라인 개발에 필요한 요구조건을 LOD(Level of Development)를 중심으로 제시하고 있다.

Biljecki 외(2016)는 현재 적용되고 있는 BIM모

Table 1 Studies about LOD in BIM model

Author	Title
Bae, Kyung Jin (2011)	A Study on the Criterion Establishment of LOD (Level of Detail) for BIM Model[1]
Bae, Jiheay (2015)	Development of Sustainable BIM Guideline based on the concept of LOD (Level of Development)[3]
Choo, Seung-Yeon et al. (2012)	A Study on LOD (Level of Development) for Development of Green BIM Guidelines - Focused on Energy Performance Estimation[2]
Jung, Hae-Moon (2015)	The study on the information level and modeling of BIM model for Architectural planning permission drawings[4]
Roh, Min-Seong et al. (2011)	A Study on the LOD Standard through Case Study of Domestic and Foreign BIM Guidelines[5]
Filip Biljecki et al. (2016)	An improved LOD specification for 3D building models[6]
Jamin Wood et al. (2014)	Using LOD in structural cost estimation during building design stage: Pilot study[7]

델의 5단계 LOD 적용의 문제점을 파악하고, 대안으로 16개로 세분화된 LOD를 제시하였다.

Wood 외(2014)는 두 개의 BIM모델을 통해 비용 데이터와 건축 자재 데이터를 매칭함으로써 설계단계에 따른 비용 예측이 가능한지를 파일럿 테스트하였다.

이와 같이 BIM 모델의 LOD에 관한 선행연구를 고찰한 결과, 국내에서는 대부분의 연구가 국내외 BIM 가이드라인의 LOD 사례들을 분석하여 이를 토대로 국내 건축 산업계에 적합한 가이드라인을 개발하는 방향으로 진행되었으며, 해외에서는 현재 적용되고 있는 LOD체계의 문제점을 파악하고 이를 보완하기 위한 연구 및 공정관리, 비용관리 등에 LOD를 확대 적용하기 위한 연구가 수행된 것을 알 수 있었다.

즉, 본 연구에서 진행하고자 하는 것과 같은 건축 시공업무에 적용 가능한 BIM모델 객체의 표현수준에 대해 다룬 연구는 미흡한 실정으로, 이에 본 연구에서 시공단계 BIM모델의 적정 표현수준에 대한 기초 자료를 제시함으로써 기존 연구들과는 차별화된 연구 자료로 사용될 것으로 판단된다.

3. 국내외 BIM가이드라인 및 해외 LOD 체계 분석

3.1 국내BIM가이드라인 분석

BIM 가이드라인은 건축분야에서 BIM의 도입과 적용을 위한 기본적인 지침을 제공하는 것으로, 국내에서는 대표적으로 국토교통부와 조달청에서 BIM지침서를 개발하여 발표하였다.

조달청의 '시설사업 BIM적용 기본지침서'는 2010년 12월 v1.0이 발표된 이후 2016년 3월 v1.31까지 4차 개정 발표되었다. 500억 원 이상인 조달청 시설사업의 계획설계단계, 중간설계단계 및 실시설계단계에 BIM기술을 적용하기 위한 최소의 요건을 정의하고, BIM 데이터를 시공 및 유지관리단계에도 사용할 수 있도록 BIM 업무에 대한 기준을 제공하기 위한 목적으로 작성되었다[8]. 이 기본지침서는 조달청 BIM 관리 지침, 계획설계 BIM적용 지침, 중간설계 BIM적용 지침, 실시설계 BIM적용 지침, 시공단계 BIM적용 지침으로 구성되어 있다.

국토해양부에서 발표된 '건축분야 BIM가이드'는 국내에서 처음 발표된 BIM 기준이며, 발주자, 건설사, 설계사 등이 BIM을 도입하는데 필요한 요건 및 절차적 방법을 제시하는 것을 목적으로 2010년 1월 v1.0이 발표되었다. 국내 건설 분야의 각 기관들(발주자, 설계사, 건설사, 관련업체)이 각각 고유의 목적과 환경여건에 따라 자체적 BIM 실무기준(BIM 업무절차서, BIM 실무지침서, BIM 관리절차서)을 제작할 수 있는 기본 틀을 제공하는 안내서의 용도로 마련된 것으로 BIM 업무, 기술 및 관리 가이드로 구성되어 있고, 공통 BIM 데이터 작성기준, 공통 BIM품질기준, 현상설계 발주용 BIM 적용지침 템플릿이 별첨되어 있다[9].

이러한 가이드라인은 구체적인 설계단계 지침에 비해 시공단계는 개요수준으로 정의되어 있고, 작성기관의 성격에 따라 독자적으로 개발되어 통일된 체계를 갖추지 못했다. 또한 BIM 모델링보다 발주 및 데이터 관리를 위한 가이드라인으로써, 실제 시공업무수행에 적용하기에는 다소 미흡하다고 판단된다.

Table 2 Domestic BIM Guideline

Guideline	Organization	Year
BIM Guideline for Facilities Project	PPS	2010
BIM Application Guide for Architectural Field	MLTM	2010
BIM-based Design Guideline	VCRC	2010
A Common Guide for BIM-Modeling and Delivery	KICT	2011

3.2 해외BIM가이드라인 분석

미국의 GSA(General Service Administration; 연방조달청)의 BIM Guide Series는 다른 연방기관의 BIM 채택을 유도하고, GSA 업무에서 BIM 적용을 촉진시키며, BIM을 효과적으로 활용할 목적으로 개발되었다. 현재 발간된 가이드라인은 개방형 BIM과 3D-4D BIM 프로그램의 적용방법과 기준을 대상으로 하며, GSA 업무관련 참여주체들을 대상으로 보급하고 있다. GSA는 현재의 가이드 개발을 추진하는 과정에서 여러 R&D 프로젝트들을 수행하였으며 그 결과들이 BIM 가이드에 반영되었다. 특히 대표적인 상용 BIM 소프트웨어에 의하여 건물정보를 모델링하는 방법을 구체적으로 설명하고 있는 것이 특징이다. GSA 가이드는 BIM을 사용하는 실무자들을 위한 모델링 가이드로 볼 수 있다[10].

General Building Information Handover Guide는 NIST(National Institute of Standards and Technology; 미국국립표준기술연구소) 주도로 FIATECH과의 협력 하에 출판되었다. 지침 개발의 목적은 건축물 정보와 정보 시스템의 사용자 및 개발자에게 정보를 전달하는 과정에서 직면하게 되는 문제들을 예방하고, 최신 기술의 적절한 활용을 지원하는 데 있다. 이 지침은 서로 다른 컴퓨터 환경에서 성공적이고 효율적인 정보 전달을 위한 원리 및 방법론을 포함하고 있으며, 이 외에도 프로젝트 정보 전달 계획 및 구현에 관한 고려, 요구조건, 선진업무 등을 수록하고 있다.

National BIM Standard는 미국 NIBS(National Institute of Building Sciences Project Committee)에서 개발되었으며, BIM의 개요, 원리, 방법론 등을 포함한 국가표준 지침으로 2007년 이후 version 3까지 발표되었다. 개발 목적은 시설물 생애주기 동안의 모든 관련 업무의 기능 및 상황에 부합하는 개방적이고 호환 가능한 정보 교환 방식에서 건설 업무 프로세스의 가치향상과 저비용, 고효율을 극대화하는데 있다. 개방형 BIM의 핵심요소기술 등의 표준화 대상에 대하여 구현전략과 방법, 사례를 중심으로 기술하고 있다[11].

3.3 해외LOD체계 분석

3.3.1 Model Progression Specification의 LOD

2004년 시공 관리용 BIM 소프트웨어를 제작하는 Vico software는 단계별 LOD를 적용하기 위한 MPS(Model Progression Specification, 이하 MPS)라는 개념을 개발하고 미국의 Webcor 건설사와 이러한 개념을 구체적으로 발전시켰다. Fig. 2는 MPS의 Uni-format에 따른 각 요소별, 설계 단계별 LOD 수준을 정의한 엑셀 시트 중 일부이다. 엑셀 시트를 살펴보면 MPS는 건물분류코드인 Uni-format을 적용하여 건물 구성요소를 구분하였으며 설계단계에 따라 각 구성요소들의 표현수준을 LOD 100에서 LOD 500까지의 5단계를 통해 정의하였다. 또한 주설계자, 설계컨설턴트, 하청업자 등의 MCA(Model Component Author; 모델 구성요소

Element (ASTM Uniformat II Classification)				Level of Detail (LOD) and Model Component Author (MCA)					
				Conceptual-ization		Criteria Design		Detailed Design	
				LOD	MCA	LOD	MCA	LOD	MCA
A10	Foundations	A1010	Standard Foundations	100	PD	200	DC	300	TC
		A1020	Special Foundations	100	PD	100	DC	300	TC
		A1030	Slab on Grade	100	PD	200	DC	300	TC
A20	Basement Construction	A2010	Basement Excavation	100	PD	200	DC	300	TC
		A2020	Basement Walls	100	PD	200	DC	300	TC
B10	Superstructure	B1010	Floor Construction	100	PD	200	PD	300	PD
		B1020	Roof Construction	100	PD	200	PD	300	PD
B20	Exterior Enclosure	B2010	Exterior Walls	100	PD	200	PD	300	TC
		B2020	Exterior Windows	100	PD	200	PD	300	TC
		B2030	Exterior Doors	100	PD	200	PD	300	TC
B30	Roofing	B3010	Roof Coverings	100	PD	200	PD	300	TC
		B3020	Roof Openings	100	PD	200	PD	300	TC
C10	Interior Construction	C1010	Partitions	100	PD	200	PD	300	PD

Fig. 2 Model Progression Specification[12]

Table 3 LOD Definition in AIA Document E202[1]

LOD	Definition	Model Content
100	Conceptual	Non-geometric data or areas, volumes zones, etc.
200	Approximate Geometry	Generic elements shown in three dimensions
300	Precise Geometry	Specific elements confirmed 3D object geometry
400	Fabrication	Shop drawing/fabrication
500	As-Built	Actual

작성자)도 정의하여 각 설계단계별 책임자를 지정해 놓았다[1].

MPS는 이후 AIA Document E202의 LOD로 발전되었으며 내용은 Table 3과 같다. MPS의 LOD에 대한 정의는 사실상 템플릿만을 제시하고 있으며, E202의 경우는 각 LOD 단계에 따른 간략하고 추상적인 정의를 서술하고 있다[1].

3.3.2 미국 보훈청 BIM가이드라인의 LOD

2010년 공개된 미국 보훈청(Department of Veterans Affairs; VA)의 BIM 가이드라인은 MPS 기반의 LOD를 가장 적극적으로 사용했다고 할 수 있다. 부속서인 엑셀 스프레드시트 포맷의 The VA BIM Object Element Matrix에서는 OmniClass 기반으로 객체를 구분하였으며, 이를 통해 LOD에 대한 정의 및 구분을 보여주고 있다. OmniClass를 기반으로 건물객체를 구분한 후 해당하는 탭의 색을 다르게 하여 시각적으로 직접적인 인지가 가능하게 하였으며, AIA Document E202의 LOD100에서부터 LOD500까지의 LOD 단계와 같이 구분하였다. 또한 BIM 국제표준규격인 IFC를 기반으로 객체분류를 하여 LOD를 지정하여 그 적용성 및 데이터 호환의 효율성을 높였으며 BIM 모델을 지원하는 소프트웨어(ArchiCAD, Revit, Bentley)를 구분하여 각 구성요소별 LOD를 구분하였다[1].

MPS는 'Level of Detail'의 LOD를 사용하고 있으나, 이후 AIA의 E202와 미국 보훈청의 LOD는 'Level of Development'를 의미하고 있다. 지금까지의 LOD는 설계단계에 치중하여 설계단계별 LOD만을 정의하고 있을 뿐 LOD의 본질인 '모델 객체를 어느 정도까지 표현해야 하는지'에 대한 구체적인 표현 수준은 제시되고 있지 않다.

4. 시공단계 BIM모델 표현수준의 적용현황 분석 및 개선방향 도출

4.1 시공단계 BIM모델의 적용현황 및 한계점

BIM 도입이 건설 산업에 전반적으로 확대됨으로써 시공단계의 업무에 BIM의 활용 및 적용 방식을 검토하고 있는 프로젝트가 점차 증가하는 추세이다. 시공단계에서 BIM 도입에 따라 예상되는 가장 큰 효과로는 시공성 검토를 위한 간섭 및 설계오류체크, 물량산출, 공정관리 등 기존의 업무에 BIM 모델을 적극적으로 활용하여 업무의 효율을 높이는 것에 있다.

BIM에서는 모든 도면들이 3차원의 가상 건축물 모델로부터 일관성 있게 생성되기 때문에 2차원 도면들의 불일치로 인해 발생하는 설계 오류를 사전에 방지할 수 있다. 또한 협업 관련 사항에서 물리적 간섭과 여유 공간 간섭이 일어나는지 체계적으로 검토할 수 있으며, 다른 종류의 오류들도 손쉽게 검토할 수 있게 된다. 실제 시공현장에서 발견되기 전에 미리 간섭사항에 대해 검토할 수 있으며, 설계자들과 시공자들 간의 설계누락 등에 따른 설계 오류도 감소할 수 있다[13].

이러한 장점들로 인해 공기 단축 및 공사비 절감 등이 가능하고, 전체 건설 프로젝트 공사 진행을 보다 수월하게 할 수 있다. 하지만 시공단계에서 BIM 모델을 활용하고 있는 프로젝트의 경우, 대부분 간섭체크 및 시공성 검토 관련 프로세스가 정립되어 있지 않거나, BIM 활용을 위한 독자적 프로세스를 정립하기에는 시공사 내부의 인력과 경험만으로는 어려움이 있는 것으로 드러났다.

다른 한계로는 설계 및 시공단계에 BIM의 활용 목적이 서로 다르고 적용기준이 미흡하여 설계 BIM 모델과는 별도로 시공 BIM 모델을 작성하게 되므로 건설정보의 연속적인 활용에 따른 실질적인 효과를 얻지 못하게 된다는 점이다[14]. 또한 이러한 시공 BIM 모델의 신규 작성 작업에 있어서도 같은 공종이라 하더라도 BIM 모델 활용 목적, 용도에 따른 명확한 작성기준이 없어 불필요하게 상세한 모델이 생성되고 있는 실정이다. 생산성 향상이라는 BIM의 실질적인 효과를 얻기 위해서는 BIM모델의 명확한 적용기준이 필요한 시점이라고 판단된다.

4.2 시공단계 BIM모델 표현수준의 적용현황 분석 및 개선방향 도출을 위한 설문조사

4.2.1 분야별, 공종별 BIM모델요소 도출

본 연구의 목적인 시공단계 BIM 모델 표현수준의 적용현황을 파악하고, 시공업무의 수행을 위해 필요한 적정 표현수준의 분석을 위해 시공분야를 건축, 설비(MEP), 대지/조경과 같이 크게 세 분야로 구분한 다음, 국토교통부에서 2015년 6월에 제정·고시한 「건설사업정보 운용지침」 중의 '건설정보 분류체계'를 참고로 하여 공종별로 모델 구성요소를 추출하였다. 이는 공종별로 BIM모델의 표현수준 및 요구조건 그리고 데이터 종류가 다르

Table 4 Expression Level Definition on the Survey

Level	Model Content Description
2D	Enough 2D drawings, No need 3D model
1	With a symbol or other generic representation
2	With approximate quantities, size, shape, location, and orientation
3	With specific quantity, size, shape, location, and orientation
4	Parts necessary for coordination of the element with nearby or attached elements
5	At sufficient detail and accuracy for fabrication

기 때문이다.

먼저 건축시공 분야는 말뚝 및 기초공사, 흙막이, 지보공 및 옹벽공사, 철근콘크리트공사, 철근가공 및 조립공사, 철골공사, 철골 내화피복공사, 조적 및 비내력 칸막이공사, 목공사, 지붕 및 홈통공사, 방수공사, 단열 및 방음공사, 외부 커튼월공사, 금속공사, 창호공사, 미장 및 도장공사, 타일공사, 수장공사, 가구공사의 18개 항목으로 구분하였다.

다음으로 MEP시공 분야에서는 배관, 덕트, 열원기기 및 공기조화설비, 위생설비, 가스 및 방재기계설비, 특수 및 서비스설비, 배관 및 배선, 발전설비, 운송설비, 전력부하설비, 자동제어, 정보 및 통신설비, 방재전기설비, 폐기물처리 및 대기환경설비의 13개 항목으로 구분하였다. 마지막으로 대지/조경 분야는 지형 및 지반, 토양, 수목식재 및 잔디, 조경시설물, 구내도로, 주차장의 5개 항목으로 구분하였다.

이렇게 정의한 BIM 모델 요소 항목별로 BIM FORUM의 'LOD Specification 2015'을 참고로 하여 Table 4와 같이 표현수준의 단계를 1~5단계와 2D도면을 포함한 총 6단계로 구분하였다.

4.2.2 설문조사의 개요

조사대상은 설계업체, 소프트웨어 업체, 시공업체, 엔지니어링 업체, 연구원 등에서 현재 국내의 BIM 업무에 관련 경험이 있거나 연구의 경험이 있는 총 36명의 전문가를 대상으로 실시하였으며, 본 연구의 설문조사는 정략적인 분석의 결과 도출보다는 실무 경력이 최소 1년에서 최대 7년 이상의 전문가를 대상으로 한 정성적인 설문조사를 수행하였다.

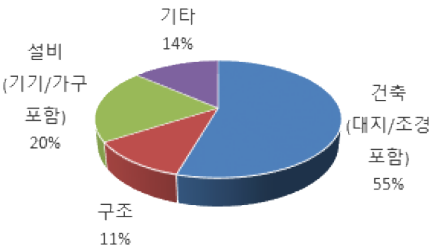

Fig. 3 Respondents Distribution (%)

조사내용은 시공단계에서의 실시설계 BIM 모델의 활용도에 대한 조사와 시공단계 BIM모델 표현수준의 적용현황 및 개선방향에 대한 것으로 크게 두 파트로 구성하였다.

4.3 시공단계에서 실시설계 BIM모델의 활용도 분석

시공단계에서의 실시설계 BIM모델의 활용도에 대해 조사를 실시하였으며 그 결과를 분석해보면 다음과 같다.

시공 BIM모델을 작성하거나 시공업무를 수행할 때, 실시설계 BIM모델이 유용한가에 대한 의견은 Fig. 4와 같이 대체로 그렇다(46%)와 매우 그렇다(29%)를 합산하여 75%로 상당히 많은 편이었다.

그러나 실제 시공 BIM모델 작성에서의 실시설계 BIM모델의 활용도에 대한 조사에는 Fig. 5에서와 같이, 거의 대부분 수정 활용한다는 경우가 47%, 일부 수정 활용하는 경우가 39%로 나타나 활용불가의 3%까지 합산해보면 전체의 89%가 수정하여 활용한다고 응답하였다. 따라서 실시설계 BIM모델이 유용하다고 생각하지만 실제 시공업무에 그대로 적용하기에는 한계가 있으므로 실시설계 BIM모델의 활용현황이 매우 저조한 것으로 판단된다.

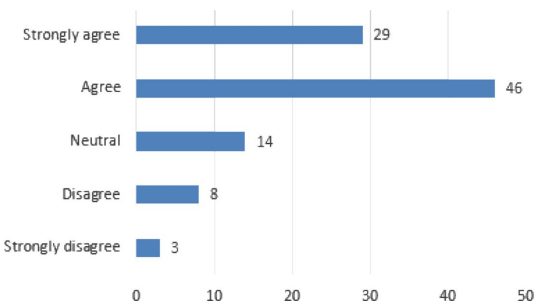

Fig. 4 Thought about usefulness of Design BIM Model in the Construction Phase (%)

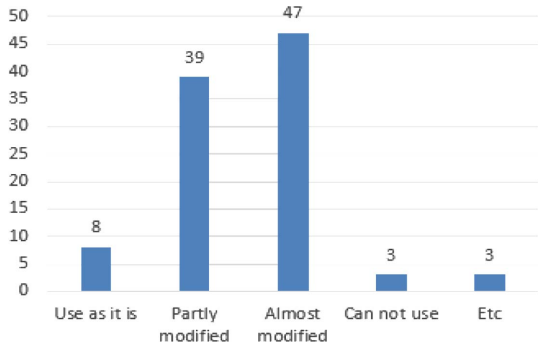

Fig. 5 Usage of Design BIM Model in the Construction Phase (%)

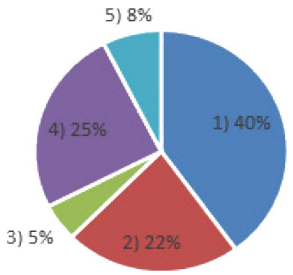

Fig. 6 Reasons of low usage of the Design BIM Model

다음으로는 상기와 같이 실시설계 BIM모델의 활용도가 낮은 원인을 파악하기 위한 조사를 수행하였고 그에 대한 응답 결과는 Fig. 6와 같이 1) 각 모델 작성의 목적과 주체가 상이(40%), 4) 잦은 설계변경으로 인한 모델의 품질 신뢰도 저하(25%), 2) 각 모델의 필요 작성 표현수준의 상이(22%), 5) 기타(8%), 3) 시공업무에 불필요한 요소들의 표현(5%)의 순서로 나타났다. 기타 의견으로는 현재 건설 프로세스에서는 시공사가 결정되기 전까지 시공 상세를 제대로 반영하기 어렵다는 점과 계약 등의 이유로 설계 BIM모델이 시공사로 원만하게 전달되지 않는다는 의견 등이 있었다.

마지막으로 시공단계에서 실시설계 BIM모델의 활용도를 높이기 위한 방안에 대한 설문 결과는 Fig. 7과 같다. 1) 설계와 시공단계에 공통적으로 활용 가능한 모델요소와 그 적정 표현수준을 정의하여 활용한다는 응답이 35%로 가장 많았으며, 다음으로 4) 실시설계 BIM모델을 새로운 시공 BIM모델을 작성하기 위한 참조로 활용한다(26%), 2) 설계자가 시공에 필요한 사항을 실시설계BIM 모델에 반영 작성한다(18%), 3) 설계와 시공의 모든 요소를 포함하는 하나의 통합 모델 작성해야 한다(12%), 5) 기타(9%) 순으로 조사되었다. 이에

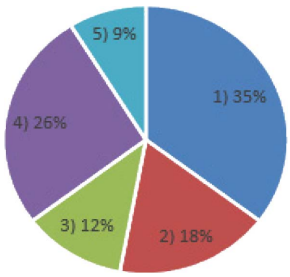

Fig. 7 Improvement Ways of the Design BIM Model

대한 기타 의견으로는 통합발주방식(IPD: Integrated Project Delivery) 또는 그에 준하는 공사수행 및 계약방식이 필요하다는 의견 등이 있었다.

즉, 시공 BIM모델 작성에 있어 실시설계 BIM 모델은 상당히 유용하지만, 설계와 시공단계의 수행주체 및 목적이 다른 상황에서 설계단계의 산출물을 시공단계에 그대로 활용하는 것은 한계가 있을 것으로 판단된다. 따라서 실시설계 BIM모델을 시공단계에서 조금이라도 그 활용도를 향상시키기 위해서는 설계와 시공단계에 공통적으로 활용할 수 있는 모델요소를 추출하고 적정 표현수준을 정의하여 활용함으로써 완전히 새로운 시공 BIM 모델을 작성하는 것에 비해 생산성 향상 및 설계 BIM모델과의 연계성도 최대한 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

4.4 시공단계BIM모델 표현수준의 적용현황 분석 및 개선방향 도출

4.4.1 건축분야 공종별 BIM모델 표현수준 분석

건축분야에서는 다음 Table 5와 같이 총 18개 항목 중에서 현재 작성되고 있는 표현수준이 3단계가 12개(67%), 2D도면이 4개(22%), 4단계가 2개(11%)항목인 것으로 조사되었다. 그 중에서 앞으로 시공 BIM모델 작성 시에 적정한 표현수준으로 개선이 필요한 요소는 Table 5의 짙은 색으로 표시된 항목들로 철근콘크리트 공사, 철근가공 및 조립 공사, 철골 제작 및 조립 공사, 금속 공사, 창호 공사는 현재 적용 표현수준보다 한 단계씩 개선이 요구되는 것을 볼 수 있다.

현재 2D도면으로 대부분 작성되던 철골 내화피복 공사, 방수 공사, 미장 및 도장 공사, 가구 공사의 경우에 1단계로 상승하였고, 타일 공사의 경우에는 현재 3단계로 작성되고 있지만 향후 필요한 표현수준이 2단계로 하강된 점이 특이하다고 볼

Table 5 Analysis of Expression Level in the Construction BIM Model (Architecture)

No.	Model Elements	AS-IS	TO-BE
1	Pile, Foundation	3	3
2	Sheathing, Timbering, Retaining wall	3	3
3	Reinforced Concrete	3	4
4	Rebar Processing and Assembly	3	4
5	Steel Production and Assembly	4	5
6	Steel Fireproof Protection	2D	1
7	Masonry and Curtain Wall	3	3
8	Carpentry	3	3
9	Roofing and Gutter	3	3
10	Waterproof	2D	1
11	Insulation and Sound Proof	3	3
12	Exterior Curtain Wall	4	4
13	Metal	3	4
14	Window	3	4
15	Plaster and Painter	2D	1
16	Tile	3	2
17	Interior Finishing	3	3
18	Furnishing	2D	2

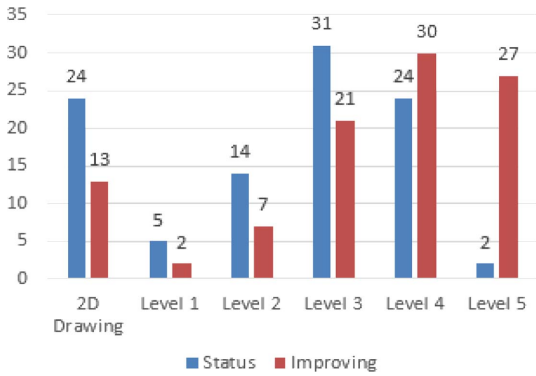

Fig. 8 Expression level analysis of construction BIM Model in rebar design & erection work (%)

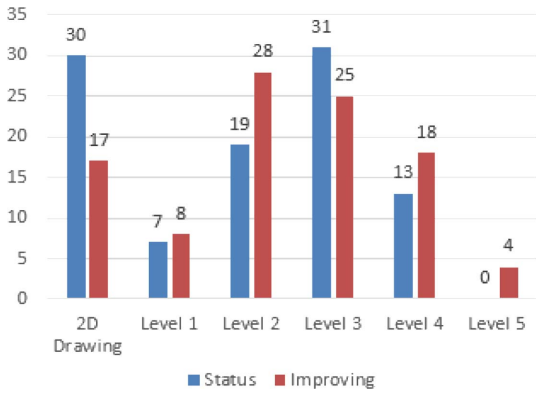

Fig. 9 Expression level analysis of construction BIM Model in tile work (%)

수 있겠다. 그 외 8개 항목에서는 현재와 개선 BIM 모델 표현수준이 동일한 것으로 조사되었다.

시공 BIM모델의 개선 표현수준이 현재 적용수준보다 상승한 공종 중에서 '철근 가공 및 조립 공사'를 분석해 보면, Fig. 8과 같이 현재 적용 표현수준에서 2D도면의 비중이 24%를 차지하는 것으로 보아 실무에서 아직까지 2D도면이 일정 부분 적용되고 있음을 알 수 있다. 그러나 개선 표현수준은 4단계, 5단계, 3단계에 이어 2D도면이 13%로 조사되었다. 즉, 향후 철근 가공 및 조립 공사에서는 2D도면의 비중이 점차 줄어들면서 BIM모델의 적용이 확대되고, 철근 물량산출, 가공 및 조립의 정밀도를 확보하기 위해 보다 상세한 시공 BIM모델요소 표현이 필요하다고 유추할 수 있다.

다음으로 현재 적용 표현수준보다 개선 표현수준이 하강된 항목인 '타일 공사'를 자세히 살펴보면, Fig. 9와 같은 분포를 보이고 있다. 현재 표현수준에서 3단계와 2D도면의 격차가 1%로 미미한 것으로 보아 타일 공사에서는 '철근 가공 및 조립 공사'에 비해 상대적으로 2D도면이 효율적임을 알 수 있다. 그러나 개선 표현수준은 2단계가 28%, 3단계가 25%로 역전되었으며, 이는 '타일 공사'에서 BIM모델의 표현수준이 현재와 같은 3단계까지 불필요하게 상세할 필요가 없다는 판단이 가능하다. 또한 2D도면에 대한 비중이 급격히 줄어든 것으로 보아 앞으로 2D도면의 활용은 점점 감소해야 한다는 의미로 추론할 수 있겠다.

그 외 철골 내화피복 공사, 방수 공사, 미장 및 도장 공사, 가구 공사의 경우에 현재 2D도면으로 대부분 작성한다고 응답하였지만 개선 표현수준이 1, 2단계로 이동한 것으로 유추해 보면, 향후 시공단계에서 BIM이 전반적으로 확대 적용될 가능성을 내포하는 것으로 판단된다.

4.4.2 설비분야 공종별 BIM모델 표현수준 분석

설비(MEP) 분야에서는 총 13개 항목 중에서 현재 작성되고 있는 모델 표현수준은 3단계가 6개(46%), 2D도면이 5개(39%), 2단계가 2개(15%)항

Table 6 Analysis of Expression Level in the Construction BIM Model (MEP)

No.	Model Elements	AS-IS	TO-BE
1	Plumbing (Domestic Water/Hot Water/Drainage/Vent)	3	5
2	Duct	3	4
3	Heat Source and HVAC	4	5
4	Sanitary Sewerage	3	4
5	Gas and Mechanic Fire Protection	3	3
6	Special and Service	2D	2
7	Electric Piping and Distribution (includes Tray)	3	3
8	Power Generation	2	2
9	Conveying	2	3
10	Electric Load	2D	2
11	Automatic Control/ Information/Communication	2D	2
12	Electric Fire Protection	2D	2
13	Waste Treatment and Atmosphere Environment	2D	3

목인 것으로 조사되었다. 시공 BIM모델 작성 시에 적정한 표현수준으로 개선이 필요한 요소는 Table 6의 짙은 색으로 표시된 항목들이다. 배관(급수/급탕/배수/통기) 공사는 2단계 상승하였으며, 덕트, 열원기기 및 공조설비 공사, 위생설비 공사, 운송설비 공사는 현재 표현수준보다 1단계씩 개선이 필요한 것으로 조사되었다.

특수 및 서비스설비, 전력부하설비, 자동제어/정보/통신설비, 방재전기설비 공사는 현재의 2D도면에서 2단계로, 폐기물처리 및 대기환경설비 공사는 3단계로 개선이 필요하다고 응답하였다. 이는 설비분야에 현재 활용되고 있는 BIM모델의 표현수준보다 더 상세하고 정교한 모델수준을 요구하는 것으로, 복잡한 배관/배선의 간섭체크와 효율적인 기기배치가 중요한 요소인 설비분야의 특성이 반영된 것으로 분석된다. 그 외 3개 항목은 현재 표현수준이 적절한 것으로 조사되었다.

4.4.3 대지/조경분야 공종별 BIM모델 표현수준 분석

대지/조경 분야에서는 총 5개 항목 중에서 시공 BIM모델 작성 시에 적정한 표현수준으로 개선이 필요한 요소는 Table 7의 짙은 색으로 표시된 항목들로 토양, 수목식재 및 잔디공사, 조경 시설물, 구내도로(인도/차도) 공사에서 1단계씩 상승한 것을 확인할 수 있다. 그 외 지형 및 지반공사, 주차장 공사는 현재와 개선 BIM모델 표현수준이 동일한 3단계로 조사되었다.

Table 7 Analysis of Expression Level in the Construction BIM Model (Earth/Landscape)

No.	Model Elements	AS-IS	TO-BE
1	Landform and Ground (Earth Work)	3	3
2	Soil, Planting and Grass	2D	1
3	Landscape Utilities	2	3
4	Inside Road (Walkway/Driveway)	2	3
5	Parking Lot	3	3

4.5 소 결

설문조사 결과를 종합해 보면, 건축, 설비(MEP), 대지/조경 분야의 총 36개 공종 중에 22개(61%) 항목이 현재 시공 BIM모델에 적용되고 있는 표현수준보다 상세하고 정교한 모델 표현수준이 요구되었으며, 나머지 13개(36%) 공종에서는 현재와 개선 표현수준이 동일한 것으로 조사되었고, 그 외 1개(3%) 공종에서 개선 표현수준이 현재보다 낮게 요구되었다. 즉, 건축, 설비(MEP), 대지/조경의 각 분야에 따라 현재 적용되고 있는 시공 BIM모델의 표현수준과 요구되는 개선 표현수준이 다르고, 또한 같은 분야라 하더라도 각 공종의 성격이나 특성에 따라 모델 표현수준이 다르게 요구되는 것을 판단할 수 있다.

그러나 본 연구의 설문조사에는 시공 BIM모델이 어떤 용도로 작성되는지에 대한 구분 없이 공종에 따른 모델 표현수준을 조사하였기 때문에 응답자의 분야나 업무에 따라 각 공종별 모델 표현수준을 다르게 답변한 것으로 추정된다. 따라서 같은 공종이라 하더라도 BIM모델의 활용 목적이나 용도에 따라 필요한 모델 표현수준이 달라지는 점을 감안해야 할 것이다.

5. 결 론

본 연구는 현재 적용되고 있는 시공 BIM모델의 표현수준을 분석하고, 개선 표현수준을 파악함으로써 향후 시공업무 수행에 필요하다고 판단되는 적정 표현수준 설정을 위한 근거를 제시하는 것으

로, 시공 BIM모델의 적용현황을 파악하기 위해 국내 BIM업무에 관련 경험이 있는 전문가들을 대상으로 설문조사를 실시하였다.

건축, 설비(MEP), 대지/조경 분야의 공종별BIM 모델 구성요소 항목에 대해, 모델 표현수준의 단계를 2D 및 1~5단계의 총 6개로 구분하여 설문조사를 진행하였고 그 분석 결과는 다음과 같다.

첫 번째, 건축분야에서는 총 18개 항목 중에서 10개 항목이 개선이 필요하다고 응답하였다. 철근콘크리트 공사, 철근가공 및 조립 공사, 금속 공사, 창호 공사, 철골 제작 및 조립 공사는 현재 표현수준보다 1단계씩 상승한 개선 표현수준이 필요하다고 조사되었다. 2D도면으로 대부분 작성되던 철골 내화피복 공사, 방수 공사, 미장 및 도장 공사, 가구 공사는 1단계로 상승하였고, 타일 공사는 현재 3단계로 작성되고 있지만 향후 적정 표현수준은 2단계로 하강되었다.

두 번째, 설비(MEP) 분야에서는 총 13개 항목 중에서 개선이 요구되는 것은 10개 공종으로, 배관 (급수/급탕/배수/통기) 공사, 덕트, 열원기기 및 공조설비, 위생설비, 운송설비 공사는 현재 표현수준보다 1단계 이상 상승되었다. 그 외 특수 및 서비스설비, 전력부하설비, 자동제어/정보/통신설비, 방재전기설비 공사는 2D도면에서 2단계로, 폐기물처리 및 대기환경설비 공사는 2D도면에서 3단계로 개선이 필요하다고 조사되었다.

마지막으로, 대지/조경 분야에서는 총 5개 항목 중에서 조경 시설물, 구내도로(인도/차도) 공사, 토양/수목식재 및 잔디공사의 3개 공종에 대해 1단계 이상의 개선이 요구된 것을 확인할 수 있었다.

즉, 건축, 설비(MEP), 대지/조경의 각 분야에 따라 현재 적용되고 있는 시공 BIM모델의 표현수준과 요구되는 개선 표현수준이 다르고, 또한 같은 분야라 하더라도 각 공종의 특성에 따라 모델 표현수준이 다르게 요구되는 것으로 분석된다. 그러나 동일 공종에서도 BIM모델의 활용 목적이나 용도에 따라 필요한 모델 표현수준이 달라지는 점을 고려하지 않은 것이 본 연구의 한계점이라 할 수 있겠다.

본 연구의 결과를 바탕으로 분야별, 용도별 및 공종별 시공 BIM모델의 표현수준을 명확히 설정함으로써 모델링 과정에서 발생하는 비용과 시간 투입량을 조정, BIM을 통한 건설 생산성 향상이 가능하고 관련주체들 사이에서 발생할 수 있는 분쟁을 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다. BIM기술이 시공단계에서 보다 실질적인 효과를 얻기 위해서 명확한 시공 BIM모델 표현기준의 설정을 위한 다양하고 구체적인 조사 및 연구가 진행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2015 한국연구재단 이·공학 개인기초연구지원사업의 연구비지원(과제번호#NRF-2015R1D1A1A01057570)에 의해 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

References

1. Bae, K.J., 2011, A Study on the Criterion Establishment of LOD (Level of Detail) for BIM Model, Dept. of Architecture, Master Dissertation, Hanyang University.
2. Choo, S.Y., Lee, K.H., and Park, S.K., 2012, A Study on LOD (Level of Development) for Development of Green BIM Guidelines - Focused on Energy Performance Estimation, *Journal of the Architectural Institute of Korea,* 28(6), pp.37-47.
3. Bae, J.H., 2015, Development of Sustainable BIM Guideline based on the Concept of LOD (Level of Development), Dept. of Frontier Architectural and Urban Environment, Master Dissertation, Hanyang University.
4. Jung, H.M., 2015, The Study on the Information Level and Modeling of BIM Model for Architectural Planning Permission Drawings, Dept. of Architecture, Master Dissertation, Kongju National University.
5. Roh, M.S., Choi, Y.S., Kang, H.J., and Jun, H.J., 2011, A Study on the LOD Standard through Case Study of Domestic and Foreign BIM Guidelines, *Journal of the Architectural Institute of Korea,* 31(2), pp.145-146.
6. Biljecki, F., Ledoux, H., and Stoter, J., 2016, An Improved LOD Specification for 3D Building Models, *Computers, Environment and Urban Systems*, 59, pp.25-37.
7. Wood, J., Panuwatwanich, K., and Doh, J.H., 2014, Using LOD in Structural Cost Estimation during Building Design Stage: Pilot Study, *Procedia Engineering*, 85, pp.543-552.
8. Public Procurement Service, 2016, *BIM Guideline for Facilities Project*, pp.1-4.

9. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2010, *BIM Application Guide for Architectural Field*, pp.1-7.
10. Kwon, O.C. and Jo, C.W., 2011, Proposal of BIM Quality Management Standard by Analyzing Domestic and International BIM Guides, *Journal of the Korean Institute of Building Construction*, 11(3), pp.265-275.
11. Oh, S.K., 2015, A Suggestion of a Work Manual on the Research of the Guideline for the Architectural BIM, Dept. of Architecture, Master Dissertation, Hanbat National University.
12. VICO Software, (http://www.vicosoftware.com/model-progression-specification)
13. Shin, I.J., 2013, An Approach to Enhance Constructability by Introducing BIM in the Phase of Construction, Dept. of Architecture Engineering, Master Dissertation, Hanyang University.
14. Kim, W.S., 2011, A Study on BIM Application in Consideration of Construction Phase, Dept. of Architectural Design, Master Dissertation, Hongik University.

노 혜 라

2001년 동국대학교 건축공학전공 학사
2015년~현재 경상대학교 건축공학과 석사과정

이 다 운

2010년 진주산업대학교 학사
2013~현재 경상대학교 석박사통합과정

김 지 윤

2013년 경상대학교 건축공학과 학사
2016년 경상대학교 건축공학과 석사

윤 석 헌

1997년~2001년 연세대학교 건축공학 박사
2001년~2002년 포항산업과학연구원 연구원
2002년~2005년 한국건설기술연구원 선임연구원
2005년~현재 국립경상대학교 건축공학과 교수