

실시설계단계 BIM과 도면의 정합성 검토를 위한 체크리스트 개발

A development of a checklist to check the consistency of BIM and drawings at the construction documentation phase

김병주¹⁾, 김이제²⁾, 진상윤³⁾

Kim, Byeong-Ju¹⁾ · Kim, Yi-Je²⁾ · Chin, Sang-Yoon³⁾

Received February 5, 2018; Received March 7, 2018 / Accepted March 7, 2018

ABSTRACT: The consistency between a building information model(BIM) and drawings are very important and has a critical impact on the usage of BIM throughout the project life-cycle. The purpose of this study is to develop a checklist for the consistency check between BIM and drawings. In this research, requirements for drawings in the construction documentation phase were analyzed. In generating drawings based on BIM, a checklist can help practitioners confirm what to modify in the BIM model and what to modify in CAD drawings. Finally, it is expected that the work efficiency will be improved by reducing the unnecessary work by distinguishing the elements that can be extracted from the BIM model from the elements that requires additional works when generating BIM-based drawings.

KEYWORDS: Building Information Modeling, Construction documentation, Drawings, Drawing Generation, Checklist

키 워 드: BIM, 실시설계도면, 도면, 도면생성, 체크리스트

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건축물의 규모가 커지고 복잡해지면서 포함되고 있는 정보 또한 방대해지고 있으며, 방대한 정보를 보다 효율적으로 관리하기 위해 BIM(Building Information Modeling)을 도입하려는 기업의 노력은 지속적으로 증가하는 추세이다(Cho et al., 2013). BIM은 건축물의 전 생애주기 동안 설계, 시공, 유지관리, 철거 등 전반에 걸쳐 사용되는 정보를 통합하여 건설 프로젝트의 효율적인 관리가 가능하며, 도면의 자동생산 및 정확성 향상, 3차원 시각화를 통하여 각 분야에서 원활한 의사소통을 할 수 있어 공기 단축과 공사금액 및 시설물 유지관리 비용을 절감 할 수 있다(Park et al., 2016). BIM의 출현과 BIM을 활용한 국내외 건설프로

젝트 성공 사례를 통해 국내 건설 산업에도 BIM의 관심이 증폭되면서 건축물을 건설하기 위해 건설 프로세스의 변화가 요구되고 있으며, 그에 따른 정책과 기술 개발 또한 활발하게 진행되고 있다(Cho, 2013). 조달청은 2011년 500억 원 이상 기술형 입찰공사를 시작으로 2013년에는 500억 원 이상 모든 공사를 의무화하였으며, 지난 2016년부터는 공공건축 발주 프로젝트로 확대되었다.

하지만 이러한 BIM의 효과와 활용 가능성에 비해 국내 BIM은 초기 설계단계에서 활용이 부족하고, 대부분 2차원의 설계도면 작성 이후 2차원의 설계도면을 3차원 모델로 구축하는 도구로 활용되고 있는 실정이다(Park et al., 2016). 또한 BIM기반 작업환경에서의 2D도면 작성에 대한 명확한 기준이 제시되지 않고 있으며, 설계단계의 최종 성과물로 BIM 모델이 함께 제출되지만 대부

¹⁾학생회원, 성균관대학교 미래도시융합공학과 석사과정 (snowkbb@gmail.com)

²⁾학생회원, 성균관대학교 미래도시융합공학과 석사과정 (yije89@gmail.com)

³⁾정회원, 성균관대학교 건설환경공학부/미래도시융합공학과 교수, 공학박사 (schin@skku.edu) (교신저자)

분의 정보전달 역할은 2D도면이 수행하고 있는 것이 현실이다. 이러한 상황에서의 BIM기반 설계프로세스로의 전환은 업무의 혼선과 추가 작업 증가 등의 문제가 발생할 수 있으므로, BIM기반 작업환경에서 건축도면 작성 작업의 효율성 증대를 위한 명확한 기준이 필요하다. 또한, 기존 국내·외 BIM 관련 지침 및 가이드에는 기본설계 및 중간설계의 3D BIM 모델링 관련 내용은 제시하고 있으나, 실시설계에서 도면화에 필요한 정보는 미흡하다. 이에 본 연구에서는 실시설계단계에서 BIM 모델로부터 도면화가 가능한 부분과 추가적으로 작업이 필요한 부분을 구분하여, 실시설계 단계의 성과품인 BIM 기반의 실시설계 도면 작성 시 비효율적인 중복작업과 추가 작업을 최소화하기 위해, BIM모델로 수정해야 할 사항과 CAD도면에서 수정해야 할 사항을 구분하여 검토할 수 있는 기준을 마련하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

‘설계도서’라 함은 공사의 시공에 필요한 설계도와 구조계산서 및 시방서 등 공사에 필요한 서류를 말한다. 도면은 설계 단계에 따라 계획 설계, 중간 설계, 실시 설계로 구분되며, 공종에 따라 건축, 구조, 기계, 전기, 토목, 조경 다양하다. 하지만, BIM을 사용하여 모든 설계 도면을 작성하는 것은 불가능하다. 이에 본 연구는 실제 시공에 사용되는 실시설계 단계에 도면 중 건축도면에 범위를 한정하고, 건축도면 작성 시 기본적으로 작성되어야 할 도면에 대하여 연구를 진행한다.

연구의 방법은 현재 BIM 기반 설계도면 작성과 관련된 선행 연구를 통하여 이론적 고찰을 한 뒤에 국내·외 BIM 지침 및 가이드라인 분석을 통해 BIM기반 도면 작성 요구 사항 분석과 건축 도면 작성 기준 분석을 통해 요구사항을 도출한다. 이를 통하여 실시설계 단계에 수행되었던 BIM 프로젝트의 도면 분석을 진행하여 BIM으로부터 추출되는 요소와 추가 작업이 필요한 요소를 확인 할 수 있는 체크리스트를 작성한다. 도출된 체크리스트의 Delphi 기법을 활용한 설문조사를 진행 후 BIM 기반 실시설계 단계 도면 작성 활용 가능성을 검토하고자 한다.

2. 선행연구 고찰

2.1 BIM 기반 설계도면 작성 관련 연구

BIM기반 건설프로젝트에서 실시설계단계 도면 작성의 효율성을 향상시키기 위하여 선행연구 조사로써 BIM 기반 설계도서 작성에 관련된 연구를 중심으로 고찰하였다.

Chae et al.(2008)는 BIM 사례를 통하여 도면 표현의 문제점을 분석하여 도면표기의 간략화와 효율성을 높이기 위한 방안을 사례와 함께 제시하였으며, Seong et al.(2009)는 BIM 툴의 도면 작

성을 위한 템플릿을 작성하여 2D 도면을 추출하여 국내 전자도면 표준에 부합하는 레이어 이름 및 색상 등의 추출 정도를 정리하여 제시하였다. Cho(2013)는 BIM 소프트웨어 툴 중 Revit을 사용하여 단면상세도를 기준으로 실시설계 수준의 도면 작성이 가능 수준을 보여주었다. Kim et al.(2010)과 Chae(2011)는 BIM 도입 초기 과도기적인 단계에서 발생할 수 있는 설계 단계에서 발생할 수 있는 업무 혼선에 대한 문제점을 분석하고 개선방안에 대하여 제시하였다. 또한 Kwon(2008)은 BIM 데이터로부터의 2D도면 추출 방식에 관한 추출 방식에 관한 정립의 필요성을 언급하고 있다.

Leicht(2007)은 설계단계 중에서 계획설계에 해당되는 기존 CAD 방식의 도면과 BIM 기반 도면의 비교 분석 진행하였고, Oh et al.(2013)은 구조도면을 대상으로 BIM 기반 도면 작성 시 설계단계별 작성 범위와 표현 기준을 제안한 연구를 진행하였다. Lee et al.(2009)은 기존 2D CAD방식의 도면 작성 프로세스에서 BIM 프로세스가 전환하기 위해 BIM기반 도면 추출 및 관리에 대한 연구 방향을 제시 하였다. Boeykens(2008)은 상업용 BIM을 활용한 다양한 유형 표현의 장점과 한계를 기술하여 BIM 기능의 개선 필요성을 제시하며, Ibrahim(2015)은 CAD에서 표현되는 요소들이 BIM 객체 속성 내에 정보를 표현할 수 있는 정보구조체계 확립의 필요성을 제시하였다.

Lee et al.(2011)은 실시설계단계에서 납품되는 공공공사의 설계도서에 나타나는 설계오류를 방지하기 위하여, 설계 오류가 많은 건축마감 공사를 대상으로 공사시방서, 설계도면, 내역서를 상호 검토하고, 설계 오류를 체크할 수 있는 실시설계도서 개발을 진행하였다. You et al.(2015)은 세움터에서 BIM 정보 활용 시 예상되는 문제점을 주요 선진국과 국내 인허가 신청과정을 조사 도출 하여, BIM기반 인허가 신청 지원 시스템 개발, Ryu et al.(2015)과 Park et al.(2016)는 인허가용 건축도면의 표준 요구정보 분류체계 개발과 BIM 기반 건축설계도서 작성을 위한 BIM 도면요구정보의 표준 제안 연구를 진행하였다.

2.2 국외 BIM 적용 가이드 분석

미국 정부가 운영하는 재향 군인의 복지와 관련 의료시설을 관리하는 공공기관인 Department of Veterans Affairs(VA)는 BIM 프로세스에 해당하는 전반적인 내용은 물론 모델 구축 시 입력되는 정보의 수준과 형태를 다양한 스프레드시트에 매뉴얼을 제공하고 있다. 본 가이드에서 추출도면 요구사항 디퓨저, 심벌, 폰트, 선 스타일과 두께, MEP, 디테일 등 기본 사항으로 구성되어 있다. 또한 미국 AIA Document E202TM-2008에는 BIM의 상세 수준에 따른 각 건축 부재별 작성수준을 제시하고 있다.

그 밖에 Australia National Guidelines for Digital Modeling, Singapore BIM Guide Version 2에서는 제안과 기획에서부터 건물의 유지관리단계까지의 주요 업무 내용 및 객체 별 모델링 수

준에 대하여 정의하고 있다.

하지만 상위의 국외 BIM 가이드는 BIM기반 설계 프로세스 단계를 모델링 수준으로 정의하고 모델 객체의 요구사항 위주의 내용이 작성되어 있으며, BIM기반 환경에서의 도면작성에 대한 요구사항의 정보제공은 미흡하다.

2.3 국내 BIM 적용 가이드 분석

시설사업 BIM 적용 기본지침서는 조달청 시설사업의 계획설계 단계, 중간설계 단계 및 실시설계 단계에 BIM 기술을 적용하기 위한 최소의 요건을 제시하고, BIM 데이터를 시공 및 유지관리단계에도 사용할 수 있도록 BIM업무에 대한 기준을 제공하고 있다. 또한, BIM 기반 도면 작성에 관하여 최소 적용대상 도면의 종류가 정의되어 있으며, 건축 공종에 한하여 최소 부재 작성 대상 항목과 BIM 데이터로 추출한 도면에 문자, 보조선, 가구 해칭 등 필요한 요소는 추가 작업을 실시하는 것으로 제시 되어있다. 뿐만 아니라 실시설계 단계에서의 BIM 활용목표를 정확한 시공 업무를 수행하기 위한 성과품 확보로 하여 모든 건축부재의 규격을 표현하도록 명시되어 있다. 그 밖에 가상건설연구단의 BIM

적용 설계가이드라인과 LH 공동주택 BIM 적용 가이드라인에서도 설계단계에 기본적으로 작성되어야 하는 도면 목록과 최소 부재 작성 사항에 대해 명시하고 있다.

국내 BIM 적용 가이드 분석 결과 실시설계 단계에 최소 적용되어야 할 도면은 배치도, 평면도, 입면도, 단면도, 수직 관련 상세도이며, 중간설계 데이터를 최대한 활용하여 벽체(비내력벽), 이차벽체(칸막이 등), 문, 창문, 셔터, 커튼월, 계단경사로의 개구부, 난간 등, 천정, 지붕 이차구조, 두께 50mm 이상의 마감재, 중요 가시시설을 최소 부재작성 대상으로 하고 있다. 하지만 구체적인 BIM 기반 도면 추출 작업에 대한 정보는 제시하고 있지 않았다.

선행연구 고찰 결과 BIM도입에 따른 발생될 수 있는 문제점과 개선방안에 대한 연구가 있으며, 구체적인 BIM기반 환경 도면 추출 요구사항에 관한 연구는 미흡하였다. 그리고 BIM기반 도면 작성 시 표현 정도와 건축도면의 표준 요구 정보 분류 체계에 대한 연구는 있지만 기본설계(중간설계)에 한정되어있다는 한계가 있다. 또한 BIM 기반 건축설계는 건축설계도면 표준의 부재로 인해 BIM 기반 BIM기반 건축설계도서 작성 및 설계 검토 등 이 미흡

Table 1. Requirements of construction document drawing

Drawing Type	Scale	Requirements
Site Plan	1/100 or more	<ul style="list-style-type: none"> Scale and azimuth, lot area, limit line of structure, site boundary line and location and width of the road facing the site, distance of building from limit line of structure and site boundary line, distinction between building related to permit application and other buildings, difference of elevation of the earth, landscape planning, drainage facilities, sewage purification facilities, septic tanks, main entrance, etc. Different parts and detailed parts representation in schematic design
Floor Plan	1/100 or more	<ul style="list-style-type: none"> Detailed plan of each floor (Items required for construction) First floor and typical floor plan, location of column, wall, window, etc. Fire partition and location of fire door, location of elevator, location of entrance Main inner and outer wall center line, center line and outline of building Scale, azimuth, size and use of each room, wall location and width, material thickness, location and size of facilities affecting the flat plan of open spaces such as the location and width of direct stair or evacuation stair, ceiling crane and bench, shelf, exhibition hall
Elevation	1/100 or more	<ul style="list-style-type: none"> Front, back, left right sides(More than two sides) Scale, opening, house top structure, materials, etc. Exterior finishing materials, main inner and outer wall center line, finish line dimension Location of door and window (Representation correlation with floor height) Number of floor, bottom location, exterior wall facilities(ladder, rail, slope, gutter, etc.), chimney, house top structure, etc.
Section	1/100 or more	<ul style="list-style-type: none"> longitudinal-cross section(More than two sides) Height of the building, height of each floor, height of the ceiling Exterior wall finishing materials, number of floors, bottom location, shape and position of window opening, exterior wall facilities(ladder, rail, slope, gutter, etc.), chimney, house top structure, etc. Ground surface position, reference grid, center line dimension, inside size, window and opening position, room name, floor finish, height of floor and ceiling height A description to understand the entire structure and relationship between the stair and space for the pipes within the story height and ceiling
Detailed drawing of stair floor plan and section	1/5~1/50	<ul style="list-style-type: none"> Relationship with Tread board, Pitch board, Wall and Column, Entrance, floor level, stair landing size, etc.

한 실정이다. 따라서 본 연구에서 기본설계에 한정되어있던 것을 실시설계단계로 확장하여 BIM과 도면의 정합성검토를 할 수 있는 연구를 진행하였다.

3. 실시설계 단계 도면 분석

3.1 실시설계 단계 도면 작성 요구사항 분석

현재 국내에서는 BIM 기반 건축설계도면을 작성 할 때 2차원으로 작성된 건축설계도면 작성기준을 따르고 있다. 한국건설기술연구원에서 작성한 '건설CALS/EC 전자도면 작성기준'은 전자화된 도면을 대상으로 도면정보관련 표준의 기본 요건을 정의하며 관련표준과의 일관성을 유지함을 목적으로 하고 있다. 본 지침에는 도면의 구성 및 작성 표준과 도면번호 목록, 레이어 목록, 심벌 목록, 선, 해칭 등에 관한 내용으로 구성되어 있다. 한국건축가협회에서 작성한 '건축도면 공동 표준화지침'은 건축도면작성 및 관리와 효율적 도면 자료의 공유 및 교환을 목적으로 도면의 구성 및 작성 원칙과 도면번호 목록, 레이어 목록, 심벌 목록 등 구체적인 기호 및 표기 방법에 대해서 기술되어 있다. 앞서 언급한 두 지침에는 도면 작성의 요구사항 보다는 심벌 및 목록에 대한 구체적인 표기 방법에 대하여 기술되어 있어, 국토교통부에서 정한 '건축물의 설계도서 작성기준'과 '건설공사의 설계도서 작성기준'을 추가적으로 분석하였다.

'건축물의 설계도서 작성기준'에는 설계도서 작성방법으로 계획 설계, 중간 설계 단계의 표기 내용이 작성되어 있으나, 실시설계 단계에 구체적인 표기 내용은 미흡하였다. 한편, '건설공사의 설계도서 작성기준'은 공용청사 및 공동주택 대상으로 작성되었으며, 건축도면 기본 목록 중 계획설계, 중간설계, 실시설계 단계에 표기되어야 할 사항이 제공 되었다.

'건축물의 설계도서 작성기준'의 실시설계의 도서내용과 '건설공사의 설계도서 작성기준'의 실시설계 성과품 작성기준을 종합 분석하여 실시설계 단계에 기본적으로 작성되어야 할 건축도면 목록 배치도, 평면도, 입면도, 단면도, 계단 평·단면 상세도에 대한 표기사항들을 위의 Table 1과 같이 도출하였다.

3.2 실시설계 단계 BIM 수행 프로젝트 도면 분석

실시설계단계에서 BIM과 도면의 정합성 검토를 위한 기준을 마련하기 위해 실제 실시설계 단계에서 BIM이 수행되었던 5건의 프로젝트의 도면을 분석하였다. 5건의 프로젝트의 용도는 근린생활시설과 창고시설, 3개 교육연구시설로 본 연구에서는 4가지 용도의 프로젝트를 대상으로 도면 분석을 수행하였으며, 향후 연구를 통해 추가적인 분석이 필요하다.

도면 분석은 앞에서 분석한 실시설계 단계 도면 작성 요구사항

을 기반으로 수행되었던 BIM 프로젝트의 도면에 표현되는 도면 요소들을 파악한 후, 파악된 도면 요소를 BIM 모델로 추출되는 요소와 도면 작성을 위해 추가적으로 작업이 필요한 요소로 분류하는 과정을 진행하였다. 이를 위해 Figure 1 과 같이 배치도, 평면도, 입면도, 단면도, 계단 평·단면 상세도에 해당하는 도면 전체 요소를 파악 한 후 BIM모델로 추출되어 도면에 표현되는 요소와 도면 작성을 위해 추가적으로 작업이 필요한 요소로 분류하였다. 그 결과, 프로젝트 A의 평면도의 경우 벽, 기둥 등의 3D 객체 요소와 심벌 및 선과 같은 2D객체 요소를 포함하여 49개의 도면 요소가 파악되었다. 이와 같은 방법으로 총 5건의 BIM 프로젝트에 대해 도면의 종류별로 분석을 진행하였다.

Drawing Type	Drawing Element	Elements extracted from BIM model	Elements not extracted from BIM model	
			Drawing Template	Additional action for drawing completion after extraction from BIM model
Floor Plan	Scale		✓	
	Drawing number		✓	
	Note		✓	
	Logo		✓	
	Drawing Revision Informatic		✓	
	Legend			✓
	Limit line of structure			✓
	Border line of lot			✓
	Grid	✓		
	Axis	✓		
	Dimension	✓		
	Dimension line	✓		
	Leader line			✓
	Section symbol	✓		
	Wall line	✓		
	Wall hatching	✓		
Center line of wall			✓	

Figure 1. Identify drawing elements (project a-floor plan)



Figure 2. BIM model and elements extract from BIM

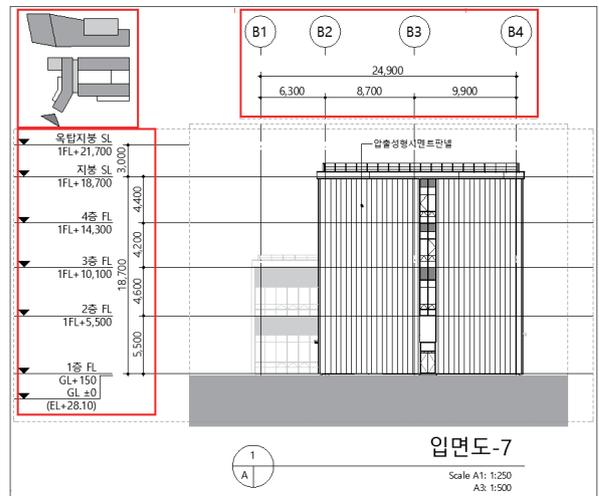


Figure 3. Additional work element for drawing

또한, 분석된 도면요소를 도면 작업 시 BIM 모델로 추출 되는 부분과 도면 작업을 위해 추가적으로 작업되는 부분으로 분류하였다. BIM 모델로 추출되는 요소는 Figure 2와 같이 벽, 기둥, 문, 창호 등 과 같이 모델링을 통해 도면시트로 자동적으로 표현되는 요소로 정의하였고, Figure 3와 같이 추가적으로 작업이 필요한 요소는 도면을 추출하기 위해 도면시트에서 추가 작업을 요하는 요소로 정의하였다.

5건의 실시설계 단계 BIM 수행 프로젝트의 도면 분석결과와 Table 2와 같이 분류할 수 있었다. 주요 객체의 도면 요소들은 BIM으로부터 추출이 되어 도면 작성이 가능하였고, 도면 템플릿과 같이 중복되는 작업 요소와 도면 출력을 위해 Sheet에서 추가적으로 작업이 필요한 요소로 확인되었다. 추가적으로 작업이 필요한 요소는 대부분 Key plan, Text, 치수 및 선과 같은 요소들로 확인되었다.

Table 2. Analysis of construction document BIM project

Project	All drawing elements	Elements extracted from BIM model	Elements not extracted from BIM model	
			Drawing template	Elements that require additional work
Project A	194	115	40 (8 by drawing typeX5 type)	49
Project B	207	121	40 (8 by drawing typeX5 type)	46
Project C	203	114	40 (8 by drawing typeX5 type)	49
Project D	193	108	40 (8 by drawing typeX5 type)	45
Project E	190	108	40 (8 by drawing typeX5 type)	42

<Building uses of BIM Project>
 Project A, C, D : Educational research facility project
 Project B : Warehouse facility project
 Project E : Neighborhood-convenience facility project

Table 2 같이 프로젝트 A의 배치도, 평면도, 입면도, 단면도, 계단 평·단면 상세도를 분석한 결과 전체 도면 요소 194개 중 115개의 요소는 BIM모델로 추출이 가능하고, 49개의 요소들은 추가적인 작업이 필요한 것으로 파악되었다. 프로젝트 B의 경우 배치도, 평면도, 입면도, 단면도, 계단 평·단면 상세도를 분석한 결과 전체 도면 요소 207개 중 121개의 요소는 BIM모델로 추출이 가능하고, 46개의 요소들은 추가적인 작업이 필요한 것으로 파악되었다. 프로젝트 C는 배치도, 평면도, 입면도, 단면도, 계단 평·단면 상세도를 분석한 결과 전체 도면 요소 203개 중 114개의 요소는 BIM모델로 추출이 가능하고, 49개의 요소들은 추가적인 작업이 필요한 것으로 파악되었다. 프로젝트 D는 배치도, 평

면도, 입면도, 단면도, 계단 평·단면 상세도를 분석한 결과 전체 도면 요소 193개 중 108개의 요소는 BIM모델로 추출이 가능하고, 45개의 요소들은 추가적인 작업이 필요한 것으로 파악되었다. 프로젝트 E는 배치도, 평면도, 입면도, 단면도, 계단 평·단면 상세도를 분석한 결과 전체 도면 요소 190개 중 108개의 요소는 BIM모델로 추출이 가능하고, 45개의 요소들은 추가적인 작업이 필요한 것으로 파악되었다.

분석 결과 실시설계 단계 전체 도면 요소 중 도면 템플릿과 같이 중복되는 요소들을 제외하면, 도면 작성 시 약 70% 내외로 BIM 모델로부터 도면요소 추출이 가능하고, 나머지 약 30%는 추가 도면화 작업이 필요한 것으로 확인되었다.

이처럼 본 연구에서는 CAD기반의 실시설계도면을 분석하기 보다는 실시설계단계에서 BIM을 수행한 프로젝트를 분석함으로써 실시설계 시 BIM으로부터 도면화 작업이 되는 부분과 추가적으로 작업이 필요한 부분을 확인하였다. 확인된 BIM기반 실시설계 단계 도면요소를 기반으로 다음 장에서 BIM기반 실시설계도면 정합성 검토를 위한 항목을 도출하여 도면별 작업항목에 대하여 적용 사항을 구분하여 체크리스트 작성을 진행하였다.

4. 체크리스트 작성 및 검증

4.1 체크리스트 항목 도출

체크리스트 작성을 위해 앞 장에서 분석한 도면 요소를 통해 도면 종류별 체크리스트 항목을 도출하였다. 다음의 Table 3 은 체크리스트 항목 도출 근거의 일부를 보여준다. 평면도에 포함되는 도면 요소 항목 중에 기둥 선, 기둥 해칭, 벽체 선, 벽체 해칭, 벽체 중심선, 계단, 주차장 라인, 경사로 표시 등과 같은 항목은 프로젝트 A, B, C, D, E에서 확인할 수 있었고, 커튼월, 상부천장, 상세안내표시, 가구 심볼 등과 같은 항목은 프로젝트 A, B, C, D에서 확인할 수 있었다. 기계장비(소화전), 인출선은 프로젝트 A, B, C에서, 차량 출입 불허구간 표시선은 프로젝트 C, D에서, 천정고 표시(CH), 기둥 명칭 표기는 프로젝트 B에서만 확인되었다.

이와 같은 방법으로 5건의 실시설계 단계 BIM 수행 프로젝트의 배치도, 평면도, 입면도, 단면도, 계단 평·단면 상세도의 5개 도면의 적용요소 항목들을 구분하여 체크리스트 작성을 진행하였다.

4.2 실시설계단계 BIM과 도면의 정합성 체크리스트 작성

체크리스트의 작성은 도출된 항목들을 구분하여 BIM 모델로부터 추출하여 도면 작성이 가능한 도면 요소와 도면 작성을 위

Table 3. Basis of Item derivation (part)

Type	Items	Basis
Floor plan	Grid, Dimension, Dimension line, Section symbol, Insulation hatching, Wall line, Wall hatching, Column line, Column hatching, Column dimension, Door, Window, Room name / number, Legend, Clearance limit, Boundary line of adjacent land, Building site hatching, Parking line, Stair, Stair rail, Ramp, Entrance, Floor level(F.L, S.L), Elevation symbol, Fire door, opening, Lower floor exterior wall line(dotted line), Equipment base hatching	A, B, C, D, E
	Center line of wall, Curtain wall, Upper skylight, Sanitary symbol, Furniture symbol, Adjacent land status, Adjacent land status information, Women parking mark, Handicap parking mark, Parking ramp, Building equipment (elevator), Roof hatching	A, B, C, D
	Mechanical equipment (fire hydrant), Leader line	A, B, C
	No vehicles line	C, D
	Ceiling heigh(CH), Column name	B

<Basis>

A, C, D : Educational research facility project

B : Warehouse facility project

E : Neighborhood-convenience facility project

<Common basis>

Drawing standard domestic of construction project, Drawing standard domestic of building (Ministry of Land, Infrastructure, and Transport)

Korean architectural documents & information standard v1.1 (Korean institute of architects)

Korea standard of the cad drawing in construction cal/ec (Korea institute of civil engineering and building technology)

해 추가적으로 작업이 필요한 도면 요소를 구분할 수 있게 하는 것에 그 목적이 있다.

따라서, 실시설계 단계 도면 작성 시 기본적으로 요구 되는 도면인 배치도, 평면도, 입면도, 단면도, 계단 평 · 단면 상세도에 따라 각 도면에 작성되는 항목들을 분류하여 해당 항목들이 BIM 모델로부터 추출되어 도면이 작성되는 부분과 도면작성을 위해 추가 작업이 필요한 부분, BIM 모델에서 추출은 가능하나 도면 작성을 위해 별도로 작업이 필요하여 연계해야 할 부분으로 구분하여 체크리스트를 분류하였다.

Figure 4의 BIM 모델에서 추출하여 바로 도면에 표현 가능한 요소는 다음의 Figure 5와 같이 나타나는 항목을 의미한다. 반면 도면 작성 완성을 위해 추가적으로 작업이 이루어지는 부분은 Figure 6 에서처럼 추가적으로 표현된 요소들을 말한다. 또한, 둘 다 고려해야 할 부분은 BIM에서 모델을 통해 표현은 가능하나, 도면작성을 위해 수정 및 추가 작업이 필요하여 고려되는 부분이다.

이를 통해 Figure 7에서 보여주는 것과 같이 5개의 도면의 각 항목별 실시설계단계 BIM 도면화 작업 방법 판단 체크리스트를 도출하였다.



Figure 4. BIM model

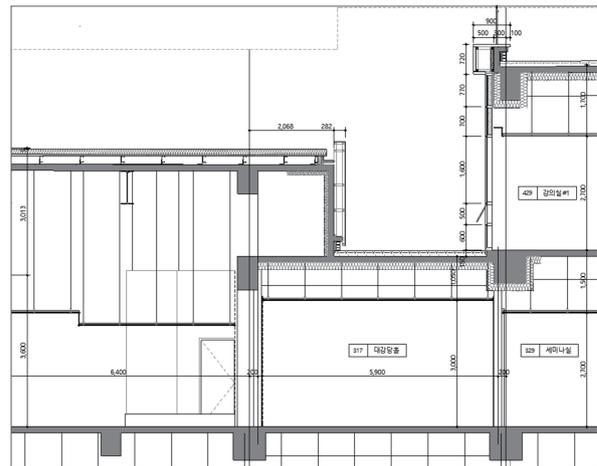


Figure 5. Representation of drawing extracted from BIM model

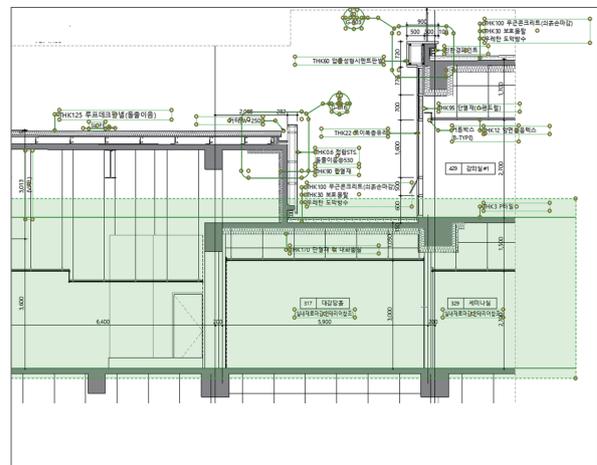


Figure 6. Additional action for drawing completion after extraction of BIM model

Checklist for the consistency check of BIM-based construction document drawings

<Category> a : Elements that can be drawn from a BIM model (BIM 모델 추출하여 도면 작성 가능한 요소), b : Elements that require additional work for drawing (도면화를 위한 추가작업이 필요한 요소)
 <Legend> ○ : Apply category X : Category Not applicable △ : Consider two category

분류 (Type)	항목 (Item)	구분 사항 (Category)		분류 (Type)	항목 (Item)	구분 사항 (Category)		분류 (Type)	항목 (Item)	구분 사항 (Category)		분류 (Type)	항목 (Item)	구분 사항 (Category)								
		a	b			a	b			a	b			a	b							
배치도 (Site Plan)	방위(Azimuth)	X	○	평면도 (Floor Plan)	범례(Legend)	X	○	입면도 (Elevation)	그리드(Grid)	△	△	단면도 (Section)	그리드(Grid)	△	△	평·단면 상세도 (Detailed drawing of stair floor plan and section)	범례(Legend)	X	○			
	범례(Legend)	X	○		건축한계선(Limit line of structure)	X	○		축열(Axis)	△	△		축열(Axis)	△	△		축열(Axis)	△	△	그리드(Grid)	△	△
	건축 한계선 (Limit line of structure)	X	○		인접대지경계선 (Boundary line of adjacent land)	X	○		치수(Dimension)	△	△		치수(Dimension)	△	△		치수(Dimension)	△	△	지수(Dimension line)	△	△
	인접대지 경계선 (Boundary line of adjacent land)	X	○		인접대지현황 (Adjacent land information)	○	X		지수선 (Dimension Line)	△	△		지수선 (Dimension line)	△	△		지수선 (Dimension line)	△	△	중고(Floor height)	○	X
	도로 경계선 (Boundary line of road)	X	○		대지 해칭(Land hatching)	○	X		층별 레벨(Floor level)	○	X		층별 레벨 (Floor level)	○	X		층고(Floor height)	X	○	계단 선(Stair line)	○	X
	주변도로 (Surrounding road)	○	X		그리드(Grid)	△	△		중고(Floor height)	X	○		중고(Floor height)	X	○		계단 해칭(Stair hatching)	○	X	계단 치수(Stair size)	○	X
	주변도로정보 (Surrounding road information)	X	○		축열(Axis)	△	△		기초 구성 및 두께 (Foundation composition/thickness)	○	X		기초 구성 및 두께 (Foundation composition/thickness)	○	X		계단 마감선(Stair finish)	○	X	계단 마감재료명 (Stair finish material)	X	○
	인접대지현황 (Adjacent land)	○	X		지수(Dimension)	△	△		기초 단면 해칭 (Foundation hatching)	○	X		기초 단면 해칭 (Foundation hatching)	○	X		난간 표시(Handrail)	○	X	난간 타입(Handrail type)	△	△
	인접대지현황 정보 (Adjacent land information)	X	○		지수선 (Dimension line)	△	△		보 선(Girder line)	○	X		보 선(Girder line)	○	X		난간 높이(Handrail height)	△	△	벽체 선(Wall line)	○	X
	표고 값 (Elevation Level)	X	○		인출선(Leader)	X	○		보 해칭(Girder hatching)	○	X		보 해칭(Girder hatching)	○	X		벽체 해칭(Wall hatching)	○	X	벽체 해칭 (Wall hatching)	○	X
	표고선 (Elevation Line)	△	△		단면 표시(Section)	○	X		보 치수(Girder size)	○	X		보 치수(Girder size)	○	X		벽체 마감선(Wall finish line)	○	X	벽체 마감선 (Wall finish line)	○	X
	지하 옹벽선 (Retaining wall line)	X	○		단면 표시(Section)	○	X		보 명칭 표기 (Girder name)	○	X		보 명칭 표기 (Girder name)	○	X		조적벽 부호 (Masonry wall symbol)	○	X	조적벽 부호 (Masonry wall symbol)	○	X
	지하층 외벽선 (Basement outer wall line)	X	○		벽해칭(Wall hatching)	○	X		슬라브 선(Slab line)	○	X		슬라브 선(Slab line)	○	X		보 선(Girder line)	○	X	보 선(Girder line)	○	X
	지상층 외벽선 (Outer wall line)	X	○		벽해칭(Wall hatching)	○	X		슬라브 해칭 (Slab hatching)	○	X		슬라브 해칭 (Slab hatching)	○	X		보 해칭(Girder hatching)	○	X	보 해칭(Girder hatching)	○	X
	인출선(Leader)	X	○		벽체 중심선(Wall centerline)	○	X		바닥 마감선 (Floor finish line)	○	X		바닥 마감선 (Floor finish line)	○	X		보 치수(Girder size)	X	○	보 치수(Girder size)	X	○
	기준점 표시 (Benchmark)	X	○		기둥 선(Column line)	○	X		천정 마감선 (Ceiling finish line)	○	X		천정 마감선 (Ceiling finish line)	○	X		슬라브 선(Slab line)	○	X	슬라브 선(Slab line)	○	X
	기준점 좌표 (Benchmark Coordinates)	X	○		기둥 해칭(Column hatching)	○	X		커튼박스 (Curtain box)	△	△		커튼박스 (Curtain box)	△	△		천정 마감선 (Ceiling finish line)	○	X	천정 마감선 (Ceiling finish line)	○	X
	출구 표시 (Entrance)	○	X		기둥 치수(Column size)	X	○		구조 벽체 선 (Structure wall line)	○	X		구조 벽체 선 (Structure wall line)	○	X		벽체 마감선 (Wall finish line)	○	X	벽체 마감선 (Wall finish line)	○	X
	주차 대수 (Parking Number)	X	○		기둥 명칭 표기 (Column name)	○	X		벽체 마감선 (Wall finish line)	○	X		벽체 마감선 (Wall finish line)	○	X		벽 해칭(Wall hatching)	○	X	벽 해칭(Wall hatching)	○	X
	여성전용 주차 표시 (Women's parking spaces mark)	△	△		문(Door)	○	X		벽 해칭(Wall hatching)	○	X		벽 해칭(Wall hatching)	○	X		외벽 두께 및 재료명 (Outer wall thickness/materials)	△	△	외벽 두께 및 재료명 (Outer wall thickness/materials)	△	△
	장애인 주차 표시 (Handicap parking mark)	△	△		커튼월(Curtain wall)	○	X		외벽 두께 및 재료명 (Outer wall thickness/materials)	△	△		외벽 두께 및 재료명 (Outer wall thickness/materials)	△	△		문(Door)	○	X	문(Door)	○	X
	출구 표시 (Entrance)	○	X		상부천창(Upper window)	○	X		문(Door)	○	X		문(Door)	○	X		창문(Window)	○	X	창문(Window)	○	X
	주차 대수 (Parking Number)	X	○		창문(Window)	○	X		창문(Window)	○	X		창문(Window)	○	X		커튼월(Curtain wall)	○	X	커튼월(Curtain wall)	○	X
	여성전용 주차 표시 (Women's parking spaces mark)	△	△		위생기구상징 (Sanitary symbol)	○	X		문(Door)	○	X		문(Door)	○	X		계단(Stair)	○	X	계단(Stair)	○	X
	장애인 전용 주차 표시 (Handicap parking mark)	△	△		가구상징 (Furniture symbol)	○	X		창문(Window)	○	X		창문(Window)	○	X		난간(Handrail)	○	X	난간(Handrail)	○	X
	카스토퍼 (Car stopper)	△	△		실명/실번호(Room name/number)	○	X		문(Door)	○	X		문(Door)	○	X		중간 방화 구획 표시(Fire partition)	X	○	중간 방화 구획 표시(Fire partition)	X	○
	조경식물 (Landscape)	X	X		주차장 라인 (Parking line)	△	△		문(Door)	○	X		문(Door)	○	X		건축기기 (Building equipment)	○	X	건축기기 (Building equipment)	○	X
	보행 및 차량진 출입표시 (Walking, car entry/exit)	○	X		여성전용 주차 표시 (Women's parking spaces mark)	△	△		문(Door)	○	X		문(Door)	○	X		위생기구 (Sanitary)	○	X	위생기구 (Sanitary)	○	X
	층별 영역 (Floor hatching)	○	X		장애인 주차 표시 (Handicap parking mark)	△	△		문(Door)	○	X		문(Door)	○	X		실명 (Room name)	X	○	실명 (Room name)	X	○
	옥외마감별 영역 (Outdoor finishing hatching)	○	X		주차 대수 (Parking Number)	X	○		문(Door)	○	X		문(Door)	○	X		천정고 (Ceiling height)	X	○	천정고 (Ceiling height)	X	○
	대지 영역별 해칭 (Land hatching)	○	X		여성전용 주차 표시 (Women's parking spaces mark)	△	△		문(Door)	○	X		문(Door)	○	X		마감재료명 (Finishing material)	X	○	마감재료명 (Finishing material)	X	○
					출구 표시 (Entrance)	○	X		문(Door)	○	X		문(Door)	○	X		대지 선(Land line)	○	X	대지 선(Land line)	○	X
			주차 대수 (Parking Number)	X	○	문(Door)	○	X	문(Door)	○	X	대지 해칭(Land hatching)	○	X	대지 해칭(Land hatching)	○	X					
			여성전용 주차 표시 (Women's parking spaces mark)	△	△	문(Door)	○	X	문(Door)	○	X	KEY PLAN	X	○	KEY PLAN	X	○					
			장애인 전용 주차 표시 (Handicap parking mark)	△	△	문(Door)	○	X	문(Door)	○	X											
			카스토퍼 (Car stopper)	△	△	문(Door)	○	X	문(Door)	○	X											
			조경식물 (Landscape)	X	X	문(Door)	○	X	문(Door)	○	X											
			보행 및 차량진 출입표시 (Walking, car entry/exit)	○	X	문(Door)	○	X	문(Door)	○	X											
			층별 영역 (Floor hatching)	○	X	문(Door)	○	X	문(Door)	○	X											
			옥외마감별 영역 (Outdoor finishing hatching)	○	X	문(Door)	○	X	문(Door)	○	X											
			대지 영역별 해칭 (Land hatching)	○	X	문(Door)	○	X	문(Door)	○	X											

Figure 7. Checklist for the consistency check of BIM-based construction document drawings

Table 4. Analysis of delphi survey results

No.	Questionnaire Item	Average	Standard deviation	Statistical significance
2-01	Suitability to 9 bases used to derive the checklist (Drawing standard domestic of construction project, Drawing standard domestic of building, Korean architectural documents & information standard v1.1, Korea standard of the cad drawing in construction cal/ec , 5 construction documents BIM Projects)	3.267	0.442	0.135
3-01	Suitability to classification by Site plan, Floor plan, Elevation, Section, Detailed drawing of stair floor plan and section	4.067	0.537	0.132
3-02	Suitability to classification as 'elements extracted from BIM model' and 'Additional action for drawing completion after extraction of BIM model'	4.067	0.537	0.132
3-03	Suitability to classification of site plan items	3.133	0.499	0.159
3-04	Suitability to application of classified items in the site plan	3.000	0.632	0.211
3-05	Suitability to classification of floor plan items	3.867	0.404	0.104
3-06	Suitability to application of classified items in the floor plan	3.867	0.404	0.104
3-07	Suitability to classification of elevation items	3.933	0.346	0.088
3-08	Suitability to application classified items in the elevation	3.933	0.346	0.088
3-09	Suitability to classification of section items	3.533	0.499	0.141
3-10	Suitability to application of classified items in the section	3.533	0.499	0.141
3-11	Suitability to classification of Detailed drawing of stair floor plan and section items	2.800	0.400	0.143
3-12	Suitability to application of classified items in the Detailed drawing of stair floor plan and section	2.467	0.499	0.202
Average		3.497	0.465	0.137

4.3 Delphi 설문 검증

도출된 결과물의 적합성을 검증 위해 Delphi기법¹⁾을 활용한 설문을 진행하였다. Delphi기법은 전문적 견해에 근거하여 미래 예측을 시도하는 방법으로 국내 BIM도입이 저조한 현시점에서 일반인의 의견일 경우 결과가 왜곡될 가능성이 있으므로 Delphi 기법을 사용하였다. 설문은 BIM 설계 전문가 12명을 대상으로 7일간 진행되었으며, 인적 사항으로 경력 및 BIM 수행 건수 항목을 배치하였다. 설문지는 체크리스트 도출 근거의 적합성과 작성된 체크리스트 항목과 항목 적용에 대한 적합성에 대하여 5점 리커트 척도를 적용(매우적합 5점~적합 4점~중립 3점~부적합 2점~매우부적합 1점)하여 전문가와 면담을 통한 설문을 시행하였다.

실시한 설문의 결과를 평균과 안정도(표준편차/산출평균)값으로 산출하여 분석하였다. 분석한 결과 Table 4의 값으로 나타났다. 평균값은 최고 4.067, 최저 2.993으로 대부분의 항목에 대하여 적합 또는 중립에 가까운 긍정적인 답변을 얻을 수 있었다. 또한, 안정도 값은 0.088~0.211의 값으로 0.5이하의 안정된 결과를 보여 신뢰성을 확보한 것으로 판단하였다. 설문 항목 중 계

단 평 · 단면 상세도의 평균값 2.800, 2.467값을 제외한 모든 항목이 3.000 이상 4.000에 가까운 값이 나타났다. 계단 평 · 단면 상세도의 값이 가장 적었는데, 일을 통해 BIM기반 도면 작성 상세 수준이 높을수록 표현되는 도면 요소가 많아 모든 것을 표현하기 어렵고, 추가적으로 작업이 필요한 것이 많을 것을 예측이 가능하였다.

추가적인 의견으로 건축 상세 디테일의 경우, 3D 모델로 표현하지 않으며 재료들의 디테일은 자재업체와의 설계지원을 통해 이루어져 CAD작업으로 이루어지기 때문에 BIM에서만 진행하기 어렵다는 의견이 있었다. 또한, BIM자체의 추출된 PDF형식의 도면 보다 바로 수정이 용이하고 출력 할 수 있는 CAD도면을 제출을 원하므로, 별도의 CAD작업의 필요성을 강조하는 의견도 있었다.

설문 검증 결과 본 연구에서 제안하는 실시설계단계 BIM과도면의 정합성 체크리스트는 그 도출과정 및 근거가 대체로 합리적이고 판단된다. 하지만 실시설계단계에서의 BIM활용이 늘어나면서, BIM자체 추출과 함께 BIM에서 CAD로 추출 시 발생되는 문제점도 보완되어야 한다고 판단한다.

¹⁾ 전문지식과 유사사례에 대한 정보 부족으로 발생하는 문제점의 대안을 개발하기 위해 전문가의 의견을 발전시키며 반복 및 환류, 익명성, 합의 통계적 표현 등의 특징이 있다(노승용, 알기 쉬운 국토연구방법론, 2009).

5. 결론 및 향후 연구 과제

현재 실시설계 성과품으로 제출한 도면에는 BIM 모델로부터 추출한 부분이 있고, 도면 작성을 위해 추가적으로 작업이 진행된 부분이 있는데, 발주자가 성과품 검토 시, 무엇이 CAD도면에서 수정해야 할 사항이고 무엇이 BIM 모델에서 수정해야 할 사항인지 판단하기 어려운 실정이다.

이에 본 연구는 실시설계 단계 도면 작성 요구사항을 분석하여 BIM 기반 도면 작성 시 BIM 모델로부터 추출되는 부분과 추가 작업이 이루어지는 부분을 판단할 수 있는 체크리스트를 작성하였다.

본 연구를 요약하면 다음과 같다. 첫 번째로, BIM 기반 건축 도면 작성 관련 선행 연구 고찰을 통해 기존의 문제점 및 연구 진행 현황을 확인하였다. 두 번째로, 국내·외 BIM 가이드라인 분석을 통해서 BIM 건축 도면 작성이 요구되는 사항을 확인하였다. 세 번째로, 건축도면 작성 기준을 분석하여 실시설계 단계 도면 작성 시 요구되는 표기 사항을 도출하였다. 네 번째로 도출한 요구 사항을 기반으로 실제로 수행되었던 실시설계 단계 BIM 프로젝트 도면 분석을 진행하였다. 다섯 번째로, 도면작성 요구 사항과 실제 실시설계 단계 BIM 수행 프로젝트를 근거로 하여 체크리스트 항목을 도출하여 BIM으로부터 추출되는 요소와 도면 작성을 위해 추가 작업을 해야 되는 요소로 구분하였다. 여섯 번째로, 작성된 체크리스트 검증에 BIM 전문가를 대상으로 Delphi 설문을 실시하였다.

본 연구를 통해 얻은 체크리스트를 통해 실시설계단계에서 도면작성 시 사전에 BIM으로부터 추출되는 요소와 추가 작업이 이루어져야 하는 요소를 파악함으로써, 실시설계 단계의 기본적으로 요구되는 도면 종류인 배치도, 평면도, 입면도, 단면도, 계단 평·단면 상세도의 도면 작성 시 불필요한 추가 작업 요소를 줄여 도면 작성 작업의 효율성 향상을 가져다줄 것으로 기대한다. 또한, BIM 모델과 도면의 정합성 검토를 통해 실시설계 BIM 완성도를 높여 BIM 품질 향상에 기여할 것으로 기대한다.

향후, 실시설계 단계에서 기본적으로 요구되는 도면 외에 추가적으로 작성이 필요한 도면에 대하여 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 근거로 사용된 BIM 수행 프로젝트의 경우 동일한 용도의 건축물이 아니었기 때문에, 건축물의 용도별 다양한 BIM 수행 프로젝트 대상의 연구도 필요할 것으로 판단된다. 끝으로, 건축도면뿐만 아니라, 구조도면 등 실시설계 단계에 필요한 도면에 대한 후속연구로도 발전될 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 도시건축 연구개발사업의 연구비지원(18AUDP-B127891-02)에 의해 수행되었으며, 국토교통부의 스마트시티 석·박사과정 지원사업으로 지원되었습니다.

References

- AIA. (2008), American Institute of Architects. (2008). AIA Document E202TM, http://contractdocs.aia.org:800/!SSL!/Multiscreen_HTML5/desktop/Get_Document_Answers/Document_Instruction_Sheets/By_Series/E-Series/E202-2008.htm(July. 24. 2017).
- Building and Construction Authority. (2013). Singapore BIM Guide, pp. 41-48.
- Boeykens, S., Neuckermans, H. (2008). Representational limitations and improvements in building information modeling. In Architecture 'in computro' - Integrating methods and techniques. eCAADe and Artesis University College of Antwerp, pp. 35-42.
- CRC Construction Innovation. (2009). National Guidelines for Digital Modeling, <http://www.construction-innovation.info/index6d6d.html?id=1083> (April. 5. 2017).
- Cho, Y. S. (2013). A Study on the Possibility of 2D Design Drawing Implementation By Revit Architecture, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 14(10), pp. 5243-5250.
- Cho, H. J., Kim, Y. S. (2013). A Study of LOD(Level of Detail) for BIM Model applied the Design Process, Journal of KIBIM, 3(1), pp. 1-10.
- Chae, K. S., Kim, E. Y., Jun, H. J., Lee, M. S., Kim, K. C., Choi, J. C., You, S. J. (2008). A Research on Drawing Representation of BIM(Building Information Modeling), COSEIK Annual Conference, 21(1), pp. 470-475.
- Chae, K. S. (2011). A Study on the Problem and the Measurements for Improving Representations and Drafting Methods of Architectural Drawings by Adopting BIM, Journal of the Architectural Institute of Korea, 27(10), pp. 67-74.
- Ibrahim, M., Krawczyk, R. (2003). The level of knowledge of CAD objects within the building information model. In Association for Computer-Aided Design in Architecture 2003 Conference, pp. 172-177.

- Kwon, O. C. (2008). A Study on the Improvement of 2D Digital Drawing Standards Considering the Paradigm Shift to BIM, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 24(5), pp. 49–57.
- Kim, K. N., Seo, H. C. (2010). Efficiency Improvement Plan for Output Management at the Design Phase in BIM-based Projects, *The Korea Institute of Building Construction Spring Conference*, 10(1), pp. 261–264.
- Kim, I. H., Lee, M. J., Choi, J. S., Kim, G. T. (2016). Development of an Application to Generate 2D Drawings in Automation using Open BIM Technologies, *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, 21(4), pp. 417–425.
- Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology(KICT).
- Korea Institute Architects. (2006). Korean architectural documents & information standard V1.1, pp. 1–92.
- Korea Land & Housing Corporation. (2012). LH Apartment house BIM Guideline v1.0, pp. 119–154.
- Lee, N. J., Son, M. J., Kim, J. H., Ji, S. M. (2011). Development of Construction Documents Checklist for Preventing Error of Design Process in Public Construction Projects, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 27(2), pp. 149–158.
- Lee, M. H., Seo, H. C. (2009). A study on the criteria of design drawing and shop drawing Standards based to BIM, *KICEM annual Conference*, pp. 646–649.
- Oh, H. O., Jung, J. H. (2013). A Guideline for Structural Drawings Based on BIM, *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 29(3), pp. 39–46.
- Park, S. M., Ryu, J. R., Woo, S. H. (2016). A A proposal for Required Drawing Information Standard and Its Effectiveness for Writing BIM-based Construction Consent Documents, *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 18(2), pp. 19–27.
- Leicht, R. M., Messner, J. I. (2007). Comparing traditional schematic design documentation to a schematic building information model. In *Bringing ITCKnowledge to Work: 2 Proceedings of the 24th W78 Conference*, Maribor (Vol. 2007), sn.
- Ryu, J. R., Kim, J. G. (2015). A Basic Study on Development of Standards Required Information Classification Structure and BIM-based Optimization Drawing Methods in Architectural, *Conference of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 35(1), pp. 137–138.
- Seo, M. B., Ju, K. B., Kim, N. G. (2013). Analysis of Substitutability of 2D Electronic Drawing Using the BIM Model—Focusing on the Electronic Delivery System in Road Field—, *Korea Contents Association Journal*, 13(11), pp. 441–450.
- Seong, J. H., Chae, K. S., Choi, J. C. (2009). A Study on extracting of 2D Drawings from BIM Model which consideration of Korean Standard of the CAD drawings, *COSEIK annual Conference*, pp. 573–577.
- U.S. Department of Veterans Affairs. (2010). *The VA BIM Guide v1.0*, pp. 26–40.
- U.K. National Building Specification(NBS). (2015). *BIM Object Standard v2.0*, <https://www.nationalbimlibrary.com/nbs-bim-object-standard> (April. 5. 2017).
- You, S. E., Kim, K. R., Kim, I. H. (2015). Development of BIM-based Building Approval Submission System, *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, 20(2), pp. 171–181.