

시공단계의 BIM기반 건설사업관리 업무절차 모델 개발

Development of BIM-based Work Process Model in Construction Phase

유 용 신*
Yu, Yongsin

정 지 성**
Jeong, Jiseong

정 인 수***
Jung, Insu

윤 호 빈****
Yoon, Hobin

이 찬 식*****
Lee, Chansik

Abstract

BIM can be utilized variously in construction management(CM) in the respect that it helps to manage comprehensively the construction information and make reliable decisions, but the adoption of BIM is insufficient in the CM area. The purpose of this study is to develop work process models and their guides in order to utilize BIM effectively in CM work at construction stage. This study defined BIM functions as 'BIM converting design', 'Model review', 'Data extraction', 'Automatic estimate', '4D simulation', 'Drawing creation', 'Engineering sector linkage analysis' through literature search, and generated CM works applicable to BIM by analyzing the CM work and process. This study developed BIM-based CM work process models by reconstructing the existing work process in connection with BIM function through an analysis on the relationship between BIM function and CM work, and reconstructing the role of each project participants. In order to improve the usefulness of the developed models, guides that described the BIM works of project participants were prepared through interviews and case studies. To validate the utilization of the models, a comparative analysis on the BIM process of precedent studies was also made and a survey was conducted on experts. This study can contribute to increasing the utilization of BIM in the CM area and can be helpful for CM companies to develop an in-house BIM guide. In the future, it will be necessary to make an assessment on the models from a business perspective through case applications and constantly update BIM-based CM work process model in consideration of the expansion of CM work due to the application of BIM.

Keywords : BIM, Construction Management(CM), Work process model, Construction phase

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

제조업 등의 산업에서는 일찍이 자동화·정보화 시스템을 적용하여 생산성 향상을 도모하였으나, 건설 산업에서는 전통적인

2D CAD를 통한 도면작성과 의사소통을 고수함으로써 생산성 향상의 한계에 직면하였다(정재국, 김예상 2012). 건설 산업에서도 효율적인 정보관리와 의사소통은 프로젝트의 성패를 좌우하는 요소로 인식되고 있으며, 최근 Building Information Modeling(이하 'BIM') 기술이 부각되고 있다.

BIM이 건설 산업에서 새로운 패러다임으로 대두됨에 따라 우

* 일반회원, 인천대학교 건축공학과 대학원, 석사과정, yooys@incheon.ac.kr

** 일반회원, 인천대학교 건축공학과 대학원, 석사과정, sireke@naver.com

*** 중신회원, 한국건설기술연구원 수석연구원, 공학박사, jis@kict.re.kr

**** 일반회원, 인천대학교 건축공학과 대학원, 박사과정, yoonhobini@kumwoneng.com

***** 중신회원, 인천대학교 건축공학과 교수, 공학박사(교신저자), cslee@incheon.ac.kr

리나라는 2012년부터 조달청에서 발주하는 500억 원 이상 공공공사에 BIM의 적용을 의무화하였으며, 2016년부터는 모든 조달청 발주공사에 확대·적용될 예정이다.

BIM과 건설사업관리(Construction Management, 이하 'CM')는 건설정보를 통합 관리하고 발주자의 의사결정을 지원하는 수단이라는 점에서 그 성격이 유사하기 때문에 BIM은 CM 업무에서 다양하게 활용될 수 있다. 현재는 대형시공업체와 설계업체를 중심으로 BIM이 활용되고 있으며, CM 분야에서는 BIM의 도입이 미흡한 상황이다(이치주 외 2011).

기존의 CM 업무절차서는 BIM 도입으로 달라진 업무 환경에 효율적으로 대응할 수 없기 때문에, 현 상황에서 CM은 BIM 발주사업을 통제 및 관리하기 어려운 실정이다. 아직까지 CM 분야에서 BIM을 활용하기 위한 연구는 기초적인 수준에 머물러 있으며, 건설사업관리자가 BIM을 효과적으로 활용하기 위한 체계적인 연구가 필요하다. 이 연구는 시공단계의 CM 업무에 BIM을 효율적으로 활용하기 위하여 BIM기반 CM 업무절차 모델을 개발하는 것이 목적이다.

1.2 연구의 범위 및 방법

이 연구는 설계단계에서 개발한 BIM 모델을 시공단계의 CM 업무에 활용하기 위한 업무절차 모델을 개발하는 것으로 범위를 한정하였으며, 다음과 같은 방법으로 연구를 진행하였다.

- (1) 문헌조사를 통해 BIM 가이드 개발현황과 국내·외 연구동향을 파악하여 시공단계의 BIM 기능과 사업 참여자별 BIM 업무를 정립한다.
- (2) 기존 CM 업무절차서를 조사·분석하여 시공단계의 주요 업무를 종합·정리하고, BIM의 적용 가능성이 높은 CM 업무를 도출한다.
- (3) BIM 기능과 CM 업무절차의 연관성을 분석하고, 책임 할당 매트릭스(Responsibility Assignment Matrix, 이하 'RAM') 분석을 통해 사업 참여자들의 역할을 재정립하여 BIM기반 CM 업무절차 모델을 개발한다.
- (4) 현장 사례조사 및 실무자 면담조사를 통해 BIM을 통해 CM 업무를 수행하는데 필요한 정보를 조사·분석하여 모델별 가이드를 작성한다.
- (5) BIM기반 CM 업무절차 모델의 활용성을 검증하기 위해 선행연구에서 제시한 BIM 프로세스와 비교·분석하고, 설문조사를 실시한다.

2. 이론적 고찰

2.1 BIM 정의

BIM은 3차원 기하학적 형태정보와 속성정보가 포함된 건설 정보 모델을 의미하는 Building Information Model과 건설정보 모델의 객체 내 정보를 생성하고 재사용하는 과정을 강조한 Building Information Modeling으로 구분할 수 있으나, 근본적인 의미에서 큰 차이는 없다.

국토해양부의 건축분야 BIM 적용가이드에 따르면, 'BIM'이란 건축, 토목, 플랜트를 포함한 건설 전 분야에서 시설물 객체의 물리적 혹은 기능적 특성에 의하여 시설물 수명주기 동안 의사결정을 하는데 신뢰할 수 있는 근거를 제공하는 디지털 모델과 그의 작성을 위한 업무절차를 말한다.

2.2 BIM 가이드 개발현황

2.2.1 조달청, 시설사업 BIM 적용 기본지침서

조달청의 지침서는 시설사업의 공모 및 설계단계에 BIM을 적용하고, BIM 모델을 시공 및 유지관리단계에서도 활용하기 위한 업무기준을 제공할 목적으로 작성되었다. 이 지침서는 조달청의 BIM 관리자가 BIM 발주사업을 관리하는데 필요한 사항을 기술하고 있으며, BIM 발주사업의 응모자, 입찰자, 당선자, 계약자가 BIM 모델을 개발하고 운용하는데 필요한 데이터 작성기준, 산출물 제출기준, 평가기준을 정의하고 있다.

시설사업의 공모 및 설계단계에서 BIM을 적용하기 위한 지침은 비교적 상세하게 정의되어 있으나, 시공단계의 경우 BIM 활용목표와 대상만을 제시하고 있으며 구체적인 BIM 적용범위 및 수준은 입찰자의 제안사항으로 정하고 있다. 조달청의 지침서에서 정하는 시공단계의 BIM 활용목표 및 대상은 표 1과 같다.

표 1. 시공단계의 BIM 활용목표 및 대상

활용목표	대 상
시공성 검토	- 공종 간 물리적 충돌감소요인 사전제거
공정 관리	- 시공현장의 공정관리에 BIM요소 연계
공사비 관리	- 정확한 공사비 예측 및 관리
시공 설계도서 산출	- 현장도면 산출
시공현장 품질관리	- 안전관리, 현장교육 등

(자료) 조달청(2012), 시설사업 BIM 적용 기본지침서 ver. 1.1

2.2.2 가상건설 시스템 개발 연구단, BIM적용 설계 가이드 라인

가상건설 시스템 개발 연구단(이하 '가상건설연구단')의 가이드라인은 건축물 생애주기 동안 생성되는 디지털 데이터를 통합

관리하여 건설관련 분야들의 다양한 요구사항을 처리하고 협업 체계를 구축할 목적으로 개발되었다. 이 가이드라인은 기획, 계획설계, 기본설계, 실시설계, 입찰/시공, 시설관리 등 6단계로 구성되어 있으며, 건축 프로세스별 BIM 정보수준과 발주자, 설계자, 시공자 등 전문분야 간 정보교환 방법을 정의하고 있다.

기획 및 설계단계에서는 BIM 모델의 건축정보 수준이 구체화되는 과정을 생성, 검토, 분석, 승인으로 구분하고 전문분야별 BIM 업무를 명확히 제시하고 있다. 입찰/시공단계에서도 전문분야들의 BIM 업무를 제시하고 있으나, BIM의 적용범위가 명확하지 않으며 BIM 모델의 활용방법이 구체적으로 제시되지 않았다.

2.2.3 국토해양부, 건축분야 BIM 적용가이드

국토해양부의 가이드는 개방형 BIM을 도입하기 위해 국내 및 국제 BIM 표준의 일관성을 확보하는데 필요한 공통적 요건을 제공할 목적으로 작성되었다. 이 가이드는 공공 또는 민간기관들이 고유의 목적과 환경여건에 따라 BIM 실무기준을 제작할 수 있도록 BIM 업무가이드, BIM 기술가이드, BIM 관리가이드를 제공하고 있으나, 다른 가이드에 비해 데이터 작성기준, 산출물 제출 및 평가기준 등이 구체적이지 못하다.

조달청의 지침서와 가상건설연구단의 가이드라인은 건축 프로세스에 BIM을 적용하려는 성격이 강한 반면 국토해양부의 가이드는 건축분야에서 BIM을 활용하기 위한 업무지침서 작성에 필요한 사항을 정의하고 있다.

2.2.4 Pennsylvania State University, BIM Project Execution Planning Guide

BIM Project Execution Planning Guide는 건설사업의 초기 단계에 BIM 전략과 수행계획을 수립하기 위한 프로세스를 제시할 목적으로 작성되었다. 이 가이드는 기획, 설계, 시공, 유지관리 등 시설물 생애주기 동안 여러 전문분야들이 BIM을 활용할 수 있도록 BIM 데이터를 구축하고 문서화하기 위한 프로세스를 제시하고 있다. 프로세스는 전문분야별 역할, 정보의 재사용 방안, BIM 프로세스 지원 방안 등을 포함하고 있다.

2.2.5 소결

BIM 가이드를 고찰한 결과 국토해양부와 조달청의 가이드는 BIM 데이터 구축에 초점을 맞추어 작성되었으나, 가상건설연구단과 Penn. State University의 가이드는 BIM 데이터의 활용에 중점을 두고 작성되었다. 가상건설연구단과 Penn. State University의 가이드는 설계, 시공, 유지관리 단계에서 활용할 수 있는 BIM 프로세스를 제시하였으나, BIM의 적용범위와 방법을 구체적으로 제시하지 못하였다.

2.3 선행연구 고찰

2.3.1 국내 연구동향

강인석 외 (2008)는 기획, 설계, 시공단계별로 활용 가능한 4D CAD 기능을 도출하고 4D CAD 요구정보를 분석하여 IDEFO기법을 활용한 진도관리 프로세스 모델을 구축하였다.

김영호, 정도영 (2009)은 BIM 요소기술별 기대효과를 업무단위에 따라 정리하고, 교량공사에 적용할 수 있는 BIM 요소기술을 활용하여 시공단계의 협업체계 구축방안을 제시하였다.

박찬식, 박희택 (2010)은 설계 및 시공단계의 시공성 분석 업무를 정립하고 BIM의 주요 기능을 조사하였다. 연관성 분석을 통해 BIM의 적용이 가능한 시공성 분석 업무를 도출하였으며, BIM 적용 시 기대효과에 대하여 기술하였다.

이치주 외 (2011)는 건축공사 단계별로 개선이 필요한 CM 업무와 선행연구에서 제시된 BIM 적용 분야를 분석하여 BIM의 적용 가능성과 적용효과가 높은 CM 업무를 도출하였다.

전승호 외 (2011)는 시공단계의 초고층 건축물 시공기술과 BIM 활용요소 간 연관성을 분석하여 BIM 적용성을 검토하고 각 기술들의 구현과정에서 BIM 데이터 흐름을 제시하였다.

2.3.2 해외 연구동향

HU Zhenhong et al. (2008)은 BIM 모델과 4D 기술을 활용하여 시공 프로세스의 동적 시뮬레이션 과정에서 구조 형상, 저항 모델, 하중 조건을 자동으로 생성할 수 있는 구조분석 알고리즘을 제안하였다.

Louise Sabol(2007)은 BIM을 활용하여 설계 및 시공단계에서 공사비용을 예측, 산출하는 방법을 제시하고 사례적용을 통해 활용성을 검증하였다.

Ning Gu, Kerry London (2010)은 AEC산업에서 BIM의 활용성을 높이기 위해 사업 참여주체별 BIM 적용 전략을 제시하였으며, BIM 모델과 프로세스 측면에서 기술적 요구사항을 분석하였다.

Timo Hartmann et al. (2011)은 건설사업관리에 BIM의 도구적 기술을 적용하기 위한 방법을 제시하였으며, 사례분석을 통해 BIM을 활용한 비용 산정 프로세스와 리스크 관리 프로세스의 개념적 모델을 제안하였다.

Ting Huang et al. (2007)은 4D CAD를 통해 시공 프로세스를 향상시키기 위하여 일정계획 수립, 시공성·안전성 평가, 자원배분 최적화를 지원할 수 있는 CVP(Construction Virtual Prototyping) 시스템을 개발하였다.

Vladimir Popov et al. (2010)은 설계 및 시공단계에서 5D 가상 시공 환경을 구현하기 위한 사업 참여자의 업무를 정의하고, BIM 모델의 개발 및 운용방법을 정립한 시공 프로세스를 제시하였다.

2.3.3 소결

선행연구 고찰 결과, 공사진도 점검, 설계오류 확인, 시공성 분석, 공사비 산출 등 시공단계의 주요 업무에 BIM을 적용하기 위해 다양한 연구가 수행되고 있었다. 선행연구에서도 시공단계에 BIM을 활용하기 위한 데이터를 구축하는 절차는 잘 정의되어 있었으나, BIM 데이터를 활용하기 위한 구체적인 방안은 제시되지 않았다. 또한 선행연구의 프로세스는 시공자 중심으로 작성되었기 때문에 CM 업무에 적용하기에는 한계가 있는 것으로 나타났다. CM 분야에서도 BIM을 도입하기 위한 연구가 일부 수행되고 있었으나, 아직까지 BIM이 적용 가능한 업무를 검토하는 수준이었다.

3. BIM 기능 및 업무 분석

3.1 BIM 기능 분석

BIM은 파라메트릭 모델링, 데이터베이스, 정보호환 등의 기술을 바탕으로 다양한 기능을 구현할 수 있다. 이 연구에서는 시공단계의 CM 업무절차와 연계할 수 있는 BIM 기능을 도출하기 위해 선행연구에서 제시하고 있는 다양한 BIM 기능을 조사하였으며, 그 결과는 표 2와 같다.

표 2. 선행연구에서 제시한 BIM 기능

구분	BIM 기능
김영호, 정도영 (2009)	3D 시각화, 공정 및 시공 시뮬레이션, 3D 객체기반 물량산출, 3D 객체기반 비용·일정정보 연계, 구조검토 연계, 에너지·환경분석 연계, 3D 지형정보 생성, 3D 객체기반 유지관리
박찬식, 박희택 (2010)	3D BIM 전환설계, 시각화, 객체기반 파라메트릭을 통한 연계, 간섭체크, 2D도면 생성, 물량산출 및 견적, 공정 시뮬레이션, 시공 시뮬레이션, 각종 분석과 연계
서희창 외 (2010)	4D 시뮬레이션, 3D 시각화, Mock-up, 위치기반 서비스, 친환경 분석, 공간객체 관리, 물량산출
이승일 외 (2010)	3D 전환설계, 시각화, 간섭체크, 파라메트릭 모델링, 4D 시뮬레이션, 견적, 엔지니어링 분야와의 연계
가상건설연구단 (2010)	시각화, 모델 검토, 데이터 추출, 모델 교환, 견적, 시뮬레이션, 에너지 분석, 도서 생성

이 연구에서는 시공단계를 대상으로 하였기 때문에 설계와 유지관리단계에서 활용성이 높은 '3D 지형정보 생성', '3D 객체기반 유지관리', '공간객체 관리', '모델 교환', '위치기반 서비스' 등을 제외하였다. 일부 문헌에서는 'BIM 전환설계'와 '시각화'를 별도의 기능으로 구분하였으나, 3차원 모델을 통한 건물정보의 시각적 표현은 BIM 전환설계에서 시작되는 것이므로 이 연구에서는 동일한 기능으로 간주하였다. 공정정보를 근거로 하는 '시공 시뮬레이션'은 '공정 시뮬레이션'에 포함하여 '4D 시뮬레이션'으로 정의하였다. '구조 검토', '에너지·환경 분석', '디지털

목업 테스트' 등은 설계단계에서 주로 활용되는 기능으로 선행연구에서는 각각을 BIM 기능으로 정의하였으나, 시공단계에서는 선택적으로 적용될 수 있기 때문에 '엔지니어링 분야 연계 분석'으로 통합하였다. 선행연구에서는 BIM 모델의 설계오류를 검토하는 기능으로 '간섭체크'라는 용어를 주로 사용하고 있었으나, BIM 모델을 통해 발주자의 요구사항, 설계기준 등도 확인할 수 있기 때문에 보다 포괄적인 의미로서 '모델 검토'를 BIM 기능으로 선정하였다.

이 연구에서 제시한 시공단계의 BIM 기능(7개)과 그 활용효과는 표 3과 같다.

표 3. BIM의 기능과 활용효과

BIM 기능	BIM 활용효과
(1) BIM 전환설계	- 객체정보 기반 3D 모델링, 시각화 - 모델과 도면의 일관성 향상
(2) 모델 검토	- 설계변경 및 시공오류 최소화 - 참여자간 의사소통 증진
(3) 데이터 추출	- 객체 내 포함되어 있는 건물정보 추출 및 문서화
(4) 자동 견적	- 부위별, 공종별, 단계별 물량 산출 및 견적정보 추출
(5) 4D 시뮬레이션	- 공정 간 간섭 및 공사일정 오류 검토 - 일정계획 및 자원투입계획 조정
(6) 도면 생성	- 설계, 시공, 입찰 도면 자동 추출 - 삽 드로잉 자동 생성
(7) 엔지니어링 분야 연계분석	- 디지털 목업 테스트 - 에너지 및 환경 분석, 법규 분석 등

'BIM 전환설계'는 데이터 기반의 3차원 모델링을 통해 형태 정보와 객체정보를 생성하는 기능으로, 모델과 도면의 일관성을 확보하여 설계의 품질을 향상시킬 수 있다.

'모델 검토'는 BIM 모델의 정확성을 검토하기 위해 객체요소의 간섭과 중복을 검토하고, 발주자의 요구사항과 설계기준의 반영 여부를 확인하는 기능이다.

'데이터 추출'은 건물의 면적, 부피, 특성, 일정계획, 비용계획 등의 객체정보를 추출하여 문서화하는 기능으로, BIM 모델에 데이터베이스를 구축시킨 것에 한하여 추출할 수 있다.

'자동 견적'은 면적, 물량, 일위대가 등을 기반으로 부위별, 공종별, 단계별 견적정보를 생성하는 기능이다.

'4D 시뮬레이션'은 계획대비 실적비교 또는 대안비교 시뮬레이션을 통해 합리적으로 공정계획을 수립할 수 있도록 지원하는 기능으로 LOB(Line of Balance)공정표 상에서 공정 간 간섭 및 공사일정의 오류를 확인하는 것이 가능하다.

'도면 생성'은 BIM 모델로부터 평면도, 입면도, 단면도 등 2D 도면을 자동으로 추출하는 기능이다. BIM 모델로부터 추출한 도면은 현행 도면 작성기준을 준수하기 위한 추가 작업이 필요하다.

'엔지니어링 분야 연계분석'은 BIM 모델에 추가적인 속성정보를 입력하고 특정 솔루션과 연계하여 에너지 및 환경 분석, 구

조해석, 디지털 목업 테스트 등 엔지니어링 분야에서 요구되는 분석업무를 지원하는 기능이다.

3.2 사업 참여자별 BIM 업무 분석

BIM의 도입으로 달라진 CM 업무절차에서 사업 참여자의 역할을 규명하고, 참여자 간 BIM 업무를 유기적으로 연결하기 위해 발주자, 건설사업관리자, 시공자, 설계자의 BIM 업무를 조사·분석하였다. 가산건설연구단, 조달청, Penn. State University에서 작성·배포하고 있는 BIM 가이드와 선행연구를 고찰하여 사업 참여자별 BIM 업무를 시공단계에 초점을 맞추어 재정립하였다(표 4).

표 4. 시공단계의 사업 참여자별 BIM 업무

단계 참여자	시공 전(前) 단계	시공단계	시공 후(後) 단계
발주자	- BIM모델 제작/운용 지침 작성 - BIM사업 발주설명서 평가/승인 - BIM사업 발주	- BIM 회의 시 의사결정 - BIM모델 변경결과 승인	- 준공모델 운용/관리 지침 작성 - 준공모델 및 준공모델 설명서 평가/승인
건설사업 관리자	- BIM모델 제작/운용 지침 작성 지원 - BIM모델 검토(발주자 요구사항, 설계기준 등) - BIM사업 발주 지원	- BIM을 활용한 회의 주관 - BIM을 활용한 공사 수행 지도 - BIM모델 운용/관리 협조 - BIM모델 변경결과 검토	- 준공모델 및 준공모델 설명서 검토
시공자	- BIM모델 운용계획 수립 - BIM을 활용한 공사 계획 수립	- BIM 회의 준비 - BIM을 활용한 공사 수행 - BIM모델 운용/관리 - 협력업체, 제조업체 등 BIM모델 운용 지도	- 준공모델 제작 - 준공모델 설명서 작성
설계자	- BIM모델 제작 - BIM모델 품질관리	- BIM모델 업데이트/수정 지도	- 준공모델 제작 협조

발주자는 BIM 사업의 발주에 앞서 BIM 모델 제작 및 운용 지침을 작성하고, 설계자는 발주자의 요구사항과 설계기준을 반영한 BIM 모델을 제작하여 발주자에게 인계해야 한다. 건설사업관리자는 BIM 모델을 검토하여 발주자가 모델을 평가·승인하는데 협조해야 한다. 시공자는 발주자가 작성한 운용지침을 준수하여 BIM을 활용한 공사계획과 BIM 모델 운용계획을 수립해야 한다.

시공단계에서 시공자는 공사를 수행하는데 적극적으로 BIM을 활용하고, 이 과정에서 BIM 모델을 수정 및 업데이트하는 등 지속적으로 모델을 운용·관리해야 한다. 건설사업관리자와 설계자는 시공자의 BIM 모델의 수정 및 업데이트 업무를 지원하고, 발주자는 변경된 BIM 모델을 검토하여 승인해야 한다. BIM의 활용을 극대화하기 위하여 시공자는 협력업체와 제조업체 등이 BIM을 효과적으로 활용할수 있도록 지원해야 한다.

BIM 모델을 유지관리단계에서도 활용할 수 있도록 시공자는 준공모델과 사용설명서를 제작하여 발주자에게 인계해야 한다. 발주자는 건설사업관리자와 협조하여 준공모델을 검토·평가하고 준공모델의 운용 및 관리지침을 작성해야 한다.

4. CM 업무 및 프로세스 분석

4.1 CM 업무 분석

CM은 전문 건설지식과 경영기법 등을 포함한 광범위한 업무체계를 갖추고 있기 때문에 BIM의 적용 가능성이 높은 CM 업무를 도출하기 위해 CM 업무와 기존 업무절차를 분석하였다. 국토해양부, 한국건설기술연구원, 한국기술사회 등 여러 기관에서는 CM 업무를 표준화하기 위해 CM 업무절차서를 개발·배포하고 있으며, CM 업체들도 자사의 특성에 맞는 업무절차서를 작성하여 활용하고 있다. 기존의 CM 업무절차서를 고찰한 결과 각 기관과 업체는 CM 분야별로 주요 업무를 다르게 분류하고 있었으나, 업무절차는 유사하게 정의하고 있었다.

이 연구에서는 CM 분야를 사업일반관리, 일정관리, 비용관리, 설계관리, 품질관리, 안전관리, 환경관리 등 7개로 구분하고 주요 업무 46개를 도출하였다(표 6 참조). 계약행정관리, 리스크관리, 문서관리 분야의 업무는 다른 분야에 포함되기 때문에 별도로 구분하지 않았다.

도출된 CM 업무의 BIM 적용 가능성을 확인하기 위해 선행연구에서 제시된 BIM 적용분야와 비교·분석하였다. BIM 적용분야는 선행연구(이치주 외 2011, 박찬식, 박희택 2010, 이승일 외 2010, 박정준 외 2009) 결과를 기반으로 이 연구에서 제시한 CM 분야별로 종합·정리하였다(표 5).

표 5. 선행연구에서 제시한 BIM 적용분야

CM분야	BIM 적용분야
사업관리일반	1. 시공관련 회의 및 협업 지원 2. 공사계획 수립 및 적용 3. 건설정보의 효율적인 활용, 재활용
일정관리	4. 적정 공사기간 검토 5. 공정 간 간섭확인(시공순서 검증) 6. 계획공정과 실제공정 비교
비용관리	7. 정확한 물량산출 및 견적 8. 효율적인 예산수립 및 집행 9. 설계변경 비용 최소화 10. 시공 VE 지원(대안설계 검토)
설계관리	11. 설계변경 대안검토의 효율성 증대 12. 시공상세도 작성의 편의성 증대 13. 도면 누락 및 중복 검토

표 5. 선행연구에서 제시한 BIM 적용분야

CM분야	BIM 적용분야
품질관리	14. 시공공법 검토 및 선정 지원 15. 부재 간 간섭확인 16. 시공 상 오류 확인
안전관리	17. 작업 공간 및 동선 검토 18. 장비·자재이동 및 양중 경로 검토 19. 작업자 안전교육훈련 지원

분석 결과, 대부분의 CM 업무에 BIM의 적용이 가능한 것으로 나타났다. 환경관리 분야에서는 뚜렷한 BIM의 적용분야가 제시되지 않았으나, 객체 내 정보를 활용하면 다른 분야와 동일한 수준으로 BIM을 적용할 수 있다는 전문가의 의견에 따라 '환경관리 기본계획 수립', '환경관리 이행감독', '환경클레임 분석 및 대응'을 BIM이 적용 가능한 업무로 선정하였다.

표 6은 선행연구에서 제시한 BIM 적용분야와 이 연구에서 도출한 CM 업무를 비교·분석한 결과이다.

표 6. CM 업무와 BIM 적용분야의 비교·분석 결과

구분	주요 업무	적용분야	구분	주요 업무	적용분야
사업 일반 관리	시공관련회의 운영	1	품질 관리	품질관리 기본계획 수립	11
	개설계획	2, 17, 18		품질조정회의 운영	1, 14, 16
	착공준비	2, 17, 18		공사에 요구되는 시험의 확인	-
	지급자재관리	-		기계제작 승인	-
	주요 기자재관리	-		자재공급원 승인	-
	사업관리정보시스템 운용	3		검측 및 시험	-
	현장시공 문서 및 자료 관리	-		기술검토의견서 작성	2, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 13, 14, 16
	보고서 작성 및 기록보관	-		품질결함사항 조치	15, 16
일정 관리	시운전 및 교육	-	준공검사 및 미결사항조치	16	
	공정표 검토	4, 5	최종준공	-	
	공정표 운영	6	안전관리 기본계획 수립	17, 18, 19	
	공정만회 계획 수립 및 이행	4, 5, 6	안전관리 이행감독	17, 18, 19	
	공사기간 연장 및 영향분석	4, 5, 6	안전감사	-	
	공사기간 클레임 분석 및 대응	4, 5	안전조정회의 운영	-	
	공정회의 운영	1, 6	안전교육훈련	1, 17, 18	
	기성계획 수립 및 관리	7, 8	안전관리문서 관리	-	
비용 관리	VE대안 분석	10	환경 관리	환경관리 기본계획 수립	3
	물가변동에 따른 계약금액 조정	7, 8		환경관리 이행감독	3
	설계변경에 따른 계약금액 조정	7, 8		환경감사	-
	공사비 클레임 분석 및 대응	9		환경관리위원회 운영	-
	사업비 보고서 관리	-		환경클레임 분석 및 대응	3
	시공상세도 검토	12		환경관리문서 관리	-
	설계변경 검토 및 관리	9, 10, 11			
	준공도서 검토	13			

4.2 CM 업무절차 분석

CM 업무절차와 BIM 기능을 연계하기 위해서는 기존 CM 업무절차상에 BIM 기능을 적용할 수 있는 요소가 포함되어야 한다. BIM 적용성 분석을 통해 도출된 CM 업무의 세부 절차를 고

찰한 결과 일부는 행정처리 절차를 나열한 것으로 BIM 기능을 적용하는데 어려움이 있는 것으로 나타났다. CM 업무의 BIM 적용 가능성을 보다 정확히 파악하기 위하여 전문가 면담조사를 실시하였다. 면담조사는 BIM에 관한 전문 지식을 갖춘 경력 5년 이상의 CM 실무자 5명을 대상으로 2012년 2월 6일부터 동년 동월 17일까지 수행하였다.

면담조사 결과, '지급자재관리', '현장시공 문서 및 자료 관리', '사업비 보고서 관리', '최종 준공', '안전·환경관리 문서 관리' 등은 행정처리 절차를 나열한 것으로 BIM 적용대상 업무에서 제외하였다. '기계제작 승인', '자재공급원 승인', '품질·안전·환경관리 기본계획 수립'은 BIM이 참고가 될 수 있으나, 세부 업무절차에 BIM 기능의 적용요소가 없어 제외하였다.

'공사에 요구되는 시험의 확인', '검측 및 시험', '준공검사 및 미결사항조치', '안전·환경관리 이행감독'은 현장 확인이 필요한 업무로서 BIM으로 대체할 수 없기 때문에 제외하였다. '공사기간 클레임 분석 및 대응'과 '공사비 클레임 분석 및 대응'은 각각 '공사기간 연장 및 영향 분석'과 '기성계획 수립 및 관리'에 포함되기 때문에 제외하였으며, '물가변동·설계변경에 따른 계약금액 조정'도 '설계변경 검토 및 관리'에 포함되므로 제외하였다. '개설계획'과 '착공준비', '공정표 검토'와 '공정표 운영'은 서로 업무의 범위가 중첩되어 업무절차를 통합하고 각각 '현장착수 준비', '공사 진도점검'로 용어를 재설정하였다. '공정회의 운영', '품질조정회의 운영', '안전조정회의 운영' 등도 '시공회의 운영'로 통합하였다.

두 차례에 걸친 CM 업무의 BIM 적용성 분석 결과, BIM의 적용이 가능한 CM 업무 14개가 도출되었다(표 7).

표 7. BIM의 적용이 가능한 CM 업무(14개) 도출

구분	CM 업무	구분	CM 업무
사업일반 관리	- 시공회의 운영 - 현장착수 준비	설계관리	- 시공상세도 검토 - 설계변경 검토 및 관리 - 준공도서 검토
	일정관리		품질관리
비용관리		안전관리	
	환경관리		- 안전교육훈련 - 환경클레임 분석 및 대응

5. BIM기반 CM 업무절차 모델 개발

이 연구는 BIM의 적용 가능성이 확인된 14개의 CM 업무를 대상으로 수행하였으나, 지면상 제약으로 모든 연구 개발과정을 기술하지 못하였다. 논문은 연구 수행과정을 가장 명확히 보여 줄 수 있는 일정관리 분야를 중심으로 작성하였다.

5.1 BIM 기능과 CM 업무의 연관성 분석

CM 업무수행 과정에서 요구되는 BIM의 기능을 파악하기 위해 개체 매트릭스 기법(Object Matrix Method)을 활용하여 CM 업무와 BIM 기능의 연관성을 분석하였다. 개체 매트릭스 기법은 두 그룹간의 상관관계를 시각화하는데 효과적인 방법으로 CM 업무에 적용할 수 있는 BIM 기능을 식별하는데 유용하다. 표 8은 일정관리 분야의 CM 업무와 BIM 기능의 연관성 분석을 수행한 결과이다.

표 8. 일정관리 분야의 CM 업무와 BIM 기능의 연관성 분석

주요 업무	세부 업무절차	BIM 적용여부	BIM 기능
공정표 검토 및 운영	공정현황 자료 제출	○	(3)
	공정현황 검토	×	-
	진도관리 수행	○	(1), (5), (7)
	공정진도보고서 작성/제출	○	(3)
	공정표 개정	×	-
공정만회 계획 수립 및 이행	공정계획 변경사유 제출	×	-
	공정계획 변경사유 분석	×	×
	공정만회 계획 및 공정표 작성/제출	○	(1), (3)
	공정만회 계획 및 공정표 검토	○	(4), (5), (7)
	공정만회 계획 이행	×	-
공사기간 연장 및 영향분석	공사기간 영향요인 확인	×	-
	공정계획 변경	○	(1), (7)
	공사기간 영향분석	○	(4), (5)
	준공기한 연기원 작성/제출	○	(3)
	준공기한 연기원 검토/승인	×	-
	공사기간연장(변경계약 체결)	×	-

주) (1) BIM 전환설계, (2) 모델 검토, (3) 데이터 추출, (4) 자동 견적, (5) 4D 시뮬레이션, (6) 도면 생성, (7) 엔지니어링 분야 연계분석

BIM 전환설계는 모델 내 일정정보를 갱신하는 경우에 적용되며, 데이터 추출 기능은 공정관련 자료 제출 시 모델로부터 일정정보를 추출하는데 활용할 수 있다. 4D 시뮬레이션은 계획대비 실적공정, 대안 간 최적 공정을 검토하는 경우 적용된다. 공사지연으로 인해 공사기간을 연장하거나 공정만회 대책을 수립하는 경우에는 일정정보와 비용정보를 상호 연계하여 시간 흐름에 따른 비용의 변화를 예측할 수 있다. 이 연구에서는 BIM 기능과 CM 업무의 연관성 분석 결과를 토대로 CM 업무절차를 재구성하였다.

또한 기존 CM 업무절차에는 포함되어 있지 않지만, BIM 기능을 활용하는데 필요한 업무를 추가하였다. 예로써 4D 시뮬레이션 기능을 활용하여 공사 진도점검을 수행하기 위해서는 사전에 4D 시뮬레이션용 모델을 제작하고, 공정표를 연계하여 공정한 간섭과 공사일정 오류를 검토하는 작업이 필요하다. 4D 시뮬레이션용 모델은 설계단계에서 개발된 BIM 모델에서 시각화가 불가능한 객체를 삭제하고, 동일한 일정정보를 가진 여러 객체

를 그룹화 함으로써 제작할 수 있다. 따라서 '공정표 검토 및 운영' 업무절차에는 4D 시뮬레이션을 구현하는데 필요한 '4D 시뮬레이션용 모델 제작', '4D 시뮬레이션용 모델과 공정표 연계', '4D 시뮬레이션 파일럿 테스트' 등의 업무를 추가하였다. 그림 1은 연관성 분석을 통해 일정관리 분야 '공정표 검토 및 운영' 업무절차에 BIM 기능을 연계하여 재구성한 것이다.

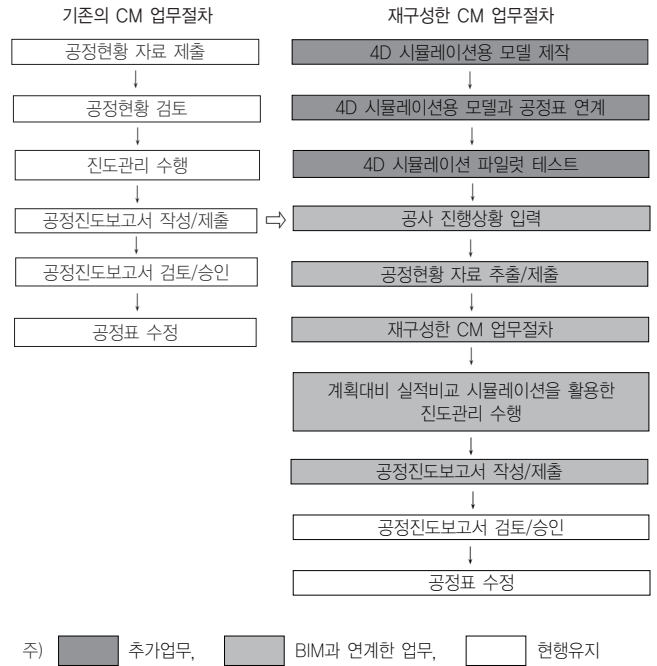


그림 1. '공정표 검토 및 운영' 업무의 기존 절차와 재구성한 절차 비교

5.2 BIM기반 CM 업무절차의 RAM 분석

CM 업무와 BIM 기능의 연관성 분석을 통해 CM 업무절차가 재구성됨에 따라 사업 참여자들의 역할과 책임을 재정의하기 위해 3.2절에서 정의한 사업 참여자별 BIM 업무를 토대로 RAM 분석을 실시하였다.

RAM 분석은 조직의 업무절차를 재설계하는 경우 담당자 또는 담당부서의 역할 및 책임을 배정하는데 효과적인 방법으로, BIM 기능을 적용하여 재구성된 CM 업무절차상에서 발주자, 건설사업관리자, 시공자, 설계자의 역할과 책임을 Responsible(수행담당 'R'), Accountable(총괄책임 'A'), Consulted(자문 'C'), Informed(정보 제공 'I')로 구분하여 표시하였다.

표 9는 일정관리 분야 '공정표 검토 및 운영' 업무의 RAM 분석 결과이다.

5.4 BIM기반 CM 업무절차 모델의 활용성 검증

5.4.1 기존 BIM 프로세스와 비교 · 분석

이 연구에서는 BIM기반 CM 업무절차 모델의 활용성을 자체적으로 평가하기 위해 선행연구(강인석 외 2008, 김선영 외 2011, 김영호, 정도영 2009, 전영웅, 이명식 2010, Vladimir Popov et al. 2010)에서 제시한 시공단계 BIM 프로세스와 비교 · 분석하였다. 선행연구에서 제시된 BIM 프로세스는 시공단계에서 BIM을 구현하는데 필요한 절차를 나열한 것으로, 일정, 비용, 설계 등의 변경에 대응하기 위한 방법은 제시하지 못하였다. 또한 시공자의 BIM 업무에만 초점을 맞추어 개발된 기존 프로세스는 적절한 협업체계를 갖추지 못하고 있었다.

이 연구에서 개발한 모델은 BIM 기능의 구현방법과 BIM 모델의 활용방법을 도식화하고, 발주자, 건설사업관리자, 시공자, 설계자의 BIM 업무를 명확히 구분하였다. 이는 기존 BIM 프로세스에 비해 BIM의 활용성을 높이고 참여자 간 협업을 구축하는데 유리할 것으로 판단된다. 이 연구에서는 공정만회계획 수립 및 이행, VE대안 분석, 설계변경 검토 및 관리 등 다양한 CM 업무를 대상으로 BIM기반 업무절차 모델을 개발함으로써 기존 프로세스에서 제시한 BIM의 적용범위를 모두 수용할 뿐만 아니라 적용대상도 보다 구체화시켰다고 판단된다.

5.4.2 설문조사

이 연구에서는 BIM기반 CM 업무절차 모델을 객관적으로 평가하기 위해 설문조사를 실시하였다. 설문조사는 2012년 10월 2일부터 동년 동월 19일까지 BIM에 관한 전문 지식을 가진 설계자 2명, 시공자 5명, 건설사업관리자 8명을 대상으로 수행하였다. 설문조사의 효과를 높이기 위해 개별 면담방식으로 수행하였으며, 모델의 적정성과 적용효과를 5점 척도로 평가하도록 하였다.

그림 4에서 보여 지는 바와 같이 다섯 개 항목을 대상으로 모델의 적정성에 관한 조사를 실시한 결과, 응답자의 60~80%가 BIM 적용대상, 사업 참여자별 BIM 업무, CM 업무절차에 적용한 BIM 기능, BIM기반 CM 업무절차의 논리적 타당성, 조달청의 시공단계 BIM 활용목표대상만족도

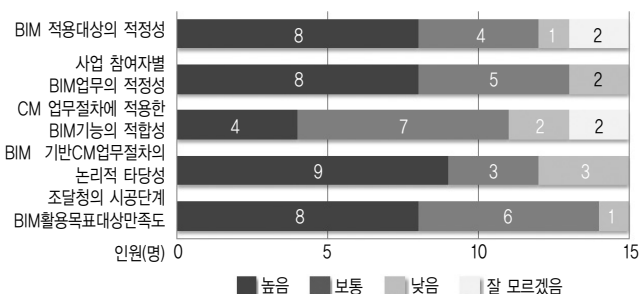


그림 4. BIM기반 CM 업무절차의 적정성 분석 결과

응답자 중 건설사업관리자 8명을 대상으로 모델의 적용효과를 조사하였다. 적용효과 평가항목은 'BIM 활용성 증대', 'BIM 업무 지원 확대', '정보 통합 및 공유 증진', '협업 및 의사소통 개선' 등의 직접효과 부문과 'BIM 교육 자료로써 활용', 'BIM 가이드 개발 자료로써 활용' 등의 간접효과 부문으로 구분하였다.

응답점수의 평균값을 구한 결과, 'BIM 업무 지원 확대'가 4.4점으로 직접효과 부문에서 가장 높은 점수를 획득하였으며, 그 다음으로는 '협업 및 의사소통 개선', 'BIM 활용성 증대' 순으로 점수가 높게 나타났다. '정보 통합 및 공유 증진'은 3.0점으로 상대적으로 점수가 낮게 나타났다. 간접효과 부문에서는 'BIM 가이드 개발 자료로써 활용'과 'BIM 교육 자료로써 활용'이 각각 4.1점, 3.5점을 획득하여 모델이 향후 CM 업체에서 BIM 가이드를 개발하는데 활용될 수 있는 것으로 나타났다.

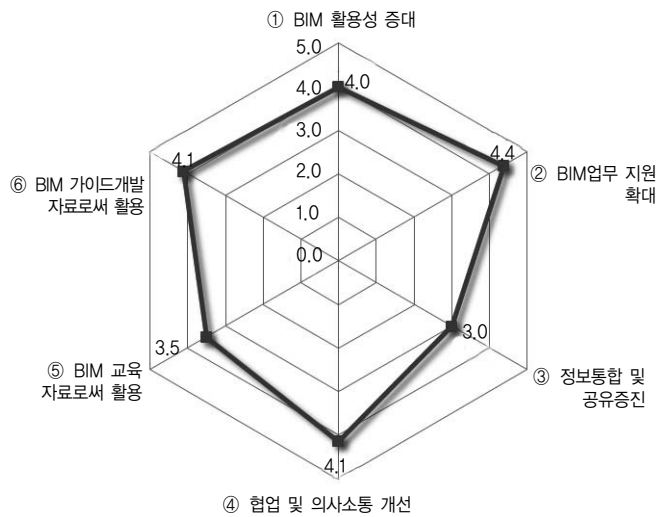


그림 5. BIM기반 CM 업무절차의 적용효과 분석 결과

6. 결론

BIM은 건설정보를 통합 관리하고 발주자의 의사결정을 지원하는 수단으로 CM에서 다양하게 활용할 수 있으나, CM 분야에서 BIM의 도입은 미흡한 실정이다. 이 연구에서는 시공단계의 CM 업무에 BIM을 효율적으로 활용하기 위하여 업무절차 모델을 개발하였으며, 주요 연구결과는 다음과 같다.

첫째, BIM 기능과 활용효과를 분석하여 BIM 전환설계, 모델 검토, 데이터 추출, 자동 견적, 4D 시뮬레이션, 도면 생성, 엔지니어링 분야 연계분석 등 시공단계에서 활용 가능한 BIM 기능을 도출하였다.

둘째, CM 업무절차서를 고찰하여 시공단계의 주요 CM 업무를 식별하고 두 차례에 걸쳐 BIM의 적용 가능성을 분석하여 현장착수 준비, 공사진도 점검, 기성계획 수립 및 관리 등 BIM 적

용이 가능한 CM 업무를 도출하였다.

셋째, CM 업무와 BIM 기능의 연관성을 분석하여 기존 CM 업무절차를 재구성하고 사업 참여자별 역할을 재정립하여 BIM기반 CM 업무절차 모델을 개발하였으며, 사례조사 및 면담조사를 통해 실무자의 요구사항을 반영한 모델별 가이드를 작성하였다.

넷째, 모델의 활용성을 검증하기 위해 선행연구의 BIM 프로세스와 비교·분석하고 설문조사를 수행한 결과 이 연구에서 개발한 모델이 건설사업관리자의 BIM 업무를 효과적으로 지원할 수 있는 것으로 나타났다.

이 연구는 BIM의 적용대상과 효과가 불분명한 CM 분야를 대상으로 BIM이 적용 가능한 업무를 도출하고, 업무절차 모델을 통해 BIM의 적용절차와 활용방법을 제시하였다는 점에서 학술적 의의가 있다.

이 연구에서는 기존 BIM 프로세스와의 비교·분석과 설문조사를 통해 모델의 활용성 검증을 하였다. 향후에는 사례연구를 통해 모델의 현장 적용성을 검토할 필요가 있다. 또한 CM 분야에서 BIM을 적용할 수 있는 업무를 지속적으로 확인하여 모델을 업데이트하거나 추가 개발하는 연구가 수행되어야 한다.

감사의 글

이 연구는 산학협동재단과 (주)TCMC의 2011년도 학술연구비 지원으로 수행되었음.

참고문헌

가상 건설시스템개발 연구단 (2010). "BIM적용 설계 가이드라인", 2판, <<http://www.vckorea.org/>> (2011. 6. 30).

강인석·문현석·박서영 (2008). "건설공사 진행단계별 4D CAD시스템의 적용방법론 및 프로세스 모델 구성.", 대한건축학회 논문집(구조계), 제24호 제7호, pp.127~134.

국토해양부 (2010). 건축분야 BIM 적용가이드, 1판, 국토해양부, 과천

김선영·민창훈·김현승·김창학·강인석 (2011). "BIM기술 분석을 통한 시공단계 BIM 기능운영모델 구축.", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집.

김영호·정도영 (2009). "협업체계 구축을 통한 시공단계 BIM 적용 사례연구.", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집.

박정준·김창운·김형관 (2008). "3D/4D CAD를 통한 시설물 생애주기 관리 유용분야 도출." 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집.

박찬식·박희택 (2010). "시공성 분석업무 개선을 위한 BIM 기술의 적용방안.", 한국건설관리학회 논문집, 제11권 제2호, pp.137~146.

서울시립대학교 (2003). "CM 형태별 활성화 방안 및 업무절차서 개발 연구보고서.", 1판 <<http://www.cmak.or.kr/>> (2012. 10.29).

서희창·김주형·김재준 (2010). "공동주택 리모델링 시공단계에서의 BIM 활용방안에 관한 연구.", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집.

이승일·권남하·조영상 (2010). "BIM기반 골조공사의 시공성 분석 업무 적용사례에 관한 연구.", 한국건축시공학회지, 제10호 제5호, pp.45~54.

이치주·이강·원종성·윤성찬 (2011). "CM 업무에서 BIM 도입 우선항목 도출: 초고층 공사의 CM 업무를 대상으로.", 대한건축학회 논문집, 제27권 제6호, pp.115~122.

전승호·이준서·이주호 (2011). "초고층 건축물 시공단계에서의 BIM 적용성에 관한 연구.", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집.

정재국·김예상 (2012). "BIM 매니저 핵심역량 중요도 분석 - 대형 종합건설업체의 관점에서 -.", 대한건축학회 논문집, 제28권 제1호, pp.175~182.

정준호·진상운 (2011). "BIM 기반의 시공단계 건적데이터를 활용한 일일 진도관리모델 구축 방안.", 한국건설관리학회 논문집 제12권 제5호, pp.23~34.

전영웅·이명식 (2010). "BIM기반 건설현장 관리모델 개발에 관한 연구.", 한국건축시공학회 논문집 제10권 1호, pp.127~135.

조달청 (2012). "시설사업 BIM적용 기본지침서.", <<http://www.pps.go.kr>> (2012.10.26.).

한국기술사회(2003). 건설사업관리(CM) 지식체계, 1판, 기문당, 서울

HU Zhenzhong, ZHANG Jianping and DENG Ziyin (2008). "Construction Process Simulation and Safety Analysis Based on Building Information Model and 4D Technology.", Tsinghua science and technology, 13(S1), pp.266~272.

Louise Sabol (2007). "Challenges in Cost Estimating with Building Information Modeling.", Design+Construction Strategies 36(3).

Pennsylvania State University(2011), "BIM Project Execution Planning Guide.", Version 2.1, USA,

<http://www.scribd.com/doc/68245126/01-BIM-Project-Execution-Planning-Guide-V2-0-Sided> (2012. 11. 5).

Vladimir Popov, Virgaudas Juocevicius, Darius Migilinskas, Leonas Ustinovichius and Saulius Mikalauskas (2010). "The use of a virtual building design and construction model for developing an effective project concept in 5D environment.", Automation in Construction 19, pp.357~367.

Ning Gu and Keey London (2010). "Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry.", Automation in Construction 19, pp.988~999.

Ting Huang, C.W. Kong, H.L. Guo, Andrew Baldwin and Heng Li (2007). "A virtual prototyping system for simulating construction process.", Automation in Construction 16, pp.576~585.

Timo Hartmann, Hendrik van Meerveld, Niels Vossebeld and Arjen Adriaanse (2012). "Aligning building information model tools and construction management methods.", Automation in Construction 22, pp.605~613.

논문제출일: 2012.08.16
논문심사일: 2012.08.24
심사완료일: 2012.12.28

요 약

BIM과 건설사업관리(Construction Management; 이하 CM)는 건설정보를 통합 관리하고 신뢰성 있는 의사결정을 지원 하는 수단이라는 점에서 그 성격이 유사하기 때문에 BIM은 CM에 효율적으로 활용할 수 있으나, CM 분야에서 BIM 도입은 미흡한 실정이다. 이 연구의 목적은 시공단계의 CM 업무에 BIM을 효과적으로 활용할 수 있도록 업무절차 모델 및 가이드를 제시하는 것이다. 문헌조사를 통해 BIM 기능을 BIM 전환설계, 모델 검토, 데이터 추출, 자동 견적, 4D 시뮬레이션, 도면 생성, 엔지니어링 분야 연계분석 등으로 정의하고, CM 업무와 프로세스를 분석하여 BIM의 적용이 가능한 CM 업무를 도출하였다. BIM 기능과 CM 업무 간 연관성 분석을 통해 기존의 업무절차를 BIM 기능과 연계하여 재구성하고, 사업 참여자별 역할을 재정립하여 BIM기반 CM 업무절차 모델을 개발하였다. 개발된 모델의 효용성을 향상시키고자 면담조사와 사례조사를 통해 사업 참여자들의 BIM 업무를 기술한 가이드를 작성하였다. 또한 BIM기반 CM 업무절차 모델의 활용성을 검증하기 위한 선행연구의 BIM 프로세스와 비교·분석하고 전문가를 대상으로 설문조사를 수행하였다. 이 연구는 CM 분야에서 BIM의 활용성을 높이는데 기여할 수 있다. 향후에는 사례적용을 통해 실무적 관점에서 모델을 평가할 필요가 있으며, BIM 도입으로 인한 CM 업무의 확대를 고려하여 지속적으로 BIM기반 CM 업무절차 모델을 업데이트할 필요가 있다.

키워드 : BIM, 건설사업관리, 업무절차 모델, 시공단계