

시공단계에 참여하는 전문건설업체를 위한 시공 BIM 수행계획 구축

- 철근콘크리트 업체를 중심으로 -

A Study about BIM Execution Plan for Specialty Contractors at Construction Phase

- focused on Specialty Contractors in Reinforced Concrete Works -

이주성¹⁾, 함남혁²⁾, 김재준³⁾

Lee, Joo-Sung¹⁾ · Ham, Nam-Hyuk²⁾ · Kim, Jae-Jun³⁾

Received August 28, 2015 / Accepted September 7, 2015

ABSTRACT: For decades, the productivity issue has been a primary concern for the all stake-holders who participate in domestic construction industry. Especially, between a whole life cycle of building, the construction phase's productivity problem makes or break the entire project. In this respect, the general construction company, who accept the order and construct the building(so called General Contractor), should consider various strategies, such as schedule management, cost management, quality management, inner-crew management, etc., for the productivity improvement, and almost of these management methods have been studied for a long time. But, the researches and studies about the specialty contractor, who construct the building directly in construction site were not sufficiently complete yet. This research begins as an idea which tries to apply the BIM(Building Information Modeling) into the tasks of Specialty contractors for their productivity improvement. And for the effective application of construction BIM to specialty contractors, establish of the BIM project execution plan for them, not the fragmentary adoption of BIM. Therefore, in this paper, we develop the BIM project execution plan for the reinforced concrete companies who conduct the framework construction which located on CP(Critical Path) Especially, we model the "Construction BIM Use List for the RC Work", "BIM Application Master Process" and "BIM Application Detailed Process", and general contractor who use these BIM uses list and process models can manage various specialty contractors about schedule, cost, earned value, quality, safety and environment management systematically.

KEYWORDS: BIM(Building Information Modeling), Construction BIM, BIM PxP(Project Execution Plan), Reinforced Concrete

키워드: 빌딩정보모델링, 시공 BIM, BIM 수행계획서, 철근 콘크리트

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설 프로젝트에서의 생산성 문제는 국내의 건설산업에 종사하는 모든 이해관계자의 오랫동안의 관심사였다. 특히, 건축물의 전 생애주기 중, 직접공사비가 투여되는 시공단계에서의 생산성 문제는 해당 프로젝트의 수익성, 즉, 성패를 가르는데 아주 중요한 이슈로 손꼽힌다.

이러한 측면에서, 시공 프로젝트를 발주받아 공사를 수행하는 원도급자, 즉, 일반건설업체는 프로젝트의 생산성을 높이기 위해 다양한 전략을 강구하게 되는데, 주로, 공정관리, 원가관리, 품질관리, 인력관리 등이 그 예로써, 이러한 분야에 대한 연구나 학문은 Construction Management에서 오랫동안 연구되어 왔다. 하지만, 정작, 프로젝트를 직접도급 혹은 원도급자로부터 하도급 받아 공사를 수행하는 전문건설업체의 생산성에 대한 연구나 논의는 충분하지 않았던 것이 사실이다.

¹⁾학생회원, 한양대학교 일반대학원 건축환경공학과 박사과정 (neowings@naver.com)

²⁾학생회원, 한양대학교 일반대학원 건축환경공학과 박사과정 (sunkist7@hanyang.ac.kr)

³⁾정회원, 한양대학교 건축공학과 교수, 건축공학박사 (jjkim@hanyang.ac.kr) (교신저자)

프로젝트의 각 참여자별 역할을 보면, 일반건설업체는 발주자로부터 사업을 직접도급받아, 시공의 효율적인 진행을 위한 관리공정계획을 수립하고, 자재 및 인력수급계획을 세우며, 현장의 전체적인 관리감독 업무를 수행하는 역할을 한다. 반면, 전문건설업체는 시공 프로젝트에 있어 발주자로부터 직접도급을 받거나, 원도급자로부터 하도급을 받아 전문공사를 직접 시공하는 역할을 하고, 공정상 각 공정별로 전문적인 시공기술을 요하는 공사를 수행하게 된다. 따라서 일반건설업체는 프로젝트에 참여하는 수많은 공종별 전문건설업체의 공사업무의 생산성 관리를 필수적으로 수행해야 하며, 이러한 전문건설업체의 생산성은 프로젝트의 생산성으로 직결되기 때문에 일반건설업체 입장에서 전문건설업체의 관리는 무엇보다 중요한 이슈이다.

본 연구는 이러한 관점에서 프로젝트의 수익을 높이는 방안으로써, 전문건설업체의 생산성을 확대로 삼고, 이를 해결하기 위한 전략으로 BIM(Building Information Modeling)을 응용하는 아이디어에서 시작하였다.

전문건설업체의 시공 BIM 기술 활용을 위해서는 단편적이고 체계적이지 않은 기술 접목이 아닌 일반건설업체의 관리를 위한 개념에서의 전문건설업체 시공 BIM 수행계획이 무엇보다 중요하다.

본 연구에서는 이러한 배경 하에서, 전문건설업체 중 Critical Path에 가장 큰 영향을 미치는 골조공사 중 철근콘크리트 시공 BIM 수행계획을 개발하고자 한다. 이를 위하여 철근콘크리트 BIM Use List와 BIM 활용 Master Process, 그리고 각각의 시공 BIM Use에 대한 Detailed Process를 모델링하고자 한다. 개발되는 철근콘크리트 BIM 수행계획은 원도급자인 일반건설업체의 입장에서 프로젝트에 참여하는 다양한 전문건설업체의 공정, 원가, 기성, 품질, 안전, 공사 등에 대한 체계적 관리를 가능하게 하는 중요한 전략으로 활용될 수 있을 것이다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 프로젝트 시공단계의 생산성 향상을 위한 방안으로 전문건설업체의 BIM 기술 도입을 제안하고, 효율적인 시공 BIM 도입을 위한 방법으로 시공단계에 참여하는 전문건설업체(본 연구의 범위는 철근콘크리트 업체로 한정)의 시공 BIM 수행 계획 도출에 그 목적이 있다. 이러한 연구의 목적을 달성하기 위해서 아래의 Figure 1과 같은 연구 방법을 설정하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 시공 BIM

BIM이란 건축물의 전 생애주기, 즉, 프로젝트 기획, 설계, 시공, 유지관리단계에 이르는 기간동안 건축물 및 프로젝트에서

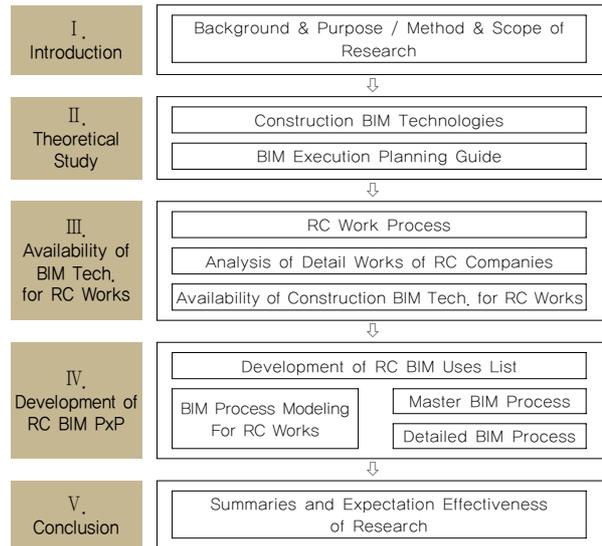


Figure 1 Research Process

발생하는 모든 정보를 활용하기 위한 기술로, 각 단계별 지원할 수 있는 BIM 기술 타입 및 구현 정도는 다르다. 하지만 국내에서 현재 주로 활용되고 있는 분야는 시공 BIM 기술로 볼 수 있는데, 즉, 기획 및 설계단계에서 구축되고 가공되어지는 해당 건축물 및 프로젝트의 정보는 시공단계에서의 생산성 향상과 관계가 깊다. 일반적으로 국내에서 가장 많이 활용되는 물량산출, 4D 시뮬레이션, 간섭체크, 설계오류 검토 등의 BIM 아이템들은 시공단계의 기성 및 원가관리, 공정관리, 시공성 검토, 품질관리 등으로 직결되는 기술들로, 이러한 특성은 시공단계에 투입되는 공사비의 규모가 전체 프로젝트에서 차지하는 비중이 가장 많고 프로젝트의 성패에 가장 많은 영향을 미치기 때문이다.

가상건설시스템 개발 연구단에서 발행한 “BIM 적용 설계가이드라인(3차원 건축설계 지침) Ver 2.0(2010)”에서는 시공단계에서 활용할 수 있는 주요 BIM 업무 및 구현방법을 아래의 Table 3과 같이 제시하였다.

이러한 시공단계 BIM 기술 아이템들은 일반적으로 공사를 관리감독하고 원도급받는 일반건설업체의 관점, 혹은 업무범위 내에서 이루어지고 있는 것이 현재 국내 시공 BIM 실무의 현실로, 주로 관리감독 적인 측면에서 이루어지고 있다. 하지만 공사를 전체적으로 관리감독해야 하는 일반건설업체의 업무 특성상, 특정 공종이나 부위, 작업형태에 대한 상세한 BIM 지원, 구현 등이 어렵다는 의미로 해석할 수 있다. 특정공종, 예를 들면 철근 콘크리트나, 철골, 설비업체의 상세하고 복잡한 업무에 대한 BIM 지원은 비용 / 계약 / 업무 복잡 / 관리 복잡 등의 이유로 일반건설업체의 입장에서는 지원할 수 없다.

이러한 일반건설업체 관점에서의 시공 BIM 기술 구현이 실제

Table 1 Key BIM Works and Methods of Construction Phase

Tasks	Realizing Methods
Construction Plan	- G,C establishes integrated model including the construction schedule and material's information
Schedule Simulation	- Pre-review of progress schedule, details and materials using 4D simulation model linked with WBS
Shop Drawing	- provide the shop DWG,s using shop model(scale of 1:1) for fussy process or core parts of building
Extimition	- take off the material quantity(as planned and as acted) depending on details of progress schedule
5D Simulation	- Integrated management which linked with Schedule-Cost Information and BIM model
Pre-Fabrication	- Provide the prior production information of specific parts and structure of building to pre-fabricator
Construction Process	- reflect the change information of major materials, Design concept, construction methods and schedule to BIM model
Design Supervision	- pre-review the design intention, regulation, rules, safety and environment in design phase for the construct availability using design BIM model

작업을 수행하는 수많은 전문건설업체의 생산성 향상 및 지원과는 크게 동떨어져 있어 BIM 기술 도입의 효용성이 떨어지게 된다.

따라서 본 연구는 일반건설업체 위주의 시공 BIM 기술 활용보다는, 일반건설업체의 관점에서 시공단계에 참여하는 수많은 전문건설업체의 BIM 기술 활용을 독려하고 유도할 수 있는 BIM 관리감독체계를 만드는 것을 목적으로 한다.

2.2 BIM Execution Plan

미국의 Penn State University는 다양하게 발주되는 건설 프로젝트의 고유의 목적과 특성에 맞게 Customized된 Planning Guide를 제공하기 위한 방안으로 BIM Project Execution Planning Guide를 개발하였다.

이를 통해 건설 프로젝트의 전 단계에서 생성되는 모든 개별 정보의 목적, 용도, Input/Output 정보, 책임자 등에 대한 상세하고 효율적인 계획을 제시하여 프로젝트 초반부터 생성되는 모든 건설정보에 대한 관리를 가능하도록 하였는데, 이러한 초기계획은 BIM Goal & Uses 정의, BIM 프로젝트 수행 프로세스 설계, 프로젝트 관련 정보의 타입, LOD, 책임소재 등의 정의, Infrastructure 정의 등의 순으로 이루어지며 그 상세내용은 아래와 같다.

- 1단계 : Identify BIM Goals and Uses : BIM의 목적 및 활용 분야를 설정하여 프로젝트와 팀에게 주는 가치를 정의함
- 2단계 : Design BIM Project Execution Process : BIM 기반 업무 및 정보 교환을 포함하는 프로세스를 작성함
- 3단계 : Develop Information Exchange : 프로세스 상의

각 단계에서 생성되는 정보 타입, LOD, Responsible Party를 정의함

- 4단계 : Define Supporting Infrastructure for BIM Implementation : BIM 기반 프로세스를 지원하는 위해 필요한 프로젝트 Infrastructure를 정의함

2.3 기존 연구문헌 고찰

아래의 Table 4는 철근콘크리트 업체의 업무관련 연구, 시공 BIM 연구 등을 정리한 표이며, 제시된 연구문헌 분석을 통해 본 연구에서 고려되어야 할 소결점을 도출할 수 있었다.

첫째, 시공단계에서 직접시공을 관여하는 전문건설업체의 생산성은 현재까지도 수많은 연구가 진행되고 있으나 진척되지 못하고 있는 연구 분야이다. 일반건설업체와 전문건설업체의 가장 큰 차이점은 규모의 차이로 볼 수 있다. 즉, 생산성 향상을 위한 인프라 구축, 교육, 조직 구축 등 자원을 쓸 수 있는 일반건설업체와 달리, 전문건설업체는 대부분의 경우 개별 프로젝트에 의존하는 소규모 영세업체가 대다수일 뿐만 아니라, 이러한 생산성 향상에 자원을 소모할 수 없는 특징을 갖고 있다.

둘째, 상기의 첫 째 소결에도 불구하고 전문건설업체의 생산

Table 2 Literature Review

Field	Researches	Contents of Research
Work Productivity of Specialty Contractors	Kim, M-C et, al.(2010)	deduct the tasks of S,C and filed managers who participate in construction phase and analyze the influence factors
	Cho, D-G (2011)	suggest the BIM strategies for specialty contractors using concept of "Moving Forward to BIM"
	Choi, S-H et, al.(2014)	propose the strategic subcontract methods depending on 3 steps of construction process
	Hong, S-H et, al.(2015)	analyze the level of performance and capabilities of S,C workers and develop the education program for them
tasks of RC Companies	Kim, K-H et, al.(2008)	deduct the risk factors of rc works and analyze the relationship with cost/schedule
	Kim, M-C et, al.(2010)	analyze the field management organization and their tasks of S,C
	Park, J-H et, al.(2008)	propose the direction of improvement of R,C Companies in a situation which design side job of construction companies is permitted in point of law
	Ahn, Y-S et, al.(1993)	analyze the productivity of RC Work, especially structure formwork
Const-ruction BIM	Lee, J-H et, al.(1996)	develop the "RC work schedule standard model" for the apartment house regarding the site environments and condition
	Kim, S-Y et, al.(2011)	analyze the characteristics and utilization of construction BIM technologies, and propose the "construction BIM operation model"
	Kim, Y-H et, al.(2013)	deduct the matchable construction BIM item with RC tasks through analyzing the failure factors of RC works
	Heo, B-R-M et, al.(2012)	deduct the BIM design faults and their causes, and propose the correlation between the main type of design faults and causes using regression analysis

성은 일반건설업체의 수익, 즉 프로젝트 전체 생산성에도 영향을 주며, 프로젝트의 전체 생산성은 다시 전문건설업체의 수익에도 결부되기 때문에 간과해서는 안되는 중요한 문제로 볼 수 있다. 본 연구의 Scope인 철근콘크리트 업체의 업무 생산성을 중점적으로 분석해본 기존 연구문헌들은 프로젝트의 공정표 상에서 critical path에 위치한 골조공사 업무를 담당하는 철근콘크리트 업체의 업무 생산성에 주요한 관심을 가지고 연구를 하는 이유도 이런 측면에서 파생된 것으로 사료된다.

셋째, BIM 기술을 통한 생산성 향상이 가능하다. 전문건설업체의 업무 특성을 보면, 주로 인력에 의존하고, 2D CAD 기반, 종이 문서 기반 등으로 작업을 진행한다. 일반건설업체의 입장에서 이러한 전문건설업체의 업무낙후성을 BIM 기술을 통해 지원할 수 있다면, 전문건설업체의 업무 효율화가 얼마든지 가능할 수 있고, 이는 현재 국내 시공현장에 확대적용되고 있는 시공 BIM 기술을 통해 가능하다. 현재까지의 활용분야는 주로 발주처, CM, 일반건설업체에서의 보고, 시각화, 관리 적인 측면에서 활용되는 소폭의 활용범위를 전문건설업체의 업무에까지 확장한다면, 직접 생산성 향상을 기대해볼 수도 있을 것으로 사료된다.

3. 철근콘크리트 공사 BIM 활용성 분석

3.1 골조공사 프로세스 분석

골조공사는 크게 사전작업, 철근공사, 거푸집 공사, 콘크리트 공사 등의 4단계로 나눌 수 있다.

사전작업 단계는 골조공사를 수행하기 위한 사전점검 차원의 작업들이 수행된다. 우선 골조부위에 대한 시공도서(각종 평, 입, 단면도, 상세도, 시방서, 내역서 등)에 대한 검토를 통해, 설계오류에 대한 사전검토를 수행하게 된다. 둘째로 시공성을 검토하는데, 준비된 시공도서를 통해, 작업순서, 시공 난이도 검토, 공법 검토, 물량 검토, 간섭 검토 등을 통해 사전에 시공성에 대한 철저한 검증이 이루어진다. 이러한 시공성 검토를 통해 셋째로 더 나은 공법, 형상, 물량, 재료 등에 대한 대안을 검토하게 되며, 대안이 선정될 경우 설계변경을 하고 이에 대한 시공성검토를 다시 수행하게 된다.

철근공사 단계는 완성된 시공도서를 바탕으로 골조의 뼈대인 철근을 설치하는 작업이다. 시공도서 및 내역서를 통해 필요한 철근 물량을 산출하고, 주문 및 반입하게 된다. 반입된 철근은 현장에서의 품질검사를 통해 사용여부를 검토하게 된다. 이렇게 철근 반입 및 설치 준비까지 완료되면, 현장에서 철근 설치부위에 대한 먹매김 작업을 실시하고, 기둥/벽체부위 철근을 인양하여 배근하게 된다. 기둥/벽체 부위 철근 설치 이후에 보/슬라브 부위 철근 설치 작업이 동일하게 이루어진다.

철근 설치 작업 이후 콘크리트 타설을 위한 거푸집 설치가 이루어진다. 철근 공사의 순서와 마찬가지로 우선 거푸집 물량

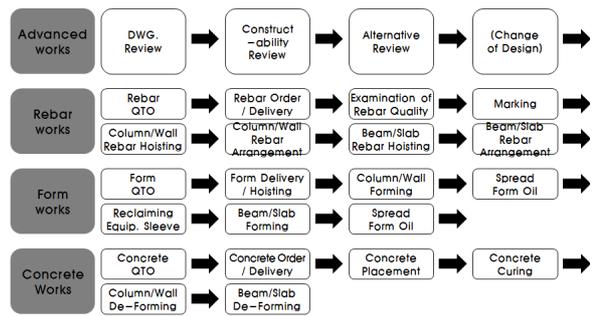


Figure 2 RC Work Process

을 검토하고, 주문/반입하여 해당 부위 설치를 위하여 거푸집을 인양한다. 기둥/벽체 거푸집을 설치하고 거푸집 내부 면에 박리제를 도포한다. 이후 설비 배관/장비 설치를 위한 설비 슬리브를 매립하고 보/슬라브 거푸집을 설치한 후 역시 박리제를 도포한다. 이러한 방식으로 콘크리트 타설 준비가 완료되게 된다.

마지막으로 설치된 철근 및 거푸집에 콘크리트를 타설하기 위해 우선 필요한 콘크리트 물량을 산출하여 주문/반입하고 해당 부위의 거푸집에 콘크리트를 타설한다. 기둥/벽체 및 보/슬라브 부위 콘크리트 타설은 동시에 이루어지기 때문에 한번에 타설하며, 이후 충분한 양생시간을 거친다. 필요 강도가 나�고 완벽하게 양생이 이루어지면 기둥/벽체 거푸집과 보/슬라브 거푸집을 해체함으로써 골조공사가 끝나게 된다.

3.2 철근콘크리트 업체 분야별 업무 분석

상기의 3.1절에서 제시한 바와 같이 골조공사는 그 작업순서가 단순하지만 전체 공기에 지대한 영향을 미치는 공정이다. 따라서 현장을 관리감독하는 일반건설업체의 다양한 업무와 철근콘크리트 업체의 업무는 유기적으로 연계되어 이루어져야 하며, 철근콘크리트 업체의 작업 생산성, 인력 생산성, 관리 생산성 등에 대한 철저한 검증이 이루어져야 한다.

이러한 철근 콘크리트 업체의 중요한 업무에 대하여 김민찬 외 1인(2010)은 “철근콘크리트 전문건설업체의 현장관리 조직 및 업무 실태분석” 연구에서 철근콘크리트 전문건설업체의 현장에서의 업무를 주요 5개 분야에 대하여 일반건설업체의 업무를 도출하고 이에 연계하여 수행되는 철근콘크리트 업체의 주요 업무를 분류하였으며, 그 내용은 아래의 Table 5, 6과 같다.

3.3 철근 콘크리트 공사 업무 BIM 활용성 분석

상기에 제시된 전문건설업체의 현장에서의 분야별 업무 분류를 토대로, 실제로 적용할 수 있는 시공 BIM 아이템에 대하여 분석하였다.

각각 분야별 개별 업무에 대하여 시공 BIM 아이템을 매칭시킴으로써, 본 연구를 통해 최종적으로 도출하고자 하는 골조공

Table 3 Field Management Works of Sub-Contractors

Taks	G,C Tasks	S,C Tasks
Site Manager	manpower management	site organization composition
	execution management	process control
	construction progress management	construction progress management and reporting
	-	safety, environment, quality management
	average adjustment at completion	-
	contract review	-
Const- -ruction	construction information reporting	-
	quality management	quality management
	establish project schedule	establish project schedule
	establish detail schedule	establish detail schedule
	drawing the working document	drawing the working document
	quantity take-off	quantity take-off
	construction supervision	construction supervision
	drawing the construction drawings	drawing the SHOP DWG,
	-	fixing of defects
	quality maintenance management	-
	countermeasure for construction delay	-
	Method Analysis	-
	construction works planning	-
	building test after completion	-
Admini- -stration	draw up and manage the working budget	draw up and manage the working budget
	earned value management	earned value management
	adjustment document management	average adjustment management
	design change management	design change works
	analyze input cost	input cost calculation
	permission management	permission document management
	schedule management reporting	schedule management reporting
	countermeasure for claim	-
	construction education planning	-
	countermeasure for excess over the working budget	-
	completion management	-
	stock management	-
	S.C document management	-
	S.C management	-
Manage- -ment	S.C quantity calculation	-
	individual payroll management	individual payroll management
	technical engineers arrangement	technical engineers arrangement
	establish material requirement plan	establish material requirement plan
	material store/releas management	material store/releas management
	material document management	material document management
	material/equipment delivery management	construction equipment management
	equipment depletion fee management	-
	construction insurance works	unemployment insurance work
	inventory management	inventory management
	manage the S.R of site worker	-
	staff welfare management	-
	temporary building and security management	-
	Safety	civil affairs work
safety education planning		safety education planning
safety equipment management		safety equipment management
safety document management		safety document management
-		safety inspection
-		worker's health care
-		safety cost management
fire light safety and management		fire light safety and management
composite safety management organization		-
client's needs management		-
Quality	quality document management	-
	quality assurance work	-
	quality standard management	-
	measuring equipment management	-
	quality standard control	-
	qualification test management	-
	wrong quality management	-
	quality maintenance management	-
	quality work reporting	-

사 BIM Uses List 도출을 목적으로 한다.

3.3.1 현장소장 업무 - 시공 BIM 아이템 매칭

우선 현장소장 업무와 시공 BIM 아이템 간의 관계성을 분석하여 BIM Use를 도출하였다. 철근콘크리트 업체의 현장소장 업무는 현장조직 구성 및 업무분장, 공정관리 및 감독, 시공계획 수립 및 보고, 현장관리활동(안전, 환경, 품질, 민원 등) 등이 있으며, 이에 대해 적용 가능한 시공 BIM 아이템은 공정관리 및 감독 업무에 대하여 4D 시뮬레이션(Mater, Detailed Simulation)을 지원할 수 있으며, 시공계획 수립 및 보고 업무에 착공 BIM 모델링 및 시각화, 동영상 지원이 가능하다. 또한, 안전, 환경, 품질, 민원 관리를 위한 현장관리활동 업무에는 업무별 모델을 구축하여 제공할 수 있을 것이다. 이렇게 도출된 현장소장업무 지원을 위한 시공 BIM 아이템을 중복정리 및 간소화를 통해, 골조 착공 BIM 모델링, 골조 시스템 시각화(RC Visualization), 4D Simulation(Master, Detailed Schedule) 등의 3가지 BIM Use가 도출되었다. 이를 Figure 3으로 보면 아래의 Figure 8과 같다.

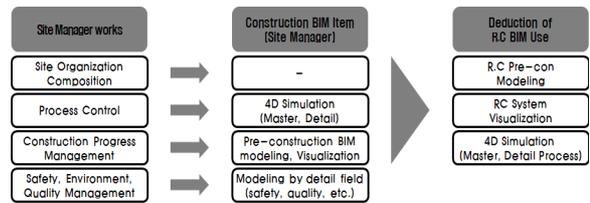


Figure 3 Field Manager's Work and RC BIM Uses

3.3.2 공사 업무 - 시공 BIM 아이템 매칭

철근콘크리트 업체의 공사 관련 업무는 일반건설업체의 공사 관리 업무와 연계하여, 불량품질 시정 및 예방, 공정계획 수립, 공정표 작성, 현장작업문서 작성 및 관리, 공사물량 산출, 공사 시공관리 및 점검, 하자보수관리, 시공도면 작성 등의 업무가 있다. 이 공사 관련 업무에 지원 가능한 시공 BIM 아이템을 보면, 불량품질 시정 및 예방 업무에 As-Built Modeling을 통한 계측 관리, 공정계획 수립 업무 지원을 위한 Shop modeling, 공정표 작성을 위한 4D Simulation 및 대안검토 시뮬레이션, 현장작업 문서 작성 및 관리 업무를 위한 부위별 모델 시각화 및 이미지/동영상 지원, 공사물량 산출업무 지원을 위한 계획/실행물량 산출 및 기성 지원, 공사 시공관리 및 점검 업무를 위한 시공 BIM 모델 제공, 하자보수 관리 업무를 위한 3D Scanning 기반 계측 관리, 시공도면 작성 업무를 위한 착공 BIM 모델 기반 도서산출(평/입/단면도 등) 등으로 분석되었다. 이러한 시공 BIM 아이템을 토대로 도출 가능한 BIM Uses를 분석하였는데, 골조 준공 BIM 모델링(Record modeling), 골조 시스템 디자인, 간섭검토(철근/거푸집/콘크리트 간, 타 공종과의 간섭 등), 골조 물량산

출[철근(모델링 시), 거푸집, 콘크리트 등], 도서 산출(평, 입, 단 면도 등) 등을 도출할 수 있었다. 이를 나타낸 그림은 아래의 Figure 4과 같다.

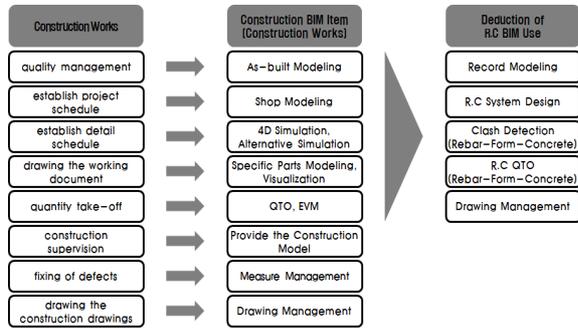


Figure 4 Construction Work and RC BIM Uses

3.3.3 공무 업무 - 시공 BIM 아이템 매칭

철근콘크리트 업체의 공무업무는 실행예산 편성 및 관리, 기성신청 및 관리, 정산 관리, 설계변경 업무, 공사 투입원가 산출, 인허가 서류관리, 공정관리 보고 등이 있다. 이에 적용 가능한 시공 BIM 아이템은 실행예산 편성 및 관리 업무와 기성신청 및 관리, 공사 투입원가 산출 업무를 위한 BIM 모델 기반 물량산출서 제공, 설계변경 업무를 위한 부위별 BIM 모델 설계변경 이력 관리 지원, 공정관리 보고를 위한 실행공정 4D 시뮬레이션 등이 있다. 여기서 도출된 BIM Use로는 물량산출(철근, 거푸집, 콘크리트 등), 골조 준공 BIM 모델링(Record Modeling), 4D 시뮬레이션(계획 / 실행 공정) 등이 있으며, 아래의 Figure 5와 같다.

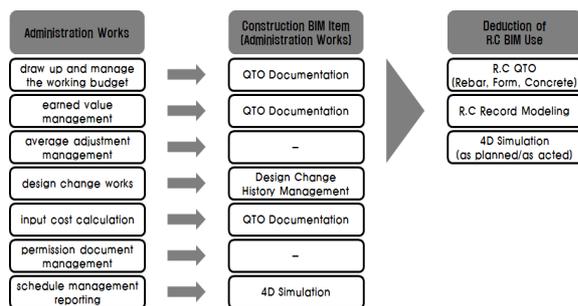


Figure 5 Project Administration Works and RC BIM Uses

3.3.4 관리 업무 - 시공 BIM 아이템 매칭

관리업무로는 노임대장 정리, 인력수급 및 배치관리, 급여 및 수당관리, 자재 수급/입출고계획 수립, 공사용 장비관리, 고용 보험 산출 및 신고, 현장 재고 자재 관리 및 점검 등의 업무가 있다. 이에 지원 가능한 시공 BIM 아이템으로는 자재 수급 / 입출고 계획 수립 업무에 지원 가능한 시공 BIM 모델 기반 물량산출 기술, 공사용 장비관리를 위한 4D 기반 장비운용 시뮬레이션,

현장재고 자재 관리 및 점검 업무를 위한 계획 대비 실행 물량 검토 기술이 있을 수 있다. 이를 토대로 도출한 골조 시공 BIM Use는 시공 BIM 모델링, 공정 - 장비 연계 4D 시뮬레이션, 계획 대비 실행 골조 물량 산출 등이 있으며, 아래의 Figure 6과 같다.

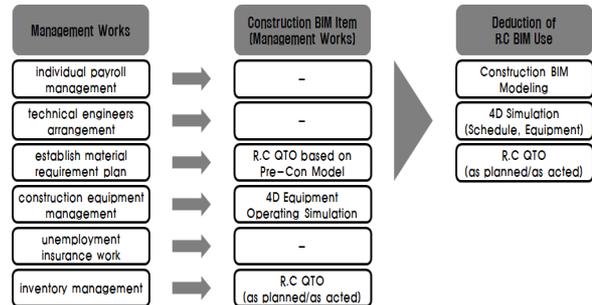


Figure 6 Project Management Works and RC BIM Uses

3.3.5 안전 업무 - 시공 BIM 아이템 매칭

철근 콘크리트 업체의 안전 업무를 보면, 안전교육 계획 및 실시, 안전시설 및 장비 관리, 안전관련 문서 관리, 안전점검 활동, 근로자 건강관리, 안전관리비 사용내역 관리, 방화 및 소화 관련 사항 관리 등의 업무가 있다. 이러한 철근콘크리트 업체의 안전활동을 지원하기 위한 시공 BIM 기술로는 안전교육 계획 및 실시 업무를 위한 안전 BIM 모델링 및 안전교육 동영상 제작, 안전시설 및 장비 관리 업무를 위한 4D 안전 시설/장비 운용 시뮬레이션, 안전점검 활동을 위한 안전 BIM 모델링 등이 있다. 이를 토대로 간소화하여 정리한 골조 시공 BIM Use는 아래의 Figure 7과 같이 시공 BIM 모델링(안전 분야), 공정, 장비를 포함한 4D 시뮬레이션 등이 도출되었다.

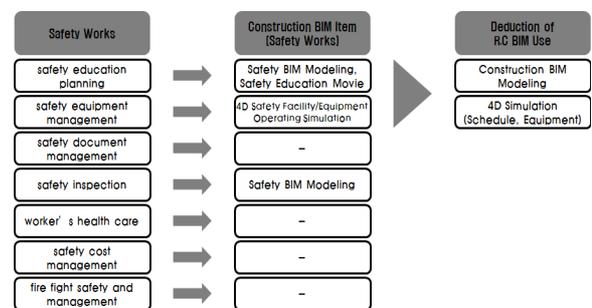


Figure 7 Safety Management Works and RC BIM Uses

4. 철근콘크리트 업체 BIM 수행계획 개발

4.1 철근 콘크리트 공사 시공 BIM Use 도출

앞서 서술한 3.3장의 철근 콘크리트 업체의 업무 분야별 시공 BIM 활용성 분석 결과를 토대로 철근 콘크리트 공사 BIM Use를

최종 도출하여 정리하였다. 아래의 표는 도출된 골조공사 BIM Use를 나타내며, 다음 절에서 서술할 골조 공사 시공 BIM Execution Process에 적용하기 위하여, 골조공사를 4단계로 분류한 3장의 단계 분류를 활용하여 총 3단계로 구분하여 활용하였다.

즉, 사전작업단계, 철근/거푸집/콘크리트 공사 단계, 골조공사 완료단계 등의 3단계로 작업 단계를 분류하고, 각 직무 분류별 골조 BIM Use를 3단계로 분류하여 정리하였다. 사전작업단계의 골조공사 BIM Use로는 골조 착공 BIM 모델링, 골조 착공 BIM 데이터 리뷰 등이 도출되었다. 실제로 골조공사가 수행되는 철근/ 거푸집/ 콘크리트 공사단계의 BIM Use로는 골조 시스템 디자인(RC System Design), 간섭검토(철근, 거푸집, 콘크리트 간, 타공종과의 간섭), 4D 시뮬레이션(Master, Detailed 공정), 골조 물량산출(철근, 거푸집, 콘크리트 등) 등의 4가지 BIM Use를 도출하였다. 마지막으로 공사 완료 단계에서의 BIM Use로는 골조 준공 BIM 모델링 업무가 도출되었다.

아래의 Figure 8은 이러한 골조공사 시공 BIM Use를 도출한 논리를 나타낸다.

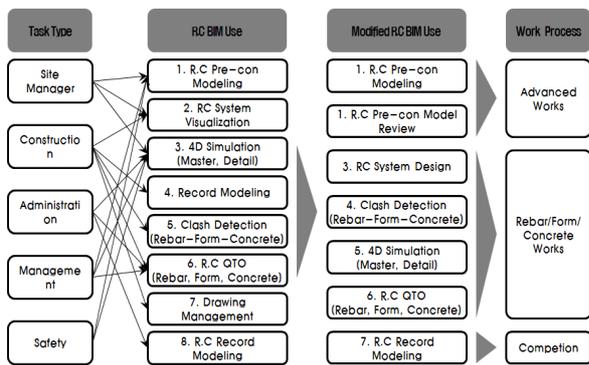


Figure 8 Deduction of Construction BIM Uses of RC Works

4.2 철근 콘크리트 공사 Master BIM Process 모델링

앞의 4.1장에서 언급한 골조공사 시공 BIM Use의 7가지 각 항목을 토대로 철근 콘크리트 공사의 Master BIM 프로세스를 모델링하였다(Figure 9).

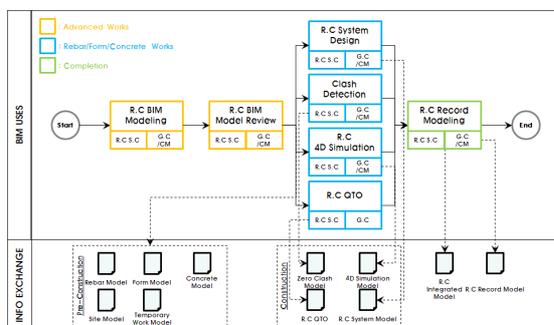


Figure 9 Master BIM Process of RC Works (Level 1)

앞서 설명한 바와 같이, 전체 마스터 공정은 사전 작업단계, 철근/거푸집/콘크리트 공사단계, 골조공사 완료단계의 3단계로 나뉘며, 이 마스터 BIM 공정 중 철근/거푸집/콘크리트 공사단계의 4가지 BIM Use인 골조 시스템 디자인, 간섭검토, 4D 공정관리, 물량산출 Use는 착공단계부터 준공단계까지, 프로젝트의 특성에 맞는 일정한 주기로 계속해서 순환하는 사이클 구조의 형태로 업무가 반복되게 된다. 골조공사 업무를 지원하기 위한 골조 시공 BIM Use 기반의 Master Process에 대하여 설명하자면 아래와 같다.

■ 사전작업단계

- 사전작업단계 주요업무내용 : 골조 공사를 시작하기에 앞서 골조공사가 이루어지는 해당 부위에 대한 사전 도면 / 시방서, 내역서, RFP, 시공계획서 등의 문서 검토를 통해 설계오류를 파악하여 수정하고, 시공성을 검토하여 설계 오류 및 재시공을 방지하기 위한 업무를 수행한다.
- 사전작업단계 지원 가능 시공 BIM Use : 골조 BIM 모델 구축, 골조 BIM 데이터 리뷰

- 골조 BIM 모델 구축 : 골조공사를 지원하기 위한 각종 BIM Use, 즉, 철근/거푸집/콘크리트 공사단계에서 활용되는 골조 시스템 디자인, 간섭 검토, 4D 공정관리, 물량 산출 및 기타 다양한 BIM 활용을 위해 기초적으로 골조 BIM 모델을 구축해야 한다. 골조 BIM 모델은 해당 프로젝트의 설계단계에서 이미 BIM 모델링이 되어 있다면, 그 설계 BIM 모델을 활용하여 착공 BIM 모델링에 착수하며, 만약 설계 골조 BIM 모델이 존재하지 않다면, 착공 도서를 기반으로 모델링하게 된다. 설계 BIM 모델이 존재한다면, 이 설계 골조 BIM 모델에 골조공사에 필요한 각종 골조공사 정보(공정, 물량, 비용, 장비, 거푸집 및 각종 가설 장비/시설 등)를 입력하여 세팅한다.

- 골조 BIM 데이터 리뷰 : 구축된 골조 BIM 모델링의 실제 시공단계 활용성 검증을 위해 모델 기반 다양한 Output을 사전도출하여 점검함으로써, 이 모델이 실제로 활용가능한지 여부를 검토하는 단계이다.

■ 철근/거푸집/콘크리트 공사단계

- 철근/거푸집/콘크리트 공사단계 주요업무내용 : 사전작업 단계를 거쳐 세팅된 골조 착공 BIM 모델 및 데이터를 기반으로 골조공사를 수행하는 단계이다.
- 사전작업단계 지원 가능 시공 BIM Use : 골조 시스템 디자인, 간섭검토, 4D 공정관리, 물량산출
- 골조 시스템 디자인 : 골조 착공 BIM 모델은 일반적으로 LOD(Level of Detail) 300-400의 수준으로 설계단계에 시공정보를 세팅한 수준이다. 여기에 공사 시공성 검토 혹은

시공이 굉장히 어렵고 복잡한 부위에 대하여 골조 시스템을 디자인을 지원할 수 있다. 골조 착공 BIM 모델에 Shop DWG 도면과 시방서, 1대10 이상 수준의, 즉, LOD 500 수준의 디테일 모델링과 함께, 각 부재 별 공정을 지닌 디테일 공정 시뮬레이션과, Shop Drawing 수준의 각종 도면을 산출할 수 있다.

- 간섭검토 : 건축물의 골조는 기본 뼈대가 되는 부위로, 공사 중 발생한 간섭으로 인해 설계변경되거나 재시공 되는 것은 공정과 비용, 그리고 구조물의 안전에까지 영향을 미치게 된다. 따라서 골조공사의 간섭검토는 필수적인 사항인데, 간섭대상은 철근/거푸집/콘크리트 간 간섭과 골조 및 타공종(마감, 기계/전기/통신/소방 등의 MEP) 간 간섭 등을 수행한다.
- 4D 공정관리 : 앞서 설명한 바와 같이 철근/거푸집/콘크리트 공사단계의 4가지 BIM Use는 시공단계에 일정한 주기를 가지고 반복되는 업무인데, 4D 시뮬레이션은 착공단계에서 구축된 골조 BIM 모델을 기반으로 해당 주기별로 수행하게 된다(예를 들어 주간 공정회의 및 월간 공정회의를 진행하는 현장의 경우 해당 주 혹은 월간 공사부위에 대한 디테일 모델링 및 공정 세팅 작업을 통한 상세 공정 시뮬레이션 구현). 이러한 공정 시뮬레이션은 시공사와 전문건설업체, CM단 등이 참여하는 주/월간 공정회의의 공정검토 및 관리에 쓰이게 된다.
- 물량 산출 : 물량산출 역시 간섭체크나 4D 공정관리와 마찬가지로 주기별로 반복되는 업무로, 현재 진행되고 있는 부위에 대한 기존 계획물량과 실제 타설 골조 물량에 대한 비교검토를 위해 활용될 수 있다. 특히, 콘크리트 물량은 레미콘 송장관리와 연계하여 활용될 수 있어 기성관리의 측면에서 유용하게 활용된다.

■ **골조공사 완료단계**

- 골조공사 완료단계 주요업무내용 : 철근/거푸집/콘크리트 공사단계에서 수행된 다양한 시공이력, 설계변경 등의 시공정보를 준공 도서에 반영하는 작업을 수행한다.
- 사전작업단계 지원 가능 시공 BIM Use : 골조 준공 BIM 모델링(Record Modeling)
- 골조 준공 BIM 모델 구축 : 철근/거푸집/콘크리트 공사단계에서 반복되며 활용되는 골조 시공 BIM Use의 데이터 축적을 통해, 골조 시공 BIM 모델은 다양한 시공이력, 설계변경, 공정/물량 등의 새로운 정보 축적 등이 이루어지는데, 골조 준공 BIM 모델링(Record Modeling) 작업을 통해 이러한 다양한 정보를 모델과 속성정보에 세팅하게 된다. 이러한 준공 BIM 모델은 준공도서 산출, 사용승인 단계에서 제출되고 승인되며, 더 나아가, 장비, 설비 등의 정보 입력과,

에너지/환경 정보 등의 입력 등 유지관리단계의 필요정보를 선택적으로 입력하여 발주자가 원하는 유지관리 모델로써 활용될 수 있다.

4.3 철근 콘크리트 Detailed BIM Process 모델링

앞서 설명한 철근 콘크리트 공사의 Master BIM Process의 각 Activity는 4.1장에서 도출한 골조 시공 BIM Use를 기반으로 모델링된 것이며, Level 2단계에서는 이러한 골조 시공 BIM Use에 대한 모델링을 추가로 실시한다.

이러한 Level 2 Process Modeling은 전문건설업체가 실시할 골조 공사의 Detailed Process에 대한 상세하고 실현가능한 계획을 수립하는지, 일정 및 관리적인 측면에서 문제가 없는지 여부를 일반건설업체가 판단할 수 있도록 하는 주요 Scheduling Data로 활용될 수 있다.

즉, Master BIM Process는 전체적이고 개념적인 프로세스라면, Level 2단계의 BIM Use 별 Detailed BIM Process는 골조공사 업체의 실질적인 공정표 혹은 시공계획서의 성격이 강해, 계약적인 측면에서 철근콘크리트 업체를 포함한 전문건설업체의 업무적인 측면에서의 하나의 관리의 도구로 활용할 수 있다.

4.3.1 사전 작업단계 : 골조 착공 BIM 모델 구축

골조 착공 BIM 모델링 업무는 전반적으로 골조 BIM 수행에 있어서 가장 기초적인 단계로, 골조공사 시공 BIM 지원을 위해 필요한 각종 정보를 입력한 골조 착공 BIM 모델을 구축하는 단계이다.

철근콘크리트 업체는 골조 착공 BIM 모델링을 위해, 우선 착공 BIM 모델에 필요한 요구사항을 정의하게 된다. 이러한 요구사항은 일반적으로 프로젝트 RFP, 시공계획서, 공정표, 내역서, 법규 등 다양한 정보가 있으며, 이러한 다양한 기준에 맞추어 모델의 요구사항이 정의되게 된다. 이러한 모델링 기준은 골조 BIM 모델의 구축을 위한 일종의 Template 성격을 지니게 된다.

요구사항이 정의되면 모델링의 요소를 정의하게 된다. 이 역시, 요구사항과 마찬가지로 골조 착공 BIM 모델의 모델링 기준에 맞추어 정의되며, 정의되는 모델 요소로는 각종 골조 객체에 대한 속성정보, 모델링 View Setting, 작업세트 및 환경 세팅 등 모델링에 대한 기술적인 요소 정의로 볼 수 있다. 이러한 모델링 요소정의를 통해 도출될 수 있는 하나의 예로 BIM Model Object Library를 들 수 있다.

무엇을 모델링해야 하는지 모델링 요소정의까지 끝나게 되면, 실제 모델링을 하기 위한 작업환경을 세팅하게 된다. 이 단계에서는 골조도면, 시방서, Shop DWG, 철근배근도 등의 다양한 골조 도서를 기준으로 골조 착공 BIM 모델링에 필요한 작업환경, 즉, 필요한 소프트웨어, 하드웨어, 인력 등의 자원, 파일체

계, 정보교환체계, 모델링 표준 및 기준 등을 정의한다.

모델링 요소 정의 및 작업환경 세팅을 통해 실제로 골조 착공 모델링을 수행할 수 있는 준비가 끝나면, 골조 착공 BIM 모델링을 수행한다. 골조 착공 BIM 모델의 종류는 프로젝트의 성격, 발주처 및 CM단, 일반건설업체의 요구사항에 따라 달라지며, 철근/거푸집/콘크리트 모델, 대지 모델, 가설 장비/시설 모델이 있을 수 있다.

이렇게 구축된 골조 모델들은 CM단, 시공사 등의 Quality Check(CM단 규정, 시공사 품질기준, RFP 등)를 거쳐 골조 모델의 기술적인 요구사항 만족 여부를 검토하게 되고 업무가 종료된다.

골조 착공 BIM 모델링을 통해 도출되는 최종 성과품은 철근 모델, 거푸집 모델, 콘크리트 모델, 대지 모델, 가설 모델 등의 착공 모델이 있으며, 아래의 Figure 10은 이러한 골조 착공 BIM 모델링 Process에 대해 나타낸다.

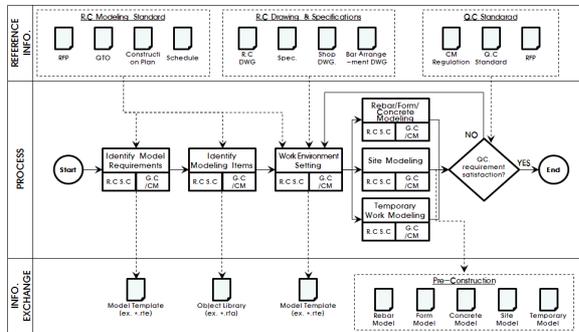


Figure 10 Pre-Construction BIM Modeling of RC Works (Level 2)

4.3.2 사전 작업단계 : 골조 착공 BIM 데이터 리뷰

앞서 구축된 골조 착공 BIM 모델은 기술적으로 검토가 끝난 상태로, 실제로 골조 시공에 활용될 수 있을지는 이 단계에서 검증하게 된다. 즉, 구축된 골조 BIM 모델을 통해 다양한 결과물을 뽑아내어 그 효용성을 검증하고 이와 함께 실제 시공에 필요한 공정, 물량 등을 검토하여 대안을 검토하게 된다.

골조 착공 BIM 모델을 기반으로 도출하는 Output으로는 시각화 자료, 골조객체의 각종 속성정보, 4D 시뮬레이션 등이 있다.

첫째, 시각화 자료를 통해 시공사는 모델에 대한 리뷰를 하게 되는데, 다양한 평면, 단면, 3D 뷰, 실별/층별 뷰 등을 통해 도면 오류 혹은 모델의 오류를 검토하고, 모델의 기술적 완성도를 검증한다.

둘째, 모델링된 골조객체의 속성정보를 추출하여 골조 BIM 데이터에 대한 리뷰를 진행한다. 주요 속성정보로는 해당부위의 객체별 Width, Length, Height, Volume, Level, 공정, 공정표, 골조물량 등 다양한 정보가 있으며, 이에 대한 상세한 검증이

이루어지게 된다.

셋째로는 착공 골조 BIM 모델과 착공단계에서 만들어지는 계획공정표의 링크를 통해 4D 시뮬레이션을 생성하게 된다. 시공사는 이 4D 시뮬레이션 데이터를 통해 골조공사의 시공성을 검토하게 된다. 시공성이란, 해당부위의 설계오류, 시공 생산성 검증, 작업 순서 검토 및 교육, 공법 효용성 검토 및 공법대안 검토 등의 다양한 시공성 검증을 의미한다.

이렇게 다양한 모델 및 데이터 검증을 통해 착공 BIM 모델 및 데이터는 골조 착공 모델로서의 가치와 효용성을 검증받게 되며, 착공모델 조건을 충족하지 못하게 된다면, 모델 리뷰를 통해 지적된 다양한 오류, 보완사항 등을 반영하여 편집하게 되고 착공 BIM 모델링 단계로 돌아가 모델을 수정하는 작업을 하게 된다.

골조 BIM 데이터 리뷰를 통해 착공 BIM 모델링을 통해 도출된 각종 골조 BIM 모델은 기술적/실무적 완성도를 갖추게 되어 실제 골조공사 단계에서 활용할 수 있는 다양한 정보를 지닌 골조 시공 BIM 모델로 업그레이드 된다.

이러한 골조 BIM 데이터 리뷰 단계 작업 프로세스는 아래의 Figure 11과 같다.

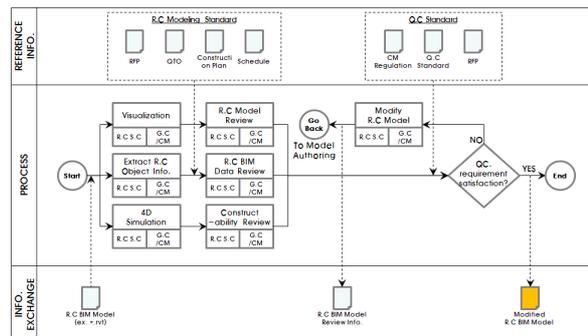


Figure 11 Pre-Construction BIM Model Review of RC Works (Level 2)

4.3.3 공사단계 : 골조 시스템 디자인

골조 시스템 디자인 작업은 일반적으로 국내에서는 통용되지 않는 용어이며, 실질적으로 국내의 현장 실정에 가장 맞는 아이템으로는 Shop DWG를 들 수 있다. 시공성 검토가 별도로 필요할 정도로 복잡하고 시공이 난해한 부위, 또는 골조와 다양한 설비배관 등이 얽혀있어 시공성 검토가 반드시 필요한 부위에 대해서는 다양한 Output(시각화, 동영상, 상세도서, 4D 시뮬레이션 등)을 통해 시공성 검토가 가능하지만, 골조 시스템 디자인은 Shop Model을 만드는 업무라고 할 수 있다. 하지만 아직까지 국내에서는 Shop Modeling을 위해서는 각 공종별 전문건설업체가 작성하는 Shop Drawing을 기반으로 이루어지기 때문에 현실적으로 활용도가 높지 않다고 할 수 있다. 이는 본 연구가

지향하는 목표점인 전문건설업체 레벨에서의 BIM 활용이 가능하다면, 전문건설업체의 Shop DWG 작성자에 의한 Shop Modeling이 가능하다고 할 수 있다.

골조 시스템 디자인 단계는 RFP 및 내역서 등의 기준에 따라 기구축된 골조 착공 BIM 모델을 베이스로 작성되게 된다. 골조 Shop Modeling은 철근, 거푸집, 콘크리트 Shop Modeling으로 구성되며, 골조 Shop DWG에 근거하여 작성된다. 분야별로 작성된 각 Shop Model은 하나의 모델(일반적으로 Coordination Model이라고 칭함)로 통합되어 활용된다. 합쳐진 하나의 골조 통합모델(RC Coordination Model)은 철근-거푸집, 거푸집-콘크리트 간 간섭검토를 통해 Shop Model의 기술적 완성도를 검토한다. 간섭검토가 완료된 RC Shop Model은 골조 시공공정 수정, 골조공사 공정 시뮬레이션, 특수 골조부위 물량산출, 시각화, 도면화 등의 산출물로서 그 역할을 하게 된다. 따라서 프로젝트 별로 공사의 특성, 건축물의 용도, Shop Modeling 용도 등의 다양한 요구조건에 따라 Shop Modeling의 LOD(Level of Detail)이 달라지게 된다. 특히, 철근콘크리트 부위에 대한 접합 상세에 대한 시공공정, 지오메트리 데이터, 물량 등에 대한 상세 검토가 요구될 때에는 LOD 400 혹은 LOD 500의 수준의 모델링이 필요하다.

이러한 골조 시스템 디자인을 통해, 기존에 전문건설업체가 일일이 수작업으로 작업하던 Shop 도면 작성, 공정표 작성, 물량 내역서 산출 등의 작업을 하나의 Shop Model로 수행할 수 있으며, 변경사항의 모델 반영시, 별도의 추가작업 없이도 산출물을 얻을 수 있어 매우 효율적인 작업이라고 할 수 있다. 최종 도출되는 산출물로는 Shop 부위 골조공사 상세 공정표, Shop 부위 골조공사 4D Simulation, Shop 부위 골조 물량 산출서, 골조 시각화 및 Shop DWG 등이 있다.

아래의 Figure 12은 이러한 골조 시스템 디자인 BIM Use에 대한 작업 Process를 나타낸다.

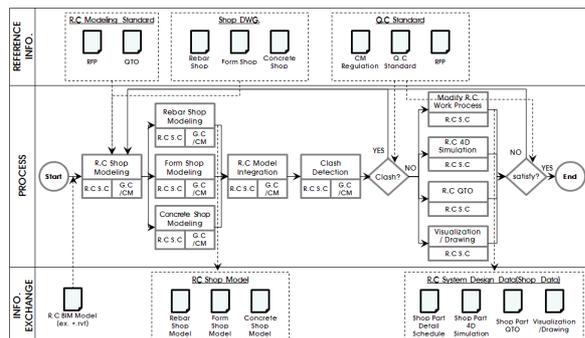


Figure 12 RC System Design (Level 2)

4.3.4 공사단계 : 간섭체크(Interference Management)

시공단계에는 다양한 공종의, 그리고 다양한 전문건설업체의

참여가 이루어진다. 이러한 각각의 개별적인 작업 Type과 공종, 참여자별 작업 부위에 대한 간섭검토는 항상 반드시 이루어져야 하는 분야 중 하나이다. 특히, 공정표 상에서 전체 공정을 좌우하는 Critical Path에 위치한 골조공사라면 더욱 중요한 업무라고 할 수 있다. 간섭검토는 물량산출, 4D 시뮬레이션과 마찬가지로 일정 주기(주/월/분기 등)를 기준으로 반복적으로 모든 부위에 수행되는 주요 시공 BIM 업무로 구분된다. 특히 간섭검토는 골조-건축, 골조-설비, 골조-토목 등과 같은 타공종과의 간섭뿐만 아니라, 거푸집-철근, 거푸집-콘크리트 등과 같은 내부적인 간섭검토가 있을 수 있다. 이러한 간섭검토 대상은 상황에 따라 유기적으로 대응하며 수행할 수 있다. BIM 모델 기반 간섭검토 업무는 실제로 간섭을 찾아내는 간섭검토 업무가 중요한 것이 아니라, 찾아낸 부위별 간섭에 대한 해결방안을 해당부위 시공 이전단계에서 충분한 시간적 여유를 갖고 찾아내는 것이 중요하다. 즉, 각 공종간, 참여업체간 사전협의를 매우 중요한 업무로, 간섭 체크 BIM Use Process에서는 이를 반영하기 위하여 간섭검토 및 수정을 위한 시간적/공간적 Scheduling을 함께 삽입하였다.

우선 골조모델을 공유하기 위한 공유체계를 구축한다. 골조 모델 공유체계란, 현장 내의 Server 존재 유무, Intranet 활용여부, 골조 BIM 모델의 중앙파일 및 네트워크 접근방식, I-Room 설치 여부 등에 대한 서로의 약속된 체계를 확립하는 것이다. 또한, 간섭검토 협의장소를 사전 정의하고, 간섭검토 업무를 수행하기 위한 장소와 일정을 결정한다.

이러한 간섭 검토 및 수정/협의를 위한 업무적인 Process와 더불어, 간섭검토를 수행할 골조 모델의 필요정보 정의와, 어디까지 간섭으로 간주할 것인지를 결정하는 간섭기준 설정 등의 업무가 있다. 간섭의 종류에는 일반적으로 물리적 간섭과 업무적 간섭이 있다. 물리적 간섭은 상호 합의된 Tolerance(공차) 이내의 물리적 중첩은 모두 간섭으로 간주하는 방식이며, 업무적 간섭은, 물리적으로 중첩되어 있지 않더라도, 시공 혹은 유지관리 및 수리를 위한 작업공간의 여유공간 여부 등을 검토하는 것이다. 이렇게 다양한 간섭검토의 환경을 세팅한 이후에는 간섭검토를 수행하게 된다. 간섭검토는 철근/거푸집/콘크리트 등의 골조 BIM 모델을 활용한다.

BIM Authoring Tool(ex. Autodesk Revit, Graphisoft ArchiCAD 등)을 통해 구축된 골조 BIM 모델들을 Viewer 및 Check Software(ex. Autodesk Navisworks 등)으로 각각 Import하여, 공종간 통합 모델(Coordination Model)을 만든다. 통합된 모델은 내부적으로 각각의 분야별 객체 세트(일종의 CAD에서의 Layer 개념)를 갖기 때문에 이를 기반으로 간섭검토를 수행한다. 간섭검토 결과 발생한 간섭에 대해서는 앞서 언급한 바와 마찬가지로 해당 공종 이해관계자들 간의 협의를 거쳐 공정 수

정 혹은 설계 변경 등을 통해 간섭을 수정하게 된다.

간섭검토의 중요성은 일정한 주기별로 일정한 부위에 대한 반복적인 사전검토를 통해 골조부위의 설계변경 및 재시공 방지를 위한 가장 직접적이고 효과적인 방법이라는 것이다. 아래의 Figure 13은 이러한 간섭체크 BIM Use Process를 나타낸다.

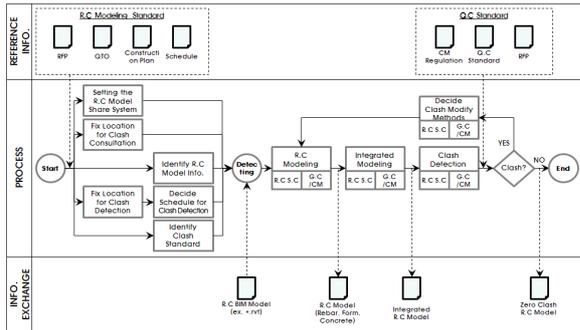


Figure 13 Clash Detection (Level 2)

4.3.5 공사단계 : 4D 공정관리

4D 공정관리는 일반적으로 공정순서 검토 및 시공성 검토에 있다. 하지만 골조 공사로 그 분야를 한정시켜 보면, 다양한 필요에 의해 활용될 수 있다. 앞서 서술한 철근콘크리트 업체의 분야별 업무에는 공사, 공무, 관리, 안전 등이 있으며, 이외에도 품질, 민원 등의 업무가 존재할 수 있다. 예를 들어 단순하게 전체적인 골조의 공정을 확인하고자 할 때는 Master 4D Simulation을 작성할 수 있다. 반면, 상세한 부위에 대한 공정과 시공성을 검토할 때는 Detailed 4D Simulation이 만들어질 수 있다. 이와 함께, 현장의 여러 가지 여건으로 인해, 장비의 배치 및 운용이나, 반입된 자재의 적재, 인양, 설치 등에 대한 검토가 필요할 때는 4D 기반의 장비 배치 및 운용 시뮬레이션이나 현장 레이아웃 검증 시뮬레이션 등으로 활용될 수 있다.

이러한 다양한 4D 시뮬레이션은 발주처, 일반건설업체 등의 요구사항에 의해 바뀔 수 있으며, 기본적으로는 골조를 구성하는 철근, 거푸집, 콘크리트에 대한 공정 확인 및 검토를 위한 용도로 주/월간으로 일정한 주기를 가지고 수행되어 공정검토 회의에 지원된다. 4D 공정관리를 위해서는 골조공사 공정표와 골조 BIM 모델의 링크가 필요하며, 이를 위해 철근콘크리트업체의 골조공사 공정관리자는 작업 시퀀스 세팅, 공정표 작성 등의 업무를 해당 부위 공사 이전단계에서 끝마쳐야 한다. 이와 함께 골조 BIM 모델 관리자는 공정 모델 속성정보를 세팅하게 된다. 공정모델의 속성정보라 함은, 함께 세팅되는 공정표의 최하위 레벨에 맞게 객체 분할 혹은 합병작업, 객체별 공정표 Activity와 동일한 공정의 속성정보 삽입 등이 있다. 이렇게 세팅된 공정모델을 기반으로 4D 시뮬레이션 용 모델을 별도로 생성하게 된다. 준비된 두 개의 공정표와 공정 모델을 4D Simulation 구현 프로

그램(ex. Autodesk Navisworks)에서 링크하여 공정 모델을 만들고, 이들 객체와 공정간의 링크가 완벽하게 이루어졌는지 모델 정합 여부를 검토한다. 검토가 완료되면 생성되는 4D 시뮬레이션 동영상을 기반으로 공정표의 공정 적합성과 시공성을 검증하여 최적의 공정표를 재생산해내는 작업을 하게 된다. 최종적으로 도출되는 최적공정의 4D 골조모델을 바탕으로 주기별로 수행되는 골조공사의 해당부위의 생산성을 향상시킬 수 있다. 아래의 Figure 14는 이러한 4D 골조공정 관리 작업을 나타낸다.

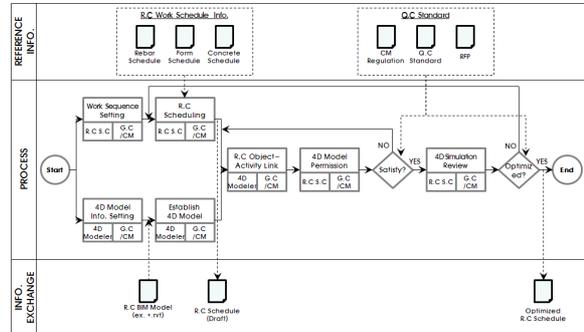


Figure 14 RC 4D Schedule Management (Level 2)

4.3.6 공사단계 : 골조물량 산출

마지막으로 철근/거푸집/콘크리트 공사단계에서 활용될 수 있는 골조시공 BIM Use로 골조물량산출 업무가 있다. 일반적으로 시공단계에서는 골조물량을 산출하기 위하여 평면도, 입면도, 단면도, 골조상세도, 일람표, 내역서 등의 수많은 도서가 필요하며, 이를 근거로 도출한 골조 물량 역시 신뢰도가 높지 못한 것이 현실이다. 실무적으로 살펴보면 2D 기반으로 산출된 내역서와 실제 실행물량의 오차로 인하여 이 오류가 도서의 오류인지 실행물량 산출 오류인지를 검토하고자 하는 목적으로 BIM 전문업체에 용역을 맡기는 사례가 빈번하게 발생한다. 이러한 골조물량 산출 업무는 좁게 보면, 내역서 작성을 위한 물량 산출, 시공단계 계획 대비 실행물량 비교검토를 위한 물량산출 등이 있으며, 넓게 보면 공사비 산출, 예산 검증, 골조 공사비 절감의 목적까지 달성할 수 있다.

다음의 Figure 20에서 제시하는 물량산출은 후자에 속하며, 이를 위하여 우선, RFP와 골조 내역서를 기반으로 골조 목표물량을 설정하게 된다. 이 골조 목표물량 설정은 시공사와 구조설계업체, BIM 전문업체, 철근콘크리트 업체 등이 참여하여 구조적 안정성 확보와 설계변경 최소화, 시공 간소화 등의 요건을 만족하면서 절감할 수 있는 최대 물량을 목표로 설정하게 된다. 골조 목표물량이 설정되면, 골조 BIM 모델을 바탕으로 물량 산출을 위한 QTO(Quantity Take-off) BIM Modeling 업무를 수행한다. QTO BIM Model은 객체간 중첩, 중복, 누락 등을 없애 산출물량의 신뢰성을 높이고, 부위별, 층별, 존별 물량산출이 가능

하도록 작업세트를 구분하여 작성한다. 이렇게 수정된 QTO BIM 골조 모델을 바탕으로 일람표를 산출하고 물량산출표를 당초 설정된 목표 골조물량과 비교하여 만족한 결과를 얻을때까지 모델을 수정하게 된다. 이 때, QTO 모델링과 물량산출표 검증 시에는 CM 규정, 시공사 품질기준, RFP, 구조 법규 등의 기준을 토대로 허용범위 내에서 물량을 절감할 수 있다. 최종적으로 도출되는 분야별 골조물량 산출표는 전문건설업체 기성관리, 자재 입출고관리, 공사비 산출 등에 활용될 수 있다.

아래의 Figure 15은 이러한 골조 BIM 모델 기반 물량산출 업무의 프로세스를 나타낸다.

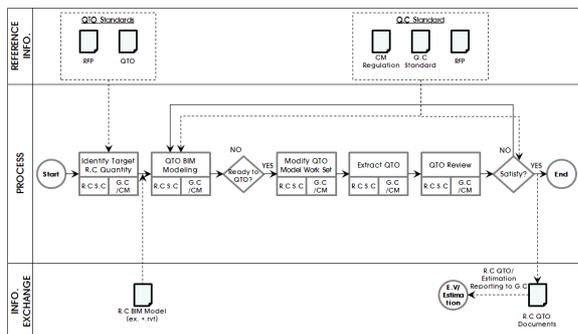


Figure 15 RC Quantity Take-off (Level 2)

4.3.7 골조공사 완료단계 : 골조 준공 BIM 모델링

철근/거푸집/콘크리트 공사로 이루어지는 실질적인 골조공사가 마무리되면, 골조 준공 BIM 모델링 업무를 통해 골조공사 시공이력, 설계변경 이력, 각종 도출 데이터 정립 등을 통하여 골조 As-Built BIM 모델을 구축하게 된다. RFP 상에 BIM 활용이 의무화된 프로젝트의 경우, 이 골조 준공 BIM 모델을 준공도서와 함께 의무적으로 납품해야 하기 때문에 반드시 수행되어야 하는 작업이다. BIM 활용이 의무화되어 있지 않더라도, 향후 건축물의 유지관리단계 활용을 위해서 골조 준공 BIM 모델에 유지관리 정보를 추가하여 유지관리 골조 BIM 모델로서 활용도를 높힐 수 있다.

미군 공병단의 BIM 활용 포커스는 주로 유지관리단계에 치우쳐져 있는데, 이는 실제 건축물의 전 생애주기동안 소요되는 건축물 관련 비용의 약 80%가 유지관리단계에서 소모되기 때문에 이 건축물의 공간과 관련 장비 등에 대한 관리를 위해 유지관리 BIM에 포커스를 맞추어 BIM 모델을 구축하게 된다.

골조 준공 BIM 모델링의 작업순서를 보면, 우선 골조 준공 모델이 갖추어야 하는 요구조건을 모델링 기준, 각종 도서(Shop DWG 포함), 설계변경, 실행공정, 물량 등의 시공이력, 품질관리 기준 등에 의거하여 정의하게 된다. 골조 준공모델의 요구조건 설정 후, 시공이력에 기반하여 모델링을 준공모델로 수정하게 된다. 일반적으로 여기까지를 RC As-Built BIM Model이라고

할 수 있다. 다음으로 RC As-Built BIM Model에 유지관리 필요 정보를 입력하게 되는데 이를 유지관리 BIM 모델, 즉 골조 Record BIM Model이라고 한다. 작성되는 분야별 골조 Record BIM Model들을 통합하여 모델 정합성 여부를 검토하게 되면, 최종적으로 골조 준공 BIM 모델 혹은 골조 유지관리 BIM 모델이 완성되게 된다. 최종적으로 도출되는 골조 준공 BIM 모델 이외에 앞서 철근/거푸집/콘크리트 공사단계에서 도출되는 수많은 BIM 기반 Information 및 데이터 등이 준공 BIM 데이터로 포함될 수 있다.

이 골조 준공 BIM 모델링 업무 프로세스는 아래의 Figure 16과 같다.

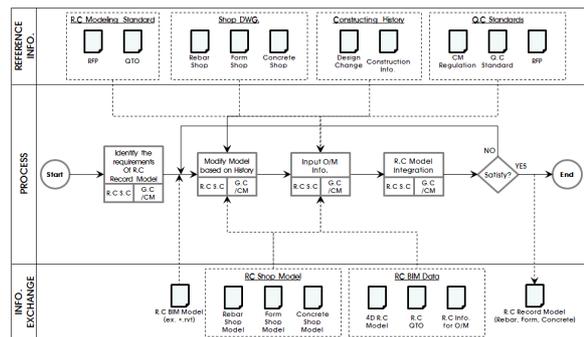


Figure 16 RC Record Modeling (Level 2)

4.4 철근콘크리트 시공 BIM 수행계획 활용분야

본 연구에서는 철근 콘크리트 업체의 골조공사 업무 및 업무 프로세스에 시공 BIM 아이템을 매칭시켜 구현 가능한 BIM Use를 도출하였다. 도출된 골조 BIM Use를 토대로, 골조공사를 지원하기 위한 골조공사 Master BIM Process Model과 각각의 골조 BIM Use 별 Detailed BIM Process Model을 제안하였다. 제안된 골조공사 시공 BIM 수행계획은 일반적으로는 현재 국내의 시공현장에서 활용되지 않고 있으며, 그 이유로는 전문업체 지원을 위한 BIM 도입 비용에 대한 부담감, 시공단계 하도급 구조에 의한 BIM 기술에 대한 인식 부족, 시공 BIM 기술 적용을 위한 전문건설업체 교육/훈련 부담감 등의 다양한 원인이 있을 수 있다.

하지만, 저자가 본 연구를 수행하게 된 가장 큰 목적은 1장의 연구의 배경 및 목적에서 밝혔듯이, 시공 프로젝트 전체의 생산성 향상을 위해서는 일반건설업체는 전문건설업체의 업무 하나 하나에 대한 체계적이고 상세한 관리가 필요하며 그 방법으로 시공 BIM 기술을 적용하는 것이었다.

물론 전문건설업체의 입장에서 작업 생산성을 향상시키기 위하여 BIM을 도입하기에는 초기비용과 BIM 업무 추가, 교육/훈련, 인력관리 등에 대한 부담감이 있을 수 있기 때문에 그러한 단편적인 적용방식으로는 본 연구의 주제가 성립할 수 없다. 다만, 현재도 일반건설업체 혹은 발주처의 용역으로 시공단계에

참여하는 BIM 전문업체 혹은 일반건설업체의 내부 BIM 팀의 시공단계 참여 방식은, 실제로 시공업무에 투입되는 전문건설업체의 업무 지원이 거의 불가능에 가까우며, 단순히 일반건설업체가 관심 있어하고 업무의 대상이 되는 관리 업무에 치우쳐져 있다.

시공 프로젝트에 전문건설업체가 참여하는 방식이 발주처의 직접도급방식이거나 혹은 일반건설업체에 의한 하도급 방식이라고 할지라도, 모든 전문건설업체를 대상으로 하기에는 어려운 측면이 있으나 주요 공종인 골조공사에 대해서 시공 BIM 수행계획을 요구하고 이를 지원해줄 수 있다. 전문건설업체의 작업 생산성은 결국 일반건설업체의 수익으로 돌아오기 때문이다. 반대로 전문건설업체의 입장에서도 시공 BIM 수행계획에 의거하여 골조공사 업무를 수행함으로써, 시공성 검토, 설계변경 및 재시공 방지, 정확한 물량산출 등을 가능하게 하며, 정확한 물량산출을 통해 정당하게 기성을 청구할 수 있게 된다.

CM at Risk 혹은 IPD(Integrated Project Delivery) 방식의 계약구조 하에서는 이러한 방식이 더욱 효율적일 수 있다. 하지만 현재까지 국내에서는 이러한 계약구조는 현실적으로 가능하지 않기 때문에, 시공단계 특히, 골조공사에 참여하는 발주처, CM, 일반건설업체 및 전문건설업체의 참여자 하나하나의 인식 변화가 필요하다고 할 수 있다.

5. 향후 연구 진행 방향 및 결론

본 연구에서는 시공단계에 참여하는 철근콘크리트 업체의 골조공사 업무 생산성 향상을 위한 방안으로 시공 BIM 기술 적용을 제안하고, 시공 BIM 기술의 활용성을 높이기 위하여 골조공사 시공 BIM 수행계획을 개발하였다.

골조공사 시공 BIM 수행계획은 크게 골조공사 시공 BIM Use List, 골조공사 Master BIM Process Model(Level 1), 골조 BIM Use 별 Detailed BIM Process Model(Level 2) 등의 3가지로 나누어 개발하였다.

골조공사 시공 BIM Use List는 선행 연구분석을 통하여 도출된 철근콘크리트 업체의 시공단계 업무 분류체계를 토대로 지원이 가능한 시공 BIM 아이템을 도출하고, 이를 토대로 일반적이고 간소화된 7개 항목의 골조공사 시공 BIM Use List를 도출하였다.

골조공사 Master BIM Process Model(Level 1)은 도출된 골조공사 시공 BIM Use List를 기반으로 골조공사 시공 BIM 수행을 위한 전체적인 마스터 공정의 개념으로, 7개 항목의 BIM Use로 구성되었다.

골조 BIM Use 별 Detailed BIM Process Model(Level 2)는 상기의 골조공사 Master BIM Process Model(Level 1)을 구성하

는 각각의 골조공사 BIM Use에 대한 상세한 프로세스 모델로, 선행연구를 통해 제시한 골조공사 업무 프로세스와 연계하여 수행 가능하도록 모델링하였다.

특히, 개발된 골조업체 중심 BIM PxP의 효율성을 높이기 위하여, RFP 제안요청 시에 해당 프로젝트에 참여하는 각각의 전문건설업체 간의 협업과 모델 통합 및 정보교환을 위한 Information Exchange에 대한 기준을 정립하고 사용 Authoring Tool에 대한 규칙을 제시하는 것이 BIM 업무 효율성 측면에서 유리하다.

본 연구를 통해 도출된 골조공사 시공 BIM 수행계획은 일반건설업체의 전문건설업체 업무관리, 공정관리 등에 활용할 수 있으며, 이를 계약관계를 통해 의무화할 수 있을 것이다.

하지만 본 연구의 결과가 가지는 한계는 국내의 대부분의 건설 프로젝트가 CM at Risk나 IPD 형태의 발주방식이 아니라는 것에 있다. 해외 건설 선진국의 경우 CM at Risk나 IPD 등과 같은 프로젝트 발주방식이 확산되고 있어, 프로젝트에 참여하는 일반건설업체 및 전문건설업체의 동기부여가 가능한 측면이 있으나, 국내의 프로젝트의 경우에는 프로젝트 참여자의 자율의지에 맡길 수밖에 없는 한계를 안고 있다.

References

- Kim, K-H, Kim, K-H, Lee, Y-S, Kim, J-J (2008), "A Study about Influence of Risk Factors in Relation to Construction Cost Increase and Schedule Delay on the Reinforced Concrete Construction", Journal of the Architecture Institute of Korea, Vol. 24 No. 5, pp. 165-172.
- Kim, M-C, Son, C-B (2010) "Analyzing the Level and Influence Factors for Work Performance of Field Managers in Specialty Contractors", Journal of the Architecture Institute of Korea, Vol. 26 No. 5, pp. 133-140.
- Kim, M-C, Son, C-B (2010) "A Status Analysis on the Organization and Service for Job Site Management of Specialty Contractors in Reinforced Concrete Work", Journal of the Architecture Institute of Korea, Vol. 26 No. 4, pp. 151-158.
- Kim, S-Y, Min, C-H, Kim, H-S, Kim, C-H, Kang, I-S (2011) "Development of BIM Operation Model for the Construction Phase by Analyzing BIM Technology", Proceeding of the Korea Institute of Construction Engineering and Management, pp. 333-334.
- Kim, Y-H, Lee, J-S, Oh, J-G, Kim, J-J (2013), "A Study for Derivation of Participant's Information Flow At Framework

- Construction based on BIM”, Journal of the Korea Institute of Construction Engineering and Management, Vol. 14 No. 2, pp. 22–34.
- Park, K–H, Son, C–B (2010) “Analyzing the Level and Influence Factors for Work Performance of Field Managers in General Construction Companies”, Journal of the Korea Institute of Construction Engineering and Management, Vol. 11 No. 3, pp. 115–124.
- Park, J–H, Jeon, H–B, Cho, K–M, Hong, T–H, Koo, K–J, Hyun, C–T (2008), “Improvement Factors for Reinforced Concrete Firm against Removing the restriction of Construction Market Activation”, Journal of the Korea Institute of Construction Engineering and Management, Vol. 8 No. 1, pp. 118–125.
- Song, S–M, Seo, J–H, Lee, C–H, Kim, Y–S, Cho, H–H (2011), “A Deduction of Key Work for Service Guide of Construction Manager in Construction Project”, Journal of the Korea Institute of Construction Engineering and Management, Vol. 12 No. 4, pp. 11–20.
- Ahn, Y–S, Lee, L–H (1993), “Productivity Analysis for Formwork Operation of Concrete Structure”, Journal of the Korea Concrete Institute, Vol. 5 No. 1, pp. 175–181.
- Ahn, J–B, Song, Y–O, Choi, Y–K (2009), “Quality Risk Management System for Steel Structure Construction”, Journal of the Architecture Institute of Korea, Vol. 25 No. 4, pp. 209–217.
- Yoon, Y–S, Seo, S–W, Park, M–S, Jang, M–H (2008), “Construction Process based Schedule Risk Management System”, Journal of the Korea Institute of Construction Engineering and Management, Vol. 9 No. 4, pp. 101–110.
- Lee, J–H, Lee, H–S, Kim, M–H (1996), “A Scheduling Method of Reinforced Concrete Construction in Apartment Housing Projects Focused on Formwork Crews”, Journal of the Architecture Institute of Korea, Vol. 12 No. 4, pp. 261–269.
- Lee, H–C, Lim, S–Y, Yeo, S–K, Ko, S–S (2009), “A Study on the Work Delay Factors of Reinforced Concrete Work in Apartment House Construction”, Journal of the Korea Institute of Building Construction, Vol. 8 No. 2, pp. 55–61.