

BIM기반 골조공사의 시공성분석 업무 적용사례에 관한 연구

A Case Study of BIM-based Framework on Constructability Tasks

이 승 일¹ 권 남 하² 조 영 상^{1*}
Lee, Seung-II¹ Kwon, Nam-Ha² Cho, Young-Sang^{1*}

*Department of Architectural Engineering, Hanyang University, SeongDong-Gu, Seoul, 133-791, Korea¹
BIM Division, Korea CIM Co. LTD, KangNam-Gu, Seoul, 135-895, Korea²*

Abstract

Recently more and more construction projects have become high-rise, complex and intelligent. Accordingly, such projects require an integrated management system for tasks, with a lean approach to construction with work processes for management and productivity. In particular, Construction Information Technology (CIT) fields are concerned with Building Information Modeling (BIM), which represents the process of generating and managing building data during its life cycle. Constructability research has progressed for the project goal which is a cost-time-quality of optimization by integrated construction knowledge and experience. However, the current constructability process has not been performed efficiently, as the existing 2D drawings and papers lack consistent and accurate information, it is difficult to share the contents of work, and the use of information is inefficient.

This study proposes that the reformation and enhancement of BIM-based constructability work process can lead to brilliant performance in the framework of the construction phase through achieving collaboration between the design team and the workers at the site.

Keywords : Lean Construction, IT(Information Technology), BIM(Building Information Modeling), Constructability, Framework

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

오늘날 건설 산업은 프로젝트가 초고층화, 대형화, 복잡화, 인텔리전트화 되면서 그에 따른 관리 및 생산성 향상을 위한 노력이 이루어지고 있다. 특히, 건설 IT 기술을 바탕으로 한 건축정보모델링(Building Information Modeling 이하 BIM)[1]에 대한 관심이 점차 높아지고 있다. BIM이란 건축물의 전 생애주기 동안에 건축물에 필요한 데이터를 생산하고 관리하는 프로세스를 말한다. BIM은 건축물의 설계와 시공에 있어서 생산성을 높이기 위해 n-차원의 실시간 모델링 소프

트웨어를 사용하여 건축물의 형상, 공간적 관계, 물량, 지형정보 같은 속성정보를 포함한다.

현재 BIM의 실무 적용은 디자인(설계)분야에서 디자인 도출, 의사소통, 설계도면 작성 등 제한적으로 이루어지고 있으며, BIM 적용의 보다 큰 효과를 기대 할 수 있는 엔지니어링, 시공, 유지관리 분야에 대한 실무적용은 아직 미흡한 실정이다. 특히 시공분야의 BIM은 많은 부분에서 발주조건, 전시효과, 홍보의 수단과 같은 영업적 수단으로 BIM이 적용되고 있으며, 엔지니어링과 시공성분석과 같은 기술적 측면을 통한 공사비 절감과 시공품질 확보에는 부족한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 가상시공(Virtual Construction)을 통한 건축물의 데이터를 생산하고 관리하는 프로세스인 BIM의 개념과 프로젝트의 전체 목적을 달성하기 위한 계획, 설계, 조달 및 시공단계에서 시공지식과 경험의 통합을 달성하기 위한 시스템인 시공성분석(Constructability) [2,3,4,5]의 개념을 이용하여 보완함으로써 효율적인 프로젝트 업무 방안을 제시하고자 한다.

Received : June 28, 2010

Revision received : July 17, 2010

Accepted : September 10, 2010

* Corresponding author : Cho, Young-Sang

[Tel: 82-31-400-4687, E-mail: ycho@hanyang.ac.kr]

©2010 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 건설 프로젝트 각 단계별 업무 중 건축공사의 골조공사단계로 연구범위를 한정하여 골조공사에서 실시설계 이후 현장에서 골조공사 전 BIM기반 시공성분석 업무를 실 프로젝트 중심으로 분석하였다. 대상 프로젝트는 지하층은 철근콘크리트(RC)구조, 지상층은 철골(Steel), 철골철근콘크리트(SRC)구조인 복합구조의 박물관 건축물로서 기둥, 보, 벽의 골조가 경사지게 구성된 비정형 건축물이다. 비정형 건축물의 경우 기존 2D 기반 시공성분석 업무로는 업무수행에 필요한 다양한 정보를 정확히 전달할 수 있는 유연성이 부족하고, 설계도면의 정보를 구체화하기 위한 많은 재작업이 요구되며, 신속한 의사결정을 위한 시간과 합의가 어려운 실정이다. 이에 본 연구에서는 BIM 기반 골조공사의 시공성분석 업무 적용사례를 제시하고자 한다.

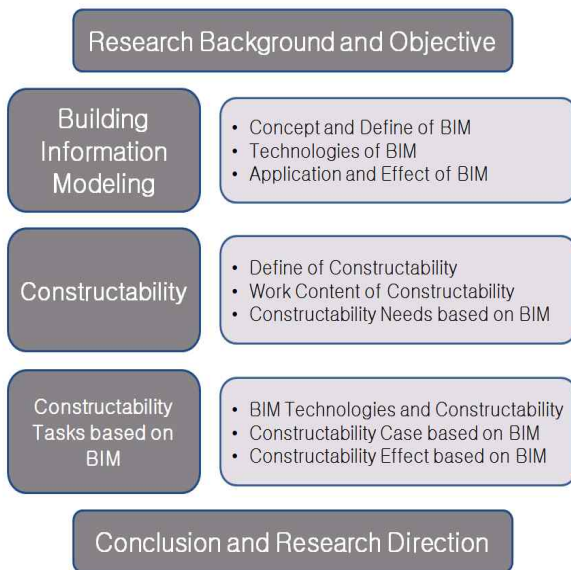


Figure 1. Search Flowchart

본 연구는 다음과 같이 진행하였다.

첫째, 건축정보모델링(BIM)의 개념 및 정의, BIM 요소기술인 파라메트릭 모델링(Parametric Modeling), 상호운용성(Interoperability), BIM의 국내·외 적용현황 및 기능·효과를 제시하였다.

둘째, 시공성분석(Constructability)에 대한 개념, 시공성분석의 업무내용 및 현행 시공성분석의 문제점 및 BIM 기반 시공성분석의 필요성을 언급하였다.

셋째, 실 프로젝트의 사례를 통해서 BIM요소기술과 시공성분석, 골조공사단계에서 BIM 기반 시공성분석 업무 적용사례, 마지막으로 BIM을 적용한 시공성분석의 업무 효과를 제시하고자 한다.

2. 건축정보모델링(BIM)

2.1 BIM의 개념 및 정의

BIM(Building Information Modeling)은 건축물의 전 생애주기 동안에 생산되는 복잡하고 다양한 데이터를 저장하고 활용할 수 있게 해주고 기하학적 형상정보와 속성정보를 연계하여 관리하는 프로세스를 말하며, 단순히 하나의 3D 형상모델이 아닌 건축물의 수명주기 동안 생산되는 정보를 공유, 재사용하고, 관리하는 전 과정을 말한다.

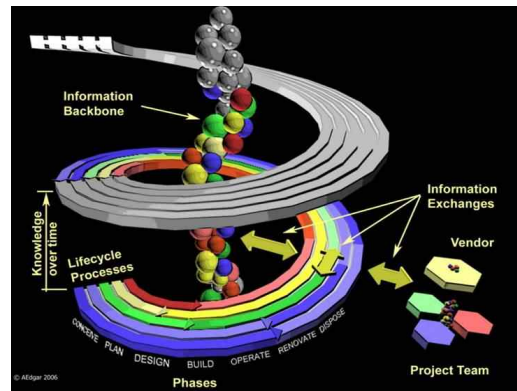


Figure 2. Life-Cycle Information(NBIMS)

BIM에 대한 정의는 각 기관, 단체, 협회마다 다양하게 정의하고 있다.

NIST[6](National Institute of Standard and Technology), NIBS(National Institute of Building Science)에서는 buildingSMART Alliance를 통해서 NBIMS(National Building Information Modeling Standard™ Definition of BIM)[7]이란 건축물의 형상과 기능상의 특징을 디지털로 표현하고 기획부터 생애주기 동안에 건축물에 대한 공유정보를 제공하는 수단이라고 말하고 있다. BIM의 전제는 건설 산업 전반에 참여하는 전문가 집단 간의 협업으로 협업을 통한 정보공유는 입장이 다른 전문가들에게 기준과 역학을 제공하게 된다. 다시 말해 BIM은 정보처리 상호운용(Interoperability)의 기준이 되는 공유된 디지털 표현이다.

GSA(General Services Administration)[8]와 AGC(The Associated General Contractors)[9]에서는 BIM을 Building Information Modeling과 Model로 구분하여 정의하고 있다. Modeling은 건축물의 시공과 공사 관리를 위한 컴퓨터 소프트웨어의 사용과 개발이며, 그 결과 Model이 완성된다. Model은 건축물 설계과정에서 요구되는 다양한 의견과 개선점을 분석을 통해서 객체 지향적이고 지능적이며 파라메트릭 디지털 형태로 표현하게 된다. 이런 과정은 계획, 설계, 시

공과정을 개선하기 위한 프로세스라고 정의하고 있다.

US Army Corps of Engineers[10]에서는 BIM은 공기와 건축물의 계획과 설계의 품질 그리고 시공, 공사 관리, 유지관리를 제공하는 최신 기술로서 “An Intelligent Simulation of Design Intent(디자인 의도의 지능적 시뮬레이션)”라고 정의하고 있다.

AIA(American Institute of Architects)[11]에서는 참여 주체 간 이해관계에 따른 전통적인 프로세스의 문제를 완벽한 협업과 고도의 통합화를 핵심으로 하는 IPD(Integrated Project Delivery: 통합 프로젝트 구현)[12]의 제시를 통해서 프로젝트 수행지침을 제공하고 있으며, IPD를 가능하게 하는 수단으로 BIM을 제시하고 있다. AIA에서 BIM은 단순히 종이 도면의 전자 도면화나 멋진 3D 이미지가 아닌 전자도면의 통합화를 통해 정보를 사용, 재사용, 교환, 통합하는 것을 말한다. 3D 모델 기반의 기술이 정보와 링크 되어 건축물의 위치 정보, 분류코드, 물리적 속성, 수량, 단가, 제조사 등의 모든 정보를 포함하는 것이라고 정의하고 있다.

이과 같이 BIM은 건축, 엔지니어링 및 시공업체 간에 원활하게 정보를 전달할 수 있는 혁신적인 방법이다. BIM을 통해서 건축가와 엔지니어는 정보를 효과적으로 생성 및 교환하고 실제 결과를 시뮬레이션 함으로써 업무과정을 능률화하고 생산성 및 품질을 향상 시킬 수 있다.

2.1 BIM 요소기술

1) 파라메트릭 모델링(Parametric Modeling)

BIM의 실제 적용을 위해서 객체기반 파라메트릭 모델링(Object-based Parametric Modeling)[13] 기술이 요구된다. 객체를 고정된 형상과 속성으로 표현하지 않고 파라미터간의 규칙을 이용하여 정의하며 사용자는 객체를 주변의 변화에 따라 자동으로 조정할 수 있는 사용자 정의 파라메트릭 모델(User-defined Parametric Model)을 생성할 수 있다. 이 기술은 과거 2D 기반 도면과 수작업 위주의 기술에서 디지털 모델 기반기술로 전환됨에 따라서 건물의 설계, 분석, 시공, 제조, 운영 등을 위해 건축 디지털 모델로부터 형상이나 속성에 관련된 정보를 추출해서 활용 할 수 있게 되었다.

2) 상호운용성(Interoperability)

상호운용성(Interoperability)[14]이란 소프트웨어 사이의 데이터 교환을 통해 업무에 참여하는 다수의 전문가들이 편리하게 공동으로 작업할 수 있도록 해주는 것에 대한 필요성을 말한다. 소프트웨어 사이의 상호운용성을 확보함으로써 이전에 생성된 데이터를 다른 소프트웨어에서 중복해서 입력하는 일을 방지 할 수 있으며 업무의 흐름을 개선하고 자동화를 용이하게 할 수 있다. 데이터 교환방식은 다음과 같다.

첫째, 특정 소프트웨어의 내보내기/ 가져오기(Export/Import)방식이다. 전통적인 데이터 교환방식으로 정확한 데이터 형식이 요구되며, 데이터 변경 시 매회 변경사항을 업데이트하고 반영해야 하는 번거로움이 있다.

둘째, 표준교환포맷(Standard Exchange Formats)[15]를 통한 데이터 교환방식이다. 특정 소프트웨어에 종속되지 않는 표준교환포맷은 건설/ 건축 분야의 IFC(Industry Foundation Class)와 철골구조물 제작 분야의 CIS/2(CIMSteel Integration Standards Version 2)가 대표적이다. 건축물의 구성요소를 정의하는 정보모델에 바탕을 둔 이들 포맷은 기하학적인 형태에 대한 정보뿐만 아니라 구성 요소간의 관계들과 각 요소에 관한 속성 및 관련 내용을 포함하고 있다.

마지막으로 다른 소프트웨어간의 직접연결(Direct Link)방법이다. 직접연결은 전문 소프트웨어 사이에 정의된 응용 프로그램 인터페이스(API: Application Programing Interface)방식을 통해 이루어지며, API는 소프트웨어간의 데이터 교환뿐만 아니라 데이터를 보다 효율적으로 관리함으로써 프로젝트의 생산성을 높일 수 있다.



Figure 3. Standard Exchange Formats(IFC and CIS/2)

2.3 BIM의 국내·외 적용현황 및 효과

1) 국내 BIM 적용현황

현재 국내 건설 산업에서 시공도서의 불충분, 불명확으로 인해 늘어나는 공기와 그에 따른 비용이 증가됨에 따라 3D 설계 도구의 도입에 대한 요구가 늘어나고 있다. buildingSMART Korea 협회를 중심으로 한국 고유의 건설모델과 프로세스 개발, 향후 BIM기반에서 생성된 정보를 활용하여 프로젝트 참여자들의 의사소통과 협업의 수단으로 활용하기 위한 노력을 하고 있다. 공공시설 분야에서는 BIM 적용을 확산시키기 위해 Total Service[16] 건축공사에 시범적용하고 장기적으로는 일정금액 이상의 턴키·설계공모 등의 프로젝트에 BIM 적용을 의무화하고 있다.

실무 측면에서는 대부분의 경우 설계, 엔지니어링, 시공의 협업을 통한 업무 진행이 아닌 각각의 분야에서 서로 다른 목적으로 BIM을 진행하고 있는게 국내 BIM 현실이다.

성균관대학교 학술정보관은 대형 설계사무소 중심의 3D CAD를 활용한 BIM 적용의 대표적 사례이다. 비정형 건축물

의 설계와 도면작성을 위해 3D CAD를 적용하였으며, 시공분야에서는 간섭체크, 좌표 값 도출, 엔지니어의 이해도 향상 부분에서는 기대치 이상의 효과가 있었으나, 설계 전 분야를 3D 기반으로 진행하는데 한계를 나타냈고, 도면 수정 기간의 단축의 경우 기대치 대비 50% 정도의 달성하였고, 구조·설비 분야와의 협업은 호환성 및 저변문제로 제대로 적용하기에는 한계가 있는 것으로 조사되었다.

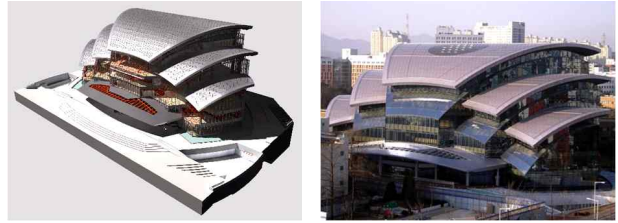
아산배방 Y-city는 구조 엔지니어링 중심의 BIM 적용 사례이다. Y-city 주상복합아파트는 철근 콘크리트 구조로서 철근콘크리트 구조에 한국형 철근 배근 생성에 관한 해결책을 모색하였으며 BIM 모델을 기반으로 방대한 양의 철근 정보를 통합관리하기 용이하게 사용자 정의 매크로 구축을 통하여 시공성을 고려한 철근 배근 디테일 모델을 구현하였다. 그러나 현장에서는 BIM의 인식부족과 작업 프로세스 변경의 문제로 실제 철근 제작 및 배근 작업에는 활용되지 못 했다.

동대문 디자인 플라자는 시공사 중심의 BIM 적용 사례로서 기존 2D 설계와 지금까지의 시공 공법만으로는 다양한 곡률의 노출콘크리트와 외장패널, 패널 지지 스페이스 프레임, 비정형의 내부 공간 시공의 어려움을 해결하기 위해 BIM을 프로젝트에 도입하였다. 시공정보가 포함된 3D 모델링 데이터를 활용하여 각 공종 간 간섭사항과 문제점을 사전에 파악하고 시공단계에서 발생할 수 있는 위험요소를 사전에 도출하여 대책을 세우고 체계적으로 관리할 수 있었다. BIM의 성공적 정착을 위해서는 발주 단계에서부터 BIM 적용기준과 공정한 평가 방법을 정립하고, 프로젝트에 참여하는 각각의 주체가 업무협력을 통해 각자의 역할을 다 한다면 BIM은 성공적으로 정착될 수 있을 것이라고 언급하고 있다.

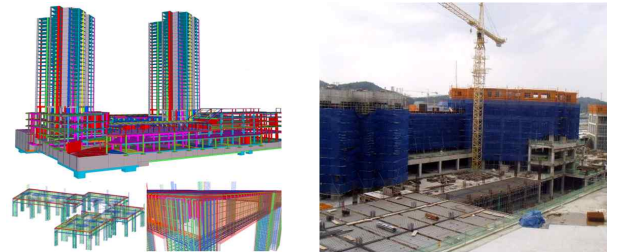
2) 국외 BIM 적용현황

미국은 정부 차원에서 NIBS와 NIST에서 국가 BIM 표준인 US NIBIMS(United States National BIM Standard)와 그에 관련된 표준을 개발·보급하고 있다. 더불어 GSA에서는 2003년 PBS(Public Building Service)의 OCA(Office of Chief Architecture)에서 제정한 3D-4D-BIM(GSA BIM Guide Series) 프로그램을 운영하고 있다.

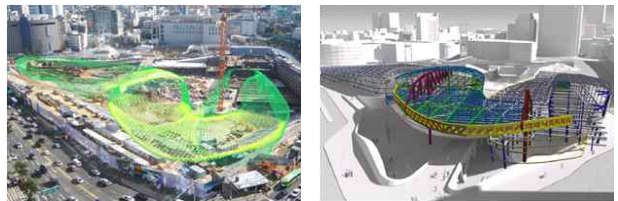
영국에서는 CPIC(Construction Project Information Committee)가 영국 건설 산업 전반에 걸쳐서 참여하는 주체들의 토의를 통해 건설 산업에 필요한 최적의 지침서를 제공하고 공식화 하였다. AEC(UK) BIM Standard와 AEC(UK) BIM Standard for Revit[21]을 통해서 BIM을 정의하고 작업에 필요한 기준 및 요구사항을 정리하였다.



(a) Sungkyunkwan University Digital Library of BIM Application[17]



(b) Y-city Multipurpose Building of BIM Application[18][19]



(c) Dongdaemun Design Plaza of BIM Application[20]

Figure 4. BIM Application of Domestic

독일은 IAI가 건물정보를 건축설계단계에서 생성해 시공단계를 거쳐 CAFM (Computer Aided Facility Management) [22]에 전달하는 전 과정을 통합관리하고 있으며, BIM 프로그램과 IFC 중립포맷을 사용하여 설계 전 과정에서 BIM 데이터 교환하는 방법을 제공하는 것으로 조사되었다.

싱가포르는 정부 주관으로 건축과 IT분야를 연계하고 웹 기반의 건설행정처리 시스템인 CORENET(Construction and Real Estate NETwork)[23]를 통해서 법규와 같은 행정업무를 처리한다.

국외의 BIM 적용은 각 나라별 BIM 지침서 기준으로 프로젝트 각 단계별 업무에 BIM을 연계하여 정보의 원활한 공유와 협업을 통한 통합적 프로젝트 관리(IPD)를 목적으로 BIM을 진행하고 있다.

3) BIM의 기능 및 효과

BIM에 대한 이론적 고찰과 국내·외 적용현황, 각종 기술 문서(White Paper)를 통해 BIM의 주요 기능 및 활용에 따른 효과를 정리한 것으로, 현재 건축실무에서 적용되는 범위와 각국의 법규(Law), 기준(Standard), 규정(Code)의 차이로 연구 단계이거나 제한적으로 적용되고 있어 향후 적용 가능한 범위로 나누어 정리 하였다.

3D 전환설계는 계획 설계단계에서 디자인 도출방법으로 가장 활발하게 적용되고 있으며, 기존의 3D 그래픽 (Computer Graphics) 모델이 아닌 속성정보를 포함한 3D BIM 모델을 생성함으로써 설계 품질향상을 위해 사용되고 있으며, 시각화는 기획, 설계, 시공단계에서 각종 문서 작업 및 프로젠테이션의 도구로, 실무에서는 각 분야 전문가들의 협업을 위해 사용되고 있다. 간섭체크 기능은 현재 국내·외 BIM 적용사례 중 가장 큰 비중을 차지하는 부분으로 건축, 구조, 설비 부재간의 간섭검토를 통해 2D 도면의 품질을 높이고 시공현장에서 발생할 수 있는 오류를 사전에 검토하여 재시공을 방지할 수 있다. BIM의 핵심기술인 파라메트릭 모델링 기법은 부재를 형상화하고 관계정의를 통해 연동하여 기하학적 자동 조정이 가능하고, 설계변경 시 각 부재간의 정보가 자동으로 변경되어 시간이 절약되고 작업을 보다 유동적으로 진행할 수 있다.

Table 1. Function and effect of BIM

BIM Function	Discipline and Effect	Stage and Phase
3D Design	Conceptual Design of 3D Model	Design
Visualization	Document and Presentation/ Collaboration of Professional	Plan/ Design/ Construction
Clash Detection	Clash Detection of Architecture, Structure, MEP	Design/ Construction
Parametric Modeling	Object-based Relational	Design/ Construction
Process Analysis	3D + Time = 4D (Process Analysis)	Construction/ Research
Estimate Analysis	4D + Cost = 5D (Estimate Analysis)	Construction/ Research
Interoperability	Energy, Environment, Structure Analysis	Design/ Construction/ Research

공정정보(3D+Time=4D)와 견적정보(4D+Cost=5D)는 현재 초기단계로서 시범 프로젝트를 통해 각 분야에 제한적으로 적용되고 있으며, 4D 시뮬레이션을 위한 동영상 제작이나 견적 소프트웨어와의 데이터 연계에 관한 연구가 진행 중이다. 데이터 상호운용성에 따른 각종 분석 및 해석과 연계부분은 각국의 법규(Law), 기준(Standard) 및 규정(Code)의 차이로 에너지 분석, 환경 분석, 구조해석과 같은 엔지니어링 부분에서는 제한적으로 적용되고 있다.

3. 시공성분석(Constructability)

3.1 시공성분석 정의

시공성분석(Constructability)은 건설생산에 참여하는 다양한 전문가 집단 간 의사소통의 단절, 비효율적 상호통제 및 상호조정의 어려움을 해소하기 위한 것으로 시공의 용이성 및 생산성 향상을 위하여 프로젝트의 목표인 비용-공기-품질을 최적화하기위해 시공지식과 경험을 활용하는 것이 개념이다. 시공성분석에 대한 연구가 활발히 수행되어온 외국의 시공성분석 이론과 관련용어의 정의는 다음과 같다.

Table 2. Principle of Constructability

Principle	Contents
Integration	Constructability is essential for Project Plan.
Construction Knowledge	Construction Knowledge and Experience are reflected in Project.
Team Skills	Experience, Technology, Organization of Project Team in accordance with Project.
Corporate Objects	Constructability has improved when Project Team understand Ordering Organization.
Available Resources	Design Trend of creation considered use of Technology and Resources.
External Factors	External Factors influence Project Cost and Program.
Program	Program of Project leads to Realistic, Constructive, Aggressive Plan Will.
Construction Methodology	Project Design Considered Construction Method.
Accessibility	Constructability has improved when considered Project Design-Construction Phase.
Specifications	Constructability of Project has improved when considered Specifications and Construction efficiency.
Construction Innovation	Improvement of Constructability accordance with Innovative Technology in Construction Phase.
Feedback	Constructability Improvement of Similar Project after Analysis of Post-construction Phase.

미국에서는 CURT(The Construction User Roundtable)[25]에 의해서 프로젝트 생산 통합화의 한 방법으로 제안 되었으며, CII(Construction Industry Institute)를 통해 시공성을 “Constructability”라 칭하며 프로젝트 전체의 목적을 달성하기 위해 기획, 설계, 조달, 현장작업에 대해서 시공상의 지식과 경험을 최대한으로 이용하는 것으로 정의하고 있다.

호주의 CIIA(Construction Industry Institute, Australia) [26]는 미국과 마찬가지로 “Constructability”라 하고 프로

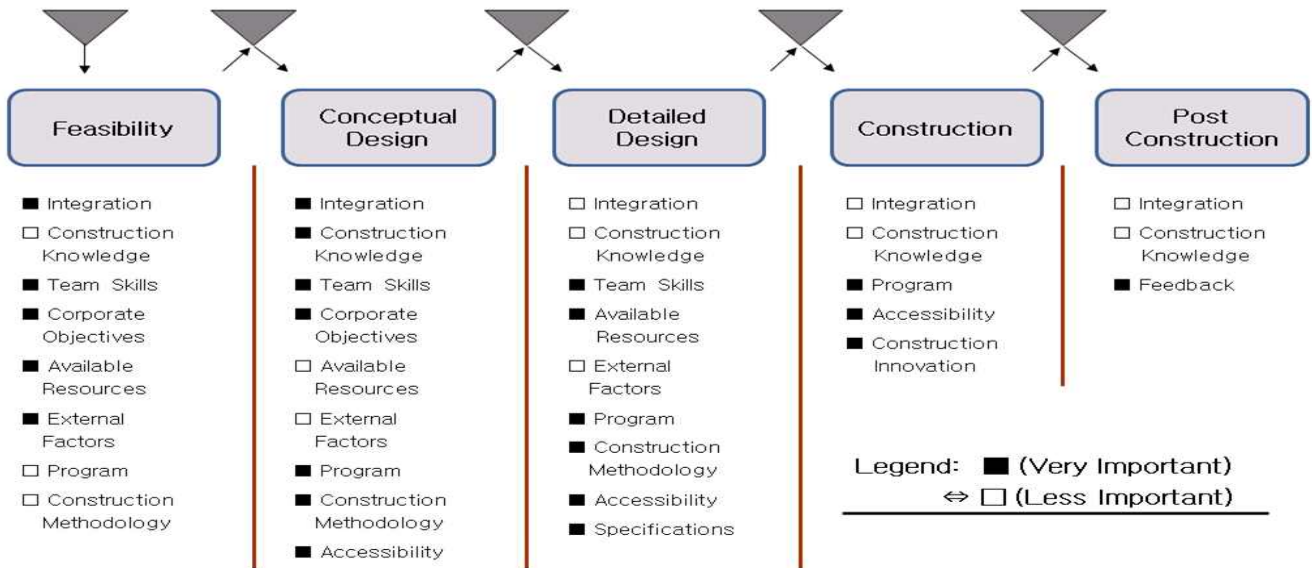


Figure 5. Constructability Flowchart[24]

젝트의 목표와 성능의 극대화를 얻기 위해 다양한 프로젝트와 환경적인 제약사이의 균형을 유지하고 프로젝트 전 과정에서 시공지식의 통합을 달성하기 위한 시스템으로 정의하고 있다.

영국의 CIRIA(Construction Industry Research and Information Association)[27]는 시공성을 “Buildability”로 칭하고 건축물에 요구되는 전체를 만족하는 것을 전제로 시공을 용이하게 하기 위해 단순화, 표준화, 의사전달이라는 기본원칙으로 하는 건축설계의 정도라고 정의한다.

3.2 시공성분석의 업무내용 및 속성

시공성분석은 미국의 CII, 호주의 CIAA, 영국의 CIRIA 등과 같은 외국의 여러 기관에서 정의한 바와 같이 프로젝트의 전반적인 목표를 달성하기 위해 계획, 설계, 구매, 현장운영에 시공지식과 경험을 최적으로 활용하는 업무 시스템으로 인식되고 있다. Table 1과 Figure 5는 시공성분석의 주요 원리 및 건설 프로젝트 단계별 시공성분석 흐름도로서 기획단계, 기본설계, 실시설계, 시공단계, 시공 후 유지관리 단계의 업무를 단계별로 적용흐름과 영향정도를 나타낸 것이다.

시공성분석 개념 있어서 가장 중요한 속성은 개념 계획단계에서부터 시공단계, 운영단계 까지 비용, 공기, 안전, 품질의 측면에서 건설과정의 최적화를 위해 시공지식과 경험을 적용함으로써 프로젝트 관리가 종합적으로 이루어진다는 점이다.

3.3 현행 시공성분석 업무의 문제점 및 개선방안[28]

현행 시공성분석은 건설 프로젝트 단계별 시공성분석의 개

념과 원리적 측면에서 연구가 진행 중이며, 시공성분석 개념 적용의 필요성과 검토 절차 및 방법을 제안하고 있다. 하지만, 제안된 프로세스 모델이나 시스템은 기존의 2D 설계도면과 문서를 기반으로 업무를 진행하고 있어 각 분야 전문가들이 업무 내용을 공유하기 어려우며, 생산된 정보의 활용도 효율적이지 못한 실정이다. 이에 기존 시공성분석 업무의 개선방안으로 3D 가상시공 (Virtual Construction)을 통한 BIM 프로세스를 적용하여 시공성분석 업무를 진행함으로써 업무의 효율성 및 효과를 제시하고자 한다.

4. BIM기반 시공성분석 업무 실무 적용사례

4.1 대상 프로젝트 개요

대상 프로젝트는 문화 및 집회시설인 박물관 건축물로서 지하 3개층은 철근콘크리트(RC)구조이고, 지상 2개층은 철골(Steel)구조와 철골철근콘크리트(SRC)구조의 복합구조로 구성되었으며, 기둥, 보, 벽 등의 골조가 경사지게 이루어진 비정형 건축물이다. 비정형 건축물의 경우 기존의 2D 기반 시공성분석 업무로는 업무에 필요한 다양한 정보를 정확히 전달할 수 있는 유연성이 부족하고, 도면의 정보를 구체화하기 위한 많은 재작업이 요구되며, 신속한 의사결정을 위한 시간과 합의가 어려운 실정이다. 이에 본 연구에서는 건축공사 중 골조공사단계에서 BIM을 적용하여 시공성분석 업무를 수행하였다.

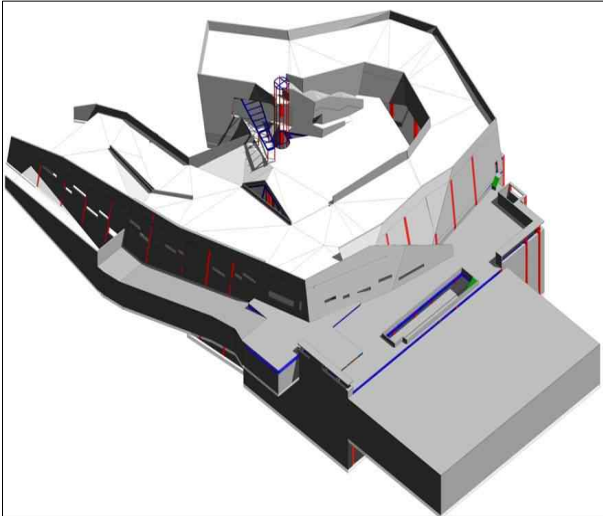


Figure 6. Target Project

4.2 BIM 요소기술을 적용한 시공성분석

BIM 요소기술인 상호연용성 기법을 통하여 건축부재를 생성, 관리함으로써 시공성분석 업무에 효율성을 높일 수 있었다. 데이터베이스, 표 계산 소프트웨어 데이터를 보존하는 형식의 하나인 csv file(comman separate value)[29][30]을 통하여 데이터의 점검 및 관리가 가능하였다. csv file 구성방식은 ParameterName##ParameterType ##ParameterUnits의 형태로 구성되면 Number, Length, Area, Volume, and Other의 데이터를 관리할 수 있다.

본 프로젝트에서는 Figure 7과 같이 기성품인 철골부재를 구조 계산서를 기준으로 멤버 리스트를 정리하고 각 부재의 정보를 입력하여 관리하는 방식으로 데이터를 관리하였다.

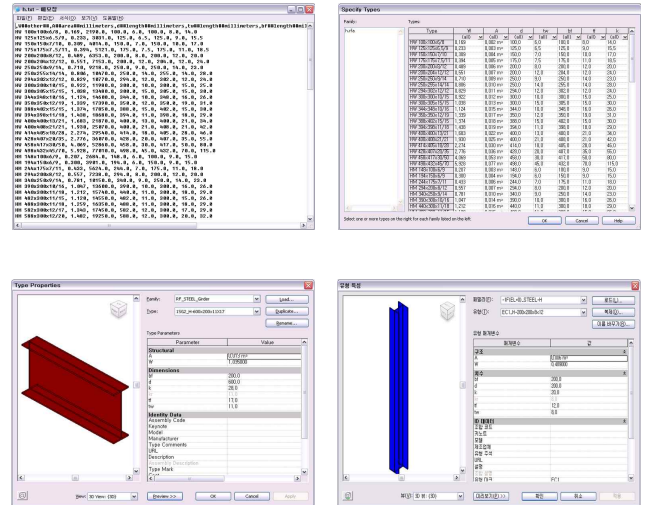


Figure 7. Using csv file for Steel Member Control

4.3 BIM을 적용한 골조공사 시공성분석 적용사례

지상층 철골 골조 프레임은 Figure 8과 같이 기둥 부재가 건물 내측으로 기울어지거나 꺾여 있는 형상이며, 더욱이 두 개의 축으로 기울어진 형태이다. 이에 대해 기존의 2D 설계도면으로는 형상 및 위치를 알기 힘들고, 기둥과 보 접합부의 제작도 작성을 위한 정보, 설계 이후 단계인 철골 공장제작, 시공을 위한 철골 현장배치 및 접합부 시공도 현실적으로 어려운 상황이었다. 이에 경사기둥을 기존 설계도면을 바탕으로 파라메트릭 모델로 작성하고, 작성된 모델을 X, Y, Z축 좌표에 맞게 배치하여 기준을 잡아 보를 배치하는 방식으로 실제적으로 현장에서 공사하여야 할 접합부의 정확한 위치정보를 얻었다. 그리고 시공 가능성 및 난이도를 분석하여 철골부재의 샵 드로잉(Shop Drawing) 및 제작에 필요한 데이터로 활용하였다.

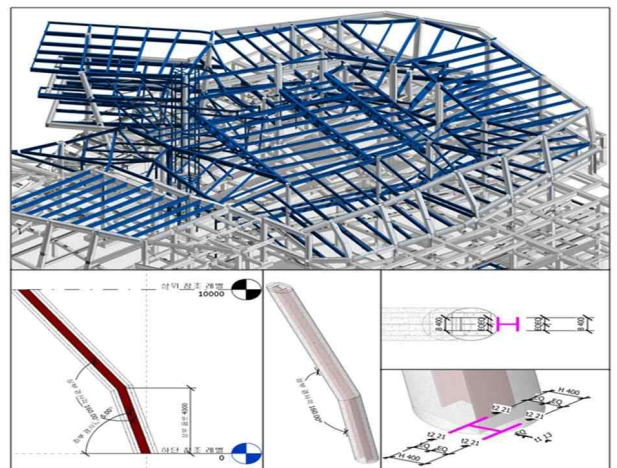


Figure 8. Slanted Frames

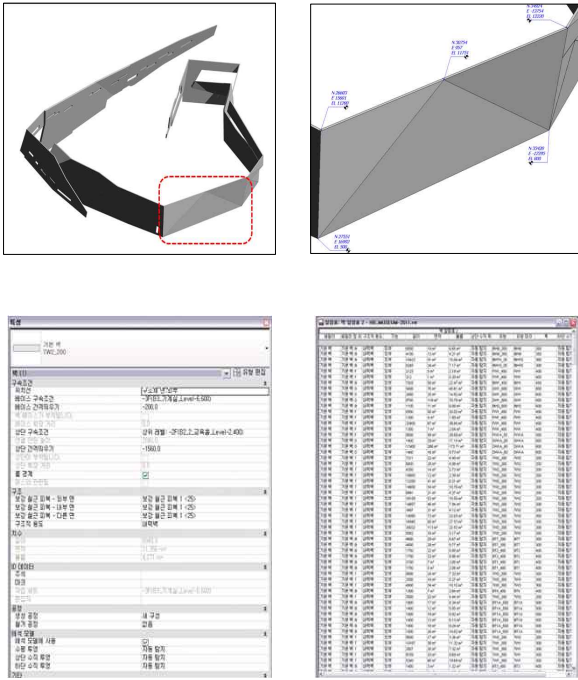


Figure 9. Coordinated of Slanted Walls

외부 경사벽은 전개도의 상·하 4개의 포인트 좌표정보를 알아야 거푸집 설치에 필요한 정보를 얻을 수 있고, 경사기둥의 경사각에 맞게 경사벽을 시공 할 수 있다. 그러나 기존의 2D 설계도면의 전개도나 상세도는 각각의 부재별로 작성되어 경사기둥과 경사벽이 만나는 경사각에 대한 정보가 부족하고, 도면상에 오류를 범하기 쉽다. 위와 같은 문제점을 해결하기 위하여 파라메트릭 기법을 적용한 상세 모델을 통해서 시공성 분석을 수행하였으며 검토 결과 기존 도면상의 전개도에 많은 오류가 발견되었다.

만약 기존의 도면을 기준으로 공사를 진행 하였을 경우 재시공 및 공기지연에 따른 공사비 증가가 불가피 할 것으로 나타났다. Figure 9에서 보는 바와 같이 이중 곡면벽의 경우는 4개의 포인트 좌표 정보가 있는 전개도라도 곡면에 대한 정보를 표현하기 힘들고, 곡면상의 임의 지점에 대한 정확한 위치 값도 얻을 수 없다. 이중 곡면벽의 시공을 위해서는 프리캐스트(Precast) 콘크리트의 일종인 곡면의 스티로폼 모델(Styrofoam Model)을 제작하거나, 자유 곡면 거푸집을 주문 제작해야 하는 시공상의 어려움이 있다. 이에 이중 곡면벽에 임의의 선을 그어 경사각을 부여함으로써 이중곡면의 형태는 유지하면서 현장에서 거푸집을 제작하여 시공할 수 있는 이중 곡면벽의 형태를 제안하였다.

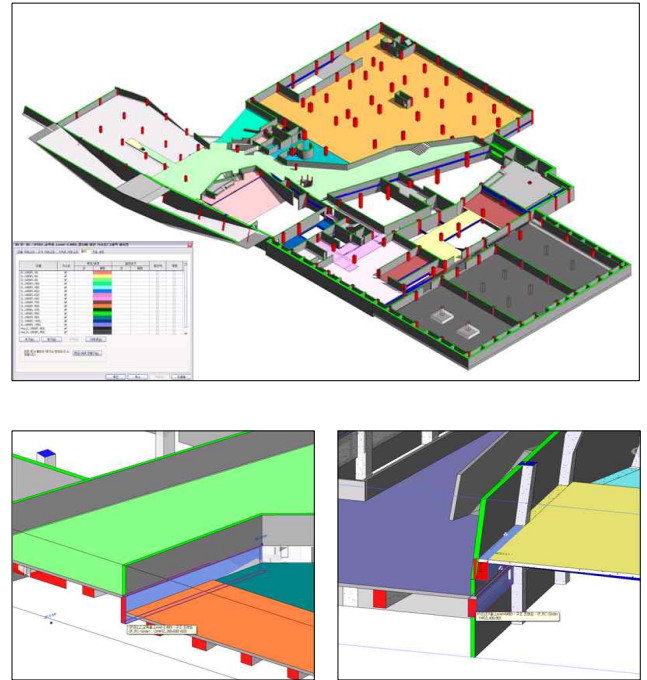


Figure 10. Floor Level and Deep Beam, Double Beam

본 프로젝트는 박물관이라는 특성상 다양한 동선과 슬래브의 단차로 바닥 슬래브의 레벨을 파악하는데 많은 어려움을 겪었다. 2D 도면을 기준으로 상·하 레벨정보를 바닥 부재의 속성정보에 입력하고, 입력된 레벨정보를 필터링하여 Figure 10과 같이 레벨별로 바닥 부재를 구분하여 각 실의 정확한 레벨정보를 얻을 수 있었다. 기존의 설계도면(단면도)으로는 슬래브 단차가 있는 모든 부분을 표현하는데 한계가 있고, 단차가 있는 접합에 위치한 보의 경우 단차를 고려하지 않고 설계가 진행되어 슬래브가 보에 정착되지 않은 경우, 작은보가 큰보에 정착되지 않는 경우, 이중보가 단일보로 설계된 경우 등 많은 설계오류 및 도면오류를 발견했다. BIM 모델을 통해 발견된 오류를 수정·보완함으로써 재시공에 따른 공사비 증가를 미연에 방지할 수 있었다.

4.4 BIM을 적용한 골조공사 시공성분석 업무의 효과

본 연구에서는 비정형 건축물의 골조공사 부분에 대해 BIM을 적용하여 시공성분석 업무를 진행하였다. 기존의 시공성분석 업무는 2D 기반의 설계도면과 문서로 수행되어 업무에 필요한 정보를 신속하고 정확하게 공유하기 힘들고, 도면의 정보를 구체화하기 위해 많은 재작업이 요구되며, 현장에 맞는 정보의 활용이나 의사결정의 합의가 힘들고, 생성된 정보의 일관성이나 정확성이 부족하여 활용이 효율적이지 못한 실정이었다. 이에 실 프로젝트를 통해 BIM 프로세스를 시공성분석 업무에 적용하여 시공성분석의 목적인 비용절감, 공기단축, 성능

개선의 수단으로 활용되었으며, BIM모델은 건축부재 각각의 속성정보 연계로 도면오류 검토, 설계변경에 대한 즉각적인 대처, 부재 간 간섭검토, 공정 및 시공공법의 결정 등 시공성분석 업무에 참여하는 주체간의 효율적 의사결정의 도구로 활용되었다.

5. 결 론

본 연구에서는 건설프로젝트단계에서 가장 긴 공기를 차지하는 시공단계의 골조공사부분에 가상시공을 통한 BIM 프로세스를 적용하여 시공성분석 업무를 진행함으로써 업무의 효율성 및 효과를 다음과 같이 정리 하였다.

- 1) 건축정보모델링(BIM)과 시공성분석(Constructability)의 개념과 목적을 통해 BIM 프로세스를 적용한 시공성분석 업무 연계 가능성을 제시하였다.
- 2) 국내·외 BIM 적용현황과 기술문서(White Paper)를 통해 BIM의 주요기능 및 효과, 적용단계를 각국의 법규(Law), 기준(Standard), 규정(Code)에 따라 나누어 정리 하였다.
- 3) 실 프로젝트를 통해 BIM을 적용한 시공성분석 업무를 수행하여 BIM 요소기술인 상호운용성 기법(csv file)을 활용하여 기성품인 철골부재의 정보를 입력하고 생성, 관리하였다.
- 4) 지상층 철골 골조 프레임을 파라메트릭 모델로 작성하여 경사기둥과 보의 접합부의 정확한 위치정보와 접합부 시공가능성을 분석하였다. 경사벽과 이중곡면벽의 분석을 통해서 기존 2D 설계도면을 이용한 시공성분석의 어려움을 제시하였고, BIM 기반 시공성분석을 통해 이중곡면벽의 경우는 주문 제작이 아닌 현장시공을 위해 현장 상황에 맞는 공법을 제안 하였다. 슬래브 단차에 따른 접합부에 위치한 보의 정보를 분석하여 설계 및 도면오류를 제시하여 재시공에 따른 공사비 증가를 미연에 방지 할 수 있었다.
- 5) 마지막으로 기존의 시공성분석 업무의 한계와 문제점을 제시하고 BIM 프로세스를 적용한 시공성분석 업무를 통해 도면오류 검토, 설계 변경에 대한 대처, 부재 간 간섭검토, 공정 및 시공공법의 결정 등 시공성분석 업무에 참여하는 주체간의 효율적 의사결정 도구로 활용될 것으로 판단된다.

본 연구는 건축물의 전 생애주기를 다루는 BIM과 시공성분석 업무 중에서 건축공사의 골조공사단계에 대한 연구로 한계를 가진다. 향후 연구에서는 BIM 기반 시공성분석의 범위를 실무 단계에서 기획 및 설계 단계부터 반영하여 효과를 극대

화하고, 공정정보 분석, 견적정보 분석 및 유지관리에 대한 추가적인 작업과 연구가 필요할 것으로 사료된다.

요 약

오늘날 건설 프로젝트는 초고층화, 복잡화, 인텔리전트화되면서 그에 따른 관리 및 생산성 향상을 위해 린 건설과 같은 업무의 통합 관리 시스템이 요구된다. 특히 건설 정보 통신기술 (Information Technology) 분야에서는 건축물의 전 생애 주기 동안에 필요한 데이터를 생산하고 관리하는 프로세스인 건축정보모델링 (Building Information Modeling)에 대한 관심이 높아지고 있고, 기술적 측면에서는 프로젝트의 목적인 비용-공기-품질을 최적화하기 위해 시공지식과 경험의 통합을 달성하기 위한 시스템인 시공성분석(Constructability)에 대한 연구가 진행되고 있다. 하지만, 현재 진행되는 시공성분석 업무는 기존의 2D 도면이나 문서로 수행되어 각 분야 전문가들이 업무에 활용되는 정보의 일관성과 정확성이 부족하고, 분석된 업무내용을 공유하기 어려우며, 생산된 정보의 활용이 효율적이지 못하다.

본 연구에서는 건설 프로젝트 단계 가장 긴 공기를 차지하는 건축공사의 골조공사단계로 연구범위를 한정하여 골조공사 단계에서 설계와 시공의 협업을 통한 BIM 기반 시공성분석 업무를 실 프로젝트 중심으로 분석하여 업무개선 방법 및 효과를 제시하고자 한다.

키워드 : 린 건설, 정보통신기술, 건축정보모델링, 시공성 분석, 골조공사

References

1. Building Information Modeling, From Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Building_Information_Modeling.
2. Eastman C, Teicholz P, Sacks R, Liston K. BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors, John Wiley & Sons, Inc. 2007.
3. ASCE Construction Division. Constructability and Constructability Programs : White Paper, Journal of Construction Engineering and Management 1999;117(1):67-89.
4. Succar B. Building Information Modeling Framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders, Automation in Construction, 2008;18(3):357-375.
5. Fisher DJ, Anderson SD, Rahman SP. Integrated

- Constructability Tools into Constructability Review Process, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 2000;126(2):89-96.
6. Ardit D, Elhassan A, Toklu Y C. Constructability Analysis in Design Firm, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE 2002;128(2):117-126.
 7. NIST, Computer Integrated Building Processes Group, <http://cic.nist.gov/>.
 8. NIBS, National Building Information Modeling Standard™ <http://www.buildingsmartalliance.org/index.php/nbims/about.php>, <http://www.nibs.org/nbims.html>.
 9. GSA, 3D-4D Building Information Modeling Guide, <http://www.gsa.gov/Portal/gsa/ep/channelView.do?pageTypeId=17109&channelPage=%2Fep%2Fchannel%2FgsaOverview.jsp&channelId=-24291>.
 10. AGC, The Constructor's Guide to BIM, http://www.agc.org/cs/building_information_modeling.
 11. US Army Corps of Engineers Headquarters, Building Information Modeling(BIM) Building Strong, <http://www.usace.army.mil/Search/Results.aspx?k=bim>.
 12. AIA, Integrated Project Delivery: A Guide, version-1, http://info.aia.org/aia/form_ipd_guide.cfm.
 13. Integrated Project Delivery(IPD): A Guide <http://www.aia.org/contractdocs/AIAS077630>.
 14. Bae JS, Cho YS. A Study on the Embodiment of Prototype for One-way Slab Design based on the ObjectARX applying the Concept of BIM. Journal of the Korea Institute of Building Construction 2008;24(8):41-48.
 15. Building and fire Research Laboratory_Project Information: <http://cic.nist.gov/vrml/cis2.html>.
 16. <http://www.pps.go.kr/user.tdf?a=user.index.IndexApp&c=1001>.
 17. Cho CH, Yoon SH, Whang KM, Chin SY, Yoon SW. BIM Case Study: Sung Kwun Kwan Unvi. Digital Library Project. Journal of the Korea Institute of Building Construction 2008;52(4):66-69.
 18. Lee BH. BIM Application for the Structural Engineering Field in Korea. Journal of the Korea Institute of Building Construction 2010;54(1):52-57.
 19. Lee BH, Lee SI. Application of BIM for High Rise Building Structure. CAD&Graphics. 2009;4:102-105.
 20. Kim HH. Finding Solution for Construction of Non-Formal Designed Building through BIM. Journal of the Korea Institute of Building Construction 2009;53(12):92-95.
 21. AEC(UK) BIM Standard for Revit <http://aecuk.wordpress.com/>.
 22. Computer Aided Facilities Management(CAFM) <http://www.wbdg.org/om/cafm.php>.
 23. CORENET: Construction and Real Estate Network <http://was.nl.sg/details/www.corenet.gov.sg.html>.
 24. Park CS Value Engineering vs. Constructability, Korea Institute of Construction Engineering and Management 2000;1(13):13-16.
 25. CURT(The Construction User Roundtable) <http://www.construction-institute.org/>.
 26. CIIA(Construction Industry Institute, Australia) <http://www.ciaa.qut.com/>.
 27. CIRIA(Construction Industry Research and Information Association) <http://www.ciria.org/>.
 28. Park CS, Park HT. Improving Constructability Analysis Tasks by Applying BIM Technology. Journal of the Korea Institute of Construction Engineering and Management 2010;11(2):137-146.
 29. CSVReader.com. http://www.csvreader.com/csv_format.php.
 30. Revit 2010 user's Guide ; CSV File Structure <http://docs.autodesk.com/RVTMPJ/2010/ENU/Revit%20MEP%202010%20Users%20Guide/RME/index.html?url=WS1a9193826455f5ffa22b9c111b3787332-1623.htm,topicNumber=d0e46118>.