

설계 교육을 위한 BIM 적용 실험 연구 - 초등학교 설계를 중심으로 -

The Experiment of BIM application for Design Education - In the Elementary School Project -

김 용 일*
Kim, Yong-Il

Abstract

It is evident that the education of architecture is being transformed under the influence of technological, environmental, social, and financial challenges. BIM application for design education is innovative responses that are expected to provide the high ground for the AEC industry. So the purpose of this paper introduces that application of BIM for design education of students is efficiency and effectiveness through an actual experiment by elementary school project. The results by actual experiment elaborate the role of BIM in architectural education and its appropriate place in the curriculum. Also they state that increasingly complex nature of professional world that is reliant on design teams, joint development efforts, and more complex design projects makes obsolete the designer who is trained as solo artist engaging in competitive and individual pursuits.

키워드 : 빔, 디자인과정, 실제 실험, 협업

Keywords : Building Information Modeling, Design Process, Actual Experiment, Collaboration

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

아날로그 시대에서 디지털 시대로 전환되면서 건축 작업 환경에 적지 않은 변화를 가져왔다. 건축디자인 작업에 도움이 되는 소프트웨어 개발은 디자인 작업의 창조성, 생산성 그리고 효율성에 많은 영향을 주었으며, 특히최근의 BIM 소프트웨어 개발은 전반적으로 건축 작업의 환경을 새로운 작업환경으로 변화시키고 있다. BIM을 이용한 건축디자인 과정은 기존 디자인 과정과 다르게 모든 단계에서 여러 분야의 전문가들의 협업(collaboration)을 통해 정보를 디지털 방식으로 표현하고 실제 결과물을 시뮬레이션화 하여 보다 창조적이고 생산적인 결과물을 도출할 뿐 아니라, 워크플로우를 능률화하고 품질을 향상시키는 데

도움이 되고 있다.¹⁾ 그래서 최근에는 국내·외적으로 BIM을 이용한 건축디자인 작업이 적극적으로 활용되고 있는 추세이다. 또한 건축디자인 교육에서도 디자인작업 프로세스에 BIM을 적용하기 위한 작업환경으로 변화하는 경향이다. 하지만 기존 디자인 작업과정 즉, 전통적인 디자인 프로세스와 BIM 디자인 프로세스의 작업환경이 전혀 서로 다르기 때문에 건축디자인 교육에 BIM을 적용할 수 있는 작업환경과 디자인 작업 프로세스에 대한 체계적인 연구가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 피험자를 선정하여 실무 디자인 프로젝트(초등학교)를 파라메트릭 모델링 프로그램으로 디자인 초기 작업과정에서 부터 최종안 결정단계, 즉 실시설계 단계까지 디자인 문제를 해결하기 위해 필요한 지식과 정보 그리고 여러 분야의 전문가들 간의 협업(collaboration)과정이 어떻게 진행되는 가를 체계적으로 분석하여 BIM을 이용

* 정희원, 강원대 공학대학, 건축학과 교수, 공학박사,
(yikkim@kangwon.ac.kr)

2014년 강원대학교 학술연구 조성비로 연구하였음.(관리번호 -220140084)

1) 김용일의, "BIM을 이용한 건축디자인 교육의 실험연구", 한국 교육시설학회 논문집, 제19권 제5호 통권 제90호, 2012.9. p.37

한 건축디자인 교육과정에 도움이 되는데 목적이 있다.

1.2 연구의 방법 및 범위

연구방법으로는 건축디자인 프로세스와 BIM 디자인과정에 대해서 검토하고 건축을 공부하고 있는 학부 학생 피험자를 선정하였다. 피험자가 실무 프로젝트 프로그램(초등학교)을 파라메트릭 모델링 프로그램(Autodesk Revit)을 이용하여 디자인 초기 작업과정에서 부터 최종안 결정단계까지 디자인 문제를 해결하기 위해서 필요한 정보와 지식, 그리고 건축에 관련된 전문가들과의 협업(collaboration)과정에 대해서 분석하고자 한다.

3. 디자인 프로세스와 BIM 디자인 프로세스

3.1 디자인 프로세스

일반적으로 디자인 작업과정은 국내·외적으로 용어 선택의 차이가 있지만 기획업무(program analysis), 계획설계(schematic design), 기본설계(design development), 실시설계(construction documents), 입찰·시공(Bidding/construction), 유지관리(facility management)등으로 유사하게 진행되고 있다.

- 1) 기획업무(program analysis): 프로젝트가 진행될 형식과 절차를 결정하기 위하여 기능적으로 뿐만 아니라 기술적으로 가능성 여부를 검토하고, 건축주에게 검토사항에 대한 정보를 제공하는 것이다.
- 2) 계획설계(schematic design): 건축주의 요구사항에 의해 만들어진 요구조건들을 충족시키는데 필요한 규모, 대지상의 배치, 예상금액 등과 같은 건물디자인의 일반적 특성을 정립하기 위한 단계이다. 또한 건축주에게 대안 뿐 만 아니라 각 공간의 크기와 구성, 동선계획, 배치계획, 그리고 전체 건물이미지를 제시하기도 한다. 이와 같이 계획설계에서는 건축주와 건축가 간의 업무상의 관계에 따라 간단한 스케치를 시각적으로 표현하기도 하고 또는 간단한 보고서 작성하기도 한다²⁾.
- 3) 기본설계(design development): 계획설계에서 만들어진 결과를 토대로 실시설계(construction documents)의 기본 틀과 지침이 되는 단계이다. 다시 말해 이 단계에서는 건축 기본설계, 대지 기본설계, 투자계획 등 일체의 실시설계(construction documents)를 위한

기본사항들이 완벽하게 수행되는 단계이다. 건축 기본계획에서는 소요공간계획 등 건축기획을 포함하여 기능동선계획, 형태구성계획, 건축구조계획, 재료 이용계획, 내부 환경계획, 실내 설비계획 등이 수립된다. 대지 기본계획에서는 구역계획, 토지이용계획 등 대지기획을 포함하여 교통 동선계획, 건축 배치계획, 조경계획, 외부 환경계획, 옥외 설비계획 등이 수립되며, 또한 공정계획과 투자계획을 수립 한다³⁾.

- 4) 실시설계(construction documents): 기본설계를 토대로 건물시공을 가능하게 하는 모든 설계를 작성하는 과정이다. 여기에는 건축설계, 구조설계, 설비설계, 조정설계, 시방서, 내역서 등 건물시공에 필요한 설계 도서작업이 수행된다. 실시설계 도서의 목적은 도급업자가 입찰에 참가하고 시공하기 위해 알아야 할 정보를 명확하고 간결하게 보여주는데 있다.
- 5) 입찰·시공(Bidding/construction): 입찰(Bidding)은 건축주 즉, 발주처의 승인 이후 입찰을 위해 실시설계 도서가 배부되고, 이 도서를 기반으로 여러 명의 도급업자가 응찰할 수 있거나, 또는 건축주 즉, 발주처가 한명의 도급업자를 선정하여 협의할 수도 있다. 시공(construction)은 실시설계의 도서를 토대로 건설업자나 시공업자가 건축물을 직접 완성하는 단계이다. 이 작업과정에서는 건축가의 작업의도를 적극 반영하기 위해 감리업무에 참여하여 전 작업과정을 감독하는 경우도 종종 있다.
- 6) 유지관리(facility management): 건축물이 완성된 이후 시설물의 기능이나 성능을 적절한 상태로 보전하고 사용자가 편리하고 안전하게 사용하도록 정기적으로 정비·점검하여 문제가 된 부분을 원상 복구해 시설물의 기능과 성능을 항상 정상적인 상태로 유지 관리 한다.

3.1 BIM 디자인 프로세스

BIM 디자인은 전통적인 디자인 프로세스와 다르게 다차원 가상공간에 기획, 설계, 시공, 유지관리 및 폐기까지 가상으로 시설물을 모델링하는 작업과정이다. 즉 디자인 문제를 해결하는 기본설계(schematic Design)단계부터 보다 다양한 형태의 매스 작업과 세부적인 디자인 문제를 해결하기 위해 Sketch Up, FormZ, Rhinoceros 3D, 그리고 Revits와 같은 다양한 기하학 모델 방법을 적용하여 대안을 도출하고⁴⁾, 보다 체계적이고 합리적인 해결 안을

2) 이명식, “프로토크 분석법을 이용한 건축디자인 사고연구” 동대박사논문, 1994, pp.56-59

3) 박한규, “건축설계학” 기문당, 1998, pp.72-73

만들기 위해 여러 전문가들의 전문지식을 공유하여 정보를 디지털 방식으로 표현함으로써 건물의 요구기능에 대한 검토와 시뮬레이션으로 보다 적절한 디자인 대안을 평가할 수 있을 뿐 아니라, 디자인 안의 변경 시 파라메트릭 규칙⁵⁾에 의해 변경사항이 건축 객체들에 자동적으로 반영되어 시공도면에서의 시간과 오류를 감소시킬 수 있고, 실면적과 재료 수량을 추출해 비교·분석할 수가 있다. 또한 에너지 효율성을 설계 초기단계에서 측정할 수 있으며⁶⁾, 건축규모와 품질수준, 예산과 공사 스케줄에 보다 정확한 정보를 이용하여 편리하고 효율성 있게 의사결정을 하는데 도움이 되고 있다. 이와 같이 다양한 측면에서 보면 BIM은 모델링 자체보다는 건물을 모델링하는 과정에 집중하는 장점을 가지고 있을 뿐 아니라, 디자이너들에게 디자인작업에 대한 노력의 절감, 빠른 작업진행을 위해 보다 많은 정보를 수집하는 기회 및 디자인문제를 해결하는데 필요한 자료를 검토하여 빠른 의사결정을 할 수 있도록 도움을 주게 된다⁷⁾. 이런 작업의 편리성과 효율성 때문에 BIM을 이용한 디자인은 초기 디자인단계에서부터 매우 생산적이고 경제적이다.

그림 1은 BIM을 이용한 디자인 단계별 생산성과 효율성을 보여주고 있다. 그림1에서 그래프 4의 표시는 디자인 작업의 초기단계에서 BIM의 적용시 디자인 작업의 노력 절감, 생산성, 그리고 효율성에 많은 영향을 주고 있다는 것을 나타내주고 있다⁸⁾. 그래서 최근의 건축디자인에서는 보다 높은 수준이 요구되는 디자인작업과 보다 좋은 도구들로 만들어진 작업환경으로 인해 하나하나 순차적으로 작업하는 전통적인 디자인과정에서 보다 통합적이고, 협업적이면서 더 많은 정보를 처리하는 BIM을 이용한 디자인작업 과정으로 변화되고 있다⁹⁾.

BIM을 이용한 건축 디자인 작업과정은 전통적인 디자인

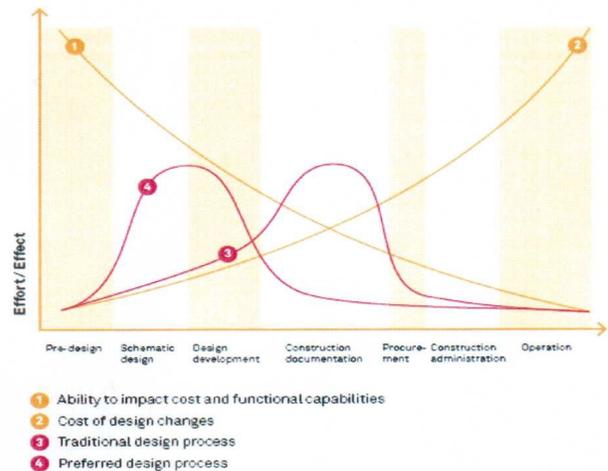


그림 1. 생산성과 BIM(Fallon and Hagen,2006)

과정에서 이용되고 있는 지난 과거의 경험으로부터 습득된 지식을 기반으로 형성된 직관적 지식 즉, 묵시적 지식(tacit knowledge)¹⁰⁾이 아니라, 초기설계에서부터 문제해결과정에 가장 최적의 해결안을 도출하기 위해 실질적(practical)이고 명백한 지식(explicit knowledge)¹¹⁾을 사용한다. 실질적(practical)이고 명백한 지식(explicit knowledge)을 이용하는 BIM은 건축 디자인과 시공과정에서 나타날 수 있는 오차를 최소화하기 위해 건축 멘토들 즉, 건축 디자이너, 구조 기술자, 시공 기술자, 설비 기술자 등과 협업을 통해 디자인의 결과물을 최적화 시킨다. 또한 발주자에 대한 가치 증대와 소비절감, 설계와 시공과정에서의 효율성을 극대화 시킨다.

4. PILOT(초등학교) 프로젝트 실험

4.1 실험의 개요 및 목적

본 실험은 초등학교 프로젝트 실험으로 실제 과정을 피험자 학생에게 제시하여 디자인을 진행하도록 하였으며, 실험 과정은 BIM을 이용한 디자인 작업이기 때문에 Autodesk Revits의 도구를 이용한 디자인과정을 요구하였다. 피험자 학생은 기존 디자인과정에는 익숙하지만 BIM 적용 디자인 작업과정은 전혀 접하지 않은 학생으로 BIM 적용 디자인 작업을 위해 Autodesk Revits를 다루는 교육을 필요로 하였으며, 실험을 위해 피험자 학생에게 Revits를 다루는 실무 교육을 하루 5시간 이상 2주 정도 주택

4) Park, H.G and Lee, J.H “Exploring and Integrated Design Strategies for the Optimal Use of BIM”, Architectural Research, Vol.12, No.2 p.9
 5) 파라메트릭규칙: 객체가 변경 되었을 때 객체와 관련된 요소들이 유기적으로 변경되는 것
 6) 홍정원의 “건축설계 프로세스의 BIM적용 사례연구” 2010. 대한건축학회주계학술발표, p.173
 7) Smith, D. & Tardiff, M. Building information modelling: A strategic implementation guide for architects, engineers, constructors and real estate asset manager, 2005
 8) Park, H.G and Lee, J.H “Exploring and Integrated Design Strategies for the Optimal Use of BIM”, Architectural Research, Vol.12, No.2 p.10
 9) A Vallero, D. & Brasier, C. Sustainable design: The science of sustainability and green engineering. 2008, pp.6-14

10) 묵시적 지식(tacit knowledge)이란 문서화될 수 없고, 말로 표현할 수 없으며, 또한 전달할 수 없는 지식
 11) 명백한 지식(explicit knowledge)이란 문서화될 수 있고, 전달할 수 있으며, 또한 일반화된 지식

프로젝트의 교육을 실시하였다. 이러한 실무 교육을 통해 BIM 적용 디자인 프로세스에 익숙하도록 하였다. 따라서 이와 같은 실무 실험을 통해 나타난 디자인 과정을 분석하여 BIM을 이용한 디자인교육에 대한 방향을 제시하고자 한다.

4.2 피험자 선정과 디자인 제안조건

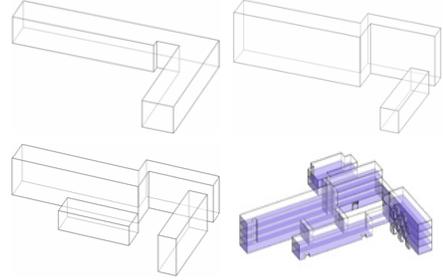
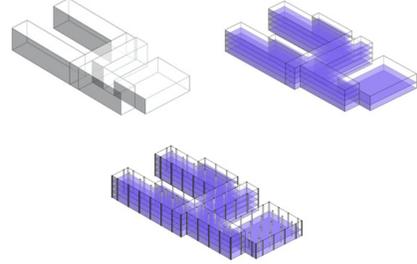
피험자의 선정은 학생들 중 디자인을 잘한다는 5학년 학생으로 피험자를 선정하였다. 특히, 피험자는 스kets 감각이 뛰어나 아이디어를 다양하게 표현할 뿐 아니라, 디지털 기기를 활용한 디자인 운영도 잘 한다는 학생이었다. 또한 외부 건축작품 공모전에 참가하여 많은 작품상을 수상하기도 하였다.

디자인 조건에는 교육연구시설로서 초등학교를 디자인 하는 것으로 주어졌다. 위치는 강원도 삼척시 교동로 43로서 대지면적: 26419.6㎡, 건축면적: 4003.6㎡, 연면적: 8498.6㎡, 용적률: 31.1%, 건폐율: 15.2%이다. 가능한 쾌적한 교과실과 초등학교생들이 자유롭게 이동할 수 있도록 동선이 원활하게 이루어질 수 있는 계획과 교사의 기능 및 학년(저학년, 고학년)간의 영역을 분리·배치하여 유기적으로 연결하게 계획을 하도록 하였다. 그리고 특별교실은 이론 수업&실험, 실습이 동시에 가능토록 계획하고 다목적으로의 활용 및 창의적이고 경제적인 공간 계획이 될 수 있도록 요구하였다. 특히, 다목적 교실은 다양한 규모로 계획하여 교육활동 변화에 대응할 수 있는 융통성 있는 계획을 요청하였다.

4.3 BIM 디자인 과정 실험 및 분석

피험자는 Auto CAD 및 건축 관련 디지털 기기를 잘 다루는 학생이지만 처음 접하는 Autodesk Revits 이기 때문에 다루는 방법과 디자인 프로세스 등 디자인 작업에 관련하여 필요한 사항들을 다양하게 교육을 실시하였으며, 디자인 작업과정에서 구조, 시공 등 기술적인 문제가 발생할 경우에 실험자에게 질문을 요청한다면 관련된 사항에 도움을 주기로 하였다. 이러한 사항은 피험자가 충분한 실무 경험과 다양한 건축 지식 뿐 아니라, 세부적인 디자인 프로세스 능력이 부족하기 때문이다. 작업시간은 피험자가 자유롭게 디자인 작업을 할 수 있도록 제한 시간을 제시하지 않았지만 가능한 빠른 시간에 디자인 작업을 완성할 수 있도록 요청하였다. 본 실험을 진행하기 전 피험자에게 실험에 도움이 되기 위한 파이롯트 프로젝트(주택) 예비 디자인 실험을 실시하였다.

표 1. BIM를 이용한 매스작업 프로세스

작업안	매스 작업프로세스
제1안	
제2안	

1) 실험 및 분석

피험자가 과제(초등학교 프로젝트를)를 검토한 후, 초등학교와 관련된 자료의 검토 및 분석이 필요하다는 요청에 따라 2시간 정도 초등학교 자료를 검토하였다. 자료를 검토하면서 메모지에 매스, 평면, 구조 등 다양한 형태의 간단한 디자인 스kets가 만들어졌다. 그리고 잠시 후 Revits 프로그램을 이용한 형태 프로세스가 표 1과 같이 작성되었다. 제 1안과 제 2안은 형태의 특성에 따라 초기제안 조건에서 주어진 사항들 뿐 아니라 건물의 형태, 층 높이 등 세부적인 사항 보다는 전체적인 공간형태에 관한 것을 포함해서 평면을 이용한 기능, 구조, 시공 등 기술적인 검토가 체계적으로 간략하게 체크 작업이 이루어 졌으며, 두 계획안 중에서 보다 창조적인 최적의 해결안으로 제 1안을 선정하였다. 이 안을 근거로 기본적인 배치를 위한 대지분석, 법규검토, 간단한 환경분석을 위해 대지모델 및 매스모델을 이용하였다. 또한 향, 일조 및 경관, 건폐율 및 용적률, 건축가능 영역을 기본적인 측면에서 검토하였으며 결과물은 그림 2와 같다.

이 작업과정에서는 피험자가 법규검토 및 환경 분석에 관련된 전문 지식이 부족하고 Revits 프로그램 운용방법에 숙달되지 못해 작업이 완성될 수 있도록 관련 전문가

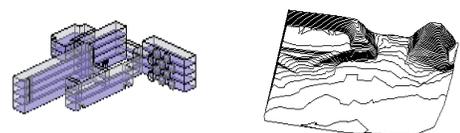


그림 2. 매스모델 및 대지모델 프로세스

들과 협업을 통해 개략적인 분석 작업 및 세부적인 작업이 진행될 수 있도록 도움을 주었다. 또한 건물 구성형태에 따라 주변환경과의 관계에서 발생하는 장·단점에 대해서도 체계적으로 설명해 주었다.

다음 작업과정은 대지모델과 간략한 매스모델을 기초로 하여 형태 및 공간계획 작업을 진행하였으며, 바닥, 기둥, 보, 벽 등등 기본적인 구조체를 체계적으로 디자인 하여 작성하였다. 바닥모델 작업은 매스모델 작업시 층 단위로 물리적 속성 값을 부여하여 만들었으며, 기둥·보 모델 작업은 구조계산과 구조설계에 관련해서 구조 전문가와 간단한 협업을 이용하여 기둥 간격과 층고를 결정하고 물리적 속성 값과 부재별 색상을 부여하여 작성하였다. 외피작업 과정에서 벽 모델 작업은 매스모델 작업에서 만들어진 형태에 따라 벽체를 내력벽, 비 내력벽, 교과실 간벽으로 구분하여 물리적 속성 값을 부여하여 작성하였다. 건물형태 및 공간배치의 적절성을 검토 및 분석하는 과정에서는 부재의 속성 값이나 물리적 특성을 체계적으로 보다 깊이 있게 다루지 않았으며 그 이유는 개략적인 매스모델과 공간계획 작업이 필요하기 때문이며, 또한 보다 세부적인 작업을 진행하기에는 많은 시간이 필요하기 때문이다. 작업의 결과물은 그림 3과 같다.

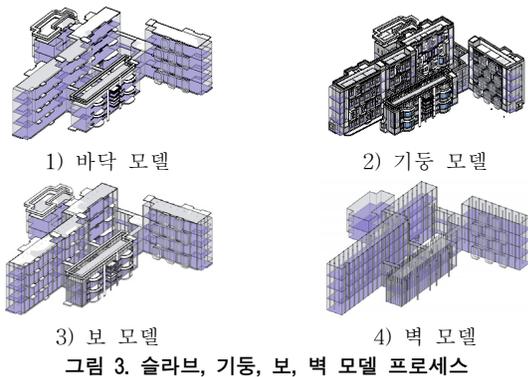


그림 3. 슬라브, 기둥, 보, 벽 모델 프로세스

평면계획에서는 공간관계에 따른 내력벽을 포함한 수직·수평동선 체계, 창호의 형태 및 크기를 결정하고 형태 구성 및 평면 계획안을 배경으로 계단과 화장실을 배치하여 교과실에 초등학생들이 자유롭게 이동할 수 있는 동선이 원활하게 이루어질 수 있는 지 3D 모델링 및 투시도를 이용하여 다양한 검토 및 분석 작업이 진행되었고, 이것을 토대로 평면도, 입면도, 단면도 작업까지 동시에 확인할 수 있었다. 작업 진행 중 만족스러운 해결안이 되지 못할 경우에는 객체의 형상뿐 아니라, 개별 객체의 기능, 구조, 용도, 특성 등의 속성 정보를 포함하고 있는 라이브러리로

부터 건축물의 벽, 문, 창문, 기둥, 슬래브, 지붕 등등의 여러 구성 요소들까지 유형과 크기를 체계적으로 다시 검토해서 결정하고 그 구성요소들이 초기 제안 조건에 만족할 만한 해결안 인지를 여러 번 피드백 하여 해결안이 이루어질 때까지 지속하였다. 또한 기술적인 문제가 발생하게 되면 실험자는 피험자에게 기술적인 조언과 관련된 자료를 제공하고 보다 세부적이고 전문적인 기술이 필요한 경우에는 관련 전문가에게 의뢰하여 정보와 지식을 제공해 디자인 작업이 원활하게 진행되도록 하였다. 완성된 모델은 적산 분야로 전달되어 콘크리트 물량 및 구조체 물량에 대한 개략 견적과 창호물량을 산출하는 과정을 간단하게 설명만 하고 결과물은 도출하지 않았으며, 최종작업은 그림 4와 같다.

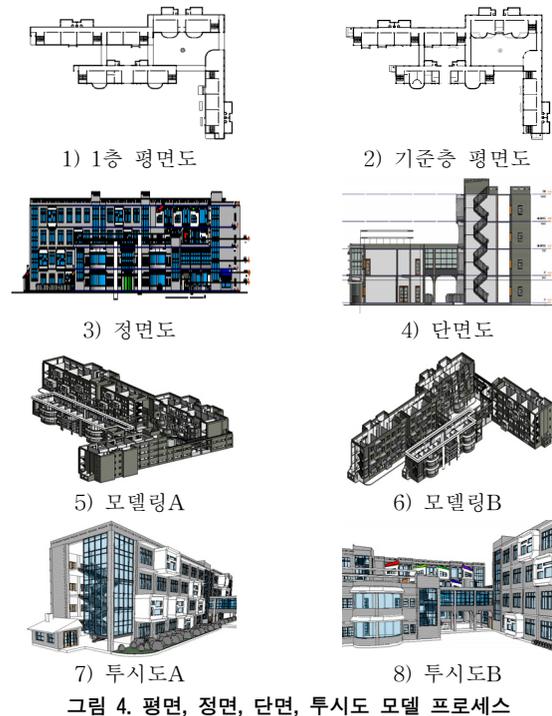


그림 4. 평면, 정면, 단면, 투시도 모델 프로세스

5. 결론

본 연구는 디자인 교육을 위한 BIM 적용 실험으로서 피험자(학생)를 선정하여 실무 디자인 프로젝트(초등학교)를 파라메트릭 모델링 프로그램으로 디자인 초기 작업과정에서 부터 실시설계 단계까지 디자인 문제를 해결하기 위해 필요한 정보와 지식, 그리고 각각 전문가들 간의 전문 지식과 협업(collaboration)과정이 어떻게 진행되는 가를 분석하였으며, 결과는 다음과 같다.

- 1) 피험자는 디자인 초기 즉, 계획설계 과정에서부터 간단한 대지분석, 법규검토, 환경 분석 등등 작업이 진

행되는 과정에 법규, 환경 관련 정보와 지식을 필요로 하여 자료들을 참고해 다양한 3차원 모델링의 형태를 근거로 분석하므로써 대안을 결정하는데 매우 용이 하였다.

- 2) 매스 스터디 작업과정에서는 기존 작업 방식에 비해 다양한 형태구성과 빠른 시간에 형태를 변형하고 다양한 각도에서 관찰하여 동시에 대안들을 비교·분석하므로써 디자인의 문제점과 해결안을 빠른 시간에 해결할 수 있었다.
- 3) 설계 단계별 각 분야의 작업에 따라 부분적으로 건축물의 세부적인 검토 작업에서는 건물 모델링의 형상 정보와 함께 재료의 유형과 크기, 특성, 교과실의 용도와 기능 같은 건축물 정보 외에 시공, 구조, 설비, 환경 등등 서로 다른 영역까지 검토 작업이 필요한 경우에 서로 다른 영역의 전문가들의 협업과 전문지식을 이용하여 작업을 체계적으로 진행하기 때문에 많은 시간과 노력이 요구되었지만, 디자인의 기술적인 부분까지 검토할 수 있어 작업하기에 매우 용이 하였다. 하지만 협업 작업과정에서 영역의 전문가들과 전문지식을 통해 디자인 문제를 해결하기에는 체계적인 작업시스템 교육이 필요하였다.
- 4) 기본설계와 실시설계 단계에서는 설계 단계별 각 분야의 협업을 토대로 건축물 요소의 수정과 변경이 필요한 경우에 객체가 변경되었을 때 객체와 관련된 요소들이 유기적으로 변경되는 파라메트릭 규칙을 이용하여 다양하게 변경하고 쉽게 수정이 가능하기 때문에 최종 결과물 도출작업에 시간과 노력이 절약될 뿐 아니라, 생산성과 효율성에 도움이 되었다.
- 5) BIM을 이용한 설계 작업은 객관적이고 시뮬레이션과 분석적 계산을 통하여 만들어진 계량화된 수치를 근거로 의사결정 작업이 진행되기 때문에 각각의 영역에서 문제를 해결하기 위해 문서화될 수 있고, 전달할 수 있으며 또한 일반화된 지식인 명백한 지식(explicit knowledge)을 필요로 하고 있었다.
- 6) 실험에서 피험자는 설계 작업과정에서 매우 긍정적이었으며, 중간 중간 전문적인 정보와 지식이 필요한 경우를 제외하고 설계 작업방식에 매우 만족하였다. 이와 같이 BIM을 이용한 설계 작업은 건축을 배우는 학생들에게 매우 도움이 될 것으로 생각되며 앞으로 설계교육에 BIM을 적용하기 위해서는 설계 교육에 대한 새로운 작업환경과 어떤 교육 시스템으로 접근할 것인가 하는 것이 매우 중요하다고 사료된다.

Reference

1. Ambrose, Michael A. (2009) BIM and Comprehensive Design Studio Education, Proceedings of the 14th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia/Yunlin (Taiwan) 22-25 April 2009, pp.757-760
2. Ambrose, Michael A. (2012) Agent Provocateur-BIM In the Academic Design Studio, International Journal of Architectural Computing vol. 10, no. 1
3. Hong, Jeong-Won, Jeon, Hyun-Woo, Ahn, Jae-Ho and Park, Hyeon-Soo, A study on Application of Building Information Modelling in Architecture Design Process., Proceeding of annual conference of architectural institute of Korea, 30(1), 2010.10
4. Jeong, Soon-Jin, Ham, Nam-Hyuk, Kim, Ju-Hyung, and Kim, Jae-Jun, A Study on Application of BIM for Design Efficiency in the Early Design Stage. 32(1), 2012.04
5. Ambrosini, V. & Bowman, C. Tacit knowledge: Some suggestions for operationalization. Journal of Management Studies, 38, pp.811-829
6. Kim, In-Han, Park, Seung-Hwa and Lee, Ji-Ah, Planning Journal of the architectural institute of Korea. 28(5), 2012. 05
7. AIA. Architect' handbook of professional practice, chapter11:project procedures. Washington: The American institute of Architects. 1969.
8. Park, Jung-Dae and Kim, Jae-Yeol, A study of Categorization system of the BIM -Library for Wooden Structure of the Korean Traditional Building. Structure Journal of the architectural institute of Korea. 28(5), 2012. 05
8. M. A. Ambrose , BIM and comprehensive design studio education, ACADIA
9. Krygil, E. & Nies, B. Green BIM: successful sustainable design with building information modeling, indianapolis: Wiley Publish, 2008
10. Boeykens, Stefan; De Somer, Pauline; Klein, Ralf and Saey, Rik (2013) Experiencing BIM Collaboration in Education, Stouffs, Rudi and Sariyildiz, Sevil (eds.), Computation and Performance - Proceedings of the 31st eCAADe Conference - Volume 2, Faculty of Architecture, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, 18-20 September 2013
11. Ozener, O. Studio education for integrated practice using

- building information modeling, Doctoral dissertation, Texas A&M University, United State
12. Clayton, Mark J.; Ozener Ozan; Haliburton James; Farias Francisco (2010) Towards Studio 21: Experiments in Design Education Using BIM, SIGraDi 2010_Proceedings of the 14th Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics, Bogotá, Colombia, November 17-19, 2010, pp. 43-46
 13. Dokonal, Wolfgang (2008) What is the state of digital architectural design?, SIGraDi 2008-[Proceedings of the 12th Iberoamerican Congress of Digital Graphics] La Habana - Cuba 1-5 December 2008
 14. Fernando, R.; R. Drogemuller and A. Burden (2012) Parametric and generative methods with building information modelling: Connecting BIM with explorative design modelling, Proceedings of the 17th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia / Chennai 25-28 April 2012
 15. Clark, R. & Pause, M. Precedents in Architecture, New York: Van Nostrand Reinhold, 1985.
 16. Kieran, S. & Timberlake, J. Refabricating architecture: how manufacturing methodologies are posed to transform building construction, New York: McGraw-hill, 2004
 17. Smith, D. & Tardiff, M. Building Information Modeling: A strategic implementation guide for architects, engineers, constructors and real estate asset managers, Hoboken: John Willey & Sons. 2009
 18. Kwork, A. & Grondiz, W. The green studio handbook: Environmental strategies for schematic design, Amsterdam: Elsevir, 2007
 18. Schön, D. The reflective practitioner: How professionals think in action, New York: Basic Book. 1983
 19. Smith, D. & Tardiff, M. Building Information Modeling: A strategic implementation guide for architects, engineers, constructors and real estate asset managers Hoboken: John Willey & Sons. 2009
 20. Gu, Ning ; de Vries, Bauke (2012) Two Approaches to Implementing BIM in Architectural Curricula, Achten, Henri; Pavlicek, Jiri; Hulin, Jaroslav; Matejdan, Dana (eds.), Digital Physicality-Proceedings of the 30th eCAADeConference-Volume1/ISBN 978-9-4912070-2-0, Czech Technical University in Prague, Faculty of Architecture (Czech Republic) 12-14 September 2012, pp. 39-48

접수 2014. 4. 8
 1차 심사완료 2014. 5. 2
 게재확정 2014. 5. 16