

BIM 설계를 위한 커리큘럼 연구

- 초등학교 설계실험 -

A study of Curriculum for BIM Design

- On the Design Exeperiment of the Elementary School -

김 용 일* 양 관 목**
Kim, Yong-II Yang, Kwan-Mok

Abstract

The objective of this paper is to introduce a curriculum for BIM design and explores characteristic of BIM Design. In order to get our approach, conducted by means of BIM throughout an actual experiment by elementary school from Architectural programming, preliminary design to design development and construction drawing. The experiment states that curriculum for BIM design requires systemically to be made in the architectural education. And also schools integrate BIM teaching early into in their curriculum. Some schools claim that BIM is often perceived as stumbling block student' creativity on account of its instant building elements. But this is not so; it all depends on how BIM is taught in the architectural education. The results state that students in the architectural school today is required to learn design by means of BIM early in the first year. Also more importantly, in order to advance the BIM design, a curriculum for BIM design is required to diversely open class in the architectural education.

키워드 : 디지털 설계, BIM, 매개변수, 파라메트릭, 레빗, 커리큘럼

Keywords : Digital Design, Building information Modeling, Parametric, Revits, Curriculum

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

과거 30년 동안 건축설계에 도움이 되는 도구들의 개발은 아날로그 설계방식에서 디지털 설계방식으로 작업이 전환되어 왔으며, 설계 작업 프로세스를 디지털 방식으로 표현하고 실제 결과물을 시뮬레이션 하여 보다 창조적이고 생산적인 결과물을 도출하는데 많은 도움이 되어 왔다. 특히, 최근에는 BIM(Building Information Modelling)을

적용한 설계 프로세스가 기존의 설계 프로세스의 패러다임을 전혀 다른 설계 프로세스 방법으로 변화 시키고 있다. 이러한 건축설계의 환경변화로 인하여 학교 교과과정도 BIM을 이용할 수 있는 설계 교육시스템으로의 변화가 매우 필요한 실정이다. 하지만 일부에서는 디지털 설계 프로세스가 학생들의 창조성을 방해하기 때문에 저학년 학생들이 컴퓨터를 사용하는데 제한하기도 하고, 또는 일부 학생들이 스스로 컴퓨터를 선택하여 사용 하도록 권장하는 상황이다¹⁾. 최근에 대학에 들어온 대부분의 학생들은 디지털 문화속에서 성장하면서 교육을 받아온 세대들이기 때문에 디지털 문화에 적응할 수 있는 환경에 맞추어 설

* Professor, Ph.D., Dept. of Architecture, Kangwon National University., Korea

** Professor, Dept. of Architecture Design, Kyungdong University., Korea

Corresponding Author,

Tel: 82-31-869-9702, E-mail: kmyang@kduniv.ac.kr

This study was supported by 2016 Research Grant from Kangwon National University(No. 620160046)

1) Walaiporn Nakapan "Challenge of Teaching BIM in the First Year of University" 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, pp.465-473

계 프로세스 교육시스템도 변화되어야 한다.

매우 빠르게 변화하는 건축설계 환경에서 능동적으로 적용하기 위해서는 가능한 저학년 학생들부터 설계 프로세스에 디지털 기술을 적용할 수 있는 기회를 제공하여 학생들 개개인이 스스로 BIM을 이용하여 설계를 할 수 있는 사고방식으로 준비시키도록 해야 한다. 그러기 위해서는 학교 교과과정에서 BIM에 관련된 교육시스템과 설계프로세스를 어떻게 교육시키는 것이 효율적인가를 알아보기 위해 BIM 작업과정에서 나타나는 설계 프로세스의 체계적인 분석과정이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 실제 프로젝트를 통하여 나타나는 설계 프로세스의 과정을 체계적으로 분석하여 학생들이 BIM에 관련된 지식이 어떠한 것인지의 교육시스템과 BIM 설계과정에서의 특성을 설명하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

연구방법으로는 BIM 정의 및 BIM 설계의 특성을 알아보고, BIM 설계에 관련된 지식이 무엇인지 검토한다. 실무실험은 실제 프로젝트를 통해 BIM 설계프로세스에서 나타나는 작업을 분석하여 설명하고자 한다. 실무실험은 설계 경험이 있는 학생을 선정하여 초등학교 프로젝트를 설계하는 것으로 하였다. 실무실험을 하기 전에 BIM 매뉴얼 교육과 설계작업을 각각 분류하여 실시하였으며, BIM 설계과정은 실험자가 피험자에게 설계프로세스 단계별로 제시하여 진행되었다.

3. BIM 정의 및 설계 특성

3.1 BIM 정의 및 특성

BIM은 설계단계에서부터 건축프로젝트에 관한 체계화되고 일관성 있는 컴퓨터 계산이 가능한 정보, 즉, 설계결정, 수준 높은 건설도면제작, 건축물의 성능 예측, 건설계획을 위해 사용되는 요소별 매개 변수 정보를 창조하고 사용하는 것으로 정의된다²⁾. 다시 말해 BIM(Building Information Modeling)은 3차원 가상공간에서 기획설계 단계에서부터 유지관리단계까지 건축물의 정보를 생산, 활용, 관리하는 기법을 말한다³⁾. 이와 같이 BIM은 기본설계

(PD:Pre-Design)단계부터 보다 다양한 형태의 MASS 작업과 세부적인 설계문제를 해결하기 위해 Sketch Up, Rhinoceros 3D, 그리고 Revits와 같은 다양한 기하학 모델 방법을 적용하여 대안을 도출하고⁴⁾, 보다 체계적이고 합리적인 해결 안을 만들기 위해 여러 전문가들의 전문지식을 공유하여 정보를 디지털 방식으로 표현하므로써 건물의 요구기능에 대한 검토와 시뮬레이션으로 보다 적절한 설계 대안을 평가할 수 있다. 설계대안 중에서도 보다 경제적이고, 합리적이면서 효율적인 변경 대안이 필요할 경우에 파라메트릭⁵⁾ 규칙으로 인하여 다양한 변경 사항들이 건축 객체들에 의해 자동적으로 반영되어 3차원 모델링으로 표현되므로써 다양한 각도에서 볼 수 있다. 파라메트릭 기술은 객체의 형상 정보를 정의하는 매개변수를 통해 부분적인 단일객체와 이 단일 객체들이 조립되어 이루어진 결합 및 복합 객체 전체를 아우르는 상관관계를 구축하여 2차원의 도면부터 3차원의 형상정보까지 통합적으로 제어하는 것이다⁶⁾. 이와 같이 파라메트릭 디자인으로 건물을 이루는 건축 요소를 디지털 모델로서 형상을 정의하고 이 형상에 다양한 매개변수(parameter)를 부여하여 형상을 변형 및 조정할 수 있다. 이러한 측면에서 볼 때, BIM은 모델링 자체보다는 건물을 모델링하는 과정에 집중하는 장점을 가지고 있을 뿐 아니라, 디자이너들이 설계 작업에서 소모되는 노동의 절감과 보다 빠른 작업과정을 위해 많은 정보를 수집하는 기회와 디테일적으로 설계문제를 해결하는데 필요한 자료를 검토하여 빠른 의사결정을 할 수 있도록 도움을 주게 된다⁷⁾.

이와 같이 BIM을 이용한 설계는 작업의 편리성과 효율성 때문에 초기 디자인단계에서부터 매우 생산적이고 경제적이다⁸⁾. 또한 시공 도면에서의 오류를 쉽게 발견할 수 있고, 그리고 그 오류에 의한 수정·보완 작업으로 많은 시간들을 절약할 수 있다. 설계프로세스 작업중에 초기단

2) 김미경 외 2인 “지속가능한 건축을 위한 BIM기반 건축디자인 기법” 대한건축학회 추계학술발표대회논문집, 계획계, 제30권 제1호(통권 제54집), 2010.10. p.121
3) 홍정원, 전현우 외 2인 “건축설계 프로세스의 BIM 적용 사례에 관한 연구” 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집, 계획편, 제30권 제1호(통권 제54집) 2010. 10 p.173

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) 파라메트릭 규칙: 객체가 변경 되었을 때 객체와 관련된 요소들이 유기적으로 변경되는 것
6) Kwon, Soo-Hwan, Jun, Han-Jong “A Study on the Representation of Knowledge and Use of Han-ok Components base on Parametric Design”, Proceeding of annual conference of architectural institute of korea, 30(7), 2012, 04, 28 p.102
7) Smith, D. & Tardiff, M. Building information modelling: A strategic implementation guide for architects, engineers, constructors and real estate asset manager, 2005
8) 김용일 “설계교육을 위한 BIM적용 실험 연구” 한국교육시설학회논문집, Vol. 21. No. 5. 2014. 09. p.25

계에서부터 BIM이 적용되면 발주자가 건축설계단계에서 건축규모와 품질수준, 예산과 공사 스케줄에 대해 보다 정확한 정보를 가지고 의사 결정을 수행 할 수 있으며, 건물의 에너지 효율성을 설계 초기단계에서, 즉 기본 설계단계에서부터 매우 합리적이고, 경제적으로 접근할 수 있다. 그래서 작업이 매우 효율적이고 경제적이다.

3.2 BIM 설계의 지식

전통적인 설계과정을 인지적인 측면에서 보면, 초기단계의 문제해결을 위한 의사결정은 지난 과거의 경험으로부터 습득된 지식을 기반으로 형성된 직관적인 대안들 중 하나일 것이다.⁹⁾ 그래서 건축설계 문제에서 추상적인 디자인개념을 초기 제한조건에 맞게 만족스러운 해결안으로 점점 추적하는 과정 즉, 만들고, 점검(generate and test) 하는 반복과정은 전형적인 전통적 건축 설계업과정이다. 하지만 BIM을 이용한 건축설계 작업과정은 전통적인 설계과정에서 이용되고 있는 지난 과거의 경험으로부터 습득된 지식을 기반으로 형성된 직관적 지식 즉, 묵시적 지식(tacit knowledge)¹⁰⁾이 아니라, 초기설계에서부터 문제 해결과정에 가장 최적의 해결안을 도출하기 위해 실질적(practical)이고 명백한 지식(explicit knowledge)을 사용한다. 이러한 지식들은 전문분야에서 오랜 경험을 통해 다양하게 습득된 지식으로써 BIM 설계에 필요한 지식들이다. 실질적(practical)이고 명백한 지식(explicit knowledge)이란 문서화될 수 있고, 말로 표현할 수 있는 즉, 전달 할 수 있으며, 일반화된 지식을 말한다¹¹⁾.

BIM을 이용한 설계과정은 기존 설계과정과 다르게 모든 단계에서 여러 분야의 전문가들의 협업(collaboration)을 통해 정보를 디지털 방식으로 표현하고 있어 전문가들의 실질적(practical)이고 명백한 지식(explicit knowledge)을 초기 작업과정에서부터 실시설계 단계까지 설계문제를 해결하기 위해 다양하게 적용하여 최적의 해결안 즉, 창조적인 결과물을 도출하게 된다.

전문가들의 전문적인 행위는 많은 경험을 통해 습득했던 매우 사실적이고 특별한 기술의 지식들이다. 실질적(practical)이고 명백한 지식(explicit knowledge)을 이용하

는 BIM은 건축 설계의 초기과정에서부터 최종 결과물까지 시공과정에서 나타날 수 있는 오류를 줄이고 시공작업의 경제성을 극대화 하기 위해 건축 멘토들 즉, 전문지식을 가진 건축 디자이너, 구조 기술자, 시공 기술자, 설비 기술자 등과 체계적으로 협업(collaboration)을 통하여 설계의 도출 안을 극대화 시킨다.

4. 스튜디오 21에 의한 인지실험

스튜디오 21이란 기존 2차원 캐드 도면이 아닌 BIM Tool인 Autodesk Revits를 활용한 객체의 기능, 구조, 용도, 특성, 상관관계, 제한조건 등의 속성정보를 지닌 3차원 모델로 설계하는 작업과정이다.

4.1 실험의 개요 및 목적

설계프로세스는 스튜디오 21 프로세스를 이용하였으며, 설계프로세스는 엄격하게 설계를 가르치는 것과 컴퓨터를 가르치는 두 과정으로 진행하였다. 설계과정은 기본계획단계부터 최종설계단계까지 실험자의 요구조건에 의해 설계 프로세스가 진행되었으며, 컴퓨터를 가르치는 것은 BIM tool인 Revits를 소개하고 어떻게 사용하는 가를 매뉴얼을 통하여 교육을 실시하고 진행하였다.

건축프로젝트는 초등학교 설계를 하는 것으로 하였으며, 위치는 삼척시에 위치하고 있으며, 대지면적은 25443.5M², 연면적 7498.5M², 건축면적 31004.5M², 용적률 29.4%, 건폐율 15.2% 이며, 제안조건에는 쾌적하고 학습공간과 지역주민을 위한 개방공간의 적절한 영역 구획, 개방할 경우 교육활동 피해가 최소화되는 것이다. 그리고 교사기능 조건에는 저학년과 고학년간의 영역을 분리하여 유기적으로 연결이 되도록 해야 하며, 다목적 교실은 다양한 규모로 계획하여 학생들이 이동하는 동선의 흐름이 원만하게 진행될 수 있도록 하였다. 특히, 외관 설계는 학교의 독창성과 지역 문화시설로서의 상징성이 나타날 수 있도록 하며, 미래 지향적 교육환경 조성과 에너지 절약 및 교육 환경 개선에 도움이 될 수 있도록 하였다. 피험자가 학생이라 설계과정에서 발생하는 문제는 필요할 때마다 질문하도록 하였다.

1) 실험

실험자는 피험자에게 초등학교 교육시설에 관련된 자료를 PPT를 통해 전반적으로 설명하였다. PPT에는 국내·외 학교관련 자료들이며, 각각의 자료들을 통해 교지활용계획,

9) Architect's handbook of professional practice, chapter 11: project procedures. Washington: The American institute of Architects, 1969, pp.8

10) 묵시적 지식(tacit knowledge)이란 문서화될 수 없고, 말로 표현할 수 없으며, 또한 전달할 수 없는 지식

11) 김용일 "BIM을 이용한 건축디자인 교육의 실험연구"한국교육시설학회논문집, 제19권 제5호(통권 제90호). 2012.09. p.38

배치계획, 보행자 및 차량동선계획, 건축계획 일반사항, 외관계획, 색채계획, 안전사고 예방계획, 무장애(Barrier Free) 학교설계, 구조계획, 법규검토 등 학교건축계획에 관련한 전반적인 사항들을 체계적으로 설명하고 필요한 부분은 질문을 하도록 하였다. 특히, 학교에 관련된 자료들을 다양하게 수집하도록 많은 과제를 부여하였다. 그 이유는 기존 설계과정은 개념(concept)단계가 시간이 짧고 계획설계(schematic design) 단계는 시간이 조금은 길다. 그리고 기본설계(design development)단계에서는 시간이 많이 소비된다. 그러나 스튜디오 21은 초기 설계단계에서부터 광범위한 베이스 케이스(base case)와 프로젝트 정보모델(Project Information Model)을 만드는 작업과정이다. 그래서 계획단계에서부터 건축물의 3차원 형상정보와 재료의 유형과 크기, 실의 용도와 같은 건물정보 외에 구조, 설비, 시공 등 다양한 분야에 관계된 정보의 영역까지 여러 가지로 고려하여 설계를 하기 때문에 작업과정의 업무가 매우 많아 학교에 관련하여 다양한 자료 수집을 요구하였다.

또한 피험자에게 매스형태 작업을 요청한 이후, 학교 관련 자료를 기초로 BIM Tool인 Revits를 이용하여 2-3시간 정도 간단한 메모와 생각을 하고 그리드 9,000×9,000 작성과 기존 초등학교 매스형태를 참고로 편복형과 중복도형 형태의 Mass 스터디 작업을 진행하였다(Figure 1).

건물형태 작업과정의 접근방식에는 공간작업 계획에서 형태작업으로(예, 르코르뷔제), 형태작업에서 공간작업 계획(예, 미스 반데르)으로 설계를 하는 전통적인 접근방식

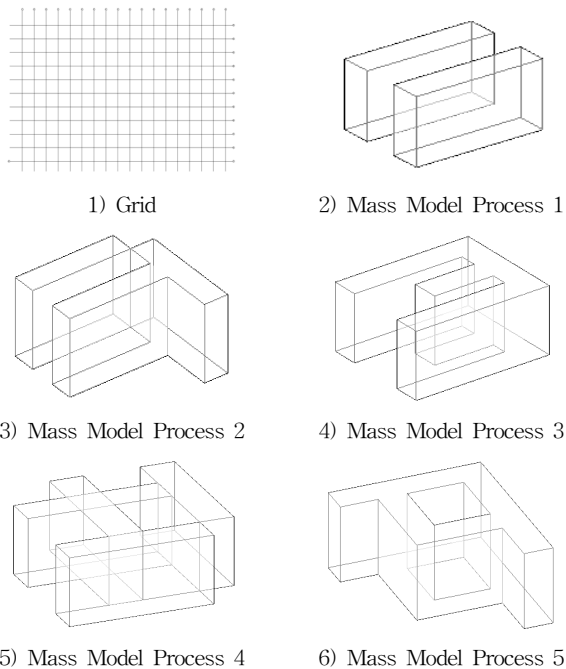


Figure 1. Grid and Mass Model Studies Process

이 아니라, 피험자가 형태작업을 다양하게 접근하는 형태 위주 방식으로 설계프로세스가 진행되었다. 형태작업은 건축적으로 가장 아름다운 형태와 환경적인 측면에서 매우 효율적이어야 하고, 제안조건에서 요구하는 학교의 독창성과 지역 문화시설로서의 상징성, 미래 지향적 교육환경 조성과 에너지 절약, 교육 환경개선에 도움이 되는 형태가 나타날 수 있도록 다양한 Mass Model 형태를 만들었고, 그리고 Mass Model을 통해 향, 일조, 개략적인 건폐율, 용적률 등, 학교계획에 필요한 건축 가능 영역과 볼륨을 계산하여 Figure 1에서 6) Mass Model Process5으로 결정하였다. 또한 층고 및 바닥 설계계획 요청에서는 층고의 결정을 Figure 1에서 Mass Model Process3, Mass Model Process4, Mass Model Process5를 통하여 다양하게 검토하고 부족한 지식과 정보는 다시 과제를 주어 공부하게 하였다. 층고에 관련된 질문이 발생 할 경우에는 다시 Revits를 이용하여 이해 할 수 있도록 설명하였다. 그래서 피험자는 가장 경제적이고 적합하다고 생각되는 4,000mm로 결정하고 아래 Figure 2에서 3) Mass Level Process3로 작업을 하였다. 바닥은 철근 콘크리트로, 층 단위로는 100mm, 120mm, 150mm 중 건축물을 구성하는 객체들 중 150mm를 속성(기능, 구조, 용도)에 적합하다고 생각하고 모델링을 통해 Figure 2에서 4) Mass level and Floor로 작업을 하였다.

공간계획 요청에서는 평면작업을 매스 모델과 더불어 다양하게 검토하면서 공간작업을 진행하였으며, 특히, 학생들의 계단과 화장실 배치를 통해서 학생들이 자유롭게 이동할 수 있는 동선이 되는 지 3D 모델링을 통해서 분석·검토하고 중간 중간 질문도 있었으며, 경우에 따라서는 다시 과제를 주어 보다 세부적으로 공부하게 하고 설계작업을 진행하도록 하였다. 그래서 각 층별 평면도 및 1

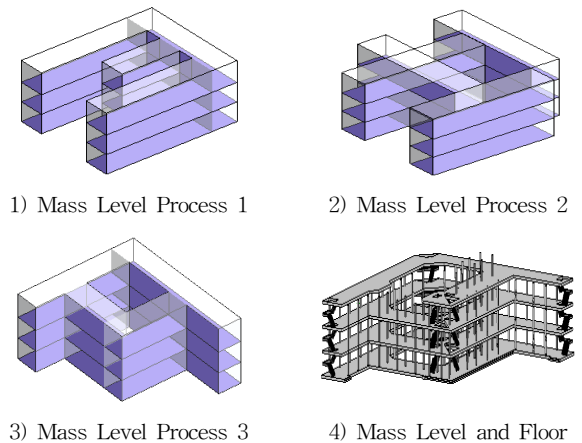


Figure 2. Mass Level Floor Process

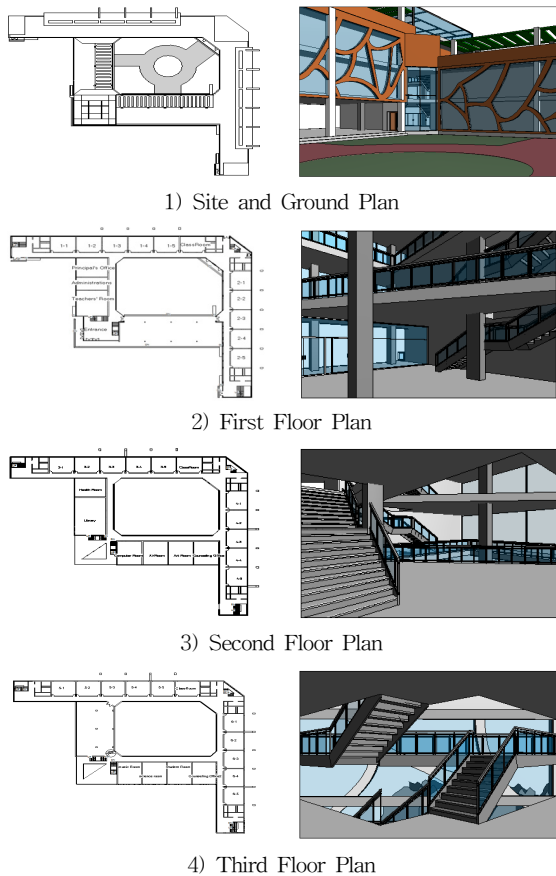


Figure 3. Site and Floor Plan

층 입구, 2층, 3층 투시도(화살표)는 아래 Figure 3과 같이 작업을 완성하였다. 하지만 충분한 설계 지식과 디테일 지식이 부족하여 여러 번 반복 작업이 발생하여, 많은 시간을 할애해서 자세히 설명하고 이해시키는 작업을 진행하였다. 특히, 평면작업에서는 Mass 모델을 기초 정보로 하여 공간계획이 제한조건에 적합한지 검토하면서 진행하였고, 경우에 따라서는 3D 모델링과 투시도를 이용하여 동선의 흐름과 접근방법을 다양한 형태로 체크하였다. 또한 내·외벽, 창문, 문, 계단 등, 기본적인 작업을 검토하는 과정에서는 부재에 관한 속성이나 물리적인 특성에 관한 정보까지 입력하여 작업을 진행하였고, 중간 중간에 부재별 정보가 요구되는 상황에서는 피험자에게 질문과 협의를 통해 작업을 진행하였다. 문제해결과정에서 만족하지 못하거나, 의문이 발생할 경우에는 질문과 기존 자료를 토대로 속성정보를 포함하고 있는 라이브러리로부터 다양한 구성 요소까지 유형과 크기를 체계적으로 다시 검토하여 작업을 진행하였고, 피험자가 그 해결안이 만족할 때 까지 지속적으로 분석·검토하는 작업을 하였다.

건물형태의 외벽작업 요청에서는 벽체 모델링 작업을 통해서 내력벽 외벽(옹벽의 붉은 벽돌 250mm, 커튼 월,

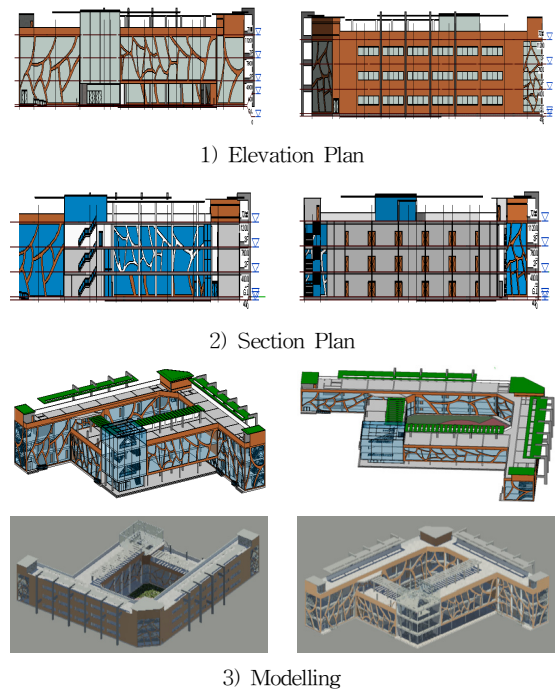


Figure 4. Site Elevation Section Modelling

커튼월: 외벽유리), 비내력벽(내벽 블럭쌓기 100mm) 그리고 교과실 간벽으로 구분하여 각 부재별 물리적 속성 값 및 부재 색상을 부여하여 작업을 진행하였고, 부재에 관한 속성이나 물리적 특성과 기술적인 문제에 대한 질문이 있을 경우, 전문가의 조언과 자료를 통해 검토를 하였다. 그리고 벽, 바닥, 기둥, 보, 창문, 문, 계단 등, 각각의 부재별 및 부재별 속성 값을 보다 세부적으로 이해시키기 위해 부재들을 3D 모델링을 통해 설명하므로써 피험자가 작업을 하는데 도움을 주었다. 또한 경우에 따라서 형태 및 공간정보를 바탕으로 3D 모델링과 투시도를 이용하여 다양한 검토 및 분석 작업이 평면, 입면, 단면, 투시도 등 다양한 형태로 동시에 이루어지고 있기 때문에 형태나 공간 접근 동선, 외피의 재료, 지붕 형태, 창문, 문이 만족할 만 디자인 안이 도출될 때까지 여러 번 반복해서 수정 작업을 동시에 확인하여 진행되었다. 하지만 보다 체계적이고 합리적인 적절성 검토 및 분석하는 과정에서는 부재의 속성값이나 물리적 특성을 깊이 있게 다루지 못하게 하였다. 그 이유는 많은 시간이 소요되기 때문이며 설계과정에서 협의 하면서 진행하도록 요구하여 Figure. 4 같이 완성하였다.

5. 결론

매우 빠르게 변화하는 건축설계 환경에서 능동적으로

적용하기 위해 아날로그 설계 사고방식에서 디지털 설계 사고방식으로 변화가 요구되기 때문에 저 학년부터 설계 프로세스에 BIM을 이용하여 설계 작업을 할 수 있는 사고방법으로 준비시키고, BIM을 위한 체계적인 교육시스템이 무엇인지를 알아보기 위해서 BIM 설계과정에서 나타나는 특성이 필요하여 스튜디오 21을 이용한 인지실험을 실시하였다. 결과는 다음과 같다.

1) 전통적인 설계과정은 선형적인(linear) 설계과정(site analysis, bubble diagram, schematic design, design development)을 통해서 작업이 진행되는 반면에 BIM 설계 과정은 실험에서 보여 주었던 것처럼 “seeing, moving, seeing”(Schön & Wiggins, 1992)인 순환적(cyclical)으로 협업(collaboration)을 통하여 작업과정이 이루어지고 있었다. 또한 전통적인 설계 툴(convention sketching, physical modelling, traditional CAD)에서는 3차원모델에서 연속적인 변화가 정확하게 반영되지 못 할 뿐 아니라, 다양한 각도에서 변형된 모델들을 연속적으로 볼 수 없다. 하지만 BIM은 파라메트릭 규칙으로 인한 다양한 변경 사항들이 건축 객체들에 의해 자동적으로 반영되어 3차원 모델링으로 표현되므로써 다양한 각도에서 수정 및 검토 작업이 동시에 이루어져 작업하는데 매우 용이 하였다. 따라서 BIM 설계 작업을 위해서는 저 학년부터 BIM에 관련된 소프트웨어의 체계적인 훈련 과정이 필요하고, 더욱 중요한 것은 설계과정에서 대화(communication), 관리(management), 팀작업(teamwork)으로 설계문제를 해결 할 수 있는 수평적 사고(lateral thinking)에 의한 협업(collaboration) 작업을 할 수 있는 훈련이 필요 하다고 생각된다.

2) BIM 설계를 위한 교육 커리큘럼을 다음과 같이 제안 하고자 한다.

첫째, 저학년 커리큘럼에 건축의 기본이 되는 건축 개념, 공간, 동선, 이미지와 같은 버케브러리(vocabulary)와 건축 문법(grammar)들을 배울 수 있고, 동시에 BIM을 소개할 수 있는 교과과정을 통해서 BIM 매뉴얼 교육과 기둥(column), 빔(beams), 바닥(floors)의 기본적인 요소들을 가지고 개략적으로 BIM 설계에 적용하여 작업 할 수 있는 교육과정이 필요 하다고 사료된다.

둘째, 저 학년에서부터 간단한 프로젝트를 통해 BIM 모델링 기술을 이용하여 형태, 구조, 재료, 시공기술들이 어떻게 통합되는 가를 배울 수 있고, 작업 중 질문과 설명이 동시에 발생하기 때문에 건축의 세부 지식인 실질적(practical) 이고 명백한 지식(explicit knowledge)을 습득 할 수 있는

체계적인 교육과정이 이루어 져야 된다고 사료된다.

끝으로 일부에서는 BIM 설계과정이 학생들의 창조성을 형성하는 데 장애물로서 인식 할 수도 있다. 하지만 BIM 설계를 어떻게 소개해서 적용하여 사용하는 가에 따라 다를 수가 있으며, 디지털 문화속에서 살아 온 학생들이기 때문에 저 학년에서부터 BIM 설계를 배울 수 있는 체계적인 커리큘럼의 시스템이 필요 하다고 사료된다.

References

1. AIA. “Architect’ handbook of professional practice, chapter 11: project procedures. Washington: The American institute of Architects. 1969.
2. Ambrosini, V. & Bowman, C. “Tacit knowledge: Some suggestions for operationalization.” *Journal of Management Studies*, 38, pp811-829
3. Clark, R. & Pause, M. “Precedents in Architecture” New York: Van Nostrand Reinhold, 1985.
4. Kieran, S. & Timberlake, J. “Refabricating architecture: how manufacturing methodologies are posed to transform building construction” New York: McGraw-hill, 2004
5. Schön, D. “The reflective practitioner: How professionals think in action” New York: Basic Book. 1983
6. Smith, D. & Tardiff, M. “Building Information Modeling: A strategic implementation guide for architects, engineers, constructors and real estate asset managers” Hoboken: John Wiley & Sons. 2009
7. Ambrose, Michael A. (2012) Agent Provocateur-BIM In the Academic Design Studio, *International Journal of Architectural Computing* vol. 10 - no. 1
8. M. A. Ambrose , BIM and comprehensive design studio education, ACADIA
9. Ozener, O. “Studio education for integrated practice using building information modeling” Doctoral dissertation, Texas A&M University, United State
10. Cho, Dae-Hee, “A Study on the Enhancement of Professional Practice Capability in Architecture Design Education”, *Planning Journal of the architectural institute of korea*, 20(12), 2004. 04
11. Koh, In-Lyong, Kim, Myoung-Keun, Min, Young-Gi, Chung, Tae-seung. “A study on the ‘Level of Information’ in the BIM-based Design Process, *Journal of The korean Digital Architecture-Interior Association*, 2012.09
12. Ozener, O., W. Jeong, et al. (2010). Utilizing 4D BIM

- Models in the early stages of design. eCAADe, Zurich.
13. Mark J. Clayton., Ozan Ozener, James Haliburton, Francisco Farias, Towards Studio 21: Experiments in design Education Using BIM
 14. Kwon, Soo-Hwan, Jun, Han-Jong, "A study on the Representation of Knowledge and Use of Han-ok components based on Parametric Design, Proceeding of annual conference of architectural institute of Korea, 30(7), 2012,04,28
 15. Ambrose, Michael A. (2012) Agent Provocateur-BIM In the Academic Design Studio, International Journal of Architectural Computing vol. 10 - no. 1
 16. Kieran, S. & Timberlake, J. "Refabricating architecture: how manufacturing methodologies are posed to transform building construction" New York: McGraw-hill, 2004
 17. 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
 18. Y. Ikeda, C.M. Herr, D. Holzer, S. Kaijima, M. J. M, A, Schnabel(eds.), Emerging Experience in oast, Present and Future of Digital Architecture, Proceedings of the 20th International Conference of the Association for Computer-Aided-Architectural Design Research in Asia CAADRIA 2015, 509-518, 2015, The Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia(CAADRIA), Hong Kong
 19. Cho, Dae-Hee, "A Study on the Enhancement of Professional Practice Capability in Architecture Design Education", Planning Journal of the architectural institute of korea, 20(12), 2004. 04
 20. Ambrose, M. A. (2007). BIM and Integrated Practice as Provocateurs of Design Education. CAADRIA 2007, Proceedings of 12th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, Nanjing (China)
 21. Kim, In-Han, Park, Seung-Hwa and Lee, Ji-Ah, Planning Journal of the Architectural Institute of Korea. 28(5), 2012. 05
 22. Ozener, O. "Studio education for integrated practice using building information modeling" Doctoral dissertation, Texas A&M University, United State

접수 2016. 9. 26
 1차 심사완료 2016. 11. 9
 게재확정 2016. 11. 25