

건축설계교육에서 다중의미를 가진 형태 모델링에 관한 BIM의 효율성에 관한 연구

A Study on the Efficiency of BIM on the Multi-Semantic Form Modeling in Architectural Design Education

홍승완¹⁾, 조민정²⁾

Hong, Seung-Wan¹⁾ · Cho, Min-Jung²⁾

Received March 9, 2016; Received March 15, 2016 / Accepted March 18, 2016

ABSTRACT: While the advantages of BIM stem in the automatic and efficient assembling amongst the given, single semantic-embedded objects, it is still unknown the efficiency of BIM for developing the form that has more than one functions. To investigate the research question, in an authentic design course, the participants (N=38) assessed the efficiency of BIM when they designed a shop with the single semantic-embedded objects and multi-semantic objects. Independent T-tests reveal that in BIM, the use of the single semantic-embedded objects is statistically more efficient than that of multi-semantic objects ($p<0.01$). As the reason, in interviews, the participants reported that they had to split down the planned multi-meanings and assign only one meaning to one form in order to utilize the automatic assembling of BIM. Thus, they spent much effort and time for re-coordinating the match between the forms and multi-semantics. The findings of this study highlight the further directions of BIM in order to suit for the empirical practices of architects.

KEYWORDS: Building Information Modeling (BIM), modeling efficiency, single semantic-embedded objects, multi-semantic objects, matches between forms and meanings, architectural design education

키워드: 빌딩정보모델, 모델링효율성, 단일의미객체, 다중의미객체, 형태와 의미간의 조합, 건축설계교육

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

BIM의 전제는 형태를 가진 객체가 건축적인 기능과 의미(semantic-embedded objects)를 가지고 있으며, 건축적인 의미관계와 규칙에 따라 형태 간의 자동적이고 효율적인 조합과 모델링(automatic assembling)이 이루어진다는 것이다(Kalay, 2004; Eastman et al., 2011). 예를 들어, '벽'과 '문'의 의미를 가진 두 개의 형태가 만났을 때 시스템은 '문'과 '벽' 사이의 의미적인 규칙('문'은 '벽' 안에 위치한다)과 형태적인 속성(높이, 크기 등)을 복합적으로 연산한다. 결과적으로 '벽'의 의미를 가진 형태가 '창'의 의미를 가진 형태의 외곽선을 따라 절삭과 조합이 자동적으로 이루어지는 것이다.

BIM의 생산성은 건축적 의미를 가진 객체를 자동적으로 조합하고 그 복잡한 관계를 관리하는 기능과 밀접한 관련이 있다.

현재 BIM 시스템에서 객체와 의미는 일대일 대응관계(single function-embedded objects)이며, 이 관계가 전제되어야 BIM의 장점인 객체간의 자동적인 조합과 관리가 가능해진다(Cho et al., 2013; Ham & Son, 2015).

그러나 건축설계교육과 설계실무에서는 단일객체가 하나 이상의 다중 의미와 기능을 가지는 경우가 자주 관찰되며(Norman, 2013; Kalay et al., 2014), 비정형 건축물과 같이 하나의 형태가 외벽, 창호, 지붕 등의 다중 의미를 가지고 있는 설계 사례가 확산되고 있는 추세이다. 또한, 최근 BIM 연구에서는 전문가 사이의 협업을 전제로 형태에 의미를 자동으로 부여하는 시스템이 소개되고 있지만(Lee et al., 2014), BIM 도구를 사용하여 하나의 건축 형태에 대한 다중의미와 기능을 계획하고 모델링을 하였을 때 설계자가 체험하는 효율성에 관한 실증적인 연구는 국내외에서 아직 시도되지 않고 있다. 특히, 건축설계교육에서 BIM의 사용이 확산되는 추세임에도 불구하고 그 효과에 관한 연구는 전

¹⁾정회원, 인하대학교 건축학과 조교수 (hongsw@inha.ac.kr)

²⁾정회원, 인하대학교 건축학과 부교수 (minc@inha.ac.kr) (교신저자)

무한 실정이다.

이에 본 연구는 BIM 도구를 사용하여 학생들이 다중의미를 가진 형태를 모델링할 경우, 단일의미를 기반으로 하는 모델링과 비교하여 어떠한 효율성을 가지는지에 대해 분석하고자 한다. 이를 통해 현재 BIM의 설계교육 적용 범위를 예측하고 BIM 도구의 후속 개발 방향을 제안하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 실증적 비교실험을 통하여 1.1 에서 기술한 연구의 목적을 달성하고자 한다. 연구의 절차는 다음과 같은 3단계로 분류된다.

- (1) 비교실험: BIM 도구를 활용한 실제 수업에서 참가학생들에게 각각 단일의미를 가진 객체와 다중기능과 의미를 염두에 둔 형태를 이용하여 모델링 과제를 수행하게 한다. 이때 체험한 효율성을 수치적으로 표기하게 하고 그 이유를 서술하게 한다.
- (2) 통계적 분석: 비교실험에서 수집한 효율성 측정값을 독립표본 t-test를 이용하여 분석한다.
- (3) 분석결과고찰: 인터뷰 기술내용과 설계내용을 검토하여 통계적인 분석결과의 이유를 추론하고 타당성을 고찰한다.

본 연구의 범위는 설계 스튜디오 및 디지털디자인 수업에서 발생하는 디자인 결과물(authentic case study)들을 수집, 분석하였으므로 연구결과의 적용범위는 건축설계교육에 한정한다.

2. 문헌연구

2.1 건축형태와 의미의 관계

형태는 사용자의 신체적 능력에 따라 다양한 용도와 기능을 가질 수 있으며 환경심리학자 Gibson(1986)은 사용자에 따라 변하는 잠재적인 형태의 기능 혹은 의미를 '지원성(affordance)'이라는 용어로 정의하였다. 예를 들어, 계단의 형태는 '밟을 수 있는' 지원성을 가지고 있으며 경우에 따라서는 '누울 수 있는' 지원성도 가지고 있다. 이러한 사용에 의해 계단 형태의 기능은 각각 의자와 침구로 사용자에게 인식될 수 있다.

건축설계를 비롯한 디자인은 근본적으로 형태와 의미의 관계를 실험하고 지원성을 탐구하는 과정이다(Norman, 2013). 건축설계에서 요구되는 창의성은 기존에 제시되지 않았던 형태와 의미간의 새로운 관계를 탐구하는 과정이다(Boden, 2012; Hong et al., 2015). 건축설계에서 하나의 형태는 여러 의미를 가질 수 있으며 이와 반대로 하나의 의미가 다양한 형태로 재현될 수 있다. 건축설계교육 및 건축실무에서도 건축형태와 잠재적인 기능 및 의미의 다양한 관계를 살펴보는 커리큘럼이 필수적으로 다루어지고 있다.

특히 최근 시도되고 있는 비정형 건축물과 키네틱(kinetic)

건축물은 인체 범위의 사용성과 건축적 기능을 동시에 지원하는 형태로서 하나의 형태가 다중의미를 가질 수 있다(Kim & Kim, 2015). 예를 들어, 비정형 건축물에서는 하나의 곡선형 벽은 벽, 하부에서는 의자, 상부에서는 외벽으로 사용될 수 있다. 마찬가지로 키네틱 건축물에서는 개폐 정도에 따라 외벽이 창호의 의미를 가질 수도 있다.

건축설계교육에서는 형태 사이의 관계를 컴퓨터 연산을 통해 조작하는 이른바 패러메트릭(parametric) 디자인 기법을 사용하여 학생들이 형태와 의미 사이의 잠재적 조합을 탐구하도록 지도하고 있다. 그러나 이는 의미적 속성이 형태에 부여되고 이를 통해 자동적인 조합과 관리가 가능한 BIM에 비하여 설계 결과물의 기능성(functionality)을 예측하고 실험하는데 한계가 있으며(Hong & Lee, 2014), 형태와 의미의 복잡한 관계를 통합 관리하는 실무 과정까지 연결하기에는 다소 무리가 있다(Ham & Son, 2015).

따라서 건축설계교육과 설계실무에서 컴퓨터 연산의 장점을 극대화하기 위해서는 BIM이 가지고 있는 형태와 의미 사이의 관계를 효율적으로 조합하고 관리하는 기능이 필요하다고 사료된다. 2.2절에서는 형태와 의미의 관계를 다룬 BIM 관련 선행연구를 고찰하고 이를 통해 본 연구의 필요성을 기술하고자 한다.

2.2 형태와 의미의 관계를 다룬 BIM 연구

차세대 BIM 모델연구에서 Kalay et al.(2014)은 현재 BIM 시스템의 형태와 의미의 일대일 대응관계가 실제 설계과정에 비하여 경직된 자료구조라는 의견을 제기하였다. 이 문제를 해결하기 위한 하나의 해결책으로서, 인공지능을 가진 가상의 사용자로 하여금 건축물의 형태를 사용하고 분석하게 하여 그 잠재적인 기능과 의미를 발견하게 하는, 이른바 형태(form)-기능(function)-사용(use) 모델을 제시하였다. 또한 Lee(2010)는 Gibson의 지원성을 컴퓨터 연산모델로 응용하여 건축공간의 의미를 조정하여 가상 사용자의 행동을 시뮬레이션하는 이론적 모델을 제안하였다.

건축공간과 의미의 연관성을 다룬 또 다른 BIM 연구에서 Kim, Yeom(2008)은 BIM 객체의 의미를 추론하여 공간 사이의 연결성과 인접성을 연산하고 부가적인 서비스를 제공하는 공간 추론엔진의 이론적인 모델을 제시하였다. 이 모델에서 객체가 '벽'의 의미를 가질 경우 공간 사이의 연결성과 인접성은 '벽'의 물리적 속성과 위치를 추론하여 결정된다. 이를 통해 설계자는 물리적 장애요소와 안전성을 사전에 평가할 수 있으며 일반 사용자는 길찾기 및 피난경로 검색의 용도로 사용할 수 있다.

그러나 형태와 의미의 관계를 다루는 대대수의 BIM 연구는 협업자 간의 의사교환에 관한 효율성 향상에 초점을 두고 있다. 예를 들어, 기존연구에서는 전문가 사이의 의사교환을 매개하는

일종의 필터링 시스템이 제안되기도 하였다. 이 시스템에서 연구자들은 의미가 부여되지 않은 종립적인 형태와 객체에 전문가들의 직업영역에서 자주 사용되는 의미를 자동으로 부여하는 시스템을 개발함으로써 건설부품 혹은 객체에 대해 발생할 수 있는 오역을 최소화시키고자 하였다(Lee et al., 2014; Oh et al., 2015). 또 다른 연구의 방향은 건설부품에 부여된 다양한 이름을 추론하여 부품과 의미를 정확히 조합하고 일괄적인 관리를 가능케 하는 시스템을 개발하는 것이다. 이 연구의 목적은 건설재료와 부품의 물리적, 의미적 속성을 보다 정확하게 연산하여 산출물량예측의 정밀도를 높이는데 있다(Lee, Kim, & Yu, 2013).

상기 연구들은 형태에 관한 의미를 자동적으로 추출, 부여, 전환하는 시스템을 개발하는 데 공통적인 목적을 두고 있다. 연구의 적용 범위도 건축설계교육과 실무에서 일상적으로 관찰되는 형태와 의미의 조합에 초점을 두기보다는 설계 후 평가 과정인 인간행동의 자동적인 시뮬레이션 및 협업자 사이의 의사교환 등에 맞춰져 있다. 현재 설계과정, 특히 실제 설계교육에서 다중의미를 가진 형태를 모델링할 때 BIM 시스템이 가지는 효율성을 연구한 사례는 국내외에서 아직 없다.

3. 연구목적

문헌고찰에서 설명하였듯이, 실제 건축설계교육과 설계실무에서는 의미와 기능을 분리하기 힘든 형태를 다루는 경우가 빈번하다. 이에 본 연구의 목적은 (1) 설계자가 BIM 도구를 사용하여 다중의미와 기능을 가진 형태를 설계하였을 때 얻는 효율성을 보다 실증적인 방법을 통해 측정, 분석하는 것이다. 이를 위해 (2) 실제 건축설계교육에서 학생들이 BIM 도구를 사용하여 다중기능을 가진 형태를 모델링하는 경우의 효율성을 측정, 분석하고, (3) 이를 단일의미를 가진 객체를 사용하여 모델링하는 경우의 효율성과 비교한다. 이를 통해 (4) BIM의 형태와 의미의 대응관계 시스템이 다중의미를 가진 형태의 모델링에도 적합한 도구인지를 추론하고 그 적용범위를 예측한다.

형태와 의미의 대응관계를 다룬 구체적인 선행연구가 없으므로 단일의미를 가진 객체와 다중의미를 가진 객체 사용에 따른 모델링의 효율에 관한 대립가설(alternative hypothesis)의 설정은 어렵다. 따라서 본 연구에서는 다음과 같은 영가설(null hypothesis)을 우선적으로 설정하였으며 가설의 변수관계는 Table 1과 같다.

- 가설: BIM 시스템에서 설계자가 다중의미를 염두에 둔 형태를 모델링할 경우의 효율성과 단일의미를 가진 객체를 모델링할 경우의 효율성은 서로 차이가 없다.

Table 1. Research variables

Independent variables	Dependent variables
Modeling in BIM 1. with single semantic-embedded objects 2. With multi-semantic objects	Modeling efficiency (an integration of consumed time and operation effort)

4. 연구방법

4.1 데이터 수집

본 연구의 데이터는 BIM 도구를 활용하여 비선형 건축물을 설계하는 디지털디자인 과목의 수업 및 과제를 통해 수집되었다. 해당 과목에서 참가학생들은 다중의미를 가진 형태를 Rhinoceros 3D를 활용하여 창안한 후(Figure 1), BIM 도구인 Autodesk Revit의 model-in-place로 그 형태를 불러들이고, family category 지정을 통하여 외벽, 바닥, 창호 등의 의미를 부여하였다(Figure 2). 이후, 참가자들은 객체간의 자동적인 조합과 의미기반의 적산 등을 수행하였다. 또한, 참가학생들은 과제수행 중 Revit에서 단일의미를 가진 객체를 제작 및 조합하는 과정도 병행하였으며(Figure 3), 이를 통해 다중의미를 가진 형태를 모델링하는 과정과 단일의미를 가진 객체를 조합하는 과정을 모두 체험하였다.

본 연구의 BIM 설계 과제는 총 3주에 걸쳐 진행되었으며 참가

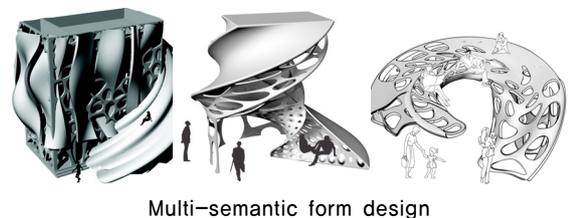


Figure 1. Samples of multi-semantic form design (Rhinoceros 3D)

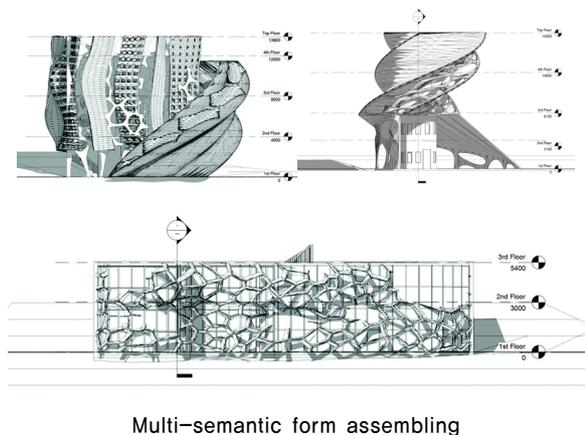
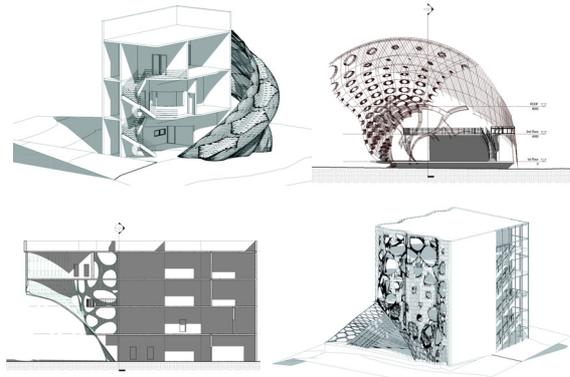


Figure 2. Samples of multi-semantic form assembling (Autodesk revit)



Single-semantic embedded object assembling

Figure 3. Samples of single semantic-embedded object assembling (Autodesk revit)

학생들은 5층 규모의 상업시설을 설계하였다. 건물의 일부는 다중의미와 기능을 가지고 있으며(예를 들어 파사드는 외벽임과 동시에 계단), 나머지 부분은 벽, 바닥 등 family 형식의 단일의미를 기반으로 한 객체를 조합하여 모델링하였다.

참가학생은 총 38명이며 국내 1대학의 건축설계전공 2학년 학생들이다. 과제종료 후 학생들은 설문지를 통하여 BIM에서 각각 다중의미와 단일의미를 가진 형태 및 객체를 모델링하였을 경우에 소요되는 시간, 조작을 위한 노력 등을 복합적으로 고려하여 모델링의 효율성을 수치적으로 기입하였다. 정량적인 분석을 위해 7단계의 리커트 척도(1=매우 비효율적이다, 7=매우 효율적이다)가 사용되었다.

또한 인터뷰 형식의 질문을 통해 과제에 사용된 BIM 도구가 어떻게 다중의미를 가진 형태를 모델링하는 과정에 도움 혹은 불편함을 주었는지, 그 이유와 학생들의 BIM 사용과정 등을 기술하게 하였다.

이러한 연구절차는 유사비교실험(quasi-experiment)에 속하며, 독립변수와 실험환경을 정확히 통제하기 어려운 실제 교육현장을 대상으로 시행한 연구에 주로 사용된다. 참가자의 실제경험을 토대로 효과를 측정하므로 통제실험(lab experiment)에 비하여 실무적 타당성(ecological validity)이 높은 방법으로서 디자인 기제 분석연구에서 주로 활용된다(Dorta et al., 2008; Hong & Lee, 2014).

4.2 데이터 분석

본 연구의 데이터는 학생들이 리커트 척도를 통해 기입한 정량적 데이터와 수치적 기입에 관련한 이유 및 BIM도구를 사용할 때 체감한 효율성과 불편함을 기술한 정성적 데이터로 분류된다. 정량적 데이터는 SPSS(Statistical Package for the Social Science)의 독립표본 t-test를 통해 분석되었다. 독립표본 t-test는 두 비교대상에 관한 평균의 차이가 우연히 발생하였을

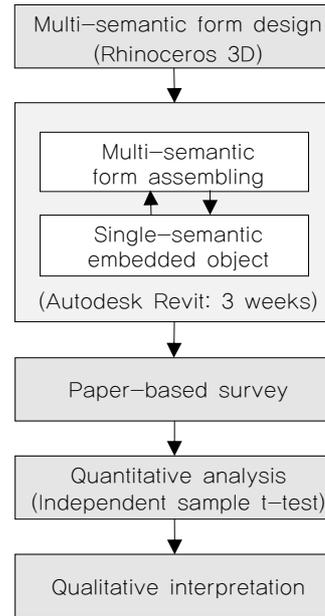


Figure 4. Flow of data collection and analysis

확률이 1%(p-value<0.01)이내 일 경우에 비교결과의 통계적 유의성이 있다고 판정하는 방법이다.

인터뷰 등의 정성적 데이터는 통계적인 분석내용의 원인을 추정하는데 활용되었다. 특히 상업시설설계에서 사용한 BIM 도구가 다중의미를 가진 형태 모델링에 효율적이었는지 혹은 그렇지 않은지, 그 이유는 무엇인지 분석하는데 사용되었다. 또한 그 이유가 여러 학생들에게서 나타나는 공통적인 답변인지, 혹은 특이한 현상인지를 검토하는데도 활용되었다. 본 연구의 데이터 수집 및 분석절차는 Figure 4와 같다.

5. 결과분석

5.1 통계적 분석

독립표본 t-test 분석에서 참가자가 다중의미를 가진 형태를 모델링하였을 경우가(M=4.66, SD=1.14), 단일의미를 사용한 객체를 활용하여 모델링을 수행하였을 경우(M=5.37, SD=0.94)에 비해 통계적으로 유의하게 효율성이 낮았다(t(74)=2.95, p<0.01). 따라서 연구목적에서 설정하였던 영가설을 기각하고 다음과 같은 결과를 수용한다. 분석과 관련한 통계적 비교수치는 Table 2와 같다.

Table 2. Modeling efficiency in BIM

M (SD)		Mean difference	P
Single semantic-embedded objects (n=38)	Multi-semantic objects (n=38)		
5.37 (0.94)	4.66 (1.14)	0.71	0.00

또한 신뢰도 분석에서 다중의미를 가진 형태를 모델링할 경우와 단일의미를 사용한 객체를 기반으로 모델링을 수행하였을 경우의 효율성 평가(α)는 0.280이며, 이는 참가자수(N)가 적어 나타난 현상으로 해석된다.

- 결과: BIM 도구를 통해 다중의미를 가진 형태를 모델링할 경우, 단일의미를 내재한 형태 및 객체 모델링에 비하여 효율성이 낮다.

5.2 통계분석결과에 대한 정성적 해석

인터뷰를 통해 그 이유를 분석해보면, 설문에 참여한 75%의 학생들이 사용한 BIM 도구가 다중의미를 가진 형태를 모델링하는데 불편함을 겪었다고 보고하였고 그 사례를 기술하면 다음과 같다.

(1) 외부 모델링 소프트웨어에서 family categories로 저장하여 불러오거나, BIM 도구에서 직접 생성한 형태에 하나의 의미만 지정할 수 있으므로, 다중의미를 가진 형태를 의미의 개수만큼 개별분할하거나 복사하는데 시간과 노력이 소모되었다.

예를 들어, 학생 C는 두 개의 건물사이에서 위치한 골목길을 외벽과 융합된 형태로 만들어 이 하나의 형태가 사람의 행태에 따라 ‘바닥’, ‘의자’, ‘외벽’ 등의 다중의미를 가질 수 있도록 설계하였다. 그러나 실제 BIM에 사용에서는 여러 기능이 융합된 단일형태를 family categories의 기준으로 형태를 분할하는 별도의 작업이 요구되었다. 또한 이 과정도 단일 의미를 가진 여러 형태가 모여 전체 형태를 구성하는 경우에만 (A is a part of B) 적용될 수 있다(Figure 5).

(2) 계획상에서는 하나의 형태에 여러 가지 기능과 의미가 있었지만, 자동조합 및 적산 등의 기능을 사용하기 위하여 BIM 시스템에서는 하나의 의미만 지정하여 모델링을 수행하였다는 경우가 37%로 가장 많았다. 이렇게 단일의미가 부여된 형태만으로 모델링할 경우, 참가학생들은 원안에서 계획했던 형태와 기능간의 다양한 탐구가 어려웠다고 보고하였다.

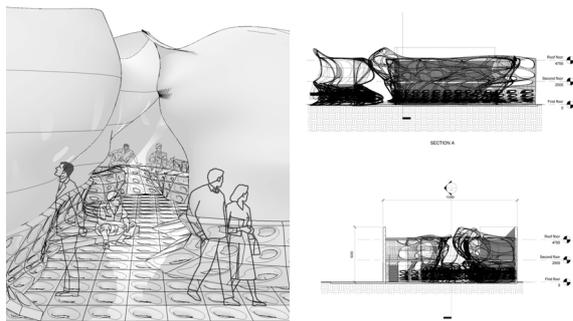


Figure 5. The sample of participant C (left: initial design, right: BIM modeling)

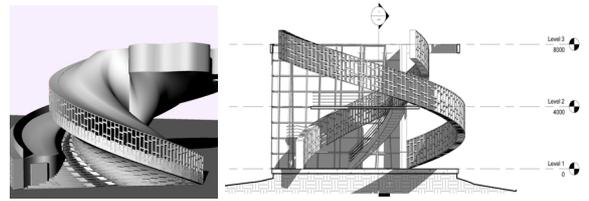


Figure 6. The sample of participant A (left: initial design, right: BIM modeling)

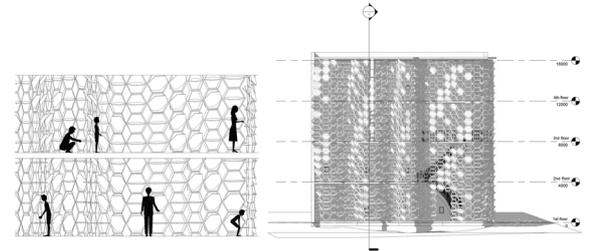


Figure 7. The sample of participant K (left: initial design, right: BIM modeling)

예를 들어, 학생 A는 외벽, 바닥, 계단이 일체화된 나선형의 건물형태를 계획하였지만, BIM에서는 바닥의 기능만을 부여하여 모델링을 진행하였다(Figure 6). 학생 A의 경우와 같이 하나의 형태가 불가분한 다중의미를 가질 경우(A is B), 현재 BIM 시스템이 가지고 있는 의미기반의 모델링은 실용적인 사용에 한계가 있다.

(3) 학생들은 건축적인 의미를 가진 객체를 자동적으로 조합하는 연산규칙이 획일적이라고 기술하였다. 예를 들어, 계단은 바닥과 연산관계를 가지고 있으며, 외벽 및 다른 건축적 의미를 가진 객체와는 연산규칙이 없어 자동적인 조합 및 적산 등에 제약이 있었다고 보고하였다.

예를 들어, 학생 K는 Figure 7과 같이 팔각형 모듈을 가진 패턴을 이용하여 외피를 설계하였고 BIM에서는 적산을 위해 ‘창’의 의미를 지정하였다. 그러나 ‘창’은 ‘벽’과의 단일대응 연산관계에 있고 ‘바닥’과는 의미대응관계가 성립되어 있지 않아 BIM의 장점인 의미연산을 통한 자동적인 조합(automatic assembly)이 적용되기 어려웠다.

반면에, 응답학생의 전원이 단일의미가 이미 확정된 객체를 모델링할 경우 BIM의 사용은 효율적이었다고 기술하여, 5.1의 통계적 분석이 타당함을 보여준다.

6. 향후 연구 진행 방향 및 결론

본 연구는 현재 BIM 시스템에서 형태와 의미의 대응관계가 건축형태 모델링에 어떠한 효율성을 보이는지 실증적 사례비교를 통해 분석하였다. 본 연구를 통한 새로운 발견은 다음과 같다.

첫째, 현재 BIM 시스템은 단일의미를 가진 객체간의 모델링에 우수한 효과를 보이지만, 다중의미를 가진 형태를 모델링할 경우, 작업 효율성이 낮고 형태와 기능 및 의미 사이의 다양한 조합을 시도하는데 제약이 된다.

둘째, 현재 BIM 시스템에서는 중립적인 모델과 재현물(neutral representation)을 다른 모델링 도구로부터 불러와 family 등록 등의 과정을 거쳐 건축적인 의미를 부여 할 수 있다. 그러나 하나의 형태가 더 이상 나누어질 수 없는 여러 가지 의미를 가지고 있는 경우, 설계자는 그 중 하나의 의미만을 선택하여 모델링을 수행해야하며, 다양한 의미에 대응하는 자동조합기능은 갖추고 있지 못하다.

셋째, 현재 BIM 시스템은 형태와 의미의 단일대응관계뿐만 아니라, 의미와 의미 사이의 연산규칙도 실제설계과정에 비하여 제한적이다.

결론적으로, 현재 BIM 시스템은 하나의 건축적인 의미가 내재된 객체를 모델링하거나 건축적 의미들 사이의 조합이 통상적인 규칙을 따르는 경우 그 효율성이 보장되지만, 실제건축설계교육과 설계실무에서 자주 다루어지는 다양한 의미를 가진 형태를 모델링하는 과정에는 그 한계를 보인다.

이러한 본 연구의 결과는 향후 BIM 연구의 방향을 설정하는데 공헌을 할 수 있다. 기존연구가 시뮬레이션의 자동화와 전문가 사이의 의사교환에만 초점을 맞추었다면, 본 연구를 통하여 형태와 의미의 다중적인 대응관계를 다루는 시스템의 필요성이 부각되었고, 건축적 의미 사이의 다양한 조합을 지원하는 연산규칙 시스템의 중요성도 발견되었다.

형태와 의미의 다중적인 대응관계를 연산하기 위한 한 방법을 제언하면, 가상 사용자의 인체를 사용한 잠재적 지원성(ergonomic level computation)의 탐색이 있을 수 있다(Kalay et al., 2014; Hong et al., 2015). 이 시스템은 객체의 물리적 속성과 인체 범위 사이의 반응관계를 연산하고 발생 가능한 의미를 생성한 후, 형태와 의미간의 대응관계를 보다 유동적으로 만들 수 있는 노드와 분기(nodes & branches)를 형성한다. 이를 통해 형태의 의미전환이 용이하도록 시스템을 개선할 수 있다 (A is B, or C, or D).

본 연구의 한계는 참가자의 수에 따른 수집된 데이터의 내적 타당성과 일관성이 취약한데 있다. 그러나 통계적인 발생확률(p-value)이 .00으로 매우 높게 나타났고, 또한 분석결과가 인터뷰를 통한 정성적 접근으로도 해석이 가능하므로 본 연구의 신뢰성은 확보되었다고 사료된다.

향후 연구에서 단일형태에 부여된 다중의미를 효율적으로 조합하는 BIM 시스템의 이론적인 틀을 제시하고자 하며, 이러한 시스템을 제안하기 위해서는 본 연구의 사례비교와는 별도로 체계적이고 정밀한 비교실험이 요구된다.

감사의 글

이 연구는 인하대학교의 지원에 의해 연구되었음(과제번호: 44825-01). 또한 이 연구는 2015학년도 2학기 ‘디지털미디어와 디자인 2’에 참여한 인하대학교 건축학과 2학년 학생들과 대학원 조교 장환진의 도움으로 이루어졌음.

References

- Boden, M. A. (2012). *Creativity and Art: Three Roads to Surprise*, Oxford University Press.
- Cho, J. K., Kim, Y. S., Mha, Y. K. (2013). A Framework of Server-Based BIM System for Architectural Design Firm, *Journal of KIBIM*, Vol.3 No.2, pp. 10-18.
- Dorta, T., Perez, E., Lesage, A. (2008). The Ideation Gap: Hybrid Tools, Design Flows and Practices, *Design Studies*, Vol.29 Iss.2, pp. 121-141.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, 2nd Edition, Wiley & Sons, Inc.
- Gibson, J. J. (2012). *The Ecological Approach To Visual Perception*, Psychology Press.
- Ham, M. H., Son, J. W. (2015). An Analysis of IPD Education Based on BIM in Korean Universities, *Journal of KIBIM*, Vol.5, No.3, pp. 12-18.
- Hong, S. W., Lee, Y. G. (2014). A Comparative Study on the Effects of BIM and Conventional 3D Modeler on the Idea Generation in Architectural Design Process, *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol.17 No.5, pp. 623-630.
- Hong, S. W., Jeong, Y. W., Kalay, Y. E., Jung, S. W., Lee, J. W. (2015). Enablers and Barriers of the Multi-User Virtual Environment for Exploratory Creativity in Architectural Design Collaboration, *CoDesign: International Journal of CoCreation in Design and Arts*, Online published, pp. 1-20.
- Kalay, Y. E. (2004). *Architecture's New Media: Principles, Theories, and Methods of Computer-aided Design*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Kalay, Y. E., Schaumann, D., Hong, S. W., Simeone, D. (2014). Beyond BIM: Next-Generation Building Information Modeling to Support Form, Function, and Use of Buildings, In Karen Kensek, & Douglas Noble (Eds.), *Bui Iding*.

- Kim, D. Y., Kim, S. A. (2015). A Prototyping Method for Kinetic Facade Design: Focusing on the Role of BIM and Interaction between Digital and Analog Models, *Journal of KIBIM*, Vol.5 No.1, pp. 16–24.
- Kim, S. A., Yeom, J. H. (2008). A Basic Study to Implement a Spatial Reasoning Engine, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, Vol.24 No.5, pp. 109–116.
- Lee, J. W., Jeong, Y. W., Oh, M. H., Hong, S. W. (2014). A Filter-Mediated Communication Model for Design Collaboration in Building Construction, *The Scientific World Journal*, Vol.2014, pp. 1–20.
- Lee, S. K., Kim, K. R., Yu, J. H. (2014). BIM and Ontologybased Approach for Building Cost Estimation, *Automation in Construction*, Vol.41, pp. 96–105.
- Lee, Y. G. (2011). Basic Study on the Development of Ontology-based Space Information Model Concerning Affordances, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, Vol. 27, No. 10, pp. 59–66.
- Norman, D. (2013). *The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition*, Basic Books.
- Oh, M. H., Lee, J. W., Hong, S. W., Jeong, Y. W. (2015). Integrated System for BIM-based Collaborative Design, *Automation in Construction*, Vol. 58, pp. 196–206.