

BIM기반의 어셈블링 협업이 설계자 간의 의사교환과 사회심리학적 기제에 미치는 효과와 한계에 관한 연구

A Study on the Enablers and Barriers of BIM-based Assembling Collaboration for Designers' Communication and Socio-Psychological Mechanisms

홍승완¹⁾, 정용욱²⁾

Hong, Seung-Wan¹⁾ · Jeong, Yongwook²⁾

Received March 12, 2017; Received March 20, 2017 / Accepted March 21, 2017

ABSTRACT: While previous studies argue that BIM-based assembling collaboration promotes the communication and process management among participants in architectural design projects, it is still unknown which communication and socio-psychological factors are more and less activated in use of BIM-based collaboration. To investigate this research aim, in authentic BIM-used architectural retrofitting projects, the participants (N=36) collaborated and assessed the communication factors on (1) perceiving design results, (2) understanding partners' design intention, (3) proposing and converging opinions, the interpersonal design process management factors on (1) managing design process, (2) managing collaboration schedule, and the complementedness factors on (1) understanding partners' expertise, and comradeship. Statistical analyses reveal that the factor relevant to perceiving design results is better activated than the other factors ($p < 0.05$), but all other factors are not much activated compared to perceiving design results. Deduced from the previous BIM studies and interviews, a reason roots in the shared forms and semantics of BIM. The shared semantics represent collaborators' information and allow the participants to perceive design changes explicitly. Meanwhile, BIM-based assembling collaboration is limited to represent observable, experience-able processes of design, and thus, several key socio-psychological factors, such as proposing and converging opinions and managing design process, are less activated.

KEYWORDS: BIM-based assembling collaboration, Design communication, Interpersonal design process management, Complementedness, Socio-psychological mechanisms

키워드: BIM기반의 어셈블링 협업, 설계의사교환, 상호설계과정관리, 상호보완성, 사회심리학적 기제

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건축설계분야에서 건축가가 혼자 감당하기 어려운 문제를 해결하거나, 설계안의 질과 생산성을 높이기 위하여 협업(collaboration)을 하나의 수단으로 사용해 왔다. 건축설계협업에서는 전공분야와 지식이 서로 다른 전문가들이 참여(multi-disciplinary collaboration) 하고, 서로 다른 설계관점과 기호도를 가진 설계자들이 참여하기도 한다. 이런 특성으로 인하여, 협업자들 사이에 의사교환이 원활하지 않거나, 설계결과물을 오

역하는 사례도 빈번하다(Cuff, 1992).

이러한 건축설계협업 상에서 발생하는 문제점을 줄이고, 설계과정관리의 효율성을 높이기 위하여 BIM(Building Information Modeling)의 사용이 보편화되고 있는 추세이다. 참여자들은 3차원으로 시각화된 형태(properties of physical forms)와 그 형태에 부여된 건축적 의미(semantics)를 동시에 공유할 수 있으며, 네트워크를 통해 원격에서 설계안을 조합하고 수정할 수 있다. 특히, BIM 모델의 의미적 속성을 통하여 전문지식과 설계과정이 명시적으로 공유될 수 있다. 예를 들어, 정육면체에 '벽'이라는 의미를 설계자가 부여하였을 경우, 설비기술자는 '벽'의 형

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

²⁾정회원, 세종대학교 건축학과 조교수 (yjeong@sejong.ac.kr)

태를 유지하거나 혹은 수정하여 배관을 계획을 할 수 있다. 또한 설계자는 설비기술자의 수정을 검토하여 의견을 제시할 수 있다.

특히, BIM기반의 협업은 분업결과물을 하나의 통합 설계안으로 조합하는 이른바 ‘어셈블링(assembly)’유형으로, 기술적인의미에서는 중앙파일(central data approach)을 기반으로 분업결과물을 취합하는 방식이 주를 이루고 있다. 이 방식은 지식범위와 책임이 분명한 다전문간의 협업에 주로 적용되며, 기존연구에서도 BIM의 활용이 다분야의 전문가가 참여하는 복잡한 설계프로젝트 관리에 효과가 있다고 보고하고 있다(Lee, Kim, & Kim, 2012; Won, & Lee, 2016).

하지만, 건축설계협업은 생산성과 효율뿐만 아니라 설계안의 질적 측면(qualitative aspects of design) 향상이 또 다른 주요 목적으로, 이는 협업자 간의 의사교환의 질, 상호적인 설계관리 과정, 상호보완성과 같은 사회심리학적 기제와 밀접한 관계가 있다(Schrage, 1995; John-Steiner, 2000; Fernie, 2004). 따라서, CSCW(Computer Supported Cooperative Works)연구에서는 사회심리학적 기제를 협업 시스템에 포함하기 위한 연구의 중요성이 강조되어 왔다(Kalay, 2004; Hong et al., 2015). 하지만, 최근 BIM 관련연구는 협업시스템 제안과 기술적 개발에 집중하고 있는 반면, BIM 기반의 협업이 참여자 간의 사회심리학적 기제에 미치는 영향을 실증한 연구는 전무한 실정이다. 따라서, 본 연구는 BIM기반의 어셈블링 유형의 협업이 설계자들의 설계의사교환, 상호적인 설계관리, 상호보완성과 같은 기제에 어떠한 효과와 한계를 가지는지를 규명하고자 하며, 이를 통해 BIM의 건축설계협업 적용범위를 고찰하고, 적용성을 높이기 위해 필요한 기술적인 방향과 요건(roadmap)을 제안하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 BIM도구를 사용하였을 경우 설계의사교환, 상호설계과정관리, 상호보완성 등과 같이 협업자가 경험한 사회심리학적 기제를 측정하고, 통계를 통해 어떤 지표에 효과와 한계가 있는지 판단하는 정량적 분석법(quantitative analysis)을 채택하였다. 연구의 절차는 다음과 같다.

- (1) 협업설계프로젝트 수행: 설계자들은 팀을 이루어 설계안을 증개축하고, BIM도구의 중앙파일에 분업결과물을 취합하는 어셈블링 유형의 협업설계를 수행한다.
- (2) 협업경험평가 및 통계적 분석: 협업설계가 종료한 후, 협업에서 경험한 의사교환과 사회심리학적 지표를 수치적으로 평가하고, 서면 인터뷰를 통하여 그 이유를 파악한다. 이후, one-way t-test를 이용하여 측정지표간의 차이를 통계적으로 분석한다.
- (3) 분석결과고찰: 기존연구와 인터뷰결과를 토대로 통계적인 분석결과의 이유를 추론하고 타당성을 고찰한다.

본 연구의 데이터 수집은 건축학과의 BIM수업을 통하여 이루어졌다. 또한, 설계프로젝트의 범위는 증개축 설계에 국한되며, 협업참여자는 동일전공 학생들이다. 따라서 실무설계의 협업방식, 기간, 조건 등이 본 연구와 다를 수 있다. 이런 한계에도 불구하고, 본 연구의 방법은 BIM기반의 어셈블링 협업이 참여자 간의 의사교환과 사회심리학적 지표에 미치는 효과와 한계를 규명하는 일종의 선행연구(pilot study)로서는 타당한 조건으로 여겨진다.

2. 문헌연구

2.1 건축설계협업의 사회심리학적 기제

사회심리학자 John-Steiner(2000)는 건축가를 포함한 예술가들의 협업의 유형을 ‘창의적 협업(creative collaboration)’으로 정의하였으며, 이 유형의 협업에서 관찰되는 사회심리학적 기제를 ‘상호보완성(complementedness)’과 ‘상호의존성(interdependence)’으로 소개하였다. 이 기제는 협업자의 설계의도와 전문적인 지식을 충분히 이해한 후 생기는 신뢰형성의 단계에서 나타난다. 예를 들어, Laban Dance Center의 입면계획에서 건축가 Herzog는 당시 협업관계였던 시각디자이너 Craig Martin의 전문성을 신뢰하여 생소한 건축재료였던 반투명의 원색패널을 사용하였다(Fernie, 2004).

건축설계과정에서는 이러한 협업자간의 사회심리학적 기제의 전제조건을 의사교환으로 간주하였다(Kalay, 2004). 건축설계과정에서는 설계자이외에도 시공기술자, 설비기술자, 건축주 등의 다양한 관점과 지식을 가진 참가자들이 개입되므로, 의사교환을 위한 재현(representation)은 필수적인 수단으로 여겨졌다(Cuff, 1992). 또한, 건축협업도구개발의 이론적인 틀에서는 참여자들이 재현결과물을 오역하지 않도록, 재현결과물의 의미적 속성을 명시하거나, 전공영역에 따라 자동적으로 부여하는 방식이 제안되었다(Kalay, 2001).

이러한 이론적 틀을 넘어 BIM의 실용화를 통해 협업참여자들이 건축적 형태의 재현과 그 재현결과물에 부여된 의미를 서로 공유할 수 있으며, 이를 통해 명시적인 의사교환과 복잡한 데이터를 취합할 수 있게 되었다(Eastman et al., 2011). BIM의 사용이 확산되고, 관련 시스템의 개발이 가속화되면서, BIM도구의 특징인 협업자간의 의사교환의 명료성과 설계생산공정관리가 더욱 부각되었다(Jung, Kim, & Kim, 2015; Oh et al., 2015).

하지만, 건축설계의 속성에 부합하는 의사교환은 단순히 협업자의 결과물을 정확하게 ‘인지(perception)’하는 수준을 넘어, 협업자의 설계의도를 이해하고, 서로 다른 의견을 수렴하는 과정과 함께, 설계과정과 일정을 상호관리하는 능동적인 사회적 기제까지 포함하고 있다(Schrage, 1995). 2.2절에서는 BIM기반

의 협업관련 선행연구를 설계의사교환 및 사회심리학적인 관점에서 고찰하고, 본 연구의 필요성을 기술하고자 한다.

2.2 CSCW와 BIM 협업연구

초기 CSCW연구에서 Kalay(1997)는 컴퓨팅을 기반으로 하는 건축협업시스템의 요건을 제시하였다. 저자는 이 시스템에서 건축기호로 표현된 객체의 공유(a shared product model)뿐만 아니라, 전문가들이 세부적인 전공에 따라 어떻게 객체를 사용하는지 그 과정을 공유(a shared process model)하여야 한다고 기술하였다. 또한, 저자는 의사전달과 협의와 같이 설계과정에서 발생하는 수행기제(operational aspects of design) 역시 건축협업시스템에서 공유되어야 한다고 분석하였다. Kalay(2001)는 이러한 건축협업시스템을 실현하기 위해서는 세 종류의 데이터베이스를 제안하였고, 이는 각각 보편적이고 사실적인 정보만 담고 있는 객체에 관한 데이터베이스(an object database), 전문가들이 객체를 다루는 세부적인 규칙을 포함하는 프로젝트 데이터베이스(a project database), 설계프로젝트의 속성과 배경을 포함하는 데이터베이스(a context database)로 분류된다. 특히, 객체에 관한 데이터베이스와 프로젝트 데이터베이스는 현재 BIM기반의 어셈블링 협업과 유사한 개념이지만, 이 데이터베이스의 본질적인 목적은 건축협업에 참여하는 전문가들의 참조(referential)와 추론(inferential) 기제를 활성화하는 것으로 생산성을 목적으로 하는 어셈블링 협업과 차이를 보인다.

BIM기반의 협업설계와 협업자간의 상호운용성을 강화하기 위한 연구로 Jung, Kim, & Kim(2015)은 디자인 발전과정 상에서 발생하는 설계버전의 저장, 데이터 교환기록, 주요결정과정, 주요결정 이외의 대안 등을 공유할 수 있는 시스템을 제안하였다. 3명의 전문가(설계, 구조, 에너지)들이 시험적으로 이 시스템을 사용하여 설계의도와 구조적, 비구조적 의사결정과정과 공유하였으며, 대안평가기록을 서로에게 전달하여 의사교환을 진행하였다.

BIM기반의 설계의사교환의 범위에 관하여 Lee, Kim, & Kim(2012)은 팀 내외, 설계프로젝트 공정단위로 분류하였다. 또한, 협업의 효과를 설계오류감소, 공정 간의 의사소통, 공기단축 등으로 예측하여, 생산성의 관점에서 협업방식개선과 데이터의 호환을 제안하였다.

BIM이 실제 건축협업에 미치는 실효성을 다룬 연구로는, Won, & Lee(2016)는 두 개의 협업사례에서 BIM모델의 사용이 설계오류발견과 시공과정변경의 득과 실을 사전에 분석하고 대응하는데 효과적이라고 기술하였다. 또한, 설계과정에서 건축주와 참여자들이 BIM모델을 통해 정확하게 의사를 교환하였고, 이를 통해 BIM모델과 시공현장의 차이를 줄일 수 있었다고 보고하였다. 하지만, 잦은 설계변경이 BIM도구의 사용과 무관하게

발생하였고, 이 때문에 설계일정관리가 비효율적이었다고 분석하였다. 이를 해소하기 위하여 상호적인 협업과정관리와 참여가 필요하다고 제안하였다.

이외에도 대부분의 기존연구는 협업시스템의 이론적 제안에 주안점을 두고 있다(Isikdag, & Underwood, 2010; Singh, Gu, & Wang, 2011; Oh et al., 2015). 예를 들어, Oh et al. (2015)은 형태모델을 생성하는 BIM 모듈러, 모델간의 규칙을 연산하는 BIM 체커, 그리고 협업에서 정보를 통합하고 관리하는 BIM 서버를 통합하여 협업의 전 과정에서 사용할 수 있는 시스템을 제안하였다. 하지만, 이 시스템이 실제 협업상의 의사교환과 관리에 미치는 영향은 실증하지 못하였다.

이런 협업시스템개발 위주의 연구동향에 관하여 비판적인 의견도 제시되었다. Miettinen, & Paavola(2014)는 실제사례에서 BIM의 사용이 확대되었음에도 불구하고 협업의 질적 측면은 오히려 감소하였다고 분석하였다. 또한, BIM협업연구는 현실에서 발생하는 설계문제를 다루어야 하며, 그 실효성을 규명할 필요가 있다고 기술하였다.

정리하자면, 기존연구들은 BIM도구의 효용성을 협업 생산성과 공정관리측면에서만 다루고 있으며, BIM이 건축설계협업에 주는 실효성을 규명하기 보다는 협업시스템의 제안과 개발에 집중하고 있다. 따라서, Won, & Lee(2016)과 Miettinen, & Paavola(2014)의 연구에서 제안되었듯이, BIM사용에 따라 건축설계협업과 관련한 어떤 질적인 측면이 활성화되고, 또한 그렇지 않은 지 실증이 필요한 시점이라 여겨진다. 본 연구와 같이 BIM협업에서 효과 혹은 한계를 보이는 설계의사교환지표와 사회심리학적 지표를 연구한 사례는 국내외에서 아직 없다.

3. 연구목적

본 연구의 목적은 BIM협업도구의 사용이 분업설계를 진행하는 참가자간에 의사교환, 상호설계관리, 상호보완성 지표에 어떠한 영향을 미치는 지 실증하는데 있다. 특히, 본 연구는 BIM협업에서 상기한 세 가지의 지표 중 어떤 지표가 다른 지표들에 비하여 유의하고 높고 낮은지를 살펴보고, 이를 통해 BIM 협업의 효과와 한계를 고찰하고자 한다.

기존연구를 토대로 설계의사교환, 상호설계관리, 상호보완적 관계지표간의 활성화 여부를 추론하면 다음과 같다. 기존연구들은 공통적으로 BIM사용에서 참가자들이 분업설계를 진행할 경우, 형태, 의미적 속성을 원격에서 공유할 수 있으며, 이로 인해 설계변경의 파악이 용이하다고 기술하고 있다(Jung, Kim, & Kim, 2015; Won, & Lee, 2016). 따라서 이 기능으로 인해 의사교환의 지표 중 설계과정의 인지가 우선적으로 활성화될 가능성이 높다. 하지만, 설계과정인지이외의 어떤 지표가 BIM사용에서

Table 1. Communication and socio-psychological factors

Communication	Interpersonal design process management	Complementedness
1. Perceiving design results	1. Managing design processes	1. Understanding partners' expertise
2. Understanding partners' design intention	2. Managing collaboration schedule	2. Comradeship
3. Proposing and converging opinions		

구체적으로 활성화되고, 그렇지 않은지는 기존연구만으로는 추론하기 어렵다. 따라서, BIM협업의 본질적인 특성과 연관이 있는 설계과정인지를 기준으로 하여 다른 지표와의 대응비교를 실시한다. 가설추론과정에서 지표간의 활성화관계를 추론하기 어려우므로 우선 영가설(null-hypothesis)로 설정하고, 지표를 Table 1과 같이 분류한다.

- 가설1: BIM기반의 어셈블링 협업에서 협업자간의 의사교환 지표, 상호설계관리지표, 상호보완성지표는 통계적으로 유의한 차이가 없을 것이다.
- 가설2: BIM기반의 어셈블링 협업에서 의사교환지표 중 설계과정인지, 설계의도의 이해, 의견제시와 수렴에 관한 측정치는 통계적으로 유의한 차이가 없을 것이다.
- 가설3: BIM기반의 어셈블링 협업에서 의사교환지표 중 설계과정인지와 상호설계관리지표인 설계과정관리, 협업일정관리에 관한 측정치는 통계적으로 유의한 차이가 없을 것이다.
- 가설4: BIM기반의 어셈블링 협업에서 의사교환지표 중 설계과정인지와 상호보완성지표인 협업자의 전문성이해, 상호신뢰성 형성에 관한 측정치는 통계적으로 유의한 차이가 없을 것이다.

4. 연구방법

4.1 데이터 수집

본 연구의 데이터 수집은 BIM설계와 시공 과목의 증개축 설계 프로젝트를 통해 이루어졌다. 해당과목에서 참가학생들은 Autodesk Revit의 협업기능을 사용하였으며, BIM협업에서 사용되는 중앙파일(central file)에 각자 분담하여 작업한 결과물을 업로드(synchronize)하는 어셈블링 형식의 협업을 수행하였다. 이 기능을 통하여 수정이 필요한 영역을 지정하고, 다른 협업참가자에게 설계수정을 의뢰할 수 있다. 또한, 수정 후에는 수정사항과 수정작업을 수행한 참여자의 정보가 의미적 속성에 추가되어 변경부분을 확인할 수 있다.

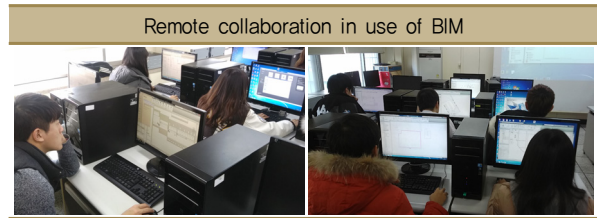


Figure 1. BIM-based remote collaboration

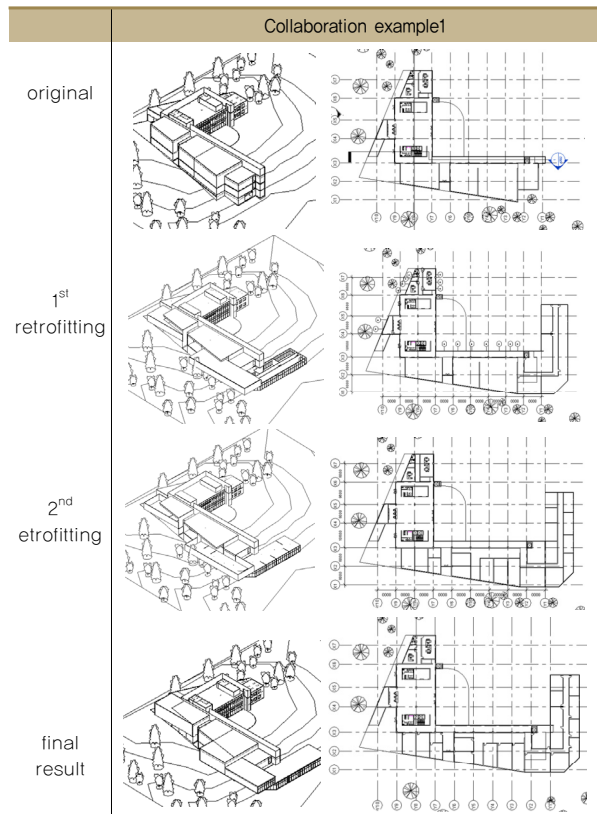


Figure 2. A sample of BIM-based collaboration in retrofitting a building

참가학생은 총 36명이며 국내 1대학의 건축설계전공 4,5학년 학생들이다. 3명의 학생들은 팀을 이루어 다른 참여자들이 미리 설계한 BIM모델의 일부를 서 개선하였다(Fig. 1). 증개축의 범위는 2층 범위내의 입면으로 한정하였고, 반드시 벽, 바닥, 개구부, 구조를 수선하게 하였다. 프로젝트 대상은 공동주택과 중규모이상 상업시설로서, BIM을 사용하여 증개축협업설계를 진행하기에 타당한 규모이다. 학생들은 3주간 원격으로 본 협업설계를 수행하였다(Fig. 2, 3). 참가학생들은 각자 작업을 분담하고, 네트워크로 결과물을 조합 후, 같은 장소에서 만나서 의사교환내용을 확인하고 협업내용을 결정하는 과정을 거쳤다. 또한, 프로젝트 진행 중 공동으로 설계과정과 협업일정을 관리하도록 하였다.

과제종료 후 학생들은 설문지를 통하여 BIM기반의 협업에서 자신들이 경험한 의사교환지표(설계결과물인지, 협업자의 설계

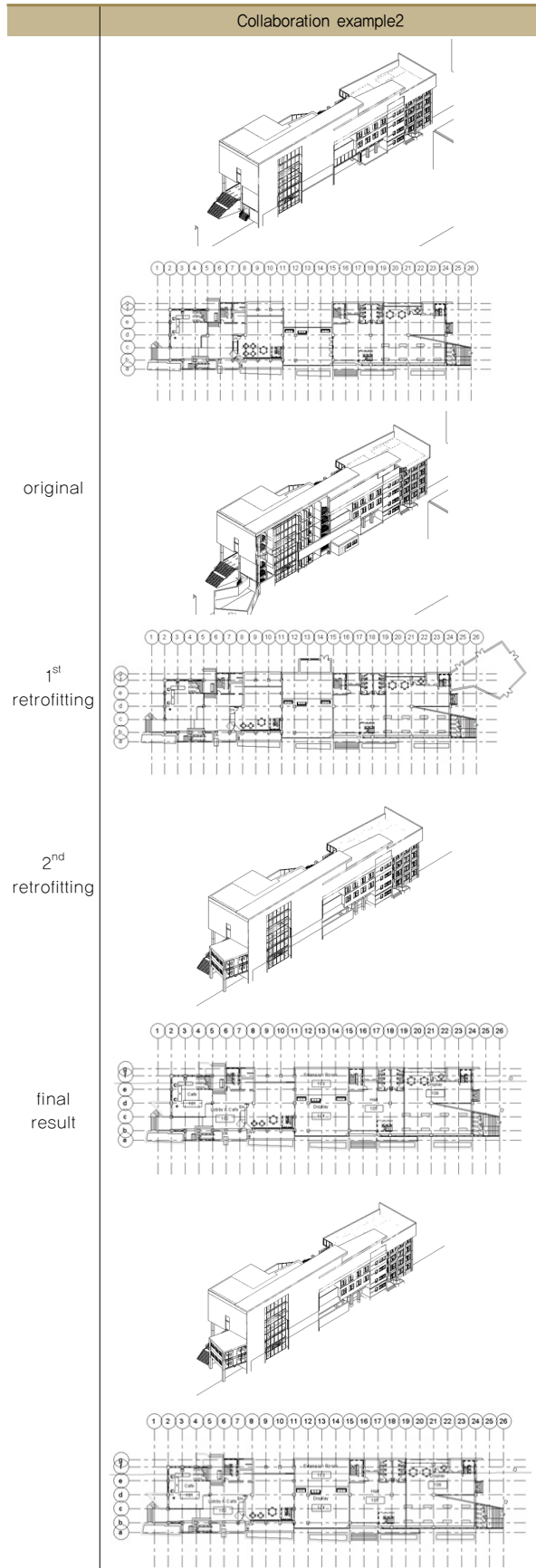


Figure 3. A sample of BIM-based collaboration in retrofitting a building

의도에 관한 이해 의견수렴, 상호설계과정관리지표(설계과정 관리, 협업일정관리), 상호보완성지표(협업자의 강점과 전문성에 관한 이해, 신뢰감 형성)를 수치적으로 기입하였다. 정량적인 분석을 위해 7단계의 리커트 척도(1=매우 비효율적이다, 7=매우 효율적이다)가 사용되었다.

또한 인터뷰 형식의 질문을 통해 학생들은 BIM도구를 사용하였을 때 자신들이 경험한 의사교환, 상호협업관리, 상호보완적 관계형성에 관한 내용과 BIM 사용과정 등을 기술하였다.

이 연구방법은 비교실험환경의 조성이 어려운 실제사례를 토대로 한 지표분석(authentic case-focused factor analysis)이다. 이 방법은 참가자의 실제경험을 토대로 효과를 측정하므로 통제실험(lab experiment)에 비하여 실무적 타당성(ecological validity)이 높은 방법으로, 기존 BIM연구에서는 실제 수행된 중장기 설계프로젝트를 주로 분석하였다(Neff, Fiore-Silfvast, Dossick, 2010; Won, & Lee, 2016).

4.2 데이터 분석

본 연구의 데이터는 SPSS(Statistical Package for the Social Science)의 대응표본 t-검정(paired sample t-test)을 통해 분석되었다. 이 통계적 기법을 통해 설계의사교환지표(설계결과물인지, 협업자의 설계의도에 관한 이해, 의견제시 및 수렴, 상호협업관리(설계과정관리, 협업일정관리), 상호보완관계형성(협업자의 강점 및 전문성에 관한 이해, 신뢰감 형성)에 관한 지표를 각각 대응하여 비교한 후, 두 비교지표간의 평균차이가 우연히 발생하였을 확률이 5%(p-value<0.05)이내 일 경우에 통계적 유의성이 있다고 판정하였다. 통계적 분석 후, 인터뷰내용과 기존 BIM연구결과를 고찰하여, 분석내용의 원인을 추정하였다.

SPSS의 신뢰도 분석(reliability analysis)을 통하여 협업참가자의 답변 및 측정지표 사이의 일관성과 검토하였으며, 설계의사교환, 상호설계관리, 상호보완성 지표간의 신뢰도 분석에서 내적 일치도(Cronbach's Alpha)는 0.72 ($\alpha>0.6$)로 측정지표에 관한 참가자의 답변은 일관성을 가지고 있다고 판단할 수 있다.

5. 결과분석

5.1 통계적 분석

대응표본 t-검정분석에서 협업자간의 의사교환지표, 상호협업관리지표, 상호보완성지표 간의 평균 M(표준편차 SD)는 각각 4.54(1.11), 4.19(0.97), 4.28(1.13)으로, 각 지표사이에는 통계적으로 유의한 차이가 없다(Table 2). 구체적인 대응분석결과는 의사교환지표와 상호협업관리지표의 비교에서 $t(35)=1.902$, $p>0.05$, 의사교환지표와 상호보완성지표의 분석에서 $t(35)=1.26$, $p>0.05$, 상호협업관리지표와 상호보완성지표의 분석에서 $t(35)=-0.49$, $p>0.05$ 이다. 따라서, 가설 1을 다음과 같이 수용한다.

Table 2. Factor comparison (communication, interpersonal design process management, complementedness)

Paired factors	M (SD)	Mean difference	P
Communication, Interpersonal management in collaboration (n=36)	4,54(1,11), 4,19(0,97)	0,34	0,07
Communication, Complementedness (n=36)	4,54(1,11), 4,28(1,13)	0,26	0,21
Interpersonal management in collaboration, Complementedness (n=36)	4,54(1,11), 4,19(0,97)	-0,08	0,63

- 결과1: BIM기반의 어셈블링 협업에서 협업자간의 의사교환 지표, 상호설계과정관리지표, 상호보완성지표는 통계적으로 유의한 차이가 없다.

세부적으로, 의사교환지표 중 설계결과물인지, 협업자의 설계의도에 관한 이해, 의견제안과 수렴에 관한 측정평균 M(표준편차 SD)은 각각 5.14(1.36), 4.44(1.42), 4.03(1.50)으로, 구체적인 대응평가에서 설계결과물의 인지 측정치가 협업자의 설계의도이해에 관한 측정치보다 통계적으로 유의하게 높았다 ($t(35)=2.873, p<0.05$). 또한 설계결과물의 인지에 관한 측정치 역시 의견제시 및 수렴에 관한 측정치보다 통계적으로 유의하게 높았다($t(35)=3.914, p<0.05$). 협업자의 설계의도이해와 의견제시 및 수렴에 관한 측정치는 통계적으로 유의한 우열관계를 보이지 않았다($t(35)=1.688, p>0.05$). 구체적인 통계적 수치는 Table 3 과 같으며, 영가설2을 다음과 같은 결과로 수정한다.

Table 3. Factor comparison (communication-perceiving design results)

Paired factors	M (SD)	Mean difference	P
Perceiving design results, Understanding partners' design intention (n=36)	5,14(1,36), 4,44(1,42)	0,69	0,00
Perceiving design results, Proposing and converging opinions (n=36)	5,14(1,36), 4,03(1,42)	1,11	0,00
Understanding partners' design intention, Proposing and converging opinions (n=36)	4,44(1,42), 4,03(1,42)	0,41	0,10

Table 4. Factor comparison (interpersonal design process management-perceiving design results)

Paired factors	M (SD)	Mean difference	P
Managing design process, Managing collaboration schedule (n=36)	4,03(1,44), 4,36(1,22)	-0,33	0,29
Perceiving design results, Managing design process (n=36)	5,14(1,36), 4,03(1,44)	1,11	0,00
Perceiving design results, Managing collaboration schedule (n=36)	5,14(1,36), 4,36(1,22)	0,78	0,01

- 결과2: BIM기반의 어셈블링 협업에서 의사교환지표 중 설계과정인지는 설계의도의 이해, 의견제시와 수렴에 관한 기제보다 유의하게 활성화된다. 하지만, 설계의도의 이해와 의견제시와 수렴에 관한 측정값 간에는 통계적으로 유의한 차이가 없다.

또한, 상호협업관리지표인 설계과정관리 와 협업일정관리에 관한 측정치의 평균M(표준편차SD)은 각각 4.03(1.44), 4.36(1.22)이며, 두 측정값은 유의한 우열관계를 보이지 않았다 ($t(35)=-1.08, p>0.05$). 하지만 의사교환지표인 설계과정인지와의 대응비교에서, 설계과정인지에 비하여 설계과정관리와 협업일정관리에 관한 측정치는 유의하게 낮았다 (각각 $t(35)=3.77, p<0.05, t(35)=2.76, p<0.05$). 통계적인 수치는 Table 4와 같으며, 영가설 3을 다음과 같은 결과로 정리한다.

- 결과3: BIM기반의 어셈블링 협업에서 상호설계과정관리지표(설계과정관리, 협업일정관리)간의 유의한 우열차이는 분석되지 않았다. 하지만, BIM협업에서 의사교환지표인 설계과정인지는 상기 두 개의 상호설계과정관리지표에 비해 유의하게 활성화된다.

상호보완성지표인 협업자의 강점 및 전문성이해, 상호신뢰성형성에 관한 평균 M(표준편차 SD)은 각각 4.19(1.56), 4.36(1.33)으로 두 측정치 간의 유의한 우열관계는 분석되지 않았다 ($t(35)=-0.55, p>0.05$). 하지만 의사교환지표인 설계과정인지와의 비교에서, 협업자의 전문성이해와 상호신뢰성형성에 관한 측정치는 유의하게 낮은 결과를 보였다(각각 $t(35)=2.84, p<0.05, t(35)=2.84, p<0.05$). 구체적인 통계적 수치는 Table 5 와 같으며, 영가설 4를 다음과 같은 결과로 정정한다.

Table 5. Factor comparison (complementedness-perceiving design results)

Paired factors	M (SD)	Mean difference	P
Understanding partners' expertise, Comradeship (n=36)	4.19(1,56), 4.36(1,33)	-0.17	0.59
Perceiving design results, Understanding partners' expertise (n=36)	5.14(1,36), 4.19(1,56)	0.94	0.01
Perceiving design results, Comradeship (n=36)	5.14(1,36), 4.36(1,33)	0.78	0.01

- 결과4: BIM기반의 어셈블링 협업에서 상호보완성지표(협업자의 전문성이해, 상호신뢰성형성)간의 유의한 우열차이는 분석되지 않았다. 하지만, BIM협업에서 의사교환지표인 설계과정인지는 상기 두 개의 상호보완성지표에 비해 유의하게 활성화된다.

5.2 통계분석결과에 관한 해석

통계적인 분석에서 BIM협업도구를 사용할 경우 설계결과물 인지에 관한 지표가 다른 모든 지표들에 비하여 유의하게 활성화가 된다는 결과가 나타났다. 인터뷰에서도 15명(41%)의 참가학생들이 BIM협업에서 설계수정전후의 상황을 파악하기가 용이했으며, 협업자가 직접 설명하지 않아도 증개축이 진행되었는지 확인하면서 진행 할 수 있었다고 명시적으로 기술하였다.

BIM 모델의 의미적 속성에 형태를 수정한 참가자의 정보를 추가할 수 있고, 수정내용의 전후를 기록하는 기능이 이 효과의 원인으로 추정된다. 이 기술적인 측면에 관하여 참가학생들의 '수정한 부분이 하이라이트'되었고, '평면시트를 수정전후로 나누어 변경부분을 파악'할 수 있었으며, '협업자의 명단'을 확인할 수 있었다고 기술하였다.

기존연구에서 Won, & Lee(2016)는 BIM모델의 사용이 건축주와 참여자들의 정확한 의사교환을 도왔고, 이를 통해 건축설계와 시공진행의 오차를 줄일 수 있었다고 보고하였다. 이 연구는 그 원인을 정확하게 규명하지는 않았지만, 본 연구의 결과와 마찬가지로 BIM의 의미적 속성이 협업자의 설계활동에 관한 명시적인 정보를 포함 및 기록할 수 있고, 이에 따라 협업자들은 설계결과물을 오역없이 인지할 수 있었기 때문으로 추정된다.

하지만, 설계결과물인지의 유의한 활성화에도 불구하고, 협업자의 설계의도를 이해하고, 의견을 제시하고 수렴하는 기제는 설계결과물인지 만큼 활성화되지 않았다. 특히, 의견을 제시하고 수렴하는 행동과 설계과정을 상호적으로 관리하는 기제는

산술적 평균에서 지표 중 가장 낮게 나타났다.

이는 기존연구에서도 간접적으로 기술된 현상으로, Won, & Lee (2016)는 이를 잦은 설계변경을 그 원인으로 주목하였고, 협업자간의 능동적인 참여와 같은 조직운영이 그 해법이라고 주장하였다. 하지만, 잦은 설계변경은 설계 및 시공과정의 질적인 향상을 위해 필연적인 현상으로, 오히려 본 연구는 이러한 결과가 BIM기반의 어셈블링 협업의 근본적인 한계(inherent limits) 에 의해 발생하였다고 해석한다.

참가학생들의 인터뷰에 따르면, 설계안의 중요부분을 협업자들이 의도와 다르게 수정하였을 경우, 다시 원안으로 되돌리는데 시간이 소모되었고, 수정이 상당히 진행되었을 경우에는 의견제시와 수렴에 부담을 가진 것으로 추정된다. BIM기반의 어셈블링 협업에서 참가학생들은 협업자의 설계과정을 직접 시각적으로 공유하거나, 경험할 수 없었고, 실제 수정작업이 실시간으로 이루어져도, 결과물이 취합된 후 협업자의 수정내용을 확인할 수 있었다. 따라서, BIM기반의 어셈블링 협업에서 참가자들은 의견을 제시하고 수렴하는 적기를 판단하기 어려웠으며, 설계과정의 직접 관찰이 어려우므로 설계과정을 상호적으로 관리하는 기제 역시 취약할 수 있다. 이러한 결과는 사회심리학연구를 통해서도 추정할 수 있는데, Paulus, Brown, & Ortega(1999)는 발언시간의 지연과 인지부하 등으로 의견을 제시하는 시기를 놓치면, 직원들은 의견제시를 포기하거나, 의견수렴에 소극적인 태도를 취한다고 보고하였다. 이는 결과적으로 협업결과물의 질을 저하한다고 주장하였다.

마지막으로, 상호보완성에 관한 지표들은 설계결과물인지에 비해 유의하게 활성화되지는 않았지만, 일부 참가학생들은 BIM 협업에서 형태와 의미적 속성의 명시적인 재현(explicit representation)이 가능하였고, 이를 통해 다른 협업자의 설계특성과 전문성을 판단하고 이해하는데 도움이 되었다고 보고하였다. 또한 다른 참여학생들에 관한 신뢰감이 형성되는 기제는 BIM의 재현물을 통하여 개구부, 진입부 등과 관련한 기능적인 부분의 성능을 높이는 과정과 연관이 추정되지만, 통계적인 유의성을 확인하기 위한 추후 연구가 필요하다.

6. 결론 및 제언

본 연구는 BIM기반의 어셈블링 협업이 건축설계협업의 사회심리학적 기제인 설계의사교환, 상호설계과정관리, 상호보완성 등에 미치는 효과와 한계를 실증을 통해 분석하였다. 본 연구를 통해 발견한 새로운 사실은 아래와 같다.

첫째, BIM기반의 어셈블링 협업에서 협업자들이 수정한 결과물의 인지가 유의하게 활성화된다. 이는 BIM모델의 형태와 그 의미적 속성이 협업자 사이에 명시적으로 공유되기 때문이며,

수정전후의 확인과 수정자의 정보확인도 그 이유 중 하나로 추정된다. 또한, 설계결과물에 관한 인지는 협업일정을 관리하거나, 협업자의 전문성을 평가하는 기체에 연관이 있는 것으로 해석된다.

둘째, 하지만, BIM기반의 어셈블링 협업에서 설계결과물의 인지가 활성화됨에도 불구하고, 의견제시와 수렴, 상호설계과정관리와 같은 사회심리학적 기체에서는 유의한 효과가 확인되지 않았다. 그 이유 중 하나는 BIM기반의 협업에서 설계 및 수정 과정이 취합이전에는 가시화되거나 공유되기 어렵기 때문으로 추정되며, 이는 BIM협업도구개발에서 보완이 필요한 부분으로 여겨진다.

본 연구의 결과를 통해 향후 BIM협업시스템개발의 방향을 고찰하면, BIM시스템에서 설계결과물뿐만 아니라 설계와 수정 과정이 공유될 필요가 있다. 기술적으로는 협업자의 행동을 재현하여, 설계를 진행하는 행동과 장소를 명시적으로 공유하거나 (Hong et al. 2015), BIM모델의 의미적 속성이 설계과정에 관한 중요 의사결정과정을 기록하여, 데이터베이스로 만들고, 이를 다른 협업자와 공유하는 방법(Kalay, 1997; Jung, Kim, & Kim, 2015) 등이 제안될 수 있다.

본 연구에서 참여학생이 동일전공의 학생이므로 다분야 전공에서 관찰되는 상호보완성 지표를 정밀하게 분석하기에는 한계가 있다. 또한, BIM협업과 다른 협업도구를 비교하여 그 효과와 한계를 체계적으로 검증하기보다는, 실제교육현장에서 BIM협업도구를 사용하였을 때 측정된 지표의 활성화 관계분석에 연구의 중점을 두었다. 따라서, 향후 연구에서는 BIM기반의 어셈블링 협업과 온라인 다중 사용자 가상환경 등의 의견수렴과정을 체험할 수 있는 협업도구를 비교하여, 본 연구의 타당성을 검증할 필요가 있다.

감사의 글

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2016R1C1B2011274)과 중견연구사업(No.2016R1D1A1B01012688)임. 이 논문은 2016년도 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었음(INHA-53346-1). 또한, 2016년 2학기에 인하대학교 건축학과에서 개설된 ‘BIM설계 및 시공’을 지도한 Flexscale Architects의 조정희 소장님과 36명의 참여학생에게 깊은 감사를 전함.

References

Cuff, D. (1992). *Architecture: The Story of a Practice*, The MIT Press.

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..

Fernie, J. (2006). *Two Minds: Artists and Architects in Collaboration* Black Dog Publishing.

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.

Isikdag, U., Underwood, J. (2010). Two design patterns for facilitating Building Information Model-based synchronous collaboration, *Automation in Construction*, Vol. 19, pp. 544~553.

John, Steiner, V. (2000). *Creative Collaboration*, Oxford University Press.

Jung, J. H., Kim, J. M., Kim, S. A. (2015). A Basic Study on the Extension of Design Information to Improve Interoperability in BIM-based Collaborative Design Process. *KIBIM Magazine*, Vol. 5, No. 1, pp. 25~34.

Kalay, Y. E. (2004). *Architecture's New Media: Principles, Theories, and Methods of Computer-aided Design*, Cambridge, MA: MIT Press.

Kalay, Y. E. (2001). Enhancing multi-disciplinary collaboration through semantically rich representation, *Automation in Construction*, Vol. 10, pp. 741~755.

Kalay, Y. E. (1997). P3: An Integrated Environment to Support Design Collaboration. *ACADIA' 97*, pp. 191~205.

Lee, G. H., Kim, J. H., Kim, J. J. (2012). A Study of Collaboration in BIM based Architecture Schematic Design Process. *KIBIM Conference 2012*, pp.83~84.

Miettinen, R., Paavola, S. (2014). Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. *Automation in Construction*, Vol. 43, pp. 84~91.

Neff, G., Fiore, Silfvast, B., Dossick, C. S. (2010). A case study of the failure of digital communication to cross knowledge boundaries in virtual construction, *Inf. Commun. Soc.*, Vol. 13 No. 4, pp. 556~573.

Oh, M. H., Lee, J. W., Hong, S. W., Jeong, Y. W. (2015). *Integrated System for BIM-based Collaborative Design*.

- Journal 44 of KIBIM Vol,7, No.1 (2017).
- Automation in Construction, Vol. 58, pp. 196~206.
- Paulus, P. B., Brown, V., Ortega, A. H. (1999). Group Creativity. In R.E. Purser, A. Montuori,(Eds.), Social Creativity Volume II (pp. 151–173), New York: Hampton Press.
- Schrage M. (1995). No More Teams! Mastering The Dynamics of Creative Collaboration, Doubleday, NY.
- Singh, V., Gu, N., Wang X. (2011). A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform, Automation in Construction, Vol. 20, pp. 134~144.
- Won, J., Lee, G. (2016). How to tell if a BIM project is successful: A goal-driven approach, Automation in Construction, Vol. 69, pp. 34~43.