

BIM을 이용한 리모델링의 문제점 해결가능성 도출

Identifying Possible Opportunities of BIM for Remodeling Projects in the AEC Industry

손 용 석* 원 종 성**
Son, Yong-Suk Won, Jongsung

Abstract

This paper aims to identify potential opportunities of building information modeling (BIM) utilization for remodeling projects in the architect, engineering, and construction (AEC) industry. Various limitations related to processes, technologies, and policies in remodeling projects have been identified. BIM helps project participants improve the processes and technologies in the planning, design, and construction phases through using BIM uses, such as phase planning, 3D coordination, design review, quantity take-off. Through in-depth literature review, this paper concluded that BIM-based approaches can address eleven process- and seven technology-related limitations in remodeling projects. However, limitations due to lack of accumulated information and knowhow cannot be resolve by BIM implementation.

키워드 : BIM (building information modeling), 리모델링, 해결가능성
Keywords : building information modeling (BIM), Remodeling, opportunity

1. 서 론

1.1 연구의 목적

2020년 건축 리모델링 프로젝트 규모는 10.4조원으로 전체 건설 프로젝트의 약 7%로 예측된다(Yoon and Park, 2011). 서울시의 경우 2025년 공동주택의 91.9%가 리모델링 대상으로 예측된다(Bae et al., 2017). 그러나 상대적으로 낮은 생산성(Yeo et al., 2004), 관련 자료 부족(Kwon and Jeon, 2007; Woo, 2011) 등의 한계점으로 인하여 리모델링 프로젝트 활성화가 이루어지지 못하고 있다.

BIM (building information modeling)의 적용은 이러한 건축 리모델링 프로젝트의 한계점을 해결할 수 있다. BIM 이란 3D 모델을 기반으로 계획, 설계, 시공, 유지관리, 철거 단계를 포함한 건물 수명주기 동안 건물의 정보를 호환 및 재사용 가능한 방법으로 생성하고 통합 관리하는 프로세스이다(Lee, 2006). 하지만 리모델링 프로젝트에의 효율적인 BIM 도입 관련 연구는 제한적이었다.

본 연구에서는 다양한 BIM 기능을 이용하여 리모델링 프로젝트의 한계점의 해결 가능성을 도출하고자 한다. 다양한 BIM 활용 방법을 의미한다. 대표적인 BIM 기능은 기존 환경 3D 모델링, 물량산출 및 견적, 프로젝트 단계별 계획, 공간계획, 현장분석, 설계검토, BIM 모델 생성, BIM

조율, 가시성 설치 계획, 단위 시스템 설계, 건물 부재의 배치계획, 준공 모델 생성, 공간 관리 및 추적, 엔지니어링 분석 등이다. 예를 들면, 리모델링 시공 전에 건축물 내의 특정 공간의 정보에 대한 3D 모델을 생성하여 기존 조건문서의 정확성을 향상시키는 것이 가능하다. 또한 건축물의 3D 모델을 기반으로 시공순서, 공간의 요구 사항, 간섭 등을 파악하여 생산성 저하, 불명확한 책임 범위 등의 리모델링 문제점을 해결할 수 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 구성은 다음과 같다. 먼저, 기존문헌고찰을 통해 건축 리모델링 프로젝트 계획, 설계, 시공단계에서 발견되는 한계점을 도출했다. 도출된 리모델링 프로젝트의 한계점을 특성에 따라 프로세스, 기술, 정책으로 분류했다. 구분된 프로세스, 기술, 정책의 한계점을 유사성 및 발생원인을 기준으로 7개의 리모델링 프로젝트 수행 한계점 그룹으로 분류하였다. 분류된 문제점 그룹과 BIM 기능의 효과를 비교, 분석, 매핑함으로써 BIM 적용을 통한 리모델링 프로젝트의 한계점 해결 가능성을 도출하였다.

2. 기존 문헌고찰

리모델링 프로젝트의 효율적인 수행을 위한 BIM 적용 방안에 대한 몇몇 연구가 수행되었다. Kim and Lee (2017)는 설계 단계 내 BIM 응용기술의 적용 가능 분야 파악 및 지속적인 활용방법을 제시했다. Shin and Lee (2016)는 리

* 대우건설(전 한국교통대학교 연구원)
** 한국교통대학교 건축학부 건축공학전공 조교수(교신저자, jwon@ut.ac.kr)

모델링 초기 단계부터 BIM 기술을 적용해 단기간에 최적의 설계안을 도출하기 위한 분석방법의 방향성을 제시했다. Kang (2015)은 선행연구 분석을 통해 기존 리모델링 프로세스 및 문제점을 도출하고 리모델링에의 BIM을 도입 가능성을 분석하였다. 하지만 아직까지 리모델링 프로젝트 전반에의 BIM 도입 가능성에 대한 분석과 적용 방안에 대한 연구는 부족했다.

3. 리모델링 프로젝트 관리의 문제점 도출

기존문헌고찰을 통하여 97개의 리모델링 프로젝트 관리의 한계점을 도출했다. 리모델링 프로젝트 관리의 한계점은 특성에 따라 프로세스, 기술, 정책 관련 문제점으로 분류했다. 프로세스는 시간과 장소에 걸쳐 식별된 입력과 출력을 가진 작업 활동의 특정한 순서를 의미하고, 기술은 기계들을 포함하는 작업에 과학적 지식을 적용한 것을 의미한다. 정책은 의사결정 지침을 제공하기 위한 규칙으로 정의한다. 본 연구에서 도출된 프로세스 관련 리모델링 프로젝트 관리의 한계점은 14개이다(Table 1). 14개의 문제점은 발생원인을 기준으로 5개의 리모델링 문제점 그룹으로 분류했다(G1, G2, G3, G4, G7).

Table 1. Process-related challenges in remodeling projects

No.	Challenges	Group	Author (Year)
PR1	Congested working spaces on sites of remodeling projects	G1	Yeo (2014)
PR2	Construction and demolition works in operation of buildings	G1	Kwon and Jeon (2007), Woo (2011)
PR3	Lack of experts in remodeling projects	G2	Yeo (2014)
PR4	Lack of relevant data for remodeling projects	G2	Han, Cha, and Lee (2009)
PR5	Lack of knowhow for remodeling projects	G2	Lee and Cha (2016)
PR6	Inconsistent information between as-built drawings and real situation	G3	Kang, Hwang, and Kim (2008), Hwang and Kim (2008)
PR7	Uncertainty of work scopes and conditions on sites	G3	Kim, Kim, and Yang (2003), Lee and Cha (2016), Cha et al. (2008)
PR8	Durability differences between existing structure components	G3	Kim, Choi, and Jung (2010), Lee et al. (2002)
PR9	Difficulty of management and reviews due to relatively short construction period of remodeling projects	G4	Yeo et al. (2004)
PR10	Lack of information exchange among owners, engineers, and designers	G4	Seo, Kim, and Hyun (2001), Yoon and Yu (2017), Lee and Cha (2016)
PR11	Project execution based on experience and intuition without systematic processes	G7	Lim, Kim, and Jung (2001), Cha et al. (2008)
PR12	Non-consideration of demolition processes in remodeling projects	G7	Yeo et al. (2004)
PR13	Difficulty of rearranging spaces in buildings due to characteristics of wall-type structures and heating systems	G7	Kim et al. (2013), Lee (2014)
PR14	Lack of safety management since owners focus on economical perspectives	G7	Yang, Yoon, and Jung (2012), Lee et al. (2002)

본 연구에서 도출된 기술 관련 리모델링 프로젝트 관리의 한계점은 7개이다(Table 2). 기술 관련 한계점은 3개의 리모델링 문제점 그룹으로 재분류했다(G4, G5, G6). 사업 관리 시스템의 부재(G4)는 프로세스 관련 문제점과 기술 관련 문제점이 복합적으로 구성된다.

Table 2. Technology-related challenges in remodeling projects

No.	Challenges	Group	Author (Year)
TE1	Absence of management systems for remodeling projects	G4	Lee et al. (2002)
TE2	Higher levels of structural engineering in remodeling projects than those in normal projects	G5	Jeon et al. (2005), Ji, Lee, and Lim (2016)
TE3	Economic losses due to connection components damaged in disassembling structures	G5	Kang, Hwang, and Kim (2008), Lee et al. (2002), Lee et al. (2002)
TE4	Construction and schedule management without considering characteristics of remodeling projects	G6	Lim, Kim, and Jung (2001), Kim et al. (2007), Lee (2014)
TE5	Lack of R&D of construction methods for remodeling projects	G6	Lee et al. (2002)
TE6	Lack of R&D of construction equipment for remodeling projects	G6	Lim, Kim, and Jung (2001), Lee et al. (2002), Cha et al. (2008)
TE7	Lack of R&D of materials and components for remodeling projects	G6	Cha et al. (2008)

본 연구에서 도출된 정책 관련 리모델링 프로젝트 관리 한계점은 12개이다(Table 3). 하지만 정책에 대한 문제점은 주로 제도, 입주자의 의사소통의 미흡과 인식에 대한 내용으로 BIM을 이용하여 직접적인 해결이 어렵다. 따라서 BIM을 이용한 정책 관련 리모델링 프로젝트 관리 문제점 해결 가능성은 본 연구의 범위에서 제외하였다.

Table 3. Policy-related challenges in remodeling projects

No.	Challenges	Author (Year)
PO1	Financing difficulties for remodeling projects due to existing owners' burden of expenses	Seo, Kim, and Hyun (2001), Kim et al. (2005)
PO2	Difficulty of satisfying requirements as well as economic feasibility due to the larger number of participants in remodeling projects than that in new construction projects	Jung et al. (2005), Kim and Lee (2001), Lee et al. (2002), Kim, Kim, and Yang (2003)
PO3	Absence of standards for profit distribution obtained in remodeling projects	Kim et al. (2013)
PO4	Non-standardized construction estimate	Kim and Baek (2015), Nam (2013)
PO5	Inefficient management due to lack of authority of project managers' authority in remodeling projects	Kim and Lee (2001)
PO6	Negative perspectives of remodeling project rather than new construction and lack of public relations	Lee et al. (2002), Cha et al. (2008), Seo (2010)
PO7	Unclear obligation of defects occurred in remodeling projects	Kim, Kim, and Yang (2003)
PO8	Insufficient efforts of governments for improving legislations and regulations on remodeling projects	Lee et al. (2002), Han and Shin (2012), Lee (2014), Yoo (2017)
PO9	Excessive regulations on remodeling and extending existing buildings	Kim, Park, and Cho (2005), Seo (2010), Kim et al. (2013)

PO10	Lack of project delivery methods for remodeling projects	Yoon, Kim, and Baek (2003)
PO11	Lack of methods to improve economic values by remodeling buildings and to evaluate values earned from remodeled projects	Hwang and Song (2004), Lee (2005), Kim, Cho, and Kim (2016)
PO12	Insufficient maintenance management for remodeled buildings	Lee et al. (2002)

4. 활용 가능한 BIM 기능 도출

전세계의 BIM 가이드라인(BCA, 2012; buildingSMART, 2012; Canada BIM Council, 2012; Anumba et al., 2010; CRC for Construction Innovation, 2009; Malvar et al., 2015; Bloomberg et al., 2012; NIBS, 2012; Azhar, 2012)은 다양한 BIM 기능을 정의했다. 따라서 본 연구에서는 이를 분석함으로써 기반으로 21개의 BIM 기능을 도출했다 (Table 4).

BIM 기능은 프로젝트의 계획, 설계, 시공, 유지관리, 철거에 이르는 다양한 BIM 활용방안을 의미한다. 목적에 따라 여러 개의 BIM 기능을 사용하여 최적의 해결 방법을 제시한다. 예를 들면, 가상의 3D 모델 및 4D 모델을 기반으로 시공하는 과정에서 노무자 동선 및 공사 순서를 시뮬레이션하여 시공 전에 최적의 공사방법을 제시할 수 있다. 결과적으로 공사기간 단축 및 공사비 절감에 도움을 줄 수 있다.

5. 한계점 그룹과 BIM 기능의 매핑

프로세스(14개)와 기술(7개)과 관련한 리모델링 프로젝트 관리 문제점을 발생원인과 영향도에 따라 7개의 문제점 그룹으로 분류했다. 하나의 문제점의 그룹은 한 개 이상의 문제점을 포함한다. 즉, 프로세스, 기술 관련 문제점을 동시에 포함할 수 있다. 본 연구에서 도출한 7개의 문제점 그룹은 다음과 같다. (1) 건물이 운영되는 상태에서 공사의 진행과 작업 공간의 협소, (2) 충분히 축적되지 못한 자료와 전문 인력의 부재, (3) 준공도면의 보관 및 갱신 미흡과 공사 중 추가적으로 발견되는 노후화된 부위, (4) 짧은 리모델링 공사기간 및 사업 관리 시스템의 부재, (5) 높은 수준의 구조기술 및 해체기술이 필요, (6) 리모델링 관련 자재, 장비, 공법, 공정계획의 연구개발 미흡, and (7) 분류되지 않은 그 외 문제점.

7개의 리모델링 문제점 그룹은 기존 연구 고찰을 통하여 도출된 21개의 BIM 기능 중 해당 문제를 해결할 수 있는 BIM 기능과 매핑했다(Table 4). 매핑이란 기존연구고찰을 통하여 특정 리모델링 프로젝트 관리 문제점이 어떤 BIM 기능을 활용할 때 해결이 가능한가를 도출하는 과정이다. BIM 기능을 활용한 문제점의 해결 가능성과 도입효과는 전세계에서 가장 널리 활용되고 있는 펜실베이니아 대학교의 BIM 수행계획서(Anumba et al., 2010)에서 정의한 내용을 기반으로 했다. 심도 있는 기존문헌고찰에 기반한 매핑 과정을 통해 7개의 문제점 그룹 중에 6개가 해결 가능한 것으로 분석되었다.

Table 4. BIM use list

No	BIM use	Phase					Mapped challenge group
		Planning	Design	Construction	Operation	Demolition	
1	Existing conditions modeling	0	0	0	0	0	G3, G5, G6
2	Quantity takeoff	0	0	0	0	0	G3, G4, G7
3	Phase planning	0	0	0		0	G1, G4, G5, G6, G7
4	Programming	0	0				G4
5	Site analysis	0	0			0	G3, G4, G5, G6, G7
6	Design review	0	0				G4, G5, G7
7	Design authoring		0				G4, G7
8	Sustainability evaluation		0				
9	Code validation		0				
10	3D coordination		0	0			G1, G4, G5, G6
11	3D control and planning			0		0	G1, G4, G5, G6, G7
12	Construction system design			0		0	G7
13	Digital fabrication			0			
14	Site utilization planning			0			G4, G6, G7
15	Record modeling			0	0	0	G1, G3, G4
16	Building maintenance scheduling				0		
17	Building systems analysis				0		
18	Asset management				0		
19	Disaster management				0		
20	Space management and tracking				0		G1
21	Engineering analysis		0				G5, G7

5.1 현장 내 작업 공간 확보의 어려움

리모델링 프로젝트의 경우 작업 공간이 협소하여 신축 공사보다 낮은 노동생산성을 보이며(PR1), 건물이 운영 중인 상태에서 공사를 진행한다는(PR2) 어려움이 있다. 결과적으로 공사비 또는 공사기간이 증가한다. 이러한 문제점은 프로젝트 단계별 계획, BIM 조율, 가시설 설치계획, 준공모델 생성, 공간 관리 및 추적의 BIM 기능을 사용하여 해결이 가능하다. 방법으로는 시공 과정에서의 노무자 동선 및 공사 순서를 가상의 공간에서 시뮬레이션함으로써 실제 현장의 노동생산성의 저하를 최소화할 수 있다.

5.2 프로젝트 초기에 확인이 어려운 불확실한 현장조건

리모델링 프로젝트는 불확실한 현장 조건(PR6, PR7)으로 공사 중 추가적인 작업이 수행(PR8)되는 경우가 다수 발생하여 현장 조건에 따른 공사비의 계산이 어렵다. 이러한 문제점은 기존 환경 3D 모델링, 물량산출 및 견적, 현장분석, 준공 모델 생성의 BIM 기능을 사용하여 해결이 가능하다. 방법으로는 3D 모델에 정확한 정보를 기입하여 기존 문서의 정확성을 향상시키고, 추가적인 공사에 대하여 정확한 물량산출을 수행함으로써 기존의 예산이 초과되는 상황을 피할 수 있다. 또한 향후 정확한 물량산출에 기반하여 설계를 조율함으로써 효율적인 리모델링 프로젝트의 진행이 가능하다.

5.3 제한적인 공사기간으로 인한 정보 교류 및 관리의 어려움

리모델링 프로젝트의 공사기간은 신축 공사에 비하여 상대적으로 짧고, 감리 감독(PR9) 및 정보교류(PR10), 관리 방법이 미흡(TE1)하여 효율적인 프로젝트 관리에 어려움이 있다. 이러한 문제점은 BIM 기반 물량산출 및 견적, 프로젝트 단계별 계획, 공간계획, 현장분석, 설계검토, BIM 모델 생성, BIM 조율, 가시설 설치 계획, 건물 부재의 배치계획, 준공모델 생성의 기능을 사용하여 해결이 가능하다. 생성된 3D 모델을 기반으로 프로젝트 관계자에게 설계를 보여주고, 공간 프로그램 평가, 레이아웃, 시선, 조명 등의 기준을 효율적으로 검토할 수 있다. 또한 시공 이전에 시공 순서 및 프로젝트 공간의 복잡성을 조정/조율함으로써 사전에 물리적인 간섭이나 동선의 간섭 등을 제거하여 감리, 감독 과정에 도움을 줄 수 있다.

5.4 상대적으로 높은 수준으로 요구되는 엔지니어링 기술

리모델링 공사는 일반공사에 비해 높은 수준의 구조기술이 필요하고(TE2), 기존 구조물 해체 시에 접합부위의 손상으로 인한 경제적 손실 발생 가능성이 있다(TE3). 이러한 문제점은 기존 환경 3D 모델링, 프로젝트 단계별 계획, 현장분석, 설계검토, BIM 조율, 가시설 설치 계획, 엔지니어링 분석의 BIM 기능을 사용하여 해결이 가능하다. 생성된 BIM 모델을 활용하여 문제가 발생할 수 있는 부분에 대한 시각화 및 조율을 함으로써 발생할 수 있는 문제는 사전에 제거할 수 있다. 또한 BIM 기반의 정확한 물량산출을 기반으로 철거비용의 예측 및 절감안 도출이 가능하다.

5.5 리모델링 프로젝트의 특성 미고려

리모델링 프로젝트는 일반공사 프로젝트와 달리 철거공정이 포함되기도 하며, 사용 중에 프로젝트가 진행되기도 한다. 이로 인하여 리모델링 공사의 특수성을 고려하지 않은 공정 및 시공계획(TE4)의 한계점이나 상대적으로 미흡한 관련 공법(TE5), 공사장비(TE6), 재료의 연구개발(TE7)의 한계점이 발생한다. 이는 BIM에 기반한 기존 환경 3D 모델링, 프로젝트 단계별 계획, 현장분석, BIM 조율, 가시설 설치계획, 건물 부재의 배치계획을 활용함으로써 해결이 가능하다. 활용 방안의 예는 다음과 같다. 생성된 BIM 모델에 시간까지 고려한 4D 모델에 기반하여 시공현장의 다양한 부재를 시간의 흐름에 따라 시각적으로 표현한다. 결과적으로 가상공간에서 시공 순서 및 공간의 복잡성을 조율함으로써 현장에서 적용할 수 있는 공정계획의 수립이 가능하다.

5.6 리모델링 프로젝트 수행을 위한 정보 및 노하우 부족

리모델링 공사 전문 인력의 부족(PR3), 제한적인 리모델링 공사 자료(PR4) 및 사업 수행 노하우의 부족(PR5)은 BIM을 사용하여 직접적으로 해결하기는 어렵다. 하지만 BIM을 사용하여 제한적인 자료를 보충하고 효율적인 공사 방법을 제시하는 등의 간접적인 도움을 주는 것이 가능하다.

5.7 그 외 문제점

본 연구에서는 서로 공통점이 부족하여 그룹화가 어려운 한계점은 그 외의 항목으로 분류하였다. 체계적인 프로세스 없이 경험과 직관에 의존한 프로젝트 수행(PR11), 넓은 범위의 철거 공정(PR12), 공간 변경의 어려움(PR13), 안전에 관한 사항 미고려(PR14)를 포함한다.

체계적인 프로세스 없이 경험과 직관에 의존한 프로젝트 수행의 한계(PR11)는 BIM 모델 기반의 물량산출 및 견적, 프로젝트 단계별 계획, 현장분석, 설계검토, 가시설 설치 계획, 단위 시스템 설계, 건물 부재의 배치계획의 기능을 사용하여 해결이 가능하다. BIM을 활용하여 효율적인 시공방법에 대해 다양한 옵션을 제시하고, 불필요한 작업을 제거하여 리모델링 공사가 체계적으로 진행되도록 도움을 준다. 넓은 범위의 철거 공정(PR12)의 한계점은 BIM 기반의 프로젝트 단계별 계획, 현장분석, 가시설 설치 계획, 건물 부재의 배치계획의 적용을 통하여 극복이 가능하다. 이러한 BIM 기능의 적용은 작업장의 생산성을 향상시키며, 비용 절감에 도움을 준다. 기존 건축물 내 공간 변경이 어려운 한계점(PR13)은 BIM 기반의 프로젝트 단계별 계획을 적용함으로써 효율적인 시공 순서에 대한 다양한 옵션과 해결책을 제시할 수 있다. 결과적으로 이는 공간 변경 가능성을 높일 수 있다. 안전에 관한 사항 미고려(PR14)의 문제점은 BIM 기반 프로젝트 단계별 계획, 현장분석, 가시설 설치 계획, 단위 시스템 설계, 엔지니어링 분석을 통하여 개선할 수 있다.

6. 결론

리모델링 프로젝트의 수는 증가하고 있지만 아직까지 리모델링 프로젝트 수행에 있어 다수의 한계점이 발견되고 있다. 본 연구에서는 이러한 한계점을 해결하기 위한 BIM 적용 가능성을 분석했다. 가능성 분석은 기존문헌고찰을 통하여 도출된 BIM 사용방법과 그 잠재적 가치를 기준으로 수행되었다.

본 연구에서는 기존 문헌고찰을 통하여 리모델링 프로젝트의 프로세스 관련한 14개의 한계점, 기술관련 7개, 정책관련 12개의 한계점을 도출했다. 정책 관련 문제점은 BIM을 활용한 해결이 어렵기 때문에 연구범위에서 제외하였다. 프로세스, 기술 관련 문제점의 해결을 위하여 활용 가능한 BIM 기능을 매핑함으로써 BIM을 이용한 리모델링 문제점 해결 가능성을 도출하였다.

매핑 결과, 리모델링 프로젝트의 정보 및 노하우 부족(G6)과 관련한 3개의 한계점을 제외하고는 BIM의 적용을 통하여 해결 가능할 것으로 분석되었다. 11개의 프로세스 관련 한계점과 7개의 기술 관련한 한계점이 BIM을 도입함으로써 해결 가능했다. BIM의 도입으로 해결 가능한 한계점 그룹은 다음과 같다. 현장 내 작업 공간 확보의 어려움(G1), 프로젝트 초기에 확인이 어려운 불확실한 현장조건(G2), 제한적인 공사기간으로 인한 정보 교류 및 관리의 어려움(G3), 상대적으로 높은 수준으로 요구되는 엔지니어링 기술(G4), 리모델링 프로젝트의 특성 미고려(G5) 등이

있었다. 해결이 어려운 한계점은 리모델링 공사 전문 인력의 부재(PR3), 제한적인 리모델링 공사 자료(PR4) 및 사업 수행 노하우의 부족(PR5)이었다.

본 연구에서는 심도 있는 기존문헌고찰을 통하여 BIM을 이용한 리모델링 프로젝트의 문제점 해결 가능성을 도출하였다. 하지만 연구 범위상 해결 가능성 도출에만 그치고 있으며, 문제 해결을 위한 BIM 기능의 활용 방안에 대한 연구는 아직 진행되지 않았다. 향후에 BIM을 활용하여 어떻게 리모델링 프로젝트의 한계점을 해결할 수 있는가에 대한 연구를 진행하고자 한다.

REFERENCES

1. C. Aumba, C. Dubler, S. Goodman, C. Kasprzek, R. Kreider, J. Messner, C. Salija, and N. Zikic. (2010). BIM Project Execution Planning Guide Version 2.0, USA
2. S. Azhar, M. Khalfan, and T. Maqsood. (2012). Building information modeling (BIM): now and beyond, Australasian Journal of Construction Economics and Building, 12(4), pp.16-28
3. B. Bae, K. Kim, D. Shin, and H. Cha. (2017). Improvement of calculating method of the officially assessed individual house price of aged apartment remodeling reflecting feasibility analysis, Korean Journal of Construction Engineering and Management, 18(6), pp.89-97.
4. BCA. (2012). Singapore BIM Guide, Building and Construction Authority, Singapore.
5. R. Bloomberg, J. Burney, and D. Resnick. (2012). BIM Guidelines, New York City, USA.
6. buildingSMART. (2012). Common BIM Requirements V1.0, USA.
7. Canada BIM Council. (2012) AEC (CAN) BIM Protocol, Canada
8. W. Cha, B. Lim, C. Shin, J. Lee, and J. Jeon. (2008). Availability evaluation system for remodeling of existing apartment houses, Korean Journal of Construction Engineering and Management, 9(5), pp.204-213.
9. J. Choi, J. Choi, and C. Park. (2016). Research on the representative types of aged apartments in the 1st-phase new town for remodeling, Journal of the Architectural Institute of Korea, 32(4), pp.33-40.
10. Georgia Tech. (2016). Georgia Tech BIM Requirements & Guidelines for Architects, Engineers and Contractors, USA.
11. J. Han, H. Cha, and D. Lee. (2009). A measure for standardization of old aged apartment remodeling through application of BIM, Korean Journal of Construction Engineering and Management, 10(3), pp.53-61.
12. J. Han and D. Shin. (2012). A study on the story increase for securing the feasibility of aged-housing remodeling, Korean Journal of Construction Engineering and Management, 13(3), pp.152-159.
13. K. Hwang and S. Song. (2004). The priority analysis of remodeling programs for improving the financial value of apartment, Journal of the Architectural Institute of Korea, 20(3), pp.211-218.
14. Y. Hwang and K. Kim. (2008). Development of a process model of environment-friendly demolition works for aged housing remodeling, Proceedings of the Conference of the Korea Institute of Construction and Engineering Management, pp.1-8.
15. N. Ji, C. Lee, and B. Lim. (2016). A comparative study of factors influencing living satisfaction between groups who prefer housing reconstruction and housing remodeling, Journal of the Korean Regional Development Association, 28(5), pp.71-88.
16. E. Jung, H. Jung, H. Lee, and S. Kim. (2005). A case study on the remodeling and repair/rehabilitation of the multi-owned buildings, Proceedings of the Conference of the Korea Institute of Building Construction, pp.219-222.
17. C. Kang (2015). Study on the improvement of a building remodeling process utilizing BIM, Master Thesis, Kongju University, South Korea
18. S. Kang, Y. Hwang, and K. Kim. (2008). A scheduling method of dismantling work considering specific condition of remodeling project - focused on old aged apartment house with wall-slab structure, Korean Journal of Construction Engineering and Management, 9(5), 104-15.
19. C. Kim, U. Kim, and G. Yang. (2003). The analysis of user demands on residential building remodelling, Journal of the Korea Institute of Building Construction, 3(1), 161-68.
20. D. Kim, Y. Choi, and G. Kim. (2010). A study on the agreement rate encouraging restriction factor of multi-family housing remodeling, Korean Journal of Construction Engineering and Management, 11(1), pp.122-129.
21. D. Kim, S. Jung, S. Choi, and D. Shon. (2001). Remodeling for multi-story restates as urban regeneration in Seoul, Seoul Development Institute, South Korea
22. H. Kim and J. Lee. (2017). The development of the manual about BIM-based approach and tool for supporting decision-making in the phase of remodeling project, Proceedings of the Conference of the Architectural Institute of Korea, pp.261-264.
23. J. Kim, K. Cho, and T. Kim. (2016). Real estate appraisal method for the remodeled office building - focusing of income capitalization method, Journal of the Architectural Institute of Korea, 32(7), pp.57-63.
24. J. Kim, Y. Park, and Y. Cho. (2005). Improvement plan for apartment remodeling, Proceedings of the Conference of Korea Institute of Building Construction, pp.133-136.
25. K. Kim and H. Baek. (2015). Comparative analysis between RSMMeans and standard estimating system for

- selective finish demolition in remodeling projects, Journal of the Architectural Institute of Korea, pp.73-80.
26. S. Kim, H. Kim, Y. Cho, and G. Park. (2007). A study on the proper remodelling method of apartment, Proceedings of the Conference of Korean Construction Engineering and Management, pp.203-206.
 27. W. Kim, H. Cha, D. Shin, and K. Kim. (2013). Profit/cost prediction model for economic feasibility assessment on aged-housing remodeling projects, Journal of the Architectural Institute of Korea, 29(4), pp.85-92.
 28. Y. Kim and C. Lee. (2001). Improvement scheme of system for apartment housing remodeling activity, Korean Journal of Construction Engineering and Management, 2(1), pp.57-67.
 29. W. Kwon and J. Jeon. (2007). Constitution of work process for apartment renovation project in design phase, Korean Journal of Construction Engineering and Management, 8(4), pp.167-175.
 30. D. Lee and H. Cha. (2016). A probabilistic risk-based cost estimation model for initial-stage decision making on apartment remodeling projects, Korean Journal of Construction Engineering and Management, 17(2), pp.70-79.
 31. G. Lee (2006). Key technologies for building information modeling (BIM), Proceedings of the Conference of Korea Institute of Construction and Engineering Management, pp.145-149
 32. G. Lee. (2014). Study of status and problems domestic apartment remodeling, Korea Institute of Building Construction, 14(2), pp.20-24.
 33. H. Lee, D. Kim, J. Kim, and N. Lim. (2002) A comparative research on the reconstruction and remodeling of low-rise dilapidated apartment buildings, Proceedings of the Conference of the Korea Institute of Building Construction, pp.75-80.
 34. J. Lee. (2005). Economic analysis and preference study on apartments according to business method, Journal of the Architectural Institute of Korea, 21(8), pp.137-144.
 35. T. Lee, G. Lim, C. Han, and S. Kim. (2002). The analysis of risk factors for apartment remodeling feasibility study, Korean Journal of Construction Engineering and Management, 3(4), pp.84-92.
 36. N. Lim, J. Kim, and S. Jung. (2001). The comparison and analysis of reconstruction and remodeling of the provincial and superannuated low stories apartment, Journal of the Architectural Institute of Korea, 17(11), pp.131-138.
 37. M. Malvar and V. Likhitrungsilp. (2015). A Framework of Utilizing BIM Uses for Construction Risk Management in Design-Build Projects, Proceedings of ICCBEI (International Conference on Civil and Building Engineering Informatics), pp.887-894.
 38. U. Nam. (2013). Improvement of systems of construction estimate in the demolition phase of remodeling projects, Master Thesis, Kangwon University, South Korea
 39. CRC for Construction Innovation. (2009). National Guidelines for Digital Modelling, Cooperative Research Centre for Construction Innovation, Australia.
 40. NIBS. (2012). National BIM Standard - United States Version 2: Chapter 5.2 Minimum BIM National Institute of Building Sciences, buildingSMART Alliance, USA
 41. J. Seo. (2010). Overview of recent ecological re-modeling and application in construction field according to work type, Master Thesis, Kangwon University, South Korea
 42. J. Seo, H. Kim, and C. Hyun. (2001). A study on the scheduling of the remodeling project – focused on the operating buildings, Journal of the Architectural Institute of Korea, 21(1), pp.417-420.
 43. J. Seo, Y. Kim, and C. Hyun. (2003). A study on the decision method between reconstruction and remodeling of the deteriorated apartment housing, Journal of the Architectural Institute of Korea, 19(1), pp.93-101.
 44. J. Shin and J. Lee. (2016). BIM-enabled analysis approach to design alternatives in design phase for remodeling project, Proceedings of the Conference of Korean Institute of Interior Design, pp.106-109.
 45. G. Yang, Y. Yoon, and D. Jung. (2012). Performance criteria to assess the remodeling feasibility of office buildings, Journal of the Korea Institute of Building Construction, 12(2), pp.142-151.
 46. J. Woo. (2011). Preliminary scheduling method for eco-friendly remodeling demolition work, Master Thesis, Aju University, South Korea
 47. U. Yeo, S. Seo, B. Lim. (2004). Improvement of construction management for building remodeling projects, Korean Journal of Construction Engineering and Management, 5(4), pp.122-129.
 48. D. Yoon, S. Kim, and J. Baek. (2003). A study on the optimal project process method for remodeling construction projects, Journal of the Architectural Institute of Korea, 19(1), pp.119-128.
 49. J. Yoon and I. Yu. (2017). A study on estimating normal project duration of apartment remodeling project, Korean Journal of Construction Engineering and Management, 18(2), pp.12-20.
 50. Y. Yoon and C. Park. (2011). Market trends of remodeling projects in AEC industry, Focus on construction issues, Construction and Economy Research Institute of Korea, South Korea.
 51. I. Yu. (2017). Status of policies for remodelling residential buildings, Proceedings of the Conference of Korean Construction Engineering and Management, pp.6-9