

건축 내부 마감 자동 상세화를 위한 규칙 기반 모듈 구축 방안에 관한 연구 - 바닥, 벽 및 천장을 중심으로 -

A Study on the Establishment of Rule-Based Modules for Automating the Design of Interior Finishes in Architectural Buildings

하대목¹⁾, 유영수²⁾, 구본상³⁾

Ha, Dae-Mok¹⁾ · Yu, Young-Su²⁾ · Koo, Bon-Sang³⁾

Received December 28, 2021; Received February 16, 2022 / Accepted March 04, 2022

ABSTRACT: BIM facilitates data transparency and consistency through three-dimensional parametric modeling and promotes the accurate managing and sharing of project information. In Korea, however, BIM-based detailed design of architectural interior finishes required during the Construction Documents phase increases the burden on architectural firms due to frequent design changes and manual workload. Therefore, the purpose of this study was to establish rule-based modules using parametric modeling that automates repetitive tasks that occur during the detailed design of interior finishing. Interviews with practitioners were conducted to analyze the major finishing elements. Of these floors, walls, and ceilings, which were the most rudimentary and common items, were selected as the subjects of the study. The modules developed in this study have two functions. One is to create new finish types, and the other is the automatic modeling of new types into rooms. For these functions, parameters that belonged to each finish and room element in a BIM model were analyzed and valid parameters directly used for parametric modeling were derived. Then, based on these parameters, rule-based modules for three elements, i.e., floors, walls, and ceilings were constructed with Revit Dynamo, and the effectiveness of the modules was verified with a pilot test. In conclusion, this study suggested a series of processes for automatic finishing to improve the efficiency of BIM-based architectural detailed design of finishes and to contribute in solving the chronic problems occurring during current design processes.

KEYWORDS: BIM, Interior Finishes, Automation, Rule-Based, Modeling

키 워 드: BIM, 마감, 자동화, 규칙기반, 모델링

1. 서론

1.1 연구 배경 및 목적

건설산업은 BIM(Building Information Modeling), 드론, IoT(Internet of Things), 빅데이터, 인공지능 등 첨단기술을 융합함으로써 기존 경험의존적 산업에서 지식·첨단산업으로 패러다임의 전환을 꾀하고 있다. 특히, 패러다임 전환에서 핵심적 요소 기술인 BIM은 3차원 모델 정보의 재사용과 교환을 가능케 함으로써 생산성 향상에 기여하고 있으며, 이에 따라 공공발주를 중

심으로 적용 사례가 지속적으로 확대되고 있다(MOLIT, 2018). 실제로, 조달청은 2016년부터 맞춤형 서비스로 집행하는 모든 공사에 BIM 적용을 의무화하였으며, 한국토지주택공사는 공동주택의 경우 2021년부터 연차별로 BIM 적용 의무화를 확대 시행하고, 민간건축물의 경우 2024년부터 건축물 규모에 따라 단계적으로 BIM 설계를 지원하기로 하였다(MOLIT, 2020).

한편, 국내 중소규모 건축 설계사무소의 경우 BIM 도입으로 인해 발생하는 비용의 부담, 운용역량 부족, 숙련자 부족 등의 문제로 BIM 성과품 납품에 난항을 겪고 있다. 특히, 기본설계 이후 실

¹⁾학생회원, 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 석사과정 (daemok@i3lab.ac.kr)

²⁾학생회원, 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 박사과정 (youngsu@i3lab.ac.kr)

³⁾정회원, 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 교수 (bonsang@seoultech.ac.kr) (교신저자)

시설계 단계에서는 건축 마감과 관련된 부재들의 상세한 모델링이 요구되는 바, 마감 부재는 실별, 부위별로 종류가 상이하고 한 부위에 2~3가지의 마감재가 시공되는 경우가 대부분이기에 모델링 업무가 급격하게 증가하게 된다. 또한, 유사한 용도의 공간에 동일한 유형의 마감재가 반복 사용되더라도 일일이 수작업으로 모델링하고 있으며, 잦은 설계 변경으로 인해 반복적이고 노동집약적인 업무수행이 불가피한 실정이다(Kim et al., 2009). 더욱이, 전환설계과정 중 도면 간 불일치, 도면 상세화 오류 및 데이터 누락 등 수작업으로 인한 휴먼에러가 빈번히 발생하여 설계 업무의 생산성 저하를 야기하고 있다.

이에 본 연구에서는 실시설계 단계에서 마감 상세화의 단순 작업을 최소화하고 BIM 모델 내 데이터 입력 오류 발생 확률을 현저히 줄여줄 수 있도록 BIM 모델의 건축 내부 마감을 위한 규칙 기반 자동 상세화 모듈 구축 방안을 제시하고자 하였다. 구체적으로, 기본설계 단계 수준의 BIM 모델에서 실시설계 단계로 전환 시 건축 내부 마감의 상세화 및 모델링 작업을 자동화할 수 있는 규칙 기반 모듈을 구축하고, 이를 실제 모델에 적용하여 실무 적용성을 검증하고자 하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

모듈 구축에 앞서 설계사무소 대상 실무조사를 수행하여 실시설계 단계의 마감 필요 대상 별 상세화 요구사항을 분석하였다. 그 결과, 19가지의 건축 내부 마감 부재(바닥, 벽, 천장, 트렌치, 캐노피, 파라펫 등)가 선정되었으며, 그에 따른 상세화 요구사항이 도출되었다. 이 중 실내 공간의 대표 마감 구성 요소인 '바닥, 벽, 천장' 3가지 요소에 대한 자동 상세화 모듈 개발을 연구의 범위로 한정하였다. 또한, 본 연구는 국내 중소기업 설계사무소의 어려움 해소를 목적으로 함에 따라 모듈 구축 시 주 적용 대상을 해당 규모의 기업들이 주로 설계하는 소규모 근린생활시설로 고려하여 진행하였다.

건축 내부 마감 자동 상세화 모듈 구축을 위해 Autodesk사의 Revit 2022버전과 Revit 내 시각적 프로그래밍 툴인 Dynamo를 사용하였다. 이와 같은 작업 환경 하에서 파라메트릭 모델링을 활용한 규칙 기반 모듈 구축 과정은 아래와 같다.

1단계: 마감 부재 및 공간 분석을 통한 유효 파라미터 선정

파라메트릭 모델링 기반의 모듈 구축을 위해 바닥, 벽, 천장 마감 부재의 상세 레이어 구성 방식과 공간의 속성 정보 분석을 진행하였다. 분석 후, 파라메트릭 모델링 알고리즘에 직접적으로 활용되는 파라미터들을 유효 파라미터로 구분 및 선정하였다.

2단계: 건축 내부 마감 자동 상세화 모듈 구축

선정된 유효 파라미터를 활용하여 바닥, 벽, 천장에 대한 신규

마감 유형을 자동으로 생성하는 모듈을 구축하였다. 이후 각각의 마감에 대해 공간 속성정보 기반의 상세화가 자동으로 구현되도록 모듈화하였다. 알고리즘 구축은 Dynamo 환경에서 진행되었으며, 필요에 따라 Python 스크립트를 적절히 활용하였다.

3단계: BIM 모델을 통한 모듈 검증

국내 중소기업 설계사무소의 어려움 해소를 목적으로 함에 따라 해당 규모의 기업들이 주로 설계하는 소규모 근린생활시설을 대상으로 모듈을 검증하였다. 검증 대상으로 근린생활시설의 구조 방식에서 주로 사용되고 있는 라멘구조 기반의 5층 규모 샘플 BIM 모델을 구축하였다. 5층 규모의 BIM 모델을 대상으로 구축한 건축 내부 마감 자동 상세화 모듈을 적용하고, 수기 모델링과의 작업 소요시간의 차이를 비교함으로써 모듈의 효용성을 검증하였다.

2. 연구 배경

2.1 BIM 기반 건축 마감 모델링 프로세스

현재 국내 건설 프로젝트의 설계단계에 적용되는 BIM 모델링 프로세스는 기존의 2D 설계 프로세스로 작성된 도면을 바탕으로 3D 모델로 변환하는 전환설계의 형태로 이루어지고 있다. 전환설계 프로세스는 기본 및 중간설계를 거쳐 실시설계 단계로 넘어가는 과정에서 추가 인력과 시간 및 비용의 지속적인 투입이 요구되는 만큼 기존 2D 기반 설계 프로세스 대비 원가절감을 비롯한 설계 생산성 개선의 효과가 미비하다. 이는 곧 BIM 모델의 활용성을 제한하는 요소로 작용하게 된다(Chin 2015).

일례로, LOD 200 수준의 기본설계 단계 BIM 모델은 벽의 종류와 재료 속성이 결정되지 않은 개념상 단일 벽 객체를 포함하고 있는데, LOD 300~350 수준의 실시설계 단계로 변환하는 과정에서 단열재, 벽돌벽, 철제프레임 등 상세 레이어의 구체적인 정보를 포함한 모델링 작업이 이루어져야 한다. 그러나, 전환설계 프로세스는 각 단계에서 필요한 정보가 수작업으로 입력되어야 하며, 이로 인해 발생하는 빈번한 정보 누락은 기존 모델의 수정 및 재구축을 야기하기 때문에 BIM 도입의 효과를 기대할 수 없게 된다(Koh et al., 2012).

이를 해결하기 위해 다음과 같은 건축 마감 모델링 자동화 시스템 구축과 관련된 연구가 다수 진행되고 있다.

2.2 건축 마감 자동 모델링 관련 선행 연구 고찰

Kim et al. (2009)는 BIM 기반 공동주택 마감 물량 산출 생산성 향상을 위한 마감 모델링 자동화 시스템을 구축하였다. 해당 시스템은 ArchiCAD Add-In의 형태로 개발되었으며 '바닥, 벽, 천장' 마감을 대상으로 반복되는 모델링 작업의 업무 생산성을

개선하고자 하였다.

Lee et al. (2013)는 BIM 기반의 공동주택 마감 물량 산출의 정확도 및 신뢰성 향상을 위해 마감재 및 공종별 물량산출 기준을 제시하였다. 마감 부재를 개별 부재로 구성하는 방법과 하나의 복합부재로 구성하는 방법으로 구분하여 모델링하는 방법을 제안하였고, 두 가지 방법에 의한 공종별 물량산출 결과를 비교하였다.

한편, Park et al. (2015)와 Khosakitchalerl et al., (2020)은 실시설계 단계에서 정확한 수량 산출을 위해 복합부재로 설계된 기존 모델을 개별 객체로 자동 분할하는 방법을 제시하였다.

이들 연구는 공통적으로 BIM 기반의 마감 물량 산출의 정확도를 향상을 목표로 건축 마감 모델링 방식에 대한 기준 제시와 건축 마감 상세화 관련 자동화 프로세스를 규칙 기반으로 구현하고자 하였다. 그러나, 그 대상이 일부 마감재에 국한되어 있으며, 마감 모델링 시 다수의 실이 아닌 개별 실에 대해 마감재의 종류를 일일이 지정해야하기 때문에 여러 층을 가진 건축물에 대해서 해당 모듈을 적용하기에는 한계점이 존재하였다.

본 연구에서 제안한 모듈은 Kim et al. (2009)가 제시한 건축 내부 마감 모델링 자동화 시스템과 유사하다. 그러나, 해당 방식의 경우 시스템 구동 시마다 개별 공간에 대한 마감재를 일일이 지정해줘야 하는 번거로움이 존재하였다. 또한, 공간 내부에 동일하게 적용되는 마감재를 대상으로 개발하였기 때문에 자동화 시스템을 통해 완성된 모델을 수정 및 보완하는 과정이 수반되어야 한다는 한계점이 존재하였다. 더욱이, 해당 시스템은 스크립트 기반의 전문적인 프로그램 형태로 개발되었기 때문에 사용자가 직접 수정하는 것이 불가하며, 시스템의 알고리즘 파악이 어렵다는 단점이 있다. 마지막으로, 해당 시스템을 통한 바닥 및 천장 마감 모델링 수행 시 두 마감 유형은 별도 구분 없이 'slab(슬래브)'로 동일한 부재가 사용되었다는 점에서 한계점을 가지고 있다.

이와 달리, 본 연구에서는 개별 공간에 공통으로 적용되는 마감재뿐 아니라 적용 마감재가 다르더라도 자동 모델링이 가능하도록 하였다. 이를 위해 각각의 공간에 사용되는 서로 다른 마감재들의 속성을 반영하여 새로운 마감 유형을 자동으로 생성하였다. 생성된 신규 마감 유형은 Revit 프로젝트 파일 내에서 라이브러리의 형태로 존재하여 재사용이 가능하다. 이와 함께, 단일 층에 존재하는 공간을 넘어 BIM 모델의 전 층에 포함된 모든 공간을 대상으로 마감 자동 상세화가 동시에 수행될 수 있도록 하였다. 또한, 천장과 바닥에 사용된 마감재의 종류를 각각 'ceiling(천장)'과 'slab(슬래브)'로 명확히 구분하고자 하였다.

더불어, 기존 연구가 BIM 모델로부터 물량 산출에 역점을 둔 반면, 본 연구에서는 상세화 작업을 자동화하여 단순 반복적 작업을 해결하는 것에 목적을 두었다.

2.3 파라메트릭 모델링

2.3.1 파라메트릭 모델링 개념

파라메트릭 모델링의 '파라메트릭'은 'parametric & associative(매개변수 연관)'으로 이해할 수 있다. 여기서 파라메트릭은 형상을 정의해주는 요소들에 매개변수인 파라미터를 설정하고 이들 변수 간의 관계를 조정해 설계 의도에 적합한 형상을 생성해가는 것을 의미한다. 이러한 파라메트릭 연동 개념에 근거한 방법론을 적용하면 임의의 객체로부터 다양한 유형의 디자인을 생성하는 것이 가능하다(Kim et al., 2013).

이와 같은 관점에서 파라메트릭 모델링은 BIM을 구성하는 주요 기술 중 하나로 인식되고 있다. 해당 기법을 통해 모델을 구성하는 최하단위의 객체(점, 선, 면)들 사이에 종속(접속, 수직, 평행 등) 및 상호 연관된 변수(거리, 각도, 함수 등)를 부여하여 새로운 형상 생성을 가능케 한다. 생성된 객체는 미리 정의된 파라미터 값의 수정을 통해 제약조건 하에서 그 형상을 쉽게 변형할 수 있다(Jeon and Kim 2013). 이를 통해 BIM 모델의 객체들(벽, 슬라브, 창, 계단 등)이 각각의 속성(기능, 구조, 용도 등)을 표현하여 객체 간 관계성을 통해 모델의 변경요소를 즉시 반영하므로 불필요한 중복작업을 방지할 수 있고, 형상정보 뿐 아니라 속성정보까지 활용하여 설계 효율 및 업무 생산성을 향상시킬 수 있다(Jung et al., 2012).

2.3.2 파라메트릭 모델링 소프트웨어

BIM 기반의 파라메트릭 모델링 기법을 구현하기 위해서는 객체 중심 파라메트릭 모델링 기능을 바탕으로 개발된 전문 BIM 소프트웨어(Revit, Bentley Microstation, ArchiCAD, Graphisoft, Rhino 등)를 필요로 한다. 이 중 Revit은 직관적인 인터페이스로 BIM에 대한 접근이 타 소프트웨어 대비 용이하기 때문에 국내에서 가장 범용적으로 활용되고 있다.

그러나, Revit만을 이용한 파라미터의 변경은 매번 수작업으로 직접 수정해야 한다는 단점이 존재한다. 이를 해결하기 위해 Revit API를 활용한 파라메트릭 모델링 자동화 알고리즘 개발이 가능하나, C#과 같은 전문적인 프로그래밍 언어 운용 능력이 요구되고 있어 사용자가 직접 알고리즘을 개발하는 것은 쉽지 않다. 이러한 한계점을 보완하기 위해 Revit Add-In의 형태로 개발된 시각적 프로그래밍 도구인 Dynamo의 활용도가 높아지고 있다.

Dynamo는 Autodesk사에서 개발한 시각적 프로그래밍 도구로서 객체의 단순 형상만을 디자인하는 것이 아니라 객체의 속성과의 즉각적 연동을 통해 형상 및 정보를 제어하고 입력할 수 있다. 또한, C#외에도 Python 언어를 지원하고 있으며, 기존 Revit 환경에서 불가능했던 모델 요소와 파라미터의 자동 생성, 반복 작업의 자동화, 다양한 규칙 기반의 워크플로우 구축 등 사용자

가 시각화된 스크립트의 형태로 쉽게 작성할 수 있다는 장점이 있다. 더불어, 여러 형태의 데이터 입출력 구조의 직관적인 확인이 가능하여 데이터 관리가 용이하다.

이러한 장점들로 인해 Dynamo는 높은 수준의 설계 의도를 구현하기 위한 파라메트릭 모델링에 적합한 구조로 평가되고 있다. 실제로, Dynamo는 부재 자동 모델링, 부재 배치, 물량 산출, 각종 오류 체크 등 BIM 기반의 설계 업무에 유용하게 활용되고 있다(Kim and Lee, 2016; Kim et al., 2020).

3. 연구 방법

파라메트릭 모델링 기법을 활용하여 규칙 기반 건축 내부 마감 자동 상세화 모듈을 구축하기 위해서 Figure 1과 같은 연구 절차를 구성하였다. 우선 설계 사무소 실무자 대상 인터뷰를 실시하여 건축 마감 부재 별 상세화 요구사항을 조사하였고, 상세화 대상 및 범위를 한정하였다. 이후 파라메트릭 모델링 프로세스 구축을 위해 마감 부재 및 공간의 파라미터를 분석하고 모델링 과정에 직접 사용될 유효 파라미터를 선정하였다. 선정된 파라미터를 활용하여 규칙 기반 모듈을 구축하였다.

본 모듈 구축을 위해 Autodesk사의 Revit 2022버전과 Revit 내 시각적 프로그래밍 툴인 Dynamo를 사용하였다. 이때, Revit 2022버전을 사용한 이유는 기존 2021버전까지 천장 부재 작성에 필요한 API를 제공하지 않았기 때문이다. 기존 버전들을 사용할 경우, Dynamo를 활용한 천장 작성과 관련된 자동화 모듈 구축이 불가능하였으나, Revit 2022버전부터 관련 API를 제공하고 있어 자동화 모듈 구축에 해당 버전을 활용하였다.

최종적으로, 구축된 모듈을 샘플 BIM 모델에 적용하여 모듈 구동에 따른 설계 오류를 검토하였고, 기존 모델링 프로세스와의 작업 소요시간 비교를 통해 모듈 적용 효과에 대해 검증하였다.

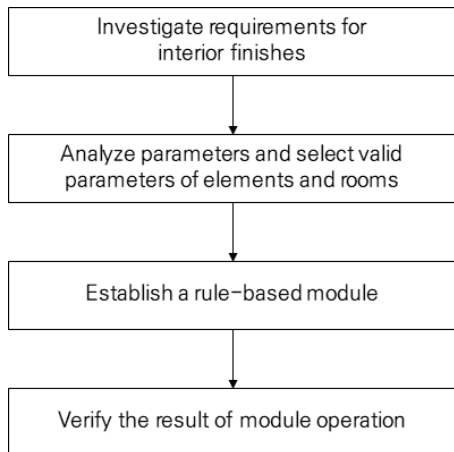


Figure 1. Research process

3.1 마감 상세화 요구사항 조사

건축 내부 마감 상세화 적용 대상 및 범위를 설정하기 위해 국내 대표 건축 설계사무소 두 곳(S사, D사)의 실무자 4명을 대상으로 인터뷰를 실시하였다(Table 1).

Table 1. A summary of interview

Category	Interviewee 1	Interviewee 2	Interviewee 3	Interviewee 4
Grade of engineer	Principal Engineer (Registered Architect)	Senior Engineer	Junior Engineer	Junior Engineer
Yrs. of experience	18yrs	11yrs	2yrs	1.5yrs
Date	4 June 2021	4 June 2021	4 June 2021	27 May 2021
Method	Online	Online	Online	Online
Subject	Requirements for automatic detailed design of interior finishes			
Questions	(1) Spaces that require interior finishes (2) Elements that require the detailed design of interior finishes for each space (3) Requirements for the detailed design of each element (4) Difficulty levels of each requirement to be realized			

인터뷰 대상자는 S사의 18년 경력의 특급 기술자 1명(건축사), 11년 경력의 고급 기술자 1명, 2년 경력의 초급 기술자 1명과 D사의 1.5년 경력의 초급 기술자 1명으로 구성되어 있다. 이들 전문가를 대상으로 (1) 건축 마감에 필요한 공간, (2) 해당 공간에서 마감 상세화가 필요한 부재 현황, (3) 각 부재의 마감 상세화 요구사항, (4) 부재 별 자동 상세화 기술 구현 시 예상 난이도에 대한 질의를 통해 각 부재 별 상세화를 위한 기술적 요구사항을 도출하여 Table 2에 제시하였다.

인터뷰 결과, 중간 및 실시설계 단계에 따라 '바닥, 벽, 천장, 단열재, 방수재, 캐노피, 파라펫' 등 총 19가지의 마감 상세화 필요 부재가 도출되었다. 중간설계 단계에서 적용되는 마감 부재인 '바닥, 벽체, 천장, 단열재, 방수재, 문, 차량 경사로, 계단, 위생기구/장애인 편의시설'의 경우 공간에 적합한 마감 부재의 상세 구성에 대한 요구사항이 주를 이루고 있으며, 기술 구현 난이도의 경우 대부분 '중'으로 평가되었다.

실시설계 단계에서는 '외장재, 캐노피, 파라펫, 접합상세, 커튼 박스, 트렌치, 점검구, 점검사다리, 드레인, 선홍통'에 대한 마감 상세화가 요구되었다. 대부분 마감 부재의 형태, 구조, 위치에 대한 요구사항이 도출되어 중간설계 단계의 주된 마감 요구사항과 차이를 보이는 것으로 조사되었다.

난이도의 경우 안전 및 법적 사항을 고려해야 하는 실시설계 단계의 성격에 따라 마감 부재의 위치 및 형태 디테일이 중시되는 '캐노피, 파라펫, 접합상세, 트렌치'에 대해 '상'으로 평가되었고, 단순 위치 검토에 따른 상세화가 요구되는 '점검구, 점검사다리, 드레인, 선홍통'의 경우 난이도가 '하'로 평가되었다.

본 연구에서는 상세화 과정에서 가장 활용도가 높으며, 건축

내부 공간의 형태를 결정하는 건축 구성요소인 '바닥, 벽, 천장' 3 가지 부재를 연구범위로 한정하였다.

Table 2. Requirements for design of finish per elements in the detailed design phase

Phase	Space	Element	Description	Difficulty
Intermediate Design phase	Living room	Floor	Automatic composition and modeling of floor finishes	Medium
		Wall	Automatic composition and modeling of wall finishes	Medium
		Ceiling	Automatic composition and modeling of ceiling finishes	Medium
		Insulation	Detailing insulation according to the type by part and space	Medium-high
		Waterproofing	Detailing waterproofing according to the type by part and space	Medium
	Windows and doors	Door	Detailing doors by space and type	Medium
	Core	Ramp	Detailing ramp (straight, curved)	Medium-high
		Stairs	Automatic modeling the details of stairs in stairwells	Medium
	Restroom	Sanitary fixture	Detailing toilet for the disabled and dividing wall tiles	High
	Construction Document phase	Exterior	Exterior panel	Automatic composition of compound finishes for each exterior
Canopy			Additional components such as sound absorption, support frame, and rainwater treatment	High
Parapet			Automatic composition of height, structure, and shape by type	High
Living room / exterior		Joints	Automatic modeling of joints by internal/external material, end section joints, finishing shape, and type of detailed parts, etc.	High
Windows and doors		Curtain box	Automatic creating a curtain box between the lower part of the external wall spandrel and the surface of ceiling finish	Medium
etc.		Trench	Detailing the trench reflecting the rainwater plan	High
		Access door	Automatic modeling of the parts according to the location of access doors	Low
		Access ladder	Automatic modeling of the parts according to the installation location of the ladders	Low
		Drain	Automatic modeling of the parts by drain type and location	Low
		Downspout	Automatic modeling of the parts according to the installation location of downspouts	Low

3.2 마감 부재 및 공간 분석을 통한 유효 파라미터 선정

파라메트릭 모델링 기법을 활용한 규칙 기반 모듈은 크게 두

가지 기능을 갖는다. 하나는 바닥, 벽, 천장에 적용될 '신규 마감 유형 자동 생성 기능'이고, 다른 하나는 생성된 마감 부재를 적정 공간에 알맞게 자동 모델링하는 '마감 자동 모델링 기능'이다. 이에 자동 상세화 모듈에 적용될 상기 두 가지 주요 기능에 필요한 적정 파라미터를 사전적으로 조사하였다(Figure 2).

신규 마감 유형 자동 생성 기능 구현을 위해 마감 부재의 기본 구성 방식에 대한 분석과 바닥, 벽, 천장 마감 부재의 상세 레이아웃 정보에 대한 파라미터를 조사를 수행하였다. 이후, 마감 자동 모델링 기능 구현을 위해 마감 부재가 작성될 공간의 형상을 정의해주는 파라미터와 마감 모델링을 위한 파라미터를 조사하였다. 즉, 파라미터들 중 모델링 과정에서 직접적으로 활용되어 설계 의도대로 지정된 정보들만 변경될 수 있도록 하는 유효 파라미터를 선정하였다.

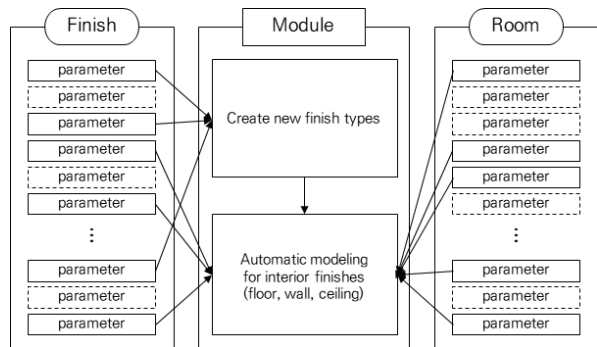


Figure 2. Concept of the module based on parametric modeling method

3.2.1 신규 마감 유형 자동 생성을 위한 파라미터 분석

건축 마감재의 경우, 시공되는 순서에 따라 중간 마감재와 최종 마감재로 구분된다. 중간 마감재에는 단열재, 방수재 등이 포함되며, 최종 마감재에는 실내 공간의 마지막 면을 마감하는 페인트, 타일 등의 재료가 포함된다(Kim et al., 2009). 이러한 다양한 내부 마감재에 대하여 마감 상세화 작업 시 각각의 부재를 개별부재로 모델링하는 방법과 하나의 복합부재로 모델링하는 방법이 존재한다.

한편, 실시설계 단계에서는 마감 물량 산출의 정확성을 위해 상세 마감에 대한 구분을 표현하여 다양한 마감재에 대해 각각의 개별부재로 모델링하는 것이 바람직하다. 그러나, 해당 방식대로 모델링을 수행할 경우 상대적으로 모델링 작업 소요시간이 증가하기 때문에 설계 생산성 측면에서 복합부재와 개별부재를 병용한 모델링 방식이 현실적이다(Lee et al., 2013).

이에 따라, 본 연구에서는 마감 물량의 정미한 산출이 아닌 마감 상세화 작업의 자동화를 통한 설계 생산성 개선이 목적므로, '바닥, 벽, 천장' 마감의 신규 유형 생성 시 구조체를 제외한 중간 및 최종 마감재를 결합한 복합부재로 생성하고자 하였다.

Revit은 기본적으로 여러 재료들을 결합하여 하나의 복합부재의 형태로 부재를 정의할 수 있는 '조합 편집(Edit Assembly)' 기능을 제공하고 있다. 해당 기능을 통해 복합부재의 개별 레이어에 대한 상세정보를 편집하여 사용자가 원하는 형태의 부재를 생성할 수 있다. '기능, 재료, 두께 등'의 파라미터가 디폴트(default)로 정의되어 있다(Figure 3). 마감 부재의 신규 유형 작성 시 사용자의 파라미터 입력에 따라 부재의 다양한 상세를 반영할 수 있다.

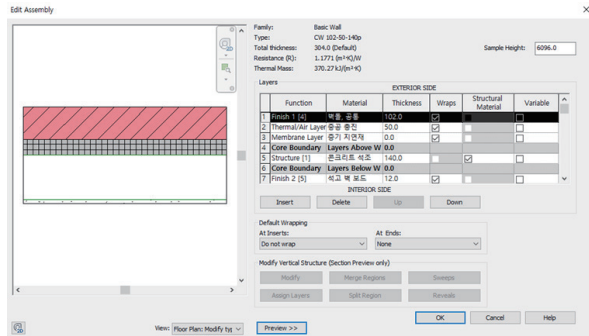


Figure 3. Example of edit assembly

따라서, 본 연구에서는 최종 생성된 마감 부재의 가시적 형태와 직접 연관된 '기능, 재료, 두께' 3가지 파라미터를 유효 파라미터로 활용하고자 하였다

'기능' 파라미터는 개별 마감재가 가지고 있는 기능적인 속성 정보를 정의하기 위한 것으로, '구조, 하지재, 단열/공기 층, 멤브레인 층, 마감재 1, 마감재 2'의 6가지로 구분할 수 있다. 개별 기능에 따른 상세 내용은 Table 3과 같다.

'재료' 파라미터는 개별 마감재에 적용될 상세한 재료정보를 정의하기 위한 것으로, Revit 프로젝트 파일 내에 저장되어있는 재료 라이브러리 내에서 개별 선택할 수 있으며 사용자 제작도 가능하다.

'두께' 파라미터의 경우 '기능'과 '재료'가 정의된 개별 마감재의 적정 두께를 정의하기 위한 것으로, 사용자가 직접 변경 또는 입력할 수 있다.

Table 3. Description of 'Function' parameter in Revit

Classification	Description
Structure	Layer that supports the remainder of the wall, floor or roof
Substrate	Material, such as plywood or gypsum board, which acts as a foundation for another material
Thermal/Air Layer	Provides insulation and prevents air penetration
Membrane Layer	A membrane that commonly prevents water vapor penetration
Finish 1	Finish 1 is typically the exterior layer
Finish 2	Finish 2 is typically for the interior layer

입력된 파라미터 값들은 BIM 부재에 즉시 반영되어 사용자가 정의의 마감 부재를 생성할 수 있다.

3.2.2 마감 자동 모델링을 위한 파라미터 분석

상기 과정을 통해 생성된 신규 마감 유형을 실내 공간에 자동으로 모델링하기 위해 BIM 부재 작성과 관련된 파라미터를 분석하였다. 바닥 부재와 천장 부재의 경우 '레벨, 레벨로부터 높이 간격띄우기, 룸 경계 지정 여부 등'이 부재 작성과 관련된 기본 파라미터로 존재하며, 벽 부재의 경우 '위치선, 베이스 구속조건, 베이스 간격띄우기, 베이스 확장 거리, 상단 구속조건, 미연결 높이, 상단 간격띄우기 등'의 파라미터가 포함되어 있다.

바닥, 벽, 천장 마감 모델링은 각각의 공간 그리고 공간이 위치한 레벨에 맞게 이루어져야 하며, 정확한 위치에 마감 부재들이 작성되어야 한다. 이에, 각 부재에 포함된 여러 파라미터 중 '레벨, 간격띄우기, 높이 등' 마감 부재의 위치정보를 정의할 수 있는 파라미터들을 활용하는 것이 중요하다. 따라서, 이와 유사한 성격을 갖는 파라미터들을 유효 파라미터로 선정하여 Table 4에 제시하였다.

마감 부재가 작성될 실내 공간은 Revit 내에서 '룸'이라는 이름의 객체로 정의된다. 여기서, 룸은 바닥, 벽, 천장과 같은 건축 공간의 구성요소를 바탕으로 BIM 모델 내의 공간을 세분화 한 것을 말한다.

룸은 '룸 경계' 기능의 사용 여부가 선택된 바닥, 벽, 천장 부재를 따라 자동으로 정의된다. 정의된 룸 객체에는 '이름'뿐 아니라 '높이, 체적, 둘레, 면적'과 같은 형상 정보와 관련된 파라미터가 정의되어 있으며, '마감, 공정, 번호 등' 해당 '룸'과 관련된 기타 상세에 관한 속성정보가 포함되어 있어 룸 기반의 파라메트릭 모델링 작업에 유용하게 활용할 수 있다.

본 연구에서는 바닥, 벽, 천장 마감 자동 모델링이 적용될 룸의 기본적인 형상 및 마감 정보와 관련된 파라미터를 이용하여 마감 자동 상세화 모듈을 구축하고자 하였다. 이에, '룸 경계, 레벨, 한계 간격띄우기, 베이스 간격띄우기'와 같은 룸의 형상에 관련된 파라미터와 '룸 번호, 이름, 바닥 마감, 벽 마감, 천장 마감'과 같은 객체 식별 및 마감 유형 정보와 관련된 파라미터를 유효 파라미터로 선정하였다(Table 4). 특히, 마감 유형 정보와 관련된 파

Table 4. Valid parameters for automatic modeling of finishes

Classification	Valid parameters
Floor	Level, Height Offset From Level, Room Bounding
Wall	Location Line, Base Constraint, Base Offset, Top Constraint, Unconnected Height, Top Offset, Room Bounding
Ceiling	Level, Height Offset From Level, Room Bounding
Room	Number, Name, Floor Finish, Wall Finish, Ceiling Finish, Room Boundaries, Level, Upper Limit, Limit Offset, Base Offset

라이터는 추후에 마감 유형 지정 시 텍스트의 형태로 입력할 수 있어 중요한 파라미터로 작용하게 된다.

3.3 건축 마감 자동 상세화 모듈 구축

본 연구에서 건축 마감 자동 상세화 모듈 구축을 위한 상세 프로세스는 Figure 4와 같다. 먼저, BIM 모델에 적용될 마감 유형을 사용자 입력값에 의해 새롭게 생성한다. 이후, 엑셀 파일로 룸 일람표를 추출하고 사용하고자 하는 마감 유형의 명칭과 천장고를 개별 룸에 각각 기입한다. 기입이 완료된 룸 일람표는 Dynamo 상으로 불러와 개별 룸의 마감 관련 속성정보로 매핑한다. 최종적으로, 매핑된 속성정보를 활용하여 천장, 벽, 바닥의 순서로 자동 모델링을 수행하게 된다. 이와 같은 일련의 과정들을 통해 3.2 절에 제시한 주요 기능 별 개발 과정을 아래에 제시하였다.

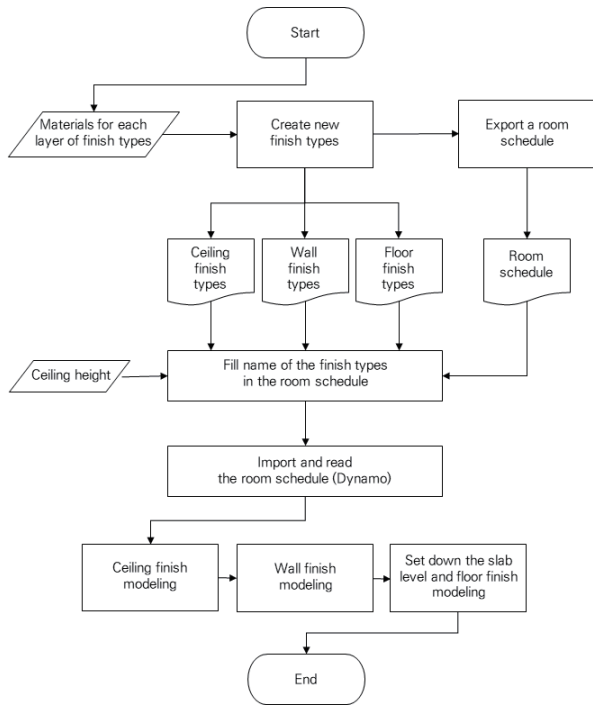


Figure 4. Process of module operation

3.3.1 신규 마감 유형 생성

바닥, 벽, 천장의 신규 마감 유형 생성을 위해 마감 유형을 구성하는 개별 레이어의 정보들을 Dynamo에서 불러올 수 있도록 엑셀 시트에 Figure 5와 같이 레이아웃을 미리 구성하였다. 레이아웃은 'floor, wall, ceiling'을 이름으로 하는 개별 시트에 각각 동일하게 적용된다. 각 시트의 레이아웃에는 사용자가 생성하고자 하는 마감 유형 별로 앞서 선정한 유효 파라미터인 개별 레

이어의 '기능, 재료, 두께' 정보를 순차적으로 입력한다. 이때, '재료'는 Revit 프로젝트에 저장되어있는 재료 라이브러리에 반드시 포함되어 있어야 한다.

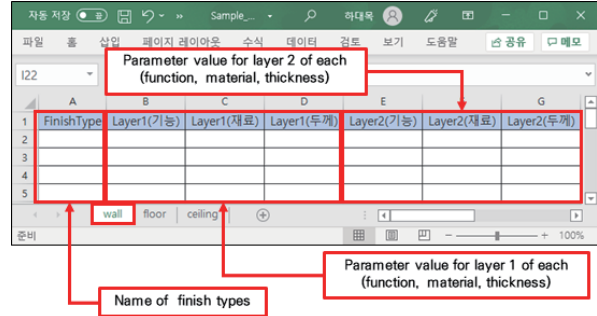


Figure 5. Example of excel sheet for layer information of compound structures

Revit은 바닥, 벽, 천장에 대한 복합부재를 시스템 패밀리⁴⁾의 형태로 기본 제공하고 있다. 이에, 미리 정의된 시스템 패밀리 내에서 새롭게 생성할 유형의 개수만큼 복제하여 엑셀 파일에 저장한 데이터를 알맞게 매핑하고자 하였다. 이때, 복제는 시스템 패밀리 내에서 바닥, 벽, 천장 각 부재의 임의의 유형으로 이루어진다.

데이터 매핑을 위해 Dynamo의 "Data.ImportExcel" 노드를 이용하여 레이어 정보가 입력된 엑셀 파일의 데이터를 불러들이고, 바닥, 벽, 천장 마감 유형 별 리스트로 각각 구조화한다. 구조화된 데이터 리스트는 복제된 개별 유형의 '기능, 재료, 두께' 파라미터 이름을 찾아 해당 파라미터의 값으로 알맞게 매핑된다. 이때 매핑은 여러 작업에 대해 효율적인 처리가 이루어지도록 Python 스크립트를 활용하였다(Figure 6).

최종적으로, 사용자가 입력한 레이어 상세들이 반영된 신규 마감 유형이 생성된다.

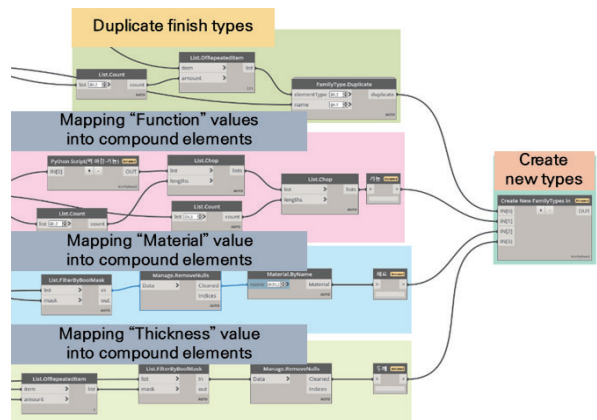


Figure 6. Example of algorithm for creating new finish types

⁴⁾시스템 패밀리는 Revit에 미리 정의되어 템플릿 및 프로젝트에 기본적으로 저장되어있는 패밀리를 말하며, 대표적으로 바닥, 벽, 천장, 덕트 등이 이에 해당한다. 시스템 패밀리 내에서 유형을 복제(복사) 및 수정하여 고유한 사용자 시스템 패밀리 유형을 작성할 수 있다.

3.3.2 룸 일람표(엑셀) 생성 및 마감 데이터 매핑

신규 생성된 마감 유형들을 개별 공간에 모델링하기 위해 BIM 모델에 정의되어 있는 모든 룸 객체에 대한 '레벨, 이름, 번호'가 기입된 룸 일람표를 엑셀 파일로 추출한다. 이후, 개별 룸에 작성될 바닥·벽·천장 마감 유형과 함께 룸의 높이를 나타내는 '한계 간격띄우기' 값을 엑셀 파일에 입력한다. '한계 간격띄우기' 값은 추후 천장 마감의 높이인 천장고와 동일한 역할을 하기 때문에 엑셀 파일에 '천장고'로 기입한 후 저장한다.

엑셀 파일에 입력된 각각의 룸에 대한 마감 정보는 "Data.ImportExcel" 노드를 통해 Dynamo 상으로 불러들이고, "Element.SetParameterByName" 노드를 통해 룸 객체에 포함된 동일한 파라미터 이름을 찾아 해당 파라미터의 값으로 매핑한다(Figure 7 참고).

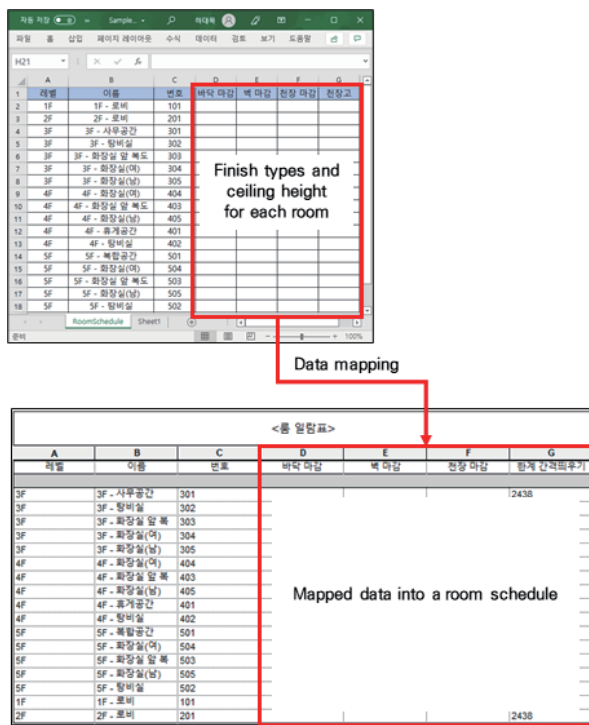


Figure 7. Data mapping into a room schedule via excel sheet

3.3.3 바닥, 벽, 천장 마감 자동 모델링

마감 관련 데이터 매핑이 끝난 BIM 모델을 대상으로 규칙 기반 마감 자동 모델링 모듈을 구축하였다. 마감 자동 모델링은 실제 내부 마감공사 순서인 '천장→벽→바닥' 순서로 수행된다. 본 모듈은 다음과 같은 기본 규칙을 따른다. 먼저, 신규 마감 유형들이 포함된 라이브러리에서 룸의 속성정보에 입력된 바닥·벽·천장 마감 유형 정보와 일치하는 유형들을 찾는다. 이후, 해당 룸의 '레벨, 룸 경계, 높이 등'의 파라미터를 이용하여 선택된 마감 유형들을 자동 모델링한다.

1) 천장 마감 자동 모델링

천장 마감 자동 모델링은 기본 규칙에 따라 개별 룸의 속성정보에 기입된 천장 마감 유형 정보와 일치하는 유형을 라이브러리에서 추출하는 것부터 시작한다. 이후, 천장의 형상과 천장 마감 부재가 소속될 개략적인 위치를 정의한다. 천장의 형상은 '룸 경계' 파라미터를 이용해 룸을 이루는 경계선을 따라 생성되며, 천장 마감의 개략적 위치는 해당 룸의 '레벨' 파라미터를 통해 지정된다. 개략 위치와 형상이 정해진 각각의 천장 마감 부재는 개별 공간에 모델링된다.

개략적인 모델링이 완료되면 천장 마감의 정확한 높이를 설정해야 한다. 이에 따라, 룸 일람표 매핑 과정을 통해 사용자 지정의 천장고 값으로 변경된 '한계 간격띄우기' 값을 이용하여 천장 마감의 상세 높이를 지정한다. "Element.SetParameterByName" 노드를 통해 천장 마감의 높이를 천장고와 동일한 높이로 변경하면 천장 마감 자동 모델링이 완성된다.

한편, 본 연구를 수행한 Dynamo 환경에서는 천장 작성과 관련된 기본 노드를 제공하고 있지 않다. 이에, 천장 생성과 관련된 API를 직접 활용하여 천장 마감 모델링을 위한 Python 스크립트를 별도로 작성하였다. 또한, 본 모듈 적용 대상 BIM 모델이 벽식 구조 또는 라멘구조일 경우 건식벽 또는 구조 기둥에 의한 간섭이 발생할 수 있기 때문에 이를 방지하고자 건식벽 또는 구조 기둥에 의한 개구부를 고려하여 천장 자동 모델링 모듈을 구축하였다(Figure 8 참고).

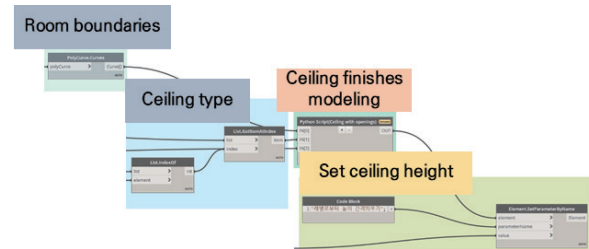


Figure 8. Example of modeling algorithm for ceiling finishes

2) 벽 마감 자동 모델링

벽 마감 모델링 알고리즘에서 가장 중요한 입력 데이터는 '룸 객체, 벽 마감 높이, 벽 마감 유형'이다. 벽 마감의 높이는 앞선 과정에서 작성된 천장 마감의 높이를 고려해야 하므로 해당 룸에 천장 마감의 존재 유무를 우선 파악해야 한다. 천장 마감이 존재할 경우 천장 마감과 동일한 높이만큼 벽 마감을 작성하고자 하였고, 존재하지 않을 경우 한 층위의 슬래브 높이까지 벽 마감의 높이가 반영되도록 알고리즘을 구성하였다. 벽 마감 유형은 천장 마감 유형 추출과 동일한 방식으로 룸 속성정보에 기입되어 있는 벽 마감 유형과 일치하는 유형을 라이브러리에서 추출한다.

벽 마감 모델링 과정에서는 구조벽에 미리 작성되어있는 커튼 월, 문, 창문에 의한 개구부를 고려해야 한다. 이를 위해 Revit에서 제공하는 '형상 결합' 기능을 활용하고자 하였다. '형상 결합'이란 벽 및 바닥과 같은 공동 면을 공유하는 두 개 이상의 부재를 결합하는 기능을 말한다. 따라서, 구조 벽체와 마감 벽체의 '형상 결합'을 통해 구조 벽체에 작성된 개구부를 마감 벽체에도 동일하게 반영할 수 있게 된다.

벽 마감 유형이 추출되면 자동 모델링을 수행한다. Dynamo는 기본적으로 벽 작성과 관련된 노드를 다수 제공하고 있다. 그러나, 모듈 구축 시 모든 벽 마감 부재에 대한 모델링 및 개구부 반영 작업은 병렬 수행이 어렵다는 문제점이 존재하였다. 이에, 여러 작업을 효율적으로 처리할 수 있도록 Python 스크립트를 작성하여 벽 마감 자동 모델링 모듈을 구축하였다(Figure 9).

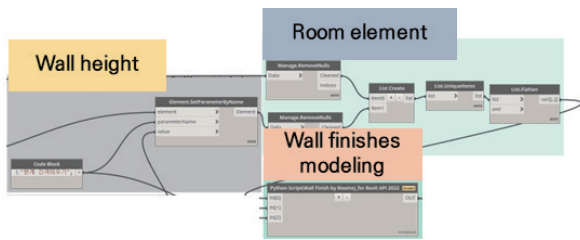


Figure 9. Example of modeling algorithm for wall finishes

3) 바닥 마감 자동 모델링

바닥 마감 자동 모델링을 위해서는 우선적으로 바닥 마감 부재와 구조 슬래브의 간섭 발생을 방지시켜야 한다. 이를 위해 마감 부재의 두께를 고려하여 구조 슬래브의 레벨을 낮추는 작업이 선행되어야 한다. 슬래브의 레벨을 낮추는 작업은 실제 실시계획 단계에서 이뤄지는 작업이며, 총 공간의 체적 및 천장고를 유지하기 위한 중요한 작업이다.

BIM 모델에서는 구조 슬래브의 '레벨로부터 높이 간격띄우기' 파라미터를 이용하여 작성할 바닥 마감의 두께만큼 슬래브의 레벨값을 조정한다. 이와 함께 마감 벽체를 포함한 모든 벽체, 구조 프레임(보), 구조 및 일반 기둥의 레벨값도 동일하게 조정한다(Figure 10).

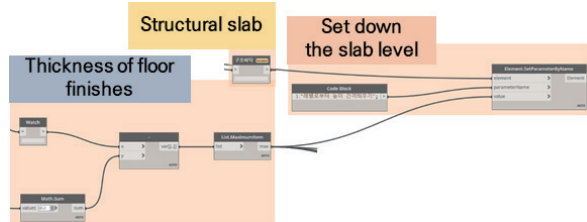


Figure 10. Example of algorithm for setting down the slab level

구조 슬래브의 레벨값 조정 이후, 최종적으로 바닥 마감 모델링을 수행한다. 천장 및 벽 마감 모델링 방식과 유사하게 바닥 마감 유형을 라이브러리에서 우선 추출하고, '룸 경계'와 '룸 레벨'을 기반으로 모델링되도록 알고리즘을 구성하였다. 또한, 천장과 유사하게 벽식구조 및 라멘구조 모두에 대응할 수 있도록 알고리즘을 추가하여 최종 바닥 마감 자동 모델링 모듈을 구축하였다(Figure 11).

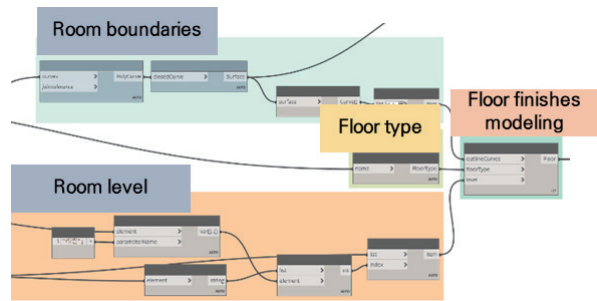


Figure 11. Example of modeling algorithm for floor finishes

4. 건축 마감 자동 상세화 모듈 검증

4.1. 모듈 검증 대상 모델

본 연구에서 제시한 규칙 기반 건축 내부 마감 자동 상세화 모듈 검증을 위해 총 17개의 공간으로 구성된 5층 규모의 근린생활 시설 BIM 모델을 구축하였다(Figure 12).

구축한 모델은 실제 근린생활시설에 주로 사용되고 있는 라멘 구조의 특징을 반영하여 룸 내부에 구조 기둥이 존재하고 있다. 또한, 마감에 필요한 개별 마감 유형들은 별도로 생성되어 있지 않다. 공간을 이루는 일반 벽체 및 슬래브에 의해 룸 정의는 완료 되었으나, 마감과 관련된 속성정보들이 입력되어 있지 않은 LOD 200 수준의 기본설계 단계 상태의 모델을 전제로 하였다. 또한, 기본적으로 내장된 파라미터만을 활용하기 위해 별도의 사용자 정의 파라미터는 추가하지 않았다.

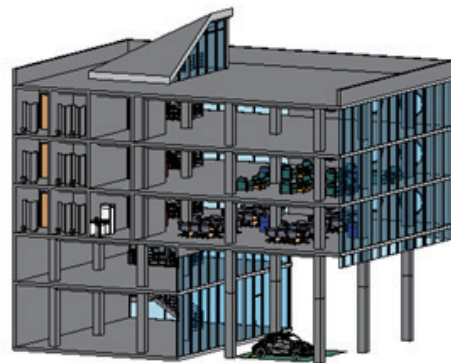


Figure 12. Sample BIM model for verification

검증 대상 BIM 모델의 경우 3, 4, 5층에 대해서 동일한 평면도를 가지고 있다. 3층은 Figure 13과 같이 '사무공간, 탕비실, 화장실 앞 복도, 화장실(남), 화장실(여)'의 총 5개의 용도가 다른 공간으로 구성되어 있으며, 4층과 5층 역시 유사한 공간들로 구성되어 있다.

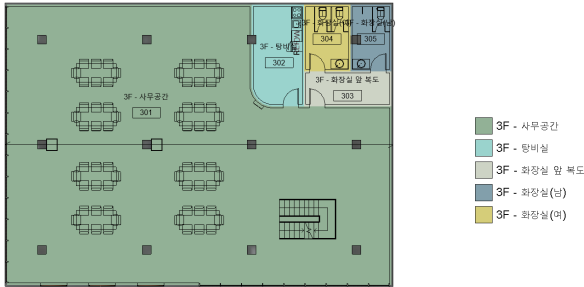


Figure 13. Floor plan for the 3rd floor

4.2. 모듈 정상 구동 여부 검증

본 모듈의 실무적 효용성을 검증하기에 앞서 BIM 모델을 대상으로 모듈의 정상 구동 여부를 우선 검토하고자 하였다. 모듈은 3.3절에 제시한 구동 순서와 동일한 순서로 구동된다.

1) 신규 마감 유형 생성 모듈 검증

먼저, Figure 14와 같이 엑셀 레이아웃에 새롭게 생성하고자 하는 마감 유형의 '이름'과 마감 유형 별 레이어의 '기능, 재료, 두께' 정보를 순차적으로 입력하였다. 본 검증에서는 모듈 실행 이후 개별 공간에 적용된 마감재의 시각적 구분을 위해 저자가 임의로 생성한 재료정보를 사용하였다.

해당 모듈 실행 결과 엑셀 파일에 작성한 정보들이 Figure 14와 같이 신규 유형에 누락 및 오기입 없이 매핑된 것을 확인할 수 있었다.

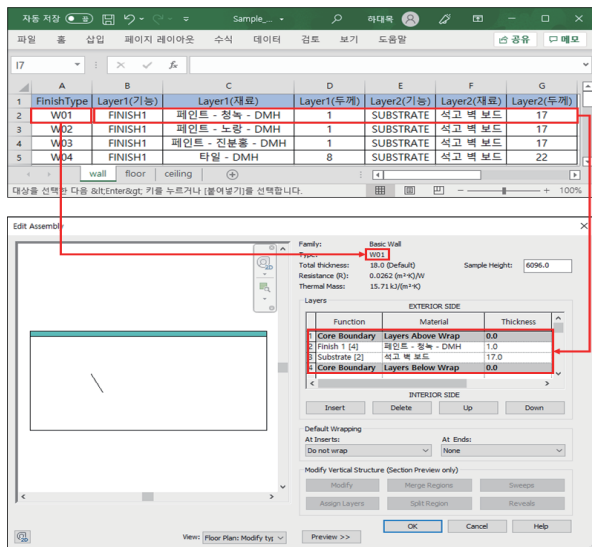


Figure 14. Result of creating new finish types

2) 룸 일람표 생성 및 데이터 매핑 모듈 검증

신규 마감 유형이 생성이 끝난 BIM 모델에 룸 일람표 생성 모듈을 적용하였다. 모든 룸 객체에 대한 '레벨, 이름, 번호' 정보가 기입된 룸 일람표를 엑셀 파일로 추출하였으며, 해당 파일에 개별 공간에 적용할 마감 유형들과 천장고를 기입하였다. 기입된 정보를 기반으로 Revit 내에 매핑한 결과 엑셀 파일에 기입된 마감 유형과 동일한 정보들이 기입된 것을 확인할 수 있었다 (Figure 15, 16).

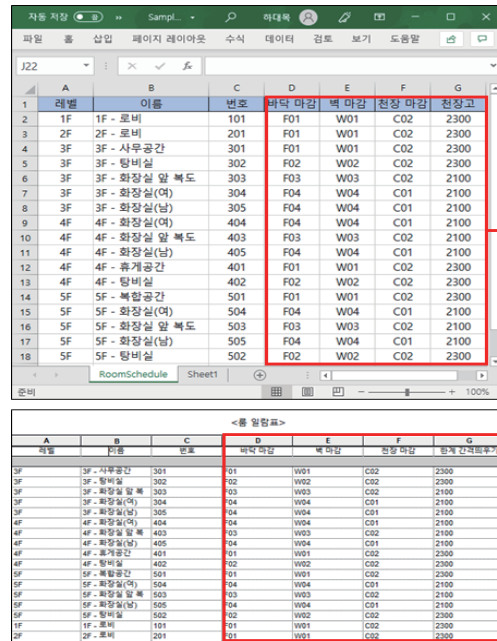


Figure 15. Result of mapping into a room schedule

Figure 16은 3층에 위치한 탕비실에 대한 마감 관련 룸 속성정보의 매핑 결과를 나타낸다. Figure 15의 엑셀 파일에 기입된 바와 같이 3층 탕비실에 지정한 '바닥, 벽, 천장' 마감 유형이 각각 'F02, W02, C02'로 알맞게 매핑되었으며, '한계 간격띄우기' 값은 엑셀 파일의 '천장고'와 동일한 값으로 변경되었음을 알 수 있다.

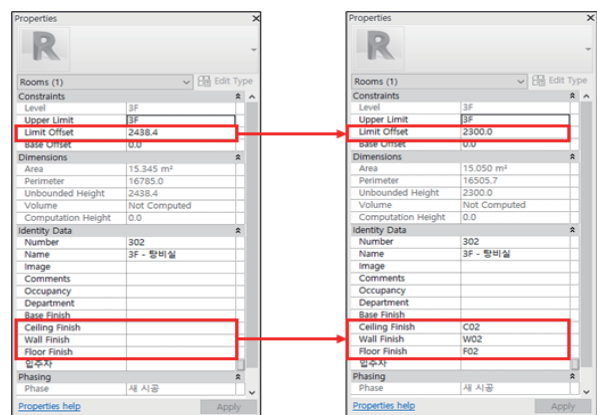


Figure 16. Result of mapping finish types into room properties in Revit

3) 벽, 바닥, 천장 마감 자동 모델링 모듈 검증

룸 속성정보 매핑이 완료된 BIM모델을 대상으로 바닥, 벽, 천장 마감 자동 모델링 모듈 적용 결과를 검토하였다.

천장 마감의 경우, 지정된 룸의 경계를 따라 모델링되었으며, 마감의 위치는 천장고와 동일한 위치로 자동 설정되었다. 또한, 구조 기둥이 존재하는 룸에 모델링될 경우 이를 반영하여 개구부가 자동으로 생성된 것을 확인할 수 있었다(Figure 17).

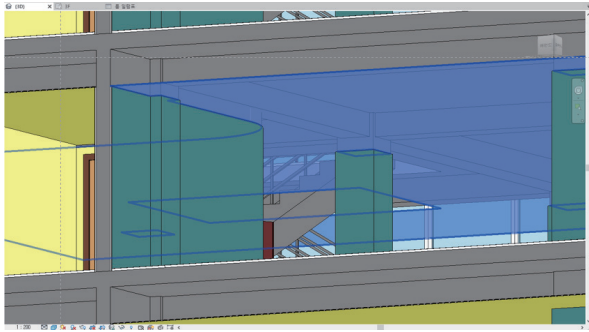


Figure 17. Example of ceiling finish

벽 마감은 천장과 유사하게 지정된 룸의 경계를 따라 자동 모델링된 것을 확인하였다. 이때, 창문, 커튼월에 의한 개구부가 알맞게 반영되었으며, 곡선에 대한 마감 모델링 역시 정확하게 수행됨을 확인하였다. 마감 벽의 높이는 천장 마감의 높이까지 자동으로 모델링되었으며, 두 마감 부재 간의 간섭 또한 발생하지 않은 것을 확인하였다(Figure 18).

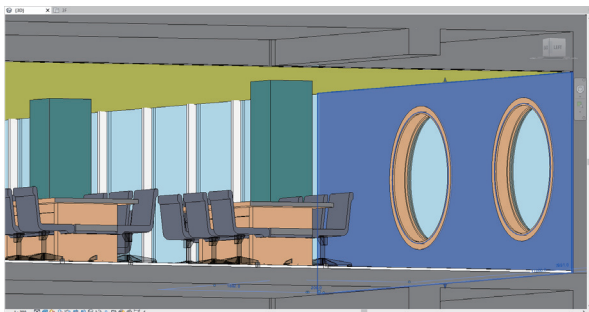


Figure 18. Example of wall finish

바닥 마감의 경우, 구조 슬래브와 바닥 마감 부재의 간섭 발생 여부를 우선적으로 검토하였다. 구조 슬래브의 레벨값에 바닥 마감의 두께가 알맞게 반영되어 바닥 마감 부재와의 간섭이 발생하지 않았음을 확인하였다.

바닥 마감 모델링은 앞선 두 부재와 마찬가지로 룸의 경계를 따라 정확하게 수행되었다. 또한, 일부 바닥 마감 부재의 경우 룸에 존재하고 있는 구조 기둥을 반영하여 개구부가 생성되었음을 확인하였다(Figure 19).

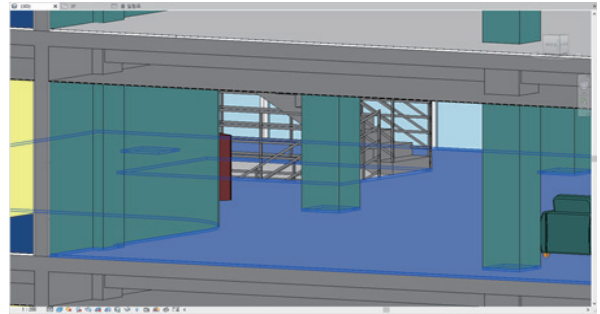


Figure 19. Example of floor finish

최종 모듈 구동 결과, 지정된 룸과 유효 파라미터에 따라 '바닥, 벽, 천장' 마감 자동 모델링이 정확하게 수행되어 추가적인 수정 작업은 필요하지 않음을 알 수 있었다.

Figure 20과 21은 각각 모듈 적용 전후의 BIM 모델과 그에 따른 내부 모습을 나타낸다.

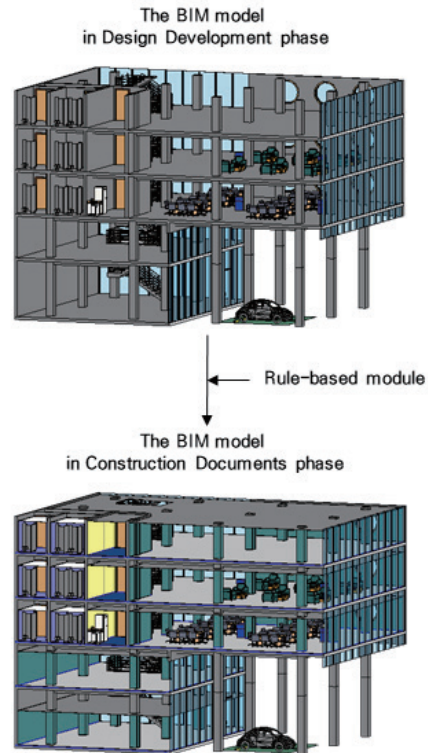


Figure 20. Result of rule-based module operation

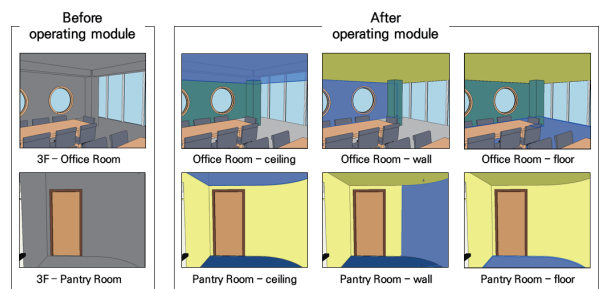


Figure 21. Comparison of the BIM model before and after module operation

4.3. 실무 효용성 검증

정상 구동 여부가 검증된 모듈에 대해 실무 효용성 검증을 수행하였다. 샘플 BIM 모델을 대상으로 한 실무 효용성 검증은 수작업 모델링과 규칙 기반 모듈을 활용한 모델링 각각의 작업 소요시간을 비교하는 방식으로 수행하였다.

모듈을 활용한 모델링 방식은 정상 구동 여부 검증을 통해 설계 오류가 존재하지 않음을 확인하였기 때문에 수작업에 의한 모델링에서 사용자 오류가 존재하지 않는 한 큰 차이점이 존재하지 않는다. 이에 따라, 두 방식에 의해 마감 상세화가 완료되는 시점까지의 작업 소요시간을 비교하고자 하였다. 소요시간 측정은 초기 작업환경을 설정하는 시간을 제외하였으며, 신규 마감 유형 생성과정을 포함한 3차원 모델링 시간만을 측정하였다.

모듈 기반 모델링 소요시간과의 비교를 위한 수작업 모델링은 앞선 인터뷰 대상 중 D사의 초급 기술자 1인이 직접 수행하였다. Table 5는 대표 층인 3층과 전체 층에 수작업 모델링 방식과 모듈 기반 모델링 방식을 각각 적용한 결과로 소요된 시간을 나타낸다.

Table 5. Comparison of the time required for manual modeling and module based modeling

Scope	Manual modeling	Module based modeling	Module based modeling without excel sheet
The 3rd floor	1hr	7mins	3mins
The entire floors	4hrs	9mins	4mins

수작업 및 규칙 기반 모듈에 의한 모델링을 각각 수행한 결과, Table 5에서와 같이 모듈에 의한 작업 소요시간이 수작업 대비 크게 단축되었음을 알 수 있다. 실제, 3층에 모듈 기반 모델링 방식을 적용할 경우 소요되는 작업시간은 수작업 모델링 방식의 약 11.7% 수준인 것으로 확인되었다. 이를 전체 층에 적용할 경우, 수작업 모델링 대비 약 3.75% 수준으로 그 효과가 더욱 극명해짐을 알 수 있었다.

이는, 수작업에 의한 모델링의 경우 작업 층 및 공간의 개수가 많아짐에 따라 작업 소요시간은 크게 증가한 반면, 모듈에 의한 모델링의 경우 작업 층 및 공간의 개수가 많아지더라도 작업 소요시간의 차이가 크지 않았기 때문이다.

추가적으로, 엑셀 파일을 통한 레이아웃 구성 시간을 제외한 순수 마감 모델링 소요시간만을 비교한 결과 그 효과는 더욱 커짐을 알 수 있었다.

이처럼, 본 연구에서 개발한 건축 내부 마감 자동 상세화 모듈을 실시설계 단계에 적용할 경우 단순 반복작업 위주의 업무 프로세스 개선에 기여하여 작업 효율성을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 판단하였다. 특히, 층 별 유사한 평면도를 갖는 규모가 큰

고층 BIM 모델에 대한 모듈 적용 효과는 더욱 극대화될 것으로 사료된다.

5. 결론

BIM은 3차원 파라메트릭 모델링을 통해 설계 환경에 따라 데이터의 변형을 용이하게 하며, 정보의 관리 및 공유가 신속하고 정확해질 수 있는 환경을 제공하고 있다. 이에 따라, 공공기관을 중심으로 BIM 도입은 점점 확대되고 있으나 단순 전환설계 위주로 이루어지는 현재의 국내 BIM 설계 환경 속에서 중소규모 건축 설계사는 2차원 도면 뿐 아니라 추가로 품을 들여 BIM 모델을 작성하고 있는 실정이다.

특히, 기본설계에서 실시설계 단계로 전환하는 과정에서 요구되는 건축 마감 상세설계는 그 어려움이 더욱 극심한 상황이다. 잦은 설계 변경과 방대한 작업량으로 인해 비효율적이고 단순 반복적인 작업은 설계품질 및 업무의 생산성 저하로 이어지고 있다.

본 연구에서는 마감 상세화 작업 내 반복적인 작업을 자동화하는 BIM 기반의 규칙 기반 모듈을 구축하고자 하였다. 국내 주요 건축 설계사무소의 실무자 인터뷰를 통해 주요 마감 상세화 요구 사항을 조사하였으며, 대표 마감 부재인 '바닥, 벽, 천장'을 연구 범위로 한정하였다. 해당 부재들의 마감 상세화 모듈 구축을 위해 마감 및 공간 객체에 대한 유효 파라미터를 선정하였으며, 선정된 파라미터들을 바탕으로 규칙 기반 상세화 알고리즘을 구축하여 모듈을 개발하였다.

개발된 모듈은 BIM 모델 내에 포함된 전체 실내 공간에 대해 바닥, 벽, 천장 부재들을 자동으로 상세화해주며, 실무자 검토 결과 현행 설계 프로세스의 고질적 문제로 제기되는 단순 반복작업의 해소에 기여할 수 있을 것으로 전망되었다. 실제로 수작업 기반의 모델링과 모듈을 통한 모델링에 따른 작업시간을 비교한 결과 단일 층의 경우, 약 11.7%, 전체 층에 대해서는 약 3.75% 수준임을 확인하였다. 이를 통해, 규칙 기반 모듈의 적용은 작업 생산성 개선에 크게 기여할 것으로 사료되며 특히, 유사한 평면도를 갖는 규모가 큰 BIM 모델에 대한 모듈 적용 시 그 효과가 극대화될 것으로 판단된다.

그러나 현재 규칙 기반 모듈 구동은 '바닥, 벽, 천장' 3가지 부재로 한정되어 있으며, 모듈 구동 시 설계 변경 과정에 대한 즉각적인 반응이 미흡하다는 한계점에 대한 지적 또한 존재하였다. 이와 함께, 모듈 구동 과정 중 데이터 매핑을 위해 수반되어야 하는 엑셀 데이터 생성 절차의 번거로움이 한계점으로 나타났다.

따라서, 향후에는 규칙 기반 접근법에 인공지능 알고리즘을 접목시켜 구축된 모듈을 지능화할 계획이다. 일례로, 룸의 속성정

보를 기반으로 모듈 구동이 이루어지고 있는 만큼 BIM 모델의 공간 정합성이 전제되어야 하는데, 인공지능 알고리즘을 통해 이를 자동 검토 및 수정할 수 있는 검토 모듈도 함께 구축할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 22AATD-C163269-02).

References

- Chin, S. Y. (2015). Is BIM Hazardous or Beneficial? Why Do Design Firms Still Hesitate to Adopt BIM?, *The Architectural Culture News*, March 1st, 2015.
- Jeon, S. M., Kim, D. W. (2013). BIM parametric modeling, Technical Report, Ssangyong Engineering & construction, Korea, pp. 20-24.
- Jeong, S. J., Ham, N. H., Kim, J. H., Kim, J. J. (2012). A Study on the Application of BIM for Design Efficiency in the Early Design Stage, *Proceeding of Annual Conference of the Architectural Institute of Korea*, 32(1), pp. 61-62.
- Khosakitchalart, C., Yabuki, N., Fukuda, T. (2020). Automated modification of compound elements for accurate BIM-based quantity takeoff, *Automation in Construction*, 113, 103142.
- Kim, H. S., Lee, H. M., Lee, I. S. (2020). Development of Automatic BIM Modeling System for Slit Caisson, *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 21(11), pp. 510-518.
- Kim, H. Y., Lee, J. K. (2016). A Study on the Application of BIM-enabled Interior Panel Design by the control of Parametric Objects and their Properties, *Journal of the Korean Institute of Interior Design*, 25(6), pp. 70-78.
- Kim, I. H., Park, J. D., Park, C. S., Jung, J. H., Choo, S. Y. (2013). BIM in Architecture: Design and Engineering, kimoondang.
- Kim, S. A., Yoon, S. W., Chin, S. Y., Kim, T. Y. (2009). A Development of Automated Modeling System for Apartment Interior to Improve Productivity of BIM-base Quantity Take-Off, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 25(9), pp. 133-143.
- Koh, I. L., Kim, M. K., Min, Y. G., Chung, T. S. (2012). A Study on the 'Level of Information' in BIM-based Design Process, *Journal of The Korean Digital Architecture · Interior Association*, 12(3), pp. 111-117.
- Lee, M. K., Chin, S. Y. (2013). A Study on the Accuracy of BIM-based Quantity Take-Off of Apartment Interior, *Korean journal of construction engineering and management*, 14(1), pp. 12-22.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2018). Smart Construction Technology Roadmap.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2020). Architectural BIM Activation Roadmap.
- Park, S. H., Kim, H. S., Yoon, D. Y. (2015). A Study for Automated Division of Composite Walls for Quantity Take-off in Construction Document Phase, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 20(2), pp. 124-132.