

# 프로젝트 단계별 LOD가 반영된 스마트 BIM 커튼월 라이브러리 체계 구축

## Proposal of Smart BIM Library Framework for Curtain Wall with different LOD on each project stage

김범준<sup>1)</sup>, 김성아<sup>2)</sup>, 김병주<sup>3)</sup>, 진상윤<sup>4)</sup>

Kim, Beom-Jun<sup>1)</sup> · Kim, Seong-Ah<sup>2)</sup> · Kim, Byeong-Ju<sup>3)</sup> · Chin, Sang-Yoon<sup>4)</sup>

Received May 31, 2017; Received June 12, 2017 / Accepted June 14, 2017

**ABSTRACT:** Recently, there has been a growing interest in the life cycle management field of buildings through the introduction of BIM. And as BIM application is expanded, BIM ordering guidelines and guidelines are becoming popular. Also, as diverse forms of buildings including super high-rise building have been generalized, attention to the importance of curtain walls that are advantageous for construction period shortening, building lighting and quality homogenization has been increasing. However, all BIM information from the design stage to the maintenance stage is not accumulated in stages. And the input information is not improved in proportion to the level of appearance of the BIM model. Also, current curtain wall designs rely heavily on curtain wall consulting firms or utilize accumulated data from existing processes. In this study, curtain wall components, shape and property information were derived by analyzing BIM guidelines and curtain wall construction standards to contribute to solving these problems. And the curtain wall smart BIM library which can be converted according to LOD(Level of Development) has been produced and its applicability has been verified. Through the library, curtain wall information can be systematically managed in the library from design to construction and maintenance. And the library will contribute to the expansion and activation of the BIM library market in the future.

**KEYWORDS:** Building Information Modeling, Level of Detail, Level of Development, Curtain Wall, Library

**키워드:** BIM, LOD, 커튼월, 라이브러리

### 1. 서론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

건물의 고층화, 경량화, 건식화가 진행되고 있는 현대 건축에서 중요한 요소로 평가받고 있는 커튼월은 공기단축, 균일한 외피의 품질확보에 유리한 장점이 있다(Cho et al., 2009). 미국과 유럽, 동남아시아의 국가들의 경우 약 45%에서 50%의 건축물에 적용되고 있으며, 이러한 추세는 국내에서도 다르지 않다(Song et al., 2012). 초고층 건물 공사비의 약 10%에서 15% 정도를 커튼월 공사가 차지하고 있으며, 공정관리 측면에서 주 공정상에 위치하고 있으므로 커튼월은 프로젝트 생애주기에 걸쳐 중요한 관리대상이다(Jung et al., 2005; Kim and Lee, 2006;

Lee and Kim, 2011; Yoon et al., 2012). 특히, 커튼월은 자재 제작 및 조달을 위한 상세설계와 현장설치를 위한 목업 테스트에 있어서 참여자들간의 원활한 정보 공유와 정확한 의사결정이 매우 중요한 요인으로 드러났다(Kim and Lee, 2006; Lim et al., 2007; Kwon and Chun, 2007).

3차원 모델을 활용한 프로젝트 정보 공유 및 새로운 협업 방식으로 대두되고 있는 BIM (Building Information Modeling)을 통해 생애주기동안 커튼월 정보를 체계적으로 관리하고, 참여자간 원활한 의사소통을 도모할 수 있는 장점이 있다. 프로젝트 단계마다 결정되는 정보의 양과 수준이 다르듯이, BIM에서도 프로젝트 단계마다 서로 다른 상세수준으로 표현되어 시공 및 유지관리단계로 진행될수록 3차원 모델의 형상이 실제와 유사

<sup>1)</sup>학생회원, 성균관대학교 미래도시융합공학과 석사과정 (skkueng09@skku.edu)

<sup>2)</sup>정회원, 성균관대학교 건설환경연구소 선임연구원, 공학박사 (kody25@skku.edu)

<sup>3)</sup>학생회원, 성균관대학교 미래도시융합공학과 석사과정 (snowkbb@gmail.com)

<sup>4)</sup>정회원, 성균관대학교 건설환경공학부/미래도시융합공학과 교수, 공학박사 (schin@skku.edu) (교신저자)

하도록 작성되는 경향이 있다. 이러한 BIM의 상세수준을 LOD (Level of Detail 또는 Development)라고 하는데, 일부 연구 및 보고서를 통해 프로젝트 단계마다 요구되는 정보와 BIM 모델의 상세수준을 정의하고 있다(Redmond et al., 2012; Park and Kim, 2014; Kim and Yu, 2015; Choi et al., 2013).

특히, 커튼월은 보, 기둥과 같은 건물의 주요 구성요소 중 하나로서, BIM 저작도구에서 제공하는 기능 및 모델링 방식에 의해 차이가 있지만, 대부분 객체단위의 라이브러리에 의해 작성된다. 라이브러리라 함은 복잡한 형상을 여러개의 독립적인 변수에 의해 크기를 조정할 수 있는 파라메트릭 모델링 방법에 의해 제공되는 모델 또는 데이터의 집합으로, 각종 창과 문, 가구 등을 라이브러리로 제작하여 모델 작성의 효율성과 모델의 재활용성을 높이는데 활용된다(Lee and Kim, 2015; Shin et al., 2016). 프로젝트 단계마다 달라지는 LOD에 따라 라이브러리도 수정할 수 있어야하는데, 아직은 모델링 요소마다 BIM 라이브러리 구축을 위한 작성기준이 미비하고, 프로젝트 단계별, BIM 객체의 활용 목적별 구체적인 요구 정보가 불명확한 한계가 있다(Kim and Yu, 2015; Shin et al., 2016). 또한 커튼월 공종은 일반 건설업체들이 전문건설업체의 업무영역으로 간주하여 자체 기술을 확보하지 못하고 커튼월 컨설팅 업체에 의존하는 경향을 보이고 있다(Cho et al., 2009). 커튼월의 BIM 모델은 비정형 외피 형상을 검토하는 것에 국한되어 활용하고 있다.

BIM 라이브러리 내에서 커튼월의 형상과 속성정보를 설계단계에 따라 체계적으로 관리할 수 있는 방법을 제시하고, 프로젝트 단계별로 변화하는 LOD를 고려한 라이브러리를 통해 정보의 누수를 방지하여 설계정보가 Shop Drawing 및 유지관리 단계에까지 지속적으로 활용될 수 있는 체계를 개발하는 것이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 설계 단계별 요구되는 BIM 정보수준 즉, LOD에 따라 변환이 가능한 라이브러리를 스마트 라이브러리라고 정의하고, 수많은 건축부재 중에서 커튼월을 중심으로 스마트 라이브러리를 개발함으로써 설계단계별 서로 다른 수준으로 요구되는 정보의 생성 및 관리 체계를 제시하는 것이 연구의 목적이다. 스마트 라이브러리 제작을 위해 본 연구는 프로젝트 단계별 요구되는 형상 및 속성정보를 규명하고 전문가 의견 및 파일럿 프로젝트를 통해 스마트 라이브러리의 활용 가능성을 확인하였다. 스마트 라이브러리 개발을 통해 기본설계에서 중간 설계 및 실시설계로 발전되는 과정에서 누락되는 정보없이, 체계적으로 객체의 속성정보를 관리하고, 변화하는 LOD에 따라 모델을 즉각 수정함으로써 모델 작성의 생산성 향상에 기여할 뿐만 아니라, 향후 BIM 라이브러리 시장 확장에 기여할 것으로 판단된다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

커튼월은 비내력 외벽의 총칭으로써, 건축구조상 커튼 모양으로 공간을 구획하여 막아주는 기능을 갖는 벽을 말한다. 커튼월은 사용재료에 따라 크게 금속과 비금속으로 나눌 수 있으며, 금속커튼월은 강재, 알루미늄, 스테인리스 스틸 등으로 다양하게 나뉜다. 또한 커튼월은 조립방식에 따라서도 스틱 시스템과 유닛 시스템 등으로 다양하게 나뉜다. 이러한 커튼월의 재료 및 조립방식은 건물 파사드 디자인, 공사 기간, 비용, 요구 성능에 따라 선정된다. 본 연구에서 개발하고자 하는 커튼월 라이브러리는 가장 많은 건물이 시공되고 있는 정형의 금속 커튼월 이고, 조립방식에 있어서는 유닛 시스템으로 연구의 범위를 한정하였다. 커튼월 단면 상세 및 멀리언과 트랜섬의 압출 형상(Profile)을 제작하는데 있어서는 복잡하지 않은 일반적인 형태를 적용하였다.

또한 본 연구는 커튼월과 BIM 모델 작성에 관한 선행연구 분석에서부터 국내외 BIM 지침 및 가이드라인 분석을 통해 커튼월 라이브러리에 필요한 형상 및 속성정보를 도출하였다. 그리고 국내·외 커튼월 공사기준 분석을 통해 커튼월 라이브러리의 구성요소를 정의하였으며, LOD에 따라 서로 다른 커튼월 부재를 표현하기 위해 필요한 형상정보와 속성정보를 정의하였다. LOD에 따른 형상 및 속성정보를 기준으로 커튼월 BIM 스마트 라이브러리를 제작하였다. 제작된 라이브러리를 소규모 건축물 모델 작성에 활용함으로써 파일럿테스트를 수행하였으며, 파일럿테스트를 통해 커튼월 BIM 스마트 라이브러리의 활용 가능성을 검증하였다. 그러므로 본 연구는 선행연구 고찰 결과로서 스마트 라이브러리의 설계단계별 필요한 정보를 정의하고, 단계별 LOD에 의한 필요 정보 구분, 구분된 정보를 토대로 커튼월 스마트 라이브러리를 제작을 통해 전문가 의견을 수렴하고 제작된 라이브러리의 파일럿 테스트를 통해 연구결과물의 활용 가능성을 검토하였다.

## 2. 선행 연구 고찰

### 2.1 커튼월 관련 연구

커튼월과 관련된 선행연구에서는 설계 및 시공단계에서의 문제점 또는 낭비요인 제거로 인한 자재 조달 및 설치 작업의 효율성 향상, 공기절감을 목적으로 연구가 진행되었다. Jung et al. (2005)는 커튼월 공사의 효율성을 저해하는 문제점과 낭비 요인을 규명하여, 효율성을 향상시키기 위한 주요 관리 포인트를 제시하였으며, FMEA 기법을 기반으로 초고층 커튼월 공사의 공기 지연에 대한 리스크 요인 평가 프로세스 및 대응 프로세스를 제시하고, 리스크 우선순위를 도출한 연구(Lee and Kim, 2011)가 있었다. 다음으로, 커튼월 공사 프로세스의 각 단계별 협업지

원의 필요성을 토대로 관리요소를 도출하고, 각 요소 간 상대적 우선순위를 도출한 연구(Lim and Choi, 2011)가 있었다. 마지막으로, 커튼월 공사를 대상으로 실무자들의 현장 물류관리 효율성 제고를 위하여 현장에서 고려해야 할 요소를 검색하고, 문제점 및 개선요구사항의 중요도를 평가한 연구(Choi and Lim, 2014)가 있었다.

그리고 커튼월 구조설계의 적정성 검토를 위한 매뉴얼의 개발(Cho et al., 2009), 목업 실험 결과값과 구조설계치의 차이를 반영하여, 경제적인 커튼월 부재설계기법을 제공한 연구(Moon and Ock, 2014)도 진행되었다. 특히 커튼월의 상세도(Shop-drawing)를 제작하는데 있어서 부정확한 설계의뢰와 과도한 상세규격은 과잉생산을 초래하고, 잦은 설계변경, 참여주체간 의사결정 지연으로 인한 작업중단은 자재 조달에 소요되는 리드타임(Lead time) 증가의 원인이 된다(Kim and Lee, 2006). 커튼월 설계단계의 문제점을 해결하기 위해 선행연구에서는 커튼월에 부여되는 프로덕트(Product) 정보를 분석하여 참여자간 원활한 정보 교환 및 공유를 가능하게 하는 설계관리시스템을 제안하였다(Lim et al., 2007, Kwon and Chun, 2007). 커튼월 설계에서는 다양한 프로젝트 참여주체간 정확한 정보교환과 빠른 의사결정이 매우 중요하다.

## 2.2 BIM 모델 작성 관련 연구

BIM 모델 작성과 관련된 연구로는 라이브러리 구축에 관한 연구들이 조사되었는데, 표준 BIM 라이브러리의 활성화를 목적으로 BIM 라이브러리 객체분류체계와 속성정보의 구축방안을 제시한 연구(Lee and Kim, 2015)가 있었다. 정보공유 및 교환시 재작업을 최소화하며, 단계별·활용목적별 정보 관리를 효율화하기 위하여 BIM 라이브러리 속성정보 통합관리 체계를 제시한 연구(Shin et al., 2016)가 있었다. 라이브러리 구축을 위해서는 객체의 속성정보를 정의하는 것이 필요하다.

객체의 속성정보와 형상정보는 프로젝트 단계별 요구되는 LOD에 따라 달라지는데, 국내·외 BIM 가이드라인의 분석을 통하여 설계 환경에 맞는 단계별 BIM 요구사항을 정리하고, LOD 기준을 수립한 연구도 진행되었다(Bae and Jun, 2011; Choi et al., 2013). 통합건축프로세스 단계별로 요구되는 정보상세수준 LOI(Level of Information)를 정의하고, 단계별 요구정보를 정리한 연구(Park and Kim, 2014)가 있었다. 그 밖에 플로팅 건축물 설계, 에너지 사용량 분석, 탄소배출량 산정을 위해 필요한 정보를 정의한 연구도 진행되었다(Jung et al., 2014; Choo et al., 2012; Lee et al., 2014; Bae et al., 2015). 또한 프로젝트 진행 단계별 BIM 정보 전달과정의 비효율성을 최소화하고 복합객체에 대한 COBie 기반 속성정보의 통합적인 관리를 위하여, BIM 기반 복합객체에 대한 속성정보의 통합관리 방안을 제시한 연구

(Kim and Yu, 2015)가 있었다. LOD는 프로젝트 단계 뿐만 아니라 객체를 활용하고자하는 분야에 따라 필요한 정보에 차이가 있으며, BIM 가이드라인은 최소한의 요구 정보를 제시하고 있다.

## 2.3 국내 BIM 적용 가이드 분석

프로젝트 단계마다 BIM 데이터 작성방안, 활용 방안 등을 언급하고 있는 조달청의 BIM 지침서는 계획단계에서부터 커튼월을 최소부재 작성 대상으로 정의하고 있다. 계획단계에서의 BIM 데이터 상세수준, 즉 BIL (Building Information Level)을 20 내외라 정하고 있으며, 이 지침서의 부록에 포함되어 있는 'BIM 정보표현수준(안)'에 따르면 BIL 20에서는 커튼월 주자재인 멀리언의 형상을 표현한다고 제시되어 있다.

창호와 건물 외피의 BIM 데이터 작성기준은 계획, 중간, 실시설계 모두 창호가 벽체에 귀속되도록 작성하는 것이고, 커튼월은 벽체에 귀속하지 않고 BIM 제작도구가 제공하는 기능에 따라 개별 객체로 작성하도록 제시하고 있다. 또한 둘 이상의 층에 걸친 창호의 경우 최하단의 벽에 소속하도록 작성하도록 하였다. 이를 통해 각 층별로 작성하지 않고 모두 합쳐진 채로 작성하는 커튼월의 경우 최하단의 층에 소속하도록 작성함을 확인할 수 있었다. 건물 외피는 건물의 내부와 외부에 공기가 통하는 뚫린 공간이 없도록 모델링하도록 정하고 있다.

앞서 언급한 것과 같이 커튼월은 계획단계에서부터 BIL 20으로 표현하도록 제시하고 있으며, 특히, 중간설계 단계에서는 BIL 30 수준으로 멀리언의 규격이 포함된 커튼월을 건축모델의 최소 부재작성 대상에 포함시키고 있다. 또한 중간설계단계의 BIM 활용목표 및 수준에서는 건축 및 구조의 개산견적을 위한 수량 산출 기초자료를 산출해야 한다고 명시되어 있기 때문에, 커튼월의 개산견적을 위한 수량산출 기초자료의 산출이 이루어져야 한다. 실시설계 단계에서는 BIL 40으로 모든 건축부재의 규격을 표현해야 하며, 공사비 검토 및 입찰견적을 위한 수량산출 기초자료 산출이 이루어져야 한다.

그리고 조달청 BIM 지침을 바탕으로 한국형BIM 라이브러리 제작기준을 제시하고 있는 "KBIMS module32, BIM 데이터 작성 기준"을 살펴보면, 커튼월은 BIL 20 수준에서부터 형상을 표현하고, 커튼월의 접합부는 BIL 30에서 표현한다고 언급되어 있다. 이는 조달청 BIM 지침에서 언급된 내용과 동일하다.

그 밖에 LH 공동주택 BIM 적용 가이드라인과 가상건설연구단의 BIM 적용 설계가이드라인에서도 설계단계별 BIM 모델 작성에 필요한 최소요구정보를 정의하고 있다. 그러나 조달청 BIM 지침과 같이, 객체종류마다 구체적인 형상정보와 속성정보는 제시되어 있지 않으며, 라이브러리에 대한 별도의 제작 기준은 포함되어 있지 않았다.

## 2.4 국외 BIM 가이드라인 분석

미국 AIA Document E202™-2008에서는 ‘Model Element Table’을 통해 발주자와 설계자가 필요로 하는 BIM 모델의 수준을 정의하도록 제공하고 있다. 또한 BIM Forum은 LOD Specification(이하, 시방서)을 통해 AIA에서 규정하고 있는 6단계 LOD에 따른 각 건축 부재별 작성수준을 제시하고 있다. 커튼월 관련 내용은 LOD 시방서 내 ‘Exterior Window Wall’ 항목에서 확인할 수 있는데, 주로 형상정보(Graphic Illustration) 중심으로 정의되어 있다. 또한, 미국의 재향 군인의 복지와 관련된 의료시설을 관리하는 정부기관인 Department of Veterans Affairs (VA)는 ‘The VA BIM Object/Element Matrix Manual Release 1.0’를 통해 프로젝트가 진행되는 동안 중요 부재에 대한 BIM 정보를 확인하고 추적할 수 있는 양식을 하고 있다. AIA의 LOD를 기준으로 커튼월의 형상 및 속성 정의에 필요한 정보를 확인할 수 있는데, 커튼월에 필요한 정보는 LOD 100에서 500까지 총 313개가 있으며, 커튼월 모델 작성에 필요한 속성정보를 145개로 구분된다.

영국의 왕립 건축사 협회에서는 ‘Uniclass2015’ 분류체계에 따라 5,700여 가지 이상의 건설 관련 정의에 대한 LOD (Level of Detail)와 LOI (Level of Information)를 제공하고 있다. BIM에서의 설계 프로세스 단계별 모델링 수준을 규정하는 LOD (Level of Detail)와 BIM에서의 정보수준의 단계를 규정하는 LOI (Level of Information)를 각각 사용하는 것이 다른 가이드라인과의 차별점이라 할 수 있다. 그 밖에 싱가포르의 BIM 가이드라인에서 커튼월은 층별로 구분할 필요가 없이 전체 높이에 맞게 모델링을 하도록 가이드를 제공하고 있으나, 세부적인 형상 및 속성정보 작성기준은 별도로 제공되지 않고 있다.

## 3. 커튼월 스마트 BIM 라이브러리 체계 구축

### 3.1 표준시방서 및 가이드 분석

#### 3.1.1 커튼월 공사 표준시방서 KCS 41 54 02 : 2016

국내 건축공사 표준시방서(KCS 41 54 02 : 2016)에 따르면 금속커튼월의 기본 구성자재는 알루미늄 압출재 및 패널(Extruded Aluminum and Panel), 스틸류(Steel), 긴결재(Fasteners: 스크류, 볼트, 너트 등), 단열재(Insulation), 단열바(Insulation using in Bar), 백패널(Back Panel), 유리 및 유리설치용 자재(Glass and Glazing Material), 실링재(Sealant), 가스켓(Gasket), 세팅블록(Settling Block), 층간 방화 구획(Fire Protection Material), 앵커류(Anchor), 후레싱 및 거터(Flashing and Gutter), 배연기기(Ventilation System), 개폐창용 하드웨어(Hardware of Window), 방충망(Screen), 루버(Louver), 단열 충진품(Insulation Foam)으로 총 18가지 항목이다.

### 3.1.2 CMHC Glass and Metal Curtain Walls

캐나다의 연방모기지주택공사(Canada Mortgage and Housing Corporation, 이하 CMHC)에서 발간한 금속커튼월 가이드에서는 커튼월의 주자재는 알루미늄, 철, 유리, 부자재는 실란트, 고무, 단열재 등으로 정의하고 있다. 일반적인 금속커튼월 시스템의 구성요소는 Anchor, Horizontal Rail, Back Panel, Insulation, Spandrel Adapter, Inner Glazing Seal, Insulated Glazing Unit, Thermal Break, Exterior Glazing Seal, Pressure Plate, Pressure Plate Fastener, Snap Cap의 총 12가지이다. 그러나 커튼월 시스템의 종류에 따라서 구성요소는 조금씩 차이가 있기 때문에 CMHC 가이드에서 언급된 커튼월 시스템 종류에 의해 공통적인 구성요소를 정리하면, Mullion, Transom, Fasteners, Sealant, Glass and Glazing Material, Thermal Break, Gasket, Anchor, Extruded Aluminum, Sheet Aluminum, Sheet Steel, Setting Blocks, Fire Stop, Spandrel Panel, Back Panel, Waterproofing Membrane, Air Barrier Membrane, Pressure Plate, Snap Cap, etc.(Shims, Spacers, Tapes)와 같이 총 17가지로 정리하였다.

### 3.1.3 커튼월 도면 분석

교육연구시설 A 프로젝트의 커튼월의 경우 일반적인 모양의 수직, 수평의 알루미늄 압출재가 사용되었으며, 두께 42mm의 삼중유리가 사용되었다. 그 외에 Bracket, Thermal Break, Gasket, Sealant 등의 위치와 각종 부재의 치수를 도면에서 확인할 수 있다(Fig. 1).

초고층 빌딩 B 프로젝트의 커튼월 또한 일반적인 모양의 수직, 수평의 알루미늄 압출재가 사용되었으며, 두께 42mm의 삼중유리가 사용되었다. 도면에 표현된 커튼월 시스템의 구성요소는 수직, 수평의 Mullion과 Transom, Screw, Thermal Break, W/Sealant, Silicone Gasket, Structural Silicone Sealant, Low E Triple Glass, Weather Silicone Sealant, Extruded Aluminum Cap의 총 10가지 항목이다.

마지막으로 초고층 빌딩 C 프로젝트에서는 일반적인 모양의 수직, 수평의 알루미늄 압출재가 사용되었으며, 두께 42mm의

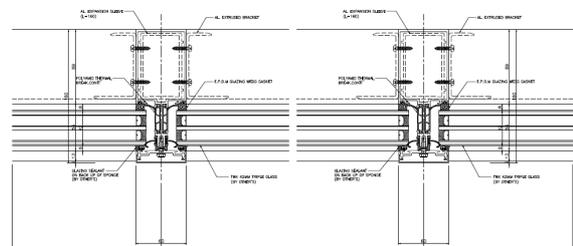


Figure 1. Sample of Curtain wall Detail drawing

삼중유리가 사용되었다. 도면에 표현된 커튼월 시스템의 구성요소는 Aluminum Frame, Low E Triple Glass, Weather Silicone Sealant, Gasket, Thermal Break, Aluminum Sheet, Panel Foam, Steel Sheet, Aluminum Glass Chair, Structural Silicone Sealant, Aluminum Bracket, Setting Block, Screw의 총 13가지 항목으로 정리되었다.

### 3.2 커튼월 구성요소 정의

국내 금속커튼월 공사 표준시방서, 캐나다 CMHC, 임의로 선정한 국내 건축프로젝트의 설계도서에서 커튼월의 구성요소가 각각 18개, 17개, 15개로 나타났다. 이는 공통으로 적용되는 커튼월 구성요소에 대한 정의가 부재한 것을 의미한다. BIM은 건축 프로젝트에서 발생하는 모든 정보를 포괄하므로, 커튼월 관련 BIM 및 라이브러리 작성 기준을 마련하기 위해서는 세부 구성요소에 대한 공통된 기준이 필요하다. 그러므로 본 연구에서는 국내·외 커튼월 공사기준 분석을 바탕으로 커튼월 구성요소를 Anchor, Fasteners, Mullion, Transom, Spandrel Panel, Back Panel, Insulation, Glass, Gasket, Sealant, Setting Block, Flashing, Gutter, Fire Protection Material, Sun Shade, Window, Door, Louver의 총 18개로 정의하였다(Table 1).

### 3.3 단계별 LOD 표현에 필요한 커튼월 구성요소 정의

커튼월 라이브러리 제작을 위해 본 연구에서 공통으로 정의한 커튼월의 구성요소는 Anchor, Fasteners, Mullion, Transom, Spandrel Panel, Back Panel, Insulation, Glass, Gasket, Sealant, Setting Block, Flashing, Gutter, Fire Protection Material, Sun Shade, Window, Door, Louver로 총 18가지이다. 18가지 커튼월 구성요소를 기반으로 LOD 시방서에서 언급되어 있는 외장재의 형상을 표현하기 위해 필요한 구성요소를 정리한 결과, Table 2와 같다. 미국 AIA의 LOD 100과 국내 BIM지침에서의 기획단계 BIL10에서는 커튼월이 작성되지 않고, 특히, LOD 500은 실제 건축물과 동일한 수준으로 모델을 작성하는 것이기 때문에 LOD에 따른 커튼월의 구성요소를 정의하는 것(Table 2)에서 제외하였다. BIL 20 또는 LOD 200에서 커튼월은 Mullion과 Transom, Panel과 Glass를 구분하여 표현하지 않고 건물 전반적인 형태만 표현하고, 하부 구성요소는 포함하지 않기 때문에 커튼월을 단일 객체(Metal Curtain Wall)로 정의하였다. BIL 30 또는 LOD 300에서는 Mullion과 Transom, Panel과 Glass, 커튼월에 부가적으로 필요한 Sun Shade, Window, Door, Louver가 필요하기 때문에, 총 8가지 구성요소로 분류하였다. LOD 300과 LOD 400의 중간 수준인 LOD 350은 Mullion과 Transom, Spandrel Panel과 Back Panel, Glass와 Setting Block, Anchor, Fasteners, Insulation, Gasket, Sealant, Fire Protection Material, Sun

Table 1. Deriving Curtain wall components

KCS	CMHC	Project A, B, C	Curtain Wall Components
Extruded Aluminum and Panel	Mullion	Mullion	Anchor
Steel	Transom	Transom	Fasteners
Fasteners	Fasteners	Gasket	Mullion
Insulation	Sealant	Thermal Break	Transom
Insulation using in Bar	Glass and Glazing Material	Low E Triple Glass	Spandrel Panel
Back Panel	Thermal Break	Spandrel Panel	Back Panel
Glass and Glazing Material	Gasket	Weather Silicone Sealant	Insulation
Sealant	Anchor	Insulation	Glass
Gasket	Setting Blocks	Back Panel	Gasket
Setting Block	Fire Stop	Setting Block	Sealant
Fire Protection Material	Shims, Spacers, Tapes	Aluminum Glass Chair	Setting Block
Anchor	Spandrel Panel	Screw	Flashing
Flashing and Gutter	Back Panel	Structural Silicone Sealant	Gutter
Ventilation System	Waterproofing Membrane	Aluminum Bracket	Fire Protection Material
Hardware of Window	Air Barrier Membrane	Extruded Aluminum Cap	Sun Shade
Screen	Pressure Plate		Window
Louver	Snap Cap		Door
Insulation Foam			Louver

Table 2. Definition of Curtain-wall components by LOD

LOD 200 (SD)	LOD 300 (DD)	LOD 350 (CD)	LOD 400 (Shop Drawing)
Metal Curtain Wall	Mullion	Mullion	Mullion
	Transom	Transom	Transom
	Panel	Spandrel Panel	Spandrel Panel
		Back Panel	Back Panel
	Glass	Glass	Glass
	-	Setting Block	Setting Block
		Anchor	Anchor
		Fasteners	Fasteners
		Insulation	Insulation
		Gasket	Gasket
		Sealant	Sealant
		Fire Protection Material	Fire Protection Material
	-	Flashing	
	-	Gutter	
	Sun Shade	Sun Shade	Sun Shade
	Window	Window	Window
Door	Door	Door	
Louver	Louver	Louver	

Shade, Window, Door, Louver와 같이, 총 16가지 구성요소로 분류하였다. 모든 건축부재의 규격이 표시되어야 하는 BIL 40 또는 LOD 400은 Flashing과 Gutter가 추가되어 최종적으로 커튼월 스마트 BIM 라이브러리 제작을 위해 도출한 총 18가지 구성요소로 정의하였다.

### 3.4 LOD에 따라 커튼월 라이브러리 작성에 필요한 정보 정의

LOD에 따라 변환이 가능한 스마트 라이브러리 제작을 위해 본 연구에서는 LOD에 따른 커튼월 구성요소를 정의한 Table 2를 기준으로 커튼월 스마트 BIM 라이브러리제작에 필요한 정보를 정의하였다(Table 3). 그런데 LOD 400의 경우, Shop Drawing에 활용되는 수준으로 정확한 부재 제작 및 시공을 위해 커튼월 전문 시공회사의 검토 및 수정이 필요하고, LOD 350과 비교했을 때, 후레싱(Flashing)과 거터(Gutter) 이외에는 큰 차이가 없

기 때문에 필요 정보를 정의(Table 3)하는데 있어서 제외되었다.

그리고 LOD 350에서 정의된 Setting Block, Anchor, Fasteners, Gasket, Sealant, Fire Protection Material의 경우 커튼월의 주된 구성요소가 아닌 부수적인 구성요소로서, 크기가 주요소에 비해 작고 복잡하여 객체를 구현하는 시간적 효율과 생산성이 떨어진다. 그러므로 커튼월의 구성요소 중에서 부수적인 요소들은 모델의 형상에는 반영되지 않는 비모델링 요소로 물량산출 등에 활용하고자 한다. 또한 LOD 300과 350에서 정의된 Sun Shade, Window, Door, Louver는 라이브러리 작성시 필요한 정보로 고려하지 않았다. 최종적으로 LOD 200의 라이브러리에서는 금속커튼월 단일 객체의 형상을 구현하고, LOD 300의 라이브러리에서는 Mullion, Transom, Panel, Glass의 형상을, 마지막으로 LOD 350의 라이브러리에서는 Mullion, Transom, Spandrel Panel, Back Panel, Glass, Insulation의 형상을 구현하는 것으로 정의되어 있다.

LOD에 따른 형상정보를 기준으로 커튼월 스마트 BIM 라이브러리에 필요한 속성정보를 정의하기 위해, 국외 BIM 가이드 중에 가장 구체적으로 속성정보를 제시하고 있는 VA 가이드에서 커튼월 라이브러리의 속성정보 필요한 145개의 속성정보와 "NBS BIM Toolkit"에 정의되어 있는 커튼월 부재의 속성정보를 참고하였다. 그리고 커튼월 속성정보의 유형(Type)은 국내의 선행 연구들을 참고하여 구분하였다.

대표적으로 정보공유 및 교환 시 제작업을 최소화하며, 단계별·활용목적별 정보 관리를 효율화하기 위하여 BIM 라이브러리 속성정보 통합관리 체계를 제시한 연구(Shin et al. 2016)에서 제안한 BIM 객체종류별로 부여할 수 있는 속성정보의 목록인 BIM 속성분류체계가 있다. 식별정보, 위치정보, 자체정보, 형상정보, 운영정보, 성능정보의 6가지 속성유형을 대분류로 정의하였고, 17개의 중분류와 40개의 소분류로 속성항목을 계층화하였다. 예를 들어 식별정보의 중분류에는 객체정보와 객체분류코드가 있으며, 객체정보의 소분류에는 객체이름/ID, 객체유형, 객체설명이 있고, 객체분류코드의 소분류에는 객체분류코드가 있다. 이 외에도 표준 BIM 라이브러리의 활성화를 목적으로 BIM 라이브러리 객체분류체계와 속성정보의 구축방안을 제시한 연구(Lee and Kim 2015), 에너지성능 분석을 위한 Green BIM 가이드라인 개발에 필요한 요구조건을 LOD를 중심으로 제시한 연구(Choo et al. 2012), 기존 설계프로세스와 국내·외 BIM 가이드라인의 분석을 통하여 설계 환경에 맞는 단계별 BIM 요구사항을 정리하고, LOD(Level of Detail) 기준을 수립한 연구(Cho et al. 2013) 등을 참고하였다.

커튼월 라이브러리 작성에 필요한 속성정보는 식별정보(identification), 치수정보(Size), 비용정보(Cost), 제조정보(Product), 에너지정보(Energy), 녹색건축정보(Green), 일정정보(Schedule)

Table 3. Data needed to model Curtain wall, separated by LOD

Type	LOD 200	LOD 300	LOD 350	
Geometry	mCwLength, mCwWidth, mCwHeight, mCwNum, mCwNum1, PnlLength, PnlMat, MulWidth, MulHeight	(+) PnlThick, PnlHeight, MulLength, MulMat, TrnLength, TrnWidth, TrnHeight, TrnMat	(+) GlstThick, InsThick, BckThick, GlstMat, InsMat, BckMat	
Property	Identification	ID, Type, Discription, Class code		
	Size	MullionLength, MullionWidth, MullionHeight, TransomLength, TransomWidth, TransomHeight, PanelLength, PanelThickness, PanelHeight, PanelArea, GlassLength, GlassThickness, GlassHeight, GlassArea	(+) NumberofSashes, LowEGlazing, InsulationLength, InsulationThickness, Insulation Height, InsulationArea, BackPanelLength, BackPanel Thickness, BackPanelHeight, BackPanelArea	
	Cost	Conceptual Cost	(+) Assembly Based Costing	(+)AdditionalTax, ShippingCost, TotalOwnershipCost
	Product	GeneralType, Panel/GlassMaterial	(+) Type, Mullion Material, Transom Material	(+) Insulation Material, Back Panel Material
	Energy	U-Value, R-Value	(+) VLT	(+) SHGC, SC, RHG, Capability of air tightness
	Green	Targeted LEED grade	(+) GreenMaterialType, GreenMaterialSpecification	(+) ItemsNew, RecycledContent, CarbonFootprint
	Schedule	OverallDuration, TimeSequence	(+) OrderofProject Milestones, LeadTime, Duration	(+) OrderofMinorTasks, OrderofConstructionAssemblies

와 같이 7가지 유형으로 구분된다. 객체 ID, 객체 유형, 객체 설명, 객체 분류코드로 이루어진 식별정보의 경우 LOD 200, 300, 350에서 모두 동일하게 유지된다. 또한 물량산출에 필요한 치수 정보는 LOD 200에서는 단일 객체의 면적, 부피, 최대 크기이지만, LOD 300에서는 Mullion, Transom, Panel, Glass의 가로, 세로(두께), 높이가 되고, LOD 350에서는 Mullion, Transom, Panel, Glass, Insulation, Back Panel의 가로, 세로(두께), 높이가 된다. 나머지 비용정보, 제조정보, 에너지정보, 녹색건축정보, 일정정보는 LOD가 높아짐에 따라 정보의 양이 많아진다.

LOD 200 커튼월 BIM 라이브러리의 형상 구현에 필요한 변수들의 의미는 다음과 같다. "mCwLength"는 3차원에서 X축으로 표현 가능한 전체 가로길이, "mCwWidth"는 Z축으로 표현 가능한 전체 세로길이, "mCwHeight"는 Y축으로 표현 가능한 전체 높이를 나타낸다. 다음으로 "mCwNum"는 가로축 개수, "mCwNum1"는 세로축 개수를 나타낸다. "PnlLength"는 패널의 가로길이, "PnlMat"는 패널의 재질을 의미한다. "MulHeight"는 멀리언의 높이, "MulWidth"는 멀리언의 세로길이를 의미한다. LOD 200에서는 멀리언의 형상을 표현할 필요가 없지만, 세로축 간격을 조절하기 위해 LOD 200에서 필요한 형상정보로 정의된 것이다. LOD 200의 식별정보에는 객체 ID, 객체 유형, 객체 설명, 객체 분류코드, 치수정보에는 객체의 면적, 부피, 최대 크기에 대한 변수가 있다. 또한 비용정보에는 Conceptual Cost, 제조정보에는 General Type, 에너지정보에는 U-Value(열관류율), R-Value(열차단지수), 녹색건축정보에는 LEED 계획(Bronze, Silver, Gold), 일정정보에는 Overall Duration, Time Sequence과 같은 속성이 정의되어 있다.

LOD 300 수준의 커튼월 라이브러리 제작에 필요한 변수들은 LOD 200 수준에 필요한 커튼월 형상정보(mCwLength, mCwWidth, mCwHeight, mCwNum, mCwNum1, PnlLength, PnlMat, MulWidth, MulHeight)를 포함하고, 이를 제외한 나머지 형상정보는 다음과 같다. 패널 또는 유리의 두께, 높이에 해당하는 "PnlThick", "PnlHeight", 멀리언의 가로에 해당하는 "MulLength", "MulHeight", 재질을 선택할 수 있는 "MulMat" 속성이 정의되어 있다. 트랜섬의 가로, 세로, 높이에 해당하는 것은 "TrnLength", "TrnWidth", "TrnHeight"이며, 재질을 선택할 수 있는 "TrnMat"는 트랜섬의 재질을 의미한다.

그리고 LOD 300에서 추가되는 치수정보에는 멀리언과 트랜섬의 가로(MullionLength, TransomLength), 세로(MullionWidth, TransomWidth), 높이(MullionHeight, TransomHeight), 패널과 유리의 가로(PanelLength, GlassLength), 두께(PanelThickness, GlassThickness), 높이(PanelHeight, GlassHeight), 면적(PanelArea, GlassArea)이 있다. 또한 비용정보에는 Assembly Based Costing, 제조정보에는 Type, 멀리언 재질, 트랜섬 재질, 패널/유리 재질,

에너지정보에는 VLT(가시광선투과율), 녹색건축정보에는 Green Material Type, Green Material Specification, 일정정보에는 Time Sequence, Order of Project Milestones, Lead Time, Duration에 대한 변수가 추가되었다.

LOD 350 수준의 커튼월 라이브러리 제작 및 구현을 위해 LOD 300과 비교하였을 때, 추가되는 정보들은 다음과 같다. 유리의 두께를 표현하는 "GlsThick", 단열재의 두께를 표현하는 "InsThick", 백패널의 두께를 표현하는 "BckThick"가 있다. 또한 "PnlMat"은 스펀드럴패널의 재질만을 표현하도록 유리의 재질을 표현할 수 있는 "GlsMat"을 추가하였으며, 단열재의 재질을 표현하는 "InsMat", 백패널의 재질을 표현하는 "BckMat"를 추가하였다. LOD 200과 300에서와 마찬가지로 "PnlLength"는 패널의 가로길이로서 가로축 간격을 조절할 수 있고, "MulHeight"는 멀리언의 높이로서 세로축 간격을 조절할 수 있는 변수로 사용되었다.

LOD 350에서는 형상에 필요한 변수의 양이 가장 많다. 또한 각각의 범주에 속한 속성정보가 LOD 300에서 보다 추가되어 가장 많은 양의 정보를 포함하고 있다. LOD 300과 비교하여 치수정보에는 패널과 유리의 면적, Number of Sashes, Low E Glazing, 단열재와 백패널의 가로, 두께, 높이, 면적에 대한 변수가 추가되었다. 또한 비용정보에는 Additional Tax, Shipping Cost, Total Ownership Cost, 제조정보에는 단열재 재질, 백패널 재질, 에너지정보에는 SHGC(일사획득계수), SC(태양열차폐계수), RHG, 기밀성능, 녹색건축정보에는 Item Is New, Recycled Content, Carbon Footprint, 일정정보에는 Order of Minor Tasks, Order of Construction Assemblies에 대한 변수가 추가되었다.

### 3.5 전문가 인터뷰

국내·외 커튼월 공사기준을 통해 커튼월 라이브러리 구성요소를 도출하고, 선행연구와 국내·외 BIM 가이드라인을 분석하여 생애주기 단계별 LOD에 따른 구성요소를 분류하고, LOD에 따른 커튼월 라이브러리 형상 및 속성정보를 정의하였다. 본 연구를 진행하며 연구의 객관성 및 활용 가능성을 확보하기 위해 설계사무소, 비정형 및 디지털 건축 전문 회사, BIM 전문 회사에서 근무하는 5인의 전문가에게 각각 3회에 걸쳐 전문가 인터뷰를 진행하였다. 본 연구에서 제시한 LOD 단계별 필요정보의 정의가 실무적으로 활용가능하고 적합한지를 판단하기 위해서 전문가의 인터뷰를 진행하였다.

첫 번째 인터뷰는 국내·외 커튼월 공사기준을 통해 도출한 커튼월 라이브러리에 대해 전문가의 의견을 구했다. 전문가들의 의견을 종합하여 최종적으로 커튼월 라이브러리 구성요소를 도출하였다. 두 번째 인터뷰는 선행연구와 국내·외 BIM 가이드라인을 분석하여 분류한 생애주기 단계별 LOD에 따른 구성요소에

대해 전문가의 의견을 구했다. 전문가들의 의견을 종합하여 최종적으로 생애주기 단계별 LOD에 따른 구성요소를 분류하였다. 세 번째 인터뷰는 선행연구와 국내·외 BIM 가이드라인을 분석하여 정의한 LOD에 따른 커튼월 라이브러리 형상 및 속성정보에 대해 전문가의 의견을 구했다. 전문가들의 의견을 종합하여 최종적으로 LOD에 따른 커튼월 라이브러리 형상 및 속성정보를 정의하였다. 그러므로 본 연구에서 정의한 Table 1, 2, 3는 전문가 의견이 반영된 결과이다.

#### 4. 커튼월 스마트 BIM 라이브러리 제작

##### 4.1 LOD 200 수준의 커튼월 라이브러리 제작

LOD 200 수준의 커튼월 라이브러리는 멀리언과 트랜섬이 패널 또는 유리와 구분되지 않는 단일 객체이기 때문에, 멀리언과 트랜섬의 위치는 패널 또는 유리의 개수와 간격에 따른 수직과 수평의 그리드로 확인할 수 있다. 이는 계획설계단계에서 커튼월 구성요소들의 형상과 위치가 확정적이지 않고 설계과정에 따라 유동적으로 변하는 것을 반영하기 위함이다.

LOD 200 수준의 커튼월 라이브러리는 가로축과 세로축의 개수를 객체 속성창에 입력하면 바로 구현이 가능하도록 제작하였으며, Figure 2는 제작 결과에 해당하는 이미지와 GDL (Geometric Description Language)에 의한 구현과정을 보여준다. 기본적으로 Table 3에서 정의된 형상정보를 입력해야하며, 패널의 재질에 해당하는 "PnlMat"는 BIM 저작도구가 제공하는 유리이외의 다양한 재질을 선택할 수 있도록 기능을 구현하였다. 또한 mCwLength, mCwWidth, mCwHeight는 mCwNum, mCwNum1, PnlLength, MulWidth, MulHeight을 조합하여 계산할 수 있고, LOD 200 커튼월 BIM 라이브러리 객체의 면적과 부피, 최대 크기를 산출할 수 있기 때문에, 이를 라이브러리 제작에 반영하였다.

##### 4.2 LOD 300 수준의 커튼월 라이브러리 제작

LOD 300 수준의 커튼월 라이브러리는 멀리언과 트랜섬, 패널 또는 유리가 각각 구분되고, 각각의 구성요소가 형상에 필요한 변수를 가지고 있다. LOD 200에서는 멀리언과 트랜섬은 패널 또는 유리와 개수의 간격에 따른 수직과 수평의 그리드로 위치를 확인 가능했지만, LOD 300에서는 형상이 직접 구현되고, 각각의 구성요소가 조합되어 나타난다. 멀리언과 트랜섬의 형상이 실제 압출 Profile에 비해 단순하게 표현되었고, 패널 또는 유리의 형상도 세부적이지 못하다. Figure 3은 2차원과 3차원에서의 LOD 300 커튼월 BIM 라이브러리의 형상과, 라이브러리 제작에 과정에 해당하는 GDL 명령문의 일부를 보여주고 있다.

특히, LOD 300에서 멀리언은 수직부재이므로 높이(Height)

```

for j=1 to mCwNum1
material PnlMat[j]
  for i=1 to mCwNum
    block PnlWidth[i], MulDepth, PnlHeight[j]
    addx PnlWidth[i]
  next i
  del mCwNum
  addz PnlHeight[j]
next j
del mCwNum1

```

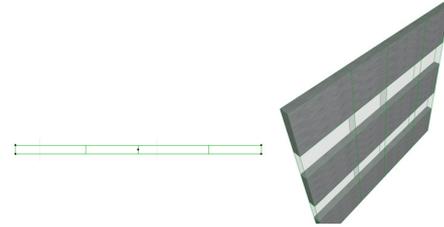


Figure 2. Curtain wall library on LOD 200

```

!!!! Mullion
!!material Mulmat
!!
!!for j=1 to mCwNum1
!!  block MulWidth, MulDepth, MulHeight[j]
!!    for i=1 to mCwNum
!!      addx MulWidth + TmWidth[i]
!!      block MulWidth, MulDepth, MulHeight[j]
!!    next i
!!    del mCwNum
!!    addz MulHeight[j]
!!  next j
!!  del mCwNum1

```

```

!!!! Transom
!!material Tmmat
!!
!!  for k=1 to mCwNum
!!    addx MulWidth
!!    block TmWidth[k], TmDepth, TmHeight
!!    del 1
!!    addx MulWidth + TmWidth[k]
!!  next k
!!  del mCwNum
!!
!!  for j=1 to mCwNum1
!!    addz MulHeight[j] - TmHeight
!!    for k=1 to mCwNum
!!      addx MulWidth
!!      block TmWidth[k], TmDepth, TmHeight
!!      del 1
!!      addx MulWidth + TmWidth[k]
!!    next k
!!    del mCwNum
!!    addz TmHeight
!!  next j
!!  del 2*mCwNum1

```

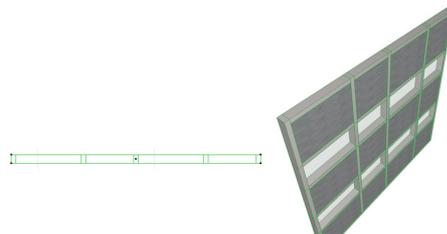


Figure 3. LOD 300 curtain wall BIM library

값이 모두 더해지도록, 트랜섬은 수평부재이므로 가로(Length) 값이 모두 더해지도록 제작하였다. 다음으로 패널 또는 유리는

가로(Length)와 높이(Height) 값이 각각 모두 더해지고, 이 값을 가지고 면적(Area) 값이 나올 수 있도록 제작하였다.

#### 4.3 LOD 350 수준의 커튼월 라이브러리 제작

LOD 350 수준의 커튼월 라이브러리는 멀리언과 트랜섬의 형상이 실제 압출 Profile과 같이 표현되도록 구현하였다. 또한 패널은 스펀드럴패널, 단열재, 백패널로 구성요소가 자세히 표현되며, 유리도 하나로 표현되는 것이 아닌 Low E 이중유리, 삼중유리에서의 유리 및 공기층의 두께를 고려하여 표현된다. 따라서 LOD 350에서는 형상을 위한 변수와 속성정보의 양이 가장 많으며, 더욱 체계적인 변수 및 명령문 관리가 필수적이다. Figure 4는 2차원과 3차원에서의 LOD 350 커튼월 BIM 라이브러리의 형상과 명령문의 일부를 나타낸 것이다.

LOD 300에서의 방식과 동일하게 멀리언, 트랜섬, 스펀드럴패널, 단열재, 백패널, 유리 각각의 부재들에 알맞게 물량을 산출할 수 있도록 제작하였다. 멀리언은 높이(Height) 값이 모두 더해지도록, 트랜섬은 가로(Length) 값이 모두 더해지도록 제작한 것은 LOD 300에서의 방식과 동일하다.

#### 4.4 LOD 선택이 가능한 스마트 BIM 커튼월 라이브러리 제작

스마트 커튼월 라이브러리 제작을 위해 앞에서 설명한 방법

```

material Mulmat
group "mul"
for j=1 to mCwNum+1
for i=1 to mCwNum1
if i=1 or i=mCwNum1 then
x=TmHeight/2
else
if i>1 then
x=0
endif
endif
addx -MulWidth/2
addz -TmHeight/2
block MulWidth, MulDepth, PnlHeight[i] +x

del 1
del 1
addz PnlHeight[i] +x
next i
del mCwNum1
addx PnlWidth[j]
next j
del mCwNum+1
endgroup
group "mult"
add my1
for j=1 to mCwNum+1
for i=1 to mCwNum1
if i=1 or i=mCwNum1 then
x=TmHeight/2
else
if i>1 then
x=0
endif
endif

```

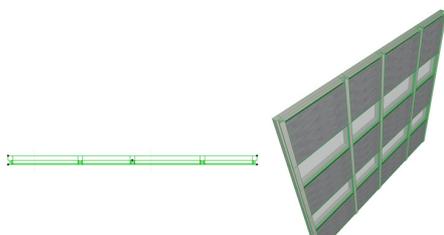


Figure 4. LOD 350 Curtain wall BIM library

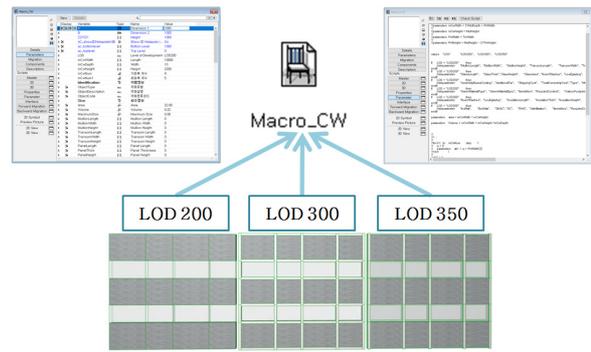


Figure 5. Configurable LOD through Smart Library on Curtain wall

으로 LOD 200, 300, 350의 커튼월 BIM 라이브러리를 각각의 Macro 파일로 제작했다. 그 다음으로 Macro\_CW이라는 최종적으로 활용될 라이브러리에서 각각의 LOD에 따른 커튼월 BIM 라이브러리를 불러올 수 있도록 변수(Parameter)와 명령문을 활용하였다. 최종적으로 활용될 Macro\_CW 라이브러리는 LOD 200, 300, 350의 라이브러리에서 포함하고 있는 모든 변수를 자신의 변수로 가지고 있어야 한다. 또한 LOD 선택이 가능해야 하므로 “LOD” 변수를 추가하여 LOD 200, 300, 350의 세 가지 조건이 선택 가능하도록 하였다. 그리고 “if” 명령문을 활용하여 LOD 200, 300, 350의 값이 각각 선택되면 LOD 200, 300, 350의 커튼월 BIM 라이브러리를 각각 불러올 수 있도록 설정하였다(Fig. 5).

또한 각각의 LOD에 따라 포함하는 속성정보가 다르기 때문에 식별정보(객체 ID, 객체 유형, 객체 설명, 객체 분류코드)를 제외한 치수정보, 비용정보, 제조정보, 에너지정보, 녹색건축정보, 일정정보의 경우 LOD 200, 300, 350에서 나타나는 정보의 양이 다르다. LOD 200에서 300과 350으로 높아질수록 정보의 양이 늘어나는데, 이때도 “if” 명령문을 활용하여 전체 속성정보 중 LOD 200, 300, 350 각각에서 나타나지 않는 정보를 지정해 주었다. 이러한 과정을 통해 LOD 선택이 가능한 커튼월 스마트 BIM 라이브러리를 최종적으로 제작할 수 있었다.

본 라이브러리는 다양한 속성정보를 사용자가 객체 속성창에 입력하면, LOD가 높아짐에 따라 정보가 지속적으로 전달되도록 제작되었다. 스마트 라이브러리는 기존 라이브러리와 비교하였을 때, 하나의 라이브러리에서 다양한 LOD의 선택이 가능한 것이 가장 큰 차이점이다. LOD 선택에 따라 부재의 형상이 즉시 바뀌고, 각각의 LOD에 따라 선택적으로 정보를 열람할 수 있으며, 저장된 정보를 손실 없이 라이브러리 내에서 관리할 수 있다.

### 5. 커튼월 스마트 BIM 라이브러리의 활용성 검증

제작된 커튼월 스마트 BIM 라이브러리의 활용 가능성을 검증하기 위해 소규모 건축물 A와 B를 대상으로 외피 모델을 작성하

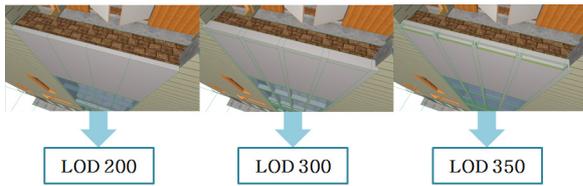


Figure 6. Review of small building A curtain wall shape

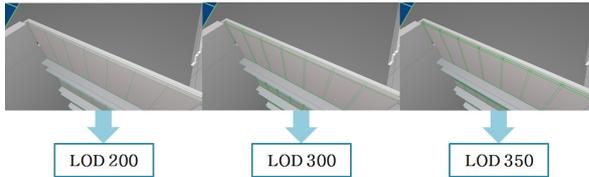


Figure 7. Review of large building B curtain wall shape

였다. 해당 모델을 작성하는데 본 연구에서 제작한 커튼월 스마트 BIM 라이브러리를 사용하여 LOD 200, 300, 350에 해당하는 외피 모델을 각각 구축하였다(Fig. 6과 7)

### 5.1 파일럿테스트를 통한 외피 모델의 형상 검토

Figure 6은 소규모 건물 A의, Figure 7은 대규모 건물 B의 LOD 200, 300, 350에서의 건물 입면 형상을 보여준다. LOD 200에서는 패널과 유리가 구분되어 보이지만, 멀리언과 트랜섬이 패널 또는 유리와 구분되지 않는 단일 객체로 작성되어 있다. LOD 300에서는 패널과 유리가 물론 구분되고, 멀리언과 트랜섬의 형상이 직접 구현되었다. LOD 350에서는 멀리언과 트랜섬의 형상이 자세해지면서 패널과 유리의 면적이 달라지고, 이중 유리, 삼중유리에서의 유리 두께를 고려하여 표현되어 LOD 200과 300에 비해 진하게 나타난다. 그러나 LOD 350과 비교하여 멀리언과 트랜섬의 형상이 실제 압출 Profile에 비해 단순하고, 패널 또는 유리도 덜 세부적으로 표현된 것을 확인할 수 있다.

LOD 350에서는 멀리언과 트랜섬의 형상이 실제 압출 Profile 처럼 표현된 것을 확인할 수 있다. 또한 패널은 스펀드럴패널, 단열재, 백패널로 구성요소가 자세히 표현되며, 유리도 하나로 표현되는 것이 아닌 Low E 이중유리, 삼중유리에서의 유리 두께를 고려하여 표현된 것을 확인할 수 있다.

### 5.2 커튼월 속성정보 및 물량산출 결과 확인

BIM 모델의 활용성 검토를 위해 외피 모델의 형상 뿐만 아니라 BIM 저작도구가 제공하는 부재의 일람표(Schedule)를 통해 속성정보 및 물량산출 가능여부를 확인하였다. Figure 6과 7의 모델 모두 Table 3에서 정의하고 있는 커튼월 라이브러리의 치수정보에 해당하는 물량을 출력해주었다. 한 예로 Figure 8은 건물 A의 커튼월을 LOD 350 수준으로 설정하였을 때 산출되는

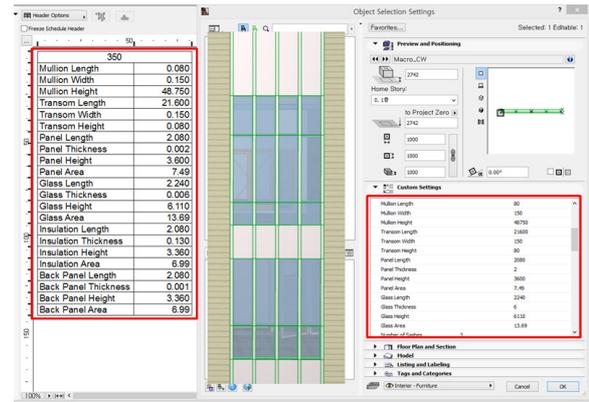


Figure 8. LOD 350 curtain wall library property information of small building A

물량을 보여준다.

LOD 350 커튼월 라이브러리의 치수정보에 해당하는 멀리언의 Length, Width, Height, 트랜섬의 Length, Width, Height, 패널의 Length, Thickness, Height, Area, 유리의 Length, Thickness, Height, Area, 단열재의 Length, Thickness, Height, Area, 백패널의 Length, Thickness, Height, Area 값이 커튼월 라이브러리 객체 속성창과 일람표에서 모두 출력됨을 확인하였다.

## 6. 결론 및 향후 연구 과제

본 연구에서는 BIM 라이브러리 내에서 형상과 속성정보를 설계단계에 따라 체계적으로 관리하기 위해 생애주기 단계별 LOD를 고려한 커튼월 BIM 스마트 라이브러리를 제작하였다. 생애주기 단계를 고려한 BIM 스마트 라이브러리를 통해 정보의 누수를 방지하고, 설계정보가 Shop Drawing을 거쳐 시공 및 유지관리에 지속적으로 활용되어야 할 것이다. 또한 라이브러리를 제작하며 형상과 속성정보를 정의하는데 다양한 기준을 필요로 했으므로, BIM 도입의 확산과 BIM 라이브러리 시장의 활성화를 위해, 향후 BIM 가이드라인 안에 별도의 BIM 라이브러리 제작기준과 BIM 객체종류별 형상 및 속성정보 작성기준이 마련되어야 할 것이라 판단된다.

연구를 요약하면 다음과 같다. 첫 번째로, 커튼월 생애주기 및 설계 관련 선행 연구 고찰을 통해 기존의 문제점 및 커튼월의 BIM 활용 가능성을 확인하였다. 두 번째로, BIM 모델 정보수준, 파라메트릭 디자인을 활용한 BIM 라이브러리 관련 선행 연구 고찰을 통해 필요한 형상과 속성정보 기준, 효과적인 BIM라이브러리 개발 방향을 확인하였다. 세 번째로, 선행 연구와 국내·외 BIM 가이드라인 분석을 통해 커튼월 라이브러리에 필요한 형상 및 속성정보를 도출하였다. 네 번째로, 국내·외 커튼월 공사기준 분석을 통해 커튼월 라이브러리 구성요소를 도출하였다. 다섯 번째로, 도출된 구성요소를 생애주기 단계를 고려한 LOD에 따

라 분류하고, 각각의 LOD에 따라 형상 및 속성정보를 정의하였다. 여섯 번째로, LOD에 따른 형상 및 속성정보를 기준으로 커튼월 BIM 스마트 라이브러리를 제작하였다. 마지막으로, 제작된 라이브러리를 가지고 커튼월이 사용된 건물에 Pilot Test를 진행하여 커튼월 BIM 스마트 라이브러리의 활용 가능성을 검증하였다.

생애주기 단계를 고려한 BIM 스마트 라이브러리를 통해 설계에서부터 시공, 유지관리에 이르기까지 라이브러리 내에서 정보를 체계적으로 관리 가능하고, 이에 따라 BIM 라이브러리의 활용성이 증대될 것이다. 제작된 커튼월 BIM 스마트 라이브러리는 커튼월에 필요한 다양한 정보와 각종 물량을 BIM 저작도구 안의 속성창이나 일람표 상에서 확인이 가능하다. 또한 각각의 부재에 대한 변수(Parameter) 조절을 통해 원하는 크기에 따라 활용이 가능하다.

본 연구에서는 일반적인 압출 모양의 수직 수평 부재를 라이브러리 제작에 활용하였으나, 향후 멀리연과 트랜섬의 다양한 종류의 압출 모양이 필요할 것으로 판단된다. 또한 물량 산출 자동화 이후 단가를 입력하면 비용도 자동으로 산출되도록 개발에 관한 연구로 발전시킬 수 있다. 끝으로 정형의 일반적인 커튼월뿐만 아니라 비정형 커튼월도 구현할 수 있는 라이브러리에 대한 후속연구로도 발전될 것으로 기대한다.

## 감사의 글

본 연구는 국토교통부의 U-City 석·박사과정 지원 사업에 의한 결과임.

## References

- Bae, J. H., Shin, S. W., Lee, B. H. (2015). LOD (Level of Development) Standard for Development of Sustainable BIM Guideline, Design Convergence Study 47, 33(4), pp. 59-71.
- Bae, K. J., Jun, H. J. (2011). A Case Study on LOD (Level of Development) studies for BIM Model, InforDESIGN, 10(5), pp. 31-43.
- BIM Forum (2016). 2016 Level of Development Specification, Canada Mortgage and Housing Corporation (2004). Best Practice Guide: Glass and Metal Curtain Walls, Canada Mortgage and Housing Corporation, Ottawa.
- Cho, H. J., Kim, Y. S., Ma, Y. K. (2013). A Study of LOD (Level of Detail) for BIM Model applied the Design Process, KIBIM Magazine, 3(1), pp. 1-10.
- Cho, Y. W., Lee, M. C., Ock, J. H. (2009). A Study on the Development of the Structural Performance Evaluation Manual of the Skyscrapers Curtain Wall Systems for Construction Managers, Korean journal of construction engineering and management, 10(3), pp. 92-101.
- Choi, K. A., Lim, H. C. (2014). The Relative Priority of Improving Procurement Process with Supply Chain of Off-Site Manufacturing, Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea, 16(3), pp. 197-204.
- Choo, S. Y., Lee, K. H., Park, S. K. (2012). A Study on LOD(Level of Development) for Development of Green BIM Guidelines-Focused on Energy Performance Estimation, Journal of the Architecture Institute of Korea, 28(6), pp. 37-47.
- CRC Construction Innovation (2009). National Guidelines for Digital Modeling.
- Jung, S. O., Kim, Y. S., Yoon, S. W., Chin, S. Y. (2005). An Extraction of Inefficient Factors and Weight for Improving Efficiency of the Curtain wall Life Cycle Process, Korean journal of construction engineering and management, 6(4), pp. 101-112.
- Jung, W. J., Jun, K. H., Sheen, J. W., Hong, S. Y. (2014). A study on the applicability of BIM for Floating Architecture, Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea, 16(3), pp. 71-77.
- Kim, C. D., Lee, S. H. (2006). The Improvement of Curtain Wall Design Process using Value Stream Mapping Tools, Korean journal of construction engineering and management, 7(5), pp. 128-137.
- Kim, K. R., Yu, J. H. (2015). Integrated Information Management for Composite Object Properties in BIM, Korean journal of construction engineering and management, 16(2), pp. 97-105.
- Korean Construction Specification (2016). KCS 41 54 02 : 2016.
- Kwon, W., Chun, J. Y. (2007). Collaborative Design Management System for Curtain Wall, Journal of the Architecture Institute of Korea, Vol.23 No.11, pp. 143-151.
- Lee, E. B., Kim, D. H. (2015). A Study on the Implementation Method of the Object Classification System and Property Information for Vitalizing Standardized BIM Library, Journal of the Architecture Institute of Korea, 31(12), pp. 79-90.
- Lee, Y. M., Kim Y. S. (2011). A Study for Major Delay Risk Factors in Curtain Wall Work of High-rise Building using

- FMEA, Journal of the Architecture Institute of Korea, 27(1), pp. 189–196.
- Lim, H. K., Park, S. J., Chun, J. Y. (2007). A Proposal of Collaborative Design Management System in Curtain Wall Engineering, Journal of seismic retrofitting & remodeling research center, 5(1), pp. 43–50.
- Lim, H. C., Choi, J. M. (2011). Critical Control Factors to Manage the Process of Material Procurement for Curtain Wall, Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea, 13(4), pp. 281–288.
- Moon, S. D., Ock, J. H. (2014). A Study on the Construction Management by Design and Construction Phase for Economic Improvement of the Curtain Wall Construction, Journal of the Architecture Institute of Korea, 30(2), pp. 53–62.
- Park, S. H., Kim, I. H. (2014). OpenBIM-based Building Information Management System According to Information Level, Journal of the Architecture Institute of Korea, 30(12), pp. 41–48.
- Redmond, A., Hore, A., Alshawi, M., West, R. (2012). Exploring How Information Exchanges Can Be Enhanced through Cloud BIM, Automation in Construction, 24, pp. 175–183.
- Shin, J. H., Choi, J. S., Kim, I. H., Yoon, D. Y. (2016). A Study on Development of Integrated Management System for BIM Property Information, Korean Journal of Computational Design and Engineering, 21(2), pp. 130–142.
- Song, S. Y., Lim, A. R., Song, J. H., Lim, J. H., Lee, K. N., Kim, Y. T. (2012). Design Criteria for Preventing Inside Surface Condensation on the Curtain Wall Systems of Office Buildings, Journal of the Architecture Institute of Korea, 28(11), pp. 383–392.
- U.S. Department of Veterans Affairs (2010). The VA BIM Guide v1.0
- Yoon, S. W., Chin, S. Y., Kim, Y. S. (2012) Assessing the Impact of RFID based materials tracking – Focusing on Curtain-Wall Work-, Korean journal of construction engineering and management, 13(1), pp. 24–35.