

조경 BIM 라이브러리 표준화를 위한 조경객체 및 속성정보 분류체계[†]

Landscape Object Classification and Attribute Information System for
Standardizing Landscape BIM Library[†]

김복영

충부대학교 원격대학원 정원문화산업학과 조교수

Kim, Bok-Young

Assistant Professor, Dept. of Garden Culture and Green Industry, Joongbu University

Received: March 01, 2023

Revised: March 22, 2023 (1st)
April 11, 2023 (2nd)

Accepted: April 11, 2023

3인익명 심사됨

Corresponding author :

Bok-Young Kim

Assistant Professor,

Dept. of Garden Culture and

Green Industry, Joongbu

University, Goyang 10279, Korea

Tel.: +82-31-8075-1784

E-mail: bkim@joongbu.ac.kr

국문초록

BIM(건설정보모델링)을 건설사업 전반에 적용하려는 정부정책 이후 업계는 이를 적극적으로 도입, 활용하려는 동향을 보이고 있다. BIM 도입은 모델 객체들을 표준에 맞춰 라이브러리로 구축하여 반복 사용함으로써 업무량을 줄이고 데이터의 정확성과 호환성, 일관된 품질을 확보함으로써 촉진될 수 있다. 이에 국내 건축과 토목분야, 해외 조경분야에서는 이미 상당수의 BIM 라이브러리 표준화 연구를 수행하고 이를 토대로 지침을 마련하였다. 현재 국내 조경분야에서도 BIM에 관한 기초연구 및 도입을 시도하고 있으나 산업현장 적용에 어려움이 많아 확산이 지연되고 있다. 이는 표준화된 라이브러리 사용으로 BIM 설계업무의 효율성을 향상시킴으로써 개선될 수 있으므로 본 연구는 이에 대한 논의의 시발점을 마련함과 동시에 조경실무에서 라이브러리를 제작할 때 참고할 수 있는 객체의 기준을 제시하고자 하였다. 조경 BIM 라이브러리 표준화는 객체분류와 속성정보 도출이라는 두 가지 측면에서 모색되었다. 먼저 국내 건설정보분류체계, 물품분류체계, 조경설계기준, 조경공사표준시방서, 그리고 노르웨이 조경가협회의 BIM 객체분류체계를 참고로 객체분류를 시도하였다. 그 결과 조경객체는 조경식재, 조경시설물, 조경구조물, 조경포장재, 관수 및 배수시설의 5개 대분류하에 교목, 관목, 지피초화류, 옥외시설물, 옥외조명시설, 계단 및 경사로, 옥외벽체, 옥외구조물, 포장재, 경계석, 관수시설, 그리고 급배수시설을 포함하는 12개의 중분류로 나뉘었다. 다음으로 조경객체에 탑재될 속성정보를 도출하고 구조화하였다. 이를 위해 KBIMS(한국 BIM 표준)의 공통 속성정보를 항목에 포함하였고 객체의 종류에 따라 달라지는 객체 속성정보를 영국 조경협회의 PDT(제품정보 템플릿)를 참고하여 추가하였다. 이로써 공통 속성정보에 식별, 보급, 분류체계, 공급정보가 포함되었고, 객체 속성정보에 명명, 규격, 설치 또는 시공, 성능, 지속가능성, 유지관리에 관련된 정보들이 포함되었다. 본 연구는 조경객체의 라이브러리 표준화 방안을 제시함으로써 모델링의 업무 효율성 및 분야 간 BIM 모델의 데이터 정확성을 향상시킴으로써 조경 BIM 도입의 토대를 마련했다는 데에 의의가 있다.

주제어: 건설정보분류체계, 객체 속성, 한국 BIM 표준, IFC

ABSTRACT

Since the Korean government has decided to apply the policy of BIM (Building Information Modeling) to the entire construction industry, it has experienced a positive trend in adoption and utilization. BIM can reduce workloads by building model objects into libraries that conform to standards and enable consistent quality, data integrity, and compatibility. In the domestic architecture, civil engineering, and the overseas landscape architecture sectors, many BIM library standardization studies have been conducted, and guidelines have been established based on them. Currently, basic research and attempts to introduce BIM are being made in Korean landscape architecture field, but the diffusion has been delayed due to difficulties in application. This can be addressed by enhancing the efficiency of BIM work using standardized libraries. Therefore, this study aims to provide a starting point for discussions and present a classification system for objects and attribute information that can be referred to when creating landscape libraries in practice. The standardization of landscape BIM library was explored from two directions: object classification and attribute information items. First, the Korean construction information classification system, product inventory classification system, landscape design and construction standards, and BIM object classification of the NLA (Norwegian

[†] 본 논문은 2022년도 충부대학교
학술연구비 지원에 의하여 이루어진
것임.

Association of Landscape Architects) were referred to classify landscape objects. As a result, the objects were divided into 12 subcategories, including 'trees', 'shrubs', 'ground cover and others', 'outdoor installation', 'outdoor lighting facility', 'stairs and ramp', 'outdoor wall', 'outdoor structure', 'pavement', 'curb', 'irrigation', and 'drainage' under five major categories: 'landscape plant', 'landscape facility', 'landscape structure', 'landscape pavement', and 'irrigation and drainage'. Next, the attribute information for the objects was extracted and structured. To do this, the common attribute information items of the KBIMS (Korean BIM Standard) were included, and the object attribute information items that vary according to the type of objects were included by referring to the PDT (Product Data Template) of the LI (UK Landscape Institute). As a result, the common attributes included information on 'identification', 'distribution', 'classification', and 'manufacture and supply' information, while the object attributes included information on 'naming', 'specifications', 'installation or construction', 'performance', 'sustainability', and 'operations and maintenance'. The significance of this study lies in establishing the foundation for the introduction of landscape BIM through the standardization of library objects, which will enhance the efficiency of modeling tasks and improve the data consistency of BIM models across various disciplines in the construction industry.

Keywords: Construction Information Classification System, Object Property, Korean BIM Standard, IFC

1. 서론

1.1 연구 배경과 목적

2000년대 건설업계에 도입되기 시작한 BIM(Building Information Modeling)이 설계, 사공, 유지관리를 위한 핵심적 스마트 기술로 인식되면서 정부에서는 2025년부터 건설산업에 전면 BIM 설계를 적용한다는 계획을 발표하였다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport). 이러한 정책과 더불어 최근 국내 조경 실무에서도 BIM을 도입해야 한다는 분위기가 조성되고 있으나 실제 산업현장에서는 도입에 어려움을 겪고 있다(Jeon, 2020; Lee, 2021). 이는 BIM 도입에 소프트웨어 및 인력교육을 위한 경제적 비용이 소요되는 데다가 조경분야의 공종상 다양성과 현장성이 강조되고 많은 세부공종이 포함되는 등 특수성이 존재하기 때문이다. 또한 조경식재와 같은 부정형 소재를 다루므로 모듈화가 어려워 모델링 업무량이 타 분야에 비해 많다(Lee and Yun, 2009; Seo and Choo, 2010; Kim et al., 2019). 게다가 국내 점유율이 높은 BIM 저작도구에 조경용 모델링 도구들이 부족하며 공유되고 있는 BIM 객체 및 속성정보 등의 콘텐츠가 부족한 상황이기도 하다(Kim and Son, 2017).

BIM의 목적은 건설 대상이 되는 시설물의 전 생애주기 동안 관련 업무의 효율성을 높이고 시설물 자체의 기능 및 가치를 상승시키는 것이다. BIM이 도입되면 정보모델을 활용하여 물량산출과 도면작성이 자동화되고 속성정보에 의해 다양한 분석업무가 가능해지며 정보 공유를 통해 참여자 간의 원활한 의사소통과 협업이 이루어진다. 그러나 객체 모델링을 지향하는 BIM 설계방식에서 객체들의 집합체인 라이브러리가 구축되어 있지 않으면 객체들을 별도로 제작해야 하므로 업무 효율성이 현저히 저하된다(Kim et al. 2016; Chung and Min, 2017; Kim et al., 2021). 따라서 성공적으로 조경 BIM을 도입하려면 설계요소들의 라이브러리를 구축하는 것이 필수적이다.

BIM 라이브러리는 관련 정부기관, 소프트웨어 개발사, 전문 라이브러리 제작업체, 자재공급 및 유통업체가 작성하여 배포하거나 설계업체에서 직접 제작하기도 한다. 이렇듯 다양한 주체에 의해 작성되므로 사전에 기준을 마련하여 라이브러리를 구축하는 것이 바람직하다. 규모가 크고 복잡한 건설 프로젝트일수록 건축 및 구조, 토목, 조경을 비롯하여 전기, 기계설비 등 여러 분야의 프로젝트 참여자들이 시설물의 전 생애주기 동안 필요한 정보들을 생성, 축적해 나간다. 이때 적절한 합의와 공통된 기준 없이 개별적으로 BIM 객체를 작성하고 통합모델을 구축하면 주체 간 호환성이 확보되지 않아 모델에 포함된 데이터의 공유와 재활용, 수집 및 분석과정에서 많은 시간과 노동력이 소요된다. 따라서 객체의 품질 개선, 원활한 정보 공유, 특정 소프트웨어에서 제작된 BIM 모델의 한계를 극복하기 위해 BIM 라이브러리의 표준화가 이루어져야 한다(Nam et al., 2015; Lee and Kim, 2015; Park, 2015).

BIM을 도입한 여러 국가에서는 표준화된 라이브러리 구축의 중요성을 인식하여 지침과 기준을 마련하고 있으며, 국내 건축 및 구조, 토목, 기계설비 분야에서도 라이브러리 표준화를 위한 노력을 지속해 왔다. 국토교통부와 한국건설기술연구원, 빌딩스마트협회 및 관련 학계에서 BIM 표준을 비교, 분석하는 연구와 사업을 수행해왔으며,

그 결과 한국 BIM 표준인 KBIMS(Korean BIM Standard)를 개발하고 「KBIMS Module 321. BIM 라이브러리 제작기준」을 배포하였다. 해외 조경단체 및 협회에서도 BIM 객체 표준화를 위한 노력을 이어왔다. 이에 주요 성과로서 노르웨이 조경가협회(Norwegian Association of Landscape Architects: NLA)에서는 국가표준인 NS(Norway Standards)를 반영하여 조경객체 분류체계를 마련하였다. 한편 영국 조경협회(Landscape Institute: LI)에서는 조경 객체들의 속성정보 항목들을 취합하여 스프레드시트 형식의 템플릿을 개발하고 게시함으로써 제품 및 유통업체에서 직접 제품사양과 정보를 입력하고 활용할 수 있도록 하였다(Wik et al., 2018; Landscape Institute: Norwegian Association of Landscape Architects).

그러나 국내 조경분야에서는 아직 BIM 라이브러리 구축 및 표준화에 관한 연구와 정책적 논의가 진행되지 않고 있다. 2015년 국토교통부에서 건축 및 토목용 BIM 라이브러리를 구축하여 배포하였고 건축 및 구조, 설비분야에서 KBIMS 라이브러리 제작기준 및 데이터 작성기준이 공개된 것에 비하면 늦은 행보이다. 조경분야는 자연소재를 다루는 특수성으로 인해 BIM 모델을 구축하는 것이 다른 분야보다 어려우므로 설계요소의 라이브러리 개발과 보급이 더욱 시급하다(Kim and Son, 2014). 하지만 라이브러리 표준화가 이루어지지 않은 상태에서 BIM 객체 제작이 본격화되면 동일한 객체가 다르게 인식되거나 속성정보의 항목과 내용이 서로 불일치하여 업체 간 또는 타 분야와의 협업 과정에서 호환성이 저하되는 상황이 벌어질 수 있다.

이에 본 연구는 BIM 도입을 앞둔 국내 조경분야에 라이브러리 표준화에 대한 방법을 공유하고 그 방안을 모색하는 논의의 시발점을 마련하고자 하였다. 또한 조경 산업현장에서 BIM 객체를 제작할 때 모델의 품질과 일관성을 확보할 수 있도록 객체분류 및 그에 따른 명명법, 그리고 속성정보의 작성에 활용할 실질적 자료를 제공하고자 하였다. 이로써 BIM 기반의 조경설계 및 시공, 유지관리에 대한 업무 효율성과 모델 활용도를 높일 수 있고, 나아가 건설산업에서 조경 BIM 모델이 타 분야와의 통합모델에 전문분야의 한 모델로서 무리 없이 통합될 수 있도록 도움을 주고자 하였다.

1.2 연구 방법

본 연구는 다음과 같은 과정으로 진행되었다. 먼저 문헌연구를 통해 BIM 객체 및 라이브러리 표준화에 대한 정의와 필요성을 확인하고 국내 건설분야 및 해외 조경분야에서 이루어진 관련 연구와 실천방안, 지침 및 표준을 살펴보았다. 이를 위해 연관 키워드로 국내의 학술지 및 연구개발 보고서, 정부정책 공개 자료들을 검색하고 조사, 분석하였다. 그 결과 국내 선행 연구들은 2010년대 초중반에 집중되어 수행된 것으로 파악되었으며, 특히 국가 연구개발사업의 결과물로 KBIMS의 BIM 라이브러리 제작기준과 조달청에서 관급자재 BIM 라이브러리 제작기준이 제정, 배포된 것을 확인할 수 있었다. 더불어 조경분야에서의 BIM 객체 표준화를 위한 국제적 노력과 해외 선발 국가들의 동향을 살펴보았는데 이에 대한 연구와 노력이 영국과 노르웨이, 호주에서 주도적으로 이루어진 것을 확인하였다. 이렇게 파악된 국내외 BIM 라이브러리 표준화를 위한 동향과 성과들을 면밀하게 조사, 분석하였다.

다음으로 국내 조경 BIM 라이브러리의 표준화 방안을 제시하였다. 국내 건설분야에서는 BIM 객체 분류체계를 수립하고 속성정보 항목을 도출하여 구조화함으로써 라이브러리 표준화를 실현하고 있었다. 해외 조경분야에서도 이러한 표준화 방안을 따르고 있었는데 특히 노르웨이 조경가협회는 객체분류체계를, 영국 조경협회에서는 속성정보와 관련된 자료를 공개하고 있었다. 본 연구에서는 조경 BIM 라이브러리의 객체분류를 제시하고자 먼저 국토교통부의 건설정보분류체계 중 부위별 분류체계를 살펴보았다. 중소분류에 주요 라이브러리 객체들이 포함된 건축분야와 달리 조경객체들은 소세분류에 위치해 있었고 이로 인해 수목 등 분류체계는 이루어지지 않았다. 이에 조달청의 물품목록체계와 조경설계기준(Korean Design Standard: KDS), 조경공사표준시방서(Korean Construction Standard: KCS)를 참고하여 객체항목들을 도출하였고, 조경분야의 특수성을 반영하여 수립된 노르웨이 조경가협회의 조경용 BIM 객체분류를 참고하여 객체분류체계를 제시하였다. 이는 BIM 객체명에 반영되며 국제표준 파일포맷인 IFC(Industry Foundation Classes)로 출력된다. 따라서 조경객체들이 IFC에서 지원되는지 확인하고 해당 entity를 대응시켜 보았다. IFC는 건축물 위주로 개발되었으나 버전이 업데이트되면서 다룰 수 있는 객체들이 확장되고 있는 바 본 연구에서는 식물소재 등 조경요소들을 정의하고 있는 IFC4×3을 기준으로 하였다.

또한 BIM 라이브러리의 객체분류에 이어서 조경 객체들의 속성정보 항목들을 도출하여 구조화하였다. KBIMS에서 제시한 공통 속성정보는 모든 라이브러리에 탑재되어야 하므로 이 항목들을 확인하고 포함하였다. KBIMS는 건축 및 구조분야를 중심으로 작성되었기 때문에 조경의 전문성이 요구되는 객체들에 대한 속성정보가 제시되지 않는다. 따라서 조경식재, 포장재, 시설물 및 기타 객체별로 필요한 속성정보는 영국 조경협회가 개발, 배포한 스프레드시트 형식의 템플릿과 BIM 저작도구에서 유사 객체가 포함하고 있는 항목을 검토하여 추가하였다. 마지막으로

본 연구의 의의와 한계, 그리고 조경 BIM 라이브러리 표준의 개발 및 개선을 위한 앞으로의 방안을 기술하였다.

2. 정의 및 표준화 필요성

2.1 BIM 객체 및 라이브러리

BIM은 '시설물의 생애주기 동안 발생하는 모든 정보를 3차원 모델 기반으로 통합하여 건설정보와 절차를 표준화된 방식으로 상호 연계하고 디지털 협업이 가능하도록 하는 디지털 전환체계'를 뜻한다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2020). 여기에서 시설물이란 건축물을 비롯하여 도로, 철도, 교량, 터널, 수자원, 그리고 공원, 녹지 등의 여러 기반시설들을 포함한다. BIM이 처음 등장했던 2000년대 초반에는 건축분야에 한정되어 '건축정보모델링'이라는 의미로 사용되었으나 다양한 시설로 확산되면서 '건설정보모델링'이라고 통용되고 있다(Kim and Son, 2014). 이렇듯 BIM은 다양한 시설물의 건설사업에서 3차원 형상과 정보를 토대로 모델링을 하고 시설물의 계획, 설계, 시공, 유지관리 및 철거 과정에서 모델 정보를 활용하는 건설방식을 의미한다.

BIM 라이브러리는 'BIM 데이터를 작성 및 활용하는 데 필요한 기본요소로서 형상과 속성으로 구성된 객체'를 뜻한다(buildingSMART Korea, 2016a; Public Procurement Service, 2019). 엄밀히 말하자면 이 정의는 모델링의 단위 요소인 BIM 객체를 서술하는 것이고 BIM 라이브러리는 반복 사용되는 BIM 객체들을 사용하기 편리하도록 체계화하여 모아 놓은 것이라는 추가적인 의미가 있다. BIM 객체의 형상은 대개 3D를 기반으로 하지만 도면화 작업을 위한 2D 심벌을 함께 담을 수 있으며, 속성정보는 형상으로 표현되지 않는 자재의 정보로서 문자나 숫자 등 데이터로 표현된다. BIM은 객체를 기반으로 하는 모델링 방식을 지향하므로 BIM 모델을 작성할 때 체계적으로 잘 구축된 라이브러리가 있다면 작업의 효율성을 높일 수 있다.

KBIMS는 라이브러리를 다음과 같이 구분하고 있다(buildingSMART Korea, 2016a). 먼저 설계를 위한 최소한의 정보를 담고 있는 '공통원형 라이브러리', 그리고 제조사와 제품명 등 특정 회사의 고유한 제품사양을 포함하고 있는 '제품 라이브러리'로 구분된다. 공통원형 라이브러리는 빌딩스마트협회 또는 공공의 성격을 가지는 관련 단체에서 제작, 배포하며, 제품 라이브러리는 정보의 특성상 자재업체에서 제작, 배포한다. 또한 라이브러리는 하나의 라이브러리에 단일 재질 정보를 표현한 '단일 라이브러리'와 두 가지 이상의 재질 정보를 표현한 '복합 라이브러리'로 구분되기도 한다. 건축분야에서는 바닥, 벽 등의 라이브러리가 높은 상세수준에서 복합 라이브러리로 작성될 수 있으며 조경분야에서는 포장재와 장식벽 등에 적용할 수 있다.

2.2 BIM 라이브러리 표준화 필요성

BIM 라이브러리의 표준화란 개별적 BIM 객체 및 그 객체들의 분류체계에 대한 표준을 이루는 것이라고 할 수 있다. BIM 라이브러리 표준화를 통해 모델링의 작업 효율성을 높이고 데이터의 정합성을 높임으로써 데이터의 호환과 협업을 원활하게 한다. BIM 모델은 객체들의 집합체로 이루어지는데 건축 및 구조, 기계설비, 토목, 조경분야 별로 다양한 건설 주체들이 참여하여 분야별 모델을 작성하며, 이렇게 작성된 분야별 모델이 모여서 하나의 통합모델을 완성하게 된다. 이때 객체의 명칭, 분류 또는 속성정보의 항목 등에 대해 별도의 기준 없이 여러 참여주체들이 BIM 모델을 작성하면 BIM 객체의 일관된 품질 확보가 어렵고 나아가 정보의 중첩, 결여 또는 손실이 발생된다. 이로 인해 BIM 객체들을 수정 또는 재작성해야 한다면 추가적인 노동력과 시간, 비용이 발생하므로 BIM 라이브러리에 대한 제작기준을 세우는 것이 중요하다.

타 분야와의 협업뿐 아니라 조경 BIM 단일 모델을 위해서도 라이브러리의 표준화가 이루어져야 한다. 조경분야는 아직 업계에 공인된 BIM 라이브러리가 없는 실정이며 프로젝트 수행 경력이 있는 설계사무소는 라이브러리를 자체적으로 구축했다 하더라도 회사의 자산으로 여기기 때문에 공유하지 않는다. 이런 상황에서 업체마다 필요한 객체를 간헐적으로 작성하거나 표준화되지 않은 객체들을 다운로드 받아 사용하게 되면 회사 내에서도 3D 형상 및 속성정보에 대한 품질의 일관성이 결여된다. 또한 Revit, ArchiCAD, Vectorworks 등의 BIM 저작도구 개발사나 국외 웹사이트에서 조경객체를 제작 또는 수집하여 배포하고 있으나 작성 기준이 없다 보니 객체의 상세수준과 명칭이 모두 다르고 속성정보는 대부분 포함되어 있지 않다. 더욱이 수목의 경우 국내 수종에 대한 반영을 기대하기 어렵기 때문에 유사한 3D 형상의 객체를 찾아 변경하여 사용하게 된다. 이러한 객체들을 사용하면 분류체계가 맞지 않아 자동 도면작성과 물량산출이 제대로 진행되지 않는다. 또한 속성정보가 없거나 모델 완성도가 낮아져 BIM 모델 구축 후 디자인 및 계획품질 검토 등에서 활용도가 저하된다. 따라서 조경 BIM 모델의 질적 수준을 높이고 모델 구축 및 활용의 효율성을 향상시키기 위해 BIM 라이브러리 표준화 방안을 마련하는 것이 시급하다.

3. 국내 BIM 라이브러리 표준화 동향

3.1 BIM 라이브러리 표준화 개요

국가별 BIM 라이브러리 표준화는 자국의 건설정보표준 또는 국제표준화기구(International Organization for Standardization: ISO)의 건설정보표준을 바탕으로 이루어졌다. 국내 건축분야도 객체 및 라이브러리 표준에 관한 연구가 건설정보분류체계 및 정보표준을 토대로 수행되었다. 이들을 살펴본 결과, 라이브러리 표준화는 객체분류체계를 구축하는 것과 개별 객체들의 속성정보 항목을 도출하여 구조화하는 두 가지 업무로 구분되었다(Kwon et al., 2013; Moon et al., 2013; Cho et al., 2014; Cho and Ju, 2015; Lee et al., 2015; Lee and Kim, 2015). 이후 연구는 토목 및 기계설비 등으로 확대되었다(Choi and Kim, 2014; Nam and Jo, 2014; Nam and Kim, 2018). 기존 연구를 통해 확인한 객체 분류체계 및 속성정보의 표준화 효과는 다음과 같다. 먼저 객체 분류체계는 BIM 모델을 구성하는 객체들을 모아서 체계적으로 분류한 목록으로서 BIM 데이터를 제작, 공유, 유통, 보급하는 과정에서 카테고리의 목록 작성 기준이 된다. 따라서 시설물의 분류체계 내에서 객체 검색을 용이하게 하며 새로운 항목이 체계 내에 무리 없이 추가되도록 한다. 다음으로 속성정보의 표준화는 BIM 객체의 항목명, 단위, 내용 등의 입력에 기준을 세우는 것으로 일관성 있는 데이터 구축과 BIM 모델 활용 시 데이터를 효율적으로 추출하고 원활히 공유할 수 있도록 도움을 준다.

이후 국토교통부와 빌딩스마트협회는 기존 연구들을 토대로 2016년 KBIMS를 개발하였고 라이브러리와 관련하여 「KBIMS Module 321. BIM 라이브러리 제작기준」을 배포하였다. 이 제작기준에는 라이브러리의 형상, 속성, 파일 제작에 관한 표준이 포함되었으나 건축 및 구조분야에 국한되었다. 따라서 조정식재 및 시설물이 일부 포함되었으나 다수의 조정요소들이 누락되었고 속성정보는 거의 정의되어 있지 않았다. 한편 조달청에서도 공공발주 시설 사업에 BIM을 적용하기 위해 「시설사업 BIM 적용 기본지침서」를 마련하면서 「부속서 7. 관급자재 BIM 라이브러리 제작기준」을 제시하였다. 이 기준에 객체분류체계에 대한 지침은 없으나 라이브러리명 작성법과 필수 속성정보의 항목을 정의하고 있어 관급자재 제작자가 이 기준을 준용하여 BIM 객체를 제작하도록 하였다. 그러나 최소 부위 작성대상을 살펴보면 조정요소들이 기본 및 중간설계 단계에서는 제외되어 있고 실시설계 단계에서도 조정시설물, 바닥포장 등 주요 인공소재들만 포함된 것을 확인할 수 있다.

3.2 국내 BIM 객체분류 표준화

앞서 언급된 기존 연구들에서 BIM 객체분류체계를 수립하기 위한 방법을 살펴보면 건설정보분류체계의 부위분류, 조달청의 물품목록체계 등을 참고하여 표준화할 객체 항목을 도출하였다. 건설정보분류체계는 시설물, 공간, 부위, 공종, 자원(자재, 장비, 인력)으로 나누어 건설정보를 집대성하고 있으나 공정 또는 자재 중심으로 구성되어 있어 객체 기반의 BIM 라이브러리 분류체계에 적용하기에 충분하지 않은 점이 지적되었고, 이에 조달청의 표준공사 코드나 국외 분류체계를 참고하고 있었다(Cho et al., 2014; Nam and Jo, 2014; Lee and Kim, 2015).

이러한 연구들에 기초하여 현재 KBIMS에서는 건축 및 구조분야에 기초, 기둥, 보, 바닥, 벽, 지붕, 천장, 문, 창, 커튼월, 계단, 램프, 난간 등 13개의 라이브러리 객체들을 정의하고 있다. 또한 이 객체들에 두 자리의 문자로 이루어진 객체분류 약자인 객체코드를 부여하고 재료에 관한 일련번호 세 자릿수를 추가하여 라이브러리 ID를 부여하고 있다(Table 1 참조). 라이브러리 파일명은 'SL111-철근콘크리트구조 바닥 100mm'와 같이 라이브러리 ID에 사용자가 정의한 재료 및 규격에 대한 정보를 추가하여 정의하게 된다(buildingSMART Korea, 2016a).

이후 2019년 배포된 KBIMS 라이브러리의 Revit 자료 목록에는 건축 및 구조분야 외에 조정객체들이 포함되어 있는 것을 확인할 수 있었다(buildingSMART Korea, 2020). 여기에서 조정객체들은 조정식재, 조정시설, 울타리 및 대문의 세 개의 대분류로 구분되고 있어 일반적으로 계획 및 설계 업무가 조정식재, 포장재, 시설물 등으로 이루어지는 조정 산업현장의 실정을 반영하고 있지 않았다(Table 2 참조). 특히 포장재가 누락되어 있었으며 BIM 객체로 개발된 조정용 식재는 2D 심볼만 존재하고 3D 형상이나 속성정보가 포함되지 않아 조정분야의 전문성을 살리지 못하고 있었다. 또한 조정시설은 중분류에 유희시설, 안내시설, 휴게시설, 편의시설, 관리시설, 체력단련시설로 나뉘어져 있고 조형시설, 수경시설, 조명시설 등이 포함되지 않았다. 무엇보다 객체별 코드를 부여받은 건축 및 구조분야의 라이브러리와 달리 조정객체들은 하나의 객체코드 'LA'로 지정되어 라이브러리 ID가 모두 동일하게 시작되었다. 이렇게 ID와 라이브러리명이 획일적으로 시작되는 경우 독립된 전문분야의 라이브러리 객체들로서 적절한 분류가 이루어지지 않으며 시설물 부위로서 해당 객체를 파악하거나 검색하는 데에 어려움이 따를 수 있다. 또한 새로운 객체를 목록에 추가할 때 한계가 발생할 수 있으므로 라이브러리 활용에 대한 실효성이 떨어진다고 하겠다.

Table 1. KBIMS library objects for architecture and structure

Professional field	Elements classification		Korean construction information classification system - Elements(E)	IFC entity	Library ID
	Name	Code			
Architecture and structure	Foundation	FT	E06. Footing	ifcFooting	FT000
	Column	CO	E22. Column	ifcColumn	CL000
	Beam	BM	E23. Beam	ifcBeam	BM000
	Slab	SL	E25. Slab	ifcSlab	SL000
	Wall	WA	E24. Wall	ifcWall	WA111
	Ceiling	CL	E36. Ceiling	ifcCovering	CE310
	Roof	RF	E26. Roof	ifcRoof	RF510
	Door	DR	E333. Door	ifcDoor	DR111
	Window	WD	E334. Window	ifcWindow	WD111
	Curtain wall	CW	E336. Curtain wall	ifcCurtainWall	CW113
	Stair	ST	E27. Stair	ifcStair	ST141
	Ramp	RP	E275. Ramp	ifcRamp	RP111
	Railing	RL	E352. Railing	ifcRailing	RL910

Source: buildingSMART Korea, 2016b: 2; buildingSMART Korea, 2019: 6

Table 2. KBIMS objects classification and library objects for landscape architecture

Professional field	Elements classification			Library ID
	Level 1	Level 2	Level 3	
Landscape architecture	Landscape plants	Evergreen tree	Evergreen needle-leaved tree	LA111
			Evergreen broad-leaved tree	LA112
		Deciduous tree	Deciduous needle-leaved tree	LA121
			Deciduous broad-leaved tree	LA122
		Evergreen shrub	Evergreen needle-leaved shrub	LA131
			Evergreen broad-leaved shrub	LA132
		Deciduous shrub	Deciduous broad-leaved shrub	LA141
		Ground cover	Ground cover	LA151
	Landscape facilities	Amusement facility	Seesaw	LA211
			Rocking play facility	LA212
			Combination play facility etc.	LA215
		Information facility	Signboard	LA221
			Road sign etc.	LA223
		Rest facility	Chair	LA231
			Table	LA232
			Pavilion	LA236
		Convenience facility	Bike rack	LA241
		Management facility	Trash can	LA251
		Physical training facility	Basketball hoop	LA261
			Pull-up bar etc.	LA262
	Fence and gate	Fence	Fence	LA311
		Gate	Gate	LA321

Source: buildingSMART Korea, 2020: 89-91

3.3 국내 BIM 객체 속성정보 표준화

국내 BIM 객체의 속성정보 표준화는 건설자재의 속성정보 표준항목과 Uniclass, OmniClass 등 국제적으로 인정된 건설정보표준의 속성정보 항목을 선택적으로 채택하고 구조화하는 방식으로 진행되었다(Moon et al., 2013;

Lee and Kim, 2015; Lee et al., 2015). BIM 객체에 포함되는 속성정보는 많을수록 정보 활용 측면에서 좋으나 모델 구축을 위한 시간과 노동력, 용량 측면에서 부정적 영향을 줄 수 있다. 따라서 기본적으로 요구되는 속성정보는 포함하고 BIM 모델의 활용 단계 및 목적에 따라 요구되는 속성정보는 선택적으로 추가하는 것이 바람직하다. KBIMS 라이브러리 제작기준에서도 모델 상세수준에 따라 형태 및 재료, 유형 등을 상이하게 작성하도록 하고 있으며, 속성정보 항목에는 객체 식별, 보급, 분류체계 등에 대한 공통 속성정보와 부위 객체별 속성규격에 정의되고 자주 활용되는 항목들이 포함된다(bulding SMART Korea, 2019).

「KBIMS Module 42. BIM 객체별 속성규격」과 「KBIMS Module 521. BIM 라이브러리 속성규격」에서는 공통 속성정보 및 객체 속성정보에 대한 항목명, 표현방법, 속성값의 단위 등을 정의하고 있다(Table 3 참조). 공통 속성정보는 객체 부위의 종류와 상관없이 항상 탑재되어야 하는 것으로 라이브러리 버전, bSK등록번호, 저작자, 보급코드와 함께 분류체계 정보인 건설정보분류체계의 부위코드, 조달청표준공사코드의 공종코드가 포함된다. 또한 객체 속성정보는 공간, 구역, 그리고 기초부터 난간까지 13개로 분류된 객체별로 부여되는 속성정보들로서 위치정보, 재료 및 이에 의한 방화등급, 열관류율, 열전도율 등의 성능정보, 피난대피 시 이용여부 등의 기능정보가 포함된다. 그 외에 BIM 모델 작성자가 필요에 따라 활용 목적별로 속성정보 항목을 추가하고 정보를 입력할 수 있는데 이들은 라이브러리에 탑재하지 않아도 되는 것으로 엑셀과 같은 외부 데이터베이스로 작성하여 관리할 수 있다(Kim and Jang, 2019).

4. 해외 조경 BIM 라이브러리 표준화 동향

조경분야의 BIM 도입을 위한 노력은 미국과 영국, 북유럽 등지에서 전문단체 또는 협회를 통해 이루어져 왔다. 2000년대 초부터 미국 조경가협회(American Society of Landscape Architects: ASLA)에서는 디지털 기술 관련 전문 실무 네트워크(Professional Practice Network: PPN)를 중심으로 BIM이 조경분야에 가져올 효율성과 도입 필요성이 공유된 바 있으며, 이후 실무에서의 BIM 적용과 관련하여 소프트웨어 개발 및 확대에 영향을 주고 있다(Kim and Son, 2014; ASLA). 그러나 조경 BIM 객체 표준화를 위한 노력이 공식적으로 이루어져 결실을 맺고 이를 공론화한 것은 노르웨이와 영국, 호주였다(Isokangas et al, 2009; Landscape Institute, 2016; Wik et al., 2018).

Table 3. KBIMS library attributes (example of floor element)

Application	Info category	Property	Requirement	Expression	T/I ^a	Included
Common	Identification	KBIMS-Version	○	Text	T	○
		KBIMS-Library ID	○	Text	T	○
		KBIMS-Name	○	Text	T	○
		KBIMS-bSK Registration No.	○	Text	T	○
	Distribution	KBIMS-Author	○	Text	T	○
		KBIMS-Distribution code	○	Text	T	○
	Classification	KCCC-Element*	○	Text	T	○
		PPS Standard construction code**	○	Text	T	○
		KS Standard	○	Text	T	○
Specific objects (floor)	Identification	Sign	○	Text	T	○
	Location	Story (level)	○	Text	I	×
		External exposure	○	Boolean	I	○
	Form	Cross section	○	Text	T	○
	Size	Thickness	○	Number	T	○
		Perimeter	○	Number	T	○
		Area	○	Number	I	×
		Volume	○	Number	I	×
	Performance	Use of non-combustible materials, fire rating, fire resistance structure, moisture proof, thermal conductivity, thermal transmittance	○	Boolean, text, number	T	○
	Function	Whether or not to use evacuation shelter, furnace (=balcony), presence or absence of compression material	○	Boolean	T	○

Source: buildingSMART Korea, 2016c: 12-13

a. T/I: Type/Instance in BIM authoring softwares. If a property is modified based on 'type', all objects of the same type will be modified, whereas if it is modified based on 'instance', only the object itself will be modified

노르웨이 조경가협회는 BIM Working Group을 구성하고 노르웨이 국가표준인 NS의 객체분류체계에 부합하도록 조경 BIM 객체들의 분류를 시도하였다. 이에 구역, 지형, 옥외시설물, 조경식재, 구조물 등 조경분야의 5개 주요 객체를 정의하고 하위에 38개의 요소들을 분류하였다. 구역은 시설 내 비물리적 영역 및 공간을 지정하는 객체이며, 지형은 포장재 또는 토양에 의해 덮혀진 지표면 객체를 가리킨다. 옥외시설물에는 옥외에서 사용되는 고정 또는 이동 가능한 가구 객체들이 포함되고 조경식재에는 수목과 지피 및 식물군락들이 포함된다. 마지막으로 구조물에는 옹벽, 계단, 램프, 펜스 등 특정 기능을 가지면서 명확하게 구분될 수 있는 조경요소들이 포함된다. 이 분류체계는 이후 협회의 조경 BIM 이니셔티브에 의해 공개되었다.

영국 조경협회에서는 현재 Digital Practice Working Group으로 명칭을 변경한 BIM Working Group에서 조경 객체들을 위한 제품정보템플릿(Product Data Template, 이하 PDT)을 개발하고 웹사이트에서 배포하였다(Landscape Institute). PDT는 설계, 시공, 유지관리에 관한 속성정보 항목을 표준화하여 설정해 둔 스프레드시트 파일로 38개가 배포되고 있다. 상단부에는 템플릿의 분류와 버전 등 일반 정보를 기록하는 헤더가 있으며 하단에 조경 요소별로 상이하게 구성된 정보항목들이 카테고리별로 나뉘어 있다. 예를 들어 조경식재는 생산자, 명명, 규격, 생육, 식재선정, 성능, 지속가능성, 유지관리의 카테고리를, 조경시설물은 생산자, 설치, 재료, 마감, 치수, 지속가능성, 유지관리의 카테고리를, 그리고 포장재는 생산자, 시공, 치수, 성능, 공급, 지속가능성, 유지관리의 카테고리를 포함하고 있다. PDT는 제품 생산업체나 유통업체들이 값을 입력하여 완성하게 되는데 각 속성정보 항목별로 단위와 작성지침이 제시되므로 이에 따라 빈칸에 속성값을 채우면 된다. PDT에 변수를 입력한 것을 제품정보시트(Product Data Sheet, 이하 PDS)라고 하며 PDS 데이터는 BIM 저작도구에서 모델의 속성값으로 불러들여서 활용 가능하다.

객체분류 및 속성정보 항목의 표준화 외에 파일포맷을 표준화하기 위한 노력도 함께 이루어졌다. BIM에 의한 협업은 다수의 모델 작성자들이 모델에 포함된 정보를 원활하게 공유할 때 촉진된다. 그러므로 BIM 표준을 채택하는 국제기구인 buildingSMART International에서 1996년 표준 파일포맷인 IFC 1.0을 개발하고 확장해 나가고 있다. IFC에서 정의되지 않은 요소들은 BIM용 저작도구에서 IFC로 출력될 때 범용요소인 IfcBuildingElementProxy로 분류되어 표현되는데, 이들은 객체 형상을 가지지만 속성정보에서 누락 또는 불일치가 생길 수 있다. 그간 자연소재인 조경요소들은 IFC 객체로 정의되지 않아 범용요소로 표현되고 있었다. 이러한 한계점을 극복하고자 일찍이 호주의 정부출연 연구기관 CRC for Construction Innovation(Cooperative Research Centre for Construction Innovation)에서 조경 BIM 모델을 지형, 표토재, 조경식재, 시설 및 구조물의 4개 객체들로 나누고 27개의 하위 객체들을 선정하였다. 이들에 대해 IFC 체계에서 개발해야 할 조경객체들을 제시함으로써 추가적 정의에 대한 필요성을 주장하였다. 이러한 제안에 힘입어 IFC4에 IfcGeographicElement가 추가되면서 다양한 조경요소들을 정의할 수 있게 되었다(Figure 1 참조). 표현에 한계는 있으나 옥외 의자, 안내판 등 외부공간에 점적으로 설치되는 시설물들과 연못 및 호수, 숲 등 면적 요소, 그리고 집수, 우수저장고, 배수구와 같은 요소들도 정의 가능하게 되었다. 그 밖에 포장재를 위한 IfcPavement, 그리고 교목, 관목, 초본, 지피, 양치 및 이끼류를 포함하는 IfcPlant가 IFC4×3부터 추가되어 IFC 객체로 포장재와 조경식재를 정의할 수 있게 되었다(buildingSMART International).

이상에서 살펴본 바와 같이 해외 조경분야의 BIM 객체 표준화를 위한 노력과 결과물은 주로 노르웨이와 영국, 호주 등지에서 찾아볼 수 있었다. 이들이 제안하는 객체 표준화 방안은 국내 건축분야와 마찬가지로 객체의 분류체계를 구축하고 표준 속성정보를 도출하여 구조화하는 방식을 취하고 있었다. 이 과정에서 각국의 조경 전문 단체 및 협회, 특히 그 내부 조직인 BIM Working Group이 중요한 역할을 담당하고 있었으며 그 성과물을 대외적으로 공유하고 있었다.

5. 조경요소의 라이브러리 표준화 방안

5.1 조경요소의 객체분류체계

조경요소의 객체분류를 위해 국내 건설정보분류체계를 살펴본 결과 부위분류에서 일부 객체들을 확인할 수 있었다(Table 4 참조). 대중소 분류에 각각 1자릿수를 배치하고 있는데 조경객체는 대분류인 토목시설(E1) 및 외부시설(E9)에 중분류로 포장 및 도로시설부위(E11), 옥외시설물(E94), 옥외전기(E96), 옥외조경(E98)이 포함되어 있었다. 소분류에는 포장부위(E112), 경계석(E115), 옥외구조물(E941), 울타리 및 대문(E942), 옥외설치물(E943), 옥외조명시설(E962), 잔디식재(E983), 수목식재(E985), 관개시설인 이리개이션시스템(E987), 그리고 조경설치물(E988)이 나타났다. 라이브러리의 객체분류에 중소분류인 포장재, 경계석, 옥외구조물, 옥외설치물 등의 분류를 적용할 수는 있으나 식재의 하위 분류가 함께 드러나지 않으며, 외부시설, 옥외시설물, 옥외구조물, 옥외설치물, 조경설치물 등의 용어가 혼용될 수 있고 울타리 및 대문이 동일 위계로 나오는 등 객체분류 적용의 한계가 드러났다.

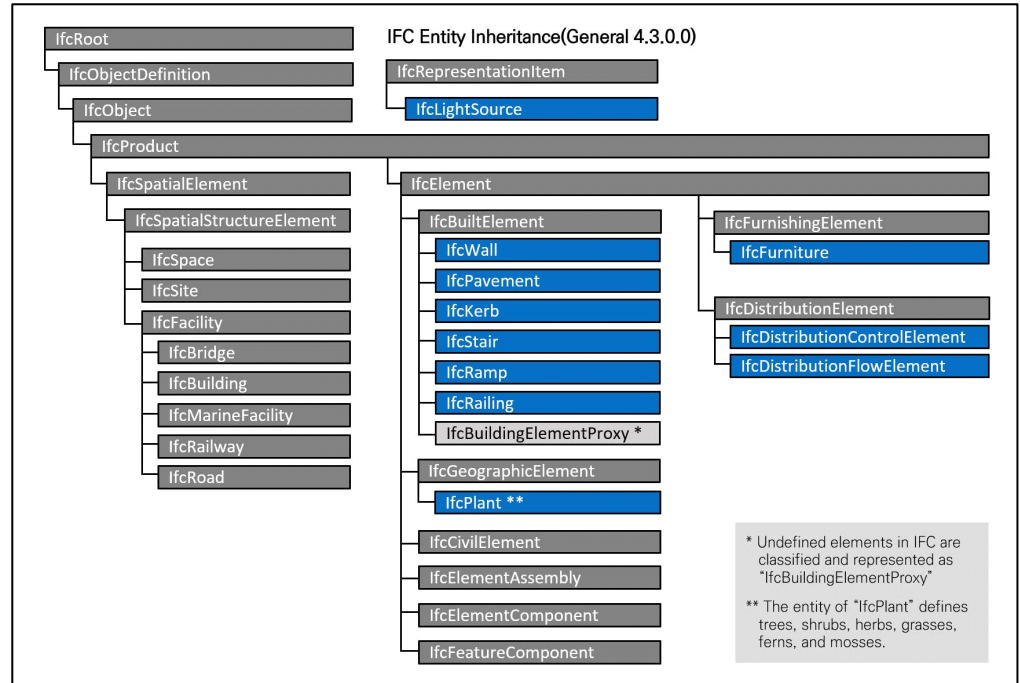


Figure 1. Ifc entities of blue boxes defining landscape objects

Table 4. Landscape objects in Korean construction information classification system

Level 1	Level 2	Level 3
E1. Civil engineering facility	E11. Pavement and road facilities	E112. Pavement part
		E115. Road safety facility part
		Curb
E9. External facilities	E94. Outdoor facilities	E941. Outdoor structure
		Pavilion, shade, pergola
		E942. Fence, gate
		E943. Outdoor installation
		Outdoor bulletin board, outdoor sign, nameplate, flagpole, outdoor bench, outdoor table, play facility, exercise facility
	E96. Outdoor electricity	E962. Outdoor lighting facility
		Street light, landscape light
	E98. Outdoor landscaping	E983. Grass
		E985. Plant
		E987. Irrigation system
		E988. Landscaping installation
		Landscape borders, tree grills, ponds, fountains

Source: Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2015

다음으로 조경식재 등 상세한 객체분류를 알아보기 위해 조달청의 표준공사코드 내 물품분류체계를 검토하였다 (Table 5 참조). 여기서 물품들은 대중소 및 세분류의 4단계로 구분되며 단계별로 2자리 코드가 부여되어 8자리수의 물품분류번호를 가지게 된다. 세분화가 필요한 경우 8자리수의 물품식별번호가 부여되어 총 16자리수를 가진다. 이 분류체계에서 바닥재, 기둥, 문 등 건축객체들은 중분류로 시작하는데 조경객체들은 도로포장재(3012)를 제외하고 소세분류에 나열되어 위계가 혼재되어 있었다. 놀이터시설물(4924)은 중분류에 위치하지만 옥외용가구(561016), 수목보호지주대와 가로수보호판 등을 포함하는 조경용재(301218), 울타리재료 및 제품(301520)은 소분류에 배치되어 있었고, 야외운동기구(49201697), 휴게 및 편의시설을 포함하는 조경시설물(49241596)은 세분류에 위치하였다. 이는 조경시설물과 옥외가구가 스포츠·레크리에이션 장비용품 및 액세서리(49)와 가구 및 관련 제품(56)의 대분류에

Table 5. Landscape objects in Korean product inventory classification system

Segment	Family	Class and commodity
10. Plants and animal products	1016. Trees for horticulture and forestry	101615. Trees and shrubs
		10161599. Landscape trees
		101616. Flowering trees
		10161603. Orchid, 10161699. Other plants
		101618. Flowerless plant
		10161899. Grass
11. Minerals, textiles and inedible plant and animal resources	1111. Earth and sand	111116. Stone
		11111698. Landscape stone
30. Construction materials	3012. Road pavement	301216. Asphalt
		301217. Road and railway construction materials
		30121794. Bollard
		301218. Landscaping material
		30121897. Artificial turf, 30121898. Tree protection support, 30121899. Tree protection board
	3015. Finishing materials and products	301520. Fence materials and products
39. Electrical systems, lighting, parts, and accessories	3911. Lighting fixtures and accessories	391116. Outdoor lighting facility
		39111603. Road lighting equipment, 39111605. Garden or park light
49. Sports and recreation equipment and accessories	4920. Fitness equipment	492016. Fitness equipment
		49201697. Outdoor exercise equipment
	4924. Playground facilities	492415. Playground equipment
		49241596. Landscape facilities (rest and convenience facilities)
56. Furniture and related products	5610. Furniture for amenities	561016. Outdoor furniture
		56101601. Parasol, 56101603. Outdoor table, 56101606. Plant stand

Source: Public Procurement Service, 2023

하위객체로 분류되었기 때문이다. 특히 중분류인 화훼재배 및 산림재배용 나무(1016)에서 교목 및 관목(101615)이 소분류에 포함되어 있으나 이는 시중에 유통되는 모든 식재를 포함하는 것으로 조경식재(10161599)는 별도의 세분류에서 분류되고 있었다. 또한 잔디(10161899)가 조경식재와 동일 위계로 포함되어 있는 반면 조경식재의 수종과 규격은 순수자원에서 별도로 분류되어 16자리수의 물품식별번호가 부여되어 있었다. 이렇듯 조경식재를 교목, 관목, 지피초화류 등으로 구분하는 실무에서의 분류체계가 드러나지 않는 한계도 발견되었다.

이상에서 국내 건설정보분류체계와 물품목록체계를 분석한 결과, 이 용어와 분류체계를 그대로 조경객체의 분류 체계로 사용하기에 어려움이 있었다. 실무에서는 계획 및 설계, 도면 작업, 물량산출이 지형, 조경식재, 조경시설물 및 구조물, 포장재, 관수 및 우배수시설로 이루어지며, BIM 저작도구에서도 지형, 수목, 가구 및 구조물, 바닥재, 배관 등으로 모델링이 진행된다. 여기에서 지형은 대상지에 따라 매번 새로 작성되므로 반복 사용될 라이브러리 객체에서 제외하였다. 이에 노르웨이 조경가협회에서 제시한 객체분류체계에서 지형을 제외한 조경식재, 옥외시설물, 구조물의 대분류에 포장재, 관수, 급배수시설을 포함하여 대분류를 설정하고 조경설계기준 및 조경공사표준시방서의 용어를 참고하여 조경객체들을 유형화함으로써 중소분류를 체계화하였다(Figure 2 참조). 이에 대분류에 조경식재(1), 조경시설물(2), 조경구조물(3), 조경포장재(4), 관수 및 배수시설(5)이 포함되었고, 중분류의 조경식재하에 교목(11), 관목(12), 지피초화 및 기타(13), 조경시설물 하에 옥외시설물(21), 옥외조명시설(22), 조경구조물하에 계단 및 경사로(31), 옥외벽체(32), 옥외구조물(33), 조경포장재하에 포장재(41), 포장경계(42), 그리고 관수 및 급배수하에 관수시설(51), 급배수시설(52)이 포함되었다. 이렇게 설정된 분류하에 소분류는 필요에 따라 추가 가능하다.

계단 및 경사로, 난간, 배수시설 등은 건축물 내부요소와 형태 및 재료상 중첩되며 IFC 체계 내에서도 건축요소를 다루는 IfcBuiltElement나 IfcDistributionElement 등에 포함되지만, 옥외공간에 계획되는 시설물로서 라이브러리 명을 준수하면 구별이 가능하다. 이 점을 고려하여 조경객체의 라이브러리 코드와 명명을 제시하였다(Table 6 참조). 먼저 KBIMS의 라이브러리 코드 지정 방법을 확인하여 전문분야 ‘조경(L)’과 각 중분류 명칭의 첫 문자로 2자

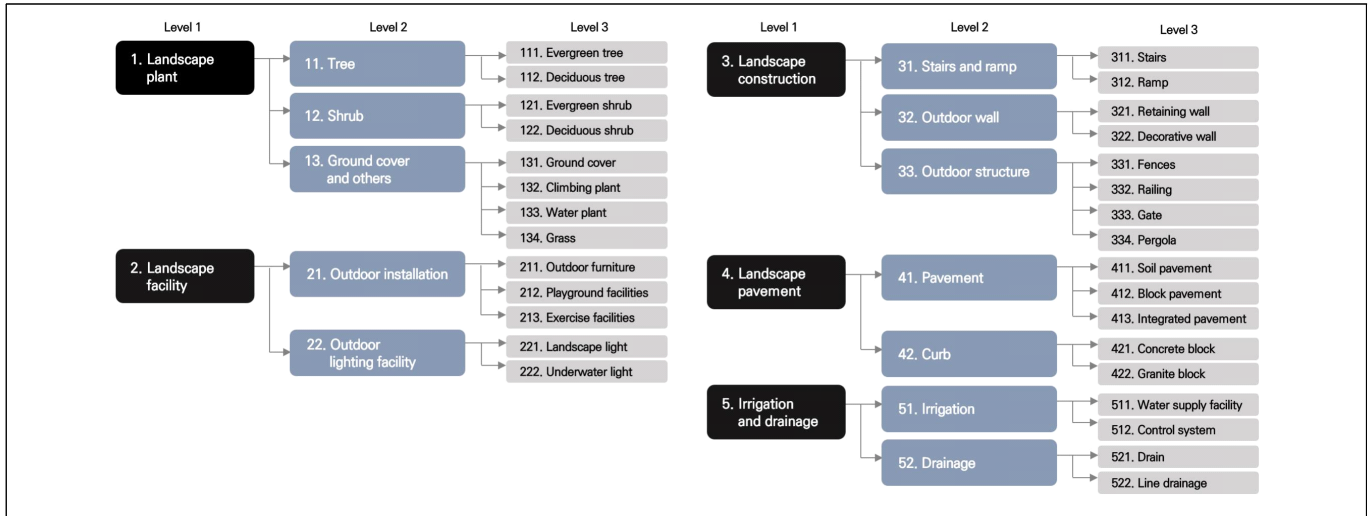


Figure 2. Proposed classification system for landscape objects in BIM library

Source: Wik et al., 2018; Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2015, 2019a, 2019b; Public Procurement Service, 2023

Table 6. Proposed landscape object classification and IFC coverage

Landscape object classification			Code (2)	Library name (example)	KCCS ^a	PPS ^b	IFC coverage ^c
Level 1(1)	Level 2(1)	Level 3(1)					
1. Landscape plant	11. Tree	111. Evergreen tree 112. Deciduous tree	LT	LT112_white magnolia	E98	10161599	IfcPlant
	12. Shrub	121. Evergreen shrub 122. Deciduous shrub	LS	LS122_royal azalea			
	13. Ground cover and others	131. Ground cover 132. Climbing plant 133. Water plant	LG	LG131_lilyturf		10161699	
		134. Grass		LG134_golden grass	10161899		
	2. Landscape facility	21. Outdoor installation	211. Outdoor furniture	LI	LI211_bench	E94	49241596
212. Playground facilities			4924				
213. Exercise facilities			49201697				
22. Outdoor Lighting facility		221. Landscape light 222. Underwater light	LL	LL221_spot light	E96	39111605	IfcLightSource (Combination of existing IFCs)
3. Landscape construction	31. Stairs and ramp	311. Stairs	LA	LA311_wood stairs	E27	3016	IfcStair
		312. Ramp		LA312_concrete ramp			IfcRamp
	32. Outdoor wall	321. Retaining wall 322. Decorative wall	LW	LW322_stone retaining wall	E08	3012	IfcWall (Combination of Existing IFCs)
	33. Outdoor structure	331. Fences	LC	LC332_steel railing	E94	3013	IfcRailing IfcFurniture (Combination of Existing IFCs)
		332. Railing 333. Gate 334. Pergola					
4. Landscape pavement	41. Pavement	411. Soil pavement 412. Block pavement 413. Integrated pavement	LV	LV412_day block	E11	3012	IfcPavement
	42. Curb	421. Concrete block 422. Granite block	LU	LU422_granite block	E11	30131503	IfcKerb
5. Irrigation and drainage	51. Irrigation	511. Water supply facility 512. Control system	LR	LR511_spray sprinkler LR512_control valve	E98	2110	IfcDistributionElement IfcDistributionFlowElements
	52. Drainage	521. Drain 522. Line drainage	LD	LD522_concrete gutter	E11	4014	

a. KCCS: Korean Construction information Classification System

b. PPS: Public Procurement Service (standard construction code)

c. IFC4×3 Release candidate 2. In addition to these listed above, landscape objects could be covered by Ifc Building Element Proxy

리의 부재명 코드를 설정한 후 객체의 대중소 분류에서 각각 지정된 3자릿수를 덧붙임으로써 총 5자릿수의 라이브러리 코드를 만들어 부여하였다. 중분류의 첫 문자가 이미 다른 객체에 지정되었다면 그 다음 위치한 문자 또는 두 번째 단어의 첫 문자를 사용하였다. 이렇게 결정된 라이브러리 코드는 라이브러리에 앞에 위치하여 분류체계를 드러내며 품명 및 품목을 설명하는 문자를 뒷부분에 포함한다. 예를 들어 수목의 경우 수종과 규격을 포함하여 'LT112_백목련 H3×R10'의 형식을 띠게 된다.

5.2 조경요소의 속성정보 항목 도출

앞서 살펴보았듯이 BIM 객체의 속성정보는 모든 객체들에 해당되는 공통 속성정보와 객체의 종류에 따라 필요한 객체 속성정보의 항목들로 이루어진다. 조경객체들도 이와 마찬가지로 공통 속성정보와 객체별로 탑재되는 속성정보를 가질 수 있다. 먼저 공통 속성정보는 「KBIMS Module 521. BIM 라이브러리 속성규격」 기준에 따라 KBIMS의 식별정보, 보급정보, 분류체계에 관한 6개의 속성정보를 포함하였으며, 여기에 영국 조경협회의 PDT에서 제시한 대로 제품 라이브러리로 사용될 때 필요한 2개의 공급정보가 추가되었다(Table 7 참조).

다음으로 객체 속성정보에는 객체명과 규격을 비롯하여 객체별로 BIM 모델의 활용 목적에 따라 요구되는 정보들이 포함되는데, 속성정보 항목 도출을 위해 KBIMS와 영국 조경협회의 PDT에서 제시된 유사 객체들의 항목을 참고하였다. 특히 영국 조경협회에서 제공하고 있는 'PDT_Flora'에는 조경식재에 관한 속성정보들이 체계적으로 정리되어 있어 이 가운데 국내 산업현장에서 필수적으로 활용해야 할 항목들을 선정하였다. 관수 및 배수시설의 속성정보는 PDT에 제시되어 있지 않아 Revit의 배관시스템 패밀리를 참고하였다. 속성정보는 객체별 종류에 따라 구조화가 되는데 조경식재의 경우 명명, 규격, 식재 요구조건, 식재 선택사항, 성능, 지속가능성, 유지관리의 정보가 포함되었고, 조경포장재와 시설물 및 기타 객체들은 명명, 규격, 설치 또는 시공, 성능, 지속가능성, 유지관리의 정보가 포함되었다. 이 속성정보들은 계획 및 설계단계에서 해당 변수의 입력 가능성 및 필요성, 그리고 BIM 모델 구축 후 활용 목적에 따라 선택 또는 필수항목으로 지정될 수 있다.

특히 자연소재인 조경식재는 BIM 모델 구축 시 전문성을 살릴 수 있는 요소로서 명명, 규격, 식재 요구조건, 식재 선택사항, 유지관리 등 조경실무에서 당장 필요로 하는 속성정보들을 필수항목에 포함하도록 하였다. 기타 객체들 중에서 속성정보에 입력될 변수값이 구비되어 있지 않거나 객체 모듈화 문제로 입력이 어려운 성능 및 지속가능성에 대한 항목들은 차후 추가할 수 있도록 선택항목으로 지정하였다. 여기에서 표준항목으로 지정되었더라도 여러 여건상 BIM 모델 제작이 어려운 경우 영국 조경협회의 사례와 같이 BIM 객체와 분리하여 스프레드시트 형태의 파일로 작성하여 활용하는 것이 가능하다.

Table 7. Proposed attributes for landscape objects in the BIM library

Application		Data category	Element attributes ^a	Required	Expression	Unit	T/I ^b	Included	Notes
Common	Identification		KBIMS-Version	○	Text		T	○	
			KBIMS-bSK Registration Number	○	Text		T	○	
	Distribution		KBIMS-Author	○	Text		T	○	
			KBIMS-Distribution Code	○	Text		T	○	
	Classification		KCCS-Element	○	Text		T	○	
			PPS Standard construction code	○	Text		T	○	
	Manufacture and Supply		Manufacturer		Text		T	○	
			Supplier		Text		T	○	
Class level 1	Landscape plant	Naming	Botanical name	○	Text		T	○	
			Common name (English name)	○	Text		T	○	
			Category (class)	○	List		T	○	Select from list
			Sub-category (sub-class)	○	Text		T	○	
	Dimension		Height	○	Number	m	T	○	
			Width of crown (spread)	○	Number	m	T	○	
			DBH (Diameter at breast height)	○	Number	cm	T	○	
			RCD (Root collar diameter)	○	Number	cm	T	○	
			Form specified	○	List		T	○	Select from list
			Container size	○	Number		T	○	

Table 7. Continued

Application		Data category	Element attributes ^a	Required	Expression	Unit	T/I ^b	Included	Notes	
Class level 1	Landscape plant	Planting requirements	Cold hardiness	<input type="radio"/>	List		T	<input type="radio"/>	Select from list	
			Shade tolerance	<input type="radio"/>	List		T	<input type="radio"/>	Select from list	
			Salt tolerance	<input type="radio"/>	List		T	<input type="radio"/>	Select from list	
			Moisture requirement	<input type="radio"/>	List		T	<input type="radio"/>	Select from list	
			Soil type	<input type="radio"/>	List		T	<input type="radio"/>	Select from list	
		Planting selection data	Ultimate height	<input type="radio"/>	Number	m	T	<input type="radio"/>		
			Ultimate spread	<input type="radio"/>	Number	m	T	<input type="radio"/>		
			Years to ultimate height	<input type="radio"/>	Number	yr	T	<input type="radio"/>		
			Foliage texture	<input type="radio"/>	List		T	<input type="radio"/>	Select from list	
			Foliage color	<input type="radio"/>	List		T	<input type="radio"/>	Select from list	
			Foliage shape	<input type="radio"/>	List		T	<input type="radio"/>	Select from list	
			Flower season	<input type="radio"/>	List		T	<input type="radio"/>	Select from list	
			Flower type	<input type="radio"/>	List		T	<input type="radio"/>	Select from list	
			Flower color	<input type="radio"/>	List		T	<input type="radio"/>	Select from list	
			Winter color	<input type="radio"/>	List		T	<input type="radio"/>	Select from list	
			Edible	<input type="radio"/>	Boolean	Y/N	T	<input type="radio"/>		
			Scent	<input type="radio"/>	Boolean	Y/N	T	<input type="radio"/>		
			Performance	Growth rate		List		T	<input type="radio"/>	Select from list
		Effective life			Number	yr	T	<input type="radio"/>		
		Toxicity			Boolean	Y/N	T	<input type="radio"/>		
		Sustainability	Carbon capture by year		Number	kg/yr	T	<input type="radio"/>		
			Carbon storage		Number	kg	T	<input type="radio"/>		
			Oxygen production by year		Number	kg/yr	T	<input type="radio"/>		
		Operations and maintenance	Expected life	<input type="radio"/>	Number	yr	T	<input type="radio"/>		
			Warranty	<input type="radio"/>	Text		T	<input type="radio"/>		
			Operations and maintenance manual	<input type="radio"/>	Text		T	<input type="radio"/>		
		Landscape facility	Naming	Product name	<input type="radio"/>	Text		T	<input type="radio"/>	
				Product number	<input type="radio"/>	Text		T	<input type="radio"/>	
			Dimension	Overall length	<input type="radio"/>	Number	m	T	<input type="radio"/>	
				Overall width	<input type="radio"/>	Number	m	T	<input type="radio"/>	
	Overall height			<input type="radio"/>	Number	m	T	<input type="radio"/>		
	Installation		Intended location	<input type="radio"/>	Text		T	<input type="radio"/>		
			Application environment	<input type="radio"/>	Text		T	<input type="radio"/>		
	Performance		Material		Text		T	<input type="radio"/>		
			Finish		Text		T	<input type="radio"/>		
			Reaction to fire		Text		T	<input type="radio"/>		
	Sustainability		Embodied carbon		Number	kg	T	<input type="radio"/>		
			Responsible sourcing of materials		Text		T	<input type="radio"/>		
			Responsible extraction of materials		Text		T	<input type="radio"/>		
	Operations and Maintenance		Expected life	<input type="radio"/>	Number	yr	T	<input type="radio"/>		
			Warranty	<input type="radio"/>	Text		T	<input type="radio"/>		
			Operations and maintenance manual	<input type="radio"/>	Text		T	<input type="radio"/>		
	Landscape construction		Naming	Product name	<input type="radio"/>	Text		T	<input type="radio"/>	
				Product number	<input type="radio"/>	Text		T	<input type="radio"/>	
		Dimension	Overall length	<input type="radio"/>	Number	mm	T	<input type="radio"/>		
			Overall width	<input type="radio"/>	Number	mm	T	<input type="radio"/>		

Table 7. Continued

Application		Data category	Element attributes ^a	Required	Expression	Unit	T/ ^b	Included	Notes	
Class level 1	Landscape construction	Dimension	Overall depth	<input type="radio"/>	Number	mm	T	<input type="radio"/>		
			Area	<input type="radio"/>	Number	m ²	I			
			Volume	<input type="radio"/>	Number	m ³	I			
		Installation	Intended location	<input type="radio"/>	Text		T	<input type="radio"/>		
			Application environment	<input type="radio"/>	Text		T	<input type="radio"/>		
		Performance	Material		Text		T	<input type="radio"/>		
			Finish		Text		T	<input type="radio"/>		
			Reaction to fire		Text		T	<input type="radio"/>		
		Sustainability	Embodied carbon		Number	kg	T	<input type="radio"/>		
			Responsible sourcing of materials		Text		T	<input type="radio"/>		
			Responsible extraction of materials		Text		T	<input type="radio"/>		
		Operations and Maintenance	Expected life	<input type="radio"/>	Number	yr	T	<input type="radio"/>		
			Warranty	<input type="radio"/>	Text		T	<input type="radio"/>		
			Operations and maintenance manual	<input type="radio"/>	Text		T	<input type="radio"/>		
	Landscape pavement	Naming	Product name	<input type="radio"/>	Text		T	<input type="radio"/>		
			Product number	<input type="radio"/>	Text		T	<input type="radio"/>		
		Dimension	Overall length	<input type="radio"/>	Number	mm	T	<input type="radio"/>		
			Overall width	<input type="radio"/>	Number	mm	T	<input type="radio"/>		
			Overall depth	<input type="radio"/>	Number	mm	T	<input type="radio"/>		
			Units/m ²	<input type="radio"/>	Number	ea	T	<input type="radio"/>		
			Area	<input type="radio"/>	Number	m ²	I			
			Volume	<input type="radio"/>	Number	m ³	I			
			Construction	Type	<input type="radio"/>	List		T	<input type="radio"/>	Select from list
		Shape		<input type="radio"/>	List		T	<input type="radio"/>	Select from list	
		Color		<input type="radio"/>	List		T	<input type="radio"/>	Select from list	
		Average pack size		<input type="radio"/>	Number	mm	T	<input type="radio"/>		
		Units per pack		<input type="radio"/>	Number	ea	T	<input type="radio"/>		
		Unit weight		<input type="radio"/>	Number	g	T	<input type="radio"/>		
		Performance	Material		Text		T	<input type="radio"/>		
			Abrasion resistance		Number	mm	T	<input type="radio"/>		
			Durability to freezing and thawing		Number	kg/m ²	T	<input type="radio"/>		
			Slip resistance		Number	SRV	T	<input type="radio"/>		
			Albedo		Number		T	<input type="radio"/>		
			Permeability		Number	mm/h	T	<input type="radio"/>		
		Sustainability	Embodied carbon		Number	kg	T	<input type="radio"/>		
			Responsible sourcing of materials		Text		T	<input type="radio"/>		
			Responsible extraction of materials		Text		T	<input type="radio"/>		
		Operations and maintenance	Expected life	<input type="radio"/>	Number	yr	T	<input type="radio"/>		
			Warranty	<input type="radio"/>	Text		T	<input type="radio"/>		
			Operations and maintenance manual	<input type="radio"/>	Text		T	<input type="radio"/>		
		Irrigation and drainage	Naming	Product name	<input type="radio"/>	Text		T	<input type="radio"/>	
				Product number	<input type="radio"/>	Text		T	<input type="radio"/>	
			Dimension	Overall length	<input type="radio"/>	Number	mm	T	<input type="radio"/>	
				Overall width	<input type="radio"/>	Number	mm	T	<input type="radio"/>	
	Overall depth			<input type="radio"/>	Number	mm	T	<input type="radio"/>		
	Diameter			<input type="radio"/>	Number	mm	T	<input type="radio"/>	Pipe line	

Table 7. Continued

Application		Data category	Element attributes ^a	Required	Expression	Unit	T/I ^b	Included	Notes
Class level 1	Irrigation and drainage	Dimension	Volume	○	Number	m ³	l		
		Installation	Intended location	○	Text		T	○	
			Application environment	○	Text		T	○	
		Performance	Fluid type		List		T	○	Select from list
			Fluid temperature		Number	°C	T	○	
			Fluid viscosity		Number	Pa·s	T	○	
			Fluid density		Number	kg/m ³	T	○	
		Sustainability	Embodied carbon		Number	kg	T	○	
			Responsible sourcing of materials		Text		T	○	
			Responsible extraction of materials		Text		T	○	
		Operations and Maintenance	Expected life	○	Number	yr	T	○	
			Warranty	○	Text		T	○	
			Operations and maintenance manual	○	Text		T	○	

a. Element attributes selected from KBIMS and PDT of Landscape Institute

b. T/I: Type/Instance in BIM authoring software

Source: buildingSMART Korea, 2021; Landscape Institute

6. 결론

BIM 라이브러리 표준화는 반복 사용되는 설계요소들에 대한 제작기준을 사전에 마련해 줌으로써 BIM 모델 객체 간의 정보 불일치와 중복 및 손실을 최소화하고 모델 작업의 효율성을 높이며 원활한 정보 공유가 가능하도록 한다. 국내 건설산업에서는 BIM 라이브러리 표준화와 관련된 연구가 다수 진행되었으며 이를 통해 KBIMS가 개발되었고 지침과 가이드가 실행되고 있다. 그러나 기존 연구 및 표준화 지침, 제작기준은 건축 및 구조분야 위주로 진행되어 조경분야의 BIM 라이브러리 표준에 대한 연구와 지침이 필요한 상황이다. 이에 본 논문에서는 앞으로 본격화될 조경 BIM 도입에 앞서 조경객체 라이브러리의 표준화 방안을 객체분류 및 속성정보 측면에서 제시하였다.

먼저 국토교통부의 건설정보분류체계와 조달청의 물품분류체계 내 조경요소들의 분류체계를 검토하고 조경설계 기준과 조경공사표준시방서, 노르웨이 조경협회의 객체분류체계를 참고로 객체분류를 시도하였다. 그 결과 조경식재(1), 조경시설물(2), 조경구조물(3), 조경포장재(4), 관수 및 배수시설(5)이 대분류에 포함되었고, 각 대분류하에 교목(11), 관목(12), 지피초화 및 기타(13), 옥외시설물(21), 옥외조명시설(22), 계단 및 경사로(31), 옥외벽체(32), 옥외구조물(33), 포장재(41), 포장경계(42), 관수시설(51), 그리고 급배수시설(52) 등 12개의 중분류가 포함되었다.

다음으로 객체 속성정보는 KBIMS의 기준에 따라 모든 객체에 포함되어야 할 공통 속성정보를 포함하고, 객체별 종류에 따라 요구되는 항목들은 KBIMS, 영국 조경협회의 PDT, BIM 저작도구 내 유사 객체를 참고하여 도출하고 구조화하였다. 이에 공통 속성정보로서 식별, 보급, 분류체계, 공급정보가 포함되었다. 또한 객체 속성정보에는 조경식재의 경우 명명, 규격, 식재 요구조건, 식재 선택사항, 성능, 지속가능성, 유지관리의 정보가 포함되었으며, 조경포장재와 시설물 및 기타 객체들은 명명, 규격, 설치 또는 시공, 성능, 지속가능성, 유지관리 정보가 포함되었다.

이렇듯 본 연구는 조경 BIM 도입에 앞서 라이브러리 개발 및 보급과 그 표준화에 대한 중요성을 확인하고 조경객체 표준화 방안에 관해 논하였다. 이로써 산업현장에서 조경객체를 작성할 때 본 연구에서 제시한 분류체계와 객체의 명명, 속성정보에 대한 라이브러리 기준을 참고함으로써 조경 BIM 모델의 품질을 확보할 수 있으며 타 분야와의 통합모델 구축 시 분야별 모델 간 정보충돌을 방지할 수 있다. 궁극적으로 본 연구는 조경분야의 모델링 업무 효율성과 통합모델의 데이터 정합성을 향상시킬 수 있는 방안을 마련했다는 데에 의의가 있다.

다만 본 연구는 다음과 같은 한계를 가진다. 첫째, 객체분류 및 속성정보 외에 형상정보의 표준화에 대한 논의를 진행하지 못하였다. 특히 조경식재는 경관시뮬레이션 등 BIM 모델의 활용에서 중요한 역할을 수행하므로 형상정보의 표준화를 설정하는 것도 시급한 일이다. 그러나 아직 BIM 저작도구에서 자연소재의 3D 형상을 모델링하는 것은 제한적이며, BIM 모델 제작과 별도로 경관시뮬레이션이 수행되는 점을 감안하여 후속연구로 남겨두었다. 셋째, 객체 속성정보의 도출이 대분류 수준에서 이루어져서 중소분류 단계의 객체들에 대한 속성정보를 면밀히 다루지 못하였다. 특히 제품으로 개발될 객체들은 다양한 항목의 속성정보들이 포함되어야 하지만 본 연구에서는 최소

한으로 요구되는 정보만을 선정하여 포함하였다. 넷째, 본 연구에서 제시한 라이브러리 표준화 방안을 토대로 객체를 만들어 실제 프로젝트에 구현해 보는 실증단계를 거치지 못했다. 이에 대한 검증은 실무에서 다양한 객체를 제작하고 여러 유형의 프로젝트에 활용해 보면서 이루어져야 한다.

앞으로 본 연구에 이어서 조경 BIM 라이브러리의 객체분류 및 속성정보에 대한 지속적인 논의와 개선이 이루어져야 한다. 라이브러리 표준은 새로운 객체 또는 속성정보가 추가될 경우 확장성과 유연성을 가져야 하며 변화하는 기술, 인력, 정책적 프레임 등을 반영해야 하기 때문이다. 또한 조경객체의 형상표현 수준, 데이터 작성기준, 라이브러리의 유통 및 보급 등에 관한 외연으로 연구를 확장해 나감으로써 실질적으로 활용 가능한 조경 BIM 라이브러리를 구축해야 한다. 이때 제품 라이브러리는 조경시설물의 제품생산 및 유통자들이 객체 형태와 속성정보의 항목, 입력 변수의 DB 구축에 참여해야 한다. 반면 조경식재는 자연소재이지만 제품과 달리 실무에서 형상과 규격이 일변화되어 있고 범용으로 사용 가능하므로 실무업체에서 개별적으로 개발하기보다 공공재로 개발, 배포해서 활용도를 높여야 한다. 이를 위해 전문단체의 노력과 정부 지원이 요구되며, 대내적으로는 조경분야의 BIM 적용 방안에 대한 논의를 공론화하고 대외적으로는 건설환경에서 조경 BIM을 독립된 전문영역으로 포지셔닝을 할 수 있도록 BIM Working Group과 같은 전문조직을 구성하고 적극적인 활동을 이어 나가야 한다.

References

1. BuildingSMART Korea(2016a) KBIMS Module 31. Standards for creating BIM library v1.0.
2. BuildingSMART Korea(2016b) KBIMS Module 41. BIM object classification v1.0.
3. BuildingSMART Korea(2016c) KBIMS Module 42. BIM object property standard v1.0.
4. BuildingSMART Korea(2019) BIM library standards for Revit v1.03.
5. BuildingSMART Korea(2020) KBIMS library v1.03 - Revit List.
6. BuildingSMART Korea(2021) KBIMS Module 521. BIM library property specification v2.0
7. Cho, G. H., K. B. Ju and J. G. Song(2014) Improvement of construction information classification for applying BIM. Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society 15(10): 6379-6387.
8. Cho, G. H. and K. B. Ju(2015) Development on extension contents of construction information classification for containing BIM elements. Journal of the Korea Academia Industrial Cooperation Society 16(7): 4942-4949.
9. Choi, D. K. and J. J. Kim(2014) A study on reuse 3D MCAD data for BIM based library creation-focusing on the mechanical BIM library. Korean Journal of Computational Design and Engineering 19(3): 263-271.
10. Chung, K. H. and Y. K. Min(2017) A study on the development and utilization of bim contents in architectural space. Journal of the Korean Institute of Culture Architecture 57: 278-285.
11. Isokangas, E., A. Byrnes, J. Cogan, R. Drogemuller, D. Hicks, M. Jensen, D. Nielsen and J. Oliver(2009) Interoperable Standards Development. CRC Construction Innovation. Brisbane.
12. Kim, B. Y. and Y. H. Son(2014) The current status of BIM in the field of landscape architecture and the issues on the adoption of LIM. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 42(3): 50-63.
13. Kim, Y. J., H. S. Kim and M. K. Kim(2016) Support plan for introduction of BIM on small and medium architectural firm. Journal of the Korea Academia Industrial Cooperation Society 17(9): 669-679.
14. Kim, B. Y. and Y. H. Son(2017) A study on the effects of BIM adoption and methods of implementation in landscape architecture through an analysis of overseas cases. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 45(1): 52-62.
15. Kim, Y. I. and J. W. Jang(2019) A study on the BIM library production criteria for mechanical field considering the characteristics and utilization of domestic construction industry. Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems 13(5): 337-346.
16. Kim, S., C. Kim and K. An(2019) A study on the detailed unit of works for BIM in landscape architecture. Journal of Recreation and Landscape 13(2): 11-19.
17. Kim, Y. O., J. Y. Kim and S. Y. Cho (2021) A proposal of parametric library creation criteria for improving civil BIM design productivity. Proceedings of the Annual Conference of the Korean Railway

- Society: 157-158.
18. Kwon, S. H., W. J. Lee and C. W. Jo(2013) Study for architectural standard details based on BIM information framework. Korean Journal of Computational Design and Engineering 18(2): 93-103.
19. Landscape Institute(2016) BIM for Landscape. Routledge.
20. Lee, K. H. and J. C. Yun(2009) Characteristics of periodical changes on standard of estimated unit manpower and material of landscape architectural construction Korea. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 37(1): 131-138.
21. Lee, E. B. and D. H. Kim(2015) A study on the implementation method of the object classification system and property information for vitalizing standardized BIM library. Journal of the Architectural Institute of Korea Planning and Design 31(12): 79-90.
22. Lee, S. I., J. S. Han and C. W. Jo(2015) A basic study on property structure standardization based on BIM information framework. Journal of the Architectural-Institute of Korea Planning and Design 31(5): 77-85.
23. Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2015) Korean Construction Information Classification System.
24. Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2019a) Korean Construction Specification.
25. Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2019b) Korean Design Standard.
26. Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2020) Construction Industry BIM Basic Guidelines.
27. Moon, J. S., C. H. Han and J. S. Won(2013) An analysis of construction information classification for applying BIM. Korean Society of Information Science and Technology Academic Papers: 20-22.
28. Nam, J. Y. and C. W. Jo(2014) Standardization of infrastructure information modeling based on BIM information framework. Korean Journal of Computational Design and Engineering 19(3): 281-293.
29. Nam, K. B., S. B. Yoo, Y. S. Son and Y. H. Shin(2015) A study on library standardization for activating plans of BIM electrical design. Proceedings of the Korean Institute of Electrical Engineers Conference: 1452-1453.
30. Nam, J. Y. and M. J. Kim(2018) Object-oriented road field BIM standard object classification system suggest development plan. Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society 19(3): 119-129.
31. Park, J. D.(2015) A Study of the International Standards-based BIM library worksheet for the data interoperability. Journal of The Korean Institute of Culture Architecture 50: 166-173.
32. Public Procurement Service(2019) Facility Project BIM Application Guidelines v2.0.
33. Public Procurement Service(2023) Standard Construction Code.
34. Seo, J. H. and S. Y. Choo(2010) A study on cost-benefit analysis of BIM-based integrated design process in Korean architectural offices. Korean Journal of Computational Design and Engineering 15(4): 261-270.
35. Wik, K. H., M. Sekse, B. A. Enebo and J. Thorvaldsen(2018) BIM for landscape: A Norwegian standardization project. Journal of Digital Landscape Architecture 3: 241-248.
36. ASLA, <https://www.asla.org/digitalresources.aspx>
37. buildingSmart International, <https://technical.buildingsmart.org>
38. Jeon, J.(2020) Full-scale implementation of BIM in the construction industry including landscaping. https://www.lafent.com/inews/news_view.html?news_id=128058
39. Landscape Institute, <https://www.landscapeinstitute.org/technical-resource/pdt-store>
40. Lee, H.(2021) Application of BIM to the entire construction industry, how to prepare. Landscape Architecture Korea. <https://www.lak.co.kr/m/news/view.php?id=10399>
41. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. Full-scale adoption and implementation of BIM in the construction industry. http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?lcmepage=54&id=95084979
42. Norwegian Association of Landscape Architects. <https://landskapsarkitektur.no/fag/fagomrader/bim-for-landskapsarkitektur>