

# IFC 기반 GIS와 BIM 프로젝트 통합관리 및 상호 운용성 강화

## Enhancing Project Integration and Interoperability of GIS and BIM Based on IFC

김태희\* · 김태현\*\* · 이용창\*\*\*  
Kim, Tae-Hee · Kim, Tae-Hyun · Lee, Yong-Chang

### Abstract

The recent advancements in Smart City and Digital Twin technologies have highlighted the critical role of integrating GIS and BIM in urban planning and construction projects. This integration ensures the consistency and accuracy of information, facilitating smooth information exchange. However, achieving interoperability requires standardization and effective project integration management strategies. This study proposes interoperability solutions for the integration of GIS and BIM for managing various projects. The research involves an in-depth analysis of the IFC schema and data structures based on the latest IFC4 version and proposes methods to ensure the consistency of reference point coordinates and coordinate systems. The study was conducted by setting the EPSG:5186 coordinate system, used by the National Geographic Information Institute's digital topographic map, and applying virtual shift origin coordinates. Through BIMvision, the results of the shape and error check coordinates' movement in the BIM model were reviewed, confirming that the error check coordinates moved consistently with the reference point coordinates. Additionally, it was verified that even when the coordinate system was changed to EPSG:5179 used by Naver Map and road name addresses, or EPSG:5181 used by Kakao Map, the BIM model's shape and coordinates remained consistently unchanged. Notably, by inputting the EPSG code information into the IFC file, the potential for coordinate system interoperability between projects was confirmed. Therefore, this study presents an integrated and systematic management approach for information sharing, automation processes, enhanced collaboration, and sustainable development of GIS and BIM. This is expected to improve compatibility across various software platforms, enhancing information consistency and efficiency across multiple projects.

Keywords: GIS, BIM, Interoperability, IFC Schema, Coordinate System, Project Integration Management

\* 인천대학교 도시융·복합학과 박사과정 Department of Urban Convergence Engineering, Incheon National University (uav@inu.ac.kr)

\*\* 인천대학교 도시융·복합학과 박사과정 Department of Urban Convergence Engineering, Incheon National University (thkim.inu@inu.ac.kr)

\*\*\* 인천대학교 도시과학대학 도시공학과 교수 Department of Urban Engineering, Incheon National University (first author, corresponding author: yclee@inu.ac.kr)

## 1. 서론

최근 전 세계적으로 스마트시티(Smart City)와 디지털 트윈(Digital Twin) 등 디지털 기술과 현실을 융합하는 연구가 지속적으로 이루어지고 있다(Fuller et al. 2020; Deng et al. 2021; Shahat et al. 2021; Dani et al. 2023;). 도시 계획, 건축 및 건설 산업 분야에서 3차원 정보 모델 기반의 최신 기술들이 급속히 발전하고 있으며, 빅데이터 알고리즘을 통한 도시 설계를 넘어 인공지능을 활용한 도시 자동 설계 기술도 다양하게 시도되고 있다(Deren et al. 2021 Adreani et al. 2023; Gkontzis et al. 2024;). 이러한 발전은 사물의 위치나 현상을 정보화하는 GIS(Geographic Information System) 기술과 다차원 가상공간에 시설물의 형상과 속성을 표현하는 BIM(Building Information Modeling) 기술의 상호융합 결과로 이루어지고 있다.

도시 계획 및 건설 프로젝트에서 GIS와 BIM의 융합은 다양한 이점을 제공한다. 예를 들어, GIS는 도시의 광범위한 공간 정보를 제공하여 환경 분석, 인프라 계획, 재난 관리 등에 유용하며, BIM은 건물 및 시설물의 상세한 구조와 재료 정보를 제공하여 설계, 시공, 유지 관리의 효율성을 높인다. 이러한 두 기술의 결합은 프로젝트의 모든 단계에서 정보의 일관성과 정확성을 보장하고, 시간과 비용을 절감하며, 의사결정 과정을 최적화하는 데 기여한다.

GIS와 BIM의 상호융합성은 점점 중요해지고 있으나, 본질적으로 GIS는 공간에 대한 정보이며 BIM은 특정 시설물에 대한 정보라는 점에서 차이가 있다. 또한, 주로 사용되는 소프트웨어와 데이터 형식이 다르기 때문에 정보 공유, 자동화 프로세스, 협업 강화, 지속 가능한 개발 등을 위해 표준화가 필요하다(Cheng et al. 2023). 또한, 특정 BIM 데이터를 다양한 산업 분야에서 활용하기 위해서는 공통의 포맷(Format)이 필요하다.

국내 GIS 표준화의 경우, 국토교통부는 LX 한국국토정보공사를 표준개발협력기관(COSD; Co-operating Organization for Standards Development)으로 지정하여 한국산업표준(KS; Korean Industrial Standards)의 정비와 제·개정을 통해 공간정보표준(KSDI; Korea Spatial Data Infrastructure)을 구성하였다. 국제적으로는 국제 표준화 기구 지리정보 전문위원회(ISO/TC211; International Organization for Standardization/Technical Committee 211)와 개방형 GIS 협회(OGC; Open Geospatial Consortium) 등에서 GIS에 대한 여러 표준을 제정하고 있다(고재용 외 2017; 유재준 2017).

국내 BIM 표준화의 경우, 국토교통부는 BIM 발주 사업을 대상으로 2024년까지 100% 의무화 로드맵을 제시하며 건설산업 BIM 기본·시행지침을 발표하였다. 이외에도 여러 공공기관에서 BIM 관련 지침 및 가이드라인을 발표하고 있다(www.molit.go.kr). 국제적으로는 영국 표준 제정 기관 BSI(British Standard Institution)의 BS 1192 시리즈에 디지털 정보 관리 개념을 추가하여, BIM을 위한 국제 표준 시리즈인 ISO 19650을 2018년에 제정하였다. 또한, IFC(Industry Foundation Classes) 형식은 'IAI(International Alliance for Interoperability, 현 building SMART)'가 개발한 3차원 형상 및 BIM 데이터에 내포된 속성 정보를 서로 다른 BIM 소프트웨어 사이에서 상호 주고받을 수 있는 자료교환 형식으로 업버전(Up-Version)이 꾸준히 발표되고 있다. 따라서, IFC 형식을 통해 건설 생애주기 동안 BIM 데이터를 통합한 디지털 구축 환경에서 생성, 활용, 관리하기 위한 표준화 체계로서 다양한 소프트웨어 플랫폼 간 호환이 가능하다(buildingsmart.or.kr; 이혜민 외 2024).

IFC 파일 형식을 사용하면 각 소프트웨어별로 일일이 데이터 교환 기능을 개발할 필요가 없어 BIM 모델링 작업시 매우 효율적인 자료관리가 가능하다. 그러나, IFC에서는 3D형상과 속성정보를 나타낸 데이터의

종류가 매우 많기 때문에 모든 것을 읽고 쓸 수 있는 BIM 소프트웨어를 개발한다는 것은 현실적으로 매우 어려운 일이다. 또한, 현재 활용되고 있는 BIM 소프트웨어 중에는 실제 IFC 형식의 데이터에 대응하지 않는 경우도 많고 데이터 교환 과정에서 속성정보가 유실되는 일도 발생하므로 소프트웨어 사용 전에 입출력 특성을 면밀히 분석한 후, 선정 활용해야 한다. Revit, archiCAD 등 국내에서도 많이 활용하는 BIM 소프트웨어들 중에도 입출력의 양방향 인증을 모두 취한 것은 드물고, 편중된 것이 대부분이다.

따라서, GIS와 BIM의 상호운용성 확보를 위한 많은 과제가 남아 있다. 특히, 국토교통부는 BIM 발주 사업을 대상으로 2024년까지 100% 의무화 로드맵을 제시하였으나, 2024년 이전에는 지침대로 설계되지 않은 BIM 모델이 존재하기 때문에 이를 통합관리하고 운용하기 위해서는 좌표 및 좌표계 설정이 매우 중요하다.

따라서, GIS와 BIM의 정보 공유 및 자동화 프로세스, 협업 강화, 지속 가능한 개발 등을 위한 통합적이고 체계적인 관리가 필요하다. 이를 통해 다양한 소프트웨어 플랫폼 간 호환성을 높이고, 사용자 정의 데이터 추가, 다양한 전문 분야의 상세 정보 표현 및 연동, 일관된 정보 구조로 구성할 수 있을 것이다. 특히, GIS와 BIM의 융합을 통해 도시 계획과 건설 프로젝트의 효율성을 극대화하고, 지속 가능한 도시 개발을 지원할 수 있다(이상훈 2022).

기존 연구로는 디지털 트윈국토의 3차원 건물 데이터 품질 표준을 개발하여 데이터의 정확성과 신뢰성을 확보하려는 연구와 공공 데이터 포털에서 제공하는 속성데이터와 GIS의 연계를 강화하기 위한 기술개발 전략이 있다(김가람·유정호, 2015; Söbke et al. 2021). 이들 연구는 IFC 형식을 통해 3차원 건물 데이터의 품질 표준을 개발하고 공공 데이터 포털의 속성 데이터를 GIS와 연계하여 데이터 통합 및 활용성을 향상시키는 데 중점을 두고 있다. 본 연구에서는 GIS

와 BIM의 통합관리 및 상호운용성을 강화하기 위한 표준화된 IFC 스키마와 데이터 구조 분석에 중점을 두고, 이를 통해 도시 계획 및 건설 프로젝트의 효율성을 극대화하고자 한다.

## 2. 연구목적 및 방법

### 2.1. UAV 활용 현황

본 연구의 목적은 작성된 BIM 모델의 IFC 파일 확장자 간 원활한 데이터 교환을 위해 GIS 및 BIM 정보의 IFC 스키마 및 IFC 데이터 스키마 구조를 분석하고, IFC 파일에 적용된 기준점 좌표 및 좌표계 연동 방안을 모색하는 데 있다.

첫째, GIS와 BIM 간의 상호운용성을 확보하기 위해 IFC 스키마 및 데이터 구조를 심층 분석하여 통합관리의 기반을 마련한다. 이 과정에서 최신 IFC4 버전을 기준으로 스키마와 데이터를 분석하였다.

둘째, 개별 BIM 모델들의 기준점 좌표 및 좌표계를 일관되게 설정할 수 있는 방안을 모색한다. 이는 다양한 BIM 모델을 효과적으로 통합 관리하기 위한 필수적인 단계로, 좌표계 설정 시 일관성을 확보함으로써 프로젝트 간의 충돌과 좌표 불일치 문제를 최소화하고자 한다.

이러한 분석 결과를 바탕으로, IFC 파일 기반의 다양한 BIM 모델 간 좌표 및 좌표계 자동 변환 방안을 제시하여 좌표계 설정의 수작업에서 발생할 수 있는 오류를 줄이고, GIS와 BIM의 상호운용을 개선하여 프로젝트 관리를 더 효율적으로 하고자 한다.

## 3. 데이터 호환을 위한 IFC 스키마 분석

IFC 스키마는 BIM 모델의 데이터를 체계적으로 조직화한 개방형 국제 표준이며, 다양한 소프트웨어 간 원활하고 정확한 데이터 교환에 중요한 역할을 한다.

Table 1. Comprehensive Overview of IFC File Sections, Subsections, and Data Schema with Examples

Section	Subsection	Description	Example(s)
Header Section		Defines the start and metadata of the file.	FILE_DESCRIPTION(('ViewDefinition [CoordinationView]')); FILE_NAME('Example.ifc', ...); FILE_SCHEMA(('IFC4'));
Data Section	Entities	Defines the physical components of the building project. Each entity has unique properties and relationships.	IfcWallStandardCase IfcSlab IfcDoor('Door123', #12, 'Standard Door', ...);
	Types	Defines the data types that can be used by entities. Data types are used in property sets or attribute definitions.	IfcBoolean IfcInteger IfcPositiveLengthMeasure(200.0);
	Functions	Defines functions for specific operations or calculations.	IfcAreaMeasure IfcVolumeMeasure
	Rules	Defines conditions that the properties or relationships of entities must meet.	IfcMetric('ArealPositive', '>', IfcAreaMeasure, 0.0);
Footer Section		Defines the end of the file.	ENDSEC; END-ISO-10303-21;

또한, 설계에서부터 유지보수에 이르기까지 전체 생애주기 동안 유효한 정보를 유지할 수 있어야 한다. 따라서, 많은 양의 데이터를 저장하여 교환하기 위해 각 스키마는 복잡한 연계성을 가지고 있다.

IFC 스키마 구조를 분석하기 위해 IFC4 버전을 기준으로 두 가지 방식으로 설정하였으며, IFC 버전에 따라 구조는 달라질 수 있다.

첫째, 섹션(Section) 기반 IFC 스키마 분석 방식이다. 이는 IFC 파일을 구성하는 주요 Section을 중심으로 분석한 결과로, IFC 파일의 형식 및 구조적 특성, 전체적인 데이터 구성을 파악할 수 있다. 이를 통해 IFC 파일 내부 속성에 접근하는 방안을 도출하였다.

둘째, 계층(Level) 기반 IFC 스키마 분석 방식으로 각 엔티티가 프로젝트 내에서 어떠한 역할을 하는지 파악할 수 있다. 또한, 프로젝트의 특정 요소들이 어떻게 적용되어 있는지 확인할 수 있어 각 엔티티에 접근 방안을 검토하고 입력 및 수정 방안을 도출하였다.

Table 1은 섹션 기반으로 분석한 결과로, 헤더 섹션(Header Section), 데이터 섹션(Data Section), 푸터

섹션(Footer Section)으로 구분할 수 있다.

헤더 섹션은 IFC 파일의 시작을 표시하며, 파일에 대한 중요한 메타데이터를 제공한다. 파일에 대한 설명(FILE\_DESCRIPTION), 파일 이름(FILE\_NAME), 사용된 IFC 버전(FILE\_SCHEMA) 정보는 파일의 목적과 사용된 소프트웨어 등을 분석하는 데 필수적인 요소가 포함된다. 이를 통해 특정 파일에 접근을 시도할 수 있다.

데이터 섹션은 IFC 파일의 핵심 부분으로, 엔티티, 타입, 함수, 규칙의 네 가지 요소로 정의할 수 있다. 엔티티는 프로젝트의 물리적인 요소를 나타내며 IfcWallStandardCase, IfcSlab, IfcDoor 등과 같이 벽, 바닥, 문 등 구조적 요소를 포함한다. 타입은 IfcBoolean, IfcInteger와 같은 논리적 값이나 정수 값을 저장하는 데 사용되며, 속성 세트 및 정의에 중요한 역할을 한다. 함수는 특정 연산이나 계산을 위한 함수 정의로, 공간의 면적(IfcAreaMeasure), 체적(IfcVolumeMeasure)을 계산하는 데 사용될 수 있다. 규칙은 IfcMetric과 같이 조건을 검증하는 데 사용된다.

Table 2. A Detailed Hierarchical Overview of IFC Entities, Their Descriptions, Key Properties, and Connection Methods

Level	Entity	Description	Key Associated Entities & Properties	Connection Method	Example
Top Level	IfcProject	Represents the highest level of a project	IfcSite IfcGeometricRepresentationContext UnitsInContext	Inheritance, Reference	A residential complex project in Seoul, using meters as the unit of length
Component	IfcSite	Represents the geographic location and information of the project site	IfcProject IfcLocalPlacement RefLatitude RefLongitude	Reference, Association	Site location: Latitude 37.0000°, Longitude 126.0000°
	IfcBuilding	Represents a building within the project	IfcSite IfcLocalPlacement BuildingAddress	Reference, Inheritance	"Main Office Building", Building ID: BLD_001
	IfcBuildingStorey	Represents a floor within a building	IfcBuilding IfcLocalPlacement Elevation	Reference, Inheritance	5th floor of a 10-story building, Elevation: 15.0m
Sub-component	IfcSpace	Represents a specific space within a building, typically used for room-level management	IfcBuildingStorey IfcLocalPlacement InteriorOrExteriorSpace	Reference, Inheritance	Conference room, Interior space, Floor elevation: 0.0m
	IfcWall, IfcBeam, IfcColumn	Structural and non-structural elements of the building	IfcBuildingStorey Material LoadBearing	Reference, Inheritance	Wall material: Concrete, Column material: Steel
Relational	IfcRelContainedInSpatialStructure	Indicates that an element is contained within a spatial structure	RelatingStructure RelatedElements	Reference	Furniture in a conference room
	IfcRelAssociatesMaterial	Connects material information to elements	RelatingMaterial RelatedElements	Reference	Concrete and steel associated with walls and columns
Placement	IfcLocalPlacement	Defines the local placement of an element	PlacementRelTo RelativePlacement	Reference, Calculation	Door position: Placed on a wall facing south
	IfcAxis2Placement3D	Defines the placement of an element in 3D space	Location Axis RefDirection	Calculation	Accurate placement of the door with directional settings

퓨터 섹션은 파일의 끝을 표시하며, 구조적 무결성을 유지하는 역할을 한다.

Table 2는 IFC 스키마 계층을 최상위(Top Level), 구성요소(Component), 세부구성(Sub-component), 연관관계(Relational), 배치(Placement)로 구분하여 분석한 결과로, 계층적 구조는 프로젝트를 효율적으로 관리하기 위해 설계되었다.

최상위 계층의 IfcProject는 전체 프로젝트를 대표하며, 모든 엔티티와 직·간접적으로 연결된다. 따라서, 정보의 일관성을 유지하고 모든 하위 항목들을 동일한 맥락으로 해석할 수 있는 중요한 항목이다.

구성요소 계층은 지리적 위치를 나타내는 IfcSite, 개별 건물을 나타내는 IfcBuilding, 건물의 층을 나타내는 IfcBuildingStorey로 구성되며, 고유한 식별자와

함께 위치, 형태, 사용된 재료와 같은 특정 속성을 포함한다. 이는 공간적 구조를 정의하며, 각 구성 요소의 물리적 배치와 연관된다.

세부구성 및 연관관계 계층은 IfcSpace, IfcWall, IfcBeam, IfcColumn과 IfcRelContainedInSpatialStructure, IfcRelAssociatesMaterial로 구성되어 있으며, 건물의 구조적, 공간적 요소에 따른 상세한 기술적 정보를 통해 모델링 및 시뮬레이션에 활용된다.

배치 계층의 공간적 배치와 방향은 좌표계를 통해 각 요소의 위치와 방향을 정밀하게 설정하여 디지털로 모델링된 환경을 현실에 맞게 변환하는 데 필수적인 요소이다. 이는 공간적 배치의 엔티티 IfcLocalPlacement와 방향을 정의하는 엔티티 IfcAxis2Placement3D로 구성되어 있다.

이러한 GIS 관련 IFC 스키마를 통해 GIS와 BIM 프로젝트 통합관리에 효율적으로 활용할 수 있다. 예를 들어, IfcSite, IfcBuilding, IfcSpace 등의 엔티티를 사용하여 프로젝트의 모든 단계에서 정보의 일관성과 정확성을 보장할 수 있다. 이를 통해 GIS와 BIM의 통합이 가능해지며, 프로젝트의 다양한 요구 사항을 충족할 수 있다. 또한, IfcCoordinateReferenceSystem, IfcMapConversion 등의 엔티티를 활용하면 다양한 좌표계 간의 변환을 자동화하고 일관성을 유지할 수 있다. 이는 프로젝트 간의 좌표 불일치 문제를 최소화하고, 데이터의 일관성을 보장하는 데 필수적이다. 마지막으로, IfcProject, IfcGroup, IfcRelAggregates 등의 엔티티를 활용하여 프로젝트 내 모든 이해관계자 간의 원활한 협업을 지원하는 플랫폼을 구축함으로써, 실시간으로 데이터가 공유되고 프로젝트 관리가 최적화될 수 있다.

또한, GIS 관련 IFC 스키마에 식 1의 좌표 변환 매트릭스를 적용하여 좌표 및 좌표계 변환이 가능하다. 여기서  $(x, y, z)$ 는 변환 전의 좌표,  $(x', y', z')$ 는 변환 후의 좌표,  $a_{ij}$ 는 변환 행렬의 요소,  $t_x, t_y, t_z$ 는 평행

이동 요소이다.

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & t_x \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & t_y \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

이를 통해 변환 전 좌표계와 변환 후 좌표계 간의 관계를 명확히 하여 기준점 좌표 및 좌표계 설정의 일관성을 유지하며, GIS와 BIM 간의 상호운용성을 높일 수 있다.

본 연구에서는 소프트웨어 개발 시 좌표 변환을 위해 Python의 pyproj 라이브러리를 활용하여 좌표계 간의 변환을 지원하고 좌표 변환 과정에서 발생할 수 있는 오류를 최소화하였다.

#### 4. 소프트웨어 프로세스 설정

IFC 파일의 GIS 관련 정보를 효율적으로 관리하기 위해 IFC 스키마 구조를 분석하였으며, 좌표 변환 매트릭스 및 좌표 변환 라이브러리를 조사하였다. 이를 기반으로 IFC 파일의 입력된 좌표 및 좌표 참조 시스템 관리 소프트웨어의 프로세스를 설정하였다.

IFC 파일 내 IfcProject 엔티티를 검증하여 파일이 모든 필수 정보를 포함하고 있는지 확인하고, 여러 프로젝트가 통합된 경우 특정 프로젝트를 선택할 수 있도록 한다. 이후 IfcSite 엔티티의 모든 속성을 검토하여 누락된 속성이나 필요한 추가 속성을 판별하고 설정한다. 이는 GIS 정보의 정확성과 연관되며, 좌표 및 좌표계 설정에서의 오류를 방지할 수 있다. 이후 IfcLocalPlacement와 IfcAxis2Placement3D를 활용하여 공간적 데이터를 재구성하고 일관성을 유지하여 GIS 정보가 정확하게 적용될 수 있도록 한다. 모든 정보가 입력되면 유효성을 확인한 후 저장한다. 이러한 섹션적, 계층적 접근 순서 및 소프트웨어 프로세스를 Table 3과 같이 정리하였다.

Table 3. Software Process for Sectional, Hierarchical Access, and Additional Functionality in GIS-Related IFC Schema Data

Steps.	Sectional Approach	Hierarchical Approach	Description	Additional Functionality
1	Header Section (IFC version)		Ensure the file path is correct and implement error handling	
2	Data Section (Entities)	Top Level(IfcProject)	Verify the IfcProject schema and select appropriate project	Select the appropriate project if multiple are present
3		Component(IfcSite)	Examine and update IfcSite schema properties	List all properties and identify missing or additional properties
4	Types	Site location	Validate and update CRS property information	Validate existing CRS information and ensure compatibility
5	Functions	IfcLocalPlacement IfcAxis2Placement3D	Reorganize spatial and CRS data for consistency	Add IfcSite schema and check details
6	Footer Section		Validate inputs and confirm modifications before saving	Implement input validation and verify changes

### 5. GIS 및 BIM 상호운용 결과 비교분석

GIS 및 BIM 상호운용을 위한 IFC 좌표 설정 결과 도출을 위해 Autodesk 사의 Revit 프로그램을 활용하여 BIM 모델을 생성하였으며, 프로젝트의 기준점 좌

표는 (0, 0, 0), 좌표계는 미지정인 기본값으로 설정하였다. 또한, Revit 프로그램의 기본 기능을 활용하여 IFC 파일로 변환하였다. Figure 1는 자체 개발한 소프트웨어의 GUI(Graphical User Interface)로, 변환된 IFC 파일의 좌표 및 좌표계 확인 결과를 보여준다.

BIM 모델의 형상 및 좌표는 무료 IFC 뷰어 프로그램인 BIMvision을 통해 검토하였으며, 2개의 연속된 BOX를 개별적으로 적용하여 형상 및 정합 오류 발생 여부를 판단하였다.

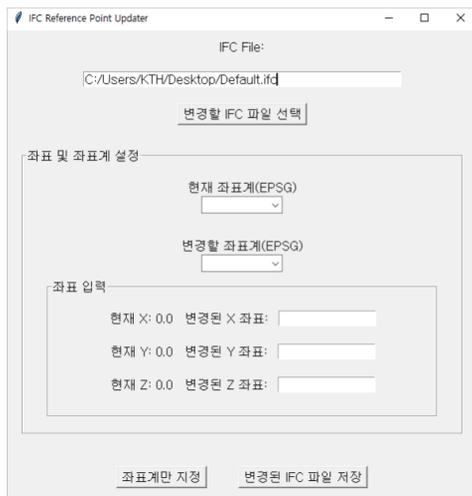


Figure. 1 GUI of Custom Software Showing Coordinates and Coordinate System of the Transformed IFC File

#### 5.1. 좌표 및 좌표계 설정

Figure 2는 초기 BIM 모델의 형상 및 좌표, 속성정보를 확인한 결과(좌)와 자체 개발한 소프트웨어를 통해 국토지리정보원 수치지형도에서 사용하는 EPSG:5186과 가상이동원점 좌표(200000, 600000)로 적용한 결과(우)이다. 오류 점검 좌표는 초기 BIM 모델의 두 BOX가 연속되는 상단(362.887, 4.314, 11.496)을 기준으로 하였으며, 좌표 및 좌표계를 적용한 BIM 모델에서도 변형 없이 기준점 좌표가 이동된

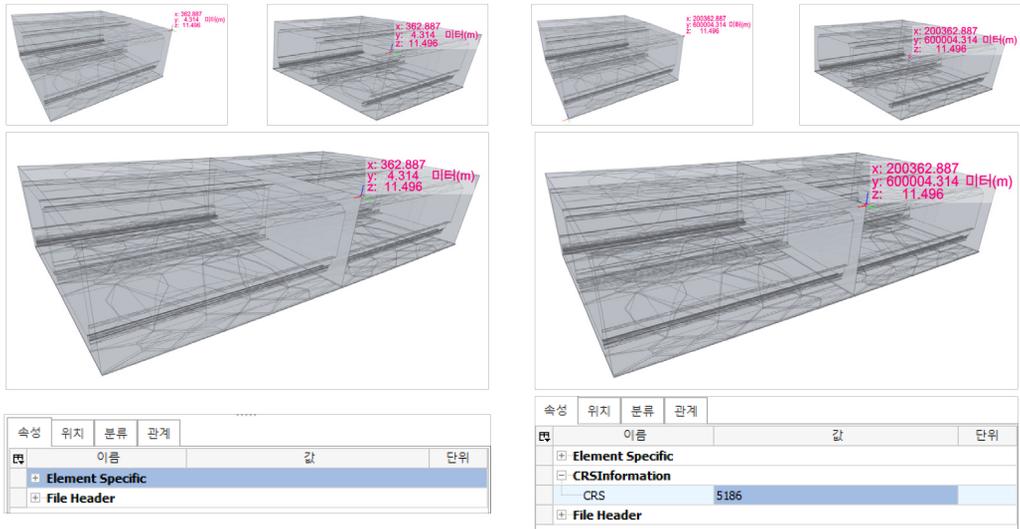


Figure. 2 Initial Shape of BIM Model and Error Check Coordinates in BIMvision(Left), GUI setup for input and modification of coordinates and CRS in IFC files(Right)

만큼 오류 점검 좌표도 이동하였음을 확인할 수 있었다. 또한, BIMvision의 속성정보란에서 설정한 좌표계의 EPSG 코드가 정상적으로 입력되는 것을 확인할 수 있었으며, Figure 3과 같이 소프트웨어 GUI를 통해서

도 적용된 기준점의 좌표와 좌표계가 출력되는 것을 확인할 수 있었다.

## 5.2. 좌표계 변경 기반 좌표 자동 재설정

기준점 좌표를 (200000, 600000, 0)으로 설정하고 좌표계를 EPSG:5186으로 설정한 IFC 파일에서 좌표계만을 변경하여 GIS 정보를 갱신하였다.

Figure 4는 네이버지도 및 도로명주소에서 사용하는 좌표계 EPSG:5179로 변경한 결과이며 Figure 5은 카카오맵에서 사용하는 좌표계 EPSG:5181로 변경한 결과이다. 또한, 결과 검토를 위해 epsg.io에서 제공하는 Transform coordinates와 비교하였다(Figure 6). 두 경우 모두 좌표계 변경 후 기준점 좌표의 자동 변환 결과를 도출하였으며, 변경된 좌표계에서도 두 BOX의 BIM 모델이 변형 없이 일관된 좌표를 유지하는 것을 확인하였다.

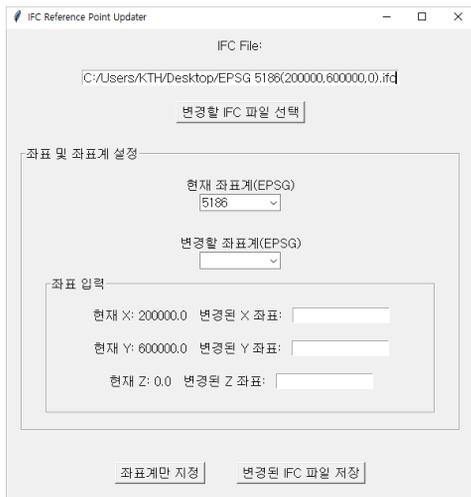


Figure. 3 GUI setup for input and modification of coordinates and CRS in IFC files

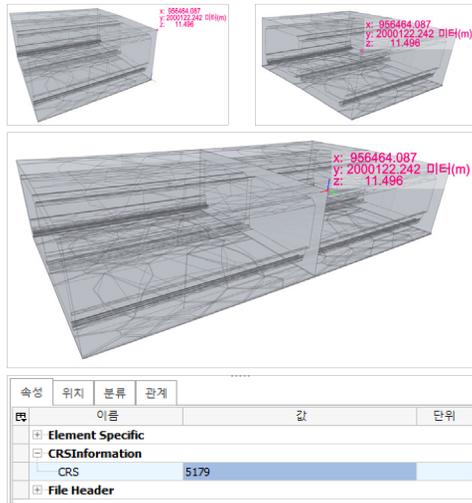


Figure. 4 Result of Changing the Coordinate System to EPSG:5179 (Used by Naver Maps and Road Name Addresses)

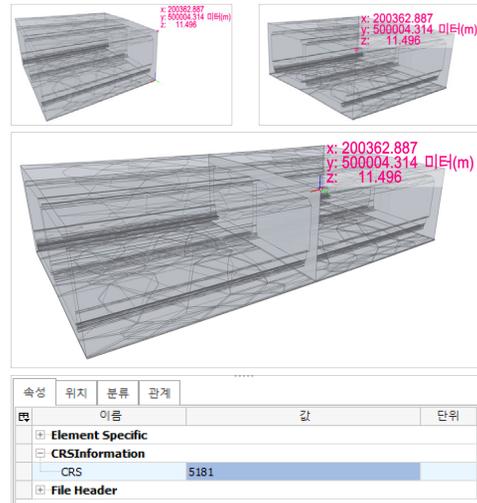


Figure. 5 Result of Changing the Coordinate System to EPSG:5181 (Used by Kakao Maps)

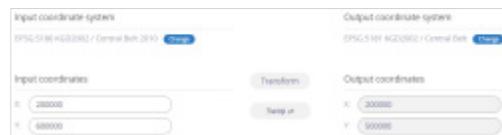
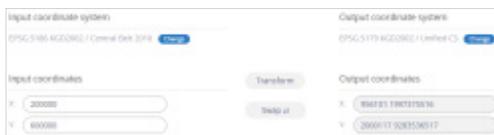


Figure. 6 Comparison of Transformed Coordinates with epsg.io Transform Coordinates Tool

## 6. 결론

본 연구는 GIS와 BIM의 상호운용성을 강화하여 다양한 프로젝트의 통합관리를 위한 방안을 모색하고자 수행되었다. 이를 위해 IFC 스키마와 데이터 구조를 심층 분석하고, 기준점 좌표 및 좌표계의 변환 방안을 제안하였다.

첫째, GIS와 BIM 간의 상호운용성을 확보하기 위해 IFC 스키마와 데이터 구조를 심층적으로 분석하였다. 최신 IFC4 버전을 기준으로, 파일의 형식과 구조적 특성, 데이터 구성을 파악하여 통합관리의 기반을 마련하였다. 이를 통해 개별 BIM 모델의 IFC 파일 확장자 간 원활한 병합이 가능해졌다.

둘째, 기준점 좌표 및 좌표계를 일관되게 설정하는 방안을 모색하였다. 국토지리정보원 수치지형도에서 사용하는 EPSG:5186 좌표계를 기준으로 설정하고, 가상이동원점 좌표(200000, 600000)를 적용하여 실험을 수행하였다. BIMvision을 통해 BIM 모델의 형상과 오류 점검 좌표의 이동 결과를 검토한 결과, 기준점 좌표가 이동된 만큼 오류 점검 좌표도 일관되게 이동하는 것을 확인하였다. 이는 좌표계 설정의 일관성을 확보하여 프로젝트 간의 충돌과 좌표 불일치 문제를 최소화할 수 있음을 보여준다.

또한, 좌표계 변경 기반 좌표 자동 재설정을 통해 GIS 정보를 갱신하였다. 초기 기준점 좌표를 EPSG:5186으로 설정한 후, 네이버지도 및 도로명주

소에서 사용되는 EPSG:5179와 카카오맵에서 사용되는 EPSG:5181로 좌표계를 변경하였다. 두 경우 모두 좌표계 변경 후 기준점 좌표의 자동 변환 결과를 도출하였으며, BIM 모델의 형상과 좌표가 변형 없이 일관되게 유지됨을 확인하였다. 이를 통해 좌표계 설정의 수작업에서 발생할 수 있는 오류를 줄이고, 자동화된 변환 프로세스를 통해 시간과 비용을 절감할 수 있었다. 특히, IFC 파일에 EPSG 코드 정보를 입력하고 이를 통해 프로젝트 간 좌표계 연동 가능성을 확인하였다. 이를 통해 GIS와 BIM 상호운용성의 중요성을 강조할 수 있었다.

본 연구는 GIS와 BIM의 정보 공유 및 자동화 프로세스, 협업 강화, 지속 가능한 개발 등을 위한 통합적이고 체계적인 관리 방안을 제시하였다. 이를 통해 다양한 소프트웨어 플랫폼 간 호환성을 높이고, 사용자 정의 데이터 추가, 다양한 전문 분야의 상세 정보 표현 및 연동, 일관된 정보 구조로 구성할 수 있을 것으로 사료된다. 또한, GIS와 BIM의 상호운용성을 통해 여러 프로젝트의 통합관리 가능성을 확인하였으며 이를 바탕으로 다양한 프로젝트에서의 정보 일관성 및 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 다양한 BIM 소프트웨어 간의 완전한 호환성을 확보하는 데 어려움이 있어, IFC 형식의 모든 속성을 완벽히 지원하지 않는 소프트웨어의 경우 데이터 유실 가능성이 있다. 따라서 GIS와 BIM의 상호운용성을 더욱 강화하기 위해 지속적인 연구가 필요하다.

## 감사의 글

본 연구의 UAV LiDAR 시스템 기반의 Las 데이터 취득과 데이터 프로세싱 과정은 ㈜하늘숲엔지니어링의 협조를 통해 진행되었습니다. 이에 진심으로 감사드립니다.

## 참고문헌

### References

- 강태욱. 2013. IFC4에 대한 기능 소개 및 스키마 분석 내용에 대한 나눔. *Journal of KIBIM*. 9(1):16-18
- Kang TW. 2013. An Introduction to the IFC4 Schema and New Features. *buildingsmart KOREA*. 9(1):16-18
- 강태욱, 윤준희, 이우식, 최현상. 2013. BIM과 GIS간 공간정보 상호운용성 개발 전략에 관한 연구. *한국BIM학회논문집*. 3(1):21-27.
- Kang TW, Youn JH, Lee WS, Choi HS. 2013. A study related to interoperability development strategy between BIM and GIS. *Journal of KIBIM*. 3(1):21-27.
- 강태욱, 최현상, 황정래, 홍창희. 2012. IFC에서 CityGML로 속성 맵핑을 위한 메타 데이터에 관한 연구. *한국측량학회지*. 30(6):559-565.
- Kang TW, Choi HS, Hwang JR, Hong CH. 2012. The study related to the meta data for the attribute mapping from IFC to CityGML. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*. 30(6):559-565.
- 김가람, 유정호. 2015. IFC기반 공간형상정보의 좌표 변환 자동화 알고리즘. *한국건축시공학회지*. 15(3):317-327.
- Kim KR, Yu JH. 2015. Automated Algorithm to Convert Coordinates of Space Representation using IFC-based BIM Data. *JOURNAL OF THE KOREA INSTITUTE OF BUILDING CONSTRUCTION*. 15(3):317-327.
- 김인한. 2006. 복합 시설물의 nD 모델 호환을 위한 IFC 모델 확장개발 및 도면 생성 표현 체계에 관한 기초연구. *한국CDE학회 논문집*. 11(6):393-402.

- Kim IH. 2006. Development of IFC Model Extension and Drawing Representation Expression System for nD Model-Based Transposition of Complex Engineering Products and Services. *Korean Journal of Computational Design and Engineering*. 11(6):393-402.
- 김경민, 이길재, 조기성. 2016. 지상 LiDAR를 이용한 BIM 기반 건물의 3D 공간정보 구축 연구. *지적과 국토정보*. 46(1):23-35.
- Kim KM, Lee KJ, Cho GS. 2016. Construction of BIM based Building 3D Spatial Information Using Terrestrial LiDAR. *Journal of Cadastre & Land InformatiX*. 46(1):23-35.
- 김병선, 이희석, 홍상기. 2022. 디지털 트윈국토 건물 데이터 품질 표준 개발을 위한 항목 도출에 관한 연구. *지적과 국토정보*. 52(1):37-55.
- Kim BS, Lee HS, Hong SK. 2022. A Study on the Derivation of Items for Development of Data Quality Standard for 3D Building Data in National Digital Twin. *Journal of Cadastre & Land InformatiX*. 52(1):37-55.
- 김태훈, 원정혜, 홍순민, 추승연. 2022. 건축 WBS 위계 분석을 통한 소방 IFC 스키마 확장 방법론에 관한 연구. *한국BIM학회*. 12(4):70-79.
- Kim TH, Won JH, Hong SM, Choo SY. 2022. Methodology of Fire Safety IFC Schema Extension through Architectural WBS Hierarchy Analysis. *Journal of KIBIM*. 12(4):70-79.
- 권태호, 박상일, 서경완, 이상호. 2018. 선형중심 객체 관리를 위한 확장된 IFC 기반 철도 궤도부 정보모 델링 방안. *한국전산구조공학회논문집*. 31(6):339-346
- Information Modeling Method based on Extended IFC for Alignment-based Objects of Railway Track. *Journal of the computational structural engineering institute of Korea*. 31(6):339-346
- 류정림. 2016. 개방형 BIM과 GIS정보 융합을 통한 도시공간정보모델 개발 및 구현에 관한 연구. 박사 학위논문. 경북대학교.
- Ryu JR. 2016. *A Development and Implentation of Open BIM and GIS Information Convergence based Archi-Urban Spatial Information Model[Thesis]*. Kyungpook National University.
- 민경주, 이성훈, 유선철, 안종욱. 2023. 공공데이터포 털 속성데이터의 공간정보 연계를 위한 기술개발 전략. *지적과 국토정보*. 53(2):107-122.
- Min KJ, Lee SH, Yu SC, An JW. 2023. Technology Development Strategy for Spatial Information Linkage of Public Data Portal Attribute Data. *Journal of Cadastre & Land InformatiX*. 53(2):107-122.
- 박성현, 이용하, 박창영, 장향인. 2024. 건물에너지 성 능평가를 위한 개방형 BIM 기반 IFC 모델의 요구 정보 보완 프로세스 개발. *한국건축친환경설비학 회 논문집*. 18(1):1-14.
- Park SH, Lee YH, Park CY, Jang HI. 2024. Development of Process to Supplement the IFC Model Requirement Information for OpenBIM-based Building Energy Performance Evaluation. *Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems*. 18(1):1-14.
- 손종영, 정동훈. 2011. 지적시스템 선진화 추진방향 연 구. *지적과 국토정보*. 41(1):55-69.
- Son JY, Jeong DH. 2011. A Study on the Driving

- Scheme for the Cadastre System Reform. *Journal of Cadastre & Land InformatiX*. 41(1):55-69.
- 신명수, 박수홍, 강우빈. 2016. 3차원 GIS기반의 철도 시설물 운영관리시스템의 구축방안. *한국지적학회지*. 32(1):63-73.
- Sin MS, Park SH, Kang WB. 2016. Construction of Railway Facility Operation Management System Based on 3D GIS. *Journal of the Korean Society of Cadastre*. 32(1):63-73.
- 오충원. 2008. 국토모니터링 시스템 연계를 위한 GIS 표준화에 관한 연구. *국토지리학회지*. 42(2):323-331.
- Oh CW. 2008. A Study on GIS Standardization for Integration of Land Monitoring System. *The Geographical Journal of Korea*. 42(2):323-331.
- 유재준. 2017. 공간정보 표준화 동향. *한국통신학회지 (정보와통신)*. 34(4):47-52.
- You JJ. 2017. 공간정보 표준화 동향. *The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*. 34(4):47-52.
- 이상훈. 2022. 스마트시티 에너지 서비스를 위한 IFC BIM-GIS 연계 기반 디지털 트윈 모델링. *buildingsmart KOREA*. 25(1):12-18
- Lee SH. 2022. Smart City Digital Twin Modeling for energy services with IFC BIM and GIS data. *buildingsmart KOREA*. 25(1):12-18
- 이진훈, 김효진, 이상호. 2007. 3차원 교량정보 모델링에 따른 IFC 기반 트러스교 구조해석정보 자동생성 모듈. *한국전산구조공학회*. 20(1):809-812.
- Yi JH, Kim HJ, Lee SH. 2007. Automatic Generation Module of IFC-based Structural Analysis Information Model Through 3-D Bridge Information Modeling. *THE KOREA INSTITUTE OF Computational Structural Engineering*. 20(1):809-812.
- 이상호, 박상일, 권태호, 서경완. 2017. BIM 소프트웨어를 활용한 토목 시설물 IFC 확장요소기반의 정보모델링 방안. *한국전산구조공학회논문집*. 30(1):77-86.
- Lee SH, Park SI, Kwon TH, Seo KW. 2017. Civil Infrastructure Information Modeling Method Based on Extended IFC Entities using BIM Authoring Software. *JOURNAL OF THE KOREA INSTITUTE OF Computational Structural Engineering*. 30(1):77-86.
- 이나현, 윤희택, 배영훈, 박영근, 이재홍. 2024. 철도분야 BIM 객체속성정보 및 표준분류체계 속성 정보 간 자동 맵핑 기능 구현을 통한 표준화된 물량 및 공사비(5D) 산출 자동화 프로세스 구축 방안 연구(2) : BIM 5D 자동화 구축. *한국철도학회 논문집*. 27(4):289-298.
- Yi NH, Yoon HT, Bae YH, Park YK, Lee JH. 2024. Research on Approaches to Automate the Standardized Estimation of Quantity and Construction Cost (5D) in the Railway Sector with Implementation of Automatic Mapping between BIM Object Attributes and Standard Classification System Information (Part 2) : BIM 5D Automation Establishment. *Journal of the Korean Society for Railway*. 27(4):289-298.
- 이혜민, 이종호, 문현석. 2024. 건설분야 BIM 기반 디지털 협업 플랫폼 개발을 위한 기능 요구사항 도출. *대한건축학회논문집*. 40(3):23-34.
- Lee HM, Lee JH, Moon HS. 2024. Essential Functional Criteria for BIM-based Digital Collaboration Platforms in the Construction Industry. *Journal of the Architectural Institute of Korea*. 40(3):23-34.

- 원정혜, 김태훈, 추승연. 2023. 작업분류체계 기반 소방 객체 IFC 정보 모델링 확장 방안 연구. 한국 BIM학회. 13(2):37-46.
- Won JH., Kim TH, Choo SY. 2023. Extension of IFC information Modeling for Fire Safety based on WBS. *Journal of KIBIM*. 13(2):37 - 46.
- 원지선, 신재영, 문현석, 주기범. 2019. 하천시설 BIM 표현을 위한 IFC 스키마 구성요소 도출 및 검증방안. 한국통신학회논문지. 44(2):317-325.
- Won JS, Shin JY, Moon HS, Ju KB. 2019. Extraction and Verification Method of IFC Schema Elements to Represent BIM for River Facility. *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*. 44(2):317-325.
- 원지선, 신재영, 문현석, 주기범. 2019. 도로분야 BIM 견적을 위한 IFC 기반 물량산출 속성 표준화 방안. 한국통신학회논문지. 44(12):2239-2251.
- Won JS, Shin JY, Moon HS, Ju KB. 2019. IFC-Based Standardization Methods of Quantity Take-Off Properties for Road Construction Cost Estimating. *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*. 44(12):2239-2251.
- 채재현, 최현상, 이지영. 2022. BIM을 유지관리로 활용하는 IFC 확장 및 GIS 연계 연구 - 기반시설 BIM의 교량, 터널 중심으로 -. 한국BIM학회 논문집. 12(3):1 - 17.
- Chae JH, Choi HS, Lee JY. 2022. A Study on IFC extended and GIS linkage using BIM as Facility Management - Case Study on Bridge and Tunnel of Infra BIM -. *Journal of KIBIM*. 12(3):1 - 17.
- 홍상기. 2003. 국내외 GIS 표준화 동향. 국토. 44-53.
- Hong SG. 2003. 국내외 GIS 표준화 동향. PLANNING AND POLICY. 44-53.
- Lorenzo Adreani, Pierfrancesco Bellini, Marco Fanfani, Paolo Nesi, Gianni Pantaleo. 2023. Smart City Digital Twin Framework for Real-Time Multi-Data Integration and Wide Public Distribution. 13394
- Ruijie Cheng, Lei Hou, Sheng Xu. 2023. A Review of Digital Twin Applications in Civil and Infrastructure Emergency Management. *Buildings* 2023. 13(5):1143.
- Ahmad Ali Hakam Dani, Suhono Harso Supangkat, Fetty Fitriyanti Lubis, Gusti Bagus Baskara Nugraha, Rezky Kinanda, Irma Rizkia. 2023. Development of a Smart City Platform Based on Digital Twin Technology for Monitoring and Supporting Decision-Making. *Sustainability* 2023. 15(18):14002
- Aidan Fuller, Zhong Fan, Charles Day, Chris Barlow. 2020. Digital Twin: Enabling Technologies, Challenges and Open Research. *IEEE Access*. 8:108952-108971
- Heinrich Söbke, Patricia Peralta Abadia, Kay Smarsly. 2021. An IFC schema extension for BIM-based description of wastewater treatment plants. *Automation in Construction*. 129(5):103777.
- 대한건축사협회. 2017. 건축사신문 [인터넷]. [https://www.ancnews.kr/news/articleView.html?idxno=4887]. 2024년 5월 10일 검색.
- Korea institute of registered architects. 2017. Architect Newspaper [Internet]. [https://www.ancnews.kr/news/articleView.html?idxno=4887]. Last accessed 10 May 2024.
- buildinginnovation [Internet].

[<https://www.ancnews.kr/news/articleView.html?idxno=4887>]. Last accessed 9 May 2024.

buildingSMART International [Internet]. [<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-schema-specifications/>]. Last accessed 9 May 2024.

buildingSMART International [Internet]. [<https://www.buildingsmart.org/ifc-4-3-formally-approved-and-published-as-an-iso-standard/#:~:text=The%20IFC%20standard%20is%20a,access%20the%20published%20standard%20here>]. Last accessed 9 May 2024.

CIOB. 2020. BS ISO 16739:2013 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in

the construction and facility management industries [Internet].

[[https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/BS\\_ISO\\_16739:2013\\_Industry\\_Foundation\\_Classes\\_\(IFC\)\\_for\\_data\\_sharing\\_in\\_the\\_construction\\_and\\_facility\\_management\\_industries](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/BS_ISO_16739:2013_Industry_Foundation_Classes_(IFC)_for_data_sharing_in_the_construction_and_facility_management_industries)]. Last accessed 9 May 2024.

International Organization for Standardization. 2024. ISO 16739-1:2024 Part 1: Data schema.

2024년 05월 19일 원고접수(Received)  
 2024년 05월 20일 1차심사(1st Reviewed)  
 2024년 06월 08일 2차심사(2st Reviewed)  
 2024년 06월 24일 게재확정(Accepted)

## 초 록

최근 스마트시티와 디지털 트윈 기술의 발전으로 GIS와 BIM의 융합이 도시 계획 및 건설 프로젝트에서 중요한 역할을 하고 있다. 이 융합은 정보의 일관성과 정확성을 보장하여 원활한 정보 교환에 기여하지만, 상호운용성을 확보하기 위해서는 표준화와 프로젝트 통합 관리 방안이 필요하다. 본 연구는 IFC 기반 프로젝트의 통합 관리를 위한 GIS와 BIM의 상호운용 방안을 제안하였다. 이를 위해 최신 IFC4 버전을 기준으로 IFC 스키마와 데이터 구조를 심층 분석하고, 기준점 좌표 및 좌표계의 일관성을 확보하는 방법을 제안하였다. 국토지리정보원 수치지형도에서 사용하는 EPSG:5186 좌표계를 기준으로 설정하고, 가상이동원점 좌표를 적용하여 연구를 수행하였다. BIMvision을 통해 BIM 모델의 형상과 오류 점검 좌표의 이동 결과를 검토한 결과, 기준점 좌표가 이동된 만큼 오류 점검 좌표도 일관되게 이동하는 것을 확인하였다. 또한, 네이버지도 및 도로명주소에서 사용되는 EPSG:5179와 카카오맵에서 사용되는 EPSG:5181로 좌표계를 변경해도 BIM 모델의 형상과 좌표가 변형 없이 일관되게 유지됨을 확인하였다. 특히, IFC 파일에 EPSG 코드 정보를 입력하여 프로젝트 간 좌표계 연동 가능성을 확인하였다. 따라서, 본 연구는 GIS와 BIM의 정보 공유, 자동화 프로세스, 협업 강화, 지속 가능한 개발 등을 위한 통합적이고 체계적인 관리 방안을 제시하였다. 이를 통해 다양한 소프트웨어 플랫폼 간 호환성을 높이고, 여러 프로젝트에서 정보 일관성 및 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

주요어 : GIS, BIM, Interoperability, IFC Schema, Coordinate System, Project Integration Management