

IFC 속성 데이터기반의 질의어 개발을 통한 모델 정보 검색 및 재생성 방안

이상호*, 박상일, 장영훈, 최규원
연세대학교 토목환경공학과

IFC Model Data Retrieval and Regeneration Method through Property Set-based Query Language

Sang-Ho Lee*, Sang I. Park, Young-Hoon Jang, Kyou-Won Choi

School of Civil & Environmental Engineering, Yonsei University

요약 본 연구에서는 Industry Foundation Classes (IFC)를 기반으로 토목 시설물 정보 모델을 생성하는 경우에 발생할 수 있는 정보 검색 및 모델 재생성의 어려운 점을 보완할 수 있는 질의어를 개발하였다. 이를 위하여 첫번째로, IFC에서 구조물을 나타내기 위한 요소와 속성을 다루는 부분, 그리고 이들을 연결해주는 요소의 관계를 분석하고 이에 따른 흐름을 분석하였다. 이를 통해 최종 사용자의 입장에서 IFC 파일 내에서의 속성, 객체 및 그에 따르는 연결에 대한 접근 및 파악이 매우 힘들 수 있음을 확인하였다. 둘째, 기존 Building Information Model Query Language (BimQL)의 방법을 참고하여 IfcPropertySet 중심의 질의 방식을 제시하고 이를 적용할 수 있는 독립 모듈을 개발하였다. 마지막으로 제시한 방법을 철도의 궤도 및 침목에 적용하여 사용자가 의도한 대로 효과적인 정보 추출 및 모델 재생성이 가능함을 확인하였다. 이러한 접근방법의 장점은 IFC 파일만을 대상으로 효과적인 정보의 검색이 가능하다는 점으로, 정보의 상호운용성의 이점을 극대화할 수 있다.

Abstract In this study, a query language was developed to supplement the information retrieval and model regeneration in the case of Industry Foundation Classes (IFC)-based civil infrastructure information models. First, the IFC objects to represent the structural components, entities to manage the related properties, and relationships to connect with the mentioned elements were analyzed in a point of information flow. The results confirmed that the end-users could have problems with access and comprehend the properties and its relationships in the IFC file. Second, the IfcPropertySet-focused query method and applicable stand-alone module were proposed referring to the previous Building Information Model Query Language (BimQL). The availabilities of the proposed method were examined using the rail and sleeper information models through information retrieval and model regeneration. The most important advantage of the proposed approach is the IFC-based information retrievals that can guarantee the interoperability between software packages.

Keywords : Industry Foundation Classes (IFC), Civil Infrastructure, Query Language, Information Retrieval, Model Regeneration

1. 서론

최초의 BIM 개념은 건물을 중심으로 정립되었지만, BIM의 효용성은 비단 건물에만 한정되지 않는다. 구조

물의 3차원 가시화, 이를 통한 사전 업무 시뮬레이션 및 시공계획 수립, 그리고 정보의 효율적이고 정확한 관리와 정보 재사용성 향상 등이 이에 해당하는데, 이들은 모두 토목 시설물에서도 중요하게 다뤄질 수 있는 부분이

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원(16RTRP-B104237-02)에 의해 수행되었습니다.

*Corresponding Author : Sang-Ho Lee(Yonsei Univ.)

Tel: +82-2-2123-2808 email: lee@yonsei.ac.kr

Received January 10, 2017

Accepted February 3, 2017

Revised January 25, 2017

Published February 28, 2017

다. 이에 따라 최근 토목 분야에서도 BIM을 적극적으로 도입하고자 하는 움직임이 크다. 특히 토목 시설물의 경우, 대부분이 공공발주에 따른 대형 프로젝트임에 따라 다양한 업체와 많은 전문가들의 협업이 요구되고, 또한 정보의 생산보다는 활용의 기능이 중요하게 작용되는, 시설물의 운영기간이 절대적으로 길어서 시설물의 생애 주기 동안에 발생하는 정보의 효율적인 관리는 전체 비용 절감 및 업무 생산성 향상에 결정적인 역할을 한다. 이러한 정보관리의 관점에서 표준화된 규약이 핵심적이라고 할 수 있는데, Industry Foundation Classes (IFC)가 그 역할을 한다. IFC는 BIM 데이터의 상호운용성 확보를 위해 buildingSMART가 주관하여 국제적으로 공동 개발한 개념적 모델이다 [1].

그러나 현재의 IFC 데이터 스키마는 건물만을 대상으로 하고 있어 토목 시설물을 IFC를 이용해서 정확하게 표현하는 것은 불가능한 실정이다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 교량 [2], [3], 터널 [4]-[6] 및 도로시설물 [7], [8]을 위한 IFC의 요소 확장에 대한 연구가 활발하게 진행 중에 있다. 이러한 방식의 특징은, 토목 시설물을 구성하는 요소(예. 교각) 또는 모델 생성의 방식들(예. 선형) 중에서 기존 IFC에서는 대체해서 다루기 힘든, 기능적으로 차이가 발생하는 요소를 선정하여 이를 새롭게 정의하고, 기존의 항목 중에서 기능적으로 가장 유사한 것과 병렬적으로 배치하는 것으로, 궁극적으로 IFC 확장 프로젝트가 추구하는 방향이다. 그러나 이러한 방식은 기존 IFC의 변형을 가져와 end-user가 바로 활용할 수는 없다. 이에 대한 대안으로 IFC에서 제공하고 있는 일반화된(generic) 요소를 활용하여 토목 구조물의 구성요소에 대한 식별자를 생성하여 저장하고 이를 그 요소의 기능적 의미정보로 활용하는 방법도 제시되었다 [9], [10]. 언급한 후자의 방식은 전자의 방식에서는 불가능한 현재의 BIM 소프트웨어를 그대로 활용하수 있는 장점을 가지지만, IFC만을 독립적으로 다루는 상황에서는 end-user가 원하는 정보 또는 객체를 추출하기가 쉽지 않다.

본 연구에서는 현재의 IFC를 기반으로 생성된 토목 시설물을 대상으로 IFC의 내부 구조를 잘 알지 못하는 end-user가 원하는 정보를 효과적으로 검색하고 추출할 수 있는 방법을 제시하였다. 이를 위해 IFC 구조 내에서의 객체와 속성 및 이들을 연결하는 관계 요소에 대한 정보 흐름을 분석하였고, 이를 기반으로 IFC 속성요소

중심으로 손쉽게 원하는 정보를 검색할 수 있는 질의어 구문을 제시하였다. 그리고 제시한 질의어 구문을 활용하여 IFC기반의 철도의 레도 및 침목 모델에 적용하여 원하는 객체를 재생성하여 그 활용성을 검토하였다.

2. IFC Property Set 중심의 모델 데이터 흐름 분석

IFC는 건물의 생애주기 동안에 정보와 관련한 다양한 요구사항을 만족시키는 것을 궁극적인 목적으로 하고 있다. 이러한 점은 IFC를 개발하는 과정 또는 개발이 된 이후에 IFC를 개선하는 과정에서 다양한 전문가들의 협업이 요구될 수밖에 없는 부분이다. 따라서 초기 IFC의 구조(architecture)를 설계할 때 Fig. 1와 같이 객체(object), 속성(property) 및 공통자원(resource)을 독립적인 스키마로 구성하고, 또한 관계(relationship)를 정의하는 요소들 자체도 역시 독립적인 형태로 정의하여 정보 모델링에 필요한 새로운 요소들의 확장에 유리하도록 하였다.

그럼에도 불구하고 필요에 따라 새로운 요소를 확장하고 이를 새로운 정보모델에 반영하기 위해서는 [11]의 연구에서도 알 수 있는 바와 같이 적지 않은 시간이 소요된다. 이에 따라 IFC에서는 object 단위에서 대리자(proxy) 요소를 정의하여 현재 버전에서는 없는 요소를 반영할 수 있도록 하였으나, 상용 BIM 소프트웨어를 활용하여 모델을 생성하는 모델러 입장에서 이를 직접적으로 활용하기가 쉽지 않다. [9] 및 [10]의 연구는 대리자 요소를 사용하지 않고 토목 시설물을 IFC user-defined property sets (PSET) 기반으로 정보모델링할 수 있는 방법에 대한 것이나, IFC Physical File (IPF)의 내부 데이터를 직접적으로 다루고 있지 않아 사용자가 IPF를 독립적으로 다루는 데는 한계가 있다.

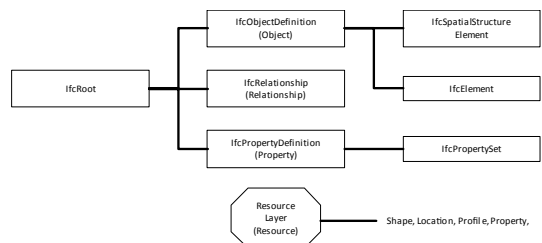


Fig. 1. Basic architecture of IFC data schema [12]

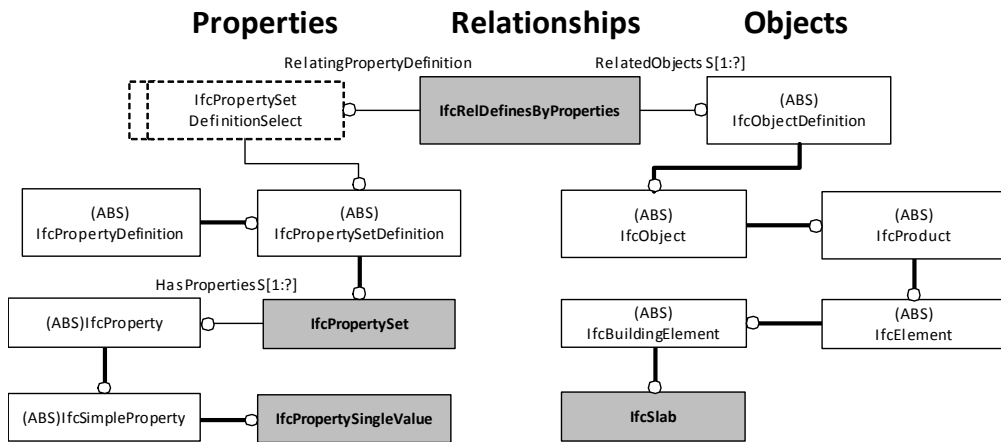


Fig. 2. Objects, properties, and relationships in IFC architecture

Table 1. Data example of IPF

IFC Model Data	
...	
#585461= IFCSLAB ('2DYBwMW7v47819WApKxqq2',#42,' sleeper: sleeper:278356',\$', ' sleeper: sleeper',#585427,#585458,'278356',FLOOR.);	
#585235= IFCPROPERTYINGLEVALUE('Level',\$,IFCLABEL('Level: B.O. Footing'),\$);	
#585236= IFCPROPERTYINGLEVALUE('Moves With Grids',\$,IFCBOOLEAN(T.),\$);	
#585473= IFCPROPERTYINGLEVALUE('Height Offset From Level',\$,IFCLENGTHMEASURE(-225.),\$);	
#585474= IFCPROPERTYINGLEVALUE('Host',\$,IFCTEXT('Level : B.O. Footing'),\$);	
#585483= IFCPROPERTYSET('2DYBwMW7v47819XhZKxqq2',#42,'Constraints',\$(#585235,#585236,#585473,#585474));	
#585487= IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('2DYBwMW7v47819XxZKxqq2',#42,\$,\$(#585461),#585483);	
...	

Table 2. IFC entities for object, property, relationship and its explicit attributes

Entity Name	Explicit Attribute		Defined by
IfcSlab	(GlobalId, OwnerHistory, Name, Description,	→	IfcRoot
	ObjectType,	→	IfcObject
	ObjectPlacement, Representation,	→	IfcProduct
	Tag,	→	IfcElement
	PredefinedType)	→	IfcSlab
IfcPropertySet	(GlobalId, OwnerHistory, Name, Description,	→	IfcRoot
	HasProperties)	→	IfcPropertySet
IfcRelDefinesByProperties	(GlobalId, OwnerHistory, Name, Description,	→	IfcRoot
	RelatedObjects, RelatingPropertyDefinition)	→	IfcRelDefinesByProperties
IfcPropertySingleValue	(Name, Description,	→	IfcProperty
	NominalValue, Unit)	→	IfcPropertySingleValue

IPF 내부 데이터가 ASCII (American Standard Code for Information Interchange) 코드로 되어 있어 표면적으로는 이들 요소의 의미를 이해하는 것이 어렵지 않아 보이나, 전술한 바와 같이 IFC는 독립적인 형태의 스키마로 구성되어 있다는 점과 함께, IFC 스키마에는 드러나는 요소이나 IPF에는 드러나지 않는 추상(abstract) 요소의 존재 등으로 인해 end-user가 실질적 의미를 파악하기는 쉽지 않다. 예를 들어 Fig. 2에서 나타난 바와 같이 IFC 스키마 상에서 물리적 object를 나타내는 IfcSlab와 property를 나타내는 IfcPropertySingleValue는 IfcRelDefinesByProperties를 중심으로 여러 요소들을 거쳐 연결된다. 그러나 실제 IPF 내부 데이터에는 Table 1에 나타난 바와 같이 Fig. 2에서 "(ABS)"로 표현되어 있는 추상(abstract) 형식의 요소 자체는 나타나지 않고, 그 속성(attribute)만이 하위요소에 상속되어 표현된다. (IFC 내에서 abstract 형식의 요소의 필요성과 역할에 대해서는 본 연구에서는 논외로 한다.) 즉, Table 2와 같이 하나의 요소는 해당 요소 자체에서 정의하고 있는 attributes와 더불어 그 상위요소에서 정의한 attributes도 포함하고 있기 때문에, 원하는 정보를 정확히 얻기 위해서는 상위요소의 형식과 종류도 인지해야 한다.

언급한 내용에 따라 Table 1의 내용을 살펴보면, object와 property는 각각 IfcSlab (#585461)와 IfcPropertySet (#585483)로 나타나며, 이 둘은 IfcRelDefinesByProperties (#585487)의 attribute인 'RelatedObjects (#585461)'와 'RelatingProperty Definition (#585483)'를 통해 연결된다. 그리고 IfcPropertySet (#585483)은 IfcPropertySingleValue (#585235, #585236, #585473, #585474)를 통해 구체화되면서 실제 데이터를 갖는다. 그러나 이러한 부분은 IFC 요소의 관계를 나타내는 Fig. 2와는 다른 형태를 띄는데, 이는 전술한 바와 같이 추상요소는 IPF에 드러나지 않기 때문이다. 즉, 스키마 상에서 IfcRelDefinesByProperties와 직접 연결되는 요소는 IfcObjectDefinition이나 이는 추상요소이며, 따라서 그 하위 요소로 나타나야 하는데, 하위 요소인 IfcObject, IfcProduct, IfcElement 및 IfcBuildingElement 모두 추상요소이며, IfcBuildingElement의 하위 요소인 IfcSlab가 상위 속성을 포함하는 형태로 나타나는 것이다. 즉, 전술한 [9]또는 [10]의 연구에 따라 생성된 IPF 파일에서는 토목 구조물의 구성요소에 대한 기능적 의미 정보를 IfcPropertySingleValue에서 다루는데, 이를 입력

데이터로 시작하여 해당 객체의 형상이나 다른 구성요소와의 관계 등을 파악하기 위해서는 언급한 과정을 통해야 하며, 이는 복잡한 절차로 end-user의 접근성은 매우 떨어질 수밖에 없다.

3. IfcPropertySet 중심의 질의어 구문의 개념

IPF가 파일기반이지만, 실제 데이터 값을 포함하고 있는 하나의 모델에 대한 데이터베이스라고 할 수 있다. 이에 따라 여러 방식을 통해 사용자가 원하는 데이터에 접근할 수 있고 제어할 수 있는데, 전술한 바와 같이 end-user가 원하는 결과 값에 손쉽게 접근하기는 어렵다. 이에 따라 [13]은 Building Information Model Query Language (BimQL)을 제시하여 IPF 형식의 model에서 특정 값을 추출할 수 있도록 하는 방법을 제시하였다. 그러나 이는 가장 기본적인 형태의 질의 형태로, 특정 정보만을 방식이며, 질의 결과에 대한 조합은 지원하지 않고 있다. 따라서 특정한 정보를 가지고 있는 객체의 다른 속성 검색 등에 대한 내용을 추가적으로 개발되어야 하는 사항으로, 예를 들어 본 연구에서 대상으로 하고자 하는 [9]기반의 토목 시설물 정보모델에 대한 경우에 의도하는 객체를 추출해 내는 것이 불가능하다. 이에 따라 본 연구에서는 BimQL의 문법을 참조하여 IFC property set의 attribute에 데이터 질의에 따른 필요정보 추출 규칙을 제시하였다. 본 연구에서 제시한 방법은 property와 관련한 요소들만을 대상으로 하는 것으로, 일반화된 BIM 질의어 개발에 대한 부분은 본 연구에서는 논외 사항으로 간주하였다.

Fig. 3은 본 연구에서 제시하는 질의 형태의 기본 구문(syntax)에 대한 다이어그램을 나타낸 것이다. 'EntityType' 키워드는 IFC의 요소를 반영하는 부분으로, 본 연구에서는 IfcPropertySet만을 대상으로 하였다. 'ALL' 키워드는 'Variable(1)'와 연결되어 있는 모든 객체를 호출하는 것을 의미한다. 즉, 본 연구에서는 'ALL' 키워드가 확인되면 IfcPropertySet을 통해 IfcRelDefinesByProperties를 식별하고 이와 연결되어 있는 IfcBuildingElement의 하위 요소를 읽어오도록 하였다.

Fig. 4는 전술한 절차를 반영할 수 있도록 하는 독립

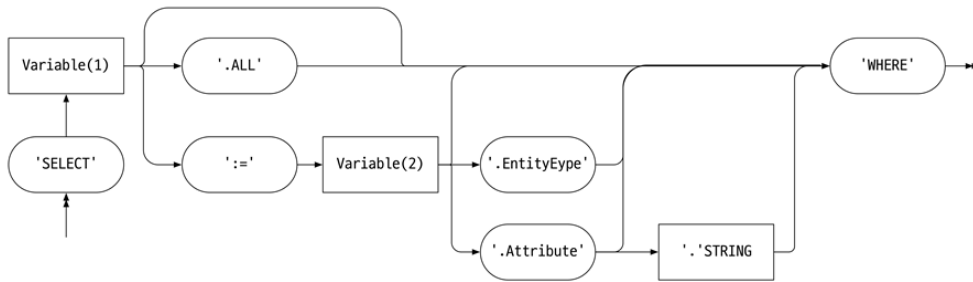


Fig. 3. Syntax diagram of the 'SELECT' statement

된 형태의 IPF기반의 정보검색 및 모델 재구성 모듈이다. 본 모듈에 적용한 IFC의 버전은 4로, IFC4 내부 데이터를 제어하기 위해서 STEP Tools, Inc.의 ST-Developer를 통해 EXPRESS 언어로 기술되어 있는 IFC 데이터 스키마를 Java 언어의 클래스 라이브러리로 변환하여 활용하였다. 독립 모듈 상에서 정보의 입출력을 위한 사용자 인터페이스는 Eclipse IDE (Integrated Development Environment)의 WindowBuilder를 활용하였다.

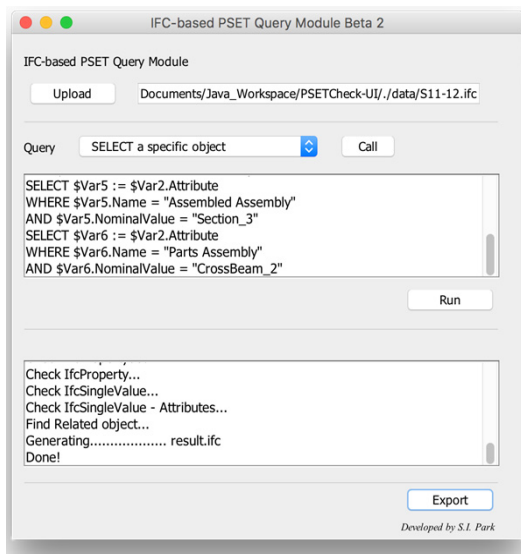


Fig. 4. UI for semantic information management of IfcPropertySet-based model

4. IfcPropertySet 중심의 질의어를 활용한 IFC기반의 철도 모델의 재생성

본 연구에서는 제시한 방법론을 철도 시설물의 궤도 및 침목에 적용하였다. IFC4에서는 철도 시설물의 궤도 및 침목에 대한 요소는 존재하지 않는 상태로, 이에 따라 본 연구에서는 [14]가 제시한 확장된 요소를 대상으로 IfcPropertySet기반으로 수행된 정보모델을 대상으로 하였다. [14]의 연구에 따르면, 궤도와 침목에 대한 공간적 정보는 새롭게 추가된 IfcTrackStructureElement의 하위 요소인 IfcTrack과 IfcTrackPart 및 IfcTrackLane을 통해 관리하도록 하였으며, 물리적 정보는 IfcTrackElement의 하위 요소인 IfcTrackRail과 IfcTrackSleeper를 통해 정의된다. 본 연구에서는 이러한 내용을 반영하여 IfcPropertySingleValue의 attribute의 데이터로 Table 3과 같이 생성하였다.

Table 3. Functional semantic data format for the rail and sleeper model based on IfcPropertySet in this study

Element	ID	Data Format	Example
Rail, Sleeper (ID)	CSEM_ID	Identifier	S51216102_EP
Rail (Physical element)	CSEM_Physical	"Rail":PredefinedType	Rail:MAINRAIL
Sleeper (Physical element)	CSEM_Physical	"Sleeper":PredefinedType-FunctionType	Sleeper:WOODENSLEEPER-NOT DEFINED
Rail, Sleeper (Spatial element)	CSEM_Spatial	Location:PredefinedType-Track Gauge-Slack-OccupationType	L(1,1):MAINTRACK-1500-0-DO WNLIN

이때, Table 3에서 'ID'에 해당하는 부분은 Table 2에서 IfcPropertySingleValue의 'Name' attribute에 해당하는 부분으로, 데이터의 식별자 역할을 하며, Table 3의 'Data Format'은 IfcPropertySingleValue의 'NominalValue'에 들어갈 데이터에 대해 본 연구에서 정한 형식을 나타내며, 'Example'이 이에 대한 예시이다. 따라서 질의는 Table 3의 'ID' 또는 'Example'에 있는 모든 데이터를 활용할 수 있다. Fig. 5은 본 연구에서 질의문을 적용하기 위해 Autodesk의 Revit 2017을 활용하여 생성한 IFC기반의 원(source) 모델을 Solibri Model Checker를 통해 나타낸 것이다.

원 모델을 기반으로 궤도 모델만을 추출하기 위해서 다음 Query Sentence (1)을 활용하였다.

Query Sentence (1):

```
SELECT $Var1.ALL WHERE $Var1.EntityType =
    IfcPropertySet
SELECT $Var2 := $Var1.Attribute.HasProperties
SELECT $Var3 := $Var2.Attribute
    WHERE $Var3.Name = "CSEM_Physical"
    AND $Var3.NominalValue = "Rail*"
```

Query Sentence (1)에서 '\$Var1.ALL'이 의미하는 바는 3장에서 서술한 바와 같이 '\$Var1'과 연결된 모든 형상 요소를 호출하는 것을 의미한다. '\$Var1.Attribute.HasProperties'가 의미하는 바는 Table 2에서 나타낸 바와 같이 IfcPropertySet의 attribute 중 'HasProperties'의 요소를 호출하는 것이며, 이에 따라서 '\$Var2'에는 IfcPropertySingleValue의 요소가 할당된다. 결과적으로 여러 IfcPropertySingleValue 중에서 'Name'이 'CSEM_Physical'이고, 'NominalValue'에 'Rail'이라는 단어를 포함하는 모든 객체를 호출하는 문장이 되는 것이다. 이에 따른 궤도 모델의 재생성 결과는 Fig. 6과 같이 나타났다.

궤도와 같이 비단 특정한 기능을 갖는 요소뿐만 아니라 특정한 구역에 대한 요소들에 대한 추출 여부를 검토하였다. Query Sentence (2)는 특정한 구역에서의 궤도와 침목 및 도상에 대한 모델을 생성하는 질의어를 나타낸다.

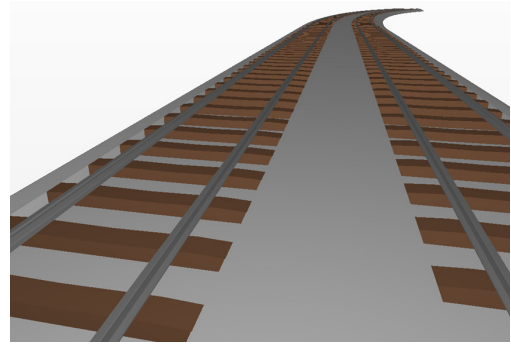


Fig. 5. IFC PSET-based source model of rails and sleepers

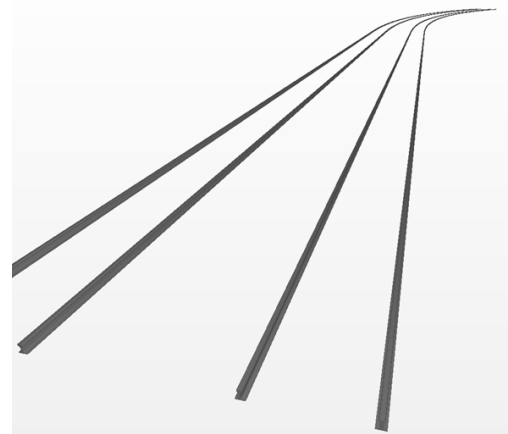


Fig. 6 Regenerated IFC-based rail model queried by 'Query Sentence (1)'

Query Sentence (2):

```
SELECT $Var1.ALL WHERE $Var1.EntityType =
    IfcPropertySet
SELECT $Var2 := $Var1.Attribute.HasProperties
SELECT $Var3 := $Var2.Attribute
    WHERE $Var3.Name = "CSEM_Spatial"
    AND $Var3.NominalValue = "L(1,2)*"
```

Query Sentence (2)에 대한 부분에서 'L(1,2)'가 특정한 위치를 나타내는데, 즉, 좌측아래를 기준으로 보았을 때 철도 진행의 수직방향으로 첫 번째, 철도 진행방향으로 두 번째의 철도 부분을 나타낸다. 이때는 Fig. 7와 같이 해당 부분에 포함된 모든 구성요소가 나타난다.

이때, Query Sentence (2)에서 침목에 대한 부분만을 추출하는 질의어는 Query Sentence (3)과 같이 나타낼 수 있다.

Query Sentence (3):

```
SELECT $Var1.ALL WHERE $Var1.EntityType =
    IfcPropertySet
SELECT $Var2 := $Var1.Attribute.HasProperties
SELECT $Var3 := $Var2.Attribute
    WHERE $Var3.Name = "CSEM_Spatial"
    AND $Var3.NominalValue = "L(1,2)*"
SELECT $Var4 := $Var2.Attribute
    WHERE $Var4.Name = "CSEM_Physical"
    AND $Var4.NominalValue = "Sleeper*"
```

Query Sentence (3)에서 침목에 대한 부분은 '\$Var4'에서 처리하는데, 특정 위치에 대한 객체를 저장하는 '\$Var3'과 침목을 처리하는 '\$Var4'는 모두 IfcPropertySingleValue를 다루는 '\$Var2'를 통해서 생성된다. Fig. 8은 이에 대한 결과를 보여주는 모델이다.

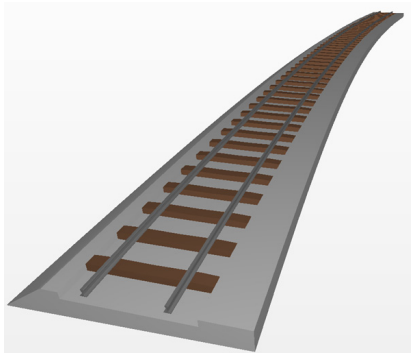


Fig. 7. Regenerated partial model queried by 'Query Sentence (2)'



Fig. 8. Regenerated partial sleepers model queried by 'Query Sentence (3)'

5. 토론 및 결론

BIM이 토목시설물 건설 프로젝트에서도 필수 기술로 자리 잡으면서 정보모델 생성을 통한 활용성에 대한 부분뿐만 아니라 정보호환성 및 개방형 모델기반의 데이터 접근성도 역시 큰 이슈로 떠오르고 있다. 정보의 호환성 확보 및 데이터의 정확하고 효율적인 접근에 있어 가장 중요한 기술이 IFC이지만, 현재의 버전에서는 토목 시설물에는 적용할 수 없는 문제점을 가지고 있다. 이에 따라 선행 연구자들은 IFC를 확장하여 토목 시설물에 적용할 수 있는 방안, 또는 현재의 IFC를 토목 시설물에 적용할 수 있는 방법 등을 제시하고 있다. 그러나 IFC를 확장하는 경우에는 현재의 BIM 소프트웨어에 적용할 수 없는 문제점이 있고, 현재의 IFC를 토목 시설물에 적용하는 경우에는 사용자가 의도한 객체를 추출하기까지의 과정에 매우 복잡하다.

본 연구에서는 현재의 IFC를 토목 시설물에 적용하는 경우에 사용자가 원하는 객체를 효율적으로 검색할 수 있고, 이와 관련된 추출모델을 재생성 할 수 있는 방안을 제시하였다.

이를 위하여 첫째, 구조물을 나타내기 위한 요소와 속성을 다루는 부분, 그리고 이들을 연결해주는 요소의 관계를 분석하고 이에 따른 정보의 흐름을 분석하였다. 이는 IPF 파일 내에서 속성의 연결흐름을 따르는 과정으로 end-user의 접근성은 매우 떨어짐을 확인하였다. 둘째, 기존 BimQL의 방법을 참고하여 IfcPropertySet 중심의 질의 방식을 제시하고 이를 적용할 수 있는 독립 모듈을 개발하였다. 이러한 점은 개방형 중립 형식의 IFC기반 모델만 있으면 가능한 것으로, 소프트웨어에 대해 독립적인 특성으로 인해 제시한 방법론에 대한 영속성을 확보할 수 있다. 마지막으로 제시한 방법을 현재의 IFC 기반의 생성한 철도의 궤도 및 침목 모델에 적용하여 궤도나 침목의 물리적 객체, 객체 배치와 관련한 공간적 정보, 이들을 조합한 속성을 질의 인자로 활용하여 사용자가 의도한 대로 효과적인 정보 추출 및 모델 재생성이 가능함을 확인하였다. 본 연구에서 제시한 질의어는 IFC 기반의 정보모델에서 특정한 정보만을 추출하는 것에 그치지 않고, 특정 정보와 연결되어 있는 관련 객체를 재생성 할 수 있다는 차별성을 가진다. 이러한 부분은 개발 질의어를 통해 속성뿐만 아니라 객체 자체를 다룰 수 있다는 점에서 end-user의 모델에 대한 이해도가 향상된다.

BIM의 핵심 가치 중 하나는 구조물의 전 생애주기를 아우르는 정보 활용의 효율성에 있다. IFC 데이터 스키마는 이러한 정보를 효과적이고 정확하게 다루기 위한 가장 중요한 것으로, 정보관리의 관점에 있어서 효용가치가 높지만, 토목 시설물에는 이러한 장점을 온전하게 적용하기 힘들다. 본 연구에서 제시한 방법은 오로지 IFC 파일들만을 활용하여, 사용자가 보다 손쉬운 방식으로 원하는 정보를 검색하고 원하는 객체를 재생성할 수 있는 방법을 제시하였다. 이러한 방식은 비단 현재의 IFC에만 적용할 수 있는 것이 아니라 향후 추가 개발될 IFC에도 그대로 적용할 수 있는 것으로, 이에 대한 지속적인 연구는 IFC 데이터를 다루는데 있어 보다 사용자 친화적인 방법을 제공하여 정보를 효과적으로 다루는 BIM의 궁극적인 가치를 보다 높여줄 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] ISO-TC184/SC4, ISO 16739:2013 *Industry Foundation Classes (IFC) for Data Sharing in the Construction and Facility Management Industries*, 2013.
- [2] E. Lebegue, *IFC-Bridge V2 Data Model*, IAI French Chapter, IAI Project CI-2, 2005.
- [3] N. Yabuki, E. Lebegue, J. Gual, T. Shitani, "International collaboration for developing the bridge product model "IFC-BRIDGE"," *Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering*, pp. 1927-1936, 2006.
- [4] N. Yabuki, "Representation of caves in a shield tunnel product model", *The 7th European Conference on Product and Process Modelling*, pp. 545-550, 2009.
- [5] S.-H. Lee, S.I. Park, J. Park, "Development of an IFC-based data schema for the design information representation of the NATM tunnel", *KSCE Journal of Civil Engineering*, 20, pp. 2112-2123, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12205-015-0123-8>
- [6] A. Borrmann, T.H. Kolbe, A. Donaubauer, H. Steuer, J.R. Jubierre, M. Flurl, "Multi scale geometric semantic modeling of shield tunnels for GIS and BIM applications", *Computer Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 30, pp. 263-281, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/mice.12090>
- [7] S.-H. Lee, B.-G. Kim, "IFC extension for road structures and digital modeling", *Procedia Engineering*, 14 pp. 1037-1042, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.07.130>
- [8] H. Moon, *Development of IfcRoad in Korea*, lug.Buildingsmart.org, 2014.
- [9] S.-H. Lee, S.I. Park, J. Park, "BIM and its application to civil engineering: How to overcome the limitations of current BIM technologies", *CECAR6*, pp. K42-K55, 2013.
- [10] S.-H. Lee, S.I. Park, K.-Y. Park, "IFC property set-based approach for generating semantic information of steel box girder bridge components", *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 34 pp. 687-697, 2014. DOI: <https://doi.org/10.12652/Ksce.2014.34.2.0687>
- [11] T. Cerovsek, "A review and outlook for a "Building Information Model" (BIM): A multi-standpoint framework for technological development", *Advanced Engineering Informatics*, 25, pp. 224-244, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2010.06.003>
- [12] T. Liebich, R. See, *IFC Object Model Architecture Guide - IFC Release 2.0*, 1999.
- [13] W. Mazairac, J. Beetz, "BIMQL - An open query language for building information models", *Advanced Engineering Informatics*, 27 pp. 444-456, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2013.06.001>
- [14] S.-H. Lee, S.I. Park, T.-H. Kwon, K.-W. Seo, "Civil infrastructure information modeling method based on extended IFC entities using BIM authoring software", *Journal of Computational Structural Engineering Institute of Korea*, accepted, 2017 (in Korean).

이 상 호(Sang-Ho Lee)

[정회원]



- 1984년 2월 : 연세대학교 토목공학과 (공학사)
- 1986년 2월 : 연세대학교 토목공학과 (공학석사)
- 1993년 5월 : Northwestern University 토목공학과 (공학박사)
- 1995년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 토목공학과 교수

<관심분야>

전산역학, 토목 BIM, 시설물 자산관리

박 상 일(Sang I. Park)

[정회원]



- 2007년 2월 : 연세대학교 사회환경 건축공학부 (공학사)
- 2016년 8월 : 연세대학교 토목공학과 (공학박사)
- 2016년 9월 ~ 현재 : 연세대학교 토목공학과 연구원

<관심분야>

토목시설물 정보모델링, IFC, 지식추론

장 영 훈(Young-Hoon Jang)

[정회원]



- 2012년 2월 : 연세대학교 토목환경 공학과 (공학사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 토목환경공학과 박사과정

<관심분야>

토목시설물 정보모델링, 도시정보관리

최 규 원(Kyou-Won Choi)

[준회원]



- 2015년 2월 : 연세대학교 토목환경 공학과 (공학사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 토목환경공학과 석사과정

<관심분야>

토목시설물 정보모델링, 3D CAD