J. Comput. Struct. Eng. Inst. Korea, 30(4)
pp.307~312, August, 2017
https://doi.org/10.7734/COSEIK.2017.30.4.307

pISSN 1229-3059 eISSN 2287-2302
Computational Structural
Engineering Institute of Korea

COBie 기반 철도 선로유지관리 문서 생성

서 경 완[1] · 권 태 호[1] · 이 상 호[1†]

[1]연세대학교 토목환경공학과

COBie Based Maintenance Document Generation of Railway Track

Kyung-Wan Seo[1], Tae-Ho Kwon[1] and Sang-Ho Lee[1†]

[1]School of Civil & Environmental Engineering, Yonsei Univ., Seoul, 03722, Korea

Abstract

In this study, we proposed a method to generate a maintenance documents for railway track through Construction Operations Building information exchange(COBie) which is a subset of Industry Foundation Classes(IFC), a data model for Building Information Modeling(BIM). In order to define the items necessary for railway track maintenance document generation, we analyzed the guideline of maintenance and management to track by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport(MLTM), and defined the way to refer to the information items in the COBie spreadsheet. The additional properties not supported in IFC, were created for generation of an Information model that reflecting maintenance information items of railway track by applying user-defined property set within the IFC framework. An IFC-based Information model reflecting the user-defined property was implemented through BIM software, and rail track maintenance information items were transferred to COBie spreadsheet according to the defined approach. It is tested that the information can be transferred from the IFC-based as-built model to the COBie spreadsheet, which can be used to generate the necessary documents for railway facility maintenance work.

Keywords : *construction operations building information exchange(COBie), building information modeling (BIM), industry foundation classes(IFC), maintenance document, railway track*

1. 서 론

유지관리 단계에 사용되는 정보는 구조물의 설계와 시공이 완료된 이후에 각 단계에 대한 설계 성과품의 형태로 전달되며, 이를 유지관리 업무에 이용하기 위해서는 전달된 설계문서들을 이해할 수 있는 전문가를 통해 유지관리 항목의 형태로 문서화하는 작업이 있어야 한다. 유지관리를 위해 전달되는 설계 성과품들은 유지관리 목적으로 구조화되어 있지 않기 때문에 시설물 관리자는 필요한 정보가 제대로 전달되었는지를 판단하는데 어려움이 따르며, 이와 같은 정보를 선별하고 변환하여 유지관리용 시스템으로 전달하는 과정 역시 비용과 시간이 많이 소요된다. 이 뿐만 아니라 토목분야 시설물의 경우 생애주기가 타 시설물 대비 매우 긴만큼 설계도서 뿐 아니라 유지관리 문서의 보관 및 이용을 위해서 각별한 노력이 필요하다.

Industry Foundation Classes(IFC)와 같은 Building Information Modeling(BIM) 개방형 표준과 Construction Operations Building information exchange(COBie)와 같은 데이터 구조 사양은 시설물의 설계 성과에 대한 디지털 정보를 유지관리 단계에 구조화된 방식으로 전달할 수 있게 한다. 영국은 국가가 주도하는 BIM roadmap에 따라 2016년까지 중앙에서 조달된 정부 프로젝트에 파일 기반 협업 및 라이브러리 관리를 의미하는 2단계 BIM 적용을 의무화하고, BIM 표준 및 데이터 사양에 기반을 둔 구조화된 자산정보모델을 PAS 1192-3에서 규정하였다(Cabinet Office, 2012; BSI, 2014). 또한 서비스 수명 계획을 위한 ISO 15686-4나 건물의 운영 단계에서 수명주기 비용 산정을 위한 BS 8544를 통해 IFC와 COBie를 이용하여 건물 자산정보를 운영 단계에 교환하기 위한 노력을 기울이고 있다(ISO, 2014; BSI, 2013).

† Corresponding author:
Tel: +82-2-2123-2808; E-mail: lee@yonsei.ac.kr
Received June 19 2017; Revised July 27 2017;
Accepted July 28 2017
©2017 by Computational Structural Engineering Institute of Korea

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Choi와 Um(2014)은 공공 하수처리시설을 대상으로 운영관리 업무와 COBie 구성항목의 비교를 통한 적용 가능성을 검토하였고, Ho(2016)는 하수 펌프장의 Electrical & Mechanical 시설을 대상으로 하여 Mobile 기기를 활용한 COBie 기반의 자산관리 방법을 제안하였다. 그러나 위 사례들은 토목 시설물 구성요소 중 건물의 Mechanical, Electrical, and Plumbing(MEP) 요소에 국한되어 있으며, 정보모델 생성 이후 단계에 초점을 맞추고 있다. Patacas 등(2015)은 자산 수명 계획을 위한 정보 등록에 표준 정보모델과 COBie를 적용하기 위한 방법을 제안하였으나, 표준 정보모델이 생성되고 이를 통해 COBie로 정보가 전달되는 것이 아니라, 두 단계가 BIM 소프트웨어를 통해 동시에 발생한다는 점에서 COBie 정보가 IFC 모델 정보를 직접 참조하지 못하는 한계가 있다.

본 연구에서는 철도시설물의 운영유지관리 문서의 생성의 효율성을 향상하기 위한 방안으로 IFC기반 철도 선로의 As-built 정보모델의 생성 및 이를 COBie 스프레드시트에 연계하는 방법을 제안하였다.

2. COBie 기반의 유지관리정보 전달

2.1 COBie 스프레드시트의 개요 및 적용의 한계

COBie는 건물의 유지관리 정보를 표 형식의 데이터로 교환하기 위한 표준으로 IFC 데이터 스키마의 Subset으로 Model View Definition 중 Handover view에 해당하며, 현재 COBie 2.4까지 제안되었다(NIBS, 2015). COBie 2.4 스프레드시트는 총 20개의 sheet로 구성되어 있으며 구조물 생애주기인 기본설계(early design) 단계, 실시설계(detailed design) 단계, 시공(construction) 단계, 운영유지관리(operations and maintenance) 단계에서 발생한 정보를 매 단계마다 해당 sheet에 입력함으로써 유지관리를 위한 별도의 문서화 작업을 줄이고 구조화된 형태로 정보를 저장하는 것으로 업무의 효율성을 향상하는데 목적을 두고 있다.

COBie에서는 하나의 IFC 물리 파일을 대상으로 구조물에 속한 자산에 대한 정보를 층(Floor), 공간(Space), 공간의 특성에 따른 영역(Zone)과 같은 공간 정보와 자산의 유형(Type), 유형에 따른 구성요소(Component), 구성요소가 이루는 시스템(System)과 같은 자산 구분정보로 표현하고 Space, Type, Component의 항목들에 대한 세부 속성은 Attributes sheet를 통해 추가할 수 있도록 하고 있다. 또한 각 항목들은 참조하고 있는 IFC 객체 정보를 포함하도록 함으로써 설계 단계별로 IFC 객체에 추가되는 정보를 참조된 sheet 항목에 반영할 수 있도록 하고 있다. 하지만 COBie는 현재 IFC의 객체를 기반으로 하고 있어서 토목 요소 표현을 위한 물리정보 객체들이 거의 없으며, Component sheet의 대상인 자산들은 창, 문, 집기, MEP 등의 요소들이기 때문에 구조 요소 자체를 운영유지관리 주된 대상으로 하는 토목인프라 시설물 요소의 의미정보를 반영하기 어렵다. 또한 자산의 위치 정보가 층(IfcBuildingStorey), 공간(IfcSpace), 구역(IfcZone)에 국한하여 표현되기 때문에 구조물이 길이 방향으로 건설되면서 수직 방향으로 적층되는 토목 구조물 표현에 취약한 면이 존재한다. 이와 같은 단점은 향후 확장되는 IFC와 이를 참조하는 COBie의 확장을 통해 극복될 수 있을 것으로 예상되나 본 연구에서는 현재 제안된 표준을 바탕으로 철도 시설물 중 철도 선로의 유지관리 정보를 반영한 COBie 스프레드시트를 생성하는 방안을 제안한다.

2.2 IFC 정보모델과 COBie 스프레드시트간 정보전달 방법

현재 IFC와 COBie 기반의 철도시설물의 생애주기 관점에서 설계 및 시공 단계의 정보를 운영유지관리 단계로 교환하기 위해 본 연구에서 제안한 방법은 Fig. 1과 같다. 우선 시설물의 운영관리자는 프로젝트 시작 단계에서 생애주기 각 단계별 정보에 대한 생성 방식, 전달되어야 하는 항목의 내용(EIR; Employer's Information Requirements)을 정의한다. 생성 방식은 정보 생성과 변환을 위해 사용된 ExtSystem 즉, IFC 정보모델 생성에 적용된 BIM 소프트웨어에 대한 내용이며, 전달되어야 하는 항목에는 유지관리 대상에 대한 정보와 그에 대해 책임을 지는 작성자 정보 및 생성일 등이 포함되어야 한다.

다음으로 운영관리자가 사용할 정보가 담긴 IFC 정보모델과 COBie 항목과의 매핑 방식을 정의한다. 여기서 제안한 정보모델은 현재 IFC의 기본 객체만으로 표현할 수 없는 철도시설물 의미정보를 포함하고 있으며, 연계되는 COBie 역시 현재는

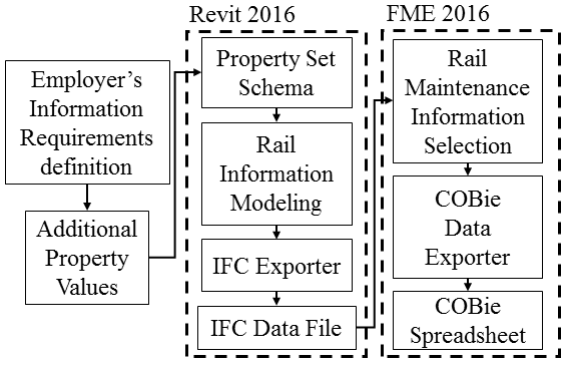


Fig. 1 Process of IFC-based COBie Spreadsheet generation

단일 건축구조물을 대상으로 하는 한계가 있기 때문에 IFC 프레임워크에 기반을 두어 기존 객체 외의 정보 표현을 위한 방법을 채택하였다. 다음 단계는 IFC 물리 파일을 생성하고 이 물리파일에서 필요 정보를 COBie 스프레드시트로 전달한 뒤, 결과물을 검토하였다. 본 연구에서는 한국철도시설공단의 선로유지관리지침(Korea Rail Network Authority, 2016)을 통해 EIR을 정의하였고 IFC 정보모델 생성에 Autodesk Revit 2016을 이용하였으며, IFC 정보모델로부터 COBie 스프레드시트로 정보 교환에 Safe software의 FME workbench 2016을 사용하였다.

3. COBie기반 선로유지관리 정보 생성

3.1 철도 선로유지관리 정보 항목 도출

철도 선로 및 선로 부대시설물의 정비와 보수, 점검에 필요한 사항은 선로유지관리지침에서 규정하고 있으며, 이에 따라 운영단계에서 수행되는 유지관리 행위로 인한 정보들을 문서화하도록 하고 있다. 선로유지관리지침에 따르면 관할경계표, 선로일람약도, 선로 및 구조물도표와 같은 설계 및 시공 이후 선로시설물에 대한 개괄적인 정보와 설계 성과품자료에 대한 일람 문서와 레일훼손 및 절손보고, 궤도검측불량개소 관리도, 선로점검 기록부, 선로결함 대장 등과 같은 유지단계에서 선로 구성요소 각각에 대한 점검 및 보수 업무에 대한 문서를 포함하여 총 19종의 문서를 작성하도록 하고 있다. 선로작업은 크게 궤도작업, 분기기작업, 노반작업, 제작업, 순회보안작업, 선로검사, 사고경비, 기계관리작업, 기타(근태)의 9개로 나누고 47개 중분류 항목과 120개 소분류 항목으로 분류하고 있다. 유지관리 대상 시설물 중 레일은 손상정도를 4개의 분류 등급으로 나누고, 각 등급의 관리기준을 달리하고 있다. 결함 정도가 경미한 E등급은 지속적인 결함의 점검 결과를 선로점검기록부와 선로결함대장을 통해 정리하고 관리하도록 하고 있다. 선로결함대장은 12개 항목으로 구성되며 이 중 궤도종별, 구간, 상하, 위치, 연장, 직곡선 6개 항목은 운영유지관리 단계 이전에 생성된 정보에 해당한다.

본 연구에서는 선로 중 지속적으로 점검 결과를 추가해야 하는 선로결함대장에 대한 구성항목을 운영관리자가 프로젝트 초기 단계에서 정의한 교환 정보항목으로 설정하고, 이 중 전술한 6개 항목을 설계 및 시공 단계에서 다음단계로 전달하는 대상으로 설정하였다.

3.2 IFC 사용자 정의 속성집합을 통한 철도 선로 정보 모델 생성

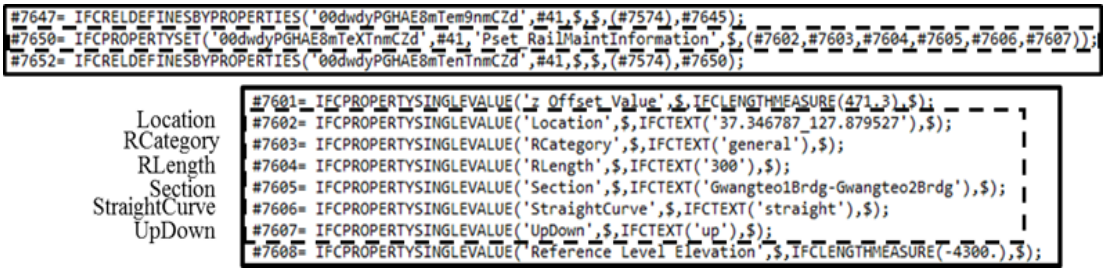
현재의 IFC는 건축 구조물을 대상으로 정의하고 있기 때문에 철도시설물을 포함한 토목분야 시설물의 세부 부재의 명칭, 기능적 역할 등의 의미정보의 표현이 거의 불가능하기 때문에 Lee 등(2014)이 교량의 의미정보 표현을 위해 제안한 방식을 적용하여 철도 선로의 의미정보를 표현하였다(Korea Rail Network Authority, 2016). 이에 따라 본 연구에서는 사용자 정의 속성집합을 통해 철도 선로 의미정보 기반의 유지관리정보(Table 1)를 정보모델에 반영하였다.

전달 대상 항목을 의미정보로 구분해 보면 궤도종별, 구간, 상하 항목은 선로가 차지하는 영역, 위치 또는 위상을 나타내는 것으로 요소의 공간적 의미를 갖는 식별 정보로 분류하였다. 이는 수직 방향으로 확장되는 층을 기준으로 각 층별 공간을 구분하는 건축 구조물과 넓은 면적의 지형에 선형 형태로 구축되는 토목 구조물의 대표적인 차이에 해당하는 부분이다. 궤도종별은 일반궤도(분기기, 신축이음부 외), 분기기(전후 50m까지), 신축이음(전후 50m 까지)로 구분되는데, 이 또한 분기기와, 신축이음을 통해 궤도의 영역을 구분하는 공간식별정보로 분류하였다. 구간도 유사한 방식으로 교량과 터널에 대한 공간적 위상을 표현하도록 하는 항목으로 구분하였으며, 선로상 열차의 진행방향을 구분하는 상하도 공간위상정보 항목으로 구분하였다. 직곡선 항목은 선로 형태를 구분하기 때문에 선로에 대한 물리 정보 항목으로 구분하였다. Table 1은 전술한 내용을

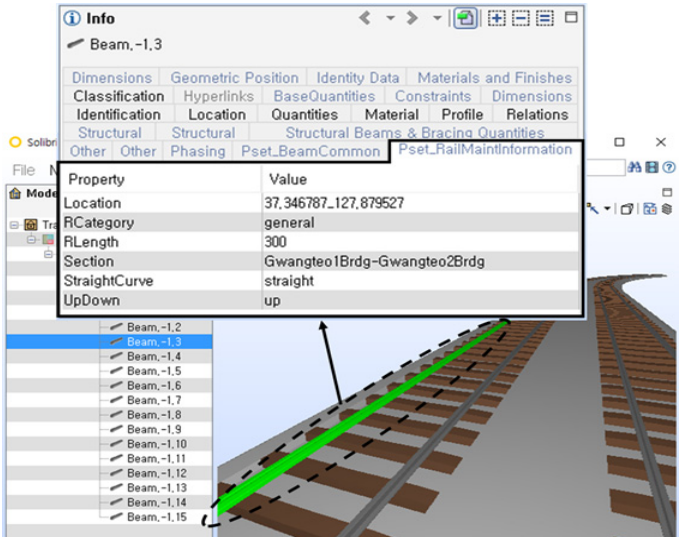
Table 1 User-defined property set for rail maintenance information

PropertySet Name	Pset_RailMaintInformation
Applicable Entities	IfcObject
Definition	A property set for maintenance information of rail

Name	Property Type	Data Type	Definition	Exmaple
Location	IfcPropertySingleValue	IfcText	Location of rail	GPS coordination
RCategory	IfcPropertySingleValue	IfcText	Types of rail according to position	general, turnout, expension
RLength	IfcPropertySingleValue	IfcText	Length of rail component	-
Section	IfcPropertySingleValue	IfcText	Positon according to railway structure	00bridge-00tunnel, etc
StraightCurve	IfcPropertySingleValue	IfcText	Physical shape of rail	straight, curve
UpDown	IfcPropertySingleValue	IfcText	Direction of track	up, down



(a) Input data and the generated IFC physical file



(b) Model implementation based on the generated IFC file

Fig. 2 Input data and the IFC-based rail model including the identification information of components

바탕으로 본 연구에서 제시하는 철도 선로유지관리 정보에 대한 IFC 사용자 정의 속성집합의 상세를 나타낸 것으로, 공간적 정보 항목인 RCategory(궤도종별), Section(구간), UpDown (상하), Location(위치)과 물리적 정보 항목인 RLength (연장), StraightCurve(직곡선)으로 구성하였다.

Fig. 2는 사용자 정의 속성을 반영하여 Revit 2016을 통해 생성한 IFC 물리 파일의 일부와 Solibri Model Checker를 통해 모델을 가시화했을 때 정보를 나타내는 그림으로 IfcPropertyset의 데이터 형식은 속성 값의 확장을 위해 모두 IfcPropertySingleValue를 이용하였으며, 추가 정의된 속성들은 IfcPropertyset의 "Name"과 "NominalValue" 내부 정보들로 추가되었음을 확인하였다.

3.3 COBie 스프레드시트 생성 및 검토

정보모델로부터 전달되는 정보들이 COBie로 참조되는 방식은 Table 2와 같다. 본 연구에서는 Component sheet와 Attribute Sheet를 통해 철도 레일의 유지관리 정보를 구성할 수 있도록 하였는데, COBie의 구성 개념에 따르면 Component는 IfcProduct의 하위 요소를 참조하는 관리 대상이 되는 단위 요소이며, Attribute는 참조되는 대상에 대한 속성 정보로 Component, Space, Type의 각 항목에 대한 상세를 표현할 수 있다. 또한 각 sheet의 항목들은 IFC 객체명과 Globally Unique Identifier(GUID)를 각각 ExtObject와 ExtIdentifier에 참조함으로써 IFC 정보모델에서 정보를 전달받은 객체를 특정할 수 있게 하고 있으며 Fig. 3과 같이 철도 선로에 대해서도 적용하였다.

현재 철도 레일의 기능적 의미를 정확히 반영할 수 있는 IFC 객체는 없기 때문에 본 연구에서는 건축 구조요소 중 기능적 의미가 유사한 IfcBeam을 사용하고 사용자 정의 속성집합을 통해 그 의미를 확장하였다(Table 2). 철도 선로를 표현하는 IfcObject는 IfcBeam이지만 Location, RCategory, RLength, Section, StraightCurve, UpDown 속성과 그 값을 Table 2와 같이 Attribute의 Name과 Value 열에 반영함으로써 IfcBeam을 통해 철도 선로의 의미를 반영한 유지관리정보를 생성하였다. 또한 Component에는 철도 선로정보 모델의 IfcBeam과 해당 객체에 대한 GUID를 ExtIdentifier 열에 참조하였으며, 이를 Fig. 3의 Component sheet와 같이 확인하였다. 해당 객체가 참조하는 속성은 Fig. 3과 같이 Component sheet Name열의 정보와 Attribute sheet

Table 2 Evaluation of IFC and COBie support for rail maintenance management information

Rail Component	IfcObject	COBie 2.4	Data drop
Rail A-1	IfcBeam	Component sheet - Name Component sheet - ExtObject Component sheet - ExtIdentifier	As-built
Informaton Item	IFC Propertyset(Pset_RailMaintInformation)	COBie 2.4	Data drop
Location	IfcPropertySingleValue::IFCText	Attribute sheet - Name Attribute sheet - Value Attribute sheet - ExtObject Attribute sheet - ExtIdentifier Attribute sheet - RowName	As-built
RCategory	IfcPropertySingleValue::IFCText		As-built
RLength	IfcPropertySingleValue::IFCText		As-built
Section	IfcPropertySingleValue::IFCText		As-built
StraightCurve	IfcPropertySingleValue::IFCText		As-built
UpDown	IfcPropertySingleValue::IFCText		As-built

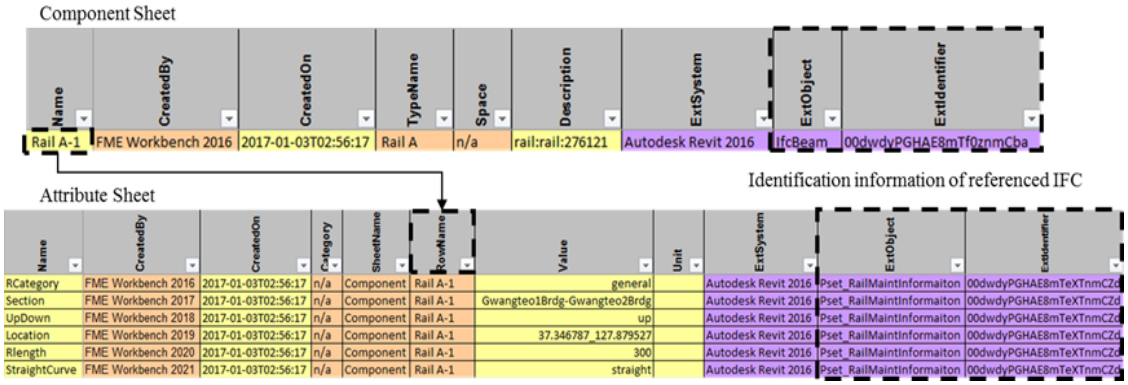


Fig. 3 Relationship between component sheet and attribute sheet

Rowname열의 정보가 상호 참조됨으로써 연결될 수 있도록 하고 생성된 COBie 스프레드시트를 통해 확인하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 철도시설물의 선로의 유지관리업무 단계에서 필연적으로 소요되는 유지관리문서의 생성에 BIM 정보 표준인 IFC subset, COBie를 적용하기 위한 방안을 제시하였다. 이를 위하여 국토교통부의 선로유지관리 지침 중 선로결함대장의 항목 중 As-built 결과로부터 전달 가능한 정보 항목을 구분하고, EIR을 정의하였다. 정의된 EIR은 사용자 정의 속성집합을 통해 IFC 기반 정보모델에 생성될 수 있도록 하였다. 철도 선로 시설의 정보모델 구현을 통해 추가된 외부 속성 정보 항목들이 IFC 사양에 유효한지를 확인하였다. 철도 선로 정보모델의 객체와 COBie 항목간 매핑 관계에 대해 정의하고 이에 따라 COBie 스프레드시트를 생성하였으며, 각 항목들이 초기 설정한 EIR에 부합한지를 검토함으로써 유지관리문서 생성에 활용할 수 있음을 확인하였다. 본 연구에서는 As-built 정보를 범위로 하고 있기 때문에 선로결함대장의 완성을 위해서는 일련번호, 결함상태, 관리기준, 작업내용, 작업날짜, 작업번호 이상 6가지 항목에 대하여 전술된 바와 같이 정보모델에 반영시키기 위한 방식을 정의하고, 정의된 방식에 따라 생성된 정보모델로부터 COBie 스프레드시트로 매핑하는 규칙을 정의하는 것이 필요하다.

COBie는 IFC를 참조함으로써 시설물의 유지관리를 위한 정보의 상호운용성을 확보할 수 있지만, 현재 개발된 IFC는 철도 시설물 구성요소를 지원하지 않아, 명확한 의미를 반영한 정보모델을 생성하는데 한계가 있다. 토목 분야 시설물 표현을 위해 IFC 확장 및 개발하는 연구가 진행되고 있지만, 표준의 개발과 적용은 많은 시간이 소요되는 과정이다. 본 연구에서 제안하는 방법은 현재의 IFC와 COBie를 바탕으로 시설물의 구조요소를 유지관리의 대상으로 삼고 있는 철도 선로에 대한 유지관리정보를 전달할 수 있도록 한 것으로, 동일한 방법론은 선로 외 철도 시설물과 다른 토목 구조물에도 적용 가능하다는 점에서 의의가 있는 것으로 판단된다.

감사의 글

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

References

BSI (2013) *BS 8544:2013: Guide for Life Cycle*

Costing of Maintenance during the in Use Phases of Buildings, BSI Standards Limited.

BSI (2014) *PAS 1192-3:2014: Specification for Information Management for the Operational Phase of Assets Using Building Information Modelling*, BSI Standards Limited.

Cabinet Office (2012) *Government Construction: Construction Trial Projects*, Cabinet Office.

Choi, J.-h., Um, D.-Y. (2014) A Study on the Feasibility of COBie to the Wastewater Treatment Plant, *J. Korean Soc. Civil Eng.*, 34(1), pp.273~283.

Ho, T. (2016) Challenges of Adopting Knowledge-based Building Information Modeling for E&M Asset Management Supplemented with Mobile Solutions-a Case Study in Public Sewage Pumping Facilities, *Am. J. Oper. Mana. & Inf. Sys.*, 1(1), pp.17~33.

ISO (2014) *ISO 15686-4:2014 Building Construction - Service Life Planning - Part 4: Service Life Planning Using Building Information Modelling*, International Organization for Standardization.

Korea Rail Network Authority (2016) *Guideline of Track Maintenance*, Korea Rail Network Authority.

Lee, S.-H., Park, S.I., Park, K.-Y. (2014) IFC Property Set-based Approach for Generating Semantic Information of Steel Box Girder Bridge Components, *J. Korean Soc. Civil Eng.*, 34(2), pp.687~697.

NIBS (2015) *National BIM Standard - United States Version 3*, National Institute of Building Sciences.

Patacas, J., Dawood, N., Vukovic, V., Kassem, M. (2015) BIM for Facilities Management: Evaluating BIM Standards in Asset Register Creation and Service Life Planning, *J. Inf. Tech. Constr.*, 20, pp.313~331.

요 지

본 연구는 철도 시설의 선로를 대상으로 하여, Building Information Modeling(BIM)을 위한 데이터 모델인 Industry Foundation Classes(IFC)의 유지관리관점의 부분집합인 Construction Operations Building information exchange(COBie)를 통해 철도 시설물 유지관리문서를 생성할 수 있는 방안을 제시하였다. 철도 선로유지관리 문서 생성에 필요한 항목을 정의하기 위해 국토교통부의 선로유지관리지침 분석을 수행하였고, 이를 COBie 스프레드시트에서 참조하기 위한 방식을 정의하였다. 철도 시설물 선로의 유지관리정보 항목을 반영한 정보모델 생성을 위하여 IFC 프레임워크 내의 사용자 정의 속성집합을 활용하였으며, 이를 통해 IFC에서 지원하지 않는 철도 선로에 대한 추가 항목을 생성하였다. BIM 소프트웨어를 통해 추가적으로 생성한 사용자 정의 속성집합을 반영한 IFC 기반의 정보모델을 생성하였고, 이를 정의된 참조방식에 따라 선로 유지관리 정보항목을 COBie 스프레드시트에 전달하고 그 결과를 확인하였다. 이를 통해 IFC 기반의 As-built 모델로부터 COBie 스프레드시트로 정보를 전달함으로써 철도 시설물 유지관리업무를 위해 필요한 문서 생성에 활용할 수 있음을 확인하였다.

핵심용어 : COBie, 건설정보모델링, IFC, 유지관리문서, 철도 선로