

도로분야 BIM(Building Information Modeling) 정보모델 개발 동향 및 표준화 추진 전략



문현석 한국건설기술연구원 ICT융합연구실 수석연구원

1. 도로분야 정보모델 표준 개요

최근 토목분야에서 BIM(Building Information Modeling)의 적용이 활발한 가운데 인프라분야의 IFC(Industrial Foundation Classes) 확장인 buildingSMART International(이하 bSI)의 OpenINFRA Initiative를 통해 활발히 진행되고 있다. IFC 2x버전이 개발된 이후 토목시설 즉 교량을 중심으로 정보모델 표준 개발을 추진하여 왔다. 그러나 개발 수준 미흡 및 건축분야 Resource 등 공통요소의 공유 제약과 신규 공통 Entity 개발 한계 등으로 표준의 개발 및 확장이 지연되어 왔다. 그럼에도 불구하고 2013년 3월에 IFC4가 ISO 16739로 정식 등록되어 국제표준으로 인정받게 되었으며, 토목요소의 확장성 기회를 제공하기 시작하였다. IFC4에서는 토목시설의 확장을 위해 IfcElement와 IfcElementType의 하위에 IfcCivilElement와 IfcCivilElementType의 신규 Entity가 각각 추가 되었으나 이들 Sub-Entity는 비어있는 상태이다. 현재 교량을 대상으로 bSI를 통해 IFC 표준화 프로젝트를 진행하고 있어 향후 교량분야 확장이 우선적으로 이루어질 예정이다.

도로의 경우 프로파일(Profile)에 의한 선형적 특성을 가지며, 도로 기하구조물과 토공이 직접적으로 연관되어 있어 이를 정보모델로 표현하기 용이하지 않다. 기존의 IFC Resource를 참조하지만 주로 건축 부재의 표현에 중점을 두고 있어 IFC4의 신규 Resource Layer 확장이나 기존 요소로부터 최적의 참조가 요구된다. 이러한 도로분야 IFC 개발을 위해 본 고에서는 해외에서 개발된 도로분야 Product Model의 동향을 살펴보고, 현재 도로 설계 소프트웨어에서

범용적으로 활용되고 있는 LandXML (US), Inframodel3 (Finland), Okstra (German) 및 JHDM (Japan)과 같은 참조 정보모델 현황을 분석한다. 특히 bSI를 통해 진행되고 있는 도로분야의 IFC 국제 표준화 추진 체계와 개발 현황을 살펴보고 향후 도로 정보모델 표준 개발 및 국제 표준화를 위한 전략을 제안한다.

2. 도로분야 형상 정보모델 개발 동향

도로설계는 1960년대 초 IBM이 HIDES라는 프로그램을 도입하였을 때부터 수행되기 시작하였다. 이러한 도로설계 방식은 CAD 소프트웨어를 통해 라인(Line)의 집합으로 수행되었다. 1980년대 말, 제품 형상에 대한 Product Model의 개념이 도입되기 시작할 무렵 건축에 대한 정보모델 데이터 구조의 표준화에 대한 노력이 진행되기 시작하였다. 이와 함께 도로분야에서도 Product Model에 대한 개념을 인식하기 시작하였다. 도로의 Product Model은 도로의 형상을 구성하고 특성을 결정하는 주요 요소인 Geometry로부터 시작된다.

네덜란드의 TNO Institute 내에 있는 건축시공 연구 그룹은 도로의 상세요소를 제공하는 도로 Geometry 명세(The Road Shape Model Kernel-RSMK) 모델을 개발하였다. 이는 STEP 표준으로 개발되었다. 이를 통해 3차원 모델 데이터의 양과 복잡성이 상당히 감소된 것으로 보고되었다. 그러나 도로의 긴 단면을 다룰 경우 기하 데이터의 수학적 예러가 발생하는 것으로 나타났다. 이 모델은 일반적인 공학적 도로설계 방식을 따르지 않았으며, 현재는 더 이상 추가적인 확장이나 적용이 이루어지지 않고 있다.

EuroSTEP은 스웨덴 국립 도로청을 위한 도로 Product Model을 개발하였다. 모델의 기하요소 표현은 STEP 표준을 참조하였다. 본 모델은 가장 포괄적인 형태로 제공되고, 방대한 양의 도로 데이터를 통합한다. 그리고 프로젝트 수행 동안 발생하는 도로 기하의 명세, 도로 부재의 기능적 분류, 물리적 객체에 대한 속성 결정 및 객체의 지리학적 정보를 지원한다. 본 모델은 IFC(Release 3, CI-1 Road and Rail Design)로 통합하기 위한 기초정보를 제공하려고 하였지만 정보의 부족으로 현재 개발이 보류된 상태이다.

이 외에도 슬로베니아에서는 도로의 생애주기단계에서 컴퓨터 기반 프로세스의 효율적 통합을 목적으로 1993년부터 1998년까지 MCT라는 Road Body Model을 개발하였다. 이는 도로의 기하학적 설계 데이터를 기반으로 개발되었다. MCT의 형상은 Road Body Metafile인 mCT가 기존 소프트웨어와의 연결을 지원하기 위해 정의되었다. 그러나 2008년에는 이를 개선한 PMC라는 Road Product Model이 기존 설계 프로세스를 준용하여 개발되었다. 이는 도로 횡단면 및 기하구조를 구성하고 있으며, LandXML 1.1을 기반으로 구축되었다.

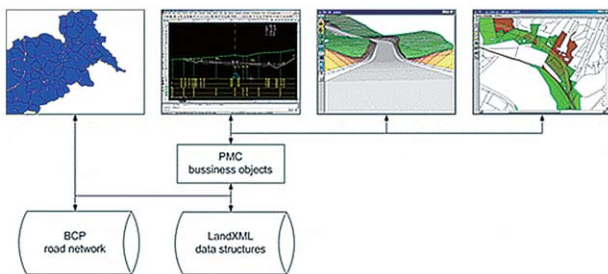


그림 1. LandXML기반 Road Product Model (PMC) 구축 예 (Rebolj 외 4인, 2008)

3. 도로분야 참조 정보모델 표준 분석

1) LandXML

LandXML은 XML기반의 ASCII 데이터 포맷이며, 도로, 지반 및 지표면의 측량 정보를 기하학적으로 정의하고 있다. 이는 전 US DOT EAS-E Initiative 회원사들과 Autodesk에 의해 1999년 12월부터 개발되기 시작하였다. 현재 LandXML V1.2(2008)를 끝으로 추가 개발이 중단되었다. 그러나 상당수의 토목설계 소프트웨어 (Autodesk,

Bentley, Trimble 등)에서 지형을 포함한 도로의 3D형상 표현 및 상호호환성을 목적으로 LandXML을 채용하고 있다. 최근 이를 추가적으로 확장하고 표준으로 가져가기 위해 bSI의 OpenINFRA 그룹으로 이관된 상태다. 또한 LandXML을 표준 형상 스키마 체계로 활용성을 확대하고 호환성을 확보할 목적으로 IFC 변환을 위한 매핑구조화 노력이 진행되고 있다.

2) Inframodel3

Inframodel3는 LandXML V1.2를 기반으로 핀란드 VTT에서 개발된 토목시설 대상의 3차원 참조 정보모델이다. 이는 핀란드의 토목설계 특성을 반영하여 개정되었으며, LandXML V1.2를 기반으로 개발되었다. 그러므로 상호 동일한 데이터 구조를 갖고 있으며, XML 형태의 스키마로 구조화되어 있다. Inframodel3은 Roads and Streets 형상으로부터 세부 도로요소를 구성한다. 여기에는 Alignment, Line String Model, Surface/ Structural model과 Cross-Section Parameters를 포함한다.

도로의 참조선 모델은 Centerline을 중심으로 양쪽으로 동일한 파라미터로 구성된다. 그리고 단면의 형상적 부위는 보도, 연석(상/하), 중심선으로 구분된다. 단면 파라미터는 편구배, 포장 등으로 분류되고 포장에는 두께와 노상 하중 부하 등의 파라미터가 포함된다. 이러한 파라미터를 통해 구성된 도로구조 모델은 그림 1의 b와 같다.

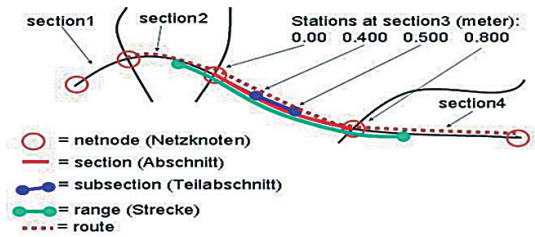
3) OKSTRA (Objektkatalog für das Strassen- und Verkehrswesen)

도로와 관련된 또 다른 참조 정보모델 표준은 독일의 연방도로연구소(Bundesanstalt für Straßenwesen)에 의해 개발된 OKSTRA (Objektkatalog für Straßen- und Verkehrswesen) 프로젝트이다. 개발 목적은 도로설계, 유지 관리 및 교통과 관련된 모든 데이터를 관리, 저장 및 교환하기 위한 공통 플랫폼을 개발하는 것이었다.

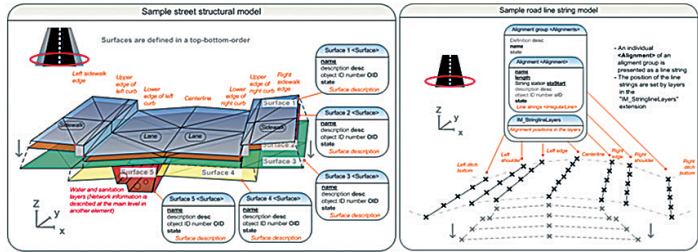
OKSTRA는 독일에서 도로와 관련된 데이터의 손실없는 정보교환을 목적으로 도로의 전 생애주기를 포괄하는 도로 및 교통 관련 데이터에 대한 기능 Catalogs 및 Application 스키마(도로 정보모델 표준)이다. 1999년 초기 모델 배포를 시작하여 2012년 8월 1.105버전이 활용되고 있다. 독일의



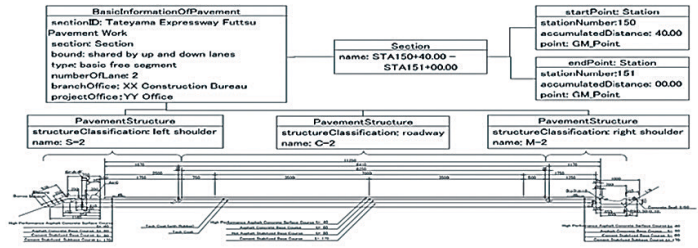
a. LandXML로 표현된 도로 및 지형
(<http://www.neoapps.de/>, <http://www.landxml.org/>)



c. OKSTRA의 도로선형 모델의 표현 예
(<http://www.okstra.de/>)



b. Inframodel3의 도로구조 모델 예
(<http://cic.vtt.fi/inframodel/>)



d. JHDM의 포장에 대한 정보모델 데이터 구조 예
(<http://www.jacic.or.jp/>)

그림 2. 도로분야 참조 형상정보모델 표준

연방 및 주 도로청은 모든 OKSTRA 관련 활동을 조정하는 역할을 한다. 공식적인 회원사는 없지만 독일 연방 교통, 빌딩, 도시국, 연방고속도로연구소(Federal Highway Research Institute-BAST), 독일 도로청 등이 참여하고 있다. 특히 도로설계 요소를 측량계획평면도, 수치지형모형(DTM; Digital Terrain Model), 도로 경사 및 기본 횡단면 구조 등으로 정의하고 있다.

4) JHDM (Japan Highway Data Model)

JHDM은 일본에서 2001년부터 개발된 자체 도로 형상정보 참조모델이다. 도로 뿐만 아니라 교량, 터널 및 포장 등 다양한 토목시설을 포함하고 있으며, 각 기하표현을 위한 Class그룹들이 상호 참조된다. JHDM의 각 클래스는 UML(Unified Markup Language)로 표현하고 있으며, 스키마 구조는 XML로 표현한다. JHDM의 하위 구조에는 Earthwork, Steel Superstructure, PC/RC Superstructure, Tunnel 및 Pavement를 포함한다. Pavement 객체의 형상은 기본적으로 단면의 통합을 통해 표현된다. 여기서 Pavement는 구조물로 정의하고 있으며, 재료적 성질의 속성 표현을 통해 Instance를 정의한다. JHDM에서 도로 형상은 Alignment, Cross_Section 등의 클래스와 Component of Road 클래스로 분류된다. 여기에는 Ramp, Pavement 및 Earthwork Structure를 참조하

고 있으며, Earthwork Structure에는 Retaining Wall, Culvert 등의 구조물 형상이 연계된다.

4. 도로분야 IFC 확장 및 표준화 추진 현황

1) 인프라 분야의 IFC 표준화 동향

2005년 도로분야 IFC (IFC-ROAD)는 IFC BRIDGE & ROAD workshop에서 처음으로 제안되었다. OKSTRA와 IFC를 기반으로 제시된 IFC set 개발을 추진하였지만, 이에 대한 결과가 제시되지 않았으며, 현재 개발이 종료된 상태다.

국내의 경우 연세대학교에서는 2009년 IFC 2*4 Beta1 기반으로 Steel Box 교량의 정보모델(그림 3)과 NATM 터널을 대상으로 정보모델을 확장한 사례가 있다.

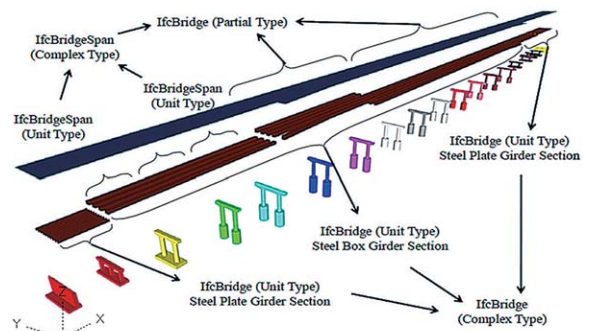


그림 3. 교량분야 IFC구조 확장 예 (Kim 2009)

해외의 경우 bSI France Chapter는 사장교 형식의 Milau Bridge를 IFC 2x Edition 4를 기반으로 형상 정보모델을 확장하여 IFC-Bridge V2 Data Model V2 R8(2008)을 개발하였다.

이는 현재 IFC4기반으로 교량의 공통 형상정보를 개발하기 위한 기초 모델로 활용되며, 2012년 bSI에 신규 프로젝트로 제안되어 개발이 진행 중이다. 터널의 경우 일본(2007)과 독일(2013)에서 TBM Shield Tunnel을 대상으로 IFC기반의 정보모델을 확장한 바 있다. 이와 같이 기존 토목분야의 IFC개발은 주로 교량과 터널의 Product를 대상으로 정보모델을 구성하였다. 이들은 주로 도로 모델과 연관되며, 선형을 통해 상호 연계 및 참조될 수 있다. 즉 선형 모델을 통해 구조물의 배치 및 설계기준을 결정할 수 있다. 이러한 측면에서 도로 선형모델을 토목 시설의 형상정보모델 개발을 위해 우선적으로 고려되어야 할 객체이다.

2) 도로 IFC-Alignment 모델 개발

2013년 독일의 Technische Universitat Munchen에서 도로 선형 모델의 기하정보 표현에 대한 IFC 확장모델을 제안한 바 있다. 제안된 도로 선형 IFC 모델을 국제 표준으로 가져가기 위해 2013년 9월 bSI의 OpenINFRA에 신규 프로젝트로 추진하기로 하였다. 도로의 선형은 직선, 원곡선 및 크로소이드 곡선으로 구성된 평면, 종단선형으로 구분된다. 그러나 크로소이드 곡선의 경우 신규 Entity로의 확장이 필요하다. 이를 위해 독일은 크로소이드 곡선의 IFC기반 Geometry 표현 방법과 직선 및 곡선 형상과 연동되도록 구성하였다. 즉 곡선 구간의 PI (Point of Intersection) 점을 기준으로 선형 기하를 변경할 수 있도록 하였다. 기존의 선형은 2D기반의 평면 및 종단선형 객체로 분리하여 표현하였다. 그러나 3차원 환경에서는 단일의 선형모델로 평면 및 종단선형을 동시에 표현할 수 있다.

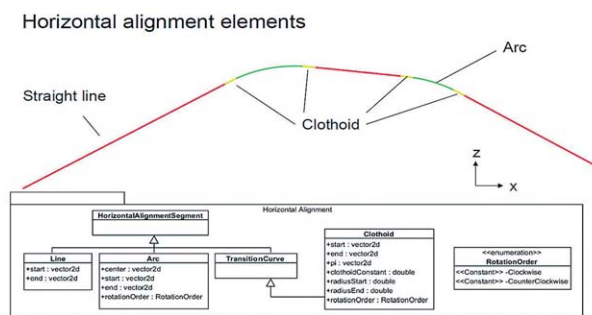


그림 4. 독일에서 제안한 IFC-Alignment 표현

2) V-Con 프로젝트에 의한 IFC-Road 개발

V-Con 프로젝트는 Dutch Agency of the Ministry of Infrastructure & the Environment (Rijkswaterstaat)에 의해 주도로 도로분야의 형상 표준 개발과 BIM 체계 구축을 위해 2012년 10월 착수된 EU 협업 프로그램이며, 2016년 10월 완료될 예정이다. 현재 BIM 환경에서 부족한 토목 분야의 표준화된 정보교환 및 공유를 목적으로 국제적인 개방형 정보 표준을 개발한다.

본 프로젝트는 5개의 Work Package (WP1~WP5)로 구성된다. 여기서 WP3가 Standardization 개발 항목으로 도로에 대한 정보 구조와 IFC를 확장하고 고속도로에 대한 국가차원의 객체 라이브러리를 개발하는 것을 목표로 한다. 이를 통해 도로 정보교환 표준(안)과 도로 객체라이브러리(안)를 도출한다. 이와 관련하여 2013년 10월 bSI 뮌헨 회의에서 관련 추진 현황이 발표된 바 있다. 이는 도로분야 IFC 개발을 위한 IFC-Bridge 개발도 포함하고 있다. 특히 도로의 선형 모델 개발을 위해 주요 기하요소를 정의하여 위계를 구성하고 있다. 확장되는 도로 Entity는 CityGML의 교통 객체와 매핑되도록 개발하고 있다. 도로의 구조요소에 대해서는 Profile 정의를 통해 표현되도록 하며, 이는 Reference Curve인 Alignment모델을 통해 배치되도록 하였다.

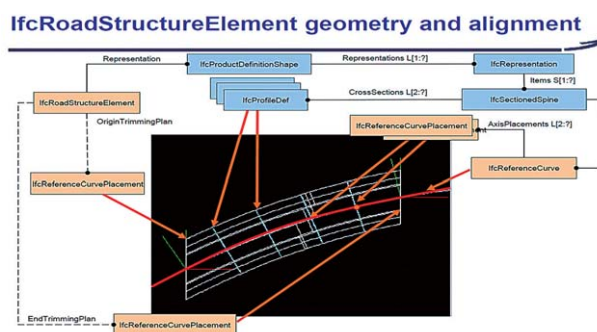


그림 5. V-Con 프로젝트에서 제안된 도로 구조요소와 선형의 EXPRESS-G 모델링

5. 한국의 도로분야 IFC 개발 현황

한국에서는 한국건설기술연구원을 중심으로 도로분야 IFC 확장에 있어 국제적으로 기술 확보와 선점을 위해 2012년부터 bSI Korea Chapter를 대표하여 bSI의 OpenINFRA에 Steering Committee 멤버로 주도적으로 참여하고 있다. 2012년 10월 Tokyo를 시작으로 2013년 3월

Boston 및 10월 Munich 회의에 참석하여 한국에서 진행 중인 Road-IFC 개발 현황을 설명하고 국제 표준화 협력방안을 추진하고 있다. 뮌헨 회의에서는 현재 도로분야의 구조물 요소의 IFC 스키마 확장(안)에 대한 소개와 향후 표준화 추진전략을 설명한 바 있다.

한국에서 개발하는 도로분야 IFC는 국제표준으로 확장하는 것을 목표로 하고 2014년까지 IFC4를 기반으로 한 Road-IFC(안)을 개발할 예정이다. 본 Road-IFC의 개발은 우선적으로 국도를 대상으로 하며, 실시설계 관점에서 기존의 2D기반 도면납품체계를 3차원으로 전환하여 3D, 4D 및 5D 데이터의 새로운 납품표준으로 활용하기 위한 목적으로 개발되고 있다. 이를 위해 도로를 중심으로 상기에 언급된 다양한 도로분야 해외 정보모델을 참조하여 국제 표준화를 지향하기 위한 노력을 기울이고 있다.

그림 6은 한국에서 개발 중인 Road-IFC 스키마의 구축 절차를 나타낸 것이다. 개발되는 Road-IFC는 도로의 주요 위계를 결정하기 위해 도로사업 공통 WBS와 IFC의 기본적 Core 구조를 분석하여 유사한 위계구조를 갖도록 구성한다. 공간과 물리적 시설 및 부재는 선형성 및 지형공간을 갖도록 토목용으로 정의하고, 포장 및 부대공은 시설 공통으로 구성할 예정이다. 도로배수의 경우 기존 건축 배수관련 스키마의 재활용 여부를 검토하여 확장할 계획이다. 특히 부품부재나 재료의 경우 기존 건축의 그것들을 그대로 준용할 것이나 도로 신규 요소가 있을 경우 추가적으로 확장할 계획이다. 특히 Road-IFC 스키마의 Entity를 정의하기 위해 형상 참조

기준으로는 도로설계편람, 도로설계기준, 도면 및 도로분야 참조 정보모델을 활용한다. 1차적으로는 도로 요소의 기하형상과 객체 식별 관점에서 확장을 추진하고 위계가 완성될 경우 Entity간의 관계(Relationship), Function 및 Pset의 구성을 검토할 것이다. 또한 Road-IFC(안)의 완성을 위해 관련 국내의 전문가 및 소프트웨어를 통해 검증한 후 기본적인 IFC4 Architecture 구조를 완성하여 Road-IFC Schema V1.0을 발간할 것이다.

6. 결론 및 도로분야 정보모델 표준 개발 전략

본 고에서는 도로분야를 중심으로 개발된 해외의 다양한 참조 정보모델을 검토하고 이를 기반으로 개발된 도로분야 IFC 개발 사례와 표준화 구축체계를 확인하였다. 지금까지 국내에서는 2D도면표준만을 활용하고 있고 국내의 도로분야 설계특성을 반영한 자체 3D형상표준의 구축이 미흡하였다. 이로 인해 기존의 설계 소프트웨어에서 탑재된 관련 참조 정보모델 표준을 활용하고 있으나 국내의 도로설계 특성을 반영하고 있지 못하여 상세설계 수준에서의 3D 설계정보 활용은 한계를 갖는다. 본 고에서 제시된 도로분야 참조 정보모델은 도로 Product의 형상 표현관점에서 기하요소의 구현에 중점을 두고 있으며, 각 나라의 고유한 설계 특성에 맞도록 자체 표준을 구축하고 있어 공통된 표준을 통해 3D 모델의 상호 운용성을 확보하는데 제약을 갖는다.

도로 선형은 교량과 터널을 포함하여 수평적 공간 및 시설

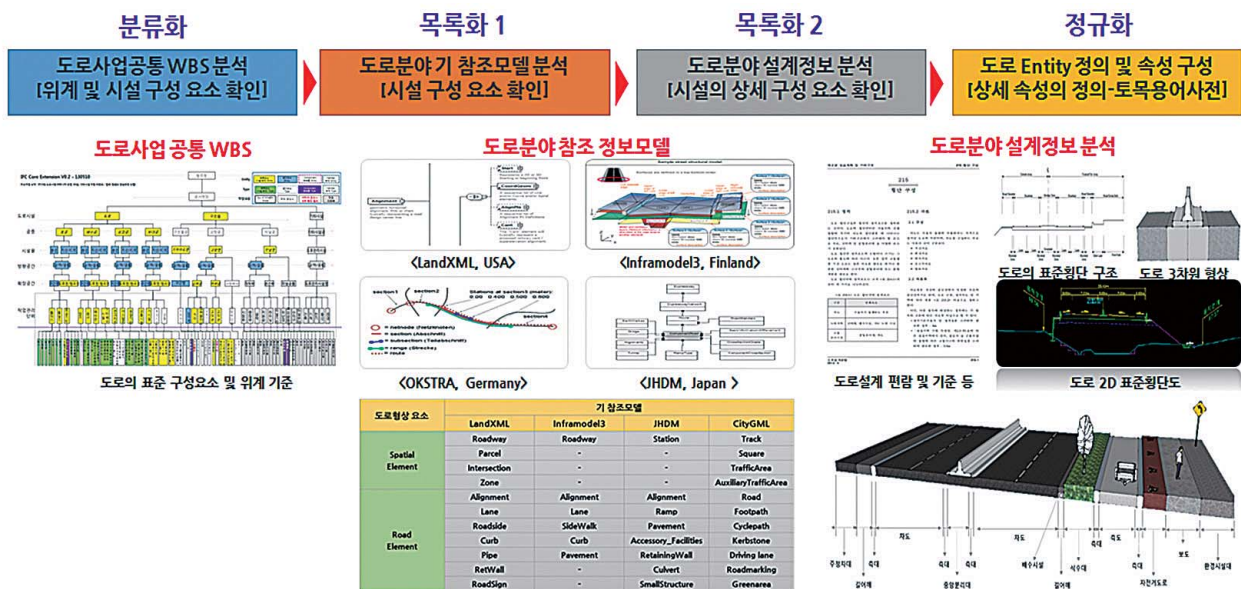


그림 6. 한국의 Road-IFC 스키마 개발 절차 (한국건설기술연구원 2014)

관점에서 기본적으로 참조하여 설계되기 때문에 우선적으로 개발되어야 할 것이다. 이는 현재 독일에서 bSI에 신규 프로젝트로 정식 제안하여 2014년에 진행 중에 있다. 본 연구팀도 선형의 확장을 우선적으로 고려해야 하나 현재 개발 중인 Alignment의 국제 표준화 진행 상황에 따라 수용여부를 결정할 계획이다. 현재 IFC4는 이미 ISO 16739표준으로 등록되었기 때문에 확장안의 표준화 추진을 위해서는 ISO 표준으로 직접 추진할 수 없으므로 bSI 국제회의의 참여를 통해 발언권을 확대하고 패스트트랙 형태로 추진하여 Road-IFC 표준화에 주도적인 역할을 해야 할 것이다.

2013년 10월 bSI 뮌헨 회의에서는 본 확장 안에 대한 제안발표를 통해 Korea Chapter를 대표하여 향후 도로분야 IFC 개발을 위한 주요 프로젝트로 참여하여 진행될 수 있도록 ITM회의에서 그 인식을 공유하였다. 한국에서 개발되는 Road-IFC의 확장안은 bSI의 OpenINFRA로의 지속적 참여를 통해 국제 표준 모델로 반영될 수 있도록 노력할 계획이다. 또한 단일 추진이 아닌 관련 유사 프로젝트를 진행하는 일부를 포함한 타 국가와의 공동협력이 필수적이므로 이를 추진할 예정이다.

2014년에는 3월 10월 스웨덴과 캐나다에서 각각 bSI회의가 개최될 예정이다. 금번 3월 Infraroom회의를 통해 현재 추진 중인 IFC-Alignment모델의 개발 현황을 확인할 수 있으며, 본 연구팀이 개발하는 Road-IFC가 bSI의 신규 프로젝트로 추진될 수 있도록 제안서의 제출과 승인을 얻을 계획이다.

향후 도로분야의 IFC가 표준으로 확장되면 철도, 항만, 하천 및 댐 등과 타 시설에 대한 IFC 스키마의 국제 표준화도 추진이 요구되며, 다양한 Usecase 개발을 통해 IFC의 실무적 확장성을 확보해야 할 것이다.

(본 고는 한국건설기술연구원에서 수행중인 “(14주요-임무) Infra BIM 정보모델 표준 및 검증 기술 개발” 연구의 지원에 의해 수행되었습니다.)

문현석 e-mail : hsmoon@kict.re.kr

참고문헌

1) LandXML, <http://www.landxml.org>, 2013
 2) Inframodel, <http://cic.vtt.fi/inframodel>, 2013

3) OKSTRA, <http://www.okstra.de>, 2013
 4) JHDM, <http://www.jhdm.or.jp>, 2013
 5) V-Con Project, <http://www.rws.nl/v-con>, 2014
 6) 박재남, “NATM공법이 적용된 터널 구조물의 IFC기반 정보모델 구축”, 연세대학교 석사학위 논문, 2007
 7) Kim B. G. (2009), “Integration of a 3D Bridge Model and Structured Information of Engineering Documents”, Ph.D Dissertation, Yonsei University
 8) buildingSMART, <http://www.buildingsmart-tech.org>, 2013
 9) Rebolj D., Tibaut A., Cus-Babic N., Magdic A., and Podbreznik P. (2008), “Development and application of a road product model”, Automation in Construction, 13, pp. 719-728