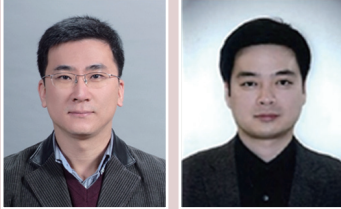


## 도로분야 BIM 형상 표준 검증도구 개발

KICEM



문현석 한국건설기술연구원 ICT융합연구소, 수석연구원  
조근하 한국건설기술연구원 ICT융합연구소, 연구원

### 1. 개요

최근 BIM 기술의 확대 도입에 따라 건설산업에서는 3차원 건설정보의 소프트웨어간 데이터 교환 즉 상호호환성 확보를 위해 국제적인 공통 표준 포맷인 IFC (ISO16739) 표준을 활용하고 있다. 이는 현재 건축산업에 한정되어 적용되고 있고 토목분야의 경우는 연구차원의 표준 개발에만 중점을 두고 있다. 주로 국가별 자체 표준 개발(LandXML, Inframodel3, OKSTRA 및 JHDM 등)에만 집중하여 왔으나, 건축분야의 BIM 효과 확산에 따라 토목분야에서도 이를 개발하기 시작하였다. 이러한 노력의 일환으로 국내에서는 2009년 IFC2x4 Beta1을 기반으로 SteelBox 교량 및 NATM 터널을 대상으로 IFC를 개발(연세대학교)한 바 있다. 해외에서는 2008년 bSI France Chapter를 주축으로 사장교(Milau Bridge)에 대한 IFC-Bridge V2 Data Model R8을 개발하였다. 이외에도 일본(2007) 및 독일(2013)에서 NATM 및 TBM 터널에 대한 IFC 포맷을 개발한 바 있다. 그러나 이들 포맷은 개별 특정 형식의 구조물에 대해서만 적용 가능하여 다양한 형태를 포함하는 토목시설의 특성상 공통된 표준 형상을 정의하기 어려웠다.

도로의 경우 국제적으로 선형, 코리더, 토공 등의 형상을 정의하기 위한 표준개발 노력이 그동안 진행되지 않아 본 연구팀이 2012년부터 IFC4를 기반으로 하는 IfcRoad 포맷을 개발하여 왔다. 이러한 포맷의 개발을 통해 현재 buildingSMART에 지속적으로 참여함으로써 국제 표준화를 진행하고 있으며, 현재 bSI PAS로 등록을 추진하고 있다.

연구팀이 개발하는 도로분야의 IFC 포맷은 1차적으로 국제 공통의 도로분야 BIM 표준을 개발하는 것과 함께 국내의 3차원 납품표준 포맷으로 활용할 목적으로 개발되었다. 이러한 과정

에 필요한 형상, 속성, 프로세스 등의 공통 항목을 정의하였으며, 다수의 국제 IFC 전문가의 검증을 거쳐 2015년 말 최종 IFC4 기반의 IfcRoad 포맷 개발을 완료하였다.

본 고에서는 개발된 IfcRoad 포맷으로의 작성, 변환, 검토를 수행하기 위해 특화된 도구가 필요하므로 상용 S/W에서 운용 가능한 Add-in을 개발하였으며, 실제 프로젝트 모델을 대상으로 개발된 IFC 포맷으로 변환 및 정보 교환의 기술적 타당성 검토를 수행하였다.

### 2. BIM 설계 S/W의 IFC 변환 처리 고려사항

대부분의 BIM 저작도구는 자체적으로 구조물 구성요소의 타입별로 IFC 엔티티를 정의한 매핑 테이블을 내장하고 있다. IFC 변환 처리는 이와 같은 매핑 테이블에 의해 IFC로 변환되는데 위계 구조를 표현하는 방식에 있어 일반적으로 빌딩 구조물에 특화된 빌딩, 층, 공간, Zone 등의 위계 구조로 출력된다. 이러한 공간요소의 구분에 따라 물리적 구성 요소와의 위계구조를 IFC로 표현하는데 큰 문제점은 없다. 그러나 도로분야 IFC의 경우 bSI에서 개발한 IfcAlignment를 포함한 보다 복잡한 위계 구조를 표현해야 하며, 카테고리별 기준으로 하는 기존 상용 툴의 매핑 방식에 제약사항이 있다. 토목 시설 요소는 상용 설계 S/W에 보유하고 있는 일반모델을 대상으로 매핑의 용이성을 확보하기 위해 패밀리 인스턴스별로 IFC 엔티티와 매핑하기 위한 인터페이스 모듈을 개발하여 보다 효과적으로 매핑 관계를 정의할 수 있도록 하였다. 또한 도로의 복잡한 공간위계를 정의할 수 있도록 별도의 공간 위계 구성 인터페이스를 구현하였다.

### 3. 도로분야 BIM 형상 표준 변환 도구 개발

#### 1) 공통변환 구성 체계

본 연구에서 구현한 구조물 모델 변환기 모듈은 크게 사용자 인터페이스 모듈과 사용자가 Revit 및 Civil3D를 이용하여 작성한 구조물 설계 데이터를 추출하는 모듈로 구성되어 있다. 사용자 인터페이스는 BIM 설계 S/W 내에서 Docking UI 구현을 위해 WPF를 이용하여 개발되었고, Revit 및 Civil 3D의 모델 체계를 나타내는 트리 구조와 트리 구조를 선택했을 때 나타나는 속성에 대한 데이터 테이블 등으로 구성되어 있다. 또한 형상 변환의 핵심인 본 연구에서 개발한 Infra IFC 엔진과 .NET 프레임워크를 기본적으로 사용하였다. 사용자 인터페이스의 내부 코드에서는 데이터 테이블과 연동되는 Mapping XML 데이터를 생성하며, 최종적으로 Mapping XML에 저장된 데이터는 Infra IFC 엔진을 통해 \*.ifc 파일로 변환되는 과정을 거친다. 여기서 교량이나 터널 등 구조물의 경우는 Autodesk Revit, 도로, 선형 및 토공의 경우 Autodesk Civil 3D 용 Add-in을 개발하였다.

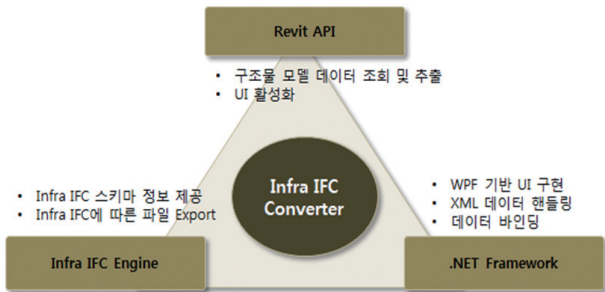


그림 1. 구조물 모델 변환기의 개발 환경

IFC 파일의 변환시 서로 다른 설계 S/W에서 작성되어 변환된 최종 \*.ifc파일은 개발된 Viewer를 통해 병합할 수 있다. 그림 1은 Revit의 개발체계만을 표현하고 있으나 Civil 3D와의 큰 차이는 도로, 토공의 형상 변환을 위해 Revit API가 아닌 Civil 3D API를 활용한 것이다. 이를 통해 도로의 각 세부 Assembly에 대한 도로 모델 데이터 조회 및 추출을 가능하도록 하였다.

#### 2) 교량, 터널 등 구조물 형상 변환기 주요 기능 및 처리 방식

구조물 모델 변환기는 공간적 구성요소와 물리적 구성요소인 Spatial Element와 Physical Element를 별도의 인터페이스로 구성하였다. 사용자 측면에서 확인할 수 있는 변환기의 주요 기능은 프로젝트 정보 입력, 매핑 테이블 구축, 공간적 구성 요소

정보 입력, 물리적 구성 요소 정보 입력 및 Pre-Checking을 통해 출력 기능을 수행할 수 있다. 그림 2는 교량 구조물의 매핑 처리를 위한 대표 화면을 나타낸 것이다.

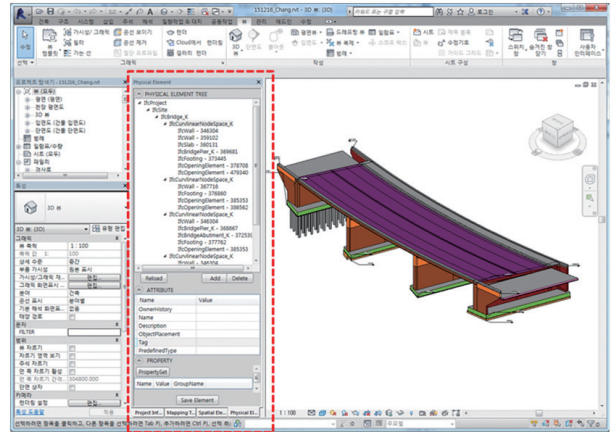


그림 2. 교량의 공간-물리 형상 매핑 인터페이스

토목 구조물의 형상 변환 처리를 위한 시나리오는 다음과 같다. 사용자는 먼저 Revit을 실행하고 구조물 모델을 구축하거나 이미 구축된 모델을 불러온 후 Revit 상에서 변환기를 실행시킨다. 이후 변환기 프로그램에 의해 모델의 정보를 추출하여 각 사용자 인터페이스를 초기화하여 사용자에게 제공하게 되는데, Revit에서 제공하는 패밀리 인스턴스 단위로 추출된 테이블 상에서 매핑 엔티티를 설정하게 되며, Civil 3D와는 달리 공간 구성체계를 사용자 정의에 의해 수행할 수 있도록 하였다. 이후 사용자는 각 사용자 인터페이스의 기능을 이용하여 IFC에 추가로 내보낼 데이터(Pset or Qset 등)를 추가한 후 Pre-checking을 수행한다. 이후 Pset 또는 Qset 등의 데이터가 없거나 proxy 요소의 경우 리스트 형태로 사용자에게 보고하고, 사용자 검토 후 최종 IFC 파일을 Export하게 된다.

#### 3) 도로선형 및 코리더의 형상 변환기 주요 기능 및 처리 방식

도로 모델 변환기는 Revit과 달리 공간적/물리적 구성요소의 위상체계를 자동으로 추출할 수 있다. 따라서 Spatial Element와 Physical Element를 별도의 인터페이스로 구현하지 않고 하나의 인터페이스에서 처리할 수 있도록 구성하였다. 다만, Civil 3D에서는 선형정보를 추가로 포함할 수 있으므로, 이에 대한 데이터 확인용으로 Alignment 인터페이스를 추가하였다. 이를 위해 본 연구팀이 개발한 2015년 bSI에서 개발한 IfcRoad 스키마 뿐만 아니라 이를 공간적으로 정의 및 구분하는

IfcAlignment V1.0을 스키마에 통합하여 반영하였다. 사용자 측면에서 확인할 수 있는 변환기의 주요 기능은 Revit 모듈에서 구현한 기능과 거의 유사하나 Alignment 데이터 구조에 따른 기하형상 정보 테이블을 생성하는 방식을 공간 구조를 정의하는 특화 방식으로 개발하였다.

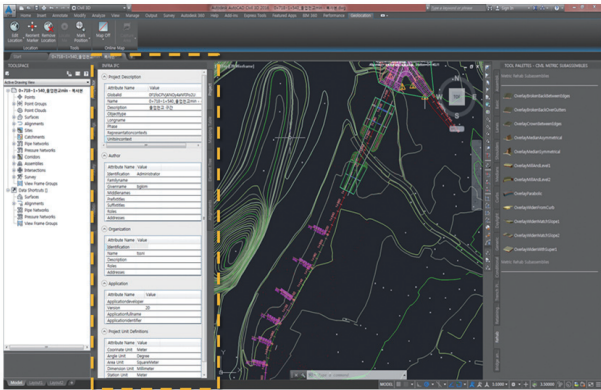


그림 3. 도로시설의 공간-물리 형상 매핑 인터페이스

도로선형, 코리더 및 토공의 형상 변환 처리를 위한 시나리오는 Revit에서 수행하는 구조물 형상변환 절차와 동일하다.

이러한 과정에서 도로시설의 공간 및 물리적 요소의 계층구조 설정 방식은 Civil 3D 상에서 표현되는 도로 모델의 객체 구성 체계와 그에 따라 상호 연결이 가능한 Infra IFC 엔티티 요소의 매핑관계에 따라 정의된다(그림 4).

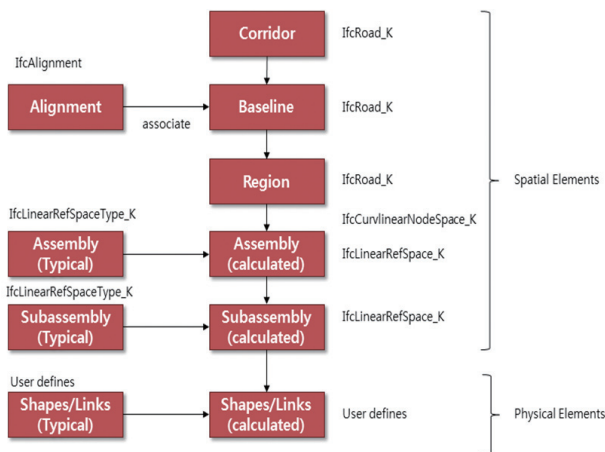


그림 4. Civil3D 도로 모델 구성 체계 및 IFC 매핑

도로 모델의 최상위 객체인 Corridor는 그림 4에 나타난 바와 같이 Alignment로 정의되는 도로 선형을 참조하는 Baseline을 가진다. Region은 참조된 선형 중 해당 도로 모델이 차지하는 시작점(Station)과 끝점(Station)에 대한 선형 참조 정보를 가지

고, 해당 Region 내에 적용될 횡단 구성 요소 (Assembly) Type 과 횡단 구성 요소를 배치할 간격에 대한 정보를 가진다.

Assembly와 Subassembly는 그 자체가 어떠한 형상을 가지기 보다는 도로 횡단에 관한 공간을 구분하는 정보로서 포장층, 측구, 사면과 같은 요소들의 형상을 정의하는 Shape과 Link 및 Point에 대한 코드정보를 가진다. 이후 Civil 3D 상에서 Corridor Build 명령을 수행하면 횡단 구성 요소 Type을 참조하여 실제 계산된 도로 구성요소를 생성한다. 본 과업에서는 포장층, 측구, 사면과 같은 요소들은 Shape과 Link로 표현되는 객체는 물리적 구성요소로 매핑하고, 이들의 상위 객체들은 모두 공간 객체로 구분하였다.

이러한 매핑 메커니즘을 통해 Civil3D에서 표현되는 도로 모델의 형상은 그림 5와 같다.

Civil 3D에서 작성하는 도로 모델의 실제 형상은 두 가지로서 구성요소가 선형을 따라 표현된 3D Surface 형상과 각 지점 내에서 구성 요소에 대한 단면 또는 선형으로 표현된다. 예를 들어 그림 5에서 도로 선형을 따라 형성된 포장 표면은 두 지점 간의 동일한 Link 요소의 Point 구성요소가 연결된 3D Surface 요소로 구현된 것이며, 각 지점별 단면에서 측구의 경우 2D 단면요소(Shape)로 사면의 경우 선형요소(Link)로 각각 정의된 것이다.

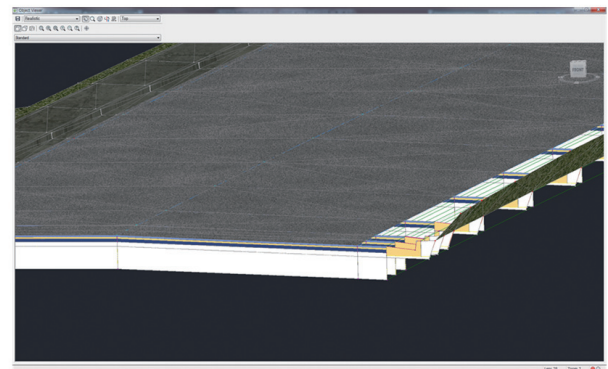


그림 5. Civil 3D의 도로 모델에 대한 형상 표현(예)

#### 4) 속성 처리 방식

기본 적으로 각 속성 값들의 처리 프로세스는 Revit 변환기와 동일하다. 다만 자동으로 프로그램에서 관리되는 속성 값을 추출하는 대상 요소가 다르다. Revit의 경우 물리적 요소에 대하여 Revit 패밀리와 인스턴스에 할당된 속성정보를 추출하였다. 그러나 Civil 3D에서는 XData를 사용하지 않는 경우 Subassembly에서만 파라미터에 대한 데이터 값들이 정의될 수 있다. 한편 Alignment에 설계 검토를 위한 기점별 데이터를 별



도로 관리하도록 되어 있다. 이러한 내용들은 Pset을 활용하여 설계 IFC로 출력될 수 있도록 하였다.

#### 4) 변환 처리과정에서의 Pre-Checking

Pre-check를 하기 위한 사전 조건은 Spatial Element 및 Physical Element가 생성되어야 하며, 각각 Attribute 및 Property Set Value 등이 입력되어야 한다. 모든 과정이 완료 되면 저장공간 할당, 공간 및 물리요소 정보입력, 문서내의 모든 요소정보 확인, 입력된 요소정보와 문서 내 요소정보 비교하여 사용자가 입력한 요소정보와 문서 내 공간적, 물리적 정보를 포함한 모든 요소의 정보를 비교하여 누락된 경우와 Attribute 값이 없는 경우, Property Set 값이 없는 경우를 선별하여 사용자의 최종 검토를 확인한다.

### 4. 도로 BIM 형상 표준의 시각화 Viewer 개발

본 장에서는 토목 구조물 형상 모델과 도로, 선형 및 토공 형상 모델의 인프라 BIM 표준 변환기를 통해 추출된 Infra BIM 표준 검수를 위해 Infra BIM Viewer를 개발하였다. 주요 기능으로는 출력된 Infra IFC 파일의 시각적 가시화 (IfcAlignment 포함), Section View 및 제원 검토, 시뮬레이션 등의 형상검토 기능, 공사일정 및 공사비 검토 기능을 개발하였다. 그림 6은 연구팀에서 개발한 Infra IFC Viewer를 나타낸 것이다.

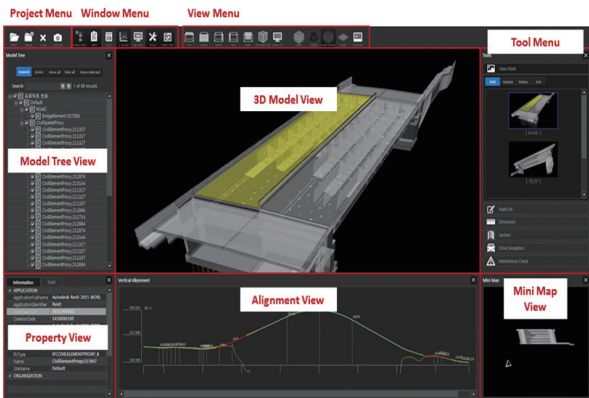


그림 6. Infra IFC Viewer 화면 구성

출력된 단일 또는 다수의 IFC 파일을 본 Viewer를 통해 Import 하면 BIM 설계 S/W에서 매핑시 구성한 공간-물리적 형상의 위계에 따라 설정된 구조를 확인할 수 있으며, 하단의 Property View에서는 입력된 Pset 및 Qset 속성과 기본 IFC 속성을 한번에 검토할 수 있다. 특히 타 BIM Viewer와는 달리

Alignment를 포함하므로 중단선형이 시각화되고 시점별로 선형정보를 검토할 수 있다. 또한 이에 따른 시뮬레이션 구성을 통해 도로의 선형의 시각화 확인이 가능하다.

### 5. 결론

본 고에서는 토목시설 즉 도로, 교량, 터널, 토공, 부대 및 배수 등에 대해 통합된 BIM 활용을 지원하기 위해 Infra IFC 포맷을 개발하고 이의 작성, 변환 및 검토를 위한 상용 BIM 설계 S/W를 기반으로 형상 변환 및 시각화 도구를 국내의 최초로 개발하였다. 이를 국내의 BIM 표준 도입과 함께 3차원 납품 포맷의 변환 및 검증을 지원할 수 있다. 최근 연구팀은 국토교통부와 함께 BIM 표준으로의 납품 및 실무 도입을 확산하기 위해 발주자 BIM 가이드라인 개발하고 있다. 본 도구의 활용은 BIM 데이터 작성, 활용 및 납품 가이드에 핵심 내용으로 포함될 것이다. 현재 국내에서 도로분야 BIM 표준의 개발로 하천, 철도 및 항만 등에서도 이의 도입을 위한 연구가 수행중이거나 신규 과제 공고 예정에 있다. 향후 개발된 도구 들은 타 시설의 표준 개발을 지원할 수 있을 뿐만 아니라 국가 공통의 표준화된 변환 및 시각화 검토를 위한 핵심도구로 활용될 수 있을 것이다. 또한 도로분야 BIM 형상 표준이 국제표준으로 인정되면 개발도구의 범용성이 좀 더 확대될 수 있다.

(본 고는 한국건설기술연구원에서 수행중인 “(16주요-임무) Infra BIM 정보모델 표준 및 검증 기술 개발” 연구의 지원에 의해 수행되었습니다.)

### 참고문헌

1) buildingSMART, <http://www.buildingSMART.org>, 2014

■ 문헌석 E-mail : hsmoon@kict.re.kr