

하천시설 BIM 표현을 위한 IFC 스키마 구성요소 도출 및 검증방안

원지선[°], 신재영^{*}, 문현석^{*}, 주기범^{*}

Extraction and Verification Method of IFC Schema Elements to Represent BIM for River Facility

Jisun Won[°], Jaeyoung Shin^{*}, Hyoun-Seok Moon^{*}, Ki-Beom Ju^{*}

요약

BIM 기술이 건설 ICT의 핵심기술로 부각됨에 따라 국가차원의 BIM 데이터 표준 제시의 중요성이 높아지고 있다. 현재 국내외 업계에서는 BIM 데이터 포맷과 관련한 국제표준으로 bSI(buildSMART International)의 IFC(Industry Foundation Classes) 스키마를 활용하고 있다. 본 논문은 국내 하천사업의 BIM 발주를 대비하고 실무에서 활용가능한 수준의 BIM 데이터 표준을 제시하기 위해 하천시설을 대상으로 IFC 스키마를 확장 개발하고자 하며, 그 중 스키마 구성요소를 도출하고 이를 검증하는 방안을 제시하고자 한다. 이를 위해 다음과 같은 절차로 연구를 수행하였다. 첫째, 하천설계기준, 표준도, 하천설계 소프트웨어, 국외 하천 데이터 모델 등 다양한 실무 자료를 분석하여 구성요소를 추출하고 이를 일정한 분류기준으로 정리하여 목록화하였다. 둘째, 같은 분석자료 내에서 중복되는 구성요소를 제거하고, 분석자료간 비교를 통해 동일 항목간 다른 용어, 다른 위계를 조정하여 목록을 정규화하였다. 셋째, 공통으로 도출한 구성요소와 유형 목록을 대상으로 실무사례자료와 매핑하여 스키마의 실무 활용성을 검증하였다. 향후 본 논문에서 제시한 검증방안에 따라 하천시설 구성요소를 보완하여 실무 활용수준을 높여갈 계획이다.

Key Words : BIM(Building Information Modeling), IFC(Industry Foundation Classes) Schema, Product Data Modeling, River Facility

ABSTRACT

As BIM becomes a core technology of ICT in construction, the development of BIM data standards is important at the national level. Currently, industries use IFC schema as an international standard of BIM data format. In this paper, we extended the IFC schema for river facility in order to prepare the BIM project for river and to present BIM data standards that can be used in practice. And we propose a method to derive elements during the whole schema development phase and verify it. For this purpose, the research was carried out as follows. First, we analyzed various practical data and extracted the elements and listed them by the specific classification criteria. Second, the duplicated extracted elements are removed from the same analysis data, and the list is normalized by comparing different terms and other hierarchies among the same items

※ 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었습니다. (과제번호 18SCIP-C121389-03)

•° First and Corresponding Author : (ORCID:0000-0002-3690-8470)Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, wonjisun@kict.re.kr, 정희원

* Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, jaeyoungshin@kict.re.kr, hsmoon@kict.re.kr, kbju@kict.re.kr, 정희원

논문번호 : 201901-405-C-RU, Received January 4, 2019; Revised January 22, 2019; Accepted February 1, 2019

through comparison between analysis data. Third, the applicability of the schema was verified by mapping the common elements and type lists to the case studies data. In the future, we plan to improve the utilization level of the river facilities by complementing the elements of the river facilities according to the verification method presented in this paper.

I. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 국토교통부는 2025년까지 스마트 건설기술 활용기반을 구축하고, 2030년까지 건설자동화 완성을 목표로 스마트 건설기술 로드맵^[1]을 발표하였다. 스마트 건설기술이란, 전통적 건설 기술에 BIM (Building Information Modeling), 사물인터넷, 빅데이터, 드론 등 ICT를 융합한 기술을 의미한다. 로드맵에서는 BIM을 스마트 건설기술의 핵심으로 선정하고 시장 전반에 BIM이 확산될 수 있도록 턴키 사업과 500억 이상 도로사업에 의무화를 명시하고 있다.

국내 공공건설사업에 BIM 적용 활성화가 예상됨에 따라 BIM 데이터를 효율적으로 생산, 활용, 관리하기 위한 국가차원의 표준 제시가 필요한 시기이다. 현재 국내의 업계에서는 BIM 데이터 포맷 관련 국제 표준으로 bSI(buildSMART International)의 IFC (Industry Foundation Classes) 스키마를 활용하고 있다. IFC는 건설 소프트웨어간의 정보 교환을 위해, 시설정보를 일관된 데이터로 표현하면서 확장 가능한 정의도 할 수 있도록 개발된 스키마이다^[2]. IFC 초기 버전은 건축시설 중심의 스키마였으나, 토목시설에 대한 수용 요구가 커짐에 따라 도로와 교량, 철도 등으로 확장 개발되는 추세이다.

하천의 경우도 BIM 적용성 검토를 위해 네덜란드와알강 하천확장사업^[3]과 파나마 운하확장사업^[4], 경인 아라뱃길 사업과 낙동강 살리기 사업 등에서 시범적으로 간접검토, 시물레이션에 BIM 모델이 활용된 바 있다. 이는 대부분 시각적 활용 중심의 시도로 BIM 데이터 표준화 측면에서의 연구는 부족한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 국내 하천사업의 BIM 발주를 대비하고 실무에서 활용가능한 수준의 BIM 데이터 표준을 제시하기 위해 하천시설을 대상으로 IFC 스키마를 확장 개발하고자 하며, 그 중 스키마 구성요소를 도출하고 이를 검증하는 방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

IFC 스키마 확장 개발은 현행 IFC 스키마의 분석, 대상자료 분석, 구성요소 도출, 명세 항목 및 위계 정

의, 스키마 검증 및 보완, 명세서 작성 순으로 수행된다^[5]. 본 논문에서는 대상자료 분석과 구성요소 도출 단계를 중점적으로 다루고자 한다. 여기에서 구성요소란, 하천시설을 물리적으로 구별하는데 필요한 공간요소, 시설 및 부위 요소, 부재 및 부품 요소, 건설재료 등 자원 요소를 의미하며 각 요소별 유형도 포함한다. 본 연구에서 하천시설의 대상은 국가하천으로 하천법에서 정의한 시설범위에서 국가하천의 영역인 제방, 호안, 수제 등의 물질안정시설과 하구둑, 홍수조절지, 저수지, 저류지, 방수로, 배수펌프장, 보, 수문 등의 수위조절시설을 포함하였으며, 운항관련시설은 범위에서 제외하였다.

본 연구는 ‘작업분류체계를 활용한 하천분야 IFC 확장 개발방안^[6]’의 후속연구로 선행연구에서 선정한 개발범위와 하천 IFC 스키마의 확장 개발방법론을 기반으로 연구를 수행하였다. 선행연구에서는 하천 WBS(Work Breakdown Structure)를 활용한 개념수준의 하천분야 IFC 스키마 상위구조안을 제시하였으며, 본 연구에서는 제시된 상위구조 분류 하위에 확장될 세부 구성요소를 선정하는데 중점을 두고자 한다. 이는 국토교통부 지방국토관리청 하천사업에 적용 가능한 수준으로 제시되어야 하므로 하천설계기준, 하천공사설계실무요령 내 표준도, 하천설계 소프트웨어, 국외 하천 데이터 모델과 같은 다양한 실무자료를 분석 대상자료로 선정하였다.

이와 같은 개발관점과 범위를 바탕으로 다음과 같이 연구를 수행하였다. 첫째, 다양한 실무자료를 분석하여 구성요소를 추출하고 이를 목록화하였다. 추출된 구성요소간 비교를 위해서는 목록 구조가 동일해야 하므로 가로 항목인 시설분류는 하천 WBS에 따라, 세로 항목인 구성요소 분류는 IFC 스키마 상위구조인 Element 클래스 분류에 따라 정리하였다. 둘째, 동일 자료 내에서 중복 추출된 구성요소를 제거하고, 서로 다른 자료간 비교를 통해 다른 용어, 다른 위계를 조정하여 목록을 정규화하는 과정을 거쳤다. 셋째, 하천 시설 공통 구성요소 목록의 완성도를 높이고 실무 활용성을 확보하기 위해 검증 방안을 제시하였다. 본 연구의 성과인 하천시설 공통 구성요소 목록은 제시된 검증 방법을 통해 보완 후, 향후 IFC 스키마 명세 단

계에 활용될 것이다. 마지막으로 검증도구를 활용한 IFC 스키마 검증방안도 함께 제시하였다.

II. 하천시설 구성요소 도출을 위한 자료 분석

2.1 구성요소 분류기준 설정

IFC 스키마에 확장할 하천시설 공통 구성요소를 도출하기 위해서는 먼저 분석자료별로 담고 있는 하천시설 구성요소 목록의 작성이 필요하다. 분석대상인 하천설계기준, 하천공사설계실무요령 내 표준도, 하천설계 소프트웨어, 국외 하천 데이터 모델은 자료특성에 따라 다루는 하천시설의 범주가 다르므로 일관성 있는 항목 비교를 위해 하천시설의 분류기준으로 하천 WBS의 시설분류를 활용하였다. 하천 WBS는 목적물을 공간별, 부위별로 분류하고 시설물 완성에 필요한 세부공종과 내역을 결합시키는 정보 분류체계⁷⁾로 하천사업 전체시설을 포함하고 있으므로 시설분류기준으로 적합한 자료라 판단된다. 하천 WBS는 총 7레벨로 1레벨은 시설, 2레벨은 공종, 3레벨은 시설물, 4레벨은 방향공간, 5레벨은 확장공간, 6레벨은 작업관리, 7레벨은 세부 작업관리 항목으로 구성된다. 본 연구에서는 2레벨의 공종과 6레벨의 작업관리를 조합하여 그림 1과 같이 상위 시설분류와 세부 시설분류 기준을 구성하였다.

이때 현행 IFC 스키마에서 표현할 수 있는 건축, 설비, 도로, 교량, 터널과 같은 구성요소는 확장대상이 아니므로 시설분류 기준에서 배제하였다. 분석과정에서 상위 시설분류는 고정하되, 세부 시설분류는 없을 경우 추가하여 확장하도록 하였다.

본 연구에서 도출한 하천시설 구성요소가 IFC 스키마 명세에 활용되기 위해서는 구성요소를 세분화하여 IFC 스키마 관점에 맞게 구조화하는 과정이 필요

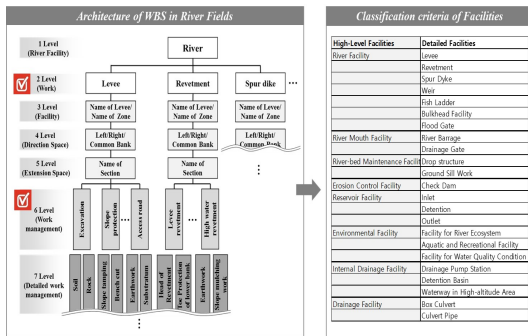


그림 1. 하천 WBS를 활용한 시설분류 기준
Fig. 1. Classification Criteria of Facilities using WBS

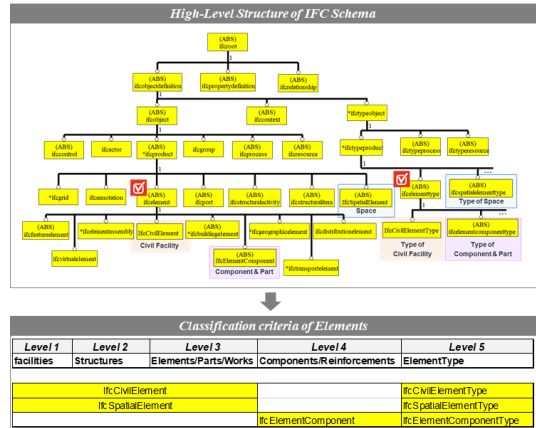


그림 2. IFC 상위구조를 활용한 구성요소분류 기준
Fig. 2. Classification Criteria of Elements using High-Level Structure of IFC Schema

하다. 따라서 구성요소를 IFC 스키마 상위구조인 Element 클래스 중 물리적 형상표현에 활용되는 시설요소와 부위/공종요소(IfcCivilElement), 부품/부재요소(IfcElementComponent), 요소별 유형(IfcElementType)을 선택하여 정리하였다.

2.2 하천분야 실무자료 분석

2.2.1 하천설계기준 분석

하천설계기준⁸⁾은 건설기술진흥법 44조에 의하여 국내의 하천 및 하천 관련 사업에 요구되는 설계기준으로, 사업 분야 부문에는 하천, 하천부속시설 및 하천 구조물의 조사, 계획, 설계 시 적용하는 기본적인 사항을 규정하고 있다. 본 기준에서는 하천 시설물을 이수시설물, 치수시설물, 기타시설물로 분류하고 세부 시설로 이수시설물 4종(보, 어도, 취수시설, 주운시설), 치수시설물 8종(제방, 호안, 수제, 하상 유지시설, 수문, 내수배제 및 수유출저감시설, 사망시설, 하구시설), 기타시설물 3종(수로터널, 여울과 소, 기타시설)으로 분류하고 있다. 이는 시설분류와 구성요소분류의 시설요소로 정의될 수 있으며, 시설요소의 유형은 구조, 기능, 형상, 재료, 용도 등의 특성에 따라 분류된다. 표 1은 제방, 호안 및 수제에 대한 유형 예시를 나타낸다.

하천설계기준은 하천시설물의 기하표현 정보와 제방의 제방법선, 호안의 호안법선 등과 같은 설계기준 정보 등을 제공하고 있다. 이는 설계 파라미터 및 재료 속성 도출에 유용하므로 향후 상세 속성 도출단계에 활용할 계획이다.

하천 시설물의 구성요소를 도출한 결과, 시설분류

표 1. 하천설계기준의 시설요소별 유형 예시
Table 1. Examples of River Structure Types in River Design Standard

Facility	Structures	Criteria	Type
River Facility	Levee	Function/ Structure	Main levee, Secondary levee, Circle levee, Cross dyke, Training levee, High water separation levee, Deversoir, Backward Bank, etc.
	Revetment	Function	Levee type, High-altitude area type, Low-altitude area type, Natural type
	Spur Dyke	Structure	Permeable spur, Impermeable spur, Combined type
Configuration		Horizontal type, Parallel type, Mixed type	

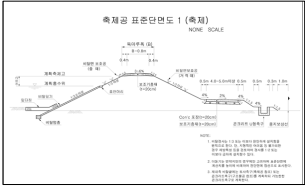
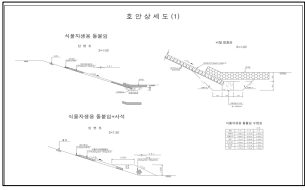
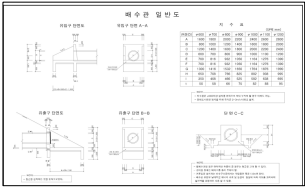
는 하천 WBS 기반 시설분류에 포함되지 않은 취수시설물이 추가로 도출되어 총 8개로 구분되었다. 시설분류를 기준으로 시설요소는 35개, 부위/공중요소와 부품/부재요소는 각각 104개, 48개가 도출되었으며, 요소별 유형은 29개로 정리되었다.

2.2.2 하천설계실무요령 내 표준도 분석

하천공사설계실무요령^[9]은 국토교통부에서 발간한 것으로, 국가기준인 하천설계기준의 하위 기술기준이다. 본 요령은 하천공사를 위한 설계도서 작성에 필요한 하천관련 사업의 조사, 계획 및 설계 관련 기술과 방법을 제시하고 있으며, 시설요소별 공중별 수량산출 방법 및 단가산출을 위한 표준품셈 기반 단가기준을 제시한다는 점이 특징이다. 이는 향후 수량산출 속성과 내역 속성 구성에 활용될 수 있을 것이다.

또한, 본 요령은 표 2와 같이 각 하천시설에 대한 대표적인 표준도면을 제공하고 있다. 표준도의 시설 범위는 크게 축제(제방), 호안, 구조물, 차수, 자연형 하천, 부대공의 7개로 구분된다. 본 연구에서는 해당 7개 상위 시설의 표준도에 포함된 시설, 횡단구성요소, 재료, 유형 등을 분석하였다. 표준도 내 구성요소를 정리한 결과, 시설분류는 5개, 시설요소는 20개, 부위/공중요소는 40개, 부품/부재요소는 88개, 요소별 유형은 64개가 도출되었다.

표 2. 하천공사설계실무요령의 시설요소별 표준도 예시
Table 2. Examples of Standard Drawings by River Structures in the Guideline for Design of River Conservation Works

Facility	Structures	Standard Drawings (Examples)
River Facility	Levee	
	Revetment	
	Structure	

2.2.3 하천설계 소프트웨어 분석



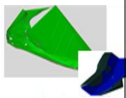

국내 업계에서는 하천 설계 시, 2D 해석과 단면 모델링을 중심으로한 2D 기반 소프트웨어가 주로 활용되고 있으나, 최근에는 3D 해석 및 시뮬레이션 해석 기능을 보유한 BIM 소프트웨어의 활용이 늘고 있다.

본 연구에서는 하천설계 소프트웨어를 분석하여 소프트웨어별 하천 설계 절차 및 방법을 확인하고 하천 시설의 구성요소를 도출하였다. 또한, 각 구성요소별 대표적인 해석 및 속성요소를 검토하였다. 하천 소프트웨어의 경우, 하천 횡단면 설계 파라미터 도출에 유용하며, 하천 범람 시뮬레이션 및 유역분석과 같은 하천 해석에 필요한 속성 도출에 강점을 보이는 것으로 파악되었다.

분석 대상 소프트웨어는 RDP^[10]와 River Project 2018^[11], Aquaterra by CGS^[12], SMS^[13]로 선정하였다. 분석 결과, 선형 및 토공 설계는 공통적으로 지원하고 있으며, 소프트웨어 특성에 따라 호안, 배수구조물, 수리구조물 등 구조물 설계를 지원하고 있는 것으로 확인되었다. 표 3은 2D 기반 하천설계 소프트웨어에서 도출된 구성요소의 일부를 표현한 것이다.

하천시설물 구성요소를 도출한 결과, 시설요소는 4개, 시설물/구조물은 8개, 부위/공중요소는 38개, 부품/

표 3. 2D 기반 하천설계 소프트웨어 구성요소 도출
Table 3. Derived Elements in 2D based River Design S/W

River Design S/W (2D)			
			
RDP 4X	River Project 2018	Aquaterra by CGS	SMS
River Design Elements			
1) Alignment			
Horizontal Alignment	Horizontal Alignment	Horizontal Alignment	-
2) Earthwork			
Cutting, Filling, Original Topography, etc.	Cutting, Filling	Cutting, Filling	Cutting, Filling
3) Revetment			
Levee, Slope Protection, etc.	Levee, Vegetated Block, etc.	-	-
4) Distribution elements	-	-	5) Hydraulic Structure
Box Culvert, etc.			Levee, Dam, etc.

부재요소는 27개, 요소별 유형은 41개가 도출되었다.

2.2.4 국외 하천분야 데이터 모델 분석

국외에서는 하천 지형, 수공간 및 선형 표현을 위한 다양한 데이터 모델이 개발되어 왔다. 대표적인 데이터 모델로 LandXML 2.0^[14]과 이를 기반으로 핀란드에서 개발한 Inframodel이 있다. 또한, 지형정보를 포함한 공간데이터를 다루기 위해서 CityGML이 보편적으로 사용되고 있다.

본 연구에서는 상기 데이터 모델에서 정의하는 공간, 시설, 구조물, 부위 등의 구성요소를 검토하였다. 검토결과, 국외 데이터 모델은 하천 공간정보, 지형과 선형 표현 중심으로 정의되어 있으며, 세부적인 구조물 표현은 부족한 것으로 파악되었다. LandXML 2.0의 경우, 하천시설의 상위 요소를 Watershed라는 구성요소로 정의하고 있으며, Inframodel 4^[15]은

표 4. 데이터 모델별 구성요소 도출
Table 4. Derived Elements by Data Models

Reference Model	Facility	Elements/ Components
LandXML 2.0	Watersheds	Watershed
Inframodel4	Waterway	Alignment
CityGML	Waterbody	DTM Water WaterGroundSurface WaterSurface WaterClosureSurface Vegetation Land Use

Waterway, CityGML^[16]은 Waterbody로 정의하고 있다. 표 4는 분석한 데이터 모델별로 도출된 상위 시설과 세부 구성요소를 표현한 것이다.

하천시설물 구성요소를 도출한 결과, 시설요소는 3개, 시설물/구조물은 2개, 부위/공중요소는 4개로 도출되었으며, 이외 하위요소 및 유형은 따로 정의되지 않았다.

III. 하천시설 공통 구성요소 및 유형 도출

본 연구는 상기 분석자료로부터 하천시설 공통 구성요소와 유형을 도출 및 목록화하였으며, 이를 비교 분석하여 서로 다른 위계를 조정하는 정규화 과정을 수행하였다. 목록화 및 정규화 대상 범위와 공통 구성요소 도출 과정에서 정리된 주요 내용은 다음과 같다. 시설분류(Level 1)는 WBS 기반 시설분류 9개 항목에서 취수시설 및 부대공이 추가되어 11개의 시설로 구분하였다. 이는 물리적 시설분류보다는 하천의 기능적 분류이므로 시설요소에는 토공, 부대공과 같이 시설별로 중복되는 요소가 다수 도출되었다. 하천시설의 공간적 요소로는 부대시설, 유수지, 펌프장 등이 도출되었다.

시설요소(Level 2)의 범위에는 타분야와의 중복성을 고려하여 시설분류 내 주운시설 중 터미널 시설, 선회장, 박지와 수위관측시설 등과 같은 건축물과 내수배제시설 중 펌프실, 전기실, 펌프설비 등 MEP(Mechanical Electrical and Plumbing)에서 표현되는 요소 및 수로터널을 제외하였다. 도로, 옹벽 등은 공통적으로 존재하는 토공, 기초 등은 기존 도로분야 IFC 스키마의 Entity 및 EntityType 및 하위요소로부터 수용가능하다고 판단되어 도출 대상에서 제외하

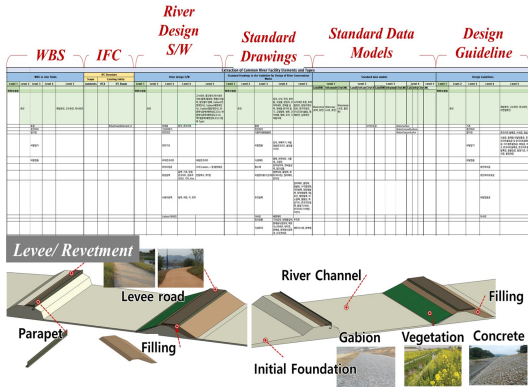


그림 3. 하천시설 공통 구성요소 및 유형 도출
Fig. 3. Extraction of Common Elements and Types for River Facility

였다. 어도의 경우, WBS 기반 시설분류 기준에서는 부위/공중요소(Level 3)로 정의되었으나, 표준도 및 하천설계기준 내 분류기준과의 비교분석을 통해 시설요소(Level 2) 위계로 변경하였다.

부품/부재요소(Level 4)는 시설요소 및 부위/공중요소를 연결 및 보강하는 요소이며, 예로 하상보호공, 비탈면보호공 등이 있다. 요소별 유형(Level 5)은 해당 구성요소가 물리적 형상표현으로 구별되는 유형으로, 호안의 경우 제방호안, 고수호안, 저수호안이 도출되었다. 다만, 본 논문에서는 유형의 확장성을 고려하

여 열거형인 Enumeration Type으로 표현하였다.

표 5는 시설요소가 호안인 경우 다양한 분석 자료로부터 도출된 호안의 부위/공중요소, 부품/부재요소 및 유형을 비교분석한 내용이다. 이는 중복요소 제거, 구성요소의 위계 조정, 유사표현에 대한 정규화 과정을 통해 정리되었다. 그 결과 호안의 부위/공중요소는 호안머리, 호안머리 보호공, 밀다짐, 비탈덧기, 비탈면흙으로 구성되며, 일부 부위/공중요소의 유형이 도출되었다. 또한, 수충부, 자연형 호안 등 공간적 요소가 파악되었으며, 이는 향후 IFC 스키마 명세 항목 및 위계 정의 시 반영될 예정이다.

IV. 하천시설 구성요소 및 스키마의 검증방안

4.1 실무사례 비교검토를 통한 구성요소 검증방안

하천시설 구성요소는 국내 하천사업 설계와 공사에 활용되는 실무기준과 표준, 소프트웨어로부터 시설표현 항목을 추출하고 비교분석하여 공통적으로 활용가능한 요소를 선별하는 과정을 통해 도출되었다. 이와 같이 문헌자료 기반으로 도출된 구성요소는 대부분의 물리적 구성요소를 포함하고 있으나 실무 활용성을 검증하기 위해서는 실무사례를 활용하여 어느 정도 하천시설 표현을 수용하고 있는지 검토하고 부족한 부분을 보완하는 과정이 필요하다.

표 5. 실무자료 비교를 통한 호안 구성요소 도출결과

Table 5. Extraction Result of Revetment Elements through comparison between the practical data

Classification				Practical Data				
Level2	Level3	Level4	Level5	WBS in river fields	River Design Standard	Standard Drawings	River Design S/W	Data Models
Structure	Elements/ Parts/Works	Components	Type					
Revetment	Revetment Body	-	Revetment Body TypeEnum	○	○	○	○	○
	Revetment Head	-	-	○	○		○	
	Revetment Head Protection	-	Revetment Head Protection TypeEnum		○			
	Toe Protection	-	Toe Protection TypeEnum	○	○			
	Slope protection	-	Slope protection TypeEnum	○	○	○		
	Toe Stone	-	Toe Stone TypeEnum	○	○	○	○	

이에 하천시설 구성요소의 시설표현 완성도를 높이기 위한 방법으로 실제 설계 및 시공 사례와 비교검토를 통한 구성요소 검증방안을 다음과 같이 제시한다. 첫째, 하천사업의 설계준공도서 사례를 수집, 분석하여 도면 또는 BIM 모델에 표현된 형상요소 목록을 추출한다. 둘째, 하천시설 구성요소 목록을 기준으로 추출된 형상요소 목록을 비교하여 형상요소의 수용 여부를 판단한다. 셋째, 실무표현에 사용되거나 하천시설 구성요소 목록에서 누락된 불일치 항목과 유사표현 항목, 일치 항목 등을 검토하여 구성요소 목록을 보완한다. 이러한 방법에 따라 시범적으로 하천지구 조성공사 BIM 모델사례에 대하여 전체 하천시설 구성요소 대비 실무사례의 형상요소 수용 여부를 검토한 결과, 시설요소 레벨은 대부분 일치 항목으로, 세굴방지공 등 부위/공종의 일부와 와이어 개도계 등 부품/부재/보강재 유형 일부가 불일치 항목으로 확인되었다. 마지막으로 일부 용어 표현에서 유사표현 항목이 확인되었다.

본 연구에서는 이와 같이 일치 항목, 불일치 항목, 유사표현 항목으로 판별되는 실무 수용여부 검토결과를 일치 항목 수에 의한 실무 수용률로 평가하기 보다는 불일치 또는 유사표현 항목을 하천시설 구성요소 목록에 어느 정도 추가, 보완하였는지 반영결과로 평가하고자 한다. 즉, 검증의 목적이 하천시설 구성요소의 높은 수용률 달성보다는 부족한 항목을 보완하여 스키마의 실무 표현 완성도를 높이는 과정에 기여하였는지 여부에 의미를 두었다. 본 검증방법을 통해 실

질적인 효과를 얻기 위해서는 검증에 활용될 적절한 실무사례 선정이 중요하다고 판단된다. 따라서 향후 연구에서는 하천정비사업, 하천조성사업, 생태하천조성사업, 하천개수공사, 제방보강공사 등 국가하천사업의 대표적인 사업 유형별로 실무사례를 선정하여 구성요소 추가, 보완 작업을 진행하고 하천시설 구성요소가 실무 시설표현 완성도를 확보할 수 있도록 지속적인 검증을 수행할 계획이다.

4.2 지원도구 개발을 통한 스키마 검증방안

하천 IFC 스키마는 기존 IFC 스키마 구조에 도출된 하천시설 구성요소를 ISO 10303 STEP(STandard for the Exchange of Product model data) 데이터 명세 언어인 EXPRESS에 따라 확장 정의한 것이다. 하천시설 구성요소가 최종 확정이 되면, EXPRESS 규칙에 따라 IFC 스키마를 정의하고 이를 검증하는 과정이 필요하다. 본 논문에서는 IFC 스키마 검증이란, BIM 모델의 기하표현과 객체 및 속성의 식별 표현이 IFC 스키마 구조에 맞게 IFC 파일로 정상적으로 입출력되었는지를 평가하는 것으로 정의하였다. IFC 스키마의 문법 무결성은 EXPRESS 지원 데이터 모델링 도구의 기능을 통해 자동 확인이 가능하므로 검증범위에서 제외하였다. 사용자는 스키마를 직접 활용하는 것이 아닌 스키마 지원 도구인 변환기와 뷰어를 통해 IFC 파일 형태로 활용하게 된다. 이에 하천 IFC 스키마의 실무 활용성 검증을 위한 방법으로 변환기와 뷰어를 활용한 IFC 파일의 시각적인 검증방안을 제안한다.

IFC 변환기는 상용 BIM 소프트웨어의 데이터 포맷을 IFC 포맷으로 변환하는 도구로 내부적으로 IFC Parser를 통해 상용 BIM 객체와 속성을 IFC 객체와 속성으로 매핑하는 역할을 포함하며, IFC 뷰어는 IFC 파일을 시각적으로 구현하는 기능을 한다. bSI의 인증을 받아 실무에서 활용되고 있는 변환기와 뷰어는 공식 배포된 버전의 IFC 스키마만을 지원하므로 연구를 통해 개발된 확장 스키마의 검증을 위해서는 하천 IFC 스키마를 지원하는 변환기와 뷰어의 개발이 필요하다. 검증과정에서는 첫째, BIM 모델을 상용 BIM 소프트웨어의 변환기를 통해 상용 객체와 속성을 IFC 객체와 속성으로 매핑하는 단계를 거쳐 IFC 파일로 출력한다. 이 단계에서 매핑되지 않는 항목이 확인되면 스키마의 보완이 이루어져야 한다. 둘째, 출력된 IFC 파일을 IFC 뷰어에서 Import하여 기하표현의 이상유무를 검토한다. 형상의 깨짐이 확인되면 스키마의 기하표현 클래스 수정이 이루어져야 한다. 또한, IFC 파일 뷰어를 통해 객체의 위계, 객체와 속성 정보의

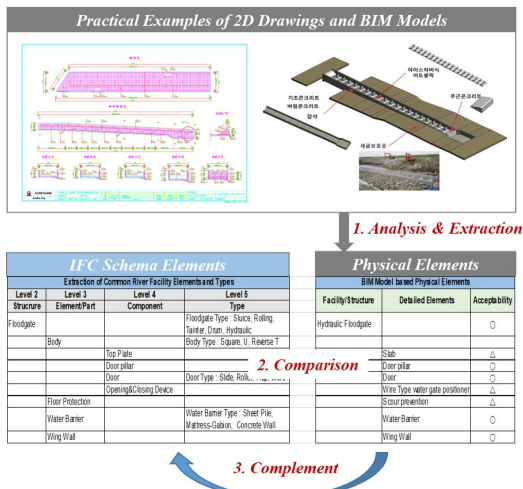


그림 4. IFC 구성요소와 실무 형상요소 비교를 통한 검증
Fig. 4. Validation through comparison of IFC Elements and Practical Shape Elements

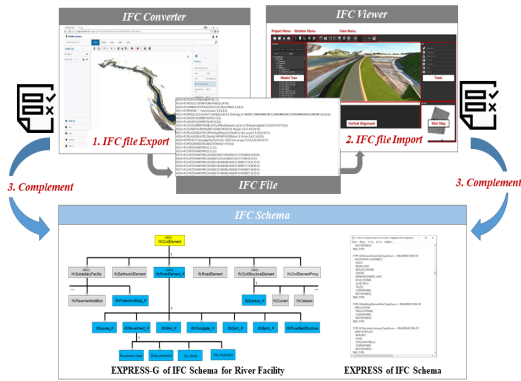


그림 5. IFC 변환기 및 뷰어 개발을 통한 스키마 검증방안
Fig. 5. Schema validation through development of IFC converters and viewers

누락 여부를 확인하여 변환기 매핑구조의 문제인지 IFC 스키마의 보완 문제인지 판단하여 보완 작업이 수행된다. 본 스키마 검증방법은 실무사례 비교검토를 통한 구성요소 검증방법과 같이 다양한 실무사례를 활용하여 반복적인 입출력 테스트를 거쳐 형상과 속성의 손실 수 및 오류 수를 줄여나가는 것으로 검증의 효과를 제시하고자 한다.

이러한 스키마 검증방안을 적용하여 향후 IFC 스키마가 BIM 소프트웨어에 탑재되어 활용될 수 있도록 변환기와 뷰어 개발과 이를 활용한 BIM 모델의 테스트 등이 지속적으로 이루어질 것이다.

V. 결론

본 연구는 국내 하천사업의 BIM 발주를 대비하고 실무에서 활용가능한 수준의 BIM 데이터 표준 스키마를 개발하기 위한 목적으로 수행되었으며, 하천분야 IFC 스키마 확장 개발에 필요한 구성요소를 도출하고 이를 검증하는 방안을 제시하였다. 하천 IFC 스키마의 확장 개발 범위와 절차는 선행연구에서 제시한 방법론을 준수하였다. 하천설계기준, 하천공사설계실무요령 내 표준도, 하천설계 소프트웨어, 국외 하천 데이터 모델 등과 같은 실무자료를 분석하였으며, 하천 WBS의 시설분류를 기준으로 각 참조자료에서 도출한 구성요소를 비교, 분석하여 공통적으로 활용가능한 구성요소를 도출하였다.

본 논문에서는 하천사업의 설계, 시공, 유지관리 단계에서 물리적인 BIM 표현에 공통적으로 필요한 객체 도출에 초점이 맞춰져 있지만 향후 객체에 부여되는 속성 개발이 이루어져야 한다. 하천 IFC 스키마의

속성은 하천 수리해석, 홍수범람 시뮬레이션, 수량산출 등 BIM 활용목적에 따라 목적별 속성세트(Property Sets) 형태로 개발될 수 있다. 객체의 확정 후 객체별 속성 개발이 이루어지는 것이 개발시간을 단축할 수 있으므로 스키마에 수용할 Entity와 EntityType 등의 검증이 완료된 후 우선순위가 높은 활용목적을 선별하여 속성세트를 개발할 계획이다. 국내 실무에 활용가능한 스키마 제시를 위해서는 하천공사 BIM 시범사업 추진 등을 통해 스키마의 완성도를 높이는 과정이 필요하다. 또한, bSI 표준 워킹그룹의 전문가 기술검토와 bSI 토목시설 확장 프로젝트의 추진현황 반영을 통해 국제표준과의 부합성을 지속적으로 확보해 나갈 계획이다.

References

- [1] The Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Technology Policy Division, *Smart Construction Technology Roadmap*(2018), Retrieved Dec. 26, 2018, from <http://www.molit.go.kr>.
- [2] G. Lee, H. J. Moon, S. O. Kwon, J. M. Lee, J. H. Kim, and J. K. Lee, *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*, Spacetime, p. 126, 2014.
- [3] Rijkswaterstaat, *Room for the Waal*(2016), Retrieved Dec. 26, 2018, from <https://www.ruimtevoorderivier.nl/room-for-the-waal>.
- [4] THE BIM, *Expanding Panama Canal with BIM* (2016), Retrieved Dec. 26, 2018, from <https://www.thebim.com/video/expanding-panama-canal-with-bim>.
- [5] J. S. Won, K. B. Ju, and J. S. Moon, "Development method of IFC-based bridge data model for BIM application in domestic road project," in *Proc. Soc. CAD/CAM Conf.*, pp. 1040-1041, PyeongChang, Korea, Feb. 2014.
- [6] J. S. Won, J. Y. Shin, H. S. Moon, and K. B. Ju, "The development method of IFC extension elements using work breakdown structure in river fields," *J. Korea Academia-Ind. Cooperation Soc.*, vol. 19, no. 4, pp. 77-84, 2018.
- [7] The Ministry of Land, Infrastructure and Transport, *Preparation and Delivery Guidelines*

for Electronic Design Document -Roads & Rivers -, p. 6, 2017.

- [8] The Ministry of Land, Infrastructure and Transport, *Korean River Design Standard* (2016), Retrieved Jan. 04, 2019, from <http://www.kcsc.re.kr/Search/ListCodes/1010>.
- [9] The Ministry of Land, Infrastructure and Transport, *River Structures in the Guideline for Design of River Conservation Works*, 2016.
- [10] YoolChon Corporation, *River Design Package* (2007), Retrieved Jan. 4, 2019, from <http://www.softriver.net/>.
- [11] Namosoft, *River Project*(2018), Retrieved Jan. 4, 2019, from <http://www.namosoft.com/product/view.html?pid=85&cate1=53&cate2=95&no=87>.
- [12] CGS Labs, *AquaterrabyCGS*(2018), Retrieved Jan. 4, 2019, from <https://www.cgs-labs.com/Software/Aquaterra.aspx>.
- [13] Aquaveo, LLC, *SMS*(2018), Retrieved Jan. 4, 2019, from <https://www.aquaveo.com/software/sms-surface-water-modeling-system-introduction>.
- [14] LandXML & U.S. Federal Highway Administration IHSDM, *LandXML2.0*(2016), Retrieved Jan. 4, 2019, from <http://www.landxml.org>.
- [15] buildingSMART Finland, *Inframodel4*(2016), Retrieved Jan. 4, 2019, from <https://buildingsmart.fi/infrabim/inframodel>.
- [16] OGC, *CityGML*(2016), Retrieved Jan. 4, 2019, from <https://www.opengeospatial.org/standards/citygml>.

원 지 선 (Jisun Won)



2003년 2월 : 경희대학교 토목 건축공학부 (공학사)
 2005년 2월 : 경희대학교 일반 대학원 건축공학과 (공학석사)
 2007년 12월~현재 : 한국건설기술연구원 미래융합연구본부 건설자동화센터 수석연구원

<관심분야> 건설정보표준, BIM, IFC, 3D 프린팅

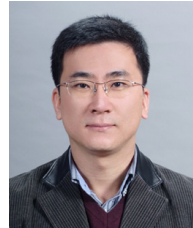
신 재 영 (Jaeyoung Shin)



2015년 2월 : 한양대학교 실내 건축디자인학과 (이학사)
 2017년 2월 : 한양대학교 대학원 실내건축디자인학과 (이학석사)
 2018년 10월~현재 : 한국건설기술연구원 미래융합연구본부 건설자동화센터 전임연구원

<관심분야> Design Computing, BIM, 3D 프린팅, 실내건축

문 현 석 (Hyoun-Seok Moon)



2006년 2월 : 경상대학교 토목 공학과 (공학석사)
 2009년 8월 : 경상대학교 토목 공학과 (공학박사)
 2009년 8월~2011년 1월 : Teesside University (UK), CCIR 센터 방문연구원

2012년 2월~2013년 1월 : University of Michigan, Post-Doc.

2013년 1월~현재 : 한국건설기술연구원 미래융합연구본부 건설자동화센터 수석연구원

<관심분야> BIM, 건설관리, 프로세스 최적화, 4D CAD

주 기 범 (Ki-Beom Ju)



1998년 2월 : 단국대학교 대학원 건축계획과 (공학석사)
 2006년 2월 : 서울시립대학교 대학원 건설관리과 (박사수료)
 1992년 3월~현재 : 한국건설기술연구원 미래융합연구본부 건설자동화센터 선임연구원

<관심분야> 3D 프린팅 건설, 건설관리, BIM, 가상현실