

작업분류체계를 활용한 하천분야 IFC 확장 개발방안

원지선*, 신재영, 문현석, 주기범
한국건설기술연구원

The Development Method of IFC Extension Elements using Work Breakdown Structure in River Fields

Jisun Won*, Jaeyoung Shin, Hyoun-Seok Moon, Ki-Beom Ju
Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

요약 최근 도로 사업에 대한 BIM(Building Information Modeling) 의무화 등 토목분야의 BIM 확대 적용이 현실화됨에 따라 BIM 적용과 운영을 위한 기준, 시스템 개발 등 대비가 필요한 시점이다. 토목시설물은 국가 공공시설로서 건설생애주기 데이터를 통합적으로 생산, 공유 및 관리하기 위한 BIM 데이터 표준 개발이 중요하다. 국내외적으로 BIM 데이터 교환표준은 국제표준인 IFC(Industry Foundation Classes)를 활용 및 확장하는 추세이나, 하천시설에 대한 IFC 확장은 진행된 바 없다. 본 연구는 하천분야 IFC 기반 스키마 확장을 위한 기초연구로서, 작업분류체계를 활용한 IFC 확장 개발방안을 제시하고자 한다. 이를 위해 다음과 같은 절차로 연구를 수행하였다. 첫째, IFC 구조와 IFC 스키마 확장개발 선행사례를 분석하여 하천 시설 표현을 위한 IFC 확장 개발방안을 선정하였다. 둘째, 하천 WBS(Work Breakdown Structure)를 분석하여 확장할 구성요소를 도출하고 IFC 스키마 상위 구조에 맞게 분류하였다. 셋째, 분류한 하천시설 구성요소를 IFC 클래스 위계와 구성에 맞게 배치하여 하천 IFC 스키마 상위 구조 확장안을 마련하였다. 본 연구는 하천분야 IFC 기반 스키마 확장을 위한 기초연구로서, 제시한 IFC 상위 구조 확장안과 개발방법론을 기반으로 향후 부품 및 부재, 배수시설 요소 등의 추가 개발과 함께 세부 유형과 상세 속성을 도출하여 스키마를 완성해 나갈 예정이다.

Abstract As the application of BIM (Building Information Modeling) to the civil sector has become practical, and mandatory for road projects, the standardization, development of systems, etc. for the application and operation of BIM are required. In particular, it is important to develop BIM data standards for producing, sharing and managing the lifecycle data of civil facilities because they are commonly national public facilities. The BIM data standards have been developed by utilizing or extending IFC (Industry Foundation Classes), which is an international standard, but schema extensions of river facilities has not been developed thus far. This study proposes an approach to an IFC extension for river facilities using the WBS (Work Breakdown Structure) as a fundamental study for IFC-based schema extension in the river field. For this purpose, the research was carried out as follows. First, the IFC extension development method was selected to represent the river facilities by analyzing the existing IFC structure and previous research cases for the IFC extension. Second, extended elements of the river facilities were identified through an analysis of the WBS and classified according to the high-level structure of the IFC schema. Third, the classified elements were arranged based on the IFC hierarchy and the IFC schema extension for river facilities was established. Based on the suggested extension method of IFC schema, this study developed the schema by defining the element components and parts of river facilities, such as distribution flow elements and deriving their detailed types and properties.

Keywords : BIM(Building Information Modeling), IFC(Industry Foundation Classes), Product Data Modeling, River Facility, WBS(Work Breakdown Structure)

본 논문은 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 17SCIP-C121389-02)

*Corresponding Author : Jisun Won (Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)

Tel: +82-31-910-0083 email: wonjisun@kict.re.kr

Received February 7, 2018

Revised (1st March 9, 2018, 2nd March 15, 2018)

Accepted April 6, 2018

Published April 30, 2018

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 BIM(Building Information Modeling)이 건설생산성을 향상시키는 기술로 주목받으면서 공공건설사업의 BIM 발주가 화두가 되고 있다[1]. 국토교통부는 제6차 건설기술진흥 기본계획을 통해 토목분야 BIM 활성화를 위한 로드맵을 수립하고 2020년까지 500억 이상 도로사업에 대한 BIM 적용 의무화를 추진함[2]을 발표하였다. 또한, 국도에 이어 철도, 하천 등에 순차적으로 BIM을 적용[3]할 계획을 밝힌바 있다.

이와 같이 토목사업의 BIM 발주가 현실화됨에 따라 BIM 활용을 위한 기준과 시스템에 대한 대비가 필요한 시기이다. 특히, 토목시설은 국가공공시설로서 건설생애주기 데이터를 통합적으로 생산, 공유 및 관리하기 위한 데이터 교환표준, 분류체계와 같은 BIM 데이터 표준 개발이 중요하다. 건축분야의 경우, 건설생애주기 데이터의 상호운영성 확보를 위해 bSI(buildSMART International)에서 개발한 BIM 데이터 교환표준인 IFC(Industry Foundation Classes)를 활용하고 있다. IFC는 건설 프로그램간의 정보 교환을 위해, 시설정보를 일관된 데이터로 표현하면서 확장 가능한 정도도 할 수 있도록 개발된 스키마이다[4]. 건축시설 중심으로 개발된 IFC는 토목시설에 대한 수용 요구가 커짐에 따라 도로와 철도, 터널, 항만을 대상으로 확장 개발되고 있다.

하천시설은 bSI 국제회의에서 향후 IFC 확장 개발 대상으로 논의되었으나 프로젝트 착수 시기는 확정되지 않았다. 하천분야 BIM은 도입 초기단계로 적용사례가 많지 않으나 동향을 살펴보면 다음과 같다. 국외 사례로는 네덜란드의 와알(Waal)강 하천확장사업[5]과 파나마 운하확장사업[6]이 있다. 와알강 하천확장사업에서는 BIM 모델을 간섭검토, 토공 시물레이션에, 파나마 운하확장사업에서는 BIM 모델을 수문 개폐, 화물선 통과 간섭검토 및 사전 시운전 시물레이션에 활용하였다. 국내 사례로는 경인 아라뱃길 사업, 낙동강 살리기 사업, 보현산 다목적댐 건설사업 등이 있다. 국내 사업은 대부분 BIM 모델을 공정 시물레이션, 시공성검토 및 간섭검토에 활용하였다.

이와 같이 국내외 하천분야의 BIM 현황은 간섭검토, 시물레이션과 같은 시각적 활용이 주를 이루며 해석, 수량산출, 품질검토와 같은 데이터 활용 측면은 부족한 실

정이다. 본 연구에서는 하천분야에서 BIM 데이터의 활용에 대한 기반을 마련하기 위해 하천 IFC 스키마 개발 방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 하천 BIM 스키마의 전체 개발과정 중 기초연구 단계로서 IFC에 하천시설을 수용하는 방안을 마련하고 상위개념 수준에서 시설요소를 도출 및 분류하여 스키마 초안을 마련하는데 중점을 두고자 한다. 스키마에 수용할 시설요소와 유형, 속성을 확정하는 단계는 설계기준, 표준시방서, 표준도, 시스템, 유지보수 매뉴얼 등을 분석하는 과정이 필요하며 이는 다음 연구단계 범위로 구분하였다. 따라서 본 연구의 하천 대상시설은 하천법에서 하천시설로 정의한 시설범위 내에서 하천 WBS(Work Breakdown Structure)에 포함된 시설을 우선으로 검토하되, 이후 실무자료 분석을 통해 시설범위와 종류를 확대, 조정할 계획이다. 스키마의 개발 범위는 하천시설을 물리적으로 구별하는데 필요한 공간요소, 시설 및 부위 요소, 부재 및 부품 요소 및 건설재료 등 자원 요소와 각 요소의 유형을 포함한다. 본 논문에서는 이와 같이 스키마를 구성하는 요소들을 구성요소라 표현하였다. 하천시설을 물리적으로 식별하고 분류하는 것이 목적이므로 시각적으로 표현하는데 필요한 기하요소는 연구범위에 포함하지 않았다.

스키마는 bSI SPEC으로 발표된 IFC Road[7]를 기준으로 확장하였다. IFC Road는 IFC4 버전에 도로시설 구성요소를 확장한 스키마로 도로시설과 토공 객체, 부대 시설 등 토목 공통 구성요소를 담고 있다. 스키마 개발 시 IFC Road의 위계와 분류를 활용하고 이를 기반으로 하천요소를 확장하였다. 이 때 현행 스키마에서 표현할 수 있는 건축시설과 부체도로, 교량, 수로터널 등과 같은 토목 공통 구성요소는 확장 개발 대상에서 제외하여 중복 개발을 방지하였다.

이와 같은 개발 관점과 범위를 바탕으로 다음과 같이 연구를 수행하였다. 첫째, IFC 구조와 IFC 스키마 확장 개발 선행사례를 분석하여 하천시설 표현을 위한 IFC 확장 개발방안을 선정하였다. 둘째, 선정된 IFC 확장 개발방안에 따라 하천 WBS를 활용하여 확장요소를 도출하고, 이를 IFC 스키마 구조에 맞게 분류하였다. 셋째, 분류한 하천시설 구성요소를 IFC 클래스 위계와 구성에 맞게 배치하여 하천 IFC 스키마 상위 구조 확장안을 마

련하였다.

2. 하천 IFC 스키마 확장 개발방안 선정

2.1 IFC 구조 분석

IFC 스키마는 ISO10303-11인 EXPRESS 언어를 사용하며, IFC와 연결된 속성세트(Property Set) 명세를 위해 XML 언어를 사용한다. IFC 스키마는 기능별 클래스로 구성되고 각 클래스가 4개의 개념적인 레이어에 할당되는 구조이다.

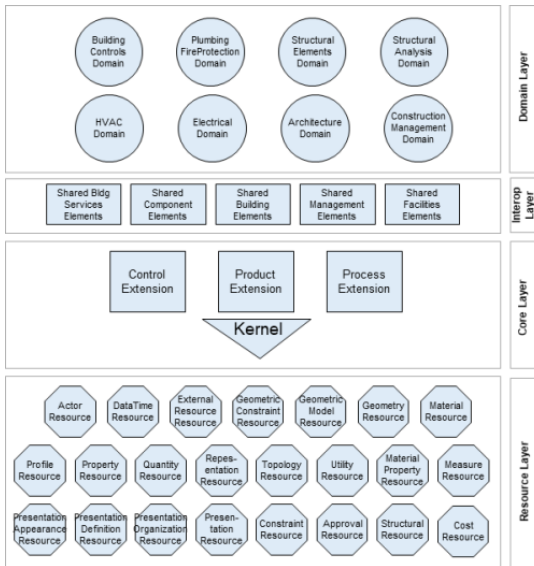


Fig. 1. Data schema architecture with conceptual layers

레이어는 Fig. 1[8]과 같이 리소스(Resource), 코어(Core), 상호운영(Interoperability), 도메인(Domain)으로 구성되며 상단 레이어가 하단의 레이어를 참조, 활용하는 구조이다. 리소스 레이어는 기하, 재료, 시간, 사용자, 가격 등 일반적으로 제품 표현에 사용되는 자원을 정의하는 클래스로 구성된다. 코어 레이어는 Kernel 클래스에서 제품 데이터를 객체, 관계, 속성정의의 관점으로 분류할 수 있도록 기본 틀을 정의하며, 이를 건설분야에 특화되어 활용할 수 있도록 제품, 프로세스, 제어 관점에서 확장된 상위 구조를 정의한다. 상호운영 레이어는 건설분야의 다양한 영역에서 공통적으로 활용할 수 있는 벽, 기둥, 슬라브와 같은 요소를 포함한다. 도메인 레이어는

설비, 구조 해석 등 특정 영역에서 활용되는 계측센서, 보강재와 같은 요소를 포함한다.

2.2 IFC 스키마 확장 개발사례 분석

토목분야의 IFC 스키마 확장 개발사례는 bSI 공식 프로젝트[9]로 추진 중인 선형(IFC Alignment), 교량(IFC Bridge), 도로(IFC Road), 터널(IFC Tunnel) 개발 연구가 대표적이다. 이는 토목시설 표현을 위해 코어 레이어에 있는 ProductExtension 클래스를 확장한 경우가 대부분이다. bSI 공식 프로젝트 외에 국내외에서도 도로, 터널, 교량 형식별, 세부 시설별을 대상으로 물리적 요소 표현, 설계 변수, 구조 해석, 수량산출, 공사비 산정 등을 위해 다양한 방식으로 확장 개발 연구가 시도되고 있다.

Table 1. Research Cases of IFC Schema Extension

Development Approach	Case	Target Facility	Purpose
Subtyping by EXPRESS	IFC Alignment Project Team (2015) [10]	Alignment for Infrastructure Facility	3D and 2D Alignment Information
	Lee et al. (2016) [11]	NATM Tunnel	Representation of Design Information
	Cho et al. (2013) [12]	Road Drainage Facility	Representation of Physical Element
Adding Property Sets Definition	Lee et al. (2014) [13]	Steel Box Girder Bridge	Quantity Take-Off
	Seo and Kim (2009) [14]	Planning Information in the Architectural Design	Information Management and Use
	Ma et al. (2011) [15]	Building for Tendering in China	Cost Estimation

이와 같은 선행 연구사례를 개발방법 중심으로 분석한 결과, IFC 스키마 확장 방식은 Table 1과 같이 2가지 유형으로 구분된다. 첫 번째는 EXPRESS 데이터 모델링 규칙에 따라 IFC 스키마 하위에 명세를 추가하는 서브타입핑(Subtyping)[16]방식이며, 두 번째는 IFC의 속성세트정의(Property Set Definition, 이하 PSD) XML 스키마에 따라 Property Sets를 추가하고 이를 기존 IFC Entity에 연결시켜 활용하는 방식이다.

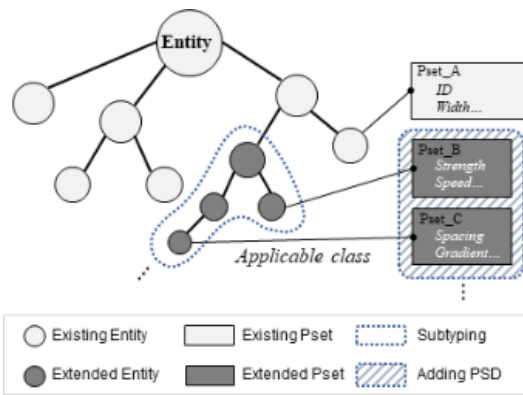


Fig. 2. Concepts of Subtyping and PSD

Fig 2는 서브타입핑 방식과 PSD 추가 방식을 개념적으로 표현한 것이다. 세부적으로 살펴보면, 서브타입핑 방식은 스키마의 핵심구조를 변화시키지 않는 범위에서 데이터 표현이 필요한 클래스에 새로운 Entity, Attribute, Type, Function 등 데이터 모델을 추가 정의하는 방식이다. 서브타입핑 방식을 통해 확장된 스키마를 적용하기 위해서는 이를 지원하는 별도의 프로그램 개발이 필요하다. 반면, PSD 방식은 IFC 스키마의 수정없이 Entity와 외부 PSD XML 파일을 연결하여 확장된 정보 표현을 지원하는 방식으로 확장성이 넓다. 이는 서브타입핑 방식과 비교할 때, 각 요소의 명확한 의미정보의 생성이 어려운 반면에 IFC 모델 자체에 변화를 주지 않기 때문에 BIM 소프트웨어에서 바로 활용이 가능하다[13].

2.3 IFC 스키마 확장 방법 및 절차 선정

IFC 스키마 확장 개발사례 분석 결과, 서브타입핑은 확장 목적에 따라 명확한 객체와 속성을 분류하고 정의할 수 있으므로 스키마에서 표현하지 못하는 새로운 시설 추가 시 적합하며, PSD는 스키마를 그대로 활용하여 특정 용도를 위한 속성 추가 시 적합한 것으로 판단된다. 본 연구에서는 새로운 하천시설 표현을 위한 구성요소 도출에 초점을 두고 있으므로 서브타입핑 방식을 채택하였다. PSD 방식은 서브타입핑 방식에 의한 스키마 확장 개발이 완료된 후, 특정 용도에 대한 속성 추가 시 활용하고자 한다.

본 연구에서는 서브타입핑 방식 기반의 개발 절차를 스키마 상위 구조에 맞게 시설과 부위를 정의하는 단계와 이를 기반으로 세부 유형과 상세 속성을 정의하는 단

계로 구분하였으며, 전자를 중점적으로 다루었다. IFC에 확장할 구성요소는 설계기준, 분류체계, 관련 S/W, 운영시스템, 도면 등 다양한 참조자료 분석을 통해 도출될 수 있다. 본 연구에서는 주요 시설의 구성과 분류 정의의 하천 WBS를 참조자료로 활용하였다. 하천 WBS는 하천사업 전체를 구성하는 공종, 시설, 공간과 작업관리단위를 포함하고 있으므로 하천사업 전반에 포함되는 구성요소 도출이라는 개발 개념에 적합한 자료로 판단된다.

3. 하천 WBS를 활용한 IFC 스키마 확장

3.1 하천 WBS 분석

WBS는 목적물을 공간별, 부위별로 분류하고 시설물 완성에 필요한 세부공종과 내역을 결합시키는 정보 분류체계[17]를 말한다. 국토교통부 지방국토관리청은 설계단계에서 작성되는 수량산출 및 내역정보를 시공단계까지 연계 활용될 수 있도록 하천공사 설계실무 요령에 기반한 WBS를 운영하고 있다. 하천분야 WBS는 Fig. 3과 같이 7레벨의 계층구조 형태이며, 1레벨은 2개의 시설, 2레벨은 21개의 공종, 3레벨은 16개의 시설물, 4레벨은 9개의 방향공간, 5레벨은 확장공간, 6레벨은 52개의 작업관리, 7레벨은 169개의 세부 작업관리 항목으로 구성된다.

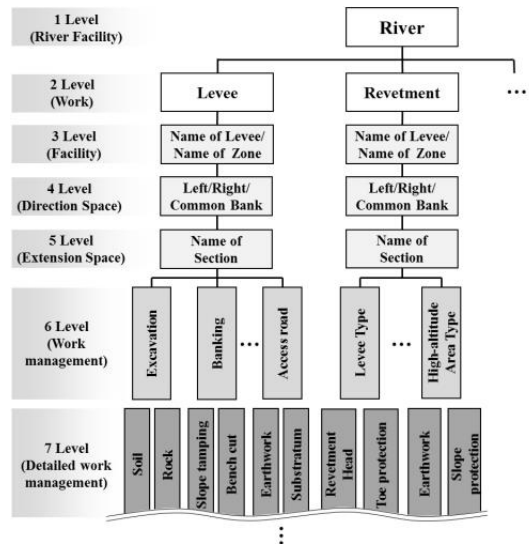


Fig. 3. Architecture of WBS in River Fields

3.2 WBS를 활용한 IFC 관점의 구성요소 도출

하천 WBS의 분석을 통해 1차적으로 IFC 스키마에 정의되지 않은 항목을 선별하였다. 2레벨의 공중 중 교량, 수로터널과 같이 IFC Road에서 기정의한 토목요소와 관리시설공, 수문조사시설과 같이 IFC4에서 기정한 건축요소는 IFC 확장 대상에서 제외하였다. 또한, WBS 특성 상 여러 공중에 동일한 작업항목이 공통적으로 사용되는 경우가 많으므로, 중복성 방지를 위해 여러 개의 같은 항목을 하나의 항목으로 처리하였다.

선별된 항목 중 하천 BIM 모델 표현을 위해 추가가 필요한 항목에 대한 분류작업을 수행하였다. 분류의 기준은 IFC 코어 레이어의 상위 구조로 하였다.

이는 Fig 4와 같으며, 스키마 구조 상 공간요소는 IfcSpatialElement 하위에, 시설요소와 부위요소는 IfcCivilElement 하위에, 부재 및 부품 요소는 IfcElementComponent 하위에, 배수시설과 같은 분배요소는 IfcDistributionElement 하위에 확장된다. 그리고 각 요소에 대한 유형은 동일한 명칭에 type이라는 접미어가 붙는 Entity 하위에 확장된다.

하천 WBS의 2레벨에서는 대부분의 기능적 공간요소와 상위 시설요소가, 3-6레벨에서는 공간요소가, 6레벨과 7레벨에서는 주로 하위 시설요소와 부위요소 그리고 일부 부재 및 부재요소와 배수시설요소가 도출되었다. 도출된 구성요소를 IFC 상위 구조에 맞게 Table 2와 같

이 분류하였다.

3.3 IFC 하천 스키마 상위 구조안 제시

Table 2에서 분류한 하천시설 구성요소를 활용하여 IFC 클래스에 맞게 분류하여 IFC 하천 스키마 상위 구조 확장안을 마련하였다. 확장된 구성요소는 IFC 구조와 EXPRESS 모델링 규칙에 따라 Entity, Attribute, Type 등으로 정의될 수 있다.

하천 주요시설에 대한 정보표현을 위해 Fig 5와 같이 스키마 확장안 제시하였다. 하상유지, 사방, 저류, 주운, 치수, 환경과 같이 하천의 기능적 분류보다는 공통적으로 활용되는 물리적 요소를 중심으로 구성하였다. IFC4 Entity는 노란색, IFC Road Entity는 회색으로 표현하였으며, 본 연구를 통해 새롭게 추가된 Entity는 ‘_K’라는 접미어를 붙여 표현하였다. 하천 특화 요소는 IfcRiverElement_K 하위에, 토목 공통으로 활용한 구조물은 IfcCivilStructureElement 하위에, 부대시설 요소는 IfcSubsidiaryFacility 하위에 추가하였다. 이후 본 연구에서 제시한 시설요소의 개발 방식으로 부재 및 부품요소, 배수시설 요소를 개발할 경우, IfcElementComponent와 IfcDistributionElement 하위 스키마가 확장될 것이다.

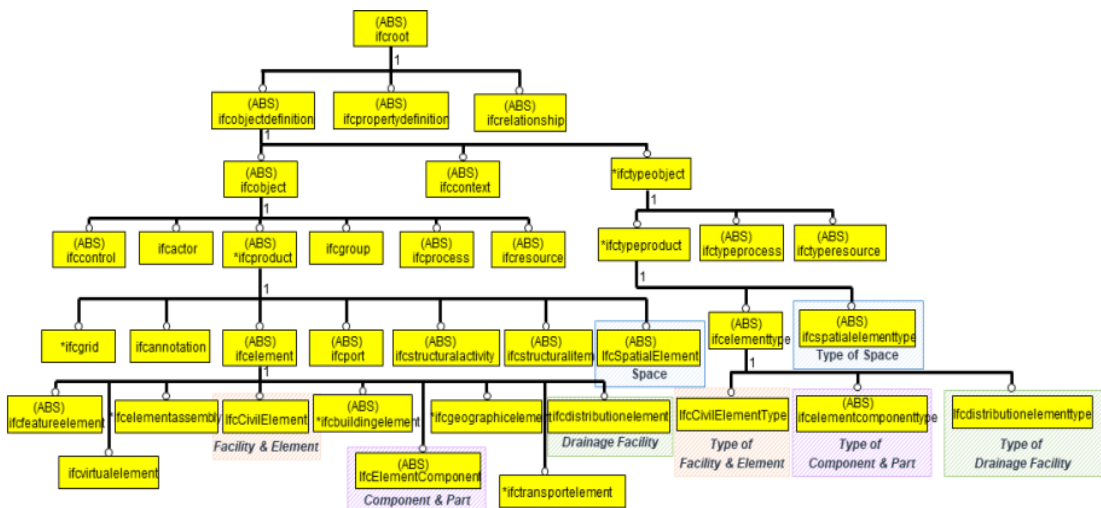


Fig. 4. Representation of High-Level Structure for Schema Extension

Table 2. Deriving Elements of the IFC perspective using WBS

IFC based Extension Classes	WBS Components	
Supertype Entity	Level	Subtype Entity [Entity Type]
IfcSpatialElement	1	River
	2	[River-bed Maintenance Facility, Erosion Control Facility, Reservoir Facility, Navigation Facility, Environmental Facility, Bulkhead Facility, Internal Drainage Facility, River Mouth Facility]
	3	Levee, Zone
	4	[Left Bank/Right Bank/Common]
	5	Section
	6	Detention Basin [Facility for River Ecosystem, Aquatic and Recreational Facility, Facility for Water Quality Condition]
	7	Riffle, Pond
IfcCivilElement	2	Levee, Rivetment, Weir, Flood Gate
	6	Drop structure, Check Dam, Navigation Dam, Navigation Lock, Drainage Pump Station, River Barrage, Drainage Gate [Levee Type/High-altitude Area Type/Low-altitude Area Type, Inlet/Detention/Outlet, Fixed Weir/Movable Weir]
	7	Rivetment Head, Toe Protection, Slope protection, Toe Stone, Apron, Bulkhead Wall, Lock Chamber, Lock, Detention Basin [Pond Basin/Vegetated Infiltration Basin/Grassed Waterway Basin, Upstream of Lock Chamber/Downstream of Lock Chamber]
IfcElementComponent	6	Spur Dyke, Ground Sill Work
	7	Perch, Crib [Krippen Spur/Timber Spur/Concrete Block Spur/Stone Spur]
IfcDistributionElement	6	Culvert Pipe, Fish Ladder, Waterway, Pumping System
		[Navigation channel/Waterway in High-altitude Area/Grassed Waterway]

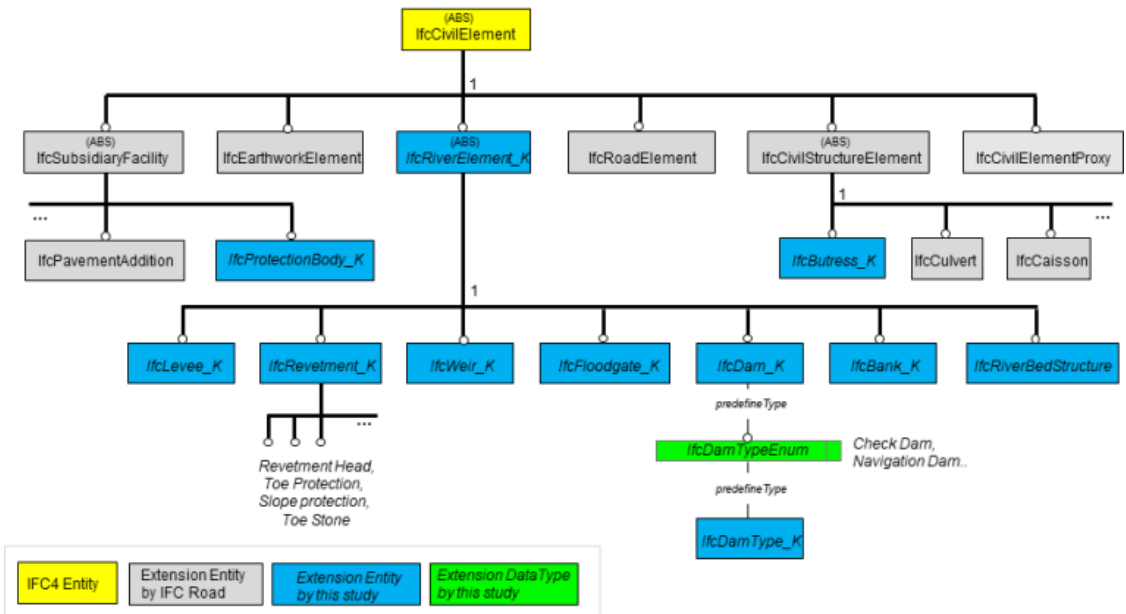


Fig. 5. Extension IFC Schema for River Facility

4. 결론

본 연구는 하천분야 IFC 기반 스키마 확장을 위한 기초연구로서, WBS를 활용한 IFC 확장 개발방안과 스키마 상위 구조안을 제시하였다. 이를 위해 IFC 구조와 IFC 스키마 확장개발 선행사례를 분석하여 하천시설 표현을 위한 IFC 확장 개발방안을 선정하였다. 이 개발방안을 적용하여 하천 WBS를 분석하여 확장할 주요 시설을 도출하고 IFC 스키마 상위 구조에 맞게 분류하였다. 마지막으로 분류한 하천시설 구성요소를 IFC 클래스 위계와 구성에 맞게 배치하여 하천 IFC 스키마 상위 구조안을 마련하였다.

본 연구에서는 신규 시설물의 표현을 위한 IFC 확장 개발방법론 제시와 확장 스키마와 기존 스키마의 통합 시 중복성을 제거한 상위 구조 제시에 중점을 두었다. 이를 기반으로 후속 연구에서는 설계기준, 국외 스키마, 시방서, 도면, 시스템 등 실무자료를 비교, 분석하여 최종적으로 스키마에 수용할 하천 공통요소와 유형, 속성을 확정하여 스키마안을 마련할 것이다. 스키마를 지원하는 변환기, 뷰어를 개발하여 시각적인 스키마 검증을 진행하고 하천분야 및 국제표준 전문가의 검토와 BIM 시범사업 적용을 통해 스키마를 완성해나갈 것이다. 또한, 향후 bSI의 토목분야 확장 프로젝트의 성과를 반영하여 국제표준에 부합하는 스키마를 개발할 수 있도록 지속적인 연구를 수행해 나갈 계획이다.

References

- [1] J. S. Won, J. S. Moon, W. S. Choi, "Evaluation on the Possibility of Connection Between IFC and Digital Quantity DataBase Exchange Standard", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 14, no. 12, pp. 6488-6494, December, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.12.6488>
- [2] Technology Policy Division, 6th Master Plan for Construction Technology Development (2018-2022), The Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2017.
- [3] K. N. Park First step to adopt BIM on Road Construction. The Construction Economic Daily. 2017[cited 2017 Jul 10], Available From: <http://www.cnews.co.kr/uhtml/read.jsp?idxno=201707101456437150196> (accessed Feb., 06, 2018)
- [4] G. Lee, H. J. Moon, S. O. Kwon, J. M. Lee, J. H. Kim, J. K. Lee, BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. p. 126, Spacetime, 2014.
- [5] Ruimte voor de Rivier. Room for the Waal. Ruimte voor de Rivier, 2016, Available From: <https://www.ruimtevoorderivier.nl/room-for-the-waal/> (accessed Feb., 06, 2018)
- [6] MWHglobal, The Panama Canal Expansion, MWHglobal (part of Stantec), Available From: <https://www.mwhglobal.com/panamacanal/> (accessed Feb., 06, 2018)
- [7] buildingSMART International, PAS Spec, buildingSMART International, Available From: <https://www.buildingsmart.org/standards/standards-tools-services/> (accessed Feb., 06, 2018)
- [8] buildingSMART International, IFC 4 (Addendum2), buildingSMART International, 2016. Available From: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/ifc4-add2> (accessed Feb., 06, 2018)
- [9] buildingSMART International, ongoing infrastructure projects, buildingSMART International, Available From: <http://www.buildingsmart-tech.org/infrastructure/projects> (accessed Feb., 06, 2018)
- [10] buildingSMART P6 Project Team, IFC Alignment Project, IFC Extension Development (informative), p.1-20, buildingSMART International, 2015.
- [11] S. H. Lee, S. I. Park, J. Park, "Development of an IFC-Based Data Schema for the Design Information Representation of the NATM Tunnel", *KSCOE Journal of Civil Engineering*, vol. 20, no. 6, pp. 2112-2123, September, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12205-015-0123-8>
- [12] G. H. Cho, J. S. Won, J. U. Kim, "The Extension of IFC Model Schema for Geometry Part of Road Drainage Facility", *Journal of the Korea Academia-Industrial*, vol. 14, no. 11, pp. 5987-5992, November, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.11.5987>
- [13] 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*, vol. 34, no. 2, pp. 687-697, April, 2014. DOI: <https://doi.org/10.12652/Ksce.2014.34.2.0687>
- [14] J. Seo, I. Kim, "Industry foundation classes-based approach for managing and using the design model and planning information in the architectural design", *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, vol. 8, no. 2, pp. 431-438, November, 2009. DOI: <https://doi.org/10.3130/jaabe.8.431>
- [15] M. Zhiliang, W. Zhenhua, S. Wu, L. Zhe, "Application and extension of the IFC standard in construction cost estimating for tendering in China", *Automation in Construction*, vol. 20, no. 2, pp. 196-204, March, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.017>
- [16] G. Lee, H. J. Moon, S. O. Kwon, J. M. Lee, J. H. Kim, J. K. Lee, BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. p.129, Spacetime, 2014.
- [17] Technology Policy Division, Preparation and Delivery Guidelines for Electronic design document, The Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2017.

원 지 선(Jisun Won)

[정회원]



- 2003년 2월 : 경희대학교 토목건축공학부 (공학사)
- 2005년 2월 : 경희대학교 일반대학원 건축공학과 (공학석사)
- 2007년 12월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 ICT융합연구소 수석연구원

<관심분야>

건설정보표준, BIM, IFC, 3D 프린팅 건설

주 기 범(Ki-Beom Ju)

[정회원]



- 1998년 2월 : 단국대학교 대학원 건축계획과 (공학석사)
- 2006년 2월 : 서울시립대학교 대학원 건설관리과 (박사수료)
- 1992년 3월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 ICT융합연구소 선임연구위원

<관심분야>

3D 프린팅 건설, 건축, 건설관리, BIM, 가상현실

신 재 영(Jaeyoung Shin)

[정회원]



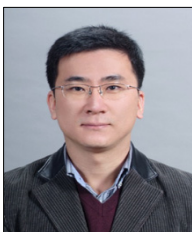
- 2015년 2월 : 한양대학교 실내건축디자인학과 (이학사)
- 2017년 2월 : 한양대학교 대학원 실내건축디자인학과 (이학석사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 ICT융합연구소 신진연구원

<관심분야>

Design Computing, BIM, 3D 프린팅, 건축, 실내건축

문 현 석(Hyoun-Seok Moon)

[정회원]



- 2006년 2월 : 경상대학교 토목공학과 (공학석사)
- 2009년 8월 : 경상대학교 토목공학과 (공학박사)
- 2009년 8월 ~ 2011년 1월 : Teesside University (UK), CCIR센터 방문연구원
- 2012년 2월 ~ 2013년 1월 : University of Michigan, Post-Doc.
- 2013년 1월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 ICT융합연구소 수석연구원

<관심분야>

BIM, 건설관리, 프로세스 최적화, 4D CAD