

IFC의 건축구조정보 표현

Representation of Building Structural Information in IFC



이재철*

* 동명대학교 건축공학과 부교수

1. IFC

기존 방식으로는 표현하기조차 힘든 비정형 형상을 통해 건물 브랜드 가치를 획득하려거나 구조적 안전성, 친환경적 에너지 성능 등 건물성능에 대해 정확히 분석하고자 하는 요구가 커짐에 따라 새로운 건축기술인 BIM(Building Information Modeling)에 대한 관심도 높아지고 있다. 건축물의 전 생애주기에 걸친 다양한 정보를 디지털 정보화함으로써 건설 생산성을 향상시키고자 하는 BIM의 효과적 적용을 위해서는 생성된 건물정보의 공유 및 교환을 위한 건물정보 데이터모델의 구축이 선행되어야 한다. Building SMART에서 개발, 배포하고 있는 IFC(Industry Foundation Classes)¹⁾는 건설 관련 소프트웨어들 간에 건물의 구성요소와 관련된 방대한 정보를 일관되게 생성하고 교환하기 위한 건축 관련 산업체 표준 데이터모델로서 확장이 가능한 골격모델로 설계되었다. IFC는 최하위부터 Resource layer, Core layer, Domain layer 등으로 계층화되어 있으며, 각 layer에는 건축물에서 표현해야 하는 개념이나 대상들이 엔터티 또는 구체적인 속성으로 정의되어 있다. 또한 IFC는 각 엔터티에 이미 정의되어 있는 속성 외에도 엔터티에 대한 구체적인 자료를 추가할 수 있는 기능을 제공하고 있다. 즉, 새로이 추가되는 자료인 프라퍼티는 이들의 모인인 IfcPropertySet

(이하 Pset)으로 정의되어 IfcRelDefinesByProperties 엔터티에 의해 특정 엔터티와 연결되는 방식을 통해 추가될 수 있다. 현재 통용되고 있는 IFC2×3버전에서는 383개의 기본 엔터티와 150개의 공유 엔터티, 114개의 분야별 엔터티, 그리고 317개의 Pset을 제공하고 있으며, 2013년 3월 IFC4(이전 명칭 : IFC2×4)가 신규로 배포된 상태이다. 그러나 건설 전 분야에 걸친 방대한 건물정보를 다루는 IFC의 특성상 각 업무분야의 작업 참여자들에게는 필요한 정보는 부족하고 불필요한 정보는 넘쳐나는 것으로 느껴지는 것이 사실이다. 이에 본 기사에서는 건축구조분야에서 요구되는 건축구조정보를 대상으로 IFC에서 제공하고 있는 엔터티 및 Pset의 종류와 실무적 적용성에 대해 고찰하고자 한다.

2. 정적 구조해석을 위한 IFC 정보

IFC2×3에서 건축구조분야의 정보는 Structural Elements Domain에 10개, Structural Analysis Domain에 27개의 엔터티가 정의되어 있다. 공통요소에 해당하는 Core layer와 Resource layer에 정의되어 있는 엔터티와 건축구조분야의 엔터티를 이용하여 정적 구조해석을 위해 요구되는 정보를 표현할 수 있다. IFC2×3에서 정적 구조해석을 수행하기 위해 필요한 정보들을 정의할 수 있는 엔터티는 표 1과 같다.²⁾

표 1 건축구조해석 정보의 표현을 위한 IFC 엔터티

구분	IFC entity
요소	IfcStructuralCurveMember
	IfcStructuralSurfaceMember
절점	IfcStructuralPointConnection
요소-절점 연결	IfcRelConnectsStructuralMember
단면	IfcStructuralSteelProfileProperties
	IfcStructuralProfileProperties
	IfcStructuralLoadSingleForce
재료	IfcMechanicalMaterialProperties
	IfcMechanicalConcreteMaterialProperties
	IfcMechanicalSteelMaterialProperties
경계조건	IfcBoundaryNodeCondition
정적 하중	IfcStructuralLoadSingleForce
	IfcStructuralLoadLinearForce
	IfcStructuralLoadPlanarForce
하중 케이스, 하중조합	IfcStructuralLoadGroup
해석 결과	IfcStructuralPointReaction

3. 철근형상 및 배근상세를 위한 IFC 정보

IFC에는 철근의 형상을 구체적으로 표현하는 엔터티로 IfcReinforcingBar가 정의되어 있다. IfcReinforcingBar에는 여러 속성이 포함되어 있는데, 부재 단면에서의 위치를 좌표로 표현하는 Object Placement, 철근의 정확한 3차원 기하학적 형상을 표현하는 Representation이 있다. 그리고 철근의 강도를 표현하는 SteelGrade, 공칭직경을 표현하는 NominalDiameter, 단면적을 표현하는 CrossSectionArea, 철근의 길이, 역할, 표면상태를 표현하는 BarLength, BarRole, BarSurface가 있다. 그리고 IFC에서 속성을 추가할 수 있는 공식적 방법인 Pset을 이용하여 개별 철근의 구부림을 개념

적으로 표현하는 매개변수를 IfcReinforcingBar에 속성으로 추가할 수 있다. IFC에는 핀란드, 영국, 독일의 표준, 국제 표준에 맞게 철근 표준구부림을 개념적으로 표현할 수 있는 매개변수 Pset이 이미 정의되어 있다. Pset_ReinforcingBarBendings ISOCD3766Common은 국제표준에 해당되는 Pset이다. 그리고 IfcReinforcingBar는 IfcBuildingElement에 여러 개가 포함될 수 있으며, 이를 통해서 철근과 그 철근을 포함하는 부재의 관계를 표현한다. 현재 IFC를 이용해서 개별 철근의 정확한 3차원 기하학적 형상, 철근을 포함하고 있는 부재, 철근의 수, 부재 내에서 철근의 좌표, 철근의 강도, 직경, 단면적, 표준구부림에 대한 매개변수 등을 표현할 수 있다. 하지만, 철근의 layer, layer의 위치와 간격, layer 내에서 철근의 수, 위치, 간격, 정착길이, 이음길이, 이음방법, 배근되는 길이 등을 적절하게 표현할 수 없어 철근의 형상과 배근을 결정하기 위한 구조적 업무, 재질/형상/직경/부위별 물량산출, 부재별 배근리스트 작성, 철근배근 시공도 및 가공도 작성 등을 수행하기에는 한계가 있다.³⁾

4. 강구조 접합요소를 위한 IFC 정보

표 2는 강구조 표준접합상세에 활용할 수 있는 IFC2x3의 엔터티를 나타낸 것이다. 피접합부재인 보나 기둥에는 IfcBeam, IfcColumn 엔터티를 활용할 수 있고, 접합보강재인 이음판이나 스티프너에는 IfcDiscreteAccessory 엔터티를 활용할 수 있다. 또한, 볼트접합이나 용접접합을 의미하는 접합방법에는 여러 엔터티의 복합체인 IfcElement Assembly 엔터티를 활용할 수 있다. 즉, 볼트접합의 경우에는 볼트접합을 구성하는 여러 볼트게이지라인들의 집합체를 IfcElement Assembly로 표현하고, 다시 각각의 볼트게이지라인을 구성하는 여러 볼트들의 집합체도 역시 IfcElementAssembly로 표현한다. 각각의 개별 볼트는 IfcMechanicalFastener 엔터티

표 2 접합요소에 대응하는 IFC 엔터티

접합요소	IFC 엔터티	비고
피접합부재	보	IfcBeam
	기둥	IfcColumn
접합보강재	이음판	IfcDiscreteAccessory
	스티프너	
접합방법	볼트접합	IfcElementAssembly
	용접접합	IfcElementAssembly
볼트접합	볼트 게이지라인	IfcElementAssembly
	볼트	IfcMechanicalFastener
용접접합	용접	IfcFastener

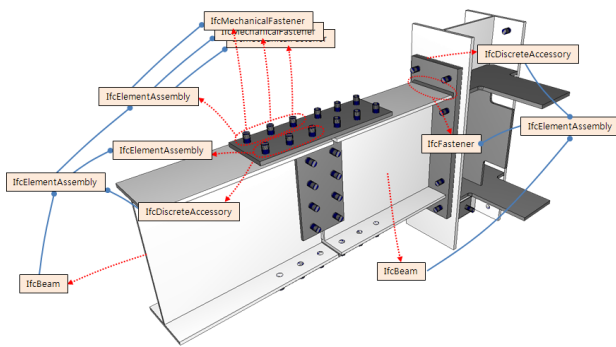


그림 1 강구조 표준접합상세의 표현을 위한 IFC 엔터티

를 활용해 표현할 수 있다. 용접접합의 경우에는 여러 용접접합부의 집합체를 IfcElementAssembly로 표현하고, 각각의 개별 용접부는 IfcFastener 엔터티를 활용해 표현할 수 있다.

강구조 표준접합상세의 표현을 IFC 엔터티에 대응시켜 나타내면 그림 1과 같다.⁴⁾

5. 볼트접합을 위한 IFC 정보

단일 IFC 엔터티를 활용하는 경우와 달리 여러 IFC 엔터티의 복합체인 IfcElementAssembly를 활용해야 하는 경우에는 집합관계를 표현하는 IfcRelAggregates 엔터티를 통해 IfcElementAssembly 엔터티와 이를 구성하는 개별 엔터티들을 연관시켜 주어야 한다. 볼트접합을 표현하기 위해서는 개별 볼트에 대한 정보는 물론 연단거리, 피치, 측단거리, 전단면의 수, 볼트간격 등 볼트의 게이지라인을 표현하기 위한 정보를 함께 포함하여야 한다. 볼트접합을 표현하기 위한 IFC 자료모델을 도식화하여 나타내면 그림 2와 같다.

볼트접합은 여러 볼트게이지라인들의 집합체를 나타내는 IfcElementAssembly와 각각의 개별 볼트게이지라인으로서 여러 볼트를 포함하는 집합체를 나타내는 또다른 IfcElementAssembly, 그리고 각각의 개별 볼트를 나타내는 IfcMechanicalFastener로 표현할 수 있다. 이때 연단거리, 피치, 측단거리, 전단면의 수, 볼트간격 등 볼트게이지라인에 포함되어야 하는 정보는 기존 IFC 엔터티로는 표현할 수 없으므로 Pset으로 새로이 정의하여 볼트게이지라인의 집합체인 IfcElementAssembly 엔터티에 추가하여야 한다.⁴⁾

6. 용접접합을 위한 IFC 정보

용접접합을 표현하기 위해서는 용접목두께, 용접길이, 용접간격, 용접형상, 개선판, 루트간격 등의 정보를 포함하여

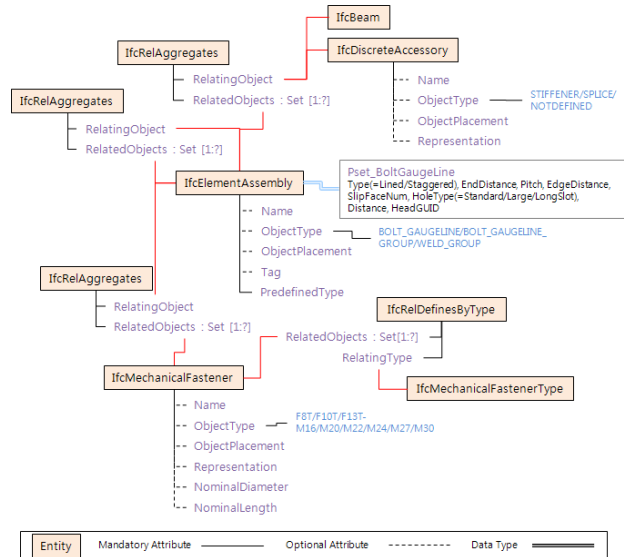


그림 2 볼트접합을 위한 IFC 자료모델

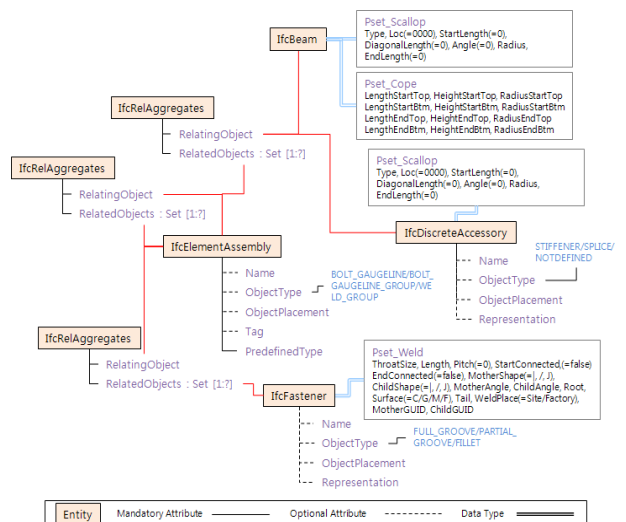


그림 3 용접접합을 위한 IFC 자료모델

야 한다. 용접접합을 표현하기 위한 IFC 자료모델을 도식화하여 나타내면 그림 3과 같이 표현할 수 있다.

용접접합은 여러 용접부의 집합체를 나타내는 IfcElementAssembly와 각각의 개별 용접부를 나타내는 IfcFastener로 표현할 수 있다. 이때 용접목두께, 용접길이, 용접간격, 용접형상, 개선판, 루트간격 등 용접부에 포함되어야 하는 정보는 Pset으로 새로이 정의하여 용접부를 나타내는 IfcFastener 엔터티에 추가하여야 한다. 일반적으로 용접접합이 사용되는 부재나 이음판, 스티프너는 원활한 용접작업을 위해 모서리를 잘라낸 스칼롭(scallop)을 가지므로 이에 대한 정보를 Pset으로 정의하여 이음판이나 스티프너를 나타내는 IfcDiscreteAccessory 엔터티와 부재를 나타내는 Ifc

표 3 철골부재의 구조설계를 위한 IFC 구조정보

구조정보	IFC entity / Pset	프라퍼티
형강 단면정보	IfcShapeProfileDef	ProfileName
		OverallWidth
		OverallDepth
		WebThickness
		FlangeThickness
		FilletRadius
	IfcGeneralProfileProperties	CrossSectionArea
	IfcStructuralProfileProperties	MomentOfInertiaY
		MomentOfInertiaZ
		MaximumSectionModulusY
		MaximumSectionModulusZ
		WarpingConstant
	IfcStructuralSteelProfileProperties	TorsionalConstantX
		ShearAreaZ
		ShearAreaY
PlasticShapeFactorY		
Pset_ProfileMechanical	PlasticShapeFactorZ	
	PlasticShapeFactorY	
	PlasticShapeFactorZ	
하중 및 부재력정보	IfcStructuralLoadGroup	PredefinedType
		ActionType
		ActionSource
		Coefficient
	IfcStructuralLoadSingleForce	ForceX
		ForceY
		ForceZ
		MomentX
		MomentY
		MomentZ
	IfcStructuralResultGroup	Name
		Description
		TheoryType
IsLinear		
ResultForLoadGroup		
단위 및 기하정보	IfcDerivedUnit	Elements
		UnitType
	Pset_MemberCommon	Span
		IsExternal
재료정보	IfcMechanicalMaterialProperties	YoungModulus
		ShearModulus
		PoissonRatio
	IfcMechanicalSteelMaterialProperties	YieldStress
		UltimateStress
ProportionalStress		

Beam 엔터티에 추가하여야 한다. 또한 용접접합되는 부재의 경우 해당 부재에 이음판을 이어 맞추기 위해 부재의 플랜지와 웨브의 일부분을 떼어내는 코프(cope)를 가질 수 있으므로 이에 대한 정보도 별도의 Pset으로 정의하여 부재를 나타내는 IfcBeam 엔터티에 추가하여야 한다.⁴⁾

7. 철골부재 구조설계를 위한 IFC 정보

특정 업무 프로세스에 대해 보다 구체적인 데이터모델의 구축을 위한 방법론으로서 buildingSMART에서 제공하고 있는 IDM(Information Delivery Manuals)⁵⁾을 활용할 수 있다. IDM은 건설 프로젝트를 담당하는 각 전문분야의 업무 프로세스를 대상으로 정보교환의 시기 및 내용, 관련되는 IFC 객체 등을 정의하기 위한 개방형 정보전달 매뉴얼이다. IFC가 건설 프로젝트의 전 수명주기 내에 있는 모든 정보에 대한 포괄적인 데이터 모델을 제공하는데 비해, IDM은 특정 업무 프로세스에서 필요로 하는 정보의 세부적인 정의 및 후속 프로세스로의 전달방법을 기술하는데 목적이 있다.

표 3은 철골부재의 구조설계 프로세스를 IDM 방법론을 통해 분석하고 이를 통해 도출한 구조정보를 IFC의 엔터티와 Pset으로 매핑한 결과를 나타낸 것이다. 먼저 형강의 단면과 관련된 정보로서, 형강의 단면형상은 IfcIShapeProfileDef를, 단면특성은 IfcGeneralProfileProperties, IfcStructuralProfileProperties, IfcStructuralSteelProfileProperties를 활용해 관리할 수 있다. 형강 단면특성 중 소성단면계수(Zx, Zy)는 IFC2x3에서는 지원하지 않으나 IFC4에 추가로 정의되었으며 표 3에 Pset_ProfileMechanical로 표시하였다. 하중 및 부재력과 관련된 정보로서, 하중조건, 하중조합, 하중계수 등은 IfcStructuralLoadGroup을, 정적하중은 가상 엔터티 IfcStructuralLoadStatic을 활용할 수 있다. 표 3에는 단위 점에 작용하는 하중의 예로 IfcStructuralLoadSingleForce를 표시하였다. 부재력정보는 IfcStructuralResultGroup을 활용할 수 있으며, 이 엔터티는 ResultForLoadGroup 속성을 통해 IfcStructuralLoadGroup과 연계된다. 단위정보와 부재의 기하정보는 IfcDerivedUnit, Pset_MemberCommon을 활용할 수 있으며, 철골의 재료정보는 IfcMechanicalMaterialProperties, IfcMechanicalSteelMaterialProperties를 통해 관리할 수 있다.⁶⁾

8. 맺음말

이상에서 정적 구조해석, 철근형상 및 배근상세, 강구조 접합요소, 볼트접합 및 용접접합, 철골부재 구조설계 등과 관련된 건축구조정보를 현재 통용되고 있는 IFC2x3 및 새로 배포된 IFC4의 엔터티와 Pset으로 표현하는 방법에 대해 살펴보았다.

IFC가 전 건설분야를 대상으로 다양한 분야를 다루기 때문에 각 전문분야에서 요구되는 정보를 완벽히 지원해주길 기대하기는 어렵다. 그러나 건축구조정보로 범위를 한정하더라도 IFC4가 기존 IFC2x3에 비해 훨씬 향상된 정보모델로 개선되었음을 확인할 수 있으며 앞으로 더욱 정교한 정보모델로의 발전도 기대해 볼 수 있다.

그동안의 BIM에 대한 높은 관심과 앞으로의 확산 전망에도 불구하고 건축구조분야 현업에서 체감하는 BIM의 활용성은 그리 높지 않은 실정이다. 건축구조분야 BIM 활용성 향상을 위해서는 IFC를 이용해 건축구조정보를 적절히 표현하고 이를 통해 IFC 기반의 상호운용성을 높이려는 노력이 요구된다. 또한 IFC의 건축구조정보 표현 과정에서 발생할 수 있는 문제점들에 대한 사전 이해가 전제되어야 IFC, 더 나아가 BIM을 통한 건축구조설계 실무의 생산성 향상을 기대할 수 있을 것이다.

참고 문헌 및 웹사이트

1. BuildingSMART, Available From: <http://www.buildingsmart.com>. (accessed Jul., 21, 2014)
2. 정종현, "IFC 기반 건축 구조설계 정보 교환 방안에 대한 고찰", 한국전산구조공학회, 2009년도 정기학술대회 논문집, 2009.4.
3. 정종현, 이재철, 김치경, "IFC를 이용한 실시설계 단계 철근형상 및 배근상세의 표현", 대한건축학회논문집 구조계, 제30권 제1호, pp.31~38, 2014.01.
4. 이재철, 정종현, 김치경, 김지현, 김민수, "IFC를 이용한 건축 강구조 표준접합상세의 표현", 대한건축학회논문집 구조계, 제28권 제7호, pp.65~72, 2012.07.
5. buildingSMART, Information Delivery Manuals, Available From: <http://iug.buildingsmart.com/idms/>. (accessed Jul., 21, 2014)
6. 정종현, 이재철, "BIM 기반 철골부재 단면설계를 위한 IDM 개발", 한국산학기술학회논문지, 게재예정, 2014. 