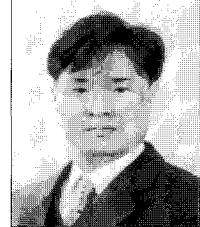


# IFC를 이용한 구조해석 자료의 교환

## Exchange of Structural Analysis Data Using IFC



정 종 현\*

\*경남대학교 건축학부 조교수

### 1. 서론

최근 건축분야에서 건물정보모델(Building Information Model, 이하 BIM)에 대한 관심이 높아지면서, Industry Foundation Classes(이하 IFC)에 대한 관심도 높아지고 있다. IFC는 기획, 설계, 시공, 유지관리 등 모든 분야에 걸친 건축물에 대한 자료의 공유를 목표로 International Alliance for Interoperability(이하 IAI)에서 개발한 자료모델(data model)이다. 현재 건축분야의 여러 소프트웨어들이 IFC를 지원하고 있으며, 이에 따라 점차 실제적인 표준 자료모델이 되어가고 있다.

이미 건축설계, 도면작성, 설비, 유지관리 등의 분야에서는 IFC를 이용하여 자료를 교환함으로써 작업의 품질을 높이고, 오류와 작업시간을 줄이는 등 생산성을 높일 수 있는 기반을 마련하고 있다. 하지만 건축구조 분야, 특히 건축구조해석 분야에서는 IFC를 이용한 자료의 교환을 지원하는 소프트웨어들이 많지 않아 생산성을 높일 수 있는 기반을 아직 마련하지 못하고 있는 실정이다. 이는 건축구조설계 분야에 관련되는 자료의 종류가 매우 다양하고 복잡하며 양이 많기 때문에 IFC가 아직 건축구조설계 분야를 효과적으로 지원하기에 부족한 부분이 있기 때문이다.

본 고에서는 현재까지 개발된 IFC를 이용하여 건축구조

해석 분야에 활용할 수 있는 방법과 향후 보다 완전하게 건축구조해석 분야에 활용할 수 있도록 IFC를 발전시키려는 연구에 대해서 소개한다.

### 2. IFC의 개요

IAI(IAI, 2008)가 1994년부터 개발을 시작한 IFC는 건축분야에서 활용하는 여러 소프트웨어들의 자료교환을 위한 자료모델이며, STEP(ISO, 1994)의 EXPRESS(ISO, 1999)를 이용하여 자료모델을 표현한다. 실제 자료의 교환은 문자파일(text file)이나 데이터베이스(database)로 이루어진다. 1996년 IFC 1.0(IAI, 1996)이 발표된 이후 계속 발전시켜 2007년에 IFC 2x3(IAI, 2007)을 발표하였다.

IFC는 건축물에 관련된 방대한 자료들을 다루어야 하므로 이를 계층화하였는데, 최하위에는 Resource layer가, 그 위에는 Core layer가, 그 위에는 Domain layer가 있으며 각 layer는 그림 1.과 같이 구성되어 있다. Resource layer는 재료, 시간, 형상모델 등 기본적인 자료들이 정의되어 있으며, Core layer에는 건축의 각 분야에 공통적으로 필요한 주요 개념과 대상을 표현하는 자료들이 정의되어 있다. Domain layer에는 건축의 각 분야에서 필요한 주요 개념과 대상을 표현하는 자료들이 정의된다. IFC 1.0의 Domain layer에는

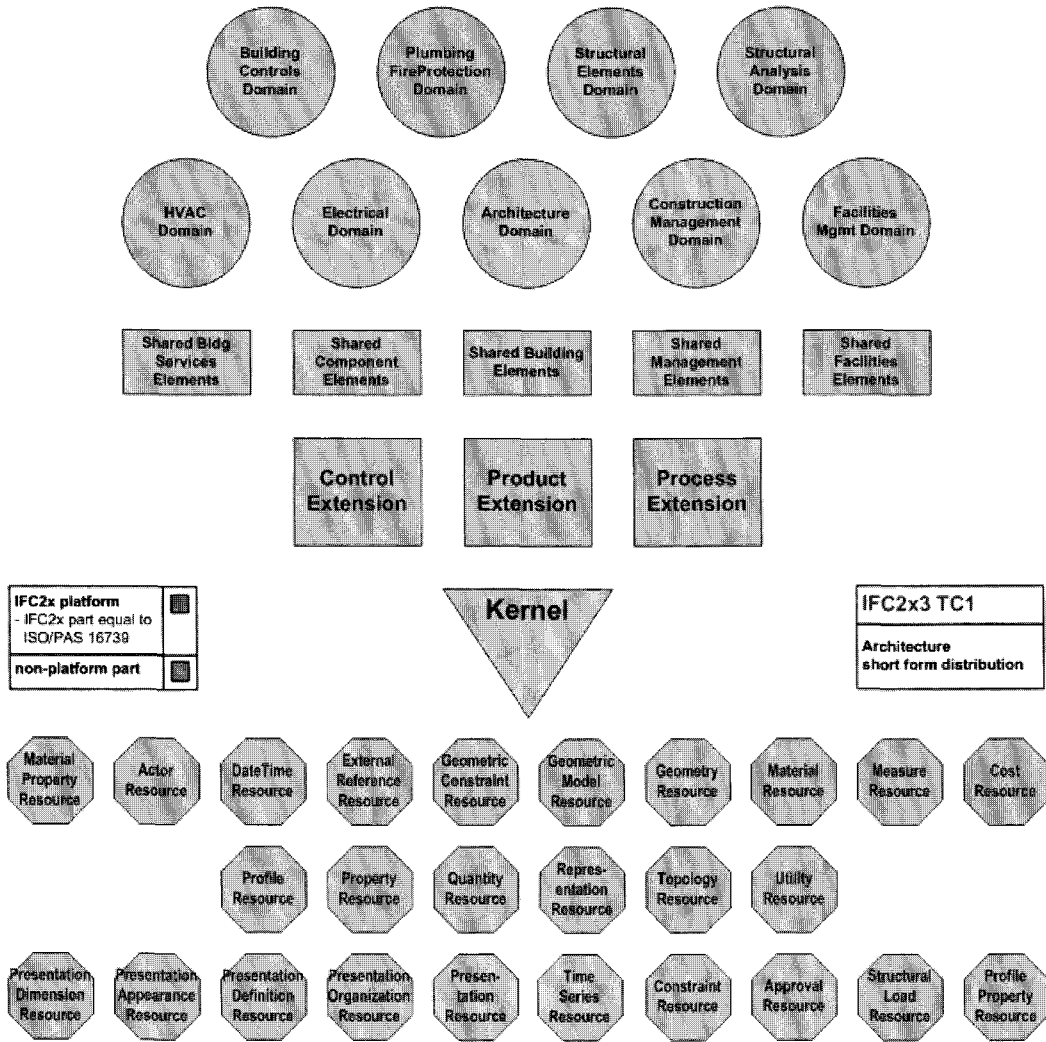


그림 1 IFC의 계층구조(IAI, 2007)

건축, HVAC, 시설관리, 견적 도메인이 포함되어 있었으나 IFC 2x3에는 전기, 시공관리, 건물제어, 배관 및 방화, 구조 요소, 구조해석 도메인이 추가되었다. 현재는 IFC 2x3을 보다 발전시키기 위한 연구가 진행되고 있다.

### 3. IFC 구조해석 도메인

IFC의 구조해석 도메인에는 정적 구조해석(static structural analysis)에 필요한 자료들을 표현한 27개의 엔티티(entity)가 정의되어 있다. 이 엔티티들과 Core layer, Resource layer에 정의되어 있는 엔티티들을 이용하면 정적 구조해석에 필요한 자료들을 교환할 수 있다.

그림 2부터 5까지는 이러한 엔티티들을 해당되는 개념이나 대상물과 함께 그림으로 표현한 것이다. 단, 기둥이나 보와 같은 선형 부재로 범위를 한정하였다. 이 그림에서 중

괄호에 표시된 것은 정적 구조해석에서 일반적으로 사용하는 개념이나 대상물이다. 타원에 표시된 것은 이에 해당되는 IFC의 엔티티들이다. 실선은 엔티티들 사이의 직접적인 연결관계이고 점선은 엔티티들 사이의 간접적인 연결관계이다. 간접적인 연결관계는 이탤릭체로 표시된 IFC 엔티티들을 통해서 연결된다.

그림 2는 구조해석 모델과 관련된 IFC 엔티티들을 나타낸 것이다. IfcStructuralAnalysisModel은 정적 구조해석에 필요한 자료들에 접근할 수 있는 시작점으로서 그림 3에 자세히 나타낸 절점과 요소를 표현하는 엔티티들과 간접적으로 연결된다. 그리고 기둥이나 보를 다른 도메인의 엔티티들과 연계할 수 있도록 Core layer에 정의되어 있는 IfcBeam, IfcColumn과 간접적으로 연결된다. 그리고 해석하는 대상 건축물을 표현하는 IfcBuilding, IfcSite, IfcProject와 차례로 간접적으로 연결된다.

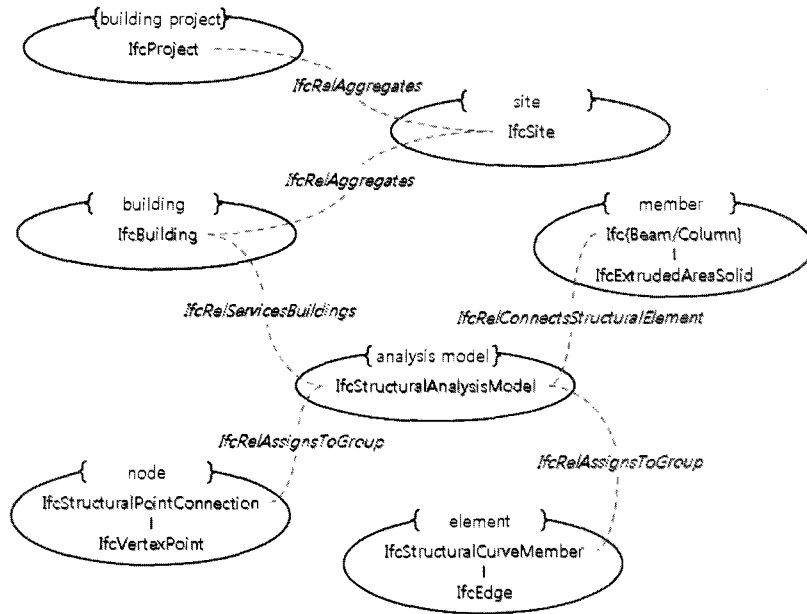


그림 2 구조해석 모델과 관련된 IFC 엔티티

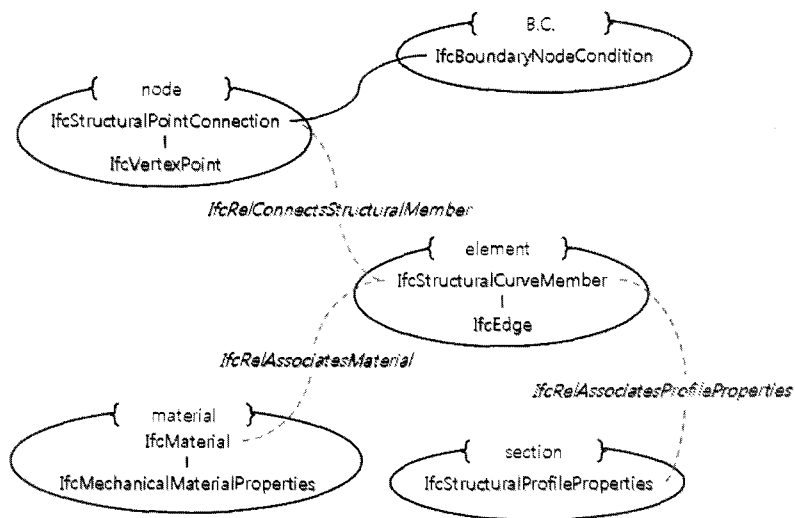


그림 3 절점, 요소, 재료, 단면, 경계조건과 관련된 IFC 엔티티

그림 3은 절점, 요소, 재료, 단면, 경계조건과 관련된 IFC 엔티티들을 나타낸 것이다. 절점은 IfcStructuralPointConnection으로, 요소는 IfcStructuralCurveMember로 표현된다. 각각은 점과 선의 위상(topology)을 표현하는 IfcVertexPoint, IfcEdge와 직접 연결된다. 절점과 요소는 IfcRelConnectsStructuralMember를 통해서 간접적으로 연결된다. 재료는 IfcMaterial, IfcMechanicalMaterialProperties, 단면은 IfcStructuralProfileProperties로 표현되며 각각 IfcRelAssociatesMaterial, IfcRelAssociatesProfileProperties를 통해서 연결된다. 경계조건은 IfcBoundaryNodeCondition으로 표현되며 절점에 직접 연결된다.

그림 4는 하중과 관련된 IFC 엔티티들이다. 집중하중은 IfcStructuralPointAction과 IfcStructuralLoadSingleForce로, 등

분포하중은 IfcStructuralLinearAction, IfcStructuralLoadLinearForce로 표현되면 각각 IfcRelConnectsStructuralActivity를 통해서 절점과 요소에 간접적으로 연결된다. 하중경우(load case)와 하중조합은 모두 IfcStructuralLoadGroup으로 표현되며 하중경우를 나타내는 IfcStructuralLoadGroup은 집중하중과 등분포하중을 나타내는 엔티티와 IfcRelAssignsToGroup을 통해서 간접적으로 연결된다.

그림 5는 해석결과와 관련된 IFC 엔티티들이다. 여기에서는 IfcStructuralPointReaction이 중심이며, 절점에서의 힘과 변위를 각각 표현하는 IfcStructuralLoadSingleForce, IfcStructuralLoadSingleDisplacement와 직접 연결된다. 그리고 절점이나 요소와는 IfcRelConnectsStructuralActivity를 통

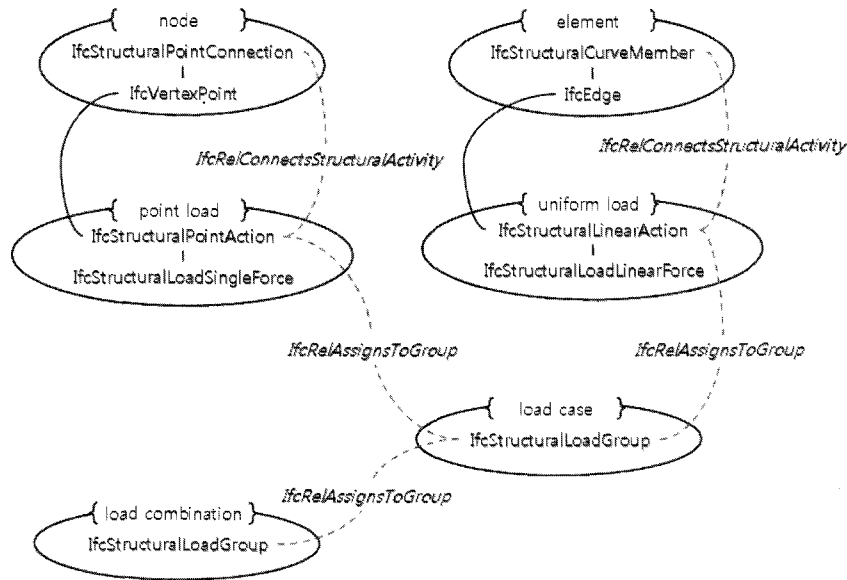


그림 4 하중과 관련된 IFC 엔터티

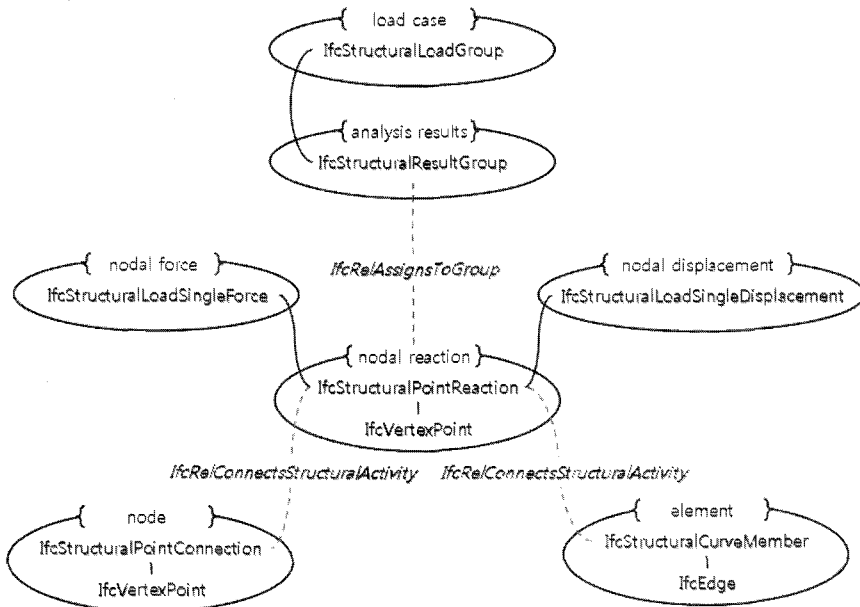


그림 5 해석결과와 관련된 IFC 엔터티

해서 간접적으로 연결된다. 요소와 연결되는 경우에는 요소에 포함되는 절점과 직접 연결되지 않는 점에 유의해야 한다. IfcStructuralPointReaction은 IfcRelAssignsToGroup을 통해서 IfcStructuralResultGroup과 연결된다. 이는 다시 하중경우와 연결된다.

#### 4. IFC의 구조해석 도메인의 확장

2007년에 발표된 IFC 2x3에는 동적해석이나 유한요소해석 등에 대한 자료들은 정의되어 있지 않다. 이에 따라

Hassanien 등(2008)은 동적해석과 유한요소해석 자료의 교환을 위한 IFC 자료모델을 제안하였으며, 그에 대한 연구 결과는 IAI에서 구조해석 도메인을 확장하기 위한 공식 프로젝트로 인정되었다. 그 내용을 요약하면 다음과 같다.

동적해석과 관련해서는 3가지 범주의 동적 지진하중이 정의되었다. 첫 번째는 동적하중과 등가의 정적하중을 표현하는 IfcStructuralLoadEquivalentStatic이다. 두 번째는 설계 기준에 다른 응답스펙트럼으로부터 계산된 동적하중을 표현하기 위한 IfcStructuralLoadResponseSpectrum이다. 세 번째는 지진의 변위, 속도, 가속도 시간이력으로부터 계산된

동적하중을 표현하기 위한 `IfcStructuralLoadTimeHistory`이다. 그리고 동적 변위, 속도, 가속도 경계조건을 표현하기 위하여 경계조건을 표현하는 기존 구조해석 도메인의 엔티티를 확장하여 `IfcBoundaryNodeConditionDynamic`을 정의하였다.

유한요소해석과 관련해서는 먼저 여기에 포함되는 다른 엔티티들에 접근할 수 있는 시작점으로서 `IfcFiniteElementAnalysisModel`을 정의하였다. 그리고 요소, 절점, 적분점을 표현하기 위하여 `IfcFiniteElementModelItem`을 추상엔티티로 정의하고 이를 바탕으로 `IfcFemElement`, `IfcFemNode`, `IfcFemIntegrationPoint`를 정의하였다. 다시 `IfcFemElement`는 요소의 종류에 따라서 선, 면, 입체 요소로 정의하였으며, 추가로 스프링, 감쇠, 질량 요소도 정의하였다. `IfcFemElement`는 `IfcFemNode`, `IfcFemIntegrationPoint`와 직접 연결된다. `IfcFiniteElementAnalysisModel`은 `IfcFemElement`와 직접 연결된다. 유한요소해석의 하중과 관련하여 모든 자료에 접근할 수 있는 시작점으로 `IfcFemStructuralActionGroup`을 정의하였고 이는 `IfcFiniteElementAnalysisModel`과 연결된다. 절점과 요소의 하중을 구체적으로 표현하기 위해서 `IfcFemStructuralAction`을 정의하였고, 요소의 종류별로 하중을 표현하기 위해서 추상엔티티로 `IfcFemElementStructuralAction`을 정의하였는데, 이는 기존의 구조해석 도메인에 정의되어 있는 `IfcStructuralAction`과 직접 연결된다.

구조해석 결과와 관련해서는 먼저 해설결과와 관련한 모든 자료에 접근할 수 있는 시작점으로 `IfcFemStructuralResultGroup`을 정의하고 이는 `IfcFemStructuralResult`와 연결된다. `IfcFemStructuralResult`는 `IfcFemNodeStructuralResult`, `IfcFemElementStructuralResult`, `IfcFemIntegrationPointStructuralResult`를 정의하기 위한 추상엔티티이다. `IfcFemElementStructuralResult`를 바탕으로 요소의 종류에 따른 해석결과를 표현하기 위한 엔티티 정의한다. 이렇게 정의된 엔티티는 정적 혹은 동적 해석결과를 직접 표현하는 엔티티인 `IfcFemStructuralResultPacket`와 연결된다.

Hassanien의 연구에서는 마지막으로 유한요소해석 모델을 생성하는 방법과 관련한 자료를 표현하기 위한 엔티티들을 정의하였다. 먼저 `IfcBeam`, `IfcColumn` 등으로 표현된 자료로부터 유한요소해석에 필요한 절점과 요소들을 정의하는 방법으로 기존의 구조해석 도메인을 이용하여 표현할 수 있는 역학적 모델(mechanical model)을 분할(discretization)하는 방법과 `IfcBeam`, `IfcColumn` 등으로부터 직접 분할하는 방법을 제안하고, 이를 위해서 `IfcRelAssignsToFiniteElementModels`, `IfcFiniteElementModelAssignmentsSelect`를 정의하였다.

## 5. 맺음말

이상으로 구조해석 자료를 교환할 수 있는 IFC에 대해서 자세히 살펴보았으며, 향후 이를 확장하고자 하는 연구에 대해서도 개략적으로 살펴보았다. 해외의 경우 IFC를 이용하여 구조해석 자료를 교환하기 위한 연구(Lopmon, 2009, Hassanien 등, 2008)가 활발하게 이루어지고 있으며 몇몇 구조해석 소프트웨어들은 이미 IFC를 지원하고 있다. 반면에 국내에서는 구조해석 자료의 교환과 관련한 기초적인 연구도 거의 이루어지지 않고 있다. 따라서 앞으로는 건축의 다른 분야와 마찬가지로 건축구조해석분야의 생산성 제고 및 향후 건축생산의 틀로써 주목받고 있는 BIM과의 접목을 위해 국내에서도 IFC를 이용한 구조해석 자료의 교환을 위한 학술적 연구와 실용화를 위한 연구가 활성화되어야 할 것이다.

## 참고 문헌

1. IAI (2008), buildingSMART, URL: <http://www.buildingsmart.com/introduction>.
2. buildingSMART Korea(2008), IFC-BIM 기술 개요, URL: <http://iai.or.kr/overview/IFC.aspx>
3. IAI (2007), IFC2x Edition 3 Technical Corrigendum 1, International Alliance for Interoperability, <http://www.iai-tech.org/ifc/IFC2x3/TC1/html/index.htm>.
4. IAI (1996), Industry Foundation Classes Volume III IFC Model Exchange Specification, International Alliance for Interoperability
5. ISO (1999), ISO 10303-11 IS 1999: Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 11: Description Methods: The EXPRESS Language Reference Manual, ISO TC 184/SC4, Geneva
6. ISO (1994), ISO 10303-1 IS 1994: Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 1: Overview and Fundamental Principles, ISO TC 184/SC4, Geneva
7. R.R. Lipmon (2009), Details of the mapping between the CIS/2 and IFC product data models for structural steel, Journal of Information Technology in Construction, 14, pp.1~13
8. Hassanien Serror M., Junya Inoue, Yoshinobu Adachi, Yozo Fujino (2008), Shared Computer-Aided Structural Design Model for Construction Industry (Infrastructure), Computer-Aided Design, 40, pp.778~788

[담당 : 유은중, 편집위원]