

IFC 파일로부터 구조해석을 위한 형상모델의 구축

Extracting Building Geometry for Structural Analysis from IFC Physical File

고 일 두* 최 중 현** 김 이 두*** 정 연 석**** 이 재 민*****
Goh, IL-Du Choi, Joong-Hyun Kim, E-Doo Jeong, Yeon-Suk Lee, Jae-Min

요 약

기하형상이나 엔지니어링에 관한 정보를 3차원 모델기반으로 다루는 BIM기술은 기존의 2차원 도면작업들에 비해 업무의 효율성이나 신속성, 비용측면 등에서 많은 이점을 제공할 수 있어 건축계획 및 설계, 엔지니어링, 시공, 유지관리, 에너지분석 등 건설산업의 전 분야에 활용되고 있다. 본 논문은 BIM용 프로그램들간에 정보교환을 위해 사용되는 건물의 국제표준 정보모델인 IFC 파일로부터 구조해석을 위한 건물형상모델을 자동으로 구축하기 위한 방법을 제시하고, 실제 구현한 프로그램으로 적용사례를 보여준다.

keywords : 빌딩정보모델링(BIM), 국제표준 건물정보모델(IFC), 구조해석, 구조형상, 해석모델

1. 서 론

3차원 솔리드모델링 기술을 바탕으로 각 건물요소의 형상과 엔지니어링 정보를 처리하는 BIM기술은 건축 분야의 실무분야에 적용되고 있다. 현재 실무분야에 보급된 BIM용 프로그램들은 모델링된 3차원 건물정보로부터 2차원 도면을 자체적으로 생성할 뿐만 아니라, 부재들간의 간섭체크에 의한 설계검토, 실내공간의 분석 및 관리, 에너지 분석, 부재의 물량산출 및 즉시조달, 시설물 및 재난 관리, 법규검토 등을 위한 다양한 정보를 지원해줄 수 있는 기반을 제공하고 있다(고일두 등, 2008; Eastman 2008). 이러한 엔지니어링 정보의 교환에는 개방형 국제표준인 IFC 데이터 형식이 활용되고 있으며, 앞으로 그 사용은 더욱 증가될 예정이다(Thomas, 2009).

이러한 관점에서 볼 때 앞으로의 구조엔지니어링 업무는 건축설계사무소로부터 전달된 건물정보를 분석하여 건축구조물을 계획하고, 이에 따른 초기의 구조설계 모델을 여러 해석모델들로 구조해석을 수행하여 구조물의 안전과 안정을 검토하고, 그 최종결과를 3차원 모델로 구축하고 이로부터 추출된 상세도면을 온라인으로 납품하는 것으로 진행될 것으로 예측된다. 즉, 건축설계와 구조설계가 3차원 모델 기반으로 통합되면, 도면해석에 따른 데이터 오류가 줄어들게 되고 업무의 생산성이 획기적으로 높아질 것으로 기대된다. 특히, 빈번하게 발생하는 설계변경으로 인한 재해석 및 재설계 단계에서 시간과 비용을 크게 줄일 수 있을 것이다.

* 정회원 · 서울산업대학교 건축공학과 교수 gid@snut.ac.kr
** 우송대학교 건축학부 교수 choijh@woosong.ac.kr
*** 정회원 · 울산대학교 건축대학 교수 edookim@ulsan.ac.kr
**** (사)빌딩스마트협회 부연구위원 yeon-suk.jeong@gatech.edu
***** 조지아텍 건축대학 박사과정 jaemin@gatech.edu

본 논문은 BIM용 프로그램들간의 정보교환에 사용되는 국제표준 정보모델인 IFC 파일로부터 건물의 구조 설계를 위한 구조해석 모델을 자동으로 구축하기 위한 연구결과를 보여준다. 논문의 주제는 IFC 파일형태로 전달된 건물요소의 3차원 솔리드모델 기반의 데이터 내용을 살펴보고, 구조해석을 위한 형상정보를 생성하기 위해 개발된 알고리즘으로 구현한 프로그램으로 적용사례를 보여주고자 한다.

2. IFC에 의한 건물형상 표현과 정보교환

ArchiCAD와 Revit Architecture 등으로 모델링되는 건물은 기본적으로 건물을 구성하는 건물요소 (IfcBuildingElement)의 하위 엔티티들로 구체화되며, 이러한 건물요소들은 부지(IfcSite), 건물(IfcBuilding), 층(IfcBuildingStorey), 공간(IfcSpace) 등의 엔티티에 의해 그룹핑되어 관리된다. 현재 Ifc2x3에서는 이러한 건물요소로 20개의 엔티티들, 즉, IfcBuildingElementProxy, IfcCovering, IfcBeam, IfcColumn, IfcCurtainWall, IfcDoor, IfcMember, IfcRailing, IfcRamp, IfcRampFlight, IfcWall, IfcSlab, IfcStairFlight, IfcWindow, IfcStair, IfcRoof, IfcPile, IfcFooting, IfcBuildingElementComponent, IfcPlate이 제공되고 있다(LAI 2006).

현재 건축실무에 많이 사용되는 BIM용 프로그램들은 건물요소의 형상을 표현하기 위한 엔티티로 IfcSolidModel, IfcHalfSpaceSolid, IfcFaceBasedSurfaceModel, IfcShellBasedSurfaceModel, IfcBooleanResult, 그리고 IfcMappedItem등을 사용하고 있다. 이들 중에서 건물부재의 특징상 IfcSolidModel에 속하는 IfcSweptAreaSolid의 하위엔티티인 IfcExtrudedAreaSolid가 가장 많이 쓰이는 데, 이 엔티티는 단면모양을 주어진 길이와 방향으로 전개시켜 원하는 모양을 생성한다. IfcFaceBasedSurfaceModel은 3차원 경계면들로, IfcBooleanResult는 IfcExtrudedAreaSolid와 IfcHalfSpaceSolid의 불리언 연산으로, 그리고 IfcMappedItem는 이미 사용된 형상모델 데이터를 매핑에 의해 재활용하기 위해 각각 정의된다(고일두 등, 2009).

3. 구조해석 모델의 자동생성

3.1. 구조해석을 위한 주요 데이터

구조기술자는 건축도면으로부터 구조관련 정보를 추출한 후에, 구조계획에 따라 구조해석 모델을 마련하여 구조해석을 수행한 후, 그 결과에 따라 재설계를 하거나 부재단면에 대해 상세설계 또는 도면 및 계산서를 작성하는 단계로 엔지니어링 업무를 진행한다. 이러한 과정에서 구조해석을 수행하기 위하여 부재의 공간적 관계에 대한 데이터를 준비하는 업무는 비록 구조해석의 전처리 과정이지만 많은 노력이 요구된다. 근래에는 컴퓨터 그래픽이나 표 등을 활용하여 데이터의 입력과 해석결과의 출력을 사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 지원하지만, 오류가 없는 완벽한 구조해석 모델을 작성하는 일은 쉽지 않다. 따라서 BIM용 프로그램들에서 작성된 건물정보를 구조해석을 위한 기초자료로 활용하면 시간과 노력을 줄이고 정확한 구조해석을 수행할 수 있을 것이다.

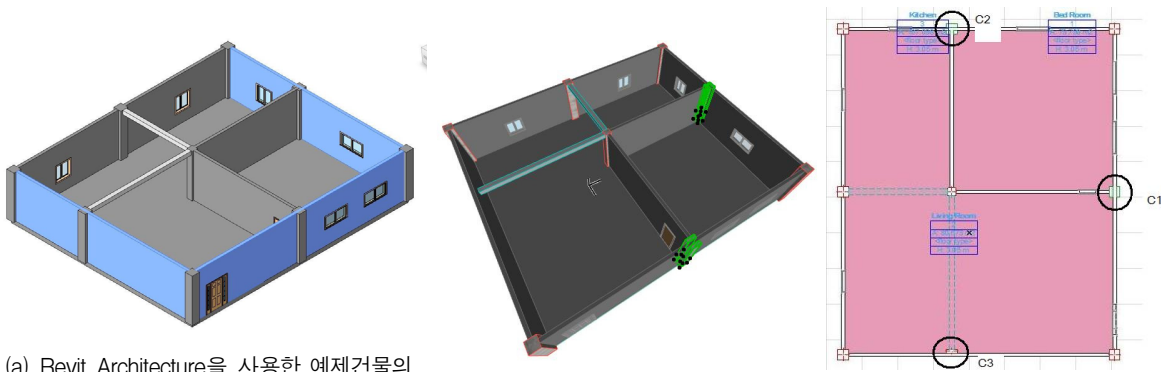
표 1은 구조해석을 수행하기 위한 주요 데이터와 일반적인 BIM용 프로그램에서 정보교환을 위한 국제표준 건물정보모델인 IFC 파일에 생성가능한 정보와의 연관관계를 보여준다. 표 1에서 보는 바와 같이 IFC 파일로부터 구조해석을 위한 모델을 자동으로 생성하기 위해서는 많은 한계점이 존재한다. 따라서, IFC 파일로부터 생성될 수 없는 부족한 데이터는 사용자 인터페이스에 의해 입력될 필요가 있다. 그리고 IFC 건물요소를 직접 구조해석을 위한 유한요소로 사용하는 경우에는 요소의 크기(mesh size)에 따른 에러를 내포하게 된다. 실무차원의 구조해석 데이터를 제공하기 위해서는 건물모델로부터 여러 구조해석 모델들을 지원할 수 있도록 하여 엔지니어가 필요에 따라 다양한 조건들을 고려할 수 있도록 할 필요가 있다.

표 1. 구조해석 주요 데이터와 IFC 파일의 정보와의 연관성

종류	내용		범용도구로 생성가능한 IFC 파일의 정보
구조형상	절점	요소의 경계(점, 선, 면)에 대한 공간정보(좌표값)	- 요소의 3차원 형상과 공간관계를 파악하여 자동생성 일부가능
		경계절점	- 요소의 3차원 형상으로부터 자동생성 일부 가능
		요소간 연결상태(End Release 등)	- 정보 없음
	요소	국부좌표계	- 요소의 국부좌표계로 자동생성 가능
		재료성질(탄성계수,포아송비,비중 등)	- 각 건물요소의 IsDefinedBy 역속성 값인 요소타입에 의하거나 HasAssociations 역속성 값에 의해 관련되는 IfcMaterial을 속성으로 가지는 IfcMaterialProperty로 자동 생성 가능
		단면성질(단면적,전단면적,관성모멘트 등)	- IfcExtrudedAreaSolid 표현 : 단면의 프로파일(IfcProfileDef)로 자동생성 가능 - IfcFaceBasedSurfaceModel 표현 : 경계면들로부터 자동생성 일부가능
경계조건	지지상태	지점의 구속조건이나 변위에 대한 조건	- 정보 없음
	하중	하중 종류(절점하중, 요소하중, 동적 하중 등) 하중 조합	- 모델링시 IfcSpace에 각 실의 용도를 지정하면 설계기준 데이터로부터 적재하중은 자동 설정 가능
해석제어		정적 및 동적해석의 옵션 각 중 해석에 대한 세부데이터(지진기록 등)	- 정보 없음

3.2. 구조형상 자동생성을 위한 검토내용

그림 1(a)는 본 논문주제를 설명하기 위하여 Revit Architecture로 모델링한 건물형상을 보여주고 있다. 이 예제건물을 IFC로 저장하여 ArchiCAD로 불러들이면 그림 1(b)와 같은 결과가 보여진다. 여기서 그림 1(c)에서 보인 기둥 C1과 C2는 벽체가 기둥을 관통하는 것으로 모델링되어, 실제 IFC 파일내에서는 IfcExtrudedAreaSolid가 아닌 IfcFaceBasedSurfaceModel로 표현되어 각각 2개와 3개의 6면체로 분할된 것을 볼 수 있다. 특히 C3는 2개의 6면체로 양분되었으나 내부 6면체는 경계면들의 데이터가 전달되지만 벽체 바깥의 6면체는 정보는 유실이 있는 것을 확인할 수 있다. 그러므로 IFC 파일로 저장된 건물요소의 3차원 형상데이터로 구조해석을 위한 1차원 선요소와 2차원 면요소를 자동으로 생성하기 위해서는 각 형상표현별로 중심선이나 면을 생성해낼 수 있는 알고리즘의 개발이 필요하다는 것을 알 수 있다.



(a) Revit Architecture를 사용한 예제건물의 모델링

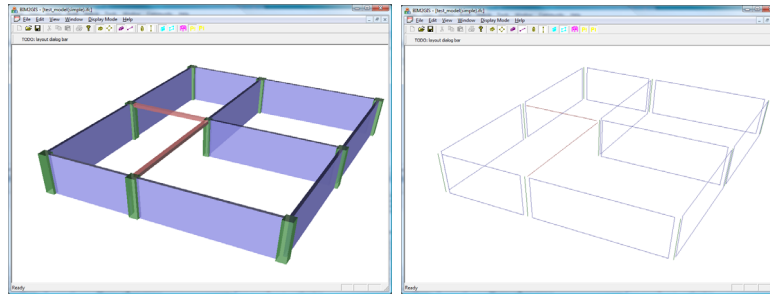
(b) ArchiCAD에서의 읽어들이진 화면

(c) ArchiCAD에서의 평면

그림 1 건물요소의 형상표현 개념

3.3. 프로그램 실행사례

구조해석용 형상모델을 생성하기 위해 현재 개발되고 있는 프로그램의 수행사례는 그림 2와 같다. 각 부재는 3차원 형상표현과 그로부터 추출된 중심선 또는 중심면 표현을 동시에 가지게 된다. 그림 2(a)는 부재의 3차원 형상을 보여주며, 그림 2(b)는 구조요소를 위한 중심선과 중심면을 제시하고 있다. 물론 구조해석을 위한 요소의 연결관계를 완성하기 위해서는 기둥 또는 벽체 중 어떤 요소의 경계점을 기준이 되는 절점으로 설정하며, 각 요소의 경계점을 절점으로 이동 또는 확장할 지는 현재 구현단계에 있다.



(a) 건물요소의 3차원 형상 (b) 추출된 구조요소의 형상데이터
그림 2. 실행사례

3. 결론 및 추후 연구과제

본 연구에서는 건물모델링 정보를 교환하기 위하여 사용되는 IFC 파일로부터 건물요소의 형상을 추출한 다음, 이를 바탕으로 건물의 구조해석을 위한 형상모델을 자동으로 구축한 사례를 제시하였다. 그러나 본 연구의 결과를 실제 활용하기 위해서는 다음과 같은 선결되어야 할 사항이 있다.

첫째, 본 연구에서 살펴본 바와 같이 IFC 파일은 구조해석 모델을 자동으로 생성하기 위한 충분한 데이터를 갖고 있지 못하다. 즉, 구조해석업무를 분석하여 전달되어야 할 정보를 관련 종사자들의 협의에 의해 상세하게 분석하여 체계화하고, 이를 BIM용 프로그램에서 입력처리할 수 있도록 지원할 필요가 있다.

둘째, IFC에서 구조요소 엔티티들을 정의하는 IfcStructuralElementDomain 스키마를 적극 활용하여 BIM용 프로그램에서 구조해석 모델을 총괄적으로 관리하고, 필요한 데이터를 IFC로 저장하여 구조해석을 수행하고 그 결과를 다시 BIM용 프로그램으로 넘겨주어 건축설계와 구조설계간의 협업이 가능하게 하여야 한다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(09국토정보C04)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 고일두, 최중현, 김이두, 정연석, 이재민 (2008), BIM으로부터 가상도시 구축용 건축물정보의 추출, **한국 GIS학회지**, 16(2), pp.1-13.
2. 고일두, 최중현, 김이두, 이재민 (2009), BIM/IFC 파일로부터 건물요소의 형상모델 추출에 관한 연구, **전산구조공학회지**, 22(2), pp.163-172.
3. Eastman, C. M., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. (2008), BIM Handbook, *John Wiley and Sons, Inc.*
4. IAI(International Alliance for Interoperability) (2006), IFC/ifcXML Specifications(IFC2x3), http://www.iai-international.org/Model/R2X3_final/index.htm
5. Thomas Liebich (2009), IFC2x Edition 3 Model Implementation Guide, Version 2