

건축구조분야 개방형 BIM 적용에 관한 연구 소개

Introduction to the Study on the Application of Open BIM to Structural Engineering of Building



정 종 현*

*경남대학교 건축학부 부교수

1. 머리말

현재 건축분야에서 Building Information Modeling(이하 BIM)에 대한 관심이 높아지고 있으며, 실무에서도 적용되는 사례가 점차 늘고 있다. 하지만 BIM의 원래 목적과는 달리 건물에 대한 정보를 설계, 시공, 유지관리 과정에서 체계적으로 활용하지 못하고 있다. 단지 기존의 설계, 시공 등과 별도로 동일한 대상에 대한 몇몇 BIM 도구로 모델을 생성한 후 이를 시각화(visualization)하거나 정확도가 낮은 물량산출 또는 간섭체크(clash check) 정도를 수행하고 있다. 실제 설계의 품질을 높이고 그에 소요되는 시간과 비용을 절감하는 데에 도움이 되지 못하고 있다.

BIM이 아직 원래 목적에 맞게 적용되지 못하고 있는 직접적인 이유는 BIM 도구로 생성한 3차원 모델에 포함되어 있는 정보, 특히 구조물(structure)에 대한 정보를 구조해석 및 구조설계를 수행하여 결정한 결과를 바탕으로 하지 않고, 비 구조전문가가 구조나 시공 등의 엔지니어링 업무를 수행하기에 적합하지 않은 방식으로 모델링하기 때문이다. 그리고 RC구조의 철근이나 강구조의 접합부는 아예 모델링에서 제외되는 경우가 대부분이다.

그러므로 BIM을 보다 활성화시키고 원래 목적에 맞게 활용하기 위해서는 철근과 접합부 상세까지 포함하는 BIM

기반의 구조물 상세 모델(이하 구조BIM)을 구조해석과 구조설계 결과를 바탕으로 제대로 생성하는 것이 필수적이다. 그리고, 다시 이를 위해서는 구조설계를 수행하는 단계의 목적에 맞는 구조BIM의 범위, 모델링 방법, 저장할 자료모델(data model), 구조BIM 관리체계 등 구조BIM의 요소기술이 개발되어야 하고, 이를 바탕으로 구조BIM을 생성하는 실무자들의 명시적 또는 암묵적 합의 및 관례가 형성되어 구조BIM 활성화를 위한 인프라가 구축되어야 한다.

이를 위해서 지난 2011년 1월부터 (사)한국건축구조기술사협회에서는 경남대학교와 함께 국토해양부의 지원을 받아 'BIM기반 RC구조와 강구조 표준상세 연구 및 데이터베이스 구축' 연구(오향옥 등, 2011)를 수행하고 있다. 이 연구에서는 먼저 구조설계를 수행하는 단계를 구분한 후에 각 단계별로 설계의 목적과 산출물 등을 명확하게 규정하였다. 그리고 각 구조설계 단계 별로 구조BIM 모델링 지침을 제시하였고, 이와 더불어 BIM기반의 여건에 부합되는 구조설계도서 작성 지침을 제시하였다. 다음에는 구조BIM 생성의 편의 및 체계적인 관리를 위하여 RC구조와 강구조의 구조BIM기반 구조상세 데이터베이스를 제시하였고, 구조BIM을 저장할 수 있는 개방형 구조BIM 모델을 제시하였다. 본 고에서는 지금까지 이 연구에서 수행한 내용과 결과를 개략적으로 소개한다.

2. 설계단계의 정립

구조설계는 여러 단계를 거쳐 이루어지며, 각 단계별로 목적이나 산출물이 달라진다. 이 연구에서는 BIM에 대한 지침서(조달청, 2010; 가상건설연구단, 2010)를 조사하고 현재 이루어지는 발주, 설계, 시공 등의 현황을 반영하여 설계단계를 계획설계, 기본설계, 실시설계, 시공으로 구분하였다. 그리고 각 단계별로 목적, 산출물 등을 정의하였다. 표 1은 이를 나타낸 것이다.

기존의 단계별 목적 및 산출물과 크게 차이가 나는 것은 구조계산서와 실시구조도면을 실시설계 단계에서 산출하되, 앞의 계획설계와 기본설계 단계에서는 구조계획서 및 구조설계요약보고서를 산출한다는 점이다.

3. 구조BIM 모델링 지침

이 연구에서는 2장에서 정의한 각 설계단계의 목적, 업무 및 산출물 등을 고려하여 구조BIM 모델링 지침을 제시하였는데, 크게 공통자료 작성기준과 구조자료 작성기준으로 구분한다.

공통자료 작성기준은 참여자 간의 의사소통과 정보교환을 위해서 공통으로 지켜져야 하는 작업관리체계이다. 구조BIM 모델의 범위와 관련해서는 모든 단계에서 구조BIM 모델에 건물의 모든 주요 골조부재(슬래브, 보, 기둥, 벽체, 계단 등)를 포함시켜야 하며, 개구부 및 외피형성에 필요한 구조부재, 즉 스페이스프레임(space frame), 트랜섬(transum), 멀리언(mullion) 등도 포함시켜야 한다. 그리고 BIM 모델을 생성하는 방식과 관련해서는 BIM 서버(server) 및 폴더체계(folder system), 명명기준, 표기/태그(tag) 기준, 프리젠테이션 스타일, 리비전(revision)의 관리, 파일의 최대용량 등을 미리 결정해야 한다.

구조자료 작성기준은 구조BIM에 포함되는 자료의 표현 기준 및 내용기준(구조설계정보)이며, 부재의 종류별 정의, 입력 자료의 상세 및 범위, 개구부 처리, 중복되는 부재의 우선순위, 구조해석 및 구조설계 관련 자료의 상세 및 범위 등이 있다. 설계단계별로 목적이나 요구되는 산출물이 다르므로 구조BIM의 표현에 따른 부재 등의 생성방법과 그에 입력해야 하는 구조설계정보의 수준을 결정해야 한다. 표 2는 구조자료 작성기준을 요약해서 간략하게 나타낸 것이다.

표 1 설계단계별 구조설계의 목적 및 산출물

| 단계 | 목적 및 산출물 |
|------|---|
| 계획설계 | - 구조시스템을 계획하여 발주처에게 최적의 대안을 제시 - 건물의 경제성과 안정성, 그리고 발주자의 요구조건을 만족시키기 위해 구조설계기준, 구조재료 및 강도를 선정하고 최적의 구조시스템을 결정 - 구조계획서 |
| 기본설계 | - 선정된 구조시스템을 바탕으로 상세 구조시스템에 대한 검토 및 제안 - 구조해석 및 구조설계를 실시하여 부재단면과 철근비를 결정하고 개략적인 물량의 산정 - 개략견적서, 기본구조도면, 구조설계요약보고서 |
| 실시설계 | - 공사와 입찰에 필요한 물량 정보 및 시공을 위한 구체적인 상세 제시 - 상세한 구조해석 및 설계를 실시하고 철근 배근 및 접합부 설계 실시 - 상세견적서, 실시구조도면, 구조계산서 |
| 시공 | - 최종BIM을 시공사의 기준에 맞게 최적화 - 구조설계도서, 최종 BIM 모델을 시공사의 기준에 맞게 최적화시키며, 4D 및 5D 분석을 통해 구조물 성능 검토, 공정 시뮬레이션 및 공사일정 계획, 시공도면 작성, 설계변경 관리 - 시공도면 |

표 2 구조BIM 구조자료 작성기준 요약

| 구조BIM 설계단계 | 상세수준 (도면표현기준) | 설계 기준 | 구조 재료 | 내진적용 유무 | 부재 단면 | 구조적 용도 | 경계 조건 | 철근정보 | | 부재력 | 구조 상세 |
|---------------|------------------|----------|----------|------------|----------|-----------|----------|------|------------|-----|----------|
| | | | | | | | | 철근비 | 철근배근 자료 | | |
| 계획설계단계 | 1/200 내외 | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | |
| 기본설계단계 | 1/100 내외 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | |
| 실시설계단계 | 1/50 ~ 1/100내외 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 시공단계 | 1/50 이하 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

4. 구조설계도서 작성 지침

기존의 2D 기반으로 구조설계를 수행하는 경우에 각 설계단계 별로 작성해야 하는 구조설계도서의 범위나 표현방식 등이 뚜렷하지 않은 부분이 있어 실무에서 혼선이 야기되는 경우가 많다. 그리고 구조BIM 기반으로 구조설계를 진행하면 도면작성이 쉽다는 피상적인 인식때문에 작성해야 하는 구조설계도서의 범위나 표현방식 등은 더욱 명확하지 않게 된다. 그래서 구조BIM 기반의 구조설계에서는 기존의 방식과 달리 설계단계의 목적에 맞는 3D 모델이 있다는 점을 고려하여 설계단계 별로 작성해야 하는 구조설계 도서의 작성 범위와 표현방식을 합리적으로 명확히 할 필요가 있다.

이를 위해 본 연구에서는 설계단계별로 작성해야 하는 도면의 종류(구조평면도, 구조단면도, 구조입면도, 각종 구조리스트 및 상세)와 상세수준, 도면양식을 결정하였다. 일반사항, RC구조, 강구조로 구분하고 각각을 다시 설계단계

별로 기본, 중급, 상급으로 구분하였다. 기본은 소규모 건축물 등과 같이 인허가와 관련된 최소한의 기존 설계도서만 작성하는 경우이다. 중급은 공중별 공사비 산정을 위한 전통적인 설계도서를 기존의 방법으로 작성하거나 구조BIM 모델로부터 상세도면을 제외한 기본적인 구조설계도서만 추출하여 생성하는 경우이다. 상급은 기존의 방식으로 세부적인 공사비 산정을 위한 구체적인 설계도서를 작성하거나 구조BIM 모델로부터 상세도를 포함한 구조설계도서를 추출하여 생성하는 경우이다. 표 3은 일반사항과 RC에 대한 구조설계도서 작성범위를 간략하게 나타낸 것이다.

5. 구조BIM기반 구조상세 데이터베이스

구조BIM으로 모델링해야 하는 대상은 매우 복잡하고 양이 대단히 많기 때문에 3장에서 기술한 지침에 따라 구조BIM을 모델링하는 것은 대단히 많은 노력과 시간이 요구

표 3 RC구조의 설계단계별 구조설계도서 작성범위

| 구분 | 프로세스 | | 계획설계 | | | 기본설계 | | | 실시설계 | | | 시공 | | | 유지관리 | | | | |
|---------|---------------|--------------------------|----------------|----|----|------|----|----|------|----|----|----|----|----|------|----|----|---|---|
| | 도서명 | | 기본 | 중급 | 상급 | 기본 | 중급 | 상급 | 기본 | 중급 | 상급 | 기본 | 중급 | 상급 | 기본 | 중급 | 상급 | | |
| 일반사항 | 구조계획서 | 구조계획개요 | | △ | △ | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 기본 구조시스템 및 대안 경제적 타당성 검토 | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| | 현상설계공모 및 심의도서 | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| | 공사 시방서 | | | | | | | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | |
| | 구조설계요약보고서 | | | | | △ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | |
| | 구조 계산서 | | | | | | | | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | |
| | 설계 설명서 | | | | | | | | △ | | | | | | | | | | |
| | 개요 및 구조일반사항 | | | | | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | |
| | 도면 목록표 | | | | | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | |
| RC 구조도면 | 기본도면 | 구조도면 | 평면도 | | | | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | |
| | | | 단면도 | | | | | | ○ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | |
| | | | 주심도 | | | | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | |
| | 기본도면 | 일람표 | 기초, 기둥, 보, 슬래브 | | | | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | |
| | | | 옹벽, 계단배근 | | | | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | |
| | | | 잡배근 | | | | | △ | ○ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | ○ | |
| | 상세도면 | 상세도면 | 계단 및 코아 상세도 | | | | | | △ | △ | △ | ○ | △ | △ | ○ | △ | △ | ○ | |
| | | | 잡 상세도 | | | | | | | | △ | ○ | △ | △ | ○ | △ | △ | ○ | |
| | | | 각부구조 상세도 | | | | | | | | | △ | ○ | △ | △ | ○ | △ | △ | ○ |
| | | | 기타상세도 | | | | | | | | | △ | ○ | △ | △ | ○ | △ | △ | ○ |
| | 시공상세 | 시공상세 | 배근시공도 | | | | | | | | | △ | △ | ○ | △ | △ | ○ | ○ | |
| | | | 철근가공상세도 | | | | | | | | | | △ | △ | ○ | △ | △ | ○ | ○ |

△ : 기존 방법으로 설계도서 작성 ○ : 구조BIM 모델에서 설계도서 작성

표 4 RC 보의 구조자료 상세

| 객체명 | 속 성 | 분 류 | 표현방식 | 활용 | | | |
|------|--------|---------------|------------------|------|------|-----|-----|
| | | | | 구조해석 | 구조설계 | 도면 | 물량 |
| RC 보 | 객체이름 | | 000_SD_BS_L01_G1 | | | | |
| | 마크 | | G1 | ○ | | ○ | ○ |
| | 설계기준 | | KCI-USD09 | ○ | ○ | | |
| | 재료정보 | 콘크리트 | fck | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 철근 | fy | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 단면정보 | 폭 | b | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 깊이 | h | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 경간 | L | ○ | ○ | | ○ |
| | | 단면적 | A | ○ | ○ | | ○ |
| | | 체적 | Vol | ○ | ○ | | ○ |
| | 구조적용도 | 일반보 | General | ○ | ○ | | |
| | | 전이보 | Transfer | ○ | ○ | | |
| | 보유형 | 사각형보 | rectangle | ○ | ○ | | |
| | | T 형보 | t-type | ○ | ○ | | |
| | | 깊은 보 | deep | ○ | ○ | | |
| | 피복두께 | | Cc | | ○ | ○ | ○ |
| | 구속조건 | 연속 | cont. | ○ | | | |
| | | 불연속 | discont. | ○ | | | |
| | | 핀 | pin | ○ | | | |
| | | 고정 | fix | ○ | | | |
| | 철근정보 | 철근비 | ρ | | ○ | | ○ |
| | | 철근직경 _주철근 | Main Bar Diam. | | ○ | ○ | ○ |
| | | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | | 철근간격 _표면철근 | Side Bar Spacing | | ○ | ○ | ○ |
| | 내진적용유무 | | yes | ○ | ○ | | |
| | | | no | ○ | ○ | | |
| | 부재력 | 소요모멘트 | Mu | | ○ | | |
| | | 소요전단력 | Vu | | ○ | | |
| | | 소요비틀림 | Tu | | ○ | | |

된다. 그러므로 이 연구에서는 공통적으로 모델링해야 하는 RC구조 배근상세와 강구조 접합부 상세를 선정한 후, 이를 편리하게 구조BIM 모델링에 활용할 수 있도록 모델링 지침에 따라 구조자료의 상세를 결정하고, 이를 BIM 도구에서 이용할 수 있는 라이브러리로 구축하였다.

이를 위해 먼저 철근콘크리트 배근상세(한국건축구조기술사회, 2010), 건축강구조 표준집합상세지침(한국강구조학회, 2009), KS규격, 건축구조기준 및 해설(대한건축학회, 2009) 등을 분석하여 대상이 되는 RC구조 및 강구조 표준상세를 선별하였다. 다음에는 건설교통부의 통합건설정보

분류체계(건설교통부, 2001)를 기반으로 KS에 따른 부재의 규격정보와 건축구조설계기준에 부합하는 하중, 해석 및 설계정보 등의 자료를 추출하였다. 그리고, 이를 BIM 도구에서 이용할 수 있는 라이브러리로 구축하였다. 표 4는 이 중에서 RC 보의 구조자료 상세를 나타낸 것이다.

6. 개방형 구조BIM 모델

3장과 5장에서 기술한 구조BIM 모델링 지침과 구조상세 표준 데이터베이스를 활용하기 위해서는 이 지침과 표준

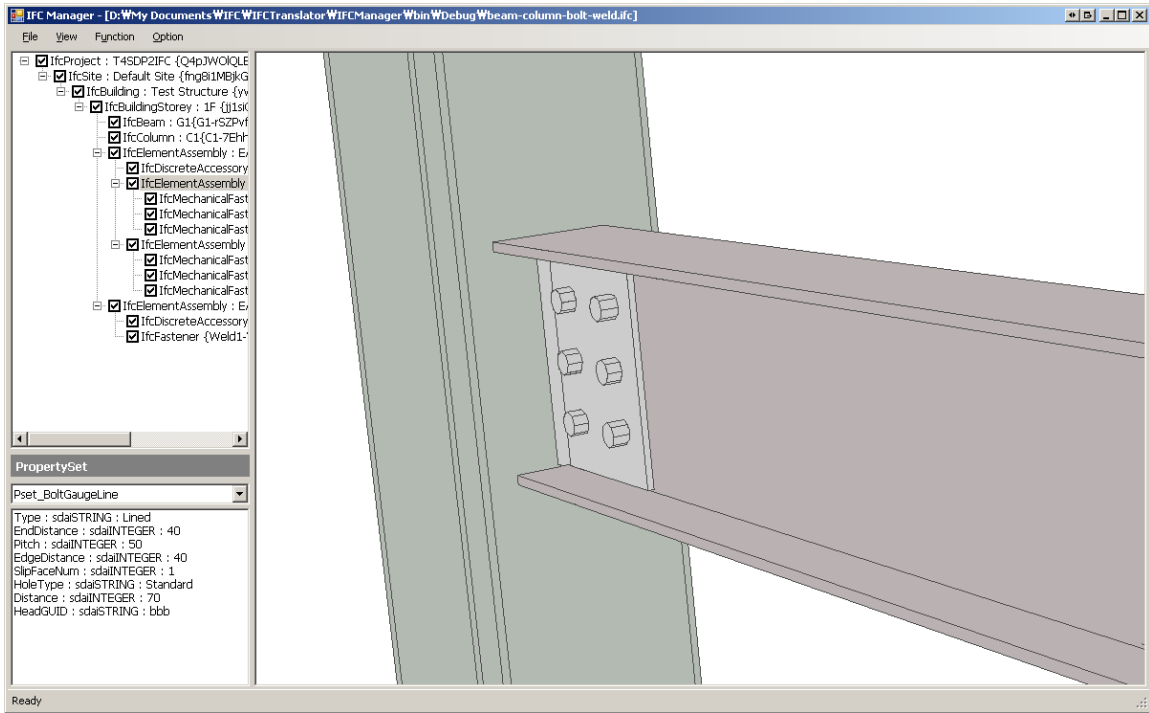


그림 1 PropertySet을 이용하여 강구조 접합부의 형상과 구조자료를 IFC로 표현한 사례

데이터베이스에 따라 생성한 구조BIM을 저장하고 다양하게 활용할 수 있는 자료모델이 있어야 한다. BIM은 건축분야의 업무에 정보기술을 도입하여 업무의 생산성을 높이고 결과물의 품질을 높이는 것이므로 그 과정에서 일반적인 용도를 갖는 소수의 소프트웨어 뿐만 아니라 전문적인 용도를 갖는 다양한 소프트웨어를 사용해야 한다. 따라서 특정 소프트웨어에서만 사용할 수 있는 폐쇄적인 자료모델을 활용하는 것은 BIM의 원래 목적에 부합되지 않는다.

이에 이 연구에서는 공공성, 특정 BIM 도구에 대한 의존성의 폐해, 개방된 자료모델에 기반한 다양한 BIM 도구 개발 환경, 해외 선진국의 BIM 추진현황 등을 고려하여 완전히 공개되고(open) 중립적(neutral)이고 국제적으로 신뢰할 수 있는 표준(standard)인 Industry Foundation Classes(이하 IFC)(building SMART, 2007)로 구조BIM 모델링 지침과 구조상세 표준 데이터베이스를 활용하여 생성한 구조BIM을 저장하고 교환할 수 있는 방안을 제시하였다.

현재의 IFC는 구조물의 기하학적 형상과 포함관계를 정확하게 표현할 수 있지만, 구조설계의 수행에 필요한 구조자료는 표현하기 어려운 한계가 있다. 또한 RC구조의 철근이나 강구조의 접합부 상세 역시 기하학적 형상은 표현할 수 있지만 구조설계에 필요한 구조자료는 표현하기 곤란하다. 따라서 이 연구에서는 IFC에 문자, 정수, 실수 등의 자료를 추가할 수 있는 명시적인 방법인 PropertySet을 이용하여 부재, 철

근이나 접합부 상세의 구조자료를 표현하기 위해서 필요한 자료들을 도출하였고 이를 PropertySet으로 표현하였다. 그림 1은 이 연구에서 제안한 PropertySet을 이용하여 강구조의 보-기둥 접합부의 기하학적 형상뿐만 아니라 볼트군의 일부인 게이저라인(gage line)의 유형(Type), 볼트간격(Pitch), 마찰면의 수(SlipFaceNum), 끝단거리(EndDistance), 측단거리(Edge Distance) 등을 IFC로 표현한 것을 나타낸 것이다.


7. 맺음말

이상으로 구조BIM의 요소기술 개발과 활성화를 위한 인프라 구축을 위한 'BIM기반 RC구조와 강구조 표준상세 연구 및 데이터베이스 구축' 연구의 내용과 결과를 개략적으로 기술하였다. 이 연구는 2011년 1월부터 2011년 9월까지 1차년도 연구를 수행해서 구조BIM 모델링 지침, 구조설계도서 작성지침, 구조BIM 기반 구조상세 데이터베이스, 개방형 구조BIM 모델 초안을 제시하였다. 그리고 2011년 10월부터 2012년 7월까지의 일정으로 2차년도의 연구로서 파일럿 프로젝트를 통한 결과물 개선을 수행하고 있다.

향후 이 연구를 바탕으로 구조분야에 BIM을 적용하여 구조해석 및 구조설계 결과물의 품질 향상과 그에 소요되는 시간과 노력의 절감이 이루어지고, BIM의 원래 목적에 맞게 이 구조BIM에 포함된 정보를 설계 및 시공 실무에서

다양하게 활용할 수 있기를 기대한다. 또한 이와 관련된 다양한 학술적, 실무적 연구가 활성화되기를 기대한다.

참 고 문 헌

1. 오향욱, 김지현, 김민수, 이재훈, 정종현 (2011), 설계단계별 BIM기반 구조설계 프로세스 및 모델 작성기준에 관한 연구, 대한건축학회논문집(구조계), 제27권, 제12호, pp.107~114.
2. 조달청 (2010), 시설사업 BIM적용 기본지침서(v1.0).
3. 가상건설연구단 (2010), BIM적용 설계가이드라인.
4. 한국건축구조기술사회 (2010), 철근콘크리트 배근상세, 구미서관.
5. 한국강구조학회 (2009), 강구조 표준접합상세 지침, 구미서관.
6. 대한건축학회 (2009), 건축구조기준 및 해설, 기문당.
7. 국토해양부 (2001), 통합건설정보분류체계.
8. buildingSMART (2007), IFC2x Edition 3 Technical Corrigendum 1, International Alliance for Interoperability, <http://www.iai-tech.org/ifc/IFC2x3/TC1/html/index.htm>. 

[담당 : 유은종, 편집위원]