

3D 모델링 기반 초고층 골조공사 최적화

Optimization of Structural Frame Work of Supertall Building Using 3D Modeling

현대건설 연구개발본부
초고층연구팀

1. 서론

1.1 연구의 배경

세계 각국이 도시 경쟁력 제고를 위해 앞 다투어 랜드마크급 초고층 건물 건설에 뛰어들고 있으며 그 수요는 지속적으로 상승하고 있다. 그러나 최근 건설이 진행 또는 계획되고 있는 초고층 건물들의 대형화, 복잡화로 인해 프로젝트의 불확실성 또한 점차 증가하고 있다.

특히 초고층에서 골조공사는 적층식으로 철근, 거푸집, 콘크리트공사가 매층 반복되는 사이클형식으로 진행되기 때문에 초기공사계획단계에서 최적화되어 있지 않은 계획은 전체공사에 큰 영향을 준다. 전체공사의 불확실성을 최소화하기 위해 초기공사계획단계에서 프로젝트의 리스크를 예측하고 더욱 정확한 정보를 얻는 일은 성공적인 프로젝트를 수행하는데 있어 매우 중요하다.

이런 이유로 BIM(Building Information Modeling)을 도입하여 이를 해결하고자 하는 움직임이 활발하게 이루어지고 있다. BIM은 설계시 작성된 객체 각각의 공사정보를 전체 프로젝트에 공유됨으로 정보전달의 효율성 향상을 목표로 하고 있어 초고층 분야에 적용성이 높다고 판단되지만, 현재 설계분야의 효율성 향상에 대한 연구가 중점적으로 진행될 뿐 BIM정보가 공사계획 및

시공에 적용되는 사례는 아직 미흡한 실정으로 현재 수동으로 입력한 일정을 4D 동영상으로 재생하는 수준에 머무르고 있다.

1.2 연구 목적과 구성

본 연구에서는 초고층 건물의 BIM 모델링을 통해 공사계획에 필요한 정보만을 추출하여 골조공사의 프로세스를 전산화한 통합환경을 개발하여 전문가가 입체적인 환경에서 프로젝트 결과를 예측하고 의사결정의 효율성을 향상하는데 기여해 보고자 한다.

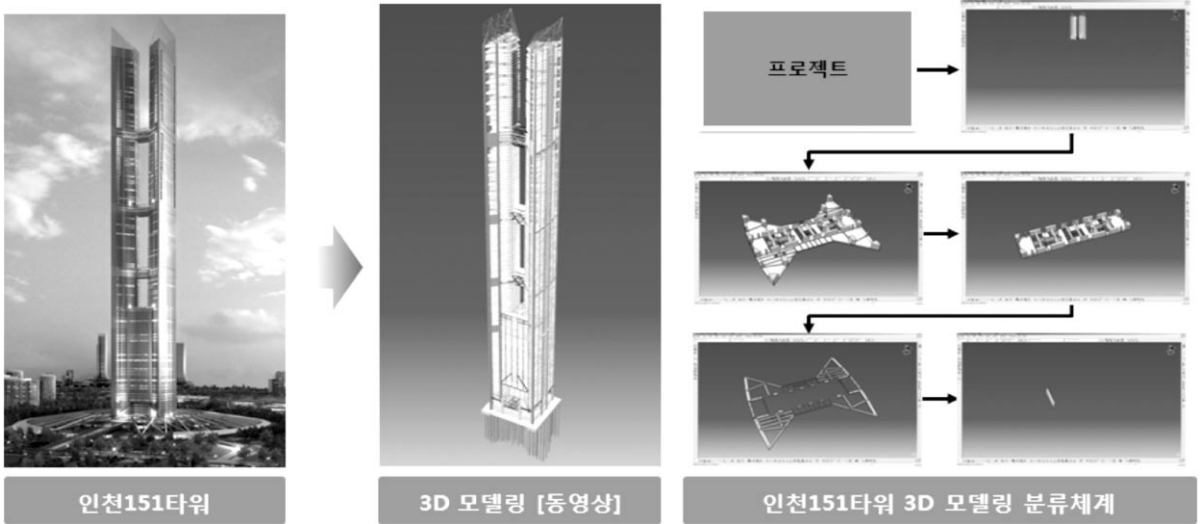
본 연구의 구성은 아래와 같다.

- 1) WBS(Work Breakdown System)기반 BIM 모델링
- 2) Geometry 형상 데이터 추출
- 3) 골조모델링 속성정보 데이터 매핑
- 4) 골조공사 작업선후행관계
- 5) 공사자원 생산성 할당 및 공사일정 생성
- 6) 공사일정을 이용한 4D 비교 시뮬레이션

2. 초고층 골조 모델링과 속성정보 활용

2.1 골조 모델링 및 IFC 변환

기존의 모델링이 설계위주로 진행되어 공사단계



[그림 1] 골조 모델링

에서 이를 활용시 다시 모델링하는 경우가 많다. 그래서 모델링 초기부터 공사계획을 위해 WBS를 고려한 3D모델링을 하였다. WBS에 관한 연구와 국토해양부 건설정보분류체계 적용기준과 공사계획 검토하여 본 연구에서는 공간/수직조닝/층/수평조닝/부위/객체 총6단계로 나누어 3D모델링을 하였다.

모델링 소프트웨어에 따라 3D모델링을 저장하는 파일양식이 다르기 때문에 3D모델링의 호환성은 학계나 업계, 정부기관에서 많은 논란이 있어왔다. 각각 장단점들이 있는 기존 소프트웨어에 대한 각분야 전문가들의 논의는 매년 여러 학회/세미나에서 이루어졌다. 이를 해결하기 위한 활동이 전부터 전개되었고 결국 표준화로 접근되었으며, 그 표준을 IFC(Industry Foundation Classes)로 하는 것으로 점점 힘을 얻고 있다. 따라서 본 연구에서도 3D모델링파일의 호환성문제를 해결하고자 IFC파일로의 전환을 검토하였다. 위의 6단계 WBS기반으로 완성된 골조 모델링은 IFC파일로 변환하였고, 변환과정에서 일부 에러가 발생하였는데 이는 대용량데이터로 인한 것으로 변환을 위한 초기설정을 일부 수정 및 데이터처리기

술로 해결하였다. 또한 이를 통해 변환에러방지과 컴퓨터자원 활용 효율을 높이기 위해 IFC파일의 3D 형상정보만을 추출이 가능하게도 되었다.

2.2 골조 모델링 속성정보 Mapping

BIM 골조 모델 객체의 모든 속성정보가 공사계획에 사용하는 것은 아니다. 그러므로 BIM파일 또는 BIM파일에서 속성정보만 별도로 만든 데이터파일에서 공사계획에 필요한 속성정보만을 추출하였다. 그림 2 Mapping Table을 사용하여 파일종류, 필요한 속성을 선택하여 3D 골조 모델에서 골조공사 정보로 맵핑하는 환경을 구현하였다.

골조 모델 객체의 속성정보는 WBS에 의한 골조공사 정보를 자동적으로 변환된다. 예를 들면, 골조 모델 객체인 기둥부재의 체적은 그 기둥의 콘크리트공사의 작업량으로, 또한 기둥부재의 총표면적에서 부재의 상하 단면적을 제외한 면적은 그 기둥의 거푸집공사의 작업량이 되는 것이다. 3D모델링정보에서 속성값을 바로 골조공사 정보로 변환하거나, 일부는 속성값들을 연산하여 변환



[그림 2] IFC 모델과 속성정보 Mapping Table

할 수 있다. 또한 BIM을 통해 골조 모델링에서 공사계획에 필요한 정보를 속성정보화할 수 있다.

3. 골조공사 계획 프로세스

3.1 골조공사 선�행관계 정의

모델링에 공사계획에 필요한 속성정보를 바탕으로 공사일정을 생성하기 위해서는 골조공사의 프로세스가 정의되어야 한다. 골조공사의 프로세스는 작업, 자원, 일정의 정의 및 영향관계를 말한다. 세부적으로 보면 작업에는 분류체계, 우선순위에 따른 선�행관계가 있으면, 자원에는 분류체계, 작업에 할당이 있다.

이번 연구에서는 골조공사를 대공사와 소공사로 나누어 대공사에는 철근/거푸집/철골/콘크리트공사, 소공사에는 대공사의 특성에 따라 양중/설치/타설등의 작업들로 구성하였다. 이는 본 연구를 위한 구성이며, 대/소공사 분류세부항목은 추가 및 변경가능하다.

대공사와 소공사는 그림 3 골조공사 WBS Tree와 같이 3D모델 객체부위에 할당하였고 부위에 할당된 대공사와 소공사는 부위아래 있는 단위 객체에까지 공사를 부여함으로써 객체단위의 세부

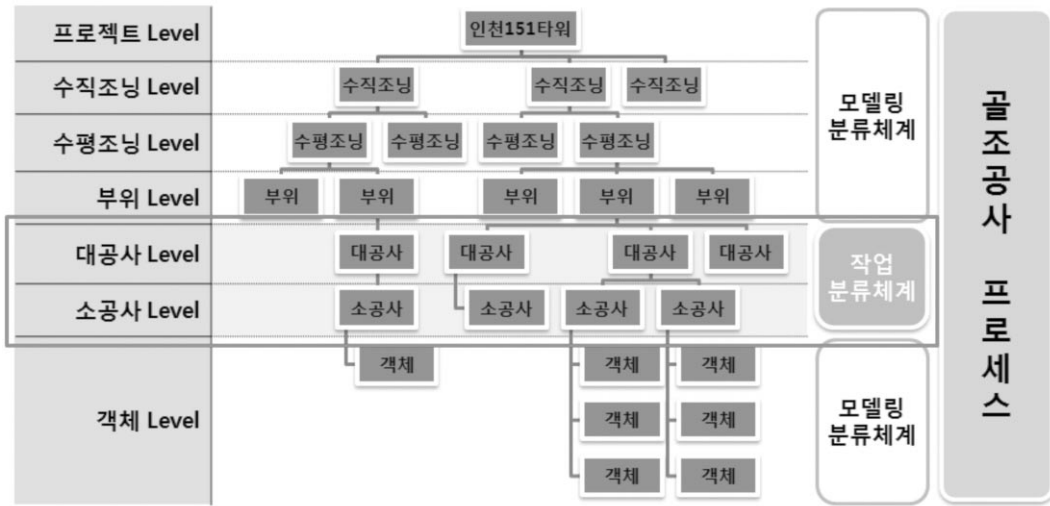
적인 공사작업 계획이 가능하도록 하였다.

골조공사의 대공사와 소공사간의 선�행관계는 각 조닝 및 부위의 적용되는 공법에 따라 달라질 수 있다. 일반적으로 기둥, 벽의 수직재에서는 철근/거푸집/콘크리타설 순이며, 슬라브의 수평재는 거푸집/철근/콘크리타설 순이다. 또한 부위별로도 수직재가 수평재보다는 선행하는 것이 일반적이다. 그러나 VH분리타설공법, 코아선행, Prefab공법에 따라 골조공사의 대/소공사의 선�행관계는 달라질 수 있다.

3.2 골조공사 자원할당 및 공사일정 생성

공사일정을 보다 정확하게 생성하기 위해서는 소공사의 작업을 이루는 인력, 장비, 자재들의 단위작업량 즉, 생산성이 필요하다. 이번 연구에서는 자원의 생산성은 초고층 사례를 통해 얻어진 자료 및 관련업체의 기술자료를 활용했다. 이를 골조공사 WBS Tree에 할당하였으며 작업량과 자원수량을 통해 공사시간을 산정하였다.

위 과정을 통해 구성된 골조공사 WBS Tree는 각 부위별 그리고 공법별로 대공사와 소공사들의 선�행관계를 통해 골조공사의 전체 공사일정이 생성된다. 또한 개별 각각 부재를 3D 모델링하였



[그림 3] 골조공사 WBS Tree



[그림 4] 골조공사 대소공사 생성 및 선후행관계 정의

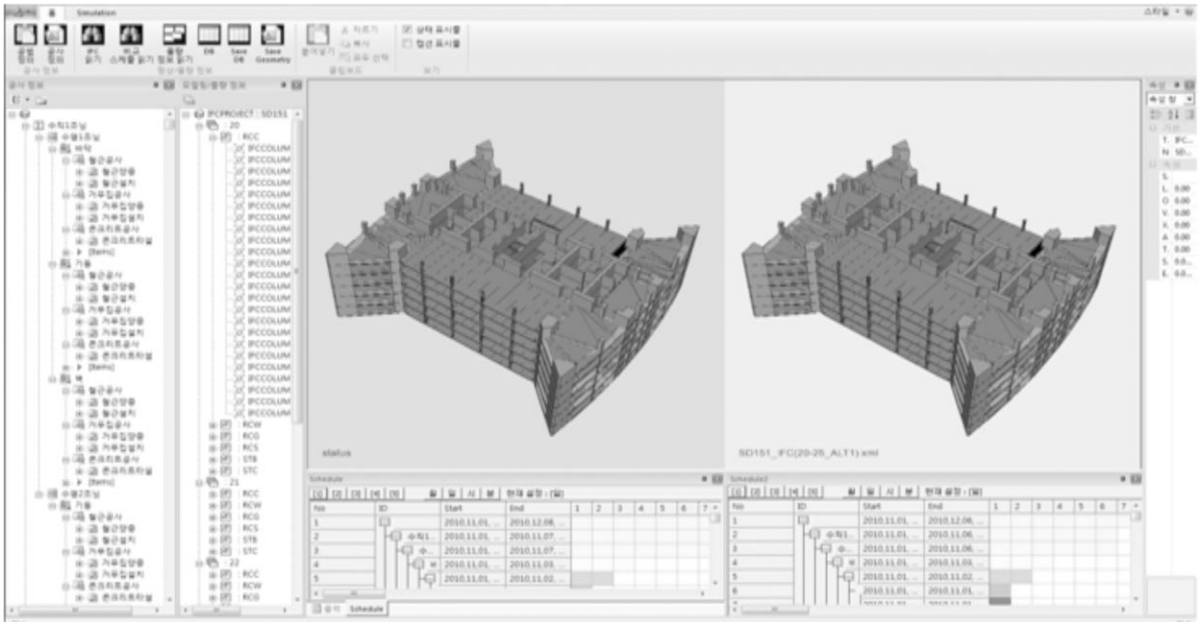
기 때문에 세분화된 공사일정도 생성할 수 있다.

4. 골조공사 비교 시뮬레이션

골조공사의 작업, 공법, 자원의 설정에 따라 공사일정이 생성되며 각각의 설정 요소들을 변경함에 따라 다양한 환경에 대한 공사일정 시뮬레이

션을 실시할 수 있다. 위의 변수들의 다양한 설정으로 시뮬레이션하여 얻은 공사일정은 골조 3D 모델링 객체들과 연동하여 4D 시뮬레이션이 가능하며 이를 통해 시각적인 판단이 가능하여 보다 입체적인 환경에서 공사계획을 수립하는데 도움을 줄 수 있다.

정보 시각화 구현수준에 따른 사용자의 판단에



[그림 5] 에너지 리사이클링

영향을 줄 수 있다. 그만큼 정보시각화는 중요한 부분이다. 한 요소의 속성값이 변하는 값에 다른 요소들에게 영향을 주는지를 파악할 수 있도록 UI(User Interface)를 설계하였다. 하나의 통합된 플랫폼에서 정보를 볼 수 있도록 구현하였다.

5. 결론

본 연구에서는 BIM 모델링에서 공사계획에 필요한 형상정보와 속성정보를 데이터 추출하여 커스마이징을 확보함은 물론 기존 상용 공정프로그램에서의 자원평준화에 한발 더 나아가 작업의 우선순위를 정의하고 자원의 생산성을 활용해 공사일정을 생성하여 관련업무 담당자가 보다 심도 있고 실시간으로 예측과 의사결정을 할 수 있다. 또한 각각 개별 부위의 소공사까지 공사일정 산정이 가능함으로 공사계획을 보다 세밀하게 검토할 수 있다.

본 연구에서 수행된 연구 및 개발된 내용은 골조공사의 모든 요소들을 검증하기에는 부족함이 있다. Pilot 현장 적용 및 공법등의 추가적인 관련기

술정보를 통해 골조공사 프로세스를 세분화 시키고 신뢰성을 높여줌으로써 진행중인 프로젝트의 생산성 분석, 신규 프로젝트 공사 계획시 유용하게 사용되리라 판단된다. 이를 위해 Pilot 현장 적용을 통해 실제적이고 세부적인 연구가 수반될 계획이다.

참고문헌

1. 이현수 외, 공정 원가 통합 관리를 위한 BIM 기반 객체지향형 공정 모델링, 대한건축학회논문집, 제25권 제12호, 2009.12.
2. 장명훈 외, 자원투입 및 사용 시점 조절을 통한 자원평준화 방법, 대한건축학회논문집, 제21권 제7호, 2005.7.
3. 국토해양부, 건설정보분류체계 적용기준, 공고 제2009-781호, 국토해양부, 2009.
4. 서상욱 외, 공정관리 프로그램을 이용한 공정 리스크 관리 방안, 대한건축학회 논문집, 제22권 제12호, 2006.12.
5. 김재준 외, 3차원 객체 정보 추출 및 자동 공

- 정 생성을 통한 실시간 진도관리 시스템에 연구, 대한건축학회 논문집, 제24권 제10호, 2008.10.
6. Rossignac, J.R. and Requicha, A.A.E., "Offsetting Operations in Solid Modelling". Computer Aided Geometric Design, Vol.3, pp. 129-148, 1986.
7. Weiler, K., Topological Structures for Geometric Modeling, PhD Thesis, Rensselaer Polytechnic Institute, August 1986.
8. Weisheng Lu, Optimizing construction planning schedules by virtual prototype enabled resource analysis, Automation in Construction, April 2009. 