

구조해석모델 생성을 위한 파라메트릭 모델러의 적용성 연구

A Study on Parametric Modeler to Generate Structural Analysis Model

김치경*·이상수**·최현철***
Kim, Chee Kyeong · Lee, Sangsu · Choi, Hyunchul

요약

최근 많은 건축가들이 파라메트릭 디자인 도구에 관심을 가지고 형태에 대한 다양한 실험을 하고 있는 것과는 달리, 구조 엔지니어들은 이에 적절하게 대응하지 못하고 있다. 현재 파라메트릭 모델과 구조해석 프로그램사이의 자료교환을 가능하게 하는 인터페이스가 없는 것이 주된 원인이다. 따라서 구조 엔지니어들도 자유롭게 파라메트릭 방법론의 장점을 활용한 모델을 생성하고, 그것을 구조해석에 바로 사용할 수 있도록 하는 일이 오늘날 구조계가 당면한 과제이다. 본 연구에서는 파라메트릭 모델로부터 구조해석 모델을 자동으로 생성하는 인터페이스의 실무 적용가능성을 살펴보기 위하여, 파라메트릭 디자인 도구의 특성과 확장성을 검토하고, 라이노를 기반으로 하는 구조해석 모델 생성 플러그인을 개발하였다.

keywords : parametric design, 비정형 건축물, 구조해석, grasshopper

1. 서론

최근 컴퓨터 활용 디자인의 발달로 인해 예전에는 상상하기 어려웠던 다양한 형태의 비정형 건축물이 늘어나고 있다. 이와 같은 비정형 건축물 설계에 활용되는 기법 중의 하나가 바로 파라메트릭 디자인이다. 파라메트릭 디자인은 특정 변수, 표현, 조건, 스크립트 등으로 이루어진 파라메트릭 방정식을 통해 요소들의 관계를 설정하여 형태를 찾는 것이다. 파라메트릭 디자인을 통해 설계과정에서 프로토타입을 만들고, 파라미터를 조절하면서 다양한 기하학적 대안들을 비교 검토할 수 있다. 하나의 모델이 완성되면 수많은 대안 비교를 통해 짧은 시간에 더 좋은 결과물을 얻을 수 있다.

설계과정에서는 이와 같이 비정형적인 형상을 찾아내는 새로운 개념의 도구가 발전하고 있는 반면, 구조해석 모델링을 위한 별도의 파라메트릭 도구는 전무한 실정이다. 여러 대안에 대한 구조해석을 수행하기 위해서 각 대안에 대한 구조해석 모델을 하나하나 작업해야 하고, 특히 비정형 건축물의 경우 모델링에 많은 시간이 소요되기 때문에, 실제로는 하나의 모델에 대해서만 구조해석을 수행하는 경우가 대부분이다.

본 연구에서는 국내 실무에서 여러 대안에 대한 구조해석을 쉽게 시도할 수 있는 여건을 마련하는 것을 목표로, 3D 비정형 형상 구현이 자유로운 파라메트릭 모델로부터 구조해석 모델을 생성할 수 있도록 파라메트릭 디자인 도구의 기능을 확장하여 그 적용가능성을 살펴보고자 한다. 완성된 파라메트릭 모델을 구조해석 모델로 쉽게 전환할 수 있게 되면, 하나의 프로젝트에 대해 쉽게 여러 대안을 생성할 수 있어, 구조해석 모델링 역시 파라메트릭 기술을 사용할 수 있는 장점이 있다.

* 정회원 · 선문대학교 건축공학과 교수 ckkim@sunmoon.ac.kr
** 회원 · 창소프트 아이앤아이 선임연구원 indigoray@nate.com
*** 회원 · 창소프트 아이앤아이 선임연구원 jissi@snu.ac.kr

2. 파라메트릭 모델을 이용한 구조해석방법론 연구 동향

2.1. 기존 구조 모델러의 한계

기존의 구조해석용 모델러는 정형적인 구조모델의 생성에 대응할 수 있는 정도의 단순한 모델링 기능만을 가진다. 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 MIDAS/GENw을 예로 들자면, 직접적인 좌표의 입력을 통해 노드를 생성한 뒤, 그 노드들을 반복 복제하는 방식을 기본으로 하고, 복잡한 모델의 경우는 2D CAD 자료를 참조하여 모델을 생성한다. 따라서 참고할 CAD자료가 없거나 건축물이 자유형상일 경우, 모델링에 많은 어려움이 발생하고 많은 시간을 필요로 한다. 또한 기하학 정보만을 담고 있기 때문에, 형상의 변화에 유연하게 대응하지 못하고 매번 새롭게 모델링을 해야 하는 어려움이 있다. 이와 같은 한계 때문에, 다양한 형상의 탐구와 최적화를 위한 대안 모델의 생성과 구조해석 검토를 꺼리게 된다.

2.2. 파라메트릭 디자인 도구의 특징

파라메트릭 디자인은 기존의 디자인 이론, 컴퓨터 이론, 객체지향 등에 기초한 새로운 개념의 디자인 방법이다. 파라메트릭 디자인 도구는 기존 3D 디자인 도구가 발전된 것으로, 비정형적이고 자유로운 형상을 쉽게 디자인할 수 있으며, 파라메트릭 방정식을 통해 디자인 요소들의 관계를 설정함으로써, 하나의 논리로부터 다양한 변형을 쉽게 생성할 수 있고 기하학에 대한 높은 수준의 조절이 가능하다. 디자인 과정이 기록되어 있고, 조절할 수 있는 변수들을 가지고 있기 때문에, 완성된 형상을 의도에 따라 쉽게 변경할 수 있다.

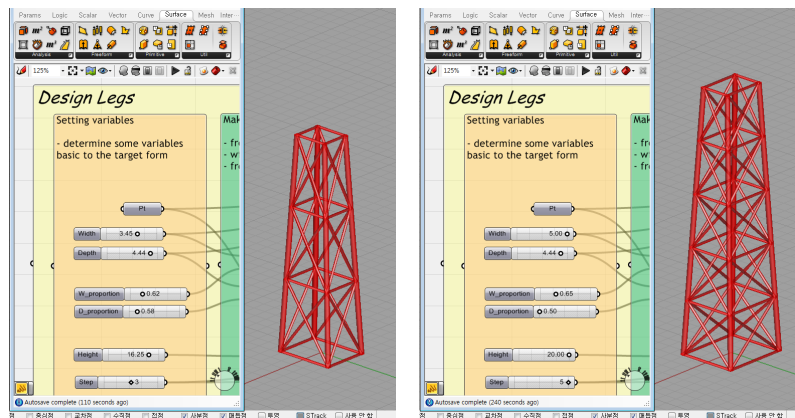


그림 1 파라메트릭 모델의 변경

2.3. 기존 연구 사례

최근 기존 구조해석 모델러의 한계를 극복하고, 파라메트릭 디자인 도구의 장점을 활용하기 위한 연구가 진행되고 있으며, 주로 유용한 파라메트릭 디자인 도구와 구조해석 프로그램을 연계하는데 초점을 맞추고 있다. Rhinoceros(이하 라이노)기반의 Geometry Gym과 GenerativeComponents(이하 GC)기반의 Structural Design Tools가 대표적이다. Geometry Gym은 라이노의 모델을 구조해석 패키지와 연결해주는 라이노 플러그인으로서, 라이노 모델을 구조해석 프로그램의 형상입력 파일로 자동 생성한다. 따라서, 라이노의 다양한 자유형상 모델링 기능과 Grasshopper의 파라메트릭 모델링 기능을 활용하여 생성한 모델을 구조해석모델로 쉽게 변환할 수 있다. Structural Design Tools는 GC의 확장 컴포넌트로 개발되었는데, 역시 GC로 생성된 파라메트릭 모델을 자동으로 구조해석 프로그램의 입력파일로 변환한다.

위의 두 사례는 국외 업무 환경에 적합한 연구로, 국내에서 많이 사용되는 구조해석설계 프로그램과 호환되지 않고, 국내 설계환경(단면 DB 등)을 고려하지 않으며, 아직 실험적인 초기 단계여서 국내 실무에 직접 적용하기에는 무리가 있다.

3. 구조해석 모델의 생성

3.1. 연구의 방법

본 연구는 파라메트릭 디자인 도구를 확장하여 구조해석 모델을 생성할 수 있는 방법을 찾아내고, 이를 실무에 적용할 수 있도록 구현하는 것을 목표로 한다.

우선, 건축에 주로 사용되는 파라메트릭 디자인 도구들을 조사하여, 구조해석용 모델러로서의 적용가능성을 검토하였다. 파라메트릭 모델링 기능을 가진 대표적인 디자인 도구인 GC와 라이노의 특징을 사용의 편의성, 개발의 용이성, 모델러의 성능, 비용, 시장 점유율, BIM과의 연계성 등의 항목으로 평가한 결과, 사용자 편의성이 높고, 개방적인 API 때문에 개발의 용이성이 좋은 라이노를 개발 플랫폼으로 선정하였다.

본 연구에서 목표로 하고 있는 구조해석 모델 생성기능은, 라이노의 파라메트릭 모델링 플러그인인 Grasshopper의 내부 컴포넌트로 개발하여, 모델 생성기능을 파라메트릭 모델 속에 온전하게 포함하는 것이 바람직하지만, 현재 Grasshopper의 컴포넌트 개발 API가 공개되지 않았기 때문에, 구조해석 모델 생성기능을 라이노 기반의 플러그인으로 개발하였다.

3.2. 구조해석 모델 생성 플러그인의 개발

3.2.1. 기하학적 모델의 구조해석 모델로의 변환

기하학적 모델과 달리, 구조해석 모델의 요소는 절점을 참조하는 연결정보(topology)에 의해 정의된다. 따라서 구조해석 모델로의 변환에서는 연결성을 파악하고 절점과 요소로 전환하는 것이 핵심이다. 여기에는 구조해석 모델러와 같은 방식으로 처음에 절점을 명시적으로 생성하고 절점과 구조 요소와의 연결 정보를 관리하는 방식과, 절점이 없이 구조 요소들의 기하학적인 정보를 생성한 후 최종 변환 시점에 연결 정보를 파악하여 절점을 자동 생성하는 방식의 두 가지 접근이 가능하다. 전자는 추후 하중과 경계 및 구속 조건 등을 절점에 적용하는데 유리하지만 구현이 복잡하고 관리상의 부하가 발생한다. 후자는 그 반대의 특성을 지니므로 본 연구에서는 초기 적용성 검토를 위해 구현이 간단하고 가볍게 작동할 수 있는 후자의 방식을 택했다.

3.2.2. 구조해석을 위한 부가적 정보의 추가

기하학적 모델과 구조해석 모델의 또 다른 차이점은 구조해석 모델은 기하학적 정보 외에도 구조해석을 위한 구조적인 속성 정보가 추가되어야 한다는 것이다. 이는 라이노 객체의 기본 정보에 User Data를 추가하여 비교적 간단하게 구현할 수 있다. 본 연구에서는, 새로운 명령어를 통해 기하학적 요소에 단면정보와 물성정보, 단면의 회전각도 등의 구조 정보를 할당할 수 있도록 하였다.

3.3. 적용 가능성 검토

구조해석 모델을 생성하기 위해서 초고층 건축물을 파라메트릭 모델로 만들었다. Grasshopper에서 필요한 요소들을 선택하고 요소들의 관계를 설정하는 작업을 통해 모델을 완성하였고, 건축물의 높이, 버트레스 제어점의 위치, 아웃리거의 위치 등을 조절하여 다양한 형상의 모델을 생성할 수 있었다.

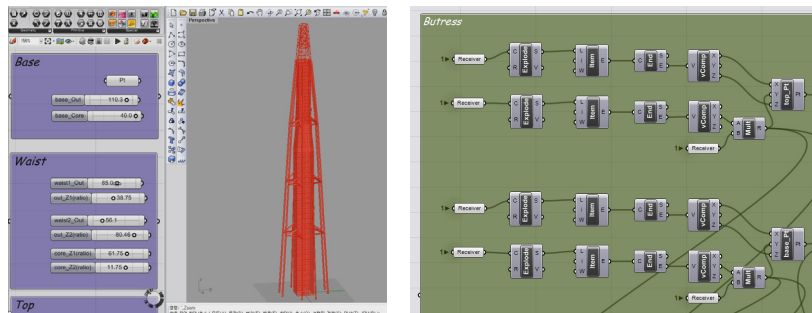


그림 2 파라메트릭 구조모델 생성

구조해석 모델 생성 플러그인을 사용하여, 각각의 대안 모델에 구조 정보를 추가하고 구조해석 모델로 변환할 수 있었다. 이렇게 변환된 구조해석 모델은 기존의 구조해석 프로그램으로 해석할 수 있다.

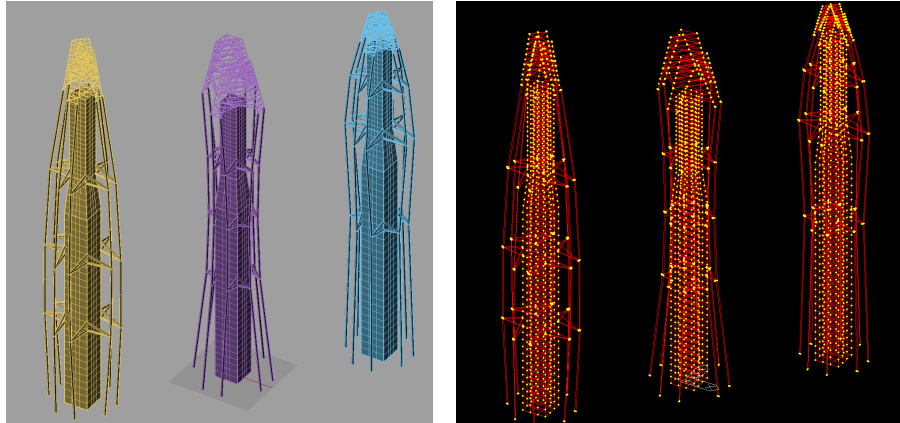


그림 3 파라메트릭 구조모델과 변환된 구조해석 모델

본 연구에서 개발한 확장된 파라메트릭 디자인 도구를 이용하면, 비정형 건축물의 구조해석에서 많은 시간을 필요로 하는 형상 모델의 여러 가지 대안을 쉽게 생성할 수 있어, 다양한 형상에 대한 탐구와 성능의 최적화가 용이하다.

4. 결론

본 연구에서는 파라메트릭 디자인 도구를 사용한 비정형 건축물의 설계가 늘어나고 있는 현 시점에, 구조 엔지니어들이 비정형 건축물에 대한 구조해석 모델을 쉽게 생성할 수 있도록, 파라메트릭 모델을 구조해석 모델로 변환하여 국내 실무에 적용할 수 있는 방법을 모색하였다. 라이노의 형상 모델에 구조 정보를 추가하여 구조해석 모델로 생성할 수 있도록 파라메트릭 모델러의 기능을 확장하는 플러그인을 개발하였고, 초고층 건축물의 파라메트릭 모델을 대상으로 적용가능성을 검토하였다.

앞으로 구조 모델에 특화된 형상을 생성하는 도구를 추가하고, 나아가 하중, 경계조건 등과 같은 구조해석 정보를 파라메트릭 모델러 안에서 통합하여, 파라메트릭 모델의 장점을 적극적으로 활용한 구조해석 모델러를 개발해야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 2010년도 초고층복합빌딩연구개발 사업에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Coenders J.L. (2008) Interfacing between parametric associative and structural software, *Innovations in Structural Engineering and Construction*, 2008, 63-68.
- Aish, Robert (2005) Introduction to GenerativeComponents, a parametric and associative design system for architecture, building engineering and digital fabrication. *white paper on* <http://www.bentley.com>
- McNeel (2006) Rhinoceros Website. <http://www.rhino3d.com>
- Jon Mirtschin (2009) Geometry Gym Blog, <http://geometrygym.blogspot.com>