

비정형 초고층 빌딩의 Parametric Design을 위한 BIM 활용에 관한 연구

A Parametric design study for free-formed super tall building using BIM

김형일 | Kim, Hyeong-II

정회원, 한양대학교, 친환경건축연구소, 연구교수, 건축학박사

Abstracts

The Purpose of this study is to develop a design process of free-formed super tall buildings with parametric design approach using BIM. Before BIM tools like Revit was developed, it is considered as very time consuming process and requires extensive efforts and costs for making free-formed super tall building modeling. Current trends of free-formed super tall building are for proofing city's economic strength and symbol. New digital tools have been developed and used for pursuing many design methods for building design. In this study, BIM based Parametric design approach is studied to seek for possibility of generating free-formed super tall building fast, easily, and accurately.

Keywords

BIM, Free-formed, Super tall building, Parametric design, Parameter

키워드

빌딩정보모델링, 비정형 건축, 초고층빌딩, 파라메트릭 디자인, 매개변수

* 본 연구는 과학기술부 우수연구센터육성사업인 한양대학교 친환경건축 연구센터의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다. (과제번호: R11-2005-056-01003-0) 또한 자료수집 및 모델링작업을 위하여 노력해준 한양대학교 건축학부 박중현 (2011년 졸업) 군에게도 깊은 감사를 드립니다.

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

예전의 초고층빌딩은 각 도시의 이미지를 대표하기 위한 Landmark로서의 기능과 높이 경쟁을 통한 우월성 입증, 도시의 경제력을 과시하기 위해 많이 건설되어왔다¹⁾. 이런 부분은 도시 내의 중요한 요소로써 미국과 홍콩을 시작으로 두바이, 중국, 유럽 그리고 한국까지 유행을 가져오게 되었다. 이러한 유행에 따라 초고층빌딩의 형태의 발전은 건축가들뿐만 아니라 일반 대중에게도 큰 관심사가 되고 있다.

최근의 초고층빌딩의 뚜렷한 경향중 하나는 빌딩형태에 있다. 단순히 틀에 박힌 정형화된 형태가 아닌 자유로운 비정형의 형태이며 계획적이고 구조적인 해법을 제시하고 있다. 이렇게 초고층빌딩이 새로운 형태로 발전하고 있지만, 이 새로운 형태를 설계하기 위한 새로운 디지털 도구와 방법은 많이 개발되지 않은 상태이고, 앞으로 지속적으로 개발될 것이다. 새로운 디지털 도구와 방법의 개발은 앞으로의 초고층빌딩의 다양한 형태개발에 많은 도움과 아이디어를 제공하고 또한, 이전에는 쉽게 설명하지 못했던 복잡한 구조의 Modeling을 수행함으로써 더 발전된 설계 방법을 구현할 수 있을 것이다.

1.2 연구의 방법과 범위

본 연구에서는 이러한 새로운 추세 속에서 매개변수와 수식을 이용해 Modeling을 수행함으로써 급변하는 건축 환경에 손쉽게 대응하고 적용할 수 있는 새로운 Modeling의 필요성에 따라 Parametric Design Method가 새로운 비정형 Modeling의 설계방법으로써 각광받고 있다. 그에 따라 이번 논문에서는 새로운 디지털 도구를 사용하여 새로운 설계방법인 Parametric Method로 자유로운 형태를 갖는 초고층빌딩의 설계방법을 연구하고 새로운 Process를 제공함으로써 앞으로 수행되는 비정형의 초고층빌딩의 설계를 수행하는데 있어 다양성을 증진시키고자 한다.

1.3 연구의 방법

본 연구는 초고층건물의 형태디자인을 위해 개발된 디지털 도구의 단계별 사용방법과 실행한 비정형초고

층 건물의 Modeling의 결과물을 중심으로 구성하며, 앞으로 실행되는 초고층설계의 다양성을 고려하여 Fixed된 고정요소와 Variable 한 가변요소를 설정하여 초고층건물의 설계방법 중 하나인 Parametric design을 수행하는 것으로 범위를 정하고 있다. 생성된 빌딩의 상세한 계획적, 구조적인 형태별 분석은 본 연구의 범위에 포함시키지 않고 향후의 연구과제로 남겨두었다.

이 연구에 사용된 디지털 설계도구는 Autodesk사의 Revit Architecture²⁾로 앞으로의 활성화 될 BIM도구로서도 가능성이 무한한 설계도구이다. 이 설계도구를 이용하여 변수를 설정하고 수식을 만들어 Parametric design을 수행하였고, 현실적인 법과 규제에 맞추어 고정요소를 설정하였다. 또한, 설계과정에 적용한 초고층빌딩은 CTBUH에서 조사된 100개의 초고층건물의 평균을 내서 수행했으며, 그 내용은 오피스 용도의 3.9m의 층고를 갖는 총 바닥면적 17만5천 m²의 건물을 대상으로 Modeling을 실행하였다.

2 초고층빌딩의 역사와 비정형 초고층빌딩

2.1 초고층빌딩 역사

초고층 빌딩은 1800년도 후반에 처음으로 정의되어, 1995년 David Bennett 에 의해서 the Functional Period, the Eclectic Period, the Art Deco Period, the International Style, the Super Tall Period, the Social Period and Post-modern Period 이렇게 일곱 가지의 기간으로 포괄적으로 정의되었다³⁾.

(1) The Functional Period (1880-1900)

19세기 후반, 초기 고층빌딩의 발달은 사무실 공간의 수직적 밀집과 자연광을 받을 수 있을 만큼의 최대한의 사무실 임대 에 의한 임대공간증가라는 경제법칙에 기반을 두고 있었다. 이런 경제적 요구에 발맞춰 새로운 기술 또한 발전하고 있었다. 이 기간이 첫 번째 초고층 시대인 the Functional Period 이다.

(2) The Eclectic Period (1900-1920)

20세기의 변환기에 건물들은 장식과 높이를 합친

2) Autodesk® Revit® Architecture는 초기 디자인 컨셉 및 폼 탐구, 설계/문서화/시공 전체에 걸쳐 보다 정확한 BIM 데이터를 이용해 지속 가능한 디자인, 간섭 체크, 시공 계획 및 제조를 지원하도록 개발 및 발전 되어오고 있다.

3) Skyscrapers: form & function, David Bennett, Simon & Schuster, 1995

1) H. Kim, 2004, Space Efficiency in Mixed-use High-rise Building

건축 스타일을 적용하고 확대시켰다. 서민양식의 특색, 고딕 카톨릭과 팔라디안 빌라, 그리스 신전, 르네상스 궁전과 프랑스 지방을 포함한 대부분의 유럽 스타일의 초고층 건물이 이 시기에 만들어졌다.

(3) The Art Deco Period(1920-1940)

The Eclectic Period를 따라 이 시기는 다양한 종류의 고전과 모더니 혼합된 경향의 영향을 받은 초고층 건물의 기간이었다. 측면하중 영향의 이해 증가로 빌딩은 전단코어와 전단 트러스 구조를 포함한 새로운 구조 시스템의 발전을 이룬다. 높은 품질 수준의 강관, 얇은 철판의 거더, 더 좋아진 리벳 연결, 기계 착굴 파일과 케이스 기초, 이 모든 구조적인 시스템은 새로운 빌딩의 층수를 100층까지 도달하게 만들었다.

(4) The International Style (1950-1970)

The International Style은 원래 제2차 세계대전에 의해 미스 반 데로에나 다른 유럽인들이 피난한 미국에 퍼지기 전에 유럽에 의해 발전했다. 이 기간의 빌딩들은 경제적이고 기능적이었다. 그들은 주로 박스형태, 유리, 강철과 콘크리트와 같은 모든 장식들이 보여 지도록 건물을 만들었다.

(5) The Super Tall Period (1965-1975)

이 시기의 고층빌딩을 위한 구조시스템은 1960년대의 전통적인 고정 프레임 철골과 콘크리트 고층 빌딩을 위한 우월한 구조 시스템으로의 계승을 통한 극적인 변화를 겪었다. 게다가, 높은 수준의 강철의 발달, 혼합된 용접 부분, 새로운 형태의 연결은 재료의 무게와 공사기간, 그리고 공사비를 줄이는 수많은 강력한 잠재력을 제공했다. 또한, The Super Tall Period는 구조와 건축형태 사이의 연결의 중요 요소를 제공했다. (구조적인)건축의 형태와 구조는 당연히 분리할 수 없는 것이었고, 그것들은 서로의 조립에 의한 형태로 서로를 보완했다.

(6) The Social Period and Post-modern Period (1980-)

새로운 포스트모던 고층빌딩은 현대의 유리박스 형태의 초고층 빌딩에 대한 특정한 반응적인 형태로 나타났다. 건축적인 경향은 일반적으로 임의적이고 극적으로 정확히 표현된 빌딩으로 만들어져 갔다. 1980년대에는 건물의 외관과 미적인 부분이 강조되어 기초 Concept 으로 어떤 수정이나 하이브리드 형태의 결합 같은 많은 신기한 아이디어가 활용되었다. 1990대 동안에는 초고층 빌딩들은 발전된 구조시스템의 기술과 구조재료, 시공공법 그리고 건축적이고 구조적인 디자

인에서의 특별히 큰 스케일의 컴퓨터의 사용으로 엄청난 높이에 닿을 수 있었다.

(7) 최근 초고층빌딩의 발전

현재 초고층빌딩의 발전은 건축에서의 새로운 빌딩 형태학적으로 Post-modern 경향의 연장이라고 할 수 있다. 새로운 도시 발전의 일부분으로 초고층빌딩의 'Iconic'에 대한 강한 욕구와 함께 디지털 Tool의 발전으로 비정형 초고층빌딩의 계획안들이 끊임없이 계획되고 있다.

2.2 비정형 초고층 Modeling의 필요성

21세기 현대사회로 오면서 건물의 설계기법 또한 빠르게 발전하고 있다. 건물의 구조와 경제성을 고려하는 것 뿐만 아니라, 작게는 건물의 미관에서 크게는 도시의 미관을 고려하며 초고층건물을 통한 도시의 Iconic하고 Landmark적인 요소들을 추구하기도 한다.

또한, 바람의 영향을 많이 받는 초고층설계를 수행할 때 가장 크게 고려해야하는 풍하중에 대한 대비도 비정형설계를 통해 더욱 유리한 건물 환경을 만들 수 있게 되었다. 기존의 정형 초고층건물은 건물을 돌아나가는 바람이 다시 건물의 뒤에서 만나게 되어 와류가 생기며 바람에 의한 직접적인 횡하중 뿐만 아니라, 2차적으로 건물에 횡력과 진동을 더하게 되어 초고층 건물에 불리한 상황을 만들게 된다. 하지만 비정형 초고층건물은 이렇게 건물을 돌아나가는 바람을 분산시킴으로써 2차적인 횡력과 진동을 방지함으로써 초고층건물의 설계에 유리한 상황을 만들 수 있게 된다⁴⁾.

마지막으로는 건물의 방향을 자유롭게 조절함으로써 사용자의 편안함을 추구할 수 있다. 단순히 사각형의 직각 Module로써 만들어져 한 방향으로만 향을 고려해야 하는 건물이 아닌 자유로운 형상을 통해 여러 방향으로 향을 고려할 수 있음으로써 더 큰 사용자의 편안함을 추구할 수 있다.

이처럼 21세기의 많은 초고층설계기법 중에서도 비정형의 초고층건물은 무한한 가능성과 잠재력을 가지고 있다. 비정형 초고층건물을 앞으로 계속해서 발전시키고 개발해 나아간다면 앞으로 신 패러다임의 초고층건물의 시대가 빠르게 다가올 것이다.

2.3 비정형 초고층빌딩 사례

1960년대에 개발된 초고층 구조시스템이 현재까지

4) 정광량, 비정형 초고층 건축물을 위한 구조시스템, 건축, 4월호, 2008, p59-62

많은 초고층건물에 적용되어 왔으나 현대로 올수록 초고층빌딩의 형상은 점점 더 심화되고 극적으로 표현되고 있다. 최근 전 세계의 초고층빌딩의 경향은 Tapered Shape, Tilted Shape, Twisted Shape으로 정의할 수 있다.

Tapered Shape은 건물 높이가 올라갈수록 크기가 점점 작아지는 것으로 이번 연구에서 진행 된 초고층 빌딩 또한 Tapered Shape이 결합된 형태로 Case를 진행을 하였다. 대표적인 계획안으로는 Burj Khalifa (그림1) 와 Bahrain World Trade Center (그림2) 를 들 수 있다.



그림 1. Burj Khalifa



그림 2. Bahrain World Trade Center

Tilted Shape은 초고층빌딩이 휘는 형상을 한 건물로써 대표적인 계획안으로는 현재 송도에 건설중인 동북아 무역센터(NEATT) (그림3) 와 북경의 CCTV (그림4) 가 있다.



그림 3. NEATT



그림 4. CCTV

마지막으로 가장 많은 형상이 계획되고 있는 Twisted Shape은 말 그대로 초고층빌딩의 각 층의 면이 돌아가면서 꼬이는 형상을 말한다. 이번 연구에서도 Twisted 된 형상을 Tapered 된 형상과 결합하여 연구를 진행하였다. 대표적인 Twisted Shape으로 는 Dubai Tower 29 (그림5) 와 송도의 D24 (그림6)

를 꼽을 수 있다.



그림 5. Dubai Tower 29



그림 6. 송도 D24

3. Parametric Design의 소개 및 필요성

3.1 Parametric Design의 특징

컴퓨터의 발달로 인해 기존에 표현하기 힘든 형태의 물리적, 수학적 부분을 컴퓨터가 지원할 수 있게 됨에 따라 건축에서도 이러한 디지털 Tool을 이용한 새로운 테크놀로지를 바탕으로 공간을 형상화하려는 건축가들이 등장 하였다.

비정형 디자인에 있어 가장 많은 관심을 받고 있는 Parametric Architecture는 이전의 디지털 Tool이 가지고 있던 정보 처리 한계를 극복하기 위한 방법으로 개발된 것으로, 매개변수를 이용하여 다양한 형태를 생성하고 건축가가 상상하고 의도한 자유로운 형태를 정확하게 구현할 수 있게 해준다. 이러한 Parametric Design을 이용한 Modeling 방법은 일련의 Geometry의 상호 관련에 따라 구속조건기반과 변식기반 두 가지로 구분할 수 있다⁵⁾.

3.2 구속조건기반 Parametric Design Modeling

구속조건기반의 Parametric Design Modeling은 하나의 Shape이나 구성요소를 매개변수(parameter)로 해 전체에 연결되는 ‘관계’를 갖게 해 매개변수에 변화를 주었을 때, 전체의 형상에 변화를 줄 수 있는 것이다. 예를 들면, Revit을 이용해 Parametric Modeling을 수행할 때, 기둥두께라는 매개변수를 놓고 하나의 기둥두께를 변화시킬 때, 이 기둥두께와 수식으로 묶여 있거나 관계를 가지고 있는 모든 요소들

5) 박홍식, 전한중, 파라메트릭기반 비정형 형태 생성방법에 관한 기초연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 제 28권 제1호 2008, p335-338

의 형태나 상태에 변화가 함께 생기게 된다. 하지만 구속조건기반의 Parametric Design Modeling은 주어진 조건 하에서 매개변수 값을 조절하기 때문에 정형의 디자인에는 그 효율성이 극대화되지만 자유로운 형상을 만들어 내기에는 적합하지 않다.

3.3 번식기반 Parametric Design Modeling

최근 국내뿐만 아니라 전 세계적으로 비정형 Design에 대한 관심이 생기고 있지만 앞서서 말했듯 구속조건기반 Parametric Design Modeling은 비정형 Design Modeling에 적합하지 않다. 물론 지금 현재에 상용화 되어있는 디지털 Tool로도 비정형 Design Modeling은 가능하지만 불필요한 대량의 시간과 노력이 필요하다. 이러한 부정확한 정보와 비효율적인 Modeling 수행을 줄이기 위해서 정확한 node좌표를 바탕으로 surface를 구성하고, 수학적 연계가 가능한 번식기반 Parametric Design Modeling을 통해 비정형 Modeling을 수행하는 것이 더욱 정확하고 자유로운 형상을 만들어 낼 수 있는 효율적인 방법이 될 것이다.

3.4 Parametric Design의 구현

이번 연구에서는 비정형 형태를 구현하기 위하여 여러 가지 측면과 방법을 고려하여 연구를 진행하였다. 비정형 형태와 초고층에 특화된 Parameter를 찾아서 적용하였고, 이러한 Parameter들을 조절하고 반영하면 더욱 더 적합한 형태의 비정형 초고층빌딩을 구현하기 위해 노력하였다.

사용된 Parameter는 층 높이, 층고, 층 바닥면적, 각 층 면적, Geometry, 기둥두께 등을 변수로 설정하고, 수식을 만들어 변수를 수식에 대입시켜, 이러한 변수를 변화시키면서 건물의 형태를 손쉽게 조절하여 최적의 형태가 되도록 Modeling을 수행하며 Interface를 만들어 적용해 보았다.

4. Parametric Design을 위한 매개변수 및 수식설정

4.1 디지털 도구 선택

기존의 BIM Tool, 즉 Archi-cad, Generate Component, Microstation과 같은 Tool로도 BIM Modeling을 수행할 수 있지만, 이번 연구에서 수행하고 있는 비정형 초고층빌딩 Modeling 뿐만 아니라,

앞으로 지속적으로 진행되어야 할 구조해석이나 건물 성능평가와 같은 수행을 위한 Revit Structure나 Revit MEP와 같은 다른 프로그램과의 호환성, 빌딩 Database를 기반으로 한 물량산출 용이성과 자동화, 비정형 설계 수행능력 등을 고려하여 비정형 초고층 빌딩 BIM Tool로써 Revit 프로그램이 가장 적합하다고 판단하였으며 이를 사용하여 연구를 진행하였다⁶⁾.

4.2 매개변수 및 수식설정

(1) Parameters

기하학적 속성과 여러 가지 다양한 정보를 정의하기 위한 수단으로써 여러 파라미터가 서로 연동되며 각각의 파라미터가 상호관계를 맺게 된다.

이번 연구에서는 각 층의 한 변의 길이, 기둥두께, 각 층의 꼭지점, 각도 등을 파라미터로 설정하여 Parametric Design 연구를 수행하였다. 각 층의 한 변의 길이를 변화시킴으로써 한 층의 면적을 자유롭게 설정할 수 있었고, 이 파라미터를 통해 Tapered Shape을 만들 수 있었다. 또한, 각 층의 꼭지점을 각도와 관계시켜 각도를 변화시킴에 따라 위치를 변화시키며 각 층별 사각형 면을 회전시킬 수 있었다.

(2) Formulas

파라미터와 여러 기하학적 속성을 상호관계를 맺도록 연동시키는 정의된 규칙으로써, 기하학 모델에 디자인 지식을 부여할 수 있는 가능성을 제시한다.

이번 연구에서는 각각 층 모서리의 점을 하나의 도형에 구속시켜서 도형의 범위 안에서 움직이도록 식을 설정함으로써 비정형 Modeling을 수행했다. 이러한 식을 설정하고 여러 파라미터가 함께 연동될 수 있도록 설정할 수 있는 부분이 Revit 프로그램의 Family 이다. 먼저 각 층의 Family에는 도형 안에서 좌표를 각도와 연동시켜주는 식을 정의하고, 각도의 변화에 따라 도형의 꼭지점의 위치가 변화할 수 있는 식을 정의함으로써 입력되는 각도에 따라 면이 회전하는 Family를 만들 수 있다 (그림7, 그림8).

6) Autodesk Revit에서는 평면, 입면, 단면 및 3차원 모델링과 같은 다양한 객체의 정보를 가지고 있어서 한 번의 작업으로 평면도, 입면도, 단면도 및 3차원 모델링은 물론 창호도, 물량산출, 시공공정 등과 같은 건축의 모든 단계의 작업이 동시에 이루어진다. 그러므로 Autodesk Revit 은 하나의 프로젝트를 관리하는 통합작업도구인 것이다.

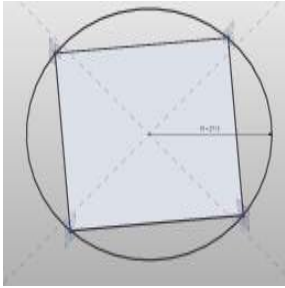


그림7. 각 층의 면적에 해당하는 사각형 Family

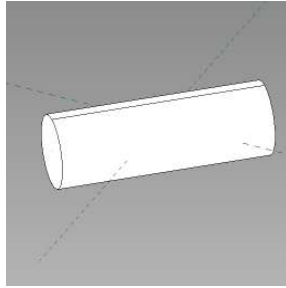


그림8. 기둥을 형성하기 위한 원기둥 Family

(3) Patterns

사전에 정의한 Parameter와 Formula를 하나의 일정한 패턴으로써 Family를 배열하고 실행시킴으로써 하나의 비정형 초고층빌딩을 실현시키는 과정이다 (그림9). 연구에서는 각 층별로 Parameter와 Formula를 연동해 구현함으로써 Family를 각각의 층에 적용시켜 변화를 줄 수 있는 번식기반의 Parametric Design을 수행하였다 (그림10).

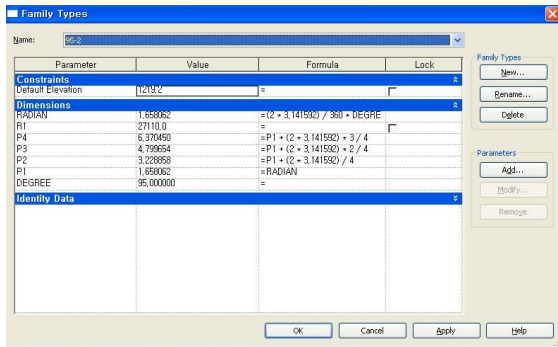


그림9. Formula를 형성하기 위한 Family Property

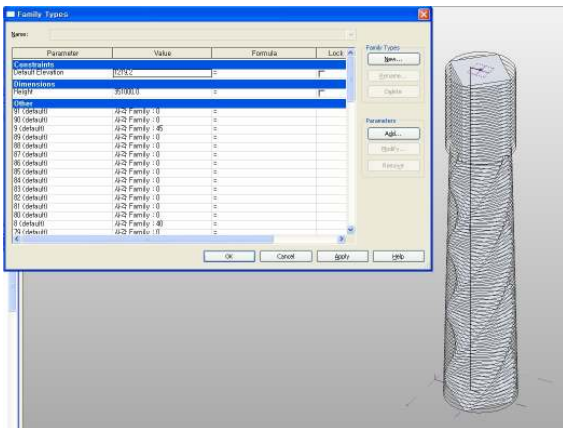


그림10. 다양한 Family를 결합해 건물을 형성화

(4) Analysis

BIM기반의 Revit 프로그램의 가장 큰 장점은 건물 정보의 자동화에 있다. 이런 기능은 후에 건물의 물량 산출 또한 쉽게 수행 할 수 있게 해준다. 건물의 어떠한 부분을 수정함으로써 발생하는 변화를 쉽고 자동적으로 표시함으로써 실무에서 여러 사람이 수행한 작업을 결합하더라도 그 변화에 대한 정보를 자동적으로 포함할 수 있다. 또한, 식으로 연계된 파라미터의 변화를 자동으로 인식함으로써 건물정보의 변화를 쉽게 알 수 있다는 것이 Revit의 가장 큰 장점이다.

이러한 Revit의 기능을 실행하기 위해 모든 모델링이 끝난 후에는 Family를 Project에 로드시켜 Mass를 각 부분별로 실현시켜 건물의 모든 정보를 표시하게 된다. 이러한 정보는 각 층별로 산출할 수 있게 되기 때문에 처음 Modeling을 수행할 때부터 기둥이나 슬라브를 층 단위로 Modeling하였다.

Mass Floor Schedule				
Exterior Surface	Floor Area	Floor Perimeter	Floor Volume	Level
807 m²	2430 m²	197198	9446.85 m³	Level 1
803 m²	2420 m²	196762	9412.34 m³	Level 2
803 m²	2409 m²	196321	9360.84 m³	Level 3
801 m²	2398 m²	195880	9318.21 m³	Level 4
799 m²	2387 m²	195444	9285.02 m³	Level 5
797 m²	2376 m²	194992	9239.74 m³	Level 6
794 m²	2366 m²	194568	9190.08 m³	Level 7
794 m²	2355 m²	194115	9156.02 m³	Level 8
791 m²	2345 m²	193691	9116.78 m³	Level 9
788 m²	2334 m²	193238	9074.43 m³	Level 10
787 m²	2322 m²	192757	9021.24 m³	Level 11
785 m²	2312 m²	192333	8987.58 m³	Level 12
783 m²	2301 m²	191890	8949.73 m³	Level 13
779 m²	2291 m²	191439	8901.77 m³	Level 14
780 m²	2279 m²	190958	8859.61 m³	Level 15
776 m²	2269 m²	190523	8816.37 m³	Level 16
775 m²	2258 m²	190070	8776.52 m³	Level 17
773 m²	2247 m²	189601	8734.55 m³	Level 18
770 m²	2236 m²	189165	8694.51 m³	Level 19
769 m²	2226 m²	188713	8654.17 m³	Level 20
767 m²	2214 m²	188232	8602.84 m³	Level 21
765 m²	2204 m²	187808	8567.52 m³	Level 22
763 m²	2193 m²	187321	8528.25 m³	Level 23
759 m²	2183 m²	186874	8483.77 m³	Level 24
759 m²	2171 m²	186393	8436.13 m³	Level 25
757 m²	2160 m²	185924	8393.91 m³	Level 26
753 m²	2150 m²	185488	8362.39 m³	Level 27
753 m²	2139 m²	185002	8312.09 m³	Level 28
750 m²	2128 m²	184527	8270.76 m³	Level 29
748 m²	2118 m²	184074	8233.88 m³	Level 30
746 m²	2107 m²	183605	8186.22 m³	Level 31
744 m²	2096 m²	183112	8146.15 m³	Level 32
741 m²	2085 m²	182643	8100.07 m³	Level 33
741 m²	2075 m²	182207	8065.49 m³	Level 34
737 m²	2064 m²	181715	8024.16 m³	Level 35
736 m²	2053 m²	181246	7981.37 m³	Level 36
734 m²	2042 m²	180765	7931.12 m³	Level 37
732 m²	2031 m²	180284	7891.81 m³	Level 38
729 m²	2021 m²	179803	7857.40 m³	Level 39
727 m²	2010 m²	179322	7814.20 m³	Level 40
725 m²	1999 m²	178841	7767.98 m³	Level 41
723 m²	1988 m²	178361	7724.16 m³	Level 42
721 m²	1978 m²	177880	7685.64 m³	Level 43
719 m²	1967 m²	177399	7640.41 m³	Level 44
716 m²	1956 m²	176890	7600.74 m³	Level 45
715 m²	1945 m²	176409	7563.67 m³	Level 46
713 m²	1934 m²	175928	7516.62 m³	Level 47
710 m²	1924 m²	175447	7474.53 m³	Level 48
708 m²	1912 m²	174921	7432.00 m³	Level 49
707 m²	1902 m²	174446	7391.27 m³	Level 50
703 m²	1891 m²	173965	7347.89 m³	Level 51
703 m²	1880 m²	173439	7305.19 m³	Level 52
700 m²	1870 m²	172958	7262.99 m³	Level 53
697 m²	1859 m²	172449	7223.74 m³	Level 54

그림11. 건물정보표시

(1) 70층 (면적감소율 0%) Modeling의 Case Study

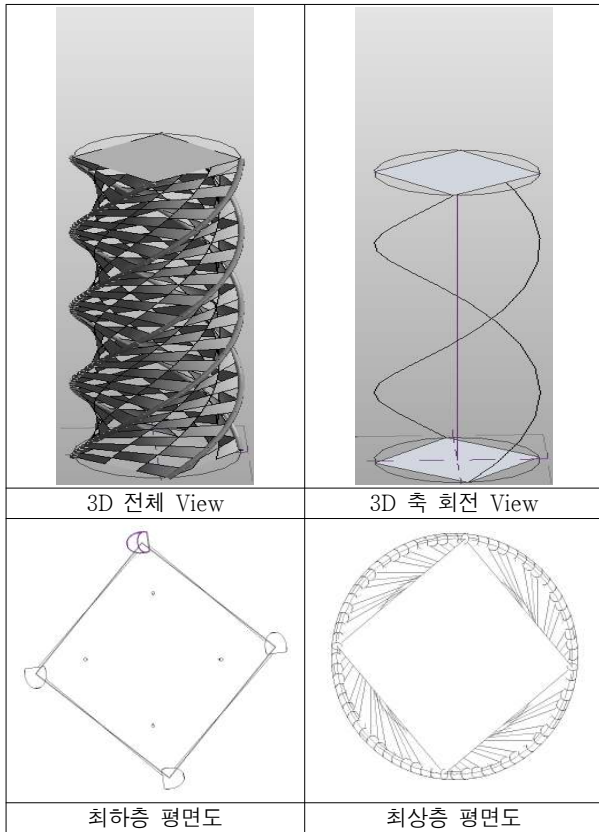


그림12. 70층 (면적감소율 0%) Modeling의 Case Study

고정요소

- 1) 전체면적: 175,000m²
- 2) 층고: 3.9m
- 3) 층간 각도차이: 5°

가변요소

- 1) 높이: 273m
- 2) 전체층수: 70층
- 3) 최하층면적: 2500m² (한 변의 길이 50m)
- 4) 최상층면적: 2500m² (한 변의 길이 50m)
- 5) 최하층면적 대비 최상층면적 감소율: 0%
- 6) 최하층 대비 최상층의 변화된 각: 350°

70층 273m의 빌딩을 계획하여 최하층부터 최상층까지 각 층의 면적 변화없이 Modeling을 수행하였다. 건물의 전체면적은 175,000m²으로 고정하여 각 층의 면적은 2500m²으로 설정하였고, 층간 각도는 5°씩 변화를 주어 최하층에서 최상층까지 각도의 변화가 350° 있도록 Modeling을 실시하였다.

(2) 70층 (면적감소율 40%) Modeling의 Case Study

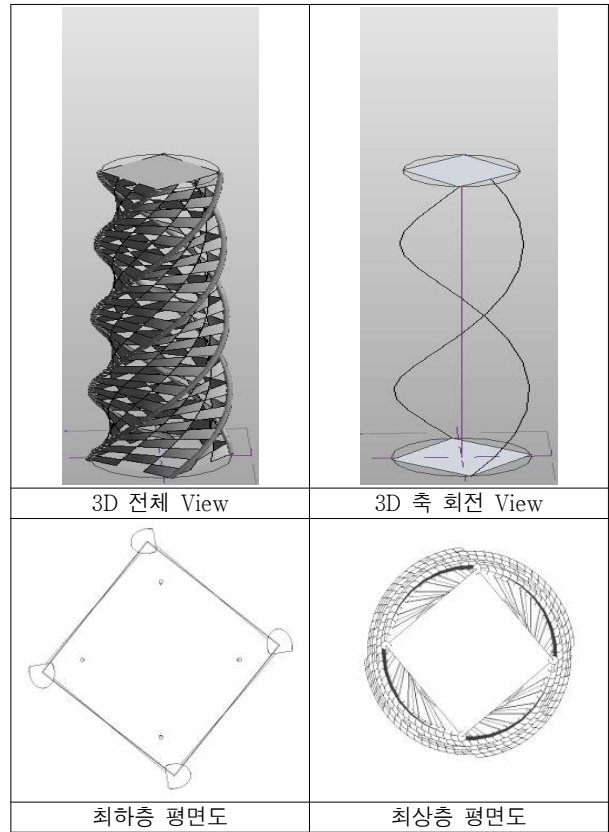


그림13. 70층 (면적감소율 40%) Modeling의 Case Study

고정요소

- 1) 전체면적: 175,000m²
- 2) 층고: 3.9m
- 3) 층간 각도차이: 5°

가변요소

- 1) 높이: 273m
- 2) 전체층수: 70층
- 3) 최하층면적: 3125m² (한 변의 길이 55.90m)
- 4) 최상층면적: 1893.78m² (한 변의 길이 43.52m)
- 5) 최하층면적 대비 최상층면적 감소율: 40%
- 6) 최하층 대비 최상층의 변화된 각: 350°

두 번째 Case Study에서는 총 층수와 높이, 건물 전체면적은 70층과 273m, 175,000m²로 첫 번째 Case Study와 같지만 빌딩 최하층부터 70층인 빌딩 최상층까지 조금씩 면적을 변화시켜 최종적으로 최상층의 면적 감소율이 40%가 되도록 설정하여 Modeling을 실시하였다. 각도 변화는 Case 1과 마찬가지로 최하층에서 최상층까지 350°가 변화도록 설정하였다.

(3) 80층 (면적감소율 40%) Modeling의 Case Study

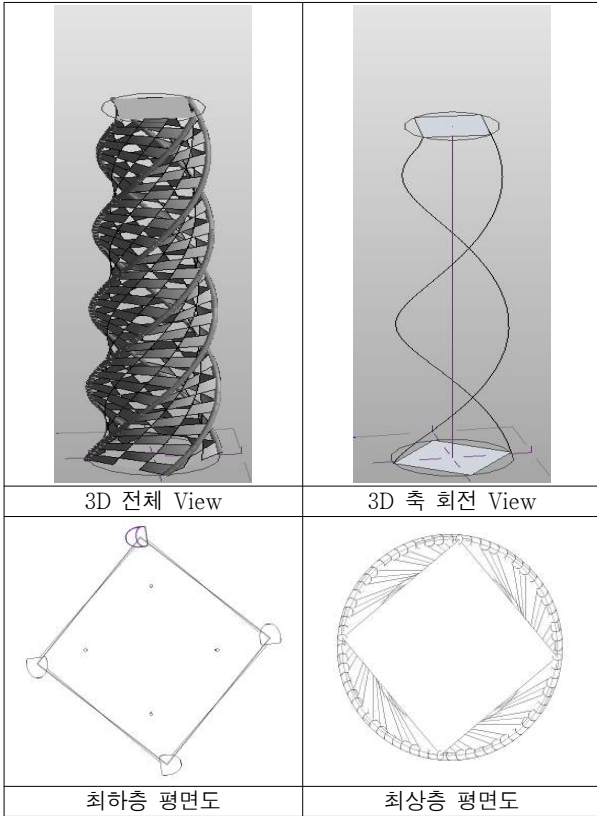


그림14. 80층 (면적감소율 40%) Modeling의 Case Study

고정요소

- 1) 전체면적: 175,000m²
- 2) 층고: 3.9m
- 3) 층간 각도차이: 5°

가변요소

- 1) 높이: 312m
- 2) 전체층수: 80층
- 3) 최하층면적: 2734.38m² (한 변의 길이 52.29m)
- 4) 최상층면적: 1654.30m² (한 변의 길이 40.67m)
- 5) 최하층면적 대비 최상층면적 감소율: 40%
- 6) 최하층 대비 최상층의 변화된 각: 400°

세 번째 Case Study에서는 전체 높이는 80층으로 증가하였지만 총 면적은 175,000m²로 고정했고, 최하층 대비 최상층의 높이가 40%가 감소하도록 각 층의 면적을 조금씩 변화시켰다. 층간 각도 차이는 5°로 동일했지만 전체 층수가 70층에서 80층으로 변하면서 최하층 대비 최상층의 각도 차이는 400°로 설정하여 Modeling을 수행하였다.

(4) 90층 (면적감소율 40%) Modeling의 Case Study

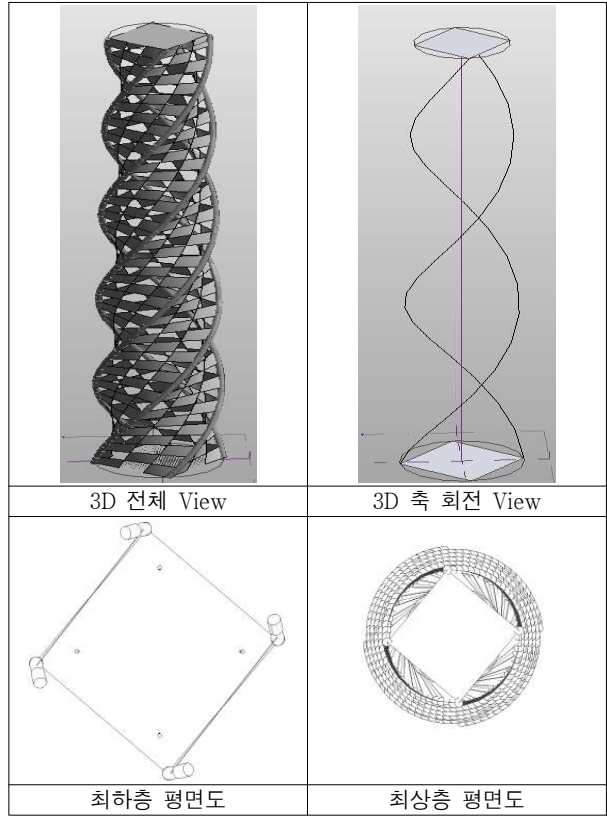


그림15. 90층 (면적감소율 40%) Modeling의 Case Study

고정요소

- 1) 전체면적: 175,000m²
- 2) 층고: 3.9m
- 3) 층간 각도차이: 5°

가변요소

- 1) 높이: 351m
- 2) 전체층수: 90층
- 3) 최하층면적: 2430.56m² (한 변의 길이 49.30m)
- 4) 최상층면적: 1470.10m² (한 변의 길이 38.34m)
- 5) 최하층면적 대비 최상층면적 감소율: 40%
- 6) 최하층 대비 최상층의 변화된 각: 450°

네 번째 Case Study에서는 첫 번째 Case Study에 비해 층수를 20층 올린 90층의 351m 초고층빌딩 Modeling을 실시하였다. 이번 Case study도 마찬가지로 건물의 전체면적은 175,000m²으로 고정하였고 최하층의 면적에서 최상층의 면적으로 갈수록 면적을 조금씩 변화시켜 최종적으로는 40%의 면적감소율을 수행하였다. 이번 Case study 역시 층간 각도차이를

5°씩 주었지만 총 층수가 90층이 되어 최하층 대비 최상층의 변화각이 450°가 되었다.

5. BIM을 활용한 Parametric Design

5.1 비정형 초고층빌딩 Parametric Modeling

현대 사회에서 초고층빌딩을 설계하고 시공하는 데에는 많은 제약조건이 따른다. 용적율, 건폐율, 높이제한 등 많은 건축법규의 제한이 따르기도 하고, 생각하지 못했던 변수가 작용하여 전체 설계를 반복하여 시간과 노력을 더 많이 들이게 되어 건물을 짓기 위한 전체 Cost를 낭비하기도 한다. 이러한 시행착오를 줄이고 복잡하고 다양한 비정형 형태의 디자인을 신속하고 정확하고 용이하게 대처할 수 있는 방법을 연구하였다.

비정형 초고층빌딩의 Modeling을 수행하기에 앞서서 매개변수를 고정요소와 가변요소로 나누어 설정한 뒤 Modeling을 수행하였다. 전체면적과 층고, 층간 각도차이는 고정시켜놓고, 높이와 전체층수, 각층면적과 최종 변형각은 가변요소로 설정하여 각각의 상황에 가장 적합한 Modeling을 수행할 수 있도록 다양한 방법으로 Parametric한 비정형 초고층빌딩 Modeling을 수행하였다 (그림16).

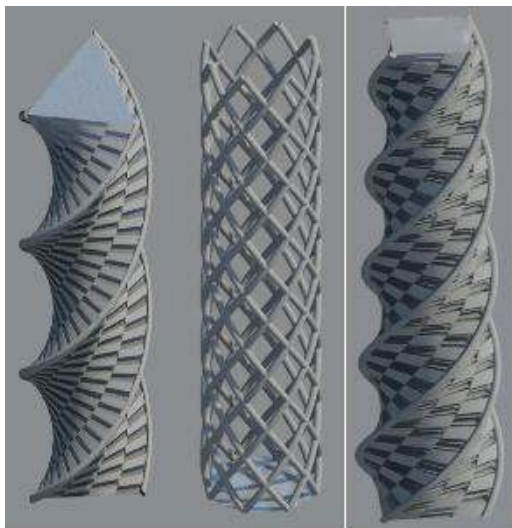


그림 16. Revit Architecture를 이용하여 수행한 다양한 형태의 비정형 Modeling

5.2 초고층빌딩 Parametric Design의 가능성

이번 연구를 진행하며 Revit Architecture를 이용한 비정형 초고층빌딩의 Parametric Design의 무한한 가

능성을 확인할 수가 있었다. 어떠한 어렵고 복잡한 구조라도 신속하고 정확하게 형상화함으로써, 다양하고 자유로운 형태의 구조물을 효율적으로 Modeling 할 수 있을 것이라고 생각한다.

6. 결론

본 연구를 통해서 비정형이라는 초고층빌딩의 최신 동향과 BIM Tool인 Revit 프로그램을 이용해 현재 각광받고 있는 Parametric Design을 활용한 비정형 초고층빌딩을 Modeling하기 위한 Methodology를 연구하였다. 이를 통하여 다음과 같은 결론을 지을 수 있었다.

첫째, 초고층빌딩의 역사와 최근 초고층빌딩의 동향에 따른 비정형 초고층빌딩의 필요성, 비정형 초고층빌딩 Modeling을 위한 여러 가지 기법에 대한 연구를 통해 앞으로 더욱 발전된 초고층빌딩의 Modeling을 위한 정리를 할 수 있었다. 이러한 정리가 앞으로 초고층빌딩을 연구하고자 하는 사람들에게 큰 도움이 될 수 있을 것이다.

둘째, BIM 기반의 Revit Architecture 프로그램을 이용하여 Parametric Design을 수행하였고, Family를 활용하여 매개변수와 수식, 패턴을 이용하여 비정형의 초고층빌딩 Modeling을 수행하였다. 이러한 Parametric Design을 이용하여 비정형 초고층빌딩 Modeling을 신속하고, 정확하고, 용이하게 수행할 수 있게 되었다. 또한, 여러 가지 패턴을 변화시키면서 다양한 Geometry의 비정형 초고층빌딩 Modeling을 수행할 수 있게 되었고, BIM 기반의 Parametric Design의 무궁무진한 가능성을 통해 어떠한 복잡한 형태의 건축물이라 하더라도 건축가가 쉽게 건축물을 형성할 수 있는 가능성을 제시하였다.

셋째, 고정요소와 가변요소의 설정을 통한 비정형 초고층빌딩의 여러 가지 Case 연구를 통해 초고층빌딩 초기설계단계에서 필수적인 계획요소를 고려한 정확한 빌딩형태와 빌딩정보를 생성할 수 있고, 어떠한 계획의 변화에도 신속하고 용이하게 빌딩형태와 정보를 생성할 수 있게 되었다. 이러한 연구가 실무에서 생기는 여러 가지 돌발 상황이나 법적으로 규제되는 부분에 유연하게 대처할 수 있는 하나의 방법이 될 수 있을 것이다.

1880년대부터 현재에 이르기까지 수많은 초고층빌딩 설계기법이 연구되어 왔고 현대에 이르러서는 비

정형 초고층빌딩이 부각되고 있다. 과거에는 건축가의 상상만큼 디지털 Tool이 충분히 발전하지 못해 창의적이고 자유로운 형상을 건축물로 만들어 내기 위해 많은 시간과 노력, 그리고 비용이 들었지만 현대에 이르러 BIM 기반의 디지털 Tool의 발전으로 어떠한 복잡한 구조의 건축물이라 하더라도 신속하고 정확한 건축물을 형상화 할 수 있게 되었다. 이러한 디지털 Tool의 발전이 있을 수 있었던 것은 건축물의 상징성과 더 경제적이고 더 발전된 기술로 생성된 건물을 원하는 많은 사람들의 필요성 때문이었다.

이번 연구는 그러한 시대의 흐름에 따른 복잡한 형태의 건축물을 쉽고 빠르게 Modeling을 실현하고자 진행되었다. 새로운 디지털 Tool을 이용하여 여러 가지 Parameter를 대입하여 더 신속하고 효율적인 Modeling을 하기 위한 연구를 진행하였다. 연구를 진행하면서 BIM 기반의 디지털 Tool의 무한한 가능성을 확인 할 수가 있었다. 과거에는 Modeling과 물량 산출을 따로 계산하면서 많은 시간과 노력이 필요했지만, 단순한 Modeling만으로 물량산출과 다양한 건물에 대한 정보를 나타냄으로써 BIM의 활용성을 느낄 수 있었다. 또한, 최근 몇 년 사이에 이렇게 발전된 프로그램이 나올 수 있었다는 것이 놀라웠다.

이후에는 더 발전된 Geometry의 Modeling에 관한 연구와 Revit Architecture와 호환되는 Revit Structure나 Revit MEP를 활용한 구조와 성능평가가 이루어진 더욱 실용적인 건물에 대한 연구를 진행할 것이다.

참고문헌

1. H. Kim, Space Efficiency in Mixed-use High-rise Building, PhD Dissertation, IIT, 2004
2. A. Almusharaf, Incorporatin: Structure of Tall Buildings within an Architectural Form Generation Process, IIT unpublished, 2008
3. 박종진, 전한중, 파라미터 기반 상호관계 디자인 방법론을 통한 디자인 지식의 표현에 관한 기초연구, 대한건축학회논문집 계획계 제26권 제6호, 2010, p23-302007
4. 정광량, 비정형 초고층 건축물을 위한 구조시스템, 건축, 4월호, 2008, p59-62
5. Kolanevic, Digital Architectures, 2000
6. 박상민, 2007, 초고층빌딩 형태디자인을 위한 디지털 설계도구의 개발과 적용에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계 제23권 제11호, 2007, p95-104
7. 박홍식, 전한중, 파라메트릭기반 비정형 형태 생성방법에 관한 기초연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 제28권 제1호 2008, p335-338

8. 하승수, Autodesk Revit의 이해와 활용 사례, CAD & Graphics 2004/12, 2004

논문접수일 (2012. 2 15)
 심사완료일 (1차 : 2012. 2. 28, 2차 : 해당 없음)
 게재확정일 (2012. 3. 2)