

# 건물 형상의 비정형성과 구조시스템의 상관관계 분석

## Interrelationship between Shape Irregularity and Structural System of Buildings

이 재 철\* · 김 현 수\*\*

Lee, Jae-Cheol · Kim, Hyun-Su

### 요 약

본 연구에서는 세계 각지의 초고층 건축물 사례 55개를 대상으로 초고층 형상의 비정형성을 대표적 유형에 따라 분류하고 해당 유형에 적용된 구조시스템을 조사함으로써 건축물의 비정형 형상과 이를 구현하기 위해 적용된 구조시스템간의 상관관계를 분석하였다. 대표적인 비정형 형상을 5개 유형으로 분류하고 구조시스템의 적용빈도를 조사한 결과, 적용 사례가 많은 Extrusions와 Tapers 형태에서는 적용된 구조시스템과의 유의미한 상관관계를 파악할 수 있었으며, 적용 사례가 많지 않은 Twisters, Tilted, Free Form 형태에서는 구조시스템의 상대적 적용 경향을 파악할 수 있었다.

본 연구의 결과는 비정형 형상에 적합한 구조시스템 대안의 우선순위를 설정하고 구조시스템 생성을 위해 형상으로부터 추출해내야 할 초기 파라미터를 선정하는데 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

**keywords** : 비정형 건축물, 구조시스템, 상관관계

## 1. 서 론

초고층 건축물은 그 자체로 한 도시의 랜드마크가 될 수 있는 상징성을 지니고 있으며, 최근에는 중동과 아시아를 중심으로 형태의 비정형성을 통해 조형미와 차별성을 강조한 다수의 초고층 프로젝트들이 진행 중이거나 계획되고 있다. 파라메트릭 모델링(Parametric Modeling), 진화연산(Evolutionary Computation), 전산 설계(Computational Design) 등 첨단 디지털 기술의 발전은 상상력의 한계를 극복하는 자유로운 형상의 비정형 디자인을 현실로 구현하는 유용한 도구로 활용되고 있다.

비정형이란 문자 그대로 정형으로 규격화할 수 없는 자유로운 형상을 의미한다. 그러나 구조적 거동이 높이에 의해 좌우되는 초고층 건축물의 경우, 초고층으로 구현되기 위한 기술적 제약으로 인해 비정형 형상이더라도 몇 가지 대표적인 유형으로 대별할 수 있다. 본 연구에서는 세계 각지의 초고층 건축물 사례 55개를 대상으로 초고층 형상의 비정형성을 대표적 유형에 따라 분류하고 적용된 구조시스템을 조사함으로써 초고층 건축물의 비정형 형상과 구조시스템과의 상관관계를 분석하였다. 이를 통해 초고층 형상의 비정형 유형에 따른 구조시스템 적용의 한계를 고찰하고 구조시스템 선정에 대해 형상으로부터 추출해내야 할 초기 파라미터를 선정하는데 활용하고자 한다.

\* 정희원 · 동명대학교 건축공학과 부교수 Email: jcleee@tu.ac.kr

\*\* 정희원 · 선문대학교 건축학부 조교수 Email: hskim72@sunmoon.ac.kr

## 2. 비정형 형상의 유형

초고층 건축물의 비정형 형상은 그림 1과 같이 대별할 수 있으며, 55개의 초고층 건축물 사례 대상에 대한 비정형 형상 유형별 분포는 그림 2와 같다.

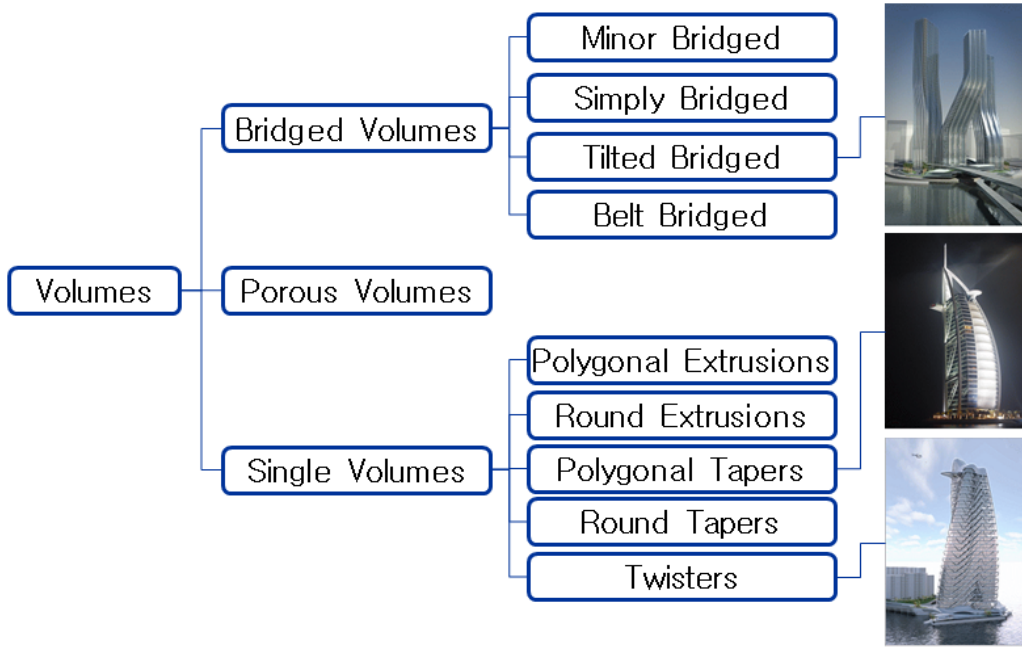
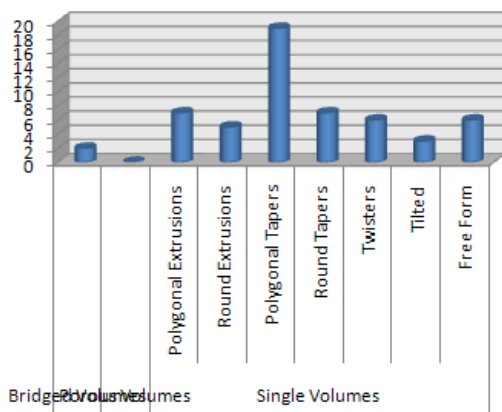
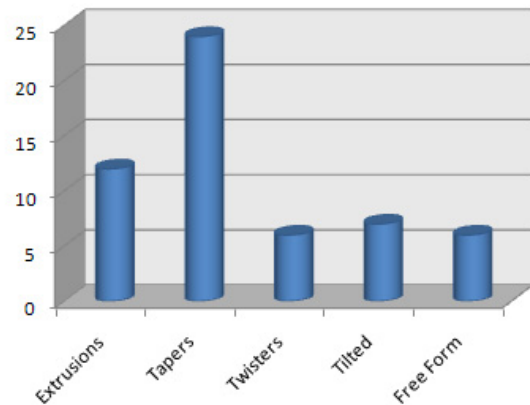


그림 1 초고층 건축물의 비정형 형상 유형 (초고층 복합빌딩사업단 성과발표자료, 문경선)



(a) 그림 1의 형상 유형에 의한 분포



(b) 5개 대표 형상 유형에 의한 분포

그림 2 사례 대상 초고층 건축물의 비정형 형상 유형 분포

본 연구에서는 Extrusions, Tapers, Twisters, Tilted, Free Form의 5개 형상을 대표 유형으로 선정하고 구조시스템과의 상관관계를 분석하였다.

### 3. 초고층 건축물의 구조시스템

초고층 건축물의 구조시스템은 매우 다양하나 비정형 형상을 가진 초고층 건축물에서도 비교적 적용빈도가 높은 구조시스템은 다음과 같다.

다이아그리드 시스템은 기둥을 대신하는 대형 대각가새를 사용하여 보와 두개의 가새로 이루어진 삼각형 요소를 구성하고 이것을 확장하여 횡력저항 구조시스템을 구성한다. 다이아그리드 시스템의 대각가새는 일반적인 가새와 달리 수평하중뿐만 아니라 수직하중도 전달함으로써 특이한 외장의 역할을 하면서도 건물의 구조적 안정성을 확보할 수 있다.

아웃리저 시스템은 60층 규모에서 가장 적합한 시스템으로 알려져 있으나, 최근에는 100층 규모의 건물에서도 많이 적용되고 있다. 아웃리저 시스템은 내부코어와 외부 기둥을 연결시켜주는 캔틸레버 형태의 벽이나 트러스로 횡력에 대한 강성을 증가시켜주는 시스템으로, 코어는 전단벽 또는 가새형식의 수직 트러스로 구성되며, 외부기둥은 주로 벨트 트러스로 연결되어 있는 것이 일반적인 형태이다.

전단벽 시스템은 상층부의 모든 힘을 코어의 전단벽을 통해 전달하는 시스템이다. 각 층에서의 모든 하중이 중앙부 전단벽으로 전달되므로 자유로운 외부 형상의 연출이 가능하다.

비정형 초고층 건축물에 적용된 구조시스템을 분석한 결과, 이외에도 프레임, 튜브, 가새, 코어 등 다양한 구조시스템들이 복합적으로 사용되고 있었다. 그림 3은 본 연구의 사례 대상 비정형 초고층 건축물에 적용된 구조시스템 분포를 나타낸 것이다.

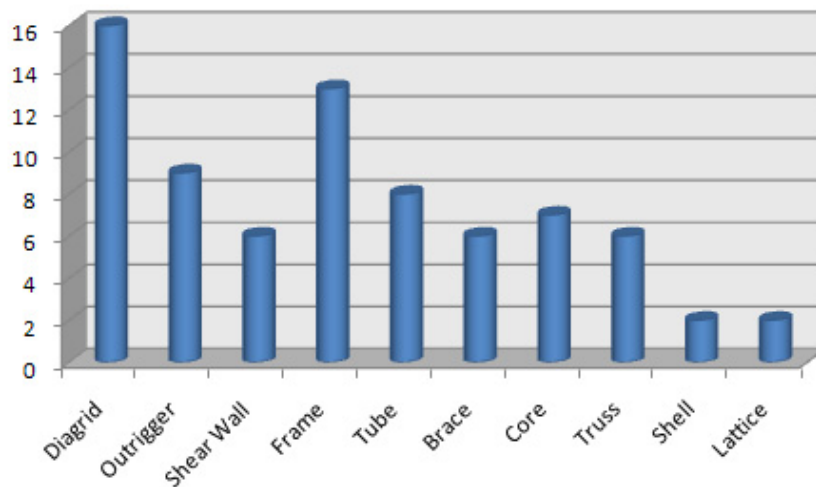


그림 3 사례 대상 초고층 건축물에 적용된 구조시스템 분포 (중복적용 허용)

### 4. 비정형 형상과 구조시스템

초고층 건축물의 비정형 형상을 구현하기 위해서는 다양한 구조시스템을 적용하여야 한다. 따라서 비정형 형상과 이에 적용된 구조시스템은 정확히 일대일로 대응되는 관계는 아니다. 본 연구에서는 초고층 건축물의 비정형 형상에 따른 구조시스템의 적용성 파악을 위해 사례대상 비정형 건축물에 적용된 구조시스템을 분석하였다. 그림 4에서 보는 바와 같이 Extrusions 형태의 건축물에서는 다양한 형태를 표현하기 쉬운 다이아그리드 시스템이 많이 적용되었고, Tapers 형태에는 다이아그리드와 아웃리저, 프레임 시스템의 적용 사례가

많았다. Twisters 형태에는 전단벽과 트러스 시스템이, Tilted 형태에서는 다이아그리드, 전단벽, 프레임 시스템이 적용된 사례가 상대적으로 많았다. 초고층 건축물 보다는 주로 중저층 건축물 디자인에 채용되는 Free Form 형태에는 초고층 건축물에서와는 달리 쉘과 래티스 시스템의 적용 사례가 조사되었다.

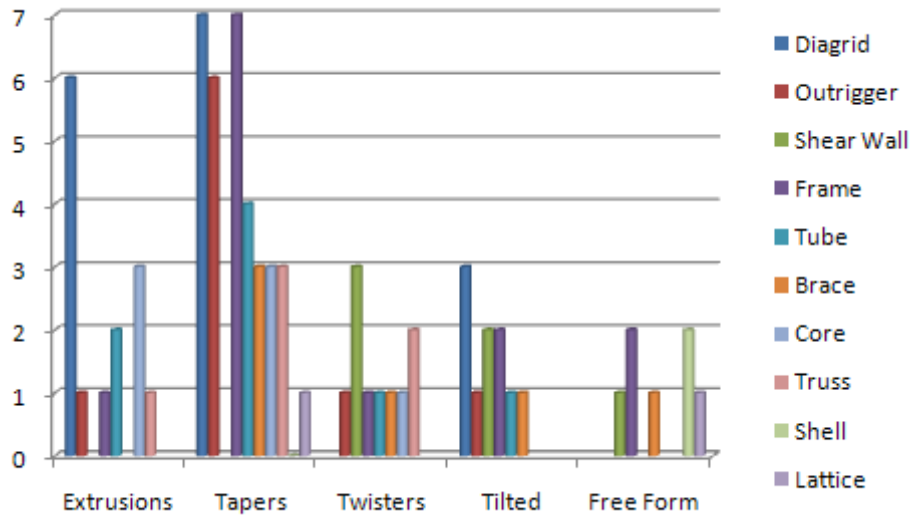


그림 4 비정형 형상과 구조시스템

## 5. 결론

건축물의 비정형 형상과 이를 구현하기 위해 적용된 구조시스템간의 상관관계를 분석하기 위해 55개의 사례를 대상으로 경향을 파악하였다. 대표적인 비정형 형상을 5개 유형으로 분류하고 구조시스템의 적용빈도를 조사한 결과, 적용 사례가 많은 Extrusions와 Tapers 형태에서는 적용된 구조시스템과의 유의미한 상관관계를 파악할 수 있었으며, 적용 사례가 많지 않은 Twisters, Tilted, Free Form 형태에서는 구조시스템의 상대적 적용 경향을 파악할 수 있었다.

본 연구의 결과는 비정형 형상에 적합한 구조시스템 대안의 우선순위를 설정하고 구조시스템 생성을 위해 형상으로부터 추출해내야 할 초기 파라미터를 선정하는데 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 국토해양부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 2009년도 첨단도시개발사업의 지원 사업으로 이루어진 것으로 이에 감사를 드립니다.

## 참고문헌

- 이재철 (2009) “비정형 건축물 구조시스템 설계를 위한 디지털 요소기술”, 2009 한국전산구조공학회 학술대회 논문집, pp.76~79.
- 정광량 (2008) “비정형 초고층 건축물을 위한 구조시스템”, 대한건축학회지, 제52권 4호, pp.59~62.
- D.Scott, D.Farnsworth, M.Jackson, M.Clark (2007) “The Effects of Complex Geometry on Tall Towers”, *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 16, John Wiley & Sons Inc., pp.441~455.