

# 입체·복합 공간구조(Mega Structure) 시스템의 개발에 관한 연구

## A Study on the Development of Mega Structure System

정 유 나\*      이 현 주\*      신 영 수\*\*  
Jung, Youna      Lee, Hyun Ju      Shin, Yeong Soo

---

### ABSTRACT

Recently, as necessity for urban recycling has increased, the research on integrated multi-purpose space has been required. Development of the system for integrated multi-purpose space is needed to form the efficient and higher value-added space. In this research, the notion of integrated multi-purpose space is defined and two proposed structural system, which are space truss and mega structure system, are compared. Mega structure system has been found as more proper system and proposed for analysis. As verified by the number of mega beam and shape of mega column, the analysis has been carried out. The results show that mega structure system offers proper performance for integrated multi-purpose space.

### 요 약

국제화가 가속화됨에 따라 국가 단위가 아닌 도시 단위의 경쟁력 제고의 필요성이 대두되면서 도시재생에 대한 관심이 높아지고 있다. 도시재생의 위한 공간의 효율성 극대화화 고부가 가치를 갖는 공간의 창출을 위해서는 입체·복합 공간구조 시스템의 개발에 관한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 이론과 시공 사례를 바탕으로 하여 입체·복합 공간구조에 대한 개념을 정립하고 이를 위한 구조시스템에 대한 분석을 실시하였다. 그 결과 입체·복합 공간을 구성하기 위해서는 규모 및 용도에 탄력적으로 대응할 수 있는 Mega structure 시스템이 타당할 것으로 판단되었고, 이에 따라 Mega structure 모델의 구조해석을 수행하였다. 본 연구에서는 해석을 위해 기본 Mega structure 모델을 제안하였으며, 제안된 모델의 Mega column과 Mega beam의 형태 및 위치를 변화시켜가며 구조해석을 수행하였다. 본 연구에 따르면 Mega structure 시스템이 실제 입체·복합 공간을 실현시킬 수 있는 충분한 성능을 발휘한다고 판단되었다.

---

\* 정회원, 이화여자대학교 건축학과 석사과정  
\*\* 정회원, 이화여자대학교 건축학과 교수

## 1. 서 론

국제화가 가속화됨에 따라 국가 단위가 아닌 도시 단위의 경쟁력 제고의 필요성이 대두되면서 도시 재생에 대한 관심이 높아지고 있다. 그러한 가운데 도시재생을 위한 여러 가지 정책적, 기술적 방법이 거론되고 있으며 그 중 입체·복합공간에 대한 연구의 중요성이 제기되고 있다. 입체·복합공간을 위한 구조시스템은 기존의 단일 목적 건축물의 구조시스템과는 구별되게 증축을 포함한 여러 규모와 용도별 공간 수요에 탄력적으로 대응할 수 있는 것이어야 한다. 본 연구에서는 입체·복합공간을 위한 대표적인 구조시스템으로 Mega Structure 시스템의 개발에 대해 고찰해 보고 그 타당성을 검토해 보고자 한다.

## 2. 입체·복합 공간

### 2.1 연구의 필요성

입체·복합 공간 구조물이란 기존의 반영구적 기능과 단일 용도를 갖는 건물과 구별되게 사용자의 요구에 따라 시간, 공간적으로 여러 가지 용도를 수용할 수 있는 가변적 구조물을 의미한다. 이러한 입체·복합 공간 구조물은 대규모로 설계되는 경우가 대부분이며 따라서 구조시스템의 설계 및 해석 측면에서 많은 시간과 노력을 필요로 한다. 이는 기존의 초고층 구조물과 대공간 구조물의 연구가 규모적인 접근에 중점을 둔 것과는 다른 개념이며 따라서 구조물의 기능 차원에서 접근하는 입체·복합 공간에 대한 연구가 필요하다고 하겠다.

다양한 용도와 규모에 적절하게 대응하기 위해서는 특별한 고하중에 저항할 수 있는 구조시스템이 필요하다. 이를 위해 Mega column을 도입하여 상부로부터 누적되어 작용하는 특별한 고하중에 충분히 지지할 수 있도록 하는 것이 중요하다.

### 2.2 입체·복합 공간의 시공 사례

#### 1) 타이페이 101

대만에 있는 타이페이 101은 높이 508m로 현재 세계에서 두 번째로 높은 구조물이다. 8개의 철골조 Mega column이 횡력을 지지할 수 있도록 설계되었다. Mega column은 3×2.4m<sup>2</sup> 크기의 복합기둥이며 22.5m 간격으로 한 쌍의 기둥이 4면의 외피에 접해있다. Mega column을 따라 주하중이 전달되며 Mega beam을 이용해 내부 코어와 연결되어 있다.

#### 2) 동경 도청사

동경에 위치한 동경 도청사는 높이 243m로 동경에서 가장 높은 구조물이다. Mega frame 구조형식이 적용된 이 구조물은 Mega column과 Mega beam이 초대형 라멘구조로 조합되어 있다. 3.2m 모듈을 기본으로 하여 모서리에 6.4×6.4m<sup>2</sup> 크기의 코어, 즉 Mega column을 배치하였으며 K형 가새로 연결하였다. 10개 층마다 1층 높이에 트러스 형태의 Mega beam을 설치하였다. 초대형 가구구조로 형성된 내부는 공간적으로 제약받지 않으며 대공간이나 대형 아트리움이 형성 가능해진다. Mega frame을 구성하는 부재는 고정부로 영구적인 사용이 가능하며 내부의 중간층은 조립식으로 시공되어 전체 공기를 단축하였다.

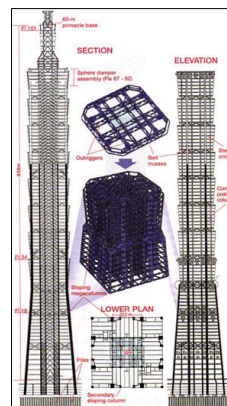


그림 1 타이페이101 구조시스템



그림 2 동경 도청사

### 3. 입체·복합 공간구조(Mega Structure)시스템

#### 3.1 입체·복합 공간구조시스템의 방향

규모 및 용도의 가변성을 갖는 공간의 설계를 위해서 1960년대 N.J Habraken의 Open Building System의 개념을 기본 방향으로 설정하였다. Open Building의 핵심 개념으로는 위계, 고정부, 가변부, 용량(Capacity), 지속가능성을 들 수 있으며, 구조체를 구성하는 요소들을 그 역할에 따라 크게 고정부(Support)와 가변부(Infill)로 나누어진다. 고정부란 건물의 전체 생애주기 동안 고정적으로 사용하는 구조요소로 높은 내구성을 가지며 전체 수평력과 가변부에서 전달된 수직력에 저항한다. 가변부란 사용자의 요구에 따라 임의로 변경이 가능한 구조요소로 구조물의 완공 후에도 설치, 제거될 수 있으며 환경의 변화에 따라 증축이나 이전도 용이해야 한다. 따라서 가변부는 모듈화 된 조립형 구조와 같이 시공이 용이한 구조여야 한다.

#### 3.2 입체·복합 공간구조시스템 비교 분석

입체·복합 공간을 구성할 수 있는 대형 골조시스템의 경우 스페이스 트러스 형식과 Mega Structure 형식을 고려해 볼 수 있다. 스페이스 트러스 형식의 경우 구조체 내외부에 설치된 다수의 대형 가새가 구조체에 작용하는 수직, 수평력에 저항하는 시스템이다. 축력에 의한 힘의 전달은 휨이나 전단 등과 같은 간접적인 힘의 전달에 비해 효과적이며, 수직, 수평하중을 지지 부재의 구별 없이 전체 스페이스 트러스가 함께 거동하여 저항함으로써 재료의 효율적인 사용이 가능하다.

Mega Structure 형식은 초대형 기둥인 Mega column과 일정간격마다 설치된 Mega beam이 라멘구조 형식을 이루는 시스템으로, Mega beam을 통하여 전달되는 전체 수직하중이 Mega column에 의해 지지되고 이 Mega column과 Mega beam이 함께 수평력에 저항하는 구조 시스템이다. Mega column 사이에는 일반 기둥이나 보가 설치될 수 있으며 이는 부분적인 하중을 부담하는 부재로, 전 층에 걸쳐 비교적 작은 단면으로 설계가 가능하다.

스페이스 트러스 형식의 경우 구조체 내외부에 설치된 가새로 인하여 대공간의 확보가 어려우며 개방성 또한 저하된다. 또한 전체 트러스가 유기적으로 하중에 저항하는 방식이므로 특정 부재의 제거가 어렵고 이때 전체 구조에 대한 해석을 다시 수행해야 하므로 경제적이지 않다. Mega Structure 형식의 경우 Mega beam을 통한 무주 대공간의 확보가 가능하고 기본적으로 라멘구조의 형식을 가지므로 개방성이 뛰어나다. 또한 Mega column과 Mega beam을 제외한 부재의 경우 임의로 설치, 제거가 가능하며 이때 부분적인 구조해석만 수행하여도 무방하다.

이상을 통해 규모 및 용도의 가변성을 갖는 공간을 설계하기 위해서는 스페이스 트러스 형식보다는 Mega Structure 형식을 사용한 입체·복합 공간구조시스템을 도입하는 것이 타당하다고 보겠다.

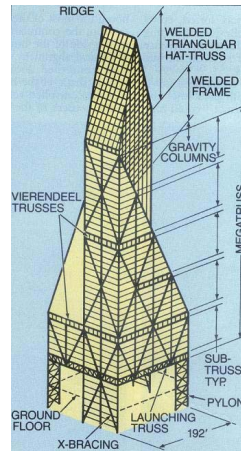


그림 3 Space Truss

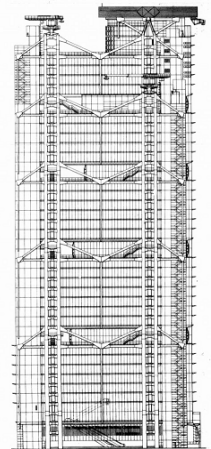


그림 4 Mega Structure

표 1 입체·복합 공간구조시스템 비교

	Space Truss	Mega Structure
무주 대공간	대공간 확보가 어려움	Mega beam을 통한 대공간 확보용이
공간의 개방성	가새에 의한 개방성 저하	개방성이 뛰어나
부재의 가변성	유기적 구조로 가변성이 낮음	Sub member의 가변성이 높음

### 3.3 Mega Structure 구조시스템 모델

가로 6경간 48.1m, 세로 5경간 35.1m의 장방형 평면에 층고 3.2m 60층, 전체 높이 192m의 구조물을 기본 모델로 하였다. 한 변이 1.5m인 장방형의 기둥 4개로 이루어진 4.5×4.5m<sup>2</sup> 크기의 Mega column을 각 모서리에 배치하였고, 각 기둥은 SM520 강재와 강도 50MPa이상의 콘크리트를 사용하였다. 일정 높이마다 Mega beam을 설치하여 Mega column과 Mega beam이 일체화 거동을 하여 횡력에 저항할 수 있도록 설계하였다. Mega column의 형태와 Mega beam의 위치에 따른 횡력 저항 능력을 비교하였다.

해석에 사용된 풍하중은 KBC 2005에 따라 구하였으며 도심지에 있는 노풍도 B, 기본풍속 30m/s, 중요도 계수 1.0을 적용하였고 구조해석 상용프로그램인 neoMAX-3D를 이용하여 해석을 수행하였다.

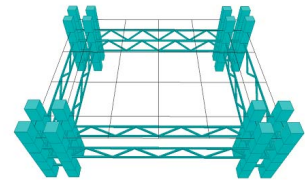
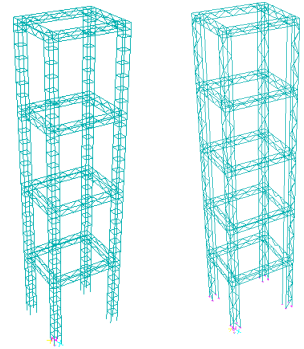


그림 5 해석 모델

### 3.4 해석 결과

해석 결과 5개소에 Mega beam이 사용된 모델의 횡변위는 213mm, 4개소에 Mega beam이 사용된 모델의 경우에는 227mm로 H/500인 384mm 범위 이내로 들어왔다. 전자의 Mega column에 가새를 추가하여 강성을 높인 경우에는 136mm로 횡변위가 크게 줄어든 것을 알 수 있었다.

## 4. 결론

본 연구는 Mega structure시스템이 국내의 도시재생을 위한 입체·복합 공간구조에 적용가능 한지의 여부에 대한 검토를 목적으로 수행되었다. 본 구조시스템을 활용함으로써, 경제적이고 친환경적인 도시재생을 위한, 규모 및 용도에 따라 탄력적으로 대응하는 공간의 형성이 가능할 것으로 판단된다. 이상의 연구 결과 제안된 Mega structure 시스템의 횡력 저항 성능이 실용적 활용이 가능할 만큼 충분하다고 나타났으며 이에 따라 입체·복합 공간구조를 위한 Mega structure시스템의 적용이 가능하다고 보겠다. 앞으로 Mega structure 시스템에 대한 추가적인 연구와 기본 매뉴얼에 대한 개발이 수행되어야 할 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 건설교통부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 07첨단도시개발사업 (과제번호:07도시재생A03)의 지원 사업으로 이루어진 것으로 이에 감사를 드립니다.

## 참고문헌

1. 도시재생사업단 1·2차년도 통합연구결과보고서, “입체·복합 공간 구조 및 공법 개발”, 국토해양부, 한국건설교통기술평가원, 도시재생사업단, 2008.
2. 대한건축학회, “Korean Building Code”, 2005.
3. 대한건축학회, “건축물 하중기준 및 해설”, 2000.
4. American Concrete Institute(ACI), “Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-02)”
5. Wolfgang Schueller, “The Vertical Building Structure.” New York: Van Nostrand Reinhold, 1990.