



울산대학교

UNIVERSITY OF ULSAN

건축학부 건축공학전공

SCHOOL OF ARCHITECTURAL ENGINEERING



고래타고 타이베이 To Taipei by Whale

# 2024 구조물 내진설계 경진대회

SEISMIC STRUCTURAL DESIGN CONTEST 2024

PARK BO GYU

KIM JAE HYUN

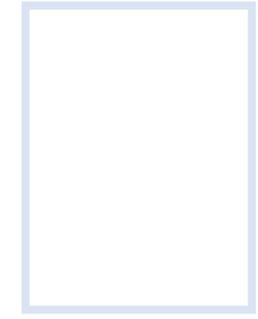
BAE MIN JIN

BAEK HA EUN

# 목 차

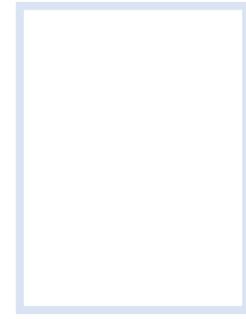
- 01 대회 규정 분석  
지진파 분석
- 02 재료 물성치 분석 & 구조 설계 개요  
구조 설계
- 03 MIDAS 모델링 및 해석  
실제 모델 실험
- 04 최종 모델 해석  
도면  
예산안 & 공정표

## > 자문위원



울산대학교 건축공학전공  
김대경 교수님

## > 팀원 소개



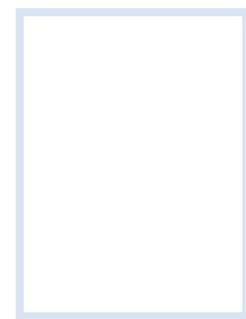
**박보규 (팀장)**

- ▶ 구조 해석
- ▶ 지진파 분석
- ▶ 미이다스 모델링
- ▶ 구조물 제작



**김재현**

- ▶ 구조 해석
- ▶ 모델링 및 도면 작성
- ▶ 경제성 분석
- ▶ 구조물 제작



**배민진**

- ▶ 구조 해석
- ▶ 물성치 분석
- ▶ 공정표 작성
- ▶ 구조물 제작



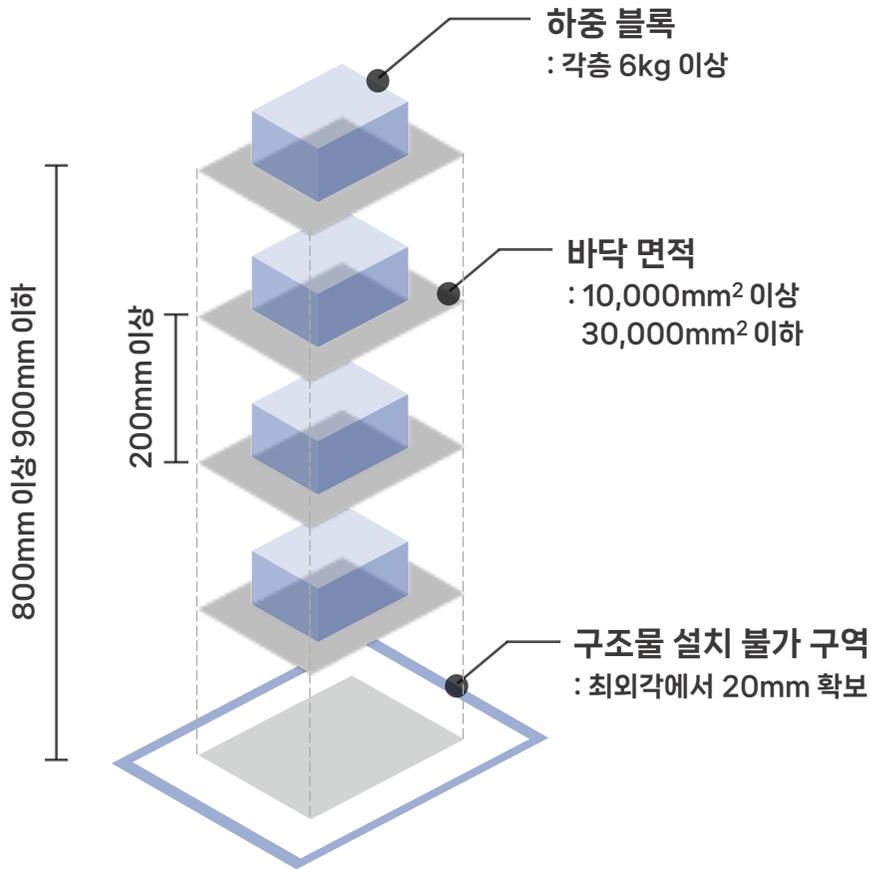
**백하은**

- ▶ 구조 해석
- ▶ PPT 제작
- ▶ 공정표 작성
- ▶ 구조물 제작

# 01. 설계 개요

## 대회 규정 분석 및 지진파 분석

### ▶ 대회 규정 및 구조물 심사 기준



재현 주기 (년)	구조물의 성능 수준
500	기능 수행
2,400	붕괴 방지

\* 구조물의 파괴는 0.7g에 정규 분포하여 발생할 것

### ▶ 지진파 분석

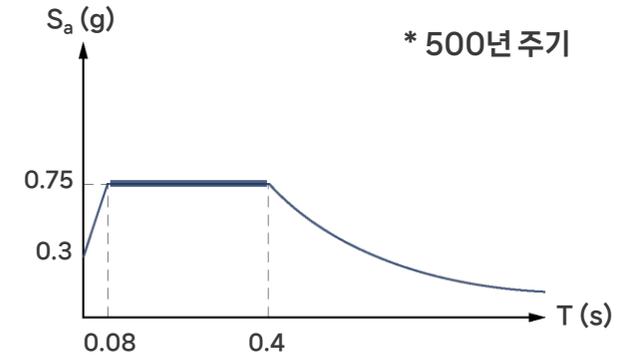
\* 내진설계기준 (KDS 41 17 00)

위험도계수 (I)		지진구역계수 (Z)	
500년	2,400년	500년	2,400년
1	2	0.3g	0.3g

### 설계 스펙트럼 가속도

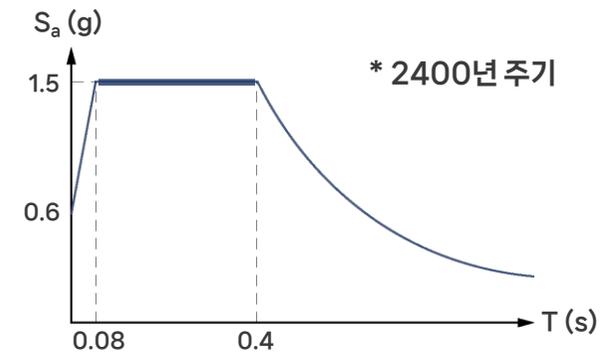
- $S = Z \times I$
- 단주기 설계 스펙트럼 가속도( $S_{DS}$ )  
 $= S \times 2.5 \times F_a \times 2/3$  [ $F_a = 1.5$ ]  
 500년  $\Rightarrow$  0.75g / 2400년  $\Rightarrow$  1.5g
- 1초 주기 설계 스펙트럼 가속도( $S_{D1}$ )  
 $= S \times F_v \times 2/3$  [ $F_v = 1.5$ ]  
 500년  $\Rightarrow$  0.3g / 2400년  $\Rightarrow$  0.6g

### 지반 응답 스펙트럼



### 구조물의 고유 주기

- $T_0 = 0.2 S_{D1} / S_{DS}$   
 500년 & 2400년  $\Rightarrow$  0.08sec
- $T_0 = 0.2 S_{D1} / S_{DS}$   
 500년 & 2400년  $\Rightarrow$  0.4sec
- $T_L = 3sec$

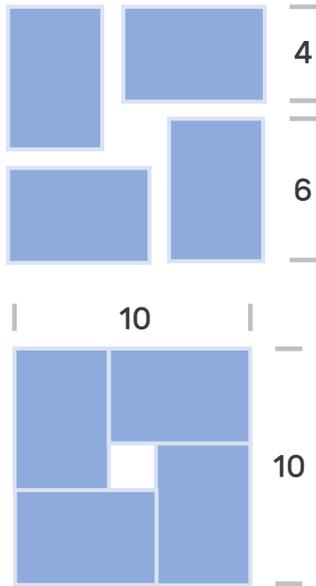


➔ 0.08 ~ 0.4 sec 에서 설계 스펙트럼 가속도 최대

# 02. 설계 방향

## 재료 물성치 분석 & 구조 설계 개요

### ▶ 기둥 선택



$$\delta = \frac{PL^3}{3EI} \rightarrow E = \frac{PL^3}{3\delta I}$$

- δ : 변위 (mm)
- P : 하중 (N)
- L : 길이 (mm)
- I : 단면 2차 모멘트 (mm<sup>4</sup>)

\* X - Y 양방향에서 동등한 단면 성능 확보 : 정사각형 단면 선정

### ▶ 기둥 물성치 분석



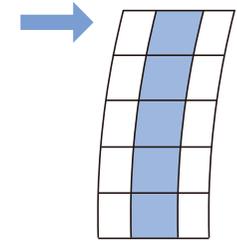
- 하중 (N) : 0.5 × 9.8 = 4.9
- 길이 (mm) : 150
- 단면 2차 모멘트 (mm<sup>4</sup>) : 832
- 변위 (mm) : 8.4

탄성계수 = 788.8 (MPa)

### ▶ 구조 설계 개요

#### 프로젝트 핵심 목표

1. 높은 구조적 강성 확보 \_ 구조물의 내구성을 증진
2. 건물의 변형 최소화



#### 주요 설계 전략

1. 중앙 메가 코어 설계 \_ 중앙에 고강성 코어를 배치해 전체 구조물의 강성 증진
2. 반원형 절단면 적용 \_ 응력 분산 및 피로 최소화를 위해 곡선형 절단면 도입

#### 적용 해석법 : 모드해석법

강성을 높임으로써 고차모드에서 참여율을 올리는 것을 목표

\* 저차모드 \_ 질량 참여율 & 모드 참여율이 높다

#### 기대 효과

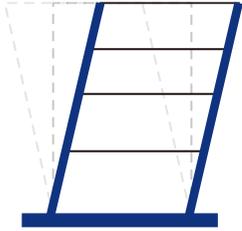
1. 다양한 주파수 대응 \_ 다양한 주파수에 효과적으로 대응
2. 장기 내구성 \_ 다양한 진동에 고르게 대응함으로써 구조물의 피로저항성 증진

# 02. 설계 방향



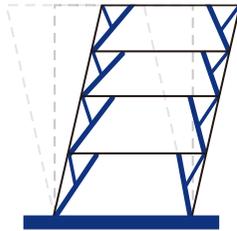
## 구조 설계

### ▶ 내진설계 개념



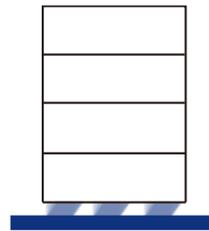
**내진 구조**

구조물의 강성 증가  
⇒ 지진하중에 저항



**제진 구조**

제진 장치  
⇒ 지진에너지 상쇄



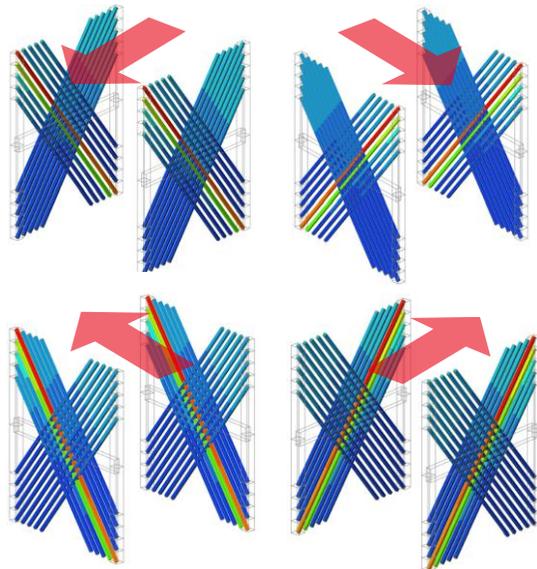
**면진 구조**

면진 장치(전단 변형 장치)  
⇒ 지반과 건물을 분리

### ▶ 적용 설계 구조 \_ 내진 구조



A4 용지

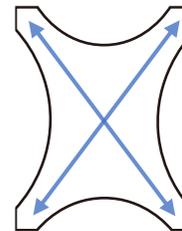


**내진 구조**

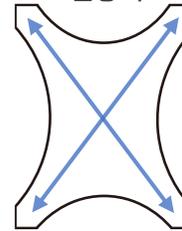
전단벽 구조  
⇒ 가새 역할

⇒ 인장력을 부담하는 부분에 대한 상세 설계

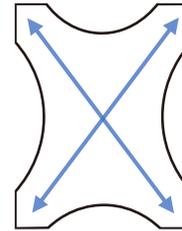
### ▶ 전단벽 & 코어



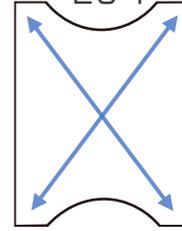
인장력



인장력



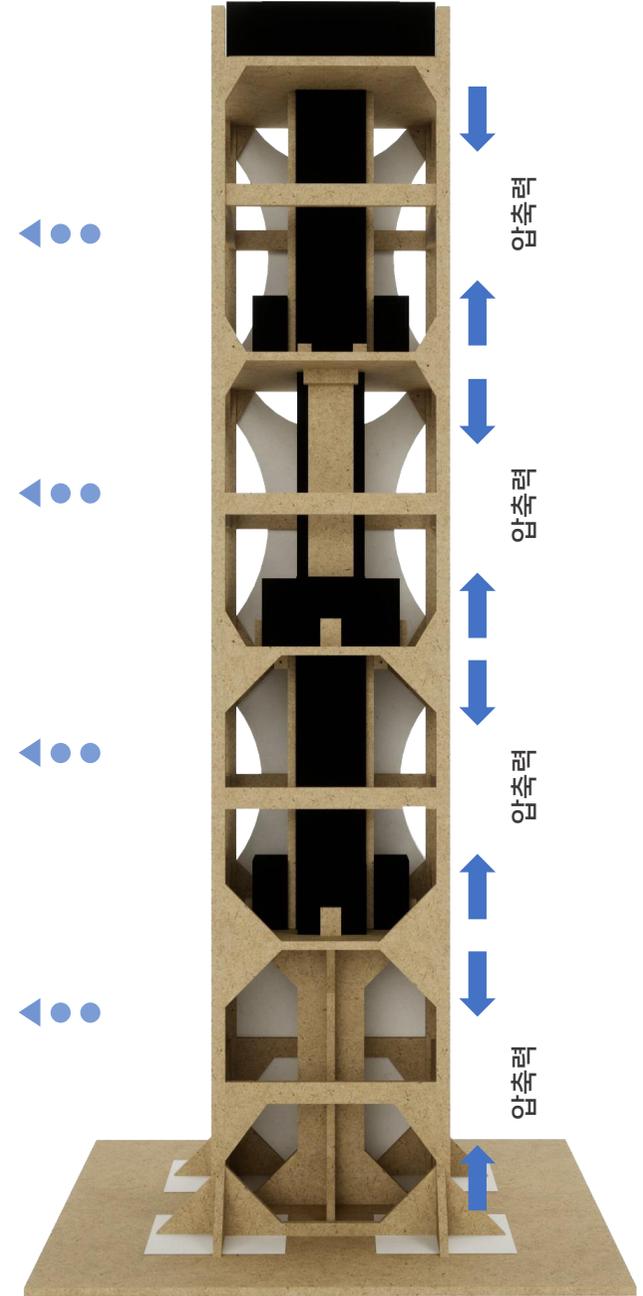
인장력



인장력

### 반원형 곡선 디자인

- ⇒ 심미성 우수
- ⇒ 응력 집중 방지
- ⇒ 재료비(본드) 절약



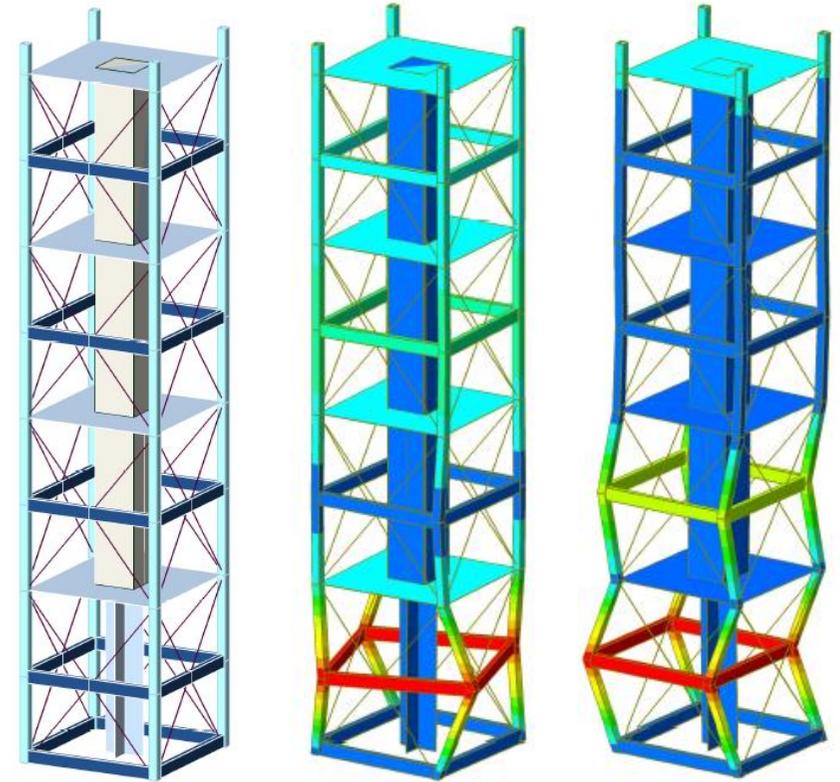
# 03. 모델 실험

## MIDAS 모델링 및 해석

### ▶ 기둥 선택

Mode	UX	UY	UZ	RX
고유치 해석				
Mode No	Frequency		Period	Tolerance
	(rad/sec)	(cycle/sec)		
1	22.3088	3.5505	0.2816	2.21E-16
2	22.3688	3.5601	0.2809	2.01E-16
3	24.8211	3.9504	0.2531	1.22E-16
4	66.8742	10.6434	0.094	2.01E-16
5	182.7036	29.0782	0.0344	1.04E-16
6	186.7043	29.7149	0.0337	2.01E-16
7	249.5778	39.7215	0.0252	1.01E-16

모드별 질량 참여율 출력값						
Mode No	TRAN - X		TRAN - Y		ROTN - Z	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	12.7377	12.7377	6.0146	6.0146	0.4313	0.4313
2	7.5728	20.3105	1.4287	7.4433	8.3347	8.7660
3	0.7523	21.0628	0.7489	8.1922	11.2487	20.0147
4	1.5465	22.6093	0.9547	9.1469	0.9748	20.9895
5	5.1883	27.7976	4.5582	13.7051	4.6572	25.6467
6	33.4554	61.2530	39.6421	53.3472	41.1329	66.7796
7	31.5786	92.8316	37.8454	91.1926	26.5172	93.2968



조감도

Mode 6

Mode7

MIDAS 질량 참여율 : Mode 6 & 7 지배적 = 모델 실험 파괴 형상 : Mode 6 & 7 지배적

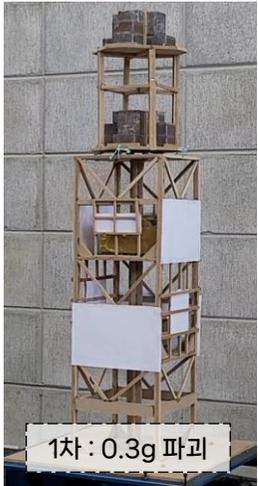
### 붕괴 형상 고려

⇒ 1 ~ 2층 패널존 \_ 절점 보강용 거셋플레이트 설치

# 03. 모델 실험

## 실제 모델 실험

### 1~4차 실험



1차 : 0.3g 파괴

- 최상층 가새 탈락
- 마찰댐퍼 역할 X



2차 : 0.4g 파괴

- 면진층 추 기동 타격 후 구조물 전도



3차 : 0.5g 파괴

- 면진층 추 기동 타격 후 구조물 전도



4차 : 0.5g 파괴

- 면진층 추 기동 타격 후 기동 전단 파괴

### 5차 실험



5차 : 0.6g 파괴

1층 주각부 편칭전단파괴

종이를 이용해 전단 저항력 증진

### 6차 실험

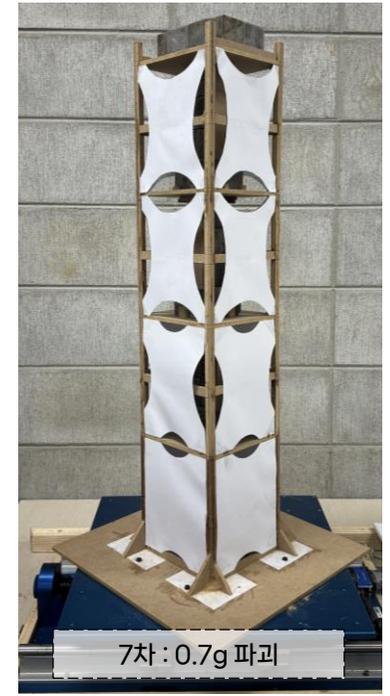


6차 : 0.6-0.7g 파괴

1층 종이 전단벽 파괴

종이 전단벽 양 옆단 보강

### 7차 실험



7차 : 0.7g 파괴

1층 주각부 파괴

0.7g에서 구조물 붕괴 유도

# 04. 최종 모델



## 최종 모델 해석

### · 종이 전단벽

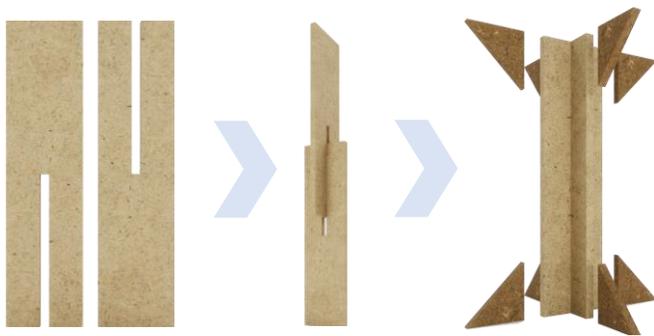


전단벽 \_ 강판 저항벽의 인장저항 역할

**설치 위치 & 개수 : 층 당 4개씩**

- > 1층 : 위 아래 곡물을 살림
- > 2층 : 네 면의 곡물을 살림  
(대형 거셋 플레이트 크기에 형태를 맞춤)
- > 3 ~ 4층 : 네 면의 곡물을 살림  
(소형 거셋 플레이트 크기에 형태를 맞춤)

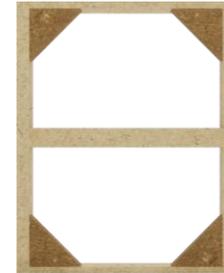
### · 1층 중심 메가 코어



#### 조립 방법 & 특징

- > 상부층의 무게추 48개(개당 0.5kg)의 중량을 견디기 위해 50mm 두께의 플레이트를 교차하여 코어 형성
- > 하부 코어의 횡변형을 잡아주기 위해 상·하부에 거셋 플레이트 각각 4개씩 보강

### · 거셋 플레이트 & 브레이스 & 기둥



거셋 플레이트 \_ 패널존 예방

**설치 위치 & 개수 : 층 당 16개씩**

- > 1 ~ 2층의 경우, 대형 거셋 플레이트 사용
- > 3 ~ 4층의 경우, 소형 거셋 플레이트 사용

브레이스 \_ 횡력 저항 성능 향상

**설치 위치 & 개수 : 층 당 4개씩**

- > 1 ~ 4층 모두 동일한 두께(15mm) 사용

기둥 \_ 4개의 긴 기둥 형성

**설치 위치 & 개수 : 바닥 플레이트 외곽 지점부에 4개**

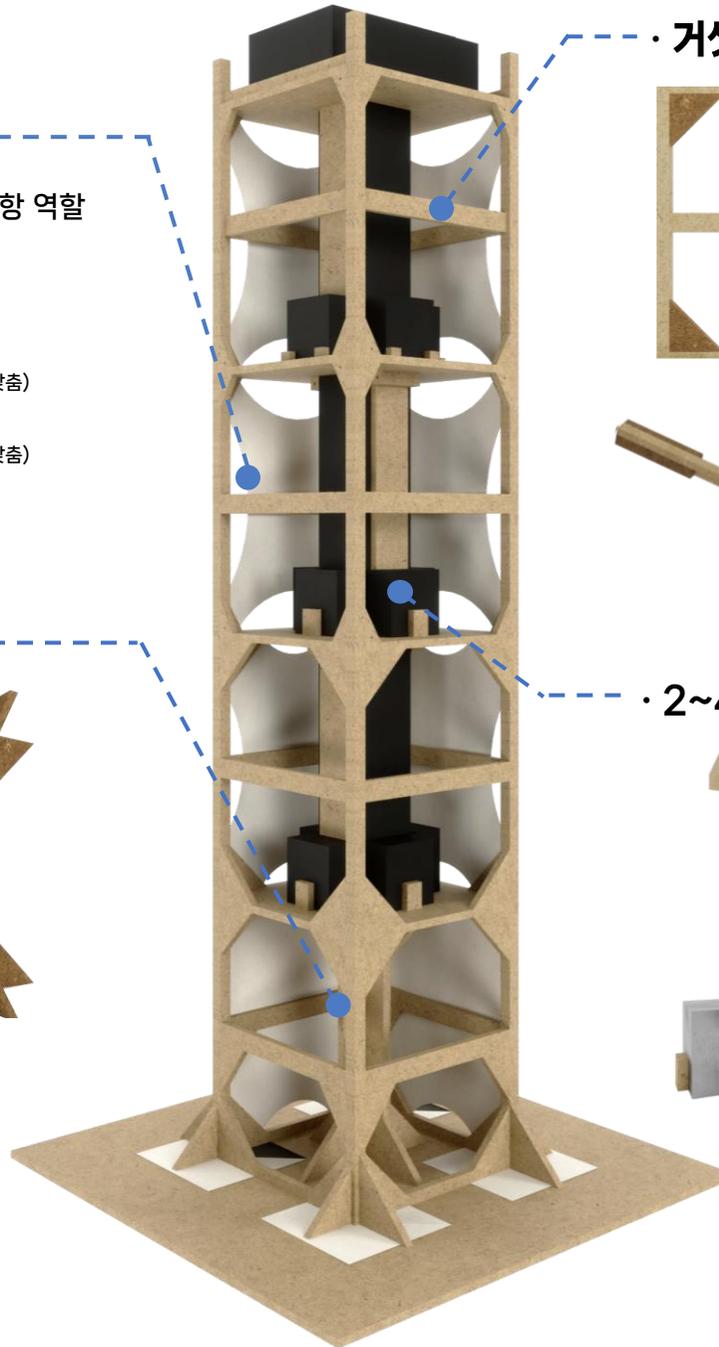
- > 600mm 부재 4개를 300mm 4개와 600mm 2개로 나누어 엇갈리게 결합

### · 2~4층 내부 중심 코어



#### 조립 순서 & 특징

- 1) 무게추 4개를 쌓은 기둥 두 세트를 합쳐 강철 코어 기둥 형성
- 2) 강철 코어 기둥의 전단파괴를 방지하기 위한 측면 고정 플레이트 설치
- 3) 외각 기둥 부재의 상부 자투리 부분을 측면 고정 플레이트 상부 고정 및 보강
- 4) 코어 기둥 제작 후 남은 4개를 각 면에 부착
- 5) 추의 낙하 방지를 위해 플레이트의 자투리 활용

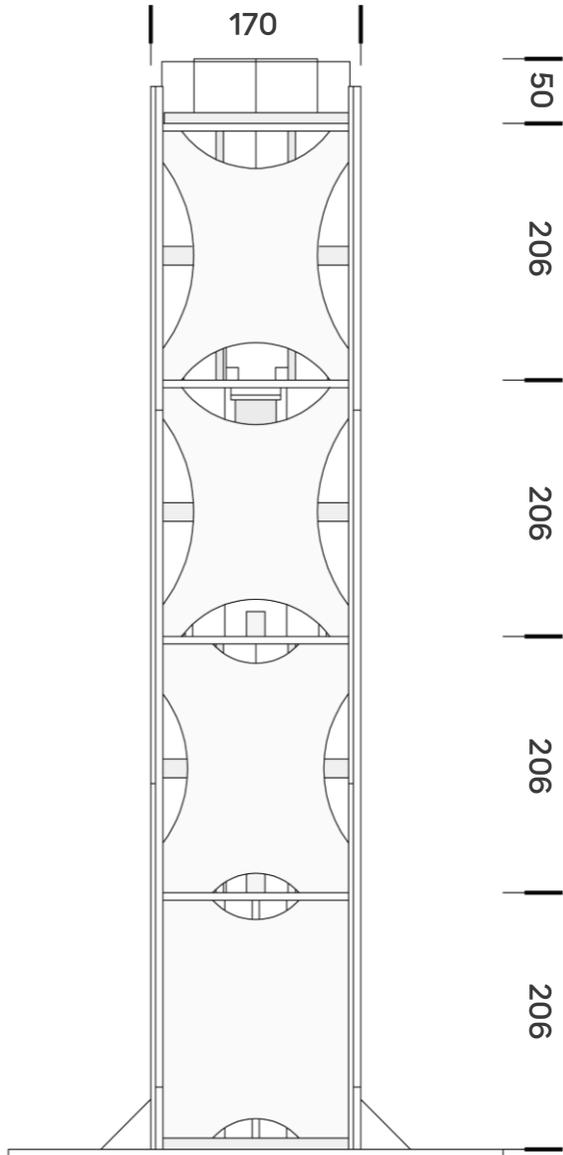


# 04. 최종 모델

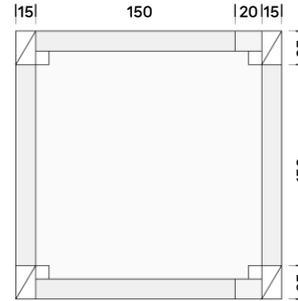


## 도면

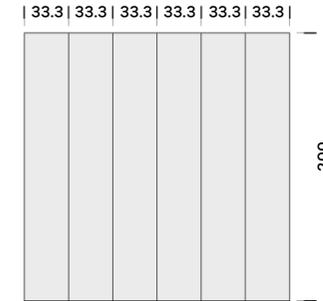
### ▶ 입면도



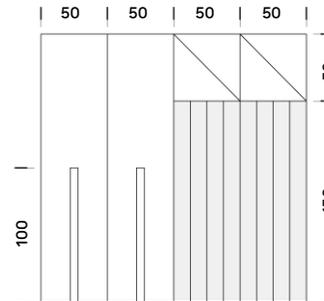
### ▶ 부재 평면도



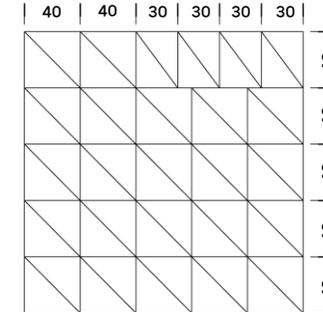
▲ 2~5층 슬라브



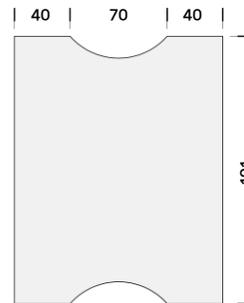
▲ 무게추 측면 플레이트



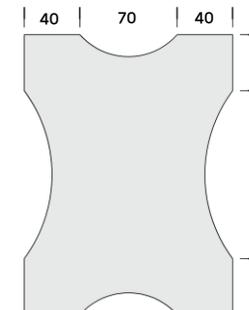
▲ 코어 & 브레이스



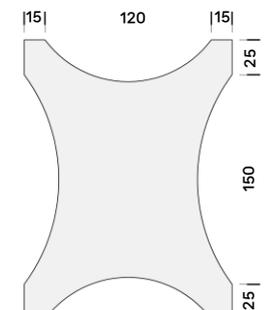
▲ 거셋 플레이트



▲ 1층 전단벽 4EA



▲ 2층 전단벽 4EA



▲ 3~4층 전단벽 8EA

# 04. 최종 모델

## 예산안 & 공정표

### ▶ 예산안 \_ 원가 관리

재료명	단위	규격	단가	개수	금액(백만원)
MDF base	개	400mm*400mm*6mm	-	1	0
MDF strip	개	600mm*4mm*6mm	10	24	240
MDF plate	개	200mm*200mm*6mm	100	7	700
스트링 고무줄	식	600mm	40	0	0
A4 종이	장	297mm*210mm	10	16	160
접착제	개	20g	200	2	400
합계					1500

\* Total 금액 : 1500(백만원) 사용 예정

### ▶ 공정표

김재현
  박보규
  백하은
  배민진
  박보규, 배민진
  김재현, 백하은
  모두

구분		소요 시간																	
		1시간						2시간						3시간					
		10분	20분	30분	40분	50분	60분	10분	20분	30분	40분	50분	60분	10분	20분	30분	40분	50분	60분
재료 제작	베이스 및 코어	■	■			■	■												
	층 별 바닥판	■	■	■	■	■	■												
	거셋플레이트			■	■	■	■												
	기둥	■	■	■	■	■	■												
	하중블럭조합	■	■																
	전단벽 제작			■	■	■	■												
시공	기둥 부재 연결						■												
	바닥판 및 하중블럭 설치							■	■	■	■	■							
	거셋플레이트 연결							■	■	■	■	■	■						
	전단벽 설치											■	■	■	■				
	상부층 하중 블럭 설치													■	■				
최종 보강															■	■	■	■	

\* Total 소요 시간 : 2시간 40분 예정