



지진방재연구센터  
SEISMIC RESEARCH AND TEST CENTER

# 2024년도 구조물 내진설계 경진대회

소속 : 한양대학교

팀명 : 핫한대

지도교수 : 한상환 교수님

팀원 : 김지승, 원종훈, 채윤호, 홍민국



한상환 교수님

한양대학교 건축공학부

자문교수 및 지도교수

김지승

지진파 분석  
캐드 도면 제작  
구조물 제작

원종훈

구조 프로그램  
대회규정 분석  
구조물 제작

채윤호

물성치 분석  
구조물 제작  
실험 결과 분석

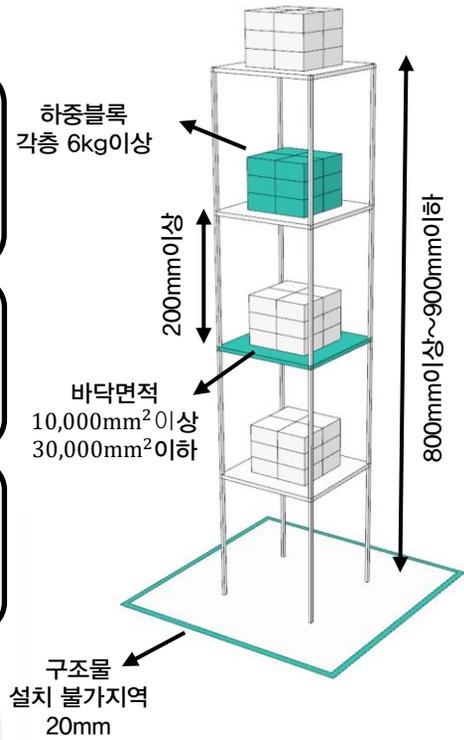
홍민국

캐드 도면 제작  
실험 결과 분석  
구조물 제작

HANYANG UNIVERSITY

# 대회 규정 분석

- I.** 구조물의 내진 설계 목표와 성능수준의 이해
- II.** 구조물의 지진 발생 시 거동 예측 능력 및 부재강도 평가 능력
- III.** 500년 빈도 지진발생 시 기능수행 수준 내진설계
- IV.** 2400년 빈도 지진발생 시 붕괴방지 수준 내진설계
- V.** 설계지진 초과 시 구조물의 붕괴 메커니즘을 고려한 파괴를 유도하는 정밀한 설계
- VI.** 시공성과 경제성을 고려하고 구조물의 심미성과 창의성을 추구하는 설계
- VII.** 구조해석 능력 외 도면화 수량산출 및 내역작성 기술



# 지진파 분석

지반응답증폭 계수	
$F_a$	1.5
$F_v$	1.5

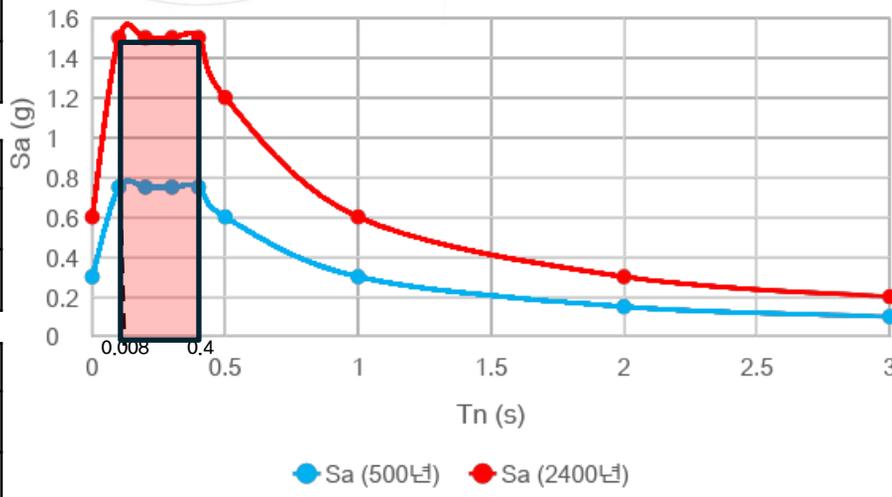
유효 수평 지반 가속도 (S)	
500년	0.3g
2400년	0.6g

지진구역 계수	
500년, 2400년	0.3
KDS 2019	0.11 0.07

	$S_{DS}$	$S_{D1}$
500년	0.75g	0.3g
2400년	1.5g	0.6g



설계 응답 스펙트럼



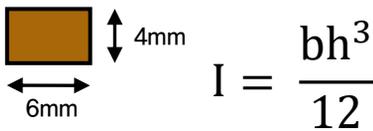
두 주기 모두 0.08sec ~ 0.4sec 에서 최대 가속도를 갖는다. 따라서 이때의 주기값 0.008~0.4사이에 건물의 고유주기가 들어가지 않도록 한다.

# 물성치 분석



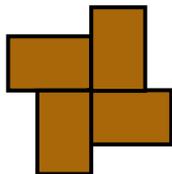
재료명	규격	단위수량[]	단가 []백만원	비고	실제 휨강도	인장강도
MDF Base	400×400×6mm	1	-	기본제공	-	0.18KN
MDF Strip	600×4×6mm	1	10	-	0.002KN·m	측정불가
MDF Plate	200×200×6mm	1	100	-	-	-
스트링 고무줄 (2~3mm)	600mm	1	40	-	-	-
A4지	A4	1	10	-	-	-
접착제	20g	1	200	록타이트	-	-

# 기둥 단면 분석 및 선정

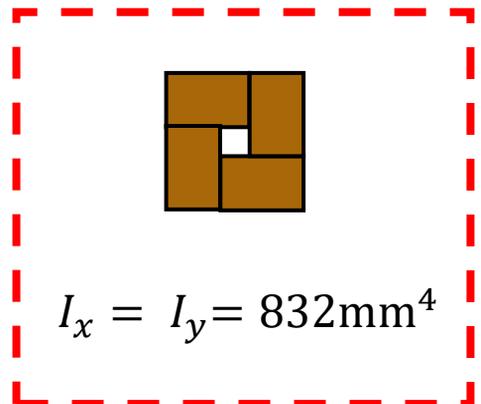


$$I_x = 144\text{mm}^4$$

$$I_y = 256\text{mm}^4$$



$$I_x = I_y = 832\text{mm}^4$$



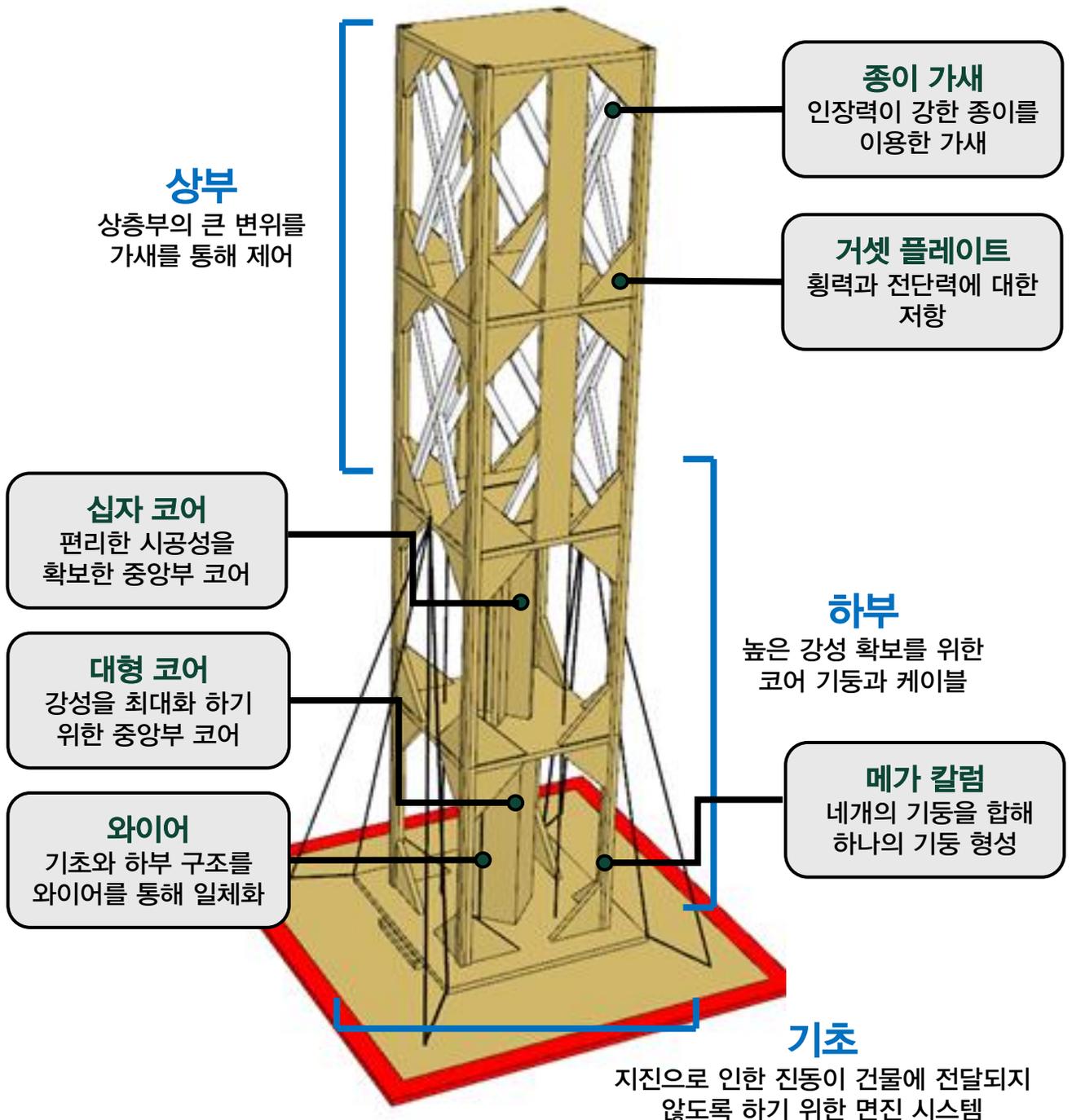
$$I_x = I_y = 832\text{mm}^4$$

단면성 및 시공성 우수와 xy축  
지진파에 효과적인 정사각형 단면

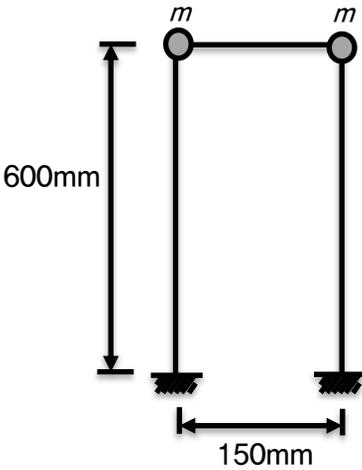
# 구조 전략

## 아이디어 선정 과정

- ✓ 초기 진동에 대한 저항을 내진으로 해결 시도 하였지만 많은 부재 사용으로 인한 경제성 측면에서 재검토 필요하다 판단, 면진으로 해결 시도
- ✓ 2way 방향이 가능한도록 A4 용지를 바퀴처럼 사용하여 단방향 이동이 가능한 면진장치 2개 제작하였으나 실제 실험에 적용시 사선 거동으로의 면진 작용 안됨
- ✓ 종합적으로 경제성과 내진효율을 위해 X축 방향으로는 면진, Y축 방향으로는 내진, 제진이 가장 적합하다 판단하여 최종적으로 Y축 방향의 구조물 거동에 대한 정확한 해석을 통해 목표한 가속도에서 파괴 유도



# 1차 분석 - 기본 조건 수 계산



## 1. 고유주기 T 산정

기본 방정식  $M_{AB} = \frac{2EI}{l}(2\theta_A + \theta_B - 3R) + C_{AB}$  에서  $\theta_A = \theta_B = \theta_C = \theta_D = 0$ , 하중항 = 0

$$M_{AB} = M_{BA} = M_{CD} = M_{DC} = \frac{-6EI}{l}R, R = \frac{\Delta}{l} \text{ 대입}$$

### 층 방정식

$$\frac{M_{AB} + M_{BA} + M_{CD} + M_{DC}}{l} + P = 0, R = \frac{\Delta}{l} \text{ 대입}, \frac{-24EI}{l^3} \Delta = P$$

$$\therefore k = \frac{24EI}{l^3}$$

$$= 24 \times 3400\text{N/mm}^2 \times 832\text{mm}^4 \times \frac{1}{(600\text{mm})^3} \times 10^3$$

$$= 314.3\text{N/m}$$

$$m = 2 \times 12 = 24\text{kg}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \times \sqrt{\frac{24}{314.3}} = 1.736\text{sec}$$

## 2. 저감쇠 자유진동 계산

자연계에 있는 대부분의 구조물은 저감쇠상태이므로 그에 따른 식을 계산, 정립된 감쇠비 표 참고 (mdf 합판과 본드 접합을 고려하여 감쇠율 13%적용)

$$T_d = T \times \frac{1}{\sqrt{1-\xi^2}}, \xi = \text{감쇠비}$$

$$T_d = 1.736 \times \frac{1}{\sqrt{1-0.13^2}} = 1.751\text{sec}$$

구조물의 종류	감쇠율(%)
• 용접강구조, 프리스트레스트가 완전히 상실되지 않은 프리스테레스트 콘크리트조	5~7
• 프리스트레스트가 완전히 상실된 프리스테레스트 콘크리트조	7~10
• 철근콘크리트조	
• 볼트나 리벳으로 조립된 강구조	10~15
• 볼트로 조립된 목구조	
• 못으로 조립된 목구조	15~20

<Nathan Newmark 감쇠비 표>

## 3. 수평력에 의한 휨모멘트 산정

### (1) 수평력 산정

가속도- 주기 관계도표를 참조하면,  $a = 0.343(g)$ 이므로,

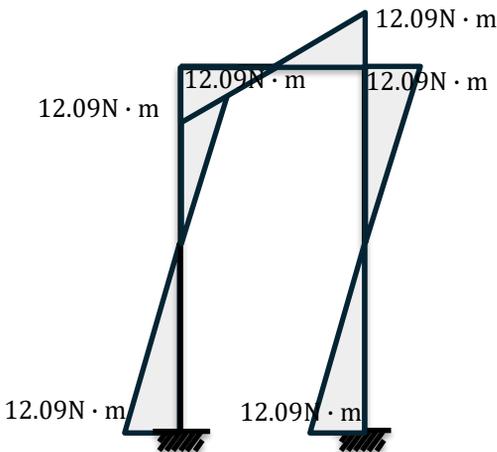
$$a = 3.358\text{m/s}^2$$

$$\therefore P = m \cdot a = 24 \times 3.358 = 80.59\text{N}$$

### (2) M 산정

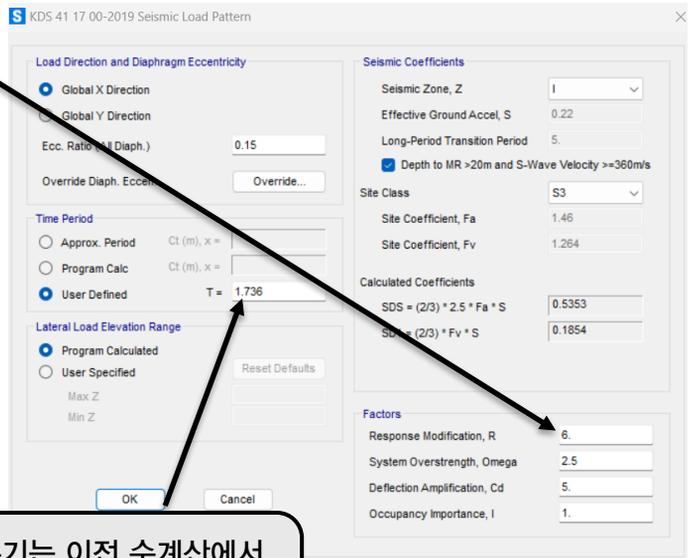
$$M_{AB} = M_{BA} = M_{CD} = M_{DC}$$

$$M_{AB} = \frac{P \cdot l}{4} = \frac{80.59 \times 0.6}{4} = 12.09\text{N} \cdot \text{m}$$

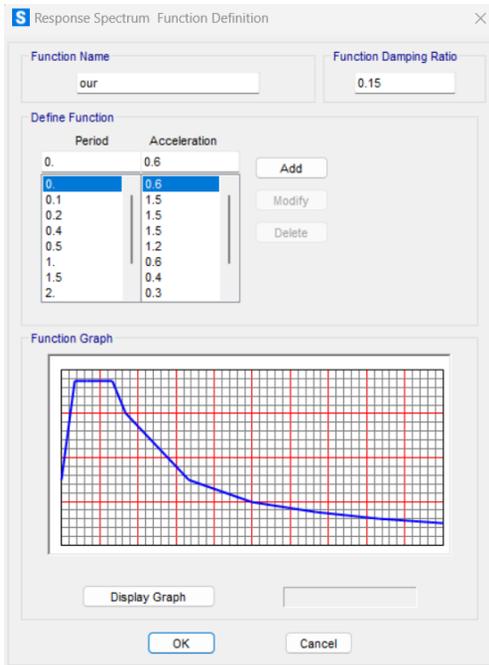


# 프로그램 해석 및 분석

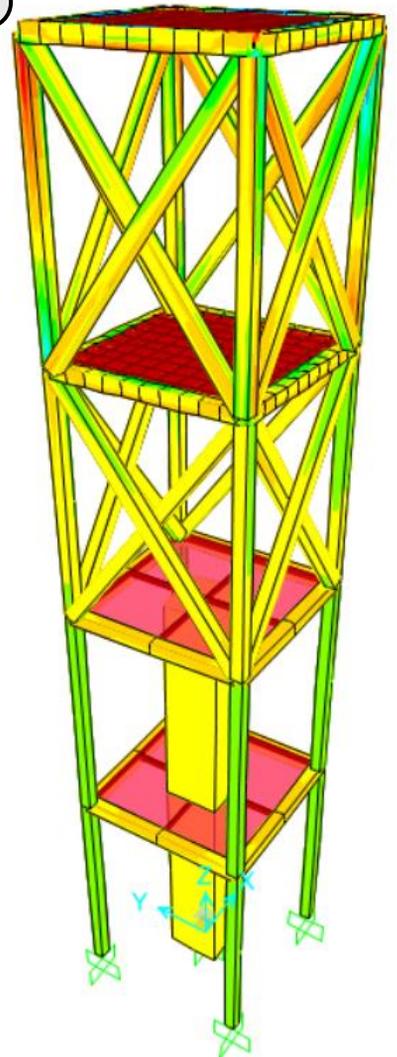
우리의 구조물은 가세와 기둥이 같이 횡력을 버티고 철근콘크리트같이 서로다른 재료가 합성되어 만들어진 구조물이 아닌 철골조같이 하나의 재료로 만들어진 구조물이라고 생각했기때문에 철골특수중심가세골조의 설계지수를 가져왔음



주기는 이전 수계산에서 구한 고유주기를 사용하겠음



대회 규정에 따른 지반응답 증폭계수 (1.5)와 가속도 0.6 기준으로 스펙트럼 생성

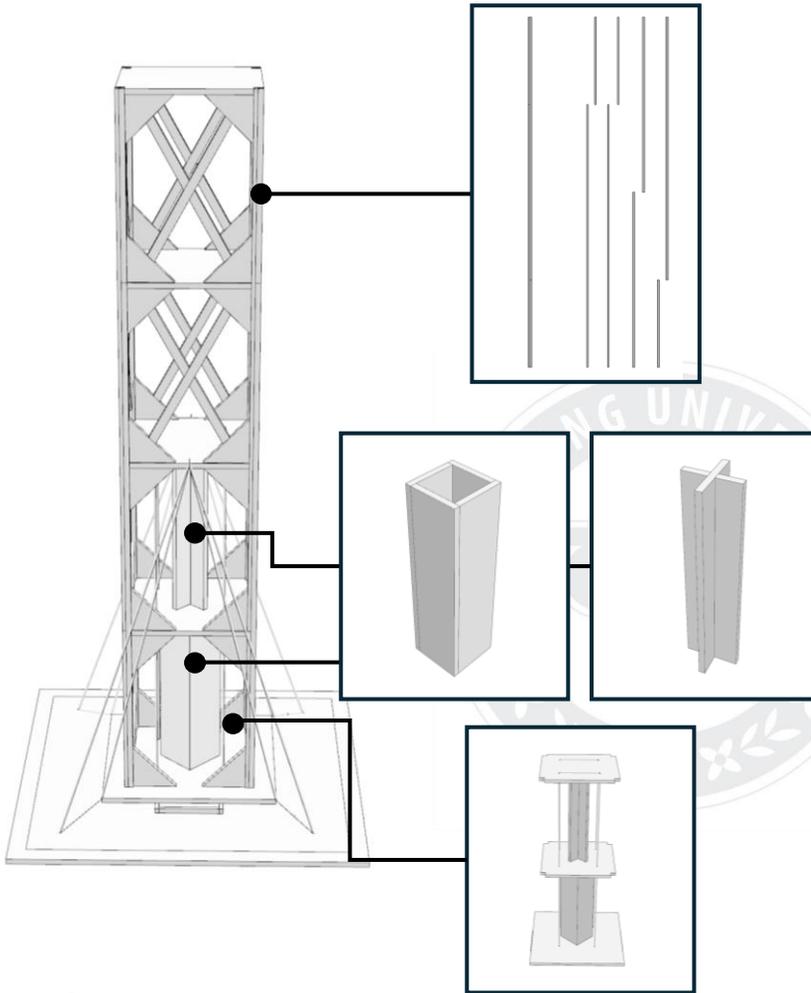


## SAP2000프로그램 해석 결과 분석

프로그램 분석 결과 가세와 코어기둥 만으로는 주어진 인공지진에 대하여 충분한 내진성능 보유 부적합하다 판단  
따라서 면진으로 인한 내진 보강시스템과 1,2층 프리스트레스 보강으로 내진성능 보강 필요 판단

# 세부 구조 전략

## 1. 기둥



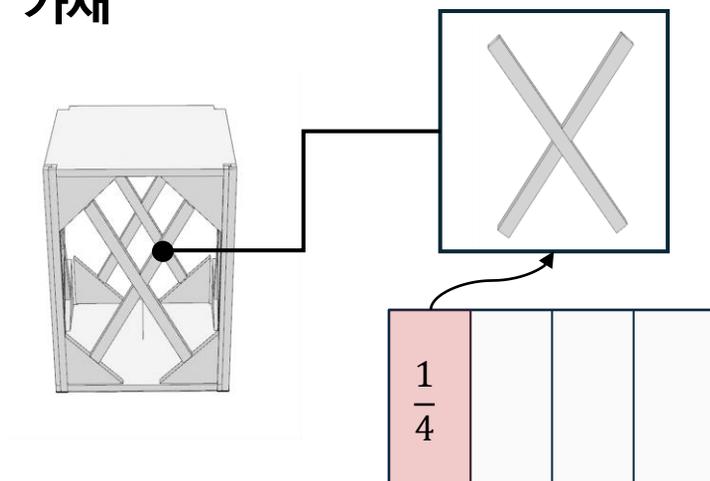
**외곽 기둥 : 10\*10**

일정한 단면과 각 mdf 연결 위치를 다르게 배치하여 이음구간 분리, 응력집중을 방지하여 전체적인 강도 균일하도록 유도

**코어 기둥 : 50\*50**

기초와 구조체의 일체성을 위해 프리스트레스 공법을 활용한 코어 생성 기초와 상단부 바닥판의 인장력을 활용하여 지진으로 인한 모멘트 저항

## 2. 가새



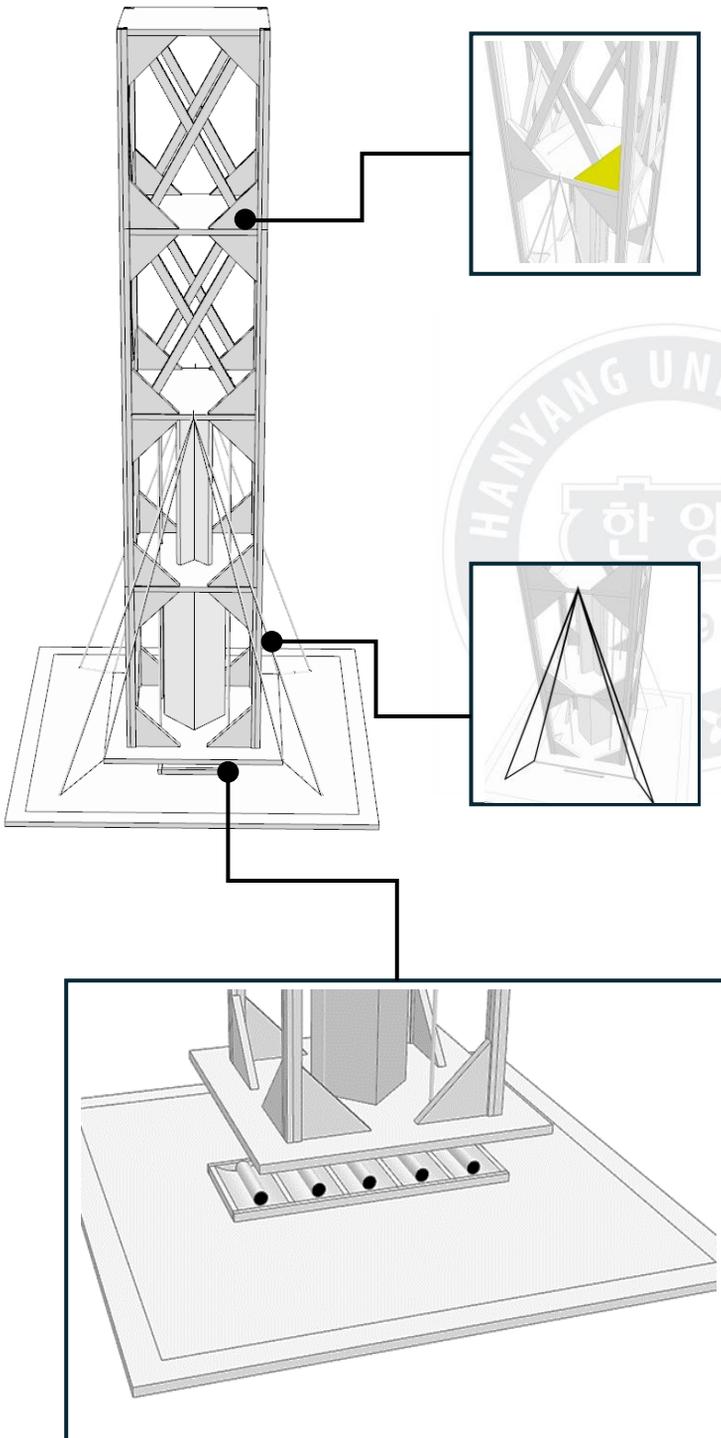
**종이 가새 : 210\*9**

횡변위 제어에 필요한 가새를 인장력이 강한 종으로 제작 Mdf 합판보다 가격대비 더 좋은 인장력과 좋은 시공성을 갖고있는 종이를 활용

## 세부 구조 전략

### 3. 보조 장치

거셋 플레이트 : 50\*50



휨력에 의한 구조물 변형 감소  
바닥판과 기둥사이의 접촉 면적을 증가, 구조물의 강성 향상  
자투리 부재를 사용한 경제성 확보

#### 와이어

후크의 법칙을 고려, 상단부와 하단부의 길이 차로 인한 인장력 차이 발생을 방지하기 위해 세밀한 길이 조정

#### 롤러형 면진장치

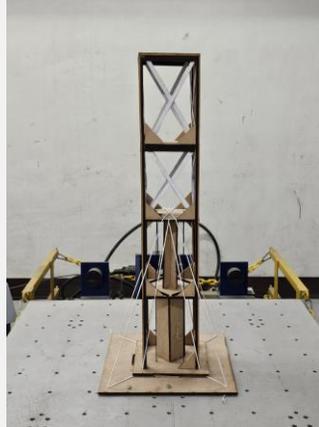
구름 저항을 고려, 상대적으로 미끄럼 마찰보다 적은 마찰로 지진 에너지를 효과적으로 흡수, 분산시켜 구조물의 충격 완화

# 실험 및 분석

## I. 정면 사진



## II. 측면 사진



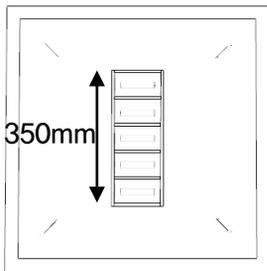
### 1차 실험 및 분석

### 2차 실험 및 분석

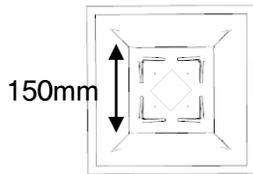
0.34g에서 파괴 상단부  
기둥의 강성 부족으로  
인한 파괴  
↓  
상단부에 30mm의 기둥을  
추가로 배치하여 강성  
추가 확보

0.66g에서 파괴, 목표예상  
파괴와 매우 비슷  
↓  
인장재(고무줄)의 장력을  
조정하여 목표 가속도  
도달을 위한 조정

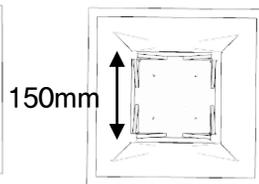
## 최종안 선정



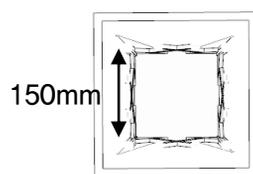
BASE



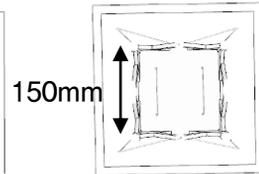
1F



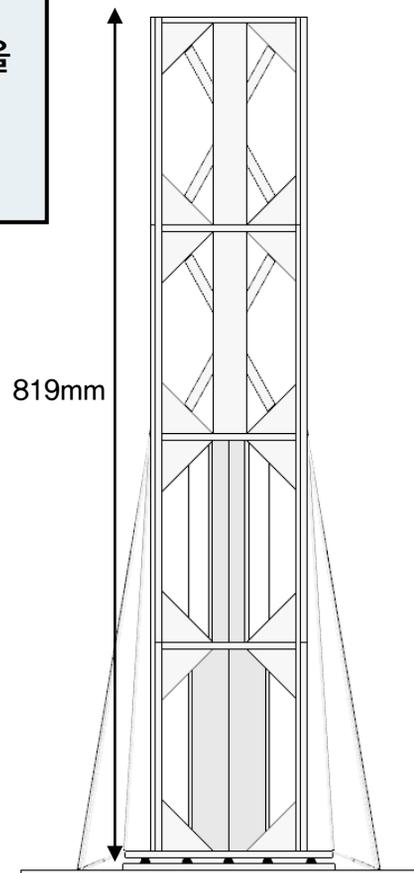
2F



3F



4F



입면도

# 시공성 분석 - 공정표

제작 내용		소요시간																	
		1시간						2시간						3시간					
		10분	20분	30분	40분	50분	60분	10분	20분	30분	40분	50분	60분	10분	20분	30분	40분	50분	60분
작도	기초,바닥 작도	■																	
	보강재 작도	■																	
제작	기둥 제작	■																	
	기초, 바닥 제작	■																	
	코어 제작		■																
	보강재 제작		■																
	고무줄 제작		■																
	면진장치 제작			■															
	기둥, 코어 조립	■																	
	면진장치 조립		■																
시공	보강재 조립		■																
	고무줄 조립										■								
	하중블럭 설치												■						
	마무리 작업																	■	
총 공정 시간														2시간 30분					

# 시공성 분석 - 원가 관리

종류	부재명	개수	단가(백만원)	비용(백만원)
MDF Strip	기둥	23	10	230
MDF Plate	슬라브, 플레이트	7	100	700
고무줄	인장재	4	40	160
접착제	록타이트	2	200	400
A4	인장재, 면진장치	8	10	80
합계				1530