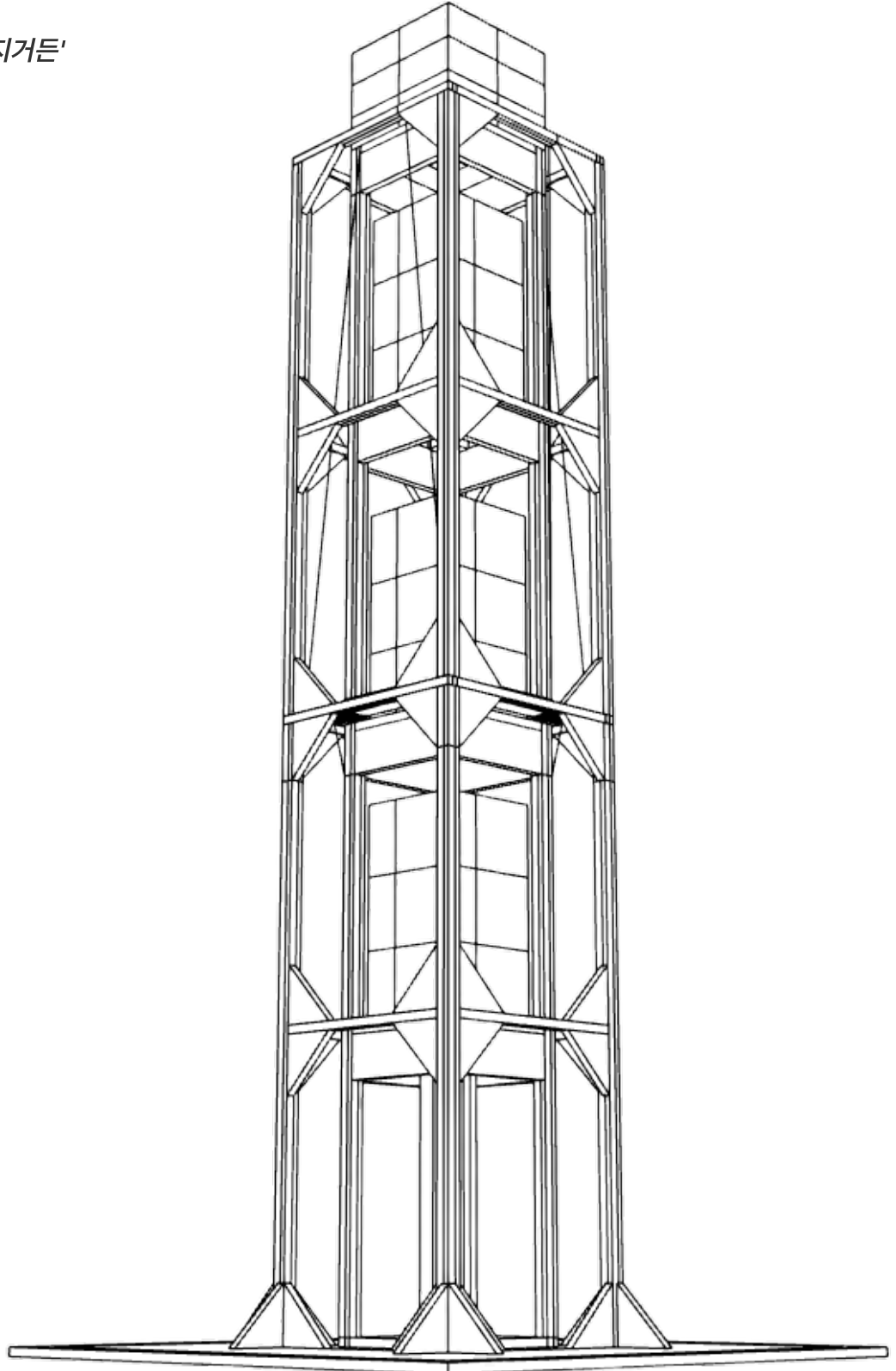


# 2025 구조물 내진설계 경진대회 설계제안서

*Seismic Structural Design Contest 2025*

가천대학교 '팀 무너지거든'



# 목차

1

## INTRO

대회 규정 분석  
내진 설계 개념 및 컨셉  
지진파 분석  
물성치 분석

2

## MAIN

실험 및 분석  
최종 모델  
평면도 입면도

3

## CONCLUSION

시공성  
경제성

# 팀 소개

가천대학교 건축공학과  
최원창 교수님

김규리 팀장

· 구조물 제작  
· 모델링  
· 아이디어 구상  
· 설계제안서 제작

김태진 팀원

· 구조물 제작  
· 마이다스  
· 물성치 분석  
· 지진파 분석

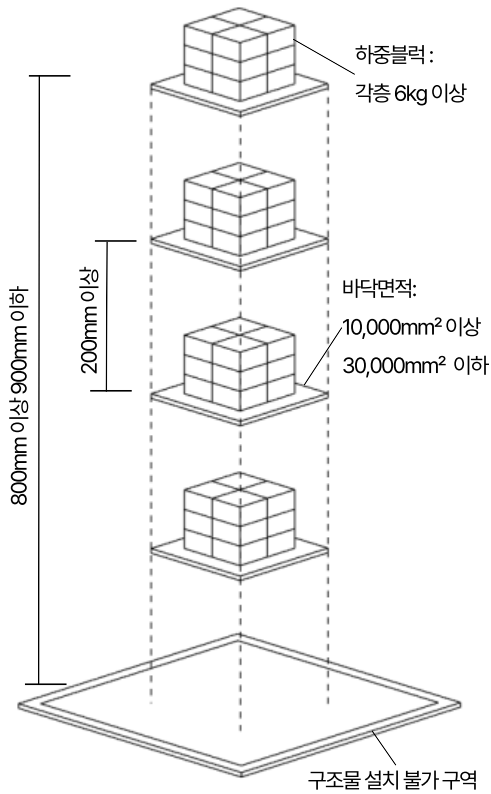
오민서 팀원

· 구조물 제작  
· 경제성 분석  
· 시공성 분석  
· 도면 제작

최이준 팀원

· 구조물 제작  
· 마이다스  
· 물성치 분석  
· 지진파 분석

# 대회 규정 분석



## 제작 및 심사 기준

- 구조물의 내진설계 목표와 성능수준의 이해
- 구조물의 지진 시 거동 예측 능력 및 부재강도 평가 능력
- 500년 빈도 지진발생 시 기능수행 수준 내진설계
- 2,400년 빈도 지진발생 시 붕괴방지 수준 내진설계
- 설계지진 초과 시 구조물의 붕괴 메커니즘을 고려한 파괴를 유도하는 정밀설계
- 시공성과 경제성을 고려하고 구조물의 심미성과 창의성을 추구하는 설계
- 구조해석 능력 외 도면화 수량산출 및 내역작성 기술

## 배점 기준

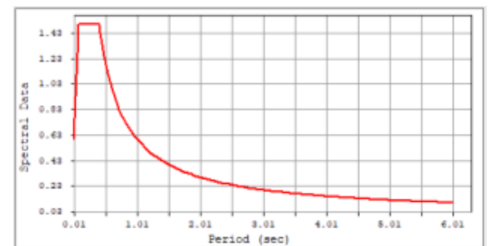
구성	점수	배점(100)
1단계	제안형식의 기능성, 독창성, 디자인 우수성	10
	내진구조에 대한 이해 및 설계 능력	10
2단계	설계안 설명(발표 및 토론)	
	모형제작 및 Shaking Table 실험	시공성 : 10
		경제성 : 10
		구조성 : 50
		70

# 지진파 분석

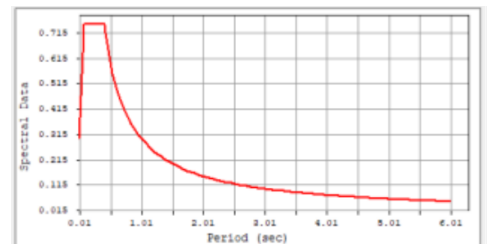
재현주기	유효수평지반가속도(s)	지반응답증폭계수	
500년	0.3g	단주기( $F_a$ )	1.5
2400년	0.6g	1초 주기( $F_v$ )	1.5

설계 스펙트럼 가속도	500년	2400년
단주기 설계 스펙트럼 가속도( $S_{DS}$ )	0.75g	1.5g
1초 주기 설계 스펙트럼 가속도( $S_{D1}$ )	0.3g	0.6g
$S_{DS} = S \times 2.5 \times F_a \times \frac{2}{3}$ , $S_{D1} = S \times F_v \times \frac{2}{3}$		

구조물 고유 주기 (500년, 2400년)	
$T_o = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$	0.08 sec
$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$	0.4 sec
$T_L$	5 sec



500년 재현 주기

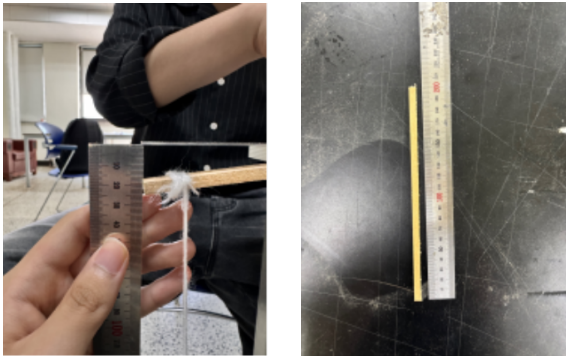


2400년 재현 주기

위의 정보를 바탕으로 MIDAS GEN으로 분석한 결과,  
 → 0.08 sec ~ 0.4 sec 에서 응답 스펙트럼 가속도 최대, 0.7g에서 구조물의 파괴 목표

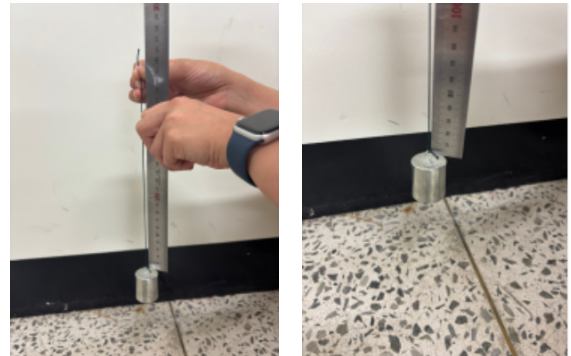
# 물성치 분석

## 단일 부재 탄성계수



단일 부재 탄성계수	
하중(N)	4.9
부재 길이(mm)	200
처짐(mm)	44
단면 2차 모멘트(mm <sup>4</sup> )	144
탄성계수(MPa)	2062

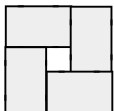
## 고무줄 탄성계수



고무줄 탄성계수	
하중(N)	1.96
원래 길이(mm)	150
늘어난 길이(mm)	130
단면 지름(mm)	1
탄성계수(MPa)	2.4

## 기둥 단면 선정

### 1) 나선형 10×10 기둥

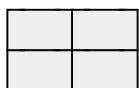


$$I_x = 832\text{mm}^4$$

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

특징 부재의 배치 방향 다양한 각도 가짐  
등방성 있는 강성 분포 가능, 비틀림 저항 향상

### 2) 적층형 12×8 기둥



$$I_x = 512\text{mm}^4$$

$$I_y = 1152\text{mm}^4$$

특징 부재의 배치 방향 일정  
강축·약축 존재, 한 방향으로만 강성 집중

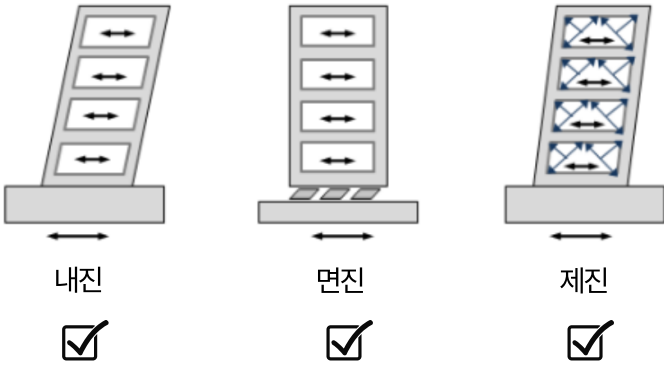
➔ 구조물의 진동을 효율적으로 제어하고,  
설계 목표에 더 부합하는 나선형 10×10 기둥 선택

## 기둥 탄성계수



기둥 탄성계수	
하중(N)	4.9
부재 길이(mm)	190
처짐(mm)	3.3
단면 2차 모멘트(mm <sup>4</sup> )	832
탄성계수(MPa)	3473

# 내진 설계 개념



내진

건물 자체의 강성을 증가시켜 지진에 버티도록 하는 방식

면진

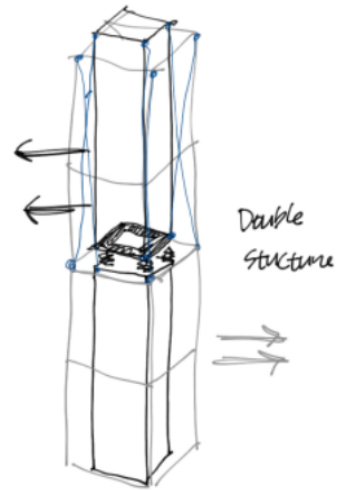
완충 장치를 설치해 지진 에너지 전달을 감소시키는 방식

제진

제진 장치로 지진력을 흡수, 소산시켜 진동을 줄이는 방식

삼각 플레이트, 튜브식 골조, 코어 + 면진층, 고무줄 + 종이 댐퍼, 고무줄, 진자형 상부 구조

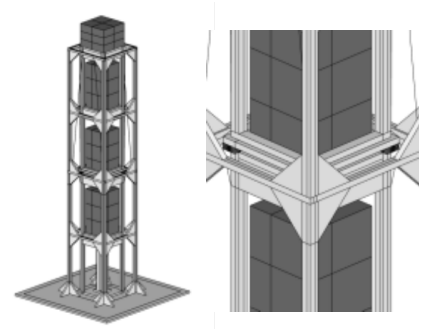
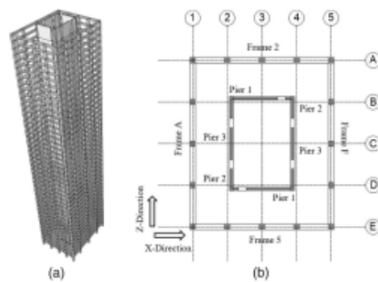
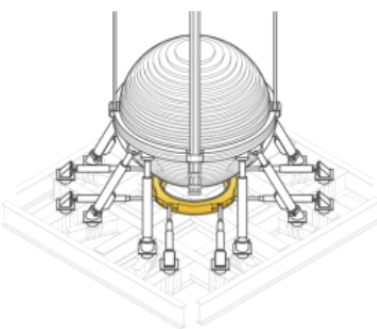
## 초기 스케치



- 내외부 구조 분리로 역할 분담
- 띠 형태 면진층으로 상부 하중 부담 완화
- 종이댐퍼 등으로 진동 감쇠
- 코어 구조로 전체 강성 확보

# 설계 컨셉

'타이베이 101' 진자 시스템을 응용한 이중 구조 내진 설계



## 타이베이 101 TMD

건물 내부에 거대한 진자형 댐퍼를 설치, 질량의 흔들림으로 진동 감쇠하는 구조 내부 독립 구조 활용 에너지 흡수 방식

## 이중 구조

외부 구조는 전체 강성 확보, 내부 구조는 상대 운동을 통한 충격 분산 가능 제진·면진 장치 활용해 내진 성능 확보

## 최종 설계 적용안

내부 구조에 고정 하중을 집중시키고 이를 실로 외부와 연결, 진자처럼 흔들리며 감쇠 효과를 유도하는 구조를 설계

# 실험 및 분석

## 1차 실험 및 분석



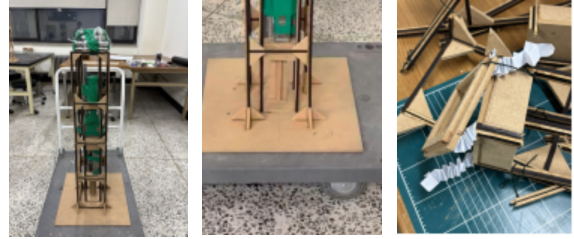
0.34g 파단

**과정** 외부 골조와 내부 골조의 충돌

**원인** · 고무줄 장력이 약해 면진 작용 미흡  
· 4층과 면진층의 종이 댐퍼가 하중에 눌려 제대로 작동하지 않음

**수정** · 고무줄을 더 팽팽히 당겨 장력 보강  
· 면진층 종이 스프링 보강  
· 1층 코어 면적을 증가시켜 안정성 확보  
· 간섭 조기 발생에 따라 내부 면적 축소

## 2차 실험 및 분석



0.98g 파단

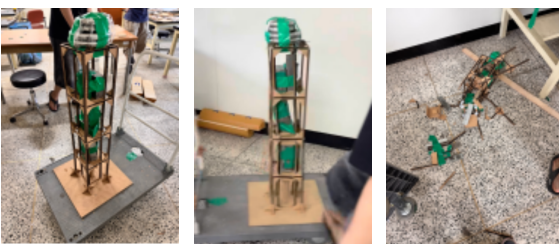
**과정** 베이스판에 고정된 1층 외부 골조가 떨어지면서 건물 균형이 무너짐

**확인** 고무줄의 장력과 종이 스프링의 탄성력으로 면진 성능이 잘 발휘되는 것을 확인

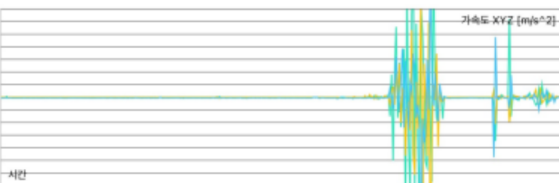
**수정** · 구조를 저층부에서 전체로 확장  
· 하중 이탈 방지를 위해 상부에도 메가코어 설치  
· 접착면을 거칠게 처리해 부착력 강화  
· 간섭이 부족해 파괴가 지연돼 내부 면적 조정

# 최종 실험

## 실험 과정

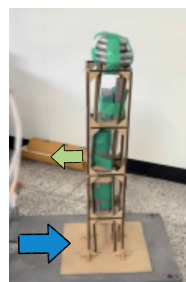


0.76g 파단



**확인** 예상한 시점에 간섭이 충분히 발생해, 0.7g 근처에서 파괴 유도됨

## 실제 구조물 거동 분석



→ 면진층 진행 방향  
→ 지진 진행 방향

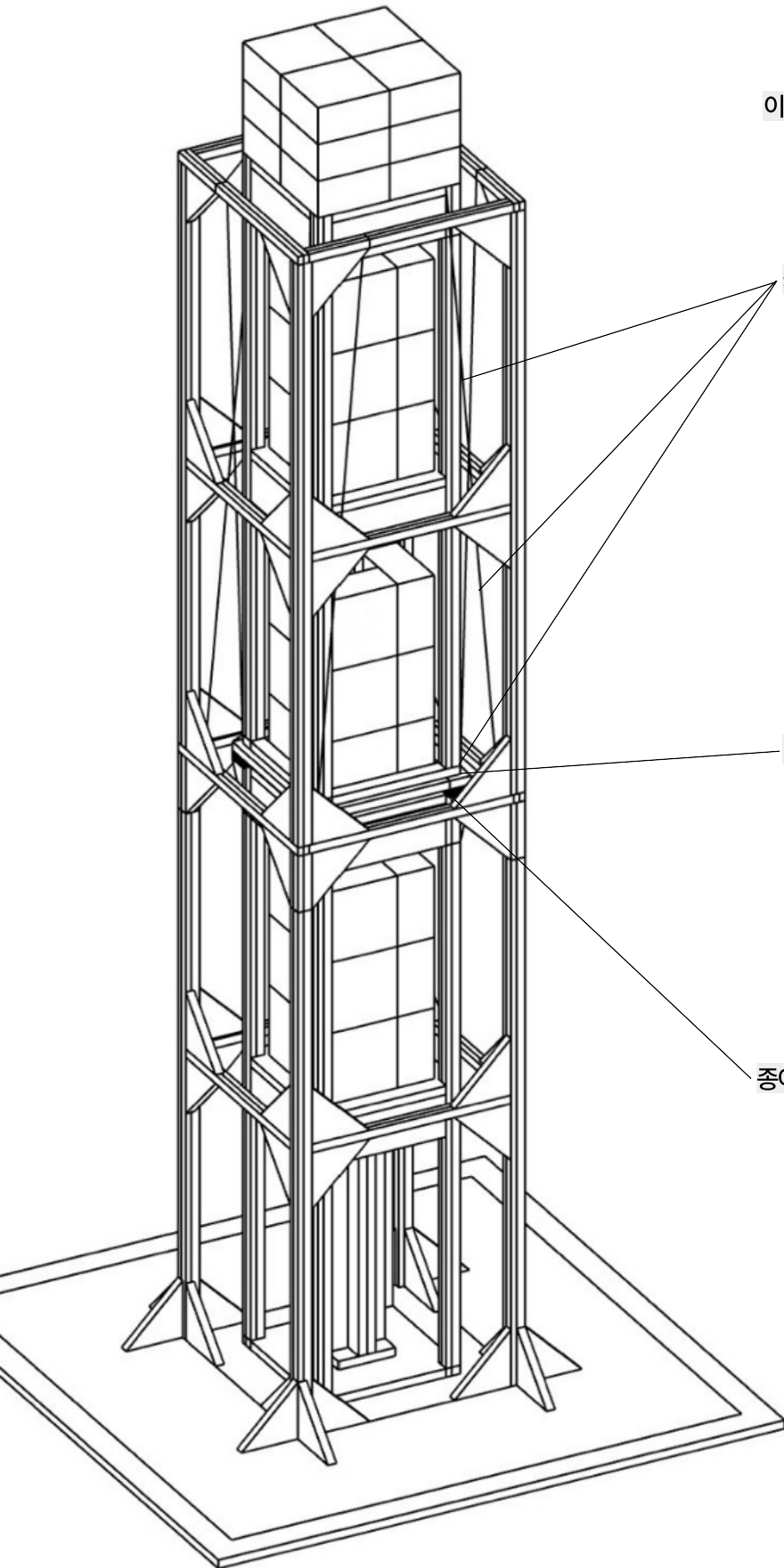
붕괴 과정에서 면진층이 외력 반대 방향으로 유연하게 거동하며 충격을 완화해, 진자형 댐퍼와 종이 면진 요소가 의도대로 작동함을 확인

## 파괴 유도 설계



· 실험을 통해 거동 특성을 확인하며 설계를 진행  
· 0.7g 이상에서 내외부 간섭이 발생하도록 설계해, 고무줄의 인장 한계와 충돌을 통해 붕괴를 유도

# 최종 모델 MAIN IDEA



**이중구조** 외부골조로 강성을 확보하고, 내부구조는 외부골조와의 상대운동을 통해 충격 분산

**케이블**

- 수직 방향 연결을 통해 내부 상부가 진자형 댐퍼 처럼 움직일 수 있는 구조 형성
- 팽팽한 인장력을 이용해 진동 후에도 원위치로 복원하는 성질 부여
- 외부골조와 내부골조를 연결하여 상대운동이 아닌 일체화된 움직임 유도
- 면진층에 설치된 종이댐퍼와 함께 작동하며 상부구조의 과도한 변위 방지
- 기둥에 직접 묶는 방식을 채택하여 시공성 향상 (구멍 없이 고정 가능)

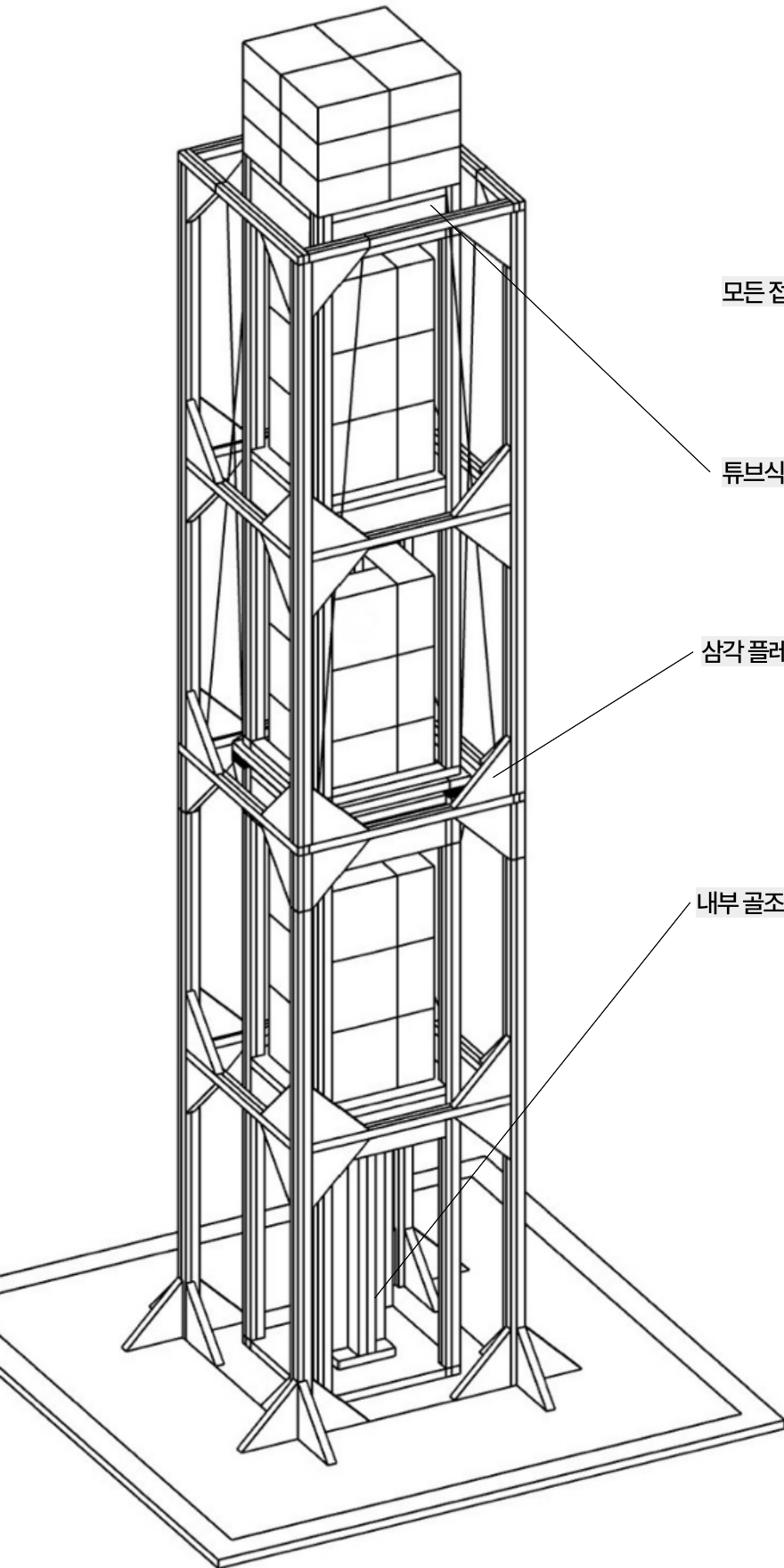
**면진층**

- 2층 천장과 3층 바닥 사이에 설치
- 기둥 위치를 따라 구성된 띠 형태로, 중앙부가 뿔려 있어 하중 부담이 낮고 유연성 확보 가능
- MDF 두 겹을 겹쳐 제작하여 강도 확보
- 종이댐퍼 및 고무줄과 연계하여 복합적 면진 효과 제공

**종이 댐퍼**

- 면진층에 설치된 종이댐퍼는 지진에너지 흡수 및 감쇠 기능 수행
- 반복적인 진동 속에서 탄성 및 소성 거동을 활용하여 구조 전체의 진동 에너지를 줄이는 역할
- 상부 하중에 대한 일부 지지력도 제공해 면진층 안정성에 기여

# 최종 모델 SUB IDEA



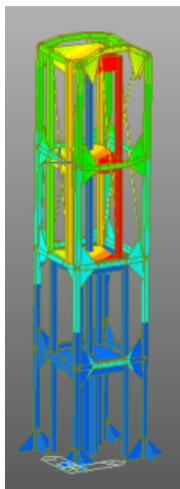
**모든 접착면** · 마찰면적 증대로 전단력 보강  
· 접착면을 의도적으로 거칠게 제작해 마찰력 강화

**튜브식 구조** 내부 골조 기둥의 전체적인 비틀림과 휨 감소로  
구조 강성 증가 → 하중 버팀 안정적

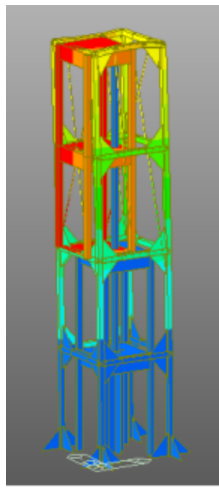
**삼각 플레이트** · 기둥 및 슬래브 지지  
· 전체 구조의 강성을 높여 내진 성능 향상  
· 1층은 기둥 당 4방향 모두 삼각 플레이트를 설치  
해 구조적 안정성 강화

**내부 골조 코어** · 하중 이탈 방지  
· 코어 상하단에 자투리판을 활용한 기초판을 덧  
대어 하중 전달을 안정적으로 유도  
· 2~4층의 경우 건물 기둥과 동일한 형상의 코어  
를 사용해 시공 효율을 높임  
· 1층에는 더 넓은 면적의 코어를 설치하여 하중을  
안정적으로 지지

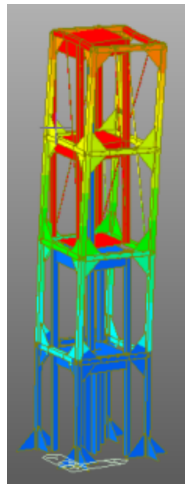
# MIDAS GEN 분석 구조물의 동적 거동 특성 평가



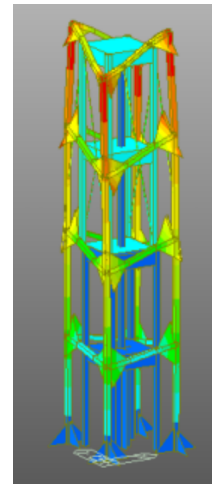
MODE 1



MODE 2



MODE 3



MODE 4, 5

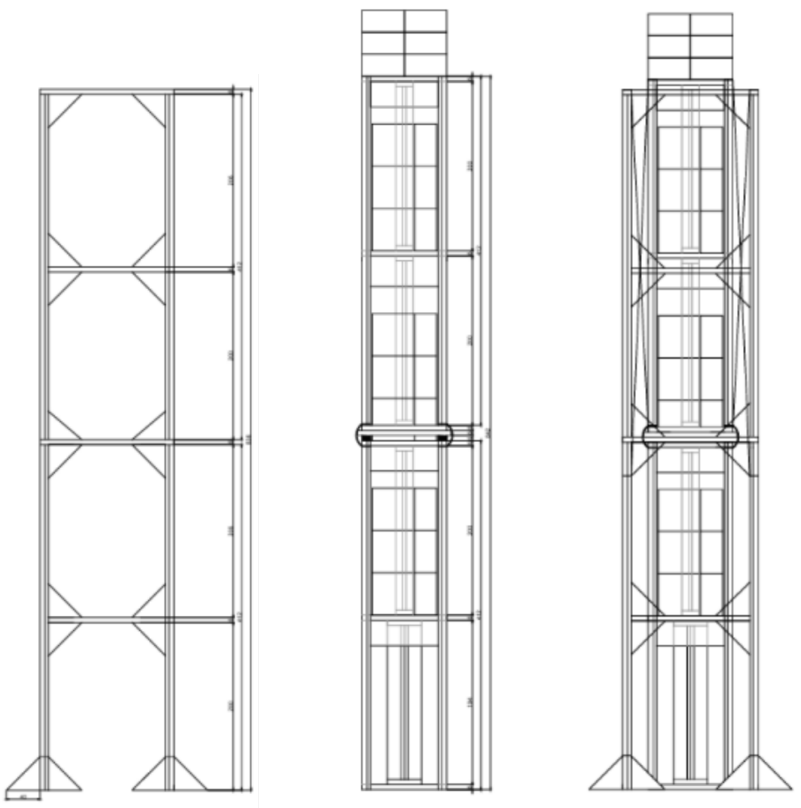
면진층의 상대변위가 가장 크게 발생  
면진 장치가 설계 의도대로 상·하부 분리  
가능 수행

외부 strip 프레임 거의 변화 없음 &  
내부 면 구조만 유연하게 변형됨  
이중구조가 효과적으로 구현됨

상층부 위주 거동  
면진층에 설치한 종이 스프링 &  
고무줄 영향 확인

## 평면도 / 입면도

### 입면도

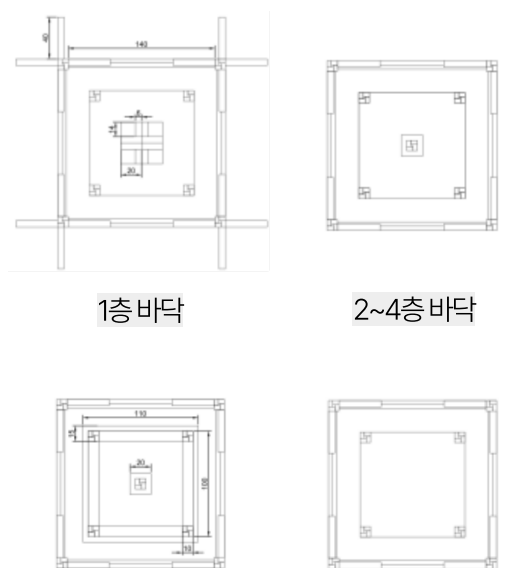


외부체

내부체

이중 구조

### 평면도



1층 바닥

2~4층 바닥

면진층

옥상

# 예산안

종류	규격	용도	수량	단가(백만원)	합계(백만원)
MDF Plate	200mm x 200mm x 6mm	내부골조 바닥판	5	100	500
		면진층			
		튜브판			
		삼각 플레이트			
		1층 내부코어			
MDF Strip	600mm x 4mm x 6mm	메가코어	64	10	640
		수평부재			
스트링 고무줄	600mm	면진층, 내부-외부골조 연결	8	40	320
A4	A4	종이댐퍼	1	10	10
접착제	20g	접착제	2	200	400
총계	500 + 640 + 320 + 10 + 400 = 1870(백만원)				

# 공정표

내부   
 외부   
 모두

구분	구분	소요시간						
		1시간		2시간		3시간		30분
		30분	60분	30분	60분	30분	60분	
제작	메가코어 및 수평부재	[00:30-01:00]						
	삼각 플레이트	[00:30-01:00]						
	내부 바닥판	[00:30-00:45]						
	면진층	[00:30-00:45]						
	튜브판		[00:45-01:15]					
	1층 내부코어		[00:45-01:15]					
	종이댐퍼			[01:15-01:30]				
시공	전체 외부골조 시공			[01:30-02:30]				
	1-2층 내부골조 시공			[01:30-02:00]				
	3-4층 내부골조 시공 (면진층 포함)				[02:00-02:30]			
	전체 내부골조 합체					[02:30-02:45]		
	면진층 고무줄 설치					[02:30-02:45]		
	기초판에 내부, 외부골조 합체 및 연결						[02:45-03:00]	
	외부-내부골조 고무줄 설치						[02:45-03:15]	
마감	허중블록 설치						[03:15-03:30]	총소요시간 3시간 30분