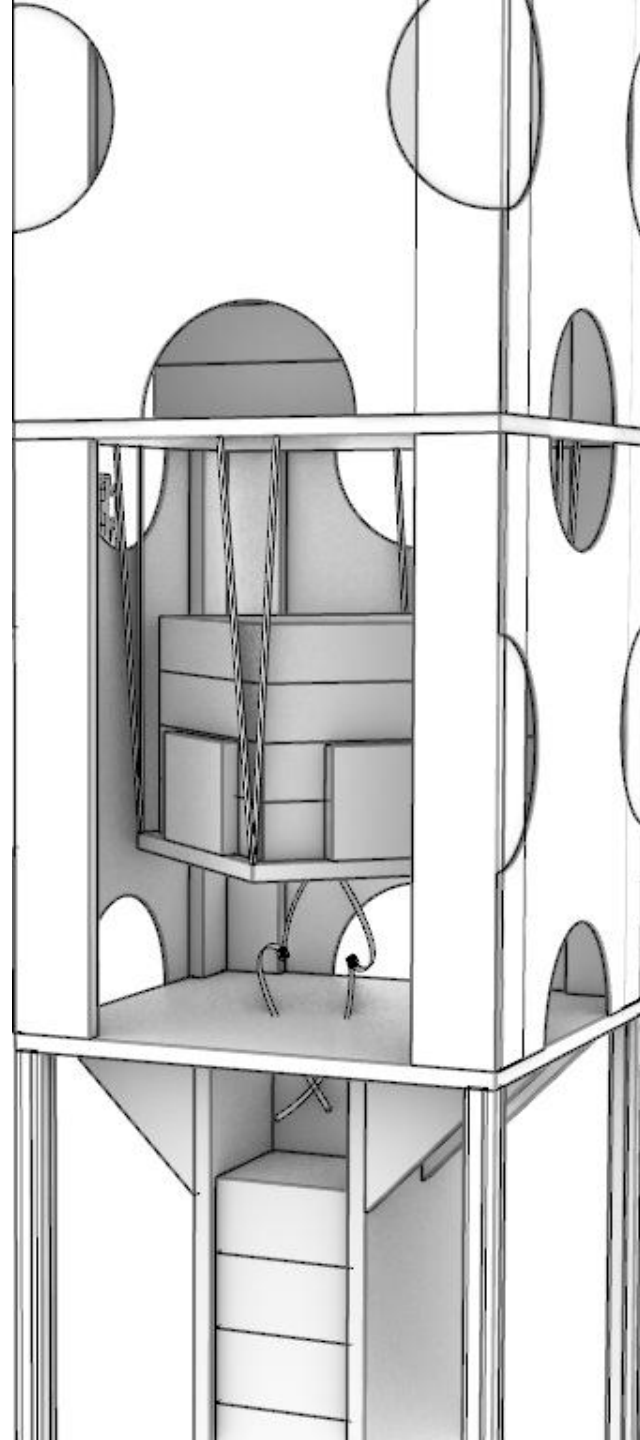


2025 구조물 내진설계 경진대회

“구조물 붕괴방지를 위한 내진설계”



팀원 소개 및 목차

▶ 자문위원

석승욱 자문 및 지도교수

▶ 팀원

김성민 팀장

아이디어 제안
PPT 제작
구조물 제작

허준호 팀원

아이디어 제안
PPT 제작
구조물 제작

손시몬 팀원

아이디어 제안
마이다스 해석
구조물 제작

송준혁 팀원

아이디어 제안
마이다스 해석
구조물 제작

▶ 목차

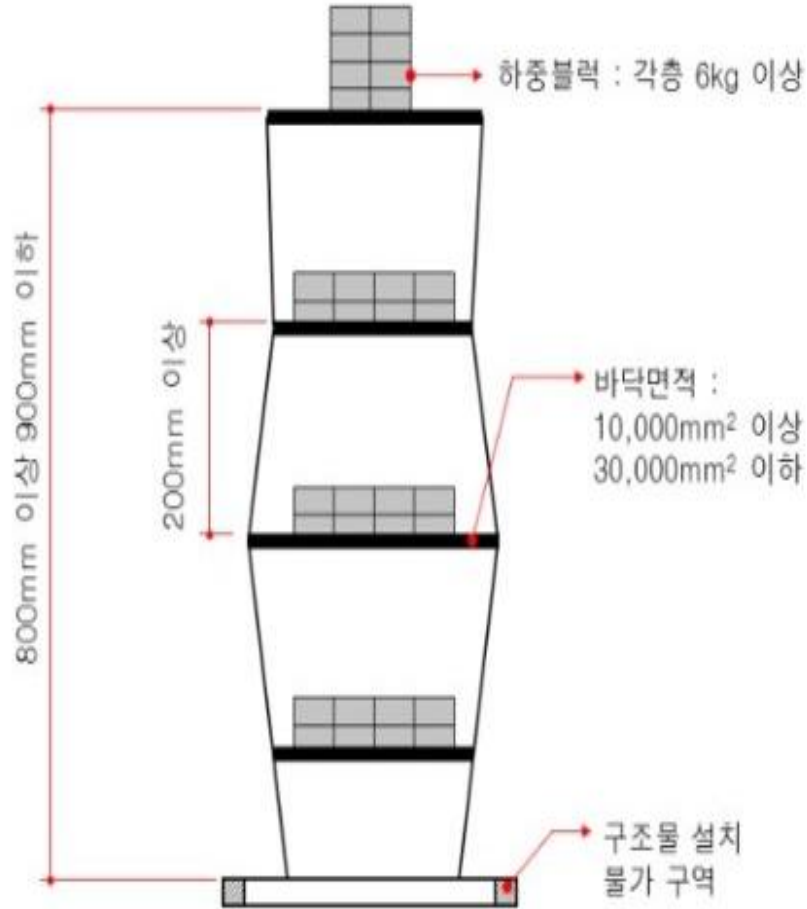
01 - (1)대회 규정 & 심사 기준
- (2)내진 설계 개념 & 적용 개념
- (3)지진파 분석

02 - (1)물성치 실험
- (2)마이다스 분석
- (3)구조물 실험
- (4)최종 구조물

03 - (1)구조물 도면
- (2)예산안 & 공정표

1-(1) 대회 규정 & 심사 기준

▶ 구조물 제작 규정



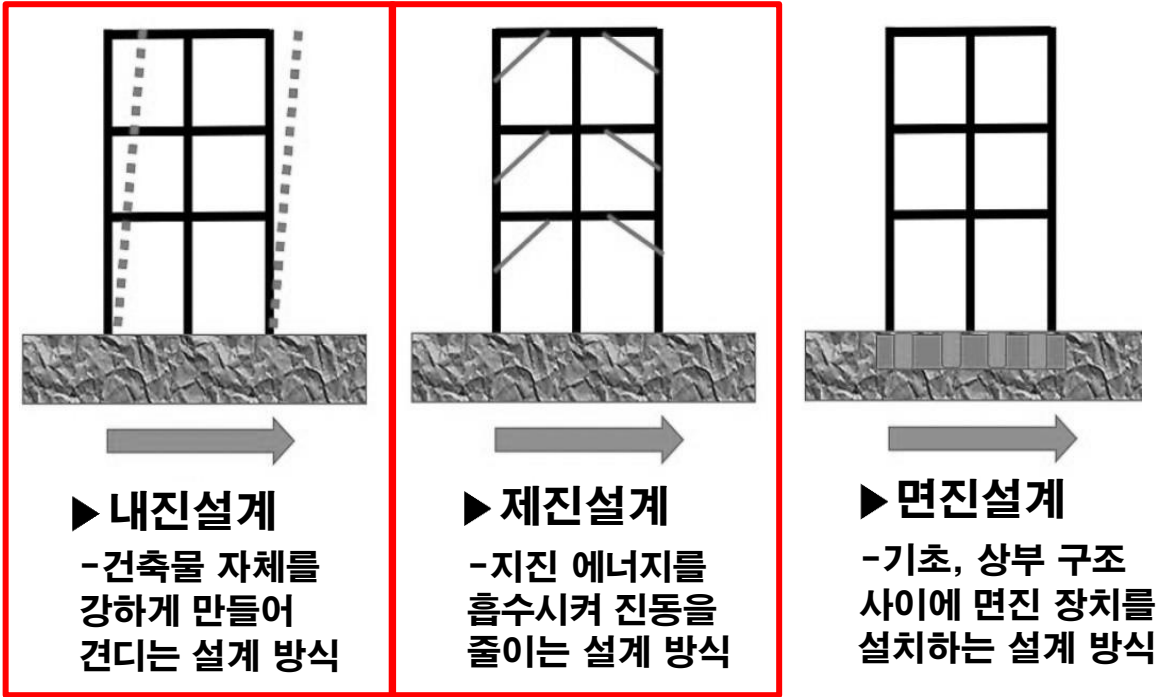
▶ 작품 심사 기준

- 구조물의 내진설계 목표와 성능수준의 이해
- 구조물의 지진 시 거동 예측 능력 및 부재강도 평가 능력
- 500년 빈도 지진 발생시 기능수행 수준 내진설계
- 2,400년 빈도 지진 발생시 붕괴방지 수준 내진설계
- 설계지진 초과 시 구조물의 붕괴 메커니즘을 고려하여 파괴유도
- 시공성과 경제성 고려 구조물의 심미성과 창의성 추구
- 구조해석 능력 외 도면화, 수량산출 및 내역작성 기술

▶ 사용 가능 재료

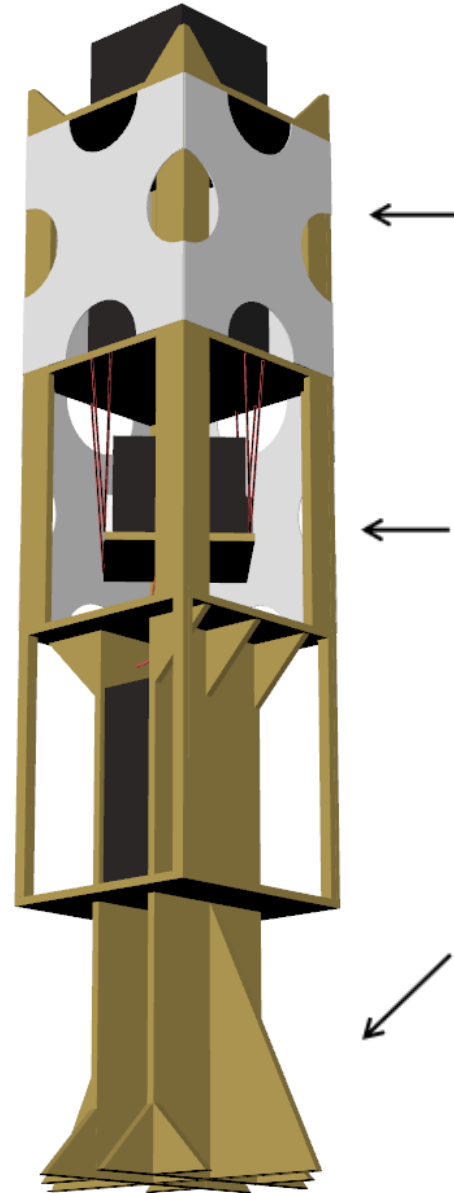
재료명	단위	규격	단위수량 [개]	단가 [백만원]	비고
MDF Base (기초판)	개	400mm×400mm×6mm	1	-	기본제공
MDF Strip	개	600mm×4mm×6mm	1	10	
MDF Plate	개	200mm×200mm×6mm	1	100	
스트링 고무줄 (Φ2~3mm)	식	600mm	1	40	
A4지	장	A4	1	10	
접착제	개	20g	1	200	록타이트 401

1-(2) 내진 설계 개념 & 적용 개념



설계 방향성

- 1,2,층 H 형태의 코어를 통해 강성을 향상시키는 **내진 설계**
- 4층의 종이 전단벽을 통한 **제진 설계**
- Damper를 통한 건물 **진동 및 충격 완화**



▶ **A4 전단 벽을 통한 제진 구조**
-가새의 역할을 통해 인장력을 감소

▶ **DAMPER 구조**
-위치의 이동을 억제하기 위한 장치로써 진동 및 충격을 중간에서 완화

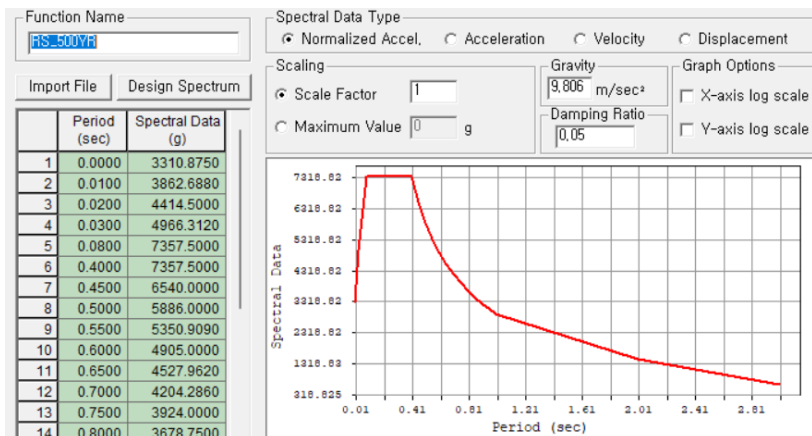
▶ **H 형태의 코어 구조**
-1,2층의 강성 증진을 위한 형태의 코어

1-(3) 지진파 분석

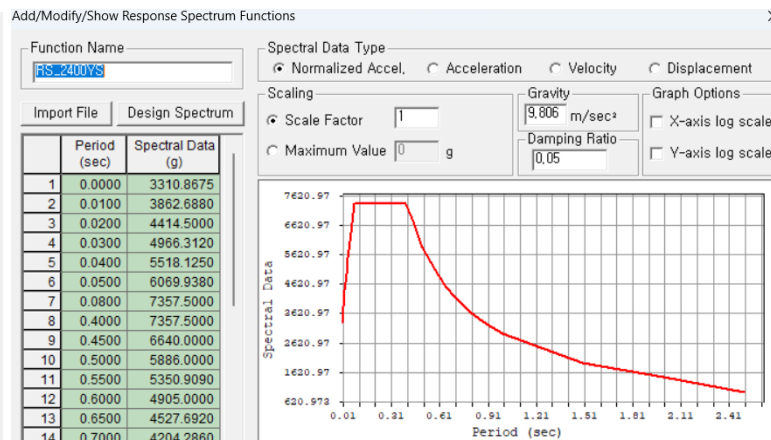
재현주기[년]	유효수평지반가속도[s]	성능수준	위험도계수[I]	지진구역계수[Z]	단주기/1초 주기 지반 응답증폭계수 [F_a, F_v]
500	0.3g	기능수행	1	0.3g	1.5
2400	0.6g	붕괴방지	2	0.3g	
	단주기 설계 스펙트럼 가속도 [S_{DS}]			1초 주기 설계 스펙트럼 가속도 [S_{D1}]	
500	0.75g			0.3g	
2400	1.5g			0.6g	

$$S_{DS} = S \times 2.5 \times F_a \times \frac{2}{3}$$

$$S_{D1} = S \times F_v \times \frac{2}{3}$$



500년 설계 응답 스펙트럼



2400년 설계 응답 스펙트럼

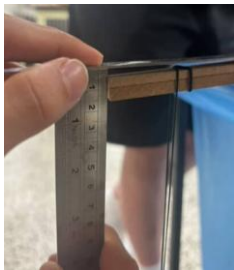
재현주기	최대 설계 응답 스펙트럼	최대 가속도	1주기 가속도
500	0.08sec ~ 0.4sec	0.75g	0.3g
2400		1.5g	0.6g

0.08 ~ 0.4sec 에서 설계 스펙트럼 가속도 최대

▶ 0.7g 일 때 구조물이 파괴되도록 설계

2-(1) 재료 물성치 실험

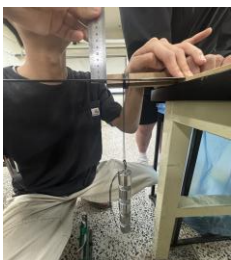
▶ 스트립과 ‘ㄱ’ 자 기둥 탄성계수



하중 (N) : $1.0\text{kg} \times 9.8\text{g} = 9.8\text{N}$
 길이 (mm) : 200mm
 변위 (mm) : 5mm
 단면 2차 모멘트 (mm^4) : 832mm^4



$$E = 6,282 \text{ (MPa)}$$



하중 (N) : $1.0\text{kg} \times 9.8\text{g} = 9.8\text{N}$
 길이 (mm) : 200mm
 변위 (mm) : 2mm
 x축 단면 2차 모멘트 (mm^4) : $45,488\text{mm}^4$
 y축 단면 2차 모멘트 (mm^4) : $45,488\text{mm}^4$



$$E = 287 \text{ (MPa)}$$

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

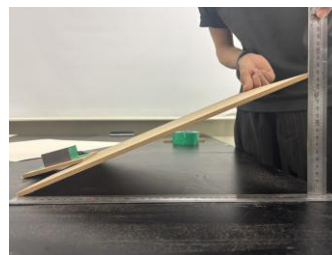
δ : 변위 (mm)

P : 하중 (N)

L : 길이 (mm)

I : 단면 2차 모멘트 (mm^4)

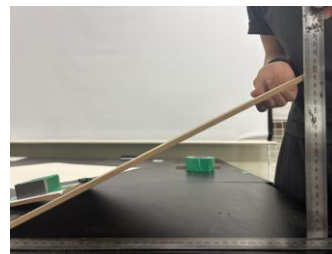
▶ 마찰계수 측정



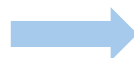
1. A4 사용 \times case
 $\theta = 27.18^\circ$
 $\mu_s = 0.5134$



$$F = 2.51\text{N}$$



2. A4 사용 o case
 $\theta = 20.32^\circ$
 $\mu_s = 0.3703$
 $F = 1.81\text{N}$



$$F = 1.81\text{N}$$

$$mg \times \sin \theta = \mu_s \times mg \times \cos \theta$$

$$\mu_s = \tan \theta$$

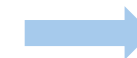
$$F = \mu_s \times mg$$

F : 마찰력 (N)
 μ_s : 정지마찰계수
 m : 질량 (kg)

▶ 탄성계수 측정

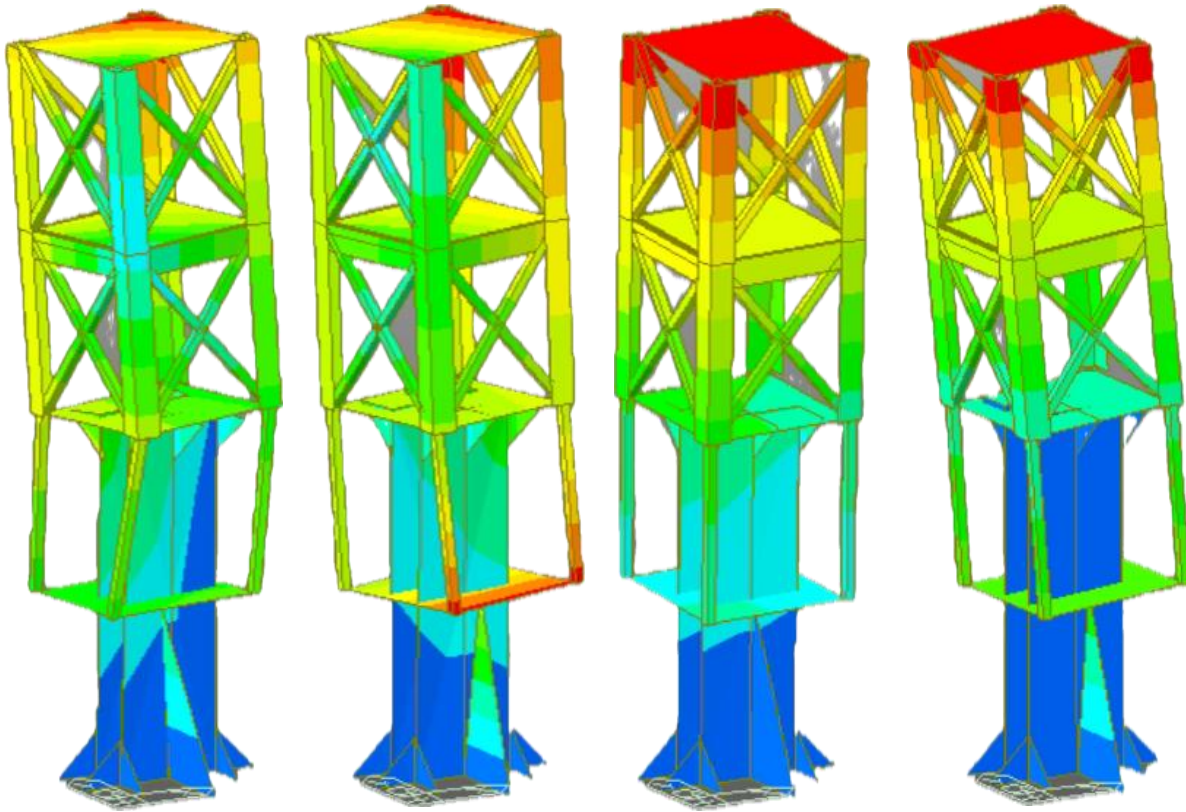


고무줄 물성치
 origin length : 200mm
 after length : 469mm
 $P : 1.96\text{N}$
 $A : 4.9\text{mm}^2$ (직경 : 2.5mm)



$$E = 0.29 \text{ (MPa)}$$

$$\sigma = E \times \epsilon \longrightarrow E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$



Mode 1

Mode 2

Mode 3

Mode 4

▶ 적용개념

- 고유치 분석

구조물의 진동 모드와 고유 진동수를 계산하기 위해 고유값을 측정함
고유값은 진동 방정식에서 필요한 값이며 진동 모드의 진동 주파수를 결정하는 요소

- 고유모드

고유모드는 구조물이나 시스템의 진동 패턴을 의미
각 고유모드는 고유 진동수와 관련, 고유 진동수에 따라 진폭과 방향이 결정됨

- 고유 진동수

고유 진동수는 구조물이나 시스템의 진동 주파수를 의미.
각각의 고유 진동수는 고유모드에 대응 구조물이 진동할 때 패턴을 의미
1~4번 모드로 갈 수록 낮은 진동 주파수를 가짐
마이다스 프로그램을 이용해 구조물의 고유모드, 고유주기, 모드기여계수를 측정

▶ 분석결과

- 1층 2층 H 형강 모양의 코어에는 변위가 적으며, 고유주기 분석결과 **0.57(sec)**로 지진파 스펙트럼 가속도가 최대가 되는 지점(공진현상)을 피해가는 것을 알 수 있었다.

2-(3) 구조물 실험

1차 실험



0.19g 파괴

▶ 파괴원인

- 의도대로 1,2층의 강성은 충분
- 하층의 무게를 3층의 접착면이 버티지 못함
- Damper가 제기능을 수행하지 못함

▶ 대책

- 3,4층에 중앙보를 설치하여 좌굴 방지
- Damper 지지 고무줄 추가
- 종이 전단벽 추가하여 전단 부담 분산

2차 실험



0.27g 파괴

▶ 파괴원인

- 1차실험과 마찬가지로 3층 기둥 파단 발생
- Damper가 역할을 수행했지만, 기둥을 치는 문제 발생

▶ 대책

- Damper의 거동 제어를 위해 장력 수정 및 하부 구조와 추가적인 연결
- 기둥 강성 증진을 위해 기존의 Strip 기둥 대신 'ㄱ' 형태의 Plate 기둥 사용

3차 실험



0.8g 파괴

▶ 파괴원인

- 3층 기둥 파단이 일어나지 않음.
- 0.7g에 상응하는 가속도에 도달하였을 때 고무줄이 끊어지며 건물의 파괴 발생

▶ 결론

- Damper의 역할이 제대로 수행되며 기둥과의 부딪히지 않게 조절
- 목표하는 가속도에서 건물이 붕괴되지 장력 조절 성공

2-(4) 최종 구조물

▶ ‘ㄱ’ 형태의 기둥

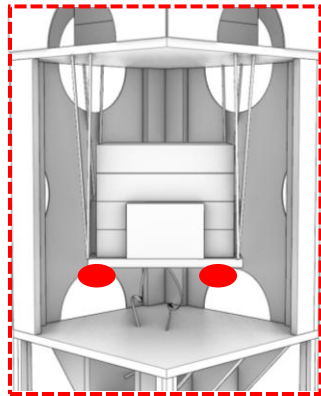
-단면 2차 모멘트를 증가시켜 강성 증진
(스트립 기둥의 약 55배)

▶ Damper

-4층 바닥판과 3층 바닥판을 천공 후
고무줄을 이용하여 Damper 제작

-Damper가 3층 바닥판과 닿지 않게 장력을
조절하여 Damper 밑 부분에도 고무줄 추가

-Damper 바닥 부분에 마찰을 줄이기 위해
A4 볼을 사용

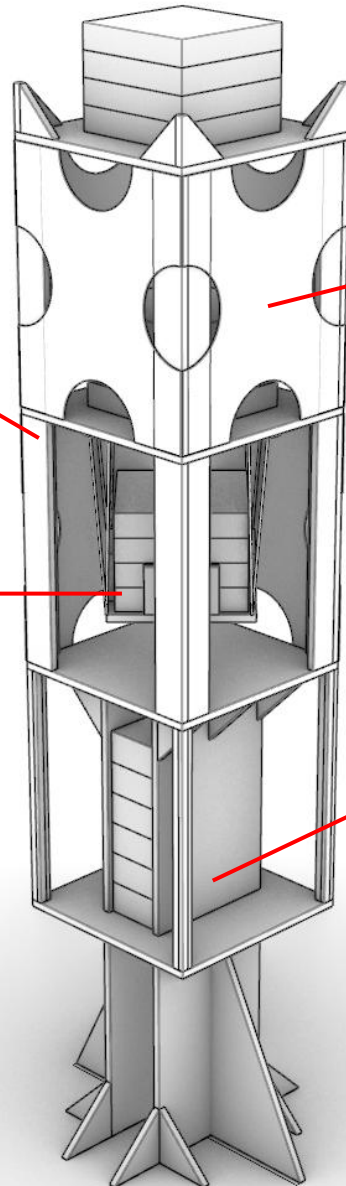


▶ 붕괴 메커니즘

-전체적으로 H 코어의 강성이 건물의 진동을 견딤

-전단벽과 가새들을 통해 편심하중 대비

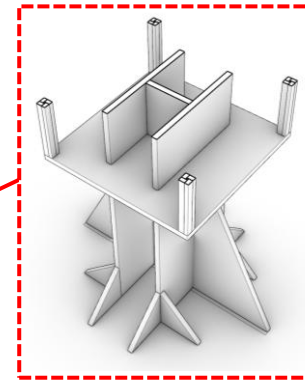
-0.7g 가속도 도달 시 고무줄의 장력 감소로
하중을 견디지 못 하고 3층에서 붕괴 유도



▶ 종이 전단 벽

- ‘x’ 모양의 종이 전단벽을 통해 인장력 흡수
- 4층 모든 모서리에 설치하여 편심하중 발생 방지

▶ H형태의 코어



-대부분 1층 기둥에 많은 데미지를 입고
무너지기 때문에 H 형태의 코어를 사용

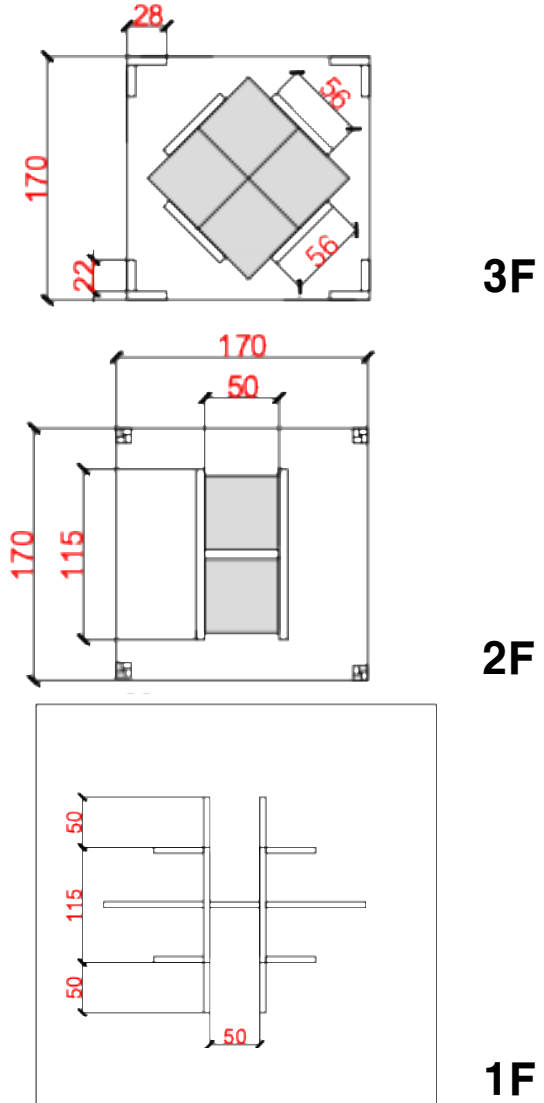
-Plate를 천공하여 시공함으로써 강성 증진

-H 코어의 접착지점을 달리하여 강성 증진(N공법)

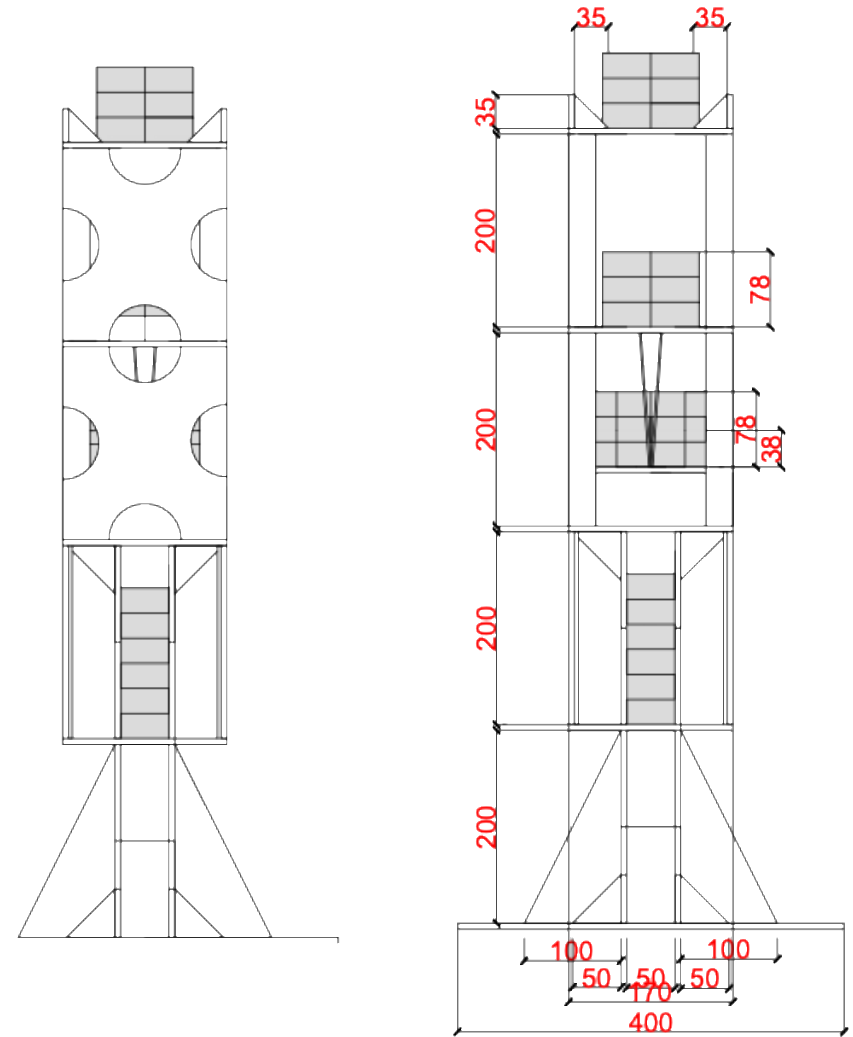
-Strip 기둥을 사용하여 상부 구조물의 변위 제어

3-(1) 구조물 도면

▶ 구조물 평면도



▶ 구조물 입단면도



3-(2) 예산안 & 공정표

재료명	단위	규격	단위수량 [개]	단가 [백만원]	비고
MDF Base	개	400mm × 400mm × 6mm	1	-	기본제공
MDF Strip	개	600mm × 4mm × 6mm	6	10	
MDF Plate	개	200mm × 200mm × 6mm	11	100	
스트링 고무줄 (Ø2~3mm)	식	600mm	8	40	
A4지	장	A4	8	10	
접착제	개	20g	2	200	록타이트401

MDF Plate x 11EA
 MDF Strip x 6EA
 A4지 x 8EA
 스트링 고무줄 x 8EA
 접착제 x 2EA

→ **Total : 19.6억**

구분	소요시간								
	1시간			2시간			3시간		
	20분	40분	60분	20분	40분	60분	20분	40분	60분
코어제작	██████████								
Slab 제작 및 천공		██████████							
기둥 제작		██████████							
기타 보강 재 제작			██████						
종이 전단 벽 제작				███					
Damper 제작				██████████					
코어 조립				██████████					
Damper 조립					██████				
전단 벽 조립						███			
하중 설치						██████			
마무리							██████		

→ **Total : 2h 10m**