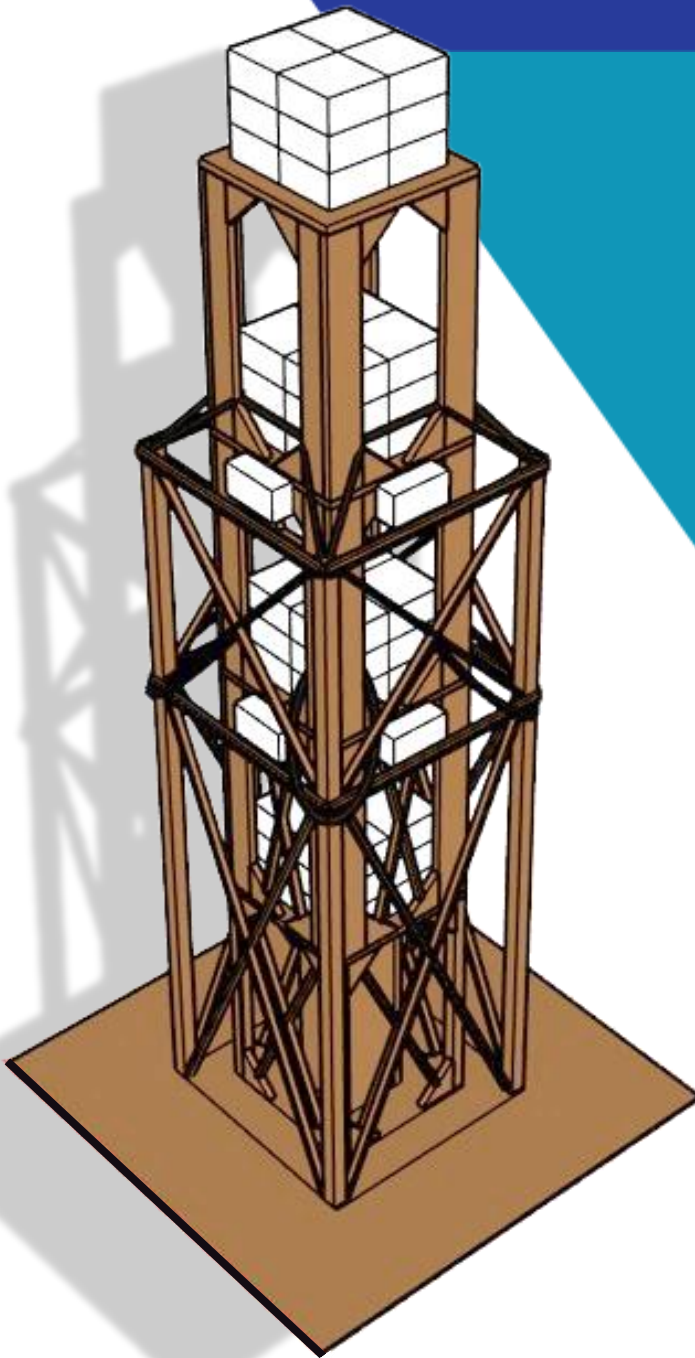


SEISMIC STRUCTURAL DESIGN CONTEST 2025

2025 구조물 내진설계 경진대회

국립한밭대학교 건축공학과 Truss Me 설계제안서



국립한밭대학교

HANBAT NATIONAL UNIVERSITY

목 차

Truss Me

개요

- 지진파 분석
- 내진 설계 방향
- 물성치 분석

설계 상세

- 구조 설계
- 평면도 및 입면도
- Midas 고유주기 분석

실험 분석 및 보완

- Midas 거동 분석
- 실험 결과 분석
- 보완 후 모델링
- 최종 공정표 및 단가 계산서

팀 소개

성명	학년	담당업무	
장지수	4	구조물 제작 / 모델링 / 구조 해석	팀장
이경원	3	구조물 제작 / 도면 작성	
전인서	3	구조물 제작 / 도면 작성 / 구조 해석	
이다원	3	구조물 제작 / 제안서 작성	

지도 교수

박해용 교수님

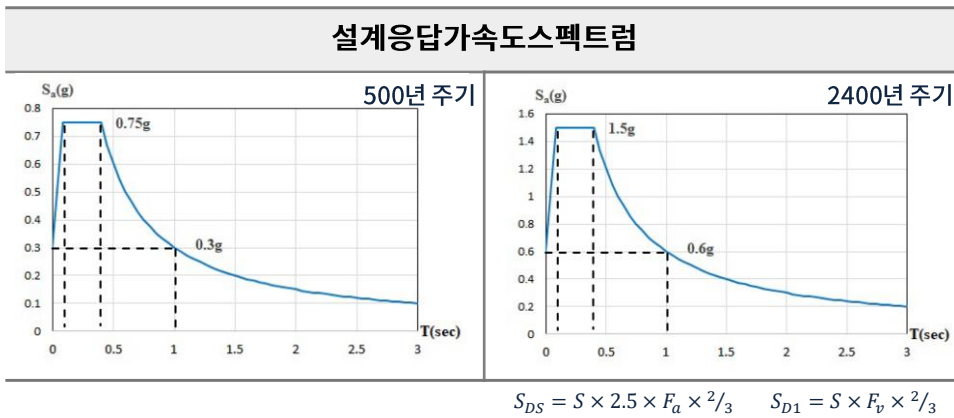
1. 지진파 분석

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

설계 스펙트럼 가속도					
단주기 (S_{DS})	500년	0.75g	1초 주기 (S_{D1})	500년	0.3g
	2400년	1.5g		2400년	0.6g

재현주기 (년)	구조물의 성능 수준 목표
500	기능수행, 즉시복구, 장기복구/ 인명보호 수준을 만족하여야 한다.
2400	붕괴방지 수준을 만족하여야 한다.

0.08~ 0.4초에서 설계 스펙트럼 가속도 최대
 → 단주기 영역에서 입력되는 지진 에너지를 특정장치를 이용해 의도적으로 소산 시킴으로써
 주골조는 0.6g까지 붕괴를 방지한다.



고유 주기 (T)		
T_0	500년	0.08 sec
	2400년	
T_s	500년	0.4 sec
	2400년	

$T_0 = 0.2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$ $T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$

2. 내진 설계 방향



내진구조	제진구조	면진구조
구조물을 튼튼하게 지어 구조물 자체에서 지진 에너지 흡수	구조물에 진동흡수장치를 설치하여 진동을 저감시키거나 구조물의 강성을 제어하는 방법	면진 장치를 이용해 건축물과 지반을 격리시켜 지진으로 발생하는 진동 에너지 흡수


설계 방향


→ 제진 구조로 내진 설계를 진행
 → 구현방식은 이중골조 구조를 채택하여 이를 댐퍼와 가새를 활용해 구조물에 작용되는 진동을 소산시킴.
 → 고무줄을 사용해 셀프센터링을 하는 제진구조물로 선정

3. 물성치 분석

● 기둥 물성치 분석

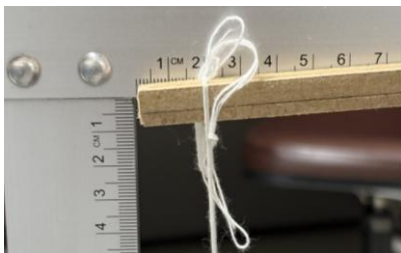
Plate (28mm)	$I_x (mm^4)$	$\delta (mm)$	E (MPa)	Plate (50mm)	$I_x (mm^4)$	$\delta (mm)$	E (MPa)
	504	11	1019.2		900	5	1255.7

Case 1	적용하중 (N)	L (mm)	$I_x (mm^4)$	$I_y (mm^4)$	$\delta (mm)$	E (MPa)
	9.8	120	832	832	9	753.85

Case 2	적용하중 (N)	L (mm)	$I_x (mm^4)$	$I_y (mm^4)$	$\delta (mm)$	E (MPa)
	9.8	120	1728	1728	5	653.33

Case 1

Case 2



Case 1을 내부 골조, Case 2를 외부 골조에 적용

● 고무줄 물성치 분석

		1회	2회	3회
	적용하중 (N)	4.9	4.9	4.9
	A (mm ²)	3.14	3.14	3.14
	L (mm)	150	150	150
	$\Delta L (mm)$	300	350	360
	E (MPa)	1.5	1.17	1.11

고무줄의 적정 탄성 길이 계산

- 훅의 법칙 (고무줄의 장력) $F = \frac{EA}{L_0} \cdot \Delta L$

- 기둥의 좌굴 임계 하중 $P_{cr} = \frac{\pi^2 E I_{등}}{(KL)^2}$

$$\rightarrow \frac{E \cdot A \cdot (KL)^2 \cdot \Delta L}{\pi^2 \cdot E \cdot I_{등} \cdot L_0} = 0.05$$

- 외부골조와 내부골조를 진동 시 잡아주는 고무줄의 적정 기둥 내력의 5%라고 설정할 경우, 약 146mm 늘려 외부골조와 내부골조를 연결

평균 탄성계수가 1.26MPa 인 고무줄을 구조물과 외부 골조를 잇는 부재로 사용하여 탄성 거동을 유도

1. 구조 설계

- 내부 골조와 외부 골조로 이중 골조를 이루며, 두 골조 간의 사이를 제진 장치 (댐퍼) 및 셀프센터링(고무줄)로 연결하고, 주요 골조는 가새를 활용하여 구성

구조 선정

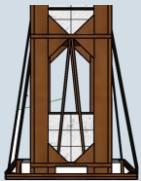
이중골조 - 쿠션 댐퍼 + 셀프센터링 - 내부골조 - 가새 + 내부코어

외부 구조물

이중 골조

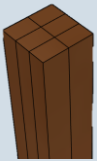
골조와 전단벽의 동시 저항

내부·외부 골조가 다른 진동 주기를 가지며, 고무줄과 쿠션 댐퍼를 통해 상호 보완적으로 진동을 억제하고 하중을 분산시키는 역할



고무줄

이중 골조의 기둥 사이를 연결
→ 구조물의 자체적인 셀프센터링



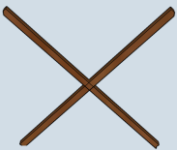
메가칼럼 (6)

6개의 Strip을 일체형으로 접합
→ 강성 확보



쿠션 댐퍼

종이를 접어 공간을 생성하고 톱밥을 넣은 쿠션 댐퍼 사용
톱밥 활용 → 경제성 확보



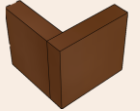
X자 가새

양방향 횡하중에 대한 저항력 우수
변형 억제 능력 우수
→ 외부 골조 적용

내부 구조물

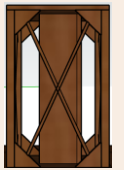
내부기둥 (2,3,4층)

Plate 사용으로 고정된 길이로 인해 시공성을 고려하고 강성 확보



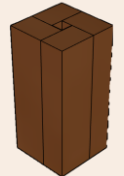
1층 코어

코어 기둥과 X자 가새 사용
→ 하중부의 강성 확보



메가칼럼 (4)

이음 시공 방법을 적용한 접합
기둥 면적 증가 및 강성 확보



A자 가새

진동이 적은 하층부로 하중 분산



X자 가새

양방향 횡하중에 대한 저항력 우수
→ 하중 분산



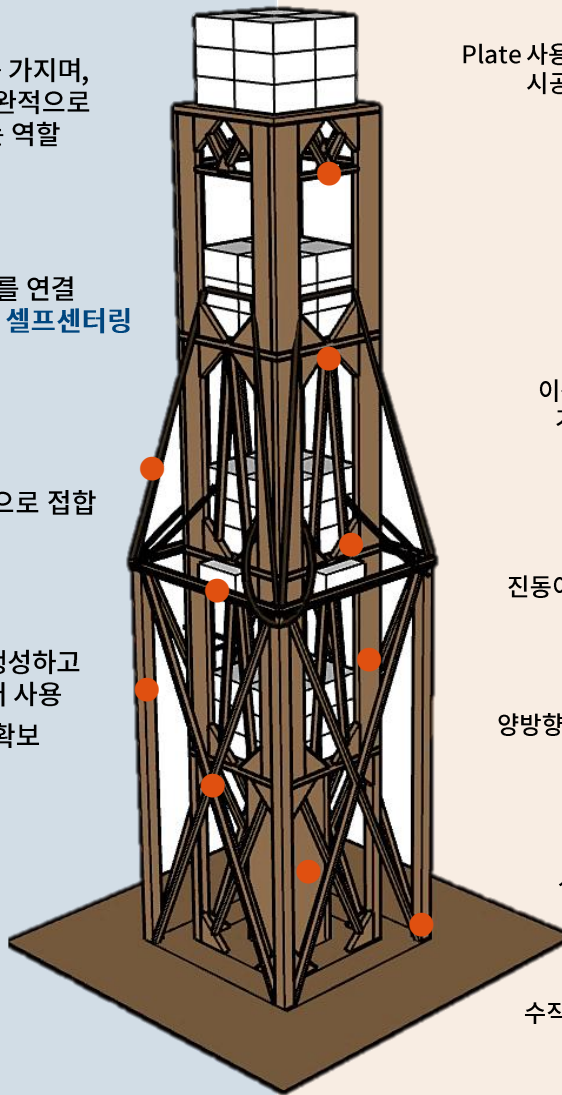
벨트트러스 가새

상층부의 횡하중에 대응

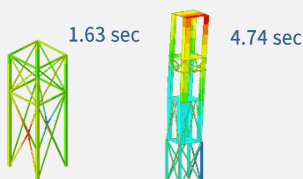


삼각 가새

수직과 수평 부재의 접합 보강
남은 부재 사용
→ 안정성 및 경제성 향상



이중 골조



- Midax 분석을 통한 외부 골조와 내부 골조의 다른 진동 주기 확인

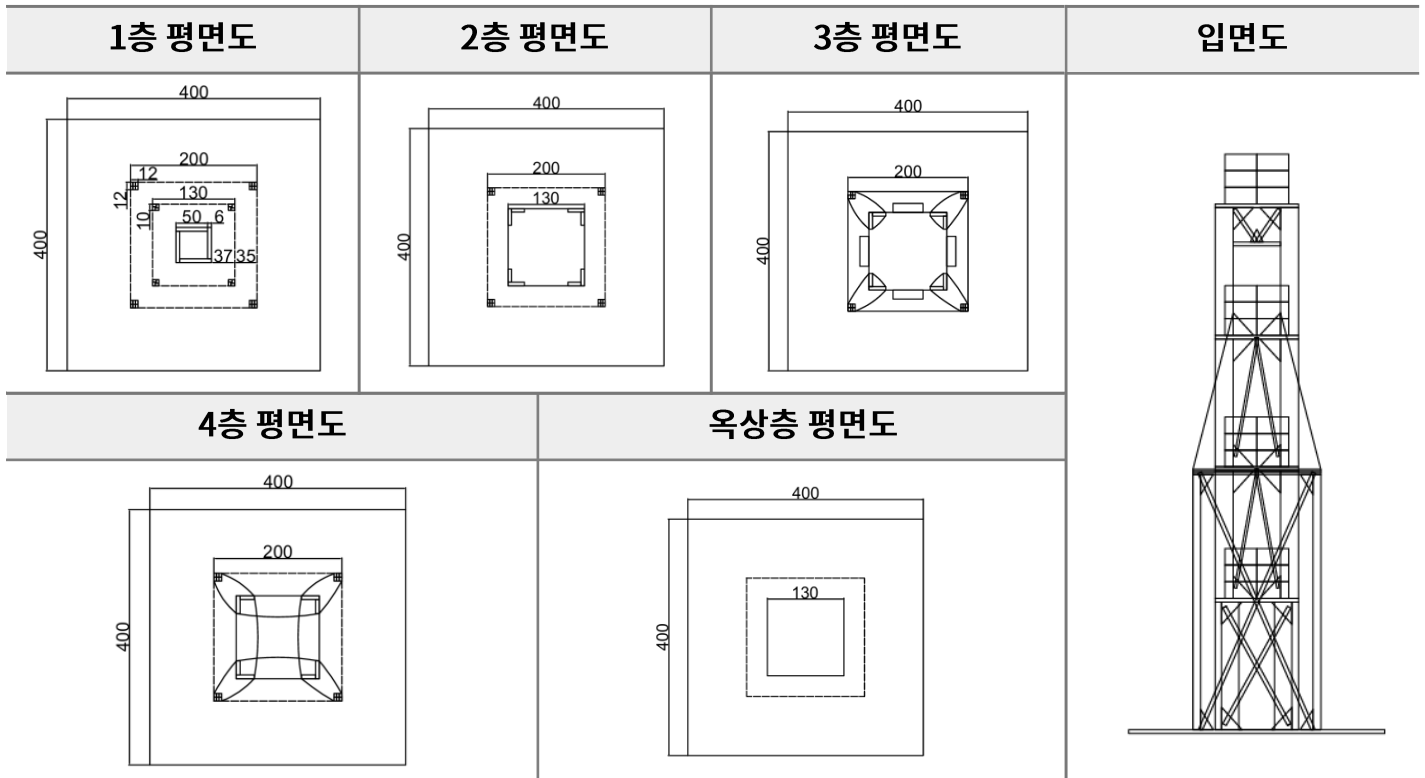
쿠션 댐퍼

- 반복 진동 시 마찰 및 종이 재질의 구조적 변형을 통해 에너지를 흡수하는 수동형 감쇠 장치
- 구조물을 제작하면서 나온 톱밥을 사용해 제작해 경제성 확보

셀프 센터링

- 고무줄을 이용한 셀프 센터링은 진동 후 구조물이 원위치로 복원되도록 유도하는 기술
- 선행 지진 이후 구조물의 잔류변형을 억제하여 누적 지진에 대한 저항력 확보
- 기대효과
→ 진동 시 이중 골조 사이에 발생하는 상대 변위를 고무줄이 흡수하고 복원력으로 조절함으로써 구조물 전체의 응답을 줄일 수 있음.

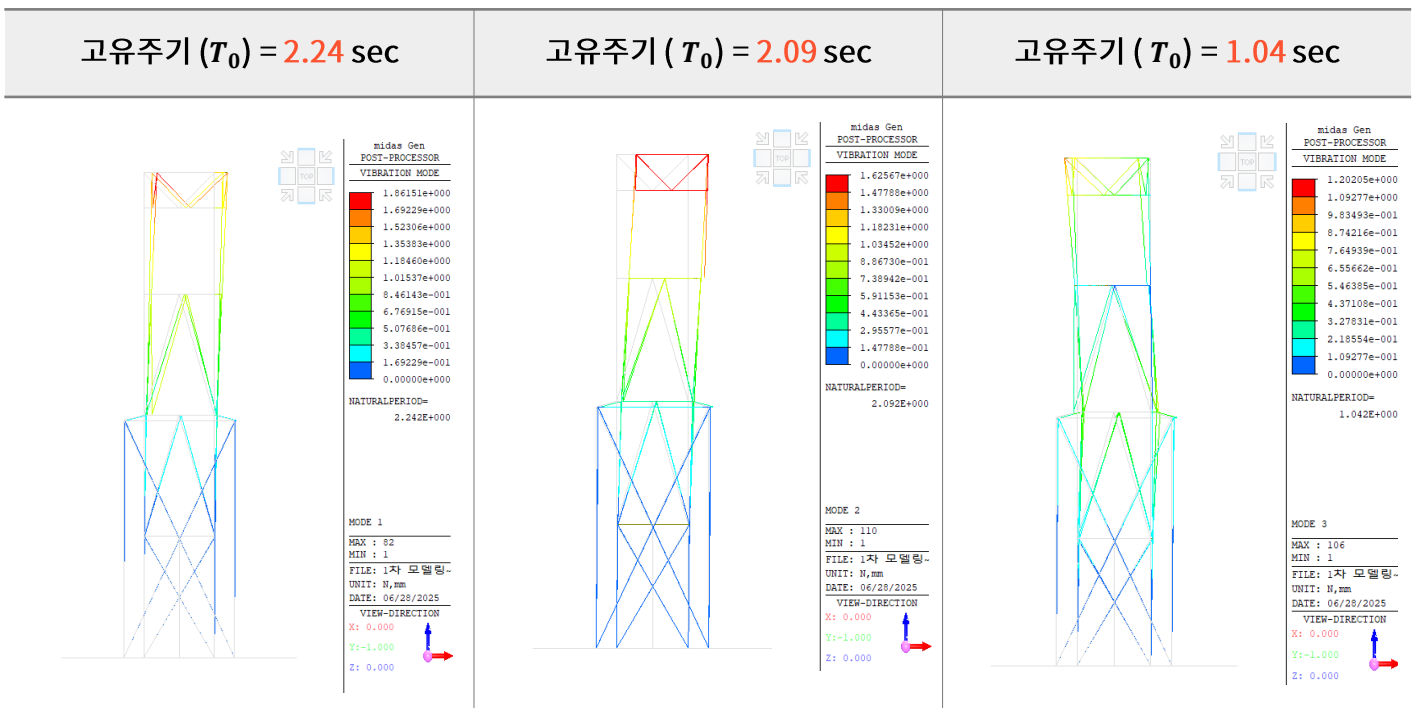
2. 평면도 및 입면도



3. Midas 고유주기 분석

분석 결과

가속도 최대 구간인 0.08~0.4 sec를 피하고, 0.4 sec 이상의 고유주기를 갖는 것을 확인



1-1. Midas 거동 분석 - 1차 모델

● 파괴 모드 분석

분석 결과

외부 골조와 내부골조의 댐퍼 작용으로 인한 2층부의 변형을 유도
 → 내부골조의 2층부부터 변형 시작, 상층부에서의 많은 변형이 일어나는 것을 확인

Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4
<ul style="list-style-type: none"> 내부골조 옥상판 및 가새 부분 상대적으로 큰 변위 발생 	<ul style="list-style-type: none"> 내부골조 상층부 옥상판과 기둥 접합부 및 가새 부분 큰 변위 발생 2층 바닥판부터 상층부까지 기울어지는 현상 발생 	<ul style="list-style-type: none"> 내부골조 옥상판과 기둥 접합부에 응력 집중 작용 내부골조 2층 바닥판과 외부기둥에 댐퍼 작용으로 인한 변형 확인 	<ul style="list-style-type: none"> 내부골조의 2층 바닥판부터 기울어짐 발생 옥상판과 2층 바닥판에 상대적으로 많은 변위 발생

1-2. Midas 거동 분석 - 2차 모델

● 파괴 모드 분석

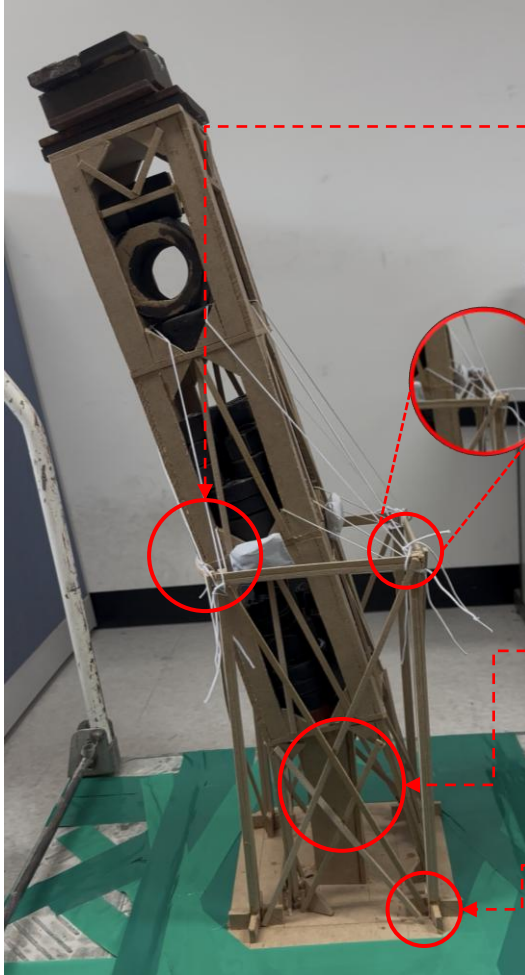
분석 결과

외부 골조와 내부 골조의 3층부 댐퍼 접합부의 변형을 유도
 → 내부골조가 외부골조와 댐퍼의 작용으로 인해 1차 모델보다 적은 변위를 갖는 것으로 확인

Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4
<ul style="list-style-type: none"> 3층 바닥판에서 댐퍼에 의한 영향 확인 내부골조 옥상판과 기둥 접합부에 큰 변위 발생 	<ul style="list-style-type: none"> 내부골조 옥상판에 상대적으로 큰 변위 및 기울어짐 발생 외부골조 상부 수평 기둥에서 댐퍼에 의한 영향 발견 	<ul style="list-style-type: none"> 하중이 주로 작용되는 내부골조 바닥판에 응력이 집중 	<ul style="list-style-type: none"> 옥상판과 2층 바닥판에 집중 응력 발생 2층 기둥과 4층부에서 비틀림 발생

2-1. 1차 실험 결과 분석

-> 구조물을 간이 진동대에 부착하여, 지진대를 움직이며 지진파 측정 및 구조물 거동 확인



1 외부 골조 수평 기둥 파괴

낮은 외부 골조의 높이로 인한 진동주기 제어 효과 미미

댐퍼와 맞닿는 외부 골조 기둥에 변형 발생
→ 댐퍼의 진동 흡수 역할 확인

2 고무줄 (셀프 센터링)

3,4층의 내부 골조와 낮은 외부 골조를 연결하는 고무줄을 한 부분에 연결하며 응력이 집중되는 현상을 발견

→ 외부 골조의 기대 성능 미미

3 내부 골조 1층 X자 가새 파괴

부재 간의 접착력 부족에 의해 파괴 발생

4 내부 골조 기둥-바닥판 접합부 파괴

부재 간의 접착력 부족 및 시공 미흡
→ 부재 간 하중 전달 저해



5

- 외부 골조의 낮은 높이로 상부 진동 제어 불가능
- 적정 가속도를 초과하였을 때 내부 골조가 쓰러져 완전 파괴 발생

가속도 1.2g 에서 붕괴

보완 방향

내부 골조의 상단부의 진동 제어를 위한 외부 골조 높이 향상
→ 2층부와 3층부의 댐퍼 접합부 변형 유도

2-2. 2차 실험 결과 분석

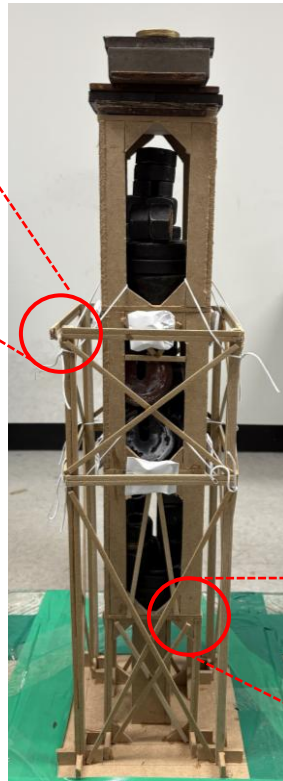
보완 사항 : 외부골조 높이 증가 (2층부 → 3층부) / 고무줄 구현 모습 변경 / 내부골조 가새 변경

1 외부 골조 가새 파괴

- 댐퍼로 인한 외부 골조 가새 접합부 파괴 발생
- 시공 미흡으로 인한 부재 간의 접착력 부족
- 셀프센터링(고무줄)로 인한 피로 하중 누적

2 내부 골조 2층 판 들림 현상

- 진동 중 하중에 의한 구조물의 중심 이동과 고무줄 복원력의 비대칭 작용
- 접합 강도 부족이나 조립 정밀도 미흡과 같은 시공상 문제로 인한 접착력 부족



가속도 0.8g 에서 붕괴

보완 방향

2층부 내부 골조 가새를 양방향 횡하중에 강한 X자 가새로 변경

3. 보완 후 최종 모델링

1층 평면도	2층 평면도	3층 평면도	입면도
4층 평면도	옥상층 평면도		

4. 최종 공정표 및 단가 계산서

● 최종 공정표

공정		소요시간	1시간			2시간			3시간		
			20분	40분	60분	20분	40분	60분	20분	40분	60분
작도	기초판 및 바닥		■	■							
	기초판 및 바닥			■							
제작	기둥		■	■	■						
	가새		■	■	■						
	댐퍼					■					
	코어		■	■	■						
	기둥 및 코어					■	■				
시공	가새						■	■			
	댐퍼							■	■		
	고무줄							■	■		
	하중블록 설치								■	■	
총 공정 시간								2시간 40분			

● 최종 단가 계산서

재료명	부재명	단위	규격 (mm)	단가 (백만원)	수량	합계 (백만원)
MDF Plate	슬래브	개	200*200*6	100	7	700
MDF Strip	외부기둥	개	600*4*6	10	24	240
	내부기둥				6	60
	외부가새				12	120
	내부가새				4	40
	기둥연결부재				1	10
스트링 고무줄	골조 연결	식	600	40	6	240
A4지	댐퍼	장	A4	10	1	10
접착제	록타이트 401	개	20g	200	2	400
총 합계 금액 (백만원)						1820