

SEISMIC STRUCTURAL DESIGN CONTEST 2025

국립한밭대학교 건축공학과

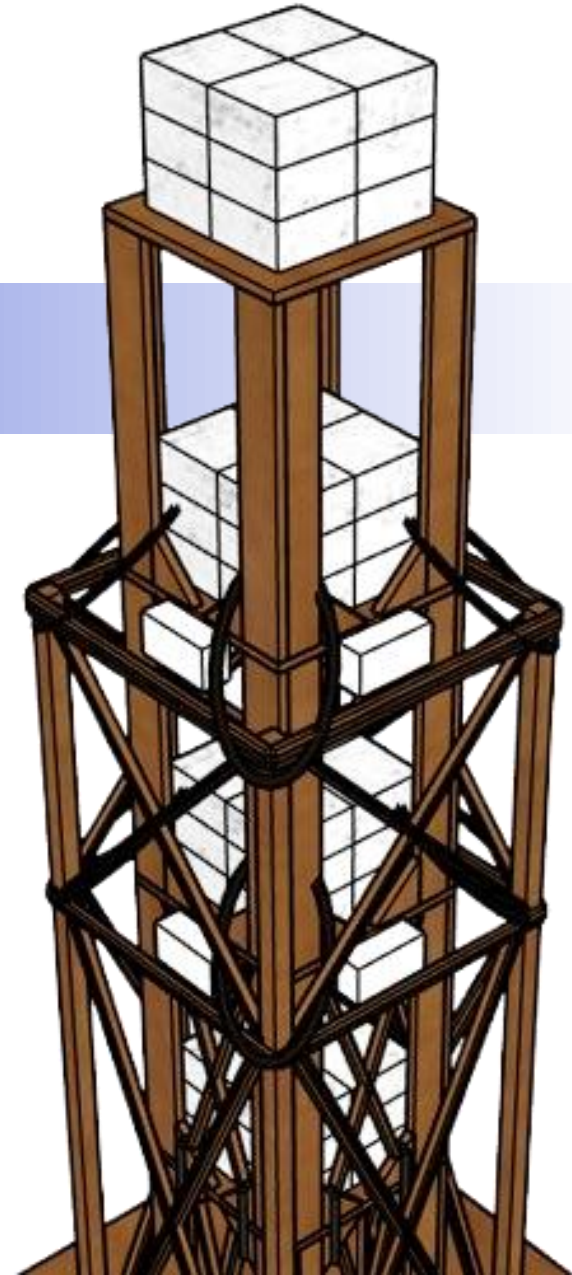
Truss Me

장지수 이경원 전인서 이다원

지도 교수 : 박해용 교수님

INDEX

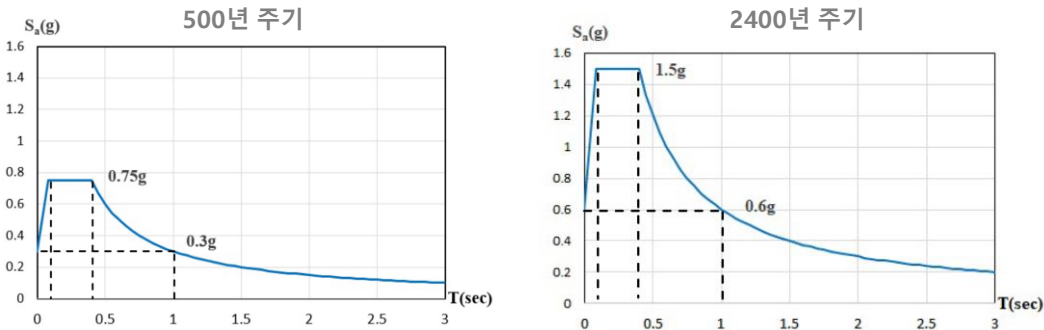
1. 기본 설계 개요
2. 구조 상세
3. Midas 분석
4. 실험 결과 분석
5. 최종 모델



I 기본 설계 개요

지진과 분석

설계 응답 가속도 스펙트럼

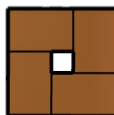


T = 0.08 ~ 0.4 sec 에서 설계 스펙트럼 가속도는 최대

단주기 영역에서 입력되는 지진 에너지를 특정장치를 이용해 의도적으로 소산시키며, 내부 골조는 설계 지진하중 0.6g까지 붕괴 방지를 목표로 설정

기둥 단면 설계

Case 1



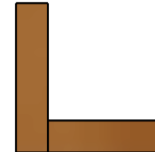
I_x (mm⁴)
832
 δ (mm)
9

Case 2



I_x (mm⁴)
1728
 δ (mm)
5

Case 3



I_x (mm⁴)
45488

1차 모델

- 모든 case의 기둥 사용

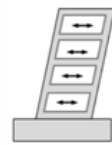
최종 모델

- 시공성 및 강성의 균형을 고려하여 Case 2와 3 병행 사용

설계 방향

제진 구현 방식

내진설계



구조물을 튼튼하게 지어 구조물자체에서 지진 에너지 흡수

제진설계



구조물에 진동 흡수장치를 설치하여 진동을 저감시키거나 구조물의 강성을 제어하는 방법

면진설계



면진장치를 이용해 건축물과 지반을 격리시켜 지진으로 발생하는 진동 에너지 흡수

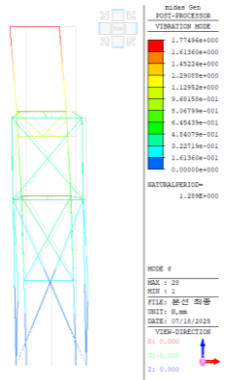
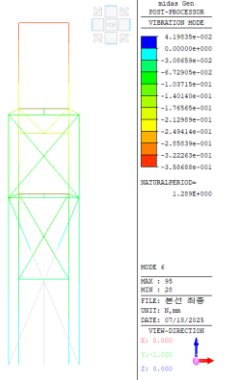
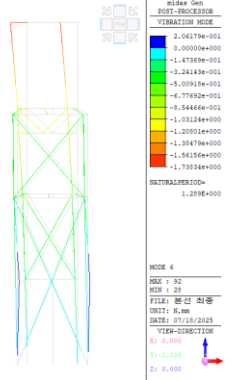
고유주기 비교

Midas gen 분석

고유주기 (T_0) = 1.29 sec

고유주기 (T_0) = 1.29 sec

고유주기 (T_0) = 1.29 sec



구조물의 고유주기가 응답 스펙트럼 상 최대 가속도 구간인 0.08~0.4 sec를 벗어난 0.4 sec 이상임을 확인

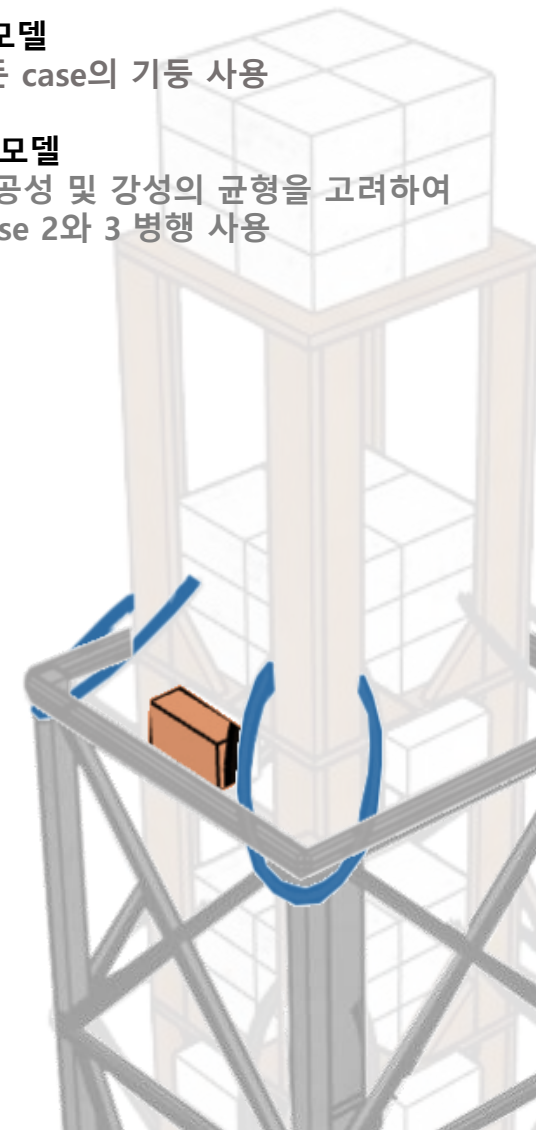
이중 골조

+

제진 장치

+

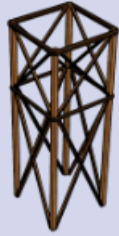
셀프센터링 기술



외부 골조

이중 골조

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



메가 칼럼

6개의 Strip을 일체형으로 접합 시공 → 강성 확보



쿠션 댐퍼 - 제진 장치

반복 진동 시 마찰 및 종이 재질의 구조적 변형을
통해 에너지를 흡수하는 수동형 감쇠 장치
종이를 접어 공간을 생성하고 톱밥을 넣어 시공
→ 톱밥 활용으로 인한 경제성 확보



X자 가새

양방향 횡하중에 대한 저항력과 변형 억제 우수



삼각 가새

수직·수평 부재의 접합 보강
집중부에 작용하는 수평력 분산
남는 부재 사용 → 안정성 및 경제성 향상



내부 골조



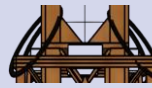
내부 기둥

Plate의 고정된 길이로 시공성과 강성 확보



벨트 트러스 가새

상층부의 횡하중에 대응



고무줄 - 셀프센터링 기술

진동 후 구조물이 복원되도록 유도하는 기술

구조물의 잔류 변형을 억제하여 누적 지진에 대한 저항력
확보 → 진동 시 이중 골조 사이에 발생하는 변위를 억제하고
재료 고유 성질인 탄성력을 이용해 구조물 전체의 응답을 줄임

고무줄의 적정 탄성강도 계산 $E_{avg} = 1.26 \text{ Mpa}$

$$\text{고무줄 } \epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{146}{600} \approx 50\text{mm}$$

$$P = \frac{A \cdot E \cdot \Delta L}{L} = \frac{3.14 \cdot 1.26 \cdot 50}{200} = 0.98\text{N}$$

고무줄(600mm)의 인장 길이(약 146mm)를 실험을 통해 산정

$$\text{외부 기둥 } M_y = \frac{I_x}{y} \cdot \sigma_y = \frac{1728}{8.49} \cdot 29.4 = 5983.89 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$P = \frac{M_y}{600} = \frac{5983.89}{600} = 9.97\text{N}$$

기둥과 고무줄의 강성은
약 10배 차이
고무줄이 외부 기둥에 작용하는
강도의 1/10을 잡아주는 것을 기대



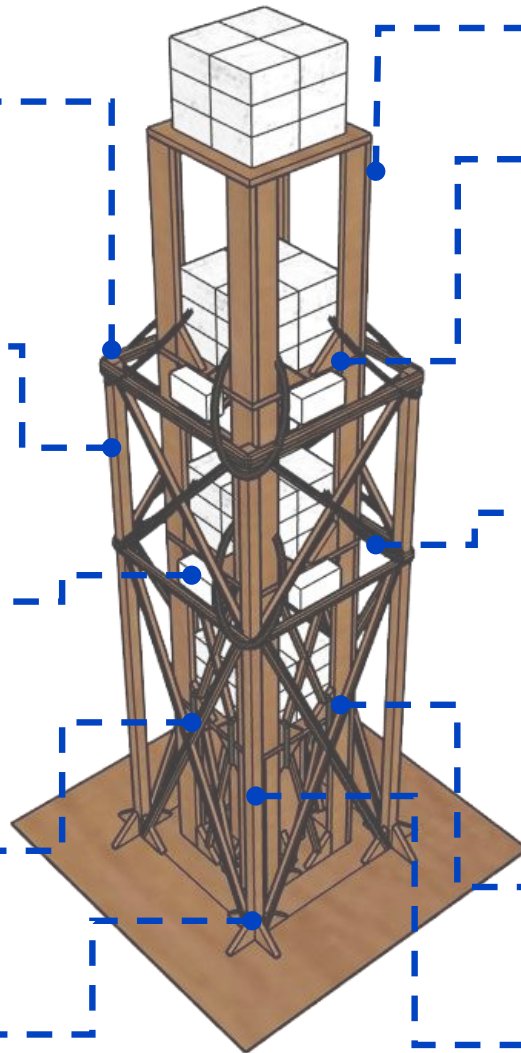
고무줄

기존 모델 실험 결과에서 나타난 1층, 2층 접합부의
문제점 보완 → 접합부의 강도를 강화



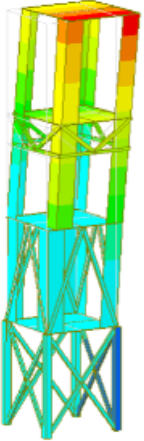
1층 코어

구조물의 중심 지지
바닥판 중앙의 집중 하중 견딤 → 하층부의 강성 확보



내·외부 골조 진동주기 비교 분석

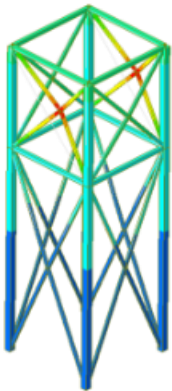
내부 골조



Frequency		Period
(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)
1.3268	0.2112	4.7354
1.7362	0.2763	3.6190
2.5148	0.4002	2.4984
2.8024	0.4460	2.2421
3.7582	0.5981	1.6718
6.3392	1.0089	0.9912

4.74 sec

외부 골조

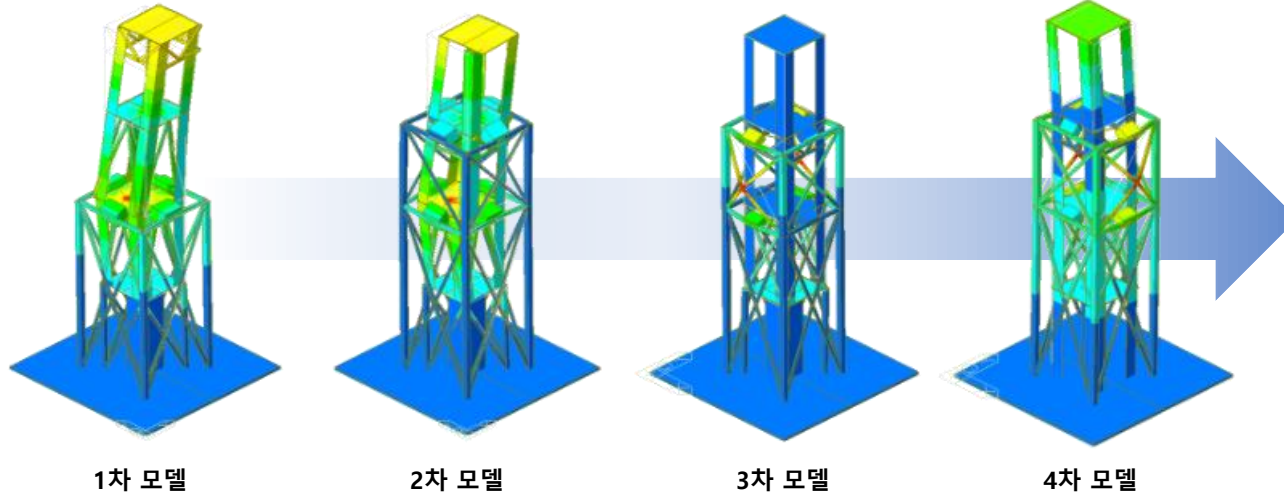


Frequency		Period
(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)
3.8676	0.6155	1.6246
3.8750	0.6167	1.6215
3.8750	0.6167	1.6215
3.8826	0.6179	1.6183
9.0643	1.4426	0.6932
9.0643	1.4426	0.6932

0.69 sec

Midas 분석 결과 내·외부골조의 다른 진동주기 확인
외부 골조의 주기가 짧아 상대적으로 작은 변위 발생 예상

실험모델 Midas 거동 분석



1차 모델

2차 모델

3차 모델

4차 모델

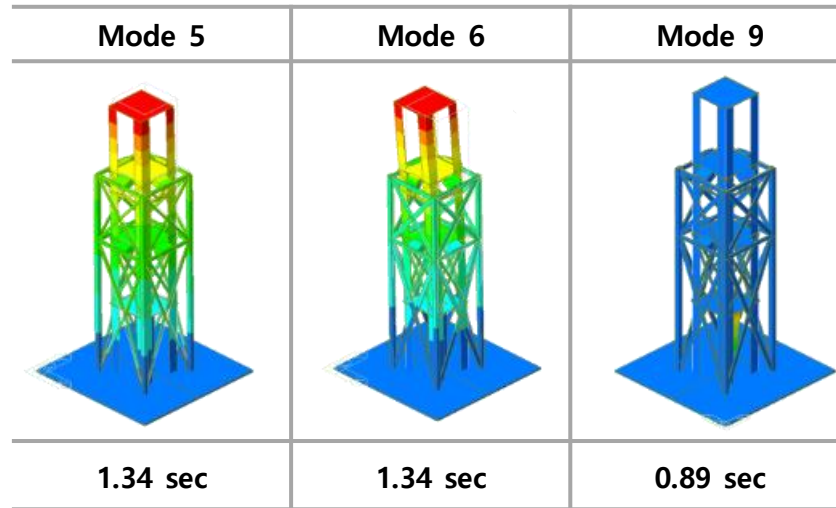
공통적 거동 특징

- ▶ 내부 골조는 고유주기가 길어 지진 초기에는 내부 골조 중심으로 진동이 시작
- ▶ 이후 외부 골조와 연성적으로 결합된 상태로 공동거동 발생

최종 모델

Mode No	Frequency		Period (sec)
	(rad/sec)	(cycle/sec)	
1	3.9990	0.6365	1.5712
2	4.0038	0.6372	1.5693
3	4.0038	0.6372	1.5693
4	4.0130	0.6387	1.5657
5	4.6809	0.7450	1.3423
6	4.6809	0.7450	1.3423
7	5.6919	0.9059	1.1039
8	7.0978	1.1296	0.8852
9	7.0978	1.1296	0.8852
10	8.7138	1.3866	0.7211
11	8.9439	1.4235	0.7025
12	8.9439	1.4235	0.7025

Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.7603	0.7603	1.1864	1.1864	0.0000	0.0000
3	1.1864	1.9467	0.7603	1.9467	0.0000	0.0000
4	0.0000	1.9467	0.0000	1.9467	0.0000	0.0000
5	13.8064	15.7531	37.1187	39.0655	0.0000	0.0000
6	37.1187	52.8718	13.8064	52.8718	0.0000	0.0000
7	0.0000	52.8718	0.0000	52.8718	0.0000	0.0000
8	3.3148	56.1866	27.9682	80.8400	0.0000	0.0000
9	27.9682	84.1549	3.3148	84.1549	0.0000	0.0000
10	0.0000	84.1549	0.0000	84.1549	0.0000	0.0000
11	0.0183	84.1731	9.0459	93.2008	0.0000	0.0000
12	9.0459	93.2190	0.0183	93.2190	0.0000	0.0000



Mode 5

Mode 6

Mode 9

1.34 sec

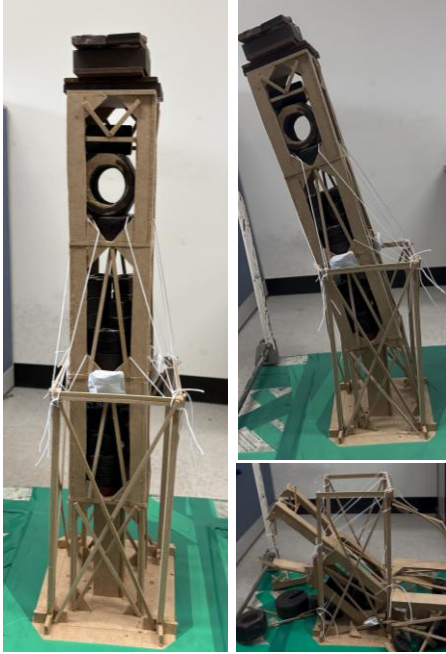
1.34 sec

0.89 sec

분석 결과

- MIDAS 질량 참여율이 높은 3개의 모드를 고려하여 최종 모델을 채택
- 설계 모델 중 가장 작은 변위 발생
- 이중 골조와 쿠션 댐퍼의 성능을 확인

1차 실험

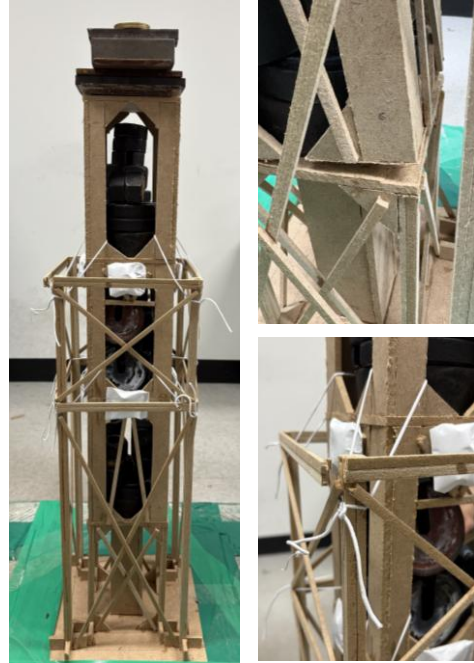


- 가속도 **0.1g**에서 붕괴
 - 외부골조 수평 기둥 파괴
 - 내부골조 **1층 X자 가새 및 기둥-바닥판 접합부 파괴**
- 외부골조의 낮은 높이로 상부 진동 제어가 불가능, 적정 가속도를 초과하였을 때 내부골조가 쓰러지며 완전 파괴 발생

보완

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

2차 실험



- 가속도 **0.2g**에서 붕괴
- 댐퍼로 인한 피로 하중이 누적되어 외부골조 수평 기둥이 점진적인 손상으로 **접합부 파괴 발생**
- 시공 상의 문제로 인한 **내부골조 2층 바닥판 들림 현상 발생**

보완

- 2층 내부골조 가새를 X자 가새로 변경
- 내부골조 1층 기둥 재료 MDF Strip → MDF Plate로 변경 (시공 상의 문제를 해결, 내부골조 하층부 강도 개선)

3차 실험

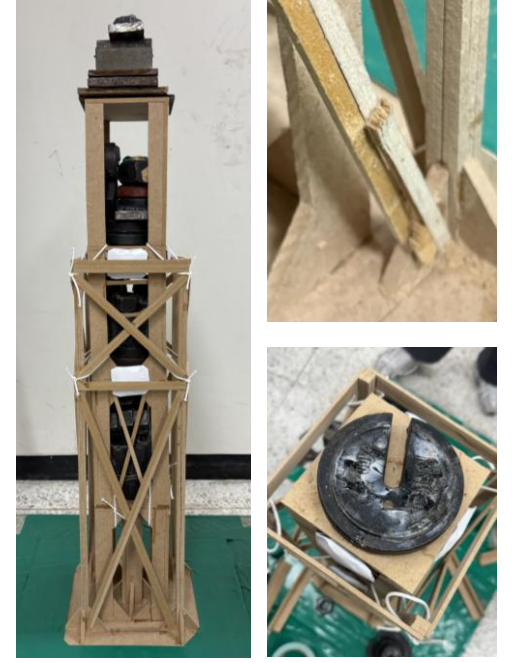


- 가속도 **0.4g**에서 붕괴
 - 외부골조에 작용하는 양방향 횡하중에 의한 **X자 가새 파괴**
 - **1층 상부 기둥 - 2층 바닥판 들림 현상**
- 하중 불력의 중량으로 1층과 1층 이외의 층이 변위의 차이로 인해 약한 하층부의 접합 부분에 들림 현상 발생
- 댐퍼의 피로 하중 누적으로 외부골조 수평 기둥 휨 발생

보완

- 외부골조 수평기둥과 가새에 Strip 추가하여 강도 보강
- 1층 기둥 상부를 삼각가새와 고무줄로 보강

4차 실험

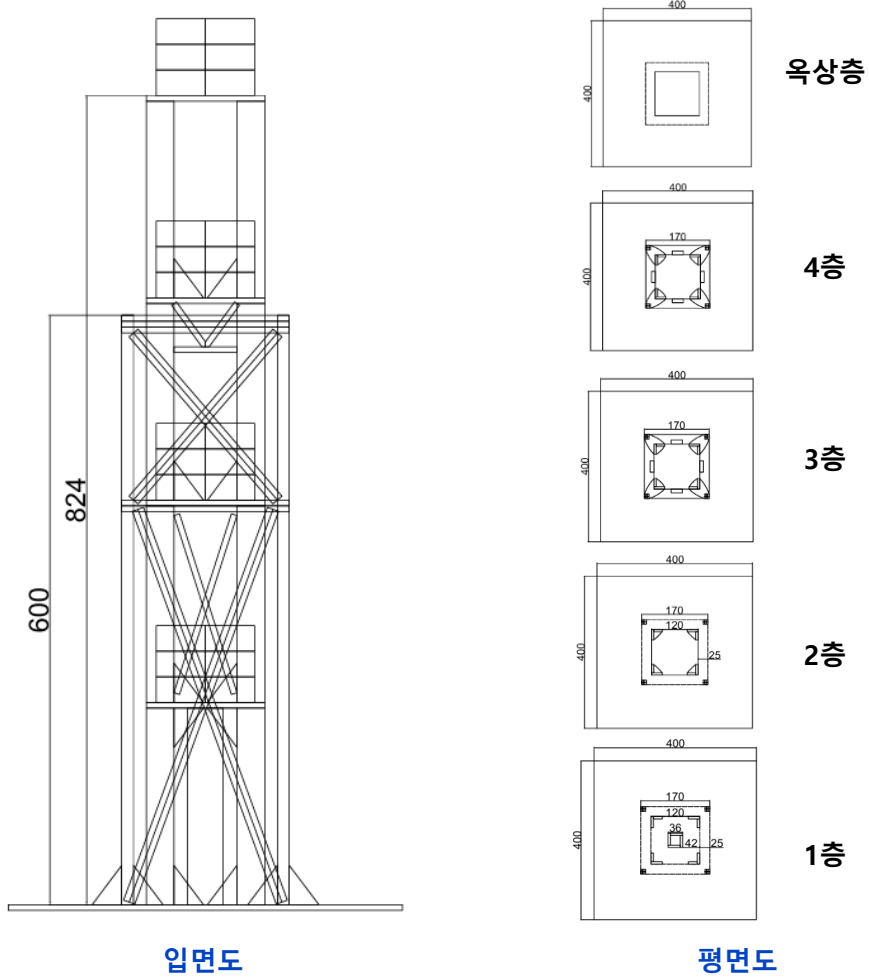


- 가속도 **0.8g**에서 붕괴
 - 외부골조에 지속적으로 작용하는 인장력과 압축력에 의한 **X자 가새 파괴**
 - **4층부 기둥 완전 파괴**
- 삼각가새를 제거한 기둥과 바닥판의 접합부에 셀프센터링을 위한 고무줄이 집중 작용함으로 누적 하중으로 인해 파괴

최종 보완

- 2층 상부 삼각가새 → 4층 하부 삼각가새 이동
- 응력 집중 면적을 분산시키기 위한 삼각가새 이동
- 추가적인 재료 사용은 경제성을 고려하여 지양

최종 평면도 및 입면도



이중 골조를 통해 댐퍼의 소성변형을 유도하고,
강진 상황에서 상대적으로 유연한 내부 골조에서 파괴가 발생하도록 설계

공정표

제작 시간 4시간 → 2시간 30분으로 37.5% 절감

공정	소요시간	1시간			2시간			3시간		
		20분	40분	60분	20분	40분	60분	20분	40분	60분
작도	기초판 및 바닥	■	■							
	기둥 및 바닥		■	■						
제작	기둥	■	■							
	가새		■	■						
	댐퍼			■						
	코어		■	■						
시공	기둥 및 코어				■	■				
	가새					■	■			
	댐퍼						■	■		
	고무줄							■	■	
마감	하중블록 설치						■	■		
총 공정 시간								2시간 30분		

단가 계산서

기준 금액 2400 백만원 → 1800 백만원으로 25% 절감
문제점 보완 후 1820 → 1800 백만원으로 20백만원 절약

재료명	부재명	단위	규격 (mm)	단가 (백 만원)	수량	합계 (백 만원)
MDF Plate	슬래브 및 내부 기둥	개	200×200×6	100	7	700
MDF Strip	외부기둥	개	600×4×6	10	24	240
	외부가새				24	240
	내부가새				3	30
	기둥연결부재				2	20
스트링	내·외곽	식	600	40	4	160
A4지	댐퍼	장	210×297	10	1	10
접착제	록타이트 401	개	20g	200	2	400
총 합계 (백 만원)						1800