Kyonggi University
Team
TNT - 흥.칫.뿡

자문위원
최병정 교수님

팀장 이용은
- 팀장
- 설계 제안서 작성

팀원 박용민
- MIDAS MODELING
- 해석

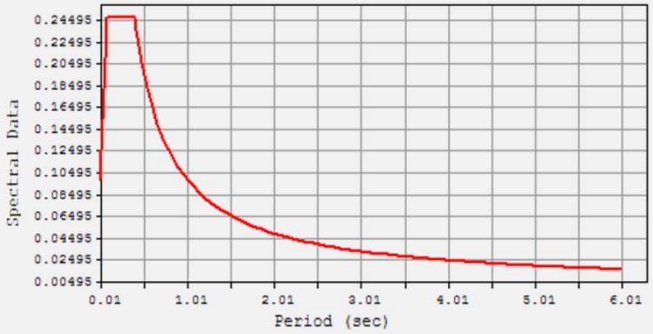
팀원 배영석
- 예산서 작성
- 물성치 실험

팀원 김수희
- 아이디어 창출 및 개선
- 도면 작성

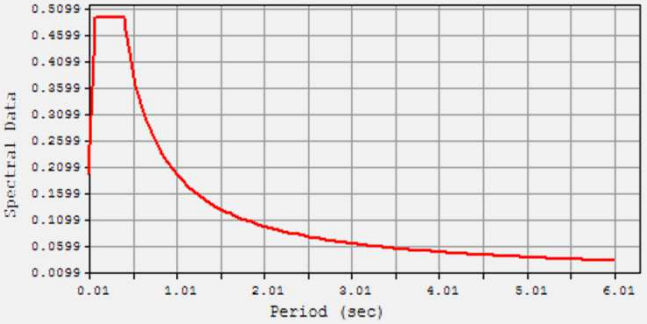
1 설계

설계 목표 : 구조물 성능 기반 내진설계

제작 및 심사 기준
① 구조물의 내진 설계 목표와 성능 수준 이해
② 구조물의 지진시 거동 예측 능력 및 부재강도 평가
③ 500년 재현주기 기능 수행수준 설계
④ 2400년 재현주기 붕괴방지 수준 설계
⑤ 설계 지진 초과시 파괴를 유도하는 정밀한 설계
⑥ 시공성과 경제성 고려
⑦ 구조해석 능력의 도면화 및 내역 작성기술



- 재현주기 500년



- 재현주기 2400년

설계지진 재현주기 (년)	내진 성능 수준			
	기능 수행	즉시복구	장기복구/ 인명보호	붕괴방지
500년	내진특등급	내진특등급	내진특등급	
2400년				내진특등급

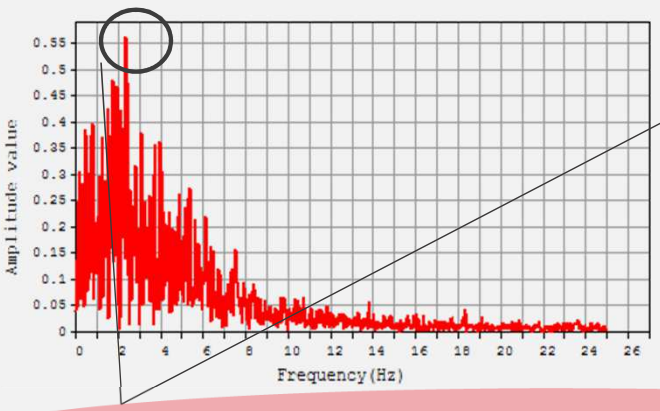
$$S_{DS} = 0.22 \times 2.5 \times 1 \times \frac{2}{3} = 0.367\text{g}$$

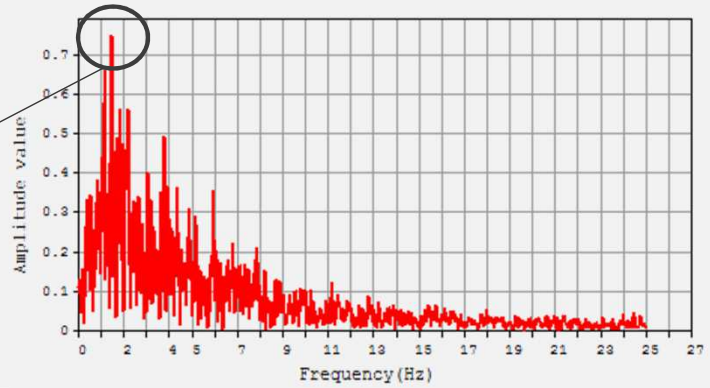
$$S_1 = 0.22 \times 1 \times \frac{2}{3} = 0.147\text{g}$$

$$T_0 = 0.08sec$$

$$T_s = 0.40sec$$

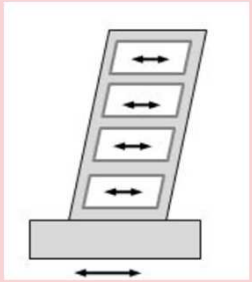
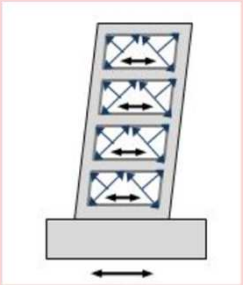
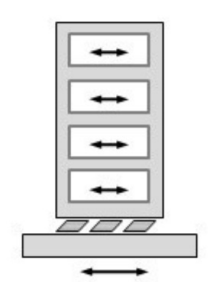
지진 구역 : 1
지진 구역 계수 (z) : 0.11g
지반 종류 : S_2(얕고 단단한 지반)
위험도 계수 : 1 (500년주기)
2 (2400년 주기)





임의적으로 최대 지반 가속도(P.G.A) 0.7g로 증폭시킨 El-Centro 지진파 입력

2 설계 방향 (개념)

	내진	제진	면진
형태			
정의	구조물의 내력으로 지진력에 저항하는 시스템	지진력을 상쇄하여 구조물을 제어하는 시스템	지반과 건물을 분리하여 구조물을 제어하는 시스템
특징	구조물 강성 증가 구조물의 단면을 확보	구조물의 진동을 저감 구조물의 강성 및 감쇠 변화	건출물의 고유주기를 인위적으로 길게하여 지진과 구조물과의 공진 감소

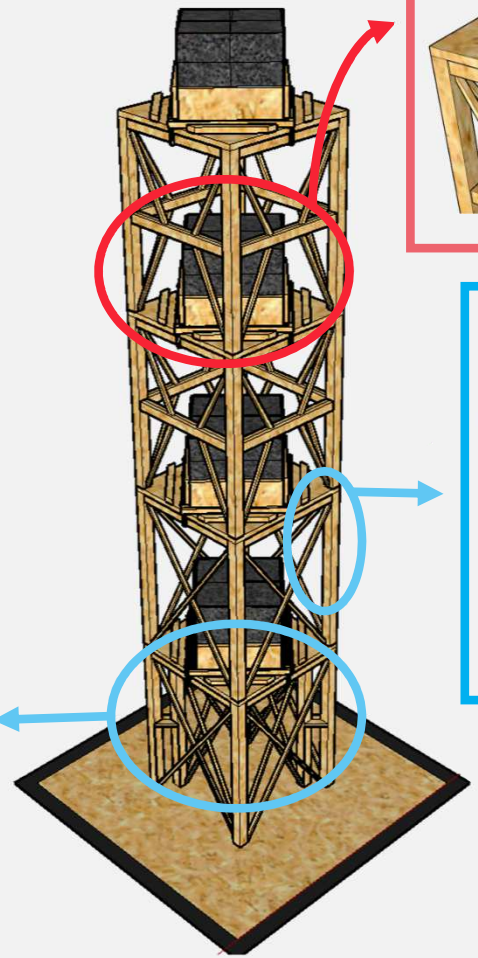
✓ MEGA COLUMN

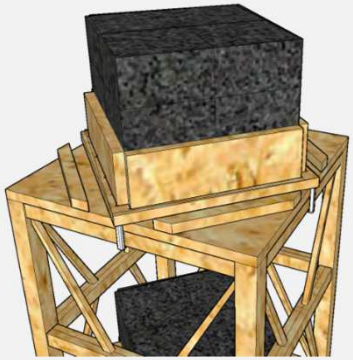
✓ 이중구조

✓ 마찰댐퍼

내진과 제진 선택!!

3 설계 최종 모델



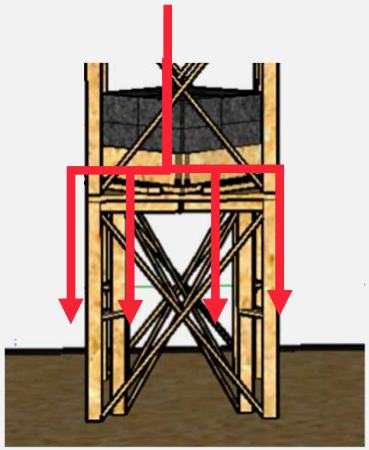


<마찰 댐퍼>

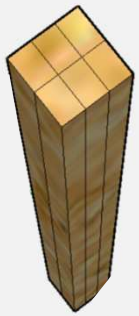
- 지진력 → 마찰력
- 지진 수평력 저항

<이중 구조>

- 기둥 증가 → 기둥당 부담 하중 감소
- 코어 – 아웃리거 구조로 강성 증진, 지진력 저항



<MEGA COLUMN>



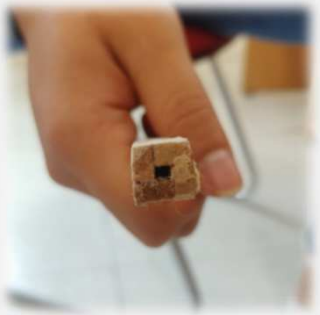
- 기둥의 단면적 증가 → 강성 증가
- 기둥의 강성 증가 → 지진력 저항

4 내진설계 및 디자인 개요

<MEGA COLUMN>

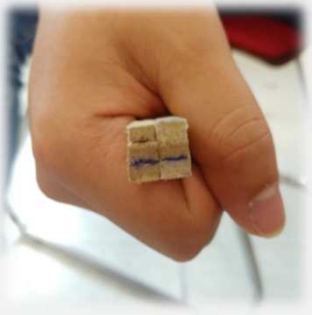
- 면적을 크게 하여 강성 증가
  k(강성) = E(종 탄성계수) * I(단면 2차 모멘트)
- X, Y축 모두 동일한 단면 2차 모멘트
  → Strip 6개를 붙여 정사각형 단면으로 설계

<보편적 기둥 단면>



(10 X 10)

<Mega column>



(12 X 12)

캔틸레버 보의 변위식을 이용하여 축 강성을 비교

$$\delta = \frac{p \times L^3}{3EI}$$

$$K = EI$$

$p = \mathrm{mg} = 490$ $L = 150\mathrm{mm}$
$I = 6$ X 4 X $2 = 48\mathrm{mm}$ (strip 2개 사용)
$\delta = 40\mathrm{mm}$
$E = 287{,}109\mathrm{MPa}$

	10 x 10	12 x 12
축강성	27,562kN	41,644kN

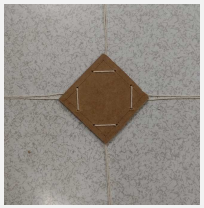
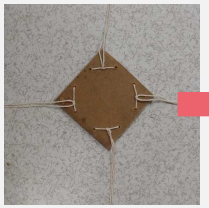
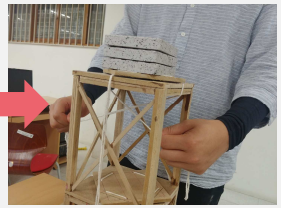
10mmX10mm 기둥 대비 축강성 약 51% 증가

5 제진설계 및 디자인 개요

<마찰 댐퍼 >

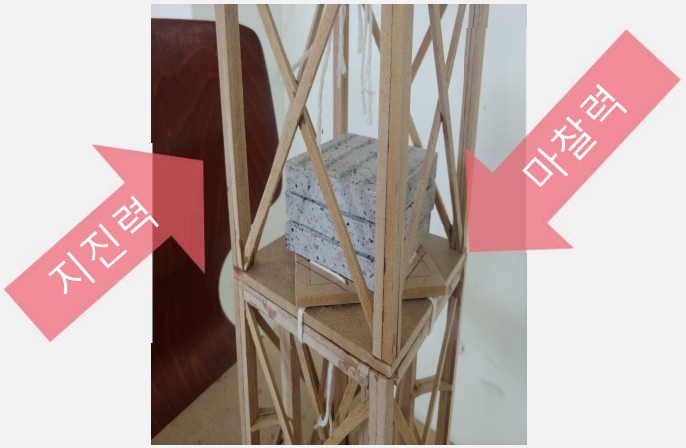
- $m * \ddot{u}(t) + c * \dot{u}(t) + k * u(t) = -m * \ddot{u}_g(t) + F_D$
- m질량: $\ddot{u}(t)$: 가속도 c: 감쇠 $\dot{u}(t)$: 속도 k: 강성 $u(t)$: 변위 $\ddot{u}_g(t)$: 지반가속도 F_D: 마찰댐퍼
  - 자유 진동 운동방정식, 마찰댐퍼의 효과가 커질수록 지진력에 저항

<제작 과정>

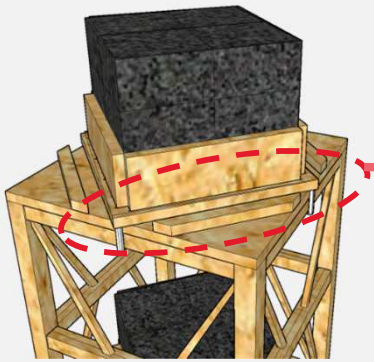




1.MDF Plate 120mm X 120mm으로 제작 및 천공
2.면줄 연결

3. 슬래브 밑으로 면줄 묶음



<마찰 댐퍼>

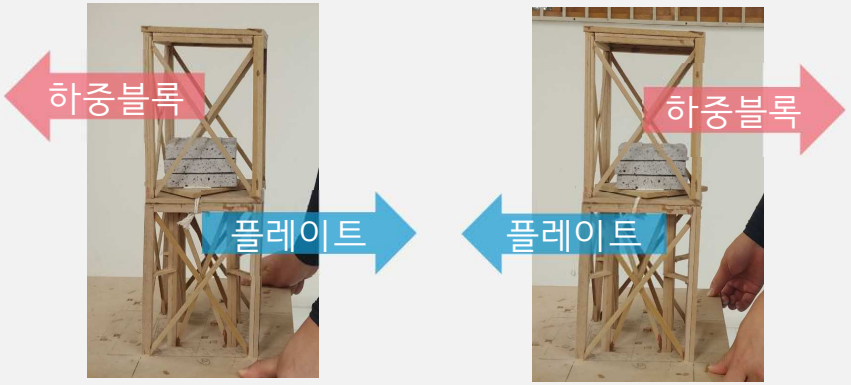


<블록 탈락 방지 구조물>
하중 블록이 튕겨 나가는 것과 변위 방지하기 위해 방지턱과 블록 펜스를 설치

- 지진력에 의한 운동에너지를 마찰에너지로 변환
- 지진력에 저항하여 건물 자체 변위를 줄여주는 제진 장치
- 슬래브와 마찰 댐퍼 플레이트의 마찰력 이용
- 묶은 실의 관성력으로 인해 하중블록이 원래 위치로 돌아옴
  → 모든 방향 지진력에 대해 저항할 수 있음!!

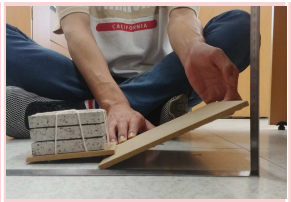
5 제진설계 및 디자인 개요

<관성으로 인한 하중블록과 플레이트 움직임>



플레이트가 실에 의한 관성력에 의해 제자리로 돌아오려고 함

<마찰계수와 마찰력을 비교>

종류	기본 Plate	종이 Plate	스크래치 Plate
실험			
탄성계수 (μs)	0.444	0.583	1.000
마찰력(F)	4.830N	6.342N	10.878N

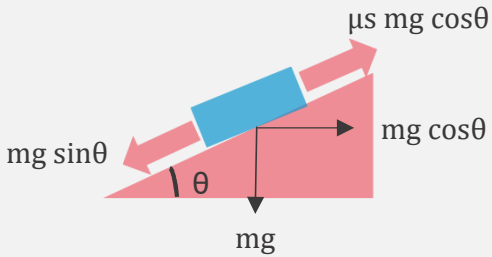
< 마찰계수 실험 >

$mg*\sin\theta = \mu s * mg * \cos\theta$

$\mu s = \tan\theta$

μs : **정지 마찰 계수**

$F(\text{마찰력}) = \mu s \times mg$



스크래치 플레이트

<마찰력 비교>

-일반 플레이트에 비해

4.830N → 10.878N 약 2.25배

-종이 플레이트에 비해

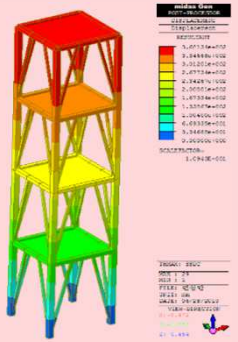
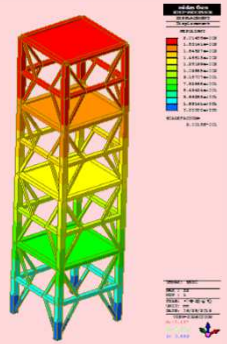
6.342N → 10.878N 약 1.7배

스크래치 Plate 선정!!

6 해석 - MIDAS

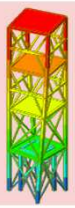
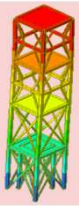
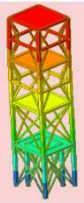
<가새 선정>

취성파괴를 피하고자 연성이 우수한 편심가새를 선택
MIDAS GEN을 통해 편심 가새와 이중편심가새의 변위 비교
건물전체의 강성을 높여 주고자 하부층은 X자 중심가새로 선정

종류	편심 가새	이중 편심 가새
형태		
변위	368.1 mm	201.5 mm

➡ 상대적으로 변위가 작은 이중 편심 가새 선택

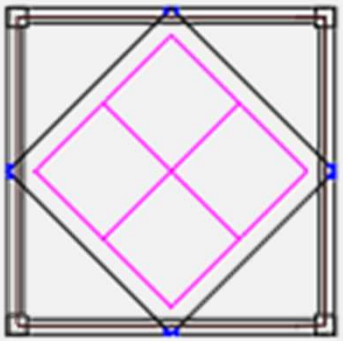
<모드 현상>

모드	1차모드	2차모드	3차모드	4차모드	5차모드
MIDAS					
DxDy (mm)	0.471	0.465	0.465	0.046	0.046
PERIOD (sec)	0.585	0.583	0.583	0.379	0.379

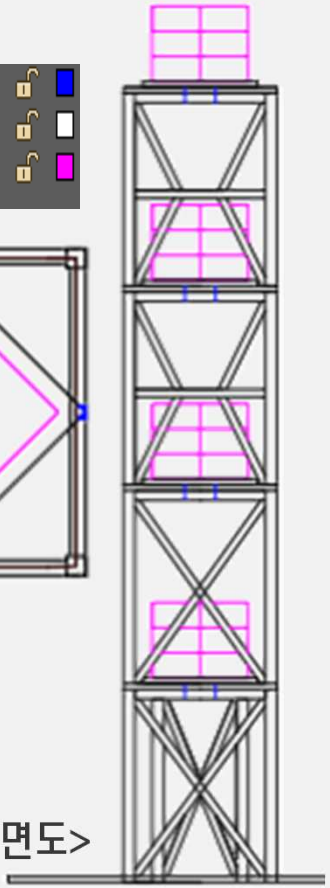
구조물의 1~5차 모드 고유주기 (0.379 ~ 0.585sec) 예상

7 상세 도면

< 2D >

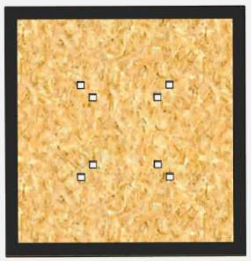


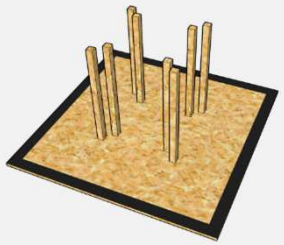
<평면도>



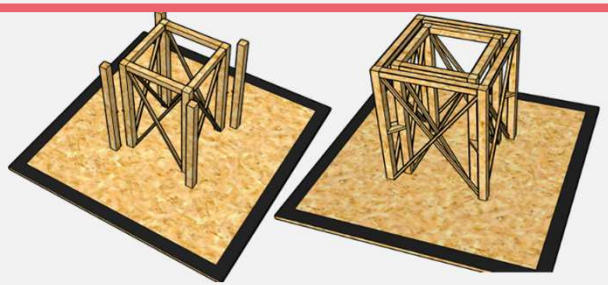
<입면도>

< 3D > Sketch up

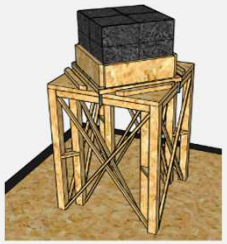




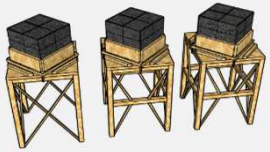
1. 기초판에 기둥 구멍 천공, 기둥 세우기



2. 가새, 코어, 아웃리거 연결

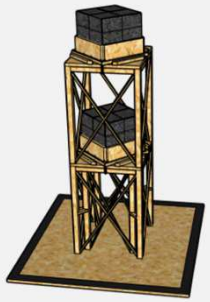


3. 마찰 댐퍼 설치

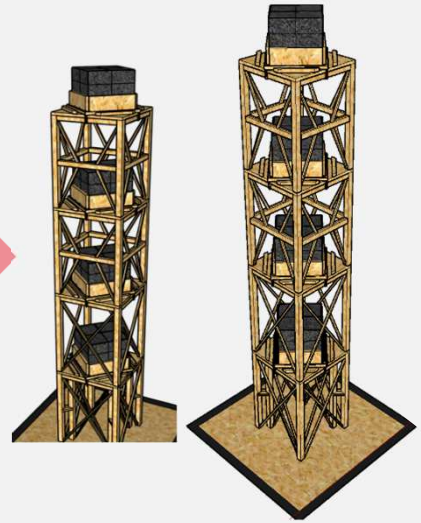


4. 각 층마다 개별 제작

5. 각 층 연결 및 완성



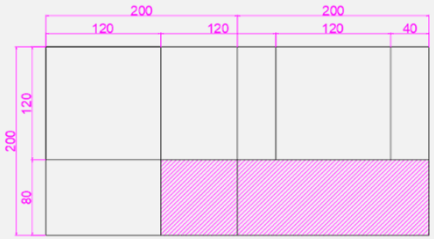
실제 제작 작품



내역서

재료명	재료 규격	부재명	부재 규격	부재 개수	재료개수	재료 단가(백만원)	금액(백만원)	나머지
MDF Strip	600mm X 4mm X 6mm	외부 기둥	200mm X 12mm X 12mm	16개	32개	10	320	
		내부 기둥	200mm X 10mm X 10mm	4개	5.3개 → 6개		60	200mm
		외부 보	136mm X 10mm X 10mm	8개	8개		80	56mm X 8개
		내부 보	80mm X 10mm X 10mm	4개	2.3개 → 3개		30	40mm x 2개 440mm
		가새(1, 2층)	234mm X 4mm X 6mm	16개	8개		80	132mm X 8개
		가새(3, 4층)	102mm X 4mm X 6mm	32개(—12개)	8개		20	90mm X 8개
		가새 보	136mm X 10mm X 10mm	8개	8개		80	56mm X 8개
		내부 가새	207mm X 4mm X 6mm	8개	4개		40	186mm X 4개
MDF Plate	200mm X 200mm X 6mm	슬래브	160mm X 160mm X 6mm	4개	4개	100	400	14400mm^2
		하중블록판	120mm X 120mm X 6mm	4개	2개		200	22400mm^2
면줄	600mm	실	600mm	16개	16개	10	160	
A4지	A4지					10		
접착제	20g				2개	200	400	

- 남은 가새(1, 2층), 내부 가새 → 가새(3, 4층)
- 하중블록판 절약



→ 경제성↑

= 총 액 : 1870 백만원