



2025 구조물 내진설계 경진대회 설계제안서

팀명 | 김홍내진설계

지도 | 김홍진 교수님

소속 | 경북대학교 건축공학과

팀장(3)	팀원(4)	팀원(3)	팀원(4)
윤동준	박진형	서영호	이채현
3D 모델링	구조해석 및 분석	PPT 작성	CAD 도면 작성
물성치 분석	경제성 분석	시공성 분석	MIDAS 모델링
구조물 제작	구조물 제작	구조물 제작	구조물 제작
실험	실험	실험	실험

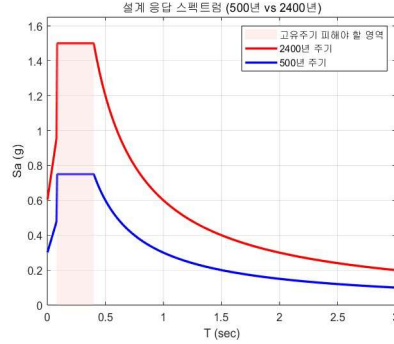


1. 설계 개요

설계 목적 구조물 붕괴방지를 위한 내진설계

유효 수평 지반 가속도(S)		성능목표	
500년	0.3g	500년	기능수행
2400년	0.6g	2400년	붕괴방지

지진파 분석



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

0.08 ~ 0.4 sec에서 설계 스펙트럼 가속도 최대

▶ 성능목표 충분히 수행 가능한
0.7g일 때 파괴유도

물성치 분석

1) 단면2차모멘트

구분	12mm x 12mm	10mm x 10mm	8mm x 12mm
단면도			
단면2차모멘트(mm ⁴)	$I_x I_y = 832$	모멘트, 시공성 고려 $I_x I_y = 832$	$I_x = 1152$ $I_y = 512$

3) 마찰계수 실험

구분	판+록타이트판	판+종이불인판	볼베어링판
단면도			
마찰계수	0.128	0.96	0.02

2) 전단강도 실험

접합부 종류	일반기둥	기둥+톱밥	기둥+거셋플레이트
실험과정			
전단력[F]	52.92N	131.32N	199.92N
면적[A]	96mm ²		
전단응력[v=F/A]	0.551N/mm ²	1.388N/mm ²	1.873N/mm ²

정사각 기둥

볼베어링 판

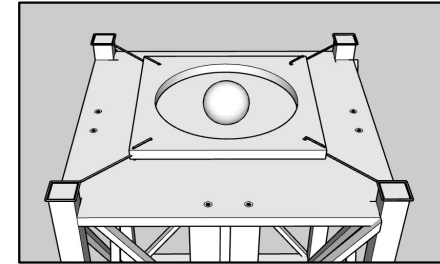
거셋 플레이트

2. 면진구조 상세

아이디어 구상

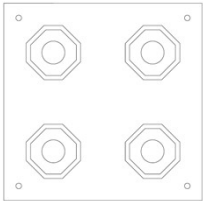
- 지진이나 외력에 의한 상하판의 상대 변위에 유연하게 대응하고, 회전과 이동이 가능한 구조로 에너지 분산 및 이탈 방지를 동시에 구현함.
- 단순한 구조로도 내구성, 유지보수 용이성, 실험 반복성에서 유리한 장점을 가져 볼베어링을 선택함.

전체 형상



지진이나 작동 중 과도한 변위로 상·하판 사이에 과도한 간격이 발생할 경우 **볼이 이탈되는 현상**을 방지하여 면진 기능을 지속적으로 수행할 수 있도록 이탈 방지 구조물을 갖춘 볼베어링형 면진장치

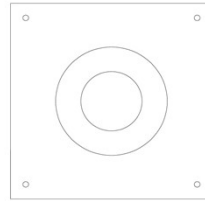
초기 아이디어



적용 결과



개선 방안

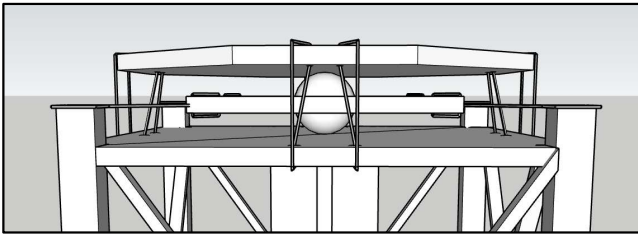


- 볼베어링을 4개로 제작하여 각각 부착
- 볼케이스도 평면에 부착

- 볼베어링의 효과는 나왔으나 볼케이스의 강성 부족
- 동일 크기의 볼베어링 제작의 한계를 느낌

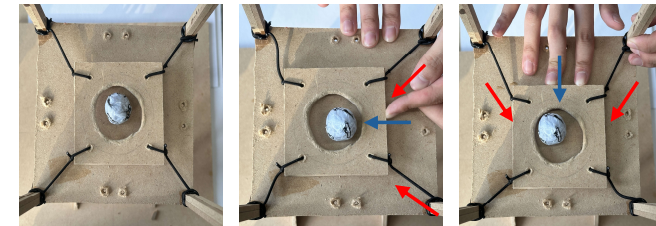
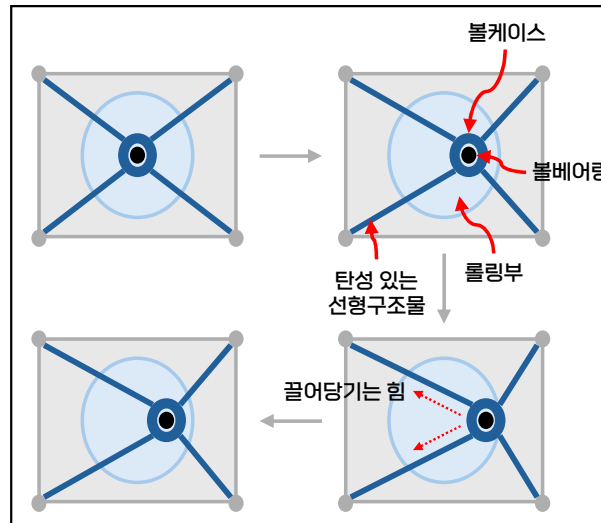
- 볼케이스의 강성을 높일 방안 고안
- 볼베어링의 개수를 1개로 축소

구조 효과



- 상판과 하판의 지나친 간격의 벌어짐으로 순간적으로 볼베어링에는 아무런 하중이 걸리지 않으면서 탄성이 있는 선형구조물에 의해 반대 방향으로 볼베어링이 끌려오게 되므로 **볼베어링이 면진구동부 밖으로 나가지 않게 됨**
- 또한, 볼 이탈방지 구조물은 단순한 볼 이탈방지 기능 외에도 탄성이 있는 선형구조물의 탄성을 크게 하는 경우에 **볼베어링 롤링 시의 변위폭을 적게 소모하는 역할**을 할 수 있음
- 즉, 볼베어링의 이동에 대한 저항 역할을 함으로써 지진 세기 대비 소모되는 **볼베어링의 이동폭을 줄이는 효과**를 가져옴

작동 원리



- 볼베어링을 중심으로 감싸주는 **볼케이스** 형성
- 볼케이스를 **각형**으로 형성하여 **4곳에 줄 연결**
- 볼베어링을 당겨 중앙으로 돌아갈 수 있도록 **탄성 있는 줄** 사용

3. 실험 과정 및 분석

1차 실험



제작 방안

- 1) 면진구조물 단면을 팔각형으로 하여 하중 분산 효과 유도함
- 2) 메가칼럼과 내부구조물을 고무줄로 연결하여 치우침 방지
- 3) 고무줄 장력으로 볼케이스를 공중에 띄워 바닥판과의 마찰 방지

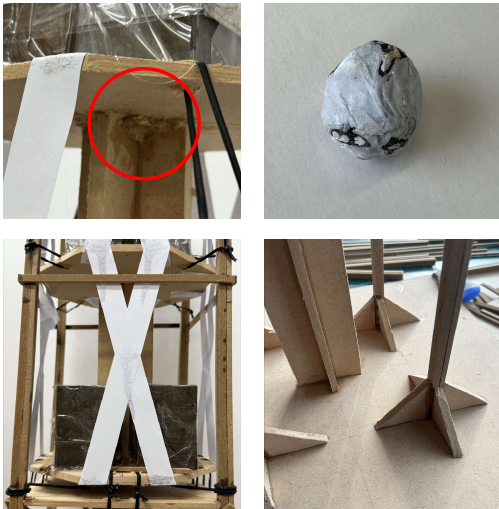
문제점 분석

- 1) 3층 중앙 메가코어 상부와 바닥판 사이의 **접합부에서 접착력이 부족하여** 3,4층 분리 거동 현상이 발생됨
- 2) 종이로 만든 **볼베어링의 강성 부족**으로 압축되어 볼베어링의 효과를 제대로 발휘하지 못함
- 3) **150 x 150mm**의 면진구조물 단면 크기 협소로 추 넣을 공간이 부족하여 추 이탈이 우려됨

실험 결과

- 0.4g에서 구조물 붕괴**
 ▷ 3층 중앙 메가코어 상부와 바닥 판 사이가 분리되어 파단

최종 실험



개선 사항

- 1) 부재 제작 시 생기는 **틈밥**을 사용하여 접착력 증진 및 기둥-슬래브 간 수평맞춤
- 2) **종이로 만든 X자 가새**를 추가하여 면진구조물의 비틀림 현상 및 강도 증대
- 3) 볼베어링 제작 시 종이와 스트링 고무줄, 틈밥을 혼합하여 **볼베어링의 강성 증대**
- 4) 슬래브 제작 시 남은 부재로 **거셋 플레이트**를 제작하여 메가칼럼의 강성 증대
- 5) 면진구조물 단면을 **160X160mm**으로 변경하여 추 배치 공간 확보



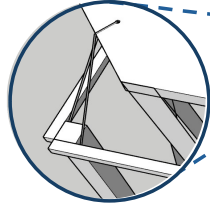
실험 결과

- 0.72g에서 구조물 붕괴**
 ▷ 좌굴에 의한 메가칼럼 파단
 ▷ 0.6g까지는 구조부재의 손상이 발생하지 않아 지진 피해 최소화
 ▷ 볼베어링의 강성이 강해지면서 면진층의 거동이 효과적으로 확보됨
 → **이상적인 설계안으로 판단**

4. 최종 디자인

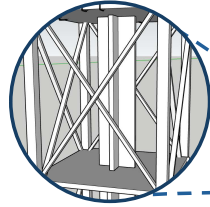
고무줄

- 일체기둥과 연결하여 횡력과 반대되는 고무줄의 장력 유도
- 내부의 면진구조물이 중심에 위치하도록 하여 편심을 줄이고 구조 안정성 높임



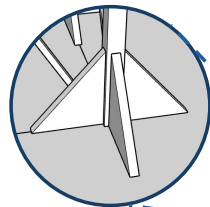
X자 가새

- 변위가 가장 작은 x형 가새를 면진 장치 밑까지 적용
- 구조물의 강성 증대



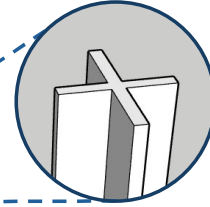
거셋 플레이트

- 슬래브 제작에 사용하고 남은 MDF판 이용
- 응력 집중 완화
- 국부 파괴 방지
- 기둥 접합부 좌굴저항성 확보



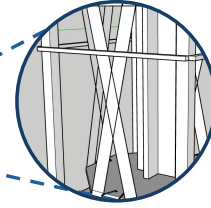
MEGA CORE

- 슬래브 제작에 사용하고 남은 MDF판 이용
- 십자 단면으로 경제성 및 시공성 확보
- 하부층 강성 확보와 변형의 최소화



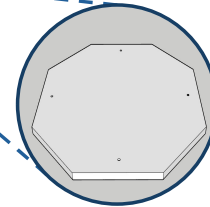
종이 가새

- 내부 구조물의 비틀림 방지
- MDF 대신 종이 사용하여 시공성 및 경제성 확보



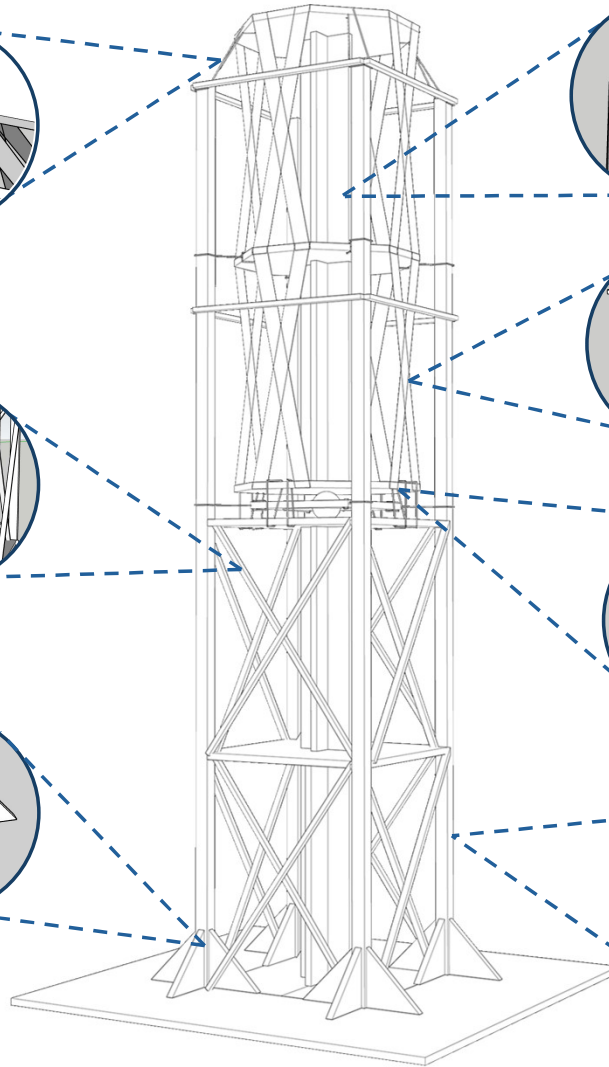
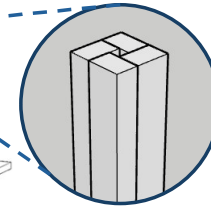
팔각형 평면

- 원형과 유사할수록 하중의 분산 효과 상승
- 시공성 고려하여 재단이 쉬운 팔각형 사용

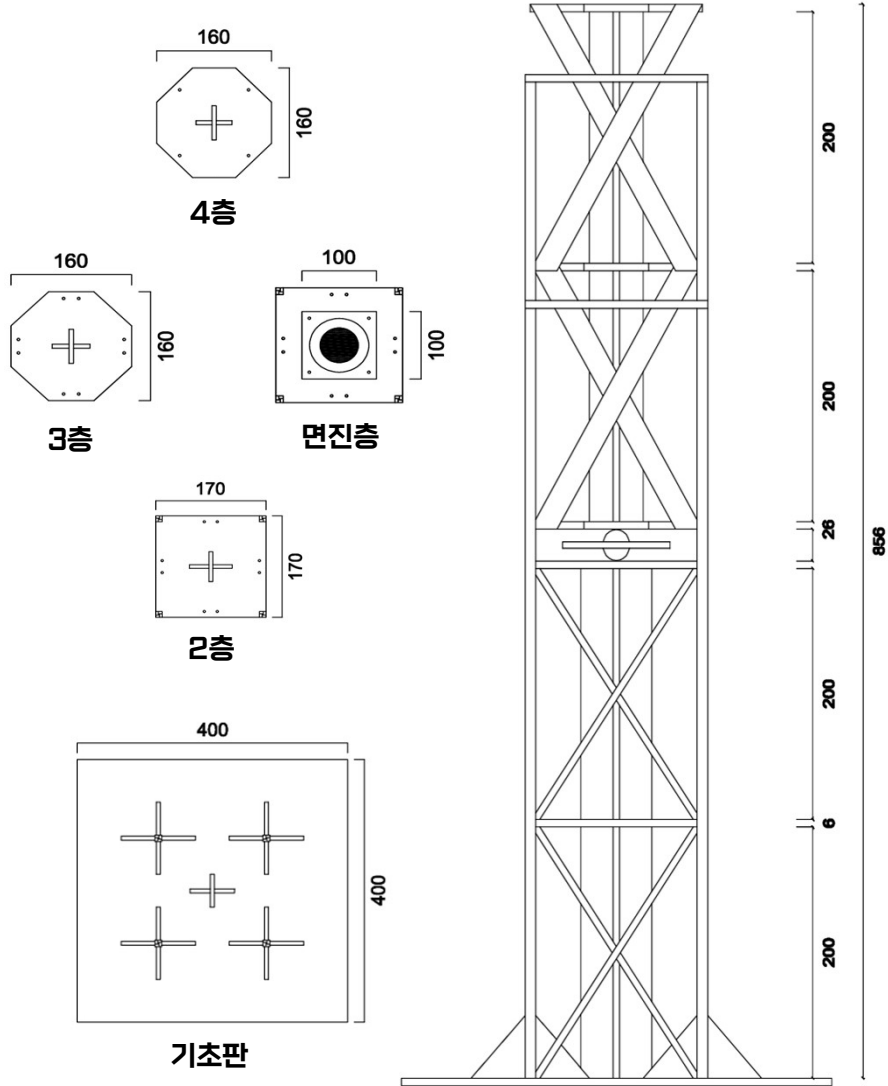


MEGA COLUMN

- 총길이 800mm에 이르는 일체형 기둥
- 각 막대의 이음부를 다르게 배치하여 응력 분산 유도 및 연결부 약점 최소화



5. 입면도 및 평면도



6. 예산안 및 공정표

부재명	부재규격	단가(백만원)	부재개수(개)	합계(백만원)
MDF Base(기초판)	400mm x 400mm x 6mm	0(기본제공)	1	0
MDF Strip	600mm×4mm×6mm	10	35	350
MDF Plate	200mm×200mm×6mm	100	7	700
스트링 고무줄 (φ2~3mm)	600mm	40	7	280
A4지	A4	10	2	20
접착제	20g	200	3	600
총합금액				1950

	부재명	부재면적(mm)	부재개수
MDF strip	외곽기둥	800x10x10	24
	1,2층 X자 가새	260x4x6	8
	4층 및 옥상 층 1자 가새	170x6x4	남는자투리활용
MDF plate	1,2층 슬래브	170x170x6	2
	3,4층 슬래브 및 천장	160x160x6	2
	볼베어링 구조물	100x100x6	1
	1층 메가칼럼	200x50x6, 200x30x6(2개)	2
	2,3,4층 메가칼럼	200x50x6, 200x20x6(2개)	2
스트링 고무줄	스트링 고무줄	600	7
A4	A4		2

구분		소요시간					
		1시간		2시간		3시간	
		20분	40분	60분	20분	40분	60분
제작	외곽기둥 및 가새 제작	■	■				
	슬래브재단 및 제작	■	■				
	볼베어링 제작		■	■			
조립	메가칼럼 제작		■	■			
	슬래브 및 외곽기둥 조립			■	■		
	메가칼럼 및 슬래브 조립			■	■		
마감	가새 조립				■	■	
	스트링 고무줄 연결				■	■	■
	하중 설치					■	■
	마무리 보강					■	■
총 공정 시간							2시간 20분