



서울과학기술대학교 건축공학과

2023 구조물 내진설계 경진대회

2023 SEISMIC STRUCTURAL DESIGN CONTEST



장예승

총괄 팀장
아이디어 구상
PPT 작성

조아진

지진파 분석
구조 해석
PPT 작성

이민우

대회 규정 분석
물성치 분석
경제성 분석

조현수

3d 모델링
도면 제작
시공성 분석

[지진파 분석]

재현주기 (년)	유효수평지반가속도 (S)
500	0.3g
2400	0.6g

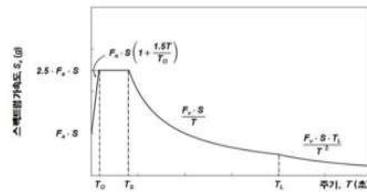
성능 목표	
재현주기 (년)	구조물의 성능 수준
500	기능 수행
2400	붕괴 방지

지진의 고유주기
$T_0 = 0.2 S_{D1}/S_{DS}$ 500년, 2400년 -> 0.08sec
$T_S = S_{D1}/S_{DS}$ 500년, 2400년 -> 0.4sec
$T_L = 5$

지반증폭계수	
단주기 (Fa)	1.5
1초주기 (Fv)	1.5

설계 스펙트럼 가속도	
단주기	500년 : 0.75g
	2400년 : 1.5g
1초주기	500년 : 0.3g
	2400년 : 0.6g

표준설계응답스펙트럼



“0.08 ~ 0.4 sec에 설계 응답 스펙트럼 가속도 최대치, 지진 가속도 0.7g 에서 구조물 파괴 유도 설계”

[설계 계획]



< 내진구조 > < 제진구조 > < 면진구조 >

- **내진구조** : 구조물의 내구성을 강화(내진벽, 철근 등 이용)시켜 구조물 자체 내력으로 지진에 대항

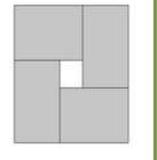
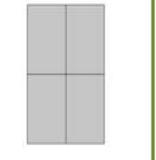
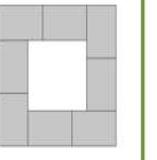
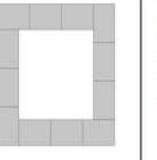
- **제진구조** : 지진 하중을 흡수하는 제진장치가 지진력 반대 방향으로 힘을 줘, 구조물이 부담해야하는 지진력을 감소

- **면진구조** : 건물과 지반 사이 고무나 볼베어링과 같은 면진 장치를 삽입해 구조물에 전달되는 지반 진동을 저감

- < 내진구조 > - 십자가 모양의 코어 기둥을 이용한 강성을 강조한 내진 하부층 구성
- < 제진구조 > - 팔각형의 슬라브판으로 하중을 분산시켜 지진에너지를 상쇄하여 구조물 제어
- < 면진구조 > - 3층에 도르래를 사용하여 추의 하중 및 기둥으로 전달되는 충격량을 단단한 바닥판으로 분산
- 2,3층 사이 면진 구조를 사용하여 충격 받는 시간을 늘려 외부 기둥으로 전달되는 충격량 감소
- 이중 면진을 사용하여 상단부와 하단부를 분리시켜 추의 무게가 미치는 영향 최소화

“ 최종 목표 : 0.7g에서 4층 기둥 파단 ”

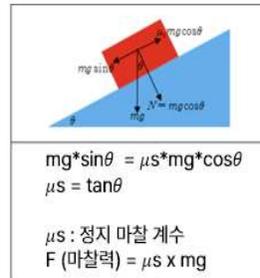
[MDF Stripe 조합 별 물성치 분석]

	10 x 10 (mm)	8 x 12 (mm)	16 x 16 (mm)	22 x 22 (mm)	물성치 분석 방식 
모양					
lx	832 mm4	152 mm4	5,120 mm4	16,320 mm4	
ly	832 mm4	512 mm4	5,120 mm4	16,320 mm4	

균일한 단면 성능과 힘의 저항을 고려하여 **10 x 10**을 기둥으로 선정,
내진성능/경제성 및 팔각형 바닥판의 면적 제한을 고려하여 **16 x 16**을 4층 코어로 선정

[MDF 마찰 계수 실험]

	MDF - MDF	A4 - A4
		
임계각 (도)	17	15
정지 마찰 계수	0.31	0.28



2층과 3층 사이 면진 장치에 마찰계수가 더 작은 **A4-A4**로 선정

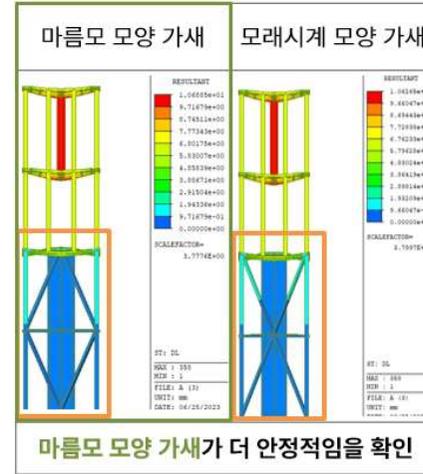
[종이 댐퍼 최대 수축 길이 실험]

	한 줄로 접은 종이 댐퍼	두 줄을 교차해서 접은 종이 댐퍼
		
최대 수축 가능 길이 (cm)	0.4	0.7

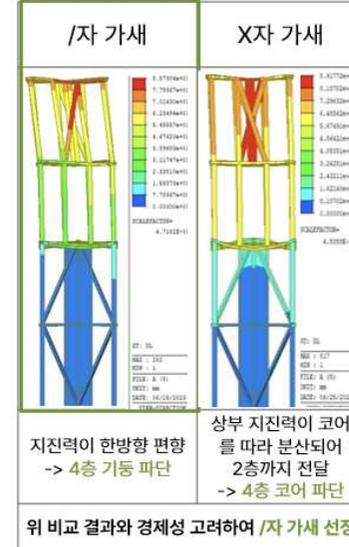
3층 텐세그리티 장치의 충격을 방지하기 위해
최대 수축 가능 길이가 더 긴 **두 줄을 교차해 접은 종이 댐퍼**를 사용

[MIDAS GEN을 통한 구조 성능 분석]

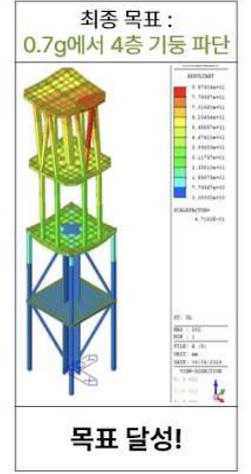
1. 하부층 가새 비교



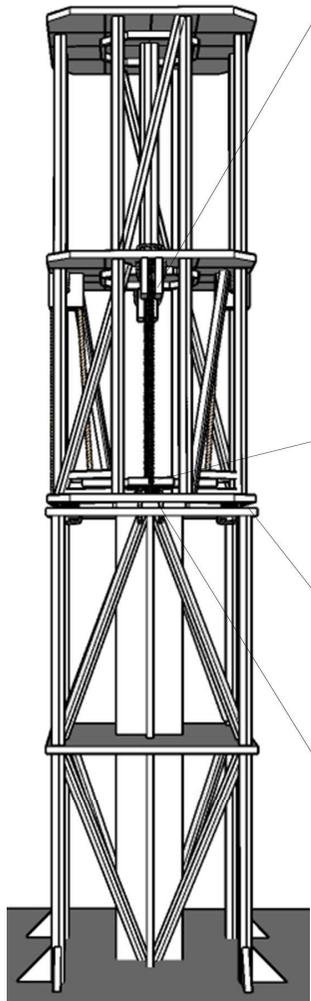
2. 상부층 가새 비교



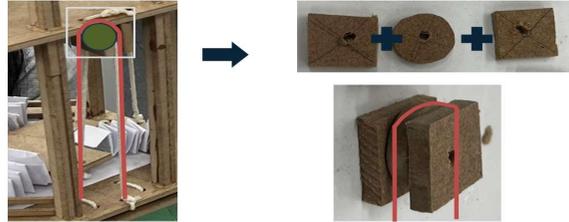
3. 목표 달성 확인



[면진 구조 설계]



1. 도르래 (고정 도르래)



제작 방법:
두 사각형 Plate 사이에 있는 작은 원형 Plate 위로 면줄을 걸어 실의 길이가 유동적으로 조절 가능하도록 함

면줄 연결도:
< 3층 내부 추 지지대 - 도르래 - 3층 바닥 Plate >

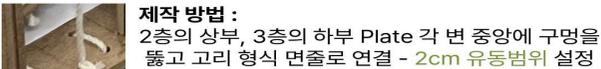
고정 도르래로 인해 줄을 당기는 힘의 방향이 분산
-> 지진력이 한쪽으로 쏠리는 경우를 방지

2. 3층 내부 추 지지대

제작 방법:
3층 바닥 Plate와 추를 지지하는 십자가 모양의 Plate 사이에 A4 - A4를 이용하여 마찰력 감소



3. 면줄 보강 : 상하부 면진 Plate



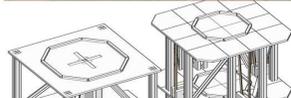
제작 방법:
2층의 상부, 3층의 하부 Plate 각 변 중앙에 구멍을 뚫고 고리 형식 면줄로 연결 - 2cm 유동범위 설정

2/3층 사이 상하부 면진 Plate
-> 지진력과 반대방향의 면진 시스템

4. 상하부 면진 Plate 사이 팔각형 면진 장치



제작 방법:
모서리가 6cm, 3cm인 팔각형 모양의 Stripe 생성 (6cm : Plate 하단부에 부착, 3cm : Plate 상단부에 부착)



두 팔각형 사이 원통형 종이댐퍼
-> 수평방향 힘 상쇄

[1차 실험 결과 및 문제점]

“ 실험 목표 : 0.7g에서 4층 기둥 파단 ”



[1차 모델 제작]

1. 기초판 고정 부실

: 지진파 실험 기초판이 제대로 고정되지 않아 불안정

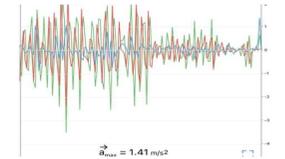
2. 면줄 길이 조절 실패

: 도르래에 연결되어 있는 면줄과 추 바닥판이 너무 팽팽하게 고정되어 면진 구조 역할을 제대로 수행하지 못함
또한, 2/3층 면진 Plate 사이 면줄도 팽팽하게 고정되어 면진 구조 역할을 제대로 수행하지 못함

3. 진동의 힘과 방향이 일정하지 않음

: 진동대의 정확한 힘과 방향이 주어지지 않고, 수동으로 실험을 진행하였기에 정확한 실험 결과를 도출하기 어려웠음

1.42g에서 1층 파단 <-



[해결 방안 및 2차 실험 결과]

1. 기초판 고정

: 기초판과 진동대 사이를 접착 용품을 제대로 사용하여 고정

2. 면줄 길이 조절

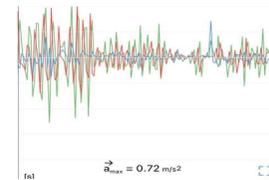
: 도르래 연결 면줄과, 2~3층 사이 면진 구조에 사용되는 면줄을 적당한 장력으로 묶음

3. 진동 장치

: 실제 실험 시 제공하는 진동 발생 장치를 이용하면 해결

4. 상부층 가새 추가

: 안정성 강화를 위해 상부층에 /자 가새 추가



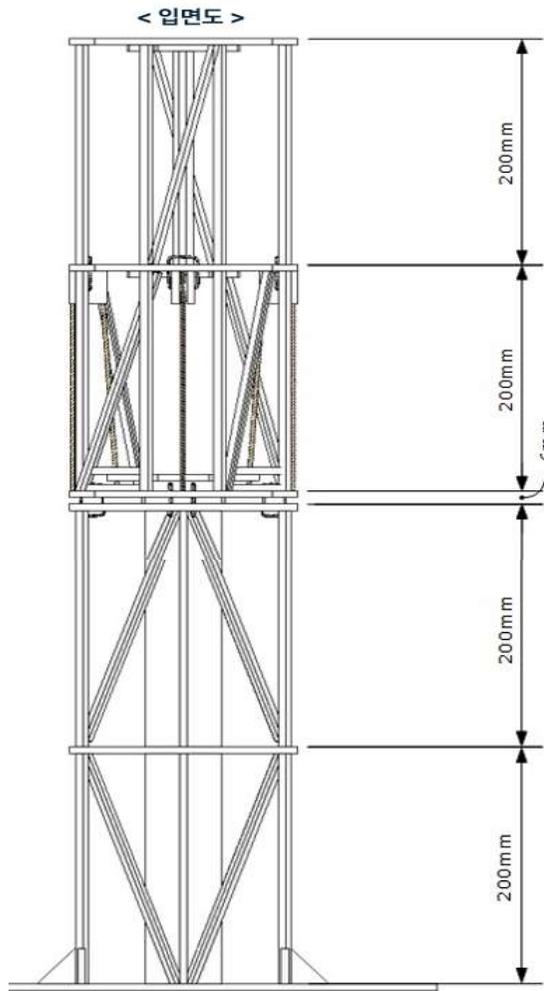
-> 0.72g에서
4층 기둥 파단

2차 모의 실험 후 0.72g에서 3~4층 사이 기둥 파단.
하부층은 강력하게 고정, 면진 장치 제대로 기능.

“ 실험 목표 도달 ”



[3~4층 기둥 파단]



1. 도르래
: 면진장치(1)



: 고정 도르래 원리
-> 힘의 방향이 분산되어
지진력의 편향을 방지

3. 면진장치(2), 종이댐퍼



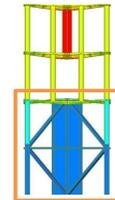
: 추바닥 판과 기둥 사이
스프링 형태의 종이 댐퍼
-> 무게 추 흔들림 상쇄,
변위 제어

5. 십자코어



: 지진하중에 의한 진동을
중심에서 제어하며,
상부하중을 지지하고
전단력에 저항

7. 하부층 마름모 모양 가새



: 코어 - 기둥
연결시켜
지진력 분산

2. 상부층 /자 가새

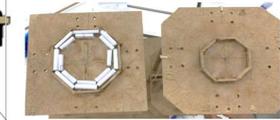


: 지진력이
한방향 편향
->
4층 기둥 파단

4. 팔각형 바닥판

: 도르래로 인해 트러스
설치 불가 문제 해결,
사각형보다 원형에 가까워
안정성 확보

**6. 면진장치(3),
원통형 종이 댐퍼**



: 지진력에 의해 가해지는
수평방향 힘 상쇄

8. 외부 가새

: Plate를 팔각형으로
재단 후 남은 부분 활용

-> 경제부담 감소

**Strip와 Plate
최적의 사용 :
총 410만원 절감**



[공정표]

부재명		30분	60분	90분	120분	150분	180분	210분	240분
		1시간		2시간		3시간		4시간	
재료 제작	Plate or 기초판 천공								
	가새 제작								
	벨트 트러스, 아웃리거								
	기둥 제작								
	면줄 제작								
시공	기둥 부착								
	면줄 엮기								
	재료 연결								
	면줄 연결 및 매듭짓기								
	벨트트러스 및 아웃리거, 연결								
작도	Plate 천공 작도								
	Strip 길이 작도								

장예승	
조아진	
조현수	
이민우	
모두	

[예산안]

종류	용도	단가 [백만원]	사용수량 [개]	비용 [백만원]	합계
MDF Base	기초판	-	1	-	-
MDF Strip	기둥	10	38	380	600
	4층 코어		5	50	
	트러스		7	70	
	가새		10	100	
MDF Plate	슬라브	100	5	500	700
	코어		2	200	
	추 바닥판		-	-	
	외부 가새		-	-	
면줄	면진 장치	10	3	30	150
	도르래		12	120	
A4지	-	10	3	30	30
접착제	접착	200	2	400	400
총계 : 600 + 700 + 150 + 30 + 400 = 1880					1880