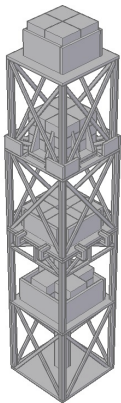


2025년도 구조물 내진설계 경진대회

Team "견뎌봐유"





충북대학교
토목공학부

Team "견뎌봐유"

자문위원 및 지도교수

충북대학교 토목공학부
김성보 교수님

김한영 (3)

팀장
아이디어 구상
도면 제작
구조물 제작

강주찬 (3)

물성치 분석
구조해석 및 분석
구조물제작

임희림 (3)

아이디어 구상
제안서 작성
구조물 제작

전기웅 (3)

부재 상세 설계
경제성 분석
구조물 제작

INDEX

01 INTRODUCTION

1. 대회 규정 분석
2. 내진 전략 선택

02 MAIN

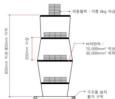
1. 지진파 분석
2. 물성치 분석
3. 작품 제작 및 실험
4. 최종 설계안 도출
5. 입면도 및 평면도

03 CONCLUSION

1. 경제성 분석
2. 시공성 분석

대회규정분석

1. 구조물의 내진설계 목표와 성능수준의 이해
2. 구조물의 지진 시 거동 예측 능력 및 부재강도 평가 능력
3. 500년 빈도 지진발생 시 기능수행 수준 내진설계
4. 2400년 빈도 지진발생 시 **붕괴방지 수준 내진설계**
5. 설계지진 초과시 구조물의 붕괴 해커니즘을 고려한 **파괴를 유도**하는 정밀한 설계
6. **시공성과 경제성**을 고려하고 구조물의 **심미성과 창의성**을 추구하는 설계
7. 구조해석 능력 외 도면화, 수량산출 및 내역작성 기술



파괴 가속도	0.2<	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
구조성	9	14	19	25	28	30	28	25	19	14	9



지진파 분석을 통해 0.7g에서 파괴유도를 목표로 구조물을 제작하는데 드는 비용을 최소화, 시공성, 창의성, 심미성까지 고려하여 구조물 붕괴방지를 위한 내진설계

내진 전략 선택



내진구조

구조물 강성증가로 지진력에 저항



면진구조

건물과 지반 사이에 전단변형 장치로 지반과 건물 분리



제진구조

구조물의 진동을 제어하는 장치 설치



2층과 3층 사이에 A4와 A4로 면진 구조
+
4층에 정팔각형 바닥과 롤러를 이용한 제진 구조

지진파 분석

과연주기(년)	유요수평지반가속도(%)	위험도계수(1)	지진구역계수(2)	구조물의 성능수준
500	0.3g	1.0	0.3g	기능수준
2400	0.6g	2.0	0.3g	불량방지

지반응답증폭계수	
단주기	1.5
1초 주기	1.5

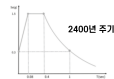
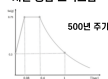
유요수평지반가속도	500년	2400년
단주기 설계 스펙트럼 가속도 SD1	0.75g	1.5g
1초주기 설계 스펙트럼 가속도 SD5	0.3g	0.6g

$$T_b = 0.2S_{D1}/S_{D5} = 0.08s$$

$$T_b = S_{D1}/S_{D5} = 0.4s$$

→ 0.08 ~ 0.4 sec 에서
설계 스펙트럼
가속도 최대

-지반 응답 스펙트럼



물성치 분석

- MDF 탄성계수

$$E = \frac{PL^3}{3\delta I} \quad P=2.45N, L=50mm, \delta=5mm, I=32mm^4$$

→ E = 638MPa



→ 주어진 MDF Strip으로 만들 수 있는 모양 중 단면 2차모멘트와 시공성을 고려하여 최적의 외각기둥의 단면 결정

→ 사용 후 남은 MDF Plate를 활용하여 만들 수 있는 모양 중 경제성을 확보할 수 있는 MEGA Core 기둥의 단면 결정

물성치 분석

- 스트링 고무줄 탄성계수

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{PL}{A\Delta L}$$



P=2.45N $\Delta L=315\text{mm}$
 $\rightarrow E=0.656$



P=4.9N $\Delta L=455\text{mm}$
 $\rightarrow E=0.908$

L=50mm
 A=직경 2mm 일 때,

→ 고무줄의 탄성계수를 고려해 면진구조와 제진구조에 사용

정지마찰계수 측정실험



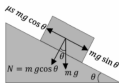
<MDF-MDF>



<MDF-A4>



<A4-A4>



$$\mu_s m g \cos \theta = m g \sin \theta$$

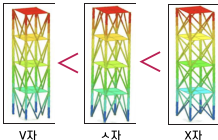
$$\mu_s = \tan \theta$$

구분	MDF-MDF	MDF-A4	A4-A4
임계각	40	31	26
정지마찰계수	0.84	0.6	0.49

→ 정지마찰계수 값이 가장 작은 A4-A4 를 2-3층 사이 면진 구조에 적용

MIDAS 분석

- 가새 선정



Midas 분석 결과에 따라
지진 하중에 저항력이 가장
커서 최대 변위가 가장 작은
X자 가새 선정

작품 제작 및 실험

- 1차 진동대 실험



- 1차 구조를 분석

- 1층- X자 가새 설치로 지진하중 횡변위 저항
- 1,2층- 중앙에 단면2차 모멘트가 큰 매가코어기둥 설치로 구조물 하중을 견디고 횡변위 저항
- 2층- 외부기둥과 내부기둥을 연결하는 아웃리거와 기둥 사이에 연결되어있는 벨트트러스가 수평변위 저항과 하중 분산
- 2,3층 연결부- 상부층과 하부층을 분리하는 면진구조를 설치하여 상부로 전달되는 지진에너지 감소

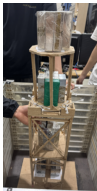
- 문제점

- 면진층이 지지하는 하중이 커서 면진층이 제대로 작동하지 못함
- 3,4층의 구조물의 가새 부족으로 인해 수평 감성 부족

→ 0.3g 붕괴

작품 제작 및 실험

- 2차 진동대 실험



- 2차 구조를 분석

- 면진층이 부담하는 하중을 줄이기 위해 면진층을 2,3층 연결부에서 3,4층 연결부로 이동
- 4층 구조물 강성을 높이기 위해 단면2차모멘트가 더 큰 기둥으로 교체
- 3층 천장에 고무줄로 추가 추를 활용한 TMD(동조질량감쇠기)를 설치하여 진동에너지 흡수

- 문제점

- 3,4층의 면진구조가 여전히 하중을 견디지 못해 제대로 작동하지 못함
- 4층 구조물에서 교체한 기둥이 수평변위를 견디지 못함
- 진자운동을 하는 TMD의 거동을 예측하기 어려움
- 면진장치와 제진장치의 위치 선정의 문제점 발견

→ 0.4g 붕괴

- 3차 진동대 실험



- 3차 구조를 분석

- 4층의 진자운동을 하는 TMD에서 수평변위로만 움직이는 제진장치로 변경
- 면진층 위에 제진장치를 설치하여 면진층으로 감소된 지진에너지를 제진장치에서 상쇄
- 1,2층과 3,4층을 분리하고, A4용지를 사용하여 마찰력을 줄인 면진구조로 변경
- 4층 구조물에 X자 가새를 설치하고 가새의 좌굴 방지를 위해 종이를 덧대서 강성 증가

→ 0.7g 붕괴

→ 최종 모형 결정

최종 설계안



-재진구조

상면과 추가 수평 방향의 진동을 받게 되면 롤러에 의해 수평 방향으로 자유롭게 움직이며 충격이 흡수된다. 이로 인해 구조물에 충격이 직접적으로 전달되지 않게 되고, 고무줄 자체도 damper이기에 때문에 에너지를 흡수하고 상면을 원래 위치로 되돌리는 복원력을 제공한다.



Midas 분석 결과에 따라 지진 하중에 저항력이 가장 커서 최대 변위가 가장 작은 X자 가새 선정
+ 치투리 A4 볼에 보강



-연진구조

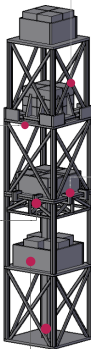
구조물의 중간중간에서 건물 사이를 분리해 전달되는 지진에너지를 감소시키는 연진 구조를 설치한다. 정지 마찰계수 실험에서 알 수 있듯이 A4-A4면을 선택해 마찰력을 최대한 줄여 지진에너지를 감소시키는 효과를 극대화했다.

연진 장치의 가동 수평 가동범위가 1/50~1/100인 것과 경재성을 감안하여 c자 가이드의 안쪽 깊이를 전체높이 855mm의 1/57인 15mm로 설정하고 수직 롤링을 방지하였다. (가운데 관에 구멍 뚫어 고무줄로 연결해 복원시킨다.)



-아웃리거 + 벨트트러스

코어 기둥의 회전을 막아주며 코어 기둥에 받는 힘을 벨트 트러스로 전달시키는 역할을 하는 아웃리거를 횡모멘트가 가장 커지는 2층 상부에 설치. 벨트 트러스는 외각 기둥을 하나의 프레임처럼 묶어서 코어 기둥과 아웃리거로부터 받는 힘을 각각의 부재(외각기둥)에 분산시킨다.



자투리 MDF Plate를 활용하여 추이탈을 방지하는 가이드를 만들어 경재성 높임



-테가코어

건물 중심에서 진동과 같은 횡하중과 수직하중을 지지하는 역할을 한다. 속이 비어있는 박스형 단면이기 때문에 재료를 절약할 수 있으면서 단면 2차 모멘트가 크기 때문에 높은 휨강성을 가져 전체 구조물의 뒤틀림과 좌굴 제어에 유리하다.

제진장치 제작과정 및 분석



-롤러 제작과정

1. MDF Strip을 사포를 활용하여 원기둥 모양으로 만든다.
2. 10x297mm A4용지를 원기둥 막대에 감아 붙인다.
3. 55x297mm A4용지를 말아 지름 10mm의 롤러를 만든다.

완성본



-바닥면 제작과정

1. 롤러의 이동을 방지하고 수평변위를 제어하기 위한 $n \times n$ 범위의 사각형 울타리 제작

2. x, y 축의 변위 뿐 아니라 모든 방향의 움직임을 제진장치에 적용하고 판의 들림을 방지하기 위해 고무줄로 꼭짓점의 삼각형과 추가 올라갈 판을 연결하기에 가장 적합한 팔각형 바닥면 선택

도면



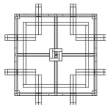
입면도



1층 평면도



3층 평면도



2층 평면도



4층 평면도

경제성 분석

부재명	부재규격	단가(백만원)	수량	합계(백만원)
MDF Plate	400x400x6 mm	-	1	-
MDF Strip	200x200x6mm	100	10	1000
MDF Plate	600x6x4mm	10	37	370
스프링 고무줄	600mm	40	2	80
A4용지	A4	10	2	20
접착제	20g	200	2	400
총액				1870

➔ 사용하고 남은 재료까지 활용하여 경제성 확보

시공성 분석

구분		1시간						2시간						
		10분	20분	30분	40분	50분	60분	10분	20분	30분	40분	50분	60분	
재료 제작	배덕판	■	■											
	기둥 및 코어 제작	■	■											
	가새 제작			■	■	■								
	체진장치 제작			■	■	■	■	■	■					
시공	부재 연결					■	■				■	■		
	가새 설치							■	■	■	■	■		
	하중볼력 설치												■	
마감	면진부 가이드 설치											■	■	

임희민, 전기용 김한영, 강주환

➔ 총 2시간 50분 소요

➔ 2인 1조로 분담하여 시간을 효율적으로 사용해 시공성 확보