

2025 구조물 내진설계 경진대회

Seismic Structural Design Contest 2025

Design Proposal



동의대학교
건축공학과

지진나도 관촬조



CONTENTS

01 INTRO

- ✓ 팀 소개
- ✓ 대회 규정 분석
- ✓ 지진파 분석
- ✓ 설계 방향 선정
- ✓ 재료 물성치 분석

02 MAIN

- ✓ 구조 설계 분석
- ✓ 면진 구조 분석
- ✓ MIDAS 분석
- ✓ 설계 모델 실험

03 CONCLUSION

- ✓ 최종 모델 도면
- ✓ 시공성 분석
- ✓ 경제성 분석



01. Team Introduction

TEAM. 지진나도 관참조



동의대학교

DONG-EUI UNIVERSITY
ARCHITECTURAL ENGINEERING

양진국 교수님

동의대학교
건축공학과 교수
자문 및 담당교수

팀장 지상진

동의대학교 건축공학과 4학년

총괄 팀장
지진파 분석
MIDAS 모델링
구조물 제작

팀원 김민성

동의대학교 건축공학과 3학년

대회 규정 분석
CAD 도면 작성
시공성 분석
구조물 제작

팀원 성창준

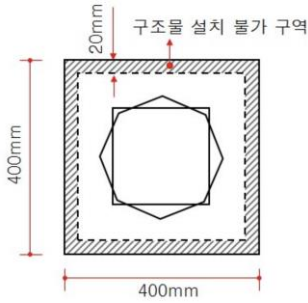
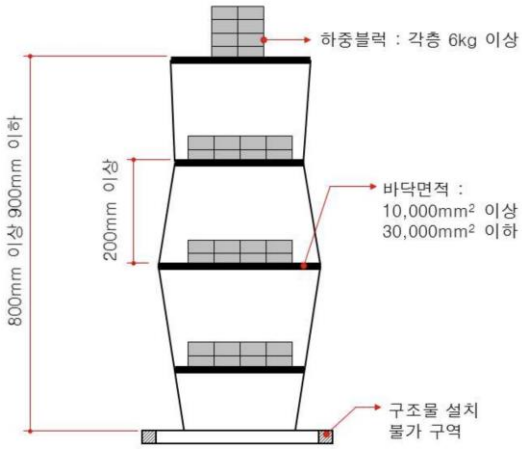
동의대학교 건축공학과 3학년

3D 모델링
설계제안서 제작
경제성 분석
구조물 제작

팀원 홍세운

동의대학교 건축공학과 3학년

물성치 분석
CAD 도면 제작
경제성 분석
구조물 제작



- ❖ **500년 재현주기 지진 발생 시**
기능수행, 즉시복구, 장기복구/인명보호 수준 만족
- ❖ **2400년 재현주기 지진 발생 시**
붕괴방지 수준 만족

❖ 경제성

| 제작비용(백만원) | 점수 |
|-----------|---------------------|
| 1,200 | 10 |
| 차등적용 | 차등적용 |
| 2,400 | 5 |
| 2,400 초과 | (제작비용-2400)/10 x -5 |

❖ 시공성 시공속도, 시공방법 및 적절성 평가

| 등수 | 1 | 2-5 | 6-10 | 11-15 | 16-20 | 21-24 |
|------|---|-----|------|-------|-------|-------|
| 시공성A | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

❖ 구조성 0.7g 파괴유도 설계

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

01. 지진파 분석



❖ 유효수평지반가속도 $S = Z \times I$

| 재현주기(년) | 유효수평지반가속도(S) |
|---------|--------------|
| 500 | 0.3g |
| 2,400 | 0.6g |

❖ 지진응답증폭계수

| 단주기 F_a | 1초 주기 F_v |
|-----------|-------------|
| 1.5 | 1.5 |

❖ 단주기 설계 스펙트럼 가속도

$$S_{DS} = S \times \frac{2}{3} \times 2.5 \times F_a$$

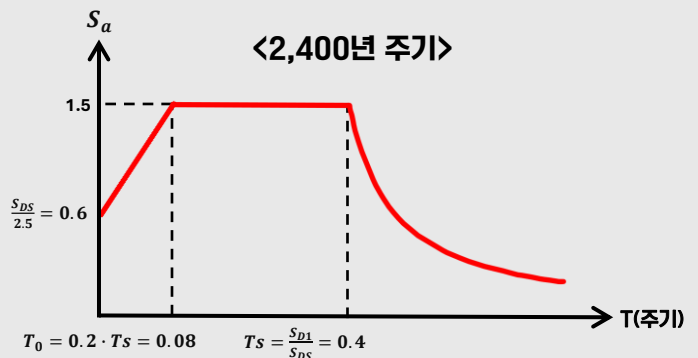
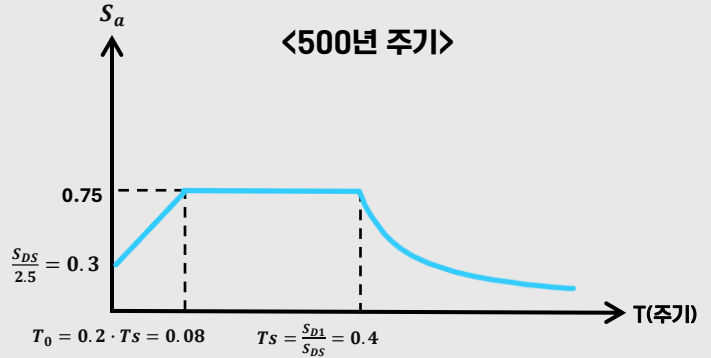
- ▶ 500년 = 0.75g
- ▶ 2,400년 = 1.5g

❖ 1초 주기 설계 스펙트럼 가속도

$$S_{D1} = S \times \frac{2}{3} \times F_v$$

- ▶ 500년 = 0.3g
- ▶ 2,400년 = 0.6g

❖ 구조물의 고유주기 500년 주기 및 2400년 주기



- ▶ 500년 주기 및 2,400년 주기 모두 0.08~0.4sec에서 설계 응답 스펙트럼 가속도 최대

내진 구조

구조물의 강성을 증진시켜 지진력에 저항하는 설계 방법

면진 구조

면진장치를 통해 지진으로 발생하는 진동의 주기를 길게 변화시키는 설계 방법

제진 구조

제진 장치를 통해 지진에너지에 대응하는 힘을 발생시키는 설계 방법

하부층에 전단벽, 코어기둥을 적용하여 강성 증진
X자 가새, 가넷플레이트 적용

강성이 큰 하부층 위에 면진장치 제작

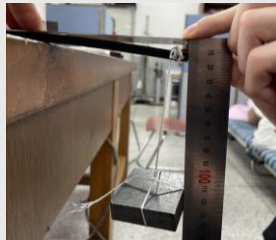
고무줄을 이용하여 지진력에 저항하도록 설계

01. 재료 물성치 분석

❖ MDF Strip 물성치 분석 캔틸레버 보 처짐식 $E = \frac{Pl^3}{3\delta l}$

| | |
|--------|------|
| 하중[N] | 2.94 |
| 길이[mm] | 100 |

| 하중[N] | 처짐 [mm] | 탄성계수 [Mpa] |
|-------|---------|------------|
| 2.94 | 10 | 1361.11 |
| 4.41 | 14.7 | 1388.89 |
| 5.88 | 20.5 | 1327.9 |



▶ 평균 탄성계수 = 1359.3MPa

❖ 고무줄 물성치 분석 훅의 법칙 $E = \frac{PL}{A\Delta L}$

| | |
|-----------------------|------|
| 하중[N] | 5.88 |
| 길이[mm] | 100 |
| 단면적[mm ²] | 3.14 |



▶ 1~5차 실험 결과 평균 처짐량 = 114.2mm

▶ 평균 탄성계수 = 1.64MPa

❖ 기둥 단면 선정

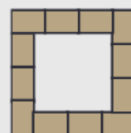
▶ 메가 칼럼 단면



$$I_x = 832mm^4$$

$$I_y = 832mm^4$$

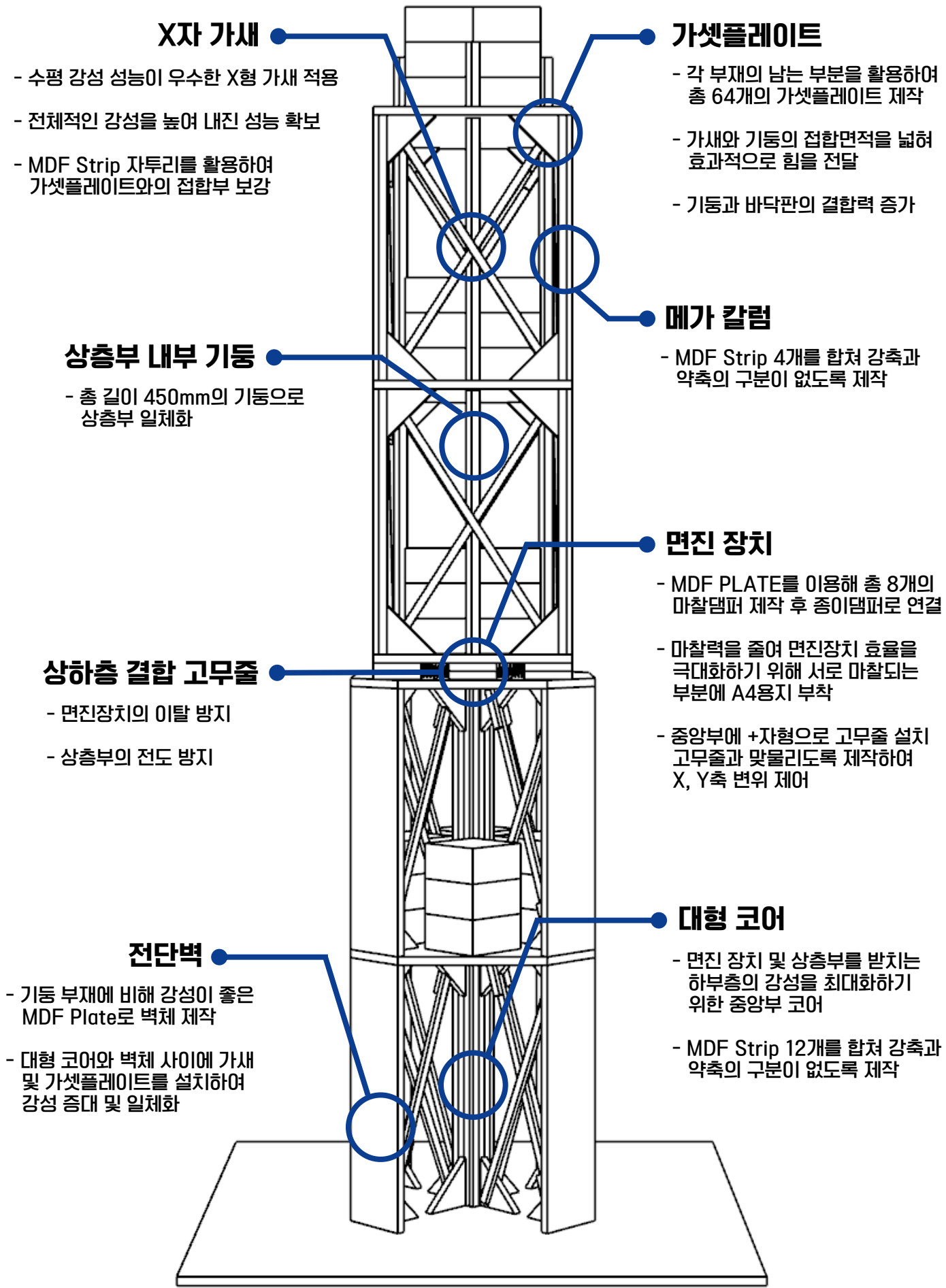
▶ 대형 코어 단면



$$I_x = 16,320mm^4$$

$$I_y = 16,320mm^4$$

▶ 두 부재 모두 **강축과 약축의 구분이 없는 기둥으로 선정**



X자 가새

- 수평 강성 성능이 우수한 X형 가새 적용
- 전체적인 강성을 높여 내진 성능 확보
- MDF Strip 자투리를 활용하여 가셋플레이트와의 접합부 보강

가셋플레이트

- 각 부재의 남은 부분을 활용하여 총 64개의 가셋플레이트 제작
- 가새와 기둥의 접합면적을 넓혀 효과적으로 힘을 전달
- 기둥과 바닥판의 결합력 증가

상층부 내부 기둥

- 총 길이 450mm의 기둥으로 상층부 일체화

메가 칼럼

- MDF Strip 4개를 합쳐 강축과 약축의 구분이 없도록 제작

상하층 결합 고무줄

- 면진장치의 이탈 방지
- 상층부의 전도 방지

면진 장치

- MDF PLATE를 이용해 총 8개의 마찰댐퍼 제작 후 종이댐퍼로 연결
- 마찰력을 줄여 면진장치 효율을 극대화하기 위해 서로 마찰되는 부분에 A4용지 부착
- 중앙부에 +자형으로 고무줄 설치 고무줄과 맞물리도록 제작하여 X, Y축 변위 제어

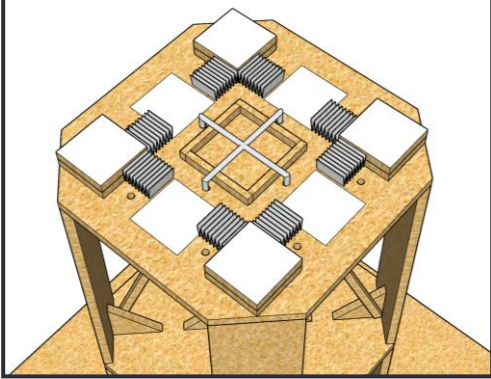
전단벽

- 기둥 부재에 비해 강성이 좋은 MDF Plate로 벽체 제작
- 대형 코어와 벽체 사이에 가새 및 가셋플레이트를 설치하여 강성 증대 및 일체화

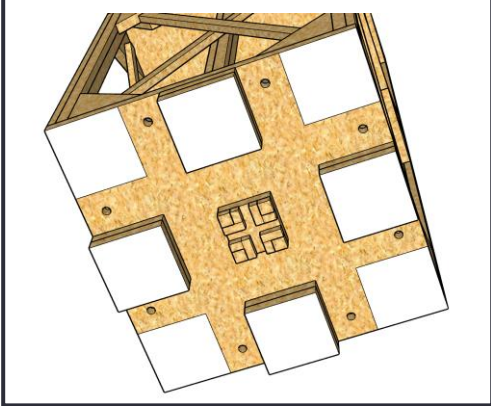
대형 코어

- 면진 장치 및 상층부를 받치는 하부층의 강성을 최대화하기 위한 중앙부 코어
- MDF Strip 12개를 합쳐 강축과 약축의 구분이 없도록 제작

하층부 면진 장치

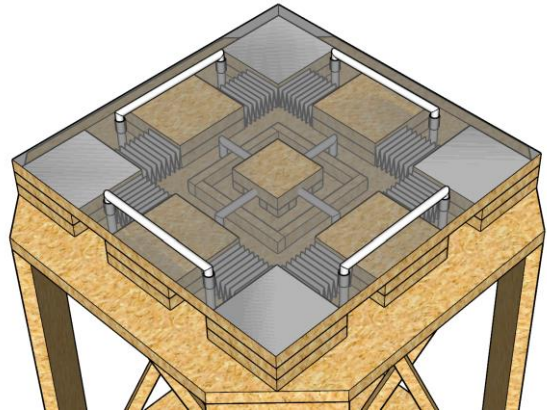


상층부 면진 장치

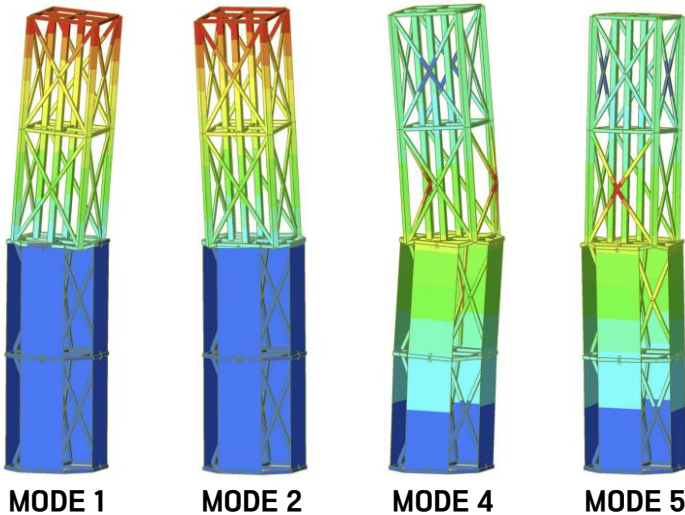


❖ 면진 장치 구조

- MDF Plate를 이용하여 35mm×35mm의 면진구조 제작
- 서로 마찰되는 부분에 A4용지를 붙혀 면진 장치 효율 극대화
- 중앙부에 MDF Strip으로 50mm×50mm의 칸막이벽 구축
- +자형으로 고무줄을 설치하고 상층부에 +자형 홈이 파여진 면진구조를 제작하여 상하층 결합 시 서로 맞물리도록 설계 하여 X,Y축 수평 변위 제어
- 각 구성요소들은 종이 댄퍼가 최대로 압축되었을 때의 길이인 10mm의 간격을 두어 설계하여 충격 방지
- 고무줄로 하층부와 상층부를 결합해 면진 장치 이탈 방지



02. MIDAS 분석

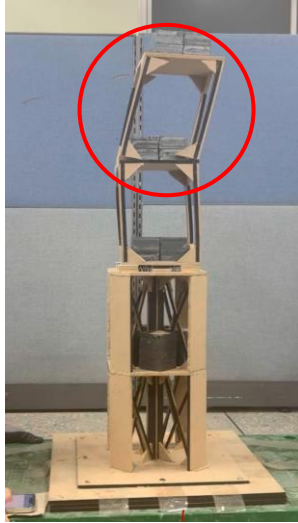


- 질량참여율이 가장 높은 MODE 1의 Period인 **0.0399sec** 고유주기로 선정
- MODE 1 뿐만 아니라 고차 모드에서의 실험 결과 또한 설계 스펙트럼 가속도 최대 구간인 **0.08~0.4sec**를 피하는 것을 확인

| Mode No | TRAN-X | | TRAN-Y | |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| | MASS(%) | SUM(%) | MASS(%) | SUM(%) |
| 1 | 9.3001 | 9.3001 | 31.024 | 31.024 |
| 2 | 31.1051 | 40.4052 | 9.2952 | 40.3193 |
| 3 | 0.0028 | 40.408 | 0.0095 | 40.3288 |
| 4 | 21.972 | 62.38 | 20.5329 | 60.8617 |
| 5 | 20.8807 | 83.2606 | 22.4586 | 83.3203 |

| Eigenvalue Mode | | UX | UY | UZ |
|-----------------|---------|-----------|-------------|----------------|
| Node | Mode | Frequency | | Period |
| | | (rad/sec) | (cycle/sec) | (sec) |
| | Mode No | | | EIGENVALUE ANA |
| | 1 | 157.3347 | 25.0406 | 0.0399 |
| | 2 | 158.5942 | 25.2411 | 0.0396 |
| | 3 | 425.9187 | 67.7871 | 0.0148 |
| | 4 | 575.8587 | 91.6508 | 0.0109 |
| | 5 | 578.1144 | 92.0098 | 0.0109 |

[1차 실험]



▶ 실험 목표

- 구조물 거동 및 고무줄 장력 확인, 면진장치 작동 여부 파악

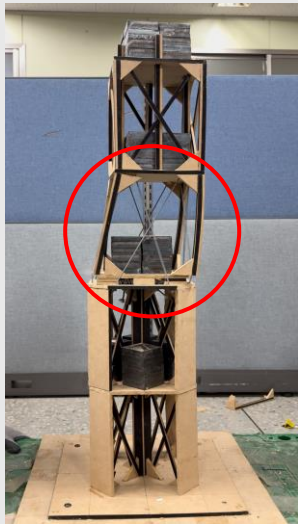
▶ 실험 결과 및 분석

- 0.304g 에서 파손
- 붕괴 원인 : 최상층의 큰 변위로 인해 접착면 탈락 및 파손
- 상부층과 하부층 사이 고무줄 장력 적함
- 면진장치 작동 확인

▶ 피드백

- 4층 및 최상층에 가새와 내부 기둥으로 보강 (과실계 방지 및 경제성을 위해 3층은 2차 실험 결과 확인 후 보강)
- 상층부의 전도를 방지하기 위해 4층과 2층을 X가새형 고무줄로 보강하여 일체화

[2차 실험]



▶ 실험 목표

- 4층 및 최상층 보강 결과 확인 및 3층 보강 여부 결정

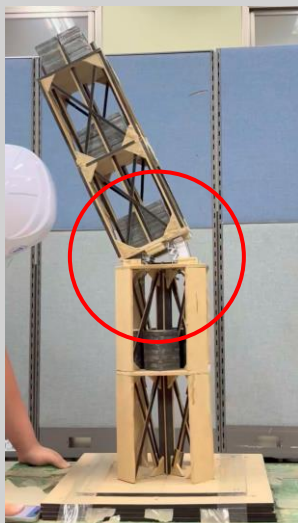
▶ 실험 결과 및 분석

- 0.4g 에서 파손
- 붕괴 원인 : 비교적 강성이 약한 3층에서 파손 발생
- 가셋플레이트의 접착 불량 확인
- 전도 방지를 위해 보강하였던 고무줄은 과도한 장력으로 인해 3층 기둥에서 휨 발생

▶ 피드백

- 4층 및 최상층 내부 기둥을 3층까지 하나의 기둥으로 제작하여 상부층 일체화 및 가새 보강
- 전도 방지를 위해 보강하였던 고무줄 제거
- 3,4층 가셋플레이트 및 기둥 접합부 톱밥으로 보강

[3차 실험]



▶ 실험 목표

- 0.7g에서 구조물 붕괴

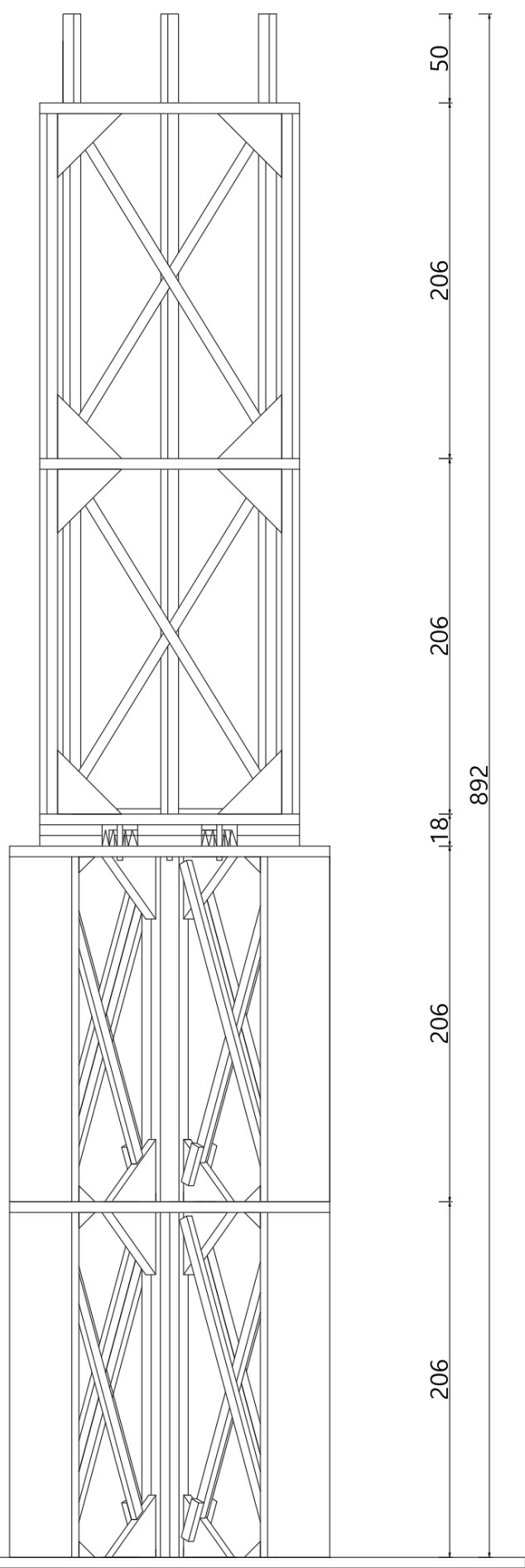
▶ 실험 결과 및 분석

- 0.659g 에서 파손
- 붕괴원인 : 고무줄 접합부 탈락 및 상부층 전도

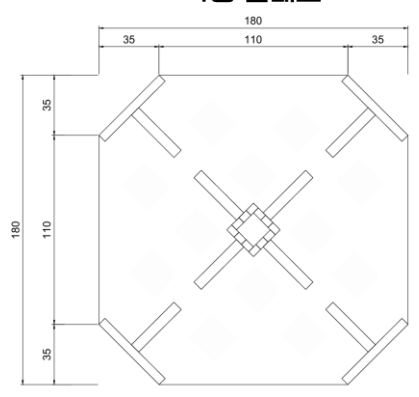
▶ 피드백

- 고무줄 접합부 보강 및 구멍 크기 축소

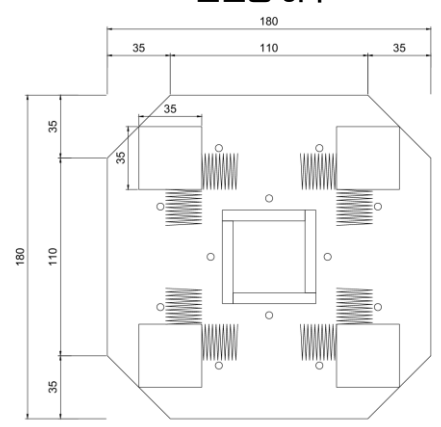
피드백을 반영하여 최종 구조물로 선정



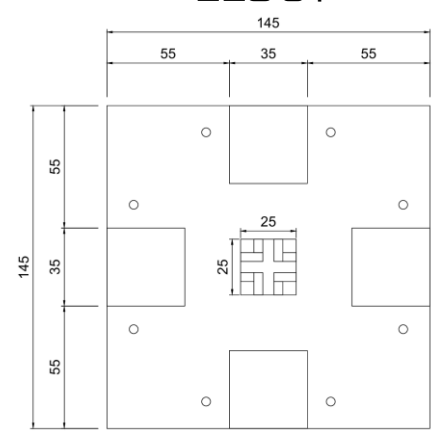
▼1층 슬래브



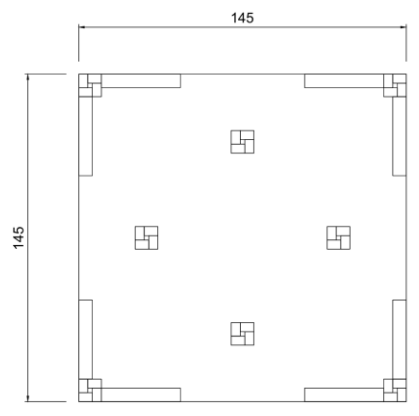
▼면진층 하부



▼면진층 상부



▼3,4층 슬래브





❖ 공정표

| 구분 | | 소요시간 | | | | | | | | |
|---------|----------------|----------------|-------|-------|-------|-----|---------|-----|-------|-----|
| | | 1시간 | | | 2시간 | | | 3시간 | | |
| | | 20분 | 40분 | 60분 | 20분 | 40분 | 60분 | 20분 | 40분 | 60분 |
| 설계 | MDF Strip | [Bar] | | | | | | | | |
| | MDF Plate | [Bar] | | | | | | | | |
| 제작 | 기둥 제작 | | [Bar] | | | | | | | |
| | 코어 제작 | | [Bar] | | | | | | | |
| | 슬래브 제작 및 천공 | | [Bar] | | | | | | | |
| | 면진층 제작 | | [Bar] | | | | | | | |
| | 전단벽 제작 | | [Bar] | | | | | | | |
| | 가셋플레이트 제작 | | | [Bar] | | | | | | |
| | 조립 | 슬래브, 기둥, 코어 조립 | | | [Bar] | | | | | |
| 조립 | 면진층 조립 | | | [Bar] | | | | | | |
| | 가셋플레이트 및 가새 조립 | | | | [Bar] | | | | | |
| | 고무줄 조립 | | | | [Bar] | | | | | |
| 마감 | 하중블럭 설치 | | | | | | | | [Bar] | |
| | 접합부 보강 | | | | | | | | [Bar] | |
| 총 공정 시간 | | | | | | | 2시간 50분 | | | |



❖ 구조물 내역서

| 부재명 | 단위 | 규격 | 단가(백만원) | 수량 | 합계(백만원) |
|---------------|----|---------------|---------|----|---------|
| MDF BASE(기초판) | 개 | 400mm×400mm | - | 1 | - |
| MDF PLATE | 개 | 200mm×200mm | 100 | 8 | 800 |
| MDF STRIP | 개 | 600mm×6mm×4mm | 10 | 45 | 450 |
| 고무줄 | 식 | 600mm | 40 | 2 | 80 |
| A4 용지 | 장 | 210mm×297mm | 10 | 3 | 30 |
| 접착제 | 개 | 20g | 200 | 2 | 400 |
| 총 합계(백만원) | | | | | 1,760 |