

2025 구조물 내진설계 경진대회

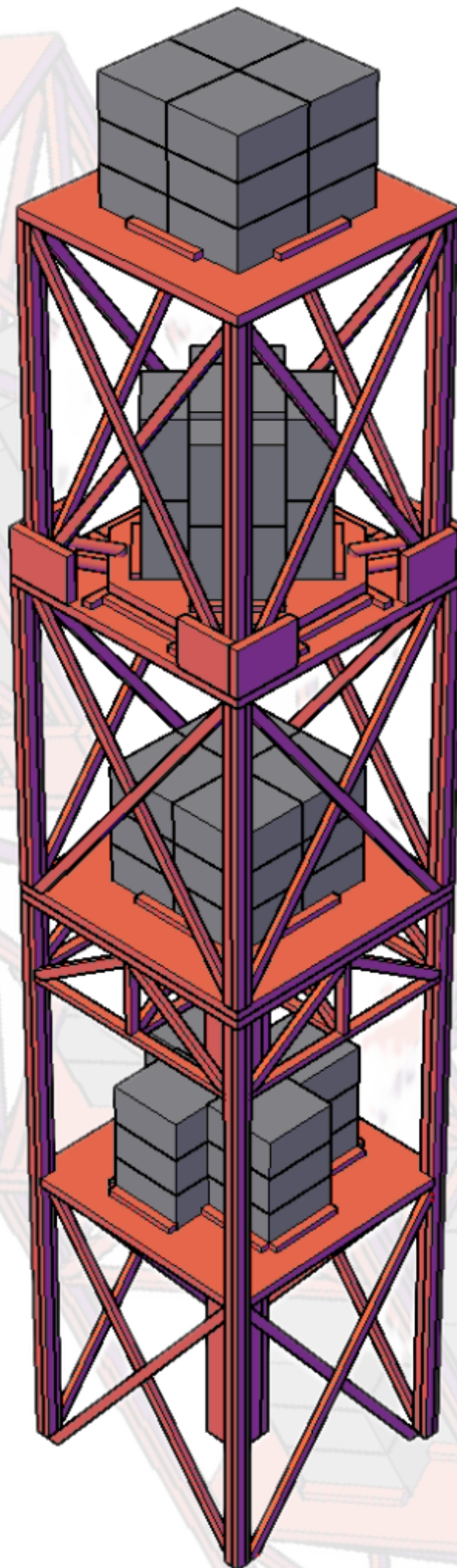


충북대학교
토목공학부

Team "견뎌봐유"

INDEX

- 01 설계 개요
- 02 설계 상세
- 03 실험 및 개선
- 04 최종설계안
- 05 도면, 공정표 및 원가관리



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)

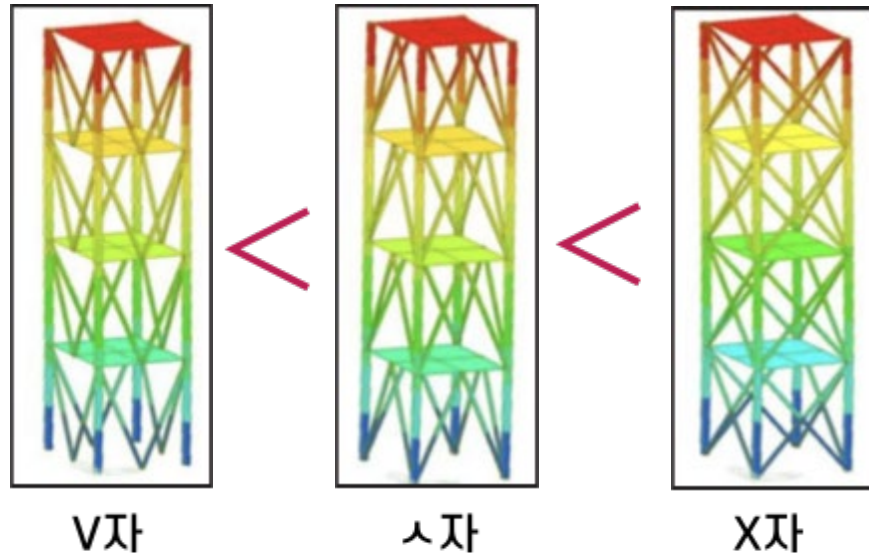
아이디어 구상
제안서 작성
구조물 제작

전기웅 (3)

부재 상세 설계
경제성 분석
구조물 제작

01 설계 개요

-가새선정



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

- 스트링 고무줄 탄성계수

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



L=50mm
A=직경 2mm 일 때,

P=2.45N ΔL=315mm
→E=0.656

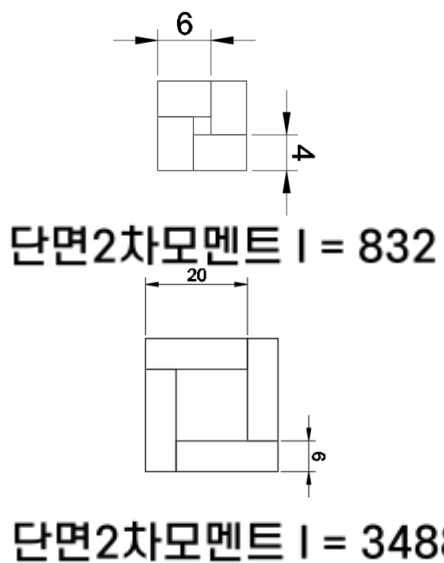
P=4.9N ΔL=455mm
→E=0.908

→ 고무줄의 탄성계수를 고려해 면진구조와 제진구조에 사용

- 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 단면2차모멘트와 시공성을 고
려하여 최적의 외각기둥의 단면 결정

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

- 정지마찰계수 측정실험

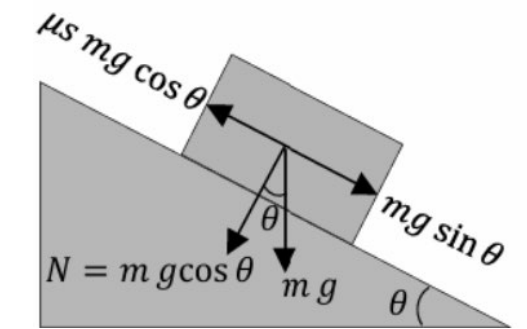


<MDF-MDF>

<MDF-A4>

<A4-A4>

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

02 설계상세

- 면진층 제어



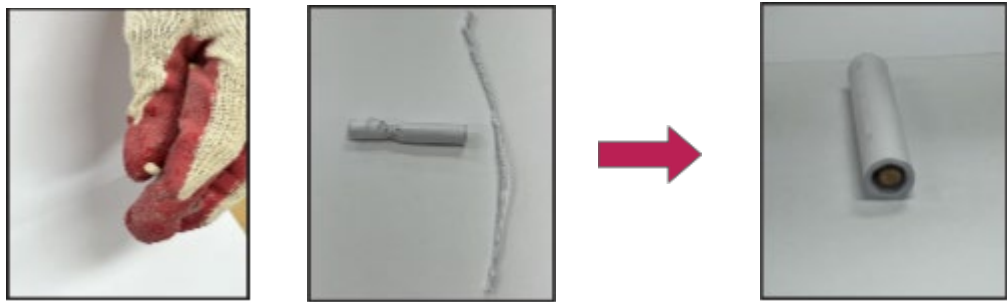
면진 장치의 수평 가동범위가 전체 높이의 1/50~1/100 이기 때문에 모든 재료 중 탄성이 큰 고무줄을 이용하여 최대 가동범위를 1/57인 **15mm**로 설정하였다.

- 중간층(2층과 3층 사이) 면진 선택

건물의 바닥면에 면진장치를 설치할 경우 건물의 고유 진동주기가 길어져서 구조물에 전달되는 지진에너지를 감소시킨다. 하지만 고층 건물의 경우 전단력보다 휨 모멘트가 크고 건물의 주기가 길어짐에 따라 유연해지면서 면진장치의 수평변위는 비교적 크다.

➔ 연직하중과 횡하중에 의한 전도 모멘트가 커져 면진장치에 인장력이 발생하는 등 문제가 발생하기에 **중간층 면진 도입**

-제진장치 제작과정 및 분석



- 롤러 제작과정
1. MDF Strip을 사포를 활용하여 원기둥 모양으로 만든다.
 2. 10x297mm A4용지를 원기둥 막대에 감아 붙인다.
 3. 50x297mm A4용지를 말아 지름 10mm의 롤러를 만든다.



-바닥면 제작과정

1. 롤러의 이탈을 방지하고 수평범위를 제어하기 위한 $\pi \cdot r$ 범위의 사각형 울타리 제작
2. x,y축의 변위 뿐 아니라 모든 방향의 움직임을 제진장치에 적용하고 판의 들림을 방지하기 위해 고무줄로 꼭짓점의 삼각형과 추가 올라갈 판을 연결하기에 가장 적합한 **팔각형 바닥면** 선택

- 면진,제진 장치의 적용

면진장치는 지진 에너지를 차단하며 상부 구조로 전달되지 않도록 하는 역할을 하기에 하층부 또는 중층부에 적용한다.

제진장치는 진동을 감쇠하기 때문에 진동이 많이 발생하는 최상층에 설치해야 효과적이다.

면진장치 위에 제진장치를 적용한 구조는 밑층에서 진동 유입을 억제하고 상층에서 잔여 진동을 제거할 수 있으므로 이중 안전장치의 역할을 할 수 있다.

➔ 2층과 3층사이에 면진장치 + 4층 제진장치 **동시 적용**

03 실험 및 개선

- 1차 진동대 실험

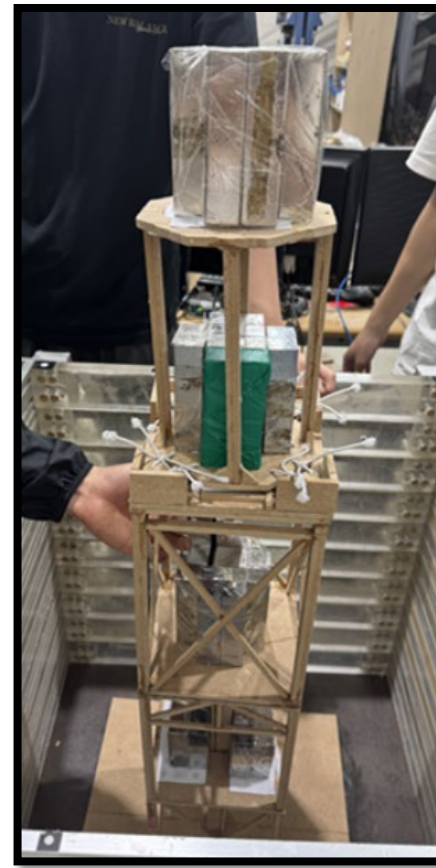


➔ 0.3g 붕괴

-면진층이 제대로 작동하지 못함을 확인함

-3,4층의 구조물의 외각기둥의 수평 강성 부족

- 2차 진동대 실험



➔ 0.4g 붕괴

-3,4층의 면진구조가 제대로 작동하지 못함

-4층 구조물의 외각 기둥 및 가새 보완 필요

-면진장치와 제진장치의 위치 선정의 문제점 발견

- 3차 진동대 실험



➔ 0.7g 붕괴

-0.7g에서 붕괴되어 목표 달성

-경제성과 시공성을 높일 수 있는 방안 모색

- 4차 진동대 실험



➔ 0.7g 붕괴

-4층 X자 나무 가새를 종이로 변경

- 중앙 고무줄과 ㄷ자 가새를 외각 기둥 고무줄로 대체

➔ 성능은 동일하게 유지하며 경제성과 시공성을 높임

(1870->1510(백만원)/ 제작시간 20분 단축)

04 최종설계안



-제진구조

구조물이 지진하중을 받게 되면 팔각형면과 바닥면 사이의 롤러가 수평 방향으로 움직이며 지진하중을 상쇄시킴. 동시에 고무줄의 damper 역할로 에너지를 흡수하고 상판을 원래 위치로 되돌리는 복원력을 제공



-Midas 분석 결과에 따라 X자 가새 선정

-상대적으로 하중을 많이 받는 1,3층은 나무가새, 4층은 종이가새 사용

-외각기둥과 상부판의 접착면을 자투리 종이를 활용해 보강



-면진구조

구조물의 중간층에서 건물 사이를 분리해 전달되는 지진에너지를 감소시키는 면진구조를 2층과 3층 사이에 설치함.

-A4-A4면을 선택하여 면진 효과를 극대화

-면진구조의 변위를 제어하기위해 외각기둥에 고무줄 설치



-아웃리거 + 벨트트러스

코어 기둥의 회전을 막아주며 코어 기둥이 받는 힘을 벨트 트러스로 전달시키는 역할을 하는 아웃리거를 휨모멘트가 가장 커지는 2층 상부에 설치.

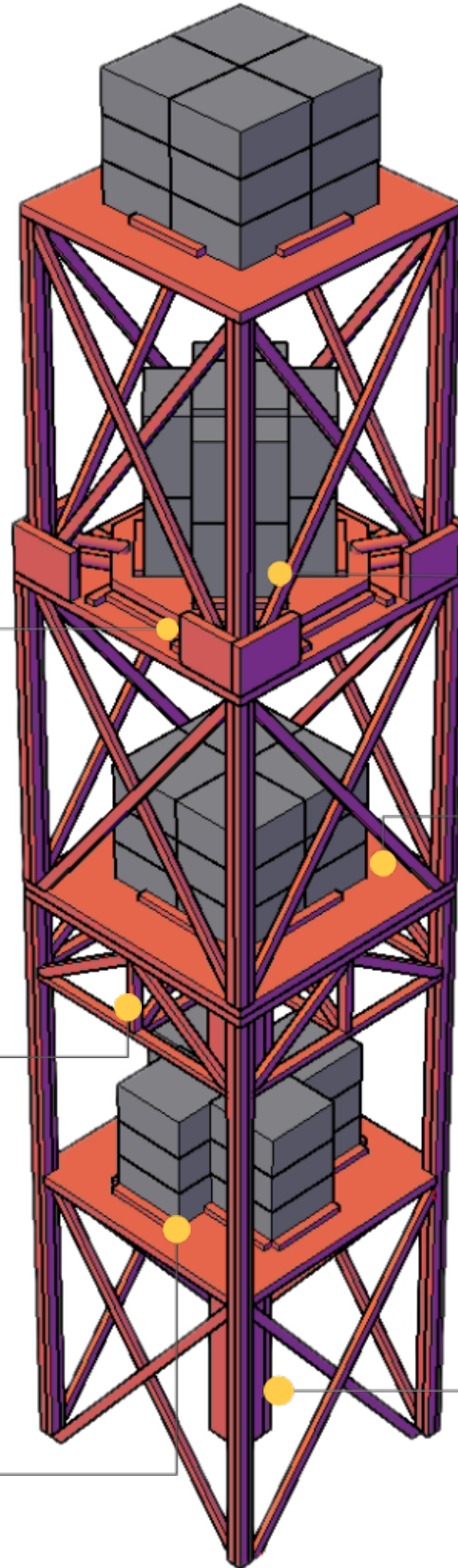
벨트 트러스로 외각 기둥을 하나의 프레임처럼 묶어서 코어 기둥과 아웃리거로부터 받는 힘을 각각의 부재(외각기둥)에 분산시키도록 함.



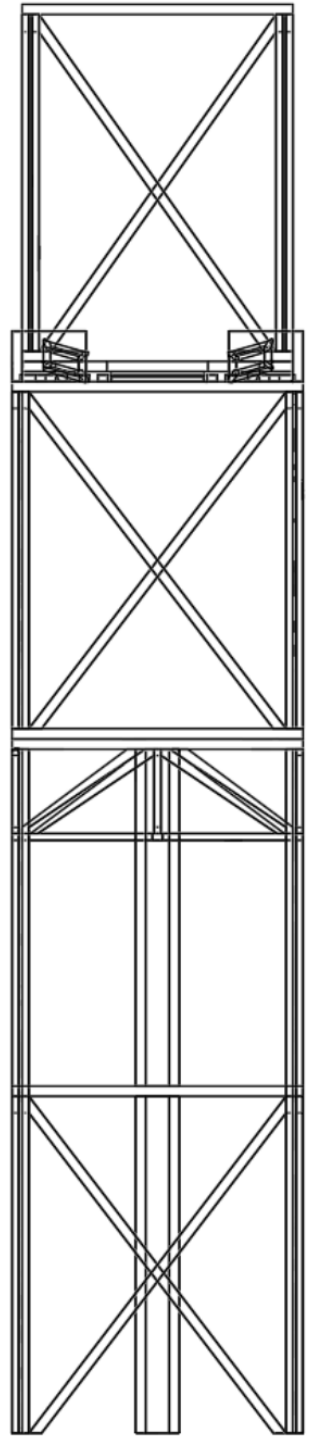
-메가코어

건물 중심에서 진동과 같은 횡하중과 수직하중을 지지하는 역할을 하는 메가코어 기둥을 속이 비어있는 박스형 단면 형태로 제작하여 재료 절약과 동시에 높은 휨강성을 가져 전체 구조물의 뒤틀림과 좌굴을 방지함.

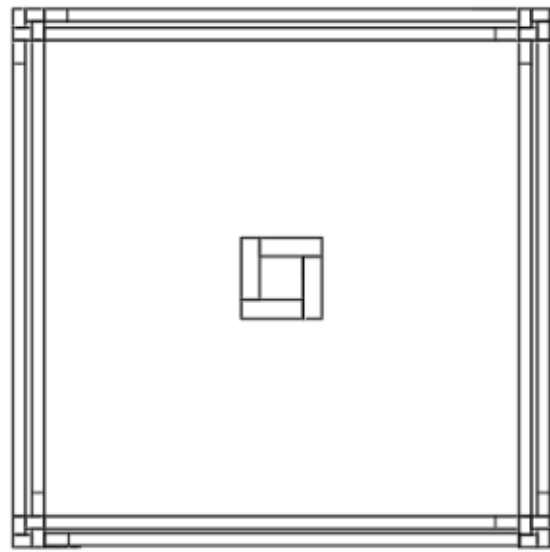
자투리 MDF Strip을 활용하여 추이탈을 방지하는 가이드를 만들어 경제성 높임



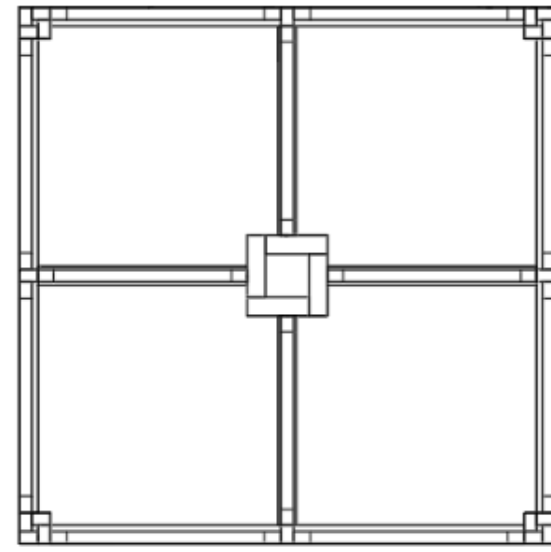
04 도면, 경제성 분석 및 시공성 분석



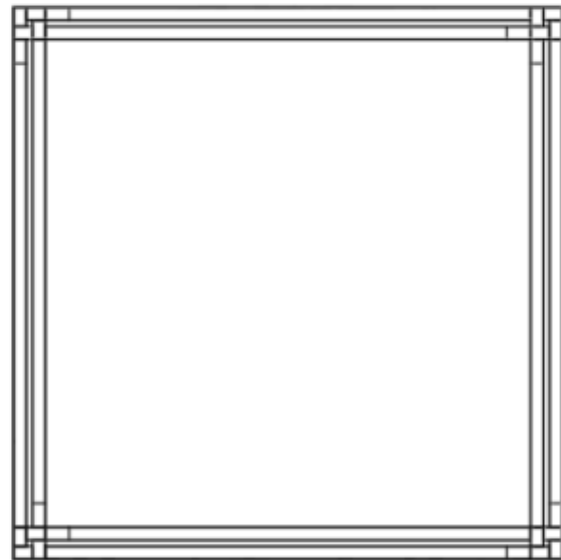
입면도



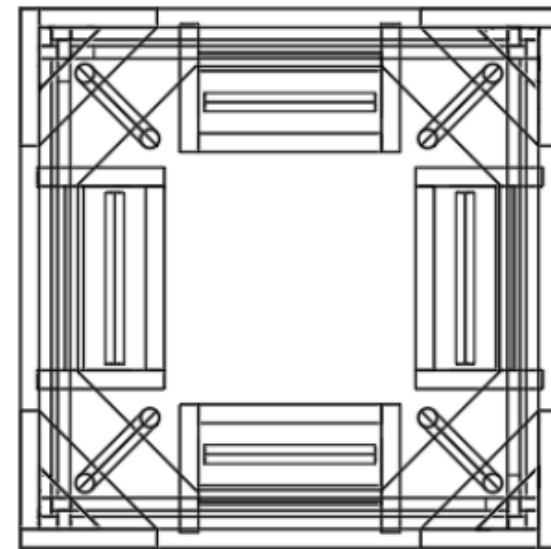
1층도면



2층도면



3층도면



4층도면

- 경제성 분석

부재명	부재규격	단가(백만원)	수량	합계(백만원)
MDF Plate	400x400x6 mm	-	1	-
MDF Plate	200x200x6mm	100	6	600
MDF Strip	600x6x4mm	10	35	350
스트링 고무줄	600mm	40	3	120
A4용지	A4	10	4	40
접착제	20g	200	2	400
총액				1510

➔ 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	바닥판	■	■									
	기둥 및 코어 제작	■										
	가새 제작			■	■							
	제진장치 제작		■	■	■	■	■					
시공	부재 연결				■	■	■	■				
	가새 설치						■	■				
	하중블럭 설치								■			
마감	면진부 가이드 설치								■			

임희림, 전기웅 | 김한영, 강주찬

➔ 총 2시간 30분 소요

➔ 2인 1조로 분담하여 시간을 효율적으로 사용해 시공성 확보