

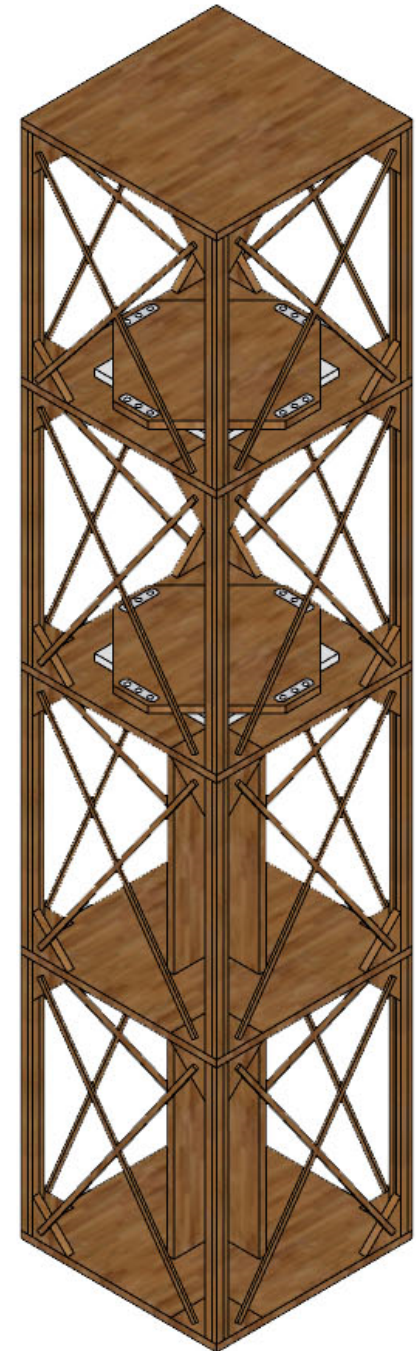
2024 구조물 내진설계 경진대회

한국해양대학교 해양공간건축학부
"DAOS"

" 내진설계를 통한 구조물의 지진피해 저감 "



국립 한국해양대학교
NATIONAL KOREA MARITIME & OCEAN UNIVERSITY



INDEX

01 INTRO

- 팀 소개
- 대회 규정 분석
- 내진, 면진, 제진 설계
- 지진파 분석
- 물성치 실험, 마찰력 실험
- 구조물 보강 요소

02 MAIN

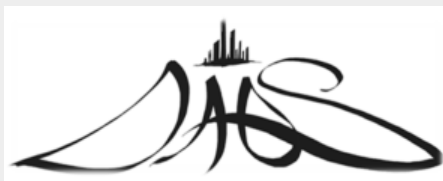
- 1차 설계안 및 주요 구조 부재
- 구조물 파단 실험
- 파단 원인 보강

03 CONCLUSION

- 최종 설계안
- 평면도, 입면도
- 공정표 및 경제성 측정 및 적산

팀 소개

About Us.



박경준 팀장

- * 한국해양대학교
해양공간건축학부
건축방재공학전공
- * 아이디어 제시
- * 3차원 모델링
- * 모형 제작
- * 실험

신환호 팀원

- * 한국해양대학교
해양공간건축학부
건축방재공학전공
- * PPT 작성
- * 평면도 작성
- * 모형 제작
- * 실험

송화철 교수님

- * 한국해양대학교
해양공간건축학부
건축방재공학전공 교수
자문의원

박종윤 팀원

- * 한국해양대학교
해양공간건축학부
건축방재공학전공
- * 구조해석 및 분석
- * MIDAS 모델링
- * 모형 제작
- * 실험

양병재 팀원

- * 한국해양대학교
해양공간건축학부
건축방재공학전공
- * 부재 상세 설계
- * 공정표 작성
- * 모형 제작
- * 실험

대회 규정 분석

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. 2,400년 빈도 지진발생 시 **붕괴방지 수준 내진설계**
5. 설계지진 초과 시 **구조물의 붕괴 메커니즘을 고려한 파괴를 유도하는 정밀한 설계**
6. **시공성과 경제성**을 고려하고 구조물의 **심미성과 창의성**을 추구하는 설계
7. 구조해석 능력 외 도면화, 수량산출 및 내역작성 기술

최종 목표

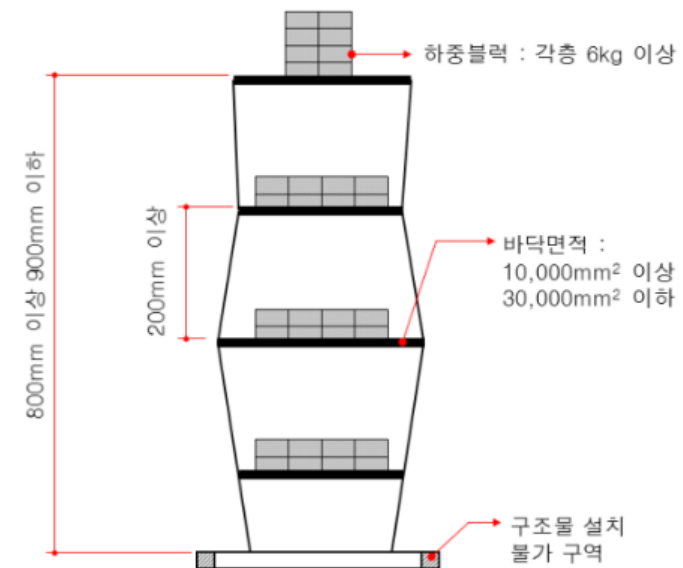
구조물의 **붕괴 메커니즘**과
시공성, 경제성 또한 **창의성**까지 고려하여
구조물의 지진피해를 저감한 내진설계

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

평가 단계

구성	평가내용		배점 (100)
1단계	제안형식의 기능성, 독창성, 디자인 우수성		10
	내진구조에 대한 이해 및 설계 능력		7
	붕괴 메커니즘에 대한 이해 및 설계		3
2단계	설계안 설명 (발표 및 토론)		10
	모형제작 및 Shaking Table 실험	시공성 : 10	70
		경제성 : 10	
		구조성 : 50	

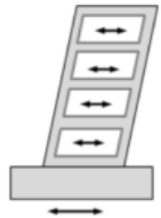
구조물 제작 규정



내진, 면진, 제진 설계

내진 설계

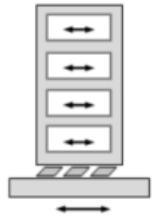
강성을 증가시켜
지진력에 저항



- 중심코어
- 삼각플레이트

면진 설계

건물과 지반 사이에 전단변형
장치를 설치하여 지반과
건물을 분리



- 탄성제어 면진장치

제진 설계

구조물의 내부나 외부에서
구조물을 설치하여 지진력에
저항



- X자 가새

▶ 내진, 면진, 제진 모두를
적용시켜 구조물의 붕괴
에 대한 안정성을 최대한
확보

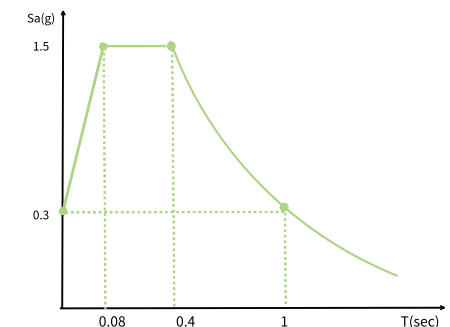
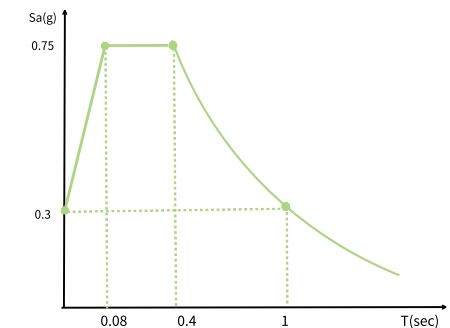
지진파 분석

재현주기(년)	유효수평지반가속도(S)	위험도계수(I)	지진구역계수(Z)	구조물의 성능 수준	지반응답중폭계수	
500	0.3g	1.0	0.3g	기능수행	단주기(Fa)	1.5
2400	0.6g	2.0	0.3g	붕괴방지	1초 주기(Fv)	1.5

유효수평지반가속도	500년	2400년
단주기 설계 스펙트럼 가속도 (SDS)	0.75g	1.5g
1초주기 설계 스펙트럼 가속도 (SDI)	0.3g	0.6g

$$T_0 = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.4s$$

$$T_0 = 0.2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.08s$$



구조물의 설계응답스펙트럼 가속도가 최대가 되는 고유주기 0.08sec~ 0.4sec

물성치 실험

$$\delta = \frac{PL^3}{3EI} \rightarrow E = \frac{PL}{3\delta I}$$

δ : 변위 (mm)

P : 하중 (N)

I : 단면 2차 모멘트 (mm⁴)

L : 길이 (mm)

	P (N)	L (mm)	δ (mm)	E (MPa)
8 X 12 mm ²	9.8	200	28.3	1778.5
10 X 10 mm ²	9.8	200	20.7	1517.4

재료의 물성치 결과와 경제성을 종합해본 결과,

강축과 약축의 구분이 없어 취약점이 없는

④ 방안을 선택하였음.

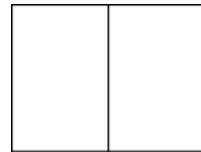
① 4 X 6 mm²



$$I_x = \frac{4 \times 6^3}{12} = 72 \text{ mm}^4$$

$$I_y = \frac{6 \times 4^3}{12} = 32 \text{ mm}^4$$

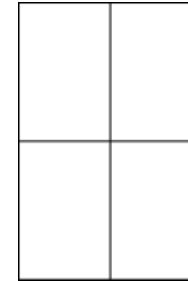
② 8 X 6 mm²



$$I_x = \frac{8 \times 6^3}{12} = 144 \text{ mm}^4$$

$$I_y = \frac{6 \times 8^3}{12} = 256 \text{ mm}^4$$

③ 8 X 12 mm²

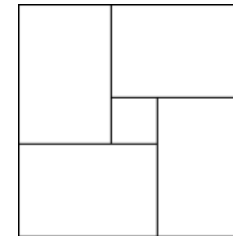


$$I_x = \frac{8 \times 12^3}{12} = 1152 \text{ mm}^4$$

$$I_y = \frac{12 \times 8^3}{12} = 512 \text{ mm}^4$$

V

④ 10 X 10 mm²



$$I_x = \frac{10 \times 10^3}{12} - \frac{2 \times 2^3}{12} = 832 \text{ mm}^4$$

$$I_y = \frac{10 \times 10^3}{12} - \frac{2 \times 2^3}{12} = 832 \text{ mm}^4$$

V

마찰력 실험

면진판과 판 사이에 MDF의 재질이나 물질로 인해
마찰력이 더 증가하여 면진 효과가 저하



면진판 사이의 마찰력 감소가 필요!

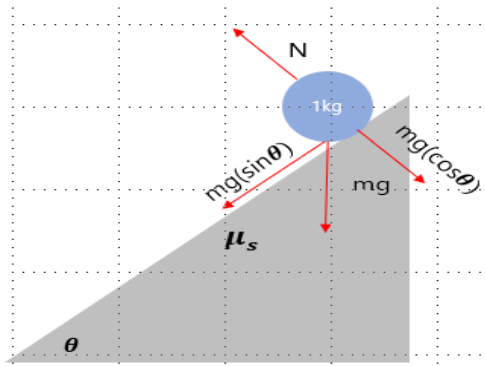
($m=6\text{kg}$, $mg=6 \times 9.8=58.8\text{N}$)

마찰계수 실험

$$mg \sin \theta = \mu_s \times mg \cos \theta$$

$$\mu_s = \tan \theta (\mu_s: \text{정지 마찰계수})$$

$$\text{마찰력} = \mu_s \times mg$$



종류	MDF Plate	A4 Plate
실험		
정지 마찰계수	0.621	0.323
마찰력	36.5 N	18.9 N

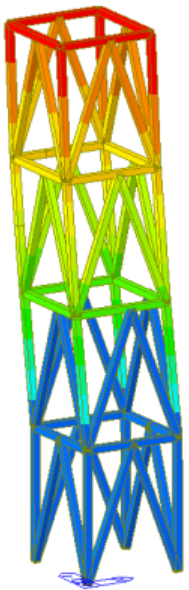
마찰력 감소를 위해
A4를 덧붙임



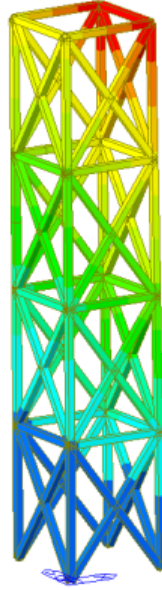
MDF Plate보다 효과
적인 면진 작용

구조물 보강 요소

- Midas를 이용한 가새 분석 및 결정



-역V 가새

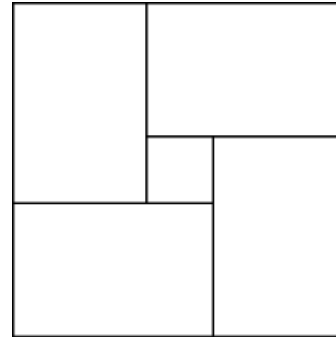


-X 가새

- MIDAS GEN을 통한 가새 변위 분석
- 지진 시 변위가 적게 발생하는 가새 선정

→ **X자 가새로 결정**

- 외부 기둥 형태 결정



10mm X 10mm

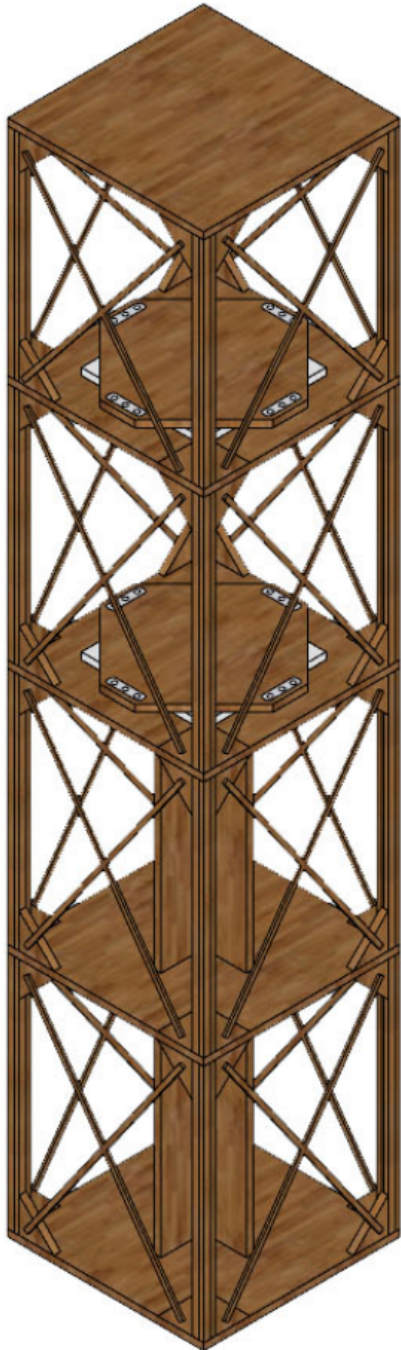
-4mm X 6mm MDF Strip 4개를
사용하여 기둥으로 결정



- 취약 부분에 의해 전체 구조의 성능이 결정되므로
균등한 10mm*10mm단면 사용.
더 큰 단면 성능 확보 + 경제성 확보

1차 설계안 및 주요 구조 부재

• 1차 설계 디자인



• 주요 구조 부재



■ X가새

마이다스 결과 변위가
가장작은 X가새 선정

수평 전단력 부담

삼각 플레이트에 덧대어 가새
길이 축소
(경제성)

기동 하중 에너지 일부 흡수



■ 중심 메가칼럼

강성 강화

하중 부담



■ 탄성제어 면진장치

마찰감쇠와 스트링 고무줄의
탄성제어를 통한 면진효과



3층과 4층에 각각 적용



탄성 제어 면진장치



■ 삼각 플레이트

접합부 강성 강화

부재간 접착성 증진

플레이트로 남은 합판
이용 (경제성)

구조물 파단실험

실험 방법

- 수레를 사용하여 가속도를 서서히 높여서 파단이 일어나는 구간 측정

실험 목표

- 0.7 g 가속도에서 파단 발생

0.403



파손, 파단 없음

0.532



1층 기둥과 가새 파손

0.69

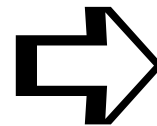


1층 기둥에서 파단

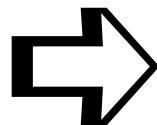
파단 원인 보강



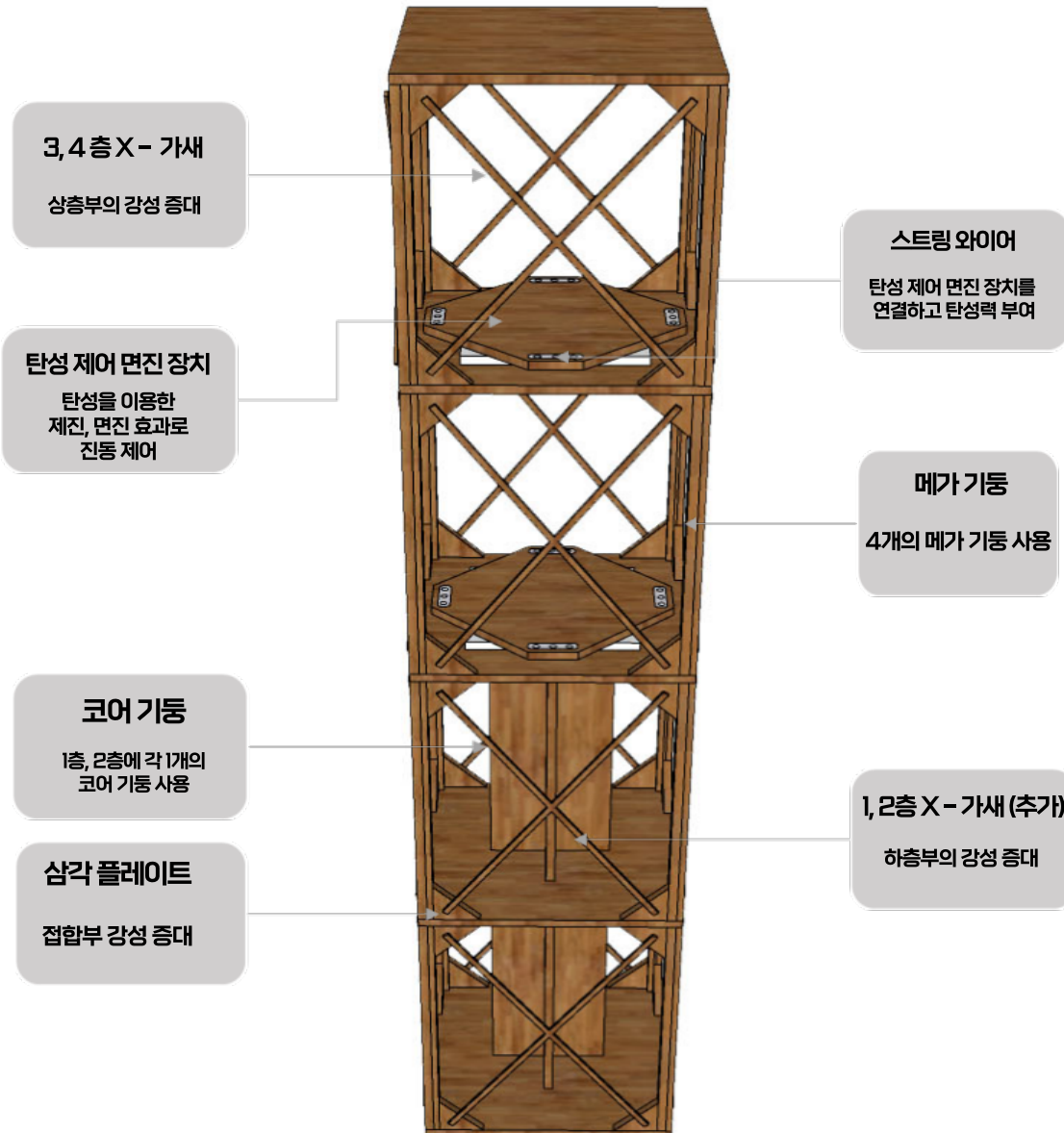
- 진동 시 합판 사이 마찰력으로 인해 댐퍼 효과 감소
- 줄의 탄성이 너무 강하여 장치가 제대로 작동 X
- 구조물 1,2층의 접착성이 코어기둥으로만은 부족



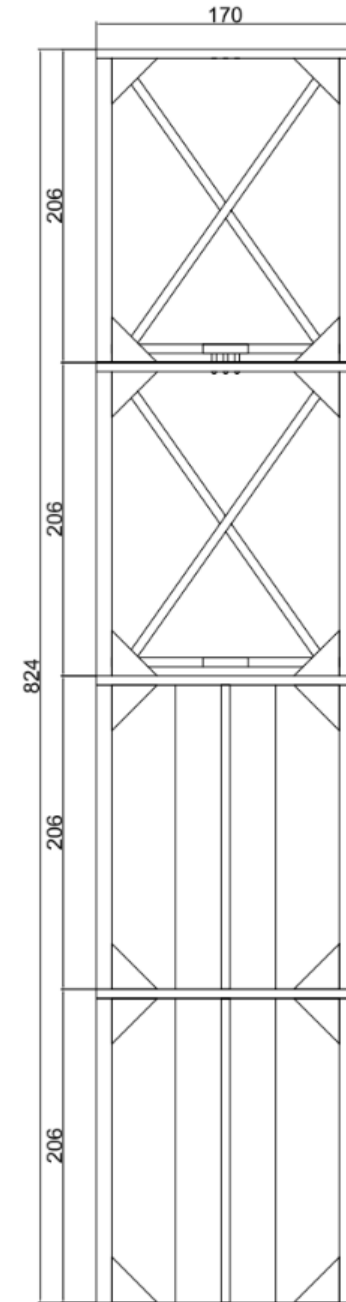
- 합판 사이 종이 부착 통해 마찰력 감소
- 줄을 2개씩 사용하여 탄성 작용을 증대
- 코어플레이트에 삼각 플레이트를 덧대어 접착성 증대



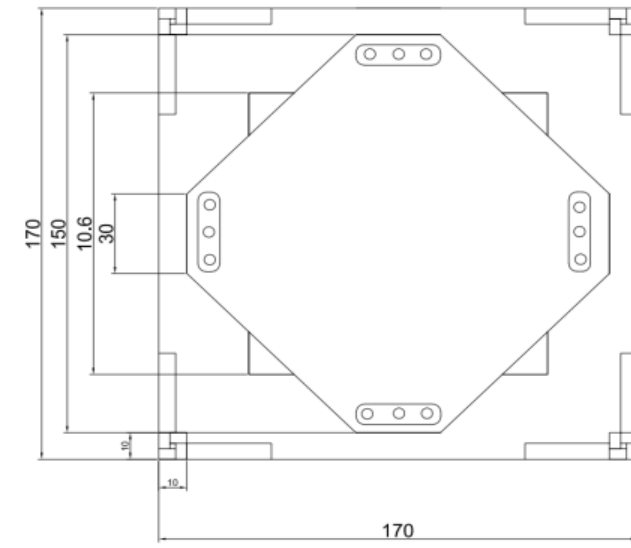
최종 설계안



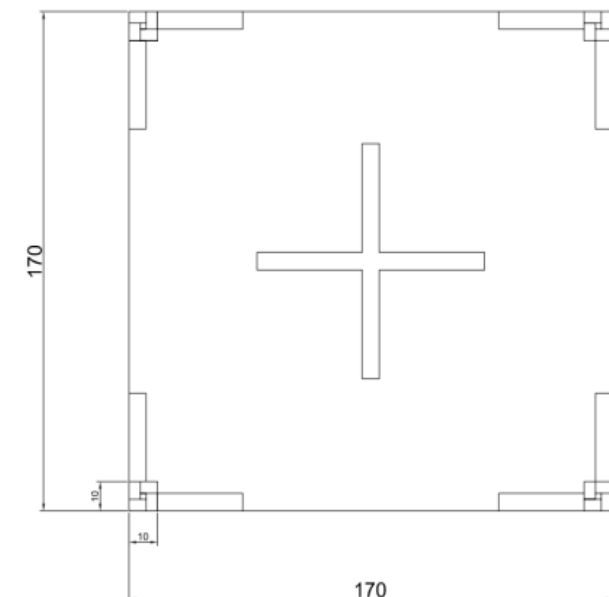
입면도



3,4층 평면도



1,2층 평면도



탄성제어 면진장치를 이용한 구조체

경제성 측정 및 적산

	부재명	부재면적(mm)	부재개수(개)
MDF Strip	기둥	10×10×200	12
	4층 기둥	10×10×180	4
	X형 가새(긴)	4×6×250	8
	X형 가새(짧)	4×6×240	8
MDF Plate	슬라브	4×6×250	4
	코어	4×6×240	4
	댐퍼 Plate	106×106×6	2
	댐퍼 Plate (팔각형)	150×150×6	2
스트링 고무줄	스트링 고무줄	600(mm)	6
A4	A4		2

부재명	부재규격(mm)	단가(백만원)	부재개수(개)	합계(백만원)
MDF Plate	200×200×6	100	8	800
MDF Strip	600×4×6	10	30	300
스트링 고무줄	600(mm)	40	6	240
A4	2장	10	2	20
접착제	20(g)	200	2	400
총합 금액				1760

공정표

구분		소요시간							
		1시간			2시간			그외	
		20분	40분	60분	20분	40분	60분	20분	40분
제작	기둥 및 가새 제작	■							
	슬래브 제작, 및 천공	■	■						
	댐퍼 슬래브 제작 및 천공	■	■	■					
	코어 제작		■	■					
	기타 보강재 제작		■	■					
조립	슬래브 및 코어 및 기둥조립			■	■				
	댐퍼 슬래브 조립				■	■			
	기타 보강재 조립					■	■		
	가새 조립					■	■		
마감	하중설치						■	■	
	마무리							■	

총 시간	2시간 20분
------	---------