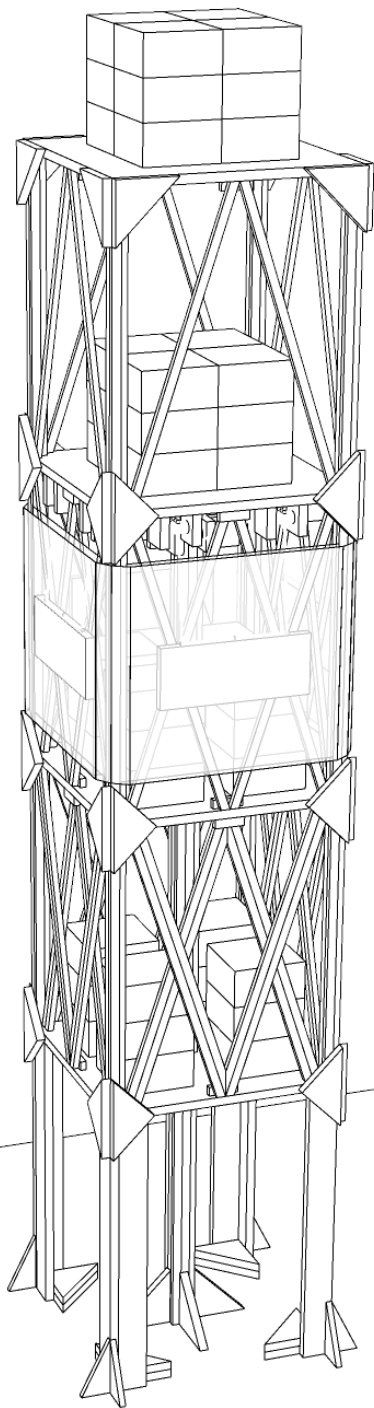




2024 구조물 내진설계 경진대회

Seismic Structure Design Conest 2024

내진설계를 통한 구조물의 지진피해 절감

대 학 : 홍익대학교 건축공학부

팀 명 : 배수지진 <背水之陣>

지도교수 : 양성철 교수님

양성철 교수님

홍익대학교
건축공학부 건축공학전공
자문 및 지도교수

팀장 구용준

- 규정 분석
- 마이다스 분석
- 구조물 제작

팀원 장민석

- 구조 해석
- 모델링 도면화
- 구조물 제작

팀원 조용준

- 물성치 분석
- 3D 모델링
- 구조물 제작

팀원 김승수

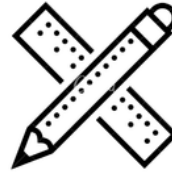
- 물성치 분석
- 설계제안서 제작
- 구조물 제작

배수지진 〈背水之陣〉 : 막다른 곳에서 죽음을 각오하고 싸운다는 뜻



01. 분석

- 규정 및 지진파 분석
- 기둥 단면 결정/ 물성치 분석



02. 설계

- 설계 전략
- 마이다스 분석
- 제작 실험 과정

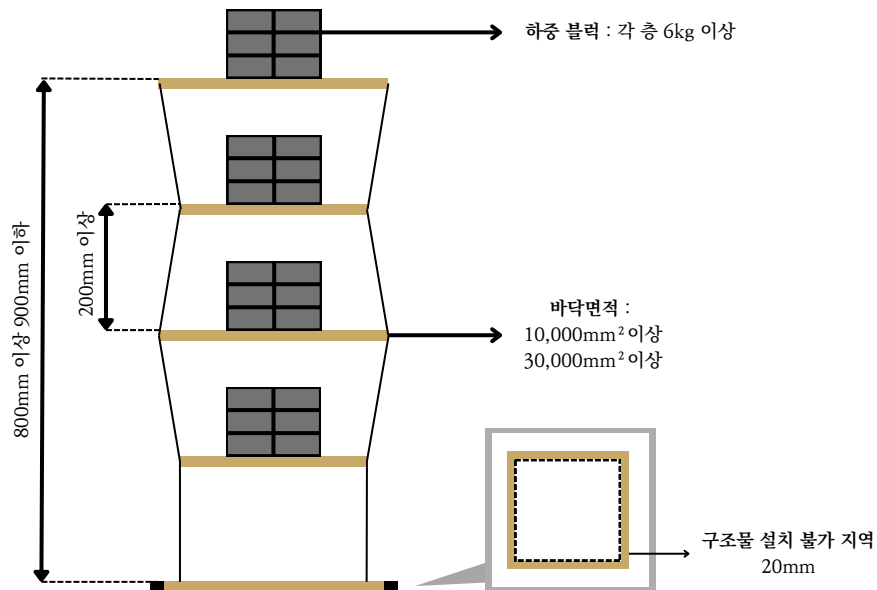


03. 결론

- 도면화
- 경제성 / 시공성 검토

01 규정 및 지진파 분석

• 구조물 제작 규정



• 구조물 제작 및 심사기준

- 구조물의 내진설계 목표와 성능수준의 이해
- 구조물의 지진 시 거동 예측 능력 및 부재강도 평가 능력
- 500년 빈도 지진발생 시 **기능수행** 수준 내진설계
- 2,400년 빈도 지진발생 시 **붕괴방지** 수준 내진설계
- 설계지진 초과 시 구조물의 붕괴 메커니즘을 고려한 **파괴를 유도하는 정밀한 설계**
- 구조해석 능력 외 도면화, 수량산출 및 내역작성 기술

• 지진파 분석

재현주기	유효수평지반가속도 S	구조물 성능		지반증폭계수
500년	0.3g	기능수행	F _a	1.5
2400년	0.6g	붕괴방지	F _v	1.5

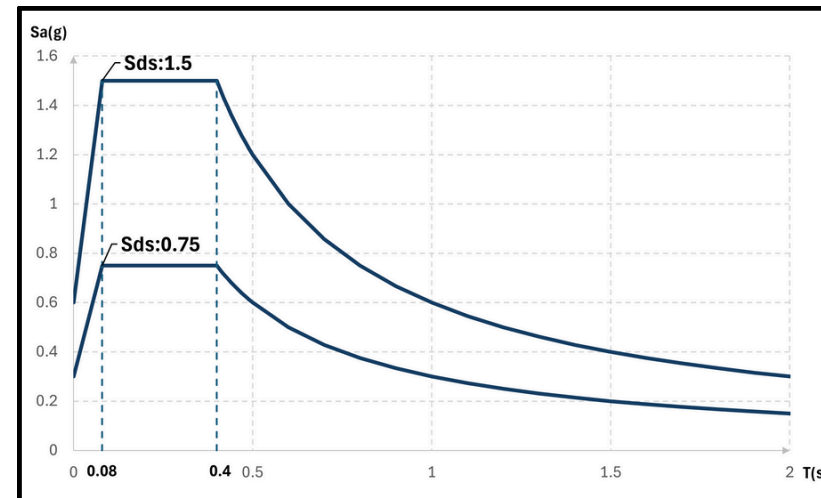
단주기 설계 스펙트럼 가속도

$$S_{Ds} = 2.5 \times \frac{2}{3} \times S \times F_v$$

1초 주기 설계 스펙트럼 가속도

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

	단주기 설계스펙트럼 가속도 S _{Ds}	1차주기 설계스펙트럼 가속도 S _{D1}
500년	0.75g	0.3g
2400년	1.5g	0.6g



$$T_0 = \frac{0.2 \times S_{D1}}{S_{Ds}} \quad T_s = \frac{S_{D1}}{S_{Ds}}$$

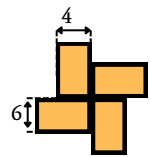
$$T_0 = 0.08 \text{ sec} \quad T_s = 0.4 \text{ sec}$$

0.08 ~ 0.4초
설계스펙트럼가속도
최대이면서 일정

01 기둥 단면 결정 / 물성치 분석

• 기둥 단면 결정

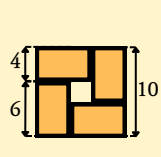
CASE 1



$$I_x = 812\text{mm}^4$$

$$I_y = 812\text{mm}^4$$

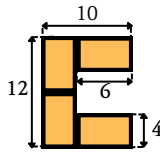
CASE 2



$$I_x = 832\text{mm}^4$$

$$I_y = 832\text{mm}^4$$

CASE 3

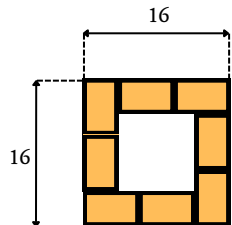


$$I_x = 422\text{mm}^4$$

$$I_y = 1,408\text{mm}^4$$

X-Y축 지진에 대하여 양방향 같은 단면 2차 모멘트를 가진 **CASE 2** 선택

• 코어 기둥 단면 결정



$$I_x = 5,120\text{mm}^4$$

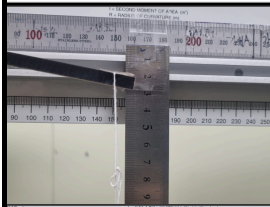
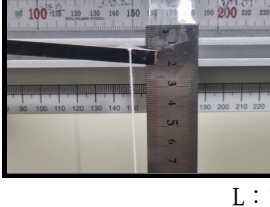
$$I_y = 5,120\text{mm}^4$$

의도한 설계에 적합한 강성과 강도를 가진 **16mm x 16mm** 속 빈 기둥 선택

• 단일부재 물성치 분석

캔틸레버 보의 처짐식 이용

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

MDF Strip의 물성치		
	하중 [N]	변위 [mm]
	0.98	10.0
	탄성계수 [Mpa]	
	1539.0	
	하중 [N]	변위 [mm]
	1.47	14.8
	탄성계수 [Mpa]	
	1562.0	
	하중 [N]	변위 [mm]
	1.96	19.5
	탄성계수 [Mpa]	
	1575.7	

L : 150mm B : 4mm H : 6mm

부재를 다르게 하여 실험 3번 진행

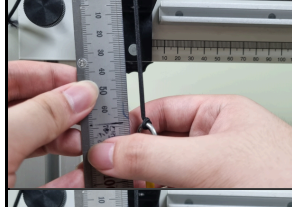
부재 평균 탄성계수

1,559 MPa

• 고무줄 물성치 분석

후크의 법칙을 이용한 물성치 측정

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

고무줄의 물성치		
	하중 [N]	변위 [mm]
	1.96	17.0
	탄성계수 [Mpa]	
	1.96	
	하중 [N]	변위 [mm]
	2.94	30.0
	탄성계수 [Mpa]	
	1.56	
	하중 [N]	변위 [mm]
	3.92	39.0
	탄성계수 [Mpa]	
	1.61	

고무줄 길이를 다르게 하여 실험 3번 진행

고무줄 평균 탄성계수

1.7 MPa

02 설계 전략

• 거셋 플레이트

- 횡력 저항 성능 증가
- 구조물의 강성 증가
- 자투리 부재를 활용

• 외각기둥과 중심기둥

- 강축과 약축의 차이가 없도록 제작
- 하중을 수직으로 지탱
- 외각기둥은 2층부터 4층까지 일체화 하여 일체성 확보

• 전단벽

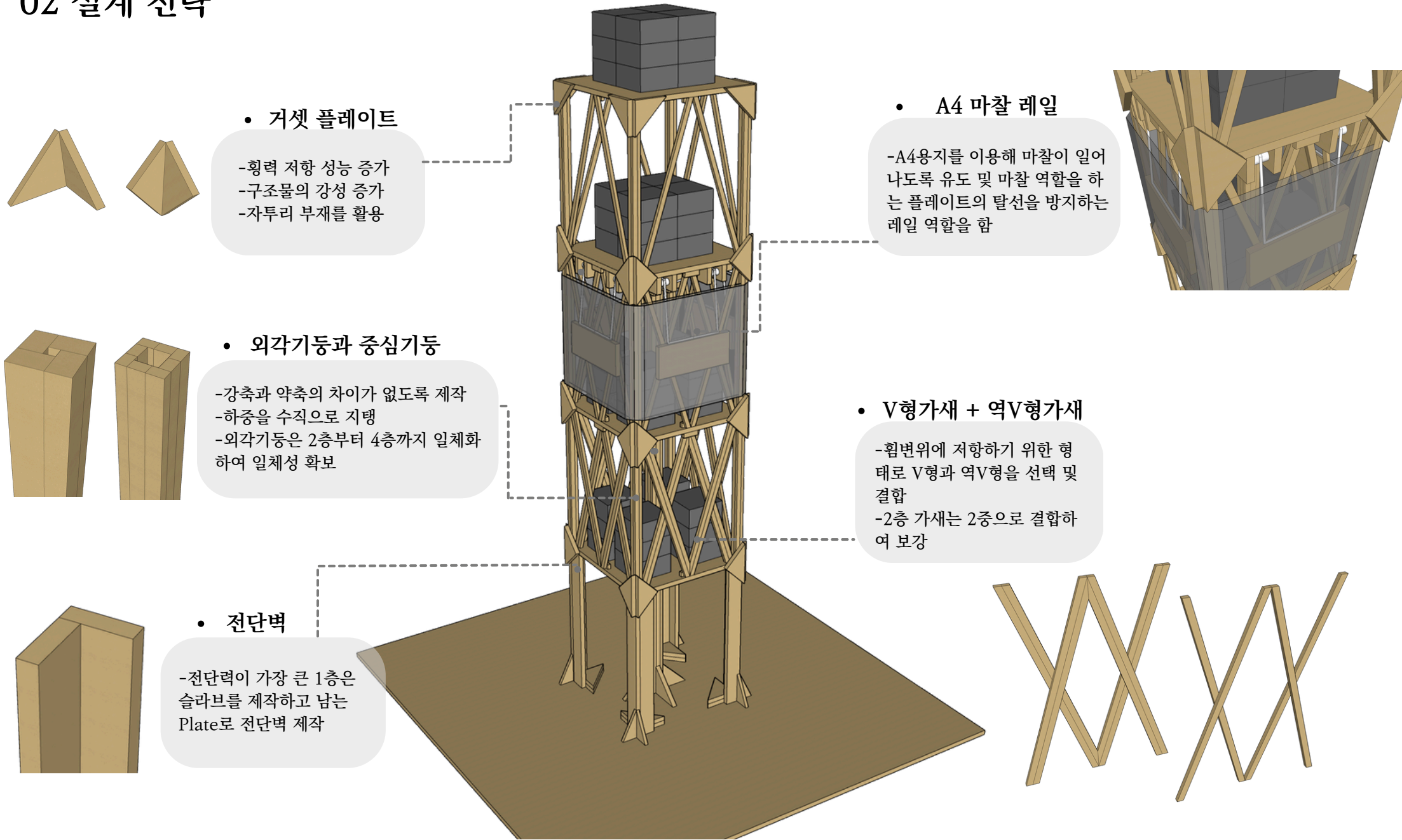
- 전단력이 가장 큰 1층은 슬라브를 제작하고 남는 Plate로 전단벽 제작

• A4 마찰 레일

- A4용지를 이용해 마찰이 일어나도록 유도 및 마찰 역할을 하는 플레이트의 탈선을 방지하는 레일 역할을 함

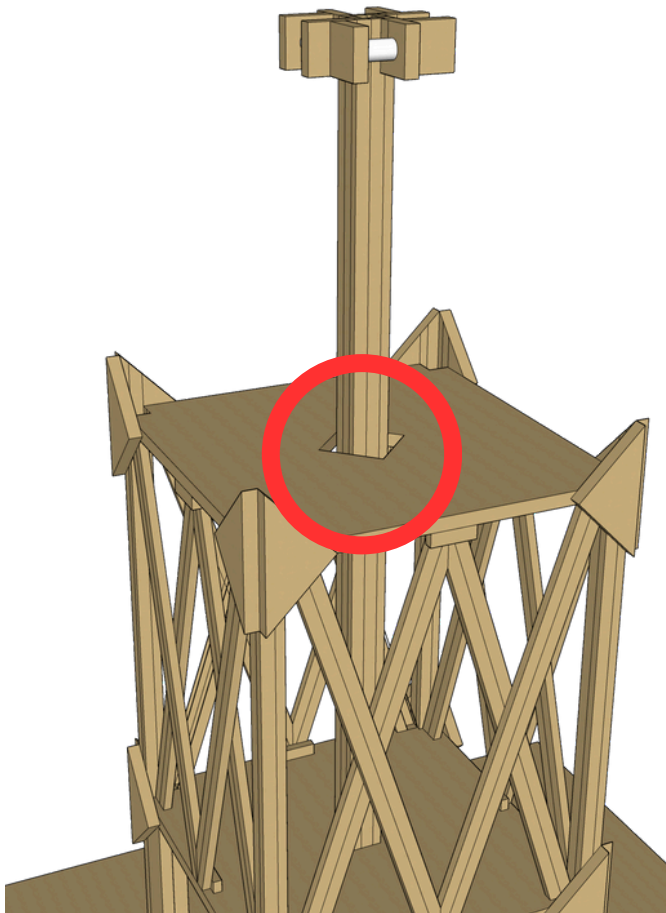
• V형가새 + 역V형가새

- 힘변위에 저항하기 위한 형태로 V형과 역V형을 선택 및 결합
- 2층 가새는 2중으로 결합하여 보강



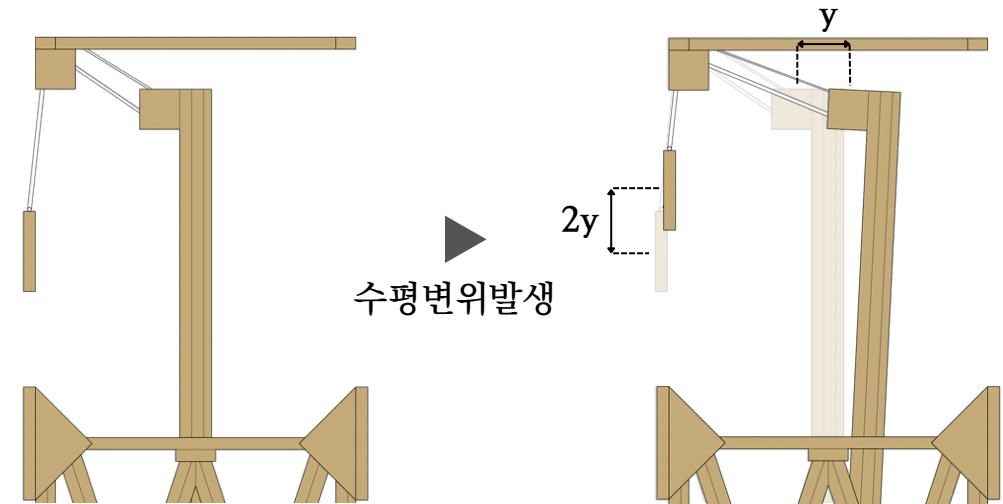
02 설계 전략

- 내부 기둥+움직도르래



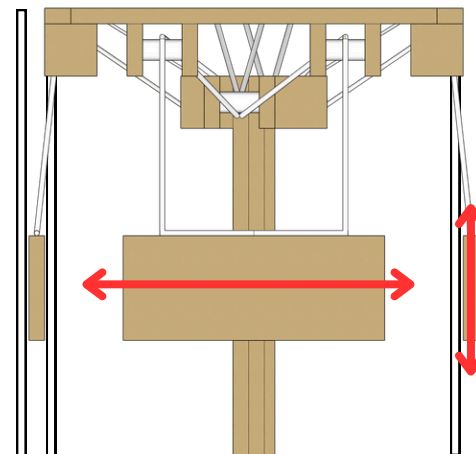
- 2층 슬라브 천공을 통해 기둥을 고정X
- 기둥 및 움직도르래의 수평변위 발생

- 움직도르래



-변위의 2배를 끌어당기는 움직도르래의 특성 사용

- 마찰댐퍼

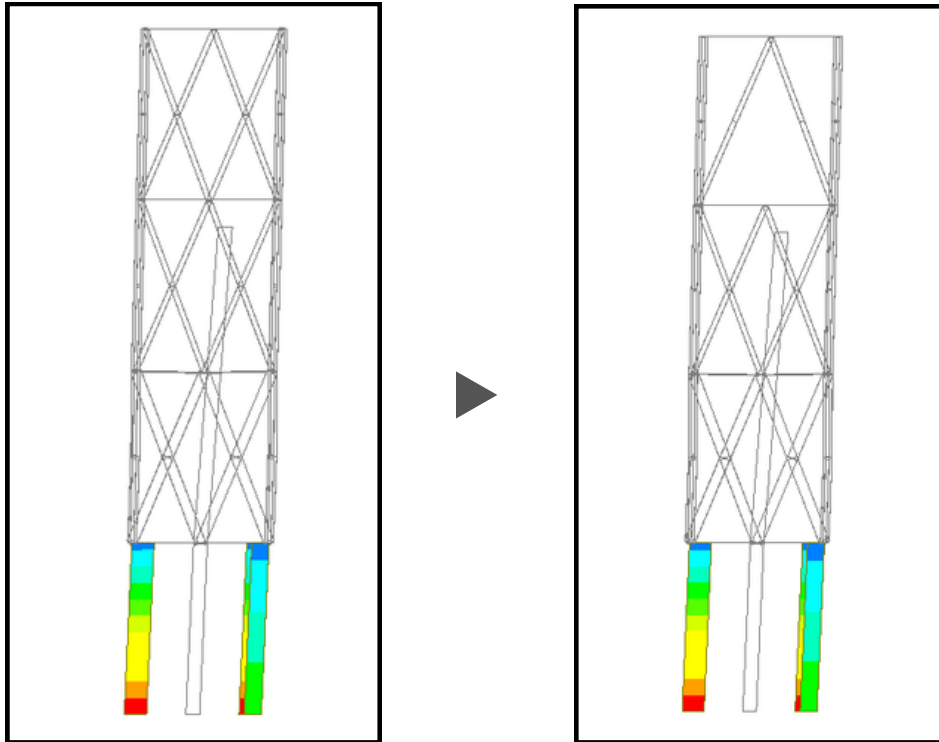


-지진으로 인한 수평마찰

-움직도르래로 인한 수직마찰

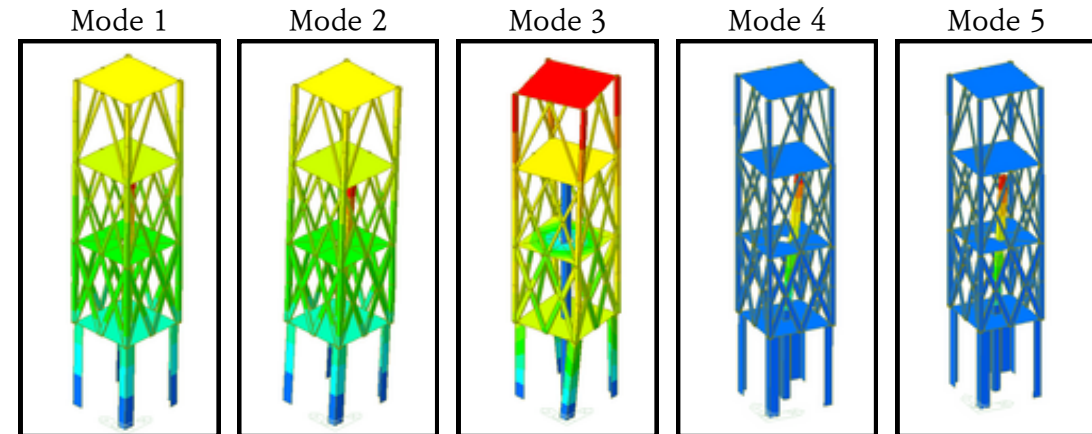
02 마이다스 분석

• 가새 분석



높은 강성으로 인한 전단벽 하단에 부하가 집중되어 전도 발생 가능성 우려
 강성을 낮출 수 있도록 가새에 대한 설계 변경 필요
 설계 강도가 가장 낮은 4층부에서 역V가새로 설계 변경
 2층~3층: 각 층의 부하를 고려하여 가새의 단면적 조정

• Mode 분석



Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		ROTN-Z	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	67.2478	67.2478	19.8434	19.8434	0	0
2	19.8434	87.0913	67.2478	87.0913	0	0
3	0	87.0913	0	87.0913	93.1904	93.1904
4	3.2528	90.3441	0	87.0913	0	93.1904
5	0	90.3441	3.2528	90.3441	0	93.1904

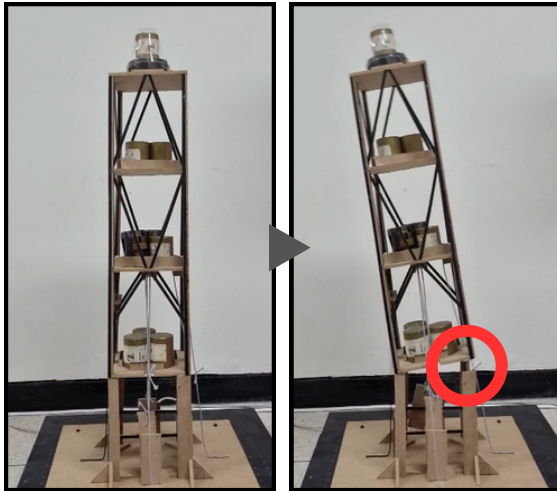
▶ 질량참여율이 높은 Mode 1, 2, 3의 주기를 고려

Mode No	Frequency		Period
	rad/sec	cycle/sec	sec
1	38.3635	6.1057	0.1638
2	38.3635	6.1057	0.1638
3	57.1723	9.0993	0.1099
4	114.4685	18.2182	0.0549
5	114.4685	18.2182	0.0549

▶ 1차, 2차, 3차모드
 고유주기가
0.08~0.4sec에 포함

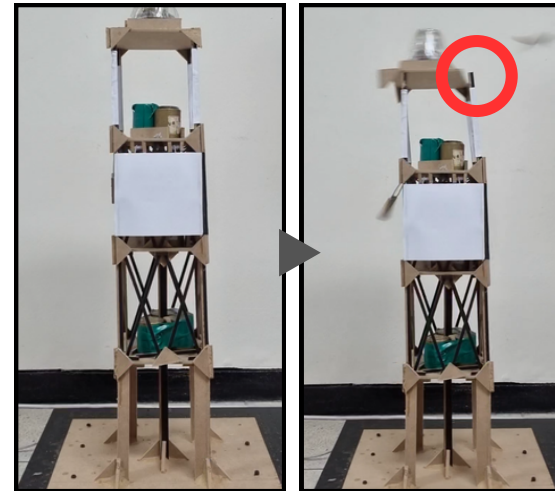
02 제작 실험 과정

• 1차 실험 결과



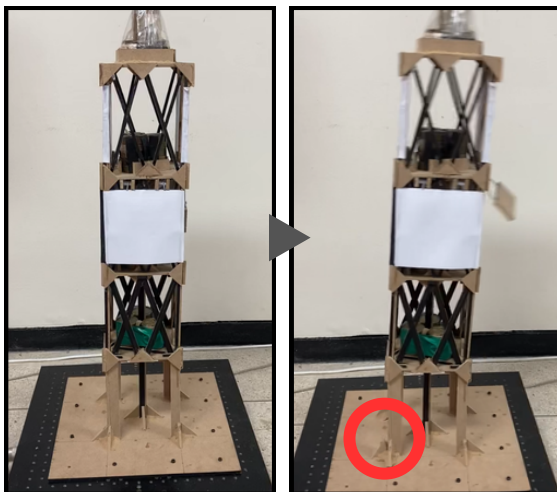
- ▶목표
-댐퍼의 작동 확인 및 구조물 거동 확인
- ▶실험 분석
-가진 실험 시 댐퍼의 수평운동이 강하며, 수직운동은 관측되지 않음
-기둥 및 전단벽의 일체성 미흡
-지진하중에 대한 구조체의 거동에 대해 각 층 보강 방법 부적합
- ▶피드백
-댐퍼 운동방향 조정을 위한 추가 설계 고려
-도르래 작동 범위 향상을 위한 설계 고려
-구조체 거동에 적합한 가새 구조 변경 고려

• 2차 실험 결과



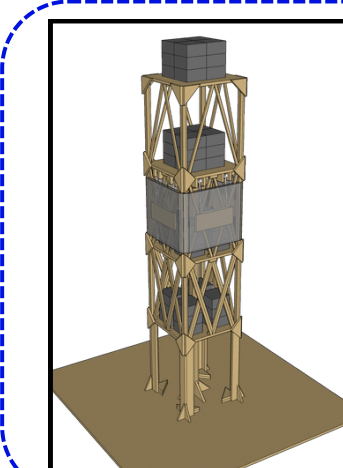
- ▶변경사항
-A4지를 사용하여 마찰판 설치
-도르래를 작동하는 자유단 기둥 설치
-2층,3층 V자 + 역V자 가새로 설계 변경
-4층 가새를 기둥에 A4지 보강으로 대체
- ▶실험 분석
-댐퍼의 운동방향 등 정상 작동 확인
-최상부에 큰 변위 발생 및 부하에 대한 설계 강도 부적합
- ▶피드백
-4층 보강을 위한 추가 가새 고려
-최상부의 변위 저감을 위해 구조체의 전체적인 강성 균일화 고려 (거동 안정성 확보)

• 3차 실험 결과



- ▶변경사항
-4층부 V자 + 역V자 가새로 설계 변경
- ▶실험 분석
-강성이 향상되어 변형에 대한 저항 증가로 인한 1층 전단벽 하단에 큰 휨모멘트 발생, 이로 인해 1층 전단벽-베이스플레이트 분리 발생
- ▶피드백
-4층 가새에 대해 역V로 설계 변경 고려
-1층 전도방지 플레이트 추가 설치 고려

• 최종 모델

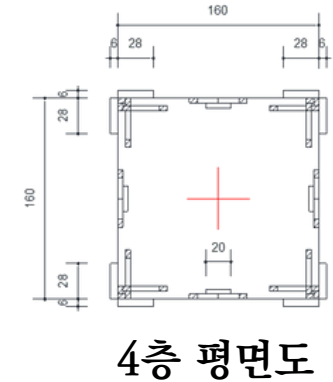
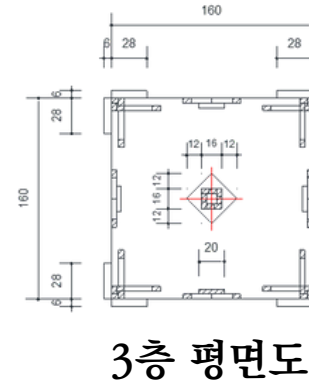
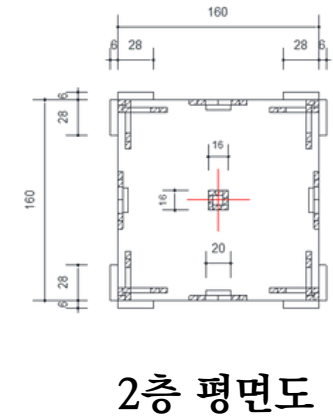
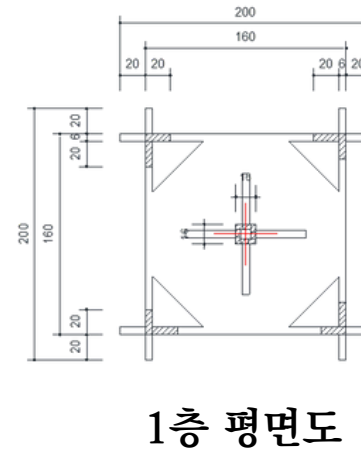
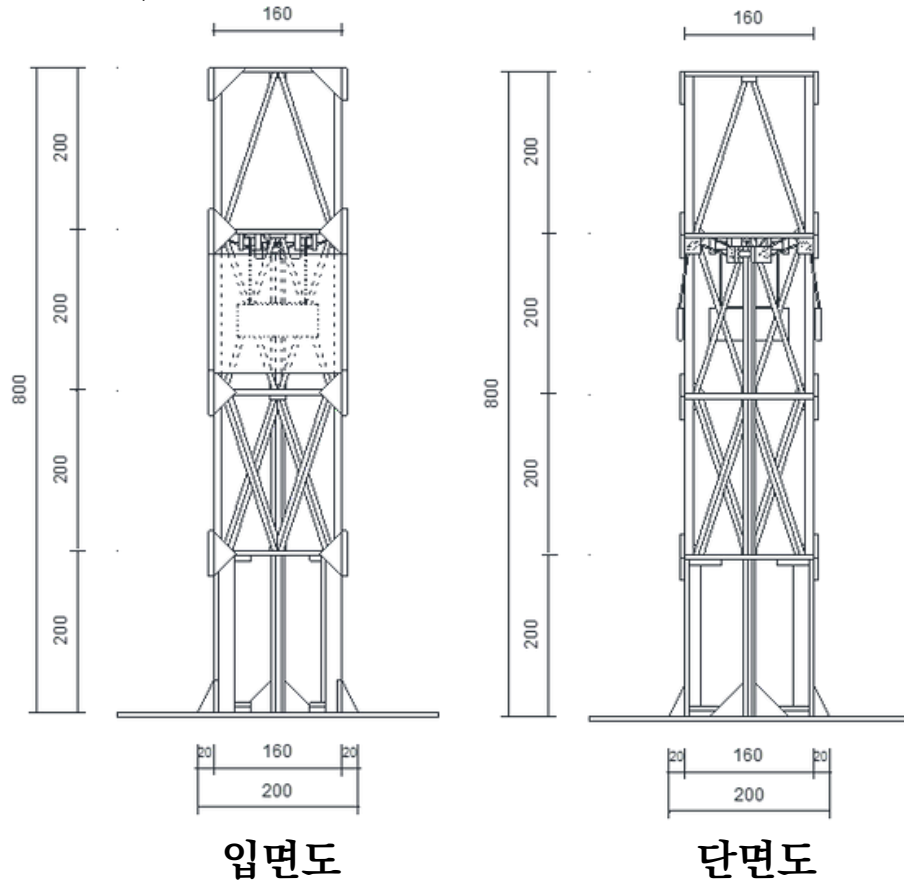


높은 강성으로 인한 특정 부분의 응력집중을 피하기 위한 설계 변경 고려, 설계 시 각 층마다 부하를 고려하여 다음과 같이 설계

- 4층부: 역V 가새 설계
- 3층부: V, 역V 가새 설계
- 2층부: 가새 단면적을 높여 V, 역V 가새 설계

구조체의 전도 방지를 위해 전단벽 하단 보강 고려
-전단벽 하단 내부에 거сет 플레이트를 각 2개씩 추가 보강

03 도면화



부재명	규격	수량 [개]	사용재료	부재명	규격	수량 [개]	사용재료
바닥판	160mm x 160mm x 6mm	4	Plate	거šet 플레이트 40*40	40mm x 40mm x 6mm	44	Plate
외부 기둥	10mm x 10mm x 600mm	4	Strip	거šet 플레이트 20*40	20mm x 40mm x 6mm	8	Plate
코어 기둥	16mm x 16mm x 580mm	1	Strip	도르레	20mm x 20mm x 27mm	12	Plate & A4
가새	220mm x 4mm x 6mm	56	Strip	마찰 댐퍼	40mm x 100mm x 6mm	4	Plate
가새 받침	20mm x 4mm x 6mm	20	Strip	마찰판	148.5mm x 297mm	4	A4

03 경제성 검토/ 시공성 검토

• 경제성 검토

재료명	규격	단가 [백만원]	소요량	가격 [백만원]	비고
MDF Base 기초판	400mm x 400mm x 6mm	-	1		기본 제공
MDF Strip	600mm x 4mm x 6mm	10	52	520	
MDF Plate	200mm x 200mm x 6mm	100	5	500	
스트링 고무줄 (Φ 2~3 mm)	600mm	40	4	160	
A4지	210mm x 297mm	10	6	60	
접착제	20g	200	2	400	록타이트 401
합계				1640	

• 시공성 검토

구분		소요시간																	
		1시간						2시간						3시간					
		10분	20분	30분	40분	50분	60분	10분	20분	30분	40분	50분	60분	10분	20분	30분	40분	50분	60분
제작	10 x 10 기둥 제작																		
	16 x 16 기둥 제작																		
	Plate 제작																		
	현치 제작																		
	마찰 덮퍼 제작																		
	가새 제작																		
	도르래 제작																		
시공	Plate 천공 과정																		
	마찰 덮퍼 부착																		
	기둥 코어 조립																		
	기둥 a4 접합																		
마감	하중블럭 설치																		
	틀받 보강																		
	가새 부착																		
	마무리 작업																		

	구용준
	장민석
	조용준
	김승수
	다같이