



2024 구조물 내진설계 경진대회

Seismic Structural Design Contest 2024



동아대학교 건축공학과
DONG-A UNIVERSITY Architectural Engineering

TEAM : 단디짓자

지도교수 : 동아대학교 건축공학과
김동건 교수님

조승연

- 팀장 및 총괄
- 구조설계
- 구조해석
- 구조물 제작

최근영

- 물성치 해석
- 구조해석
- 3D 모델링
- 구조물 제작

이헌진

- 지진파 분석
- 설계제안서 제작
- 경제성 분석
- 구조물 제작

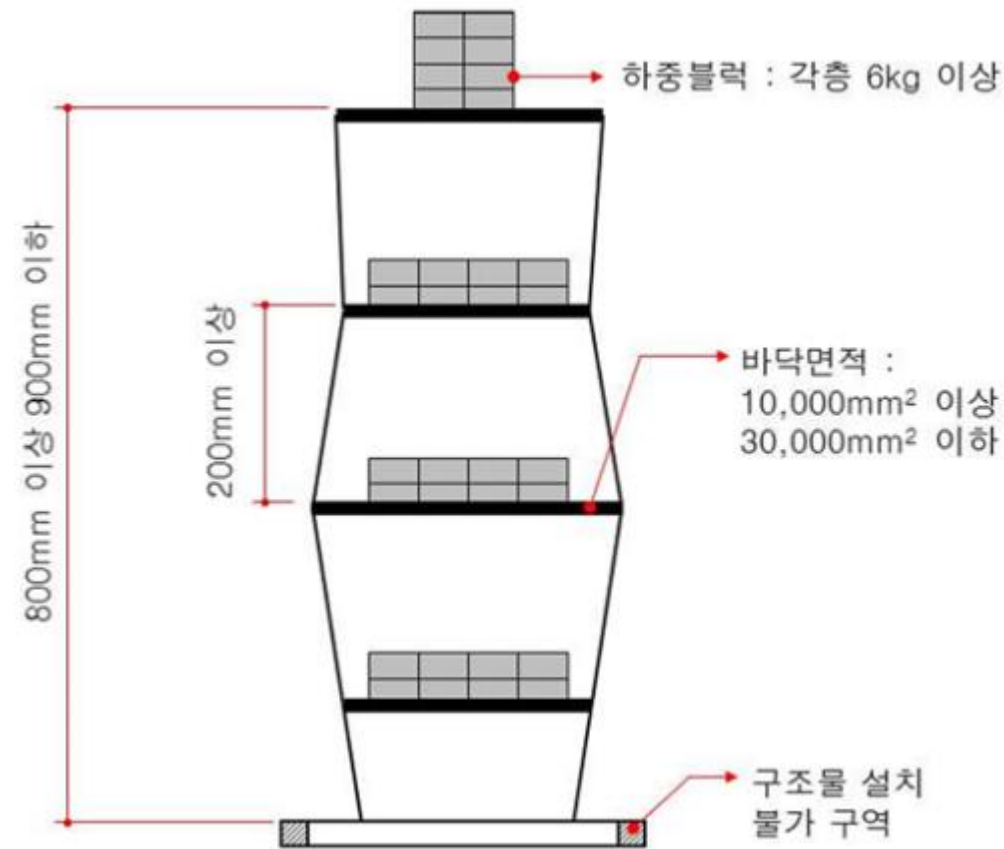
노은택

- 대회 규정 분석
- 경제성 분석
- 시공성 분석
- 구조물 제작





구조물 및 세부규정



- 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 파괴 유도하는 정밀설계
- 시공성과 경제성을 고려하고 구조물의 심미성과 창의성을 추구하는 설계
- 구조해석 능력 외 도면화, 수량산출 및 내역작성 기술

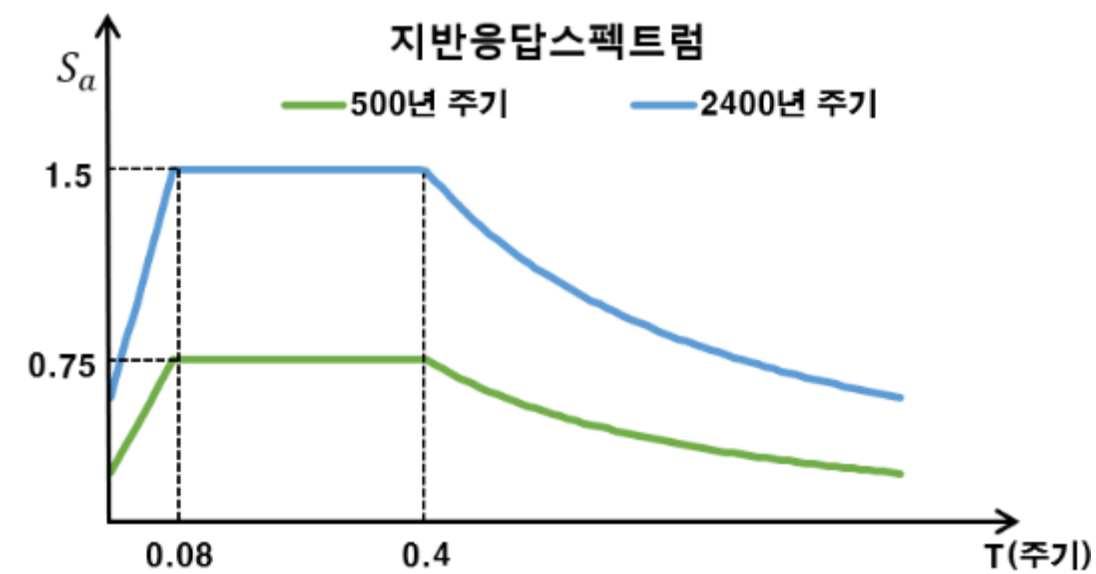
지진파 분석

유효수평지반가속도	
제현주기(년)	유효수평지반가속도(S)
500	0.3g
2400	0.6g

지반응답증폭계수	
단주기(F_a)	1.5
1초 주기(F_v)	1.5

	500년	2400년
위험도 계수 (I)	1	2
지진구역계수 (Z)	0.3g	0.3g

	500년	2400년
위험도 계수 (I)	1	2
지진구역계수 (Z)	0.3g	0.3g



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

500년 & 2400년 - 0.08sec

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

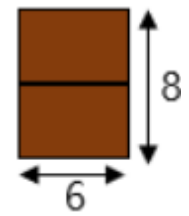
500년 & 2400년 - 0.4sec

- T = 구조물의 고유주기

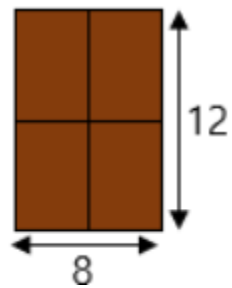
※ 0.08~0.4sec에서 설계스펙트럼 가속도 최대 -> 지진 가속도 0.7g에서 파괴유도 설계



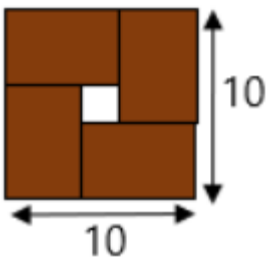
기둥 단면의 강성



- CASE 1**
 $I_x = 256\text{mm}^4$
 $I_y = 144\text{mm}^4$
 탄성계수 $E = 1078.1\text{Mpa}$



- CASE 2**
 $I_x = 1,152\text{mm}^4$
 $I_y = 512\text{mm}^4$
 탄성계수 $E = 453.7\text{Mpa}$



- CASE 3**
 $I_x = 832\text{mm}^4$
 $I_y = 832\text{mm}^4$
 탄성계수 $E = 1121.8\text{Mpa}$
 단면2차 모멘트 $I = \frac{bh^3}{12}$

- CASE 1,2에 비해 강축과 약축의 구분 X
- CASE 1,2에 비해 단가 대비 단면 2차 모멘트가 매우 큼
- 건물 전체의 강성 향상을 위해 CASE 3 선택

MDF Strip 성능

기둥 물성치 실험 (캔틸레버 보의 처짐식 이용)

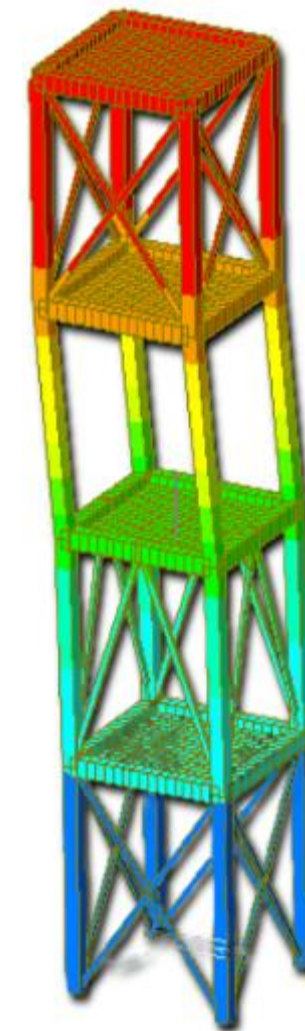
10 x 10	하중(P)	변위(δ)	평균변위
	10N	11mm	11.16mm
		11.3mm	
		10.9mm	
		11.5mm	
		11.1mm	

평균 변위 값에 의한 탄성계수 : 1210MPa

- $L = 150\text{mm}$
- 캔틸레버 보의 처짐 $E = \frac{PL^3}{3\delta I}$

MIDAS 가새 분석

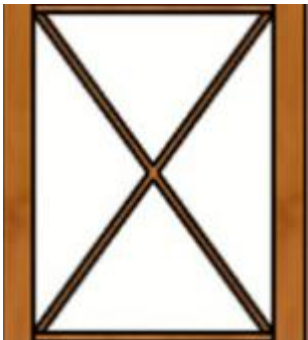
1,4층 X가새



2층 역V가새

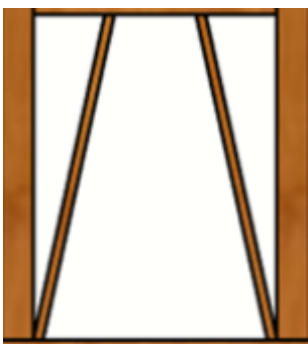
<X자형 가새>

상하부 균형있는 구조물의 강성을 확보하고 변위를 잡아주기 위해 적용



<2중 편심가새>

1층 X자형 가새의 사용으로 부족한 구조물의 강성을 확보하기 위해 2층에 적용



변위 : 3.18mm

구조물 변위 값 고려하여 1,4층 X가새, 2층 역V가새 적용



- 단순히 강하게 제작하는 것이 아닌 본 대회 규정에 최적화된 시스템
- 한정된 재료 내에서의 경제성 및 시공성 철저히 고려

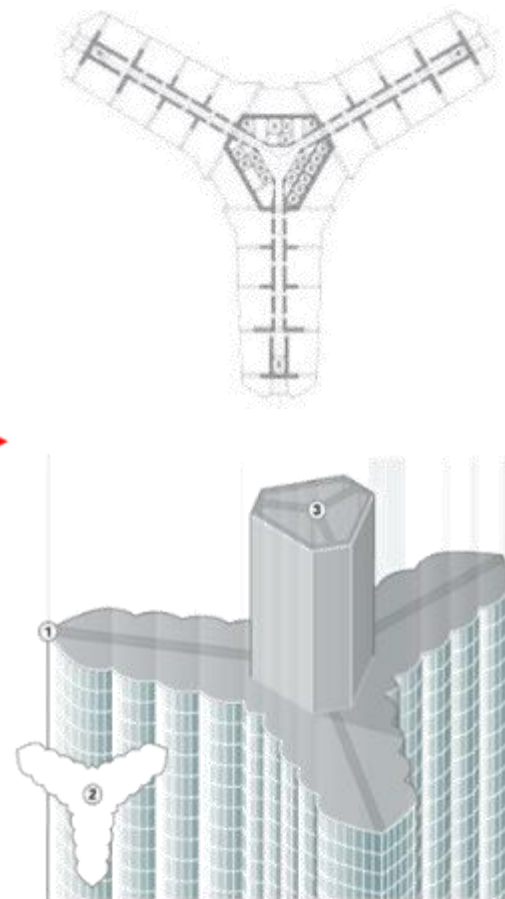
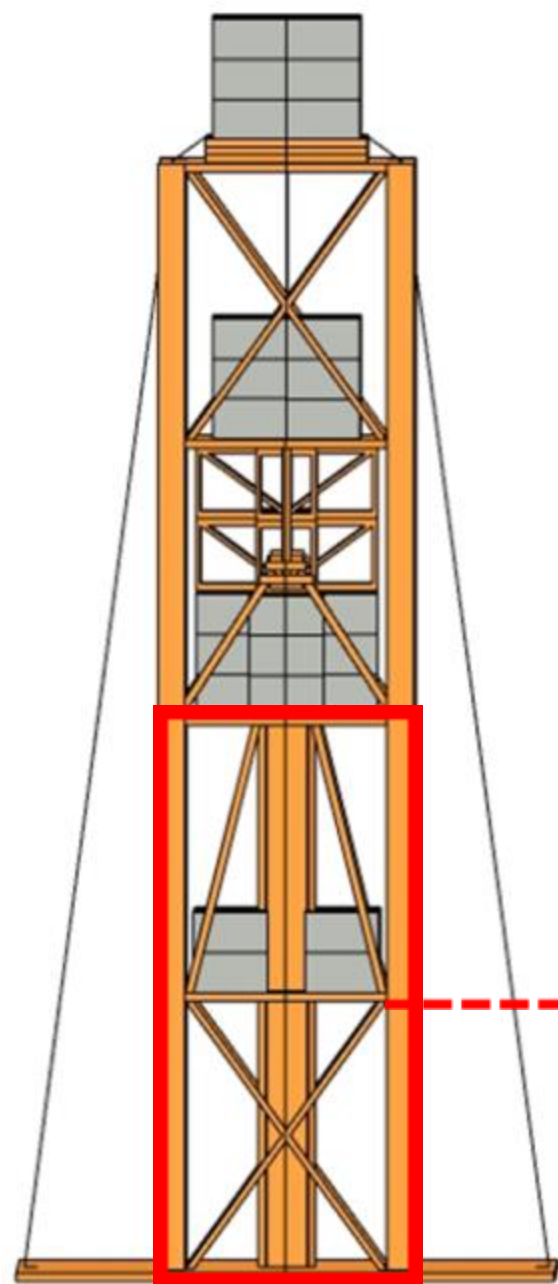
Concept | Analysis | Design | Result



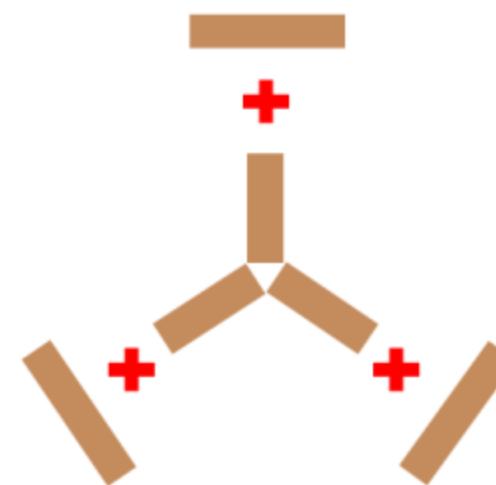
내진구조

- 내진보강(Seismic Strengthening)을 해주는 코어 중 중앙 코어형을 채택하고 부르즈 할리파의 버트레스 코어(Buttressed Core)를 이용하여 구조설계

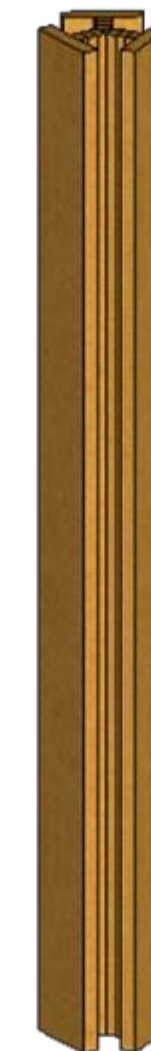
< 버트레스 코어 (Buttressed core) >



Y자 모양을 형성하는
3개의 지지대로 강화된 육각형 코어



단면2차모멘트의 극대화,
시공성 경제성을 검토한 최적안 단면 설계



최종 코어 결정

< 사각형 슬래브 >

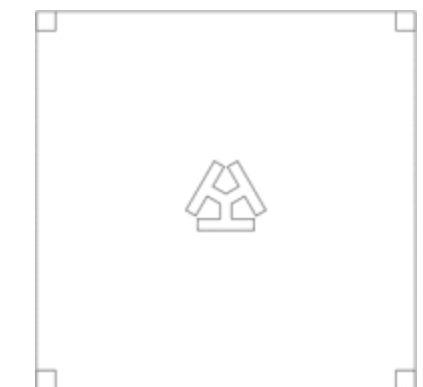


삼각형 슬래브



사각형 슬래브

- 원형에 가까울수록 구조성 우수
- 시공성과 경제성을 확보



기둥, 코어 단면



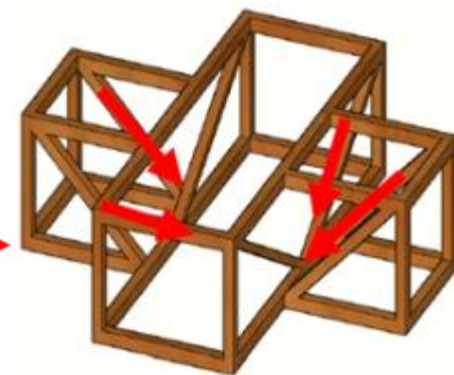
- 단순히 강하게 제작하는 것이 아닌 본 대회 규정에 최적화된 시스템
- 한정된 재료 내에서의 경제성 및 시공성 철저히 고려

Concept | Analysis | Design | Result



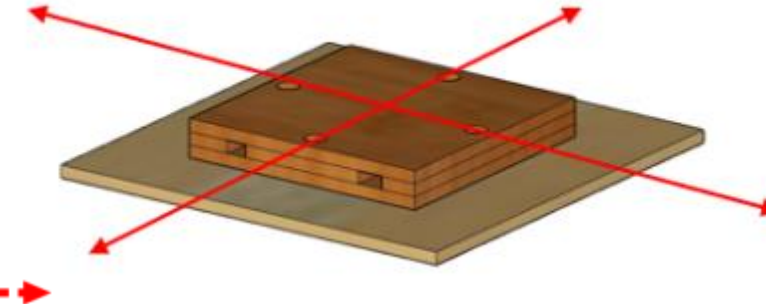
제진구조

< 4WAY 트러스 >



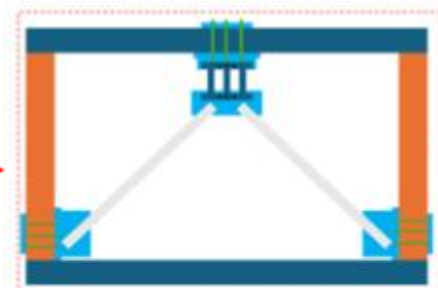
- 수직하중에 주로 저항
- 위층 하중블럭의 무게중심이 트러스의 절점에 오도록 설계
- 대각선 부재가 위층 하중블럭의 무게 중심에서 코어로 연결되어 위층의 하중을 코어로 전달

< 마찰 댐퍼 거동 >

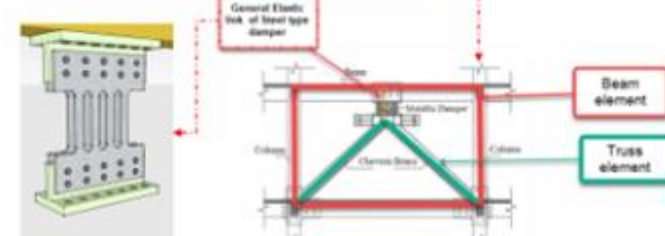


- 마찰 댐퍼를 사용하여 운동 에너지를 열에너지로 변환하고 이를 통해 강한 충격을 완화하거나 너무 큰 진동 진폭을 방지하여 에너지 소산
- 스트링 고무줄 = 인장재 역할
- 마찰 댐퍼의 상부와 기초판을 긴결시켜 인장력을 받아 층간변위 발생을 억제

< 층간변위제어댐퍼 (Relative storey Displacement Damper) >

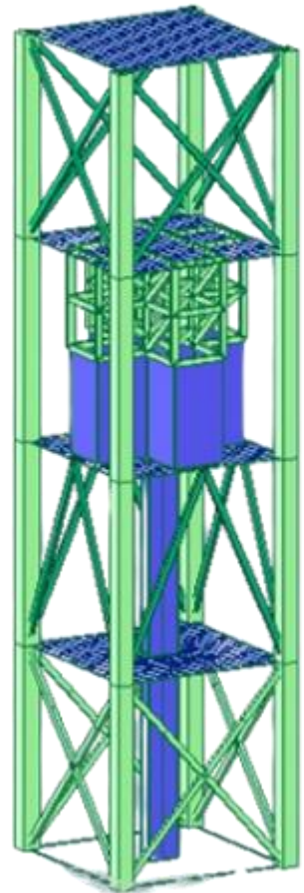


→ 면외방향 좌굴방지



- $\Delta_a : 0 \sim$ 허용 층간변위(2mm) 도달 시, 변위 제어 댐퍼 작동
- 시공성, 경제성, 목표성능설계 가능(강축, 약축, 단면설계, 개수)
- 가새가 없는 층을 가새 댐퍼로 보완하여 에너지소산 능력 향상

✓ 모드 별 질량참여도 및 고유주기 해석



옥상 • 마찰댐퍼 (해석 적용 제외)

4층 • X자형 가새

3층 • 4-way 트러스
• 가새댐퍼 (해석 적용 제외)

2층 • 버트레스 코어 (Buttressed Core)
• 역V자 가새

1층 • 버트레스 코어 (Buttressed Core)
• X자형 가새

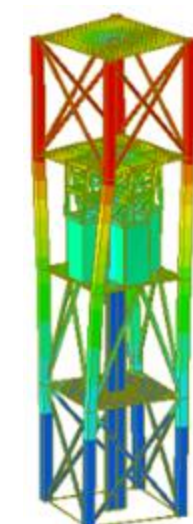
MODE 1



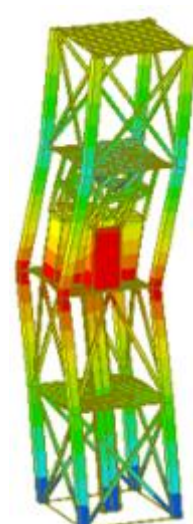
MODE 2



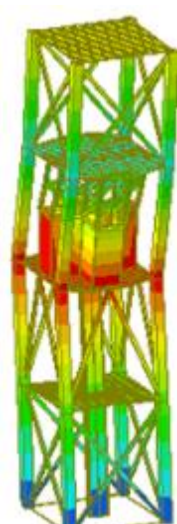
MODE 3



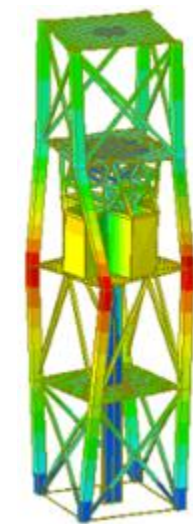
MODE 4



MODE 5



MODE 6



MIDAS GEN 해석

Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		ROTN-Z	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	79.3222	79.3222	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003
2	0.0002	79.3224	80.0416	80.0418	0	0.0003
3	0.0002	79.3226	0	80.0418	73.8188	73.8191
4	12.8254	92.1480	0	80.0418	0.0004	73.8195
5	0	92.1480	12.0334	92.0753	0	73.8195
6	0.0002	92.1482	0	92.0753	19.1627	92.9821

※ KDS 41 17 00 응답스펙트럼 해석법에 따라 모드별 유효질량(Effective Model Mass)의 합이 전체 질량의 90% 이상을 확보하도록 요구

EIGENVALUE ANALYSIS

Mode No	Frequency		Period	Tolerance
	(rad/sec)	(cycle/sec)		
1	15.4161	2.4535	0.0408	0
2	15.5536	2.4754	0.0404	0
3	20.3848	3.2443	0.0308	0
4	49.8754	7.9379	0.0126	8.6858e-52
5	49.9655	7.9522	0.0126	1.6367e-51
6	62.5409	9.9536	0.0100	3.2383e-45

실험 결과
설계 스펙트럼
가속도 최대구간
0.08~0.4sec를
피하는 것을
확인 가능



✓ 1차 실험

< 1차 모델 제작 >



< 1차 모델 파단 >



< 1차 내진, 제진 기술 적용 >



1차 모델 실험 결과 : **0.42g 파괴**

- 1,4층 x자형 가새 적용
 - 2층 역 v자형 가새 적용
 - 1,2층 버트레스 코어 접착
 - 3층 가새 댐퍼 + 4way 트러스 적용
-
- 기둥 접착부가 하중을 버티지 못하고 붕괴
 - 2층 역 v자형 가새가 하중을 받지 못함

따라서 기둥 접합부에 A4를 사용으로 보강, 추가로 2층을 2중 편심가새 적용

✓ 2차 실험

< 2차 모델 제작 >



< 2차 모델 파단 >



< 2차 내진, 제진 기술 적용 >



2차 모델 실험 결과 : **0.6g 파괴**

- 1,4층 x자형 가새 적용
 - 2층 2중 편심 가새 적용
 - 1,2층 버트레스 코어 일체화
 - 3층 가새 댐퍼 + 4way 트러스 적용
 - 기둥 접합부 A4용지 부착
-
- 기둥접착부 보강 완료, 1,2층을 연결하는 기둥이 하중을 버티지 못하고 붕괴
 - 2층이 파단됨으로써 구조물 붕괴

기둥 1,2층 연결부에도 A4 추가 보강 예정

< 최종 실험 해석 >

가속도가 증가할수록 2층 전체가 하중을 견디지 못하고 파단 되는 것을 확인



< 최종 보강할 점 >

2층의 편심 가새 간격조절 및 하중 블록 배치 고려



최종 모델

< 4WAY 트러스 >

- 수직하중에 주로 저항
- 위층 하중블럭의 **무게중심이 트러스의 절점으로 유도**
- 대각선 부재가 위층 하중블럭의 무게 중심에서 코어 로 연결되어 위층의 하중을 코어로 전달하여 **에너지소산 능력 향상**

< 가새 댐퍼 >

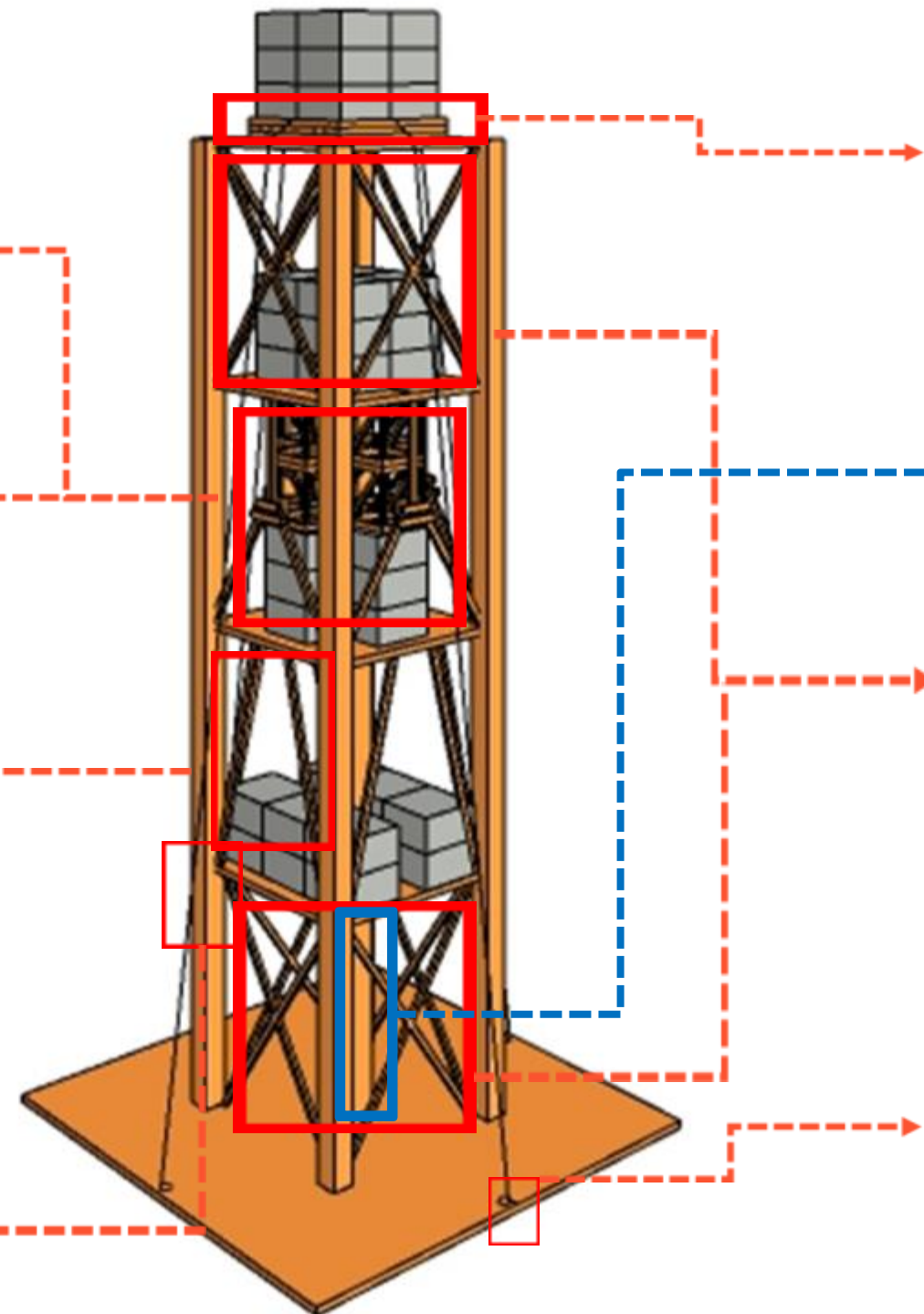
- Δ_a : 0 ~ 허용 층간변위(2mm) 도달 시, **변위 제어 댐퍼 작동**
- 시공성, 경제성, 목표성능설계 가능
(강축,약축,단면설계,개수)
- 가새가 없는 층을 가새 댐퍼로 보완 하여 **에너지소산 능력 향상**

< 2중 편심 가새 >

- 1층 X자형 가새의 사용으로 부족한 **구조물 강성 확보**

< 기둥 접합 부분 보강 >

- 마찰댐퍼에서 사용되고 남은 A4 용지를 이용하여 기둥의 접합 부분 보강



< 마찰 댐퍼 >

- 옥상 플레이트와 **댐퍼와의 마찰을 유도**하기 위해 A4 용지 부착

< 버트레스 코어 >

- 시공성과 경제성을 확보하기 위해 **사각형 슬래브 사용**
- 단면2차모멘트 극대화, 시공성, 경제성을 검토한 최적 단면 설계

< x자 가새 >

- 변위가 가장 적은 x자형 가새를 설치함으로써 **횡력에 저항**
- 버트레스 코어를 제작하고 남은 Strip 으로 제작하여 경제성 향상
- 상하부 균형있는 구조물의 강성을 확보- 변위 능력 향상
➡ **변위 능력 향상**

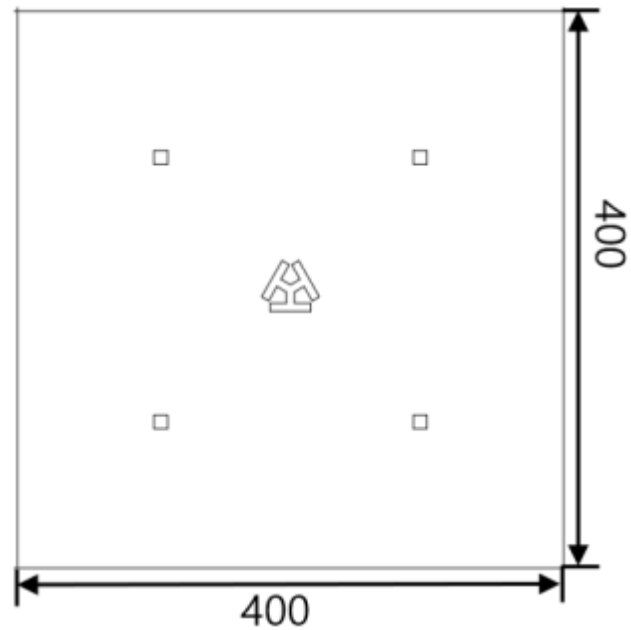
< 인장 와이어 >

- 마찰댐퍼에서 연결된 와이어가 베이스 플레이트와 연결
- 와이어의 인장력이 **상부층의 횡변위와 비틀림에 저항**

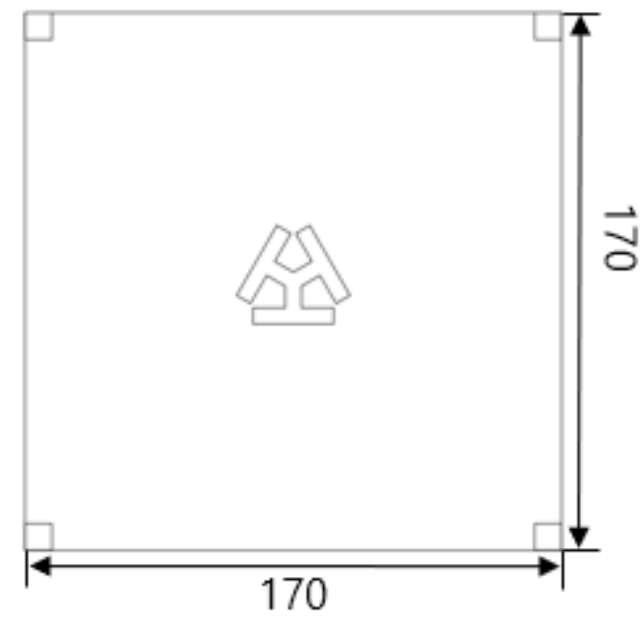


도면

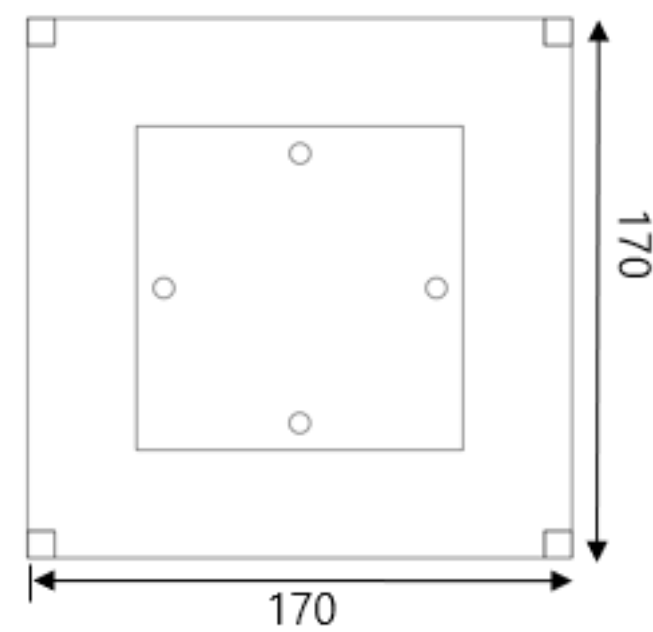
< Base >



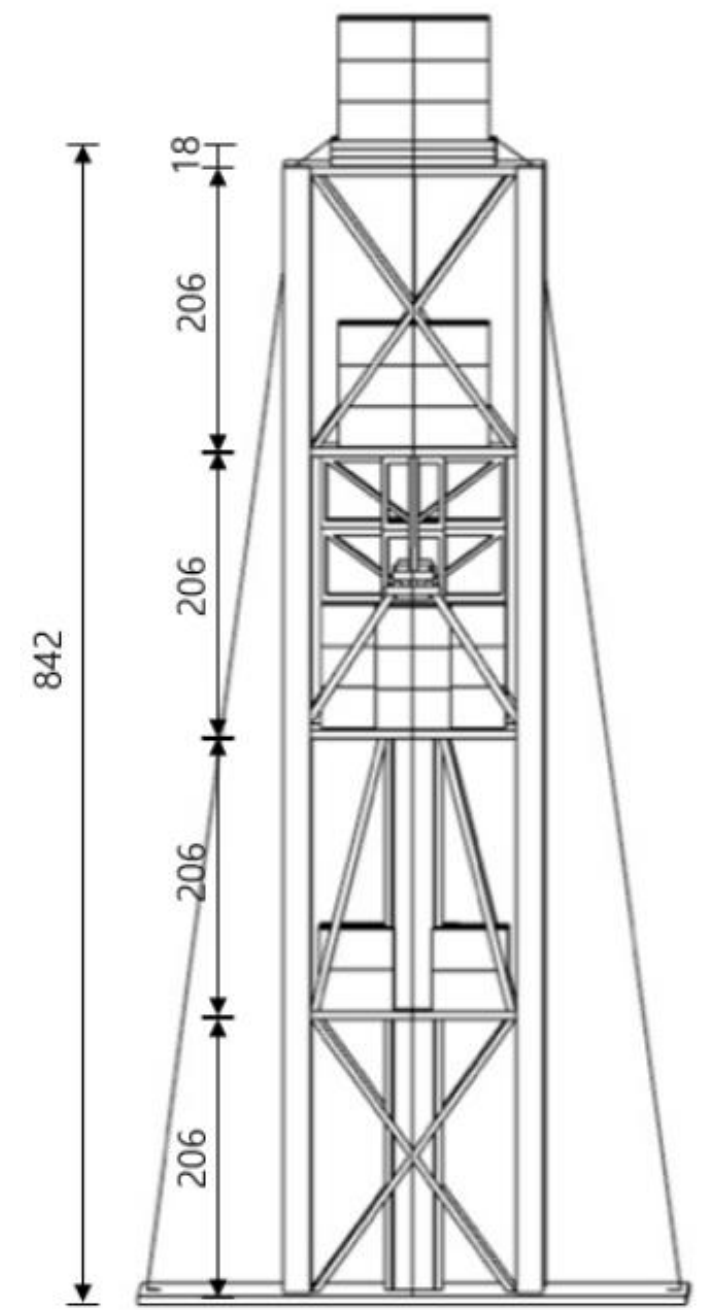
< 2층 >



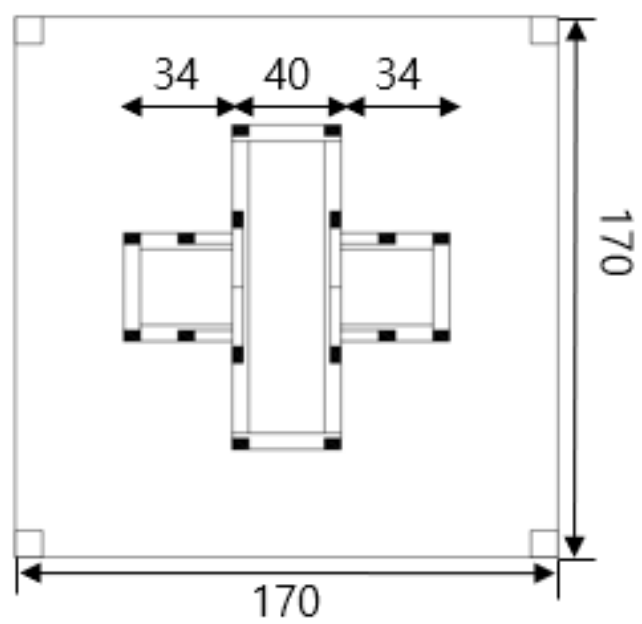
< 옥상층 >



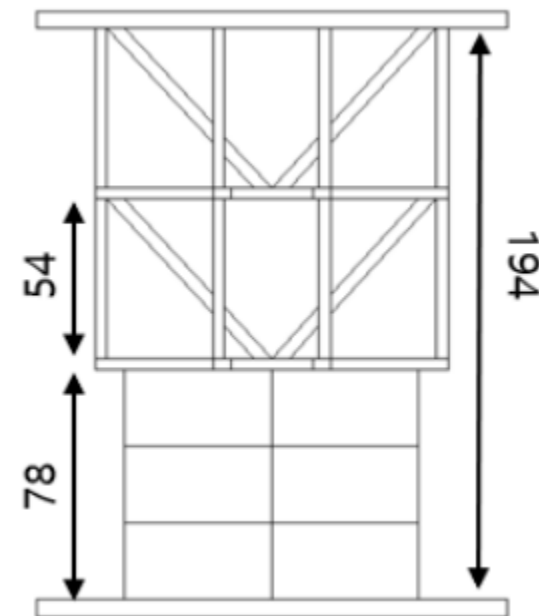
< 입면도 >



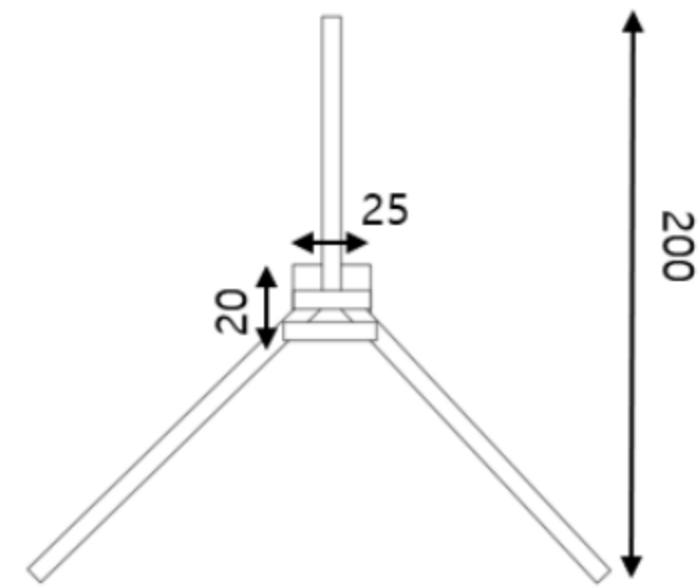
< 2층 >



< 4way 트러스 >



< 댐퍼 >



✓ 공정표

구분		소요시간																
		1시간						2시간						3시간				
		10분	20분	30분	40분	50분	60분	10분	20분	30분	40분	50분	60분	10분	20분	30분	40분	
설계	기초판 설계																	
	슬래브 설계																	
재료	기둥 제작																	
	슬래브 천공																	
	기초판 천공																	
	바닥재 제작																	
	코어제작																	
	댐퍼 제작																	
	바닥재 시공																	
시공	기둥세우기																	
	슬래브 결합																	
	트러스 제작																	
	하중 블록 접착																	
	가새설치																	
	인장재 설치																	
마감	바닥판 고정																	
	마무리 작업																	
	총 공정 시간													220분				

✓ 원가 관리

종류	부재명	개수	단가(만원)	비용(만원)	합계(만원)
Strip	기둥	32	10	320	480
	4WAY	5		50	
	코어+가새	9		90	
	가새 댐퍼	2		20	
Plate	슬라브	4	100	400	500
	코어+마찰 댐퍼	1		100	
접착제	접착제	3	200	600	600
실	실	4	10	40	40
A4	A4	2	10	20	20
총계	480+500+600+40+20 = 1640(만원)				