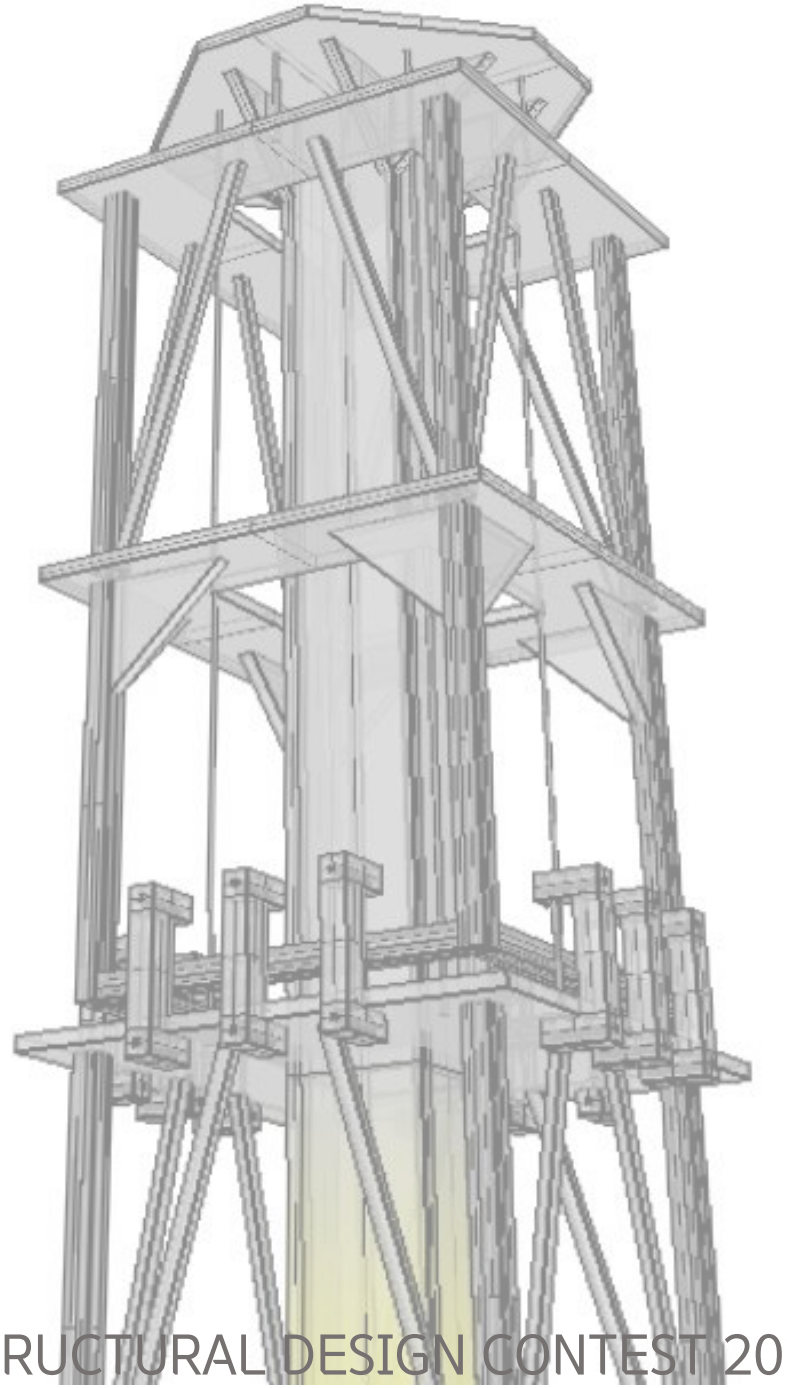


부경대학교 PUB 1988

2022 구조물 내진설계 경진대회 설계제안서

" 다층 구조물 한계상태를 고려한 상세 내진설계 "

국토교통연구인프라운영원 | 부산대학교 PUSAN NATIONAL UNIVERSITY | 주관 지진방재연구센터 SEISMIC RESEARCH AND TEST CENTER

행정안전부 | 국토교통부 | 사단법인 산학협동재단 Korea Sanhak Foundation | KAIA 국토교통과학기술진흥원

사단법인 한국지진공학회 Earthquake Engineering Society of Korea | Sivic 사단법인 한국면진제진협회 Korea Society of Seismic Isolation and Vibration Control | 사단법인 한국구조물진단유지관리공학회 Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection | 사단법인 한국건축구조기술사회 THE KOREAN STRUCTURAL ENGINEERS ASSOCIATION

MTS | 유니슨HKR(주) | DRB | 대성구조이앤씨 | 조은구조이앤씨 | 금문산업

INDEX

01 INTRO

- 팀소개
- 목표설정 및 설계방향
- 대회규정 분석
- 지진파 분석
- 재료물성치 분석

02 CONCEPT

- 디자인 컨셉
- 핵심컨셉 및 구조

03 CONCLUSION

- 도면
- 예산안
- 공정표

팀소개

설계도면 작성
김민지

디자인 및 구조해석
구민석

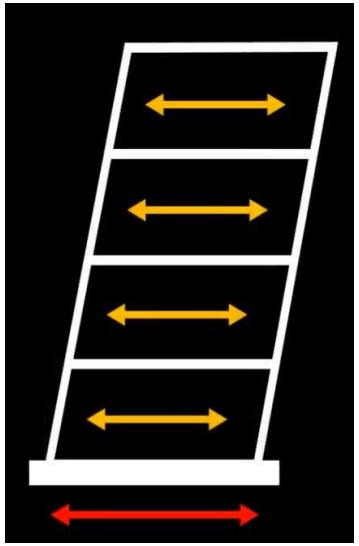
경리 및 PPT작성
손정진

규정 분석 및 총괄
최유진

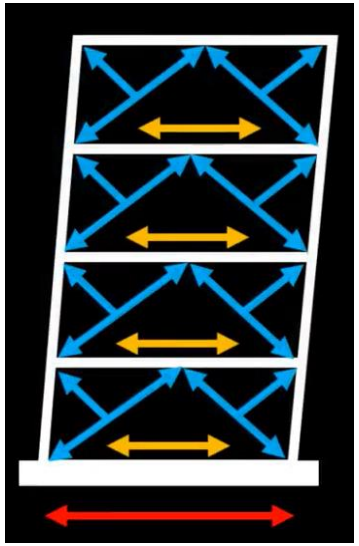
자문위원
이창환 교수님

PUB 1988은 Pukyong national University Building과 국내에서 처음으로 건축물 내진설계법이 제정된 년도인 1988년을 조합하여 작명하였으며 “지진에 견딜 수 있는 우리만의 특색 있는 건물을 짓겠다”는 의미를 담았습니다.

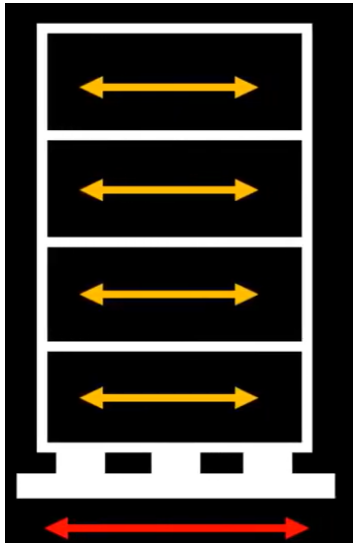
목표설정 – 설계 개념 및 방법



[내진구조]



[제진구조]



[면진구조]

- 내진구조

- 정의 : 지진력을 구조물의 내력으로 저항하는 구조
- 방법 : 부재의 단면, 건축물의 중량 증대
- 고려사항: 경제성을 고려한 효과적 방안 도출 필요성

- 제진구조

- 정의 : 지진력을 감쇄하여 간단한 보수만으로 재사용할 수 있는 구조
- 방법 : 구조물의 점성과 강성 부여, 진동제어 감쇠기 설치
- 고려사항: 구조물의 사용성, 비구조재 및 내부 설치물의 안전성 고려

- 면진구조

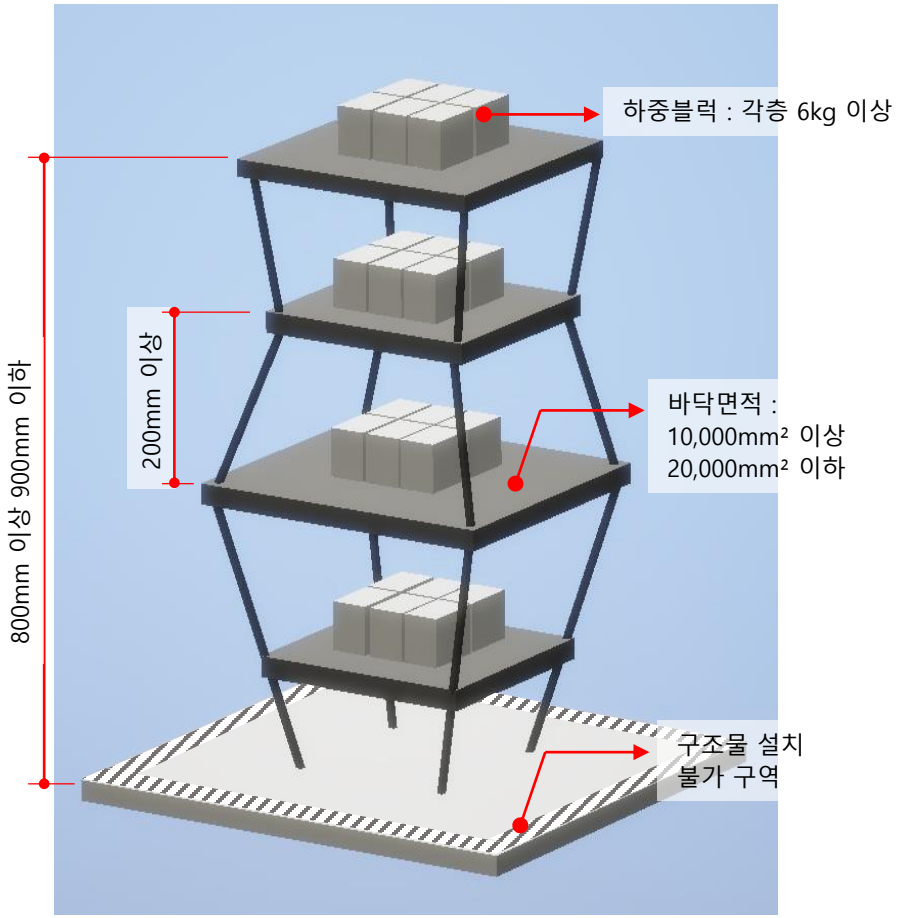
- 정의 : 지진과 구조물의 공진을 막기위해 건물과 지반을 분리시킨 구조
- 방법 : 면진장치의 설치 (마찰댐퍼, 면진받침)
- 고려사항: 안정성, 경제성을 고려한 면진장치 설계

설계 방향

- MDF의 부재 특성상 내진구조는 과다설계의 우려, 설계의 자유도가 높고 안정성이 뛰어난 면진구조 채택
- 면진 장치의 한계 및 최상층 구조의 공진효과를 감쇄하기 위한 독창적 제진장치 고안

대회규정 분석

✓ 구조물 제작 규정



✓ 작품 제작 재료 및 단가

재료명	단위	규격	단위수량 (개)	단가 (백만원)	비고
MDF Base (기초판)	개	400mm×400mm×6mm	1	-	기본제공
MDF Strip	개	600mm×4mm×6mm	1	10	
MDF Plate	개	200mm×200mm×6mm	1	100	
면줄	식	600mm	1	10	
A4지	장	A4	1	10	
접착제	개	20g	1	200	록타이트 401

✓ 성능목표

재현주기 (년)	유효수평지반가속도 (S)	성능목표
500	0.3 g	기능수행, 즉시복구, 인명보호
2400	0.6 g	붕괴방지

- 기능수행 수준: 구조적 손상이 발생하지 않은 경우
- 붕괴방지 수준 : 구조물 완전붕괴, 하중블록 추락, 수직하중 지지 부재가 3개 이상 파단

지진파 분석 KDS 41 17 00 : 2019 건축물 내진설계기준

재현주기 (년)	유효수평지반가속도 (S)	지반증폭계수
500	0.3 g	Fa , Fv 1.5로 가정
2400	0.6 g	

- **단주기 설계스팩트럼 가속도**

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

- 500년 : 0.3 x 2.5 x 1.5 x 2/3 = 0.75g
- 2,400년 : 0.6 x 2.5 x 1.5 x 2/3 = 1.5g

- **1초 주기 설계스팩트럼 가속도**

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

- 500년 : 0.3 x 1.5 x 2/3 = 0.3g
- 2,400년 : 0.6 x 1.5 x 2/3 = 0.6g

- **구조물의 고유주기**

$T_o = 0.2S_{D1}/S_{DS}$

- 500년 : 0.2 x 0.3 / 0.75 = 0.08 sec
- 2,400년 : 0.2 x 0.6 / 1.5 = 0.08 sec

$T_s = S_{D1}/S_{DS}$

- 500년 : 0.3/0.75 = 0.4 sec
- 2,400년 : 0.6/1.5 = 0.4 sec
- T_L = 5 sec

- 고유주기 : T_o = 0.08sec , T_s = 0.4 sec

지진파 분석 인공지진파 생성_EQ.maker

- $T_s = C_v / 2.5C_a$

- $T_s = S_{D1}/S_{DS}$

  500년 : 0.3/0.75 = 0.4 sec

  2,400년 : 0.6/1.5 = 0.4 sec

- $T_0 = 0.2T_s$

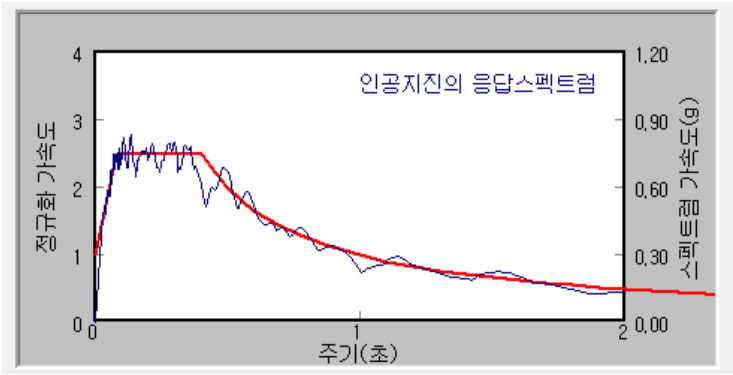
  500년 : C_a = 0.75/2.5 =0.3

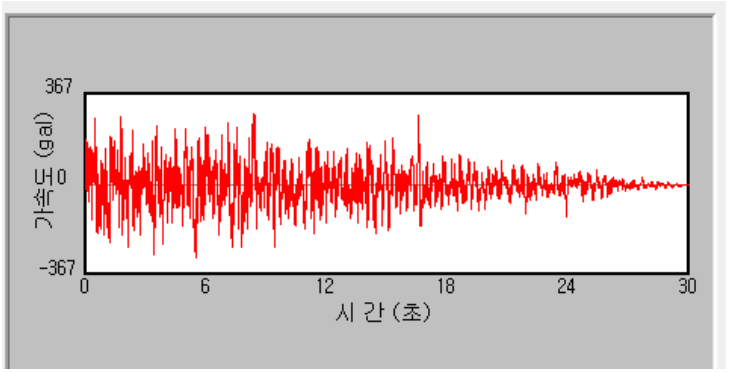
  C_v = 0.75 x 0.4

  2,400년 : C_a = 1.5/2.5 = 0.6

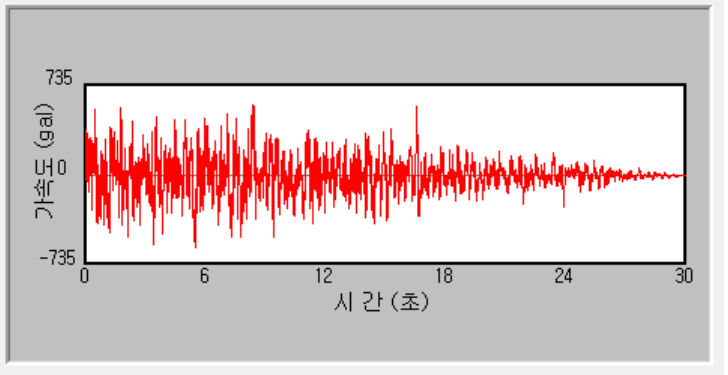
  C_v = 1.5 x 0.4 = 0.6

▪ 500년 재현주기





▪ 2,400년 재현주기



재료물성치 분석

- MDF 탄성 계수

- 캔틸레버 보의 처짐식

$$\delta = \frac{PL^3}{3EI}$$

- 평균 탄성 계수 (E)

= 1936.52 MPa

- MDF 물성 실험 데이터

Times \ Type	P(N)	I (mm⁴)	L (mm)	δ (mm)	E (MPa)
1	4.9	24	110	15.9	1898.99
2				15.8	1911.01
3				15.9	1898.99
4				15.4	1960.65
5				15	2012.93

- 부재 단면 당 강성 비교

Type 1

$$I_x = \frac{4 \times 6^3}{12} = 72mm^4$$
$$I_y = \frac{6 \times 4^3}{12} = 32mm^4$$

Type 2

$$I_x = \frac{8 \times 12^3}{12} = 1152mm^4$$
$$I_y = \frac{12 \times 8^3}{12} = 512mm^4$$

Type 3

$$I_x = \frac{8 \times 6^3}{12} = 144mm^4$$
$$I_y = \frac{6 \times 8^3}{12} = 256mm^4$$

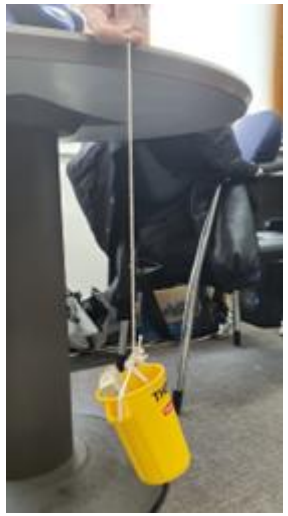
Type 4

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

- 약축의 단면2차모멘트가 가장 높은 Type 4의 단면이 강성이 높음
- 면줄을 이용하여 하중을 지지하기 위한 기술 컨셉의 활용도 증가

재료물성치 분석

- 면줄 탄성 계수



- 면줄의 변위식

$$\delta = \frac{PL}{EA}$$

- 평균 탄성 계수 (E)

76.49 MPa

(5회 측정 후 평균내어 도출)

Type / Times	P(N)	I (mm²)	L (mm)	δ (mm)	E (MPa)
1	4.9	24	110	15.9	1898.99
2				15.8	1911.01
3				15.9	1898.99
4				15.4	1960.65
5				15	2012.93

- MDF Strip 휨강도

- 단순보의 처짐 식

$$\delta = \frac{PL^3}{48EI}$$

$$\sigma_{b,\max} = \frac{M}{I} y_{\max}$$

$$\cdot\ I = \frac{bh^3}{12} \qquad \cdot\ y_{\max} = \frac{h}{2}$$

$$\sigma_{\max} = 1.5\frac{PL}{bh^2}$$

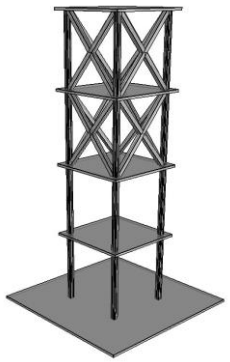
P(N)	L(mm)
10.31	300

- 평균 휨강도 σ = **32.22 MPa**

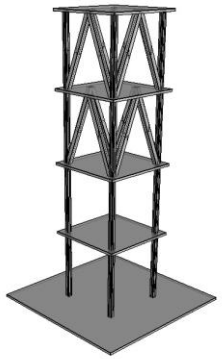
디자인 컨셉

- 구조물 보강 요소

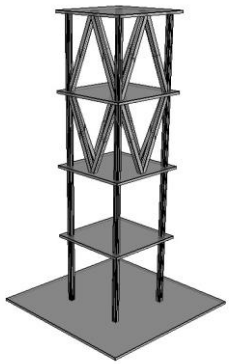
• 가새 형태 결정



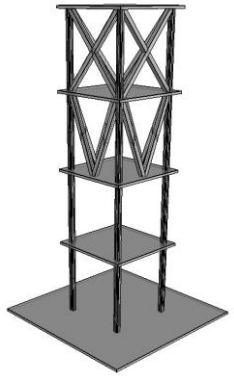
X자 가새



역V자 가새



V자 가새
+
역V자 가새



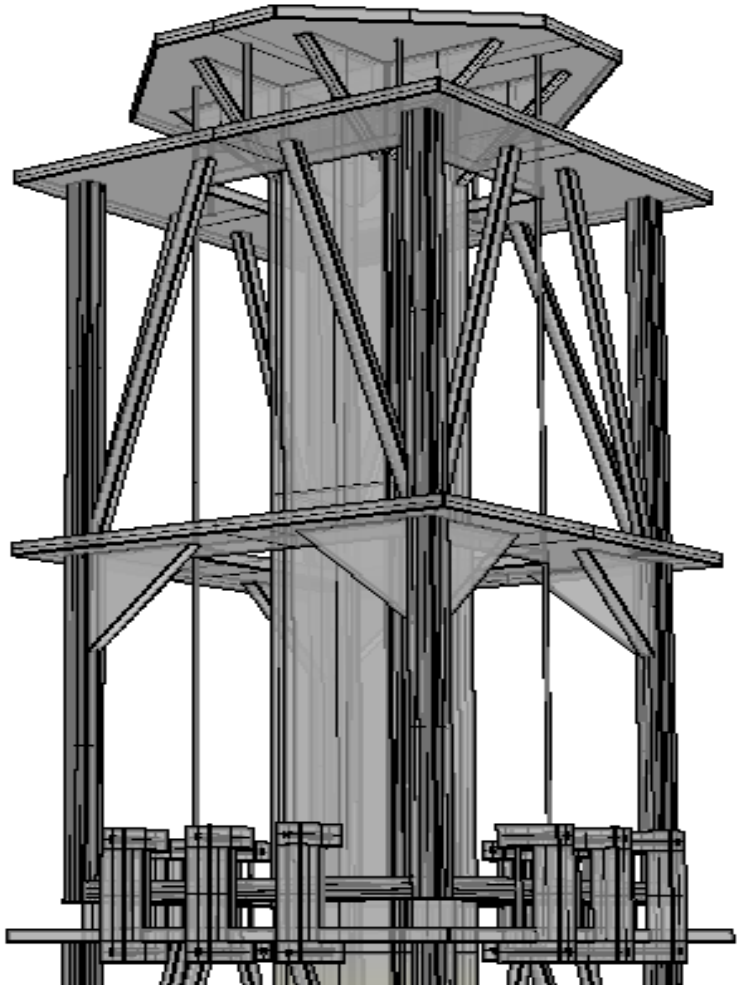
V자 가새
+
X자 가새

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

• 외부 기둥 형태 결정

- 기둥의 단면 성능을 확보하기 위해 Strip 4개를 붙여 기둥으로 사용

핵심 컨셉 및 구조 Bell Rigger

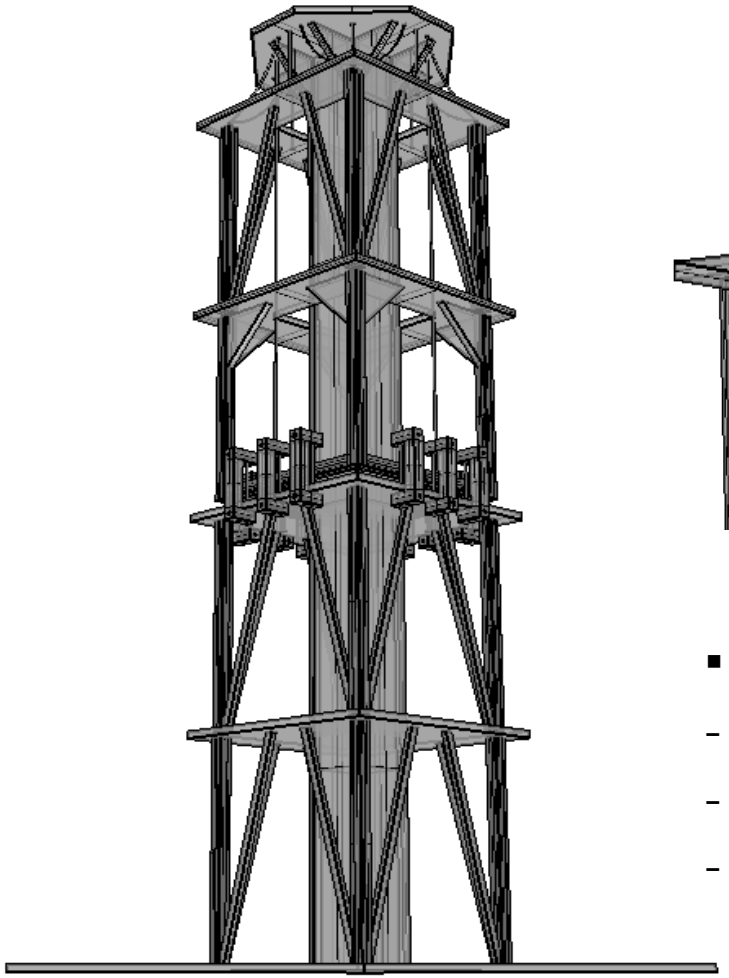


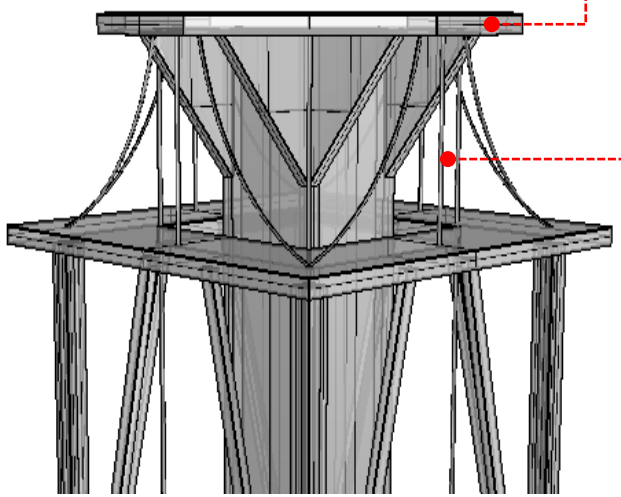
- 지진 발생 시 변위가 크게 나타나는 상층부를 보완하기 위해 하중을 상층부에 집중
- 상층부의 거동을 미적 움직임으로 승화시키기 위한 독창적 아이디어 창출
- 경제성과 시공성을 고려하여 불필요한 부재 사용을 줄이고 적은 부재로 최대의 강성 구현

Bell Rigger

- 현수교의 원리를 이용하여 면줄로 구조물을 상부에 매어단 구조 (면진구조)
- 면줄을 이용하여 구조물의 수평진동을 감쇠 시킴 (제진 및 수평지지)
- 지진 시 매달려 있는 상부구조물의 거동이 종의 형태를 띔 (미적요소 창출)

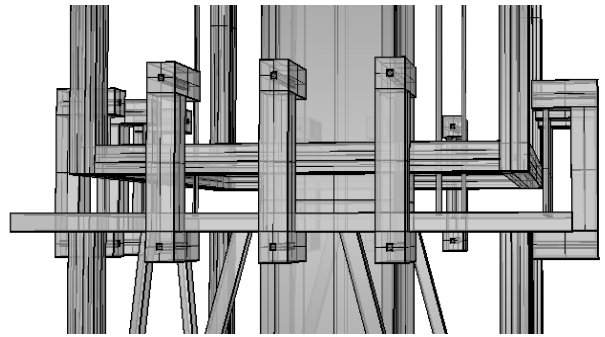
핵심컨셉 및 구조 Bell Rigger 세부사항





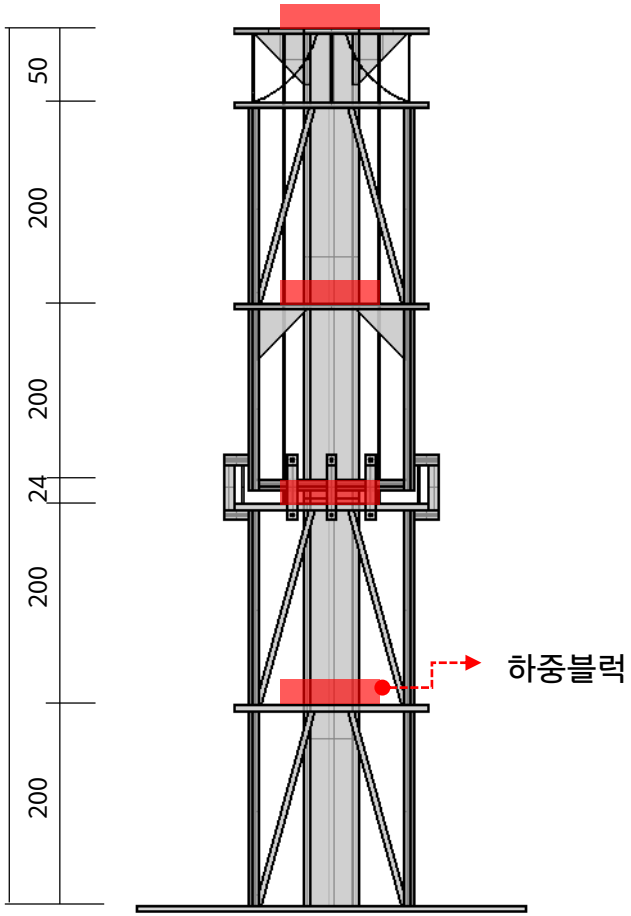
- Octagonal Plate
  - 시공성과 경제성을 살린 정팔각형 슬래브
  - 자르고 남은 MDF Plate로 헌치를 설치하여 보강
- Suspension Bridge
  - 면줄로 상부구조물을 매달아 면진구조 구현
  - 인장력이 가해진 면줄과 가력되지 않은 면줄이 조화를 이루어 미적 아름다움 표현
  - 면줄로 큰 하중을 버틸 수 있으므로 경제성에 유리

- AS (Absorption Strip)
  - 상부구조물의 거동 범위와 충격 및 진동을 줄이기 위한 흡수대
  - 지진 시 발생하는 구조체의 상하운동 범위 감소
  - 면줄에 작용하는 탄성력에 의해 Strip보다 충격흡수율이 우수



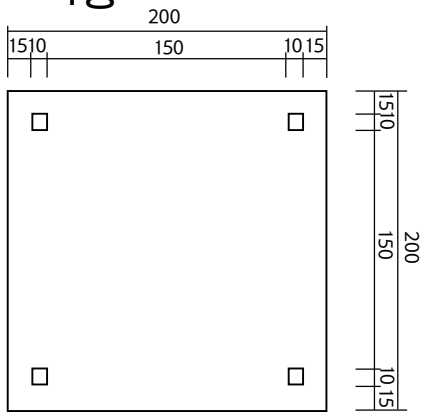
도면

▪ 정면도

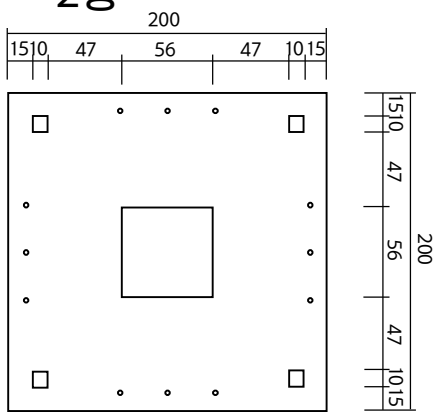


▪ 평면도

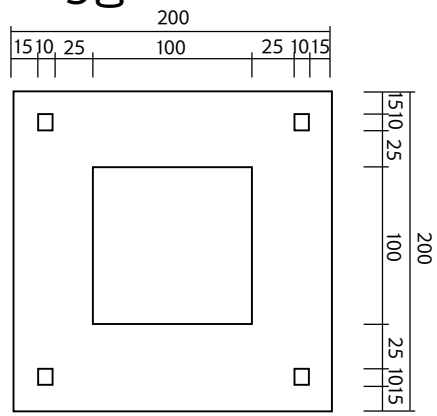
• 1층



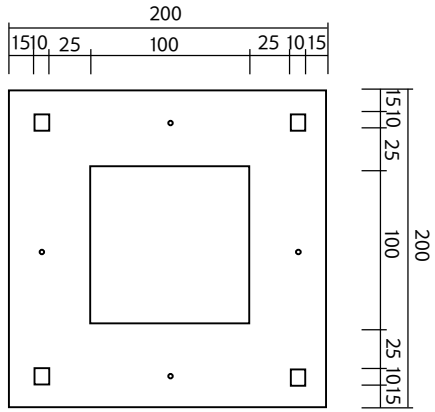
• 2층



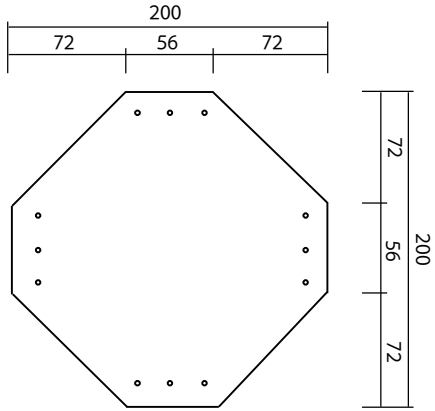
• 3층



• 4층



• 최상부



예산안 / 공정표

- 예산안

부재명		용도	단가(백만원)	사용수량(개)	비용(백만원)	합계(백만원)
MDF	base	기초판	-	1	0	0
	plate	메가컬럼	100	5	500	1000
		슬라브		4	400	
		헌치		1	100	
	strip	기둥	10	16	160	340
		벨리거		10	100	
		가새		8	80	
면줄(600mm)		벨 와이어	10	4	40	140
		현수교 와이어		10	100	
록타이트(20g)		접착제	200	2	400	400
총 계						**1880**

예산안 / 공정표

- 공정표

김민지	슬라브 제작	슬라브 천공	가새 제작	1,2층 조립	헌치 설치	보강
	20	40	55	80	100	140
구민석	벨리거 strip 절단	옥상제작	탄성부 절단	벨리거 설치	현수교 조립	보강
	20	40	55	80	100	140
손정진	메가컬럼 제작		헌치 절단	메가컬럼 설치	현수교 조립	보강
	40		50	60	100	140
최유진	외곽기둥 제작	와이어 제단	벨리거 와이어 설치	3,4층 조립	현수교 조립	보강
	25	40	55	80	100	140

총 소요시간 : 2hr 20m