

2025 구조물 내진설계 경진대회

한국교통대학교 건축공학과 설계 제안서

단 단 목 직

정 성 훈 팀장

MIDAS 분석
물성치 분석
구조해석
구조물 제작 및 실험

천 우 진

진동대 실험 총괄
3D 모델링
CAD 설계도면 작성
구조물 제작 및 실험

정 원 철

설계 전략 구상
시공 원가관리
물성치 분석
구조물 제작 및 실험

김 연 우

설계제안서 작성
지진파 분석
시공 공정관리
구조물 제작 및 실험

손 동 희 교수님

자문 및 지도교수

INDEX

01 설계개요

02 진동대 실험 및 분석

03 마이다스 MIDAS 구조해석 기반
실험결과 검증

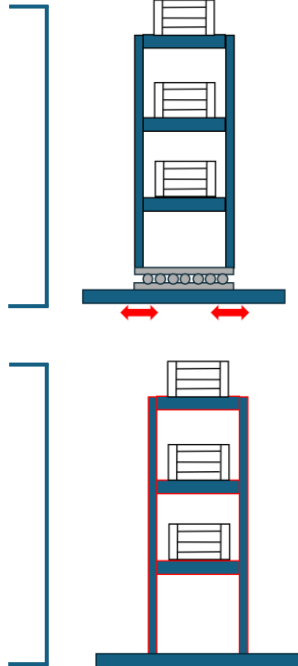
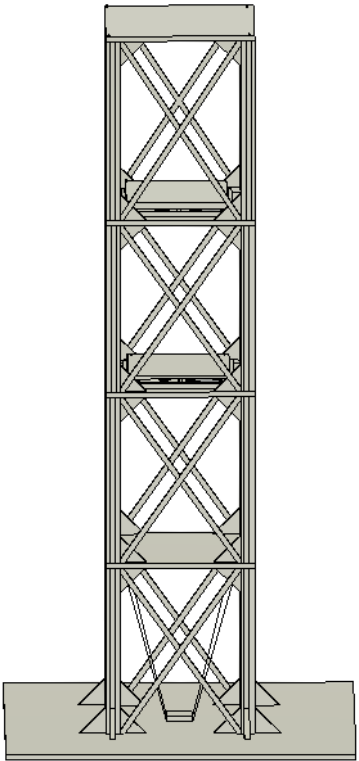
04 최종모델

05 원가 및 시공성 검토



01 설계개요

설계 전략 선정



▼ 면진

면진구조 계획 : 구조물의 상하부를 분리하여 전도 위험성을 낮추고 에너지를 소산함.

상부층에 면진장치 설치

- 상부층 작용 관성력 최소화 및 하부층과 상부층의 구조물 분리 거동 유도

▼ 내진

내진구조 계획: 지진력을 구조물의 내력으로 감당함.

- 내진 시스템 적용으로 높은 강성으로 지진력에 파괴되지 않도록 함.

지진파 분석

▶ 유효수평지반 가속도(S) 및 지반응답 증폭계수

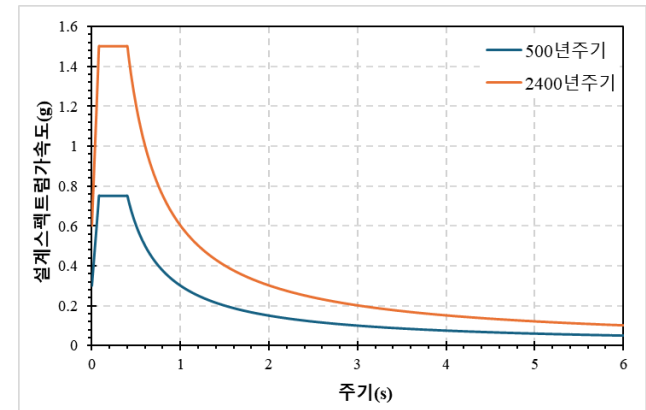
재현주기	500년	2400년
유효수평지반 가속도(S)	0.3g	0.6g
위험도 계수(I)	1	2
지진구역 계수(Z)	0.3g	0.3g
단주기 지반응답증폭계수(F_a)		1.5
1초 주기 지반응답증폭계수(F_v)		1.5

▶ 구조물의 고유주기

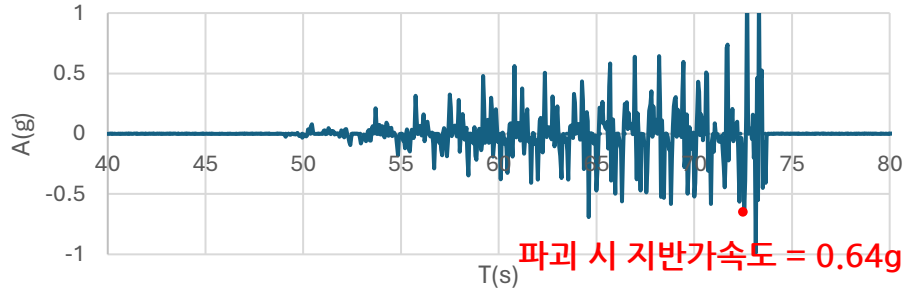
구조물의 고유주기(500년, 2400년)	
$T_0 = 0.2 \times S_{D1}/S_{DS}$	0.08sec
$T_s = S_{D1}/S_{DS}$	0.4sec
T_0 : 응답스펙트럼의 급경사 구간의 시작 주기	
T_s : 평탄한 응답구간의 끝 주기	

▶ 설계 응답 스펙트럼

설계 스펙트럼 가속도	500년	2400년
단주기 설계 스펙트럼 가속도(S_{D1})	0.75g	1.5g
1초주기 설계 스펙트럼 가속도(S_{DS})	0.3g	0.6g
$S_{DS} = S \times 2.5 \times F_a \times \frac{2}{3}$ $S_{D1} = S \times F_v \times \frac{2}{3}$		



02 진동대 실험 및 분석



- ▶ 진동대에 LVDT 설치 및 측정변위를 수치미분하여 지반가속도 계측
- ▶ 진동대로 0.1g씩 증가시키며 가진.
- ▶ 각 층에 LVDT를 연결하여 동적 데이터 측정 장치로 실시간 변위 측정
- ▶ 측정된 변위를 활용해 가속도 계산
- ▶ 파괴 시점의 가속도 기반 해석 값과 실험 변위를 비교하여 검증 수행



▶ 1차 실험

: 무보강 (내진)

- ▶ 파괴원인 : 2층의 거셋 플레이트와 기둥의 접착력 부족으로 2층 기둥 탈락 후, 2층 기둥 중 하나에서 기둥 부러짐.
→ 0.31g 파괴

▶ 보강 대책 : 가새 추가, 상부층 면진장치 추가, 기둥 사이에 프리텐션 고무줄 삽입.



▶ 2차 실험

: 1차 + 가새, 3F 4F 면진장치, 프리텐션 고무줄

- ▶ 파괴원인 : 1층 기둥의 접착력 부족으로 슬래브와 기둥 분리. 기둥 사이의 고무줄이 접착제로 인해 프리텐션 거동 작용X → 0.42g 파괴

▶ 보강 대책 : 기둥-슬래브 접착 면적 증가 및 고무줄의 원활한 프리텐션 거동을 위해 Case3(16X16) 기둥 사용.



▶ 3차 실험

: 2차 + Case3 기둥(16X16)

- ▶ 파괴원인 : 기둥과 기초판이 분리되며 하중을 버티지 못함. → 0.64g 파괴

▶ 보강 대책 : 하부 프리텐션+경제성 확보를 위한 면진층 가새 제거



▶ 4차 실험

: 3차 + 1F 2F 보강(거셋플레이트, 프리텐션), 3F 4F 가새 제거

- ▶ 파괴원인 : 상부층 가새 제거로 인해 횡변위를 저항하지 못해 파괴. → 0.72g 파괴

▶ 보강 대책 : 실험은 1방향 진동 기준이나, 2방향 진동 시 가진에 따라 비보강 골조에 집중되는 모멘트 방지를 위한 상부층 추가 가새 설치

04 최종모델

최종 모델 설계 전략의 기대효과

❶ 16x16 기둥

▷ 설계 전략

동일 재료로 기둥 부착면적 및 단면2차모멘트 최대화로 설계하여 안전성 확보

▷ 특징

- 중앙 공간을 활용해 스트링 설치 최적화 및 프리텐션 스트링의 거동 확보
- 기둥 단면 확대로 압축력 분산 효과 제공
- 거сет플레이트로 기둥 유효길이 감소 및 부착면적 최대화로 한계상태 시의 기둥 휨 강도 확보

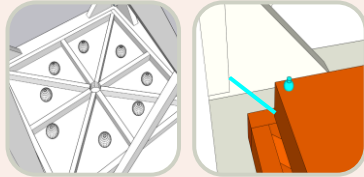
❷ 3층, 4층 볼 베어링과 면진장치

▷ 설계 전략

a4용지를 말아 만든 구와 그 사이에 톱밥을 활용해 구의 빈 부분을 채워 만들

▷ 특징

- 재료 재활용을 통한 지속가능한 설계
- 마찰 저감으로 면진 효과 구현
- Plate에 프리텐션 스트링을 연결해 횡방향 저항력 향상



❸ X자 가새

▷ 설계 전략

MDF Strip X자 형태로 모든 층에 설치함.

▷ 특징

- 비틀림 및 횡력 저항력 향상
- 비교적 가벼운 자재로도 건물자체의 강성 증대

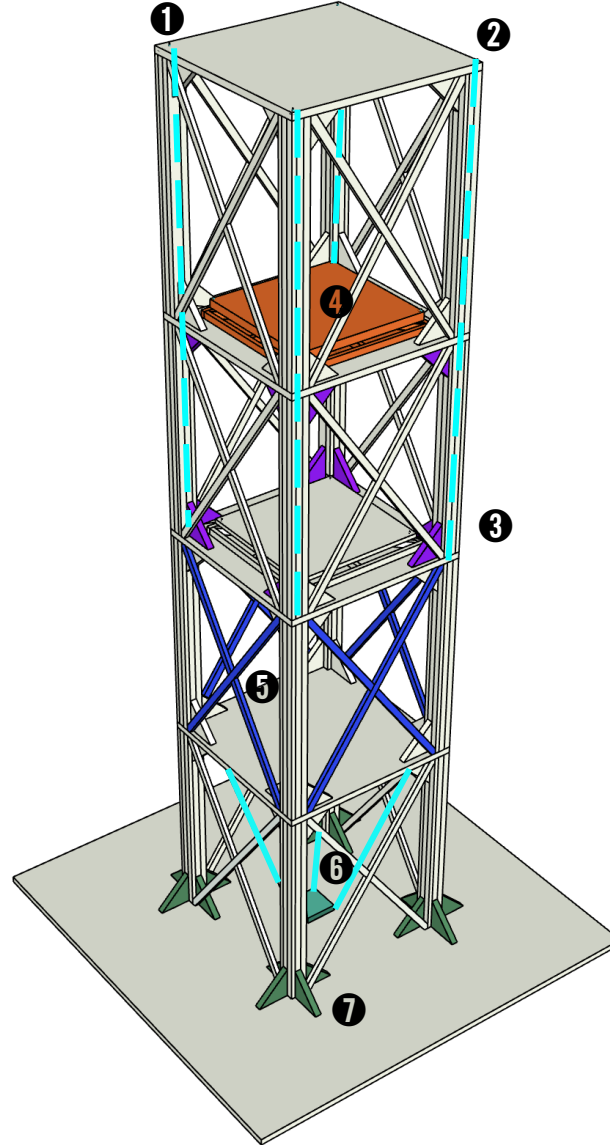
❹ 거сет플레이트 (4방향)

▷ 설계 전략

기초부에 4방향 거сет플레이트 적용

▷ 특징

- 기초부의 기둥과 기초판의 접착력 및 고정력 향상
- 수직 및 수평 하중 모두에 대해 기초부 강성 증대
- 균형 잡힌 응력 분포 유도



❺ 프리텐션 스트링 (기둥 내부)

▷ 설계 전략

기둥 중심 공간에 스트링을 설치하고 슬래브 상부 천공을 통해 고정

▷ 특징

- 프리텐션 스트링을 통해 기둥 하부 및 상부의 인장저항성능 향상
- 구조물 내부 공간 활용으로 설치 효율성 증대
- 상하부 부재 간 일체화 효과

❻ 프리텐션 스트링(하부층)

▷ 설계 전략

기초판과 2층 Plate를 스트링으로 연결하여 프리텐션 효과 구현

▷ 특징

- 기둥에 프리텐션을 주어 기둥 상하부에 저항할 수 있는 인장력 증대
- 1층부의 구조 연성 증가

❼ 거сет플레이트 (슬래브-기둥 연결부)

▷ 설계 전략

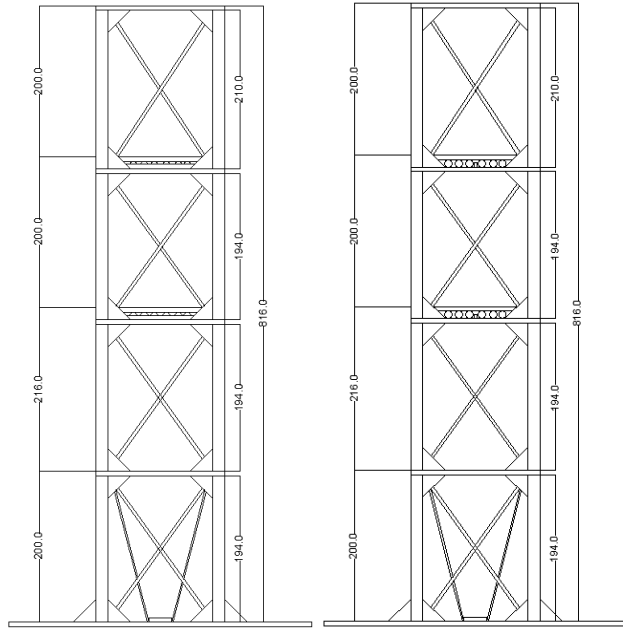
슬래브와 기둥의 접합부에 거сет플레이트 사용

▷ 특징

- 구조 요소 간 하중 전달 효율 증가
- 부착부 면적 확보를 통해 기둥의 파괴를 접착부가 아닌 거сет플레이트 상부 기둥을 소성힌지로 조정

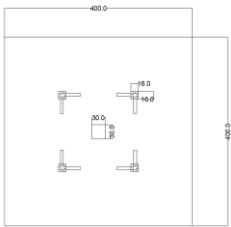
05 원가 및 시공성 검토

입면도/ 평면도

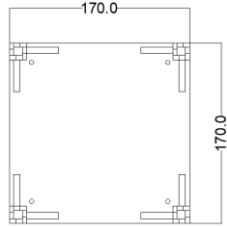


▲ 입면도

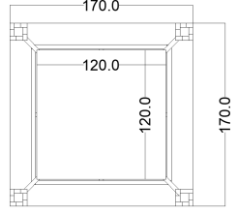
▲ 단면도



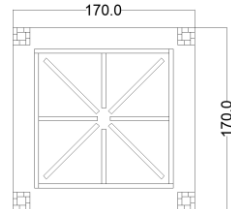
▲ 기초판 평면도



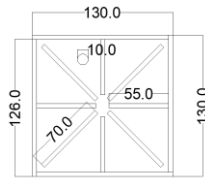
▲ 2F 평면도



▲ 3F 4F 평면도1



▲ 3F 4F 평면도2



▲ 3F 4F 평면도3

경제성 분석_ 원가관리 내역서

부재명	부재 규격(가로*세로*높이)	단가(백만원)	수량	합계(백만원)
MDF Base(기초판)	400mm*400mm*6mm	기본제공	1	-
MDF Strip	600mm*4mm*6mm	10	59	590
MDF Plate	200mm*200mm*6mm	100	6	600
스트링 고무줄	600mm	40	6	240
A4지	A4	10	1	10
접착제(록타이트401)	20g	200	2	400
총 액				1840

▷ 남은 MDF Plate를 잘라 칸막이와 거셋 플레이트를 확보 → 경제성 향상

시공성 분석_ 공정표

■ 정성훈 ■ 천우진 ■ 정성훈, 천우진 ■ 김연우, 정원철 ■ 정원철, 정성훈, 천우진, 김연우

구분	구분	소요시간															
		1hr						2hr						3hr			
		10min	20min	30min	40min	50min	60min	10min	20min	30min	40min	50min	60min	10min	20min	30min	
제작	슬래브(절단, 천공)																
	기둥(절단, 부착, 고무줄 삽입)																
	칸막이(절단)																
	가새(절단)																
	거셋(절단)																
	면진 공(제작)																
	칸막이 슬래브(부착)																
	하중블록(조합)																
조립	1-2층																
	기둥 부착																
	슬래브																
	거셋 및 가새 부착																
	3-4층																
	기둥 부착																
	슬래브 및 면진층 설치																
고무줄 연결																	
거셋 및 가새 부착																	
하중블록 설치																	
가새 부착																	
마감	최종 보강																

총 예상 시간: 2시간 30분