



SEISMIC STRUCTURE DESIGN CONTEST 2024

2024 구조물 내진설계 경진대회

국립한밭대학교 건축공학과 **Ha..st레스** 설계제안서



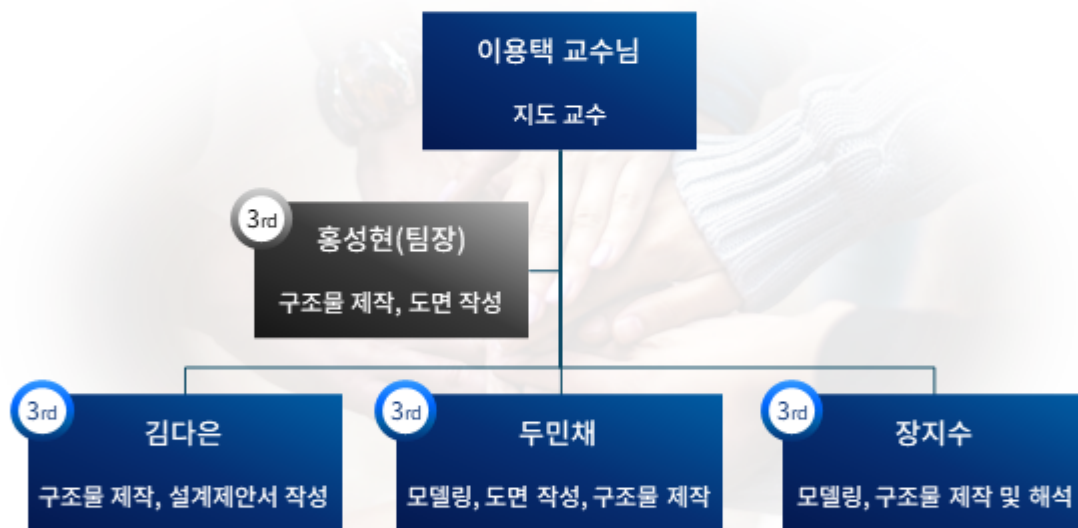
국립한밭대학교

HANBAT NATIONAL UNIVERSITY

1. 목차

개요	설계 상세	실험 분석 및 보완
- 목차 - 팀 소개 - 지진파 분석 - 내진 설계 방향 - 물성치 분석	- 구조 설계 - 평면도 및 입면도 - Midas 분석 - 공정표 - 단가 계산서	- Midas 거동 분석 - 실험 결과 분석 - 문제점 분석 - 보완 방향 - 보완 후 도면 & 단가계산서

2. 팀 소개



3. 지진파 분석

재현주기(년)	유효수평지반가속도(s)	지반 증폭계수	
500	0.3g	단주기(F_a)	1.5
2400	0.6g	1초 주기(F_v)	

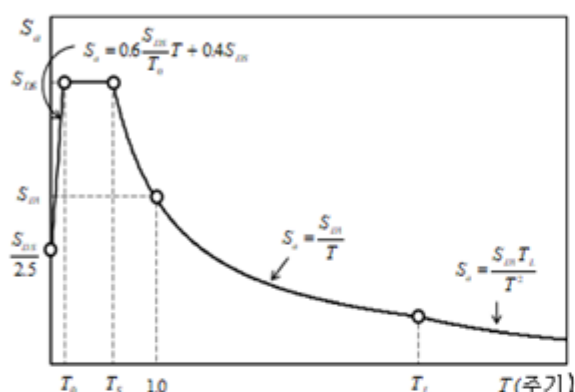
설계 스펙트럼 가속도			설계 스펙트럼 가속도		
단주기(S_{DS})	500년	0.75g	1초 주기(S_{D1})	500년	0.3g
	2400년	1.5g		2400년	0.6g

3. 지진파 분석

구조물의 내진 성능목표: 500년 재현주기 지진에 대해 기능수행, 즉시복구, 장기복구/인명보호 수준을 만족하여야 한다.
2400년 재현 주기 지진에 대해 붕괴방지 수준을 만족하여야 한다.

분석 및 목표

0.08~0.4sec에서 설계 스펙트럼 가속도 최대 → 구조물이 0.4초 이상의 고유주기를 갖도록하여 단주기 영역대의 가속도 영역을 피하고, 0.7g에서 구조물의 파괴 유도



고유 주기(T)		
T_0	500년	0.08sec
	2400년	
T_s	500년	0.4sec
	2400년	

$$* T_0 = 0.2 \times S_{D1} / S_{D5}, T_s = S_{D1} / S_{D5}$$

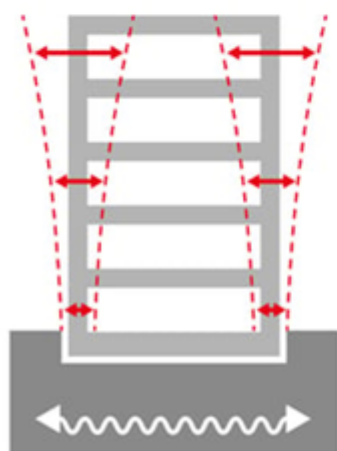
4. 내진 설계 방향

제진이란 땅으로부터 건물에 전달되는 진동을 감지하고 그 진동에 대응하는 힘을 반대 방향으로 작용시켜 건물의 흔들림을 막는 구조 → 제진 장치를 설치하여 구조물의 손상을 저감시킬 수 있다.

설계 전략

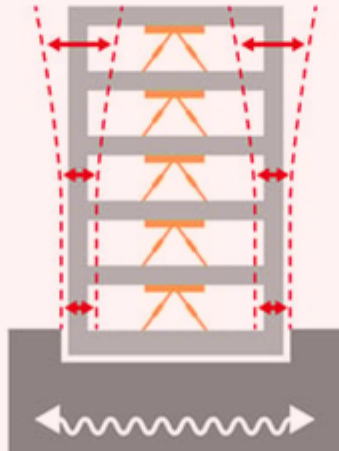
내진 설계 방식은 제진 구조를 선정, 구현 방식은 횡력의 25% 이상을 부담하는 모멘트(연성 골조)가 전단벽이나 가새 골조와 조합되어 있는 골조방식인 이중골조 구조를 채택하여 이를 댐퍼와 가새를 활용해 구조물에 작용되는 진동을 소산시키는 제진 구조물 설정

내진 구조 (견딤)



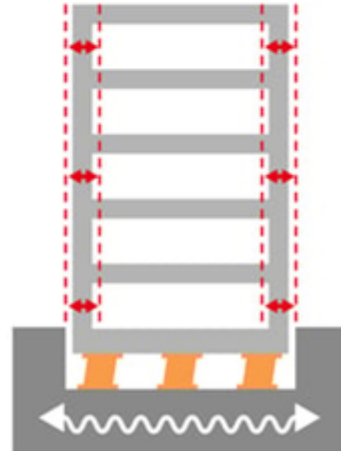
구조물을 튼튼하게 지어 구조물 자체에서 지진 에너지 흡수

제진 구조 (제어)



구조물에 진동흡수장치(댐퍼, 가새)를 설치하여 진동을 저감시키거나 구조물의 강성을 제어하는 방법

면진 구조 (피함)



면진 장치(고무, 볼베어링 등)를 이용해 건축물과 지반을 격리시켜 지진으로 발생하는 진동 에너지 흡수

5. 물성치 분석

◎ 기둥 물성치 분석

탄성계수 E는 본래 변하는 값이 아니나, Case 3 및 Case 4를 통해 실험 편차의 가능성이 있음을 확인하였다. 후에 기술될 해석 파트는 부재 실험 결과를 반영한 것이다.

Case 1	$I_x(mm^4)$	$I_x(mm^4)$	Case 2	$I_x(mm^4)$	$I_x(mm^4)$
	72	32		256	144

Case 3	$P(N)$	$L(mm)$	$I_x(mm^4)$	$I_y(mm^4)$	$\delta(mm)$	$E(Mpa)$
	2.94	300	1728	1728	9	1531.25

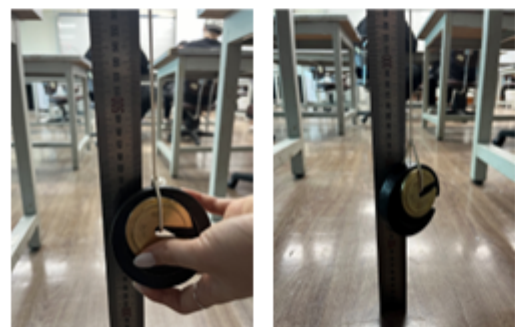
Case 4	$P(N)$	$L(mm)$	$I_x(mm^4)$	$I_y(mm^4)$	$\delta(mm)$	$E(Mpa)$
	2.94	300	832	832	35	908

Case 3	Case 4
--------	--------



분석 결과를 바탕으로 **Case3은 외부 골조, Case4는 내부 기둥 적용 결정**

◎ 고무줄 물성치 분석



$P(N)$	5.88
$A(mm^2)$	4.9
$L(mm)$	600
$\Delta L(mm)$	230
$E(Mpa)$	3.13

고무줄은 구조물과 외부 골조를 잇는 부재로 사용하여 **탄성 거동**을 유도

1. 구조 설계

내부골조(주골조)를 감싸는 외부 골조를 두어 두 골조 간을 제진 장치 및 탄성복원장치(고무줄)로 연결하고, 주요 부위는 메가 칼럼과 가새를 활용하여 구성

구조 선정

이중골조 - 댐퍼 - 내부 코어 + 메가칼럼 + 가새 채택

외부 구조물

이중 골조

골조와 전단벽의 동시 저항
흔들림에 의한 내부 구조물 **지탱** 역할



메가 칼럼(6)

6개 strip의 일체형
시공으로 **강성 증대**



외부 골조 가새

수평 강성이 뛰어난 X자
가새를 사용하여 건물의
흔들림과 반대로 건물을
잡아줌



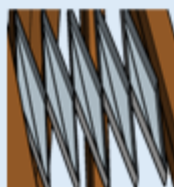
고무줄

이중골조 기둥과 구조물
기둥을 이어 진동 발생시
탄성 거동을 유도



종이 댐퍼

2층 : 종이를 접어 공간을
생성해 톱밥을 집어넣은
스퀴시(쿠션)댐퍼 사용
톱밥 활용 → **경제성 확보**



4층

두 겹의
종이를 여러 번
접은 댐퍼 활용

내부 구조물

헌치(Haunch)

구조물 응력 집중에 의해 **균열**이
발생하는 것을 방지, 수직과 수평
부재가 접하는 부위 보강
바닥판 가공 후 남은 자투리를 활용
→ **경제성 향상**



메가 칼럼(4)

이음 시공을 통한 **접합
면적 증가** 및 **안정성 증가**



V자 가새

하중을 **분산**하는 역할
→ **상층부 적용**



X자 가새

뛰어난 수평 강성, 기둥
하중의 일부를 **흡수**하고
하중을 **버텨냄** → **저층부 적용**



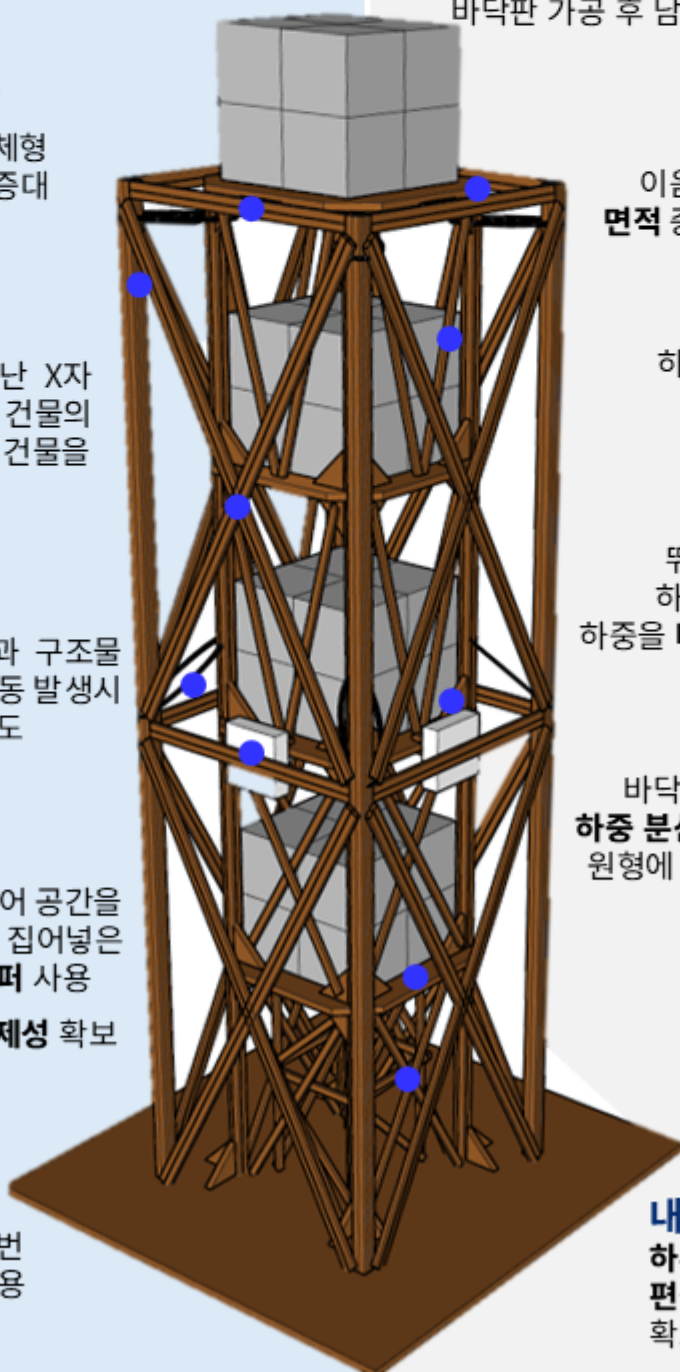
팔각형 바닥판

바닥이 원형 모양일 수록
하중 분산 효과가 뛰어나므로
원형에 가까우면서 **시공성**이
좋은 팔각형 선정

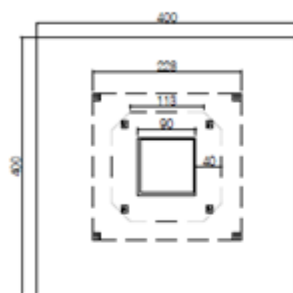
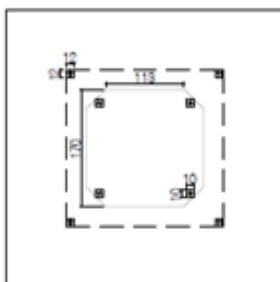
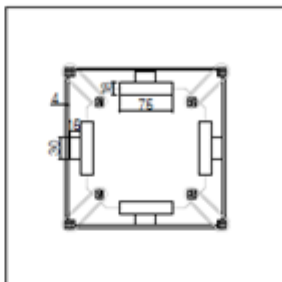
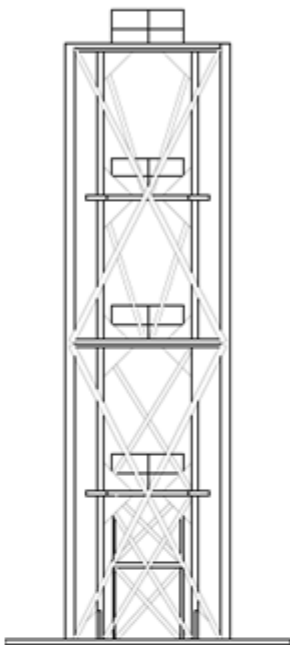
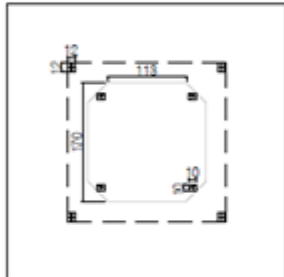
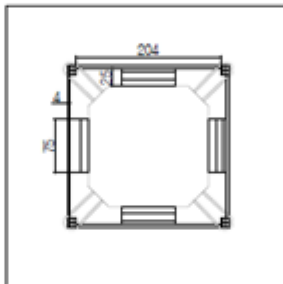


내부 코어

하부층 강성 확보와 **변형**의 최소화.
편심가새를 적용 → 높은 연성율을
확보하여 유리한 수평시스템 확보



2. 평면도 및 입면도

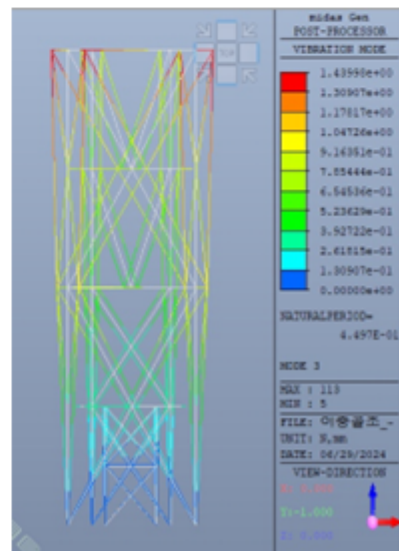
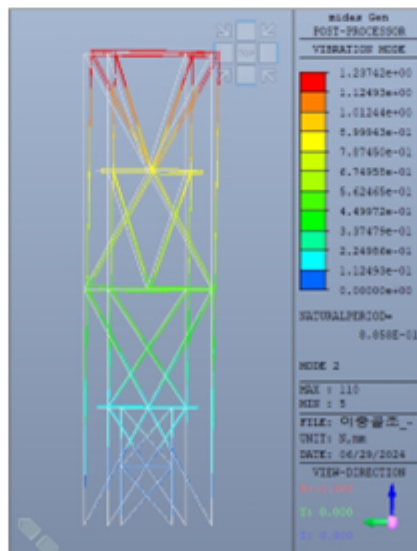
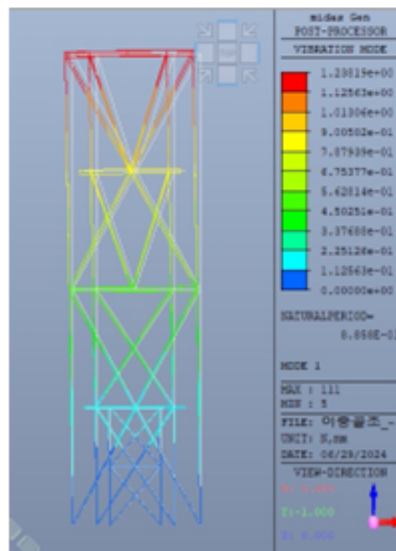
1층 평면도	2층 평면도	3층 평면도	입면도	
				
4층 평면도		옥상층 평면도		
				

3. Midas 분석

● 고유주기 분석

분석 결과

분석 결과, 고유주기가 0.45, 0.88sec로 가속도 최대 구간인 0.08~0.4sec를 피함

고유주기(T_0) = 0.88 sec고유주기(T_0) = 0.88 sec고유주기(T_0) = 0.45 sec

4. 공정표

소요 시간 공정		1시간			2시간			3시간			+@
		20분	40분	60분	20분	40분	60분	20분	40분	60분	20분
작도	기초판 및 바닥										
	기초판 및 바닥										
제작	기둥										
	가새										
	댐퍼										
	코어										
	기둥 및 코어										
시공	가새										
	댐퍼										
	고무줄										
	하중블록 설치										
총 공정 시간								3시간 20분			

모델 완성본



5. 단가 계산서

재료명	부재명	단위	규격(mm)	단가 (백만 원)	수량	합계 (백만 원)
MDF Plate	슬래브	개	200 x 200 x 6	100	4	400
MDF Strip	외부 기둥	개	600 x 4 x 6	10	25	250
	내부 기둥				23	230
	외부 가새				32	320
	내부 가새				13	130
	기둥 연결부재				8	80
스트링 고무줄	내외곽 기둥 연결	식	600	40	3	120
A4지	댐퍼	장	210 x 297	10	2	20
접착제	록타이트 401	개	20g	200	4	800
총 합계(백만 원)						2350

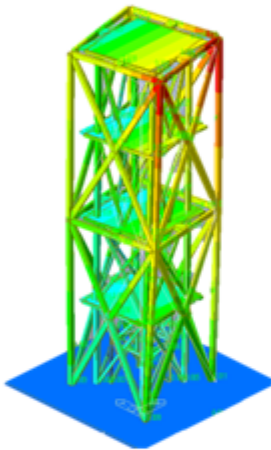
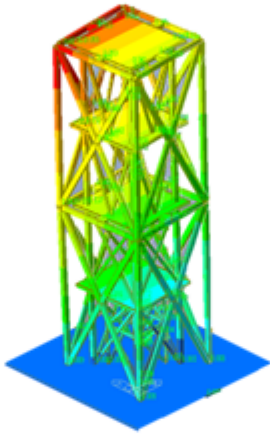
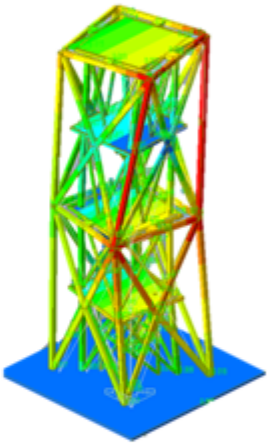
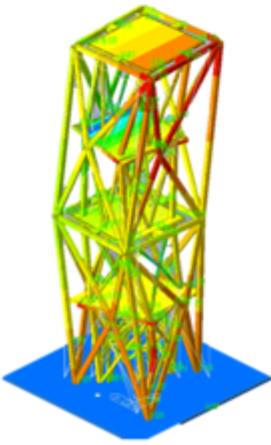
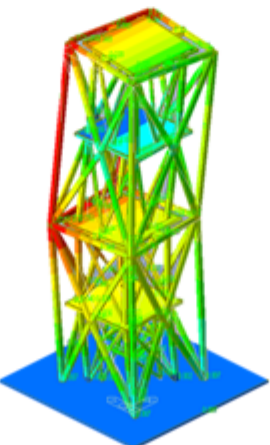
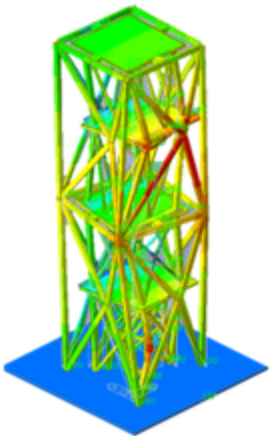
1. Midas 거동 분석

● 파괴모드 분석

구조물 설계 시 외부 골조와 내부 구조물의 2층 댐퍼 접합부와 가새 파괴를 유도하였으며, Midas 분석 결과 Mode 3, 4, 5에서 의도한 바와 같은 파괴 양상을 확인하였다.

분석 결과

외부 구조물과 내부 주골조의 2층부 파괴를 유도
→ Midas 분석 결과 외부 골조 파괴 및 주골조의 2층부 파괴를 확인

Mode 1	Mode 2	Mode 3
		
이중 골조의 상층부 & 가새 파괴	이중 골조의 상층부 & 가새, 옥상층 바닥판 파괴	이중 골조의 상층부 & 중층부 기둥과 가새 파괴
Mode 4	Mode 5	Mode 6
		
기둥과 가새의 전체적인 파괴, 상·하층부의 집중적인 파괴	이중 골조의 상·중층부 & 가새 파괴	이중골조의 상층부 가새 파괴

2. 실험 결과 분석

완성한 구조물을 간이 진동대에 부착, Arduino SJ 어플을 활용하여 진동대를 움직이며 지진파 측정 및 구조물 거동 확인

실험 결과

약 1.0g에서 주골조 2층의 가새 파괴와 흔들림을 확인하였으며, 완전한 파괴 양상을 확인하기 위해 연장 실험을 진행한 결과 2.0g 이상에서 2층 기둥 부재와 가새, 외부 골조 가새 파괴

1 외부 골조 가새 파괴

2층부 파괴로 구조물이 무너지며 외부 가새가 파괴됨

→ Midas Mode 6번에서 유사한 파괴 양상을 보임



2 2층 기둥 부재 파괴

지진파와 상부 압축하중으로 인한 구조물의 구조적 불안정 상태로 좌굴 발생 및 파괴

→ Midas Mode 3,5번에서 유사한 파괴 양상을 보임



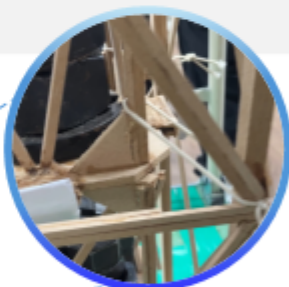
3 댐퍼의 강성 부족

댐퍼의 강성, 내력 부족으로 상층부의 흔들림을 예상만큼 잡아주지 못함



4 2층 판 들림 현상

부재 간의 접착력 부족 및 고무줄 시공 시 발생한 탄성력 차이로 판 들림 현상 발생



5 2층 X자 가새 파괴

지반 진동으로 인한 흔들림으로 2층 X자 가새가 파괴됨

→ Midas Mode 4번과 유사한 파괴 양상을 보임



3. 문제점 분석



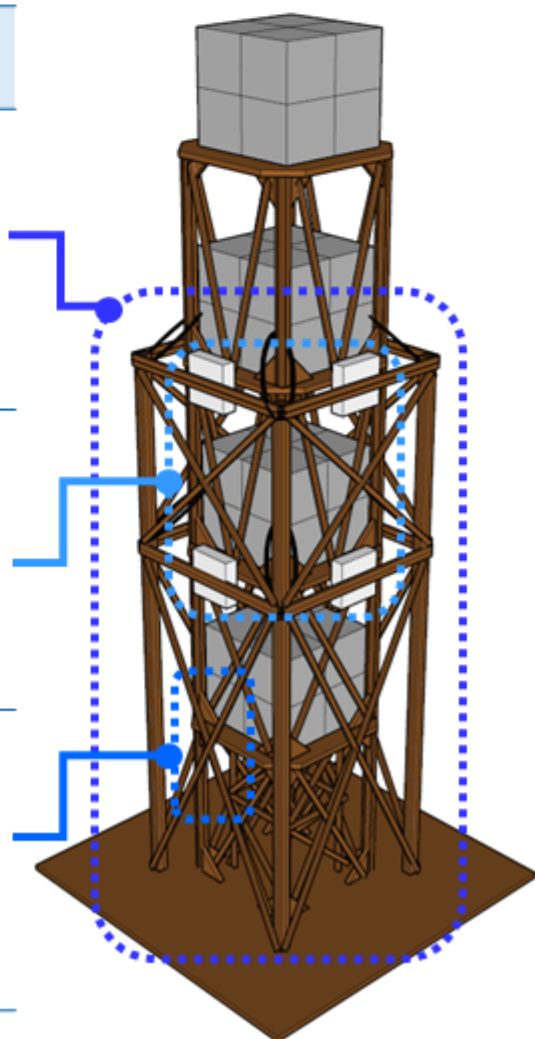
바닥판 고정 문제	댐퍼의 부족한 강성 및 내력	높은 단가
지진파 실험 바닥판이 제대로 고정되지 않아 불안정함	댐퍼의 강성과 내력이 약하여 외부 골조의 거동이 거의 없음	구조물의 기둥, 외부 골조, 가새에 사용되는 MDF 부재량이 많아 경제성이 다소 좋지 않음

4. 보완 방향

보완 목표

한계 상태 위치를 의도적으로 2층과 3층부의 댐퍼 접합부로 유도

기존	보완 후
4층까지 적용된 이중 골조 → 경제성 하락	이중골조를 3층 까지 적용하여 경제성 확보
4층에 일반 종이 댐퍼를 적용해 강성 및 내력이 부족 하다는 결과 도출	기존 4층부 종이 댐퍼의 부족한 강성 및 내력을 2층에 적용한 스퀴시 댐퍼로 교체하여 확보 하고 이를 3층부에 적용, 더 많은 토크 를 주입하여 강성 및 내력 보완
이중골조 X자 가새에 Strip 2줄 사용 → 경제성 하락	이중골조의 X자 가새에 하나의 Strip 을 사용하여 경제성 확보



5-1. 보완 후 도면

1층 평면도	2층 평면도	3층 평면도	입면도
4층 평면도		옥상층 평면도	

5-2. 보완 후 단가 계산서

보완 효과		보완 전과 비교해 17.5% 절감(기존 23.5억, 보완 후 19.4억)				
재료명	부재명	단위	규격(mm)	단가 (백만 원)	수량	합계 (백만 원)
MDF Plate	슬래브	개	200 x 200 x 6	100	4	400
MDF Strip	외부 기둥	개	600 x 4 x 6	10	24	240
	내부 기둥				23	230
	외부 가새				12	120
	내부 가새				13	130
	기둥연결부재				8	80
스트링 고무줄	내외곽 기둥 연결	식	600	40	3	120
A4지	댐퍼	장	210 x 297	10	2	20
접착제	록타이트 401	개	20g	200	3	600
총 합계(백만 원)						1940