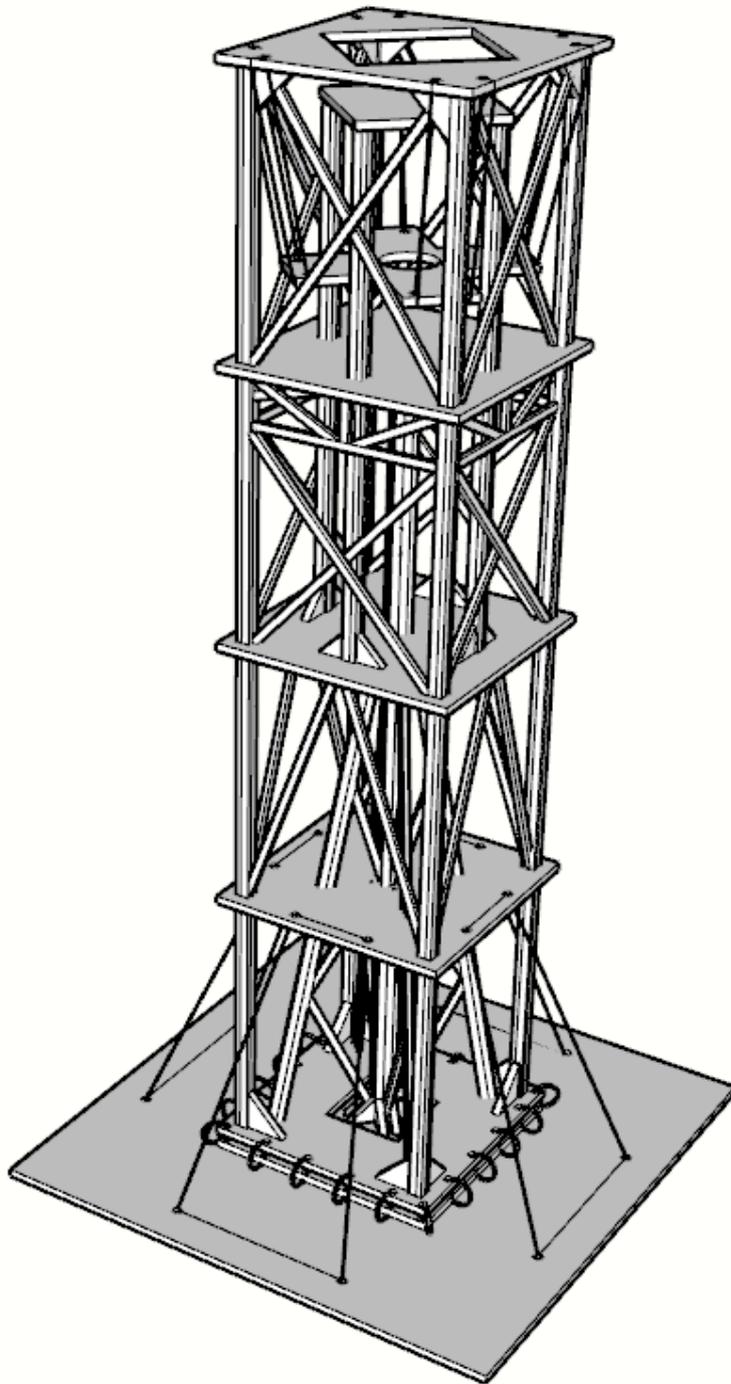


2023년 구조물 내진설계 경진대회

SEISMIC STRUCTURE DESIGN CONTEST 2023



서울과학기술대학교

팀명 : 오투기

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY

TEAM

지도 교수
김창수 교수님

이찬인(3)

- 총괄 팀장
- 물성치 분석
- 구조물 제작

박은상(3)

- 아이디어 구상
- 설계 제안서
- 구조물 제작

제승현(3)

- 공정표 작성
- 원가 관리표 작성
- 구조물 제작

이주현(3)

- 구조 모델링
- 설계 제안서
- 구조물 제작

INDEX

I. 서론

1. 대회 규정 분석
2. 설계 목표

II. 본론

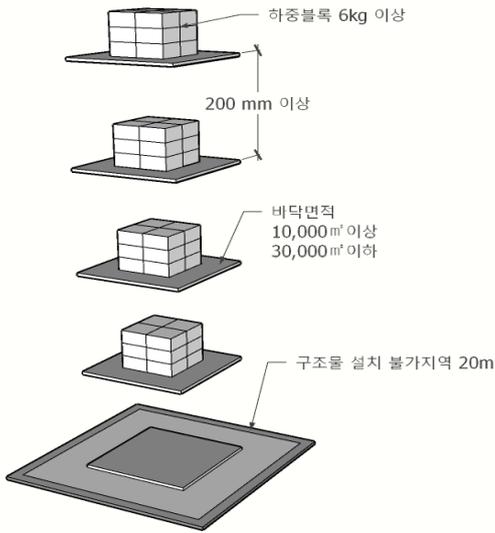
1. 지진파 분석
2. 물성치 분석
3. 구조물 설계
4. 구조물 분석

III. 결론

1. 실험분석
2. 구조 도면
3. 공정표/원가관리표

대회 규정 분석

구조물 규정



구조물의 파괴는 **0.7g** 가속도에서 발생할 것

부재 가격 규정

재료	단위	규격	단위 수량(개)	단가 (백만원)
MDF base	개	400mm*400mm*6mm	1	-
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
접착재	개	20g	1	200

심사 규정

재현주기(년)	구조물의 성능수준
500	기능수행
2400	붕괴방지

지진파 분석

지진하중

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

단주기 지반응답증폭계수(F_a)	1.5
1초 주기 지반응답증폭계수(F_v)	1.5

고유주기

$T_0 = 0.2 \times S_{D1} / S_{DS}$	
500년	2400년
0.08sec	0.08sec

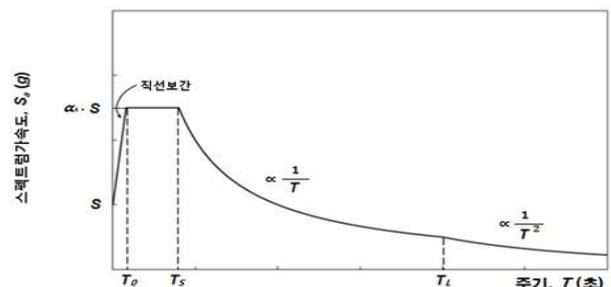
$T_0 = S_{D1} / S_{DS}$	
500년	2400년
0.4sec	0.4sec

설계 스펙트럼 가속도

단주기 설계 스펙트럼 가속도(S_{DS}) $= S \times 2.5 \times F_a \times 2/3$	
500년	2400년
0.75g	1.5g

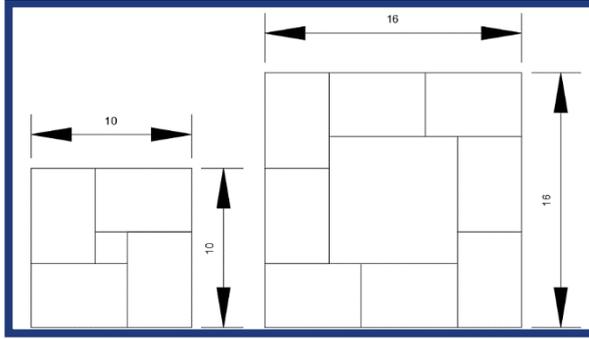
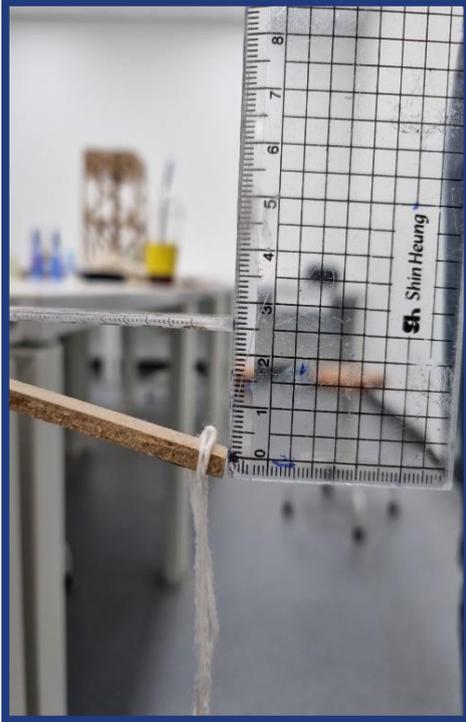
1초 주기 설계 스펙트럼 가속도(S_{D1}) $= S \times F_v \times 2/3$	
500년	2400년
0.3g	0.6g

표준 설계 응답 스펙트럼



∴ 고유주기 0.08~0.04sec에서 설계 스펙트럼 가속도 최대

물성치 분석

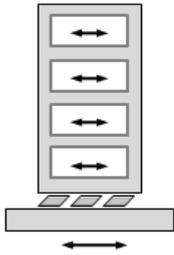


$$I = \frac{bh^3}{12}$$

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

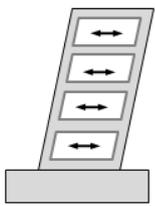
분류	I값(mm ⁴)	E값(MPa)
스트립	I _x =72, I _y =32	E=1,512.84
기둥	I=832	E=1,452.65
코어	I=5,120	E=1,375.46

설계 목표



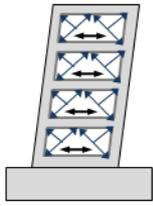
면진구조

분리 장치를 이용하여 구조물의 고유주기를 늘림으로 구조물의 응답을 줄여주는 방식.



내진구조

구조물 강성을 증가시켜 지진하중에 저항.



제진구조

제진장치를 통해 지진에너지 상쇄.

면진설계 시 고려사항들을 해결하는 방향으로 설계 진행!

면진설계시 고려사항

- 면진층 강성에 대한 고려
면진층의 수평강성은 큰 층간변위를 통해 지진에너지를 소산할 수 있도록 충분히 낮게 설정해야 함.
- 상부구조체 강성에 대한 고려
지진에너지를 흡수하여 소성화되며 손상을 입을 것을 방지.
= 상부 구조부재는 충분히 높은 강성 확보 필요.
, 상부구조체에 지진에너지 흡수를 위한 장치 설치 필요.
- 면진장치의 비틀림에 대한 고려
수평강성이 매우 작음으로 비틀림 강성 역시 매우 작음.

지반이 매우 연약한 경우를 제외한 일반적인 경우의 지진에너지는 진동주기가 짧은 영역에 집중되어 있음.



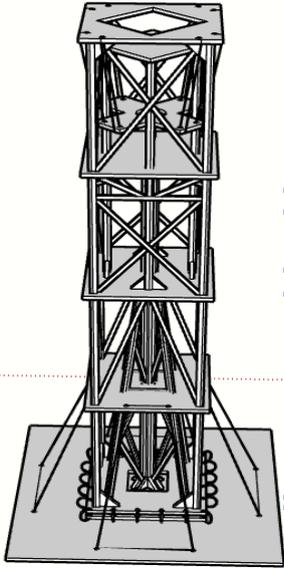
비슷한 진동주기를 가지는 중●저층건물의 피해 위험 큼.



설계한 구조물을 고층건물이 아닌 중●저층건물로 판단.

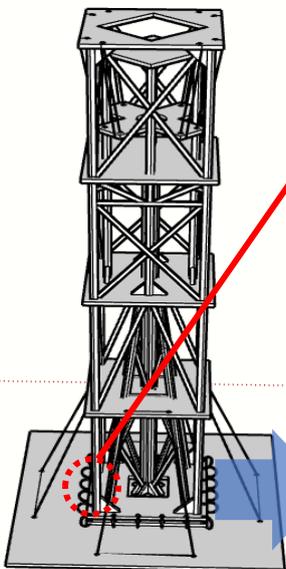
고층건물일 때 유리한 중간층 면진이 아닌 기초층 면진 사용!

구조 설계 개요



- TMD를 활용하여 상부구조물의 응답을 낮게 억제 / 제진효과
= 4층까지 연결된 코어로 인한 전체 구조물 일체화 거동 억제
- 아웃리거 벨트트러스로 상대적으로 약해진 코어를 위해 힘 분산
- 면진장치로 낮아진 하부 부분 대각선 보강코어로 강성 확보
- 면진을 통해 기초에서부터 건물의 진동 저감 / 면진효과

면진 구조



면진구조물은 변위를 발생시켜서 지진에너지를 소산시킴으로, 면진장치의 수평변위 발생능력을 최대한 크게 잡기 위해 인장력이 있는 실을 여러 개 묶어 사용

기초판과 연결된 판 가운데를 뚫음으로 코어의 수평 움직임 방해 예방

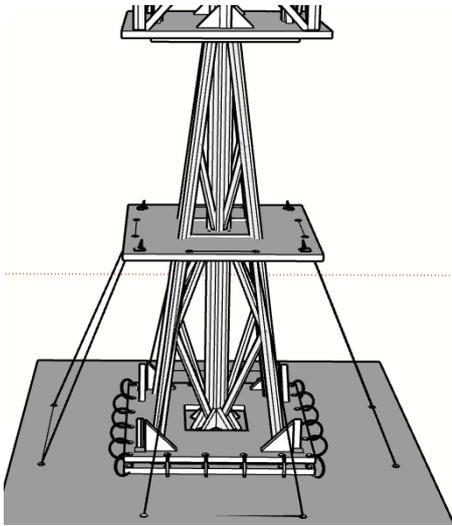
교차로 접은 종이를 길게 사용하여 x,y축이 아닌 다른 방향으로 인한 비틀림을 예방 (약한 비틀림 강성 보완)

교차로 접은 종이로 면진 장치에 필요한 소정의 복원력 확보

면진 성능을 극대화하여 최대한 구조물 가속도 감소!

메가기둥, 코어

면진장치로 인해 커진 수평변위 제어 필요!



튜브구조 코어 선택

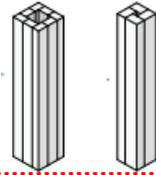
+

메가기둥 사용

사각뿔 모양의 보강코어를 활용하여 하단 강성 확보

보강코어와 주코어 부착을 용이하게 하기 위해 주코어를 바닥층 모양에서 45° 회전시켜 설치

보강코어와 주코어 일체화



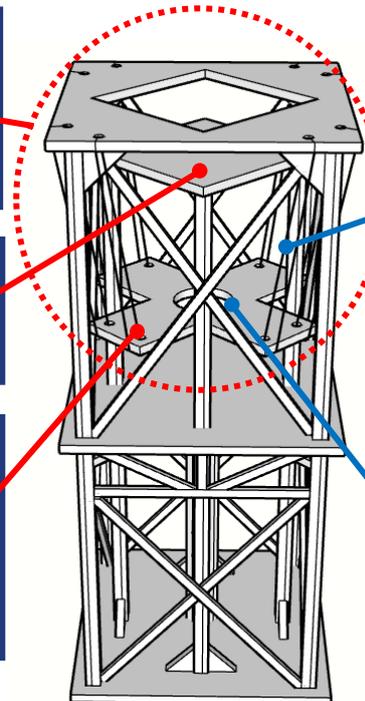
Lower Floor 강성 보강 --> High Floor 보완 필요!

TMD (동조 질량 감쇄기)

케이블이 연결된 바닥판과 하중블럭을 올리는 바닥판 분리로 안정적인 TMD 거동 확보

하중블럭을 올리는 바닥판 높이를 낮춤으로 이탈 현상 방지 가능

십자형태를 사용하여 안쪽 기둥에 구애 받지 않고 전방향 움직임 가능



24kg 하중을 올렸을 때 면줄의 최대 인장 길이 파악을 통해 최대 인장력을 받을 수 있게 유도 그 결과 많은 지진에너지를 흡수, z 축 움직임 방지를 통해 더욱 안정적인 TMD 거동 확보 가능

십자형태 가운데 구멍을 통해 코어에 방해받지 않게 함

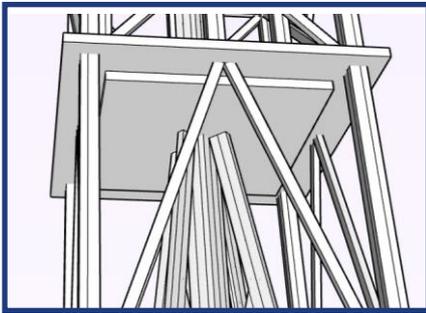
TMD를 통한 상부구조체 지진에너지 흡수!

아웃리거 벨트트러스 / 헌치 / 가새 / 케이블

아웃리거 벨트 트러스

보강코어가 사라진 3층에 **아웃리거 벨트 트러스** 보강

45도 회전 코어로 기존 아웃리거 벨트트러스보다 코어에서 기둥까지 힘의 전달이 용이해져 횡력 저항 성능 향상



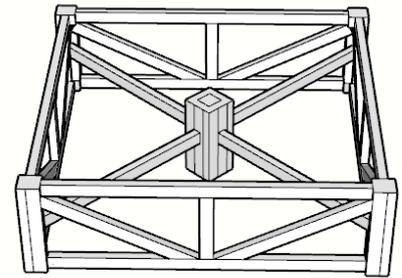
보강코어와 주코어가 모이는 곳에 판을 덧데어 보강코어와 주코어가 3,4층 하중을 견디게 함

헌치, 케이블

2,3층 통기둥 사용으로 1층 접합 부분이 취약해지므로 이를 예방하기 위해 **헌치, 케이블**로 구조물 변형 제어

X가새

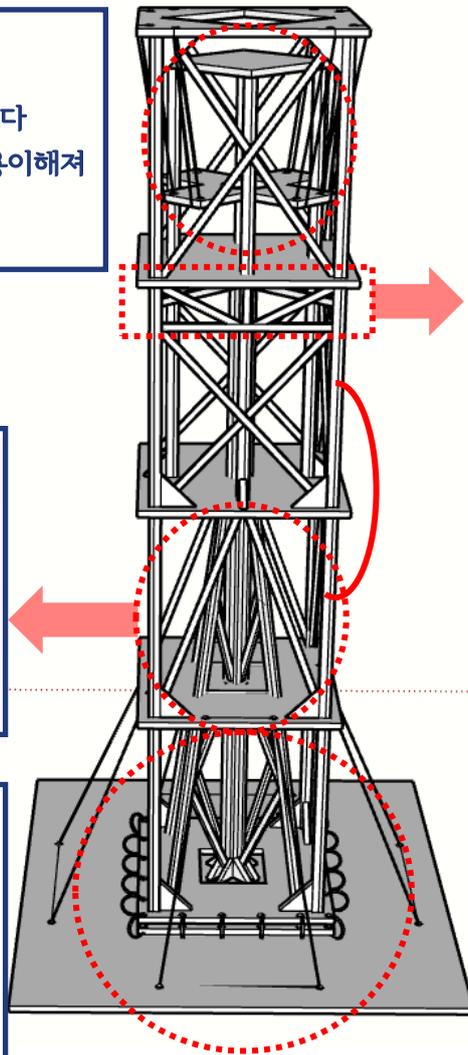
상부층 높은 강성을 위해 **X가새** 사용



2,3층 일체화 기둥

2,3층 일체화 거동
→ 바닥판과 기둥 분리 예방
But, 2층 기둥에서 파단 염려

기둥 파단 부위를 2층이 아닌 상부로 가져가기 위해 2층 헌치 설치
→ 2층, 3층 사이에 파단 유도
→ 구조물 강성증가로 이어짐



실험 분석



대회 규정보다 얇은 실을 사용하여 강성이 너무 작아 면진장치의 움직임을 전혀 제어하지 못했음.



실을 연결하는 구멍 갯수를 늘리고, 필요하면 실을 엮어 사용하여 강성을 증가시킬 예정



4층 현치가 TMD 장치
거동 방해

4층 현치 제거

코어 길이 부족으로 3층 바닥판 기둥
연결부위 파단 발생



십자판 TMD 장치 가운데 구멍을 뚫어
코어를 길게 함과 동시에 움직임 확보

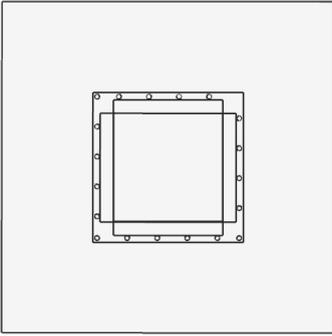


기초판과 1층을 연결한 케이블이 생각보다
많은 힘을 받고 끊어짐

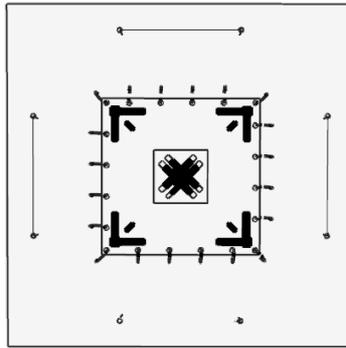


실을 엮어 케이블 실의 강성 증가시킬 예정

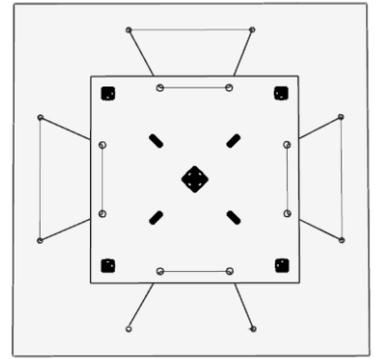
구조 도면



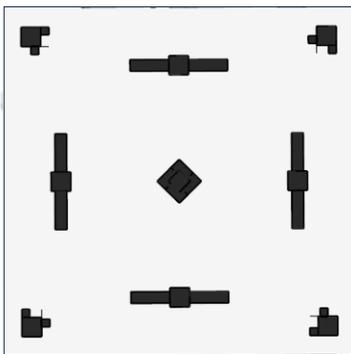
면진층 하부



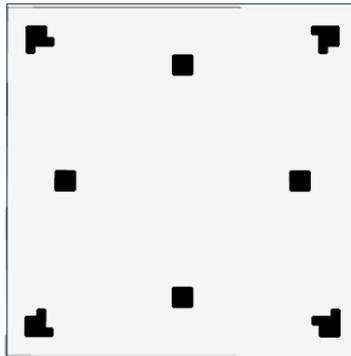
면진층 상부



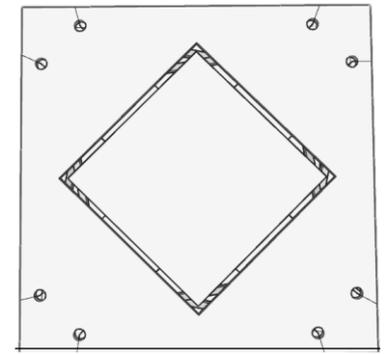
1층 슬래브



2층 슬래브



3층 슬래브



4층 슬래브



공정표

구분	소요 시간														
	10분	20분	30분	40분	50분	60분	70분	80분	90분	100분	110분	120분	130분	140분	150분
설계	규격표시														
재료 제작	기둥, 코어 제작														
	슬라브 천공														
	기초판 천공														
	중이댐퍼 제작														
	가새, 현치 제작														
시공	면진장치 시공														
	기둥, 코어와 플레이트 부착														
	보강코어 시공														
	아웃리거 & 벨트 트러스 제작														
	TMD 설치														
	하중분류 설치														
마감	현치, 가새 설치														
	접착제 보강														

총 2시간30분 소요

원가 관리표

재료명	규격	부재명	수량	총 수량	단가(백만원)	비용(백만원)
MDF Base	400mm x 400mm x 6mm	기초판	1	-	-	-
MDF Plate	200mm x 200mm x 6mm	바닥 슬래브	6	7	100	700
		면진 장치	1			
MDF Strip	600mm x 4mm x 6mm	코어	12	62	10	620
		기둥	36			
		가새	8			
		아웃리거, 벨트트러스	6			
면줄	600mm	면진층 연결	4	12	10	120
		기초와 구조체 연결	4			
		TMD 연결	4			
접착제	20g	접착제	2	2	200	400
A4	A4	면진 장치	1	1	10	10
총계	700 + 620 + 120 + 400 + 10 = 1850(백만원)					

총 1,750만원 사용