

2023년 구조물 내진설계 경진 대회

SEISMIC STRUCTURE DESIGN CONTEST 2023

- 금오공과대학교 **두 번 쓴 거꾸집** 설계제안서

- 자문위원



자문위원

금오공과 대학교 건축학부 건축공학전공
황성훈 교수님

- 팀원 소개



김수진

총괄 팀장
아이디어 구상
구조물 제작
공정 관리



김수연

경제성 분석
구조물 제작
제안서 작성
지진파 분석



독고빈

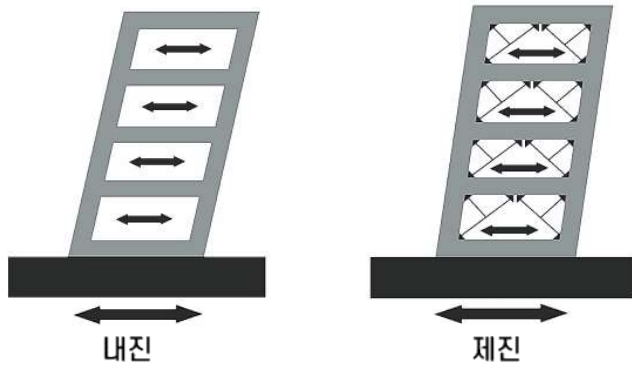
물성치 분석
구조물 제작
제안서 작성
구조 해석



이우혁

3D 모델링
구조물 제작
도면 작성
시공성 분석

내진 전략 선택



-> 내진 장치 + 제진 장치로 건물의 강성을 증가시키고 유동성을 확보하여 건축물의 붕괴방지

물성치 분석

켄틸레버 보의 처짐식 $\delta = \frac{PL^3}{3EI}$ 을 사용하여 Strip 1개의 물성치 분석 (I_y 기준)

NO.	무게 P (N)	길이 L (mm)	단면 2차 모멘트 I (mm ⁴)	평균변위 (mm)	탄성계수 E (Mpa)	탄성계수 평균 (Mpa)
1	30	60	72	16.7	1796.4	1765
2	30	60	72	16.9	1775.1	
3	30	60	72	17.3	1734.1	
4	30	60	72	17	1764.7	
5	30	60	72	17.1	1754.4	

기둥 단면 2차 모멘트 I (mm⁴)

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

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

$$E = \frac{PL}{3\delta} = 1765 \text{ Mpa}$$

< 상부 기둥 >

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

< 하부 기둥 >

$$I_x = \frac{12 \times 14^3 - 4 \times 6^3}{12} = 2672 \text{ mm}^4$$

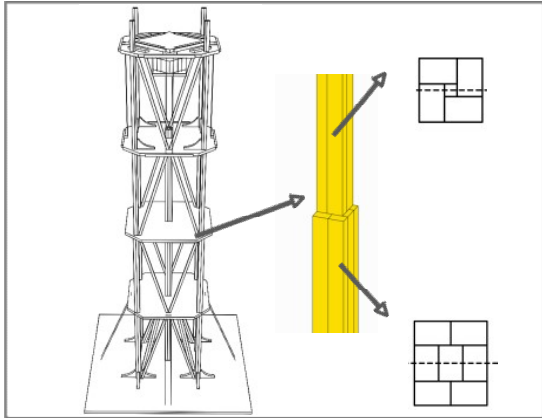
$$I_y = \frac{14 \times 12^3 - 6 \times 4^3}{12} = 1984 \text{ mm}^4$$

< 메가 코어 >

$$I_x = I_y = \frac{16 \times 16^3 - 8 \times 8^3}{12} = 5120 \text{ mm}^4$$

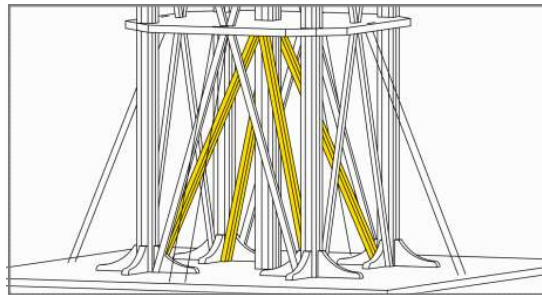
02 구조 설계

섹션 레귤레이팅 기둥 (단면 조절 기둥)



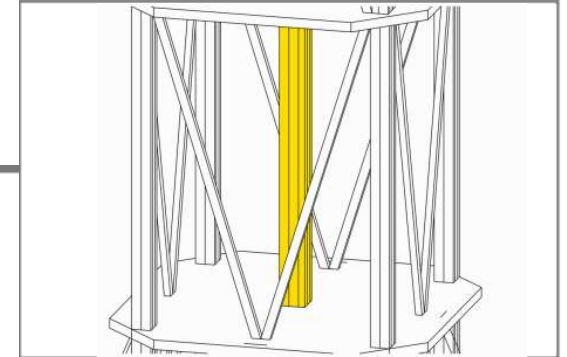
- 하층부에서 상층부로 가며 단면적이 줄어드는 기둥을 사용.
- 기둥의 단면적이 줄어드는 부분을 두 번째 슬래브 아래로 설정하여 그 부분이 슬래브를 밑에서 지지할 수 있도록 설계.
- 메가칼럼을 사용하여 재료사용의 경제성과 구조적인 효율성 확보

아웃리거



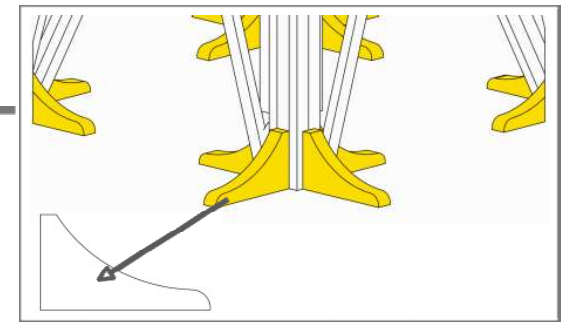
- 1층의 내진 성능을 보강하기 위해 코어와 기둥을 연결하는 아웃리거 부착

메가 코어

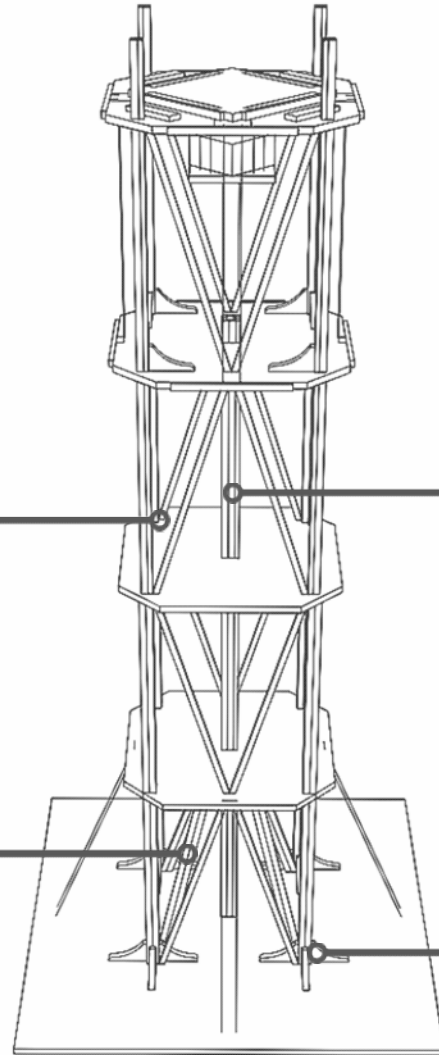


- 수직 수평축에 대하여 균등한 강성을 가지고 단면 2차모멘트가 극대화된 메가코어를 3층까지 설치

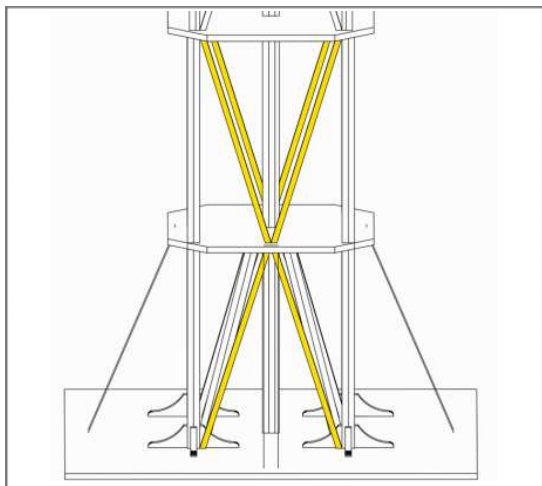
곡선을 사용한 리브 플레이트



- 경사가 급한 리브플레이트의 사용 시 응력이 집중되는 문제점을 해결하기 위해 리브플레이트의 기울기를 완만하게 조절하고 대각선 부분에 곡선을 사용

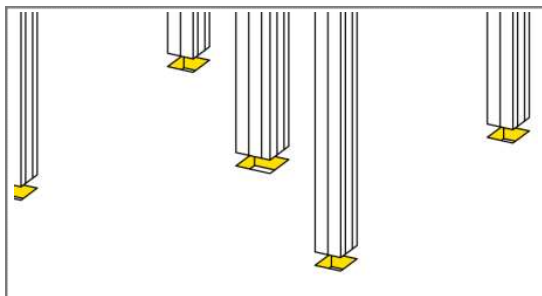


V-X자 가새

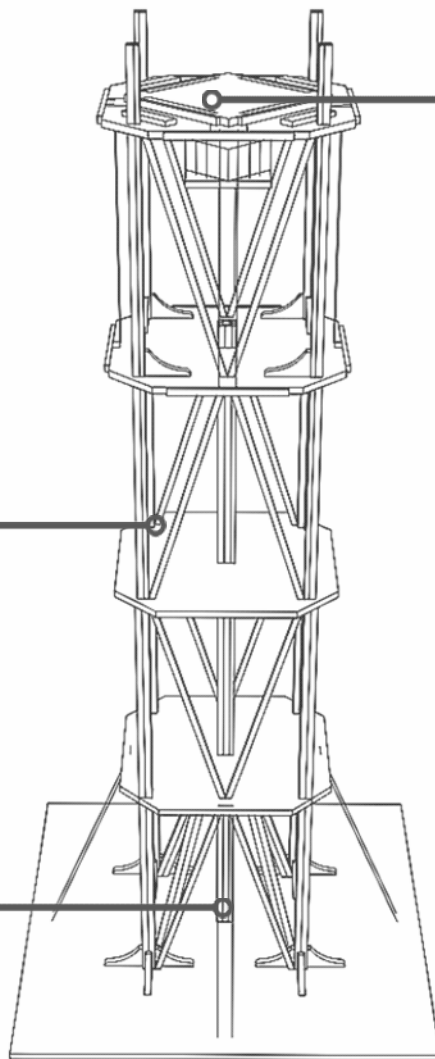


- V자 가새를 상-하로 조합하여 X자 가새를 구성 전체적인 가새의 형태는 크게 유지하되, 부재 길이를 반으로 줄여 세장비를 조절하여 좌굴 피해에 대비

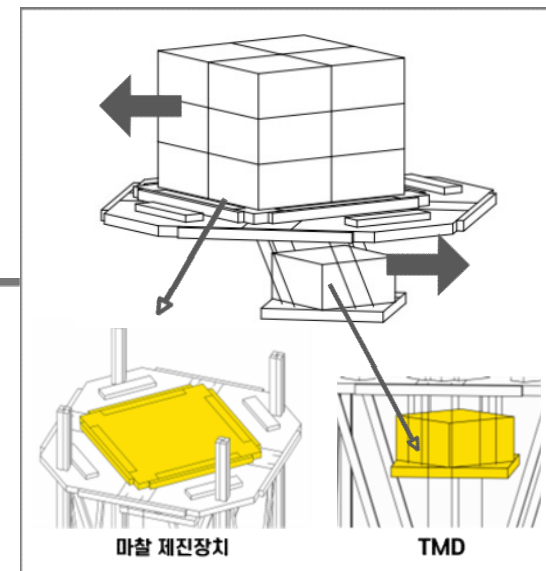
바닥판 & 기초



- 바닥판에 기둥 및 코어를 굴착부착하여 일체화시킴
- 면실을 바닥판과 슬래브에 이중결합시켜 실의 장력을 통한 기둥의 파단방지를 유도

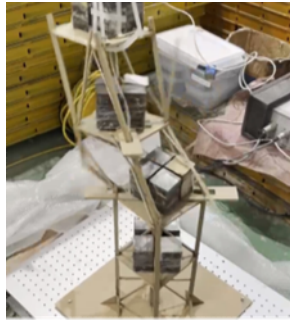


제진층



- 제진장치의 충분한 거동을 확보하기 위해 건물의 최상층 부분을 제진층으로 설정
- 제진층에는 마찰 제진장치와 TMD가 위치하고 있음
- 마찰제진장치는 최상층 슬래브와 슬래브 하부 TMD와 면줄로 일체화되어 있음
- TMD는 마찰 제진장치의 움직임에 대해 반대 방향으로 저항함으로써 전체적인 진동의 감쇠 효과를 유도 (TMD 밑에는 0.5kg 하중이 들어감)

03 실험 및 분석



-> 실험 시작과 거의 동시에 구조물 붕괴
 - 2층 TMD의 예상과 다른 거동으로 기둥에 충격이 가해져 2층과 3층사이의 기둥이 파단



- TMD의 위치를 슬래브와 분리시켜 상단부로 이동
- 가새와 아웃리거의 배치를 조정



-> 0.43g에 구조물 붕괴
 - 반복된 실험을 통하여 U자 기둥의 강성이 부족함을 확인
 - 리브 플레이트에 응력이 집중되어 기둥과 기초판이 분리
 - 기둥 위치를 변경해도 재진장치가 예상대로 거동X



- 리브 플레이트의 기울기 조절하고 기둥의 크기를 더욱 확대
- 코어의 구조를 메가코어로 변경
- 재진장치의 작동방식을 전반적으로 수정



-> 0.3g에 구조물 붕괴
 - 바닥판과 기둥의 접합 부실로 인하여 기둥과 코어가 증가하는 지진력을 견디지 못하고 범함



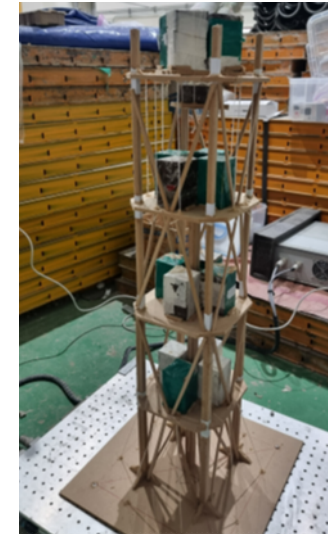
- 1층의 내진성능을 보강하기 위하여 1층에 리브 플레이트와 대각가새를 추가 설치
- 슬래브 사이즈 키우기



-> 0.61g에 구조물 붕괴
 - 제진 장치가 큰 지진하중을 받으며 심하게 거동하여 4층이 붕괴



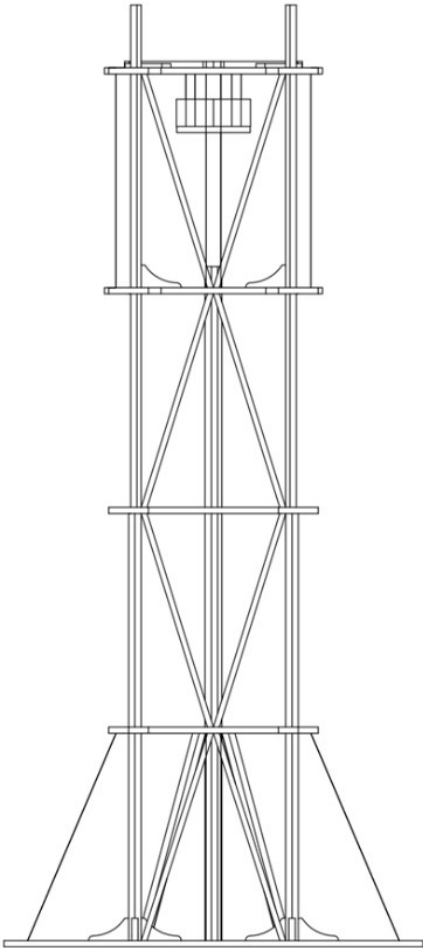
- 제진 장치의 경로를 벗어난 거동을 제한하는 가이드레일의 설치
- 1, 4층 부분을 면실 등을 활용하여 추가적인 보강
- 전반적인 가새 배치의 수정



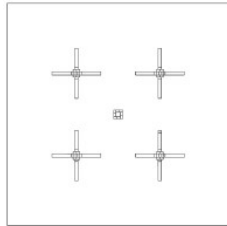
< 최종 모델링 >

- Strip 6개/4개 사용한 섹션레굴레이팅 기둥 사용
 - Strip 8개 사용한 메가코어 사용
 - Strip 2개(4개) 사용한 V-X자 가새 사용
 - 곡선 리브 플레이트를 사용하여 접합부 보강
 - 1층과 제진층을 면실을 사용하여 보강
 - 기둥사이의 간격이 17x17cm인 팔각형 형태의 슬래브 사용
 - 이동경로에 마찰 재진장치의 가이드레일 설치
- > 0.7g에 구조물 붕괴 -> 최종 모형으로 선정

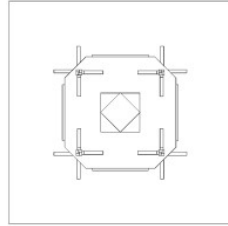
입면도 및 평면도



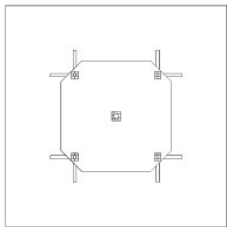
< 입면도 >



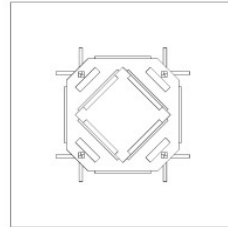
< 기초판 >



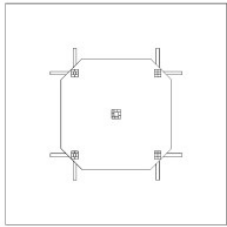
< 3층판 >



< 1층판 >



< 4층판 >



< 2층판 >

< 평면도 >

공정 및 원가 관리

04 최종 모형

구분	소요시간																		
	1시간						2시간						3시간						
	10분	20분	30분	40분	50분	60분	10분	20분	30분	40분	50분	60분	10분	20분	30분	40분	50분	60분	
제작	바닥판	██████████																	
	코어 및 기둥	██████████																	
	가새				██████					██████████									
	제진장치				██████████														
	리브 플레이트	██████████																	
시공	부재 연결			██████					██████████						██████████				
	대각 가새											██████████							
	리브 플레이트				██████														
	아웃리거					██████████													
	제진장치 설치										██████████						██████		
마감	면줄 설치								██████████								██████████		
	하중블럭 설치																██████████		
총 시간																	2시간 50분		

재료명	규격	부재명	단위 수량	단가 (백만원)	비용 (백만원)	합계 (백만원)
MDF Base	400 X 400 X 6	기초판	1	-	-	-
MDF Plate	200 X 200 X 6	바닥 슬래브	4	100	400	500
		제진장치	1		100	
MDF Strip	600 X 4 X 6	코어	9	10	90	610
		기둥	36		360	
		가새	16		160	
면줄	600	제진장치 연결	12	10	120	120
접착제	20g	접착제	2	200	400	400
A4지	1장	기둥	2	10	20	20
총액 (백만원)						1650