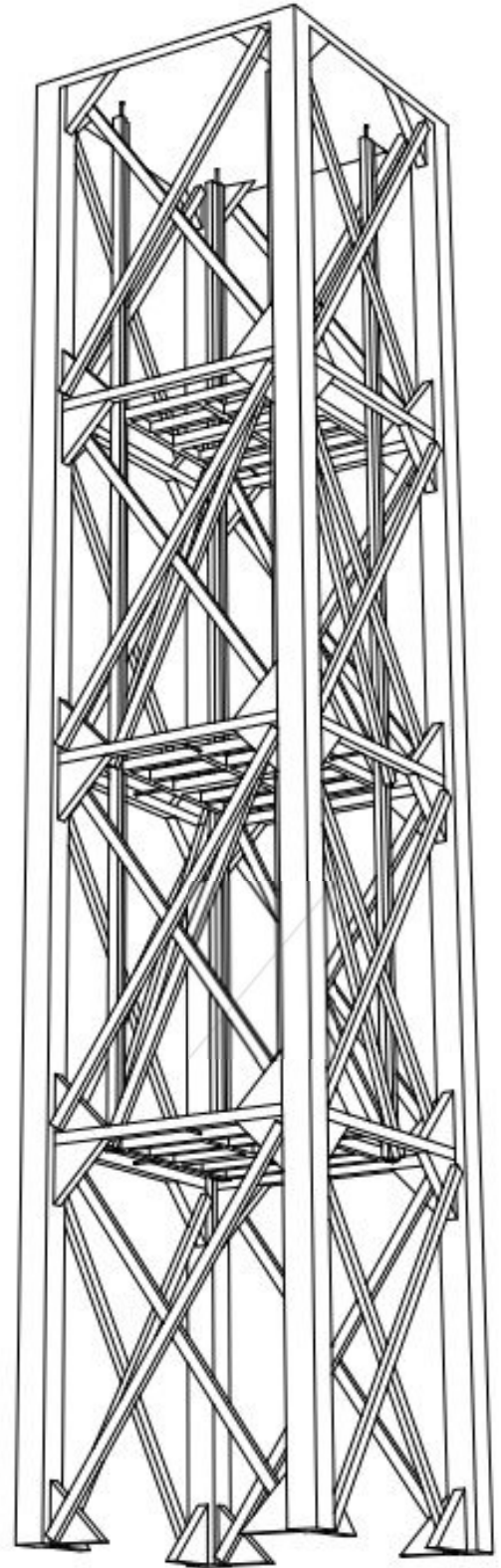


# 2021 구조물 내진설계 경진대회














TEAM: 굳건이 프로젝트



경북대학교 건축공학부

*Tall Building Structure System Lab*

주최:  부산대학교  국토교통연구인프라운영원 주관:  지진공학연구소

후원:  행정안전부  교육부  KAIA  국토교통과학기술진흥원  KISA  KIC  사단법인 한국변질예방협회  대한건축구조기술사회  한국건설산업연구원  한국건설산업연구원 협찬:  MTS  DRB  YUEHKR(주)



## INDEX

1. INTRO
  - 팀 소개
  - 대회 소개 및 규정 검토
  - 디자인 컨셉
2. ANALYSIS
  - 지진파 분석
  - 부재선정
  - 물성치 분석
3. DEVELOPMENT
  - 실험 분석
  - MATLAB 분석
  - 최종 형태
4. CHECK
  - 예산안
  - 공정표



# TEAM

굳센 마음가짐으로  
건축에  
이 이름을 남기자

김홍진 교수님  
지도교수 / 자문위원

**김승수**  
MIDAS 모델링 & 구조해석 및 분석  
/ 총괄

**강민성**  
물성치 분석 & 도면 작성  
/ 모델제작

**정태경**  
자료조사 및 데이터 정리  
/ 모델제작

**김시연**  
CAD도면 & PPT작성  
/ 모델제작

1. 연성파괴의 유도 2. 성능기반설계 3. 시공성과 경제성

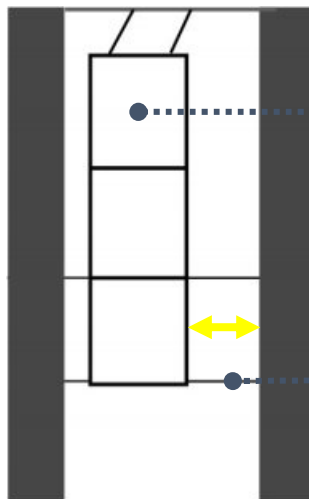
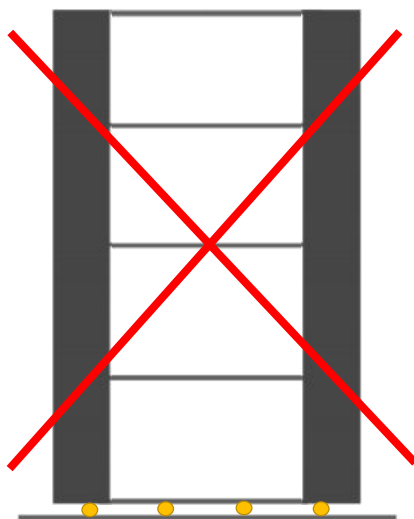


**STRONG COLUMN WEAK BEAM**

가속도 0.7g만큼의 내진성능 확보

지진력의 상쇄

Low Cost - Low Time



**면진**

하부에 면진 장치를 설치하는 것은 부재의 한계 때문에 마찰이 발생하여 구현하기 어려움

- ➔ 상부에 구현하여 마찰 제거
- 건물을 지반에서 분리하여 건물의 진동주기를 지진의 주요 주기에서 멀어지게 함

**댐퍼**

내부구조의 수평 변위를 조절하는 댐퍼 필요

- ➔ 실을 꼬아 탄성을 주어 댐퍼 역할을 수행

실계스펙트럼가속도

단주기 ( $S_{DS}$ ) =  $S \times 2.5 \times Fa \times 2/3 = 0.75(500년), 1.5(2400년)$   
 1초주기 ( $S_{D1}$ ) =  $S \times Fv \times 2/3 = 0.3(500년), 0.6(2400년)$

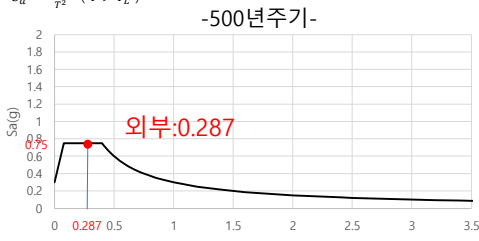
실계응답가속도스펙트럼

$$S_a = 0.6 \frac{S_{DS}}{T_0} T + 0.4 S_{DS} \quad (T \leq T_0)$$

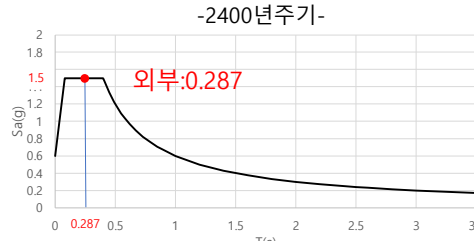
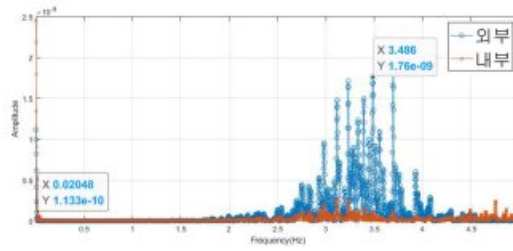
$$S_a = S_{DS} \quad (T_0 < T \leq T_s)$$

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_s < T \leq T_L)$$

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T > T_L)$$



고유진동수영역 그래프



500년 주기에서 제작건축물 외부는  $T=0.287$ 으로 0.75g, 내부는  $T=48.83$ 으로 유효지반가속도가 매우 작아 실제 면진 효과가 있는 것을 알 수 있다.

기둥 강성 비교

2-Way 진동 고려하여 강축, 약축의 모멘트 차이가 없는 기둥 선택

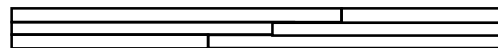
1번 기둥 8개와 2번 기둥 4개 비교했을 때 같은 부재의 양으로 더 큰 강성 얻을 수 있는 2번 기둥 채택

단면 2차모멘트 약 3.07배 ↑

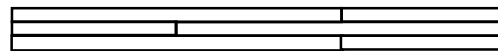
기둥 이음 방식

부재 선정

기둥



전단면의 분할로 강성은 높지만 부재 **낭비가 크고**, 재료 절단에 걸리는 **시간이 길다**.



낭비되는 부재가 거의 **없고**, 절단 시간도 1번 방식의 **절반**이다. 실험 시 이 방식의 강성으로도 충분함으로 채택

시공성 및 경제성 ↑

$$E = \frac{P_{cr}(kL)^2}{\pi^2 I}$$

$E$  = 탄성계수  
 $I$  = 단면 2차 모멘트  
 $k$  = 유효 좌굴길이 계수  
 $P_{cr}$  = 탄성좌굴하중

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$\sigma$  = 압축응력  
 $A$  = 단면적  
 $P$  = 좌굴 하중

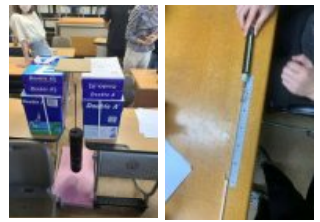
실험 회차 (차)	길이 (mm)	좌굴하중 (N)	탄성계수 (Mpa)	압축응력 (Mpa)
1	80	173.46	2196.9	0.922
2		178.36	2258.9	0.948
3		169.54	2134.8	0.901
평균	80	173.78	2196.8	0.923



- 실제로 기둥의 파괴를 유도하여 최대하중을 관측하고, 오일러 좌굴 하중 공식을 사용하여 탄성계수를 측정.
- 수제작으로 인한 기둥 품질의 비균질성을 최소화하기 위해 3회 실험 평균을 사용함.

**일반 실**  $\sigma = \frac{P}{A} \rightarrow$  인장응력  $\delta = \frac{PL}{EA} \rightarrow$  탄성계수

실험 회차 (차)	단면적 (mm <sup>2</sup> )	하중 (N)	인장강도 (Mpa)	기준길이 (mm)	변형길이 (Δl)	하중 (N)	탄성계수 (Mpa)
1	1.13	264.6	234.1	25	1.1	264.6	1329.3
2		264.6	234.1		1.0		1462.2
3		274.4	242.8		1.1		1329.3
평균	1.13	267.8	237.0	평균	1.06	264.6	1373.6



→ 내부 구조물을 건넌 실의 강도 검토

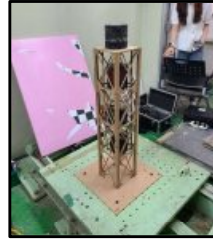
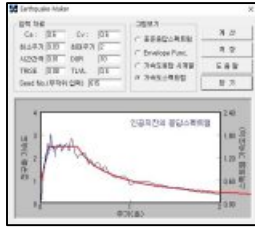
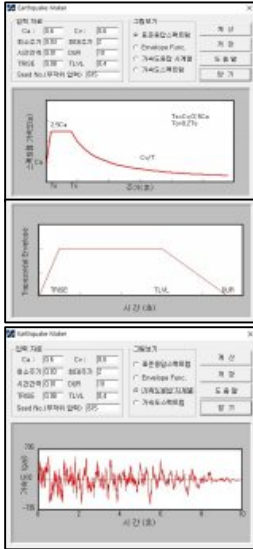
**꼬은 실**  $k = \frac{F}{S} \rightarrow$  강성 F= 하중 S= 변형길이

조건 : 600mm실 두 겹을 140회 꼬아 200mm로 짧아졌을 때

기준길이 (mm)	단면적 (mm <sup>2</sup> )	변형길이 (Δl)	하중 (N)	탄성계수 (Mpa)	기준길이 (mm)	변형길이 (Δl)	하중 (N)	강성 (N/mm)
20	3.14	2.4	9.8	26.0	20	2.4	9.8	4.08
		2.5		24.9		2.5		3.92
		2.1		29.7		2.1		4.60
평균	3.14	2.3	9.8	26.9	평균	2.3	9.8	4.20



→ 실을 꼬았을 때 탄성계수의 변화 51.1배 → 지반가속도 0.7g 버틸 실의 강성 검토



EQ MAKER 입력자료

$$T_S = C_p / 2.5C_a$$

$$2.5C_a = s_{PS}$$

$$C_a = C_v = 0.6g$$

최대주기:  $0.5\text{Hz} = 1/0.5 = 2\text{sec}$   
 최소주기:  $30\text{Hz} = 1/30 = 0.03\text{sec}$   
 Trise=0.08sec  
 TLVL=0.4sec

EQ MAKER 프로그램을 사용해 임의로 설정한 표준응답스펙트럼에 맞는 지진파 생성 후

1-WAY 진동대에 입력하여 실험 0.3g부터 0.1g씩 지반가속도를 증가시켜가며 구조가 받는 가속도 측정

1차 모형



실의 인장력이 부족하여 면진 효과를 발휘하지 못함

내부 구조물의 이탈을 잡을 힘을 견디지 못해 내부 구조물을 연결하는 실이 끊어지면서 붕괴 발생

**FEED BACK**

- 실의 보강을 위해 2줄로 강화
- 뿔피에 사용한 실의 탄성을 높이기 위해 실을 교차서 사용



2차 모형



외부 구조체와 연결된 부분과 그렇지 않은 부분인 3층 기둥/1층 SLAB, 4층 연결부의 수평 변위 차가 발생 내부 구조물과 외부 구조물의 충돌

댐퍼에 사용한 실의 인장력 부족으로 구조체 하부 유동성 부족

FEED BACK

→ 3층부에 수평 변위 조절을 위해 댐퍼 추가 설치

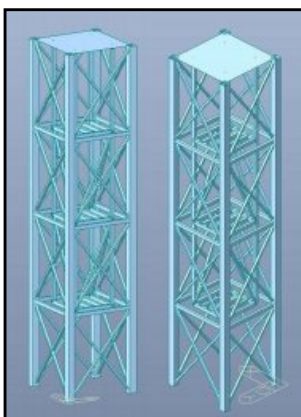
3차 모형



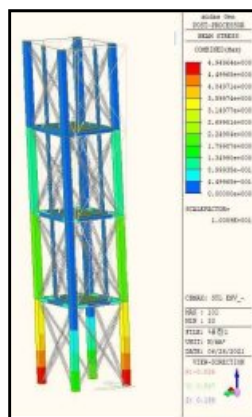
지반가속도 증가 시 순간 하중이 증가하여 보에 파단 발생

FEED BACK

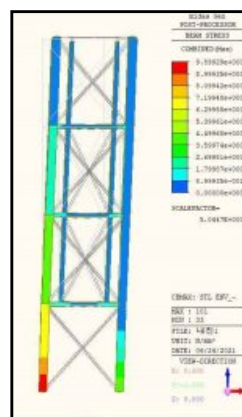
→ 하중을 분산시킬 보를 추가 설치하여 바닥판의 붕괴 방지 보의 처짐에 취약한 기둥과 slab 연결부 밑면에 귀잡이 설치



-3D 모델링-



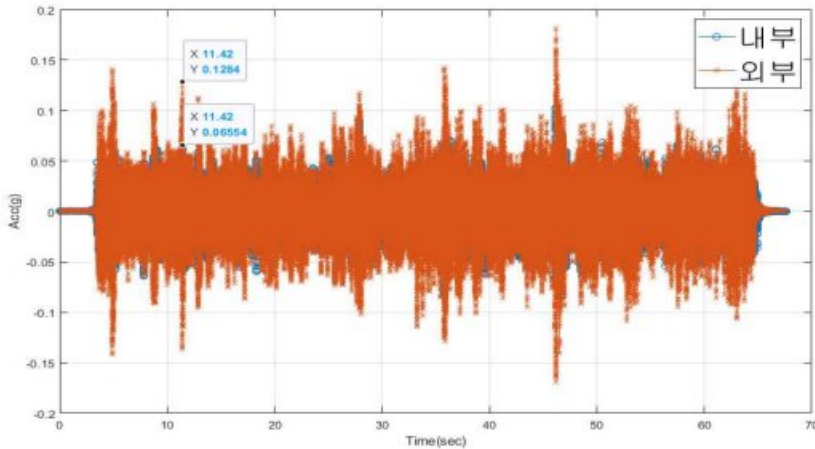
-500년 주기-



-2400년 주기-

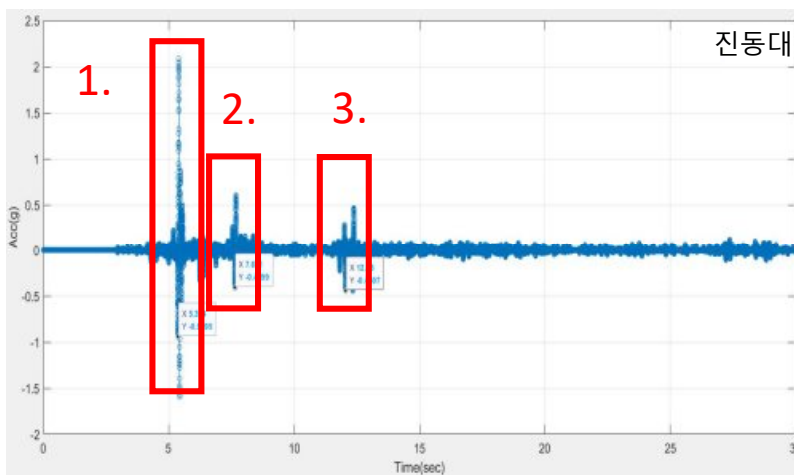
외부구조에서 MEGACOLUMN이 응력을 버티고 내부구조물은 응력을 거의 받지 않는 것을 보아 면진 효과를 확인할 수 있음

### 화이트노이즈



Y값은 구조가 받는 가속도인데, 외부 구조는 많이 받지만 내부 구조는 그에 비해 적게 받는 것으로 보아 면진 효과가 있음을 확인할 수 있다.

지반가속 1.0g → 2way 진동대는 진동이 더 강할 것을 고려하여 1.0g까지의 성능설계를 하였다.



1번 지점에서 보 부재에 금이 가고  
2번 지점에서 보 부재의 파단  
3번 지점에서 가새 붕괴.

붕괴 과정에서 보가 먼저 부서지고 기둥에는 영향이 없는 점진적 파괴를 확인하고 연성파괴가 유도 되었음을 알 수 있다.

1.



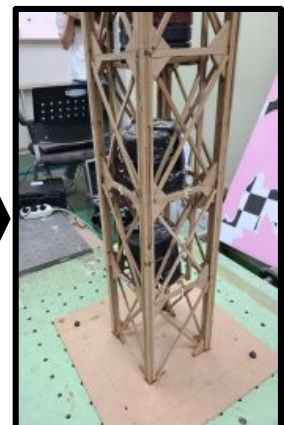
2.



3.



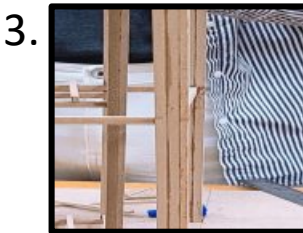
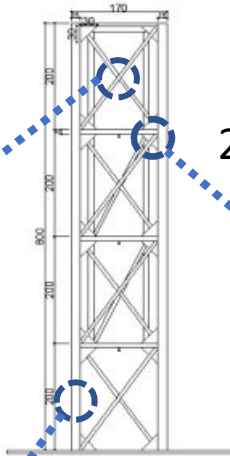
4.



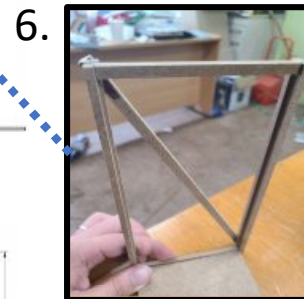
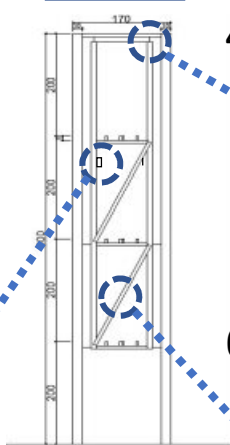




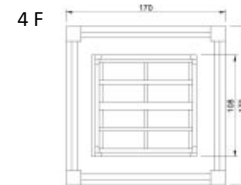
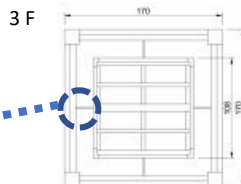
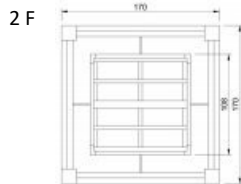
외부구조



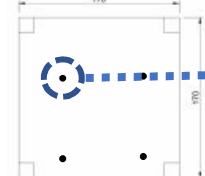
내부구조



평면도



Roof F



1. 외부 구조의 변위를 최소화 할수있는 X가새 사용
2. 가새를 귀잡이 면에 고정하여 거셋 플레이트 역할을 동시에 수행
3. 내부 구조를 면진으로 사용할 시 진동을 버틸 Mega Column으로 구성하여 0.7g의 지반가속도에서 보 부재의 점진적 파괴유도
4. 실로 내부구조물 하중을 버팀
5. 4층 직각연결부에 변형을 방지할 귀잡이 설치
6. 기둥의 좌굴을 방지 하기위해 경제성을 고려하여 단방향 가새 사용
7. 2층, 3층 슬라브에 댐퍼 실로 외부 보와 연결해 수평 변위를 조절 Roof 층에 구멍을 뚫고 실을 넓게 붙여 내부구조하중을 외부구조에 분산 전달/ MDF Strip을 이용하여 SLAB를 만들어 MDF Plate를 이용했을때 보다 더 경제적
8. 천공을 뚫고 실을 단단히 고정함.

위치	부재명	용도	단가(백만원)	사용수량(개)	비용(백만원)	합계(백만원)	총계(백만원)
외부	MDF Base	기초판	-	1	0	0	1530
	MDF Strip	기둥	10	48	480	720	
		보		8	80		
		가새		16	160		
	MDF Plate	슬라브	100	1	100	200	
		귀잡이		1	100		
내부	MDF Strip	기둥	10	8	80	150	
		가새		2	20		
		슬라브		5	50		
공용	면줄(600mm)	연결재	10	6	60	60	
	록타이트(20g)	접착제	200	2	400	400	

작업내용	소요시간											
	1시간						2시간					
	10분	20분	30분	40분	50분	60분	10분	20분	30분	40분	50분	60분
귀잡이 재단	■											
외부 슬라브 보 재단	■											
바닥판 천공			■									
외부기둥 제작 및 설치	■											
내부기둥 제작		■										
외부 보 설치			■									
내부 슬라브 설치				■								
외부 귀잡이 설치					■							
내외부 가새 설치						■						
연결재 제작							■					
내외부 연결								■				
허중 설치									■			

내·외부 동시 시공으로 공기 단축 유도