

“ 목표 성능 수준을 고려한 구조물의 내진 설계 ”

# 2018 구조물 내진설계 경진대회

Seismic Structural Design Contest 2018

## 강원대학교 건축공학과 Octagon

### TEAM. Octagon

Octagon은 양손을 꼭지점에 빗대어  
4명의 팀원이 양손을 이용하여  
“균형 있는 내진 구조물을 만들어 내자!”  
라는 의미입니다.

김 태완 교수님

자문위원

김 윤성 (4)

팀장  
총괄  
3D 모델링

김 호재 (4)

MIDAS 구조해석  
안전성 검토  
부재 상세 설계

주 창혁 (4)

자료조사  
개선책 제안  
규정 분석

이 초이 (4)

CAD 도면 제작  
이론정리  
경제성, 시공성 검토



## 목 차

### 1. 분석 및 방향성 설정

- 규정 분석
- 물성체 분석
- 설계 방향

### 2. 구조물 검토

- 구조 설계 및 분석
- 설계스펙트럼
- 안전성 검토

### 3. 설계 도서

- 도면
- 내역서
- 공정표

## 규정 분석

### • 대회 규정 (2018 구조물 내진설계 경진대회)

- ① 구조물의 내진설계 목표와 성능수준의 이해
- ② 구조물의 지진 시 거동 예측 능력 및 부재강도 평가 능력
- ③ 500년 빈도 지진발생 시 기능수행 수준 내진설계
- ④ 2400년 빈도 지진발생 시 붕괴 방지 수준 내진설계
- ⑤ 설계지진 초과 시 구조물의 파괴를 유도하는 정밀한 설계
- ⑥ 시공성과 경제성을 고려하고 구조물의 아름다움을 추구하는 설계
- ⑦ 구조해석 능력 외 도면화, 수량산출 및 내역작성 기술

### • 국민안전처 기준 (내진설계기준 공통사항)

- ① 기능수행  
‘기능수행’ 수준은 설계지진하중 작용 시 구조물이나 시설물에 발생한 손상이 경미하여 그 구조물이나 시설물의 기능이 유지될 수 있는 성능 수준을 말한다.
- ② 붕괴방지  
‘붕괴방지’ 수준은 설계지진하중 작용 시 구조물이나 시설물에 매우 큰 손상이 발생할 수는 있지만 구조물이나 시설물의 붕괴로 인한 대규모 피해를 방지하고, 인명 피해를 최소화하는 성능수준을 말한다.

## 탄성계수 측정

- 캔틸레버보를 통한 탄성계수 측정

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

위 식을 이용하여 탄성계수 실험을 10회 진행한 결과 아래 표와 같다.

### 탄성계수 측정

무게 (g)	하중 (N)	길이 (mm)	변위 (mm)	단면2차모멘트 (mm <sup>4</sup> )	탄성계수 (Mpa)
100	0.98	100	5.8	72	2,348
220	2.16	100	12.4	72	2,416
300	2.94	100	17.8	72	2,295
320	3.14	100	21.3	72	2,046
320	3.14	100	20.8	72	2,095
330	3.24	100	21.5	72	2,090
350	3.43	100	21.7	72	2,197
350	3.43	100	22.1	72	2,157
360	3.53	100	22.3	72	2,199
370	3.63	100	22.7	72	2,220

→ 평균 탄성계수 : 2,206MPa



## 휨 강도 측정

- 단순보를 통한 휨 강도 측정



$$M_{max} = \frac{PL}{4}$$

$$\sigma_{max} = \frac{3}{2} \times \frac{M}{bh^2}$$

KS F 3200에서 제시한 휨 강도 측정 방식에 따라 실험을 5회 진행한 결과 아래 표와 같다.

### 휨 강도 측정

무게 (g)	Pmax (N)	길이 (mm)	b (mm)	h (mm)	Mmax (kN · m)	휨강도 (Mpa)
6,344	62.208	150	4	6	2,332.8	24.3
6,553	64.256	150	4	6	2,409.6	25.1
6,892	67.584	150	4	6	2,534.4	26.4
6,501	63.744	150	4	6	2,390.4	24.9
6,709	65.792	150	4	6	2,467.2	25.7

→ 평균 휨 강도 : 25.28MPa

## 설계 방향

### • 내진 ✓

건물의 강도와  
내구력 증진시킴으로써  
지진하중에 견디는 시스템.



가새골조를 통한  
건축물의 강도 및 내구력 증진!

### • 제진 ✓

지진하중에 의해 건물에  
전달되는 에너지를 감소시켜  
저항하는 시스템.

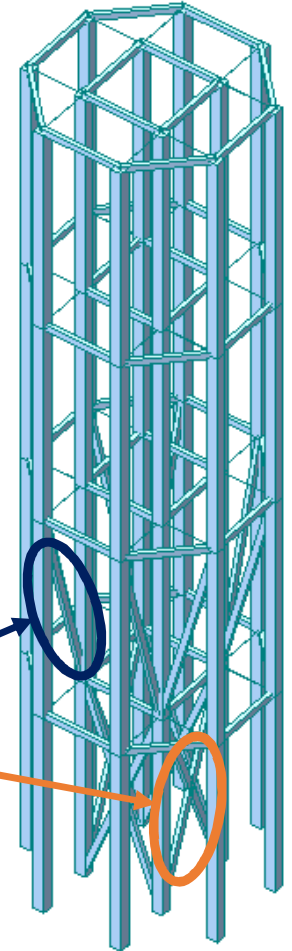
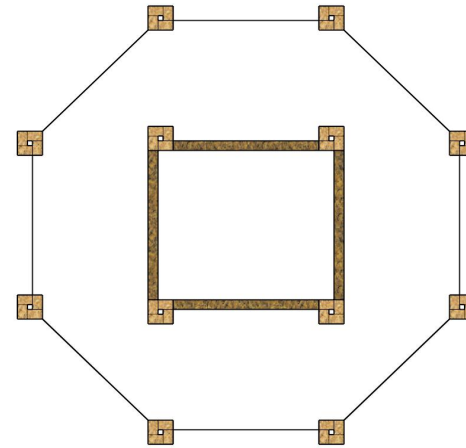


마찰 댐퍼를 이용하여  
지진하중을 열 에너지로 소산!

### • 면진

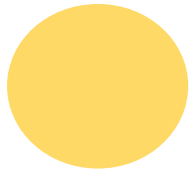
지진하중의 진동이  
건물에 직접적으로  
전달되는 것을 막는 시스템.

### • 튜블러 시스템



- 외부 가새 골조는 수평력을 전담.
- 내부 댐퍼 골조는 수직력을 전담.
- 1층 마찰 댐퍼 활용  
2층 가새 골조 활용

### • 구조물의 형태 선정

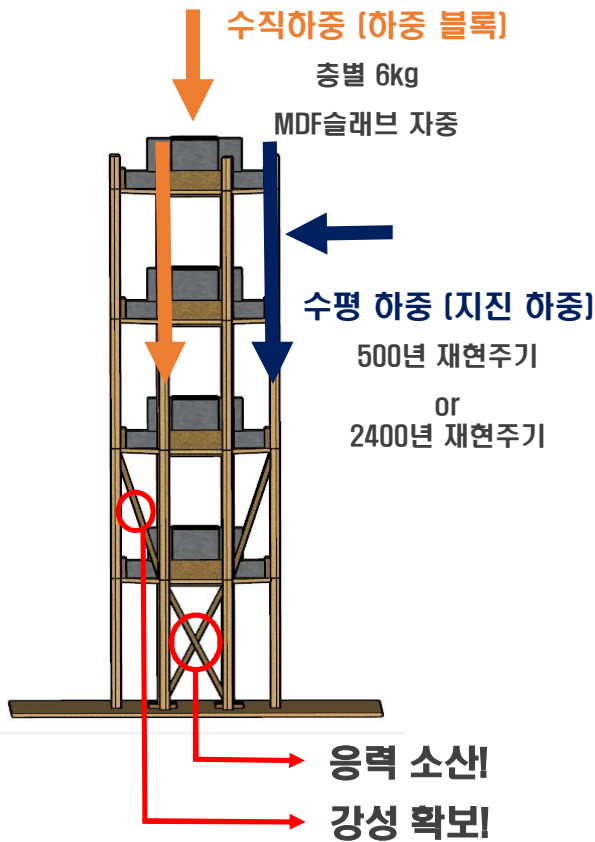


	원형	사각형	팔각형
구조성	3	1	2
시공성	3	1	2
경제성	1	3	2

전체적으로 평균인 **팔각형 구조 채택**

## 구조설계 및 분석

### · 구조물 설계 (하중 전달)



#### - 하중

튜블러 구조로 설계함으로써 수직·수평 하중을 받는 요소를 구분하여 효율적으로 지진에 저항하도록 설계.

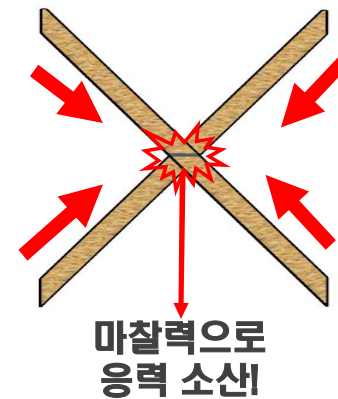
#### - 수직하중 (내부 골조)

하중블록에 의한 수직하중의 경우 내부 기둥을 통해 지반에 전달.

#### - 수평하중 (외부 골조)

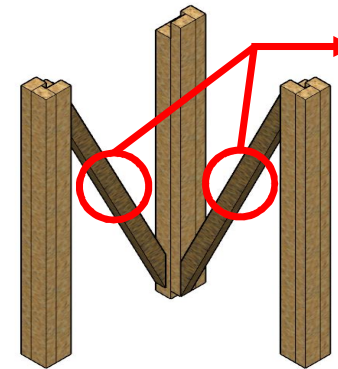
지진하중에 의한 수평하중의 경우 외부 기둥을 통해 지반에 전달.

### · 보강 부재



#### - 마찰 댐퍼

지진하중에 의한 진동에너지를 마찰에 의한 열에너지로 변환! 구조물에 가해지는 응력을 소산!



#### - 가새 골조

2층의 강성을 확보!  
3층 구조물의 파단 유도!  
인명피해 최소화!

# 설계 스펙트럼

## · 설계스펙트럼 분석

유효수평지반가속도  $[S] = S = Z \times I$

지진구역	지진 구역 계수(Z)
I	0.11g
II	0.07g

- 지반종류 : S1(암반지반)
- 지진구역 : I
- 지진구역 계수 (Z) = 0.11g
- 위험도계수 (I) = 500년, 2400년 재현주기

재현주기	위험도계수(I)					
	50년	100년	200년	500년	1,000년	2,400년
위험도계수(I)	1.0	1.5	2.0	2.7	3.8	5.4

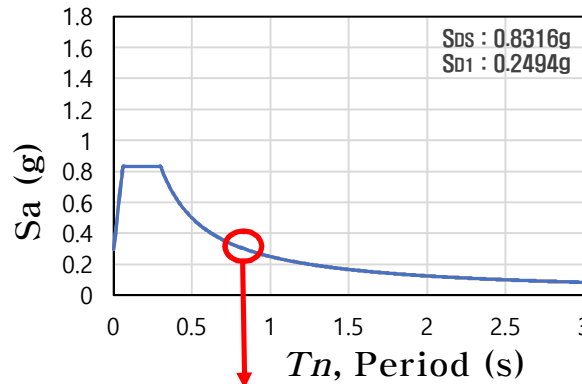
→ 위험도 계수 (I)의 경우 본 대회에서 임의로 선택한 것을 사용

설계지진 재현주기(년)	내진성능수준			
	기능수행	즉시복구	장기복구/인명보호	붕괴방지
500	내진특등급	내진특등급	내진특등급	내진특등급
2400				

→ 내진성능수준에 부합하도록 내진특등급으로 설계

## · 500년 재현주기

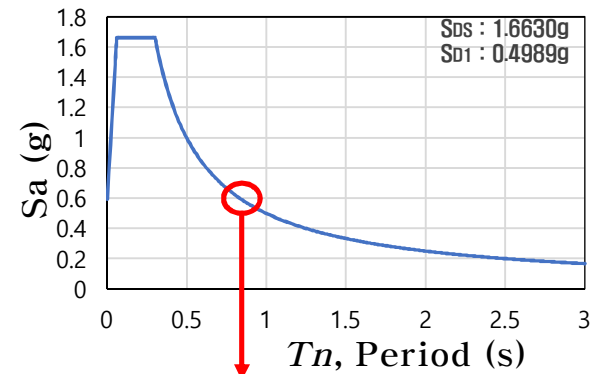
유효수평지반가속도  $[S_{500}] = 0.297$



건축물의 고유주기 0.7261(sec)  
지진하중의 가속도는 약 0.3(g)

## · 2400년 재현주기

유효수평지반가속도  $[S_{2400}] = 0.594$



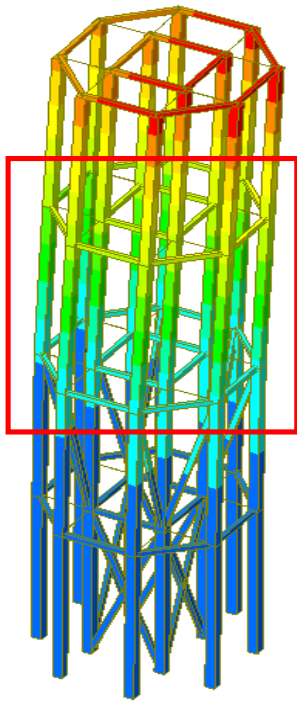
건축물의 고유주기 0.7261(sec)  
지진하중의 가속도는 약 0.7(g)

Mode No	Frequency		Period	Tolerance
	(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)	
1	8.6531	1.3772	0.7261	5.5050e-007
2	9.7527	1.5522	0.6443	1.4917e-065
3	13.7134	2.1826	0.4582	4.9210e-061
4	27.4794	4.3735	0.2287	5.3179e-055
5	32.2693	5.1358	0.1947	2.0478e-052
6	38.7823	6.1724	0.1620	7.2820e-050
7	47.5264	7.5641	0.1322	3.7953e-049
8	51.0832	8.1301	0.1230	3.2805e-049
9	55.1250	8.7734	0.1140	5.1498e-048
10	110.3986	17.5705	0.0569	1.6293e-046

→ 건축물의 고유주기  
0.7261(sec)

# 안전성 검토

• 건축물 거동 확인



구조물의 층간 변위는 2층과 3층 사이에서 많이 발생하는 것 확인!

• 허용기준 만족여부 확인

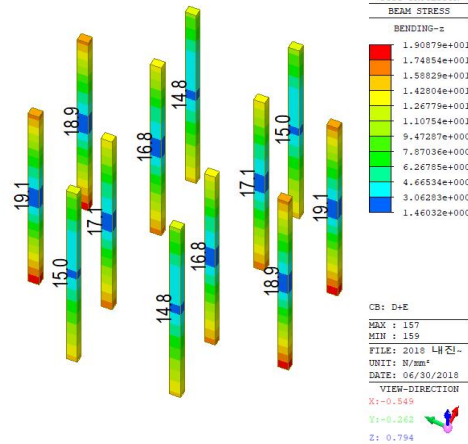
허용기준

부재 : MDF의 휨 강도 실험을 통한 휨 응력 : 25.28MPa

대회기준

지진 가속도별 최고 가점 : 0.7g

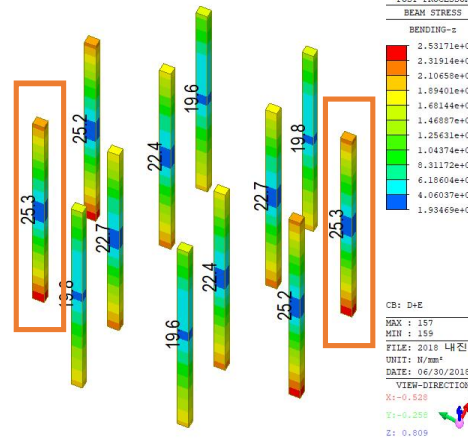
- 500년 재현주기



구조물 3층의 응력 < 25.28 MPa

구조물의 부재가 파괴되지 않으므로 500년 재현주기에 기능수행 성능목표 만족!

- 2400년 재현주기

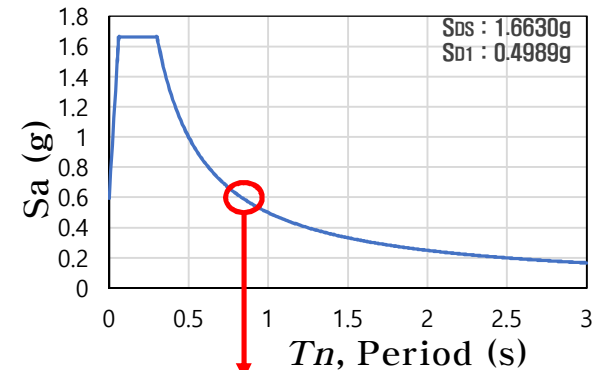


구조물 3층의 응력 > 25.28 MPa

구조물의 2개 부재에서 파괴 2400년 재현주기에 붕괴방지 성능목표 만족!

가속도	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
구조성	25	28	30	28	25

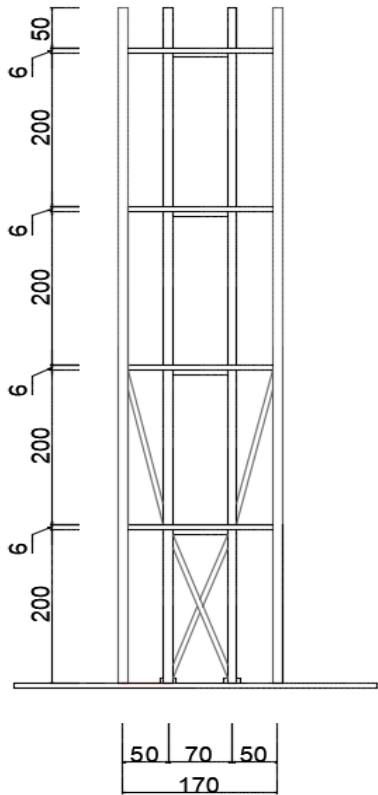
2400년 재현주기 설계스펙트럼



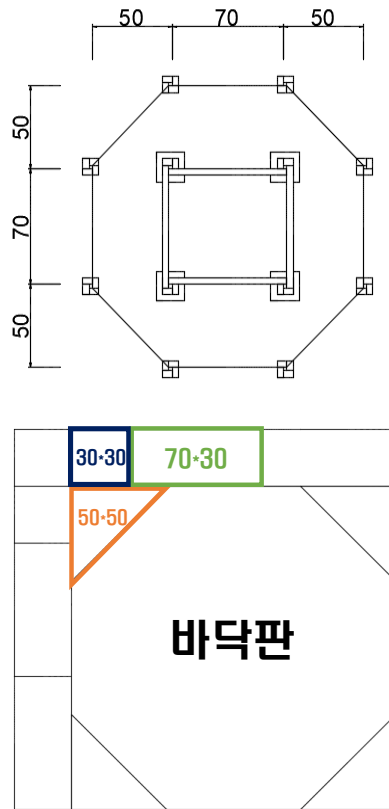
대회기준 0.7g 파괴에 맞는 구조물 설계

## CAD 도면

• 평면도

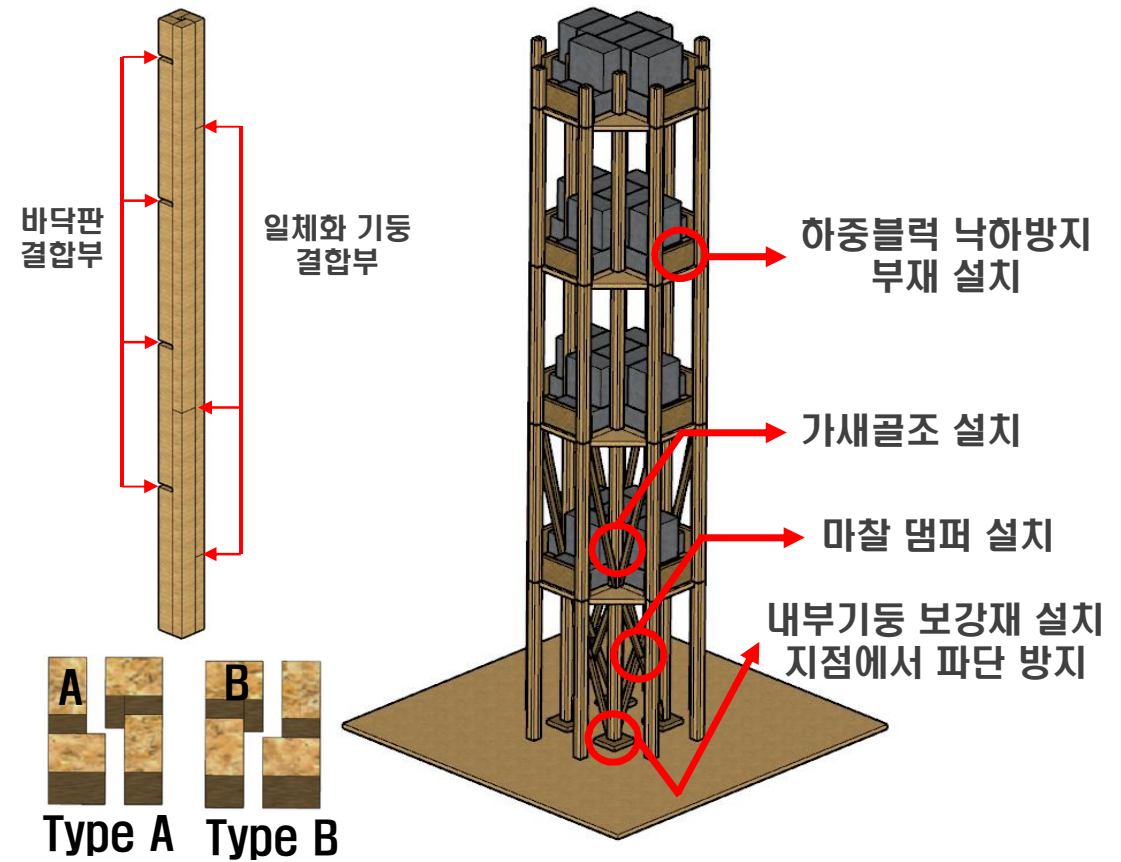


• 정면도



## 3D 모델링

• SketchUp 모델링





# 내역서

구분	길이(mm)	수량(개)	MDF Strip(개)	나머지 (mm x 개)
기둥	600	12	12	-
	540	24	24	60 x 24
	316	24	24	284 x 24
	194	36	12	-
	150	12	0(284 x 12)	-
	106	12		-
	56	12	0(60 x 12)	-
보	74	8	0(284 x 3)	-
	70	8	0(284 x 2)	-
가새 및 댐퍼	200	16	5(284 x 1)	-

재료명	총수량(개)	단가(백만)	비용(백만)	총액(백만)
MDF Strip	77	10	770	1,800
MDF Plate	4	100	400	
면줄	3	10	20	
A4지	0	10	-	
접착제	3	200	600	

 **총 금액 1,800 백만원 예상**

- 하중블럭 낙하방지 부재, 내부 기둥 보강재  
=>바닥판 제작 후 남는 Plate부재 활용
- 기둥부재 제작 후 남는 부재 재활용

# 공정표

공정	소요 시간									
	0시간			1시간			2시간			
	20분	40분	60분	20분	40분	60분	20분	40분	60분	
Base 천공	■							■		A팀
슬래브 및 보강재 제작	■							■		B팀
보, 가새 제작		■						■		전체
슬래브 및 보강재 천공		■	■							
기둥 제작	■	■	■							
내부기둥 및 슬래브 설치				■	■	■				
외부기둥 설치						■	■	■		
기본 골조 완성										
하중블록 설치								■		
가새 설치								■		
최종 완성										

➔ **총 2시간 40분** 소요 예상