

# Seismic Structural Design Contest 2018



## Brace 구조 선정

### 구조특징

축강성 및 축강도를 활용하여  
건물의 횡력 지지  
연결부의 전단 및 휨 작용으로  
높은 연성을 확보

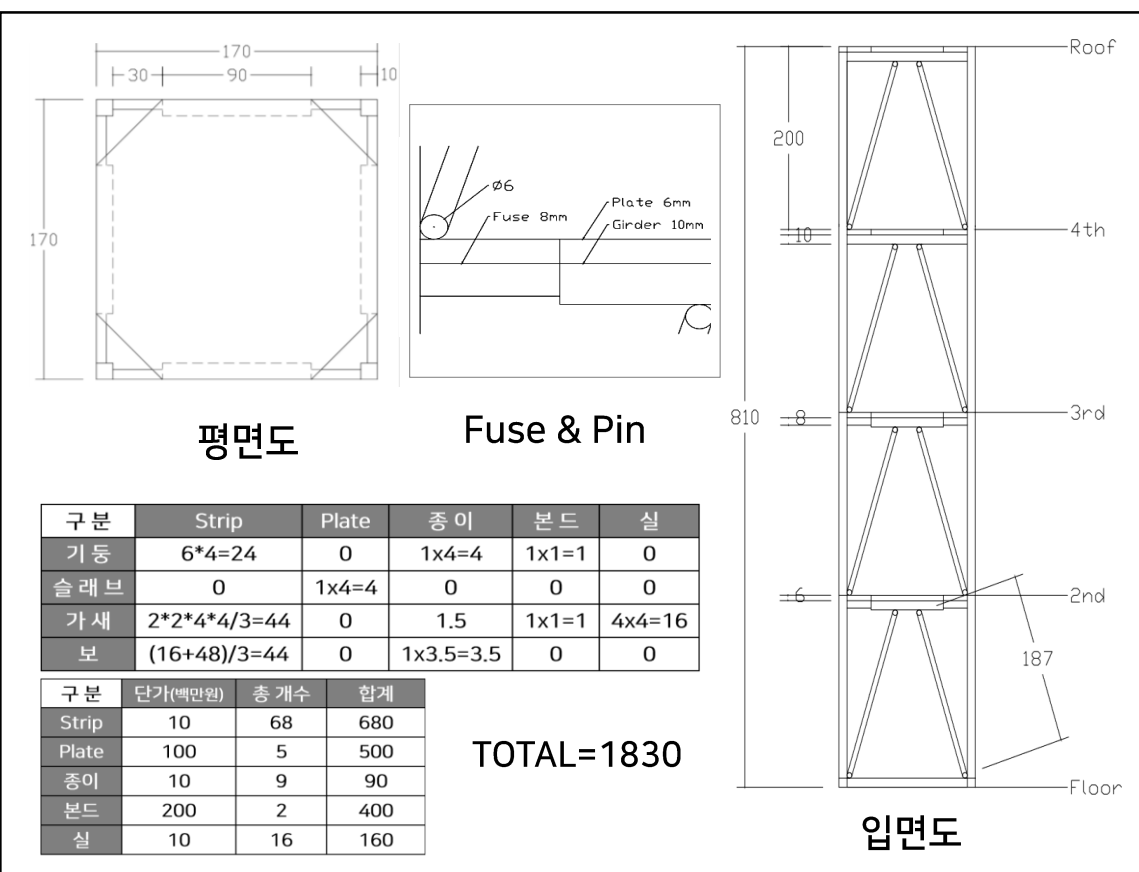
### 설계방향

면진, 제진 시스템 오차 변수 다수  
가새의 변수를 제어한  
정확한 구조 해석을 통한 설계  
핀 접합 등 구조 상세 완전 구현 집중

## FUSE 선정

목표 성능 수준을 위해 단면의 형상을 줄인 'Fuse'를 도입  
에너지 소산을 유도하여 Fuse → 보 → 기둥 순의 점진적 파단 구상  
위치, 길이 그리고 개수의 변수를 목표 성능 수준에 근사(0.75g)

## 도면 및 내역서



## 내진설계 목표

### 1. 목표 지진하중

지반종류	암반지반(S1)
지진구역	I
지진구역계수(Z)	0.11
위험도계수(I)	2.7 / 5.4
내진등급	특
중요도계수	1.5

### 2. 목표 성능수준

빈도	성능 수준
500년	인명보호(LS)
2400년	붕괴방지(CP)

\* Sine sweeping 시, 0.7g에서 파단 유도

### 단주기 설계스펙트럼 가속도

$$S_{DS} = S * 2.5 * F_a * \frac{2}{3} = 0.99$$

### 구조물의 고유주기 산정

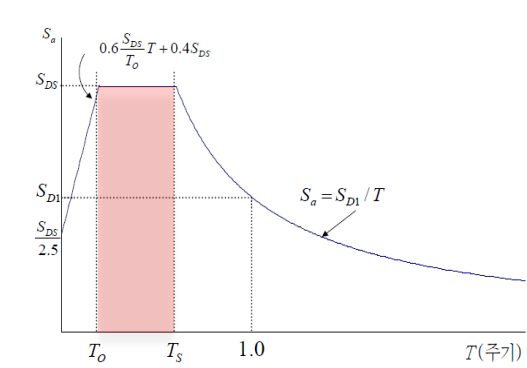
$$T_0 = 0.2 * \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.08$$

$$T_s = S_{D1} / S_{DS} = 0.4$$

### 주기 1초의 설계스펙트럼 가속도

$$S_{D1} = S * F_v * \frac{2}{3} = 0.396$$

① 재현주기 2400년,  $S = Z * I = 0.11 * 5.4 = 0.594$   
②  $F_a = 1$  (KBC2016 참고)



0.08sec ~ 0.4sec에서  
설계 스펙트럼 가속도 최대

## 설계 방향

Pushover 해석 : 지진 시 구조물의 거동 예측

지진파 생성 : 설계지진 초과 시 구조물의 파괴 유도 확인

성능평가 (FEMA 기준) : 각 재현주기에 따른 성능 수준 만족 여부 검토

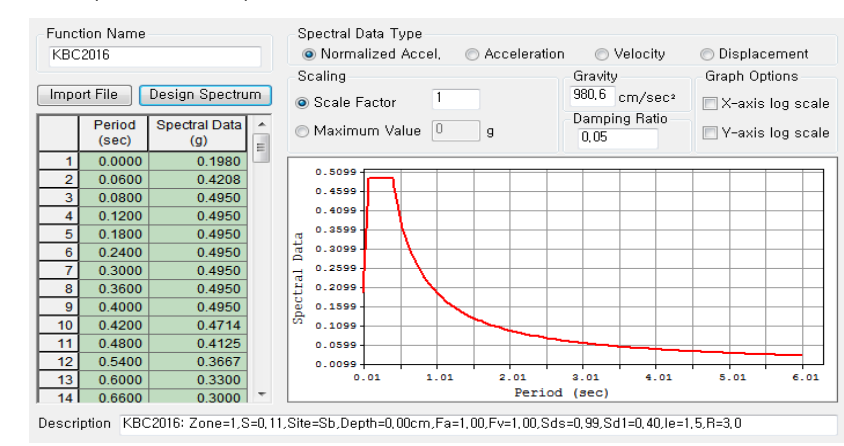
## 하중 조건

### 정적 하중

- Self weight 고려 : -z 방향
- 하중 블록 (6kg/층) :  $0.021 \text{ cm}^2$
- Seismic Load : 목표 지진하중 조건 참고
- 반응 수정 계수 : 3 (콘크리트(2~2.5)보다 향상된 거동 가정)

### 동적 하중

#### Response spectrum function ( $S_{DS}$ , $S_{D1}$ 반영)



## 탄성계수 계산

총 5번의 실험을 통한 평균 변위 측정

가새 (8mm x 6mm)

$$I = 144 \text{ mm}^4$$

$$E = \frac{0.3(\text{kg}) \times 9.8(\text{m/s}^2) \times 190(\text{mm})}{3 \times \delta \times 144(\text{mm}^4)}$$

평균 탄성계수 = 1544 MPa

기둥 (10mm x 10mm)

$$I = 832 \text{ mm}^4$$

$$E = \frac{0.8(\text{kg}) \times 9.8(\text{m/s}^2) \times 200(\text{mm})}{3 \times \delta \times 832(\text{mm}^4)}$$

평균 탄성계수 = 641 MPa

## 재료 물성치

Pushover 해석을 위한 재료 물성치 계산

$$M_x = 1,070,470 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

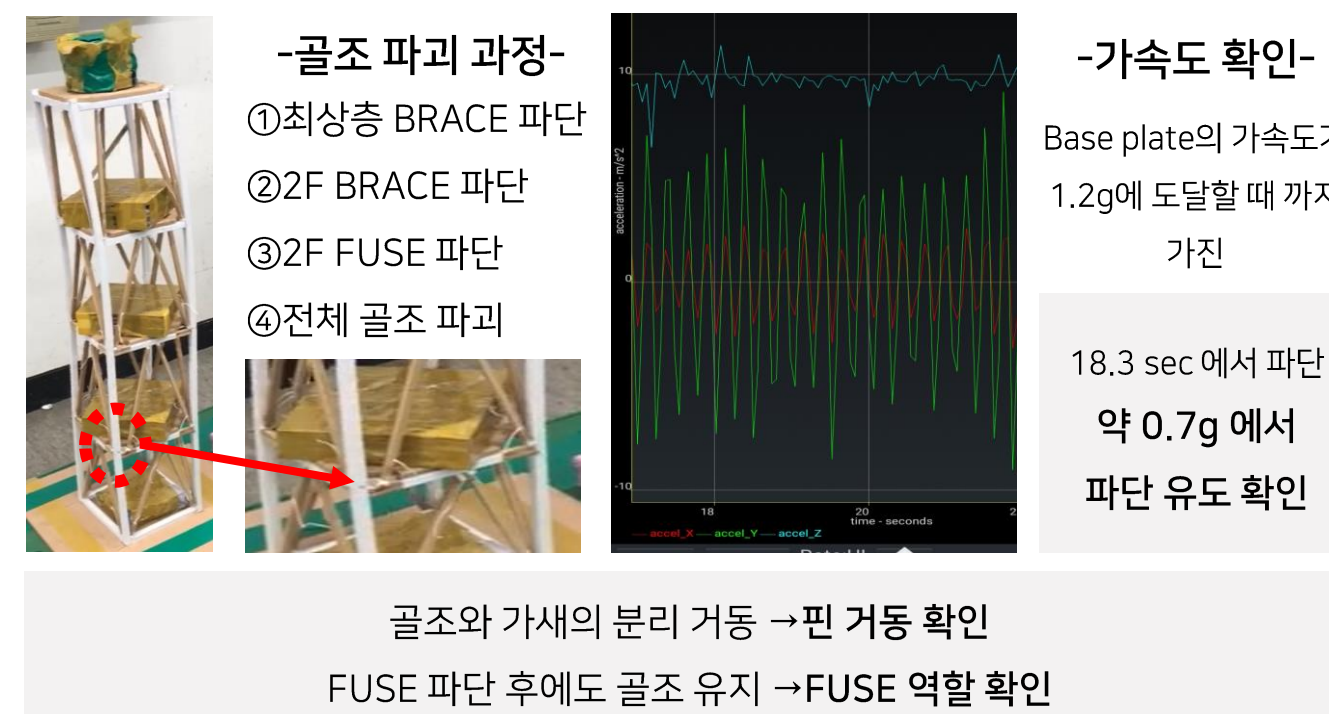
$$M_y = 2667 \text{ N}\cdot\text{mm (Column)}$$

$$M_y = 3555 \text{ N}\cdot\text{mm (Girder)}$$

$$\sigma_Y = 18 \text{ MPa}, F_Y = F_Z = 617.82 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$F_X(\text{Compressive}) = 2579 \text{ N}\cdot\text{mm}, F_X(\text{Tensile}) = 294 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

## 실험 결과



총 28가지의 가새 골조를 모델링하여 최적 모델 선정 (MIDAS GEN)

**Step 1.** 주기에 따른 분류 0.08sec~0.4sec를 벗어난 주기 제외

**Step 2.** Story Shear Ratio  
가새의 횡력 부담이 상대적으로 적은 경우 제외

**Step 3.** 밀면전단력 & 전도모멘트  
각 가새 별 밀면전단력과 전도모멘트를 비교하여 불리한 가새 제외

Mode	UX	UY	UZ
Mode No	Frequency (rad/sec)	Frequency (cycle/sec)	Period (sec)
1	30.4447	4.8454	0.2064
2	30.4447	4.8454	0.2064

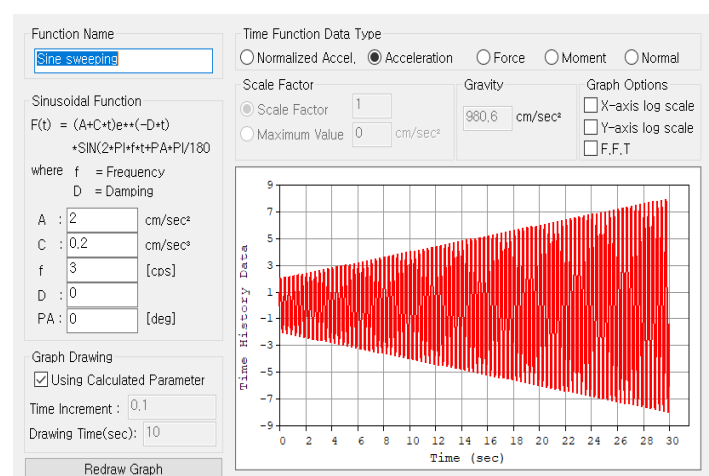
Story	Level (cm)	Spectrum	With Spring	
			X (kgf)	Y (kgf)
Roof	60.0000	RX(RS)	0.0000e+000	0.0000e+000
4F	60.0000	RX(RS)	7.6831e-001	2.1098e-001
3F	40.0000	RX(RS)	1.2413e+000	3.5012e-001
2F	20.0000	RX(RS)	1.5235e+000	4.2817e-001
1F	0.0000	RX(RS)	1.6555e+000	4.5775e-001

Story Name	Story Force	Story Shear	Overturn'g Moment
Roof	0.9042825	0.0	0.0
4F	0.6837307	0.9042825	18.08565
3F	0.4558205	1.5880132	49.845915
2F	0.2278102	2.0438337	90.722589
G.L.	-	2.271744	136.15747

동적 밀면전단력( $V_1$ ) 확인

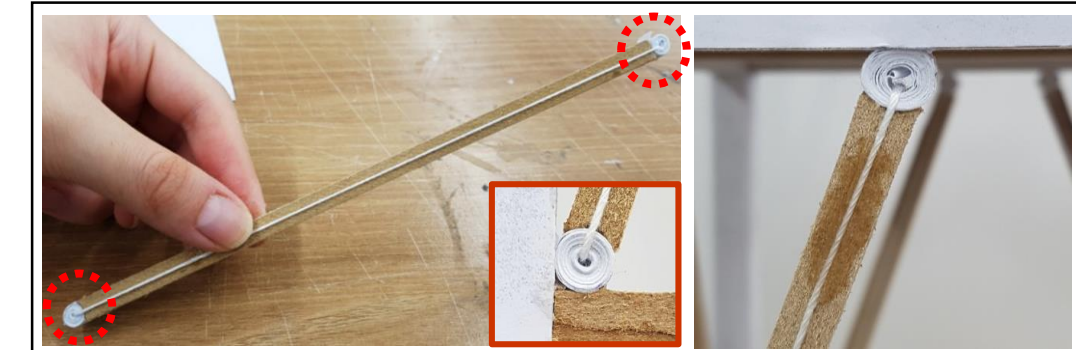
**Step 4.** Time History Analysis

시간이력해석을 통한 최상위 층 변위 비교  
규정에 맞는 Sine sweep 지진파 형성  
-22초에 0.7g에 도달하는 30초 길이의 진동



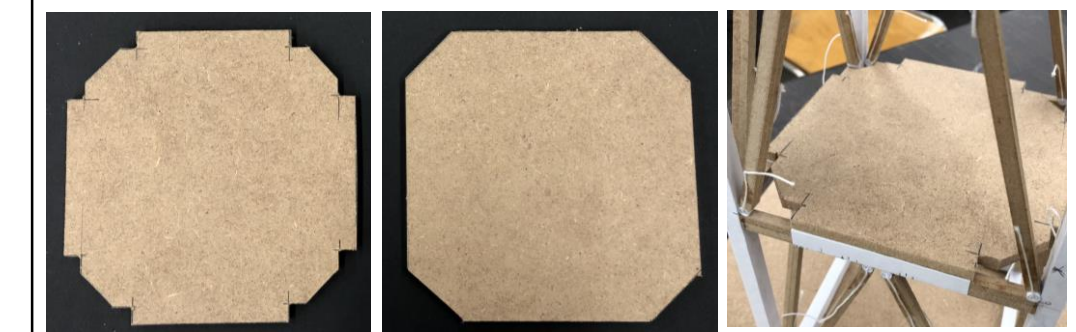
## 시스템 상세

### 핀 접합부



종이를 말아 지름 0.6cm의 원형 핀제작  
핀 거동 실험을 위해 종이 핀과 가새는 접착하지 않고 실을 사용하여 가새 끝에 고정

### 슬래브



퓨즈의 파단에 영향을 주지 않는 형태의 슬래브 제작

### 일체기둥 + 종이마감



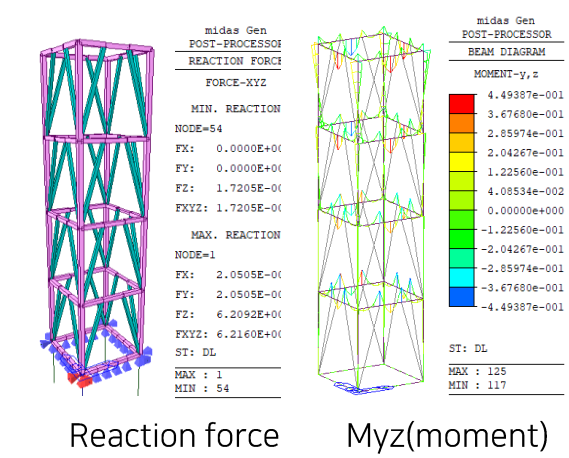
**편심 brace 1** 위 4단계를 거쳐 최종모델로 선정



1. 고유치 해석  
- 고차 주기가 될 수록 단주기화

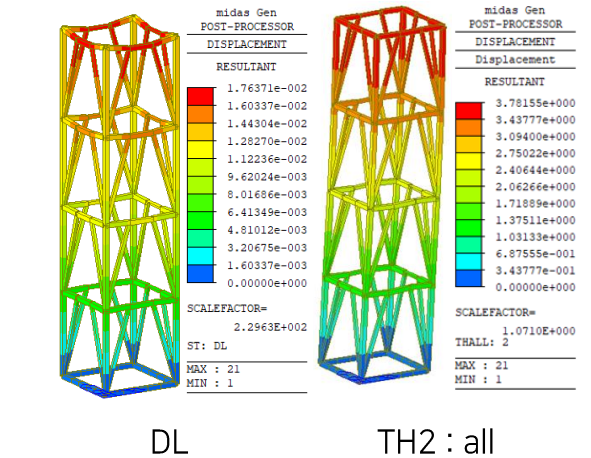
Mode	mode1	mode2	mode3
Time (s)	0.3318	0.3315	0.2486
Dir.	DX	DY	RZ

2. 부재력 검토  
- 반력,  $F_x$ (axial),  $F_z$ (shear),  $M_{yz}$



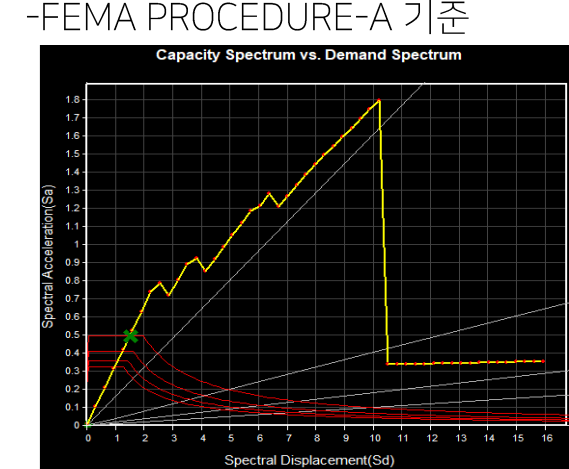
Reaction force  $M_{yz}$ (moment)

3. 변위 검토  
- DL, RS:RX, RS:RY, TH2:ALL



DL TH2: all

4. Pushover 해석  
-FEMA PROCEDURE-A 기준



기둥과 거더의 접합부에서 힌지 발생  
→ 일체로 연결되는 기둥 필요

5. FUSE 도입

Fuse를 적용하여 0.7g에서 girder의 항복 유도

