



계명대학교 건축공학과 “KSS” 설계제안서
(Keimyung Seismic Structure)

2021 구조물 내진설계 경진대회 Seismic structural contest 2021

지도교수
계명대학교
김승직 교수

김기호(4)
공정표 작성 및 계획
구조물 제작

김가은(4)
마이더스 구조해석
구조모델링

신희일(3)
대회규정분석
캐드도면 작업

이장헌(3)
물성치 분석
경제성/시공성검토

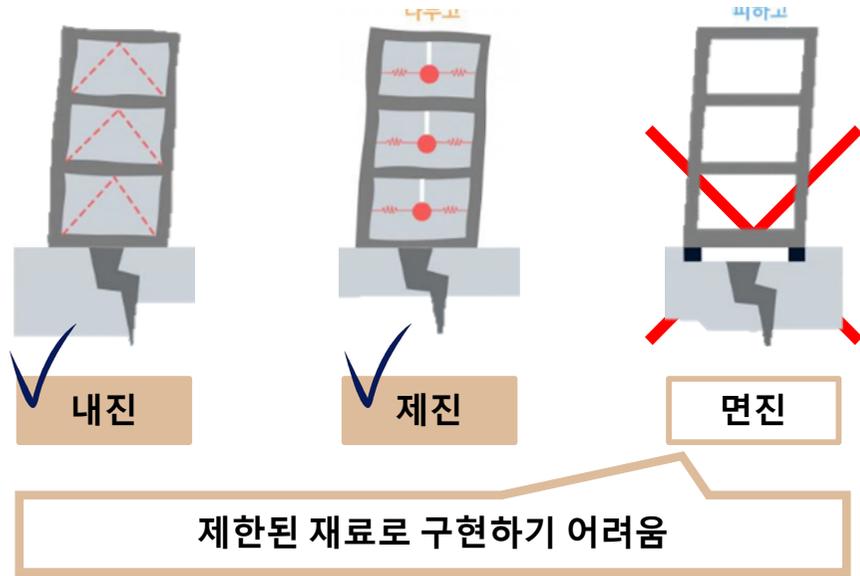
목차

- 01 내진설계 시스템
- 02 지진파 분석
- 03 재료 물성치 분석
- 04 내진시스템 활용
- 05 제진시스템 활용
- 06 구조해석
- 07 제작규정 및 평면/입면
- 08 물량산출 및 공정표

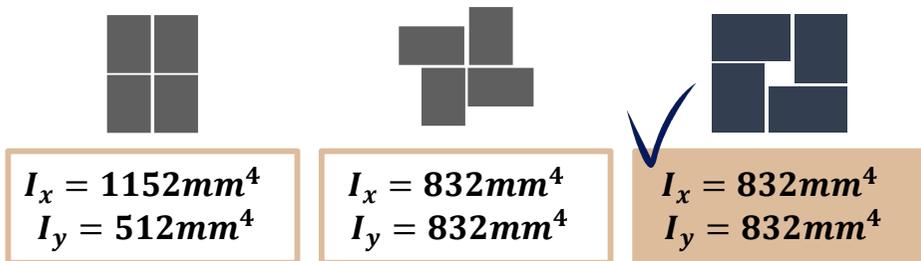


01. 내진설계 시스템

■ 설계



■ 단면형상 선정



선정

가새 추가로 구조물의 강성을 높여 내진설계를 구현

부재가 적게 사용되고 시공성이 좋음 적은 비용과 높은 효율

건물에 부여되는 지진에너지를 제진시스템으로 상쇄시켜 내진설계 구현

동조질량댐퍼를 적은 비용으로 제작 가능

줄의 장력을 이용하여 기둥에 작용하는 하중 분산

낮은 비용과 간단한 작업으로 기둥 보강

배제

코어기둥 추가로 건물의 횡강성을 높여 내진설계를 구현

부재를 많이 소모하고 필요이상의 강도를 가짐

면진장치를 통해 건물의 주기를 변화시켜 내진설계 구현

사용할 수 있는 재료로서는 설계의 어려움이 있음

텐세그리티를 활용하여 가볍고 횡하중에 강한 내진설계를 구현

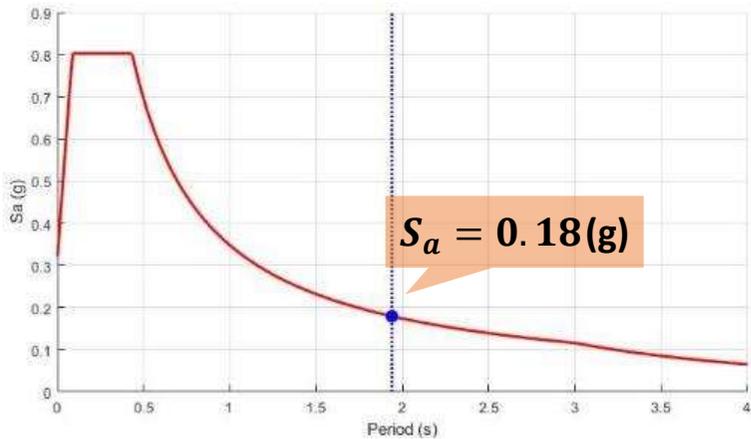
시공의 난이도가 어렵고 구조가 복잡함

02. 지진파 분석

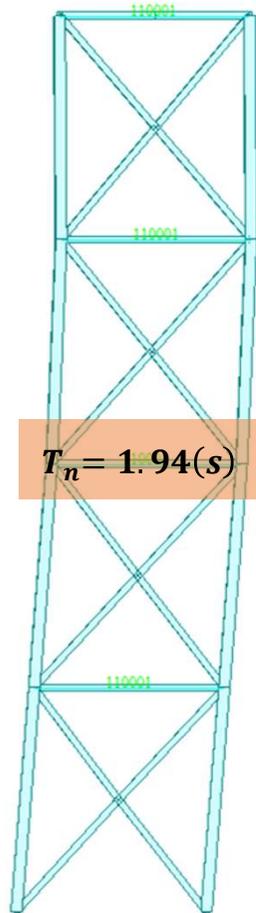
■ 지진파 분석

- 내진과 제진을 사용한 내진설계 시스템을 적용
- 제진시스템(TMD)을 적용하기 이전에 구조물의 동적 특성을 파악하기 위해 모델링을 수행함

<설계스펙트럼>



- 수행결과 $T_n = 1.94$ 초로 장주기 구조물이며, 지진의 응답이 증폭되는 부분을 피하였으므로 **적절한 설계가 됨**
- 구조물의 최상층에 발생하는 변위를 줄이기 위하여 TMD를 적용함



■ 내진설계 기준 검토

→ KDS 41 17 00 : 2019을 참고하여 구조해석 수행 시 아래와 같은 특성을 가정하였음

지진구역	행정구역	
I	시	서울, 인천, 대전, 부산, 대구, 울산, 광주, 세종
	도	경기, 충북, 충남, 경남, 전북, 전남 강원 남부
II	도	강원 북부, 제주

지진구역	I	II
지진구역계수, z	0.11	0.07

재현주기	50년	100년	200년	500년	1000년	2400년
위험도계수	0.40	0.57	0.73	1	1.4	2.6

지반 종류	지반종류의호칭
S ₁	암반 지반
S ₂	얕고 단단한 지반
S ₃	얕고 연약한 지반
S ₄	깊고 단단한 지반
S ₅	깊고 연약한 지반
S ₆	부지 고유의 특성평가 및 지반응답해석이 필요한 지반

내진 등급의 경우 재현주기 2,400년에서 붕괴방지 수준을 만족하여야 하므로 **내진 특등급으로 설정함**

03. 재료 물성치 분석

■ 탄성계수 유도

→ 본 대회에서 제공되는 재료와 물성치가 상이할 수 있으나, 유사한 재료를 이용하여 물성치를 확보하였음



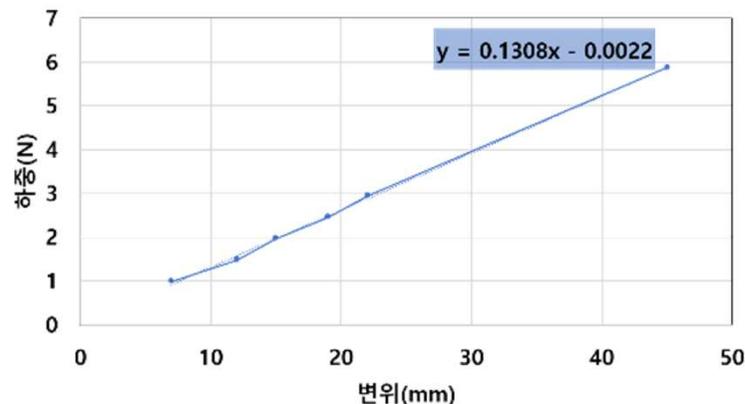
<각재의 탄성계수>

→ 캔틸레버보 공식 적용

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

∴ E = 6579.24Mpa

하중-변위 그래프



하중	변위
0.98	7
1.47	12
1.96	15
2.45	19
2.94	22
5.88	45
11.76	파단

- 탄성계수 6579.24Mpa의 각재와 플레이트를 이용하여 모형 제작 후 내진시스템 적용 실험을 수행함

- 작년도 출품작을 참고하여 본 대회에서 제공되는 재료의 탄성계수가 1851.2Mpa임을 파악함
- 1차 모형으로 제작할 각재와 본 대회에서 제공되는 재료의 탄성계수가 상이하므로 KDS 41 17 00 : 2019의 허용층간변위 기준을 통해 안정성을 검토함

<KDS 41 17 00 : 2019, 허용층간변위 Δa>

	내진등급		
	특	I	II
허용층간변위 Δa	0.010h _{sx}	0.015h _{sx}	0.020h _{sx}

h_{sx} : x층 층고

- 허용 층간 변위는 내진등급 특등급으로 고려하여, 본 설계 모형의 층간 높이가 200mm 이므로 층간변위가 2mm 미만으로 발생 했을 때 안전하다고 판단함
- 층간변위는 Midas Gen 프로그램을 이용하여 계산을 수행함

04. 내진시스템 활용

■ 내진시스템 적용

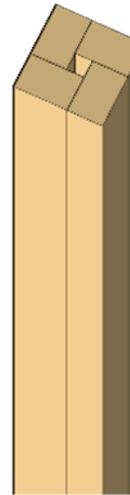
<기둥 접합방법에 따른 내진성능 향상>

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

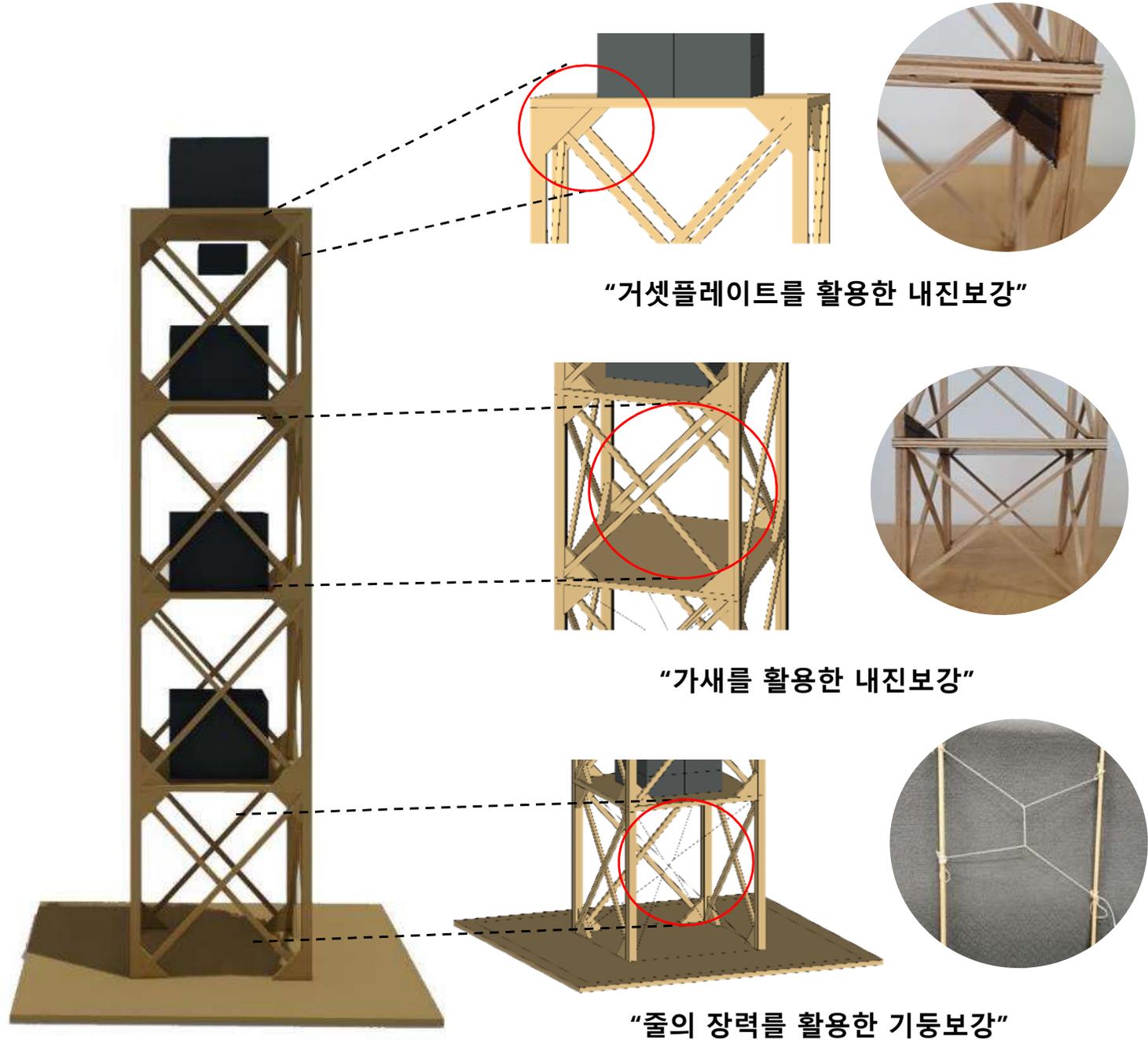
1)  $I_x = 1152 \text{ mm}^4$
 $I_y = 512 \text{ mm}^4$

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

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



➡ 2), 3)의 I값이 같으나 **체적과 시공성을 고려하여 3)을 채택함**



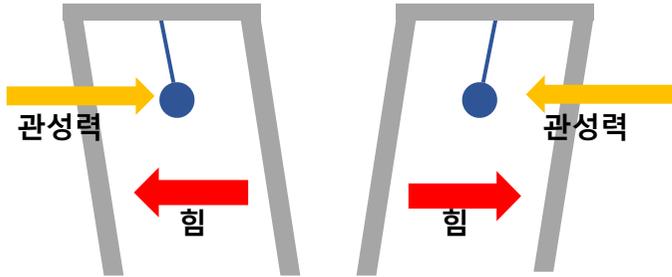
“거셋플레이트를 활용한 내진보강”

“가새를 활용한 내진보강”

“줄의 장력을 활용한 기둥보강”

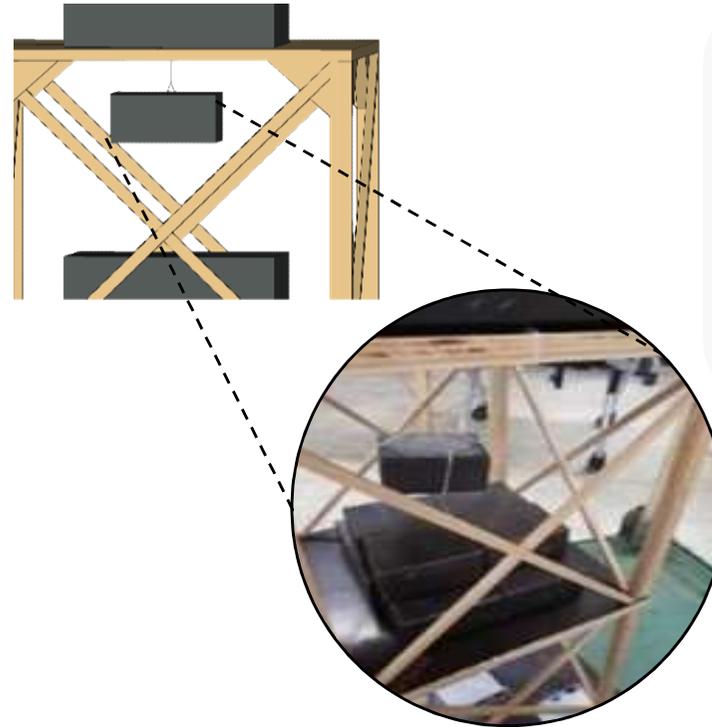
05. 제진시스템 활용

■ 동조질량댐퍼



지진하중 작용 시 구조물의 지진응답 발생
 ↓
 댐퍼의 중량에 의한 관성력 발생
 ↓
 구조물의 진동을 댐퍼의 진동으로 상쇄시켜 제어

■ 상부 추 설치를 통한 제진시스템 적용



하층부 면진 시스템 제외로 구조물의 변위가 증가할 것으로 예상
 ↓
 변위 통제를 위한 동조질량댐퍼 설계
 ↓
 1,200g 추 사용, 처짐 길이는 80mm로 설정

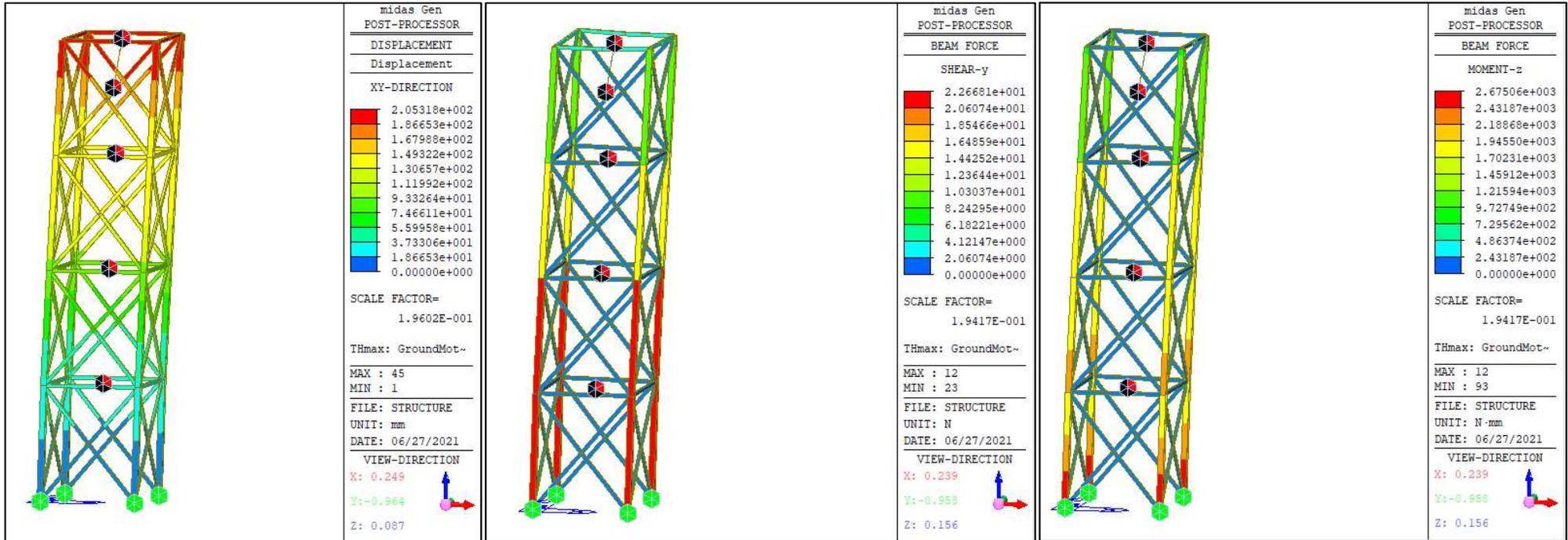
■ 제진 시스템 적용 후 진동 실험



- 모형 제작 후 수레를 이용하여 진동을 발생시켰으며, 지반가속도는 스마트폰 어플리케이션을 이용해 0.7g와 유사한 수준의 지진파를 재현함
- 실험 결과, 모형이 최대 0.8g 수준의 지반가속도에서 파괴되지 않음
- 다만, 사용한 부재가 MDF부재가 아닌 탄성계수 6579.24Mpa의 각재이므로 모형 전체의 내진성능이 아닌 **동조질량댐퍼에 대한 제진성능을 확인함**

06. 구조해석

■ 구조체 변위에 대한 정적 해석 결과



<해석 결과 - Deformed shape>

<해석 결과 - Shear>

<해석 결과 - Moment>

유효 지반가속도	0.6g
구조체 최하단에서 최상단까지의 변위(mm)	205.32mm

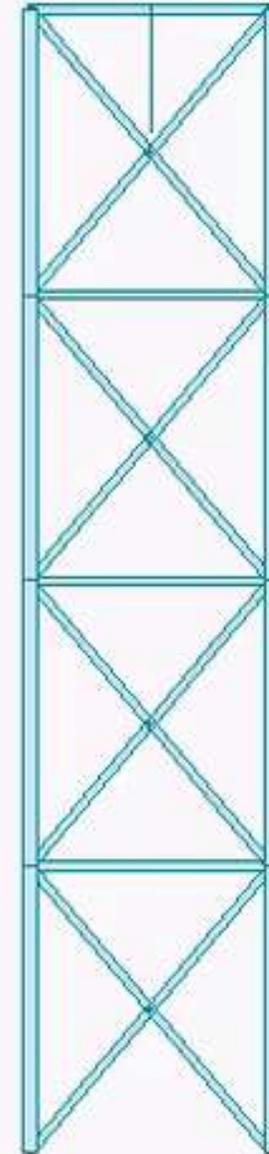
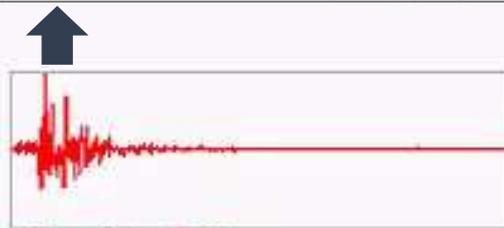
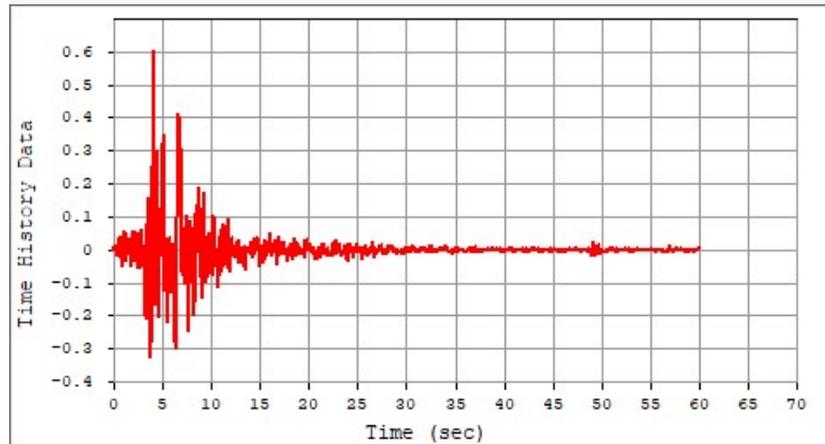
- 내진 특등급으로 지정하여 층간변위 2mm 이상이므로 위험하다고 판단됨
- 이를 고려하여 거сет플레이트를 활용한 보강을 적용함
- 전단력과 모멘트를 고려하였을 때 **0.6g에서 붕괴방지 수준을 만족할 것이라 판단됨**

06. 구조해석

■ 구조체 변위에 대한 동적 해석 결과

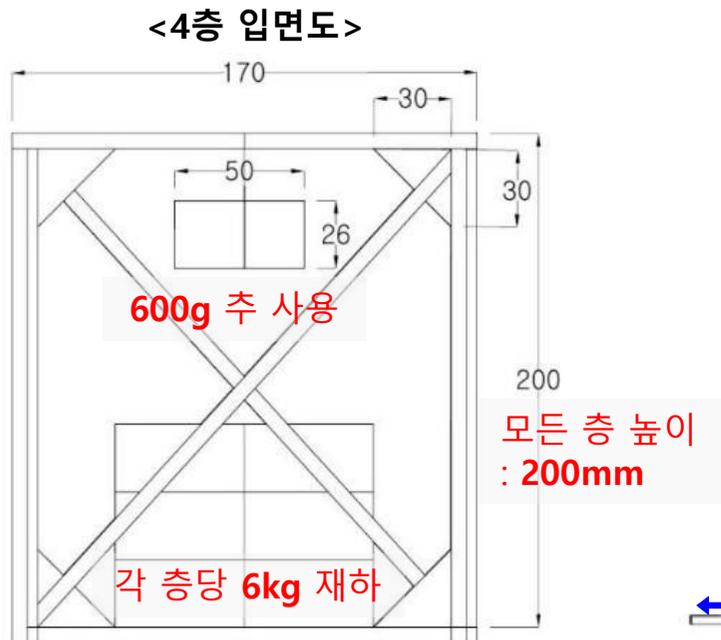
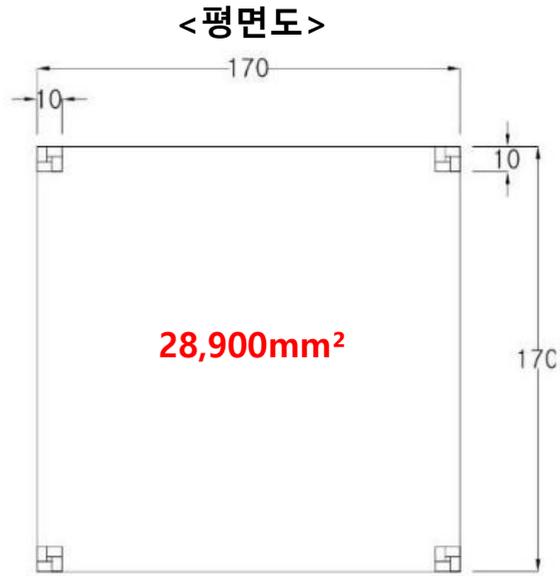
1. 입력지진파는 최대지반가속도 **0.6g**에 맞춘 1994, "Northridge, Sylmar County Hosp., 90 Deg"지진파를 사용함
2. 구조물의 X, Y 방향에 동일한 지진파를 가하여 해석을 수행함
3. 해석 수행 결과, TMD역할을 하는 매스 블럭이 구조물의 거동 방향과 반대로 움직이며 **변위를 제한하는 것을 확인할 수 있음**

<입력 지진파>

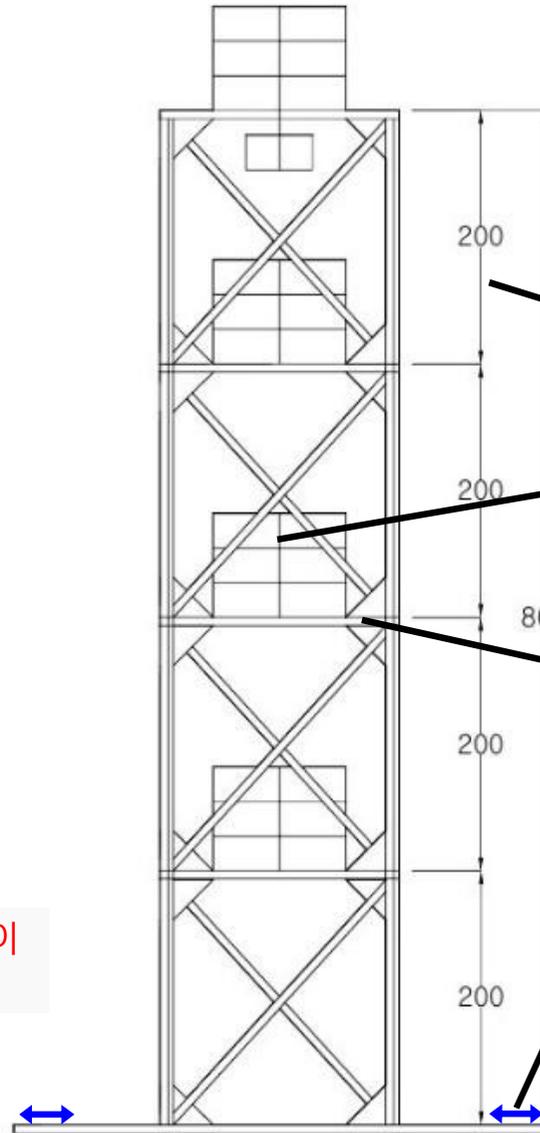


07. 제작규정 및 평면/입면

■ 평면도를 이용한 규정 확인



<입면도>



<제작 규정>

총 높이 **800mm 이상 900mm 이하**

각 층의 높이는 **200mm 이상**

각 층에 **6kg 이상의 하중 설치**
댐퍼의 추는 하중에 들어가지 않음

각 층의 면적은 **10,000mm² 이상 30,000mm² 이하**

기초판의 **최외각에서 20mm**는 건물을 설치할 수 없음

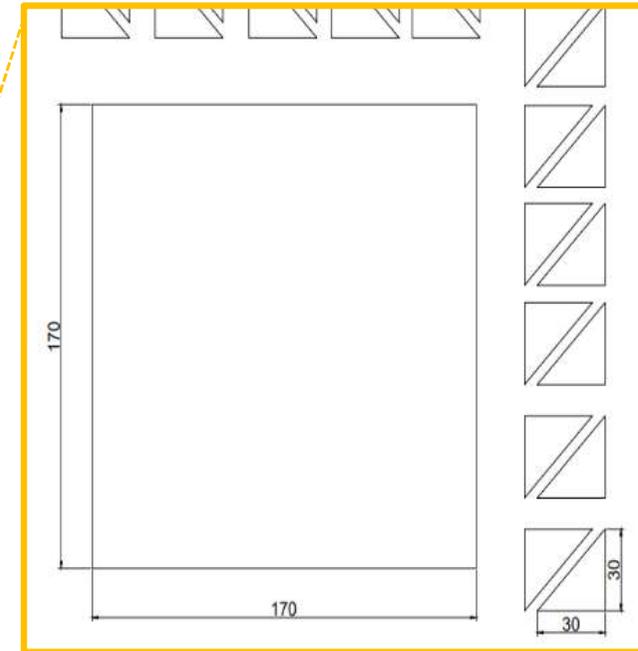
08. 물량산출 및 공정표

■ 공정표

	부재명	0시간		1시간		2시간		3시간	
		30분	60분	30분	60분	30분	60분	30분	60분
설계	기초판 설계	■							
	슬래브 설계	■							
재료	기둥제작	■							
	슬래브 천공	■							
	기초판 천공		■						
	가셋 플레이트 제작		■						
시공	동조 질량댐퍼 제작		■						
	바닥판 시공			■					
	기둥 세우기			■					
	가새 설치			■					
마감	가셋 플레이트 설계			■					
	슬래브 결합			■					
	동조 질량댐퍼 설치			■					
마감	하중 블록 정착					■			
	바닥판 고정					■			
	마무리 및 검사					■	■		
총 소요 시간									180분

- : 김기효, 신희일
- : 김가은, 이장현
- : 공동작업

<바닥판 남은 재료 사용방법>



■ 물량산출

재료명	재료 규격	부재 규격	부재	부재 개수	재료 개수	재료 단가 (백만원)	금액	비고
MDF Strip	600mm*4mm*6mm	200mm*10mm*10mm	기둥	16	12	10	120	
		200mm*6mm*4mm	가새	16	6		60	
MDF Plate	200mm*200mm*6mm	10mm*10mm	가셋 플레이트	64	0	100	0	바닥판 가공 후 남은 재료사용
		200mm*200mm*6mm	바닥판	7	6		600	
MDF Plate(기초판)	400mm*400mm*6mm	400mm*400mm*6mm	기초판	1	1	0	0	
면줄	600mm	600mm	실	4	4	10	40	
A4지	210mm*297mm			0	0	10	0	
접착제	20g				3	200	600	

총 금액 : 1420 (만원)