

# SEISMIC STRUCTURAL DESIGN CONTEST 2023

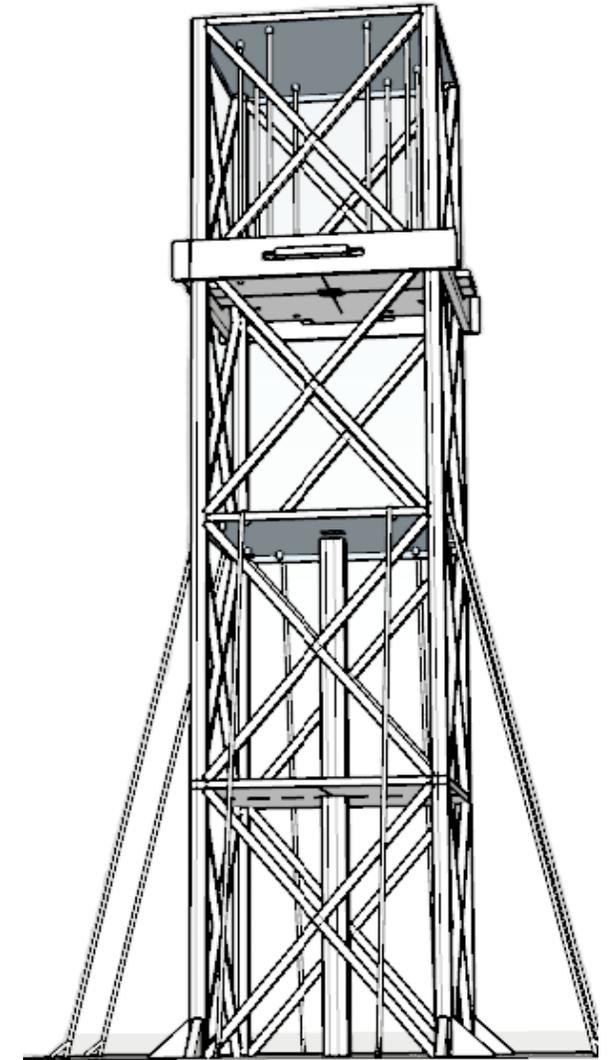
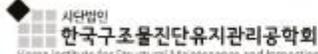
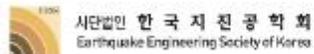
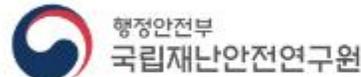
## 2023 구조물 내진설계 경진대회 설계 제안서



경북대학교  
KYUNGPOOK NATIONAL UNIVERSITY

# 백절불굴 百折不屈

경북대학교 건축공학과  
Architectural Engineering



01

**서론**  
INTRO

팀소개

설계개념 및 규정분석

02

**본론**  
MAIN

재료 물성치 분석

구조설계 개요 및 분석

작품 제작 및 실험

도면

03

**결론**  
CONCLUSION

경제성 및 시공성 분석

마무리

## 팀 소개

### 지도교수 및 자문위원

경북대학교 건축공학과  
최열 교수님

### 팀명

백절불굴  
百折不屈

### 팀원 소개

#### 김덕영(4)

총괄팀장  
물성치 분석  
구조 분석  
구조물 제작

#### 김준연(4)

구조 분석  
시공성 분석  
경제성 분석  
구조물 제작

#### 이재호(4)

구조 분석  
자료 수집  
ppt 제작  
구조물제작

#### 신은지(3)

지진파 분석  
대회 규정 분석  
3d 모델링 및 도면제작  
구조물 제작

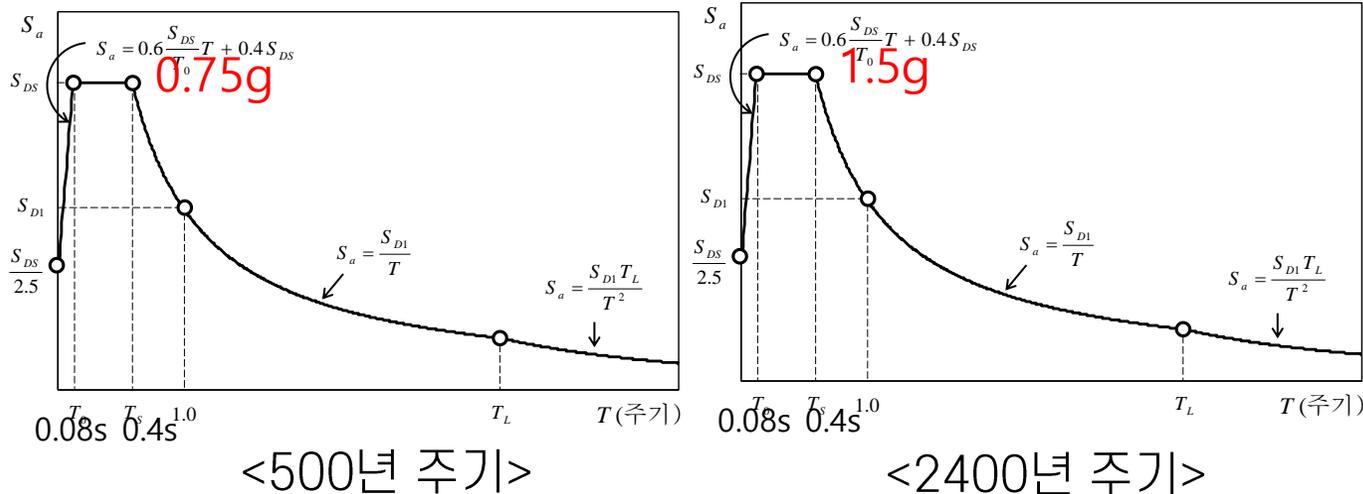
## 설계 개념 및 규정분석

구분	SDS	SD1	T0	Ts
500년 주기	0.75g	0.3g	0.08s	0.4s
2400년 주기	1.5g	0.6g	0.08s	0.4s

$$S_{DS} = S \times 2.5 \times F_a \times \frac{2}{3} \quad S_{D1} = S \times F_v \times \frac{2}{3} \quad \text{지진의 고유주기} \quad T_D = 0.2 \times \frac{S_{D1}}{S_{D2}} \quad T_S = \frac{S_{D1}}{S_{D2}}$$

유효 수평지반 가속도 500년 S = 0.3g 2400년 S = 0.6g  $F_v = 1.5$   $F_a = 1.5$

## 설계응답가속도스펙트럼



대회 인공지진파 0.5Hz~30Hz  
 참가팀 구조물의 고유주기가 대부분  
 1Hz~3Hz정도로 판단  
 실제 대회시, 가장 취약한 주기로 오랜시간  
 가진할것으로 예상하여 공진효과에의한 붕괴를 대비  
**(단주기와 장주기에 대해 모두 대비)**

건물을 장주기화하려 했으나  
 건물 세장비가 커져 p-delta효과, 비틀림, 좌굴하중,  
 등 문제 발생 강성이 약해져 24kg 하중을 잘 못버팀

결론 : 가장 큰 가속도 범위를 피하는 설계와  
 X자형 가새를 설치하여 강성을 높이고 마찰댐퍼와  
 종이댐퍼를 이용하여 에너지 상쇄+와이어 앵커와  
 TMD설치로 변위제어

0.08~0.4sec에서  
 설계응답가속도가 “최대”  
 500년과 2400년 재현 주기를  
 견디면서 지반가속도 0.7g에서  
 파괴유도

0.7g 아래에선 0.08~0.04s 위험 구간 피해 설계  
 0.7g에서 전단 파괴가 일어날수 있도록 설계

\* 모든 실험은 오차를 고려하여 5번 실험하여 평균값 사용

## 물성치 분석

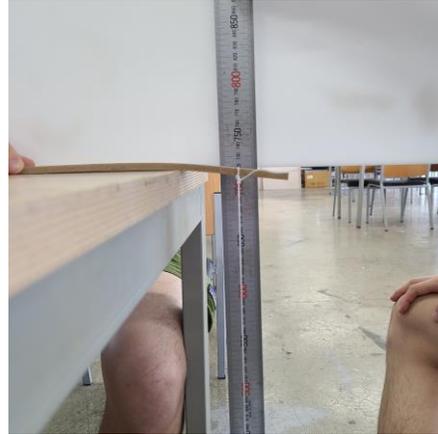
### 2차 단면 모멘트 비교

$I^x = \frac{4 \times 6^3}{12} = 72\text{mm}^4$   
 $I^y = \frac{6 \times 4^3}{12} = 32\text{mm}^4$   
 $I^x = \frac{6 \times 8^3}{12} = 256\text{mm}^4$   
 $I^y = \frac{8 \times 6^3}{12} = 144\text{mm}^4$   
 $I^x = \frac{8 \times 12^3}{12} = 1152\text{mm}^4$   
 $I^y = \frac{12 \times 8^3}{12} = 512\text{mm}^4$   
 $I^x = \frac{10 \times 10^3}{12} - \frac{2 \times 2^3}{12} = 832\text{mm}^4$   
 $I^y = \frac{10 \times 10^3}{12} - \frac{2 \times 2^3}{12} = 832\text{mm}^4$



취약부위가 파단으로 이어지므로 x-y 2축 지진에 대비하여 양방향으로 같은 단면성을 가지는 형태로 선택

### MDF Strip



캔틸레버보의 처짐식 이용

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

하중	길이	변위
9.8N	50mm	4.2mm

\* b=4mm, h=6mm

탄성계수(Mpa)는 1350.3

\* 실의 인장력은 실험결과 한줄로 24kg를 넘게 버팀을 확인하여 충분함을 확인함

### MDF 기둥



실제 기둥은 주로 압축력을 받기에 기둥의 파괴를 유도하여 최대 하중을 파악  
오일러 좌굴 하중 공식 사용

$$E = \frac{P_{cr}(KL)^2}{\pi^2 I} \quad \sigma = \frac{P}{A}$$

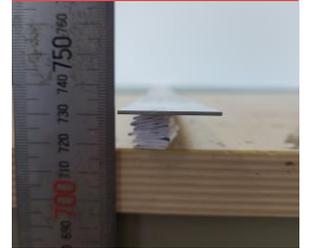
기둥길이	평균 좌굴하중	평균 탄성계수	평균 압축응력
80cm	126.7 N	1604.7 (Mpa)	0.660 (Mpa)

### 종이댐퍼 수축능력

#### 세로 접기



#### 가로 접기



#### 최대 수축 길이(cm)

10.8

14.5

세로 접기의 최대 수축 가능 길이가 3.7cm 더 큼, 변위를 제어하는데 세로접기가 유리함을 확인  
종이를 가로 2.3cm 세로 1.8cm 단면으로 접어 용수철 역할을 하는 종이 댐퍼 시스템 적용 후의 법칙을 이용해 용수철 계수 측정

$$y = -kx$$

최대수축 가능길이	평균 용수철 계수
14.5cm	8.84N/mm

## 구조설계 개요 및 분석



### 가새

- ✓ 내진 성능이 좋은 X자 가새를 채택
- ✓ 건축물의 강성을 높여 내진 성능을 향상



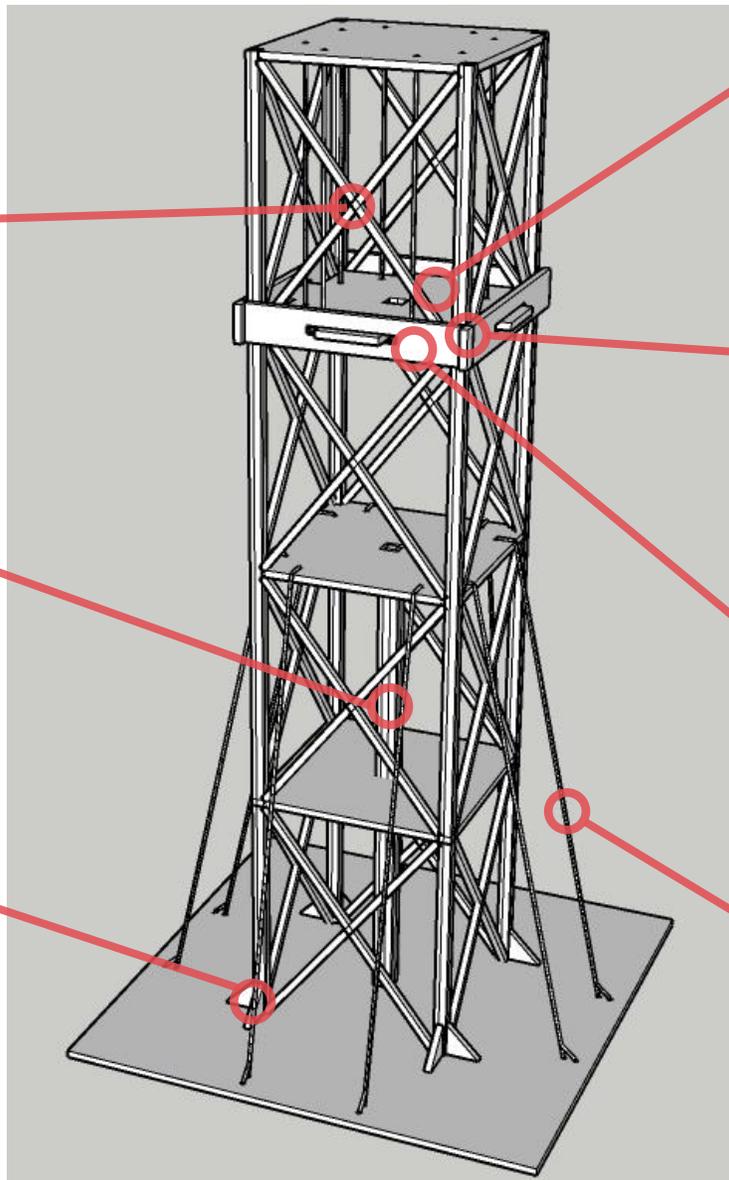
### 코어

- ✓ 기둥을 자르고 남은 MDF Strip을 이용
- ✓ 하중이 쌓이는 하층부를 지지



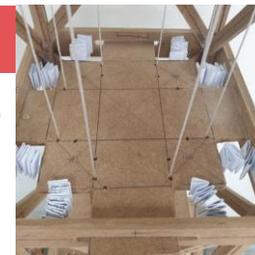
### 리브 플레이트

- ✓ 슬라브를 제작하고 남은 MDF 부재를 이용
- ✓ 기둥의 수평 저항과 강성을 높여 내진 성능 향상



### TMD 제진판

- ✓ 3층 플레이트를 4층에 실로 연결하여 제진층을 구성



### 종이 댐퍼

- ✓ 제진 플레이트의 변위를 종이댐퍼로 제어



### 벨트 롤

- ✓ 횡력 저항성 확보
- ✓ TMD판 탈락방지



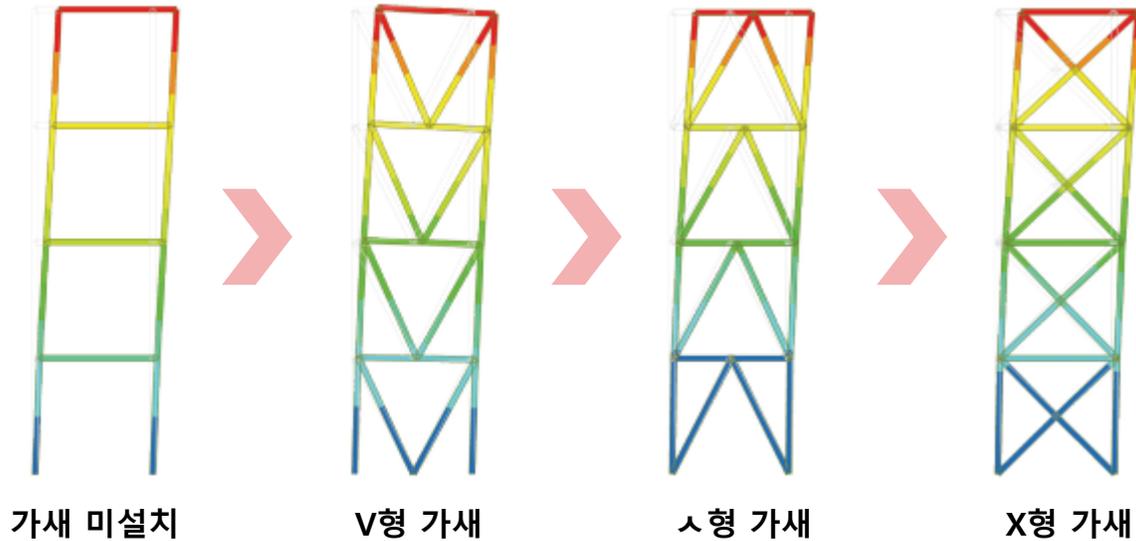
### 와이어 앵커

- ✓ 베이스 플레이트와 건축물을 실로 연결하여 전도를 방지



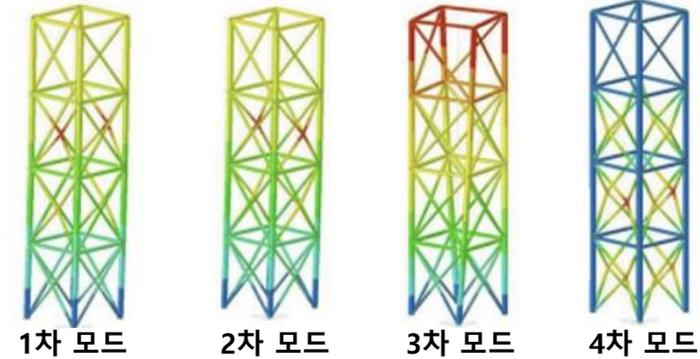
## 구조설계 개요 및 분석

### MIDAS를 통한 가새 형태 선정



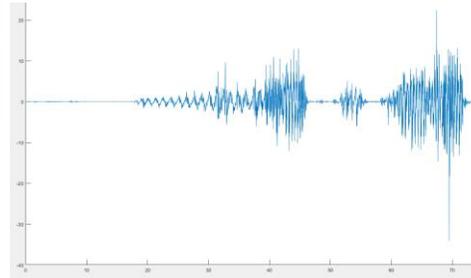
→ 횡력에 대한 저항력이 우수하여 가장 적은 변위가 발생한 **X형 가새** 선정

### 모드 분석



Node	Mode	UX	UY	UZ	RX
<b>EIGENVALUE ANALYSIS</b>					
	Mode No	Frequency		Period	Tolerance
		(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)	
	1	11.1248	1.7706	0.5648	9.6561e-127
	2	11.1248	1.7706	0.5648	3.8566e-125
	3	11.5368	1.8361	0.5446	9.0434e-138
	4	15.3395	2.4414	0.4096	5.8805e-097
	5	15.3395	2.4414	0.4096	2.3005e-098
	6	15.3844	2.4485	0.4084	2.4842e-088
	7	15.3844	2.4485	0.4084	1.2407e-091
	8	15.3874	2.4490	0.4083	1.8662e-046
	9	15.3874	2.4490	0.4083	4.0266e-044

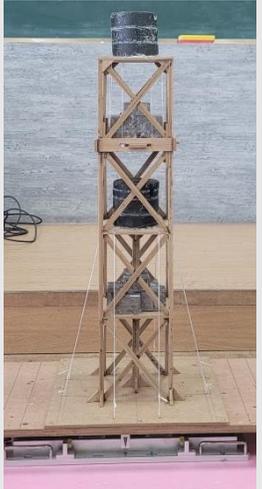
1차, 2차 모드의 고유주기가 0.5648s로 측정  
가속도 최대구간인 0.08~0.4s를 피함  
건물의 공진 효과 최소화



→ 실험 결과 실제 구조물 주기 범위 0.32~0.66

## 진동대 실험과정 및 파괴양상

※ 내진설계기준(KDS 41 17 00: 2019)에 부합하는 지진파 사용

1차	2차	3차
		
벨트 월(TMD 고정) 4x4 코어 와이어 앵커 2층 고정	벨트 월(TMD 고정 & 마찰력 발생) 3x3 코어, X형 가새로 모두 변경 와이어 앵커 3층 고정	경제성을 고려하여 남은 부재 활용 (벨트 월 부착면 증가, 상부층에 헨치 추가)
0.66g 파괴(상층부 가새 파괴) →TMD위 추 흔들림으로 가새 가격 →이를 변수로 판단	0.5g 파괴(벨트 월 파괴) →TMD위 추 흔들림으로 가새 가격 →벨트 월의 부착면 부족	0.6g 파괴(벨트 월 및 가새 파괴) →상층부 가새와 벨트 월 탈락 →탈락 후에도 주요 부재는 온전
변수 외의 부재는 과도한 설계로 판단	3층까지 강성은 충분, 벨트 월과 기둥 부착면 증가	헨치, 귀잡이 보 추가(부착면 증가) →목표 지진파 세기에서 파괴 유도

## "Strong Column, Weak Beam"

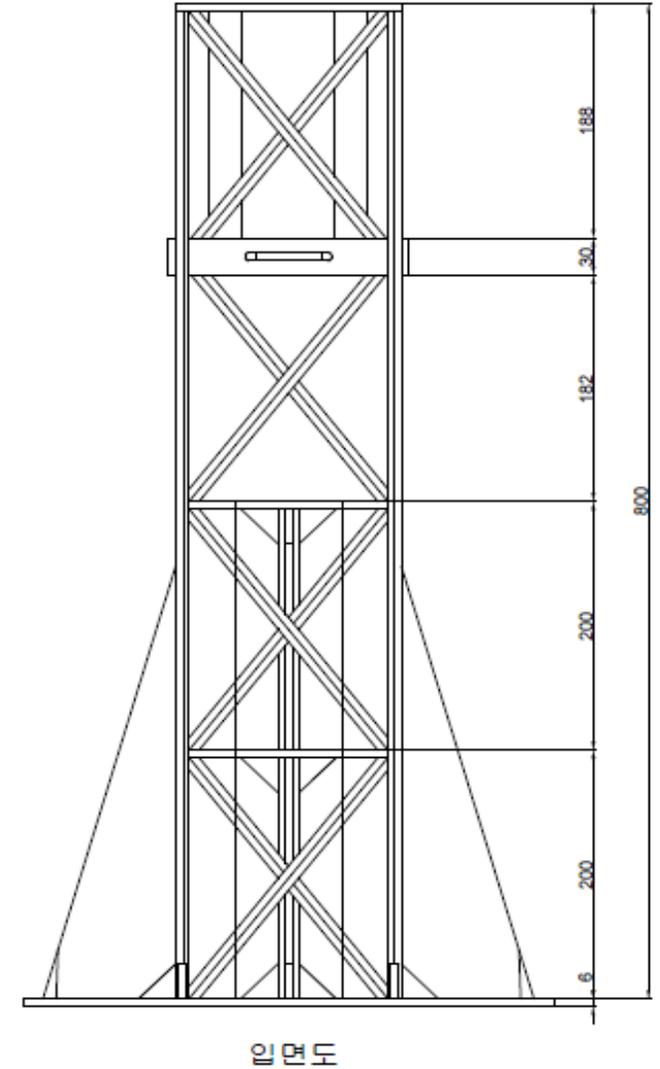
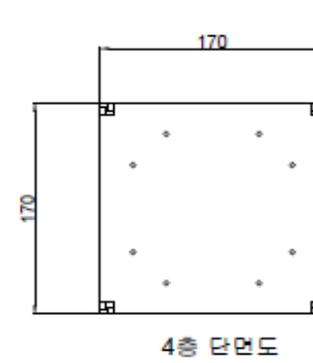
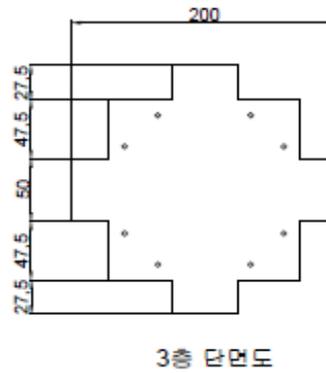
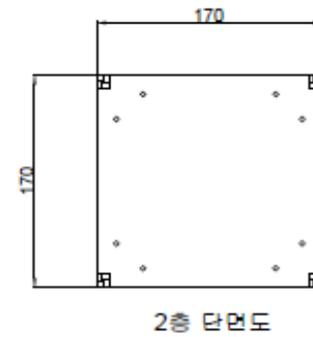
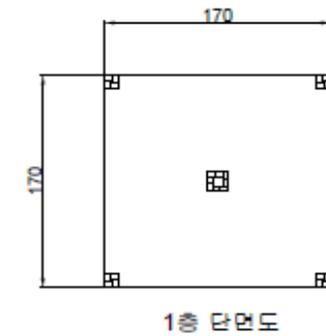
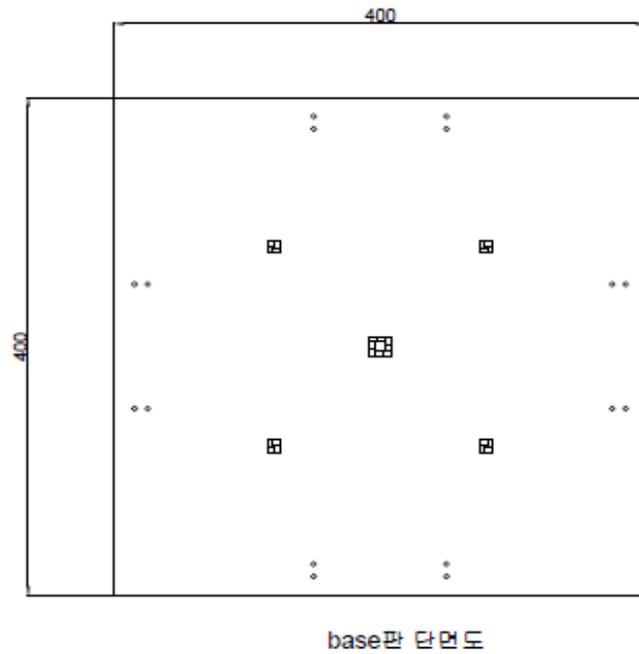
모든 실험 과정에서 수평재 파괴로 인해 구조물 붕괴

+ 구조물 제작 및 심사기준'⑤ 설계지진 초과 시 구조물의 붕괴 메커니즘을 고려한 파괴를 유도하는 정밀한 설계'를 목표로 가진 시 상층부에서의 충분한 대처 시간을 확보하여 원활한 대피 가능.



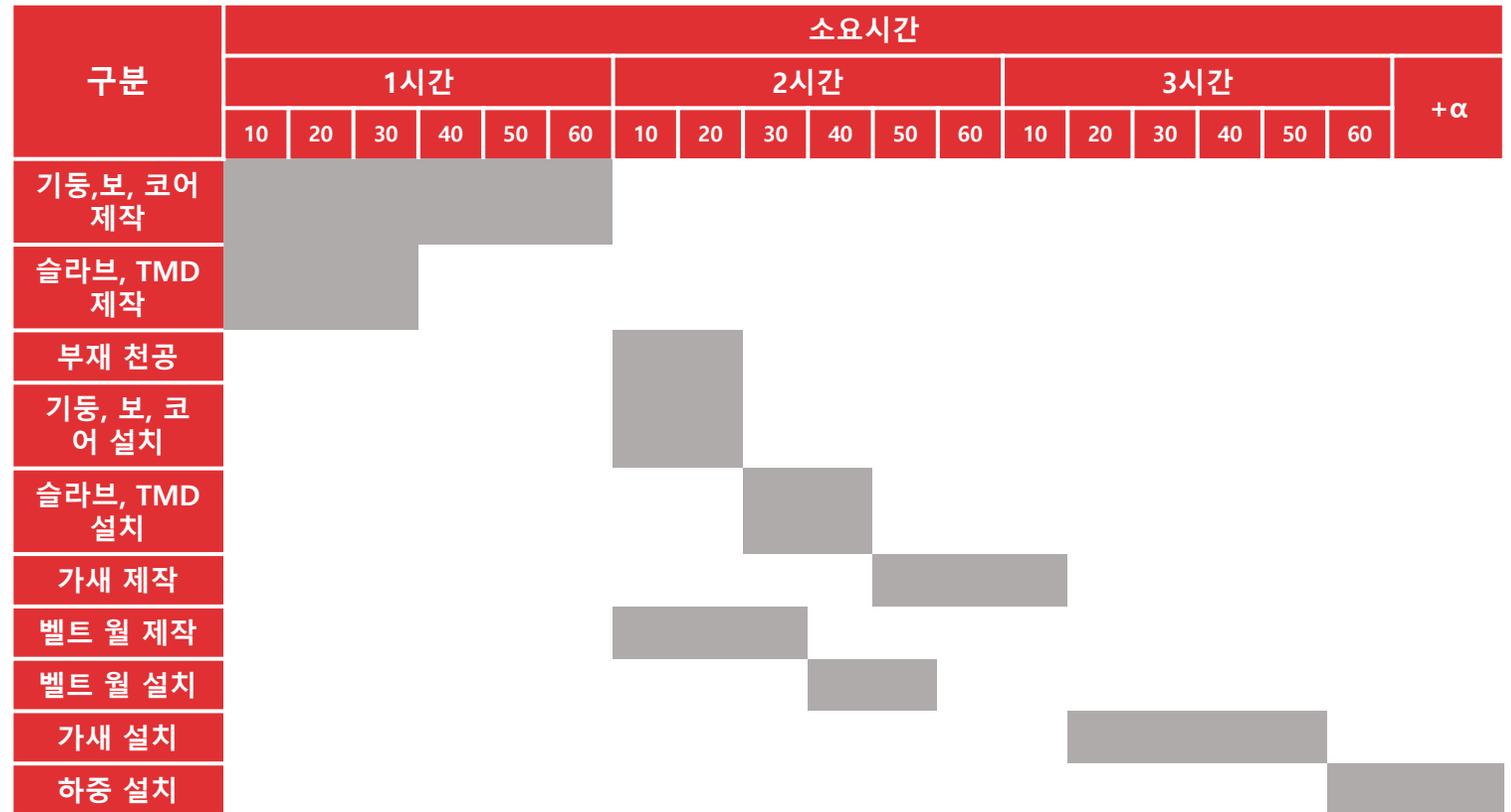
→목표치 0.7g에서 파괴 성공

## 설계 도면



## 경제성 및 시공성 분석

재료명	규격	단위수량	단가(백만원)
MDF Base	400×400×6 (mm)	1	기본제공
MDF Strip	600×4×6 (mm)	59	590
MDF Plate	200×200×6 (mm)	4	400
면줄	600mm	22	220
A4지	A4	1	10
접착제	20g	2	400
<b>총비용(백만원)</b>		<b>1620</b>	



마치며...

최종실험결과가 저희가 의도한대로 나오지 않아서 아쉬웠습니다. 하지만 합격, 불합격을 떠나 내진설계에 대해 공부하며 팀원들과 긴 시간동안 같이 고생한 좋은 추억으로 남을 것 입니다. 본선에서는 1~3차 실험에서 파악한 보완점을 더 발전시켜 본선 무대를 빛나게 하겠습니다. 감사합니다.