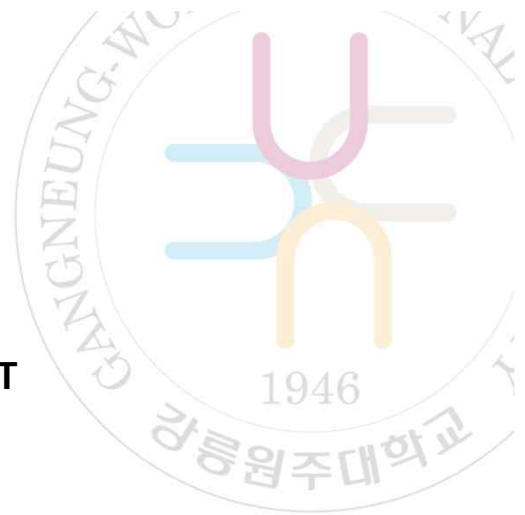


설계제안서

## 2022 구조물 내진설계 경진대회

### SEISMIC STRUCTURAL DESIGN CONTEST

국립 강릉원주대학교 토목공학과



## Team Member

팀명 : 안무너질게

강릉원주대학교  
토목공학과

팀 '안무너질게'는 강릉원주대 토목공학과 3학년 학부생들로 이루어진 팀입니다.

평소 내진설계에 대해 관심이 높고 그에 관한 아이디어로

창의적이고 혁신적인 기능 개발을 목적으로 대회를 참가하게 되었습니다.

정우영 교수님

- 지도 교수

신용대

- 팀장 및 총괄
- 구조물 제작
- 제안서 작성

정윤호

- 아이디어
- 구조물 제작
- 디자인

이재욱

- CAD
- 구조물 제작
- 제안서 작성

정우교

- 구조물 제작
- 공정표 작성
- 예산안 작성



# Table of Contents

## 01. 목적

- 지진파 분석
- 대회규정 분석 및 설계방향

## 02. 개념

- 사용 부재 분석
- 사용 기술

## 03. 과정

- 구조 설계 최종 모델링
- 구조물 실험

## 04. 결론

- 입면 & 평면도
- 예산안
- 공정표



# 01 – 지진파 분석

설계 스펙트럼가속도

$$S_{DS} = S \times 2.5 \times F_a \times 2/3$$

$$S_{D1} = S \times F_v \times 2/3$$

지진의 고유주기

$$T_0 = 0.2 \times S_{D1} / S_{DS}$$

$$T_S = S_{D1} / S_{DS}$$

유효수평지반가속도

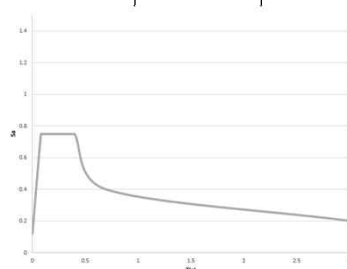
$$500년 S = 0.3g$$

$$2400년 S = 0.6g$$

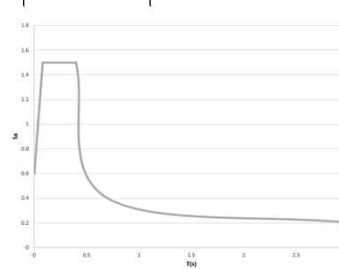
$$F_v = 1.5$$

$$F_a = 1.5$$

	$S_{DS}$	$S_{D1}$	$T_0$	$T_S$
500년	0.75g	0.3g	0.08s	0.4s
2400년	1.5g	0.6g	0.08s	0.4s



500년주기



2400년주기

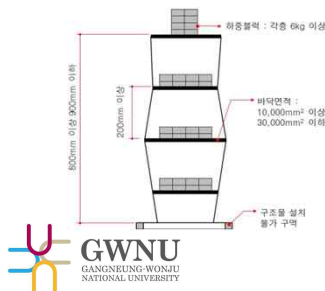
0.08~0.4sec에서 설계 스펙트럼 가속도가 "최대" 지진가속도 0.7g에서 파괴 설계



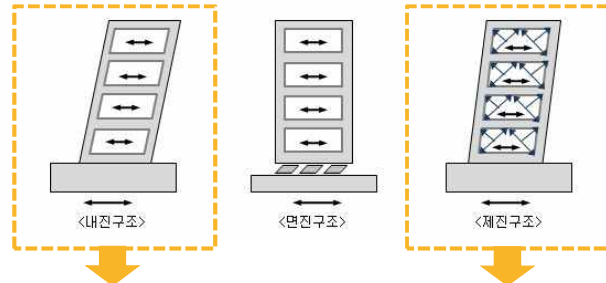
# 01 – 대회규정분석 및 설계방향

## 구조물 제작 및 심사기준

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



## 설계방향



기둥에 철근콘크리트 개념을 사용해 내진 구조를 사용한다.

각 층마다 종이 댐퍼를 덧대 에너지를 상쇄하는 제진 구조를 사용한다.

이미지 출처 : <https://ansareality.tistory.com/158>

# 02 – 사용 부재 분석

## 기둥A의 탄성계수

단면2차모멘트

$$I_x = \frac{10 \times 10^3}{12} - \frac{2 \times 2^2}{12} = 832 \text{ m}^4$$

$$I_y = \frac{10 \times 10^3}{12} - \frac{2 \times 2^2}{12} = 832 \text{ m}^4$$

10mm x 10mm



기둥A의 단면

경간길이 (mm)	100
하중 (N)	49
변위 (mm)	10.1

$$\text{탄성계수 } E = \frac{49 \times 100^3}{3 \times 10.1 \times 832} = 1944 \text{ M Pa}$$



## 기둥B의 탄성계수

단면2차모멘트

$$I_x = \frac{12 \times 12^3}{12} + 4 \times \frac{6 \times 4^3}{12} = 1856 \text{ m}^4$$

$$I_y = \frac{12 \times 12^3}{12} + 4 \times \frac{4 \times 6^3}{12} = 2016 \text{ m}^4$$

12mm x 12mm + 4(4mm x 6mm)



기둥B의 단면

경간길이 (mm)	100
하중 (N)	49
변위 (mm)	1.8

X,Y방향의 2차 단면모멘트의 차이가 존재하므로 작은 값인 X축의 값으로 계산

$$\text{탄성계수 } E = \frac{49 \times 100^3}{3 \times 1.8 \times 1856} = 4889 \text{ M Pa}$$

## 결론

MDF Strip로 제작한 기둥A의 메가컬럼의 구조를 사용하여 사면에 배치하고

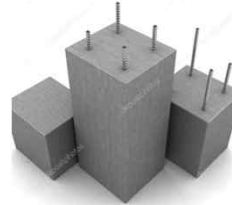
MDF Strip로 제작한 기둥B를 사용하여 중앙 코어라인을 형성하여 구조물의 댐퍼의 중추 역할을 하고

경제성을 챙기며 대회 규정에 맞는 강성을 가진 기둥이라고 판단

## 02 – 사용 기술(1)

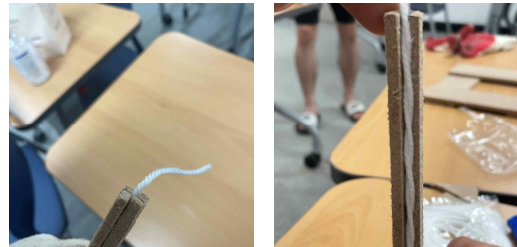
### 철근콘크리트 구조

- 기둥, 보, 등주요 구조부가 철근 콘크리트로 시공되는 일체화된 구조
- 철근은 인장력에 콘크리트는 압축력에 강력, 하나의 일체화된 구조를 이루어 우수한 구조 성능을 발현



### 메가컬럼 안 면줄 철근부착

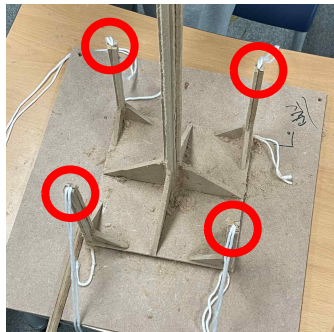
- 기둥A의 메가컬럼 안에 꼬은 나선형 면줄을 부착시켜 면줄과 기둥의 부착력을 증대화 및 충격을 완화해 기둥의 변위 감소
- 전달되는 하중과 충격을 견고히 버텨주는 **내진기술**



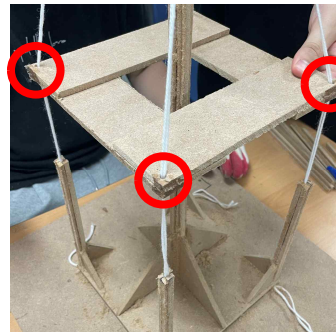
이미지 출처 : <https://tydavid.modoo.at/?link=24zv95q9>

## 02 – 사용 기술(1)

### 메가컬럼 안 면줄 철근 부착 후 적용 모습



메가컬럼 안에  
면줄철근을 부착한  
기둥A를  
바닥 사면에 부착



바닥 사면에  
부착한 기둥A위  
각 지점에  
구멍을 낸 바닥 판에  
면줄철근을 넣어  
바닥 판과 기둥A간  
부착력 증대



## 02 – 사용 기술(2)

### 기둥B와 구조물의 흔들림을 완화시켜주는 "종이 댐퍼 구조"

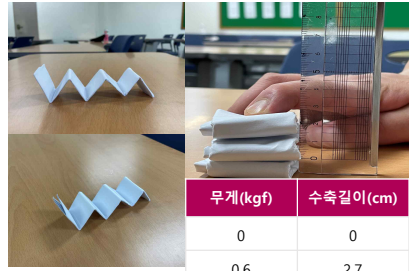
- 댐퍼의 스프링이 수축 이완을 반복하는 과정에서 운동을 완화시키는 역할의 원리를 적용
- A4용지를 접어 2가지 종류의 댐퍼를 만들어 설치해 가해지는 충격을 완화

2장 종이 댐퍼 [수축실험]



무게(kgf)	수축길이(cm)
0	0
0.6	4
1.2	5

3장 종이 댐퍼 [수축실험]

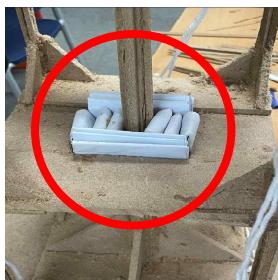


무게(kgf)	수축길이(cm)
0	0
0.6	2.7
1.2	7



## 02 – 사용 기술(2)

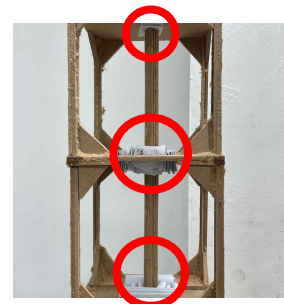
### 종이댐퍼 적용 모습



2,3층 바닥과 기둥B에  
2장 종이 댐퍼와  
3장 종이 댐퍼를 연결



4층 바닥면과 기둥B의  
윗부분을 종이 댐퍼로  
연결하여 기둥B에 가해지는  
하중과 충격을 완화



각 층마다 종이 댐퍼를  
연결하여 구조물 전체에  
대해 충격을 완화



## 02 – 사용 기술(3)

### 트러스 구조

- 트러스 구조는 여러 개의 직선 부재들을 삼각형 형태로 배열하여 각 부재를 연결해 구성한 뼈대 구조
- 동등한 중량을 가진 구조물과 비교했을 때 강성이 우수하며 중량을 분산시켜 하중을 버티는데 효과적



### 적용 모습

- 4층은 기둥A의 메가컬럼 안 면줄철근을 구조물의 위까지 나오게 해 삼각형 트러스 형태로 묶어 부재를 연결
- 나머지 면들은 삼각형 가새에 MDF Strip를 부착해 삼각형 트러스를 구성하여 중량을 분산시키고 하중을 효과적으로 버틸 수 있게 설계



이미지 출처 : <http://korean.aluminumstage.com/sale-12176372-aluminum-frame-truss-structure-spigot-bolt-stage-lights-exhibition-aluminum-truss.html>

## 02 – 사용 기술(4)

### 골재

- 골재는 하천, 산림의 지상, 지하 등에 부존 되어 있는 암석 모래 또는 자갈로서 건설공사의 기초 재료
- 고체 부분의 표면적이 클수록 점착력이 커지므로 골재를 혼합해 주면 유효 표면적이 작아져 점착력이 작아져 마감성 우수



### 적용 모습

- MDF를 절단하고 나오는 톱밥들을 모아서 골재로 사용
- 부재를 접착할 시 유격이 생기는 부분과 부착면들에 톱밥골재들을 사용하여 점착력을 증가시키고 남은 톱밥들로 활용함으로써 경제성 우수



이미지 출처 : <https://www.nbtv.co.kr/news/articleView.html?idxno=916516>



# 03 - 구조설계 최종 모델링



구조물의 벽면에  
가새와 가새 사이를  
MDF Strip로 트러스 구조  
부재를 설치해  
하중과 충격을 지탱하는  
역할



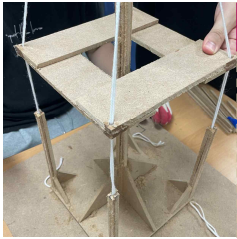
기둥A안 면출철근을  
구조물의 맨 위까지  
나오게 해 4층의 기둥A에  
트러스 형태로 묶어  
하중과 충격을  
지탱하는 역할



4층 바닥면 즉 3층  
천장면과 기둥B사이  
공간에 종이 댐퍼를 넣어  
하중과 충격이  
가해졌을 때 z방향 충격을  
완화하는 역할



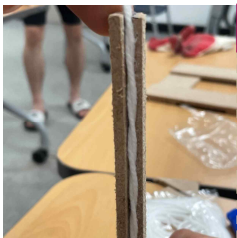
기둥B와 종이 댐퍼,  
각 층의 바닥판과 연결 후  
하중과 충격이  
가해졌을 때  
x,y방향 충격을  
완화하는 역할



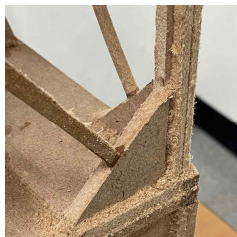
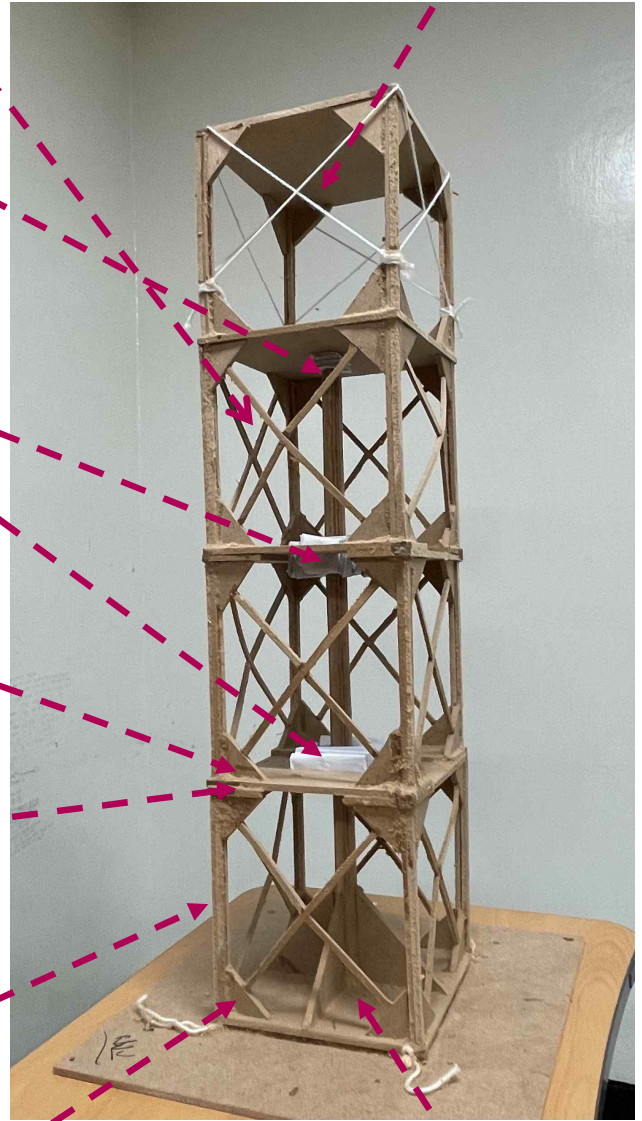
천공을 형성한 바닥판에  
면출을 넣어 기둥A와  
바닥판 간 연결 후  
다음 위 층의 기둥A 제작



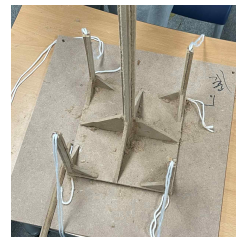
2,3층의 MDF Plate로  
가공한 바닥판에 천공을  
형성해 기둥A의  
면출철근이  
들어갈 수 있는 구멍 제작



MDF Strip으로 메가컬럼  
기둥A를 만들어 사이  
빈 공간에 끼운 면출을  
넣어 본드로 부착을 시켜  
철근콘크리트 효과 확보



바닥면을 자르고 남은  
MDF Plate로  
소형 가새를 만들어  
경제성을 확보하며  
기둥A와 바닥면,  
트러스의 부착성  
향상



바닥면을 자르고 남은  
MDF Plate로  
대형 가새를 만들어  
경제성을 확보하며  
중앙 코어 라인을  
형성 하는 기둥B와  
1층 바닥면과의 부착성  
향상

## 03 – 구조물 실험



### 실험 방법

- 각 층마다 6kg 총 24kg의 하중 블록을 설치
- 수레를 이용해 진동대의 효과를 재현
- 앱스토어의 "Accelerometer" 앱을 사용  
스마트폰을 수레에 장착해 가속도를 측정

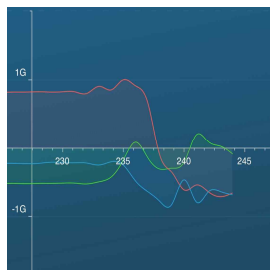


### 500년 재현주기 0.3g

수레를 흔들어 500년 재현주기인 0.3g의 가속도를 맞춘 후 스톱워치로 30초를 켜 후 결과를 확인

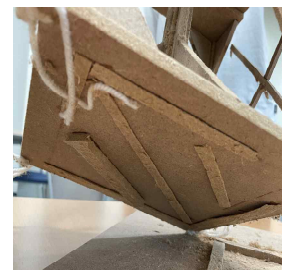
결과 : 하중 블록의 위치가 좌측으로 이동되었지만 구조물이 파괴되지 않으므로  
기능 수행 수준 목표 충족

## 03 – 구조물 실험



### 2400년 재현주기 0.7g

수레를 흔들어 2400년 재현주기인 0.7g의 가속도를 맞춘 후 스톱워치로 30초를 재다가 9초 후 구조물이 파괴



### 결과 및 원인 파악

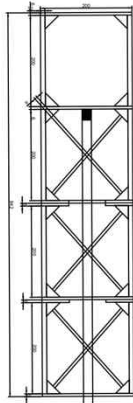
결과 : 구조물이 9초를 버티고 목표점에서 파괴  
붕괴 방지 수준 목표 충족했으므로 설계 유지

- 원인 파악 : 구조물의 4층 기둥A 1개가 파괴,  
MDF Base와 구조물 사이 지지대 파괴  
지진 가속도를 받을 시 구조물의 상단이 충격을 가장 많이 받고 기둥A의 면줄철근과 종이 댐퍼가 내진 및 제진 역할을 충분히 수행하는 것을 확인

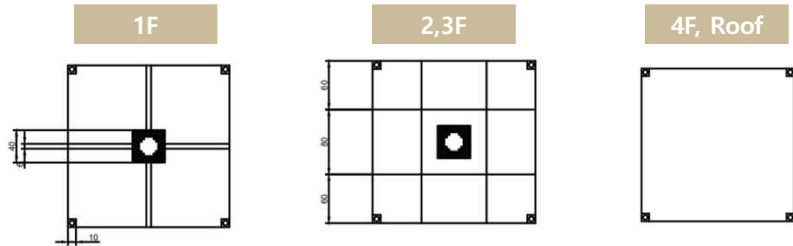


# 04 - 입면 & 평면도

입면도



평면도



# 04 - 공정표

구분	소요시간																		
	10분	20분	30분	40분	50분	60분	70분	80분	90분	100분	110분	120분	130분	140분	150분	160분	170분	180분	
기둥재단	■	■																	
기둥A제작			■	■	■														
기둥B제작			■	■	■														
바닥판 재단		■																	
바닥판 제작				■	■	■													
바닥판 천공						■													
층이댐퍼 제작			■	■	■														
층이댐퍼 설치											■	■	■	■					
가새 제작							■	■	■										
가새 설치										■	■	■							
트러스 제작									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
구조물 조립											■	■	■	■	■	■	■	■	■



## 04 - 예산안

예산안						
품명	용도	규격	단위	수량	단가[백만원]	공급가액
MDF BASE		400mm*400mm*6mm	개	1	-	-
MDF PLATE		200mm*200mm*6mm	개	8	100	800
MDF STRIP		600mm*4mm*6mm	개	45	10	450
면줄		600mm	식	8	10	80
A4 용지		A4	장	22	10	220
접착제		20g	개	2	200	400
합계						1950

예산 총예산  
1950백만원

