

설계제안서

2021 구조물 내진설계 경진대회

2021 SEISMIC STRUCTURAL DESIGN CONTEST

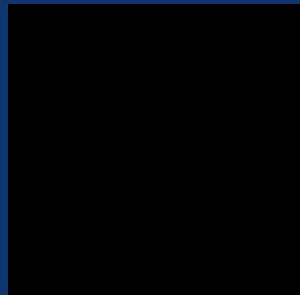
대회주제 : 구조물의 최적 내진설계



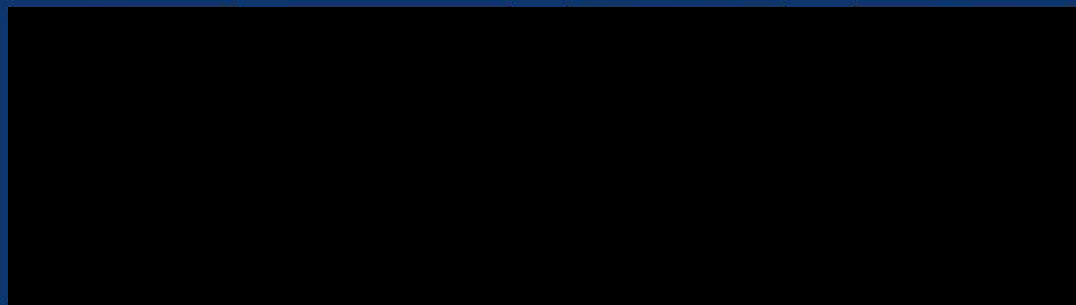
“구조물은 부러지지 않아야 한다.”

TEAM 아키니어 소개

팀명 : '원호야 연애하자'



연세대학교 건축공학과
박효선 교수님



장수안

- 팀장 및 총괄
- 구조물 제작
- PPT 작성

김현호

- 구조 해석
- 구조물 제작
- PPT 작성

박민

- 모델링 및 도면 작성
- 구조물 제작
- PPT 작성

신영재

- 아이디어 제시
- 구조물 제작
- PPT 작성

0. 목차

1

INTRO

설계 방향
실물 모형 사진

2

BODY

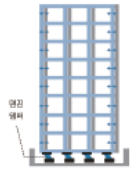
면진 구조 설계
내진 제진 구조설계

3

CONCLUSION

최종 형태
예산안 및 공정표

1- (1). 설계 방향



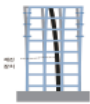
면진 구조

면진받침을 이용하여 구조물의 고유주기를 늘려서 구조물의 응답을 줄여주는 방식



내진 구조

구조물의 각 부재를 설계하여 지진력에 저항할 수 있도록 강성을 산정하여 지진력을 가담하는 개념



제진 구조

지진력을 구조물 자체가 전체 흡수하지 않도록 도와주는 설계 개념

구조물 제작기준과 MDF 재료의 한계를 고려하면 높은 강성으로 지진을 견디는 내진구조는 비효율적

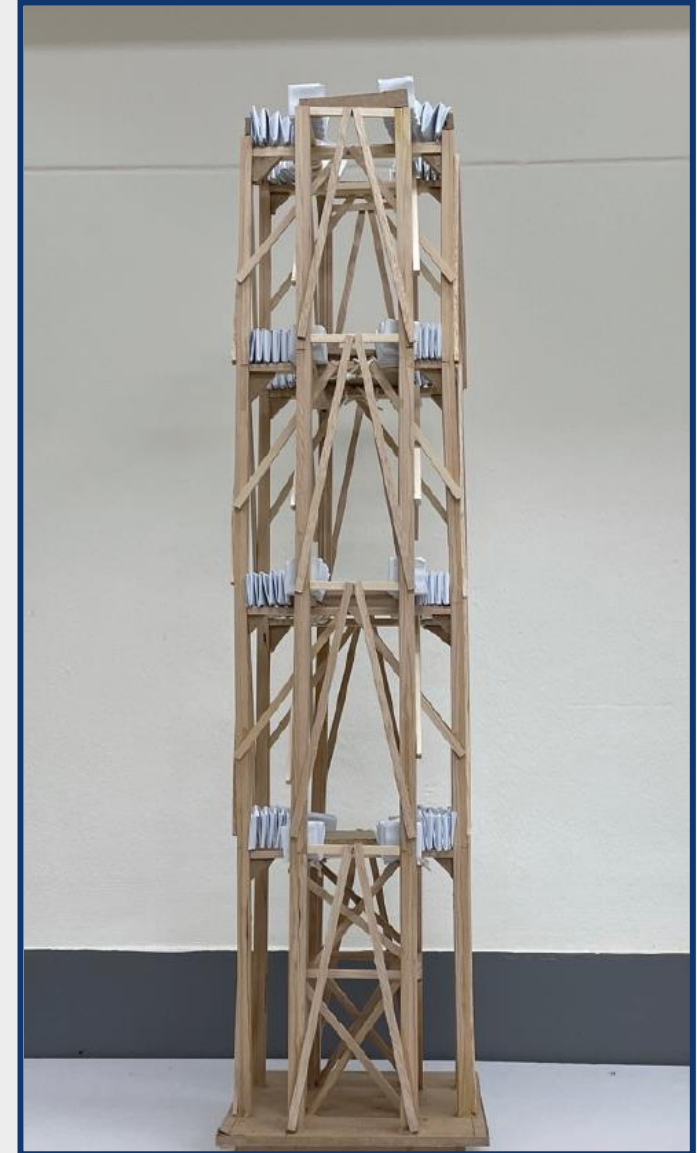
고유주기를 증가시켜 지진을 감쇠하는 면진 구조를 실현하는 것이 본 대회에서 가장 효율적일 것으로 판단



[결론]

면진 구조를 주로 이용, 내진과 제진 시스템으로 보완하는 방향으로 진행

1- (2). 실물 모형 사진



2- (1). 면진 구조 설계

각 층 면진 장치

< 구상 >

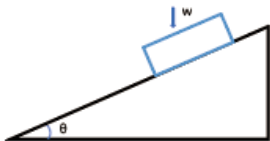
- ✓ 각 층 바닥판이 구조물과 접합되어 있지 않은 형태
- ✓ 구조물과 하중바닥판의 주기가 각각 다른 것을 이용
- ✓ 바닥판과 구조물이 맞닿은 부분의 마찰력을 감소시키는 방안 중요



< 마찰력 실험 계획 >

- ✓ 마찰력이 작은 부재들을 찾기 위한 실험을 실시
- ✓ MDF - MDF, 삼각 플레이트 - 종이, 종이 - 종이, 면줄 - 종이 사이의 최대정지마찰계수(μ)를 구함
- ✓ 운동 중에 발생하는 마찰력에 의한 수평반력은 운동마찰계수로 계산해야 하지만, 정지마찰계수를 사용함

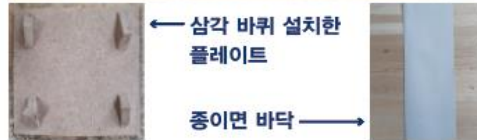
$$\text{계산 : } \mu = \frac{w \sin \theta}{w \cos \theta} = \tan \theta$$



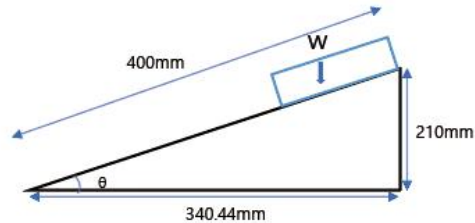
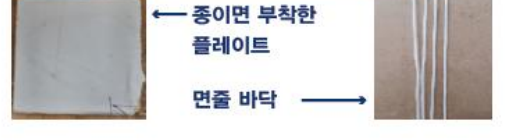
< 마찰력 실험 1 > MDF - MDF



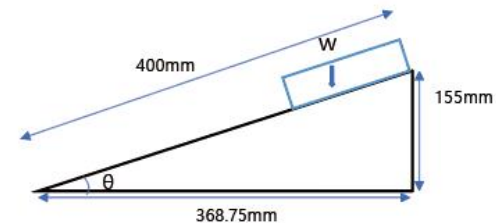
< 마찰력 실험 2 > 삼각 바퀴 - 종이



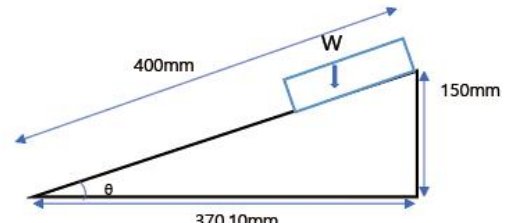
< 마찰력 실험 3 > 면줄 - 종이



정지 마찰계수: $\mu = \tan \theta = 0.62$
 수평 반력: $V = 0.62 \times 6 \times 9.8 = 36.456 \text{ N}$
 필요 가속도: $a = 36.456 \div 6 = 0.62g$



정지 마찰계수: $\mu = \tan \theta = 0.42$
 수평 반력: $V = 0.42 \times 6 \times 9.8 = 24.696 \text{ N}$
 필요 가속도: $a = 24.696 \div 6 \div 9.8 = 0.42g$



정지 마찰계수: $\mu = \tan \theta = 0.62$
 수평 반력: $V = 0.62 \times 6 \times 9.8 = 36.456 \text{ N}$
 필요 가속도: $a = 36.456 \div 6 = 0.62g$

[결론] 정지 마찰계수와 수평반력이 가장 작으면서 실험 편차도 작은 **면줄 - 종이** 아이디어를 선택

2- (1). 면진 구조 설계

면진 장치 보완 요소



진동 실험 전



진동 실험 후



진동 실험 전



진동 실험 중

✓ 실험 후 하중을 실은 플레이트의 변위가 예측하지 못한 방향으로 발생하여 불안정

✓ 구조물과 하중의 충돌이 발생해 구조물에 부담 발생



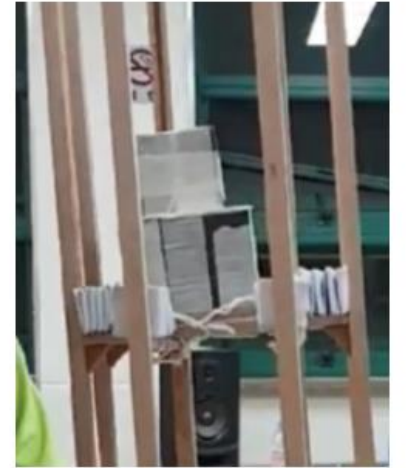
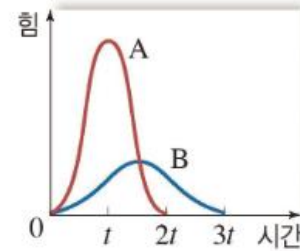
면진 장치 보완

- ✓ 바닥판과 구조물을 실로 감아 묶음
- ✓ 면진 장치 효과가 충분히 발휘될 수 있도록 느슨하게 묶되, 바닥판 플레이트가 보에서 떨어지지 않도록 변위를 조절함

[결론] 내진과 제진 구조 아이디어를 통해 보완 필요

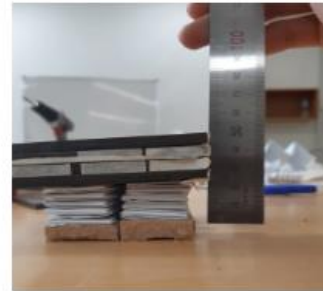
2- (2). 내진 제진 구조 설계

하중과 외부 구조물의 충돌을 막아줄 종이 댐퍼 시스템



- ✓ 종이를 접어 용수철 역할을 할 수 있게 만들
- ✓ 종이 댐퍼를 통해 충격이 전달되는 시간을 늘려 충격력을 줄이는 원리 이용
- ✓ 충격력 줄여 구조물에 전달되는 부담 감소

< 최대 수축 길이 체크 실험 >



무게(kg)	수축 길이(cm)
0.25	2
0.5	3
0.75	3.5
1	3.75

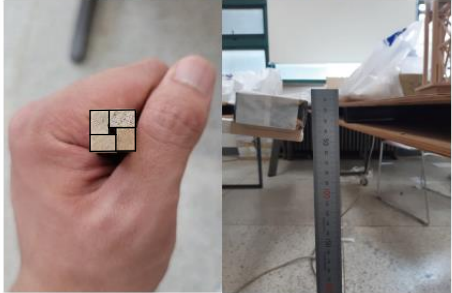
- ✓ 최대 수축 가능 길이: 3.75cm
- ✓ 최대 수축시 K : 약 65.3kg/s²

2- (2). 내진 제진 구조 설계

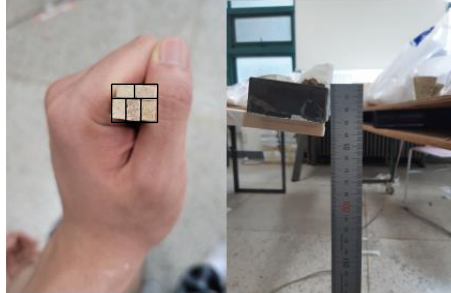
메가 컬럼

$$\delta = \frac{PL^3}{3EI} \text{ 이용하여 } E \text{ 계산}$$

< 외부 column 아이디어 1 >



< 외부 column 아이디어 2 >



- ✓ 길이: 425mm
- ✓ 평균 변위: 50mm
- ✓ I: 832mm⁴

하중 (N)	평균 탄성계수(Mpa)
4.9	3014
EI = 2,507,648Nmm ²	

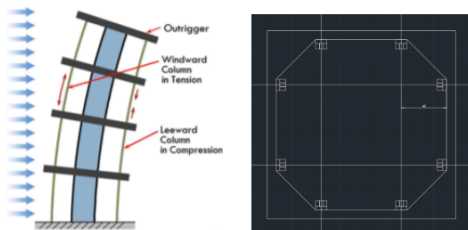
- ✓ 길이: 425mm
- ✓ 평균 변위: 40mm
- ✓ I: 1000mm⁴

하중 (N)	평균 탄성계수(Mpa)
4.9	3134
EI = 3,134,000Nmm ²	

* 실제 대회 재료와 달라 상대적으로 비교를 위한 수치이다

[결론] 아이디어 2는 아이디어 1보다 부재 수가 증가하나 강성이 상대적으로 25% 더 높음
보와의 접착을 고려했을 때 아이디어 2로 했을 때 접착력이 더욱 증가

아웃리거 원리 극대화 평면



- ✓ X축, Y축 수평하중에 바로 저항가능한 팔각형 평면
- ✓ 아웃리거 원리를 극대화 시키기 위해서는 적절한 팔길이 중요
- ✓ 면적 규정을 준수하며 효율적인 아웃리거 팔길이를 가능하게 하는 평면 구상

내부 코어



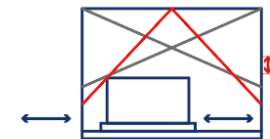
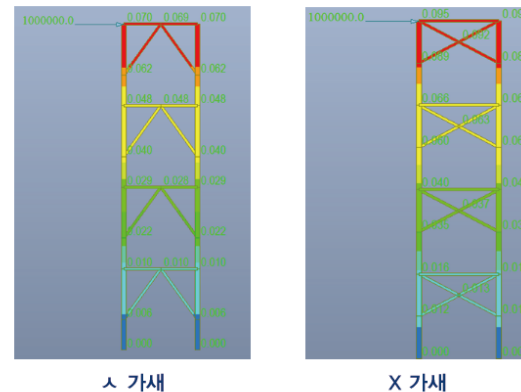
- ✓ 저층부에 전단을 담당할 내부 코어 존재

슈퍼 BEAM



- ✓ 외부 기둥끼리의 수평하중 전달과 기둥과 접합면 증가를 위한 3겹 보

가새 설정을 위한 동적 해석 (midas gen)



- ✓ 바닥판 하중의 가동범위를 고려해서 가새를 설정하였을 때 효율성이 좋음
- * 시뮬 가새가 이루는 각이 더 작으므로 좀 더 아랫부분에서 접합 가능함
- * 변위와 부재 사용량이 적음

[결론] 가새 모양을 'S' 으로 결정

감사합니다.

Q&A