

국립 강릉원주대학교 토목공학과

2022 구조물 내진설계 경진대회 SEISMIC STRUCTURAL DESIGN CONTEST



팀 안무너질게

1. 목적

설계방향

2. 개념 및 과정

주요 사용기술

구조물 실험

3. 결론

입면 & 평면도

모델링

예산안

신용대

정윤희

이재욱

정우교

- 팀장 및 총괄
- 구조물 제작
- 제안서 작성

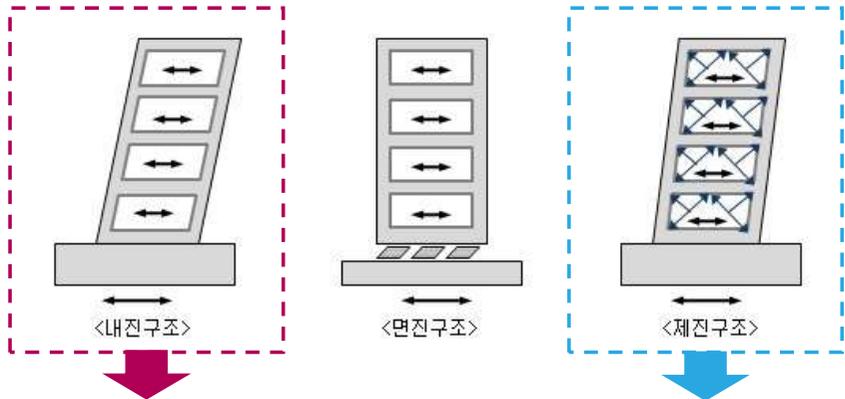
- 아이디어
- 구조물 제작
- 디자인

- CAD
- 구조물 제작
- 제안서 작성

- 구조물 제작
- 공정표 작성
- 예산안 작성

1 - 설계방향

2 - 주요 사용기술



기둥에 철근콘크리트 개념을 사용해 내진 구조를 사용한다.

각 층마다 종이 댐퍼를 덧대 에너지를 상쇄하는 제진 구조를 사용한다.

내진구조와 제진구조를 하이브리드 형태로 사용함으로써 한 가지 구조만 사용했을 때보다 우수한 효과를 보일 거라고 판단

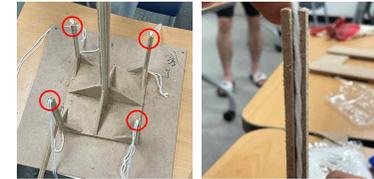
기둥A

메가컬럼 안에 면줄철근을 부착하여 철근 콘크리트 구조를 형성

철근 콘크리트 구조에서 철근은 인장력, 콘크리트는 압축력에 강력하고 하나의 일체화된 구조를 이루어 우수한 구조 성능을 발현

메가컬럼 안에 꼬은 나선형 면줄을 부착시켜 충격이 가해졌을 때 부착을 하지 않을 때보다 충격을 완화해 기둥의 변위 감소

MDF Strip과 접착제가 콘크리트의 역할을, 나선형 면줄이 철근의 역할을 수행 하중과 충격을 견고히 버텨주는 내진기술



10mm x 10mm



기둥A의 단면

단면2차모멘트

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

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

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

기둥B

단면이 보다 두꺼워 단면성이 우수하며 세장비가 낮아 좌굴하중이 큼

종이 댐퍼와 연결 시 기둥B는 단면성이 우수해 X, Y 변위가 작아 댐퍼에 가해지는 충격이 무리가 가지 않을 거라고 판단

기둥B는 원형에 가까운 형상을 보이고 있고 충격이 가해졌을 때 손상된 부분이 한 곳에 집중되지 않고 분산되는 양상을 보이기 때문에 구조물의 갑작스러운 파괴가 발생할 확률 감소



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



기둥B의 단면

단면2차모멘트

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

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

X, Y 방향의 2차 단면모멘트의 차이가 존재 하므로 작은 값인 X축의 값으로 계산

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

이미지 출처 : <https://ansanrealty.tistory.com/158>
 참고문헌 : <https://scienceon.kisti.re.kr/commons/util/originalView.do?cn=CFKO201006654858424&ocn=NPAP09857946&dbt=CFKO&journal=NPRO00326274>

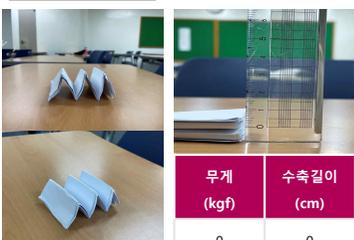
2 - 주요 사용기술

기둥B와 구조물의 흔들림을 완화시켜주는 "종이 댐퍼 구조"

댐퍼의 스프링이 수축 이완을 반복하는 과정에서 운동을 완화 시키는 역할의 원리를 적용

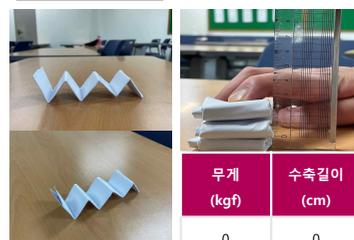
A4용지를 접어 2가지 종류의 댐퍼를 만들어 설치해 가해지는 충격을 완화시키는 **제진기술**

2장 종이 댐퍼 [수축실험]



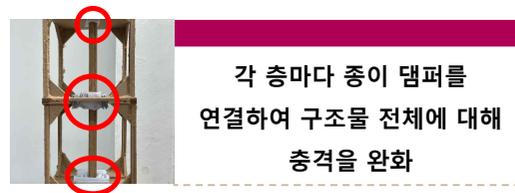
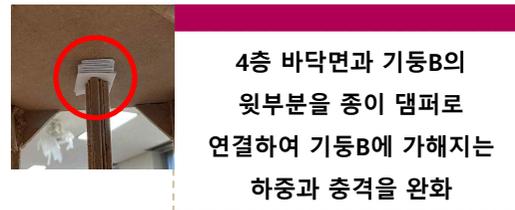
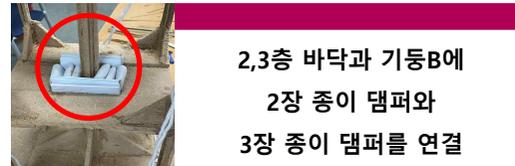
무게 (kgf)	수축길이 (cm)
0	0
0.6	4
1.2	5

3장 종이 댐퍼 [수축실험]



무게 (kgf)	수축길이 (cm)
0	0
0.6	2.7
1.2	7

종이 댐퍼 적용 모습



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

적용모습

4층은 기둥A의 메가컬럼 안 면출철근을 구조물 상부 까지 나오게 하고 삼각형 트러스 형태로 묶어 부재를 연결

나머지 면들은 남은 Plate부재 재활용으로 만든 삼각형 가새에 MDF Strip를 부착해 삼각형트러스를 구성하여 중량을 분산시키고 하중을 효과적으로 버틸 수 있게 설계



2 - 구조물 실험

3 - 입면도 & 평면도



실험 방법

1. 각 층마다 6kg 총 24kg의 하중 블록을 설치
2. 수레를 이용해 진동대의 효과를 재현
3. 앱스토어의 "Accelerometer" 앱을 사용
4. 스마트폰을 수레에 장착후 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 않았으므로 **기능 수행 수준 목표 충족**



2400년 재현주기 0.7g

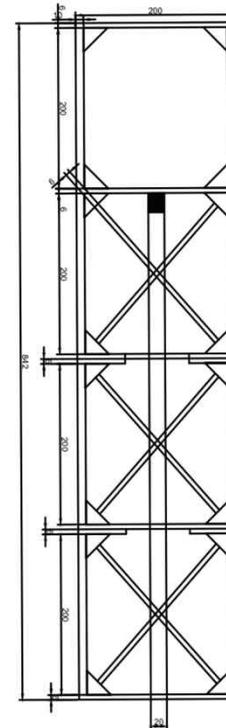
수레를 흔들어 2400년 재현주기인 0.7g의 가속도를 맞춘 후 스톱워치로 30초를 켜는 과정 중 9초에서 구조물이 파괴

결과 및 원인 파악

결과 : 구조물이 9초를 버티고 목표점에서 파괴 **붕괴 방지 수준 목표 충족**을 했으므로 설계 유지

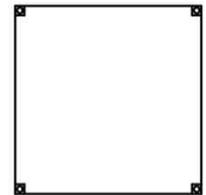
원인 파악 : 구조물의 4층 기둥A 1개가 파괴, MDF Base와 구조물 사이 지지대 파괴
지진 가속도를 받을 시 구조물의 상단이 충격을 가장 많이 받고 기둥A의 면줄철근과 종이 뎀퍼가 내진 및 제진 역할을 충분히 수행하는 것을 확인

입면도

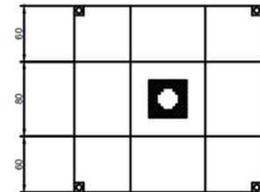


평면도

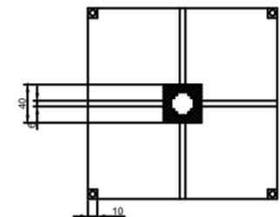
4F, Roof



2,3F



1F



3 - 모델링

3 - 예산안

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

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

기둥A안 면줄철근을 구조물 맨 위까지 나오게 해 4층의 기둥A에 트러스 형태로 묶어 하중과 충격을 지탱하는 역할

기둥B와 종이 뎀퍼, 각 층의 바닥판과 연결 후 하중과 충격이 가해졌을 때 X,Y방향 충격을 완화하는 역할

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

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

MDF Strip으로 메가컬럼 기둥A를 만들어 사이 빈 공간에 끼운 면줄을 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

예산안					
품명	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**