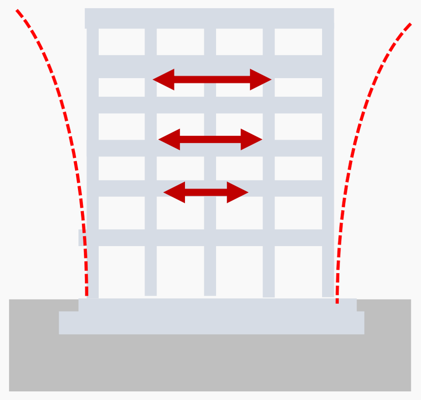
창원대학교 건축공학과

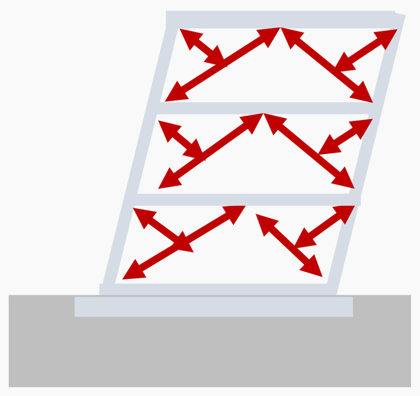
2022 구조물 내진설계 경진대회

"다층 구조물 한계상태를 고려한 상세 내진설계 "

서론

1. 설계 목표





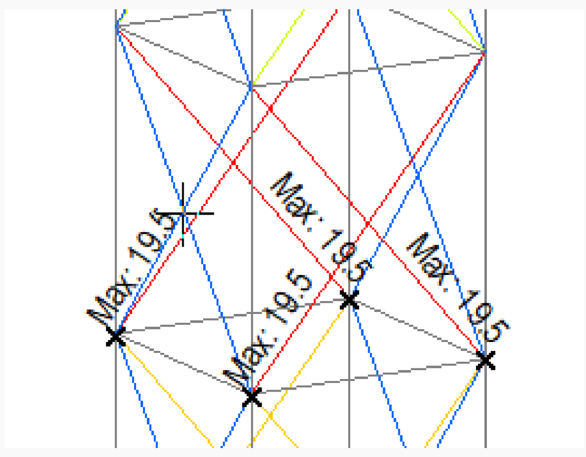
내진

- 건물 본체가 진동에너지를 흡수하는 방식
- 내진 설계로 구조물의 강성을 증가

제진

- 지진 에너지를 흡수하여 건물 전체의 흔들림 감소
- 구조물에 장치를 설치하여 흔들림 제어

2. 파단 방법



3층 면줄 가새의 인장파괴

- 3층 가새에서 최대 인장력 19.5N 발생
- 인장 강도 20N에 도달하여 파단

- 내진 설계로 구조물의 강성을 충분히 확보하면서 짧아진 고유주기를 제진 설계로 고유 주기 조절
- 목표 가속도(0.7g)에 파괴를 유도하기 위해 내진 설계와 제진 설계를 구조물 설계에 적용

심사기준	설계 목표
설계 목표	- 보강재가 먼저 파괴된 후 구조체가 붕괴하는 구조물의 연성 파괴
경제성	- 가새 설계 시 발생하는 비용을 최소화하여 제작 비용 감소 - 단면 설계 후 남은 부재를 활용하여 재료의 낭비없이 보강 플레이트로 제작, 이를 통해 구조물의 일체성 확보
구조성	- 면줄의 연성을 활용한 Tension only 가새 설계 - 가새에서 발생하는 부재력 감소 및 진동 시 발생하는 지진하중 저감
시공성	- 사전 시공 연습을 통해 최적의 시공 업무 분담 방법 도출 - 계산된 협력을 통해 시공 속도의 최고 효율 확보

3. 실험 내용

- **면줄 인장강도 측정**

면줄 한 쪽의 끝을 버틸 수 있는 부분에 묶어 고정시킨다. 반대쪽 끝에 용수철저울을 연결하여 파단이 일어날 때까지 인장 시킨다. 면줄의 단면적과 파단이 발생하는 하중을 사용하여 인장강도를 측정한다.

인장강도	20N
탄성계수	1196.8MPa

인장강도 20N이므로 대략 2kgf까지 저항

- **MDF 부재 탄성계수 측정**

MDF Strip의 한 쪽 단 부를 단단히 고정시킨다. 고정되지 않은 자유단에 하중을 가한다. 하중을 가하였을 때의 처짐을 측정한다. 실험에서 설정한 유효 길이와 하중, 처짐의 값들을 활용하여 아래의 식에 대입해 MDF의 탄성계수를 계산한다.
여러 차례의 걸친 실험을 통해 탄성계수 계산 값의 평균값을 활용하여 오차를 줄인다.

- $\delta = \frac{PL^3}{3EI} \rightarrow E = \frac{PL^3}{3EI}$

처짐 (mm)	하중 (N)	탄성계수(MPa)
10	0.98	1689.79
12	1.47	2112.246
16	1.96	2112.246
19	2.45	2223.41
23	2.94	2204.08
26	3.43	2274.72
31	3.92	2180.38
34	4.41	2236.49
38	4.90	2223.41
평균	2139.64MPa	

평균 MDF 탄성계수 : 2100MPa으로 산정

- **기둥 탄성 좌굴 하중**

탄성 좌굴 하중 계산을 통해 얻은 기둥 탄성 좌굴 하중을 적용한 좌굴 실험을 하여 파단이 일어나는지 확인한다.
MDF 기둥 위에 무게판을 얹어 기둥이 휘는지 확인한다.

- 오일러 하중공식을 이용한 좌굴 하중 산정
- $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(kl)^2}$

탄성계수(E)	2100(N/mm^2)
단면2차모멘트(I)	832mm^4
유효 좌굴 길이 계수(K)	1.6
부재 길이(L)	200mm
좌굴 하중(N)	168.02N

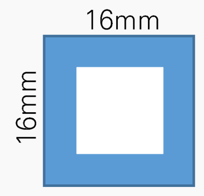
- 기둥부재의 좌굴 하중 P_{cr} = 168N
- 1개의 기둥부재 당 대략 17.1kgf까지 저항

구조물 설계

1. 기둥 설계

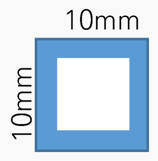
- 기둥 부재의 단면 2차 모멘트

▪ 1,2층 기둥



I_x=5,120mm^4
I_y=5,120mm^4

▪ 3,4층 기둥



I_x=832mm^4
I_y=832mm^4

- 1,2층에 16x16 기둥을 사용하여 단면 2차 모멘트가 10x10 기둥에 비해 6배 증가하여 기둥에서 발생하는 처짐을 6배 감소
- 삼각 보강 플레이트를 기둥 옆에 부착하여 기둥의 좌굴 방지

사각 보강 플레이트 설치

- 1,3층 기둥 사이에 사각 보강 플레이트를 설치하여 기둥이 베이스 플레이트로부터 파단되는 것을 방지
- 베이스 플레이트와의 접착면적 증가

2. 가새 설계

- Tension Only 가새

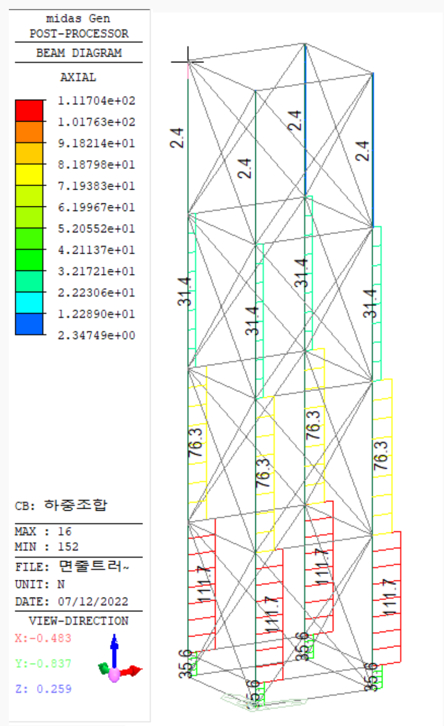
면줄 가새

사각 보강 플레이트 보강

- 가새에서 인장력만 발생하도록 설계
- 구조물이 받는 지진 하중을 기둥으로 전달
- 삼각 보강 플레이트를 천공하여 면줄 가새 연결
- 면줄의 파단을 유도하기 위해 접합부의 강도 보강 필요
- 접합부에 사각 보강 플레이트를 접착하여 접합부의 강도 보강

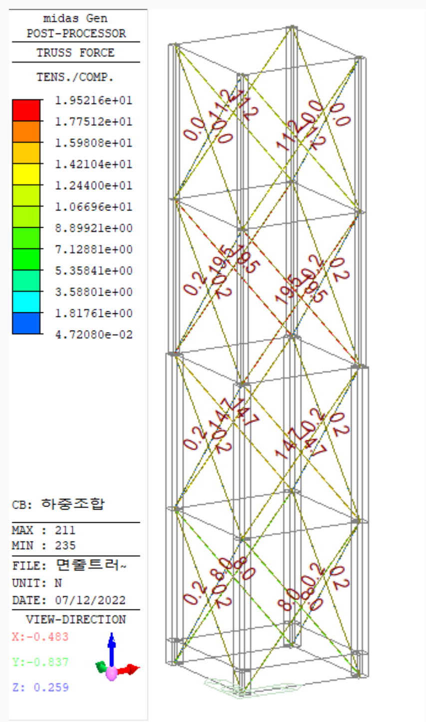
구조물 검토

1. 축력 검토



- 1층 16x16 기둥에서 최대 축력 117N 발생
- Tension Only 가새를 통해 기존 X형 가새에서 발생하는 축력을 기둥에 전달
- 1층 기둥 최대 축력이 117N ⟨ 기둥의 좌굴 하중 1035N
- 기둥의 좌굴 파괴 X

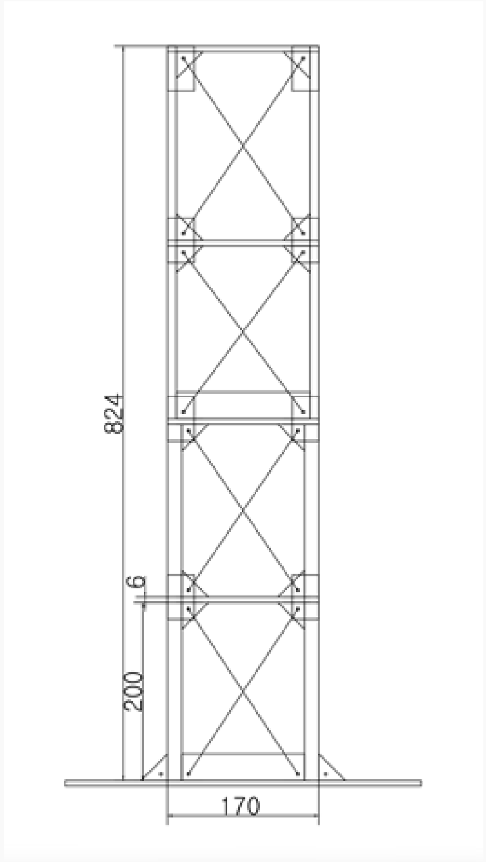
2. 부재력 검토



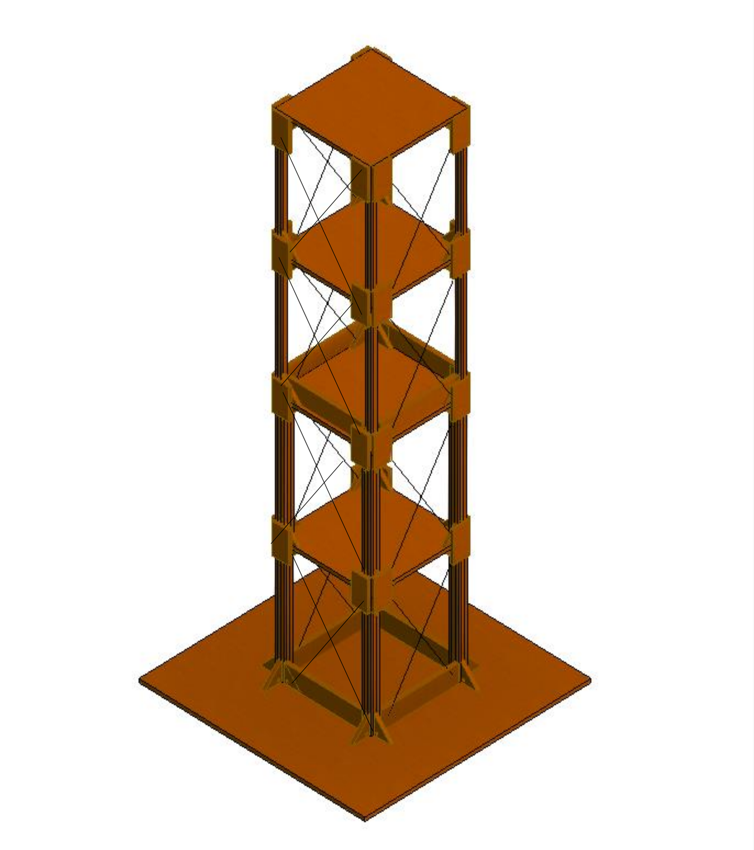
- 3층 가새에서 최대 인장력 19.5N 발생
- 3층을 제외한 1,2,4층 가새에서 발생하는 인장력은 면줄의 인장강도 20N 미만이므로 OK
- 1,2,4층의 가새의 우발적인 파괴를 방지하기 위해 면줄을 두 번 연결

최종 구조물

입면도



3D 모델링



최종 구조물