

Mega Substructure 개념과 마찰 층면진 개념을 복합한 4층 빌딩의 내진-면진 복합설계

Team. De - Quakers

지도 교수 팀장 팀원 팀원 팀원

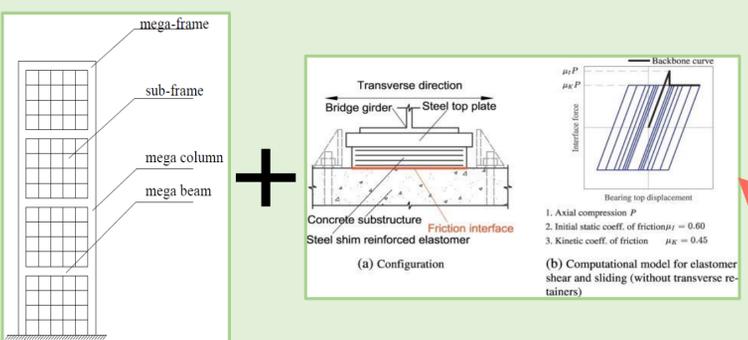
전남대학교
토목공학과
김재민 교수

유성호 강동영 김해중 전형준

1. 설계 방향

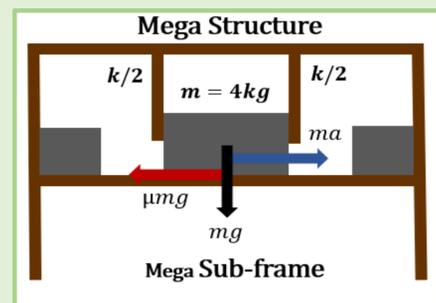
- 최대 지진 가속도가 0.4g일 때 내진 성능이 확보되고, 최대 지진 가속도 0.6g 일 때, 2방향 지진하중에 의한 힘에 대한 안전율이 1.0 이상이 되도록 설계하며 최대 0.7g일 때 안전율이 1.0에 근접하도록 설계

2. 층면진 활용



- Mega Substructure 개념** : 메가구조물과 부구조물이 서로 반대 방향으로 운동하여 에너지 상쇄
- 마찰 포트를 활용한 층면진 : 부구조물과 바닥면 사이의 마찰 면진으로 인한 지진력 감소 및 에너지 소산
- 각 층에 재하 되는 하중 블록 중 4kg을 부구조물로 활용
- 부구조물이 지진 종료 후 원위치로 올 수 있도록 하는 역할 수행

출처: 『VIBRATION CONTROL OF TALL BUILDINGS USING MEGA SUBCONFIGURATION』, Maria Q. Feng 논문 참고



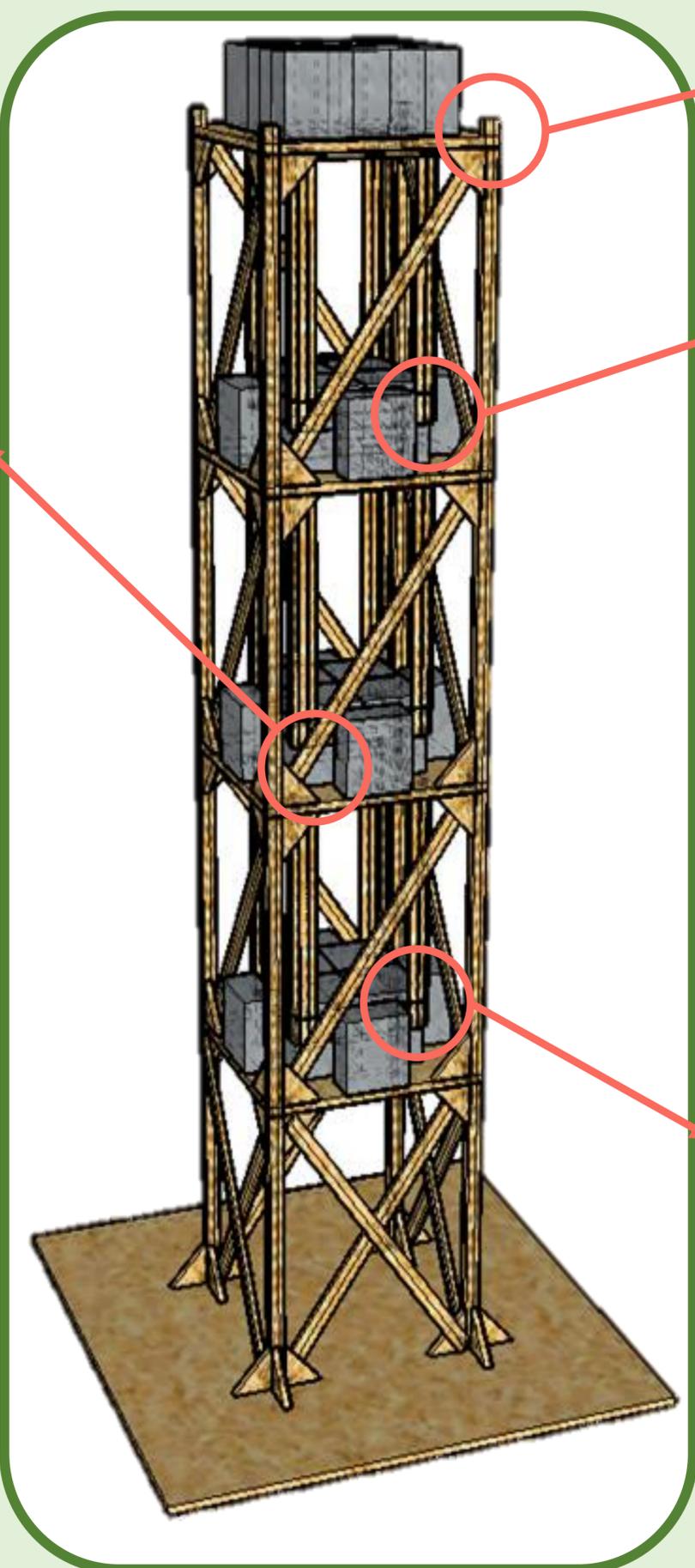
- 마찰력 →
- 운동방향 →
- 연직방향 →
- 마찰력 μ
- 복원력 k
- 가속도 a
- 중력가속도 g

- $F = ma = \mu mg$, $a = \mu g$
- $a < \mu g$ 일 때 메가구조물과 부구조물이 일체 거동
- $a \geq \mu g$ 부터 슬라이딩이 발생하여 면진 기능을 수행하도록 설계

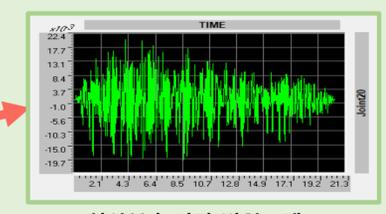


평균 마찰 계수
 $\mu = 0.354$

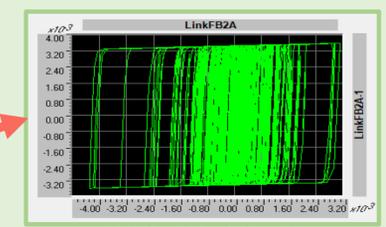
- 마찰을 활용한 층면진이 기능을 하기 위해 0.354g (0.4g로 계산)까지 내진으로 구조물이 버틸 수 있도록 설계



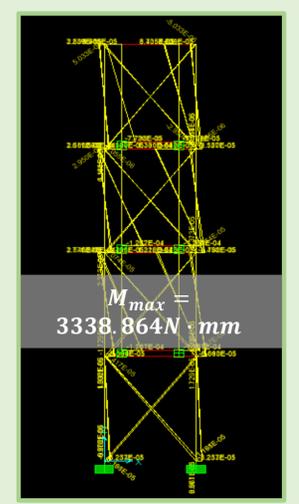
3. 구조 해석 및 응력 검토



최상부층 시간-변위그래프
→ $\delta_{max} = 20.3mm$



면진 힘-변위력 그래프



| | PGA = 0.4g | | | PGA = 0.7g | | |
|----|-----------------------|-----------------|------|-----------------------|-----------------|------|
| | $M_{max}(N \cdot mm)$ | $\sigma_2(MPa)$ | FS | $M_{max}(N \cdot mm)$ | $\sigma_2(MPa)$ | FS |
| 내진 | 1977.46 | 19.36 | 1.19 | 4648.09 | 33.89 | 0.69 |

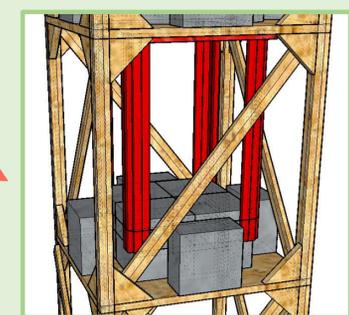
| | PGA = 0.6g | | | PGA = 0.7g | | |
|----|-----------------------|-----------------|------|-----------------------|-----------------|------|
| | $M_{max}(N \cdot mm)$ | $\sigma_2(MPa)$ | FS | $M_{max}(N \cdot mm)$ | $\sigma_2(MPa)$ | FS |
| 면진 | 2671.09 | 20.86 | 1.11 | 3338.86 | 24.34 | 0.96 |

고정 하중에 의해 기둥에 전달되는 응력 $\sigma_D(MPa)$
0.613

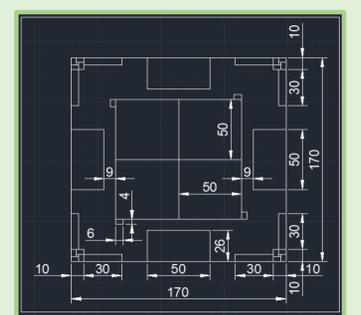
- M_{max} 는 2층 기둥에서 최대 휨 모멘트
- σ_2 는 2축 방향에 대한 휨 응력
- FS는 σ_a/σ , $\sigma_a = \phi \cdot \sigma_u + \sigma_D$ ($\sigma_u = 28MPa, \phi = 0.85$)

- 2축 지진 입력을 고려한 1축 응력 σ_1 에 할증(30% 방법 적용), 파단강도에 강도 감소 계수($\phi=0.85$) 적용
- SAP2000 프로그램을 활용하여 1축 인공지진파를 입력한 지진해석
- 각 모델의 최상층 변위와 기둥에서의 최대 모멘트 값 M 도출
- 고정 하중에 의한 응력을 고려하여 안전율 계산

4. 모형 제작



층면진



2,3,4층 평면도

- 하중 블록을 범퍼로 활용하여 지진 에너지를 충격 에너지로 흡수
- 복원부재의 원활한 기능수행을 위한 면실 추가 및 고정

5. 제작 비용

| 재료명 | 단가(백만원) | 필요 수량(개) | 금액(백만원) | 예상금액(백만원) |
|----------------|---------|----------|---------|-----------|
| MDF Base (기초판) | - | 1 | - | 1630 |
| MDF Strips | 10 | 60 | 600 | |
| MDF Plate | 100 | 4 | 400 | |
| 접착제 | 200 | 3 | 600 | |
| 면줄 | 10 | 3 | 30 | |