



AJOU UNIVERSITY

2024 구조물 내진설계 경진대회

주제 : 내진설계를 통한 구조물의 지진피해 저감

팀명 : 굴러가유

지도교수 : 조봉호 교수님

대학 : 아주대학교 건축공학전공

팀원 : 광정석, 김슬아, 임채범, 임지현

‘LM 면진테이블’ 에서 착안한 구조물 내진 설계

광정석 (팀장)

구조물 제작

구조도면 제작

MIDAS 분석

김슬아

구조물 제작

대회규정 분석

물성치 분석

임채범

구조물 제작

실험결과 분석

물성치 분석

임지현

구조물 제작

지진파 분석

설계제안서 제작

CONTENTS

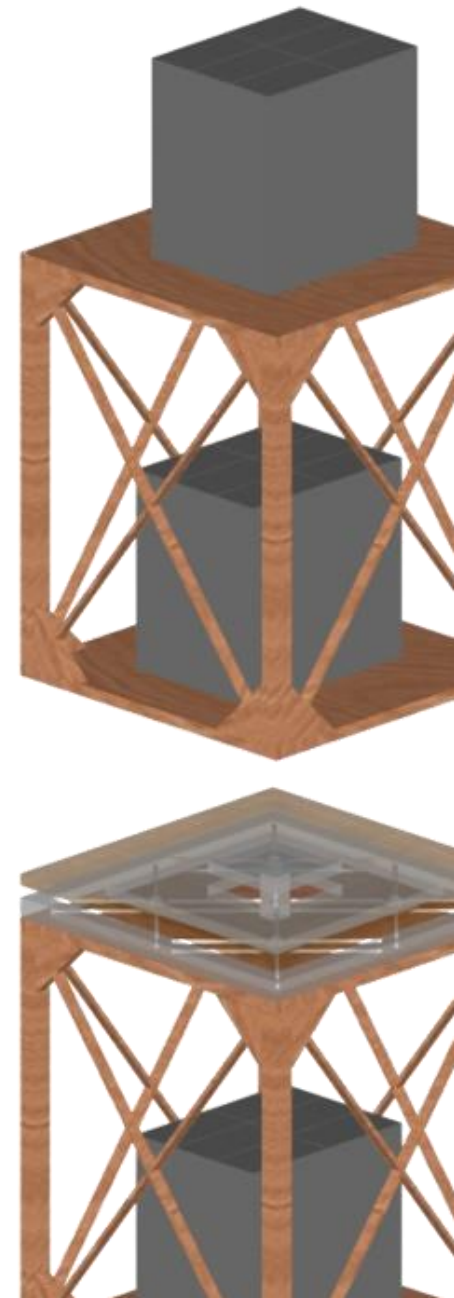
01 설계 개요

02 구조 설명

03 붕괴 메커니즘

04 실험 및 보완

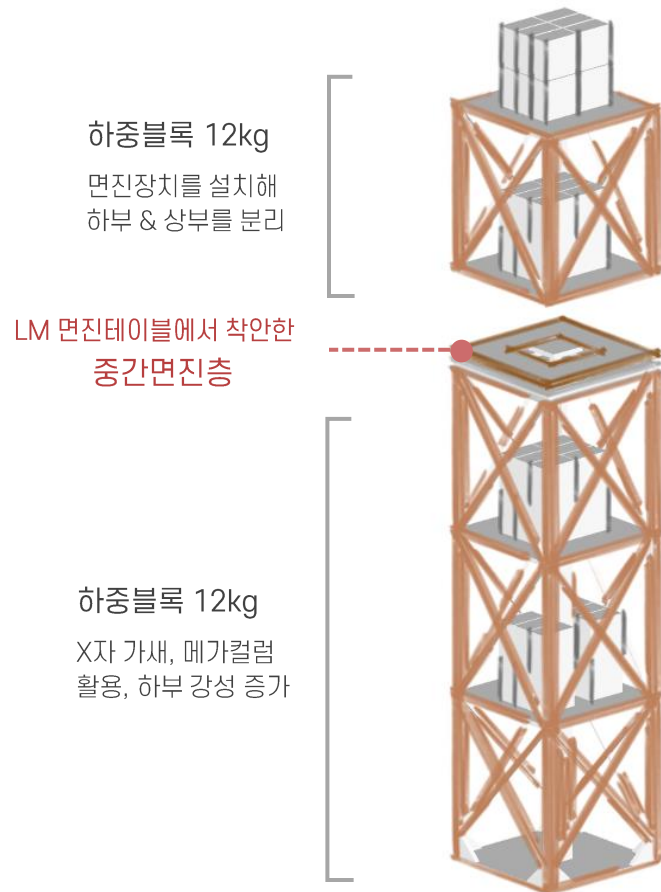
05 공정표



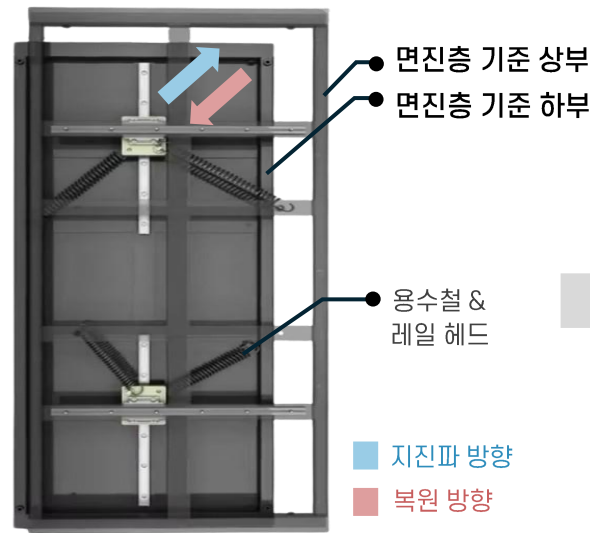
01 설계 개요

설계 Concept : 'LM 면진테이블' 에서 착안한 구조물 내진 설계

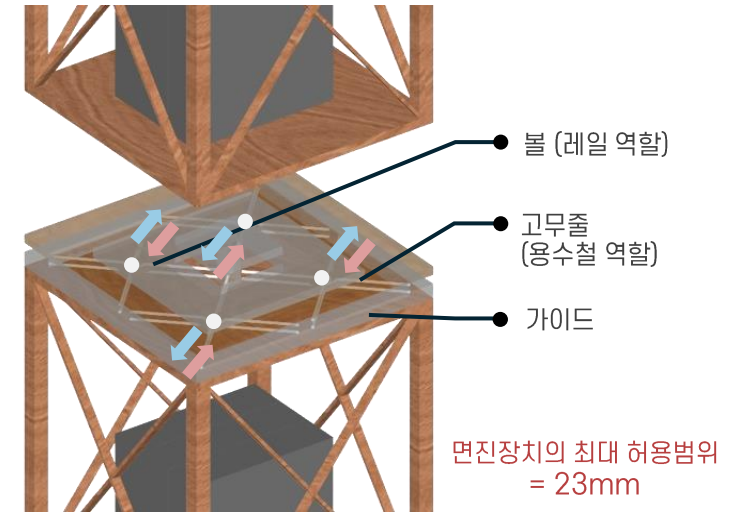
◇ 설계 스케치



◇ 'LM 면진테이블' 에서 착안한 구조물 내진 설계



< LM가이드 면진테이블 >



< 설계안 면진층 적용 설계안 >

Q. 왜 중간층 면진 을 활용하여 설계했는가?

- 기초층 면진을 선택할 경우, 지반에 면진층 변형에 따른 가동범위를 지반에 확보하지 못해 건물 전체가 지진 충격으로 인한 붕괴 위험 O

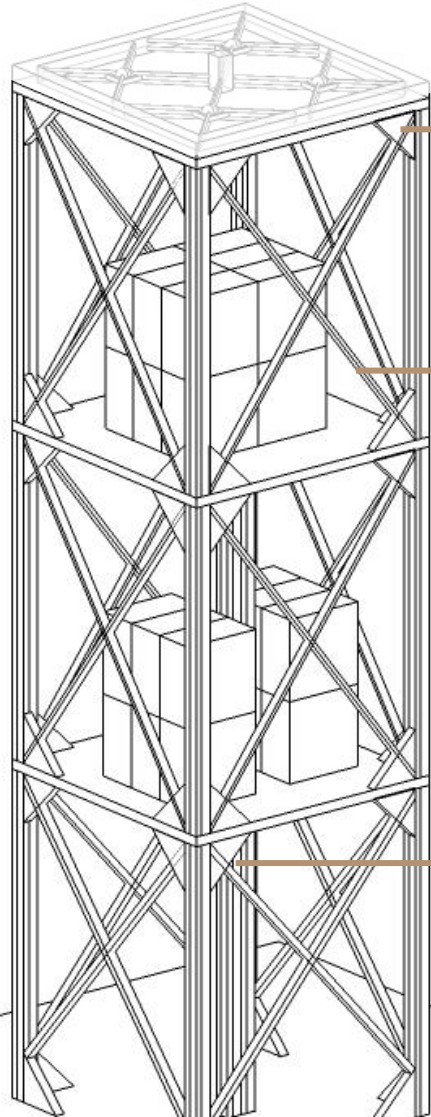
출처 : 오상훈, 「중간층 면진구조 시스템의 동적 응답특성 및 응답 저감 효율에 관한 연구」 (2013)

Q. 왜 LM면진테이블 개념을 활용했는가?

- 재료가 면줄 → 고무줄로 변경 = 탄성 활용 가능
- 면진구조에서 가장 중요한 점은 지진의 변위에 맞추어 움직이며 원래 상태로 복원되는 것

02 구조 설명

“ 기초면 굴착이 어려운 것을 고려해 **중간층 면진으로 설계 하되, 하중이 절반으로 분할되도록 4층 슬래브에 면진층 배치** ”



가셋 플레이트

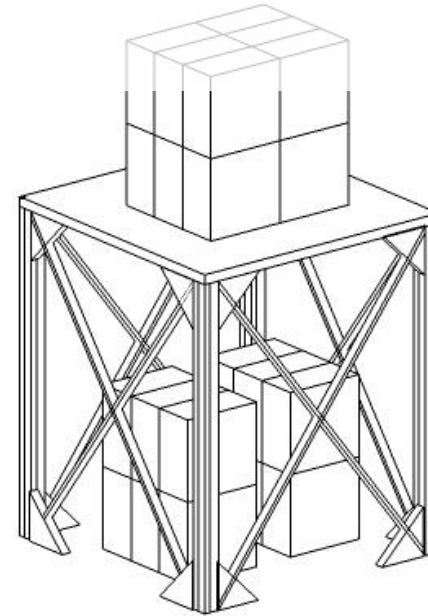
구조 자체의 강성을 높이기 위해 모든 모서리에 가셋플레이트를 배치

X자 가새

X자 가새를 설치하면 약 16.55배의 강성이 증가, 따라서 X자 가새를 모든 기둥 사이에 배치하여 강성 증가시킴

메가 컬럼

본 구조물의 하단부(1,2층)의 경우, 상부의 24kg 고정하중 때문에 구조체가 받는 부담이 커 이를 보강하기 위해 메가컬럼 설치



상하부 가이드

면진층(4층 바닥&3층 천장)을 고무줄로 묶어주더라도, 탄성이 있는 고무줄의 특성으로 수직 변위가 발생할 수 있기 때문에 상하부 가이드 설치

면진층 고무줄 (용수철 역할)

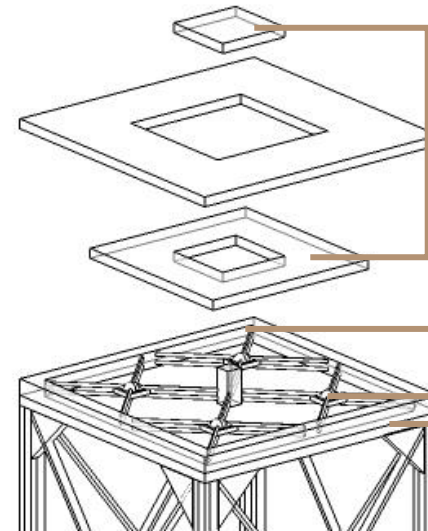
4개의 볼과 연결된 고무줄은 충격이 가해졌을 때 탄성으로 활용해 볼의 원위치 복귀를 도움

볼(ball) & 볼 케이스

4개의 볼보다 조금 더 큰 크기의 링 안에 볼을 넣고, 해당 링을 고무줄로 묶어 볼을 제약

가이드

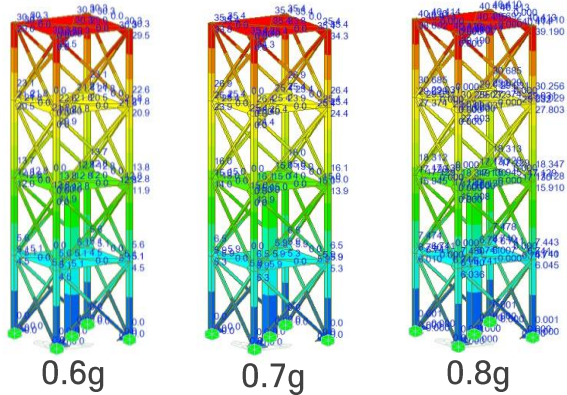
볼보다 조금 낮은 높이로 둘레에 설치된 가이드는 볼이 면진층 밖으로 벗어나는 현상 방지



03 붕괴 메커니즘

◇ 붕괴 메커니즘 설계 분석

MIDAS GEN 을 활용해 측정한 면진층의 최대변위



심사기준을 살펴보면 ‘설계지진 초과 시 붕괴 메커니즘을 고려하여 파괴를 유도하는 정밀설계를 하여야 한다’ 라고 제시되어 있다.

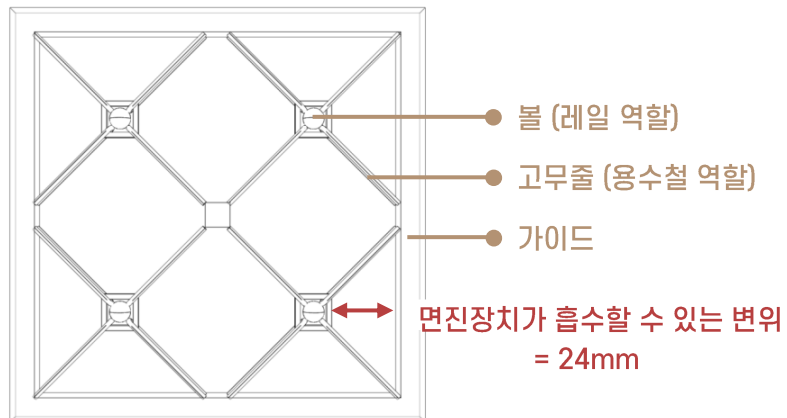
따라서 본 구조물을 면진층에서 0.7g 이하의 충격에는 견디며, **0.7g의 충격을 받았을 때 구조물이 붕괴하도록 설계** 하였다. 메가컬럼, 가새, 가새 플레이트 등 기본 설계가 완료된 상태에서 MIDAS GEN을 활용해 측정한 최대변위는 아래와 같다.

따라서 0.7 g 이상의 강도에서 구조의 붕괴를 유도하기 위해서는 면진층에서 **흡수되는 지진력을 변위 23.1mm 이상 ~ 26.9mm 이하로 설계** 하였으며, 설계한 면진층의 평면은 아래 그림과 같고, 면진층이 흡수할 수 있는 지진력을 변위 24mm로 제작하여 계산 결과 상, **0.7g 강도의 지진에서 붕괴** 한다.

지진강도	0.6 g	0.7 g	0.8 g
최대 변위	23.1 mm	26.9 mm	30.7 mm

실험결과, **0.7g 강도의 지진에서 구조물이 붕괴함을 확인**

◇ 면진장치와 붕괴유도 메커니즘



< 면진층 평면도 >

본 설계안의 **최대 24mm까지의 변위를 흡수** 하며, 이후에는 건물에 충격을 가하기 시작

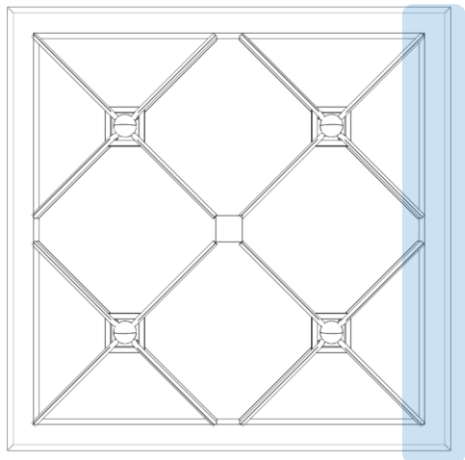
(1) 강도 0.6g 이하 → 지진 최대변위가 23.1mm 이므로 구조물의 붕괴 유도 X

(2) 강도 0.7g 이상 → 지진 최대변위가 24mm 이상 이므로 구조물의 붕괴 유도 시작 O

**지진의 강도에 따른 구조물의 최대변위와 고무줄 탄성한계를 고려해
0.7g 강도에서 붕괴하는 구조물 설계**

04 실험 및 보완

◇ 1차 실험 결과



< 면진층 평면도 >

면진층 부위() 파단으로 하단부로 하중이 집중되었고, 0.7g에서 하단부 파단으로 구조물 전체 붕괴

⇒ 면진층의 파단된 부위가 접착불량
접착불량은 시공상 하자에 해당
시공 하자가 제거된 상태에서 의도한
붕괴 메커니즘을 따르는지 확인 필요

◇ 2차 실험 결과



1차 실험 결과에서 파단한 시공상 하자를 보완하여 실험한 결과, 0.7g에서 면진층이 허용가능한 변위보다 더 큰 변위가 발생하여 브레이스가 먼저 파괴, 이후 기둥이 파괴되며 전체 구조물 붕괴

결론

2차 실험 결과, 붕괴 메커니즘대로 0.7g에서 큰 변위 발생
브레이스 → 기둥 순서로 전체 구조물이 붕괴하는 것을 확인
따라서 본 설계안을 최종 설계안으로 채택

05 제작 공정표

◆ 제작공정표

[illegible]

◇ 수량 계산 및 경제성 평가

부재명	부재규격	부재개수	부재명	부재규격	부재개수
기둥	200mm X 10mm X 10mm	16	면진층 고무줄 (레일)	50mm	8
2,3, 옥상층 슬래브	170mm X 170mm X 6mm	3	면진층 볼	10mm X 10mm X 6mm	8
면진층 슬래브 (4층)	170mm X 170mm X 6mm	1	면진층 고무줄	40mm	24
면진층 가장자리 가이드	170mm X 170mm X 6mm	1	1,2층 메가 컬럼	15mm X 15mm X 200mm	2
면진층 중앙 가이드	45mm X 45mm X 6mm	1	가셋플레이트	30mm X 30mm X 6mm	84

재료명	규격	단가 [백만원]	수량	합계 (백만원)
MDF Base	400mm X 400mm X 6mm	-	1	-
MDF Stripe	600mm X 4mm X 6mm	10	38	380
MDF Plate	200mm X 200mm X 6mm	100	6	600
고무줄	600mm	40	2	80
A4지	A4	10	1	10
접착제	20g	200	2	400
총액				1490