

2019 구조물 내진설계 경진대회

가천대학교 설계제안서

아
공
이

아 공 이

아주 궁금하다.. 이 팀

아궁이에 불을 떼면 집 전체가 따뜻해 지듯이 제진 장치가 건물 전체를 안전하게 한다.

최원창 교수님

자문 위원

윤태진

팀장
지진파 분석 및 시공

백대일

구조해석 및 3D 모델링

안용태

설계제안서 및 도면 작성

장홍석

MIDAS 해석 및 적산

목 차

1. 설계 방향

- 목표 구현
- 규정 분석

2. 구조 해석

- 물성치 시험
- 설계 핵심
- 실험 과정
- 마찰 플레이트
- 층의 구분
- 구조 설계

3. 설계 도서

- 평면도 및 입면도
- 공정표
- 내역서

목표 구현

1 설계방향

건축 법령

[제48조의3(건축물의 내진능력 공개)]

1. 층수가 2층 {주요구조부인 기둥과 보를 설치하는 건축물로서 그 기둥과 보가 목재인 목구조 건축물 (이하 "목구조 건축물" 이라 한다)의 경우에는 3층} 이상인 건축물
2. 연면적이 200m² (목구조 건축물의 경우에는 500m²) 이상인 건축물

대회 요강

1. 작품은 4층 이상으로 제작되어야 하며, 각 층은 규정된 하중을 정적으로 지지할 수 있어야 한다.
2. 각 층의 바닥 면적은 10,000mm² 이상, 30,000mm² 이하이어야 한다.

추진 목적

구조물의 성능기반 내진설계

- 엔지니어가 갖추어야 할 기술 능력 및 공학적 사고능력 향상.
- 구조물의 내진 등급과 목표 내진성능 수준에 대한 이해 증진.
- 창조적 사고 능력을 갖춘 우수인력 및 창의적 내진기술 개발.
- 리더십 배양 및 관련지식의 상호 교류

**“Scale 1:10⁶ 해당하는 건축법령의 실현화”로
경진대회 추진 목적의 능력 구현.**

[원칙]

작품은 4층 이상으로 제작되어야 하며, 각 층은 하중을 지지할 수 있어야 한다.

[구조]

각 층의 바닥 면적은 10,000mm² 이상, 30,000mm² 이하이어야 한다.

정사각형 기준 최대바닥면적은 173mmx173mm.

각 층의 높이는 200mm 이상, 총 높이는 800mm 이상 900mm 이하가 되어야 한다.

플레이트 사용 시,
각 층의 기둥의 길이는 최소 194mm.

※ 층고는 각 층의 바닥면 간격을 기준으로 측정한다.

[하중]

하중은 각 층에 6kg 이상의 하중블록(개당 0.5kg, 50x50mm²)을 설치하며 총 24kg 이상의 하중블록을 설치해야 한다.

설계 시 하중블록을 설치할 공간을 고려.

※ 1층 바닥에는 하중블록을 설치하지 않는다.

[비용]

작품 제작 재료의 총 비용은 1,200 백만원 이하인 경우 만점을 부여하고, 1,200 백만원 이상 2,400 백만원 이하인 경우 차등적으로 점수를 부여한다.

설계 시 각 부재의 정확한 필요량 산출 필요.

[시간]

작품 제작 시간(하중블록 설치 시간 포함)은 총 4시간을 초과할 수 없다.

체계적인 공정표 필요.

[평가]

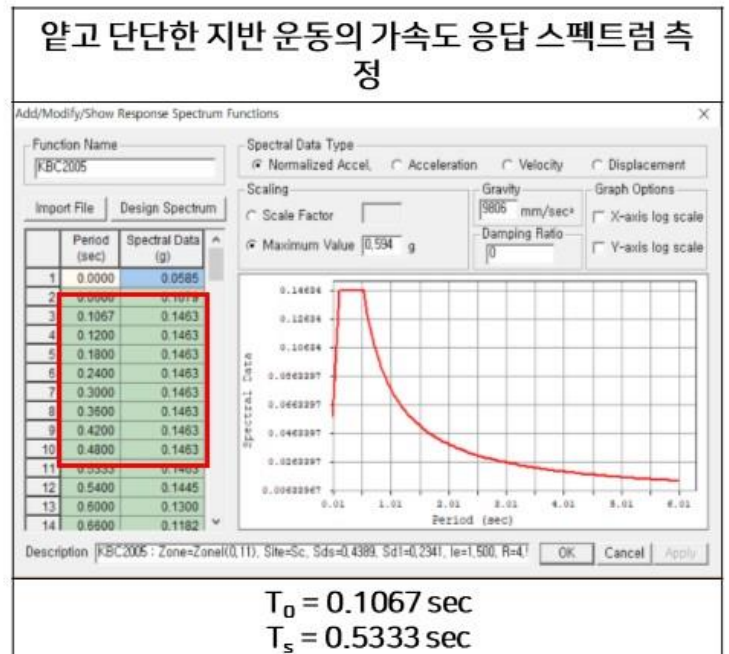
작품의 기능 및 디자인, 독창성과 내진구조에 대한 이해 및 설계능력에 대한 평가를 받는다.

지진파 분석

본 대회에서는 내진설계기준(KDS 17 10 00)을 참조하되, 아래의 위험도계수와 내진성능수준을 적용한다.
본 대회에서의 작품은 내진 특등급으로 설계되어야 한다.

목표 지진하중(지진구역 및 지진 위험도)				
지진구역	지진구역 계수(Z)	지반종류	위험도계수	
			500년	2,400년
I	0.11g	S ₂ 알고 단단한지반	2.7	5.4

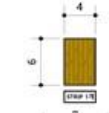
성능 목표				
설계지진 재현주기 (년)	내진성능수준			
	기능수행	즉시복구	장기복구/ 인명보호	붕괴방지
500	내진특등급	내진특등급	내진특등급	
2,400				내진특등급

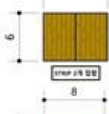


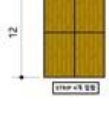
사용 MDF STRIP 강축과 약축

단면 2차 모멘트 공식으로 부재의 강축과 약축을 고려.

여기서, I : 단면 2차 모멘트(mm²)
b : 폭(mm)
h : 높이(mm)

$$I = \frac{bh^3}{12}$$


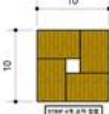
$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{4 \times 6^3}{12} = 72\text{mm}^4$$


$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{8 \times 6^3}{12} = 144\text{mm}^4$$


$$I_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{12 \times 8^3}{12} = 512\text{mm}^4$$

$$I_y = \frac{bh^3}{12} = \frac{8 \times 12^3}{12} = 1152\text{mm}^4$$

강축(Y축), 약축(X축)의 생성으로
기둥 사용의 부적합.



$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{10 \times 10^3}{12} - \frac{2 \times 2^3}{12} = 832\text{mm}^4$$

Y축과 X축의 단면 2차 모멘트 일치,
기둥 사용의 적합.

사용 MDF STRIP 탄성 계수

캔틸레버 보의 처짐 공식을 응용한 탄성계수 값 산출.

$$E = \frac{PL^3}{3\delta I} = \frac{2N \times 100\text{mm}^3}{3 \times 6.5\text{mm} \times 72\text{mm}^4} = 1424\text{MPa}$$

여기서, P : 하중(N)
L : 길이(mm)
 δ : 변위(mm)
I : 단면 2차 모멘트(mm⁴)



STRIP	No.	δ (mm)	E (Mpa)	Ave.
	1	6.5	1424	1407Mpa
	2	6.7	1381	
	3	6.4	1446	
	4	6.5	1424	
	5	6.8	1361	

5회 시험의 평균값을 MIDAS GEN 입력.

사용 면 줄 변형률

면 줄의 변형률로 인장력 사용.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{3\text{mm}}{210\text{mm}} = 0.0143$$

여기서, ϵ : 변형률
L : 원래 길이(mm)
 ΔL : 변형 길이(mm)

면줄 (이중)	No.	ΔL (mm)	ϵ	Ave.
	1	6	0.0279	0.0281
	2	6.3	0.0293	
	3	6.1	0.0284	
	4	6	0.0279	
	5	5.8	0.0270	
면줄 (20회 품)	No.	ΔL (mm)	ϵ	Ave.
	1	3	0.0143	0.0149
	2	2.9	0.0138	
	3	3	0.0143	
	4	3.3	0.0157	
	5	3.1	0.0148	

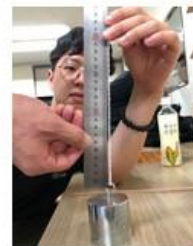
20회 끈 면 줄은 이중 면 줄보다 0.53배 변형률을 나타냄,
때문에 본 구조물에 20회 끈 면 줄을 사용.

사용 면 줄 탄성 계수

Hook's Law 공식을 응용한 탄성계수 값 산출.

$$E = \frac{P}{A\epsilon} = \frac{10N}{(0.75\text{mm})^2 \times \pi \times 0.0279} = 101\text{MPa}$$

여기서, P : 하중(N)
A : 면적(mm²)
 ϵ : 변형률



면줄 (20회 품)	No.	ϵ (mm)	E (Mpa)	Ave.
	1	0.0143	198	194Mpa
	2	0.0138	205	
	3	0.0143	198	
	4	0.0157	180	
	5	0.0148	191	

마찰 플레이트

마찰 플레이트 층을 두어 1,2층과 3,4층의 거동을 분리.
마찰 패드를 이용해 지진의 운동에너지를 마찰에너지로 전환.

구조 형태

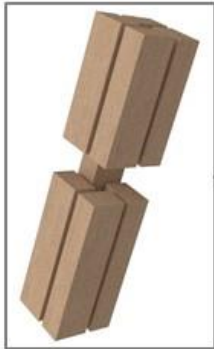
좁은 면적의 상부 구조물로 마찰 플레이트 거동 시 발생하는 전단력 감소.
마찰 플레이트 거동 시 상부 구조물의 이탈로 생기는 모멘트를 방지하기 위해 면적감소

층의 구분

마찰 플레이트 거동 시 발생하는 전단력 대비 1,2 층의 기둥과 가새 추가.
강성을 다르게 설계하여 서로 다른 고유 진동수로 공진현상에 대비.



설계 요약



3, 4F 부분 일체형 기둥

Strip 일체화 및 접합면 증가로 파단 방지.



보강 플레이트

기둥과 바닥 슬라브의 파단 방지.



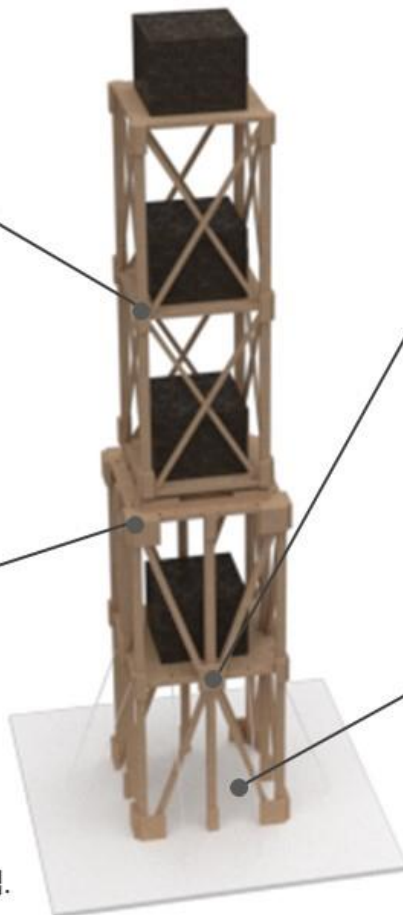
1, 2F 기둥

바닥 슬라브와 접합해 기본적인 수직하중을 견딤.



(1) 기초판 천공 및 기둥 삽입 (2) 와이어 연결

최고 모멘트 지점의 전도 방지.



1차 실험



문제점

- 수평 하중으로 인해 마찰 플레이트 상부판이 들려 강한 모멘트 발생.
- 상부 구조물 기둥 파단.

1차 보완



상부판과 하부판을 면 줄로 연결하여 전도 방지

2차 실험



문제점

- 최하부의 모멘트 증가.
- 기초판과 1층 기둥의 접합 부분 파단으로 구조물 전복.

2차 보완

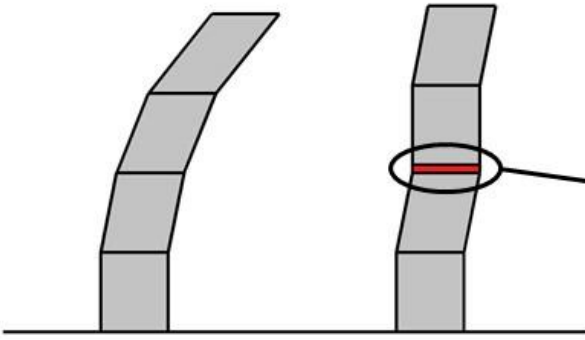


와이어 연결

실의 장력으로 기초판과 2층 바닥을 고정.

보강 플레이트

1층 기둥과 기초판 접합부에 보강 플레이트 설치.



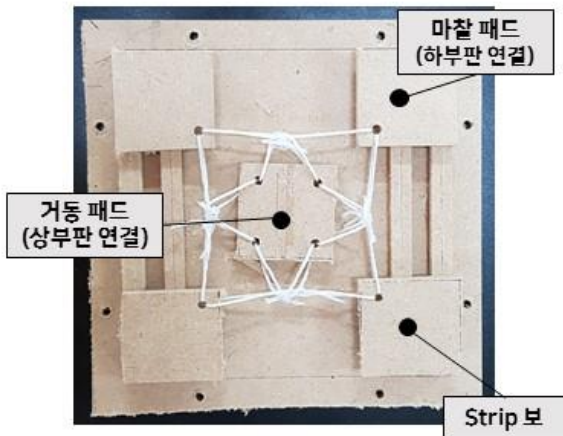
2층과 3층 사이에 거동이 가능한 제진 층(마찰 플레이트)을 설치하여 건물의 하부가 받는 모멘트를 분담.



[마찰 플레이트 3D 모델링]

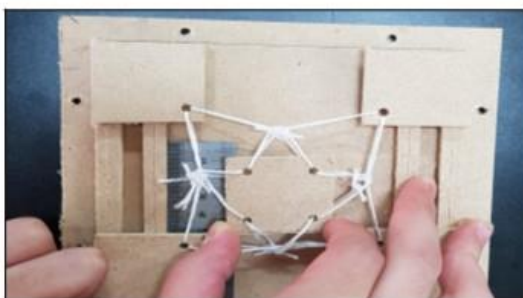


분리된 하부(1,2F) 구조물과 상부(3,4F) 구조물의 거동으로 생기는 마찰에너지로 구조물 전체가 받는 지진에너지 감소



작동 원리

1. 면 줄로 연결된 거동 패드(상부판 연결)와 마찰 패드(하부판 연결)를 통해 하부 구조물(1,2F)과 상부 구조물(3,4F)의 거동 분리
2. 거동 시 하부판의 마찰패드와 상부판의 Strip 보 사이 마찰에너지 발생



실의 장력으로 거동패드의 복귀
최대 거동 범위 : 1.4cm

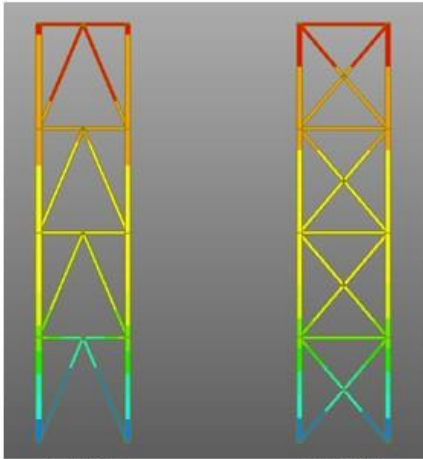


상부판과 하부판의 들림 방지.
면 줄을 사용해 고정.

층의 구분

가새

1차 가새 설계



[ㄱ 가새]

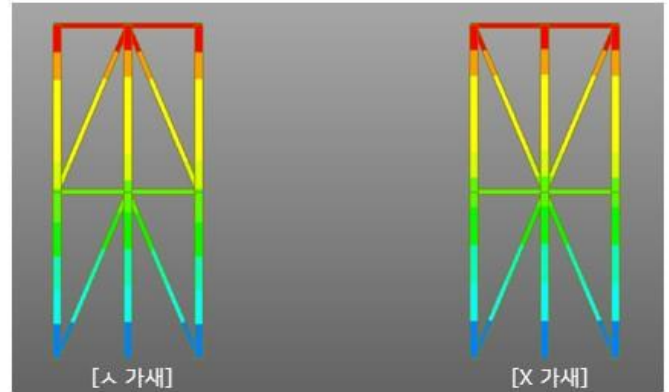
최대변위
16.308mm

[X 가새]

최대변위
15.429mm

- 수평 하중을 견디기 위한 가새 설치 필요.
- 상대적으로 변위가 작은 X가새 선택.

2차 가새 설계



[ㄱ 가새]

최대변위
5.225mm

[X 가새]

최대변위
5.235mm

- 마찰 플레이트의 층 분리로 인한 1, 2층 가새 재설계 필요.
- 마찰 플레이트의 거동으로 발생하는 전단력을 분산시키기 위해 기둥 4개 추가 설치.
- ㄱ 가새가 변위가 더 적지만 그 차이가 미미하여 주 기둥이 모서리 기둥의 전단력을 감소시키기 위해 X 가새 사용.

고유 주기

1, 2F 구조물

구분	MODE 1	MODE 2	MODE 3	MODE 4
형상				
주기	0.3667초	0.3667초	0.1031초	0.1031초

3, 4F 구조물

구분	MODE 1	MODE 2	MODE 3	MODE 4
형상				
주기	0.4349초	0.4349초	0.1769초	0.1769초

구조물의 면적과 강성에 따라 고유 주기가 다르다는 것을 알 수 있음.

상부 구조물과 하부 구조물의 고유 주기를 다르게 설계하여 공진현상을 회피.

종류	규격	부재명	단위 수량	단가 (백만원)	비용 (백만원)	합 계 (백만원)
MDF Base	400mm x 400mm x 6mm	기초판	1	-	-	-
MDF Plate	200mm x 200mm x 6mm	바닥 슬라브	3	100	300	500
		마찰 플레이트	2		200	
MDF Strip	600mm x 4mm x 6mm	마찰 플레이트	4	10	40	660
		1, 2F 기둥	22		220	
		1, 2F 가새	16		160	
		부분 일체형 기둥	16		160	
		3, 4F 가새	8		80	
면 줄	600mm	마찰 플레이트 거동	8	10	80	160
		와이어	8		80	
접착제	20g	접착제	2	200	400	400
총합 : 1720(백만원)						

부재 재활용

부재명	규격	수량	필요 재료 수량	부재 재활용
보강 플레이트 (Plate)	30mm x 30mm x 6mm	20개	MDF Plate 1개	바닥 슬라브 제작 시 여분 사용
보강 플레이트 (Strip)	30mm x 6mm x 4mm	4개	MDF Strip 1개	기둥 및 가새 제작 시 여분 사용
마찰 댐퍼 패드	40mm x 40mm x 6mm	5개	MDF Plate 1개	Plate 슬라브 제작 시 여분 사용

