

2022 구조물 내진설계 경진대회

SEISMIC

“다층 구조물 한계상태를 고려한 상세 내진설계”

강원대학교 "어떻게 지진까지 사랑하겠어"

김태완 교수님
강원대학교 건축공학과
자문위원

문관오 (4)
팀장 (총괄)
부재 상세 설계
3D 모델링

김세희 (4)
부재 상세 설계
경제성/시공성 검토
CAD도면 제작

최가희 (4)
MIDAS 구조해석
PPT 제작
안정성 검토

서은규 (3)
규정 분석
이론 분석 및 정리
안정성 검토

Contents

I . INTRO

- 규정 분석
- 설계 방향
- 물성치 분석
- 부재 단면 선정

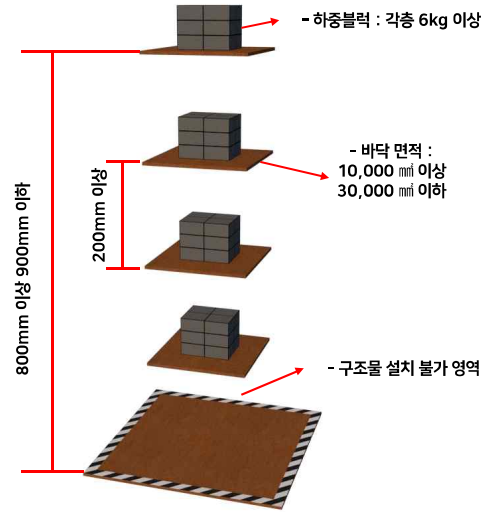
II . PROCESS

- 구조 설계 및 분석
- 설계 스펙트럼
- 안전성 검토

III . CONCLUSION

- 3D 모델링
- 평면도 및 입면도
- 내역서
- 공정표

규정 분석



1. 시공성

- 시공속도 50% + 시공방법 및 적절성 50%

등수	1	2 - 5	6 - 10	11 - 15	16 - 20	21 - 24
시공성A	5	4	3	2	1	0

→ 작업의 배분화 및 숙련도 향상 필요

2. 경제성

- 각 팀의 시공비용에 따른 절대평가 수행

제작비용 (백만원)	점수	비고
1,200	10	-
(차등 적용)	(차등 적용)	-
2,400	5	-
2,400 초과	(제작비용 - 2,400)/10 x 5	(감점)

→ 재료의 낭비 최소화 필요

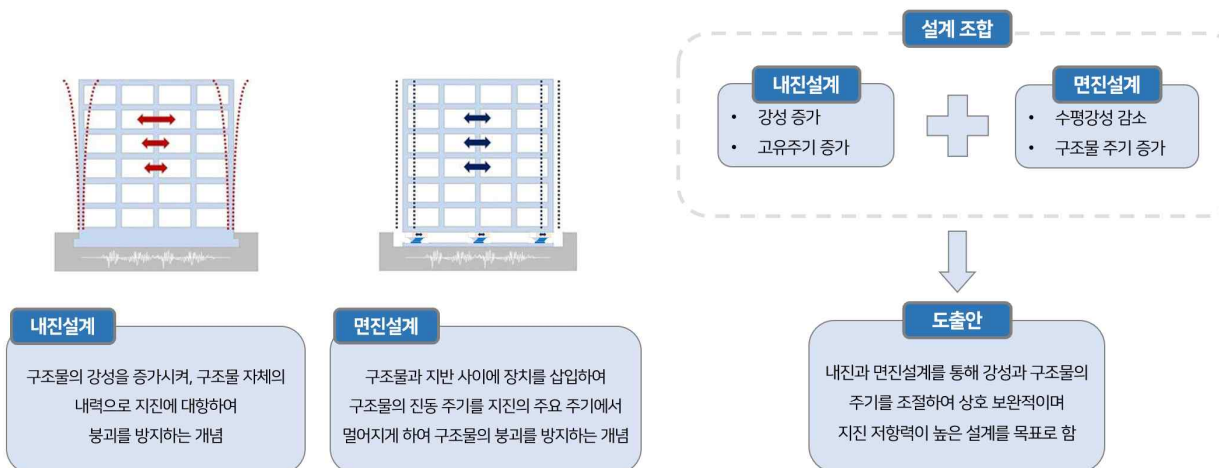
3. 구조성

- 지진력에 대한 구조 거동성 평가 40% + 실험결과에 의한 절대평가 60%

파괴 가속도	0.2 <	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
구조성 B	9	14	19	25	28	30	28	25	19	14	9

→ 성능 목표를 만족할 구조적 시스템 적용 필요

설계 방향



물성치 분석



탄성계수 측정

무게 (g)	하중 (N)	길이 (mm)	단위 (mm)	단면2차모멘트 (mm ⁴)	탄성계수 (MPa)
50	0.49	150	9.67	72	2,375.3
100	0.98	150	19.2	72	2,392.6
149	1.46	150	27.8	72	2,462.1
199	1.95	150	38.7	72	2,362.2
245	2.40	150	47.8	72	2,354.5

평균 탄성계수 : 2389.3MPa

물성치 분석

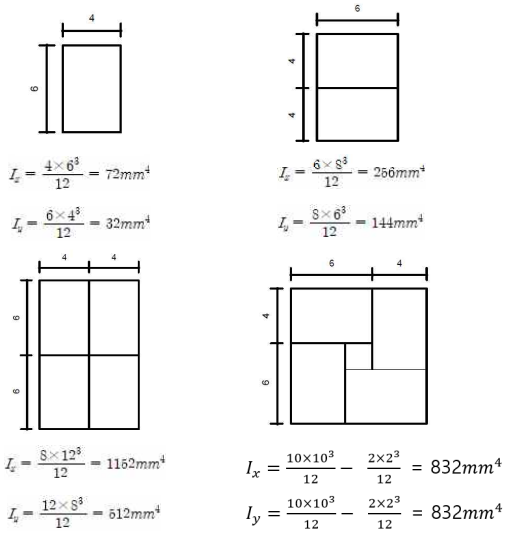


휨 강도 측정

무게 (g)	P _{max} (N)	길이 (mm)	b (mm)	h (mm)	M _{max} (kN·m)	휨강도 (MPa)
4,803	47.1	200	4	6	2,353.47	24.51
4,871	47.7	200	4	6	2,386.79	24.86
4,782	46.9	200	4	6	2,343.18	24.41
4,926	48.3	200	4	6	2,413.74	25.14
4,778	45.9	200	4	6	2,295.16	23.91

평균 휨강도 : 24.57MPa

부재 단면 선정



단면 2차 모멘트

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

I 단면 2차 모멘트
b 폭
h 높이

- 구조체는 취약 부분에 의해 구조 성능 결정
- 동일한 부재 개수 사용시, x축과 y축의 단면 2차 모멘트가 동일한 4번째 단면 채택 → 향상된 단면 성능 확보

Contents

I . INTRO

- 규정 분석
- 설계 방향
- 물성치 분석
- 부재 단면 선정

II . PROCESS

- 구조 설계 및 분석
- 설계 스펙트럼
- 안전성 검토

III . CONCLUSION

- 3D 모델링
- 평면도 및 입면도
- 내역서
- 공정표

구조 설계

코어벽

- 플레이트를 활용한 부재 강성 확보
- 하부층의 상부층 지지 능력 추가 확보

기둥

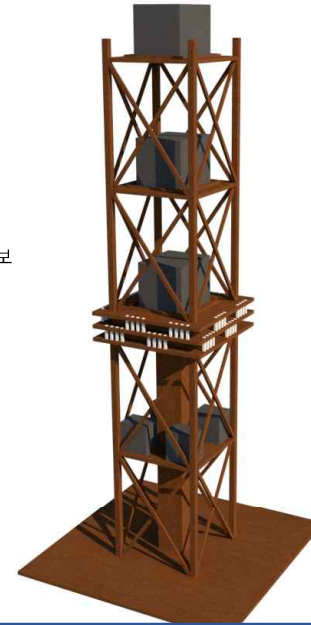
- 4개 Strip으로 1개 기둥 제작
- 이음 시공을 통한 접합 면적 증가 → 안전성 확보

X자 가새

- 부재 강성을 높여 내진 성능 확보
- 가새를 통한 기둥하중의 일부 흡수
- 기둥 제작 후 남은 Strip 활용 → 경제성 확보

면진 장치

- 상층부와 하층부 전단 변형 장치 설치
- 에너지 소산을 통해 전달 지진력 저감

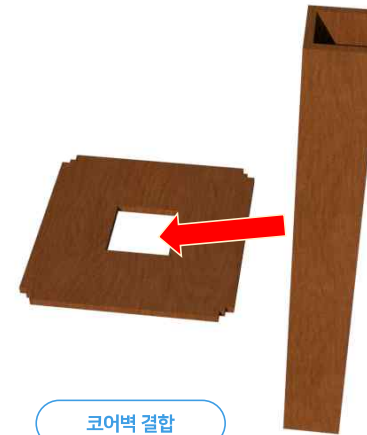


구조 설계



바닥체-기둥 결합

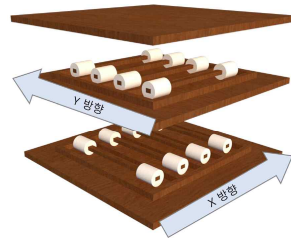
- 바닥 플레이트의 모서리를 깎아 기둥의 홈과 조립하는 방식
- 바닥 플레이트와 기둥의 일체화로 더 큰 안전성 확보



코어벽 결합

- 코어벽의 이음 시공을 통한 접합면적 증가
- 기초 및 바닥 플레이트 천공을 통해 하나의 코어벽 결합을 통해 코어벽 뒤틀림 방지 및 안전성 확보

구조설계 - 롤러 면진 시스템



배치 구조

- 중간층에 지진파 진행방향에 따라 X, Y축으로 이동하도록 하는 롤러형 면진 장치를 배치하여 상부 구조물에 격리기능 부여



면진 장치의 결합

- 면실을 활용한 결속으로 구조물의 탈락 방지
- X방향 거동과 Y방향 거동이 각각 이루어 질 수 있도록 분리 결합

*격리기능: 지진의 진동이 건물에 전달되지 않도록 격리하여 상부구조물의 내부시설물 보호 및 거주성 및 안전성을 향상시키는 것

구조설계 - 롤러 면진 시스템

제작 방법

Strip을 중심으로 종이를 말아 제작



초안



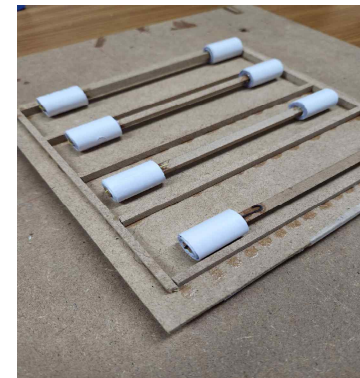
수정안

문제점

Strip에 종이를 말은 결과 타원형 롤러가 되며 롤러가 회전하지 않고 밀리는 현상을 발견

해결 방안

장변에 실을 추가, 두께를 증가시켜 최대한 원형에 가깝게 제작



실제 제작한 모습

설계 스펙트럼

3. 내진설계목표 및 성능수준

- 내진설계 및 설계응답스펙트럼 작성에 관한 사항은 철부의 건축물 내진설계기준 (KDS 41 17 00: 2019)을 참조하되, 본 대회에서는 진동대 실험 조건을 고려하여 아래에서 정의하는 지진하중의 크기(유효수평지반가속도)와 내진 성능목표를 적용한다.

1) 지진하중

- 유효수평지반가속도 (S)

재현주기(년)	유효수평지반가속도 (S)
500	0.3 g
2400	0.6 g

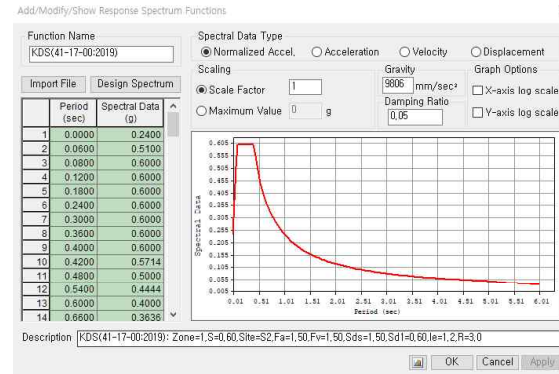
- 지반증폭계수 : 설계스펙트럼 작성 시 단주기 지반증폭계수(F_v)와 1초 주기 지반증폭계수(F_1)는 1.5로 가정한다.

2) 성능목표

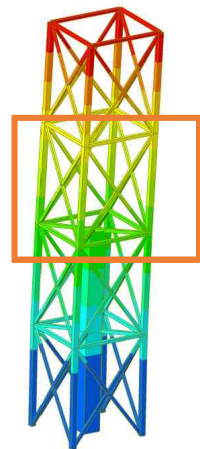
- 500년 재현주기 지진에 대해 기능수행, 즉시복구, 장기복구/인명보호 수준을 만족하여야 한다.
- 2400년 재현주기 지진에 대해 붕괴방지 수준을 만족하여야 한다.

성능목표	
재현주기(년)	구조물의 성능 수준
500	기능수행
2400	붕괴방지

Node	Mode	UX	UY	UZ	RX
EIGENVALUE ANALYSIS					
Mode No	Frequency (rad/sec)	Frequency (cycle/sec)	Period (sec)	Tolerance	
1	44.5725	7.0939	0.1410	1.9450e-25	
2	44.5725	7.0939	0.1410	1.9450e-25	
3	56.7121	9.0260	0.1108	1.9450e-25	
4	129.7531	20.6503	0.0484	1.9450e-25	
5	129.7531	20.6503	0.0484	1.9450e-25	
6	194.7630	30.9975	0.0323	1.9450e-25	
7	223.5112	35.5729	0.0281	1.9450e-25	
8	223.5112	35.5729	0.0281	1.9450e-25	
9	276.5024	44.3348	0.0226	1.9450e-25	
10	358.6345	57.0785	0.0175	1.9450e-25	
11	358.6345	57.0785	0.0175	1.9450e-25	
12	401.2828	63.8534	0.0157	1.9450e-25	

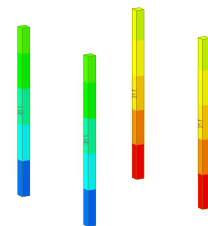


마이더스 검토내용



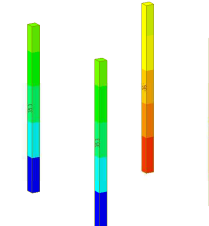
MDF의 평균 휨강도 : 24.57MPa

유효수평지반가속도
0.3g



구조물의 부재가 파괴되지
않으므로 500년 재현주기에
가능수행 성능목표 만족

유효수평지반가속도
0.7g



목표 가속도인 0.7g에서
구조물의 부재가 전부 파괴

Contents

I . INTRO

- 규정 분석
- 설계 방향
- 물성치 분석
- 부재 단면 선정

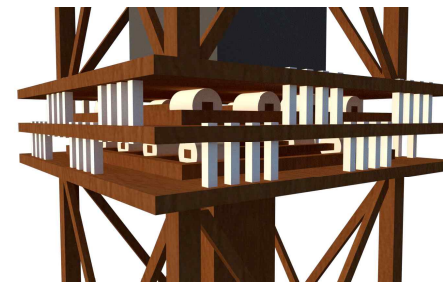
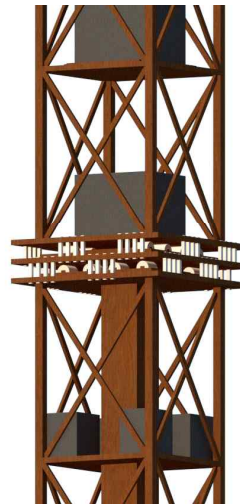
II . PROCESS

- 구조 설계 및 분석
- 설계 스펙트럼
- 안전성 검토

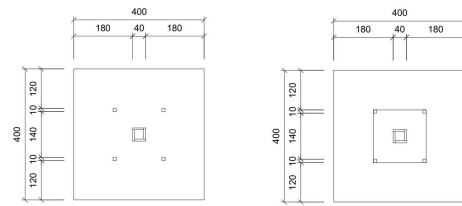
III . CONCLUSION

- 3D 모델링
- 평면도 및 입면도
- 내역서
- 공정표

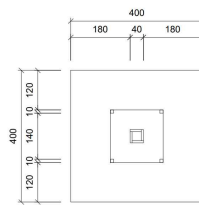
3D 모델링 자료



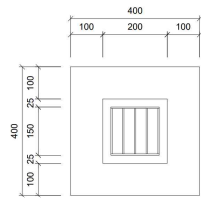
평면도 및 입면도



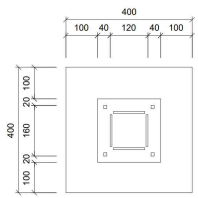
1층 평면도



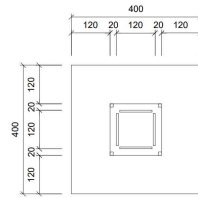
2층 평면도



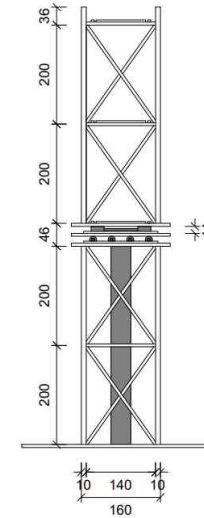
면진층 평면도



3층 평면도



4층 평면도



입면도

내역서

	부재명	개수	단가(백만원)	비용(백만원)	합계(백만원)
Plate	슬라브	3	100	300	700
	코어	1		100	
	면진 장치	3		300	
Strip	기둥	24	10	240	470
	가새, 면진 장치	21		210	
	바닥 Strip (가이드라인)	2		20	
면줄	면줄	24	10	240	240
A4	A4	10	10	100	100
본드	본드	3	200	600	600
총계	700+470+240+100+600 2,110 (백만원)				

공정표

공정목록	소요시간								
	0시간			1시간			2시간		
	20분	40분	60분	20분	40분	60분	20분	40분	60분
슬래브, 바닥판 제작 및 천공	A팀							A팀	
코어벽 제작			A팀					B팀	
가새 제작				A팀				다같이	
기둥 제작	B팀								
면진 장치 제작		B팀							
외부 기둥 설치				A팀					
슬래브 및 면진 장치 설치						다같이			
기본 골조 완성									
하중 블록 및 가새 설치							다같이		
최종 완성 → 총 약 2시간 30분 소요									