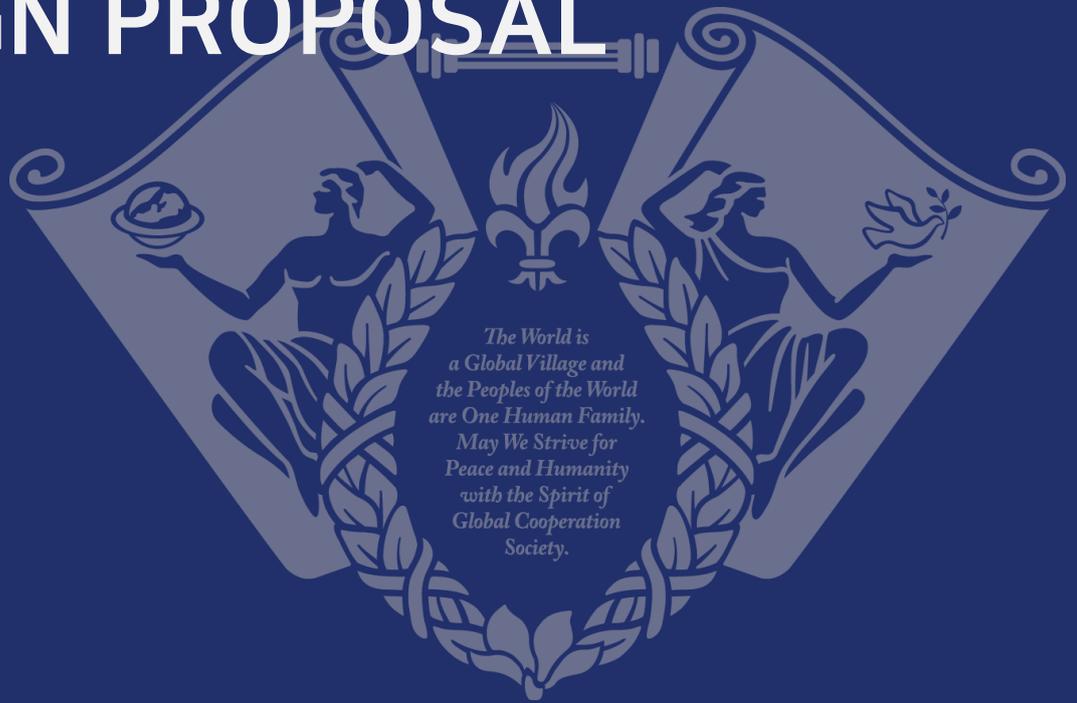


2023 구조물 내진설계 경진대회 설계제안서

SEISMIC STRUCTURAL DESIGN CONTEST 2023 DESIGN PROPOSAL



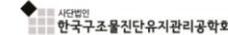
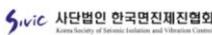
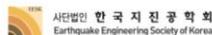
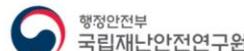
주관



주최



후원



협찬



KYUNG HEE
UNIVERSITY

MEMBERS

TEAM NAME

관찰아 내진이야

경희대학교 건축공학과

김대진 교수님

자문 및 지도교수



팀장

김지영

구조해석
구조물 제작
모델링
자료수집 및 정리

팀원

김지원

구조해석
구조물 제작
경제성 분석
시공성 분석

팀원

강선우

구조해석
구조물 제작
마이더스
지진파 분석

팀원

강민지

구조해석
구조물 제작
물성치 분석
자료 제작

CONTENTS

1

도입

INTRODUCTION

대회 규정 분석
설계방향

2

본문

MAIN

지진파 분석
물성치 분석
설계 최종 모델
모델링 및 도면

3

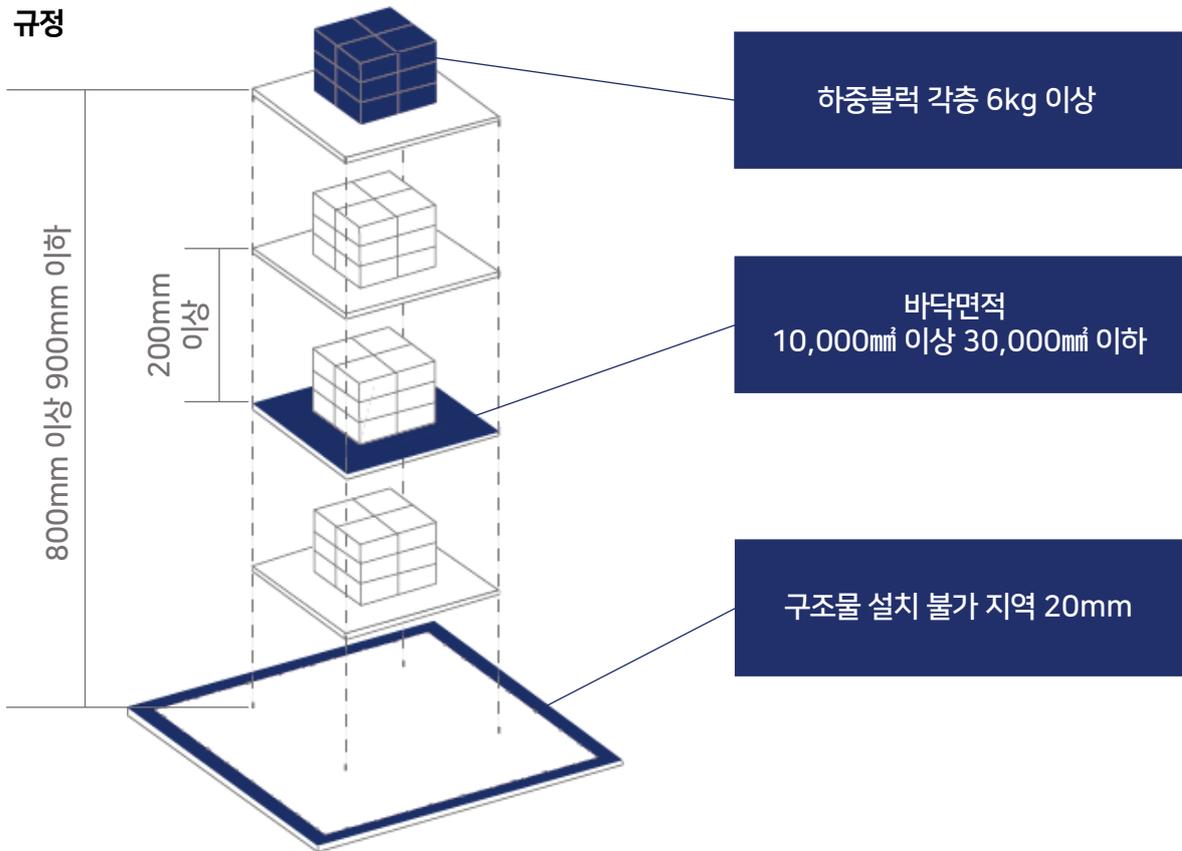
마무리

CONCLUSION

마이더스 구조 해석
원가관리
공정표

대회 규정 분석

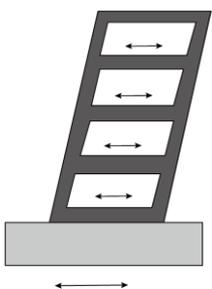
• 규정



• 재료

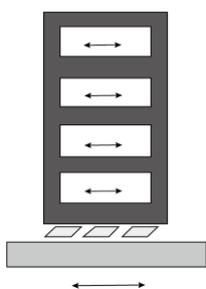
재료명	규격	재료명	규격
MDF Base	400mm x 400mm x 6mm	면줄	600mm
MDF Strip	600mm x 4mm x 6mm	A4	A4
MDF Plate	200mm x 200mm x 6mm	접착제	20g

설계 방향



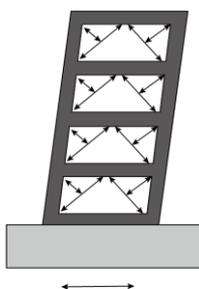
내진 구조

구조물의 강성을 증가시켜 지진력에 저항하는 방법



면진 구조

건물과 지반 사이에 전단변형 장치를 설치하여 지반과 건물을 분리 시키는 방법



제진 구조

진동에 대응한 제어력을 가하여 구조물의 진동을 저감하거나 강성이나 감쇠 등을 변화시켜 구조물을 제어하는 방법

상부층

상대적으로 가벼운 구조로 설계하여 하중을 최대한 가볍게 유지
안정성과 비용 효율성을 동시에 고려

중간층

면진 구조를 중간층에 적용하여 휨과 흔들림 최소화
벨트트러스와 아웃리거를 적용하여 취약부위 강성 확보 및 횡력 저항 성능 향상

하부층

강성을 높일 수 있는 내진 구조를 사용하여 휨에 대한 저항력 강화

지진파 분석

• 지진 구역 설정

지진 구역	행정구역		지진구역 계수(Z)
1	시	서울, 인천, 대전, 부산, 대구, 울산, 광주, 세종	0.11g
	도	경기, 충북, 충남, 경북, 경남, 전북, 전남, 강원 남부	
2	도	강원 북부, 제주	0.07g

• 대회 규정에 따른 지진파 정보

성능목표		
재현주기(년)	유효수평지반 가속도(s)	구조물의 성능 수준
500	0.3g	기능수행
2400	0.6g	붕괴방지

• 설계 스펙트럼 가속도 계산

단주기 설계 스펙트럼 가속도 : $S_{ds} = S \times 2.5 \times F_a \times 2/3$ ($F_a = 1.5$)

1초 주기 설계 스펙트럼 가속도 : $S_{D1} = S \times F_v \times 2/3$ ($F_v = 1.5$)

$$S = Z \times I$$

S : 유효수평지반가속도

I : 위험도계수

Z : 지진구역 계수

	500년	2,400년
단주기 설계 스펙트럼 가속도 (S_{ds})	0.75g	1.5g
1초 주기 설계 스펙트럼 가속도 (S_{D1})	0.3g	0.6g

• 구조물의 고유주기

$$T_0 = 0.2S_{D1}/S_{D3}$$

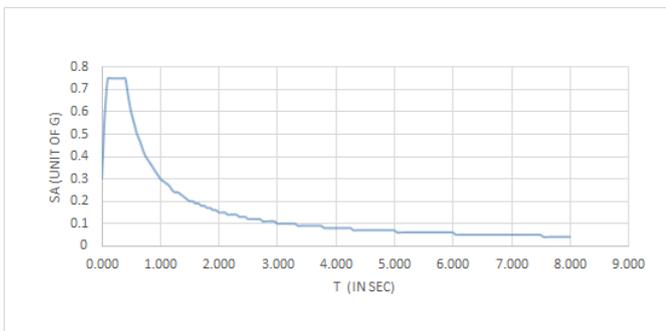
$$T_3 = S_{D1}/S_{D3}$$

500년, 2400년 = 0.08 (s)

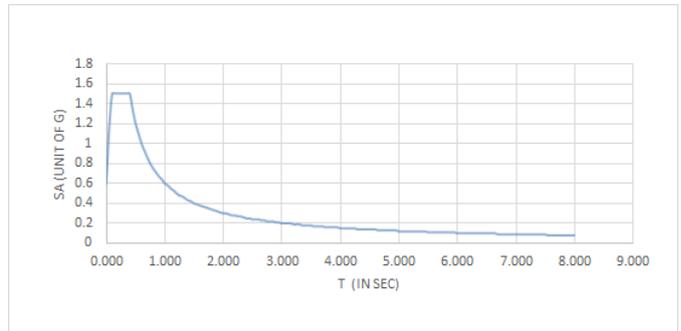
500년, 2400년 = 0.4 (s)

$T_L = 5(s)$ (KDS41 14 00:2019기준)

• 응답 스펙트럼



< 500년 주기 >



< 2400년 주기 >

탁월주기구간(고유주기) 0.08(s)~0.04(s)주기에서 설계 스펙트럼 가속도가 최대

고유주기구간에서는 최대응답가속도가 작용하므로 구조물의 주기가 탁월주기 구간을 배제한 안정주기구간에 들어가야 함.

면진 장치를 사용할 경우 구조물의 고유주기는 탁월주기보다 장주기화되어 가속도 입력과 응답을 줄이는 것을 목표로 함.

지진 가속도 0.7g에서 파괴유도 설계

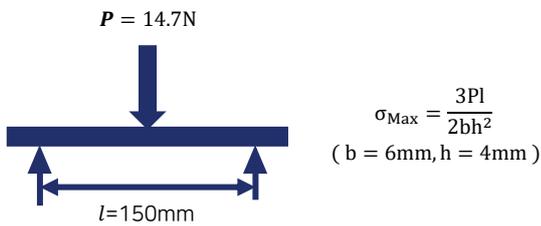
물성치 분석

• 4mmx6mm MDF 물성치 측정 실험

1. 3점 휨강도 계산식 사용



무게 (P)	경간거리 (L)	휨 강도 (σ)
1.5kg = 14.7N	150mm	34.6MPa



2. 집중하중을 받는 변위식 사용하여 탄성계수 추정



$$\delta = \frac{PL^3}{48EI} \rightarrow E = \frac{PL^3}{48\delta I}$$

무게 (P)	경간거리 (L)	처짐측정 (δ)	탄성계수 (E)
1.5kg = 14.7N	150mm	15mm	2153.3MPa

3. 축강도 산정

부재수	단면적	축 강도 (kN)
1	24	51.7
2	48	103.4
3	72	155.0
4	96	206.7

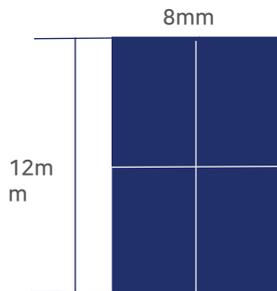
단면적이 클수록
축강도 우수
기둥의 파괴 가능성 적음

• 기둥 단면에 따른 강성 비교

Case 1

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

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

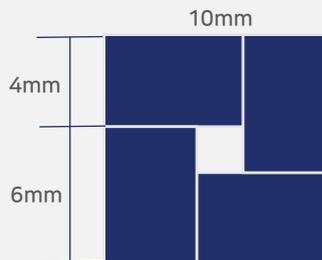


x축, y축 간의 강성이
불균등함. X축방향의
취약 부분이 발생함

Case 2

$$I_x = \frac{10^4}{12} - \frac{2^4}{12} = 832 \text{mm}^4$$

$$I_y = \frac{10^4}{12} - \frac{2^4}{12} = 832 \text{mm}^4$$



균등한 단면을 사용하여
큰 단면 성능 확보하기
위해 다음 단면을 선택

• 결정한 단면에 대한 탄성 계수 측정

실험 회수	P(N)	L(mm)	δ(mm)	I(mm ⁴)	E	평균E
1	9.8	100	12.5	832	314.1026	315.1321
2			12.6		311.6097	
3			12.3		319.2099	
4			12.4		316.6356	
5			12.5		314.1026	



부재 길이: 100mm / Δ(mm) : 변위 / I (mm⁴) : 832mm⁴

설계 최종 모델

면진

텐세그리티

면줄이 상당부 하중을 인장력으로 당김. 재료의 탄성으로 지진력을 효과적으로 분산함. 적은 부재 사용으로 높은 경제성을 가짐.

내진

X자 가새

구조물의 4면에 층마다 가새를 설치해 수평력에 저항. 구조물이 마름모 모양으로 변형하는 것을 방지함.

내진

아웃리거

켄틸레버 거동을 하는 코어벽의 응력을 외부기둥으로 전달함.

내진

벨트트러스

골조의 중간 부분에 설치해 Overturning모멘트 (전도모멘트)를 줄이고 건축물의 수평 변위를 작게 함.

내진

십자(+) 전단벽 코어

지진력과 같은 수평 전단력에 저항함. 폐쇄형 전단벽 코어보다 높은 경제성을 가짐.

내진

프리스트레스 기둥

기둥 안에 면줄을 넣어서 인장강도를 높이고, 기둥의 전층 일체화 유도함.

내진

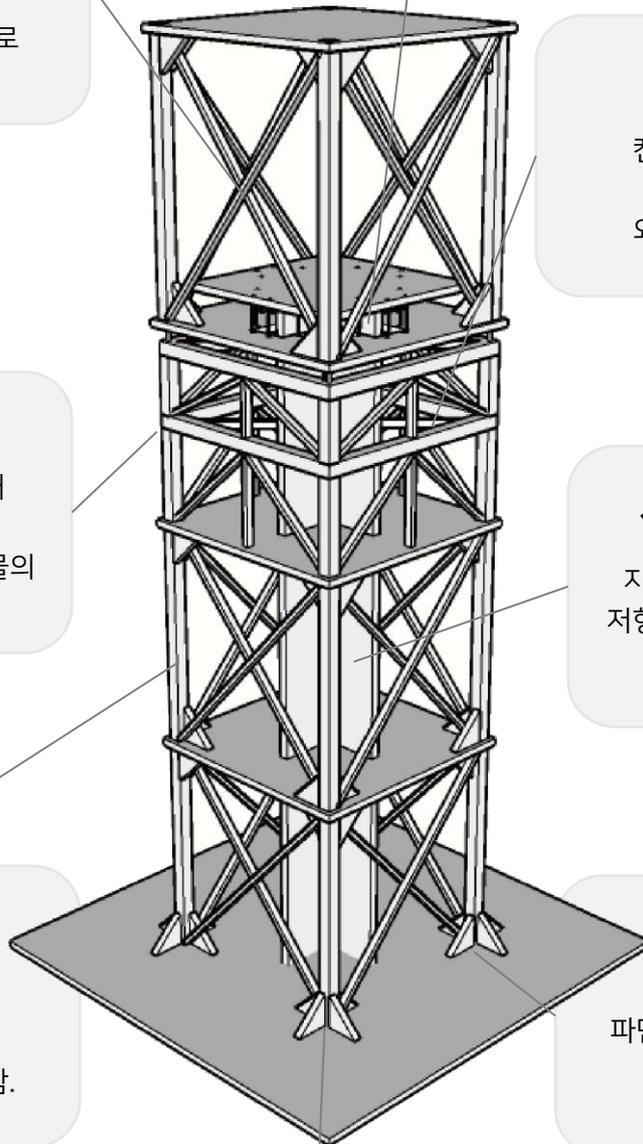
거셋플레이트

파단 가능성이 높은 접합부의 강성을 높임.

내진

기초판 굴착

기초와 기둥을 단단하게 고정함.

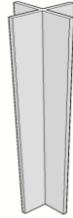
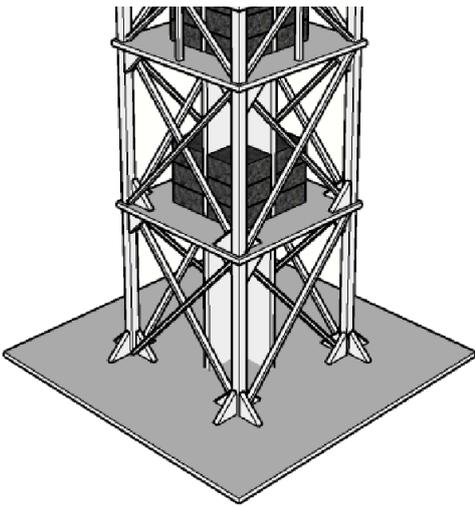


설계 최종 모델

1F~2F

내진구조

구조물의 강성을 높여 하부층을 단단하게 지지

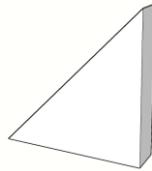


십자(+) 전단벽 코어

수평 전단력에 우수하게 저항하고 십자 형태로 내부 공간 활용도를 높임. 폐쇄형보다 적은 재료가 사용되어 경제성이 높음.

X자 가새 - CBF(Concentric Braced Frame)

부재 교차축과 가새 교차축을 일치시켜 중심가새골조인 X자 가새를 설치. 구조물 하부의 강성을 효과적으로 높여줌.



거셋플레이트

파단 가능성이 높은 접합부의 강성을 높임. 단순하지만 대량제작에 용이한 삼각형 모양으로 시공성과 경제성을 확보함.

3F

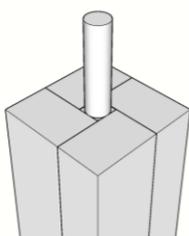
내진구조

구조물의 강성을 높여 하부층을 단단하게 지지



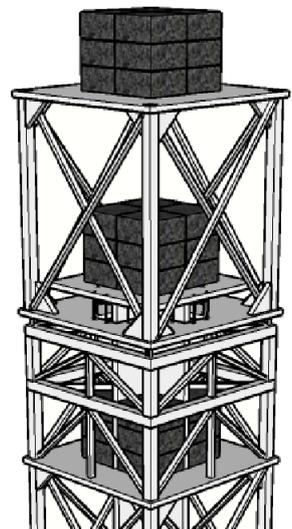
T자 가새 - EBF (Eccentric Braced Frame)

부재 교차축과 가새 교차축이 일치하지 않는 편심가새골조인 T자 가새를 설치. 강성은 다소 낮지만 연성을 효과적으로 높여주어 좌굴 가능성이 높은 중앙부의 유연한 수평력 저항성을 유도함.



프리스트레스 메가칼럼

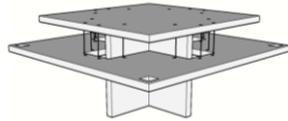
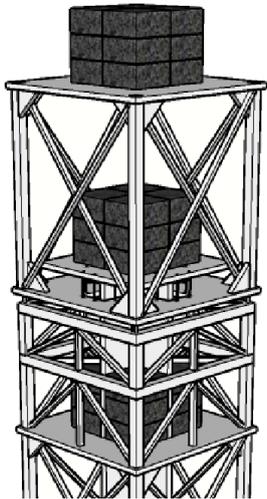
MDF strip 4개를 결합해 정사각형 형태의 메가칼럼을 제작하여 X, Y 방향으로 균등한 강성이 작용하도록 함. 내부 공간에 미리 인장력을 가한 면줄을 넣어 인장강도를 높이고 기둥 전층의 일체성을 확보함. 지진이 발생하는 동안 기둥의 압착 및 파열을 방지함.



설계 최종 모델

3F

면진구조 상부층에 가해지는 진동을 감소시켜 구조물의 휨 보정

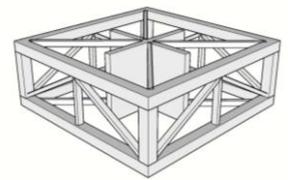


텐세그리티

상부층과 하부층의 분리 및 면진 설계를 위해 텐세그리티를 도입함. 구멍을 뚫어 면줄을 엮는 방식으로 높은 내구성과 경제성을 보장함. 코어와 케이블이 서로 밀고 당기며 구조체를 안전하게 유지함.

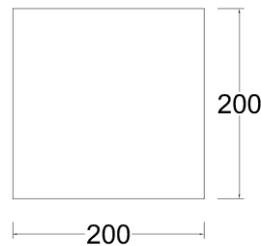
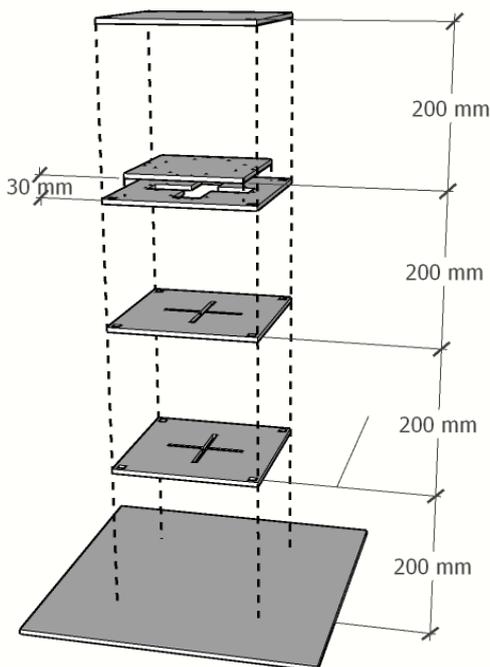
벨트트러스 & 아웃리거

코어 전단벽이 부담할 모멘트를 감소시키기 위해 면진층 하부에 전단벽+아웃리거 시스템을 도입함. 외부 4개의 기둥을 벨트트러스로 연결해 아웃리거와 직접 연결되지 않은 기둥을 횡력 저항 시스템에 포함시킴으로써 '코어 전단벽+아웃리거+벨트트러스 일체화'로 횡력 저항성능 향상시켜 타 층의 구조물량 감소 효과를 얻음.

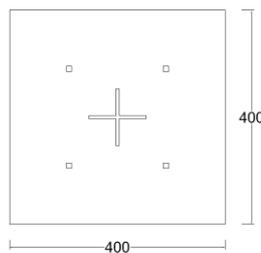


모델링 및 도면

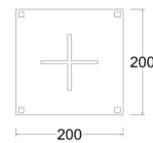
• 층별 단면도



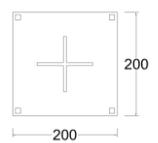
Top



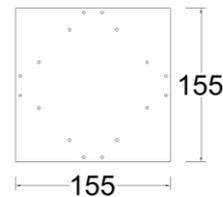
Base



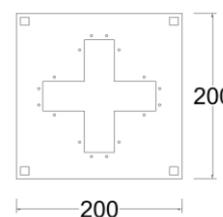
1F



2F

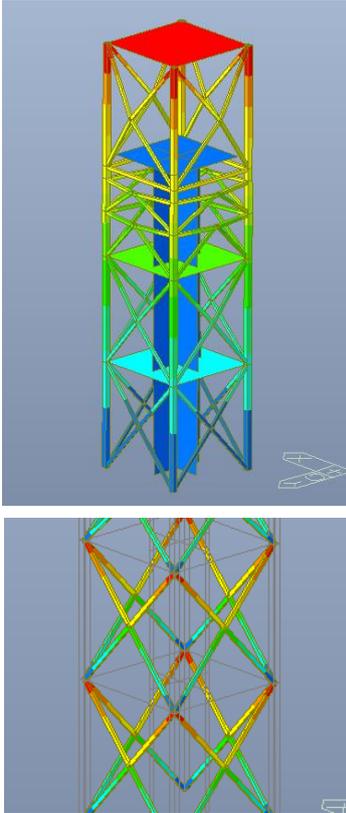


3F



מידאס(MIDAS) גורו חשק

• MIDAS MODELING



שאר מנינוורו דודו יורו

שאר חנוו הן ברורו הולשורו הוול חוקורו.
ענוברורו הול נוטורו מנינוורו דודו יורו
זינוענורו שוסנשוקו הולורו הודורו.

נורורו הול

קור זונורו הולורו נורורו ענו שחנוורו ברור
חונורו הול זינו ונונו חוקורו.

גורורו הול

גורו הזורורו הול חונורו הול חוקורו.
גורורו הול חולורו חורורו חונורו ברורו.

• גונחורו גורורו חשק

500נו זורורו הול
קור חודורו ברור
7.8mm יורו,

2400נו זורורו הול
קור חודורו ברור
15.1mm יורו.

• ענו שפרורו חשק (Response Spectrum Analysis)

זורורו (Natural Period) הול
0.63sec עורו חורורו (Dominant
Period) קורורו 0.08sec~0.4sec
ברורו חוקורו.

500נו זורורו הול

Generate Design Spectrum

Design Spectrum : IBC2012(ASCE7-10)

Design Spectral Response Acceleration

Site Class	B
Spectral Acceleration	0.75 g
Spectral Acceleration (S1)	0.3 g
Fa	1.5
Sds	0.75000 g
Fv	1.5
Sd1	0.30000 g

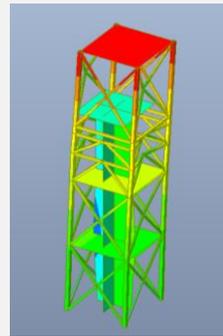
Importance Factor (I) 1.0

Response Modification Coef. (R) 1.5

Long Tran. Period (TL) 5 (Sec)

Max. Period 6 (Sec)

OK Cancel



2400נו זורורו הול

Generate Design Spectrum

Design Spectrum : IBC2012(ASCE7-10)

Design Spectral Response Acceleration

Site Class	B
Spectral Acceleration	1.5 g
Spectral Acceleration (S1)	0.6 g
Fa	1.5
Sds	1.50000 g
Fv	1.5
Sd1	0.60000 g

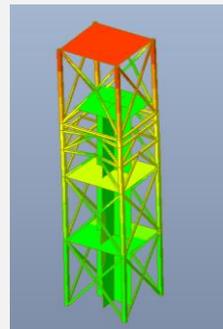
Importance Factor (I) 1.0

Response Modification Coef. (R) 1.5

Long Tran. Period (TL) 5 (Sec)

Max. Period 6 (Sec)

OK Cancel



원가관리

재료명	규격	부재명	단위 수량	단가 (백만원)	비용 (백만원)	합계 (백만원)
MDF Base	400mmx400mmx6mm	기초판	1	-	-	-
MDF Plate	200mmx200mmx6mm	바닥 슬래브	4	100	400	900
		진동판	1		100	
		거šet플레이트	1		100	
		내력벽	3		300	
MDF Strip	600mm x 4mm x 6mm	하부기둥	16	10	160	490
		상부기둥	8		80	
		하부가새	8		80	
		상부가새	4		40	
		아웃리거	12		120	
		벨트트러스	1		10	
면줄	600mm	기둥 프리스트레스 텐세그리티	12	10	120	120
		접착제	20g	2	200	400
Total						1910

공정표

구분	소요시간									
	1H			2H			3H			4H
	20분	40분	60분	20분	40분	60분	20분	40분	60분	-
자재 제작	슬래브	→								
	기둥 및 코어벽	→	→							
	아웃리거 자재	→								
	거šet플레이트 및 가새	→	→							
시공	면진층 슬래브 천공		→							
	기둥 및 코어벽 조립			→	→					
	슬래브 조립				→	→				
	거šet플레이트 및 가새 보강					→	→			
	면진층-코어벽 연결						→	→		
	면진층 하부 아웃리거 보강							→	→	
벽돌 각 층 하중블럭 부착								→	→	
김지원	→	김지영	→	강선우	→	강민지	→			