

강원대학교 건축공학과 **GO HIGH**

# 2019 구조물 내진설계 경진대회

## SEISMIC STRUCTURAL DESIGN CONTEST 2019

“구조물의 성능 기반 내진설계”



### Table of Content

## 01

### INTRO

- 팀소개
- 대회 규정 분석
- 설계 스펙트럼
- 물성치 분석
- 설계방향

## 02

### MAIN

- 구조물 설계 및 분석
- 설계 컨셉(내부, 외부)
- 작품 제작 및 실험
- 최종 구조물
- 구조물 예상 거동

## 03

### CONCLUSION

- 3D모델링
- CAD 도면
- 내역서
- 공정표

## 01

## 팀소개

대회 규정 분석

설계 스펙트럼

물성치 분석

설계방향

3

Seismic Structural Design Contest 2019

KNU 건축·토목·환경공학부 건축공학전공

## 01 INTRO

## 팀 소개

TEAM GO HIGH는 강원대학교건축공학과 3학년, 4학년 학생들로 이루어진 내진설계 경진대회 팀입니다. 구조물의 내진설계를 구조, 기능, 미 3대 요소를 고려한 창의적인 아이디어를 제시하여, 안전하고 기능적인 구조물을 제작하는 목표를 세우고 이번 경진대회에 참가하게 되었습니다.

**GO HIGH** 팀명은 “더 높은 곳, 더 높은 구조물로 끊임없이 도전하는 노력”이라는 뜻을 담고 있습니다.



김태완 교수님

강원대학교 건축공학과  
자문위원

신 희성 (4)

팀장  
총괄  
3D 모델링

함 이슬 (4)

MIDAS 구조해석  
안전성 검토  
개선책 제안

안 성민 (4)

자료조사  
대회 규정 분석  
경제성, 시공성 검토

조 민규 (3)

실험 총괄  
부재 상세 설계  
CAD 도면 제작

4

# 01 INTRO

## 대회 규정 분석

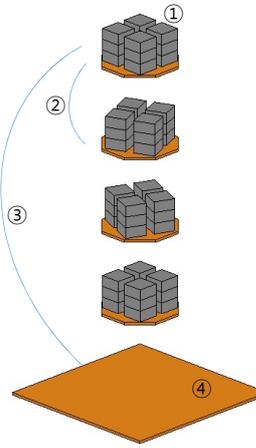
대회 주제 : 구조물의 성능기반 내진설계

### · 구조물 제작 및 심사 기준

- ① 구조물의 내진설계 목표와 성능수준의 이해
- ② 구조물의 지진 시 거동 예측 능력 및 부재 강도 평가 능력
- ③ 500년 빈도 지진발생 시 기능수행 수준 즉시복구, 장기복구/인명보호 수준 만족
- ④ 2,400년 빈도 지진발생 시 붕괴방지 수준 만족
- ⑤ 설계지진 초과 시 구조물의 파괴를 유도하는 경밀한 설계
- ⑥ 시공성과 경제성을 고려하고 구조물의 아름다움을 추구하는 설계
- ⑦ 구조해석 능력 외 도면화, 수량산출 및 내역작성 기술

### · 국민안전처 기준 (내진설계기준 공통사항)

- ① 기능수행 '기능수행'수준은 설계지진하중 작용 시 구조물이나 시설물에 발생한 손상이 경미하여 그 구조물이나 시설물의 기능이 유지될 수 있는 성능 수준을 말한다.
- ② 붕괴방지 '붕괴방지'수준은 설계지진하중 작용 시 구조물이나 시설물에 매우 큰 손상이 발생할 수는 있지만 구조물이나 시설물의 붕괴로 인한 대규모 피해를 방지하고, 인명 피해를 최소화하는 성능수준을 말한다.



**· 구조물 제작 규정**

- ①하중 블록 각층 6kg 이상
- ②각 층간 높이 200mm 이상
- ③층 구조물 높이 800mm이상 900mm이하
- ④베이스 플레이트 400mm\*400mm, 구조물 설치 불가구역 각 모서리로부터 20mm

# 01 INTRO

## 설계 스펙트럼

지진 가속도 0.7g에 설계한 구조물의 붕괴를 유도

지진구역 : I

지진구역 계수(Z) : 0.11g

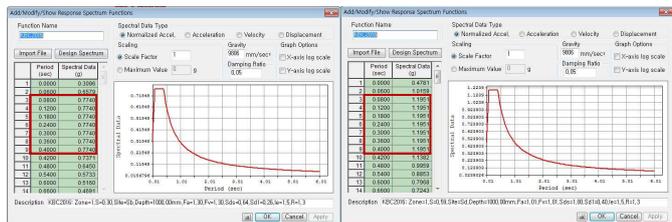
지반종류 : S2 알고 단단한 지반

토사지반(S2~S5 지반) 설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼

유효수평지반가속도 (S) = 지진구역계수 (Z) × 위험도계수 (I)

재현주기	위험도계수(I)					
	50년	100년	200년	500년	1,000년	2,400년
위험도계수(I)	1.0	1.5	2.0	2.7	3.8	5.4

### · 설계 스펙트럼 분석



500년 재현주기

2400년 재현주기

1. 단주기 설계스펙트럼가속도
2. 주기 1초의 설계스펙트럼가속도

$$S_{DS} = S * 2.5 * F_a * \frac{2}{3} = 1.289$$

$$S_{D1} = S * F_V * \frac{2}{3} = 0.515$$

3. 구조물의 고유주기 산정

$$T_0 = 0.2 * \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.08$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.4$$

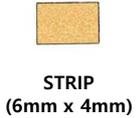
※ 재현주기 2400년,  
 $S = Z * I = 0.11 * 5.4 = 0.594$   
 $F_a = 1.006$

**0.08sec~0.4sec에서  
 설계 스펙트럼 가속도 최대**

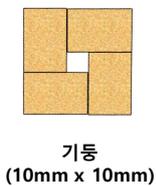
# 01 INTRO

## 물성치 분석

· MDF 탄성계수 측정  
 캔틸레버 보를 통한 측정 - 캔틸레버 보의 변위식  $E = \frac{pl^3}{3\delta l}$  을 사용



번호	변위δ(mm)	탄성계수E(MPa)	평균(Mpa)
Strip	1	1703.125	1707.345
	2	1803.3	
	3	1803.3	
	4	1613.5	
	5	1613.5	



번호	변위δ(mm)	탄성계수E(MPa)	평균(Mpa)
Column	1	2292.1	1931.9
	2	1964.6	
	3	1719.1	
	4	1964.6	
	5	1719.1	



# 01 INTRO

## 설계 방향

### · 내진설계 방식 선정

- 내진 ✓  
 구조물의 강성을 높여 지진력에 저항할 수 있도록 튼튼하게 설계  
 → 기둥 자체의 강도와 가새 골조를 통한 건축물의 내구력 증진
- 제진 ✓  
 구조물에 제진장치를 이용하여 지진 에너지를 소산시키도록 설계  
 → 마찰 댐퍼를 사용하여 변위제어와 지진에너지 소산
- 면진  
 구조물과 지반 사이에 전단변형 장치를 설치하여 지반과 건물을 분리하도록 설계  
 → 주어진 재료로 효과적인 면진구조 구현 불가

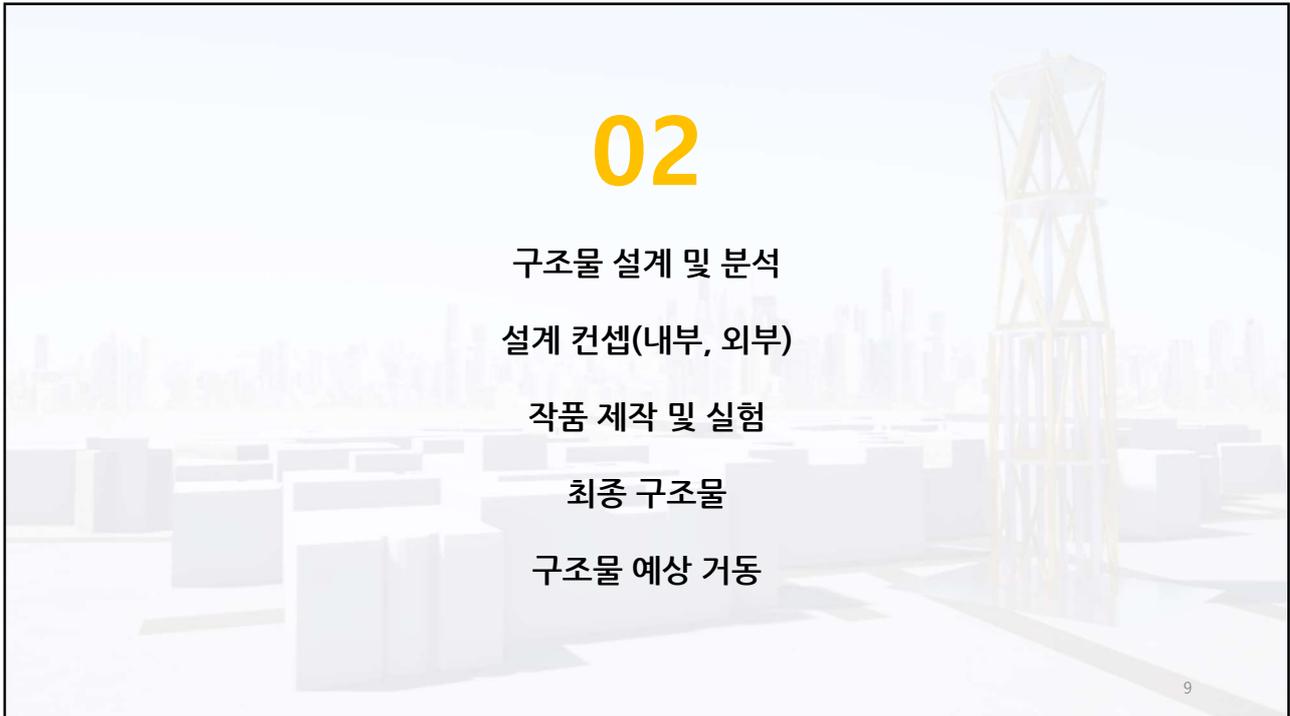
### · 구조물의 형태 선정



	원형	사각형	팔각형 ✓
구조성	3	1	2
시공성	3	1	2
경제성	1	3	2

### · 설계 방향 결정

“하단부 내진 구조” “상단부 내진+제진 구조”  
 구조, 시공, 경제성 모두 평균으로 안정적인 팔각형 채택.  
 구조물의 하단부에서 강성이 강한 내진구조로 단주기를 극복하고,  
상단부에서 제진장치를 도입해 장주기를 극복한다.  
 지진가속도 0.7g에서 구조물의 파괴를 유도하도록 설계한다.



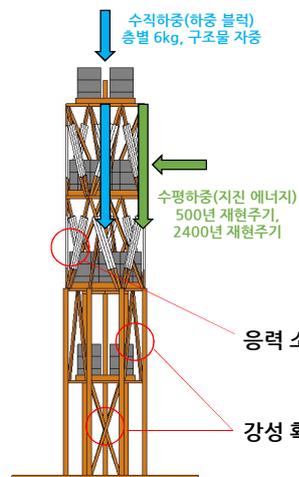
# 02

구조물 설계 및 분석  
 설계 컨셉(내부, 외부)  
 작품 제작 및 실험  
 최종 구조물  
 구조물 예상 거동

## 02 MAIN

### 구조물 설계 및 분석

· 구조물 설계 (하중 전달)



**수직하중 (하중 블록)**

하중블럭에 의한 수직하중은 내부 기둥과 가새를 통해 지반에 전달

**수평하중 (지진 에너지)**

지진하중에 의한 수평하중은 외부 기둥과 마찰댐퍼를 통해 에너지를 소산시켜 지반에 전달.

응력 소산

상단부와 하단부의 서로 다른 내진/ 내진+제진 시스템으로

강성 확보

단주기/장주기 극복 분리

· 보강 부재



진동에너지를 압축력과 인장력에 의해 발생하는 마찰에 의한 열에너지로 변환하여 **지진 에너지 소산**

외부 기둥의 내진능력을 증가시키기 위하여 **강성을 보강**하기 위해 가새를 설치

**설계 컨셉(외부)**

	<p><b>&lt;X형 가새&gt;</b>                  1층 외부기둥 X 형태의 가새를 설치하여 하단부의 강성을 보장</p>		<p><b>&lt;마찰 댐퍼&gt;</b>                  3층과 4층 외부에 마찰 댐퍼를 사용하여 <b>장주기 극복</b></p>
	<p><b>&lt;△형 가새&gt;</b>                  2층 외부기둥 △ 형태의 가새를 설치하여 하단부의 강성을 보장</p>	<p><b>&lt;외부 기둥&gt;</b>                  1층과 2층 외부에 10mm*10mm 기둥을 8개를 이용한 내진 성능 확보                  1층과 2층 연결부에 홈을 만들어 끼우는 방식으로 부재 <b>일체화</b></p>	

**설계 컨셉(내부)**

<p><b>&lt;내부 기둥, 중앙기둥&gt;</b>                  1층과 2층 내부에 10mm*10mm 기둥 4개를 이용한 <b>내진 성능 확보</b>                  중앙기둥을 10mm*10mm로 설계하여 1층부터 4층까지 슬래브를 천공 후 모든층으로 연결                  1층~2층 팔각형 슬래브 천공을 통해 내부 기둥을 끼워넣는 방식으로 <b>일체화</b> 시켜 접합부에 대한 응력의 집중을 해결</p>	<p><b>&lt;상단부 트러스 가새&gt;</b>                  3층 가새엔 <b>트러스 형태 적용</b> 마찰댐퍼의 부족한 강성을 보장                  3층과 4층 사이에서 <b>파단</b>이 일어날 수 있도록 가새를 설계</p>
--	---

작품 제작 및 실험



모형 제작 완료  
하중블럭 설치 전



강재를 이용한 하중블럭 설치  
손수레를 이용한 진동대 실험

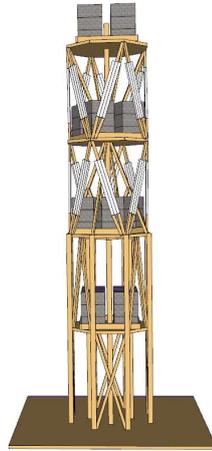
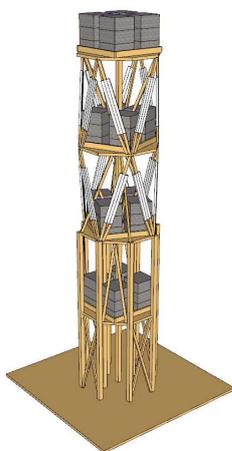


지진가속도 0.2g~0.6g에서  
하단부의 내진구조물의 강성과  
상단부의 마찰 댐퍼 에너지 소산 능력 확인



지진가속도 0.7g 근처에서  
상단부의 파단 유도 성공

최종 구조물



실험 결과를 토대로 결과, 보완점 정리

- ① 하단부의 충분한 내진성능 확인
- ② 상단부의 보다 안정적인 마찰댐퍼 능력 활용을 위해 **다이아 그리드** 형태로 배치
- ③ 마찰댐퍼의 부재수를 증가시켜 능력 증대 고려 (기존 MDF STRIP 3개 사용-> 5개 사용)
- ④ 마찰댐퍼의 접합능력을 위해 댐퍼와 슬래브 사이 면줄을 이용한 연결 고려
- ⑤ 중앙 기둥의 보강 또는 형태를 달리하여 강화 고려

# 02 MAIN

## 구조물 예상 거동



\*MIDAS GEN 프로그램 이용

1차 모드



2차 모드



3차 모드



4차 모드



5차 모드



주기(sec)	1.2912	1.2912	0.6300	0.6300	0.3540
진동수	4.8662	4.8662	9.9730	17.7512	17.7512

# 03

3D 모델링

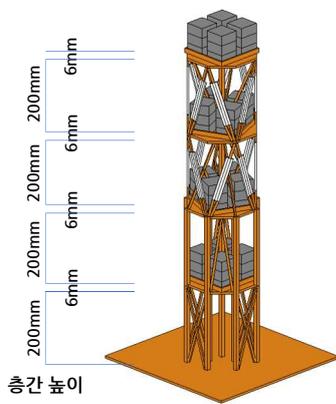
CAD 도면

내역서

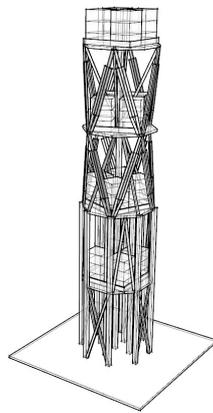
공정표

Seismic Structural Design Contest 2019  
**03 CONCLUSION**

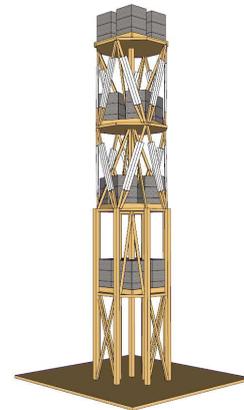
**3D 모델링**



BIM Revit 3D 모델링



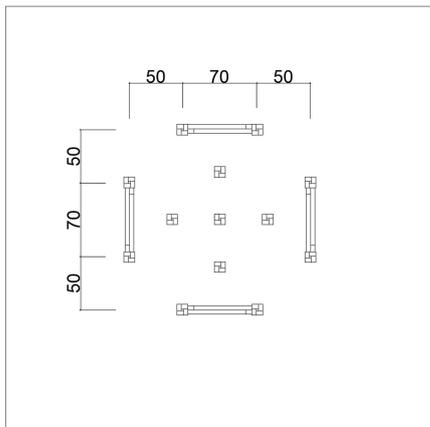
스케치업 와이어프레임



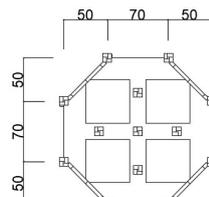
스케치업 최종 모델링

Seismic Structural Design Contest 2019  
**03 CONCLUSION**

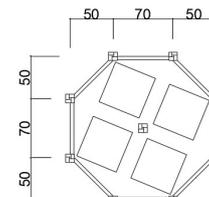
**CAD 도면**



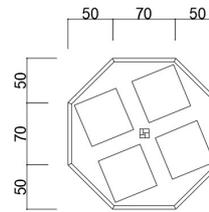
베이스 플레이트 평면도



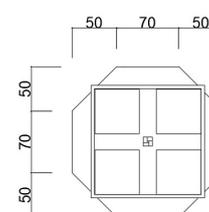
1층 평면도



2층 평면도



3층 평면도



4층 평면도

Seismic Structural Design Contest 2019  
**03 CONCLUSION**

**내역서**

구분	부재 길이	갯수	구분	부재 길이	갯수
1,2층 외부 기둥	410mm*10mm*10mm	8	3,4층 마찰댐퍼	210mm*4mm*18mm	16
1,2층 내부 기둥	400mm*10mm*10mm	4	바닥 팔각형 슬래브	한 변의 길이 700mm	4
중앙 기둥	850mm*10mm*10mm	1	마찰 댐퍼용 A4용지	105mm*99mm	16
1층 X가새	21mm*4mm*6mm	4	마찰 댐퍼용 면줄	150mm	16
2층 V가새	19mm*4mm*6mm	4	하중블럭 낙하 방지	115mm*4mm*12mm	4

구분	규격	단가(백만원)	수량	합계(백만원)
MDF STRIP	600mm*4mm*6mm	10	48	480
MDF PLATE	200mm*200mm*6mm	100	4	400
면줄	600mm	10	5	50
A4지	A4용지	10	3	30
접착제	20g	200	2	400
<b>총 금액</b>				<b>1360</b>

Seismic Structural Design Contest 2019  
**03 CONCLUSION**

**공정표**

공정	소요 시간								
	0시간			1시간			2시간		
	20분	40분	60분	20분	40분	60분	20분	40분	60분
Base, 슬래브 천공	[Green Bar]							[Green Bar]	A팀
슬래브 및 보강재 제작	[Green Bar]							[Blue Bar]	B팀
보, 가새 제작		[Green Bar]						[Orange Bar]	전체
기둥 제작	[Blue Bar]								
마찰 댐퍼 제작				[Green Bar]					
내부 기둥 및 슬래브 설치				[Blue Bar]					
마찰 댐퍼 설치						[Green Bar]			
외부 기둥 설치						[Blue Bar]			
기본 골조 완성									
하중블럭 설치							[Orange Bar]		
가새 설치								[Orange Bar]	
최종 완성						→ 총 2시간 40분 소요 예상			