

# 2019 구조물 내진설계 경진대회

SEISMIC STRUCTURAL DESIGN CONTEST 2019

Team : Step stone  
설계 제안서



( Donga - University Department of Civil Engineering )

## Table of Contents



1

### Intro

- 팀 소개
- 규정 분석
- 설계 목표 설정
- 내진 설계 개념

2

### Analysis & Calculation

- 재료 물성치 분석
- 지진파 분석
- 기술 컨셉
- 구조물 설계 및 분석

3

### Main process

- 구조물 제작 및 시험

4

### Conclusion

- 최종 구조물
- 설계 도면
- 경제성 및 시공성 분석



# 1. Intro

- 팀 소개
- 규정 분석
- 설계 목표 설정
- 내진 설계 개념

## STEP STONE

- ✓ 대학명 : 동아대학교
- ✓ 팀명 : step stone
- ✓ 지도교수 : 박현우 교수님

➢ 디딤돌은 장애를 극복하고 목표로 가기 위해 밟고 올라서는 돌을 뜻 합니다.  
 디딤돌처럼 지진이라는 장애를 극복하고 안전한 구조물 설계라는 목표로 단계별로 나아가자는 의지를 나타 내었습니다.

박현우  
지도교수 및 자문위원

박수민  
구조해석 및 검토

강봉주  
PPT 및 도면 작성

장귀한  
물성치 및 경제성 분석

임성민  
지진파 및 규정 분석

# 규정 분석 & 설계 목표 설정

### 작품 제작 규정

하중분력 : 각층 6kg 이상

비딴면적 : 10,000mm<sup>2</sup> 이상 30,000mm<sup>2</sup> 이하

구조물 설치 불가 구역

800mm 이상 900mm 이하

200mm 이상

MDF Plate

MDF Base

### 진동대 실험 규정

- 지진구역 : I
- 지진구역 계수(Z) : 0.11g
- 지반종류 : S<sub>2</sub> 얇고 단단한 지반
- 위험도 계수(I) :

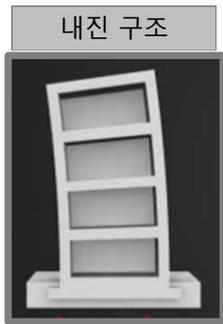
재현주기	위험도계수(I)					
	50년	100년	200년	500년	1000년	2400년
위험도계수(I)	1.0	1.5	2.0	2.7	3.8	5.4

- 지진파는 가속도 0.2g 부터 1.2g 수준까지 단계적으로 증가
- 붕괴되지 않는 작품에 대해 Sine Sweeping 가진
- 설계된 구조물의 파괴는 목표 가속도 0.7g에 정규분포 발생

### 설계 목표 설정

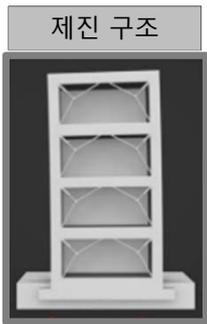
- 지진 가속도 0.7g에서 파괴유도를 위한 설계
- 경제성과 시공성을 고려한 합리적 설계

# 내진 설계 개념



지진파

건물의 강성을 증가시켜 구조물 자체의 강도로 지진 하중에 저항



지진파

건물에 추나 댐퍼같은 제진장치를 설치하여 지진력을 흡수하여 흔들림과 횡압력을 상쇄



지진파

면진장치를 설치하여 지반과 구조물을 분리하여 구조물이 받는 지진 에너지를 분산

내진구조를 통해 강성만 증가시킨 구조물은 단주기 지진에 취약하다 따라서 제진구조와 면진구조를 적절하게 적용하면 단주기와 장주기에 모두 효과적으로 저항 할 수 있다.



## 2. Analysis & Calculation

- 재료 물성치 분석
- 지진파 분석
- 기술 컨셉
- 구조물 설계 및 분석

## 재료 물성치 분석

**MDF 탄성 계수**

▶ 캔틸레버를 통한 측정



식  $E = \frac{PL^3}{3\delta I}$  사용

하중(N)	평균변위 (mm)
90	5.12

탄성 계수(Mpa)

1820.4

**STRIP 휨 강도**

▶ 단순보를 통한 측정



식  $f = 1.5 \frac{PL}{bh^2}$  사용

하중(N)	경간거리 (mm)
90	59

휨 강도(Mpa)

25.5

**STRIP 전단 강도**

▶ 전단 강도 측정



- 큰 하중을 재하 하여도 전단 파괴는 일어나지 않음
- 구조물 파괴의 주된 원인은 휨에 의한 파괴임

실험 결론

전단 파괴 가능성 적음

**면줄 탄성 계수**

▶ 면줄의 변위를 측정



변위식  $\delta = \frac{PL}{EA}$  사용

하중(N)	평균변위 (mm)
60	2.125

탄성 계수(Mpa)

210.74

# 지진파 분석

## 설계 목표 성능 수준

설계지진 재현주기(년)	내진성능 수준			
	기능수행	즉시복구	장기복구/인명보호	붕괴방지
500	내진특등급	내진특등급	내진특등급	
2400				내진특등급

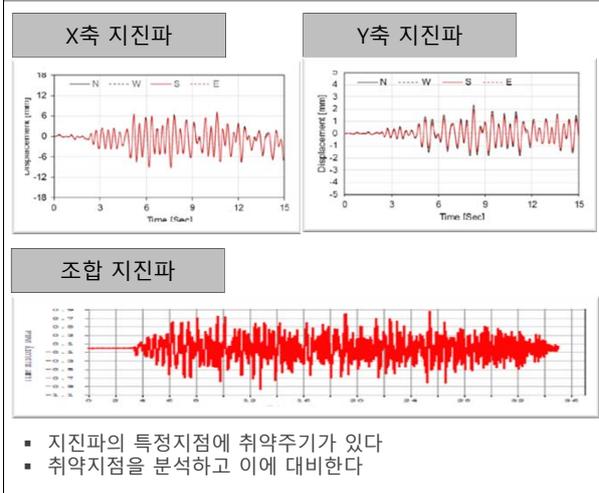
- 지진구역 : I
- 지진구역 계수(Z) : 0.11g
- 지반종류 : S<sub>2</sub> 알고 단단한 지반
- 위험도 계수(I) :

재현주기	위험도계수(I)					
	50년	100년	200년	500년	1000년	2400년
위험도계수(I)	1.0	1.5	2.0	2.7	3.8	5.4

인공지진파 특성

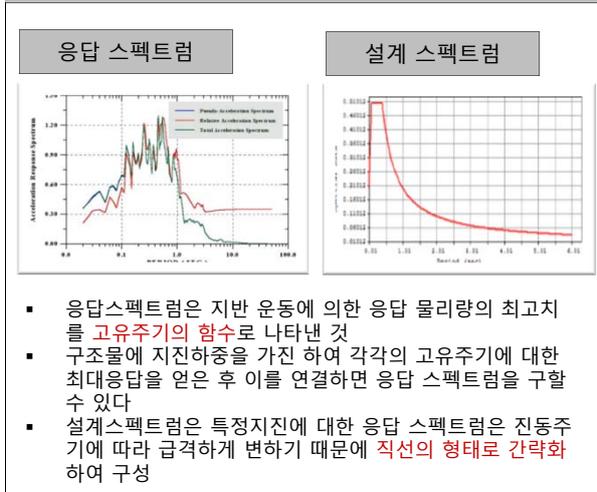
- 인공지진파 설계 스펙트럼 주파수 대역 0.5Hz ~ 30Hz
- 상관관계가 0.3이하인 두개의 지진파를 수평 2방향으로 가진

## X,Y 조합 지진파

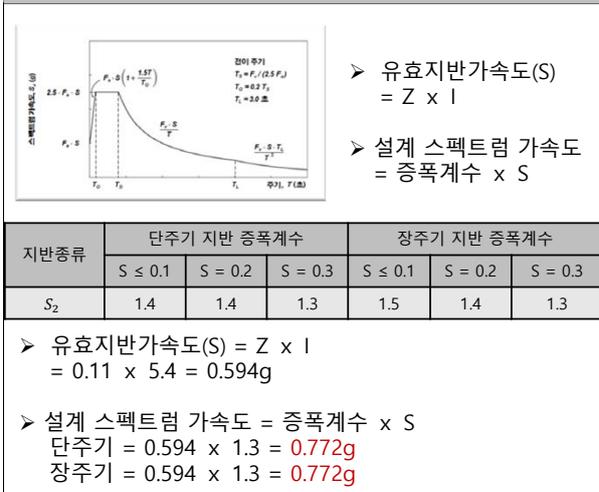


# 지진파 분석

## 설계 응답 스펙트럼

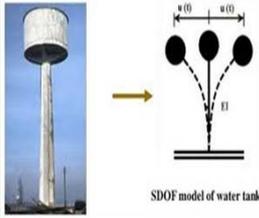


## S<sub>2</sub> 지반 가속도 표준설계 응답 스펙트럼



# 기술 컨셉

**Core 기둥**



- ▶ 복잡한 구조물을 단순화 시킬 모드 필요
- ▶ 타워 형태의 구조물이 캔틸레버처럼 거동한다고 가정 할 수 있음
- ▶ 캔틸레버 역할을 할 **Core기둥** 제작

**현수교**



- ▶ 상층부 **드리프트를 제어** 할 장치 필요
- ▶ 면줄의 인장력을 이용해 변위 제어 가능
- ▶ 면줄을 사용해 현수교의 **케이블과 같은 장치제작**

**마찰 댐퍼**

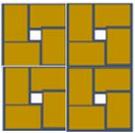


- ▶ 내진 구조만으로는 단주기에 취약함
- ▶ 지진 에너지를 소산 시켜줄 제진 장치 필요
- ▶ 마찰 댐퍼를 이용해 지진 에너지 소산 **장주기 저항** 확보

# 구조물 설계 및 분석

**세부 구조 설계**

**Core 기둥 단면 결정 및 이음**



- Strip 16개를 활용해 20 x 20mm 단면제작
- 내부 중공을 확보 함으로써 제작시 결합성 증대
- 길이 방향으로 엇갈리게 높이를 결정하여 이음부를 확보하고 면줄을 통해 이음실시

**Cable 설치를 위한 Plate 방향 결정**



- Plate 모서리에서 Base로 Cable을 설치하기 위해 Plate 방향을 45도 회전 시킴
- 각층당 Cable 4개씩 설치

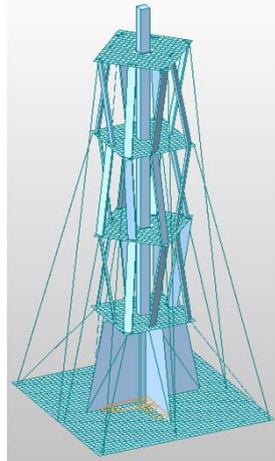
**제진용 마찰 댐퍼 제작**



- 면줄과 Strip을 사용해 제작
- Strip 사이의 마찰을 이용해 제진작용



**기본형상 모델링**

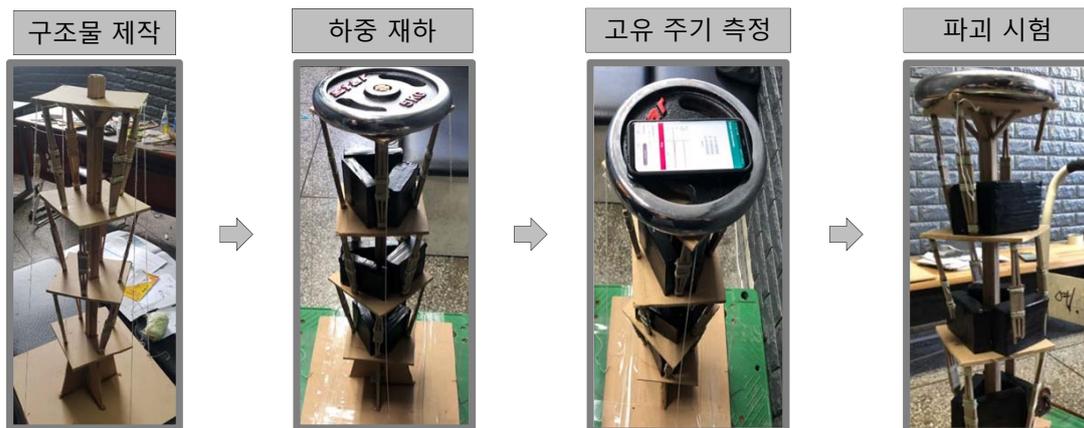




### 3. Main process

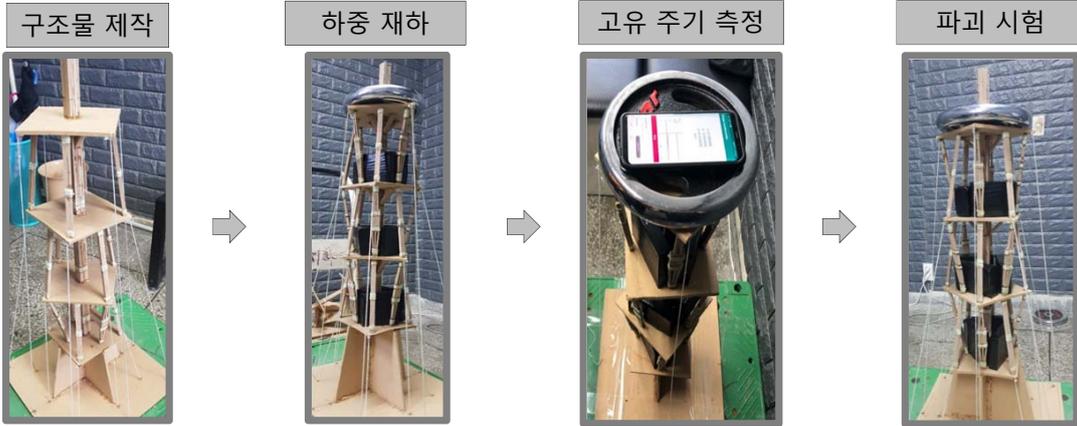
- 구조물 제작 및 시험

## 1차 구조물 실험



- ✓ 전체 구조물 일체화 거동
- ✓ 코어기둥과 하단부터 2층까지의 구조물은 안정
- ✓ 3층과 4층의 댐퍼 기둥부 파괴 → 변위를 제어할 구조 추가로 필요함

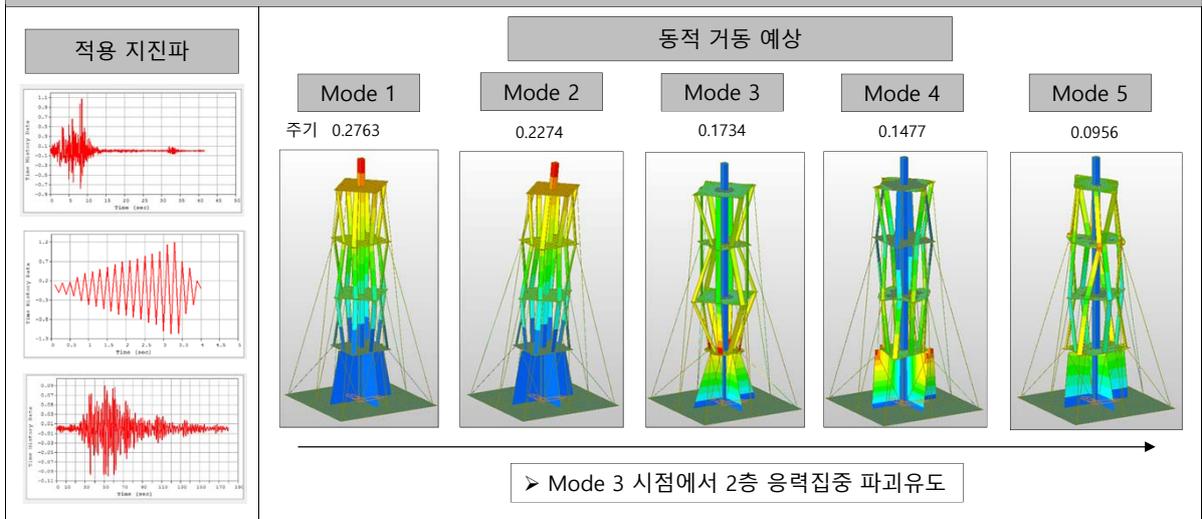
## 2차 구조물 실험



- ✓ 추가 댐퍼와 면줄로 인해 상단부 **안정화 성공**
- ✓ 지나친 강성으로 기초 파괴 우려 → 기초 연약 보강 필요
- ✓ 제작한 구조물을 기반으로 모델링 → **프로그램 구조 해석** 실시

## 3차 구조해석 실험

마이더스 프로그램을 활용한 구조해석 실시





## 4. Conclusion

- 최종 구조물
- 설계 도면
- 경제성 및 시공성 분석

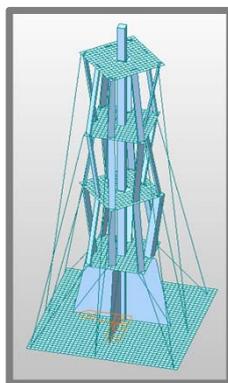
## 최종 구조물 및 설계 도면

### 최종 구조물

#### 제작 구조물



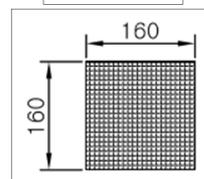
#### 모델링



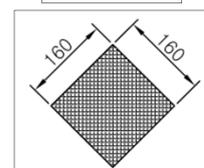
### 설계 도면

#### 평면도

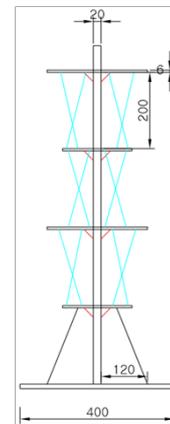
2층 & 4층



3층 & 5층



#### 입면도



# 경제성 분석

경제성 분석

종류	부재명	개수	단가(백만원)	비용(백만원)	합계(백만원)
Strip	Core	24	10	240	320
	Damper	4		40	
	기둥	4		40	
Plate	슬라브	4	100	400	600
	기초 보강	1		100	
	낙하 방지재	1		100	
면줄	댐퍼 보강	2	10	20	80
	Core 보강	2		20	
	Cable	4		40	
A4	A4	2	10	20	20
접착제	접착제	3	200	600	600
통계	320+600+80+20+600 = 1620(백만원)				

# 시공성 분석

공정표

구분	공정표																	
	소요시간																	
	1시간					2시간					2시간 50분							
	10분	20분	30분	40분	50분	60분	10분	20분	30분	40분	50분	60분	10분	20분	30분	40분	50분	
바닥판 천공																		
슬라브 천공																		
Strip 재단																		
Plate 재단																		
면줄 재단																		
Core 제작																		
댐퍼 제작																		
기둥 제작																		
슬라브 설치																		
기둥 설치																		
Cable 설치																		
하중 설치																		