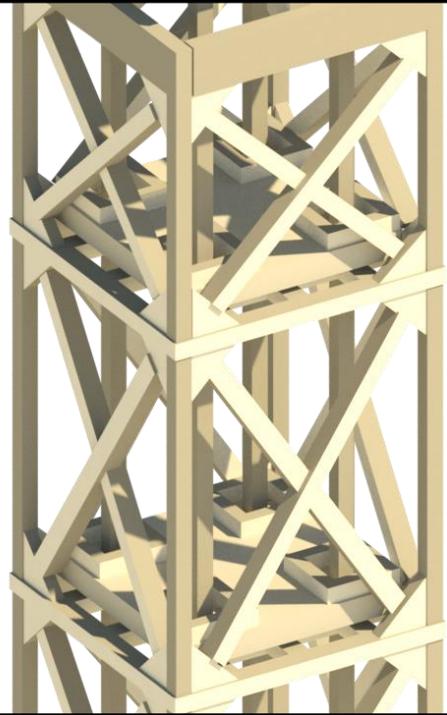


2022 구조물 내진설계 경진대회

# SSEEL

Steel Structure &amp; Earthquakes Engineering Laboratory



1

## INDEX

### INTRO

- 팀 소개
- 구조물 규정 분석
- 내진설계 개념

### CONCEPT

- 지진파 분석
- 재료 물성치 분석
- 모델시스템

### PROCESS

- 동적 하중 해석
- 최종모델
- 구조물 실험

### CONCLUSION

- 설계 도서
- 예산안 및 공정표

2

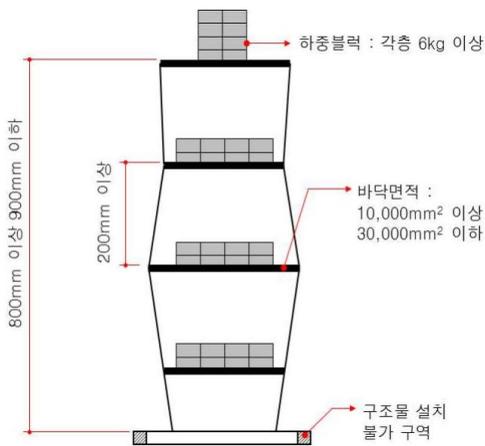
# INTRO 팀 소개

팀명 : Steel Structure Earthquake Engineering Laboratory → SSEEL

<p>지도교수 <b>최재혁 교수님</b></p>	<p><b>지관식</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>구조해석</li> <li>지진파 분석</li> </ul>	<p><b>하정욱</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>구조물 디자인</li> <li>구조물 모델링</li> </ul>	<p><b>김현우</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>도면 작성</li> <li>PPT 제작</li> </ul>	<p><b>정인영</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>아이디어 구상</li> <li>공정 계획</li> </ul>
--------------------------------	--	--	---	--

3

# INTRO 구조물 규정 분석



## 구조물 제작 및 심사기준

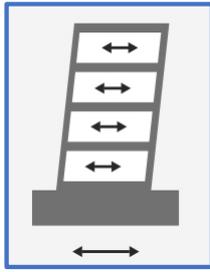
- 구조물의 내진설계 목표와 성능 수준의 이해
- 구조물의 지진 시 거동 예측 능력 및 부재강도 평가 능력
- 500년 빈도지진발생 시 기능수행 수준 내진설계
- 2400년 빈도 지진발생 시 붕괴방지 수준 내진설계
- 설계지진 초과 시 구조물의 파괴를 유도하는 정밀한 설계
- 시공성과 경제성을 고려하고 구조물의 심미성과 창의성을 추구하는 설계
- 구조해석 능력 외 도면화, 수량산출 및 내역작성 기술

## 제한 조건

- 하중블럭 : 각 층 6kg 이상
- 구조물 높이 : 800mm 이상 900mm 이하
- 바닥면적 : 10000mm<sup>2</sup> 이상 30000mm<sup>2</sup>이하
- Base 판 : 400mm X 400mm X 6mm

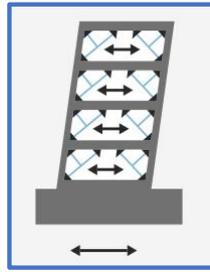
4

# INTRO 내진설계의 개념



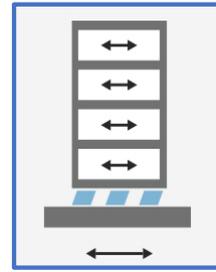
내진

건물 전체의 강도와 내구력으로 버티는 방식



제진

흔들림을 흡수하여 제어하는 방식



면진

흔들림이 건물에 전해지는 것을 줄여주는 방식

부재의 단면을 키우거나 가새와 같은 보강재료 보강하여 성능을 확보

제한된 재료의 사용으로 특수한 아이디어 필요

5

# CONCEPT 지진파 분석

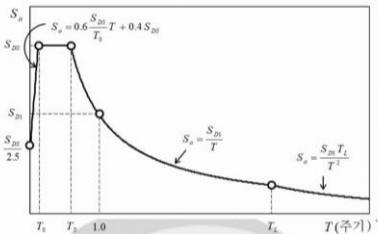
## 가정 조건

재현주기 (년)	유효수평 지반가속도 (S)
500	0.3 g
2400	0.6 g

단주기 지반응답증폭계수 ( $F_a$ )	1초 주기 지반응답증폭계수 ( $F_b$ )
1.5	1.5

## 성능목표

재현주기	구조물의 성능 수준
500	가능수행
2400	붕괴방지



## 설계 스펙트럼 가속도

단주기 설계 스펙트럼 가속도 ( $S_{DS}$ ) = $S \times 2.5 \times F_a \times 2/3$	
500년	2400
0.75g	1.5g

1초주기 설계 스펙트럼 가속도 ( $S_{D1}$ ) = $S \times F_b \times 2/3$	
500년	2400
0.3g	0.6g

## 고유주기

$T_0 = 0.2 \times S_{D1} / S_{DS}$	
500년	2400
0.08 sec	0.08 sec

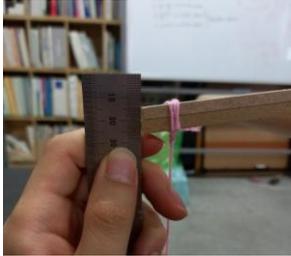
$T_s = S_{D1} / S_{DS}$	
500년	2400
0.4 sec	0.4 sec

고유주기 **0.08 ~ 0.4 sec**  
지진 가속도 **0.7g** 파괴 설계

6

# CONCEPT 재료 물성치 분석

## MDF 탄성계수 측정



<b>변위 <math>\delta = \frac{PL^3}{3EI}</math></b>	
하중 (N)	변위 (mm)
60	13.3
탄성계수 (Mpa)	
1807.4	

## 기둥 단면 결정을 위한 비교

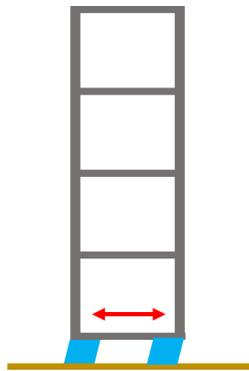
Case 1		$I_x = \frac{4 \times 6^3}{12} = 72mm^4$ $I_y = \frac{6 \times 4^3}{12} = 32mm^4$
Case 2		$I_x = \frac{6 \times 8^3}{12} = 256mm^4$ $I_y = \frac{8 \times 6^3}{12} = 144mm^4$
Case 3		$I_x = \frac{8 \times 12^3}{12} = 1152mm^4$ $I_y = \frac{12 \times 8^3}{12} = 512mm^4$
Case 4		$I_x = \frac{10^4}{12} - \frac{2^4}{12} = 832mm^4$ $I_y = \frac{10^4}{12} - \frac{2^4}{12} = 832mm^4$

기둥은 지진을 버티기 위해 아주 중요한 부재이다. 그렇게 때문에 단면 2차모멘트가 큰 부재를 선택해야 하지만 case 3 같은 경우는 강축과 약축이 존재하기 때문에 x,y방향성이 균등한 **Case 4 로 결정**

7

# CONCEPT 모델시스템

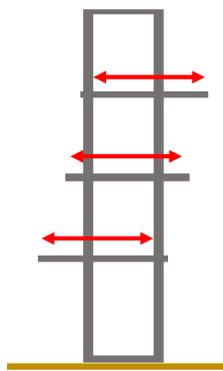
## 시스템 컨셉



일반적인 면진

일반적인 면진은 지진발생시 지반과 건물의 거동을 분리시키는 방식

**지반 - 건물**



아이디어 면진

아이디어로 나온 면진은 슬래브를 기둥과 보에서 분리시켜 지진 발생시 슬래브의 분리거동

**슬래브 - 구조체**

### 선택이유

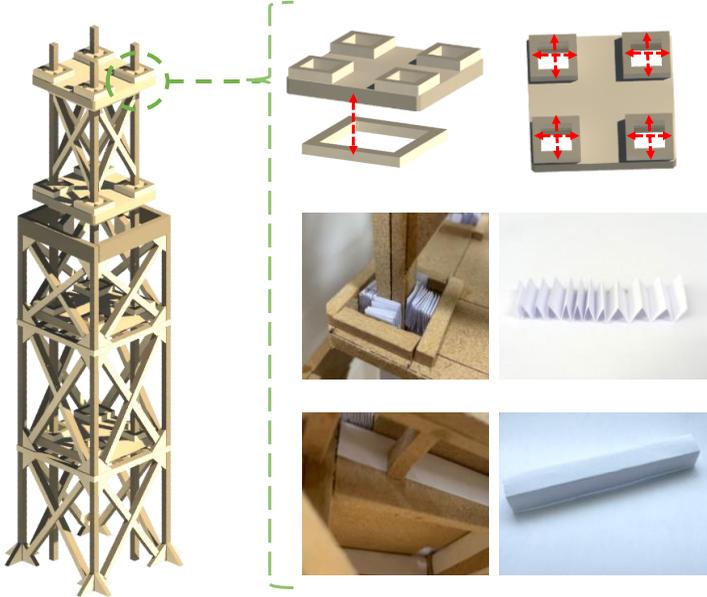
일반적으로 면진을 제작하려면 주어진 재료 중 실을 이용하는 방식이 많지만 실을 이용하면 실이 끊어져서 붕괴가 일어나는 경우가 많기 때문에 **실을 이용하지 않고 면진을 만들어보**자는 아이디어

### 해결 해야하는 문제점

- 슬래브의 구속조건 (수평이동 o, 수직이동 x)
- 마찰력 저감

8

## CONCEPT 모델 시스템



### 슬래브

슬래브를 보와 기둥에게 분리시켜  
서로 다른 거동을 일으킴  
-> **면진 장치**

### 댐퍼

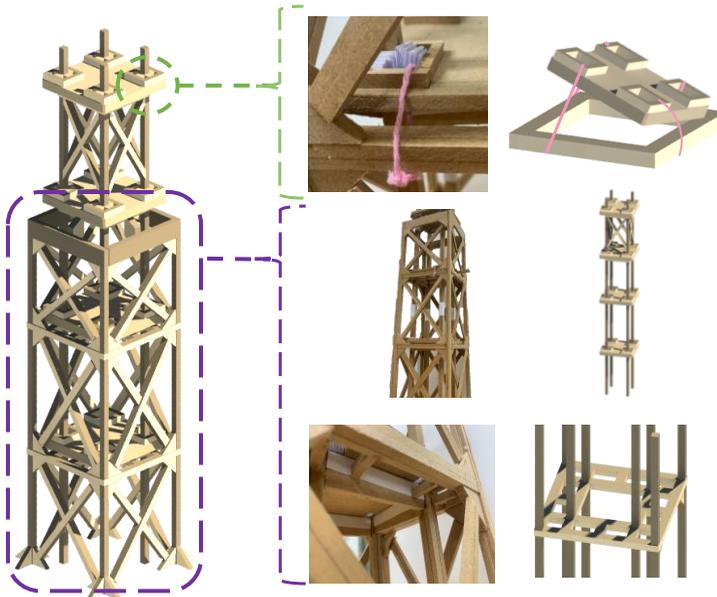
지진발생 시 기둥에 슬래브가 직접  
적으로 닿게 되면 충격이 가해질 수  
있으므로 **댐퍼를 달아 충격을 줄임**

### 마찰재

슬래브와 보의 마찰면의 마찰력을  
줄여주기 위해 종이를 사이에 두어  
**마찰력을 줄임**

9

## CONCEPT 모델 시스템



### 분리방지용 줄

지진발생시 슬래브가 수평이동만을  
할 수 있도록 실로  
**z축의 거동을 억제**

### 브레이스

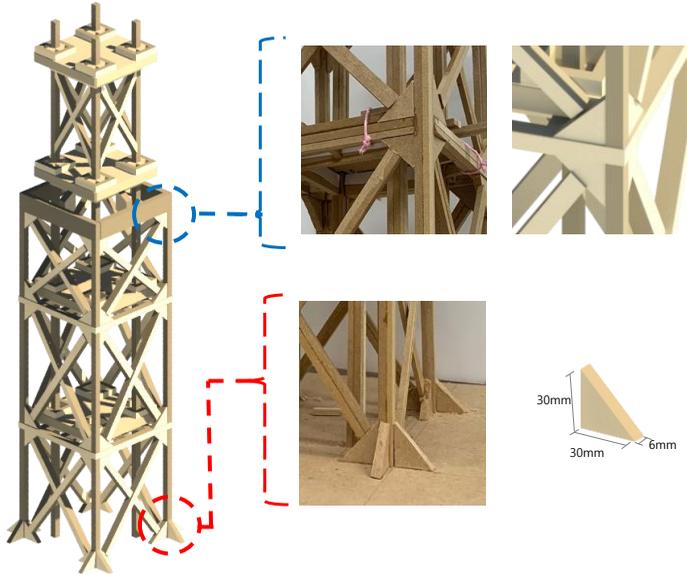
코어 주위로 하부의 내력을 증가시  
키기위한 벨트 트러스를 생성 **부재  
수를 절감시키기 위해 벨트트러스  
가 있는 1~3층의 코어 에는 가세를  
넣지않는다.**

### 아웃리거

외부 구조물과 내부코어가  
같은 거동을 할 수 있도록 짧은 보를  
**이용해 연결**

10

# CONCEPT 모델 시스템

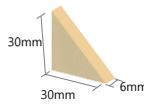


거셋 플레이트

거셋 플레이트를 통해 횡력에 저항하며 부재간의 접촉력을 높이고 강성을 증대시킬 목적

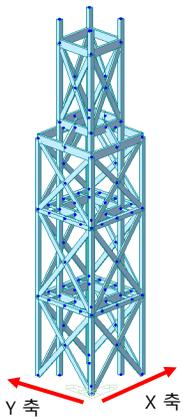
주각부 리브

거셋 플레이트와 같이 슬래브를 제작하고 남은 Plate 를 활용하여 제작 주각부 보강 플레이트는 1층의 기둥이 분리되거나 전단력 파괴를 방지할 목적으로 설치

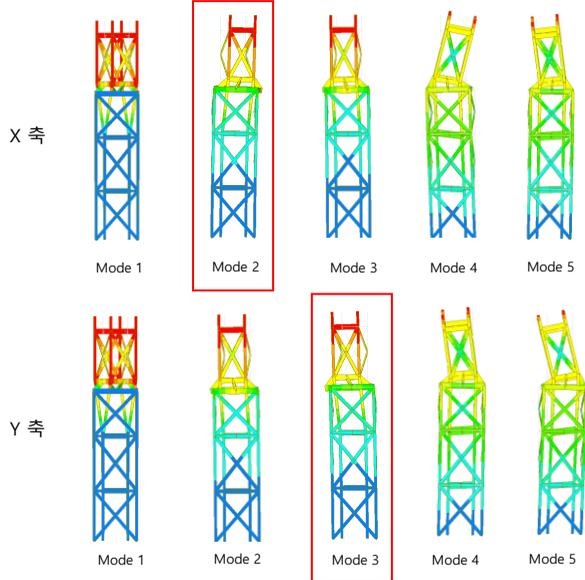


11

# CONCEPT 동적 하중 해석



Mode No	TRAN-X		TRAN-Y	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	46.1474	46.1474	16.2639	16.2639
3	16.2639	62.4112	46.1474	62.4112
4	7.2092	69.6204	1.9018	64.3130
5	1.9018	71.5222	7.2092	71.5222



## 결론

질량 참여율이 가장 큰 비율을 차지하는 Mode는

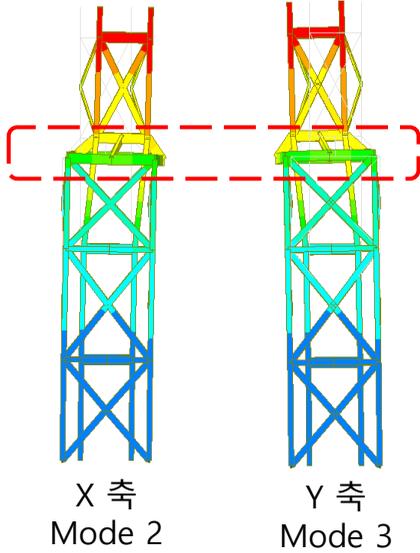
X방향 - Mode 2 (46.147%)

Y방향 - Mode 3 (46.147%)

높은 확률로 x방향 Mode2의 형상과 y방향의 Mode3의 형상으로 거동할 것이다.

12

## CONCEPT 동적 하중 해석



### 취약점 예상

Mode 형상을 통해 모델의 파괴부분을 유추할 수 있었다.  
가장 위층 꼭대기가 변위가 크지만 구조물이 가장 많이 변형된 곳은 3층 윗부분의 벨트 트러스와 코어의 연결부분이다.  
벨트 트러스의 보가 수평 하중을 통해 우선적으로 파괴될 것으로 보인다.

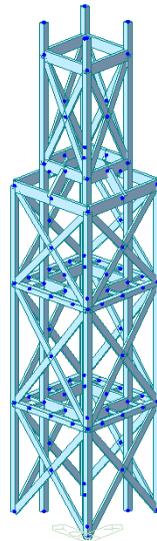
➡ 3층 윗부분의 벨트 트러스의 보

13

## CONCEPT 최종 모델



모델링



midas 모델



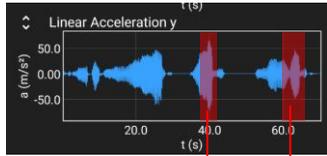
실제제작 모델

14

## PROCESS 구조물 실험



- 엘카를 활용해 진동실험 수행
- 층별 6KG의 하중 추가
- 스마트폰 어플을 통해 가속도 측정
- 주기: 단주기 ▶ 장주기



1차 파괴 2차 파괴

1차 붕괴 = 0.65 ~ 0.75

2차 붕괴 = 0.4 ~ 0.5

<1차 파괴>

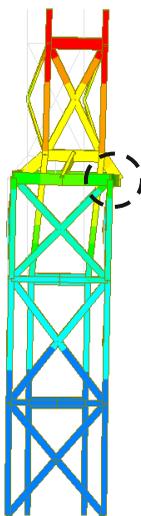


<2차 파괴>



15

## PROCESS 구조물 실험



<미이다스 해석모델>



<1차 붕괴>



<2차 붕괴>

### 실험 결과 분석

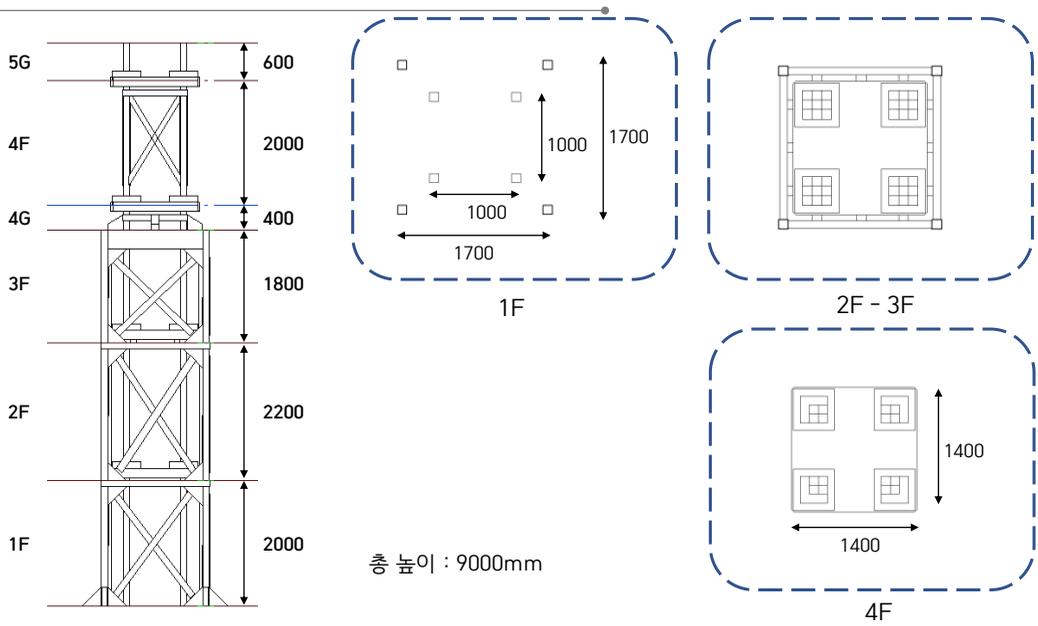
Midas를 통해 해석한 모델의 취약부위와 1차 붕괴의 파괴지점이 동일한 3층 윗부분의 벨트 트러스 보인 것을 확인할 수 있었으며,

#### 미이다스 해석과 붕괴 위치 동일

1차 파괴 이후 추가적으로 하중을 가해본 결과 내부 코어의 주각 부위에서 2차 파괴가 발생했으며 그에 따라 외부 벨트 트러스 또한 같이 분리된 것을 볼 수 있었다.

16

## CONCLUSION 설계 도서-평면도



17

## CONCLUSION 예산안 및 공정표

부재 및 재료 수

구분	용도	개수	소계
MDF BASE	바닥판	1	1
MDF STRIP	보	8	81
	내부코어	24	
	외부 기둥	16	
	아웃리거	1	
	가새	28	
MDF PLATE	보	-	5
	슬래브	4	
	보강장치	1	
면줄	보강장치	3	3
A4용지	종이 댐퍼	3	5
	접합부 보강	1	
	보 보강	1	

예산안

	단가	개수	금액
MDF BASE	-	1	-
MDF STRIP	10	81	810
MDF PLATE	100	5	500
면줄	10	3	30
A4용지	10	5	50
접착제	200	4	800
합계			2190

➡ 총 금액 2190 백만원 소요

18

# CONCLUSION 예산안 및 공정표

## 공정표

구분	소요시간																						
	10분	20분	30분	40분	50분	60분	70분	80분	90분	100분	110분	120분	130분	140분	150분	160분	170분	180분	190분	200분	210분	220분	230분
기초 바닥판 제작	■	■	■																				
외부 기둥 제작	■	■	■																				
내부 기둥 제작	■	■	■																				
2,3,4층 바닥 제작				■	■	■	■																
종이 댐퍼 제작			■																				
보, 가새 제작							■	■	■	■	■	■											
내부 기둥 설치												■	■										
외부 기둥 설치												■	■	■									
보 설치													■	■	■	■							
슬래브 설치															■	■	■	■					
종이 댐퍼 설치																■	■	■	■				
가새 설치																	■	■	■	■	■	■	■
하중 설치																						■	■

# Thank you

