



# 울산대학교 건축공학전공

University Of Ulsan  
School of Architectural Engineering

SEISMIC STRUCTURAL DESIGN CONTEST 2025

## 2025 | “구조물 붕괴방지를 위한 내진설계”

### 구조물

### 내진설계

### 경진대회

울산대학교 건축공학전공  
김대경 교수님  
「자문위원장」

#### 현규열 (C)

- ✓ 구조 해석
- ✓ 마이다스 모델링
- ✓ 지진파 분석
- ✓ PPT 제작

#### 최민혁

- ✓ 구조 해석
- ✓ 마이다스 모델링
- ✓ 지진파 분석
- ✓ 구조물 제작

#### 김정훈

- ✓ 구조 해석
- ✓ 원가 관리
- ✓ 모델링 & 도면
- ✓ 구조물 제작

#### 이태희

- ✓ 구조 해석
- ✓ 공정표 작성
- ✓ 물성치 분석
- ✓ 구조물 제작



### 01

구조물 설계 목표  
재료 물성치 분석  
주요 설계

### 02

실제 모델 실험  
MIDAS GEN 모델링 및 해석

### 03

최종 모델 해석

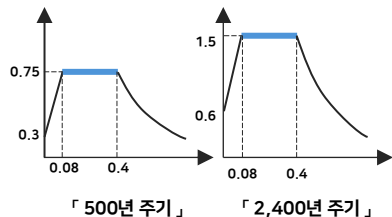
### 04

부재 도면  
원가 & 공정

# 01 구조물 설계

## ✓ 구조물 성능 목표

재현주기	유호수평 지반가속도	구조물 성능 수준	위험도 계수	지진구역계수
500	0.3g	기능수행	1	0.3g
2400	0.6g	붕괴방지	2	0.6g
<b>지반응답증폭계수</b>				
단주기 $F_v$			1.5	
1초 주기 $F_v$			1.5	



0.08sec - 0.4sec  
: 설계 스펙트럼 가속도 최대

단주기 설계 스펙트럼 가속도  $S_{Ds}$   
=  $S * 2.5 * F_a * 2/3$   
500년 : 0.75g  
/ 2400년 : 1.5g

1초 주기 설계 스펙트럼 가속도  $S_{D1}$   
=  $S * F_v * 2/3$   
500년 : 0.3g  
/ 2400년 : 0.6g

∴ 지진 가속도 0.7g  
파괴유도 설계

## ✓ 단면 선정 및 재료 물성치 분석

10

**Case 1**

$I_x = 832mm^4$   
 $I_y = 832mm^4$

12

**Case 2**

$I_x = 1,728mm^4$   
 $I_y = 1,728mm^4$

$\delta = \frac{PL^3}{3EI}$

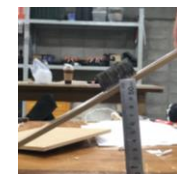
$E = \frac{PL^3}{3\delta I}$

단면 성능 증가를 위해  
Case 2 선택

하중 P (N)	4.9
길이 (mm)	400
단면 2차 모멘트 (mm <sup>2</sup> )	1,728
변위 (mm)	41
탄성계수 (MPa)	1013.15



**A4 - A4**  
 $\theta = 28.25^\circ$



**A4 - MDF**  
 $\theta = 32.13^\circ$

$$\mu = \frac{wgsin\theta}{wgc\cos\theta} = \tan\theta$$

마찰댐퍼 거동 확보를 위해  
A4 - A4 선택

하중 P (N)	4.9	4.9
슬립 각도 (°)	28.25	32.13
마찰계수	0.537	0.628

## ✓ 내진설계 전략

### 1. 내부 분절재 - 보강 외피 합성기동 활용

- 구조물의 장주기화 유도를 통한 가속도 저감
- 분절된 MDF 기둥과 종이 외피 간 마찰 활용

### 2. 장주기 구조물의 변위 제어

- 종이 인장재 : 복원력 유도 & 비틀림 제어

## ✓ 실험과 구조해석에 따른 보강 전략

1. 실험에 기반한 재료 물성 확인
2. 고유치 해석, 모드별 질량 참여율 분석
3. 지배 모드응답에 따른 보강전략 설정
4. 실험에 의한 보강전략 검증

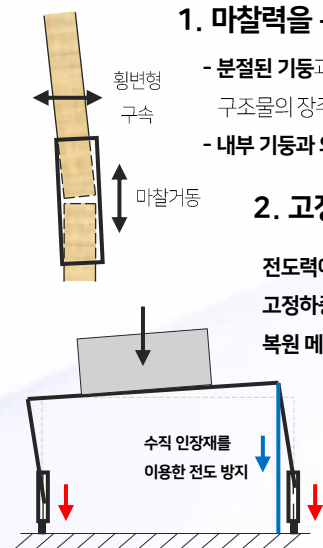
### 1. 내부 분절재 - 보강 외피 합성기동

#### 1. 마찰력을 통한 에너지 소산

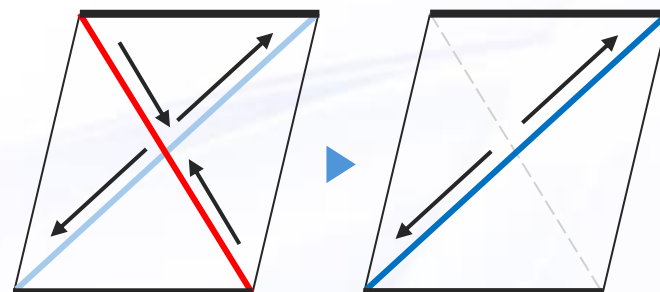
- 분절된 기둥과 외피를 이용한 구조물의 장주기화 유도
- 내부 기둥과 외피 간 마찰 활용

#### 2. 고정하중을 통한 기둥 복원

전도력에 의한 변형에 대해  
고정하중 (무게추, 24kg) 을 활용하여  
복원 메커니즘 형성



### 2. 장주기 구조물의 변위 제어



기존 : MDF 가새

전체적인 강성 증가  
(항력 저항, 변형 억제, 하중 분산 등)  
→ 기둥 마찰 댐퍼로 인한  
Soft Story에 따른 강성 조절 필요

변경 : 종이 인장재

기존 압축/인장을 받던 가새 대신,  
인장만을 받는 인장재 설계  
→ 강성 조절 및 비틀림 제어

# 02 실제 모델 실험 & MIDAS GEN 모델링 및 해석



1차 실험

- 「내부 분절재 + 보강 외피」  
합성기둥 설계

**0.4g 파괴**

마찰 거동 확인  
→ 장주기 유도 확인



2차 실험

- 3층 X자 가새 설계  
:: 안정감

**0.3g 파괴**

3층 강성 ↑  
:: 수직 강성비정형 (Soft Story)

**층별 강성 일치화**  
필요성



3차 실험

- 면 인장재 설계  
:: 층간변위 제어

**0.5g 파괴**

면 인장재 거동 X

허용층간변위  
→ 여유길이 산정  
필요성



4차 실험

- 선 인장재 설계  
:: 효율성

**0.3g 파괴**

인장재 접합부 파단

**인장재 접합부**  
보강 필요



5차 실험

- 1층 한치 크기 증가  
:: 기초부 거동 최소화

- 종이 벨트 링 설계  
:: 기둥 바깥쪽 거동  
제어

**0.6g 파괴**

중간보 비틀림  
제어 X

가새 → 인장재  
변경 필요

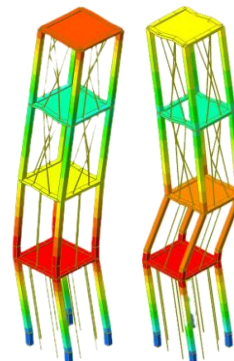


6차 실험

- 보강 외피 증설  
:: 기둥 강성 ↑

- 선형 인장재 텐션 ↓  
:: 허용층간변위 계산  
→ 여유길이 고려

**0.8g 파괴**  
**1층 감안 최적**  
**파괴 유도**



Mode 6

Mode 7

∴ 질량 참여율  
**Mode 6 - 7 지배적**

**붕괴 변형 해석**  
▶ 저층부 인장  
추가 설계 필요성 확인

Mode	UX	UY	UZ	RX
Eigenvalue Analysis				
Mode No.	Frequency		Period	Tolerance
1	1.9918	0.3432	3.0248	1.0832E-16
2	3.1376	0.4636	1.9445	1.9274E-16
3	4.4599	0.7268	1.3568	2.6159E-16
4	10.7868	1.6851	0.6004	3.2841E-16
5	15.3856	2.3915	0.4050	4.5076E-16
6	19.7099	3.1959	0.2792	5.1383E-16
7	23.4043	3.7706	0.2675	6.0227E-16

Modal Particpation Masses Printout						
Mode No.	Tran-X		TRAN-Y		ROTN-Z	
	MASS (%)	SUM (%)	MASS (%)	SUM (%)	MASS (%)	SUM (%)
1	0.0003	0.0003	1.2734	1.2734	4.8812	4.8812
2	0.0002	0.0005	0.8567	2.1301	9.4438	14.3250
3	0.0007	0.0012	0.6812	2.8113	13.9124	28.2374
4	0.0001	0.0013	1.2189	4.0302	24.6713	52.9087
5	85.7104	85.7117	39.0083	43.0385	20.4476	73.3563
6	6.7889	92.5005	29.4731	72.5116	11.3748	84.7311
7	1.9624	94.4629	17.5336	90.0452	7.4256	92.1567

마찰 댐퍼 거동 확인,  
**비틀림, 횡변형**에  
대한 추가적인 설계  
필요성

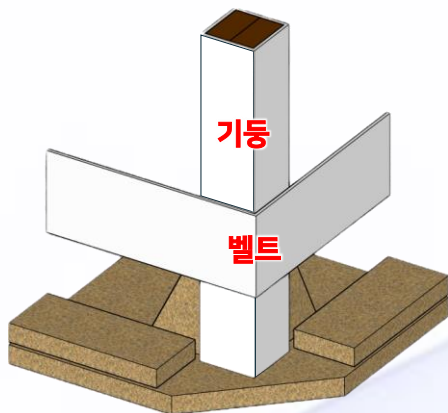
# 03 최종 모델 해설

## 종이 인장재

- X자 가새가 아닌, 인장재를 통하여 강성 조절
- 저층부 (1층, 2층)  
기둥 분절로 인한 횡변위 제어 목적 : I자형 인장재  
법적 허용층간변위를 통해 여유길이 예측 후,  
실험을 통해서 여유길이 3mm 산정
- 고층부 (3층, 4층)  
비틀림 제어 목적 : X자형 인장재

## 종이 벨트

- 2-4층 바깥 헨치 대신, 기둥 부재 바깥쪽 움직임 제어  
A4 ¼ 장을 2겹씩 겹쳐 링 형태로 바깥쪽 고정  
하중이 비교적 큰 2층, 3층에 대하여 사용



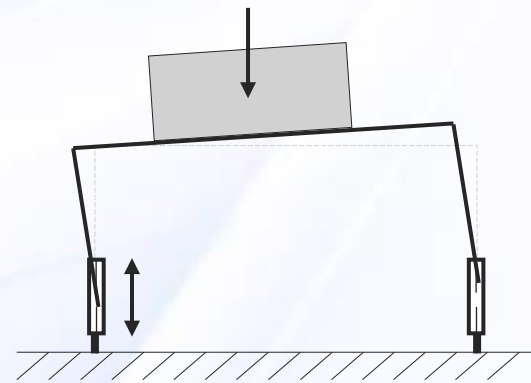
## 분절 기둥 : 내부 MDF + 외부 종이

- 내부 MDF는 콘크리트, 외부 종이는 각관 역할  
CFT 기둥과 같이 유사하게 설계  
내구성 향상, 강도 증대, 비틀림 저항성 등과 같은 기대효과
- 저층부 (1층, 2층) 200mm\*2 + 고층부 (3층, 4층) 400mm  
분절된 내부 MDF 기둥을 둘러싼 종이 외피  
모멘트 전달 ↓ ∴ 좌굴 및 비틀림 최소화 노력

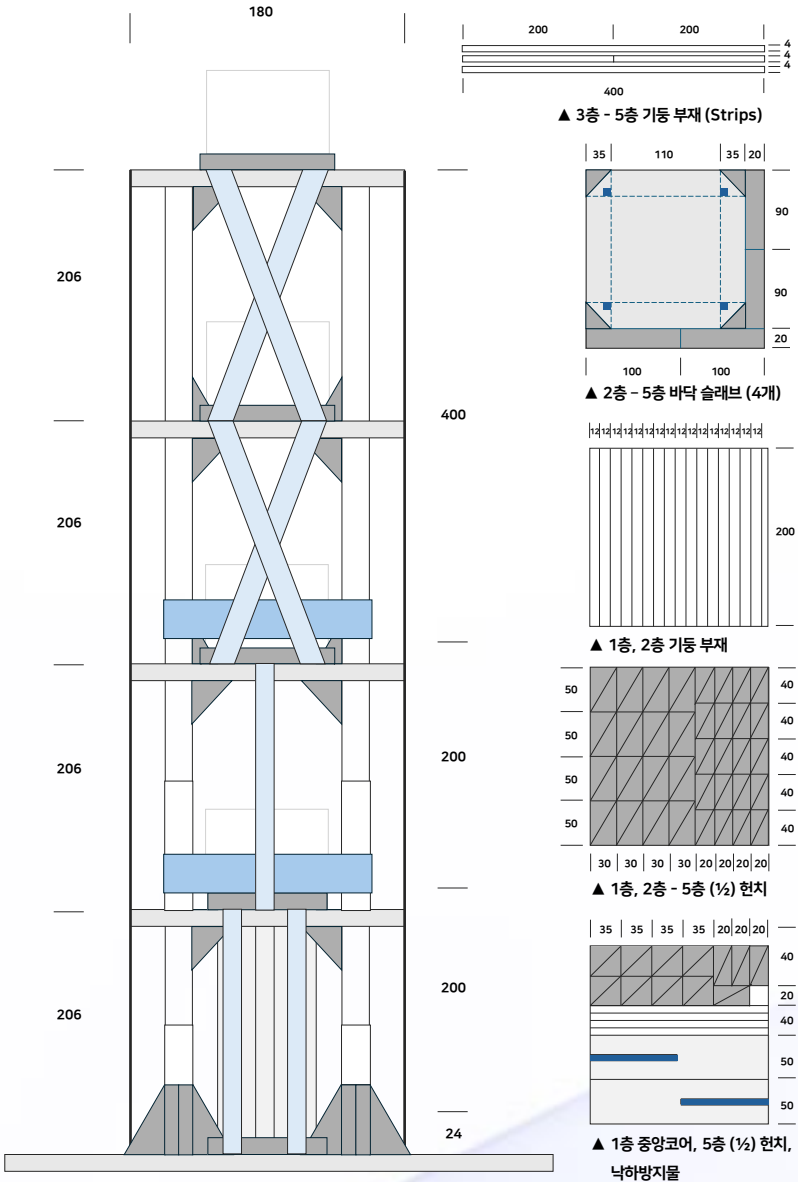


## 기둥 마찰 댐퍼

- 분절된 두 기둥 사이의 종이 접합부에서 마찰이 발생하여  
댐퍼 역할을 수행하며, 진동 시 에너지를 소산
- 전도모멘트에 의해 발생하는 횡변위 및 수직변위를  
자중을 활용해 원 위치로 복귀할 수 있는 복원 메커니즘



# 04 부재 도면 & 원가 & 공정



재료명	단위	규격	단가	개수	금액 (백만원)
MDF Base	개	400mm * 400mm * 6mm	-	1	-
MDF Strip	개	600mm * 4mm * 6mm	10	16	160
MDF Plate	개	200mm * 200mm * 6mm	100	7	700
A4	장	297mm * 210mm	10	28	280
접착제	개	20g	200	2	400
<b>합계</b>					<b>1,540</b>

