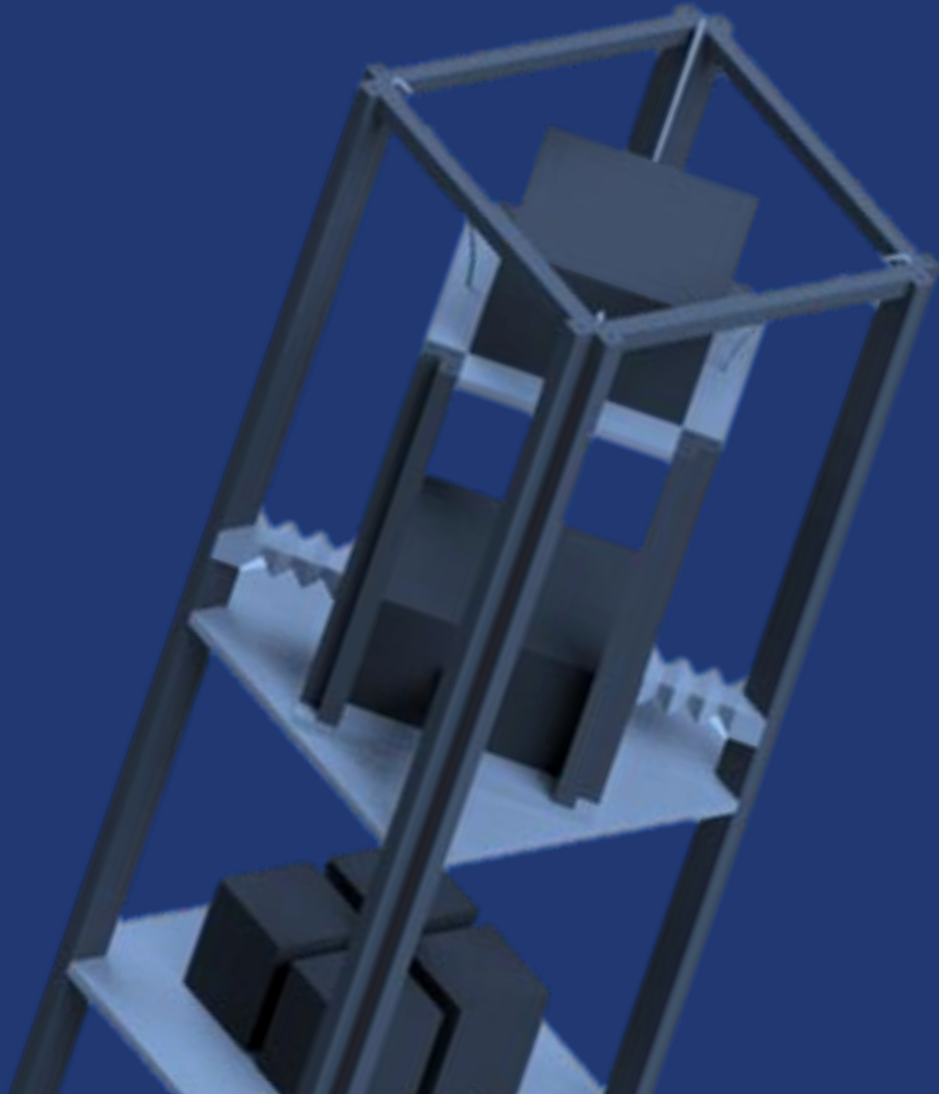


# 2022 구조물 내진설계 경진대회

## [TEAM] Y-Mecha

연세대학교 기계공학과  
김영주 교수님



윤주노

- 이론적 설계
- 보고서 작성
- 개발 총괄

김지훈

- 이론적 설계
- 실험진행
- 예산 확인

이유정

- TMD 설계
- 설계 초안 작성
- 실험 진행

김주원

- 보고서 작성
- 실험 진행

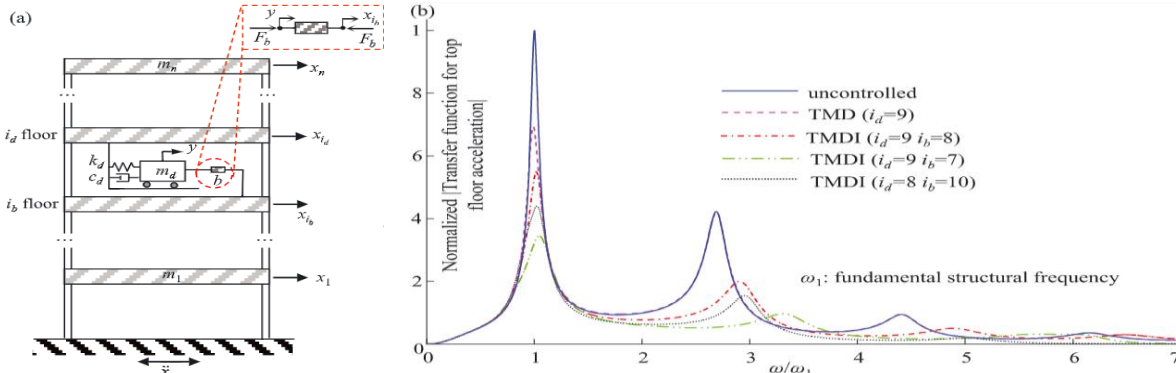
## 맨땅에 헤딩

## 기계의 기개로

## 3중 댐핑 TMD

- 실, 면마찰, 종이 댐퍼를 통한 3중 댐핑 시스템 고안
- ⇒ 가진 주파수에 대한 시스템 응답 최소화

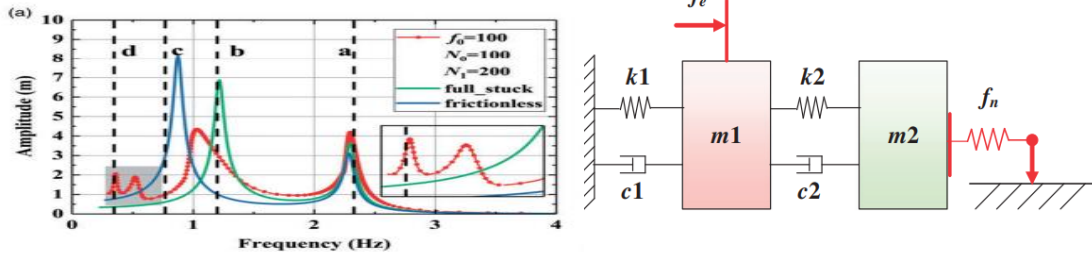
### 1. TMD 분석 - 고유진동



<수치해석을 통해 도출한 응답진폭 결과>

- TMD로 인해 건물 상부가 힘을 적게 받는 것을 알 수 있다.

### 2. TMD 분석 - 면마찰

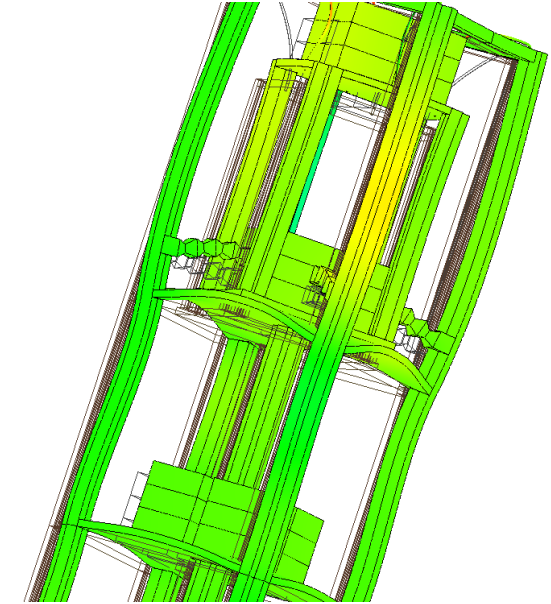
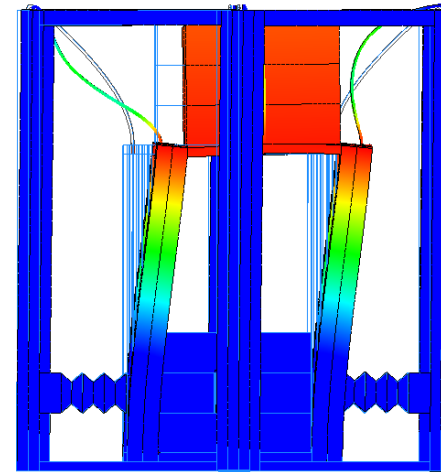


$$f_e(t) = f_0 \cos(\omega t)$$

- 질량이  $m_2$ 인 TMD는 종이로 인해 댐핑되고( $c_2$ ) 실로 인해 탄성을 받으며( $k_2$ ) 바닥 면에 마찰 영향을 받는다( $f_n$ ).
- 그래프를 통해 고정된 경우(full\_stuck)와 마찰이 없는 경우(frictionless)와 비교하여 응답 진폭이 작은 것을 알 수 있다.



### 3. TMD 모달해석



- TMD 시스템의 고유진동수 : 19.32 [Hz]
- 구조물 전체의 고유진동수 : 28.12 [Hz]
- 지진의 진동수: 0.5~10Hz
- TMD 시스템을 활용해 공진을 피할 수 있음

## 물성치 분석

면줄의 탄성계수  $k$  측정 실험

변형이 없을 때 실 길이	무게를 달아 변형이 있을 때 실 길이
500mm	506mm

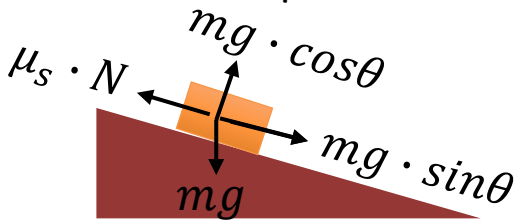
$$k = \frac{mg}{\Delta x} = \frac{(1.077kg) \cdot 9.81m/s^2}{(506 - 500)mm} = 1760(N/m)$$

종이댐퍼의 탄성계수  $k$  측정 실험

변형이 없을 때 종이댐퍼 길이	압축 시 종이댐퍼의 길이
79mm	17mm

$$k = \frac{mg}{\Delta x} = \frac{(1.202kg) \cdot 9.81m/s^2}{(79 - 17)mm} = 190.018(N/m)$$

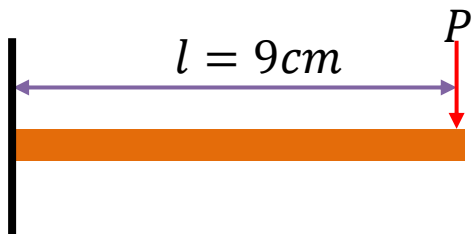
정지마찰계수  $\mu$  측정 실험



$$\mu_s \cdot N = \mu_s \cdot mg \cdot \cos\theta = mg \cdot \sin\theta$$

$$\therefore \mu_s = \tan 41^\circ = 0.869$$

보의 최대하중 측정 실험

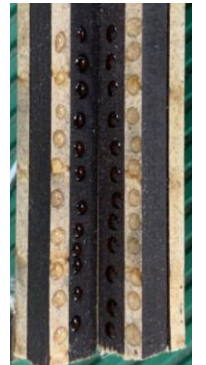
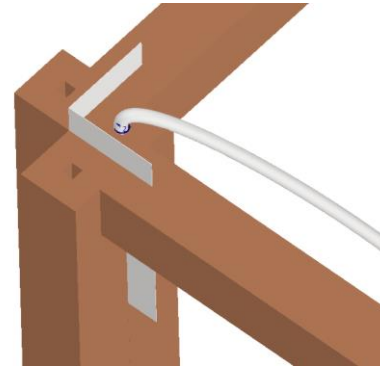


파단부에 가해진 모멘트  
 $M = Pl = (8.45kg \cdot 9.8 \text{ m/s}^2) \cdot 0.09m = 7.46N \cdot m$

300mm의 실제 보가 버틸 수 있는 최대 수평하중  
 $P = \frac{M}{l} = \frac{7.46N \cdot m}{300mm} = 24.9N$

## 파괴유도

정밀한 파괴를 유도하기 위해 실험적 분석을 통해 기둥의 접합부 파단을 유도



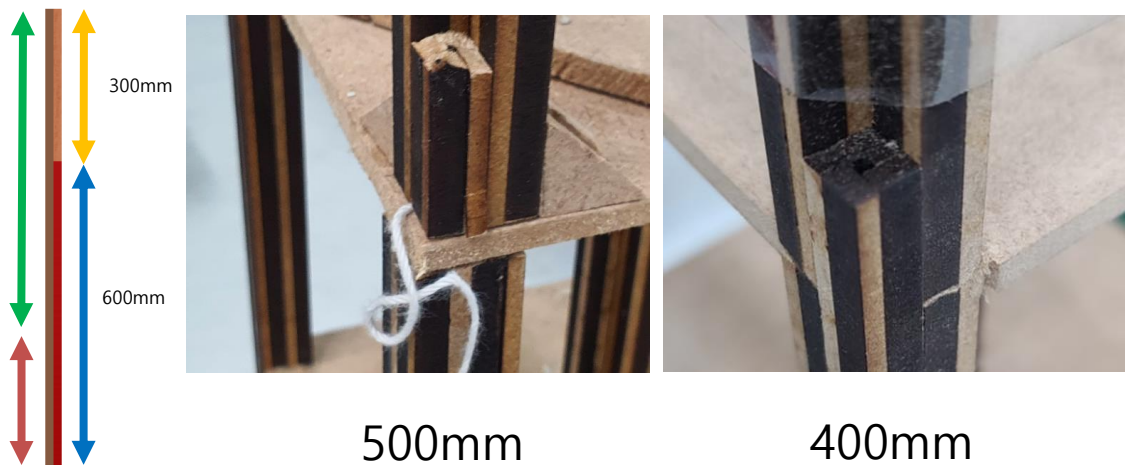
횡 가속도	하중블록	수평하중
0.6g	12kg	7200g
0.7g		8400g

기둥 길이	접착제 방울 수	버틴 하중
3cm	24	1361g
3cm	48	3480g

추가실험예정 (7/20)

## 1. 기둥 측면 접합

- 기둥의 측면끼리 접합하여 강성 증대, 시공성 확보

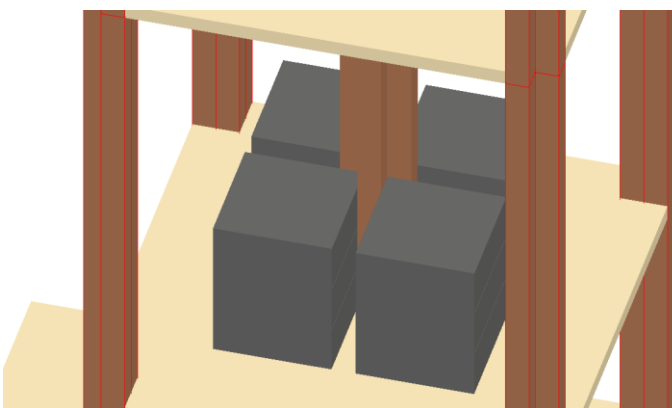


## 2. 실 장력 조절

- 실의 끝단을 아래로 빼내어 조립 후 실의 장력 조절이 용이하도록 설계



## 3. 하중블록 버팀대

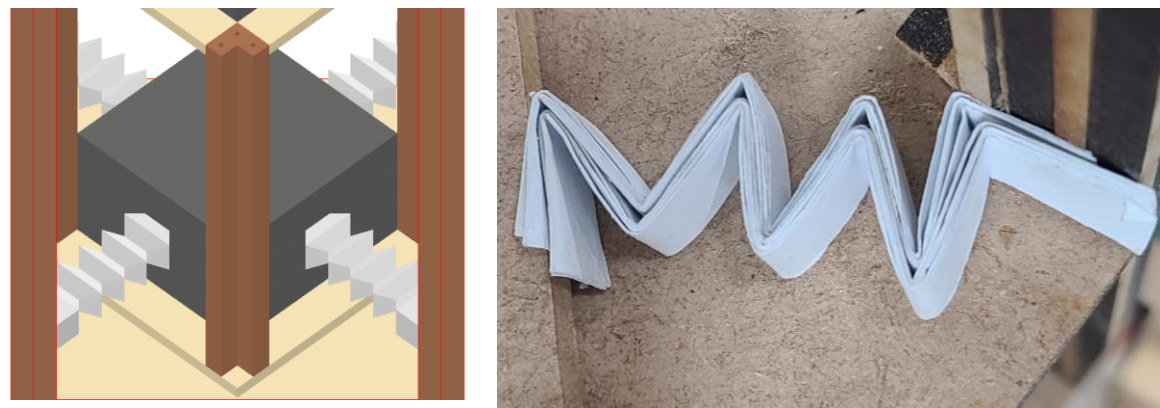


- 십자가 메가 기둥의 모서리 꼭짓점 부분에 하중블록을 버팀대로 활용

⇒ 메가 기둥에 수직 하중을 집중시키고 안정성 증대

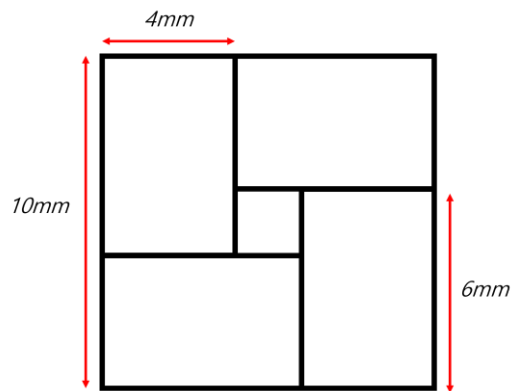
## 4. 종이 댐퍼

- 종이를 여러 번 접어 댐핑 강도를 만들고 이를 순간접착제를 이용하여 강화



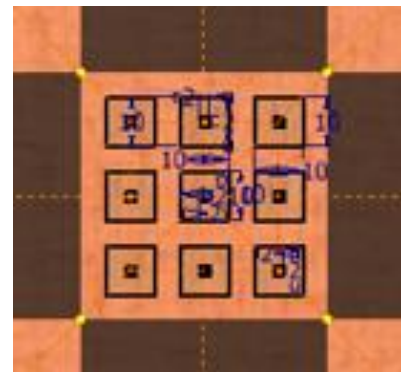
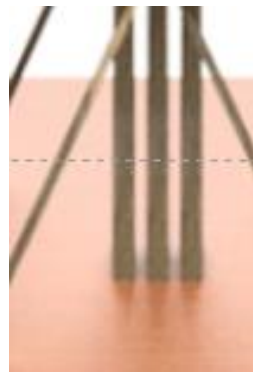
## 5. 내진 하부 구조

- 단순 unit column을 구상하여 시공성 확보
- Unit column을 이어 붙여 기둥의 강성 확보



## 6. 기둥 개수 줄이기

- 실의 끝단을 아래로 빼내어 조립 후 실의 장력 조절이 용이하도록 설계



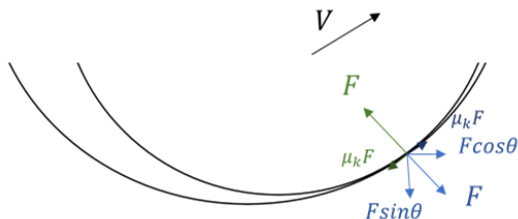
< 변경 전 >

< 변경 후 >

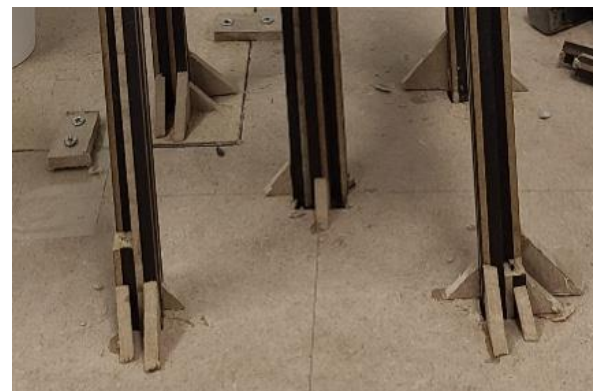
## 7. 바닥 곡률 제거



- 시공시간 단축 및 재료비 절감 고려
- 바닥 곡률을 면마찰로 대체



## 8. 가새 대신 HAUNT 추가



- 시공시간 단축 및 재료비 절감 고려
- 가새를 HAUNT로 대체



# 설계개요

# 세부설계

# 예산내역/공정표

재료명	용도	개수	비용(백만원)
Strip	600mm 기둥	36	360
	300mm 기둥	8	40
	500mm 기둥	32	320
	400mm 기둥	40	400
	200mm 기둥	40	
	Plate	MDF plate	1
1,2,3층 plate		3	300
TMD층 plate		2	200
A4지	댐퍼	2	20
면줄	실댐퍼	8	80
접착제	2	2	400
총계	2120		

부재명	내용	30	60	90	120	150	180
		1시간		2시간		3시간	
재료제작	600mm기둥						
	300mm기둥						
	500mm기둥						
	400mm기둥						
	200mm기둥						
	plate제작						
	종이 댐퍼 제작						
시공	TMD 조립						
	기저조립						
	TMD 기저결합						
	실 장력 조절						
	종이 댐퍼, 하중블록 Haunt 붙이기						

윤주노	
김지훈	
이유정	
김주원	

윤주노,김지훈	
이유정,김주원	
모두	