

# 콘푸로스트

## 설계요약서



The contest is based on the IDEERS Challenge developed by the University of Bristol



## 팀원소개, 역할 및 목차

지도교수  
서울시립대학교 건축공학과  
김형준 교수

### Intro

- 설계목표
- 설계방향

### Concept

- Design Concept
- 구조시스템 - 단면, 기둥
- TunedMassDamper
- 마찰damper
- 도면
- 내역서

권종훈

Idea 및 구체화  
Damper 구현

최경록

재료의 물성치측정  
안전성분석 및 피드백

정현수

구조해석 Modeling  
건물의 내진능력 검토

박현우

경제성 및 시공성 검토  
전체적인 구조물 결정



## 설계목표

**대회 주제 : 내진설계기술에 의한 지진재해 예방과 대응**

### 구조물 제작 및 심사기준

- 구조물의 목표 내진성능과 이에 최적화된 설계방법의 이해
- 구조물의 지진 시 거동 예측 능력 및 부재강도 평가 능력
- 지반가속도 0.7g 수준에서 구조물의 파괴를 유도하는 정밀한 설계
- 시공성과 경제성을 고려하고 구조물의 아름다움을 추구하는 설계
- 구조해석 능력 외 도면화, 수량산출 및 내역작성 기술

**설계목표 : “정밀한 계산을 통하여 0.7g에 적합한 아름다운 구조물설계”**



# 설계방향

## 내진

건물의 강성을 증가시켜 지진력에 저항하는 방법

## 면진

건물을 지반과 분리하여 지진력을 피해가는 방법

## 제진

구조물로 전달되는 지진력을 제진장치로 상쇄하여 저항하는 방법

초고층건물은 일반적으로 유연  
- 큰 층변위 발생



**중간변위를 활용하여 에너지 소산**



재료(실, 종이, MDF)특성상 소성변형에너지활용 부적합  
마찰에너지를 활용하여 에너지소산



Design Concept

TunedMassDamper

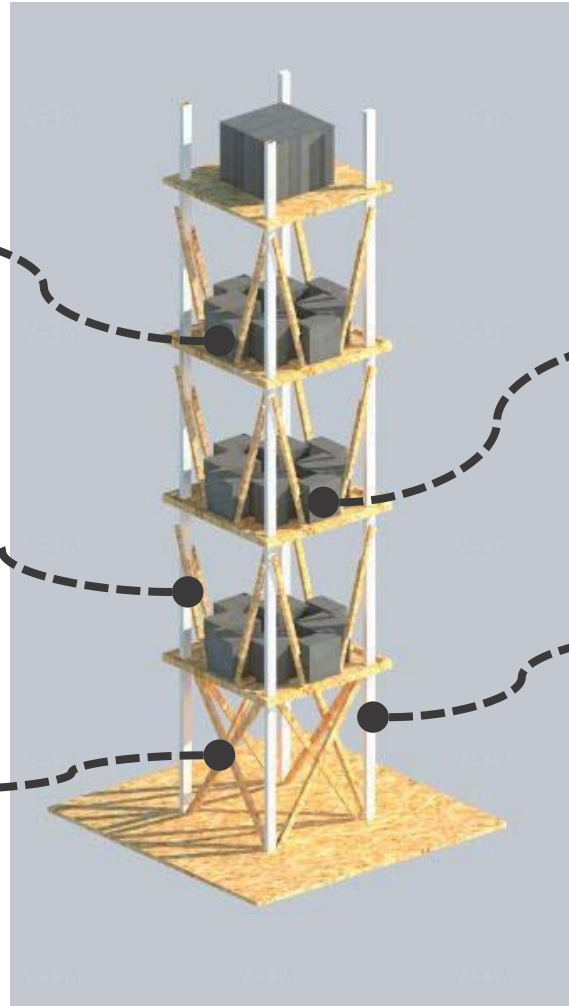
관성효과를 이용한  
동조질량감쇠효과

복원가새

Damper의 성능확보

1층가새

가장 큰 전단력이 발생하는  
것에 대비하여 전단보강



마찰Damper

층간 변위차를 활용하여 각층마다  
마찰에너지 소산

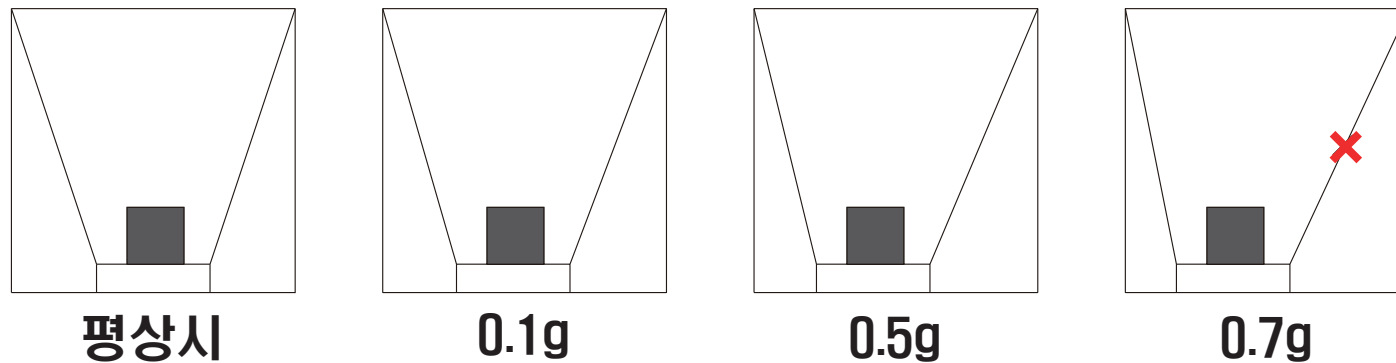
기둥

종이로 둘러싸 취성파괴를 막음.



## Design Concept

### 거동예측

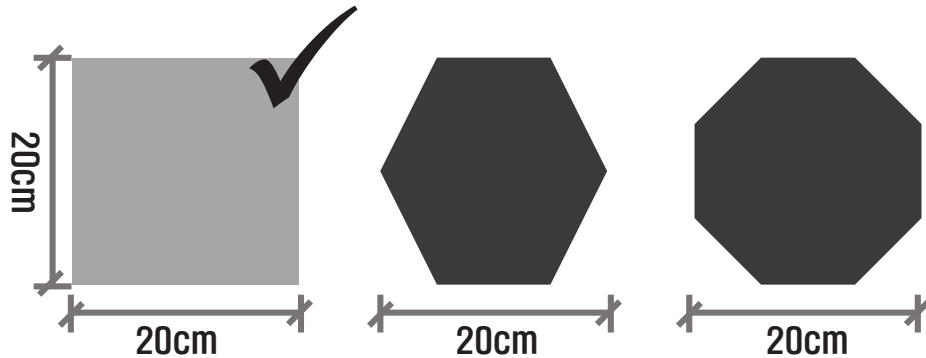


“0.7g의 지진이 가해질시에 가새의 파단으로 인한 Damper 성능 상실”

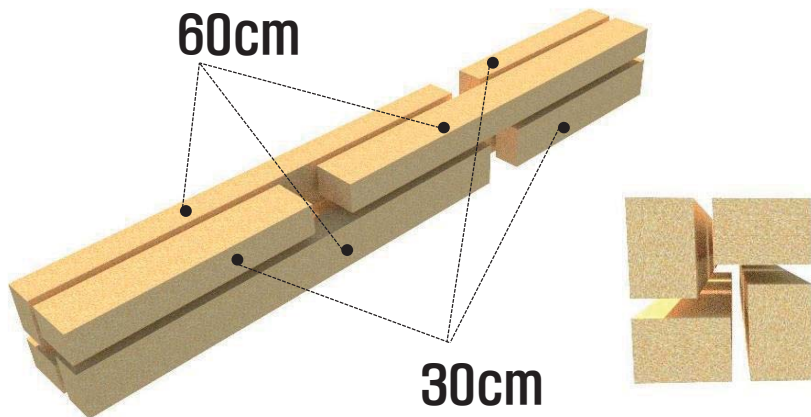
“Damper 성능 상실로 인한 구조물의 파괴유도”



## 구조시스템 - 단면, 기둥



- 절삭하지 않고 사용하여 기둥외부공간을 활용할 수 있음
- 하중설치공간과 마찰Damper의 변위가 확보될 수 있음
- 가공을 거치지 않고 사용가능 (시공성 우수)

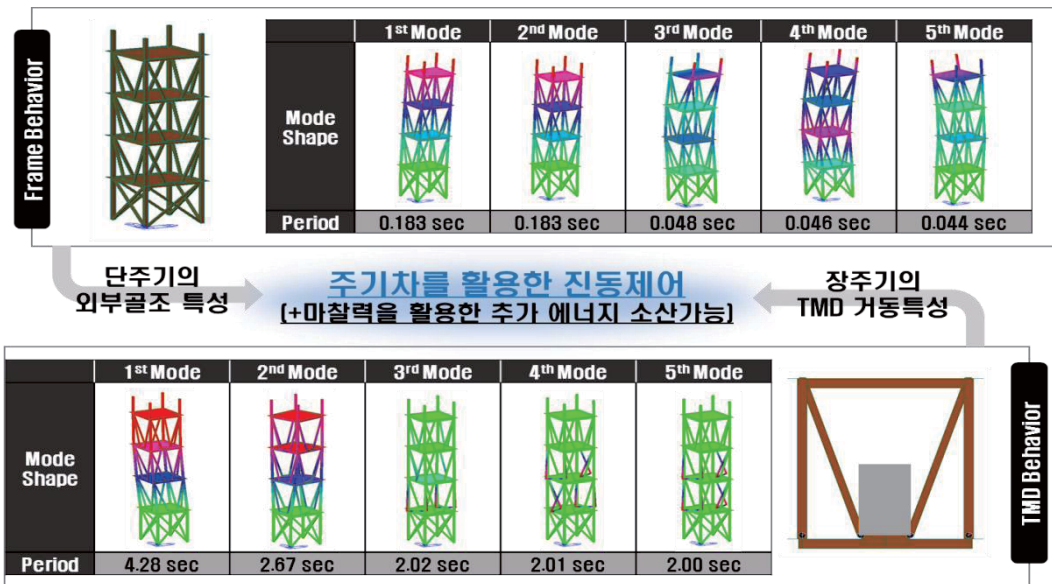
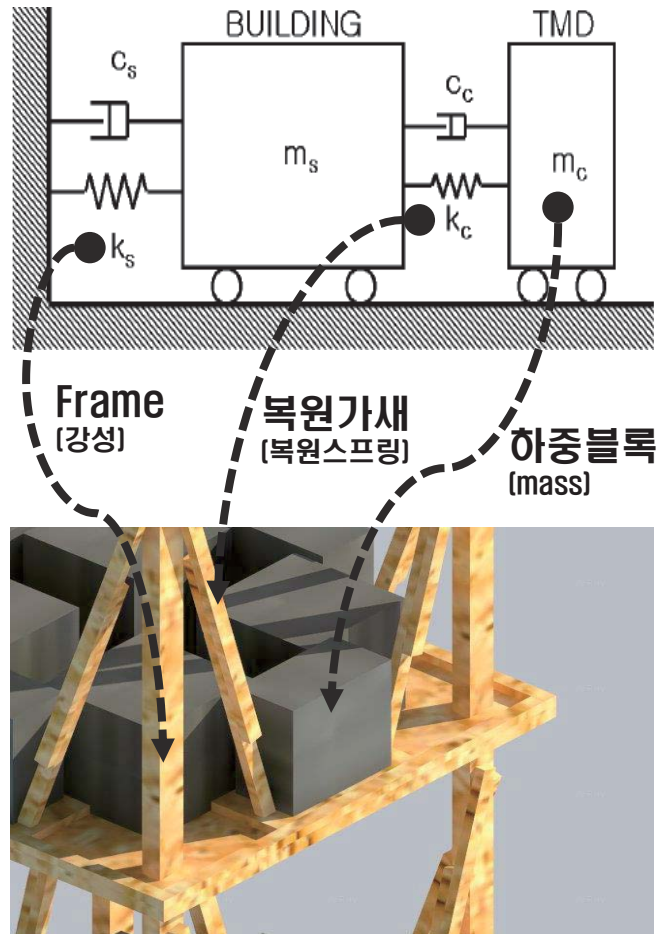


- 약축이 발생하지 않음(단면2차모멘트)
- 단면성능 우수(속 빈 단면)
- 접착면이 한 면에 집중되지 않도록 하여 접착부 파단 방지
- 기둥을 종이로 감싸 취성파괴를 방지

\* 일반적인 기둥은 전단력에 대하여 취성파괴가 발생하면 더 이상 하중을 지지할 능력을 상실하지만, 띠형태의 연속된 보강재로 둘러싼 기둥의 경우에는 인성의 효과가 증가하여 하중을 지지할 능력을 확보가능



# Tuned Mass Damper

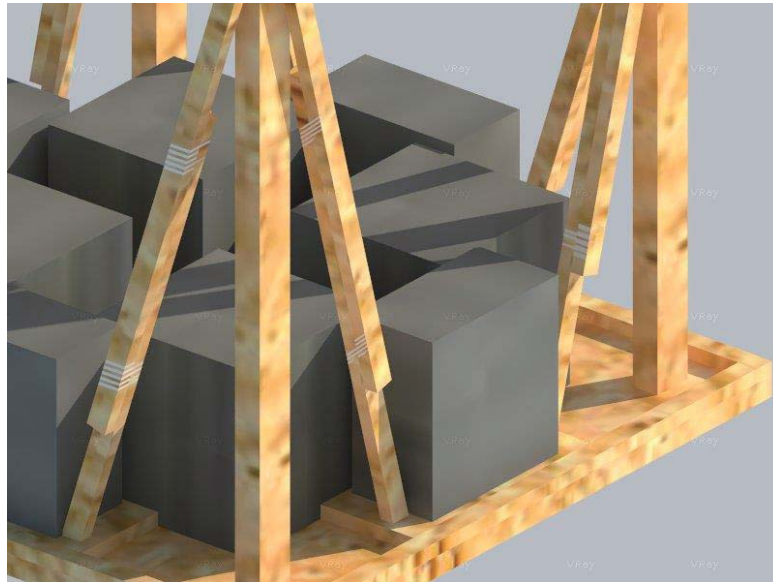


- 하중블록을 mass로 활용
- 복원가새를 활용하여 mass의 복원력 확보
- 관성효과 이용한 동조질량 감쇠효과
- 구조물의 주기와 TMD의 주기의 주기차가 간섭을 발생시켜 전체구조물의 진동제어





## 마찰Damper



### 마찰Damper

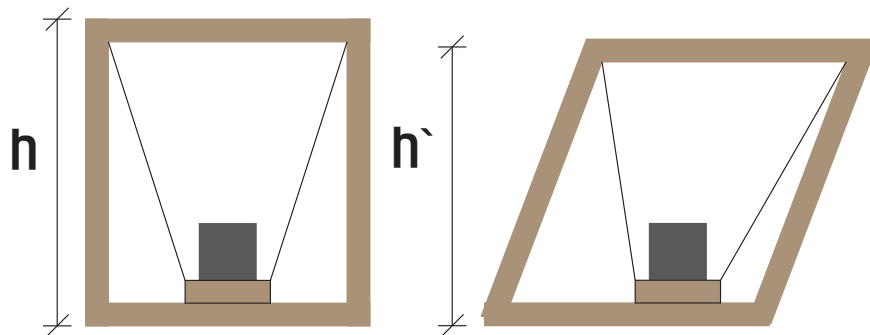
- 하중블록을 mass로 사용
- 층간 변위 차를 활용하여 마찰에너지로 진동에너지 소산

“기둥에 전달되는 하중감소”

“부재의 경제성 확보”

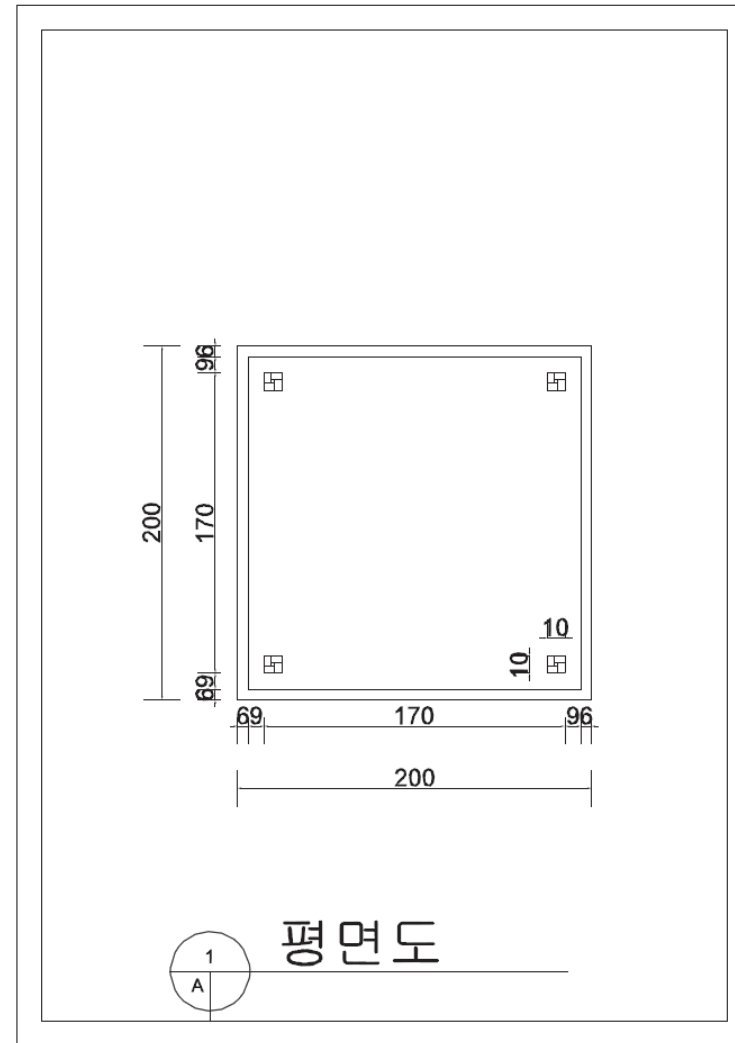
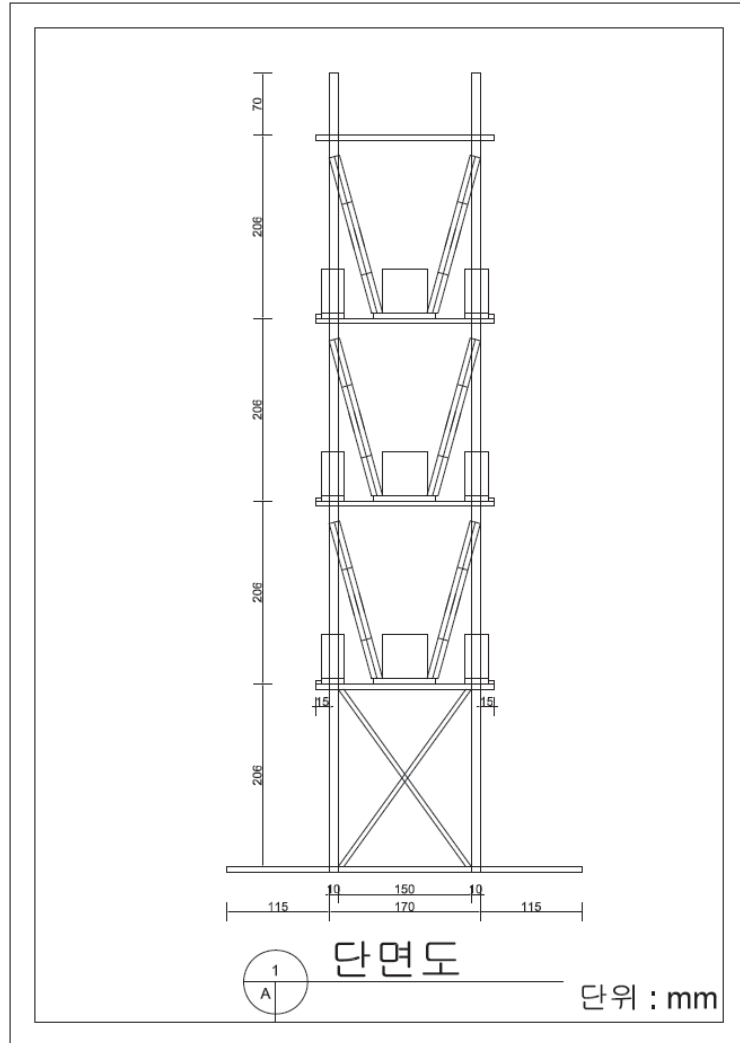
### 복원가새 [실을사용하여 묶음]

- 가새의 길이가 유동적으로 변형가능
- 층간 변위발생시 층고높이가 달라짐에도 균일한 마찰damper 성능확보가능
- 가새와 가새사이의 마찰에너지로 진동에너지 소산
- 강성이 실보다 커 마찰damper가 상부층의 변위를 추종





단면





## 내역서

	기둥	슬라브	가새	마찰Damper	기타	총개수
Strip(개)	$6 \times 4 = 24$	.	$1 \times 8 = 8$	$2 \times 12 = 24$	4	60
Plate(개)	.	$1 \times 4 = 4$	.	1	.	5
종이(장)	$1 \times 4 = 4$	.	.	.	2	6
본드(개)	.	.	.	.	2	2
실(식)	.	.	.	.	10	10

	단가(백만원)	총개수	합계
Strip(개)	10	60	600
Plate(개)	100	5	500
종이(장)	10	6	60
본드(개)	200	2	400
실(식)	10	10	100

**Total 1660**

# 콘푸로스트

## 설계서



The contest is based on the IDEERS Challenge developed by the University of Bristol



## 목차

### Intro

- 하중분석 및 하중분포가정
- 1층 가새보강

### Concept Development

- 가새 vs 복원가새
- 마찰Damper의 발전

### Analysis

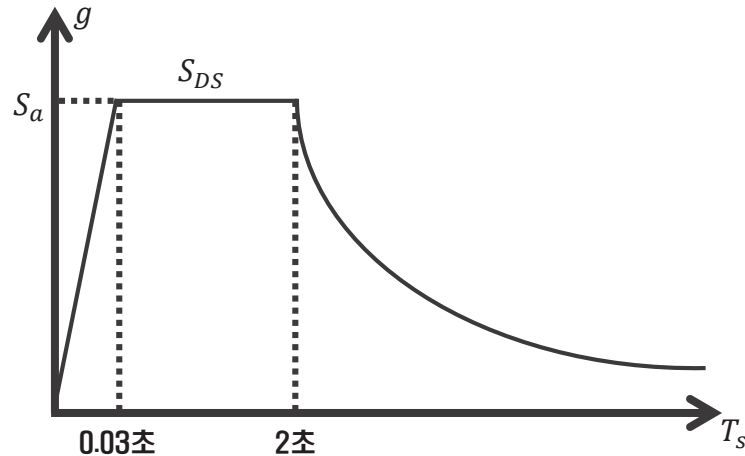
- 부재성능
- 단면성능
- 기동설계
- 마찰계수
- Dynamic Characteristics

### Conclusion

- Model 실험
- 공정표
- 도면
- 내역서



## 하중조건분석 및 하중분포가정



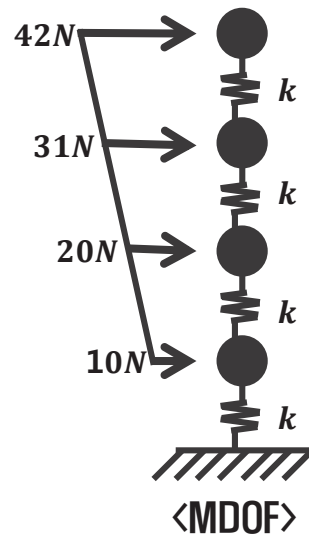
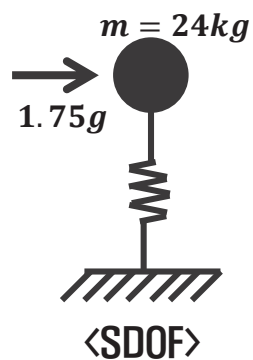
### 하중조건분석

구조물의 파괴를 유도하기 위하여 지반가속도 0.7g 수준의 구조물의 주기를 설정  
 장주기영역으로 구조물 주기를 설정하기 제한됨  
 해당 주파수(0.5Hz~30Hz) => 목표주기 [0.03 ~ 2초]  
 목표주기 범위의  $S_a = PGA \times 2.5 = 0.7g \times 2.5 = 1.75g$

$$F = ma$$

$$= 24kg \cdot 1.75g$$

$$= 42N$$

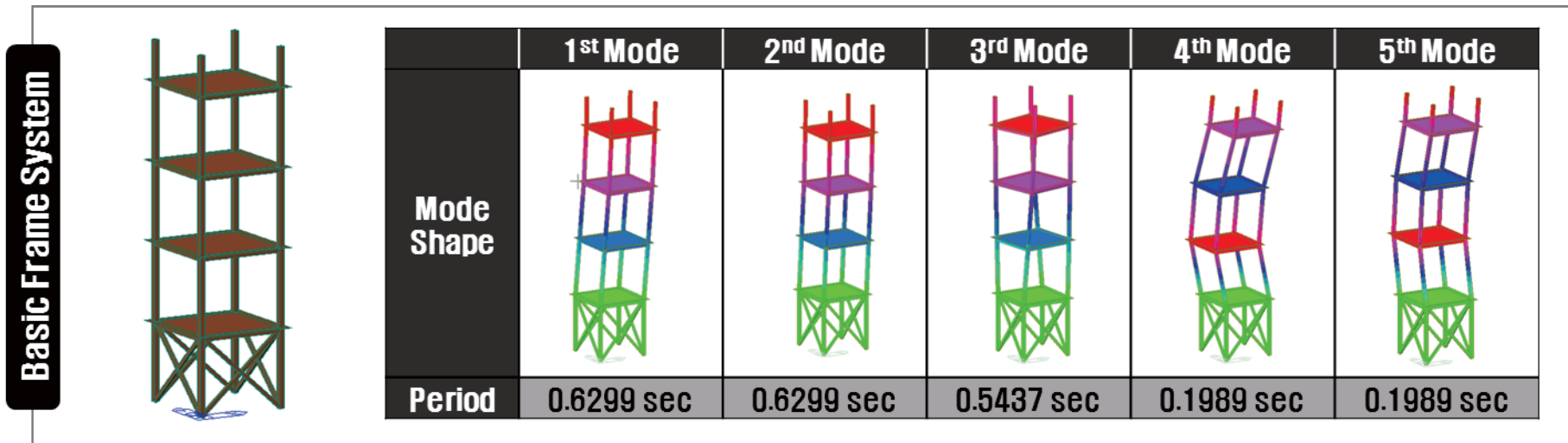


### 하중분포가정

각 층별 하중 산정 (각 층별 강성은 동일하다고 가정)



## 1층 가새 보강



### SITUATION

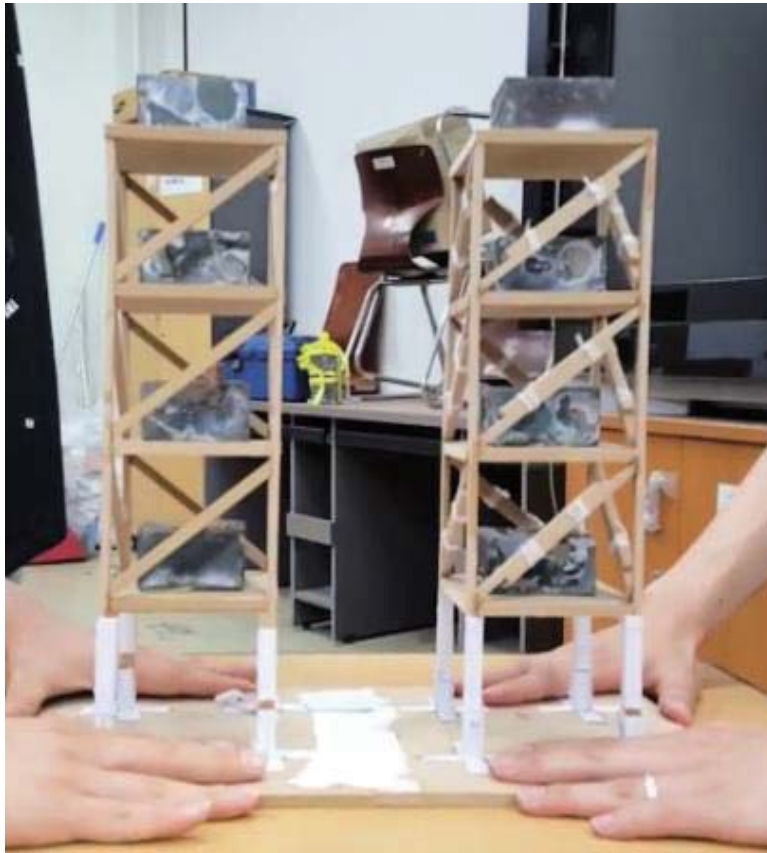
1층 가새보강  
 → 상부층 낮은 강성으로 인하여  
 고차모드 영향이 커짐  
 , 불안정한 동적거동이 발생

### SOLUTION

동적거동의 안정화를  
 위한 장치의 도입  
 → 추가적인 에너지 소산



## 가새 vs 복원가새



### 복원가새(마찰damper)

- 가새를 분리하여 슬라이딩 할 수 있도록 실로 연결
- 가새 사이의 마찰력으로 소산마찰에너지 발생

### 실험결과

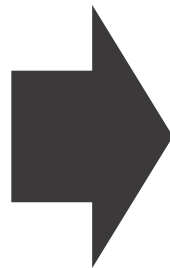
- 마찰면적과 마찰력이 작음  
→ 마찰에너지 소산효과 미미
- 수직항력의 영향이 일정하지 않음  
→ 소산마찰에너지 정량화 어려움

**“소산에너지를 발생시킬 새로운 damper필요”**  
.....



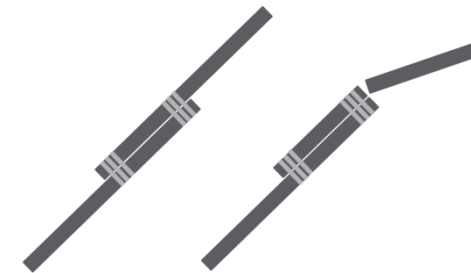


## 마찰Damper의 발전



### 마찰Damper 개선안

- 하중블럭을 질량으로 활용하여 마찰력 증가
- 마찰에너지의 정량화 가능
- 기존 가새보다 가새 두께를 늘리고 접착부를 보강하여 접착면 강화



\*지렛대작용에 의한 파괴를 방지하기 위해 마찰면의 방향 전환



## 마찰Damper의 발전



ex)  
해운대 포스코 센텀시티 TMD

- 하중블록을 mass로 활용
- 복원가새를 활용하여 mass의 복원력 확보
- 관성효과 이용한 동조질량 감쇠효과
- 구조물의 주기와 TMD의 주기의 주기차가 간섭을 발생시켜  
전체구조물의 진동제어



## 부재성능



하중, P	변위, $\delta$	탄성계수, E
60g	4mm	1532.1MPa
60g	4mm	1532MPa
60g	3.9mm	1572.1MPa
60g	4.2mm	1459.8MPa
60g	3.8mm	1613.5MPa
120g	7.5mm	1635MPa
120g	8mm	1532.8MPa
120g	8.1mm	1513.9MPa
120g	7.7mm	1592.5MPa
120g	7.8mm	1572.1MPa

**평균 E**

**1550.26MPa**



## 단면성능

①



$$I = 832mm^4$$

- 단면성능 우수(속빈단면)

- 동일한 부재수를 사용하여 두 단면을 비교하였을 때 ①번 단면이 강축과 약축이 없으므로 균등한 단면성능을 확보.

②



$$I_x = 1152mm^4$$

$$I_y = 512mm^4$$

- ①번 단면의 단면2차모멘트가 ②번 단면 약축의 단면2차모멘트보다 162% 크다.

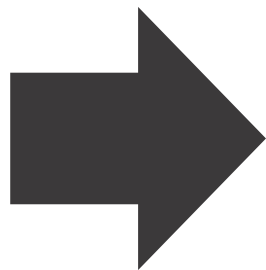


“취약부분에 의해 전체 구조의 성능이 결정되므로 동일한 부재를 사용하여 더 큰 단면성능을 확보”



기둥설계

	기둥	기둥 (종이보강)
실험사진		
파단무게	99.5386N	141.0854N



“종이보강 기둥의 강도가 보강하지 않은 기둥보다 142%의 무게를 버티었다.”



# 마찰계수



$F \geq N$ , 고정되어 있지 않은 MDF합판 변위 발생

정지마찰력 (변위발생 순간의 힘 측정)

✓ 운동마찰력 (운동시의 힘 측정)

.....  
운동마찰력을 활용하여 에너지소산

$$F = N = \mu mg, \quad \mu = \frac{F}{mg}$$

반복실험을 통해 평균값으로  $\mu$  측정

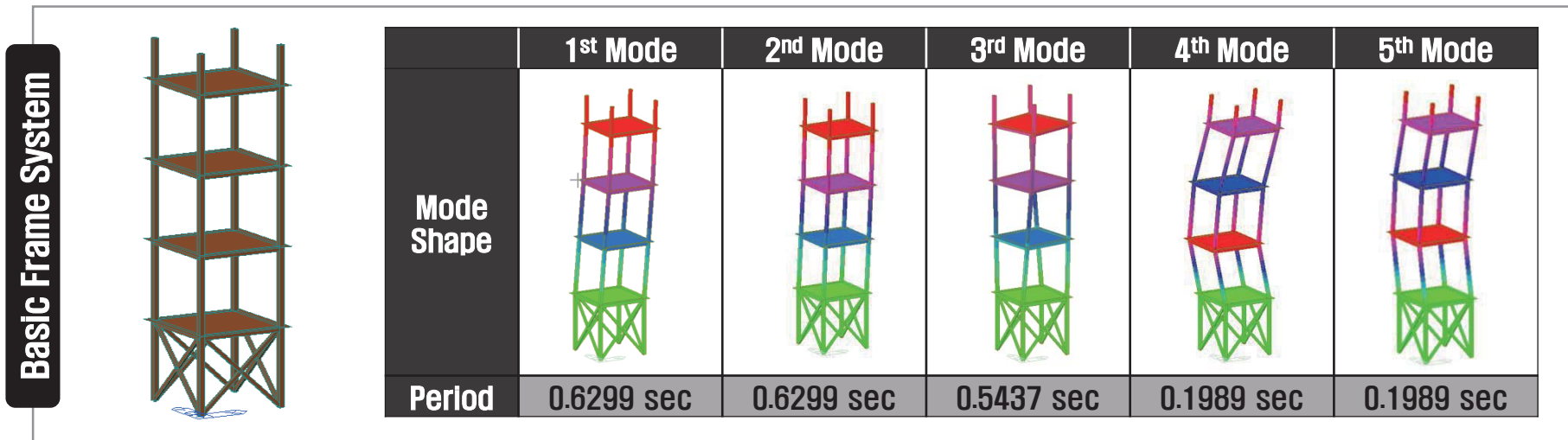
횟 수	F	m	11.371kg
1	30.38	F	31.262N
2	31.36		
3	33.32		
4	30.38	N	31.262N
5	30.38		
6	31.36	$\mu$	0.2806
7	30.38		
8	32.34		
9	31.36		
10	31.36		





## Dynamic Characteristics

구조물의 동적특성 분석을 통한 Design Concept의 타당성 분석



### SITUATION

고층량, 저강성의 골조특성  
(MDF의 물성치적 한계 고려)  
-고차모드의 영향이 커지고  
동적거동이 불안정함

### LIMITATION

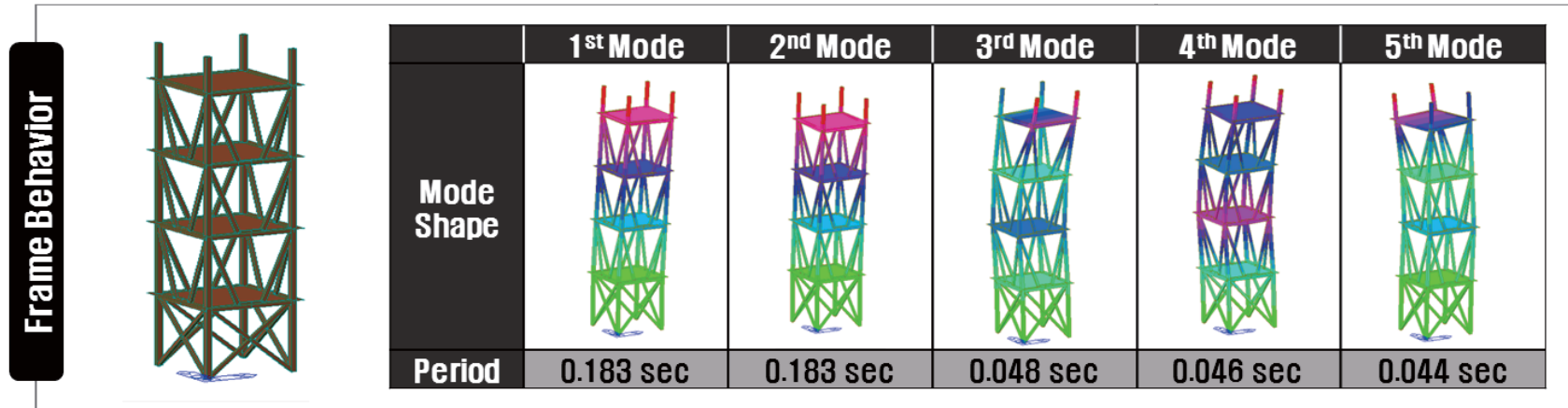
경제성 확보를 위해  
부재물량 감소가 요구됨  
  
시공시간의 단축 목적

### SOLUTION

동적거동의 안정화를  
위한 장치의 도입  
→주기차를 이용한  
TMD concept  
  
(마찰력을 통한 추가감쇠)



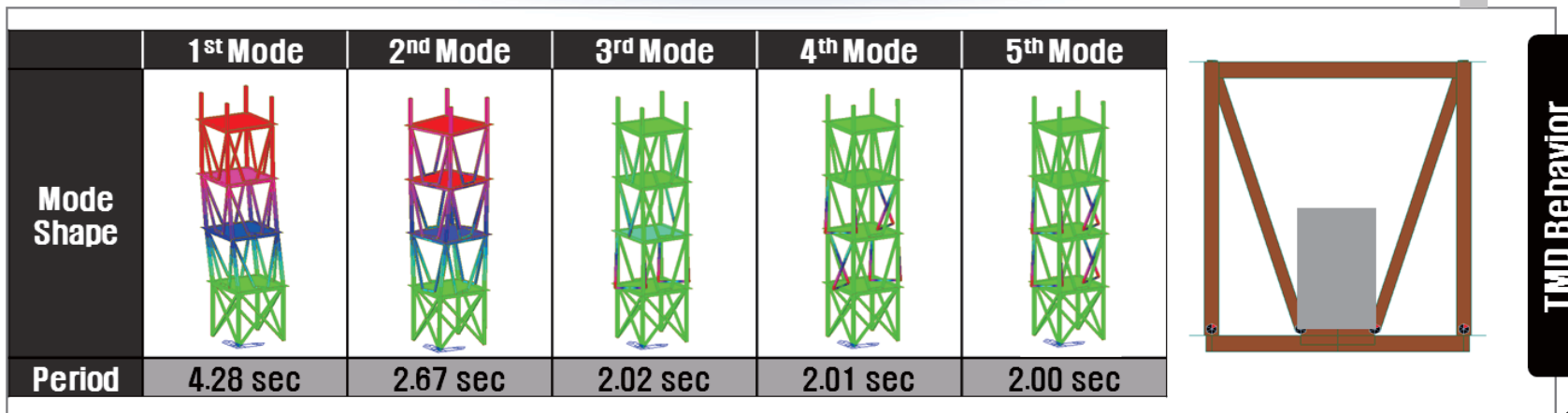
## Dynamic Characteristics



단주기의 외부골조 특성

**주기차를 활용한 진동제어**  
 [+마찰력을 활용한 추가 에너지 소산가능]

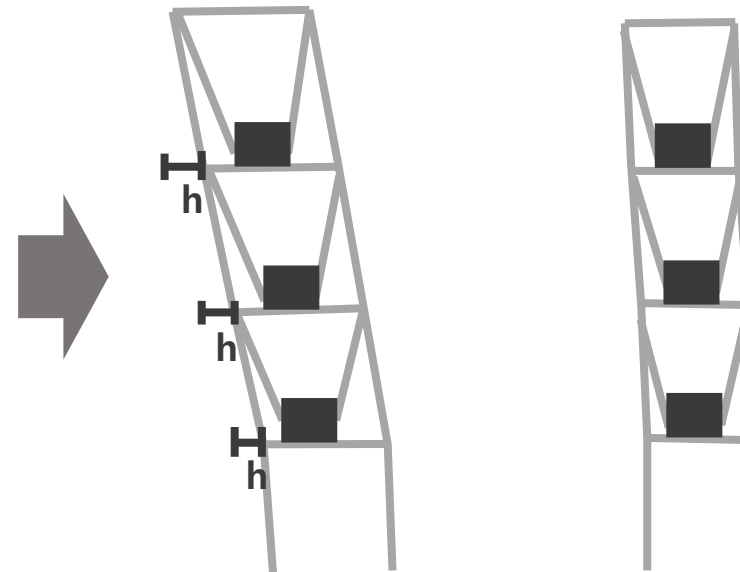
장주기의 TMD 거동특성







## Model 실험

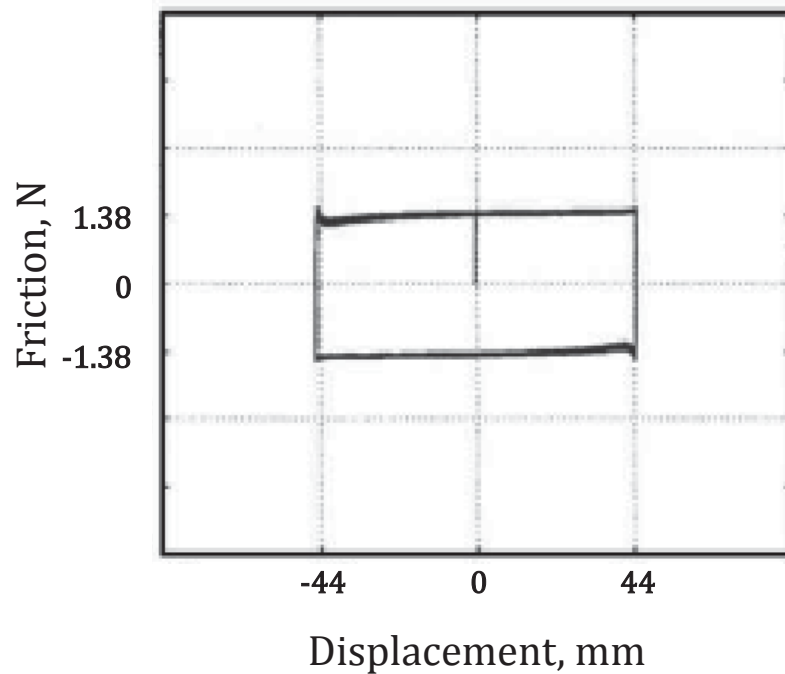


### 결과

- Tuned Mass Damper의 복원력 성능 확인
- 층간 변위차로 인한 마찰에너지 소산 확인
- 복원가새의 성능 확인
- 예산 문제로 인하여 실험 Model을 해석 프로그램을 통하여 Modeling 후 실험 Model을 제작하여 실험을 해본 결과 예상했던 성능들이 작동하는지 확인할 수 있었다.



## Model 실험 (마찰에너지)



$$\begin{aligned}
 F &= \mu mg \\
 &= 0.2806 \cdot 0.5 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \\
 &= 1.38 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$d = 0.044 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 E &= F \cdot d = 1.38 \text{ J} \cdot 0.044 \text{ m} \\
 &= 1.38 \text{ N} \cdot 0.044 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$E_{ea} = 0.243 \text{ J}$$

$$n_{damper} = 12$$

$$E_{total} = 2.916 \text{ J}$$



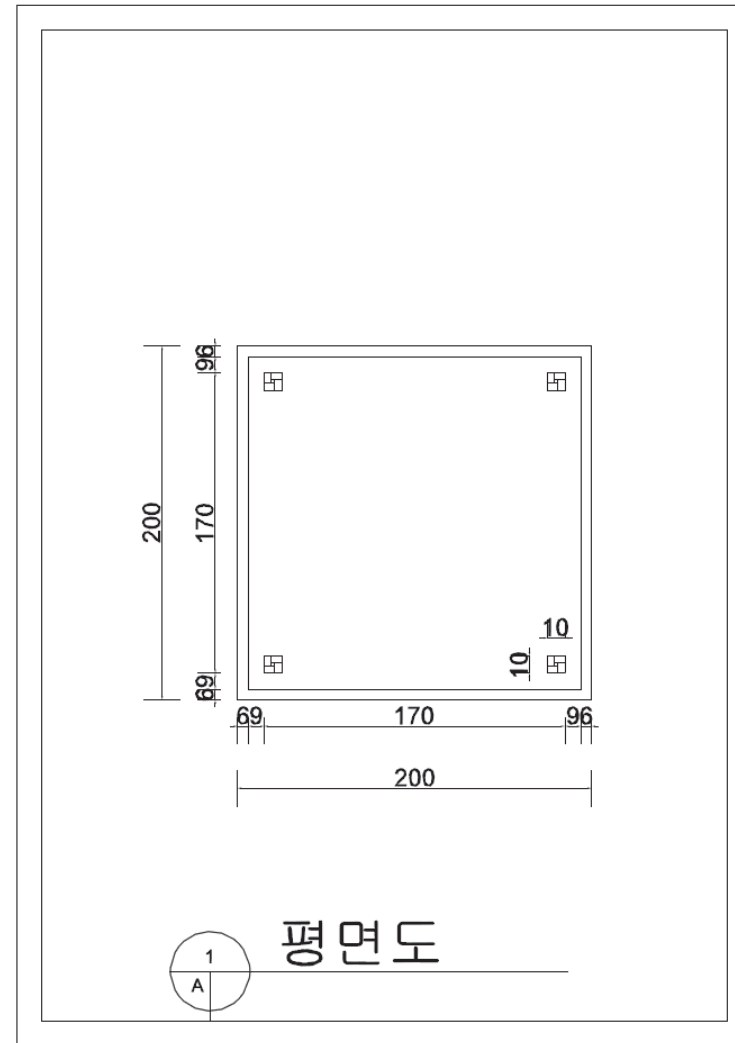
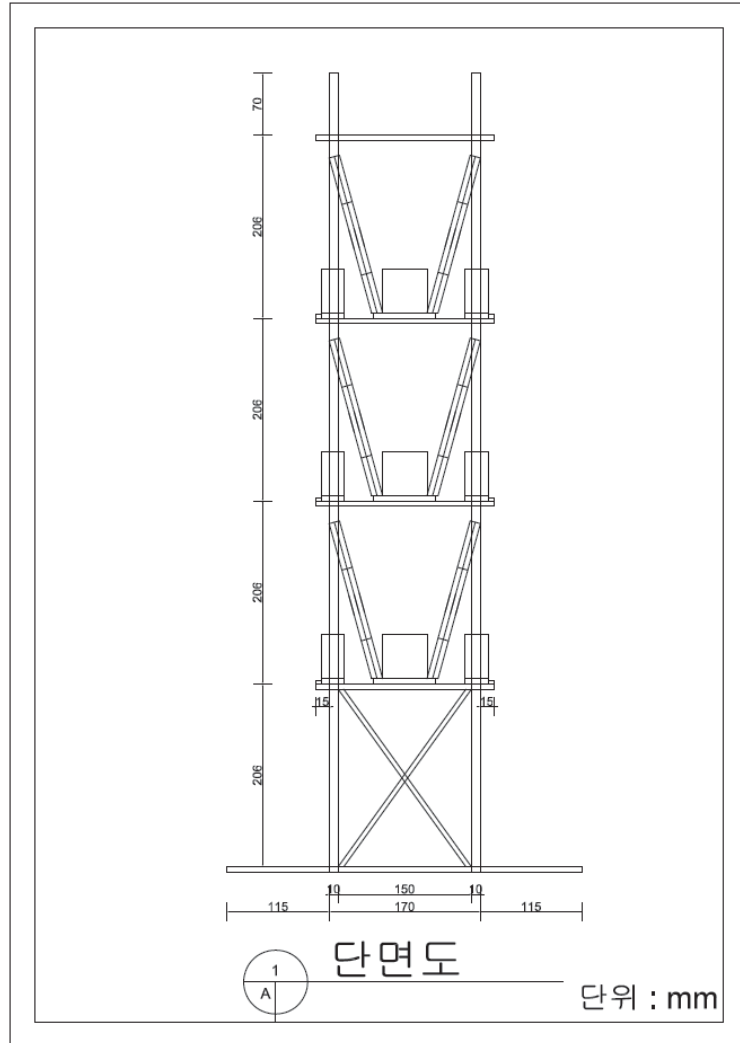
## 공정표

	소요시간											
	0시간						1시간					
	10분	20분	30분	40분	50분	60분	10분	20분	30분	40분	50분	60분
슬라브천공												
기둥제작												
가새제작												
Damper제작												
기둥설치												
가새설치												
Damper설치												
하중설치												
접합보강												

총 공정시간 : 2시간 예상



## 단면





## 내역서

	기둥	슬라브	가새	마찰Damper	기타	총개수
Strip(개)	$6 \times 4 = 24$	.	$1 \times 8 = 8$	$2 \times 12 = 24$	4	60
Plate(개)	.	$1 \times 4 = 4$	.	1	.	5
종이(장)	$1 \times 4 = 4$	.	.	.	2	6
본드(개)	.	.	.	.	2	2
실(식)	.	.	.	.	10	10

	단가(백만원)	총개수	합계
Strip(개)	10	60	600
Plate(개)	100	5	500
종이(장)	10	6	60
본드(개)	200	2	400
실(식)	10	10	100

<b>Total</b>	<b>1660</b>
--------------	-------------

**감사합니다!**

