

경상국립대학교 건축공학과 도르래 좀 뚫어줘 설계제안서  
2021년도 구조물 내진설계 경진대회  
SEISMIC STRUCTURE DESIGN CONTEST 2021

대회 주제 : 구조물의 최적 내진설계

## 목차

### • INTRO

1. 팀소개
2. 대회 규정
3. 설계 목표 및 목표 내진성능
4. 구조물 요약

### • MAIN

1. 물성치 파악
2. 구조물의 거동파악
3. 설계 및 디자인 개요
4. 기술 매커니즘

### • ENDING

1. 평면도 및 입면도
2. 수량산출
3. 공정표

INTRO	MAIN	ENDING
1. 팀소개	2. 심사기준	3. 설계목표 및 목표내진성능
		4. 구조물 요약

**담당 교수님**

팀명 : 도르래 좀 뚫어줘

경상국립대학교 건축공학과  
유석형 교수님

**팀원 소개**

**고관욱**

- 마이다스 담당
- 구조 모델링

**이용현**

- 경제성 및 시공성 검토
- 내진성능 검토

**김지현**

- 아이디어 구체화
- 댐퍼구현
- 도르래 담당

**김선형**

- 재료물성치 측정
- 안전성 분석



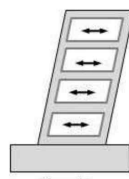
INTRO	MAIN	ENDING
1. 팀소개	2. 대회규정	3. 설계목표 및 목표내진성능
		4. 구조물 요약

**구조물 심사 기준**

- ① 구조물의 내진설계 목표와 성능수준의 이해
- ② 구조물의 지진 시 거동 예측 능력 및 부재강도 평가 능력
- ③ 500년 빈도 지진발생 시 기능수행 수준 내진설계
- ④ 2,400년 빈도 지진발생 시 붕괴방지 수준 내진설계
- ⑤ 설계지진 초과 시 구조물의 파괴를 유도하는 정밀한 설계
- ⑥ 시공성과 경제성을 고려하고 구조물의 심미성과 창의성을 추구하는 설계
- ⑦ 구조해석 능력 외 도면화, 수량산출 및 내역작성 기술

**구조물 제작 규정**

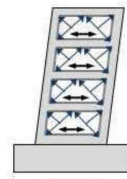
1. 4층 이상으로 제작
2. 바닥면적 = 10000m<sup>2</sup>~30000 m<sup>2</sup>
3. 높이 = 200mm이상, 총 높이 800mm~900mm
4. 하중블록 (50mmx500mmx26) 최소한 12개 이상 설치 (6kg 이상)
5. 기초판에 구조물 고정



<내진구조>

**내진**

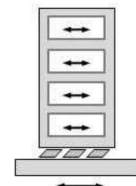
구조물의 내구성을 높여 지진하중을 버려주는 시스템



<제진구조>

**제진**

구조물에 전달되는 지진하중의 에너지를 감소시켜 저장하는 시스템



<면진구조>

**면진**

지진하중의 에너지가 구조물에 직접 전달되는 것을 막는 시스템

1. 내진설계기준(KDS 41 17 00)에 따른 구조물의 내진 등급 및 목표 내진성능 수준 파악
2. 목표 내진성능을 가지면서 지진가속도 0.7g ~ 0.8g에 파괴를 유도하는 설계



INTRO
MAIN
ENDING

1. 팀소개
2. 대회규정
3. 설계목표 및 목표내진성능
4. 구조물 요약

### 설계스펙트럼

**요구조건**

- 500년 재현주기 유효수평지반가속도 : 0.3g
- 2400년 재현주기 유효수평지반가속도 : 0.6g
- 단주기 및 1초주기 지반응답증폭계수 ( $F_a, F_v$ ): 1.5
- 중요도계수 ( $I_e$ ) = 1(특)
- 반응수정계수  $R = 1$  (가정)

단주기 설계스펙트럼 가속도( $S_{DS}$ ) =  $S \times 2.5 \times F_a \times 2/3$   
 1초주기 설계스펙트럼 가속도( $S_{D1}$ ) =  $S \times F_v \times 2/3$   
 설계스펙트럼 탁월주기 ( $T_0 \sim T_S$ ) = 0.08sec ~ 0.4sec

	500년	2400년	0.7g
$S_{D1}$	0.75g	1.5g	1.75g
$S_{DS}$	0.3g	0.6g	0.7g
$T_0 = 0.2S_{D1}/S_{DS}$	0.08sec		
$T_S = S_{D1}/S_{DS}$	0.4sec		

500년 재현주기와 2400년 재현주기를 견디면서 0.7g~0.8g에 붕괴 유도

INTRO
MAIN
ENDING

1. 팀소개
2. 대회규정
3. 설계목표 및 목표내진성능
4. 구조물 요약

### 내진성능목표

성능목표	
재현주기(년)	구조물의 성능 수준
500	기능수행, 즉시복구, 장기복구/인명보호
2400	붕괴방지

500년 재현주기 지진 0.3g에 대해 구조적 손상이 없어야함  
 2400년 재현주기 지진 0.6g에 대해 붕괴가 최소화 되어야함,

추가적으로 0.7g~0.8g에서의 구조물의 파괴를 유도

### 내진등급

내진등급	성능목표	
	재현주기	성능수준
특	2400년	인명보호
	1000년	기능수행
I	2400년	붕괴방지
	1400년	인명보호
II	2400년	붕괴방지
	1000년	인명보호
	50년	기능수행

구조물의 내진등급은 특~I 사이의 등급

탁월주기 (0.08sec~0.4)에 있는 구조물에 내진 및 제진 장치를 부착하여 장주기를 만들어 최대가속도의 값을 줄여 최적의 내진설계 목표

INTRO	MAIN	ENDING
1. 팀소개	2. 심사기준	3. 기술 요약
<div data-bbox="177 387 309 517"></div> <div data-bbox="325 387 539 517"> <p><b>메가기둥 사용</b> 단면 2차모멘트를 증대시켜 기둥의 휨 저항 증대</p> </div> <div data-bbox="177 528 309 636"></div> <div data-bbox="325 528 539 636"> <p><b>수직재 보강</b> 수직재를 설치하여 구조물이 보다 더 유연하게 거동</p> </div> <div data-bbox="177 647 309 754"></div> <div data-bbox="325 647 539 754"> <p><b>마찰 댐퍼</b> 마찰 댐퍼를 가새로 두는 것이 아닌 층간변위를 이용하여 마찰댐퍼로 소산시키는 방식 도입</p> </div> <div data-bbox="177 766 309 873"></div> <div data-bbox="325 766 539 873"> <p><b>꼬은 실의 신축성</b> 실을 낱개로 할때의 강도보다 높은 강도를 얻을수 있으며, 신축성도 증대</p> </div>	<div data-bbox="587 387 900 981"></div>	<div data-bbox="911 387 1043 495"></div> <div data-bbox="1082 387 1417 495"> <p><b>전단 보강 플레이트</b> 기둥,슬라브,가새와의 접합면적을 접합부의 전단 파괴 최소화</p> </div> <div data-bbox="911 506 1043 613"></div> <div data-bbox="1082 506 1417 613"> <p><b>Tension only 실</b> 3층 바닥 층간변위를 대각선 방향의 도르래를 통하여 수평 댐퍼에 전달 실의 신축성을 이용하여 감쇠효과 증가</p> </div> <div data-bbox="911 624 1043 732"></div> <div data-bbox="1082 624 1417 732"> <p><b>A4용지로 기둥 보강</b> 응력을 많이 받는 부위에 종이 감은 횡수로 응력을 조절</p> </div> <div data-bbox="911 743 1043 851"></div> <div data-bbox="1082 743 1417 851"> <p><b>고정도르래 사용</b> 3층과 연결되어 있는 실의 인장력을 수평 댐퍼에 전달</p> </div>

# MAIN

1. 물성치 파악
2. 구조물의 거동파악
3. 설계 및 디자인 개요
4. 기술 매커니즘

INTRO	MAIN	ENDING
1. 물성치 파악	2. 구조물의 거동 파악	3. 설계 및 디자인 개요
4. 기술 매커니즘		

### 단면의 강성



-MDF Mega column (기둥)

$$I_x, I_y = \frac{10 \times 10^3}{12} - \frac{2 \times 2^3}{12} = 832 \text{ m}^4$$

-MDF Stirp (강축) - 7사쇄

$$I_x = \frac{4 \times 6^3}{12} = 72 \text{ m}^4$$

(약축)

$$I_y = \frac{6 \times 4^3}{12} = 32 \text{ m}^4$$

### MDF 탄성계수/실 탄성계수

캔틸레버 보의 처짐식 이용  $E = \frac{PL^3}{3\delta l}$

5회 실험 실시

P(N)	길이 (mm)	단면2차모멘트 ( $m^4$ )	처짐 (mm)	탄성계수 (MPa)	MDF 평균탄성계수 (Mpa)
19.6	100	832	5.3	1482	1537
			5.1	1540	
			5.4	1454	
			4.8	1636	
			5.0	1571	

혹의 법칙 이용  $E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{pl}{A\Delta l}$

P(N)	길이 (mm)	단면적 ( $m^2$ ) $A = \frac{\pi D^2}{4}$	변형길이 (mm)	탄성계수 (MPa)	실의 평균탄성계수 (Mpa)
9.8	217	D=1.3mm A=1.3273m <sup>2</sup>	5	320.4	324.6
			5.5	291.3	
			4.5	356.0	
			4.7	340.9	
			5.1	314.2	






INTRO	MAIN	ENDING
1. 물성치 파악	2. 구조물의 거동 파악	3. 설계 및 디자인 개요
4. 기술 매커니즘		

### MDF 기둥의 최대 전단 강도



단순보의 최대 전단 응력 계산(기둥)

$$v_{max} = \frac{3P_{max}l}{2bh^2}$$

구분	비지지 길이 (mm)	파괴 무게	응력 ( $v_{max}$ )	평균 최대 강도
기둥	100	9.6	13.73	14,84M Pa
		10.2	15.02	
		10.5	15.46	
	150	6.4	14.11	
스트립	100	1.2	12.25	13,02M pa
	150	0.6	13.78	

### 종이 보강 탄성계수 및 응력

종이 보강 기둥 탄성계수

P(N)	길이	단면2차모멘트 ( $m^4$ )	처짐 (mm)	탄성계수	평균탄성계수
27	100	832	8	1352	1132
			9.5	1139	
			10.2	1061	
			11	983	
			9.6	1126	

### 종이 보강 기둥 전단강도

구분	비지지 길이 (mm)	파괴무게 (kg)	응력 ( $v_{max}$ )	평균 최대 강도
기둥	150	13.2	29.1	27.74MPA
		12	26.5	
		12.8	28.2	
	180	10.2	26.9	
		10.6	28.0	


### 꼬은 실의 파단강도 측정

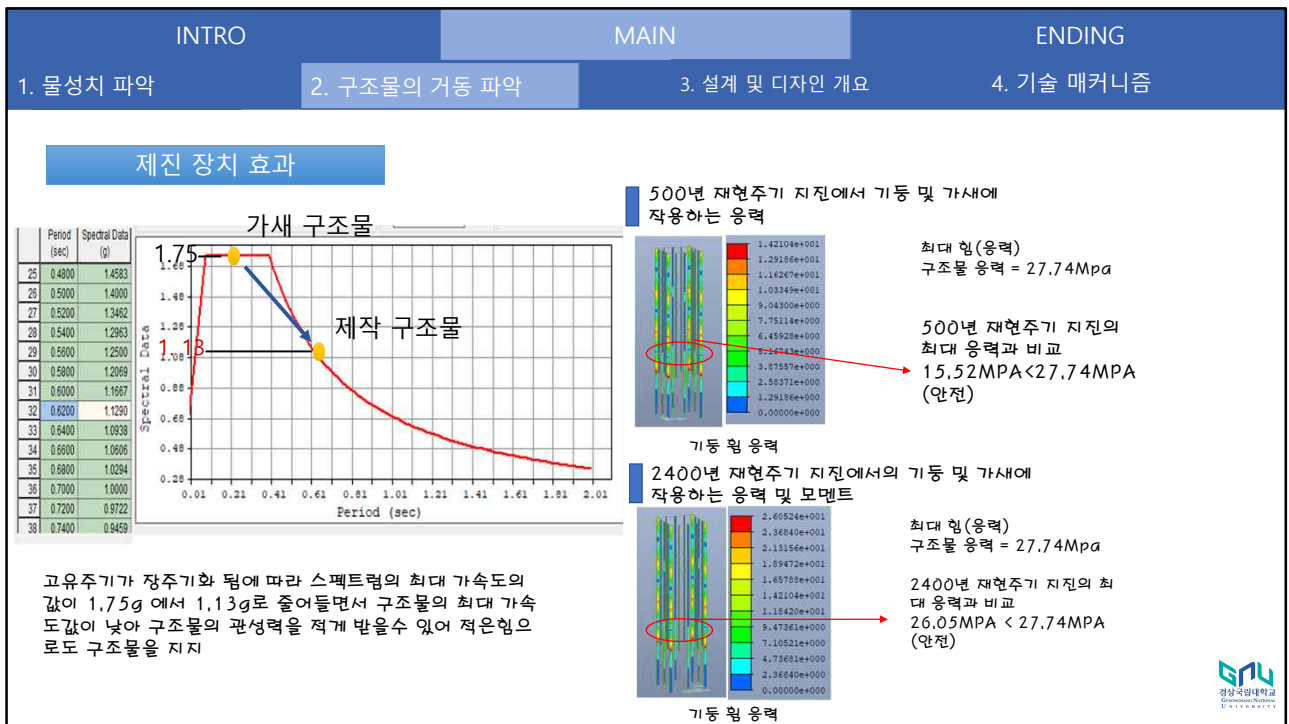
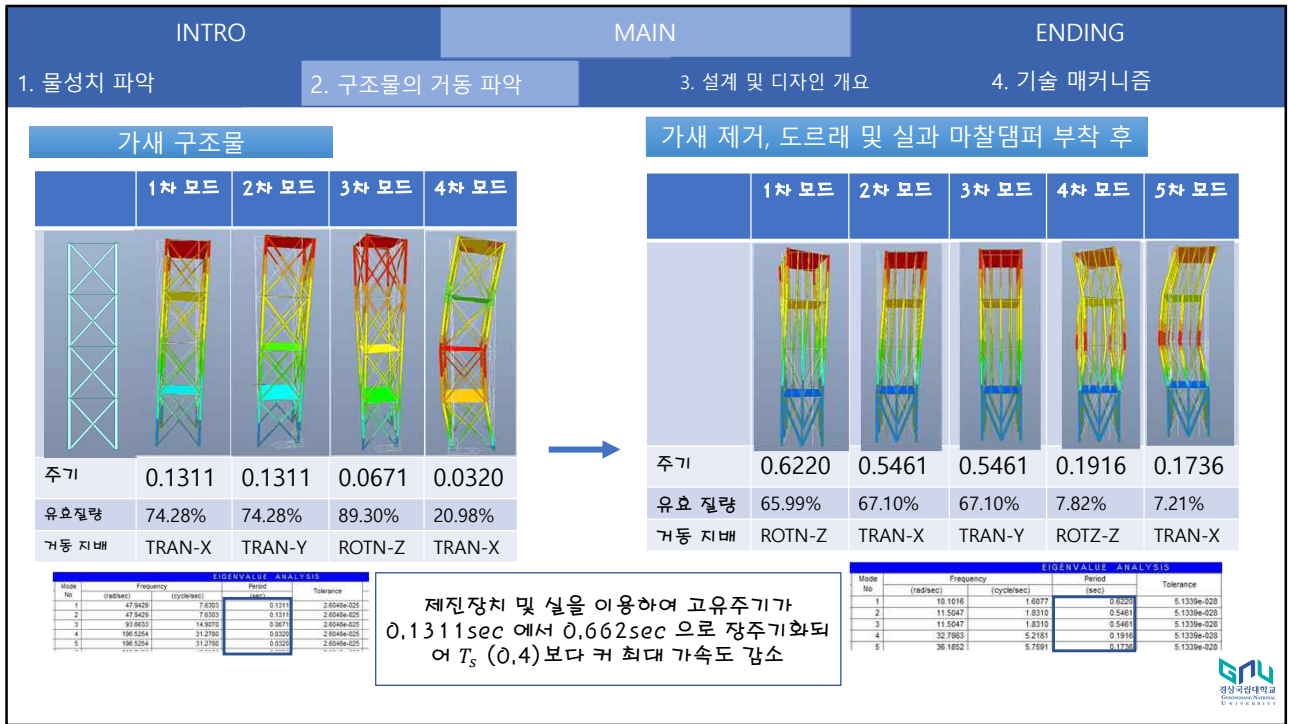


실 꼬은 횟수	파괴 하중
1회	2.8kg
2회	4.8kg
3회	6.0kg

실 꼬은 횟수가 많을 수록 저항하중 증가

기둥 종이 보강전과 보강후 대략 80%이상 강도 증대

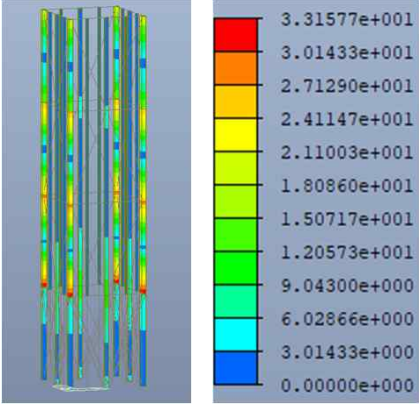




INTRO	MAIN	ENDING
1. 물성치 파악	2. 구조물의 거동 파악	3. 설계 및 디자인 개요
4. 기술 매커니즘		

**0.7g** 지반가속도 지진에서 기둥 및 가새에 작용하는 응력




최대 힘(응력) 구조물 응력 = 27.7 Mpa

0.7g 지반가속도에서의 최대 응력

33.15MPa > 27.74MPa  
(소요 응력이 제한 응력을 초과)

-> 0.7g에서 2층 중앙부에서 힘 파괴



INTRO	MAIN	ENDING
1. 물성치 파악	2. 구조물의 거동 파악	3. 설계 및 디자인 개요
4. 기술 매커니즘		

**1차 실험**


실험은 Sine - Sweeping 가진

**보강필요**  
1층과 3층에 연결된 실-도르래-댐퍼부  
에서의 실이 너무 느슨하게 연결되어있어  
마찰댐퍼의 거동 미확인

**문제점**  
1. 기초판과 진동대의 접합부 들림  
2. 1층 기둥에서 힘을 견디지 못하여 파단

**보완사항**  
1. 기초판과 진동대의 확실한 연결  
2. 가새의 보강 필요

**도르래 댐퍼부분**



마찰댐퍼부분에서의 초기강도가  
강해 실의 왼쪽의 실이 인장할때의  
힘이 초기강도를 넘지 않아  
오른쪽부분에서의 실이 느슨해 지는 현상  
발생

↓

마찰댐퍼의 초기강도를 낮춰 실험


**2차 실험**

**보강필요**  
1층과 3층에 연결된 실-도르래-댐퍼부  
에서 1층과 2층의 강성이 높아 일체화 구동을  
하여 변위가 작아 실의 신축성만으로 거동이  
잡히는 문제 발생  
3층과 4층은 유연하게 거동

**문제점**  
1. 1층과 2층의 강성이 높아 전도모멘트가 크게발생되  
는 바닥 부분에서 접합부 파괴  
2. 실을 팽팽하게 하였지만 1층과 2층에서 가새를 사  
용하여 층간 변위가 낮아 댐퍼의 이동은 미세하게 작  
등


**보완사항**  
1. 기둥과 기초판과의 접합면적을 늘려 접합부 파괴 방  
지  
2. 구조물을 유연하게 만들어 댐퍼의 효율을 높임

**접합부 파괴 부분**



1층 기둥과 바닥판 접합부

1층에서 기둥에서의 손상이  
아닌 접합면의 탈락으로, 접  
합부의 면적을 높여 접합부  
파단 방지









INTRO	MAIN	ENDING
1. 물성치 파악	2. 구조물의 거동 파악	3. 설계 및 디자인 개요
		4. 기술 매커니즘

### 도르래와 마찰댐퍼 매커니즘

1층 기둥의 도르래와, 3층 바닥판과 실로 연결

- ① 층간변위 발생
- ② 실의 신축성으로 기울어진 방향으로 인장력이 발생
- ③ 인장력을 힘의 방향만 바꾸는 고정도르래를 이용하여 수평방향의 힘으로 변환
- ④ 마찰댐퍼에서 가운데 접촉된 부분에서 이동이 생겨 위 아래 MDF판에서의 마찰 발생
- ⑤ 실을 하나로 연결되어 있어 5번 도르래 부분에서 회전

①~ ⑤ 반복하여 구조물에 작용

INTRO	MAIN	ENDING
1. 평면도 및 입면도	2. 수량산출 및 내역서	3. 공정표

### 각층 평면도

1층 평면도

2층 평면도

3,4,지붕층 평면도

### 입면도



INTRO			MAIN			ENDING		
1. 평면도 및 입면도			2. 수량산출 및 내역서			3. 공정표		
경제성 분석								
부재명	부재 규격	부재 개수	부재명	부재 규격	부재 개수			
기둥	200mm*10mm*10mm	16	슬라브	170mm*170mm*6mm	4			
수직가새	200mm*6mm*4mm	32	전도방지플레이트(정사각형)	30mm*30mm*6mm	24			
대각선가새	218mm*6mm*4mm	16	전도방지플레이트(직사각형)	30mm*60mm*6mm	24			
댐퍼	4mm*6mm*54mm	12	도르래	Φ20	8			
도르래축	16mm*6mm*4mm	8	도르래실	600mm	5			
도르래이탈방지 스트립	16mm*6mm*4mm	8	전도방지실(3겹 꼬임실)	600mm	48			
기둥보강용 A4	210mm*297mm	8	댐퍼연결 A4	10mm*60mm	8			
재료명	규격	단가(백만원)	수량	합계(백만원)				
MDF PLATE	200mm*200mm*6mm	100	5	500				
MDF STRIP	600mm*86mm*4mm	10	40	400				
면줄	600mm	10	48	480				
A4용지	210*297mm	10	9	90				
접착제	20g	200	2	400				
총액(백만원)				1870				



INTRO			MAIN												ENDING					
1. 평면도 및 입면도			2. 수량산출 및 내역서												3. 공정표					
	1시간						2시간						+α							
	10분	20분	30분	40분	50분	60분	10분	20분	30분	40분	50분	60분	10분	20분	30분	40분	50분	60분		
기둥 제작	■	■	■	■																
슬라브 및 전단 보강 판넬 제작	■	■	■																	
도르래 및 실 제작	■	■	■	■	■	■														
댐퍼 제작	■	■	■																	
바닥판 천공			■	■																
기둥 슬라브 설치					■	■	■	■												
가새 제작 및 설치						■	■	■	■	■										
전단플레이트 설치								■	■	■										
도르래, 댐퍼 설치										■	■	■								
전단방지실연결										■	■	■								
하중설치													■	■	■	■	■	■		