



부산대학교

PUSAN NATIONAL UNIVERSITY

건축공학과

DEPARTMENT OF ARCHITECTURAL ENGINEERING



부산대학교 건축공학과 INNOSYS 설계제안서

2019 구조물 내진설계 경진대회

SEISMIC STRUCTURAL DESIGN CONTEST 2019

대회주제 : "구조물의 성능기반 내진설계"



부산대학교 건축공학과
PUSAN NATIONAL UNIVERSITY DEPARTMENT OF ARCHITECTURAL ENGINEERING

INNOSYS



INDEX

01

INTRO

- 팀소개
- 내진설계개념
- 구조물 심사기준

02

MAIN

- 지진파 분석
- 재료물성치 분석
- 구조물 구성부재
- 1차·2차 모델링
- 3차 모델링 설계

03

CONCLUSION

- 평면도·입면도
- 경제성 분석
- 시공성 분석

01 INTRO



PNU ARCHITECTURAL ENGINEERING
TEAM INNOSYS

- 팀소개
- 내진설계개념
- 구조물 심사기준



팀소개

INNOSYS



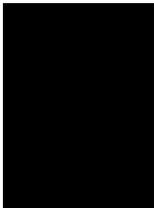
INNOSYS는 부산대학교 건축공학과 동아리로서, INNOvative Structure sYstem의 약자로 혁신적인 구조시스템을 뜻하며 건축구조에 대한 기본 개념을 바탕으로 창의적인 아이디어를 접목시켜 혁신적, 기능적인 구조시스템을 개발하는데 이번 대회의 목적을 가지고 있습니다.

담당 교수님



부산대학교 건축공학과
이상호 교수님

팀원소개



강태훈 (3)

- 구조해석
- 구조물 제작
- 모델링
- 대회규정분석



박문배 (3)

- 구조해석
- 구조물 제작
- 경제성 분석
- 시공성 분석



오동준 (3)

- 구조해석
- 구조물 제작
- 마이다스
- 시공성 분석



임성하 (3)

- 구조해석
- 구조물 제작
- 지진파 분석
- 물성치 분석

내진설계개념



내진

건물의 **강성·강도**를 높여 내진설계를 구현(가새, 거šet플레이트, 기둥단면 조절 등)



단순히 강하게 만드는 것이 아니라 본 대회에 최적화된 시스템 구현을 요구



제진

건물에 부여되는 **지진에너지를 제진 장치로 상쇄**하여 내진설계 구현



제진장치를 설치하는 위치에 따라서 성능이 달라지므로 정확한 내력산정이 까다로움



면진

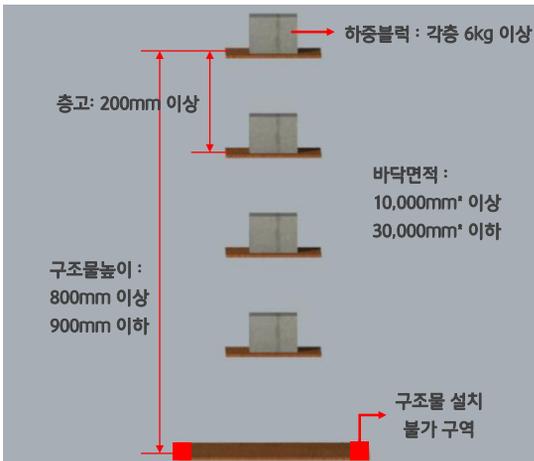
면진장치를 통해 건물의 **주기를 길게 변화**시켜 내진설계 구현



한정된 재료내에서 효율적인 시스템 구현이 난이하여 독창적인 아이디어가 필요

구조물 심사기준

구조물 규정



부재 가격 규정

재료명	단위	규격	단위 수량 (개)	단가 (백만원)	비고
MDF Base	개	400mm*400mm*6mm	1	-	기본제공
MDF Strip	개	600mm*4mm*6mm	1	10	
MDF Plate	개	200mm*200mm*6mm	1	100	
면줄	식	600mm	1	10	
A4지	장	A4	1	10	
접착제	개	20g	1	200	



구조물의 파괴는 **0.7g** 가속도에서 발생할 것

02 MAIN



PNU ARCHITECTURAL ENGINEERING
TEAM INNOSYS

- 지진파 분석
- 재료물성치 분석
- 구조물 설계 및 분석
- 1차·2차 모델링
- 3차 모델링 설계



I 지진파 분석

지진 구역

지진 구역	행정구역	
I	시	서울, 인천, 대전, 부산, 대구, 울산, 광주, 세종
	도	경기, 충북, 충남, 경남, 전북, 전남, 강원 남부
II	도	강원 북부, 제주

지진구역계수(Z)

지진구역	I	II
지진구역계수, Z	0.11	0.07

위험도계수(I)

재현주기	50년	100년	200년	500년	1000년	2400년
위험도계수(I)	1.0	1.5	2.0	2.7	3.8	5.4

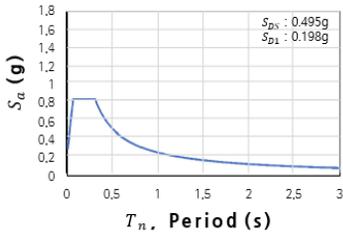
지반종류

지반종류	지반종류의 호칭
S_1	암반 지반
S_2	얕고 단단한 지반
S_3	얕고 연약한 지반
S_4	깊고 단단한 지반
S_5	깊고 연약한 지반
S_6	부지 고유의 특성평가 및 지반응답해석이 필요한 지반

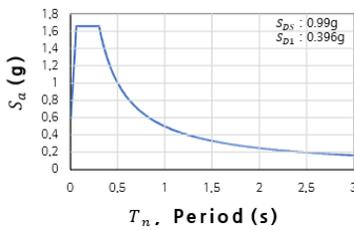
지진파 분석

토사지반의 응답스펙트럼

< 500년 주기 >



< 2400년 주기 >



지반증폭계수	
F_a	1
F_v	1

유요수평지반가속도 (S) = $Z \times I$

⇒ (500년) = 0.297 / (2400년) = 0.594

설계스펙트럼가속도

▪ 단주기 설계스펙트럼가속도(S_{DS}) = $S \times 2.5 \times F_a \times 2/3$
(500년) = 0.495 / (2400년) = 0.99

▪ 1초주기 설계스펙트럼가속도(S_{D1}) = $S \times F_v \times 2/3$
(500년) = 0.198 / (2400년) = 0.396

구조물의 고유주기

▪ $T_0 = 0.2 S_{D1} / S_{DS}$
(500년) & (2400년) = 0.08

▪ $T_s = S_{D1} / S_{DS}$
(500년) & (2400년) = 0.4

▪ $T_L = 5$ 초

→ 0.08 ~ 0.4sec에
서 설계스펙트럼
가속도 최대

재료물성치 분석

MDF 탄성계수



▪ 캔틸레버보의 변위식을 이용
⇒ 변위 $\delta = \frac{PL^3}{3EI}$

하중(N)	평균 5회 변위(mm)
60	2.7

하중(N)	평균 탄성계수(Mpa)
60	1851.2

MDF 휨강도



▪ 단순보의 처짐을 이용
⇒ $\sigma_{Max} = 1.5 \frac{PL}{bh^2}$

하중(N)	경간거리(mm)	평균 탄성계수(Mpa)
11	150	25.78

* b = 6mm, h = 4mm

KS 중밀도 섬유판 품질 기준
평균값인 25형과 유사

MDF 축강도

▪ 축강도·축계수 k = EA 을 이용

▪ 탄성계수 E는 앞서 구한
1851.2MPa를 이용

부재 개수	단면적 (mm ²)	축강도(N)
1	24	44428.8
2	48	88857.6
3	72	133286.4
4	96	177715.2

축방향으로 강도가 우수하여
파괴 가능성 작음



보유한 하중능력 모두(24kg)
를 재하해도 부재가 파괴되
지 않음

전단파괴의 가능성이 희박함

재료물성치 분석

MDF 탄성계수



- 면들의 변형을 통해 인장강도 및 탄성계수를 측정
 $\Rightarrow \delta = \frac{pL}{EA}$

인장강도(N) 탄성계수(Mpa)

198.4	1247.7
-------	--------

부재 단면당 강성비교

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

취약부분에 의해 전체구조의 성능이 결정되므로 **균등한 단면을 사용하여** 더 큰 단면성능 확보

마찰계수 측정

MDF - MDF		MDF - A4		A4 - A4	
하중(F)	질량(m)	하중(F)	질량(m)	하중(F)	질량(m)
3.1N	1kg	2.6N	1kg	2.55N	1kg
운동마찰계수		운동마찰계수		운동마찰계수	
0.316		0.265		0.26	

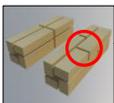
운동마찰계수 비교

A4-A4 > MDF-A4 > MDF-MDF

마찰계수 실험으로는 A4-A4가 가장 마찰계수가 적지만 경제성을 고려해 **MDF-A4**를 먼진중 제재 재료로 선정

구조물 설계 및 분석

내진구조요소



메가칼럼 이음시공

- 접합면적을 높여 안정성 확보



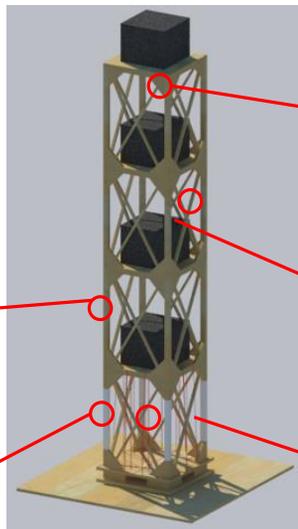
메가칼럼

- 스트립 4개를 붙여 1개의 기둥으로 사용
- 더 큰 단면성능을 확보해 내진성능을 향상



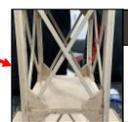
A4를 활용한 기둥보강

- A4용지를 기둥에 감아 붙여 기둥의 내력을 보강시킴



거셋플레이트

- 슬라브를 제작하고 남은 MDF Plate를 활용
- 기둥과 보 사이에 설치하여 구조물의 강성을 높여 내진성능을 향상



가새

- 기둥을 제작하고 남은 MDF Strip을 활용
- 부재의 강성을 높여 내진성능을 향상

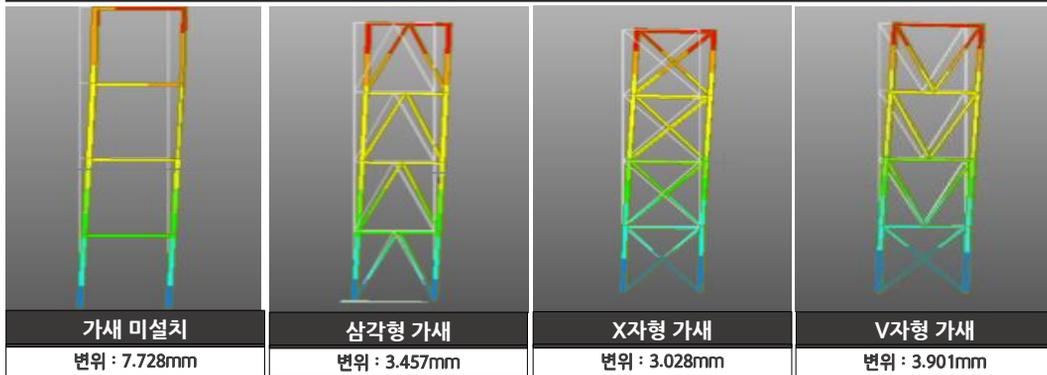


실을 활용한 전도방지

- 2층 슬라브와 기초판을 실로 연결하여 전도를 방지

구조물 설계 및 분석

MIDAS를 통한 가새의 형태 선정



횡력에 잘 저항하여 변위가 가장 적게 생긴 **X자형 가새** 선정

1차·2차 모델링

1차 모델 제작



1차 모델 파단



2차 모델 제작



2차 모델 파단



1차 모델 파단원인

- 1차 모델링결과 면진 부분에서 전도현상으로 인해 2층 3층 사이에서 파단이 일어나게 됨
- ▶ 0.2g~0.3g 파단 ◀

1차 모델 파단보완



- 1개의 면진 장치
- 4개의 면진 장치 + 모서리 부분에 배치
- ▶ 전도방지 + 더 큰 면진능력 ◀

2차 모델 파단원인

- 2차 모델링 제작 결과 3층의 면진부분에서 파단이 날것이라고 가정하였으나 1층과 base의 일체능력의 부족으로 파단이 일어남
- ▶ 0.5g~0.6g 파단 ◀

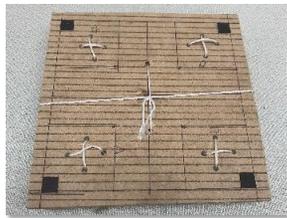
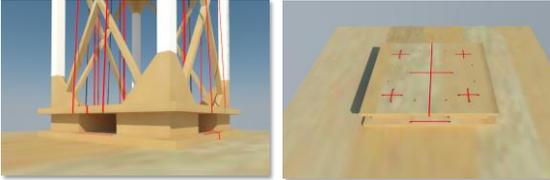
2차 모델 파단보완



- 2층에 배치한 면진층을 1층으로 배치
- 면진층의 바닥판을 기초판과 면실로 고정
- 면진층의 상판을 2층의 바닥판과 면실로 고정

1차·2차 모델링

새로운 면진층 메커니즘



- 기초판 위에 170mm*170mm의 Plate → 면진장치 → 다른 170mm*170mm의 Plate를 설치
- 면줄은 전도를 방지하는 역할을 함과 동시에 면진블록을 통과하는 면줄은 변위를 충분히 주어 **면진이 효과적**으로 일어날 수 있음
- 면진블록 사이에는 A4용지를 붙여 **마찰계수를 줄임**
- 면진블록은 구조물의 하중을 견딜과 동시에 3겹으로 이루어져 **개별적으로 거동**하여 면진이 효과적으로 발생
- **실과 면진블록**을 이용해 기초가 받는 **지진에너지**를 구조물로 최대한 전달되지 않도록 함

3차 모델링 설계

새로운 면진층의 거동



- 하중블록 24kg에 대하여 거동실험을 하였을 때 **평균 0.7 ~ 0.8g 가 속도에서 안정적인 거동**을 확인할 수 있었음
- 기존 1차·2차 모델링에서 가장 문제점이었던 **전도와 면진장치의 제 기능을 수행하지 못한 것을 보완**할 수 있음



새로운 면진층을 바탕으로 최종 모델링을 실시



3D 모델링 설계



03 CONCLUSION

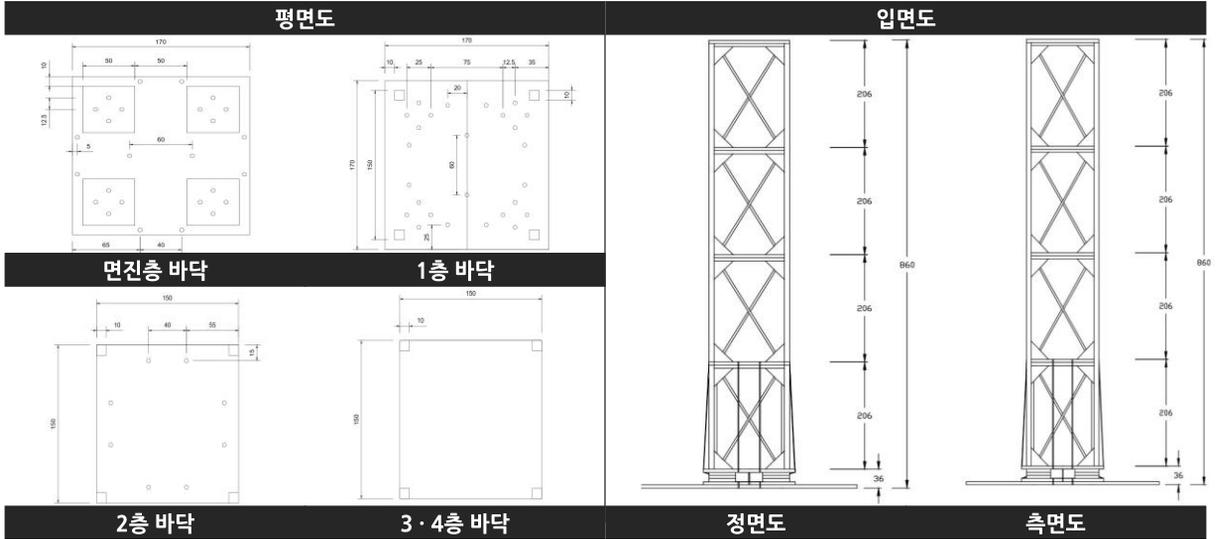


PNU ARCHITECTURAL ENGINEERING
TEAM INNOSYS

- 평면도 · 입면도
- 경제성 분석
- 시공성 분석



평면도 · 입면도





경제성 분석

경제성 분석					
부재명	부재규격	부재 개수	부재명	부재규격	부재 개수
기둥	818mm*10mm*10mm	4	전도방지용 면줄	600mm	5
보	130mm*6mm*4mm	16	면진층 A4용지	50mm*50mm	16
슬라브	150mm*150mm*6mm	4	기둥보강용 A4용지	48.5mm*105mm	4
면진층 슬라브	170mm*170mm*6mm	2	가새	185mm*6mm*4mm	32
면진층 면줄	600mm	8	거šet 플레이트	25mm*25mm*6mm (직각이등변삼각형)	64
재료명	규격	단가(백만원)		수량	합계(백만원)
MDF PLATE	200mm*200mm*6mm	100		6	600
MDF STRIP	600mm*6mm*4mm	10		36	360
면줄	600mm	10		13	130
A4지	210mm*297mm	10		1	10
접착제	20g	200		2	400
총액(백만원)					1500



시공성 분석

공정표

구분	소요시간												+α
	1시간						2시간						
	10분	20분	30분	40분	50분	60분	10분	20분	30분	40분	50분	60분	
기둥,보 제작													
슬라브 제작													
바닥판, 면진층 천공													
면진층 제작													
기둥, 보 설치													
슬라브, 면진층 설치													
가새 제작													
거šet플레이트 제작													
가새 설치													
하중 설치													