



O T

Octagon Tower



A M O S



CONTENTS

Prologue

팀원
가정 사항

Design

설계 개념
설계 분석

Consideration

튜브구조
팔각바닥판
제진시스템
댐퍼(Damper)
지진과분석
영계수평가
벨트트러스

Modeling

Cost



TEAM AMOS(Architect Man Of Society)

차윤석	팀장	프로젝트의 총괄	구조해석	지진파분석
배준범	팀원	디자인 컨셉	설계	
최병훈	팀원	3D모델링	회계	
김영복	팀원	구조시스템분석		

계명대학교 건축공학과와 전문동아리인 'AMOS (Architect man of society)' 의 동아리원들이 모여 만든 프로젝트 팀으로써 우리가 살아가는 사회 속에서의 건축가의 태도와 창의성, 건축을 통하여 사람들간의 "부드러운 소통과 사회의 변화를 이끌 수 있는 사람이 되자" 라는 목표를 가지고 활동하고 있습니다.

SITUATION

지진은 지각변동에 의해서 발생한다. 지각변동에는 여러 가지 유형이 있는데, 일반적으로는 단층의 운동으로 발생한다. 하지만 화산활동에 의해서도 지진이 발생할 수 있다. 우리나라에는 백두산이라는 활화산이 있는데 폭발한 가능성이 있다. 실제로 이러한 상황이 발생할 확률이 높은 것으로 전문가들은 예측하고 있는데, 활화산 폭발에 의해 발생하는 지진피해에 대비하여 구조물을 설계를 해야 한다.

1. 지진이 발생할 것에 대비하여 구조물을 설계
2. 구조물은 튜브구조로 외부벽체에 강한 피막을 두르는 건축구조

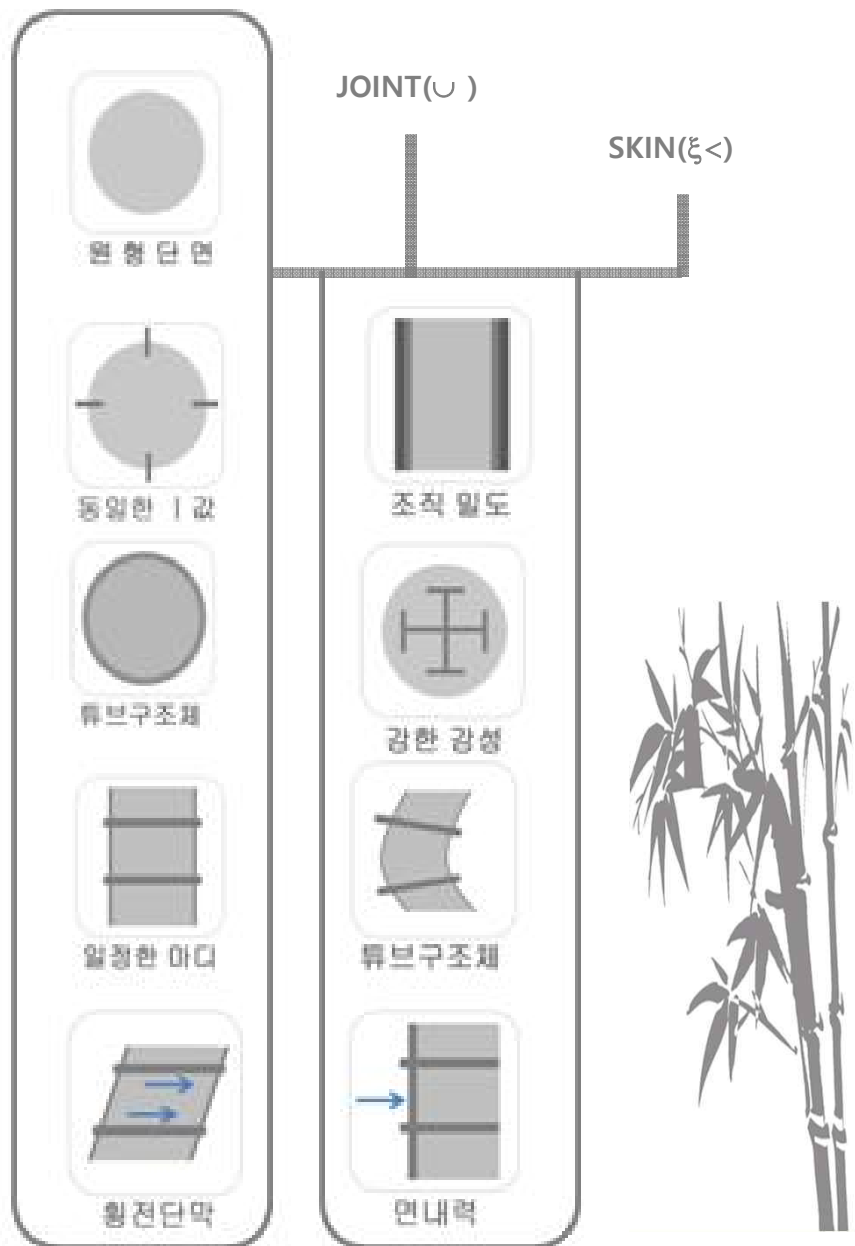
Truss Tube + Belt truss

트러스-튜브 구조로 외부벽체에 강한 피막을 두르는 구조로, 제진 장치를 이용하여 지진이 발생하여 생기는 지진력을 진동을 상쇄시킨다.

4th floor (1st ~ 4st Area : 60000mm²)



DESIGN CONCEPT

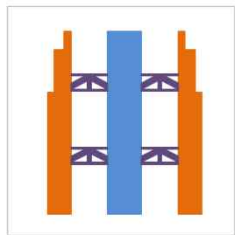




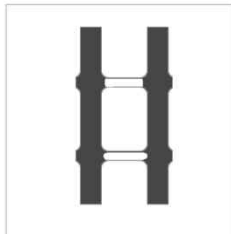
DESIGN ANALYSIS



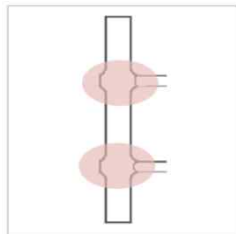
마디는 변형에 대해 Bending Mode로
거동시켜준다.



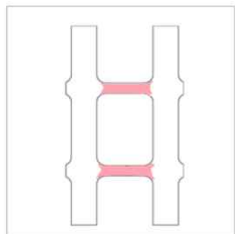
튜브 시스템으로 인한 건물 전체 폭이 모멘트
저항, 내부구조는 연직하중만 지지



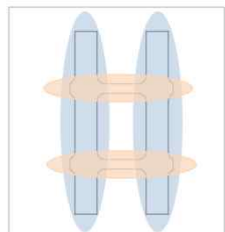
하중을 강성이 강한 외피의 면내하중으로 분산
시키는 코어가 필요 없는 완벽한 구조체이다.



대나무 Diaphragm의 특징은 단부에서 중앙부
로 갈수록 단면이 작아진다.



Hunch된 보와 슬라브를 이용하여 초고층
건물에 적용하여 **층고적 이점**을 확보한다.



Shear & Shear



TUBE

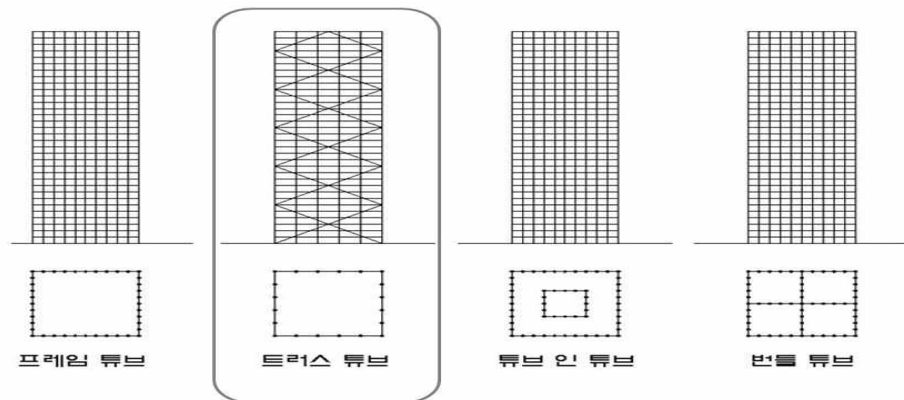
건물 외부벽체를 강한 외피로 둘러싸서, 외부벽체가 마치 튜브(tube)와 같은 역할을 하여 수평하중을 지탱시켜주는 건축구조이다.

(피막의 개수가 따라)

단일튜브구조, 이중튜브구조, 복합튜브구조 구분

튜브의 형태에 따라서는 골조튜브와 가새튜브 등으로 구분되며, 강한 피막이 수평하중을 줄여주므로 초고층 건물에 사용되며, 외벽과 내벽의 코어벽체가 축하중을 상당부분 지탱해주므로 내부기둥을 줄여 내부공간을 넓게 조성할 수 있다.

But 외벽에 외피들이 많아 창과 같은 개구부를 설치하는 데에는 제약이 따른다.



Tube 의 특징

1. 수평하중 저항시스템이 건물 외주부에 위치하므로 건물의 전체 폭이 모멘트에 저항 한다.
2. 수평하중 저항시스템이 건물 외주부에 위치하므로 내부구조체는 연직하중만 지지하면 되므로 설계가 단순해진다. 결과적으로 기둥,보 배치가 자유롭다.
3. 튜브구조는 전 층의 바닥구조를 동일하게 할 수 있다.
4. 튜브구조는 튜브를 이루는 구조체를 전 층 동일하게 하므로 시공성이 좋다.



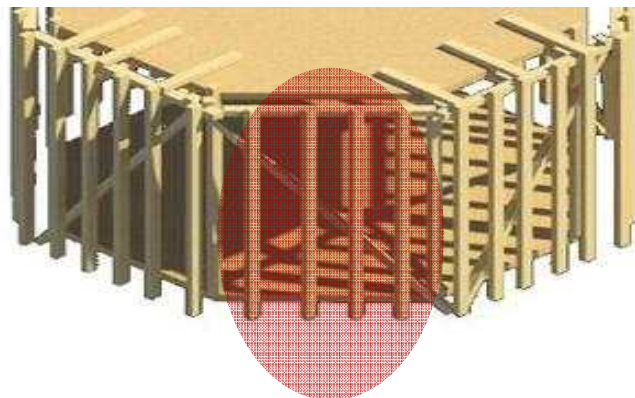
기둥간격의 산정

Tube구조 기둥 간격(1.5 ~ 4.5m)을 좁게 배열하고 큰 춤(0.6~1.2m)으로 강성을 키운 스펀드럴 보에 의해 기둥들을 연결한 것이다.

저희 작품의 기둥 간격 산정은 실제의 기둥간격은 **1.5 ~ 4.5m** 정도로 배열하므로, 모형의 층간 높이를 **15cm**로 규정하였기 때문에 건물내의 층간 높이가 **2.5~3m**로 시공되는 것을 감안하면 실제건물에서 모형은 **약 1/200**의 축적으로 생각할 수있다.

1/200 축적을 적용, 모형에서의 간격은 약 **7.5 ~ 22.5mm**이며 중간값을 산정하여 **15mm** 적용하였다.

모형에서의 기둥간의 순 간격은 11cm이므로 부재의 가로길이 **60mm**를 포함하여 한 변에 모서리 지점의 기둥을 제외하면 약 4개씩 배열하였다.





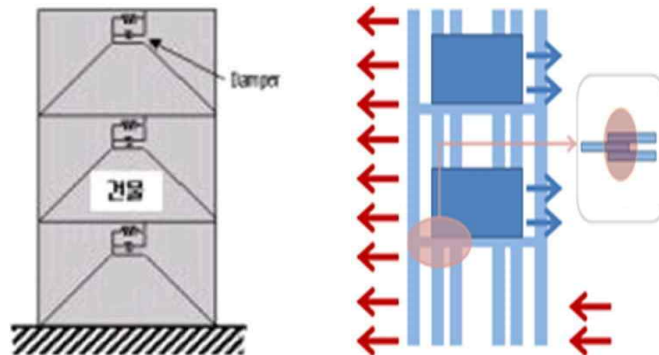
제진

구조물의 내부나 외부에서 구조물의 진동에 대응한 제어력을 가하여 구조물의 진동을 저감시키거나, 구조물의 강성이나 감쇠 등을 입력하여 진동의 특성에 따라 순간적으로 변화시켜 구조물을 제어하는 개념이다.

즉, 구조물에 입력되는 지반진동과 구조물의 응답을 계산하여 이와 반대되는 방향의 제어력을 인위적으로 구조물에 가하거나, 입력되는 진동의 주기성분을 즉각적으로 분석하여 공진을 피할 수 있도록 구조물의 진동 특성을 바꾸는 것이다.

수동제진 장치의 원리

수동 제진은 감쇠작용을 하는 감쇠기를 건물 내-외부에 설치하여 지진 또는 강풍 시 건물의 진동에너지를 흡수하는 것



적용

건물내부에 수동제진 장치를 설치하여 진동에너지를 흡수

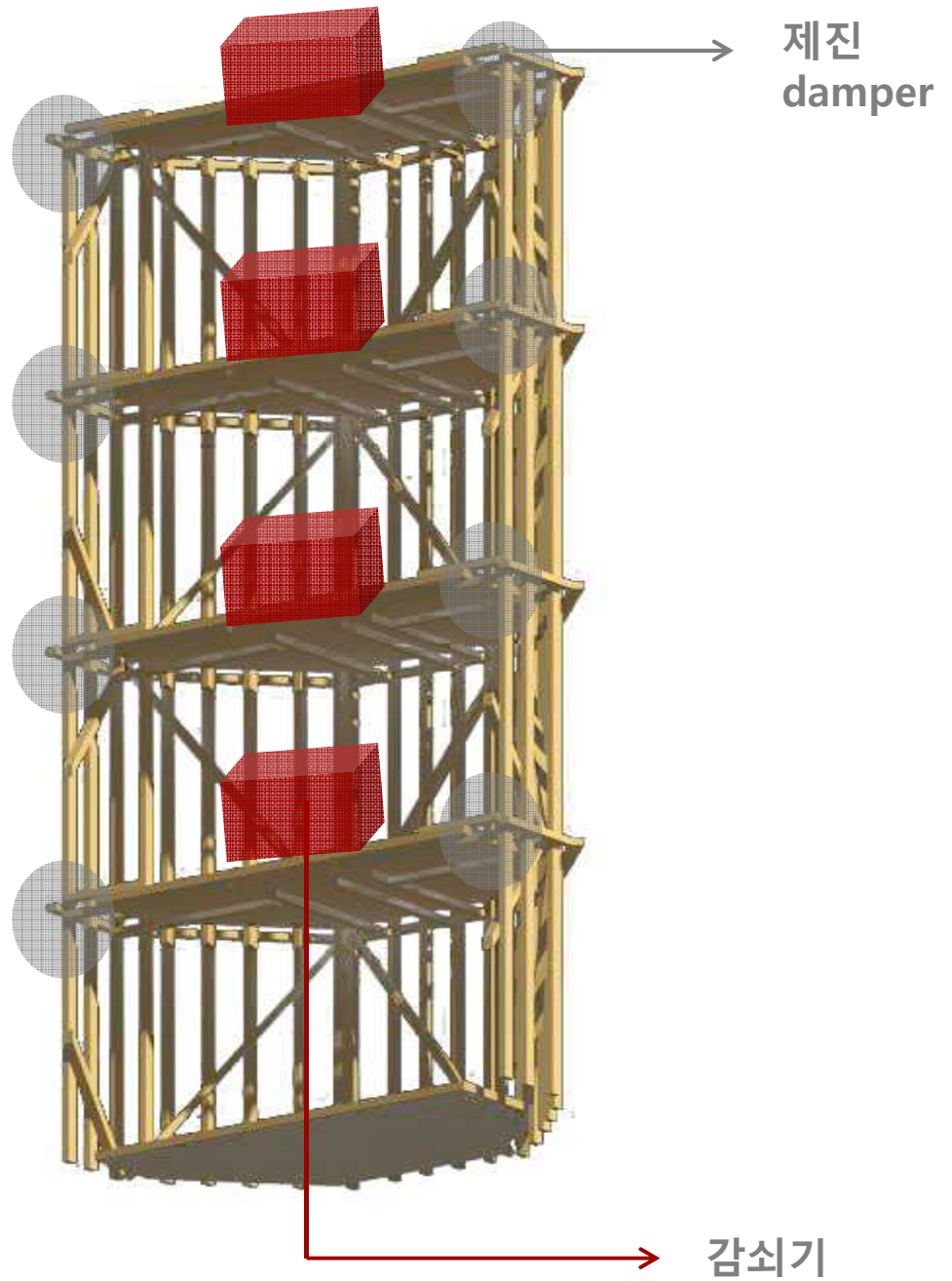
감쇠기가 설치되는 위치에 따라서 시스템의 특성이 달라지며 에너지를 흡수하는 방식 또한 차이가 발생하며 감쇠기의 설치위치는 건물의 형상에 따라 크게 좌우된다.

각층에 균등하게 무게를 분산시켜 **감쇠기** 설치 (감쇠기역할 : mass)



제작

1. 각층 내부에 설치되어질 mass가 감쇠기의 역할
2. 벽체와 슬라브의 연결부위에 damper 설치



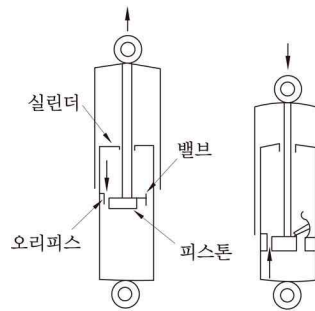


댐퍼 (Damper)

진동 에너지를 흡수하는 장치

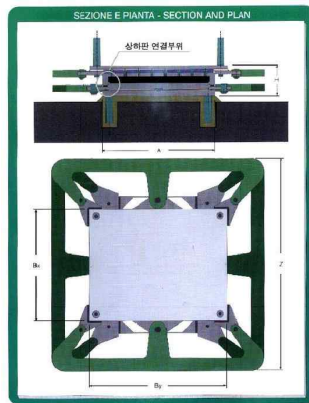
제진기(劑振器), 흡진기(吸振器)라고도 한다.

완충기가 주로 최초의 1 행정에 대한 힘의 상태를 문제로 하는데 견주어, **댐퍼**는 그 뒤의 진동 경과 및 정상상태에서의 진동을 대상으로 한다.

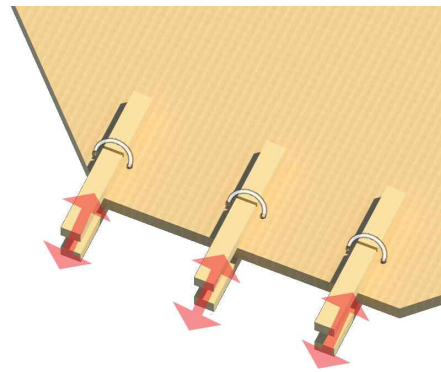


적용

실제 구조물에 사용되는 강접합한 댐퍼를 사용하면 슬래브에 변위를 더 줄 수가 없으므로 성능이 부족하다 생각하여 저희 조는 **실**을 이용하여 좀더 **유연한 접합**으로 제진 성능을 발현시키고 연성파괴를 유도하였습니다.



실체계량에서의 댐퍼



계량 댐퍼의 제작

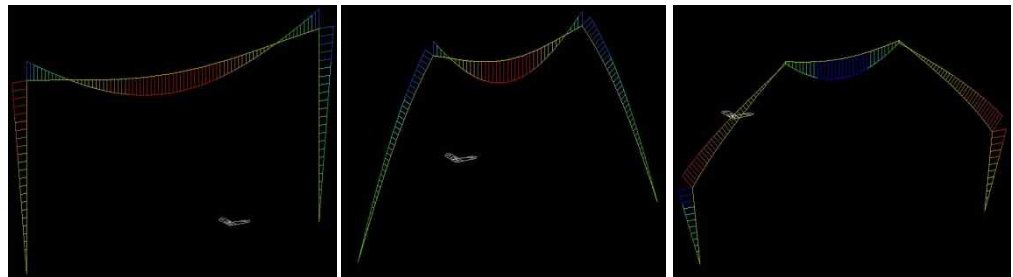
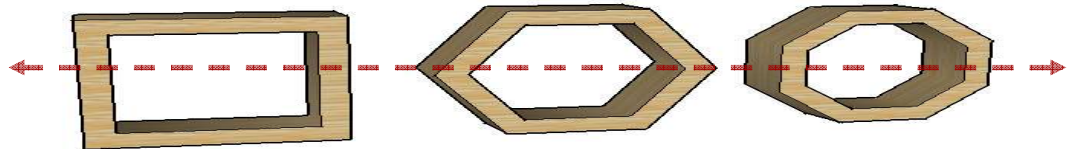


팔각형 바닥판

바닥판의 모형을 가장 안정적인 모양의 설계를 위하여
정사각형, 정육각형, 정팔각형을 일정하게 설계하여 구조해석을 통하여
가장 휨 하중에 안정적인 모형을 찾아보았다.

실험조건

- 1) **면적**이 동일하다.
각 변의 길이는 4각형 > 6각형 > 8각형 의 순서가 된다.
- 2) 하중은 **등분포하중**으로 입력한다.
하중 블록이 일렬이 아닌 전체 바닥 면적에 가해 지기 때문에
등 분포 하중으로 입력하였다.
- 3) **X or Y축 방향**으로 하중을 가한다.
- 4) 모든 구조체는 90도 방향으로 회전하여 z축 방향으로 힘을 가함으로
지진 하중 즉 본 구조체는 X or Y 축 방향으로 가하는 효과를 준다.





결과값

횡 하중으로 인한 휨 모멘트값 산정

4각형 225.339 KN*m

6각형 104.023 KN*m

8각형 97.586 KN*m

휨 모멘트 크기 **8각형** < 6각형 < 4각형으로 8각형이 가장 **안정**

위 실험에서 다음 조건들을 지키며 구조해석 프로그램을 실행 해본 결과
8각형 구조물이 지진에 의한 진동에 가장 적은 모멘트를 받을 것을 인지

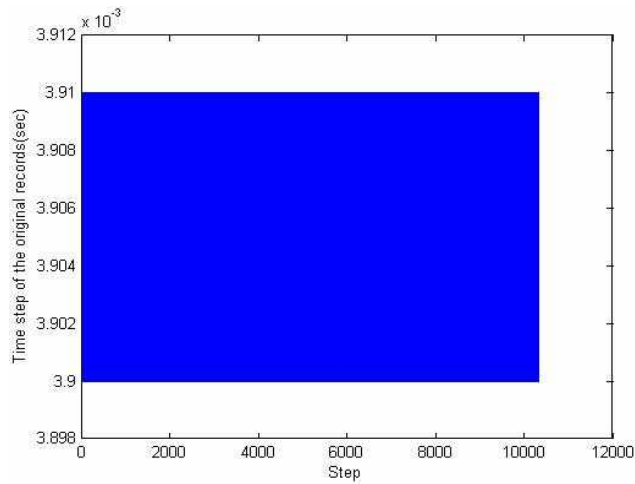
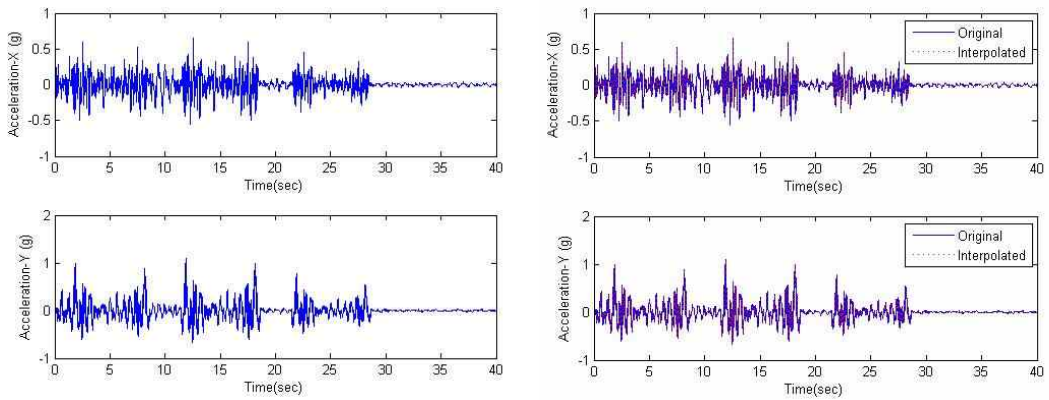
8각형의 구조물을 채택하여 사용



지진파 분석



Matlab program을 이용하여, 대회규정에서 제시한 지진파를 먼저 분석하였다. 규정에서 주어진 지진파는 time step이 일정한 간격으로 되어있지 않고 분석 하였을 때 데이터 값(time step)들의 배열이 0.0039 ~ 0.00391의 임의의 간격으로 주어졌다. 그래서 우리는 선형보간법을 사용하여 0.002 간격으로 일정하게 나누어서 분석하였다.



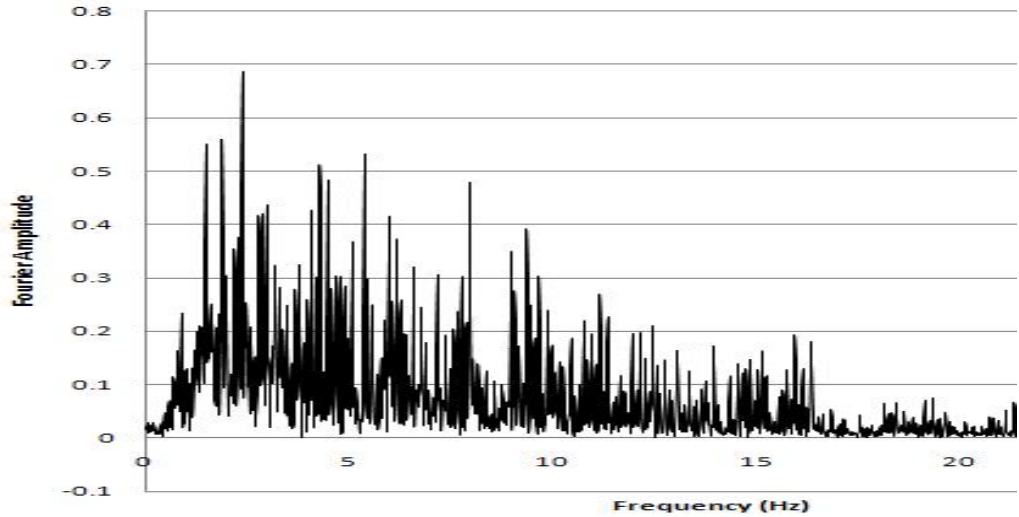
time step의 분포 (0.0039 ~ 0.00391sec)



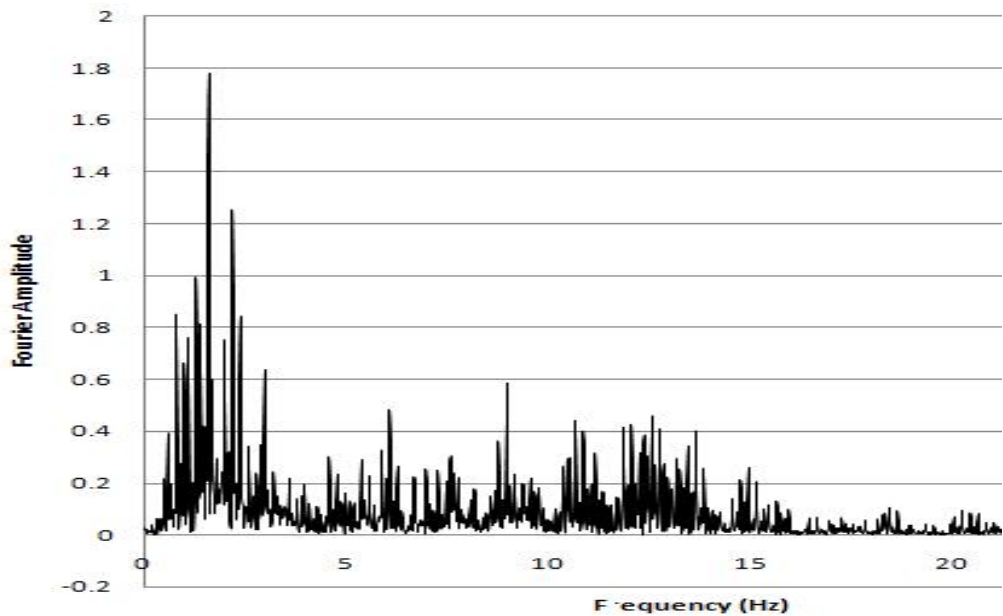
지진파 분석



Seismosignal program을 사용하여 Matlab에서 일정한 간격으로 나눈 데이터를 입력하여, 주파수분석(Frequency Analysis)을 통하여 아래와 같은 그래프를 얻었다. 실질적으로 20Hz이상에서는 무의미 하므로 그 이상의 데이터는 고려하지 않았다.



X 축

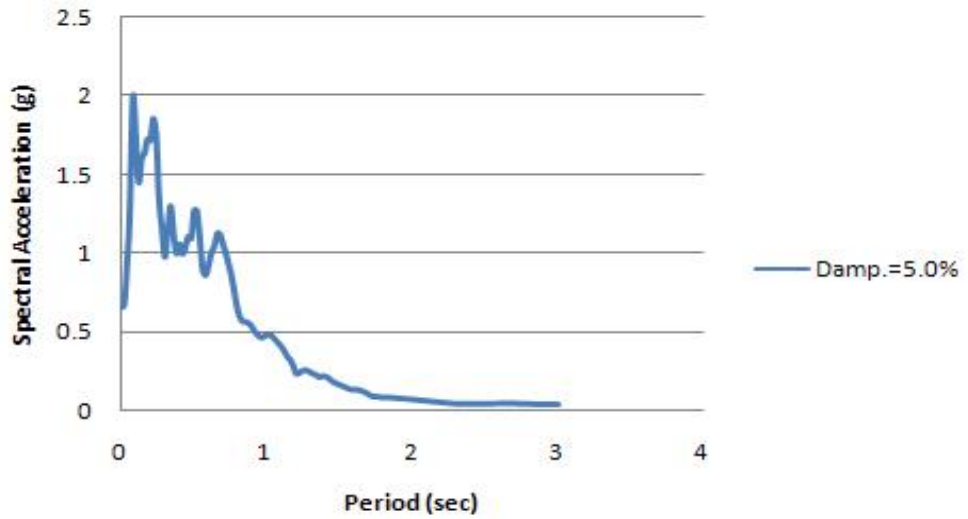


Y 축

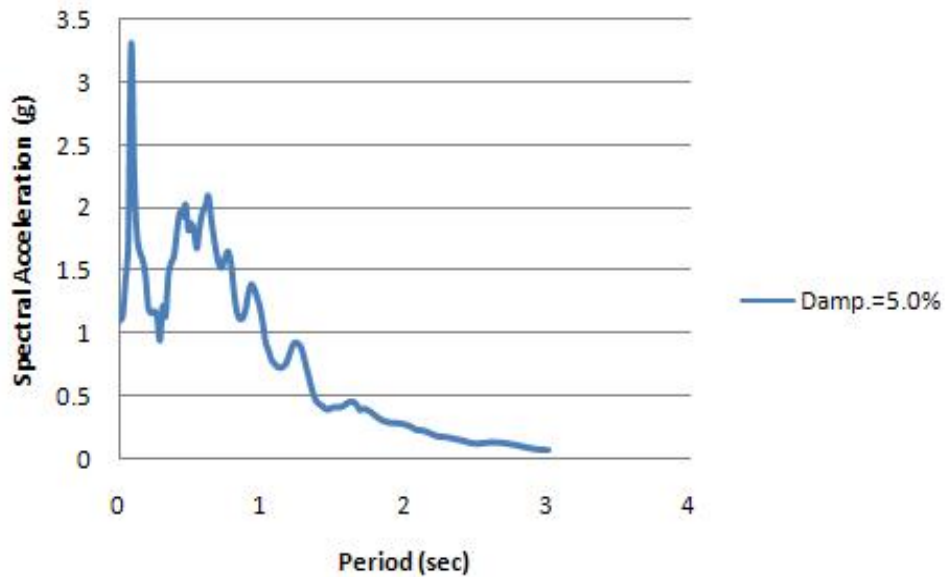


지진파 분석

지진파의 fundamental frequency를 포함한 주요한 주파수를 얻어 구조물의 설계 시 구조물의 고유주파수를 결정할 때, 공진현상 또는 변위가 극대화될 수 있는 지진파의 주파수를 피하고자 하였다.



X축의 spectra



Y축의 spectra



영계수 평가

영계수(Young's modulus)는 **탄성계수(Modulus of Elasticity)**라고도 하며, 부재는 자기자신만의 고유값 (영계수) 을 지니고 있다.

유한요소 해석법을 통하여 영계수값을 산출해낸다.

유한요소해석법이란 대상의 물체를 유한 개의 '요소' 로 분할하여 각기의 영역에 관하여 계산을 해나가는 계산수법으로 물체에 각 요소 별로 하중을 가하여 그 변위 값을 측정 해내어 다양한 데이터를 산출해내는 해석법.

하중적용

100원짜리 **동전** (5.4g)과 동전바구니사용으로 동전바구니의 무게 4.2g 포함하여 하중을 부재 중심부 (고정단으로 부터 100mm 지점) 에서 가한다.



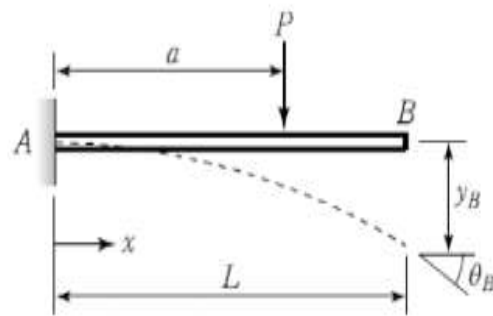
동전무게	동전갯수	무게	총하중	총하중
5.4g	4EA	21.6g	26.8g	0.26284N
5.4g	8EA	43.2g	47.4g	0.46462N
5.4g	12EA	64.8g	69g	0.6762N
5.4g	16EA	86.4g	90.6g	0.88788N
5.4g	20EA	108g	112.2g	1.09956N
5.4g	24EA	129.6g	133.8g	1.31124N
5.4g	28EA	151.2g	155.4g	1.52292N
5.4g	32EA	172.8g	177g	1.7346N



실험순서

- 1) 캔틸레버보 제작
- 2) 하중장치 제작
- 3) 하중을 가한다
- 4) 처짐값 산출한다
- 5) 영계수 산출한다
- 6) 건축구조해석프로그램(MIDAS gen)
- 7) 결과값 비교

영계수값의 산출



$$0 \leq x \leq a:$$

$$\Phi = \frac{P}{2EI}(x^2 - 2ax)$$

$$y = \frac{P}{6EI}(x^3 - 3ax^2)$$

$$a \leq x \leq L:$$

$$\Phi = -\frac{Pa^2}{2EI}$$

$$y = \frac{Pa^2}{6EI}(a - 3x)$$

$$\Phi_B = -\frac{Pa^2}{2EI}$$

$$y_B = -\frac{Pa^2}{6EI}(3L - a)$$

$$a = \frac{1}{2}L \text{ 이므로}$$

$$\delta = -\frac{P \times (\frac{1}{2}L)^2}{6EI} \times (3L - \frac{1}{2}L) = -\frac{5PL^3}{48EI}$$

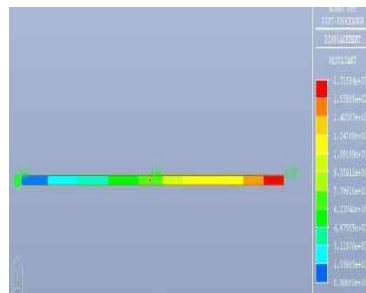
$$E = -\frac{5PL^3}{48\delta I}$$

$$L = 200\text{mm}$$

$$I = \frac{b \times (h)^3}{12} = \frac{4.8 \times (4.8)^3}{12} = 44.2368\text{mm}^4$$

$$E = -\frac{5 \times (200)^3}{48 \times 44.2368} \times \frac{P}{\delta}$$

$$E \approx 18838.01 \times \frac{P}{\delta} [\text{N/mm}^2]$$



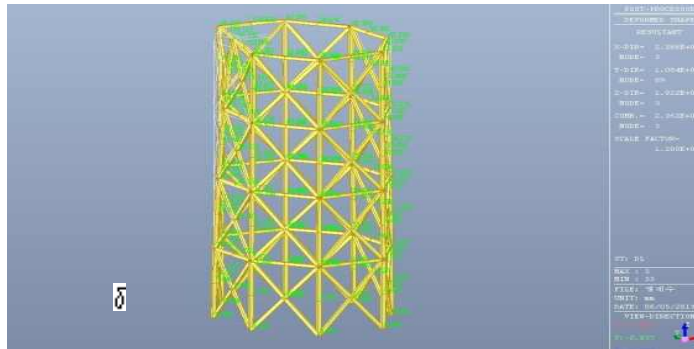
P(단위:N)	L(단위:mm)	a(단위:mm)	I(mm ⁴)	처짐(mm)	E(N/mm ²)	MIDAS 처짐(mm)	오차
0.25284	200	100	44.2368	2	-2381.5	1.785	0.215
0.46452				3.5	-2500.18	3.28	0.22
0.6762				4.5	-2830.73	4.775	-0.275
0.88788				6	-2787.65	6.27	-0.27
1.09956				7.5	-2761.8	7.765	-0.265
1.31124				9	-2744.57	9.26	-0.26
1.52292				10.5	-2732.27	10.754	-0.254
1.7346				12.5	-2614.11	12.249	0.251
			평균값	-2669.1		-0.07975	

실험 결과 후 영계수(탄성계수)는 약 **2600MPa(N/mm²)**로 산출되었다



진동수

개략적인 구조물의 고유주기를 구하기 위하여 구조물을 하나의 기둥과 상부에 전체 질량이 집중된 1자유도 구조물로 가정하였다. MIDAS구조해석프로그램을 통하여 구조물의 상부에 집중하중을 가한 후 처짐을 계산하여 구조물의 개략적인 횡강성을 계산하였다.



처짐 = 0.46mm
작용힘 P = 10N

강성 K = 21.74 N/mm

구조물의 질량은 가정된 자중과 무게추의 무게를 고려하여 구하였다.
m = 18 kg (N/(m/sec²))

따라서, 개략적인 모델의 고유주기는

$$T = 0.18\text{sec} \quad F = \frac{1}{T}, T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

지진파를 주파수 분석한 위험주기 값(임의의 최대값 4개사용)

x축	y축
0.66198	0.63015
0.41743	0.61826
0.52852	0.62415
0.23322	0.45511

범위(range) 0.23322 ~ 0.66198 sec

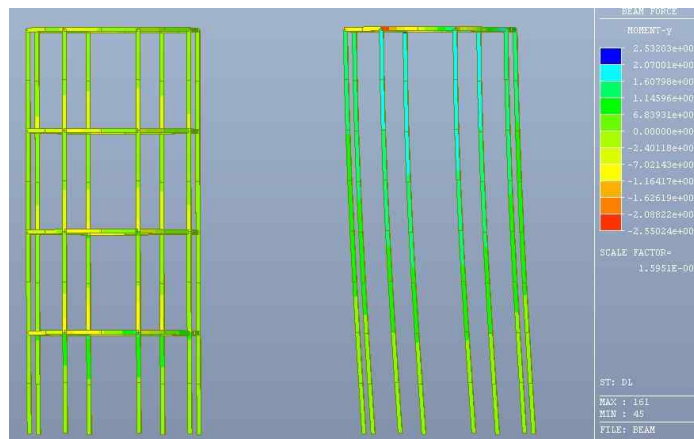
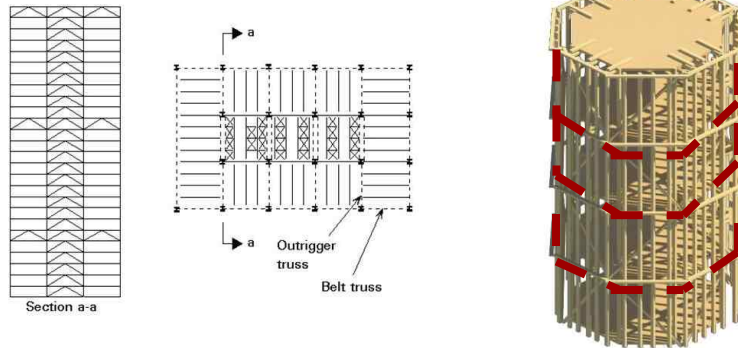


BELT TRUSS

코어가 횡하중에 대한 힘을 많이 받으니까 그 힘을 벨트-트러스로 분산시키기 위해 아웃리거(Outrigger)를 설치한다. 벨트-트러스는 그 힘을 받기만 하면 되므로 코어가 받는 힘을 나누어 갖는 것.

아웃리거가 외각기둥과 코어를 잇는다면 벨트-트러스는 외곽기둥을 연결 (역도선수가 허리에 벨트를 짊 메고 경기에 임하는 것과 같은 것)

적용



마디의 유무에 따른 처짐, 모멘트 값 비교



모형설계

지진력에 의한 구조물의 일정한 거동을 위한 전 층의 일정한 면적의 바닥판으로 제작.

Truss-Tube로써 견고한 외관과 강한 외피로 수평하중을 지탱하며, 여덟 개의 면은 각각 부재의 개수, 형상이 일정하므로 여러 하중들의 부담을 각각 동일 하게 가지도록 하였다.

예산

	종류	개수(EA)	단가(백만원)
MDF Strip	기둥	47	470
	댐퍼	12	120
	벨트	6	60
	트러스	10	100
MDF Plate	바닥	5	500
면줄		1	10
접착제		1	200
한지		1장	10
		합계	1470

