

TEAM INTRODUCTION

TEAM



TNT-S

TNT-S는 경기대학교의 강구조학회 TNT팀의 파일럿팀으로써, 젊은패기로 TNT와 같은 폭발적인 열정으로 이루어진 학생들로 이루어진 팀입니다.



Steel(강), Structure(구조), Safety(안전), Seismic(지진) 의 약자로 지진 안전 파일럿학회로 강구조 내진에 관하여 연구하는 팀 입니다.

경기대학교

플랜트 · 건축공학과

지도교수 : 최 병 정 교수

이 름 : 이 수 현
역 할 : 리더, PPT, Feedback

이 름 : 김 세 현

역 할 : 적산

이 름 : 조 성 권
역 할 : 구조설계

이 름 : 노 재 영
역 할 : 디자인 설계

Seismic Structural Design Contest - 2015

CONTENTS

1

ABSTRACT

- Prologue

2

DESIGN

- Seismic Wave
- Concept

3

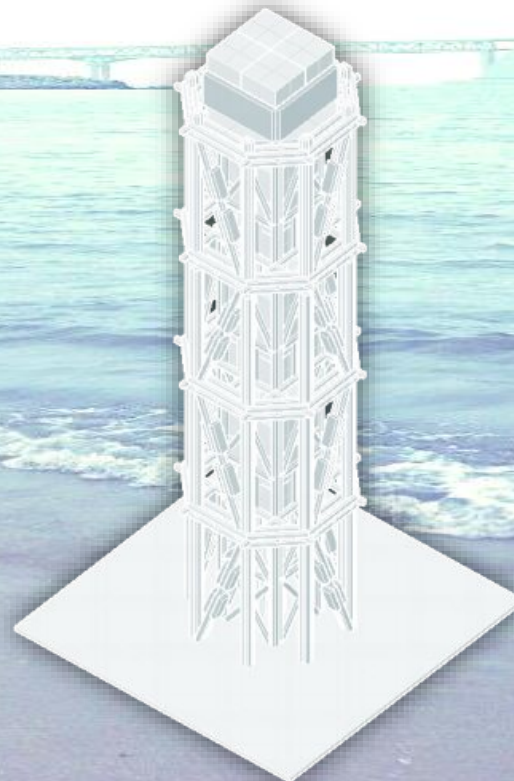
STRUCTURE SYSTEM

4

MODELING

5

VALUE



1. ABSTRACT

Prologue

Problem

국내 내진설계 기준보다 더 큰 지진이나 여진이 인근 국가에서 발생해 전달되어 온다면 또는, 전달된 지진파가 연약지반에서 증폭되어 장주기화 된다면, 우리의 랜드마크들은 안전할까?



부산 해운대(연약지반)에 신축될 국내 초고층 빌딩에 장주기 지진파가 도달할 것을 대비하여, 구조설계를 담당하게 되었다고 가정하고 랜드마크를 설계, 시공하라

Seismic Wave

Rules

- 대회기준, 단주기 및 장주기를 포괄하는 설계스펙트럼에 기초한 임의의 인공지진파형 (지진파형 제공 하지 않음)
- 지반 종류에 따른 설계스펙트럼 및 단주기, 장주기파 분석 필요

▶ 대회기준

■ 구조물 제작 및 심사기준의 착안점

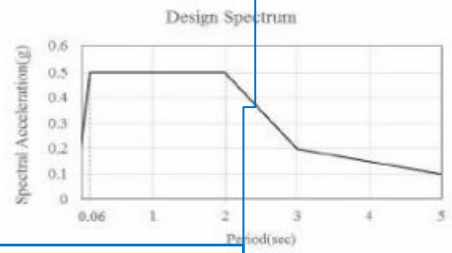
금번 대회의 목표 구조물은 세장비가 큰 장주기형 초고층 건물입니다. 초고층 건물은 일반적으로 지진보다 바람에 취약하기 때문에 풍하중에 의한 설계가 지배적이며 내진설계는 크게 염두에 두지 않습니다. 그러나 이들 초고층 건물은 대부분 장주기성 진동 특성을 가지기 때문에 장주기성 지진파에는 취약한 단점이 있습니다.

국내 지진활동의 특징을 살펴보면 국내에서 직접적으로 발생하는 지진은 규모가 작고 단주기성이 대부분이지만, 일본이나 중국 등의 인근 국가에서 발생하는 강진 또는 그 여진이 원거리로 전달되면서 장주기화 되어 국내에 도달할 가능성이 있습니다. 특히, 국내 초고층 빌딩이 밀집해 있는 강가나 해안가, 매립지 등에서는 연약한 지반 특성에 의해 지진파가 증폭되고 장주기화 될 가능성이 더욱 높아집니다.

구조적 특성상 고층건물은 고유주기가 길다. 장주기 성분이 강하고 단주기 성분이 약한 지진이 발생한다면, 고층건물이 파괴될 가능성이 크다. (공진현상)

■ 진동대 실험 규정

1. 구조물에 작용하는 힘은 진동대의 가진에 의해서 결정된다. 각 팀 작품의 내진성능을 평가하기 위하여 인공지진파형과 Sine Sweeping 가진(일정한 진동수 범위에서 동일한 가속도를 갖는 정현파를 연속적으로 상승 또는 하강시키면서 가진하는 방법)을 실시한다.
2. 인공지진파는 단주기 및 장주기를 포괄하는 설계스펙트럼에 기초하여 임의의 인공지진파형으로 제작하고 이를 진동대에 입력, 가진한다. (지진파형은 제공하지 않음)



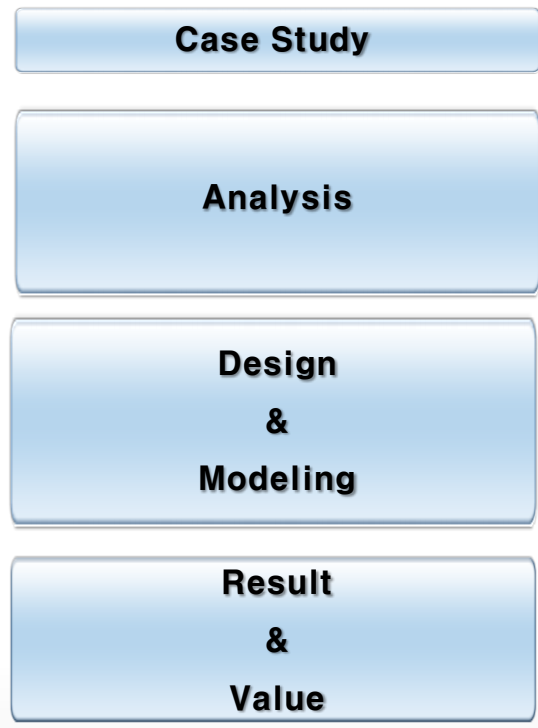
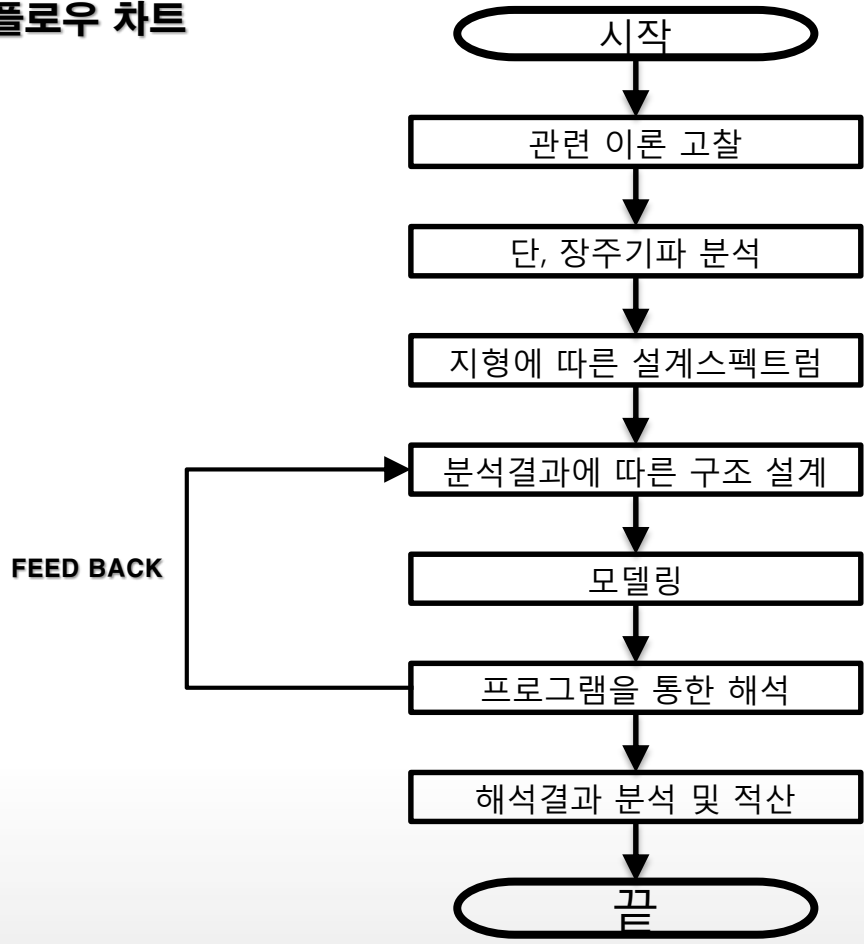
연약지반 조건에 대한 조사 및 특성 조사가 필요. 평소 대회와는 다르게, 지진파를 제공하지 않기 때문에 기존 지진파를 분석하여야 한다.

Seismic Wave

Flow Chart

- 2014, 2013... 대회와는 다르게, 지진파를 txt, Excel파일로 주어지지 않는다. 즉 임의의 지진파를 가정하여야 함
- 단·장주기파 특성을 조사 및 분석하여 취약점에 대하여 건물을 설계하는 능력 필요. 다른 접근 방법이 필요

▶ 플로우 차트



Seismic Wave

Analysis

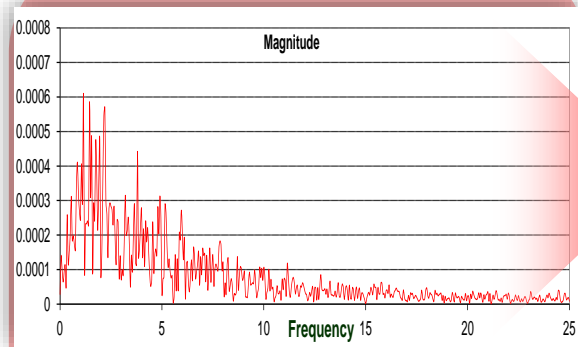
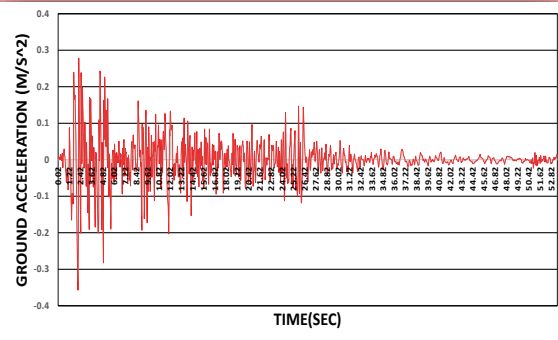
- 지진파는 단주기파 & 장주기파 가 존재
- 단주기파는 대표적으로 Kobe, El-Centro, 장주기파는 Tohoku, Mexico City 지진파가 있다.

➤ 단주기 성분 지진파(El-Centro, U.S, 18 May 1940)

Accelerogram

Fast Fourier Transform (F.F.T)

El-Centro (270 Degree)

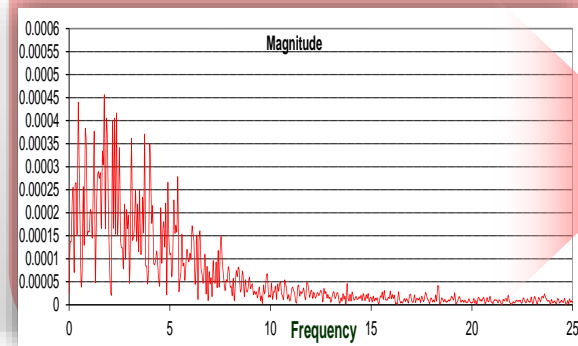
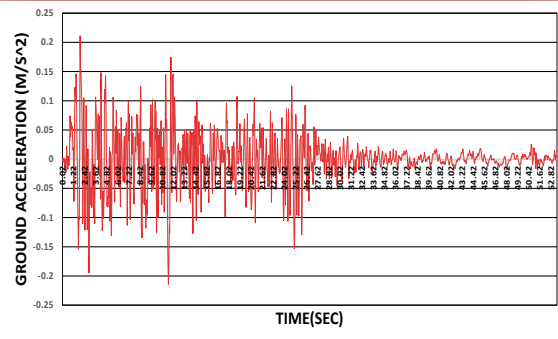


1940.05.18 El-Centro
대표적인 단주기 지진파의 지진

270 Degree
Max Acceleration : 0.36g
 Time : 0~55sec
 Frequency : 0~25Hz

F.F.T 작업

El-Centro (180 Degree)



180 Degree
Max Acceleration : 0.21g
 Time: 0~55sec
 Frequency : 0~25Hz

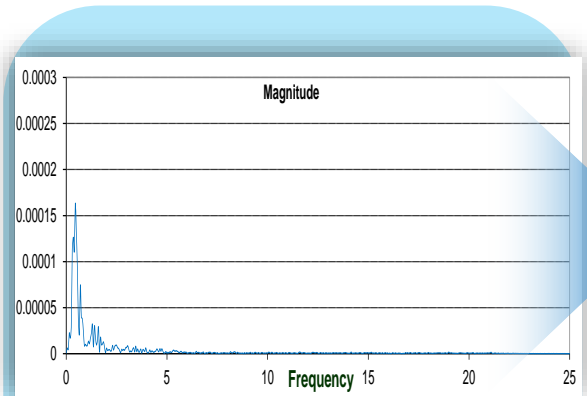
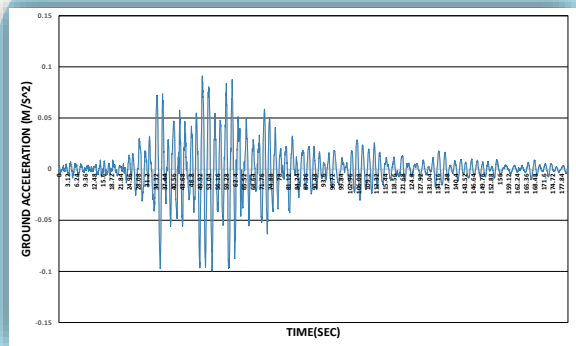
Seismic Wave

➤ 장주기 성분 지진파(Michoacan Mexico City, Mexico, 26 Sep 1985)

Accelerogram

Fast Fourier Transform (F.F.T)

Mexico City (270 Degree)

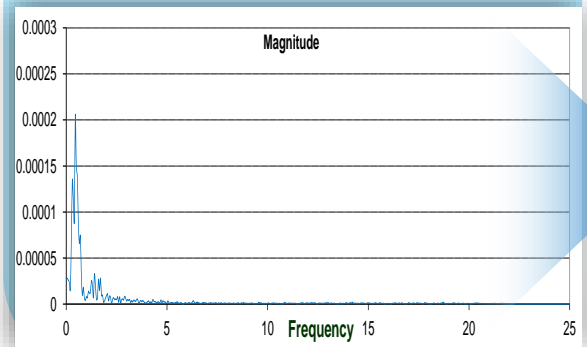
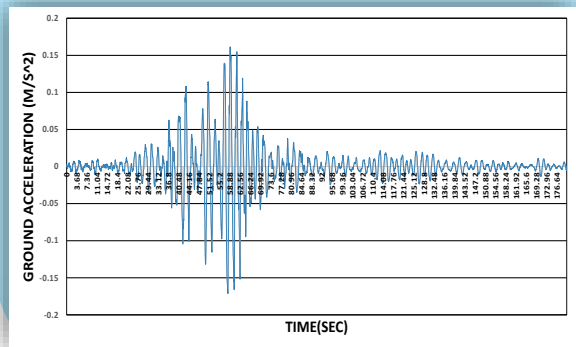


1985.09.26 Mexico City
대표적인 장주기 지진파의 지진

270 Degree
Max Acceleration : 0.1g
Time : 0~180sec
Frequency : 0~25Hz

F.F.T 작업

Mexico City (180 Degree)



180 Degree
Max Acceleration : 0.17g
Time: 0~180sec
Frequency : 0~25Hz

단주기파(EI-Centro)에 비해 장주기파(Mexico City)는 초기 가속도가 낮으며,
55sec에서 단주기파는 0에 수렴하는 반면 장주기파는 최고치를 나타낸다.

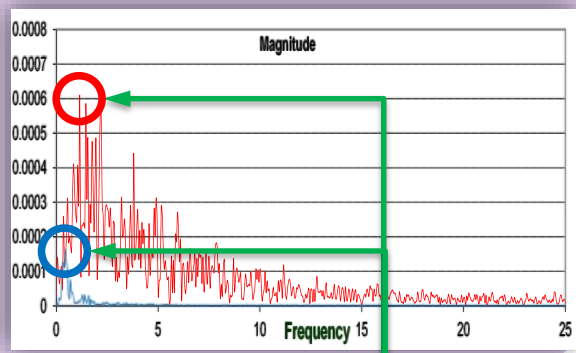
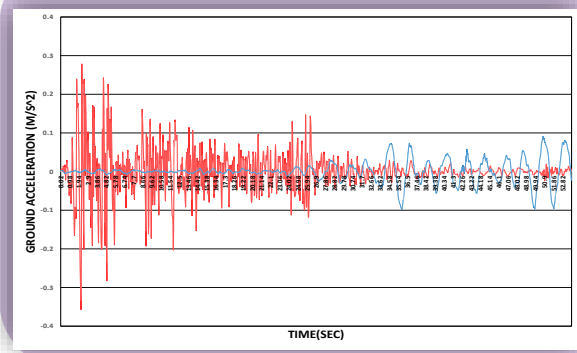
Seismic Wave

단 · 장주기 성분 지진파 분석

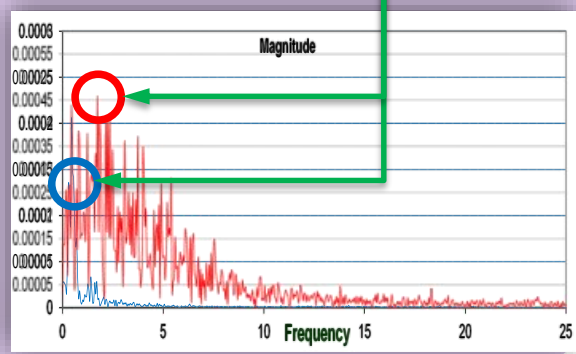
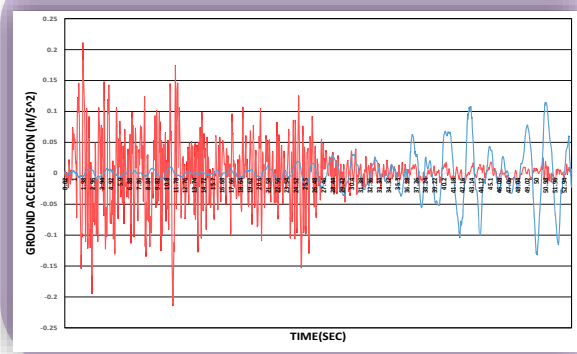
Accelerogram

Fast Fourier Transform (F.F.T)

El-Centro & Mexico City (270 Degree)



El-Centro & Mexico City (180 Degree)



— El-Centro

— Mexico City

3. 인공지진파 제작을 위한 설계스펙트럼에서 최대 응답가속도의 주기대역은 대략 0.06초~2.0초로 한다.

대회 규정에 따라, 주기대역은 0.06초~2.0초로 했을 때 Max Magnitude를 기준으로 하여 설계한다.

F.F.T Graph와 같이 단주기파의 경우 강력한 고주파를 포함.

Design Point

고유주기를 단주기로 가지는 중 · 저층 건물의 경우 매우 치명적일 수 밖에 없다.

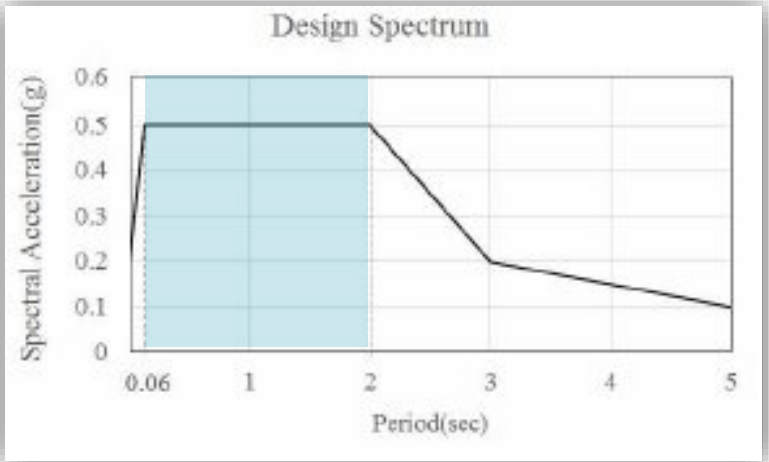
단주기, 장주기파를 포함하는 대회의 인공지진파에 대해 구조물 내진설계에 Design Point와 같은 곳에서 적합한 방향이 요구된다.

2. DESIGN

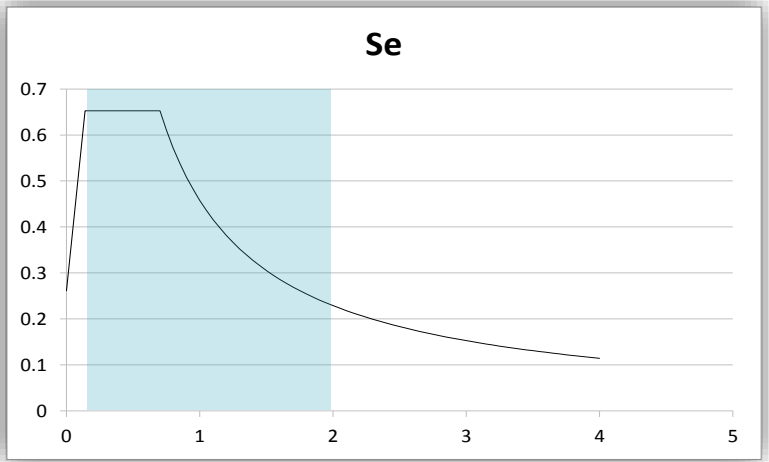
Design Spectrum

설계 스펙트럼

대회규정 설계 스펙트럼



KBC2009 기준에 의한 연약지반(Se) 설계 스펙트럼



2015 SSDC 규정에 따른 설계스펙트럼은 Acceleration 의 Max Value가 0.5g

KBC2009 기준에 의한 연약지반(Se) 설계 스펙트럼은 Max Acceleration Value가 0.652g

지 진 지 역	1	2	지반 종류	Sa	Sb	Sc	Sd	Se
지역계수(S)	0.22	0.14	표준관입시험(N치)	-	-	> 50	15 ~ 50	< 15
			전단파속도(m/s)	> 1500	760 ~ 1500	360 ~ 760	180 ~ 360	< 180

대회 규정에 따른 설계 스펙트럼과 KBC 2009 기준에 의한 연약지반(Se) 설계스펙트럼에 대해

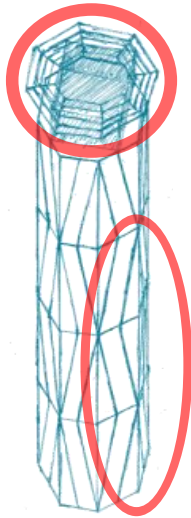
2가지 해석을 하기로 결정한다.

Concept

LandMark

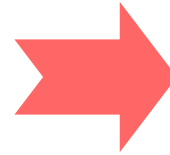
- 부산 해운대를 대표할 수 있는 랜드마크 요소 도입
- 국내 · 외 관광객이 많은 점을 이용하여 비즈니스 호텔의 형식으로 건설

부산국제 금융센터(Motive)



최상층 부에 **'SkyView'** 를 도입하여
호텔 투숙객이 부산의 전경과 야경
밤하늘을 볼 수 있도록 기둥 없이
장스팬구조로 하여 LandMark요소로서
의 역할을 함.

파도모양의 외관으로
부산 바다의 **물결**을 표현



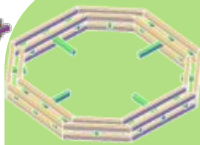
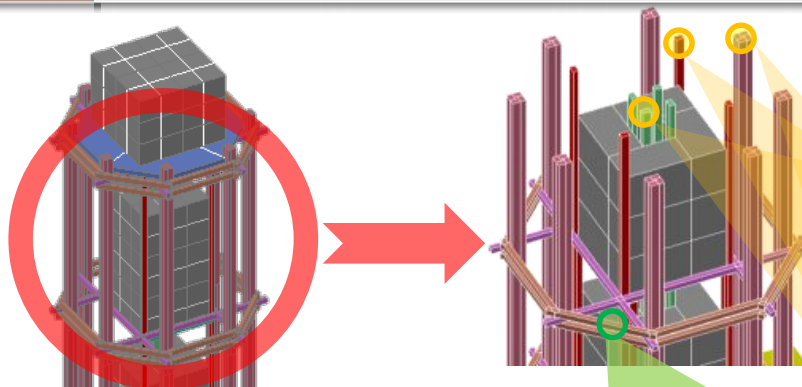
해운대라는 멋진 뷰가 있는 상황에서, 개방적인 외관과 테라스를 넣어 해운대에 걸맞는 형태의 건물을 만드는 것이 목표.
외관을 파도에 어울리는 물결모양의 형식으로 지어 어울리게 하고, 최상층 꼭대기에 스카이 뷰를 넣어 부산 전경이 보이도록 하여
LandMark로서의 역할과 초고층건물 특색을 살린다.

4. STRUCTURE SYSTEM

Triple Tube Structure (Double Tube in Tube)

Frame

- 골조튜브의 강성을 증가시키기 위해서 내부 코어에 가새 된 철골구조나 전단벽을 배치하는 방법
- 이중튜브 구조에서 한층 더 강화 된 삼중 튜브구조로, 외부골조의 전단변형 및 회전저항능력을 향상, 내부골조는 내진 요소로 작용하게 됨



Outrigger & Belt Frame

아웃리거를 도입하여 컨틸레버보처럼 거동하는 코어의 전도 모멘트를 인장, 압축 등으로 아웃리거로 전달하여 감소, 외부기둥으로 전달.

벨트프레임은 직접적으로 외부기둥의 결속으로 횡 변위에 대한 효율적 제어 가능

Triple Tube (Double Tube in Tube)

기존 이중튜브 구조에서 정방향으로 만든 하중블록 내부 남는 공간 내부에 튜브구조를 도입하여 삼중 튜브 구조형식으로 만듦.

내부 튜브(초록색)는 하중블록을 이용하여 코어 구조로 설계, 컨틸레버보처럼 거동하게 하여 회전 저항능력 향상.

중간 튜브(빨간색)는 하중블록의 수직하중 저항 및 지진력에 대한 수평하중을 아웃리거, 벨트프레임을 통하여 외부튜브로 하중전달.

외부튜브(분홍색)는 Mega Column으로, 수직하중 저항 및 기둥의 내력강화

>> 내진성능 등의 구조적 안전성 확보

Mega Column

건물에 설치되는 거대 기둥.

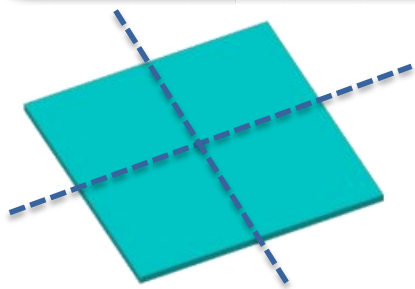
>> 수직하중의 대부분을 담당

4. STRUCTURE SYSTEM

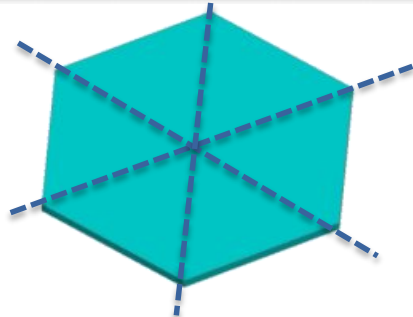
Octagon Shape

Floor

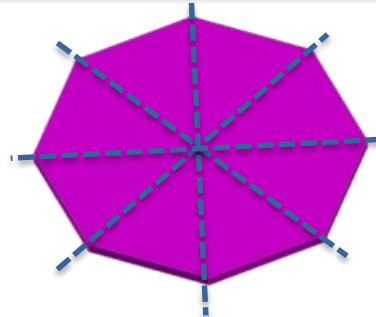
- 하중블록 설치 및 최소 바닥면적(10,000mm²)을 위한 최소한의 공간확보
- 정형단면 확보로 X축과 Y축의 단면 2차 모멘트 유사.(지진파에 대한 약축 고려)



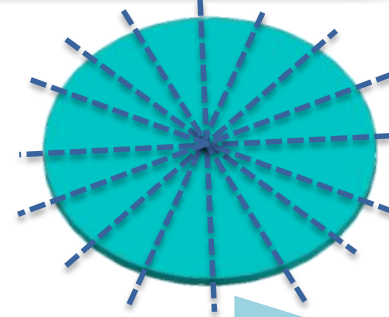
➤ Square



➤ Hexagon

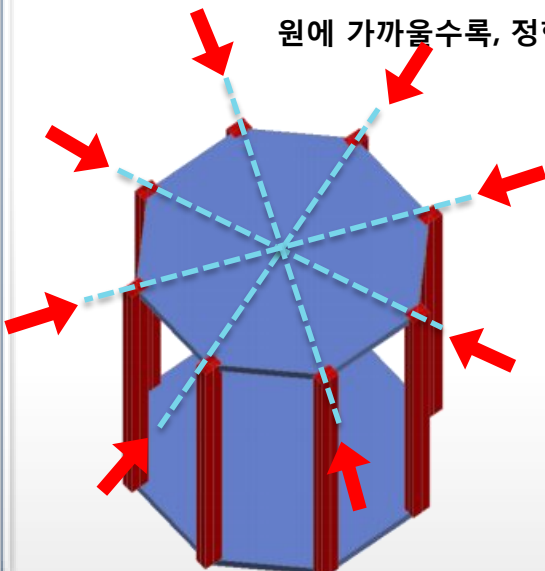


➤ Octagon



➤ Circle

원에 가까울수록, 정형단면일수록 모든 방향의 하중에 대해 고른 하중전달로 지진파에 대한 대비 가능



➤ Octagon

최대한 원에 가까우면서 시공(제작)상 유리한 정팔각형으로 선택

1. 정사각형, 정육각형에 비해 넓은 면적 확보가능
2. 상대적으로 넓은 면적 확보로 기준에 부합하는 바닥면적 10,000mm²~30,000 mm²과 하중블록 위치 선정에 유리
3. 정형단면 확보로 각축에 대한 단면 2차 모멘트 동일(약축에 대한 대비 가능)
4. 원에 가까운 설계로 평면 형태 변화에 대해 안정적인 변형을 보임

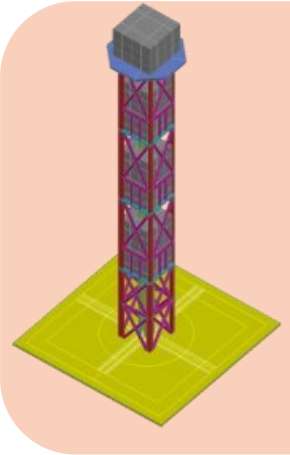
4. STRUCTURE SYSTEM

Structure

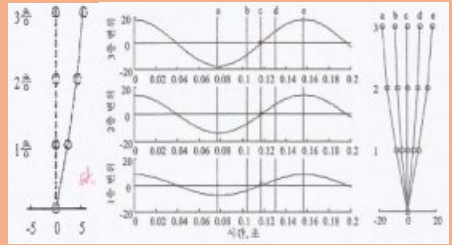
➤ Diagrid



내부기둥 및 가새
Diagrid 를 도입하여, 수직하중을 적절히 분산, 배분하여 기초까지 전달하는 역할을 한다.
수평으로 오는 외력에도 효과적으로 저항하는 역할을 한다.



➤ 1 Mode Shape



내부기둥을 강성을 높여, 컨틸레버보 형식으로 만들어 1차모드 거동을 하게 만든다.
각층의 변위를 일정하게 유지하여 각층별로 일정한 강성을 요구하게 한다.

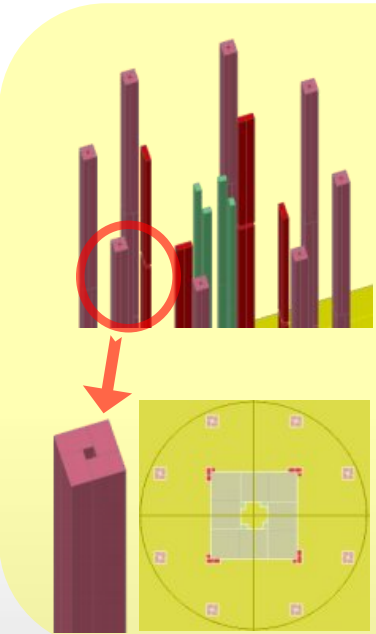
>>지진력에 대한 수평하중을 일정한 변위로 외부 기둥에 전달하여 다차모드에 의한 층파단을 막는다.

➤ Friction Damper(마찰댐퍼)



Mega Column에 들어가는 Bracing에 Friction Damper를 도입하여, 일정한 수평하중에 대해서는 **마찰력**으로 버티고 마찰력을 벗어난 수평하중(지진력)이 가해질 경우, **마찰댐퍼가 작동하여 지진력을 소산, 분산**하여 설계한 최대 변위 내에서 거동하게함

➤ Direction Plan



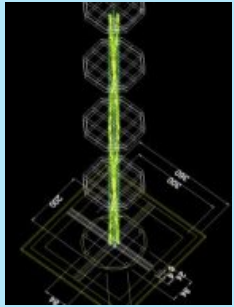
대회에서 쓰이는 'Strip' 부재의 경우, **600x4x6(mm)**이기 때문에 직사각형모양이다.
X, Y축에 대한 2차 단면 모멘트의 값이 다르기 때문에 기둥 및 **다른 부재 (하중블록)**의 의 경우 이를 고려할 수 밖에 없다.
따라서 **어느 방향에서도 지진력을 고루 받을 수 있도록** 정방향 방향계획을 세웠다.

Sketch (AutoCAD) & ProtoType

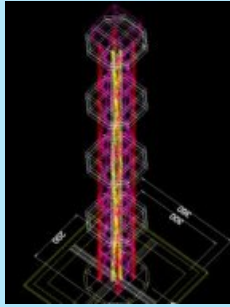
Modeling

- 이론적 설계 후, AutoCAD를 이용한 1:1Scale Size의 Model을 3D Sketch 함
- ProtoType을 직접 제작하면서 접합부 문제 및 거동확인, 이론적 설계의 문제점등을 발견, 보완함

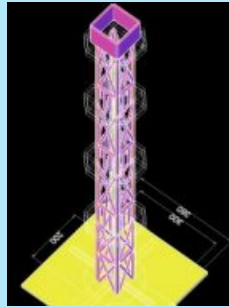
➤ Sketch(AutoCAD) – WireFrame, 3D



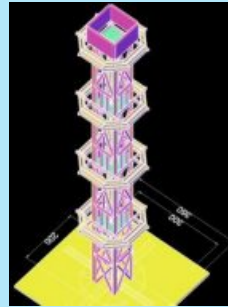
Base & InnerColumn
-기초판에 먼저 선을 그려, 위치 선정 및 기초 기등을 세움



CenterColumn
-내부기둥 가새 작업 및 중간기둥 작업



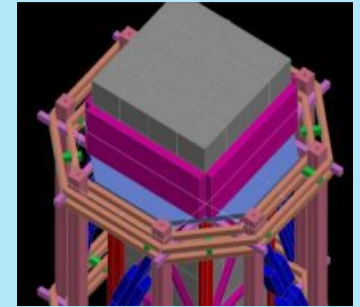
CoreBracing
- 코어부분 가새 작업



BeltFrame
-수평하중 (지진력)을 소산시켜줄 BeltFrame 도입

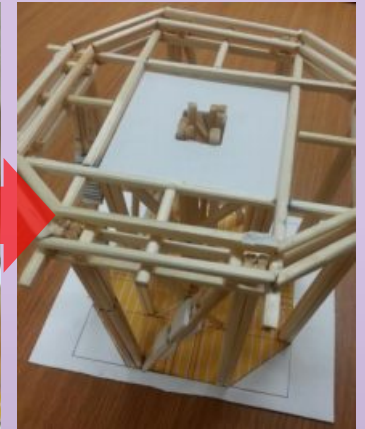
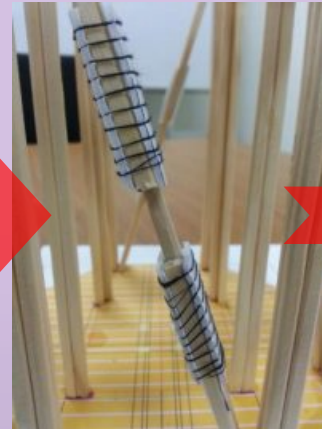
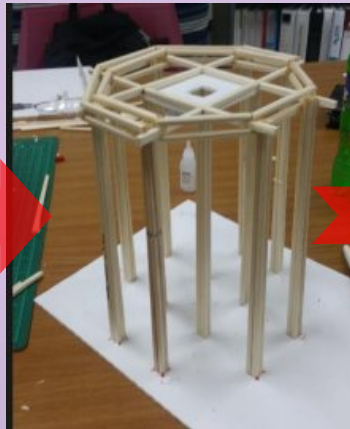


FrictionDamper
-MegaColumn에 마찰댐퍼를 설치



Roof Plan
-상단부는 실을 이용하여 결속

➤ Proto Type



면실을 댐퍼 플레이트 부분에 감아, 압축하여 마찰댐퍼의 마찰력 증대

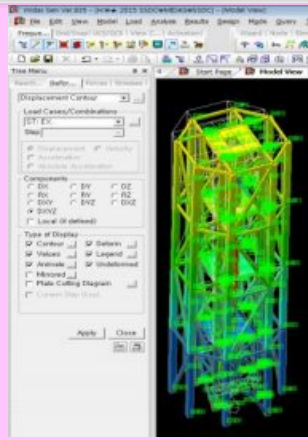
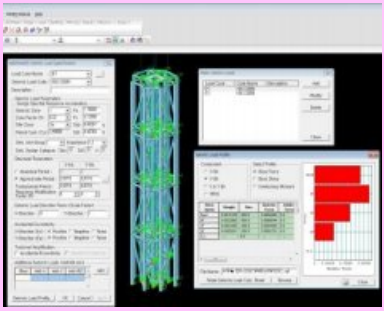
5. Modeling

Result (Midas-GEN, Accelerometer Monitor)

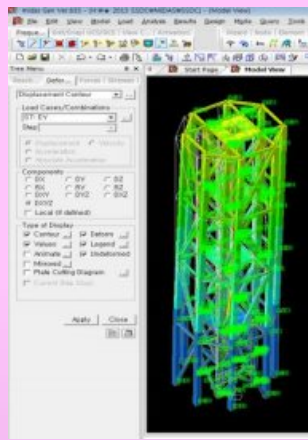
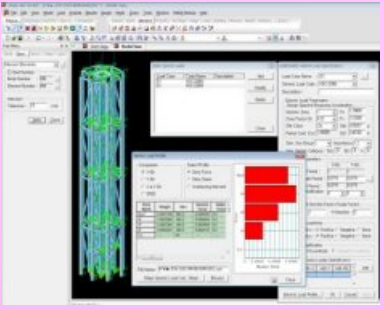
Analysis

- Midas-GEN 프로그램을 통하여 이론적 고찰 내용 및 설계에 대하여 타당한지 해석
- 후에 2차, 3차 모델을 제작하여 하중을 받지 않는 필요 없는 부재에 대해서는 절약이 필요
- 층 접합부 부분에 파단 위험성이 있어, 접합부부분 보강 필요

X-dir Seismic Force



Y-dir Seismic Force



X-Direction(EX, X방향),
Y-Direction(EY, Y방향)
으로 건물이 받는 지진력과
그에 대한 변화에 대해서
다음과 같이 해석하였다.

이에대해 1 Mode Shape
로 거동하는지, 층별로 어
느정도 하중 및 변위가 발
생하는 지에 대하여 알 수
있었다.

또한 어플
'Accelerometer Monitor'
를 이용하여, 1F 모델에 대
한 가속도를 체크해 보았다.

Value

Estimate

- 대회 기준, 2,400백만원 내에서 설계하면서 경제성까지 고려해야 하기 때문에 남아서 버려지는 부재가 없도록 설계하였다.

➤ MDF Strip

Mega Column : 600 X 32ea = 19,200mm. 32개 사용

200 X 32ea = 6,400mm. 10개 사용 Inner Column 에서 남은 400mm 사용

Damper Plate : 18 X 48ea = 864mm. 1개 사용 264mm 는 와플 슬라브에서 남은 것 사용

Inner Column Bracing : 200 X 16ea = 3,200mm. 6개 사용 400mm 남음

Core Shear wall : 60 X 24ea = 1,440mm. 2개 및 240mm 사용

68 X 16ea = 1,088mm. 2개 사용 112mm 남음

150 X 24ea = 3,600mm. 6개 사용

120 X 16ea = 1,920mm. 3개 사용, Inner B 에서 남은 400mm 사용

Belt Frame : 한층 당 84 X 8ea = 672mm.

68 X 4ea = 272mm. ➡ 총 1,144 X 2 X 4층 = 9,152mm. 16개 사용 448mm 남음

50 X 4ea = 200mm.

Inner Column : 800 X 4ea = 3,200mm. 6개 사용 400mm 남음

Center Column : 200 X 36ea = 7,200mm. 12개 사용

Belt Girder: 200 X 16ea = 3,200mm. 6개 사용 400mm 남음

Friction Damper

1F Damper : 95 X 16ea = 1,520mm.

100 X 4ea = 400mm.

50 X 8ea = 400mm.

2~4F Damper : 210 X 12ea = 2,520mm.

84 X 48ea = 4,032mm. 총 8872mm. 15개 사용 128mm 남음

재료명	단위	규격	단위수량[개]	단가 [백만원]	총 개수	총 금액 [백만원]
MDF Base(기초판)	개	400x400x6(mm)	1	-	1	-
MDF Strip	개	600x4x6(mm)	1	10	117	1,170
MDF Plate	개	200x200x6(mm)	1	100	3	300
면줄	식	600mm	1	10	5	50
A4지	장	A4	1	10	0	0
접착제	개	20g	1	200	2	400
					총 합계[백만원]	1,920