

SKY-HIGH

Seismic Design of High-Rise Buildings
T. T. S (Triple Tube Structure System)



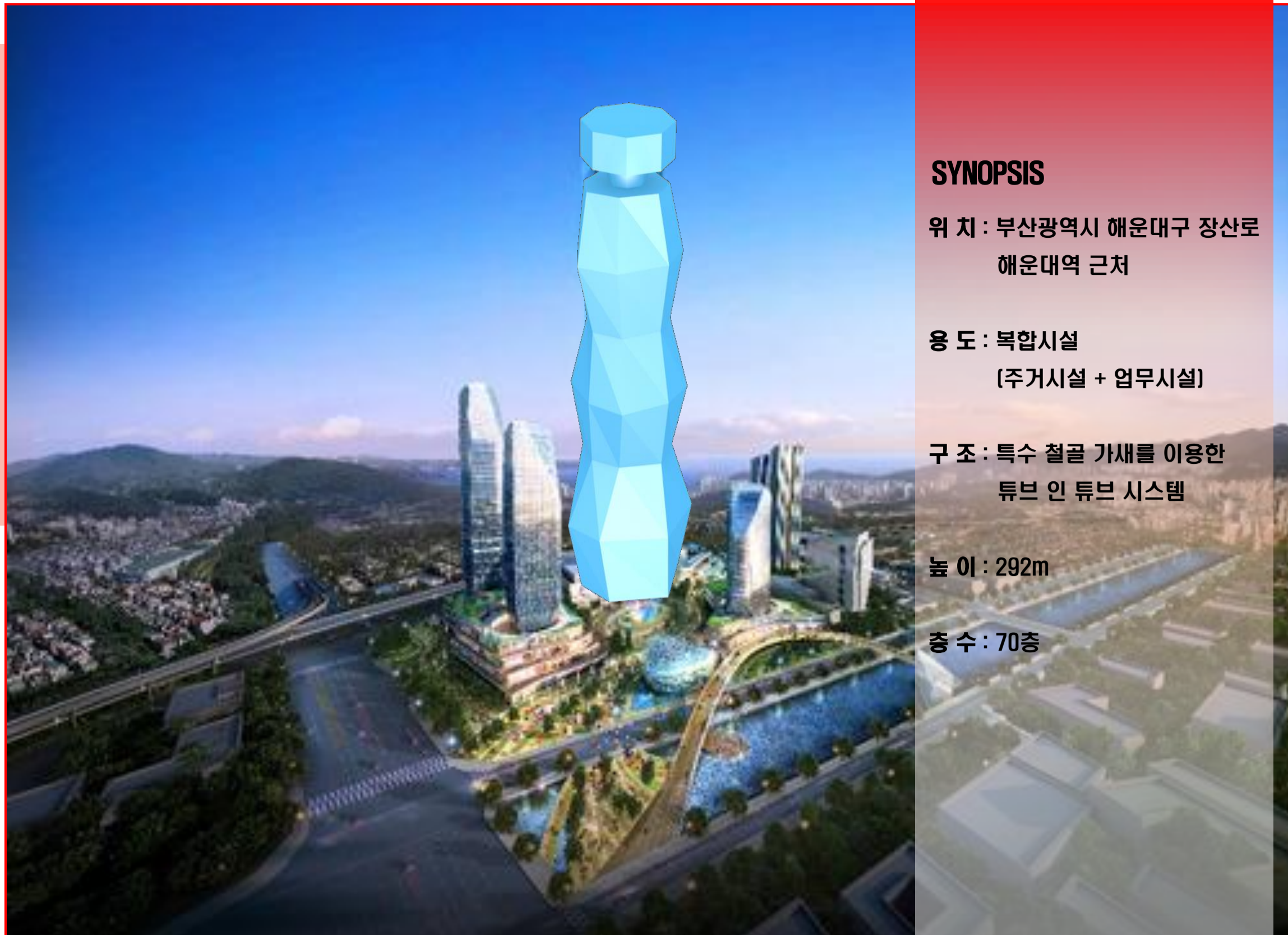
TNT-S
Kyonggi University Plant-Architectural
Engineering Society of Steel Construction



Adviser
최병정 교수

Team Member

이수현 조성권 김세현 노재영



SYNOPSIS

위치 : 부산광역시 해운대구 장산로
해운대역 근처

용도 : 복합시설
(주거시설 + 업무시설)

구조 : 특수 절골 가새를 이용한
튜브 인 튜브 시스템

높이 : 292m

층수 : 70층

DESIGN PROCESS

Octagon Shape

Floor

- 하중분류 설치 및 최소 바닥면적(10,000~30,000㎡)을 위한 공간 확보
- 정형단면 확보로 X축과 Y축에 대한 단면 2차 모멘트 고려 (지진파에 대한 압축 고려)

→ Square → Hexagon → Octagon → Circle

원에 가까울수록, 정형단면일수록 모든 방향의 하중에 대해 고른 하중전달로 X, Y 지진파에 대한 대비 가능
최대한 원에 가까우면서 시공(제작)상 유리한 정팔각형으로 선택

1. 정사각형, 정육각형에 비해 넓은 면적 확보 가능
2. 상대적으로 넓은 면적 확보로 기준에 부합하는 바닥면적 10,000㎡~30,000㎡과 하중분류 위치 선정에 유리
3. 정형단면 확보로 각축에 대한 단면 2차 모멘트 동일(압축에 대한 대비 가능)
4. 원에 가까운 설계로 평면 형태 변화에 대해 안정적인 변형을 보임

→ Octagon

Triple Tube Structure (Double Tube in Tube)

Frame

- 골조튜브의 강성을 증가시키기 위해서 내부 코어에 가세 된 철골구조나 전단벽을 배치하는 방법
- 이중튜브 구조에서 한층 더 강한 심층 튜브구조로, 외부튜브의 전단변형 및 회전저항능력을 향상, 내부튜브는 내진 요소로 적용하게 됨

→ Triple Tube (Double Tube in Tube)
기본 이중튜브 구조에서 정방향으로 만든 하중분류 내부의 공간 내부에 튜브구조를 도입하여 삼중 튜브 구조형식으로 만들음.
내부 튜브(초속)는 하중분류를 이용하여 코어 구조로 설계, 컨틸레버보정림 거동하게 하여 회전 저항능력을 향상.
중간 튜브(발칸벽)는 하중분류의 수직하중 저항 및 지진력에 대한 수평하중을 아웃리거, 벨트 프레임 통하여 외부튜브로 하중전달.
외부 튜브(분홍색)는 Mega Column으로, 수직 하중 저항 및 기둥의 내력강화
→ 내진성능 등의 구조적 안전성 확보

→ Outrigger & Belt Frame(Wall)
아웃리거를 도입하여 컨틸레버보정림 거동하는 코어의 진도 모멘트를 인장, 압축 등으로 아웃리거로 전달하여 감소, 외부기둥으로 전달.

→ Mega Column
건물에 설치되는 거대기둥
→ 수직하중의 대부분을 담당
벨트프레임(벽)은 직경적으로 외부기둥의 길속으로 링 평면내에 대한 효율적 제어 가능

SKY-HIGH . The High-Technology Architectural Structural System

PROLOGUE

Site Analysis

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



대한민국의 제2의 수도라고 불리는 부산

▶ 아름다운 야경과 바다와 밀접한 해운대는 관광특구.

해운대에서의 초고층 건물 건축

▶ 많은 유동 인구로 인해 랜드마크의 특성과 복합시설로서의

역할도 수행할 수 있을 것.

바다와 인접해, 연약지반이라는 특성

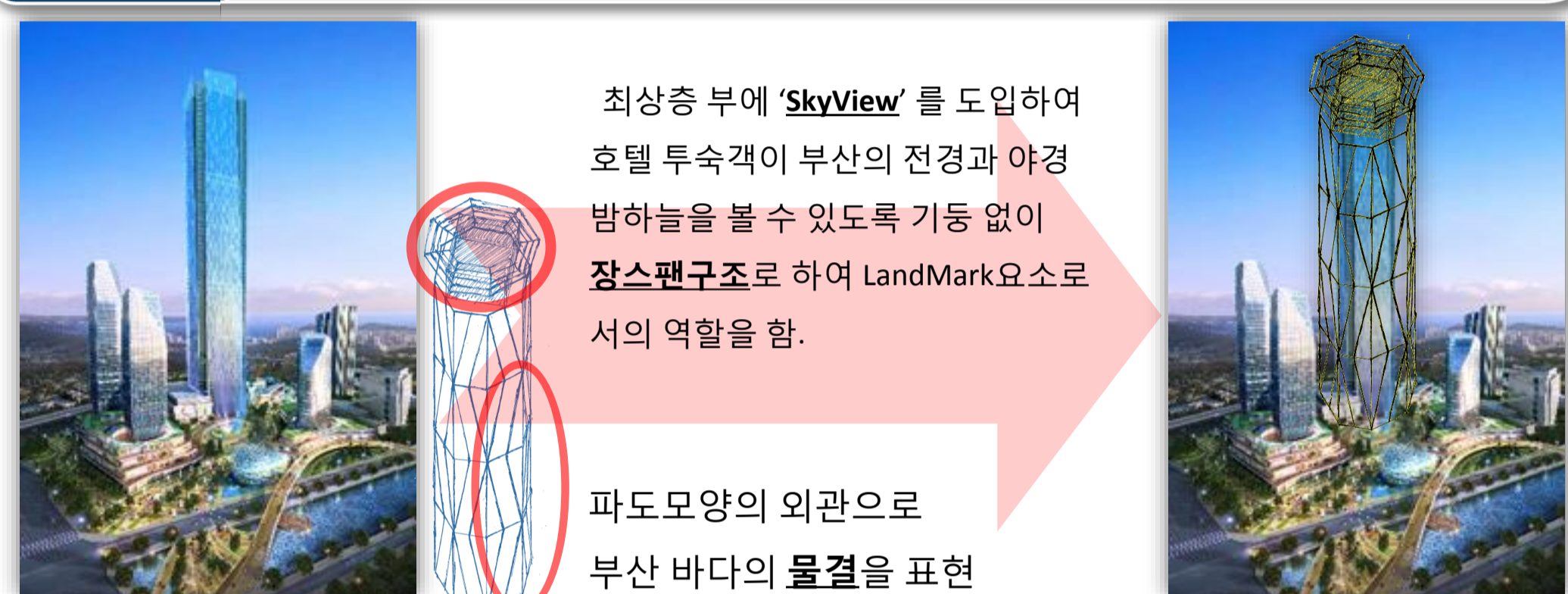
▶ 쉽게 초고층 건물을 지을 수 없음. 또한, 장주기파를 고려야함.

LAND MARK PLANNING

Plan

LandMark

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



▶ 부산국제 금융센터(Motive)

해운대라는 멋진 뷰가 있는 상황에서, 개방적인 외관과 테라스를 넣어

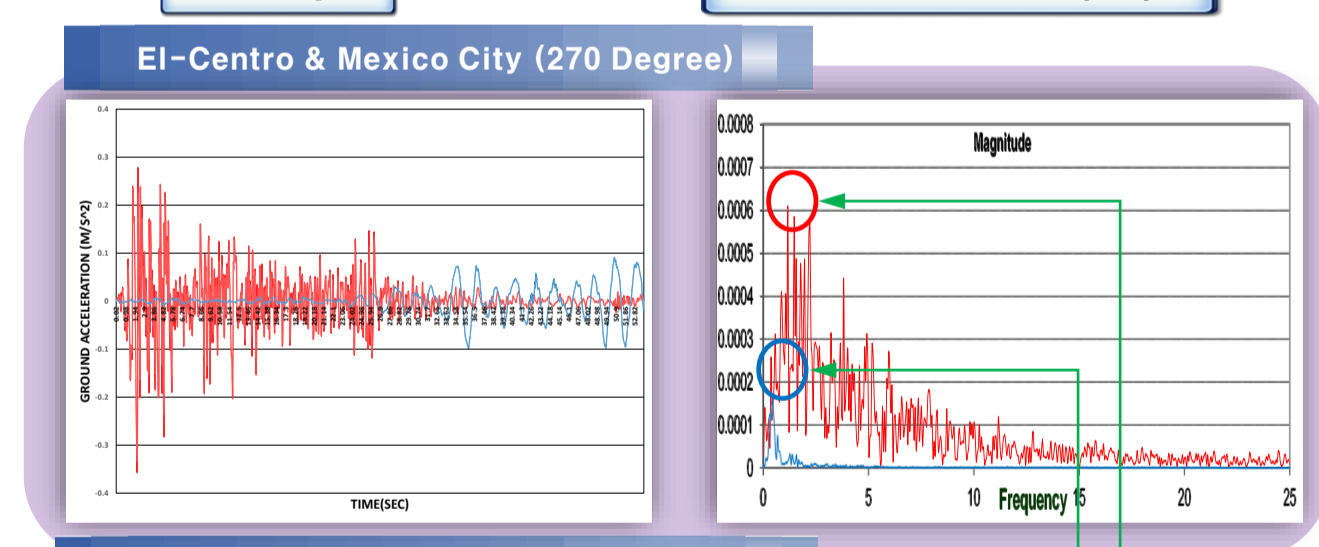
해운대에 걸맞는 형태의 건물을 만드는 것이 목표.

외관을 파도에 어울리는 물결모양의 형식으로 지어 어울리게 하고, 최상층 꼭대기에 스카이를 뷰를 넣어 부산 전경이 보이도록 하여 LandMark로서의 역할과 초고층건물 특색을 살린다.

SEISMIC ANALYSIS

Seismic Wave

▶ 단 · 장주기 성분 지진파 분석



3. 연약지반 계층을 위한 설계스펙트럼에서 최대 응답가속도의 주기대역은 대략 0.06초~2.0초로 된다.

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

• F.F.T Graph와 같이 단주기파의 경우 강력한 고주파를 포함

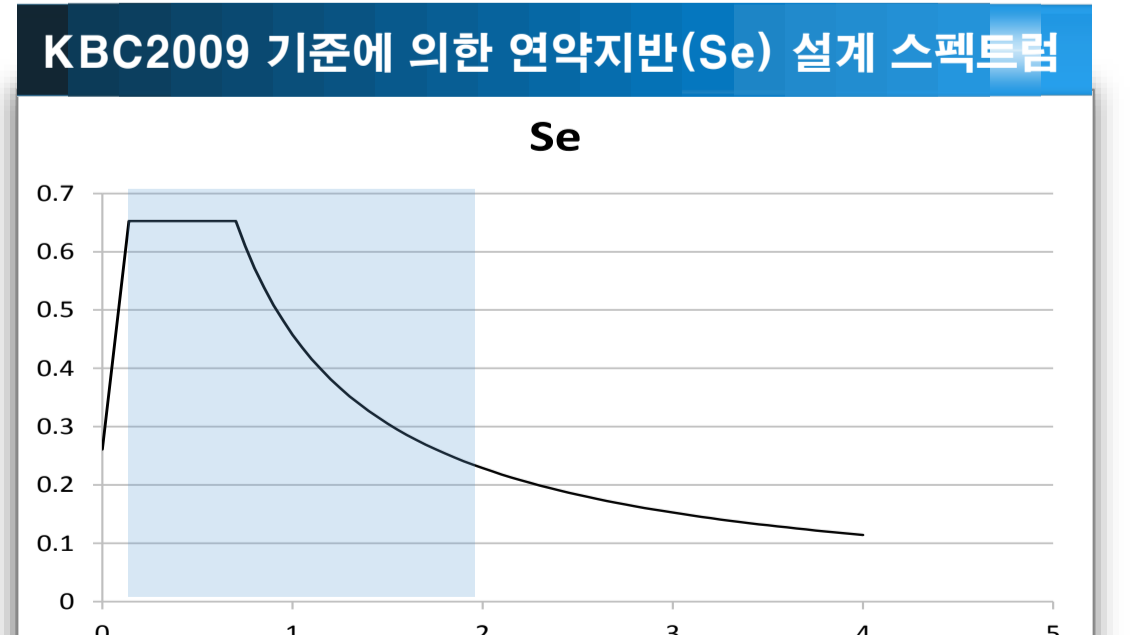
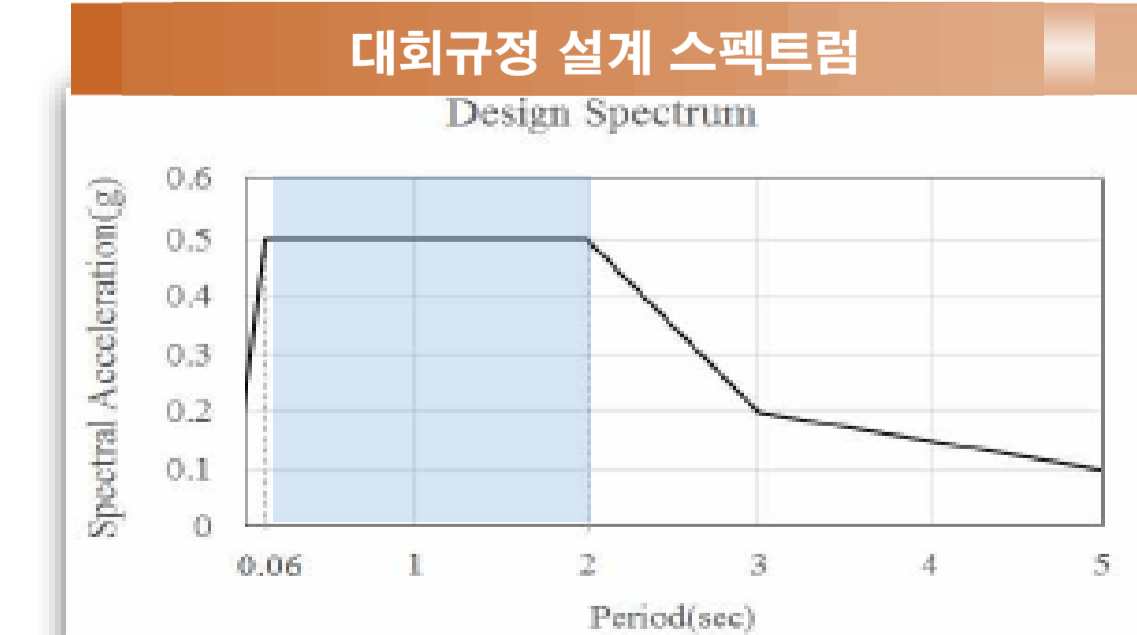
Design Point

• 고유주기를 단주기로 가지는 중 · 저층 건물의 경우 매우 치명적

• 단주기, 장주기파를 포함하는 대회의 인공지진 파에 대해 Design Point와 같은 곳에서 적합한 설계가 요구됨

Design Spectrum

▶ 설계 스펙트럼



2015 SSCD 규정에 따른 설계 스펙트럼은 Acceleration의 Max Value가 0.5g

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

지반 지역	1	2	지반 종류	Se	Sb	Sc	Sd	Se
표준경시지반(NA)				> 50	15~50			15
지역계(수)	0.22	0.14	연약지반(S)	> 1500	760~1500	360~760	180~360	< 180

대회 규정에 따른 설계 스펙트럼과 KBC 2009 기준에 의한 연약지반(Se) 설계 스펙트럼에 대해 2가지 해석



STRUCTURE COMPONENT

Structure Plan

→ Diagrid
내부기둥 및 가새에 Diagrid를 도입하여, 수직하중을 적절히 분산, 배분하여 기초까지 전달하는 역할을 한다.
수평으로 오는 외력에 효과적으로 저항하는 역할을 한다.

→ 1 Mode Shape
내부기둥을 강성을 높여, 컨틸레버보 형식.
▶ 1차 모드로 거동하게 한다. 각 층의 변위를 일정하게 유지하여 각 층별로 일정한 강성을 요구
지진력에 대한 수평하중을 일정한 변위로 외부기둥에 전달하여 다차모드에 의한 층파단을 막는다.

→ Friction Damper
Mega Column에 들어가는 Bracing에 Friction Damper를 도입하여, 일정한 수평하중에 대해서는 마찰력
마찰댐퍼가 작동하여 지진력을 소산, 분산하여 설계한 최대 변위 내에서 거동하게 함.

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

CONSTRUCTION SEQUENCE

1. Base & Inner Column
기초판에 먼저 선을 그어, 위치 선정 및 기초 기둥을 세움
2. Center Column
Inner Column 가세 시공 및 Center Column 시공
3. Core Bracing
코어(Center) 부분 가세 작업
4. Outrigger & Belt Frame
아웃리거, 벨트프레임 시공
5. Friction Damper
Mega Column 시공 후 마찰댐퍼 설치
6. Roof Plan
Roof(지붕)층은 실을 이용하여 하중 분류 계속

STRUCTURE ANALYSIS (MIDAS-GEN)

Self Weight

▶ Displacement

자중에 대한 변위는 거의 없는 것으로 나타났으며, 코어(Core)만 하중분류를 지지하는 형태이기 때문에 중앙부만 변위가 크게 발생하는 것으로 나타났다.
상단부분은 하중분류를 받게 분산하여 아웃리거(Outrigger)도 하중을 분담하도록 하였다.

Seismic Wave

▶ Displacement (Step 2.1) ▶ Beam & Truss Stress (Step 2.1) ▶ Displacement (Step 11.4) ▶ Beam & Truss Stress (Step 11.4)

각 최고 가속도 (Max Acceleration)에서의 스텝(Step)에 따른 변위와 응력분포를 확인해 보았다.
각 층에서 접합부에 강한 응력이 작용하여, 역시 각 층 접합부의 보강이 필요한 것으로 결론을 내렸으며, 이것은 아웃리거(Outrigger)를 통하여 보강하였다.
접합부 부분에 아웃리거를 설치하여 응력분포가 거대기둥(Mega Column)에 전달되도록 하여 응력분포가 분산되도록 하였다.