

# 시몬스



동아대학교

조장  
배예빈

조원  
정의준

조원  
이광범

최광규 지도교수님

조원  
위종민



**시몬스** 침대의 광고 중 아이가 침대 위에서 뛰어도 깨지 않고 잘 주무시는 아버지가 나오는 광고가 있습니다. 저희가 설계한 초고층 건물 또한 지진이 일어나도 그 광고처럼 흔들림에 대한 불안함을 느끼지 않고 신속하게 대피할 수 있도록 지진에 대해 안정적이고 경제적인 설계를 할 것입니다.

# 2015년 구조물 내진설계 경진대회



초고층 건물은 지진에 과연 안전한가?  
대한민국의 랜드마크를 지켜라

후원



협찬



# SEISMIC DESIGN CONTENT

대회규정

대회의 규정은?

내진설계란?

초고층 건물에서의 내진설계

지진파

지진파 가정  
지진파 분석  
지진파 응답 스펙트럼과 목표주기 설정

디자인

적용구조 및 단면설계도

설계 & 비용

최종 구조물  
예상 비용



# 대회규정

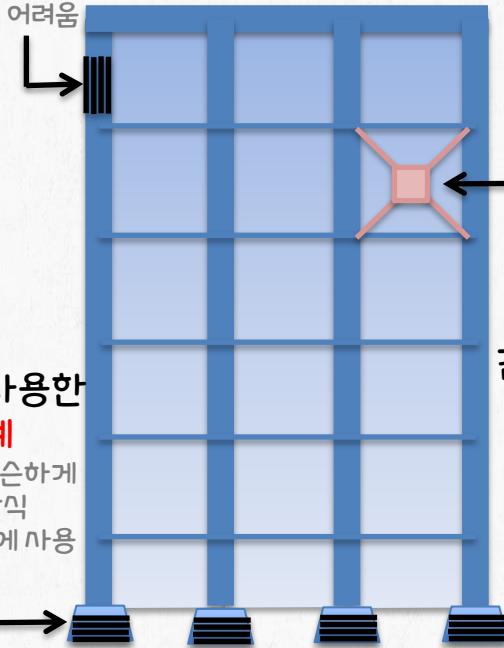
- [원칙]** 작품은 4층 이상으로 제작되어야 하며, 각 층은 규정된 하중을 정적으로 지지할 수 있어야 한다.
- [구조]** 작품의 구조는 다음 각 항의 조건을 모두 만족해야 한다.
  - 기초판은 1층의 바닥면이 되며, 최상층은 천정을 가져야 한다(옥상에도 하중블록을 설치해야 함).
  - 각 층의 바닥 면적은 10,000mm<sup>2</sup> 이상, 30,000mm<sup>2</sup> 이하여야 한다. 여기서 바닥 면적의 산정 기준은 최외각 기둥 부재를 이은 면적이다.
  - 바닥은 반드시 면을 이루고 있을 필요는 없다. 예를 들어 몇 개의 선형 부재(Strip)를 연결한 형태도 가능하다.
  - 각 층의 높이는 200mm 이상으로, 총 높이는 800mm 이상 900mm 이하 되어야 하며, 각 층간은 분명한 경계를 가지고 있어야 한다.
  - 각 층에는 하중 블록의 낙하를 방지하기 위한 시설이 설치되어야 한다.
  - 구조부재의 연결은 제공되는 제작 재료만을 사용하여야 한다.
- [하중]** 하중은 각 층에 6kg 이상의 강재 하중블록세트(하중 블록 개당 0.5kg)를 설치하며, 총 24kg 이상의 하중블록이 설치되어 만족하여야 한다.
- [기초]** 기초판은 MDF 판재로 제공되며, 제작되는 작품은 기초판 내에 설치되어야 한다.
  - 기초판의 크기는 400mm × 400mm × 6mm 며, 구조물과 기초를 연결하기 위한 용도로만 사용된다.
  - 각 팀에서는 기초를 진동대와 연결(목재용 screw 볼트)하기 위한 최소하미 공기(최외각으로부터 20mm)을 확보하여야 한다.
  - 구조물과 기초를 연결하기 위한 용도로 기초판을 천공할 수 있다.
  - 기초판을 절단 및 가공하여 작품 제작에 활용할 수 없다.
- [제작비용]** 작품 제작에 필요한 제작 비용에 제한은 없으나, 2,400백만원을 기준금액로 하여 경제성 평가시에 반영한다.
  - 기준금액을 초과하는 팀은 진동대 시험 전 감점 대상이 되며, 감점은 10백만원 당 5점으로 한다.
- [제작시간]** 작품 제작에 소요되는 시간은 하중블록을 설치하는 시간을 포함하여 총 5시간을 초과할 수 없다.



# 초고층 건물의 내진설계

## 더 굵은 철근을 넣은 내진설계

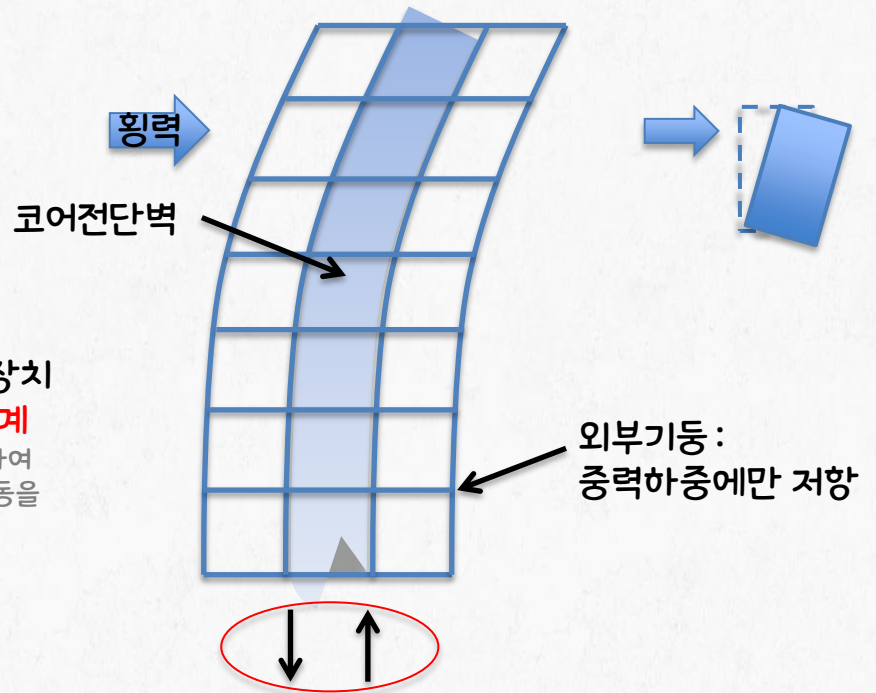
: 내부가 튼튼해질수록 하부도 튼튼해져야 하므로 고층건물도입 어려움



적층고무를 사용한  
면진설계  
: 땅과 건물을 느슨하게 연결하는 방식  
대도시고층건물에 사용

건물 사이 감쇠장치  
설치한 제진설계  
: 특수장치를 부착하여 땅에서 전달되는 진동을 흡수하는 방식,  
고층일수록 유리

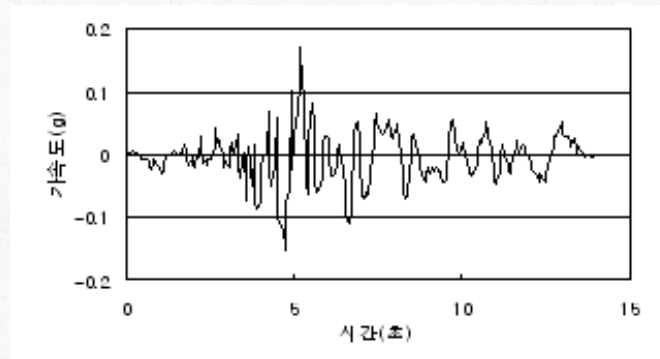
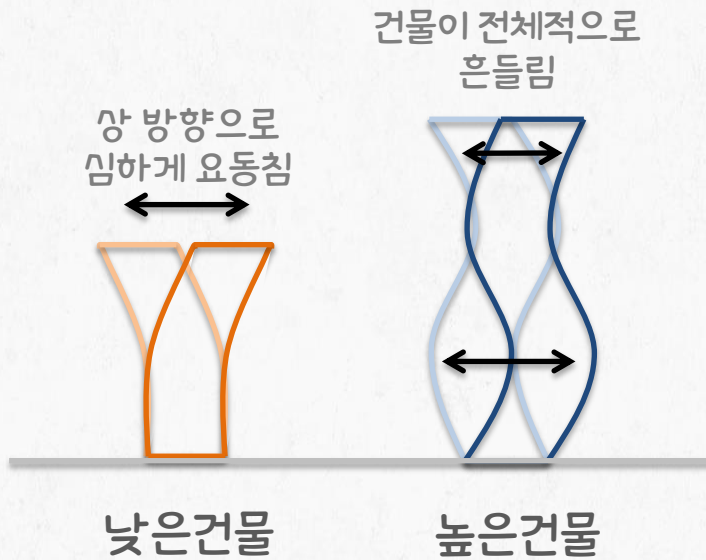
## 대우건설 - 푸르지오 : 전단벽 시스템



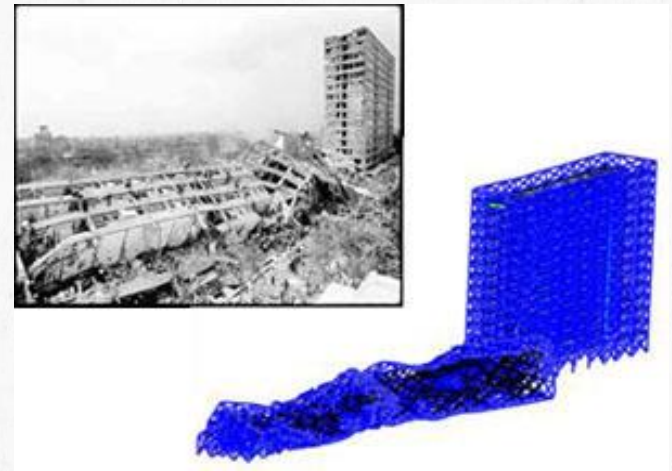
코어가 전체 전도모멘트에 저항

# 지진파가정

비교적 규모가 큰 지진이 발생했을 때, 보통 짧은 주기의 지진의 흔들림과 다른 몇 초에서 수십 초 주기로 천천히 흔들리는 **장 주기 지진** 동이 발생할 수 있다. 장 주기 지진 동은 진원에서 멀리 떨어진 곳까지 전달 쉬운 성질이 있고 또한 진원에서 떨어져있어도 큰 진폭이 관찰된다는 특징이 있다. 고층 건물은 장 주기 지진 동과 공진하기 쉽기 때문에 크게 흔들릴 수 있다.

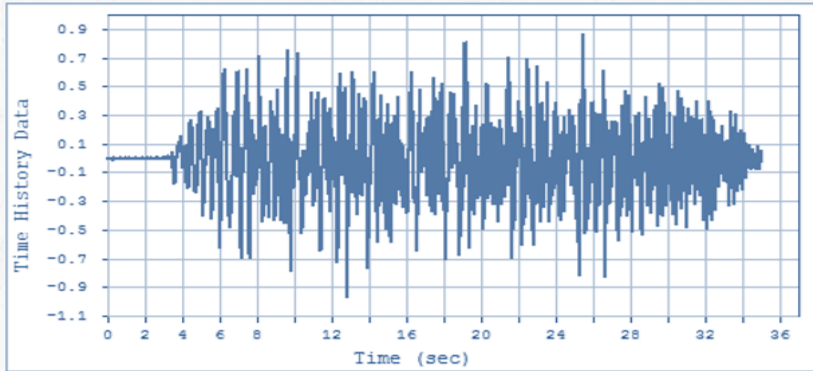


**장 주기 지진파**

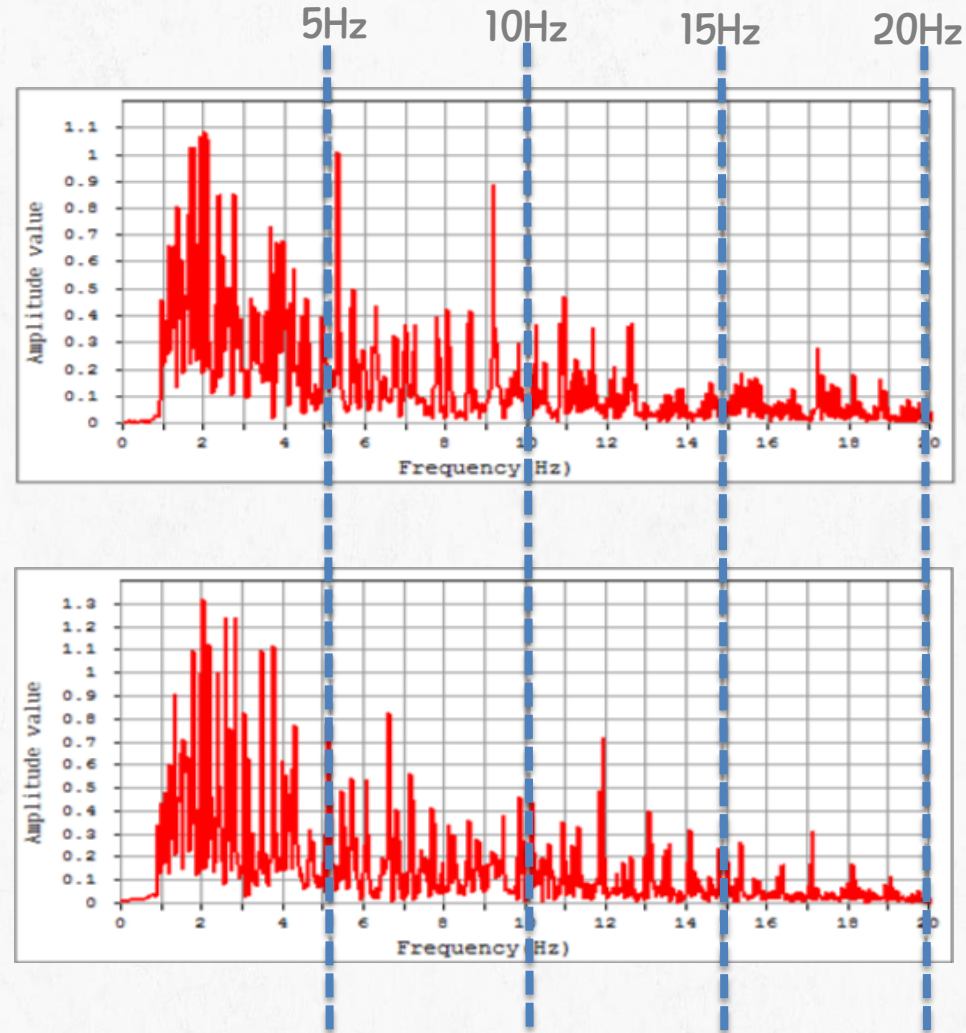


# 지진파 분석

2014 SSD Wave 를 이용하여 지진파 분석을 해보았다.



Peak = 0.6g  
 Duration = 40sec  
 고유주기로 단주기와 장주기를 모두 고려해 주어야 한다.  
 X축 Y이 비슷한 분포를 가진다.

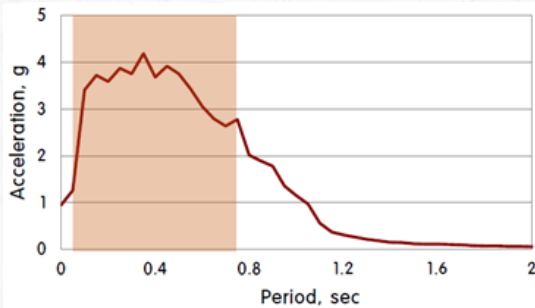


# 지진파 응답스펙트럼 분석과 목표주기

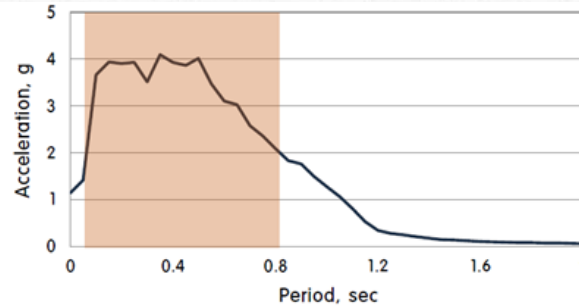
**장주기**

구조체가 장주기화 되면 지반의 고유주기와 구조물 고유주기가 공진을 하면서 전체가 흔들리므로 접합부 파단과 같은 여러 문제가 발생하게 된다.

지진파 응답 스펙트럼 : Damping ratio : 0.02

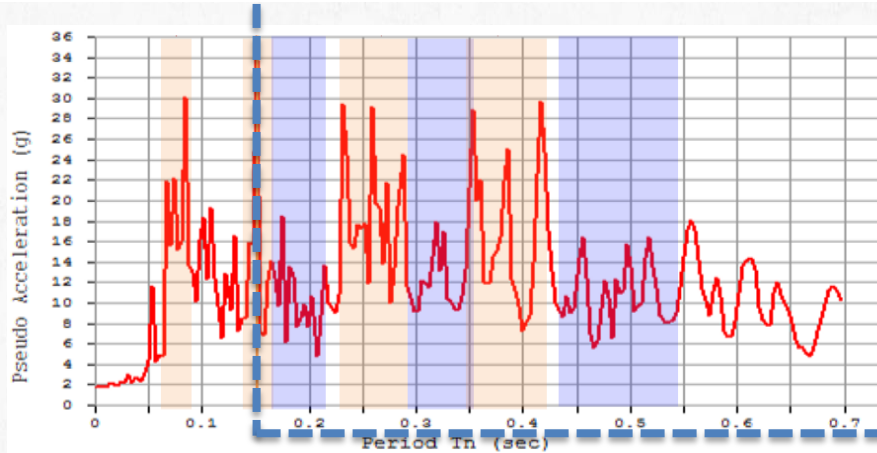


<X-direction Response Spectrum>



<Y-direction Response Spectrum>

규정) 인공지진파제작을 위한 스펙트럼에서 최대 응답가속도의 주기대역은 대략 0.06초~2.0초로 한다.

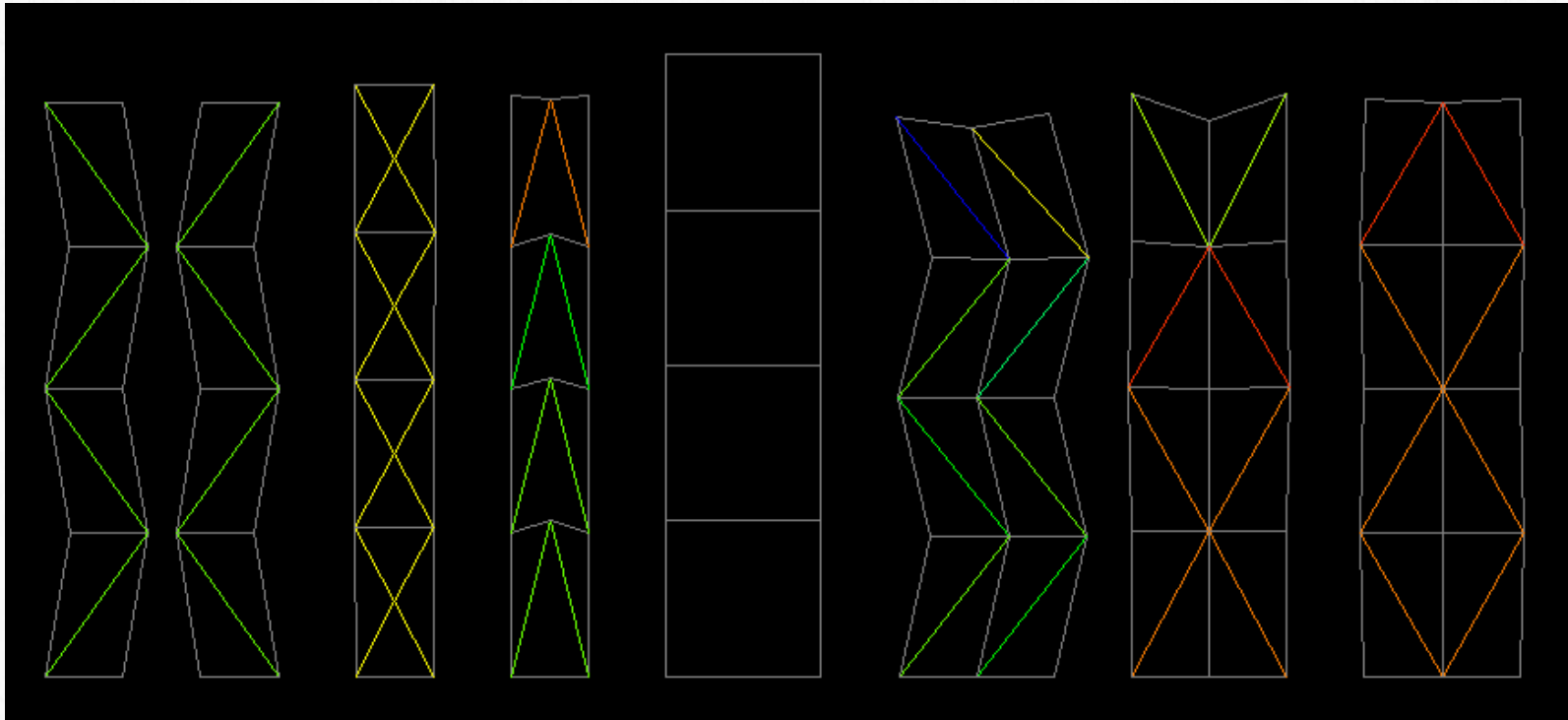


**탁월주기**

: 목표주기대를 선정할 때 피해야 할 구간  
(0.14~0.16 , 0.22~0.29 , 0.35~0.42)

# 적용구조

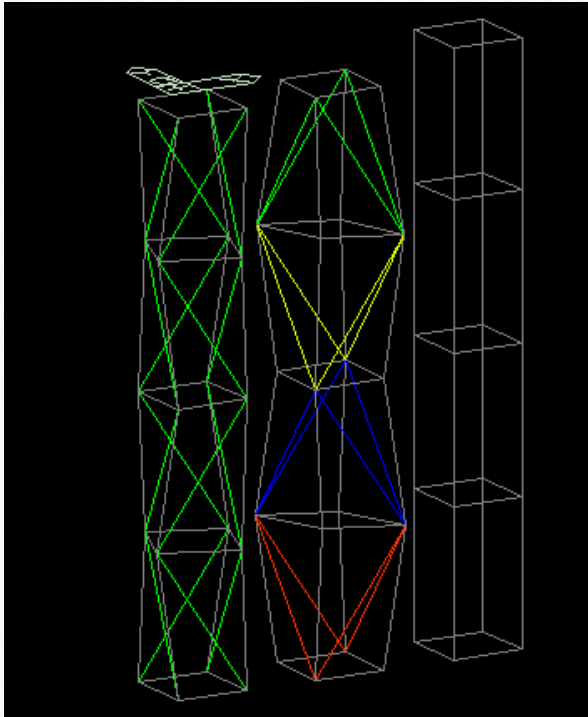
## 트러스



사각형 4층 구조로 보고 위에서 하중을 주었을 경우 제일 안전한 경우는 X트러스나 맨 마지막 다이아몬드로 트러스를 넣는 것이 안전해 보인다.

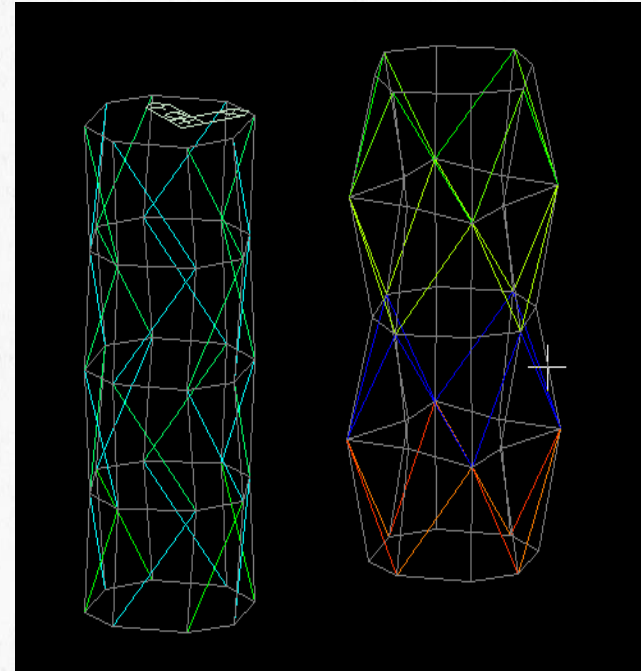
# 적용구조

내부구조



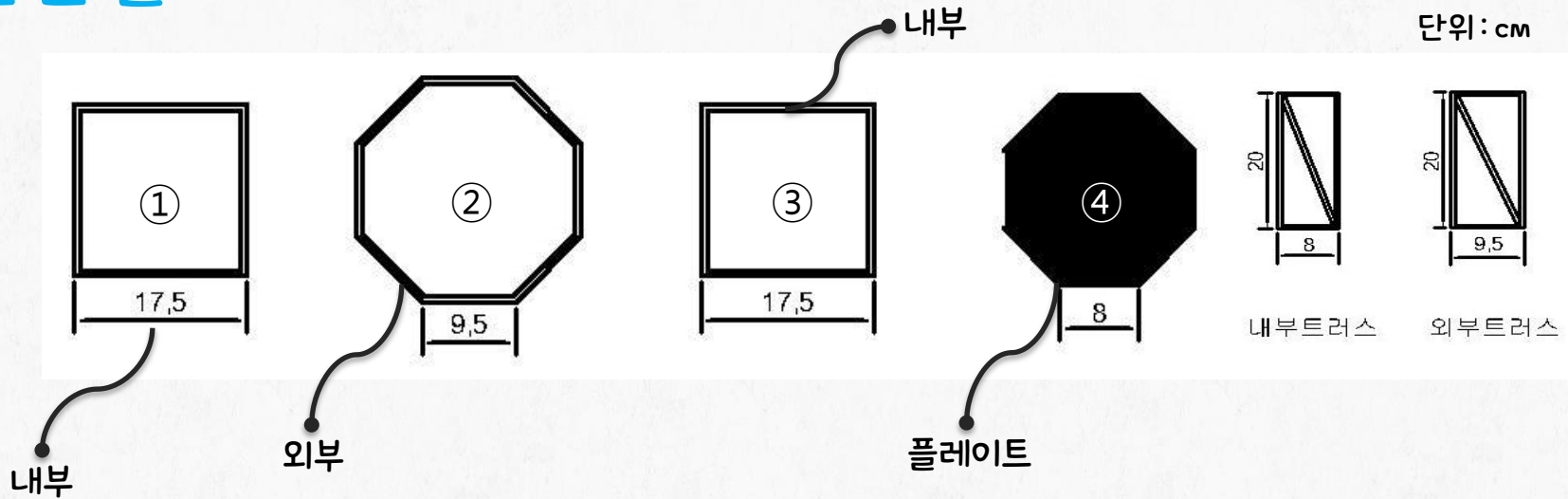
사각기둥으로 기둥을 세웠을 때는 한 방향으로 트러스를 넣는 것이 같은 조건의 하중에서 잘 버티었다.

외부구조



외부구조를 팔각기둥으로 기둥을 세웠을 때 또한 한 방향으로 트러스를 넣는 것이 같은 조건의 하중에서 잘 버티었다.

# 단면 설계도

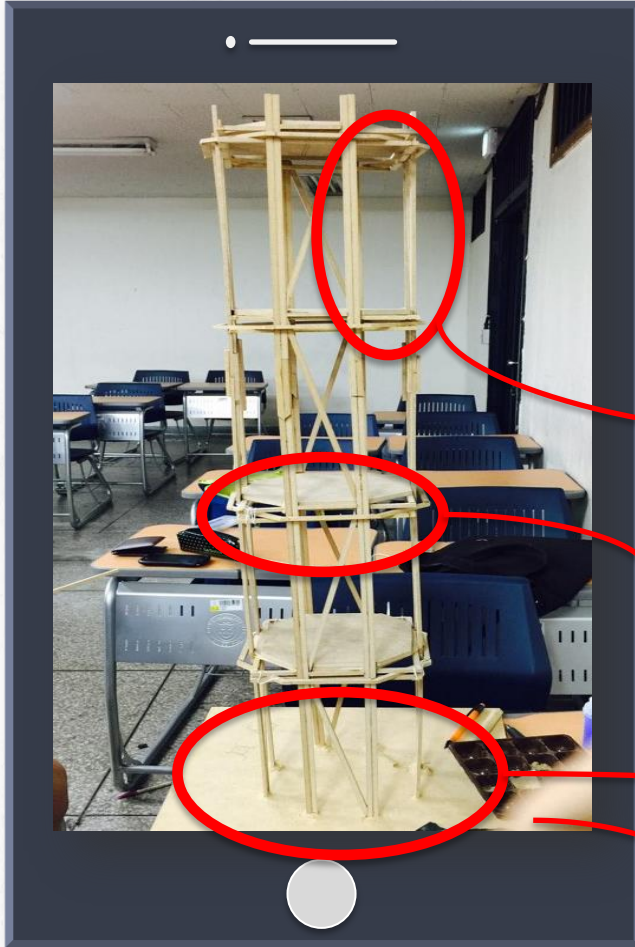


- ①, ③은 내부 트러스와 붙는 내부 구조물이고
- ②는 외부 트러스와 붙는 외부 구조물이 된다.
- ④는 각 층의 플레이트가 된다.
- ②의 경우는 내부에 들어있지만 외부 트러스와 붙으면서
- 건물이 흔들릴 때 흔들림을 상쇄시켜주는 역할을 하게 설계하여보았다.

① + ② + ③ + ④를 적용시켜본 결과



# 적용 구조물 및 보완점



설계도에 대한 완성본



보완할 점

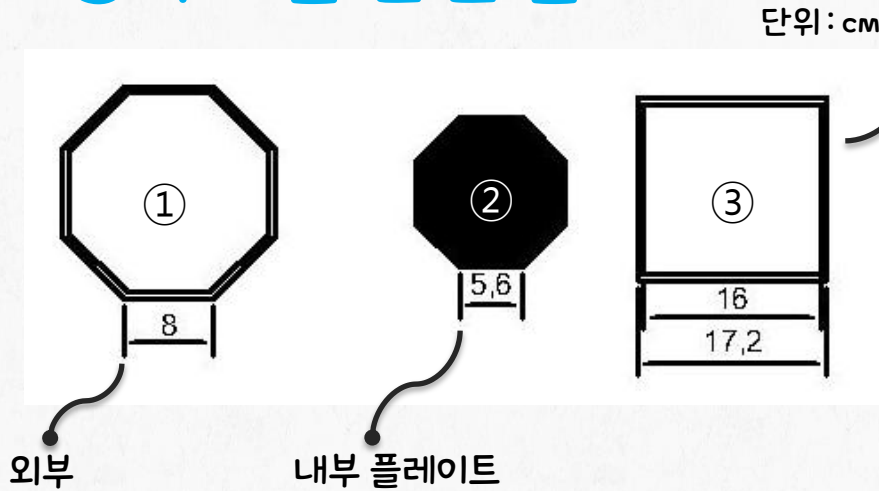
하중을 가하였을 때 제일 약한 구조가 사각형 구조인데, 구조물에서 비스듬한 귀퉁이 부분이 보강을 하지 않은 사각형 구조에 트러스를 더 보강하여야 한다.

각 층마다 진동을 흡수하는 역할을 하는 팔각형 구조를 넣어 내부와 외부 구조물의 경계를 애매하게 하였는데 확실한 분리를 해 더욱 효과적으로 진동을 차단해주도록 한다.

아래층 트러스를 더 단단하게 보강한다.  
바닥 또한 진동을 흡수하는 역할을 하는 구조물을 넣도록 한다.

지진파를 고려한 설계를 하도록 한다.

# 최종 구조물 단면 설계도



외부

①, ③은 외부구조물이 된다.  
 ②는 내부의 각층 플레이트가 된다.  
 외부 구조물 맨 아래에 면실로 그물망을 만들어 플레이트가 유연하게 움직일 수 있도록 제작한다.  
 이 경우에는 내부와 외부를 붙지 않도록 따로 제작하여 이전보다 더욱 효과적으로 흔들림을 상쇄시켜주는 역할을 하게 설계하였다.



# 최종 구조물



내부구조  
외부구조 분리

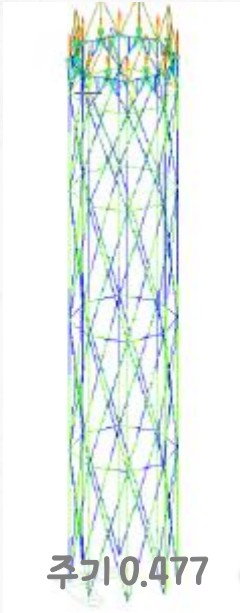


X트러스로 교체

그물망으로 충격  
완화

기초판을 외부 구조의  
사각형으로 얇게 파낸 후  
외부구조를 심는 형식으로  
붙임

내부구조가 직접 기초판에 닿지않음



# 예상 비용

규정으로 주어진 제작 재료의 경우 구입수량에는 제한이 없으나,  
총 구입 비용이 2400백만원을 초과할 시 규정에 따라 감점 대상이 된다.

재료명	규격	사용 수량	단가(백만원)	총액(백만원)
MDF Base(기초판)	400mmX400mmX6mm	1	기본제공	-
MDF Strip	600mmX4mmX6mm	92	10	920
MDF Plate	200mmX200mmX6mm	5	100	500
면줄	600mm	3	10	30
A4지	A4	0	10	0
접착제	20g	2	200	400

**총 1850 백만원**

# 시공계획

총 5시간 동안 조원들은 각자 임무 부담을 하여 맡은 역할을 충실하게 수행한다.



## 시공계획

- Part. 1: 제작 시 필요한 치수만큼 MDF 절단
- Part. 2: 1 - 기초판을 파 낸 후  
2 - 절단한 MDF로 내부 구조물 제작  
3 - 외부구조물 제작, 그물망 제작
- Part. 3: 구조물의 보강과 점검