



Seismic Structural Design Contest 2014  
구조물 내진설계 경진대회 2014

# 풍력발전 구조물은 안녕하십니까?

- 김인환, 김희성, 박고은, 김진경



울산대학교 건축공학과

# INDEX

## • 소개

- 팀 소개
- 개 요
- 설계목표

## • 주제 연구

- 내진설계개념
- 지진파분석
- 구조시스템

## • 구조 모델링

- 구조 발전단계
- 구조물 모델링
- 구조물 거동

## • 경제성 검토

- 재료비 산출
- 재료비 검토

# 1 소개

사람들은 운이 좋았을 때, 이렇게 외친다.  
“이야!”

해안가에 지진이 발생했을 때, 다른 풍력발전기들은 다 무너지지만,  
우리가 설계한 구조물은 안정적이어서 이렇게 외치길 바란다.

지도교수 : 김이두 교수님

## • 책 팟

김인환 / 해석을 위한 모델링

구조시스템 비교 분석 및 검토

구조물 해석 및 상세설계

김진경 / 구조물 concept 설정

설계 Feedback 및 분석

박고은 / 지진파 분석 및 최적주기 산정

해석과 연계한 개선방안 도출 및 검토

제진 장치 구현 및 분석

김희성 / 구조물 적산 및 경제성 검토

설계 Feedback 및 분석

# 1

## 개

## 요 (풍력발전구조물은 안녕하십니까?)



대한민국에는 지금도 많은 풍력발전기가 만들어 지고 있고, 많은 전력을 생산한다.

해안가에 많은 지진이 발생으로 대비가 필요하다.

### ※ 풍력발전구조물

대한민국에서 풍력발전구조물은 높은 산이나 해안가를 주변으로 설치가 많이 되어있다. 국내에서 발생하는 큰 지진은 주로 바닷가에서 발생하고 있고, 일본 등지에서 발생하는 지진의 영향이 해안가 풍력발전구조물에 까지 영향을 끼친다.

이러한 이유로 **우리는 풍력발전구조물에 대한 내진 설계를 생각해 보아야 한다.**

# 1

## 설계 목표



### ● 안정성

- 무게 중심이 높은 pole 구조물의 전도모멘트를 우려하여 구조물 아랫부분에 전단벽을 설치하여 저항모멘트를 높여 횡력에 의한 전도모멘트에 대해 안전하게 설계

### ● 시공성

- 아웃리거 구조 시스템을 도입함으로써 아웃리거층 제외한 골조의 시공성 향상

### ● 경제성

- 주어진 예산을 기초로 최소한의 재료를 사용

### ● 아이디어

- 아웃리거 시스템의 단점을 벨트트러스 구조로 보완함으로써 횡력에 더욱 효과적으로 저항할 수 있도록 설계



| 지금부터 2. 주제 연구

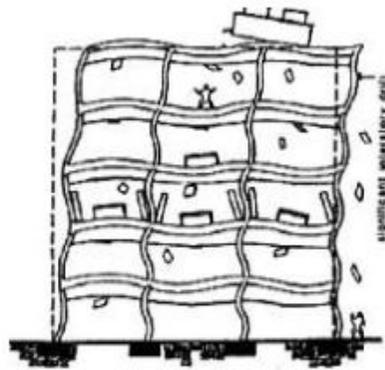
# 2 내진 설계 개념

## • 면진구조란?

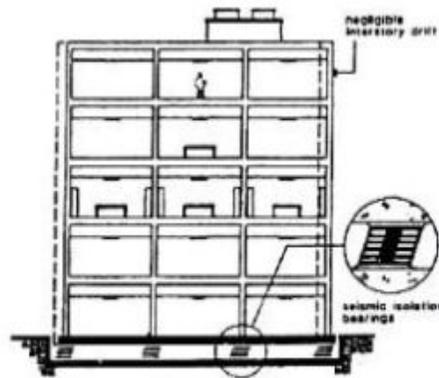
면진이란 건물과 지반사이에 전단변형 장치를 설치하여 지반과 건물을 분리 시키는 방법.

지진동과 구조물의 거동 간에 공진을 피하게 함으로써, 지진력이 구조물에 상대적으로 약하게 전달되도록 하는 개념이다.

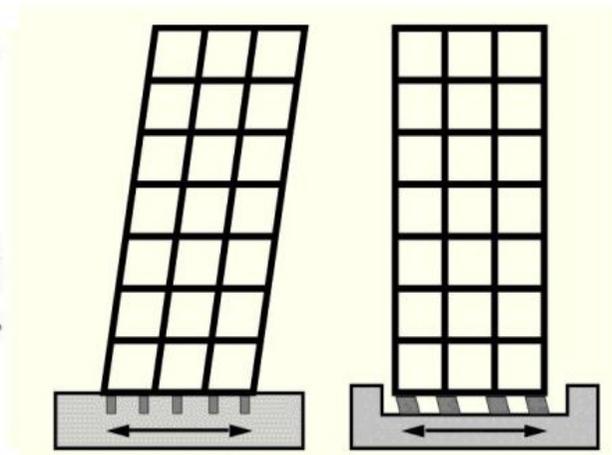
면진 구조물이란 지진의 특성을 이용하여 구조물의 고유주기를 지진의 탁월주기 대역과 어긋나게 함으로써 공진을 피하고, 강주기 대역을 벗어나도록 설계된 구조물이다.



(ㄱ) 일반건물



(ㄴ) 면진건물

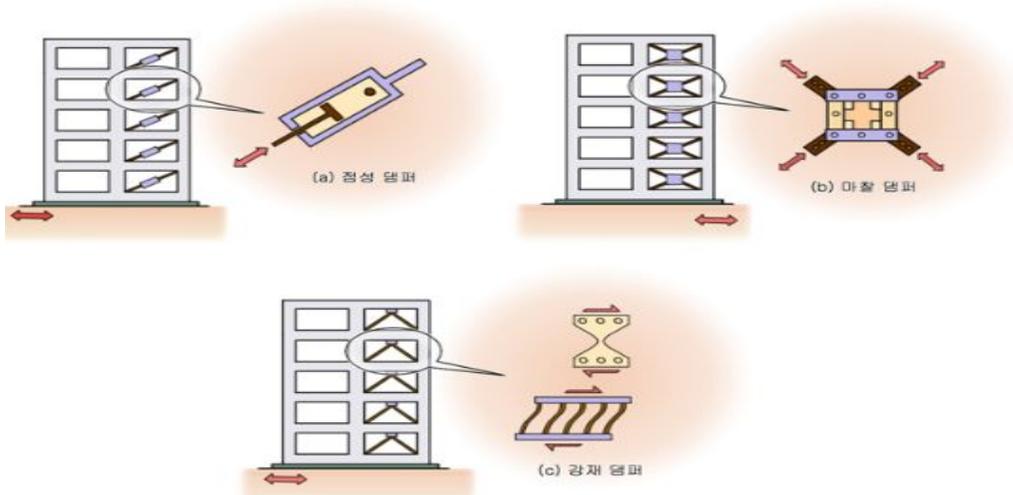


# 2 내진설계

## • 제진구조란?

제진이란, 구조물의 내부나 외부에서 구조물의 진동에 대응한 제어력을 가하여 구조물의 진동을 저감시키거나, 구조물의 강성이나 감쇠등을 변화시켜 구조물을 제어하는 방법이다.

제진 구조물이란, 댐퍼가 건물이 파손되기 이전에 먼저 변형하여 지진에너지를 흡수함으로써 피해를 최소화 하도록 설계된 구조물이다.



# 2 지진파분석

## 인공 지진파 분석

발생년도	지진명	리히터규모	PGA(g)	진원깊이 (km)
1999	Athens	6.0	0.6	10

리히터 규모 6.0 은 경미한건물에 피해(건물벽에 균열)이 생기는 정도의 지진이다. ←

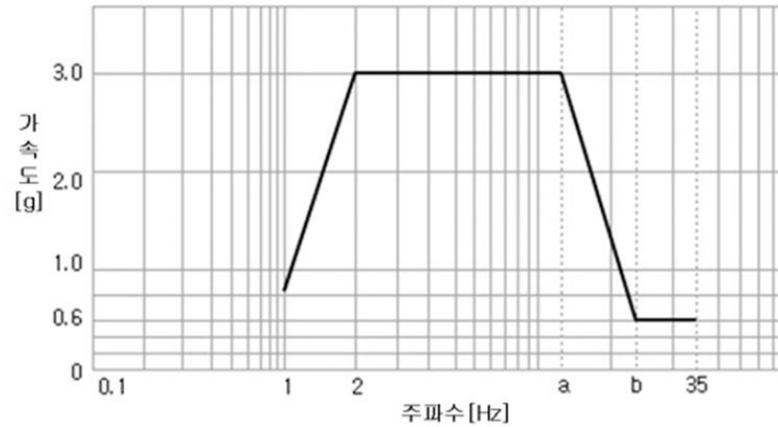
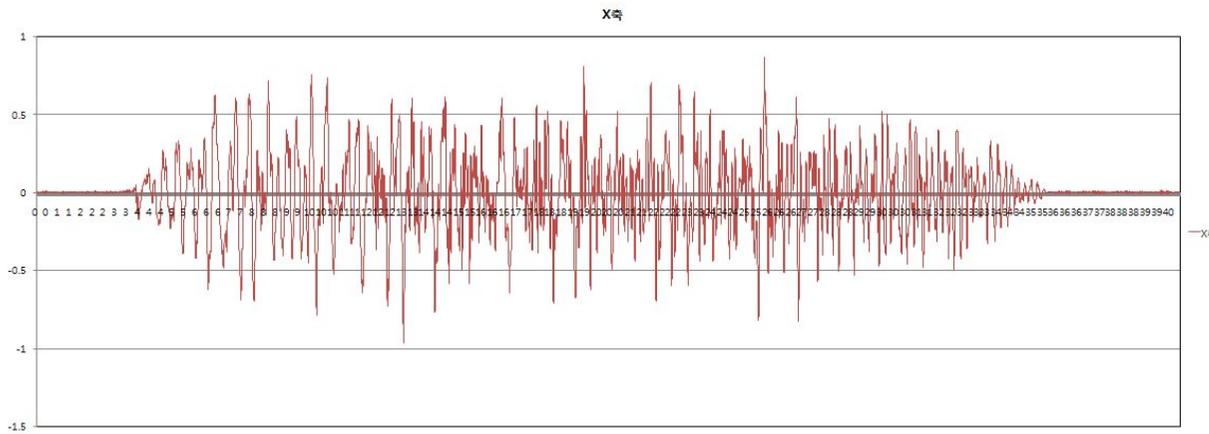


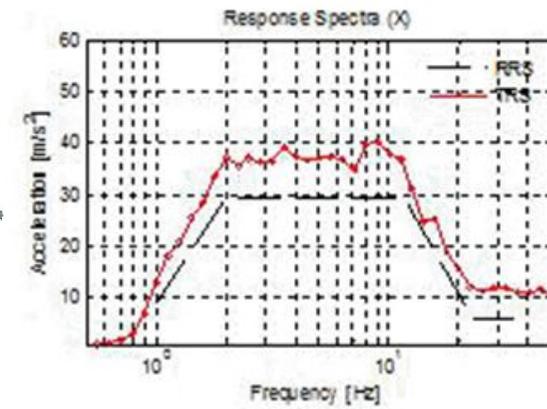
그림 1. 전파연구소 고시 지진파의 요구응답스펙트럼(RRS)

# 2 지진파분석

## 인공 지진파 분석 - X축



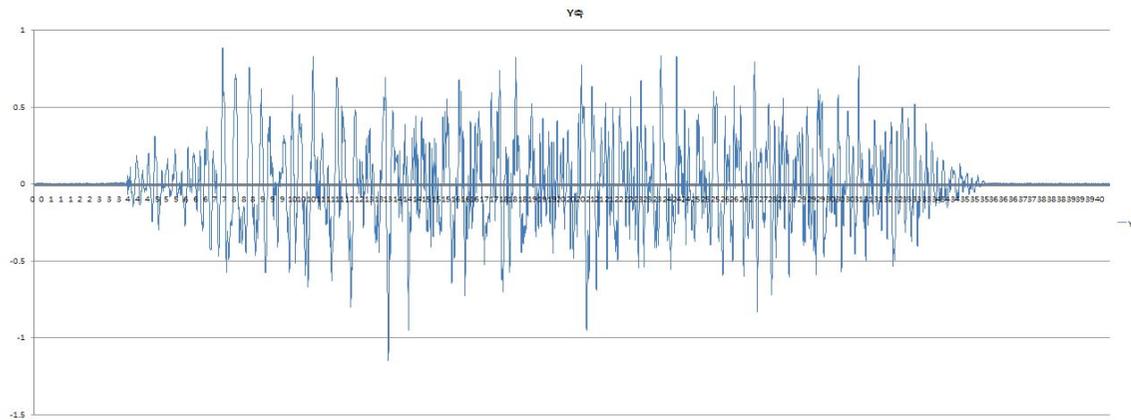
X축 = Time (S)    Y축 = Acceleration(g)



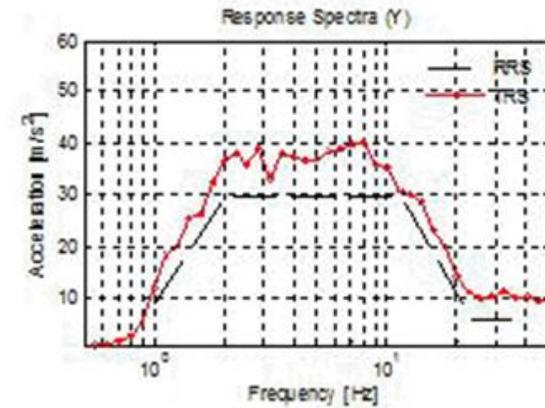
X-dir Max Acceleration : 0.94 (g)    13 sec

# 2 지진파분석

## 인공 지진파 분석 - Y축



X축 = Time (S)    Y축 = Acceleration(g)

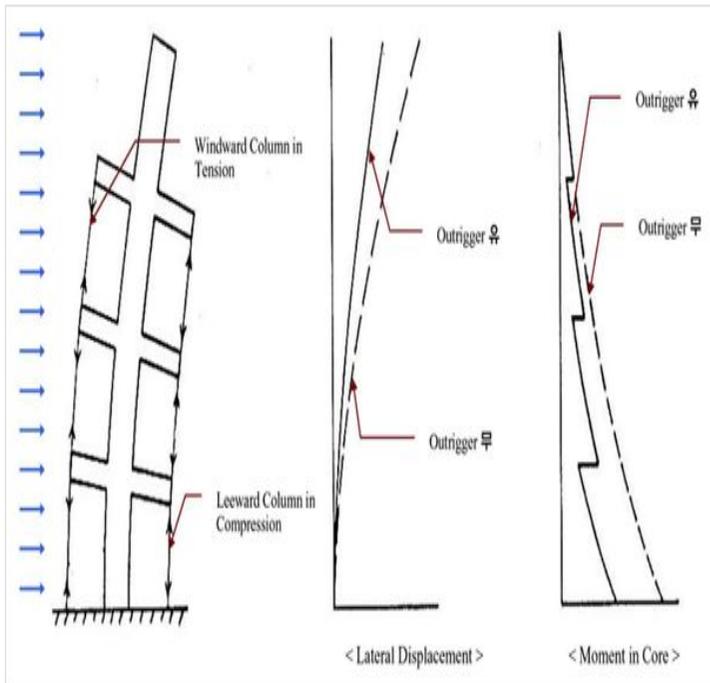


Y - dir Max Acceleration : 1.14 (g)    13 sec

# 2 구조 시스템

## 아웃리거(Out Rigger)

중양부 코어와 외부기둥을 매우 높은 강성을 갖는 캔틸레버 형태의 트러스나 벽체로 연결하는 것  
아래와 같이 수평력 작용 시 아웃리거를 통해 코어벽체에 발생하는 모멘트의 일부를 외부기둥의 인장력과 압축력으로 전달.



횡력 저항 성능 향상

코어벽의 모멘트 감소

아웃리거를 제외하고 골조의 시공성 향상

구조 물량 감소

**하지만**  
해안가라는 지리적 특성상 바람과 지진에 부담이 더 클 것으로 예상하여 Belt Truss System 도입했다.

# 2 구조 시스템

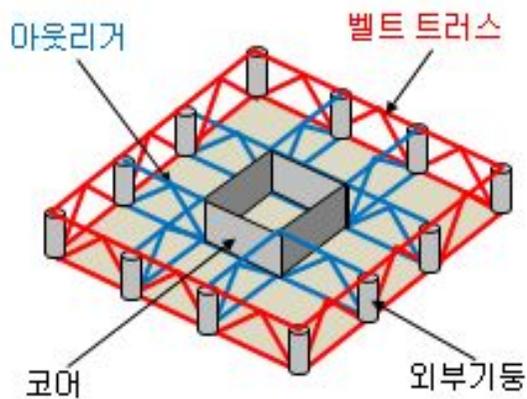
## 벨트 트러스 (Belt Truss System)

: 외부 기둥을 서로 연결하는 1~2개 층 높이의 트러스 형태의 수평부재

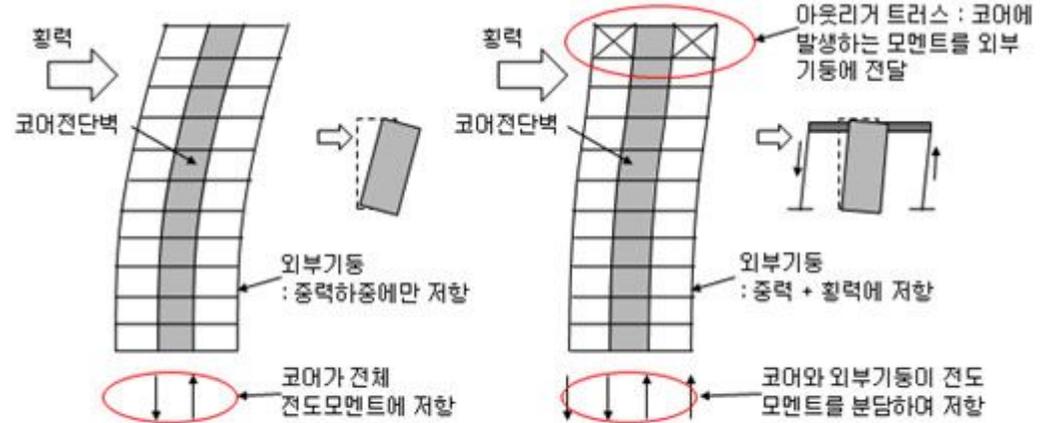
코어가 횡하중에 대한 힘을 많이 받으니까 그 힘을 벨트트러스로 분산시키기 위해 아웃리저를 설치.

벨트트러스는 그 힘을 받기만 하면 되므로 코어가 받는 힘을 나눔.

즉, 아웃리저와 벨트트러스 일체화로 횡력저항 성능을 향상시켜 안정성 극대화!



<Out Rigger + Belt Truss>



<전단벽 시스템>

<전단벽 + 아웃리저 시스템>

# 2 ✓ 구조 시스템 적용 계획

## • 하중의 중심이 상부에 있는 풍력발전 구조물

하중의 중심이 상부에 있다면, 횡력이 작용했을 때, 구조물 전체의 전도모멘트에 의한 붕괴가 우려된다.

따라서, 내부 코어는 전단벽으로 하여 강성중심과 질량중심을 구조물 하부로 이동시켜 구조물 전체의 저항모멘트를 크게 한다.

전도모멘트	저항모멘트
0.26 kgf·mm	30 kgf·mm
6.0 kgf·mm	64 kgf·mm
39.3 kgf·mm	410kgf·mm
83.8 kgf·mm	851kgf·mm
125.3 kgf·mm	1267kgf·mm

전도모멘트 < 저항모멘트

전도모멘트에 대하여 안전!

# 2 구조 시스템 적용 계획

- 하중의 중심이 있는 상부의 횡력에 의한 거동을 유연하게 처리

거동을 유연하게 처리한다는 말은 주기를 횡력에 의한 주기를 증가시킨다는 것을 의미한다. 하지만 P - Delta 효과에 의한 붕괴를 고려해서, 구조물이 큰 변위에 의해서 붕괴되지 않도록 안전하게 설계한다.

EX(RS)	8F	180.00	2139.7693	0.1710	0.0003	1.0000	0.0210	0.2500	OK	1.0000
EX(RS)	7F	10.00	5734.0706	0.1953	0.0000	1.0000	0.0432	0.2500	OK	1.0000
EX(RS)	6F	10.00	3241.7306	0.2097	0.0000	1.0000	0.0224	0.2500	OK	1.0000
EX(RS)	5F	180.00	5995.7864	0.2313	0.0003	1.0000	0.0451	0.2500	OK	1.0000
EX(RS)	4F	10.00	2870.7265	0.2434	0.0000	1.0000	0.0149	0.2500	OK	1.0000
EX(RS)	3F	10.00	5768.6378	0.2443	0.0000	1.0000	0.0277	0.2500	OK	1.0000
EX(RS)	2F	95.00	0.0000	0.2537	0.0002	1.0000	0.0000	0.2500	OK	1.0000
EX(RS)	1F	95.00	5997.1215	0.2537	0.0000	1.0000	0.0000	0.2500	OK	1.0000
EY(RS)	13F	10.00	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.2500	OK	1.0000
EY(RS)	12F	90.00	3.6404	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.2500	OK	1.0000
EY(RS)	11F	90.00	6.2061	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.2500	OK	1.0000
EY(RS)	10F	10.00	5925.6248	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.2500	OK	1.0000
EY(RS)	9F	10.00	5929.9784	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.2500	OK	1.0000
EY(RS)	8F	180.00	2139.7693	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.2500	OK	1.0000
EY(RS)	7F	10.00	5734.0706	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.2500	OK	1.0000
EY(RS)	6F	10.00	3241.7306	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.2500	OK	1.0000
EY(RS)	5F	180.00	5995.7864	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.2500	OK	1.0000
EY(RS)	4F	10.00	2870.7265	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.2500	OK	1.0000
EY(RS)	3F	10.00	5768.6378	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.2500	OK	1.0000
EY(RS)	2F	95.00	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.2500	OK	1.0000
EY(RS)	1F	95.00	5997.1215	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.2500	OK	1.0000

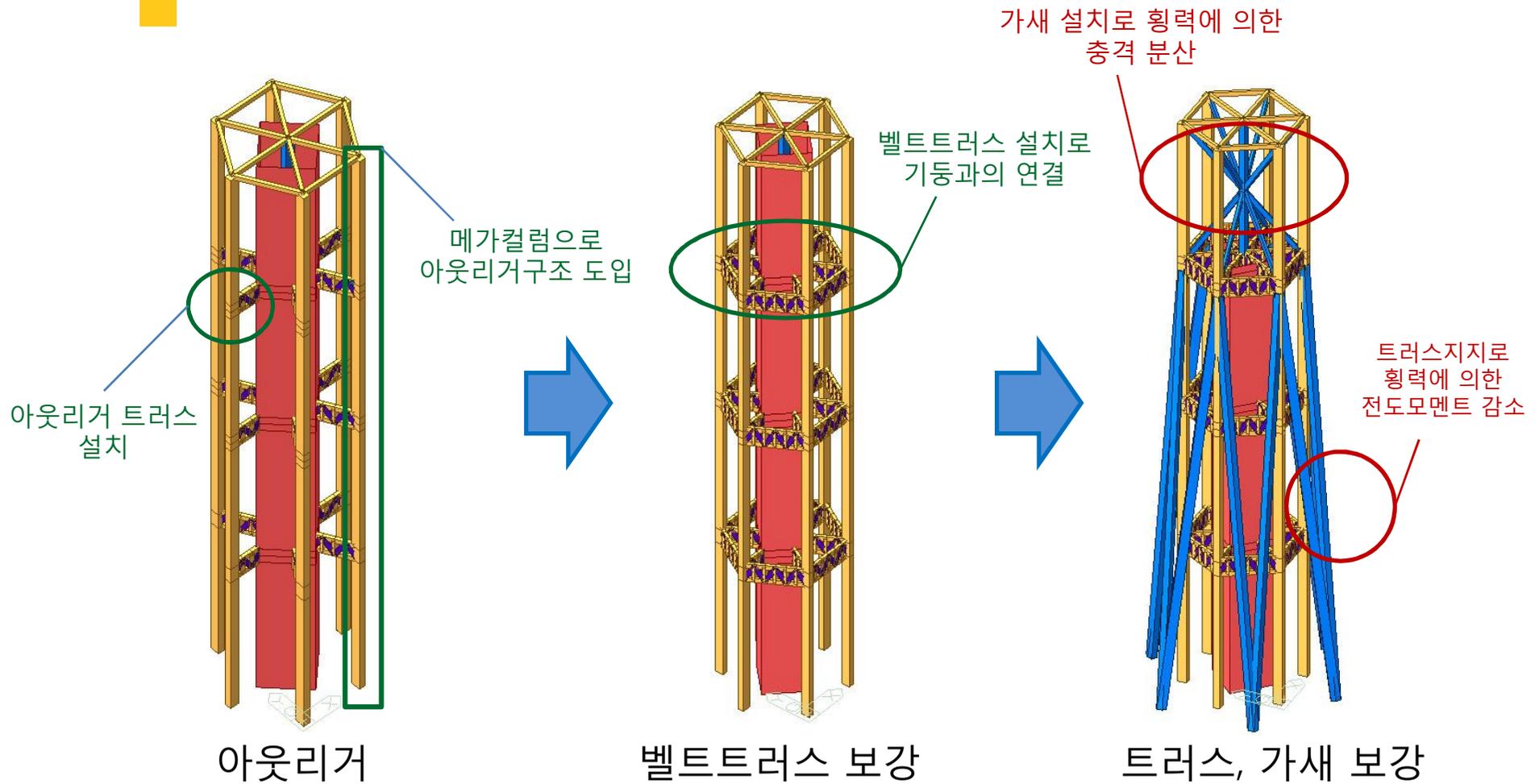
P-Delta 효과로 인한 층간변위에 대하여 안전

지금부터

3

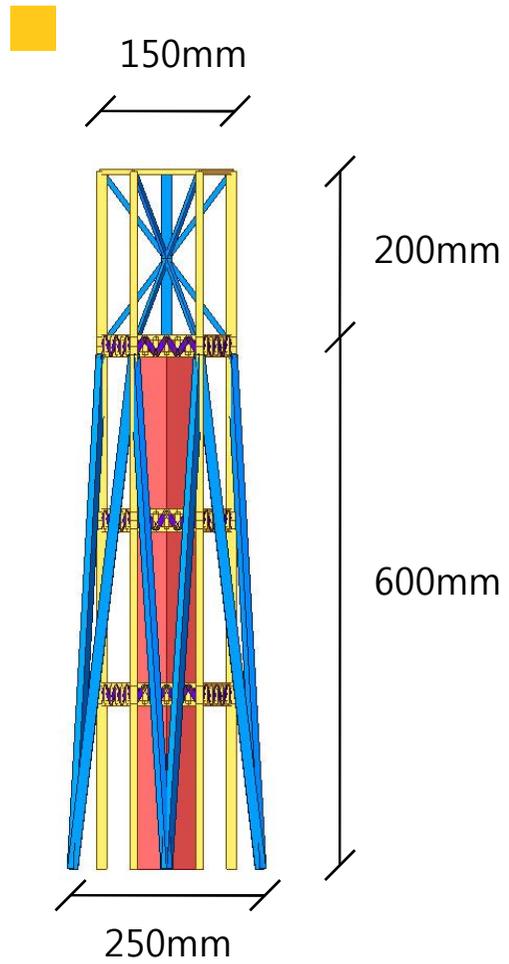
구조모델링

# 3 구조물 모델링 발전과정

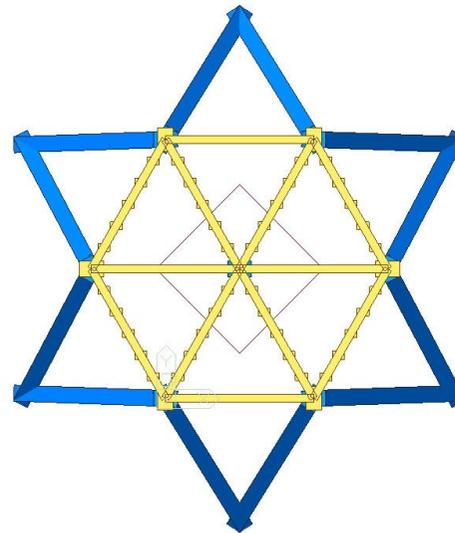


# 3

## 구조물 모델링



정면도



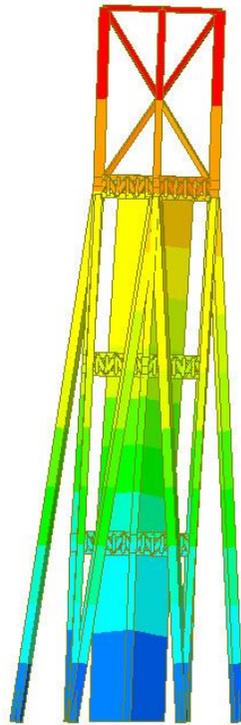
2층 평면



3D

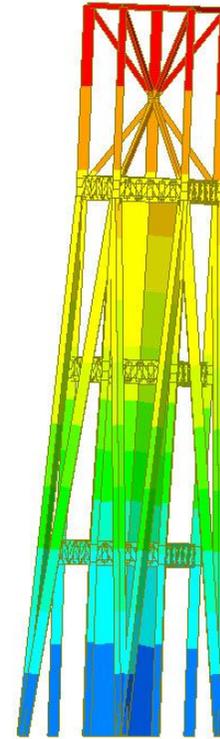
# 3 구조물 거동

1차모드 : Y축에 대한 질량참여도와 변위



1차 모드

2차모드 : Y축에 대한 질량참여도와 변위



2차 모드

지금부터

4

경제성 검토

# 4

## 재료비 산출

### 소요물량

	구분	단위 규격	길이	소요개수(EA)
내부	전단벽 (MDF Plate)	200mm x 200mm	600mm	4
	기둥 (MDF Strip)	6mm x 4mm	800mm	32
	중간고정기둥 (MDF Strip)	6mm x 4mm	800mm	6
	Slab (MDF Plate)	200mm x 200mm		2
외부 (MDF Strip)	바깥 가새	6mm x 4mm	600mm	12
	상부 가새	6mm x 4mm	125mm	3
	아웃리거 빔	6mm x 4mm	75mm	5
	아웃리거 트러스	6mm x 4mm	42.5mm, 20mm	4
	벨트트러스 빔	6mm x 4mm	30mm, 55mm	잔여 strip 사용
	벨트트러스	6mm x 4mm	25mm, 20mm	3
보강	1층 바깥 가새 보강	200mm x 200mm		잔여 strip 사용

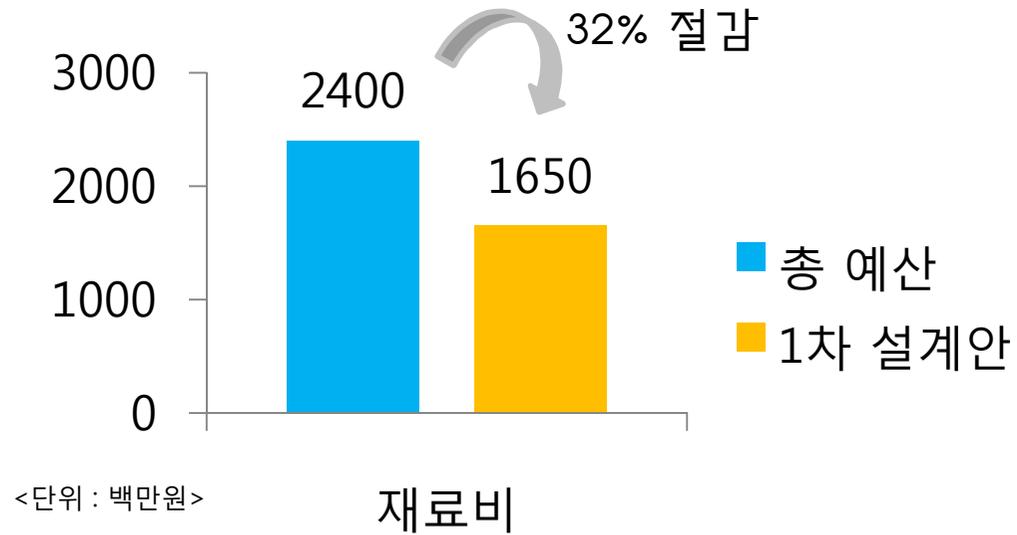
# 4

## 재료비 검토

### 소요비용

구분	합계	단가[백만원]	비용[백만원]	합계[백만원]
MDF Strip	65	10	650	1650
MDF Plate	6	100	600	
접착제	2	200	400	

### 예산 검토



**감사합니다.**

감사합니다.

더 보완해서 찾아 뵙겠습니다.