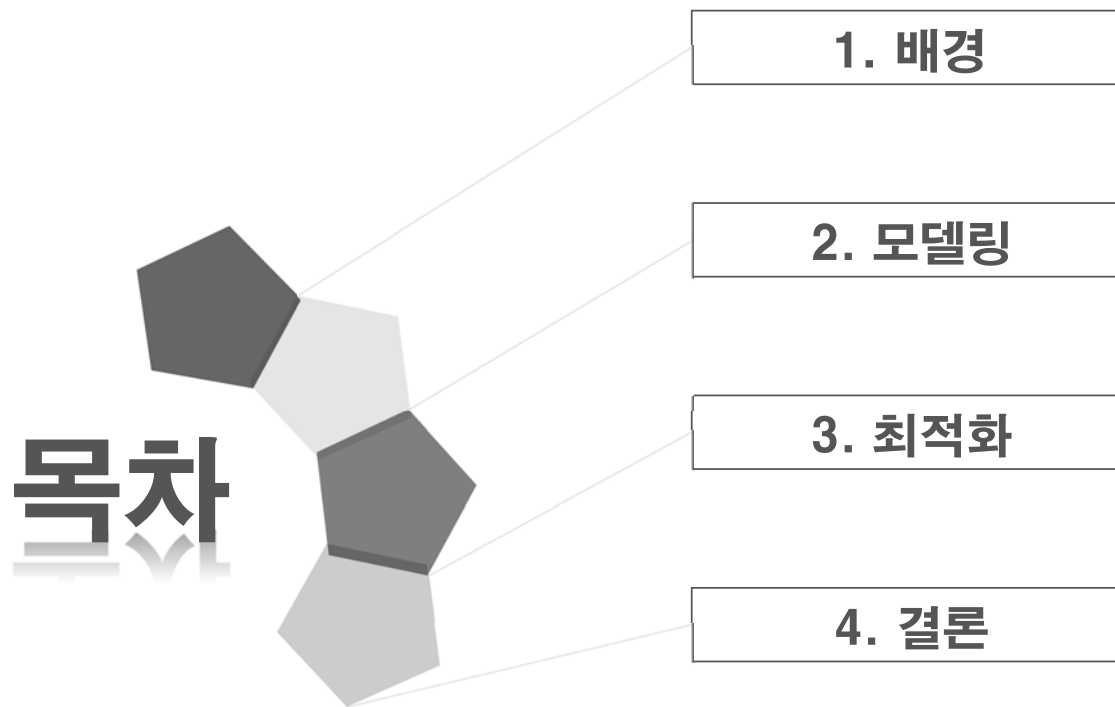




고층 건물의  
내진 설계

미래자동차공학과  
강진 (손 상호, 조 민복)



# 목차



1. 배경

## 포항 지진 사례



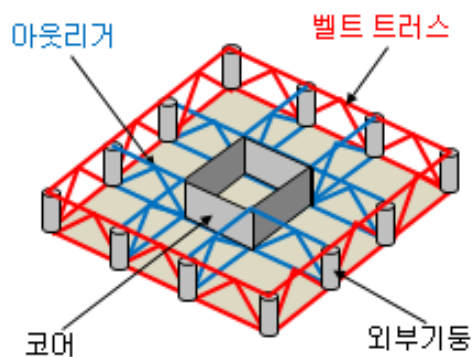
[경주 14개월 만에 포항 5.4 지진] 아파트 균열, 학교 외벽 와르르... “경주 때보다 훨씬 더 흔들”

**포항지역 지진대피시설 내진설계 30% 불과**

[스포츠라이트] 학교시설 77% 지진 무방비...  
대피소도 내진설계 안 돼

국가안전 흔들흔들... 포항지진 피해로 본 공공건축물 현주소

# 고층 건물의 내진 설계



## 아웃 리거 (Out Rigger)

초고층 건물에서 횡력(풍하중, **지진하중**)에 저항하기 위해 내부 코어와 외부 기둥을 연결하는 강성이 큰 수평 부재

일반적으로 벨트 트러스와 함께 사용

**횡력 저항 성능 향상**

## 벨트 트러스 (Belt Truss)

외부 기둥을 서로 연결하는 1-2개 층 높이의 트러스 형태의 수평 부재

**횡력 저항 성능 향상**

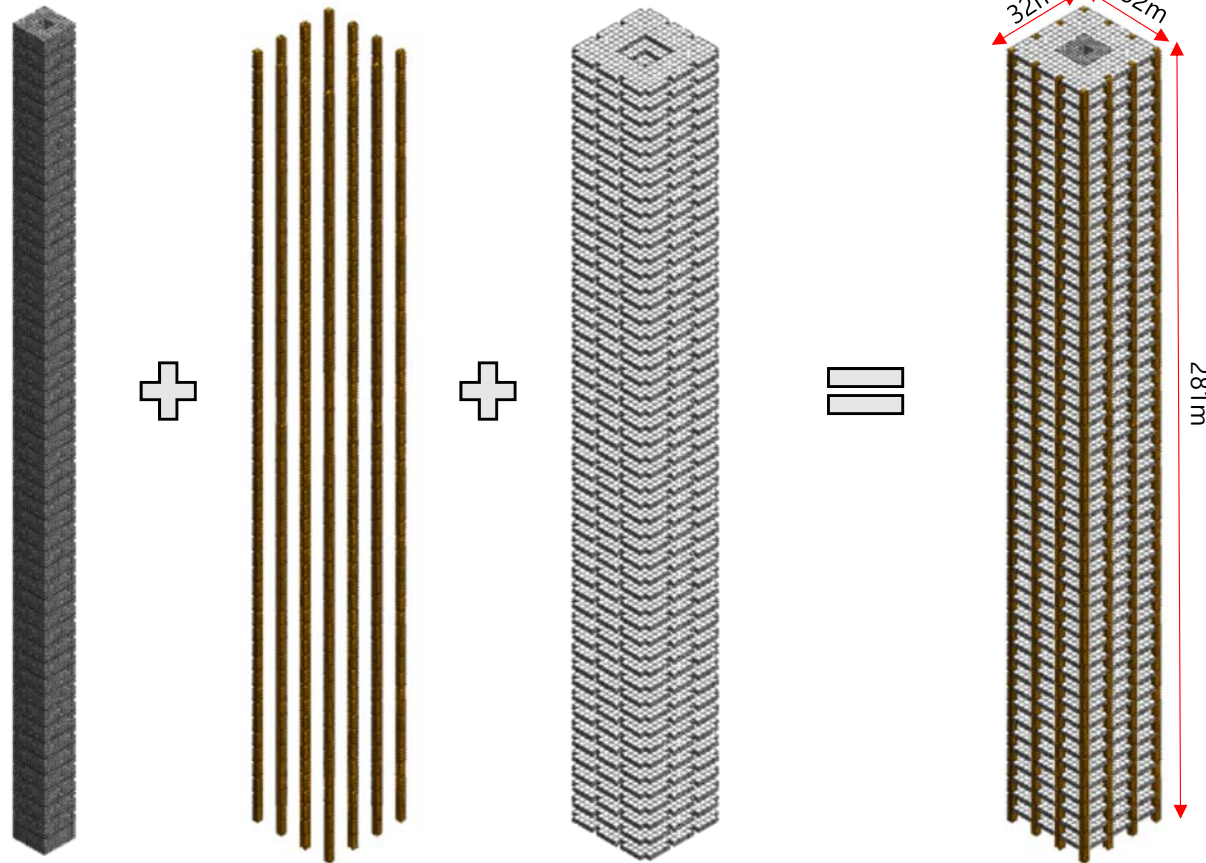
아웃 리거와 직접 연결되지 않은 외부 기둥을 횡력 저항 시스템에 포함시킴

목차



2. 모델링

# 건물 모델링



코어

외부 기둥

각 층의 바닥

	건물
층 수	50
한 층의 면적	$32 * 32$
높이	281

	코어	외부 기둥	바닥
재료	Concrete		
E	250GPa		
v	0.2		
$\rho$	2300		

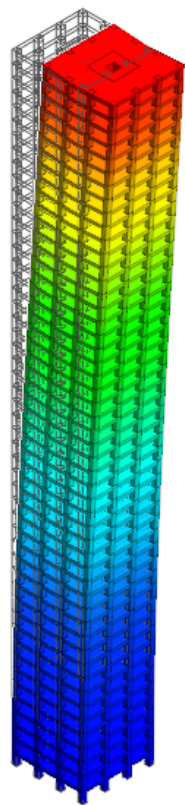


# 하중 및 경계

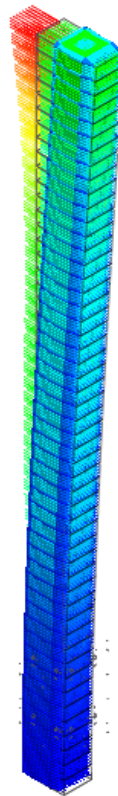
하중 조건 (디자인 스펙트럼 KBC 2009)	경계 조건																										
<div data-bbox="152 507 492 734"> <p>주파수하중</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>LOAD X                             <ul style="list-style-type: none"> <li>전체응답스펙트럼</li> <li>전체응답스펙트럼</li> </ul> </li> <li>LOAD Y                             <ul style="list-style-type: none"> <li>전체응답스펙트럼</li> <li>전체응답스펙트럼</li> </ul> </li> </ul> </div> <div data-bbox="156 766 772 1197"> <p>합수 생성/변경</p> <p>스펙트럼 데이터 종류</p> <p>장규화된 가속도</p> <p>스케일링</p> <p>스케일팩터: 1</p> <p>감쇠비: 0.05</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>주기 (sec)</th> <th>스펙트럼대 미타 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.0000</td><td>0.0399</td></tr> <tr><td>0.1000</td><td>0.0918</td></tr> <tr><td>0.1153</td><td>0.0997</td></tr> <tr><td>0.2000</td><td>0.0997</td></tr> <tr><td>0.3000</td><td>0.0997</td></tr> <tr><td>0.4000</td><td>0.0997</td></tr> <tr><td>0.5000</td><td>0.0997</td></tr> <tr><td>0.5765</td><td>0.0997</td></tr> <tr><td>0.6000</td><td>0.0997</td></tr> <tr><td>0.7000</td><td>0.0821</td></tr> <tr><td>0.8000</td><td>0.0719</td></tr> <tr><td>0.9000</td><td>0.0639</td></tr> </tbody> </table> <p>입력 단위: 주기(sec)</p> <p>설명: KBC2009; Zone=1, S=0.22, Site=Sd, Fa=1.36, Fv=1.96, Sds=0.50, Sd1=0.1</p> </div> <div data-bbox="824 750 1518 853"> <p>건축구조설계기준(KBC 2009)를 이용 건물에 X, Y방향으로 지진하중 작용</p> </div> <div data-bbox="862 949 1482 1050"> <p>이 후 응답스펙트럼 이용해 건물에 고유주파수에 대한 최대 응답 확인</p> </div>	주기 (sec)	스펙트럼대 미타 (g)	0.0000	0.0399	0.1000	0.0918	0.1153	0.0997	0.2000	0.0997	0.3000	0.0997	0.4000	0.0997	0.5000	0.0997	0.5765	0.0997	0.6000	0.0997	0.7000	0.0821	0.8000	0.0719	0.9000	0.0639	<p>건물 바닥 고정 구속</p> <div data-bbox="1646 686 2016 1165"> </div>
주기 (sec)	스펙트럼대 미타 (g)																										
0.0000	0.0399																										
0.1000	0.0918																										
0.1153	0.0997																										
0.2000	0.0997																										
0.3000	0.0997																										
0.4000	0.0997																										
0.5000	0.0997																										
0.5765	0.0997																										
0.6000	0.0997																										
0.7000	0.0821																										
0.8000	0.0719																										
0.9000	0.0639																										



# 해석 결과



NODAL DISP TOTAL, m	
	+2.92500e+000
6.4%	+2.68125e+000
6.5%	+2.43750e+000
6.1%	+2.19375e+000
6.2%	+1.95000e+000
6.2%	+1.70625e+000
7.0%	+1.46250e+000
6.5%	+1.21875e+000
7.3%	+9.75000e-001
7.5%	+7.31250e-001
8.5%	+4.87500e-001
10.5%	+2.43750e-001
21.3%	+0.00000e+000



APPLIED FORC T1, N	
	+7.48281e+003
1.5%	+6.85924e+003
1.6%	+6.23567e+003
1.5%	+5.61211e+003
2.1%	+4.98854e+003
2.8%	+4.36497e+003
4.9%	+3.74140e+003
9.8%	+3.11784e+003
8.8%	+2.49427e+003
12.9%	+1.87070e+003
17.9%	+1.24713e+003
17.7%	+6.23567e+002
18.4%	+0.00000e+000

## 1. 해석

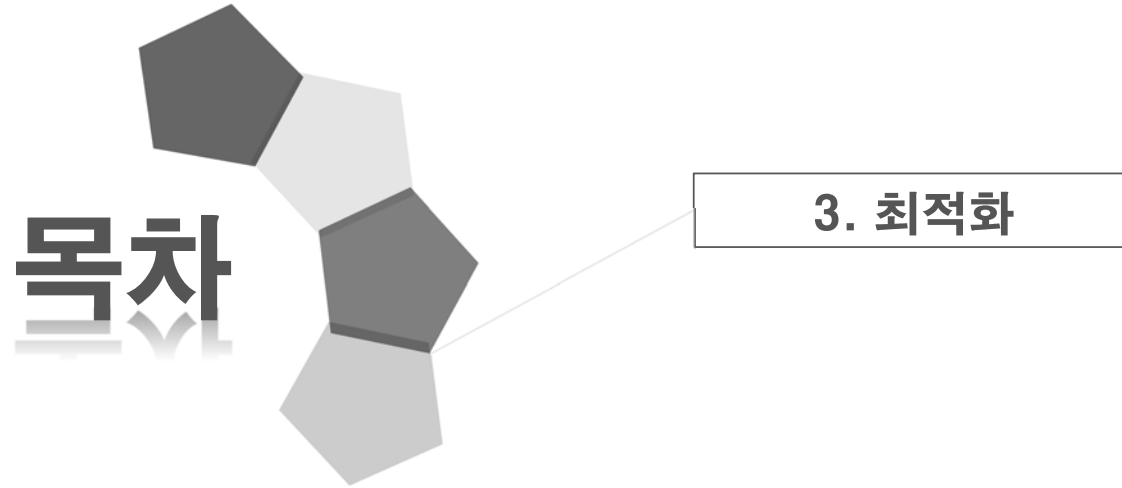
응답스펙트럼 해석 실행

## 2. 분석

- 대부분 코어에 하중이 집중
- 건물의 최대 변위가 대략 3m

## 3. 아웃 리거의 필요성

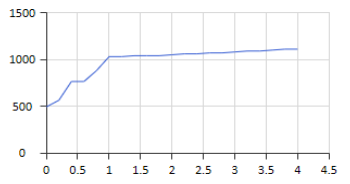
코어에 집중되는 하중을 분산시켜  
건물의 최대 변위를 줄여야  
성공적인 내진 설계



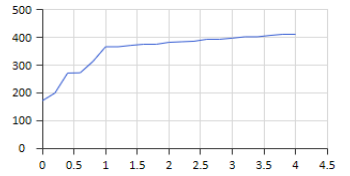
# 아웃 리거 위상 최적화

3D모델로부터 아웃 리거에 작용하는 하중 적용

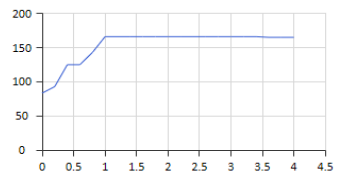
Fx



Fy



Fz



최적설계 모델생성

해석 케이스 위상최적화

스텝 TOPOLOGY\_RESULT:ITER = 74

6.4e+010 m<sup>3</sup>

1.9161227e+010 m<sup>3</sup>

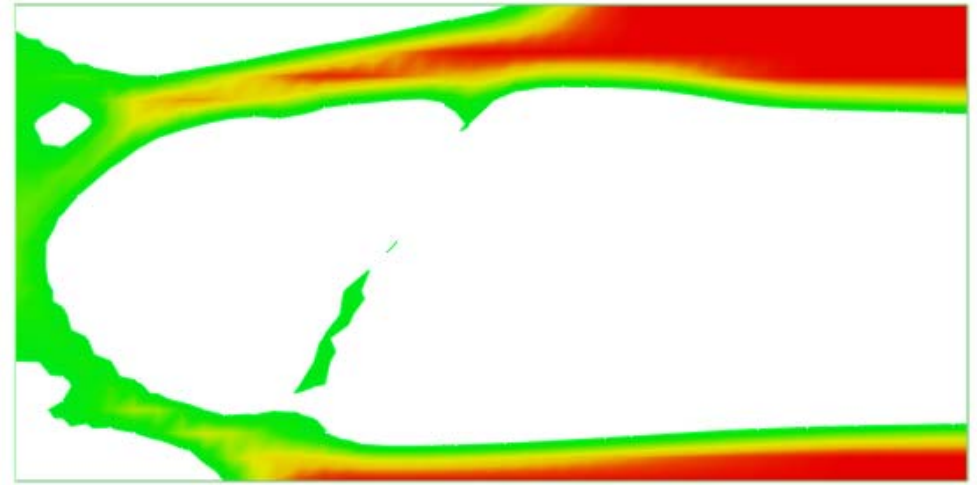
70 %

요소 크기 0 m

기준절점과 병합 공차 1e-005

모델 파일 경로 NFXD1\_Optimized.nfx

STL 파일로 출력 확인 취소



# 아웃 리거 치수 최적화

## 1. 설계변수 설정 : 반지름

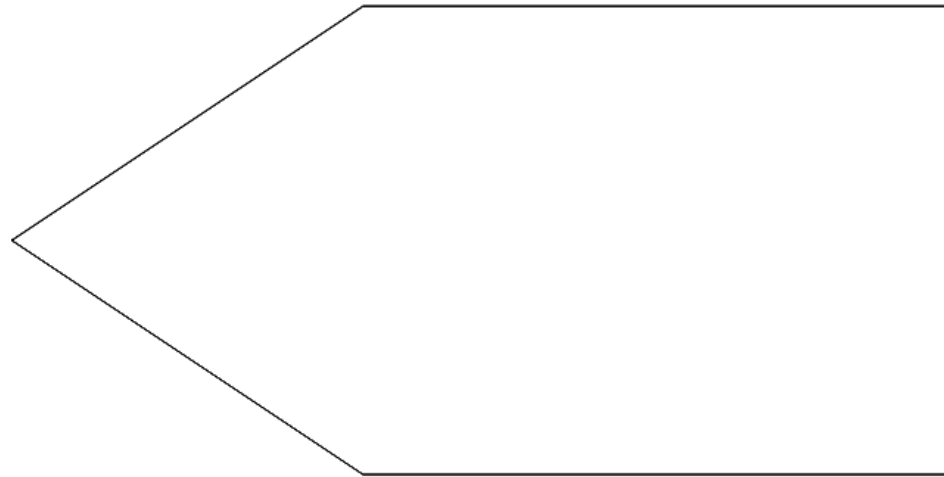
번호	이름	최소값	초기값	최대값	변수종류	이산값	설명
▶ 1	1바 반지름	0.15000					
▶ 2	2바 반지름	0.15000					
▶ 3	3바 반지름	0.15000					
▶ 4	4바 반지름	0.15000					
*							

## 2. 목적함수 설정 : 부

번호	이름	설계응답
▶ 1	부피1	응답-1
▶ 2	부피2	응답-2
▶ 3	부피3	응답-3

## 3. 제약조건 설정 : 공

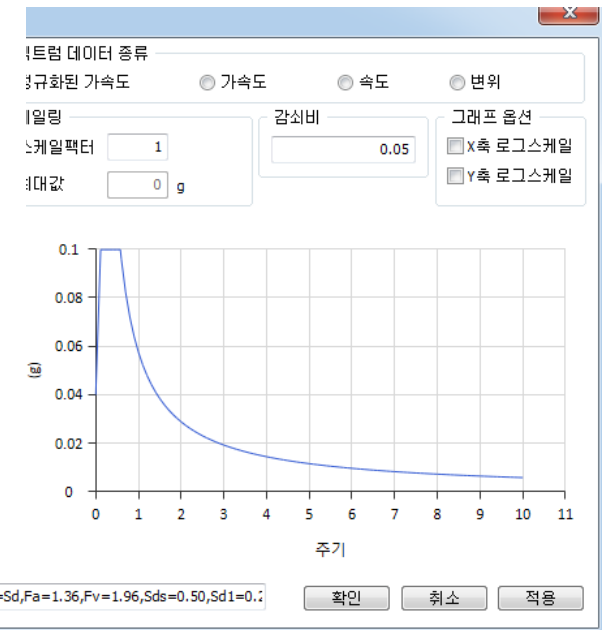
번호	이름	설계응답	하
▶ 1	주파수	주파수	
*			



0.7000	0.0821
0.8000	0.0719
0.9000	0.0639
1.0000	0.0577

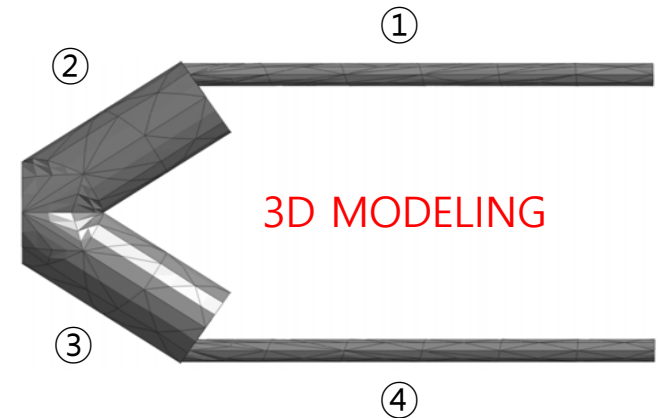
입력 단위  
주기(sec)

설명 KBC2009: Zone=1,S=0.22,Site=Sd,Fa=1.36,Fv=1.96,Sds=0.50,Sd1=0.1



# 아웃 리거 치수 최적화

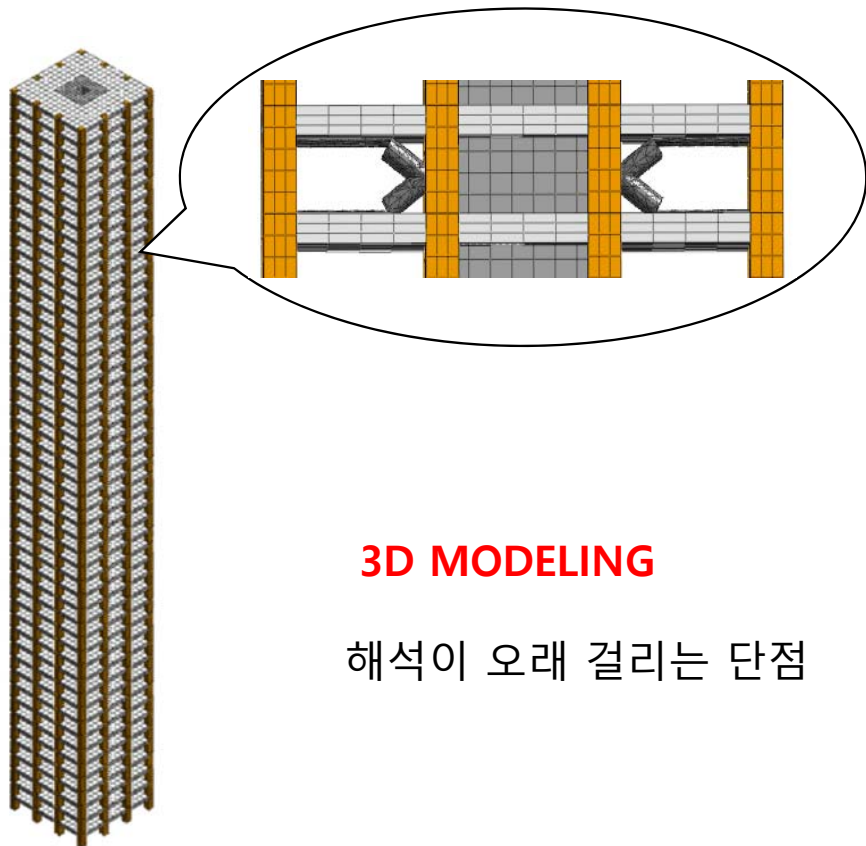
설계변수 이름	초기값	최소값	최대값	설계안 1	설계안 2	설계안 3	사용자 설계안
<b>입 력</b>							
1바 반지름	0.4	0.15	0.8	0.15	0.15	0.15	0.15
2바 반지름	0.22	0.15	0.8	0.58	0.21	0.54	0.58
3바 반지름	0.22	0.15	0.8	0.57	0.69	0.6	0.57
4바 반지름	0.2	0.15	0.8	0.15	0.15	0.15	0.15
<b>출 력 ( 예상값 / 해석값 )</b>							
목적함수 변화율 (%)	0			89	26	84	
제약조건 최대위배율 (%)	6.2e+003			0	0	0	
부피1	4			7.5	5	7.3	
부피2	4			7.5	5	7.3	
부피3	4			7.5	5	7.3	
주파수	6.3		0.1	0.1	0.1	0.099	
*							





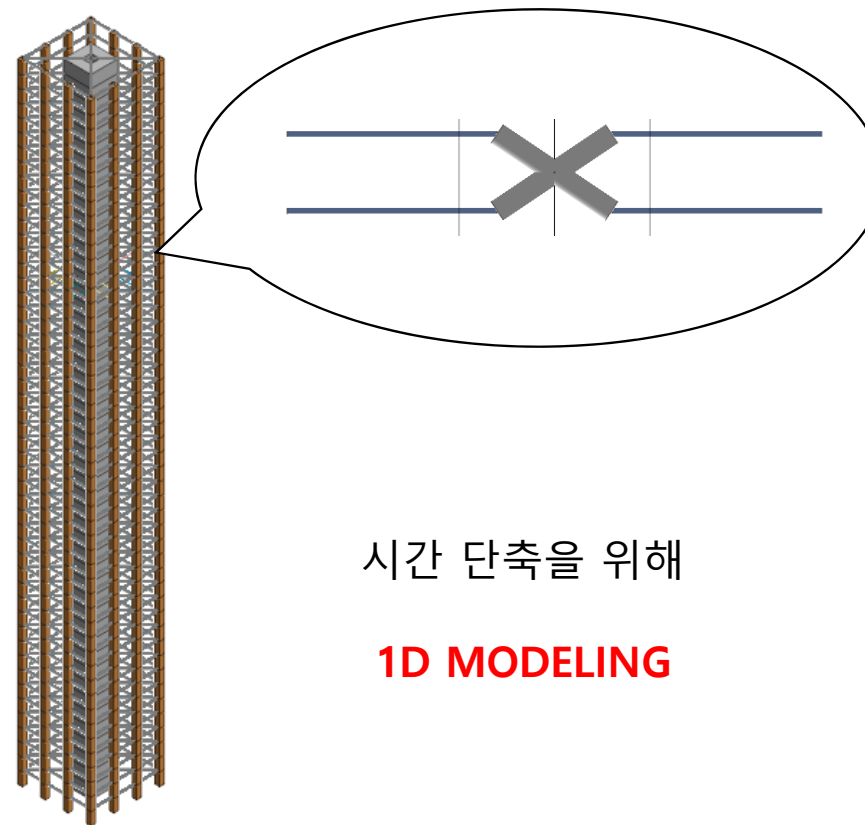
4. 결론

# 결론



## 3D MODELING

해석이 오래 걸리는 단점

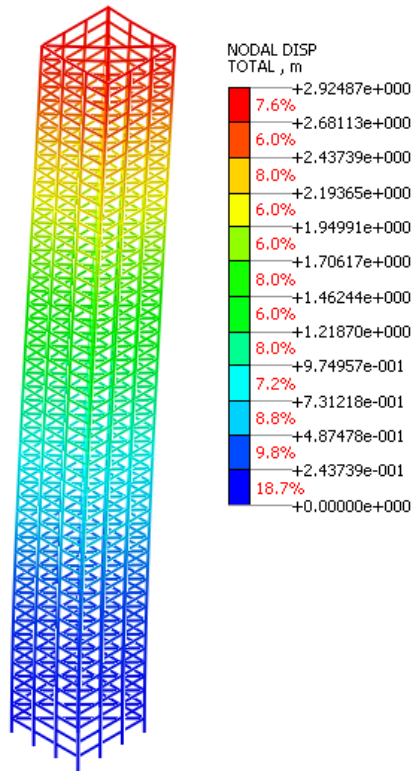


시간 단축을 위해

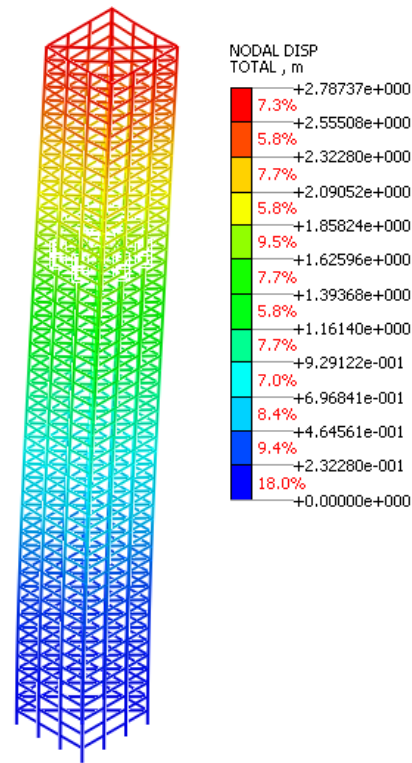
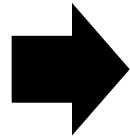
## 1D MODELING



# 결론



Without **Out Rigger**



With **Out Rigger**

## 1. 해석

응답스펙트럼 해석 실행

## 2. 분석

- 건물의 최대 변위가 줄어듦  
2.92m → 2.78m (4.8%)

## 3. 아웃 리거의 필요성

아웃 리거를 이용해 지진 발생시 건물의 안정성을 향상시킬 수 있음



Q & A