

Floor Response Spectrum Analysis at Different Location of the Same Equipment in the Auxiliary Building of NPP Using 3D FE Model

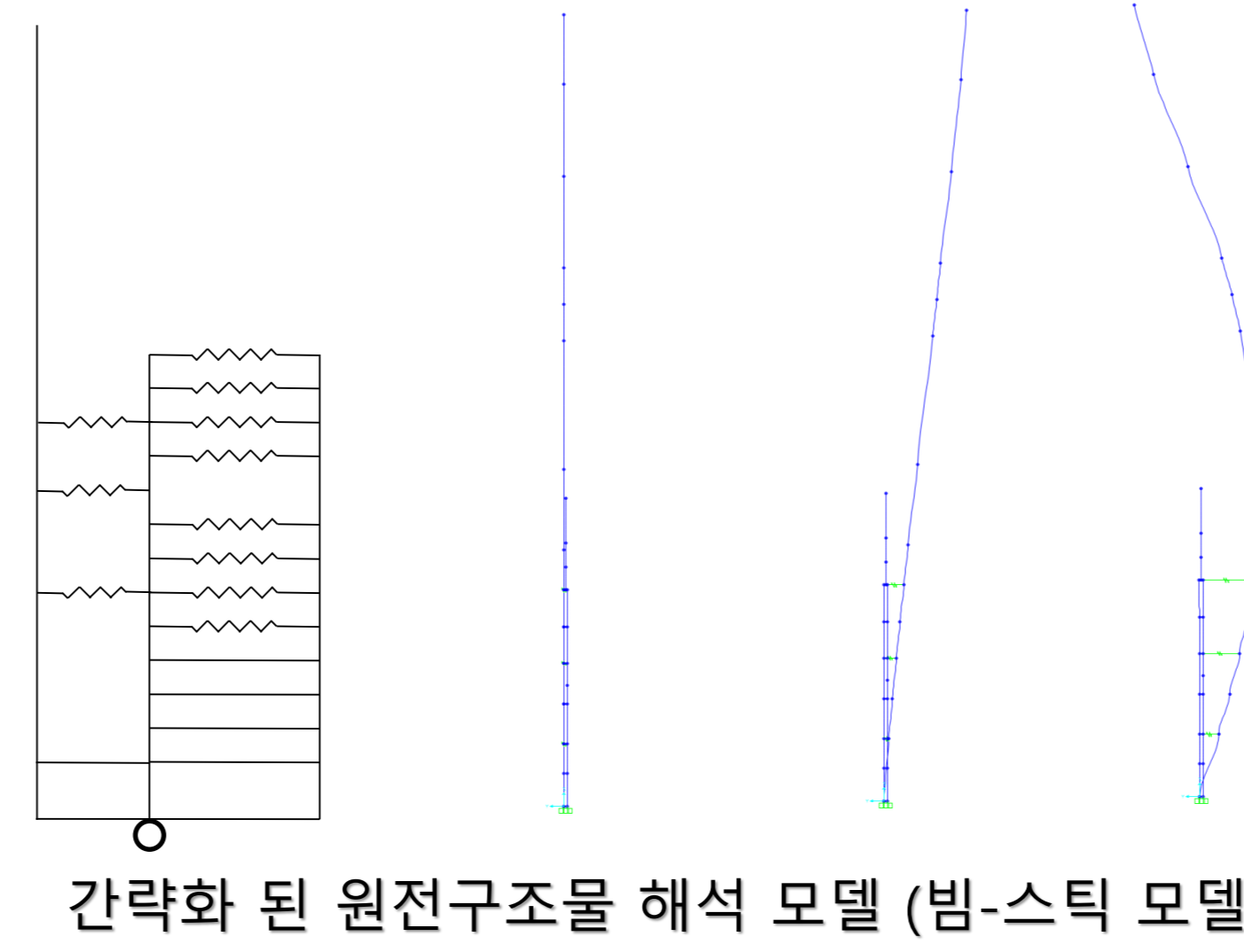
Hyung-kui Park^{a*}, Junhee Park^a, In-Kil Choi^a

^aKorea Atomic Energy Research Institute, Daedeok-Daero 989-111, Yuseong-Gu, Daejeon

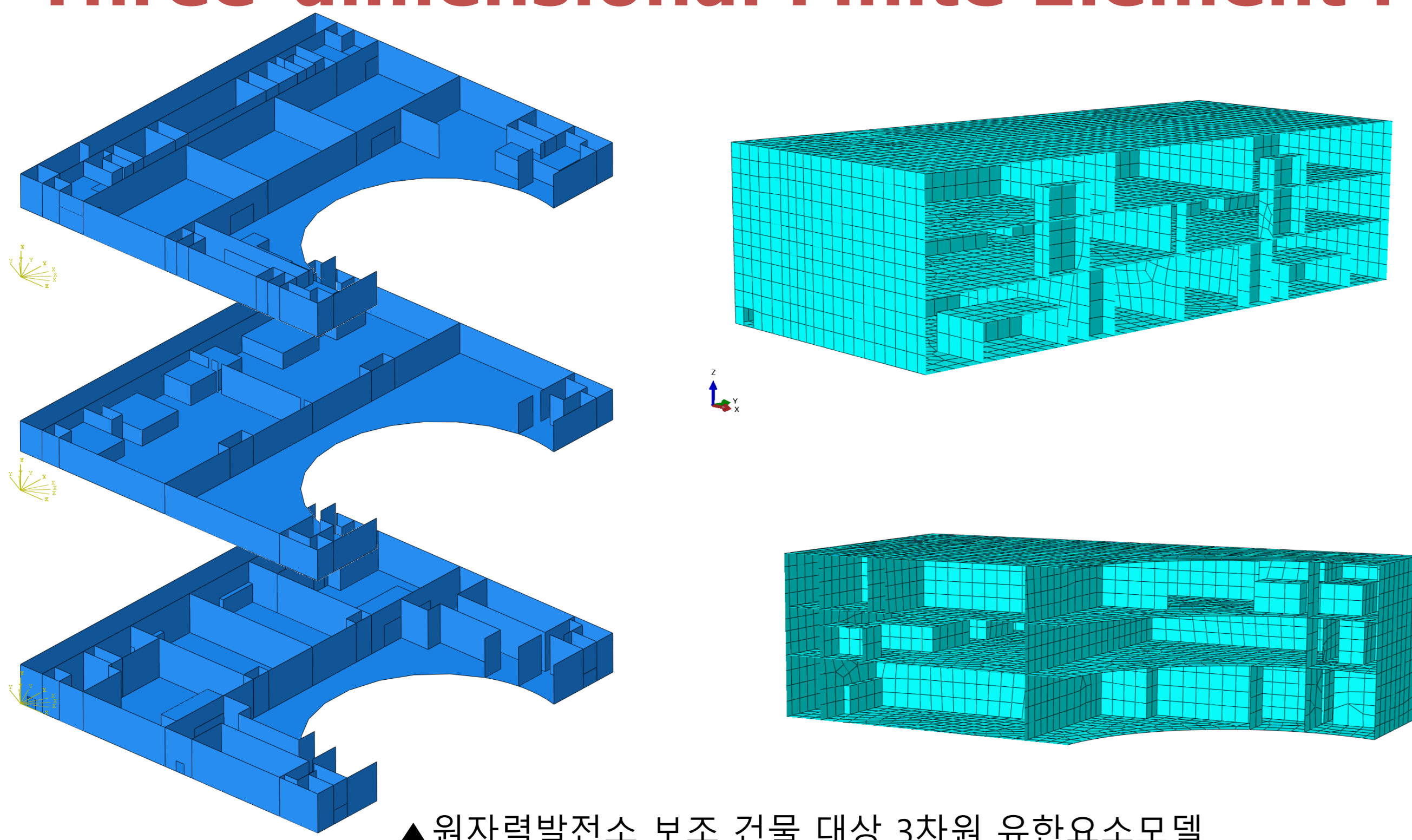
Korean Nuclear Society Spring Meeting, Jeju, Korea, May 13-14, 2021

Introduction

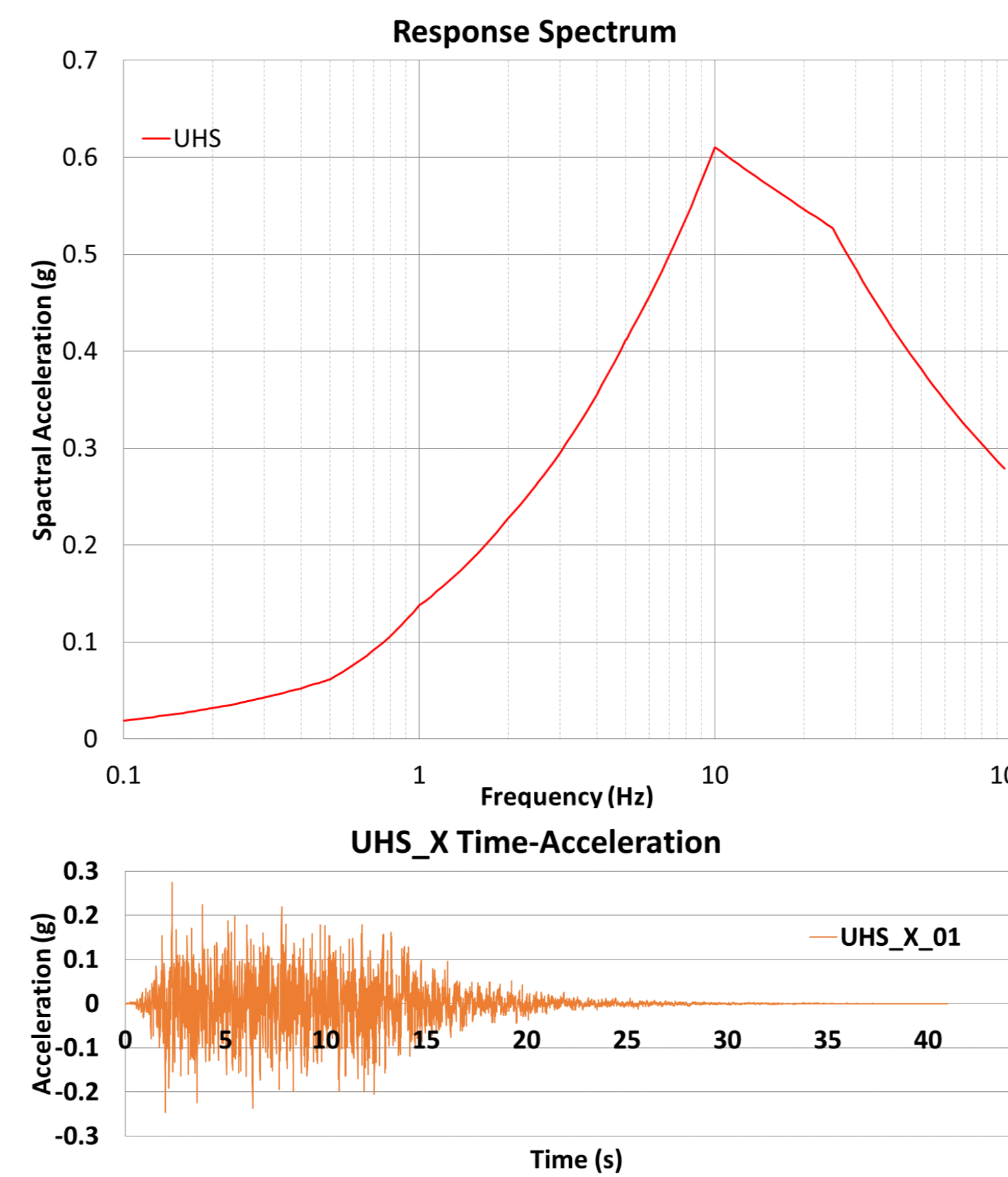
- 원자력 발전소 보조 건물의 기기 파괴 확률 평가에 대한 기존 연구
 - 복잡한 구조물을 단순화 하여 해석 모델에 반영(빔-스틱 모델)
 - 빔-스틱 모델은 구조물의 세부 위치 별 응답을 도출하지 못 함
 - 구조물 내 동일한 기기는 같은 층에 설치될 경우 파괴 확률은 같다고 가정
- 동일 기기에 대한 개별적인 파괴 확률 평가를 위해:
 - 구조물의 실제 형상을 반영한 3차원 모델을 통해 층응답분석을 수행
 - 해석 모델의 세부적인 위치에 대한 층응답스펙트럼 도출
 - 세부 위치 별 층응답스펙트럼을 통해 기기 각각의 파괴 확률 계산



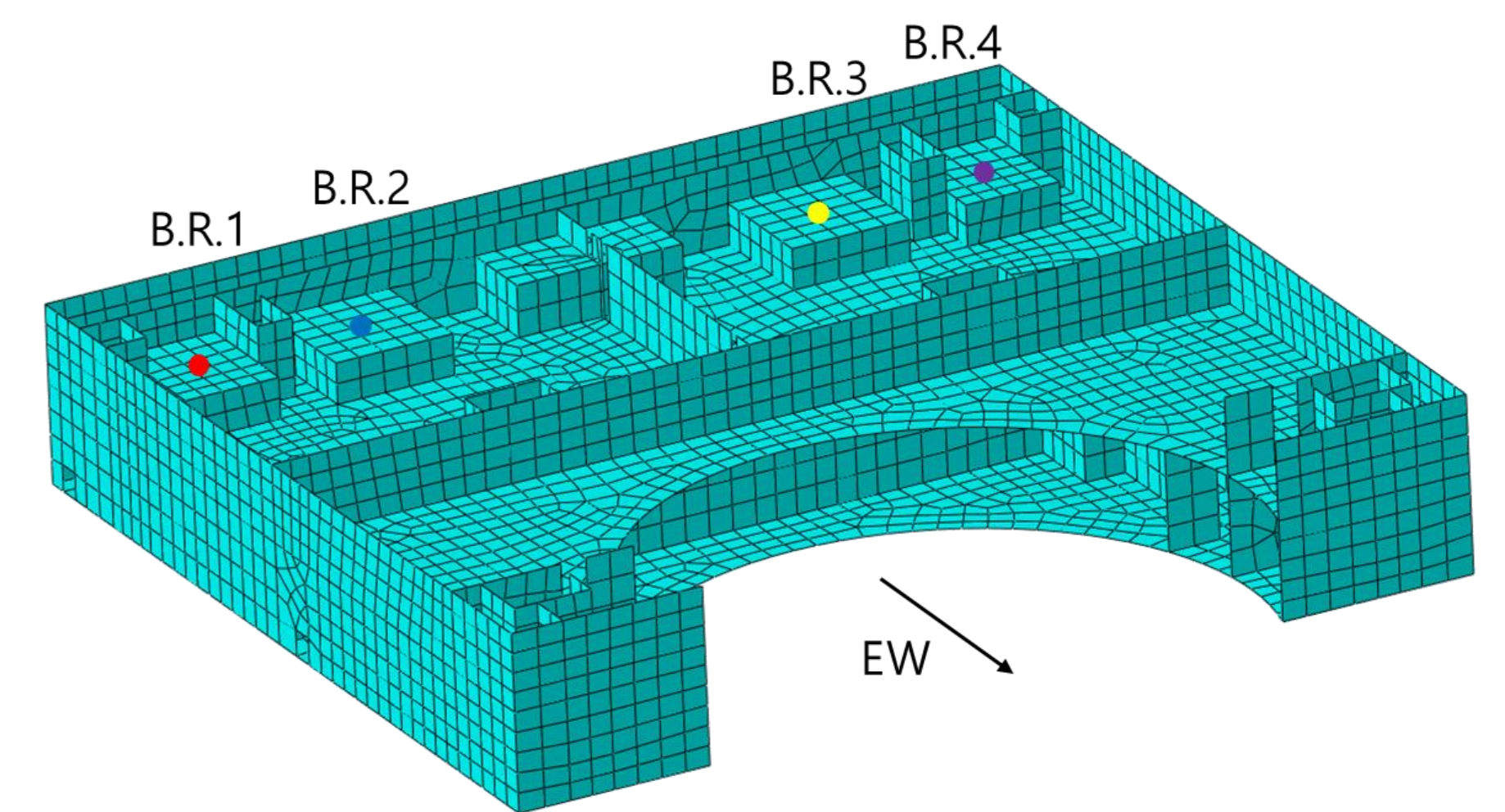
Three-dimensional Finite Element Model



| | 콘크리트 | 철근 | 강재 |
|------------|---------|----------|----------|
| 탄성계수 (psi) | 4031000 | 29000000 | 29008000 |

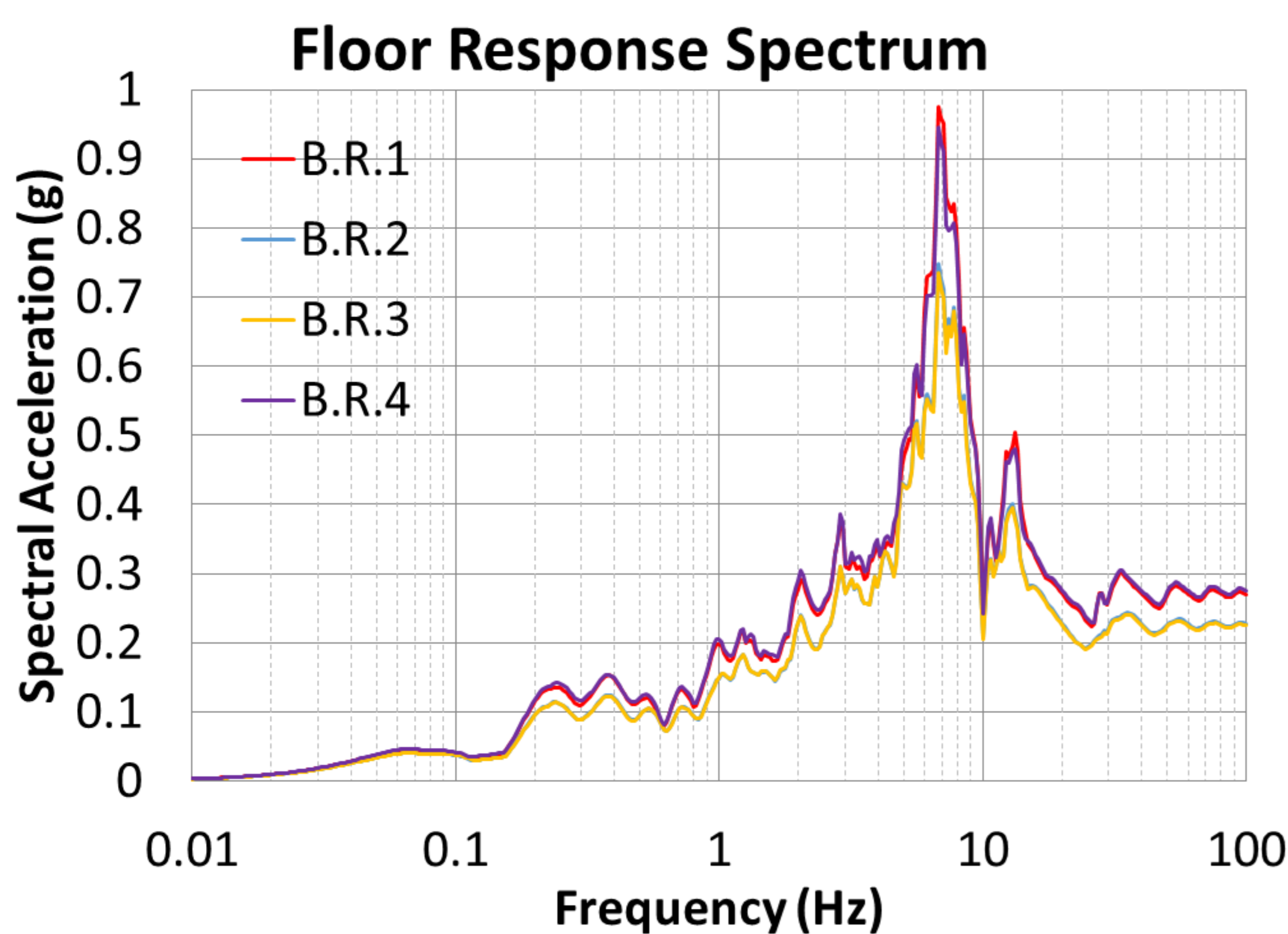


- 선형 탄성 해석을 통해 지진 하중에 의한 상세 위치 별 층응답스펙트럼을 도출함
- 목표 스펙트럼으로부터 PGA 0.27g 수준의 시간-가속도 이력을 생성하고 EW방향으로 입력함

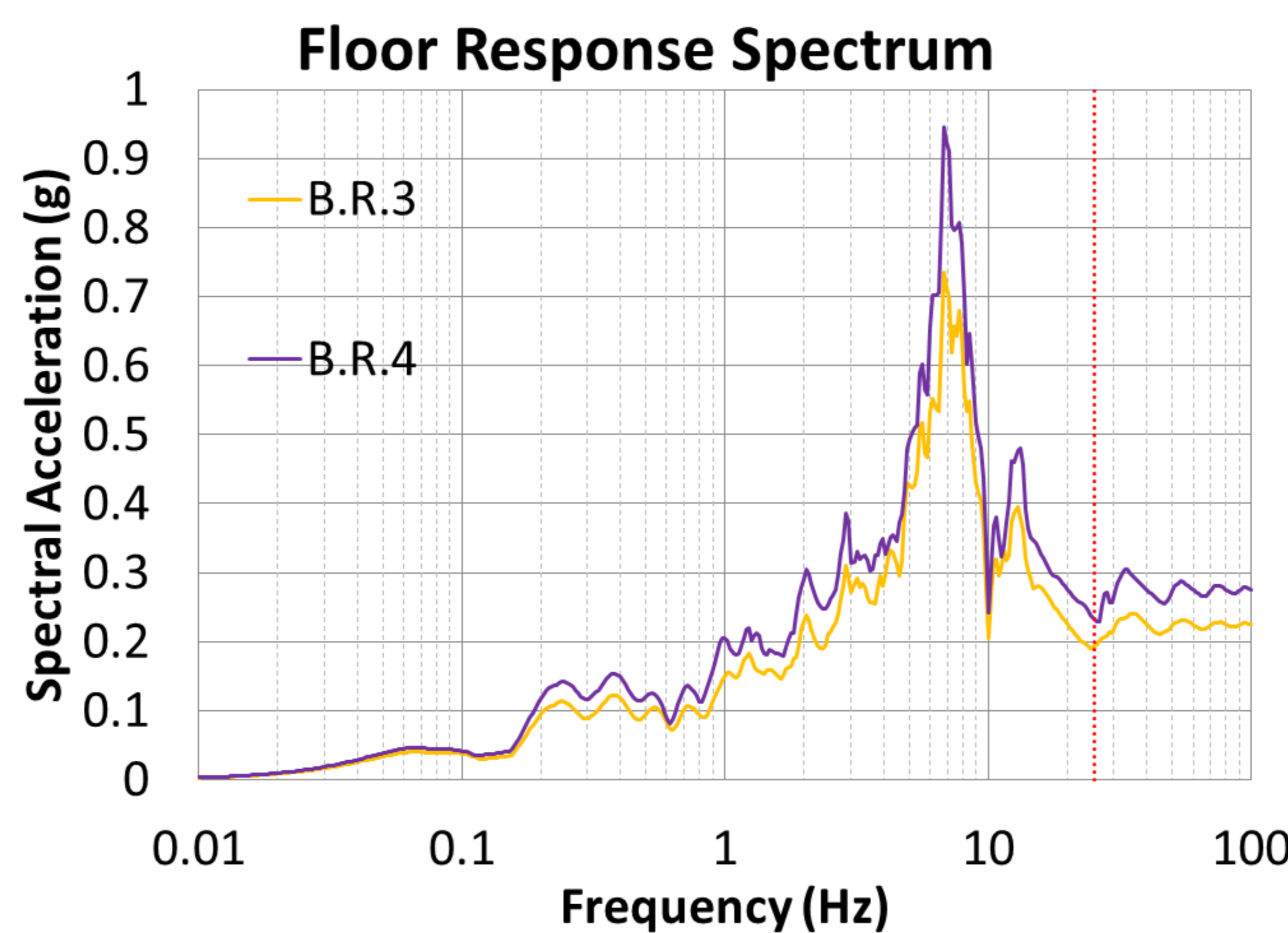


- 동일 장비로서 서로 다른 곳에 위치하고 있는 배터리&랙을 기준으로 층응답스펙트럼을 도출함
- EW방향 기준으로 대칭적인 위치이지만 구조물이 완벽한 대칭이 아니기 때문에 각각의 응답 값이 다를 것으로 판단 됨

Analysis Result



▲배터리&랙 위치의 층응답스펙트럼(B.R.1~B.R.4)



▲배터리&랙 고유진동수(25.3Hz) 기준 B.R.3과 B.R.4의 층응답스펙트럼 비교

- EW 방향 기준으로 대칭적인 위치에 있는 B.R.1&B.R.4, B.R.2&B.R.3에서 비교적 비슷한 응답 값을 나타내었지만 완전히 동일하지는 않았음. 이는 구조물의 비대칭성으로 인한 응답 차이로 판단 됨

| | B.R.1 | B.R.2 | B.R.3 | B.R.4 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|
| S.A (g) | 0.2289 | 0.1936 | 0.1916 | 0.2345 |
| Ratio (%) | 19.468 | 1.044 | 0 | 22.390 |

- 배터리&랙의 고유진동수(25.3Hz)기준으로 가장 낮은 S.A 값이 나온 B.R.3을 기준으로 B.R.1,B.R.2,B.R.4의 S.A값을 비율로 정리 하였을 때 최대 약 22.4%의 응답 차이가 발생할 수 있음
- 동일 장비 이지만 설치 위치에 따라 입력 하중이 달라짐을 확인할 수 있고, 이는 장비의 파괴 확률 계산에도 위치 별로 계산을 수행하여야 할 것으로 판단 됨

Discussion & Conclusions

원전 보조건물의 서로 다른 위치의 동일 기기에 대한 층응답스펙트럼 분석

- 간략화 된 해석 모델을 이용한 층응답스펙트럼 분석은 대상 구조물의 세부적인 위치에 대한 층응답스펙트럼을 도출 할 수 없음
- 3차원 유한요소 모델을 이용하여 내부 기기들이 위치한 곳의 층응답스펙트럼 산출이 가능함
- 제시된 3차원 유한요소 모델을 이용하여 비선형성이 반영된 층응답스펙트럼 및 다양한 유한요소 응답 값 도출이 가능함
- 동일 장비라도 설치된 위치에 따라 입력 하중이 다르기 때문에 동일 장비에 대해 동일한 파괴 확률을 적용하는 것은 다소 불합리한 것으로 판단 됨
- 보다 현실적인 PSA를 위해서는 구조물의 세부 위치에 대한 층응답스펙트럼을 도출 하고 이를 기기 취약도 분석에 적용하여 할 것으로 판단 됨

References

- [1] US Nuclear Regulatory Commission Regulatory Guide 1.60 (2014), "Design response spectra for seismic design of nuclear power plants"
- [2] SIMULIA, ABAQUS Version 6.18 Analysis User's Manuals, 2018.