

# Software Development to Select and Scale Recorded Earthquake Compatible with Target Response Spectrum

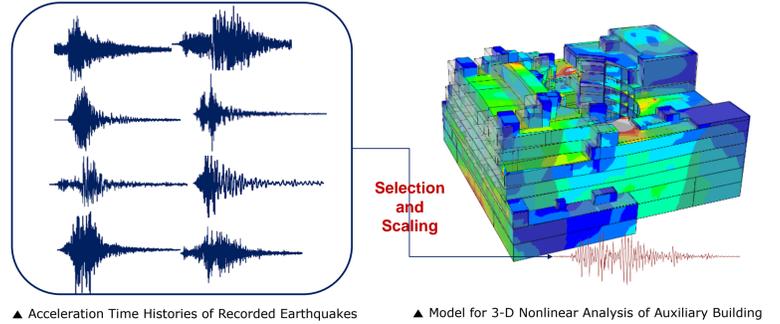
Jeong-Gon Ha<sup>a\*</sup>, Tae-Hyun Kwon<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Korea Atomic Energy Research Institute, Daedeok-Daero 989-111, Yuseong-Gu, Daejeon

Korean Nuclear Society Autumn Conference, Korea, December 17-18, 2020

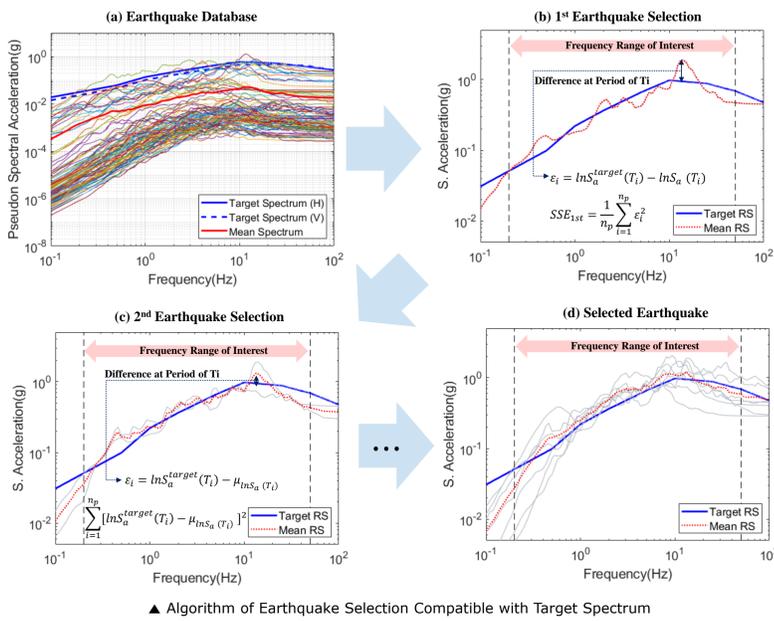
## Introduction

- ▶ 한반도 주변에서의 대규모 지진 및 국내에도 지속적인 소규모 지진 발생
  - 2008년 중국 쓰촨성 지진, 2010년 아이티 지진, 2011년 동일본대지진 & 2016년 경주지진, 2017년 포항지진
  - 원자력시설의 지진 시 안정성 확보에 대한 요구 증대 → 설계초과지진 등 다양한 지진 시나리오에 대한 평가 필요
- ▶ 원자력 시설의 지진 거동 평가를 위한 입력 지진
  - 입력 지진의 세기, 주파수 특성, 지속 시간 등에 따라서 원자력 시설의 지진 시 거동은 상이하게 나타남
  - 실제측 지진 기록(Recorded Earthquake Motion): 다양하게 활용될 수 있으나 많은 기록 중 적절한 선택의 어려움 존재
- ▶ 목표 스펙트럼에 부합하는 실제측 지진파의 선정 및 조정: 많은 양의 데이터 처리 어려움
  - 특정 기준을 만족하는 실제측 지진파를 쉽게 선정할 수 있도록 소프트웨어 개발 필요



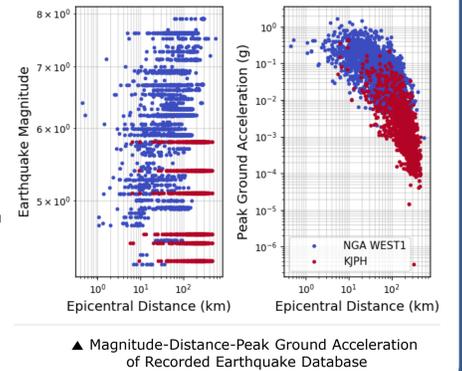
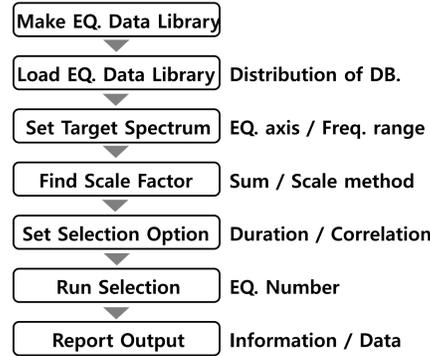
## Earthquake Selection Algorithm

- ▶ 실제측 지진파의 선정 조건: 지진 규모, 진앙 거리, 스펙트럼 적합성 등
- ▶ 스펙트럼 적합성: 하성진 등(2017)이 제안한 순차적 실제측 지진파 선택 알고리즘 적용
  - 대상 주파수 영역에 대하여 목표 스펙트럼과 선택된 지진파 평균의 차이가 최소가 되도록 선택



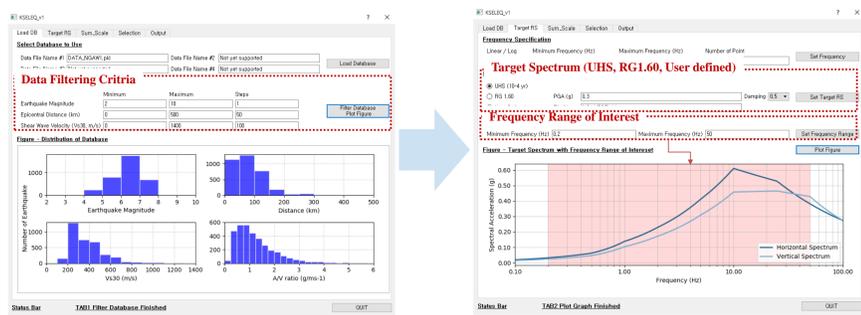
## Software Outline

- ▶ 소프트웨어 개발 환경: Window 10, Python 3.7
  - 소프트웨어의 접근성 향상을 위하여 무료 언어 사용 및 Graphic User Interface 구현
- ▶ 소프트웨어 주요 기능 (5개의 TAB으로 구성)
  - 실제측 지진파 DB → 지진 규모, 진앙거리, 계속지점 전단파 속도 등에 따른 데이터 필터링
  - 응답스펙트럼 적합성 비교를 위한 관심 주파수 영역 설정
  - 실제측 지진파 선택을 위한 대상 방향(X, X&Y, X&Y&Z) 선택 및 크기 조정
  - Standard Review Plan 3.7.1의 조건(강진 지속 시간 및 상관계수 등) 반영 및 검토
  - 선택된 지진파에 대해서 시간간격 조정 및 전체 데이터 길이에 따른 변환 출력 제공
- ▶ 실제측 지진파 DB: 미국 PEER의 NGA-WEST1 + 2016년 경주지진 + 2017년 포항지진

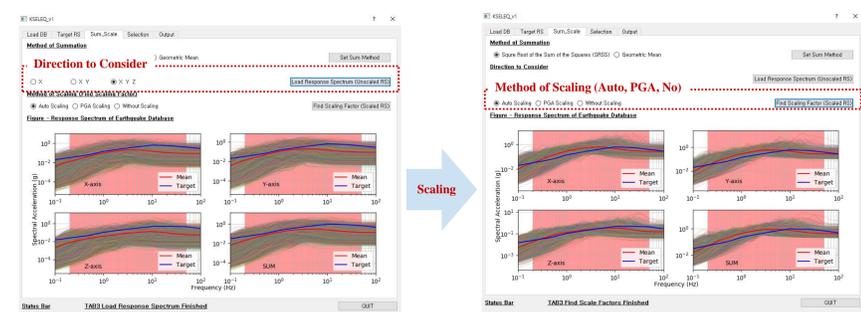


## Inputs and Scaling

- ▶ Load DB: 실제측 지진 DB 불러오기 및 데이터 필터링 조건 설정
- ▶ Target RS: 응답스펙트럼 비교를 위한 주파수 및 관심 주파수 영역 설정

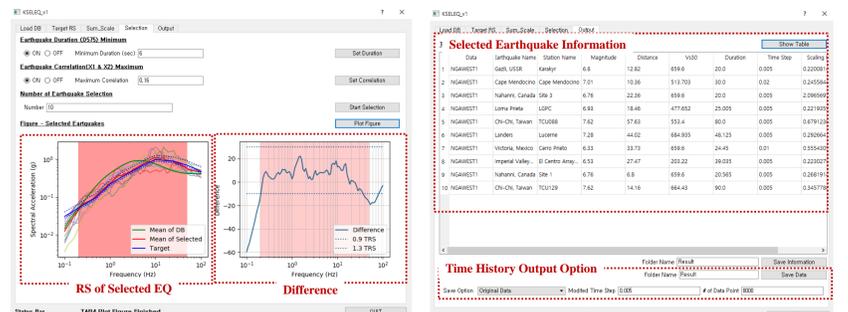


- ▶ Sum\_Scale: 3방향의 계측 지진파 중 대상 방향, 조합 방법, 크기 조정 방법 결정



## Selection and Outputs

- ▶ Selection: 지진파 선택 조건 및 선택하고자 하는 지진파 개수 설정 → 지진파 선택
  - 강진지속시간: 정규화된 Arias Intensity(AI)의 5 ~ 75% 사이의 시간을 이용 (3방향 값 중 가장 작은 값)
  - 상관계수: 직교하는 수평 2방향의 지진파에 대한 상관계수를 이용
  - 강진지속시간과 상관계수에 대한 조건은 경우에 따라서 적용하지 않을 수 있음
  - 최종적으로 선택된 지진파의 평균과 목표 스펙트럼의 차이를 시각화 (SRP 3.7.1 기준 검토 가능)
- ▶ Output: 선택된 지진파 정보 및 가속도 시간 이력 출력
  - 선택된 지진파 정보: 지진, 관측소, 지진규모, 진앙거리, 전단파속도, 지속시간 등 → 엑셀 출력
  - 실제측 지진파: 시간간격, 전체 데이터 길이 등이 상이함 → 수치해석에 활용하기에 어려움 존재
    - 선형보간방법을 이용하여 가속도 시간이력의 시간간격 보정
    - 정규화된 AI의 1%인 시간보다 2초 전부터 지정한 데이터 수만큼 데이터 길이 결정 → 엑셀 출력



## Summary

- ▶ Python을 이용하여 실제측 지진파를 선정 및 조정하는 Standalone 소프트웨어 개발
- ▶ 목표 스펙트럼과 선택된 지진파의 평균 스펙트럼을 비교하는 순차적 선택 알고리즘 적용
- ▶ 사용자의 선택 조건(지진규모, 진앙거리 등)에 따른 데이터 필터링 기능 구현
- ▶ 강진지속시간 등 SRP 3.7.1 기준 요건 반영 및 검토를 위한 시각화 구현
- ▶ 지진파를 수치해석 입력으로 사용하기 위하여 시간간격 및 데이터 길이 변환 출력 기능 구현
- ▶ 향후, 다양한 실제측 지진파 DB 구축 및 선택 알고리즘을 포함하면 원전 시설물의 지진 안전성 평가에 폭넓게 활용될 것으로 기대됨

## References

- [1] E. I. Katsanos, A. G. Sextos, and G. D. Manolis, Selection of earthquake ground motion records: A state-of-the-art review from a structural engineering perspective, *Soil Dynamic Earthquake Engineering*, vol. 30(4), p. 157-169, 2010.
- [2] S.J. Ha, S.W. Han, and H.W. Ji, Assessment of Code-specified Ground Motion Selection Criteria with Accurate Selection and Scaling Methods – I Ground Motion Selection., *Journal of the Earthquake Engineering Society of Korea*, vol. 21, no. 4, pp. 171-179, 2017.
- [3] USNRC, Standard Review Plan-Seismic Design Parameters, SRP 3.7.1. U.S. Nuclear Regulatory Commission. 2014.
- [4] Regulatory Guide 1.60, *Design Response Spectra for Seismic Design of Nuclear Power Plants*, U.S. Nuclear Regulatory Commission., 2014.