

Introduction of Seismic Fragility Gap Analysis for Operating NPPs

유형근^a, Kyuho Hwang^b, Fred F. Grant^b
^a한국전력기술, ^bSimpson Gumperz & Heger

Introduction

- 지진취약도는 발전소 내진성능(HCLPF)를 산정하는 지진 확률론적지진안전성 평가(PSA)의 주요한 부분
- 규제환경의 변화로 국내 신규원전 도입시 ASME/ANS PRA Standard 2009를 적용한 지진 PSA를 적용
- 국내 가동원전에도 ASME/ANS PRA Standard 2009를 적용한 지진 안전성 평가 필요성 대두
- 하지만, 국내 전 가동원전에 대해 신규 방법론 적용시 막대한 시간과 비용 필요

Seismic Fragility Curve and Equation

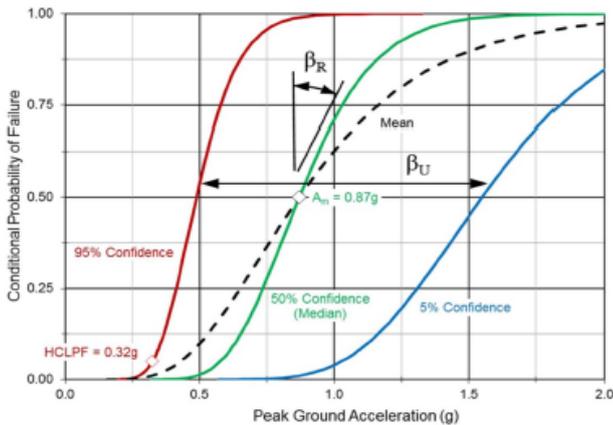


Figure 1. Example of seismic fragility curve

$$f = \Phi\left[\frac{\ln\left(\frac{a}{A_m}\right)}{\beta_R}\right]$$

$$f' = \Phi\left[\frac{\ln\left(\frac{a}{A_m}\right) + \beta_U * \Phi^{-1}(Q)}{\beta_R}\right]$$

- 지진취약도 곡선은 대수정규분포를 따름
- HCLPF는 인식론적 불확실성(Bu)과 무작위적 불확실성(Br)에 대한 95% 신뢰수준의 5% 파손확률 값

Major Gap in Vintage and Current Method

	과거	현재
Test Response Spectra	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 클리핑 없음 ✓ 성능증가계수 없음 ✓ 장치성능계수 개정 전 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 클리핑 있음 ✓ 성능증가계수 있음 ✓ 장치성능계수 개정 후
Ground motion input scaling	<ul style="list-style-type: none"> ✓ EQE Spectrum 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ NUREG/CR-0098
Structure Damping	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 7% median damping 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 5% median damping
Structure Modeling	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 집중질량 빔스틱 모델 ✓ 진동수 불확실성 구간이 비교적 넓은 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 진동수 불확실성 구간이 비교적 좁음
Ground motion incoherence	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 기기 진동수에서 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 기기&구조물 진동수에서
Multi-directional effect	<ul style="list-style-type: none"> ✓ FA는 3축시험이 메디안 ✓ FD는 2축시험이 메디안 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 다축TRS/1축RRS ✓ TR-103959 : 1.2 제시
In-structure Response Clipping	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 클리핑 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 클리핑 있음
Equipment Demand Reduction	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 미적용 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 적용

Comparison Result for Feasibility

해당 기기	증가/감소 비율
탱크류	8% 증가
펌프류	2% 증가
기계 기기류	8% 감소
발전기	30% 감소
전기 기기류	13% 증가
분배 계통	22% 감소

- 갭분석 결과와 ASME/ANS PRA Standard 2009 상세분석 결과와 상호 비교

결론

- 새로운 분석기준에 맞추어 지진취약도를 재 분석하는 것은 시간과 비용이 많이 소요
- 차이(Gap) 분석 방법론을 통해 새로운 분석기준 적용 시의 결과 변화의 경향성을 파악할 수 있음
- 하지만, 정확한 결과 도출을 위해서는 상세 분석이 필요함.