

# Introduction of Seismic Fragility Gap Analysis for Operating NPPs

유형근<sup>a</sup>, Kyuho Hwang<sup>b</sup>, Fred F. Grant<sup>b</sup>  
<sup>a</sup>한국전력기술, <sup>b</sup>Simpson 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

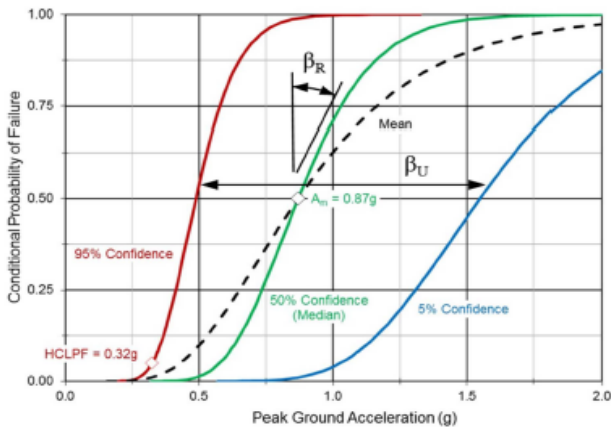


Figure 1. Example of seismic fragility curve

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

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

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

## 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.