

한국원자력학회 2021 추계학술발표회

Derivation of Seismic Fragility Curve of NPP Equipment by Numerical Approach



2021년 10월 21 ~ 22 일

김 나 현



한국원자력연구원
Korea Atomic Energy Research Institute

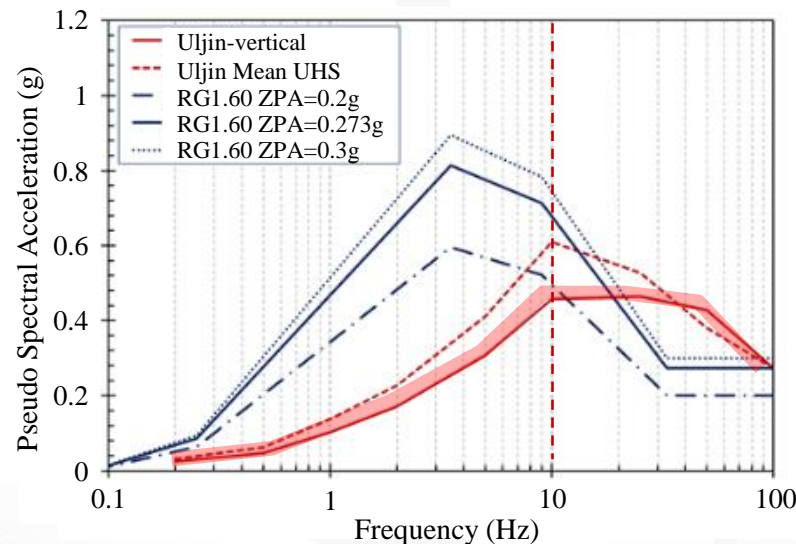
CONTENTS

- » Introduction
- » Analysis of the SGBD tank
- » Derivation of fragility curve
- » Conclusions

Introduction

■ 연구배경 및 연구목적

- 경주(2016) 및 포항(2017)에서 비교적 큰 지진이 연달아 발생함
- 설계스펙트럼과 달리 지진 시 기록된 지반운동의 주파수 성분이 10 Hz 이상에서 지배적임
- 원전 기기의 공진주파수 범위는 주로 10-30 Hz 사이에 분포되어 있음
- 따라서, 지반운동 특성에 따른 기기의 지진취약도 평가를 수행하여 기기의 안전성을 확보해야 함

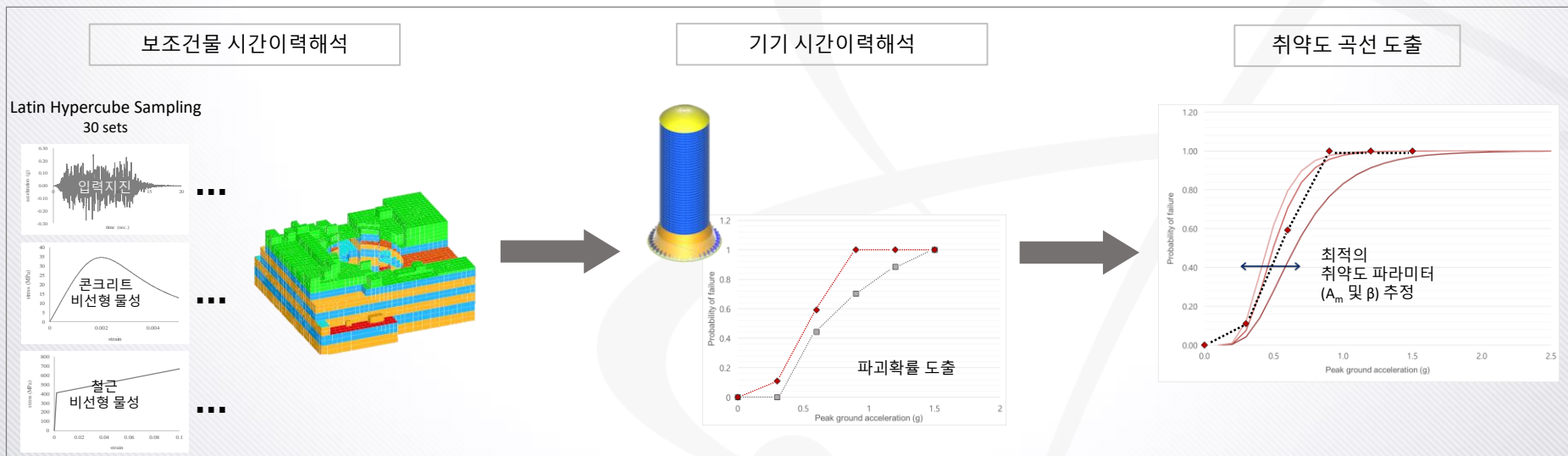


울진 부지 등재해도 스펙트럼

Introduction

■ 연구내용

- 본 연구에서는 원전에서 대부분의 안전 관련 장비가 위치한 보조건물의 최대중량 기기 중 하나인 SGBD(steam generator blowdown)탱크를 연구대상으로 선정
- 보조건물과 SGBD탱크의 비연동모델을 사용하여 해석적으로 SGBD탱크의 파괴 확률 평가
- MLE(maximum likelihood estimation) 방법으로 파괴확률로부터 취약도 매개변수를 추정하여 취약도 곡선 도출

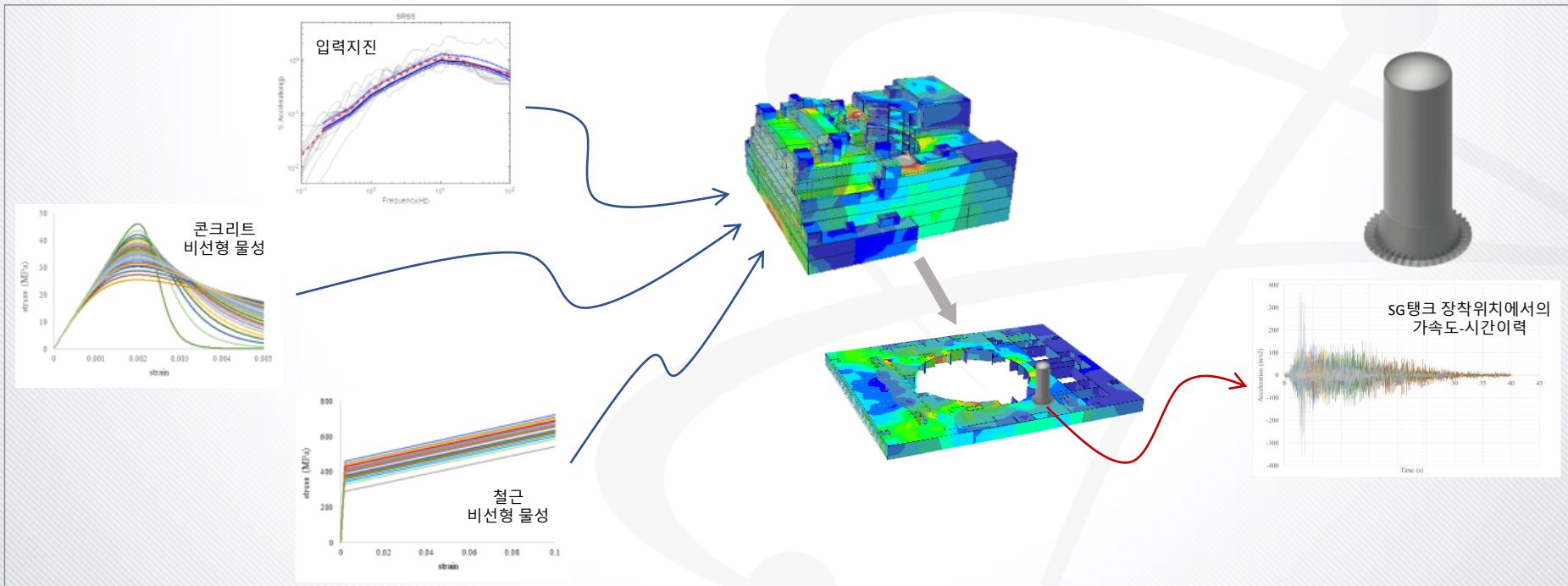


취약도 곡선 도출 절차

Analysis of the SGBD tank

■ 보조건물의 시간이력 해석

- LHS(Latin hypercube sampling)를 적용하여 입력지진(0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5g), 콘크리트 및 철근의 비선형 물성에 대한 30개 샘플링 세트 도출
- 30개의 샘플링 세트를 적용하여 보조건물의 시간이력해석을 수행하고, SGBD탱크의 장착위치(보조건물 EL. 120 ft)에서 가속도-시간이력을 구함

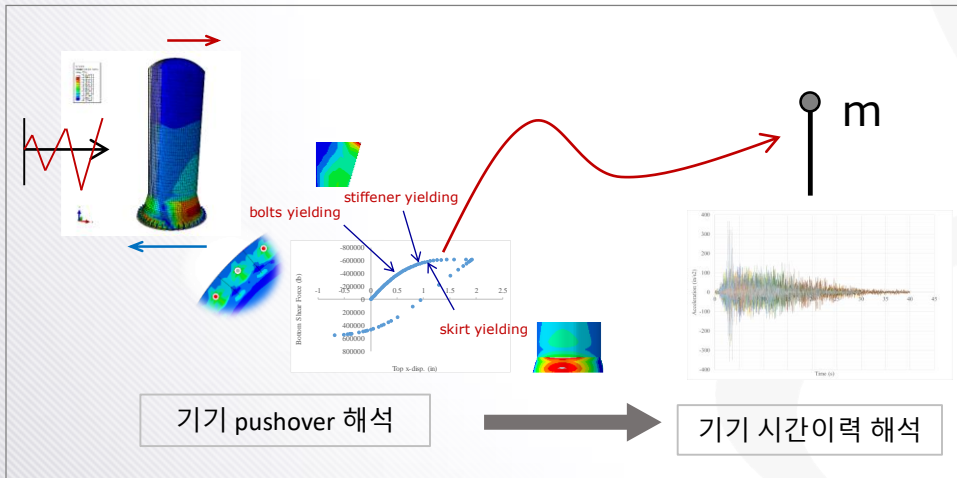


보조건물-기기 비연동모델 해석 절차

Analysis of the SGBD tank

■ SGBD탱크의 시간이력 해석

- Pushover 해석을 기반으로 1D로 단순화한 SGBD탱크 모델에 보조조건물 시간이력 해석으로 얻은 가속도-시간이력을 적용하여 기기의 시간이력해석 수행
- 물의 양에 따라 empty 및 operating 조건에 대하여 해석 수행
- Pushover 해석 결과로 얻은 SGBD탱크의 한계상태(severe damage – skirt yielding)에 대하여 파손확률 계산



SGBD탱크 해석모델 단순화

SGBD탱크의 한계상태

Damage	Limit state	Displacement (in)
Anchor yielding	Slight damage	0.139
Stiffener yielding	Moderate damage	0.508
Skirt yielding	Severe damage	0.851

각 PGA 수준에서의 파괴확률

PGA level (g)	Empty	Operating
0.3	0.0	0.11
0.6	0.44	0.59
0.9	0.70	1.00
1.2	0.88	1.00
1.5	1.00	1.00

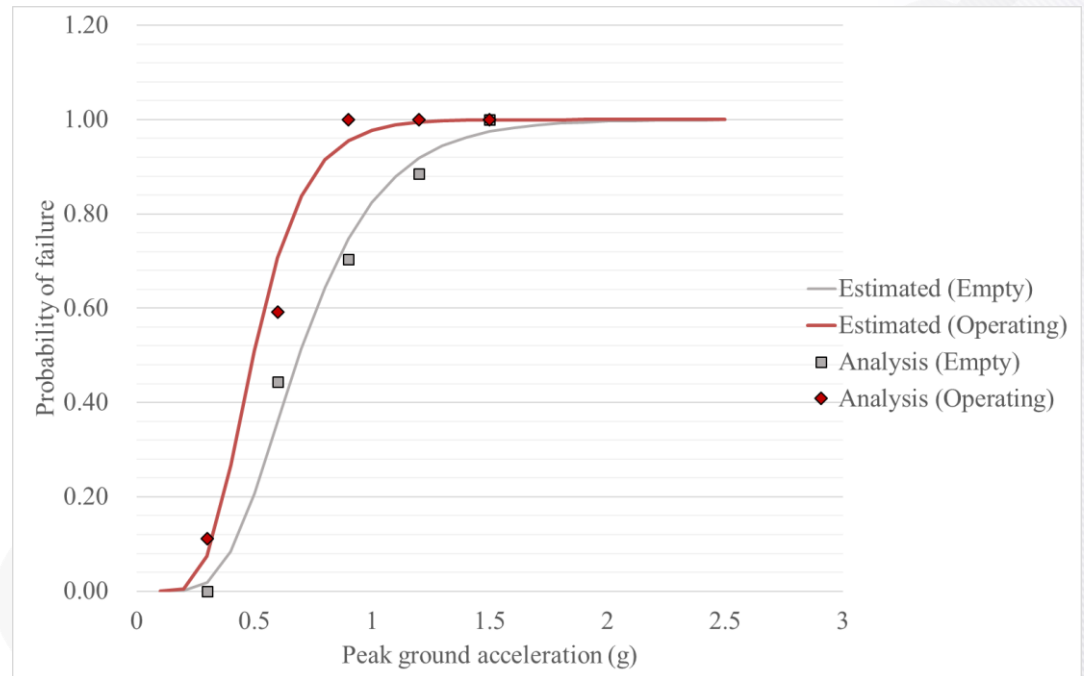
Derivation of fragility curve

■ SGBD탱크의 취약도곡선 도출

- SGBD탱크의 한계상태에 따라 계산된 파괴확률로 MLE 방법을 사용하여 취약도 매개변수 추정
- 최종적으로 추정된 취약도 매개변수로부터 취약도 곡선 도출

추정된 취약도 매개변수

Condition	A_m	β
Empty	0.69	0.40
Operating	0.50	0.35



해석으로 얻은 파괴확률과 도출된 취약도곡선

Conclusions

- SGBD탱크의 지진취약도를 보조건물과 SGBD탱크의 비연동모델을 사용하여 해석적으로 평가
- SGBD탱크의 시간이력해석 결과를 pushover해석으로 얻은 탱크의 한계상태에 대해 평가하여 파괴확률 계산
- 각 PGA 수준별로 계산된 파괴확률에 대하여 MLE 방법을 사용하여 취약도 매개변수(A_m 및 β)를 추정하고 최종적으로 SGBD탱크의 지진취약도 곡선 도출
- 해석에서 볼트의 실제 물성을 고려하지 않았으므로, 추후에 실제 볼트물성을 고려한 추가해석의 수행 필요

THANK YOU