

## JASMiRT 第 3 回国内ワークショップ(WS)提案

JASMiRT 第 3 回国内ワークショップ

委員長 笠原 直人 (東京大学)

幹事 山崎 達広 (原子力安全推進協会)

### テーマ案

「設計基準を超える事象を含めた原子力発電設備のパフォーマンス向上へ貢献する新しい  
構造工学を目指して」

### 背景

JASMiRT は、SMiRT11 (1991 年開催) 以来約 30 年ぶりに日本開催を予定している SMiRT27 (2023 年開催予定) に向けて、福島第一原子力発電所事故の教訓である設計基準を超えた事象 (BDBE) に対する構造力学分野の対策をテーマとして、2 回の国際 WS と 2 回の国内 WS を開催してきた。SMiRT25- JASMiRT WS においても、従来の設計を BDBE に対する安全評価や安全性向上の領域まで広げた「広義の設計」とは何かが議論されており Design Extension Condition[1]や Design Envelope[2](設計対象領域の拡大)の概念が提案され模索が続いている。我が国においては、リスク情報活用 (risk-informed) とパフォーマンスベース (Performance-based) を特徴とする原子力規制検査に関する基本検査運用ガイドが令和 2 年度より運用開始され、設備の集合としてのシステム設計レベルでは BDBE に対する対策が進んでいる。

一方、これまでの原子炉構造力学分野のアプローチは、設計基準事象 (DBE) に対する、保守的評価に基づく健全性の確認「狭義の設計」であったことから、上記「広義の設計」に適合するためには大きな思想転換が必要となる。地震安全の分野からは、従来の耐震設計を原則から考え直す提案がなされている [3]。

### 参考文献

[1] Greg Rzentkowski, IAEA Perspectives on Design of Nuclear Power Plants After Fukushima Daiichi Accident, SMiRT25, JASMiRT Workshop (2019)

[2] Andrei BLAHOIANU, Canadian Guidelines on BDBAs, SMiRT25, JASMiRT Workshop (2019)

[3] 日本原子力学会 標準委員会, 日本地震工学会 原子力発電所の地震安全基本則に関わる研究委員会, 原子力発電所の地震安全の原則, (2019)

### 目的

DBE と BDBE を包含する「広義の設計法」の考え方を明確にし、その実現に必要な構造力学分野の課題を抽出することを目標とする。DBE までの破損が起これないことを確認する保守的な設計法 (Prescriptive Design) に替わり、リスク情報を活用し、運転状態に対応し

た設備に求められるパフォーマンスの視点から課題の整理が必要となる。パフォーマンスとは、最終的には原子力発電所敷地周辺の住民に対して過度な被ばくを与えることの無いことを目指した原子力安全を達成するために、深層防護に立脚し、各設備の重要度に応じた機能、性能に求められるものである。

DBE を考慮した運転状態に対する構造設計法は破損防止や機能の劣化対策をパフォーマンス要求としておりこれまで多くの研究がなされていることから、本 WS では、BDBE に焦点を当て安全性評価や安全性向上を行うための構造力学分野の課題と最新技術の抽出を目的とする。

また本議論を進展させることにより、SMiRT26- JASMiRT WS を開催し、福島第一原子力発電所事故を経験した日本から世界に貢献する。

SMiRT 会議は 50 周年を迎えるがこれまでの原子炉構造力学分野は、専ら設計基準事象 (DBE) に対する破損の発生防止を目的として、保守的評価に基づく健全性確保に注力してきた。次の 50 年は、リスク情報を基にして原子力発電所施設に求められる構造強度パフォーマンスの向上を目指した新しい原子炉構造力学の構築と実用化を図る。

## セッション案

### 1. 基調講演セッション

原子力発電施設に対する設計対象領域が BDBE を考慮した運転状態まで拡張されたことにより DBE と BDBE を含めた運転状態の全領域において、事故発生の防止と影響の緩和でバランスのとれた「広義の設計」の考え方が必要である。基調講演セッションでは、DBE と BDBE における構造工学に求められるパフォーマンスの視点から理解した上で、BDBE に対する安全評価や安全性向上で先行するシステムレベルでの対策を参考としつつ、構造工学分野の課題を浮き彫りにしていく。

- 1-1 設計基準を超える事象に対するリスクを考慮したシステム設計分野での対応
- 1-2 設計基準事象と設計基準を超える事象に要求される構造強度パフォーマンスの違い
- 1-3 設計基準を超える事象に対する構造力学分野の課題と期待

### 2. リスク情報の活用に向けて

従来の保守的評価法に基づいた設計で考慮してきた破損シナリオ(大口径配管のギロチン破断、単一故障等)は現実の破損現象や事故時のシナリオとは乖離している。

これに対して、リスク情報に基づく取り組みは、起因事象の発生確率と発電所のシステムを広範囲にわたって考慮することができ、実際に安全に影響する重要度に関する情報を与えてくれる。

リスクを正しく把握するには、安全性と構造強度の関係を明確にした上で、保守性を排除した実際の強度を精度良く評価する必要がある。BDBE に対してシナリオを描くには、破

損の有無だけでなく破損シーケンス評価も必要である。また、リスク情報は、要求性能水準に応じた重要度評価に活用されることから、確からしさの向上が望まれる。

#### 2-1 ハザード、シナリオの設定及び現実的現象把握に基づく確からしさの向上

外的事象のハザードシナリオの設定について

地震等のハザード現象に対する先端的数値解析技術による高精度評価の取り組み

認識論的不確実さの低減に向けた取り組み

### 3. パフォーマンス評価と向上に向けて

BDBE に対しては、設計基準事象を超えても急激に安全に対する性能が低下しないことが要求される。システムレベルでは、クリフエッジの解消やレジリエンス向上に向けて、多重性、多様性の確保などの工夫がなされている。これに対応する構造のパフォーマンスを明らかにするとともに、その向上策を議論する。また、評価指標とするために必要な、定量化の方法について考える。

#### 3-1 建物・構築物の性能評価の現状及び課題

- ・ JAEE「地震安全原則」の適用事例及び課題について

#### 3-2 機器・配管の性能評価の現状及び課題

- ・ JAEE「地震安全原則」の適用事例及び課題について（3-1に含める）
- ・ JSME「過酷事故ガイドライン」の策定と課題について

#### 3-3 パフォーマンス向上に向けて

- ・ 建造物のパフォーマンス向上に向けて、計算科学を用いた取り組み
- ・ 設計システムとして、プラント状態を考慮した終局強度評価、DBEとの違いに焦点を当てたBDBEに対する取り組み
- ・ 免振技術の活用に向けた課題と現状

### 4. 確率論的構造評価の現状

決定論的な構造評価をリスクの評価に結びつけるために確率論的な破壊評価は重要な手段となる。また、BDBEに対する最適な設計を目指すうえで、日本が提案しているシステム化規格は適切なマージン設定ができる重要な手段と位置付けられる。これらの手法の活用についてかんがえる。

- ・ 確率論的破壊力学
- ・ システム化規格

## 5. パネルディスカッション

- 設計基準を超える事象に対するパフォーマンスとは  
(レジリエンス、安全性能低下抑制、回復など)
- 設計基準を超える事象を含めたパフォーマンスを向上させる広義の設計とは（規格に沿って基準を満たす機器の構造設計を行ってきた設計者にとって、リスクに基づいた機器設計とは具体的にどうするか分からないという戸惑いの声が多い）
- ・広義の設計を実現させる構造強度評価について（ベストエスティメート、設備集合の破損シーケンス評価、破壊制御など）
- ・次回 SMiRT, JASMiRT WS に向けた課題の抽出

以上