

原子炉構造レジリエンスを向上させる破損の拡大抑制技術の開発

(11) 次世代原子炉のレジリエンス向上策

Development of failure mitigation technologies for improving resilience of nuclear structures

(11) Analysis for enhancing resilience of next-generation nuclear power plants

*二神 敏¹, 安藤 勝訓¹, 山野 秀将¹

¹原子力機構

次世代原子炉のレジリエンス向上策の検討のため、崩壊熱除去機能喪失事象を対象として、耐震振れ止めのための下部支持構造を有する原子炉構造を例に 3 次元構造解析を実施し、原子炉容器とガードベッセルの超高温時の変形挙動を把握した。

キーワード：レジリエンス，高温構造，変形挙動，PLOHS，原子炉容器，ガードベッセル

1. 緒言

原子力機構は、東京大学と共に、ナトリウム冷却高速炉を対象に、設計想定を超える事象（過酷事故時の超高温や過大地震）によって破損が生じた場合に、その拡大を抑制する技術を開発し、原子炉構造のレジリエンス向上に資する研究を実施している。本件では、耐震振れ止めのための下部支持構造を有する原子炉構造を例に崩壊熱除去機能喪失事象（PLOHS）を対象として 3 次元構造解析を実施し、原子炉容器（RV）とガードベッセル（GV）の超高温時の変形挙動を把握した。

2. 検討結果

汎用有限要素解析コード FINAS/STAR を用いて超高温時の 3 次元構造解析を実施した。図 1 に解析モデルを示す。PLOHS を想定し、温度推移は 10 時間かけて 530℃から 900℃（RV 胴部）までの 370℃分を昇温した。冷却系の一部が破損していることを想定し、RV 内に圧力は付与していない。本解析では、JSME 発電用原子力設備規格シビアアクシデント時の構造健全性評価ガイドライン（BWR 鋼製格納容器編）BFCV3130 に従い、延性破壊評価を実施した。RV と GV の昇温時の変形は概して下向きに進み、RV 下部と接触した GV 下部が耐震振れ止めの下部支持構造と側面及び底面で接触した。延性破壊評価の結果、RV は最も厳しい評価位置（RV 入口ノズル）でも破損クライテリアに対して相当非弾性ひずみが 1/9 程度であり、十分に低いことを確認した。一方、GV は下部支持構造との接触によって、構造不連続部に比較的大きなひずみが生じ、RV に比べて有意な評価値となっているが、破損クライテリアに対して相当非弾性ひずみは下回っていることを確認した(図 2)。

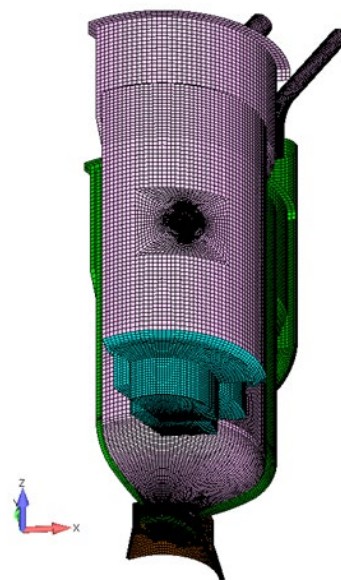


図 1 有限要素解析モデル

3. 結論

PLOHS を対象として、耐震振れ止めのための下部支持構造を有する原子炉構造を例に 3 次元構造解析を実施し、RV と GV の超高温時の変形挙動を把握した。今後は、耐震振れ止め構造がない容器、圧力の影響等に注目した超高温時解析を次世代原子炉体系も含めて実施するとともに、過大地震時の変形挙動を把握し、レジリエンス向上策を検討する。

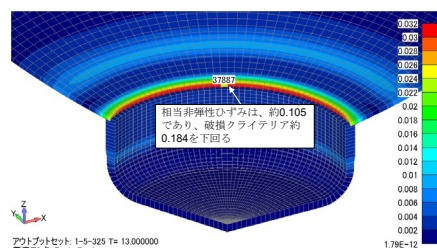


図 2 GV 下部の延性破損評価

本研究は文部科学省原子力システム研究開発事業 JPMXD0220353828 の助成を受けたものです。

*Satoshi Futagami¹, Masanori Ando¹, and Hidemasa Yamano¹

¹JAEA