

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

(1) 開発計画

Development of failure mitigation technologies for improving resilience of nuclear structures

(1) Development Plan

*笠原 直人¹, 山野秀将², 中村いずみ³, 出町和之¹, 佐藤 拓哉¹, 一宮正和¹

¹東京大学 ²JAEA ³防災科研

設計基準を超える事象（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（安全性能低下に対する抵抗性と回復性）を向上させることを目的とした開発計画の概要を紹介する。

キーワード：原子炉構造、設計基準を超える事象、レジリエンス、破壊曲面、破壊制御、次世代原子炉

1. はじめに

文部科学省の原子力システム研究開発事業の一つとして、令和2年度から「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」を開始した。本研究の目的は、筆者らが機器単体を対象として開発してきた破壊制御技術[1]をプラントシステムに応用できるように発展させ、安全性への影響の小さい破損モードを先行させることによって周囲の機器の荷重やエネルギーを低減させ、安全性へ影響の大きい破損モードへの拡大を抑制する、革新的な構造強度技術を開発することにある。

2. 実施項目

(1) 超高温時に対する破損拡大抑制技術

超高温時には材料の弾塑性クリープ変形が顕著となり、構造物中の応力と荷重が再配分される。この性質を利用し、安全性への影響の小さい変形を先行させることで、荷重を低減させ、安全性への影響の大きい破損モードである、延性破壊や破断への拡大を抑制するための方法論を提案する。

(2) 過大地震に対する破損拡大抑制技術

過大地震時には、材料の塑性変形や、一部の支持構造物の破損により、機器構造システムの剛性が低下する。システムの固有振動数が入力振動数を下回ると外部からの振動エネルギーが伝達しにくくなることを利用し、安全性への影響の小さい塑性変形や支持部破損を先行させることでエネルギー伝達を低減させ、安全性への影響の大きい破損モードである崩壊やそれに続く破断への拡大を抑制するための方法論を提案する。

(3) 原子炉構造レジリエンス向上策

上記(1)及び(2)で開発した破損拡大抑制技術を、次世代炉の原子炉構造に適用し、レジリエンス向上効果を示す。また、幅広い実機原子炉構造に破損拡大抑制技術を適用してレジリエンスを向上させるためのガイドラインを作成し、社会実装を促す。

3. 期待される成果・発展性

破損が生じても、安全性へ影響する破損モードへの拡大を構造固有の特性により抑制することが出来れば、原子炉構造のレジリエンスが向上する。例えば、次世代高速炉の原子炉構造レジリエンス向上策として、過酷事故による超高温時の容器の弾塑性クリープ変形を集中が生じないように制御しつつ先行させると、容器荷重が上釣り支持から床支持に再配分され低減することで破断が抑制され、長時間液位保持が可能となる。

参考文献

[1] Naoto Kasahara, Takashi Wakai, Izumi Nakamura, Takuya Sato, and Masakazu Ichimiya, "APPLICATION OF FRACTURE CONTROL TO MITIGATE FAILURE CONSEQUENCE UNDER BDBE", ASME, PVP2020-21072, (2020)

* Naoto Kasahara¹, Hidemasa Yamano², Izumi Nakamura³, Kazuyuki Demachi¹, Takuya Sato¹ and Masakazu Ichimiya¹

¹Univ. of Tokyo ²JAEA ³NIED