

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

(3)原子炉容器下部鏡における座屈強度及び座屈後挙動に関する研究

Development of failure mitigation technologies for improving resilience of nuclear structures

(3)Study on Buckling Strength and Post Buckling Behaviors of Reactor Vessel Lower Heads

*室原 将人¹, 笠原 直人¹, 佐藤 拓哉¹, 山崎 祥¹

¹東京大学

原子炉容器における座屈後の破損拡大を抑制しレジリエンス向上策を提案するために、容器下部鏡を模擬した不連続部付き球殻及び球殻について座屈試験と有限要素解析を行った。

キーワード：座屈強度、座屈後挙動、大変形弾塑性解析、接触境界、原子炉容器

1. はじめに

福島第一原子力発電所事故の教訓として、原子炉の破損後の挙動を制御し、破損してもその影響拡大を抑制することの重要性が認識された。従来の原子炉構造設計では設計基準事象(DBE)に対する破損発生防止を目的としてきたが、本研究では過酷事故時の超高温や過大地震などの設計基準外事象(BDBE)に対する破損発生後の影響緩和を図ることで[1]原子炉構造のレジリエンスを向上させることを目標としている。

2. 不連続部付き球殻及び球殻の座屈試験と弾塑性有限要素解析

高速炉の除熱源喪失事故(LOHS)には容器の弾塑性クリープ変形により、下部鏡が耐震揺れ止め構造やガードベッセルと接触して座屈が発生する可能性が考えられ、それを模擬した不連続部付き球殻の座屈試験及び剛体床に接触する球殻の試験を行った。球殻の曲率の違いが座屈強度及び座屈後挙動に及ぼす影響を明らかにするために、曲率の違う試験体をそれぞれ3種類使用した。図1は不連続部付き球殻の座屈試験の荷重変位曲線であり、曲線がS字状になっているのは圧縮膜応力による飛び越し座屈の発生の後に引張膜応力による変形へ移行しているからである。図2は不連続部と球殻の接合部に局部破損が生じている破面である。図3は剛体床に接触する球殻の試験の荷重変位曲線であり、図1と比較すると曲線が滑らかなのは圧縮膜応力による飛び越し座屈の発生後も圧縮膜応力による変形へ移行しているからである。試験後の球殻陥没部には図4のようにしわが寄っていることがわかる。

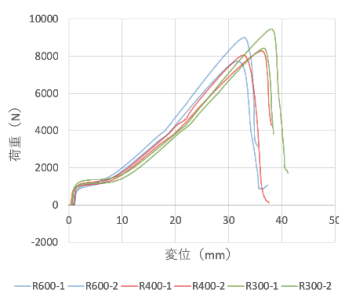


図1. 不連続部付き球殻の試験結果グラフ

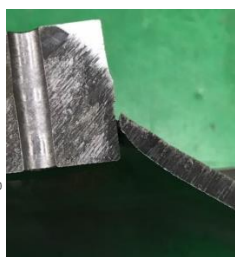


図2. 試験後破面

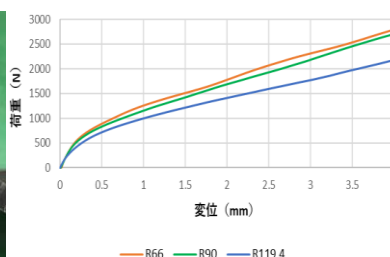


図3. 球殻の試験結果グラフ



図4. 試験後の球殻

3. おわりに

不連続部付き球殻及び球殻の座屈試験及び有限要素解析から座屈強度に比較して、破損に至る強度は相当に大きく、原子炉容器の場合は冷却材が長時間保たれる可能性があることを明らかにした。

参考文献

[1] Naoto Kasahara, Takuya Sato, Takashi Wakai and Izumi Nakamura, "APPLICATION OF FRACTURE CONTROL TO NUCLEAR COMPONENTS FOR MITIGATION OF ACCIDENT CONSEQUENCE", SMiRT-25, (2019)

*Masato Murohara¹, Naoto Kasahara¹, Takuya Sato¹ and Akira Yamazaki¹

¹Univ. of Tokyo