

管形状材料の多軸応力試験による機械強度評価

Evaluation of mechanical properties of cladding tube under multi axial stress states

*篠原 靖周¹, 木戸 俊哉¹, 阿部 弘亨²

¹ニュークリア・デベロップメント株式会社, ²東京大学

燃料被覆管の多軸応力試験手法を検討し、当該手法による機械強度評価を行った。

キーワード：軽水炉燃料被覆管、機械強度、多軸応力

1. 緒言

燃料被覆管の損傷モードの一つである PCMI においては、被覆管に発生する応力は多軸応力状態となると考えられており、従来、板材を用いた試験等により、2 軸引張試験では単軸引張試験に比べて延性が低下することが確認されている[1]。しかしながら、現状では、管形状材料における軸方向と周方向の 2 軸応力試験に関する知見は限られており、PCMI 時の燃料被覆管の機械強度を適切に把握するためには、試験手法の検討を含め、データの拡充が必要である。

本研究では、ジルカロイ-4 燃料被覆管に切欠き加工を施した試験片を用いて引張試験を行うことにより、2 軸応力状態における機械強度評価を行った。

2. 実験

PWR17x17 型ジルカロイ-4 未照射燃料被覆管より C リング状に切り出した後、横断面上において平行部を作製し、写真 1 に示すように、平行部中央位置において管軸方向に切欠き加工を施した試験片を作製した。当該試験片に中子を挿入し、試験片形状因子（切欠き先端半径、切欠き深さ、リガメント長さ）をパラメータとした引張試験を実施する

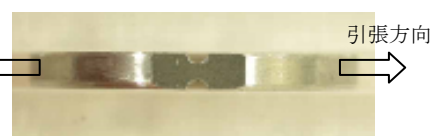


写真 1 試験片外観例

ことにより、試験片に発生する応力状態（軸/周応力比）の変化を図り、機械特性への影響評価を行った。

3. 結果・考察

切欠き半径 0.1mm、切欠き深さ 0.5mm およびリガメント長さ 2mm とした試験片の試験後外観写真を写真 2 に示す。切欠き加工無しの単軸引張試験後の試験片と比べると、延性の指標である断面減少率は顕著に低下し、局所変形（ネッキング）が小さく、かつ、破面の向きが肉厚方向に傾斜しており、軸/周応力比が比較的高い状態（平面ひずみ状態）を反映したものと考えられる変形・破損モードが確認された。本研究では、試験片中のひずみ分布のその場観察および試験を模擬した FEM 解析を併せて試験片中の応力状態を検討し、機械特性への影響について検討した。

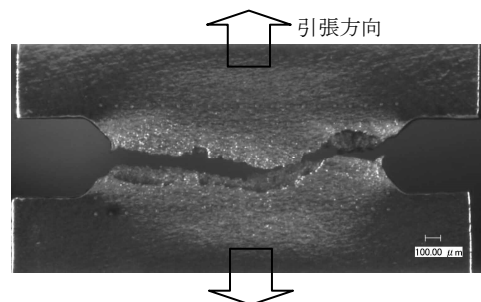


写真 2 試験後試験片外観例

謝辞：本シリーズ発表は、文部科学省からの受託事業として実施した原子力システム研究開発事業「原子炉燃料被覆管の安全設計基準に資する環境劣化評価手法に関する研究開発」の成果です。

参考文献

[1] J.Desquines, et al., J.Nucl.Mater., **412**, 250-267 (2011).

*Yasunari Shinohara¹, Toshiya Kido¹ and Hiroaki Abe²

¹Nuclear Development Corp., ²University of Tokyo.