

水素吸収させた被覆管の冷却材喪失事故（LOCA）模擬試験後曲げ強度

The bending strength of the pre-hydrated cladding tube experienced simulated-LOCA test

*岡田 裕史¹, 天谷 政樹¹

¹ 日本原子力研究開発機構（JAEA）

通常運転時に被覆管に吸収された水素が LOCA 後の被覆管曲げ強度に及ぼす影響を LOCA 模擬試験後 4 点曲げ試験により評価した。その結果、最大曲げ応力は試験前の水素吸収量の増加に伴い減少する傾向がみられた。また、通常運転時から LOCA 事象を通して吸収された全水素吸収量で整理できることが示唆された。

キーワード：被覆管，ジルカロイ-4，LOCA 後耐震，曲げ強度，水素吸収

1. 緒言

東京電力福島第一原子力発電所での事故以降、JAEA では、LOCA 後長期冷却期間の外力に対する燃料棒の耐破断性を評価するために被覆管の LOCA 模擬試験後 4 点曲げ試験を実施している。先行研究により、受取ままジルカロイ-4 被覆管（以下、受取材）の膨れ破裂部や二次水素化部の最大曲げ応力と prior- β 層厚さの関係は把握できたが^[1,2]、通常運転時の水側腐食に伴う水素吸収がこの関係に及ぼす影響については明らかになっていない。本研究では、予め水素吸収させた未照射ジルカロイ-4 被覆管（以下、水素吸収材）を対象とした LOCA 模擬試験後 4 点曲げ試験によりその曲げ強度を評価した。

2. 実験

本研究では、長さ 190 ～ 200 mm の受取材及び水素吸収材の両端に端栓を取り付けた試験燃料棒を用いた。被覆管には軸方向 3 ヶ所に幅約 2 mm、長さ約 10 mm の開口部をフライス盤加工により設け、LOCA 模擬試験中に発生しうる被覆管の膨れ及び二次水素化の発生を抑制した。なお、管内部には燃料ペレットを模擬するアルミナペレットは装荷しなかった。この試験燃料棒について、先行研究^[1,2]と同様に、LOCA 模擬試験（等温酸化温度：1200℃）及びその後の 4 点曲げ試験（支持点間距離：130 mm、荷重点間距離：72 mm）を実施した。4 点曲げ試験後、被覆管破断位置近傍の水素濃度及び prior- β 層厚さを測定した。また、4 点曲げ試験で得られた最大曲げモーメントと金相観察結果に基づく被覆管の断面係数から、最大曲げ応力を算出した。

3. 結果及び考察

本研究で得られた最大曲げ応力と破断位置近傍の prior- β 層厚さ（周方向平均）の関係を図 1 に示す。先行研究の結果^[1,2]と同様、水素吸収材（破断位置水素吸収量 800～2000 ppm）の最大曲げ応力は prior- β 層厚さに依存する傾向が見られた。また、水素吸収材の最大曲げ応力は、受取材の膨れ破裂部及び膨れ破裂無し受取材の値よりも低くなる傾向を示した。予め吸収させた水素の影響はこの差に現れていると考えられる。更に本研究で得られた水素吸収材と先行研究で得られた二次水素化部（水素吸収量 1000～3000 ppm）の最大曲げ応力は同等であったことから、LOCA 事象を経験した被覆管の最大曲げ応力は、通常運転時から LOCA 事象を通して吸収された全水素吸収量で整理できることが示唆された。

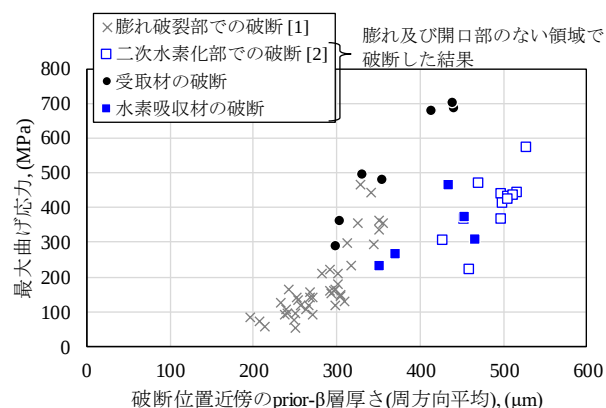


図 1 最大曲げ応力と prior- β 層厚さの関係

参考文献

- [1] T. Yumura and M. Amaya, Ann. Nucl. Energy, 120, 798-804 (2018)
- [2] Y. Okada and M. Amaya, Ann. Nucl. Energy, 136, doi: 107028 (2020)

*Yuji Okada¹ and Masaki Amaya¹

¹Japan Atomic Energy Agency (JAEA)