

二次水素化が冷却材喪失事故（LOCA）後の被覆管曲げ強度に及ぼす影響

Effect of secondary hydriding on the bending strength of post-LOCA cladding tube

*岡田 裕史¹, 天谷 政樹¹

¹ 日本原子力研究開発機構（原子力機構）

LOCA 時に起こる二次水素化が 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、二次水素化部の最大曲げ応力は prior- β 相厚さに依存する傾向が見られ、膨れ破裂部の半分程度と評価された。

キーワード：被覆管，ジルカロイ-4，LOCA 後耐震，曲げ強度，二次水素化

1. 緒言

福島第一原子力発電所事故以降、LOCA 後長期冷却期間中の炉心冷却性を維持する観点で、地震時の燃料の耐破損性を把握することが必要かつ重要となっており、この把握のために LOCA 模擬試験後の被覆管を対象とした 4 点曲げ試験が実施されている。LOCA 時、燃料は高温の水蒸気環境下に置かれるため、被覆管に膨れ破裂、酸化及び二次水素化が起こり得る。先行研究では、LOCA 時の酸化及び膨れ率が LOCA 後被覆管の曲げ強度に及ぼす影響について調べられてきた^[1,2]。本研究では、先行研究で十分に明らかとなっていない LOCA 時の二次水素化が LOCA 後被覆管の曲げ強度に及ぼす影響について評価することを目的とした。

2. 実験

長さ約 200 mm の PWR 用ジルカロイ-4 被覆管に幅約 2 mm、長さ約 10 mm の開口部をフライス盤加工により設けた。これは、LOCA 模擬試験時、膨れを伴わずに被覆管に二次水素化部を形成させるためであり、開口部の数、位置及び中子（アルミナペレット）の有無を変えることで二次水素化部の形成位置及び水素吸収量を変化させた。この試験燃料棒について、先行研究^[2]と同様に、LOCA 模擬試験（等温酸化温度：1200℃、急冷開始温度：700℃）及び LOCA 模擬試験後 4 点曲げ試験（変位速度：1 mm/min、支持点間距離：130 mm、荷重点間距離：72 mm）を実施した。試験後、破断位置近傍の水素分析及び金相観察により、水素吸収量の測定及び prior- β 相厚さの計測を実施した。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 相厚さ（周方向平均）の関係を図 1 に示す。膨れ破裂部で酸化により破断した結果^[2]と同様、二次水素化部（水素吸収量:1000～3000 ppm）の最大曲げ応力は prior- β 相厚さに依存する傾向が見られた。また、二次水素化部の最大曲げ応力は膨れ破裂部の半分程度と評価された。この応力の低下は水素吸収に伴う脆化が原因と考えられる。先行研究において、膨れ破裂部で破断しやすい傾向が見られたのは、二次水素化による強度低下の影響に比べ、膨れ破裂部での酸化に伴う prior- β 相の厚さ減少による強度低下の影響が大きかった可能性が考えられる。

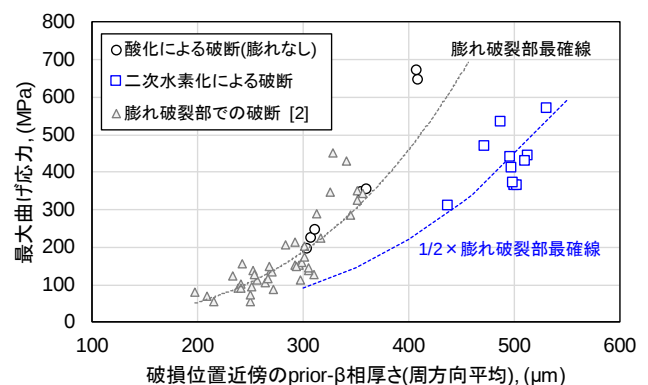


図 1 最大曲げ応力と prior- β 相厚さの関係

参考文献

- [1] M. Yamato et al., J. of Nucl. Sci. Technol., 51: 9, 1125-1132 (2014)
- [2] T. Yumura and M. Amaya, Ann. Nucl. Energy, 120, 798-804 (2018)

*Yuji Okada¹ and Masaki Amaya¹

¹Japan Atomic Energy Agency (JAEA)