

材料部会セッション「福島事故後の原子炉圧力容器の健全性評価技術の方向性」

(2) マスターカーブによる破壊靱性評価

(2) Fracture Toughness Evaluation by the Master Curve Method

山本 真人¹¹電力中央研究所

1. 緒言

照射脆化した圧力容器鋼の破壊靱性評価は原子炉圧力容器の健全性維持のために重要である。現行の日本電気協会技術規程(JEAC4206-2007)では、シャルピー衝撃試験等により求めた関連温度等に基づき破壊靱性を定めている。一方、マスターカーブ法によれば、破壊靱性を限られた試験片数から適切に求めることができ、JEAC4216-2011 にその試験法が規定されている。長期運転に向けた特別点検では、監視試験による健全性の確認が重要視され、現行の規程より多頻度の試験が要求される。監視試験片は物量が限られており、新たな要求に応えるために、更なる効率的な試験片の利用、すなわちシャルピー試験片の再生、小型のシャルピーまたは破壊靱性試験片の使用、あるいは少数の試験片で高精度に評価できる手法が期待される。ここでは、超小型の C(T)試験片によるマスターカーブ法破壊靱性評価技術の動向について述べる。

2. マスターカーブ法による破壊靱性評価技術の動向

マスターカーブ法は、試験片全体の強度がき裂前縁近傍の高応力領域のうち最も弱い部分の破壊強度に支配される、とする最弱リンクモデルに基づいており、破壊靱性のばらつきや下限界を統計的に推定できる。また破壊靱性の試験片寸法依存性も同モデルに基づく換算が可能であり、小型の試験片で評価された破壊靱性を、より大きな寸法の試験片の破壊靱性に変換することができる。理論的には小型かつ少数の試験片で高精度な破壊靱性予測が可能である。同手法は ASTM International の破壊靱性評価試験規格として規格化され、米国機械学会が破壊靱性を評価するための手法の一つとして、国際原子力機関がガイドラインとして採用した。我が国では日本電気協会が、民間規格の JEAC4216-2011 に試験及び評価法を規定した。

電中研は平面寸法が 10×9.6mm、厚さが 4mm という、試験後の標準シャルピー試験片から採取可能な超小型の C(T)試験片を用いる破壊靱性試験技術を開発し、同試験片を用いて評価した参照温度 T_0 (マスターカーブ法において延性-脆性遷移温度域の破壊靱性を代表するパラメータ) が標準的な 1 インチ C(T)試験片と同等であることを確認した。さらに国内外の多くの研究機関の参画するラウンドロビン試験で、個々の試験者の技量や試験機の差に寄らず超小型の C(T)試験片によって、整合性のある評価が可能であることが確認された。JAEA により、超小型の C(T)試験片による評価を照射材に対して適用した結果が示され、実機評価への適用が期待されている。これに先立つ規格整備も進められており、電気協会においては次期改定の JEAC4216-201X において、超小型の C(T)試験片による破壊靱性評価法が規格化される見込みである。

3. 結言

マスターカーブ法による破壊靱性評価は国内外で研究および規格の整備が進み、実用段階に入ってきた。現行の監視試験法と共存可能な超小型の C(T)試験片によるマスターカーブ法破壊靱性評価も個々の研究の積み上げによってその信頼を獲得しつつあり、実機適用に向けた規格の制定が進んでいる。原子炉の長期運転に備え、圧力容器の健全性を高精度に評価できる手法として期待が高まっている。

Masato Yamamoto¹¹Central Research Institute of Electric Power Industry