



原子力発電

超小型試験片による延性破壊の強度評価手法を提案

● 監視試験片の消費数量を抑えつつ原子炉压力容器材料の破壊靱性を合理的に評価

シャルピー衝撃試験

切り欠きの入った角柱状の試験片に対して高速で衝撃を与えることで試験片を破壊し、破壊するために要したエネルギーを測定する試験。

上部棚温度域

原子炉压力容器鋼をはじめとするフェライト鋼において、高温側で延性破壊が支配的となり、破壊靱性がほぼ一定となる温度域。

C(T)試験片

コンパクトテンション試験片。標準的な破壊靱性試験片。

破壊靱性試験

亀裂の入った試験片を引張または曲げ試験によって破壊させ、そのときの破壊荷重と亀裂寸法より破壊靱性を実測するための試験。

背景

原子炉压力容器鋼はプラント運転中の中性子の照射により材質が変化(脆化)します。压力容器の健全性を確認するために、容器内に収納された容器鋼と同一の鋼材(監視試験片)を用いた監視試験を定期的実施することが日本電気協会技術規程に定められています。監視試験には通常シャルピー衝撃試験が用いられますが、試験片の数量にも限りがあることから、当所では1本のシャルピー試験片から8個の超小型試験片を加工し、これを用いて破壊靱性値を測定する技術の開発を進めてきました。これまでに材料の破壊挙動が脆性破壊から延性破壊に遷移する温度域における破壊靱性値の測定技術を開発して規格^{注1)}への反映を行いました。さらに上部棚温度域での破壊靱性値の測定技術の確立も望まれています。

注1) 日本電気協会電気技術規程原子力編「原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法」JEAC4206-2007および「原子炉压力容器に対する供用期間中の破壊靱性の確認方法」JEAC4206-2016

成果の概要

◇ 試験片寸法によらず上部棚温度域の破壊靱性を推定できる評価式を考案

寸法の異なるC(T)試験片に対して破壊靱性試験を実施して、上部棚温度域における破壊靱性値の試験片寸法依存性を把握しました。その結果を基に、試験片の寸法依存性を補正し上部棚温度域の破壊靱性を推定できる評価式を考案しました。この手法により超小型のC(T)試験片を用いても、標準的な大きさの試験片と同等の破壊靱性を実測でき(図1)、従来より少ない量の鋼材で上部棚温度域の構造健全性を評価することが可能になりました(表1)。

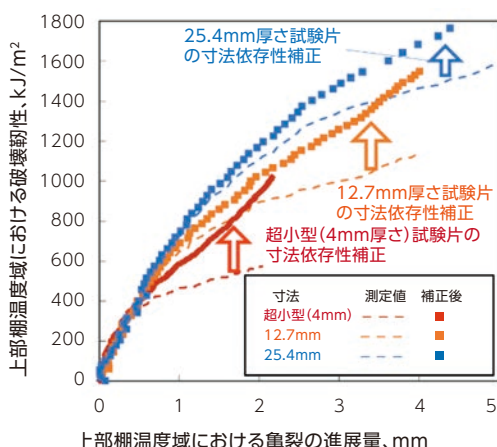


図1 当所考案評価式により補正した破壊靱性

試験片寸法の依存性がある上部棚温度域の破壊靱性の実測値に対して考案評価式を適用することで、板厚4mmの超小型C(T)試験片の結果から、板厚12.7mmや板厚25.4mmといった標準的な大きさの試験片と同等の破壊靱性の評価が可能となります。

表1 上部棚温度域の構造健全性評価における試験方法の違い

	シャルピー衝撃試験	超小型C(T)試験片を用いた破壊靱性試験
評価に必要な試験片数	3個	3個
試験片寸法	10×10×55mm	4×10×9.6mm (シャルピー衝撃試験の体積比1/8以下)
特徴	保守的基準を用いて破壊靱性を間接的に評価	破壊靱性を直接評価することで合理的な評価が可能



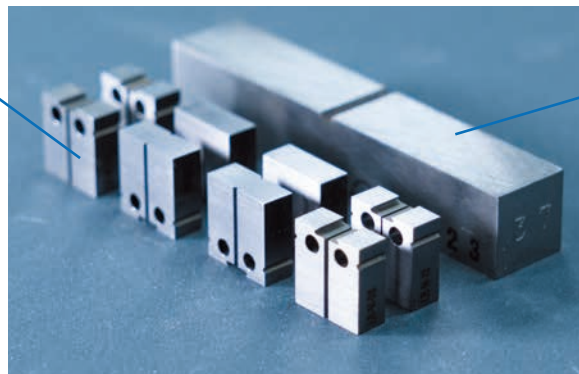
信耕 友樹(しんこう ともき)
軽水炉保全特別研究チーム
容器・炉内構造物健全性ユニット

山本 真人(やまもと まさと)
軽水炉保全特別研究チーム
容器・炉内構造物健全性ユニット

破壊靱性試験設備 亀裂を有する試験片の破壊靱性を評価する試験設備

超小型C(T)
試験片
4×10×9.6mm

シャルピー
衝撃試験片
10×10×55mm



シャルピー衝撃試験片と超小型C(T)試験片の比較
一本のシャルピー衝撃試験片から最大8個の超小型のC(T)試験片が採取可能です。

成果の活用先・事例

将来想定される日本電気協会電気技術規程原子力編「原子炉構造物の監視試験方法」JEAC4201改定に、超小型のC(T)試験片の使用を前提とした上部棚温度域の監視試験方法が盛り込まれれば、貴重な監視試験片の有効利用と健全性評価の合理化が同時に進み、運転期間延長時の健全性評価に貢献できます。

参考 信耕ほか、電力中央研究所 研究報告 Q20006 (2020)
信耕ほか、電力中央研究所 研究報告 Q19002 (2019)