

原子炉压力容器に対する確率論的破壊力学の適用性向上

(3) 確率論的破壊力学解析コード PASCAL の検証のためのベンチマーク解析

Practicality advancement of probabilistic fracture mechanics for reactor pressure vessels

(3) Benchmark analysis for verification of probabilistic fracture mechanics analysis code PASCAL

*眞崎 浩一¹, 宇野 隼平², 勝山 仁哉¹, 李 銀生¹

¹原子力機構, ²みずほ情報総研

原子炉压力容器 (RPV) に対する確率論的破壊力学 (PFM) 解析コード PASCAL に新たに導入した機能やその検証の例を概説するとともに、米国 PFM 解析コード FAVOR とのベンチマーク解析により、PASCAL の信頼性を検証した結果について発表する。

キーワード： 確率論的破壊力学, PASCAL, FAVOR, ベンチマーク解析, コードの検証

1. 緒言 国内において確率論的破壊力学 (PFM) の適用性向上を図るためには、破損頻度の算出に用いられる PFM 解析コードの検証が不可欠である。著者らは、原子力機構が整備を進めている原子炉压力容器 (RPV) に対する PFM 解析コード PASCAL に対する検証の一環として、PASCAL に導入した機能の検証を行うとともに、米国の PFM 解析コード FAVOR とのベンチマーク解析を実施した。

2. PASCAL の機能整備 PASCAL の適用性向上を目的として、条件付亀裂進展確率 (CPI) 及び条件付亀裂貫通確率 (CPF) に関する低損傷確率評価機能、認識論的不確実さを考慮した信頼度評価機能等を PASCAL に導入した。例えば、信頼度評価機能の整備では、これまで不確実さの分類を考慮せずにモンテカルロ法により CPI 及び CPF を算出していたのに対し、二重ループ化する改良を行った。具体的には、内側のループで偶然的不確実さのみを考慮して求めた CPI と CPF を、外側のループで認識論的不確実さに基づき統計処理することにより、前報で示したとおり破損頻度の信頼度を評価できるようにした。また、整備した全ての機能について検証を実施し、適切に動作していることを確認した。

3. ベンチマーク解析 PASCAL の信頼性向上を図るため、FAVOR との比較計算を実施した。PASCAL と FAVOR の機能の相違を確認した上で、単一亀裂に対する CPI 及び CPF の比較、RPV 炉心領域に対する亀裂進展頻度 (FCI) 及び亀裂貫通頻度 (TWCF) の比較等を実施した。PASCAL と FAVOR とでは開発機能が異なるため、個々の機能には違いがあるが、本比較計算を通じて、RPV 寸法や化学成分、応力拡大係数等の条件を合わせた場合にはほぼ同等の結果が得られることを確認した (図 1)。

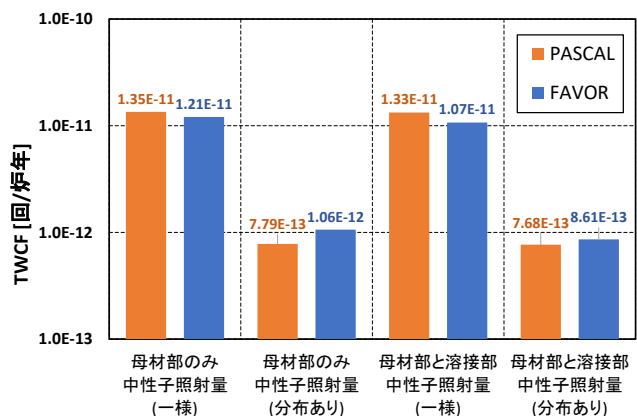


図 1. PASCAL と FAVOR の TWCF 比較

4. 結論 PASCAL に整備した個々の機能検証、及び PASCAL と FAVOR のベンチマーク解析を通じて、PASCAL の信頼性を検証し、実用性の向上を図った。

5. 謝辞 本報告は、原子力規制庁からの受託事業「平成 28 年度高経年化技術評価高度化事業 (原子炉一次系機器の健全性評価手法の高度化)」で得られた成果である。関係各位に謝意を表する。

*Koichi Masaki¹, Shumpei Uno², Jinya Katsuyama¹ and Yinsheng Li¹

¹ Japan Atomic Energy agency, ² Mizuho Information & Research Institute, Inc.