

設計基準外事象に対する原子炉構造物の破損現象に関する実験的研究

Experimental study on failure phenomena of nuclear structures

under beyond design basis events

*笠原 直人 東京大学

設計基準外事象に対する、原子炉構造物の破損モードと破壊メカニズムを解明するため、原子炉容器のシビアアクシデント条件を模擬した構造物破壊実験を実施した。

キーワード： 原子炉構造、設計基準外事象、破損モード、破壊実験

- 1. 序論** 設計基準外事象に対するリスク評価と対策を効果的に行うには、事故時の破損箇所や破損モードを精度良く予測する必要がある。そのために、シビアアクシデント時の超高温高压条件といった極限状態における構造物の破損現象を明らかにするための構造物破損試験を実施している。試験実施上の工夫として、実機材料と力学的挙動が相似で、100℃以下でクリープ変形して強度が10分の1以下である鉛合金を使用することで、安全性を確保しコストを抑えている¹⁾。
- 2. 原子炉容器模擬破壊試験** 高速炉は低压条件のため、荷重制御型応力が低く延性破壊などの破局的破壊は生じ難い。シビアアクシデント時には自重により溶接線に沿って全周き裂が発生し大規模破断に至る可能性が指摘される場合があるが、力学的には考えにくい。これを確かめるため、図1に示すような原子炉容器壁を模擬した円筒モデル試験体を2体作成し、一方には溶接欠陥を模擬した深さと長さの異なる4つのスリットを施した(図2)。両試験体に、炉心等の自重を模擬した重錘1tによる引張荷重9MPaを加え鉛合金がクリープする80℃で保持し、破損現象の違いを調べた。
- 3. 破壊試験結果と考察** 平滑円筒モデルは約165分後に破局的破断が生じ、スリット円筒モデルは約32分後に最も深く長いスリット位置からき裂が貫通した(図3)。その他の小さなスリットからの進展はわずかなものであったことから、き裂成長と合体により全周破断に至る可能性は極めて低いことが確認できた。これに比較すると平滑モデルの破損モードが危険であることが分かる。破損に至る時間は平滑モデルが長いが、対数軸で評価されるクリープ強度は、その差はわずかである。これは、破損防止のための設計努力と、設計想定外事象に対する影響緩和策が相反する例であり、両者のバランスに留意する必要がある。次世代炉に対しては、容器の非対称性が局部からの段階的な破損を生じさせることに着目して、破壊制御による事故時の影響緩和策を導入することを提案する。

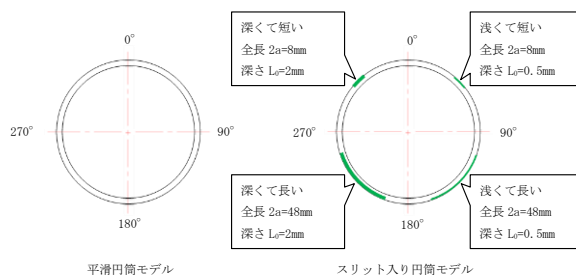
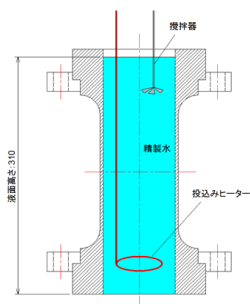


図1 円筒モデル試験体

図2 平滑円筒モデルとスリット入りモデルの断面形状

図3 スリット入りモデル試験結果

4. 謝辞

本試験は文部科学省原子力システム研究開発事業「破壊制御技術導入による大規模バウンダリ破壊防止策に関する研究」の一部として三菱重工長崎研究所にて実施しました。ここに謝意を表します。

参考文献 1) Naoto KASAHARA and Takuya SATO, Difference of strength evaluation approach between for DBE and for BDBE, ASME, PVP2017-65478 (2017)

* Naoto Kasahara¹ ¹Tokyo Univ.