

外部事象を考慮した 原子力施設の健全性評価手法の高度化

材料・構造安全研究ディビジョン
構造健全性評価研究グループ

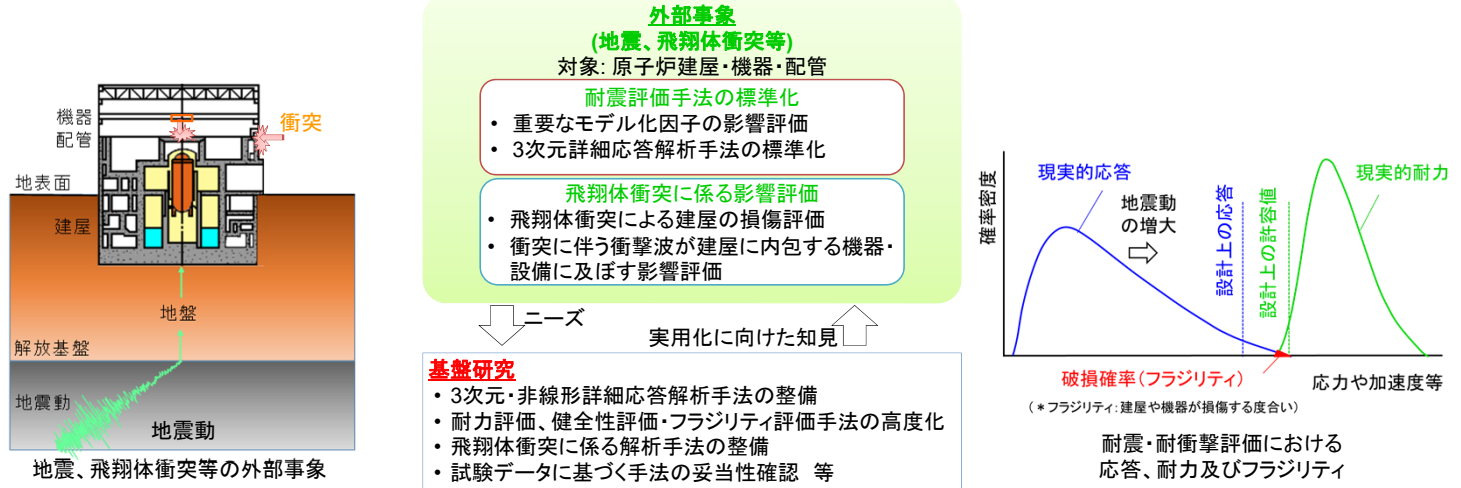
研究背景

- 新規基準では、地震等の外部事象評価の厳格化が求められているとともに、飛翔体衝突（竜巻飛来物、航空機等）に係る規制が新設されている。
- リスク評価を含めた安全性向上評価に関する運用ガイドや実用発電用原子炉に係る航空機衝突影響評価に関する審査ガイド等が施行され、原子力関連機関や産業界において、これらのガイドに対応するための研究が急遽進展中。

研究内容

- 地震時原子炉建屋及び機器・配管の健全性評価研究
- 飛翔体衝突に係る原子炉建屋及び機器の健全性評価研究

外部事象を考慮した原子力施設の健全性評価手法の高度化に係る研究の全体像

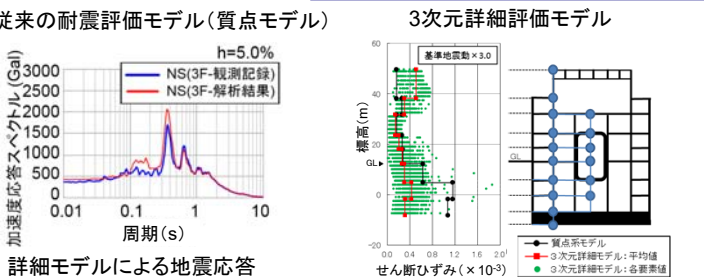
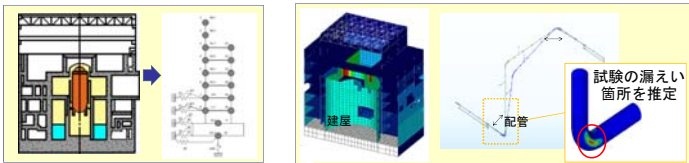


地震時原子炉建屋及び機器・配管の健全性評価研究

【ねらい】安全上重要な建屋・配管を対象に、地震を起因とした確率論的リスク評価（地震PRA）に資するフラジリティ評価手法を整備する。

【アプローチ】3次元詳細モデルを用いた建屋地震応答解析手法の標準化を図るとともに、建屋や機器・配管のフラジリティ評価手法を高度化する。

- 地震動による現実的応答に係る3次元詳細解析手法の整備
 - 地震応答解析のための3次元・非線形詳細モデルの整備
 - 3次元詳細評価モデルの標準化
- 現実的耐力評価・損傷確率評価等を通じた健全性評価手法・フラジリティ評価手法の整備
- 試験データの拡充及び試験データによる評価手法の妥当性確認



✓3次元詳細モデルを用いた原子炉建屋の地震応答解析手法の標準化について、重要な影響因子についてその影響度を確認するとともに、標準的解析要領の骨子案を整備。

✓入力地震動レベルに対する建屋損傷の状態推移を把握するため、建屋3次元詳細モデルの荷重漸増解析を実施し、局所損傷モードの同定に必要なデータを取得。また、認識論的不確実さの低減を目的としてモデル化手法の違いに起因する応答結果を分析し、壁の最大せん断ひずみの差異を定量評価。さらに、複数回の地震を受ける配管を対象に、地震時亀裂進展評価手法及びフラジリティ評価手法を整備。

✓試験データについては、機構内施設の地震観測記録等を活用した3次元詳細モデルの妥当性確認に向けた準備に着手。

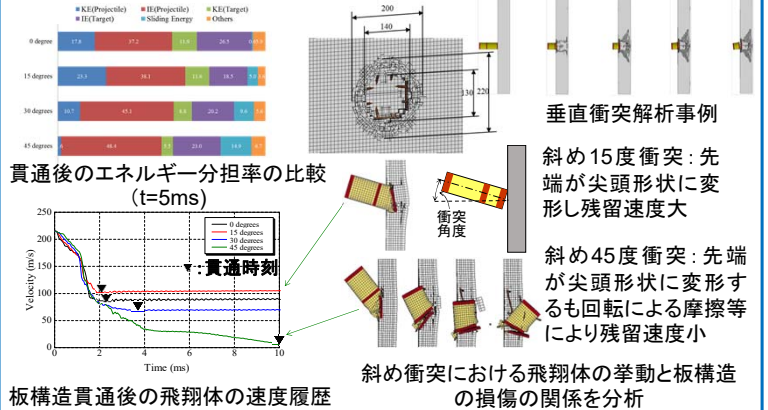
※本報告は、原子力規制委員会原子力規制庁からの受託として、原子力機構が実施した平成29年度原子力施設等防災対策等委託費(高経年化を考慮した建屋・機器・構造物の耐震安全評価手法の高度化)の成果の一部を含みます。

飛翔体衝突に係る原子炉建屋及び機器の健全性評価研究

【ねらい】飛翔体衝突等に伴う原子力施設の構造健全性を評価するため、解析的考察により、これまであまり検討が行われてこなかった柔飛翔体の衝突角度等による影響評価について検討する。

【アプローチ】解析的手法に基づき、衝突速度や衝突角度による被衝突体への影響評価を通じて、衝突による原子力施設の局所損傷評価等に資する評価手法の整備を行う。

- 建屋を対象とした飛翔体衝突による損傷評価手法・衝撃波伝播等の応答解析手法の整備
- 建屋内包機器設備を対象とした衝撃波による応答や耐力に係る評価手法、健全性評価手法の整備



✓柔飛翔体を対象とし、原子力施設の外壁を想定した板構造に対し、衝突試験結果に基づいて整備した応答解析手法を用いて、貫通現象に着目した衝突速度や衝突角度の影響評価を実施。

✓板構造のエネルギー履歴・分担率等を分析し、柔飛翔体の斜め衝突による貫通現象では、垂直衝突(0度)と比較して板構造の損傷が20%以上低減していることを確認。

✓施設内への影響評価に重要な板構造貫通後の飛翔体残留速度は、衝突角度が増すほど低減することを確認。一方、衝突時における柔飛翔体先端部の尖頭形状への変形の影響等により、垂直衝突よりも残留速度が大きくなる場合もある。

✓建屋内包機器設備を対象とした評価手法については、既往実験結果との比較解析を実施中。

成果と その活用

- 建屋・配管を対象とした地震応答解析手法・フラジリティ評価手法等の本研究の成果は合理的な耐震安全性評価やリスク評価に係る技術知見として活用可能。配管の非線形形地震応答解析手法に係る知見を日本機械学会に提供。
- 貫通現象における衝突角度や衝突速度の影響を確認した成果は、合理的な耐衝撃評価手法として、原子力施設の適切な耐衝撃性評価に活用可能。