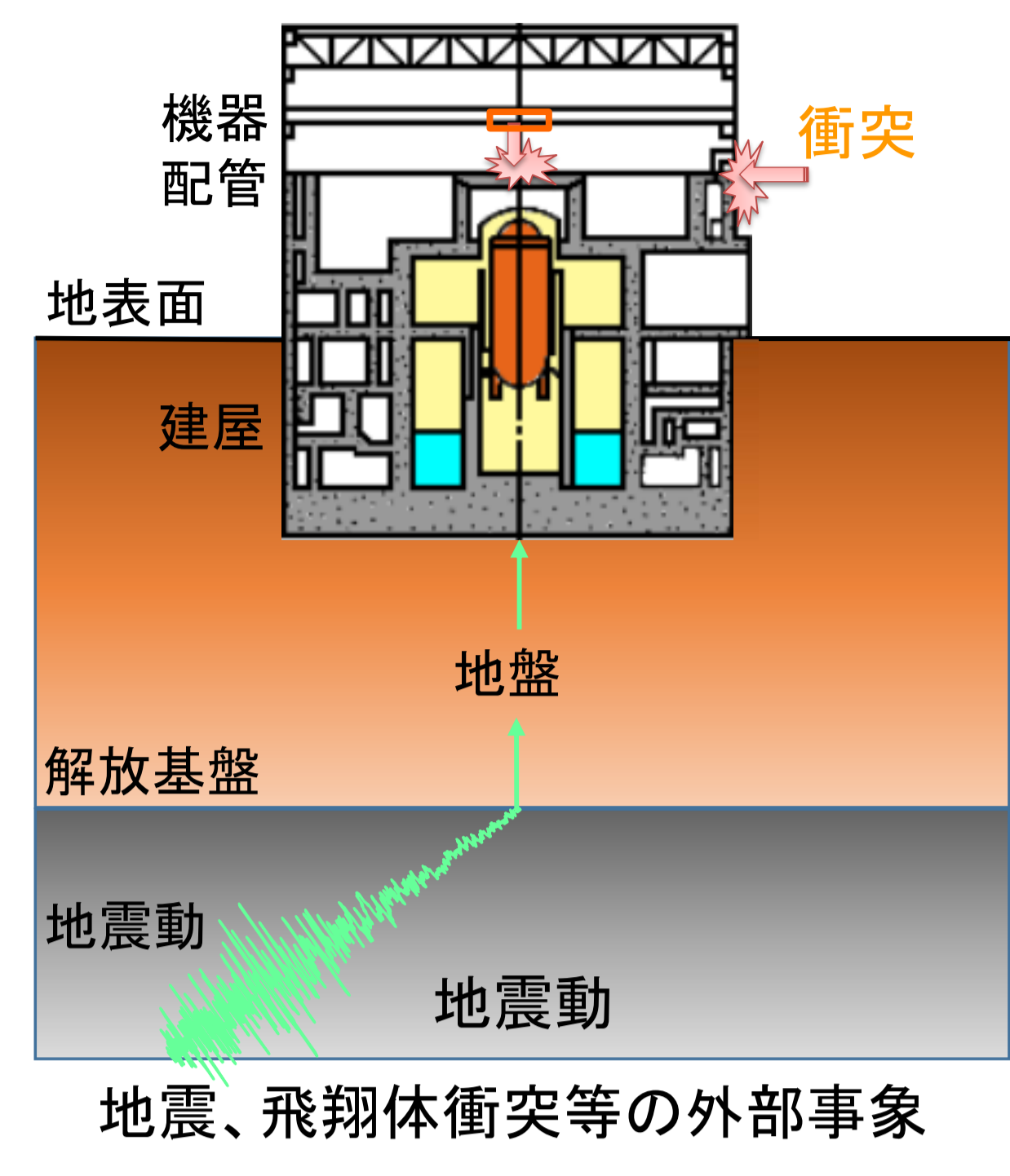


研究の全体概要



外部事象 (地震、飛翔体衝突等)
対象: 原子炉建屋・機器・配管

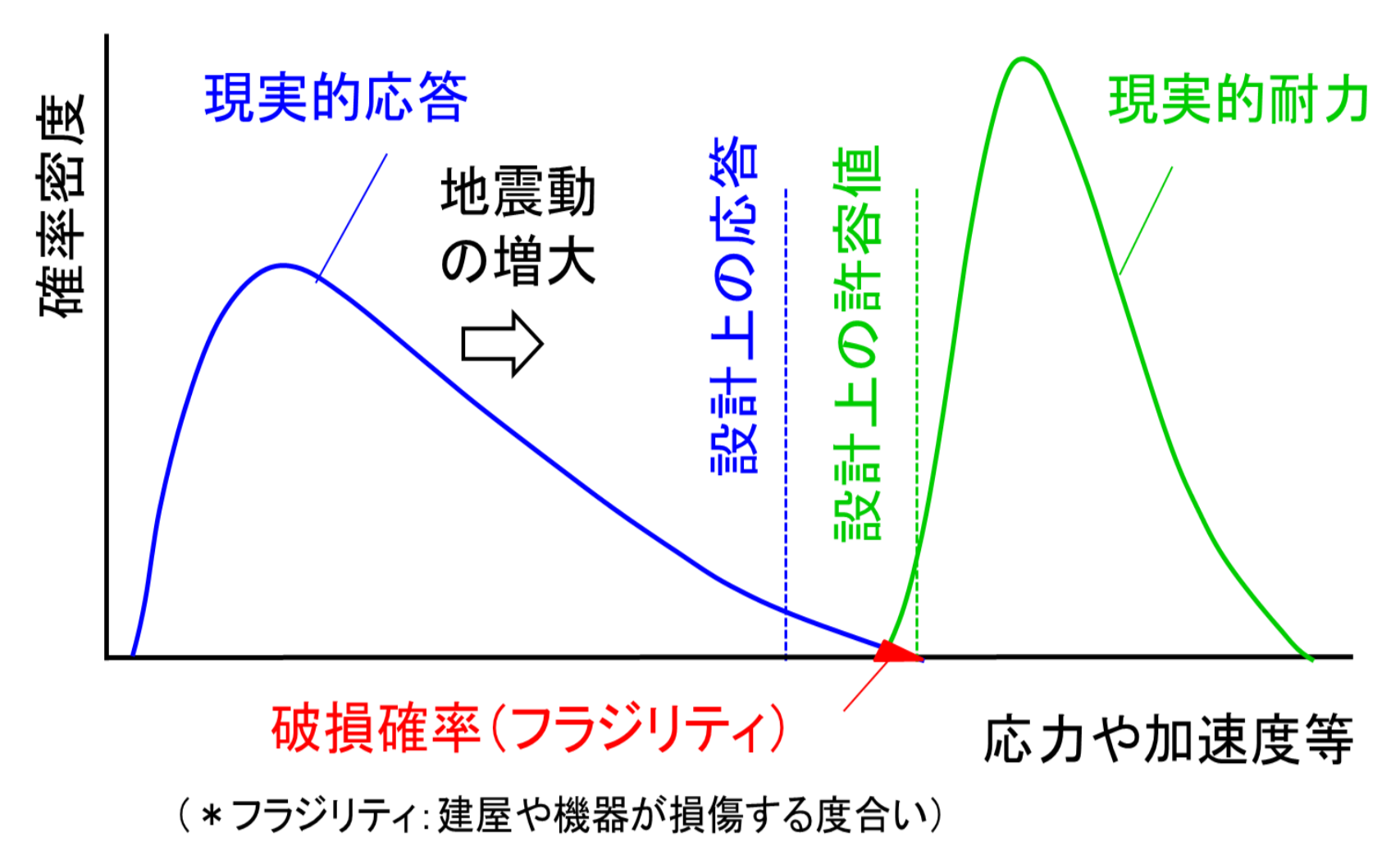
耐震評価手法の標準化

- 重要なモデル化因子の影響評価
- 3次元詳細応答解析手法の標準化

飛翔体衝突に係る影響評価

- 飛翔体衝突による建屋の損傷評価
- 衝突に伴う応力波が建屋に内包する機器・設備に及ぼす影響評価

ニーズ → 実用化に向けた知見



基礎研究

- 3次元・非線形詳細応答解析手法の整備
- 耐力、健全性・フラジリティ評価手法の高度化
- 飛翔体衝突に係る解析手法の整備
- 観測・試験データに基づく評価手法の妥当性確認等

耐震・耐衝撃評価におけるフラジリティ評価の概要

原子力施設の健全性評価手法の高度化

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ている。
- 原子力関連機関や産業界において、これらに対応するための研究が急速に進展中。

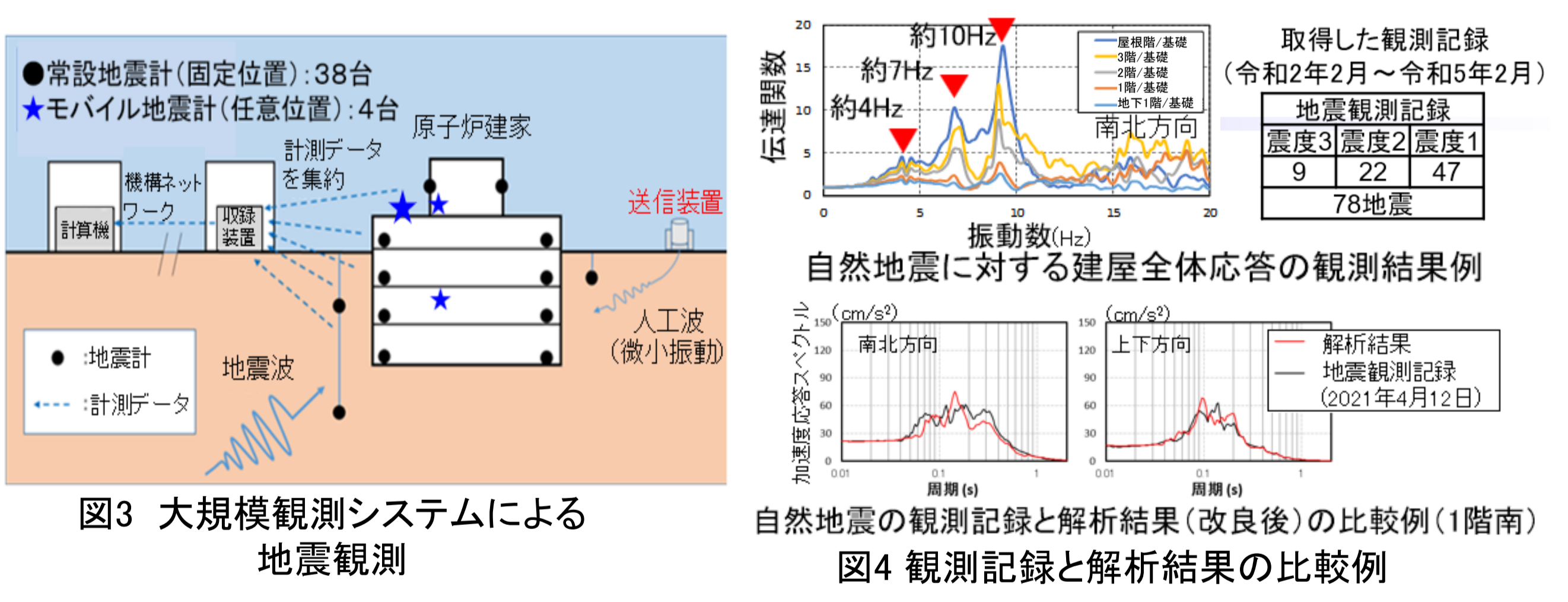
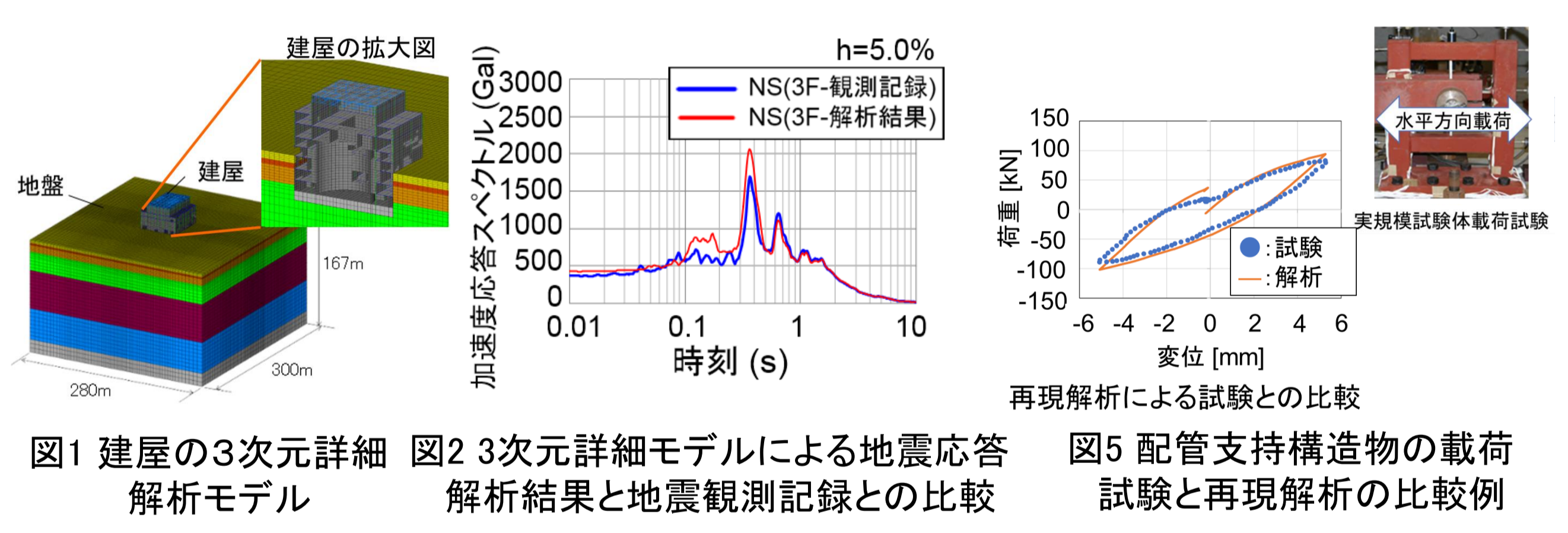
研究内容

- 原子炉建屋及び機器・配管の耐震安全性評価研究
- 飛翔体衝突に係る原子力建屋及び内包機器への影響評価研究

原子炉建屋及び機器・配管の耐震安全性評価研究

【ねらい】安全上重要な建屋・配管等を対象に、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次元詳細解析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の高度化を進める。



- ✓建屋3次元詳細解析モデル(図1)を用いた地震応答解析手法を整備し、地震時のゆれに対して影響が大きい重要因子について、数値解析や地震観測記録と比較等を実施(図2)。得られたモデル化手法や解析手法に関する知見とその技術的根拠をとりまとめ、**フラジリティ評価に資する原子炉建屋の3次元詳細解析モデルを用いた地震応答解析手法に関する標準的解析要領を策定し、公開(2022.3)**。
- ✓原子力規制庁との共同研究の一環として、機構施設である高温工学試験研究炉(HTR)を活用し、自然地震に加えて人工波に対する多点同時観測が可能な**大規模観測システムを整備(図3)**し、自然地震及び人工波の観測記録の取得を継続。得られた観測記録に基づき建屋全体及び局所の振動特性の分析結果をもとに解析モデルを精緻化。**建屋3次元地震応答解析手法の妥当性確認を実施中(図4)**。
- ✓配管支持構造物含む配管系の現実的応答に資する解析手法の高度化のため、**配管支持構造物の3次元弾塑性詳細解析モデルを用いた再現解析を実施し、解析手法の妥当性を確認(図5)**。

※本成果の一部は、原子力規制庁からの受託事業「原子力施設等防災対策等委託費(高齢年を考慮した建屋・機器・構造物の耐震安全性評価手法の高度化)事業」及び原子力規制庁との共同研究「原子力施設耐震評価用モデルの妥当性確認に関する研究」の成果である。

飛翔体衝突に係る原子力建屋及び内包機器への影響評価研究

【ねらい】飛翔体衝突に伴う原子力施設への影響評価に資する解析手法の高度化を図る。

【アプローチ】飛翔体衝突による建屋の局部損傷及び建屋内包機器への影響評価に係る試験データを取得するとともに、建屋の局部損傷及び建屋内包機器への影響評価に係る解析手法の整備を行う。

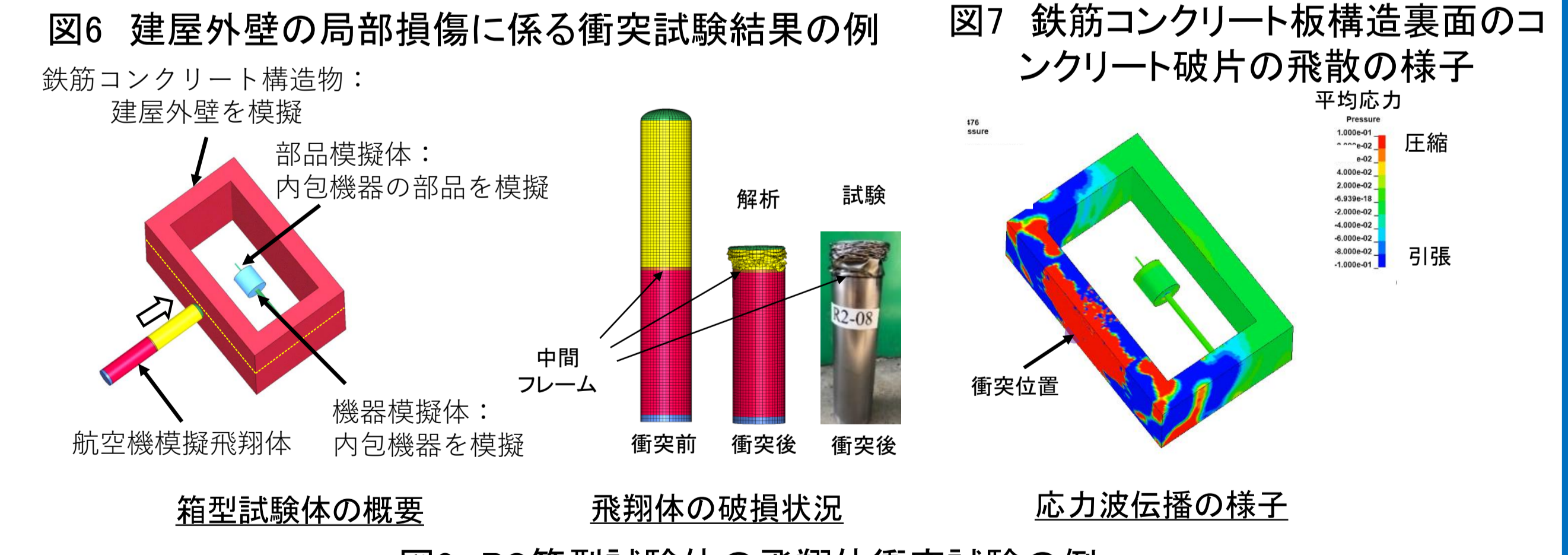
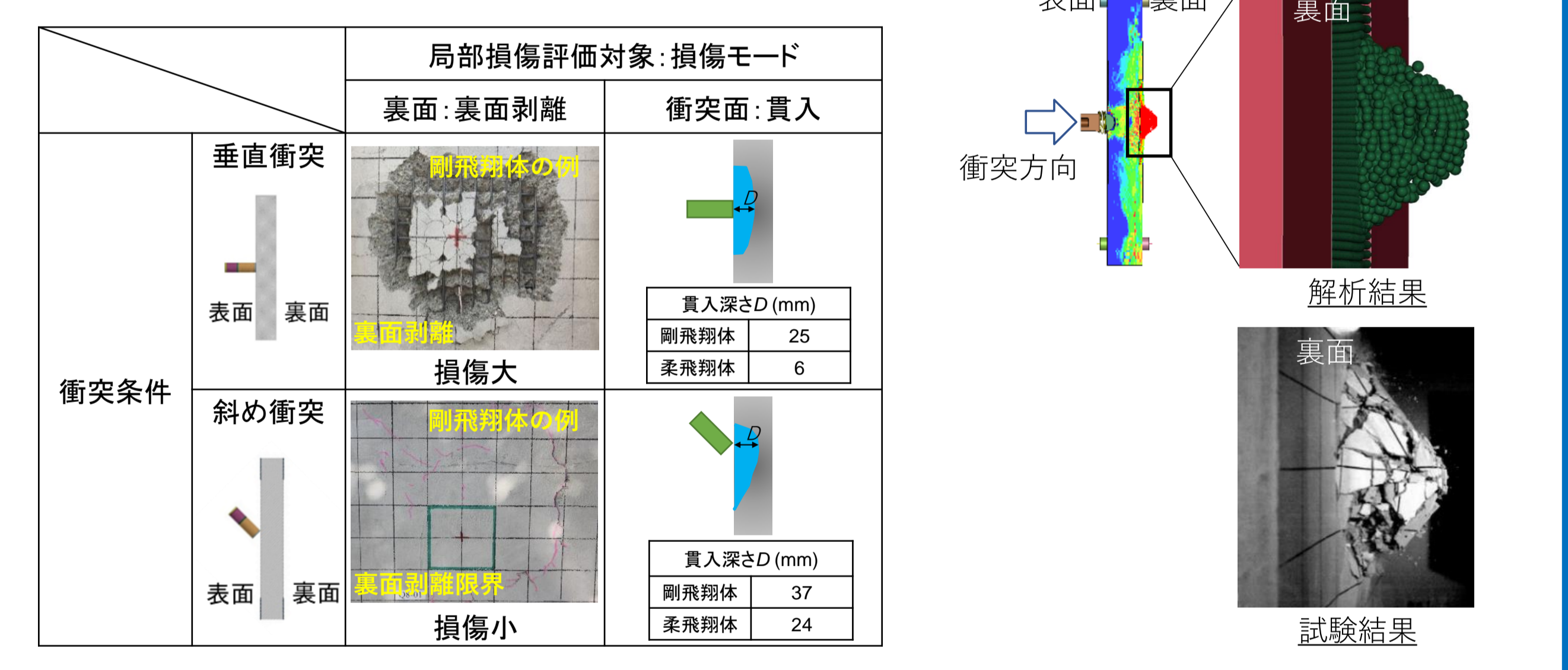


図8 RC箱型試験体の飛翔体衝突試験の例

- ✓建屋外壁の局部損傷については、飛翔体の柔性(剛飛翔体及び柔飛翔体)、衝突角度(垂直及び斜め衝突)及び先端形状(平坦型及び半球型)を考慮した飛翔体衝突試験を実施し、**建屋外壁を模擬した鉄筋コンクリート(RC)板構造の損傷状況に係る試験データを取得した(図6)**。得られた結果を用いて、RC板構造の衝突試験の再現解析を実施し、**局部損傷評価解析手法の妥当性を確認した**。
- ✓RC板構造裏面のコンクリート破片の飛散に着目し、粒子法を適用することで、建屋内包機器の損傷にとって重要となる**コンクリート破片の飛散方向や飛散速度等の試験結果の再現に成功した(図7)**。
- ✓建屋内包機器への影響評価に関わり、**建屋外壁、建屋内包機器及び衝突による影響を受けやすい部品を模擬したRC箱型試験体の飛翔体衝突試験を実施し、飛翔体衝突時の建屋外壁破損限界、建屋における応力波伝播や建屋内包機器への影響等に係る試験データを取得した**。また、建屋内包機器における応答を含めた**衝突応答解析手法を整備し、試験結果との比較により手法の妥当性確認を進めた(図8)**。

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。
- 建屋の局部損傷評価及び内包機器への影響評価に係る試験データや解析手法は、飛翔体衝突による原子力施設への影響評価に資する技術的知見として活用可能。