

重点(プロジェクト)課題 - リスクの最適マネジメントの確立

自然外部事象に対する原子力施設のフラジリティ評価

背景・目的

2011年東北地方太平洋沖地震による福島第一原子力発電所の事故以来、原子力発電所の稼働率が著しく低下し、電力の安定供給への支障が指摘されている。原子力発電は、低炭素社会を実現するための有力な発電方式であるとともに、安定供給を支える重要電源である。このためには、安全に対する信頼回復

と将来の不安払拭に向けた継続的な取り組みが不可欠である。本課題では、地震・津波等の自然外部事象に対する原子力発電施設の安全性評価手法を確立することにより、原子力発電所の安全性向上と信頼回復に貢献し、以て電力の安定供給に資する。

主な成果

1 津波漂流物リスクの評価

原子力発電所における津波漂流物リスク評価手法の確立に向けて、津波漂流物の簡易移動判定手法(図1)および新しい漂流物衝突力の推定手法を提案するとともに、津波漂流物挙動解析モデルを用いた漂流物衝突確率

評価手法を開発した。これらの手法を用いることにより、津波漂流物リスクのスクリーニング、および津波漂流物に対する発電所設備・機器のフラジリティ評価における外力推定が可能となる。

2 津波・氾濫流水路の導入

原子力発電所施設・機器の対津波健全性評価試験が実施可能な大型研究設備「津波・氾濫流水路」(図2、3主要な新規研究設備参照)を開発・導入し、実用化のための動作確認試験を実施した。津波・氾濫流水路は、陸上氾濫した巨大津波の特徴である段波状の先端を持

つ長時間継続する速い流れを大規模に再現でき、津波による波圧や漂流物の衝突力、また、津波外力作用時における施設・機器を対象とした応答・破壊変形挙動の評価試験などに適用が可能である。

3 実規模免震破断試験による軽水炉向け免震装置の破断限界の評価*

原子力施設への建屋免震構造の適用性を検討する上で必要となる免震装置の終局特性を実験的に評価した(図3)。試験体には、軽水炉発電の実機プラントを想定して設計した直

径1600mm、支持荷重900トンの積層ゴムを実物大スケールで用いた。実験の結果、実物大の積層ゴムが従来の縮小試験等から予測された破断力学性能を有することを実証できた。

4 鉄筋コンクリート部材崩壊解析プログラムの開発

従来の鉄筋コンクリート構造物の耐震性評価は、一部材の破壊を評価基準としているが、部材が破壊した後の挙動まで追跡できるようになれば、冗長性(全体として求められている機能を維持する性質)を定量化でき、評価の合理化・設計想定を超えた場合に生じる現象の解明に役立てることができる。そこで、鉄筋

コンクリート部材・架構が崩壊に至るまでのシミュレーションを目的とした構造解析プログラムの開発を進めている(図4)。これまでに、コンクリート用平面要素、および幾何非線形性を考慮した梁(鉄筋)要素を組み込み、試験解析によってそれらが単体で機能することを確認した。

* 資源エネルギー庁補助事業「平成25年度発電用原子炉等安全対策高度化技術開発」ならびに電力共通研究「免震システム評価手法開発」の一部であり、公募研究として当所が破断試験を受託した。

[1] T.Hiraki et.al: Development of a evaluation method for seismic isolation systems of nuclear power facilities (Part 9), Proc. on the ASME-PVP,2004.

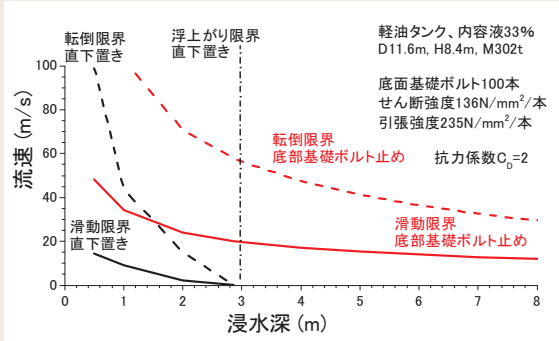


図1 津波による軽油タンクの簡易移動評価

直下置き(黒)、および、底部基礎ボルト止め(赤)された軽油タンクの滑動・転倒・浮き上がり限界と、流速・浸水深の関係を表している。破線は転倒限界を表し、実線は滑動限界を表し、一点鎖線は浮き上がり限界を表す。評価設備周辺の流速および浸水深の値が、滑動・転倒・浮き上がりの限界を表す各曲線よりも左・下の範囲であれば、津波による滑動・転倒・浮き上がりが生じない。

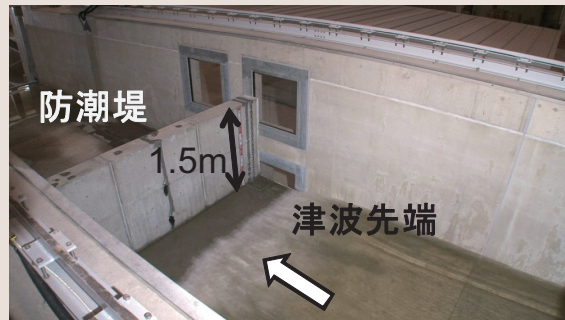


図2 津波・氾濫流水路での試験例

津波・氾濫流水路を用いた試験の一例。高さ1.5mの防潮堤に作用する波圧を調べる試験にて、大量の気泡が混入された津波先端部が防潮堤に衝突する直前の流れ(上図)と、衝突直後に水塊の跳ね上がりが生じた様子(下図)。

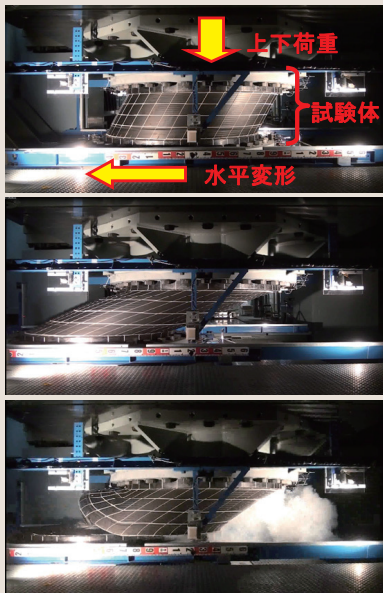
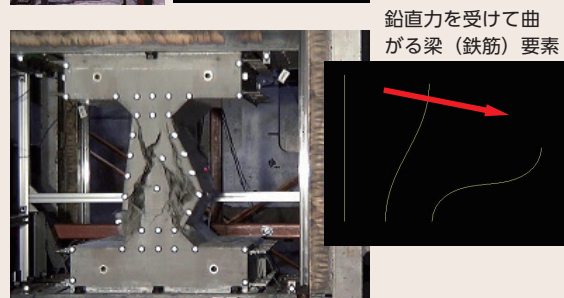
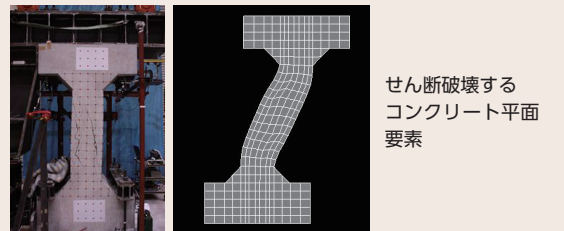


図3 実規模免震装置の破断試験映像^[1]

試験の一例として、定格荷重約900トンの上下荷重を作用させた状態で、水平方向の変形を徐々に大きくして破断に至った試験ケースにおける試験体の変形状況を示す。試設計された免震装置は、設計レベルを大きく超える変形性能を有することが確認された。



シミュレーションの目標 (2012年度実験)

図4 RC構造物崩壊解析プログラムの開発

左下写真のような状態に至るまでのシミュレーションを行うための構成要素の開発を進めている。せん断破壊過程の追跡精度に優れた前川の鉄筋コンクリート平面要素モデル(上)、および幾何非線形を考慮した梁要素(右)を当所の構造解析プログラムMastrdに組み込み、それらの動作確認を行った。