

## 最近の PRA 手法の研究・開発動向

The trend of research and development of the latest PRA methods

## (4) 原子力プラントの地震・溢水複合事象の動的リスク評価

(4) Dynamic Risk Analysis of Combined Event of Earthquake and Flooding in Nuclear Power Plant

\*張 承賢

東京大学

**1. はじめに**

2つ以上の複合事象に対するリスク評価は事象進展が複雑であるため、複数の起因事象による事故シーケンスの定量的評価を既存の PRA 手法で行うことは困難である。例えば、地震と地震起因の内部溢水による影響を同時に考慮する場合、地震と内部溢水のどちらかの影響度が強い場合、事象進展は、影響度が強い事象の影響を受けると考えられる。その一方、両方とも強い影響度を持つ場合、事象進展はどうなるだろうか。地震による影響が支配的になるだろうか。内部溢水による影響が支配的になるだろうか。

本研究では、地震と地震起因内部溢水の複合事象発生時の事故シーケンス定量化できる動的リスク手法を構築することで、複合事象におけるリスク評価についての検討を行った。

**2. 内部溢水による影響評価**

内部溢水事象発生時に安全上重要な設備の機能喪失確率は水位上昇に伴い変化する。そのため、溢水伝播経路を考慮し、時間進展による水位変化を把握することは重要である。本研究では、原子力発電所のタービン建屋を評価の対象とし、内部溢水によって溢水区画内に存在する機器の機能損傷確率及び事象進展による機能損傷確率の変化を評価するために、内部溢水評価モデルを作成した。

内部溢水評価モデルでは、溢水区画における水位の変化を、水の質量の収支を考慮することで評価することができる。また、溢水区画間の溢水伝播経路（区画間の止水板高さ、及び止水板の損傷）を考慮することによって、溢水区画内の複数の領域における水位変化を評価することが可能とある。

内部溢水による機器の故障は、内部溢水により上昇する水位が、各機器の機能喪失水位に達すると、没水によって機器の機能が失われると仮定した。ただし、今回の解析では、被水による機器の機能喪失は考慮していない。

タービン建屋内には、非常用発電機、電気盤、補助給水ポンプなど、様々な機器が存在しており、各機器はそれぞれ異なる内部溢水による機能喪失水位を有するため、内部溢水評価モデルを用いることで、各機器の機能喪失確率の経時的な変化を評価することが可能となる。

またイベントツリーを使い、各ヘッディングにおける分岐確率を評価することで、炉心損傷確率の経時的な変化を評価することも可能となる。

**3. 地震による影響評価**

地震によってタービン建屋に存在する安全上重要な設備の機能喪失確率は、地震脆弱性モデルを用いて評価を行う。

地震脆弱性評価には、各機器に対する現実的な耐力と現実的な応答評価より得られたデータを用いて複数の地震動レベルにおける機器の確率を行った。今回は解析では、地震の影響による機器故障確率の経時的な変化は考慮していない。

**4. 複合事象による影響評価モデル**

2章、3章で評価した内部溢水及び地震による機器故障確率にランダム故障による影響を加え、フォールトツリー手法を用いて、機器故障確率の評価を行った。

またある機器故障確率を持った機器が破損するかどうかの判断は、タイムステップ毎にモンテカルロ

法より生成された乱数と機器故障確率の比較を通して行った。またシナリオの遷移はマルコフ過程である  
と考える。即ち、現在の時刻のプラント状態（各構成要素の状態の組み合わせ）は、ひとつ前の時刻のプ  
ラント状態のみに依存し、それより前の時刻のプラント状態には依存しないと考える。

こういった手順を繰り返すことによって、各機器における機能損傷確率の経時的な変化を評価すること  
が可能になった。更に溢水伝播経路における不確かさ（溢水源の大きさ、止水板における損傷の大きさ）  
を考慮することで、地震及び地震起因内部溢水の複合事象発生時に炉心損傷確率の時刻歴変化を考慮した  
事故シナリオの定量的かつ網羅的評価が可能であった。

また複数の地震動レベルにおける機器故障確率の変化や溢水源もしくは溢水伝播経路の大きさの変化を  
考慮することが可能となるため、地震動による影響の強さ及び内部溢水による影響の強さに応じて事故シ  
ナリオの変化を定量的に評価することも可能となった。

---

\*Sunghyon Jang

.The University of Tokyo