

建屋の非線形応答特性を考慮した機器 fragility 評価の取り扱い

Treatment of the component fragility evaluation considering dynamic non-linear characteristics of building on seismic PRA

*山田 博幸¹, 三浦 弘道¹, 蛭澤 勝三¹, 吉田 智朗¹

¹電力中央研究所

東北地方太平洋沖地震では、原子炉施設において、設計用基準地震動を上回る地震動が観測された。本報では、安全性向上評価における、より現実的かつ合理的な地震 PRA の実施に資するため、建屋の非線形応答特性を考慮した機器 fragility 評価の取り扱いに関して検討した。

キーワード：地震 PRA, fragility 評価, 評価コード

1. はじめに

地震 PRA における機器 fragility 評価では、現在でも 1980 年代に米国で開発された Separation of Variable Method (Zion Method, 日本原子力学会地震 PRA 実施基準[1]では、耐力係数と応答係数による方法)が広く用いられている。一方、建屋 fragility 評価では、近年、詳細な動的非線形応答解析に基づく（現実的耐力と現実的応答による方法（以下、「詳細法」という。））が用いられている。同評価では、基準地震動レベルを越える大きな地震動領域（建屋スケルトン曲線における第 1 及び第 2 折点以降の領域）において、建屋の非線形特性が考慮されている。地震 PRA における建屋 fragility 評価の対象建屋は、2～3 個程度である。しかしながら、機器 fragility 評価では、1 プラントあたりの対象機器は 200～300 個程度となる。このため、機器 fragility 評価における全ての機器を対象として、詳細な応答解析を行うことは、合理的でない。そのため、合理的な建屋の非線形応答特性を考慮した機器 fragility 評価が必要となる。

2. 建屋の非線形応答特性を考慮した機器 fragility 評価の検討

上記地震 PRA 実施基準では、3 つの fragility 評価手法が記載されている。このうち、原研法及び詳細法による建屋・機器の fragility 評価では、それらの現実的応答及び現実的耐力が共に対数正規分布に従うと仮定し、現実的応答が現実的耐力を上回る条件付き機能喪失確率を求める。また、Zion 法及び原研法による機器の現実的応答は、機器の設計応答と設計応答の保守性を係数として表した応答係数を用いて評価される。この応答係数は、機器 fragility を評価する地震動領域において、線形として取り扱われる。

提案手法では、建屋の非線形応答特性を機器 fragility 評価に取り入れるため、まず、機器の現実的耐力は詳細法と同じ取り扱いとした。機器の現実的応答については、詳細法と応答係数法の組合せとした。具体的には、建屋非線形特性を考慮した床応答スペクトルを用いて、対象機器の固有周期での応答加速度と機器応答係数から、機器の現実的応答を求める。更に、提案手法を全ての評価対象機器に効率良く展開するための fragility 評価コードを開発し、定量評価を実施した。

3. まとめと今後の予定

建屋の動的非線形応答特性を考慮した機器 fragility 評価手法及び評価コードを開発した。今後、実プラントの建屋・機器における定量評価結果を分析し、今後の安全性向上評価への活用を図る予定である。

参考文献

[1] 日本原子力学会：原子力発電所の地震を起因とした確率論的安全評価実施基準：2010.1.

*Hiroyuki Yamada¹, Hiromichi Miura¹, Katsumi Ebisawa¹ and Tomoaki Yoshida¹