

原子力リスク研究センター (NRRC)
一般財団法人 電力中央研究所
〒100-8126 東京都千代田区大手町 1-6-1

2021年2月16日

ジョージ・アポストラキス博士
原子力リスク研究センター所長
一般財団法人 電力中央研究所
〒100-8126 東京都千代田区大手町1-6-1

件名:地震課題に関する 2021年度NRRC研究計画案

アポストラキス博士殿

これは、2021年2月16日付「2021年度NRRC研究計画案」に関するレター報告書と対になる報告書である。原子力リスク研究センター (NRRC) による地震研究の以下の2領域について、より詳細な議論と提言を行う。

- (1) 確率論的地震ハザード解析 (PSHA) ガイドの策定—地震ハザード解析専門家委員会 (SSHAC)手法を地域レベルで適用するための具体的計画を含む
- (2) 実験的・解析的手法に基づく、配管系のフラジリティを測定する、簡略化した弾塑性評価方法の開発

結論と提言

1. 技術的妥当性を確立し、適用基準を満たし、国際的な先行事例 (state-of-practice) を反映するためには、地震ハザード評価のPSHAガイダンスおよび地域手法に、ローカルサイト特性およびサイト応答特性をサイト固有PSHAに組み込む実証活動を盛り込む必要がある。
2. フラジリティ解析研究の一環として、NRRCは配管系の選定・スクリーニング基準の策定を検討すべきである。これらの解析では、プラント固有のPRA成功基準や過去の調査、経験データを踏まえて、様々な直接的／間接的な損傷モードを調査し、どれが重要か判断する必要がある。TACは、実際に適用していく上では簡略化した手法が望ましい、というNRRCの考えに同意する。
3. これらのハザードおよびフラジリティ評価に関する研究活動について、今後さらに進展が見られ、詳細な計画が策定された際には、説明を伺いたい。

背景

国内原子力発電所の再稼働に関する極めて重要な課題として、地震ハザードおよび地震応答の問題がある。特に、地震ハザードに関する問題は、国の規制レベル、県政やすべての地方自治体レベル、そして裁判所における、安全性に関する意思決定に非常に大きな役割を果たしてきた。NRRCにおける地震研究は、これらの問題に対処するための非常に有用な方法と解析ツールを生み出した。伊方サイトに対するSSHAC手法の実施に係る取り組みは、国内地震ハザード解析の先行事例の進展という意味でも、極めて重要な一歩であった。PSHAガイドの作成に向けて2021年度に計画された作業および、地域におけるSSHAC手法ベースの実施の適用に関する具体的計画は、非常に重要な次のステップである。

同様に、現実的な地震脆弱性の開発に関連したNRRCの研究は、複数の重要分野において、これまでの慣行に取組み、進展させた。例えば、地盤および斜面崩壊の脆弱性および、現実的な地震応答などである。2021年度における地震脆弱性研究計画における活動の一つとして、配管系評価に関する高度手法がある。

COVID-19感染拡大が続いていることなどもあり、計画作業に関して研究チームと詳細に議論する機会を得られていない。こうした地震PRAにおける諸要素の重要性を踏まえた上で、研究計画の範囲および具体的活動を特定する一助となるコメントとして、上述の2つの研究領域について展望と知見を提供する。

議論

SSHAC手法の適用

伊方SSHACプロジェクトの完了は、非常に重要なマイルストーンである。他のサイトに同手法を適用するために、PSHAガイダンスの作成および地域ベースのSSHAC手法の実施をネクストステップに進めることが必要である。NRRCはまた、モデルプラント解析を通じて、地震ハザード手法に関する複数のトピックの実施を検討している。

PSHA 手法には、(1) 震源の特性評価、(2) 地震エネルギーのサイトへの伝播、(3) ローカルサイトの応答、という 3 つの主要項目がある。伊方 SSHAC プロジェクトの場合、伊方プラントの基礎が硬岩上にあるため、(3) の要素（ローカルサイトの応答）を明示的に扱う必要はなかった。この問題に対処するために、2016 年 11 月 27 日のレター報告書において以下の提言を行った：

「SSHAC プロセスの適用拡大を進める前に、NRRC は、地震テクトニクス環境の特徴が伊方原子力発電所とは異なるもう 1 つ別のサイトで SSHAC プロジェクトを行うことを提言する。これにより、日本で SSHAC プロセスの展開を促進す

るために必要なガイダンスと関連する研究を開発する上での一層強固な知見がもたらされる。」

この提言の趣旨のひとつは、以下のようなものであった。

「たとえば、局所的な地下構造の特徴を考慮してサイトでの応答評価を行う必要のあるような地盤の柔らかいサイトを選べば、技術的問題、不確かさ、データ、方法、モデルの開発という観点で追加的な知見がもたらされる必要性が判明するかもしれない。」

これは重要な問題である。NRRCの研究チームは、一部のBWRプラントは軟岩サイトにあり、その大部分が硬岩サイトに設けられたPWRプラントと比較して、いくつかのサイト固有の問題を抱えている、と指摘している。

最新のローカルサイトの応答評価手法は進化を遂げている。この問題に関して、日米両国の地震PRA基準やガイダンスを検討することは有益である。ローカルサイトの応答評価に関する同基準の関連要素および最新のガイダンスを付属書Aにまとめ、提言の理解を深めるのに役立つ。

前述の議論および付属書Aの参考資料は、ローカルサイト効果の重要性に関する展望が得られるだろう。2016年11月に提言したように、TACは、NRRCの調査チームが様々な理由から、軟岩サイトにおいて包括的なSSHAC手順を展開するに至っていないことを理解している。2021年度地震ハザード研究計画に概説された活動内容を見ると、計画されたSSHACガイダンス策定計画、地域モデルの展開、モデルプラントのPRA実証に関連するハザード研究のいずれにおいても、ローカルサイトの影響に関する評価実施を明確に打ち出していない。手法をすべてのサイトに適用可能にするためにローカルサイトの影響を含め、基準・規格上の要件を満たし、国際的な慣行を反映させるために、地震ハザードの研究範囲には、手法の開発および実証に向けた具体的タスクを含める必要がある。

配管系のフラジリティ研究

2021年度の地震フラジリティ研究活動には、実験的・解析的手法に基づく、配管系のフラジリティを測定する簡便な弾塑性評価方法の開発が含まれている。研究チームは、配管系の損傷基準として、これまで使用されていたギロチン破断（破壊）基準ではなく、疲労を採用する予定であるとしている。配管のフラジリティはこれまで弾性解析を用いて評価されており、ギロチン破断が損傷モードとして設定されていると説明した。研究チームは、この手法は保守的であり、実際の配管系の挙動を考慮していないことを示した。また、配管系のサポートを検討することが引き続きフラジリティの評価上重要な問題である、とした。同チームは、2021年度に一つの主要配管系に対して、疲労を損傷モードとした調査を実施する予定である。NRRCは、この活動をサポートするために振動台試験も実施している。

この問題に関して、日本の地震PRA基準および、この問題に関する米国のガイダンスを検討することは有益である。配管の損傷に関する基準および工学的手法を付属書Bにまとめており、提言の理解を深める上で有用である。

懸念される配管系の損傷モードは、一般的に、相対変位またはある種の事前劣化の存在に関連してきた。長年にわたり、数多くの配管部品・配管系試験が実施されてきた。一例を挙げると、原子力発電技術機構（NUPEC）と原子力安全基盤機構（JNES）は、劣化がある場合とない場合の配管試験を実施した。米国では、電力研究所（EPRI）と原子力規制委員会（NRC）が1990年代に同様の試験を実施した。これらの試験プログラムは、ほとんどの原子力発電所システムにおいて地震によって非劣化配管にギロチン破断が生じる確率は非常に低い、という一般的結論を支持するものであった。

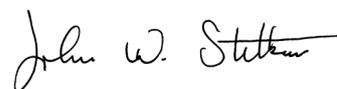
配管系のような空間的分散システムにおける特定の損傷モードを地震PRAに組み込むことは、さまざまな理由から問題が生じやすい。したがって、脆弱なシステムを特定することが非常に重要である。システムの脆弱性は、配管の設計、構成、およびプラント固有のPRAモデルと成功基準の詳細に依存する。例えば、フラジリティ解析では原則として、個々のまたは複数の配管セクションへの地震被害が以下の影響を与える条件付き確率を定量化する必要がある。

- 非常に小規模、小規模、中規模、または大規模冷却材喪失事故（LOCA）
- 小規模または大規模蒸気管破断
- 一つないし複数の高圧・低圧注入系トレインの機能喪失
- 一つないし複数の開ループまたは閉ループ冷却水系トレインの機能喪失
- 一つないし複数のプラント区画への溢水
- 特定のプラント設計およびリスクモデルに関連するその他の影響

フラジリティ解析研究の一環として、NRRCは配管系の抽出・スクリーニング基準の策定を検討すべきである。これらの解析では、プラント固有のPRA成功基準や過去の調査、経験データを踏まえて、様々な直接的／間接的な損傷モードを調査し、どれが重要か判断する必要がある。TACは、実際に適用していく上では簡略化した手法が望ましい、というNRRCの考えに同意する。

これらのハザードおよびフラジリティ評価に関する研究活動について、今後さらに進展が見られ、詳細な計画が策定された際には、説明を伺いたい。

敬具



ジョン・W・ステットカー
委員長