

第1章 はじめに

これまでの原子力関係施設における免震設計の代表的な検討事例として、FBR（高速増殖炉）免震研究が挙げられる。（財）電力中央研究所では、通商産業省の委託を受けて、1987年度（昭和62年度）から1996年度（平成8年度）にわたり「発電用新型炉技術確証試験（高速増殖炉技術確証試験）」のうち「FBR 免震システム確証試験」を実施し、その実証データに基づき高速増殖炉の免震設計法「高速増殖炉免震設計技術指針（案）」を作成した。さらに同時期には、「基礎免震方式のFBR 実証炉設計の電力共通研究」（幹事：日本原子力発電）が1989年度（平成元年度）から1999年度（平成11年度）にわたり、免震装置の破断までの振動試験、積層ゴムの終局までの振動モデル化、渡り配管の振動試験等の上部建屋・機器配管系設計のための研究が行われた。

（社）日本電気協会では、この「高速増殖炉免震設計技術指針（案）」とFBR 実証炉設計研究の成果を踏まえ、発電用原子炉施設全般を適用対象とする「原子力発電所免震構造設計技術指針（JEAG4614-2000）」を2000年に制定した。また、（独）日本原子力研究開発機構（当時、動力炉・核燃料開発事業団）の東海再処理ユーティリティー施設は原子力施設における国内唯一の適用事例として有名である。

一般建築では、1995年の兵庫県南部地震において、免震構造の有効性が確認・注目されたことで、以降急速に普及し、現在ではビル関係だけでも約3300棟（2012年）の実績がある。

原子力の研究・開発分野をみると、FBR 免震研究は（財）電力中央研究所が（独）日本原子力研究開発機構からの受託研究等として2007年度に（独）防災科学技術研究所所有のEーディフェンスにおいて免震FBRプラントを想定した大型試験体を用いて水平免震構造の終局挙動評価のための振動台試験を実施して以降、現在は高速炉（FSR）の設計研究へ引き継がれている。また、2030年前後からの代替炉建設需要および世界市場をにらみ2008年からナショナルプロジェクトとして開始された「次世代軽水炉等技術開発」においても、免震実証研究が進められているものの、原子炉建屋を対象とした適用検討であるため、計画は慎重にならざるを得ず、実機への適用に向けてさらなる検討や議論を重ねていく必要がある。

一方、東京電力の柏崎刈羽原子力発電所では、2007年新潟県中越沖地震で緊急時対策室に被害を生じ、地震発生後の初動対応に支障を来したことの教訓から、緊急時対策室を備えた免震構造建物である「免震重要棟」を建設した。これを契機に、当時は他サイトにおいても緊急時対策所を内包する免震事務所棟が次々と建設され、原子力関係施設への免震構造採用に対する注目が高まりつつあった。

さらに、設計用地震動が増大する傾向にある昨今、建屋・機器の応答低減を図ることができる免震構造への期待は大きい。

このような背景を受け、原子力関係施設への免震構造のより迅速な実機適用の促進を目的として「原子力関係施設免震構造委員会」が設置され、2011年度から活動を開始した。

(1) 第I期（2011年度～2014年度）

活動内容としては、既往知見および最新知見の調査・整理を行い、耐震B・Cクラスを対象とした実機適用性に関する課題抽出・検討を踏まえ、施工・維持管理および設計手法の標準化などを行うとともに、施工・維持管理ガイドライン（案）、免震構造の高性能化に向けた開発ロードマップ（案）および設計ガイドライン（案）の取り纏めを目標とした。

本委員会の活動開始直前に発生した 2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震及びこれに伴う津波によって、東京電力の福島第一原子力発電所が重大な事故に至った。事故時及びそれ以降の現地対応においては、既に建設し運用を開始していた「免震重要棟」が現地での対応拠点として非常に重要な役割を担っており、免震構造建物が原子力発電所の災害時や緊急時でも十分に機能を発揮することが示された。

また、(社)日本電気協会では、2010 年より、制定から 10 年を経過した「原子力発電所免震構造設計技術指針 (JEAG4614-2000)」を「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針 (平成 18 年 9 月 19 日 原子力安全委員会決定)」に適合させるべく、最新知見を取り入れた改定作業を進め、東北地方太平洋沖地震の影響を受けたものの、2013 年 5 月に改定した。

さらに、(独)原子力安全基盤機構では、2010 年より免震基準分科会を設置して、「原子力発電所の免震構造に関する審査基準 (案)」の作成を開始し、2013 年 12 月 18 日の「平成 25 年度 第 36 回原子力規制委員会」において、規制の在り方、規制高度化等に係る検討のベースとなる提案・提言として、「免震構造の審査手引きの提案」(RC (Recommendation) レポート) の報告を行った。

2014 年度までの第 I 期活動成果を取り纏めた「原子力関係施設免震構造委員会活動報告書」を 2015 年 5 月に発刊した。

(2) 第 II 期 (2015 年度～2018 年度)

2016 年 9 月 26 日の第 14 回原子力関係施設免震構造委員会にて、今後の活動について議論され、未だ解決すべき課題が残されているため、今後も活動を続けていくことが了承され、課題解決のために以下の WG を設置して検討を進めることとした。

①WG1：免震構造が採用されない理由を整理する WG

電力各社の免震型緊急時対策所の状況を整理しつつ、耐震型を選択した際の免震構造と耐震構造の比較検討結果（メリット、デメリット、許認可性）や免震構造採用への課題を整理した。

②WG2：ロードマップの技術的進展に関するフォローを行う WG

建築学会等で公表された新知見を踏まえ、新しいデバイスや問題解決方法について、「免震構造の高性能化に向けた開発ロードマップ (案)」の更新を行った。2016 年度の活動をまとめた「免震構造の高性能化に向けた開発ロードマップ (案) 2016 年度版」が 2017 年 3 月 15 日の第 15 回原子力関係施設免震構造委員会で報告された。

その後、本委員会としては、実質的な活動が行われていなかったものの、2017 年から発足した JSSI「次世代免震システムの検討委員会」のうち、WG2（現状技術評価 WG）では、本委員会の「免震構造の高性能化に向けた開発ロードマップ (案)」をベースにして、対象範囲を原子力関連施設から一般建築物にも拡張し、さらに技術面に限らず、一般社会との関わりや教育・普及なども含めた現状と課題の整理を行い、その成果が「次世代免震システムの検討委員会活動報告書」(2021 年 7 月発刊予定) に収録されている。

(3) 第Ⅲ期（2019 年度～2020 年度）

2019 年 3 月 15 日に第 9 回幹事会を開催し、休止状態になっていた本委員会の活動を再始動させるため、今後の進め方について議論を行った。

免震型緊対所の課題整理は 2017 年 3 月時点で概ね完了していることから、必要に応じて、技術的な課題を免震型緊対所の検討にフィードバックすることとし、当面は開発ロードマップの更新を中心として活動を行う方針で本委員会に提案することとした。

開発ロードマップの更新検討は、小委員会にて実施することとし、「次世代免震システムの検討委員会」の開発ロードマップを引き継いで検討を進めた。ただし、一般建築を対象として網羅的に課題を抽出しているため、本委員会としては優先順位を付けて対応した。また、新知見を収集して開発ロードマップを更新し、必要に応じて、デバイスメーカーや研究機関などへのヒアリングや働き掛けを行い、今後の課題解決や研究開発の進め方に活用していくこととした。

さらに、以下の重点課題 4 テーマを設定し、検討を推進することとした。

①フレーム構造の設計手法および終局挙動

- ・壁式構造と同等の耐震余裕を確保できるかの妥当性について検証を行う。
- ・地震応答解析結果から得られた耐震余裕の確保に必要な条件を整理する。

②流体系ダンパーの性能向上および大容量化

- ・暫定的に設定した要求性能（限界速度：200cm/s ～ 250cm/s、限界変位 1.2m ～ 1.5m）に対して、限界性能向上と大容量化の具体案、終局状態における挙動把握・抑制策の検討を行う。
- ・平成 26 年に実施したメーカーへのヒアリング結果をフォローし、再度働き掛けを行う。

③非破壊検査法

- ・シミュレーション解析による型式認定の合理化検討を行う。
- ・非破壊検査による受渡検査試験（出庫試験）および定期検査試験の合理化検討を行う。

④別置き試験体および実機経年データの収集

- ・縮小試験体の課題、スケール効果を考慮した評価手法の検討を行う。
- ・積層ゴム別置き試験体の特性調査委員会（委員長：秦一平）に参加して情報収集を行う。

今回、開発ロードマップの更新に加え、上記の重点課題 4 テーマに対する検討結果などを中心として、「原子力関係施設免震構造委員会活動報告書（案）2021 年 3 月」を取り纏めた。

今後、本報告書が原子力関係施設への免震構造のより迅速な実機適用に資することはもとより、次世代原子炉と期待されている小型モジュール炉への適用も見据えた、より幅広い免震技術の活用を実現するための一助になることを期待する。