



# E-Defense Today

(Published by E-Defense, NIED, August 21, 2023, Vol.19 No.2)

## 第5期中長期計画におけるEーディフェンスを活用した研究開発課題とその活動方針

防災科学技術研究所の新たな中長期計画（第5期）がスタートして、はや4ヶ月余りが過ぎました。これまでEーディフェンスでは2005年の運用開始以降、自体研究、共同研究、施設貸与合わせて120件を超える振動実験を実施してきました。これらの実験では、その初期においては構造物の破壊過程の解明や耐震性能評価に主眼を置いた実験を、その後は単に崩壊しないだけでなく、地震後の機能維持能力や崩壊に対する余裕度の評価とその向上、積極的に余裕度を付与するための応答制御技術、また構造体だけでなく非構造部材を含む崩壊余裕度評価に着目した実験を実施し、さらにそれらを解析的に再現できる数値シミュレーション技術の開発に注力してきました（図参照）。

これらの一連の研究開発では、主として構造物単体（シングル・ストラクチャ）を対象に一回の地震（シングル・イベント）に対する応答に重点を置いてきたと言ってよいでしょう。すなわち「個」を極める研究開発に主軸を置いてきたわけですが、その重要性は不易のものでありますが、一方で南海トラフの巨大地震や首都直下地震のような広域・甚大な被害が危惧される災害時に日本がいち早く社会経済活動を復活・継続できることは極めて重要であり、そのためには様々な「構造物群」で構成される都市のレジリエンスを高めることが肝要であることは論を俟ちません。

そこで本格的に「都市」を対象として、そのレジリエンス強化に直結するよう、第5期さらにはその後（Beyond 第5期）にも継続すべき研究開発目標として、都市空間内の構造物群（すなわち都市、マルチプル・ストラクチャ）へ、また都市を対象とすれば発災直後から復興に至る中長期間に当然経験するであろう複数回の地震（マルチプル・イベント）へと対象を広げ、現在はまだ顕在化していない（すなわち未然の）課題や現象の解明、さらに将来のリスクを予測することで予防や早期対応に寄与する技術群の開発を目標に掲げ、図に示すような課題を設定しました。

第5期中長期計画では、まずマルチプル・イベント、マルチ・ストラクチャを対象とした課題（図の①、②）に対し、大規模地震発生時にはその対応や復旧・復興の過程において同規模の地震が複数回発生しうることを想定し、構造物群やインフラを支持する地盤の液状化をターゲットに、地上・埋設構造物との連成挙動や広域リスクの評価など都市リスク評価への展開を念頭に置きながら、地震の連続発生時における液状化発生メカニズムの解明、地震経過後の任意の時間での液状化リスクの予測などに取り組みます。また什器等の地震時挙動のカメラ映像や音響データの分析により室内の被害状況の自動・高速判定技術の開発に取り組みます。この技術は室内だけでなく屋外にも広く展開することで都市空間の被害状況の早期把握にも応用できると期待しています。また今後その展開が期待される BIM データとの連携により被害額の算定や補修方法の提案の迅速化、危険度の高い部位の事前アラート技術への展開も可能でしょう。

これらEーディフェンス実験により得られたデータは、現象解明、挙動の詳細把握、仮説の検証、に有効ですが、さらに「都市」への展開を考えた場合、都市をモデル化したサイバー空間でのシミュレーション技術への展開が不可欠です（図の③）。Eーディフェンス実験と両輪を構成する数値震動台はこれまで実験による構造物の挙動を高精度に再現するシミュレーション技術の開発に注力してきました。これはシミュレーション技術開発の一丁目一番地ではありますが、DXに貢献するためにはこれをデジタル・ツイン空間において様々なパラメータ変動に対してハイサイクルで駆動させる必要があります、コア解

析部のみならず、プリ・ポストプロセスにおける自動化・高速化も鍵となります。さらに都市を対象としたハイサイクル・シミュレーションを実用レベルで実現するためには、都市を構成する膨大な構成要素を精緻にモデル化した解析は非現実的であり、専門の見地からも納得できる、エビデンスに基づいた「合理的」に「程良い」精度を有する結果を提供できる解析基盤の開発が必須となります。またレジリエンスの高度化には、実験やシミュレーションで得られた知見に基づきレジリエンス高度化技術を開発し検証することが重要です（図の④）。第5期では避難所や発災後の物流拠点としての利用が想定される大規模空間構造を対象に、地震による動的特性の変化や損傷程度の評価により、その安全性や残存性能を評価できる技術の開発を目指します。

これらの課題は日本だけでなく地震国・地域に共通で解決すべきものも多く、これを実効ならしめるためにはEーディフェンス実験や数値震動台シミュレーションの実施計画、これらのアウトプットの活用方法をグローバルに議論・共有するメカニズムがぜひとも必要です（図の⑤）。これらの議論に触発され、研究員諸氏が未知の領域に踏み出すことで、社会を変革できるような互いにワクワクする研究テーマの提案につながることを期待しています。

また実験的研究と解析的研究は独立するものではなく互いに補完しあうものであります。シミュレーション技術の高度化は今後ますますその重要性和必要性が高まることに間違いありませんが、その信頼性を担保しうるエビデンスやデータを実験が提供するだけでなく、シミュレーション精度を支配する重要なパラメータを明確にしその適切な設定方法についての知見が得られるよう、実験計画のさらなる高度化にシミュレーションが積極的に寄与するなど、双方向のインタラクションも大いに期待します。図の①～⑤の取り組みにより具体的な成果が創出され、都市のレジリエンス高度化に寄与する技術・知見が充実してゆくよう、研究開発に取り組んでゆきたいと考えています。



図：Eーディフェンスを活用した研究開発の全体像（作図：地震減災実験研究副部門長 田端憲太郎）

（地震減災実験研究部門長：中埜良昭）