

## 地震減災研究部門

# 社会基盤の強靱性の向上を目指した研究開発

## E-ディフェンスを活用した地震減災研究

地震減災実験研究部門 研究統括

梶原 浩一



### はじめに

実大三次元震動破壊実験施設「E-ディフェンス」は、運用を開始してから18年目を迎えます。この施設の特徴は、最大1,200トンの実規模試験体を300m<sup>2</sup>の震動台に搭載して3方向の地震動を用いて破壊できることであり、1995年の兵庫県南部地震での地震動記録（JR 鷹取波）の1.3倍、2011年の東日本大震災で観測された長時間で長周期成分を含む地震波の再現が可能です。施設活用のキーワード「実大」「三次元」「破壊」は、施設の正式名称に含まれています。

E-ディフェンスでは、地震被害の再現や構造物等の耐震性・対策技術を実証・評価する実験を実施することにより、地震減災技術の高度化と社会基盤の強靱化に資する研究及びシミュレーション技術を活用した耐震性評価に関する研究を行ってきました。本稿では、第4期中長期計画での取り組みについて紹介します。

### 第4期中長期計画では

#### 1. E-ディフェンスの運用促進と維持管理

効果的・効率的、かつ、その安全・確実な運用のため、施設・設備・装置等の保守、点検及び整備を着実に実施し、厚生労働省が設けた無災害記録に記録証を交付する制度に基づく無事故無災害時間250万時間（2023年1月末時点）を達成しました。また、共同研究実験を10件、施設貸与実験を24件実施し、施設の利活用を促進し、研究機関や民間企業等利用者の研究開発に貢献しました。実験データの公開件数は79件に達し、データ公開システム「ASEBI」の新サーバーによる公開を2023年1月より開始しました。

#### 2. E-ディフェンスを活用した地震減災研究

震動台の特徴を活かし、都市の構造物を対象に、特に機能維持能力の把握と向上に着目した研究を推進しました。また、これまでの実験データ・知見とシミュレーション技術をベースにしたデジタルツインへの展開も意図しました。

##### 2.1. 提案技術の学会規準図書への反映

都市内の集合住宅に多く用いられる鉄筋コンクリート（RC）造建物に着目し、繰り返される地震に対しても耐震性能を保つ設計技術について研究しました。2018年度に実施した10層RC造建物実験で高い耐震性を示した柱・梁接合部の設計事例と性能が日本建築学会の刊行図書『鉄筋コンクリート構造保有水平耐力計算規準・同解説』に掲載されました。今後、設計現場や研究開発での活用が期待されます。



図1 10層RC造建物実験と学会図書

## 2.2. 室内空間内の被害の再現

文部科学省の補助事業「首都圏を中心としたレジリエンス総合力向上プロジェクト」において、室内空間の機能維持・安全性を把握する実験により基礎的なデータを取得し、評価手法の要件を明確化しました。また、被害推定のためのデータの収集、建物応答に関する様々なセンシングの実証を実施し、被害推定システムの基本構成を設計しました。

## 2.3. 浮揚免震技術のイノベーションへの挑戦

重要構造物やエリアの地震入力を回避する究極の免震技術を目指し、空圧、水圧により構造物を浮揚させる三次元免震技術を開発し、戸建て住宅程度（30～60トン）の構造物への地震動の入力低減性能を実証しました



図2 浮揚免震技術の実証実験

## 2.4. 動的特性評価と見える化技術への挑戦

発生回数の多い中小地震を利用して建物の揺れの特性（動的特性）を評価する手法の開発に取り組んでいます。また、被害の見える化により私たちの行動に新たな形をもたらすイノベティブな技術として、建物の継続利用の可否を速やかに判断し避難行動に役立てるためのセンシング・光アラートシステムの開発を、産学官の共創により推進しました。これらを2023年2月に実施した10層鉄骨造建物実験にて実証しました。この実験では、試験体内部の余剰空間の有効活用を図るため、9件の余剰空間貸与を行いました。



図3 10層鉄骨造建物実験

## 2.5. 数値震動台の性能・利便性の向上

E-ディフェンス実験結果を再現する数値解析技術「数値震動台」について、RC造建物実験の損傷挙動を、詳細モデルの構築と材料の損傷構成則の開発により再現しました。解析の妥当性確認と利活用のために、多点計測データとの比較プログラムと機械学習を用いた損傷推定システムを開発しました。汎用的な要素分割手法を考案して詳細モデル作成プログラムの開発などを行い、3件の特許を取得しました。

## 2.6. サイバーフィジカルシステム (CPS) の実行性の検証

施設や都市内の地震被害や対策の効果、新技術の適用など様々な事象を検討できるようにするため、種々の観測データを集約するシステム (IoT-HUB)、BIM データ、解析結果等をウェブ上で表示する GIS (Web GIS) を媒介した、計測データと応答シミュレーション結果をシームレスに統合する CPS の実行過程を検証しました。この成果を踏まえて、JST 未来社会創造事業の研究課題獲得に発展しました。

## おわりに

今後の都市レベルの地震防災・減災への備えを見据えると、時系列での都市の変化をセンシングで捉え、新たなものを含め、様々な手段・技術の適用・効果を検討できるデジタルツインが不可欠と考えます。

第4期中長期計画での成果に導いていただきました関係各位のご高配とご尽力に心から御礼を申し上げる次第です。