

都市の災害レジリエンスを高める

Eーディフェンスを活用した 都市のレジリエンス高度化研究開発



都市空間耐災工学研究領域 研究領域長代理
兵庫耐震工学研究センター 副センター長
田端 憲太郎

都市の社会経済活動継続のため

兵庫耐震工学研究センターは、将来の大規模な地震に対してレジリエントな社会を実現するため、Eーディフェンスの震動台で実際の強い地震の揺れを再現し、実物大の建物やその室内、基礎、地盤などへの被害や対策技術の有効性を評価するための実験を行い、実験結果を基にそれらの耐震性能や地震災害時の機能維持に関する研究開発を進めています。2023年度より着手したプロジェクト「実大三次元震動破壊実験施設等研究基盤を活用した都市のレジリエンス高度化研究開発」では、これ

までの構造物単体・単発地震を対象とした「個」を極める研究開発から、私たちの社会経済活動の場として構造物が集積した「都市」へと対象を広げ、大規模な地震後においても活動の確実な継続を支えるための研究開発に、4つのサブプロジェクトを編成して取り組んでいます（図）。

未然の被害を究明するため

都市の地震災害に対するレジリエンスを高めるためには、まず、私たちの社会が遭遇する大規模な地震に



図 Eーディフェンスを活用した研究開発の全体像と現行プロジェクトの概要

よって起こり得る都市空間内の被害の様相を、事前かつ事後に見極めることが重要です。南海トラフ地震や首都直下地震などの大規模な地震が発生すると、震源域近くでの強い揺れによる被害に加えて、長周期地震動が広い範囲に伝わり高層建物や広い空間を有する建物などにも被害を生じるとともに、その地震に続く複数の後発地震により被害が拡大する可能性があります。このような大規模な地震によって起こり得る「未然の被害」を究明するため、都市空間内の建物やその室内、周辺地盤などについて、後発地震を含む一連の地震活動によって時々刻々に変化していく損傷蓄積・被害拡大のメカニズムの解明や、地震後の速やかな被害状況の把握に基づいた次なる災害リスクを評価する技術の研究開発を進めています。

都市を構成する建物を対象とするサブプロジェクト「構造物のダメージ評価技術の研究開発」では、高層化率の高い都市部を想定した高層建物と避難所となる広い空間の建物について、建物の揺れの特性の変化に基づく被害予測や、建物自体に加えて天井や壁、設備・機器など非構造部材を含む被害の評価に関する技術の研究開発に取り組んでいます。また、地震直後の損傷推定や被害復旧に要する費用を評価する手法の開発も進めています。このサブプロジェクトでは、Eーディフェンス実験や実際の建物での実証に、国内外の機関と協働で取り組んでいます。

都市の建物群やインフラを支える地盤について、複数の地震による液状化やすべりなど地盤の変状が引き起こす、建物の基礎や地中構造物、埋設ライフライン、周辺地盤などの視認が困難な被害を評価するためには、一連の地震活動における地盤変状の蓄積過程を解明する必要があります。サブプロジェクト「地盤損傷に伴う被害過程の解明と被害評価技術の研究開発」では、国内外の研究機関と連携して、地盤の状態の経時変化を、Eーディフェンス実験による実証やさまざまな模型・要素実験、数値解析などにより把握を試みます。

未然の被害に対応するため

大規模な地震によって起こり得る未然の被害を防ぐための対策の検討には、実際の都市空間をデジタル空間内にモデル化し、一連の地震活動による損傷蓄積・被害拡

大のメカニズムを適用した数値シミュレーション技術により被害予測や対策導入効果の評価を行うデジタルツインの活用が効果的です。

従前より、構造物単体が地震により破壊に至る過程を再現する数値シミュレーション技術として、Eーディフェンス実験結果を活用した「数値震動台 (E-Simulator)」の開発を進めています。サブプロジェクト「都市空間の地震被害予測のための数値解析技術の研究開発」では、都市空間内の地震被害を予測するための数値震動台をコアとするデジタルツインの構築に向けて、都市空間レベルの被害を予測するための大規模計算を効率的かつ適切な精度で高速に実行するための技術で構成される数値解析基盤の研究開発に取り組んでいます。

デジタルツインにより適切な予測結果を導くためには、構造物など解析対象のモデル化に加えて、時点時点のセンシングにより実際の状況をデジタルツインへ反映させる必要があります。サブプロジェクト「室内～都市機能災害モニタリング技術の研究開発」では、特に室内空間の被害に着目し、画像・音響データなどを解析することにより室内被害度合いを網羅的に評価する技術の開発に、都市レベルへの展開も見据えて取り組んでいます。

災害レジリエンスのさらなる高度化に向けて

プロジェクトでは現在、地震による直接的な被害に主軸を置いて研究開発を進めています。都市の社会経済活動の継続を担保するためには、大規模な地震によって起こり得る津波や火災など連鎖的に生じる災害への対応や、都市空間内や建物内における水平・上下方向の人の動きの確保も極めて重要であり、都市の災害レジリエンスのさらなる高度化に向けて今後取り組むべき課題と考えています。

なお、このプロジェクトで取り組む研究開発課題は、地震国・地域に共通の課題でもあります。信頼に足る研究開発成果の確立に、Eーディフェンス実験による実証を通じて貢献ができると考えています。Eーディフェンスを活用した研究開発を国内外の研究者・技術者と連携して取り組むことを指向するとともに、実験データや知見を幅広い方々と共有して議論を深めることにより、さらなる知見の創出や「未然の課題」の解決に繋げ、災害に対するレジリエンスの高度化を目指します。