

5. むすび

今年度は5カ年計画の4年目として、全体計画に沿い「大大特」の目的、地震災害を大幅に軽減する技術基盤の確立にむけて積極的に研究開発を推進することができた。

テーマⅡ「震動台活用による建造物の耐震性向上研究」では、防災科学技術研究所が兵庫県三木市に建設し、平成17年4月から本格稼働した「実大三次元震動破壊実験施設(Eーディフェンス)」をはじめとする世界の震動台や震動実験専用シミュレータを活用(既存データの活用を含む)して耐震に関する実験・研究を行い、建造物の耐震性の飛躍的向上を図ることを目的としている。

平成14年度から平成16年度の3年間は準備研究として、Eーディフェンスを有効に利用するための課題、施設の運営体制の整備、大規模実験研究を実施するにあたっての予備的研究、どのような実験を行うかの計画、実験結果の成果の展開方法、試験体を積載した場合の震動台応答性の事前確認、震動台に入力する地震動、等を解明する実験・研究を実施してきた。

さらに、平成17年度と18年度は、3年間の準備研究も含めてこれまでの蓄積した技術的・研究の実績を踏まえつつ、また広く国内の研究機関の協力を得て、Eーディフェンスを活用した実大実験研究を実施することにより、建造物の耐震性向上に関する技術的基盤の確立を目指している。

耐震性向上が必要となる建造物は多種多様である。しかし、現存する研究シリーズ、予算規模、5年間という時間的制約等を考慮して、テーマⅡでは、「木造建物実験」、「鉄筋コンクリート建物実験」および「地盤・基礎実験」の3テーマを重要課題として取り上げている。

木造建物実験では、3種類の実大実験を実施した。まず、木造免震住宅システムの実験を行い、免震ゴム、滑り支承、ダンパー等で構成され木造免震住宅の免震・耐震限界挙動に関するデータを取得すると共に、木造免震住宅の応答状態及び損傷状態を確認した。その試験体の免震層を固定し、現行の設計法による在来工法木造住宅の加震倒壊実験を行った結果、兵庫県南部地震で記録された最大の地震動(JR鷹取)を3回入力することで倒壊に至り、現在の木造住宅の構法が充分なる耐震性を有することを確認した。

次に、既存の伝統構法木造住宅の耐震性能の評価と耐震補強の効果を実験的に調べるため、典型的な都市型伝統構法木造住宅である京町家を対象として、実在する京町家を解体しEーディフェンスに移築し実大試験体を再製作すると共に、伝統構法木造住宅の耐震設計法を実験的に検証するために、移築試験体と同規模の京町家試験体を新たに製作した。これら2棟の試験体をEーディフェンスに設置して、2棟同時に振動実験を実施し、大変形に至る動的挙動と破壊性状を把握するとともに復元力特性などを調べた。また、京町家の軸組要素実験結果に基づいて京町家の動力学モデルを構築し、限界耐力計算などによって京町家の耐震性能を評価し、移築試験体では耐震補強の有効性を確認し、新築試験体では耐震設計法の問題等を指摘した。

最後に行った既存不適格建物補強・無補強実験では、実験に供する物件を公募し、応募された約100件の物件の中から、築30年の一般的な構法、構造仕様、間取りを有する2階建て木造軸組構法住宅2棟を選定し、昨年度までの準備研究で得られた知見に基づいて考案した移築工事方法により、現地(兵庫県明石市)からEーディフェンスの震動台上に移

築した。2棟のうち一方のみに一般的な筋交いと構造用合板による耐震補強（耐震診断評点1.5程度）を施工し、2棟同時に兵庫県南部地震で記録された最大の地震動（JR 鷹取）フルスケールで入力した。その結果、耐震補強をしなかった試験体のみが倒壊に到り、耐震補強をした試験体は補強した筋かいの接合部や合板に打ち付けた釘の引き抜けなどの損傷は生じたが、倒壊には到らず、現在用いられている耐震診断と耐震補強が有効であることが検証できた。

鉄筋コンクリート建物実験では、実大6層鉄筋コンクリート建物試験体1体の震動台実験を行った。試験体は、平面は12×17m（2×3スパン）、総高さ16m、総重量950tf程度の、連層耐震壁を有するフレーム構造とし、1970年代建設を想定した設計とした。震動実験においては、気象庁神戸海洋気象台波を用い、入力加速度の振幅レベルを順次増大する加振を行い、床の絶対加速度、主要部材の変形、ロードセルによる耐震壁のせん断力、主筋のひずみなど合計820成分のデータを取得した。試験体は、1層の腰壁付短柱のせん断破壊、連層耐震壁の脚部のせん断すべり破壊を伴い、最終的に1層の層崩壊に至った。本実験により、腰壁付短柱が脆性的なせん断破壊に至ることが実証され、また、動的な効果による1層の層せん断力が上昇と、変形の増大によるせん断耐力の低下によって、1層の層崩壊が生じることがわかった。

地盤・基礎実験では、実地盤に近いサイズを持つせん断土槽（高さ6.5m、直径8m）に乾燥砂地盤－群杭基礎－構造物モデルを作成し、E－ディフェンスによる加震実験を行った。構造物の固有振動数をパラメータとして加震を行い、構造物慣性力や地盤変形が杭基礎に及ぼす影響を把握することができた。さらに、兵庫県南部地震で記録された最大の地震動（JR 鷹取）による大加震実験を行い、杭基礎の破壊メカニズムを解明した。

次に、側方流動に伴う護岸とその背後杭基礎の実験と水平地盤における杭基礎の実験を行った。実験では、実地盤に近いサイズをもつ直方体剛体土槽（長さ16m、幅4m、高さ4.5m）に矢板護岸とその背後に杭基礎構造物を有する飽和砂地盤を作成し、E－ディフェンスによる加震実験を行った。兵庫県南部地震時にJR 鷹取で記録された地震波を護岸直交方向及び上下方向の2方向加震を行った結果、地震中だけでなく地震後にも液状化に伴う地盤の側方流動が発生し、それに伴う護岸矢板、背後地盤や杭基礎の変形・破壊メカニズムを解明することができた。

これらの実験により、E－ディフェンスが実際に想定される地震により実物大構造物を破壊させ、その地震時挙動を再現することが可能であることが検証されると共に、これまで観測データが皆無である構造物の破壊過程解明に関するデータを取得する事ができた。今後、合理的な設計法確立、耐震評価・補強技術の開発・高度化、耐震補強効果の検証やシミュレーション解析手法開発への貢献など、実験・研究成果を構造物の耐震性向上に役立ていきたいと考えている。

一方、E－ディフェンスで行う実験・研究の成果は、中間的な開発成果であっても積極的に公表することにより、研究活動の社会的認知を高めて活性化を図ると共に、構造物の耐震性向上に役立て、地震災害の低減に結びつけていく必要がある。そのため、シンポジウムの開催やホームページを開設した。今年度の実験・解析結果を含めた活動成果の展開として、2005年8月にシンポジウムを開催し、本テーマに関する意見・知見を広く社会から汲み取る事ができた。また、公開実験として実施した木造建物、鉄筋コンクリート建物、

地盤・基礎の実験は広くマスコミに取りあげられ、耐震補強の重要性と補強効果耐震補強の重要性と補強効果の有効性を目で見える形で、多くの人々に認知してもらうことができた。こうした活動を通して、E-ディフェンスの存在意義を社会にアピールし、実験施設を有効利用できるテーマ提案に繋げていきたいと考えている。

まえがきで述べたように、テーマⅡの目的は、E-ディフェンスをはじめとする震動台や震動実験専用シミュレータを活用（既存データの活用を含む）して耐震に関する実験・研究を行い、都市構造物の耐震性向上に寄与・貢献することである。次年度以降も、この方針で研究開発を進める。