

5. むすび

今年度は5カ年計画の最終年度として、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「震動台活用による構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-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、構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-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-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、構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構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、平成18年度には、在来木造建物実験と伝統木造建物実験の2種類を行った。

在来木造建物実験では、平成17年度の実験で使用した試験体と同じ平面および軸組を有する木造住宅を2棟新築してE-ディフェンスによる加振実験を実施した。試験体のうち1棟は平成17年度実験で使用した無補強試験体を新築で再現したもの(以下C棟)、1棟は、新築で軸組を再現し、昨年度とは異なる耐震補強を施したもの(以下D棟)である。D棟はコンクリート基礎部を含めた試験体とし、発泡系プラスチック材料で再現した模擬地盤上に設置した。実験の目的は、昨年度の実験と比較することにより、経年劣化や補強程度の影響を調査し、耐震診断の高度化を行うことである。実験の結果、C棟はJR鷹取波100%の加振1回目で大きな損傷を生じた。その後、最大余震を想定したJR鷹取波60%加振には持ちこたえたが、2回目のJR鷹取波100%加振により1階部分が倒壊した。D棟はJR鷹取波100%1回目の加振では大きな損傷は生じなかったが、JR鷹取波100%4回目の加振により倒壊に至った。平成17年度実験の結果と比較し、建物の耐震性能に対し部材の劣化が影響を与えること、正しい方法で耐震補強を行えば、補強の箇所が十分でなくても補強しただけの効果が得られることがわかった。

伝統木造建物実験では、これまでの実験研究では明らかにされていない、伝統木造建物特有の問題である水平構面・偏心の影響、柱脚形式の影響、直交壁の影響などを実大震動台実験で調べることを目的として、基礎的な軸組を有する標準試験体6体、屋根のかけ方を変えて影響を調査するための屋根付き試験体2体を使用して加振実験を実施した。実験

を通じ、異なる床仕様や柱脚仕様、壁配置による耐震性能の違いを評価できるデータを取得した。

これらの実験で得られたデータを解析することで、木造建物の倒壊による被害軽減に貢献できる。また、これらの実験は公開実験として実施しており、一般に対する地震防災の啓蒙にも貢献できた。

鉄筋コンクリート建物実験では、実大スケールモデルの3階建て鉄筋コンクリート造建物を製作して震動台 E-ディフェンスによる破壊実験をした。試験体は2体であり、平面は $12 \times 8\text{m}$ (2×3 スパン)、総高さ 8.7m、総重量 360tonf の学校校舎の1区画を模擬し、1970 年代建設を想定した設計とし、試験体2体は同一形状であり、うち1体に外付け鉄骨ブレース補強を施し、既往の補強詳細および新しい補強詳細の有効性を検証した。2体の試験体は、いずれも基礎をボルト等で振動台テーブルに直接固定することはせず、直接基礎の底面摩擦および近傍側面土圧を模擬した箱形の容器に置くことにより基礎のスウェイおよびロッキング現象を実現し、基礎における入力逸散を模擬した。加振は、主に神戸海洋気象台観測波(1995)を用いた水平2方向+鉛直方向の3方向同時入力である。無補強の試験体は、基礎を箱形容器に固定しない場合、基礎が滑動することによって上部構造の被害が大幅に軽減した。基礎固定後、同程度の加振した結果、1層の腰壁付短柱のせん断破壊、長柱および直交耐震壁側柱の柱脚圧壊を伴い、最終的に1層の層崩壊に至った。これに対して、耐震補強した試験体は同入力に対して軽微な被害に留まり、最終的に試験体の共振を得られる人工特性波を入力することによって1層鉄骨ブレースの座屈を伴い崩壊した。本実験により実際の構造物基礎の支持条件による入力低減メカニズムを明らかにするとともに、既存学校校舎に対する耐震補強の有効性、補強詳細の違いによる補強効果の相違などを実験的に検証することができた。

これだけ大規模な建築構造物が震動によって破壊していく過程を再現できたのは、世界でも初めてであり、また、加振実験は一般に公開し、テレビ等のマスコミでも多く取り上げられており、一般市民に対する地震防災の啓蒙にも貢献できた。

地盤・基礎実験では、地盤と基礎の破壊に関わる実験研究として、平成17年度に引き続き平成18年度も「側方流動に伴う護岸とその背後杭基礎の破壊メカニズム解明」および「水平地盤における杭基礎の破壊メカニズム解明」についての実験研究に取り組んだ。側方流動に伴う護岸とその背後杭基礎の破壊メカニズム解明実験では、大型剛体土槽(幅4m、長さ16m、高さ4.5m)を用い、地盤が側方流動したときケーソン護岸にどのような力が作用するか、また杭基礎がどのように破壊するかメカニズムを解明した。水平地盤における杭基礎の破壊メカニズム解明実験では、大型円形せん断土槽(内径8m、高さ6.5m)を用い、液状化が発生した場合の地盤における構造物の慣性力と地盤変形が杭応力に与える影響とともに液状化時における水平地盤反力を明らかにし、その破壊メカニズムを解明の実験を実施した。

本実験により、側方流動実験ではケーソン護岸は自身の慣性力によって海側に永久変形が発生し、背後の杭は地盤の変形によって破壊に至った事が解明できた。また、水平地盤における杭基礎の実験では液状化時に杭に作用する力は地盤変形に支配されることが分かった。これにより、杭基礎の耐震設計法はより合理的なものを提案でき、地震被害が軽減できる。さらに、このようなデータをデータベースに蓄積し、より多くの研究者や技術者

に広く公開して有効に活用してゆくことで、耐震工学の発展に貢献できる。

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、2006 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 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・研究を約 20 の研究機関との連携により行い、都市構造物の耐震性向上に寄与・貢献する成果を得ることができた。

