

1. プロジェクトの概要

1.1 プロジェクトの目的

本プロジェクトは、防災科学技術研究所が運営管理し、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、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。

E-ディフェンスは、実際に想定される地震により実物大建造物を破壊させ、その地震時挙動を再現することが可能であり、その実験・研究成果は建造物の耐震性向上に役立てることができる。

しかしながら、E-ディフェンスのような世界初の大規模震動実験施設を有効に利用するためには、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、等の課題がある。

本プロジェクトでは、平成14~16年度にこれらの研究課題解明のための実験・研究を、平成17,18年度にE-ディフェンスを活用した実大実験研究を、防災科学技術研究所がこれまでの蓄積した技術的・研究的実績を踏まえつつ、また広く国内の研究機関の協力を得て、実施して行く計画である。

なお、耐震性向上が必要となる建造物は多種多様であるが、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、鉄筋コンクリート建物、地盤・基礎および木造建物を重要課題として取り上げている。

1.2 期 間

本プロジェクトは平成14年9月から、平成19年3月末の約5年間にわたって行う。平成16年度末には中間評価が行われ、プロジェクトの進捗と方向性がチェックされた。

1.3 プロジェクトの研究構成と概要

本プロジェクトは、次の4つの研究課題から構成される。

- (1) 木造建物実験
- (2) 鉄筋コンクリート建物実験
- (3) 地盤・基礎実験
- (4) 全体研究管理

以下、各課題について概要を述べる。

(1) 木造建物実験

1) E-ディフェンスによる木造建物実験

実大木造軸組試験体を用いた震動台実験を実施することで、木造軸組構法の耐震性能向上に関する研究を行う。実大試験体を用いた震動台実験を通じ、実際の建物による地震時挙動の把握と、耐震性能の評価が可能となる。また、実験結果から、耐震診断手法、耐震設計手法および耐震補強手法の精度検証や新たな手法の開発を試み、既存木造建物の更な

る耐震性向上を図る。また、一部の試験体では、破壊実験も併せて行うことで、倒壊時の挙動に関するデータの取得も行う。

2) 木造建物の耐震性および耐震補強法の評価に関する研究

実大在来木造軸組の震動台実験の計画・データ解析などを実施する。試験体の条件検討を行い、実験の効率的な運用を目指す。震動台実験後、得られた実験データを用いて木造建物の倒壊挙動を検討する。実験結果の分析や過去の実験との比較より、木造建物の地震時挙動の把握と耐震性能の評価を行い、耐震設計法および耐震補強法の効果を確認する。

3) 木造建物の構造要素試験

E - ディフェンスを用いて行われる木造建物の三次元震動破壊実験に関連して、試験体建物における壁体の静的加力時の構造特性に関するデータを取得解析し、E - ディフェンスでの震動破壊実験における木造建物の地震時挙動把握と耐震性能評価の基礎資料とする。併せて、木造建物の耐震設計法および耐震診断・補強方法の開発の基礎資料とし、木造建物の耐震性向上を図る。

4) 試験建物の部材強度試験

供試木造住宅の構造強度を理論的に解析する基礎資料を得るため、及び昨年度の既存木造建物の震動台実験の結果と本年度の新築木造住宅の震動台実験の結果の比較において、経年による建物強度の変化の有無を部材の視点から解析するために、E - ディフェンスの震動台実験に供する木造住宅を構成する部材の強度試験等を行う。

5) 軸組構法木造建物実験

木構軸組の実大および要素試験体を用いた震動台実験を実施して、木造特有の特性と木造建築の地域性を考慮して伝統構法を含む軸組構法木造建物の地震時挙動の把握と耐震性能の評価を行い、耐震設計法および耐震補強法の開発と併せて木造建物の耐震性向上を図る。また、地震計を設置・観測を行ってきた木造住宅4棟の地震観測・常時微動計測を継続実施して、軸組構法木造建物の地震時挙動を把握するとともに振動特性を明らかにする。

6) 木造建物実験における三次元数値シミュレーション解析

地震動による木造建物の倒壊現象に関する解析手法を構築するため、倒壊解析理論の整理、解析プログラムの合理化、解析精度の向上及びデータ入出力プログラム作成を行うと共に、並行して行われる震動台実験の結果予測および結果分析を行う。

(2) 鉄筋コンクリート建物実験

1) 実大鉄筋コンクリート建物の三次元震動破壊実験

鉄筋コンクリート建物の三次元動的挙動と破壊メカニズムの解明、既存建築物の耐震補強方法の確立、現行耐震設計法の検証と耐震性能評価手法の高度化およびシミュレーション解析のためのデータ取得を目的として、E - ディフェンスにおいて、実大鉄筋コンクリート建物の三次元震動破壊実験を実施する。

2) 実大鉄筋コンクリート建物の三次元動的解析システムの開発

実大三次元鉄筋コンクリート建物の震動破壊実験の予備解析研究および実験破壊シミュレーションを行うため、三次元地震動による鉄筋コンクリートフレーム構造解析システムのフレームワークを作成し、建物の崩壊まで追跡できる柱、梁、耐震壁などの部材モデルで構成される鉄筋コンクリートフレーム構造の三次元非線形動的解析システムを開発する。さらに、震動実験結果と比較することにより、解析精度の高い数値シミュレーションシステムを構築する。

3) 学校校舎の耐震補強に関する実大震動実験の計画と予備解析

E - ディフェンスで実施される鉄筋コンクリート学校校舎の三次元震動破壊実験計画における、試験体及び地震動入力 of 最終的な計画の妥当性を確認する。

4) 腰壁付柱のサブストラクチャー・スードダイナミック加力実験

腰壁付柱のサブストラクチャー・スードダイナミック加力実験を行い、構造物の応力分担、損傷過程、破壊性状等を計測し、実験後に計測結果の分析を行う。また、震動台による動的な破壊性状との比較を行い、極短柱の靱性向上設計や解析法の高度化に役立つ知見を取りまとめる。

5) 鉄筋コンクリート造有開口耐震壁の動的復元力特性に関する研究

地震応答解析に適用できる鉄筋コンクリート造連層耐震壁の動的復元力特性モデルを構築することを目的とする。具体的には、有開口耐震壁を対象として載荷速度の異なる変位振幅漸増型の定常振動実験を実施し、当該耐震壁の動的復元力特性の把握とそのモデル化を試みる。また、中破相当のレベルまで動的載荷を行った有開口耐震壁を補修し、再度動的載荷を行った場合についても検討し、補修された耐震壁の動的復元力特性の把握とそのモデル化も併せて検討する。

6) 付帯フレーム付き耐震壁の耐震性能評価と応力測定評価法の研究

実構造物に近い境界条件の下で付帯フレーム付き耐震壁の載荷実験を行い、各構造要素の損傷評価を行う。さらに、E - ディフェンスにおける実物大振動台実験で用いる3分力計の検定と応力測定評価法に関する検討を行う。

(3) 地盤・基礎実験

1) E - ディフェンスによる大型土槽の地盤基礎実験

地盤と基礎の地震時耐震性に関する研究課題は非常に多いが、新潟地震や兵庫県南部地震の被害をみてもわかるとおり、地盤の液状化に関わる課題はその被害が非常に広範囲にわたり、発生件数が多いということから、今や国民的関心事となっている。地盤の液状化に関わる研究課題としては、「側方流動に伴う護岸とその背後の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」が重要であるので、E - ディフェンスで対象とする地盤関係の実験研究としては、この2つの課題に取り組む。

さらに、遠心振動実験においてE-ディフェンスで実施する大型土槽実験を再現するためのモデル化に関する検討を行い、大型土槽実験結果の評価に資するとともに地震時の地盤と構造物の耐震性評価に役立てる。

2) 大型土槽実験の地盤物性の試験

大型実験の結果の評価を行う際、土の動的変形特性(地盤剛性と減衰)、液状化特性、液状化後の変形特性、液状化後の体積圧縮特性、液状化後の透水係数などの特性を知っておく必要がある。これらの値は拘束圧に大きく依存するため、5kPaといった大変小さい拘束圧から実験できる特殊な繰返しねじりせん断試験装置を用いて実験を行って特性を求める。

3) 大型液状化実験の挙動把握および地盤特性把握

液状化時の地盤の物性と変形挙動を把握するために実物大模型実験に適用できる地盤内の変位計測システムを確立し、模型実験時の地盤挙動の計測を実施する。さらに、模型実験から得られる地盤挙動と室内要素試験から得られる土の物性から地盤特性の把握を行う。

4) 遠心振動実験による研究(その1)

E-ディフェンスを用いた「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」に関わる実験に対して遠心振動実験による予測を行うと共に、大型実験で実施出来ない、重要な影響要因の抽出に関する実験検討を遠心実験で実施し、大型実験の補足を行う。

5) 遠心振動実験による研究(その2)

「水平地盤における杭基礎の破壊メカニズム解明」に関連し、E-ディフェンスを用いた実大実験の実験条件の絞込み、実験結果の補足を目的とする。そのため、遠心載荷装置を用いて地盤-杭-構造物系を対象にしたパラメトリックな実験を行い、最重要な実験パラメータを抽出、E-ディフェンスの実験結果の補足を行う。さらに、遠心載荷実験の結果とE-ディフェンスの実験結果と比較することで、遠心載荷実験の信頼性の検討を行う。

6) 地盤・基礎実験における三次元数値シミュレーションによる実験の予測解析(側方流動解析、その1)

E-ディフェンスにおける大型振動台実験を効率的に行うため、三次元数値解析手法による事前予測を実施する。また、実験後の事後解析も行い、実験値と解析値の比較検討の過程で、護岸背後における群杭基礎近傍の液状化地盤の三次元的挙動を明らかにする。さらに、提案する三次元数値解析手法を必要に応じて改良を実施する。

7) 地盤・基礎実験における三次元数値シミュレーションによる実験の予測解析(側方流動解析、その2)

側方流動を受ける杭基礎に関するE-ディフェンスの震動台実験の数値シミュレーションを、3次元有効応力解析を用いて行い、適切な加振波の選択と最適な液状化実験実施

のための事前検討のデータを提供すると共に、本数値シミュレーション法の精度を確認し、本数値シミュレーションの重要基礎構造物の性能評価への適用性について検討する。

8) 地盤・基礎実験における三次元数値シミュレーションによる実験の予測解析（水平地盤中の杭基礎解析、その1）

最新の解析手法により実物大の杭基礎構造物が破壊するまでの過程を三次元条件下の解析で予測し、構造物の耐震性の向上に役立てることを主目的とする。また、E - ディフェンスによる実験条件として、適切な加振波の選択と最適な液化化実験の条件や、群杭基礎の加振方向の影響および三次元効果を検討すると共に、地盤の三次元数値シミュレーション手法（有効応力解析を含む）の開発・高度化に資するデータを提供する。

9) 地盤・基礎実験における三次元数値シミュレーションによる実験の予測解析（水平地盤中の杭基礎解析、その2）

E - ディフェンスで実施される実大スケールの地盤 - 杭基礎 - 構造物モデルの震動台実験の予備検討解析を行い、実験でのケーススタディの絞込みに資する。また、予備検討解析結果および震動台実験結果の分析から、地盤の3次元数値シミュレーション手法の開発・高度化で課題となる地盤の構成モデルの設定、杭構造の非線形特性のモデル化、および減衰の設定に関する知見を得る。

10) 三次元地震動データベースの構築に関する研究

強震動データベースの枠組みに関する検討を行い、具備すべき強震動データを収集、整理する。また、強震動の属性（観測地の地盤・震源など）および特性を調査・分類・整理し、データベースの枠組みを検討する。強震データには、将来発生が予測される地震動のシミュレーションも含め、さらに、適切な経験的グリーン関数（小地震記録）のデータベース化、E - ディフェンスの国際利用を視野に置いた世界の強震データも含めることとし、利便性を考慮した検索機能の充実を図る。

11) 三次元強震動波形の推定に関する研究

将来発生する可能性の高い地震を想定して三次元強震動を推定する方法を構築し、最大規模の強震動試算を行う。また、設計に用いられている地域波についても調査し、これらを三次元地震動データベースに大地震強震動波形として提供する。

(4) 全体研究管理

「耐震性の向上研究」の中核機関として、全体研究管理を実施し、各研究テーマの連絡、進捗状況のチェック、研究成果を公表するためのシンポジウム等を行う。

