

第5章 実大三次元震動台を用いた耐震性能評価手法の研究

実大三次元震動破壊実験で新たに開発が必要となる実験技術にはには以下のものがある¹⁾。

- (a) 試験体の設計・製作技術
- (b) 計測・測定技術
- (c) モニタリングおよび実験支援情報システム技術
- (d) 高精度でロバストな加振技術
- (e) ハイブリッド実験技術
- (f) 安全技術
- (g) 周辺環境影響軽減技術

これを受け、本研究プロジェクトでは以下の研究が実施されている。

- 1. 耐震性評価のための支援技術の開発
 - (1) 大規模破壊実験のための計測・処理技術および振動台加振手法の高度化
 - ① 試験体の動特性および破壊を考慮した加振手法の高度化（実験技術(d)に対応）
 - ② 大規模破壊実験における計測・処理手法の高度化（実験技術(b), (c)に対応）
 - ③ 大規模破壊実験における人体被災計測手法の開発（実験技術(b)に対応）
- 3. 基礎・地盤系の塑性領域での挙動と破壊過程に関する研究
 - (1) 大規模地盤模型による振動実験技術の開発
 - ① 大規模地盤の振動実験における地盤作成・計測技術の開発（実験技術(a), (b)に対応）
 - ② せん断土槽を用いた三次元地盤実験手法の開発（実験技術(a)に対応）

これらの研究の概要を表-4に示す。

なお、直接実験技術の開発を目的としていないが、(e)ハイブリッド実験については「基礎—地盤との連成を考慮した橋脚の破壊過程の実験的検討」で用いている。また、(f)安全技術については「構造物の破壊過程に関する研究」の中で行われる実験の際に検討される予定である。

参考文献

- 1) 社団法人 土木学会，平成 10 年度 科学技術振興調整費 大地震時における構造物等の破壊過程解明のための試験体設計及び解析に関する調査 報告書，平成 11 年 3 月

表-4 実大三次元振動台を用いた耐震性能評価手法関連研究の概要

テーマ名	背景 (現状の問題点)	研究課題	今年度成果	今後の展開
<p>1. 耐震性評価のための支援技術の開発</p> <p>(2) 大規模破壊実験のための計測・処理技術および振動台加振手法の高度化</p>	<p>試験体としての構造物が破壊することを前提とした振動台はこれまでに例がなく、実験精度の向上のために、破壊を考慮した振動台加振手法及び制御手法の高度化が必要である。</p> <p>本研究では振動台に搭載した試験体が破壊に伴いその特性を変化させていく過程においても所要の加振性能を維持・制御できる加振制御則を明らかにする。</p>	<p>構造物が破壊によりその特性を変化させていく状況のなかで振動台の加振波形を忠実に再現するような加振手法の確立と模型に応じた振動台加振手法のガイドラインの作成を目指す。</p> <p>大規模模型を対象とした画像処理による変位計測の高度化を図るとともに、動的にセンサー位置を追跡する計測法を検討する。</p> <p>また、振動台を用いた加振実験において、構造物の崩壊モードを評価する上で重要となる地震による総エネルギー入力値を直接精度良く計測する手法を検討する。</p>	<p>小型2次元振動台を用いた実験において試験体の破壊挙動を繰り返し再現できる破壊シミュレーションを行った。シミュレーションの履歴特性と剛性の低下を実現できることが確認できた。また、ピロティ構造物の崩壊を模擬した試験体を用い、試験体の崩壊が振動台に与える影響を調査した。崩壊による衝突時などを除けば、崩壊前後の振動台波形はほぼ同様であることがわかった。</p> <p>CCDカメラおよび電波を利用した3次元位置計測について、ハードウェアの両面から三次元振動破壊実験に適した計測技術の研究開発を行っている。現在は、計測用ソフトウェアの開発を進めており、CCDカメラからの入力画像での光点(マーカー)の位置座標の検出、複数光点の位置座標自動計測等が行える段階にある。電波を利用した3次元位置計測に関しては、複数マーカーの同時計測を行う上での技術的調査検討を行っている。振動台入力エネルギー計測については、解析ソフトウェアの開発を進めている。</p>	<p>破壊シミュレーションを用いて振動実験を行う。その結果のシミュレーションを行い加振波形への影響を軽減できる制御手法を検討、実証する。また、ピロティ構造物の崩壊による加振波形への影響についてもその影響を軽減する制御手法等の検討を行い実証も合わせて行う。これらの結果をふまえて、中型振動台での試験体崩壊実験における加振手法の検討を行い及び実証していく予定である。</p> <p>画像処理による動的変位計測システムおよび電波等利用による動的変位計測システムの設計・試作を行い、建物等を用いた振動実験より、計測システムの有効性を確認する。その後、実大三次元振動破壊実験施設での利用を前提として、装置の高度化・実用化に向けての開発を行う。</p> <p>また、実験的に振動台入力エネルギー計測手法の検討を行う。その後、大型振動台等を用いて構造物等を用いた振動実験等を行い、振動台入力エネルギー計測に基づく加振手法の改良と実用化に向けての開発を行う。</p>
<p>3. 基礎・地盤系の塑性領域での挙動と破壊過程に関する研究</p> <p>(1) 大規模地盤模型による振動実験技術の開発</p>	<p>従来から実施されている地盤の振動現象や構造物の地震時挙動の多くは一方に向けた地盤模型の振動実験の地震時挙動を的確に表しておらず、2方向あるいは3方向の加振実験による検証が不可欠となってきた。</p>	<p>地震と人間の損傷との関係を医学、工学の両面から定量的に明らかにするために、過去の人体被災データに基づいた人体損傷型計測手法の開発が必要と考えられる。そこで、阪神・淡路大震災における人体被災の要因について整理すると共に、地震における建築物の破壊が人体に与えた事例を系統的に整理し、統合的な人体被災データベースの構築を目的とする。</p> <p>大規模地盤の振動実験における均一で飽和な地盤の作成法や液状化地盤の変位計測技術等の開発を目的とする。平成11年度は以下のことを行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> 音波を用いたP波速度計測手法の開発 飽和度(B値)とP波速度の関係の検証 P波速度からB値を推定する手法の提案 水中スクリン等を用いた飽和地盤作成法の検討 液状化地盤の変位計測システムの試作 	<p>① 阪神・淡路大震災での人的被災データとその分析 研究者個々に管理されていた人的被災データを統合し、約5500事例の人体被災計測の基礎データベースを構築した。</p> <p>② 調査大震災から兵庫県南部地震までの人的被災の状況と要因 地域、時代による差異などを把握するために、1923年の関東地震以降の大地震についても人的被災データを収集し、被害要因の抽出、類型化を行った。</p> <p>① 圧電型パルス発生装置と水中マイクを用いることにより、地盤のP波速度計測が可能である。P波速度は飽和度99~100%、B値0~0.9において大きく変化する。</p> <p>② 計測されたP波速度から地盤のB値をある程度の精度で把握できる。</p> <p>③ 水中に設置したスクリンを振動させ、ここを通して土粒子を落下させることにより、飽和度の高い地盤を作成できる。</p> <p>④ 液状化地盤の変形測定装置を考案、試作した。</p>	<p>① 振動台加振による二方向せん断土槽を用いた地盤の地震時挙動の検証と土槽の機能評価</p> <ul style="list-style-type: none"> せん断土槽内の均質地盤作成方法の開発 剛な土槽、一方および二方向せん断土槽に作成した地盤模型(乾燥砂及び飽和砂)の振動実験 <p>② せん断土槽を用いた三次元地盤実験手法の開発</p>
<p>③ 大規模破壊実験における人体被災計測手法の開発</p>	<p>防災の目的は、災害時あるいは災害後にあって人間への影響を最小限にとどめ、財産を保全することにある。阪神・淡路大震災では構造物崩壊等により多くの人命が奪われたことで、崩壊を前提とした、地震被害から直接的な死傷を低減する対策の必要性が明らかとなった。その対策を立案・実施するためには、構造物に着目した研究と共に、震災が人体に与える影響に着目した人体被災の研究も行う必要がある。</p> <p>大型土槽では、均一および飽和な地盤の作成法および効率的な排出法、破壊過程を捉える基礎・地盤系管の計測技術は確立していない。現在、防災科学技術研究所が三木市に建設を進めている実大三次元振動破壊実験施設では、超大型地盤の振動実験および破壊過程を捉える基礎・地盤系管の計測技術の確立が急務である。</p>	<p>① 圧電型パルス発生装置と水中マイクを用いることにより、地盤のP波速度計測が可能である。P波速度は飽和度99~100%、B値0~0.9において大きく変化する。</p> <p>② 計測されたP波速度から地盤のB値をある程度の精度で把握できる。</p> <p>③ 水中に設置したスクリンを振動させ、ここを通して土粒子を落下させることにより、飽和度の高い地盤を作成できる。</p> <p>④ 液状化地盤の変形測定装置を考案、試作した。</p>	<p>平成12年度は以下の検討を行う予定である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 水中振動スクリンを用いた地盤作成法の中にせん断土槽を用いた検証 ② 液状化地盤の変位測定システムの上記実験における実証 ③ 土槽地盤の剛性評価法の一つとして、常時微小測定システムを導入 ④ ペンダエネメントによる地盤の剛性および均一性の評価 	<p>① 構造物等の破壊による人体の損傷の分析 人体被災をもたらし力学、構造学的諸条件を明らかにする。また、人体の損傷の医学的メカニズムと工学的条件の関連を明確にする。</p> <p>② 震災用ダミーの試設計 人体ダミーの材料、構造の選定、搭載位置の計画、試設計を行う。また、振動台による人体損傷予備実験の実施方法を検討し、概略計画を立案する。予備試験は平成13年度に実施する予定である。</p>