

研究種目：若手研究 (S)

研究期間：2007～2011

課題番号：19676004

研究課題名 (和文) 既存耐震実験施設の有機的連携による防災技術向上策の開発

研究課題名 (英文) Improvement of Disaster Mitigation Technology by Functional Cooperation of Existing Seismic Test Facilities

研究代表者

高橋 良和 (TAKAHASHI YOSHIKAZU)

京都大学・防災研究所・准教授

研究者番号：10283623

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学 ・ 構造工学・地震工学・維持管理工学

キーワード：地震工学, 耐震構造, 地盤と構造物

1. 研究計画の概要

構造物の耐震設計の背景となる、動的応答特性の基礎データは、まず実験的手法により求められることになるが、静的実験に比べて動の実験は装置や試験体の制約が多く、定量的評価するための十分な数のデータが得られているとは言えないのが現状である。ただし、土木構造分野においても従来実施されていた静的実験を中心とする体系から、動的挙動・応答を再現しようとする高度な実験体系へと展開してきており、世界最大の振動台 E-ディフェンスが稼働を始めたこと、また地理的分散実験が現実的な実験の手法の選択肢となりつつある現在、改めて土木構造の動的挙動を知るための実験的研究を再構築する時期に来ていると考える。

本研究は、既存実験施設を有機的に連携し、「構造物全体の崩壊過程を見極める」、「崩壊過程の動的挙動予測精度を上げる」防災技術向上策を構築することを目的としている。

本研究では、大きく分けて①構造物の動的応答特性の定量的評価、②共通構造システムの動的応答特性の把握、③構造物の内部破壊挙動の把握、の3つのテーマについて研究を行う。

2. 研究の進捗状況

(1) 構造物の動的応答特性の定量的評価

構造物動的応答特性には不確実性が存在する。従来では材料強度特性のばらつきを用いた数値解析により、応答の不確実性が間接的に評価されてきたが、本テーマでは、代表的な構造物として RC 橋脚を対象とし、応答の不確実性を評価しうるデータを計測するため、縮小 RC 橋脚模型 16 体の一斉加振実

験を中心とした一連の研究を実施した。

一般に振動台の制御は、試験体の応答による相互作用の影響を受ける。その制御は試験体が非線形挙動を示すほど困難となるため、複数回の振動台実験による比較研究は困難となる。そこで本研究では、同一設計、同時製作の 16 体の試験体を、世界最大三次元震動台 E-ディフェンスの 1 つのテーブル(20×15m)上に設置し、一斉加振することにより、同一動的入力を保証した動的応答特性の基礎データの収集を行った。比較研究の前提条件である動的入力の同一性を担保しつつ、線形応答から非線形応答に至る地震応答特性の不確実性を評価しうるデータを得ることができた。

大きく非線形応答した実験 (100% Input) において、耐震設計指標である変位応答の最大値および残留変位に着目すると、最大応答値および残留変位の変動係数がそれぞれ 3.8%、13.7%であった。入力地震の変動係数 2.5%、構造物ばらつきの目安である固有周期の変動係数 4.8%であること、また非線形動的応答結果であることを考えると、最大応答変位のばらつきは極めて小さいものといえる。一方、残留変位の変動係数が最大応答値の約 4 倍程度の値であることは、残留変位を用いた検討における不確実性の議論の基礎データとなる。

(2) 共通構造システムの動的応答評価

本テーマでは、上部構造・基礎・地盤からなる構造システムを共通構造システムとし、その動的応答を様々な実験規模や異なる手法の組み合わせにより、評価することを目的としている。平成 22 年度以降実施する 1 G

場の大型震動実験、大型遠心力載荷実験に対し、中小型実験施設を活用するための方法論の構築に関する研究を進め、基礎・地盤が実験模型として遠心場で静的載荷し、上部構造を数値モデルとして構造システムをモデル化した、遠心場ハイブリッドシミュレーション（擬似動的載荷実験）を実施した。ハイブリッド実験を地盤系研究で用いられる遠心力載荷装置において実施するのは世界でも初めての試みである。制約はあるものの、静的載荷実験にも関わらず遠心場振動台実験結果と同等の結果を得ることができた。

(3) 構造物の内部破壊挙動の把握

R C構造のような複合材料の破壊は、骨材とセメントとの界面や内部欠陥（気泡）などから発生すると考えられる。本テーマでは、構造物の内部破壊状況を可視化し、また内部構成情報を抽出することによりマイクロモデルの作成、解析を可能とすることを目的とし、一軸圧縮試験後のコンクリート試験体をX線CT装置により撮影し、その骨材を数値処理により抽出することを試みた。その結果を試験体作成前に実施したふり分け試験結果と比較し、複数の断面画像から得られる骨材分布の平均線が実験結果とほぼ一致することを確認した。

3. 現在までの達成度

①当初の計画以上に進展している。
(理由)

本研究期間（5年間）を大きく3年+2年に分け、始めの3年を、主に21年度研究（世界最大震動台による構造物の動的応答特性評価のためのデータ収集）を中心とした研究を、残り2年を共通構造システムに対する一連の研究を実施する計画を立てた。平成21年度に前半最大の目的であった実験を、多くの若手研究者、報道関係者を含む多くの方の参加を得て、成功裡に実施できたことは、予定以上の成果が得られたと考えている。従来の実験規模では不可能であった、動的入力の一貫性が保証された構造物の応答データを収集することができたことは、今後の中小型実験プロジェクトおよび数値解析的研究の標準データ（リファレンス）としての活用が見込まれるとともに、耐震設計の基礎データとして、社会への還元も期待できる成果が見込まれる。また後半2年に向け、中小型実験の有機的連携策であるマルチスケールハイブリッド実験手法の構築の基礎研究を実施しており、順調に研究が進展している。

4. 今後の研究の推進方策

共通構造システムの動的応答評価について、大型振動台を用いたシステム一体大型模型の震動実験、大型遠心力載荷装置を用いた

システム一体小型模型の震動実験、及び遠心力載荷装置を用いた基礎・地盤の超小型模型と上部構造中型模型による分散マルチスケールハイブリッド実験を実施し、既存実験施設の有機的連携による防災技術向上策について研究を進めていく。

5. 代表的な研究成果

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計6件）

- ①高橋良和・小寺雅子、動的相互作用問題への遠心力場ハイブリッド実験手法の適用性、土木学会構造工学論文集、Vol. 56A, 334-341, 2010.
- ②若木伸也・高橋良和・澤田純男、X線CT法を用いたコンクリート円柱供試体の内部構成情報の抽出、土木学会地震工学論文集、Vol. 30, 399-405, 2009.
- ③Y. Takahashi, H. Iemura, S. A. Mahin, and G. L. Fenves, International Distributed Hybrid Simulation of 2-Span Continuous Bridge, Proceedings of 14th World Conference on Earthquake Engineering, Paper No. S17-03-002, 2008.

〔学会発表〕（計14件）

- ①高橋良和・井本佳秀・綿島崇倫、アンボンド芯材を活用したRC橋脚の動的応答特性、第30回土木学会地震工学研究発表会論文集、Paper No. 3-0033, 東京大学, 2009. 5. 18.
- ②佐藤芳樹・高橋良和・後藤浩之、横拘束コンクリート供試体の一軸圧縮挙動に関する一考察、第30回土木学会地震工学研究発表会論文集、東京大学, Paper No. 3-0010, 2009. 5. 18.
- ③異種解析システム融合によるハイブリッドシミュレーションシステムの構築、村上学・高橋良和・家村浩和、土木学会第63回年次学術講演会講演集、1133-1134, 東北大学, 2008. 9. 18.

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

- 出願状況（計0件）
- 取得状況（計0件）

〔その他〕

ホームページ

<http://www.catfish.dpri.kyoto-u.ac.jp/~yos/>