

縮小 RC 柱 16 体一斉加振実験に基づく動的応答の定量的不確定性評価

清水建設 正会員 ○小林 望
京都大学 正会員 高橋 良和

1. はじめに

近年、耐震設計において破壊過程における構造物の動的挙動を評価する場合、材料や構造、設計における不確かさを考慮することは重要になっている。現在までに、入力地震動や構造モデルにおける不確定性を考慮した耐震信頼性解析が行われ、構造物の動的挙動における不確定性が評価されてきた。しかしながら、材料のばらつきに関する実験データは存在するものの、構造物の応答における不確定性を評価しうる実験データがないのが現状である。

本研究では、RC 橋脚の動的応答における不確定性を実験的に評価することを目的としている。不確定性を評価する地震応答指標として橋脚の最大応変位と地震後の残留変位をマクロ的指標、橋脚基部の鉄筋ひずみをミクロ的指標とし、E-ディフェンスの世界最大震動台上に 16 体の橋脚模型を設置して一斉加振を実施する。

2. 震動台実験の概要

本実験で用いた E-ディフェンスの震動台は三次元加振を行える施設として、その積載荷重と積載面積において世界最大の規模である。震動台の寸法は、長辺方向が 20m、短辺方向が 15m であり、最大積載質量は 1,200 トンである。実験供試体 16 体の震動台へのセットアップの状況を写真-1 に示す。

RC 構造物としては、実際の道路橋橋脚を 1/7.5 に縮小した鉄筋コンクリート単柱を対象とする。実験供試体は図-1 に示すように、柱部、重錘部とフーチング部で構成されている。柱部は 1.6m の高さで、0.32m の正方形断面の RC 柱である。主鉄筋比は 1.11%、帯鉄筋体積比は 0.86%である。重錘部は 1.6m の RC 立方体で、橋脚基部における軸応力は約 1MPa、質量は約 10t である。

コンクリートは設計基準強度 24MPa、軸方向鉄筋および帯鉄筋はともに SD345 を用いた。コンクリートの圧縮強度試験と主鉄筋の引張試験から材料のばらつきを求めた結果、コンクリートにおける圧縮強度の変動係数は 3.22%、主鉄筋における引張強度の変動係数は 1.65%であった。実験供試体 16 体を震動台に設置した後、実験供試体それぞれの固有周期を計測した。固有周期におけるばらつきの変動係数は X 方向が 3.77%、Y 方向が 4.80%であった。

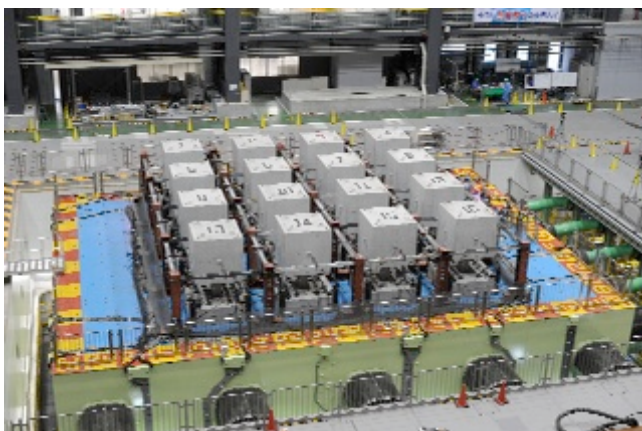


写真-1 セットアップの状況

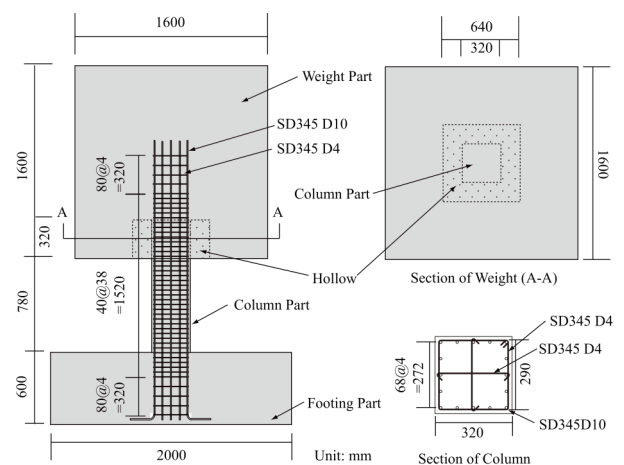


図-1 模型供試体の全体図

キーワード E-ディフェンス、非線形動的応答、不確定性、定量的評価

連絡先 〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 シーバンス S 館 TEL: 03-5441-0598

3. 入力地震動

入力地震動として、1995 年の兵庫県南部地震で観測された JR 鷹取駅記録 3 成分を用いる。地震動の NS, EW, UD 成分を震動台における Y, X, Z 方向に入力する。地震動加速度のレベルを変化させて実験したが、本論では初めて大きく非線形応答を示した実験結果について考察を行う。まず、比較研究を行うに当たり、16 体への入力地震動のばらつきを考察する。図-2 で示すように減衰定数 5%の加速度応答スペクトルと比較すると、本実験における供試体の振動周期帯(約 0.3s~ 0.6s の間)において、変動係数は X 方向が 2.54%, Y 方向が 0.89%である。

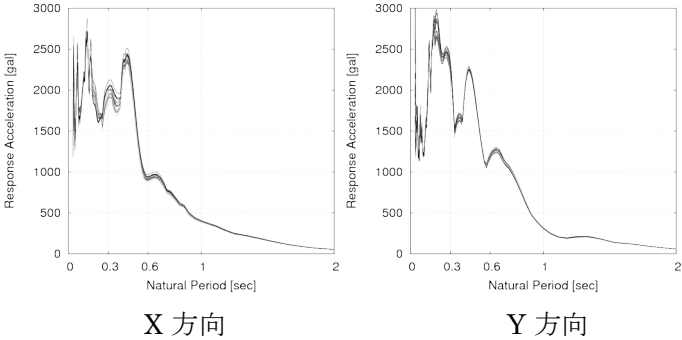


図-2 加速度応答スペクトル

4. 応答変位(マクロ指標)の最大応答変位と残留変位

最大応答変位方向で合成した応答変位の最大応答変位と残留変位のばらつきに関して着目する。図-3 が示すように、最大応答変位における変動係数は 3.8%と材料強度や入力地震動のばらつきと大差はなく、比較的小さかった。一方、残留変位における変動係数は 13.7%と最大応答変位に比べて約 3.6 倍大きく、非線形挙動が進むにつれてばらつきが広がっていくことがわかる。

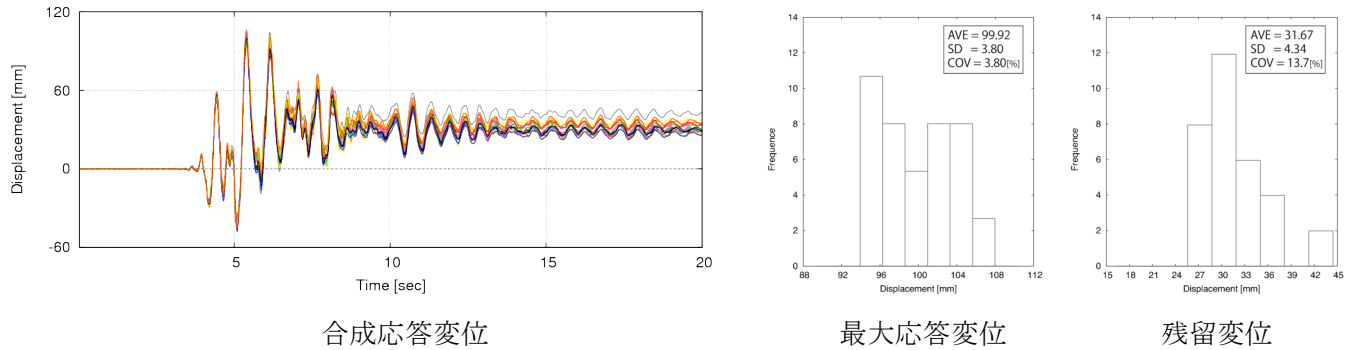


図-3 合成応答変位の時刻歴と地震応答指標におけるヒストグラム

5. 応答変位(マクロ指標)とひずみ(ミクロ指標)の比較

表-1 は非線形応答時の変動係数による入力、構造物、出力におけるばらつきを整理したものである。応答変位と主鉄筋ひずみの応答最大値のばらつきを比較すると、変動係数は応答変位の 3.80%に対して、主鉄筋ひずみの 50.2%と非常に大きい。つまり、非線形挙動における RC 構造物のひずみの計測値は定性的な指標としては利用できるが、マクロ指標に比べてひび割れによる影響を直接的に受けるため、直接定量的な評価は難しいことを意味している。一方、最大応答変位は非線形動的挙動にも関わらず、構造物自身のばらつきの程度であり、そのばらつきは大きくない。

表-1 非線形応答時の変動係数によるばらつき評価

6. まとめ

耐震設計で耐震指標としてよく用いられる最大応答変位は、非線形動的挙動にも関わらず、そのばらつきは約 4%程度であり、それほど大きなものではない。一方、残留変形のばらつきは最大応答変位に比べ約 3.6 倍程度であり、その評価には大きなばらつきを考慮することが重要である。

入力	構造物 (システム)		出力	
加 速 度 応 答 ス ペ ク ト ル	マ ク ロ	固有周期 X 方向 →3.77% Y 方向 →4.80%	マ ク ロ	最大応答変位 →3.80% 残留変位 →13.7%
	ミ ク ロ	コンクリートの 圧縮強度 →3.22% 鉄筋の引張強度 →1.65%	ミ ク ロ	ひずみの最大 値 →50.2%