

橋梁の地震時損傷度評価システム開発にかかる基礎実験

独立行政法人土木研究所 正会員 ○小林 寛

独立行政法人土木研究所 正会員 運上茂樹

1. はじめに

大地震時に橋梁の被害を把握し、使用の可否を早急に判定することは、二次災害の防止だけでなく震後の人命救助、救援物資輸送、地域復興を迅速に進め、橋梁の復旧計画を効率的に行うためにも非常に重要である。現状での被害把握は目視点検結果によるところが多く、判定が困難であったり、専門家の現地到着・判定を待つため時間がかかったりする問題点も考えられる。こういったことから地震時に橋梁の損傷度を自己診断し、結果を発信する地震時自己損傷度評価システムの開発が待たれるところである。

本文では、センシングデータを用いた損傷度評価手法の開発を目的として、今回RC単柱の振動台実験を行ったのでその概要、結果について述べる。

2. 実験概要

実験は写真-1に示すRC単柱を土木研究所所有の大型振動台上に設置し、一方向に加振することにより行った。供試体には柱基部での軸応力が1.0MPa、慣性力作用中心位置が柱基部から3.0mとなるようウェイトを載せてあり、柱断面は短辺0.8m、長辺0.45mとした。軸方向鉄筋はSD295、D10(鉄筋比0.95%)、帯鉄筋はSD295、D6(鉄筋比0.47%)を配筋し、被りは40mmとした。また長辺方向には帯鉄筋と同材質同径の中間帯鉄筋を配置した。事前の解析による降伏変位はウェイト重心位置で18.9mm、終局変位は62.3mmである。



写真-1 振動台と実験供試体

加振は短辺方向に行い、入力としては1995年兵庫県南部地震の際にJR鷹取駅で観測された加速度波形のNS成分を時間軸を50%とし、振幅は表-1に示すように15%から80%まで段階的に調整して用いた。

計測は3成分の加速度計を振動台上、フーチング上、ウェイト重心位置に設置したほか、鉄筋ひずみゲ-

表-1 加振ケースと実験結果

加振ケース	固有周期 (s)	振動台 最大加速度 (gal)	ウェイト中心 最大加速度 (gal)	柱基部 最大ひずみ (μ)	ウェイト中心 応答変位 (mm)	降伏 変位 (mm)	変位から求め た応答塑性率	固有周期から 求めた応答塑 性率
振動台浮上時微動	0.29							
鷹取地震波15%	0.34	111	213	894	6	18.9	0.33	1.36
鷹取地震波50%	0.64	443	356	47,481	63	18.9	3.32	4.79
鷹取地震波60%	0.68	481	339	40,339	96	18.9	5.07	5.44
鷹取地震波80%1回目	0.79	722	352	47,490	136	18.9	7.20	7.25
鷹取地震波80%2回目	0.93	707	346	46,643	148	18.9	7.84	10.12
鷹取地震波80%3回目	0.93	693	308	20,912	137	18.9	7.27	10.12
振動台停止時微動	0.85							8.51

キーワード 振動台実験, センサ, 損傷度評価

連絡先 〒305-8516 つくば市南原1番地6 独立行政法人土木研究所耐震研究グループ TEL029-879-6773

ジを軸鉄筋及び側方筋の柱基部付近に配置した。また、ウェイト重心位置の変位をレーザー変位計を用いて計測した。加速度計については加振時のほか振動台の立ち上げ時，降下時，各加振のインターバルにも微動の計測をした。

3. 実験結果

各加振終了時及び振動台の立ち上げ時，降下時における固有周期の変化，加速度，ひずみ，変位を表-1に示す。固有周期の算定には加速度記録を用い，振動が安定したと思われる約10秒間の波形のフーリエスペクトルから求めた。

鷹取波の15%振幅を入力したときは固有周期の変化，柱基部の主筋ひずみ，応答変位からほぼ弾性応答であったことがわかる。同じく50%振幅を入力した時に大きく固有周期が伸び，柱基部の主筋ひずみは降伏を大きく超え，応答変位からもほぼ終局に達していることがわかる。この時の外観調査では柱部のクラックは認められるものの被りコンクリートの剥落等は見られなかった。この後60%，80%と入力を大きくしたが外観に目立った変化は見られず，2回目の80%加振で被りコンクリートが剥落し，3回目の80%加振を行って実験を終了した。



写真-2 柱基部損傷状況(80%2回目加振後)

4. 応答塑性率による損傷評価

今回の実験のような単純な1質点系の振動モデルの場合，加振前後の固有周期を T_0 ， T_1 とするとその変化率 T_1/T_0 は剛性変化率の逆数 K_0/K_1 の平方根となる。今回のRC柱を降伏荷重 P_y を有する完全弾塑性と仮定すれば， $K_0 = P_y/\delta_y$ (δ_y :降伏変位)であることから T_1/T_0 は応答塑性率 μ の平方根となる。そこで， T_0 として振動台立ち上げ時の0.29秒を， T_1 に各加振終了時の固有周期を用いて応答塑性率を算出し，応答変位と事前解析による降伏変位を用いて算出した応答塑性率と比較した。結果を図-1に示す。図より両者は比較的良く一致しており，橋脚上に取り付けた加速度記録から応答塑性率を簡便に推定可能であることが分かる。また主鉄筋ひずみや終局変位との比較から，推定された応答塑性率を用いて損傷状況を評価することも十分可能と考えられる。

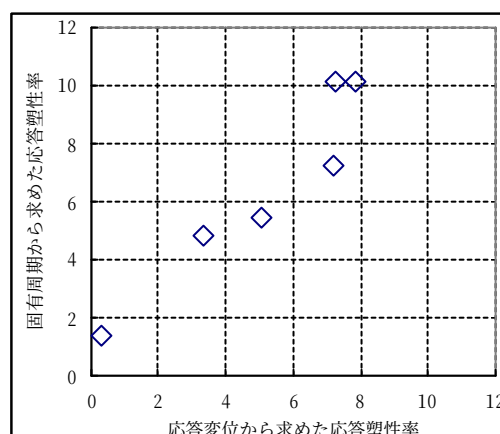


図-1 応答塑性率の比較

5. まとめ

今回の振動台実験により，地震動を経験した後と，健全時の固有周期の変化より算定する応答塑性率からRC柱の損傷度が簡便に推定できることが分かった。この結果より，はじめに述べた地震時自己損傷度評価システムとして，感度が良く測定レンジの広い加速度センサと，センサのデータより即座に固有周期の変化，応答塑性率を演算する演算ボードを一体にパッケージングしたものが考えられる。今後，他の実験データも用いて，簡便でさらに精度の良い損傷度判定アルゴリズムを開発する予定である。

なお，本研究の一部は日本学術振興会の基盤研究(A)「都市インフラの地震被災診断システムの開発」によるものである。

参考文献

足立幸郎，運上茂樹：自己診断機能を有する構造材料を用いたインテリジェント耐震構造に関する研究，第55回土木学会年次学術講演会論文集，2000.9