

固有振動特性の変化に着目した橋梁全体系における損傷度推定に関する検討

株式会社荒谷建設コンサルタント 正会員 加納 匠
 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

本研究では、各種センサーを用いて構造物の地震被災度を客観的かつ精度よく判定する地震時被災度判定システムの構築を目指しており、筆者らはRC単柱振動台実験により、地震前後の固有周期の変化から応答塑性率が比較的簡便に精度良く推定でき、損傷度評価法として有効であることを確認した¹⁾。それを受け、本文では、本システムの適用性の検証を解析的に試みるため、動的解析を用いた橋梁全体系モデルにおける固有振動特性の変化に基づく損傷度推定法について検討を行った結果をまとめたものである。

2. RC単柱橋脚の振動台実験における損傷度評価

図1の実験供試体に対し、入力地震動として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²⁾を用いて振動台実験を行った。解析では、実験供試体を多質点系骨組み構造モデルでモデル化して動的解析を行い、振動台実験と同様の手法を用い固有振動特性の変化に基づく損傷度評価を行った¹⁾³⁾。

動的解析の実施にあたり、各種の条件設定や履歴特性モデルの差異は解析結果に大きく影響を及ぼし、固有振動特性の変化に基づく損傷度評価を行う際にもその影響は顕著に現れる。また、履歴特性モデルの構成則の特徴により、変位履歴の再現を目的に行う場合と、振動特性評価を行う場合に有効な履歴特性モデルは異なるため⁴⁾、本検討では振動特性評価に最適な原点指向トリリニア型を選択して動的解析を行った。

加振前後の固有周期の変化から算出した応答塑性率と、応答変位により算出した応答塑性率との比較を行った結果を図2に示す。これにより、非線形履歴特性として原点指向トリリニア型を用いた固有振動特性の変化に基づく損傷度評価を行うことで精度良く実験結果が再現でき、解析的に本システムの適用性が評価できることが確認された。

3. 橋梁全体系モデルによる損傷度評価

橋梁全体系を考慮した地震前後の固有周期の変化による損傷度推定法を検討するため、図3に示すモデルを多質点系骨組み構造モデルによりモデル化を行った。入力地震動、数値積分条件および非線形はり要素における履歴特性等の諸条件は振動台実験解析と同様の条件により決定した³⁾。

橋梁全体系モデルにおいて固有振動特性に影響を及ぼす要因は種々あるが、本検討ではその内で地盤条件および支承条件に着目し、それらをパラメーターとした動的解析を行い、橋梁全体系に対する固有振動特性の変化に基づく損傷度評価を行った。地盤条件として種地盤相当の地盤ばねを設置した場合と全下部構造のフーチング下面を完全固定とした場合を考えた。また、支承条件については、可動支承・固定支承・反力分散支承の組合せにより、3通りの条件設定を行った。実施した解析ケースを表1に示す。なお、着目橋脚はP2橋脚である。

キーワード：固有周期，損傷度評価，橋梁全体系，動的解析

連絡先：〒730-0831 広島市中区江波西1丁目25-5 TEL 082-292-5487 FAX 082-296-5481

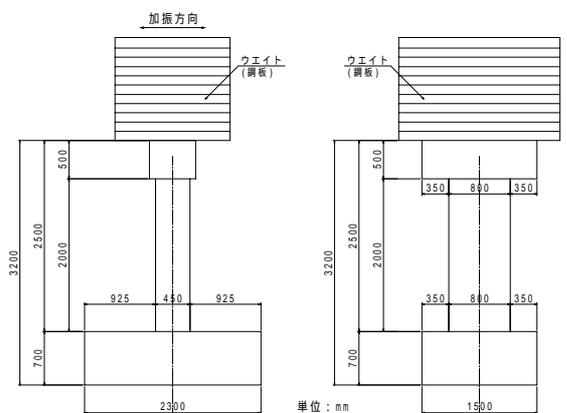


図1 実験供試体

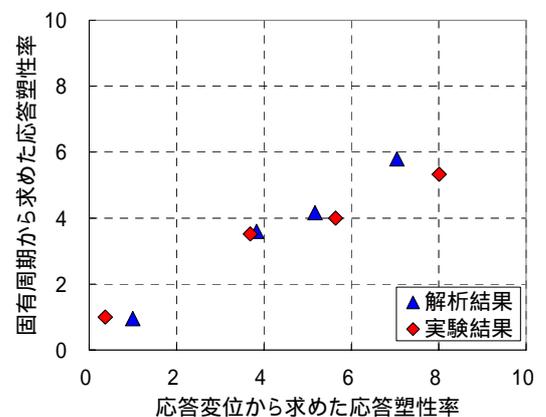


図2 振動台実験における応答塑性率

4. 解析結果

加振終了後の固有周期の算出については、着目橋脚天端での加振終了後の自由振動における応答加速度波形を用いたフーリエスペクトルにより行い、Case1, 2, 3についてはこの手法により加振終了後の卓越周期の抽出が可能であった。しかしながら、

Case4のように反力分散支承を用いた弾性固定の場合では、上部構造と下部構造とが異なる振動特性を有し、かつ相互に影響を及ぼし合っているため、図4に示す橋脚天端位置でのフーリエスペクトル（図中赤線）だけでは、橋脚の卓越周期の判断が付きにくい。そのため、このような場合においては、図中黒線で示すように上支承位置より算出したフーリエスペクトルとの比を取ることによって、橋脚における卓越周期の抽出が可能となる。以上の結果を踏まえて、図5に応答塑性率を比較した結果を示す。いずれの解析ケースにおいても、応答変位から求めた応答塑性率と固有周期から求めた応答塑性率の間には高い相関関係があり、橋梁全体系においても固有振動特性の変化に基づく損傷度評価により応答塑性率の推定が可能であることが分かった。

5. まとめ

本研究により得られた知見を以下に示す。1) 履歴特性モデルとして、原点指向トリリニア型を用いることで解析的に構造物の損傷による固有周期の変化が評価できることが分かった。2) 橋梁全体系においても固有振動特性の変化に基づく損傷度評価法による応答塑性率の推定が可能である。3) ただし、反力分散支承を採用している橋梁に関しては、下部構造と反力分散支承の両方の振動特性を勘案した評価が必要である。

参考文献

- 1) 小林寛, 運上茂樹: 道路橋の地震時被災度判定システムに関する基礎的研究, リアルタイム災害情報検知とその利用に関するシンポジウム論文集, 2004.6
- 2) Nakamura Y. "Waveform and its Analysis of the 1995 Hyogo-Ken-Nanbu Earthquake, JR Earthquake Information." No.23c, RTRI, 1995.
- 3) 加納匠, 小林寛, 運上茂樹: 橋梁の損傷度と固有振動特性の変化に関する解析的検討, 第8回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, 2005.2
- 4) 加納匠, 小林寛, 運上茂樹: 非線形履歴特性が時刻歴応答解析結果に及ぼす影響に関する検討, 第57回土木学会中国支部研究発表会講演概要集, 2005.5

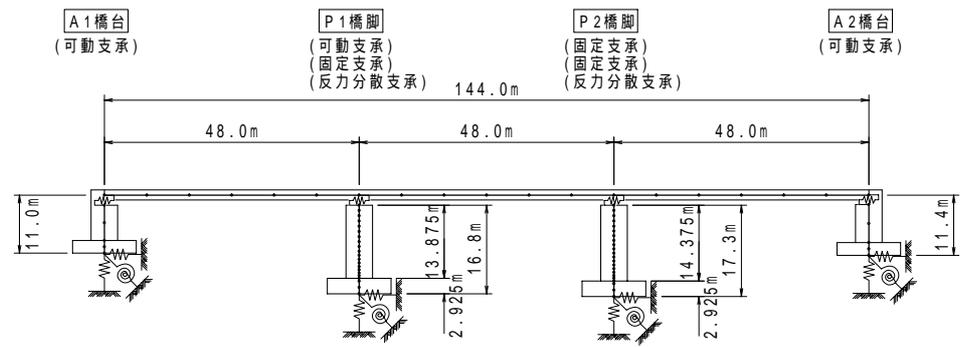


図3 橋梁全体系モデル

表1 解析ケース一覧

解析ケース	地盤条件	支承条件				備考
		A1	P1	P2	A2	
Case1	種地盤相当 地盤ばね設定	M	M	F	M	M: 可動支承 F: 固定支承 E: 反力分散支承
Case2	完全固定	M	M	F	M	
Case3	完全固定	M	F	F	M	
Case4	完全固定	M	E	E	M	

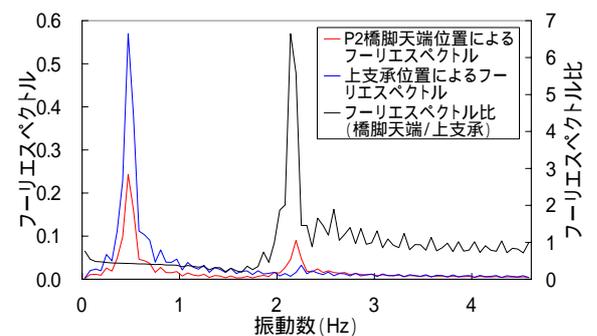


図4 フーリエスペクトル

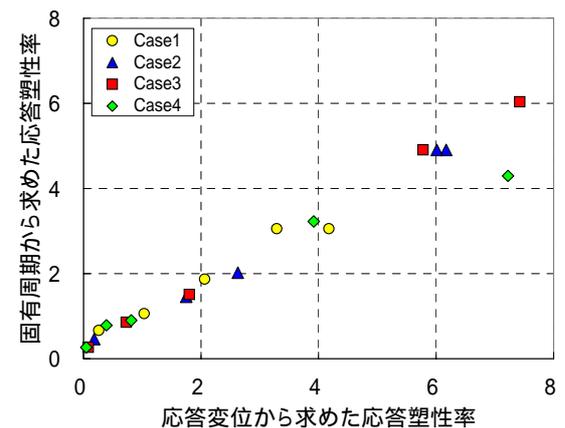


図5 応答塑性率の推定