

RC ラーメン高架橋の常時微動による損傷位置評価の解析的検討

大成建設（株） 正会員 ○坂下 克之 正会員 畑 明仁

1. はじめに

RC ラーメン高架橋を対象とし、比較的少数のセンサーを用いた常時微動モニタリング結果に基づく損傷エリアの概略絞り込み評価に関する解析的検討を実施した既報告¹⁾を踏まえ、本報告では同様の手法によりケース数を追加し、損傷位置のより一般的な絞り込みを試みた。

2. 検討条件

検討対象構造物は既報告¹⁾と同様、図-1に示すRC ラーメン高架橋の1ブロック分とする。解析は梁要素よりなる3次元フレームにてモデル化し、境界条件は、上部橋軸方向梁の両端は自由、橋脚下端は健全状態で回転固定とする。スラブ重量を、上部梁と橋脚の格子位置節点に集中質量として配置する。本検討で挙動を分析する橋軸方向・橋軸直角方向・回転方向を、図の上にした方向と定義する。

今回、損傷箇所数は各ケース間で同程度で、損傷位置の偏り方向に差異がある場合にそれを検知できるかに焦点を絞る。損傷は8本の橋脚のうち4本の下端が塑性ヒンジ化した状態を考え、図-2に示す8ケースを設定する。これらは4点の塑性ヒンジ位置の重心の平面上の位置により以下のように分類できる。

グループ1 (Case1, Case2) : 構造物の中心

グループ2 (Case3, Case4) : 橋軸方向にのみ偏心

グループ3 (Case5, Case6) : 橋軸直角方向にのみ偏心

グループ4 (Case7, Case8) : 橋軸方向・橋軸直角方向ともに偏心

解析モデル上は、塑性ヒンジ部は回転フリーのピン結合とする。常時微動による微小応答を対象とするため、部材の梁要素は初期剛性による線形材料とする。橋脚下端に常時微動の加速波形を模擬したランダム波を橋軸方向・橋軸直角方向の2方向に同時入力した時刻歴応答解析を実施する。入力は2方向それぞれ振動数領域で振幅および位相に対して独立に乱数を与えて作成する。

3. 検討結果

損傷位置の非対称性により、各ケースで回転モードが特徴的に励起されると考えられることから、ここではスラブ全体の回転挙動に着目する。図-1に緑丸で示した4点の加速度波形から、橋軸方向・橋軸直角方向の平均加速度波形を差し引いて算出されるスラブ全体の角加速度波形を求める。その角加速度波形と橋軸方向・橋軸直角方向の2方向の入力加速度波形から伝達関数を算出したものを図-3に示す。同図には各ケースの固有値解析による橋軸方向・橋軸直角方向・回転それぞれの卓越モードの固有振動数を併記する。

グループ1 (Case1, Case2) は、橋軸方向モード・橋軸直角方向モー

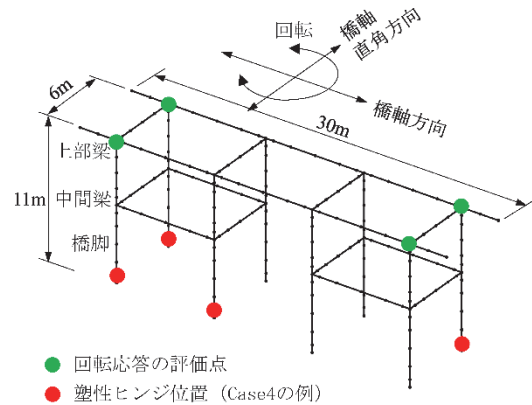


図-1 検討対象構造物解析モデル

	塑性ヒンジ位置(平面図) ● 塑性ヒンジ位置 ● 塑性ヒンジ位置の重心
Case1	
Case2	
Case3	
Case4	
Case5	
Case6	
Case7	
Case8	

図-2 解析ケース

キーワード RC ラーメン高架橋, モニタリング, 常時微動, 損傷検知, 固有モード, 伝達関数

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設 技術センター 社会基盤技術研究部 TEL 070-2653-0165

ドとも回転成分は含まれず，入力により回転が励起されないため，伝達関数の振幅値は0となる。

グループ2 (Case3, Case4) では，橋軸直角方向卓越モードには回転成分が含まれるが，橋軸方向卓越モードには回転成分はほとんど含まれない．したがって回転は橋軸直角方向入力のみにより励起されるため，伝達関数は橋軸直角方向卓越モードと回転卓越モードの固有振動数にピークを持ち，「回転応答／橋軸直角方向入力」の伝達関数は，ばらつきの少ない分布が得られている．一方，回転応答と無関係な橋軸方向入力を分母とする「回転応答／橋軸方向入力」の伝達関数は分布が乱れている．

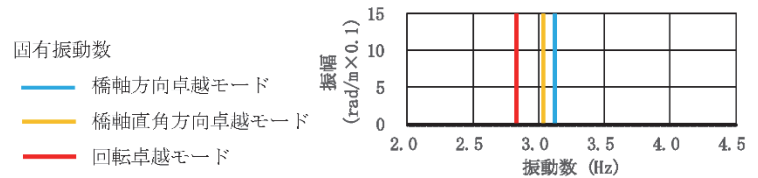
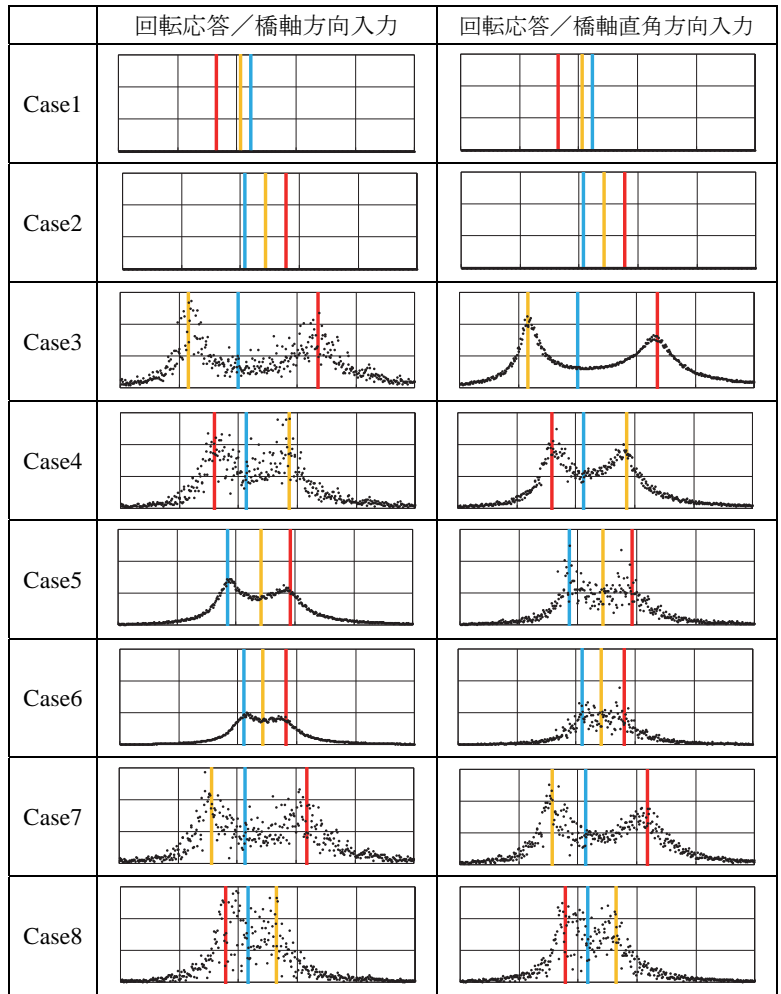
グループ3 (Case5, Case6) については，グループ2についての分析の「橋軸方向」と「橋軸直角方向」の記述を入れ替えることで説明のつく結果が得られている．

グループ4 (Case7, Case8) では，橋軸方向卓越モード・橋軸直角方向卓越モードとも回転成分が含まれるため，両入力に対して回転が励起される．したがって，「回転応答／橋軸方向入力」および「回転応答／橋軸直角方向入力」の伝達関数はそれぞれ，他方向の入力による応答の影響分を受けるため，ともに分布が乱れている．

塑性ヒンジ位置の重心と伝達関数の分布のばらつき状況をまとめると表-1のようになる．以上より，損傷のない状態が水平2方向でともに対称であるような構造物に対し，常時微動による「回転応答／橋軸方向入力」および「回転応答／橋軸直角方向入力」の伝達関数のばらつきを分析することにより，損傷の平均的な位置が橋軸中心軸あるいは橋軸直角中心軸からずれているか否かを検知できることが示唆された．どちらの方向にずれているかは，スラブ四隅の応答振幅の大小と，損傷を想定した場合の固有モードと対比すること等により評価が可能と考えられる．

参考文献

- 1) 坂下克之，畑明仁，山本悠人：RC ラーメン高架橋の常時微動による損傷検知に関する解析的検討，土木学会論文集 A1 (構造・地震工学)，Vol. 74, No. 4, pp. 283-293, 2018.



各図の横軸・縦軸の凡例

図-3 各ケースの伝達関数の振幅

表-1 伝達関数の分布のばらつき状況まとめ

塑性ヒンジ位置の重心	伝達関数	回転応答／橋軸入力	回転応答／直角入力
構造物の中心		—	—
橋軸方向にのみ偏心		●	○
橋軸直角方向にのみ偏心		○	●
橋軸方向・橋軸直角方向ともに偏心		●	●

—：応答なし ○：ばらつき小 ●：ばらつき大