

逆 L 字型橋脚に支持された橋梁の地震応答特性

(一財) 首都高速道路技術センター 正会員

○柳瀬 匡雄

首都高速道路株式会社 正会員

松原 拓朗 山本 一貴

1. はじめに

高密度な都市空間に建設されている首都高速道路は、その立地条件から橋脚には多様な構造形態がある。本研究で対象とする上部構造重量が偏心载荷される逆 L 字型橋脚も多数あり、偏心量が大きい橋脚も幾つか存在する。本研究では、首都高速道路の逆 L 字型橋脚に支持された橋梁を対象に動的解析で地震応答を求め、挙動について検討を行った。

2. 対象橋梁と耐震計算法

対象橋梁は、3 径間連続 PC 箱桁と単純 PCI 桁 2 連から成る橋梁である。下部構造は鋼板巻き立てによる脚柱補強と、アンカーバーによる基部補強がされた RC 構造の逆 L 字型橋脚である。3 径間連続桁の中間橋脚である P49、P50 橋脚には、偏心曲げによるモーメントに抵抗するために脚柱に鉛直方向の PC 鋼棒が配置されている。架橋地点の耐震設計上の地盤種別はⅡ種地盤であり、基礎構造は杭基礎である。図-1 に対象橋梁の解析モデルと着目した P50 橋脚の構造概要を示す。上部構造は線形はり要素、支承は線形ばね要素、橋脚は基部の塑性ヒンジ長区間を非線形はり要素（ファイバーモデル）、塑性ヒンジ長より上の区間を線形はり要素、杭基礎と地盤間は Sway-Rocking ばねでモデル化した。ファイバーモデルの応力-ひずみ関係として、コンクリートと鉄筋の骨格曲線は道路橋示方書Ⅴ耐震設計編、履歴則は土木学会コンクリート標準示方書設計編に規定されているものを用いており、PC 鋼棒の骨格曲線は道路橋示方書Ⅲコンクリート橋編、履歴則は土木学会コンクリート標準示方書設計編に規定されている鉄筋と同じものを用いた。橋梁を構成する要素の減衰定数は、道路橋示方書Ⅴ耐震設計編の標準的な値を用いた。橋脚の耐震補強を再現するために、補強前の解析モデルに死荷重を作用させて求めた応力状態を保持した状態で補強部材を追加した。鋼板やアンカーバーの材料非線形性も考慮している。偏心橋脚は、偏心方向に大きな応答変位が生じると考えられるため、その変位による付加曲げモーメントも考慮できるように、解析は線形化有限変位理論によった。

図-2 に、動的解析に用いた入力地震動の加速度応答スペクトルを示す。道路橋示方書Ⅴ耐震設計編の標準加速度波形は、道路橋示方書に従った照査を行うために採用したもので、道路橋示方書に規定されているよう

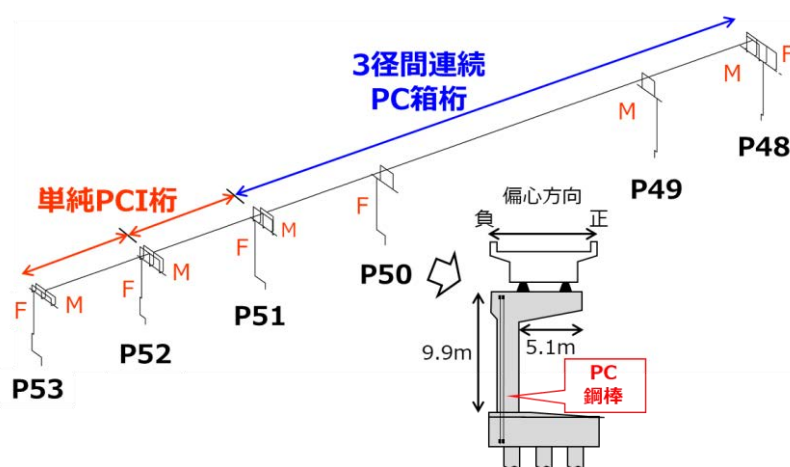


図-1 検討対象とした橋梁の動的解析モデル

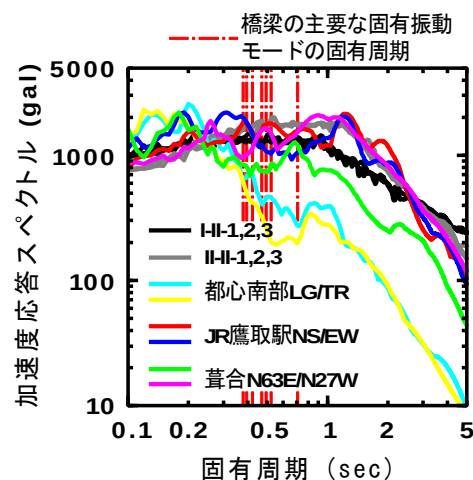


図-2 入力地震動の加速度応答スペクトル

キーワード 高架橋, 偏心橋脚, 耐震, 動的解析

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-10-11 (一財) 首都高速道路技術センター技術研究所 TEL 03-3578-5762

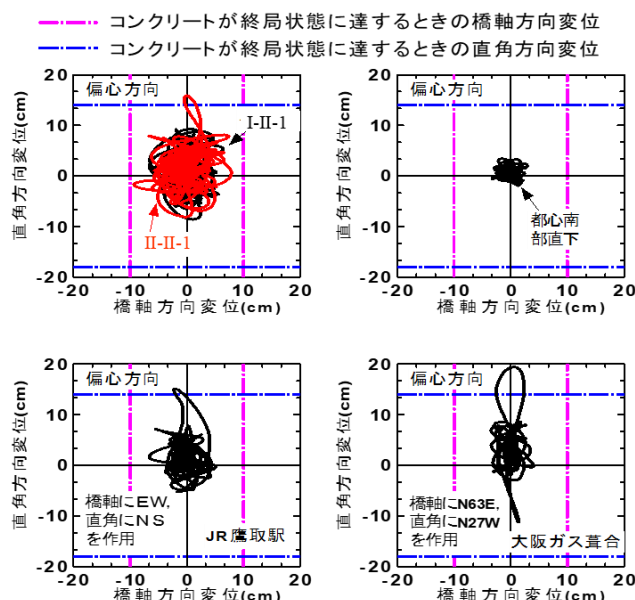


図-3 橋脚躯体の応答水平変位のリサージュ

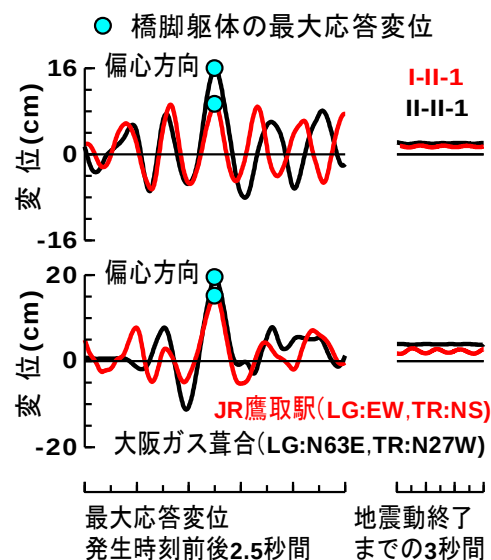


図-4 強震記録での橋脚躯体の最大応答
水平変位と残留変位

に橋軸方向と橋軸直角方向から別々に作用させた。中央防災会議が公開している対象橋梁架橋地点の都心南部直下地震の推定地震動を地表面に引き上げた地震動と 1995 年兵庫県南部地震で観測された JR 鷹取駅と大阪ガス葺合の強震記録は、橋梁の実際の地震時挙動を再現できるように水平 2 成分を橋軸方向と橋軸直角方向から同時に作用させた。図には、対象とした橋梁の主要な固有振動モードの固有周期を併記してある。橋梁の固有周期は 0.4~0.6s 程度の範囲にあり、入力地震動の加速度応答スペクトルが大きい領域にある。強震記録を作用させた動的解析では、観測された水平方向と対象とする橋梁の構造軸との関係が不明であるので、橋軸方向と橋軸直角方向に観測された水平 2 方向成分を入れ替えた 2 つを解析している。

3. 偏心橋脚の地震応答特性

図-3 は、橋脚躯体上部構造慣性力作用位置の応答水平変位のリサージュ図である。標準加速度波形によるリサージュ図は I-II-1 (タイプ 1) と II-II-1 (タイプ 2) を橋軸方向と橋軸直角方向から別々に作用させた解析結果から着目方向の応答変位を抽出して示しており、強震記録を作用させた解析結果は、橋軸直角方向の応答変位が大きい入力条件のものを示している。図-1 に示した橋脚単体の解析モデルを用いたプッシュオーバー解析より得られる最外縁のコンクリートが終局状態に達するときの水平変位は、橋軸方向が約 10cm、橋軸直角方向は偏心の正方向に作用させたときが約 14cm、偏心の負方向に水平荷重を作用させたときが約 18cm である。橋脚躯体に生じる応答水平変位の最大値は橋軸直角方向の偏心の正方向で生じており、I-II-1 で 9.4cm、II-II-1 で 15.9cm、都心南部直下で 3.4cm、JR 鷹取で 15.1cm、大阪ガス葺合で 19.4cm である。都心南部直下地震の推定地震動による水平変位は、応答塑性率で約 1.2 と小さい。標準加速度波形タイプ II 地震動の応答変位は、3 波平均すると最外縁のコンクリートが終局状態に達するときの変位と同じ、約 14cm となる。

強震記録を水平 2 方向から同時に作用させた解析結果のリサージュは、地震応答が橋軸直角方向の偏心方向に卓越していることがわかる。図-4 は、図-3 に示した標準加速度波形と強震記録の橋軸直角方向の応答変位波形を最大応答値発生時の前後 2.5 秒間と地震動の継続時間終了前の 3 秒間を示している。図-4 から、応答変位が偏心方向に偏っていること、残留変位も偏心方向に生じていることがわかる。

4. おわりに

本研究では、逆 L 字型橋脚に支持された橋梁を対象に、橋全体系としての動的解析結果を用いて、その地震応答を検討した。その結果、地震時には橋軸直角方向の偏心方向で応答変位が大きくなり、残留変位も偏心の正方向に生じることが分かった。また、中央防災会議の都心南部直下地震の推定地震動は、標準加速度波形や強震記録よりも構造物に与える影響が小さいことが分かった。今後は、鋼製の逆 L 字型橋脚について検討を行い、偏心量の大きさに着目して耐震性に与える影響を検討していく予定である。