

4 径間連続曲線箱桁橋における金属支承の地震時応答特性に関する研究

九州大学大学院工学府 学生員 ○崔 準祐
九州大学大学院工学研究院 フェロー 大塚 久哲

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、曲線橋の支承形式に対しては、上部工の慣性力を橋脚に分散させるためにゴム支承を採用することが望ましいとされてきているが、既設高架橋は多くの金属支承を有している現状である。2005年3月に起きた福岡県西方沖地震の際には、4径間連続曲線高架橋の金属ローラー支承が壊れる被害が発生しており、金属支承を有する既設高架橋の耐震性を確保するためには、さらに十分な検討が必要であると考えられる。

そこで、本研究では、曲線橋の金属支承が地震時にどのような応答特性を示すのかを明らかにすることを目的とし、4径間曲線桁橋における金属支承の地震応答特性に関する基礎的研究を行った。

2. 解析モデルおよび解析条件

(1) 対象橋梁の概要

本研究で対象とした曲線橋は、一般的な曲線橋梁を参考に作成した4径間連続鋼床版箱桁橋である。橋長は200m、各支間長は50mである。橋脚はRC単柱T型橋脚であり、断面は2.0m×1.5mの矩形断面を想定し、道路橋示方書・同解説V耐震設計編¹⁾に準じて試設計を行った。橋脚高は、全橋脚13mである。また、主桁は1個の鋼床版箱桁とした。

(2) 解析モデル及び解析条件の設定

本研究で用いた解析モデルを図-1に示す。桁及び橋脚は梁要素で、支承はばね要素でモデル化を行った。支承は、桁の進行方向から法線方向にはりだした剛梁にとりつけ、支承ばねの下端を橋脚の張り出し部の剛梁に連結する構造とした。また、対象橋梁の支承部は、1支承線上に2個の支承を配する構造とし、各支承の支持方向を図-2に示す。P4橋脚支承をピン支承、残りの支承をローラー支承とし、主桁の接線方向とそれに対する法線方向に固定および可動方向を設定した。計算に用いた支承剛性を表-1に示す。また、橋脚柱部のみ材料非線形を考慮しており、非線形復元力特性はトリリニア型武田モデルとした。地盤はI種地盤を想定しているため、橋脚基部を全て固定とした。

入力地震動は、道路橋示方書¹⁾に記載されている標準波、Type211を用いた。加震方法は、P1とP5を結ぶ方向(X軸方向)とそれに対する法線方向(Z軸方向)への単独加震、また3方向同時加震を行うこととした。解析手法はNewmark β 法($\beta=0.25$)による直接積分法を用いた。積分時間間隔は0.005秒であり、応答解析時間は30秒である。減衰はRayleigh減衰を用いた。

(3) 解析ケース

本研究では、曲率半径の変化による動的応答特性を照査するため、曲率半径が異なる4ケースの橋梁をモデル化を行った。図-3に対象橋梁の平面線形を示しており、直線橋(Case_A)と曲線橋(円弧)の交角を40度、

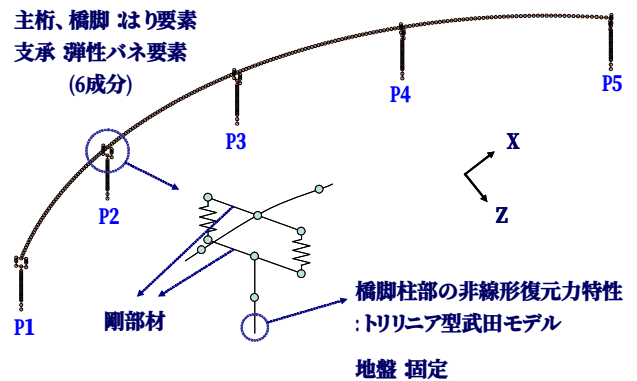


図-1 解析モデル

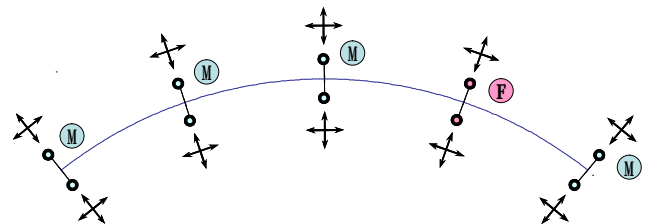


図-2 支承の支持方向

表-1 支承の剛性

単位 kN/m					
接線方向	法線方向	鉛直方向	接線軸回り	法線軸回り	鉛直軸回り
1×10^{-2} *	1×10^{10}	1×10^{10}	1×10^{-2}	1×10^{-2}	1×10^{-2}

(* P4固定支承は、 1×10^{10} である。)

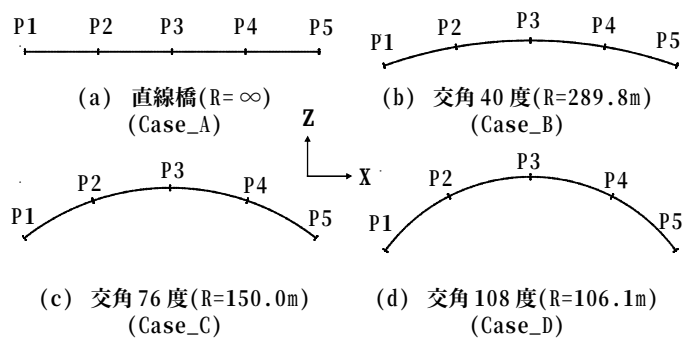


図-3 検討対象の曲線橋

76度、108度とした3種類の曲線橋(Case_B～Case_D)を対象とした。

キーワード 4径間連続箱桁曲線橋、金属支承、地震時応答特性、3方向同時加震

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡744番地 九州大学大学院 工学府 TEL&FAX: 092-802-3374

3. 時刻歴応答解析の結果

(1) 単独加震時の応答特性

図-4は、X軸方向加震時の各支承に発生する接線方向反力とZ軸方向加震時の法線方向反力をそれぞれ示したものである。X軸方向加震時の接線方向反力(図-4(a))においては、支承条件からP4支承にのみ反力が発生しており、その値は曲率半径が小さくなるほど大きくなること分かる。また、Case_Dにおいて、内側より外側の最大支承反力が約800kN程度大きくなっており、両支承が同一支承線上にあっても地震時応答特性は大きく異なることが明らかとなった。また、Z軸方向加震時の法線方向支承反力は、全支承においてケースによる応答のばらつきが見られる。応答値の差は、側径間に行くほど大きくなっており、P1とP5支承においては、最大450kN程度の応答差が生じている。また、P2、P4では、曲率半径の減少に伴い外側反力が大きくなるのに対し、内側反力は減少しており、曲率半径の変化によって各支承の応答傾向が大きく変わることが分かる。このような傾向は、地震動の入力方向と支承の支持方向とにおいて生じる偏角がケース毎に異なり2方向反力が生じること、また曲線橋の曲率半径が小さくなるほど上部構造の地震時慣性力が大きくなることに起因するものと考えられる。

(2) 3方向同時加震時の応答特性

図-5には、X・Z軸方向単独加震時と3方向同時加震時における主桁の最大ねじりモーメントをそれぞれ絶対値でプロットしたものである。まず、X軸とZ軸の両方向加震時とも、曲率半径が小さくなるにつれて全径間において最大ねじりモーメントが大きくなっていることが分かる。また、Z軸方向加震時には、応答分布が全径間に亘って対称となっているのに対し、X軸方向加震時には、支承の支持条件による影響のため、特にP2-P3径間の応答値が大きくなる傾向が見られた。このような単独加震時の応答分布に対し、3方向同時加震時には、曲率半径が小さくなるにつれてねじりモーメントがP1-P2径間は大きく増加、P4-P5径間は減少していく結果となった。特に、Case_Dにおいては、P4よりP2橋脚付近のねじりモーメントが約5000kNmも大きくなっており、応答差が顕著であることが分かる。このような主桁のねじり応答特性は、各支承の鉛直反力にも大きな影響を与えることが考えられる。図-6は、X・Z軸方向単独加震時に対し、3方向同時加震時の鉛直方向反力の増加量を示したものである。両方とも曲率半径が小さくなるにつれて、P1・P2支承の反力が大きく増加し、P4・P5支承の反力が減少していく傾向が見られており、上述のねじりモーメントの応答特性と同様であることが分かる。また、P4に比べ、P2支承の鉛直方向反力差が2500kN程度であり、非常に大きな応答値の差が見られた。

4. まとめ

金属支承を有する4径間連続曲線箱桁橋に対し地震応答解析を行ったところ、ほとんどの支承において曲率半径が小さくなるほど支承反力が大きくなること、曲率半径の変化によって内側と外側支承との動的応答特性が大きく変わることが確認できた。また、3方向同時加震による検討を行ったところ、単独加震時に比べ、上部構造のねじりモーメントが曲率半径の減少に伴い、P1-P2径間は大きく増加、P4-P5径間は減少しおり、P2支承の鉛直方向反力が大きく増加する結果となった。従って、曲線橋に対しては、3方向同時加震による地震応答解析が不可欠であるといえる。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編，平成14年3月
- 2) 川神雅秀：地震力を受ける曲線げた橋支承部の動的応答特性に関する研究，1994.12，長崎大学大学院博士学位論文

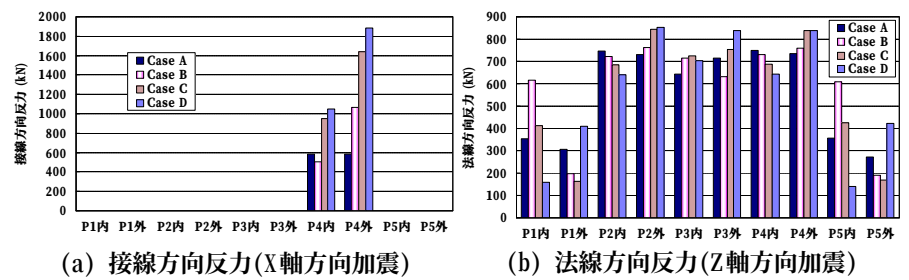


図-4 支承反力の比較

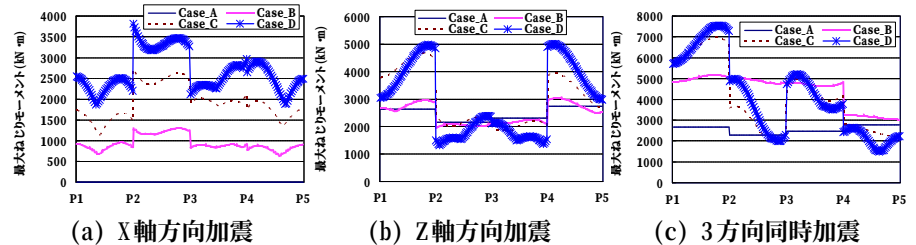


図-5 主桁のねじりモーメントの比較

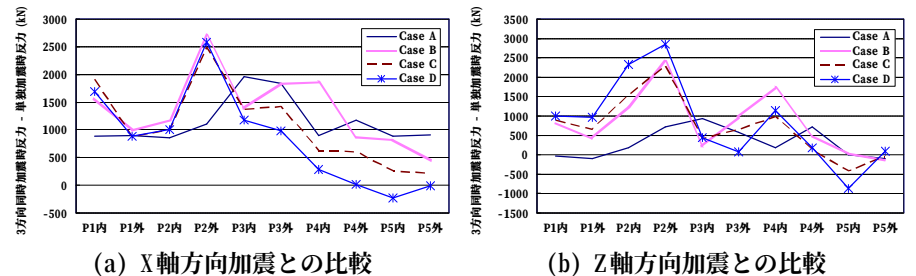


図-6 鉛直方向支承反力の差