

既設4径間連続曲線橋における支承部の動的応答特性および地震動入力の方方向性に関する研究

九州大学大学院 学生員 ○崔 準祐

九州大学大学院 フェロー 大塚 久哲
九州大学大学院 学生員 下野 将樹

1. はじめに

本研究では、曲線橋が大規模地震時にどのような振動特性を有し、それが支承部にどのような影響を与えるかを明らかにすることを目的とし、既設曲線橋を対象とした解析的研究を行った。金属支承を有する既設4径間連続曲線橋とその橋梁の曲率半径を無限大にした直線橋を対象とし、3次元非線形動的解析により両橋梁の動的応答特性について比較検討を行った。また、曲線橋と直線橋に対し、地震動を正方向と負方向に入力した場合の支承部の動的応答特性について比較検討を行い、曲線橋における地震動入力の方方向性について検討を行った。

2. 解析対象橋梁

本研究に用いられた対象橋梁を図-1に示しており、全長230m(外曲側250m)を有する4径間連続曲線鋼箱桁橋である。曲率半径が内曲側で約100mとなっており、曲率半径が比較的短い橋梁となっている。また、支承は全て金属支承を採用しており、支持方向は各支承位置における上部構造の接線方向および法線方向に合わせている。また、本曲線橋は、RC橋脚と鋼製橋脚を併用していることや2つの路線とも縦断勾配を有していることから、地震時動的挙動が複雑であると思われる。

3. 解析モデルおよび解析条件

対象とした曲線橋のモデルを図-2に示す。全体座標系の設定は、内曲側の桁端部を結ぶ方向をX軸、それに対する法線方向をZ軸とした。上部構造および下部構造は梁要素、支承部は6方向成分を有する弾性バネ要素としてモデル化を行った。図-3は、曲線橋から上部構造の線形を変更し、曲率半径を無限大にした直線橋のモデルを表したものである。直線橋のモデルを作成する際には、上部構造が横断勾配を有しないこと、また主桁の重心位置に配慮してモデル化を行った。なお、支承部の拘束条件や下部構造のモデルについては、曲線橋と同一に設定した。

解析手法は、Newmark β 法 ($\beta = 0.25$) による直接積分法を用いており、積分時間間隔は0.01秒とした。入力地震波は標準波のTYPE1とTYPE2を採用し、3方向同時加震による検討を行った。

4. 固有値解析の結果

曲線橋と直線橋に対して固有値解析を行い、1次から10次までの結果を表-1に示す。曲線橋の固有周期が1次モードで1.397秒、2次モードで1.275秒であるのに対し、直線橋の場合1次モードが1.235秒、2次モードが1.134秒であるなど、低次モードにおいて両橋梁の固有周期が異なっていることがわかる。

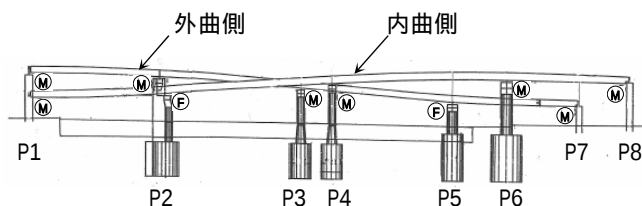


図-1 解析対象橋梁

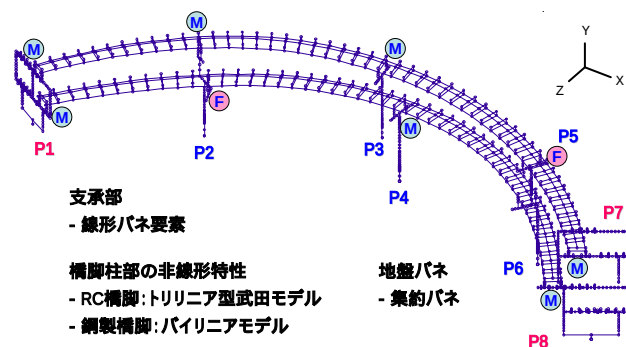


図-2 解析モデル（曲線橋）

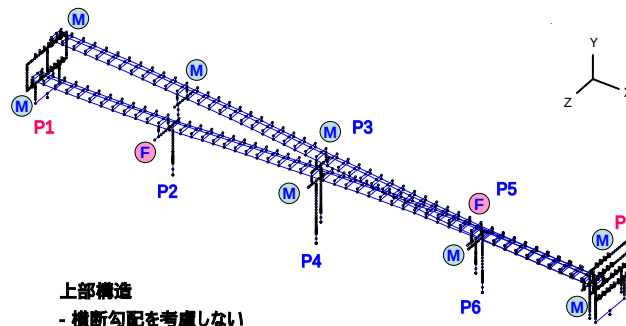


図-3 解析モデル（直線橋）

表-1 固有値解析結果の比較

モード	曲線橋モデル				直線橋モデル			
	固有周期 (Sec)	有効質量比			固有周期 (Sec)	有効質量比		
		X	Y	Z		X	Y	Z
1	1.397	0.006	0.000	0.149	1.235	0.049	0.000	0.000
2	1.275	0.085	0.000	0.025	1.134	0.128	0.000	0.000
3	1.061	0.008	0.000	0.042	1.103	0.163	0.000	0.007
4	1.053	0.034	0.000	0.013	1.064	0.054	0.000	0.000
5	0.921	0.049	0.001	0.057	1.019	0.033	0.000	0.000
6	0.903	0.017	0.000	0.011	0.990	0.005	0.000	0.350
7	0.879	0.010	0.001	0.066	0.864	0.002	0.001	0.007
8	0.854	0.035	0.000	0.054	0.850	0.002	0.000	0.008
9	0.822	0.123	0.000	0.007	0.817	0.001	0.001	0.000
10	0.728	0.053	0.001	0.038	0.689	0.000	0.000	0.018

5. 時刻歴応答解析の結果

曲線橋と直線橋の支承部に発生する内曲側の接線方向最大反力を図-4に示す．TYPE1加震時の場合，直線橋に比べ曲線橋の最大反力が，P2内側支承において約5500kN程度，P2外側支承において約6000kN程度大きくなっていることがわかる．また，TYPE2加震時の場合もP2外側支承において約17000kN程度大きくなっているなど，直線橋より曲線橋の地震時慣性力が大きいことが考えられる．

また，支承部の法線方向反力を図-5に示す．直線橋に比べ曲線橋の最大反力がTYPE1加震時の場合P6内側支承部において約3500kN，TYPE2加震時の場合はP1内側支承部において約16000kN程度大きくなっているなど，接線方向反力と同様にほとんどの支承部において曲線橋の応答値が上回る結果となった．また，P1支承部においては，曲線橋と直線橋との反力差が他支承部より特に大きい．該当支承部の上下部における加速度を照査したところ(図-6)，応答解析時間のほとんどの領域において上下部の応答加速度が大きく異なっており，最大643gal程度の相対加速度が生じていることがわかった．このように，曲線橋の支承部においては，上部構造と下部構造とにおいて，加速度の位相差が大きく発生しているところがあり，上部構造と下部構造の動的挙動が大きく異なることが考えられる．

また，地震動を正方向(Case1)と負方向(Case2)にを入力した地震応答解析を行い，支承部反力の変化について両者の比較検討を行った．図-7，図-8は，支承部の接線方向反力と法線方向反力に対し，Case1の最大反力とCase2の最大反力との差をそれぞれ絶対値として表したものである．接線方向反力(内曲側)においては，直線橋の応答差が600kN程度であるのに対し，曲線橋の応答差は2800kN程度出ていることがわかる．また，法線方向反力においても同様な傾向が見られており，全支承部において直線橋より曲線橋の応答差が大きく上回る結果となった．これは，Case1とCase2とにおいて，直線橋に比べ曲線橋の上部構造の動的挙動が大きく異なることに起因すると考えられる．

5. まとめ

直線橋と曲線橋の動的挙動が大きく異なっており，曲線橋の支承部反力に大きな影響を与えていることが明らかとなった．また，両橋梁に正負方向に加震した場合，両方向加震時の反力差が直線橋より曲線橋の方で大きくなる結果となり，曲線橋に対しては正負加震による検討が必要であると考えられる．

参考文献

1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 耐震設計編，平成14年3月

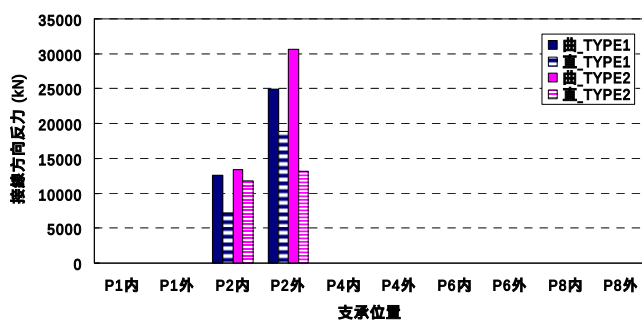


図-4 支承部の最大反力 (内曲側_接線方向)

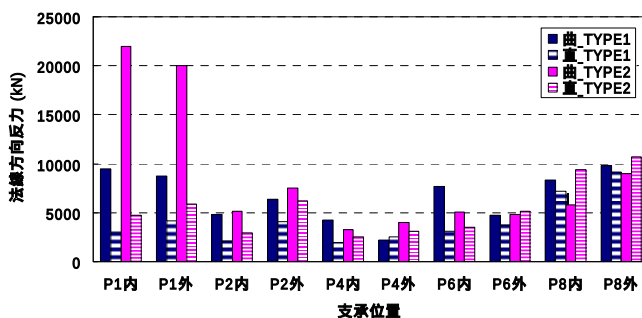


図-5 支承部の最大反力 (内曲側_法線方向)

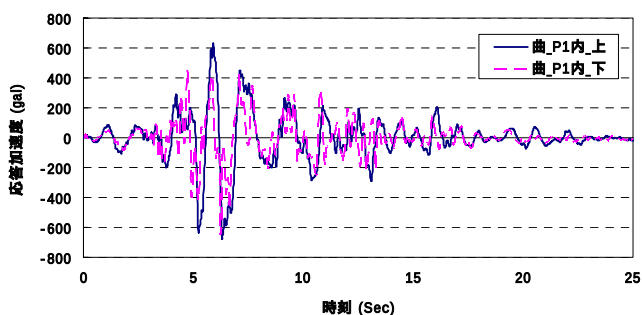
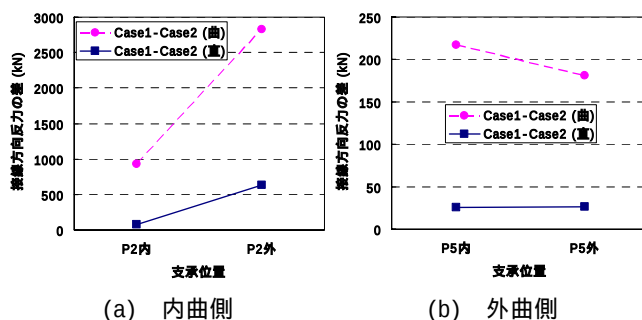


図-6 支承部上下端部の加速度時刻歴 (曲線橋_TYPE2)



(a) 内曲側 (b) 外曲側

図-7 支承部の接線方向反力の差

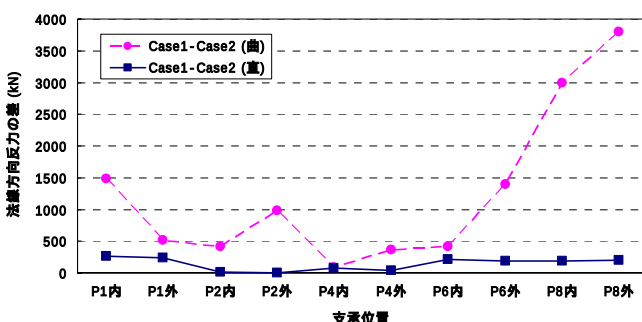


図-8 支承部の法線方向反力の差