

橋梁一車両連成系を考慮する曲線桁高架橋の地震応答特性

神戸大学大学院 フェロー 川谷 充郎 京都大学大学院 正会員 金 哲佑

神戸大学大学院 学生員 ○谷口 貴俊 神戸大学大学院 学生員 山本 有由美

1. 序論 曲線桁橋は、湾曲する構造や支承の配置方向などの影響により動的応答が複雑となる。また、都市部高速道路のように自動車交通量が多い高架橋において、大型車両混入率の高まりと共に渋滞が頻発しており、比較的大きな自動車荷重と地震荷重が同時に載荷される可能性がある。そのため、曲線桁高架橋の地震応答に及ぼす車両の影響について検討する必要がある。本研究では、地震入力方向と曲率半径を変化させ、2 径間曲線桁高架橋の橋梁一車両連成系を考慮した地震応答特性について解析的に検討する。

2. 解析モデル 2.1 橋梁モデル 橋梁モデルは林川らの論文¹⁾から引用する 2 径間曲線桁高架橋(Fig. 1)とする。橋長 80m, 主桁曲率半径 100m, 1 径間当たり総重量 3,408kN の鋼 I 型断面 3 主桁とする。ただし、曲率半径を変化させる場合、100m, 200m, 10,000m で比較する。橋梁左端と右端を結ぶ方向を X 方向、それに水平直角方向を Y 方向、鉛直方向を Z 方向とする。左端の支承を固定支承、それ以外を全て可動支承とし、可動方向は X 方向とする。橋脚は高さが 20m の正方形箱形断面の鋼製とする。隣接径間の影響を考慮するために、左端と右端の橋脚天端に隣接径間の上部工質量の半分を付加する。橋脚基礎は十分に剛であるとし、固定とする。減衰はレイリー減衰、1 次と 2 次のモードに対する減衰定数は 0.05 とする。モード次数は 17 次 (23.22Hz)まで考慮し、積分時間間隔は 0.001sec とする。

著者らの開発プログラムと汎用プログラム MIDAS で得られた固有値解析結果と参考文献¹⁾の固有振動数(1 次～6 次)を Table 1 に示す。2 つのプログラムによる解析 (Lumped mass)で比較するとほぼ同じ値であり、参考文献と比較すると橋軸直角方向 1 次(2nd mode)以外が近い値となり、参考文献の結果をおおむね再現でき、橋梁モデルの妥当性も確認できる。橋軸直角方向 1 次が少しずれる原因として、参考文献では支承の可動方向が接線もしくはは放射方向であるが、ここでの解析では X 方向であることが考えられる。

2.2 車両モデル 車両モデルは 12 自由度振動系モデルとする。車両の載荷状態は、Case-1 : 車両無載荷、Case-2 : 付加質量系車両(橋梁に 10 台分の質量を付加)、Case-3 : 振動系車両停車(10 台停車)、Case-4 : 振動系車両走行(地震波の入力時間常に 10 台走行、速度は 10km/h)とする。車両を載荷する場合(Fig. 2), 載荷位置は桁幅中央、車頭間隔は 8m とする。

2.3 地震波 地震波は道路橋示方書²⁾に規定されているレベル 1 地震動の II 種地盤の振幅調整波とし、加速度応答スペクトルと共に Fig. 3 に示す。地震波の水平成分を橋梁と車両に作用させ、鉛直成分は水平成分の半分の

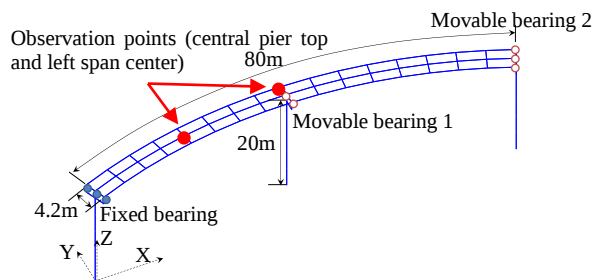


Fig. 1 2-span curved highway viaduct

Table 1 Natural frequencies of viaduct

Mode	Natural frequencies (Hz)			
	Program developed by authors		MIDAS	Ref.(tangential configuration / radial configuration)
1	Consistent	Lumped mass	Lumped mass	
1	0.9476	0.9480	0.9475	0.9470 / 0.9980
2	1.384	1.384	1.384	1.563 / 1.563
3	1.711	1.709	1.708	
4	2.003	2.006	2.006	
5	2.841	2.790	2.790	2.703 / 2.786
6	3.534	3.511	3.511	

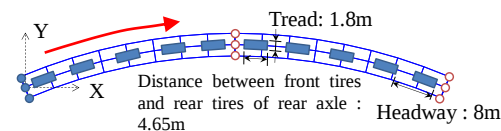


Fig. 2 Live loads on viaduct

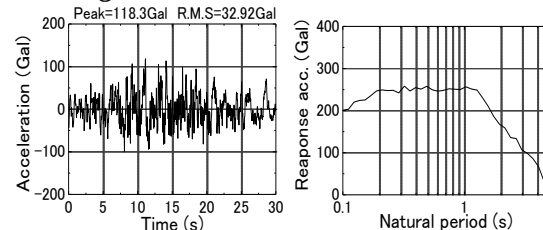


Fig. 3 Accelerogram of JRA code (Level-1) and seismic response spectra of acceleration: moderate soil site (Group-II)

キーワード 曲線桁高架橋, 橋梁一車両連成系, 12 自由度車両モデル, 地震入力方向, 曲率半径

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 TEL078-803-6383

大きさとする。地震入力方向の変化は、X方向から反時計回りに 10° 間隔で 0° から 180° までとする。

3. 地震入力方向の変化による地震応答特性

地震入力方向を変化させ、それぞれの車両の載荷状態で中

央橋脚天端におけるX、Y方向加速度と左の径間中央におけるZ方向加速度のR.M.S.値をそれぞれFig. 4に

示す。それぞれの車両の載荷状態でY方向加震時の中央橋脚天端Y方向加速度をFig. 5に示す。水平方向加速度について、車両を考慮しないと直線桁橋と同様にXまたはY方向に地震入力時に最も大きくなる。鉛直方向加速度は、XまたはY方向よりも大きくずれた方向に加震時に最大となる。

X方向加速度について、車両付加による質量増加の影響が大きい。Y方向加速度について、振動系車両の載荷による応答の低減効果大きい。これは、車両の進行方向に対して直角方向の自由度は考慮されているが、進行方向の自由度は考慮されていないためである。

4. 曲率半径の変化による地震応答特性

曲率

半径を変化させ、それぞれの車両の載荷状態で中央橋脚天端におけるY方向加震時のY方向加速度のPeak値とR.M.S.値をFig. 6に示す。曲率半径が小さくなるほど、応答が減少する傾向がある。また、全ての曲率半径で車両を考慮することで応答が低減する傾向が見られる。さらに、急な曲線を有する曲線桁の方が車両載荷による応答の減少率が大きい。

5. 結論

地震入力方向の変化により、鉛直方向加速度はねじれによりかなりずれる。曲率半径の変化により、Y方向加速度について曲率半径が小さくなると減少する傾向があり、また、車両載荷による応答の減少率が大きい。車両の載荷状態の変化により、X方向加速度に付加質量系車両、Y方向加速度に振動系車両が大きく影響を及ぼす。

今後の方針として、可動支承の可動方向が異なる場合の検討、振動系車両モデルの改良、曲線桁高架橋の耐震性能評価を行う。

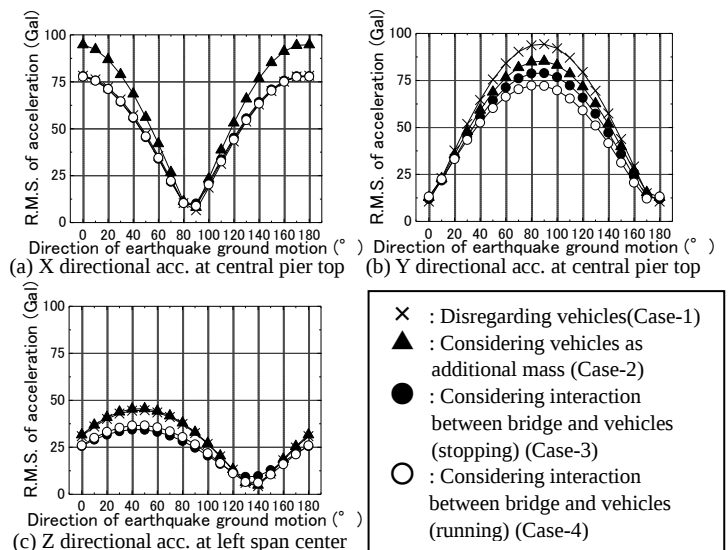


Fig. 4 R.M.S. values of acceleration by change of direction of ground motion

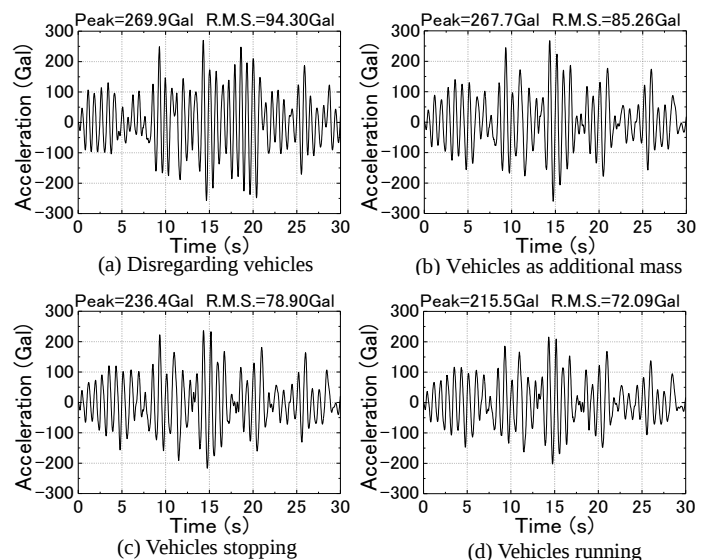


Fig. 5 Y directional acc. at central pier top by Y direction (90°) of ground motion

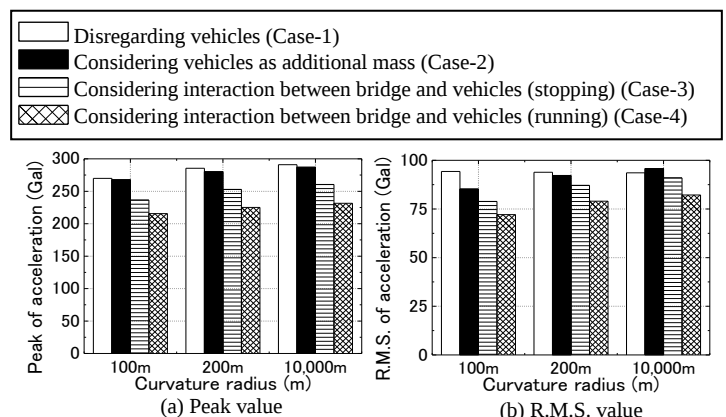


Fig. 6 Peak and R.M.S. values of Y directional acc. at central pier top by Y direction (90°) of ground motion by change of curvature radius

参考文献

- 1) 林川俊郎, 大嶽敦郎, 中島章典, 佐野雅章: 3成分大地震動を受ける連続曲線高架橋の非線形応答解析, 構造工学論文集, Vol.45A, pp.849-858, 1999.3.
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編, 2002.3.