

支承挙動に着目した曲線桁橋の地震入力方向変化による動的応答特性

神戸大学大学院 フェロー 川谷 充郎 神戸大学大学院 学生員 ○島田 翔二
 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

1. はじめに 曲線桁橋は JCT および都市高速道路高架橋などの建設環境に適する橋梁形式としてよく用いられる。その力学的特徴としてねじり挙動が挙げられる。曲線桁橋に生じるねじりモーメントは橋梁の変形や反力に影響を与える。特に、反力について、曲線桁橋の曲率半径の内側に位置する支点には負反力が生じやすい。姫路市に位置する高速道路 JCT のランプ橋において可動側 A1 支承の上査セットボルト 4 本のうち、2 本の破断、また固定側支承のセットボルト頭部の下端が下フランジ鋼材に接触することによるボルト跡が残っていたことが報告されている。これは曲線橋の負反力と共に、地震時に曲率半径や地震動入力方向などの影響により複雑な反力を示すこと¹⁾が影響していると考えられる。本研究では曲線桁橋の地震応答解析を行い、水平方向の地震波の入力方向を変化させ、支承挙動に着目し、曲線桁橋の地震応答特性について明らかにする。

2. 解析モデル **2.1 橋梁モデル** 橋梁モデルは、有限要素モデル化した支間長 43.5m、主桁曲率半径 38.81m の単径間曲線桁橋である(Fig. 1)。1 節点 6 自由度を有する梁要素を用い、節点数は 41、梁要素数は 52 である。梁部材および支承の中立軸の偏差をオフセット部材により考慮し、支承とアウトリガーにばねを考慮できる二重節点を定義する。地震時の減衰定数を、1 次と 2 次の振動モードに対して 0.05(レイリー減衰)と仮定する。モード法により考慮するモード次数は 27 次($f_{27}=88.70\text{Hz}$, $T_{27}=0.01127\text{sec}$ (ばね考慮), $f_{27}=91.10\text{Hz}$, $T_{27}=0.01098\text{sec}$ (ばね未考慮)), 積分時間間隔は 0.001sec とする。支承の境界条件は、現場の状況を再現するため A1 支承の X・Y 方向, A1 アウトリガーの X 方向と、4 支承・アウトリガーの回転の全方向について拘束しない。ただし、支承セットボルト破断発見後に全てのセットボルトの取り換えを行った際、A2 支承のセットボルトの 1 本が緩まず取り換えが不可能であり、桁との間に隙間があったと報告されている。この状態を再現するために A2 支承に 98.1MN/m のばねを考慮する。また、桁との間に隙間が生じていない状態も再現するために、ばねを考慮せず固定する場合も検討する。

2.2 入力地震動と解析ケース 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(普通地盤)の振幅調整波を用いる(Fig. 2)。桁の両端の支承同士を結んだ方向を X 方向、その水平直角方向を Y 方向、鉛直方向を Z 方向とする。地震波は慣性力として橋梁の全節点に作用させる。水平方向の地震波について、X 方向から反時計回りに 0° から 180° まで 15° 間隔で変化させる。水平方向の地震波の影響のみを考慮するために鉛直方向には加震させない。

3. 解析結果 **3.1 固有値解析結果** 曲線桁の解析モデルの固有振動数曲げ卓越型 1 次(2.015Hz(ばね考慮), 2.022Hz(ばね未考慮)), ねじり卓越型 3 次(6.873Hz(ばね考慮), 8.620Hz(ばね未考慮))である。実測たわみ振動(2.1Hz), ねじり振動(7.6Hz)を実測時の状況を再現したばね考慮モデルと比較すると、実測値は解析値よりほとんど大きくなっており、実測振動特性としてほぼ妥当である。

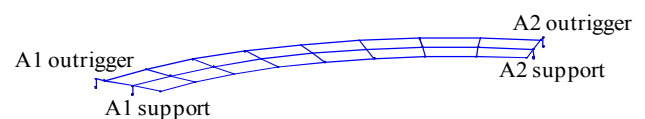


Fig. 1 Bridge model

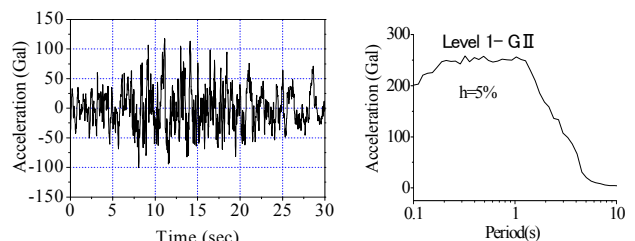


Fig. 2 Acceleration of JRA code and seismic response spectrum of acceleration (Level-1 GII (Moderate))

キーワード 曲線桁橋 地震応答解析 レベル 1 地震動 加震方向変化 鉛直反力

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

3.2 支承反力の動的応答特性 それぞれの加震方向の場合における G II 地盤地震によるばね考慮とばね未考慮での鉛直反力の PEAK 値と RMS 値を Fig. 3 に示す。これによると、ばね考慮と未考慮共に RMS 値の方が PEAK 値よりも加震方向変化に対して滑らかに変化する。また、ばね考慮では A1 側に大きな力が発生しているのに対し、ばね未考慮では A2 側に比較的大きな応答がみられる。これは A1 支承の X・Y 方向、A1 アウトリガーの X 方向に固定しないという境界条件より、A2 支承にばねを考慮しない場合に A2 側の反力が大きくなることは当然である。そして、加震方向が X 方向から反時計回りに 60° もしくは 75° の方向のときに PEAK 値と RMS 値が最大となる傾向がある。この 75° の方向のときにおける各支承・アウトリガーの応答波形を Fig. 4 に示す。しかし、ばね考慮では A2 アウトリガーの反力、ばね未考慮では A1 アウトリガーの反力において、加震方向変化に対する反力 PEAK 値・RMS 値の変化の傾向が異なる。

4. まとめ 曲線橋では、直線橋と異なり曲線桁橋支承部に対する地震動最悪入力方向が一意的ではない。今回のレベル 1 地震動を用いた検討では、 60° もしくは 75° の方向に加震時に鉛直反力が最も大きい傾向がみられる。また、地震波の規模をさらに大きくすることでより大きな引張力が生じる可能性があり、レベル 2 地震動を用いた非線形応答解析を行う必要がある。

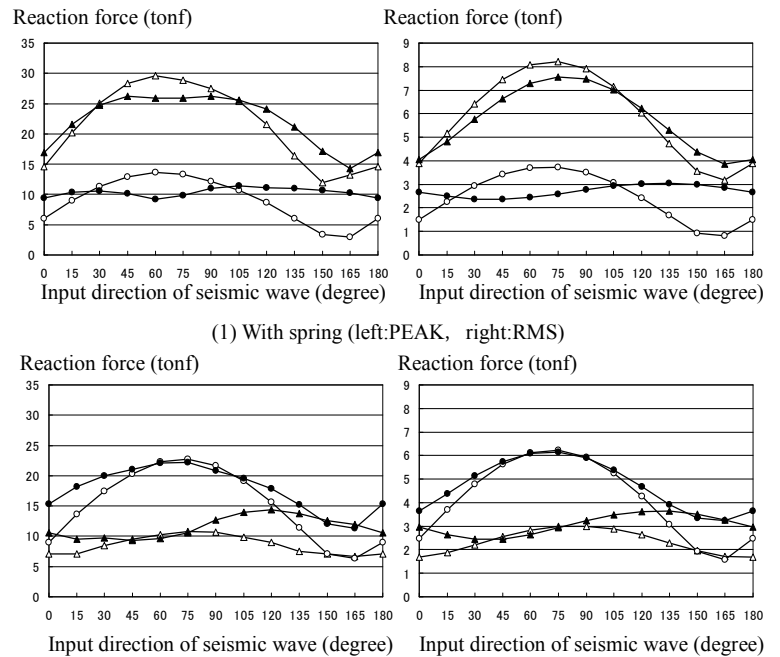


Fig. 3 PEAK and RMS of reaction force (G II)

(Δ : A1 support, $\blacktriangle$: A1 outrigger, $\bigcirc$: A2 support, $\bullet$: A2 outrigger)

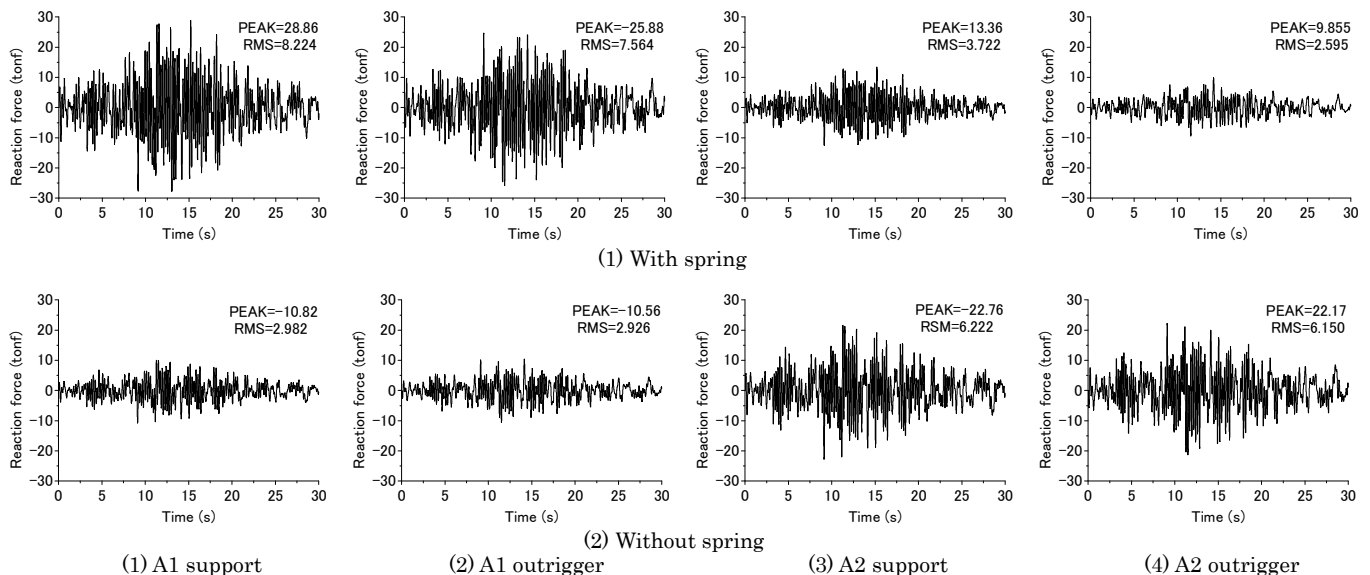


Fig. 4 Dynamic response of reaction forces (75°)

[参考文献]

- 1) 大塚久哲, 崔 準祐, 山内春絵: 4 径間連続曲線桁橋における地震時の支承反力に関する研究, 土木学会地震工学論文集, Vol.29, pp.485-492, 2007.8.
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2002.3.