

第I部門

車両複線載荷時における橋梁の地震応答解析

神戸大学工学部 フェロー 川谷 充郎 神戸大学大学院 学生員 安井 克典
 神戸大学工学部 正会員 金 哲佑 神戸大学大学院 学生員 ○小中 慎平

1. 概要 道路橋示方書の耐震規定では活荷重と地震荷重の同時発生確率は小さいため、その組合せは考慮しないものとしている¹⁾。しかし、近年の都市高架橋では慢性的な交通渋滞状況にあることに加え、大型車両の混入率も高まっていることにより、耐震性能における大型車両の影響を明らかにする必要があると考えられる^{2), 3)}。また、道路橋は車両の載荷状態が多様なことに特徴がある。そこで、本研究では中小規模の地震波を対象に、渋滞時と通常走行時を想定し、複数車線への車両載荷時における橋梁の地震応答解析により、大型車両が橋梁の地震応答に及ぼす影響を検討する。さらに、地震応答解析結果より車両の応答に着目し、車両の滑りの可能性を検討する。

2. 地震応答解析 **2.1 解析手法** 地震波を橋梁モデルと車両モデルの全節点に慣性力として同時に作用させ、地震外力を考慮する橋梁-車両連成系の運動方程式をモード法により定式化し、Newmark- β 法により解を求める。解析手法の妥当性は、参考文献 4)で行われた起振機を用いる振動実験に関して、橋梁の地震応答に及ぼす車両の動的な効果を再現することで事前に検証している。

2.2 橋梁モデル 鋼支承を有する一般的な都市高架橋の単純支持桁 2 径間を対象橋梁とする (Fig.1 参照)。橋脚基部は地盤に完全に固定する。モデル化に際して、1 節点 6 自由度を有するはり要素を用い、質量は集中質量とする。また、地震時における隣接径間の影響を考慮するため、P1 および P3 橋脚天端の節点に、それぞれ隣接径間の上部工質量の半分を 5 等分し付加する。解析におけるモード次数は 20 Hz 程度までを考慮し 27 次(20.0 Hz)とする。

2.3 車両モデル 車両モデルは水平運動まで考慮する 12 自由度振動系車両モデルを用いる⁵⁾。

2.4 入力地震波 入力地震波は、道路橋示方書に規定されるレベル 1 地震における 種地盤、種地盤のもの 2 波 (Fig.2)と 種地盤上で観測された地震波を 2 波⁶⁾ (G -1; 三重県一志郡白山町, 2004/9/7, G -2; 宮城県牡鹿郡牡鹿町, 2003/7/26), 種地盤上で観測された地震波 2 波⁶⁾ (G -1; 佐賀県佐賀市栄町, 2003/3/20, G -2; 北海道穂別町, 2003/9/26), 合計 6 波を解析に用いる。地震応答解析の際には、水平・鉛直の 2 方向に地震波を慣性力として作用させるが、地震波 G -0, G -0 は設計地震波であり、鉛直方向のデータがないため、鉛直方向には水平方向の振幅の半分の作用させる。

3. 車両滑りの判断方法 車両の鉛直接地力に摩擦係数を掛けることで最大摩擦力を求め、水平接地力と比較し、水平接地力が最大摩擦力を超える場合に車両が滑ると判断する。摩擦係数は走行直角方向の値が不明であったので、走行方向のものを代用する⁷⁾。

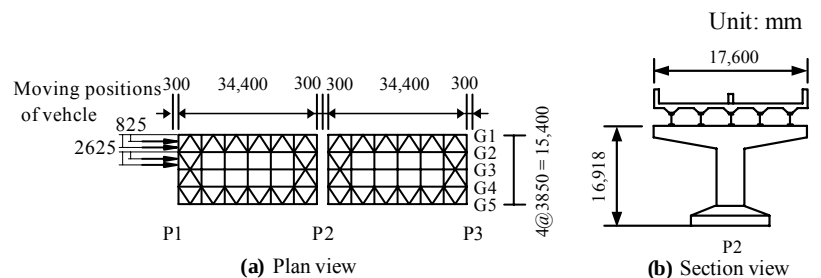


Fig.1 Bridge model

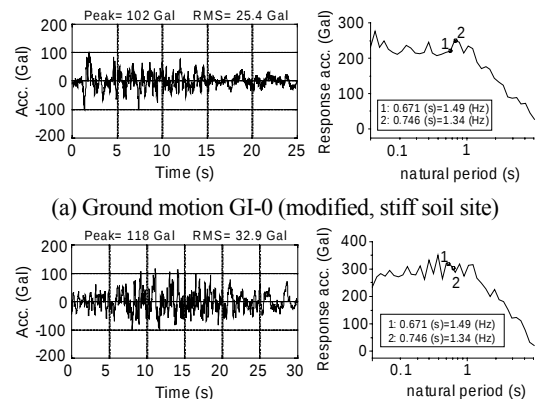


Fig.2 Accelerograms and response spectra

**4. 解析ケース CASE-1：車両無
載荷時，CASE-2：車両を付加質量
として考慮（1車線当たり9台，合
計18台の質量を付加），CASE-3：
車両停車時（1車線当たり9台を2
車線に載荷：車頭間隔8m），
CASE-4：車両走行時（走行車線；
速度50km/h，車頭間隔18m，追越
車線；速度70km/h，車頭間隔
31m）。ただし，走行時の解析では
実測された路面凹凸データを用いる。**

5. 解析結果 代表的な結果とし
て，地震波GI-0とGII-0を作用さ
せる場合の第1径間G1桁中央にお
ける橋軸直角方向の橋梁の絶対加
速度応答をフーリエ振幅とともに
Fig.3に示す。Fig.3に示すように，
車両を考慮することで応答の卓越周
波数が変化し，地震波の応答スペク
トルとの関係から，車両無載荷時に
比べて応答が増加する場合と減少す
る場合のあることが分かる。また，Fig.4に橋梁の応答加速度のRMS
値を棒グラフで示すが，地震波の地盤種別によって，橋梁の応答に対
する車両の存在効果が変わることが分かる。

解析で用いる地震波の中で最も水平接地力が大きくなる地震波GII-2を作用させる場合の車両の最大摩擦力と水平接地力の時刻歴をFig.5に示す。Fig.5から，停車車両，走行車両ともに，後軸においては常に水平接地力が最大摩擦力を下回っているが，前軸においては水平接地力が最大摩擦力を超えることがあり，走行時にはハンドル操作への影響が懸念される。

参考文献

- 1) 日本道路橋会：道路橋示方書・同解説，Ⅴ耐震設計編，2002.3.
- 2) 建設省土木研究所 地震防災部耐震研究室：橋梁の地震応答に及ぼす活荷重の影響に関する研究（その1），土木研究所資料 第3316号，1994.12.
- 3) 亀田弘行，室野剛隆，南莊淳，佐々木伸幸：橋梁 - 車両連成系による道路橋の地震応答特性，土木学会論文集，No.626/I-48，pp.93-106，1999.7.
- 4) 阪神高速道路公団，（財）阪神高速道路管理技術センター：阪神高速道路旧梅田入路構造物に関する調査研究報告書，1992.4.
- 5) M. Kawatani, C.W. Kim and K. Yasui, 2007. Seismic response of a highway bridge under traffic loadings, Pacific Structural Steel Conference 2007, Wairakei, New Zealand.
- 6) <http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/>
- 7) 日本交通安全協会：ルールとマナー，2002.4.

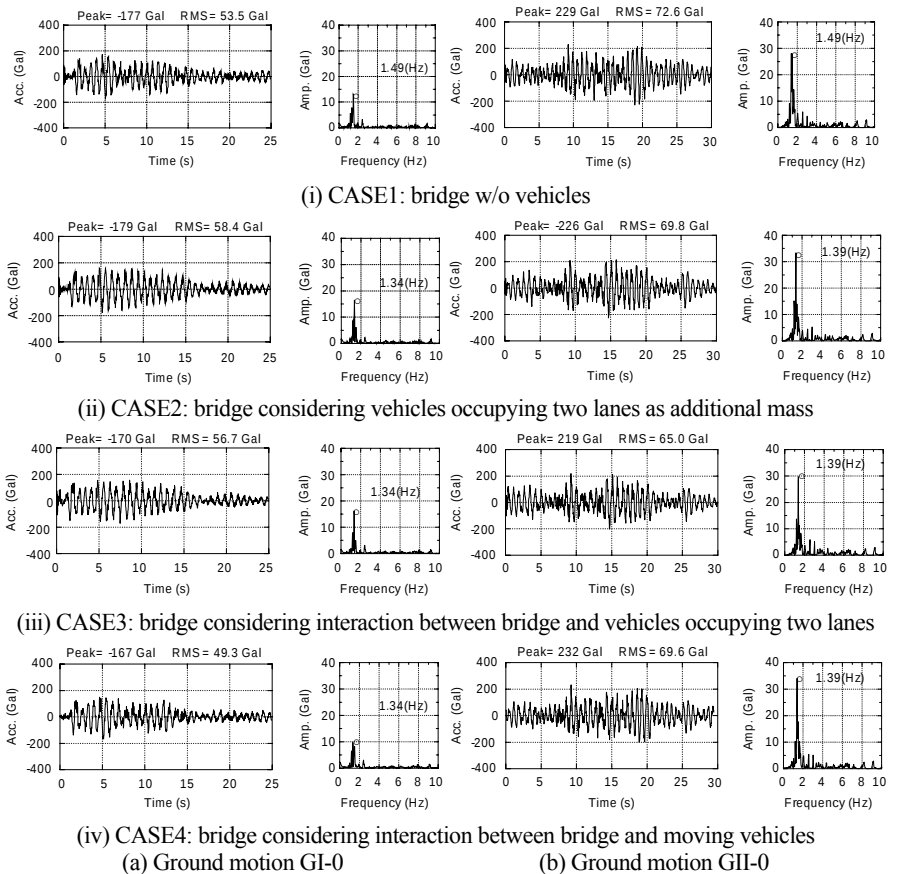


Fig.3 Transverse absolute acceleration at the center of the first span

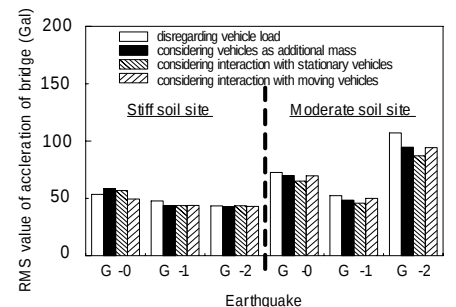


Fig.4 RMS value of seismic response of bridge

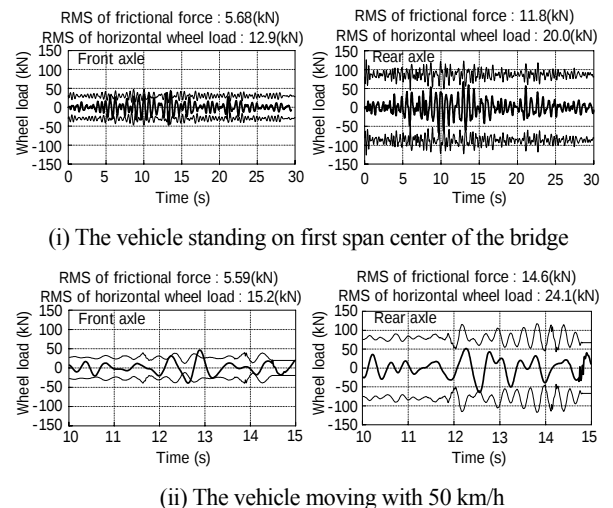


Fig.5 Max. frictional force and horizontal wheel load of observed vehicle on bridge under ground motion GII-2