

設計活荷重相当車両列が橋梁の地震応答に及ぼす影響

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 安井 克典
神戸大学大学院 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¹⁾では、地震荷重と活荷重の組み合わせはその同時発生確率が低いために考慮していない。しかし、近年の都市高架橋は大型車両の混入率の高まりとともに慢性的な交通渋滞状況にあり、耐震性能における活荷重（載荷車両）の影響を明らかにする必要があると考えられる^{2), 3)}。そこで著者らはこれまでの研究で、活荷重が橋梁の地震応答に及ぼす影響を検討するために、まず車両が1車線に満載された状態を想定し、地震応答解析を行ってきた⁴⁾。本研究では、現行の道路橋示方書が規定する設計活荷重に対応するような車両の載荷を検討し、橋梁の地震応答に及ぼす車両の影響を評価する。

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⁵⁾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討している。

2.2 橋梁モデル 一般的な都市高速道路橋の単純支持桁2径間で、鋼製支承を有する橋梁を対象とする（Fig.1参照）。橋脚基部は地盤に完全に固定とし、モデル化では梁要素を用い、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。また、固有値解析の結果、橋脚の曲げモードである1次モードの固有振動数は1.41Hzであり、車両を付加質量として考慮する場合は1.36Hzである。

2.3 車両モデル 車両モデルは水平運動まで考慮する12自由度振動系を用いる⁴⁾。ここで、車両モデルの諸元は従来用いてきた20tf車を基に定義している。15tf車の諸元については20tf車のものを準用し、25tf車の諸元については、20tf車の諸元を1.25倍して算出する。また、車両の水平方向の運動を表す3次モード、4次モードの固有振動数はそれぞれ2.38Hz、2.73Hzである。

2.4 入力地震波 入力地震波として Fig.2 に示す道路橋示方書のレベル1地震動におけるI種地盤のものとII種地盤のものを用いる。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、これらの地震波は鉛直方向のデータがないため、鉛直方向は、橋軸直角方向の慣性力の半分を作用させる。

3. 解析ケース CASE-1：車両無載荷時、CASE-2：車両付加質量時（Fig.1(a), (b)に示す載荷車両を質量として橋梁に付加）、CASE-3：車両振動系停車時（Fig.1(a), (b)に示す載荷車両を振動系として橋梁に付加）。

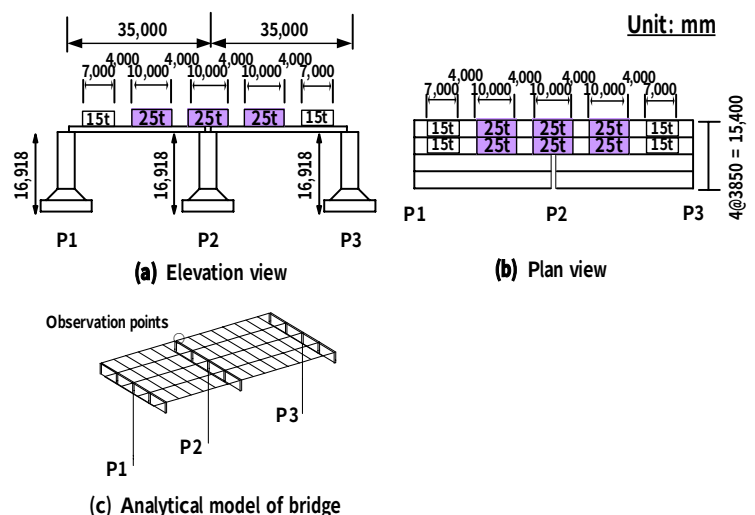


Fig.1 Distribution of vehicle corresponding to JRA code and FE model of bridge

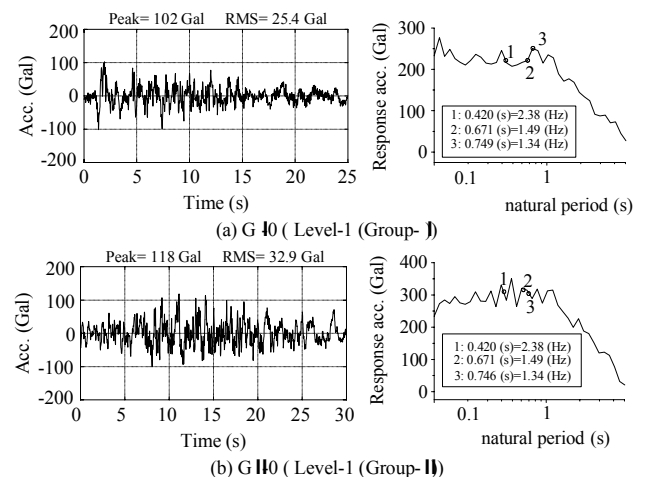


Fig.2 Accelerograms and response spectra

キーワード：橋梁-車両連成系，地震応答解析，12自由度系車両モデル，設計活荷重

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 Tel：078-803-6278, Fax: 078-803-6069

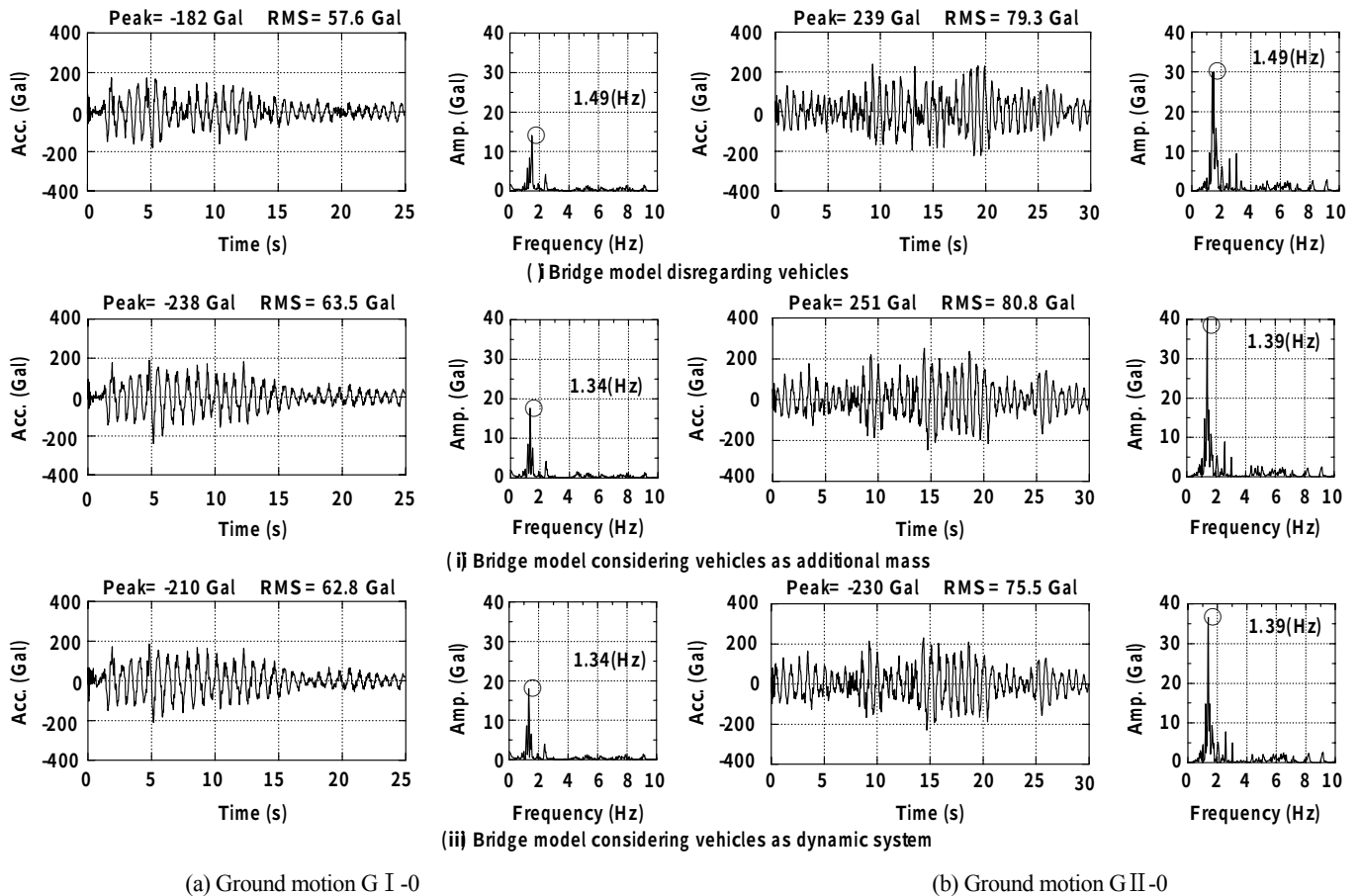


Fig.3 Transverse absolute acceleration responses of bridge at external girder of on central pier

4. 解析結果 着目点である中央支間外桁中央 (Fig.1(c) の Observation point)の橋軸直角方向の橋梁の絶対加速度応答を、地震波 GI-0 に対しては **Fig. 3(a)**に、地震波 GII-0 に対しては **Fig. 3(b)**に示す。橋梁の応答を車両無載荷時と車両付加質量時で RMS 値に着目して比較すると、地震波 GI-0、地震波 GII-0 どちらの場合も車両付加質量時の方が大きくなっている。これは車両による付加質量の影響で慣性力が増加すること、また、上部工質量が増加することで橋梁の固有振動数が変化し地震波の中で橋梁の反応する周波数成分が共に変化することが考えられる。次に、車両付加質量時と車両振動系停車時の橋梁の応答を RMS 値で比較すると、地震波 GI-0 では車両振動系停車時の方が応答がわずかに低減しており、地震波 GII-0 では地震波 GI-0 に比べて応答の低減効果が強いことが分かるが、これは車両の動的な作用によると考えられる。すなわち、車両の水平方向の運動が励起されるモード(2.38Hz および 2.73Hz)と車両質量を付加した橋梁の橋脚 1 次曲げモード(1.36Hz)との振動特性の違いによると考えられる。また、車両無載荷時と車両振動系停車時を比較すると、I 種地盤における地震波では橋梁の応答が増幅し、II 種地盤における地震波では橋梁の応答が低減されていることが分かる。これは、各地盤種別における地震波の応答スペクトルの特徴と橋梁応答の卓越周波数の関係より考察できる。以上より橋梁に与える車両の存在効果は地震波が観測された地盤種別に依存しているといえる。今後はレベル 2 相当の地震による橋梁の挙動を明らかにするために非線形解析を行う予定である。

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，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) 川谷充郎・金 哲佑・岩下謙司・安井克典：大型車両との連成振動を考慮した高架道路橋の地震応答解析，土木学会第 61 回年次学術講演会講演概要集，I -043，2006.9.
- 5) 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.