

I-584 大型車両が道路橋の地震応答に与える影響に関する研究

京都大学大学院 学生員 室野 剛隆 京都大学防災研究所 正員 亀田 弘行
 阪神高速道路公団 正員 南荘 淳 京都大学大学院 学生員 渡辺 泰介

1. まえがき 近年、車両の大型化と交通量の増加に伴い、都市高速道路において慢性的交通渋滞が発生している。この様な交通事情のもとで、大型車両が高架式道路橋の地震応答に与える影響について、これまで、橋梁-車両連成系の地震応答解析を行うとともに¹⁾、大型車両載荷状態での実橋振動実験を行った²⁾。実験結果から車両はあたかもTMDとして作用して、橋梁の応答を低減させることが明らかになった。一方、車両を単純な倒立振子としてモデル化した解析では、この特性がうまく説明できない場合があった。そこで、実車両の様々な動特性を取り入れたより詳細な車両モデルとすると、実験結果と数値解析結果では、若干の違いがあるものの、全体の傾向はよく対応しており、おおむねこのモデルが妥当であることが確認できた³⁾。本研究では、このモデルを用いて、さらに広範なパラメータ領域での解析を行い、連成系の地震応答特性を考察するものである。

2. 橋梁-車両連成系モデル 橋梁は単柱式橋脚の単純桁からなる4車線都市高速道路1スパン分を20自由度線形モデルとしている。車両は、振動実験から各部の複雑な振動モードは無視できないことが指摘されたので、実車に存在する様々な動的機構を取り入れて、11tトラックとダンブトラックを5自由度系モデルとした。また、本研究では積載率 r で車両の積荷の状態を評価する($r=0.0$ は空荷状態、 $r=1.0$ は法定上の満載状態)。

3. 周波数応答特性 図-1に基礎底面せん断力の共振曲線を示す。太実線(mixed r)は、異なった積載率をもつ3台の車両が載荷されたときの橋梁-車両連成系の共振曲線である。他の3本の細実線($r=3$)は、等しい積載率を持つ車両が3台載荷されたときの共振曲線である。また、 \oplus 印は3細実線のピークの高さと周期の算術平均の位置を示すものである。図より、 \oplus 印はほぼ太実線(mixed r)のピーク的位置と一致していることがわかる。図-1の全ての共振曲線は、常に橋梁単独系(一点鎖線)のそれを上回っている。これは、実験結果とは大きく異なる。図-1で用いた橋梁の基本振動周期は0.935秒であり、車両のそれより長周期のもの、つまり、車両に比べて橋梁は柔らかい場合である。このケースでは、車両は橋梁の桁重量を増加させるだけで、橋梁の応答は増加する。しかし、この4車線橋梁モデルでも車両の存在が橋梁の応答を低減させる場合もある。この典型的な1例として、橋梁の基本周期が0.64秒の橋梁について、図-2にその共振曲線を示す。このケースは実験橋梁ほぼ等しい基本周期を持つ場合であり、車両に比べて橋梁が柔らかい場合に相当する。このように、橋梁と車両の基本周期の相対的關係が橋梁の応答を増加させたり、減少させたりする支配的な要因となっている。

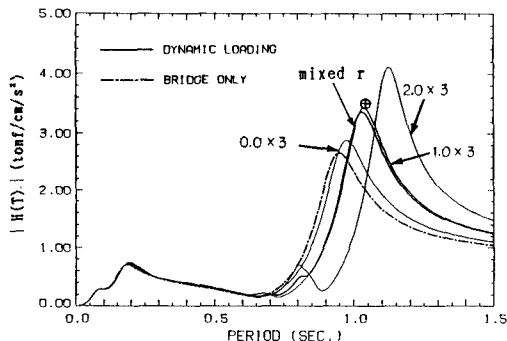


図-1 基礎底面せん断力の橋梁-車両連成系の共振曲線

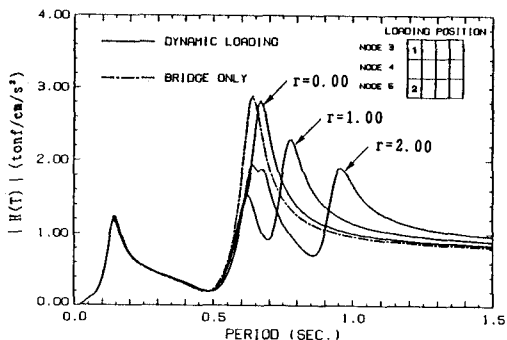


図-2 基本周期が短い橋梁モデルを用いた場合の基礎底面せん断力の橋梁-車両連成系の共振曲線

4. 地震応答特性

本研究では、バンド幅と卓越周期を変え、狭帯域及び広帯域の2群の模擬地震動¹⁾を用意した。図-3は連成系の時刻歴応答を示す。図(a)は、橋梁（太実線）と車両（細実線と点線）が同位相で振動し、連成系の応答（太実線）が橋梁単独系の応答（太点線）より大きくなる典型的な場合である。図(b)は、橋梁と車両が逆位相で振動し、連成系の応答が橋梁単独のものより低減される典型的な場合である。図-4は、入力地震動と積載率の影響を総合的に把握するために、断面力の最大応答値を橋梁単独での最大応答値で正規化した値を示した応答増幅率コンター図である。連成系の応答が橋梁単独系を下回る場合は斜線で、上回る場合は点で濃淡をつけている。また、図中に、橋梁と車両が同位相のモード(1-st, 21-th mode)、橋梁と車両が逆位相モード(6-th, 22-th mode)の、積載率による固有周期の変化を示した。図(a)は、狭帯域の入力を与えた場合である。等高線の間隔が狭く、敏感である。長周期側では1次モードの影響で応答がかなり増幅されている。しかし、この図は応答の絶対量でなく、橋梁単独系に対する相対的な増減を示すものであるから、応答が増加するからといってすぐさま危険であると解するべきではない。図(b)は、広帯域の入力を与えた場合である。同時に多数のモードが励起され、全体的に横縞の応答になり、応答は積載率によって支配されることが多い。また、短周期側では21次モード（基礎が大きく振動するモード）の影響で応答が増幅しているが、図(a)と比較して応答が低減される場合が多い。

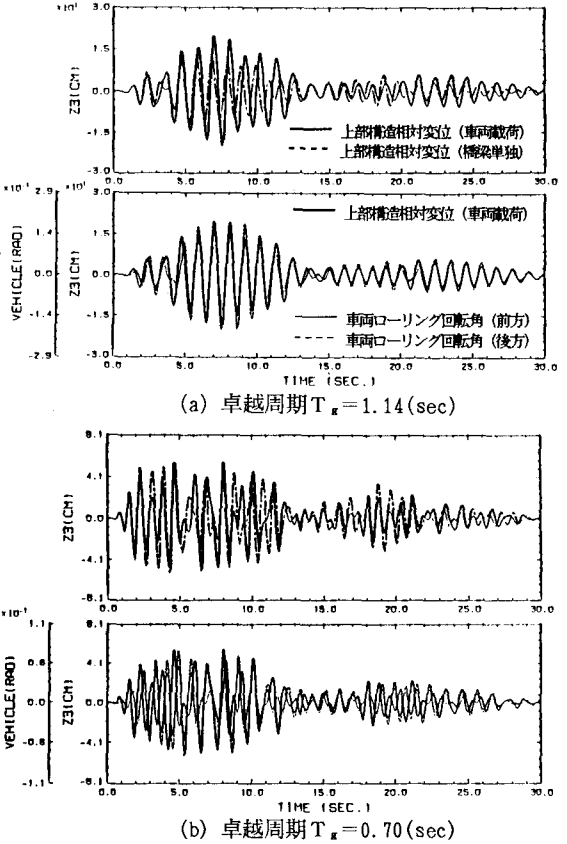


図-3 模擬地震動による連成系の時刻歴応答曲線（狭帯域入力、11tトラック r=2.0*2台）

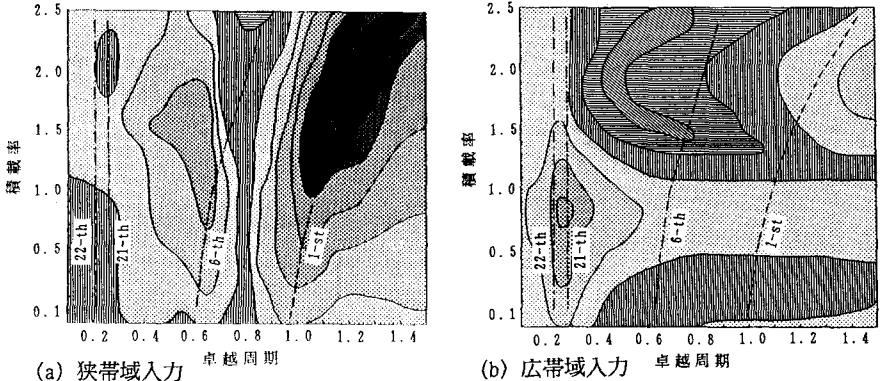


図-4 基礎底面せん断力の応答増幅率コンター図

5. まとめ

今後は、耐震設計に直接役立つ資料をさらに作っていく予定である。最後に、車両のモデル化にあたってはデータの収集など、三菱重工（株）の佐々木伸幸氏には大変お世話になりました。心より感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 亀田弘行、北路之、盛川仁：車両載荷の動的効果を考慮した道路橋の地震荷重、土木学会構造工学論文集、1990年3月
- 2) 加賀山泰一、亀田弘行、佐々木伸幸：高架橋の水平振動実験、第45回土木学会年次学術講演会概要集、1990年9～10月
- 3) Kameda, H. Maekawa, Y. Sasaki, N. and Murono, Y.: Dynamic structure-vehicle interaction for seismic load evaluation of highway bridges, WCEE, July 1992