

鉄道総合技術研究所 正員○室野 剛隆 京都大学大学院 学生員 渡辺泰介
 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 南莊 淳

1. 要旨

現行の道路橋示方書では地震と交通渋滞の同時発生は稀という前提のもとで、地震荷重と活荷重の組合わせは考慮していない。しかし、車両の大型化と渋滞の慢性化という現在の交通事情を考えると、この前提が必ずしも妥当であるとは言い難い。そこで本研究の目的は、大型車両が停留している橋梁に地震動が作用した場合に、主として橋脚や基礎の断面力が車両の存在によってどのような影響を受けるか考察し、道路橋の耐震設計における車両の扱い方について明らかにしようとするものである。本研究に先だって、橋梁を単径間にモデル化し、車両モデルを規則的に載荷して弾性域での橋梁車両間の相互作用の問題について検討してきた¹⁾。本研究ではさらに橋梁を多径間にわたってモデル化し、車両列は実交通荷重調査結果²⁾に基づいてシミュレートすることで、より現実に近い状況での橋梁-車両連成系の地震応答解析を行った。さらに橋梁の応答が塑性域に入ったときの車両の影響を把握するために、弾塑性応答解析を行った。

2. 解析モデル

載荷車両の動的な効果は、橋軸方向よりも直角方向の振動の時に問題となることが明らかにされているので、本研究では橋軸直角方向の振動のみを対象にした。単柱式橋脚を持つ4車線単純桁橋を図-1のように多径間にわたってモデル化した。11t長距離トラック及び10tダンプトラックを図-2のような既の実験でその妥当性が確認された5自由度系モデル¹⁾に置換する。上記の車両モデルを多径間橋梁モデルに載荷した連成系モデルについて固有値解析、周波数応答解析、時刻歴応答解析を行ったところ、橋梁と車両が同位相で振動するモードは地震荷重を増加させる効果を有し、逆位相で振動するモードは低減させる効果を有することが分かった。

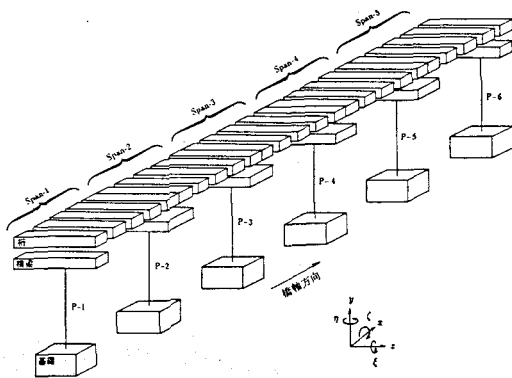


図-1 多径間橋梁モデル

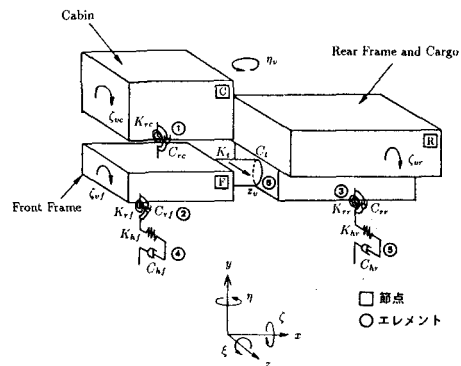


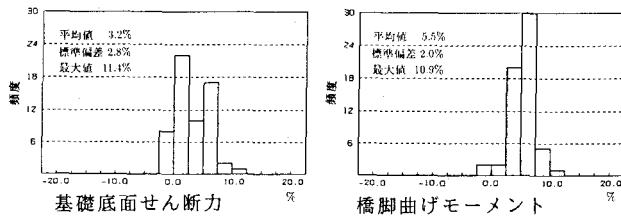
図-2 5自由度系車両モデル

3. 実交通荷重に基づいた橋梁-車両連成系の弾性地震応答解析

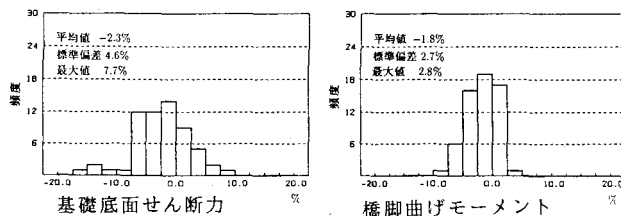
実交通荷重に関する調査結果²⁾を参考に渋滞をモデル化した。このモデルに従って乱数を用いてシミュレートされた荷重列を橋梁モデルに載荷する。ただし、「車両は全て停止している。どちらの方向にも滑らない。大型車のみを考慮する。走行車両は無視する。」という仮定を設けている。こうして得られた連成系について弾性地震応答解析を行い、次式で定義される「最大応答増減率」を各断面力について算出する。

$$(\text{最大応答増減率}) = \left\{ \frac{(\text{連成系の最大応答値})}{(\text{橋梁単独系の最大応答値})} - 1 \right\} \times 100(\%) \quad (1)$$

この手順を繰り返し行い得られた最大応答増減率の頻度分布図の一例を図-3に示した。表-1に今回の解析ケースを示す。ケースAは車両による増幅効果が卓越する場合、ケースDは低減効果が卓越する場合である。入力条件や荷重条件によってヒストグラムの形状が異なるが、いずれの解析ケースでも最大値は正の値を示し、車両によって応答が増幅される可能性が十分あることを示唆している。しかし、各径間が異なる車両載荷状態にあり、それらの応答量が平均化されるので、従来のように単径間モデルに車両モデルを規則的に載荷した解析結果ほど車両による影響が顕著ではない。



解析ケース A



解析ケース D

図-3 最大応答増減率の頻度分布図

4. 橋梁-車両連成系の弾塑性地震応答解析

橋脚の復元力に弾塑性履歴特性を取り入れた橋梁-車両連成系の弾塑性地震応答解析を行った。図-4は3種類の卓越周期を持つ入力に対して、塑性率や最大応答増減率を入力の前最大加速度との関係で示したものである。塑性率が1以下の間は点線で表示している。入力の前最大加速度とともに塑性率が大きくなると、塑性率の最大応答増減率は、正から負、または負から正へと変化しており、車両が橋脚の変形(塑性率)に与える影響が増幅効果から低減効果またはその逆へと変化していることが分かる。この傾向は剛性劣化に伴う振動周期の増大に起因するものである。また、橋脚が塑性化すると卓越周期の違いによる車両の影響のばらつきが弾性域に比べると小さくなり、弾性域ほど車両の影響が顕著に現れない。これは履歴減衰による効果である。一方、曲げモーメントではスケルトンカーブによって力の増大が頭打ちにされるので、塑性化すると車両による応答増減率はほぼ0%に収束する。

5. 耐震設計への影響

車両の影響を2段階で考える必要がある。弾性限での照査を考えた場合、車両の存在を無視できない。入力条件や荷重条件によっても異なるが、約1.1~1.2倍程度の震度の割増しが必要であると考えられる。また、変形が塑性域まで及ぶことを許す場合には、橋脚の塑性変形に対する車両の影響が問題になる。

参考文献

- 1) H. Kameda, Y. Muroto, Y. Maekawa, N. Sasaki: Dynamic structure-vehicle interaction for seismic load evaluation of highway bridges, Proc. of 10th WCEE, pp4861-4866, 1992
- 2) 阪神高速道路公団、阪神高速道路管理技術センター：第2編 活荷重分科会報告(別冊-1) 阪神高速道路における活荷重実態調査と荷重評価のための解析、昭和59年3月

表-1 解析ケース

	狭帯域		広帯域
	$T_p = 1.18(sec)$	$T_p = 0.92(sec)$	$T_p = 1.18(sec)$
通常渋滞+通常走行	A	D	F
突発渋滞+通常走行	B	E	G
通常渋滞+通常渋滞	C		

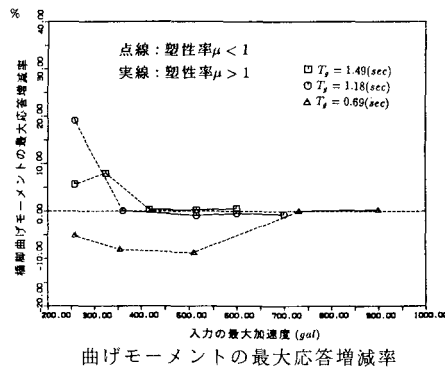
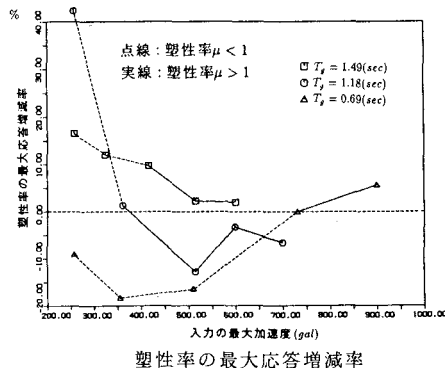
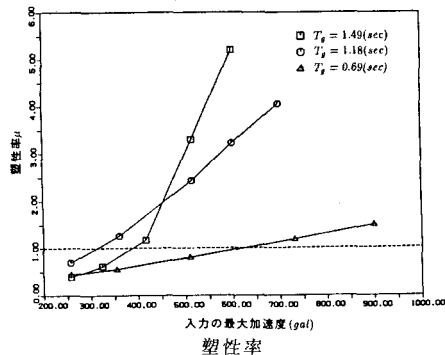


図-4 塑性率や最大応答増減率と入力最大加速度との関係