

活荷重作用下での道路橋の 地震応答特性について

京都大学防災研究所 正員 亀田 弘行
京都大学大学院 学生員 ○北 啓之

1. はじめに

本研究は車両が載荷された状態での道路橋の地震応答を解析し、橋梁の地震荷重に対する載荷車両の動的効果について考察するものである。本研究課題については既に問題点の整理、力学モデルの提示を行うと共に、基本的な地震応答解析を行った¹⁾。そこでは橋梁の地震荷重を支配する応答量として、上部構造の相対変位と橋脚下端曲げモーメントを扱った。今回は、その後行った基礎底面せん断力の解析結果を報告する。

2. 橋梁-車両連成モデル

橋梁モデルはスパン長23m程度の都市高速道路橋高架単純桁橋1スパン分をプロトタイプとし図1に示すような上下動を考慮しない20自由度線形モデルを用いた。また車両は橋梁に与える影響が大きいと考えられる積載量 10~12tonクラスの大型車両をプロトタイプとし、ローリングとピッチングからなる2自由度非連成回転倒立振子としてモデル化したものを用いた。なお渋滞時を想定しているため車両は停止しているものとし、図2に示す6つの載荷パターンを用いて応答を求めた。

図3は特に注目すべき橋梁-車両連成系の振動モード(Cパターンの場合)である。1次モードは橋梁と車両の同位相振動モード(共振モード)で、6次モードは逆位相振動モード(制振モード)である。

3. 載荷車両が橋梁の地震応答に与える動的効果

図4は橋軸直角方向入力の場合の積載率 r による基礎底面せん断力の周波数応答特性の変化を示したものである。静的載荷の場合には積載率の増加と共に応答もその極大値を大きくしている。それに対し動的載荷の場合には積載率が増えるにつれ共振モードは長周期側に移動しつつその極大値を小さくしているのに対し、0.8秒付近より制振モードが成長している。なお0.2秒付近に現れる極大値は連成系14次モード(橋脚の2次モードに相当)である。

図5は基礎底面せん断力に関して橋梁単独系と橋梁-車両連成系の時刻歴応答を比較したもので、(a)は車両と橋梁の共振モードが卓越するEパターンの場合、(b)は制振モードが卓越するCパターンの場合である。

図6はA~Cのパターンで車両が載荷されている橋梁に対し、様々な卓越周期を持つ入力を与えた場合の最大応答値を入力地震動の最大速度で正規化したものである。基礎底面せん断力の応答が右下がりのグラフとなっているのは、短周期側では連成系2次モードや基礎部分固有のモードが励起されるためと考えられる。静的載荷の場合には一般に橋梁単独系の応答を上回っている。動的載荷のAパターンの場合には、短周期側では静的載荷による応答さえも上回っている。これは短周

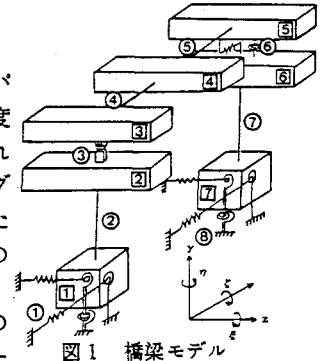


図1 橋梁モデル
《車両載荷位置》

節点 ③	①	②
節点 ④		
節点 ⑤	③	④

《車両の積載率 r 》			
NO.	パターン A	パターン B	パターン C
①	0.66	0.85	1.00
②	0.66	0.85	1.00
③	0.66	0.85	1.00
④	0.66	0.85	1.00

NO.	パターン D	パターン E	パターン F
①	2.27	0.57	0.17
②		0.57	0.17
③		0.57	0.17
④		0.57	0.17

図2 車両の載荷パターン

期の入力により励起される連成系14次モードが共振モードであるためであると考えられる。B, Cパターンに関しては車両の振動による連成系1次モード（共振モード）の低減がみられ、このことによる応答の低減が、14次モードの励起による応答の増幅に卓越するため動的载荷による応答は静的载荷を下回っているが、橋梁単独系の応答を下回るまでには至っていない。長周期側では14次モードが励起されず、もっぱら系全体域のモード（橋梁1次モード）が支配的になる。そのため、静的载荷の応答に関しては橋梁単独系を上回るもののその割合は小さくなり、動的载荷に関しては、全てのパターンで橋梁単独系を下回る応答を示している。

4. おわりに

本研究では最大応答値を用いた考察を行ったが、短周期側に固有の振動モードをもつ基礎底面せん断力の場合、全体としては応答が低減しているにもかかわらず、瞬間的に大きな応答を示すことがある。また、载荷パターンが限られている事による問題点も多い。今後は、さらに多くの入力条件、载荷条件のもとでのシミュレーションを重ね、载荷車両の動的効果についての考察を進める予定である。

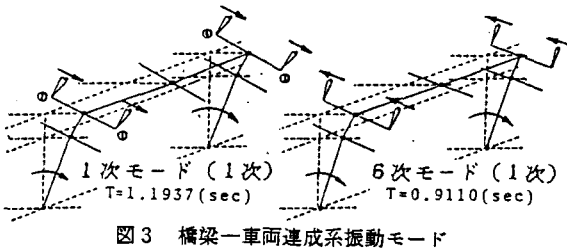


図3 橋梁-車両連成系振動モード

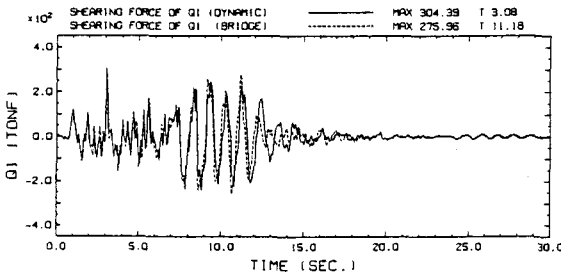


図5(a) 基礎底面せん断力の時刻歴
(橋軸直角方向入力・Eパターン)

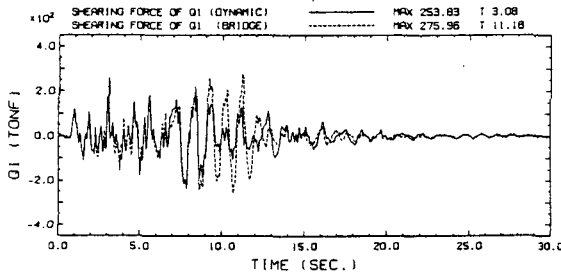


図5(b) 基礎底面せん断力の時刻歴
(橋軸直角方向入力・Cパターン)

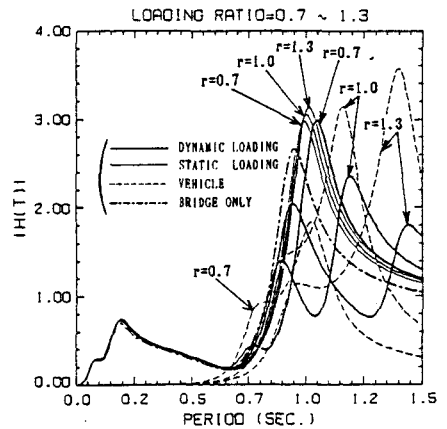


図4 積載率による基礎底面せん断力の周波数
応答関数の変化(橋軸直角方向入力)
Normalized by V_{max}

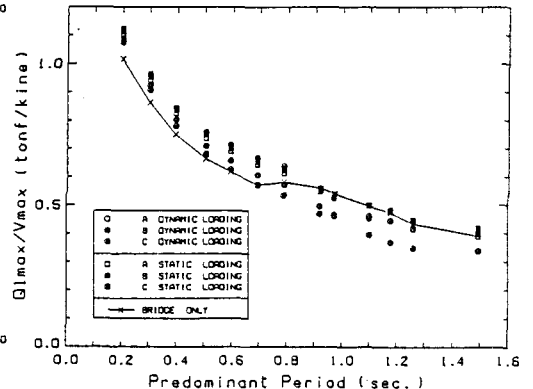


図6 基礎底面せん断力の最大応答値
(橋軸直角方向入力)

参考文献：1)林泰三，亀田弘行：道路橋の地震荷重評価における载荷車両の影響，京大耐震研究室報告 No. 87-1, 1987. 4