

# I-393 道路橋の地震荷重評価における載荷車両の影響

京都大学工学部 ○ 学生員 林泰三  
京都大学工学部 正員 亀田 弘行

## 1. はじめに

本研究は車両が載荷された橋梁に地震動入力があった場合、車両の存在が橋梁の応答に及ぼす影響について考察するものである。現行の道路橋示方書では地震時における活荷重の影響は原則として考慮しなくてもよいことになっており、特別な橋梁を除き無視されているのが現状である。ところが今日では交通車両が重量化し交通渋滞も慢性化しているため、地震時における活荷重の影響を定量的に把握する必要がある。このような観点から本研究では種々の載荷条件のもとで地震応答解析を行い載荷車両が橋梁に与える動的効果を明らかにしようとするものである。

## 2. 車両一橋梁系の解析モデル

橋梁モデルは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に示すような多点2方向入力の可能な20自由度のモデルとした。また、車両は渋滞時を想定して停止しているものとしローリングとピッチングの非連成回転倒立振子として2自由度モデルとした。

## 3. 載荷車両の橋梁地震応答に対する動的効果

応答解析は複素固有値解析を基に図2に示す4つのパターンについて車両橋梁連成系（動的載荷）としたものと車両の質量のみを桁に付加した系（死荷重載荷）としたものを考え、種々の卓越周期をもつ模擬入力地震波に対して位相差入力の場合を含めて応答を求めた。

橋軸直角方向に関しては、図3に積載率  $r$  による系の周波数特性の変化を示すが、動的載荷では共振モード（車両と橋梁の同位相振動モード）と制振モード（車両と橋梁の逆位相振動モード）があることがわかる。また、図4は橋梁単独系と車両橋梁連成系の場合の応答時刻歴の比較例である。図5、図6は橋脚下端曲げモーメント最大応答値に関するもので、図5は両橋脚に同位相入力の場合、図6は位相差0.1秒を与えた場合である。同位相入力では死荷重載荷とすると橋梁単独系を越える値を示しその割合は車両の総重量の大きい載荷パターンほど大きい。動的載荷とするとパターンAでは長周期側で橋梁単独系を上回り車両の質量効果が現われている。逆にパターンB、Cでは橋梁単独系をほぼ一樣に下回り車両の動的制振効果が認められる。パターンDでは橋梁単独系と非常に近い値となっており車両と橋梁が振動的に分離された状態となっている。位相差入力では全体的傾向は同位相入力に比べ逆対称ねじれモードの励起による短周期側での応答の増大と低次モードの抑制による長周期側での応答の低減が特徴となっている。車両による影響は短周期側になるほど同位相入力の場合とは異なったものになっている。

橋軸方向に関しては短周期側では車両の動的効果は認められず長周期側では動的載荷の場合でも車両の質量効果が卓越する結果となった。また位相差の影響は位相差のない場合に比べて応答のほぼ一樣な低減という形で現われた。

## 4. 道路橋の地震荷重に対する載荷車両の影響の評価

表1に橋軸直角方向同位相入力の場合の橋脚下端曲げモーメント最大応答値について各載荷パターンの最大応答値の橋梁単独系のものに対する割合（対橋梁比）を示した。同表（a）では死荷重載荷の場合について平均対橋梁比と載荷車両による橋梁上部系の重量増加率の比較を、同表（b）では動的載荷の場合について平均対橋梁比と図3における極大値に対してSRSS法の手法を適用して得た試算値の比較を行なっている。これによれば死荷重載荷ではおおむね有効な評価といえるが、動的載荷では各パターンの

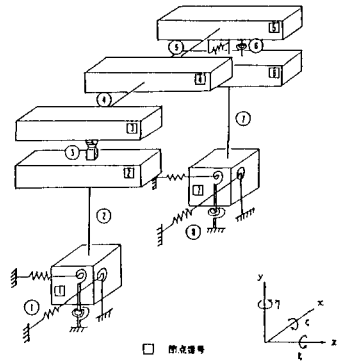
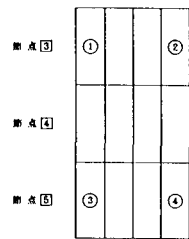


図1 橋梁モデル



(N) : 載荷車両 (N : Vehicle No.)

| No. | 車両の積載率 $r$ |       |       |       |
|-----|------------|-------|-------|-------|
|     | パターンA      | パターンB | パターンC | パターンD |
| 1   | 0.66       | 0.85  | 1.0   | 2.27  |
| 2   | 0.66       | 0.85  | 1.0   |       |
| 3   | 0.66       | 0.85  | 1.0   |       |
| 4   | 0.66       | 0.85  | 1.0   |       |

図2 車両の載荷パターン

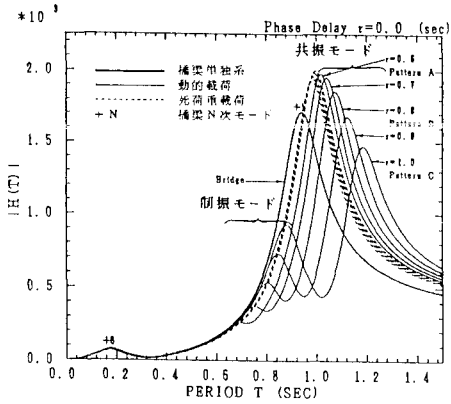


図3 積載率による橋脚下端曲げモーメントの周波数応答関数の変化（橋軸直角方向同位相入力）

相対的な大小関係は認められるものの定量的に適切な評価とは言えず今後の検討が必要である。

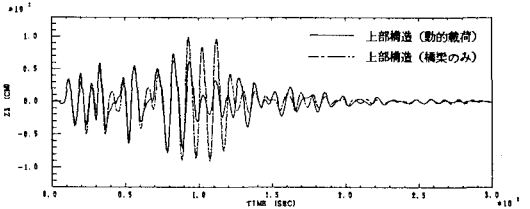


図4 動的載荷の場合（パターンC）と橋梁単独系の場合の上部構造の時刻歴

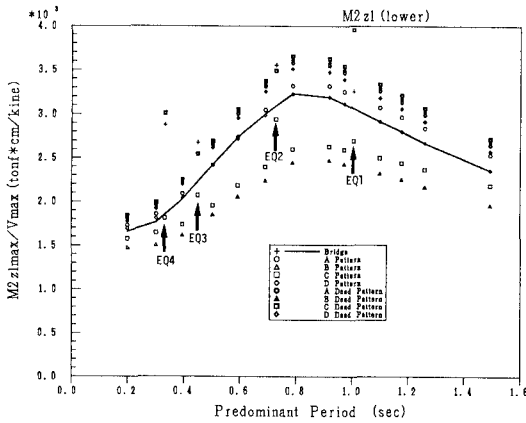


図5 橋脚下端曲げモーメント最大応答値（橋軸直角方向同位相入力）

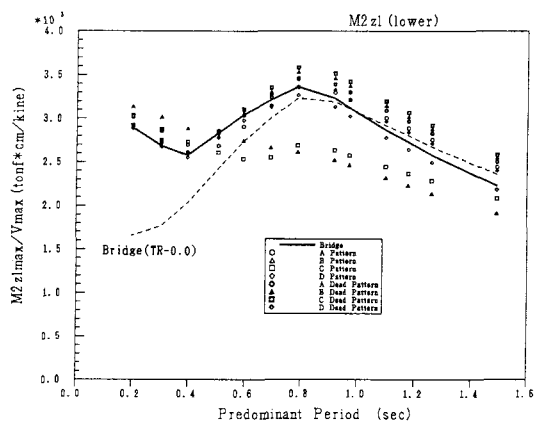


図6 橋脚下端曲げモーメント最大応答値（橋軸直角方向 位相差入力(0.1sec)）

表1 橋脚下端曲げモーメント最大応答値に関する各載荷パターンの対橋梁比の評価（橋軸直角方向同位相入力）

(a)  $\alpha_1 = M_{B_{max}} / M_{B_{dead}}$

| 死荷重載荷 | 平均対橋梁比 $\alpha_1$ | $T_1$ | $T_2$ |
|-------|-------------------|-------|-------|
| パターンA | 1.108             | 1.154 | 1.105 |
| パターンB | 1.121             | 1.179 | 1.122 |
| パターンC | 1.130             | 1.198 | 1.136 |
| パターンD | 1.086             | 1.091 | 1.062 |

$T_i = (W_i + W_j) / W_j$  (i = 1, 2)

$W_i$  : 車両の総重量

$W_j$  : 軸点3, 4, 5の重量の和 (= 325 tonf)

$W_2$  : 軸点3, 4, 5と軸点2, 4の半分の重量の和 (= 475 tonf)

(b)  $\alpha_2 = M_{B_{max}} / M_{B_{dead}}$ ,  $\alpha_1 \alpha_2 = M_{B_{max}} / M_{B_{dead}}$

| 動的載荷  | $\alpha_1$ | 平均対橋梁比 $\alpha_1 \alpha_2$ | $\sqrt{A_1^2 + A_2^2} / A_0$ |
|-------|------------|----------------------------|------------------------------|
| パターンA | 0.938      | 1.039                      | 1.173                        |
| パターンB | 0.711      | 0.797                      | 1.089                        |
| パターンC | 0.758      | 0.857                      | 1.027                        |

$A_1$  : 図3における共振モードの極大値

$A_2$  : 図3における制振モードの極大値

$A_0$  : 図3における橋梁1次モードの極大値

## 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，昭55.5.
- 2) 大滝健：車両橋梁系の地震応答解析における摂動法に関する研究，京都大学修士論文，昭和61.2.
- 3) 林泰三：活荷重作用下での道路橋の地震応答解析，昭和61.2.
- 4) 林泰三，亀田弘行：道路橋の地震荷重評価における載荷車両の影響，京大耐震研究室報告No.87-1，1987.4.