

載荷車両の動的効果を考慮した橋梁の地震荷重の解析

京大工学部 正員 亀田弘行

東急建設

正員

大滝 健

京大大学院

学生員

○林 泰三

1. はじめに

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¹⁾、特別に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ので、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出てきている。このように観点から本研究は車両-橋梁を連成系システムとしてモデル化し、動的解析を行ったものである。

2. 車両-橋梁系の解析モデル

橋梁モデルは後藤・亀田・浅村²⁾による高架単純桁橋1スパン全橋のモデルを参考にし、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静止しているものとし、ローリングとピッチングを考慮した2自由度モデルとした。

3. 固有値解析

上記のモデルについて橋梁のみの場合、車両を載荷した場合について実、複素固有値解析、摂動法による近似解析を行った。(車両の載荷パターンを図2に示す。)Aパターンで車両を載荷した場合について刺激係数が大きい次数の振動モードを図3に示す。また車両のみが振動するモードが生ずるがそれは刺激係数が小さく応答にはほとんど影響しないと考えられる。

Iqusa, Der-Kiureghian³⁾による摂動法を用いて橋梁-車両連成系の橋梁を主システム、車両を副システムと考え、固有振動数と固有モードを近似的に求める簡略式を導いた。車両と橋梁の振動数が同調する場合としない場合で多少手順が異なるが、後者の場合のみ結果を示すと次のとおりである。

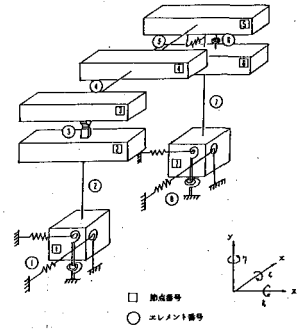


図1 橋梁モデル

節点	①: 車両No.		車両の積載率	
	N	A	B	
①	1	1.0	1.0	
②	2	1.0	0.0	
③	3	1.0	0.5	
④	4	1.0	1.2	

図2 車両の載荷パターン

$$\phi_i = \left\{ \frac{f_{i1}(\omega) f_{i2}(\omega) \dots}{\prod_{j=1}^{20} G_j(\omega) g_j(\omega)} \dots 1 \dots \frac{f_{i20}(\omega) f_{i21}(\omega)}{\prod_{j=1}^{20} G_{20}(\omega) g_j(\omega)} \mid \frac{f_{i1}(\omega)}{g_1(\omega)} \dots \frac{f_{i2N}(\omega)}{g_{2N}(\omega)} \right\}^T \quad (i=1 \sim 20) \quad \omega = \omega^*$$

$$\phi_i = \left\{ -\frac{f_{i2}(\omega)}{G_1(\omega)} \dots -\frac{f_{i20}(\omega)}{G_{20}(\omega)} \mid \frac{f_{i1}(\omega) f_{i2}(\omega) \dots}{\prod_{j=1}^{20} G_j(\omega) g_j(\omega)} \dots 1 \dots \frac{f_{i2N}(\omega) f_{i2N+1}(\omega)}{\prod_{j=1}^{20} G_{2N}(\omega) G_j(\omega)} \right\}^T \quad (i=21 \sim 20+2N) \quad N: \text{車両台数} \quad \omega = \omega^*$$

ここに ω^* は複素固有振動数の振動解、 $G(\omega), g(\omega), f(\omega)$ は複素関数である。この手法により固有値問題の解がclosed formで求められる。実際の計算では厳密解法に比べて計算時間が短縮され、精度の良い結果が得られた。

Hiroyuki KAMEDA Takeshi OHTAKI Taro HAYASHI

4. 橋梁の地震荷重に対する活荷重の動的効果

応答計算を実、複素固有値解析結果の兩者について行った。入力地震動は卓越周期の明らかな4つの実記録を橋軸直角方向に同位相で入れた。載荷パターンは橋梁のみの場合、A,B両パターンについてそれぞれ動的に載荷したものと車両を死荷重とみなしたものを考えた。実固有値解析の減衰は Caughey の減衰理論により10数%で与えた。

解析結果は実、複素解析の間で全体的傾向は一致しているが、定量的には差異が認められる。時刻歴の一例を図4に示す。図5,6には入力地震動の特性と断面力の絶対最大応答値との関係を示している。本計算の範囲では動的載荷の場合、車両は主としてダイナミックダンパーとして働き、死荷重とした場合は入力のスペクトル特性に依存している事がわかる。

5. おわりに

現段階では入力に限定されており、今後さらに種々の入力に対して包括的にシミュレーションを行い、活荷重の動的効果について検討を進める予定である。

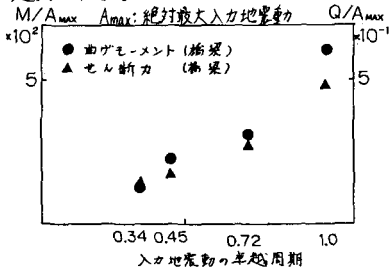


図5 橋脚下端の断面力

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) 後藤尚男, 鹿田弘行, 浅村忠文: 上部工の拘束を考慮した多点入力高架橋の地震応答解析, 京都大学防災研究所年報 25号 B-2, pp 1-32, BB 57.4.
- 3) T. Igusa, A. Der Kiureghian, "Dynamic Analysis of Multiply Tuned and Arbitrarily Supported Secondary Systems," UCB/EERC-83/07, 1983.

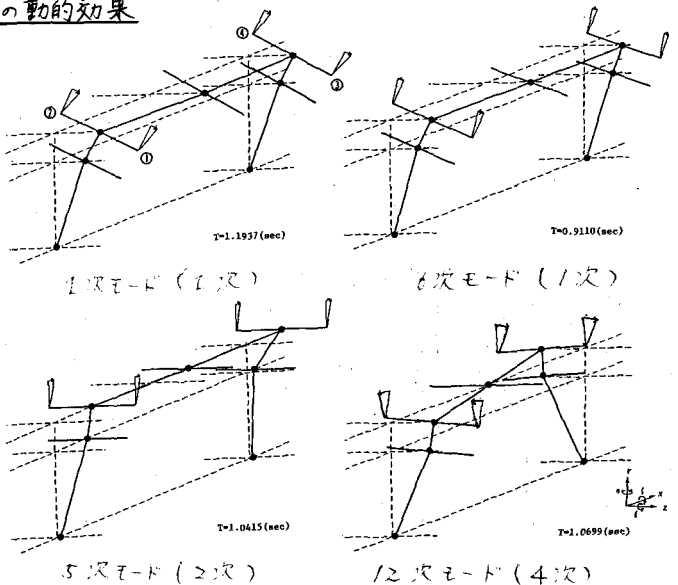


図3 振動モード (カッコ内は橋梁単独の周期)

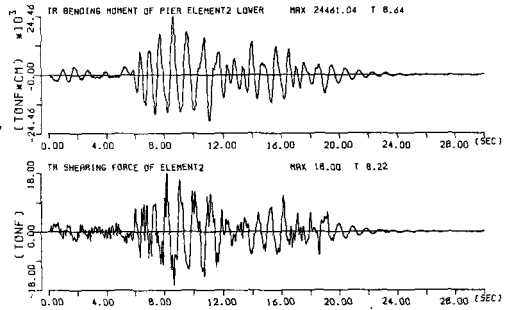


図4 固定支承側橋脚下端における曲げモーメントとせん断力 (複素解析) による

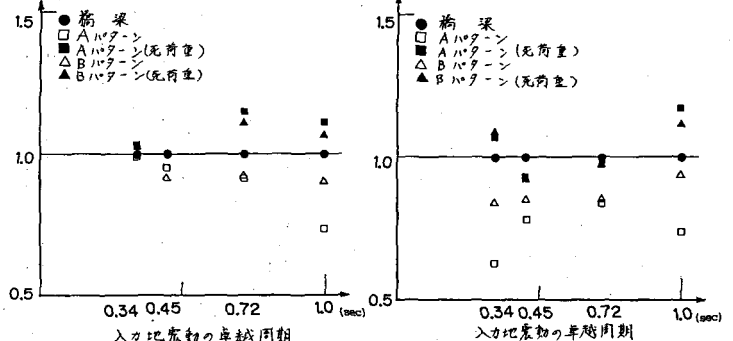


図6 固定支承側橋脚下端における断面力の最大応答値の比較