

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
 東急建設（株） 正員 大滝 健

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¹⁾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でてきている。このような観点から本研究では車両-橋梁系の動特性を明らかにし、地震応答解析を行ない活荷重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-橋梁系の力学モデル

橋梁モデルでは後藤・亀田・浅村²⁾による高架単純桁橋1スパン分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の回転振動を行う2自由度モデルとした。

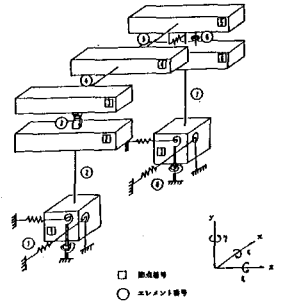


図1 橋梁モデル

3. 固有値解析

上記のモデルについて橋梁単独の場合、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。図3には載荷パターンAによる解析結果を振動モード図として示す。車両-橋梁の連成系の固有値解析では車両の持つ動特性により引き起こされるモードが橋梁単独の場合のモードに割り込んでくるが図3では刺激係数の絶対値が大きい支配的なモードについて示している。カッコ内には対応する橋梁単独系の振動次数が示してあるが、橋梁本体の振動系が同じでも車両振動との位相関係によって種々の基準振動が存在する。

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

図2 車両の載荷パターン

Igusa, Der-kiureghian³⁾による摂動法を用いて車両-橋梁連成系の主システム、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とでは手順が異なるが、後者の場合のみ結果を示すと次のとおりである。

$$\phi_i = \left\{ \sum_{j=1}^{2N} \frac{f_{1j}(\omega) f_{1j}(\omega)}{G_j(\omega) g_j(\omega)} \dots \dots \dots \sum_{j=1}^{2N} \frac{f_{1j}(\omega) f_{1j}(\omega)}{G_{2N}(\omega) g_{2N}(\omega)} \mid -\frac{f_{11}(\omega)}{g_1(\omega)} \dots \dots \dots -\frac{f_{12N}(\omega)}{g_{2N}(\omega)} \right\}^T \quad (i=1 \sim 20) \quad \omega = \omega_i^*$$

$$\phi_i = \left\{ -\frac{f_{11}(\omega)}{G_1(\omega)} \dots \dots \dots -\frac{f_{201}(\omega)}{G_{20}(\omega)} \mid \sum_{j=1}^{20} \frac{f_{1j}(\omega) f_{1j}(\omega)}{g_j(\omega) G_j(\omega)} \dots \dots \dots \sum_{j=1}^{20} \frac{f_{20j}(\omega) f_{20j}(\omega)}{g_{20}(\omega) G_{20}(\omega)} \right\}^T \quad (i=21 \sim 20+2N) \quad N: \text{車両台数} \quad \omega = \omega_i^*$$

ここに ω_i^* は複素固有振動数の摂動解、 $G(\omega), g(\omega), f(\omega)$ 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。

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、複素解析の両者について行った。入力地震動や車両の配置・重量などについて種々の条件

を設定しているが、ここではその一部を報告する。

以下の結果では入力地震動として卓越周期が0.3sec～1.5secの範囲にある13個の模擬地震動と強震記録より卓越周期の異なる4つの実地震動(EQ1～EQ4)を選び橋軸直角方向にのみ同位相で入力した。载荷パターンは橋梁単独の場合、図2に示すA、B両パターンについて車両一橋梁連成系としたものと車両の質量のみを桁に付加した系(死荷重载荷)としたものの3つの場合について応答を求めた。実固有値解析の減衰はCaugheyの減衰理論より10数次まで与えた。

計算結果は実、複素固有値解析の間で全体的傾向は一致している。時刻歴の一例を図4に示す。図5には橋梁の断面力の最大応答値を入力地震動の最大値に対する比で示し、橋梁単独の場合の応答を点線で結んでいる。この結果より車両を死荷重载荷とした場合には橋脚に発生する断面力は橋梁単独系の場合より幾分か大きな値を取り、また、連成系としたより厳密な場合には逆に下回っている。このことから、ここに示した計算範囲では車両には主に動的制振効果を期待できることがわかる。

5. おわりに

現段階では応答計算を行う上での設定要因が限定されており、さらに種々の条件のもとでシミュレーションを行い、活荷重の動的効果に関する一般的な結論について検討を進める予定である。

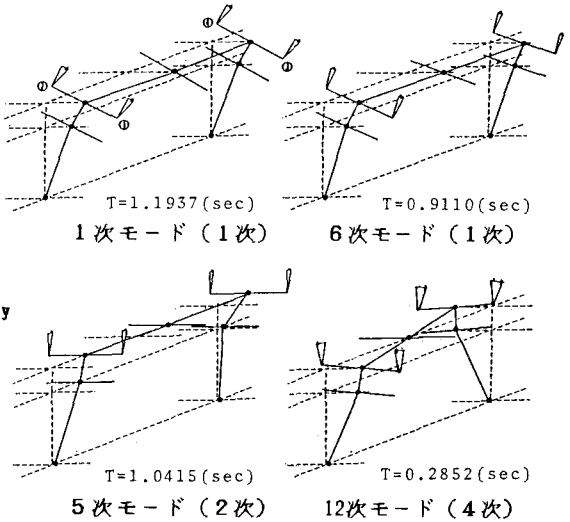


図3 振動モード

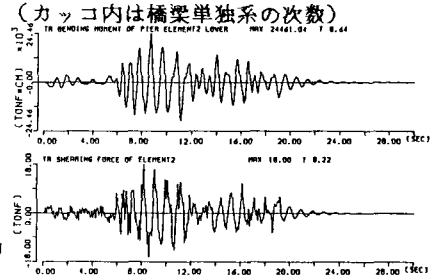


図4 橋脚下端における曲げモーメントとせん断力時刻歴

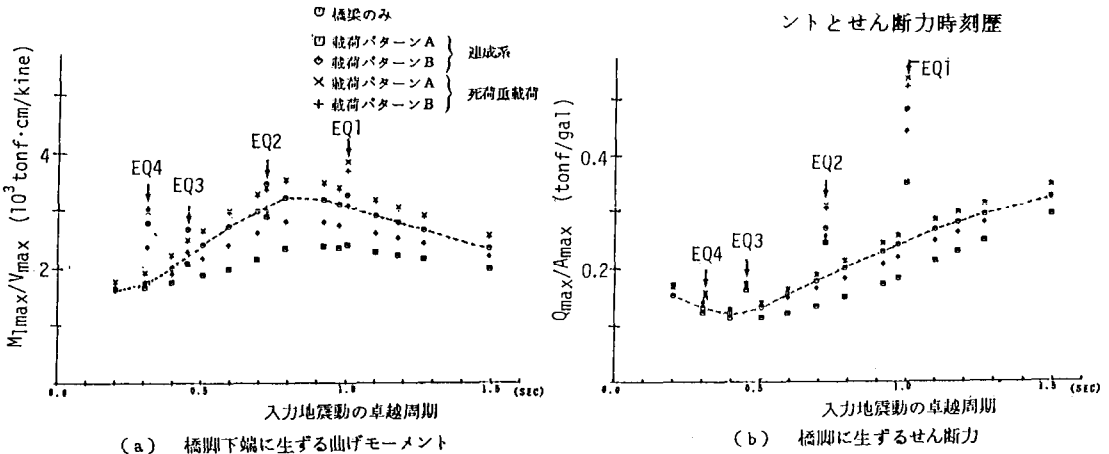


図5 橋脚断面力の応答計算結果

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・亀田弘行・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第25号B-2, pp1-32, 昭57.4.
- 3) T. Igusa, A. Der-kiureghian, 'Dynamic Analysis of Multiply Tuned and Arbitrarily Supported Secondary Systems', UCB/EERC-83/07, 1983.