

大阪大学工学部 正会員 川谷充郎

高田機工(株)

正会員 山田靖則

大阪大学大学院 学生員 〇川木秀昭

**1. まえがき** 近年、自動車重量の増大およびそのような大型車の増加に伴い、道路橋の伸縮継手付近の床版および構造部材の疲労損傷、橋梁の振動使用性あるいは周辺への環境振動影響といった問題が起こっている<sup>1)</sup>。さらに、これらの問題は継手部段差を通過する車両の衝撃的な接地力のため、より深刻になっている。橋梁交通振動問題を解析的に検討するに際して、主桁応答だけでなく床版挙動あるいは支承反力変動までを対象とするには、三次元的動的応答解析を必要とする<sup>2)</sup>。そこで、橋梁および走行車両を三次元モデル化し、床版応答に着目して動的応答解析を行う<sup>3)</sup>。解析結果を阪神高速道路旧梅田入路における実測値を用いて比較検討し、段差量と速度変化に対してそれらがどのように変化するかを考察する。

**2. 解析手法<sup>2)</sup>** Fig.1 に示すように桁橋の床版を長方形板要素、主桁・横桁および壁高欄を梁要素としてモデル化する(総節点数585)。その際、主桁・端横桁と床版を結合、中間横桁と床版を非結合とする。桁橋のねじり剛性を各主桁に均等配分して考慮する。後軸がタンデム軸のトラックを Fig.2 のように三次元の8自由度系にモデル化する。桁橋の走行荷重による連成振動の微分方程式をモード法により定式化し、Newmark's- $\beta$  法を用いて逐次積分して動的応答を求める。このとき $\beta=1/4$ とし、各時間ステップにおける収束判定は加速度について $1/1000$ 以内とする。

**3. 解析モデル 3.1 橋梁モデル** 解析を行う橋梁は支間40.4mの単純合成鉄桁橋である。このモデルによる低次の固有振動数を実測値と比較するとTable 1 に示すとおりよく一致している。解析に用いる振動モード次数は予備計算において解がほぼ収束した380次( $f_{380}=750\text{Hz}$ ,  $T_{380}=0.00134\text{sec}$ )までとする。橋梁の減衰定数としては、実測値から1次モードに関して $h_1=0.0253$ が得られおり、解析では1次モードおよび2次モードの減衰定数としてこれを用いる。路面凹凸は実測値を用いる。橋梁桁端部に5mm, 10mm, 15mmの段差を設ける。

**3.2 車両モデル** 車両の諸元は旧梅田入路橋の実験で用いたものを使用する(Table 2 参照)。車両の走行位置は、左側タイヤおよび右側タイヤが、それぞれ外桁および内桁から幅員中央方向に0.25m, 0.6mである。

**4. 解析結果 4.1 主桁の動的応答波形** 本解析モデルにおける主桁の動的ひずみの例を、走行速度 $v=4.745\text{m/s}$ の場合についてFig.3に示す。この図より、全体構造としての主桁応答の解析結果は実測値とよく一致していることが分かる。

**4.2 解析結果と実測値との比較** 各床版パネル中央における床版下面主鉄筋方向の動的ひずみを、実測結果とともにFig.4に示す。これは車両走行

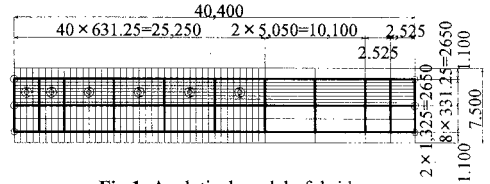


Fig.1 Analytical model of bridge

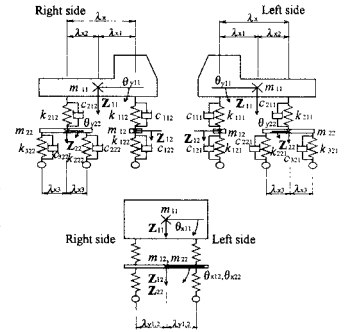


Fig.2 3-dimensional vehicle model with 8-degree-of-freedom

Table 1 Natural frequency of bridge

| order | analysis | experiment | mode          |
|-------|----------|------------|---------------|
| 1st   | 2.32 Hz  | 2.33 Hz    | bending 1st   |
| 2nd   | 3.81 Hz  | 3.86 Hz    | torsional 1st |

Table 2 Dynamic properties of model vehicle

|                     |         | Front |       | Rear  |       |
|---------------------|---------|-------|-------|-------|-------|
|                     |         | upper | lower | upper | lower |
| Weight              | (kN)    | 42.9  | 4.9   | 128.3 | 14.7  |
| Natural frequency   | (Hz)    | 3.0   |       | 3.0   |       |
| Spring constant     | (kN/m)  | 1578  | 3146  | 4724  | 4724  |
| Damping coefficient | (kNs/m) | 4.61  | 9.11  | 13.72 | 13.72 |

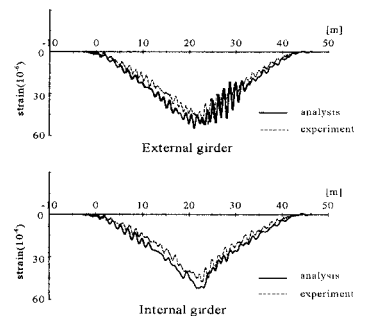
 $v=4.745\text{m/s}$  (17.1km/h)

Fig.3 Time history of strain of main girder

速度が約 20km/h で段差量が変化している場合である。これらの図にそれぞれのケースの後輪前軸左右輪車両接地力の合力を併せて載せる。解析値は、ほぼ実測における床版応答の時間的変化を表している。Fig.4 において床版位置により応答が異なる様子が解析で表現されていることが分かる。ただし、第 4,5,6 パネルにおける応答の最大値は、他のパネルより実測値と解析値の差が大きくなっている。この理由として、実測位置と解析着目点の床版主鉄筋方向のずれの影響が大きいと推測される。これは着目点近傍の解析結果によって別途確認している。また、第 5,6 パネルの最大値のとする時間のずれは実験における車両の速度が変化したためと考えられる。

**4.3 車両接地力** Fig.4 より段差の増加に伴い継手部近傍の接地力も増加していることが分かる。段差なしの場合では一旦減衰した接地力が橋梁中央付近で再び増加しているのに対して、段差が増加すると、継手部通過後に大きくなった接地力が橋梁上を走行する経過時間にわたって減衰している。Fig.4 に示す走行速度約 20km/h の場合、段差の影響が橋梁中央付近まで及んでいることが分かる。

**4.4 床版応答の RMS** 各走行ケースにおける床版応答の動的成分について、文献 4) によるデジタルフィルタを用いて解析値と実測値の RMS を計算し、その結果を Fig.5 に示す。この図では上から車両走行速度 約 10km/h, 20km/h, 30km/h の順に、横に段差量 0mm, 5mm, 10mm, 15mm としている。速度約 20km/h の場合では解析値と実測値との間に違いが見られるが、速度約 10km/h, 30km/h の場合では、全体的に解析結果が実測値と合っている。床版ひずみが第 3,4 パネルで小さくなり第 5,6 パネルで再び大きくなる傾向があり、これは車両がスパン中央付近で橋梁と連成振動しているためであると考えられる。第 1,2 パネルをみると各速度で段差量が増えるにつれ床版ひずみの RMS が増加している。これから継手部近傍で段差の影響が現れていることが分かる。

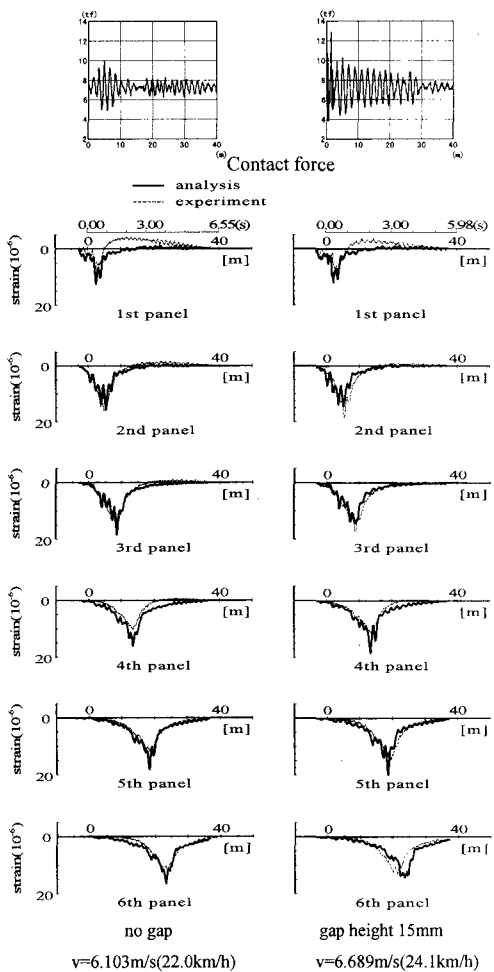


Fig.4 Time histories of concrete slab's response

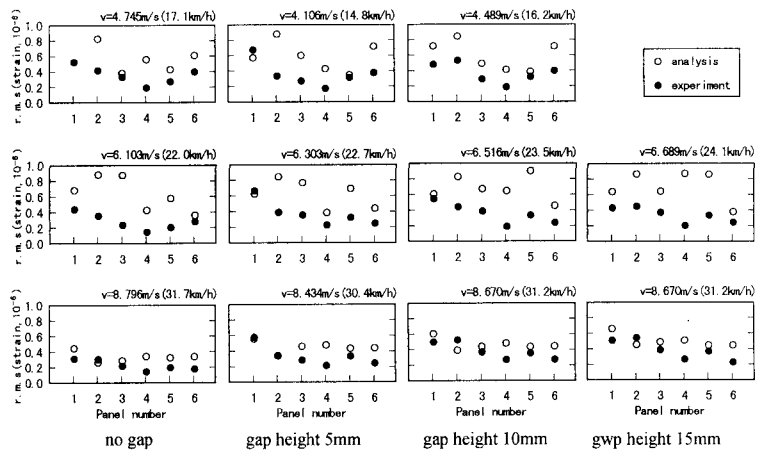


Fig.5 Comparison of RMS values

【参考文献】

- 1) 土木学会構造工学委員会：交通荷重による橋梁振動に関する研究の現状と課題（橋梁交通振動研究小委員会報告書），pp. 39-74，1994. 4.
- 2) 川谷充郎，山田靖則，嶽下裕一：三次元車両モデルによる桁橋の動的応答解析，土木学会論文集，No. 584/I-42, pp. 79-86，1998. 1.
- 3) 川谷充郎，山田靖則，川木秀昭：道路橋交通振動の三次元動的応答解析による評価，平成 9 年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要，I-99，1997. 5.
- 4) 山田靖則，川谷充郎：実橋における動的反力の測定と橋梁の交通振動評価パラメータに関する考察，構造工学論文集，Vol. 40A，pp. 713-720，1994. 3.