

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

大阪大学工学部 学生員 〇川木秀昭

1. まえがき 道路橋は移動荷重によって動的作用を受ける。この動的作用は構造設計に際して衝撃として取り扱われ、部材設計の主要な要因となっている。また、この動的作用は部材の疲労損傷、構造物の振動使用性あるいは橋梁周辺への環境振動影響といった問題を引き起こしている¹⁾。橋梁交通振動問題を検討するに際して、主桁応答²⁾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。

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。桁端の段差により走行車両に励起された振動の床版応答に及ぼす影響について、阪神高速道路旧梅田入路橋における実験結果と比較検討する。

2. 動的応答解析 2.1 解析手法 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。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のように三次元車両モデルとして8自由度系にモデル化する³⁾。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- β 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。

2.2 解析モデル (1) 橋梁モデル 橋梁諸元をTable 1に示す。モード法解析において考慮する振動次数は280次までである。橋梁桁端部に5mm, 10mm, 15mmの段差を設ける。路面凹凸は実測値を用いる²⁾。

(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)。

3. 解析結果 3.1 主桁の動的応答波形 Fig.3に主桁応答の時系列を示す。20次モードまでを考慮してもある程度主桁応答を表わすことができるが、床版応答解析時の280次モードまでを考慮すると解析値が実測値により近くなる。

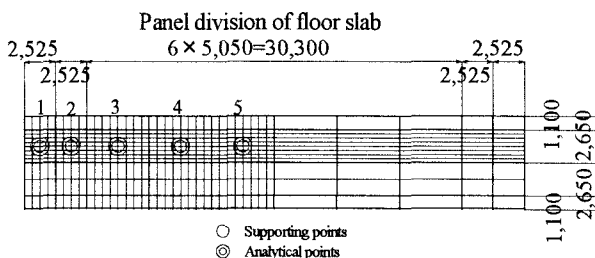


Fig.1 Analytical model of Umeda entrance bridge

Table 1 Properties of Umeda entrance bridge

Type	I-shaped Composite Plate girder
Class	First class (TL-20)
Span length (m)	40.4
Width	
Full width (m)	7.500
Effective width (m)	6.500
Slab	Reinforced concrete slab 17 (cm)
Girders	3-girders
Weight per unit length (kg/m)	7.706×10^2
Ratio of Young's modulus	9.516
Ratio of shear modulus	8.565
Area of section (m ²)	0.1415
Moment of inertia of area (m ⁴)	0.2122
Polar moment of inertia $\times$ Weight per unit length (kgm)	6.0303×10^3
Torsion constant (m ⁴)	0.3843×10^{-1}
Warping constant (m ⁶)	0.7900
Damping constant for 1st and 2nd modes	0.02536
Natural frequency	
Bending vibration	
1st (Hz)	2.35
2nd (Hz)	9.42
3rd (Hz)	21.19
Torsional vibration	
1st (Hz)	3.86
2nd (Hz)	10.16
3rd (Hz)	19.89

Table 2 Properties of vehicle model

諸元	8自由度モデル
前後車軸間隔 (m)	3.660
タンデム軸間隔 (m)	1.320
前軸・車両重心距離 (m)	2.990
左右車輪間隔 (m)	1.800
ばね上車両重量 (tf)	17.47
前輪重量 (tf)	0.25×2
後輪重量 (tf)	0.375×4
車体ばね定数 (前軸) (tf/m)	161
同 (後軸) (tf/m)	482
タイヤばね定数 (前軸) (tf/m)	321
同 (後軸) (tf/m)	482×2
減衰係数 (車体部前軸) (tf·s/m)	1.14
同 (車体部後軸) (tf·s/m)	3.41
同 (タイヤ部前軸) (tf·s/m)	1.36
同 (タイヤ部後軸) (tf·s/m)	1.02×2
車両の固有振動数 (Hz)	3.0

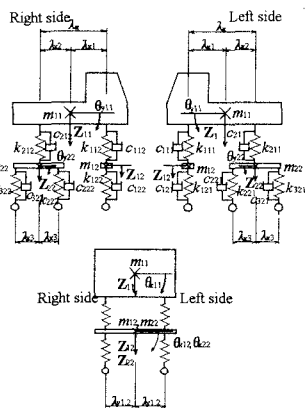


Fig.2 8-degree-of-freedom vehicle model

3.2 床版ひずみの動的応答波形 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。解析値はほぼ実測値に合致している。床版位置により応答が異なる様子や、車両の走行速度の変化に応じて応答振幅が時間的に変化する様子が解析で表現されていることが分かる。実測値との差の大きな要因は要素分割と対象振動次数の要因が大きいと考えられる。最適な要素分割や対象振動次数の決定法は今後の課題であると考えられる。また、本解析では床版は等方性板としてモデル化しているが、主鉄筋、配力筋の位置や断面積の違いによる異方性の影響、また、壁高欄を梁要素にモデル化した影響などが結果に反映しているものと考えられる。

3.3 段差による影響範囲 走行車両による橋梁の動的応答の影響は荷重が静的に作用したときの応答値に対する割合として表わされる。その動的増幅率 DIF の平均と段差量の関係を各パネル毎に実測値とともに示す (Fig.5)。第2パネルでは段差量の増加に伴い DIF の平均も増加している。しかし、第5パネルでは、段差量が DIF の平均にほとんど影響しない。これは、走行速度の範囲が約 4.5m/s~8.8m/s と遅く、桁端段差によって励起された車両振動が第5パネルに達するころには減衰しているからである。実測値と比較すると、第2パネルはほぼ実測値と合っているが、第3、第4、第5パネルでは解析値の方が全般的に上回っている。

参考文献

- 1) 土木学会構造工学委員会 橋梁交通振動研究小委員会：橋梁交通振動の理論と実用集，PART A 基調論文編，1995.11
- 2) 川谷充郎・西山誠治：路面凹凸を考慮した道路橋の走行車両による動的応答特性，構造工学論文集，Vol.39，pp.733-740，1993.3.
- 3) 山田靖則・川谷充郎・嶺下裕一・岩熊秀治：三次元車両モデルによる橋梁の動的応答解析とその応用，橋梁交通振動に関する理論と実用集，PART B，pp.241-248，1995.11.

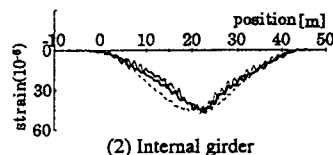
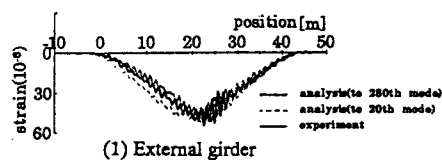
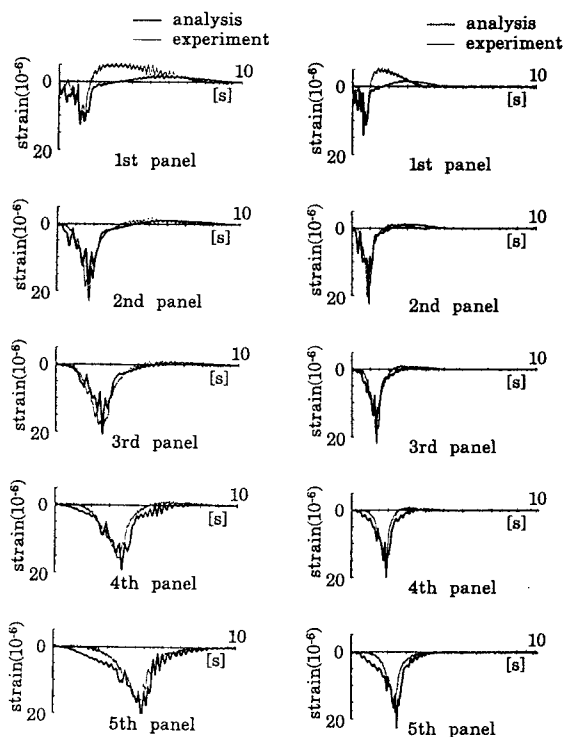


Fig.3 Time history of strain of main girder



Vehicle speed $v=4.500\text{m/s}$ Vehicle speed $v=8.778\text{m/s}$
(Gap Height 10mm)

Fig.4 Time history of response of concrete slab

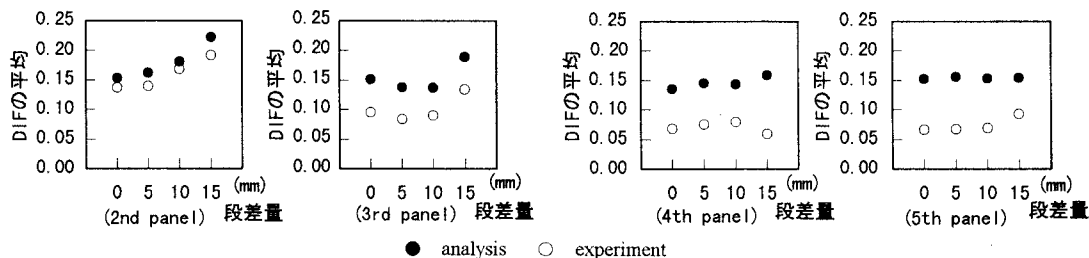


Fig.5 DIF of strain in main bar direction of slab