

大阪大学工学部 正 員 川谷充郎 大阪大学大学院○学生員 濱田 洋
大阪大学大学院 学生員 嶽下裕一 大阪大学工学部 学生員 高森和恵
高田機工(株) 正 員 山田靖則

1. まえがき 近年、自動車重量の増大とそのような大型車交通量の増加にともない、こうした荷重を直接支える道路橋床版は以前に増してきびしい条件下におかれている。そのため、床版のひび割れやアスファルト舗装の剥離、あるいは床組・横桁連結部の疲労破損などが問題となっており、これには、路面凹凸や段差を有する橋梁における自動車荷重の動的載荷ならびに橋梁各部の動的応答の影響が大きいと考えられる。特に被害の大きい床版の破損は、橋梁継手部付近に多く発生しており、継手部段差による衝撃の影響が顕著である。そこで、本研究では、主桁によって弾性支持された床版モデルを用いて床版応答の理論解析を行い、また継手部の段差が動的応答に及ぼす影響についても調査する。そして、阪神高速道路梅田入路橋での実測値¹⁾²⁾を用いて、その解析手法および解析モデルの妥当性を検証する。

2. 解析モデル (1)橋梁 対象橋梁は阪神高速道路梅田入路橋の内、支間長40.4mの単純桁橋である。Fig. 1に示すように、橋軸方向に16分割、橋軸直角方向に12分割し、主桁・対傾構および壁高欄を梁要素とにおいて、床版の平面要素に足し合わせたモデル（以下、FEM解析）を用いている。この構造諸元をTable 1に示す。(2)走行車両 前輪1軸ならびに後輪2軸の2自由度振動系にモデル化し、ばね上質量の上下振動とピッチング振動を考慮している。そのモデル図をFig. 2に、その諸元をTable 2に示す。

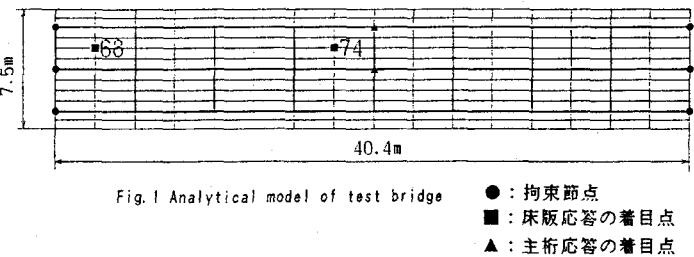


Table 1 Structural properties of test bridge

Span length	40.4(m)
Thickness of slab	0.17(m)
Density of slab	3.5(tf/m ³)
Weight per unit length (external girder)	0.07050(tf/m)
(internal girder)	0.05822(tf/m)
Young's modulus of steel	2.1×10 ⁷ (tf/m)
Ratio of Young's modulus	9.516
Moment of inertia of area (external girder)	0.06438~0.10105(m ⁴)
(internal girder)	0.02563~0.05303(m ⁴)

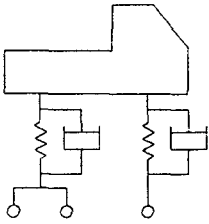


Fig. 2 Model vehicle

Table 3 Natural frequency (unit:Hz)

	1st frequency	2nd frequency
experiment	2.33	3.86
beam	2.35	3.86
FEM	2.35	3.64

Table 2 Dynamic properties of model vehicle

Weight	19.47(tf)
Degree of freedom	2
Natural frequency	3.0(Hz)
Moment of inertia	58.22(tfm ²)
Damping Constant	0.03

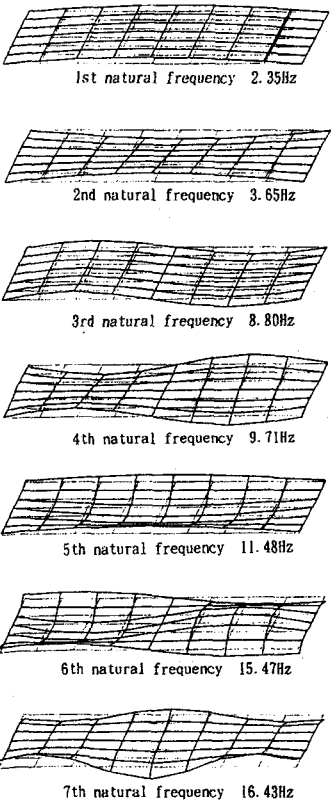


Fig. 3 Mode shapes of model bridge (1st-7th)

3. **固有値解析** Table 3のFEMの欄に示すように実測値に近い固有振動数が得られた。また、固有振動モードはFig. 3に示すように、1次振動モードでは鉛直曲げ対称振動、2次振動モードではねじり対称振動が表れており、実測値と同様の傾向を示している。また、Table 3には桁橋を平面構造の梁とおいた解析（以下、beam解析）³⁾により得られた固有振動数も併記した。

4. **桁橋の走行荷重による動的応答解析** 不規則な路面凹凸を有する橋梁の床版上を自動車が行ったときの橋梁と自動車の連成振動をモード法により解析する。すなわち、橋梁と車両の連成振動の微分方程式を、Newmark- β 法を用いて逐次積分し、橋梁の動的応答を求めていく。なお、モード次数は、床版変形の卓越するモードまで考慮するため20次(34.5Hz)とした。このとき $\beta=1/4$ とし、各時間間隔における収束判定は加速度について 1/1000以内とした。

5. 動的応答解析結果 (1)主桁応答

走行速度を実測値に合わせて、4.745、8.796m/s (17.1、31.7 km/s)と変化させて解析した場合の主桁スパン中央の応答波形例をFig. 4に示す。Fig. 4(1)は beam解析によるひずみ応答波形を実測波形と共に示し、そのときのたわみ応答の解析値をFig. 4(2)に示し、FEM解析によるたわみ応答をFig. 4(3)に示す。これらの図を比較することにより、走行速度の変化による応答の違い、および外桁と内桁の応答の差異などの実際の現象を、FEM解析でもよく表現できていることが分かる。

(2)床版応答 継手部段差の影響を調べるために、桁の車両進入側の継手部に実験¹⁾²⁾と同様に段差を設置し、解析を行った。車両の加速度および、継手部付近と支間中央付近でのたわみ応答波形例をFig. 5に示す。段差により励起された車両の振動は支間中央に達する前に減衰しているが、段差を設けた場合の方が桁端での応答が激しくなっている。また、継手部付近のたわみ応答についてはわずかではあるが段差の影響が表れている。

6. **まとめ** 今回は、車両について2自由度振動系モデルを用いているが、床版振動を考慮する場合は、高次振動であるばね下振動を考慮する必要がある。さらに、車両の立体化についても取り組みつつある。

【参考文献】
1) 難波宗行・川谷充郎・林 秀侃・中村一平・西原匡博：土木学会第45回年次学術講演会講演概要集、1-375、1990.9。
2) 難波宗行・川谷充郎・大場路典・吉川 紀・中村一平：土木学会第46回年次学術講演会講演概要集、1-415、1991.9。
3) 川谷充郎・西山誠治：構造工学論文集、Vol. 39A, pp. 733-740、1993.3。

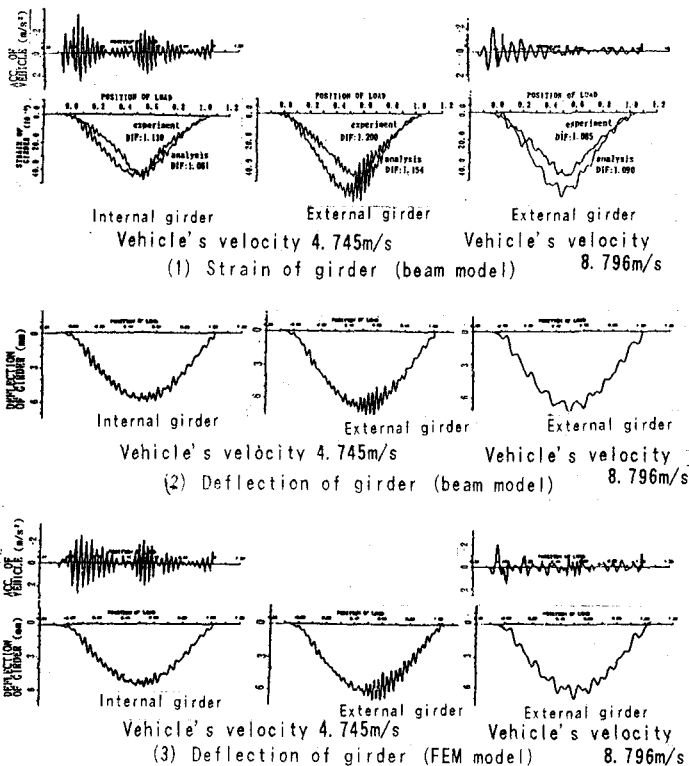


Fig. 4 Dynamic response of main girder

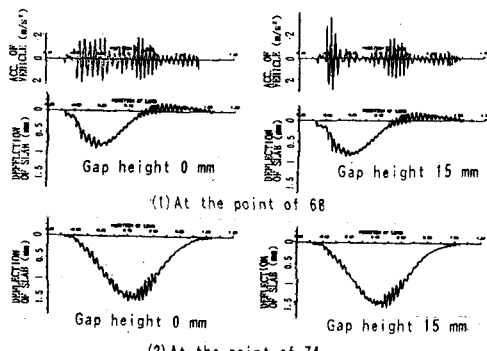


Fig. 5 Dynamic response of slab under artificial gap (vehicle's velocity 4.745m/s)