

I - B225

広幅員単弦ローゼ桁橋の走行荷重下における振動使用性解析

大阪大学工学部 正員 川谷 充郎 大阪大学大学院 学生員 下村 和也
 大阪市建設局 野 寄 一郎 片山ストラテック㈱ 正員 山口 史夫
 日立造船㈱ 正員 矢幡 武人

1. まえがき 大阪市建設局では都市計画事業による橋梁の架け換えに際し、景観とシンボル性を考慮して単弦ローゼ桁を採用することになった。また、歩行者容量を確保するために広幅員となり、支間長 64.7 m に対して全幅員 35.8 m を有し、さらに、一方の橋台側で約 60° の斜角を有する特殊な形状の橋梁である。広幅員単弦ローゼ桁であり、かつ、桁下空間の制約から主桁の高さが 1.3 m に制限されるため(Fig.1 参照)、ねじれ振動に起因する交通振動の歩行者感覚に与える影響が懸念された。固有振動解析結果では、1 次振動がねじれモードで 1.01Hz、2 次振動が桁曲げモードで 1.97Hz となり、1 次振動数のかなり小さいことが判明した。そこで筆者らは、自動車の偏心走行による本橋の動的応答を解析し、歩行者の振動使用性を検討した¹⁾。ここでは、解析条件を変えて検討を進めたので、その結果を報告する。

2. 動的応答解析 本橋を Fig.2 に示すような有限要素にモデル化する。すべて一節点 6 自由度を有する三次元はり要素であり、鋼床版の換算せん断剛度を考慮して斜め部材要素を設ける。質量は節点集中質量にモデル化する。走行自動車を Fig.3 に示すように 8 自由度系の三次元車両にモデル化する²⁾。ここで用いた車両諸元を Table 1 に掲げる。モード法による橋梁と走行車両の連成振動の微分方程式を Newmark's- β 法により逐次積分して時系列応答を求める。

3. 解析条件 応答解析に考慮する振動モードは 20 次までとする(20 次固有振動数 $f_{20} = 13.0\text{Hz}$)¹⁾。橋梁の減衰定数は 1 次と 2 次振動モードに対して 0.013 とする¹⁾。橋梁交通振動に及ぼす路面凹凸の影響は大きく、どのように路面凹凸を仮定するかは重要である。ここでは、路面凹凸パワースペクトル密度 $S_{z_0}(\Omega)$ を路面周波数 Ω の指数関数 $S_{z_0}(\Omega) = \alpha/(\Omega^n + \beta^n)$ で近似する³⁾。Fig.4 にそのスペクトルを各パラメータと共に示す。

4. 解析結果 4.1 単一走行荷重 幅の広い歩道側の車線端(Fig.1 に走行位置を示す)を速度 10m/s で走行する場合、支間中央における主桁 G1, G3, G6 の速度応答を Fig.5 に示す。Fig.1 の断面図から分かるように、G3 はアーチリブ位置、G1 は車両走行と反対側の車道側歩道端、G6 は車両走行側のほぼ歩道中央になる。Fig.5 から分かるように、ねじれ振動の影響で G6 桁の速度応答が他の桁に比べて最も大きくなっている。その場合でも、速度応答の最大値は約 0.6cm/s、RMS 値は約 0.3cm/s であり、橋梁の振動使用性について梶川らによって示された振動限度⁴⁾(Table 2 参照)と比較して、歩行者が少し振動を感じる限度以下である。また、車両速度を 15m/s としても、最大値が約 1.0cm/s、RMS 値が約 0.4cm/s と、歩行者がはっきりと振動を感じる限度以下であり、振動使用性が問題となることは無いと考えられる。

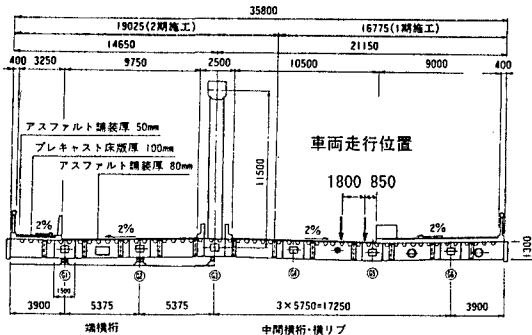


Fig.1 Cross-section of bridge

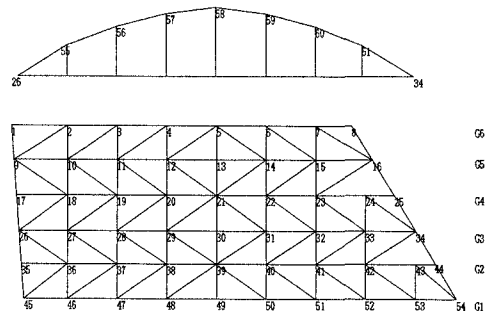


Fig.2 Analytical model of bridge

キーワード：単弦ローゼ桁橋、振動使用性、動的応答解析、8 自由度系車両モデル、歩行者振動感覚

連絡先：〒565 吹田市山田丘 2-1, phone 06-879-7598, fax 06-879-7601

4.2 連行荷重 走行車両の左右輪を考慮する8自由度系車両モデルの連行状態を解析できるようにプログラムが汎用化されていないため、連行荷重を解析できる2自由度系車両モデルの場合について、まず単一走行状態の解析結果をFig.6に示す。Fig.5に比べて若干速度応答が大きくなっているが、安全側の評価となるので、ここでは、2自由度系車両モデルを用いて2台連行の解析を行う。車頭間隔を最小車頭間隔に近い14.0mとしたときの結果をFig.7に、それより長く19.6mとしたときの結果をFig.8に示す。連行荷重の場合は単一走行の場合より速度応答が大きくなっている。車頭間隔を長くとした方が速度応答が大きくなっているのは、19.6mが1次の固有周期に関して2倍の共振車頭間隔としているためと考えられる。

参考文献

- 1) 川谷充郎・今枝拓也・川上睦二・山口史夫・矢幡武人：広幅員単弦ローゼ橋の振動使用性の検討，土木学会第51回年次学術講演会講演概要集，I-B78，1996.9.
- 2) 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，橋梁交通振動コロキウム論文集，PART B 投稿論文編，pp.241-248，1995.11.
- 3) 川谷充郎・小菅朗・嶋田玲志・小松定夫：路面不整の統計学的特性と道路橋の衝撃係数，構造工学論文集，Vol.33A，pp.459-466，1987.3.
- 4) 小堀為雄・梶川康男：橋梁振動の人間工学的評価法，土木学会論文報告集，No.230，pp.23～31，1974.10.

Table 2 Category and lower limit at walking

Content of Category	Lower limit (cm/sec)	
	Peak Value	RMS Value
Not perceptible		
Lightly perceptible	0.6	0.42
Definitely perceptible	1.2	0.85
Lightly hard to walk	2.4	1.7
Extremely hard to walk	3.8	2.7

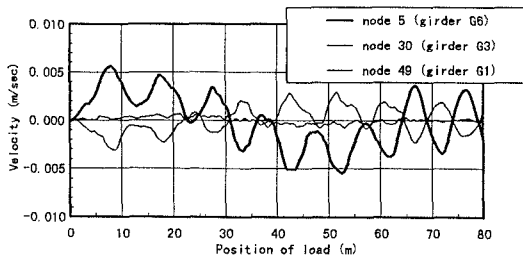


Fig.5 Velocity response of bridge
(8自由度系車両モデル，単一走行)

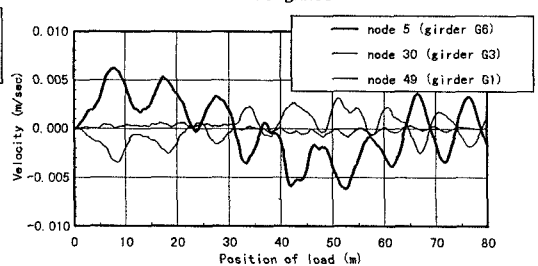


Fig.6 Velocity response of bridge
(2自由度系車両モデル，単一走行)

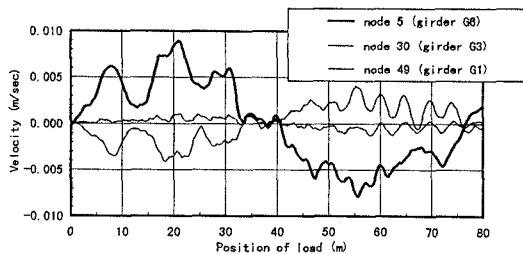


Fig.7 Velocity response of bridge
(2自由度系車両モデル，2台連行，車頭間隔14.0m)

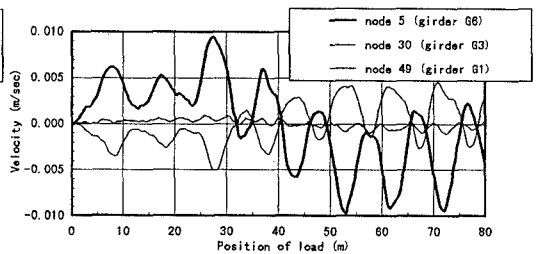


Fig.8 Velocity response of bridge
(2自由度系車両モデル，2台連行，車頭間隔19.6m)

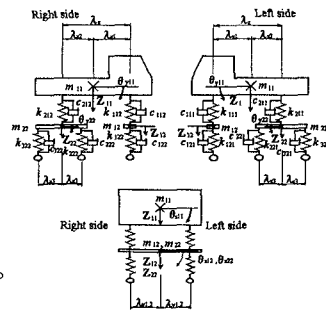


Fig.3 8-degree-of-freedom vehicle model

Table 1 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

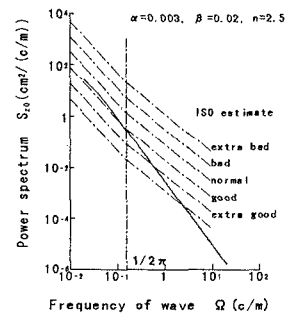


Fig.4 Power spectrum of roadway roughness