

超短支間桁における動的応答の車両モデルによる影響

神戸大学工学部 フェロー 川谷充郎 (株) エース 正会員 ○河田直樹
 神戸大学大学院 学生員 神蘭卓海 神戸大学大学院 何 興文

1. まえがき これまでの研究により、支間長が短い橋梁の走行荷重による動的応答は、一般的な橋梁の応答と比べ、車両振動の初期条件が橋桁の動的応答に大きく影響することが明らかとなっている¹⁾。文献1)で用いている車両モデルは、ばね下質量を考慮しない2自由度系モデル(Fig.2(1)参照)であるが、対象橋桁の固有振動数が Table 1 に示すとおり 14.2Hz で車両ばね下固有振動数と近接するため、桁と車両の共振現象が懸念される。本研究では、2自由度系および5自由度系の車両モデルを用い、超短支間長の桁を対象として走行自動車との連成振動解析を実施し、車両自由度や初期条件の違いによる橋梁応答の動的増幅率(DIF)および最大応答値から短支間桁の特徴を明らかにする。

2. 動的応答解析 2.1 構造モデル 対象桁は文献1)と同様 Fig.1 に示すとおり、支間長が車両の軸間距離より短い要素とする。構造諸元を Table 1 に示す。着目点を橋梁モデル支間中央とし、解析の際に考慮する橋梁の振動次数を9次までとする。ここでは、超短支間桁の車両初期条件による動的挙動の特性に着目するため、路面凹凸を考えないことにする。

2.2 車両モデル Fig.2 に解析に用いる車両モデルを示す。2自由度系のモデルおよび、桁と車両ばね下の共振現象を把握するため前輪1軸、後輪2軸のばね下自由度を考慮する平面5自由度系モデルである。それぞれの構造諸元を Table 2 に示す。なお、車両の走行速度は40~80km/hとし、単一走行とする。

3. 解析結果 3.1 車両接地力変動 車両の振動初期条件 0(車両振動のない状態)の場合の後輪接地力の走行距離による変化を、ばね下を考慮しない2自由度系車両モデルの場合と比較して Fig.3 に示す。ここで、2自由度系の後輪接地力に相当する5自由度系の結果は、後軸前輪+後軸後輪の接地力と考える。5自由度系の接地力は2自由度系のそれと比較して約1tf程度高い値を示しており、周期も若干伸びている。後軸の前輪および後輪の接地力をみると逆位相の応答をしており、ばね下のピッチング(Axle windup)の影響が見らる。

3.2 車両モデルによるDIFの違い 超短支間桁の走行荷重による動的応答を検討する際、安全側に評価するには車両振動が十分発達した状態で桁に進入する必要がある。そこで、車両の初期状態として Fig.3 に示す CASE-1~3の振動状態(各自由度における加速度、速度、変位)を想定することとする。これら初期条件のもとで、車両スタート位置を変化させた場合の動的増加率(DIF)の変化を Fig.4 に示す。どのケースでもDIFはばね下を考慮し

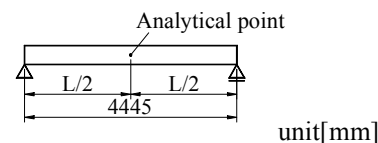


Fig.1 Analytical model

Table 1 Structural properties of girder

Span length	4.445m
Unit mass	0.903t/m
Young's modulus	$2.1 \times 10^7 \text{ tf/m}^2$
Moment of inertia	$1.401 \times 10^{-4} \text{ m}^4$
Natural frequency (1st)	14.2Hz
Damping constant (1st)	0.0175

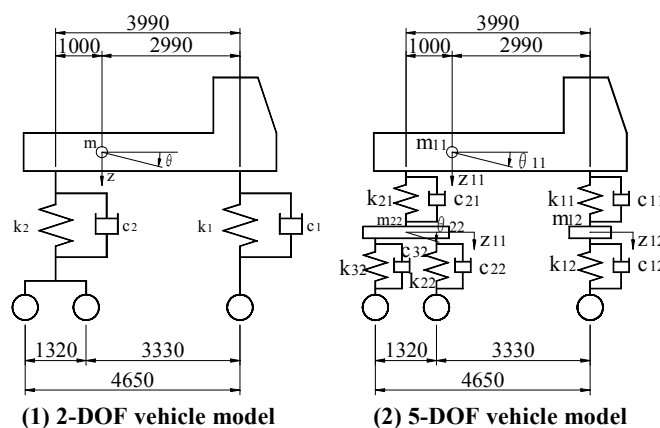


Fig.2 Dimension of vehicle

Table 2 Dynamic properties of moving vehicle

model	properties	Rear axle		Front axle	
		upper	lower	upper	lower
2-DOF	Mass (t)	7.30		2.44	
	Natural frequency (Hz)	3.3		3.3	
	Spring constant (tf/m)	320		107	
	Damping coefficient (tf·s/m)	3.87		1.92	
5-DOF	Mass (t)	6.55	0.75	2.19	0.25
	Natural frequency (Hz)	3.3	17.9	3.3	17.9
	Spring constant (tf/m)	482	482	161	321
	Damping coefficient (tf·s/m)	3.41	2.05	1.14	1.36

キーワード: 超短支間桁, 橋梁交通振動, 車両初期条件, 動的増幅率

連絡先: 神戸市灘区六甲台町 1-1, Phone: 078-803-6278, Fax: 078-803-6069

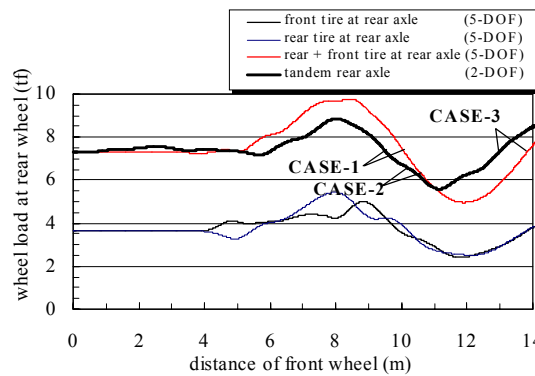


Fig.3 Dynamic load at rear wheel (initial condition 0, v=80km/h)

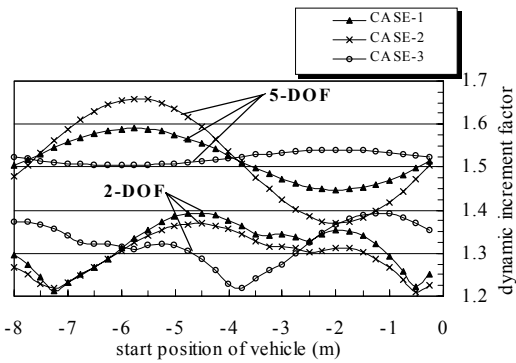


Fig.4 Effect of start position (v=80km/h)

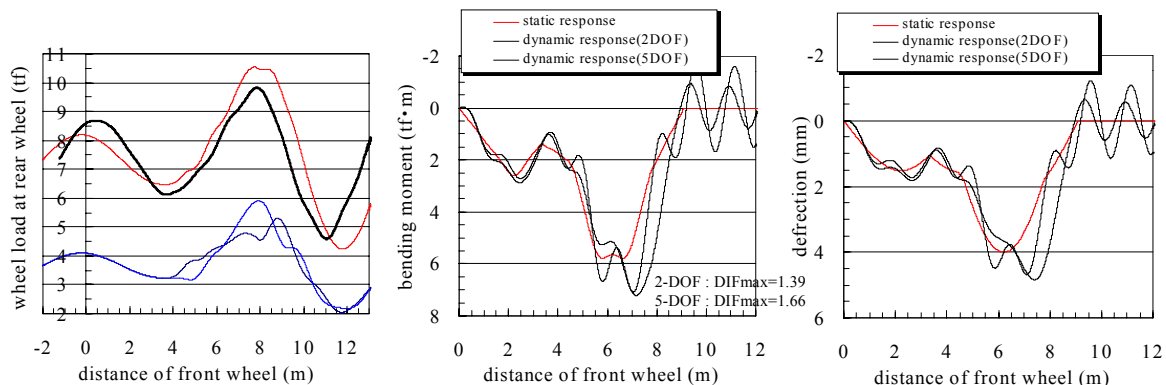


Fig.5 Response of beam (2-DOF/CASE-3 5-DOF/CASE-2, v=80km/h)

た5自由度系車両モデルの方が大きいことがわかる。Fig.5にはそれぞれの車両モデルについて、DIFが最大となる初期状態、スタート位置での桁応答結果を示す。DIFmaxとなるのは車両が7.5m付近に位置するときであり、8.0m付近にかけて5自由度系車両を用いた場合、2自由度系の場合と比べ大きな応答を示す。接地力結果からこの付近でAxle windupの影響が大きいことが分かる。

3.3 車両モデルによる最大変位の違い DIFに注目した場合と同様、橋梁最大変位に着目する。Fig.6に各自由度の車両モデルについて、最大応答変位となる初期条件でのスタート位置と変位の結果を示す。これより、今回行った条件の中では、車両モデルにより最大応答変位は4.9mm程度と結果はほとんど変わらないことが分かる。これは最大応答値の生じる前軸位置7.0m付近は、Axle windupの影響が少ないことに起因するものと考えられる。

3.4 走行速度の影響 Fig.7に速度を変化させた場合のDIFおよび最大応答変位を示す。どの速度においても5自由度系のDIFは2自由度系のそれに比べ大きくなり、速度の増加とともにDIFも増加する。最大変位は車両との複雑な連成振動となるため、速度との相関はみられない。今回の研究では、超短スパンの桁応答は、車両の初期状態のみならずそのモデル、特に後輪ばね下のAxle windupに大きく影響されることが明らかとなった。

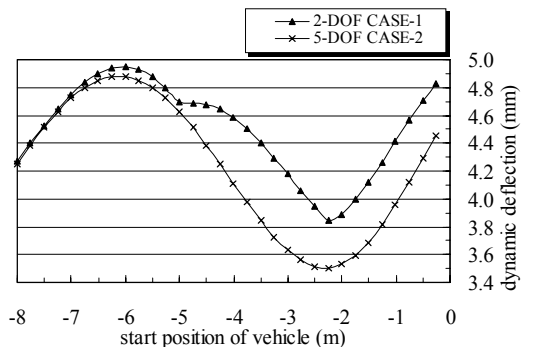


Fig.6 Effect of start position

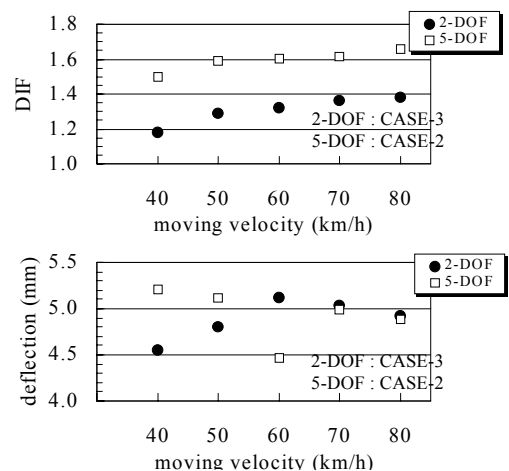


Fig.7 Effect of moving velocity

参考文献

- 1) 川谷充郎・神薗卓海・河田直樹:超短支間桁の走行自動車による動的応答特性, 土木学会第56回年次学術講演会概要集, I-A147, 2001.10.
- 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.39A, pp.733-740, 1993.3.
- 3) 川谷充郎・小林義和・高森和恵:新活荷重に対する各種短支間桁橋の不規則振動解析による衝撃係数, 構造工学論文集, vol.42A, pp.763-768, 1996.3.
- 4) 川谷充郎・小松定夫・佐々木孝:走行自動車荷重を受けるプレートガーダー橋の動的応答特性に関する研究, 土木学会論文集, 第392号/I-9, pp.351-358, 1988.4.