

第 部門

高架橋上モノレール車両の地震時における応答評価

神戸大学工学部 フェロー 川谷 充郎
 神戸大学工学部 正会員 金 哲佑
 神戸大学工学部 学生員 ピンマソン アノンコン
 神戸大学工学部 学生員 ○谷口 文彦

大阪大学大学院 フェロー 西村 宣男
 大阪大学大学院 学生員 李 昌勲
 大阪大学大学院 学生員 蒲原 武志

1. 研究概要 モノレール軌道桁において建設コスト縮減および省力化の要求から合理化桁が提案されている。合理化桁は、構造物を簡略化するために大幅に横桁・横構を省略していることから、橋軸直角方向の振動が懸念されている。今まで走行時のモノレール車両の乗り心地などに関して研究がされており、走行時の乗り心地には大きな影響がないことが報告されている¹⁾。しかし、地震時においては構造物を簡略化することから横揺れ振動の増幅が予想され、さらに従来桁とは異なり、合理化桁では車輪が滑らないよう走行面・案内面をコンクリート構造にしているため、地震による慣性力の増大が考えられる。そこで、本研究では、橋梁-車両連成系の地震応答解析を行い、Level 1 地震時における車両の応答を従来桁と相対的に比較・評価することを目的とする。

2. 解析条件 **2.1 橋梁モデル** 合理化桁と従来桁ともに支間長 42.8m の単純桁の 2 径間モデルを対象とする²⁾。橋梁は、節点ごとに 6 自由度を有する 3 次元の骨組モデルする (Fig. 1)。橋梁の固有振動特性は Table 1 に示す。

2.2 車両モデル 車両は 3 次元の 15 自由度振動系 (Fig. 2) で、6 両編成でモデル化する。また、乗客人数は定員状態 (定員：129 人) とし、走行速度は、停止状態 4.5m/s の 2 ケースで解析するものとする。車両の振動特性は Table 2 に示す。

2.3 地震波モデル 入力地震波は、種地盤の Level 1 地震波とし (Fig. 3)、橋軸直角方向に慣性力として作用させる。

3. 車両応答の評価方法 合理化桁と従来桁につき橋梁-車両連成系の地震応答解析を行い、先頭車両の車体前輪位置の車体水平加速度を求める。その結果を用い 1/3 オクターブ分析を行い、鉄道総合研究所が提案する「車両乗り心地管理基準」^{3), 4)} によって地震時におけるモノレール車両の応答を評価する。

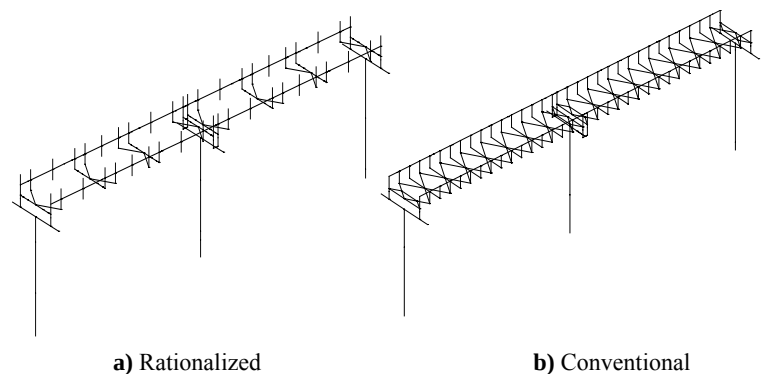


Fig. 1 FE models of monorail bridges

Table 1 Natural Frequencies of bridge models

Mode No.	Rationalized bridge		Conventional bridge	
	frequency	Pattern of mode	frequency	Pattern of mode
1	1.331 Hz	Horizontal bending 1st	1.544 Hz	Horizontal bending 1st
2	1.535 Hz	Horizontal bending 2nd	1.780 Hz	Horizontal bending 2nd
3	2.371 Hz	Horizontal bending 3rd	2.312 Hz	Horizontal bending 3rd
4	2.672 Hz	Vertical bending 1st	2.867 Hz	Vertical bending 1st
5	2.816 Hz	Vertical bending 2nd	3.588 Hz	Vertical bending 2nd

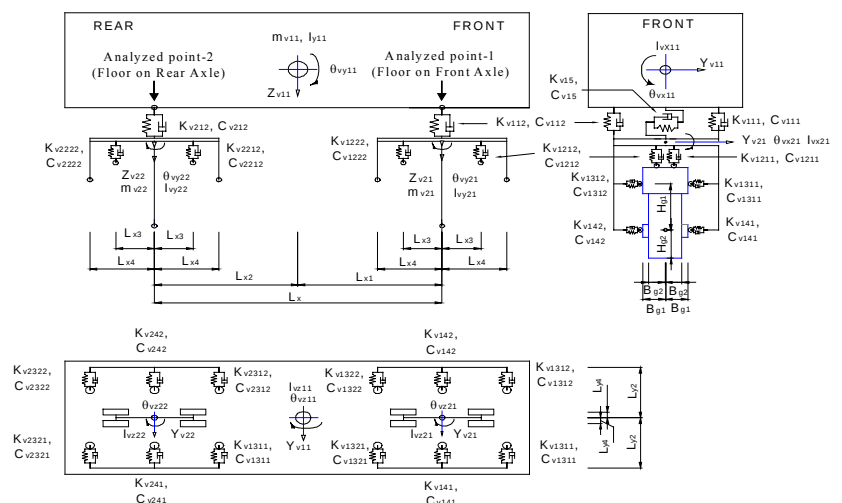


Fig. 2 Idealized monorail train model with 15DOF

Kawatani, M., Kim, C.W., Taniguchi, F., Phimmasone, A., Nishimura, N., Lee, C.H., Kanbara, T.

4. 車両の応答評価 1 両目車体前輪位置における車体水平加速度の時刻歴を Fig. 4 に示す。また 1/3 オクターブ分析結果と車両乗り心地管理基準との比較を Fig. 5 に示し、Table 3 により評価^{3),4)}を行う。Fig. 4 において、合理化桁および従来桁を比較すると、停止状態のときは従来桁の方がやや大きく、速度 4.5m/s のときは合理化桁の方がかなり大きいことが分かる。Fig. 5 においても、同様の傾向を示している。合理化桁および従来桁どちらも車両応答評価は、停止状態よりも走行時の方が悪いことが分かる。合理化桁は従来桁に比べ橋軸直角方向の振動が懸念されているが、今回の検討では、車両停止状態と走行速度 4.5m/s とで車両応答は合理化桁と従来桁に違いがある。今後、他の地震波でも検討を要する。

Table 2 Frequency of train (Legal capacity)

	Natural frequency (Hz)
	Legal capacity
Bouncing : f_{z11}	0.968
Lateral translation : f_{y11}	0.729
Rolling : $f_{\theta x11}$	1.384
Pitching : $f_{\theta y11}$	1.886
Yawing : $f_{\theta z11}$	2.529
Axle hop : f_{z21}, f_{z22}	4.601
Bogie sway : f_{y21}, f_{y22}	4.116
Axle tramp : $f_{\theta x21}, f_{\theta x22}$	6.574
Bogie windup : $f_{\theta y21}, f_{\theta y22}$	6.210
Bogie tramp : $f_{\theta z21}, f_{\theta z22}$	5.661

Table 3 Category of riding comfort

区分	乗心地係数	乗心地の評価
	1以下	非常に良い
	1 ~ 1.5	良い
	1.5 ~ 2	普通
	2 ~ 3	悪い
	3以上	非常に悪い

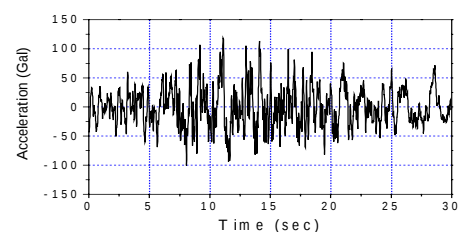
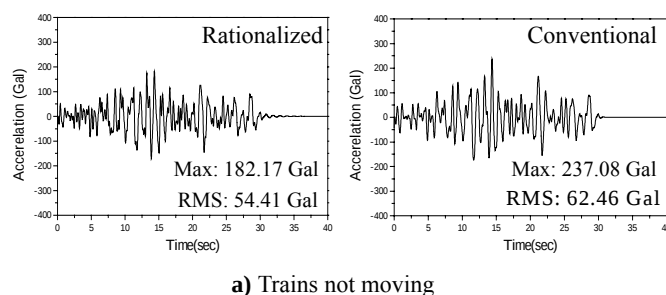


Fig. 3 Ground acceleration



a) Trains not moving

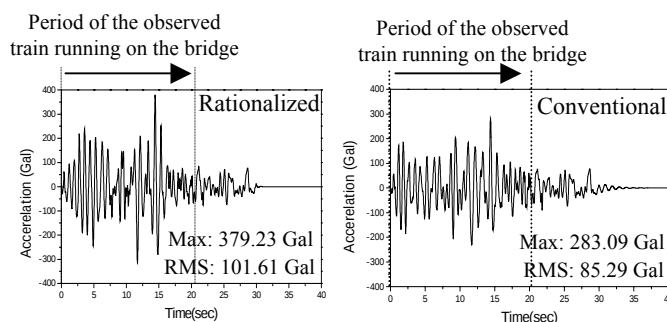
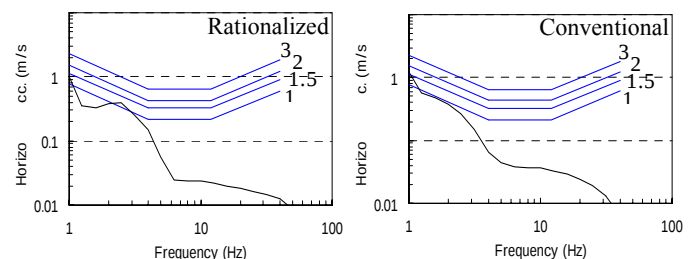
b) Trains moving ($v = 4.5\text{m/s}$)

Fig. 4 Horizontal acceleration of the head train



a) Trains not moving

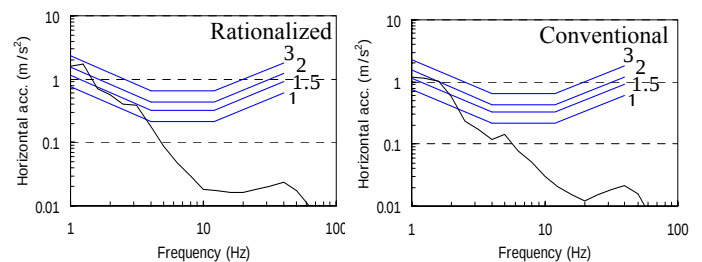
b) Trains moving ($v = 4.5\text{m/s}$)

Fig. 5 Vibrational sensibility of monorail train

参考文献

- 1) Lee, C.H., Kamizono, T., Kanbara, T., Kim, C.W., Kawatani, M., Nishimura, N., "Dynamic Response Analysis of Rationalized Monorail Bridges under Moving Trains and Riding Comfort of Trains", Proceeding of the 7th Korea-Japan Joint Seminar on Steel Bridges, pp.377-388, Deajeon, Korea, 4-6, August, 2003
- 2) Lee, C.H., Kim, C.W., Kawatani, M., Nishimura, N., "Effect of vehicle dynamics on seismic response of steel monorail bridges", Proceeding of the 3rd International Symposium on Steel Structure, Seoul, Korea, March 10-11, 2005
- 3) 鈴木浩明, 高井秀之, 手塚和彦: 鉄道の乗り心地, 鉄道総合技術研究所 Railway Research Review, Vol. 52, No. 2, pp.6-13, 1995.2.
- 4) 谷藤克也: 鉄道車両の乗り心地管理と強制振動計算法に関する研究, 鉄道技術研究所 鉄道技術研究報告, No. 1321, 1986.3.