跨座型モノレール合理化鋼軌道桁の走行車両による振動解析

大阪大学大学院	学生員	李昌勲	神戸大学工学部	フェロー	川谷	充郎
大阪大学工学部	学生員	蒲原 武志	神戸大学大学院	学生員	神薗	卓海
大阪大学大学院	フェロー	西村 宣男	神戸大学工学部	正会員	金 캗	佑

1. 研究概要 モノレール軌道桁においても建設コスト縮減を目的として合理化が検討されている.合理化軌 道桁では,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,車両走行による横揺れの 増大が懸念され,走行車両の乗り心地を検討しなければならない.そこで,本研究では合理化軌道桁および 従来桁について固有値解析を行い,振動特性を把握する.また,跨座型モノレール特有の車両構造を考慮し てモデル化する車両と橋梁との連成振動方程式を定式化し,動的応答解析を行うことにより,車両走行時の 軌道桁の動的応答について検討する.

2. 軌道桁の固有振動特性(合理化形式と従来形式の比較)

2.1 解析モデル 従来桁および合理化桁ともに橋長 44m を対象とし¹⁾, その一般図を Fig. 1 に示す.また, そ れぞれについて1節点6自由度を有する梁要素の有限要素にモデル化した図を Fig. 2 に示す.上部工と下部

工との連結部(支承)は二重節点を 導入しその特性を表現する.質量 は Consistent Mass とし,橋脚下 端固定とする.

2.2 固有値解析 橋の強制振動方 程式をもとに固有値解析を行う. 解析結果をTable 1 に示す.Table 1 では水平方向の曲げ,鉛直方向の 曲げ,橋軸まわりのねじり,橋脚 の曲げの4方向の卓越モードを示 している.この結果より,固有振 動数については市販の汎用プログ ラム DYNA2E との比較からその 妥当性を確認できる.合理化桁は 横繋ぎ材を疎に配置しているため 従来桁にはない主桁の水平方向の 曲げ振動モードが現れる.(5次, 7次,8次) また,合理化桁の水 平曲げでは上部構造の面外剛性が 小さいため橋脚との連成は小さく 従来桁では上部構造の面外剛性が 大きいため橋脚との連成は比較的 大きくなっている.



Fig. 1 Typical ground plan of the Osaka monorail bridges







Table 1 Natural frequencies of the Osaka monorail bridge(a) Conventional Bridge(b) Rationalized Bridge

(u) Conventional Druge					(b) Kationalized Druge								
	freque	ncy (Hz)	Pattern of mode (This Study)			frequency(Hz)		Pattern of mode(This Study))		
	DYNA2E	This Study	Bending	Bending	Torsion	Pier		DYNA2E	This Study	Bending	Bending	Torsion	Pier
Mode No.			(horizontal)	(vertical)			Mode No.			(horizontal)	(vertical)		
1	2.574	2.754	1st				1	1.772	1.785	1st/T1*			
2	3.080	3.060		1st			2	2.982	2.987		1st		
3	4.754	4.252		С		1st	3	4.781	4.865	2nd/T1			
4	5.101	6.322			1st/T1	С	4	5.872	5.333			1st/T1	
5	6.682	8.956	2nd			С	5	6.535	7.790	1st/T2 [*]			
6	8.219	9.618			2nd/T1		6	7.795	9.153		с		1st
7	9.164	10.966	3rd			С	7	8.869	9.345	2nd/T2			
8	9.579	12.466			2nd/T1	С	8	9.245	10.381	3rd/T1			
9	12.377	15.462	С	2nd			9	9.714	11.558			1st/T2	
10	14.413	18.752	С		3rd	С	10	10.508	13.464		2nd		
* (* C : coupled with a pattern of related mode												

* T1: both of the tramways have similar phase ; T2 : both of the reverse phase

キーワード:跨座型モノレール,合理化軌道桁,橋梁交通振動,動的応答解析

連絡先:〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学工学部建設学科 Tel: 078-803-6278, Fax 078-803-6069

<u>3. 車両の固有振動特性</u> 3.1 車両モデル 車両 の3次元モデルを Fig.3 に示す.車体,台車(前, 後)について各々y,z, x, y, zの5自由度 あり、計15自由度振動系とする. Table 2 にその 構造諸元を示す.

<u>3.2 車両の固有振動数</u> 車両モデルの運動方程式 をもとに固有振動数を求める.ばね上振動数は鉛 直方向:1.205Hz,水平方向:1.713Hz,

Rolling:1.020Hz となる.

4. 動的応答解析 4.1 路面凹凸 路面凹凸パワー スペクトル密度は路面周波数の指数関数として近似される

 $S_{z0}(\Omega) = \frac{\alpha}{\Omega^n + \beta^n}$ $S_{z0}(\Omega)$:路面凹凸パワースペクトル密度 Ω :路面周波数 実測データがないため,ここで用いる路面凹凸モデルは,走 行面: =0.001, =0.05,n=2.0,案内面: =0.002, =0.05,n=1.0, 安定面: =0.0015, =0.05,n=1.0 と仮定する.

4.2 動的応答解析 車両走行速度 10m/s(36km/h)で4両走行するときの従来桁および合理化桁について動的応答解析を行う.

それぞれの桁のスパン中央における鉛 直方向および水平方向の変位応答値, フーリエスペクトルを Fig. 4, Fig. 5 に 示す.鉛直方向では動的変位成分は合 理化桁の方が従来桁よりもわずかに大 きい.水平方向の静的変位は,鉛直荷 重によって生じるねじりの影響である. また,水平方向には自重作用がないた め,軌道桁の表面凹凸が水平方向の動 的応答に大きな影響を及ぼす.動的変 位成分を比較すると,合理化桁の方が 従来桁よりも大きく,相対的に振動し やすいと考えられる.周波数特性は, 従来桁・合理化桁ともに鉛直方向は 2.0Hz が卓越し,水平方向は,従来桁 で 2.0Hz , 合理化桁で 1.4Hz が卓越し ていることが分かる.

5. 今後の研究課題 また,車両の振動 による人間が感じる乗り心地について 検討を進める.

参考文献

 大阪モノレール合理化軌道桁研究 会:大阪モノレール鋼軌道桁の合理 化構造の提案~合成軌道桁の研究報 告概要書~,pp.6, 2001.1.



Fig. 3 Idealized Monorail with 15DOF

Table 2 Dynamic properties of moving vehicle

L_{x1}	4.800	(m)	k _{vi 1jn}	2.250×10 ⁵	(N/m)
L_{x2}	4.800	(m)	k vi 2jn	1.180×10^{6}	(N/m)
L_{x3}	0.7500	(m)	k vi 3jn	9.800×10 ⁵	(N/m)
L_{x4}	1.250	(m)	k vi 4jn	9.800×10 ⁵	(N/m)
L_{y1}	1.490	(m)	k vi 5jn	9.800×10 ⁵	(N/m)
L_{y2}	1.025	(m)	<i>m</i> ₁₁	14220	(kg)
L_{y3}	0.7823	(m)	<i>m</i> ₂₁ , <i>m</i> ₂₂	6200	(kg)
L_{y4}	0.2000	(m)	I _{θx 11}	1.997×10 ⁴	$(kg \cdot m^2)$
L_{z1}	0.4570	(m)	$I_{\theta x \ 21}, I_{\theta x \ 2}$	2.461×10 ³	$(kg \cdot m^2)$
L_{z2}	0.6300	(m)	I _{0y 11}	1.717×105	$(kg \cdot m^2)$
L z 3	1.085	(m)	$I_{\theta y 21}, I_{\theta y 2}$	3.488×10^{3}	$(kg \cdot m^2)$
			I _{θz 11}	1.717×10 ⁵	$(kg \cdot m^2)$
			$I_{\theta z \ 21}, I_{\theta z \ 2}$	9.688×10 ³	(kg·m ²)



