

車両走行時の橋梁振動

九州大学 工学部 正 員 小坪 清真
 九州大学 工学部 正 員 烏野 清
 九州大学 工学部 正 員 成富 勝
 九州大学 工学部 学生員 ○松元 勇

1. まえがき

近年、科学技術の発展に伴って、橋梁材料や設計方法の進歩により比較的剛性の小さい橋梁が架設されるようになってきている。また、交通量も社会的要請のために大幅に増大して、そのために橋梁が過大な荷重を受けるようになってきたことから、これらの橋梁の走行荷重による動的な検討が重要な問題となっている。そこで、非対称中路式ローゼ桁橋に対して車両走行時の橋梁振動を測定したので報告する。また、本橋の振動特性（固有振動数、変位モード）を理論的に解析し、以前実施した常時微動実験結果と比較検討すると共に、この理論値を用いて、車両走行の応答計算を行ったので併せて報告する。

2. 橋梁概要図

図-1 に実験を行った橋梁の一般形状を示す。本橋は、全スパン199mで、幅員は、6.5m（車道 2車線）+ 2 @ 0.75m（歩道）となっており、3% 直線の縦断勾配、1.5% 放物線の横断勾配がついている。また、支承部は床版部において右岸がヒンジ、左岸がローラーであり、アーチ部は兩岸ともヒンジとなっている。

3. 走行荷重試験

図-2 に示す測点にサーボ加速度計（容量 $\pm 3G$ 、周波数DC~400Hz）を設置し、橋梁を通過する任意の車種に対して、橋梁の上下方向の振動加速度を測定した。図-3 に大型トラック1台が走行した時の加速度の時刻歴を例として示す。図-4 は、図-3 に示した測点1（中央点）の加速度記録のフーリエスペクトル図である。この図より、この測点1の卓越周波数は、1.7 Hz 付近と、3.2Hz 付近にあることが解る。図-3 と図-4 を比較してみると測点1において、9秒までは、振動数約 3.3 Hz の波が卓越しており、9秒以降は、振動数約 1.7 Hz の波が卓越しているようである。次に図-3 の測点3における加速度記録をみると測点1ほど明確な周期の長い波がみられないが、これは測点3がアーチ部と床版部との接合点であるためと思われる。表-1 は、種々の走行車両が通過した場合の加速度記録から、その最大加速度を測点1、3について示したものである。ただし、この表の推定速度は、時刻歴よりそのピーク値によって推定したものである。この表より、本実験において、走行荷重で生じる加速度としては、測点1（中央点）では、20~50gal、測点3（アーチ部と床版部との接合点）においては、15~55gal となっており車両走行により橋梁がかなり振動していることが解る。また、最大応答加速度の値は、車種、連行台数および進行方向の組み合わせによって異なっており、車両走行応答の複雑さを示しているようである。

また、ジョイント部分の測点5における応答加速度値は

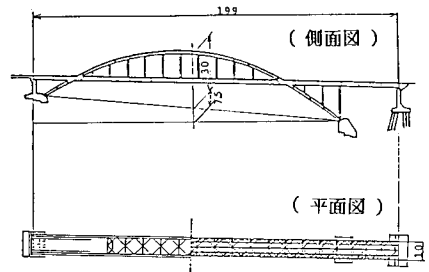


図-1 橋梁概要図（寸法単位；m）

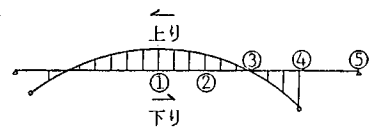


図-2 測点図

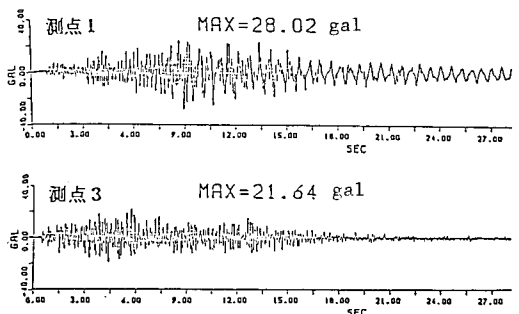


図-3 車両走行時加速度記録

測点3とほぼ同じ程度であった。

4. 理論解析

理論解析にあたっては、本橋を78個の質点に分割し3次元立体ラーメンとして有限要素法を用いて、固有値解析を行った。その結果を以前行った常時微動試験から得られた固有振動数と比較したのが表-2である。この表より、面外振動において1次の固有振動数は実験値より小さくなっているが、面内振動では理論値と実験値とが比較的一致している。また、この理論より得られた面内振動の変位モードを図-5に示す。本橋が非対称形式であるため、高次振動の変位モードはかなり複雑な形状となっている。

次に、実験値とよく一致しているこの理論より求めた面内振動の6次までの振動特性を用い、1自由度系のトラック(固有振動数3.0Hz、減衰定数0.02、重量20t、走行速度36km/h)1台が通過した場合の応答加速度を理論的に求めた。この解析においては路面凹凸を数値的(最小波長1mm、最大波長1m、最大振幅2mm)に求め、路面の凹凸による影響をも考慮した。その結果を橋梁中央点について示したものが図-6である。この図は、トラック走行1台の実験記録図-3に対応させたものである。両者を比較してみると、波形的にはあまり一致しているとはいえないが、最大加速度については、ほぼ近い値を示しているようである。路面凹凸の違いによる応答波形はかなり変化することから波形まで一致させることは、かなり難しいといえる。

なお、橋梁のたわみ応答ならびに動的応答倍率については講演時に発表の予定である。

参考文献
吉村ほか：単一走行
車両による道路橋の非
定常ランダム応答の解
析 土木学会論文報告
集 第258号 1977年
小堀ほか：単一動荷
重に対する道路橋の振
動感覚 土木学会論文
報告集 第248号
1978年

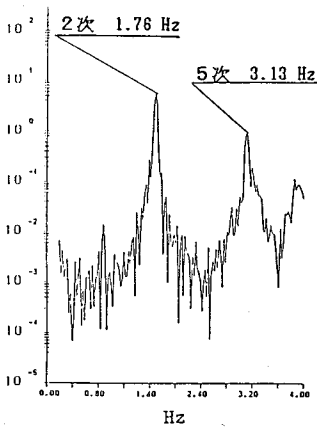


図-4 フーリエスペクトル図

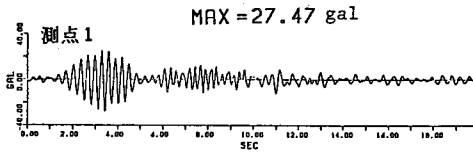


図-6 車両走行モデルによる加速度応答

表-1 車種別の測点1,3における最大加速度

車種	通行方向	測点番号	最大加速度 (gal)	標準偏差 (gal)	測定速度 (km/h)
バス 1台	上り	1	29.3	6.2	26
		3	21.2	7.5	
小型 1台	下り	1	20.0	5.4	
		3	13.3	7.2	
大型 1台	上り	1	43.4	8.0	32
		3	30.5	7.9	
軽 1台	上り	1	41.3	9.9	
中型 1台	下り	3	19.1	7.7	
軽 4台	上り	1	50.0	5.1	
		3	14.5	6.7	
大型 1台	上り	1	28.0	5.9	52
		3	21.6	7.4	
大型 1台	下り	1	35.9	7.4	
バス 1台	下り	3	25.7	8.1	
中型 1台	下り	1	44.6	8.3	
中型 2台	上り	3	54.7	9.6	
バス 1台	下り	1	35.5	8.0	40
		3	27.2	8.8	

表-2 固有振動数

	次数	固有振動数 (Hz)	
		理論値	実験値
面内振動	1次	1.03	1.03
	2次	1.81	1.78
	3次	2.38	2.15
	4次	3.13	2.91
	5次	3.24	3.13
面外振動	1次	0.84	0.83
	2次	1.81	1.78
	3次	2.12	1.86

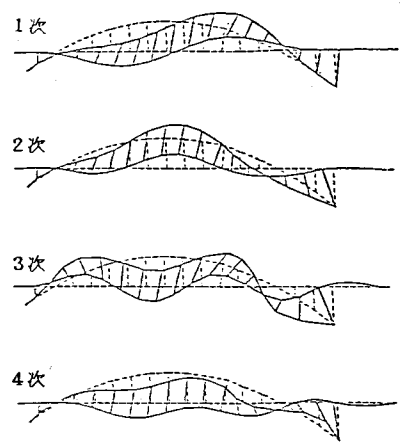


図-5 変位モード図(面内振動)