

I—6 走行荷重によるランガー橋の応答性状

九州大学 正 員 吉村 虎藏
 “ 学生員 江村 康博
 “ 正 員 ○肥後野 寿倫

まえがき

さきに、ランガー橋および連続橋について実験値と三種のモデルによる応答比較、Sprung Massの振動特性による応答への影響について報告したが、今回はSprung Massの振動特性〔固有周期(T_0)、固有円振動数(ω_0)、初期変位(γ_0)、減衰定数(h_0)、速度(v_0)〕がランガー橋の動的たわみ(W_d)、動的増加たわみ(ΔW_d)、応答速度($\dot{W}_d$)、および加速度($\ddot{W}_d$)にどのような影響を与えるかについて、支間長 60m 程度の K 橋・G 橋、および 139m の T 橋を解析モデルに取り上げ応答比較をした。また、単一荷重と連行荷重との応答比較も行なった。

運動方程式 および 振動モード

図-1 に示すようにモデル化された Sprung Mass が、橋梁上を一定速度 v で走行する場合の運動方程式は、次式で表わされる。

$$\begin{cases} \ddot{W}_m + C_m \dot{W}_m + \omega_m^2 W_m = E_m(x) E_m(vt) \left\{ 1 + \frac{\omega_0^2}{\gamma} (\gamma - \dot{W}_j) + \frac{C}{\gamma} (\gamma - \dot{W}_j) \right\} \\ \gamma + C'(\gamma - \dot{W}_j) + \omega_0^2 (\gamma - \dot{W}_j) = 0 \\ W = \sum_{m=1}^{\infty} W_m \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 $E_m(x)$ 、 ω_m は橋梁の正規化モード、固有円振動数である。

今回取り上げた3つのランガー橋について、結合法より求めた正規化モードを図-2に、振動実験より求めた固有円振動数を表-1に示す。

ω	K	G	T
1	18.256	18.098	7.990
2	14.538	14.112	4.584
3	29.282	28.037	12.338
4	58.148	56.448	17.252

(1/sec)

表-1

応答解析 と 応答性状

(i) 精度

上記(1)式を連立に解くには、数値積分によるなければならないが、ここでは Runge-Kutta-Gill 法により解いた。

R-K-G 法の精度については、 $\frac{1}{4}$ 点の W_d 、 ΔW_d 、および $\dot{W}_d$

の最大値を示した表-2でわかるように、時間きざみ〔スパン長/(速度×分割数)〕を用いる最小固有周期の $\frac{1}{2}$ に比べ、たわみについては良好な精度で得られるが、以後の計算では $\frac{1}{6}$ で行なった。また、考慮するモードの次数は、 $\frac{1}{4}$ 点、 $\frac{1}{2}$ 点に注目すれば3次まで考慮すればよいと思われる。

(ii) G 橋の応答 ($\frac{1}{4}$ 点について)

次に、Sprung Mass の動的特性(T_0 、 h_0 、 γ_0 、 v_0)を種々変化させて橋梁の動的応答を解析して比較した。図-3は車両が橋梁に入る時のばね上質量の γ_0 を横軸にとり、縦軸に ΔW_{dmax} を示したものである。パラメータとしては T_0 をとっている。当然のことながら T_0 が橋梁の最低次の固有周期付近にある場合が大きく影響し、 ± 0.2 cm 以上のときは、 γ_0 とほぼ比例関係にある。以下の計算においては、 γ_0 は -0.3 cm としている。図-4は、横軸に T_0 を、パラメータとして v_0 をとり、縦軸に ΔW_{dmax} を示したものである。橋梁の対称1次の固有周期付近(0.34 sec)で小さくなっていることは、興味あることである。図-5は横軸に v_0 をパラメータとして T_0 を、縦軸に ΔW_{dmax} をとっている。考慮した範囲

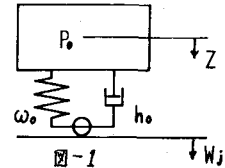


図-1

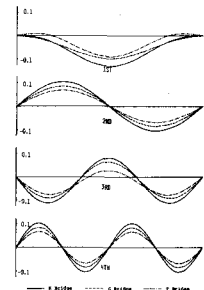


図-2

	$\dot{W}_{dmax}$	$\Delta \dot{W}_{dmax}$	$\ddot{W}_{dmax}$
1/48	0.8953	0.0820	1.6180
1/24	0.8953	0.0820	1.6176
1/12	0.8952	0.0820	1.6175
1/8	0.8952	0.0820	1.6173
1/5	0.8952	0.0819	1.6144
1/3	0.8940	0.0801	1.6185

(cm)

表-2

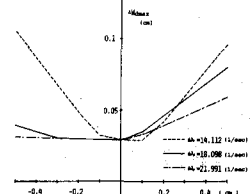


図-3

内では、 T_0 のいかにかわからず、 ΔW_{dmax} は W_s に比例して大きくなる。速度の効果は、図中に示した一定力の走行の場合と定性的にはよく一致している。

(iii) G橋とK橋の比較

60m級のランガー橋、K橋・G橋のうち、K橋はよく揺れると言われている。そこで同一条件の車両($P_0=12.7\text{ton}$, $T_0=0.45\text{sec}$, $h_0=0.03$)をK橋、G橋に走らせた時の動的応答(W_d , 各自の ΔW_d , W_d , $\dot{W}_d$)を図-6に示した。図から両橋梁の応答の大きさの差が知られる。また、 T_0 が W_{dmax} に及ぼす影響を及ぼすかを、 W_0 をパラメーターとして示したのが図-7である。動的増幅率(W_{dmax}/W_s , W_s : 静的たわみ)ではほぼ等しい値をとるが、 $W_{dmax} \cdot W_{dmax}$ はK橋が大きくなっており、K橋の揺れの人間感覚はこれに関連しているものと思われる。表-1に示すように、固有円振動数はほぼ等しいにもかかわらず、このようにK橋の応答が大きくなるのは、支間長の短いK橋の方が静的たわみが大きく、従って、たわみ剛性が小さいことに起因するものと思われる。

(iv) T橋の応答

長径間のランガー橋(T橋)の動的応答を調べた。 T_0 を種々変化させ、84点の $\Delta W_{dmax}/W_s$, W_{dmax}/W_s-1 をプロットしたものが図-8で、応答図が図-9である。荷重条件は $P_0=12.7\text{ton}$, $W_0=30\text{km/h}$, $h_0=0.03$ である。この図よりわかるように T_0 の変化による応答の変化はほとんど見られず、逆対称1次の固有周期付近(1.37sec)の荷重の走行によっても低次の振動が特に卓越することはない、逆に小さくなっているようである。たわみの動的増幅率は、K橋・G橋と比較して小さくなっている。

(v) One-Sprung Mass と Two-Sprung Mass の比較

車両はこれまで図-1のように単一Sprung Massとしてモデル化し、解析を行ってきたが、K橋のような60m級の橋梁では、連行荷重とした場合、どのような影響を及ぼすかを比較したのが図-10である。動的たわみは、単一車両の場合より小さくなっている。連行Sprung Massのほぼ上変位を見るほぼ同一位相で振動している。

参考文献

- 吉村虎蔵, 長尾寿俊, 江村康博: 走行荷重モデルと補剛アーチ橋・連続桁橋の応答. 第30回 学術講演概要集. 1975
- 吉村虎蔵, 長尾寿俊: 橋梁の走行荷重応答—その1—ランガー橋
- 昭和49年度土木学会西部支部研究発表講演集.

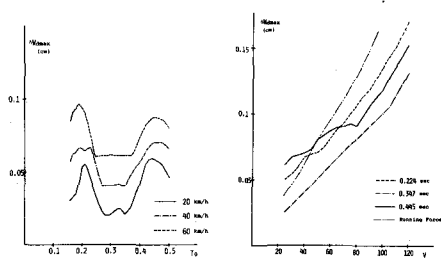


図-4

図-5

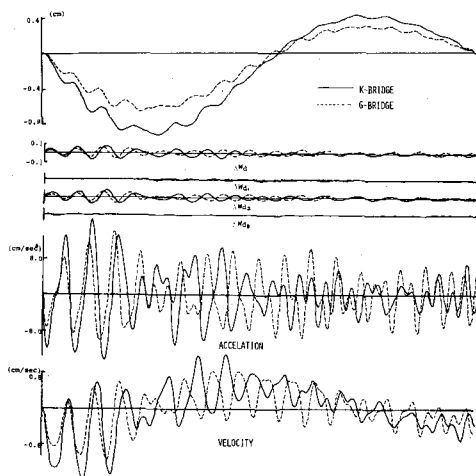


図-6

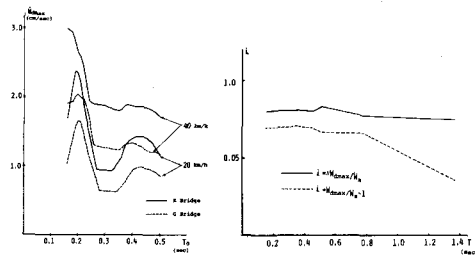


図-7

図-8

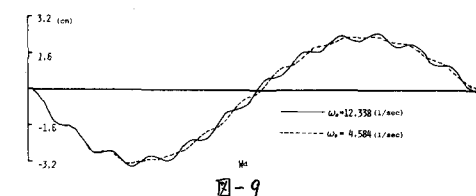


図-9

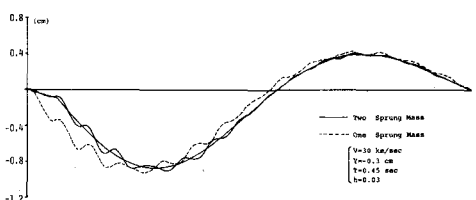


図-10