

九州大学 正員 吉村 虎蔵
九州電力 正員 長尾 孝俊
九州大学 学生員 江村 康博

まえがき

さきに、ランガー橋の単一走行力による応答倍率について報告したが、今回はランガー橋、連続桁橋について走行荷重応答の実験値と三種の荷重モデルによる応答の比較、Sprung Mass 走行の場合の荷重車の振動特性による橋梁応答への影響について研究した結果を報告する。

1. 荷重モデルと運動方程式

走行自動車を(1)走行一定力、(2)走行周期力、(3)Sprung Mass の3つの場合にモデル化すれば、運動方程式は、Modal Analysisによれば一般に次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \ddot{W}_m + C'_m \dot{W}_m + \omega_m^2 W_m &= \Phi_m(x_i) \Phi_m(x_j = vt) P(t) \\ W &= \sum W_m \end{aligned} \right\} \dots (A)$$

上式のP(t)は(1)走行一定力の場合にはP(t)=P₀、(2)走行周期力の場合にはP(t)=P₀{1+($\frac{a_0 \omega_0^2}{g}$)sin $\omega_0 t$ }、

(3)Sprung Mass の場合には、荷重車を図-1のようにモデル化すると

P(t)=P₀{1+($\frac{\omega_0^2}{g}(y-w_j)$)+($\frac{C_0}{g}(\dot{y}-\dot{w}_j)$)}とおけばよく、また(A)式の他に質量Mについての運動方程式は

$$\ddot{y} + C_0(\dot{y}-\dot{w}_j) + \omega_0^2(y-w_j) = 0 \dots (B)$$

となり、式(A)、(B)を連立に解くことになる。

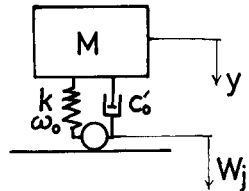


図-1

2. モデルの補剛アーチ橋および連続桁橋

本研究で対象としたのは、支間57.2mのランガー橋と支間50.8+2@63.5+50.8mの4スパン連続PC箱桁橋であり、各々の橋の振動実験による固有周期を表-1、表-2に示す。連続桁橋の振動モードは集中マス法で求めた。図-2にはランガー橋の、図-3には連続桁橋の振動モードを示す。

対称	逆対称	次数	T(sec)	δ
T ₁ 0.344	T ₂ 0.432	対称 1	0.461	0.044
T ₃ 0.214	T ₄ 0.108	対称 3	0.285	0.030
表-1ランガー橋の固有周期		逆対称 2	0.641	0.050
		逆対称 4	0.341	0.050

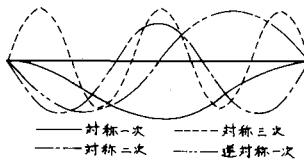


図-2 ランガー橋の振動モード

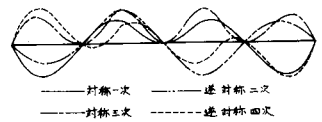


図-3 連続桁橋の振動モード

表-2 連続桁橋の固有周期

3 応答解析

上記の運動方程式をRunge-Kutta-Gill法によって数値計算を行なった。

R.K.G法の精度検討の一例を表-3に示す。表-3では、連続桁橋の1/3点の応答を、走行周期力、速度50km/h、時間さざみ[スパン/(速度×さざみ数)]を用いた固有周期の最小値の1/3、1/6、1/12、1/24、1/48 によって計算した結果である。以下の計算では、時間さざみを最小固有周期の1/24を用いた。

	W _d (測定)	W _d max	ΔW_d max
1/48	0.184	0.219	0.045
1/24	0.184	0.219	0.046
1/12	0.183	0.219	0.045
1/6	0.180	0.215	0.037
1/3	0.180	0.201	0.018

表-3

(cm)

上記の三種の荷重モデルの走行による動的な応答をランガー橋については図-4に、連続桁橋については図-5に示す。ここで荷重条件としては、P₀=12.7t、C'_m=0.0、C'₀=0.0、a₀=0.1cmランガー橋の場合には、V=30km/h、 $\omega_0=140$ rad/sec、初期変位=0.5cmとし、1/4点に注目し、連続桁橋の場合には、V=50km/h、 $\omega_0=23.3$ rad/sec、初期変位=0.18cmとして1/3点の応答を示している。

走行力では図-5からわかるように、1次2次振動のみが現われているが、Sprung Massでは、3次振動も現われ図-8に示した実験応答と似たものとなる。走行周期力の場合、ランガー橋、連続桁橋ともその応答がSprung Massの場合といくらか相違し、荷重モデルとしては必ずしも適当ではないように思われる。

次に、Sprung Massについて荷重車ばねの固有周期、減衰率、初期変位、速度の影響について調べた。橋の減衰、荷重車の減衰は実験的に得られているので、橋の減衰と荷重車の減衰($\delta_0=0.24$)の両者を考慮した場合と、しない場合、一方のみ考慮した場合の4ケースを連続桁橋について計算した。結果を表-4に示す。ランガー橋、連続桁橋とも荷重車の減衰による橋の応答への影響はかなり大きく、橋の減衰の影響はほとんどみられない。初期変位の影響は、荷重車の固有周期によっても違うが、かなり大きく影響するようである。

Sprung Massの固有周期を0.27secから0.45secの間で種々変化させて応答計算をすると、速度30km/hでは、ランガー橋、連続桁橋ともに荷重車の固有周期に近い次数の振動が卓越するが、応答の動的たわみの最大値にはあまり影響はないようである。

図-6は、ランガー橋で速度をパラメーターにヒリ、横軸に荷重車の固有周期、縦軸にたわみの動的増幅率を示したものである。ここで動的増幅率は $(W_{dmax}/w_s - 1)$ で定義している。速度30km/h、90km/hでは増幅率は、あまり変化していないが、60km/h、120km/hでは、逆対称一次振動に一致した固有周期 $T_0=0.432$ secでは増幅率はかなり大きくなっている。

Sprung Massの走行速度による動的増幅率は、走行力による値よりも若干大きいが、変化の傾向はよく似ていて、実際の速度範囲では速度とともに増加する。

ランガー橋、連続桁橋の走行試験から得られた応答を図-7、図-8にそれぞれ示す。

4.むすび

三種の荷重モデルによる応答と実験応答を比較すると、図-8連続桁橋の実験応答応答解析にあたっては、荷重モデルとして単一走行Sprung Mass程度までは考慮する必要があるようである。この解析から、応答へのSprung Massの荷重車の減衰、初期変位、ばねの固有周期の影響は、橋の減衰の影響に比べて大きいことが知られる。

参考文献

吉村,長尾;橋梁の走行荷重応答-その1,2- S49 土木学会西部支部研究発表会講演集

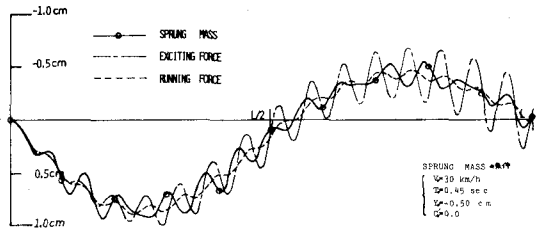


図-4ランガー橋の三種のモデルによる応答

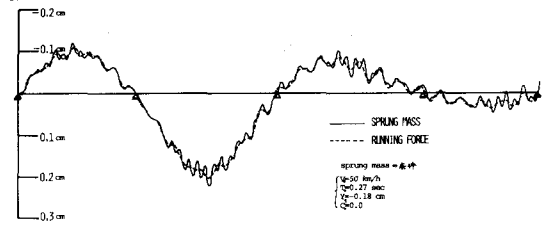


図-5連続桁橋の二種のモデルによる応答

減衰 橋車	W_d (理論)	W_{dmax}	ΔW_{dmax}	
0.0	0.0	0.190	0.228	0.046
0.0	1.0	0.176	0.206	0.029
考慮	0.0	0.190	0.222	0.032
考慮	1.0	0.178	0.203	0.017

表-4 (cm)

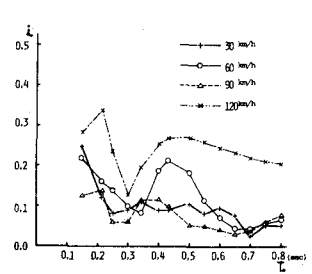


図-6ランガー橋の動的増幅率

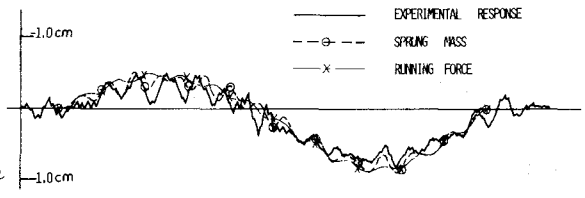


図-7ランガー橋の実験応答との比較

