

橋梁の走行荷重応答 — その1 —

—ランガー橋—

九州大学 工学部 正会員 吉村 虎蔵
 “ “ 学生員 の長尾 孝俊

まえがき

前にランガー橋の単一走行力による応答係数^(1,2)について、計算結果を報告したが、ここでは、単一走行力による衝撃率の検討結果と、K橋における走行試験⁽³⁾によつて得られた応答係、どのようなモデル荷重の走行によつて得られるかを検討した結果を報告する。

荷重モデルと運動方程式

走行自動車をも (1) 走行一定力、(2) 単一走行周期力、(3) Sprung Mass の三つにモデル化する。それぞれの場合の運動方程式は次のようになる。

(1) 走行一定力: 図-1のように一定力 P_0 が、一定速度 v_0 で移動するときの運動方程式は、

$$\ddot{w}_m + C_m' \dot{w}_m + \omega_m^2 w_m = \overline{\Phi}_m(x_i) \cdot \overline{\Phi}_m(x_j = v_0 t) \cdot P_0 \quad (1)$$

$$w = \sum_m w_m$$

上式のようになる。ここで w_m は m 次の固有振動によるため、 $C_m' = C_m \cdot \eta / \omega_m$ (C_m : 橋の m 次の減衰係数、 η は i 点の集中質量) $\overline{\Phi}_m$ は m 次の正規化モード、 x_i, x_j はそれぞれ測定点と荷重点の座標を示す。

(2) 走行周期力: 図-2に示すように周期的に加振しながら走行する力による応答は、運動方程式(1)の右辺 P_0 を $P(t)$ とあけはよい。

$$P(t) = P_0 + \Delta P(t) = P_0 (1 + A_0 \sin \omega_0 t)$$

$$= P_0 (1 + (a_0 \omega_0^2 / g) \sin \omega_0 t) \quad (2)$$

ω_0 は加振力の円振動数、 a_0 は(3)のバネ上質量のモデルに対応すれば、バネ上質量の振動振幅と考えることができる。

(3) 走行Sprung Mass: 図-3のような荷重モデルを考えた。今の場合バネ下質量をバネ上質量の大きさに対して省略した。その時の運動方程式は次式のようになる。

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

$$\ddot{w}_m + C_m' \dot{w}_m + \omega_m^2 w_m = \overline{\Phi}_m(x_i) \cdot \overline{\Phi}_m(x_j = v_0 t) \cdot P_0 \left\{ 1 + \frac{\omega_0^2}{g} (y - w_j) \right\} \quad (3)$$

$$w(x_i) = \sum_m w_m(x_i)$$

$$w(x_j) = \sum_m w_m(x_i) \cdot \frac{\overline{\Phi}_m(x_j)}{\overline{\Phi}_m(x_i)}$$

計算例

K橋(スパン157.2m)の実験による固有周期⁽⁴⁾は表-1のようである。モードを図-4に示す。このK橋の固有周期とモード⁽⁴⁾対称、逆対称とも2次まで考慮して応

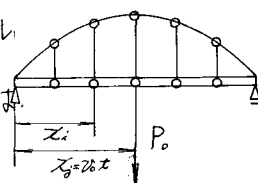


図-1 RUNNING FORCE

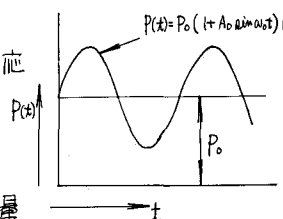


図-2 EXCITING FORCE

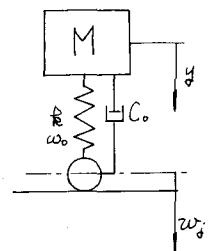


図-3 SPRUNG MASS

対称	逆対称
T ₁ 0.344	T ₂ 0.432
T ₃ 0.214	T ₄ 0.108

表-1 (sec)

	$W_d(1/4)$	$W_d(1/2)$
$f=0.0 (C=0.0)$	0.90	0.82
$f=0.04 (C=0.2)$	0.89	0.80

(cm)

は対称減衰率 $\{W_d(1/4)=0.86, W_d(1/2)=0.74\}$

表-2

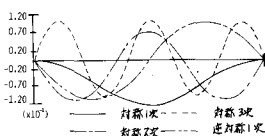


図-4 振動モード

答計算を Runge-Kutta-Gill 法 を使、ておこなった。R.K.G の精度については一その二で検討を行う。

$P_0=12.7t$, $v_0=30\text{km/h}$, $C_m=0.0$, $C_s=0.0$, R.K.G のききみ数 2000 $\omega=13.962$, 初期変位 -0.50cm の条件のもとで、 $\frac{1}{4}$ 点および $\frac{1}{2}$ 点について、Sprung Mass, および走行周期力 ($A_0=0.1\text{cm}$), 走行力のあのおのについて動的たゆみを図示したものが図-5, 図-6 である。それぞれの測定の動的たゆみを表-3 に示す。

本計算で振動減衰作用を考慮して、たゆみを求めると、表-3 のようになり、減衰作用を無視しても、1%程度の差しがなく、本計算では、減衰を無視する。

走行力については、(1)式を無次元化し、第一次固有周期の $\frac{1}{2}$ と荷重が橋を通過するのに要する時間との比を速度パラメータ $\left[1/2 \times (\frac{1}{v})\right]$ とおき、 $\frac{1}{4}$ 点および $\frac{1}{2}$ 点について、静的たゆみに対する動的たゆみの最大値(ケースA), 動的増加たゆみの最大値(ケースB), 測定点の動的たゆみ(ケースC)に対する応答倍率を、パラメータを $0.0 \sim 1.0$ までと、て図示したものが、図-7, 図-8 である。速度パラメータ 0.03 で走行力の速度は、 30.0m/sec となる。

計算結果

ランガー橋では、文献(1,2)よりたゆみは $\frac{1}{2}$ 点より $\frac{1}{4}$ 点大きく、走行荷重応答については $\frac{1}{4}$ 点に注目することが必要であるから、走行力および Sprung Mass について、上述の条件のもとに、K 橋の走行試験に基、て得られた応答と比較したものが、図-9 である。この図より、走行力より Sprung Mass より実験値に近い応答を示しているといえよう。

走行力による動的増幅率(衝撃係数)は、パラメータ 0.03 で $\frac{1}{4}$ 点で ケース A, ケース B, ケース C に対して、それぞれ、1.06, 1.05, 0.96, $\frac{1}{2}$ 点で 1.01, 1.00, 1.00 とする。速度パラメータが大きくなると、さえてたゆみ比は、3 ケースとも小さくなっていく。 $\frac{1}{2}$ 点より $\frac{1}{4}$ 点が増加率も減少率も大きい。図-7, 図-8 より、動的増幅率は、ケース B を考えようといふと思われ。

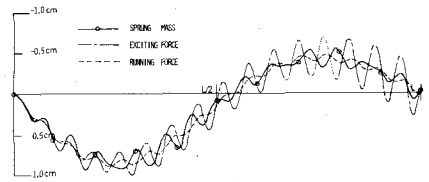


図-5, 3つの荷重モデルによる応答 ($\frac{1}{4}$ 点)

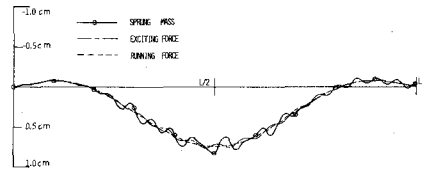


図-6, 3つの荷重モデルによる応答 ($\frac{1}{2}$ 点)

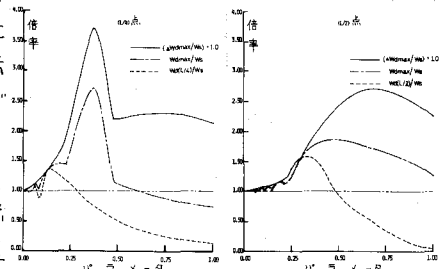


図-7 $\frac{1}{4}$ 点の応答倍率

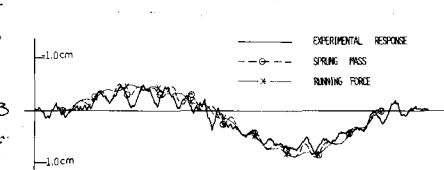


図-8 $\frac{1}{2}$ 点の応答倍率

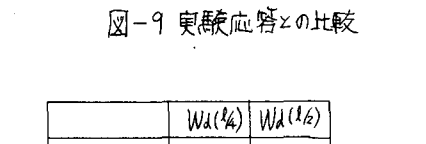


図-9 実験応答との比較

	$W_d(\frac{1}{4})$	$W_d(\frac{1}{2})$
SPRUNG MASS	0.90	0.82
EXCITING FORCE	0.79	0.72
RUNNING FORCE	0.87	0.74

表-3 (ccm)

参考文献: 1) 吉村長三: 補脚付二橋の固有値解析への不次要素の効果と走行荷重応答倍率 S48 土木学会西部部研究報告論文集 2) 吉村長三: ランガー橋の走行力による応答倍率, S49年度土木学会第29回年次学術講演会講演要集

3) 吉村他: ランガー橋の走行荷重による水平変位応答の測定 S48年度土木学会西部部研究報告第21巻1号

4) 吉村, 平井: ランガー橋の動的解析 土木学会論文集101号 S.39.1