

九州大学 工学部 正会員 吉村 虎蔵
" " 学生員 〇長尾 孝俊

まえがき

大スパン、小スパンのランガー橋いくつかについて、その振動モードを比較すると、対称モードは同じで対称モードもかなりよく似ており、また各次の固有振動比も、ほぼ一定(表-1参照)ということから、ランガー橋の第一次固有周期の1/2と荷重が橋を通過するのに要する時間との比をパラメータ $\{(\pi/2) / (\eta/2) \}$ つまり、ここでは (ω_1/ω_c) におき走行力によるたわみの応答倍率について検討した結果を報告する。

運動方程式

図-1に示すように $x=x_i$ なる位置に初速度 v_0 の一定速度で、一定力 P_0 が移動する時の運動方程式は式(1)のように表わされる。

$$\ddot{w}_m + \omega_m^2 w_m = \pm_m(x) \cdot \pm_m(x=v_0 t) \cdot P_0 \quad \text{----- (1)}$$

ただし ω_m : m 次の固有振動数, $\pm_m(x)$: m 次の正規化振動モード, $\pm_m(x) = C_m \phi_m(x)$, ω_m : m 次のモードに対する動的たわみ, ΔW : 動的たわみ $\sum_{m=1}^{\infty} \dot{w}_m$, $\bar{w}_m$: m 次のモードに対する静的たわみ, $\bar{w}$: 静的たわみ $\sum_{m=1}^{\infty} \bar{w}_m$, ここで $\bar{w}_m = \Delta W \cdot \bar{w}_m$ とおき, $\bar{w}_m$ を $\bar{w}$ で無次元化し, さらに $\bar{\omega}_m = \omega_m \bar{w}$ とおくとつぎの方程式が得られる。

$$\ddot{\bar{w}}_m + \bar{\omega}_m^2 \bar{w}_m = \bar{\omega}_m^2 \bar{w}_m \cdot \pm_m(x=v_0 t) / \pm_m(x=x_i) \quad \text{----- (2)}$$

(2)式で $\phi_m(x=v_0 t)$ の n 次成分 $b_{mn} \sin(n\pi v_0 t/l) = b_{mn} \sin n\omega_b t$ ($\pi v_0/l = \omega_b$ とおく)とすれば, (2)式は, つぎようになる。 $\ddot{\bar{w}}_m + \bar{\omega}_m^2 \bar{w}_m = \bar{\omega}_m^2 \bar{w}_m \sum_{n=1}^{\infty} b_{mn} \sin n\omega_b t / \phi_m(x=x_i) \quad \text{----- (2')}$
よ, m 次の動的倍率および全動的倍率は, それぞれ(3)式, (4)式で表わされる。

$$\bar{w}_m = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{b_{mn} \{ \sin n\omega_b t - (\eta/\omega_m) (\omega_b/\omega_1) \sin (\omega_b/\omega_1) \bar{w}_m \omega_b t \}}{\{ 1 - (\eta/\omega_m)^2 (\omega_b/\omega_1)^2 \} \cdot \phi_m(x=x_i)} \quad \text{---- (3)}$$

$$\frac{\Delta W}{\bar{w}} = \frac{\bar{w}_m + \bar{w}_m \cdot (1/\omega_m)^2 \{ \pm_m^2(x_i) / \pm_m^2(x_i) \} + \dots}{1 + (1/\omega_m)^2 \{ \pm_m^2(x_i) / \pm_m^2(x_i) \} + \dots} \quad \text{---- (4)}$$

従, 固有振動数の比が一定, x_i 点の振動モードの比が一定である時には, 動的倍率は(4)式で求まる。

計算例

T, K, G, Aの各橋の支間はそれぞれ139.2m, 59.2m, 62.0m, 157.0mである。その固有振動数比を表-2に, たわみの影響線のうち, $\eta/2, \eta/4, \eta/8, \eta/16$ の値を表-3に示す。このようにランガー橋では, たわみは, $\eta/8$ 点よりも, $\eta/4$ 点のほうが大きいことが知られる。

応答倍率の計算では, K橋の固有振動数比をと, た。K橋の振動モードを図-2に示す。

橋名	対称1次 ω_1	対称2次 ω_2	対称3次 ω_3	対称1次 ω_1	対称2次 ω_2
T	1	1.40	3.51	0.56	2.24
K	1	1.66	4.45	0.71	2.84
G	1	1.34	4.40	0.71	2.84
A	1	1.76	4.43	0.76	2.60

表-1

橋名	$\eta/8, \eta/4$	$\eta/4, \eta/2$
T	3.20	1.68
K	0.89	0.57
G	0.64	0.40
A	2.00	1.43

表-2 ($\text{cm}/10\text{t}$)

橋名	$11^\circ \text{ラ X } 7$		
	0.03	0.06	0.09
T	9.6	19.3	28.9
K	10.0	20.0	30.0
G	8.9	17.8	26.7
A	10.1	20.2	30.3

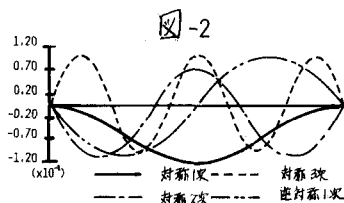
表-3 (m/sec)

図-2

このようにして、 $\frac{1}{4}$ 点について、静的たわみに対する全動的たわみ（ここでは、対称、逆対称ともろ次までの和をとって全動的たわみと呼ぶ）の倍率を、パラメータ0.03, 0.06, 0.09, 0.2, 0.4について図示したものが、図-3(A)である。また静的たわみに対する動的たわみの倍率の最大値を、対称1次、対称2次、逆対称1次、および全動的たわみに対して、パラメータを0.0~1.0まで、とって、図示したものが、図-3(B)である。 $\frac{1}{4}$ 点も同様な計算をおこなって、図-4(A)および図-4(B)に示した。く $\frac{1}{4}$ 点では、逆対称振動はきかない。）K橋では、パラメータ0.03では、荷重速度10.0m/sec, 0.06では、20.0m/sec, 0.09で30.0m/sec, となる。他の3橋でも表-3に示すようにほぼ同じような速度となる。

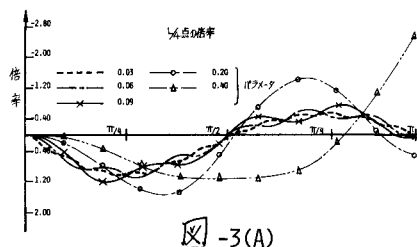


図-3(A)

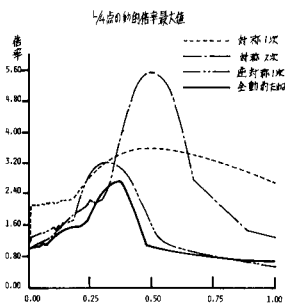


図-3(B)

計算結果および考察

$\frac{1}{4}$ 点について、パラメータ0.03のとき、静的たわみに対する動的たわみの倍率の最大値は、対称1次、対称2次、逆対称1次について、それぞれ2.10倍、1.35倍、1.07倍となっている。しかし、対称1次、対称2次、逆対称1次の全動的たわみに対してしめる割合は、それぞれ、11.5%、10.1%、76.6%となり、逆対称1次がよく効いている。このことは図-3(B)において、逆対称1次と全動的たわみの倍率曲線が、よく似ていることからいえる。パラメータを大きくとていけば、さえて、たわみ比は小さくなっていく。

$\frac{1}{2}$ 点については、パラメータ0.03のとき、静的たわみに対する動的たわみの倍率は、その最大値が、対称1次で1.01倍、対称2次で、1.45倍となる。全動的たわみに対してしめる割合は、対称1次で84.0%、対称2次で12.9%となり、対称1次がよく効いている。このことは図-4(B)で、対称1次と全動的たわみの倍率曲線が、よく似ていることからいえる。図-4(B)から、 $\frac{1}{4}$ 点と同様に、パラメータが大きくなると、倍率は減少する。 $\frac{1}{4}$ 点に比べて、最大値は小さく、減少も小さい。

ここでとりあげたランゲル橋の $\frac{1}{4}$ 点と $\frac{1}{2}$ 点のたわみの影響線については、先にも述べたように $\frac{1}{4}$ 点より大きい力、単一走行力によるランゲル橋の振動では、 $\frac{1}{4}$ 点のたわみ応答に注目することが重要であると考えられる。

G橋、T橋の資料で、同様な計算を行なうと、K橋と同じような結果が得られた。

参考文献

- 1) 吉村、平井：ランゲル橋の動的解析、土木学会論文集101号、S.39.1
- 2) 吉村他：直路ランゲル橋の載荷試験、土木学会誌45-5、S.35.5、3)
- 3) 日本直路公団橋岡支社：工事報告天草五橋 S.42.5
- 4) 小坪有真：土木振動学、森北出版 S.48.4
- 5) 吉村、長尾、江藤：補剛T橋の固有値の改訂要素効果および走行荷重応答倍率、48年度土木学会研究発表会論文集