

I-141 曲線桁橋の走行車によるレスポンスについて

大阪市立大学 小松 定夫

○ 中 井 博

1. まえがき

曲線桁橋の走行車による動的応答は、桁の曲げ振動とねじり振動および1種の振動体である走行車の3者の連成振動として解析しなければならない。我々は前回発表した理論をさらに発展させ、今回は2径向連続曲線桁橋(名神:西の宮インターチェンジ内)について数値解析したものと実験結果を示す。

そして、曲線桁橋の動的特性を種々な点から考察するものである。

2. 理論式

曲線桁橋のためみ w , 断面回転角 β に関する運動方程式は,

$$\left. \begin{aligned} \ddot{w}_i + C_{wi}\dot{w}_i + \bar{p}_{i,ww}w_i + \bar{p}_{i,w\beta}\beta_i &= f_i(1+k\delta)\sin\omega t, \\ \ddot{\beta}_i + C_{\beta i}\dot{\beta}_i + \bar{p}_{i,\beta\beta}\beta_i + \bar{p}_{i,\beta w}w_i &= \gamma_i(1+k\delta)\sin\omega t, \\ \ddot{z} + C_z\dot{z} + p_z z &= 0, \\ \delta &= z - (\sum_{i=1,2,\dots} w_i + e_p \sum_{i=1,2,\dots} \beta_i)\sin\omega t, \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

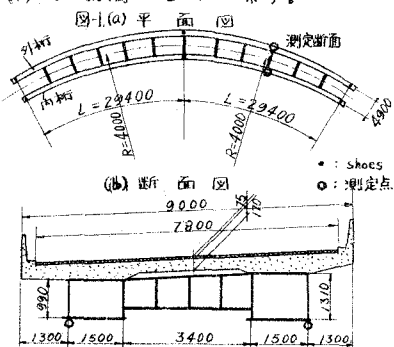
ここに、 w_i, β_i : i 次振動のためみ, 断面回転角
 $\bar{p}_{i,ww}, \bar{p}_{i,w\beta}, \bar{p}_{i,\beta\beta}, \bar{p}_{i,\beta w}$: 連成円振動数
 $C_{wi}, C_{\beta i}$: 桁の曲げおよびねじり振動の減衰係数
 f_i, γ_i : 曲げおよびねじりに関する強制項
 e_p, e_m : せん断中心から載荷点, 測定点までの距離
 z : 自動車の絶対変位, C_z : 減衰係数, p_z : 円振動数

初期条件 $w_i(0)=\dot{w}_i(0)=0, \beta_i(0)=\dot{\beta}_i(0)=0, \delta(0)=\dot{\delta}(0)=0$

$w_m = \sum_{i=1,2,\dots} w_i + e_m \sum_{i=1,2,\dots} \beta_i \dots (2)$ 従って、式(1)はアナログ計算機で容易にとけ、求める解(2)を得ることができる。

3. 計算結果と実験結果

(1) 実験橋 図-1に示す。



(3) 動的解析結果と実験値の比較

a. 静的載荷実験

自重約20^tのトラックを静的に載荷したときの外桁,内桁のためみは式(1)で荷重を静的に載荷したときの理論値とよく一致した。

b. 動的載荷実験

i) 自由振動実験

トラック走行後の自由振動を測定した結果1次 $\omega_f = 2.655\%$ を得た。これに対し理論値は¹⁾ $\omega_f = 2.60\%$ であった。対数減衰率は $\alpha = 0.29$ であった。

(2) 断面値^{1),2)}

$$A_s = 1.2713 \times 10^6 \text{ cm}^2, I_g = 1.1770 \times 10^7 \text{ cm}^4$$

$$J = 8.1128 \times 10^6 \text{ cm}^4, C_w = 6.9465 \times 10^{10} \text{ cm}^6$$

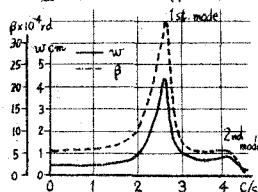
表-1

し	1	2	備考
M_{bi}	3.0142×10^5	2.880×10^5	スパン中央について
I_{gi}	1.0006×10^7	9.5872×10^6	
$K_{w,wi}$	9.0629×10^4	2.2571×10^5	
$K_{w,\beta i}$	2.6487×10^7	3.1162×10^7	
$K_{\beta,\beta i}$	3.0933×10^{10}	4.0334×10^{10}	
$\bar{p}_{i,ww}$	2.3278×10^2	6.0705×10^2	全橋について
$\bar{p}_{i,w\beta}$	-5.9376×10^4	-1.0468×10^5	
$\bar{p}_{i,\beta\beta}$	3.9769×10^3	7.7335×10^3	
$\bar{p}_{i,\beta w}$	2.8065	5.8944	

ii) 荷重落下実験

測定断面外桁に20^tの荷重を落下したときの w, β の計算値を図-2に示す。図-3は内桁の実測結果を示す。

図-4 共振曲線($p=20^t$ 外桁振)



iv) 共振曲線

図-4は実験橋の共振曲線の計算値を示す。通常のトラック($f_r = 2 \sim 35\%$)では1次振動が支配的である。

図-2

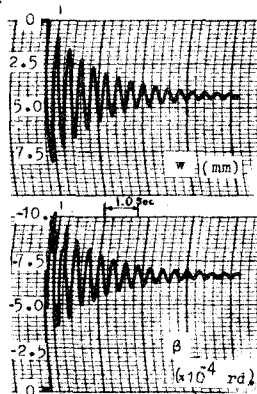
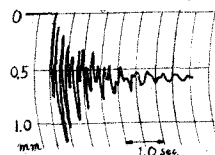


図-3 (外桁36^tの荷重落下)



iv) 走行車によるレスポンス

試験車 ($R=1.5 \times 10^3 \text{ kg}$, $C_v=0.887$, $f_v=17.8$: 停車時, $f_v=13.6$: 走行時) を速度 30 km/h で「外桁および内桁側」を走行させたときの計算結果と、対応する実測結果を図-5~6に示す。(測定 $\delta(0)$ の値のみ)

図-5 外桁走行

計算値

$$\begin{pmatrix} f_1 = 10.55 & \gamma_1 = -0.6488 \\ f_2 = 8.00 & \gamma_2 = -0.6079 \end{pmatrix}$$

実測値

(たわみ計で記録)

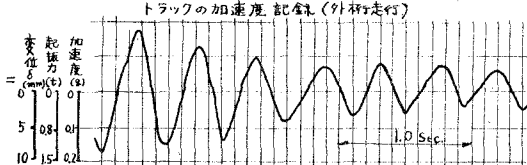
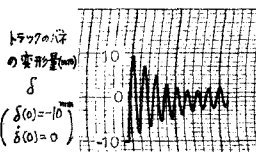
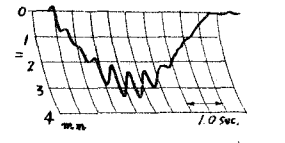
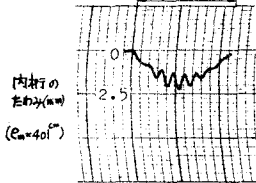
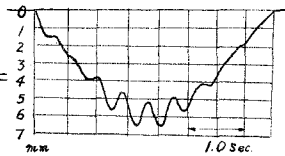
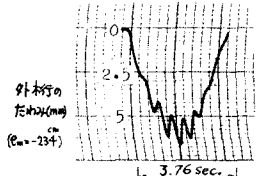


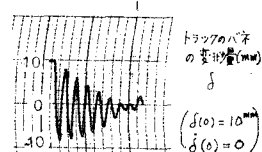
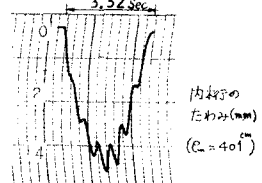
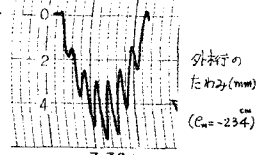
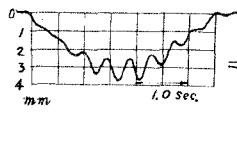
図-6 内桁走行

計算値

$$\begin{pmatrix} f_1 = 43.75 & \gamma_1 = -0.6493 \\ f_2 = 28.26 & \gamma_2 = -1.023 \end{pmatrix}$$

実測値

(たわみ計で記録)



4. 曲線桁橋の衝撃値についての考察

本橋に種々な自動車種を種々な速度 V

で走行させたときの衝撃値を計算した結果を以下に示す。図-7は速度 V と最大動片振中 y_{max} との関係を示す。速度が増大すれば y_{max} は緩慢に増大する。

図-8はトラックのバネの初期条件 ($\delta(0)$) およびトラックの固有振動周期 f_v ($f_v = 2\pi/\omega_v$) を種々変化させたときの Impact を示す。図-8を見れば Impact は初期条件 $\delta(0)$ が大きくなるに伴って直線的に増大することがわかる。また図-9は

トラックの f_v 値と Impact の変化状態を示すものである。当然のことながら f_v 値が桁の固有振動周期と一致する点で最大となる。

5. 結論

以上の通り本理論はいずれの場合も実験結果をうまく説明できる。橋梁の場合非常に重要な衝撃値については、本理論によれば、

1) 走行速度と共に Impact は緩慢に増大する。2) Impact に決定的なもの

は ① 桁と走行車の固有振動数の関係 ② トラックのバネ上質量の起振力 ③ 桁橋、走行車両者の減衰係数、でこれらの定量的な理論的、実験的研究が重要である。なお、アナログ計算機はこの種の問題には最適である。

3. 本研究は昭和40年度文部省科研費を受けた。また、実験は道路公団、松尾橋梁KKの御協力によるものである。

参考文献: 著者: 1) 曲線桁橋の自由振動について 昭和39年度学会。2) 曲線桁橋の強制振動について 昭和40年度学会。

図-7 y_{max} と V の関係

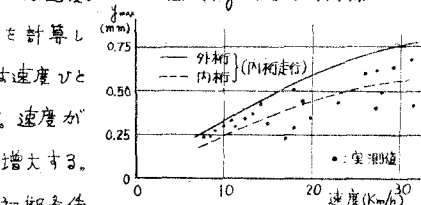


図-8 Impact と $\delta(0)$ の関係

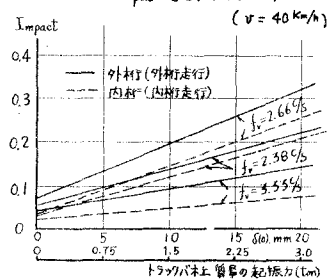


図-9 Impact と f_v の関係

