

大阪大学工学部

正員 小松定夫

大阪市立大学工学部

〃 〃 中井 博

〃

〃 〃 事口寿男

1 まえがき

曲線げた橋の走行車による動的応答は、けた橋の曲げ振動とねじり振動が連成し、さらに自動車との連成振動も考慮して解析しなければならない。この種の問題に対する運動方程式を誘導し、それと形式の異なる代表的な曲線げた橋を対象にして種々なパラメーター（曲率半径 R_s 、スパン長 L 、自動車の固有振動数 f_v 、および減衰係数 D_v など）による動的応答の変化を Runge-Kutta-Gill 法によって数値計算し、曲線げた橋の動的性状を明らかにする。

2. 理論式

$$\ddot{w}_i + d_{i,ww} \dot{w}_i + p_{i,ww}^2 w_i - d_{i,wp} \dot{\beta}_i - p_{i,wp}^2 \beta_i = q_T \left(1 + \frac{K_T \delta}{M_T g} + \frac{D_T \dot{\delta}}{M_T g} \right) U_i(v, t)$$

$$\ddot{\beta}_i + d_{i,pp} \dot{\beta}_i + p_{i,pp}^2 \beta_i - d_{i,wp} \dot{w}_i + p_{i,wp}^2 w_i = T_T \left(1 + \frac{K_T \delta}{M_T g} + \frac{D_T \dot{\delta}}{M_T g} \right) U_i(v, t)$$

$$(i = 1, 2, 3, \dots)$$

$$\ddot{\gamma} + d_v \dot{\gamma} + p_v^2 \gamma = 0$$

$$\delta = \gamma_T - \left\{ \sum_{i=1,2,3,\dots} w_i U_i(v, t) + \gamma_P \sum_{i=1,2,3,\dots} \beta_i U_i(v, t) \right\}$$

表-1. モデル橋

断面	A 橋	B 橋	C 橋
L (cm)	32	30	20
R_s (cm)	52	40	50
A_s (cm ²)	6.330×10^3	1.271×10^4	9.674×10^3
S_x (cm ³)	1.407×10^5	5.353×10^5	4.432×10^5
I_x (cm ⁴)	1.543×10^7	1.383×10^7	1.057×10^7
I_y (cm ⁴)	1.147×10^8	4.220×10^8	2.086×10^8
J (cm ⁴)	2.733×10^8	9.990×10^8	2.173×10^8
C_w (cm ⁴)	4.942×10^9	8.214×10^9	6.170×10^9

$$m = 8.010 \times 10^{-4}, P_s = 20.0^\circ$$

ここに、 w_i : たねみ、 β_i : 断面回転角 $p_{i,ww}, p_{i,wp}, p_{i,pp}, p_{i,wp}$: 連成振動数 $d_{i,ww}, d_{i,wp}, d_{i,pp}, d_{i,wp}$: 減衰係数 q_T, T_T : 強制項 γ_P : 荷重の偏心距離

$$U_i = \sin \pi v t / L \cdot R_s / R_s$$

図-1. 曲率半径による曲線げたの固有振動数の変化

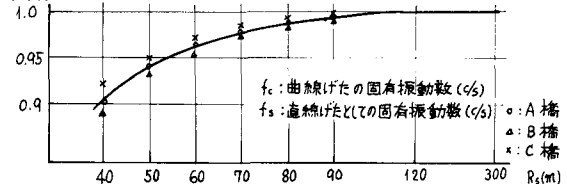
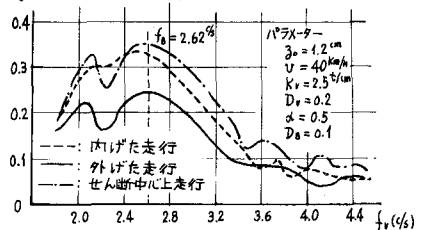
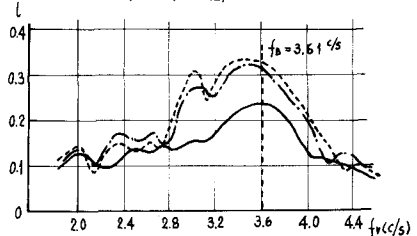


図-3. 自動車固有振動数による衝撃係数の変化

(a) B 橋



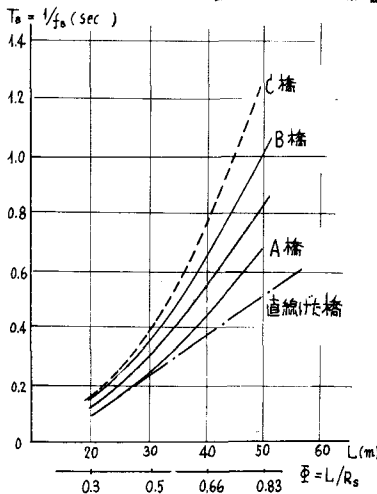
(b) A 橋



3. 数値計算結果

曲線げた橋断面は、表-1に示すように1箱げた、2箱げた、および並列Iげたの3橋とする。いずれも単純曲線げたとしたため、1次振動のみを考慮して解析した。これらの結果を図-1~10に示す。これらの図中のパラメーターは次の通りである。

図-2. 曲線げた固有振動数のスパンによる影響



f_v : 自動車の固有振動数, z_0 : 初期変位, v : 走行速度, K_v : バネ定数, D_v : 対数減衰率, α : バネ上, バネ下質量の比

図-4. i と f_v/f_0 の関係

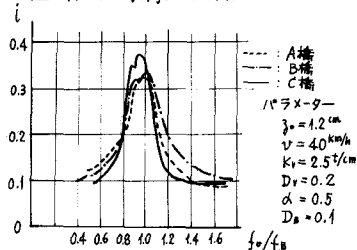


図-5. 自動車の鉛直加速度による影響

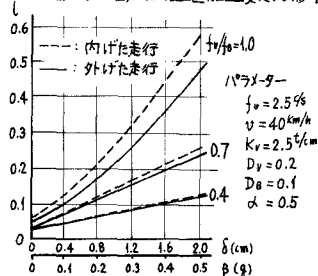


図-6. 自動車の対数減衰率の影響

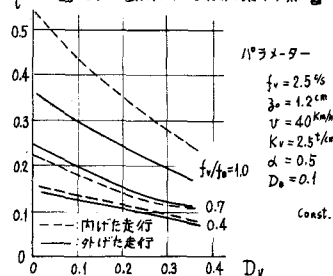


図-7. けたの対数減衰率の影響

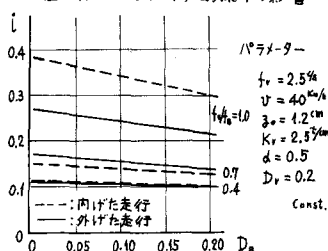


図-8. 曲率半径による i の変化

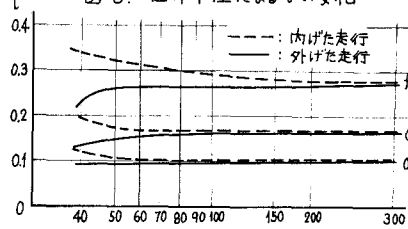
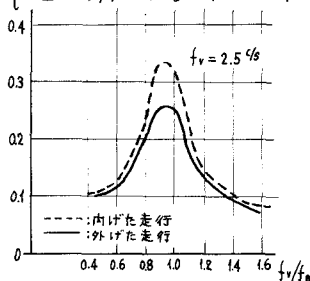


図-9. f_v/f_0 と衝撃係数との関係



4. 走行車による動的応答の考察

(1) 曲線けた橋の固有振動周期は、それと断面・スパンが同一の直線けた橋に比べて大きく、これを直線けた橋に置換すればスパンを短くしたのと等価である。(図-2) (2) 中心角 $\theta = L/R_s$ が 1 に近づけば、曲げとねじりの連成度が大きくなり、周期は直線けたと比べるとかなり大となる。特に、I 形断面の曲線けたではこの傾向が顕著である。(図-2) (3) 曲線けたの固有振動数と自動車の固有振動数が一致するところで、Impact は当然最大となるが、その値は種々なパラメータに影響されるようである。(図-3) (4) 自動車の速度 ($0 < v < 40 \text{ km/h}$)、鉛直加速度 β に比例して Impact は大きくなる。(図-5) (5) 自動車の減衰特性は Impact に大きく影響する(図-6) (6) しかし、けた橋の減衰作用は Impact にあまり影響を及ぼさない。(図-7) (7) 自動車が内げた走行する際、曲率半径が $40 \sim 50 \text{ m}$ ぐらいの曲線けたでは、断面スパン同一の直線けたよりも約 10 数 % Impact が大きくなる。また $R > 120 \text{ m}$ では直線けた橋とみなしてもよいように思われる。(図-8) (8) 曲線けた橋の Impact もスパンと密接な関係があるものと思われる。(図-10) ただし、図-5 ~ 10 に示したように、内げたと外げたを走行するときには Impact に若干の差異があるので、載荷位置による補正係数 ρ/R_s をけた中央走行する際の Impact に乗じ修正すればよいように思われる。ここに、 ρ は自動車の走行位置の曲率半径とする。

図-10. スパンと衝撃係数との関係

