

山口大学 正員 會 田 忠 義
 〃 学生員 〇 中 山 高 明
 建設省 正員 川 上 卓 也

まえがき 走行列車の上下動、ピッチングに伴う鉛直荷重および蛇行動・ヨーイングに伴う横荷重を従動荷重と想定し、これらの荷重が梁上を連続走行する場合の非減衰梁の動的安定性を、この研究で明らかにしてきた。^{1), 2), 3)} 本研究は、これらの荷重系の動的安定性に及ぼす減衰の影響を明らかにするものである。ここで、減衰力は変位速度に比例するものと仮定した。

運動方程式 部材断面のせん断中心の水平変位、鉛直変位および回転の各速度に対する減衰係数をそれぞれ η_u, η_v および η_θ とし、水平横荷重 q_x と鉛直荷重 q_y が駆動力として作用するとき運動方程式は

$$\left. \begin{aligned} m(\ddot{u}_s + \dot{y}_s \dot{\theta}) + \eta_u \dot{u}_s + EI_{xx} u_s^{(4)} - q_x + q_y \theta - \bar{q}_x &= 0 \\ m(\ddot{v}_s - x_s \dot{\theta}) + \eta_v \dot{v}_s + EI_{yy} v_s^{(4)} - q_y - q_x \theta - \bar{q}_y &= 0 \\ \mu I_{ps} \ddot{\theta} + m(y_s \ddot{u}_s - x_s \ddot{v}_s) + \eta_\theta \dot{\theta} + EI_{\omega\omega} \theta^{(4)} - GK\theta \\ + q_x (e_y - y_s) - q_y (e_x - x_s) - q_y \theta (e_y - y_s) - q_x \theta (e_x - x_s) \\ + \bar{m}_x + \bar{q}_x (e_{iy} - y_s) + \bar{q}_y (e_{ix} - x_s) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

となる。^{1), 2), 3), 4)}

振動変位 u_s, v_s および θ を式で表わし

$$u_s = \sum_{k=1}^N p_k(t) u_{sk}(z), \quad v_s = \sum_{k=1}^N q_k(t) v_{sk}(z), \quad \theta = \sum_{k=1}^N r_k(t) \theta_k(z)$$

整理すると、鉛直従動荷重 q_y ならびに水平従動荷重 q_x 作用時の運動方程式は、それぞれ、同じ形となり式で表わされる。

$$(A + A_M) \ddot{\mathbf{f}} + D \dot{\mathbf{f}} + (B + PC) \mathbf{f} = 0 \quad (2)$$

攪乱方程式と境界振動数方程式 Fig. 2 に示すような集中荷重列

からなる q_y を、Fig. 3 に示すようにならびに作用する集中荷重列からなる q_x を想定するとき、攪乱方程式は次式で表わされる。

$$\left[A + \left\{ A_0 + \sum_{p=1}^n (A_{1p} \cos p\omega_0 t + A_{2p} \sin p\omega_0 t) \right\} \right] \ddot{\mathbf{f}} + D \dot{\mathbf{f}} + \left[B + P \left\{ C_0 + \sum_{p=1}^n (C_{1p} \cos p\omega_0 t + C_{2p} \sin p\omega_0 t) \right\} \right] \mathbf{f} = 0 \quad (3)$$

ここで、Fig. 2 の q_y 作用時は $\omega_0 = \pi V/a$ 、Fig. 3 の q_x 作用時は $\omega_0 = 2\pi V/a$ であり、 D は対角要素に $\eta_u/m, \eta_v/m, \eta_\theta/\mu I_{ps}$ をもつ減衰行列である。

式(3)が Hill 型方程式であることから、Bolotin 法を適用して、単純パラメトリック共振領域の境界振動数方程式を求めると、次式となる。

$$\left| -\frac{\omega^2}{4} ([A]_1 + \frac{1}{2} [A_M]_1) + \frac{\omega_0}{2} [D]_1 + [B]_1 + \frac{P}{2} [C]_1 \right| = 0 \quad (4)$$

$$\left| -\frac{\omega^2}{4} ([A]_2 + \frac{1}{2} [A_M]_2) + \frac{\omega_0}{2} [D]_2 + [B]_2 + \frac{P}{2} [C]_2 \right| = 0 \quad (5)$$

ここで、 $[D]_1, [D]_2$ は式(6)および(7)の行列である。

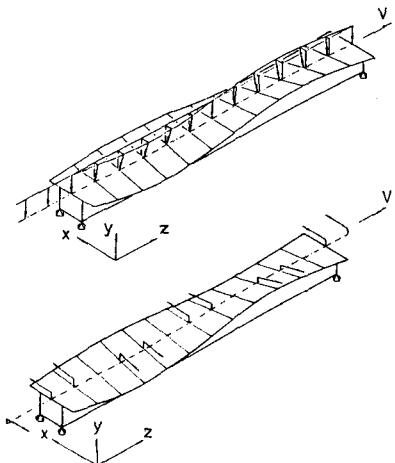


Fig. 1 Beam under traveling follower load system

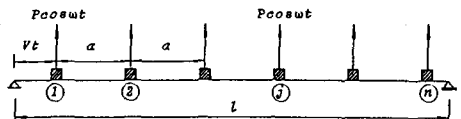


Fig. 2 Traveling vertical follower load system

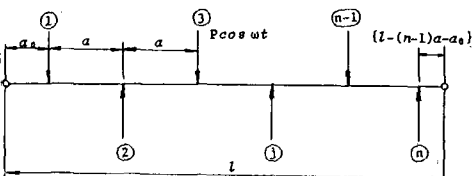


Fig. 3 Traveling horizontal transverse follower load system

その他 $[A]_1, [A_M]_1, [B]_1, [C]_1, [A]_2, [A_M]_2, [B]_2$ および $[C]_2$ は非減衰の場合と同じである。

$$[D]_1 = \begin{bmatrix} & & 3D \\ & D & \\ -D & & \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$[D]_2 = \begin{bmatrix} & & 4D \\ & 2D & \\ 0 & & \\ -2D & & \\ -4D & & \end{bmatrix} \quad (7)$$

単純パラメトリック共振領域

解析に当り、減衰係数は次式を用いて減衰定数から算出した。

$$\gamma_u = 2m\omega_u \tilde{h}_u, \quad \gamma_v = 2m\omega_v \tilde{h}_v, \quad \gamma_\theta = 2\mu I_{ps}\omega_\theta \tilde{h}_\theta \quad (8)$$

ここで、 $\tilde{h}_u, \tilde{h}_v, \tilde{h}_\theta$

は、水平、鉛直およびねじり振動の卓越する

モードに対する減衰定数であるが、計算に当

って、各振動モードに

対して一定である場合

を想定し、 $\tilde{h}_\theta = 0.01$,

0.05 および 0.1 の場

合の影響を示す。 ω_u ,

ω_v および ω_θ は水平

鉛直およびねじり振

動の卓越する固有円振

動である。

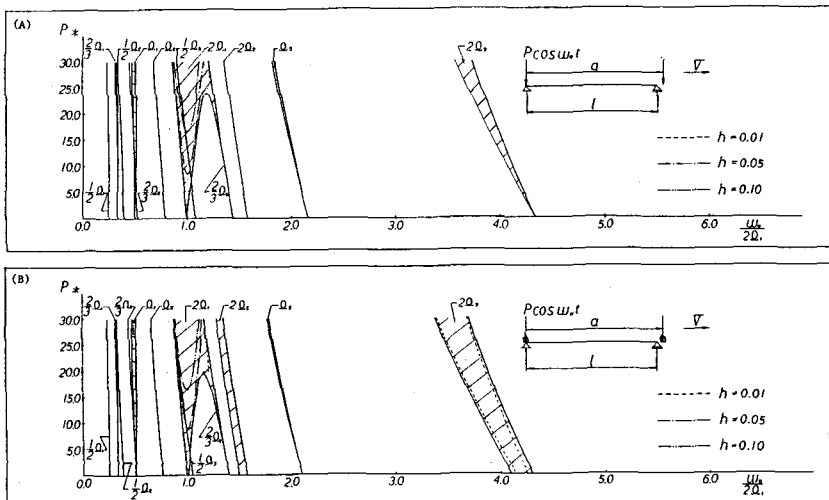


Fig.4 Regions of simple parametric instability for a simply supported beam under traveling vertical periodic follower load system when $\omega = \omega_0$ and $a/l = 1.05$.

(A) $M_0/J_0 = 0.0$; (B) $M_0/I_m = 0.103453$ and $J_0/I_{ps}I = 4.39453 \times 10^{-3}$

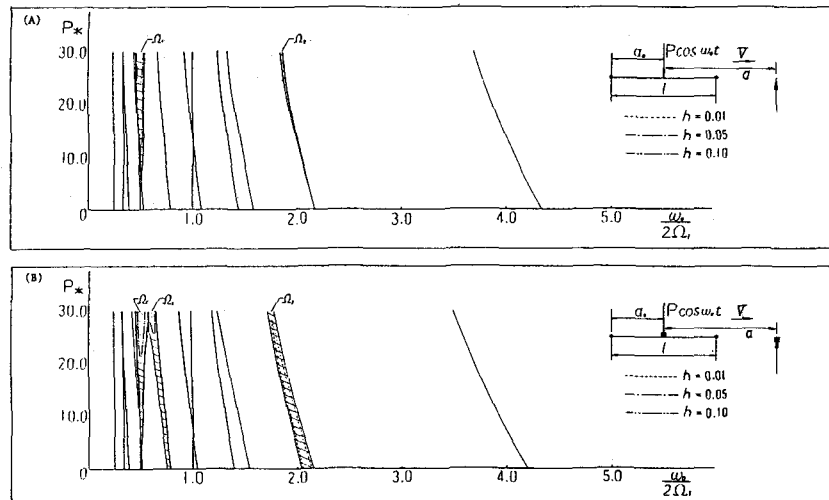


Fig.5 Regions of simple parametric instability for a simply supported beam under traveling horizontal transverse periodic follower load system when $\omega = \omega_0$, $a_0/l = 0.50$ and $a/l = 1.05$.

(A) $M_0/J_0 = 0.0$; (B) $M_0/I_m = 0.103453$ and $J_0/I_{ps}I = 4.39453 \times 10^{-3}$

1) 會田・小松：從動性走行荷重を受ける「はり」の動的応答について、土木学会第35回年次講演概要、2) 會田：連行從動荷重を受ける梁の動的弾性安定性について、第30回応力連行講演論文集、3) 會田・小松：車両橋荷重を受ける橋梁の動的挙動に関する研究、土木学会第36回年次講演概要、4) 會田・福田・小松：走行從動橋荷重を受ける梁の動的安定性に及ぼす荷重質量の影響について、土木学会中田国支部昭和57年度年次講演概要。