

山口大学 学生員 池上 豊和

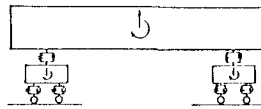
山口大学 正 員 会田 忠義

1 (まえがき) 等径間、等剛性の単純けたからなる多径間単純けた上を車両が走行するとき、ある特定の速度のとき、車両の上下、ピッチング振動が大きくなり乗り心地が悪化するとされている。¹⁾ これまでは、正弦波(下に凸)が連続する軌道上を走行するとき、車両が軌道から周期的強制力を受ける問題として把握され、調査検討されてきた。本研究の問題では上記の強制振動のほかに、係数励振振動も発生する事が報告されている。²⁾ 本報文は、多径間単純けた上を走行する単一鉄道車両の上下、ピッチング運動について、走行安定性を係数励振振動の面から調査したものである。初めに、無限に続く単純けたと車両を、円軌道げたとその上を走行する車両にモデル化し、この系の運動方程式を求め、単純パラメトリック共振を起こす条件を調査する。車両のモデルとして国鉄で使用されている新幹線車両モデルを用い、けたはスパン長30mの単純支持の実橋及び、KS-18, KS-15定規けたを新幹線用にモデル化したモデルけたを対象とした。

2 (解析モデルと運動方程式) 車両モデルは、Fig.1に示す新幹線車両モデルである。本研究では、車両の振動挙動のみに注目すればよい事を考慮すると、スパン長が車両長より長い場合、2径間からなる円軌道げたとその上を走行する車両にモデル化される。(Fig.2-a)ただし、この場合けたは車両進入直前に静止の条件を満たすとする。このモデルの連成振動の運動方程式は、減衰項を省略すると次式で表せられる。

(車両の上下ピッチング 運動方程式)

$$M_v \ddot{d}_v + K_v \dot{d}_v + G_{kg} \{d_{gv1}, d_{gv2}\}^T = 0 \quad \dots(1)$$



(rad/sec)
1st-mode(車体の上下動) $\Omega_1=6.16$
2nd-mode(車体のピッチング動) $\Omega_2=7.87$
3rd-mode(台車の上下動) $\Omega_3=27.68$
4th-mode(台車のピッチング動) $\Omega_4=28.56$

(円軌道げたの運動方程式)

$$(M_G + M_{Gv}) \begin{Bmatrix} \ddot{d}_{gv1} \\ \ddot{d}_{gv2} \end{Bmatrix} + (K_G + K_{Gv}) \begin{Bmatrix} d_{gv1} \\ d_{gv2} \end{Bmatrix} - G_{kv} d_v = -P \quad \dots(2)$$

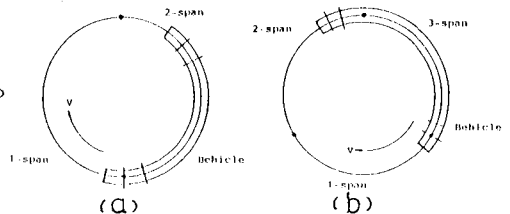


Fig-2 円軌道げた

ここで $d_{gv1} = \dot{d}_{gv1} = 0 \dots t=2L(n-1)/V$

$d_{gv2} = \dot{d}_{gv2} = 0 \dots t=2L(n-1)/V+L/V \quad (n=1,2,3,\dots)$

d_v ; 車両の変位ベクトル, d_{gv1} , d_{gv2} ; 第1、第2スパンの基準座標ベクトル, M_v , K_v , G_{kg} ; 車両の質量及び剛性行列と車両に対するけたの影響を表す剛性行列, M_G , K_G , P ; 円軌道げたの質量及び剛性行列、車両重量を表す荷重ベクトル, M_{Gv} , K_{Gv} ; 車両からの影響を表す剛性行列, G_{kv} ; けたに対する車両の影響を表す剛性行列

けたが等径間、等剛性であることより行列 G_{kg} , M_{Gv} , K_{Gv} , G_{kv} は周期 $T = (2L/V)$ をもつ周期関数となる。すなわち、この連成振動方程式は周期係数をもつ常微分方程式(HILL方程式)とみなすことができる。系の運動方程式がHILL方程式である場合、系は係数励振不安定振動を起こす。また周期 $2T$, T をもつ解は安定領域、不安定領域の境界の解となる。そこで、車両変位ベクトルを次式のように置くことによりそれぞれの振動成分における境界振動数を求めることができる。

(車両が周期 T 及び $2T$ をもって運動するとして車両ベクトルを次式で表す)

$$d_v = \frac{1}{2} a_0 + \sum \left(a_p \cos \frac{1}{2} p \omega t + b_p \sin \frac{1}{2} p \omega t \right) \dots(3) \quad \omega = 2\pi/T = 2\pi/(2L/V) = \pi V/L$$

車両が式(3)の運動をするとき、けたの強制振動ベクトル $\{d_{gv1}, d_{gv2}\}^T$ を(2)式よりもとめる。以上の d_v と $\{d_{gv1}, d_{gv2}\}^T$ が車両の運動方程式(1)を満たさなければならないことより境界振動数方程式をもとめる。

スパン長が車両長より短い場合は、Fig.2-bに示す3径間からなる円軌道げたとその上を走行する車両にモデル化され、この場合、 G_{kg} , M_{Gv} , K_{Gv} , G_{kv} は周期 $T = (3L/V)$ を持つ周期関数となり、前述の2

径間からなる円軌道げたの場合と同様に不安定領域を求めることができる。

3（解析結果） 解析するに当たり、使用した橋梁のデータは、KS-18及びKS-15定規げたを新幹線けたと同じサイズに変更したもので、それぞれのスパン長における桁の単位長さ質量、断面2次モーメント及び固有振動数の関係をFig.3, Fig.4に示す。図中、○で示す点が水門川橋梁の値である。これより、定規げたの方が堅くて重い

橋であると言える。

〔水門川橋梁-DATA〕

$L=30.0(\text{m})$

$I_{YY}=10.0723(\text{m}^4 \times 10^{-2})$

$m=13.5207(\text{ts}^2/\text{m}^2 \times 10^{-2})$

$W=44.75(\text{rad/sec})$

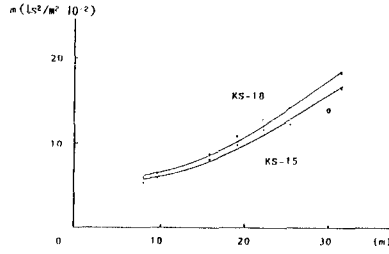


Fig-3 単位長さ質量

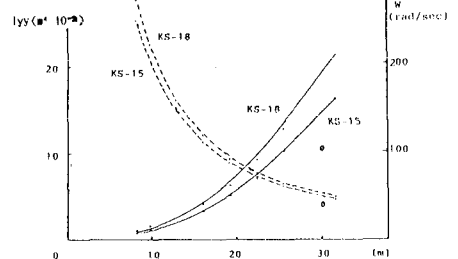


Fig-4 断面2次モーメント — 固有振動数 - - - -

まず水門川橋梁のデータを使用して桁の固有振動数と車両速度の関係を用いて不安定領域の変化を調査した結果をFig.5に示す。次に、KS-18モデルげたについての不安定領域図をFig.6に示す。縦軸はスパン長を半車両長で除した無次元量で、横軸は無次元速度パラメータである（ここで、 Ω_1 は車両の第一固有振動数； L_0 は一周期軌道長である）。スパン長と不安定領域の幅との関係をFig.7に示す。

同様に、KS-15モデルげたを使用した場合の不安定領域をFig.8, Fig.9に示す。

