

九州大学工学部 正員 小坪 清 真
 九州工業大学 正員 高西 照 彦
 九州大学工学部 学生員 烏野 清
 ○九州大学工学部 学生員 萩尾 隆 吉

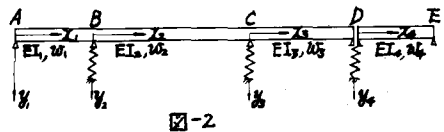
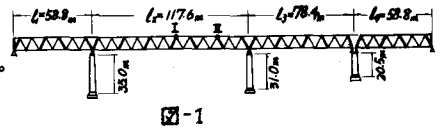
1. まえがき

本研究は図-1に示した高橋脚上に架設された三スパン連続上路トラス橋の振動性状を解析したものである。高橋脚上のトラスの耐震性については、橋軸直角水平方向の耐震性が最も重要なもので、上下方向、ならびに橋軸方向のそれは、それほど重要なものではないので無視して考える。理論的解法としては、先ず橋を一本の棒であると考えてトラスの弦材より換算したEIを用いて、梁の理論を適用する方法、次に、棒とピアーをいくつかの質点に分けて多質点系置換法を適用する方法がある。又、トラス橋を立体的に解析する方法がある。以上の理論解を、起振機実験の結果と比較してみる事によって、理論上の仮定の妥当性が判明する。

2. トラス橋の自由振動の式

梁の曲げ振動の理論で解く場合の境界条件を次式に示す。

$$\left. \begin{aligned}
 A: & y(0)=0, EI_1 y'(0)=0 \\
 B: & y(l_1)=y_1(0), y'(l_1)=y'_1(0), EI_1 y''(l_1)=EI_2 y''_1(0), \\
 & \frac{W_1}{g} \frac{\partial^2 y(l_1)}{\partial t^2} = EI_1 y'''(l_1) - EI_2 y'''_1(0) - k_1 y(l_1) \\
 C: & y(l_2)=y_2(0), y'(l_2)=y'_2(0), EI_2 y''(l_2)=EI_3 y''_2(0), \\
 & \frac{W_2}{g} \frac{\partial^2 y(l_2)}{\partial t^2} = EI_2 y'''(l_2) - EI_3 y'''_2(0) - k_2 y(l_2) \\
 D: & y(l_3)=y_3(0), EI_3 y''(l_3)=0, EI_4 y'(l_3)=0, \\
 & \frac{W_3}{g} \frac{\partial^2 y(l_3)}{\partial t^2} = EI_3 y'''(l_3) - EI_4 y'''_3(0) - k_3 y(l_3) \\
 E: & y(l_4)=0, EI_4 y'(l_4)=0
 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$



(1)式に示す様に、桁の水平振動に及ぼすピアーの影響としては、ピアーが一次の振動型で変形した時の運動エネルギーと、ピアーを一質点系とし質点か同量の変形をした場合の運動エネルギーとが等しくなる様に一質点系の質量を決定して、これを桁に付加する。

次に、橋を一本の棒と考え、桁およびピアーをn個の質点に分割して、これを多質点系置換法で解く場合の振動方程式は、次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned}
 & \left(\frac{W_1}{g} \delta_{11} - \frac{1}{\omega^2} \right) A_1 + \frac{W_2}{g} \delta_{21} A_2 + \dots + \frac{W_n}{g} \delta_{n1} A_n = 0 \\
 & \frac{W_1}{g} \delta_{12} A_1 + \left(\frac{W_2}{g} \delta_{22} - \frac{1}{\omega^2} \right) A_2 + \dots + \frac{W_n}{g} \delta_{n2} A_n = 0 \\
 & \dots \dots \dots \\
 & \frac{W_1}{g} \delta_{m1} A_1 + \frac{W_2}{g} \delta_{m2} A_2 + \dots + \left(\frac{W_m}{g} \delta_{mm} - \frac{1}{\omega^2} \right) A_m = 0
 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

(2)式において、 δ_{ij} はたわみの影響係数である。 $\delta_{ij} = \delta_{ji}$

さらに、橋をそのまま立体トラスとして解く場合について示す。各節点は、図-3に示す様に、2,

y , z 方向の変位成分としてそれぞれ u , v , w をもつ。本橋は節点数が 130 あり、これを厳密に解くには膨大な計算量が必要となる。そこで以下に述べる近似的取り扱いを行う。

(1) 図-4 に示す様にトラス橋の重量も各節点に集中させる。

(2) 図-3 において、 $v=w=0$ 、すなわちトラスの橋軸直角上下および、橋軸方向の変位を無視する。

(3) 図-3 において、 $u_L=u_R$ とする。

(4) 連続トラスのみを対象とする。

上の近似を行えば、図-3 の節点 i におけるつり合い式は (3) 式で示される。

$$\left. \begin{aligned} \frac{W_i}{g} \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} = & -\frac{EA_{i(i-2)}}{l_{i(i-2)}} \lambda_{i(i-2)}^2 (u_{i-2} - u_i) - \frac{EA_{i(i+2)}}{l_{i(i+2)}} \lambda_{i(i+2)}^2 (u_{i+2} - u_i) \\ & - \frac{EA_{i(i-1)}}{l_{i(i-1)}} \lambda_{i(i-1)}^2 (u_{i-1} - u_i) - \frac{EA_{i(i+1)}}{l_{i(i+1)}} \lambda_{i(i+1)}^2 (u_{i+1} - u_i) \\ & - \frac{1}{2} k u_i \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

(3) 式の中へ λ は方向余弦を示し、 $\lambda_{ij} = \frac{|x_i - x_j|}{l_{ij}}$ である。他の節点についても、 i 点と同様なつり合い式が得られる。 u_i は自由振動時の変位であるから、(3) 式において $u_i = A_i \sin \omega t$ と置けば、振動数方程式が得られる。

3. 実験結果および計算結果

実験には、起振力 $= 25 f^2 \text{ kg}$ (f : 振動数) の起振機、および、速度型電磁式地震計を使用した。起振機は図-1 に示す様に上弦格点にニヶ所 (E, H) に設置し、それぞれの場合について橋軸直角水平方向の起振実験を行なった。4 次までの変位モードを 5 図に示し、橋を棒と仮定した場合の、梁の曲げ振動の理論による変位モード (6 図) と比較した。減衰定数の計算は、共振曲線より求める方法と、共振時の変位モードより求める方法の二通りで行い、その結果を表-1 に示した。

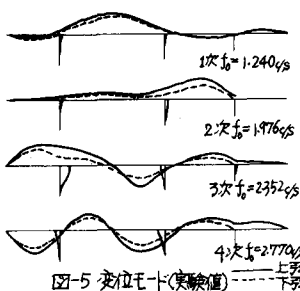


図-5 変位モード(実験値)

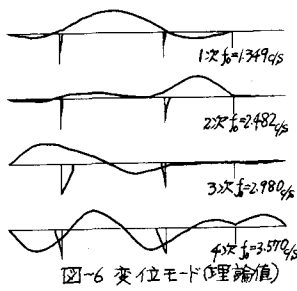


図-6 変位モード(理論値)

次数	共振曲線よりの計算値	共振時変位モードよりの計算値
1	0.0122	0.0162
2	0.0118	0.0177
3	0.0081	0.0191
4	0.0131	0.0151
5	0.0146	0.0155
6	0.0108	0.0178
7	0.0083	0.0145
8	0.0157	0.0138
9	0.0138	0.0625

表-1 減衰定数

4. 結び

本橋は、対傾構が図-1 の太線部分に配置されているが、図-6 に示した実験による変位モードからわかる様に、上弦材と下弦材の動きが一致しない。したがって、橋を立体トラスとして解く必要がある。これについては現在計算中であり、結果は講演時に発表する予定である。