

## アーチ系鋼橋の固有周期

岩手大学工学部 正員 ○宮本 裕  
岩手県土木部 正員 北柄啓輔  
福島県土木部 正員 熊田優吉

### 1. まえがき

著者は、これまで平面骨組構造解析ならびに平面骨組構造物の固有周期を1回で計算するプログラムを作り、それを用いてアーチ系鋼橋のスパンと1次固有周期の関係を工学的見地から大ざかみする式を求めできた。<sup>2)</sup>

構造物を設計する際、地震等による共鳴を避けるのが望ましく、そのため考へている構造物の固有周期を知る事が重要である。参考文献1)には図-1のようない、支間にに対する道路橋の上下動の固有周期T<sub>u</sub>の関係が示されている。この図においては鋼トラス・アーチ橋が一本の直線で表わされているが、鋼トラスと鋼アーチでは性質が多少異なると思われる。

本研究による図を用いると、設計者はアーチ橋の大きさが与えられたなら、複雑な計算をすることなしに直ちに固有周期を知ることができます。また固有周期が設計に使われる例として、たとえば道路橋耐震設計指針によると、修正震度法における設計水平震度は次式により求められる。

$$f_{\text{des}} = \beta \cdot f_{\text{st}} = \beta \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_3 \cdot f_{\text{st}}, \quad \dots (1)$$

この式において $\beta$ は構造物の固有周期による設計震度の補正係数で、構造物固有周期T<sub>u</sub>と補正係数 $\beta$ の関係を表わすグラフが同指針に与えられている。

### 2. 解析の方法

解析の対象になったのはすでに発表した研究<sup>2)</sup>において13橋、その後7橋、合計20橋のアーチ橋であり最も近似計算した7橋を図-2に示す。これらの橋に変形法を用いてたわみを計算し、多質点系構造物として数十個の質点に分割してその部分の質量を定め、固有周期と固有ベクトルを計算した。計算には以上の過程を1回で計算するプログラムを作りこれを用いた。

平面ラーメンの剛性マトリックスは式(2)のようになる。

$$\begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \\ M_i \\ X_j \\ Y_j \\ M_j \end{pmatrix} = \frac{E}{l} \begin{pmatrix} K_1 & K_2 & -K_4 & -K_1 & -K_2 & -K_4 \\ K_3 & K_5 & -K_2 & -K_3 & K_5 & \\ 4I & K_4 & -K_5 & 2I & & \\ & K_1 & K_2 & K_4 & & \\ & & sym. & & & \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_i \\ V_i \\ \Theta_i \\ U_j \\ V_j \\ \Theta_j \end{pmatrix}$$

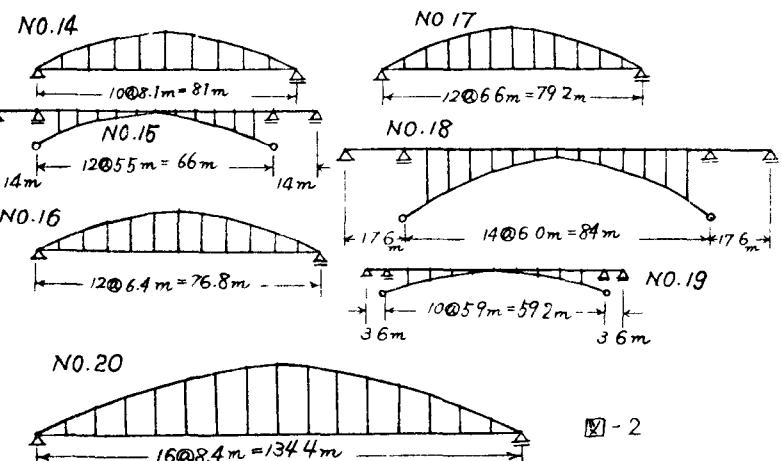


図-2

ここで、 $K_1 = A \lambda^2 + \frac{12I}{l^2} \mu^2$ ,  $K_2 = (A - \frac{12I}{l^2}) \lambda \mu$ ,  
 $K_3 = A \mu^2 + \frac{12I}{l^2} \lambda^2$ ,  $K_4 = \frac{6I}{l} \mu$ ,  
 $K_5 = \frac{6I}{l} \lambda$   
 $\lambda = \cos \alpha$ ,  $\mu = \sin \alpha$  で $\alpha$ は部材の傾きである  
 $A$ (断面積),  $I$ (断面2次モーメント),  $l$ (部材長),  
 $U$ (水平変位),  $V$ (垂直変位),  $\Theta$ (回転変位),

$X$ (水平力),  $Y$ (垂直力),  $M$ (曲げモーメント)。そして全体の剛性マトリックスを重ね合せることにより求め、境界条件と荷重条件を与えて次の式から変位を求める。

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ M \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

垂直振動の場合は  $Y=1$ ,  $X=M=0$  として求めた変位のうち  $v$  を主として用いる。この  $v$  よりたわみの影響線の行列を求め、次式により固有周期と固有ベクトルを計算する。

$$\begin{vmatrix} \alpha_{11} m_1 - \frac{1}{\lambda^2} & \alpha_{12} m_2 & \cdots & \alpha_{1n} m_n \\ \alpha_{21} m_1 & \alpha_{22} m_2 - \frac{1}{\lambda^2} & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{n1} m_1 & \cdots & \alpha_{nn} m_n - \frac{1}{\lambda^2} \end{vmatrix} = 0 \quad (4)$$

これより  $T_1 = \frac{2\pi}{\lambda_1}$ ,  $T_2 = \frac{2\pi}{\lambda_2}$  ..., (5)  
なお水平振動の場合は  $X=1$ ,  $Y=M=0$  として求めた変位のうち  $u$  を主として用いるので、計算プログラムは同じである。したがって入力データカード 1 枚を差し換えることにより垂直、水平の固有周期を計算するプログラムを作つて、これを用いた。以上の計算の手順を示したもののが図-5 である。

### 3. 結論

図-3 はスパンの長さと、垂直方向の固有振動周期との関係をまとめたもの、また図-4 はライズと水平方向の固有振動周期をまとめたものである。垂直方向の場合、ランガー型式(下路橋)では  $T=L/120$  となり、逆ランガー型式(上路橋)では  $T=L/180$  となる。また水平方向の場合は下路と上路の差はない、きりとは限られず、ともに  $T=f/60$  となる。これらの式は以前に発表したものとは多少異なるが、本研究においては統計 20 橋について計算したものまとめたので、現在のところ最も新しい精緻と言ふところである。

なお計算には、北大、東北大、東大の大型計算機センターを利用した。本研究のはう北大データの作成と整理にあた、た構造研究室の大学院生島津君をはじめとする卒業論文研究室諸君に感謝する。

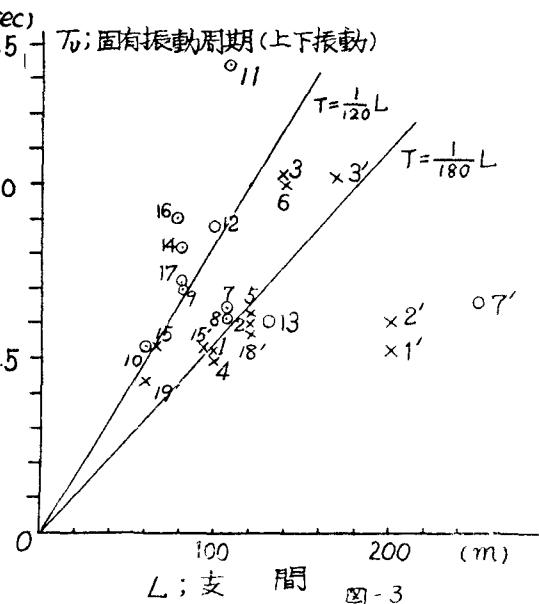


図-3

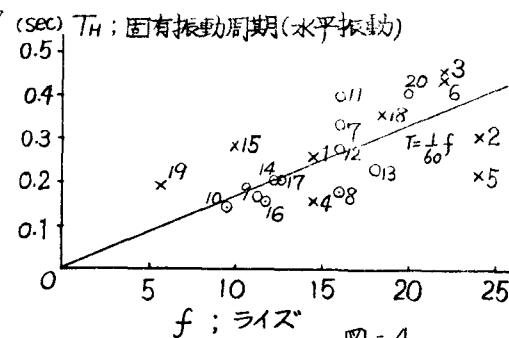


図-4

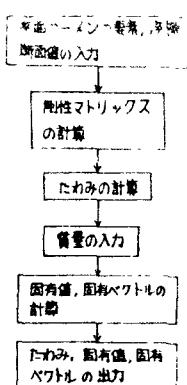


図-5

参考文献 1) 渡辺昇: 橋梁工学, 朝倉書店

2) 宮本, 渡辺, 島津: アーチ系鋼橋の垂直および水平の固有振動周期について, 第31回講演概要集