

福岡大学 正員 村上 正  
山口大学 教員 會田忠義

ランガーライドおよびランガートラス橋の振動解析について、これまでに多くの研究がなされてきたが、そのほとんどが鉛直振動を対象としたもので、水平あるいは回転振動については全く等閑視されてきた。中経間橋梁に属するランガートラス橋、特に、側面高さが中員に比べて大きい場合は長経間橋梁と同様、耐震設計上、立體的な振動特性は明るかにされなければならぬ。

著者らは、これまでに、長経間トラス橋の自由振動の立體的解析について研究を重ねてきたが、本研究は同一の手法によるランガートラス橋の自由振動の立體的解析法を示すとともに、適用例によりランガートラス橋の立體的な振動特性を明るかにしたものである。

#### 解析上の仮定

立體的解析を行なうに当り、次の仮定を入れてランガートラスを模型化した。

- ① 補剛トラス部の横断面は形状変化しないとし、残りの横断面、すなわち、補剛トラスの上弦材よりも上の部分は形状変化をすとす。
- ② フリ材の伸縮を無視するが、曲げ剛性は有限とする。また、補剛トラスの垂直材および横材とも伸縮しないとする。
- ③ 横断面の上の水平材(アーチ部のストラット)は剛体であるとする。
- ④ フリ材を除いた他の部材はすべて節点でヒンジ結合されているとする。  
ただし、フリ材と補剛トラスおよびフリ材とアーチとの接合部は橋軸方向の力に対してはいすれもヒンジの働きをするが、橋軸に直角な水平力に対しては剛結である。すなわち、図-1の通りである。
- ⑤ 床板は補剛トラスの垂直材にヒンジ結合されていふとする。
- ⑥ 床板の水平軸まわりの曲げ剛性および橋軸方向の伸縮剛性を無視する。  
が、鉛直軸まわりの曲げ剛性および橋軸まわりのねじり剛性を考慮する。
- ⑦ トラスゲルおよび床板の質量を各節点に集中せしめる。
- ⑧ 振動は微小振動で減衰力は作用しない。

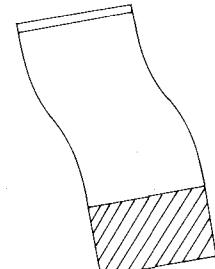


図-1

#### 運動方程式

ランガートラスの一横断面の変位および変形は上記の仮定にしたがうと、図-2に示すように、横断面内の変位および変形として、全横断面の重心への水平変位  $U_i$  および鉛直変位  $W_i$  ならびに横断面の形状変化、すなわち、鉛直せん断変形  $\Gamma_i$  および水平せん断変形  $\Pi_i$ 、また、横断面外への変位として、補剛トラスの四隅の節点の橋軸方向変位  $V_{4i+m}$  およびアーチ部の節点の橋軸方向の変位  $V_{2i+m}$  に集約される。

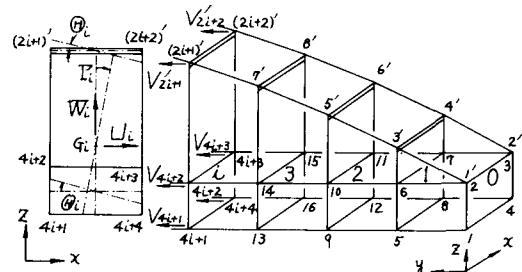


図-2

上述の変位および変形が生ずると、図-3に示す復元力および復元モーメントが生ずる。図中、 $K_{Vm}$ 、 $K_{Vm'}$ および $K_{Vm''}$  ( $m=1, 2, 3, 4$ ) は補剛トラスの節点  $4i+m$  に作用する鉛直、水平および橋軸方向の復元力  $K_{Vm}$ 、 $K_{Vm'}$  および  $K_{Vm''}$  ( $m=1, 2$ ) はアーチ節点  $(2i+m)'$  に作用する鉛直、水平および橋軸方向の復元力である。また、 $R_i$  および  $M_{Ti}$  はそれをねら板による水平方向の復元力およびねじり抵抗による復元モーメントである。

i番目の横断面の自由振動の水平および鉛直の運動方程式は次式となる。 $\omega_{ci}$  は横断面の全質量である。

$$m_{ci} \frac{d^2 U_i}{dt^2} = - (K_{Vi} + K_{V2} + K_{V3} + K_{V4} + K_{Vi'} + K_{V2'}) - R_i \quad (1)$$

$$m_{ci} \frac{d^2 W_i}{dt^2} = - (K_{Vi} + K_{V2} + K_{V3} + K_{V4} + K_{Vi'} + K_{V2'}) \quad (2)$$

鉛直せん断および水平せん断の運動方程式は図-4を参照すると次のようになる。

$$L_i^v \frac{d^2 \theta_i}{dt^2} = - b (K_{Vi} + K_{V2} - K_{V3} - K_{V4} + K_{Vi'} - K_{V2'})$$

$$+ C_{ci} (K_{Vi} + K_{V2}) - C_{ci} (K_{V3} + K_{V4}) + 4\bar{M} + C_{ci} \bar{Q}$$

$$- M_{Ti} + C_{ci} R_i \quad (3)$$

$$L_i^h \frac{d^2 T_i}{dt^2} = C_{ci} (K_{Vi} + K_{V2} + K_{V3} + K_{V4}) - C_{ci} (K_{Vi'} + K_{V2'})$$

$$+ C_{ci} R_i - z h_{2i} \bar{Q} \quad (4)$$

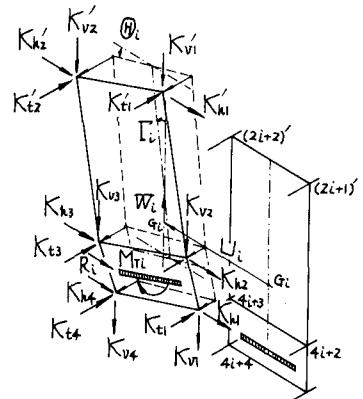


図-3

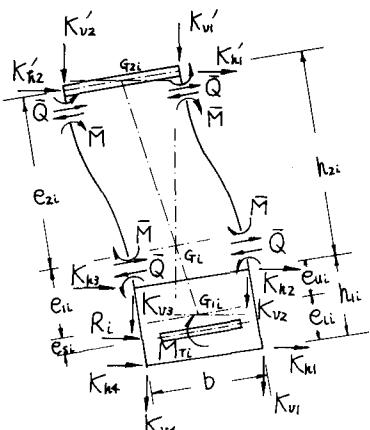


図-4

横断面の6個の節点の橋軸方向の運動方程式は次式となる。補剛トラス節点の質量を  $M_{4i+m}$ 、アーチ節点の質量を  $M_{2i+m}'$  とする。

$$M_{4i+m} \frac{d^2 V_{4i+m}}{dt^2} = - K_{Vm} \quad (5)$$

$$M_{2i+m}' \frac{d^2 V_{2i+m}'}{dt^2} = - K_{Vm'} \quad (6)$$

上記の式(1)～(6)を行列表示すると、i番目の横断面の運動方程式は次式となる。

$${}_1 D_i X_{i-2} + (A_i + {}_2 D_i) X_{i-1} + (B_i + {}_3 D_i - \omega^2 W_i) X_i$$

$$+ (C_i + {}_4 D_i) X_{i+1} + {}_5 D_i X_{i+2} = 0 \quad (7)$$

式中、 ${}_1 D_i$ 、 ${}_2 D_i$ 、 ${}_3 D_i$ 、 ${}_4 D_i$  および  ${}_5 D_i$  はねら板の剛性に関する  $10 \times 10$  の行列で、 $A_i$ 、 $B_i$  および  $C_i$  はトラス部材の剛性に関する  $10 \times 10$  の行列で、 $W_i$  は i 番目の横断面の質量分布を表す対角

行列である。また、 $X_i$  は  $i$  番目の横断面の変位ベクトルである。

$$W_i = \begin{bmatrix} w_{i1} \\ w_{i2} \\ f_{i1}^h \\ f_{i2}^h \\ m_{4i+1} \\ m_{4i+2} \\ m_{4i+3} \\ 0 \\ m_{4i+4} \\ m_{4i+5} \\ m_{4i+6} \end{bmatrix} \quad \cdots (8)$$

$$X_i = \begin{bmatrix} u_i \\ w_i \\ \theta_i \\ f_i \\ v_{4i+1} \\ v_{4i+2} \\ v_{4i+3} \\ v_{4i+4} \\ v'_{2i+1} \\ v'_{2i+2} \end{bmatrix} \quad \cdots (9)$$

### 適用例

表-1に示す諸元をもつランガートラス橋に本解析法を適用した結果を示す。1次振動から10次振動までの固有周期とその主な振動型を示すと、表-2の通りである。

表-2 固有周期と主な振動型

次数	固有周期	主な振動型
1	0.4544	水平せん断 対称1次
2	0.4303*	鉛直 対称1次
3	0.4068	" 逆対称1次
4	0.3292	水平せん断 逆対称1次
5	0.2226	鉛直 対称2次
6	0.1976	鉛直せん断 対称1次
7	0.1900	水平 対称1次
8	0.1629	接線振動(橋軸方向)
9	0.1366	鉛直 逆対称2次
10	0.1302	鉛直せん断 逆対称1次

立体的振動モードを図-6に示す。

本橋は比較的短絶間であるため、水平振動周期は小さくなつた。(しかし、一般に考へられたように、横断面の変形は大きく、水平せん断振動の周期は大きくなつた。

本橋の鉛直振動と補剛トラスのみの鉛直振動の周期を比較すると、次表の通りである。

表-3 鉛直振動周期

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ランガートラス	0.4303	0.4068	0.2226	0.1366	0.0998	0.0881	0.0716	0.0682	0.0652	0.0615
補剛トラス	1.4652	0.6025	0.2235	0.1374	0.1008	0.0877	0.0729	0.0706	0.0650	0.0614

表-1 ランガートラス橋の諸元

パネル数	12	フリックの長さ	2.444m
パネル長	5.45m	(スパン中央より左側半分)	4.444m
橋長	65.40m		6.000m
主トラス間隔	6.50m		7.111m
補剛トラス高さ	3.00m		7.778m
			8.000m

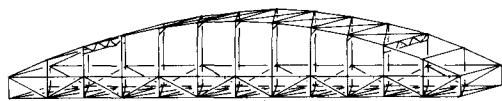
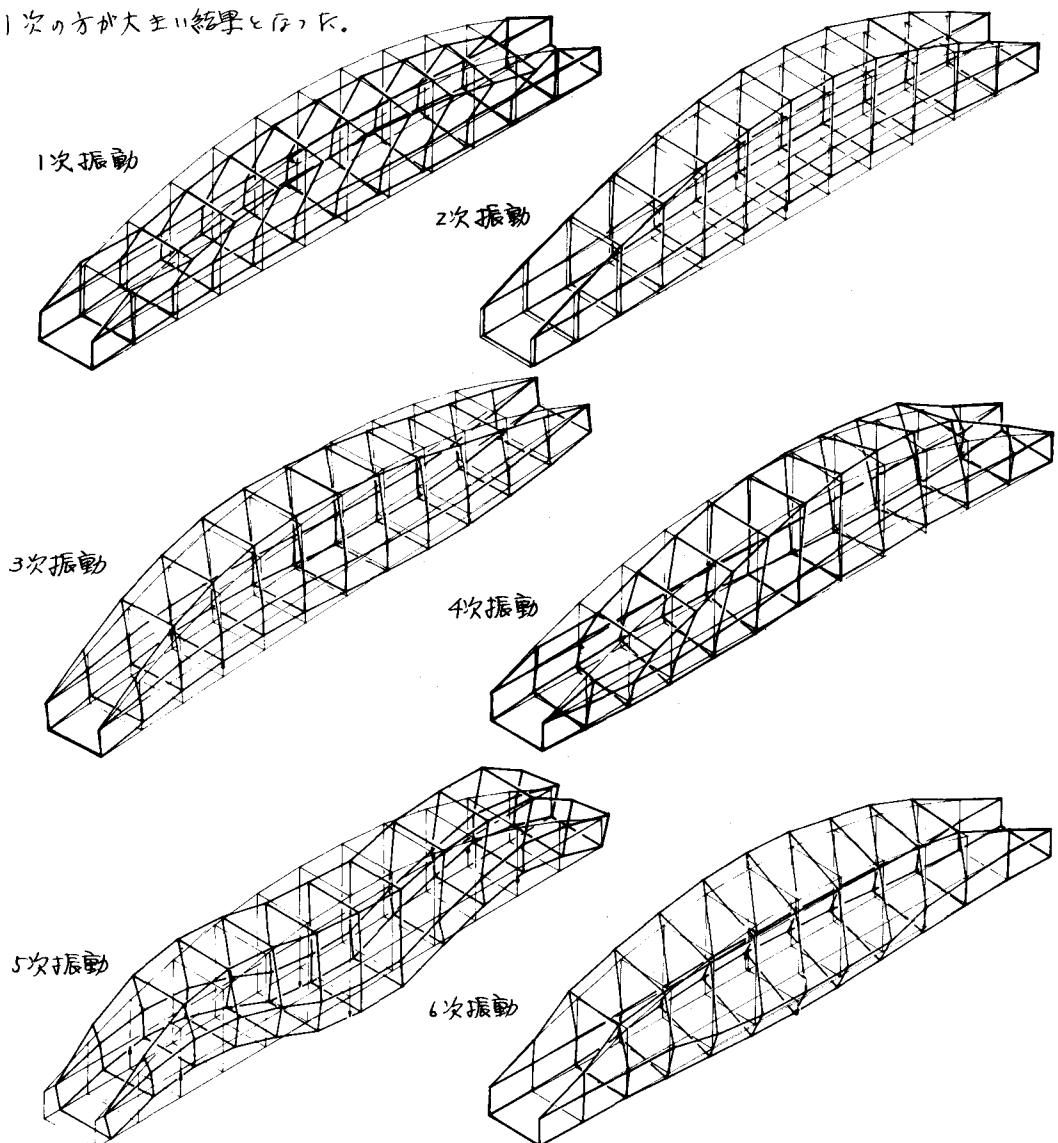


図-5

\* Rayleigh 法により鉛直対称1次振動の周期を計算した結果 0.417 sec であつた。

一般に、ランガートラス橋の鉛直振動では、逆対称1次が最も大きい周期となり、次に対称1次となるが、本橋では補剛トラスが比較的大きめのために、対称1次と逆対称1次が接近し、しかも、対称1次の方が大きな結果となる。



#### 参考文献

- 1) 村上・会田：横断面の変形を考慮した  
トラス橋の自由振動の立體解析、九大工  
学雑報 第44巻 7号
- 2) 会田：ト拉斯橋の振動解析、日本鋼構  
造協会誌、第8卷 74号

