

福岡大学 正員 村上 正  
山口大学 〃 〃 會田史義

ランゲートラス橋およびランゲートラス橋の振動解析について、これまで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。中径間橋梁に属するランゲートラス橋、特に、けり高さが中径に比べて大きい場合は長径間橋梁と同等、耐震設計上、立体的な振動特性は明らかにされなければならぬ。

著者は、これまでに、長径間トラス橋の自由振動の立体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ゲートラス橋の自由振動の立体的解析法を示すと同時に、適用例によりランゲートラス橋の立体的振動特性を明らかにしたものである。

解析上の仮定

立体的解析を行なうに当り、次の仮定を入れてランゲ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および下弦材は形状変化を許すとする。
- 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げり材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点には橋軸方向の力に対してはいずれもヒンジの働きをするが、橋軸に直交する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るとする。
- 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させる。
- ⑧ 振動は微小振動で減衰力は作用しない。

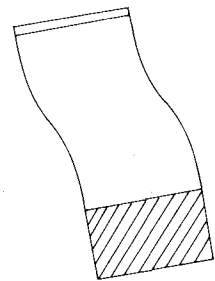


図 - 1

運動方程式

ランゲ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  $\theta_i$  および水平せん断変形  $E_i$ 、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。

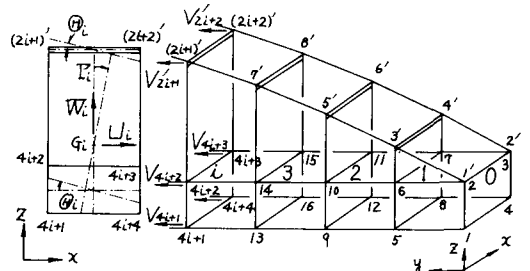
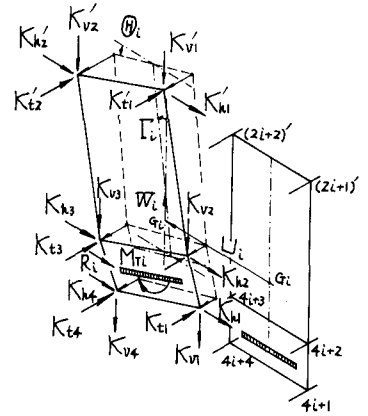


図 - 2

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、 $K_{vm}$ ,  $K_{hm}$ および $K_{em}$  ( $m=1, 2, 3, 4$ )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  $K'_{vm}$ ,  $K'_{hm}$  および  $K'_{em}$  ( $m=1, 2$ )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  $M_{ri}$  はそれぞれ床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。



197 - 3

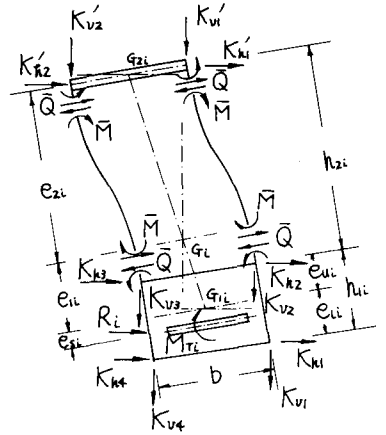
$i$ 番目の横断面の自由振動の水平および鉛直の運動方程式は次式となる。 $w_i$  は横断面の全質量である。

$$w_i \frac{d^2 U_i}{dt^2} = - (K_{h1} + K_{h2} + K_{h3} + K_{h4} + K_{h1}' + K_{h2}') - R_i \dots (1)$$

$$w_i \frac{d^2 W_i}{dt^2} = - (K_{v1} + K_{v2} + K_{v3} + K_{v4} + K_{v1}' + K_{v2}') \dots (2)$$

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表わされる。

$$\begin{aligned} L_i^v \frac{d^2 Q_i}{dt^2} = & -b(K_{v1} + K_{v2} - K_{v3} - K_{v4} + K_{v1}' - K_{v2}') \\ & + e_{2i}(K_{h1} + K_{h4}) - e_{2i}(K_{h2} + K_{h3}) + 4\bar{M} + e_{2i}\bar{Q} \\ & - M_{ri} + e_{2i}R_i \dots \end{aligned} \quad (3)$$



197 - 4

横断面の  $b$  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。

$$M_{4i+m} \frac{d^2 V_{4i+m}}{dt^2} = -K_{em} \dots (5) \quad M_{(2i+m)'} \frac{d^2 V_{(2i+m)'}}{dt^2} = -K_{em}' \dots (6)$$

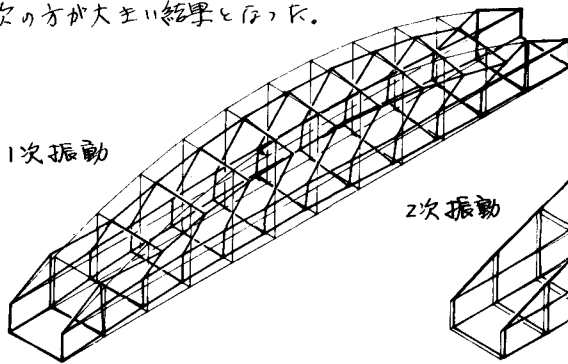
上記の式(1)~(6)を行列表示すると、 $i$ 番目の横断面の運動方程式は次式となる。

$$\begin{aligned} {}_1D_i X_{i-2} + (A_i + {}_2D_i) X_{i-1} + (B_i + {}_3D_i - \omega^2 W_i) X_i \\ + (C_i + {}_4D_i) X_{i+1} + {}_5D_i X_{i+2} = 0 \dots \end{aligned} \quad (7)$$

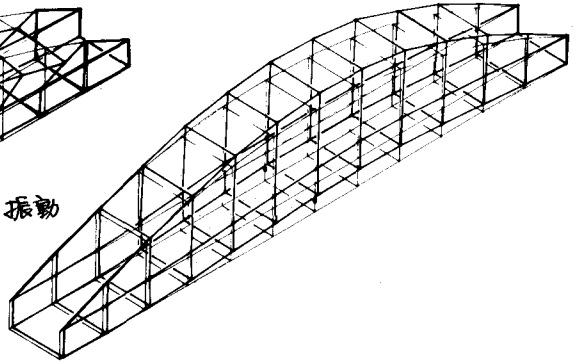
式中、 ${}_1D_i, {}_2D_i, {}_3D_i, {}_4D_i$  および  ${}_5D_i$  は床板の剛性に関する  $10 \times 10$  の行列で、 $A_i, B_i$  および  $C_i$  はトラス部材の剛性に関する  $10 \times 10$  の行列で、 $W_i$  は  $i$ 番目の横断面の質量分布を表わす対角



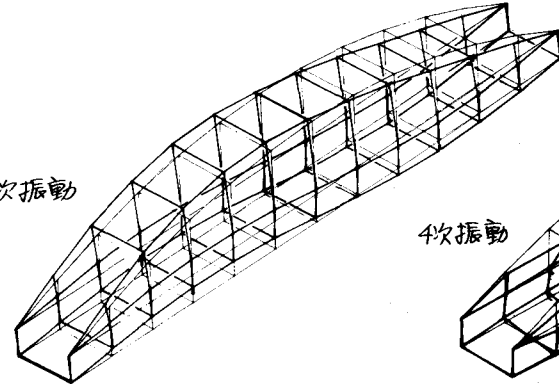
一般に、ランゲートウス橋の鉛直振動では、逆対稱1次が最も大きい周期となり、次に対稱1次となるが、本橋では補剛トラスが比較的大きいため、対稱1次と逆対称1次が接近し、しかも、対稱1次の方が大きい結果となった。



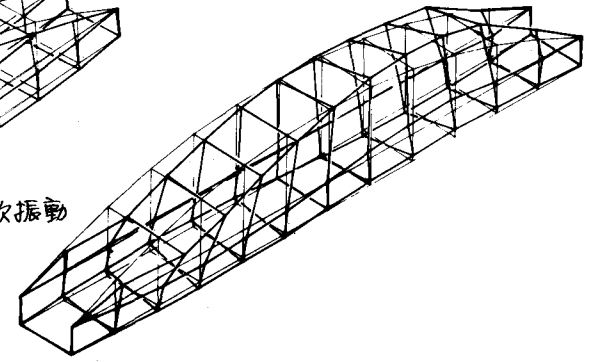
1次振動



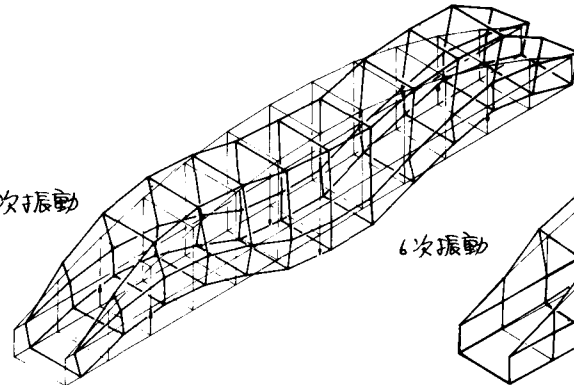
2次振動



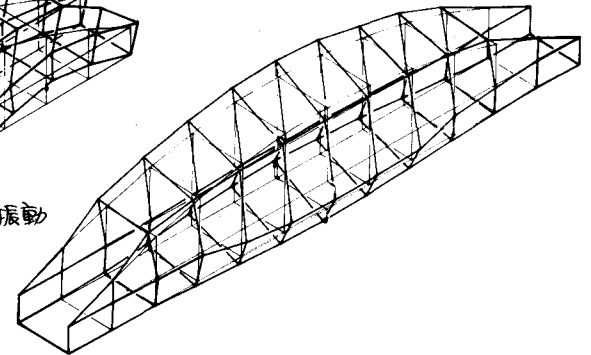
3次振動



4次振動



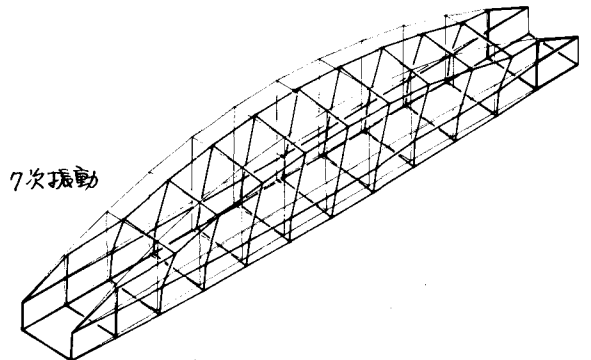
5次振動



6次振動

参考文献

- 1) 村上・倉田：橋断面の变形を考慮したトラス橋の自由振動の立体解析，九大工学集報，オ44巻7号
- 2) 倉田：トラス橋の振動解析，日本鋼構造協会誌，オ8巻74号



7次振動