

## 吊床版橋のアーチ橋への等価置換法について

熊本大学 学生員 元田 和章    熊本大学 学生員 川崎 文仁  
 熊本大学 正 員 平井 一男    八代高専 正 員 水田 洋司

## 1. まえがき:

吊床版橋は、両端の橋台にはば水平に張り渡したザイル(ＰＣ鋼材)を、薄いコンクリートで包み込んで床版とし、その上を直接人や車が通れるようにした橋梁である。この橋梁はＰＣ桁であるため自重が軽いことや迅速で経済的な施工が可能などの特徴をもち、今後は中小規模の歩道橋のみでなく、長大支間の分野においてもその優位性を発揮できる構造の１つであると考えられる。そこで本研究では、吊床版橋を一種のアーチ橋と見なし、アーチ橋の解析手法を用いて連続体モデルによる吊床版橋の解析を行なう方法を提案するものである。

## 2. 解析手法:

吊床版橋は適当な基本サグ量  $f$  が必要なため、その床版をアーチ構造と見なせばアーチ部に曲げ剛性を持つローゼ桁と考えられる。ローゼ桁は上弦材の曲げ剛性  $E I_a$  を補剛桁の曲げ剛性  $E I_g$  に繰り入れて、補剛桁が見かけ上  $E(I_a + I_g)$  なる曲げ剛性を持ったランガー桁と考えることができるので、ランガー橋の解析がローゼ橋に対してそのまま適用できる<sup>2)</sup>。したがって、ランガー橋の解析手法を用いて吊床版橋の解析をすることが可能であるといえる。そこで、図-1のようなランガー橋における振動数方程式<sup>1)</sup>は、

$$1 + \frac{512 E f^2 B}{\rho l^4 \pi^2} \sum \frac{1}{n^2 (\omega_{gn}^2 - \omega^2)} = 0 \quad (n=1, 3, 5, \dots) \quad (1)$$

ここに、 $f$  : アーチのライズ長、 $B = A_a A_g / \{A_a + A_g(1 + 8(f/l)^2 + 19.2(f/l)^4)\}$ ,

$A_a$  : アーチ断面積、 $A_g$  : 補剛桁断面積、 $\rho$  : 単位長さ当たりの質量、 $l$  : スパン、

$\omega_{gn} = (n\pi/l)^2 \cdot \sqrt{E I_g / \rho}$  : 補剛桁の  $n$  次の固有振動数(rad/sec)、 $E I_g$  : 曲げ剛性

であるが、吊床版橋には図-2のように初期水平力  $H_0$  が作用しているため、 $n$  次の固有振動数は、

$$\omega_{gn}' = \omega_{gn} \cdot \left(1 + \frac{\zeta}{n^2}\right)^{1/2} \quad (2)$$

ここに、 $\zeta = H_0 l^2 / (E I_g \pi^2)$

となる。また床版の曲げ剛性は仮空の補剛桁に組み込み  $I_a = I_g$  とするが、補剛桁断面積  $A_g$  は支点間の水平変位がないことから  $A_g = \infty$  とし、次式のような  $B'$  を用いる。

$$B' = \frac{A_a}{1 + 8(f/l)^2 + 19.2(f/l)^4} \quad (3)$$

そして(1)式は次のように無次元化される。

$$1 + \frac{512 \beta}{\pi^6} \sum \frac{1}{n^2 (n^4 - \bar{\lambda})} = 0 \quad (4)$$

ここに、 $\beta = f^2 B' / I_g$ ,  $\bar{\lambda} = \lambda / \lambda_1'$ ,  $\lambda = \omega^2$ ,

$\lambda_1' = \omega_{g1}'^2$

上式を用いて固有振動数  $\omega$  を算出する。そこで求めた  $\bar{\lambda}$  を次式に代入して固有モード  $\phi(x)$  を求める<sup>1)</sup>。

$$\phi(x) = \sum \frac{1}{n(n^4 - \bar{\lambda})} \sin \frac{n\pi x}{l} \quad (5)$$

## 3. 数値計算:

表-1のような梅の木轟吊橋(熊本県球磨郡泉村)の諸元を用いて解析を行なった。ここで計算に用い

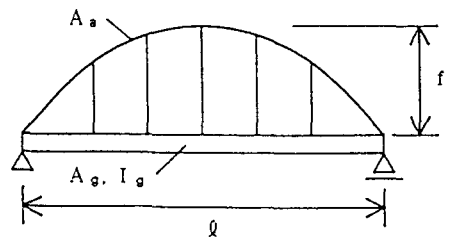


図-1 ランガー橋モデル

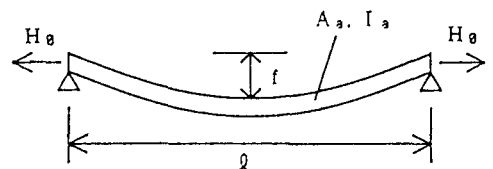


図-2 吊床版橋モデル

たヤング率Eおよび床版断面積A<sub>g</sub>はコンクリートと鋼材および鉄筋の比率を考慮にいれて換算した値である。また比較のため2次元の離散モデルによる解析を行ない、固有振動数の値による比較を行なったところ、表-2のような結果となった。この表より両者は近い値をとっているのがわかる。

そこで、サグ量による固有振動数の変化を調べた。図-3のように縦軸にスパン-サグ比  $f/l$  をとり、横軸に補剛桁のみの1次の固有振動数で割った固有振動数  $\omega/\omega_{g1}$  をとった。図中の横線は梅の木轟吊橋の諸元によるものを表している。この図より、各次数ともある一定の違った範囲で固有振動数が変化するところがあり、順々に変化が出ているのがわかる。これはサグ量を変えることによりある次数の固有振動数だけ変化させることができることを表している。次に、初期水平力による固有振動数の変化を調べた。図-4のように縦軸に1次の座屈荷重  $P_1$  で初期水平力  $H_0$  を割った値をとり、横軸は  $\omega/\omega_{g1}$  をとる。この図では、初期水平力が大きくなるにつれて固有振動数は大きくなることがわかる。また次数が高くなるほど傾きが緩やかになっており、高次になるほど初期水平力は固有振動数に影響をおよぼしている。これは高次になるほど徐々にアーチの影響が小さくなり、補剛桁のみの固有振動数に近づいているためであると思われる。

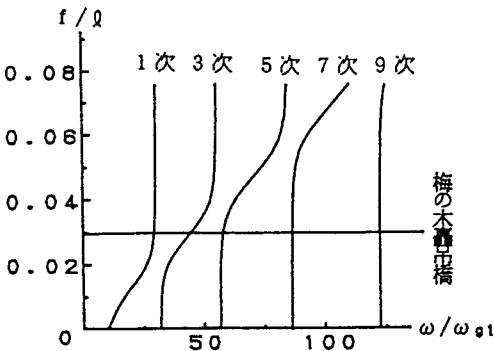


図-3 スパン-サグ比による固有振動数変化

| 表-2 固有振動数(Hz) |     |         |         |
|---------------|-----|---------|---------|
| 対称            |     | 連続体モデル  | 離散モデル   |
|               | 1次  | 0.87671 | 0.86250 |
|               | 3次  | 1.33173 | 1.27683 |
|               | 5次  | 1.73995 | 1.67168 |
|               | 7次  | 2.60150 | 2.45313 |
| 逆対称           | 9次  | 3.67061 | 3.39290 |
|               | 2次  | 0.62231 | 0.61482 |
|               | 4次  | 1.31217 | 1.27835 |
|               | 6次  | 2.12642 | 2.02837 |
|               | 8次  | 3.10653 | 2.90055 |
| 称             | 10次 | 4.27986 | 3.92077 |

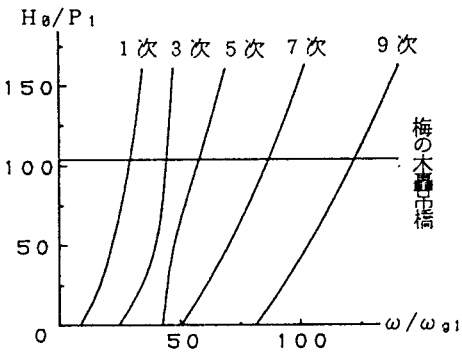


図-4 初期水平力による固有振動数変化

4. 結論：

今回は実測のデータがなかったため実測値との比較ができなかったが、離散モデルとの比較により本解析は有効であるといえるだろう。しかし、本解析では両端ヒンジで考えているが実際は固定に近い状態にあることや、支点付近の断面の拡大を無視していることより、実測値との比較では多少の違いが出ることが予想される。また、吊床版橋ではサグ量と初期水平力が重要な役割を果たし、それが固有値に与える影響は大きいことが判明した。

参考文献：

1)吉村・平井：ランガー桁の動的解析,土木学会論文集,第101号,pp1-14,1964.1 2)吉村・平井：補剛アーチ橋およびつり橋の動的共通解析,土木学会論文集,第115号,pp1-11,1965.3